



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
AGENZIA PROVINCIALE OPERE PUBBLICHE
SERVIZIO OPERE CIVILI



Funded by the
European Union
NextGenerationEU



COMUNE DI PALU' DEL FERSINA GAMOA' VA PALAI EN BERSNTOL

PROGETTO: PNRR M1C3 - INVESTIMENTO 2.1 "ATTIVITA' DEI BORGHI" - Linea di azione A
"Progetti Pilota per la rigenerazione culturale, sociale ed economica dei Borghi a rischio di abbandono e abbandonati"
INTERVENTO 12 - PUNTO INFO E BAR FROTTEN

FASE:

PROGETTO ESECUTIVO –STRUTTURE

E.R.322.03

NORME TECNICHE PER LE STRUTTURE

DATA: GENNAIO 2025
AGGIORNAMENTO:Rev.0

COORDINAMENTO GRUPPO DI PROGETTAZIONE
Direzione Lavori Pubblici e Patrimonio

COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA
arch. Giovanni Modena

VERIFICHE ED APPLICAZIONE
CRITERI DNSH E CAM
arch. Giovanni Modena

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
arch. Giovanni Modena

GEOLOGO
dott. geol. Paolo Passardi

CALCOLI STATICI
dott. ing. Franco Decaminada

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
dott. ing. FRANCO DECAMINADA
ISCRIZIONE ALBO N° 947

Sommario

ARTICOLO 1 - PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO 4

ARTICOLO 2 - NORME RELATIVE AI COMPONENTI STRUTTURALI 5

2.1.	PREMESSA.....	5
2.2.	PREPARAZIONE DEL CANTIERE E TRACCIAMENTI	5
2.3.	OPERE PROVVISORIALI	5
2.9.	STRUTTURE	6
2.9.1.	STRUTTURE IN GENERALE.....	6
2.9.2.	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
2.9.3.	STRUTTURE DI FONDAZIONE	6
2.9.4.	CONSOLIDAMENTO STRUTTURE DI FONDAZIONE	7
2.9.5.	OPERE E STRUTTURE DI MURATURA	8
2.9.6.	OPERE E STRUTTURE DI CALCESTRUZZO	14
2.9.6.1	CONTROLLI SUL CEMENTO	15
2.9.6.2	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO.....	19
	CONTROLLI SULL'ACCIAIO	22
2.9.6.3	CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO ALLO STATO FRESCO E INDURITO.....	24
2.9.6.4	QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	27
2.9.6.5	POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO	28
2.9.6.6	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA	32
2.9.6.7	CONTROLLI SUPPLEMENTARI DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE.....	34
2.9.6.8	PROVE DI CARICO	34
2.9.6.9	SPECIFICHE CALCESTRUZZO PER TIPOLOGIA.....	35
2.9.6.10	STRUTTURE VARIE: SCALE, RAMPE E PARAPETTI.....	42
2.10	STRUTTURE IN CARPENTERIA DI ACCIAIO	43
2.10.1.	SALDATE	45
2.10.2.	UNIONI BULLONATE	45
2.10.3.	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI	45
2.10.4.	PROVE DI CARICO E SUI MATERIALI	45
2.10.5	MONTAGGI.....	45
2.10.6.	BULLONI AD ESPANSIONE.....	46
2.10.7.	COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI.....	47
2.10.8	CONTROLLI IN CORSO DI LAVORAZIONE.....	47
2.10.9	PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO	48
2.11	STRUTTURE IN LEGNO.....	48
2.11.1	PRODOTTI E COMPONENTI	51
2.11.2	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE E CONTROLLO DELL'ESECUZIONE	52
2.13.	SOLAI	54
2.13.1.	SOLAI DI PIANO	54
2.14.	INTONACI.....	58

ARTICOLO 3 - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	60
3.1. MATERIALI IN GENERE	60
3.2. OPERE IN PIETRE NATURALI O ARTIFICIALI	60
3.3. LATERIZI	61
3.4. MATERIALI FERROSI	62
3.5. LEGNAMI	62
3.5.1. COSTRUZIONI IN LEGNO MASSICCIO E LAMELLARE	62
3.6. PRODOTTI DI VETRO (LASTRE, PROFILATI AD U E VETRI PRESSATI)	64
3.7. PRODOTTI DIVERSI (SIGILLANTI, ADESIVI, GEOTESSILI)	66
3.8. LEGANTI	67
3.9. SOSTANZE IMPREGNANTI	68
3.10. RINFORZANTI PER RESINE	71
3.11. MATERIALI INERTI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI E PER MALTE	71
3.12. MALTE E CONGLOMERATI	73
3.13. PRODOTTI PER PARETI ESTERNE E PARTIZIONI INTERNE	79
3.14. COSTRUZIONI DI ALTRI MATERIALI	80

ARTICOLO 1 - PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento riguarda i materiali, le lavorazioni e i componenti necessari per la realizzazione delle opere strutturali e di consolidamento dell'edificio in analisi, di cui ai disegni di progetto allegati.

Per le quantità e provenienze dei materiali e il modo di esecuzione di ogni categoria di lavoro devono essere rispettate le prescrizioni del presente Capitolato, **tutte le disposizioni di legge, nazionali ed europee, vigenti o entrate in vigore anche successivamente all'appalto in oggetto, e le indicazioni normative di settore (nome UNI, ISO, DIN, EUROCODICI, Raccomandazioni NORMAL, ecc.)** così come di seguito indicato nel presente Capitolato o nell'Elenco Prezzi Unitari (Elenco Descrittivo delle voci) o, in aggiunta a questi, a discrezione della D.L.

Tutti i materiali, i componenti e le forniture dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori prima di essere utilizzati.

Nel caso che vengano messi in opera materiali, forniture e componenti non autorizzate, ai fini di salvaguardare la riuscita tecnica dell'opera, la Direzione Lavori può ordinarne la sostituzione senza che l'appaltatore abbia diritto a compenso di sorta.

Nel caso le prescrizioni del presente documento risultino in contrasto con quelle contenute in altri documenti di progetto (elaborati grafici; Elenco dei prezzi unitari, relazione illustrativa e di calcolo) verrà applicata l'interpretazione più favorevole all'Amministrazione appaltante, in base ad insindacabile valutazione del Direttore Lavori.

Nel caso che, in corso d'opera, i riferimenti a norme, circolari, leggi in genere citati nel presente documento risultassero integrati o sostituiti da norme più recenti, saranno applicate queste ultime, in base alle indicazioni della Direzione Lavori.

ARTICOLO 2

- NORME TECNICHE RELATIVE AI MATERIALI E COMPONENTI STRUTTURALI E MODALITA' DI ESECUZIONE

2.1. PREMESSA

La presente normativa riguarda i materiali e i componenti occorrenti per la realizzazione delle opere necessarie **al restauro (o alla costruzione)** dell'edificio o degli edifici di cui ai disegni di progetto allegati, relativamente alle opere strutturali e di consolidamento.

2.2. PREPARAZIONE DEL CANTIERE E TRACCIAMENTI

Prima di dare inizio a qualsiasi categoria di lavoro l'appaltatore sarà obbligato a sgomberare i siti da ogni materiale inutile compresa la vegetazione, in modo che al momento della consegna dei medesimi essi siano ben individuabili e riscontrabili.

Contemporaneamente l'appaltatore dovrà eseguire i rilievi definitivi, le picchettazioni, i tracciamenti ed ogni altra operazione per consentire la consegna dei lavori senza dubbiezze di sorta. Nel caso la direzione dei lavori dovesse ritenere insufficienti le suindicate operazioni, l'impresa dovrà integrarle nei tempi indicati dalla direzione dei lavori medesima, senza per questo pretendere una nuova consegna dei lavori appaltati.

2.3. OPERE PROVVISORIALI

Tutti i ponteggi, le sbadacchiature, le tamponature, le murature di rinforzo, i puntelli a sostegno ed a ritegno e le altre opere necessarie alla conservazione, anche provvisorie, del manufatto ed alla sicurezza ed incolumità degli addetti ai lavori, saranno eseguiti nel rispetto delle norme di sicurezza della buona tecnica costruttiva ed ubicati secondo quanto richiesto dalla D.L..

Puntelli

sono organi strutturali destinati al sostegno provvisorio totale o parziale delle masse murarie fatiscenti. Potranno essere costruiti in legname, ferro e in calcestruzzo di C.A. con travi unici o multipli allo scopo di assolvere funzioni di sostegno e di ritegno. Per produrre un'azione di sostegno l'Appaltatore, secondo le prescrizioni di progetto, adotterà la disposizione ad asse verticale semplice o doppia, mentre per quella di ritegno affiderà l'appoggio dei due ritti ad un traverso analogo a quello superiore allo scopo di fruire, nel consolidamento provvisorio, del contributo del muro. Nell'azione di ritegno dovrà adottare, in base alle necessità del caso, la disposizione ad asse inclinato o a testa aderente oppure orizzontale o lievemente inclinata. La scelta del tipo di puntellamento da adottare, sarà fatta secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto o ordinato dalla D.L. Se la massa presidiata per il degrado causato dal dissesto e per anomalie locali non sarà stimata capace di offrire efficace contrasto all'azione localizzata delle teste, dovranno essere adottate tutte le precauzioni ritenute opportune dalla D.L.. Al piede del puntello sarà necessario creare una sede ampia capace di abbassare quanto più possibile i carichi unitari sul terreno al fine di rendere trascurabili le deformazioni. Nei puntelli di legname verrà quindi disposta una platea costituita sia da travi di base che da correnti longitudinali e trasversali. In quelli di cemento armato verrà adottato un plinto apposito.

ACCIAI

Devono essere conformi alle specifiche disposizioni in vigore al momento della posa in opera.

2.5. (omissis)

2.8. (omissis)

2.9. STRUTTURE

2.9.1. STRUTTURE IN GENERALE

Si definisce struttura l'insieme di elementi (composti di materiali con determinate caratteristiche e proprietà interne da corredare con esigenze statiche esterne e organizzate secondo i principi della scienza delle costruzioni e della tecnologia) che costituisce l'ossatura portante dell'edificio, garantendone la stabilità per un tempo indefinito. I carichi e i sovraccarichi di esercizio della struttura saranno determinati in rapporto all'utilizzo indicato nei disegni di progetto e si farà riferimento alla normativa vigente, **Decreto 17 gennaio 2018 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”** e s.m. e i. e i rimandi, nelle more dell'emanazione della nuova Circolare, della Circ. 617 del 09.02.2008.

Si veda anche L'Eurocodice 1 “Basi di Calcolo ed azioni sulle strutture”, e gli Eurocodici relativi ai diversi materiali e sistemi, e **comunque a tutte le successive normative e prescrizioni emanate prima dell'inizio dei lavori.**

Dovranno essere inoltre rispettate le normative e le procedure, europee e nazionali, in materia di marcatura CE.

2.9.2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Nel progetto si farà riferimento a:

Leggi e decreti

- Legge n.1086 del 4.11.1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica - G.U. n.321 del 21.12.1971
- Legge n.64 del 2.2.1974 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche - G.U. n.76 del 21.3.1974
- **Decreto 17 gennaio 2018 – “norme tecniche per le costruzioni”** .
- Direttiva della provincia autonoma di Trento (Dipartimento protezione civile e tutela del territorio e Dipartimento lavori pubblici, trasporti e reti) di maggio 2008 recante il titolo “Prima direttiva per l'applicazione del decreto del ministro delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 in materia di nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici del 09.02.2009 , n.617

2.9.3. STRUTTURE DI FONDAZIONE

Si definisce struttura di fondazione quella parte dell'ossatura portante che trasmette il peso dell'edificio al terreno ripetendolo in misura compatibile con le capacità portanti del terreno stesso.

Le fondazioni debbono essere progettate ed eseguite in funzione dei carichi sovrastanti, della loro distribuzione e delle caratteristiche del terreno su cui si deve fondare.

Le caratteristiche del terreno debbono essere determinate attraverso un esame geognostico del terreno redatto a cura e spese della Stazione Appaltante, che comporti il prelievo, a mezzo di pozzi, trivellazioni o quanto altro necessario, di un numero sufficiente di campioni per le prove in sito e di laboratorio.

Il progetto delle fondazioni redatto dalla Stazione Appaltante, completo di relazione, calcoli, disegni e di eventuali certificati di prova, sarà eseguito in conformità alle norme di legge e come indicato nel capitolato precedente.

Il piano di posa delle fondazioni verrà stabilito dalla D.L. sulla base delle risultanze dell'esame del terreno dopo l'avvenuta apertura degli scavi di sbancamento.

I manufatti saranno di norma costruiti mettendo il piano di fondazione costantemente all'asciutto. Quindi in presenza d'acqua si provvederà all'abbassamento del livello dell'acqua almeno fino a 20 cm sotto il predetto piano di fondazione.

Le norme che regolano la costruzione delle opere di fondazione all'asciutto, continue o discontinue, in conglomerato cementizio semplice o in cemento armato, sono le stesse che riguardano le analoghe opere in sopraelevazione. Nel caso particolare, di getti per le opere di fondazione da eseguirsi in acqua o in presenza d'acqua, si useranno apposite tramogge o altri specifici mezzi per condurre il calcestruzzo direttamente nel sito a cui è destinato in modo da evitare al massimo i dilavamenti. Ovviamente, data una classe di resistenza del calcestruzzo o una sua particolare dosatura, prescritte dalle voci d'elenco dei prezzi contrattuali, l'appaltatore dovrà provvedere al maggior dosaggio di cemento sia per compensare quello dilavato dall'acqua durante le operazioni di getto, sia per compensare quello necessario alla presa e indurimento del calcestruzzo in eccesso d'acqua.

2.9.4. CONSOLIDAMENTO STRUTTURE DI FONDAZIONE

2.9.4.1. OPERAZIONI PRELIMINARI

L'Appaltatore, prima di dare inizio ai lavori, dovrà accertare la consistenza delle strutture di fondazione e la natura del terreno su cui esse gravano.

Dovrà, quindi, salvo diverse disposizioni della D.L., eseguire scavi verticali a pozzo a ridosso dei muri che abbiano dimensioni tali (almeno 1,20-1,50 m.) da consentire lo scavo a mano e l'estrazione del materiale di risulta.

Se il manufatto si presenterà fatiscente, sarà necessario, prima d'intervenire con l'apertura di varchi, procedere ad un preconsolidamento mediante iniezione di cemento o parziali ricostruzioni a cucì e scuci; il tutto previa autorizzazione della D.L. e dopo accurata analisi dei carichi.

Gli scavi dovranno essere eseguiti fino al piano di posa della fondazione e, in relazione alla natura del terreno ed alla profondità raggiunta, dovranno essere sbatacchiati secondo le modalità stabilite dalla D.L..

Lo scavo, così eseguito, dovrà rendere possibile l'analisi delle caratteristiche costruttive, il rilievo delle dimensioni, lo stato di conservazione delle fondazioni e la natura dello strato superficiale del terreno su cui esse gravano.

Sarà, sempre, opportuno eseguire saggi nel terreno mediante trivellazioni e carotaggi fino ad una profondità che dovrà essere rapportata al carico ed alla larghezza delle fondazioni onde accertare se il cedimento sia causato dalla resistenza a compressione dello strato superficiale o dalla consistenza degli strati sottostanti o dal regime idraulico del terreno o dalle erosioni o da altre cause.

2.9.4.2. CONSOLIDAMENTO MEDIANTE SOTTOFONDAZIONI

I lavori di sottofondazione non dovranno turbare la stabilità del sistema murario da consolidare né quella degli edifici adiacenti.

L'Appaltatore dovrà, quindi, adottare tutti gli accorgimenti e le precauzioni necessarie al raggiungimento di tale fine.

Una volta eseguite le puntellature delle strutture in elevazione ed individuati i cantieri di lavoro, s'inizieranno gli scavi eseguendoli da entrambi i lati del muro se esso è di grosso spessore (> m. 1.50) o da un solo lato, se lo spessore è normale; gli scavi, larghi tanto quanto sarà necessario per una buona esecuzione della sottomurazione, dovranno essere effettuati fino alla quota del piano di posa della vecchia fondazione, sbatacchiando le pareti man mano che aumenterà la profondità.

Si procederà, una volta raggiunta col primo settore la quota d'imposta della vecchia fondazione, alla suddivisione in sottoscavi (di larghezza variabile in relazione alle caratteristiche della muratura e del terreno) e, infine, si eseguirà, solo dopo aver rimosso la terra dello scavo anche sotto la fondazione, il getto di spianamento con magrone di calcestruzzo secondo quanto prescritto negli elaborati di progetto.

Sottofondazioni con solette di calcestruzzo

Una volta predisposto lo scavo con le modalità sopraccennate, l'Appaltatore posizionerà l'armatura metallica, secondo quanto previsto negli elaborati di progetto, e provvederà, successivamente, all'esecuzione di un getto in modo da creare una porzione di cordolo e da lasciare uno spazio vuoto fra l'estradosso di quest'ultimo e l'intradosso della vecchia fondazione.

Lo spazio vuoto potrà essere riempito, dopo 2-3 giorni, con muratura di mattoni e malta di cemento avendo sempre l'accortezza di lasciare uno spazio vuoto equivalente ad un filare di mattoni. Si dovrà, quindi, provvedere all'inserimento nella parte vuota di cunei in legno duro e, dopo 3-4 giorni, alla loro sostituzione con cunei più grossi onde compensare l'abbassamento della nuova muratura. Si provvederà, infine, all'estrazione dei cunei ed alla collocazione dell'ultimo filare di mattoni intasando fino a rifiuto con malta di cemento.

Sottofondazioni con cordoli o travi in cemento armato

L'Appaltatore dovrà eseguire, secondo le modalità prima descritte, gli scavi da ambedue i lati del tratto di muratura interessata fino a raggiungere il piano di posa della fondazione. Una volta rimossa la terra di scavo, dovrà effettuare un getto di spianamento in magrone di calcestruzzo e procedere, solo dopo aver creato nella muratura esistente un incavo di alcuni cm. pari all'altezza del cordolo, alla predisposizione dei casseri, delle armature ed al successivo getto dei cordoli avendo cura di prevedere, in corrispondenza dei collegamenti trasversali richiesti dal progetto, all'inserimento di ferri sporgenti verso l'alto.

Dovrà, quindi, dopo l'indurimento del getto, creare dei varchi nella muratura, mettere in opera le armature previste dagli elaborati di progetto ed effettuare il getto con cemento preferibilmente di tipo espansivo. In attesa dell'indurimento dovrà puntellare in modo provvisorio la struttura.

2.9.5. OPERE E STRUTTURE DI MURATURA

Le opere e strutture di muratura, elementi singoli e nel loro insieme assemblato in opera, dovranno rispondere a tutte le condizioni di stabilità e sicurezza normali e straordinarie (urti, vibrazioni, terremoti, etc.). Si veda la normativa vigente e il relativo Eurocodice n.6.

Nelle costruzioni delle murature in genere verrà curata la perfetta esecuzione degli spigoli, delle volte, piattabande, archi, e verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi, canne e fori per:

- ricevere le chiavi ed i capichiave delle volte: gli ancoraggi delle catene e delle travi a doppio T; le testate delle travi (di legno, di ferro); le pietre da taglio e quanto altro non venga messo in opera durante la formazione delle murature;
- il passaggio delle canalizzazioni verticali (tubi pluviali, dell'acqua potabile, canne di stufe e camini, scarico acqua usata, immondizie, ecc.);
- per il passaggio delle condutture elettriche, di telefoni e di illuminazione;

- le imposte delle volte e degli archi;
- gli zoccoli, dispositivi di arresto di porte e finestre, zanche, soglie, ferriate, ringhiere, davanzali, ecc.

Quanto detto, in modo che non vi sia mai bisogno di scalpellare le murature già eseguite.
La costruzione delle murature deve iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia fra le parti di esse.
I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione.

Essi dovranno mettersi in opera con i giunti alternati ed in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rifluisca all'ingiro e riempia tutte le connessioni.

La larghezza dei giunti non dovrà essere maggiore di otto né minore di 5 mm. I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura col ferro.
Le malte da impiegarsi per la esecuzione delle murature dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra i mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente collegate con la parte interna. Se la muratura dovesse eseguirsi con paramento a vista (cortina) si dovrà avere cura di scegliere per le facce esterne i mattoni di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessioni orizzontali, alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento i giunti non dovranno avere larghezza maggiore di 5 mm e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica o di cemento, diligentemente compresse e lisce con apposito ferro, senza sbavatura.

Le sordine, gli archi, le piattabande e le volte dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva dell'intradosso e la larghezza dei giunti non dovrà mai eccedere i 5 mm all'intradosso e 10 mm all'estradosso.
All'innesto con muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.

I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, debbono essere sospesi nei periodi di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga, per molte ore, al di sotto di zero gradi centigradi.
Quando il gelo si verifichi solo per alcune ore della notte, le opere in muratura ordinaria possono essere eseguite nelle ore meno fredde del giorno, purché al distacco del lavoro vengano adottati opportuni provvedimenti per difendere le murature dal gelo notturno.

Le impostature per le volte, gli archi, ecc. devono essere lasciate nelle murature sia con gli addentellati d'uso, sia col costruire l'origine delle volte e degli archi a sbalzo mediante le debite sagome, secondo quanto verrà prescritto.

La direzione dei lavori stessa potrà ordinare che sulle aperture di vani e di porte e finestre siano collocati degli architravi (cemento armato, acciaio) delle dimensioni che saranno fissate in relazione alla luce dei vani, allo spessore del muro ed al sovraccarico.

Nel punto di passaggio fra le fondazioni entro terra e la parte fuori terra sarà eseguito un opportuno strato (impermeabile, drenante, ecc.) che impedisca la risalita per capillarità

Le murature verticali portanti o di tamponamento dovranno essere eseguite in modo da garantire l'aspetto architettonico previsto dai disegni di progetto ed assemblate come da particolari costruttivi e/o secondo le prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla D.L..

In ogni caso dovranno essere garantite le seguenti caratteristiche e prescrizioni:

Finiture esterne ed interne

La superficie interna ed esterna dell'insieme tecnologico dovrà essere tale da garantire il rispetto delle condizioni acustiche, termo-igrometriche, e di purezza dell'aria; dovrà inoltre garantire la possibilità di porre in opera ganci o sostegni atti a sostenere eventuali arredi fissi.

Rispetto delle condizioni acustiche, termo-igrometriche e di purezza dell'aria

Le murature verticali portanti o di tamponamento, nei materiali, nei componenti e nelle caratteristiche costruttive, dovranno essere tali da garantire il rispetto integrale delle Norme Tecniche per l'Edilizia Scolastica o Residenziale e quanto previsto dalla Relazione Tecnica inerente l'isolamento dell'edificio prevista dalle vigenti normative; dovranno comunque garantire l'eliminazione di qualunque ponte termico, un'inerzia termica tale che lo smorzamento dell'onda termica sia uguale o superiore al valore 15 ed uno sfasamento dell'onda stessa, uguale o superiore alle otto ore. La misura della trasmittanza dovrà essere eseguita su campioni di dimensioni sufficientemente grandi in modo che la misura stessa rappresenti il valore medio dell'intera parete nelle condizioni quanto più possibile prossime a quelle di esercizio; nel caso di componenti prefabbricati il controllo deve riguardare sia il singolo pannello che gli elementi di congiunzione fra i pannelli.

Il controllo delle proprietà igrometriche dovrà essere eseguito in modo da accertare che, nelle condizioni di temperatura prevista per l'impiego della muratura, in nessun punto della faccia interna possano aversi fenomeni di condensazione, almeno fino a quando il valore dell'umidità relativa nell'ambiente non superi il limite del 70%. Il controllo della tenuta alla pioggia dovrà essere eseguito in modo da accertare che in nessun punto possano verificarsi fenomeni di infiltrazione di acqua.

Dovrà inoltre essere eseguito un controllo della corretta posa in opera ed un controllo qualitativo diretto ad accertare che non vi siano difetti, di esecuzione o di montaggio, tali da compromettere le caratteristiche funzionali previste dai disegni e dalle specifiche di progetto o le caratteristiche tecniche dei singoli materiali documentate da certificati di prove di laboratorio; nel caso di costruzioni realizzate con elementi prefabbricati di grandi dimensioni, come indice qualitativo di corretta posa in opera, potrà essere assunta la condizione di verticalità di chiusura completa generalmente verificata dal collaudo statico.

Conservazione

Le murature verticali portanti o di tamponamento nel loro insieme dovranno essere garantite, con minima ed economica manutenzione, per una durata pari a quella dell'edificio.

Nel caso l'Appaltatore intenda utilizzare tipi di muratura diversa da quella di progetto, potrà essere autorizzato in tal senso, a giudizio insindacabile della D.L. e purché siano mantenute tutte le caratteristiche di cui sopra, previa presentazione ed approvazione di particolari costruttivi, sistema di assemblaggio e calcoli giustificativi del rispetto di dette caratteristiche.

2.9.5.1. MURATURE PORTANTI: TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE TECNICHE

Si dovrà fare riferimento al **Decreto 17 gennaio 2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”**.

Si veda anche l'Eurocodice n. 6 “Progettazione delle strutture in muratura”.

In particolare vanno tenute presenti le prescrizioni che seguono:

a) Muratura costituita da elementi resistenti artificiali.

La muratura è costituita da elementi resistenti aventi generalmente forma parallelepipedica, posti in opera in strati regolari di spessore costante e legati tra di loro tramite malta.

Gli elementi resistenti possono essere di:

- laterizio normale;
- laterizio alleggerito in pasta;
- calcestruzzo normale;
- calcestruzzo alleggerito.

Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a foratura verticale) oppure in direzione parallela (elementi a foratura orizzontale).

b) Muratura costituita da elementi resistenti naturali. La muratura è costituita da elementi di pietra legati tra di loro tramite malta. Le pietre, da ricavarsi in genere per abbattimento di rocce, devono essere non sfaldabili o friabili, e resistenti al gelo, nel caso di murature esposte direttamente agli agenti atmosferici. Non devono contenere in misura sensibile sostanze solubili o residui organici.

Le pietre devono presentarsi monde di cappellaccio e di parti alterate o facilmente rimovibili; devono possedere sufficiente resistenza sia allo stato asciutto che bagnato, e buona adesività alle malte.

In particolare gli elementi devono possedere i requisiti minimi di resistenza determinabili secondo le modalità descritte nell'allegato 1 del citato decreto ministeriale 20-11-1987, n. 103. L'impiego di elementi provenienti da murature esistenti è subordinato al soddisfacimento dei requisiti sopra elencati ed al ripristino della freschezza delle superfici a mezzo di pulitura e lavaggio delle superfici stesse. Le murature formate da elementi resistenti naturali si distinguono nei seguenti tipi:

1) muratura di pietra non squadrata composta con pietrame di cava grossolanamente lavorato, posto in opera in strati pressochè regolari;

2) muratura listata: costituita come la muratura in pietra non squadrata, ma intercalata da fasce di conglomerato semplice o armato oppure da ricorsi orizzontali costituiti da almeno due filari in laterizio pieno, posti ad interasse non superiore a 1,6 m ed estesi a tutta la lunghezza ed a tutto lo spessore del muro;

3) muratura di pietra squadrata: composta con pietre di geometria pressochè parallelepipedica poste in opera in strati regolari.

