

Esempi svolti relativi al capitolo 3

Durabilità e copriferri

3.1	Esempio 3.1. Solaio all'interno di edificio con bassa umidità relativa	A3.3
3.2	Esempio 3.2. Soletta da ponte	A3.5
3.3	Esempio 3.3. Pensilina	A3.7
3.4	Esempio 3.4. Trave all'interno di edificio con bassa umidità relativa	A3.9
3.5	Esempio 3.5. Trave esterna a facciavista	A3.11
3.6	Esempio 3.6. Trave esterna a facciavista in prossimità del mare	A3.12
3.7	Esempio 3.7. Trave rovescia di fondazione	A3.13
3.8	Esempio 3.8. Muro a retta in c.a.	A3.14
3.9	Esempio 3.9. Muro a retta in c.a. a contatto con terreno chimicamente molto aggressivo	A3.15
3.10	Esempio 3.10. Barriera autostradale tipo New Jersey	A3.17
3.11	Esempio 3.11. Palo trivellato di fondazione in terreno poco aggressivo	A3.18
3.12	Esempio 3.12. Tegolo precompresso di copertura per edificio prefabbricato posto in prossimità del mare	A3.18

3.1 Esempio 3.1. Solaio all'interno di edificio con bassa umidità relativa

Si calcoli il copriferro di un solaio in latero-cemento considerando i seguenti dati di progetto: barre di 16 mm di diametro, calcestruzzo di classe C30/37¹ confezionato con inerti di dimensione massima non superiore a 32 mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{\max} \leq 32$ mm si ha: $c_{\min,b} = \phi = 16$ mm.

Classe di esposizione

XC1: ambiente asciutto o permanentemente bagnato (calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa).

Classe minima di resistenza

Per la classe di esposizione XC1 il prospetto 3.4 indica come classe minima di resistenza la classe C20/25.

Classe strutturale

Per una vita utile di 50 anni la classe strutturale è la S4 se si adotta la classe di resistenza minima (C20/25); in realtà la classe di resistenza di progetto (C30/37) è maggiore di quella minima e dal prospetto 3.5 risulta che per classe di esposizione XC1 e classe di resistenza \geq C30/37, la classe strutturale può essere ridotta di uno: S4 \rightarrow S3.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XC1 e S3, $c_{\min,dur} = 10$ mm.

Copriferro minimo

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(16; 10; 10) = 16 \text{ mm}$$

Copriferro nominale

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}, \quad c_{nom} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 16 + 10 = 26 \text{ mm}.$$

Il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è pertanto $c_{nom} = 26$ mm. Il prospetto A3.1 riporta i valori del copriferro nominale al variare del diametro dei ferri del solaio.

Prospetto A3.1 Valori del copriferro nominale per solaio all'interno di edificio con bassa umidità relativa (XC1), $d_{\max} = 32$ mm e vita utile 50 anni, al variare del diametro delle barre longitudinali.

Diametro barre (mm)	8	10	12	14	16	18	20
Copriferro (mm)	20	20	22	24	26	28	30

¹ La classe di resistenza C30/37 è prevista sia nell'EC2 sia nelle NTC 2018.

*Calcolo secondo NTC 2018***Ambiente**

Ordinario (essendo XC1 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Per ambiente ordinario la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$$C_{min} = C25/30, C_0 = C35/45.$$

Copriferro minimo

Risulta $C_{min} \leq C30/37 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{min} = 20$ mm per “elementi a piastra”²; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{min} = 30$ mm.

A differenza dell’EC2, il copriferro minimo non varia al variare del diametro dei ferri del solaio, perché nella Tab. C4.1.IV della Circolare (prospetto 3.11) il copriferro dipende solo dall’ambiente e dalla resistenza del calcestruzzo, ma non dal diametro dei ferri. Si suggerisce di adottare comunque un copriferro non inferiore a quello richiesto dall’EC2 per garantire l’aderenza ($c_{min,b}$).

