Comune di Sant'Arcangelo Trimonte

Provincia di Benevento



PROGETTO ESECUTIVO

"Interventi di Messa in Sicurezza Operativa della discarica di località Nocecchia, Comune di S. Arcangelo Trimonte (BN), ai sensi dell'art. 240, comma 1, lettera n) del D.lgs. 152/2006 e s.m.i."

Committente :

REGIONE CAMPANIA

Il Responsabile Unico del Procedimento:

ing. Gianluigi Della Ragione

Studio di progettazione :

IMPERIA SOCIETÀ DI INGEGNERIA

IMPERIA S.R.L.
84128 SALERNO
Via Antonio Iannuzzi, 35
tel. 348 549 4302

e-mail: info@imperiaingegneria.com
www.imperiaingegneria.com
Imperia Ingegneria
imperia_ingegneria

TÜV SÜD ISO 9001
ISO 9001:2015
Nr. 50 100 16636

ing. Egidio Grillo
(Direttore tecnico)

IMPERIA S.r.l.
Il Direttore Tecnico
Ingegnere Egidio Grillo

ELABORATO

Relazione illustrativa sui materiali

CODIFICA

prog.	categoria	sottocatgoria	progress.	revisione	data	scala	plot
PE	STR	RS	003	A	04/2026	----	A4

rev	data	descrizione	redatto	approvato
a	04/2026	EMISSIONE	EG	EG
b				
c				
d				
e				

Il presente documento non potrà essere riprodotto, copiato o altrimenti pubblicato senza il consenso scritto da parte di Imperia srl. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguitato a norma di legge.

SOMMARIO

1 Premessa 2
2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO 3
3 ACQUA DI IMPASTO 1
3.1 Inerti/aggregati 1
4 CEMENTO 2
4.1 Aggiunte 3
4.2 Aggregati 3
4.3 Additivi 5
5 CONGLOMERATO CEMENTIZIO 5
5.1 Qualità dei componenti 10
5.2 Calcolo copriferro 10
5.2.1 Requisiti di durabilità 11
5.2.2 Condizione ambientale 12
5.2.3 Calcolo del copriferro 12
6 ACCIAIO IN BARRE B450C 15

1 Premessa

La presente relazione tecnica fa riferimento ai "Materiali" previsti nella realizzazione delle opere previste in progetto**.**

I materiali che saranno impiegati nella realizzazione delle opere in progetto sono di seguito descritti. Essi risponderanno alle caratteristiche stabilite dal D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni", alle norme vigenti, alle condizioni contrattuali, alle prescrizioni contenute nel capitolato generale di appalto e alle indicazioni che seguono.

Potranno essere ammessi materiali speciali, o non previsti, solo dopo esame e parere favorevole della direzione dei lavori.

Il Direttore dei lavori ha la facoltà di rifiutare in qualunque tempo i materiali e le forniture che abbiano subito deperimenti dopo l'introduzione in cantiere o che per qualsiasi causa non risultassero conformi.

I materiali devono essere tutti della migliore qualità ed in particolare devono rispondere ai requisiti in seguito specificati per ogni componente.

A richiesta del Direttore dei lavori, l'appaltatore dovrà documentare la provenienza dei materiali e sottoporli a proprie spese alle prove di laboratorio per l'accertamento delle loro caratteristiche fisiche e meccaniche.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

- ***D. M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord.)***

”Norme tecniche per le Costruzioni”

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- ***Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5)***

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

3 ACQUA DI IMPASTO

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, incolore, inodore, dolce, non aggressiva e non deve contenere cloruri e solfati in percentuale dannosa.

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003. Per calcestruzzi destinati a strutture faccia vista o a pavimentazioni e per i conglomerati auto compattanti non è ammesso l'utilizzo di acque di riciclo, ma solo di acqua potabile.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta i certificati di conformità dell'acqua di impasto utilizzata nel confezionamento del conglomerato

3.1 Inerti/aggregati

Gli inerti naturali e di frantumazione devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili privi di sostanze organiche limose ed argillose, di gesso, ecc. in proporzione nociva all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature.

La sabbia, la ghiaia, il ghiaietto e il pietrisco per la confezione dei calcestruzzi debbono essere vivi, ruvidi, puliti, lavati con acqua dolce e di granulometria uniforme e con dimensioni commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

In particolare, la sabbia deve essere costituita da elementi prevalentemente silicei, di forma angolosa e di grossezze assortite, deve essere aspra al tatto e non lasciare traccia di sporco.

La ghiaia deve essere formata da elementi resistenti, inalterabili all'aria, all'acqua, al gelo; gli elementi devono essere puliti, di granulometria uniforme, esenti da cloruri e da materie polverulente, terrose friabili.

Gli aggregati utilizzabili, ai fini della confezione del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo quanto previsto dalla Direttiva 89/106/CEE e dal D.P.R. 246 del 21.4.1993. In particolare, per calcestruzzo strutturale sono richiesti aggregati con sistema di attestazione 2+; per calcestruzzo non strutturale il livello di conformità richiesto è quello del sistema di attestazione 4, così come previsto dal punto 11.2.9.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Gli aggregati debbono essere conformi alla UNI-EN 12620 e alla norma UNI 8520 parte 2 che contiene le istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della UNI-EN 12620.

