



Unione Europea



Regione Campania

PROGRAMMA OPERATIVO POR FESR 2014-2020 - POC 2014-2020

-DD.GG.RR. nn. 568/2017 - 403/2018 - 563/2019 - DPGR 170/2018

- OBIETTIVI SPECIFICI 5.3.2 E 4.1 -

PROGETTO DI "ADEGUAMENTO SISMICO DELL'EDIFICIO STRATEGICO DI PALAZZO S.LUCIA IN NAPOLI" CUP: B68B17000030006

PROGETTO DEFINITIVO



PROGETTAZIONE

R.T.P.:

ing. Giuseppe Iazzetta capogruppo
corso amedeo di savoia, n° 210 - 80136 napoli

corvino + multari

via ponti rossi, n°117b - 80131 napoli
via cosimo del fante, n°7 - 80122 milano

Studio Valle Progettazioni

circonvallazione clodia, n° 76/a - 00195 roma

REGIONE CAMPANIA

DIREZIONE GENERALE LL.PP e PROTEZIONE CIVILE

D.G. dott. Italo Giulivo
R.U.P. ing. Sergio Massimo

© Copyright 2009 - Tutti i diritti riservati

Oggetto: DISCIPLINARE TECNICO PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI: Opere Strutturali				tavola: E3	scala:
rev.:	descrizione:	controllato da:	approvato da:	formato:	data:
1	Aggiornamento data emissione	C.Presutti	G.Iazzetta	A4	31 Ottobre 2019
2	Agg. per appalto integrato art. 59 c.1-bis D.lgs 50/2016 e smi	G.Iazzetta	G.Iazzetta		05 Febbraio 2020

Sommario

1. PREMESSA	2
2. INTERVENTO SULLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO	2
3. INTERVENTI CORPO DI FABBRICA IN MURATURA	3
4. INTERVENTI COMPLEMENTARI.....	4
5. INTERVENTI SU CORPO DI FABBRICA IN MURATURA	4
cordoli di sommità	5
Incatenamenti.....	5
Interventi volti a rinforzare i solai e ridurre l'eccessiva deformabilità	11
intervento di collegamento di solai in alle pareti in muratura	12
Intervento di scuci e cucì	13
Intervento di sarcitura delle lesioni	14
Intervento di ristilatura dei giunti	19
6. INTERVENTI SU CORPO IN DI FABBRICA IN C.A.	21
incamiciatura pilastri in c.a.....	21
incamiciatura – travi in c.a.	22
Rinforzo elementi in c.a. con tessuto in fibra di carbonio.	23
rinforzo dei nodi strutturali con cfrp.....	26
confinamento – pilastri in calcestruzzo armato	26
rinforzo dei solai	28
Inserimento di controventi dissipativi	28
Dispositivi a collegamento rigido (vincoli ausiliari) :	29
7. QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI.....	31
Sabbie, ghiaie, argille espanse, pomice, pietre naturali.....	31
Acqua, calci, pozzolane, leganti idraulici, leganti idraulici speciali e leganti sintetici.	33
calcestruzzi	37
Laterizi.....	53
Dispositivi sismici per la dissipazione di energia.....	54
Materiali ferrosi e metalli vari.	55
Prodotti di pietre naturali o ricostruite.....	57
strutture in acciaio	58
Strutture in muratura.....	67
Dispositivi sismici per la dissipazione di energia.....	74
Rinforzo strutturale con tessuto in fibra di carbonio.	75
8. SCHEDE TECNICHE DI RIFERIMENTO	75

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI DEL
PROGETTO DEFINITIVO
- STRUTTURE -**

1. PREMESSA

L'ubicazione, la forma, il numero e le principali dimensioni delle opere oggetto dell'appalto risultano dai disegni e dalle relazioni specifiche allegate al progetto.

Il progetto strutturale in titolo, prevede interventi di adeguamento secondo la definizione di cui al cap.8.4.3 delle NTC2018.

L'edificio è costituito da una struttura mista muratura-cemento armato, risultando di difficile individuazione la presenza di giunti tecnici efficaci tra i due corpi di fabbrica a diversa tipologia strutturale .

Si descrivono di seguito gli interventi strutturali previsti sui due corpi di fabbrica

2. INTERVENTO SULLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Il blocco in c.a. presenta problematiche strutturali molto accentuate. I solai laterolementizi al piano terra versano in condizioni critiche, con intonaci e copriferri saltati, e armature dei travetti completamente ossidate. L'intelaiatura in cemento armato non mostra particolari segni di danneggiamento però sono presenti zone dove è saltato il copriferro (pilastri e travi di copertura) in cui sono visibili gabbie di armatura costituite da barre lisce con staffe poste a passo molto rado e soprattutto non intensificate nei nodi trave-pilastro. La vulnerabilità del corpo di fabbrica in cemento armato risulta essere di gran lunga maggiore rispetto a quella in muratura.

Gli interventi previsti per il corpo di fabbrica in c.a. sono:

- *demolizione del solaio al piano terra e ricostruzione con struttura laterocementizio a travetti cap;*
- *realizzazione di fasciature del pannello di nodo trave - pilastro con doppio strato di tessuto in fibre di carbonio con orientamento bidirezionale;*
- *incremento resistenza a taglio e flessione delle travi e dei pilastri con fasciatura continua per l'intera lunghezza dell'elemento, con doppio strato di tessuto in fibre di carbonio con orientamento bidirezionale o con incamiciature in c.a. o metalliche;*

- *incremento di resistenza e rigidezza dei solai dei piani superiori mediante realizzazione di una soletta armata con rete elettrosaldata fissata al supporto sottostante con idonei connettori in acciaio e rinforzo dei travetti all'intradosso mediante rimozione parti friabili del cls travetto, trattamento delle armature, posa di lamine pultruse o tessuto in C-FRP sotto i travetti e realizzazione di intonaco rinforzato con rete in fibra di vetro.*
- *collegamento tra la struttura in c.a. e quella in muratura le mediante dispositivi di vincolo dinamico (shock transmitters)*
- *inserimento di controventi dissipativi nelle maglie strutturali in c.a.*

3. INTERVENTI CORPO DI FABBRICA IN MURATURA

Il corpo di fabbrica in muratura portante, nel complesso presenta problematiche meno accentuate ma comunque tali da prevedere adeguati interventi di consolidamento sia globali (realizzazione di cordoli e catene di piano e rinforzo dei solai) e sia locali (cerchiatura delle aperture in pareti portanti con struttura in acciaio, ringrossi localizzati di pareti, interventi di cucitura di cantonali).

Per incrementare l'effetto di irrigidimento delle pareti di piano, si prevede la realizzazione di cordolature e catene in sommità ai maschi murari. Inoltre sono previsti interventi di rinforzo locale consistenti nell'irrigidimento delle aperture di vani (cerchiatura) e ringrosso di pareti maggiormente sollecitate prevalentemente in corrispondenza dei dispositivi di vincolo sismico e dei corpi scala

I solai del corpo di fabbrica in muratura sono costituiti da putrelle in acciaio generalmente ad interasse di 80-90 cm con interposte tavelle in laterizio o lapilcimento con altezza $H=26$ cm di cui 4 cm di soletta in cls presumibilmente non armata.

Le criticità rilevate sui solai sono:

- l'eccessiva deformabilità e la scarsa portanza;
- la ridotta base di appoggio sui muri portanti (15-20 cm), senza nessun tipo di ammorsamento;
- l'insorgere di fenomeni corrosivi nei tratti terminali delle putrelle proprio in corrispondenza degli appoggi;

Per risolvere tali problematiche, i solai verranno rinforzati mediante un reticolo di travi in acciaio disposte all'intradosso e collegate, attraverso i cordoli di progetto, ai muri portanti.

In sintesi sono previsti i seguenti interventi:

- *realizzazione di cordolatura perimetrale interna con profili metallici UPN;*

- *inserimento di catene di piano;*
- *Realizzazione di nuove piattabande su alcuni vani interni ed esterni. Tali piattabande saranno costituite da coppie di putrelle HEA bullonate tra loro con barrotti metallici;*
- *Sarcitura delle lesioni in muratura portante, laddove si dimostri necessario, attraverso catenelle di mattoni poste in opera a cucì e scuci e sigillate mediante malta cementizia.*
- *Ristilatura di giunti di malta particolarmente degradata ”*
- *Opportune cuciture per la connessione di muri trasversali (cantionali, martelli)*
- *rinforzo dei solai sia all'estradosso con inserimento di una intelaiatura metallica orizzontale e sia all'intradosso mediante realizzazione di una soletta armata con rete elettrosaldata fissata al supporto sottostante con idonei connettori in acciaio*

4. INTERVENTI COMPLEMENTARI

Ai fini del miglioramento tecnico-funzionale dell'edificio, sono previsti interventi strutturali collegati a soluzioni impiantistiche ed architettoniche, come di seguito indicato:

- *prolungamento del blocco scala centrale con sbarco in copertura. Attualmente il corpo scala centrale è a servizio dei piani intermedi ed i locali posti sul piano copertura sono serviti da una scala di servizio. In progetto è prevista la demolizione di quest'ultima (il volume verrà inglobato nel cavedio per impianti) ed il prolungamento nel copro scala centrale in copertura. La scala di progetto sarà a soletta rampante, collegate a nuove travi in c.a. inserite in breccia ai muri portanti in tufo. La copertura del torrino scala verrà realizzato con lastre prefabbricate tipo alveox, vista l'eccessiva luce (circa 8.00 m)*
- *realizzazioni di fori nel solaio per il passaggio di impianti . E' prevista la realizzazione di due cavedi per il passaggio di impianti (ed ascensori) a partire dal piano interrato fino in copertura. Si prevede pertanto la realizzazione di fori nei solai del blocco muratura., il tutto come da elaborati grafici di dettaglio.*

5. INTERVENTI SU CORPO DI FABBRICA IN MURATURA

Tutti gli interventi sulle murature portanti sono finalizzati alla riduzione del livello di rischio sismico. Nel seguito di descrivono le modalità operative e le caratteristiche dei materiali da impiegare.

Per quanto riguarda gli interventi strutturali su edifici in muratura, previsti in progetto, l'attenzione viene posta sugli interventi previsti dalla Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 ed in particolare

- 1) interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti mediante incatenamenti costituiti da tiranti e/o catene, o mediante collegamento dei solai alle pareti murarie;
- 2) interventi volti ad incrementare la resistenza dei maschi murari mediante scuci e cucì, risarcitura di lesioni ovvero ristilatura dei giunti .
- 3) interventi volti ad incrementare la resistenza dei maschi murari mediante scuci e cucì, risarcitura di lesioni ovvero ristilatura dei giunti .
- 4) Interventi con FRP

cordoli di sommità

I cordoli in sommità alla muratura possono costituire una soluzione efficace per collegare le pareti e per migliorare l'interazione con l'orizzontamento la copertura; va invece evitata l'esecuzione di cordolature ai livelli intermedi, eseguite nello spessore della parete, dati gli effetti negativi che le aperture in breccia producono nella distribuzione delle sollecitazioni sui paramenti. Questi possono essere realizzati nei seguenti modi:

- in acciaio, rappresentando una valida soluzione per la loro leggerezza e la limitata invasività. Essi possono essere eseguiti attraverso una leggera struttura reticolare, in elementi angolari e piatti metallici, o tramite piatti o profili sui due paramenti, collegati tra loro tramite barre passanti; in entrambi i casi è possibile realizzare un accettabile collegamento alla muratura senza la necessità di ricorrere a perfori armati. In presenza di muratura di scarsa qualità, l'intervento deve essere accompagnato da un'opera di bonifica della fascia di muratura interessata;
- in c.a., solo se di altezza limitata, per evitare eccessivi appesantimenti ed irrigidimenti, che si sono dimostrati dannosi in quanto producono elevate sollecitazioni tangenziali tra cordolo e muratura, con conseguenti scorrimenti e disgregazione di quest'ultima. Nel caso di cordolo in c.a. è in genere opportuno un consolidamento della muratura in prossimità dello stesso, in quanto comunque è diversa la rigidità dei due elementi. Il collegamento tra cordolo e muratura può essere migliorato tramite perfori armati.

Incatenamenti

Per incatenamenti si intende l'insieme dei sistemi di presidio e consolidamento dell'edificio in muratura, costituiti da catene, tiranti, collegamento di solai alle pareti in muratura, in grado di

ricostituire e restituire un comportamento scatolare e monolitico della fabbrica muraria (insieme delle pareti). Gli incatenamenti rendono possibile alle pareti murarie sia poste in contiguità (nel caso di mutua ammorsatura assente e/o poco efficace), sia alle pareti murarie contrapposte, nonché alle pareti murarie sottoposte all'azione di elementi spingenti (ad esempio: elementi voltati non mutuamente contrastati o sufficientemente equilibrate da masse murarie), di interagire mutuamente e fornire una risposta il più possibile “globale” nei confronti delle azioni orizzontali (ad esempio: sisma), contenendo l'entità degli spostamenti e delle rotazioni delle pareti stesse e consentendo la mitigazione della vulnerabilità per innesco di possibili meccanismi cinematici di ribaltamento per rotazione. Gli incatenamenti costituiscono un sistema di rinforzo ampiamente sperimentato ed applicato con riconosciuto successo anche in organismi murari molto antichi; essi possono essere, peraltro, validamente utilizzati anche come presidio provvisorio di consolidamento per contrastare dissesti e cinematismi che investono repentinamente la fabbrica muraria. Se opportunamente realizzati, gli incatenamenti utilizzati come presidi provvisori possono essere trasformati in definitivi, per inglobamento in interventi di rafforzamento o miglioramento. Gli incatenamenti sono, altresì, raccomandati anche nei seguenti casi:

- per contenere le spinte non contrastate degli elementi voltati (archi e volte);
- per contenere le spinte non contrastate di strutture in copertura costituite da elementi spingenti (travi inclinate, capriate prive di tiranti e/o catene in grado di annullare la spinta sulle pareti di appoggio);
- in assenza di cordoli perimetrali;
- in caso di cedimenti differenziali delle fondazioni, per migliorare il comportamento scatolare e limitare gli spostamenti relativi di differenti parti strutturali.

Prima della posa in opera degli incatenamenti, dovrà valutarsi attentamente la “qualità” muraria specie in corrispondenza delle zone di attestamento dei presidi di contrasto, in quanto ivi si determinano severe azioni locali (tipicamente compressione e punzonamento), particolarmente critiche in specie nel caso di apparati murari con tessitura in pietre di piccole dimensioni, informi e con scadente qualità della malta di allettamento. Pertanto si raccomanda di valutare in ogni caso l'opportunità di procedere prima della posa in opera degli incatenamenti, all'esecuzione di opere di preconsolidamento con bonifica locale (sostruzione muraria nella zona di attestamento) o di miglioramento generale della qualità muraria (iniezioni, ecc.). Si segnala che l'applicazione degli incatenamenti ad una fabbrica muraria deformata e/o decoesa (tipicamente per carenze nell'apparecchio murario e nella capacità

legante della malta), non è in grado da sola di ripristinare lo stato tensionale originario correggendo e riequilibrando gli effetti del dissesto, tuttavia essa può essere utilmente proposta per evitare ulteriori aggravamenti dei meccanismi e delle deviazioni tensionali, e a consentire alla struttura di sostenere azioni sismiche che altrimenti ne determinerebbero il collasso. Nel seguito si illustrano le seguenti tipologie di incatenamenti tradizionali o mutuati dalla tradizione:

- catene metalliche (generalmente barre tonde o piatti) e relativi sistemi di ancoraggio alle testate delle pareti murarie;
- tiranti (in acciaio ad alto limite elastico: barre post-tese in acciaio speciale per c.a.p., trefoli, cavi in acciaio armonico) e relativi sistemi di ancoraggio alle testate delle pareti murarie;

travi in legno e/o metalliche costituenti gli elementi portanti degli orizzontamenti di piano (solai) e relativi sistemi (regge) di ancoraggio alle pareti murarie.

Intervento con catene o tiranti

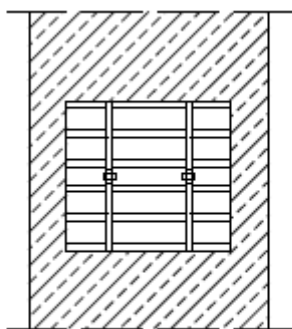
L'incatenamento, secondo le modalità tradizionali di applicazione, prevede l'utilizzo di due componenti base costituenti gli elementi del sistema:

- i capichiave;
- la catena.

In corrispondenza delle due testate di estremità sono allocati i capichiave costituiti da elementi di contrasto in acciaio (in fabbricati d'epoca spesso realizzati in ghisa) aventi varie forme anche in funzione della loro collocazione in corrispondenza delle pareti murarie di attestamento. I capichiave sono generalmente lasciati a vista, soltanto in alcuni casi (edifici di interesse storico-monumentale) vengono “nascosti” ed allocati in tasche di intaglio all'uopo realizzate nella muratura e successivamente mascherati con sovrapposizione di protesi in elementi lapidei, opere a stucco e da semplici inserti di intonaco. La catena in acciaio è l'elemento di collegamento tra i due capichiave; essa assicura, per mezzo dell'operazione di messa in tiro (tesatura), il richiesto contrasto tra le pareti murarie collegate. La catena deve essere dimensionata, oltre che in funzione della resistenza a trazione del materiale metallico di cui è costituita, in base ai seguenti criteri: -essere dimensionata con una sezione trasversale rapportata alla lunghezza, che ne assicuri un'adeguata rigidità; -essere sottoposta ad uno stato di pretensione commisurato a:

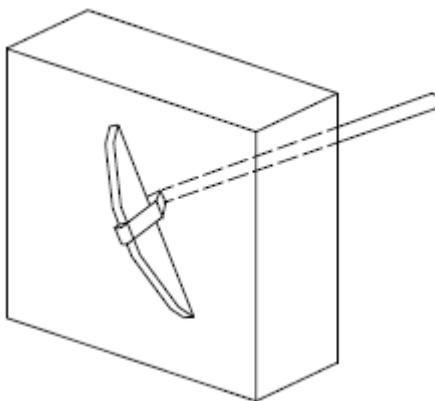
- entità del tiro in esercizio;
- valutazione dell'entità delle cadute di tensione nel tempo;
- azioni locali (all'interfaccia capochiave-muratura di attestamento) compatibili con le capacità

resistenti locali delle parti murarie che forniscono il contrasto. Nel caso di edifici in muratura con più piani, le catene sono collocate in corrispondenza dei solai (orizzontamenti di piano) e posizionati al di sotto del pavimento. Come criterio base da perseguire quando possibile ed obbligatoriamente nell'ipotesi di solai che non garantiscano adeguato contrasto all'azione di compressione (per faticenza, per carenza della dimensione, ecc.), le catene vanno posizionate (generalmente al livello dei solai) in adiacenza ai muri trasversali, sia perché essi sono in grado di contrastarne in maniera efficace il tiro, sia perché in tal modo si consegue un efficiente collegamento puntuale tra pareti ortogonali. La disposizione più efficace è costituita da una coppia di catene gemelle (catene binate) poste in parallelo, lateralmente allo stesso muro. I capichiavi delle catene binate sono costituiti da due paletti di estremità attestati su una serie di traverse o su piastre nervate.