² Vedi nota 1 in calce al prospetto 3.11.

3.2 Esempio 3.2. Soletta da ponte

Si calcoli il copriferro di una soletta da ponte considerando i seguenti dati di progetto: barre longitudinali interne di 20 mm di diametro, barre trasversali esterne di 16 mm, calcestruzzo di classe C40/50 confezionato con inerti di dimensione massima non superiore a 32 mm, vita utile di 100 anni. La soletta è protetta superiormente da una guaina impermeabilizzante.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{\max} \leq 32$ mm

$c_{\min,b} = \phi = 20$ mm per le barre longitudinali,

$c_{\min,b} = \phi = 16$ mm per le barre trasversali.

Classe di esposizione

XC3: ambiente con umidità moderata, calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia (superficie protetta da guaina di impermeabilizzazione)

Classe minima di resistenza:

Per la classe di esposizione XC3, la classe minima di resistenza è C30/37 (prospetto 3.4); per questa classe del calcestruzzo, la classe strutturale per una vita utile di 50 anni è S4.

Dal prospetto 3.5 si ricava che:

- per una vita utile di progetto di 100 anni, la classe strutturale aumenta di 2: S4 → S6;
- per classe di esposizione XC3 e classe del calcestruzzo C40/50 > C35/45, la classe strutturale diminuisce di uno (prospetto 3.5): S6 → S5;
- per le solette, la classe strutturale diminuisce di uno: S5 → S4;
- pertanto, la classe strutturale della soletta è S4.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XC3 e S4, $c_{\min,dur} = 25$ mm.

Copriferro minimo

$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(20; 25; 10) = 25$ mm per le barre longitudinali,

$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(16; 25; 10) = 25$ mm per le barre trasversali.

Copriferro nominale

$\Delta c_{dev} = 10$ mm,

$c_{nom,long} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35$ mm per le barre longitudinali,

$c_{nom,trasv} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35$ mm per le barre trasversali.

Per assicurare un copriferro di 35 mm alle barre longitudinali, occorre adottare un copriferro delle barre trasversali di $35 - 16 = 19$ mm < $c_{nom,trasv}$. Il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è pertanto $c_{nom} = 35$ mm.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Ordinario (essendo XC3 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Per ambiente ordinario la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce
 $C_{min} = C25/30$, $C_0 = C35/45$.

Copriferro minimo

Risulta $C40/50 > C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{min} = 15$ mm per “elementi a piastra”; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{min} = 25$ mm.

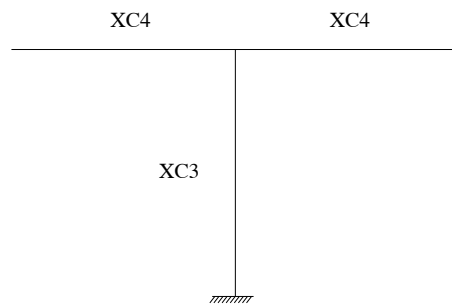


Figura A3.1 Schema di pensilina di c.a.

3.3 Esempio 3.3. Pensilina

Si calcoli il copriferro della pensilina mostrata nella fig. A3.1 considerando i seguenti dati di progetto per i pilastri e le travi: barre di 20 mm di diametro, staffe di 8 mm, calcestruzzo di classe C30/37 confezionato con inerti di dimensione massima non superiore a 32 mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 del volume per $d_{\max} \leq 32$ mm si ha

$$c_{\min,b} = \phi = 20 \text{ mm per le barre,}$$

$$c_{\min,b} = \phi = 8 \text{ mm per le staffe.}$$

Classe di esposizione

Pilastri: XC3 – umidità moderata (calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia).

Travi: XC4 (ciclicamente bagnato e asciutto) + XF3 (superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo).

