

AUTOSTRADA A1 MILANO - NAPOLI
da progr. km 585+000 a progr. km 588+000

PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO
AI SENSI DELLA LEGGE QUADRO n. 447/95

PROGETTO ESECUTIVO
MACROINTERVENTO 145
COMUNE DI VALMONTONE

ELABORATI STRUTTURALI

Titolo Elaborato

RELAZIONE SUI MATERIALI

Commessa	Codice Elaborato	Rev	Scala	Data
01286	STR-003	1	-	04-2017



autostrade *per l'italia*
Società per azioni
Responsabile del Procedimento
ROBERTO TURRI
(Roberto Turri)

Rev	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato
0	EMISSIONE	04-2017	A. FABBRI	E.PAMPANA	P. INDELLI	R. TURRI
1	VERIFICA AI FINI DELLA VALIDAZIONE DLGS 50/2016 E DPR 207/2010	05-2017		E.PAMPANA	P. INDELLI	R. TURRI
2						
3						

Autostrada A1 MILANO-NAPOLI
da Prog. Km 585+000 a Prog. Km 588+000

Macrointervento 145
Comune di Valmontone

RELAZIONE SUI MATERIALI

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	3
2. RESISTENZE DEI MATERIALI.....	4
2.1 CALCESTRUZZO	4
2.1.1 CALCESTRUZZO MAGRO – CLASSE DI RESISTENZA C12/15.....	4
2.1.2 CALCESTRUZZO CLASSE DI RESISTENZA C 25/30.....	4
2.1.3 CALCESTRUZZO CLASSE DI RESISTENZA C 28/35.....	5
2.1.4 CALCESTRUZZO CLASSE DI RESISTENZA C 32/40.....	5
2.1.5 MALTA CEMENTIZIA MICROPALI	6
2.2 ACCIAIO	7
2.2.1 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	7
2.2.2 ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE	7
2.2.3 ACCIAIO PER TUBI PER MICROPALI.....	10
2.3 RESINE PER ANCORAGGI CHIMICI.....	10
3. DURABILITA' DEI MATERIALI	12
3.1 GENERALITA'.....	12
3.2 ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI D'ESPOSIZIONE	12
3.3 COMPOSIZIONE E PROPRIETA' DEI CALCESTRUZZI.....	13

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione sono descritte le caratteristiche di resistenza e durabilità dei materiali impiegati per la realizzazione delle opere di mitigazione acustica (previste dal piano di risanamento ai sensi della Legge Quadro n°447/95) del tratto di Autostrada A1 Milano-Napoli, da Prog. Km 585+000 a Prog. Km 588+000, ed identificato come macrointervento MI 145 sito all'interno del Comune di Valmontone (RM).

2. RESISTENZE DEI MATERIALI

2.1 CALCESTRUZZO

In conformità a quanto specificato al paragrafo §4.1 delle Nuove Norme Tecniche 2008 (NTC2008) il calcestruzzo deve possedere i requisiti richiesti dalle norme UNI EN 206-1 : 2006 e UNI 11104:2004. Le caratteristiche del calcestruzzo sono desunte dalle formulazioni indicate al paragrafo §11.2.10 delle Nuove Norme Tecniche 2008. Per quanto non previsto si fa riferimento alle norme UNI EN 1992-1-1.

Nella presente sezione si valutano le caratteristiche di resistenza dei calcestruzzi da impiegare per la realizzazione delle diverse parti dell'opera in oggetto. In particolare si assume che le varie parti siano realizzate con le classi di calcestruzzo di seguito indicate:

MAGRONE	C12/15
PALI DI FONDAZIONE	C25/30
PLINTI, CORDOLI DI FONDAZIONE E MURI	C28/35
RIQUALIFICA OPERE D'ARTE E RIPRISTINI	C32/40

I diversi tipi di calcestruzzo sono caratterizzati dai seguenti parametri comuni:

$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico del calcestruzzo
$\gamma_c = 1.5$	Coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo
$\alpha_{cc} = 0.85$	Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\nu_{cls \text{ fess.}} = 0$	Coefficiente di Poisson – Calcestruzzo fessurato
$\nu_{cls \text{ non fess.}} = 0.2$	Coefficiente di Poisson–Calcestruzzo non fessurato
$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Coefficiente di espansione termica lineare

2.1.1 Calcestruzzo magro – classe di resistenza C12/15

$$R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza cubica caratteristica a compressione}$$

Dosaggio cemento minimo 150 kg/mc.