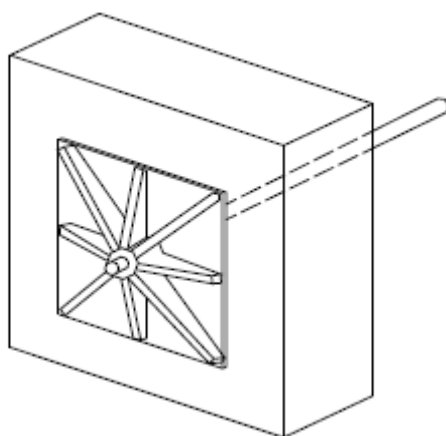


Vista in prospettiva di catena binata aderente al muro trasversale a livello del solaio

I capichiave di catene singole sono generalmente di tre tipi: a paletto, piastra circolare e piastra ellittica.



Schema di catena con capochiave a paletto



Schema di catena con piastra nervata

I capichiave a paletto non vengono mai posti in opera in posizione verticale o orizzontale. L'orientamento dei capichiave deve essere scelto in funzione delle reazioni che possono fornire le strutture poste ad immediato contatto locale. Nel caso (tipico) di catena posta in aderenza al muro trasversale e sotto il pavimento, essa potrà ricevere l'ottimale contrasto da queste parti strutturali. A tal fine il paletto della catena trova la sua ideale collocazione con orientamento a circa 45° sulla verticale e con il braccio superiore rivolto contro il muro trasversale. Tale posizionamento del paletto impedisce di far scaricare l'azione della spinta (tiro) integralmente sul solaio ovvero (soluzione (soluzione ancora peggiore) direttamente sulla parete (non muro da taglio) di alloggiamento del capichiave.

Il tiro delle catene può essere applicato secondo le seguenti modalità:

1. *allungamento a caldo*; secondo le seguenti fasi esecutive:

- Posa in opera della catena e dei capichiave.
- Verifica della rettilineità lungo lo sviluppo della catena.
- Leggera messa in forza delle zeppe a contrasto dei capichiave.
- Riscaldamento con idonea apparecchiatura del tratto centrale della catena fino all'allentamento delle zeppe ed al raggiungimento dell'allungamento calcolato.
- Leggera forzatura delle zeppe a contrasto dei capichiave. Raffreddamento della catena.

2. *allungamento a freddo*. In questo caso la catena deve essere realizzata con un'estremità filettata ed il capochiave, relativo a questa estremità, deve presentare una foratura per permettere il passaggio dell'estremità filettata. Il tiro viene applicato operando l'avvitamento del dado

all'estremità filettata, fino al raggiungimento dell'allungamento calcolato. In alternativa al sistema sopradetto, il tiro può essere applicato utilizzando un manicotto tenditore intermedio a doppia filettatura destra-sinistra. L'allungamento a freddo permette di conseguire i seguenti vantaggi:

- possibilità di ristabilire nel tempo il giusto grado di tensionamento, della catena (ripristino per caduta di tensione);
- controllo del tiro con procedure esecutive più affidabili e controllate.

Il sistema con manicotto tenditore intermedio, inoltre, offre la possibilità di porre in opera una catena formata da due pezzi successivamente collegati dal tenditore e, quindi, di più agevole collocamento nel caso di sviluppo lineare esteso. I tiranti in acciaio ad alto limite elastico presollecitati, possono essere realizzati con :

- barre in acciaio speciale per c.a.p o c.a..;
- trefoli, o cavi in acciaio armonico

Il posizionamento dei tiranti segue le stesse regole indicate per le catene. Per la posa dei tiranti si seguiranno le seguenti prescrizioni operative:

- i fori passanti saranno eseguiti con trapani a rotazione onde evitare sconnessioni nella tessitura delle pareti murarie attraversate;
- l'area di appoggio delle piastre dovrà essere accuratamente preparata assicurandone un'andamento regolare e planare con letto di malta cementizia di idonee prestazioni meccaniche;
- il tirante sarà posto in trazione solo a malta indurita;
- i tiranti dovranno essere protetti dagli agenti atmosferici.

Il collegamento fra le murature può essere attuato con disposizione dei tiranti orizzontali, verticali o comunque inclinati, fissati alle estremità con opportuni dispositivi di ancoraggio. Le piastre di contrasto e di ancoraggio dei cavi possono avere forme e dimensioni diverse: ortogonali al tirante, inclinate rispetto a questo, a bloccaggio singolo o pluricavo. Sarebbe in generale opportuno non indebolire la muratura per l'occultamento delle tirantature orizzontali, ad esempio inserendole nel massetto del pavimento del solaio o in aderenza alla muratura. In alternativa si possono inserire le barre o i trefoli in scanalature correnti di minima entità lungo le murature. È in generale da evitare l'esecuzione di fori passanti in asse alla muratura attraverso l'intero sviluppo delle pareti ed inserimento delle barre o dei trefoli. Molto spesso, infatti, le murature da rinforzare sono a doppio paramento e l'esecuzione del foro in asse indebolisce il legame tra i due paramenti e la compressione indotta dal tirante non fa che accentuare l'instabilità dell'apparecchio murario. A questo proposito

occorre sottolineare come lo stato di precompressione indotto nelle murature vada attentamente calibrato in relazione alle caratteristiche e allo stato dell'apparecchio murario. La precompressione può essere utile in quanto previene la fessurazione nella muratura interessata ed il distacco delle pareti ortogonali collegate, che potrebbe avvenire altrimenti anche per terremoti di medio-bassa intensità, ma può risultare dannosa in caso di murature a doppio paramento e/o con scarse proprietà meccaniche. Se eccessiva potrebbe infatti favorire il reciproco distacco e l'instabilizzazione dei paramenti e/o facilitare la disgregazione e lo sfaldamento dell'apparecchio murario. Ove necessario si può provvedere all'alloggiamento delle piastre con bloccaggio del tipo occultato, provvedendo alla formazione del piano di appoggio per raggiungere la completa aderenza delle piastre alla muratura e, quindi, procedere alla tesatura dei cavi o delle barre mediante martinetti idraulici o chiave dinamometrica.

Per collegamenti con tirantature verticali, diagonali e comunque inclinate, il procedimento applicativo può essere realizzato con le seguenti operazioni : -formazione di fori passanti attraverso le murature con attrezzatura a rotazione e acqua a pressione; nel caso di murature dissestate, si deve prevedere una preventiva campagna di iniezione di preconsolidamento; -inserimento delle barre o dei trefoli; -iniezione in pressione per formazione del bulbo di ancoraggio; -messa in opera della piastra di ancoraggio e contrasto, dotata del dispositivo di bloccaggio; -tesatura, solitamente in due fasi, dei tiranti.

Interventi volti a rinforzare i solai e ridurre l'eccessiva deformabilità

Il ruolo dei solai nel comportamento sismico degli edifici in muratura è quello di trasferire le azioni orizzontali di loro competenza alle pareti disposte nella direzione parallela al sisma; inoltre essi devono costituire un vincolo per le pareti sollecitate da azioni ortogonali al proprio piano. La necessità di un irrigidimento per ripartire diversamente l'azione sismica tra gli elementi verticali è invece non così frequente. Per le suddette ragioni risulta talvolta necessario un irrigidimento dei solai, anche limitato, di cui vanno valutati gli effetti; a questo si associa inevitabilmente un aumento della resistenza degli elementi, che migliora la robustezza della struttura.

L'irrigidimento dei solai, anche limitato, per ripartire diversamente l'azione sismica tra gli elementi verticali comporta in genere un aumento della resistenza, che migliora la robustezza della struttura. Nel caso dei solai con putrelle in acciaio e massetto in cls può essere conseguito operando all'estradosso. Una possibilità è realizzare una soletta in c.a. collegata alla struttura sottostante con connettori a taglio, ponendo particolare attenzione ai collegamenti con i muri laterali; Un analogo beneficio può essere

conseguito attraverso controventature realizzate con tiranti e travi metallici disposte all'intradosso. Tali interventi consentono anche un consolidamento statico del solaio per le azioni flessionali. Nel caso in esme sono previste entrambe le soluzioni.

La tecnica di rinforzo con soletta collaborante, in calcestruzzo eventualmente leggero, realizza anche un forte irrigidimento nel piano del solaio; gli effetti di tale intervento vanno valutati sia in relazione alla ripartizione delle azioni tra gli elementi verticali sia all'aumento delle masse. Nel caso in cui le putrelle metalliche non siano adeguatamente collegati alle murature, è necessario collegare la soletta alle pareti, tramite elementi puntuali.

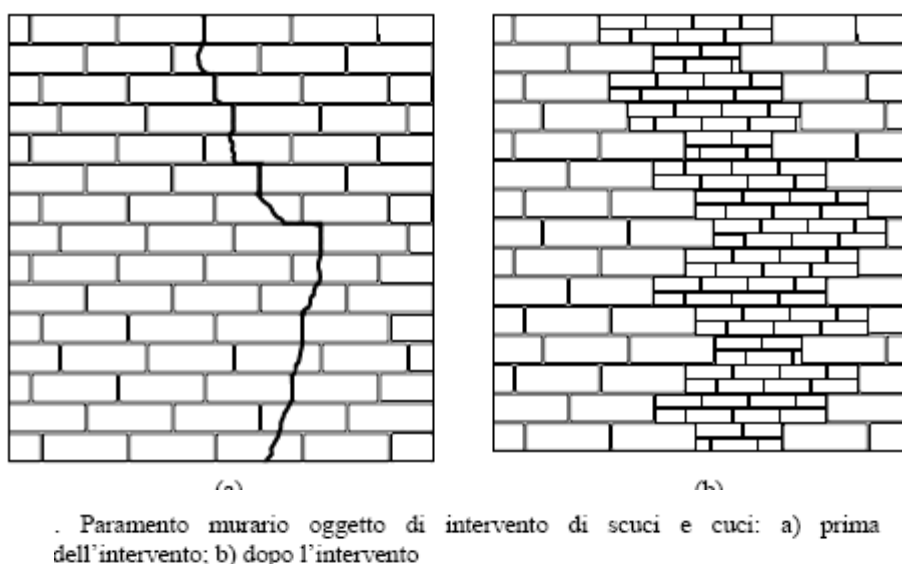
intervento di collegamento di solai in alle pareti in muratura

E' possibile, in generale, considerare i solai come elementi strutturali atti a conseguire il richiesto mutuo incatenamento delle pareti murarie; tale soluzione strutturale è stata ampiamente utilizzata anche dagli antichi costruttori. Con tale tecnica si utilizzano le travi metalliche costituenti gli elementi portanti degli orizzontamenti di piano (solai) e relativi sistemi (regge) di ancoraggio alle pareti murarie: esse si vincolano per mezzo della posa in opera di chiavarde, capichiave, ancoraggi di ammorsamento, alle murature portanti parallele all'orditura ed alle murature di vincolo ortogonali all'orditura, contribuendo a solidarizzare mutuamente l'impianto murario portante verticale complessivo costituito dai muri perimetrali e/o di spina su cui sono impostati gli orizzontamenti.

La possibilità di utilizzare i solai, opportunamente ancorati alle murature, come elementi utili anche a svolgere la funzione aggiunta di incatenamento delle pareti murarie, deve essere valutata attentamente anche in funzione della qualità muraria delle pareti di ancoraggio, dello stato conservativo delle stesse travi portanti e dell'effettiva capacità degli orizzontamenti (solai) di restituire un comportamento a diaframmi rigidi nel proprio piano. Nel caso un'accurata indagine preventiva (saggi) rivelasse un deficit delle qualità richieste, si procederà all'esecuzione propedeutica delle opere di preconsolidamento delle murature (sostruzione muraria nella zona di attestamento, iniezioni, ecc.), di consolidamento dei solai atte a garantire l'efficienza prestazionale delle travi (protesi, sostituzione parziale di elementi compromessi, ecc.) e la restituzione del comportamento statico richiesto (diaframma rigido). In alternativa è sempre preferibile adottare le altre soluzioni tecniche proposte per gli incatenamenti (cfr.: catene, tiranti).

Intervento di scuci e cucì

L'intervento di consolidamento sostitutivo locale, denominato “*scuci e cucì*”, consiste in una demolizione locale di parti di tessitura muraria e successiva ricostruzione. E' un'operazione delicata da eseguire con la massima cautela evitando colpi e vibrazioni durante la fase di demolizione e provvedendo alle eventuali opere di presidio.



Lavorazioni esecutive per intervento di scuci e cucì

- 1) Operare la rimozione (scucitura) della parte di muratura (pietrame e/o laterizi) localmente degradata e/o lesionata, ivi compresa la malta di allettamento originaria e tutto quanto possa compromettere le successive lavorazioni, utilizzando mezzi esclusivamente manuali senza l'utilizzo di utensili meccanici.
- 2) Procedere al lavaggio del paramento murario con utilizzo di acqua spruzzata a bassa pressione.
- 3) Ricostruzione (cucitura) dei conci murari precedentemente rimossi e sostituzione (sostruzione) degli stessi utilizzando mattoni pieni allettati con malta di caratteristiche fisico-meccaniche simili alla preesistente, realizzata con un legante esente da cemento a base di ecopozzolana e inerti selezionati. Il legante dovrà essere esente da sali idrosolubili. I mattoni pieni saranno

ammorsati (da entrambi i lati) alla vecchia muratura, avendo cura di lasciare tra la muratura nuova e la vecchia, lo spazio per l'inserimento forzato di appositi cunei.

L'operazione viene eseguita partendo dal basso e procedendo verso l'alto.

Per contenere gli effetti delle deformazioni di riassetto, sia per il ritiro della malta che per l'entrata progressiva in carico, è opportuno seguire particolari accorgimenti nella ricostruzione a "*scuci e cucì*":

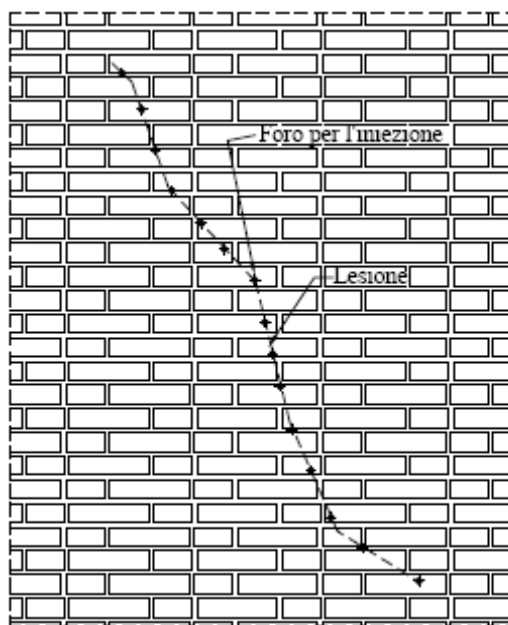
- -usare malta di piccolo spessore tra i mattoni, al fine di ridurre la diminuzione di volume per effetto del rassetto e del successivo ritiro della malta;
- -mettere in forza progressivamente le parti già ricostruite del muro, con cunei o spezzoni di mattoni duri, i cosiddetti "*biscotti*", in modo da poter compensare in parte il rassetto dovuto al ritiro della malta ed alla compressione che gradualmente si induce;
- -ove si ravvisi l'opportunità di impiegare opere provvisorie, si raccomanda un loro utilizzo in forma parzialmente attiva, mettendo, cioè, in forza le puntellature con dispositivi vari utilizzando i semplici cunei di legno martellati, elementi metallici filettati e martinetti meccanici o oleodinamici. In tal modo si garantisce il trasferimento alla puntellatura di parte del carico sopportato inizialmente dal cuneo; il carico verrà restituito al muro dopo la rimozione della puntellatura.

Intervento di sarcitura delle lesioni

L'intervento si articola nelle seguenti due fasi:

- 1) iniezione della lesione;
- 2) applicazione di rete di rinforzo. Esse vengono distintamente descritte di seguito.

Iniezione della lesione



(a)

Iniezione della lesione: a) vista prospettica; b) vista in sezione trasversale

Lavorazioni esecutive per intervento di iniezione delle lesioni

- 1) Rimozione dell'intonaco e messa a nudo della superficie muraria a cavallo della zona di intervento (fascia di circa 50-60 cm). Scarnitura ed apertura della lesione. Pulizia della superficie.
- 2) Scelta preventiva dei punti per le iniezioni in base al tipo di struttura muraria (tipologia muraria) ed in base alla severità dell'eventuale quadro fessurativo. I punti saranno posti mediamente ad interasse di circa 20-30 cm. Predisporre le perforazioni in modo regolare lungo l'intero sviluppo lineare della lesione (Vedi Particolare). Nelle murature di pietrame, le perforazioni si eseguono in corrispondenza dei ricorsi di malta.
- 3) Esecuzione delle perforazioni secondo lo schema prescelto con utilizzo di utensile meccanico non battente. Realizzare i fori del diametro di 32 mm perpendicolarmente alla superficie o leggermente inclinati.
- 4) Pulizia dei fori con aria compressa.
- 5) Sigillatura dei giunti tra i mattoni, pietre, fessure e discontinuità che porterebbero alla fuoriuscita della boiaccia iniettata, con malta da risanamento con caratteristiche fisico-meccaniche simili alla preesistente, realizzata con un legante esente da cemento a base di eco-pozzolana e inerti selezionati. Il legante dovrà essere esente da sali idrosolubili.

