

# HUB PORTUALE ravenna



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare Adriatico centro settentrionale



APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,  
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI,  
NUOVO TERMINAL IN PENISOLA TRATTAROLI E  
RIUTILIZZO MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE  
AL P.R.P VIGENTE 2007 - I FASE - PORTO DI RAVENNA

## PROGETTO ESECUTIVO

oggetto

file

codice

scala

Revisione

data

causale

redatto

verificato

approvato

responsabile delle Integrazioni Specialistiche: **Ing. Lucia de Angelis**

responsabile del Procedimento: **Ing. Matteo Graziani**

committente

contraente generale



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare Adriatico centro settentrionale

Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centro Settentrionale  
Via Antico Squero, 31  
48122 Ravenna



**Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Consorzio Stabile Grandi Lavori Srl  
Piazza del Popolo 18  
00187 Roma



**Dredging  
International**

DEME - Dredging International NV  
Haven 1025 - Scheldedijk 30  
2070 Zwijndrecht - Belgium

progettisti



Technital S.p.A.  
Via Carlo Cattaneo, 20  
37121 Verona

*Direttore Tecnico*  
**Dott. Ing. Filippo Busola**



F&M Ingegneria SpA  
Via Bevedere 8/10  
30035 Mirano (VE)

*Direttore Tecnico*  
**Dott. Ing. Tommaso Tassi**



SISPI srl  
Via Filangieri 11  
80121 Napoli

*Direttore Tecnico*  
**Dott. Ing. Marco Di Stefano**

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
2.1.1	LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI.....	3
2.1.2	NORME E ISTRUZIONI NAZIONALI .....	3
2.1.3	NORMATIVA EUROPEA ED INTERNAZIONALE .....	3
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>ANALISI DEL PROGETTO ORIGINARIO</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DI PROGETTO</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>CALCESTRUZZI PER LE OPERE IN C.A.</b> .....	<b>6</b>
4.1.1	CARATTERISTICHE MECCANICHE .....	6
4.1.2	CLASSE D'ESPOSIZIONE E CLASSE DI CONSISTENZA.....	7
4.1.3	QUALITÀ DEI COMPONENTI .....	8
4.1.4	RIPRESE DI GETTO .....	8
4.1.5	RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE DI PROGETTO .....	8
<b>4.2</b>	<b>ACCIAIO</b> .....	<b>9</b>
4.2.1	ACCIAIO PER ARMATURA C.A. ....	9
4.2.2	ACCIAIO PER I TIRANTI DI ANCORAGGIO .....	9

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione sono riportate le tipologie e le caratteristiche dei materiali che saranno utilizzati nell'intervento di adeguamento previsto per la banchina **Lloyd** (banchina "O") nell'ambito del progetto esecutivo "Approfondimento Canali Candiano e Baiona, adeguamento banchine operative esistenti, Nuovo Terminal in penisola Trattaroli e riutilizzo del materiale estratto in attuazione al P.R.G. vigente 2007 – I Fase – Porto di Ravenna".

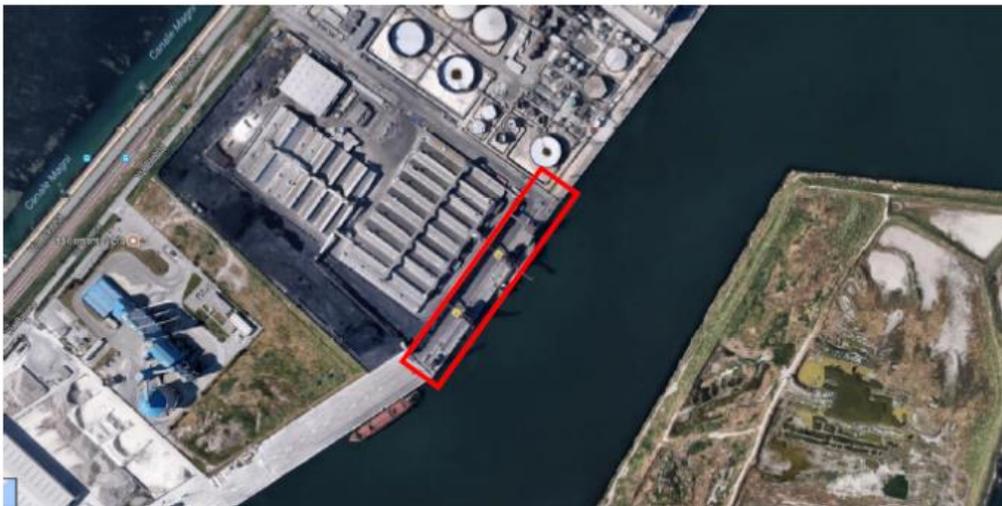


Figura 1 - Inquadramento banchina Lloyd



Figura 2 - Vista 3D banchina Lloyd

Il progetto di intervento sul banchinamento, agendo su una struttura completamente realizzata e introducendo significative variazioni delle sollecitazioni, va inquadrato nell'ambito degli interventi di adeguamento di strutture esistenti, ai sensi delle previsioni del capitolo 8 "Costruzioni esistenti" delle Norme vigenti (DM 17 gennaio 2018).