2.1.2 Calcestruzzo classe di resistenza C 25/30

$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$	Resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$	Resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$	Resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 14.17 \text{ N/mm}^2$	Resistenza di calcolo a compressione

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza media trazione (classi } \leq \text{C50/60)}$$

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza caratteristica a trazione}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a trazione}$$

$$f_{bk} = 2.25 \times 1.0 \times f_{ctk} = 4.03 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza}$$

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 2.69 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di aderenza di calcolo}$$

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 31447 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Modulo elastico}$$

2.1.3 Calcestruzzo classe di resistenza C 28/35

$$R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza cubica caratteristica a compressione}$$

$$f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza cilindrica caratteristica a compressione}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 36 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza cilindrica media a compressione}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 15.87 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a compressione}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.83 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza media trazione (classi } \leq \text{C50/60)}$$

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.98 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza caratteristica a trazione}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.32 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a trazione}$$

$$f_{bk} = 2.25 \times 1.0 \times f_{ctk} = 4.47 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza}$$

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 2.98 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di aderenza di calcolo}$$

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 32588 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Modulo elastico}$$

2.1.4 Calcestruzzo classe di resistenza C 32/40

$$R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza cubica caratteristica a compressione}$$

$$f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza cilindrica caratteristica a compressione}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza cilindrica media a compressione}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 18.13 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a compressione}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza media trazione (classi } \leq \text{C50/60)}$$

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza caratteristica a trazione}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a trazione}$$

$$f_{bk} = 2.25 \times 1.0 \times f_{ctk} = 4.88 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza}$$

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3.25 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di aderenza di calcolo}$$

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 33643 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Modulo elastico}$$

2.1.5 Malta cementizia micropali

- Resistenza caratteristica $R_{ck} \geq 30.0 \text{ N/mm}^2$
con 600 kg/mc di cemento tipo CEM III-V
- Rapporto A/C Max 0.45
- fluidità al cono Marsh $< 30''$ (ugello da 8 mm);

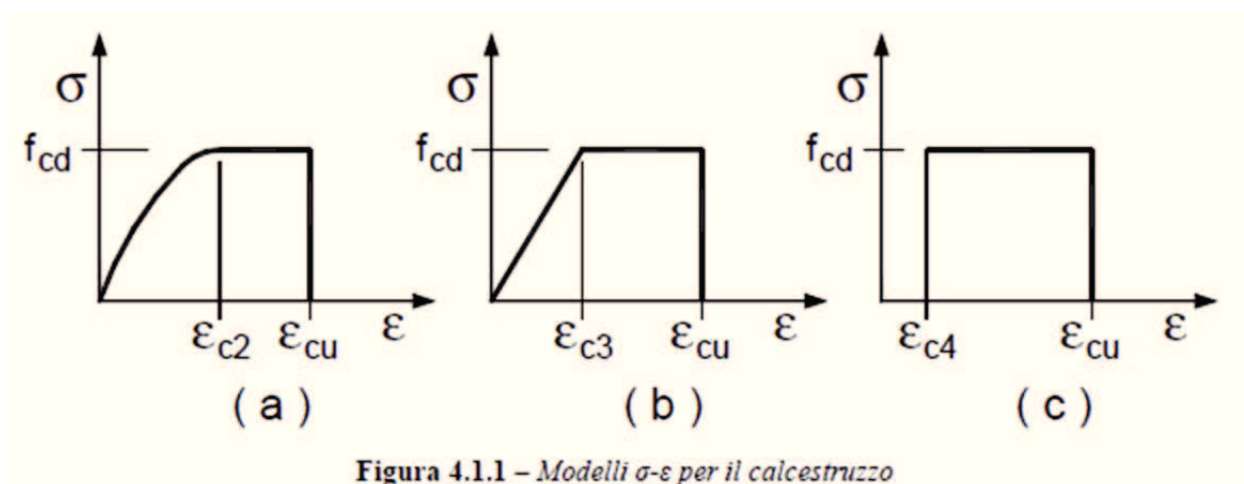
Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il calcestruzzo si adotta un diagramma tensione-deformazione di tipo parabola rettangolo definito dalle seguenti equazioni (paragrafo §4.1.2.1.2.2 NTC2008):

