



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

ANNO 2023 - Quesiti esaminati

(estratto dai verbali del comitato)

Indice degli argomenti di carattere generale

1. **QUESITO:** Metodologie di calcolo per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera
2. **QUESITO:** Valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera per il ricalcolo di strutture non ultimate che non abbiano soddisfatto i controlli di accettazione
3. **QUESITO:** Assunzione del parametro γ_M per le condizioni di verifica statica delle strutture in muratura esistenti
4. **QUESITO:** Verifiche sulle fondazioni di costruzioni esistenti nel caso di interventi di miglioramento e di adeguamento ai sensi del § 8.4.2 e 8.4.3 delle NTC 2018
5. **QUESITO:** Magrone di fondazione
6. **QUESITO** – Interventi di miglioramento ai sensi del § 8.4.2 delle NTC 2018- Condizioni di verifica post-intervento



1. QUESITO - Metodologie di calcolo per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera.

Visto che nella valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera le NTC 18, per la valutazione della resistenza del calcestruzzo in opera al punto 11.2.6 del capitolo 11 prescrive espressamente che:

“La resistenza caratteristica in situ va calcolata secondo quanto previsto nella norma UNI EN 13791:2008, ai §§ 7.3.2 e 7.3.3, considerando l’approccio B se il numero di carote è minore di 15, oppure l’approccio A se il numero di carote è non minore di 15, in accordo alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.”

Visto che anche la CIRCOLARE 7/2019 al punto C11.2.6 ribadisce che:

“Sotto il profilo operativo, effettuato il prelievo di un determinato numero di carote ed eseguita sulle stesse la prova di compressione con le procedure previste, si determina il valore caratteristico della resistenza strutturale cilindrica in situ, definita come f_{ck} . A tale riguardo, le norme prevedono che la resistenza caratteristica in situ va calcolata in accordo alle Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, edizione 2017, nonché secondo quanto previsto nella norma UNI EN 13791:2008 (§§ 7.3.2 e 7.3.3).”

Considerato che, la norma UNI EN 13791 richiamata all’interno delle NTC18 nella versione 2008 ha visto una nuova riedizione nel settembre 2019 (successiva sia alle stesse NTC18 che alla CIRCOLARE n. 7/2019);

si richiede se possa essere adottata la norma UNI EN 13791:2019 per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera anche qualora i risultati derivanti dall’applicazione della suddetta norma dovessero portare valori di resistenza superiori rispetto alla versione 2008.

Questo infatti, nell’eventuale ricalcolo di una parte di struttura i cui controlli d’accettazione eseguiti secondo il punto 11.2.5 del D.M. 17/01/2018 dovessero non aver dato esito positivo, comporterebbe il raggiungimento di livelli di sicurezza inferiori e quindi in contrasto con quanto espressamente previsto al capitolo 12 delle NTC18 che prevede che sia *“responsabilità del progettista garantire espressamente livelli di sicurezza coerenti con quelli delle presenti Norme tecniche”*.

RISPOSTA

Il capitolo 12 delle NTC 2018 individua i documenti che costituiscono il “riferimento tecnico” per quanto non diversamente specificato nella medesima norma e relativa circolare applicativa.

Tra i documenti tecnici ritenuti coerenti con i principi base della norma NTC 2018 sussistono chiaramente le Norme per prove su materiali e prodotti pubblicate da UNI e tra esse, in particolare, le Norme UNI EN.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per il tramite del Servizio Tecnico Centrale, predispone e pubblica, sentiti il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e l’Ente Italiano di Normazione (UNI), l’elenco dei documenti che costituiscono riferimento tecnico per le norme tecniche per le costruzioni ai sensi del capito 12.

Con analoga procedura sono anche predisposti e pubblicati gli aggiornamenti periodici a tale elenco, nonché gli aggiornamenti degli elenchi delle specifiche tecniche volontarie UNI, EN e ISO richiamate nella presente norma.



Tuttavia, nel caso in esame, il richiamo al Capitolo 12 delle NTC2018 è improprio, perchè la normativa da considerare è espressamente indicata: UNI EN 13791 edizione 2008.

Affinchè si possa utilizzare la norma UNI EN 13791 edizione 2019, è necessario che essa sia inclusa nell'elenco degli aggiornamenti predisposto e pubblicato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, come previsto dall'ultimo capoverso del Capitolo 12.

Al momento pertanto la versione 2019 non può essere utilizzata.

Per quanto riguarda le valutazioni di sicurezza, esse debbono essere effettuate in accordo con le Norme in vigore all'atto delle valutazioni stesse o, ove consentito per le costruzioni esistenti, con quelle vigenti all'epoca della costruzione. Come specificamente previsto (cfr. §2.1 della Circolare), infatti, per le "a) costruzioni soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme previgenti per azioni ambientali non sismiche, nelle quali i livelli di sicurezza si riducano al disotto dei limiti ammessi per effetto di modifiche normative dei valori delle azioni (quali, ad esempio, aumento del carico neve, modifica dell'azione del vento ecc.) o delle modalità di verifica (es: valutazione del taglio resistente negli elementi strutturali di c.a., ecc.) (...), se il livello di sicurezza attuale può essere considerato accettabile, non è necessario intervenire".

-----ooOoo-----

2. QUESITO - Valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera per il ricalcolo di strutture non ultimate che non abbiano soddisfatto i controlli di accettazione.

