



UNIONE EUROPEA
Fondi Strutturali e di Investimento Europei

PROGETTO COFINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - FONDI STRUTTURALI E DI INVESTIMENTO EUROPEI | PROGRAMMA OPERATIVO CITTA' METROPOLITANE 2014 -2020
E DAL MINISTERO DELL' AMBIENTE PER IL PROGRAMMA SPERIMENTALE NAZIONALE DI MOBILITA' SOSTENIBILE CASA - SCUOLA E CASA - LAVORO"

PON METRO 2014 - 2020 VE2.2.3.a PISTA CICLABILE PER VENEZIA: OPERE COMPLEMENTARI DI COLLEGAMENTO CON LA RETE CICLABILE ESISTENTE - (C.I. 13842)

PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE



**CITTA' DI
VENEZIA**

Comune di Venezia
Settore Lavori Pubblici

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Roberto Di Bussolo

PROGETTISTA



DUEBARRADUE

— STUDI ASSOCIATI DI PROGETTAZIONE —

Sede legale - Marcon (VE) via delle industrie 2/2
Sede operativa - Dolo (VE), via benedetto cairolì 113a
T.0415101422 F. 0415128255 e-mail info@duebarradue.com P.I. 03831070275
COPYRIGHT STUDIO DUEBARRADUE. Tutti i diritti sono riservati a norma di legge.

TITOLO

Relazione illustrativa materiali

TAVOLA N.

S.R.04

rev_

Scala: —

Data: 28/11/2018

Disegnato da: F.N.

Commessa n.920

Nome File: 920_S.R.04.doc

REVISIONE	DATA	OGGETTO
-----------	------	---------

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	TRATTO 1: PERCORSO CICLO-PEDONALE A SBALZO SUL PONTE DELLA LIBERTA'3	
2.1	CALCESTRUZZO	3
2.1.1	Rinforzi zone attacco mensola	3
2.2	ACCIAIO	4
2.2.1	Barre in acciaio cave a filettatura continua per tiranti.....	4
2.2.2	Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo.....	4
2.2.3	Acciaio per carpenteria metallica	4
2.2.4	Bulloni.....	5
2.2.5	Unioni saldate.....	5
2.3	ANCORANTE EPOSSIDICO PER INIEZIONI DI TASSELLI / ANCORTANTI (MISCELA TIPO M1)...	6
2.4	MALTA CEMENTIZIA PREMISCELATA TISSOTROPICA A RITIRO COMPENSATO (MISCELA TIPO M2)	7
2.5	MISCELA PER INIEZIONI DI TIRANTI IN ROCCIA, TERRENO, MANUFATTI ESISTENTI IN CALCESTRUZZO ARMATO (MISCELA TIPO M3)	7
2.5.1	Fase 1: perforazione diretta (miscela M3-A)	7
2.5.2	Fase 2: iniezione dinamica (miscela M3-B).....	8
2.6	MISCELA PER INIEZIONI CONSOLIDAMENTO TERRAPIENO (MISCELA TIPO M4)	8
2.7	APPARECCHI DI APPOGGIO ELASTOMERICI NON ARMATI.....	9
3	TRATTO 2: PONTE SUL CANAL SALSO	10
3.1	CALCESTRUZZO	10
3.1.1	Calcestruzzo per pali	10
3.1.2	Calcestruzzo per travi di fondazione e spalle	10
3.1.3	Betoncino strutturale premiscelato a ritiro compensato.....	11
3.2	ACCIAIO	11
3.2.1	Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo.....	11
3.2.2	Acciaio per carpenteria metallica	12
3.2.3	Bulloni.....	12
3.2.4	Unioni saldate.....	13
3.3	ANCORANTE EPOSSIDICO PER INIEZIONI DI TASSELLI / ANCORTANTI (MISCELA TIPO M1).	14
3.4	APPARECCHI DI APPOGGIO ELASTOMERICI ARMATI.....	15
3.5	STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO	15

1 PREMESSA

La presente relazione illustrativa dei materiali accompagna la relazione strutturale del nuovo ponte ciclo pedonale sul Canal Salso e della passerella a sbalzo sul Ponte della Libertà nell'ambito della realizzazione delle opere complementari e di collegamento con la rete ciclabile esistente.

I materiali di cui si prevede utilizzazione dovranno avere caratteristiche meccaniche non inferiori a quanto di seguito riportato.

