



COMITATO TECNICO SCIENTIFICO
in materia di rischio sismico
(Delibera GR n. 940 del 6.10.2015)

ANNO 2020 e 2021 - Quesiti esaminati

(estratto dai verbali del comitato)

Indice degli argomenti di carattere generale

1. **QUESITO:** moduli prefabbricati "tipo container" che però hanno funzione Civili
2. **QUESITO:** Fondazioni di un capannone agricolo ad un piano con sistema costruttivo in acciaio con tamponamento in lamiera
3. **QUESITO:** caratteristiche delle murature esistenti
4. **QUESITO:** strutture strategiche e/rilevanti
5. **QUESITO:** interventi di miglioramento e adeguamento sismico su edifici vincolati ai sensi del Dlgs 42/2004
6. **QUESITO -** Strutture in c.a. - NTC § 7.4.1 - Verifiche dei nodi trave-pilastro
7. **QUESITO -** Interventi di placcatura con intonaci rinforzati monolaterali
8. **QUESITO -** Caratterizzazione muratura in terra cruda
9. **QUESITO -** Interventi generalizzati di rinforzo con intonaco armato su edifici in muratura
– Classificazione intervento
10. **QUESITO -** Interventi di placcatura con intonaci rinforzati monolaterali
11. **QUESITO -** Interventi di riabilitazione strutturale di edifici diruti
12. **QUESITO -** Adeguamento sismico di un edificio esistente in c.a. con barre lisce di armatura.



1. QUESITO: moduli prefabbricati "tipo container" che però hanno funzione Civili

Riferimento: p.to 7.2.2. NTC 2018(vedi 7.2.2)

Si pone il quesito su come inquadrare manufatti prefabbricati tipo "container", spesso composti da più moduli assemblati, ad un solo livello, con collegamenti scarsi alla platea di fondazione (semplice appoggio o modesti ritegni a taglio). Tali installazioni possono essere utilizzate per varie attività (commerciali, servizi, ...) in via continuativa, non provvisoria.

Riguardo al collegamento tra tali elementi e la fondazione non pare esservi un esplicito passaggio normativo che ponga il divieto di utilizzare l'attrito fra parte in elevazione e fondazione; in tal senso è ricorrente il caso in cui l'assemblaggio dei moduli avvenga tramite delle semplici cuffie metalliche esterne in prossimità dei pannelli di copertura e semplice appoggio sulla pavimentazione.

Si chiede, pertanto, come si debbano inquadrare tali manufatti all'interno del quadro normativo vigente.

RISPOSTA

In base a quanto possibile desumere dal quesito si rileva che questi manufatti prefabbricati nascono come container, ma ne viene proposto l'impiego per altri scopi, anche come strutture da installare in maniera definitiva e non provvisoria (contrariamente a quanto accade ad esempio per utilizzi nell'ambito di cantieri edili).

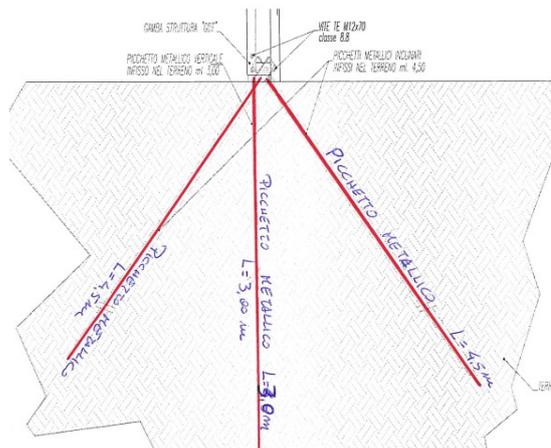
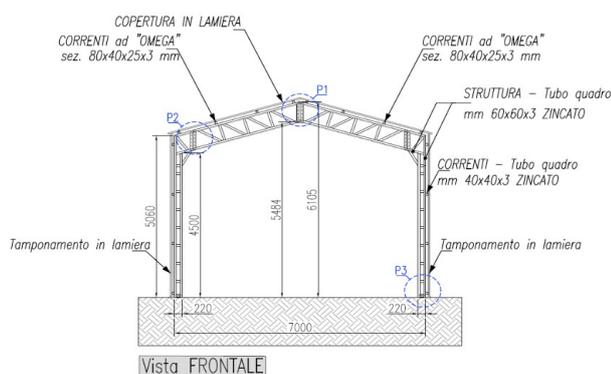
In questi casi, per l'impiego proposto, si ritiene che tali elementi debbano essere assoggettati al deposito del relativo progetto nel rispetto del D.P.R. 380/01 e della L.R. 65/2014 e ss.mm.ii., nonché alle norme tecniche per le costruzioni. Per la struttura in elevazione si dovrà prevedere un adeguato sistema di collegamento alla fondazione.

-----==oooOooo==-----

2. QUESITO: Fondazioni di un capannone agricolo ad un piano con sistema costruttivo in acciaio con tamponamento in lamiera

RIFERIMENTI N.T.C.2018 : Cap.6.:Progettazione geotecnica - §7.2.2: Criteri generali di progettazione dei sistemi strutturali.

Il quesito in esame nasce dall'esigenza di valutare la validità del sistema fondazionale di un capannone in acciaio ad uso agricolo (18 m x 7 m in pianta e 6 m in altezza). Il "vincolo fondazionale" è costituito da pali battuti realizzati con tubi tondi in acciaio (diametro interno 48,3 mm spessore 3 mm L= 4,5 m) collegati ad ogni colonna mediante un innesto a baionetta e bulloni passanti di bloccaggio.



