



AUTORITA' PORTUALE DELLA SPEZIA  
Via del Molo, 1  
19126 La Spezia SP

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

ing. Franco Pomo

A.T.I. IMPRESE

CAPOGRUPPO - MANDATARIA



40026 Imola (BO)  
Via Molino Rosso, 3  
www.cir-ambiente.it

Tel. +39 0542 6214 11  
Fax +39 0542 6214 28  
cirambiente@cirambiente.it

MANDANTE



19121 La Spezia  
Salita Vanicella  
www.carloagnese.com

Tel. +39 018 7770 030  
Fax +39 018 7770 042  
carloagnese@carloagnese.com

*Dott. Ing. TOMMASO TASSI*  
n. 2671  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Venezia

A.T.I. PROGETTISTI



30035 Mirano (VE)  
Viale Belvedere, 8/10  
www.fm-ingegneria.com

Tel. +39 041 5785 711  
Fax +39 041 4355 933  
barrierespezia@fm-ingegneria.com



31027 Spresiano (TV)  
Via Tiepolo, 8  
www.gtgeo.it

Tel. +39 0422 8870 31  
Fax +39 0422 8895 89  
info@gtgeo.it

PROGETTO

**RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE ARCHITETTONICA  
DELL'INTERFACCIA PORTO CITTA' DELLA SPEZIA**

**INTERVENTO DI PROTEZIONE ANTIFONICA E RELATIVO  
INSERIMENTO AMBIENTALE E PAESAGGISTICO LUNGO  
VIALE SAN BARTOLOMEO**

EMISSIONE

**PROGETTO ESECUTIVO**

TITOLO

**AMBITO 2**

Relazione di calcolo delle strutture

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
1	16/03/2018	1166_PE-2-001_1.doc	Aggiornamento progetto	A. Pagin	T. Tassi
2					
3					
4					
5					

ELABORATO N.

**PE-2-001**

DATA: 30/06/2017	SCALA: -	FILE: 1166_PE-2-001_0.doc	J.N. 1166
PROGETTO L. Masiero	DISEGNO A. Pagin	VERIFICA L. Masiero	APPROVAZIONE T. Tassi



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>OGGETTO.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>GENERALITA'.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>NORME NAZIONALI .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3</b>	<b>NORME EUROPEE.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>VITA NOMINALE E CLASSE D'USO .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>9</b>
<b>5.1</b>	<b>ACCIAIO.....</b>	<b>9</b>
5.1.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA .....	9
5.1.2	BULLONI E BARRE FILETTATE.....	9
5.1.3	SALDATURE .....	9
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI IN SITO.....</b>	<b>10</b>
<b>6.1</b>	<b>CAMPAGNA DI INDAGINE E LIVELLO DI CONOSCENZA .....</b>	<b>10</b>
<b>6.2</b>	<b>DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MECCANICI .....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>CONDIZIONI DI CARICO .....</b>	<b>12</b>
<b>7.1</b>	<b>PESO PROPRIO .....</b>	<b>12</b>
<b>7.2</b>	<b>CARICHI ACCIDENTALI .....</b>	<b>12</b>
<b>7.3</b>	<b>NEVE .....</b>	<b>13</b>
<b>7.4</b>	<b>VENTO IN DIREZIONE ORIZZONTALE.....</b>	<b>14</b>
<b>7.5</b>	<b>VENTO IN DIREZIONE VERTICALE.....</b>	<b>16</b>
<b>7.6</b>	<b>SISMA.....</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>21</b>
<b>8.1</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE ULTIMO .....</b>	<b>21</b>
<b>8.2</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....</b>	<b>21</b>
<b>8.3</b>	<b>CASI DI CARICO .....</b>	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>23</b>
<b>9.1</b>	<b>VERIFICHE A FLESSIONE ALLO SLU .....</b>	<b>23</b>
<b>9.2</b>	<b>VERIFICHE A TAGLIO ALLO SLU.....</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI .....</b>	<b>25</b>
<b>11</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE BARRIERA LATO FERROVIA ....</b>	<b>26</b>
<b>11.1</b>	<b>VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MONTANTI IN ACCIAIO.....</b>	<b>26</b>
<b>11.2</b>	<b>VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DEI MONTANTI IN ACCIAIO .....</b>	<b>29</b>
<b>11.3</b>	<b>VERIFICA DEI COLLEGAMENTI AL MURO ESISTENTE.....</b>	<b>29</b>
11.3.1	VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SUPERIORE HEA200 .....	30
11.3.2	VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SUPERIORE HEA180 .....	38
11.3.3	VERIFICA DEL COLLEGAMENTO INFERIORE HEA200 E HEA180.....	46
<b>11.4</b>	<b>VERIFICA DEL COLLEGAMENTO DEI PROFILI SECONDARI HEA100 .....</b>	<b>50</b>
<b>12</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE BARRIERA TESTATA GALLERIA</b>	<b>52</b>
<b>12.1</b>	<b>VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MONTANTI IN ACCIAIO.....</b>	<b>52</b>
<b>12.2</b>	<b>VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DEI MONTANTI IN ACCIAIO .....</b>	<b>53</b>
<b>12.3</b>	<b>VERIFICA DEI COLLEGAMENTI AL MURO ESISTENTE.....</b>	<b>53</b>
12.3.1	VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SUPERIORE HEA180 ALTO .....	54
12.3.2	VERIFICA DEL COLLEGAMENTO INFERIORE HEA180 ALTO .....	62
12.3.3	VERIFICA DEL COLLEGAMENTO HEA180 BASSO .....	66
<b>13</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE BARRIERA LATO MARE.....</b>	<b>71</b>



## 1 PREMESSA

### 1.1 OGGETTO

La presente relazione di calcolo riguarda il progetto strutturale esecutivo della barriera di protezione antifonica installata lungo viale San Bartolomeo lungo l'ambito 2, di seguito riportato.

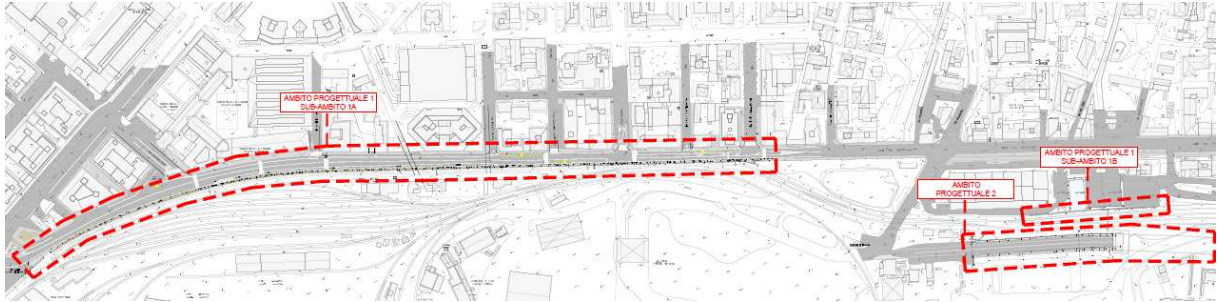


Figura 1 - Individuazione degli ambiti di progetto



Figura 2 - Individuazione dell'ambito 2

## **1.2 GENERALITA'**

La relazione, redatta in conformità a quanto indicato al Capitolo 10 del D.M. 14.01.2008, si compone di una prima parte descrittiva e di una seconda dedicata al calcolo delle sollecitazioni ed alle verifiche di sicurezza.

La prima parte, descrittiva, comprende:

- la descrizione generale illustrativa dell'opera, del suo uso, della sua funzione nonché dei criteri normativi di sicurezza specifici della tipologia della costruzione con i quali la struttura progettata deve risultare compatibile. Essa contiene una descrizione dell'opera, con la definizione delle caratteristiche della costruzione quali la localizzazione geografica, la destinazione d'uso, la tipologia strutturale e le dimensioni principali complessive e dei principali elementi strutturali;
- le normative prese a riferimento;
- la descrizione del modello strutturale, correlato con quello geotecnico, ed i criteri generali di analisi e verifica;
- la valutazione della sicurezza e delle prestazioni della struttura in relazione agli stati limite che si possono verificare al fine di garantire il livello di sicurezza previsto in relazione alla vita nominale, alla classe d'uso, al periodo di riferimento, alle azioni ordinarie e quelle eccezionali ed alle loro combinazioni.

La seconda parte, invece, riporta:

- la descrizione dell'origine e delle caratteristiche del software di calcolo impiegato, nonché la descrizione del modello matematico impiegato;
- il tipo di analisi effettuate e le relative combinazioni dei carichi;
- i risultati ottenuti per le parti più sollecitate della struttura, descritti mediante immagini tratte direttamente dal software di calcolo che rappresentano graficamente le principali caratteristiche delle sollecitazioni e delle reazioni vincolari, i diagrammi di sviluppo associati alle combinazioni di carico impiegate e le configurazioni deformate;
- le verifiche di sicurezza e di esercizio secondo i criteri richiesti dalle normative prese a riferimento.

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La barriera installata lungo l'ambito 2 si compone di tre tratti: lungo il lato ferrovia e lato mare si sviluppa per 135m, mentre una terza porzione di barriera si intesta sulla testata della galleria.

La barriera installata lato ferrovia si sviluppa per 135m con montanti HEA180 e HEA200 posti ad un interasse di circa 4.00m. Gli elementi verticali si compongono di un primo tratto rettilineo di 1.83m, quindi di uno inclinato 7° rispetto alla verticale per 2.43m circa, cui viene saldato un ultimo tratto di 1.04m circa con inclinazione di 128° su cui sono appoggiati i pannelli fotovoltaici. I montanti sono ancorati al muro di calcestruzzo esistente mediante inghisaggi.

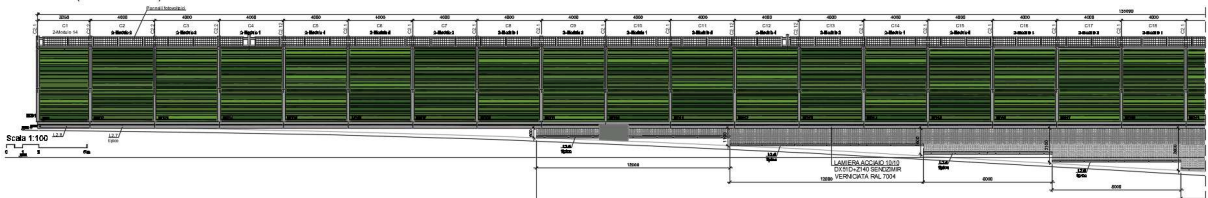
La barriera lato mare, anch'essa di 135m, è composta da montanti HEA160 posti ad interasse di 4.00m e di altezza 1.00m ancorati alla struttura esistente.

Infine, un'ulteriore porzione di barriera è ancorata sulla testata della galleria: i montanti HEA180 sono rettilinei e posti ad un interasse di 3.25m per il tratto più alto e 3.60m per quello più basso realizzato in corrispondenza del cartello a messaggio variabile.

Sulla porzione inferiore del muro, non ospitante i pannelli fonoassorbenti, sono inseriti dei pannelli fonoleca di due differenti colorazioni.

Di seguito si riportano i prospetti dei tratti componenti l'ambito 2:

AMBITO 2 - PROSPETTO RAMPA - LATO FERROVIA  
STRALCIO 1 (vista lato strada)



AMBITO 2 - PROSPETTO RAMPA - LATO FERROVIA  
STRALCIO 2 (vista lato strada)

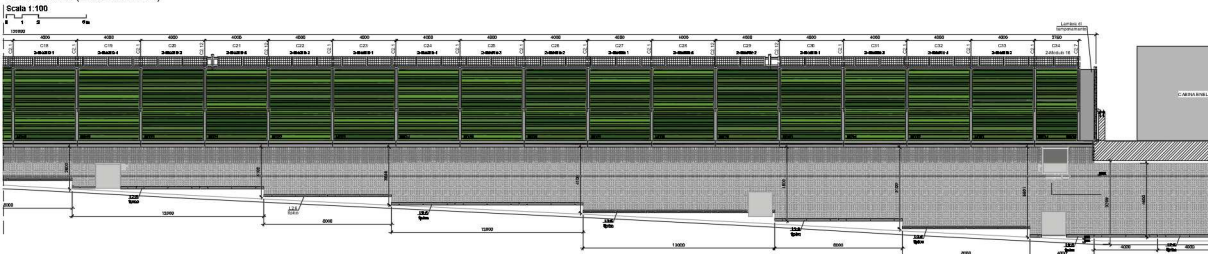
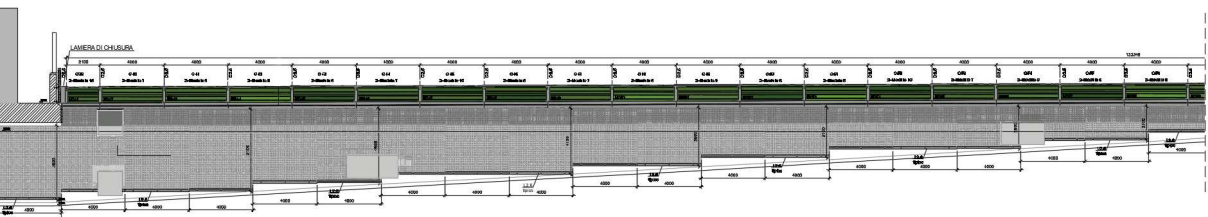


Figura 3 – Prospetto della barriera dell'ambito 2 – lato ferrovia



AMBITO 2 - PROSPETTO RAMPA - LATO MARE  
STRALCIO 2 (vista lato strada)

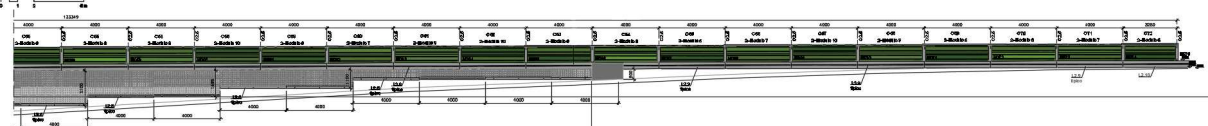
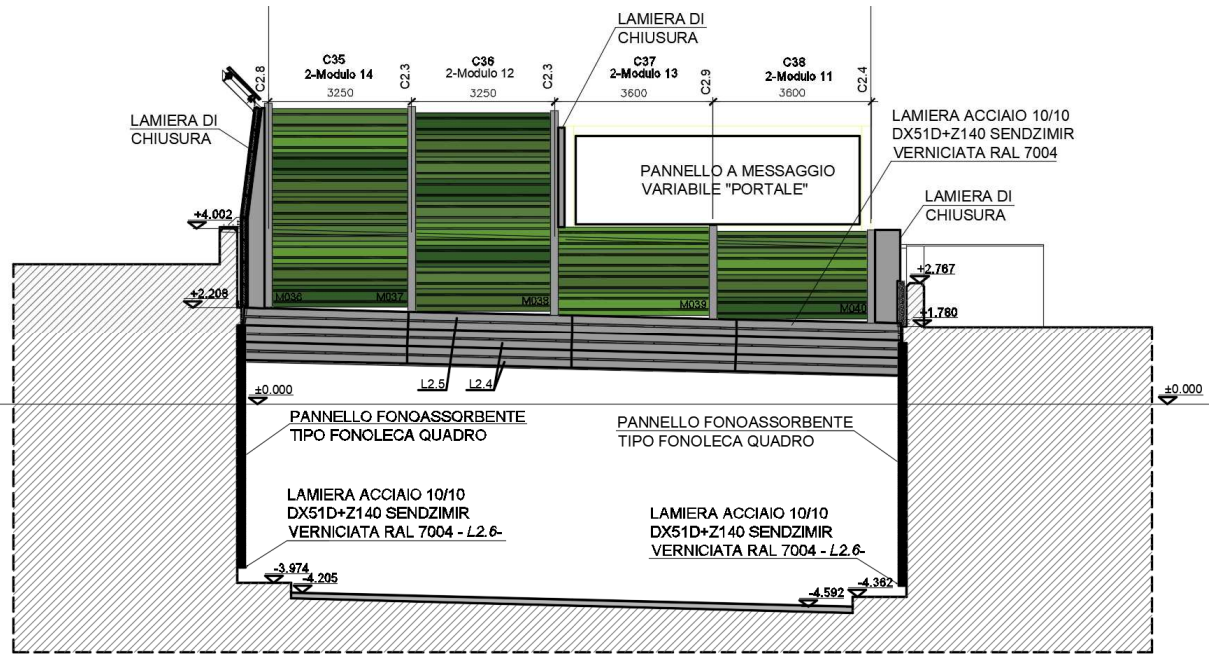


Figura 4 – Prospetto della barriera dell'ambito 2 – lato mare

**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antfonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**



**Figura 5 – Prospetto della barriera dell'ambito 2 – testata galleria**



### **3                    NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

#### **3.1                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"*.
- D.M. 14.01.2008 - *"Norme tecniche per le costruzioni"*.
- Circ. Min. LL. PP. n. 617 02.02.2009 - *"Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni"* di cui al D.M. 14.01.2008.

#### **3.2                NORME NAZIONALI**

- UNI EN 206-1:2006 - *"Calcestruzzo: specificazione, prestazione produzione e conformità"*.
- UNI 11104:2014 - *"Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1"*.
- UNI 11104:2016 - *"Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206"*.