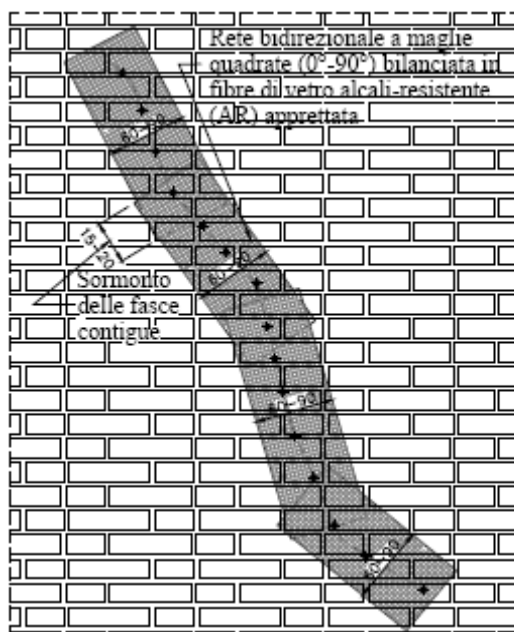
- 6) Posizionamento degli ugelli o boccagli di iniezione in plastica flessibile Ø 20 mm in corrispondenza dei fori da iniettare, per una profondità di almeno 10-15 cm, sigillandoli con malta di caratteristiche fisico-meccaniche simili a quanto riportato al punto 5). Tali tubicini andranno rimossi ad iniezione effettuata.
- 7) Saturazione della struttura interna della muratura con acqua, iniettandola tramite i tubi d'iniezione già predisposti. Si procede al lavaggio attraverso l'introduzione di acqua nei perfori in modo da eliminare le polveri e saturare i materiali originari che tenderebbero a disidratare la miscela di iniezione. In tal modo si può anche verificare l'esistenza di lesioni e/o fratture nascoste grazie alla fuoriuscita di acqua. Tale operazione deve essere eseguita almeno 24 ore prima di effettuare le iniezioni di consolidamento.
- 8) Preparazione della boiaccia di iniezione.
- 9) Procedendo dal basso verso l'alto, si inietta la miscela di iniezione (boiaccia) a bassa pressione (minore di 2 atm) per evitare la formazione di pressioni all'interno della massa muraria e le conseguenti coazioni con le cortine murarie esterne.

La boiaccia sarà realizzata con un un legante premiscelato idraulico fillerizzato esente da cemento a base di eco-pozzolana e inerti selezionati. Il legante utilizzato per la miscela da iniezione (boiaccia) dovrà essere esente da sali idrosolubili (non deve interagire negativamente con gli eventuali sali solfatici preesistenti nelle strutture da consolidare, né deve apportare componenti alcalini - sodio, potassio - capaci di innescare pericolosi fenomeni espansivi con gli elementi lapidei alcali-reattivi) ed avere stabilità dimensionale raggiunta in tempi brevi. La miscela da iniezione (boiaccia) dovrà essere formulata in guisa da presentare le seguenti caratteristiche: -elevata fluidità con basso rapporto acqua/legante; -caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche comparabili a quelle della struttura muraria, permettendo un comportamento strutturale omogeneo ed isotropo della muratura risanata; - basso tenore di sali idrosolubili; -alta traspirabilità; -elevato potere di penetrazione con conseguente saturazione di piccole fessure o cavità; -assenza di segregazione nell'impasto durante l'iniezione; - compatibilità chimica con i materiali utilizzati negli edifici storici; -ridotto ritiro idraulico. L'iniezione della boiaccia deve essere effettuata con particolari pompe per boiacche, tipo Clivio manuali o automatiche (pressione minore di 2 atm). Se l'operazione dovesse essere eseguita manualmente, iniettare il prodotto con siringhe ad ago di adeguato diametro e capienza. La pressione si deve mantenere costante fino a quando la miscela non fuoriesce dai fori adiacenti. L'iniezione deve essere eseguita partendo dal tubicino iniettore posto più in basso. Si chiudono, quindi, i fori con cunei di

legno o di sughero e si prosegue il consolidamento rispettando il previsto piano di lavoro. 10) Dopo l'indurimento della miscela, si asportano gli ugelli e si sigillano le sedi con malta di caratteristiche fisico-meccaniche simili a quanto riportato al punto 5). Nota: Nel caso di lesione passante per l'intero spessore della parete muraria, in funzione dello spessore della parete, dello sviluppo e della gravità della lesione in corrispondenza delle facce contrapposte, si seguiranno le seguenti indicazioni:

- lesione passante con similare andamento (forma e sviluppo lineare) su entrambe le facce della parete, di gravità modesta e spessore della parete ≤ 60 cm: le lavorazioni di cui ai precedenti punti 1) e 5) saranno eseguite anche in corrispondenza della faccia meno danneggiata (a parità di danno, sulla faccia interna), mentre le lavorazioni di cui ai precedenti punti da 1) a 10) saranno eseguite in corrispondenza della faccia maggiormente danneggiata (a parità di danno, sulla faccia esterna);
- lesione passante su entrambe le facce della parete, con dissimile andamento (forma e sviluppo lineare) sulle due facce della parete, e/o di gravità severa e/o spessore della parete ≥ 60 cm: le lavorazioni di cui ai precedenti punti da 1) a 10) saranno eseguite in corrispondenza di entrambe le facce danneggiate.

Applicazione di rete di rinforzo



Applicazione di rete di rinforzo: vista prospettica

Il rinforzo è costituito da materiale composito (FRG) posto in opera secondo le modalità applicative riportate nel seguito e costituito dai seguenti componenti:

- rete (griglia) a maglie quadrate bilanciata (0°, 90°) in fibra di vetro di qualità alcali-resistente (vetro A.R.), apprettata allo scopo di migliorare la capacità fisico-meccaniche di aggrappo ed ingranamento con la matrice (malta); in alternativa: rete (griglia) a maglie quadrate bilanciata (0°, 90°) in fibra di basalto, apprettata allo scopo di migliorare la capacità fisico-meccaniche di aggrappo ed ingranamento con la matrice (malta);
- malta (matrice) premiscelata bicomponente ad elevata duttilità a base calce idraulica (NHL) ed ecopozzolana, bicomponente, rinforzata con l'aggiunta di fibre di vetro. Tale matrice è specificamente raccomandata per le strutture in muratura non recenti (storiche) per ottenere caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche compatibili con la "qualità" muraria originaria. Essa deve essere in grado di restituire un comportamento strutturale omogeneo della muratura risanata, evitando il rilascio di sali idrosolubili capaci di innescare pericolosi fenomeni espansivi con gli elementi lapidei originali alcali-reattivi.

. Lavorazioni esecutive per intervento di applicazione di rete di rinforzo

La procedura di applicazione del rinforzo è articolata nelle seguenti fasi:

- 1) Preparazione locale della parete in muratura: esecuzione di lavaggio accurato della superficie muraria con getto di acqua per eliminare polveri ed eventuali detriti, per una fascia larga circa 100 cm a cavallo della lesione. La muratura, in corrispondenza della zona di intervento, deve essere bagnata con supporto portato a saturazione a superficie asciutta, per evitare la sottrazione del lattice alla matrice del sistema di rinforzo da parte delle pietre, pregiudicandone la corretta presa.
- 2) Preparazione della matrice (malta) e predisposizione della rete (griglia) a maglie quadrate bilanciata (0°, 90°) in fibra di vetro di qualità alcali-resistente (vetro A.R.) o in fibra di basalto, apprettata durante la preparazione della matrice (malta), la polvere viene additivata con il lattice che ne migliora l'adesione al supporto. Contemporaneamente vengono tagliate (cutter, forbici) e predisposte a piè d'opera, le reti delle dimensioni opportune.
- 3) Esecuzione delle fasce di rinforzo: in corrispondenza della superficie muraria, per una fascia larga circa 70-100 cm a cavallo della lesione, viene applicato con spatola metallica piana, un primo strato uniforme di malta fino a realizzare uno spessore minimo di 4 mm. Se la superficie muraria di supporto, presenta sensibili irregolarità da pareggiare con un livellamento anche di alcuni centimetri, applicare la malta in più strati, ciascuno di spessore ≤ 6 mm, in sequenza "a fresco" fino al raggiungimento dello spessore richiesto. In alternativa utilizzare lo stesso tipo di

malta con carica di inerti fini formulata per applicazioni fino a 25 cm per mano. Sullo strato di malta ancora “fresco”, viene posizionata la rete, esercitando una leggera pressione con una spatola metallica piana in modo da farla aderire perfettamente alla malta applicata.

- 4) Applicazione “a fresco”, con spatola metallica piana, del secondo strato uniforme di malta a completa ricopertura della rete, fino a realizzare uno spessore di circa 4 mm. Lisciatura della superficie “fresca” con spatola piana. Il rinforzo presenta al finito complessivamente lo spessore di circa 8 mm e 10 mm (nel caso di superficie muraria di supporto regolare). Per ricoprire la lesione in ogni sua parte dello sviluppo lineare ed adattarsi al relativo andamento, la rete di rinforzo può essere applicata in forma di segmenti sequenziali a forma di “spezzata” (Vedi Particolare) avendo cura di assicurare nelle zone di sovrapposizione dei segmenti contigui, un sormonto $\geq 15-20$ cm.

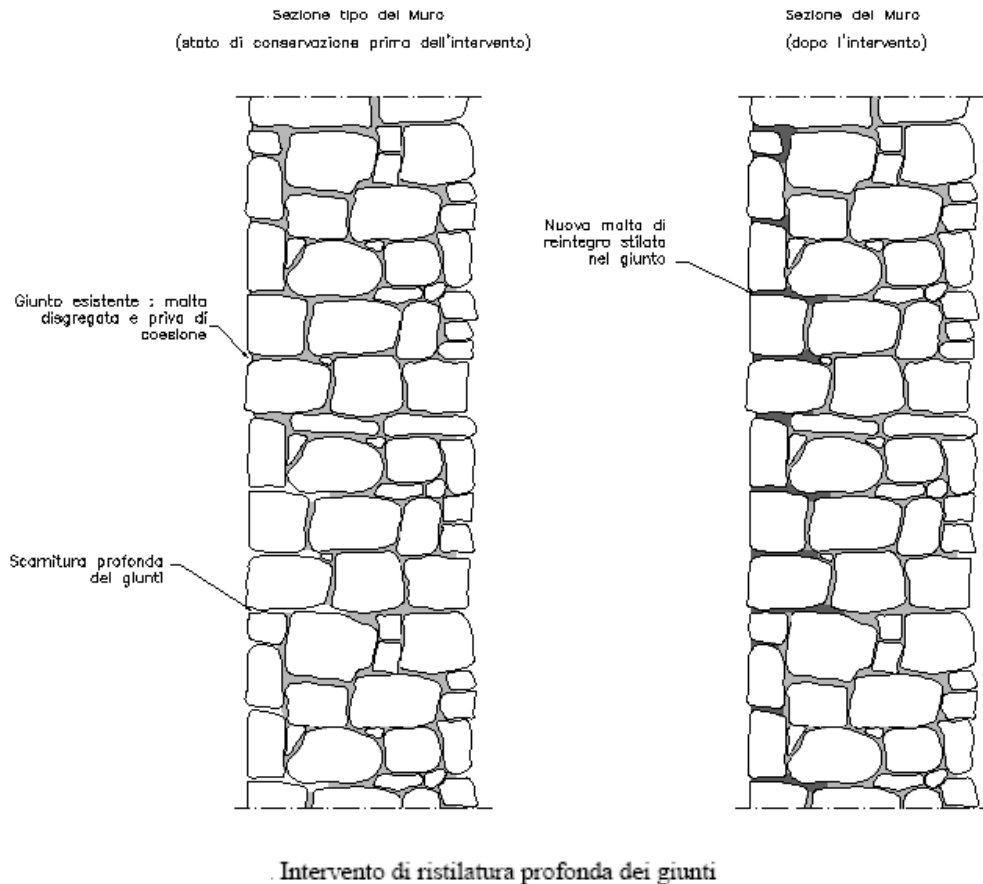
Nota: Nel caso di lesione passante per l'intero spessore della parete muraria, la fascia di rinforzo locale in materiale composito sarà, in ogni caso, realizzata su entrambe le facce della parete secondo la procedura applicativa di cui ai precedenti punti 1), 2) e 3). Qualora si utilizzasse una rete metallica in luogo della rete in fibra di vetro, l'intervento può essere realizzato con le stesse modalità e fasi realizzative precedentemente descritte ai precedenti punti, utilizzando in alternativa una matrice (malta) cementizia, bicomponente, ad elevata duttilità.

La procedura applicativa illustrata può essere utilizzata anche nel caso di sarcitura di lesioni presenti in corrispondenza dell'intradosso di elementi murari voltati (volte, archi), in quanto il sistema di rinforzo prevede l'utilizzo di matrici (malte) tissotropiche. .

Tale intervento può essere esteso all'intero paramento, ottenendo un rinforzo sia nel piano e sia fuori dal piano della parete.

Intervento di ristilatura dei giunti

L'intervento è previsto nell'ipotesi di erosione del giunto con perdita della funzione legante superficiale della malta legante originaria ed in presenza di materiale lapideo murario originario in buono stato di conservazione. L'intervento di ripristino e consolidamento è di tipo esclusivamente superficiale.



- 1) Operare una profonda scarnitura dei giunti murari con mezzi manuali utilizzando esclusivamente raschietti. Evitare l'utilizzo di apparecchiature meccaniche o scalpellature.
- 2) Procedere al lavaggio del paramento murario con utilizzo di acqua spruzzata a bassa pressione.
- 3) Eseguire la ristilatura profonda dei giunti con malta di caratteristiche fisico-meccaniche simili alla preesistente, realizzata con un legante esente da cemento a base di eco-pozzolana e inerti selezionati. Il legante dovrà essere esente da sali idrosolubili.

Nel caso di accertata presenza di lacune (non superficialmente apparenti) nella tessitura all'interno del corpo della muratura, l'intervento illustrato è propedeutico all'esecuzione di consolidamento con iniezioni.

6. INTERVENTI SU CORPO IN DI FABBRICA IN C.A.

Anche gli interventi sul corpo di fabbrica in c.a. sono finalizzati alla riduzione del livello di rischio sismico.

Nel seguito si descrivono le modalità operative e le caratteristiche dei materiali da impiegare.

incamiciatura pilastri in c.a.

Le camicie in c.a. possono essere applicate a pilastri o pareti per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della capacità portante verticale;
- aumento della resistenza a flessione e/o taglio;
- aumento della capacità deformativa;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.

Lo spessore delle camicie deve essere tale da consentire il posizionamento di armature longitudinali e trasversali con un copriferro adeguato.

Nel caso che la camicia non avvolga completamente l'elemento, è necessario mettere a nudo le armature nelle facce non incamiciate, e collegare a queste ultime le armature delle facce incamiciate.

Se le camicie servono ad aumentare la resistenza flessionale, le barre longitudinali devono attraversare il solaio in apposite forature continue e essere ancorate con adeguata staffatura alle estremità del pilastro inferiore e superiore.

Se le camicie servono solo per aumentare la resistenza a taglio e la deformabilità, o anche a migliorare l'efficienza delle giunzioni, esse devono fermarsi a circa 10 mm dal solaio.

Ai fini della valutazione della resistenza e della deformabilità di elementi incamiciati sono accettabili le seguenti ipotesi semplificative:

- l'elemento incamiciato si comporta monoliticamente, con piena aderenza tra il calcestruzzo vecchio e il nuovo;
- si trascura il fatto che il carico assiale è applicato alla sola porzione preesistente dell'elemento, e si considera che esso agisca sull'intera sezione incamiciata;
- le proprietà meccaniche del calcestruzzo della camicia si considerano estese all'intera sezione.

incamiciatura – travi in c.a.

- E' un tipo di intervento atto ad aumentare la sezione resistente della trave e pertanto la sua capacità portante. La tecnica di recupero consiste nell'avvolgere la sezione originaria, decurtata dello spessore di calcestruzzo ammalorato, con una nuova sezione collaborante con la prima.
- L'intervento prevede inizialmente il puntellamento del solaio gravante sulla trave al fine di caricare la stessa per poter lavorare in condizioni di sicurezza. Si procede con la demolizione parziale del copriferro nella parte inferiore della trave, con particolare attenzione alle zone terminali di ancoraggio ai pilastri e all'esecuzione dei fori verticali (con diametro minimo di 60 mm) sul solaio al passo previsto per le staffe aggiuntive, per permettere il successivo getto integrativo.
- A seguito di un'adeguata pulizia e un'abbondante umidificazione della superficie della trave, vengono posizionate le staffe utilizzando i fori precedentemente eseguiti sul solaio. Si procede con la predisposizione di casseri a perfetta tenuta, con il getto del conglomerato cementizio e successivamente, a seguito della corretta maturazione, si effettua la scasseratura e la rimozione dei puntelli. Prima di mettere la struttura nuovamente in esercizio è necessario verificare la perfetta
- planarità del solaio. Qualora tale requisito non fosse soddisfatto si procede all'esecuzione di un getto con materiale alleggerito per ripristinare la planarità. E' importante progettare ed eseguire i fori sul solaio in modo da non interferire con le nervature dello stesso e con le barre nella trave. In tutti i casi è quindi utile utilizzare appositi strumenti per il rilevamento della posizione delle armature.
- Le superfici interessate dall'intervento devono essere adeguatamente pulite e depolverizzate in modo da eliminare le impurità ed aumentare la scabrezza. A volte risulta utile stendere prima del getto uno strato di adesivo epossidico sulla trave per aumentare l'aderenza e migliorare il collegamento finale. Lo spessore del rinforzo deve essere progettato in modo da garantire un adeguato copriferro, evitare il contatto tra armature aggiunte e armature esistenti, permettere il corretto ancoraggio delle staffe. Il conglomerato da utilizzare nell'intervento deve essere molto fluido in modo da riempire facilmente ogni interstizio, deve essere a ritiro compensato per evitare la formazione di interstizi durante la fase di maturazione. E' consigliabile inserire dei tubicini di sfiato posti sulla suola inferiore della cassaforma per essere sicuri che il conglomerato abbia riempito tutti gli spazi all'interno della cassaforma.

Rinforzo elementi in c.a. con tessuto in fibra di carbonio.

L'uso di tali materiali nel rinforzo sismico di elementi in c.a. è finalizzato agli obiettivi seguenti:

- aumento della resistenza a taglio di pilastri e pareti mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe;
- aumento della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle barre longitudinali ed opportunamente ancorate;
- aumento della duttilità nelle parti terminali di travi e pilastri mediante fasciatura con fibre continue disposte lungo il perimetro;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione, sempre mediante fasciatura con fibre continue disposte lungo il perimetro;

Il ciclo di applicazione di composito fibrorinforzato a base di fibre di carbonio in forma di tessuto (unidirezionale, biassiale o multiassiale) in fibre di carbonio ad elevato modulo elastico ed alta resistenza meccanica a trazione da impregnarsi in opera con sistema "a secco", si sviluppa attraverso le seguenti fasi :

1. Rimozione dell'intonaco (ove presente) e rimozione corticale con idonei mezzi meccanici non battenti del c.a. ammalorato (ove presente). Intervento da estendere all'intera superficie da rinforzare.
2. Pulizia per la rimozione di ogni residuo di lavorazione. Intervento da estendere all'intera superficie da rinforzare
3. Riprofilatura degli spigoli vivi della sezione in c.a. (pilastro, trave) in corrispondenza delle parti dove sarà applicato il rinforzo in FRP. La riprofilatura sarà eseguita a mano o con idonei utensili meccanici non battenti.