RISPOSTA

Si ritiene che il sistema di vincolo al suolo, pur non essendo, ai sensi del §7.2.2, dotato di una "elevata rigidità estensionale nel piano orizzontale" e di un idoneo collegamento tra i vari elementi di ancoraggio possa essere impiegato nel rispetto dei criteri generali di progetto richiamati al Cap.6 delle NTC 2018 e nella fattispecie di quelli riportati al cap. 6.4.3, tenendo conto degli spostamenti relativi del terreno e dei possibili effetti indotti nella sovrastruttura. Inoltre si ritiene che questa tipologia di collegamento di vincolo al suolo in fondazione debba essere limitata a strutture leggere, modeste e soprattutto in ambito agricolo con presenza occasionale di persone, a patto che tutti gli elementi siano stati verificati nei confronti dell'azione del vento e che il collegamento alla base sia dotato di almeno un elemento di ripartizione tipo piastra, a cui collegare sia il montante, sia i pali, in modo da garantire un'adeguata rigidità estensionale. Il piano di manutenzione dovrà contenere le indicazioni necessarie per il mantenimento delle condizioni iniziali.



3. QUESITO: caratteristiche delle murature esistenti

Sulla scia di alcune pubblicazioni di autorevoli esponenti del mondo scientifico, per la definizione delle caratteristiche delle murature esistenti, viene proposta la possibilità di utilizzare direttamente i parametri derivanti dall'Indice di Qualità Muraria (vedi allegato) invece di fare uso della tabella C.8.5.I. Si chiede se tale assunzione possa essere considerata corretta e coerente con la normativa vigente.



RISPOSTA

In fase di valutazione delle caratteristiche meccaniche delle murature esistenti è possibile fare riferimento alle procedure della metodologia IQM. Tuttavia i valori così determinati devono rientrare tra i valori di riferimenti indicati nella Circolare esplicativa 7/2019 (Tab. C8.5.I)

E' altresì possibile utilizzare l'indice IQM per giustificare l'impiego dei coefficienti correttivi.

Riguardo ai valori desumibili dall'utilizzo dell'Abaco delle murature (www.abacomurature.it) si ricorda che i valori delle tabelle sono stati tarati sulla base dei valori contenuti nella Tab. C8.5.I della Circolare esplicativa 7/2019.

-----==000O000==-----

4 . QUESITO: strutture strategiche e/o rilevanti

Nell'elencazione A) di cui al Decreto del Presidente della giunta Regionale 9 luglio 2009 n°36/R (attualmente sostituita dalla Tab. A della Delibera GRT n. 663/2019) vengono elencati gli *“Edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le attività di protezione civile”*.

Sono altresì considerati *“strategiche”* le *“strutture e infrastrutture specifiche nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza”*.

I suddetti immobili ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui alla Circolare 21/01/2019 n° 7 del C.S.LL.PP., possono ritenersi classificate come costruzioni di classe IV.

Si ponga il caso di edifici e/o opere infrastrutturali non specificatamente individuati nella Tabella sopra richiamata ma ugualmente inseriti nei piani di protezione civile per la gestione di emergenze di tipo NON sismico; in tali casi devono essere ugualmente considerati *“strategici (e quindi in classe d'uso Cu=IV) oppure e sufficiente considerarli come “rilevanti” (e quindi in classe d'uso Cu=III)?*

RISPOSTA

Si fa osservare che le NTC 2018 al par. 2.4.2 *“Classi d'uso”*, individua in classe d'uso IV, tutte le costruzioni con funzioni strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamita, senza specifica distinzione tra le varie calamita. Pertanto si ritiene che se un'opera risulta classificabile come *strategica* all'interno di un piano di protezione civile debba comunque essere considerata in classe IV.

-----==000O000==-----



5 – QUESITO: interventi di miglioramento e adeguamento sismico su edifici vincolati ai sensi del Dlgs 42/2004

Si tratta del restauro di palazzo storico, vincolato ai sensi del D. Lgs. 21 gennaio 2004 n.42, con cambio di destinazione d'uso da residenziale (in prevalenza) a sede di Scuola Universitaria Superiore con realizzazione di alcune aule per una capienza complessiva inferiore a 150 studenti oltre ad uffici amministrativi e studi.

Il § 8.4 delle NTC 2018, “CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI”, al 5° capoverso, prevede espressamente che *"per i beni di interesse culturale ricadenti in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi dell'art. 29 del DLgs 22 gennaio 2004, n.42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza."*

Al §8.4.2 (Intervento di miglioramento) si prevede che, a meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζE debba essere, a seguito degli interventi di miglioramento, non minore di 0,6; mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ζE , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, debba essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel § 8.4.3 (Intervento di adeguamento) si prevede al punto e) che, per apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico, sia necessario l'adeguamento sismico; nello specifico è previsto che si possa assumere $\zeta E \geq 0,8$; non viene tuttavia richiamato il caso degli edifici vincolati.

Nella Direttive del PCM del 09/02/2011 “*Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008*”, al punto 2.2 si prevede che, per i beni culturali tutelati, sia necessario attenersi ad interventi di miglioramento sismico, a riparazioni o a interventi locali. Nell'articolo si prosegue indicando che con il termine miglioramento si intende l'esecuzione di opere in grado di far conseguire all'edificio un maggior grado di sicurezza rispetto alle condizioni attuali, con un livello di protezione sismica non necessariamente uguale a quello previsto per l'adeguamento delle costruzioni.

Tenuto conto di quanto sopra e, nello specifico del caso in questione, si chiede se sia ammissibile intervento di miglioramento sismico con conseguimento di ζE anche inferiore a 0,6.

RISPOSTA

Partendo dal caso proposto si ritiene utile considerare la differenza tra edifici (anche storici o monumentali) che sono classificabili in classe d'uso III in base alla destinazione d'uso corrente rispetto ad altri edifici (anche storici o monumentali) nei quali si preveda di trasferire (con un cambio d'uso e/o destinazione, anche parziale) una funzione riconducibile alla Classe III.

Nel primo caso (edifici già in classe III), richiamato l'ultimo comma del punto 8.4 delle NTC, si ritiene pienamente applicabile quanto previsto al punto 8.4.2, con particolare riferimento, se si tratta di edifici scolastici, al raggiungimento della soglia minima del coefficiente ζE non inferiore a 0,6.