$$\begin{aligned} \sigma_c &= f_{cd} \left[2 \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right] && \text{per} && \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2} = 0.2\% \\ \sigma_c &= f_{cd} && \text{per} && 0.2\% = \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu} = 0.35\% \end{aligned}$$

Quando specificato verrà utilizzato un legame costitutivo del calcestruzzo di tipo triangolo-rettangolo secondo quanto indicato nel paragrafo 4.1.2.1.2.2 delle NTC2008:

$$\begin{aligned} \sigma_c &= f_{cd} \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c3}} && \text{per} && \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c3} = 0.175\% \\ \sigma_c &= f_{cd} && \text{per} && 0.2\% = \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu} = 0.35\% \end{aligned}$$



2.2 ACCIAIO

2.2.1 Acciaio per cemento armato

Le armature degli elementi in cemento armato sono realizzati con acciaio **B450C**, caratterizzato dai seguenti valori delle tensioni caratteristiche (par. §11.3.2 e §4.1.2.1.1 NTC 08)

$\gamma_{acc} = 78.5 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico
$f_{y \text{ nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$	Valore nominale della tensione di snervamento
$f_{t \text{ nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$	Valore nominale della tensione di rottura
$\gamma_s = 1.15$	Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3 \text{ N/mm}^2$	Resistenza di calcolo
$(f_y / f_{yk})_k \leq 1.25$	
$(f_t / f_y) \text{ medio} \geq 1.15 < 1.35$	

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si adotta un legame costitutivo elastico perfettamente plastico, con rottura in corrispondenza di un valore della deformazione pari a $\epsilon_{\max} = 1\%$ e snervamento alla deformazione pari a $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 0.186\%$.

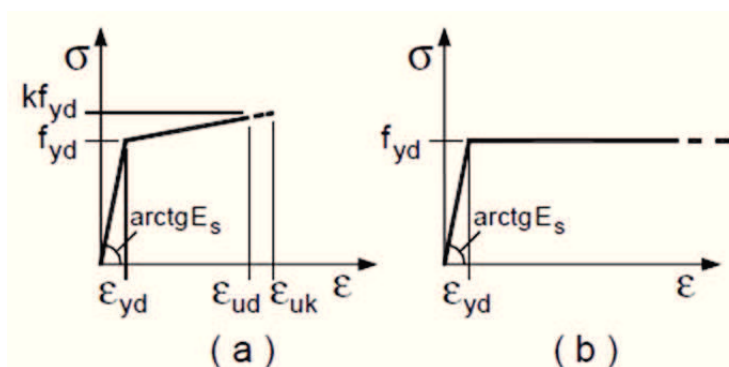


Figura 4.1.2– Modelli σ - ϵ per l'acciaio

2.2.2 Acciaio per strutture metalliche

Acciaio per montanti e carpenterie metalliche: S 275 J0W (ex Fe430 C)

		Spessore t	
		$t \leq 40 \text{ mm}$	$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$
Valore nominale della tensione di snervamento	f_{yk}	275 N/mm ²	250 N/mm ²
Valore nominale della tensione di rottura	f_{tk}	430 N/mm ²	410 N/mm ²