2.9.5.2. MURATURA PORTANTE: PARTICOLARI COSTRUTTIVI

L'edificio a uno o più piani a muratura portante deve essere concepito come una struttura tridimensionale costituita da singoli sistemi resistenti collegati tra di loro e con le fondazioni e disposti in modo da resistere alle azioni verticali ed orizzontali. A tal fine si deve considerare quanto segue

a) Collegamenti. I tre sistemi di elementi piani sopradetti devono essere opportunamente collegati tra loro. Tutti i muri saranno collegati al livello dei solai mediante cordoli e, tra di loro, mediante ammortamenti lungo le intersezioni verticali. Inoltre essi saranno collegati da opportuni incatenamenti al livello dei solai. Nella direzione di tessitura dei solai la funzione di collegamento potrà essere espletata dai solai stessi purchè adeguatamente ancorati alla muratura.

Il collegamento tra la fondazione e la struttura in elevazione sarà di norma realizzato mediante cordolo di calcestruzzo armato disposto alla base di tutte le murature verticali resistenti, di spessore pari a quello della muratura di fondazione e di altezza non inferiore alla metà di detto spessore.

b) Cordoli. In corrispondenza dei solai di piano e di copertura i cordoli si realizzeranno generalmente in cemento armato, di larghezza pari ad almeno 2/3 della muratura sottostante, e comunque non inferiore a 12 cm, e di altezza almeno pari a quella del solaio e comunque non inferiore alla metà dello spessore del muro. Per i primi tre orizzontamenti, a partire dall'alto, l'armatura minima dei cordoli sarà di almeno 6 cm² con diametro non inferiore a 12 mm.

In ogni piano sottostante gli ultimi tre, detta armatura minima sarà aumentata di 2 cm² a piano.

La stessa armatura dovrà essere prevista nel cordolo di base interposto tra la fondazione e la struttura in elevazione. In ogni caso, le predette armature non dovranno risultare inferiori allo 0,6% dell'area del cordolo. Le staffe devono essere costituite da tondi di diametro non inferiore a 6 mm poste a distanza non superiore a 30 cm. Per edifici con più di 6 piani, entro e fuori terra, l'armatura dei cordoli sarà costituita da tondi con diametro non inferiore a 14 mm e staffe con diametro non inferiore a 8 mm.

Negli incroci a L le barre dovranno ancorarsi nel cordolo ortogonale per almeno 40 diametri; lo squadro delle barre dovrà sempre abbracciare l'intero spessore del cordolo.

c) Incatenamenti orizzontali interni. Gli incatenamenti orizzontali interni, aventi lo scopo di collegare i muri paralleli della scatola muraria ai livelli dei solai, devono essere realizzati per mezzo di armature metalliche. Tali incatenamenti dovranno avere le estremità efficacemente ancorate ai cordoli.

Nella direzione di tessitura del solaio possono essere omessi gli incatenamenti quando il collegamento è assicurato dal solaio stesso. In direzione ortogonale al senso di tessitura del solaio gli incatenamenti orizzontali saranno obbligatori per solai con luce superiore ai 4,5 m e saranno costituiti da armature con una sezione totale pari a 4 cm² per ogni campo di solaio

d) Spessori minimi dei muri:

Lo spessore dei muri non può essere inferiore ai seguenti valori:

- muratura in elementi resistenti artificiali pieni 12 cm;
- muratura in elementi resistenti artificiali semipieni 20 cm;
- muratura in elementi resistenti artificiali forati 25 cm;
- muratura di pietra squadrata 24 cm;
- muratura listata 30 cm;
- muratura di pietra non squadrata 50 cm.

2.9.5.3. MURATURE E RIEMPIMENTI IN PIETrame A SECCO

Murature in pietrame a secco

dovranno essere eseguite con pietre di forma il più possibile regolare, escludendo, salvo prescrizioni particolari, quelle di forma rotondeggiante. Le pietre saranno collocate in modo che si colleghino perfettamente tra loro, usando quelle di dimensione maggiore e più perfettamente combacianti per i paramenti. Si eviterà sempre la ricorrenza di connessioni verticali. Potrà essere eseguito ad intervalli regolari un corso di ripianamento particolarmente curato con la funzione anche di collegare i due paramenti esterni della muratura. La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno in controriva o comunque isolati sarà coronata da uno strato di muratura in malta di altezza minima di cm.30. Potrà essere richiesta la realizzazione di feritoie per lo scolo delle acque.

Riempimenti con pietrame a secco

per drenaggi, banche di consolidamento e simili: dovranno essere formati con pietrame da collocarsi in opera, eventualmente anche a mano, su terreno ben costipato, al fine di evitare cedimenti o assestamenti. Per i drenaggi si utilizzeranno per gli strati inferiori le pietre o i ciottoli, opportunamente lavati, di pezzatura maggiore mentre nell'ultimo strato si impiegherà pietrame più minuto, ghiaia o pietrisco in modo da saturare il più possibile la superficie a contatto con il terreno di ricopertura. Quest'ultimo dovrà essere ben costipato.

Vespai e intercapedini

Nei locali in genere i cui pavimenti verrebbero a trovarsi in contatto con il terreno naturale potranno essere ordinati vespai in pietrame o intercapedini in laterizio. In ogni caso il terreno di sostegno di tali opere dovrà essere debitamente spianato, bagnato e ben battuto per evitare qualsiasi cedimento.

Per i vespai di pietrame si dovrà formare anzitutto in ciascun ambiente una rete di cunicoli di ventilazione, costituita da canaletti paralleli aventi interasse massimo di 1,50 m; essi dovranno correre anche lungo tutte le pareti ed essere comunicanti tra loro. Detti canali dovranno avere sezione non minore di 15 cm x 20 cm di altezza ed un sufficiente sbocco all'aperto, in modo da assicurare il ricambio dell'aria.

2.9.5.4. MALTE PER MURATURE

L'acqua e la sabbia per la preparazione degli impasti devono possedere i requisiti e le caratteristiche tecniche di cui agli articoli "Materiali in Genere" e "Acqua, Calci, Cementi ed Agglomerati Cementizi". L'impiego di malte premiscelate e premiscelate pronte è consentito, purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Ove il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nel decreto ministeriale 17.01.2018. I tipi di malta e le loro classi sono definiti in rapporto alla composizione in volume; malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione risulti non inferiore ai valori di cui al decreto ministeriale 20-11-1987, n. 103.

2.9.5.5. MURATURA DI PIETrame CON MALTA

La muratura di pietrame sarà eseguita con scapoli di pietrame, delle maggiori dimensioni consentite dallo spessore della massa muraria, spianati grossolanamente nei piani di posa ed allettati di malta. Le pietre, prima di essere collocate in opera, saranno ripulite dalle sostanze terrose e dalle scaglie in via di distacco; saranno abbondantemente bagnate prima della loro messa in opera. Le pietre e la malta saranno disposte a mano secondo le migliori regole dell'arte, in modo da costituire una massa perfettamente compatta nel cui interno le pietre stesse risultino concatenate tra loro e rivestite da ogni parte di malta, senza alcun interstizio. La costruzione delle murature dovrà progredire a strati orizzontali di conveniente altezza, concatenati nel senso dello spessore del muro, disponendo le pietre sia di punta che di fascia. Dovrà evitarsi la corrispondenza delle connessioni di due corsi consecutivi. Gli spazi vuoti che verranno a formarsi per la irregolarità delle pietre saranno riempiti con scaglie e malta, saturando con questa ogni interstizio. Nelle murature senza speciale paramento si impiegheranno per le facce viste le pietre di maggiore dimensione, con le facce esterne piane e regolari in modo da costituire un paramento rustico a facciavista e si disporranno negli angoli le pietre più grosse e regolari.

Qualora la muratura prevedesse un rivestimento esterno, la stessa dovrà risultare, con opportuni accorgimenti, ben collegata con detto rivestimento di qualunque forma e materiale esso sia costituito. Le facce viste delle murature in pietrame che non dovranno essere intonacate saranno diligentemente rabboccate con malte del tipo prescritto dalla D.L..

2.9.5.6. MURATURE DI MATTONI

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in apposite vasche e mai per asperione. Essi dovranno mettersi in opera con connessioni alternate in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta refluisca all'ingiro e saturi tutte le connessioni. La larghezza delle connessioni dovrà esser compresa tra mm.8 e mm.5, salvo diverse disposizioni delle D.L. o necessità di accordo con le preesistenze. I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura col ferro. Le malte da impiegarsi per la esecuzione di questa muratura dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra mattoni riescano superiori al limite di tolleranza prescritto. Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi ben allineati e dovranno essere opportunamente ammorsate con la parte interna. Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto (cortina) si dovrà avere cura di scegliere per le facce esterne i mattoni di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza delle connessioni orizzontali alternando con precisione i giunti verticali. In questo genere di paramento la connessione di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di mm.5 e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica e di cemento, diligentemente compresse e lisciate con apposito ferro, senza sbavature. Le sordine, gli archi, la piattabande e le volte dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva dell'intradosso e le connessioni dei giunti non dovranno mai eccedere la larghezza di mm.5 all'intradosso e di mm.10 all'estradosso.

2.9.5.7. MURATURE MISTE

La muratura mista di pietrame e mattoni dovrà progredire a strati orizzontali intercalando n° 2-3 corsi di mattoni pieni ogni m.1-1,5 di altezza da muratura in pietrame od altra misura indicata dalla D.L. o uniformandosi alle preesistenze. I corsi dovranno essere estesi per tutto lo spessore del muro, ben concatenati e disposti su piani orizzontali. Nelle murature miste, oltre ai corsi suddetti, si dovranno costruire in mattoni tutti gli spigoli delle murature, i vari risalti e le incassature, le spallette e gli sganci delle aperture in genere, i parapetti delle finestre, gli archi di scarico, le volte, i voltini e le piattabande, l'ossatura delle cornici, i condotti per il passaggio di tubazioni varie e qualsiasi altra parte di costruzione alla cui esecuzione non si prestasse il pietrame, in conformità alle disposizioni che potrà emanare la D.L.. Il collegamento delle differenti strutture deve essere fatto nel migliore dei modi, anche con ammorsature, sia in senso orizzontale che verticale.

2.9.6. OPERE E STRUTTURE DI CALCESTRUZZO

Premessa:

Gli **impasti di conglomerato cementizio** dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto nelle **Decreto 17 gennaio 2018 – “ norme tecniche per le costruzioni”** e nelle principali normative tecniche sia europee (Eurocodice n. 2 “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”) che italiane del settore e in generale in tutta la normativa vigente

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (*Capitolo 11 - Materiali e prodotti per uso strutturale*) definiscono che il calcestruzzo dovrà essere prodotto con un processo industrializzato, in impianti dotati di un Sistema di Controllo del Processo di produzione certificato da un organismo terzo indipendente.

All'interno di tale sistema, il produttore dovrà garantire un permanente controllo del processo di produzione che comporta l'utilizzo di personale adeguatamente formato, la redazione di idonea documentazione e l'installazione di un laboratorio dotato delle apparecchiature necessarie ad effettuare i controlli come descritto nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Giugno 2003, nonché nella norma UNI EN 206-1.

Il Sistema di Controllo del Processo produttivo deve essere presente anche in quegli impianti che già dispongono di un sistema di gestione della qualità in accordo alle norme ISO 9000. Nel caso in cui il calcestruzzo venisse prodotto in assenza di un processo industrializzato (produzione limitata di calcestruzzo direttamente effettuata in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati) la produzione deve avvenire sotto il controllo diretto del Direttore dei Lavori.

In questo caso il produttore di conglomerato deve fornire specifica documentazione relativa alla composizione delle miscele prodotte e procedere ad una valutazione preliminare delle caratteristiche reologiche e meccaniche (ed in particolare della lavorabilità e della resistenza caratteristica a compressione) che dovranno essere certificate da un Laboratorio di cui all'art. 59 del D.M. 380/2001.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

2.9.6.1 CEMENTI

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno

utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

Per getti di calcestruzzo in sbarramenti di ritenuta di grandi dimensioni si dovranno utilizzare cementi di cui all'art. 1 lett C della legge 595 del 26 maggio 1965 o, al momento del recepimento nell'ordinamento italiano, cementi a bassissimo calore di idratazione VHL conformi alla norma UNI EN 14216.

2.9.6.1 CONTROLLI SUL CEMENTO

Controllo della documentazione

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento del calcestruzzo è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al punto 1.1.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai DDT dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto nel Capitolato Speciale di Appalto e nella documentazione o elaborati tecnici specifici.

Nel caso di getti in calcestruzzo per sbarramenti di ritenuta, le disposizioni del presente articolo si applicano assumendo, in luogo dell'Attestato di Conformità CE, una attestazione di conformità all'art. 1 lett. c della legge 595 del 26 maggio 1965 rilasciata dal produttore di cemento.

Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso che il calcestruzzo sia prodotto da impianto di confezionamento installato nel cantiere stesso. Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7.

L'impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; è obbligatorio che il campionamento sia effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento.

Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 4.000 tonnellate di cemento consegnato.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio Ufficiale di cui all'art 59 del D.P.R. n° 380/2001 scelto dalla Direzione Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

Aggiunte

Per le aggiunte di tipo I si farà riferimento alla norma UNI EN 12620.

Per le aggiunte di tipo II si farà riferimento alla UNI 11104 punto 3.2 e alla UNI EN 206-1 punto 4.1.6 e punto 4.2.4.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

Ceneri volanti

Le ceneri provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620 possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNI-EN 450, definito al punto 4.2.4.2 della UNI-EN 206-1 verrà desunto in accordo al prospetto 3 della UNI 11104, qui di seguito riportato per comodità.

Tab. 1.1 - Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450 (prospetto 3, UNI 11104)

Tipo di cemento	Classi di resistenza	Valori di k
CEM I	32.5 N, R	0.2
CEM I	42.5 N, R	0.4
	52.5 N, R	
CEM IIA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IIIA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IVA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM VA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	

Fumo di silice

I fumi di silice provenienti dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 13263 parte 1 e 2 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Il fumo di silice può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), come sospensione liquida ("slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice e additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

In deroga a quanto riportato al punto 4.2.4.2.3 della norma UNI EN 206 la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del rapporto acqua/cemento equivalente e del contenuto di cemento deve soddisfare il requisito:

fumo di silice $\leq 7\%$ rispetto alla massa di cemento.

Se la quantità di fumi di silice che viene utilizzata è maggiore, l'eccesso non deve essere considerato agli effetti del concetto del valore k .

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi impiegando esclusivamente con cementi tipo I e CEM II-A di classe 42,5 e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto $\leq 0,45k = 2,0$;
- per un rapporto acqua/cemento prescritto $> 0,45k = 2,0$ eccetto $k = 1,0$ per le classi di esposizione XC e XF.

La quantità (cemento + k * quantità fumo di silice) non deve essere minore del dosaggio minimo di cemento richiesto ai fini della durabilità in funzione della classe (delle classi) di esposizione ambientale in cui la struttura ricade.

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopramenzionati è subordinato all'approvazione preliminare della D.L.

Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/m^3 . A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continuino a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità specificati nel paragrafo 2.8. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2600 kg/m^3 . Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica sempre maggiore di 2600 kg/m^3 .

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO_3 da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

Aggregati di riciclo

In attesa di specifiche normative sugli aggregati di riciclo è consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tabella che segue, a condizione che il calcestruzzo possieda i requisiti reologici, meccanici e di durabilità di cui al paragrafo 2.3. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica saranno effettuate secondo i prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma UNI EN 12620; per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 ton di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Tab. 1.2 – Percentuali di impiego di aggregati di riciclo (D.M. 17/01/2018)

Origine del materiale da riciclo	Rck [MPa]	Percentuale di impiego
Demolizioni di edifici (macerie)	< 15	fino al 100%
Demolizioni di solo cls e c.a.	≤ 35	≤ 30%
	≤ 25	fino al 60%
Riutilizzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati	≤ 55	fino al 5%

Al fine di individuare i requisiti chimico-fisici aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali, occorrerà fare specifico riferimento alla UNI 8520 parti 1 e 2.

Acqua di impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

Additivi

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto.

Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11103.

Di seguito viene proposto uno schema riassuntivo per le varie classi di additivo in funzione delle classi di esposizione

Tab. 1.3 – Classi di additivo in funzione delle classi di esposizione

	Rck min	a/c max	WR/SF*	AE*	HE*	SR A*	IC*
X0	15	0,60					
XC1 XC2	30	0,60	X				
XF1	40	0,50	X		X	X	
XF2	30	0,50	X	X	X	X	X
XF3	30	0,50	X	X	X	X	
XF4	35	0,45	X	X	X	X	X
XA1 XC3 XD1	35	0,55	X			X	X
XS1 XC4 XA2 XD2	40	0,50	X			X	X
XS2 XS3 XA3 XD3	45	0,45	X			X	X

* WR/SF: fluidificanti/superfluidificanti, AE: Aeranti, HE: Acceleranti (solo in condizioni climatiche invernali), SRA: additivi riduttori di ritiro, IC: inibitori di corrosione.

2.9.6.2 ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende

- barre d'acciaio tipo B450C ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 50 \text{ mm}$), rotoli tipo B450C ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 16 \text{ mm}$ per il tipo B450C;
- reti elettrosaldate ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 12 \text{ mm}$) tipo B450C;
- tralicci elettrosaldati ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 12 \text{ mm}$) tipo B450C;

Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.14-09-2005, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE). L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

Requisiti

Saldabilità e composizione chimica

La composizione chimica deve essere in accordo con quanto specificato nella tabella seguente:

Tab. 1.4 – Valori max di composizione chimica secondo D.M. 17/01/2018

Tipo di Analisi	CARBONIO ^a %	ZOLFO %	FOSFORO %	AZOTO ^b %	RAME %	CARBONIO EQUIVALENTE ^a %
Analisi su colata	0,22	0,050	0,050	0,012	0,80	0,50
Analisi su prodotto	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52
a = è permesso superare il valore massimo di carbonio per massa nel caso in cui il valore equivalente del carbonio venga diminuito dello 0,02% per massa. b = Sono permessi valori superiori di azoto se sono presenti quantità sufficienti di elementi che fissano l'azoto.						

Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 18/01/2018).

Tab. 1.5 – Proprietà meccaniche secondo il D.M. 17/01/2018

Proprietà	Valore caratteristico
f_y (N/mm ²)	$\geq 450 \alpha$
f_t (N/mm ²)	$\geq 540 \alpha$
f_t/f_y	$\geq 1,13 \beta$
Agt (%)	(□□□□□□□□)
$f_y/f_{y,nom}$	(□□□□□□□□)
α valore caratteristico con $p = 0,95$	
β valore caratteristico con $p = 0,90$	

In aggiunta a quanto sopra riportato si possono richiedere le seguenti caratteristiche aggiuntive.

Tab. 1.6 – Proprietà aggiuntive

Proprietà	Requisito
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico**	3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega	Mantenimento delle proprietà meccaniche superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995 D. Lgs. 241/2000
Controllo radiometrico	
* = in campo elastico	
** = in campo plastico	

Prova di piega e raddrizzamento

In accordo con quanto specificato nel D.M. 17/01/2018, è richiesto il rispetto dei limiti seguenti.

Tab.1.7 – Diametri del mandrino ammessi per la prova di piega e raddrizzamento

Diametro nominale (d) mm	Diametro massimo del mandrino
$\emptyset < 12$	4d
$12 \leq \emptyset \leq 16$	5d
$16 < \emptyset \leq 25$	8 d

25 < Ø ≤ 50

10 d

Resistenza a fatica in campo elastico

Le proprietà di resistenza a fatica garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni ripetute nel tempo.

La proprietà di resistenza a fatica deve essere determinata secondo UNI EN 15630.

Il valore della tensione σ_{max} sarà 270 N/mm² (0,6 $f_{y,nom}$). L'intervallo delle tensioni, 2σ deve essere pari a 150 N/mm² per le barre dritte o ottenute da rotolo e 100 N/mm² per le reti elettrosaldate. Il campione deve sopportare un numero di cicli pari a 2×10^6 .

Resistenza a carico ciclico in campo plastico

Le proprietà di resistenza a carico ciclico garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni particolarmente gravose o eventi straordinari (es. urti, sisma etc.).

La proprietà di resistenza al carico ciclico deve essere determinata sottoponendo il campione a tre cicli completi di isteresi simmetrica con una frequenza da 1 a 3 Hz e con lunghezza libera entro gli afferraggi e con deformazione massima di trazione e compressione seguente:

Tab. 1.8 – Prova carico ciclico in relazione al diametro

Diametro nominale (mm)	Lunghezza libera	Deformazione (%)
$d \leq 16$	5 d	± 4
$16 < 25$	10 d	± 2,5
$25 \leq d$	15 d	± 1,5

La prova è superata se non avviene la rottura totale o parziale del campione causata da fessurazioni sulla sezione trasversale visibili ad occhio nudo.

Diametri e sezioni equivalenti

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 14/09/2004.

Tab. 1.9 – Diametri nominali e tolleranze

Diametro nominale (mm)	Da 6 a ≤ 8	Da > 8 a ≤ 50
Tolleranza in % sulla sezione	± 6	± 4,5

Aderenza e geometria superficiale

I prodotti devono avere una superficie nervata in accordo con il D.M. 14/09/2004. L'indice di aderenza I_r deve essere misurato in accordo a quanto riportato nel paragrafo 11.2.2.10.4 del D.M. 14/09/2004. I prodotti devono aver superato le prove di Beam Test effettuate presso un Laboratorio Ufficiale (Legge 1086).

Tab. 1.10 – Valori dell'indice I_r in funzione del diametro

Diametro nominale (mm)	I_r
$5 \leq \varnothing \leq 6$	≥ 0.048
$6 < \varnothing \leq 8$	≥ 0.055
$8 < \varnothing \leq 12$	≥ 0.060
$\varnothing > 12$	≥ 0.065

CONTROLLI SULL'ACCIAIO

Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai B450C saldabili e ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 17/01/2018 al punto 11.2.1 e controllati con le modalità riportate nei punti 11.2.2.10 e 11.2.3.5 del citato decreto e riprese nel **Decreto 17 gennaio 2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”**.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dell'“Attestato di Qualificazione” rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 14/09/2004.

Inoltre può essere richiesta la seguente documentazione aggiuntiva :

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (può essere inserito nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli “Attestati di Qualificazione” dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore del Centro di Trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato; in particolare dovrà provvedere a verificare la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture dovranno essere rifiutate.

Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute al punto 11.2.2.10.3. del **Decreto 17 gennaio 2018 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”**

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascuna fornitura consegnata e per ogni diametro delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio di lunghezza complessiva pari a 100 cm ciascuno, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri delle forniture presenti in cantiere.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dal Direttore dei Lavori o da un tecnico da lui delegato; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc...).

Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del punto 11.2.2.3 di cui al precedente Decreto, riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento.

Tab. 1.11 – Valori limite per prove acciaio

Caratteristica	Valore Limite	Note
<i>f_y minimo</i>	425 N/mm ²	(450 – 25) N/mm ²
<i>f_y massimo</i>	572 N/mm ²	[450x(1.25+0.02)] N/mm ²
<i>A_{gt} minimo</i>	≥ 4.0%	Per acciai laminati a caldo
<i>Rottura/snervamento</i>	1.11 < f _t /f _y < 1.37	Per acciai laminati a caldo
<i>Piegamento/raddrizzamento</i>	assenza di cricche	Per tutti

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldate verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100*100 cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo.

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un Centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli descritti in precedenza. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura.

Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nell'Eurocodice 2 paragrafo 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"; in particolare si ha:

Tab. 1.12 – Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varphi \leq 16 \text{ mm}$	4 φ
$\varphi > 16 \text{ mm}$	7 φ

Deposito e conservazione in cantiere

Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 Km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

2.9.6.3 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO ALLO STATO FRESCO E INDURITO

Le classi di resistenza

Si fa riferimento al **Decreto 17 gennaio 2018 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”**

In particolare, relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C (X/Y) dove X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici (f_{ck}) con rapporto altezza/diametro pari a 2 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (R_{ck}).

Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai paragrafi 2.4 e 2.5 che seguono. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di $\frac{1}{4}$ della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interfero ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

(a_{aggr}) => quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);

(a_{add}) => aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m³) o le aggiunte minerali in forma di slurry;

(a_{gh}) => aliquota di acqua introdotta tramite l'utilizzo di chips di ghiaccio;

(a_m) => aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add} + a_{gh}$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati sono:

c => dosaggio per m³ di impasto di cemento;

cv => dosaggio per m³ di impasto di cenere volante;

fs => dosaggio per m³ di impasto di fumo di silice;

K_{cv} ; K_{fs} => coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104 (vedi paragrafi 2.2.1 e 2.2.2).

Lavorabilità

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta e riportata per ogni specifico conglomerato nella tab. 2.1.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo. In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

Salvo strutture da realizzarsi con particolari procedimenti di posa in opera (pavimentazioni a casseri scorrevoli, manufatti estrusi, etc.) o caratterizzate da geometrie particolari (ad esempio, travi di tetti a

falde molto inclinate) non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore ad S4/F3.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L. :

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possieda i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

Acqua di bleeding

L'essudamento di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1% in conformità alla norma UNI 7122.

Contenuto d'aria

Contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato (con frequenza diversa da stabilirsi con il fornitore del conglomerato) dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta dovrà essere conforme a quanto indicato nella tabella 3.1 (in funzione del diametro massimo dell'aggregato e dell'eventuale esposizione alla classe XF: strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti).

Prescrizioni per la durabilità

Ogni calcestruzzo dovrà soddisfare i seguenti requisiti di durabilità in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI 11104 e UNI EN 206 -1 e dalle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale in base alla classe (alle classi) di esposizione ambientale della struttura cui il calcestruzzo è destinato:

- rapporto $(a/c)_{max}$;
- classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- classe di consistenza;
- aria inglobata o aggiunta (solo per le classi di esposizione XF2, XF3, XF4);
- contenuto minimo di cemento;
- tipo di cemento (se necessario);
- classe di contenuto di cloruri calcestruzzo;
- $D.M._{ax}$ dell'aggregato;
- copriferro minimo.

Tipi di conglomerato cementizio

Sarà compilata una tabella sull'esempio di quella sottostante (tabella 3.1), contenente i vari tipi di conglomerato impiegati, le loro caratteristiche prestazionali e la loro destinazione.

Tab.2.1 – Fac-simile di tabella da utilizzare per la classificazione dei diversi tipi di calcestruzzo

		(UNI 11104-prosp.1)	(UNI 11104-prosp. 4)							
Tipo	Campi di impiego	Classi esposizione ambientale	Classe resistenza C (X/Y)	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento kg/m ³	Contenuto di aria (solo per classi XF2, XF3 e XF4)	D _{MAX} mm	Classe di consistenza al getto	Tipo di cemento - solo se necessario	Copriferro nominale

Le miscele, se prodotte con un processo industrializzato, di cui meglio si specifica nel paragrafo successivo, non necessitano di alcuna qualifica preliminare che si richiede invece per conglomerati prodotti senza processo industrializzato.