Le NTC18 al punto 11.2.5.3 prevede che:

“L’opera o la parte di opera realizzata con il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente risolta.

Il costruttore deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l’impiego di altri mezzi d’indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel successivo § 11.2.6.

Qualora i suddetti controlli confermino la non conformità del calcestruzzo, si deve procedere, sentito il progettista, ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Qualora non fosse possibile effettuare la suddetta verifica delle caratteristiche del calcestruzzo, oppure i risultati del controllo teorico e/o sperimentale non risultassero soddisfacenti, si può: conservare l’opera o parte di essa per un uso compatibile con le diminuite caratteristiche prestazionali accertate, eseguire lavori di consolidamento oppure demolire l’opera o parte di essa.”

Pertanto, qualora nel corso della realizzazione di una struttura i controlli di accettazione di cui al §11.2.5 ed i successivi controlli d'accettazione eseguiti mediante il controllo della resistenza del calcestruzzo in opera di cui al 11.2.6 del medesimo decreto non dessero esito positivo, la norma impone un ricalcolo della struttura con l'adozione di valori di "resistenze ridotte".

1. Si richiede pertanto se le "resistenze ridotte" per il ricalcolo della struttura indicate dalla norma siano le resistenze del calcestruzzo in opera valutate come indicato al punto 11.2.6 delle NTC18 ed al punto C11.2.6 della CIRCOLARE 7/19 ($R_{c,ridotta} = R_{c,opera}$), oppure è da ritenere ammissibile l'adozione di un valore della resistenza ridotta incrementato del



coefficiente $1/0,85$ ($R_{ck-ridotta} = R_{ck-opera}/0,85$) dato che al punto 11.2.6 delle NTC18 prevede per l'accettazione del calcestruzzo che:

“Il valore caratteristico della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza caratteristica in situ, R_{ckis} o f_{ckis}) è in genere minore del valore della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto R_{ck} o f_{ck} . Per i soli aspetti relativi alla sicurezza strutturale e senza pregiudizio circa eventuali carenze di durabilità, è accettabile un valore caratteristico della resistenza in situ non inferiore all'85% della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto”.

2) Inoltre, dato che al §11.2.10.3 la relazione enunciata evidenzia una certa proporzionalità tra la resistenza a compressione f_{cm} ed il modulo elastico E_{cm}

“Per modulo elastico istantaneo del calcestruzzo va assunto quello secante tra la tensione nulla e $0,40 f_{cm}$, determinato sulla base di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI EN 12390-13:2013. In sede di progettazione si può assumere il valore:

$$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]0,3 [N/mm^2]$$

che dovrà essere ridotto del 20% in caso di utilizzo di aggregati grossi di riciclo nei limiti previsti dalla Tab. 11.2.III. Tale formula non è applicabile ai calcestruzzi maturati a vapore. Essa non è da considerarsi vincolante nell'interpretazione dei controlli sperimentali delle strutture”.

si richiede se la ripetizione delle verifiche indicate al 11.2.5.3 debba essere condotta modificando anche i moduli elastici con possibile diversa redistribuzione delle sollecitazioni agenti.

Infine si richiede se, il controllo teorico della sicurezza di una struttura con caratteristiche del calcestruzzo inferiori a quelle di progetto e pertanto non accettabili, debba essere condotto anche in termini di SLE (deformazione, fessurazione, tensione di esercizio) dato che i valori limite di tali verifiche dipendono direttamente dalla resistenza del calcestruzzo.

RISPOSTA

Il paragrafo 11.2.6 prevede che in alcuni casi si debba far ricorso ad una valutazione della Resistenza caratteristica del calcestruzzo in opera.

Per i soli aspetti relativi alla valutazione della sicurezza strutturale e senza pregiudizio per quanto invece attiene alla durabilità degli elementi strutturali interessati, la norma ritiene che il valore della Resistenza caratteristica del calcestruzzo in opera non possa essere inferiore all'85% della Resistenza caratteristica assunta in fase di progetto.

Viene individuato un limite inferiore per l'accettabilità della riduzione della Resistenza valutata in opera rispetto a quella indicata nelle specifiche di progetto. Solamente nel caso in cui la resistenza caratteristica in opera risulti non inferiore al valore della resistenza caratteristica di progetto moltiplicata per 0,85 risulterà possibile procedere ad una rivalutazione della sicurezza della struttura: in caso contrario si dovrà necessariamente procedere all'individuazione dettagliata degli elementi strutturali coinvolti dal materiale non rispondente ai requisiti progettuali e provvedere ai necessari interventi di consolidamento e/o demolizione e ricostruzione.

Non si ritiene coerente con l'articolato normativo la seconda possibilità di interpretazione sviluppata dal professionista che ha proposto il quesito, in base alla quale l'adozione di un valore della resistenza ridotta venga incrementato del coefficiente $1/0,85$ ($R_{ck-ridotta} = R_{ck-opera}/0,85$).

Si segnala anche che nella valutazione della resistenza del calcestruzzo in opera, il progettista deve valutare attentamente la coerenza dei risultati ottenuti sulle carote, controllando che i risultati ottenuti appartengano a una popolazione omogenea, eventualmente trattando separatamente i campioni che risultino estranei alla popolazione.