Classe minima di resistenza

Sia per la classe di esposizione XC3 sia per la XC4 e la XF3, la classe minima di resistenza è C30/37 (prospetto 3.4 del volume); la resistenza di progetto adottata coincide con la classe di resistenza minima e pertanto la classe strutturale è S4 per una vita utile di 50 anni.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Pilastri: dal prospetto 3.6, per XC3 e S4, $c_{\min,dur} = 25$ mm.

Travi: dal prospetto 3.6, per XC4 e S4, $c_{\min,dur} = 30$ mm.

Copriferro minimo

Pilastri

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(20; 25; 10) = 25 \text{ mm per le barre,}$$

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(8; 25; 10) = 25 \text{ mm per le staffe.}$$

Travi

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(20; 30; 10) = 30 \text{ mm per le barre,}$$

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(8; 30; 10) = 30 \text{ mm per le staffe.}$$

Copriferro nominale

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Pilastri

$$c_{nom,long} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35 \text{ mm per le barre,}$$

$$c_{nom,staffe} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35 \text{ mm per le staffe}$$

- per assicurare un copriferro di 35 mm delle barre longitudinali, occorre adottare un copriferro delle staffe di $35 - 8 = 27 \text{ mm} < c_{nom,staffe}$;
- il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è quello delle staffe: $c_{nom} = 35 \text{ mm}$.

Travi

$$c_{nom,long} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm per le barre,}$$

$$c_{nom,staffe} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm per le staffe}$$

- per assicurare un copriferro di 40 mm delle barre longitudinali, occorre adottare un copriferro delle staffe di $40 - 8 = 32 \text{ mm} < c_{nom,staffe}$;

- il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è quello delle staffe: $c_{\text{nom}} = 40 \text{ mm}$.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Ordinario per i pilastri (essendo XC3 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6), aggressivo per le travi (essendo XC4 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Pilastri: per ambiente ordinario la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$$C_{\text{min}} = C25/30, C_0 = C35/45.$$

Travi: per ambiente aggressivo la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$$C_{\text{min}} = C28/35, C_0 = C40/50.$$

Copriferro minimo

Pilastri: risulta $C_{\text{min}} \leq C30/37 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV per ambiente ordinario si ricava $c_{\text{min}} = 25 \text{ mm}$ per “altri elementi”; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{\text{min}} = 35 \text{ mm}$.

Travi: risulta $C_{\text{min}} \leq C30/37 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV per ambiente aggressivo si ricava $c_{\text{min}} = 35 \text{ mm}$ per “altri elementi”; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{\text{min}} = 45 \text{ mm}$.

3.4 Esempio 3.4. Trave all'interno di edificio con bassa umidità relativa

Si calcoli il copriferro considerando i seguenti dati di progetto: barre longitudinali di 18 mm, staffe di 8 mm, calcestruzzo C25/30 con $d_{\max} \leq 32$ mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{\max} \leq 32$ mm

$c_{\min,b} = \phi = 18$ mm per le barre longitudinali,

$c_{\min,b} = \phi = 8$ mm per le staffe.

Classe di esposizione

XC1

Classe minima di resistenza

Per la classe di esposizione XC1, la classe minima di resistenza è C20/25; quindi la classe strutturale per una vita utile di 50 anni è S4; per calcestruzzo di classe C25/30, la classe strutturale rimane invariata, perché il prospetto 3.5 mostra come solo per classi di resistenza \geq C30/37 è possibile ridurre di uno la classe strutturale.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XC1 e S4, $c_{\min,dur} = 15$ mm.

Copriferro minimo

$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(18; 15; 10) = 18$ mm per le barre longitudinali,

$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(8; 15; 10) = 15$ mm per le staffe.

Copriferro nominale

$\Delta c_{dev} = 10$ mm,

$c_{nom,long} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 18 + 10 = 28$ mm per le barre longitudinali,

$c_{nom,staffe} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 15 + 10 = 25$ mm per le staffe.

Per assicurare un copriferro di 28 mm delle barre longitudinali, occorre adottare un copriferro delle staffe di $28 - 8 = 20$ mm $< c_{nom,staffe}$.