2.9.6.4 QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto 17 gennaio 2018 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”) per la produzione del calcestruzzo si possono configurare due differenti possibilità:

- 1) calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato.
- 2) calcestruzzo prodotto con processo industrializzato;

Il caso 1) si verifica nella produzione limitata di calcestruzzo direttamente effettuata in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati. In tal caso la produzione deve essere effettuata sotto la diretta vigilanza del Direttore dei Lavori. Il Decreto 17 gennaio 2018 – “Norme tecniche per le costruzioni” prevede, in questo caso, la qualificazione iniziale delle miscele per mezzo della “Valutazione preliminare della Resistenza” (par. 11.1.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni) effettuata sotto la responsabilità dell'appaltatore o committente, prima dell'inizio della costruzione dell'opera, attraverso idonee prove preliminari atte ad accertare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che verrà utilizzata per la costruzione dell'opera. La qualificazione iniziale di tutte le miscele utilizzate deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 (Laboratori Ufficiali).

Nella relazione di prequalifica, nel caso di calcestruzzo prodotti senza processo industrializzato l'appaltatore dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- documenti sulla marcatura CE dei materiali costituenti;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- massa volumica del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;

- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza del calcestruzzo;
- risultati delle prove di resistenza a compressione;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2-28 giorni);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di posa in opera e maturazione dei getti.

Il caso 2) è trattato al punto 11.1.8, del Decreto 17 gennaio 2018 – “ Norme tecniche per le costruzioni” che definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Di conseguenza in questa fattispecie rientrano, a loro volta, tre tipologie di produzione del calcestruzzo:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi;
- calcestruzzo prodotto negli stabilimenti di prefabbricazione;
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei).

In questi casi gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Tale sistema di controllo non deve confondersi con l'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale, al quale può affiancarsi.

Il sistema di controllo della produzione in fabbrica dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con la UNI EN 45012. A riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di controllo di produzione in fabbrica dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato. L'organismo di certificazione dovrà, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive dovrà verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle effettuate dai laboratori ufficiali.

Il programma delle prove di autocontrollo deve essere sviluppato in maniera tale da assicurare il rispetto dei disposti normativi per le numerose miscele prodotte, ma essere nel contempo contenuto in maniera tale da agevolarne l'applicazione, in virtù dell'elevato numero delle miscele prodotte in generale in un impianto di calcestruzzo preconfezionato.

È compito della Direzione Lavori accertarsi che i documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere indichino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Ove opportuno il Direttore dei Lavori potrà richiedere la relazione preliminare di qualifica ed i relativi allegati (es. certificazione della marcatura CE degli aggregati, del cemento, etc.).

2.9.6.5 POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della direzione dei lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa appaltatrice. Nel caso di opere particolari, soggette a sorveglianza da parte di Enti

ministeriali la confezione dei provini verrà effettuata anche alla presenza dell'Ingegnere incaricato della sorveglianza in cantiere.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al di sotto dei +5° C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L. anche qualora la temperatura ambientale superi i 33° C.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibrator a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (tabella 3.1).

Tab.3.1 – Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

Nel caso siano previste riprese di getto sarà obbligo dell'appaltatore procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

Qualora alla struttura sia richiesta la tenuta idraulica, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti in maniera tale da non interagire con le armature. I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

È obbligo della D.L. verificare la corretta esecuzione delle operazioni sopra riportate.

Tolleranze esecutive

Nelle opere finite gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:
- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto $S = \pm 3.0\text{cm}$
- dimensioni in pianta $S = - 3.0\text{ cm o } + 4.0\text{ cm}$

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

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

Casseforme

Per tali opere provvisorie l'appaltatore comunicherà preventivamente alla direzione dei lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

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

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

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

Caratteristiche delle casseforme

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

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiacca cementizia.

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

Pulizia e trattamento

Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

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

Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc..

Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto 17 gennaio 2018 – "norme tecniche per le costruzioni").

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo, previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 0.5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

Getti faccia a vista

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

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

I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

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

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

Stagionatura

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione). Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'appaltatore è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing);

- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie ricoperta da un costante velo d'acqua.

I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, l'appaltatore, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 7 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori.

Nel caso di superfici orizzontali non cassate (pavimentazioni, platee di fondazione...) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici verranno mantenute costantemente umide per almeno 7 giorni. Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni. Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50 la maturazione deve essere curata in modo particolare.

2.9.6.6 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

La direzione dei lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee di conglomerato e, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, può essere condotto mediante (Norme Tecniche cap.11):

- **controllo di tipo A;**
- **controllo di tipo B** (obbligatorio nelle costruzioni con più di 1500 m³ di miscela omogenea).

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire a "bocca di betoniera" (non prima di aver scaricato almeno 0.3 mc di conglomerato), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nelle Norme Tecniche per le costruzioni (§ 11.1.4 PRELIEVO DEI CAMPIONI) e nella norma UNI-EN 206-1.

Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere eseguito alla presenza della direzione dei lavori o di un suo incaricato.

In particolare i campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale secondo la UNI EN 12390-3.

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro d pari a 150 mm ed altezza h 300 mm.

Il prelievo del calcestruzzo deve essere effettuato non prima di aver scaricato 0.3 mc di calcestruzzo e preferibilmente a metà dello scarico della betoniera. Il conglomerato sarà versato tramite canaletta all'interno di una carriola in quantità pari a circa 2 volte superiore a quello necessario al confezionamento dei provini. Il materiale versato verrà omogeneizzato con l'impiego di una sassola.

È obbligatorio inumidire tutti gli attrezzi necessari al campionamento (carriola, sassola) prima di utilizzarli, in modo tale da non modificare il contenuto di acqua del campione di materiale prelevato.

Prima del riempimento con il conglomerato, le casseforme andranno pulite e trattate con un liquido disarmante.

Per la compattazione del calcestruzzo entro le casseforme è previsto l'uso di uno dei seguenti mezzi:

- pestello di compattazione metallico a sezione circolare e con le estremità arrotondate, con diametro di circa 16 mm e lunghezza di circa 600 mm;
- barra diritta metallica a sezione quadrata, con lato di circa 25 mm e lunghezza di circa 380 mm;
- vibratore interno con frequenza minima di 120 Hz e diametro non superiore ad $\frac{1}{4}$ della più piccola dimensione del provino;
- tavola vibrante con frequenza minima pari a 40 Hz.

Il riempimento della cassaforma deve avvenire per strati successivi di 75 mm, ciascuno dei quali accuratamente compattati senza produrre segregazioni o comparsa di acqua sulla superficie.

Nel caso di compattazione manuale, ciascuno strato verrà assestato fino alla massima costipazione, avendo cura di martellare anche le superficie esterne del cassero.

Nel caso si impieghi il vibratore interno, l'ago non dovrà toccare lungo le pareti verticali e sul fondo della casseratura.

La superficie orizzontale del provino verrà spianata con un movimento a sega, procedendo dal centro verso i bordi esterni.

Su tale superficie verrà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta di plastica/cartoncino rigido sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla direzione dei lavori al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del prelievo deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

1. Identificazione del campione:
 - tipo di calcestruzzo;
 - numero di provini effettuati;
 - codice del prelievo;
 - metodo di compattazione adottato;
 - numero del documento di trasporto;
 - ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura...);
2. Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;
3. Data e ora di confezionamento dei provini;
4. La firma della D.L. In caso di opere particolari, soggette a sorveglianza da parte di Enti ministeriali (es. Dighe), il verbale di prelievo dovrà riportare anche la firma dell'Ingegnere incaricato della sorveglianza in cantiere.

I provini dovranno essere rotti in un intervallo compreso fra 28 e 45 giorni, in ottemperanza al capitolo 11.4 del D.M. 17.01.2018

Al termine del prelievo, i provini verranno posizionati al di sopra di una superficie orizzontale piana in una posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). In questo caso sarà opportuno coprire i provini con sistemi isolanti o materiali umidi (es. sacchi di juta, tessuto non tessuto...). Trascorso questo tempo i provini dovranno essere consegnati presso il Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento dove, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in acqua alla temperatura costante di 20 ± 2 °C oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20 ± 2 °C ed umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

L'Impresa appaltatrice sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento. Inoltre, l'Impresa appaltatrice sarà responsabile del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo al Laboratorio Ufficiale unitamente ad una lettera ufficiale di richiesta prove firmata dalla Direzione Lavori.

Qualora per esigenze legate alla logistica di cantiere o ad una rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa si rende necessario prescrivere un valore della resistenza caratteristica a tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature diverse dai 20 °C i controlli di accettazione verranno effettuati con le stesse modalità sopra descritte fatta eccezione per le modalità di conservazione dei provini che verranno mantenuti in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e temperature inferiori a quelle canoniche.

Resta inteso che in queste situazioni rimane sempre l'obbligo di confezionare e stagionare anche i provini per 28 giorni a 20 °C e U.R. del 95% per valutare la rispondenza del valore caratteristico a quello prescritto in progetto.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

2.9.6.7 CONTROLLI SUPPLEMENTARI DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

Carotaggi

Quando un controllo di accettazione dovesse risultare non soddisfatto e ogniqualvolta la D.L. lo ritiene opportuno la stessa può predisporre un controllo della resistenza del calcestruzzo in opera da valutarsi su carote estratte dalla struttura da indagare.

Le carote verranno estratte in modo da rispettare il vincolo sulla geometria di $(h/D) = 1$ o $= 2$ e non in un intervallo intermedio, in conformità con la norma prEN 13791.

Zona di prelievo

Le carote verranno eseguite in corrispondenza del manufatto in cui è stato posto in opera il conglomerato non rispondente ai controlli di accettazione o laddove la D.L. ritiene che ci sia un problema di scadente o inefficace compattazione e maturazione dei getti.

Dovranno essere rispettati i seguenti vincoli per il prelievo delle carote:

- non in prossimità degli spigoli;
- zone a bassa densità d'armatura (prima di eseguire i carotaggi sarà opportuno stabilire l'esatta disposizione delle armature mediante apposite metodologie d'indagine non distruttive);
- evitare le parti sommitali dei getti;
- evitare i nodi strutturali;
- attendere un periodo di tempo, variabile in funzione delle temperature ambientali, tale da poter conseguire per il calcestruzzo in opera un grado di maturazione paragonabile a quello di un calcestruzzo maturato per 28 giorni alla temperatura di 20 °C.

2.9.6.8 PROVE DI CARICO

L'appaltatore dovrà fornire ogni supporto utile all'esecuzione delle prove di carico rispettando fedelmente le procedure e le indicazioni fornitegli dal Direttore Lavori e dal Collaudatore. Allo scopo a suo carico e spese egli dovrà predisporre quanto necessario nel rispetto delle norme che attengono la sicurezza di uomini e cose oltre al rispetto dell'ambiente. Egli, infine, è tenuto ad accettare sia i risultati delle operazioni di collaudo sia le eventuali azioni ed interventi per sanare situazioni ritenute insoddisfacenti dalla direzione dei lavori, dal Collaudatore o dal progettista.

2.9.6.9 SPECIFICHE CALCESTRUZZO PER TIPOLOGIA

Strutture di fondazione e interrate

La norma UNI 11104 inquadra questa tipologia di strutture nella classe di esposizione XC2 per le quali si richiede che il conglomerato possieda una classe di resistenza caratteristica minima C25/30 e un dosaggio di cemento non inferiore a 300 Kg/m³. Inoltre, in accordo con gli Eurocodici per queste strutture occorrerà prevedere un copriferro di 30 o 40 mm rispettivamente per opere in c.a. o in c.a.p.

Se le strutture di fondazione sono in contatto con terreni contenenti solfati le prescrizioni di capitolato per il calcestruzzo diventano molto più restrittive per la notoria azione fortemente aggressiva esercitata da queste sostanze nei confronti del conglomerato. Le reazioni chimiche promosse dal solfato, infatti, possono determinare fessurazioni, rigonfiamenti e forti espulsioni di parti consistenti di calcestruzzo. Per questo motivo, sarebbe sempre opportuno prima di iniziare la progettazione delle opere di fondazione richiedere che venga effettuata un'analisi chimica del terreno finalizzata ad accertare la presenza di sostanze aggressive per il calcestruzzo. In presenza di solfati l'aggressione diventa possibile se il tenore (in termini di SO₄²⁻) risulta superiore a 2000 mg/kg e sarà tanto maggiore quanto più elevata la concentrazione di queste sostanze nel terreno.

La norma UNI 11104 in queste situazioni raccomanda l'impiego di calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica variabile da C28/35 a C38/45 per tenori di solfato crescenti da 2000 a 24000 mg/kg, dosaggi di cemento non inferiori a 320 kg/m³ e l'impiego di cementi resistenti ai solfati in accordo alla UNI 9156.

Alcune strutture di fondazione possono essere caratterizzate da grandi dimensioni: è il caso, ad esempio, dei plinti di fondazione delle pile da ponte, delle platee di spessore maggiore di 60-80 cm, dei blocchi di fondazione di presse per stampaggio di lamiera o delle turbine negli impianti di produzione dell'energia elettrica. Per queste strutture caratterizzate da rilevanti volumi di calcestruzzo è fondamentale attenuare i gradienti termici che si instaurano tra le zone centrali del getto e quelle periferiche. Queste ultime, infatti, per la maggiore dissipazione del calore, rispetto alle zone del "cuore" della struttura, tendono a portarsi in equilibrio con la temperatura ambientale. Per contro, le zone interne, per la bassa diffusività termica del calcestruzzo, sono caratterizzate da condizioni adiabatiche con assenza di calore dissipato e, pertanto, subiscono un forte innalzamento di temperatura.

Per effetto di questi gradienti termici si instaurano nelle strutture degli stati tensionali di trazione che possono determinare la comparsa di dannosi quadri fessurativi sia sulla cortecchia che nell'intimo dell'opera. Per queste strutture, quindi, occorre limitare il calore generato dall'idratazione del cemento; ciò può essere fatto utilizzando cementi LH e/o limitando il dosaggio di cemento in accordo alla norma UNI EN 197-1:2006. Unitamente a queste prescrizione occorre proteggere opportunamente le superfici, casserate e non, del getto mediante pannelli di materiale termoisolante onde limitare i gradienti termici generati dalla differenza di temperatura tra gli strati corticali della struttura e quelli più interni al getto stesso.

Calcestruzzo destinato alla realizzazione di strutture di fondazione e muri interrati a contatto con terreni non aggressivi

Calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo alla UNI EN 206-1, per strutture di fondazione in classe di esposizione XC2 (UNI 11104), R_{ck} 30 N/mm², Classe di consistenza S4/S5 o slump di riferimento 230 mm $\pm$ 30 mm, D_{max} 32 mm, CI 0.4

Prescrizioni per gli ingredienti utilizzati per il confezionamento del conglomerato

- A1) Acqua di impasto conforme alla UNI-EN 1008
 A2) Additivo superfluidificante conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2
 A3) Additivo ritardante (solo per getti in climi molto caldi) conforme al prospetto 2 della UNI-EN 934-2
 A4) Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2. Assenza di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520-2) o in alternativa aggregati con espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.
 A5) Cemento conforme alla norma UNI-EN 197-1
 A6) Ceneri volanti e fumi di silice conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 450 e UNI-EN 13263 parte 1 e 2.

Prescrizioni per il calcestruzzo

- B1) Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)
 B2) Classi di esposizione ambientale: XC2
 B3) Rapporto a/c max: 0.60
 B4) Classe di resistenza a compressione minima: C(25/30)
 B5) Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestr. superiore a 1500 m³)
 B6) Dosaggio minimo di cemento: 300 Kg/m³
 B7) Aria intrappolata: max. 2,5%
 B9) Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)
 B10) Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.4
 B11) Classe di consistenza al getto S4/S5 oppure slump di riferimento 23 ± 3cm
 B12) Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): < 0.1%

Prescrizioni per la struttura

- C1) Copriferro minimo: 30 mm (40 per opere in c.a.p). Per getti controterra su terreno preparato: copriferro minimo 40 mm. Per getti controterra su terreno non preparato: copriferro minimo 70 mm
 C2) Controllo dell'esecuzione dell'opera (R_{ck} minima in opera valutata su carote h/d=1): $C(x/y)_{opera} > 0,85 C(x/y) \geq 24.5 \text{ N/mm}^2$
 C3) Scassero oppure durata minima della maturazione umida da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non casserata con geotessile bagnato ogni 24h: 7 giorni.
 C4) Acciaio B450C conforme al D.M. 17/01/2018:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura f_t	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_y \text{ misurato} / f_y \text{ nom}$	$\leq 1,25$
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico*	3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega*	Mantenimento delle proprietà meccaniche superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995
Controllo radiometrico**	D. Lgs. 241/2000

* = prove periodiche annuali
** = controllo per colata

Strutture di elevazione in climi temperati

Al fine, quindi, di prevenire il degrado, consistente nella formazione di ruggine e nella conseguente espulsione del copriferro determinata proprio dai prodotti di corrosione più voluminosi del ferro metallico, si deve agire su due fronti:

- ridurre la porosità del calcestruzzo al fine di rallentare il processo di diffusione della CO₂ attraverso l'impiego di un conglomerato caratterizzato da un rapporto a/c tanto più basso quanto più elevato è il rischio di corrosione;
- aumentare lo spessore del copriferro in modo che il processo di corrosione possa innescarsi in corrispondenza della scadenza di vita utile (50 anni) della struttura.

La norma UNI 11104 inquadra le strutture di elevazione in clima temperato:

- nella classe di esposizione XC1 se le strutture operano in servizio in ambienti interni caratterizzati da bassa umidità relativa (< 70%) per le quali si richiede che il conglomerato possieda una classe di resistenza caratteristica minima C25/30 e un dosaggio di cemento non inferiore a 300 Kg/m³. Inoltre, in accordo con gli Eurocodici per queste strutture occorrerà prevedere un copriferro di 20 o 30 mm rispettivamente per opere in c.a. o in c.a.p.;
- nella classe di esposizione XC3 se le strutture operano all'interno di edifici ad umidità moderata o alta o per strutture esterne che sono al riparo della pioggia; per tali opere la resistenza caratteristica minima è 35 N/mm² e copriferro di 30 o 40 mm per opere in c.a. o c.a.p.
- nella classe di esposizione XC4 se le strutture operano in servizio all'esterno e sono interessate direttamente dall'azione della pioggia per le quali si richiede che il conglomerato possieda una classe di resistenza caratteristica minima C32/40 e un dosaggio di cemento non inferiore a 340 Kg/m³. Inoltre, in accordo con gli Eurocodici per queste strutture occorrerà prevedere un copriferro di 35 o 45 mm rispettivamente per opere in c.a. o in c.a.p.

Per edifici e complessi di importanza strategica per i quali il committente richiede una classe di vita utile 2 (100 anni) in accordo alle Norme Tecniche per le costruzioni le presenti prescrizioni debbono essere modificate sia per quanto attiene alla qualità del calcestruzzo, allo spessore del copriferro che deve essere incrementato di almeno 10 mm, alla scelta del tipo di armature, che potrebbe compendiare l'impiego di barre di acciaio zincato o inossidabile, che, infine, alla eventuale protezione della superficie delle strutture con rivestimenti a basso coefficiente di diffusione dell'anidride carbonica.

Calcestruzzo destinato alla realizzazione di strutture di elevazione che in servizio sono esposte ad ambienti interni di fabbricati residenziali, di edifici pubblici o adibiti ad attività commerciali o del terziario

Calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo alla UNI EN 206-1, per strutture di elevazione all'interno di edifici in classe di esposizione XC1 (UNI 11104), R_{ck} 30 N/mm², Classe di consistenza S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm, D_{max} 32 mm, CI 0.4

Prescrizioni per gli ingredienti utilizzati per il confezionamento del conglomerato

A1) Acqua di impasto conforme alla UNI-EN 1008

A2) Additivo superfluidificante conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2

A3) Additivo ritardante (eventuale solo per getti in climi molto caldi) conforme al prospetto 2 della UNI-EN 934-2

A4) Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2. Assenza di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520/2) o in alternativa aggregati con espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

A5) Cemento conforme alla norma UNI-EN 197-1

A6) Ceneri volanti e fumi di silice conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 450 e UNI-EN 13263 parte 1 e 2.

Prescrizioni per il calcestruzzo

B1) Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)

B2) Classi di esposizione ambientale: XC1

B3) Rapporto a/c max: 0.60

B4) Classe di resistenza a compressione minima: C(25/30)

B5) Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m³)

B6) Dosaggio minimo di cemento: 300 Kg/m³

B7) Aria intrappolata: max. 2,5%

B8) Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)

B9) Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.4

B10) Classe di consistenza al getto S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm

B11) Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): < 0.1%

Prescrizioni per la struttura

C1) Copriferro minimo: 20 mm (30 per opere in c.a.p)

C2) Controllo dell'esecuzione dell'opera (R_{ck} minima in opera valutata su carote $h/d=1$): $C(x/y)_{opera} > 0,85 C(x/y) \geq 24.5 \text{ N/mm}^2$

C3) Scassero oppure durata minima della maturazione umida da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non casserata con geotessile bagnato ogni 24 ore (o con altro metodo di protezione equivalente): 7 giorni

C4) Acciaio B450C conforme al D.M. 17/01/2018:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura f_t	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_y \text{ misurato} / f_y \text{ nom}$	$\leq 1,25$
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico*	3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega*	Mantenimento delle proprietà meccaniche
Controllo radiometrico**	superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995 D. Lgs. 241/2000
* = prove periodiche annuali	
** = controllo per colata	

Calcestruzzo destinato alla realizzazione di strutture di interni ad umidità relativa dell'aria moderata o elevata o strutture esterne al riparo della pioggia di fabbricati residenziali, di edifici pubblici o adibiti ad attività commerciali o del terziario in zone a clima temperato

Calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo alla UNI EN 206-1, per strutture di elevazione di edifici che operano in servizio internamente ad umidità relativa dell'aria moderata o elevata o all'esterno non direttamente esposte all'azione della pioggia, in classe di esposizione XC3 (UNI 11104), R_{ck} 35 N/mm², Classe di consistenza S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm, D_{max} 32 mm, CI 0.4

Prescrizioni per gli ingredienti utilizzati per il confezionamento del conglomerato

- A1) Acqua di impasto conforme alla UNI-EN 1008
- A2) Additivo superfluidificante conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2
- A3) Additivo ritardante (eventuale solo per getti in climi molto caldi) conforme al prospetto 2 della UNI-EN 934-2
- A4) Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2. Assenza di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520/2) o in alternativa aggregati con espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.
- A5) Cemento conforme alla norma UNI-EN 197-1
- A6) Ceneri volanti e fumi di silice conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 450 e UNI-EN 13263 parte 1 e 2.

Prescrizioni per il calcestruzzo

- B1) Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)
- B2) Classi di esposizione ambientale: XC3
- B3) Rapporto a/c max: 0.55
- B4) Classe di resistenza a compressione minima: C(28/35)
- B5) Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m³)
- B6) Dosaggio minimo di cemento: 320 Kg/m³
- B7) Aria intrappolata: max. 2,5%
- B8) Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)
- B9) Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: CI 0.4
- B10) Classe di consistenza al getto S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm
- B11) Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): < 0.1%

Prescrizioni per la struttura

- C1) Copriferro minimo: 30 mm (40 per opere in c.a.p)
- C2) Controllo dell'esecuzione dell'opera (R_{ck} minima in opera valutata su carote $h/d=1$): $C(x/y)_{opera} > 0,85 C(x/y) \geq 30$ N/mm²
- C3) Scassero oppure durata minima della maturazione umida da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non casserata con geotessile bagnato ogni 24 ore (o con altro metodo di protezione equivalente): 7 giorni
- C4) Acciaio B450C conforme al D.M. 17/01/2018:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7\%$

Rapporto f_t/f_y	$1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico*	3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega*	Mantenimento delle proprietà meccaniche superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995
Controllo radiometrico**	D. Lgs. 241/2000
* = prove periodiche annuali	
** = controllo per colata	

Strutture aeree in climi rigidi in assenza di sali disgelanti

Al fine di prevenire gli indesiderati effetti dei cicli di gelo-disgelo sul conglomerato è necessario ridurre la porosità della matrice adottando rapporti a/c relativamente bassi per ridurre il grado di saturazione del calcestruzzo. Inoltre, è indispensabile utilizzare al momento del confezionamento dell'impasto degli additivi aeranti capaci di stabilizzare l'aria in forma di microbolle di diametro compreso tra 100 e 200 μm omogeneamente disperse all'interno della matrice cementizia e aventi spaziatura (spacing) di 200-250 μm . Questo sistema di microbolle ha la funzione di allentare le pressioni indotte dalla formazione del ghiaccio a valori tali da non superare la resistenza del calcestruzzo evitando la comparsa di fenomeni di degrado. Accanto a questi accorgimenti occorre anche impiegare aggregati non gelivi capaci di resistere senza crollare alle tensioni indotte dalla formazione del ghiaccio. Ovviamente accanto alle prescrizioni relative alla prevenzione del degrado indotto dai cicli di gelo-disgelo, occorre anche adottare i provvedimenti finalizzati alla prevenzione della corrosione promossa dall'anidride carbonica dell'aria, già discussi nella sezione precedente e che per comodità di lettura di lettura vengono di seguito riproposti qui di seguito:

- ridurre la porosità del calcestruzzo al fine di rallentare il processo di diffusione della CO₂ attraverso l'impiego di un conglomerato caratterizzato da un rapporto a/c tanto più basso quanto più elevato è il rischio di corrosione;
- aumentare lo spessore del copriferro in modo che il processo di corrosione possa innescarsi in corrispondenza della scadenza di vita utile (50 anni) della struttura.

In definitiva la norma UNI 11104 inquadra le strutture aeree in clima rigido:

- nella classe di esposizione XC4+XF1. Questa classe di esposizione è relativa ai pilastri, ai corpi scala, ai nuclei ascensore alle solette aggettanti di balconi e terrazze, ai parapetti, ai muri di sostegno non in prossimità di strade adibite al traffico veicolare, ai muretti di recinzione. Per questi elementi strutturali, in prevalenza a sviluppo verticale, la norma UNI 11104 non prevede l'impiego dell'additivo aerante in quanto ritiene che il grado di saturazione del calcestruzzo sia modesto e tale da non determinare, a seguito dei cicli di gelo-disgelo, pressioni tali da promuovere il degrado del conglomerato. Per queste strutture la norma UNI 11104, pertanto, impone di adottare gli stessi accorgimenti richiesti per quelle esposte all'esterno in clima temperato con la sola integrazione di ricorrere all'utilizzo di aggregati non gelivi in accordo alla UNI-EN 12620. Allo scopo si farà riferimento alla scheda 3.1;

- nella realtà, tuttavia, le strutture menzionate al punto precedente, anche perché spesso non si pone particolare attenzione alla realizzazione dei particolari costruttivi tesi ad un corretto smaltimento delle acque, risultano imbevibili di acqua con il risultato che i cicli di gelo-disgelo possono promuovere un degrado precoce. Pertanto, esse sono assimilabili a strutture orizzontali e, in deroga a quanto stabilito dalla norma UNI 11104, debbono essere inquadrate nella classe di esposizione XC4+XF3 per le quali, ai fini del rispetto delle condizioni di durabilità, è necessario ricorrere ad un rapporto a/c massimo di 0.50, ad una classe di resistenza caratteristica minima C25/30, all'impiego di aggregati non gelivi, all'inglobamento di un sufficiente volume di aria, in relazione alla massima pezzatura dell'aggregato

impiegato, e ad un dosaggio di cemento non inferiore a 340 Kg/m³. Inoltre, in accordo con gli Eurocodici per queste strutture occorrerà prevedere un copriferro di 35 o 45 mm rispettivamente per opere in c.a. o in c.a.p. Per le prescrizioni di capitolato si farà riferimento alla scheda 3.2. Le prescrizioni di capitolato contenute in questa scheda possono essere estese anche a tutte le strutture che operano in clima rigido e che vengono in contatto diretto con acqua, quali le sponde di canali, i muri di contenimento (briglie) di torrenti che non contengono anidride carbonica libera in misura superiore a 15 mg/l per le quali si rimanda alle prescrizioni di capitolato contenute nella scheda 3.3. Per queste strutture, infatti, oltre all'azione dell'anidride carbonica gassosa dell'aria nei confronti dei ferri di armatura e quella del gelo-disgelo nei confronti del calcestruzzo occorre tener presente anche dell'effetto degradante promosso dall'anidride carbonica libera presente nelle acque in forma di acido carbonico. Quest'ultimo è capace di provocare una lenta ma inesorabile dissoluzione della matrice cementizia per effetto della trasformazione del carbonato di calcio nel più solubile bicarbonato provocando asportazioni consistenti di pasta di cemento dalla superficie delle strutture. La prevenzione di queste forme di degrado è affidata all'impiego di calcestruzzi di bassa porosità e all'impiego di cementi resistenti al dilavamento in accordo con la norma UNI 9606. In particolare, queste strutture sono inquadrare nella classe di esposizione XC4 + XF3 + XA: quest'ultima valutata in funzione della concentrazione di anidride carbonica libera nelle acque.