Una possibile metodologia operativa si articola come segue:

1. si determinano i valori delle resistenze sperimentali su carota;
2. i risultati delle singole prove si correggono col fattore di disturbo, che dipende dalla resistenza del provino, e si dividono per 0,85 per ottenere la resistenza in opera;
3. si calcola la resistenza media in opera R_{cm} e si valuta il range di accettabilità dei risultati, che è dato dall'intervallo $I=[R_{cm} - 2\sigma ; R_{cm} + 2\sigma]$. Lo scarto quadratico medio σ , che dipende dalla resistenza media del calcestruzzo, può essere dedotto dalla letteratura consolidata.
4. se le resistenze dei provini appartengono tutte all'intervallo I si procede alla valutazione della resistenza caratteristica, in caso contrario, si passa ai punti 5.
5. si determina la resistenza caratteristica considerando i soli campioni appartenenti a I , mentre i campioni non appartenenti a I saranno considerati "anomali". Gli elementi e le zone interessate dai campioni anomali dovranno essere oggetto di specifiche valutazioni.

Ovviamente le valutazioni del progettista terranno conto di quali e quanti elementi siano stati indagati e della loro distribuzione, delle modalità di indagine e dell'omogeneità dei risultati, ottenuti anche con tecniche non distruttive, al fine di raggiungere il maggior grado di attendibilità a della valutazione della sicurezza strutturale.

Per quanto riguarda invece il punto 2) del quesito, si rileva anzitutto come il legame tra il modulo elastico e i valori di resistenza caratteristica fornito dalla relazione citata al paragrafo 11.2.10.3 costituisca in effetti un legame grossolano, la cui applicazione diretta ai fini delle verifiche riguardanti il controllo teorico della sicurezza di una struttura con caratteristiche del calcestruzzo inferiori a quelle di progetto potrebbe portare ad interpretazioni scarsamente significative e fuorvianti.

-----ooOoo-----

3. QUESITO - Assunzione del parametro γ_M per la condizione di verifica statica delle strutture in muratura esistenti.

Il cap. C.8.7.1 Costruzioni in muratura della Circolare 7/2019 recita:

“Per gli edifici in muratura, le verifiche nei riguardi di tutte le azioni, ad esclusione di quelle sismiche sono eseguite utilizzando i coefficienti γ_M definiti in Tab. 4.5.II in § 4.5.6.1 delle NTC; le verifiche nei riguardi delle azioni sismiche sono eseguite utilizzando $\gamma_M= 2$ ”

Al contempo il cap. 4.5.6.1 Resistenze di progetto:

[...]

L'attribuzione delle Classi di esecuzione 1 e 2 viene effettuata adottando quanto di seguito indicato.

In ogni caso occorre (Classe 2):

- *disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, dipendente dell'impresa esecutrice, per la supervisione del lavoro (capocantiere);*
- *disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, indipendente dall'impresa esecutrice, per il controllo ispettivo del lavoro (direttore dei lavori).*

La Classe 1 è attribuita qualora siano previsti, oltre ai controlli di cui sopra, le seguenti operazioni di controllo:

- *controllo e valutazione in loco delle proprietà della malta e del calcestruzzo;*



- *dosaggio dei componenti della malta “a volume” con l’uso di opportuni contenitori di misura e controllo delle operazioni di miscelazione o uso di malta premiscelata certificata dal produttore.*

Pertanto, in riferimento alle costruzioni esistenti in muratura per la condizione di carico statica si chiede quale coefficiente di sicurezza sui materiali (γ_M) debba essere adottato.

Risposta

La circolare al cap. c.8.7.1 per la definizione del γ_M rimanda alla tabella 4.5.II in § 4.5.6.1 delle NTC, che definisce i valori dei coefficienti del materiale utilizzato per scalare le resistenze caratteristiche delle murature di nuova esecuzione.

Il riferimento alle murature di nuova esecuzione risulta palese dalla lettura della stessa tabella che condiziona l’assunzione del coefficiente γ_M alla categoria di resistenza degli elementi costituenti la muratura, alla tipologia di malta, oltre alla classe di esecuzione della muratura. Appare evidente che la definizione dei tre fattori determinanti la scelta sia possibile solo nel caso di esecuzione di murature nuove, e sia viceversa di impossibile definizione nel caso di murature esistenti (si pensi ad esempio alla definizione della classe d’esecuzione legata alle vicende di cantiere delle quali per un edificio esistente non se ne ha traccia).

Occorre comunque rilevare che analisi di affidabilità condotte su edifici in muratura giustificano l’assunzione di coefficienti $\gamma_M < 3$ anche per carichi statici ⁽¹⁾. Pertanto, ove siano disponibili specifici dati sperimentali, è possibile utilizzare valori di γ_M minori di 3:

- nel caso in cui siano disponibili misure sperimentali che consentano di ricavare la resistenza in situ della malta, è possibile adottare valori di γ_M ridotti fino a $\gamma_M = 2.5$ in tutte le zone della costruzione caratterizzate da murature riconducibili a quelle indagate sperimentalmente, sia per composizione, sia per tessitura, sia per caratteristiche della malta;
- nel caso in cui siano disponibili misure sperimentali che consentano di ricavare la resistenza in situ della muratura, per es. martinetti piatti doppi, integrate da tecniche di aggiornamento quali, per esempio quella indicata al §8.5.4.1 della Circolare, sulla base di dati di letteratura ⁽²⁾ è possibile adottare valori di γ_M ridotti fino a $\gamma_M = 2.0$ in tutte le zone della costruzione caratterizzate da murature riconducibili a quelle indagate sperimentalmente, sia per composizione, sia per tessitura, sia per caratteristiche della malta.

