

Struttura Territoriale Emilia Romagna
Viale A. Masini, 8 – 40126 Bologna T [+30] 051 6301111 – F [+39] 051 244970
Pec anas.emiliaromagna@postacert.stradeanas.it – www.stradeanas.it

**S.S. 67 "Tosco–Romagnola"
Adeguamento da Classe al Porto di Ravenna**

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTISTI: <i>Zollet Ingegneria Srl</i>		GRUPPO DI PROGETTAZIONE			
IL GEOLOGO					
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE					
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Anna Maria Nosari</i>					
PROTOCOLLO	DATA				

**OPERE D'ARTE MINORI
Cavalcavia di Porto Fuori
Relazione illustrativa dei materiali**

CODICE PROGETTO PROGETTO BO328		NOME FILE TOOCV00STRRE02A.doc			REVISIONE	SCALA
		CODICE ELAB. TOOCV00STRRE02			A	–
A	EMISSIONE	Settembre 2020	M. Adami	M. Zanchettin	L. Zollet	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

Comune di RAVENNA (RA)

Adeguamento da Classe al Porto di Ravenna
Prestazione di servizi tecnici per la redazione dello studio di
fattibilità tecnica ed economica, progetto definitivo ed esecutivo.

PROGETTO DEFINITIVO

Lavori di adeguamento da Classe al Porto di Ravenna

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI

INDICE

1	MATERIALI DA IMPIEGARE	3
1.1	CALCESTRUZZO	3
1.2	ACCIAIO D'ARMATURA	4
1.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA	4
1.4	DETTAGLI COSTRUTTIVI	5
1.1.1	Dettagli costruttivi per elementi in acciaio da carpenteria	5
1.1.2	Dettagli costruttivi per getti in calcestruzzo	7
1.5	DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI ESECUZIONE	12

1 MATERIALI DA IMPIEGARE

1.1 CALCESTRUZZO

Calcestruzzo magro per posa fondazioni

Classe di resistenza		C12/15	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	fck	12,00	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione	Rck	15,00	MPa
Resistenza di calcolo a compressione	fcd	7,00	MPa

Calcestruzzo per pali di fondazione

Classe di esposizione		XC4	
Classe di resistenza		C45/55	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	fck	45,65	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione	Rck	55,00	MPa
Resistenza cilindrica media	fcm	53,65	MPa
Resistenza media a trazione semplice	fctm	3,83	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	fcfm	4,60	MPa
Modulo elastico medio	Ecm	36416	MPa
Coefficiente di Poisson	ν	0,1	
Coefficiente di dilatazione termica	α	0,00001	°C-1
Resistenza di calcolo a compressione	fcd	25,87	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	fctd	1,79	MPa

Calcestruzzo per strutture delle spalle

Classe di esposizione		XC4+XF2+XF3	
Classe di resistenza		C32/40	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f _{ck}	33,20	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R _{ck}	40,00	MPa
Resistenza cilindrica media	f _{cm}	41,20	MPa
Resistenza media a trazione semplice	f _{ctm}	3,10	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	f _{cfm}	3,72	MPa

Modulo elastico medio	E_{cm}	33643	MPa
Coefficiente di Poissn	ν	0,1	
Coefficiente di dilatazione termica	α	0,00001	$^{\circ}C^{-1}$
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18,81	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1,45	MPa

Calcestruzzo per soletta impalcato, cordoli

Classe di esposizione		XC4+XF4	
Classe di resistenza		C32/40	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	33,20	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	40,00	MPa
Resistenza cilindrica media	f_{cm}	41,20	MPa
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3,10	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	f_{cfm}	3,72	MPa
Modulo elastico medio	E_{cm}	33643	MPa
Coefficiente di Poissn	ν	0,1	
Coefficiente di dilatazione termica	α	0,00001	$^{\circ}C^{-1}$
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18,81	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1,45	MPa

1.2 ACCIAIO D'ARMATURA

Acciaio in barre ad aderenza migliorata per c.a.