N.B.: Le fasi di cui ai successivi punti 4, 5, 6 e 7 sono da eseguirsi esclusivamente ove necessario (rilevata presenza in situ in corrispondenza delle parti interessate dall'applicazione del rinforzo in FRP di : fessurazioni e/o lesioni, strato corticale e/o volumetrico di calcestruzzo carbonatato e/o ammalorato). Si osserva che, relativamente alle fasi in parola, qualora si dovessero utilizzare malte o comunque prodotti di ripristino che necessitano di bagnatura, si dovrà necessariamente attendere l'avvenuta perfetta asciugatura del supporto prima di procedere all'esecuzione delle fasi previste per l'applicazione del rinforzo in FRP.

4. Trattamento (ove necessario) delle armature originarie degli elementi strutturali in c.a., per inibizione della corrosione, con malta cementizia anticorrosiva.

5. Riparazione di fessure strutturali in elementi in calcestruzzo armato con utilizzo di resine epossidiche di adeguata viscosità e fluidità,
6. Ripristino del c.a. (strato corticale ammalorato) (ove necessario) con applicazione di malta a ritiro controllato tissotropica.
7. Ricostruzione volumetrica locale del calcestruzzo ammalorato (ove necessario) con malta a ritiro compensato.
8. Laddove previsto dalle specifiche fornite dal produttore per la posa in opera del sistema complessivo di rinforzo in FRP e/o laddove indicato dal progettista per ottimizzare l'efficacia dell'adesione del sistema complessivo di rinforzo in FRP al supporto tramite la preparazione del substrato (consolidamento della superficie di calcestruzzo all'interfaccia) e/o nel caso di calcestruzzi particolarmente assorbenti e/o posti in ambienti con tasso di U.R. elevato, procedere all'imprimatura (primerizzazione) del sottofondo, con la preparazione e la successiva applicazione, a rullo o a pennello, di primer epossidico bicomponente superfluido per il trattamento del supporto, avente funzione di appretto sulla superficie di calcestruzzo pulita ed asciutta. Larghezza della fascia trattata pari alla larghezza della fascia di composito da montare.
9. Laddove previsto dalle specifiche fornite dal produttore per la posa in opera del sistema complessivo di rinforzo in FRP e/o laddove indicato dal progettista per ottimizzare l'efficacia dell'adesione del sistema complessivo di rinforzo in FRP al supporto tramite la preparazione del substrato (eliminazione delle irregolarità presenti sulla superficie di calcestruzzo all'interfaccia), procedere alla rasatura di livellamento mediante riporto diretto di stucco epossidico a consistenza tissotropica, per la regolarizzazione della superficie di supporto in c.a.. L'applicazione del prodotto deve essere eseguita su primer ancora "fresco" (se presente) con una spatola dentata in uno spessore di circa 1-2 mm. Lisciatura successiva dell'adesivo con spatola piana, allo scopo di uniformare e regolarizzare completamente anche le più piccole irregolarità presenti sulla superficie. In questa fase si procederà, utilizzando lo stesso prodotto, ad arrotondare (ove presenti) gli spigoli vivi esterni ($r_{min} = 25 \text{ mm}$). Se presenti, si dovrà, altresì, provvedere a raccordare gli spigoli vivi interni (concavità) mediante riporto diretto dello stesso prodotto ($r_{min} = 25 \text{ mm}$). Larghezza della fascia trattata pari alla larghezza della fascia di composito da montare.

10. Applicazione di primo strato di adesivo epossidico di media viscosità. L'applicazione dell'impregnante del tessuto deve essere eseguita a pennello o a rullo a pelo corto, sullo strato di stucco ancora "fresco" (se presente), per uno strato, in spessore uniforme, di circa 0,50 mm. Larghezza della fascia trattata pari alla larghezza della fascia di composito da montare.
11. . Taglio delle fasce di tessuto secco secondo quanto riportato nelle tavole di progetto. Le fasce saranno conservate a piè d'opera ed ordinate secondo la sequenza applicativa, avendo cura di assicurare un'adeguata protezione dal contatto diretto con polveri.
12. Posizionamento delle fasce di tessuto immediatamente dopo l'applicazione del primo strato di impregnante, avendo cura di stenderle senza formare grinze, con le mani protette da guanti di gomma impermeabili.
13. Favorire la penetrazione dell'adesivo e della resina attraverso le fibre (impregnazione) agendo con apposito rullino metallico, in modo da far penetrare l'adesivo nel tessuto.
14. Applicazione di secondo strato di adesivo epossidico di media viscosità. L'applicazione dell'impregnante del tessuto deve essere eseguita a pennello o a rullo a pelo corto, al di sopra del precedente strato di adesivo ancora fresco, in spessore uniforme, di circa 0,50 mm a completa ricopertura della fascia di tessuto. Favorire l'impregnazione pressando bene il tessuto.
15. Ripassare più volte sul tessuto impregnato il rullino metallico per eliminare le eventuali bolle d'aria occluse durante le precedenti lavorazioni e per distendere le fibre della fascia di tessuto secondo la relativa orditura.
16. Per l'applicazione di nuovi strati di tessuto in sovrapposizione, occorre ripetere le fasi 11, 12, 13, 14 e 15 tante volte, quanti sono gli strati da applicare. Nel caso di giunzioni delle fasce nella direzione delle fibre, occorre effettuare la sovrapposizione di almeno 15-20 cm delle fasce contigue. Lavare il rullino metallico, immediatamente dopo il suo utilizzo, con diluenti per permetterne il successivo riuso. Qualora si dovesse interrompere la sequenza applicativa, provvedere a "spagliare" della sabbia fine sull'ultimo strato di resina applicato, al fine di assicurare il futuro idoneo aggrappo delle resine per le successive lavorazioni a completamento. Lo spaglio sarà eseguito a mano o meccanicamente. Qualora sia prevista l'applicazione di successivi strati di finitura e/o protezione, provvedere a "spagliare" della sabbia fine sull'ultimo strato di resina applicato, al fine di assicurare il futuro idoneo aggrappo dei materiali per le successive lavorazioni a completamento. Lo spaglio sarà eseguito a mano o meccanicamente.

Accanto ai tessuti, sono disponibili elementi rigidi già impregnati con la resina, ottenuti per mezzo di un processo industriale di estrusione sotto trazione che prende il nome di “pultrusione”. Quest’ultimi, utilizzati sottoforma di lamine e barre, vengono incollati alla struttura da rinforzare mediante l’utilizzo di resine epossidiche a consistenza tissotropica. LA modalità di posa in opera è analoga a quella dei tessuti.

rinforzo dei nodi strutturali con cfrp

I collegamenti tra trave e pilastro sono punti critici nei telai in calcestruzzo armato a causa della presenza di elevate sollecitazioni di taglio e momento flettente. Uno dei più comuni interventi di rinforzo è l’utilizzo di tessuti in CFRP. L’intervento si compone di una fase preliminare di valutazione dei possibili meccanismi di rottura già innescati e della loro distribuzione nei nodi strutturali. Si opera la riparazione ed il risanamento dei nodi danneggiati tramite iniezioni di malte cementizie o resine epossidiche, l’inserimento di nuove armature o la realizzazione di apposite pareti di controvento atte a ridurre le azioni orizzontali gravanti sulla struttura. L’azione di taglio applicata dalla tamponatura è contrastata tramite applicazione di fasce diagonali di tessuto metallico unidirezionale e di fasce ad L di tessuto quadriassiale all’intersezione delle travi con il pilastro sottostante. Si opera inoltre un confinamento delle zone critiche delle travi e dei pilastri tramite fasciatura con tessuto unidirezionale in fibra di carbonio. Preliminarmente all’applicazione del rinforzo è necessario demolire il calcestruzzo danneggiato o degradato ed iniettare nelle eventuali lesioni della resina epossidica. Si procede alla ricostruzione delle parti demolite con malta o betoncino a ritiro compensato e alla conseguente rasatura. Applicazione dell’adesivo epossidico e quindi di uno strato incrociato di tessuto unidirezionale in fibra. Applicazione degli angolari di tessuto quadriassiale e finale posizionamento di tessuto quadriassiale nel pannello centrale del nodo. Tutti i tessuti dovranno essere adeguatamente impregnati di legante epossidico prima dell’incollaggio all’elemento strutturale

confinamento – pilastri in calcestruzzo armato

Tecnica utilizzata per limitare la dilatazione trasversale, aumentare la capacità portante dei pilastri in calcestruzzo armato in termini di resistenza a presso-flessione, taglio e duttilità. Il confinamento può essere realizzato tramite cerchiatura in acciaio continua o discontinua o attraverso tessuti in materiale fibrorinforzato (FRP).

La superficie del pilastro dovrà essere preparata in modo adeguato e dovrà risultare pulita da ogni traccia di sporco, detriti e grasso. La superficie dovrà essere piana, liscia e pulita per l'applicazione della resina epossidica adesiva. Gli angoli del pilastro dovranno essere smussati a formare delle sgusce con raggio di curvatura compatibile alle richieste delle lamina o del tessuto in FRP.

L'applicazione della lamina dovrà avvenire previa azione di impregnamento della lamina e del tessuto. Il rinforzo dovrà essere protetto dagli urti accidentali e dal fuoco tramite intonaci intumescenti o pannelli con caratteristiche di resistenza al fuoco.

La tecnica di cerchiatura tramite FRP permette di garantire un buon confinamento per il pilastro soprattutto se fasciato integralmente per tutta l'altezza. La realizzazione dell'intervento di rinforzo prevede la preliminare riduzione del carico permanente gravante sul pilastro mediante posa di puntelli ad alta portata regolati con celle di carico a 15 ton cadauno. Si prosegue con la demolizione del calcestruzzo danneggiato o degradato mediante scalpellatura a mano o meccanica o con altri mezzi idonei quali l'idroscarifica al fine di ottenere un supporto solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Qualora la rimozione del calcestruzzo ammalorato sia stata eseguita mediante scalpellatura a mano o meccanica sarà necessario eseguire la spazzolatura dei ferri d'armatura affioranti oppure procedere all'idrosabbatura, al fine di rimuovere la ruggine presente e portare la superficie a metallo bianco. Dopo la rimozione della ruggine, i ferri d'armatura dovranno essere trattati mediante l'applicazione a pennello di doppia mano di malta cementizia anticorrosiva.

La superficie oggetto del ripristino dovrà essere pulita e saturata a rifiuto con acqua ma a superficie asciutta (condizione s.s.a.) mediante idrolavaggio. Si procede con l'iniezione nelle eventuali lesioni della resina epossidica e con la successiva ricostruzione delle parti demolite con malta o betoncino a ritiro compensato. Regularizzazione delle superfici mediante levigatrice orbitale ed arrotondamento degli spigoli con raggio 20 mm, pulizia e depolverizzazione. Infine applicazione dell'adesivo epossidico con una spatola in uno spessore di 1-2 mm e formazione di fasce in composito FRP ad interasse e stratificazione variabile lungo l'asse del pilastro realizzati con tessuti unidirezionali in fibre di carbonio ad alto modulo ($E=390$ GPa) da 400 gr/mq. Controllata la polimerizzazione a 48 ore si procede allo scarico e rimozione della puntellatura. L'aumento della resistenza a compressione e flessione si ottiene tramite placcaggio in corrispondenza degli angoli del pilastro mediante adesivo epossidico degli appositi profili in composito e successiva applicazione delle fasce in FRP. Al termine dell'intervento si effettuano prove sui compositi per il controllo di accettazione dei materiali e la rilevazione delle caratteristiche meccaniche e dei coefficienti riduttivi ed una prova di carico su un

elemento tipo per il controllo del trasferimento delle sollecitazioni di compressione e pressoflessione. Ove la temperatura esterna fosse inferiore ai 15 gradi centigradi dovrà predisporre un apposito sistema a raggi infrarossi per l'innalzamento della temperatura dei CFRP durante le prime 10 ore di. E' necessario proteggere le fibre alla base dei pilastri da urti accidentali.

rinforzo dei solai

connettori per rinforzo estradossale solai

Per il rinforzo estradossale dei solai è necessario garantire la connessione della soletta armata di progetto all'orizzontamento esistente.

Nei solai acciaio - calcestruzzo (corpo in muratura) tale connessione a taglio si realizza mediante l'inserimento di connettore a piolo in acciaio zincato, di diametro 12 mm con testa, ribattuto a freddo ad una piastra di ancoraggio 38 x 54 mm di spessore 4 mm, fissato alla struttura in acciaio mediante due chiodi.

Nei solai laterocementizi con travetti in c.a. (corpo in c.a.) tale connessione a taglio si realizza mediante piolo connettore a vite e piastra dentata zincati per riprese di getto in calcestruzzo. Elemento composto da un gambo in acciaio temprato 10.9, Ø 14 mm, con rondella e testa esagonale 15 mm, corpo filettato Ø 12 mm avente una sezione tronco conica in corrispondenza dell'inizio della parte filettata che permette l'inserimento della piastra stabilizzatrice, con foro centrale di dimensioni 60 x 50 x 4 mm ripiegata su due lati.

Inserimento di controventi dissipativi

Sono sistemi di controllo strutturale passivi che conferiscono alla struttura la capacità di dissipare una consistente parte dell'energia in entrata senza ricorrere al danneggiamento degli elementi strutturali portanti i carichi verticali. Sfruttano la capacità di plasticizzazione dei materiali metallici sottoposti a deformazioni cicliche, il comportamento viscoelastico o l'attrito fornito da particolari dispositivi. Generalmente si opera una loro distinzione in base al comportamento che può essere funzione dello spostamento impresso o della velocità impressa. Gli obiettivi dei controventi dissipativi sono limitare le deformazioni negli elementi strutturali, migliorare lo smorzamento, la rigidezza e la resistenza della struttura, localizzare il danno in dispositivi facilmente sostituibili.. Per tutti i dispositivi di dissipazione deve essere garantita l'accessibilità perché ne sia effettuata periodicamente la manutenzione.

La progettazione dei controventi dissipativi deve essere iterativa. La prima fase è la definizione delle proprietà strutturali dell'edificio e la sua analisi sia per carichi verticali che per forze sismiche.

Si prosegue effettuando la scelta della capacità di dissipazione (in termini di fattore di smorzamento) che si vuole conferire al sistema, della disposizione dei controventi dissipativi compatibilmente ai vincoli architettonici e delle caratteristiche meccaniche dei singoli dissipatori (in termini di legame "forza-deformazione") in modo da ottenere la capacità di dissipazione desiderata.

Infine si effettua la verifica delle reali prestazioni del sistema strutturale. Le proprietà del sistema strutturale devono essere aggiornate di ciclo in ciclo, a seguito del cambiamento delle caratteristiche meccaniche dei controventi.

Le connessioni tra i controventi e i nodi strutturali devono essere progettate in modo tale da assorbire, con ampio margine di sicurezza, le forze previste dal calcolo. Le stesse aste non dovranno subire fenomeni di instabilità se soggette alla massima forza di compressione che il dispositivo dissipativo è in grado di trasmettere. Generalmente la messa in opera di tali sistemi comporta problematiche e difficoltà differenti a seconda del tipo di struttura. In particolar modo negli edifici in cemento armato occorre curare la connessione con i telai, verificando correttamente le sollecitazioni trasmesse alle membrature esistenti e eventualmente predisponendo sistemi di ridistribuzione degli sforzi di taglio nei pilastri e di trazione nelle travi e negli orizzontamenti, utilizzando opportuni tiranti e piastre di ancoraggio. La rigidità del sistema dissipativo deriva dalla combinazione delle rigidità dei singoli componenti, ossia del dispositivo dissipativo e della struttura di supporto (generalmente metallica). In generale il sistema di supporto deve possedere un'elevata rigidità tale da concentrare le deformazioni indotte dal sisma nei dispositivi e tale da garantire una significativa dissipazione d'energia per piccoli spostamenti. Per garantire un'efficace interazione i sistemi dissipativi devono essere posizionati nel piano dei telai, possibilmente all'interno delle maglie strutturali. In caso contrario, particolare attenzione va posta nello studio delle connessioni che possono risultare non sufficientemente rigide, quindi indurre eccessive sollecitazioni locali nelle strutture portanti dell'edificio

Dispositivi a collegamento rigido (vincoli ausiliari) :

La realizzazione di giunti può essere opportuna nei casi di strutture adiacenti con marcate differenze di caratteristiche vibrazionali che possano martellare e quindi dar luogo a concentrazioni di danno in corrispondenza dei punti di contatto. In tali casi tuttavia la realizzazione di giunti sismici può risultare

di fatto impraticabile e volte addirittura non raccomandabile, in quanto potrebbe introdurre perturbazioni notevoli e di difficile valutazione all'equilibrio di un sistema molto complesso. In alternativa, si può valutare nella possibilità di realizzare il collegamento strutturale; in particolare, il collegamento può essere realizzato a livello dei solai se: a) i solai sono approssimativamente complanari, b) il complesso risultante ha caratteristiche di simmetria e regolarità non peggiori di quelle delle due parti originarie.

Il collegamento in modo efficace tra le due strutture è effettuato mediante dispositivi di vincolo dinamico, noti anche con il nome inglese di shock transmitters, che costituiscono un vincolo molto rigido a fronte di un'azione dinamica, mentre consentono i movimenti lenti delle strutture, ad esempio quelli prodotti dalle variazioni termiche, senza offrire un'apprezzabile resistenza. Tali dispositivi consentono quindi un accoppiamento dei due corpi di fabbrica sotto le azioni dinamiche realizzando in tal modo una struttura mista in cui la parte in muratura è quella maggiormente preposta all'assorbimento delle azioni sismiche, consentendo nel contempo di ridurre gli interventi di adeguamento sismico sulla parte in c.a.

7. QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI.

I materiali occorrenti per la costruzione delle opere da effettuarsi, saranno della località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, siano riconosciuti della migliore qualità.

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.