Il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è pertanto $c_{nom} = 25$ mm. Il prospetto A3.2 riporta i valori del copriferro minimo da adottare per travi interne di c.a. in classe di esposizione XC1, al variare del diametro dei ferri longitudinali e di quello delle staffe (6, 8, 10 mm).

Prospetto A3.2 Valori del copriferro nominale per trave interna in ambiente XC1, $d_{\max} \leq 32$ mm e vita utile 50 anni, al variare del diametro delle barre longitudinali e delle staffe.

Diametro staffe (mm)	Diametro barre longitudinali (mm)			
	$\phi \leq 20$	22	24	26
6	25	26	28	30
8	25	25	26	28
10	25	25	25	26

*Calcolo secondo NTC 2018****Ambiente***

Ordinario (essendo XC1 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Per ambiente ordinario la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$$C_{min} = C25/30, C_0 = C35/45$$

Copriferro minimo

Risulta $C_{min} \leq C25/30 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{min} = 25$ mm per “altri elementi”; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{min} = 35$ mm.

A differenza della EN1992-1-1, il copriferro minimo non varia al variare del diametro dei ferri del solaio, perché nella Tab. C4.1.IV della Circolare (prospetto 3.11) il copriferro dipende solo dall’ambiente e dalla resistenza del calcestruzzo, ma non dal diametro dei ferri. Si suggerisce di adottare comunque un copriferro non inferiore a quello richiesto dall’EC2 per garantire l’aderenza ($c_{min,b}$).

3.5 Esempio 3.5. Trave esterna a facciavista

Si calcoli il copriferro considerando i seguenti dati: calcestruzzo di classe C30/37, barre longitudinali di diametro 20 mm e staffe di 8 mm, $d_{max} \leq 32$ mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{max} \leq 32$ mm

$c_{min,b} = \phi = 20$ mm per le barre longitudinali,

$c_{min,b} = \phi = 8$ mm per le staffe.

Classe di esposizione

XC4: ciclicamente bagnato e asciutto.

Classe minima di resistenza

Dal prospetto 3.4 per la classe XC4, la classe minima di resistenza è C30/37, che coincide con quella di progetto; la classe strutturale per una vita utile di 50 anni è pertanto S4.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XC4 e S4, $c_{min,dur} = 30$ mm.

Copriferro minimo

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(20; 30; 10) = 30$ mm per le barre longitudinali,

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(8; 30; 10) = 30$ mm per le staffe.

Copriferro nominale

$\Delta c_{dev} = 10$ mm,

$c_{nom,long} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40$ mm per le barre longitudinali,

$c_{nom,staffe} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40$ mm per le staffe.

Il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è $c_{nom} = 40$ mm.

Osservazione: se si considera un diverso diametro delle barre longitudinali e si mantiene lo stesso diametro delle staffe (8 mm), il copriferro nominale risulta invariato e pari a 40 mm per $\phi_{long} \leq 38$ mm, mentre si ha $c_{nom} = 42$ mm per $\phi_{long} = 40$ mm.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Aggressivo (essendo XC4 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Per ambiente aggressivo la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$C_{min} = C28/35$, $C_0 = C40/50$.

Copriferro minimo

Risulta $C_{min} \leq C30/37 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{min} = 35$ mm per “altri elementi”; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{min} = 45$ mm.

3.6 Esempio 3.6. Trave esterna a facciavista in prossimità del mare

Si calcoli il copriferro considerando i seguenti dati: calcestruzzo di classe C30/37, barre longitudinali di diametro 20 mm e staffe di 8 mm, $d_{max} \leq 32$ mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{max} \leq 32$ mm

$c_{min,b} = \phi = 20$ mm per le barre longitudinali,

$c_{min,b} = \phi = 8$ mm per le staffe.

Classe di esposizione

XC4: ciclicamente bagnato e asciutto,

XS1: esposizione a nebbia salina ma non a diretto contatto con il mare.