In particolare, ai sensi del § 8.5.3, per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali esistenti e del loro stato di degrado, ci si è basati sulla documentazione esistente (progetto originario), nonché su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali.

Nel proseguo della presente è riportata la caratterizzazione meccanica dei materiali esistenti. Segue una descrizione dettagliata dei materiali utilizzati negli interventi di adeguamento delle strutture.

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto strutturale degli interventi è stato condotto nell'ambito del Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite. Si è fatto riferimento, nella progettazione, alla vigente normativa italiana ed in particolare a:

- L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circ. Min. n. 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Norma di prodotto (marcatatura CE)

Circa le indicazioni applicative considerate per l'ottenimento dei requisiti prestazionali prescritti nel DM del 17/01/2018, ci si è riferiti, quando non direttamente alle indicazioni delle Norme Tecniche stesse, a normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici elencati nel seguito.

In particolare, per quel che riguarda le Verifiche Strutturali, le indicazioni fornite dagli Eurocodici, con le relative Appendici Nazionali, costituiscono indicazioni di comprovata validità e forniscono il sistematico supporto applicativo delle norme.

#### 2.1.1 Leggi, Decreti e Circolari

- L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- L. 2.02.1974, n° 64 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circ. Min. n. 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977) – “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”.
- Associazione Geotecnica Italiana (1984) – “Raccomandazioni sui pali di fondazione”.
- Associazione Geotecnica Italiana (2012) – “Jetgrouting. Raccomandazioni”.
- Raccomandazioni A.I.C.A.P., A.G.I. (2012) – “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce”.

#### 2.1.2 Norme e Istruzioni Nazionali

- UNI EN 206-1 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione produzione e conformità”.
- UNI 11104 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- UNI EN 13369 – “Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo”.
- UNI EN 13225 – “Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi strutturali lineari”.
- UNI EN 14992 – “Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi da parete”.
- UNI EN 13747 – “Prodotti prefabbricati di calcestruzzo- Lastre per solai”.

#### 2.1.3 Normativa Europea ed Internazionale

- UNI EN 1990 - Eurocodice 0 – “Criteri generali di progettazione strutturale”.
- UNI EN 1991 - Eurocodice 1 – “Azioni sulle strutture”.
- UNI EN 1992 - Eurocodice 2 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”.
- UNI EN 1993 - Eurocodice 3 – “Progettazione delle strutture di acciaio”.
- UNI EN 1994 - Eurocodice 4 – “Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo”.

- UNI EN 1997 - Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica”.
- UNI EN 1998 - Eurocodice 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”.
- BS6349 – “Maritime works”
- Recommendation of the Committee for Waterfront Structures EAU, Sixth English Edition (EAU 1990)
- PIANC 2002 – “Guidlines for the Design of Fenders Systems”

## 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI

### 3.1 ANALISI DEL PROGETTO ORIGINARIO

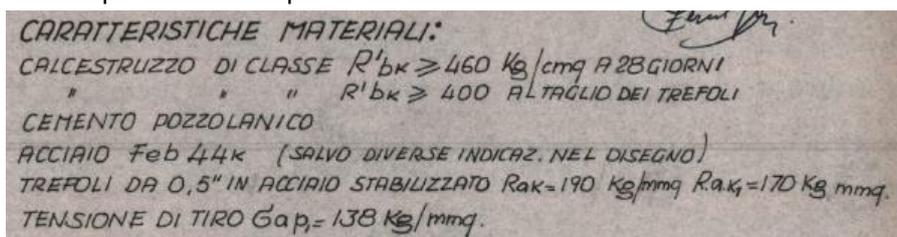
Per quanto riguarda i materiali, dagli elaborati del progetto originale risulta che è stato utilizzato per i diaframmi sono stati utilizzati i seguenti materiali:

- calcestruzzo classe di resistenza  $R'_{bk}$  non inferiore a  $460 \text{ kg/cm}^2$  a 28 giorni (non inferiore a  $400 \text{ kg/cm}^2$  al taglio dei trefoli);
- acciaio Fe B 44 k per le armature lente;
- trefoli da 0,5" in acciaio stabilizzato  $R_{ak} = 190 \text{ kg/mm}^2$ .