Tipo		B450C	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	MPa
Tensione caratteristica rottura	f_{tk}	540	MPa
Modulo elastico	E_s	210	GPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{yd}	391	MPa

1.3 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Acciaio da carpenteria metallica per profilati e piatti

Tipo	S355Jo
------	--------

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} >$	355	MPa
Tensione caratteristica rottura	$f_{yk} >$	510	MPa
Modulo elastico	E_s	210	GPa
Modulo elastico tangenziale	G_s	80,8	GPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{yd}	338	MPa

Acciaio per bulloni e dadi

Bulloni Classe		10.9	
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} >$	900	MPa
Tensione caratteristica rottura	$f_{yk} >$	1000	MPa

Acciaio per pioli tipo Nelson

Classe	$S235J2G3+C450$		
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} >$	350	MPa
Tensione caratteristica rottura	$f_{yk} >$	450	MPa

1.4 DETTAGLI COSTRUTTIVI

La scelta dei dettagli costruttivi è stata definita in accordo alla classe di esposizione e alla vita nominale di progetto assunta, ed esplicitata nei paragrafi precedenti.

1.1.1 Dettagli costruttivi per elementi in acciaio da carpenteria

L'acciaio non protetto ed esposto agli agenti atmosferici è soggetto alla corrosione. Per evitare danneggiamenti da corrosione, le strutture di acciaio **devono essere protette** per resistere alle sollecitazioni corrosive per tutto il tempo di vita richiesto alla struttura. Ciò si ottiene con idonei *trattamenti superficiali* dei metalli, ovvero attraverso una serie di operazioni volte a mantenere nel tempo le caratteristiche del metallo stesso, in modo da scongiurare o ritardare nel tempo gli effetti della corrosione legati all'esposizione ad un ambiente più o meno aggressivo. E' importante fondamentale quindi che siano scelte soluzioni adeguate al progetto in questione, tra le quali le condizioni iniziali in cui il metallo si trova prima dell'applicazione della protezione e le caratteristiche dell'ambiente.

La tabella che segue riporta le indicazioni ricavate dalla **ISO 9223 - Corrosione dei metalli e loro leghe** e dalla UNI EN ISO 14713 – *Rivestimenti di Zinco, Linee guida e raccomandazioni*.

Classificazione dell'ambiente e velocità di corrosione	Ambienti interni	Ambienti esterni
$r_{corr} [=] \mu\text{m}/\text{anno}$ (perdita spessore zinco)		
C1 $r_{corr} \leq 0,1$ non aggressivo	Bassa umidità relativa in ambiente riscaldato, assenza di inquinamento	Zone asciutte o fredde con precipitazioni molto rare con condensa molto limitata o assente
C2 $0,1 < r_{corr} \leq 0,7$ poco aggressivo	Temperature ed umidità relative variabili in ambiente non riscaldato, valori bassi di inquinamento e condensa	Zone temperate con inquinamento contenuto; zone asciutte o fredde con condensa limitata; campagna, paesi o piccole città d'entroterra
C3 $0,7 < r_{corr} \leq 2$ mediamente aggressivo	Moderata presenza di condense e di inquinamento da processi produttivi leggeri	Zona temperata con medi valori di inquinamento (SO_2 fino a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oppure media presenza di cloruri); aree urbane, aree costiere con bassa deposizione di cloruri
C4 $2 < r_{corr} \leq 4$ aggressivo	Condense frequenti ed alto livello di inquinamento da processi industriali e piscine sportive	Zona temperata con alto livello di inquinamento (SO_2 fino a $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - alto livello di cloruri); aree urbane molto inquinate, distretti industriali, aree limitrofe alla costa con alta deposizione di cloruri
C5 $4 < r_{corr} \leq 8$ molto aggressivo	Caverne	Inquinamento molto grave (SO_2 fino a $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$); aree con industrializzazione pesante, costruzioni sulla linea di costa

La tabella che segue riporta le indicazioni ricavate dalla **EN ISO 12944 parte 1÷8: 2002 - Pitture e vernici. Protezione della corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.**