Classe minima di resistenza

Dal prospetto 3.4 sia per la classe XC4 sia per la XS1, la classe minima di resistenza è C30/37, che coincide con quella di progetto; la classe strutturale per una vita utile di 50 anni è pertanto S4.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XC4 e S4, $c_{min,dur} = 30$ mm.

Dal prospetto 3.6, per XS1 e S4, $c_{min,dur} = 35$ mm, quindi $c_{min,dur} = 35$ mm.

Copriferro minimo

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(20; 35; 10) = 35$ mm per le barre longitudinali,

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(8; 35; 10) = 35$ mm per le staffe.

Copriferro nominale

$\Delta c_{dev} = 10$ mm,

$c_{nom,long} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35 + 10 = 45$ mm per le barre longitudinali,

$c_{nom,staffe} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35 + 10 = 45$ mm per le staffe.

Il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è $c_{nom} = 45$ mm.

Osservazione: se si considera un qualunque altro diametro delle barre longitudinali ($\phi_{long} \leq 40$ mm) e lo stesso diametro delle staffe (8 mm), il copriferro nominale risulta invariato e pari a 45 mm.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Aggressivo (essendo XC4 e XS1 le classi di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Per ambiente aggressivo la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$C_{min} = C28/35$, $C_0 = C40/50$.

Copriferro minimo

Risulta $C_{min} \leq C30/37 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{min} = 35$ mm per “altri elementi”; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{min} = 45$ mm.

3.7 Esempio 3.7. Trave rovescia di fondazione

Si calcoli il copriferro considerando i seguenti dati: calcestruzzo di classe C25/30, barre longitudinali di diametro 20 mm e staffe di 8 mm, $d_{max} \leq 32$ mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{max} \leq 32$ mm

$c_{min,b} = \phi = 20$ mm per le barre longitudinali,

$c_{min,b} = \phi = 8$ mm per le staffe.

Classe di esposizione

XC2: bagnato, raramente asciutto.

Classe minima di resistenza

Dal prospetto 3.4 per la classe XC2 la classe minima di resistenza è C25/30, che coincide con quella di progetto; la classe strutturale per una vita utile di 50 anni è pertanto S4.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XC2 e S4, $c_{min,dur} = 25$ mm.

Copriferro minimo

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(20; 25; 10) = 25$ mm per le barre longitudinali

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(8; 25; 10) = 25$ mm per le staffe.

Copriferro nominale

$\Delta c_{dev} = 10$ mm,

$c_{nom,long} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35$ mm per le barre longitudinali,

$c_{nom,staffe} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35$ mm per le staffe.

Il copriferro nominale da indicare negli elaborati di progetto sarebbe $c_{nom} = 35$ mm, ma dovendo rispettare il valore limite inferiore del prospetto 3.10 per getti contro terreni trattati o contro magrone di pulizia, il copriferro da prescrivere è pari a 40 mm.

Osservazione. In presenza di terreno poco o moderatamente aggressivo, la classe di resistenza minima da assumere è la C30/37, mentre non cambierebbe il valore del copriferro.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Ordinario (essendo XC2 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Per ambiente ordinario la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$C_{min} = C25/30$, $C_0 = C35/45$.

Copriferro minimo

Risulta $C_{min} \leq C25/30 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{min} = 25$ mm per “altri elementi”; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{min} = 35$ mm.

La Circolare non prevede un limite inferiore del valore del copriferro per getti contro terreni trattati o contro magrone di pulizia (come la EN1992-1-1 che indica un valore minimo di 40 mm).

3.8 Esempio 3.8. Muro a retta in c.a.

Si calcoli il copriferro considerando i seguenti dati di progetto: barre verticali interne di 16 mm di diametro, barre orizzontali esterne di 12 mm, calcestruzzo di classe C30/37 confezionato con inerti di dimensione massima non superiore a 32 mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{\max} \leq 32$ mm si ha

$$c_{\min,b} = \phi = 16 \text{ mm per le barre verticali,}$$

$$c_{\min,b} = \phi = 12 \text{ mm per le barre orizzontali.}$$

Classe di esposizione

XC4: ciclicamente bagnato e asciutto.