Sia per la trave di coronamento che per le piastre di ancoraggio dei tiranti, è stato utilizzato calcestruzzo avente resistenza caratteristica a 28 gg non inferiore a  $30 \text{ MPa}$  ed acciaio Fe B 38 k per le armature. I pali Franki di fondazione della trave di via di corsa sono stati invece realizzati in calcestruzzo avente resistenza caratteristica a 28 gg non inferiore a  $25 \text{ MPa}$  armati con barre in acciaio Fe B 32 k.

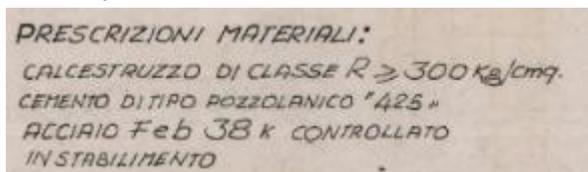
Si riportano di seguito le prescrizioni dei materiali utilizzati così come descritte dalle tavole del progetto originario:

- per i diaframmi prefabbricati:



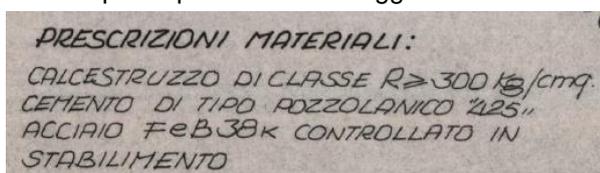
CARATTERISTICHE MATERIALI:  
CALCESTRUZZO DI CLASSE  $R'_{bk} \geq 460 \text{ kg/cm}^2$  A 28 GIORNI  
" " "  $R'_{bk} \geq 400$  AL TAGLIO DEI TREFOLI  
CEMENTO POZZOLANICO  
ACCIAIO FeB 44k (SALVO DIVERSE INDICAZ. NEL DISEGNO)  
TREFOLI DA 0,5" IN ACCIAIO STABILIZZATO  $R_{ak} = 190 \text{ kg/mm}^2$   $R_{ak} = 170 \text{ kg/mm}^2$   
TENSIONE DI TIRO  $\sigma_{ap} = 138 \text{ kg/mm}^2$ .

- per la trave di banchina:



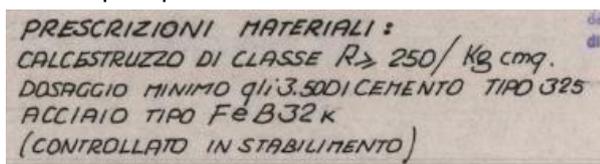
PRESCRIZIONI MATERIALI:  
CALCESTRUZZO DI CLASSE  $R \geq 300 \text{ kg/cm}^2$ .  
CEMENTO DI TIPO POZZOLANICO "425"  
ACCIAIO FeB 38k CONTROLLATO  
IN STABILIMENTO

- per la piastra di ancoraggio:



PRESCRIZIONI MATERIALI:  
CALCESTRUZZO DI CLASSE  $R \geq 300 \text{ kg/cm}^2$ .  
CEMENTO DI TIPO POZZOLANICO "425"  
ACCIAIO FeB 38k CONTROLLATO IN  
STABILIMENTO

- per i pali di fondazione:



PRESCRIZIONI MATERIALI:  
CALCESTRUZZO DI CLASSE  $R \geq 250 / \text{kg cm}^2$ .  
DOSAGGIO MINIMO qli 3,500 CEMENTO TIPO 325  
ACCIAIO TIPO FeB 32k  
(CONTROLLATO IN STABILIMENTO)

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DI PROGETTO

Per gli interventi di progetto è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali:

- Conglomerato cementizio classe di resistenza C35/45 classe di esposizione XS3 per la realizzazione delle opere in c.a.;
- Acciaio in barre tipo B 450 C per le armature delle opere in c.a.;
- Acciaio acciaio da precompressione tipo Dywidag Y1050H per i tiranti di ancoraggio.

Si riporta di seguito una descrizione dettagliata dei materiali utilizzati negli interventi di progetto.

### 4.1 CALCESTRUZZI PER LE OPERE IN C.A.

Ai sensi della disciplina per le opere in conglomerato cementizio armato (Legge 05/10/71 n. 1086 pubblicata in G.U. n. 321 art.4 capo B), si riportano di seguito le caratteristiche, la qualità e le dosature dei materiali che verranno impiegati per le opere del progetto in questione, determinati in conformità al D.M. 17/01/2018.