Nella presente sezione non sono incluse le opere in calcestruzzo situate in zona a clima rigido che vengono in contatto con soluzioni a base di sali disgelanti utilizzate per la prevenzione della formazione del ghiaccio o per la rimozione dello stesso dalla sede stradale al fine di favorire il transito dei veicoli per le quali si rimanda alla Sezione 6 relativa alle strutture e infrastrutture stradali. Allo stesso modo, la presente sezione non riguarda le pavimentazioni in calcestruzzo di piazzali esterni operanti in zone a clima rigido per le quali si rimanda alla Sezione 11.

Per strutture di importanza strategica per i quali il committente richiede una classe di vita utile 2 (100 anni) in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni le prescrizioni contenute nella presente sezione debbono essere modificate sia per quanto attiene alla qualità del calcestruzzo, allo spessore del copriferro che deve essere incrementato di almeno 10 mm, alla scelta del tipo di armature che potrebbe compendiare l'impiego di barre di acciaio zincato o inossidabile che, infine, alla eventuale protezione del calcestruzzo con rivestimenti impermeabili.

Calcestruzzo destinato alla realizzazione di strutture di elevazione di fabbricati residenziali, di edifici pubblici o adibiti ad attività commerciali o del terziario che in servizio sono esposte all'azione della pioggia in zone a clima rigido

Calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo alla UNI EN 206-1, per strutture di elevazione di edifici che operano in servizio all'esterno esposte direttamente all'azione della pioggia in aeree a clima rigido, in classe di esposizione XC4 + XF1 (UNI 11104), R_{ck} 40 N/mm², Classe di consistenza S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm, D_{max} 32 mm, Cl 0.4, aggregati non gelivi F2 o MS25

Prescrizioni per gli ingredienti utilizzati per il confezionamento del conglomerato

- A1) Acqua di impasto conforme alla UNI-EN 1008
- A2) Additivo superfluidificante conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2
- A3) Additivo ritardante (eventuale solo per getti in climi molto caldi) conforme al prospetto 2 della UNI-EN 934-2
- A4) Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2. Assenza di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520/2) o in alternativa aggregati con espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2; Aggregati non gelivi aventi assorbimento d'acqua inferiore all'1% o appartenenti alle classi F2 o MS25 in accordo alla UNI-EN 12620
- A5) Cemento conforme alla norma UNI-EN 197-1

A6) Ceneri volanti e fumi di silice conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 450 e UNI-EN 13263 parte 1 e 2.

Prescrizioni per il calcestruzzo

- B1) Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)
 B2) Classi di esposizione ambientale: XC4 + XF1
 B3) Rapporto a/c max: 0.50
 B4) Classe di resistenza a compressione minima: C(32/40)
 B5) Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m³)
 B6) Dosaggio minimo di cemento: 340 Kg/m³
 B7) Aria intrappolata: max. 2,5%
 B9) Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)
 B10) Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.4
 B11) Classe di consistenza al getto S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm
 B12) Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): < 0.1%

Prescrizioni per la struttura

- C1) Copriferro minimo: 35 mm (45 per opere in c.a.p.)
 C2) Controllo dell'esecuzione dell'opera (R_{ck} minima in opera valutata su carote h/d=1): C(x/y)_{opera} > 0,85 C(x/y) ≥ 34 N/mm²
 C3) Scassero oppure durata minima della maturazione umida da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non cassetta con geotessile bagnato ogni 24 ore (o con altro metodo di protezione equivalente): 7 giorni
 C4) Acciaio B450C conforme al D.M. 17/01/2018:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	≥450 MPa
Limite di rottura f_t	≥540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	≥7%
Rapporto f_t/f_y	$1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto f_y misurato/ f_y nom	≤ 1,25
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico*	3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega*	Mantenimento delle proprietà meccaniche superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995
Controllo radiometrico**	D. Lgs. 241/2000
* = prove periodiche annuali	
** = controllo per colata	

2.9.6.10 STRUTTURE VARIE: SCALE, RAMPE E PARAPETTI

Le scale e le rampe eseguite in opera o prefabbricate in cemento armato saranno calcolate per un sovraccarico variabile conforme a quanto stabilito dalle normative di legge in vigore al momento dell'appalto.

I particolari costruttivi come la forma dei gradini, i parapetti di protezione, i corrimano e quant'altro occorra per definire l'opera saranno eseguiti secondo i disegni di dettaglio forniti dalla Direzione Lavori o comunque preventivamente approvati.

La struttura potrà, se autorizzata, essere lasciata a faccia vista, nel qual caso si dovranno prevedere tutti gli accorgimenti per una perfetta riuscita.

2.10 STRUTTURE IN CARPENTERIA DI ACCIAIO

Le strutture di acciaio dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto dalla normativa vigente e dalle leggi richiamate al capitolo precedente.

Gli elaborati progettuali saranno redatti a cura e spese della Stazione Appaltante. Detti elaborati comprenderanno tutte le indicazioni necessarie per una corretta impostazione, esecuzione e contabilizzazione della struttura da realizzare.

Le strutture metalliche, anche in mancanza di indicazioni precise, dovranno essere conformi alla normativa vigente, ed in particolare al **Decreto 17 gennaio 2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”**.

Si veda inoltre l'**Eurocodice n. 3** “Progettazione delle strutture in acciaio”

Le strutture ed i processi produttivi dovranno essere conformi ad UNI EN 1090-1 e UNI EN 1090-2 : Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio

L'impresa sarà tenuta, a propria cura e spese, a presentare all'esame ed all'approvazione della D.L. in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, il progetto costruttivo delle opere; in tale progetto dovranno essere completamente definiti tutti i particolari costruttivi elencati nelle norme sopracitate (diametro e posizione dei bulloni e dei fori relativi, coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza, classe delle saldature, dimensione dei cordoni, qualità degli elettrodi e dei materiali d'apporto, etc.) nonché gli schemi di montaggio e controfrecce di officina, piani operativi di montaggio. Dovranno inoltre essere elencate tutte le indicazioni necessarie all'esecuzione delle opere di elevazione/fondazione e alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle medesime.

L'Impresa dovrà altresì verificare, nonché sottoscrivere per accettazione e conferma, la relazione di calcolo delle strutture presente all'interno del progetto; dovrà inoltre integrare tale relazione qualora nella redazione del progetto costruttivo dovesse, sempre con la superiore approvazione della D.L., variare alcuni parti dell'opera; dovrà in ogni caso produrre una relazione integrativa nella quale verranno dettagliate specificatamente le fasi di montaggio/esecuzione dell'opera, specificando il funzionamento statico della struttura in tali diverse fasi.

Sugli elaborati del progetto costruttivo, firmati dall'Impresa, saranno inoltre riportate le distinte dei materiali, nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa dovrà inoltre far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

Per quanto concerne il progetto costruttivo delle saldature (classi di qualità delle saldature, tecnologie di esecuzione delle saldature con dimensione dei cordoni, caratteristiche dei procedimenti, qualità degli elettrodi, etc.) e delle bullonature, è fatto obbligo all'impresa di redigere apposita relazione da allegare al progetto costruttivo; nel caso di strutture di particolare importanza è facoltà della Direzione Lavori di sottoporre il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature, a cura e spese dell'Impresa, alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.N.A. (Registro Italiano Navale) con sede a Genova o di altro Ente o Laboratorio di sua fiducia; le prescrizioni derivanti da tale consulenza diverranno prescrittive per l'Impresa.

In sede di approvazione del progetto costruttivo, la D.L. stabilirà in particolare i tipi e la estensione dei controlli sulle saldature e sulle bullonature in conformità a quanto stabilito dal D.M. 17.01.2018 sopracitato e tenuto conto di quanto prescritto al riguardo nella relazione dell'Impresa e delle eventuali raccomandazioni scaturite dalla consulenza sopra definita.

Il costruttore delle strutture metalliche saldate dovrà avere una organizzazione tale da soddisfare i requisiti stabiliti dalla norma UNI EN 1090. In particolare:

- dovrà essere individuato da parte del Costruttore il Coordinatore delle attività di saldatura;
- le saldature dovranno essere eseguite secondo le linee guida stabilite nella norma UNI EN 1011 parti 1, 2;
- i saldatori dovranno essere certificati, da un Ente Terzo, secondo UNI EN 287-1 per i procedimenti e le posizioni di lavoro previste;
- i saldatori che eseguiranno prevalentemente cordoni d'angolo dovranno superare le prove previste dalla normativa suddetta per i giunti a T;
- gli operatori dovranno essere certificati, da un Terzo Ente, secondo UNI EN 1418; i procedimenti di saldatura dovranno essere certificati, da un Terzo Ente, secondo UNI EN ISO 156141; per la certificazione dovranno essere eseguiti dei saggi rappresentativi della produzione oltre a quelli testa a testa necessari per la verifica delle caratteristiche meccaniche (la resilienza sui saggi sarà eseguita almeno alla stessa temperatura prevista per il materiale base).

In ogni caso i procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non minore di quella del metallo base.

La preparazione di lembi da saldare sarà effettuata mediante macchina utensile smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Qualunque sia il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie della saldatura dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con il materiale di base.

Dopo l'approvazione del progetto costruttivo da parte della D.L., l'impresa dovrà presentare a quest'ultima, in n. 3 copie ed in formato dwg, i disegni costruttivi di officina sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura.

L'impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

Tutti i prodotti metallici dovranno essere qualificati ai sensi del par.10.1.1 della CNR UNI 10011/88 ed opportunamente marcati; le forniture dovranno essere accompagnate dalle certificazioni previste dal par. 10.2.6 delle citate Norme.

I profili e le lamiere impiegate dovranno essere in perfette condizioni, esenti da difetti o ruggine, conformi ad UNI 5398/78 (travi IPE), 5397/78 (Travi HE) UNI EN 10219 – 2/99 (tubi).

Con le relative voci è compreso e compensato l'onere per le lavorazioni di officina e di cantiere, il montaggio (compresi tutti gli oneri diretti ed accessori per trasporto e montaggio), la formazione di pezzi speciali, fori, zanche, piastre, pezzi speciali anche se non previsti dai disegni, a semplice richiesta della D.L. E' altresì compreso l'onere per le bullonature, le saldature, la messa in opera di bulloni ad espansione, secondo le specifiche di seguito dettagliate.

L'Appaltatore dovrà a sue spese, eseguire un preciso rilievo del costruito e dell'esistente prima delle lavorazioni in officina; i disegni d'officina dovranno essere sottoposti alla D.L. per approvazione.

L'Appaltatore dovrà redigere un "Piano di Montaggio" contenente le modalità ed i tempi previsti per il montaggio delle strutture; tale piano dovrà essere sottoposto ed approvato dalla D.L.

L'appaltatore dovrà, a sua cura, verificare la praticabilità degli accessi al cantiere da parte di autogrù e mezzi di trasporto.

Gli acciai laminati, di qualità Fe 360 B o Fe 510 B, dovranno avere caratteristiche conformi ai prospetti 2.1 e 2.2 della CNR - UNI 10011/88.

L'acciaio per getti dovrà essere di qualità FeG520 (ex FeG53) secondo UNI 3158, od avere equivalenti caratteristiche. La composizione chimica dovrà essere contenuta entro i limiti raccomandati da UNI 5132. Saranno rifiutati quei pezzi che presentino imperfezioni sia nell'esecuzione che nel materiale.

L'Appaltatore sarà in ogni caso obbligato a controllare gli ordinativi ed a rilevare sul posto le misure esatte delle diverse opere in ferro, essendo egli responsabile per gli inconvenienti che potessero verificarsi per l'omissione di tale controllo.

2.10.1. SALDATURE

Vedansi i paragrafi precedenti

2.10.2. UNIONI BULLONATE

I bulloni, in mancanza di precisa indicazione progettuale, avranno classe minima 8.8., ovvero 10.8 secondo indicazioni progettuali; i dadi classe 6S; viti e dadi saranno conformi ad UNI 3740 ed al D.M. 17.01.2018.

Saranno zincati galvanicamente, con spessore minimo di rivestimento di 5 micron; saranno completi di rondella e, quando richiesto, di controdado.

2.10.3. PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI

E' sempre compresa l'accurata sgrassatura delle superfici, la sabbiatura con grado Sa2 di tutti i profili e delle lamiera, l'esecuzione di fori anticondensa nei tubolari, l'accurata molatura delle saldature; il tutto sia in officina che in cantiere.

In alternativa, la D.L. potrà richiedere il decapaggio in bagno chimico.

E' altresì compresa e compensata con la voce la stesura di una mano di fondo di vernice antiruggine, conforme alle specifiche del progetto generale.

La mano di fondo contro la corrosione dovrà essere data in officina ,prima del trasporto in cantiere; ad avvenuta esecuzione del montaggio e delle operazioni di saldatura, la verniciatura dovrà immediatamente essere ripresa nei punti danneggiati dalla operazione di assemblaggio.

2.10.4. PROVE DI CARICO E SUI MATERIALI

La D.L. potrà richiedere di eseguire o far eseguire, con oneri a carico dell'Appaltatore, prove di trazione sul materiale base, con un massimo di 3 saggi ogni 10 t., a cura di Laboratorio Ufficialmente riconosciuto.

2.10.5 MONTAGGI

Le operazioni di trasporto e montaggio degli elementi metallici dovranno avvenire nel rispetto delle normative vigenti, con particolare riguardo alla sicurezza dei lavoratori.

Tempi e modalità di montaggio saranno sottoposti alla D.L. per la relativa approvazione.

L'Appaltatore potrà, salvo approvazione della D.L., proporre l'esecuzione delle travi con uno più giunti flangiati: in caso di accettazione, non sarà riconosciuto alcun compenso aggiuntivo, neppure quello derivante dal maggiore peso dei giunti rispetto a quanto progettato in allegato.

I collegamenti di tipo saldato, da eseguirsi in cantiere o in officina, avverranno a cura di saldatore dotato di abilitazione (patentino) ai sensi delle vigenti normative.

Giunzioni di tipo alternativo a quelle previste, proposte dall'Appaltatore potranno essere autorizzate dalla D.L. a condizione che esse non diano luogo ad aumenti di peso delle strutture, o comunque, a compensi aggiuntivi.

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrassollecitate.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto, nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui. Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro sopracitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore. E' ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per le unioni con bulloni, l'impresa effettuerà, alla presenza della direzione dei lavori, un controllo di serraggio su un numero adeguato di bulloni.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla eventuale sottostante sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata.

2.10.6. BULLONI AD ESPANSIONE

I bulloni ad espansione saranno di tipo meccanico, con vite in acciaio 8.8, conformi ad ISO 898T1), zincati galvanicamente con spessore minimo di zincatura di 5 micron.

Saranno dotati di rondella, segnale di marcatura della profondità di posa minima, manicotto antirrotazione, manicotto d'espansione.

Dovranno essere forniti da primaria casa che ne certifichi le caratteristiche di resistenza, l'idoneità a sopportare carichi dinamici.

I bulloni utilizzati in carpenteria sono tabellati per classi secondo UNI EN 20898, specificate da due numeri con il primo indicante la resistenza massima a rottura diviso 100, e il secondo dato dal rapporto tensione di snervamento/tensione di rottura:

Classe	Resistenza taglio (fk,V)	Resistenza trazione/compressione (fk,N)	Resistenza snervamento (fy)	Resistenza ultima (ft)	Allungamento % (A%)
3.6	170 MPa	240 Mpa	240 MPa	400 MPa	22
4.6	212 MPa	300 Mpa	300 MPa	500 MPa	20
6.8	255 MPa	360 Mpa	480 MPa	600 MPa	16
8.8	396 MPa	560 Mpa	640 MPa	800 MPa	12

10.9	495 MPa	700 Mpa	900 MPa	1000 MPa	9
12.9	594 MPa	840 Mpa	1080 MPa	1200 MPa	8

Questi valori caratteristici andranno divisi per un coefficiente di modello e uno di sicurezza del materiale per i calcoli di progetto.

Le classi 8.8, 10.9 e 12.9 sono dette ad alta resistenza e per esse viene effettuata solamente la verifica ad attrito tra le superfici di contatto della lamiera e del bullone, ovvero si verifica che la forza di serraggio dei bulloni renda efficace l'unione. Per tutte le altre classi si considera il tranciamento del bullone, lo strappo e il rifollamento della lamiera.

I diametri dei bulloni in genere variano dai 12 ai 30 mm (a due a due fino a 24 mm, poi 27 e 30); nel dimensionamento, a causa della loro filettatura, si considera un'area equivalente e non quella effettiva ricavabile dal diametro.

La resistenza, oltre che attraverso certificazioni e collaudi del fornitore, potrà, a discrezione della D.L. essere verificata in opera, a campione, con apposito estrattore; l'onere delle prove resta a carico dell'Appaltatore.

La profondità minima del foro sarà quella indicata dal progetto o dal produttore; il foro dovrà essere perpendicolare alla superficie ed accuratamente pulito prima dell'introduzione del tassello.

La coppa di serraggio sarà quella prevista dal produttore.

Sono compresi e compensati tutti gli oneri per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

2.10.7. COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI

Ogni volta che i materiali destinati alla costruzione di strutture di acciaio pervengono dagli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Impresa darà comunicazione alla direzione dei lavori specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la destinazione costruttiva e la documentazione di accompagnamento della fonderia costituita da:

- attestato di controllo;
- dichiarazione che il prodotto è « qualificato » secondo le norme vigenti.

La direzione dei lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni di prodotto qualificato da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta ogni volta che lo ritenga opportuno, per verificarne la rispondenza alle norme di accettazione ed ai requisiti di progetto. Per i prodotti non qualificati la direzione dei lavori deve effettuare presso laboratori ufficiali tutte le prove meccaniche e chimiche in numero atto a fornire idonea conoscenza delle proprietà di ogni lotto di fornitura. Tutti gli oneri relativi alle prove sono a carico dell'impresa.

2.10.8 CONTROLLI IN CORSO DI LAVORAZIONE

L'Impresa dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della direzione dei lavori.

Alla direzione dei lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Ogni volta che le strutture metalliche lavorate si rendono pronte per il collaudo l'impresa informerà la direzione dei lavori, la quale darà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

2.10.9 PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO

Prima di sottoporre le strutture di acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, quando prevista, verrà eseguita da parte della direzione dei lavori una accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture; operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'impresa, secondo le prescrizioni contenute nei decreti Ministeriali, emanati in applicazione della Legge 1086/71 e D.M. 17.01.2018

2.11 STRUTTURE IN LEGNO

Le strutture lignee considerate sono quelle che assolvono una funzione di sostenimento e che coinvolgono la sicurezza delle persone, siano esse realizzate in legno massiccio (segato, squadrato o tondo) e/o legno lamellare (incollato) e/o pannelli derivati dal legno, assemblati mediante incollaggio o elementi di collegamento meccanici.

Le strutture lignee, anche in mancanza di indicazioni precise, dovranno essere conformi alla normativa vigente, ed in particolare al **Decreto 17 gennaio 2018 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”** ed in alternativa l'**Eurocodice n.5: Progettazione delle strutture in legno**.

Norme europee recepite in Italia:

- UNI EN 14080:2005 - Strutture di legno - Legno lamellare incollato - Requisiti.
- La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 14080 (edizione giugno 2005). La norma specifica i requisiti per il legno lamellare incollato utilizzato nelle strutture portanti. La norma fornisce anche la metodologia per la valutazione di conformità e la marcatura del legno lamellare incollato.
- UNI EN 14081-1:2006 - Strutture di legno - Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza - Parte 1: Requisiti generali.

Marcatura CE

Ogni elemento costruttivo derivato dal legno, come tutti gli altri prodotti strutturali (**Decreto 17 gennaio 2018 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”**), dovrà riportare un marchio CE (marcatura CE ai sensi della 89/106/CE) per poter essere immesso sul mercato italiano, ed europeo, e per poter essere accettato dal direttore dei lavori all'ingresso in cantiere.

Mandato CEN	M/112 Legno strutturale	M/112 Legno strutturale
Norma EN	EN 14080:2005	EN 14081-1:2005
Titolo	Strutture di legno –	Strutture di legno - Legno strutturale con

	Legno lamellare incollato - Requisiti	sezione rettangolare classificato secondo la resistenza - Parte 1: Requisiti generali
Requisiti Essenziali secondo il mandato	1,2,3	1,2
Sistema Attestazione di Conformità	1	2+
Entrata in vigore della norma Armonizzata (inizio marcatura CE volontaria)	01/04/2006	01/10/2006
Fine del periodo di coesistenza (inizio marcatura CE obbligatoria)	01/04/2007	01/10/2007
Norma UNI	UNI EN 14080:2005	UNI EN 14081-1:2006
Data pubb.	ott-05	apr-06

Caratteristiche meccaniche del legno strutturale

Il legno è leggero, perché il suo peso specifico è inferiore ai 500 kg/m³, contro, ad esempio, i 2.000-2.500 del cemento armato e i 7.800 dell'acciaio.

È resistente, perché l'efficienza prestazionale del legno ai fini strutturali ha qualità simili a quelle dell'acciaio. L'efficienza prestazionale può essere definita come il rapporto tra il modulo di elasticità E e un parametro di resistenza f (es. resistenza a compressione (meccanica)).

Materiale	E/f
Calcestruzzo (Rck300, fck 25 Mpa)	1250
Acciaio S275 ($f_t = 430$ Mpa)	480
Legno lamellare (BS 11 ÷ BS 18)	470
Alluminio (lega 7020, $f_t 355$ Mpa)	200

È economico, perché il suo ciclo di produzione ottimizza l'uso di una risorsa naturale di per sé povera, offrendo elementi altrimenti non utilizzabili in natura e limitati solo dalle dimensioni di trasporto. Il legno strutturale è anche affidabile, innovativo e di aspetto gradevole. È affidabile, perché l'intero processo produttivo segue una prassi normata e continuamente monitorata. Il risultato finale è un prodotto dalle prestazioni definite e certificate. È innovativo, perché le tecniche di progettazione, lavorazione, assemblaggio e giunzione sono in continua evoluzione e offrono sempre nuove possibilità sia in termini di fattibilità che di contenimento dei costi. È di aspetto gradevole, perché il materiale viene selezionato anche sotto l'aspetto estetico per essere presentato, in tutta la sua naturalezza, compatto e privo di difetti. Tra i suoi tanti vantaggi possiamo annoverare anche il fatto che sia

- un buon isolante termico, elettrico ed acustico;
- un materiale igroscopico, in grado quindi di assorbire le variazioni di umidità dell'ambiente;
- un materiale organico, composto da circa il 50% di carbonio, dal 42% di ossigeno, dal 6% di idrogeno, 1% di azoto e 1% di elementi diversi.

Un'altra grande opportunità di impiego del legno nelle costruzioni è oggi offerta dai centri di lavoro a controllo numerico. Tale tecnologia, veramente sofisticata e raffinata, proietta il progetto col legno verso scenari fin'ora nemmeno immaginabili. Con tali macchine la lavorazione del legno supera il condizionamento del tempo – la lavorazione di taluni particolari costruttivi difficili e complicati viene eseguita in pochi secondi – e si potrà sempre più eliminare la presenza dell'acciaio, spesso fonte di patologie in molti componenti lignei.

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL LEGNO LAMELLARE

Classi di resistenza	Classe delle tavole incollaggio omogeneo	Classe delle tavole incollaggio combinato
GL24 (BS11)	S10 o MS10	S10 / S7 o MS10 / MS7
GL28 (BS14)	S13 o MS13	S13 / S10 o MS13 / MS10
GL32 (BS16)	MS13	MS13 / MS10
GL36 (BS18)	MS17	MS17 / MS13

Caratteristiche meccaniche	GL24	GL28	GL32	GL36
Flessione $f_{m,k}$	24	28	32	36
Trazione // $f_{t,0k}$	16.5	19.5	22.5	26
Compressione // $f_{c, 90k}$	24	26.5	29	31

Compressione $\pm f_{c,k}$, 90	2.7	3	3.3	3.6
Taglio $f_{v,k}$	2.7	3.2	3.8	3.3
Modulo di elasticità $E //$	11600	12600	13700	14700
Modulo di elasticità $E \perp$	390	420	460	490
Modulo tangente G	720	780	850	910

2.11.1 PRODOTTI E COMPONENTI

Legno massiccio

Il legno dovrà essere classificato secondo la resistenza meccanica e specialmente la resistenza e la rigidezza devono avere valori affidabili. I criteri di valutazione dovranno basarsi sull'esame a vista dei difetti del legno e sulla misura non distruttiva di una o più caratteristiche (vedere ad esempio la norma UNI 8198 FA 145).

I valori di resistenza e di rigidezza devono, ove possibile, essere determinati mediante la norma ISO 8374. Per la prova dovrà essere prelevato un campione rappresentativo ed i provini da sottoporre a prova, ricavati dal campione, dovranno contenere un difetto riduttore di resistenza e determinante per la classificazione. Nelle prove per determinare la resistenza a flessione, il tratto a momento costante deve contenere un difetto riduttore di resistenza e determinante per la classificazione, e la sezione resistente sottoposta a trazione deve essere scelta a caso.

Legno con giunti a dita

Fatta eccezione per l'uso negli elementi strutturali principali, nei quali il cedimento di un singolo giunto potrebbe portare al collasso di parti essenziali della struttura, si può usare legno di conifera con giunti a dita (massa volumica 300 - 400 - 500 kg/m³) a condizione che:

- il profilo del giunto a dita e l'impianto di assemblaggio siano idonei a raggiungere la resistenza richiesta;
- i giunti siano eseguiti secondo regole e controlli accettabili (per esempio corrispondenti alla norma raccomandata ECE-1982) oppure documento del CEN/TC 123. Se ogni giunto a dita è cementato sino alla resistenza a trazione caratteristica, è consentito usare il legno con giunti a dita anche nelle membrature principali.

Per l'adesivo si deve ottenere assicurazione da parte del fabbricante circa l'idoneità e la durabilità dell'adesivo stesso per le specie impiegate e le condizioni di esposizione.