Le caratteristiche dei materiali rispettano anche l'Art. 65 comma 3 lettera b D.p.r. 380/01 ex Lettera B Legge 5-XI-1971 n°1086.

2 TRATTO 1: PERCORSO CICLO-PEDONALE A SBALZO SUL PONTE DELLA LIBERTÀ

2.1 CALCESTRUZZO

2.1.1 Rinforzi zone attacco mensole

Classificazione secondo norma UNI-EN 206-1 e UNI 11104:2004:

Classe di resistenza del calcestruzzo	C 32/40
Classe di abbassamento al cono (slump)	S4
Dimensione massima dell'inerte	$D_{max} = 20 \text{ mm}$
Classe di esposizione	XS1
Contenuto minimo di cemento	340 kg/m ³
Tipo cemento	CEM II – 42.5 N
Rapporto acqua/cemento	0.55
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	$R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	$f_{ck} \geq 33.2 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	$f_{cd} = 18.81 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = 1.45 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E_c = 33643 \text{ MPa}$

Verifiche Stato Limite di Esercizio:

$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.92 \text{ MPa}$	(compressione), combinazione di carico caratteristica (rara)
$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa}$	(compressione), combinazione di carico quasi permanente

La classe di esposizione scelta XS1 si riferisce ad un ambiente esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.

Limiti di fessurazione: la classe di esposizione XS1 determina condizioni ambientali aggressive. Considerando armature poco sensibili si hanno come limiti di apertura di fessura $\leq 0.3 \text{ mm}$ in combinazione frequente e $\leq 0.2 \text{ mm}$ in combinazione quasi permanente.

Determinazione copriferro: le condizioni ambientali aggressive e la classe C32/40 determinano un copriferro netto per gli elementi a piastra $C=30 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$ di tolleranza = 40 mm.

2.2 ACCIAIO

2.2.1 Barre in acciaio cave a filettatura continua per tiranti

Le barre per i tiranti sono barre in acciaio laminato a caldo a sezione cava, a filettatura continua e zincate a caldo. Tali barre sono impiegate nei tiranti di ancoraggio delle mensole.

Le barre sono in barre in acciaio S 460 NH a filettatura continua zincate a caldo.

Acciaio S 460 NH caratteristiche (secondo UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 ed UNI EN 10219-1):

Tensione di rottura $f_{tk} \geq 530$ MPa

Tensione di snervamento $f_{yk} \geq 460$ MPa

Per i tiranti si prevedono le seguenti tre tipologie di barra tipo Titan di Ischebeck:

Tipologia barra	tipo TITAN 40/20	tipo TITAN 40/16	tipo TITAN 52/26
Diametro nominale esterno / interno	$\phi_e=40\text{mm}$ $\phi_i=20\text{mm}$	$\phi_e=40\text{mm}$ $\phi_i=16\text{mm}$	$\phi_e=52\text{mm}$ $\phi_i=26\text{mm}$
Sezione effettiva	$A_{eff} = 730 \text{ mm}^2$	$A_{eff} = 900 \text{ mm}^2$	$A_{eff} = 1250 \text{ mm}^2$
Carico di rottura	$F_u = 540 \text{ kN}$	$F_u = 660 \text{ kN}$	$F_u = 925 \text{ kN}$
Resistenza caratteristica	$R_{M,k} = 372 \text{ kN}$	$R_{M,k} = 490 \text{ kN}$	$R_{M,k} = 650 \text{ kN}$

Il sistema di tiranti tipo Titan prevede di impiegare manicotti di giunzione tra barre, elementi distanziatori, punte di perforazione / iniezione, piastre di testa, elemento sferico per compensazione inclinazione tiranti e dado con collare sferico adatti a ciascuna delle barre come rappresentato negli elaborati grafici.

2.2.2 Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo

Barre ad aderenza migliorata in acciaio laminato a caldo tipo B450 C secondo UIN EN ISO 9001:2000, accertato secondo UNI EN ISO 15630-1:2004:

Barre ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450C:

Tensione di rottura $f_{tk} \geq 540$ MPa

Tensione di snervamento $f_{yk} \geq 450$ MPa

Modulo elastico $E = 206$ GPa

$$1.15 \geq (f_t / f_y)_k < 1.35$$

$$(f_t / f_{ynom})_k \leq 1.25$$

2.2.3 Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio per profilati a caldo, lamiera per piattabande, anime, irrigidimenti, e comunque per tutti gli elementi saldati, lamiera per piastre e profilati commerciali non saldati:

Classe di esecuzione secondo UNI EN1090 EXC3 (CC3;SC1;PC2)