Non potranno essere utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo aggregati con assorbimento d'acqua (UNI-EN 1097-6) maggiore del 2,5%. Per aggregati destinati alla realizzazione di calcestruzzi per opere ricadenti nella classe di esposizione XF l'assorbimento di acqua dovrà risultare inferiore all'1%. Per assorbimenti di acqua maggiori di questo valore dovrà essere valutata la resistenza al gelo dell'aggregato mediante prova diretta di gelo-disgelo o indiretta in soluzioni di solfato di magnesio in accordo alla metodologia prevista rispettivamente dalla norma UNI-EN 1367-1 e UNI-EN 1367-2. Le classi di resistenza al gelo suggerite per gli aggregati in funzione della classe di esposizione ambientale cui la struttura sarà esposta in servizio vengono riportate nella Tabella seguente.

CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	CLASSE DI RESISTENZA AL GELO DELL'AGGREGATO
XF1	F_4 MS_{35}
XF2, XF3	F_2 MS_{25}
XF4	F_1 MS_{18}

Per la confezione del calcestruzzo potranno essere utilizzati esclusivamente aggregati con massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. pari o superiore a 2600 kg/m3. Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 dovranno preferibilmente essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2750 kg/m3. Per gli aggregati destinati al confezionamento di calcestruzzi per strutture facciavista o per pavimentazioni il limite nel contenuto di impurezze organiche leggere negli aggregati viene fissato pari allo 0.25 e allo 0.05% rispettivamente per gli aggregati fini e grossi.

Sarà onere del produttore di calcestruzzo eseguire con frequenza trimestrale il controllo delle sostanze indesiderabili negli aggregati ed, in particolare il contenuto di solfati, di zolfo totale, di zolfo in forma di solfuri ossidabili, nonché la potenziale reattività agli alcali degli aggregati. Questi controlli si rendono necessari, indipendentemente dalla frequenza sopramenzionata, ogni qualvolta si verifica un cambio nel fornitore degli aggregati o quando il banco di cava presenta caratteristiche geologiche significativamente diverse dalle partite di roccia già analizzate.

Per la confezione del calcestruzzo, dovranno essere impiegati aggregati appartenenti ad almeno tre classi granulometriche diverse. Per i calcestruzzi con classe di resistenza superiore alla C32/40, le classi granulometriche dovranno essere almeno pari a quattro. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione.

Non si accettano per la confezione del conglomerato pietrischetti, pietrischi e graniglie contenenti un tenore di elementi piatti o allungati (stimati attraverso l'indice di appiattimento: UNIEN 933-3) superiore al 15% in massa.

Per calcestruzzi destinati a strutture facciavista durante l'intera fornitura dovranno essere impiegati aggregati identici per natura, classi granulometriche e cava di provenienza.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, quanto prescritto di legge circa i certificati di conformità degli aggregati utilizzati nel confezionamento del conglomerato e comunque ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

La D.L. si riserva la facoltà di prelevare presso l'impianto del fornitore campioni di aggregato, sia in forma di misto che in forma di singole frazioni granulometriche, nelle quantità ritenute dalla stessa necessarie per eventuali verifiche o prove di laboratorio richiedendo la relativa dichiarazione di marcatura CE.

In linea di massima l'impiego di aggregati di riciclo deve essere escluso dal confezionamento del conglomerato salvo diversi accordi da stabilirsi con la D.L. In tal caso l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui al Paragrafo 11.2.9.2 in Tabella 11.2.III delle Norme Tecniche (D.M. 17/01/2018), è ammesso. In ogni caso, non è consentito l'impiego di aggregati di riciclo per calcestruzzi destinati ad opere che ricadono nella classe di esposizione ambientale XF in accordo alla EN 206-1 e alla UNI 11104.

4 CEMENTO

Nelle opere da realizzarsi, dovranno essere impiegati esclusivamente i leganti idraulici con esclusione del cemento alluminoso.

Per la confezione dei calcestruzzi destinati alla realizzazione di tutte le tipologie di manufatti in c.a. potranno essere impiegati unicamente cementi provvisti di marcatura CE (certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA)) che soddisfino i requisiti di accettazione previsti dalla normativa di riferimento UNI EN 197/1-2006.

Se è prevista una classe di esposizione all'aggressione solfatica (classe di esposizione ambientale XA in accordo alla UNI-EN 206-1) sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati in accordo alla UNI 9156 o relative norme europee. La classe di resistenza al solfato del cemento verrà scelta in accordo a quanto suggerito dalla norma UNI 8981-2.

Se è prevista una classe di esposizione all'aggressione da acque dilavanti (classe di esposizione ambientale XA in accordo alla UNI-EN 206-1) sarà necessario utilizzare cementi resistenti al dilavamento in accordo alla UNI 9606. La classe di resistenza al dilavamento del cemento verrà scelta in accordo a quanto suggerito dalla norma UNI 8981-3.

L'esigenza di eseguire getti monolitici di grandi dimensioni potrà richiedere l'impiego di cementi a basso sviluppo di calore denominati Low Heat: LH conformi ai requisiti specificati al punto 7 e al punto 9.2.3 della norma UNI-EN 197-1-2006.

Per eliminare il possibile rischio di reazioni alcali-aggregato potrà essere utilizzato cemento pozzolanico alle ceneri volanti (tipo IV/A o IV/B) o d'altoforno (tipo III/A o III/B). In alternativa si potrà utilizzare qualsiasi tipo di cemento purché il contenuto totale di alcali (come Na2O equivalente) nel calcestruzzo risulti inferiore a 3 kg/m3.