Legno lamellare incollato

La fabbricazione ed i materiali devono essere di qualità tale che gli incollaggi mantengano l'integrità e la resistenza richieste per tutta la vita prevista della struttura. Per gli adesivi vale quanto detto nel punto successivo apposito.

Per il controllo della qualità e della costanza della produzione si dovranno eseguire le seguenti prove:

- prova di delaminazione;
- prova di intaglio;

- controllo degli elementi;
- laminati verticalmente;
- controllo delle sezioni giuntate.

Compensato

Il compensato per usi strutturali deve essere prodotto secondo adeguate prescrizioni qualitative in uno stabilimento soggetto ad un costante controllo di qualità e ciascun pannello dovrà di regola portare una stampigliatura indicante la classe di qualità.

Il compensato per usi strutturali dovrà di regola essere del tipo bilanciato e deve essere incollato con un adesivo che soddisfi le esigenze ai casi di esposizione ad alto rischio.

Per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche si potrà fare ricorso alla normativa UNI esistente.

Altri pannelli derivati dal legno

Altri pannelli derivati dal legno (per esempio pannelli di fibre e pannelli di particelle) dovranno essere prodotti secondo adeguate prescrizioni qualitative in uno stabilimento soggetto ad un costante controllo di qualità e ciascun pannello dovrà di regola portare una stampigliatura indicante la classe di qualità.

Per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche si dovrà fare ricorso alla normativa UNI esistente.

Adesivi

Gli adesivi da impiegare per realizzare elementi di legno per usi strutturali devono consentire la realizzazione di incollaggi con caratteristiche di resistenza e durabilità tali che il collegamento si mantenga per tutta la vita della struttura.

Elementi di collegamento meccanici

Per gli elementi di collegamento usati comunemente quali: chiodi, bulloni, perni e viti, la capacità portante caratteristica e la deformazione caratteristica dei collegamenti devono essere determinate sulla base di prove condotte in conformità alla norma ISO 6891. Si deve tenere conto dell'influenza del ritiro per essiccazione dopo la fabbricazione e delle variazioni del contenuto di umidità in esercizio.

2.11.2 DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE E CONTROLLO DELL'ESECUZIONE

Le strutture di legno devono essere costruite in modo tale da conformarsi ai principi ed alle considerazioni pratiche che sono alla base della loro progettazione.

I prodotti per le strutture devono essere applicati, usati o installati in modo tale da svolgere in modo adeguato le funzioni per le quali sono stati scelti e dimensionati.

La qualità della fabbricazione, preparazione e messa in opera dei prodotti deve conformarsi alle prescrizioni del progetto e dal presente capitolo.

Per i pilastri e per le travi in cui può verificarsi instabilità laterale e per elementi di telai, lo scostamento iniziale dalla rettilineità (eccentricità) misurato a metà luce, deve essere limitato a 1/450 della lunghezza per elementi lamellari incollati e ad 1/300 della lunghezza per elementi di legno massiccio.

Nella maggior parte dei criteri di classificazione del legname, sulla arcuatura dei pezzi sono inadeguate ai fini della scelta di tali materiali per fini strutturali; si dovrà pertanto far attenzione particolare alla loro rettilineità.

Non si dovranno impiegare per usi strutturali elementi rovinati, schiacciati o danneggiati in altro modo. Il legno ed i componenti derivati dal legno, e gli elementi strutturali non dovranno essere esposti a condizioni più severe di quelle previste per la struttura finita.

Prima della costruzione il legno dovrà essere portato ad un contenuto di umidità il più vicino possibile a quello appropriato alle condizioni ambientali in cui si troverà nella struttura finita. Se non si

considerano importanti gli effetti di qualunque ritiro, o se si sostituiscono parti che sono state danneggiate in modo inaccettabile, è possibile accettare maggiori contenuti di umidità durante la messa in opera, purché ci si assicuri che al legno sia consentito di asciugare fino a raggiungere il desiderato contenuto di umidità.

Quando si tiene conto della resistenza dell'incollaggio delle unioni per il calcolo allo stato limite ultimo, si presuppone che la fabbricazione dei giunti sia soggetta ad un controllo di qualità che assicuri che l'affidabilità sia equivalente a quella dei materiali giuntati.

La fabbricazione di componenti incollati per uso strutturale dovrà avvenire in condizioni ambientali controllate.

Quando si tiene conto della rigidità dei piani di incollaggio soltanto per il progetto allo stato limite di esercizio, si presuppone l'applicazione di una ragionevole procedura di controllo di qualità che assicuri che solo una piccola percentuale dei piani di incollaggio cederà durante la vita della struttura.

Si dovranno seguire le istruzioni dei produttori di adesivi per quanto riguarda la miscelazione, le condizioni ambientali per l'applicazione e la presa, il contenuto di umidità degli elementi lignei e tutti quei fattori concernenti l'uso appropriato dell'adesivo.

Per gli adesivi che richiedono un periodo di maturazione dopo l'applicazione, prima di raggiungere la completa resistenza, si dovrà evitare l'applicazione di carichi ai giunti per il tempo necessario.

Nelle unioni con dispositivi meccanici si dovranno limitare smussi fessure, nodi (ed altri difetti in modo tale da non ridurre la capacità portante dei giunti).

In assenza di altre specificazioni, i chiodi dovranno essere inseriti ad angolo retto rispetto alla fibratura e fino ad una profondità tale che le superfici delle teste dei chiodi siano a livello della superficie del legno.

La chiodatura incrociata dovrà essere effettuata con una distanza minima della testa del chiodo dal bordo caricato che dovrà essere almeno 10 d, essendo d il diametro del chiodo.

I fori per i bulloni possono avere un diametro massimo aumentato di 1 mm rispetto a quello del bullone stesso.

Sotto la testa e il dado si dovranno usare rondelle con il lato o il diametro di almeno 3 d e spessore di almeno 0,3 d (essendo d il diametro del bullone). Le rondelle dovranno appoggiare sul legno per tutta la loro superficie.

Bulloni e viti dovranno essere stretti in modo tale che gli elementi siano ben serrati e se necessario dovranno essere stretti ulteriormente quando il legno abbia raggiunto il suo contenuto di umidità di equilibrio. Il diametro minimo degli spinotti è 8 mm. Le tolleranze sul diametro dei perni sono di -0,1 mm e i fori predisposti negli elementi di legno non dovranno avere un diametro superiore a quello dei perni.

Al centro di ciascun connettore dovranno essere disposti un bullone od una vite. I connettori dovranno essere inseriti a forza nei relativi alloggiamenti.

Quando si usano connettori a piastra dentata, i denti dovranno essere pressati fino al completo inserimento nel legno. L'operazione di pressatura dovrà essere normalmente effettuata con speciali presse o con speciali bulloni di serraggio aventi rondelle sufficientemente grandi e rigide da evitare che il legno subisca danni.

Se il bullone resta quello usato per la pressatura, si dovrà controllare attentamente che esso non abbia subito danni durante il serraggio. In questo caso la rondella dovrà avere almeno la stessa dimensione del connettore e lo spessore dovrà essere almeno 0,1 volte il diametro o la lunghezza del lato.

I fori per le viti dovranno essere preparati come segue:

- a) il foro guida per il gambo dovrà avere lo stesso diametro del gambo e profondità pari alla lunghezza del gambo non filettato;
- b) il foro guida per la porzione filettata dovrà avere un diametro pari a circa il 50 % del diametro del gambo;
- c) le viti dovranno essere avvitate, non spinte a martellate, nei fori predisposti.

L'assemblaggio dovrà essere effettuato in modo tale che non si verifichino tensioni non volute. Si dovranno sostituire gli elementi deformati, e fessurati o malamente inseriti nei giunti.

Si dovranno evitare stati di sovrassollecitazione negli elementi durante l'immagazzinamento, il trasporto e la messa in opera. Se la struttura è caricata o sostenuta in modo diverso da come sarà nell'opera finita, si dovrà dimostrare che questa è accettabile anche considerando che tali carichi

possono avere effetti dinamici. Nel caso per esempio di telai ad arco, telai a portale, ecc., si dovranno accuratamente evitare distorsioni nel sollevamento dalla posizione orizzontale a quella verticale.

2.11.2.1 CONTROLLI

Il Direttore dei lavori dovrà accertarsi che siano state effettuate verifiche di:

- controllo sul progetto;
- controllo sulla produzione e sull'esecuzione fuori e dentro il cantiere;
- controllo sulla struttura dopo il suo completamento.

Il controllo sul progetto dovrà comprendere una verifica dei requisiti e delle condizioni assunte per il progetto.

Il controllo sulla produzione e sull'esecuzione dovrà comprendere documenti comprovanti:

- le prove preliminari, per esempio prove sull'adeguatezza dei materiali e dei metodi produttivi;
- controllo dei materiali e loro identificazione, per esempio: per il legno ed i materiali derivati dal legno: specie legnosa, classe, marchiatura, trattamenti e contenuto di umidità; per le costruzioni incollate: tipo di adesivo, procedimento produttivo, qualità dell'incollaggio; per i connettori: tipo, protezione anticorrosione;
- trasporto, luogo di immagazzinamento e trattamento dei materiali;
- controllo sulla esattezza delle dimensioni e della geometria;
- controllo sull'assemblaggio e sulla messa in opera;
- controllo sui particolari strutturali, per esempio: numero dei chiodi, bulloni, ecc.; dimensioni dei fori, corretta preforatura; interassi o distanze rispetto alla testata od ai boldi, fessurazioni;
- controllo finale sul risultato del processo produttivo, per esempio attraverso un'ispezione visuale e prove di carico.

Controllo della struttura dopo il suo completamento.

Un programma di controlli dovrà specificare i tipi di controllo da effettuare durante l'esercizio ove non sia adeguatamente assicurato sul lungo periodo il rispetto dei presupposti fondamentali del progetto.

Tutti i documenti più significativi e le informazioni necessarie per l'utilizzo in esercizio e per la manutenzione della struttura dovranno essere raccolte dalla direzione dei lavori in apposito fascicolo e poi messe a disposizione della persona che assume la responsabilità della gestione dell'edificio.

2.13. SOLAI

Si definisce solaio l'insieme di componenti e materiali che costituisce un piano di separazione orizzontale tra due spazi interni dell'edificio.

2.13.1. SOLAI DI PIANO

I solai di piano dovranno assolvere alle seguenti funzioni:

- rispetto delle condizioni statiche;
- rispetto delle condizioni acustiche (isolamento dai rumori di calpestio e aerei tra spazi sovrapposti ed assorbimento dei rumori prodotti all'interno);
- impermeabilità all'acqua nelle zone ove necessario.

In particolare dovranno essere osservate le seguenti prescrizioni:

Rispetto delle condizioni statiche

La struttura del solaio di piano sarà calcolata con un sovraccarico adeguato alle esigenze funzionali del locale sovrastante, il tutto secondo la normativa vigente ed eseguito secondo i calcoli statici; nei solai dovranno essere previsti tutti i fori necessari per il passaggio delle tubazioni, canne fumarie o di ventilazione ed impianti in genere; nel caso di solai prefabbricati dovrà essere garantita la continuità fra i vari elementi e la perfetta sigillatura dei giunti. I solai dovranno avere un alto grado di rigidezza

tale da evitare, anche per grandi luci, inconvenienti di qualsiasi genere quali fessurazioni di pavimenti o distacchi di elementi della costruzione come pareti divisorie o plafonature.

Rispetto delle condizioni acustiche

Il solaio di piano dovrà essere realizzato secondo i disegni di progetto e/o comunque, in carenza di questi, rispondere al D.M-17.01.2018; in particolare dovranno essere previsti ed impiegati tutti gli accorgimenti e i materiali, quali pavimento galleggiante, isolamento delle strutture portanti, interposizione di strati isolanti, etc., tali da garantire il rispetto delle norme stesse; nel caso di passaggio di tubazioni con fluido riscaldato l'isolamento acustico dovrà resistere senza deterioramenti alla temperatura delle tubazioni stesse; in ogni caso le caratteristiche tecnologiche, come resistenza alla temperatura, resistenza allo schiacciamento, densità, sistema di produzione, inerzia chimica, etc., dovranno essere idoneamente documentate ed accettate dalla D.L.. L'isolamento acustico ed i requisiti acustici potranno essere verificati per quanto concerne il potere fonoisolante della struttura, l'isolamento acustico contro i rumori via aerea, il livello di rumore di calpestio fra due spazi sovrapposti, la rumorosità dei servizi e degli impianti fissi, il coefficiente di assorbimento dei materiali assorbenti acustici; le misure, le determinazioni sperimentali, la presentazione e la valutazione dei dati, seguiranno per quanto possibile le raccomandazioni ISO R 140 per le misure di isolamento acustico e di livello del rumore e di calpestio, ISO 231 per le misure di assorbimento acustico; i valori delle frequenze nominali da utilizzare saranno quelli normalizzati da 125, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

Impermeabilità all'acqua

Dove richiesto ed in particolar modo quando il solaio separi spazi adibiti a servizi igienico-sanitari, docce, cucine, etc., da spazi sottostanti si dovrà provvedere all'impermeabilizzazione all'acqua mediante idonei materiali e componenti rispondenti alle specifiche contenute nelle relative norme UNI; nei casi in cui si renda necessaria, sarà posta in opera idonea barriera al vapore dello spessore determinato mediante l'applicazione del diagramma di Glaser.

Le coperture degli ambienti e dei vani potranno essere eseguite, a seconda degli ordini della direzione lavori, con solai di uno dei tipi prescritti di seguito. La D.L. ha la facoltà di prescrivere il sistema e tipo di solaio di ogni ambiente e per ogni tipo di solaio essa stabilirà anche il sovraccarico accidentale da considerare, sempre fatte salve le indicazioni progettuali.

Solai su travi e travicelli di legno

Le travi principali a 4 fili di legno di abete o di larice avranno le dimensioni e gli interassi che saranno indicati dagli elaborati di progetto in relazione alla luce, all'interasse ed al sovraccarico. I travicelli da cm.8 x 10 o di qualsiasi altra dimensione, di abete o di larice, pure a 4 fili, saranno collocate ad interasse corrispondente alla lunghezza delle tavelle eventualmente da collocare su di essi. All'estradosso delle tavelle deve essere disteso uno strato di calcestruzzo eventualmente alleggerito e con inserita rete elettrosaldata.

Solai su travi di ferro a doppio T

tali solai saranno composti dalle putrelle, dai copriferri, dalle voltine in mattoni, dai tavelloni o dalle volterranee ed infine dal riempimento. Le putrelle saranno delle dimensioni fissate di volta in volta dalla D.L., visti gli elaborati di progetto, e collocate all'interasse che verrà prescritto; in ogni caso tale interasse non sarà superiore a m.1,00. Prima del loro collocamento in opera dovranno essere protette da due mani di antiruggine e forate per l'applicazione delle chiavi, dei tiranti e dei tondini di armatura delle piattabande. Le chiavi saranno applicate agli estremi delle putrelle alternativamente (una con chiavi ed una senza) ed i tiranti trasversali, per le travi lunghe più di m.5,00 a distanza non maggiore di m.2,50. Le voltine di mattoni pieni o forati saranno eseguite ad una testa in malta comune o in foglio con malta di cemento a presa rapida, con una freccia variabile fra cm.5 e cm.10. I tavelloni e le volterranee saranno appoggiati alle travi con l'interposizione di copriferri. Le voltine, le volterranee ed i tavelloni saranno rinfiancati fino all'estradosso delle travi con calcestruzzo eventualmente alleggerito.

Solai di cemento armato o misti: generalità e classificazione

Nei successivi punti sono trattati i solai realizzati esclusivamente in calcestruzzo armato o calcestruzzo

armato precompresso o misti in calcestruzzo armato precompresso e blocchi in laterizio od in altri materiali.

Vengono considerati sia i solai eseguiti in opera che quelli formati dall'associazione di elementi prefabbricati. Per tutti i solai valgono le prescrizioni già date per le opere in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso, ed in particolare valgono le prescrizioni contenute nel decreto ministeriale 9.01.1996 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in calcestruzzo armato normale e precompresso ed a struttura metallica". I solai di calcestruzzo armato o misti sono così classificati:

- 1) solai con getto pieno: di calcestruzzo armato o di calcestruzzo armato precompresso;
- 2) solai misti di calcestruzzo armato o calcestruzzo armato precompresso e blocchi interposti di alleggerimento collaboranti e non, di laterizio od altro materiale;
- 3) solai realizzati dall'associazione di elementi di calcestruzzo armato o calcestruzzo armato precompresso prefabbricati con unioni e/o getti di completamento.

Per i solai del tipo 1) valgono integralmente le prescrizioni dell'articolo "Opere e Strutture di Calcestruzzo". I

solai del tipo 2) e 3) sono soggetti anche alle norme complementari riportate nei successivi punti.

Solai misti di calcestruzzo armato o calcestruzzo armato precompresso e blocchi forati di laterizio.

a) I solai misti di cemento armato precompresso e blocchi forati di laterizio si distinguono nelle seguenti categorie:

- 1) solai con blocchi aventi funzione principale di alleggerimento;
- 2) solai con blocchi aventi funzione statica in collaborazione con il conglomerato.

I blocchi di cui al punto 2), devono essere conformati in modo che, nel solaio in opera sia assicurata con continuità la trasmissione degli sforzi dall'uno all'altro elemento. Nel caso si richieda al laterizio il concorso alla resistenza agli sforzi tangenziali, si devono usare elementi monoblocco disposti in modo che nelle file adiacenti, comprendenti una nervatura di conglomerato, i giunti risultino sfalsati tra loro. In ogni caso, ove sia prevista una soletta di conglomerato staticamente integrativa di altra di laterizio, quest'ultima deve avere forma e finitura tali da assicurare la solidarietà ai fini della trasmissione degli sforzi tangenziali. Per entrambe le categorie il profilo dei blocchi delimitante la nervatura di conglomerato da gettarsi in opera non deve presentare risvolti che ostacolino il deflusso di calcestruzzo e restringano la sezione delle nervature stesse. La larghezza minima delle nervature di calcestruzzo per solai con nervature gettate o completate in opera non deve essere minore di 1/8 dell'interasse e comunque non inferiore a 8 cm. Nel caso di produzione di serie in stabilimento di pannelli di solaio completi, il limite minimo predetto potrà scendere a 5 cm.

L'interasse delle nervature non deve in ogni caso essere maggiore di 15 volte lo spessore medio della soletta. Il blocco interposto deve avere dimensione massima inferiore a 52 cm.

b) Caratteristiche dei blocchi.

- 1) Spessore delle pareti e dei setti dei blocchi.

Lo spessore delle pareti orizzontali compresse non deve essere minore di 8 mm, quello delle pareti perimetrali non minore di 8 mm, quello dei setti non minore di 7 mm.

Tutte le intersezioni dovranno essere raccordate con raggio di curvatura, al netto delle tolleranze, maggiori di 3 mm. Si devono adottare forme semplici, caratterizzate da setti rettilinei ed allineati, particolarmente in direzione orizzontale, con setti con rapporto spessore/lunghezza il più possibile uniforme. Il rapporto fra l'area complessiva dei fori e l'area lorda delimitata dal perimetro della sezione del blocco non deve risultare superiore a 0,6/0,625 h, ove h è l'altezza del blocco in metri.

- 2) Caratteristiche fisico-meccaniche.

La resistenza caratteristica a compressione, riferita alla sezione netta delle pareti e delle costolature deve risultare non minore di:

- 30 N/mm² nella direzione dei fori;
- 15 N/mm² nella direzione trasversale ai fori;

per i blocchi di cui alla categoria a2); e di:

- 15 N/mm² nella direzione dei fori;
- 5 N/mm² nella direzione trasversale ai fori;

per i blocchi di cui alla categoria a1).

La resistenza caratteristica a trazione per flessione dovrà essere non minore di:

- 10 N/mm² per i blocchi di tipo a2); e di: -7 N/mm² per i blocchi di tipo a1).

Speciale cura deve essere rivolta al controllo dell'integrità dei blocchi con particolare riferimento alla eventuale presenza di fessurazioni.

c) Spessore minimo dei solai.

Lo spessore dei solai a portanza unidirezionale che non siano di semplice copertura non deve essere minore di 1/25 della luce di calcolo ed in nessun caso minore di 12 cm. Per i solai costituiti da travetti precompressi e blocchi interposti il predetto limite può scendere ad 1/30.

Le deformazioni devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati.

d) Spessore minimo della soletta.

Nei solai del tipo a1) lo spessore minimo del calcestruzzo della soletta di conglomerato non deve essere minore di 4 cm. Nei solai del tipo a2), può essere omessa la soletta di calcestruzzo e la zona rinforzata di laterizio, per altro sempre rasata con calcestruzzo, può essere considerata collaborante e deve soddisfare i seguenti requisiti:

- possedere spessore non minore di 1/5 dell'altezza, per solai con altezza fino a 25 cm, non minore di 5 cm per solai con altezza maggiore;

- avere area effettiva dei setti e delle pareti, misurata in qualunque sezione normale alla direzione dello

sforzo di compressione, non minore del 50% della superficie lorda.

e) Protezione delle armature.

Nei solai, la cui armatura è collocata entro scanalature, qualunque superficie metallica deve risultare conformata in ogni direzione da uno spessore minimo di 5 mm di malta cementizia.

Per armatura collocata entro nervatura, le dimensioni di questa devono essere tali da consentire il rispetto dei seguenti limiti:

- distanza netta tra armatura e blocco 8 mm;

- distanza netta tra armatura ed armatura 10 mm.

Per quanto attiene la distribuzione delle armature: trasversali, longitudinali, per taglio, si fa riferimento alle citate norme contenute nel decreto ministeriale del 27-7-1984.

In fase di esecuzione, prima di procedere ai getti, i laterizi devono essere convenientemente bagnati.

Gli elementi con difetti di origine o danneggiati nella movimentazione dovranno essere eliminati.

f) Conglomerati per i getti in opera.

Si dovrà studiare la composizione del getto in modo da evitare rischi di segregazione o la formazione di nidi di ghiaia e per ridurre l'entità delle deformazioni differite. Il diametro massimo degli inerti impiegati non dovrà superare 1/5 dello spessore minimo delle nervature né la distanza netta minima tra le armature. Il getto deve essere costipato in modo da garantire l'avvolgimento delle armature e l'aderenza sia con i blocchi sia con eventuali altri elementi prefabbricati.

Solai prefabbricati.

Tutti gli elementi prefabbricati di calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso destinati alla formazione di solai privi di armatura resistente al taglio o con spessori, anche locali, inferiori ai 4 cm, devono essere prodotti in serie controllata. Tale prescrizione è obbligatoria anche per tutti gli elementi realizzati con calcestruzzo di inerte leggero o calcestruzzo speciale.

Per gli orizzontamenti in zona sismica, gli elementi prefabbricati devono avere almeno un vincolo che sia in grado di trasmettere le forze orizzontali a prescindere dalle resistenze di attrito. Non sono comunque ammessi vincoli a comportamento fragile. Quando si assuma l'ipotesi di comportamento a diaframma dell'intero orizzontamento, gli elementi dovranno essere adeguatamente collegati tra di loro e con le travi o i cordoli di testata laterali.

Solai misti di calcestruzzo armato o calcestruzzo armato precompresso e blocchi diversi dal laterizio

a) Classificazioni.

I blocchi con funzione principale di alleggerimento, possono essere realizzati anche con materiali diversi dal laterizio (calcestruzzo leggero di argilla espansa, calcestruzzo normale sagomato, materie plastiche, elementi organici mineralizzati, ecc.).

Il materiale dei blocchi deve essere stabile dimensionalmente. Ai fini statici si distinguono due categorie

di blocchi per solai:

a1) blocchi collaboranti;

a2) blocchi non collaboranti.

- Blocchi collaboranti.

- Blocchi non collaboranti.

Devono avere modulo elastico inferiore ad 8 kN/mm^2 e svolgere funzioni di solo alleggerimento.

Solai con blocchi non collaboranti richiedono necessariamente una soletta di ripartizione, dello spessore minimo di 4 cm, armata opportunamente e dimensionata per la flessione trasversale. Il profilo e le dimensioni dei blocchi devono essere tali da soddisfare le prescrizioni dimensionali imposte per i blocchi di laterizio non collaboranti.

b) Spessori minimi.

Per tutti i solai, così come per i componenti collaboranti, lo spessore delle singole parti di calcestruzzo contenenti armature di acciaio non potrà essere minore di 4 cm. Solai realizzati con l'associazione di elementi di calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso prefabbricati.

Oltre le prescrizioni indicate nei punti precedenti, in quanto applicabili, sono da tenere presenti le seguenti prescrizioni.

a) L'altezza minima non può essere minore di 8 cm.

Nel caso di solaio vincolato in semplice appoggio monodirezionale, il rapporto tra luce di calcolo del solaio e spessore del solaio stesso non deve essere superiore a 24.

Per solai costituiti da pannelli piani, pieni od alleggeriti, prefabbricati precompressi (tipo 3), senza soletta integrativa, in deroga alla precedente limitazione, il rapporto può essere portato a 34.

Per i solai continui, in relazione al grado di incastro o di continuità realizzato, agli estremi tali rapporti possono essere incrementati fino ad un massimo del 20%.

E' ammessa deroga alle prescrizioni di cui sopra qualora i calcoli condotti con riferimento al reale comportamento della struttura (messa in conto dei comportamenti non lineari, fessurazione, affidabili modelli di previsione viscosa, ecc.) anche eventualmente integrati da idonee sperimentazioni su prototipi, non superino i limiti indicati nel decreto ministeriale 9.01.1996.

Le deformazioni devono risultare in ogni caso compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati.

b) Solai alveolari. Per solai alveolari, per elementi privi di armatura passiva d'appoggio, il getto integrativo deve estendersi all'interno degli alveoli interessati dalla armatura aggiuntiva per un tratto almeno pari alla lunghezza di trasferimento della precompressione.

c) Solai con getto di completamento. La soletta gettata in opera deve avere uno spessore non inferiore a 4 cm ed essere dotata di una armatura di ripartizione a maglia incrociata.

Solai in travi e soletta di acciaio

detti solai saranno realizzati impiegando travi in acciaio (putrelle) a doppio T, a C o ad L di conveniente dimensione e posti all'interasse assegnato. Superiormente a detti travi e con essi solidarizzata, salvo i necessari giunti di dilatazione, verrà posta in opera una lamiera grecata di conveniente spessore e profilo, con le nervature ortogonali al senso delle travi. Potranno esser impiegate controventature orizzontali, anche a croce di S. Andrea, sia all'intradosso che all'estradosso. All'estradosso della lamiera grecata sarà steso una caldana di calcestruzzo, eventualmente alleggerito, con interposta rete elettrosaldata allo scopo di collaborare staticamente con la struttura metallica e di ripianare il solaio stesso. Tutte le parti metalliche non a diretto contatto con il calcestruzzo saranno protette da due mani di antiruggine o, meglio, zincate a caldo.

I solai dovranno essere calcolati con i sovraccarichi di legge. L'analisi dei carichi e dei vincoli dovrà essere concordata tra la D.L. e l'Ingegnere calcolatore. I solai dovranno rispettare le caratteristiche di legge; con particolare riferimento a quanto previsto dal D.M. 16.01.1996 e relativa C.M. 03.07.1996. Dovranno essere consegnati alla D.L. tutti gli elaborati e certificazioni relativi al solaio, con adeguato anticipo. Dovranno inoltre essere accettate tutte le eventuali integrazioni e modifiche prescritte dalla stessa.