Acciaio tipo S355 J2 G3

Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
Tensione di rottura (spessori > 40 mm)	$f_{tk} \geq 470 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento (spessori > 40 mm)	$f_{yk} \geq 335 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E = 206000 \text{ Mpa}$
Modulo di elasticità trasversale	$G = E / (2(1+\nu)) = 80770 \text{ MPa}$
coeff. espansione termica lineare	$\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ per temp. fino a $100 \text{ }^\circ\text{C}$

Verifiche Stato Limite Ultimo:

$\gamma_{MAT} = 1.05$	coefficiente di sicurezza
$f_d = f_{yk} / \gamma_{MAT} = 338.10 \text{ MPa}$	se $t \leq 40 \text{ mm}$
$f_d = f_{yk} / \gamma_{MAT} = 319.04 \text{ MPa}$	se $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$

Acciaio tipo S 275 J0 secondo UNI EN 10025

Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E = 206000 \text{ Mpa}$
Verifiche Stato Limite Ultimo:	
$\gamma_{MAT} = 1.05$	coefficiente di sicurezza
$f_d = f_{yk} / \gamma_{MAT} = 261.9 \text{ MPa}$	se $t \leq 40 \text{ mm}$
$f_d = f_{yk} / \gamma_{MAT} = 242.8 \text{ MPa}$	se $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$

2.2.4 Bulloni

Bulloni ad alta resistenza con viti di classe 10.9. Dadi e rosette classe 10 (associati secondo prescrizioni del D.M. 17.01.18).

Tensione di rottura	$f_{tb} \geq 1000 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yb} \geq 900 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a trazione	$f_{d,N} = 720 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a taglio	$f_{d,V} = 480 \text{ MPa}$

Bulloni ad alta resistenza con viti di classe 8.8. Dadi e rosette classe 8 (associati secondo prescrizioni del D.M. 17.01.18).

Tensione di rottura	$f_{tb} \geq 800 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yb} \geq 649 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a trazione	$f_{d,N} = 576 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a taglio	$f_{d,V} = 384 \text{ MPa}$

Per tasselli e ancoranti in barre filettate pretagliate e zincate a caldo impiegare barre con classe di resistenza 8.8.

2.2.5 Unioni saldate

Le saldature sono eseguite secondo quanto previsto nel D.M. 17.01.2018.

Per i requisiti riguardanti i procedimenti di saldatura, i materiali d'apporto, ed i controlli per la realizzazione delle saldature si faccia riferimento al § 11.3.4.5 del DM 17.01.2018.

Si distinguono tre categorie di unioni con saldature:

- Unioni con saldature a piena penetrazione: i collegamenti testa a testa, a T e a croce a piena penetrazione sono generalmente realizzati con materiali d'apporto aventi resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati. Pertanto la resistenza di calcolo dei collegamenti a piena penetrazione si assume eguale alla resistenza di progetto del più debole tra gli elementi connessi. Una saldatura a piena penetrazione è caratterizzata dalla piena fusione del metallo di base attraverso tutto lo spessore dell'elemento da unire con il materiale di apporto.
- Unioni con saldature a parziale penetrazione: i collegamenti testa a testa, a T e a croce a parziale penetrazione vengono verificati con gli stessi criteri dei cordoni d'angolo (di cui al successivo § 4.2.8.2.4.). L'altezza di gola dei cordoni d'angolo da utilizzare nelle verifiche è quella teorica, corrispondente alla preparazione adottata e specificata nei disegni di progetto, senza tenere conto della penetrazione e del sovrametallo di saldatura, in conformità con la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.
- Unioni con saldature a cordoni d'angolo: la resistenza di progetto, per unità di lunghezza, dei cordoni d'angolo si determina con riferimento all'altezza di gola "a", cioè all'altezza "a" del triangolo iscritto nella sezione trasversale del cordone stesso. La lunghezza di calcolo L è quella intera del cordone, purché questo non abbia estremità palesemente mancanti o difettose. Ai fini della durabilità delle costruzioni, le saldature correnti a cordoni intermittenti, realizzati in modo non continuo lungo i lembi delle parti da unire, non sono ammesse in strutture non sicuramente protette contro la corrosione. Per le verifiche occorre riferirsi alternativamente alla sezione di gola nella effettiva posizione o in posizione ribaltata. Allo stato limite ultimo le azioni di calcolo sui cordoni d'angolo si distribuiscono uniformemente sulla sezione di gola. Nel seguito si indicano con σ_{\perp} la tensione normale e con τ_{\perp} la tensione tangenziale perpendicolari all'asse del cordone d'angolo, agenti nella sezione di gola nella sua posizione effettiva, e con $\sigma_{//}$ la tensione normale e con $\tau_{//}$ la tensione tangenziale parallele all'asse del cordone d'angolo. La tensione normale $\sigma_{//}$ non influenza la resistenza del cordone. Considerando la sezione di gola nella sua effettiva posizione, si può assumere la seguente condizione di resistenza: $[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)]^{0,5} \leq f_{tk} / (\beta \gamma_{M2})$ dove: f_{tk} è la resistenza a rottura del più debole degli elementi collegati, $\beta = 0,80$ per acciaio S235, 0,85 per acciaio S275, 0,90 per acciaio S355, 1,00 per acciaio S420 e S460.