Per strutture facciavista durante l'intera fornitura dovrà essere utilizzato cemento proveniente dalla stessa cementeria. Inoltre, il calcestruzzo destinato ad uno stesso elemento strutturale deve essere confezionato con cemento di una stessa partita. Per le strutture facciavista bianche o colorate il calcestruzzo dovrà essere realizzato con cemento bianco.

Il cemento utilizzato dovrà essere conforme a quanto stabilito dal Decreto del Ministero della Salute del 10.05.2004 in particolare per quanto attiene ai limiti di cromo VI imposti dall'Allegato al punto 44.1.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti (e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta i certificati di conformità dei cementi utilizzati nella confezione del conglomerato.

4.1 Aggiunte

E' consentito per la produzione del calcestruzzo l'impiego di aggiunte minerali di tipo I e II in accordo alla UNI-EN 206-1. In particolare, per le aggiunte di tipo I si farà riferimento alla norma UNI EN 12620 e UNI 8520/2.

Per le aggiunte di tipo II (ceneri volanti e fumi di silice) si farà riferimento alla UNI 11104 punto 4.2 (solo Italia) e UNI EN206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5.

Il produttore di calcestruzzo dovrà attestare la conformità delle aggiunte utilizzate producendo opportuna certificazione rilasciata da un Laboratorio autorizzato di cui all'art. 59 del D.M. 380/2001 da presentare a corredo del dossier di prequalifica degli impasti e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

4.2 Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini della confezione del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo quanto previsto dalla Direttiva 89/106/CEE e dal D.P.R. 246 del 21.4.1993. In particolare, per calcestruzzo strutturale sono richiesti aggregati con sistema di attestazione 2+; per calcestruzzo non strutturale il livello di conformità richiesto è quello del sistema di attestazione 4, così come previsto dal punto 11.2.9.2 delle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Gli aggregati debbono essere conformi alla UNI-EN 12620 e alla norma UNI 8520 parte 2 che contiene le istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della UNI-EN 12620.

Non potranno essere utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo aggregati con assorbimento d'acqua (UNI-EN 1097-6) maggiore del 2,5%. Per aggregati destinati alla realizzazione di calcestruzzi per opere ricadenti nella classe di esposizione XF l'assorbimento di acqua dovrà risultare inferiore all'1%. Per assorbimenti di acqua maggiori di questo valore dovrà essere valutata la resistenza al gelo dell'aggregato mediante prova diretta di gelo-disgelo o indiretta in soluzioni di solfato di magnesio in accordo alla metodologia prevista rispettivamente dalla norma UNI-EN 1367-1 e UNI-EN 1367-2.

Per la confezione del calcestruzzo potranno essere utilizzati esclusivamente aggregati con massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. pari o superiore a 2600 kg/m3.

Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 dovranno preferibilmente essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2750 kg/m3.

Per gli aggregati destinati al confezionamento di calcestruzzi per strutture facciavista o per pavimentazioni il limite nel contenuto di impurezze organiche leggere negli aggregati viene fissato pari allo 0.25 e allo 0.05% rispettivamente per gli aggregati fini e grossi.

Sarà onere del produttore di calcestruzzo eseguire con frequenza trimestrale il controllo delle sostanze indesiderabili negli aggregati ed, in particolare il contenuto di solfati, di zolfo totale, di zolfo in forma di solfuri ossidabili, nonché la potenziale reattività agli alcali degli aggregati. Questi controlli si rendono necessari, indipendentemente dalla frequenza sopramenzionata, ogni qualvolta si verifica un cambio nel fornitore degli aggregati o quando il banco di cava presenta caratteristiche geologiche significativamente diverse dalle partite di roccia già analizzate.

Per la confezione del calcestruzzo, dovranno essere impiegati aggregati appartenenti ad almeno tre classi granulometriche diverse. Per i calcestruzzi con classe di resistenza superiore alla C32/40, le classi granulometriche dovranno essere almeno pari a quattro. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai paragrafi 3.4 e 3.5. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), di ridotta tendenza alla segregazione e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

Per definizione il diametro massimo di un aggregato (D_{max}) si identifica con l'apertura del setaccio, appartenente alla serie base completata con la serie 1 oppure 2 previste dalla EN 12620, cui corrisponde un trattenuto inferiore al 10%:

8 – 11 – 16 – 22 – 32 – 45 – 63 mm (serie base + serie 1)

8 – 12 – 16 – 20 – 32 – 40 – 63 mm (serie base + serie 2)

Non si accettano per la confezione del conglomerato pietrischetti, pietrischi e graniglie contenenti un tenore di elementi piatti o allungati (stimati attraverso l'indice di appiattimento: UNI-EN 933-3) superiore al 15% in massa.

Per calcestruzzi destinati a strutture facciavista durante l'intera fornitura dovranno essere impiegati aggregati identici per natura, classi granulometriche e cava di provenienza.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, quanto prescritto di legge circa i certificati di conformità degli aggregati utilizzati nel confezionamento del conglomerato e comunque ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

La D.L. si riserva la facoltà di prelevare presso l'impianto del fornitore campioni di aggregato, sia in forma di misto che in forma di singole frazioni granulometriche, nelle quantità ritenute dalla stessa necessarie per eventuali verifiche o prove di laboratorio richiedendo la relativa dichiarazione di marcatura CE.