L'Appaltatore avrà l'obbligo, durante qualsiasi fase lavorativa, di effettuare o fare eseguire, presso gli stabilimenti di produzione e/o laboratori ed istituti di provata specializzazione, in possesso delle specifiche autorizzazioni, tutte le prove prescritte dal presente Capitolato o dalla D.LL.

Tali prove si potranno effettuare sui materiali esistenti in sito, su tutte le forniture previste, su tutti quei materiali che si utilizzeranno per la completa esecuzione delle opere appaltate, materiali confezionati direttamente in Cantiere o confezionati e forniti da ditte specializzate.

Il prelievo dei campioni verrà effettuato in contraddittorio con l'Appaltatore e sarà appositamente verbalizzato. Sarà in ogni caso da eseguirsi secondo le norme vigenti (DM 17/01/2018 o norme C.N.R.)

Tutti i materiali che verranno scartati dalla D.LL. dovranno essere immediatamente sostituiti, siano essi depositati in Cantiere, completamente o parzialmente in opera, senza che l'Appaltatore abbia nulla da eccepire. Dovranno quindi essere sostituiti con materiali idonei rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti richiesti. Ad ogni modo l'Appaltatore resterà responsabile per quanto concerne la qualità dei materiali forniti anche se ritenuti idonei dalla D.LL., sino alla loro accettazione da parte dell'Amministrazione in sede di Collaudo finale.

Sabbie, ghiaie, argille espanse, pomice, pietre naturali.

Sabbie - Sabbie vive o di cava, di natura silicea, quarzosa, granitica o calcarea ricavate da rocce con alta resistenza alla compressione, non gessose, non gelive. Dovranno essere scevre da materie terrose, argillose, limacciose e polverulente, da detriti organici e sostanze inquinanti.

La sabbia dovrà essere costituita da grani di dimensioni tali da passare attraverso uno staccio con maglie circolari del diametro di mm. 2 per murature in genere e del diametro di mm. 1 per gli intonaci e murature di paramento od in pietra da taglio.

L'accettabilità della sabbia verrà definita con i criteri indicati nell'allegato 1 del D.M. 3 giugno

1968 e nell'allegato 1, punto 2 del D.M. 27 luglio 1985; la distribuzione granulometrica dovrà essere assortita e comunque adeguata alle condizioni di posa in opera.

Ghiaia e pietrisco - Le prime dovranno essere costituite da elementi omogenei pulitissimi ed esenti da materie terrose, argillose e limacciose e dovranno provenire da rocce compatte, non gessose e marnose ad alta resistenza a compressione.

I pietrischi dovranno provenire dalla spezzettatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o a calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto e all'abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo; dovranno essere scevri da materie terrose, sabbia e materie eterogenee. Sono assolutamente escluse le rocce marnose. Gli elementi di ghiaie e pietrischi dovranno essere tali da passare attraverso un vaglio a fori circolari del diametro:

- di cm 5 se si tratta di lavori correnti di fondazione o di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpe e simili;
- di cm 4 se si tratta di volti di getto;
- di cm 1 a 3 se si tratta di cappe di volti o di lavori in cemento armato od a pareti sottili.

Gli elementi più piccoli di ghiaie e pietrischi non devono passare in un vaglio a maglie rotonde di 1 cm di diametro, salvo quando vanno impiegati in cappe di volti od in lavori in cemento armato od a pareti sottili, nei quali casi sono ammessi anche elementi più piccoli.

Tutti gli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo dovranno rispondere alle norme UNI 8520/1-22, ediz.1984-86. Gli aggregati leggeri saranno conformi alle norme UNI 7549/1-12, ediz.1976.

Argille espanse - Materiali sotto forma di granuli da usarsi come inerti per il confezionamento di calcestruzzi leggeri. Fabbricate tramite cottura di piccoli grumi ottenuti agglomerando l'argilla con poca acqua. Ogni granulo di colore bruno dovrà avere forma rotondeggiante, diametro compreso tra 8 e 15 mm, essere scevro da sostanze organiche, polvere od altri elementi estranei, non dovrà essere attaccabile da acidi, dovrà conservare le sue qualità in un largo intervallo di temperatura.

In genere le argille espanse dovranno essere in grado di galleggiare sull'acqua senza assorbirla. Sarà comunque possibile utilizzare argille espanse pre-trattate con resine a base siliconica in grado di conferire all'inerte la massima impermeabilità evitando fenomeni di assorbimento di acque anche in minime quantità.

I granuli potranno anche essere sinterizzati tramite appositi procedimenti per essere trasformati in

blocchi leggeri che potranno utilizzarsi per pareti isolanti.

Pomice - Gli inerti leggeri di pomice dovranno essere formati da granuli leggeri di pomice asciutti e scevri da sostanze organiche, polveri od altri elementi estranei. Dovranno possedere la granulometria prescritta dagli elaborati di progetto.

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

In particolare le caratteristiche alle quali dovranno soddisfare le pietre naturali da impiegare nella costruzione in relazione alla natura della roccia prescelta, tenuto conto dell'impiego che dovrà farsene nell'opera da costruire, dovranno corrispondere alle norme di cui alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 e Circolare applicativa (al DM17/01/2018 se ancora non emanata). Oltre a possedere i requisiti ed i caratteri generali sopra indicati, dovranno avere struttura uniforme, essere scevre da fenditure, cavità e litoclasì, sonore alla percussione, e di perfetta lavorabilità. Per le opere a faccia a vista sarà vietato l'impiego di materiali con venature disomogenee o, in genere, di brecce.

Tufi - Dovranno essere di struttura litoide, compatto ed uniforme, escludendo quello pomicioso e quello facilmente friabile.

Acqua, calci, pozzolane, leganti idraulici, leganti idraulici speciali e leganti sintetici.

Acqua per costruzioni - L'acqua dovrà essere dolce, limpida e scevra da sostanze organiche, materie terrose, cospicue quantità di solfati e cloruri. Dovrà possedere una durezza massima di 32° MEC. Sono escluse acque assolutamente pure e piovane.

Acqua per puliture - Dovranno essere utilizzate acque assolutamente pure, prive di sali e calcari. Per la pulitura di manufatti a pasta porosa si dovranno utilizzare acque deionizzate ottenute tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide (RSO_3H) e basiche (RNH_3OH) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non rende le acque sterili, nel caso in cui sia richiesta sterilità, si potranno ottenere acque di quel tipo operando preferibilmente per

via fisica.

Calce - Le calci aeree ed idrauliche dovranno rispondere ai requisiti di accettazione vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori.

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 di 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 ben decarburate, silicose od altrimenti inerti.

L'impiego delle calce è regolato in Italia dal R.D. n 2231 del 1939 (Gazz. Uff. n. 92 del 18.04.1940) che considera i seguenti tipi di calce:

- calce grassa in zolle, cioè calce viva in pezzi, con contenuto di ossidi di calcio e magnesio non inferiore non inferiore al 94 % e resa in grassello non inferiore al 2,5 %;
- calce magra in zolle o calce viva contenente meno del 94 % di ossidi di calcio e magnesio e con resa in grassello non inferiore a 1,5%;
- calce idrata in polvere ottenuta dallo spegnimento della calce viva, si distingue in:
 - fiore di calce, quando il contenuto minimo di idrossidi $\text{Ca (OH)}_2 + \text{Mg (HO)}_2$ non è inferiore al 91 %.
 - calce idrata da costruzione quando il contenuto minimo di $\text{Ca (OH)}_2 + \text{Mg (HO)}_2$ non è inferiore all'82 %.

Le calce idrauliche dovranno altresì rispondere alle prescrizioni contenute nella L. 26 maggio 1965 n° 595, nonché ai requisiti di accettazione contenuti nel D.M. 31 agosto 1972.

In entrambi i tipi di calce idrata il contenuto massimo di carbonati e di impurità non dovrà superare il 6 % e l'umidità il 3 %.

Per quanto riguarda la finezza dei granuli, la setacciatura dovrà essere praticata con vagli aventi fori di 0,18 mm. e la parte trattenuta dal setaccio non dovrà superare l'1 % nel caso del fiore di calce, e il 2 % nella calce idrata da costruzione; se invece si utilizza un setaccio da 0,09 mm. la parte trattenuta non dovrà essere superiore al 5 % per il fiore di calce e del 15 % per la calce idrata da costruzione.

Il materiale dovrà essere opportunamente confezionato, protetto dalle intemperie e conservato in locali asciutti. Sulle confezioni dovranno essere ben visibili le caratteristiche (peso e tipo di calce) oltre al nome del produttore e/o distributore.

Leganti idraulici - I cementi e le calce idrauliche dovranno avere i requisiti di cui alla Legge n. 595 del 26 maggio 1965 ; le norme relative all'accettazione e le modalità d'esecuzione delle prove di idoneità e collaudo saranno regolate dal successivo D.M. del 3 giugno 1968 e dal D.M. 20.11.1984, come modificati dalla norma UNI ENV 197/1. I cementi potranno essere forniti sfusi e/o in sacchi sigillati. Dovranno essere conservati in locali coperti, asciutti, possibilmente sopra pallet in legno, coperti e protetto da appositi teli. Se sfusi i cementi dovranno essere trasportati con idonei mezzi, così pure il Cantiere dovrà essere dotato di mezzi atti allo scarico ed all'immagazzinaggio in appositi silos; dovranno essere separati per tipi e classi identificandoli con appositi cartellini. Dovrà essere utilizzata una bilancia per il controllo e la formazione degli impasti. Dovranno altresì rispondere ai requisiti di cui al

D.M. 3 giugno 1968 ed al D.M. 17 gennaio 2018 e successive Circolari e dovranno essere certificati ai sensi dell'art. 6 della Legge 26.05.1965 n° 595 e dell'art. 20 della Legge 1086/1971.

I cementi forniti in sacchi dovranno avere riportato sugli stessi il nominativo del produttore, il peso, la qualità del prodotto, la quantità d'acqua per malte normali e la resistenza minima a compressione ed a trazione a 28 giorni di stagionatura.

L'introduzione in Cantiere di ogni partita di cemento dovrà essere annotata sul giornale dei lavori e sul registro dei getti. Tutti i cementi che all'atto dell'utilizzo dovessero risultare alterati verranno rifiutati ed allontanati.

Pozzolane - Le pozzolane saranno ricavate da strati privi di cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o da parti inerti; qualunque sia la loro provenienza dovranno rispondere a tutti i requisiti prescritti dal R.D. 16.11.39 n. 2230.

Gessi - Dovranno essere di recente cottura, perfettamente asciutti, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio da 56 maglie a centimetro quadrato, scevro da materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. I gessi dovranno essere conservati in locali coperti e ben riparati dall'umidità, approvvigionati in sacchi sigillati con stampigliato il nominativo del produttore e la qualità del materiale contenuto.

Non andranno comunque mai usati in ambienti umidi e in ambienti con temperature superiori ai 110°C. Non dovranno inoltre essere impiegati a contatto di leghe di ferro.

I gessi per l'edilizia vengono distinti in base alla loro destinazione (per muri, per intonaci, per pavimenti, per usi vari). Le loro caratteristiche fisiche (granulometria, resistenze, tempi di presa) e chimiche (tenore solfato di calcio, tenore di acqua di costituzione, contenuto di impurezze) vengono

fissate dalla norma UNI 6782 Agglomerati cementizi - A lenta presa - cementi tipo Portland normale, pozzolanico, d'altoforno e alluminoso. L'inizio della presa deve avvenire almeno entro un'ora dall'impasto e terminare entro 6-12 ore - a rapida presa - miscele di cemento alluminoso e di cemento Portland con rapporto in peso fra i due leganti prossimi a uno da impastarsi con acqua. L'impiego dovrà essere riservato e limitato ad opere aventi carattere di urgenza o di provvisorietà e con scarse esigenze statiche.

Gli agglomerati cementizi rispondono alle norme fissate dal D.M. 31 agosto 1972 e dal D.M. 17 gennaio 2018 e Circolari applicative.

Resine sintetiche

Ottenute con metodi di sintesi chimica, sono polimeri ottenuti partendo da molecole di composti organici semplici, per lo più derivati dal petrolio, dal carbon fossile o dai gas petroliferi.

Quali materiali organici, saranno da utilizzarsi sempre e solo in casi particolari e comunque puntuali, mai generalizzando il loro impiego, dietro esplicita indicazione di progetto e della D.LL. la sorveglianza e l'autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

In ogni caso in qualsiasi intervento di conservazione e restauro sarà assolutamente vietato utilizzare prodotti di sintesi chimica senza preventive analisi di laboratorio, prove applicative, schede tecniche e garanzie da parte delle ditte produttrici. Sarà vietato il loro utilizzo in mancanza di una comprovata compatibilità fisica, chimica e meccanica con i materiali direttamente interessati all'intervento o al loro contorno.

La loro applicazione dovrà sempre essere a cura di personale specializzato nel rispetto della normativa sulla sicurezza degli operatori/applicatori. Le proprietà i metodi di prova su tali materiali sono stabiliti dall'UNI e dalla sua sezione chimica (UNICHIM), oltre a tutte le indicazioni fornite dalle raccomandazioni NORMAL.

Resine acriliche - Polimeri di addizione dell'estere acrilico o di suoi derivati. Termoplastiche, resistenti agli acidi, alle basi, agli alcoli in concentrazione sino al 40%, alla benzina, alla trementina. Resine di massima trasparenza, dovranno presentare buona durezza e stabilità dimensionale, buona idrorepellenza e resistenza alle intemperie. A basso peso molecolare presentano bassa viscosità e possono essere lavorate ad iniezione. Potranno essere utilizzate quali consolidanti ed adesivi, eventualmente miscelati con siliconi, con siliconato di potassio ed acqua di calce. Anche come additivi per aumentare l'adesività (stucchi, malte fluide).

Resine epossidiche - Si ottengono per policondensazione tra cloridrina e bisfenolisopropano ,

potranno essere del tipo solido o liquido. Per successiva reazione dei gruppi epossidici con un indurente, che ne caratterizza il comportamento, (una diammina) si ha la formazione di strutture reticolate e termoindurenti.

Data l'elevata resistenza chimica e meccanica possono essere impiegate per svariati usi. Come rivestimenti e vernici protettive, adesivi strutturali, laminati antifiama. Caricate con materiali fibrosi (fibre di lana di vetro o di roccia) raggiungono proprietà meccaniche molto vicine a quelle dell'acciaio.

Si potranno pertanto miscelare (anche con cariche minerali, riempitivi, solventi ed addensanti), ma solo dietro esplicita richiesta ed approvazione della D.LL.

Le caratteristiche meccaniche, le modalità applicative e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

Resine poliesteri - Derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi polibasici e le loro anidridi, potranno essere usate sia come semplici polimeri liquidi sia in combinazione con fibre di vetro, di cotone o sintetiche o con calcari, gesso, cementi e 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.

calcestruzzi

Il calcestruzzo è un materiale composito che si ottiene per miscelazione di cemento, aggregati ed acqua e per successivo indurimento della pasta cementizia. Oltre a questi componenti il calcestruzzo può contenere additivi ed aggiunte.

Le seguenti norme tecniche riguardano esclusivamente il calcestruzzo normale così come definito al punto 3.6 della norma UNI 9858.

Materiali costituenti e loro qualificazione

Cemento

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che,

mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

I cementi utilizzati dovranno soddisfare ai requisiti previsti dalla L. 595/65 ed elencati nella Norma UNI ENV 197-1:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.) o da altri organismi autorizzati ai sensi dello stesso D.M. 12/07/93.

Aggregati

Gli aggregati sono componenti del calcestruzzo costituiti da elementi lapidei integri o frantumati, naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni consone alla confezione del calcestruzzo.

Gli aggregati, in relazione alla categoria di impiego prevista devono possedere le caratteristiche fondamentali indicate nel prospetto 1 della norma UNI 8520-97 parte 2a.

La scelta della categoria (Tabella 11.1) è legata alla classe di resistenza (Tabella 11.2) ed alla classe di esposizione della struttura (Tabella 11.3) cui è destinato il calcestruzzo.

Categoria	Classi di resistenza	Classi di esposizione
A	tutte	XC3, XD, XS, XF, XA
B	tutte	X0, XC1, XC2
C	C8/10, C12/15	

Tabella 11.1

Inoltre, se indicato negli elaborati di progetto, potrà essere richiesto il soddisfacimento di più caratteristiche aggiuntive elencate nel prospetto 2 della Norma UNI 8520-97 parte 2a.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla valutazione del rischio da “vizio occulto” di reazione alcali-aggregato a fronte del quale, fatto salvo l’esito positivo delle prove previste dalla norma UNI 8520 (parti 4 e 22), si potranno adottare ulteriori misure preventive quali ad esempio:

- la scelta di cementi a basso contenuto di alcali (UNI EN 196/21);
- impermeabilizzazione della struttura;
- utilizzo di idonei quantitativi di aggiunte.

Durante la lavorazione la Direzione Lavori verificherà la continuità della corrispondenza delle caratteristiche del materiale ai valori ottenuti nella fase di qualifica. Qualora si verificano discrepanze significative, la Direzione Lavori potrà rifiutare il materiale lapideo.

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Acqua

L’acqua d’impasto deve rispettare le prescrizioni della norma UNI-EN 1008.

Additivi

Gli additivi sono prodotti che, aggiunti al calcestruzzo in piccole quantità in massa rispetto al cemento, inducono le richieste modifiche delle proprietà del calcestruzzo.

Gli additivi devono rispettare le prescrizioni delle Norme UNI 7101÷7120 ed UNI EN 934/2, non devono contenere sostanze dannose in quantità tali da pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione delle armature.

L’impiego di additivi è consentito previa la verifica del loro dosaggio e delle prestazioni delle miscele, allo stato fresco e allo stato indurito.

Aggiunte

Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali.

L'impiego nelle miscele di aggiunte è consentito, purché in quantità tali da non pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione alle armature.

Le ceneri volanti impiegate dovranno essere conformi alla Norma UNI EN 450.

Le prestazioni dei calcestruzzi confezionati con l'aggiunta di ceneri volanti o altre aggiunte di tipo II (secondo la Norma UNI 9858), sia allo stato fresco che indurito, vanno verificate nel corso della fase di qualifica delle miscele.

Miscela

Il calcestruzzo va specificato dal progettista come miscela progettata con riferimento alle prestazioni richieste (calcestruzzo a prestazione garantita). I dati fondamentali per gli impasti a prestazione garantita, da indicarsi in tutti i casi, comprendono:

1. Classe di resistenza;
2. Massima dimensione nominale degli aggregati;
3. Tipo di struttura (semplice, armata o precompressa);
4. Classe di esposizione ambientale;
5. Lavorabilità.