#### **3.3                NORME EUROPEE**

- UNI EN 1991-1-4:2005 - *"Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento"*.
- UNI EN 1993-1-1:2005 - *"Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici"*.
- UNI EN 1794-1:2011 - *"Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Prestazioni non acustiche - Parte 1: Prestazioni meccaniche e requisiti di stabilità"*.

#### 4 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Il D.M.14.01.2008 - § 2.4 prescrive la determinazione di vita nominale e classe d'uso.

La vita nominale  $V_N$  dell'opera corrisponde al numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata.

Nelle previsioni progettuali dunque, se le condizioni ambientali e d'uso sono rimaste nei limiti previsti, non prima della fine di detto periodo saranno necessari interventi di manutenzione straordinaria per ripristinare le capacità di durata della costruzione.

Con riferimento alla Tabella 2.4.1 del D.M. 14.01.2008 ed alle prescrizioni per gli edifici pubblici contenute nella circolare "Prima direttiva per l'applicazione del decreto del ministro delle infrastrutture e dei trasporti 14 gennaio 2008 in materia di nuove norme tecniche per le costruzioni" si assume, per la costruzione in oggetto, una vita nominale corrispondente a:

Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

**$V_N = 50$  anni**

In riferimento alle conseguenze di un eventuale collasso o di una perdita di operatività dell'opera (D.M. 14.01.2008 - §2.4.2/3), le strutture si classificano in:

#### Classe II

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tale classe si riferisce a:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

**$C_U = 1$**

## **5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

### **5.1 ACCIAIO**

#### 5.1.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Acciaio da carpenteria metallica di tipo S355 JR secondo D.M.14.01.2008 e UNI EN 10025-:2009, accertato secondo le UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002:2004 e UNI EN 10045-1:1992.

- Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} \geq 510$  MPa
- Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} \geq 355$  MPa
- Modulo elastico  $E_{sm} = 210$  GPa
- Resilienza  $KV \geq 27$  J a  $+20^{\circ}\text{C}$
- Allungamento perc.: - per lamiere  $\epsilon_t \geq 21\%$   
- per barre, profilati larghi piatti  $\epsilon_t \geq 22\%$

#### 5.1.2 BULLONI E BARRE FILETTATE

Bulloni ad alta resistenza classe 8.8 secondo D.M. 14.01.2008, UNI EN ISO 898-1:2013, UNI EN ISO 4016:2011 e UNI EN 15048-1:2007:

- Resistenza caratteristica a rottura  $f_{tb} \geq 800$  MPa
- Resistenza caratteristica a snervamento  $f_{yb} \geq 640$  MPa

Dadi e rondelle secondo UNI EN 15048-1:2007:

- Dadi cl.8
- Rondelle cl.4.8

#### 5.1.3 SALDATURE

Le saldature sono eseguite ad arco a cordone d'angolo ed a completo ripristino secondo UNI EN ISO 4063:2011 ed UNI EN 1011-1:2009.

## 6 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI IN SITO

### 6.1 CAMPAGNA DI INDAGINE E LIVELLO DI CONOSCENZA

Per operare su una struttura esistente, la normativa vigente esige la conoscenza strutturale dell'opera oggetto di intervento, conseguibile secondo diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, dell'analisi storica e delle indagini sperimentali. Tali operazioni interessano tutta o parte della costruzione a seconda dell'ampiezza e della rilevanza dell'intervento previsto.

La valutazione della sicurezza dell'esistente è affetta normalmente da un grado di incertezza, che nel caso degli edifici esistenti deriva dal fatto che le caratteristiche meccaniche sono stabilite a priori e non possono essere considerate dati progettuali. Perciò si rende necessaria la fase delle indagini sperimentali condotte dal laboratorio *P&P Consulting Engineers - P&P LMC* per definire le proprietà meccaniche dei materiali e per caratterizzare gli elementi che compongono il sistema, in modo da eseguire una corretta verifica globale nei confronti dei meccanismi di collasso. Quanto specificato viene eseguito nel rispetto del capitolo C8.5.3 e dell'Appendice C8A.1 - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni":

Da ultimo, per poter effettuare le verifiche di sicurezza è necessario raggiungere un determinato "livello di conoscenza". In funzione del tipo e del numero di analisi, la normativa vigente prevede tre livelli di conoscenza (LC1 limitata, LC2 adeguata e LC3 accurata), cui corrisponde un fattore di confidenza (FC) da intendersi come coefficiente di sicurezza che riduce le resistenze medie dei materiali rilevate con le prove di laboratorio ed in sito.

Sono state attuate le seguenti analisi e rilievi:

- Rilievo visivo (sopralluogo);
- Rilievo geometrico (ottenuto dagli elaborati del Progetto Definitivo e validato da rilievi in sito);
- Caratterizzazione meccanica degli elementi, i cui risultati sono riportati nel paragrafo seguente (ricavati mediante relazioni specialistiche).

Le informazioni ricavate e di seguito riportate sono sufficienti per eseguire una verifica considerando il livello di conoscenza massimo LC3 con relativo fattore di confidenza  $FC=1.00$  nel rispetto di quanto indicato nel paragrafo C8A della *Circolare Applicativa 2-2009 n.617* relativa al D.M. 14.01.2008.

Il livello di conoscenza raggiunto corrisponde a LC3, per il quale si riportano le tabelle estratte dalla circolare applicativa:

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e limitate verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e limitate prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo	Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3	completo	Disegni costruttivi completi con limitate verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

## 6.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MECCANICI

La caratterizzazione meccanica dei materiali fa seguito a campagne di indagine sulle strutture esistenti dell'ambito 2 realizzate da due laboratori:

- Indagini qualitative (pacometro, ultrasuoni e Sonreb) eseguite dal laboratorio 4 *EMME Service SpA* in data 13 Aprile 2016 e riportate nella relazione "Indagini sulla qualità dei materiali: muro di recinzione in cls porto della Spezia";
- Campagna d'indagine con prove distruttive e non distruttive eseguita da *P&P Consulting Engineers - P&P LMC* in data Maggio 2017 e riportate nella relazione "Rapporto tecnico di prova - Indagini diagnostiche su muro in c.a. sito in via San Bartolomeo in comune di La Spezia".

Di seguito si riporta la sintesi delle prove di compressione su carote di calcestruzzo e delle prove Sonreb e la relativa elaborazione.

<b>AMBITO 2</b>						
<b>SONREB</b>						
Sigla indagine	Sclerometro	Velocità	Norme RILEM	SONREB		Media Sonreb R <sub>cub</sub> [MPa]
	Media indice di rimbalzo	sonica [m/s]		Gasparik	Di Leo-Pascale	
S2_1	50.0	3720	42.6	42.5	40.8	42
S2_2	47.0	3420	31.4	33.7	31.1	32.1
S2_3	63.7	3650	56.9	55.5	50.3	54.2
R <sub>cm,sonreb</sub> [MPa]						64.2
f <sub>cm,sonreb</sub> [MPa]						53.2
<b>CAROTAGGI</b>						
Sigla provino	Lunghezza carota [cm]	Dimensioni [mm]		Massa volumica [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistenza a compressione or [MPa]	Profondità di carbonatazione [cm]
		Φ	h			
L2_1	16	74	74	2380	53.7	1.5
L2_2	16	74	74	2410	63.0	1.5
L2_3	16	74	74	2450	72.6	0.5
L2_4	15.5	74	74	2420	71.7	1.0
f <sub>cm,carote</sub> [MPa]					65.3	

PARAMETRI DI PROGETTO AMBITO 2	f <sub>cm</sub>	62.8	MPa	resistenza a compressione media
	f <sub>ck</sub>	54.8	MPa	resistenza a compressione caratteristica
	f <sub>cd</sub>	36.6	MPa	resistenza a compressione di progetto
	f <sub>ctm</sub>	4.2	MPa	resistenza a trazione media

In base ai suddetti risultati si assumono i seguenti valori caratteristici:

$$\text{Resistenza a compressione: } f_{ck} = \frac{f_{cm} - 8}{FC} = \frac{62.8 - 8}{1} = 54.8 \text{ MPa}$$

$$\text{Resistenza a trazione: } f_{ctk,0.05} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot 54.8^{2/3} = 3.02 \text{ MPa}$$

## 7 CONDIZIONI DI CARICO

### 7.1 PESO PROPRIO

I pesi propri sono determinati sulla base del peso specifico del materiale, secondo quanto riportato di seguito:

$$\begin{aligned} \gamma_{cls,armato} &= 25.00 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{acciaio} &= 78.00 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

Per i pannelli costituenti la barriera si fa riferimento ai seguenti pesi al m<sup>2</sup>:

Pannelli fonoassorbenti	0.20 kN/m <sup>2</sup>
Pannelli fotovoltaici	0.20 kN/m <sup>2</sup>

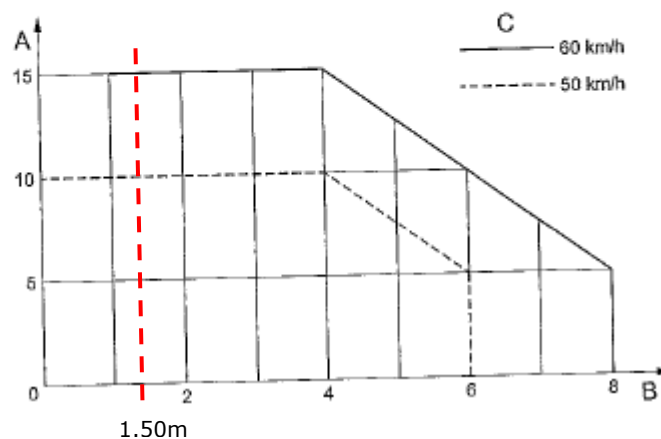
I montanti della barriera sono costituiti da profili HEA160, HEA180 e HEA200, cui corrispondono i seguenti pesi:

HEA160	0.304 kN/m
HEA180	0.360 kN/m
HEA160	0.423 kN/m

### 7.2 CARICHI ACCIDENTALI

Secondo quanto riportato nella UNI EN 1794-1:2011 – Appendice E, per aree in cui è prevista manutenzione invernale è necessario dimensionare la barriera al carico dinamico causato dalla rimozione della neve. Il carico viene determinato a partire dal seguente grafico:

figura E.2 La magnitudo del carico dinamico causato dalla rimozione della neve  
Legenda  
A Carico dinamico su 2 m x 2 m, in F (kN)  
B Distanza  $\alpha$  dal bordo della superficie spazzata, in metri  
C Velocità di spazzamento



Considerando una distanza di 1.50m dal bordo della superficie spazzata per una velocità del mezzo di 60 km/h, viene assunto un carico pari a 15kN. Tale forza risultante è localizzata ad 1.50m di altezza al disopra del livello stradale e non agisce simultaneamente al carico del vento.

**7.3 NEVE**

**3.4 AZIONI DELLA NEVE - NTC 2008**

**3.4.1 - Carico neve**

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante l'espressione (3.3.7):

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0.54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.53 \text{ kN/m}^2 \quad (3.3.7)$$

- $\mu_i = 0.53$  (valore massimo)
- $q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$
- $C_E = 1$
- $C_t = 1$  (par. 3.4.4)

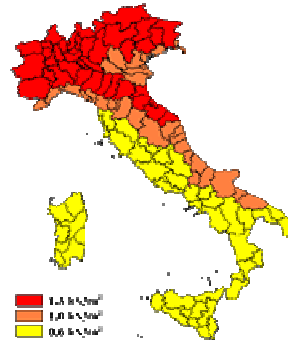
**3.4.2 - Valore caratteristico**

Provincia:

**Zona II**

$a_s = 20 \text{ m}$  altitudine sul livello del mare del sito

$q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$



**3.4.3 - Coefficiente di esposizione**

**Tabella 3.4.1 – Valori di  $C_E$  per diverse classi di topografia**

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

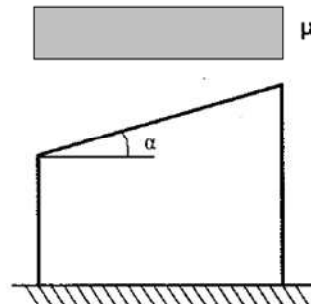
**3.4.5.1 - Coefficiente di forma per le coperture**

**3.4.5.2 - Copertura ad una falda**

$\alpha = 40^\circ$

parapetto, barriera o altra costruzione all'estremità

$\mu_1 = 0.53$



**Figura 3.4.2 – Condizioni di carico per coperture ad una falda**

### 7.4 VENTO IN DIREZIONE ORIZZONTALE

L'applicazione del carico dovuto al vento segue le indicazioni della UNI EN 1794-1:2011 – Appendice A, la quale individua 4 zone cui competono diversi fattori di forma che tengono conto degli effetti turbolenti del vento (di seguito chiamati "effetti di bordo"). Si riportano quindi le indicazioni geometriche delle zone ed i rispettivi coefficienti di forma del vento:

figura A.1 Dimensioni delle zone di un dispositivo di riduzione del rumore di altezza costante

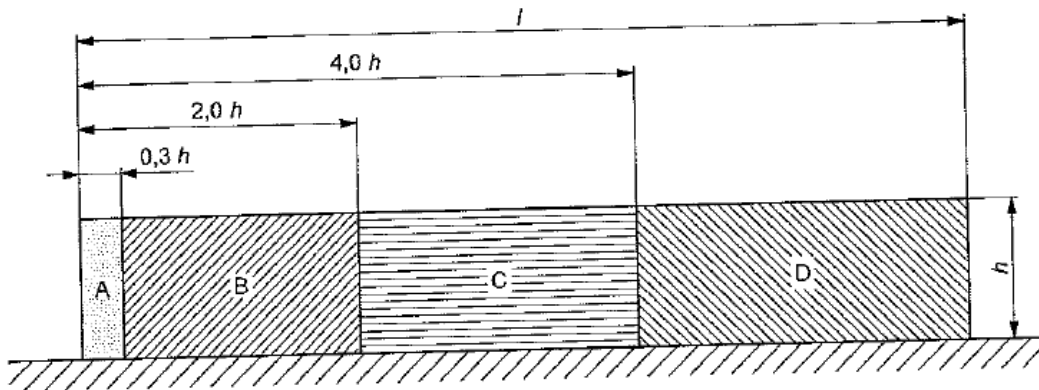
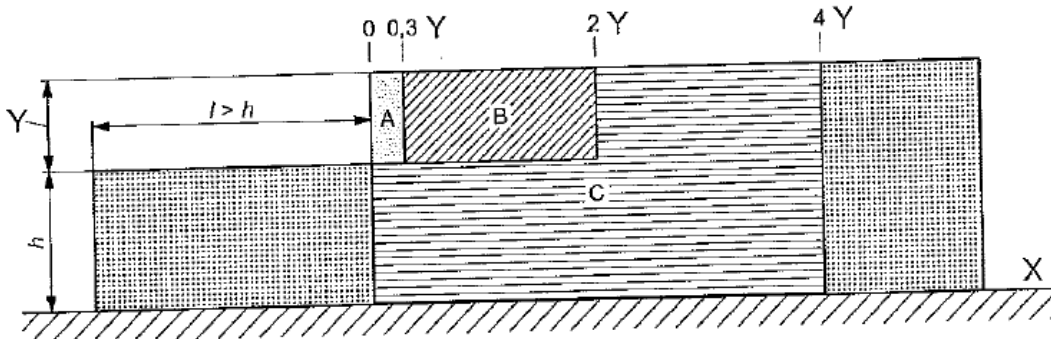


figura A.2 Dimensioni delle zone di un dispositivo di riduzione del rumore con differenze di altezza in lunghezza

Legenda  
X  $m_v$   
Y  $h_{\text{zona}}$



prospetto A.1 Fattore di forma  $C_{\text{index}}$  e aggiunte per barriere non verticali

Zona della barriera	$C_{\text{index}}$ per barriere verticali	Aggiunte a $C_{\text{index}}$ per barriere non verticali	
		Per $5^\circ < \alpha < 10^\circ$	Per $\alpha = 20^\circ$
A	3,4	0,1	0,2
B	2,8		
C	1,7		
D	1,2		



La velocità di riferimento del vento è riportata nel D.M. 14.01.2008 – Tabella 3.3.I:

**Tabella 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$**

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0.010
2	Emilia Romagna	25	750	0.015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0.020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0.020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0.015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0.020
7	Liguria	28	1000	0.015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0.010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0.020

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d \cdot c_t$$

Dove  $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento,  $c_e$  il coefficiente di esposizione,  $c_p$  il coefficiente di forma,  $c_d$  il coefficiente dinamico (unitario) e  $c_t$  il coefficiente di topografia (unitario).