#### 4.1.1 Caratteristiche meccaniche

Per le opere in calcestruzzo armato di progetto verrà utilizzato un calcestruzzo con classe di resistenza C35/45 avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

- |   |   |
|---|---|
| • Modulo di elasticità:   | $E = 34625 \text{ MPa}$                                 |
| • Peso specifico:   | $\gamma = 2500 \text{ kg/m}^3$                          |
| • Coefficiente di dilatazione termica                             | $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ |
| • Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28 giorni     | $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$                               |
| • Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni | $f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 37.35 \text{ MPa}$              |
| • Resistenza media a trazione semplice (assiale)                  | $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ MPa}$        |
| • Valore caratteristico della resistenza a trazione               | $f_{ctk} = 0.70 f_{ctm} = 2.35 \text{ MPa}$             |
| • Resistenza di calcolo a compressione                            | $f_{cd} = 0.57 f_{ck} = 21.17 \text{ MPa}$              |
| • Resistenza di calcolo a trazione                                | $f_{ctd} = f_{ctk} / 1.50 = 1.56 \text{ MPa}$           |

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al § 4.1.2.1.2.1 del D.M. 17 gennaio 2018.

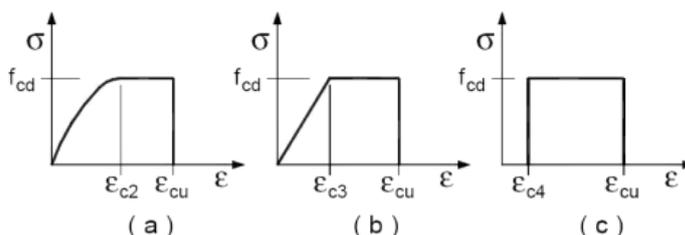


Figura 3 - Diagrammi di calcolo tensione - deformazione del calcestruzzo

La deformazione massima  $\varepsilon_{c \max}$  è assunta pari a 0.0035.

#### 4.1.2 Classe d'esposizione e classe di consistenza

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

**Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
<b>Molto aggressive</b>	<b>XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4</b>

Nel caso in oggetto si hanno condizioni ambientali molto aggressive. Per le opere in oggetto saranno dunque utilizzati calcestruzzi aventi la seguente classe d'esposizione XS3 – Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea.

Vengono di seguito riepilogate le caratteristiche dei calcestruzzi utilizzati

Classe	Ambiente di esposizione	Esempi informativi	Rapporto max acqua/cemento	Dosaggio minimo cemento [kg/m <sup>3</sup> ]	Minima classe resistenza
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	0,45 (UNI 11104)	340 (UNI 11104)	C32/40 (UNI 11104)
			0,50 (UNI EN 206-1)	300 (UNI EN 206-1)	C30/37 (UNI EN 206-1)
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua	0,45 (UNI 11104)	360 (UNI 11104)	C35/45 (UNI 11104)
			0,45 (UNI EN 206-1)	320 (UNI EN 206-1)	C35/45 (UNI EN 206-1)
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.	0,45 (UNI 11104)	360 (UNI 11104)	C35/45 (UNI 11104)
			0,45 (UNI EN 206-1)	340 (UNI EN 206-1)	C35/45 (UNI EN 206-1)

*Tabella 1 - Ambiente esposto a cloruri presenti nell'acqua di mare*

Per le opere in oggetto verrà utilizzato un calcestruzzo di consistenza fluida, ovvero di classe di consistenza S4.

#### 4.1.3 Qualità dei componenti

I componenti utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Devono impiegarsi i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197, ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo, nonché conformi alle prescrizioni di cui alla legge n°595 del 26 maggio 1965. È escluso l'impiego di cementi alluminosi;
- 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.
- È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, che devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1;
- Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria. Essi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2;
- L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere limpida, priva di sali (cloruri e solfuri) in percentuali dannose e non deve essere aggressiva. L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, deve essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

#### 4.1.4 Riprese di getto

Il collegamento tra la trave esistente di coronamento parzialmente demolita e la trave di coronamento di nuova realizzazione deve garantire il completo ripristino della continuità strutturale.

La ripresa di getto deve essere preceduta dalla demolizione dello strato corticale della struttura esistente in modo da generare una superficie con asperità di almeno 5 mm e da un'accurata pulizia della superficie interessata con l'impiego di acqua od aria in pressione, con asportazione totale di eventuali parti mobili, polvere e lattice di cemento e successivamente abbondantemente bagnate, al fine di evitare possibili futuri distacchi e discontinuità lungo la superficie di ripresa stessa.