Classe di corrosività	Perdita massa (g/mm^2)/spessore (um)				Esempi di ambienti tipici in un clima temperato	
	Acciaio a basso C		Zinco		All'esterno	All'interno
	massa	spess.	massa	spess.		
C1 molto bassa	< 10	< 1,3	< 0,7	< 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita
C2 bassa	10-200	1,3 -25	0,7-5	0,1-0,7	Ambienti con basso livello di inquinamento	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa
C3 media	200-400	25 -50	5-15	0,7-2,1	Ambienti con modesto inquinamento	Locali di produzione con alta umidità ed inquinamento
C4 alta	400-650	50 -80	15-30	2,1-4,2	Aree industriali e zone costiere	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri
C5-I molto alta	650-1500	80 -200	30-60	4,2-8,4	Aree industriali con umidità e atmosfera aggressiva	Condensa quasi permanente e inquinamento
C5-M marina	650-1500	80 -200	30-60	4,2-8,4	Zone costiere e offshore con alta salinità	Condensa permanente e alto inquinamento

Definita la "vita nominale" della struttura in esame si individua la "**classe corrosività**" dell'ambiente ove sarà ubicata (UNI EN ISO 9223-2012), e la conseguente identificazione della "**durabilità**" dei sistemi di protezione alla corrosione a seconda del tipo di protezione scelta. Per durabilità si intende il tempo previsto di durata dell'efficacia di una protezione anticorrosiva fino al primo importante intervento di manutenzione.

La durata in servizio di una struttura protetta è generalmente superiore alla durata del sistema protettivo adottato. In quest'ottica è necessaria la stesura di un programma di manutenzione, in accordo con l'attuale normativa tecnica, che permetta la fruibilità della struttura per tutto il periodo di riferimento (vita nominale). Il programma deve prevedere una manutenzione ordinaria, da tenersi con cadenza regolare, e una manutenzione straordinaria, da effettuarsi quando si manifestino le condizioni previste dalle norme.

- **Manutenzione ordinaria:** per prolungare la durata del rivestimento protettivo per tutta la vita nominale

della struttura, è necessario eseguire un'ordinaria manutenzione prima che si manifesti qualsiasi traccia di ruggine e preferibilmente appena vengano riscontrati alterazioni del rivestimento protettivo (sfarinamenti, screpolature, vescicamento, danneggiamenti, ecc...);

- **Manutenzione straordinaria:** la manutenzione straordinaria è da effettuarsi quando si manifestino le condizioni previste dalle norme UNI EN ISO 4628-3 o nell'eventualità di particolari danneggiamenti al rivestimento protettivo.

I sistemi di protezione attualmente più utilizzati sono:

- **Verniciatura** (a liquido o a polvere) UNI EN ISO 12944-1:2001 (*e s.m.i.*)
- **Zincatura a caldo** secondo UNI EN ISO 14713:2010 (*e s.m.i.*)
- **Sistemi misti** (zincatura a caldo + verniciatura)

Alla luce delle indicazioni di cui sopra si può assumere cautelativamente quanto segue.

ELEMENTO	PROTEZIONE vs. CLASSE CORROSIONE
Acciaio da carpenteria in zona "esterna"	ZINCO → C4/C5 VERNICIATURA → C4/C5

1.1.2 Dettagli costruttivi per getti in calcestruzzo

Elementi in c.a. qualora esposti agli agenti atmosferici sono soggetti a fenomeni di degrado ben noti. Il **degrado del calcestruzzo** consiste nella perdita delle iniziali prestazioni a seguito di eventi lenti legati all'ambiente al quale il calcestruzzo è esposto. Le cause principali cause del degrado dalla penetrazione di varie sostanze, presenti nell'ambiente nel quale i manufatti sono esposti, che possono essere di origine naturale (acqua marina, aria umida, ecc.) o artificiale (ambienti industriali).

Per garantire la "vita nominale" delle opere in c.a., le norme di settore dettano una serie di dettagli da garantire in funzione all'ambiente in cui la struttura si troverà ad operare ("**classe di esposizione**"). A seguire le indicazioni normative.

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		
XO	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		
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel coprifero o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immersa 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	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità 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. Calcestruzzo 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	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (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.

Denominazione della Classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
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 prossimità.
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 soggette agli spruzzi ed onde del mare.
5 Attacco di cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti *)		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo con 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 d'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 d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggette ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.
XF4	Elevata saturazione d'acqua in 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 scarichi industriali.
*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: - moderato: occasionalmente gelato in condizioni di saturazione - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione. **) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.		