Si segnala, infine, poiché nelle NTC2018 la resistenza di progetto dei pannelli murari per carichi verticali dipende dal coefficiente riduttivo ϕ che è funzione della snellezza del muro, λ , e dal coefficiente di eccentricità dei carichi, m , che nella norma sono determinati con approccio cautelativo, valutazioni più accurate di λ e m , per es. considerando le effettive condizioni di vincolo del pannello, conducono a valutazioni più realistiche della resistenza di progetto.

-----ooOoo-----

¹ Croce, P., Beconcini, M.L., Formichi, P., Landi, F., Puccini, B., Zotti, V., Evaluation of Partial Safety Factors for the Structural Assessment of Existing Masonry Buildings, *18th International Probabilistic Workshop, Lecture Notes in Civil Engineering 153*, Springer Nature Switzerland, 2021. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73616-3_25

² Croce, P., Beconcini, M.L., Formichi, P., Landi, F., Puccini, B., Zotti, V., Bayesian methodology for probabilistic description of mechanical parameters of masonry walls. *ASCE-ASME J. Risk Uncertainty Eng. Syst., Part A: Civ. Eng.*, 2021, 7(2): 04021008. Doi: <https://dx.doi.org/10.1061/AJRUA6.0001110>



4. QUESITO - Verifiche sulle fondazioni di costruzioni esistenti nel caso di interventi di Miglioramento e di adeguamento ai sensi del § 8.4.2 e § 8.4.3 delle NTC 2018

Il cap. 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA delle NTC18 recita:

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa.

[.....]

Qualora sia necessario effettuare la valutazione della sicurezza della costruzione, la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:

- *nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato;*
- *siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;*
- *siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.*

Allo scopo di verificare la sussistenza delle predette condizioni, si farà riferimento alla documentazione disponibile e si potrà omettere di svolgere indagini specifiche solo qualora, a giudizio esplicitamente motivato del professionista incaricato, sul volume di terreno significativo e sulle fondazioni sussistano elementi di conoscenza sufficienti per effettuare le valutazioni precedenti.

Al contempo il cap. c.8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA dispone che:

Nella valutazione della sicurezza delle costruzioni esistenti va vagliata l'opportunità di procedere ad una verifica della stabilità geomorfologica del sito e del sistema terreno-fondazione, ferma restando l'obbligatorietà di quest'ultima verifica al ricorrere anche di una sola delle condizioni elencate al § 8.3 delle NTC. Nella relazione indicata dalla norma, il tecnico dovrà esplicitare che non sussistono le condizioni indicate al § 8.3 delle NTC tenendo ovviamente conto anche della gravità del dissesto (in atto o prodottosi in passato).

e il cap. 8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI:

Per gli interventi di miglioramento e di adeguamento l'esclusione di provvedimenti in fondazione dovrà essere in tutti i casi motivata esplicitamente dal progettista, attraverso una verifica di idoneità del sistema di fondazione in base ai criteri indicati nel §8.3.

Qualora l'intervento preveda l'inserimento di nuovi elementi che richiedano apposite fondazioni, queste ultime dovranno essere verificate con i criteri generali di cui ai precedenti Capitoli 6 e 7, così come richiesto per le nuove costruzioni.

si chiede:

- a) cosa si intenda per "verifica del sistema di fondazione"



- b) se per gli interventi di miglioramento e di adeguamento che non prevedono interventi in fondazione, le “*verifiche del sistema di fondazione*” siano necessarie

RISPOSTA

Per rispondere al quesito a) occorre premettere innanzitutto che, come indicato al §8.3 la “valutazione della sicurezza” di un edificio (o più in generale di una costruzione) è un “*procedimento quantitativo volto a determinare l'entità delle azioni [statiche, pseudostatiche e sismiche] che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa*”.

E' evidente che la valutazione della sicurezza della costruzione non può prescindere dalla verifica del sistema di fondazione (STR e GEO) e che il valore della capacità ultima potrebbe essere limitato proprio dal risultato delle verifiche di sicurezza delle fondazioni.

Pertanto è necessario che il sistema di fondazione, ovviamente da ritenersi parte integrante dell'edificio, debba quanto meno essere indagato con saggi specifici finalizzati ad appurare almeno la tipologia, la geometria, la quota di posa sul terreno, i materiali costituenti e le proprietà meccaniche sia dei materiali che dei terreni.

Naturalmente il livello delle indagini da eseguire sarà in relazione al livello di conoscenza che si vuole raggiungere, all'importanza della costruzione ed al tipo di intervento che si intende effettuare (intervento locale, miglioramento limitato $\zeta_E \geq 0,1$ di incremento per la combinazione sismica, miglioramento rafforzato $\zeta_E \geq 0,6$ per la combinazione sismica per gli edifici di classe III ad uso scolastico e in classe IV, adeguamento). In merito alle caratteristiche meccaniche dei materiali delle strutture di fondazione si può ritenere sufficiente l'utilizzo di dati cautelativi minimi (ad es. i minimi previsti dalla normativa dell'epoca di realizzazione, o quelli derivanti da un progetto simulato) senza l'esecuzione di specifiche indagini, che viceversa si ritengono necessarie se sono utilizzati valori più elevati delle caratteristiche meccaniche dei materiali. Analogamente il terreno dovrà essere sufficientemente indagato al fine di fornire una valutazione circa eventuali problematiche di natura geotecnica

Una volta avuto il quadro dello stato di fatto come sopra esposto, nel caso in cui siano da prevedere interventi in fondazione, sia per evidenti vulnerabilità del sistema di fondazione che nel caso di modifiche (ad es. inserimento di nuovi elementi di fondazione), si ritiene che l'intero sistema fondale allo stato di progetto debba soddisfare le verifiche di sicurezza (STR) e (GEO).