Diversa è la situazione nella quale per un edificio, sottoposto a vincolo storico o monumentale, si intenda cambiare destinazione d'uso, anche parzialmente. In questo caso si presuppone che nella scelta di modificare la destinazione d'uso con il conseguente cambio di classe non sia possibile avvalersi di quanto previsto al punto 8.4. In tal senso, visto anche i concetti espressi al punto 2.2. delle *Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*” si ritiene più opportuno trovare diverse collocazioni per la nuova attività.



Pertanto, in generale e per i casi analoghi, si ritiene attinente quanto previsto espressamente al punto 8.4.3 lettera e) per i quali è richiesto ζE non inferiore a 0,8 oltre a quanto previsto al punto 8.3, comma 1.

-----==OooOoo==-----

6. QUESITO - Strutture in c.a. - NTC § 7.4.1 - Verifiche dei nodi trave-pilastro

Visto l'evidente contrasto tra il punto 7.4.1 delle NTC 2018 secondo il quale:

“Per i nodi trave-pilastro di strutture a comportamento non dissipativo si devono applicare le regole di progetto relative alla CD”B” contenute nel §7.4.4.3”,

ed il punto C7.4.4.3.1 della circolare 21 gennaio 2019 n.7 secondo il quale:

“Le verifiche di resistenza dei nodi indicate nel presente paragrafo si applicano a strutture in CD”A” e, limitatamente ai nodi non interamente confinati, in CD”B”. Esse non si applicano alle strutture non dissipative”,

si chiede se le verifiche dei nodi per strutture in c.a non dissipative debbano comunque essere effettuate nel rispetto del punto 7.4.1 delle NTC 2018 oppure possano non essere effettuate nel rispetto del punto C7.4.4.3.1 della circolare 21 gennaio 2019 n.7.

Qualora tali verifiche debbano essere effettuate, in applicazione a quanto disposto nello stesso punto 7.4.4.3.1 delle NTC2018, ossia *“in virtù di più accurate valutazioni”* e per evitare la disposizione di un quantitativo eccessivo di armatura nei nodi, si chiede se sia possibile ricorrere a studi sperimentali come quello di Kitayama pubblicato nel volume *“Designers’ guide to Eurocode 8”* (di cui si allega un estratto) che limita la quantità di armatura da disporre nei nodi allo 0,4% o altri metodi/studi alternativi.

I riferimenti normativi sono i seguenti:

- NTC 18 punti normativi di riferimento: 4.1.2.3.7 - 7.4.1 - 7.4.4.3 - 7.4.4.3.1 - 7.4.6 - 7.4.6.2.3

- Circolare 7/19 C7.4.4.3 - C7.4.4.3.1 - C7.4.6.2.3 - C8.7.2.2.1 - C8.7.2.3. - C.8.7.2.3.5.

Da una lettura letterale di tali punti di norma si potrebbe dedurre che:

- la verifica del nodo va sempre effettuata, anche per strutture non dissipative;
- per le strutture non dissipative non vi sono regole specifiche sui dettagli costruttivi;
- le verifiche così come riportate al punto 7.4.4.3.1 delle NTC 2018 sono applicabili alle strutture calcolate in CD “A” e CD “B”, ma non alle strutture non dissipative.

Si chiede inoltre se per gli edifici esistenti è comunque necessario verificare i nodi.

RISPOSTA

Si precisa che il problema riguarda esclusivamente i nodi non interamente confinati, nell'ambito delle strutture non dissipative.

La lettura congiunta dei punti della norma e della circolare esplicativa dà effettivamente adito a dubbi interpretativi.



Ipotizzare che per le strutture non dissipative non occorra effettuare la verifica dei nodi risulta particolarmente rischioso, perché, non ricorrendo l'obbligo del rispetto delle regole geometriche e dei minimi di armatura di cui al punto 7.4.6 e successivi, si potrebbero progettare nodi con assenza totale di staffatura.

D'altro canto, è parere di questo CTS, che sia comunque opportuno evitare la disposizione eccessiva di staffature nei nodi al fine di non compromettere il corretto funzionamento degli stessi.

Si ricorda dunque che, a tale fine, il progettista ha la facoltà di variare la geometria degli elementi confluenti nel nodo, di contenere, per quanto possibile, l'armatura nelle travi, e di limitare l'azione di verifica, in applicazione di quanto disposto dal punto 7.2.2 delle NTC 2018, a quella derivante dall'analisi elastica.

E' inoltre ammesso procedere con "metodi più accurati" quali quelli presenti in letteratura, ad esempio con riferimento all'EC, come nel documento citato in appendice.

Tutto ciò premesso e considerata l'essenzialità del progetto dei nodi, indipendentemente dal tipo di comportamento strutturale prescelto, così come anche esplicitato dalla circolare 7/2019 al punto C7.4.4.3, questo CTS è del parere che, qualora non si esegua la verifica con il metodo previsto per le strutture dissipative, in ogni caso, si deve dare continuità alle staffature provenienti dal pilastro (e dalla trave) all'interno del nodo.

Se non si eseguono verifiche più "accurate", sarà opportuno cautelarsi rispettando i criteri di minimo previsti per le strutture dissipative al punto 7.4.6.2.3 garantendo un passo delle staffe non superiore a 15 cm.

Per gli edifici esistenti si precisa che la verifica è necessaria per i nodi non interamente confinati con i metodi suggeriti dalla Circolare al punto C8.7.2.3.5.

-----==OooOoo==-----

7. QUESITO – Interventi di placcatura con intonaci rinforzati monolaterali

Nell'ambito degli interventi connessi con le agevolazioni fiscali per gli interventi strutturali sugli edifici (Sismabonus e Super-sismabonus) stanno emergendo tipologie di intervento particolarmente attente al ridurre l'invasività dell'interno degli edifici stessi, operando dall'esterno anche utilizzando tecniche e materiali innovativi.

A titolo di esempio vengono spesso proposti interventi con reti o fasce in materiale composito o metallico da applicare solo sulle facciate esterne degli edifici.