Figura 1: Classi di esposizione strutture in c.a. secondo UNI 111040:2016

Definita la "classe di esposizione" si devono conseguentemente definire alcuni aspetti rispetto il "confezionamento del CLS" come a seguire.

Aggiunta tipo II		k	Denominazione del tipo di cemento (UNI EN 197-1)	Rapporto in massa aggiunta/cemento ^{a)}	Rapporto acqua/cemento	Requisiti aggiuntivi
Ceneri volanti UNI EN 450-1		0,4	CEM I	$\leq 0,33$	-	-
			CEM II/A	$\leq 0,25$		
		0,2 ^{b)}	CEM III/A CEM IV/A (P) CEM V/A (S-P)	$\leq 0,25$	-	Classe di resistenza del cemento: 32,5 N 32,5 R 42,5 N 42,5 R
Fumi di silice UNI EN 13263-1 ^{e)}	Classe 1 ^{c)}	2,0	CEM I CEM II/A ^{d)}	$\leq 0,11$	$\leq 0,45$	-
		2,0			$>0,45$	Tutte le classi di esposizione tranne XC e XF
		1,0				Classi di esposizione XC e XF
Loppa d'altoforno granulata macinata UNI EN 15167-1		0,6	CEM I CEM II/A	$\leq 1,0$	-	-

a) E' consentito utilizzare un rapporto aggiunta/cemento maggiore, ma in tali casi non si può tener conto del quantitativo di aggiunta eccedente il limite specificato ai fini del calcolo del rapporto massimo acqua/(cemento+k aggiunta) e del contenuto minimo di (cemento + k aggiunta).
b) Il valore riportato deriva da sperimentazioni nazionali su ceneri volanti di categoria A.
c) Il quantitativo di cemento non deve essere ridotto più di 30 kg/m³ al di sotto del contenuto minimo di cemento richiesto per la classe di esposizione pertinente (prospetto 5).
d) Eccetto cemento Portland composito ai fumi di silice.
e) Per i fumi di silice di classe 2 non sono stabilite dalla presente norma regole per l'uso del concetto del valore k .

Figura 2: Contenuti minimi del cemento e delle eventuali aggiunte secondo UNI 11104:2016

Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione													
			Classe di esposizione													
			X0	XC1 XC2 XC3	XC4	XS1	XS2 XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2 XF3 XF4	XA1	XA2	XA3	
Tipo A	Rc ₉₀ , Rcu ₉₅ , Rb ₁₀ , Ra ₁ , FL ₂ , Rg ₁ .	$\geq C12/15$ $\leq C20/25$	60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		$\leq C30/37$	30%	30%	-	-	-	20%	-	-	-	20%	20%	-	-	
		$\leq C45/55$	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	
Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione													
			Classe di esposizione non applicabile													
Tipo A	Rc ₉₀ , Rcu ₉₅ , Rb ₁₀ , Ra ₁ , FL ₂ , Rg ₁ .	C8/10	$\leq 100\%$													
Tipo B	Rc ₅₀ , Rcu ₇₀ , Rb ₃₀ , Ra ₅ , FL ₂ , XRg ₂ .															

Rc: calcestruzzo, prodotti di calcestruzzo e malta;
Ru: aggregati non legati, aggregati naturali, aggregati legati con leganti idraulici;
Rb: frammenti di mattoni o tegole in argilla, frammenti di mattoni silicei, frammenti di calcestruzzo aerato non galleggiante;
Ra: materiali bituminosi;
Rg: vetro;
FL: materiale lapideo galleggiante (in volume);
X: altri materiali: coesivi (argilla e terra); metalli ferrosi e non ferrosi; gesso, plastica e gomma, legno non galleggiante.

Figura 3: Tipologia di aggregato secondo UNI 11104:2016

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	32/40	35/45	
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³) ^{di}	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	320	340	360	320	340	360	
Contenuto minimo in aria (%)														4,0 ³⁾				
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ²⁾		
a)	Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390 -9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con $D_{upper} > 20\text{mm}$; per D_{upper} inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per D_{upper} tra 12 mm e 16 mm).																	
b)	Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.																	
c)	Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.																	
d)	Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.																	