2.14. INTONACI

Si definisce intonaco lo strato di materiali e componenti che si applica sulla superficie esterna ed interna delle chiusure opache, al fine di predisporle all'ultima finitura (pitturazioni, rivestimenti, etc.), nel rispetto delle condizioni di abitabilità.

Gli intonaci dovranno essere differenziati a seconda dell'uso dei locali a cui sono destinati, dovranno essere resistenti agli agenti atmosferici e al fuoco, dovranno avere una perfetta aderenza con le murature con particolare riferimento ad intonaci su superfici in cls; l'Appaltatore dovrà adottare tutti gli

accorgimenti necessari ad evitare fenomeni di distacco, impiegando, se necessario e a proprie spese, materiali integrativi (additivi) o sistemi alternativi.

Per gli intonaci interni il legante utilizzato dovrà essere per tipo, caratteristiche ed impiego quello previsto dalle relative voci di Elenco Prezzi e soddisfare le eventuali disposizioni che la D.L. emanasse all'atto esecutivo; di norma nelle cucine e nei servizi l'intonaco dovrà essere eseguito in malta di calce idraulica con strato a finire in malta di calce aerea.

Dove tecnicamente possibile ed a giudizio insindacabile della D.L. è ammesso l'uso di intonaci premiscelati di tipo pronto o a base di gesso e resine.

Non dovrà mai procedersi all'esecuzione di intonaci, specie se interni, quando le strutture murarie non fossero sufficientemente protette dagli agenti atmosferici, e ciò sia con riguardo all'azione delle acque piovane, sia con riferimento alle condizioni di temperatura e di ventilazione.

Gli intonaci di qualunque specie siano, non dovranno mai presentare peli, crepature, irregolarità negli allineamenti e negli spigoli od altri difetti. Le superfici (pareti o soffitti che siano), dovranno essere perfettamente piane: saranno controllate con una riga metallica di due metri di lunghezza e non dovranno presentare ondulazioni con scostamenti superiori a 2 mm.

L'intonaco dovrà essere eseguito, di norma, con spigoli ed angoli vivi, perfettamente diritti; eventuali raccordi, zanche e smussi potranno essere richiesti dalla Direzione, senza che questo dia luogo a diritti per compensi supplementari.

Gli intonaci dovranno essere eseguiti in stagione opportuna, dopo aver rimossa dei giunti delle murature la malta eccedente, ripulita e abbondantemente bagnata la superficie della parete stessa. Gli intonaci, di qualunque specie (lisci, a superficie rusticata, a bugne. ecc.) non dovranno presentare cavillature, crepature, gibbosità, irregolarità nella finitura superficiale, negli allineamenti e negli spigoli, od altri difetti. Quelli comunque difettosi o che non presentassero la necessaria aderenza alle murature, dovranno essere demoliti e rifatti a cura e spese dell'Appaltatore. La calce da usarsi negli intonaci dovrà essere estinta da almeno tre mesi per evitare sfioriture e screpolature, verificandosi le quali sarà a carico dell'Appaltatore il fare tutte le riparazioni occorrenti. Ad opera finita l'intonaco dovrà avere uno spessore non inferiore ai mm.14. Gli spigoli sporgenti o rientranti verranno eseguiti a spigolo vivo oppure con opportuno arrotondamento a seconda delle disposizioni della D.L., si inserirà comunque al loro interno un'armatura metallica salvaspigoli in lamierino inox stirato.

ARTICOLO 3

- QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

3.1. MATERIALI IN GENERE

I materiali in genere occorrenti per la costruzione delle opere potranno provenire da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della D.L., siano riconosciuti della migliore qualità nella specie e rispondano ai requisiti appresso indicati.

L'Impresa è inoltre tenuta all'osservanza delle disposizioni sulla normalizzazione dei materiali. I materiali non accettati dalla D.L. dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

I materiali occorrenti per l'esecuzione dei lavori di risanamento saranno prodotti nelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza purché, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori e degli organi di controllo preposti alla tutela del patrimonio artistico e monumentale, siano riconosciuti della migliore qualità ed il più possibile compatibili con i materiali preesistenti, in modo da non interferire negativamente con le proprietà fisiche, chimiche e meccaniche dei manufatti da risanare. L'Appaltatore sarà obbligato, in qualsiasi momento, ad eseguire o a fare compiere, presso gli stabilimenti di produzione o laboratori ed istituti autorizzati, tutte le prove prescritte dal presente capitolato o dalla D.L. sui materiali impiegati o da impiegarsi (sia che siano preconfezionati o prodotti nel corso dei lavori o preesistenti) ed, in genere, su tutte le forniture previste dall'Appalto. L'Appaltatore sarà altresì tenuto ad eseguire prove applicative dei suddetti materiali.

In particolare sui manufatti di valore storico-artistico sarà cura dell'Appaltatore:

- determinare lo stato di conservazione dei manufatti da restaurare;
- individuare l'insieme delle condizioni ambientali e climatiche cui è esposto il manufatto;
- individuare le cause ed i meccanismi di alterazione e degrado dei materiali e delle strutture;
- controllare l'efficacia, la innocuità e, se richiesta, la reversibilità dei metodi di intervento mediante analisi di laboratorio da effettuare secondo i dettami delle "raccomandazioni NORMAL" pubblicate dalle commissioni istituite e recepite dal Ministero per i Beni Culturali con D.L. n.2093 del 11.1.1982.

Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme del C.N.R., verrà effettuato in contraddittorio con la D.L. e sarà verbalizzato.

I materiali non accettati dalla D.L., in quanto a suo insindacabile giudizio non riconosciuti idonei, dovranno essere rimossi immediatamente dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore e sostituiti con altri rispondenti ai requisiti richiesti.

L'Appaltatore resta comunque responsabile per quanto concerne la qualità dei materiali forniti. Infatti gli stessi dovranno, anche se ritenuti idonei dalla D.L., essere ulteriormente accettati dalla Stazione Appaltante in sede di collaudo finale.

Nel caso di prodotti industriali la rispondenza a questo capitolato può risultare da un attestato di conformità rilasciato dal produttore e comprovato da idonea documentazione e/o certificazione.

3.2 OPERE IN PIETRE NATURALI O ARTIFICIALI

Le pietre naturali dovranno avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- massa volumica reale ed apparente, misurata secondo la norma UNI 9724/2, 9724/7 e UNI 10444;
- coefficiente di imbibizione della massa secca iniziale, misurato secondo la norma UNI 9724/2 e UNI 10444;
- resistenza a compressione, misurata secondo la norma UNI 9724/3;
- resistenza a flessione, misurata secondo la norma UNI 9724/5;
- modulo di elasticità, misurato secondo la norma UNI 9724/8;
- resistenza all'abrasione, misurata secondo le disposizioni del regio decreto 16-11-1939, n. 2234;
- microdurezza Knoop, misurato secondo la norma UNI 9724/6;

Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale per murature, pavimentazioni, coperture, ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato ed alle prescrizioni di progetto.

I valori dichiarati saranno accettati dalla direzione dei lavori anche in base ai criteri generali dell'articolo relativo ai materiali in genere ed in riferimento alla già citata norma UNI 9724.

Le opere in marmo, pietre naturali o artificiali dovranno in generale corrispondere alla forme e dimensioni risultanti dagli elaborati di progetto ed essere lavorate a seconda delle prescrizioni generali del presente capitolato o di quelle particolari impartite dalla D.L. all'atto dell'esecuzione.

Per tutte le opere è fatto obbligo all'Appaltatore di rilevare e controllare la corrispondenza delle varie opere ordinate dalla D.L. alle strutture rustiche esistenti e di segnalare tempestivamente a quest'ultima ogni divergenza od ostacolo, restando esso appaltatore in caso contrario unico responsabile della perfetta rispondenza dei pezzi all'atto della posa in opera. Esso dovrà apportare alle stesse, nel corso dei lavori, tutte le modifiche che dovessero essere richieste dalla D.L..

3.3. LATERIZI

I laterizi da impiegare per lavori di qualsiasi genere, dovranno corrispondere alle norme per l'accettazione UNISi veda inoltre l'Eurocodice n.6 relativo alle strutture in laterizio e la normativa vigente per il calcolo delle strutture.

I mattoni pieni per uso corrente dovranno essere parallelepipedi, di lunghezza doppia della larghezza, di modello costante e dovranno presentare, sia all'asciutto che dopo prolungata immersione nell'acqua, una resistenza alla compressione non inferiore a 150 kg./cmq.. I mattoni forati ed i tavelloni dovranno pure presentare una resistenza alla compressione di almeno 16 kg./cmq. sulla superficie totale premuta.

Le tegole piane o curve (coppi) dovranno essere esattamente adattabili le une sulle altre, senza sbavature e presentare tinta uniforme; appoggiate su due regoli, posti a mm. 20 dai bordi estremi dei due lati più corti, dovranno sopportare sia un carico graduale concentrato nel mezzo di 120 kg., sia l'urto di una palla di ghisa del peso di kg. 1 cadente dall'altezza di cm. 20; sotto un carico di mm. 50 d'acqua mantenuta per 24 ore le tegole dovranno risultare impermeabili; le tegole piane, infine, non dovranno presentare difetto alcuno nel nasello.

I laterizi aventi funzione statica dovranno rispondere alle seguenti prescrizioni:

- 1) essere conformati in modo che le loro parti resistenti a pressione vengano nella posa a collegarsi tra loro così da assicurare una uniforme trasmissione degli sforzi di pressione da un elemento all'altro;
 - 2) ove sia disposta una soletta in calcestruzzo staticamente integrativa di quella in laterizio, quest'ultima dovrà avere forma e finitura tali da assicurare la perfetta aderenza dei due materiali ai fini della trasmissione degli sforzi di scorrimento;
 - 3) il carico di rottura a pressione semplice riferito alla sezione netta nelle pareti delle costolature non dovrà risultare inferiore a 350 kg./cmq. e quello a trazione, dedotto con la prova di flessione, non minore di 50 kg./cmq.;
 - 4) qualsiasi superficie metallica dovrà risultare circondata da una massa di cemento che abbia, in ogni direzione, spessore non minore di cm. 1;
 - 5) per la confezione a piè d'opera di travi in laterizio armato, l'impasto di malta di cemento dovrà essere formato con non meno di 600 kg./mc. di sabbia viva.
- E' vietato l'impiego di laterizi per i quali le prove chimiche da effettuare nei laboratori sperimentali ufficiali abbiano rilevato una quantità di anidride solforica superiore allo 0,05%.
- E' prescritto l'impiego di cemento pozzolanico per la confezione delle strutture di conglomerati di solai a contatto coi laterizi sia che questi abbiano o meno funzione statica.

3.4. MATERIALI FERROSI

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, breccie, paglie e da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucatura e simili.

FERRO: dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte e senza soluzioni di continuità.

ACCIAIO TRAFILATO O LAMINATO: tale acciaio, nella varietà dolce (ferro omogeneo), semiduro e duro, dovrà essere privo di difetti, di screpolature, di bruciature e di altre soluzioni di continuità. In particolare, per la prima varietà sono richieste perfette malleabilità e lavorabilità a freddo e a caldo senza che ne derivino screpolature o alterazioni. Esso dovrà essere saldabile e non suscettibile di prendere la tempera.

GHISA: dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con lima e scalpello; perfettamente omogenea, esente da screpolature, bolle, sbavature asperità ed altri difetti capaci di condizionare la resistenza; dovrà essere perfettamente modellata. E' assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforee.

Il rame, il piombo, lo zinco, lo stagno, e tutti gli altri metalli o leghe metalliche devono essere della migliore qualità, ben fusi o laminati a seconda della specie di lavori cui sono destinati, scevri da ogni impurità o difetto che ne vizi la forma, ne alteri la resistenza o ne comprometta la durata. La loro lavorazione dovrà essere perfetta e perfettamente adeguata al loro impiego.

Le lamiere ed il ferro zincato in fogli dovranno avere lo spessore che sarà ordinato nei singoli casi; in generale per le opere attinenti alle coperture ed alle singole gronde si adotteranno lastre dello spessore di 8/10 di mm..

3.5. LEGNAMI

I legnami da impiegare in opere stabili o provvisorie e di qualunque essenza essi siano, dovranno corrispondere a tutte le prescrizioni della D.L. tra le UNI o secondo la classificazione dell'Eurocodice n.5 relativo alle strutture in legno. ; dovranno essere provveduti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

I legnami destinati alla costruzione di serramenti dovranno essere di prima scelta, di struttura e fibra compatta, resistente, non deteriorata, perfettamente sana, diritta e priva di spaccature sia in senso radiale che circolare; essi dovranno essere perfettamente stagionati od idoneamente essiccati artificialmente, presentare colore e venatura uniforme, essere privi di alborno ed esenti da nodi, cipollature, buchi od altri difetti.

Il tavolame dovrà essere ricavato dai tronchi più diritti affinché le fibre non riescano mozze dalla sega e si ritirino nelle connessioni.

Nei legnami grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alborno e lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale. I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo senza alborno, né smussi di sorta.

3.5.1. COSTRUZIONI IN LEGNO MASSICCIO E LAMELLARE

Legno lamellare incollato

può essere prodotto unicamente da ditte in possesso della certificazione di idoneità all'incollaggio di elementi strutturali della categoria A rilasciatoa dalla FORSCHUNGS UND MATERIALPRUFUNGSANSTALT OTTO GRAF INSTITUT di Stoccarda o da altro autorevole ente equivalente.

Può essere utilizzato unicamente legname di I e II qualità secondo DIN 4074 per ottenere legno lamellare di I qualità e legname di II e III qualità secondo DIN 4074 per ottenere legno lamellare di II qualità. La disposizione delle lamelle costituenti la sezione complessiva deve rispettare il dettato della DIN 1052. La giunzione longitudinale delle tavole e lamelle deve avvenire a becco di flauto con la pendenza del 10% oppure con giunto a pettine conforme alle norme DIN 68140. Lo spessore della lamelle non può essere superiore a 33 mm.. Nel caso di elementi rettilinei può essere aumentato a 40 mm. solo qualora gli elementi stessi non siano esposti a sollecitazioni climatiche molto alternate. Per elementi curvi lo spessore delle lamelle deve essere inferiore ad 1/200 del raggio di curvatura della lamella stessa. Nel caso di larghezze (base) degli elementi finiti superiori a 22 cm. si debbono prevedere particolari accorgimenti per evitare tensioni dannose all'interno delle sezioni in legno (v. DIN 1052). Le lamelle debbono essere perfettamente piallate e complanari. Il tenore di umidità relativa delle lamelle al momento dell'incollaggio è in dipendenza del tipo di esposizione climatica che avrà l'elemento dopo la posa in opera. In particolare vale quanto segue:

Le lamelle avranno un'umidità relativa del 7-11% per elementi da porre in opera in ambienti chiusi e riscaldati, del 9-13% per elementi da porre in opera in ambienti chiusi e non riscaldati oppure aperti ma coperti, del 11-15% per elementi esposti direttamente all'aperto. Questo per permettere una buona adesione della colla sulle superfici da incollare e per evitare tensioni interne che potrebbero dar luogo a deformazioni e fessurazioni.

Le colle utilizzate debbono essere conformi alle norme DIN 68141.

Per elementi che vengono sottoposti a particolari sollecitazioni climatiche o agenti atmosferici, si possono utilizzare solamente colle particolarmente resistenti (es. resine sintetiche alla resorcina). L'incollaggio degli elementi deve avvenire nel rispetto delle temperature e dei tenori di umidità relativa sia ambientale che del legname prescritte dalle norme DIN 1052, mediante apposite presse in grado di garantire un pressione omogenea su tutta la superficie da incollare pari ad almeno 6 kg/cmq per elementi dritti. Per elementi curvi è di regola necessaria una pressione maggiore fino a 12 kg/cmq. L'incollaggio di elementi con pressione ottenuta esclusivamente mediante inchiodatura è ammesso solo qualora l'elemento da incollare non abbia spessore superiore a 33 mm. (per compensati fino a 50 mm.).

In tal caso disposizione, quantità e misura dei chiodi sono da scegliere conformemente alle norme DIN 1052.

Legname di abete massiccio

(norme DIN 4074):

- 1) contenuto di umidità relativa massima del 30% nel momento della posa in opera;
- 2) sezioni a spigolo vivo con smusso tollerato solo qualora sia al massimo con profondità di 1/8 della larghezza rispettivamente altezza della sezione e sia comunque presente per meno di 1/3 dell'intera lunghezza. Tolleranze sulle dimensioni della sezione sono ammesse entro l'ordine del +/- 3%;
- 3) il legname dev'essere sano (esente da attacchi di insetti e muffe);
- 4) la presenza di nodi e la loro distribuzione nel singolo elemento deve rispettare le seguenti norme:
 - a) MORALI, TRAVETTI, TRAVI: il diametro del singolo nodo non può essere superiore ad 1/3 della dimensione (altezza o larghezza) della sezione in cui si trova il nodo stesso o comunque non superiore a 70 mm. In 150 mm. di lunghezza del singolo elemento sono tollerati nodi la somma dei cui diametri sia inferiore ai 2/3 della dimensione (altezza o larghezza) della sezione su cui si trovano i nodi stessi.
 - b) TAVOLE, TAVOLONI, LISTELLI: la somma delle larghezze del singolo nodo determinate ortogonalmente all'asse longitudinale del singolo elemento e comparenti sulle quattro facce dell'elemento stesso non può essere superiore a 2/3 della larghezza (base dell'elemento). La somma delle dimensioni così determinate e presenti in 150 mm. di lunghezza dell'elemento non può superare i 3/3 della larghezza (base dell'elemento).
- 5) l'inclinazione delle fibre rispetto all'asse longitudinale dell'elemento può essere al massimo del 12%;
- 6) la curvatura del singolo elemento nel senso dell'asse longitudinale può essere al massimo pari ad una freccia di 8 mm. misurata con una corda di due metri nel punto di maggiore curvatura;
- 7) per elementi sottoposti a compressione la curvatura massima ammessa è pari a 1/250 della lunghezza totale dell'elemento stesso.

Impregnazione del legname

a) impregnazione a pennello oppure a spruzzo o a immersione: il legname deve avere un tenore massimo di umidità relativa del 30% nel momento in cui viene trattato. Sono necessarie almeno due mani di trattamento se si usano prodotti a base oleosa, tre mani con prodotti a base salina. Tra una mano e l'altra deve trascorrere un periodo di almeno 6 ore. Nel trattamento per immersione può essere sufficiente un unico trattamento protratto tuttavia per il tempo necessario al raggiungimento della quantità minima pari a 100 gr/mq. di prodotti salini e 250 cc. di prodotti oleosi. Questi tipi di trattamento non sono ammessi per elementi lignei con spessore inferiore a cm.4 direttamente esposti ad agenti atmosferici;

b) impregnazione a pressione in autoclave: deve essere eseguita da ditte specializzate nel settore con gli accorgimenti richiesti dal diverso tipo di essenza impiegata. Il legname deve avere un tenore di umidità relativa del 30% nel momento del trattamento. La quantità minima di prodotto impregnante è di 3 kg/mc.. Si possono utilizzare prodotti idonei secondo le norme DIN 68800.

Esecuzione di opere in legno

il montaggio e la posa in opera di elementi strutturali in legno deve avvenire nel massimo rispetto degli elaborati esecutivi di progetto ponendo particolare attenzione a che nessuno degli elementi abbia ad essere sottoposto a tensioni indotte comunque progettualmente non previste. Le superfici di contatto dei giunti, incastri, ecc., debbono essere tali da assicurare una perfetta trasmissione degli sforzi. Gli elementi in legno che all'atto della posa in opera non alloggiato correttamente nei vari punti di giunzione oppure siano eccessivamente svergolati, incurvati o comunque danneggiati in modo sensibile devono essere sostituiti. Le forature per bulloni od altri mezzi di collegamento debbono essere eseguite nel diametro prescritto (in assenza di prescrizioni si utilizzi il diametro normale del mezzo di collegamento) immediatamente prima del montaggio dei mezzi di collegamento in modo di garantire un perfetto combaciare degli elementi. Eventuali perforature in stabilimento oppure a piè d'opera debbono essere eseguite con sistemi tali da garantire una perfetta rispondenza dei fori nei vari pezzi. Tutti i mezzi di collegamento debbono essere montati nel rispetto delle normative e degli elaborati esecutivi di progetto, comunque in modo possibilmente simmetrico rispetto agli assi degli elementi da giungere ed alternati fra loro in modo da evitare l'allineamento di tutti i mezzi di collegamento in una unica fibra di legno. La giunzione mediante bulloni in legname massiccio dovrà essere tale da permettere un serraggio dei dadi in un secondo tempo, a ritiro concluso dopo l'eventuale ulteriore essiccazione naturale del legno. Tutti gli elementi strutturalmente utili nella costruzione debbono essere tra loro collegati in modo conforme al progetto esecutivo. In corrispondenza degli appoggi ed ancoraggi su/in murature deve essere garantita la possibilità di rigonfiare e/o ritirare nonché la traspirazione agli elementi in legno con opportuni accorgimenti. Particolare attenzione si dovrà porre nell'evitare che in tali punti, sia in fase di posa in opera che nel periodo di servizio della costruzione, si possa avere accumulo e/o infiltrazione di umidità e/o acqua onde evitare l'insorgere di fenomeni non controllabili di marcatura. Tutti gli elementi strutturali dovranno essere preventivamente impregnati con idonei prodotti conformemente alle norme DIN 68800 contro l'attacco di agenti dannosi sia atmosferici che animali o vegetali.

3.6. PRODOTTI DI VETRO (LASTRE, PROFILATI AD U E VETRI PRESSATI)

1 - Si definiscono prodotti di vetro quelli che sono ottenuti dalla trasformazione e lavorazione del vetro. Essi si dividono nelle seguenti principali categorie: lastre piane, vetri pressati, prodotti di seconda lavorazione. Per le definizioni rispetto ai metodi di fabbricazione, alle loro caratteristiche, alle seconde lavorazioni, nonché per le operazioni di finitura dei bordi si fa riferimento alle norme UNI EN 572 (varie parti). I prodotti vengono di seguito considerati al momento della loro fornitura.

Le modalità di posa sono trattate negli articoli relativi alle vetrazioni ed ai serramenti.

Il Direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

2 - I vetri piani grezzi sono quelli colati e laminati grezzi ed anche cristalli grezzi traslucidi, incolori cosiddetti bianchi, eventualmente armati. Le loro dimensioni saranno quelle indicate nel progetto.

Per le altre caratteristiche vale la norma UNI 6123 che considera anche le modalità di controllo da adottare in caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

3 - I vetri piani lucidi tirati sono quelli incolori ottenuti per tiratura meccanica della massa fusa, che presenta sulle due facce, naturalmente lucide, ondulazioni più o meno accentuate non avendo subito lavorazioni di superficie. Le loro dimensioni saranno quelle indicate nel progetto.

Per le altre caratteristiche vale la norma UNI 6486 che considera anche le modalità di controllo da adottare in caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

4 - I vetri piani trasparenti float sono quelli chiari o colorati ottenuti per colata mediante galleggiamento su un bagno di metallo fuso.

Le loro dimensioni saranno quelle indicate nel progetto.

Per le altre caratteristiche vale la norma UNI 6487 che considera anche le modalità di controllo da adottare in

caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni

prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

5 - I vetri piani temprati sono quelli trattati termicamente o chimicamente in modo da indurre negli strati superficiali tensioni permanenti.

Le loro dimensioni saranno quelle indicate nel progetto.

Per le altre caratteristiche vale la norma UNI 7142 che considera anche le modalità di controllo da adottare in

caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni

prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

6 - I vetri piani uniti al perimetro (o vetrocamera) sono quelli costituiti da due lastre di vetro tra loro unite

lungo il perimetro, solitamente con interposizione di un distanziatore, a mezzo di adesivi od altro in modo da

formare una o più intercapedini contenenti aria o gas disidratati.

Le loro dimensioni, numero e tipo delle lastre saranno quelle indicate nel progetto.

Per le altre caratteristiche vale la norma UNI 7171 che definisce anche i metodi di controllo da adottare in

caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni

prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

7 - I vetri piani stratificati sono quelli formati da due o più lastre di vetro e uno o più strati interposti di materia plastica che incollano tra loro le lastre di vetro per l'intera superficie.

Il loro spessore varia in base al numero ed allo spessore delle lastre costituenti.

Essi si dividono in base alla loro resistenza alle sollecitazioni meccaniche come segue:

- stratificati per sicurezza semplice;
- stratificati antivandalismo;
- stratificati anticrimine;
- stratificati antiproiettile.

Le dimensioni, numero e tipo delle lastre saranno quelle indicate nel progetto.

Per le altre caratteristiche si fa riferimento alle norme seguenti:

- a) i vetri piani stratificati per sicurezza semplice devono rispondere alla norma UNI 7172;
- b) i vetri piani stratificati antivandalismo ed anticrimine devono rispondere rispettivamente alle norme UNI 7172 e norme UNI 9184;
- c) i vetri piani stratificati antiproiettile devono rispondere alla norma UNI 9187.

I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

8 - I vetri piani profilati ad U sono dei vetri grezzi colati prodotti sotto forma di barre con sezione ad U, con

la superficie liscia o lavorata, e traslucida alla visione.

Possono essere del tipo ricotto (normale) o temprato armati o non armati.

Le dimensioni saranno quelle indicate nel progetto. Per le altre caratteristiche valgono le prescrizioni della norma UNI 7306 che indica anche i metodi di controllo in caso di contestazione.

9 - I vetri pressati per vetrocemento armato possono essere a forma cava od a forma di camera d'aria. Le dimensioni saranno quelle indicate nel progetto.

Per le caratteristiche vale quanto indicato nella norma UNI 7440 che indica anche i metodi di controllo in caso di contestazione.

3.7. PRODOTTI DIVERSI (SIGILLANTI, ADESIVI, GEOTESSILI)

Tutti i prodotti di seguito descritti vengono considerati al momento della fornitura. Il Direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate.

Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si fa riferimento ai metodi UNI esistenti.

1 - Per sigillanti si intendono i prodotti utilizzati per riempire in forma continua e durevole i giunti tra elementi edilizi (in particolare nei serramenti, nelle pareti esterne, nelle partizioni interne, ecc.) con funzione di tenuta all'aria, all'acqua, ecc. Oltre a quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale sono destinati;
- diagramma forza deformazione (allungamento) compatibile con le deformazioni elastiche del supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termomeccanici prevedibili nelle condizioni di impiego, cioè con decadimento delle caratteristiche meccaniche ed elastiche che non pregiudichino la sua funzionalità;
- durabilità alle azioni chimico-fisiche di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde al progetto od alle norme UNI 9610 e 9611 e/o è in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza si fa riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla direzione dei lavori.

2 - Per adesivi si intendono i prodotti utilizzati per ancorare un prodotto ad un attiguo, in forma permanente, resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc. dovute all'ambiente ed alla destinazione d'uso. Sono inclusi nel presente articolo gli adesivi usati in opere di rivestimenti di pavimenti e pareti o per altri usi e per diversi supporti (murario, terroso, legnoso, ecc.).