In linea di massima l'impiego di aggregati di riciclo deve essere escluso dal confezionamento del conglomerato salvo diversi accordi da stabilirsi con la D.L. In tal caso l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui al Paragrafo 11.2.9.2 in Tabella 11.2.III delle Norme Tecniche (D.M. 17/01/2018), è ammesso. In ogni caso, non è consentito l'impiego di aggregati di riciclo per calcestruzzi destinati ad opere che ricadono nella classe di esposizione ambientale XF in accordo alla EN 206-1 e alla UNI 11104.

4.3 Additivi

Gli additivi per il confezionamento del calcestruzzo debbono possedere il marchio CE e debbono essere conformi, ognuno per la propria categoria di appartenenza, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934-2. Al produttore di calcestruzzo è demandata la verifica dei dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per evitare eventuali indesiderati effetti legati ad anomali intrappolamenti di aria nell'impasto o a eccessivi fenomeni di ritardo o anticipo sui tempi di presa e di indurimento del calcestruzzo.

In via del tutto generale, si consiglia per la produzione degli impasti il ricorso costante ad additivi riduttori di acqua (conformi al prospetto 2 della norma UNI EN 934-2) o riduttori di acqua ad alta efficacia (conformi ai prospetti 3.1 e 3.2 della norma UNI EN 934-2) al fine di limitare il contenuto di acqua di impasto e conseguentemente migliorare sia la stabilità dimensionale del calcestruzzo che la resistenza alla fessurazione dei getti. Nel periodo estivo, in via del tutto generale si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di allungare i tempi di presa in modo da garantire il soddisfacimento del requisito di lavorabilità richiesto al getto (ad esempio fluidificanti ritardanti conformi al prospetto 10 della norma UNI EN 934-2 oppure superfluidificanti ritardanti conformi ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2 oltre che per attenuare eventuali problemi che possono insorgere nelle riprese di getto con conglomerati caratterizzati da tempi di presa e di indurimento precoci. Nel periodo invernale, invece, in via del tutto generale è consigliabile l'impiego di additivi che possano accelerare il processo di idratazione del cemento (ad esempio, acceleranti di indurimento conformi al prospetto 7 della norma UNI EN 934-2 oppure fluidificanti acceleranti conformi al prospetto 12 della norma UNI EN 934-2 al fine di conseguire una resistenza sufficientemente elevata per poter resistere ad eventuali abbassamenti di temperatura al di sotto di 0°C.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta i certificati di conformità degli additivi utilizzati nel confezionamento del conglomerato unitamente alla "Scheda di Sicurezza" (a 16 punti) delle sostanze ai sensi del D.M. 4.4.1997 e ss.mm.

5 CONGLOMERATO CEMENTIZIO

E' ammesso unicamente l'utilizzo di calcestruzzi a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), il calcestruzzo a prestazione garantita dovrà essere prodotto in impianto, indipendentemente che esso sia esterno o meno al cantiere, dotato di un sistema di controllo della produzione (vedi Capitolo 4). Per calcestruzzi che non rientrano tra quelli in produzione iniziale o continua, ancorché prodotti in un impianto dotato di sistema di controllo della produzione, e per calcestruzzi autoprodotti in cantiere in volume inferiore a 1500 m^3, prima della fornitura dovranno essere effettuate delle prove di prequalifica dell'impasto certificate da un laboratorio di cui all'art. 59 del D.M. 380/2001. Le prove di prequalifica dovranno essere effettuate anche per i calcestruzzi a composizione richiesta.

Le Norme Tecniche specificano che è compito del Progettista studiare l'ambiente ove sorgerà l'opera caratterizzandolo qualitativamente e quantitativamente, poiché esso costituirà il quadro di riferimento generale per la definizione delle differenti situazioni di progetto. Perciò l'analisi ambientale, e soprattutto la conseguente identificazione della verosimile tipologia di degrado, diventa una scelta prioritaria per il Progettista, prima ancora della definizione e verifica delle sezioni di calcolo e dei requisiti del calcestruzzo mirati all'adempimento delle funzioni strettamente legate alla statica.

Tale procedimento si esplica nella definizione sia delle caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (in termini di materiali costituenti e resistenza meccanica) sia del valore dei copriferro idonei a fronteggiare le aggressioni ambientali, assicurando pienamente la durabilità dell'opera.

Nel percorrere l'iter descritto, Il Progettista trova un valido supporto nelle norme di settore: la UNI-EN 206-1 ("Calcestruzzo – specificazione, prestazione, produzione e conformità") e la UNI 11104, documento di applicazione nazionale della UNI-EN 206-1, che ne sostituisce, integra e modifica alcuni punti.

Tali norme rispondono compiutamente all'esigenza di caratterizzare in maniera qualitativa e quantitativa l'ambiente di progetto; esse si basano su una classificazione tipologica delle aggressioni attraverso 6 classi di esposizione ambientale che sono a loro volta suddivise in sottoclassi con la specifica funzione di differenziare l'intensità delle azioni di degrado.

Il passo successivo alla classificazione è rappresentato dalla scelta delle caratteristiche prestazionali del calcestruzzo da impiegare.

In questo caso le norme riportano, per ciascuna classe di esposizione e relativa sottoclasse, una prescrizione in termini di valori limite che devono essere contemporaneamente rispettati nelle proprietà del calcestruzzo affinché esso soddisfi i requisiti di durabilità dell'opera. Nello specifico sono definiti: il rapporto a/c massimo, il contenuto minimo di cemento per m3 di conglomerato e la resistenza caratteristica minima; vale la pena di sottolineare l'importanza di quest'ultima specifica in quanto non rappresenta soltanto il parametro che sta alla base delle successive considerazioni e verifiche statiche, ma sostanzialmente è l'unica proprietà controllabile in cantiere durante le fasi esecutive.