$\gamma_{acc} = 78.5 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico
$E = 210000 \text{ N/mm}^2$	Modulo elastico dell'acciaio
$G = E / [2 \times (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$	Modulo di elasticità trasversale
$\nu = 0,3$	Coefficiente di Poisson dell'acciaio
$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	Coefficiente di espansione termica lineare
$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$	Densità
$\gamma_s = 1.15$	Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio

PROFILATI, BARRE, LARGHI PIATTI, LAMIERE							
Simbolo	Simbolo UNI	Caratteristiche			S235 ⁽¹⁾	S275 ⁽¹⁾	S355 ⁽¹⁾
f _t	R _m	Tensione di rottura a trazione [N/mm ²]			≥ 340 ⁽²⁾ ≤ 470 ⁽²⁾	≥ 410 ⁽³⁾ ≤ 560 ⁽³⁾	≥ 490 ⁽⁴⁾ ≤ 630 ⁽⁴⁾
f _y	R _e	Tensione di snervamento [N/mm ²]			≥ 235 ⁽⁵⁾	≥ 275 ⁽⁶⁾	≥ 355 ⁽⁷⁾
KV	KV	Resilienza KV (J) ⁽⁸⁾	JR	+20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			JO	0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			J2G3	-20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			K2G3 3	-20°C	-	-	≥ 40
ε _t	A _{min}	Allungamento percentuale a rottura (L ₀ =5.65 √A ₀) - per lamiere - per barre, profilati, larghi piatti			≥ 24 ⁽⁹⁾ ≤ 26 ⁽¹⁰⁾	≥ 20 ⁽⁹⁾ ≤ 22 ⁽¹⁰⁾	≥ 20 ⁽⁹⁾ ≤ 22 ⁽¹⁰⁾

(1) Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai S235, S275 ed S355 nei gradi JR,JO,J2G3 e K2G3 della UNI EN 10025 (febbraio 1992), anche altri tipi di acciai purchè rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

(2) Per spessori maggiori di 3 mm fino a 100 mm.

(3) Per spessori maggiori di 3 mm fino a 100 mm.

(4) Per spessori maggiori di 3 mm fino a 100 mm.

(5) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm² ; per spessori maggiori di 40 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm².

(6) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm² ; per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm²; per spessori maggiori di 63 mm fino a 80 mm è ammessa la riduzione di 30 N/mm²; per spessori maggiori di 80 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 40 N/mm².

(7) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm² ; per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm²; per spessori maggiori di 63 mm fino a 80 mm è ammessa la riduzione di 30 N/mm²; per spessori maggiori di 80 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 40 N/mm².

(8) Per spessori maggiori di 10 mm fino a 100 mm.

(9) Da provette trasversali per lamiere, nastri e larghi piatti con larghezza ≥ 600 mm; per spessori maggiori di 3 mm fino a 40 mm; per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 1 punto; per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 2 punti.

(10) Da provette longitudinali per barre, laminati mercantili, profilati e larghi piatti con larghezza < 600 mm; per spessori maggiori di 3 mm fino a 40 mm; per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 1 punto; per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 2 punti.

Bulloni ad alta resistenza per unioni acciaio-acciaio

Bulloni ad alta resistenza per unioni acciaio-acciaio costituiti da:

- viti in acciaio (conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI EN 898-1, riferimento UNI 5712) con caratteristiche di resistenza non inferiori alla **classe 8.8** secondo (UNI 3740);
- dadi (conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI EN 20898-II, riferimento UNI 5713) di **classe 8** (riferimento UNI 5713).

In accordo alle indicazioni di normativa esso presenta le seguenti caratteristiche e limitazioni tensionali:

Tensione di rottura per trazione (f_t)	800 N/mm ² ;
Resistenza di calcolo a trazione ($f_{d,N}$)	640 N/mm ² .
Resistenza di calcolo a taglio ($f_{d,V}$)	453 N/mm ² .