In alternativa, detta a l'altezza di gola, si può adottare cautelativamente il criterio semplificato $F_{w,Ed} / F_{w,Rd} \leq 1$ dove $F_{w,Ed}$ è la forza di calcolo che sollecita il cordone d'angolo per unità di lunghezza e $F_{w,Rd}$ è la resistenza di calcolo del cordone d'angolo per unità di lunghezza $F_{w,Rd} = a f_{tk} / (\sqrt{3} \beta \gamma_{M2})$. Le verifiche possono essere condotte anche considerando la sezione di gola in posizione ribaltata secondo le indicazioni del § 4.2.8.2.4 delle NTC 2018.

2.3 ANCORANTE EPOSSIDICO PER INIEZIONI DI TASSELLI / ANCORTANTI (MISCELA TIPO M1)

Resina epossidica tipo Hilti HIT-RE-500-V3 o equivalenti.

Per caratteristiche tecniche e di posa si rimanda alla scheda del produttore.

Prevedere foro nel calcestruzzo $\varnothing_{\text{foro}} = \varnothing_{\text{barra}} + 2\text{mm}$

I fori dovranno essere accuratamente puliti, si consiglia di realizzare il foro con il sistema a roto percussione e pulizia automatica: sistema tipo Hilti SafeSet con punta cava collegata al sistema di aspirazione.

2.4 MALTA CEMENTIZIA PREMISCELATA TISSOTROPICA A RITIRO COMPENSATO (MISCELA TIPO M2)

Malta cementizia fibrorinforzata tissotropica a ritiro compensato, da prevedere per la regolarizzazione, ove necessario, della superficie di contatto tra piastra in acciaio delle mensole e calcestruzzo (malta tipo Mapegrout Tissotropico di Mapei o similare)

La malta deve essere applicata su sottofondo compatto, opportunamente irruvidito con uso di spatola o cazzuola senza necessità di casseri anche in verticale; lo spessore massimo consentito è di 50 mm per strato.

Requisiti minimi richiesti dalla norma EN 1504-3 per malte strutturali di classe R4:

Acqua d'impasto	16%
Adesione al supporto in calcestruzzo	>2 MPa
Assorbimento capillare EN 13057	<0.2 kg/m ² h ^{0.5}
Resistenza alla carbonatazione accelerata EN 13295 di riferimento	minore del calcestruzzo
Modulo elastico UNI EN 13412	26.000 MPa a 28gg
Resistenza a compressione UNI EN 12190	1 g > 20 MPa 7 gg > 45 MPa 28 gg > 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione UNI EN 196/1	1 g > 4.5 MPa 7 gg > 7.0 MPa 28 gg > 8.5 MPa
Consumo per 1 cm di spessore	19 kg/m ²

2.5 MISCELA PER INIEZIONI DI TIRANTI IN ROCCIA, TERRENO, MANUFATTI ESISTENTI IN CALCESTRUZZO ARMATO (MISCELA TIPO M3)

La realizzazione dei tiranti si divide in due fasi successive durante le quali si impiegano miscele cementizie differenti le cui caratteristiche minime sono di seguito riportate.

Le caratteristiche della miscela di iniezione: resistenza, specifiche di produzione e di conformità, devono rispettare la norma EN 206-1.

La miscela cementizia deve essere miscelata mediante stazioni di pompaggio che consentono il controllo del dosaggio di acqua, il controllo delle miscele e della pressione di iniezione.

La composizione interna della miscela deve essere verificata prima dell'iniezione.

Il cemento impiegato deve rispettare la norma EN 197-1. Cemento tipo III 42.5N.