Classe minima di resistenza

Per la classe di esposizione XC4, la classe minima di resistenza è C30/37; la resistenza di progetto adottata coincide con la classe di resistenza minima e pertanto la classe strutturale per una vita utile di 50 anni è S4.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XC4 e S4, $c_{\min,dur} = 30$ mm.

Copriferro minimo

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(16; 30; 10) = 30 \text{ mm per le barre verticali,}$$

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(12; 30; 10) = 30 \text{ mm per le barre orizzontali.}$$

Copriferro nominale

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm,}$$

$$c_{nom,vertic.} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm per le barre verticali,}$$

$$c_{nom,orizz.} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm per le barre orizzontali.}$$

Per assicurare un copriferro di 40 mm delle barre verticali, occorre adottare un copriferro delle barre orizzontali di $40 - 12 = 28 \text{ mm} > c_{nom,orizz.}$.

Il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è pertanto $c_{nom} = 40$ mm. Questo valore rispetta anche il minimo di 40 mm indicato nel prospetto 3.10 per calcestruzzo messo in opera contro terreni trattati, che riguarda la ciabatta del muro gettata su magrone di pulizia³.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Aggressivo (essendo XC4 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

³ Si è fatta l'ipotesi che il getto della parete verticale non sia eseguito controterra, ma che i casseri siano posti su entrambi i lati della parete; in caso contrario il copriferro della superficie controterra andrebbe aumentato a 75 mm (vedi prospetto 3.10).

Classi di resistenza C_{\min} e C_0

Per ambiente aggressivo la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$$C_{\min} = C28/35, C_0 = C40/50.$$

Copriferro minimo

Risulta $C_{\min} \leq C30/37 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{\min} = 30$ mm per “elementi a piastra”; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{\min} = 40$ mm.

3.9 Esempio 3.9. Muro a retta in c.a. a contatto con terreno chimicamente molto aggressivo

Si calcoli il copriferro considerando i seguenti dati di progetto: barre verticali interne di 16 mm di diametro, barre orizzontali esterne di 12 mm, calcestruzzo di classe C35/45 confezionato con inerti di dimensione massima non superiore a 32 mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{\max} \leq 32$ mm

$c_{\min,b} = \phi = 16$ mm per le barre verticali,

$c_{\min,b} = \phi = 12$ mm per le barre orizzontali.

Classe di esposizione

XC4: ciclicamente bagnato e asciutto,

XA3: ambiente chimico fortemente aggressivo.

Classe minima di resistenza

Per la classe di esposizione XC4 la classe minima di resistenza è C30/37, mentre per la che per la XA3 è C35/45, pertanto si adotta la classe C35/45; la resistenza di progetto adottata è uguale alla classe di resistenza minima e pertanto la classe strutturale per una vita utile di 50 anni è S4.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Il copriferro minimo per la durabilità rimane invariato rispetto all'esempio precedente, infatti dal prospetto 3.6, per XC4 e S4, $c_{\min,dur} = 30$ mm, mentre non c'è nessuna prescrizione sul copriferro per la classe XA3. Il copriferro minimo risulta pertanto lo stesso di quello dell'esempio precedente.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Molto aggressivo (essendo XA3 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{\min} e C_0

Per ambiente molto aggressivo la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$C_{\min} = C35/45$, $C_0 = C45/55$.

Copriferro minimo

Risulta $C_{\min} \leq C35/45 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{\min} = 40$ mm per "elementi a piastra"; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{\min} = 50$ mm.

3.10 Esempio 3.10. Barriera autostradale tipo New Jersey

Si calcola il copriferro per una barriera New Jersey armata con barre di 12 mm di diametro. La classe del calcestruzzo è C45/55 e la dimensione massima degli inerti è non superiore a 32 mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{\max} \leq 32$ mm

$c_{\min,b} = \phi = 12$ mm per le barre longitudinali,

$c_{\min,b} = \phi = 12$ mm per le barre trasversali.