La classe di resistenza del calcestruzzo (Tabella 11.2) è definita dalla resistenza caratteristica a compressione misurata su cubi di 150mm di lato (R_{ck}) o cilindri di diametro 150mm e altezza 300mm (f_{ck}).

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm^2)	R_{ck} (N/mm^2)	Categoria del calcestruzzo
C8/10	8	10	non strutturale
C12/15	12	15	
C 16/20	16	20	ordinario
C20/25	20	25	
C25/30	25	30	
C30/37	30	37	
C35/45	35	45	
C40/50	40	50	
C45/55	45	55	

Tabella 11.2

Per la determinazione della resistenza a compressione si farà riferimento alle Norme UNI 6126, 6127, 6130, 6132 ed alle prescrizioni del DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti.

La classe di esposizione ambientale di ciascun elemento strutturale sarà di norma specificata seguendo le indicazioni delle “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale” emanate dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Tabella 11.3).

Denominazione	Descrizione dell'ambiente di esposizione
X0 - Nessun rischio di corrosione	
X0	Molto secco
XC - Corrosione indotta da carbonatazione	
XC1	Secco
XC2	Bagnato raramente secco
XC3	Umidità moderata
XC4	Cicli di bagnamento e di essiccamento
XD - Corrosione indotta dai cloruri	
XD1	Umidità moderata
XD2	Bagnato raramente secco
XD3	Cicli di bagnamento e di essiccamento
XS - Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare	
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare
XS2	Sommerso
XS3	Nella zona delle maree, nella zona degli spruzzi
XF - Attacco da cicli di gelo disgelo	
XF1	Grado moderato di saturazione in assenza di sali disgelanti
XF2	Grado moderato di saturazione in presenza di sali disgelanti
XF3	Grado elevato di saturazione in assenza di sali disgelanti
XF4	Grado elevato di saturazione in presenza di sali disgelanti
XA - Attacco chimico	
XA1	Aggressività debole
XA2	Aggressività moderata
XA3	Aggressività forte

Tabella 11.3

Nel caso in cui gli elaborati progettuali specifichino la classe di esposizione ambientale secondo le specifiche della Norma UNI 9858, il collegamento con le presenti Norme Tecniche può essere effettuato secondo quanto riportato nella Tabella 11.4.

Ambiente d'esposizione secondo UNI 9858		Classi di esposizione
Secco / Molto secco	1	X0
Umido senza gelo	2a	XC1; XC2
Debolmente aggressivo	5a	XC3; XD1; XA1
Umido con gelo	2b	XF1
Marino senza gelo	4a	XS1; XD2
Moderatamente aggressivo	5b	XA2; XC4
Umido con gelo e sali disgelanti	3	XF2
Marino con gelo	4b	XF3
Fortemente aggressivo	5c	XD3; XS2; XS3; XF4; XA3

Tabella 11.4

In relazione alla classe di esposizione prescritta, il calcestruzzo dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

classe di esposizione XC:

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XC1	0.60	280	C25/30
XC2	0.60	280	C25/30
XC3	0.55	300	C30/37
XC4	0.50	320	C30/37

Tabella 11.5

- classe di esposizione XD:

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XD1	0.55	300	C30/37
XD2	0.50	320	C30/37
XD3	0.45	350	C35/45

Tabella 11.6

- classe di esposizione XS:

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XS1	0.50	300	C30/37
XS2	0.45	320	C35/45
XS3	0.40	370	C35/45

- classe di esposizione XF:

Tabella 11.7

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XF1	0.55	300	C30/37
XF2	0.50	320	C30/37
XF3	0.50	320	C30/37
XF4	0.45	340	C35/45

Tabella 11.8a

Per i calcestruzzi in classe di esposizione XF dovrà essere inoltre garantito il volume minimo di microbolle d'aria aggiunta specificato in (Tabella 11.8b). Le microbolle dovranno essere uniformemente distribuite nella miscela ed avere un fattore di spaziatura < 0,20mm, misurato sul calcestruzzo indurito.

Diametro massimo dell'aggregato (mm)	Aria Aggiunta (%)
32	4
16	5
8	6

Tabella 11.8 b

- classe di esposizione XA:

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento	Classe di resistenza*
XA1	0.55	300	C30/37
XA2	0.50	320	C30/37
XA3	0.40	370	C35/45

Tabella 11.9

Quando l'attacco chimico sia dovuto ai solfati, i cementi dovranno rispettare le prescrizioni della UNI 9156. La lavorabilità degli impasti è valutata attraverso misure di consistenza del calcestruzzo fresco. Per la misura della consistenza sarà impiegato di norma il metodo dell'abbassamento al cono (UNI 9418). Se previsto negli elaborati di progetto. Potranno inoltre essere richieste prestazioni basate sulla misura della consistenza attraverso la prova di spandimento (UNI 8020 - metodo B). I valori di riferimento per l'individuazione della classe di

consistenza sono quelli indicati in Tabella 11.10 e Tabella 11.11.

Classe di consistenza	Abbassamento al cono (mm)	Denominazione corrente
S1	Da 10 a 40	Umida
S2	Da 50 a 90	Plastica
S3	Da 100 a 150	Semifluida
S4	Da 160 a 210	Fluida
S5	> 210	Superfluida

Tabella 11.10

Classe di consistenza	Spandimento (mm)
FB1	340
FB2	da 350 a 410
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550
FB5	da 560 a 620
FB6	! 630

Tabella 11.11

In mancanza di esplicite diverse indicazioni negli elaborati di progetto, le miscele, al momento del getto, devono avere un abbassamento al cono di almeno 100mm (S3) o uno spandimento di almeno 420mm (FB3).

In ogni caso la classe di consistenza specificata negli elaborati di progetto, si intende riferita al momento del getto del calcestruzzo.

Il dosaggio, il tipo e la classe di cemento da utilizzare, saranno stabiliti nella fase di qualificazione delle miscele. Nella scelta si dovrà tenere conto oltre che della resistenza richiesta, del suo sviluppo nel tempo, e delle esigenze legate alla durabilità (classe di esposizione ambientale), anche della velocità di sviluppo della resistenza, e del calore di idratazione. In ogni caso il dosaggio di cemento non potrà mai scendere al di sotto dei 280 kg/m^3 .

L'assortimento granulometrico delle miscele dovrà essere realizzato impiegando almeno tre classi granulometriche diverse.

La granulometria dell'aggregato combinato sarà progettata e messa a punto nella fase di qualifica delle miscele e dovrà garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste sia allo stato fresco

che indurito. La curva granulometrica scelta per ciascuna miscela dovrà essere comunicata prima dell'inizio dei getti alla Direzione Lavori che provvederà a verificarne la costanza.

La massima dimensione nominale degli aggregati dovrà essere indicata negli elaborati di progetto, nel rispetto delle indicazioni riportate al punto 5.4 della Norma UNI 9858 e delle vigenti disposizioni di legge.

Il rapporto acqua-cemento (a/c) delle miscele sarà stabilito in modo da garantire la durabilità del calcestruzzo, il raggiungimento della resistenza richiesta dagli elaborati progettuali e di tutte le altre prestazioni richieste alle miscele, sia allo stato fresco che indurito.

Nella determinazione del rapporto a/c occorre considerare gli aggregati nella condizione di saturazione a superficie asciutta.

Pertanto bisognerà tenere conto dell'umidità degli aggregati al momento dell'impasto, sia essa in eccesso o in difetto rispetto alla condizione su menzionata, in base ai valori di assorbimento determinati in fase di qualificazione, secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a.

Accettazione delle miscele

La composizione della miscela (acqua, cemento, aggregati, additivi ed aggiunte) deve essere stabilita in modo da soddisfare le specifiche prestazionali richieste, e di minimizzare i fenomeni di segregazione ed essudazione del calcestruzzo fresco.

A tale scopo l'Impresa è tenuta a far eseguire uno studio della composizione del calcestruzzo (mix design). Tale studio si articolerà in due fasi comprendendo una fase di qualifica delle miscele in laboratorio ed una di messa a punto delle miscele all'impianto di produzione.

Qualità delle miscele in laboratorio

L'Impresa, presenterà alla Direzione Lavori lo studio di composizione del conglomerato cementizio sulla base delle richieste contenute negli elaborati progettuali. Tale studio sarà eseguito presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e conterrà i risultati delle prove fisiche e di resistenza meccanica realizzate su ciascuna miscela di cui sia previsto l'impiego.

Lo studio di composizione presentato non dovrà essere più vecchio di un anno. Per ognuna delle

miscele proposte per l'impiego dovrà essere indicato almeno:

- il proporzionamento analitico di un metro cubo di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;
- la quantità d'acqua utilizzata;
- il rapporto a/c (con aggregati in condizioni saturi a superficie asciutta);
- la granulometria ed il dosaggio di ciascuna frazione degli aggregati;
- i risultati delle prove di qualifica degli aggregati utilizzati;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi ed aggiunte;
- in caso di impiego di additivo aerante, il contenuto percentuale di aria inclusa nell'impasto fresco;
- classi di esposizione ambientale per le quali la miscela è durabile;
- la massa volumica del calcestruzzo fresco;
- la lavorabilità delle miscele;
- le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.

Potrà inoltre essere prevista la preparazione di provini per la determinazione di qualsiasi altra caratteristica del calcestruzzo richiesta dagli elaborati progettuali.

Qualifica delle miscele all'impianto

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti solamente dopo l'approvazione della documentazione relativa agli studi di qualifica delle miscele in laboratorio ed all'effettuazione, presso l'impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, di impasti di prova per la qualificazione della produzione di ciascuna miscela.

La qualifica si intenderà positivamente superata quando:

- la resistenza caratteristica misurata sul calcestruzzo all'impianto di produzione risulti superiore a quella prevista per la miscela in prova;
- il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe di consistenza dichiarata;
- il rapporto a/c determinato secondo le modalità previste nella norma UNI 6393, non superi di 0,04 quello dichiarato nella qualifica delle miscele in laboratorio;
- il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 97% di quello

ottenuto nella qualifica delle miscele in laboratorio.

Nel caso sia previsto il pompaggio delle miscele, gli impasti prodotti dovranno possedere idonee proprietà reologiche, di modo che il getto avvenga mantenendo il valore prestabilito del rapporto a/c.

L'approvazione delle miscele da parte della Direzione Lavori non libera in alcun modo l'Impresa dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti. La qualifica delle miscele dovrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta verranno a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico-chimiche dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento.

Confezionamento delle miscele

Gli impianti di confezionamento del calcestruzzo devono avere una adeguata capacità di stoccaggio delle materie prime (cementi, aggregati, aggiunte, additivi) per garantire la continuità della produzione secondo il previsto programma dei lavori.

Materiali di tipo diverso devono essere movimentati e stoccati in modo da evitare miscelazioni, contaminazioni o deterioramento. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

Durante lo stoccaggio degli aggregati occorre evitare che si verifichi una segregazione all'interno di ciascuna frazione granulometrica.

Gli additivi devono essere trasportati e conservati in modo da evitare che la loro qualità venga compromessa da fattori chimici o fisici.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico, con dosaggio a peso degli aggregati, del cemento e delle eventuali aggiunte. Acqua, ed additivi possono essere dosati sia a peso che a volume.

I dispositivi di dosaggio del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere di tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

Dovranno essere predisposte apparecchiature o procedure di controllo tali da consentire, per ogni impasto, il controllo dell'umidità degli aggregati e quindi l'aggiunta della corretta quantità d'acqua.

Il dosaggio effettivo degli aggregati, dell'acqua, del cemento e delle aggiunte dovrà essere realizzato con precisione del 3% quello degli additivi con precisione del 5%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno. La loro precisione dovrà essere pari almeno quella riportata nella prospetto X della Norma UNI 9858.

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

Il tempo e la velocità di miscelazione dovranno essere tali da produrre una miscela omogenea. Per quanto non specificato, vale la Norma UNI 7163 - 79.

Se si aggiungono all'impasto additivi in quantità inferiore a 2g/kg di cemento, questi devono essere preventivamente dispersi in una parte dell'acqua di impasto. Quando, a causa del breve periodo di attività degli additivi, sia necessario aggiungerli in cantiere, il calcestruzzo deve già essere stato miscelato in modo omogeneo prima dell'additivazione. Al termine dell'additivazione il calcestruzzo deve essere rimiscelato fino a che l'additivo risulti completamente disperso nella massa di calcestruzzo ed inizi ad esplicare la sua azione.

Trasporto delle miscele

Il trasporto del calcestruzzo, dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego, ed il suo scarico, dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

Ogni carico di calcestruzzo dovrà essere accompagnato da un documento di trasporto sul quale saranno indicati:

- numero di serie;
- denominazione dell'impianto di betonaggio;
- identificazione dell'autobetoniera;
- nome del cliente;
- denominazione ed indirizzo del cantiere;
- la data e le ore di carico, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
- quantità (m³) di calcestruzzo fornito;
- la classe di resistenza;
- la classe di esposizione ambientale;

- la classe di consistenza;
- un codice che identifichi la ricetta utilizzata per il confezionamento;
- la dimensione massima dell'aggregato;
- il tipo, la classe e, il contenuto di cemento;
- il rapporto a/c;
- il dosaggio ed il tipo di eventuali additivi da aggiungere in cantiere.

A richiesta, il personale dell'Impresa dovrà esibire detti documenti agli incaricati della Direzione Lavori. L'Impresa dovrà tenere idonea documentazione in base alla quale sia possibile individuare il punto della struttura cui ciascun carico è stato destinato.

Posa in opera delle miscele

La posa in opera del calcestruzzo sarà eseguita dopo aver preparato accuratamente le casseforme, gli scavi da riempire ed i piani di posa e dopo aver posizionato le armature metalliche. Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, sono eseguiti in conformità alle disposizioni degli elaborati progettuali.

I getti, che dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto, potranno essere iniziati solo dopo la verifica delle casseforme, degli scavi, e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori. Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm ottenuti dopo la compattazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, non dovrà superare 1m.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli necessari a raggiungere la compattazione ottimale delle miscele. La vibrazione del calcestruzzo deve proseguire fino a che praticamente cessi la fuoriuscita di bolle d'aria ma senza provocare segregazione.

Le superfici esterne devono presentarsi lisce, compatte, omogenee, perfettamente regolari ed

esenti da macchie o chiazze. Le eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento immediatamente dopo il disarmo.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere dai getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0.5cm sotto la superficie finita, e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati.

Queste prestazioni non saranno in nessun caso oggetto di compensi a parte. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

L'Impresa potrà adottare per la cassetta il sistema, i materiali ed i mezzi che riterrà più idonei o di sua convenienza, purché soddisfi le condizioni di stabilità e di sicurezza, curando la perfetta riuscita dei particolari costruttivi.

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione ed omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione. Nel caso ciò non fosse possibile, prima di poter effettuare la ripresa, la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti o di speciali adesivi per riprese di getto.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze; in caso contrario l'impresa dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti

al vapore d'acqua. Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di costruzione con accorgimenti, da indicare nel progetto.

Quando la temperatura dell'aria è inferiore a + 5°C valgono le disposizioni e prescrizioni della Norma UNI 8981 parte 4a. La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura dell'impasto scenda al di sotto di +5°C.

Prima del getto ci si dovrà assicurare che tutte le superfici a contatto del calcestruzzo siano a temperatura di +5°C.

La neve e il ghiaccio, se presenti, dovranno essere rimossi, dai casseri, dalle armature e dal sottofondo: per evitare il congelamento tale operazione dovrebbe essere eseguita immediatamente prima del getto.

I getti all'esterno dovranno essere sospesi se la temperatura dell'aria è minore di -5°C.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi.

Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo potranno essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, conformi alle norme UNI EN 934 preventivamente testati durante la fase di qualifica delle miscele.

Stagionatura e protezione del calcestruzzo

I metodi di stagionatura e protezione adottati e la loro durata dovranno essere tali da garantire la prescritta resistenza del calcestruzzo e la sua durabilità.

Durante il periodo di stagionatura protetta sarà necessario mantenere le superfici dei getti ad una umidità relativa superiore al 95% evitando nel contempo che essi subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Le durate, in giorni, di stagionatura protetta per conseguire una adeguata impermeabilità della zona corticale delle strutture sono riportati nella Tabella 11.12.

Velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo	Rapido			Medio			Lento		
Temperatura del calcestruzzo (°C)	5	10	15	5	10	15	5	10	15
giorni di stagionatura protetta									
Condizioni ambientali durante la stagionatura:									
Non esposto ad insolazione diretta; UR 80%	2	2	1	3	3	2	3	3	2
Insolazione o vento medi, UR 50%	4	3	2	6	4	3	8	5	4
Insolazione o vento intensa, UR ! 50%	4	3	2	8	6	5	10	8	5

Tabella 11.12

La velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo può essere desunta dalla Tabella 11.13.

Velocità di sviluppo della resistenza	Rapporto a/c	Classe del cemento
Rapida	< 0,5	42,5 R
Media	0,5 - 0,6	42,5 R
	< 0,5	32,5 R - 42,5 R
Lenta	In tutti gli altri casi	

Tabella 11.13

Le durate di stagionatura riportate in Tabella 11.12 dovranno essere adeguatamente aumentate

nel caso in cui il calcestruzzo sia esposto a severe condizioni di abrasione o per condizioni ambientali più gravose di quelle corrispondenti alle classi X0, XC e XA1.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali non provochino fessure tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito.

Per limitare le tensioni di origine termica, la differenza massima di temperatura tra il centro e la superficie del getto, non deve superare i 20°C. Gradienti termici inferiori potranno essere specificati nel progetto.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state raggiunte le resistenze prescritte.

Subito dopo il disarmo si dovranno prendere gli accorgimenti necessari in modo da impedire l'evaporazione dell'acqua contenuta nel conglomerato e quindi il rapido essiccamento della sua superficie.

Laterizi.

I laterizi da impiegare per i lavori di qualsiasi genere, dovranno corrispondere alle norme per l'accettazione di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2233, e D.M. 30 maggio 1974 allegato 7, ed alle norme UNI vigenti.

I mattoni pieni per uso corrente dovranno essere parallelepipedi, di lunghezza doppia della larghezza, di modello costante, e presentare, sia all'asciutto che dopo la prolungata immersione nell'acqua, una resistenza alla compressione non inferiore a kg per cm² di cui alla norma (UNI 5632-65).