Le prescrizioni delle caratteristiche dei calcestruzzi, conformi alle classi d'esposizione ambientale, valgono per una vita nominale di 50 anni (secondo il DM 17/01/18 e Classe strutturale S4 secondo l'EC2:2005). Ad esse vanno chiaramente abbinati gli spessori corretti del copriferro previsti dall'EC2:2005 Le classi di esposizione cui fare riferimento in Italia sono riportate nel "Prospetto 1 (inserito di seguito) della norma UNI 11104". La prima colonna identifica la classe con una sigla in lettere (X0-XC-XD-XS-XF-XA) e le relative sottoclassi ponendo un numero dopo tale sigla; le sottoclassi (tranne per la classe X0) sono 3 o 4, a seconda dei casi, e la numerazione cresce proporzionalmente all'incremento dell'aggressione ambientale sulla parte di struttura interessata. Nella seconda colonna è descritto l'ambiente che rientra in una determinata classe, mentre nella terza colonna sono riportati gli esempi più comuni di strutture o parti di esse compresi nella classe.

È importante rilevare che, qualora sia presente più di una tipologia di degrado, è assolutamente necessario indicare tutte le classi in cui ricade la struttura (o una sua parte); viene da sé che le caratteristiche definitive da assegnare al calcestruzzo (in termini di massimo rapporto a/c, resistenza minima a compressione e dosaggio minimo di cemento) saranno quelle corrispondenti alla classe più gravosa.

DENOMINAZIONE DELLA CLASSE	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	ESEMPI INFORMATIVI DI SITUAZIONI A CUI POSSONO APPLICARSI LE CLASSI DI ESPOSIZIONE
1. Assenza di rischio di corrosione o attacco		
X0	PER CALCESTRUZZO PRIVO DI ARMATURA O INSERTI METALLICI: TUTTE LE ESPOSIZIONI ECCETTO DOVE C'È GELO E DISGELO, O ATTACCO CHIMICO. CALCESTRUZZI CON ARMATURA O INSERTI METALLICI: IN AMBIENTE MOLTO ASCIUTTO	INTERNO DI EDIFICI CON UMIDITÀ RELATIVA MOLTO BASSA. CALCESTRUZZO NON ARMATO ALL'INTERNO DI EDIFICI. CALCESTRUZZO NON ARMATO IMMERSO IN SUOLO NON AGGRESSIVO O IN ACQUA NON AGGRESSIVA. CALCESTRUZZO NON ARMATO SOGGETTO A CICLI DI BAGNATO ASCIUTTO MA NON SOGGETTO AD ABRASIONE, GELO O ATTACCO CHIMICO.
2. Corrosione indotta da carbonatazione (caso in cui il calcestruzzo contiene armature o inserti metallici ed esposto all'aria ed all'umidità)		
XC1	ASCIUTTO O PERMANENTEMENTE BAGNATO	INTERNI DI EDIFICI CON UMIDITA' RELATIVA BASSA. CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO CON LE SUPERFICI ALL'INTERNO DI STRUTTURE CON ECCEZIONE DELLE PARTI ESPOSTE A CONDENSA, O IMMERSE IN ACQUA.
XC2	BAGNATO, RARAMENTE ASCIUTTO	PARTI DI STRUTTURE DI CONTENIMENTO LIQUIDI, FONDAZIONI. CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO PREVALENTEMENTE IMMERSO IN ACQUA O TERRENO NON AGGRESSIVO.
XC3	UMIDITA' MODERATA	CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO IN ESTERNI CON SUPERFICI ESTERNE RIPARATE DALLA PIOGGIA, O IN INTERNI CON UMIDITA' DA MODERATA AD ALTA.
XC4	CICLICAMENTE ASCIUTTO E BAGNATO	CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO IN ESTERNI CON SUPERFICI SOGGETTE A ALTERNANZE DI ASCIUTTO ED UMIDO. CALCESTRUZZI A VISTA IN AMBIENTI URBANI. SUPERFICI A CONTATTO CON L'ACQUA NON COMPRESA NELLA CLASSE XC2.
3. Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
XD1	UMIDITA' MODERATA	CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO IN SUPERFICI O PARTI DI PONTI E VIADOTTI ESPOSTI A SPRUZZI DI ACQUA CONTENENTE CLORURI.
XD2	BAGNATO, RARAMENTE ASCIUTTO	CALCESTRUZZO ARMATO O PRECOMPRESSO IN ELEMENTI STRUTTURALI TOTALMENTE IMMERSI IN ACQUA ANCHE INDUSTRIALE CONTENENTE CLORURI (ES. PISCINE).