Classe di esposizione

XC4: bagnato, raramente asciutto,

XD3: ciclicamente bagnato e asciutto (parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri),

XF2: moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo.

Classe minima di resistenza

Per la classe di esposizione XD3, la classe minima di resistenza è C35/45 (per la XC4 è C30/37 e per la XF2 è C25/30); per calcestruzzo di classe C35/45 e vita utile di progetto di 50 anni la classe strutturale è S4.

Adottando una classe di resistenza \geq C45/55, dal prospetto 3.5 si ricava che la classe strutturale si riduce di uno: S4 \rightarrow S3.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XD3 e S3, $c_{\min,dur} = 40$ mm.

Copriferro minimo

$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(12; 40; 10) = 40$ mm per le barre verticali,

$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(12; 40; 10) = 40$ mm per le barre orizzontali.

Copriferro nominale

$\Delta c_{dev} = 10$ mm,

$c_{nom,vertic.} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 40 + 10 = 50$ mm per le barre verticali,

$c_{nom,orizz.} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 40 + 10 = 50$ mm per le barre orizzontali.

Il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è pertanto $c_{nom} = 50$ mm.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Molto aggressivo (essendo XD3 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Per ambiente molto aggressivo la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$C_{min} = C35/45$, $C_0 = C45/55$.

Copriferro minimo

Risulta $C45/55 \geq C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{min} = 40$ mm per "altri elementi"; considerando una tolleranza di posa di soli 5 mm (alla luce del controllo di qualità per manufatti prodotti in stabilimento), si ha: $c_{min} = 45$ mm.

3.11 Esempio 3.11. Palo trivellato di fondazione in terreno poco aggressivo

Si calcoli il copriferro considerando barre di 20 mm di diametro, staffe di 10 mm e $d_{max} \leq 32$ mm. La classe del calcestruzzo è C25/30.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza

Dal prospetto 3.1 per $d_{max} \leq 32$ mm

$c_{min,b} = \phi = 20$ mm per le barre longitudinali,

$c_{min,b} = \phi = 10$ mm per le staffe.

Classe di esposizione

XC2: bagnato, raramente asciutto.

Classe minima di resistenza

Per la classe di esposizione XC2 la classe minima di resistenza è C25/30; la resistenza di progetto adottata coincide con la classe di resistenza minima e pertanto la classe strutturale per una vita utile di 50 anni è S4.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XC2 e S4, $c_{min,dur} = 25$ mm.

Copriferro minimo

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(20; 25; 10) = 25$ mm per le barre longitudinali,

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(10; 25; 10) = 25$ mm per le staffe.

Copriferro nominale

$\Delta c_{dev} = 10$ mm,

$c_{nom,long} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35$ mm per le barre longitudinali,

$c_{nom,trasv} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35$ mm per le staffe.

Per assicurare un copriferro di 35 mm delle barre longitudinali, occorre adottare un copriferro delle staffe di $35 - 10 = 25$ mm $< c_{nom,trasv}$.

Il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto sarebbe pertanto $c_{nom} = 35$ mm. In realtà, essendo il palo trivellato di fondazione realizzato mediante getto del calcestruzzo contro terreno irregolare, il copriferro da adottare è pari a 75 mm (prospetto 3.10).

Si fa osservare che il valore massimo del copriferro nominale fornito dal prospetto 3.6 è pari a 55 mm (classe XD3/XS3 e classe strutturale S6), che sommato a $\Delta c_{dev} = 10$ mm fornisce $c_{nom} = 65$ mm < 75 mm. In definitiva per pali di fondazione, diaframmi e muri controterra, anche in presenza di ambienti molto aggressivi, è superfluo il calcolo di c_{nom} , dovendo sempre assumere il copriferro minimo del prospetto 3.10 pari a 75 mm.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Ordinario (essendo XC2 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Per ambiente ordinario la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$$C_{min} = C25/30, C_0 = C35/45.$$

Copriferro minimo

Risulta $C_{min} \leq C25/30 < C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{min} = 25$ mm per “altri elementi”; considerando una tolleranza di posa di 10 mm, come indicato nella Circolare, si ha: $c_{min} = 35$ mm. La Circolare non prevede un limite inferiore del valore del copriferro per getti contro terreni irregolari (come la EN1992-1-1 che indica un valore minimo di 75 mm).