Nel caso di edifici in c.a. tali interventi, generalmente applicate sulle tamponature perimetrali esterne, possono essere ritenute efficaci al fine di contrastare l'espulsione (totale o parziale) delle tamponature stesse? (vedi C7.3.6.2)

Nel caso di edifici in muratura, l'applicazione di placcature con reti in composito o metalliche solo sulla faccia esterna appare di dubbia validità. La Circolare esplicativa n. 7/19 al punto C8.5.3.1 riporta che "... il consolidamento con intonaco armato non ha alcuna efficacia in assenza di sistematiche connessioni trasversali e la sua efficacia è ridotta quando realizzato su un solo paramento." La possibilità di utilizzare elementi di rinforzo in composito è esplicitamente prevista al paragrafo C8.7.4.1 Al contempo non si danno



ulteriori indicazioni su come debba essere eseguito e come debba essere stimata la riduzione dell'efficacia dell'intervento in riferimento ai coefficienti correttivi di cui alla tabella C8.5.II.

Si chiede se:

- tali interventi eseguiti solo sulla faccia esterna possano essere considerati efficaci;
- quanto possa essere valutata la riduzione del coefficiente correttivo previsto nella tab C8.5.II o se si possa fare riferimento alle indicazioni del produttore, suffragate da campagne sperimentali ufficiali,
- se tali interventi, a volta anche estesi a tutte le facciate esterne degli edifici, possano ancora classificarsi come "interventi locali" (punto 8.4.1 NTC18).

RISPOSTA

Per quanto attiene agli edifici con struttura in c.a., la semplice applicazione di reti o rinforzi superficiali in materiale composito sulla parte esterna non può essere considerata equivalente a quanto esplicitamente previsto al punto C7.3.6.2 della Circolare 7/19 il quale richiede, nel caso di applicazione delle reti, interventi su ambedue le facce delle tamponature.

Si conviene che gli interventi proposti nel quesito possano contribuire, se posti in opera secondo criteri opportuni, a mitigare il rischio di espulsione delle tamponature e/o ridurre la loro fragilità ma al fine di conformarsi pienamente alle prescrizioni normative occorrerà anche valutare la stabilità di tali elementi secondari secondo le indicazioni proposte al punto C7.2.3 della Circolare n. 7/2019, eventualmente tenendo conto degli interventi di rinforzo proposti nel quesito.

Per quanto riguarda gli edifici in muratura portante si ritiene che l'applicazione di rinforzi con intonaci rinforzati in composito, applicati solo sulla parete esterna, possa contribuire ad un migliore comportamento d'insieme dell'edificio riducendo alcuni meccanismi di collasso, specialmente a carico delle facciate. Tuttavia tale riduzione appare di difficile valutazione se non supportata da una campagna estesa di indagini sperimentali.

I valori dei coefficienti correttivi proposti nella tabella C8.5.II per l'intonaco armato sono riferiti a rinforzi con reti elettrosaldate e intonaci cementizi. Valori analoghi per intonaci con reti in materiale composito e malte a base di calce (comunque in linea con le indicazioni del Capitolo 11 delle NTC 18) non sono previsti in normativa ma possono essere adottati quelli derivanti da campagne sperimentali riconosciute e riportate in documenti di comprovata validità.

Come suggerito nel parere di questo CTS n. 46 è necessario che i coefficienti correttivi adottati non superino quelli stabiliti nella tabella stessa.

L'applicazione ad un solo lato della parete del rinforzo strutturale comporterà la necessaria riduzione del coefficiente correttivo in modo da determinare un contributo sui parametri meccanici della muratura ben al di sotto del 50%, simile a quanto previsto per il consolidamento con "ristilatura armata" descritto al punto C8.5.3.1 della Circolare n. 7/2019.

Per poter considerare questi interventi come locali ai sensi del punto 8.4.1 delle NTC 18 il progettista dovrà giustificare, anche tramite considerazioni geometriche, morfologiche e strutturali, che non venga alterato negativamente il comportamento globale dell'edificio.

Stante l'applicazione parziale di tali interventi e salvo casi particolari, si ritiene che non sia facilmente raggiungibile un incremento del livello di sicurezza (Z_E) tale da configurare l'intervento come miglioramento ai sensi del punto 8.4.2 delle NTC 18.

-----==000000==-----

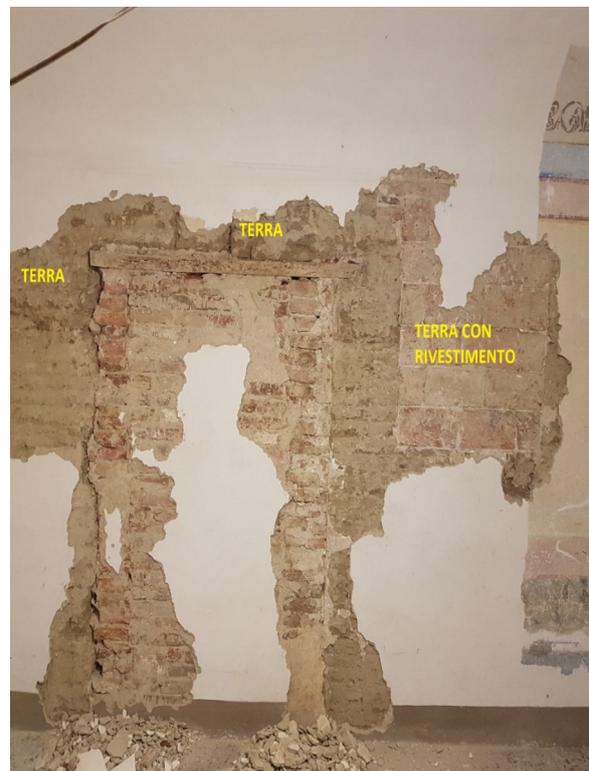


8 – QUESITO - Caratterizzazione muratura in terra cruda

Trattasi di un progetto di ristrutturazione di una porzione di abitato in aggregato in una frazione del Comune di (omissis), classificato sismico zona 3.