XD3	CICLICAMENTE ASCIUTTO E BAGNATO	CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO, DI ELEMENTI STRUTTURALI DIRETTAMENTE SOGGETTI AGLI AGENTI DISGELANTI O AGLI SPRUZZI CONTENENTI AGENTI DISGELANTI. CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO, ELEMENTI CON UNA SUPERFICIE IMMERSA IN ACQUA CONTENENTE CLORURI E L'ALTRA ESPOSTA ALL'ARIA. PARTI DI PONTI, PAVIMENTAZIONI E PARCHEGGI PER AUTO.
4. Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	ESPOSTO ALLA SALSEDINE MARINA MA NON DIRETTAMENTE IN CONTATTO CON L'ACQUA DI MARE	CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO CON ELEMENTI STRUTTURALI SULLE COSTE O IN PROSSIMITA' DEL MARE.
XS2	PERMANENTEMENTE SOMMERSO	CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO DI STRUTTURE MARINE COMPLETAMENTE IMMERSE IN ACQUA.
XS3	ZONE ESPOSTE AGLI SPRUZZI OPPURE ALLA MAREA	CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO CON ELEMENTI STRUTTURALI ESPOSTI ALLA BATTIGIA O ALLE ZONE SOGETTE AGLI SPRUZZI ED ONDE DEL MARE.
5. Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti		
XF1	MODERATA SATURAZIONE DI ACQUA, IN ASSENZA DI AGENTE DISGELANTE	SUPERFICI VERTICALI DI CALCESTRUZZO COME FACCIATE E COLONNE ESPOSTE ALLA PIOGGIA ED AL GELO. SUPERFICI NON VERTICALI E NON SOGGETTE ALLA COMPLETA SATURAZIONE MA ESPOSTE AL GELO, ALLA PIOGGIA O ALL'ACQUA.
XF2	MODERATA SATURAZIONE DI ACQUA IN PRESENZA DI AGENTE DISGELANTE	ELEMENTI COME PARTI DI PONTI CHE IN ALTRO MODO SAREBBERO CLASSIFICATI COME XF1 MA CHE SONO ESPOSTI DIRETTAMENTE O INDIRETTAMENTE AGLI AGENTI DISGELANTI.
XF3	ELEVATA SATURAZIONE DI ACQUA IN ASSENZA DI AGENTE DISGELANTE	SUPERFICI ORIZZONTALI IN EDIFICI DOVE L'ACQUA PUO' ACCUMULARSI E CHE POSSONO ESSERE SOGGETTI AI FENOMENI DI GELO, ELEMENTI SOGGETTI A FREQUENTI BAGNATURE ED ESPOSTI AL GELO.
XF4	ELEVATA SATURAZIONE DI ACQUA CON PRESENZA DI AGENTE ANTIGELO OPPURE ACQUA DI MARE	SUPERFICI ORIZZONTALI QUALI STRADE O PAVIMENTAZIONI ESPOSTE AL GELO ED AI SALI DISGELANTI IN MODO DIRETTO O INDIRETTO, ELEMENTI ESPOSTI AL GELO E SOGGETTI A FREQUENTI BAGNATURE IN PRESENZA DI AGENTI DISGELANTI O DI ACQUA DI MARE.
6. Attacco chimico		
XA1	AMBIENTE CHIMICAMENTE DEBOLMENTE AGGRESSIVO SECONDO IL PROSPETTO 2 DELLA UNI EN 206-1	CONTENITORI DI FANGHI E VASCHE DI DECANTAZIONE. CONTENITORI E VASCHE PER ACQUE REFLUE.
XA2	AMBIENTE CHIMICAMENTE MODERATAMENTE AGGRESSIVO SECONDO IL PROSPETTO 2 DELLA UNI EN 206-1	ELEMENTI STRUTTURALI O PARETI A CONTATTO DI TERRENI AGGRESSIVI.
XA3	AMBIENTE CHIMICAMENTE FORTEMENTE AGGRESSIVO SECONDO IL PROSPETTO 2 DELLA UNI EN 206-1	ELEMENTI STRUTTURALI O PARETI A CONTATTO DI ACQUE INDUSTRIALI FORTEMENTE AGGRESSIVE. CONTENITORI DI FORAGGI, MANGIMI E LIQUAMI PROVENIENTI DALL'ALLEVAMENTO ANIMALE. TORRI DI RAFFREDDAMENTO DI FUMI E GAS DI SCARICO INDUSTRIALI.

Durabilità calcestruzzo classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali (Norma UNI 11104 – Prospetto 1)

<u>Nel caso specifico si ha: Classe XC</u>

CLASSE XC3:

La classe XC si riferisce alla corrosione delle armature nel calcestruzzo indotta dalla carbonatazione dovuta alla presenza di anidride carbonica nell'aria.

XC3 rappresenta un livello di esposizione in ambienti con umidità moderata, favorevole allo sviluppo del processo di carbonatazione.

Tipi di agenti aggressivi coinvolti

- Solfati (in soluzione nel terreno o nelle acque sotterranee),
- CO_2 presente nell'atmosfera, responsabile della carbonatazione del calcestruzzo,
- Umidità ambientale moderata, che favorisce la penetrazione della CO_2,
- Ossigeno, che contribuisce al processo di corrosione delle armature,
- Cicli di umidità e asciutto che accelerano il fenomeno,
- Ambienti con ventilazione naturale o moderata esposizione all'aria.