I mattoni pieni o semipieni di paramento dovranno essere di forma regolare, dovranno avere la superficie completamente integra e di colorazione uniforme per l'intera partita. Le liste in laterizio per rivestimenti murari (UNI 5632), a colorazione naturale o colorate con componenti inorganici, possono avere nel retro tipi di riquadri in grado di migliorare l'aderenza con le malte o possono anche essere foggiate con incastro a coda di rondine. Per tutti i laterizi è prescritto un comportamento non gelivo, una resistenza cioè ad almeno 20 cicli alternati di gelo e disgelo eseguiti tra i + 50 e -20°C. Saranno da escludersi la presenza di noduli bianchi di carbonato di calcio come pure di noduli di ossido di ferro.

Per le murature portanti inoltre riferimento al D.M.LL.PP. 20 novembre 1987. "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione, e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento" in quanto non in contrasto con le norme tecniche vigenti.

Dispositivi sismici per la dissipazione di energia.

Generalità

La protezione sismica della struttura prevede la posa in opera di dissipatori isteretici assiali ad instabilità impedita per la realizzazione di controventi dissipativi. I diagonali del controvento saranno costituiti da un elemento tubolare in carpenteria metallica e dal dispositivo elastoplastico, collegati tra loro e con il telaio metallico mediante le connessioni a perno e bullonate con fori asolati descritte negli elaborati grafici.

Il dispositivo è costituito da un tubo esterno in acciaio e da un nucleo interno in acciaio separati da un riempimento di calcestruzzo, previa interposizione di uno strato di materiale distaccante allo scopo di impedire la trasmissione di tensioni tangenziali tra i due componenti e permettere al nucleo interno di allungarsi o accorciarsi liberamente dissipando energia.

Requisiti meccanici

Le caratteristiche meccaniche dei singoli dispositivi, descritte dalla forza di snervamento, dallo spostamento ultimo in trazione e compressione, dalla forza ultima e dalla rigidezza in campo elastico, sono indicate negli elaborati grafici insieme al loro posizionamento.

Le caratteristiche meccaniche devono essere dimostrate mediante le prove di qualifica previste nel DM 17-01-2018 “Norme tecniche per le costruzioni” e sono a carico dell’Appaltatore. I dispositivi sottoposti a qualifica non possono essere messi in opera.

Le caratteristiche meccaniche dei dispositivi da mettere in opera dovranno essere effettuate in base alle indicazioni del DM 17-01-2018 “Norme tecniche per le costruzioni” e sono a carico dell’Appaltatore.

L’Appaltatore dovrà inoltre dimostrare, mediante relazione tecnica e certificazione dei materiali impiegati, la compatibilità tra la durabilità dei dispositivi e la vita utile di progetto prevista per la struttura.

Montaggio

Al termine della realizzazione delle componenti strutturali e delle opere di completamento degli orizzontamenti e della copertura (massetti e pavimentazioni) si provvederà ad allentare i bulloni dei collegamenti asolati e a ritesarli in modo da eliminare le sollecitazioni indotte dalle azioni permanenti durante la costruzione. Le modalità di serraggio ed i controlli saranno effettuati in coerenza con le indicazioni fornite per la struttura metallica.

Materiali ferrosi e metalli vari.

Materiali ferrosi.- I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciature, paglie o da qualsiasi altro difetto prescritto (UNI 2623-29). Fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili.

Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dal citato D.M. 30 maggio 1974 (allegati nn. 1, 3, 4) ed alle norme UNI vigenti e presentare inoltre, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti.

Ferro - Il ferro comune 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 altre soluzioni di continuità.

Acciaio trafilato o laminato - Tale acciaio, nella varietà dolce (cosiddetto 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 fresco e a caldo, senza che ne derivino screpolature o alterazioni; esso dovrà essere altresì saldabile e non suscettibile di prendere la temperatura; alla rottura dovrà presentare struttura lucente e finemente granulare.

Acciaio fuso in getti - L'acciaio fuso in getti per cuscinetti, cerniere, rulli o per qualsiasi altro lavoro, dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto.

Ghisa - La ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di fattura grigia finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomare la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata. E' assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose. Metalli vari - Il piombo, lo zinco, lo stagno, il rame e tutti gli altri metalli o leghe metalliche da impiegare nelle costruzioni devono essere delle migliori qualità, ben fusi o laminati a seconda della specie di lavori a cui sono destinati, e scevri da ogni impurità o difetto che ne vizi la forma, o ne alteri la resistenza o la durata.

Acciai per calcestruzzo armato.

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni". Gli acciai dovranno essere esenti da difetti tali da pregiudicarne l'impiego, quali incisioni, corrosioni, untuosità ed in genere ricoperture di sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato. Essi dovranno essere inoltre controllati in stabilimento.

Le relative forniture debbono essere accompagnate da un certificato di Laboratorio Ufficiale riferentesi al tipo di armature di cui trattasi nonché dotate di marchiatura da cui risulti il riferimento allo stabilimento produttore, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

I controlli in Cantiere sono obbligatori. Essi saranno riferiti agli stessi gruppi di diametri di cui al DM precedente ed effettuati con prelevamento di tre spezzoni marchiati, di uno stesso diametro, scelti entro ciascun gruppo di ciascuna partita di comune provenienza. Le prove, da eseguirsi presso un laboratorio ufficiale, accerteranno la resistenza e la duttilità del materiale. Eventuali risultati anormali saranno comunicati dal Direttore Lavori sia al laboratorio ufficiale incaricato in stabilimento, sia al servizio tecnico centrale del Ministero Lavori pubblici.

Per ciò che riguarda giunzioni e saldature, valgono le prescrizioni di cui al D.M. 17/01/2018.

a) Barre in acciaio ad aderenza migliorata

Il prelievo dei campioni ed i metodi di prova saranno effettuati secondo la UNI 6407 salvo quanto stabilito dal decreto citato. Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato alle EN 10002/1° (1990), UNI 564 ed UNI 6407, salvo indicazioni contrarie o complementari.

Le prove in Cantiere degli acciai ad aderenza migliorata, caratterizzati dal diametro della barra tonda liscia equipesante, dovranno essere conformi a quelli indicati nel D.M. 17.01.2018.

I valori riportati f_y/f_{yk} e $(f_t/f_y)_{medio}$ riportati nei certificati ufficiali di fornitura dovranno rispettare i limiti di nomrativa

Le barre inoltre dovranno superare con esito positivo la prova di aderenza (metodo "Beam test") da eseguire presso un Laboratorio Ufficiale con le modalità specificate dalla norma CNR-UNI 10020-71.

b) Reti e tralicci elettrosaldati

Dovranno avere fili elementari compresi fra 5 e 12 mm e rispondere nelle prove in Cantieri alle caratteristiche riportate nel DM 17/01/2018. I valori riportati f_y/f_{yk} e $(f_t/f_y)_{medio}$ riportati nei certificati ufficiali di fornitura dovranno rispettare i seguenti limiti previsti dal citato DM.

La tensione di rottura, quella di snervamento e l'allungamento devono essere determinati con la prova di trazione su campione che comprenda almeno uno dei nodi saldati. Dovrà inoltre essere controllata la resistenza al distacco Offerta dalla saldatura del nodo, determinata forzando con idoneo dispositivo il filo trasversale nella direzione di quello maggiore posto in trazione; tale resistenza deve risultare maggiore di $0.3 \times 400 \times A_0$ [N], nella quale A_0 è l'area della sezione del filo di diametro maggiore, misurata in millimetri quadrati.

La distanza assiale tra i fili elementari non deve superare i 35 cm.

Prodotti di pietre naturali o ricostruite.

1) La terminologia utilizzata ha il significato di seguito riportato; le denominazioni commerciali devono essere riferite a campioni, atlanti, ecc.

Pietra (termine commerciale).

Roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile.

A questa categoria appartengono rocce di composizione mineralogica svariaticissima, non inseribili in alcuna classificazione. Esse sono riconducibili ad uno dei due gruppi seguenti:

- rocce tenere e/o poco compatte;
- rocce dure e/o compatte.

Esempi di pietre del primo gruppo sono: varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo, ecc.), varie rocce piroclastiche (peperini, tufi, ecc.); al secondo gruppo appartengono le pietre a spacco naturale (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie, ecc.), e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leucititi, ecc.).

Per gli altri termini usati per definire il prodotto in base alle forme, dimensioni, tecniche di lavorazione ed alla conformazione geometrica, vale quanto riportato nella norma UNI 8458.

2) I prodotti di cui sopra devono rispondere a quanto segue:

a) appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesta nonché essere conformi ad eventuali campioni di riferimento ed essere esenti da crepe, discontinuità, ecc. che riducano la resistenza o la funzione;

b) avere lavorazione superficiale e/o finiture indicate nel progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento; avere le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze;

c) delle seguenti caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (ed i valori minimi e/o la dispersione percentuale):

- massa volumica reale ed apparente, misurata secondo la norma UNI 9724 - parte 2”;
- coefficiente di imbibizione della massa secca iniziale, misurato secondo la norma UNI 9724 - parte 2”;
- resistenza a compressione, misurata secondo la norma UNI 9724 - parte 3”;
- resistenza a flessione, misurata secondo la norma UNI 9724 - parte 5”;
- resistenza all'abrasione, misurata secondo le disposizioni del R.D. 16 novembre 1939 n. 2234;

d) 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.

strutture in acciaio

approvvigionamento ed accettazione dei materiali

I materiali devono essere nuovi ed esenti da difetti palesi ed occulti. In mancanza di una esplicita dichiarazione del produttore, per verificare che l'acciaio non sia effervescente deve essere effettuata la prova Bauman secondo UNI ISO 4968/83.

Acciaio laminato per profilati, lamiere, larghi piatti e tubi

Devono essere impiegati acciai definiti nelle “Nuove norme tecniche per costruzioni” del D.M. 17/01/2018; in particolare per le caratteristiche meccaniche gli acciai devono rispondere ai requisiti seguenti:

Acciaio tipo ST235 UNI EN 10025-1/05 e UNI EN10025-2/05

- tensione di rottura a trazione: 360 N/mm²
- tensione di snervamento: 235 N/mm²
- resistenza al provino UNI KV a +20°: 27 J
- allungamento percentuale rottura:
 - per le lamiere 26%
 - per i profilati 28%

Acciaio tipo ST275 UNI EN 10025-1/05 e UNI EN10025-2/05

- tensione di rottura a trazione: 430 N/mm²
- tensione di snervamento: 275 N/mm²
- resistenza al provino UNI KV a +20°: 27 J
- allungamento percentuale rottura:
 - per le lamiere 23%
 - per i profilati 24%

Acciaio tipo ST325 UNI EN 10025-1/05 e UNI EN10025-2/05

- tensione di rottura a trazione: 510 N/mm²
- tensione di snervamento: 355 N/mm²
- resistenza al provino UNI KV a +20°: 27 J
- allungamento percentuale rottura:
 - per le lamiere 21%
 - per i profilati 22%

All'Appaltatore saranno forniti i disegni di progetto di tutte le opere di sua competenza. I disegni relativi alle opere in acciaio conterranno le indicazioni necessarie a definire in maniera univoca le caratteristiche delle strutture (geometria, sezioni, tipologia dei collegamenti, etc.) Sulla base di questi disegni l'Appaltatore potrà, qualora lo ritenga necessario, sviluppare a sua cura e spese una serie di disegni di officina e le relative liste dei materiali.

Acciai laminati per strutture saldate

Oltre a quanto già precisato, gli acciai impiegati devono avere una composizione chimica contenuta entro i limiti prescritti dalle Norme Tecniche.

Ulteriori requisiti degli acciai

Per spessori di 40 mm e per strutture impegnative è necessario che i laminati impiegati siano in possesso del seguente requisito: deve essere eseguito un controllo con ultrasuoni, secondo le Tabelle UNI EN 10160/01, estendendolo anche ai bordi. Per l'accettazione dei difetti, questi devono rientrare nelle classi 1, 2 o 3.

Bulloni

I bulloni per giunzioni a taglio e/o ad alta resistenza devono essere conformi a quanto prescritto nel D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare 7 del 21 gennaio 2019.

Lamiere grecate

Le lamiere grecate di acciaio sagomate a freddo dovranno essere del tipo indicato nei disegni e di spessore non inferiore a 0,6 mm. Verranno appoggiate all'orditura di sostegno in acciaio e fissate mediante punti di saldatura o chiodi sparati a testa larga in quantitativo, modalità e posizione, come

da indicazioni progettuali, da sottoporre all'approvazione del progettista e della direzione lavori.

Lamiere striate

Le lamiere striate dovranno essere in acciaio S235JR UNI EN 10025/05 e presentare una striatura di almeno 2 mm. Dovranno essere fissate all'orditura di sostegno mediante cordoni a tratti di saldatura, come da indicazioni progettuali o secondo specifiche disposizioni della Direzione Lavori.

Grigliati elettrosaldati

I grigliati eseguiti mediante il procedimento di elettrosaldatura dovranno essere realizzati in acciaio S235JR UNI EN 10025/05 e presentare superfici superiori antisdrucchiolo. Dovranno essere fissati all'orditura di sostegno mediante appositi attacchi atti ad impedire il distacco accidentale, come da indicazioni progettuali e/o secondo proposte dell'appaltatore, da sottoporre per modalità e quantità alla approvazione della Direzione Lavori.

Marcatura dei materiali

Tutti i prodotti di laminazione a piazze devono essere contraddistinti con idoneo elemento di marchiatura secondo il tipo di materiale e la destinazione dello stesso. Nelle officine e nei cantieri i luoghi di deposito dei materiali dei vari tipi devono essere separati.

prescrizioni esecutive

Raddrizzamento

Il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti con dispositivi agenti per pressione.

Tagli e finitura

Le superfici dei tagli possono restare grezze, purché non presentino strappi, riprese, mancanze di materiale o sbavature. E' ammesso il taglio ad ossigeno purché regolare. I tagli irregolari devono essere ripassati con la smerigliatrice. La rettifica dei bordi delle lamiere e dei larghi piatti deve essere effettuata mediante rifilatura.

Forature

I fori devono essere preferibilmente eseguiti con trapano od anche col punzone purché successivamente alesati. E' vietato l'uso della fiamma per l'esecuzione di fori.

Non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità di fori corrispondenti maggiori del giuoco foro-bullone. Entro tale limite e' opportuno che venga ripreso il perfetto allineamento dei fori con utensile adatto. L'uso delle spine di acciaio e' ammesso in corso di montaggio esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

Unioni bullonate

Valgono le prescrizioni riportate nel D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare 617 del 21 gennaio 2019.

Unioni saldate - Procedimenti di saldatura

Possono essere impiegati i seguenti procedimenti, opportunamente qualificati ed omologati:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO₂ o sue miscele).

Elettrodi

Per la saldatura manuale ad arco devono essere impiegati elettrodi rivestiti E44-38 omologati secondo UNI 2560/07, almeno di seconda classe.

Per gli altri procedimenti di saldatura si devono impiegare i fili, i flussi (o i gas) e la tecnica esecutiva usati per le prove di qualifica del procedimento di cui al punto seguente.

Gli elettrodi devono essere usati con il tipo di corrente (continua o alternata) e di polarità per cui sono stati omologati. Devono altresì essere adottate tutte le precauzioni prescritte dal produttore degli elettrodi con particolare riguardo alla conservazione all'asciutto e, in genere, alla pre-essiccazione degli elettrodi a rivestimento basico. Il diametro dell'anima degli elettrodi rivestiti, per saldatura manuale, usati nella saldatura di un giunto, deve essere fissato in relazione allo spessore, al tipo di giunto ed alla posizione della passata nel giunto; in generale deve essere non maggiore di 6 mm. per saldatura in piano e di 5 mm. per saldatura in verticale.

Prove preliminari dei procedimenti di saldatura

Valgono le prescrizioni riportate nel D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare 7 del 21 gennaio 2019.

Preriscaldamento

In tutti i casi in cui lo spessore eccede certi limiti, è necessario preriscaldare localmente la parte su cui si salda; la temperatura deve essere adeguata al procedimento che si impiega e comunque non inferiore a quanto precisato nella seguente tabella:

spessore [mm]	Procedimento ad arco sommerso con saldatura sotto gas protettivo e con elettrodi basici	Procedimento con elettrodi a rivestimento non basico
tra 20 e 40	20 °C	70 °C
tra 40 e 60	70 °C	100 °C
> 60	100 °C	150 °C

Se la temperatura scende al disotto di 5°C, i pezzi dovranno essere preriscaldati comunque ad almeno 50°C. Qualora sui pezzi siano presenti tracce di umidità, deve comunque essere dato ad essi l'apporto di calore necessario per eliminarla.

Qualifica dei saldatori

Sia in officina sia in cantiere, le saldature da effettuare con elettrodi rivestiti devono essere eseguite da operai che abbiano superato le prove di qualifica indicate nella UNI 4634/60 per la classe relativa al tipo di elettrodo ed alle posizioni di saldatura previste. Nel caso di costruzioni tubolari si fa riferimento anche alla UNI 4633/60⁹⁸ per quanto riguarda i giunti di testa.

Le saldature da effettuare con altri procedimenti devono essere eseguite da operai sufficientemente addestrati all'uso delle apparecchiature relative ed al rispetto delle condizioni operative stabilite in sede di approvazione del procedimento.

Classi delle saldature

Valgono le prescrizioni riportate nel D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le

costruzioni” e relativa circolare 7 del 21 gennaio 2019.

Tecnica esecutiva

Devono essere adottate le sequenze di saldatura e le condizioni di vincolo più opportune, al fine di ridurre per quanto possibile le tensioni residue da saldatura e facilitare l'esecuzione dei giunti saldati; devono essere osservate anche le prescrizioni che verranno stabilite per il preriscaldamento locale in relazione agli spessori, ai tipi di acciaio ed alla temperatura ambiente durante la costruzione. La superficie di ogni passata deve essere liberata dalla scoria prima che vengano effettuate le passate successive; egualmente la scoria deve essere localmente asportata in corrispondenza delle riprese di una medesima passata. Nella saldatura manuale si deve evitare l'accensione degli elettrodi sulle lamiere accanto al giunto.

Le estremità dei cordoni di saldatura dei giunti di testa, nella saldatura automatica e semiautomatica, devono essere sempre fatte su prolunghe; nel caso di saldatura manuale ciò deve essere fatto almeno per i giunti di 1^a classe.

Nei giunti di testa ed in quelli a T a completa penetrazione effettuati con saldatura manuale, il vertice della saldatura deve essere sempre asportato per la profondità richiesta per raggiungere il metallo perfettamente sano, a mezzo di scalpellatura, smerigliatura, o altro adeguato sistema, prima di effettuare la seconda saldatura (nel caso di saldature effettuate dai due lati) o la ripresa.