Sono esclusi gli adesivi usati durante la produzione di prodotti o componenti. Oltre a quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale essi sono destinati;
- durabilità ai cicli termomeccanici prevedibili nelle condizioni di impiego (cioè con un decadimento delle caratteristiche meccaniche che non pregiudichino la loro funzionalità);
- durabilità alle azioni chimico-fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;
- caratteristiche meccaniche adeguate alle sollecitazioni previste durante l'uso.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde ad una

norma UNI e/o è in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza si fa riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla direzione dei lavori.

3 - Per geotessili si intendono i prodotti utilizzati per costituire strati di separazione, contenimento, filtranti, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.) ed in coperture.

Si distinguono in:

- tessuti: stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);

- nontessuti: feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si hanno nontessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo.

(Sono esclusi dal presente articolo i prodotti usati per realizzare componenti più complessi).

Dovrà inoltre essere sempre specificata la natura del polimero costituente (poliestere, polipropilene, poliammide, ecc.).

Per i nontessuti dovrà essere precisato:

- se sono costituiti da filamento continuo o da fiocco;
- se il trattamento legante è meccanico, chimico o termico;
- il peso unitario.

3.8. LEGANTI

3.8.1. ACQUA, CALCE, LEGANTI IDRAULICI, GESSO

A. ACQUA: oltre ad essere dolce e limpida dovrà avere un PH neutro; non dovrà presentare tracce di sali (in particolare solfati di magnesio e di calcio, cloruri, nitrati in concentrazioni superiori allo 0,5%), di aggressivi chimici, di inquinanti organici, inorganici o sintetici. Potrà essere ammesso l'uso di acque torbide purché le sostanze inorganiche in sospensione non superino i 2 gr per litro.

B. CALCE: le calce aeree ed idrauliche dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui alla legge 26.04.1935, n. 595 e D.M. del 03.06.1968. La calce grassa in zolle dovrà provenire da calcari puri, essere di recente, perfetta ed uniforme cottura, non bruciata, né vitrea, né pigra ad idratarsi ed infine di qualità tale che, mescolata con la sola quantità d'acqua dolce necessaria all'estinzione, si trasformi completamente in una pasta soda a grassello tenuissimo, senza lasciare residui maggiori del 5% dovuti a parti non bene decarburate, silicose od altrimenti inerti. La calce viva in zolle al momento dell'estinzione dovrà essere perfettamente anidra; sarà rifiutata quella ridotta in polvere o sfiorita, e perciò si dovrà provvedere la calce viva a misura del bisogno e conservarla in luoghi asciutti e ben riparati all'umidità. Dopo l'estinzione la calce dovrà conservarsi in apposite vasche impermeabili rivestite in tavole od in muratura, mantenendola coperta con uno strato di sabbia; la calce grassa destinata agli intonaci dovrà essere spenta almeno sei mesi prima dell'impiego, quella destinata alle murature da almeno quindici giorni.

C. LEGANTI IDRAULICI: i cementi e gli agglomerati cementizi da impiegare in qualsiasi lavoro dovranno rispondere alle norme di accettazione di cui alle leggi del 26.04.1965, n. 595 e del 04.11.1971, n. 1086, ai DD.MM. del 16.06.1976, del 30.04.1972, n. 9161, del 01.03.1983 e successive modificazioni ed integrazioni.

D. POZZOLANE: per quanto concerne le norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico si farà riferimento al R.D. 16.11.1939 n.2230.

E. GESSO: il gesso dovrà essere di recente cottura, perfettamente asciutto, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio di 56 maglie a centimetro quadrato, scevro da materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea; il gesso dovrà essere conservato in locali coperti e ben riparati dall'umidità.

3.8.2. LEGANTI IDRAULICI SPECIALI

I cementi a presa rapida dovranno rispondere alle succitate norme sui cementi ed essere conservati in ambiente asciutto; le modalità di impiego dovranno rispettare scrupolosamente le prescrizioni del produttore. I cementi privi di ritiro costituiti da cementi Portland, agenti espansivi (solfoalluminati di calcio) ed agenti stabilizzanti avranno le seguenti caratteristiche:

- espansibilità solo in fase plastica;
- assenza di ritiro sia in fase plastica che in fase d'indurimento;
- assenza di acqua essudata (bleeding) norme UNI 7122;
- buona lavorabilità e lungo mantenimento della stessa;
- ottima capacità di adesione sui vari tipi di supporti;
- elevate resistenze meccaniche.

Verranno impiegati miscelandoli con l'esatto quantitativo d'acqua prescritto dal produttore e con gli inerti adeguati. La loro stagionatura umida dovrà essere curata secondo le modalità indicate dal produttore.

3.8.3. LEGANTI SINTETICI – RESINE

il loro utilizzo, la provenienza e le modalità di applicazione dovranno essere concordati con la D.L., previa la accettazione e, se necessario, la sorveglianza degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento. In presenza di manufatti di particolare valore storico-artistico sarà vietato, in assenza di analisi di laboratorio, di certificazioni adeguate, di prove applicative o di specifiche garanzie da parte della ditta produttrice sull'effettiva irreversibilità dell'indurimento ed in mancanza di comprovata compatibilità chimica, fisica e meccanica con i materiali preesistenti, utilizzare prodotti di sintesi chimica. Le caratteristiche dei suddetti prodotti saranno conformi alle norme UNICHIM, mentre le analisi di laboratorio preliminari per la scelta dei vari materiali saranno quelle stabilite dalle raccomandazioni NORMAL. In particolare le caratteristiche qualitative dei leganti organici in base al loro impiego saranno le seguenti:

- perfetta adesione ai comuni materiali da costruzione ottenuta mediante la formazione di un sufficiente numero di gruppi polari capaci di stabilire legami fisici d'affinità con i costituenti sia minerali che organici dei materiali trattati;
- totale irreversibilità della reazione d'indurimento e conseguente stabilità alla depolimerizzazione ed all'invecchiamento;
- elevata resistenza all'attacco chimico operato da acque, sostanze alcaline o da altri tipi di aggressivi chimici;
- limitatissimo ritiro in fase di indurimento.

Resine epossidiche

potranno essere del tipo solido o liquido. In combinazione con appositi indurenti amminici che ne caratterizzano il comportamento, potranno essere utilizzate anche miscelate con cariche minerali, riempitivi, solventi ed addensanti, solo a seguito di approvazione della D.L., per i lavori in cui sarà necessario sfruttare le loro specifiche caratteristiche. Saranno vietati tutti i trattamenti superficiali che potrebbero sostanzialmente modificare l'originario aspetto cromatico e di finitura superficiale dei manufatti (UNI 7092-72): Le caratteristiche meccaniche, le modalità applicative e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

Resine poliesteri

potranno essere usate sia come semplici polimeri liquidi sia in combinazione con fibre di vetro, di cotone o sintetiche o con calcari, gesso, caolino, cementi o sabbie. Anche per le resine poliesteri valgono le stesse precauzioni, divieti e modalità d'uso enunciati a proposito delle resine epossidiche. Le loro caratteristiche meccaniche, le modalità d'applicazione e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM. Per prodotti protettivi, conservativi o consolidanti sia delle parti ltee che degli intonaci, dovranno essere sottoposte, per accettazione, alla D.L. schede ed attestati riportanti tutte le caratteristiche relative.

3.9. SOSTANZE IMPREGNANTI

L'impregnazione dei materiali costituenti l'apparato esterno degli edifici è una lavorazione tesa a prevenire il degrado operato da:

- un'azione fisica che agisce mediante un continuo bombardamento di microparticelle presenti nell'atmosfera e spinte dai venti. L'impregnante in questo caso dovrà evitare una rapida disgregazione delle superficie, aumentando la resistenza meccanica delle stesse;
- un'azione chimica che agisce mediante un contatto, occasionale o continuato, con sostanze attive quali piogge acide ed inquinanti atmosferici. L'impregnante dovrà quindi fornire alle superfici un'appropriata inerzia chimica.

La scelta della sostanza impregnante dipenderà dalla natura e dalla consistenza delle superfici che potranno presentarsi:

- rivestite con intonaci e coloriture realizzati nel corso del restauro;
- rivestite con intonaci e coloriture preesistenti al restauro;
- prive di rivestimento con mattoni o pietra a vista compatta e tenace;
- prive di rivestimento con pietra a vista tenera e porosa.

Essendo quindi varia sia la natura dei materiali costituenti le superfici esterne che il tipo di agenti che innescano il degrado, le sostanze impregnanti dovranno svolgere le seguenti funzioni:

- difesa dall'attacco chimico che si effettuerà mediante idrofobizzazione dei supporti in modo da renderli atti a limitare l'assorbimento delle acque meteoriche;
- difesa dall'attacco fisico che si otterrà mediante consolidamento dei supporti al fine di accrescere o fornire quelle capacità meccaniche di resistenza che o non hanno mai posseduto o che, col trascorrere del tempo, si sono indebolite.

La scelta delle sostanze impregnanti sarà effettuata in funzione delle risultanze emerse a seguito delle diagnosi e delle indagini preliminari che verranno, in ogni caso, condotte secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NORMAL.

In particolare le caratteristiche richieste in base al loro impiego saranno le seguenti:

- elevata capacità di penetrazione;
- buona inerzia chimica nei confronti degli agenti inquinanti;
- comprovata inerzia cromatica;
- soddisfacente compatibilità fisico-chimica con il materiale da impregnare;
- totale reversibilità della reazione di indurimento.

3.9.1. IMPREGNANTI AD EFFETTO IDROFOBIZZANTE

I prodotti da usare per l'idrofobizzazione dei materiali edili ed affini dovranno possedere le seguenti caratteristiche documentate da prove applicative testate e da analisi di laboratorio:

- basso peso molecolare ed elevato potere di penetrazione;
- resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici;
- resistenza chimica in ambiente alcalico;
- assenza di effetti collaterali (produzione di sali);
- perfetta trasparenza ed inalterabilità del colore;
- assenza dell'effetto pellicola;
- traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%.

POLIMERI ORGANICI: dovranno possedere un'elevata resistenza agli alcali ed ai raggi ultravioletti, senza che venga diminuita la naturale predisposizione dei materiali edili alla diffusione dei vapori. Dovendosi applicare sotto forma di emulsioni o di soluzioni acquose, avranno generalmente una scarsa capacità di penetrazione e potranno causare una sensibile variazione di colore ed un effetto traslucido sulle superfici. Il loro utilizzo, quindi, su manufatti di particolare valore storico artistico sarà vincolato ad una specifica autorizzazione della D.L. o degli organi preposti alla tutela del bene interessato.

SILICONI: particolarmente indicati per trattamenti idrofobizzanti di cementi e materiali a base alcalina, poiché formano, a causa dell'azione combinata dell'acqua con l'anidride carbonica, sali (organo-sil-sesquiossani). Il loro utilizzo sarà condizionato alla specifica autorizzazione della D.L. o degli organi preposti alla tutela del bene interessato dall'intervento.

SILANI: gli organo-alcossi-silani sono monomeri capaci di impregnare materiali poco assorbenti quali i calcestruzzi; dovranno essere applicati in concentrazioni elevate (20-40% di sostanza attiva) perché la loro alta tensione di vapore, dopo l'applicazione, potrebbe comportare forti perdite di prodotto.

ORGANO-SILOSSANI-POLIMERI: sono indicati per l'impregnazione di pietre molto porose; le soluzioni in commercio hanno una concentrazione di sostanza attiva intorno ai valori in peso del 5-10%. Se vengono impiegati su materiali compatti e poco assorbenti, occorrerà abbassarne il peso molecolare al fine di ottenere una maggiore profondità di penetrazione senza eccessive perdite di prodotto.

ORGANO-SILOSSANI-OLIGOPOLIMERI: appartengono a questa categoria i metiletossisilossani oligopolimeri che si presentano sotto forma di concentrati liquidi privi di solvente. La loro caratteristica

più rilevante è l'elevata capacità di penetrazione che è funzione della particolare struttura chimica; infatti riescono ed infiltrarsi all'interno dei capillari più sottili della pietra grazie ai loro particolari legami incrociati. La capacità di penetrazione dei silossani oligopolimeri dovrà essere migliorata utilizzando, dietro apposita autorizzazione della D.L., solventi nei quantitativi prescritti dal produttore, che trasportino la sostanza attiva all'interno della struttura da idrofobizzare.

3.9.2. IMPREGNANTI AD EFFETTO CONSOLIDANTE

L'impregnante ad effetto consolidante da utilizzare nei lavori di restauro dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- elevata capacità di penetrazione nelle zone di pietra carente di legante;
- resistenza chimica agli agenti inquinanti;
- spiccata capacità di ripristinare i leganti della pietra senza depositare sali superficiali;
- capacità di fare traspirare la pietra in modo da conservare la diffusione del vapore;
- profonda penetrazione che eviti la formazione di pellicole in superficie;
- "pot-life" molto lungo tale da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completa;
- perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
- capacità di mantenere inalterato il colore della pietra.

RESINE ORGANICHE: alcune resine organiche, diluite con solventi, possiedono la capacità di diffondersi in profondità all'interno dei materiali. Questa proprietà dipende da diversi fattori:

- dal peso molecolare e dalla viscosità della resina;
- dalla tensione superficiale della soluzione;
- dalla polarità dei solventi;
- dalla velocità di evaporazione dei solventi;

Le resine che polimerizzano dopo l'applicazione (epossidiche e poliuretaniche), oltre ad avere la capacità di diffondersi all'interno della pietra anche senza l'ausilio del solvente, possiedono un basso peso molecolare (250-350) ed una viscosità a 25° C intorno ai 250 cps. Le resine che induriscono per essiccamento (evaporazione del solvente) poiché possiedono un elevato peso molecolare che determina la loro diffusione poco omogenea all'interno del manufatto, potranno essere utilizzate solo in soluzione con residui secchi molto bassi (10-15%). E' evidente che la qualità di legante risulta determinante ai fini della qualità del consolidamento; si dovranno quindi preferire sistemi a base di solventi a rapida evaporazione che assicurino residui secchi più elevati e tempi di permanenza più brevi all'interno dei materiali. Su manufatti di particolare valore storico - artistico, l'utilizzo delle resine organiche sarà condizionato alla specifica autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene interessato dall'intervento.

RESINE EPOSSIDICHE: il loro impiego dovrà essere attentamente vagliato dall'Appaltatore, dietro espresso giudizio della D.L., in quanto pur possedendo ottime capacità leganti ed elevate resistenze meccaniche e chimiche, risultano poco resistenti all'ingiallimento provocato dai raggi U.V..

RESINE POLIURETANICHE: i poliuretani sono polimeri nelle cui macro molecole sono presenti dei raggruppamenti uretanici; si ottengono facendo reagire gli isocianati con alcoli polivalenti. Dovranno avere le seguenti proprietà:

- assenza di ingiallimento;
- elevata resistenza agli agenti atmosferici ed ai raggi U.V.;
- indurimento regolabile fino a 24 ore dopo l'applicazione;
- reversibilità fino a 36 ore dopo l'applicazione;
- basso peso molecolare;
- residuo secco intorno al 3%;
- viscosità a 25°C intorno a 250 cps.

RESINE ACRIL-SILICONICHE: a base di resine acriliche e siliconiche disciolte in particolari solventi, risultano indicate per interventi di consolidamento di materiali lapidei specie quando si verifica un processo di degrado provocato dall'azione combinata di aggressivi chimici ed agenti atmosferici. Sono particolarmente adatte per il restauro di opere d'arte e di monumenti in pietra calcarea o arenaria. Dette resine dovranno essere diluite con apposite sostanze solventi nei quantitativi indicati dal produttore o consigliati dalla D.L.. Dovranno essere completamente reversibili anche dopo

l'indurimento, incrementare il carico di rottura e la resistenza agli sbalzi termici del materiale trattato, eliminando, nel contempo, i fenomeni di decoesione. Dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- residuo secco 10%;
- peso specifico 1,050;
- colore gardner inferiore ad 1;
- essiccazione da 15° a 20°C secco al tatto.

IMPREGNANTI A BASE DI SOSTANZE MINERALI: sono prodotti adatti al consolidamento di superfici di particolare pregio artistico (fregi, bassorilievi, affreschi, ecc.) in quanto formulati per risultare perfettamente compatibili con le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche delle più diffuse pietre calcaree ed arenarie. Essendo alcuni di recente formulazione, il loro impiego dovrà sempre essere autorizzato dalla D.L. e dagli organi preposti alla tutela del bene interessato dall'intervento.

SILICATI DI ETILE: sono sostanze basso molecolari che penetrano in profondità nella pietra. Grazie all'azione di un catalizzatore neutro, reagiscono con l'umidità atmosferica e con l'acqua presente all'interno dei pori della pietra, liberando alcool e formando un gel di silice che diventa il nuovo legante dei granuli disgregati; i sottoprodotti della reazione chimica sono inattivi in quanto si volatilizzano rapidamente. I formulati a base di silicato di etile per risultare adatti al consolidamento di edifici monumentali, dovranno possedere le seguenti proprietà:

- basso peso molecolare;
- essiccamento fuori polvere;
- assenza di prodotti dannosi per la pietra;
- legante di tipo minerale affine a quello del materiale trattato
- resistenza agli acidi;
- capacità di fare traspirare i pori della pietra;
- permeabilità al vapore acqueo.

In generale l'impiego di qualsiasi prodotto per consolidamenti, sia superficiali che di profondità, per protezioni od anche per parziali integrazioni o sostituzioni su manufatti di qualsiasi tipo, materiale e valore, dovrà essere preceduto da una accurata relazione tecnica in cui siano chiaramente riportati i modi di impiego, le caratteristiche chimico-fisiche, i comportamenti nel tempo, la reversibilità, i risultati della prove di laboratorio e le valutazioni dei test applicativi. Tale documentazione sarà sottoposta all'ente preposto alla tutela del bene ed alla D.L., i quali, se lo riterranno opportuno, potranno ordinare l'esecuzione di prove o sperimentazioni.

3.10. RINFORZANTI PER RESINE

dovranno possedere i requisiti richiesti dai produttori di resine o dalla D.L.. La granulometria dovrà essere adeguata alla destinazione ed alle modalità di messa in opera. E' tassativamente vietato l'impiego di sabbie marine o di cava o che presentino tracce di sostanze organiche instabili o di sostanze chimiche attive. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere, in generale, una comprovata inerzia chimica nei confronti dei componenti della resina, un tasso di umidità in peso inferiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti. Le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0,10 - 0,30 mm. per un 25%; di 0,50 - 1,00 mm. per un 30% e di 1,00 - 2,00 mm. per il 45%, salvo diverse indicazioni della D.L. Le polveri (silice ventilata, silice micronizzata) dovranno avere granuli del diametro di circa 50 - 80 micron e saranno aggiunte, ove prescritto, alle miscele secche di sabbia in ragione del 15% circa in peso, salvo diverse disposizioni della D.L. Potranno essere usati come rinforzanti anche: caolino, fibre di vetro, fibre di amianto, marmi o pietre macinati. In generale la D.L. dovrà stabilire le caratteristiche tecniche dei rinforzanti, dei riempitivi, degli addensanti e di tutte le varie cariche per le resine in funzione della loro formulazione, destinazione e modalità di messa in opera.

3.11. MATERIALI INERTI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI E PER MALTE

Gli aggregati per conglomerati cementizi, naturali e di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di getto, ecc., in proporzioni non nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature.

Inerti

I materiali inerti da impiegarsi per la confezione di malte e calcestruzzi dovranno possedere le qualità, stabilite dal vigente regolamento d'applicazione della legge 4.11.1971 nr. 1086 relativa alla disciplina delle opere in conglomerato cementizio. Gli inerti si classificano come terre che passano o vengono trattenute da crivelli con fori circolari delle seguenti dimensioni (in mm):

ghiaia o pietrisco	da 75 - 25
ghiaietto o pietrischetto	da 25 - 10
ghiaino o pietrischino	da 10 - 2
sabbia	da 2 - 0,05

E' assolutamente vietato per le confezioni suddette, l'uso di limi o argille, cioè di terre con elementi passanti per crinelli con fori circolari di dimensioni inferiori a 0,05 mm.

Per quanto riguarda i materiali inerti da impiegarsi nella formazione delle pavimentazioni stradali, ivi compresi i sottofondi, essi dovranno corrispondere alle norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione di cui R.D. 16.11.1939 nr. 2232 e alle norme CNR fascicolo 4 ed. 1953.

In particolare il pietrisco e il pietrischino o graniglia per la formazione rispettivamente della massicciata e dello strato di usura dovranno possedere caratteristiche non inferiori alle seguenti:

pietrisco pietrischino
peso specifico 2500 kg/m³ 2700 kg/m³
coefficiente di qualità 1225

Per gli inerti da usare nella formazione dello strato di base, dello strato di collegamento (binde) e dello strato di usura, la perdita di peso determinata con la prova "Los Angeles" dovrà essere inferiore o uguale rispettivamente a 25,22 e 20. L'equivalente in sabbia sarà sempre maggiore o uguale a 44.

Per quanto riguarda i cubetti per pavimentazioni, essi dovranno essere conformi alla normativa di cui il fascicolo 5 del C.N.R., ed. 1953.

Sabbia, pietrisco e ghiaia

la sabbia naturale o artificiale da miscelare alle malte minerali o sintetiche, sia essa silicea, quarzosa, granitica o calcarea, dovrà essere priva di sostanze inquinanti, avere granulometria omogenea e adatta per i vari impieghi e provenire da rocce con alte resistenze meccaniche. Dovrà essere priva di argilla o terra, ove necessario, dovrà essere lavata.

Le sabbie, i pietrischi e le ghiaie da impiegarsi nella formazione dei calcestruzzi, dovranno avere le stesse qualità stabilite dalla normativa vigente e dai parametri UNI così come stabilito dalla D.L.

La sabbia dovrà essere costituita da grani di dimensioni tali da passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di:

- mm. 2 per murature in genere;
- mm. 1 per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

Gli elementi delle ghiaie e dei pietrischi dovranno essere tali da passare attraverso un vaglio a fori circolari del diametro di:

- cm. 4 se si tratta di volti di getto;
- cm. 1,5 se si tratta di cappe di volti, di lavori in cemento armato o di getti a parete sottile.

Gli elementi più piccoli delle ghiaie e dei pietrischi non dovranno passare in un vaglio a maglie rotonde di un centimetro di diametro, salvo quando vanno impiegati in cappe di volti, in lavori in cemento armato od in getti a parete sottile, nei quali sono ammessi anche elementi più piccoli.

PIETRE NATURALI E MARMI: le pietre naturali da impiegarsi nella muratura e per qualsiasi altro lavoro, dovranno essere a grana compatta e monda da cappellaccio, esenti da piani di sfaldamento, senza screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego, offrire una resistenza proporzionata all'entità della sollecitazione a cui saranno soggette ed avere efficace adesività alle malte. Saranno assolutamente escluse le pietre marmose e quelle alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

Le pietre da taglio oltre a possedere i requisiti ed i caratteri generali sopra indicati, dovranno avere struttura uniforme, essere scevre da fenditure, cavità e litoclasti, essere sonore alla percussione e di perfetta lavorabilità.

I marmi dovranno essere della migliore qualità, perfettamente sani, senza scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi, peli od altri difetti che ne infirmo l'omogeneità e la solidità; non saranno tollerate stuccature, tasselli, rotture e scheggiature.

LASTRE PER INTERNI: dovranno essere ricavate da pietre perfette, di costituzione omogenea per tutto lo spessore, trasformabili in lastre, tenaci, resistenti all'usura e lucidabili. Le varie tonalità di colore dovranno essere omogenee per ogni zona di impiego.

TUFI: dovranno possedere una struttura litoide, solida ed omogenea. La loro massa non dovrà essere inferiore a 1600 kg./mc. e la resistenza a compressione a 35 kgf/cm². (a secco) e a 25 kgf/cm² (bagnato). E' vietato l'uso di tufi friabili o a base di pomice.

MARMI: dovranno essere della migliore qualità, privi di scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi o altri difetti che li renderebbero fragili o poco omogenei. Non sono ammesse stuccature, incollaggi, tasselli, rotture o scheggiature.

3.12. MALTE E CONGLOMERATI

le malte per quanto possibile, dovranno essere confezionate con materiali analoghi a quelli utilizzati durante la costruzione dell'edificio oggetto del restauro. In ogni modo la composizione delle malte, l'uso specifico di ognuna di esse nelle varie fasi dei lavori, l'eventuale integrazione con additivi, resine o con latrati prodotti di sintesi chimica, ecc., saranno specificati dalla D.L. dietro autorizzazione degli organi preposti alla tutela dell'edificio in oggetto. Nella preparazione delle malte si dovranno usare sabbie di granulometria e natura chimica appropriata. Saranno, in ogni caso, preferite le sabbie silicee o calcaree, mentre andranno escluse quelle provenienti da rocce friabili o gessose; non dovranno contenere alcuna traccia di cloruri, solfati, materie argillose, terrose, limacciose e polverose. L'impasto delle malte, effettuato con appositi mezzi meccanici o manualmente, dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati preferibilmente sia a peso che a volume. La calce spenta in pasta dovrà essere accuratamente rimescolata in modo che la sua misurazione, a mezzo di cassa parallelepipedica, riesca semplice e di sicura esattezza. Gli impasti dovranno essere preparati nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro. I residui d'impasto non impiegati, dovranno essere messi a discarica, ad eccezione di quelli formati con calce comune che, il giorno stesso della loro miscelazione, potranno esser riutilizzati. I componenti di tutti i tipi di malte dovranno essere mescolati a secco.