Nel caso in cui le risultanze dell'esame del quadro conoscitivo del sistema di fondazione, possano escludere provvedimenti in fondazione, dovrà essere comunque motivata dal progettista l'esclusione degli interventi attraverso una verifica sommaria di idoneità del sistema di fondazione (cfr. cap. 8.4) secondo i criteri indicati al §8.3. Tale verifica di idoneità tenderà ad evidenziare che i tassi di lavoro del sistema siano compatibili con le resistenze attese, e potrà fare riferimento, ad esempio, all'elemento più sollecitato nella condizione di carico più gravosa (generalmente la condizione statica). In particolare, trattandosi di edificio esistente, potrà anche essere riferita a combinazioni di carico con coefficienti di amplificazione delle azioni ridotti (ad es. combinazione caratteristica). Inoltre la verifica di idoneità del sistema di fondazione non potrà prescindere da un'effettiva conoscenza delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito in cui insiste l'opera.

Concludendo si può sintetizzare quanto sopra esposto affermando che la valutazione della sicurezza della costruzione non può prescindere dalla **verifica del sistema di fondazione** che sarà, laddove necessario, una verifica di tipo STR e GEO. Si intende sottolineare che il valore della capacità ultima della costruzione potrebbe essere limitato proprio dal risultato delle verifiche di sicurezza delle fondazioni.



In merito al punto b), la verifica del sistema di fondazione per gli interventi di miglioramento può non essere necessaria se gli esiti della verifica sommaria di idoneità del sistema di fondazione esistente sono favorevoli, se non sono previste modifiche della geometria o della tipologia della fondazione esistente, se non sono apportate modifiche sostanziali alle azioni trasmesse al sistema di fondazione, se non sussistono condizioni che possono dare luogo a fenomeni di instabilità globale e se non sussiste nessuna tra le condizioni di cui al cap. 8.3:

- *nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato;*
- *siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;*
- *siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.*

Allo scopo di verificare la sussistenza delle predette condizioni, il progettista incaricato può acquisire preliminarmente una valutazione tecnica del geologo che specifichi gli elementi utili, facendo riferimento alla documentazione disponibile. Si potrà omettere di svolgere indagini specifiche solo qualora, a giudizio esplicitamente motivato, sul volume significativo di terreno e sulle fondazioni, sussistano elementi di conoscenza sufficienti per effettuare le precedenti valutazioni. La definizione del livello di approfondimento del quadro conoscitivo del sottosuolo sarà basata sul livello di sicurezza minimo che si intende raggiungere, secondo i criteri riportati nelle Linee Guida sulle tipologie di indagini geologiche di cui al regolamento Regionale 1R/2022 e nello specifico al par.3 c.5.

Si fa presente peraltro che alcune delle suddette valutazioni non sono riferibili esclusivamente alla conoscenza del sottosuolo relativo alla fondazione, ma più in generale ad un ambito territoriale più ampio che possa tener conto di eventuali effetti sulla costruzione (dovuti ad es. a condizioni geomorfologiche, fenomeni di rottura di faglia in superficie e altri fenomeni sismici).

Rimane comunque responsabilità del progettista la valutazione della necessità di condurre la verifica di sicurezza delle fondazioni in relazione all'intervento in progetto con la consulenza del geologo.

Anche in questo caso il livello di approfondimento delle verifiche sulle fondazioni saranno commisurate all'importanza della costruzione ed al tipo di intervento che si intende effettuare (intervento locale, miglioramento limitato $\zeta_E \geq 0,1$ di incremento per la combinazione sismica, miglioramento rafforzato $\zeta_E \geq 0,6$ per la combinazione sismica per gli edifici di classe III ad uso scolastico e in classe IV, adeguamento).

Si raccomanda pertanto che nel caso di miglioramento rafforzato le verifiche in fondazione dovranno tener conto della tipologia dell'intervento e del livello di sicurezza che si vuole raggiungere, le attività di verifica e controllo sono da stabilire di caso in caso e possono non essere necessarie così come definito dalle NTC2018, di cui al cap. 8.3. La verifica delle condizioni definite dal capitolo precedentemente indicato sarà basata sui criteri riportati nelle Linee Guida sulle tipologie di indagini geologiche di cui al regolamento Regionale 1R/2022 e nello specifico al par.3 c.5, considerando che alcune delle suddette valutazioni non sono riferibili esclusivamente alla conoscenza del sottosuolo relativo alla fondazione.

Nel caso di adeguamento si ritiene che il progettista debba effettuare le attività di rilievo, calcolo e verifica anche del sistema fondale al fine di raggiungere i livelli di sicurezza richiesti per gli edifici di nuova costruzione (vds. Par. C8.4.3) – tale asserzione evidentemente si riferisce alle metodologie di verifica adottate dalle attuali NTC (verifiche STR e GEO). Appare evidente la necessità di acquisire tutte le



informazioni necessarie del sistema fondale e dell'intorno (rilievo fondale e caratterizzazione geologica, geotecnica, sismica).