Per quanto riguarda la pressione cinetica di riferimento, si ricava:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} 1.25 \cdot 28^2 = 0.49 \text{ kN/m}^2$$

Considerando la zona 7 (Liguria) e la classe di rugosità B per aree suburbane, si ottiene il seguente coefficiente di esposizione:

$$c_e = k_r^2 c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] = 1.83$$

Quindi la pressione del vento vale:

$$p = c_p \cdot 0.49 \cdot 1.83 \cdot 1 \cdot 1 = c_p \cdot 0.90 \text{ kN/m}^2$$

Pertanto si ottiene:

VENTO				
$q_{w,k}$ [kN/mq]	0.90			
$c_t$	1.00			
$c_d$	1.00			
$c_e$	1.83			
$q_{ref}$ [kN/m2]	0.49			
Barriera su rampa				
	A	B	C	D
$C_p$	3.5	2.9	1.8	1.3
$q_{vento}$ [kN/mq]	3.14	2.60	1.61	1.17
Linfluenza [m]	1.56	8.84	10.4	
Ltot [m]	1.56	10.40	20.80	

VENTO				
$q_{w,k}$ [kN/mq]	0.90			
Ct	1.00			
Cd	1.00			
Ce	1.83			
$q_{ref}$ [kN/m2]	0.49			
Barriera su cavalcavia				
Cp	3.4	2.8	1.7	1.2
$q_{vento}$ [kN/mq]	3.05	2.51	1.52	1.08
Linfluenza [m]	0.84	4.76	5.6	
Ltot [m]	0.84	5.60	11.20	

Sebbene la struttura sia posizionata a fianco del tracciato ferroviario, la velocità di transito dei convogli è estremamente bassa e pertanto non determina un'azione significativa sulla barriera.

### 7.5 VENTO IN DIREZIONE VERTICALE

L'applicazione del carico dovuto al vento in direzione verticale segue le indicazioni del D.M. 14.01.2008, il quale fornisce delle indicazioni per valutare il carico del vento su elementi inclinati in funzione dell'inclinazione rispetto all'orizzontale:

#### 3.3.2 - Velocità di riferimento

Zona: **7**  
 $a_s = 5$  m altitudine sul livello del mare del sito  
 $T_R = 50$  anni  
 $a_0 = 1000$  m  
 $v_{b0} = 28$  m/s  
 $k_a = 0.015$  1/s

$v_b = 28.00$  m/s



Figura 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

#### 3.3.4 - Pressione del vento

per n intervalli costanti  
 specifica quote manualmente

numero di punti   
 ampiezza dell'intervallo  m

$q_b = 490.00$  N/m<sup>2</sup> pressione cinetica di riferimento  
 $c_p = + 2.05$  (sopravento) coefficiente di forma (o aerodinamico)  
 $c_p = - 2.05$  (sottovento)  
 $c_d =$  ↑ coefficiente dinamico

**3.3.7 - Coefficiente di esposizione**

Zona: 7  
 $a_s = 5$  m  
 $z = 4$  m (altezza dell'edificio considerato)  
 Distanza dalla costa:  $5$  km  Struttura Off-shore  
 Classe di rugosità: B:aree suburbane  
 Categoria di esposizione: **IV**  
 $k_r = 0.22$   
 $z_0 = 0.30$  m  
 $z_{min} = 8.00$  m  
 $c_t = 1$

**C 3.3.10 - Coefficiente di forma (o aerodinamico)**

Tipologia di riferimento: Tettoie e pensiline isolate  
 $c_p = + 2.05$  (elementi sopravento)  
 $c_p = - 2.05$  (elementi sottovento)  
 $\alpha = 45^\circ$  inclinazione sull'orizzontale (  $0^\circ =$  orizzontale,  $90^\circ =$  verticale )  
 $n = 1$  numero degli spioventi (1 o 2)

**Tabella - Pressione del vento in funzione della quota di applicazione**

<b>z</b> <b>[m]</b>	<b><math>c_e(z)</math></b> <b>Cat. IV</b>	<b>+p(z)</b> <b>[N/m<sup>2</sup>]</b>	<b>-p(z)</b> <b>[N/m<sup>2</sup>]</b>
6.00	1.63	1640.39	-1640.39

**7.6 SISMA**

Le azioni sismiche di progetto sono valutate rispetto ai vari stati limite a partire dalla pericolosità sismica del sito di costruzione. I vari stati limite sono così definiti nel D.M. 14.01.2008:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

La definizione della pericolosità del sito di progetto è stata condotta con riferimento alle seguenti coordinate geografiche relative alla zona portuale di La Spezia:

*Latitudine:*                44°06'40"  
*Longitudine:*             9°50'30"

Il terreno è classificato in categoria D secondo D.M. 14.01.2008.

I parametri sismici per i periodi  $T_R$  associati a ciascun Stato Limite, utilizzati per ottenere gli spettri di risposta delle azioni, risultano pari a:

Stato Limite	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c'$ [s]
Operatività (SLO)	30	0,040	2,533	0,223
Danno (SLD)	50	0,050	2,519	0,244
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,122	2,403	0,291
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,157	2,379	0,298
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

dove:

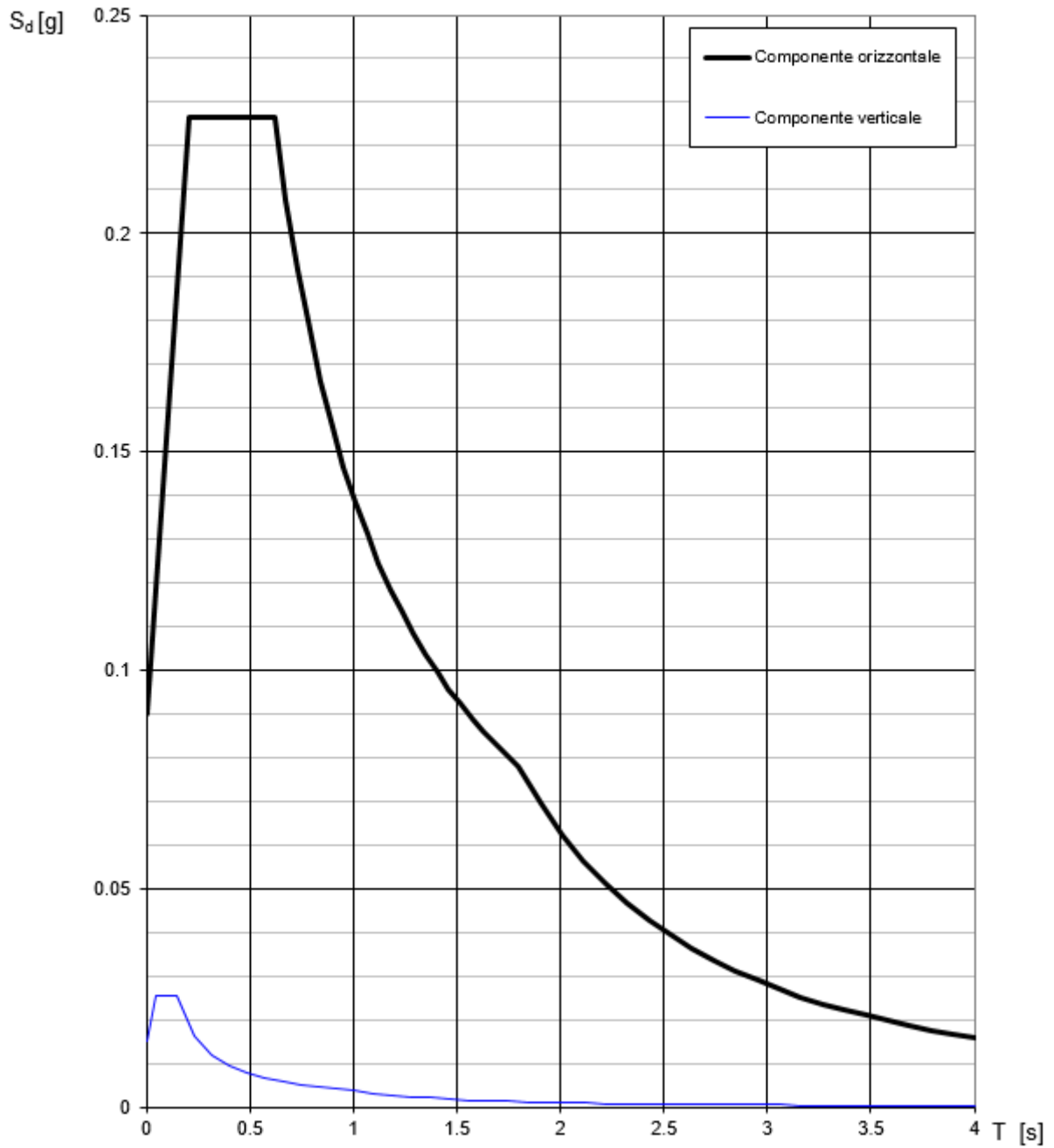
- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito in condizioni di campo libero su sito rigido di categoria A secondo §3.2.2 di cui D.M. 14.01.2008;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c'$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Si riassumono i parametri di progetto:

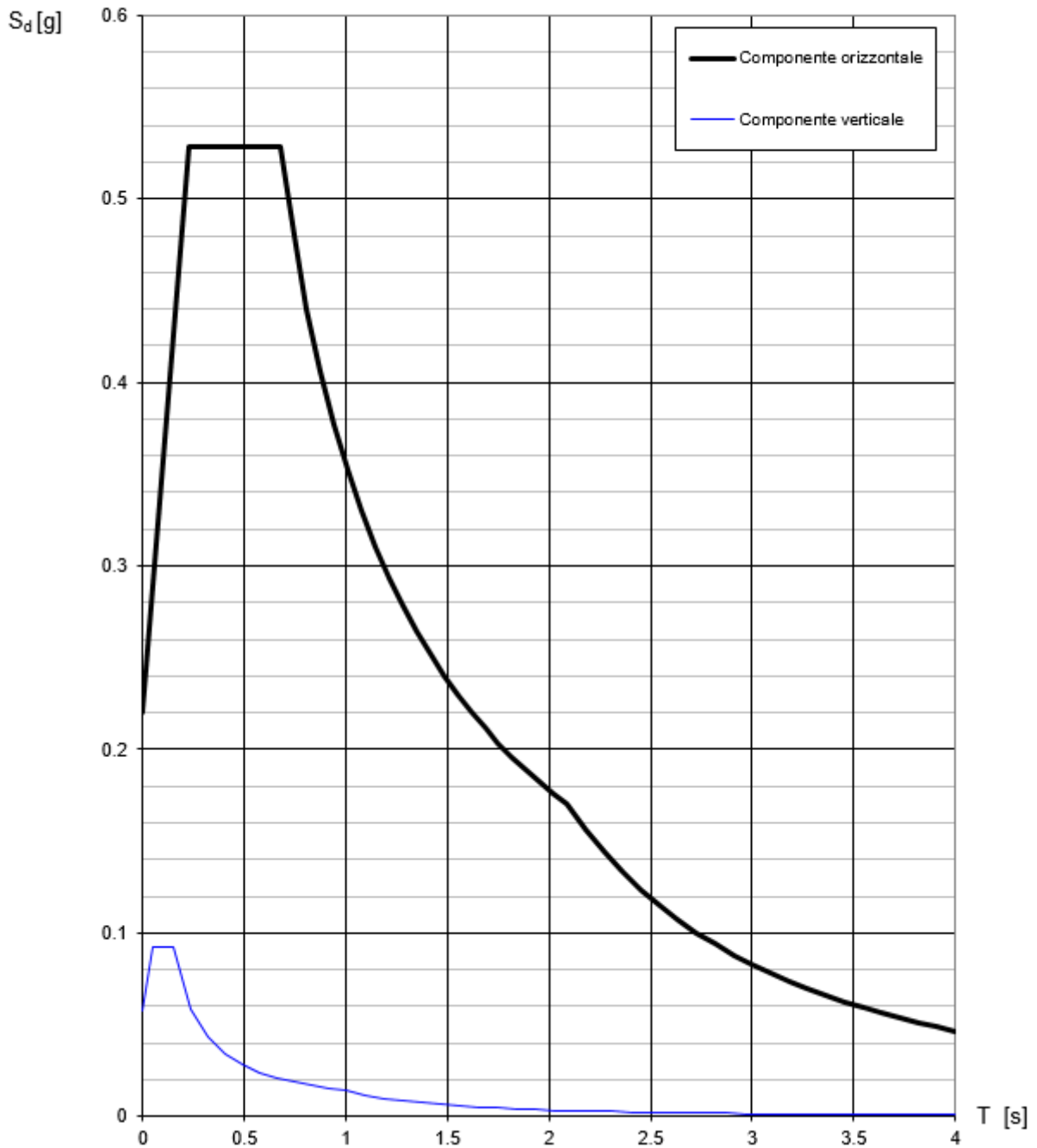
- Classe d'uso                    Classe II
- Tipo di costruzione            1
- Vita nominale                  $V_N = 50$  anni
- Periodo di riferimento        $V_R = 50$  anni
- Categoria del terreno        D (terreni a grana grossa scarsamente addensati/terreni a grana fina scarsamente consistenti)
- Categoria Topografica        T1

Di seguito si riportano gli spettri di progetto allo Stato Limite di Danno (SLD) e Stato Limite di Vita (SLV).

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**



**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



La forza statica equivalente applicata ad un montante è infatti pari a:

$$F_{eq,sisma} = \frac{M_{tot} \cdot S_d}{g} = \frac{[0.423 \cdot 5.6 + 4 \cdot (0.20 \cdot 4.45 + 0.20 \cdot 1.15)] \cdot 0.53g}{g} = 4.74kN$$

Poiché la forza prodotta dal vento sullo stesso montante è pari a:

$$F_{vento} = p \cdot h \cdot i_{max} = 0.96 \cdot 4.45 \cdot 4.00 = 17.01kN$$

Si deduce che l'azione sismica non è dimensionante rispetto al vento.

## **8 COMBINAZIONI DI CARICO**

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali seguono il Metodo Semi-Probabilistico agli Stati Limite.

Le condizioni elementari di carico vengono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU), Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), Stato Limite di Esercizio (SLE) e Stato Limite di Danno (SLD).

### **8.1 COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Si adottano le combinazioni prescritte dalla normativa vigente ed espresse simbolicamente come segue:

$$F_d = \gamma_g \cdot G_k + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_q \cdot \left[ Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} \cdot Q_{ik}) \right] \quad \text{per le azioni statiche}$$

$$F_d = E + G_k + P_k + \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{2i} \cdot Q_{ik}) \quad \text{per le azioni sismiche}$$

con il seguente significato dei simboli:

$G_k$	valore caratteristico delle azioni permanenti
$P_k$	valore caratteristico della forza di precompressione
$Q_{ik}$	valore caratteristico dell'azione variabile i-esima
$E$	azione sismica
$\gamma_g = 1,3$	(1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
$\gamma_q = 1,5$	(0.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
$\psi_{0i} = 0,6$	per carico vento
$\psi_{0i} = 0,5$	per carico neve
$\psi_{1i} = 0,2$	per carico vento e neve
$\psi_{2i} = 0$	per vento e neve

### **8.2 COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

Si adottano le combinazioni prescritte dalla normativa vigente ed espresse simbolicamente come segue:

$$F_d = G_k + P_k + \left[ Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} \cdot Q_{ik}) \right] \quad \text{per le combinazioni caratteristiche}$$

$$F_d = G_k + P_k + \left[ \psi_{1,1} \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} \cdot Q_{ik}) \right] \quad \text{per le combinazioni frequenti}$$

$$F_d = G_k + P_k + \left[ \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{2i} \cdot Q_{ik}) \right] \quad \text{per le combinazioni quasi permanenti}$$

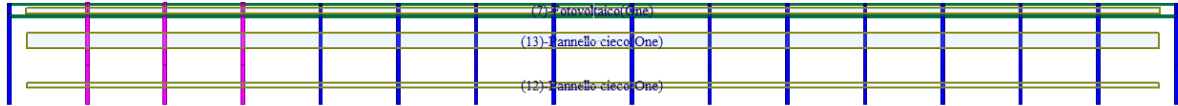
con il seguente significato dei simboli:

$G_k$	valore caratteristico delle azioni permanenti
$P_k$	valore caratteristico della forza di precompressione
$Q_{ik}$	valore caratteristico dell'azione variabile i-esima
$\psi_{0i} = 0,6$	per carico vento
$\psi_{0i} = 0,5$	per carico neve
$\psi_{1i} = 0,2$	per carico vento e neve
$\psi_{2i} = 0$	per vento e neve

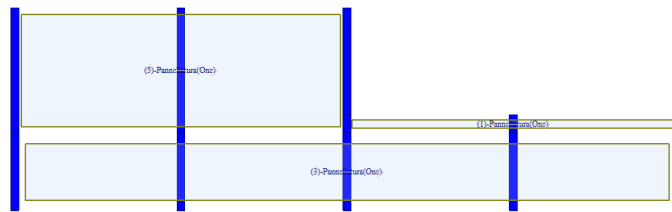
### 8.3 CASI DI CARICO

Di seguito si riportano delle immagini estratte dal modello di calcolo in cui vengono messi in evidenza i carichi esterni applicati alla struttura.