Si dovrà però anche eliminare ogni eventuale ristagno di acqua. Prima di procedere al getto, la superficie sarà trattata con resina epossidica tipo EPORIP della Mapei S.p.A. o similare.

#### 4.1.5 Riepilogo delle caratteristiche di progetto

Nella Tabella 2 si riporta un riepilogo delle prescrizioni sul mix design dei calcestruzzi che saranno utilizzati per la realizzazione delle opere in c.a.

Classe di resistenza	C35/45
Classe di esposizione	XS3
Rapporto massimo a/c	0,45
Classe di consistenza	S4
Dimensione massima aggregato	32 mm
Tipo cemento	Pozzolatico
Classe cemento	42.5 R
Minimo contenuto in cemento	370 Kg/m <sup>3</sup>
Ricoprimento minimo	45 mm

Tabella 2 - Prescrizione materiali – calcestruzzi

## 4.2 ACCIAIO

### 4.2.1 Acciaio per armatura c.a.

Le barre di armatura delle strutture in c.a. saranno in acciaio tipo B 450 C.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018, la normativa ha introdotto l'utilizzo di una sola tipologia di acciaio nervato, l'acciaio del tipo B450. In particolare, le barre sono caratterizzate dal diametro  $\varphi$  della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a  $7.85 \text{ kg/dm}^3$ .

Gli acciai B450C (profilati a caldo) possono essere impiegati in barre di diametro  $\varphi$  compreso tra 6 e 40 mm.

Si riportano di seguito le caratteristiche meccaniche di riferimento:

- Modulo di elasticità:  $E = 210000 \text{ MPa}$
- Modulo di elasticità tangenziale  $G = 80769 \text{ MPa}$
- Peso specifico:  $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Coefficiente di dilatazione termica  $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Resistenza caratteristica allo snervamento  $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- Resistenza di calcolo allo snervamento  $f_{yd} = f_{yk}/1.15 = 391.3 \text{ MPa}$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.3 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. 3.b.

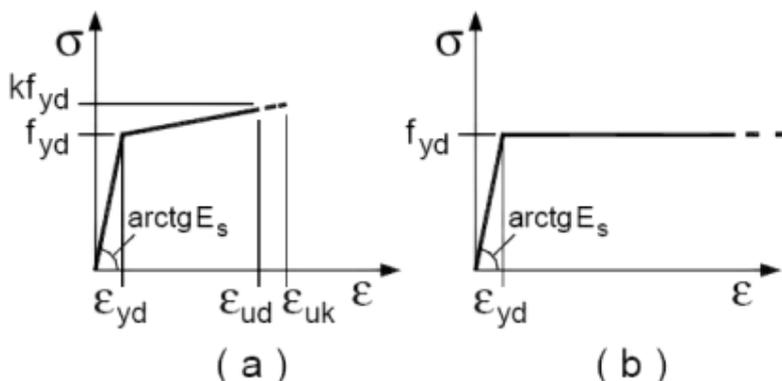


Figura 4 - Legami costitutivi acciaio

Per la trave di coronamento di nuova realizzazione è previsto l'utilizzo di barre di armatura zincate a caldo. Il processo di zincatura sarà eseguito in conformità a quanto indicato dalla UNI EN ISO 1461:1999.

### 4.2.2 Acciaio per i tiranti di ancoraggio

Le nuove strutture di ancoraggio sono realizzate con tiranti a barra cava di diametro nominale  $\varnothing 90/70$  ( $A = 2470 \text{ mm}^2$ ). Le barre sono in acciaio classe 460 J0 a filettatura continua aventi le seguenti proprietà meccaniche:

Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{0,1k} \geq 460 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{pk} \geq 560 \text{ Mpa}$
Carico a snervamento (barre $\varnothing 90 \text{ mm}$ )	$F_{p0,1k} = 1136 \text{ kN}$
Carico ultimo (barre $\varnothing 90 \text{ mm}$ )	$F_{pk} = 1383 \text{ kN}$
Allungamento a rottura	$\geq 10 \%$
Allungamento totale alla forza massima	$\geq 5 \%$

Al fine di prevedere un adeguata e duratura resistenza nei confronti della corrosione, si prevede di aumentare lo spessore radiale della barra di acciaio di 2,5 mm. L'area di acciaio aggiuntiva non è stata tenuta in conto nelle verifiche di resistenza.