-----ooOooo-----

QUESITO – Magrone di fondazione

La buona regola dell'arte prevede che le fondazioni in c.a. non debbano poggiare direttamente sul terreno. I motivi principali sono:

- la creazione di una superficie pulita, orizzontale e regolarizzatrice del terreno;
- la corretta posa in opera delle armature, da dotarsi di opportuni distanziatori dal fondo getto;
- fornire una prima barriera per impedire la risalita capillare.

Per questo viene posato sul fondo scavo un getto di calcestruzzo a basso contenuto di cemento non armato comunemente denominato "magrone" e/o "magrone di ripulitura".

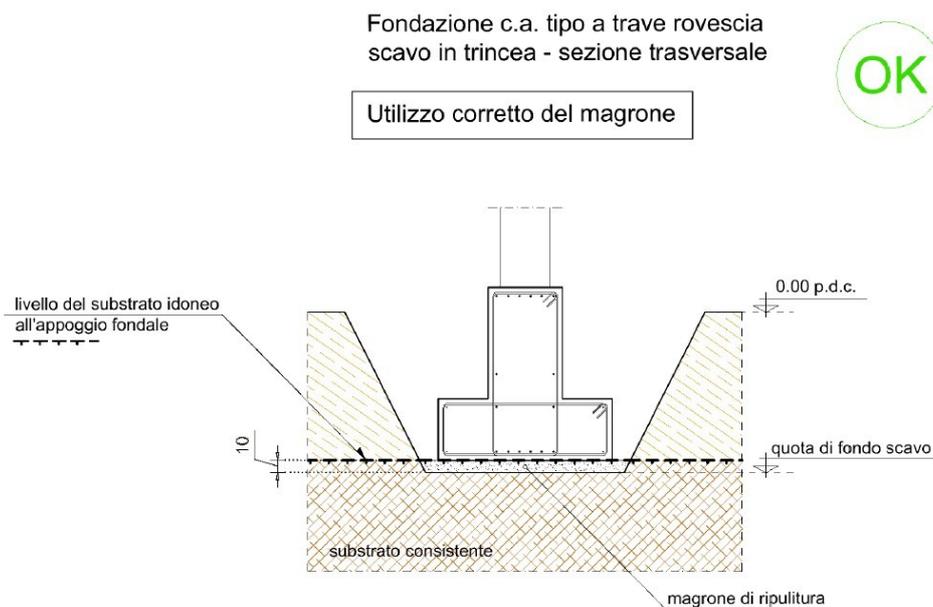
Si chiede se l'uso del magrone possa avere uno spessore teoricamente non limitato o se invece, al crescere della sua consistenza, sia necessario considerarlo a tutti gli effetti come parte della struttura di fondazione, e quindi realizzarlo con materiale qualificato e opportunamente armato.

RISPOSTA

Ai fini di una migliore comprensione, si schematizzano le seguenti casistiche:

Caso 1

La soluzione più ricorrente e corretta consiste nella realizzazione di uno strato di magrone di spessore medio di cm.10.





Caso 2

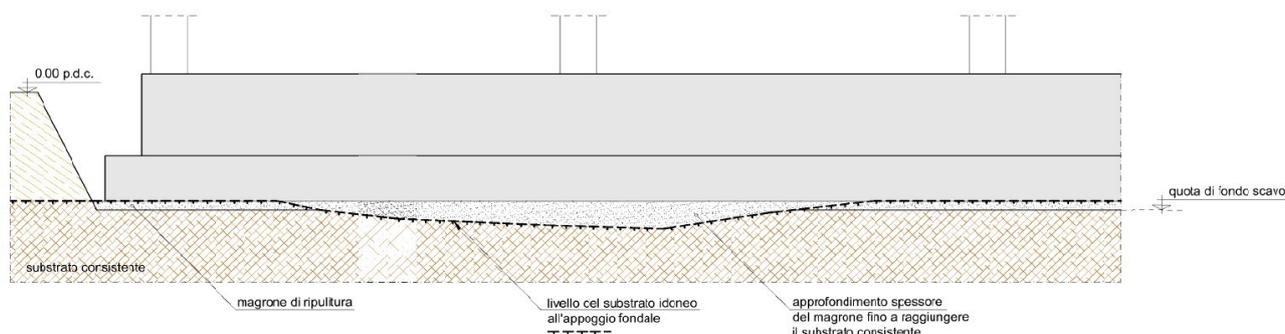
In funzione delle particolarità locali degli strati ritrovati è possibile che vi sia la necessità di approfondire puntualmente lo strato di magrone per fare fronte alle irregolarità del terreno del fondo scavo, a sua volta condizionato dal livello di substrato ritenuto idoneo come terreno di posa.

Anche tale soluzione si ritiene corretta.

Fondazione c.a. tipo a trave rovescia
scavo in trincea - sezione longitudinale / vista laterale



Utilizzo corretto del magrone



Caso 3

Vi sono casi in cui si tende a ricorrere in modo esteso all'uso di magrone allorchè la quota del fondo scavo sia, per ampie parti della pianta dell'edificio, ben al di sopra del substrato idoneo.