#### Sovraccarico Permanente

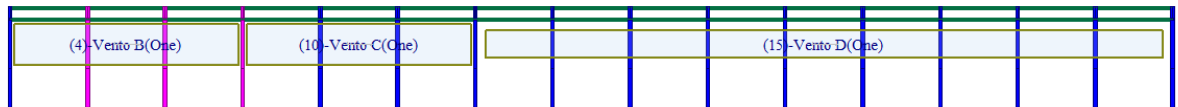


**Figura 6 - Sovraccarico permanente barriera lato ferrovia  
(0.20 kN/m<sup>2</sup> pannello cieco e 0.20 kN/m<sup>2</sup> pannello fotovoltaico)**

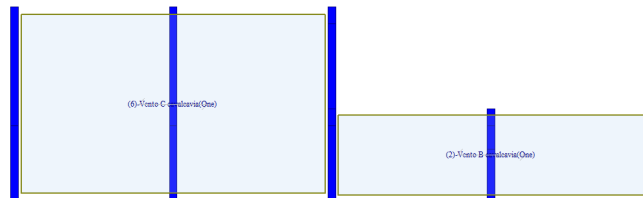


**Figura 7 - Sovraccarico permanente barriera testata galleria  
(0.20 kN/m<sup>2</sup> pannello cieco)**

#### Vento orizzontale

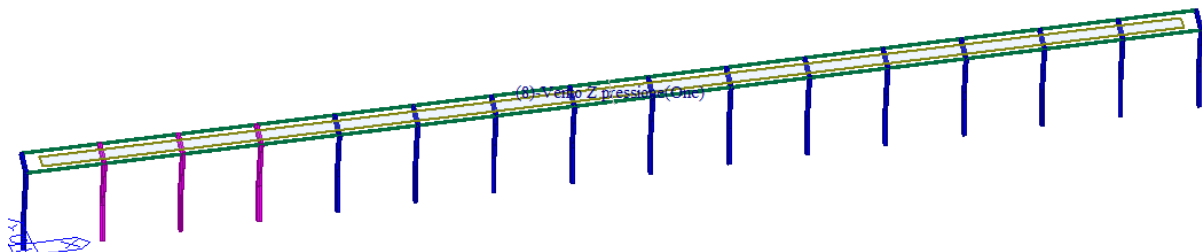


**Figura 8 - Vento barriera lato ferrovia  
(1.17 kN/m<sup>2</sup> con effetti di bordo)**



**Figura 9 - Vento barriera testata galleria  
(1.08 kN/m<sup>2</sup> con effetti di bordo)**

#### Vento verticale



**Figura 10 - Vento verticale barriera lato ferrovia**

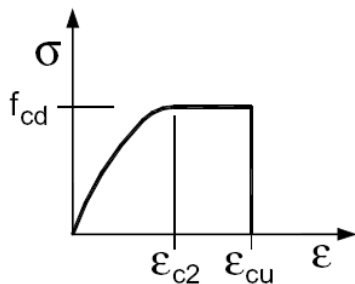


## 9 VERIFICHE STRUTTURALI

### 9.1 VERIFICHE A FLESSIONE ALLO SLU

Per le verifiche a flessione valgono le seguenti ipotesi:

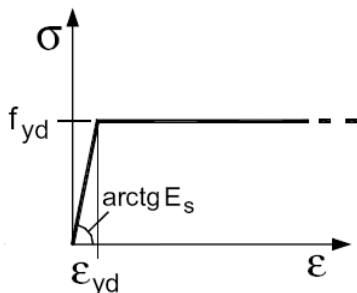
1. conservazione delle sezioni piane;
2. perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo;
3. resistenza a trazione nulla del calcestruzzo;
4. rottura del calcestruzzo per raggiungimento della sua capacità ultima di deformazione a compressione;
5. rottura dell'acciaio per raggiungimento della sua capacità ultima di deformazione a trazione;
6. legge costitutiva del calcestruzzo tipo parabola-rettangolo:



$$\varepsilon_{c2} = 0,20\%$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,35\%$$

7. legge costitutiva dell'acciaio tipo lineare



$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu} = 1,00\%$$

### 9.2 VERIFICHE A TAGLIO ALLO SLU

Le sezioni di calcestruzzo non armate a taglio hanno una resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo stesso e dai meccanismi secondari. Secondo normativa tale resistenza è valutabile con la seguente espressione:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Nel caso il taglio sollecitante  $V_{Ed}$  sia maggiore del taglio  $V_{Rd}$ , è da prevedersi apposita armatura a taglio. In tal caso il taglio resistente è il minore tra il taglio  $V_{Rsd}$  offerto dalle armature ed il taglio  $V_{Rcd}$  offerto dal calcestruzzo.  $V_{Rsd}$  e  $V_{Rcd}$  valgono:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta)$$

dove  $d$ ,  $b_w$  e  $\sigma_{cp}$  hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

$A_{sw}$  area dell'armatura trasversale;

$s$  interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$f'_{cd}$  resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$ );

$\alpha_c$  coefficiente maggiorativo pari a

1	per membrature non compresse
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

In presenza di significativo sforzo assiale, ad esempio conseguente alla precompressione, si dovrà aggiungere la limitazione:

$$(\operatorname{ctg}\theta_1 \leq \operatorname{ctg}\theta) \quad (4.1.21)$$

dove  $\theta_1$  è l'angolo di inclinazione della prima fessurazione ricavato da  $\operatorname{ctg}\theta_1 = \tau/\sigma_1$  mentre  $\tau$  e  $\sigma_1$  sono rispettivamente la tensione tangenziale e la tensione principale di trazione sulla corda baricentrica della sezione intesa interamente reagente.

## **10 CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI**

Le elaborazioni mediante calcolatore sono state eseguite con l'ausilio dei seguenti programmi:

- Midas Gen 2017 sviluppato da MIDAS Information Technology e distribuito in Italia da CSPFea, via Zuccherificio 5/D, 35042 Este, Padova. Questo software agli elementi finiti è usato per il calcolo delle sollecitazioni e per la verifica strutturale degli elementi portanti.
- Profili\_V6 versione 7.7 del professor Pietro Gelfi per la verifica degli elementi in acciaio (usato in alternativa al software PresFle).
- Fogli di calcolo Microsoft Excel 2016 MSO (16.0.7571.7095).

I programmi, concessi in licenza d'uso a F&M Ingegneria Spa, sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti. Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi compositivi, considerando l'effettivo contributo alla rigidità complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare. I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

## 11 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE BARRIERA LATO FERROVIA

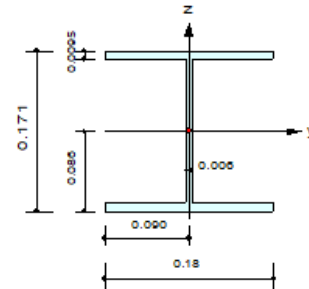
### 11.1 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MONTANTI IN ACCIAIO

Di seguito si riporta la verifica per del profilo più sollecitato per ciascuna tipologia di elemento estratta dal modello di calcolo:

#### Montante HEA180

##### Design Information

Design Code : Eurocode3:05  
 Unit System : kN, mm  
 Member No : 17  
 Material : S355 (No:2)  
 (Fy = 0.35500, Es = 210000000)  
 Section Name : HEA180 (No:3)  
 (Rolled : HEA180).  
 Member Length : 2517.94



##### Member Forces

Axial Force Fxx = -19.570 (LCB: 5, POS:I)  
 Bending Moments My = 44505.2, Mz = 0.00000  
 End Moments Myi = 44505.2, Myj = 5813.24 (for Lb)  
 Myi = 44505.2, Myj = 5813.24 (for Ly)  
 Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)  
 Shear Forces Fyy = 1.08258 (LCB: 15, POS:I)  
 Fzz = -29.943 (LCB: 11, POS:I)

Depth	0.17100	Web Thick	0.00650
Top F Width	0.18000	Top F Thick	0.00650
Bot.F Width	0.18000	Bot.F Thick	0.00650
Area	0.00453	Asz	0.00103
Cyb	0.02590	Czb	0.00405
Iyy	0.00003	Izz	0.00001
Ybar	0.00000	Zbar	0.08550
Wely	0.00029	Welz	0.00010
ry	0.07450	rz	0.04520

##### Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2517.94, Lz = 2517.94, Lb = 2517.94  
 Effective Length Factors Ky = 2.10, Kz = 2.10  
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

##### Checking Results

###### Slenderness Ratio

KL/r = 117.0 < 200.0 (Memb:17, LCB: 5)..... O.K

###### Axial Resistance

N\_Ed/MIN[Nc\_Rd, Nb\_Rd] = 19.57/1531.57 = 0.013 < 1.000 ..... O.K

###### Bending Resistance

M\_Ed/M\_Rd = 44505/ 109543 = 0.406 < 1.000 ..... O.K

M\_Edz/M\_Rdz = 0.0/52495.4 = 0.000 < 1.000 ..... O.K

###### Combined Resistance

RNRd = MAX[ M\_Ed/Mny\_Rd, M\_Edz/Mnz\_Rd ]

Rcom = N\_Ed/(A\*fy/Gamma\_M0), Rbend = M\_Ed/My\_Rd + M\_Edz/Mz\_Rd

Rc\_LT1 = N\_Ed/(Xiy\*A\*fy/Gamma\_M1)

Rb\_LT1 = (kyy\*M\_Ed)/(Xi\_LT\*Wply\*fy/Gamma\_M1) + (kyz\*Msdz)/(Wplz\*fy/Gamma\_M1)

Rc\_LT2 = N\_Ed/(Xiz\*A\*fy/Gamma\_M1)

Rb\_LT2 = (Kzy\*M\_Ed)/(Xi\_LT\*Wply\*fy/Gamma\_M1) + (Kzz\*Msdz)/(Wplz\*fy/Gamma\_M1)

Rmax = MAX[ RNRd, (Rcom+Rbend), MAX(Rc\_LT1+Rb\_LT1, Rc\_LT2+Rb\_LT2) ] = 0.425 < 1.000 .. O.K

###### Shear Resistance

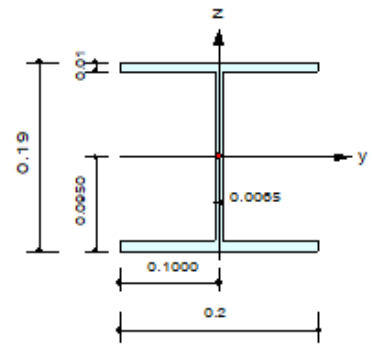
V\_Ed/Vy\_Rd = 0.002 < 1.000 ..... O.K

V\_Edz/Vz\_Rd = 0.106 < 1.000 ..... O.K

Montante HEA200

**Design Information**

Design Code : Eurocode3:05  
 Unit System : kN, mm  
 Member No : 8  
 Material : S355 (No:2)  
 (Fy = 0.35500, Es = 210000000)  
 Section Name : HEA200 (No:4)  
 (Rolled : HEA200).  
 Member Length : 2517.94



**Member Forces**

Axial Force : Fxx = -21.678 (LCB: 5, POS:I)  
 Bending Moments : My = 63366.3, Mz = 0.00000  
 End Moments : Myi = 63366.3, Myj = 5850.78 (for Lb)  
 Myi = 63366.3, Myj = 5850.78 (for Ly)  
 Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)  
 Shear Forces : Fyy = 1.44005 (LCB: 15, POS:I)  
 Fzz = -44.980 (LCB: 11, POS:I)

Depth	0.19000	Web Thick	0.00650
Top F Width	0.20000	Top F Thick	0.01000
Bot.F Width	0.20000	Bot.F Thick	0.01000
Area	0.00538	Asz	0.00124
Qyb	0.03130	Qzb	0.00500
Iyy	0.00004	Izz	0.00001
Ybar	0.10000	Zbar	0.09500
Wely	0.00039	Weiz	0.00013
ry	0.08280	rz	0.04980

**Design Parameters**

Unbraced Lengths : Ly = 2517.94, Lz = 2517.94, Lb = 2517.94  
 Effective Length Factors : Ky = 2.10, Kz = 2.10  
 Equivalent Uniform Moment Factors : Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

**Checking Results**

Slenderness Ratio

$KL/r = 106.2 < 200.0$  (Memb:8, LCB: 5)..... O.K

Axial Resistance

$N_{Ed}/MIN[Nc_{Rd}, Nb_{Rd}] = 21.68/1818.95 = 0.012 < 1.000$  ..... O.K

Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 63366/ 145381 = 0.436 < 1.000$  ..... O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.0/68226.1 = 0.000 < 1.000$  ..... O.K

Combined Resistance

$RNRd = MAX[ M_{Edy}/M_{ny\_Rd}, M_{Edz}/M_{nz\_Rd} ]$

$R_{oom} = N_{Ed}/(A*fy/Gamma_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y\_Rd} + M_{Edz}/M_{z\_Rd}$

$R_{c\_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy}*A*fy/Gamma_{M1})$

$R_{b\_LT1} = (k_{yy}*M_{Edy})/(X_{i\_LT}*W_{ply}*fy/Gamma_{M1}) + (k_{yz}*M_{sdz})/(W_{plz}*fy/Gamma_{M1})$

$R_{c\_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz}*A*fy/Gamma_{M1})$

$R_{b\_LT2} = (K_{zy}*M_{Edy})/(X_{i\_LT}*W_{ply}*fy/Gamma_{M1}) + (K_{zz}*M_{sdz})/(W_{plz}*fy/Gamma_{M1})$

$R_{max} = MAX[ RNRd, (R_{oom}+R_{bend}), MAX(R_{c\_LT1}+R_{b\_LT1}, R_{c\_LT2}+R_{b\_LT2}) ] = 0.453 < 1.000$  .. O.K

Shear Resistance

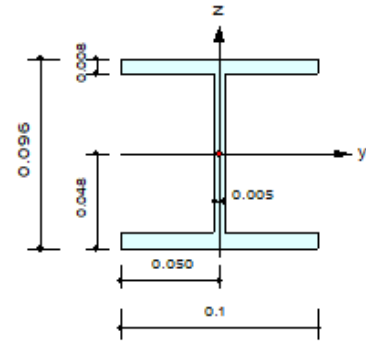
$V_{Edy}/V_{y\_Rd} = 0.002 < 1.000$  ..... O.K

$V_{Edz}/V_{z\_Rd} = 0.128 < 1.000$  ..... O.K

**Profili secondari HEA100**

**Design Information**

Design Code : Eurocode3:05  
 Unit System : kN, mm  
 Member No : 184  
 Material : S355 (No:2)  
 (Fy = 0.35500, Es = 210000000)  
 Section Name : HEA100 (No:5)  
 (Rolled : HEA100).  
 Member Length : 4000.00



**Member Forces**

Axial Force Fxx = 0.00000 (LCB: 8, POS:1/2)  
 Bending Moments My = 3592.06, Mz = 808.167  
 End Moments Myi = 0.00000, Myj = 0.00000 (for Lb)  
 Myi = 0.00000, Myj = 0.00000 (for Ly)  
 Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)  
 Shear Forces Fyy = 1.10841 (LCB: 3, POS:J)  
 Fzz = 3.59206 (LCB: 8, POS:J)

Depth	0.09800	Web Thick	0.00500
Top F Width	0.10000	Top F Thick	0.00800
Bot.F Width	0.10000	Bot.F Thick	0.00800
Area	0.00212	Asz	0.00048
Cyb	0.00784	Czb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05000	Zbar	0.04800
Wely	0.00007	Welz	0.00003
ry	0.04000	rz	0.02510

**Design Parameters**

Unbraced Lengths Ly = 4000.00, Lz = 4000.00, Lb = 4000.00  
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00  
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

**Checking Results**

**Slenderness Ratio**

$KL/r = 159.4 < 200.0$  (Memb:176, LCB: 17)..... O.K

**Axial Resistance**

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.000/716.762 = 0.000 < 1.000$  ..... O.K

**Bending Resistance**

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 3592.1/28061.9 = 0.128 < 1.000$  ..... O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 808.2/13692.9 = 0.059 < 1.000$  ..... O.K

**Combined Resistance**

$RNRd = \text{MAX}[ M_{Edy}/M_{ny\_Rd}, M_{Edz}/M_{nz\_Rd} ]$

$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{ny\_Rd})^{\text{Alpha}} + (M_{Edz}/M_{nz\_Rd})^{\text{Beta}}$

$R_{com} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y\_Rd} + M_{Edz}/M_{z\_Rd}$

$R_{max} = \text{MAX}[ RNRd, R_{max1}, (R_{com} + R_{bend}) ] = 0.187 < 1.000$  ..... O.K

**Shear Resistance**

$V_{Edy}/V_{y\_Rd} = 0.003 < 1.000$  ..... O.K

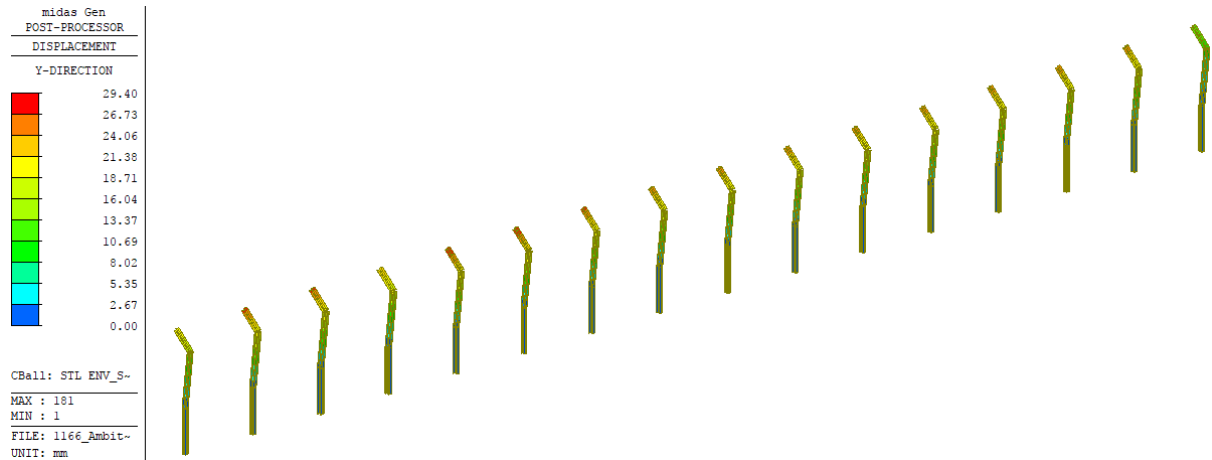
$V_{Edz}/V_{z\_Rd} = 0.024 < 1.000$  ..... O.K