Qualora ciò non sia assolutamente possibile, si deve fare ricorso alla preparazione a V con piatto di sostegno, che è peraltro sconsigliata nel caso di strutture sollecitate a fatica, o alla saldatura effettuata da saldatori specializzati secondo UNI 4634/60 o, nel caso di strutture tubolari, di classe TT secondo UNI 4633/60.

La parte da saldare deve essere protetta dalle intemperie; in particolare, quando viene fatto uso di saldatura con protezione di gas, dovranno essere adottati schemi efficaci di protezione contro il vento.

Preparazione dei lembi

La preparazione dei lembi da saldare deve essere effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice ad ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia.

L'ossitaglio a mano può essere accettato solo se una adeguata successiva ripassatura alla smerigliatrice avrà perfettamente regolarizzato l'asperità del taglio. I lembi, al momento della

saldatura, devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità. La distanza dei lembi dei giunti di testa e dei giunti a T a completa penetrazione deve essere secondo UNI 11001/62¹⁰¹. Nei giunti a T con cordoni d'angolo i pezzi devono essere a contatto; è tollerato un giuoco massimo di 3 mm. per spessori maggiori di 10 mm., da ridurre adeguatamente per spessori minori o per casi particolari.

Il disallineamento dei lembi deve essere non maggiore di 1/8 dello spessore con un massimo di 1,5 mm.; nel caso di saldatura manuale ripresa al vertice, si può tollerare un disallineamento di entità doppia.

Sequenze di saldatura delle travi composte saldate

Le saldature delle piattabande devono essere sempre effettuate prima della saldatura dell'anima o contemporaneamente ad essa con sequenza opportuna delle passate. Le saldature di collegamento fra anima e piattabanda devono essere completate solo dopo l'effettuazione sia dei giunti della piattabanda che di quello dell'anima.

Incroci di saldature

Negli elementi di travi composte che dovranno essere collegati fra loro con saldature, si deve avere cura di arrestare la saldatura anima-piattabanda ad almeno 200 mm di distanza dal lembo saldato testa a testa. Qualora non siano presenti aperture sull'anima in corrispondenza dei giunti delle piattabande, si provvederà ad effettuare per il collegamento anima-piattabanda, per una zona di almeno 100 mm. a cavallo del giunto, una preparazione a K con spalla zero, qualora una simile preparazione non sia già prevista per tutto il collegamento anima-piattabanda.

La preparazione a K deve essere successivamente aggiustata in corrispondenza della parte smussata per permettere l'esecuzione di un giunto anima-piattabanda a completa penetrazione.

Unione per contatto

Le superfici di contatto devono essere convenientemente piane ed ortogonali all'asse delle membrature collegate. Le membrature senza flange di estremità devono avere le superfici di contatto lavorate con la pialla, la limatrice, la fresa e la mola.

Per le membrature munite di flange di estremità si devono distinguere i seguenti casi:

- per flange di spessore inferiore o uguale a 50 mm. è sufficiente la spianatura alla pressa o con

sistema equivalente;

- per flange di spessore compreso tra i 50 e i 100 mm, quando non sia possibile un'accurata spianatura alla pressa, è necessario procedere alla piallatura o alla fresatura delle superfici di appoggio.

Montaggio delle strutture in acciaio

Il montaggio deve essere eseguito secondo le migliori regole tecniche ed in osservanza al D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare 7 del 21 gennaio 2019, delle leggi e norme antinfortunistiche vigenti nella località interessata. Pur rimanendo l'unico responsabile dei procedimenti e dei mezzi di montaggio, l'appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori il progetto esecutivo e le specifiche di montaggio, completi di dettagliate indicazioni sui mezzi d'opera, che si intendono utilizzare, e degli elementi provvisori e provvisori previsti.

Tolleranze

In generale sia per gli elementi strutturali prefabbricati, che per le membrature e l'insieme delle stesse montate, valgono i criteri esposti nelle norme UNI ENV 1090-1:2008 “Esecuzione di strutture di acciaio - Regole generali e regole per gli edifici”.

In particolare per gli elementi verticali l'eccentricità rispetto alla rettilineità degli elementi verticali non deve superare 1/1000 dell'altezza.

Protezione delle strutture in acciaio

In generale le strutture devono ricevere una prima mano di fondo prima della spedizione. L'operazione deve essere preceduta da un'accurata pulizia dei pezzi, da effettuarsi mediante sabbiatura del grado. La preparazione di fondo deve essere effettuata con trattamento con antiruggine zincante a freddo secondo il ciclo descritto qui di seguito con le seguenti caratteristiche:

- spessore minimo del film 50 micron;
- resistenza ad una temperatura massima di 250 gradi C;
- inalterabilità all'esposizione agli agenti atmosferici esterni in ambiente marino o industriale per almeno 5 mesi prima della sovraverniciatura, garantita da documentazione di prova;
- idoneità ad essere coperto con pitture a base di clorocaucciù, resine alchidiche, resine epossidiche, resine viniliche, resine fenoliche, resine poliuretaniche o vernici intumescenti.

Nell'offerta dovranno essere precisate le caratteristiche del prodotto zincante, dovrà essere indicato quali sono i tipi di pittura che possono essere applicati successivamente, il tipo di preparazione della superficie ed il sistema di applicazione. Saranno eseguiti dei controlli dal Committente sul tipo di prodotto applicato e sulle modalità di esecuzione.

I grigliati elettrosaldati dovranno essere protetti mediante procedimento di zincatura a caldo per immersione.

Dopo il montaggio in opera devono essere eseguiti i necessari ritocchi alla mano di vernice di fondo data in precedenza. La verniciatura in opera deve essere fatta in stagione favorevole, evitando il tempo umido e temperature eccessivamente elevate.

Dopo l'applicazione della mano di fondo devono essere previste le seguenti verniciature:

- mano intermedia a base di resina epossidica, con spessore del film pari a 100 micron;
- eventuale strato intumescente, ove previsto nel progetto, di spessore idoneo a garantire la necessaria resistenza al fuoco indicata negli elaborati progettuali;
- mano finale di spessore 50 micron a base poliuretanica o poliuretanica modificata.

La verniciatura intumescente potrà essere eseguita con materiale proposto dell'Appaltatore, previa comunicazione alla Direzione Lavori con esibizione dei certificati del prodotto proposto, delle relative specifiche tecniche e delle schede di impiego per la validità della certificazione.

Parti annegate nel getto

Le parti destinate ad essere incorporate in getti di conglomerato cementizio non devono essere verniciate, bensì accuratamente sgrassate e sabbiate.

controlli

Controllo delle saldature

Le saldature devono essere controllate a cura dell' Appaltatore con adeguati procedimenti e non devono presentare difetti quale mancanza di penetrazione, depositi di scorie, cricche di lavorazione, mancanza di continuità ecc.

In particolare per gli elementi strutturali composti:

- i giunti di testa devono essere di prima classe secondo D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare 7 del 21 gennaio 2019. e vanno controllati

- almeno al 30% con radiografie;
- le saldature correnti d'angolo dovranno essere controllate per almeno il 10% dello sviluppo totale, secondo metodologie e criteri da concordare con la Direzione Lavori;
 - i controlli eseguiti devono essere contromarcati con punzonature sui pezzi, in modo da consentire la loro identificazione successiva in base alla documentazione da inviare tempestivamente al Committente;
 - il Direttore dei Lavori delle strutture potrà prescrivere laddove lo ritenga necessario ulteriori indagini e controlli. Gli oneri relativi a tali controlli sono a carico dell'impresa esecutrice.

Controllo dimensionale

L'Appaltatore deve eseguire gli opportuni controlli dimensionali sia sui singoli pezzi che sugli elementi premontati.

Controllo del Committente e della Direzione Lavori

Tutti i materiali e le lavorazioni che formano oggetto del contratto di appalto possono essere ispezionati e sottoposti a verifica da parte di un rappresentante del Committente o della Direzione Lavori presso l'Officina costruttrice; l'appaltatore dovrà altresì prestare responsabile assistenza al rappresentante del committente nello svolgimento della sua attività di ispezione e verifica senza che ciò dia diritto a compensi aggiuntivi.

Se alla verifica alcune parti di fornitura risultano difettose o comunque non efficienti, il Committente o la Direzione Lavori hanno il diritto di ottenere la eliminazione dei difetti nel minor tempo possibile, fatto salvo il diritto di respingere la fornitura o di chiedere la riduzione del prezzo.

L'Appaltatore deve notificare alla Direzione Lavori la data di approntamento del materiale da verificare; la verifica da parte della Direzione Lavori avverrà entro 10 giorni dalla notifica.

Strutture in muratura

Gli edifici in oggetto sono realizzati con struttura portante verticale realizzata con sistemi di muratura collegati tra di loro da strutture orizzontali ai piani e da opere di fondazione.

La muratura è un assemblaggio di elementi, artificiali o naturali, disposti con regolarità e collegati tra loro da malta. I sistemi resistenti verticali (pareti) sono costituiti da muri che devono sopportare azioni verticali ed orizzontali.

I muri sono in genere completati da elementi orizzontali nello spessore della muratura di calcestruzzo armato (cordolo). Gli elementi orizzontali possono essere costituiti da solai piani in cemento armato o precompresso o da strutture miste.

approvvigionamento ed accentazione dei materiali

Malte per murature

La malta da muratura deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere dotata di attestato di conformità all'annesso ZA della norma UNI EN 998-2:2004 (Marcatura CE).

Il fabbricante di malta dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto Z.A.1 a) dell'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea UNI EN 998-2/04.

Il sistema di attestazione della conformità delle malte, ai sensi del D.P.R. n. 246/93 regolamento di attuazione della direttiva 83/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione è indicato nella seguente tabella:

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
	usi strutturali	2+
	uso non strutturale	4

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera 3, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del D.P.R. n. 246/93.

Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose. Le calci aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (r.d. 16 novembre 1939, n. 2231, L. 595/65, D.M. 14 gennaio 1966, D.M. 3 giugno 1968, D.M. 31 agosto 1972, D.M. 13 settembre 1993 e s.m.i.).

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione. La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza espressa in N/mm² secondo la seguente tabella. Non è ammesso l'impiego di malte con resistenza inferiore a 1 N/mm².

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm ²	2.5	5.0	10.0	15.0	20.0	d*

* d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm² dichiarata dal produttore.

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 nella UNI EN 1015-11/2007 e nel D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” cap. 11.10.2.

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 D.M. 20 novembre 1987, n. 103.

Elementi per muratura

Gli elementi da utilizzare per costruzioni in muratura portante dovranno essere tali da evitare rotture eccessivamente fragili. A tal fine gli elementi dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- la percentuale volumetrica degli eventuali vuoti non sia superiore al 45% del volume totale del blocco;
- per elementi in laterizio di area lorda A superiore a 580 cm² è ammesso un foro per l'eventuale

alloggiamento di armature, la cui area non superi 70 cm²; non sono soggetti a tale limitazione i fori che verranno comunque interamente riempiti di calcestruzzo;

- per elementi in calcestruzzo: di area lorda A superiore a 580 cm² è ammesso un foro per l'eventuale alloggiamento di armature, la cui area non superi 70 cm²; di area lorda superiori a 700 cm² il limite delle dimensioni dei fori è elevato a 0,1 A; di area lorda superiori a 900 cm² il limite delle dimensioni dei fori è elevato a 0,15 A; non sono soggetti a tali limitazioni i fori che verranno comunque interamente riempiti di calcestruzzo;
- gli eventuali setti disposti parallelamente al piano del muro siano continui e rettilinei; le uniche interruzioni ammesse sono in corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature;
- la resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante (f_{bk}) non sia inferiore a 5 MPa, calcolata sull'area al lordo delle forature;
- la resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante, nel piano di sviluppo della parete, calcolata nello stesso modo, non sia inferiore a 1,5 MPa.

La malta di allettamento dovrà avere resistenza media non inferiore a 5 MPa e i giunti verticali dovranno essere riempiti con malta. L'utilizzo di materiali o tipologie murarie aventi caratteristiche diverse rispetto a quanto sopra specificato deve essere supportato da adeguate prove sperimentali che ne giustifichino l'impiego. Sono ammesse murature realizzate con elementi artificiali o elementi in pietra squadrata.

Gli elementi per muratura portante devono essere in possesso di attestato di conformità alla relativa norma europea armonizzata della serie UNI EN 771-3/05, ai sensi del D.P.R. n. 246/93, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente tabella:

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema Attestazione Conformità
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e	CATEGORIA 1	2+
	CATEGORIA 2	4

leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato pietra agglomerata. UNI EN 771-3/05.		
--	--	--

Il produttore degli elementi per muratura portante dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui alla Tabella 11.9.II., in conformità all'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea della serie UNI EN 771/05.

Resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali

La resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali degli elementi è dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1:2005 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con periodicità di prova almeno annuale.

Resistenza caratteristica a compressione nel piano della muratura e nella direzione ortogonale ai carichi verticali

La determinazione della resistenza caratteristica a compressione nella direzione ortogonale a quella dei carichi verticali nel piano della muratura è dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1:2002 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con periodicità di prova almeno annuale.

MODALITÀ ESECUTIVE

Nelle costruzioni delle murature portanti verrà curata la perfetta esecuzione degli spigoli, delle volte, piattabande ed archi. La costruzione delle murature deve garantire il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia fra le parti di esse avendo particolare cura nell'ammorsamento degli spigoli.

Laddove si utilizzino elementi in laterizio, prima del loro impiego dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata 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 commessure.

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 l'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 commessure 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 profilati con malta idraulica o di cemento, diligentemente compressa e lisciata 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 disotto 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 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 e 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.

Tutti i muri saranno collegati al livello dei solai mediante cordoli e, tra di loro, mediante ammorsamenti lungo le intersezioni verticali. Inoltre essi saranno collegati da opportuni incatenamenti al livello dei solai. Nella direzione di orditura dei solai la funzione di collegamento potrà essere espletata dai solai stessi purché 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.

In corrispondenza dei solai di piano e di copertura i cordoli si realizzeranno generalmente in cemento armato, di larghezza pari ad almeno $\frac{2}{3}$ 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.

Negli incroci a L le barre dovranno ancorarsi nel cordolo ortogonale per almeno 50 diametri; la squadra delle barre dovrà sempre abbracciare l'intero spessore del cordolo.

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 orditura del solaio possono essere omessi gli incatenamenti quando il collegamento è assicurato dal solaio stesso.

In direzione ortogonale al senso di orditura 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 cm^2 per ogni campo di solaio.

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 40 cm;
- muratura di pietra non squadrata 50 cm.

Dispositivi sismici per la dissipazione di energia.

Generalità

La protezione sismica della struttura prevede la posa in opera di dissipatori isteretici assiali ad instabilità impedita per la realizzazione di controventi dissipativi. I diagonali del controvento saranno costituiti da un elemento tubolare in carpenteria metallica e dal dispositivo elastoplastico, collegati tra loro e con il telaio metallico mediante le connessioni a perno e bullonate con fori asolati descritte negli elaborati grafici.

Il dispositivo è costituito da un tubo esterno in acciaio e da un nucleo interno in acciaio separati da un riempimento di calcestruzzo, previa interposizione di uno strato di materiale distaccante allo scopo di impedire la trasmissione di tensioni tangenziali tra i due componenti e permettere al nucleo interno di allungarsi o accorciarsi liberamente dissipando energia.

Requisiti meccanici

Le caratteristiche meccaniche dei singoli dispositivi, descritte dalla forza di snervamento, dallo spostamento ultimo in trazione e compressione, dalla forza ultima e dalla rigidità in campo elastico, sono indicate negli elaborati grafici insieme al loro posizionamento. Le caratteristiche meccaniche devono essere dimostrate mediante le prove di qualifica previste nel DM 17-01-2018 “Norme tecniche per le costruzioni” e sono a carico dell’Appaltatore. I dispositivi sottoposti a qualifica non possono essere messi in opera. Le caratteristiche meccaniche dei dispositivi da mettere in opera dovranno essere effettuate in base alle indicazioni del DM 17-01-2018 “Norme tecniche per le costruzioni” e sono a carico dell’Appaltatore. L’Appaltatore dovrà inoltre dimostrare, mediante relazione tecnica e certificazione dei materiali impiegati, la compatibilità tra la durabilità dei dispositivi e la vita utile di progetto prevista per la struttura. Montaggio

Al termine della realizzazione delle componenti strutturali e delle opere di completamento degli orizzontamenti e della copertura (massetti e pavimentazioni) si provvederà ad allentare i bulloni dei collegamenti asolati e a ritesarli in modo da eliminare le sollecitazioni indotte dalle azioni permanenti durante la costruzione. Le modalità di serraggio ed i controlli saranno effettuati in

coerenza con le indicazioni fornite per la struttura metallica.

Rinforzo strutturale con tessuto in fibra di carbonio.

Fornitura e posa in opera di rinforzo strutturale con applicazione di nastri di fibre di carbonio unidirezionali, bidirezionali o quadriassiale con caratteristiche come da schede tecniche allegate, impregnati con resine epossidiche, da incollarsi direttamente sulla struttura da rinforzare.

L'esecuzione dei lavori prevede le seguenti fasi:

- a) applicazione di primer bicomponente a base di resine epossidiche
- b) livellazione delle superfici mediante stucco epossidico, avente lo scopo di evitare la formazione di vuoti o bolle d'aria che potrebbero pregiudicare l'aderenza del rinforzo al supporto.
- c) stesa del primo strato di resina epossidica bicomponente per incollaggio fibre di rinforzo
- d) applicazione dei nastri di fibre di carbonio e/o ibrido secondo le direttrici di progetto (in base alla specifica funzione strutturale da assolvere),
- e) stesa di un secondo strato di resina epossidica

La temperatura ambiente di utilizzo del materiale non deve essere inferiore a +5°C. Non è consentita l'applicazione in ambienti particolarmente umidi od in presenza di fenomeni di condensa sulle superfici da rinforzare, le quali devono essere completamente asciutte, pulite da polveri o formazioni di sali cristallizzati, muffe e rese idonee alla lavorazione da effettuare.

Lo spessore complessivo di ciascuno strato di rinforzo non dovrà eccedere 1 mm (un millimetro). Sono esclusi dal presente articolo i trattamenti superficiali esterni di finitura, i trattamenti filmogeni.

8. SCHEDE TECNICHE DI RIFERIMENTO

Si rinvia alla relazione sui materiale a cui sono allegate alcune schede tecniche di prodotti e dispositivi utilizzate nella progettazione strutturale.