L'aggregato è rappresentato da un nucleo centrale originario già presente nel XVIII secolo. Successivamente, negli anni, intorno al nucleo sono stati realizzati molteplici ampliamenti. La struttura del nucleo originario è composta da pareti in terra dello spessore totale di circa 60-65 cm, compreso uno sporadico rivestimento sulle due facce con mattoni posti a coltello o in piano. L'impasto di terra sembra abbastanza consistente; l'agglomerato è impostato su sabbie addensate e non presenta un particolare quadro fessurativo.

Si chiede come caratterizzare con indagini e prove una parete esistente realizzata in terra cruda.



RISPOSTA

Il quesito si argomenta su metodologie costruttive storiche che non hanno una specifica ed estesa bibliografie tecnica finalizzata alla determinazione delle caratteristiche meccaniche, anche se la terra cruda trova, nell'ambito dell'ingegneria naturalistica, delle applicazioni più ricorrenti.

In ambito edilizio, essenzialmente di tipo storico, le pareti in terra cruda sono in genere costituite con materiale argilloso di notevole spessore (nel caso in esame di circa 60 cm) spesso riutilizzando il terreno presente in sito.

Da quanto desumibile dalla descrizione fornita nel quesito relativamente al caso illustrato nonché allo stato di conservazione delle pareti esaminate, la terra cruda ha dimostrato di avere una sufficiente resistenza e



capacità portante, oltre ad avere consentito delle discrete prestazioni energetiche e di salubrità degli ambienti, probabilmente anche a causa del basso e costante livello di umidità.

A questo proposito si evidenzia che uno dei principali elementi di criticità per questo materiale è proprio la sua sensibilità all'acqua, che risulta un elemento fortemente alterante le prestazioni meccaniche.

L'umidità di risalita, nel caso della presenza di falde è da evitare con la massima attenzione; per questo, quando non siano possibili altre soluzioni, è opportuno predisporre delle barriere orizzontali che ne impediscano l'attivazione.

Per quanto attiene la caratterizzazione meccanica delle murature in terra cruda non esistono metodologie standardizzate o codificate. Quello che si può fare, in assenza di un quadro fessurativo apprezzabile e con tutte le approssimazioni del caso, è valutare il livello tensionale dello stato di fatto che, specialmente se ormai storicizzato, è opportuno non alterare, soprattutto con l'introduzione di carichi aggiuntivi.

Ai fini della manutenzione e durabilità è consigliabile accertare l'eventuale presenza di acqua e, se necessario, impedire che la stessa possa alterare le condizioni di conservazione delle pareti in terra anche prevedendo adeguati rivestimenti, ad esempio con calce, nel caso di paramenti esposti verso l'esterno.

-----==oooOooo==-----

9 - QUESITO - Interventi generalizzati di rinforzo con intonaco armato su edifici in muratura – Classificazione intervento

Nel caso di interventi strutturali su edifici esistenti con struttura in muratura, spesso di qualità scarsa, a volte viene proposta l'intera e completa applicazione di intonaci armati bilaterali (generalmente in fibre composite) con l'evidente intento di migliorare le caratteristiche meccaniche proprie della muratura nonché rinforzare i collegamenti tra le varie pareti.

Si chiede se tali interventi, alla luce di quanto previsto al punto 8.4.1 delle NTC18, possano essere classificati anche come intervento locale qualora non si proceda alla valutazione della sicurezza globale sull'edificio.

RISPOSTA

Occorre preliminarmente distinguere tali interventi in funzione della qualità della muratura oltre che della tipologia di intonaco armato che si intende utilizzare.

In presenza di murature a sacco o di scarsa qualità, sia a causa degli elementi lapidei (ad esempio friabili o di forme tondeggianti e/o ridotte dimensioni) oppure di malte molto povere (assenti, polverulente, ...) l'applicazione di intonaci armati ha primariamente la funzione di confinamento finalizzata ad incrementare la capacità portante per carichi verticali. In tali casi sono particolarmente importanti le connessioni trasversali che rendono possibile l'effetto di confinamento tra le due pareti di intonaco armato. Se non è richiesto un importante incremento della resistenza a taglio è opportuno utilizzare intonaci a base di calce e reti in materiale composito che hanno, generalmente spessori contenuti e sono più compatibili con i materiali



naturali già presenti. In questi casi gli interventi di placcatura diffusa possono essere inquadrati anche come intervento locale.

In presenza di murature di buona o discreta qualità l'applicazione di tali tipologie di rinforzo è generalmente più finalizzata all'incremento di resistenza alle azioni taglianti e della rigidità. In questi casi la consistente variazione di rigidità introdotta, oltre che ad un non trascurabile aumento di massa, specialmente nel caso di intonaci armati classici (malta cementizia di elevato spessore e reti elettrosaldate), richiedono una valutazione globale della sicurezza e sono probabilmente riconducibili ad interventi di miglioramento se non di adeguamento.

Più in generale gli interventi di placcatura bilaterale delle murature estesi a tutte le pareti comportano generalmente un irrigidimento della struttura con conseguente riduzione dei periodi propri e, quindi, inducono maggiori accelerazioni spettrali. Al contempo, nel caso si usino intonaci armati tradizionali, si possono verificare notevoli incrementi delle masse permanenti.

A beneficio si registrano notevoli miglioramenti sia per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche delle murature che per il comportamento scatolare d'insieme, con eliminazione dei possibili cinatismi specialmente a carico delle facciate.

Una particolare attenzione dovrà essere posta nel caso di situazioni specifiche (ad esempio strutture miste muratura/c.a, edifici con loggiati, colonnati, fortemente irregolari, ...) che dovranno essere valutate caso per caso.

In conclusione si ritiene che interventi simili possano ancora essere classificabili come locali se l'edificio, nonostante l'incremento di rigidità non sia sottoposto ad azioni inerziali significativamente superiori. Tale valutazione, oltre che per via analitica potrà essere fatta e giustificata in base a considerazioni geometriche, strutturali e morfologiche dell'edificio, nonché in riferimento ai casi particolari sopra richiamati.