**Deflection Checking Results**

$L/250.0 = 16.0000 > 6.4584$  (Memb:184, LCB: 34, POS:2000.0mm, Dir-Z)..... O.K

### 11.2 VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DEI MONTANTI IN ACCIAIO

Si riporta la mappa cromatica dell'involuppo degli spostamenti dei montanti:



**Figura 11 – Involuppo degli spostamenti orizzontali barriera lato ferrovia**

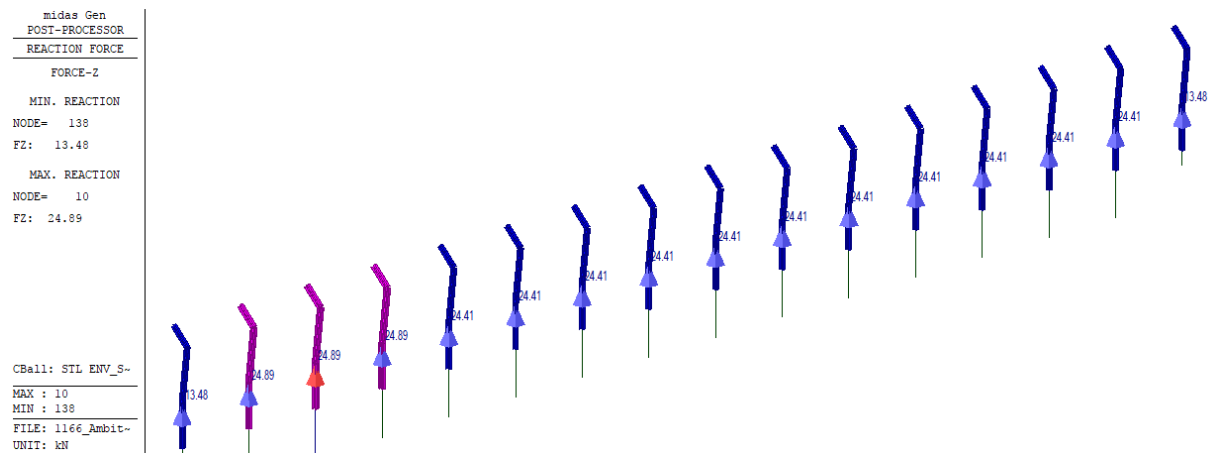
Secondo quanto riportato nella UNI EN 1794-1:2011 – Appendice A.3.2, la deformazione massima sotto il carico vento per barriere di altezza complessiva compresa tra a 3.00m e 4.00m dev'essere minore di:

$$d_{\max} = 30\text{mm} > 29.40\text{mm}$$

Poiché il massimo spostamento è pari a 29.40mm, la verifica è soddisfatta.

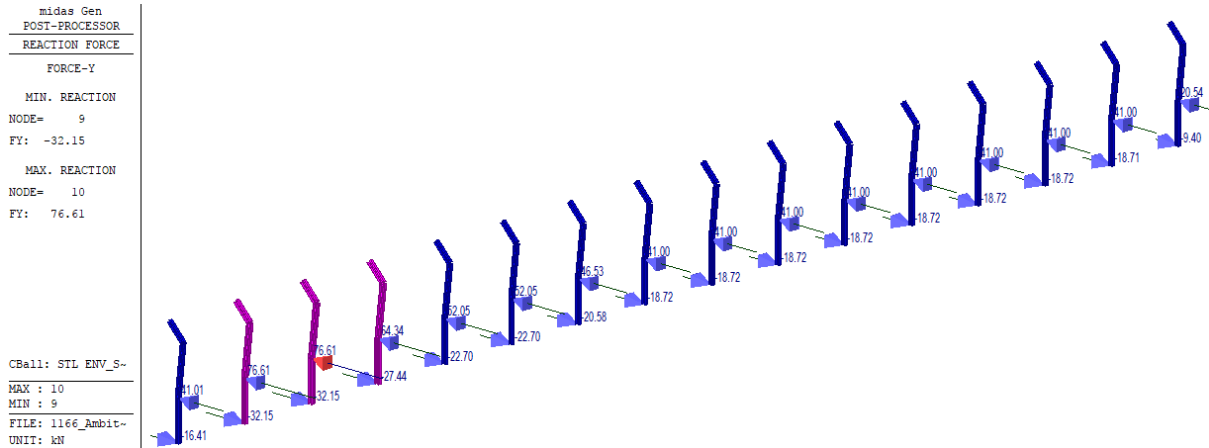
### 11.3 VERIFICA DEI COLLEGAMENTI AL MURO ESISTENTE

Si riportano in forma di mappe cromatiche le sollecitazioni sui montanti della barriera:



**Figura 12 – Involuppo dello sforzo normale barriera lato ferrovia**

**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**



**Figura 13 – Involuppo del taglio barriera lato ferrovia**

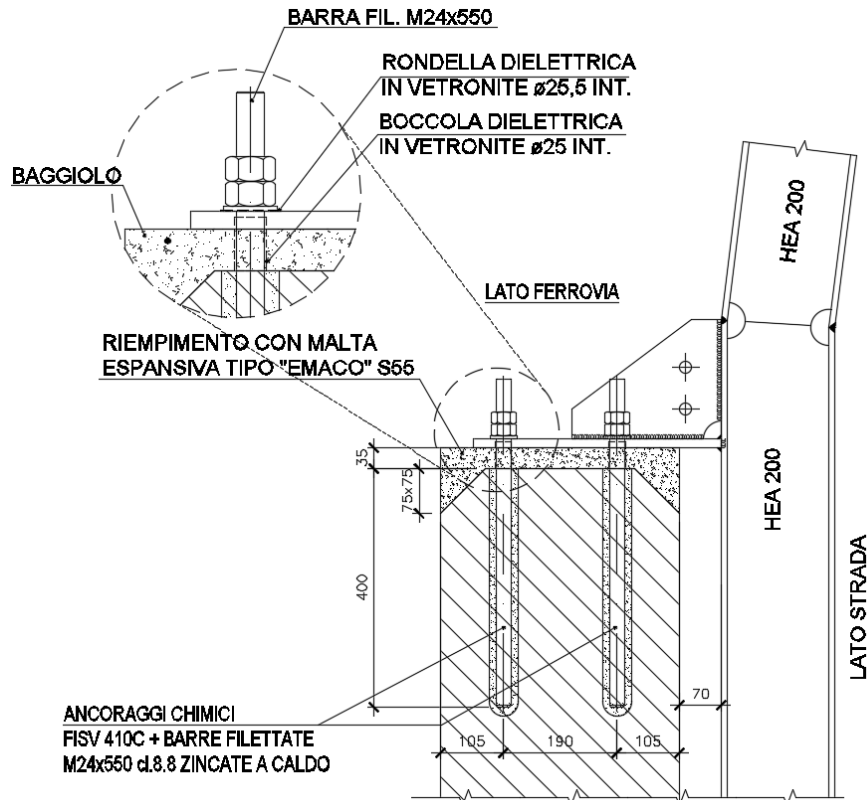
I valori di progetto con cui viene dimensionato il collegamento sono riassunti nella tabella seguente:

	$N_{SLE}$ [kN]	$N_{SLU}$ [kN]	$V_{sup}$ [kN]	$V_{inf}$ [kN]
HEA200	11.78	24.89	76.61	32.15
HEA180	11.41	24.41	52.05	22.70

Il collegamento superiore viene realizzato mediante 4 barre filettate inghisate nel calcestruzzo esistente; allo stesso modo, il collegamento inferiore è realizzato mediante due tasselli chimici inghisati nel calcestruzzo esistente.

**11.3.1 VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SUPERIORE HEA200**

Di seguito si riporta un'immagine del collegamento per il montante HEA200:



**Figura 14 – Dettaglio del collegamento superiore HEA200 barriera lato ferrovia**



La verifica viene eseguita mediante programma di calcolo.

Verifica degli ancoranti e del calcestruzzo:

### **Basi della progettazione**

#### **Ancorante**

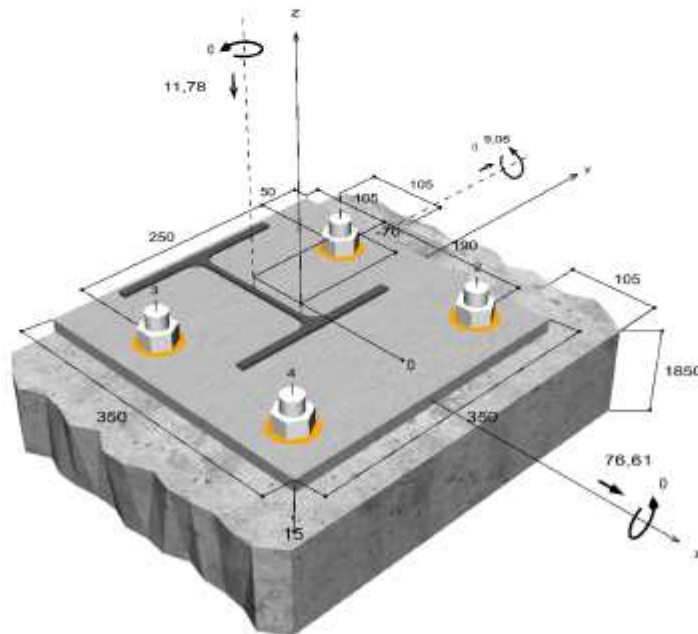
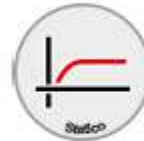
Sistema	fischer Ancorante chimico a iniezione fischer FIS V
Ancorante chimico ad iniezione	FIS V 360 S
Elemento di fissaggio	Barra filettata M24 x 445 (Fornito dal cliente), Acciaio zincato, Classe di resistenza 8.8
Profondità di ancoraggio	400 mm
Dati di progetto	Specifiche del produttore



#### **Geometria / Carichi**

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



#### **Dati di input**

Metodo di progettazione	Metodo di calcolo ENSO per ancoranti chimici
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C50/60, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Fessurato, Foro asciutto
Range di temperatura	24 °C Temperatura nel lungo periodo, 40 °C Temperatura nel breve periodo
Armatura	nessuna armatura o armatura standard. Senza armatura di bordo. Con armatura per controllo della fessurazione
Metodo di foratura	Rotopercolazione
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito
Tipo di carico	Statico
Distanziato	Nessuna flessione Ancorante fissato sul materiale di base
Dimensioni piastra di ancoraggio	350 mm x 350 mm x 15 mm
Tipo di profilo	HEA 200

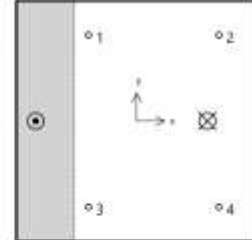
**Carichi di progetto \*1)**

#	N <sub>sd</sub> kN	V <sub>sd,x</sub> kN	V <sub>sd,y</sub> kN	M <sub>sd,x</sub> kNm	M <sub>sd,y</sub> kNm	M <sub>T,sd</sub> kNm	Tipo di carico
1	-11,78	76,61	0,00	0,00	-9,08	0,00	Statico

\*1) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

**Forze risultanti sull'ancoraggio**

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	1,45	19,15	19,15	0,00
2	14,90	19,15	19,15	0,00
3	1,45	19,15	19,15	0,00
4	14,90	19,15	19,15	0,00



max. deformazione a compressione del calcestruzzo : 0,08 ‰  
 max. tensione di compressione del calcestruzzo : 3,0 N/mm<sup>2</sup>  
 Forza risultante di trazione : 32,70 kN , Coordinate x/y ( 103 / 0 )  
 Forza risultante di compressione : 44,48 kN , Coordinate x/y ( -147 / 0 )

**Resistenza di progetto a trazione**

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo β <sub>N</sub> %
Rottura dell'acciaio *	14,90	188,27	7,9
Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo	32,70	102,65	31,9
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	32,70	79,76	41,0

\* Ancorante più sfavorevole

**Rottura dell'acciaio**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$$N_{Rk,s} = A_S \cdot f_{ub} = 353,0 \text{ mm}^2 \cdot 800,0 \text{ N/mm}^2 = 282,40 \text{ kN}$$

Equazione (5.1)

N <sub>Rk,s</sub> kN	γ <sub>Ms</sub>	N <sub>Rd,s</sub> kN	N <sub>sd</sub> kN	β <sub>N,s</sub> %
282,40	1,50	188,27	14,90	7,9

Ancorante n°	β <sub>N,s</sub> %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	0,8	1	β <sub>N,s1</sub>
2	7,9	2	β <sub>N,s2</sub>
3	0,8	3	β <sub>N,s3</sub>
4	7,9	4	β <sub>N,s4</sub>

**Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{d,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np}$$

Equazione (5.2)

**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

$$N_{Rk,p} = 171,00kN \cdot \frac{310.400mm^2}{276.676mm^2} \cdot 0,820 \cdot 1,270 \cdot 0,771 \cdot 1,000 = 153,97kN$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 24mm \cdot 400mm \cdot 5,7N/mm^2 = 171,00kN$$

Equazione (5.2a)

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,ver}}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot h_{ef}\right)$$

Equazione (5.2c)

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot 24mm \cdot \left(\frac{9,0N/mm^2}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot 400mm\right) = 526mm$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{526mm}{2} = 263mm$$

Equazione (5.2d)

$$\Psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{105mm}{263mm} = 0,820 \leq 1$$

Equazione (5.2e)

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1) = 1,764 - \sqrt{\frac{220mm}{526mm}} \cdot (1,764 - 1) = 1,270 \geq 1$$

Equazione (5.2f)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck,cube}}}\right)^{1,5}$$

Equazione (5.2g)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{4} - (\sqrt{4} - 1) \cdot \left(\frac{24mm \cdot 5,7N/mm^2}{2,3 \cdot \sqrt{400mm \cdot 60,0N/mm^2}}\right)^{1,5} = 1,764 \geq 1$$

$$\Psi_{cc,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2c}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{cc,Npr} \cdot \Psi_{cc,Npp} = 0,771 \cdot 1,000 = 0,771 \leq 1$$

Equazione (5.2h)

$$\Psi_{cc,Npr} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 78mm}{526mm}} = 0,771 \leq 1 \quad \Psi_{cc,Npp} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{526mm}} = 1,000 \leq 1$$

$$\Psi_{re,Np} = 1,000$$

Equazione (5.2i)

$N_{Rk,p}$ kN	$\gamma_{M2}$	$N_{Ed,p}$ kN	$N_{sd}$ kN	$\beta_{N,p}$ %
153,97	1,50	102,65	32,70	31,9

Ancorante n°	$\beta_{N,p}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3, 4	31,9	1	$\beta_{N,p1}$

**Rottura per formazione del cono di calcestruzzo**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{M2}} \quad (N_{Rd,c})$$



$$N_{Rk,c} = N_{Rk,e} \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{cc,N}$$

Equazione (5.3)

$$N_{Rk,c} = 446,17kN \cdot \frac{580.000mm^2}{1.440.000mm^2} \cdot 0,753 \cdot 1,000 \cdot 0,885 = 119,65kN$$

$$N_{Rk,e}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0N/mm^2} \cdot (400mm)^{1,5} = 446,17kN$$

Equazione (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{105mm}{600mm} = 0,753 \leq 1$$

Equazione (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.3d)

$$\Psi_{cc,N} = \frac{1}{1 + \frac{2c}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{cc,Nz} \cdot \Psi_{cc,Ny} = 0,885 \cdot 1,000 = 0,885 \leq 1$$

Equazione (5.3e)

$$\Psi_{cc,Nz} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 78mm}{1.200mm}} = 0,885 \leq 1 \quad \Psi_{cc,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{1.200mm}} = 1,000 \leq 1$$

$N_{Rk,c}$ kN	$\gamma_{M2}$	$N_{Rd,c}$ kN	$N_{sd}$ kN	$\beta_{N,c}$ %
119,65	1,50	79,76	32,70	41,0

Ancorante n°	$\beta_{N,c}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3, 4	41,0	1	$\beta_{N,c1}$

### Resistenza a taglio

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo $\beta_V$ %
Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	19,15	112,96	17,0
Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	76,61	180,31	42,5
Rottura del bordo di calcestruzzo	38,31	49,21	77,8

\* Ancorante più sfavorevole

#### Rottura dell'acciaio senza braccio di leva

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M2}} \quad (V_{Rd,s})$$



$$V_{Rk,s} = 0,5 \cdot A_s \cdot f_{yk} = 0,5 \cdot 353,0 \text{ mm}^2 \cdot 800,0 \text{ N/mm}^2 = 141,20 \text{ kN}$$

Equazione (5.5)

$V_{Rk,s}$ kN	$\gamma_{M2}$	$V_{Rd,s}$ kN	$V_{sd}$ kN	$\beta_{Vs}$ %
141,20	1,25	112,96	19,15	17,0

Ancorante n°	$\beta_{Vs}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	17,0	1	$\beta_{Vs1}$
2	17,0	2	$\beta_{Vs2}$
3	17,0	3	$\beta_{Vs3}$
4	17,0	4	$\beta_{Vs4}$

#### Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,op}}{\gamma_{M2p}} \quad (V_{Rd,op})$$



$$V_{Rk,op} = k \cdot N_{Rk,c} = 2 \cdot 135,23 \text{ kN} = 270,46 \text{ kN}$$

Equazione (5.7a)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{cc,N}$$

Equazione (5.3)

$$N_{Rk,c} = 446,17 \text{ kN} \cdot \frac{580,000 \text{ mm}^2}{1,440,000 \text{ mm}^2} \cdot 0,753 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 135,23 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,embc}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0 \text{ N/mm}^2} \cdot (400 \text{ mm})^{1,5} = 446,17 \text{ kN}$$

Equazione (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{e}{c_{cr,N}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{105 \text{ mm}}{600 \text{ mm}} = 0,753 \leq 1$$

Equazione (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.3d)

$$\Psi_{cc,N} = \frac{1}{1 + \frac{2\sigma_s}{\sigma_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{cc,Nz} \cdot \Psi_{cc,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.3e)

$V_{Rk,op}$ kN	$\gamma_{M2p}$	$V_{Rd,op}$ kN	$V_{sd}$ kN	$\beta_{V,op}$ %
270,46	1,50	180,31	76,61	42,5

**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

Ancorante n°	$\beta_{V,op}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3, 4	42,5	1	$\beta_{V,op,1}$

**Rottura del bordo di calcestruzzo**

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Me}} \quad (V_{Rd,o})$$



$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{re,V} \quad \text{Equazione (5.8)}$$

$$V_{Rk,c} = 41,15kN \cdot \frac{88.988mm^2}{49.613mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 73,81kN$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot d^p \cdot h_{ef}^{\beta} \cdot \sqrt{f_{ct,emb} \cdot c_1^{1,5}} \quad \text{Equazione (5.8a)}$$

$$V_{Rk,c}^0 = 1,7 \cdot (24mm)^{0,195} \cdot (400mm)^{0,074} \cdot \sqrt{60,0N/mm^2} \cdot (105mm)^{1,5} = 41,15kN$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{h_{ef}}{c_1}} = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{400mm}{105mm}} = 0,195 \quad \beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0,2} = 0,1 \cdot \left(\frac{24mm}{105mm}\right)^{0,2} = 0,074 \quad \text{Equazione (5.8b)}$$

$$\Psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5c_1} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{158mm}{1,5 \cdot 105mm} = 1,000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.8c)}$$

$$\Psi_{h,V} = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5c_1}{h}}\right) = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5 \cdot 105mm}{1.850mm}}\right) = 1,000 \geq 1 \quad \text{Equazione (5.8d)}$$

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{\Psi_{90,V}}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(\cos 0,0)^2 + \left(\frac{\sin 0,0}{2}\right)^2}} = 1,000 \geq 1 \quad \text{Equazione (10.2-9f)}$$

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot c_1}{3}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 105mm}{3}} = 1,000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.8h)}$$

$$\Psi_{re,V} = 1,000$$

$V_{Rk,o}$ kN	$\gamma_{Me}$	$V_{Rd,o}$ kN	$V_{sd}$ kN	$\beta_{V,o}$ %
73,81	1,50	49,21	38,31	77,8

Ancorante n°	$\beta_{V,o}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
2, 4	77,8	1	$\beta_{V,c,1}$
1, 3	64,5	2	$\beta_{V,c,2}$

**Risultato dei carichi di trazione e taglio**

Carichi di trazione	Utilizzo $\beta_N$ %	Carichi di taglio	Utilizzo $\beta_V$ %
Rottura dell'acciaio *	7,9	Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	17,0
Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo	31,9	Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	42,5
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	41,0	Rottura del bordo di calcestruzzo	77,8

\* Ancorante più sfavorevole

## **Resistenza alla combinazione di trazione e taglio**

<b>Utilizzo dell'acciaio</b>		
$\beta_{N,s} = \beta_{N,sd} = 0,08 \leq 1$		Equazione (5.9a)
$\beta_{V,s} = \beta_{V,s1} = 0,17 \leq 1$		Equazione (5.9b)
$\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,sd}^2 + \beta_{V,s1}^2 = 0,04 \leq 1$		Equazione (5.10)
 <b>Verifica soddisfatta</b>		
<b>Utilizzo del calcestruzzo</b>		
$\beta_{N,c} = \beta_{N,c1} = 0,41 \leq 1$		Equazione (5.9a)
$\beta_{V,c} = \beta_{V,c1} = 0,78 \leq 1$		Equazione (5.9b)
$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c1}^{1,5} + \beta_{V,c1}^{1,5} = 0,95 \leq 1$		Equazione (5.10)

## **Informazioni sulla piastra**

### **Dettagli piastra di base**

Spessore della piastra definito dall'utente senza verifiche	t = 15 mm
Tipo di profilo	HEA 200

## **Osservazioni tecniche**

Se la distanza dal bordo di un ancoraggio è minore della distanza dal bordo critica  $c_{cr}$ , **N** (metodo di progettazione A) è necessario prevedere un'armatura longitudinale con almeno  $d = 6$  mm nel bordo dell'elemento nella zona di ancoraggio. Il calcolo viene fatto assumendo che sia presente una armatura sufficiente a limitare la fessurazione. In tal caso si può omettere il calcolo della rottura per fessurazione.

La trasmissione dei carichi dell'ancoraggio al supporto in calcestruzzo deve essere indicata per lo stato limite ultimo e lo stato limite di esercizio; a tal fine, le normali verifiche devono essere effettuate considerando le azioni introdotte dagli ancoraggi. Per tali verifiche saranno considerate le disposizioni aggiuntive del metodo di progettazione.

## **Dati di installazione**

### **Ancorante**

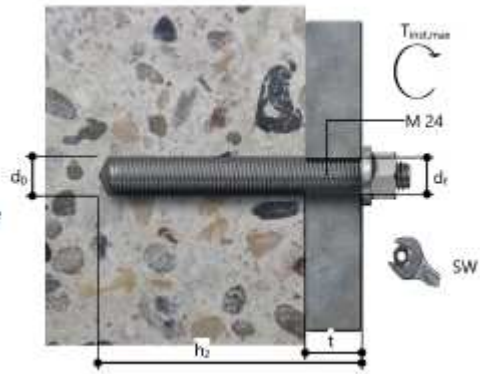
<b>Sistema</b>	<b>fischer Ancorante chimico a iniezione fischer FIS V</b>	
Ancorante chimico ad iniezione	FIS V 360 S (sono disponibili altri formati della cartuccia)	Articolo 507610
Elemento di fissaggio	Barra filettata M24 x 445 (Fornito dal cliente), Acciaio zincato, Classe di resistenza 8.8	Fornito dal cliente
<b>Accessorio</b>	FIS MR	Articolo 96448
	Tubo flessibile da 9mm	Articolo 48983
	Dispenser FIS DM S	Articolo 511118
	Pistola ad aria compressa ABS	Articolo 93288
	Pistola ad aria compressa ( $p \geq 6$ bar)	Fornito dal cliente
	Tubo flessibile da 9mm	Articolo 19705
	BSD 30	Articolo 90063
	Adattatore SDS con filettatura interna	Articolo 511961
	Estensione per scovolino	Articolo 508791
<b>Cartucce alternative</b>	Punta SDS Max IV 28/450/570	Articolo 504241
	FIS V 410 C	Articolo 521431
	FIS V 950 S	Articolo 17101
	La cartucce mostrate sono alternative a quella evidenziata con lo stesso numero di Benestare/Valutazione.	



**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

**Dettagli di installazione**

Filettatura M 24  
 Diametro del foro  $d_0 = 28 \text{ mm}$   
 Profondità di foratura  $h_2 = 415 \text{ mm}$   
 Profondità di ancoraggio  $h_{ef} = 400 \text{ mm}$   
 Metodo di foratura Rotopercussione  
 Pulizia del foro Pulire con 4 soffiare, 4 spazzolate e 4 soffiare eseguite con idonei pompette e scovolino  
 Tipo di installazione Installazione passante  
 Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito  
 Coppia di serraggio massima  $T_{inst,max} = 150,0 \text{ Nm}$   
 Dimensioni della chiave 38 mm  
 Spessore della piastra di base  $t = 15 \text{ mm}$   
 $t_{fix} = 15 \text{ mm}$   
 Consumo di resina per foro 120 ml/80 Unità graduate



**Dettagli piastra di base**

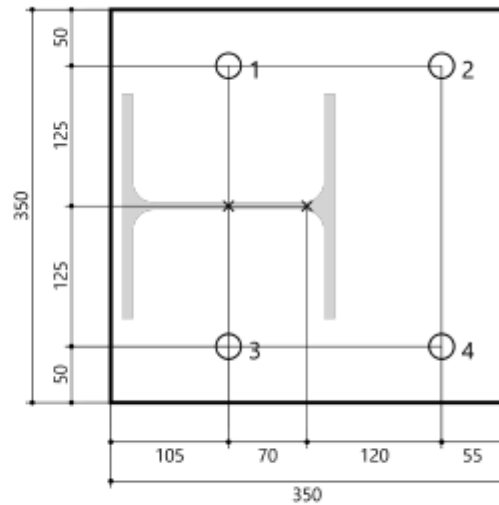
Materiale della piastra di base S 355 (St 52)  
 Spessore della piastra di base  $t = 15 \text{ mm}$   
 Diametro del foro nell'oggetto da fissare  $d_f = 30 \text{ mm}$

**Profilo**

Tipo di profilo HEA 200

**Coordinate dell'ancoraggio**

Ancorante n°	x mm	y mm
1	-70	125
2	120	125
3	-70	-125
4	120	-125



**Verifica della piastra:**

Materiale della piastra di base

S 355 (St 52)

Modulo elastico 210000 N/mm<sup>2</sup>

Tensione di snervamento 355 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di sicurezza 1,1

Coefficiente di Poisson 0,3

Andamento delle tensioni

Utilizzo: 81 %

Risultato

Spessore della piastra 15 mm

Scegliere lo spessore della piastra: 15 mm

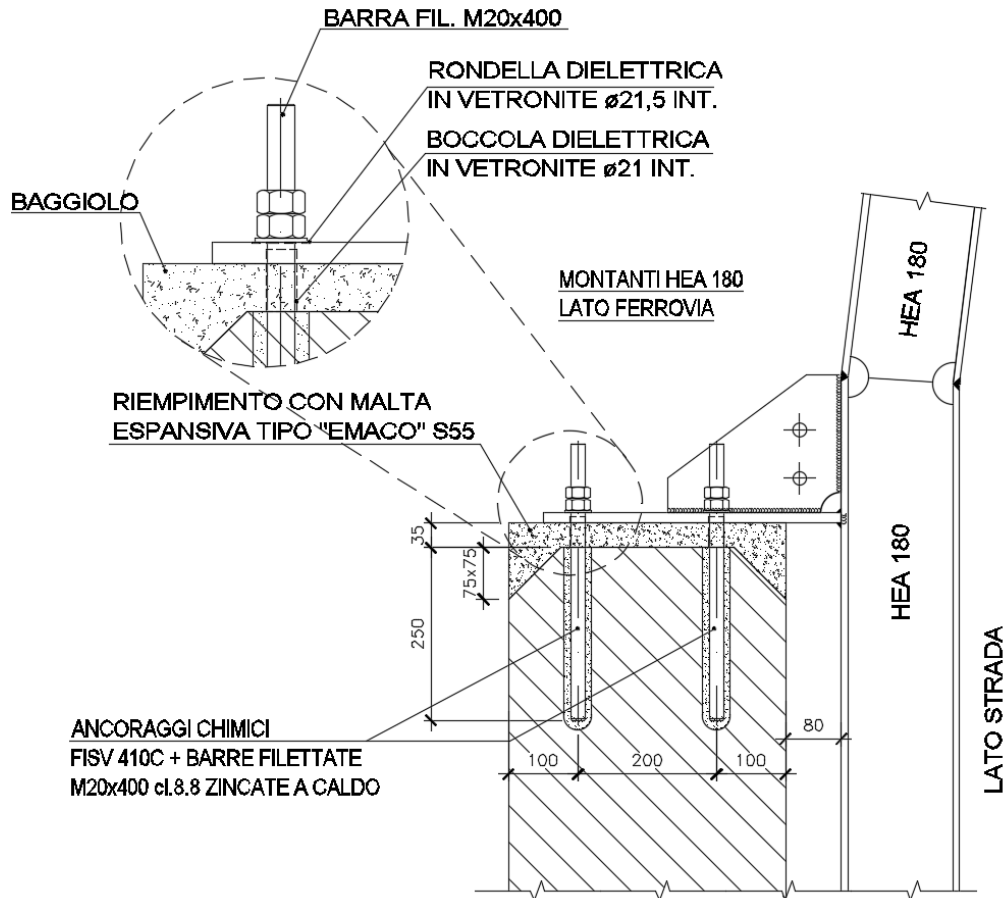
Spessore minimo della piastra di base Nessuna progettazione

Calcola lo spessore

✓ Applica lo spessore    ✗ Chiudi

Le verifiche sono soddisfatte.

11.3.2 VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SUPERIORE HEA180  
Di seguito si riporta un'immagine del collegamento per il montante HEA180:



**Figura 15 – Dettaglio del collegamento superiore HEA180 barriera lato ferrovia**

La verifica viene eseguita mediante programma di calcolo.

Verifica degli ancoranti e del calcestruzzo:

**Basi della progettazione**

**Ancorante**

Sistema	fischer Ancorante chimico a iniezione fischer FIS V
Ancorante chimico ad iniezione	FIS V 360 S
Elemento di fissaggio	Barra filettata FIS A M 20 x 290, Acciaio zincato, Classe di resistenza 5.8
Profondità di ancoraggio	250 mm
Dati di progetto	Specifiche del produttore



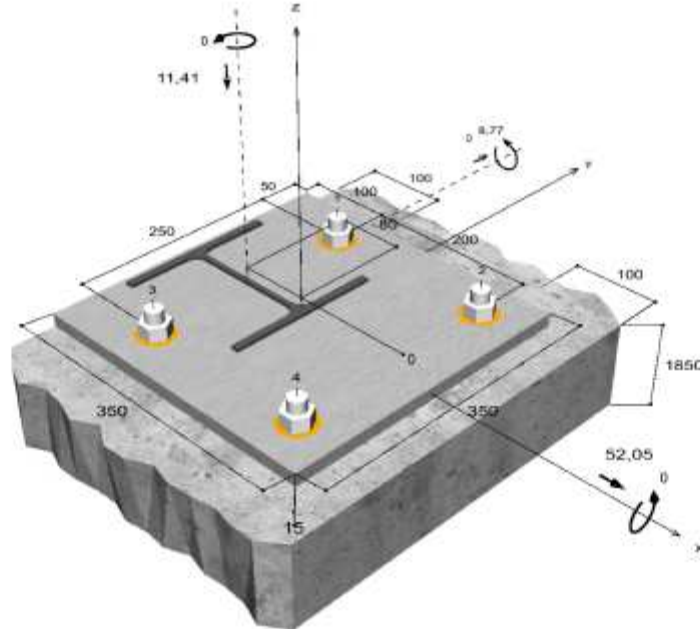


**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antisonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

**Geometria / Carichi**

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



**Dati di input**

Metodo di progettazione	Metodo di calcolo ENSO per ancoranti chimici
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C50/60, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Fessurato, Foro asciutto
Range di temperatura	24 °C Temperatura nel lungo periodo, 40 °C Temperatura nel breve periodo
Armatura	nessuna armatura o armatura standard. Senza armatura di bordo. Con armatura per controllo della fessurazione
Metodo di foratura	Rotopercussione
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito
Tipo di carico	Statico
Distanziato	Nessuna flessione
Dimensioni piastra di ancoraggio	Ancorante fissato sul materiale di base
Tipo di profilo	350 mm x 350 mm x 15 mm
	HEA 180

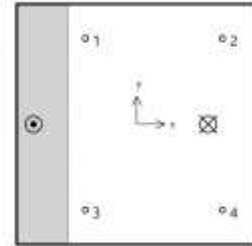
**Carichi di progetto \*1)**

#	$N_{sd}$ kN	$V_{sd,x}$ kN	$V_{sd,y}$ kN	$M_{sd,x}$ kNm	$M_{sd,y}$ kNm	$M_{T,sd}$ kNm	Tipo di carico
1	-11,41	52,05	0,00	0,00	-8,77	0,00	Statico

\*1) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

**Forze risultanti sull'ancoraggio**

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	1,63	13,01	13,01	0,00
2	14,02	13,01	13,01	0,00
3	1,63	13,01	13,01	0,00
4	14,02	13,01	13,01	0,00



max. deformazione a compressione del calcestruzzo : 0,09 ‰  
 max. tensione di compressione del calcestruzzo : 3,3 N/mm²  
 Forza risultante di trazione : 31,29 kN, Coordinate x/y ( 104 / 0 )  
 Forza risultante di compressione : 42,70 kN, Coordinate x/y ( -150 / 0 )

**Resistenza di progetto a trazione**

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo β <sub>N</sub> %
Rottura dell'acciaio *	14,02	82,00	17,1
Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo	31,29	73,71	42,4
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	31,29	67,31	46,5

\* Ancorante più sfavorevole

**Rottura dell'acciaio**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



N <sub>Rk,s</sub> kN	γ <sub>Ms</sub>	N <sub>Rd,s</sub> kN	N <sub>Sd</sub> kN	β <sub>N,s</sub> %
123,00	1,50	82,00	14,02	17,1