Criteri di classificazione (UNI EN 206)

Parametro	***XC3***
Ambiente di esposizione	Umidità moderata
Presenza di CO_2	Atmosferica
Condizioni di umidità	Moderata, con possibile alternanza umido/asciutto
Rischio principale	Carbonatazione del calcestruzzo
Effetto indotto	Corrosione delle armature

Prescrizioni per il calcestruzzo in classe XC3

Secondo la norma UNI 11104 e NTC 2018:

Caratteristica	***Valore minimo richiesto***
Resistenza caratteristica fck	≥ 30 MPa
Rapporto a/c	≤ 0,55
Contenuto minimo di cemento	≥ 280 kg/m³
Classe di esposizione	XC3
Classe di consistenza	S4
Tipo di cemento consigliato	Cementi comuni (CEM II, CEM I), preferibilmente con buona compattezza e durabilità

La presente relazione è redatta anche ai sensi dell'art. 4 della L.1086/1971. Le sigle adottate sono conformi anche alle ultime Norme Tecniche sulle Costruzioni.

Per le nuove realizzazioni interventi di rinforzo strutturale avente per oggetto i seguenti elementi strutturali: opere di sostegno:

Classe di resistenza (UNI EN 206-1) **C 32/40**

Resistenza caratteristica cubica $\mathbf{R_{ck}}$ **=40 N/mm²**

Resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} **= 32 N/mm²**

Classe di esposizione: **XC3**

Rapporto **A/C ≤ 0,50**

5.1 Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 15 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere limpida, priva di sali in percentuale dannosa e non aggressiva.

5.2 Calcolo copriferro

Una struttura durevole deve soddisfare i requisiti di attitudine al servizio, resistenza e stabilità durante la sua vita utile di progetto, senza presentare perdite significative di funzionalità né richiedere manutenzione straordinaria eccessiva.

La protezione richiesta per la struttura deve essere stabilita considerandone l'utilizzo previsto, la vita utile di progetto, il programma di manutenzione e le azioni.

5.2.1 Requisiti di durabilità

Per la valutazione della vita utile di progetto richiesta dalla struttura, devono essere prese adeguate disposizione al fine di proteggere ogni elemento strutturale dalle azioni ambientali.

I requisiti di durabilità devono essere presi in conto quando si considerano:
-La concezione della struttura;
-La scelta dei materiali;
-I dettagli costruttivi;
-L'esecuzione;
-Il controllo di qualità;
-Le verifiche;
-Particolari disposizioni (Per esempio utilizzo di acciaio inossidabile, rivestimenti, protezione catodica);

La vita utile di progetto richiesta dalla struttura coincide con la definizione di "vita nominale" specificata al paragrafo 2.4.1 delle NTC08.

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

TIPI DI COSTRUZIONE	V_N
Opere provvisorie	≤ 10 anni
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50 anni
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100 anni

Tabella 2.4.I -*Vita nominale VN per diversi tipi di opere*

Per la struttura in esame si assume una vita utile di progetto: < 100 anni

Si riportano i seguenti requisiti della struttura:

- Classe di resistenza del calcestruzzo: C32/40
- Elemento dalla forma simile ad una soletta: si
- Controllo di qualità della produzione del calcestruzzo: si
- Tipologia di acciaio: ordinario

5.2.2 Condizione ambientale

Le condizioni di esposizione sono le condizioni chimiche e fisiche alle quali la struttura è esposta, in aggiunta alle azioni meccaniche.
Le condizioni ambientali sono classificate secondo il prospetto 4.1, basato sulla EN 206-1.
Si osserva che la composizione del calcestruzzo influenza sia la protezione delle armature, sia la resistenza del calcestruzzo agli attacchi.

La classe di esposizione che interessa la struttura è la seguente:

XC3	Corrosione indotta da carbonatazione

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE
Umidità moderata

Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
Calcestruzzo all'interno di edifici on umidità dell'aria moderata oppure elevata. Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia

La scelta del calcestruzzo adeguatamente durevole per la protezione dell'armatura dalla corrosione e per la protezione del calcestruzzo dagli attacchi, richiede considerazioni sulla composizione del calcestruzzo. Questo può comportare una resistenza a compressione del calcestruzzo maggiore di quella richiesta dal progetto strutturale.

Pertanto per la struttura si richiede una classe di resistenza minima di: **C32/40**

5.2.3 Calcolo del copriferro

Il copriferro è la distanza tra la superficie esterna dell'armatura (inclusi staffe, collegamenti e rinforzi superficiali, se presenti) più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo. Qusta distanza dovrà essere maggiore o al massimo uguale al copriferro nominale di seguito definito.

Il copriferro nominale deve essere inidcato sui disegni. Esso è definito nel modo seguente:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (1.4-1)$$

Dove "Cnom" è il valore nominale di progetto, "Cmin" è il valore minimo del copriferro e "ΔCdev" è la tolleranza di esecuzione relativa al copriferro. Per le costruzioni ordinarie è assunta pari a 10mm, mentre nel caso di produzione in stabilimento con controlli molto rigorosi si assume 5mm.

Tolleranza di esecuzione relativa al copriferro: **Δcdev =** 5 mm

Il valore minimo del copriferro è dato dal massimo valore contenuto nella parentesi:

$$c_{min} = \max\left(c_{min,b}\,;\, c_{min,dur};\, 10mm\right) \quad (1.4-2)$$

"Cmin,b" è il copriferro necessario alla trasmissione delle tensioni tangenziali di aderenza; esso è da assumersi pari al diametro della barra quando l'armatura è isolata e nel caso di armature raggruppate si dovrà uguagliare al diametro equivalente delle barre:

$$\phi_{eq} = \phi\sqrt{n_b} \le 55mm \quad (1.4-3)$$

Se la dimensione massima nominale dell'aggregato è maggiore di 32 allora "Cmin,b" deve essere aumentato di 5mm.