-----==000000==-----

10. QUESITO – Interventi di placcatura con intonaci rinforzati monolaterali

Nell'ambito degli interventi connessi con le agevolazioni fiscali per gli interventi strutturali sugli edifici (Sismabonus e Super-sismabonus) stanno emergendo tipologie di intervento particolarmente attente al ridurre l'invasività dell'interno degli edifici stessi, operando dall'esterno anche utilizzando tecniche e materiali innovativi.

A titolo di esempio vengono spesso proposti interventi con reti o fasce in materiale composito o metallico da applicare solo sulle facciate esterne degli edifici.

Nel caso di edifici in c.a. tali interventi, generalmente applicate sulle tamponature perimetrali esterne, possono essere ritenute efficaci al fine di contrastare l'espulsione (totale o parziale) delle tamponature stesse? (vedi C7.3.6.2)

Nel caso di edifici in muratura, l'applicazione di placche con reti in composito o metalliche solo sulla faccia esterna appare di dubbia validità. La Circolare esplicativa n. 7/19 al punto C8.5.3.1 riporta che "... il consolidamento con intonaco armato non ha alcuna efficacia in assenza di sistematiche connessioni



trasversali e la sua efficacia è ridotta quando realizzato su un solo paramento.” La possibilità di utilizzare elementi di rinforzo in composito è esplicitamente prevista al paragrafo C8.7.4.1 Al contempo non si danno ulteriori indicazioni su come debba essere eseguito e come debba essere stimata la riduzione dell’efficacia dell’intervento in riferimento ai coefficienti correttivi di cui alla tabella C8.5.II.

Si chiede se:

- tali interventi eseguiti solo sulla faccia esterna possano essere considerati efficaci;
- quanto possa essere valutata la riduzione del coefficiente correttivo previsto nella tab C8.5.II o se si possa fare riferimento alle indicazioni del produttore, suffragate da campagne sperimentali ufficiali,
- se tali interventi, a volta anche estesi a tutte le facciate esterne degli edifici, possano ancora classificarsi come “interventi locali” (punto 8.4.1 NTC18).

RISPOSTA

Per quanto attiene agli edifici con struttura in c.a., la semplice applicazione di reti o rinforzi superficiali in materiale composito sulla parte esterna non può essere considerata equivalente a quanto esplicitamente previsto al punto C7.3.6.2 della Circolare 7/19 il quale richiede, nel caso di applicazione delle reti, interventi su ambedue le facce delle tamponature.

Si conviene che gli interventi proposti nel quesito possano comunque contribuire positivamente, se posti in opera secondo criteri opportuni, a mitigare sensibilmente il rischio di espulsione delle tamponature verso l’esterno e/o ridurre la loro fragilità.

Per quanto riguarda gli edifici in muratura portante la placcatura eseguita su ambedue le facce della parete consente (in primis) di confinare gli elementi costitutivi della parete stessa ed evitare il fenomeno della disgregazione (specialmente in murature di qualità scadente) oltre che conferire un aumento delle caratteristiche meccaniche e dissipative. La placcatura bilaterale è raccomandata nel punto 8.5.3.1 della Circolare n. 7/2019 § “*Consolidamento con intonaco armato*” dove viene precisato che tale consolidamento “...non ha alcuna efficacia in assenza di sistematiche connessioni trasversali e la sua efficacia è ridotta quando realizzata su un solo paramento”.

Al contempo si ritiene che l’applicazione di rinforzi con intonaci rinforzati in composito, applicati solo sulla parete esterna e opportunamente ancorata con i relativi connettori, possa solo contribuire ad un migliore comportamento d’insieme dell’edificio riducendo parzialmente alcuni meccanismi di collasso, specialmente a carico delle facciate. Tuttavia tale riduzione appare di difficile valutazione se non supportata da una campagna estesa di indagini sperimentali.

Occorre anche tener presente che la riduzione di efficacia della placcatura monolaterale va commisurata principalmente alla tipologia della muratura.

A titolo di esempio, per citare casi estremi:

- a) nel caso di muratura di scarsa qualità (sia come qualità e/o pezzatura degli elementi lapidei) o a “sacco” o con numerose cavità o vuoti interni, la placcatura monolaterale è sostanzialmente priva di efficacia. In questi casi, secondo il sopra citato punto della Circolare, è assolutamente da raccomandare la placcatura bilaterale eventualmente integrata anche con l’esecuzione di iniezioni;
- b) nel caso di muratura ben organizzata (blocchi squadri e/o in laterizio men ammorsati) o malta di buona qualità (dove sia comunque improbabile di disgregazione) la placcatura monolaterale può dare un contributo alla capacità meccanica della parete. Le norme non indicano come valutare tale incremento che pertanto il progettista potrà stimare in base a propri ragionamenti o in base a riferimenti mutuati da altre norme o da letteratura specialistica.



I valori dei coefficienti correttivi proposti nella tabella C8.5.II per l'intonaco armato sono riferiti a rinforzi con reti elettrosaldate e intonaci cementizi. Valori analoghi per intonaci con reti in materiale composito e malte a base di calce (comunque in linea con le indicazioni del Capitolo 11 delle NTC 18) non sono previsti in normativa ma possono essere adottati quelli derivanti da campagne sperimentali riconosciute e riportate in documenti di comprovata validità.

In ogni caso, come suggerito nel parere di questo CTS n. 46, è necessario che i coefficienti correttivi adottati non superino quelli stabiliti nella tabella stessa.

A parere di questo Comitato solo nel caso b), o in quelli ad esso assimilabili, è possibile utilizzare proficuamente l'intonaco armato monolaterale su pareti strutturali in muratura, pur con le necessarie riduzioni di efficacia dovute alla parzialità dell'intervento da valutare indicativamente con una riduzione del coefficiente correttivo proposto dalla Tab. C8.5.II in modo da determinare un contributo sui parametri meccanici della muratura ben al di sotto del 50%.

Per poter considerare questi interventi come locali ai sensi del punto 8.4.1 delle NTC18 il progettista dovrà giustificare, anche tramite considerazioni geometriche, morfologiche e strutturali, che non venga alterato negativamente il comportamento globale dell'edificio.