2.5.1 Fase 1: perforazione diretta (miscela M3-A)

Questa prima fase di realizzazione dei tiranti consiste nella perforazione con iniezione primaria del mezzo di lavaggio costituito dalla miscela cementizia tipo M3-A che ha lo scopo di stabilizzare il foro.

Miscela cementizia con rapporto acqua cemento	a/c=0.7 (cem ≈ 690 kg/mc)
Resistenza cilindrica a compressione	f _{ck} ≥ 35 MPa
Consumo di cemento per unità di lunghezza del corpo d'iniezione	6.2 kg/m per Ø 90 mm

15 kg/m per Ø 135 mm

17.1 kg/m per Ø 150 mm

È la miscela impiegata durante la perforazione a roto percussione che consente di stabilizzare il foro senza decompressioni o rilassamento del terreno circostante. La miscela consente inoltre di estrarre il detrito di perforazione dalla bocca del foro.

2.5.2 Fase 2: iniezione dinamica (miscela M3-B)

È la miscela che costituisce il corpo d'iniezione del tirante. È la miscela più densa, iniettata mantenendo la rotazione che forma il corpo d'iniezione. L'iniezione di tale sospensione elimina il fluido di lavaggio.

Miscela cementizia con rapporto acqua cemento $a/c=0.4$ (cem≈1395 kg/mc)

Resistenza cilindrica a compressione $f_{ck} \geq 35$ MPa

Consumo di cemento per unità di lunghezza del corpo d'iniezione 8.7 kg/m per Ø 90 mm

20 kg/m per Ø 135 mm

24.1 kg/m per Ø 150 mm

L'iniezione dinamica deve essere eseguita a pressione compresa tra 10 e 15 bar (1 - 1.5 MPa).

2.6 MISCELA PER INIEZIONI CONSOLIDAMENTO TERRAPIENO (MISCELA TIPO M4)

Di seguito si riportano le composizioni medie delle miscele (prevedere eventuali tarature in corso d'opera). Anche in questo caso si impiegano due miscele, la prima per l'iniezione di guaina (stabilizzazione del foro) la seconda per il consolidamento del terreno.

FASE 1: INIEZIONE DI GUAINA

cemento (UNI EN 197/1):	CEM IV 42.5 N pozzolanico
rapporto c/a	0.35 (35 kg cemento su 100 l acqua)
rapporto b/a (*)	0.06 (6 kg bentonite su 100 l acqua)
densita'	≈ 1.25 t/mc
viscosita' marsh	> 40 ÷ 45 s/l
rendimento volumetrico a 4 ore	98% (bleeding <2%)

COMPOSIZIONE INDICATIVA:

cemento	≈ 307 kg/mc
acqua	≈ 876 kg/mc
bentonite	≈ 52 kg/mc

(*) additivo colloide tipo bentonite 6 kg su 100 l acqua)

FASE 2: INIEZIONE CONSOLIDAMENTO

cemento (UNI EN 197/1):	CEM IV 42.5 N pozzolanico
rapporto c/a	0.60 (60 kg cemento su 100 l acqua)
rapporto b/a (*)	0.03 (3 kg bentonite su 100 l acqua)
densita'	≈ 1.35 t/mc

viscosita' marsh	> 30 ÷ 40 s/l
rendimento volumetrico a 4 ore	98% (bleeding <2%)
COMPOSIZIONE INDICATIVA:	
cemento	≈ 498 kg/mc
acqua	≈ 830 kg/mc
bentonite	≈ 25 kg/mc
(*) additivo colloide tipo bentonite 3 kg su 100 l acqua)	

FLUIDIFICANTI EVENTUALI:

In seguito ai risultati dopo campo prova verificare necessità di impiego additivo fluidificante/super fluidificante tipo 'BASF reobuild' o equivalente.