Il numero di barre reggruppate è: 2
Il diametro equivalente delle barre è: 23 mm
Copriferro minimo per la trasmissione delle tensioni tangenziali di aderenza: **Cmin,b = 23 mm**

"Cmin,dur" è il copriferro minimo correlato alle condizioni ambientali, la sua determinazione è legata alla classe strutturale, parametro che tiene conto della vita nominale della struttura, e alla classe ambientale, parametri che tengono conto della degradazione a cui potrebbe essere sottoposto il manufatto a causa dell'esposizione ambientale; essi sono stabiliti attraverso le classi di esposizione ambientali.

La classe strutturale di riferimento è la "S4" e sulla base delle inidicazioni del prospetto 4.3N dell'Eurocodice 2, si definisce la classe strutturale per la costruzione in esame.

	Classi di esposizione			
	X0/ XC1	**XC2/ XC3**	**XC4/ XD1/ XD2/ XS1**	**XD3/ XS2/ XS3**
Vita utile nominale di 100 anni	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi
Classe di resistenza del calcestruzzo	≥ C32/40 Ridurre 1 classe	≥ C35/45 Ridurre 1 classe	≥ C40/50 Ridurre 1 classe	≥ C45/55 Ridurre 1 classe
Elemento di forma simile ad una soletta	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe
Controllo di qualità speciale della produzione del calcestruzzo	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe

prospetto 4.3N -*Classificazione strutturale raccomandata*

Sulla base della precedente classificazione (pr.4.3N) si adotta la seguente classe strutturale: **S1**

Definita la classe strutturale il valore del copriferro minimo "Cmin,dur" si ricava attraverso il prospetto 4.4N per acciai ad armatura ordinaria; ovvero al prospetto 4.5N per acciai da precompressione. Di seguito il valore ricavato dalla tabella:

Copriferro minimo per requisiti con riferimento alla durabilità: $C_{min\ dur}$ = **10 mm**

Sulla base della formula 1.4-2 si definisce il coproferro minimo che soddisfi i requisiti di durabilità e trasmissione degli sforzi

Copriferro minimo adottato: C_{min} = **23 mm**

Il corpiferro nominale si ricava dalla formula 1.4-1, esso rappresenta il valore di progetto necessario per la definizione dell'altezza utile della sezione, riportato anche sui disegni strutturali.

Copriferro nominale: C_{nom} = **28 mm**

Resoconto		
Classe strutturale e classe di esposizione	S1	XC3
Tolleranza di esecuzione relativa al copriferro **ΔCdev**	5 mm	
Copriferro minimo per garantire l'aderenza **Cmin,b**	23 mm	
Copriferro minimo per garantire la durabilità **Cmin,dur**	10 mm	
Copriferro minimo adottato **Cmin**	23 mm	
Copriferro nominale **Cnom**	28 mm	

6 ACCIAIO IN BARRE B450C

Non si devono porre in opera armature eccessivamente ossidate, corrose, recanti difetti superficiali che ne menomano la resistenza, o ricoperte da sostanze che possono ridurre sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

Nelle strutture in c.a. l'acciaio ha la funzione di assorbire gli sforzi di trazione. Nell'opera da realizzare è utilizzato sotto forma di barre tonde (o "tondini") ad aderenza migliorata, con diametri commerciali variabili tra 8 e 20 e lunghezze attorno ai 12 m. La classificazione degli acciai da c.a. viene generalmente effettuata sulla base della loro resistenza a trazione, della curva caratteristica tensioni-deformazioni (δ - σ). Nel nostro caso sarà usato un acciaio da costruzione in barre ad aderenza migliorata **B450C**.

La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S$$

dove:

γ_S è il coefficiente parziale di sicurezza e ha un valore di 1,15;

f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (v.§§ 11.3.2.1 del D.M. del 2018);

Il modulo d'elasticità dell'acciaio indicato con E_S è da ritenersi uguale a circa 2.100.000 daN/cm^2, un valore che è costante al variare della qualità dell'acciaio.

Per quanto riguarda la resistenza tangenziale di aderenza di calcolo f_{bd}, tra acciaio e calcestruzzo vale:

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_C$$

dove:

f_{bk} è la resistenza tangenziale caratteristica di aderenza data da:

$$f_{bk} = 2{,}25\ \eta\ f_{ctk}$$

dove:

$\eta = 1$ per barre con diametro $\varnothing \leq 32$ mm.

Si adotterà quale acciaio di armatura il **tipo B450C** controllato in stabilimento, caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura:

$f_{y\ nom}$	450 N/mm^2
$f_{t\ nom}$	540 N/mm^2

che dovrà rispettare i requisiti indicati nel prospetto che segue:

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y\ nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t\ nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	≥1,15 <1,35	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	≤ 1,25	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	≥ 7,5 %	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\phi < 12$ mm $12 \leq \phi \leq 16$ mm per $16 < \phi \leq 25$ mm per $25 < \phi \leq 40$ mm	 4ϕ 5 ϕ 8 ϕ 10 ϕ	

Le NTC18 prevedono due tipologie di acciaio per cemento armato il B450C e il B450A le cui caratteristiche e le differenze salienti, sono riportate nella tabella seguente:

PROPRIETA'	*B450A*	*B450C*
Limite di snervamento f_y	≥ 450 MPa	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 540 MPa	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	≥ 3%	≥ 7%
Rapporto f_t/f_y	≥ 1,05%	$1,13 \leq f_t/f_y \leq 1,35$