Stante l'applicazione parziale di tali interventi di rinforzo (monolaterali), generalmente eseguito solo sulle pareti esterne, salvo casi particolari, si ritiene sconsigliabile l'utilizzo di tale tecnica di intervento per conseguire il miglioramento ai sensi del punto 8.4.2 delle NTC18.

11. QUESITO - Interventi di riabilitazione strutturale di edifici diruti

Nel caso si intenda intervenire per la riabilitazione edilizia (comprensiva della ricostruzione di ampie parti strutturali) di un edificio diruto ovvero di una costruzione che presenta importanti e non localizzate parti crollate e al contempo vi sia un vincolo di tutela storica o monumentale che impedisca la demolizione completa e la riedificazione come nuovo edificio, l'intervento è ancora in linea generale inquadrabile all'interno del capitolo 8?

A seguito delle opere di consolidamento e ricostruzione l'intervento può essere classificato anche come *miglioramento* ai sensi del punto 8.4.2?

Oppure risulta necessario conseguire l'adeguamento ai sensi del punto 8.4.3?

E' in ogni caso esclusa la possibilità di classificazione come intervento locale intendendo con esso la fedele ricostruzione delle parti crollate o dirute tese a riconfigurare l'originaria struttura?

RISPOSTA

Gli edifici diruti posso presentarsi in una grande varietà di casistiche. Semplificando molto si possono distinguere i seguenti casi, risultanti da.

- crollo di un singolo componente strutturale (ad esempio della copertura o di alcuni solai). In tali casi se la restante parte dell'edificio non presenta significativi criticità l'intervento consiste nella semplice ricostruzione dell'elemento crollato ed è classificabile come intervento locale se ricorrono i requisiti previsti dal punto 8.4.1 delle NTC. E' comunque opportuna una valutazione di insieme della costruzione tesa anche ad accertare le cause del crollo che, in questo caso, non devono essere imputabili a problematiche che interessino altre parti della struttura. Altrimenti occorrerà procedere alla valutazione globale della sicurezza come prevista al punto 8.3 delle NTC.



- crollo o grave ammaloramento di porzioni significative dell'edificio che coinvolgono generalmente anche pareti, volte, pilastri... Anche in questi casi, nell'ipotesi che non sia possibile procedere alla completa demolizione e ricostruzione, l'intervento è riferibile al Capitolo 8 delle NTC. Per le parti sostituite o ricostruite si terrà conto del secondo capoverso del punto 8.6. delle NTC. L'intervento potrà essere classificato come intervento di miglioramento sismico comprensivo del soddisfacimento delle verifiche per le azioni non sismiche per tutti gli elementi strutturali della costruzione (sia nuovi che consolidati) con il raggiungimento di un livello di sicurezza sismico z_E anche inferiore a 0,8.
- crolli generalizzati e/o deperimento diffuso della costruzione che comporti la ricostruzione interessando la maggior parte delle strutture portanti verticali. In questi casi, restando marginali le parti originarie mantenute, l'intervento potrà essere classificato come *nuova costruzione* o, in casi da valutarsi caso per caso, come *adeguamento sismico* (NTC 2018 punto 8.4.3 lett. d), tenuto conto di quanto eventualmente indicato dall'autorità di tutela del vincolo e nel rispetto dell'ultimo comma del punto 8.4 delle NTC 2018.

-----==oooOooo==-----

12 -QUESITO - Adeguamento sismico di un edificio esistente in c.a. con barre lisce di armatura.

RIFERIMENTI NORMATIVI: N.T.C. 2018, punto 4.1.2.3.4.1 (Ipotesi di base);

Nel caso di un edificio esistente in c.a. realizzato con l'adozione di barre lisce per c.a., nell'ipotesi che alle estremità delle barre ci siano dei ganci ad uncino, come si deve tenere conto della minore aderenza acciaio-calcestruzzo rispetto allo stesso edificio nel caso di barre ad aderenza migliorata?

In letteratura si trovano sperimentazioni interessanti nelle quali viene dimostrato che l'aderenza acciaio-calcestruzzo in barre di armatura liscia dipende quasi unicamente dalla presenza di uncini alle estremità. In sintesi, viene evidenziato che c'è una notevole differenza fra la tensione di aderenza in barre piegate alle estremità e la tensione di aderenza in barre dritte senza piegatura.

Questa differenza può essere quantificata nel valore della tensione equivalente di aderenza che è un multiplo del valore della tensione di aderenza normale per barre lisce e può comunque applicarsi a qualunque modellazione ad elementi finiti in maniera attendibile. Analogamente, sempre riferendosi a barre lisce con uncini, si può tenere conto in modo diverso della tensione di aderenza, come vedremo di seguito. Si ipotizza ragionevolmente di avere sempre a che fare con barre lisce con uncini alle estremità, essendo essi previsti fin dal Regio Decreto Legge del 4 settembre 1927, capo VI, art. 35.

Ipotesi a)

Se ne può tenere conto, nella modellazione globale, assegnando la tensione equivalente $\tau_{eq} = 2.4\tau_d$ ad una barra liscia di lunghezza L equivalente alla lunghezza effettiva dell'uncino, per ogni uncino presente alle estremità degli elementi travi e pilastri.

La teoria di seguito formulata ha validità generale, purché il legame di aderenza acciaio-calcestruzzo sia di tipo rigido-plastico, plausibile solo nel caso di barre lisce e l'uncino abbia un raggio di curvatura non



inferiore a 5D (normativa italiana) con un prolungamento oltre l'uncino di una lunghezza 3D, dove D è il diametro della barra.

Definendo:

τ_d = tensione normale di aderenza per barre lisce rettilinee

e

f_c = coefficiente d'attrito fra barra e conglomerato, assumendo un $f_c = 0.4$ (valore medio), si ottiene:

$$\frac{\tau_{eq}}{\tau_d} = 2.40$$

Pertanto si deduce che la **tensione equivalente** di aderenza per barre lisce curve è pari alla tensione per barre dritte moltiplicata per **2.40**, ovvero l'uncino ha un comportamento equivalente a quello di una barra rettilinea avente stessa lunghezza, stesso diametro, ma tensione di aderenza pari a 2.40 volte la tensione tangenziale di aderenza della barra senza piegatura.