2.7 APPARECCHI DI APPOGGIO ELASTOMERICI NON ARMATI

In corrispondenza dell'appoggio delle travi principali sulle mensole e in corrispondenza delle selle tipo Gerber di giunzione tra travi principali si prevede l'impiego di piastre tipo JOINT RG tipo F

Caratteristiche gomma:

Resistenza a rottura	≥ 16 MPa
Allungamento a rottura	≥ 425%
Modulo G	0.9 MPa

3 TRATTO 2: PONTE SUL CANAL SALSO

3.1 CALCESTRUZZO

3.1.1 Calcestruzzo per pali

Classificazione secondo norma UNI-EN 206-1 e UNI 11104:2004:

Classe di resistenza del calcestruzzo	C 32/40
Classe di abbassamento al cono (slump)	S5
Dimensione massima dell'inerte	$D_{max} = 20 \text{ mm}$
Classe di esposizione	XA2
Contenuto minimo di cemento	340 kg/m ³
Tipo cemento	CEM II – 42.5 N
Rapporto acqua/cemento	0.55
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	$R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	$f_{ck} \geq 33.2 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	$f_{cd} = 18.81 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = 1.45 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E_c = 33643 \text{ MPa}$

Verifiche Stato Limite di Esercizio:

$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.92 \text{ MPa}$	(compressione), combinazione di carico caratteristica (rara)
$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa}$	(compressione), combinazione di carico quasi permanente

La classe di esposizione scelta XA2 si riferisce ad un ambiente esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.

Limiti di fessurazione: la classe di esposizione XA2 determina condizioni ambientali aggressive.

Considerando armature poco sensibili si hanno come limiti di apertura di fessura $\leq 0.3 \text{ mm}$ in combinazione frequente e $\leq 0.2 \text{ mm}$ in combinazione quasi permanente.

Determinazione copriferro: le condizioni ambientali aggressive e la classe C32/40 determinano un copriferro netto per gli elementi a piastra $C=30 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$ di tolleranza = 40 mm. Tale valore viene aumentato di 20 mm per garantire una maggiore durabilità delle strutture di fondazione e per agevolare la posa in opera delle gabbie.

3.1.2 Calcestruzzo per travi di fondazione e spalle

Classificazione secondo norma UNI-EN 206-1 e UNI 11104:2004:

Classe di resistenza del calcestruzzo	C 32/40
Classe di abbassamento al cono (slump)	S4
Dimensione massima dell'inerte	$D_{max} = 20 \text{ mm}$
Classe di esposizione	XS1
Contenuto minimo di cemento	340 kg/m ³
Tipo cemento	CEM II – 42.5 N
Rapporto acqua/cemento	0.50

Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	$R_{ck} \geq 40$ MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	$f_{ck} \geq 33.2$ MPa
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	$f_{cd} = 18.81$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = 1.45$ MPa
Modulo elastico	$E_c = 33643$ MPa

Verifiche Stato Limite di Esercizio:

$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.92$ MPa	(compressione), combinazione di carico caratteristica (rara)
$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 14.94$ MPa	(compressione), combinazione di carico quasi permanente

La classe di esposizione scelta XS1 si riferisce ad un ambiente esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.

Limiti di fessurazione: la classe di esposizione XS1 determina condizioni ambientali aggressive.

Considerando armature poco sensibili si hanno come limiti di apertura di fessura ≤ 0.3 mm in combinazione frequente e ≤ 0.2 mm in combinazione quasi permanente.

Determinazione copriferro: le condizioni ambientali aggressive e la classe C32/40 determinano un copriferro netto per gli elementi a piastra $C=30$ mm + 10 mm di tolleranza = 40 mm. Tale valore viene aumentato di 10 mm per garantire una maggiore durabilità delle strutture di fondazione.

3.1.3 Betoncino strutturale premiscelato a ritiro compensato

Betoncino cementizio premiscelato colabile espansivo per ancoraggi di precisione di grosso spessore da applicare tra setti in c.a. e piastre di appoggio del ponte, tipo MasterFlow 980 di Basf Construction Chemical Italia (ex Emaco S33).

Acqua d'impasto (consistenza S5)	10%
Bleeding	assente
Caratteristiche espansive (in fase plastica UNI 8996)	> 0.3%
Adesione al supporto in calcestruzzo	>6.0 MPa
Resistenza allo sfilamento delle barre di acciaio	> 30 MPa
Modulo elastico a 28 gg UNI EN 13412	28.000 \pm 2.000 MPa
Resistenza a compressione UNI EN 12190	1 g > 35 MPa 7 gg > 65 MPa 28 gg > 75 MPa
Resistenza a trazione per flessione UNI EN 196/1	1 g > 6.0 MPa 7 gg > 8.0 MPa 28 gg > 9.0 MPa

3.2 ACCIAIO

3.2.1 Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo

Barre ad aderenza migliorata in acciaio laminato a caldo tipo B450 C secondo UIN EN ISO 9001:2000, accertato secondo UNI EN ISO 15630-1:2004:

Barre ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450C:

Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E = 206 \text{ GPa}$
	$1.15 \geq (f_t / f_y)_k < 1.35$
	$(f_t / f_{ynom})_k \leq 1.25$

3.2.2 Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio per profilati a caldo, lamiera per piattabande, anime, irrigidimenti, e comunque per tutti gli elementi saldati, lamiera per piastre e profilati commerciali non saldati:

Classe di esecuzione secondo UNI EN1090 EXC3 (CC3;SC1;PC2)

Acciaio tipo S355 J2 G3

Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
Tensione di rottura (spessori > 40 mm)	$f_{tk} \geq 470 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento (spessori > 40 mm)	$f_{yk} \geq 335 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E = 206000 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità trasversale	$G = E / (2(1+\nu)) = 80770 \text{ MPa}$
coeff. espansione termica lineare	$\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ per temp. fino a 100 °C

Verifiche Stato Limite Ultimo:

$\gamma_{MAT} = 1.05$	coefficiente di sicurezza
$f_d = f_{yk} / \gamma_{MAT} = 338.10 \text{ MPa}$	se $t \leq 40 \text{ mm}$
$f_d = f_{yk} / \gamma_{MAT} = 319.04 \text{ MPa}$	se $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$

Acciaio tipo S 275 J0 secondo UNI EN 10025

Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E = 206000 \text{ MPa}$
Verifiche Stato Limite Ultimo:	
$\gamma_{MAT} = 1.05$	coefficiente di sicurezza
$f_d = f_{yk} / \gamma_{MAT} = 261.9 \text{ MPa}$	se $t \leq 40 \text{ mm}$
$f_d = f_{yk} / \gamma_{MAT} = 242.8 \text{ MPa}$	se $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$

3.2.3 Bulloni

Bulloni ad alta resistenza con viti di classe 10.9. Dadi e rosette classe 10 (associati secondo prescrizioni del D.M. 17.01.18).

Tensione di rottura	$f_{tb} \geq 1000 \text{ MPa}$
---------------------	--------------------------------

Tensione di snervamento	$f_{yb} \geq 900 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a trazione	$f_{d,N} = 720 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a taglio	$f_{d,V} = 480 \text{ MPa}$

Bulloni ad alta resistenza con viti di classe 8.8. Dadi e rosette classe 8 (associati secondo prescrizioni del D.M. 17.01.18).

Tensione di rottura	$f_{tb} \geq 800 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yb} \geq 649 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a trazione	$f_{d,N} = 576 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a taglio	$f_{d,V} = 384 \text{ MPa}$

Per i tirafondi in barre filettate zincate impiegare barre in classe di resistenza 10.9.

Per tasselli in barre filettate pretagliate e zincate a caldo impiegare barre in classe di resistenza 8.8.

3.2.4 Unioni saldate

Le saldature sono eseguite secondo quanto previsto nel D.M. 17.01.2018.

Per i requisiti riguardanti i procedimenti di saldatura, i materiali d'apporto, ed i controlli per la realizzazione delle saldature si faccia riferimento al § 11.3.4.5 del DM 17.01.2018.

Si distinguono tre categorie di unioni con saldature:

- Unioni con saldature a piena penetrazione: i collegamenti testa a testa, a T e a croce a piena penetrazione sono generalmente realizzati con materiali d'apporto aventi resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati. Pertanto la resistenza di calcolo dei collegamenti a piena penetrazione si assume eguale alla resistenza di progetto del più debole tra gli elementi connessi. Una saldatura a piena penetrazione è caratterizzata dalla piena fusione del metallo di base attraverso tutto lo spessore dell'elemento da unire con il materiale di apporto.
- Unioni con saldature a parziale penetrazione: i collegamenti testa a testa, a T e a croce a parziale penetrazione vengono verificati con gli stessi criteri dei cordoni d'angolo (di cui al successivo § 4.2.8.2.4.). L'altezza di gola dei cordoni d'angolo da utilizzare nelle verifiche è quella teorica, corrispondente alla preparazione adottata e specificata nei disegni di progetto, senza tenere conto della penetrazione e del sovrametallo di saldatura, in conformità con la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.
- Unioni con saldature a cordoni d'angolo: la resistenza di progetto, per unità di lunghezza, dei cordoni d'angolo si determina con riferimento all'altezza di gola "a", cioè all'altezza "a" del triangolo iscritto nella sezione trasversale del cordone stesso. La lunghezza di calcolo L è quella intera del cordone, purché questo non abbia estremità palesemente mancanti o difettose. Ai fini della durabilità delle costruzioni, le saldature correnti a cordoni intermittenti, realizzati in modo non continuo lungo i lembi delle parti da unire, non sono ammesse in strutture non sicuramente protette contro la corrosione. Per le verifiche occorre riferirsi alternativamente alla sezione di gola nella effettiva posizione o in posizione ribaltata. Allo stato limite ultimo le azioni di calcolo sui cordoni d'angolo si distribuiscono uniformemente sulla sezione di gola. Nel seguito si indicano con σ_{\perp} la tensione normale e con τ_{\perp} la tensione tangenziale perpendicolari all'asse del cordone d'angolo, agenti nella sezione di gola nella sua posizione effettiva, e con $\sigma_{//}$ la tensione normale e con $\tau_{//}$ la tensione tangenziale parallele all'asse del cordone d'angolo. La tensione normale $\sigma_{//}$ non influenza la resistenza del cordone. Considerando la sezione di gola nella sua effettiva posizione, si può assumere la seguente condizione di resistenza: $[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)]^{0,5} \leq f_{tk} / (\beta$