Figura 4: Requisiti minimi del calcestruzzo per ciascuna classe di esposizione ambientale secondo UNI 11104:2016

Dalla "classe di esposizione" si ricavano le indicazioni sul **copriferro** come a seguire. Si fa riferimento all'EC2.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Figura 5: Copriferro minimo $c_{min,dur}$ per acciaio da armatura ordinaria secondo EC2

Classe Strutturale							
Criterio	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Vita utile di progetto di 100 anni	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi
Classe di resistenza ^{1) 2)}	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C35/45 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C45/55 ridurre di 1 classe
Elemento di forma simile ad una soletta (posizione delle armature non influenzata dal processo costruttivo)	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe
È assicurato un controllo di qualità speciale della produzione del calcestruzzo	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe

Figura 6: Modifiche del copriferro minimo in riferimento alle classi strutturali, vita nominale etc. secondo EC2

Si adottano pertanto, relativamente ad ogni elemento strutturale, i seguenti valori di copriferro:

- Platee di fondazione: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 + 10 = 50\text{mm}$
- Elevazioni spalle: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35\text{mm}$
- Soletta impalcato: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35 + 10 = 45\text{mm}$

1.5 DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI ESECUZIONE

La classe di esecuzione della struttura metallica è stata valutata in accordo a quanto indicato nella **UNI EN 1090**, e nel rispetto di quei fattori di esecuzione (*Classe di importanza, Categoria di servizio e Categoria di produzione*) che influenzano l'affidabilità complessiva della costruzione e che sono riportati nelle tabelle seguenti.

CLASSE DI CONSEGUENZA (CCi)	DESCRIZIONE	ESEMPI
CC3	Gravi conseguenze per perdite di vite umane, economiche o sociali. Oppure gravi conseguenze per l'ambiente.	Tribune coperte, edifici pubblici, ove le conseguenze di errori sono alte (Esempio: sale di concerti).
CC2	Conseguenze di media entità per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure considerevoli conseguenze per l'ambiente.	Costruzioni residenziali oppure per uffici, uffici pubblici ove le conseguenze in caso di fallimento sono medie (Costruzioni di uffici).
CC1	Lievi conseguenze per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure basse o trascurabili conseguenze per l'ambiente.	Costruzioni agricole dove le persone normalmente non entrano (esempio: Magazzini, serre).

CATEGORIA DI SERVIZIO (SC)	DEFINITE IN BASE ALLE SOLLECITAZIONI PREVISTE (dinamiche / statiche)
SC1	Strutture e componenti progettati per azioni quasi-statiche (Esempio: Edifici) Strutture e componenti per connessioni progettate per resistere ad azioni sismiche in regioni a bassa intensità sismica e DCL Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da gru (Classe S0)
SC2	Strutture e componenti progettati per azioni a fatica in accordo con EN 1993 (Esempio: ponti ferroviari e stradali, gru (da S1 a S9), strutture suscettibili a vibrazioni determinate dall'azione del vento, gru oppure macchine con funzione rotazionale) Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per azioni sismiche in regioni con medio ed alto rischio sismico e in DCM e DCH
Legenda: DCL: Comportamento strutturale poco dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1) DCM: Comportamento strutturale mediamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1) DCH: Comportamento strutturale altamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1)	

CATEGORIA DI PRODUZIONE (PC)	DEFINITE IN BASE ALLE TECNOLOGIE PRODUTTIVE
PC1	Componenti non saldati e realizzati con qualunque grado di acciaio Componenti saldati realizzati con acciaio di grado inferiore a S355
PC2	Componenti saldati realizzati con acciaio di grado S355 e superiore Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati tramite saldatura sulla costruzione in situ Componenti con formatura a caldo oppure che abbiano ricevuto un trattamento termico durante la produzione Componenti di tralicci CHS che richiedono tagli e profilature

Tabella di determinazione della classe di esecuzione							
Classi di conseguenza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4
La classe di esecuzione EXC4 deve essere scelta in caso di strutture con estreme conseguenze determinate dal cedimento della struttura, in base a disposizioni legislative.							

Per la struttura in oggetto si assume una classe di conseguenza CC₃, una categoria di servizio SC₂ e una categoria di produzione PC₂ pertanto la struttura va realizzata in classe di esecuzione EXC₄.