Ancorante n°	β <sub>N,s</sub> %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	2,0	1	β <sub>N,s,1</sub>
2	17,1	2	β <sub>N,s,2</sub>
3	2,0	3	β <sub>N,s,3</sub>
4	17,1	4	β <sub>N,s,4</sub>

**Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{rc,Np} \quad \text{Equazione (5.2)}$$

$$N_{Rk,p} = 108,86kN \cdot \frac{280.000mm^2}{202.500mm^2} \cdot 0,833 \cdot 1,192 \cdot 0,740 \cdot 1,000 = 110,57kN$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 20mm \cdot 250mm \cdot 6,9N/mm^2 = 108,86kN \quad \text{Equazione (5.2a)}$$

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,ser}}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot h_{ef}\right) \quad \text{Equazione (5.2c)}$$

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot 20mm \cdot \left(\frac{9,5N/mm^2}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot 250mm\right) = 450mm$$

**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

$$c_{cr,Np} = \frac{S_{cr,Np}}{2} = \frac{450mm}{2} = 225mm \quad \text{Equazione (5.2b)}$$

$$\Psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{100mm}{225mm} = 0,833 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.2b)}$$

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1) = 1,655 - \sqrt{\frac{225mm}{450mm}} \cdot (1,655 - 1) = 1,192 \geq 1 \quad \text{Equazione (5.2f)}$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left( \frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot f_{ck,cube}} \right)^{1,5} \quad \text{Equazione (5.2g)}$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{4} - (\sqrt{4} - 1) \cdot \left( \frac{20mm \cdot 6,9N/mm^2}{2,3 \cdot \sqrt{250mm} \cdot 60,0N/mm^2} \right)^{1,5} = 1,655 \geq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2c_{cr,Np}}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,NpX} \cdot \Psi_{ec,NpY} = 0,740 \cdot 1,000 = 0,740 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.2h)}$$

$$\Psi_{ec,NpX} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 79mm}{450mm}} = 0,740 \leq 1 \quad \Psi_{ec,NpY} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{450mm}} = 1,000 \leq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = 1,000 \quad \text{Equazione (5.2i)}$$

$N_{Rk,p}$ kN	$\gamma_{Mc}$	$N_{Rd,p}$ kN	$N_{sd}$ kN	$\beta_{N,p}$ %
110,57	1,50	73,71	31,29	42,4

Ancorante n°	$\beta_{N,p}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3, 4	42,4	1	$\beta_{N,p,1}$

**Rottura per formazione del cono di calcestruzzo**

$$N_{sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,o})$$



$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{ec,N} \quad \text{Equazione (5.3)}$$

$$N_{Rk,c} = 220,45kN \cdot \frac{400.000mm^2}{562.500mm^2} \cdot 0,780 \cdot 1,000 \cdot 0,826 = 100,96kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0N/mm^2} \cdot (250mm)^{1,5} = 220,45kN \quad \text{Equazione (5.3a)}$$

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{100mm}{375mm} = 0,780 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.3c)}$$

$$\Psi_{ec,N} = 1,000 \quad \text{Equazione (5.3d)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2c_{cr,N}}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 0,826 \cdot 1,000 = 0,826 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.3e)}$$

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 79mm}{375mm}} = 0,826 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{375mm}} = 1,000 \leq 1$$

$N_{Rk,o}$ kN	$\gamma_{Mc}$	$N_{Rd,o}$ kN	$N_{sd}$ kN	$\beta_{N,o}$ %
100,96	1,50	67,31	31,29	46,5

Ancorante n°	$\beta_{N,o}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3, 4	46,5	1	$\beta_{N,o,1}$

## Resistenza a taglio

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo $\beta_V$ %
Rottura dell'acciaio senza braccio di leva*	13,01	48,80	26,7
Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	52,05	163,04	31,9
Rottura del bordo di calcestruzzo	26,03	38,56	67,5

\* Ancorante più sfavorevole

### Rottura dell'acciaio senza braccio di leva

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M_s}} \quad (V_{Rd,s})$$



$V_{Rk,s}$ kN	$\gamma_{M_s}$	$V_{Rd,s}$ kN	$V_{Sd}$ kN	$\beta_{V,s}$ %
61,00	1,25	48,80	13,01	26,7

Ancorante n°	$\beta_{V,s}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	26,7	1	$\beta_{V,s,1}$
2	26,7	2	$\beta_{V,s,2}$
3	26,7	3	$\beta_{V,s,3}$
4	26,7	4	$\beta_{V,s,4}$

### Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,op}}{\gamma_{M_{op}}} \quad (V_{Rd,op})$$



$$V_{Rk,op} = k \cdot N_{Rk,c} = 2 \cdot 122,28 \text{ kN} = 244,56 \text{ kN}$$

Equazione (5.7a)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Equazione (5.3)

$$N_{Rk,c} = 220,45 \text{ kN} \cdot \frac{400.000 \text{ mm}^2}{562.500 \text{ mm}^2} \cdot 0,780 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 122,28 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0 \text{ N/mm}^2} \cdot (250 \text{ mm})^{1,5} = 220,45 \text{ kN}$$

Equazione (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{e}{e_{cr,N}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{100 \text{ mm}}{375 \text{ mm}} = 0,780 \leq 1$$

Equazione (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e}{h_{ef}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.3e)

$V_{Rk,op}$ kN	$\gamma_{M_{op}}$	$V_{Rd,op}$ kN	$V_{Sd}$ kN	$\beta_{V,op}$ %
244,56	1,50	163,04	52,05	31,9

Ancorante n°	$\beta_{V,op}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3, 4	31,9	1	$\beta_{V,op,1}$

**Rottura del bordo di calcestruzzo**



$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,o})$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{a,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{re,V} \quad \text{Equazione (5.8)}$$

$$V_{Rk,c} = 31,55kN \cdot \frac{82.500mm^2}{45.000mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 57,85kN$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot d^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ct,cube}} \cdot c_1^{1,5} \quad \text{Equazione (5.8a)}$$

$$V_{Rk,c}^0 = 1,7 \cdot (20mm)^{0,158} \cdot (250mm)^{0,072} \cdot \sqrt{60,0N/mm^2} \cdot (100mm)^{1,5} = 31,55kN$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{h_{ef}}{c_1}} = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{250mm}{100mm}} = 0,158 \quad \beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0,2} = 0,1 \cdot \left(\frac{20mm}{100mm}\right)^{0,2} = 0,072 \quad \text{Equazione (5.8a/c)}$$

$$\Psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5c_1} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{150mm}{1,5 \cdot 100mm} = 1,000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.8e)}$$

$$\Psi_{h,V} = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5c_1}{h}}\right) = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5 \cdot 100mm}{1.850mm}}\right) = 1,000 \geq 1 \quad \text{Equazione (5.8f)}$$

$$\Psi_{a,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{\Psi_{a,V}}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(\cos 0,0)^2 + \left(\frac{\sin 0,0}{2}\right)^2}} = 1,000 \geq 1 \quad \text{Equazione (10.2-6f)}$$

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot c_1}{3 \cdot c_1}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{3 \cdot 100mm}} = 1,000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.8h)}$$

$$\Psi_{re,V} = 1,000$$

$V_{Rk,o}$ kN	$\gamma_{Mc}$	$V_{Rd,o}$ kN	$V_{sd}$ kN	$\beta_{V,o}$ %
57,85	1,50	38,56	26,03	67,5

Ancorante n°	$\beta_{V,o}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
2,4	67,5	1	$\beta_{V,c1}$
1,3	49,3	2	$\beta_{V,c2}$

**Risultato dei carichi di trazione e taglio**

Carichi di trazione	Utilizzo $\beta_N$ %	Carichi di taglio	Utilizzo $\beta_V$ %
Rottura dell'acciaio *	17,1	Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	26,7
Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo	42,4	Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	31,9
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	46,5	Rottura del bordo di calcestruzzo	67,5

\* Ancorante più stavorevole

**Resistenza alla combinazione di trazione e taglio**

**Utilizzo dell'acciaio**

$$\beta_{N,c} = \beta_{N,c2} = 0,17 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.9a)}$$

$$\beta_{V,c} = \beta_{V,c1} = 0,27 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.9b)}$$

$$\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,c2}^2 + \beta_{V,c1}^2 = 0,10 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.10)}$$

**Verifica soddisfatta**

**Utilizzo del calcestruzzo**

$$\beta_{N,c} = \beta_{N,c1} = 0,46 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.9a)}$$

$$\beta_{V,c} = \beta_{V,c1} = 0,67 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.9b)}$$

$$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c1}^{1,5} + \beta_{V,c1}^{1,5} = 0,87 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.10)}$$

## **Informazioni sulla piastra**

### **Dettagli piastra di base**

Spessore della piastra definito dall'utente senza verifiche

$t = 15 \text{ mm}$

Tipo di profilo

HEA 180

### **Osservazioni tecniche**

Se la distanza dal bordo di un ancoraggio è minore della distanza dal bordo critica  $c_{cr, N}$  (metodo di progettazione A) è necessario prevedere un'armatura longitudinale con almeno  $d = 6 \text{ mm}$  nel bordo dell'elemento nella zona di ancoraggio. Il calcolo viene fatto assumendo che sia presente una armatura sufficiente a limitare la fessurazione. In tal caso si può omettere il calcolo della rottura per fessurazione.

La trasmissione dei carichi dell'ancoraggio al supporto in calcestruzzo deve essere indicata per lo stato limite ultimo e lo stato limite di esercizio; a tal fine, le normali verifiche devono essere effettuate considerando le azioni introdotte dagli ancoraggi. Per tali verifiche saranno considerate le disposizioni aggiuntive del metodo di progettazione.

### **Dati di installazione**

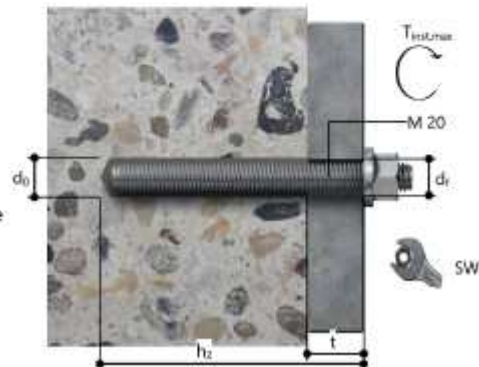
#### **Ancorante.**

<b>Sistema</b>	<b>fischer Ancorante chimico a iniezione fischer FIS V</b>	
Ancorante chimico ad iniezione	FIS V 360 S (sono disponibili altri formati della cartuccia)	Articolo 507810
Elemento di fissaggio	Barra filettata FIS A M 20 x 290, Acciaio zincato, Classe di resistenza 5.8	Articolo 90293
Accessorio	FIS MR Tubo flessibile da 9mm Dispenser FIS DM S Pistola ad aria compressa ABS Pistola ad aria compressa ( $p \geq 6 \text{ bar}$ )	Articolo 96448 Articolo 48983 Articolo 511118 Articolo 93286 Fornito dal cliente
	BSD 25 Adattatore SDS con filettatura interna	Articolo 1495 Articolo 511961
Cartucce alternative	Punta SDS Max IV 24/400/520 FIS V 410 C FIS V 950 S  La cartucce mostrate sono alternative a quella evidenziata con lo stesso numero di Benestare/Valutazione.	Articolo 504229 Articolo 521431 Articolo 17101



#### **Dettagli di installazione**

Filettatura	M 20
Diámetro del foro	$d_0 = 24 \text{ mm}$
Profondità di foratura	$h_2 = 265 \text{ mm}$
Profondità di ancoraggio	$h_{ef} = 250 \text{ mm}$
Metodo di foratura	Rotopercussione
Pulizia del foro	Pulire con 4 soffiare, 4 spazzolate e 4 soffiare eseguite con idonei pompette e scovolino
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito
Coppia di serraggio massima	$T_{inst,max} = 120,0 \text{ Nm}$
Dimensioni della chiave	30 mm
Spessore della piastra di base	$t = 15 \text{ mm}$
$t_{fix}$	$t_{fix} = 15 \text{ mm}$
$T_{fix,max}$	
Consumo di resina per foro	64 ml/32 Unità graduate



**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

**Dettagli piastra di base**

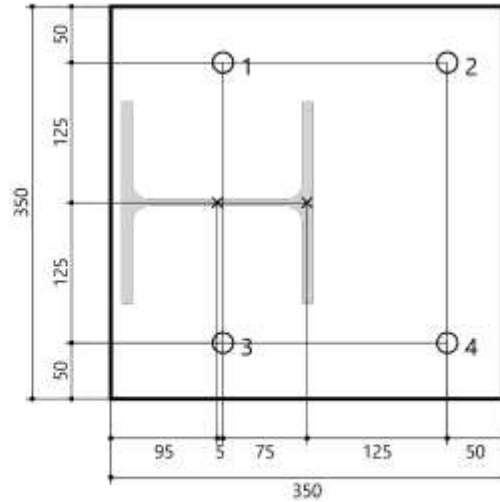
Materiale della piastra di base S 355 (St 52)  
Spessore della piastra di base  $t = 15 \text{ mm}$   
Diametro del foro nell'oggetto da fissare  $d = 28 \text{ mm}$

**Profilo**

Tipo di profilo HEA 180

**Coordinate dell'ancoraggio**

Ancorante n°	x mm	y mm
1	-75	125
2	125	125
3	-75	-125
4	125	-125



**Verifica della piastra:**

Le verifiche sono soddisfatte.

11.3.3 VERIFICA DEL COLLEGAMENTO INFERIORE HEA200 E HEA180  
Di seguito si riporta un'immagine del collegamento inferiore per il montante HEA200 e HEA180:

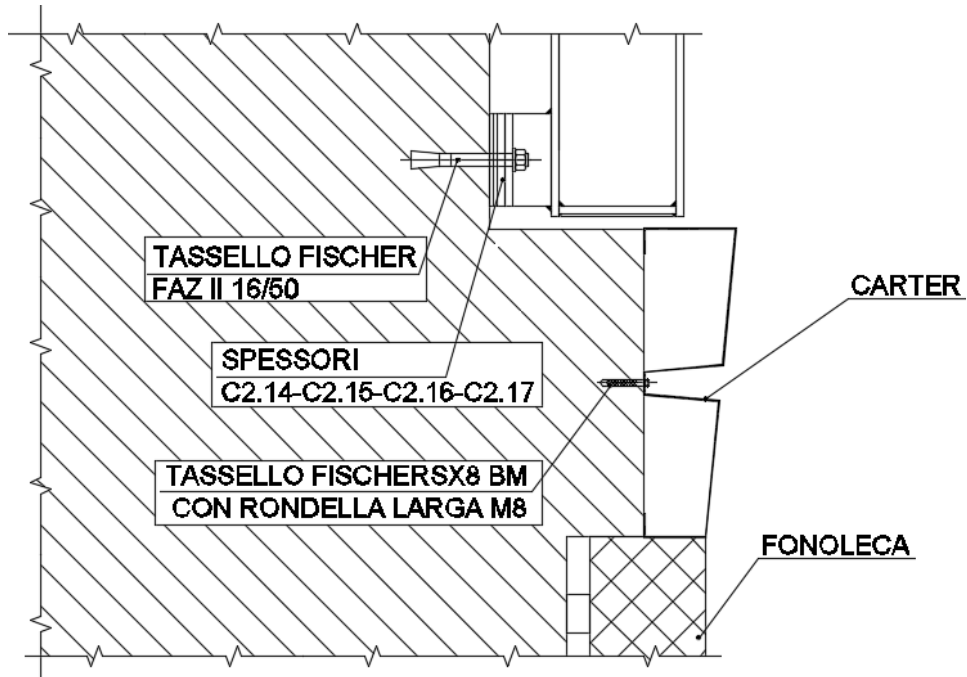


Figura 16 – Dettaglio del collegamento inferiore HEA200 e HEA180 barriera lato ferrovia

La verifica viene eseguita mediante programma di calcolo.