3.12.1. MALTE E CONGLOMERATI. COMPOSIZIONE

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte e dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere emanate dalla D.L. o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere le seguenti porzioni:

- | | | |
|----|--|---------------|
| a) | MALTA COMUNE: | |
| | calce spenta in pasta | mc. 0,25-0,40 |
| | sabbia | mc. 0,85-1,00 |
| b) | MALTA COMUNE PER INTONACO RUSTICO (RINZAFFO): | |
| | calce spenta in pasta | mc. 0,20-0,40 |
| | sabbia | mc. 0,90-1,00 |
| c) | MALTA COMUNE PER INTONACO CIVILE (STABILITURA): | |
| | calce spenta in pasta | mc. 0,35-0,45 |
| | sabbia vagliata | mc. 0,800 |
| d) | MALTA GRASSA DI POZZOLANA: | |

	calce spenta in pasta	mc.	0,22
	pozzolana vagliata	mc.	1,10
e)	MALTA MEZZANA DI POZZOLANA:		
	calce spenta in pasta	mc.	0,25
	pozzolana vagliata	mc.	1,10
f)	MALTA FINA DI POZZOLANA:		
	calce spenta in pasta	mc.	0,28
	pozzolana vagliata	mc.	1,05
g)	MALTA IDRAULICA:		
	calce idraulica	q.	3-5
	sabbia	mc.	0,90
h)	MALTA BASTARDA:		
	malta tipo a) e) g)	mc.	1,00
	cemento tipo 325	q.	1,50
i)	MALTA CEMENTIZIA FORTE:		
	cemento tipo 325	q.	3-6
	sabbia	mc.	1,00
l)	MALTA CEMENTIZIA DEBOLE:		
	cemento tipo 325	q.	2,5-4
	sabbia	mc.	1,00
m)	MALTA CEMENTIZIA PER INTONACI:		
	cemento tipo 325	q.	6
	sabbia	mc.	1,00
n)	MALTA FINE PER INTONACI:		
	malte tipo c) f) g) m) vagliate allo staccio fino		
o)	MALTA PER STUCCHI:		
	calce spenta in pasta	mc.	0,45
	polvere di marmo	mc.	0,90
	collanti vegetali o animali	secondo prescrizioni	
p)	CALCESTRUZZO IDRAULICO DI POZZOLANA:		
	calce comune	mc.	0,15
	pozzolana	mc.	0,40
	pietrisco o ghiaia	mc.	0,80
q)	CALCESTRUZZO IN MALTA IDRAULICA:		
	calce idraulica	q.	1,5-3
	sabbia	mc.	0,40
	pietrisco o ghiaia	mc.	0,80
r)	CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER USI VARI:		
	cemento tipo 325 o 425	q.	1,5-4,0
	sabbia	mc.	0,40
	ghiaia	mc.	0,80

Quando la D.L. ritenesse di variare tali proporzioni o componenti, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo. I materiali, le

malte ed i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati con apposite casse della capacità prescritta dalla Direzione che l'Appaltatore sarà in obbligo di provvedere e mantenere a sue spese costantemente in tutti i siti in cui verrà effettuata la manipolazione. La calce spenta in pasta dovrà esser misurata dopo essere stata ridotta ad una pasta omogenea senza sacche d'aria. Prima di eseguire l'impasto di ogni getto l'impresa appaltatrice dovrà comunicare e ottenere l'approvazione della composizione degli impasti. Nel caso di calcestruzzi per strutture l'Appaltatore dovrà prelevare da ogni getto almeno tre provini cubici (cm.15x15x15) e far eseguire sugli stessi le relative prove di legge da laboratori autorizzati. La D.L. potrà chiedere all'impresa l'aggiunta di additivi agli impasti, in tal caso l'onere relativo sarà a carico dell'Amministrazione. Nel getto dei calcestruzzi si dovrà verificare scrupolosamente che il copriferro sia di cm.2 per le strutture in elevazione e di cm.3 per quelle di fondazione, salvo diversa prescrizione della D.L.. I calcestruzzi per getti di impalcati, travi, pilastri se preconfezionati, dovranno essere ordinati "a resistenza" secondo le resistenze caratteristiche prescritte nel capitolato. L'impasto dei materiali dovrà essere fatto a mezzo di macchine impastatrici e mescolatrici. I materiali componenti le malte cementizie saranno prima mescolati a secco fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile, ma sufficiente. Nella composizione di calcestruzzi con malte di calce comune od idraulica si formerà prima l'impasto della malta con le proporzioni prescritte impiegando la minor quantità di acqua possibile, poi si aggiungerà la ghiaia o il pietrisco mescolando il tutto fino ad ottenere un impasto uniforme. Gli impasti sia di malta che di conglomerato dovranno essere preparati soltanto nella quantità necessaria, per l'impiego immediato, cioè dovranno essere preparati volta per volta e per quanto più possibile in vicinanza del lavoro. I residui di impasti non utilizzati immediatamente dovranno essere messi a scarica. Il calcestruzzo da impiegarsi in qualsiasi lavoro sarà messo in opera appena confezionato e verrà disposto a strati orizzontali di altezza da cm.20 a cm.30 su tutta la estensione della parte in opera che si esegue ad un tempo, vibrato con vibratore ad alta frequenza. Durante il getto il cavo da riempirsi dovrà essere completamente asciutto e resta a carico dell'impresa ogni eventuale aggrottamento d'acqua. Finito che sia il getto e spianata con ogni diligenza la superficie superiore, il calcestruzzo dovrà essere lasciato assodare per tutto il tempo che la D.L. riterrà necessario per raggiungere il grado di indurimento che dovrà sopportare. Durante il periodo della stagionatura tutti i getti dovranno essere abbondantemente e frequentemente annaffiati per 15 giorni. Le strutture in cemento armato a vista dovranno essere eseguite con casseforme confezionate con tavole di abete piallate, a coste parallele e perfettamente combacianti, salvo che la D.L. non prescriva diversamente; per il calcestruzzo verrà impiegata ghiaia vagliata e di idonea granulometria e nell'impasto sarà aggiunto fluidificante. Le superfici dovranno risultare regolari e non saranno tollerate stuccature o rappezzi. L'Amministrazione appaltante, a suo insindacabile giudizio, può obbligare l'impresa al lavaggio della ghiaia, sabbia e pietrisco. In caso di temperatura inferiore a 0°C, si dovrà sospendere il getto o prendere precauzioni tali che il getto stesso non abbia a gelare durante la presa. In ogni caso è vietato l'uso di anticongelanti che a giudizio della D.L. risultano dannosi per il calcestruzzo e per le armature.

3.12.2. MALTE ADDITTIVATE

Per tali si intendono quelle malte alle quali vengono aggiunti, in piccole quantità, degli agenti chimici che hanno la proprietà di migliorarne le caratteristiche meccaniche o fisiche.

3.12.3 MALTE ADDITTIVATE CON AGENTI ANTIRITIRO E RIDUTTORI D'ACQUA

sono malte addittivate con agenti chimici capaci di ridurre il quantitativo d'acqua normalmente occorrente per il confezionamento di un impasto facilmente lavorabile, la cui minore disidratazione ed il conseguente ritiro, permettono di evitare pericolose screpolature o la non saturazione di determinati volumi. I riduttori d'acqua che generalmente sono lattici in dispersione acquosa composti da finissime particelle di copolimeri di stirolo-butadiene, risultano altamente stabili agli alcali e vengono modificati mediante l'azione di specifiche sostanze stabilizzatrici (sostanze tensioattive e regolatori di presa). Il tipo e la quantità dei riduttori saranno stabiliti dalla D.L.. La quantità di additivo da aggiungere agli impasti sarà calcolata considerando:

-il quantitativo d'acqua contenuto nel lattice stesso;

-l'umidità degli inerti (è buona norma separare gli inerti in base alla granulometria e lavarli per eliminare sali o altre sostanze inquinanti);

-la percentuale di corpo solido (polimero).

La quantità ottimale che varierà in relazione al particolare tipo di applicazione potrà oscillare, in genere, dai 6 ai 12 lt. di lattice per 0,5 ql. di cemento. Per il confezionamento di miscele cemento/lattice o cemento/inerti/lattice si dovrà eseguire un lavoro di impasto opportunamente prolungato facendo ricorso preferibilmente a betoniere e mescolatori elicoidali per trapano. Per la preparazione delle malte sarà necessario miscelare un quantitativo di cemento/sabbia opportunamente calcolato e successivamente aggiungere ad esso il lattice miscelato con la prestabilita quantità d'acqua. In base al tipo di malta da preparare la miscela di lattice/acqua avrà una proporzione variabile da 1:1 a 1:3. Una volta pronta, la malta verrà immediatamente utilizzata e sarà vietato rinvenirla con acqua o miscele di acqua/lattice al fine di riutilizzarla. L'Appaltatore sarà obbligato a provvedere alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo in un recipiente che sarà tenuto a disposizione della D.L. per eventuali controlli e campionature. La superficie su cui la malta sarà applicata dovrà presentarsi solida, priva di polveri e residui grassi od organici. Se richiesto dalla D.L. l'Appaltatore dovrà utilizzare come imprimitore un'identica miscela di acqua, lattice e cemento molto più fluida. Le malte modificate con lattici riduttori di acqua, poiché induriscono lentamente, dovranno essere protette da una rapida disidratazione (metodo della stagionatura umida).

3.12.4 MALTE ESPANSIVE

trattasi di malte in cui l'additivo un aumento di volume dell'impasto. Questi prodotti dovranno essere utilizzati in tutte le lavorazioni che prevedono colaggio o iniezioni di malte fluide: sottofondazioni e sottomurazioni, volte e cupole, coperture, rifacimenti di strutture e consolidamenti, inghisaggi, ecc.. Tali malte dovranno esprimere la loro capacità espansiva solo in fase plastica e non in fase di indurimento al fine di evitare spinte o tensioni non controllabili. La malta dovrà essere preparata mescolando in betoniera una miscela secca di legante, inerti ed agenti espansivi in polvere nella quantità media, salvo diversa prescrizione della D.L., di circa 10-40 kg/mc. di malta; solo successivamente si potrà aggiungere il quantitativo misurato d'acqua. Nei casi in cui l'agente espansivo dovesse essere di tipo liquido, esso sarà aggiunto alla miscela secca inerti/legante solo dopo un prolungata miscelazione di acqua. L'Appaltatore sarà tenuto a provvedere alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo dentro un recipiente tenuto a disposizione della D.L. per eventuali controlli. Sebbene gli agenti espansivi siano compatibili con un gran numero di additivi, sarà sempre opportuno:

-mescolare gli additivi di una sola ditta produttrice;

-ricorrere alla consulenza tecnica del produttore;

-richiedere l'autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

La stagionatura delle miscele espansive si otterrà mantenendo le malte in ambiente umido.

3.12.5 MALTE CONFEZIONATE CON RIEMPITIVI A BASE DI FIBRE SINTETICHE, METALLICHE O DI VETRO

dietro specifica prescrizione o su richiesta della D.L. potrà essere richiesto l'utilizzo di particolari riempitivi che hanno la funzione di plasmare e modificare le caratteristiche degli impasti mediante la tessitura all'interno delle malte indurite di una maglia tridimensionale. Si tratta di fibre in metallo, in vetro o in polipropilene a forma di treccia a struttura reticolare che, durante la miscelazione degli impasti, si aprono distribuendosi uniformemente. Le fibre dovranno essere costituite da materiali particolarmente tenaci caratterizzati da una resistenza a trazione di circa 400 N/mm², da un allungamento a rottura intorno al 13% e da un modulo di elasticità di circa 500 000 N/cm². Le fibre formeranno all'interno delle malte uno scheletro a distribuzione omogenea che ripartirà e ridurrà le tensioni dovute al ritiro. Se impiegate per il confezionamento di calcestruzzi, le proprietà delle fibre in polipropilene dovranno essere le seguenti:

-inerzia chimica che le renda adatte ad essere utilizzate sia in ambienti acidi che alcalini;

-assenza di corrosione o deterioramento;

-atossicità;

-capacità di non alterare la lavorabilità delle malte o dei calcestruzzi.

3.12.6 MALTE PRECONFEZIONATE

Trattasi di malte a dosaggio controllato studiate per ovviare ai limiti della dosatura manuale che non consente di ottimizzare e rendere costante la capacità di espansione, soprattutto in presenza di murature altamente degradate. Queste malte dovranno essere del tipo confezionato con controllo automatico e di precisione in modo che nella miscelazione le sabbie quarzosferoidali ($\text{SiO}_2 = 99\%$ Mohs=8) siano selezionate in relazione ad una curva granulometrica ottimale ed i cementi ad alta resistenza e gli additivi chimici rigorosamente dosati. Gli additivi che garantiranno l'adesione ai substrati, l'inerzia chimica e le notevoli risposte alle sollecitazioni, verranno attivati dall'esatta miscelazione con quantitativi prestabiliti d'acqua. L'Appaltatore sarà tenuto, nel corso delle operazioni di preparazione delle malte, a prelevare, in presenza ed a richiesta della D.L., dei campioni rappresentativi dei vari tipi di malte preconfezionate che impiegherà al fine di produrre le prove ed analisi sui materiali, sia durante i lavori che al collaudo. Gli agenti espansivi dovranno assicurare in relazione al particolare settore di utilizzo, un'espansione da 0,04 a 0,12 %, uno spandimento di circa il 150%, un'aderenza su calcestruzzo o acciaio rispettivamente intorno ai valori di 3 - 3,5 MPa e 20 - 30 MPa a 28 gg. di stagionatura. Le malte preconfezionate potranno essere usate per ancoraggi, rappezzi, impermeabilizzazioni, getti di fondazione, inghisaggi e, in genere, per tutti i lavori richiesti. L'Appaltatore dovrà attenersi alle istruzioni per l'uso e per la preparazione delle malte prescritte dalla ditta produttrice. In presenza di temperature elevate, di forte umidità ambientale e di gelate, l'Appaltatore, previa autorizzazione della D.L. potrà variare i quantitativi d'acqua di miscelazione o usare acqua calda o fredda.

3.12.7. CONGLOMERATI DI RESINA SINTETICA

Dovranno essere confezionati miscelando con i relativi indurenti resine sintetiche, sabbie di quarzo di varia granulometria ed agenti tixotropizzanti. I conglomerati di resina sintetica, una volta induriti, dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

- notevoli proprietà di adesione;
- elevate resistenze sia meccaniche che chimiche;
- rapido sviluppo delle proprietà meccaniche.

Essendo numerose le possibilità di applicazione occorrerà variane la fluidità conformemente alle prescrizioni di progetto, in funzione della natura dei materiali, della loro porosità e delle finalità della lavorazione.

I conglomerati dovranno in ogni modo assicurare:

- ottima capacità di indurimento anche a basse temperature;
- sufficiente adesione anche in presenza di umidità;
- assorbimento capillare e quindi ottima saturazione delle superfici di contatto;
- tempi di lavorabilità sufficienti anche in periodo estivo.

Per la preparazione dei conglomerati sintetici si dovranno utilizzare apposite betoniere o mescolatrici da impiegare solo per le resine. Per i formulati a due componenti sarà necessario attenersi con precisione e scrupolo alle prescrizioni tecniche del produttore nella definizione dell'esatto rapporto resina/indurente. Resta tassativamente vietato regolare il tempo di indurimento aumentando o diminuendo la quantità di indurente in quanto l'appaltatore dovrà attenersi alle prescrizioni del produttore. L'applicazione dei conglomerati sintetici, poiché sia la temperatura che il tasso di umidità influenzano negativamente la reazione fra la resina e l'indurente e quindi la qualità dell'intervento, dovrà essere eseguita quando le condizioni atmosferiche lo consentano. I risultati migliori si otterranno lavorando con temperature non inferiori a 15°C e con umidità relativa del 50 o 60%. Temperature più basse a forte umidità potrebbero provocare, impiegando alcuni tipi di indurente, tempi di presa più lunghi ed un indurimento irregolare e difettoso. Le superfici su cui saranno applicati i conglomerati di resina dovranno essere opportunamente predisposte secondo quanto previsto dal produttore. Le fessure dovranno essere allargate con traccia a V, spolverate e trattate con una miscela fluida priva di cariche. I ferri ed i metalli, spesso unti e corrosi dalla ruggine, dovranno essere accuratamente puliti con i metodi ed i materiali prescritti dalla D.L.. In generale l'appaltatore sarà tenuto, rispettando le precauzioni consigliate dal produttore, a fornire agli operai gli indumenti e di presidi sanitari adatti (guanti, visiere, maschere, ecc.) onde evitare il contatto con i prodotti e le loro esalazioni. Sarà quindi

obbligato a far manipolare i composti all'aperto o in luoghi ventilati e a far osservare le norme di sicurezza. Dovrà esser fornita alla D.L. la letteratura tecnica sui prodotti da impiegare che dovranno essere di volta in volta accettati espressamente dalla D.L. stessa.

3.12.8. OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE OD ARMATO

Le opere in conglomerato cementizio semplice od armato dovranno essere eseguite in conformità alla legislazione in materia di cementi armati semplici, armati e precompressi, vigente od emanata prima dell'inizio dei lavori.

Tutte le opere in cemento armato e in cemento armato precompresso facenti parte dell'opera appaltata saranno eseguite in base ai calcoli di stabilità accompagnati da disegni esecutivi e da una relazione, il tutto redatto e firmato da un tecnico abilitato. Le modalità di impiego dovranno conformarsi ai risultati delle verifiche sperimentali ufficialmente certificate e assicurare per tutte le condizioni di servizio delle strutture così realizzate, coefficiente di sicurezza non inferiore a quelli conseguibili con il metodo di calcolo alle tensioni ammissibili e con quello semiprobabilistico agli stati limite come previsto dal D.M. del 12.02.1983 e successive modificazioni ed integrazioni; per ogni opera in c.a. la D.L. si riserva di concordare con l'Appaltatore le sezioni più idonee ed economicamente convenienti per l'Amministrazione.

L'esame e verifica da parte della D.L. dei progetti delle varie strutture in c.a. non esonera in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità a lui derivanti per legge e per le precise pattuizioni del contratto, restando contrattualmente stabilito che, malgrado i controlli di ogni genere eseguiti dalla D.L. nell'esclusivo interesse dell'Amministrazione, egli rimane unico e completo responsabile delle opere per quanto ha rapporto con la qualità dei materiali e la loro esecuzione; di conseguenza, egli dovrà rispondere degli inconvenienti che avessero a verificarsi, di qualunque natura, importanza e conseguenza essi possano risultare e tale responsabilità non cesserà per effetto di revisioni o di eventuali modifiche suggerite dalla D.L. ed accettate dall'Appaltatore.

Qualora le prove effettuate sui campioni di conglomerato, prelevato durante il getto, diano rotture di compressione inferiori a quelle previste a 28 giorni e sempre che la D.L. tolleri le relative strutture senza ordinarne la relativa demolizione ed il successivo rifacimento, il tutto a spese dell'Appaltatore, verrà applicata una penale la cui congruità dovrà essere convalidata dal Collaudatore.

I casseri occorrenti per le opere di getto, debbono essere sufficientemente robusti da resistere senza deformarsi alla spinta laterale dei calcestruzzi durante la pigiatura o vibratura.

Quando sia ritenuto necessario, i conglomerati dovranno essere vibrati con adatti mezzi.

Si dovrà mettere particolare cura per evitare la separazione degli elementi componenti del conglomerato; per questo esso dovrà essere asciutto con la consistenza di terra umida debolmente plastica.

La granulometria dovrà essere studiata anche in relazione alla vibrazione per evitare sia la sedimentazione degli inerti in strati di diversa granulometria, sia la formazione di vuoti.

Di mano in mano che una parte di una struttura in cemento armato sarà ultimata, la sua superficie dovrà essere periodicamente innaffiata affinché la presa avvenga in modo uniforme e, quando accorra, anche coperta con sabbia o tela mantenuta umida per proteggere l'opera da variazioni troppo rapide di temperatura. Le riprese dovranno essere, per quanto possibile, evitate.

Il getto sino a sufficiente indurimento è da proteggere da influssi negativi, come bruschi raffreddamenti e riscaldamenti, essiccamenti, forti piogge, acqua corrente, polvere, aggressioni chimiche, scuotimenti ecc. In generale l'umidificazione o la protezione contro l'essiccamento sono da garantire per circa sette e rispettivamente tre giorni a seconda che si tratti di calcestruzzo normale o a presa rapida.

Le superfici dei calcestruzzi dovranno presentare una corretta rifinitura senza protuberanze, placche, risalti, avvallamenti, alveolarità e simili. Per tutte le operazioni di regolarizzazione non verrà pertanto, in nessun caso, riconosciuto un compenso aggiuntivo all'appaltatore.

Per contro, la direzione dei lavori, avuto riguardo alla natura ed entità delle irregolarità e alla rifinitura prevista, potrà sia operare congrue detrazioni sui prezzi d'elenco, sia disporre, a tutte spese dell'appaltatore, l'adozione di quegli ulteriori provvedimenti che riterrà idonei a garantire il pieno ottenimento delle condizioni e dei risultati richiesti dal progetto, ivi compresa la demolizione ed il rifacimento.

Le strutture in c.a. a vista dovranno essere eseguite, salvo diversa prescrizione della D.L., con casseforme confezionate con tavole di abete piallato e perfettamente combacianti, per l'impasto del calcestruzzo dovrà essere impiegata ghiaia vagliata di idonea granulometria e nell'impasto dovrà essere aggiunto fluidificante; le superfici dovranno risultare lisce e regolari e non saranno tollerati stuccature o rappezzi; la D.L., a suo insindacabile giudizio può obbligare l'Impresa al lavaggio di ghiaia, sabbia e pietrisco.

La granulometria degli inerti dovrà avere le dimensioni massime in funzione della geometria del getto e del basso volume dei vuoti.

In particolare la massima granulometria dovrà essere non superiore del terzo della dimensione minima del getto. La maggior parte degli inerti dovrà comunque avere dimensioni minori delle distanze tra le barre di armatura e tra queste e il cassero.

Lo spessore del ricoprimento e l'esatta posizione dell'armatura dovranno essere garantiti da opportuni distanziatori. Tutti i materiali accessori, compresi distanziatori nonché gli sfridi, si intendono compresi nel prezzo per l'armatura. Qualora il calcestruzzo presentasse una resistenza inferiore a quella richiesta, ma comunque accettata dal direttore dei lavori, il relativo prezzo sarà ridotto a quello della classe di resistenza effettiva.

A temperature inferiori a zero gradi centigradi si dovrà sospendere il getto od adottare precauzioni tali che lo stesso non abbia a gelare durante la presa; in ogni caso è vietato l'uso di anticongelanti che, a giudizio della D.L., risultino dannosi per il calcestruzzo e per le armature; le pareti eventualmente danneggiate dal gelo dovranno essere asportate, demolite e ricostruite.

Nell'eventuale interruzione dei getti, i punti di interruzione dovranno essere preventivamente concordati; fondamentalmente si deve seguire la regola che, nelle strutture inflesse, l'interruzione deve aver luogo nelle sezioni sollecitate dal momento minimo assoluto; all'interruzione il getto dovrà essere contenuto entro veri e propri casseri che ne permettano il costipamento.

Per il disarmo dovrà essere osservato quanto in merito prescritto dalla norme in materia; la D.L. potrà però variare dette norme prolungando il termine del disarmo.

Armature in acciaio

I ferri delle armature dovranno essere quelli previsti dalle relative voci di Elenco Prezzi ed avere sezione, forma e disposizione indicata dai disegni esecutivi e dai calcoli statici; comunque dovranno essere rispettate le norme in materia, vigenti od emanate prima dell'inizio dei lavori.

E' consentito l'uso di acciai alveolati per opere in c.a. calcolate con il metodo di sostituzione secondo la normativa vigente.

I ferri delle armature, prima dell'impiego, dovranno essere ripuliti da sudiciume, grasso e ruggine; prima dell'inizio del getto, l'armatura in opera dovrà essere sottoposta all'esame della D.L. per ottenere il benestare della rispondenza dell'esecuzione ai disegni.

Durante il getto i ferri dovranno conservare la loro posizione relativa; è assolutamente vietata la saldatura per tondini di acciaio ad aderenza migliorata; è inoltre vietato legare tra loro i ferri quando questi siano paralleli; ogni ferro dovrà essere opportunamente distanziato dagli altri in modo da poter essere completamente avvolto dal getto.

3.13. PRODOTTI PER PARETI ESTERNE E PARTIZIONI INTERNE

1 - Si definiscono prodotti per pareti esterne e partizioni interne quelli utilizzati per realizzare i principali strati funzionali di queste parti di edificio.

Per la realizzazione delle pareti esterne e partizioni interne si rinvia all'articolo che tratta queste opere. I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; il Direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate. Nel caso di contestazione si intende che la procedura di prelievo dei campioni, le modalità di prova e valutazione dei risultati sono quelli indicati nelle norme UNI ed in mancanza di questi quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali).

2 - I prodotti a base di laterizio, calcestruzzo e similari non aventi funzione strutturale (vedere articolo murature) ma unicamente di chiusura nelle pareti esterne e partizioni devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed a loro completamento alle seguenti prescrizioni:

a) gli elementi di laterizio (forati e non) prodotti mediante pressatura o trafilatura con materiale normale od alleggerito devono rispondere alla norma UNI 8942 parte 2 (detta norma è allineata alle prescrizioni del decreto ministeriale sulle murature);

b) gli elementi di calcestruzzo dovranno rispettare le stesse caratteristiche indicate nella norma UNI 8942 (ad

esclusione delle caratteristiche di inclusione calcarea), i limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto ed in loro mancanza quelli dichiarati dal produttore ed approvati dalla direzione dei lavori; c) gli elementi di calcio silicato, pietra ricostruita, pietra naturale, saranno accettate in base alle loro caratteristiche dimensionali e relative tolleranze; caratteristiche di forma e massa volumica (foratura, smussi, ecc.); caratteristiche meccaniche a compressione, taglio e flessione; caratteristiche di comportamento all'acqua ed al gelo (imbibizione, assorbimento d'acqua, ecc.).

I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto ed in loro mancanza saranno quelli dichiarati dal fornitore ed approvati dalla direzione dei lavori.

3 - I prodotti ed i componenti per facciate continue dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto ed in loro mancanza alle seguenti prescrizioni:

- gli elementi dell'ossatura devono avere caratteristiche meccaniche coerenti con quelle del progetto in modo da poter trasmettere le sollecitazioni meccaniche (peso proprio delle facciate, vento, urti, ecc.) alla struttura portante, resistere alle corrosioni ed azioni chimiche dell'ambiente esterno ed interno;

- gli elementi di tamponamento (vetri, pannelli, ecc.) devono essere compatibili chimicamente e fisicamente con l'ossatura; resistere alle sollecitazioni meccaniche (urti, ecc.); resistere alle sollecitazioni termoisolometriche dell'ambiente esterno e chimiche degli agenti inquinanti;

- le parti apribili ed i loro accessori devono rispondere alle prescrizioni sulle finestre o sulle porte;

- i rivestimenti superficiali (trattamenti dei metalli, pitture, fogli decorativi, ecc.) devono essere coerenti con le prescrizioni sopra indicate;

- le soluzioni costruttive dei giunti devono completare ed integrare le prestazioni dei pannelli ed essere sigillate con prodotti adeguati. La rispondenza alle norme UNI per gli elementi metallici e loro trattamenti superficiali, per i vetri, i pannelli di legno, di metallo o di plastica e per gli altri componenti, viene considerato automaticamente soddisfacimento delle prescrizioni sopradette.

4 - I prodotti ed i componenti per partizioni interne prefabbricate che vengono assemblate in opera (con piccoli lavori di adattamento o meno) devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza, alle prescrizioni indicate al punto precedente.

5 - I prodotti a base di cartongesso devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed, in mancanza, alle prescrizioni seguenti: avere spessore con tolleranze $\pm 0,5$ mm, lunghezza e larghezza con tolleranza ± 2 mm, resistenza all'impronta, all'urto, alle sollecitazioni localizzate (punti di fissaggio) ed, a seconda della destinazione d'uso, con basso assorbimento d'acqua, con bassa permeabilità al vapore (prodotto abbinato a barriera al vapore), con resistenza all'incendio dichiarata, con isolamento acustico dichiarato. I limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto ed, in loro mancanza, quelli dichiarati dal produttore ed approvati dalla direzione dei lavori.

3.14 COSTRUZIONI DI ALTRI MATERIALI

I materiali non tradizionali o non trattati nelle norme tecniche per le costruzioni potranno essere utilizzati per la realizzazione di elementi strutturali o opere, previa autorizzazione del **servizio tecnico centrale su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, autorizzazione** che riguarderà l'utilizzo del materiale nelle specifiche tipologie strutturali proposte sulla base di procedure definite dal servizio tecnico centrale.

Si intende qui riferirsi a materiali quali calcestruzzi di classe di resistenza superiore a C70/85, calcestruzzi fibrorinforzati, acciai da costruzione non previsti nel paragrafo 3.2 delle norme tecniche per le costruzioni, leghe di alluminio, leghe di rame, travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante, materiali polimerici fibrorinforzati, pannelli con poliuretano o polistirolo collaborante, materiali murari non tradizionali, vetro strutturale, materiali diversi dall'acciaio con funzione di armatura da cemento armato