BULLONI (VITI E DADI)					
	Normali			Ad alta resistenza	
VITI	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
DADI	4	5	6	8	10
I bulloni normali (conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI 5727, UNI 5592 e UNI 5591) e quelli ad alta resistenza (conformi per le caratteristiche dimensionali delle viti alle UNI 5712 e per quelle dei dadi alle UNI 5713) devono appartenere alle classi indicate in tabella della UNI 3740; le classi delle viti e dei dadi devono essere associate nel modo indicato nel prospetto.					

Tirafondi per ancoraggio in calcestruzzo

Tirafondi per ancoraggi in getti di calcestruzzo costituiti da:

- barre filettate in acciaio (conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI EN 898-1, riferimento UNI 5712) con caratteristiche di resistenza non inferiori alla **classe 8.8** secondo (UNI 3740);
- dadi (conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI EN 20898-II, riferimento UNI 5713) di **classe 8** (riferimento UNI 5713).

Rosette

Acciaio **C50** UNI EN 10083-2/UNI 5714 temprato e rinvenuto (HRC 32÷40).

Saldature

Manuali effettuate ad arco con elettrodi rivestiti E44 aventi caratteristiche di classe 2, 3, 4 secondo UNI 5132, per spessori inferiori a 30 mm e classe 4B per spessori superiori.

Zincatura

Zincatura a caldo rispondente alle indicazioni delle norme EN ISO 1461.

2.2.3 Acciaio per tubi per micropali

Per i tubi dei micropali si adotta un acciaio laminato del tipo **S355JR**.

In accordo alle indicazioni di Normativa esso presenta le seguenti caratteristiche e limitazioni tensionali:

- Peso proprio $\gamma_{acc} = 78.5 \text{ kN/m}^3$
- Modulo elastico longitudinale $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ C}^{-1}$
- Tensione di snervamento a trazione e compressione $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di rottura a trazione $f_t = 490 \text{ N/mm}^2$

PROFILI CAVI							
Simbolo	Simbolo UNI	Caratteristiche			S235 ⁽¹⁾	S275 ⁽¹⁾	S355 ⁽¹⁾
f _t	R _m	Tensione di rottura a trazione [N/mm ²]			≥ 360	≥ 430	≥ 510
f _y	R _e	Tensione di snervamento [N/mm ²]			≥ 235 ⁽²⁾	≥ 275 ⁽²⁾	≥ 355 ⁽³⁾
KV	KV	Resilienza KV (J) ⁽⁸⁾	JR	+20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			JO	0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			J2G3	-20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
ε _t	A _{min}	Allungamento percentuale a rottura (L ₀ =5.65 √A ₀)			≥ 24	≥ 21	≥ 20

(1) Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai S235, S275 ed S355 nei gradi JR,JO e J2G3 della UNI 7806 (dicembre 1979), e UNI 7810 (dicembre 1979), anche altri tipi di acciai purché rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

(2) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm².

(3) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 35 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm² ; per spessori maggiori di 35 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm².

2.3 RESINE PER ANCORAGGI CHIMICI

Per i tasselli delle barriere **integrate** (barre filettate M24) si impiega un ancorante con resina chimica vinilestere di tipo **HIT-HY 200-A** (o equivalente) e barra filettata **HIT-V**, o equivalente. Tale resina è caratterizzata da una tensione di adesione in calcestruzzo non fessurato C20/25 non minore di $\tau_{Rk,ucr} = 18 \text{ MPa}$. La resina in oggetto è una resina ibrida uretano metacrilato con cemento.

Per i tasselli delle barriera di sicurezza **H4BP** (barre filettate M24) e **H2BP** (barre filettate M20) si impiega un ancorante con resina chimica epossidica di tipo **HIT-RE 500-SD** (o equivalente) e barra filettata **HIT-V**. Tale resina è caratterizzata da una tensione di adesione in calcestruzzo non fessurato C20/25 non minore di $\tau_{Rk,ucr} = 14 \text{ MPa}$ (per tasselli M24) e $\tau_{Rk,ucr} = 15 \text{ MPa}$ (per tasselli M20).