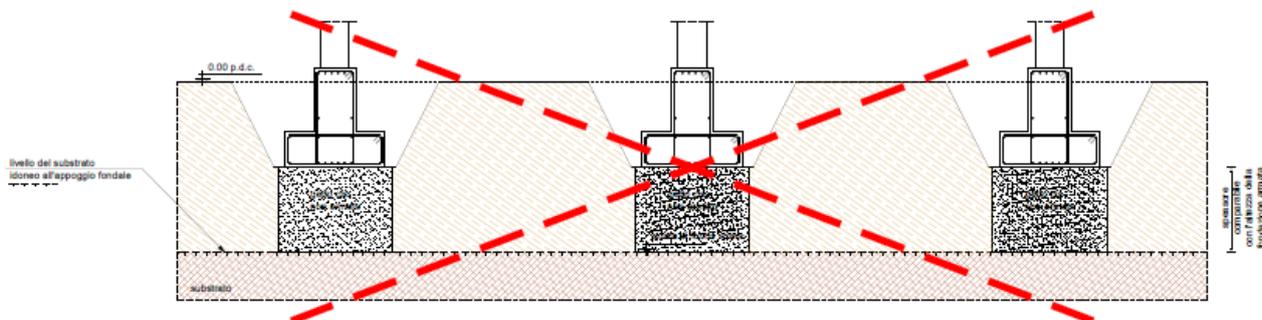
In questo caso generalmente la quota d'imposta fondale è da ritrovarsi al livello del substrato idoneo, ad esempio allungando la costola della trave in c.a.

ESEMPIO 3



Fondazione c.a. tipo a trave rovescia
scavo in trincea - sezione trasversale

Utilizzo anomalo del magrone: diffuso utilizzo di getto non armato di grande spessore - soluzione tecnica da evitare: è auspicabile l'allungamento della costola del trave c.a.

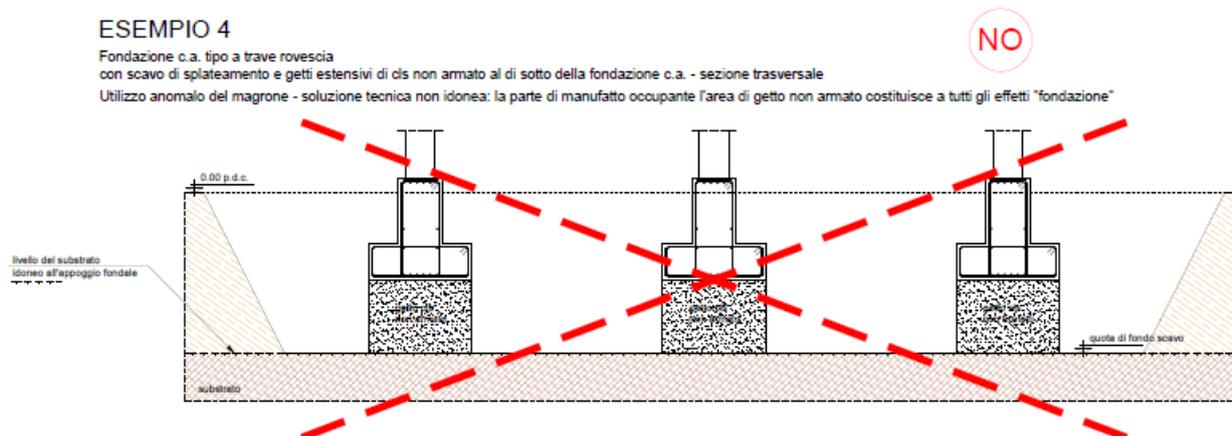




Caso 4

A maggior ragione è sicuramente da evitare l'estremizzazione del caso 3 (evidenziato nel grafico d'esempio seguente), in cui lo scavo costituisce un vero e proprio splateamento dell'area fondale effettuato su tutta l'impronta del fabbricato.

In questo caso il getto di cls non armato non costituisce "magrone di ripulitura" né di livellamento, non risulta confinato al piede anzi è libero lateralmente, le strutture di fondazione si vengono a trovare in una configurazione "appesa" ovvero non a diretto contatto con il substrato ma interferenti con sottostrutture gettate non idonee: è necessario quindi procedere alla modifica della sezione fondale abbassando la quota della ciabatta.



Ricapitolando, l'uso del "magrone" assume il suo tradizionale significato "di ripulitura" e di livellamento per le situazioni tipo indicate nei casi 1 e nel caso 2.

Quando l'approfondimento diventa sistematico, consistente ed esteso come nel caso 3 non si parla più di magrone "di ripulitura" e livellamento ma di strutture di fondazione vere e proprie, che devono pertanto essere realizzate con calcestruzzo qualificato per uso strutturale idoneamente armato, come da specifico dimensionamento del progettista strutturale.

In alternativa si richiama la possibilità di ricorrere a soluzioni di miglioramento del terreno presenti in letteratura e richiamate anche in normativa al punto 6.9. delle NTC.

-----ooOoo-----



QUESITO Interventi di miglioramento ai sensi del § 8.4.2 delle NTC 2018 - condizioni di verifica post-intervento

Il Cap. 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA delle NTC 18 recita:

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

La valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

- *l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;*
- *l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);*
- *sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.*

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- *riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione;*
- *danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;*
- *provati gravi errori di progetto o di costruzione;*
- *cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;*
- *esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;*
- *ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4 ;*
- *opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.*

Lo stesso punto 8.3, più avanti riporta:

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso riguardo ai carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti

restrittivi dell'uso della costruzione e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

La restrizione dell'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l'i-esima porzione, è quantificata attraverso il rapporto $\zeta_{v,i}$ tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.