Ulteriori dettagli sono di seguito forniti.

Nella tabella seguente sono riportati i valori della tensione ultima di aderenza in ambito di applicazione del D.M. 96, confrontati con quelli proposti dall'EC2:

Tabella 2.1 Valori di calcolo di f_{bd} in N/mm^2 secondo D.M. 96 [3] e EC2 [1]

f_{ck}		12	16	20	25	30	35	40	45	50
R_{ck}		15	20	25	30	37	45	50	55	60
Barre lisce	EC2	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
	D.M. 96	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5
Barre ad aderenza migliorata	EC2 $\varnothing \leq 32$ mm	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,0
	D.M. 96	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,4	3,6	3,8	4,1

dove:

f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica del cls;

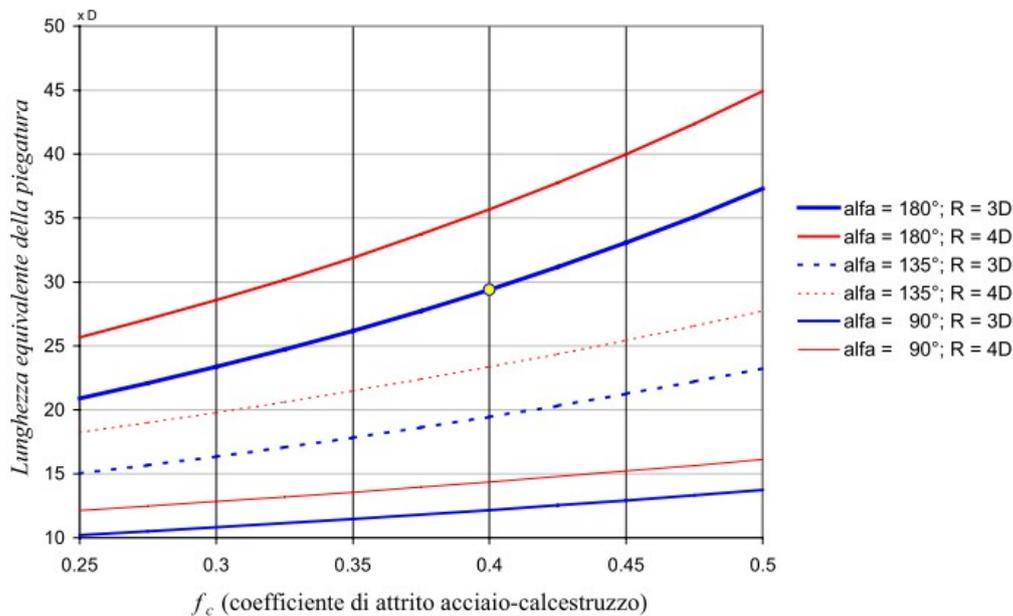
R_{ck} = resistenza cubica caratteristica del cls.

Si può considerare, per semplicità, un valore della tensione normale di aderenza τ_d pari al valore della tensione ultima di aderenza f_{bd} (è la tensione di aderenza per la quale non si debbano verificare spostamenti relativi significativi dell'acciaio rispetto al calcestruzzo sotto i carichi di esercizio e vi sia adeguato margine di sicurezza nei confronti della rottura dell'aderenza).



Ipotesi b)

Se ne può tenere conto facendo riferimento alla Tabella seguente e tenendo conto del valore del coefficiente di attrito fra calcestruzzo e barra di acciaio $\mu_r = 0.40$ (= f_c della Tabella).



dalla figura precedente (vedi bibliografia punto 1)) si evince che la lunghezza equivalente della barra curva cresce esponenzialmente all'aumentare del raggio di curvatura e in funzione del tipo di piegatura dell'uncino. Fissando la tensione di aderenza normale τ_d e per un $\mu_r=0.4$, si può vedere che la lunghezza equivalente della piegatura è pari a quella di una barra dritta avente lunghezza di circa 30D, a titolo di esempio per angolo di curvatura $\alpha = 180^\circ$ e raggio di curvatura $R=3D$.

I risultati ottenuti dalle sperimentazioni sopra sinteticamente esposte dimostrano che il problema dell'aderenza può essere generalizzato a qualunque tipo di barra liscia e che la modellazione ad elementi finiti può, in questi modi proposti, risultare accurata.

Bibliografia di riferimento

- "Modellazione dell'aderenza nei meccanismi di risposta di nodi trave-pilastro in c.a. in presenza di armature lisce"

F. Braga

Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'ingegneria, Università La Sapienza Roma, Italy

G. De Carlo, R. Gigliotti, M. Laterza



REGIONE TOSCANA
Giunta Regionale

Direzione Ambiente ed Energia

Settore Sismica

Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'ingegneria, Università della Basilicata, Potenza, Italy

X Congresso Nazionale "L'ingegneria Sismica in Italia", Potenza-Matera 9-13 settembre 2001.

- "L'influenza della qualità dell'acciaio sulla risposta sismica di telai in c.a. progettati per carichi verticali"
Tesi di Laurea, Università degli Studi Federico II di Napoli, Facoltà di Ingegneria, Arnaldo Stella.

- Metodi di calcolo per l'analisi della sicurezza sismica di edifici in c.a.
Biagio Pisano – Ingegnere, analista STACEC s.r.l.

- Corso di aggiornamento professionale "Vulnerabilità Sismica ed Adeguamento di Costruzioni Esistenti in Calcestruzzo Armato" - 2013
Prof. Ing. Rosario Gigliotti, Università La Sapienza di Roma.

- "La valutazione della capacità delle strutture esistenti secondo le NTC 2008"
Prof. Ing. Liborio Cavaleri - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale, dei Materiali – Università di Palermo.

-----oooOooo-----

Documento approvato definitivamente nella seduta del 3 maggio 2022