Per le barre di armatura post-installate si impiega un ancorante con resina chimica epossidica di tipo **HIT-RE 500-SD** (o equivalente) e barra ad aderenza migliorata in acciaio **B450C**. Tale resina è caratterizzata da una tensione di adesione in calcestruzzo non fessurato C20/25 non minore di $\tau_{Rk,ucr} = 14 \text{ MPa}$ (per diametri fino a $\varnothing 20$).

3. DURABILITA' DEI MATERIALI

3.1 GENERALITA'

Il calcestruzzo oltre ai requisiti di resistenza deve essere durevole, ovvero deve essere in grado di resistere in maniera soddisfacente alle condizioni ambientali e di lavoro cui è sottoposto durante la vita dell'opera. Nella presente sezione si valutano pertanto le caratteristiche dei calcestruzzi (resistenza caratteristica, dimensioni inerti, copriferri, ecc..) da impiegare per la realizzazione delle diverse parti dell'opera in oggetto tali da conseguire il requisito di durabilità richiesto.

3.2 ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI D'ESPOSIZIONE

In relazione alle classi di esposizione ambientale definite nella UNI EN 206-1 e nella UNI 11104, e ai risultati delle analisi dell'aggressività delle acque che escludono la presenza di acque aggressive nella zona interessata dall'opera, sono state attribuite le classi di esposizione riportate nella seguente tabella:

	Classe di esposizione	Descrizione dell'ambiente
Pali	XC2	Bagnato raramente asciutto (Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo).
Plinti e cordoli di fondazione	XC2	Bagnato raramente asciutto (Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo).
	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).
Cordoli impalcati	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).
	XD1	Umidità moderata (Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenente cloruri).
	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).

Elevazione e muri	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato (Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2).
	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 contenete cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto).
	XF4	Elevata saturazione d'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).

3.3 COMPOSIZIONE E PROPRIETA' DEI CALCESTRUZZI

Nella seguente tabella vengono riportati i requisiti previsti per calcestruzzi conformi alle classi di esposizione precedentemente attribuite ai vari elementi della struttura per garantire la durabilità dell'opera.

	Classe di Esposizione	Rapporto massimo a/c	Classe di resistenza minima	Contenuto minimo di cemento	Classe di consistenza
	[-]	[-]	[MPa]	[kg/m ³]	[-]
Pali	XC2	0.60	30	300	S4
Plinti e cordoli di fondazione	XC2, XA1	0.55	35	320	S4
Cordoli impalcati	XC3, XD1, XF2	0.50	40	340	S4
Elevazione e muri	XC4, XD3, XF4	0.45	35	360	S4

Per i calcestruzzi utilizzati nella realizzazione dei pali, dei plinti, dell'elevazione e per i micropali è stato previsto l'utilizzo di un cemento tipo CEM III-IV/A e quindi costituito da pozzolana in aggiunta alla comune miscela di clinker e gesso (tipo IV).

In particolare, il cemento di tipo CEM IV/A è impiegato nella realizzazione di importanti opere civili che richiedono elevata durabilità. E' infatti noto che la pozzolanicità dei cementi (capacità di fissare la calce, che nella fattispecie si libera dalle reazioni di idratazione dei costituenti del clinker Portland) migliora notevolmente la resistenza degli stessi agli attacchi chimici.

Secondo il D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008 sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.

Gli aggregati devono essere disposti lungo una corretta curva granulometrica, per assicurare il massimo riempimento dei vuoti interstiziali.

La granulometria inoltre dovrà essere studiata scegliendo il diametro massimo in funzione della sezione minima del getto, della distanza minima tra i ferri d'armatura e dello spessore del copriferro. La ghiaia o il pietrisco sono previsti di dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature e tale valore è riportato sugli elaborati grafici nella relativa tabella.

I copriferri adottati e riportati sugli elaborati grafici, nella relativa tabella materiali, sono stati determinati per garantire la durabilità richiesta ad opere di questa importanza.