È necessario adottare provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e/o procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio.

Al contempo il cap. 8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI dispone:

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

- *interventi di riparazione o locali: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;*
- *interventi di miglioramento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3;*
- *interventi di adeguamento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3.*

Solo gli interventi di miglioramento ed adeguamento sono sottoposti a collaudo statico.

Pertanto, in riferimento agli interventi di miglioramento ai sensi del cap. 8.4.2 del DM17/01/2018 si chiede:

1. quali siano le verifiche che devono trovare pieno soddisfacimento a seguito dell'intervento, rispetto al livello di sicurezza prescritto per le nuove costruzioni, ed in particolare se le verifiche per la condizione statica devono essere soddisfatte per tutti gli elementi costituenti l'unità strutturale (strutture verticali, orizzontamenti, fondazioni, etc.)
2. se, nel caso di edifici in muratura per i quali allo stato ante intervento, nella condizione sismica, l'unità strutturale manifesti carenze dal punto di vista dell'attivazione di meccanismi locali (meccanismi di I modo) che non consentano lo studio di un comportamento globale d'insieme, le verifiche dei cinematismi allo stato post intervento devono comunque trovare pieno soddisfacimento (azione sismica pari al 100% dell'azione di progetto per le nuove costruzioni) per poter studiare l'unità strutturale nel suo comportamento globale e determinare il coefficiente ζ_E relativo;
3. se la dimostrazione dell'incremento di capacità rispetto alle azioni sismiche può essere determinata dal solo miglioramento della capacità determinata sull'attivazione dei meccanismi di I modo

RISPOSTA

1. Occorre premettere che in fase di analisi di una costruzione (e quindi di valutazione della sicurezza) è possibile riferirsi a quanto disposto al §C2.1 della Circolare esplicativa consentendo la possibilità di continuare ad utilizzare la costruzione stessa nel caso siano soddisfatti i livelli di sicurezza previsti dalle norme previgenti per azioni ambientali non sismiche oltre a verificare che non vi sia stato un decadimento della prestazione (ad esempio per manomissioni, deperimento dei materiali costruttivi, errori di progettazione o realizzazione, ...).

Nel caso, invece, si proceda con interventi di miglioramento (§8.4.2 NTC18) o adeguamento (§8.4.3 NTC18) le verifiche per la condizione statica SLU post intervento devono ordinariamente essere soddisfatte per un livello d'azione pari al 100% di quello previsto per le nuove costruzioni, secondo le diverse destinazioni d'uso, funzioni e considerando le altre azioni anche non direttamente controllate dall'uomo. Ciò deve interessare tutta l'Unità Strutturale oggetto di intervento e i singoli elementi costruttivi (coperture, solai, scale, struttura portante verticale, ...).



Settore Sismica

Comitato tecnico scientifico per il rischio sismico

Tuttavia occorre rilevare che la Circolare 7/19 al §C8.4.2 consente il miglioramento con riferimento limitato ad *“alcune categorie di azioni, quali, indicativamente le azioni del vento, le azioni sismiche, le azioni gravitazionali, fermi restando gli obblighi indicati al §C8.3”*.

Ciò significa che laddove non sia tecnicamente (o economicamente o in ragione di particolari vincoli come quello di conservazione e tutela) possibile il pieno soddisfacimento delle verifiche post intervento (particolarmente quelle conseguenti ad azioni non sismiche) è necessario *“adottare gli opportuni provvedimenti.... che consentano l’uso della costruzione con i livelli di sicurezza richiesti dalle norme tecniche.”* Ciò può determinare la limitazione dei carichi consentiti o restrizioni d’uso che dovranno essere puntualmente individuate nel progetto, inserite nel piano di manutenzione ed espressamente richiamate nel certificato di collaudo.

2. Riguardo al comportamento in fase sismica, l’attivazione di meccanismi di I modo può determinare l’impossibilità per l’unità strutturale di raggiungere lo stato limite considerato (nella generalità dei casi SLV) attraverso l’attivazione di un comportamento globale di insieme. Di conseguenza la valutazione della sicurezza attraverso un modello di analisi globale con la determinazione della capacità dell’unità strutturale nei confronti dell’azione sismica espressa dal coefficiente ζ_E , può avvenire solo se non si attivano cinematismi (meccanismi di I modo). Ne consegue che i tali meccanismi devono essere positivamente verificati per un livello di azione non inferiore a quello risultante dall’analisi globale. Nel caso in cui non sia possibile effettuare un’analisi globale della struttura il riferimento sarà dato dai valori dei coefficienti $\zeta_{E,i}$ per le singole parti o porzioni della struttura (§8.7.1 ultimo capoverso e §C8.7.1).

Tuttavia si raccomanda, laddove possibile, che gli interventi per la verifica dei meccanismi di I modo, siano progettati e realizzati facendo riferimento all’azione sismica per le nuove costruzioni.

3. Il miglioramento può avvenire anche solo incrementando la capacità ultima legata all’attivazione dei meccanismi di I modo. Ciò è possibile laddove sia accertato, con valutazione motivata, che l’Unità Strutturale abbia un coefficiente ζ_E relativo al comportamento di insieme non inferiore allo $\zeta_{E,i}$ minimo relativo ai meccanismi di I modo

-----ooOoo-----

Il Coordinatore
Dirigente del Settore Sismica
Ing. Luca Gori