$\gamma M2$) dove: f_{tk} è la resistenza a rottura del più debole degli elementi collegati, $\beta = 0,80$ per acciaio S235, 0,85 per acciaio S275, 0,90 per acciaio S355, 1,00 per acciaio S420 e S460.

In alternativa, detta a l'altezza di gola, si può adottare cautelativamente il criterio semplificato $F_{w,Ed} / F_{w,Rd} \leq 1$ dove $F_{w,Ed}$ è la forza di calcolo che sollecita il cordone d'angolo per unità di lunghezza e $F_{w,Rd}$ è la resistenza di calcolo del cordone d'angolo per unità di lunghezza $F_{w,Rd} = a f_{tk} / (\sqrt{3} \beta \gamma M2)$. Le verifiche possono essere condotte anche considerando la sezione di gola in posizione ribaltata secondo le indicazioni del § 4.2.8.2.4 delle NTC 2018.

3.3 ANCORANTE EPOSSIDICO PER INIEZIONI DI TASSELLI / ANCORTANTI (MISCELA TIPO M1)

Resina epossidica tipo Hilti HIT-RE-500-V3 o equivalenti.

Per caratteristiche tecniche e di posa si rimanda alla scheda del produttore.

Prevedere foro nel calcestruzzo $\varnothing_{\text{foro}} = \varnothing_{\text{barra}} + 2\text{mm}$

I fori dovranno essere accuratamente puliti, si consiglia di realizzare il foro con il sistema a roto percussione e pulizia automatica: sistema tipo Hilti SafeSet con punta cava collegata al sistema di aspirazione.

3.4 APPARECCHI DI APPOGGIO ELASTOMERICI ARMATI

In corrispondenza dell'appoggio delle travi principali sulle spalle e sui contrafforti si prevede l'impiego di piastre tipo JOINT RGA tipo A e B con una o più lamiere armate

Lamiera in acciaio S235JR

Tensione di rottura

$f_{tk} \geq 360 \text{ MPa}$

Tensione di snervamento

$f_{yk} \geq 235 \text{ MPa}$

Caratteristiche elastomero NR:

Resistenza a rottura

$\geq 16 \text{ MPa}$

Allungamento a rottura

$\geq 425\%$

Modulo G

0.9 MPa

3.5 STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO

Il misto granulare stabilizzato è ottenuto dalla selezione di ghiaie alluvionali di natura mineralogica prevalentemente calcarea, con aggiunta eventuale di pietrisco. Consente di ottenere uno strato di fondazione dalle elevate caratteristiche portanti in grado di distribuire con maggiore uniformità le tensioni sul sottofondo.

Lo strato di fondazione in misto granulare stabilizzato poggia direttamente sul terreno naturale posto in sito.

Si prescrive di raggiungere un valore di Modulo di deformazione M_d da prova di carico su piastra ($D=300 \text{ mm}$) di almeno 50 N/mm^2 sul piano di posa della fondazione in misto granulare stabilizzato, previo addensamento con idoneo mezzo di compattazione.

Tale materiale è da prevedere come riempimento dietro le spalle del ponte e dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Modulo elastico

$>200 \text{ MPa}$;

Pezzatura massima inerte compresa tra i 20 ed i 40 mm, dotati di marcatura CE (UNI EN 13242).

Provenienza inerte ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30% ed il 60% in peso sul totale degli aggregati.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo il costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.