3.12 Esempio 3.12. Tegolo precompresso di copertura per edificio prefabbricato posto in prossimità del mare

Si calcoli il copriferro considerando i seguenti dati di progetto: barre longitudinali di 12 mm di diametro, staffe di 8 mm, armature da precompressione pre-tese in trefoli da 0,6" (15,3 mm), calcestruzzo C40/50 con dimensione massima degli inerti ≤ 32 mm.

Calcolo secondo EN1992-1-1

Copriferro minimo per l'aderenza per le armature ordinarie

Dal prospetto 3.1 per $d_{\max} \leq 32$ mm

$c_{\min,b} = \phi = 12$ mm per le barre longitudinali,

$c_{\min,b} = \phi = 8$ mm per le staffe.

Copriferro minimo per l'aderenza per le armature da precompressione pre-tese

Dal prospetto 3.1 per armature pretese

$c_{\min,b} = 1,5 \phi = 1,5 \cdot 15,3$ mm = 22,95 mm.

Classe di esposizione

XC4: ciclicamente bagnato e asciutto,

XS1: esposizione a nebbia salina ma non a diretto contatto con il mare.

Classe minima di resistenza

Dal prospetto 3.4 sia per la classe XC4 sia per la XS1, la classe minima di resistenza è C30/37; dal prospetto 3.5 risulta che per classi di resistenza \geq C40/50 è possibile ridurre di una classe strutturale, da S4 a S3; inoltre essendo assicurato per il tegolo prefabbricato un controllo di qualità speciale della produzione del calcestruzzo si può ridurre di un'altra classe strutturale, da S3 a S2.

Copriferro minimo relativo alle condizioni ambientali

Dal prospetto 3.6, per XS1 e S2, $c_{\min,dur} = 25$ mm per le armature ordinarie,

dal prospetto 3.7, per XS1 e S2, $c_{\min,dur} = 35$ mm per le armature da precompressione.

Copriferro minimo

$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(12; 25; 10) = 25$ mm per le barre longitudinali,

$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(8; 25; 10) = 25$ mm per le staffe,

$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(22,95; 35; 10) = 35$ mm per i trefoli.

Copriferro nominale

Ipotizzando che il tegolo sia realizzato con un controllo di qualità che comprende la misura dei copriferri, il valore di Δc_{dev} può essere assunto pari a 5 mm

$\Delta c_{dev} = 5$ mm,

$c_{nom,long} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 25 + 5 = 30$ mm per le barre longitudinali,

$c_{nom,staffe} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 25 + 5 = 30$ mm per le staffe,

$c_{nom,trefoli} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 35 + 5 = 40$ mm per i trefoli.

Il copriferro nominale da prescrivere negli elaborati di progetto è $c_{nom} = 30$ mm.

Calcolo secondo NTC 2018

Ambiente

Aggressivo (essendo XC4 e XS1 la classe di esposizione ambientale; vedi nota 6).

Classi di resistenza C_{min} e C_0

Per ambiente aggressivo la Tabella C4.1.IV della Circolare fornisce

$$C_{min} = C28/35, C_0 = C40/50.$$

Copriferro minimo

Risulta $C40/50 \geq C_0$, pertanto dalla stessa Tabella C4.1.IV si ricava $c_{min} = 30$ mm per “altri elementi”; considerando una tolleranza di posa di 5 mm (controllo di qualità di elementi prefabbricati), come indicato nella Circolare, si ha: $c_{min} = 35$ mm.