Verifica degli ancoranti e del calcestruzzo:

### **Basi della progettazione**

#### **Ancorante**

Sistema	fischer Ancorante a espansione FAZ II
Ancorante	Ancorante a espansione FAZ II 16/50, Acciaio zincato
Profondità di ancoraggio	85 mm
Dati di progetto	Progettazione dell'ancorante in Calcestruzzo secondo Valutazione Tecnica Europea ETA-05/0088, Opzione 1, Emesso 05/08/2016



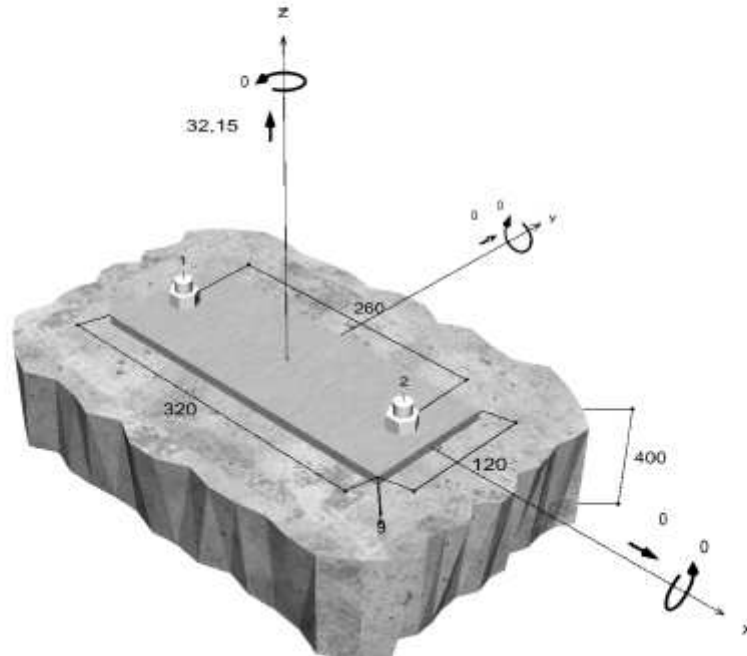


**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antisonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

**Geometria / Carichi**

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



**Dati di input**

Metodo di progettazione	Metodo di calcolo ETA per ancoranti meccanici
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C50/60, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Fessurato, Foro asciutto
Armatura	nessuna armatura o armatura standard. Senza armatura di bordo. Con armatura per controllo della fessurazione
Metodo di foratura	Rotopercolazione
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra non riempito
Tipo di carico	Statico
Distanziato	Nessuna flessione
Dimensioni piastra di ancoraggio	Ancorante fissato sul materiale di base 320 mm x 120 mm x 9 mm
Tipo di profilo	Nessuno

**Carichi di progetto \*1)**

#	N <sub>sd</sub> kN	V <sub>sd,x</sub> kN	V <sub>sd,y</sub> kN	M <sub>sd,x</sub> kNm	M <sub>sd,y</sub> kNm	M <sub>T,sd</sub> kNm	Tipo di carico
1	32,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Statico

\*1) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

**Forze risultanti sull'ancoraggio**

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	16,08	0,00	0,00	0,00
2	16,08	0,00	0,00	0,00



max. deformazione a compressione del calcestruzzo : 0,00 ‰  
 max. tensione di compressione del calcestruzzo : 0,0 N/mm<sup>2</sup>  
 Forza risultante di trazione : 32,15 kN, Coordinate x/y ( 0 / 0 )  
 Forza risultante di compressione : 0,00 kN, Coordinate x/y ( 0 / 0 )

**Resistenza di progetto a trazione**

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo β <sub>N</sub> %
Rottura dell'acciaio *	16,08	44,00	36,5
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	16,08	29,14	55,2

\* Ancorante più sfavorevole

**Rottura dell'acciaio**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,c})$$



N <sub>Rk,c</sub> kN	γ <sub>Ms</sub>	N <sub>Rd,c</sub> kN	N <sub>Sd</sub> kN	β <sub>N,c</sub> %
66,00	1,50	44,00	16,08	36,5

Ancorante n°	β <sub>N,c</sub> %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	36,5	1	β <sub>N,c,1</sub>
2	36,5	2	β <sub>N,c,2</sub>

**Rottura per formazione del cono di calcestruzzo**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,o})$$



$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{s,N}}{A_{s,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Equazione (5.2)

$$N_{Rk,c} = 43,71kN \cdot \frac{65,025mm^2}{65,025mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 43,71kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,code}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0N/mm^2} \cdot (85mm)^{1,5} = 43,71kN$$

Equazione (5.2a)

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{er,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{128mm}\right) = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.2d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2c}{8s_N}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2e)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{255mm}} = 1,000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{255mm}} = 1,000 \leq 1$$

N <sub>Rk,o</sub> kN	γ <sub>Mc</sub>	N <sub>Rd,o</sub> kN	N <sub>Sd</sub> kN	β <sub>N,o</sub> %
43,71	1,50	29,14	16,08	55,2

Ancorante n°	β <sub>N,o</sub> %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	55,2	1	β <sub>N,c,1</sub>
2	55,2	2	β <sub>N,c,2</sub>

## **Resistenza alla combinazione di trazione e taglio**

$$\beta_N = \beta_{N,c1} = 0,55 \leq 1$$



Verifica soddisfatta

(5.8a)

## **Informazioni sulla piastra**

### **Dettagli piastra di base**

Spessore della piastra definito dall'utente senza verifiche

$t = 9 \text{ mm}$

Tipo di profilo

Nessuno

## **Osservazioni tecniche**

Se la distanza dal bordo di un ancoraggio è minore della distanza dal bordo critica  $c_{cr}$ , **N** (metodo di progettazione A) è necessario prevedere un'armatura longitudinale con almeno  $d = 6 \text{ mm}$  nel bordo dell'elemento nella zona di ancoraggio. Il calcolo viene fatto assumendo che sia presente una armatura sufficiente a limitare la fessurazione. In tal caso si può omettere il calcolo della rottura per fessurazione.

La trasmissione dei carichi dell'ancoraggio al supporto in calcestruzzo deve essere indicata per lo stato limite ultimo e lo stato limite di esercizio; a tal fine, le normali verifiche devono essere effettuate considerando le azioni introdotte dagli ancoraggi. Per tali verifiche saranno considerate le disposizioni aggiuntive del metodo di progettazione.

## **Dati di installazione**

### **Ancorante**

<b>Sistema</b>	fischer Ancorante a espansione FAZ II	
<b>Ancorante</b>	Ancorante a espansione FAZ II 16/50, Acciaio zincato	Articolo 95864
<b>Accessorio</b>	Pompetta manuale ABG Punta SDS-plus IV Quattric 16/150/210	Articolo 89300 Articolo 506533



### **Dettagli di installazione**

Filettatura	M 16
Diametro del foro	$d_0 = 16 \text{ mm}$
Profondità di foratura	$h_2 = 119 \text{ mm}$
Profondità di ancoraggio	$h_{ef} = 85 \text{ mm}$
Metodo di foratura	Rotopercussione
Pulizia del foro	Eseguire la pulizia solo con pompetta.
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra non riempito
Coppia di serraggio	$T_{inst} = 110,0 \text{ Nm}$
Dimensioni della chiave	24 mm
Spessore della piastra di base	$t = 9 \text{ mm}$
$t_{fix}$	$t_{fix} = 9 \text{ mm}$
$T_{fix,max}$	$t_{fix,max} = 50 \text{ mm}$

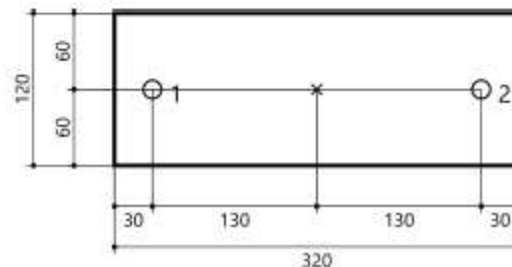


### **Dettagli piastra di base**

Materiale della piastra di base	S 355 (St 52)
Spessore della piastra di base	$t = 9 \text{ mm}$
Diametro del foro nell'oggetto da fissare	$d = 18 \text{ mm}$

### **Profilo**

Tipo di profilo: Nessuno



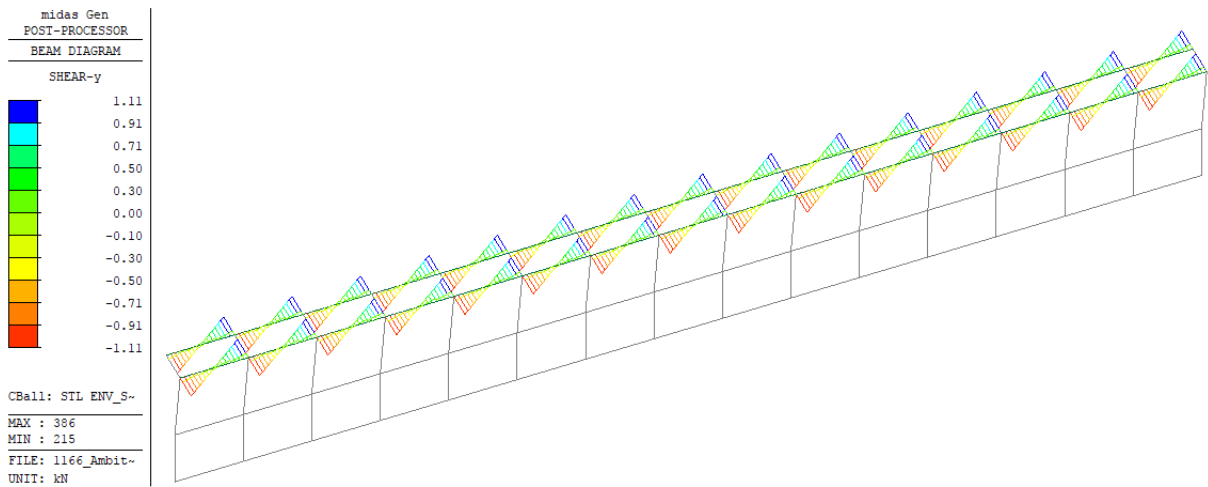
**Coordinate dell'ancoraggio**

Ancorante n°	x mm	y mm
1	-130	0
2	130	0

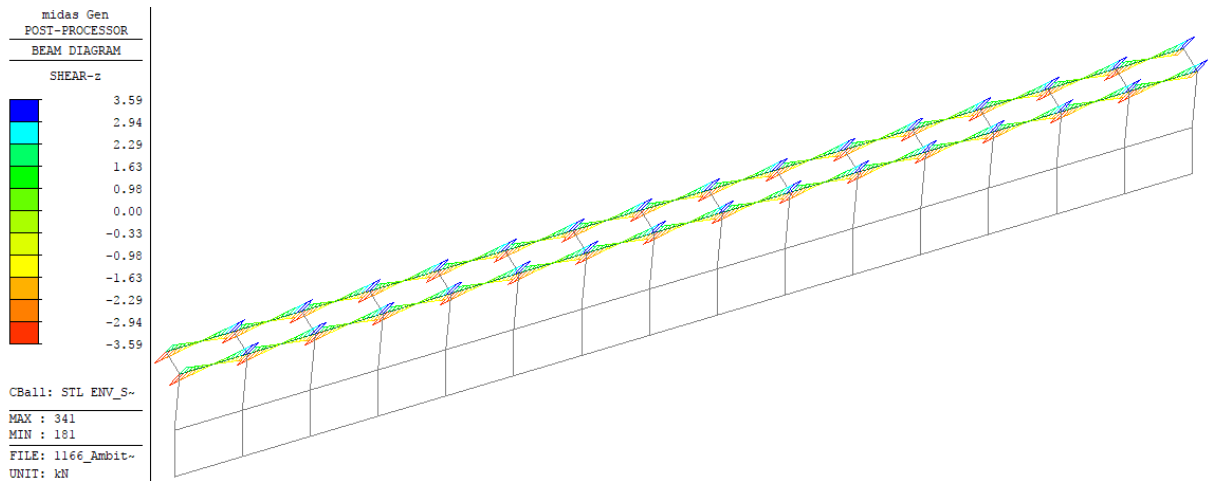
Le verifiche sono soddisfatte.

**11.4 VERIFICA DEL COLLEGAMENTO DEI PROFILI SECONDARI HEA100**

Si riportano in forma di mappe cromatiche le sollecitazioni sui profili secondari HEA100:



**Figura 17 – Inviluppo del taglio in direzione y e profili secondari HEA100**

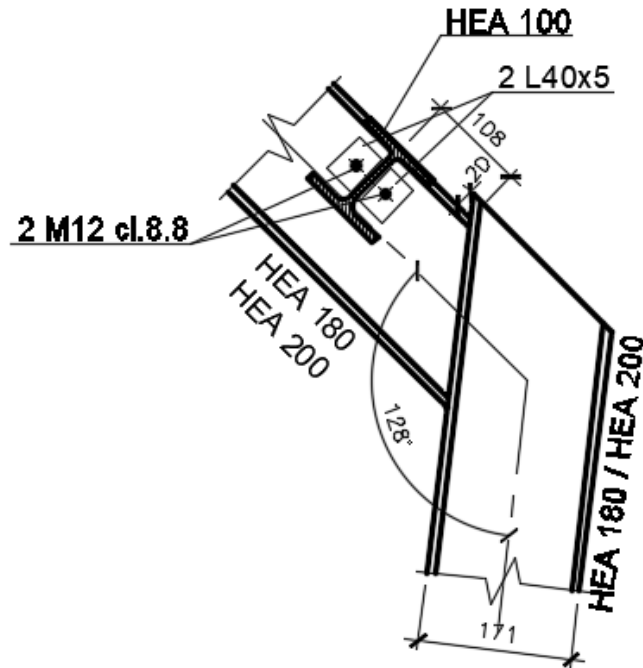


**Figura 18 – Inviluppo del taglio in direzione z e profili secondari HEA100**

I valori di progetto con cui viene dimensionato il collegamento sono riassunti nella tabella seguente:

Vy [kN]	Vz [kN]
1.11	3.59

Il collegamento viene realizzato mediante 2L40x5mm saldate sul profilo HEA100 e bullonate con due M12 cl.8.8 al profilo principale. Di seguito si riporta un'immagine del collegamento.



**Figura 19 – Dettaglio del collegamento dei profili secondari HEA100**

Sollecitazioni

Il taglio agente sul singolo ancorante vale:

$$F_{v,Ed} = 2 \cdot \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n_{bull}} = 2 \cdot \frac{\sqrt{1.11^2 + 3.59^2}}{2} = 3.76 \text{ kN}$$

Verifica lato acciaio - bulloni

Sono previsti due bulloni M12 cl.8.8, per i quali si ricava:

**Resistenza di progetto dei bulloni - EC3 (edizione 1992) #6.5.5.**

Classe bullone: 8.8    diametro d: 12     $f_{yb}$ : 640     $f_{ub}$ : 800    N/mm<sup>2</sup>

Sezione filettata     Sezione lorda

Area: 84,3 mm<sup>2</sup>

Resistenza a taglio (per piano di taglio):  $F_{v,Rd}$ : 32,37 kN

Resistenza a trazione:  $F_{t,Rd}$ : 48,56 kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5(5)

$F_{v,Sd}$ : 3,76     $F_{t,Sd}$ : 0    kN

$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0,116 + 0 = 0,116$     **OK**

---

**Rifollamento**

Acciaio: S355 (Fe510)     $f_u$ : 510    N/mm<sup>2</sup>

spessore t: 5 mm

diametro foro  $d_o$ : 13 mm

distanze bordo  $e_1$ : 20     $e_2$ : 20

passo  $p_1$ : 0     $p_2$ : 0

$\alpha$ : 0,513

Resistenza a rifollamento  $F_{b,Rd}$ : 31,38 kN    Osservazioni

La verifica è soddisfatta.

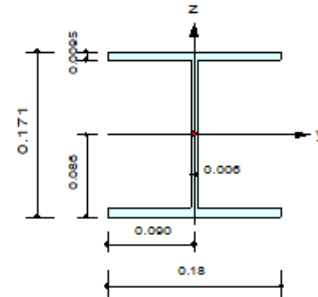
## 12 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE BARRIERA TESTATA GALLERIA

### 12.1 VERIFICHE DI RESISTENZA DEI MONTANTI IN ACCIAIO

Di seguito si riporta la verifica per del profilo più sollecitato estratta dal modello di calcolo:

#### Design Information

Design Code : Eurocode3:05  
 Unit System : kN, m  
 Member No : 17  
 Material : S355 (No:2)  
 (Fy = 355000, Es = 210000000)  
 Section Name : HEA180 (No:3)  
 (Rolled : HEA180).  
 Member Length : 2.51794



#### Member Forces

Axial Force Fxx = -19.570 (LCB: 5, POS:I)  
 Bending Moments My = 44.5052, Mz = 0.00000  
 End Moments Myi = 44.5052, Myj = 5.81324 (for Lb)  
 Myi = 44.5052, Myj = 5.81324 (for Ly)  
 Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)  
 Shear Forces Fyy = 1.08258 (LCB: 15, POS:1/2)  
 Fzz = -29.943 (LCB: 11, POS:I)

Depth	0.17100	Web Thick	0.00600
Top F Width	0.18000	Top F Thick	0.00950
Bot.F Width	0.18000	Bot.F Thick	0.00950
Area	0.00453	Asz	0.00103
Oyb	0.02590	Ozb	0.00405
Iyy	0.00003	Izz	0.00001
Ybar	0.09000	Zbar	0.08550
Wely	0.00029	Welz	0.00010
ry	0.07450	rz	0.04520

#### Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.51794, Lz = 2.51794, Lb = 2.51794  
 Effective Length Factors Ky = 2.10, Kz = 2.10  
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

#### Checking Results

##### Slenderness Ratio

$KL/r = 117.0 < 200.0$  (Memb:17, LCB: 5)..... O.K

##### Axial Resistance

$N_{Ed}/MIN[Nc_{Rd}, Nb_{Rd}] = 19.57/1531.57 = 0.013 < 1.000$  ..... O.K

##### Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 44.505/109.543 = 0.406 < 1.000$  ..... O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.0000/52.4954 = 0.000 < 1.000$  ..... O.K

##### Combined Resistance

$RNRd = MAX[M_{Edy}/M_{ny\_Rd}, M_{Edz}/M_{nz\_Rd}]$

$R_{oom} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \Gamma_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y\_Rd} + M_{Edz}/M_{z\_Rd}$

$R_{c\_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \Gamma_{M1})$

$R_{b\_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$

$R_{c\_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \Gamma_{M1})$

$R_{b\_LT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$

$R_{max} = MAX[RNRd, (R_{oom} + R_{bend}), MAX(R_{c\_LT1} + R_{b\_LT1}, R_{c\_LT2} + R_{b\_LT2})] = 0.425 < 1.000$  .. O.K

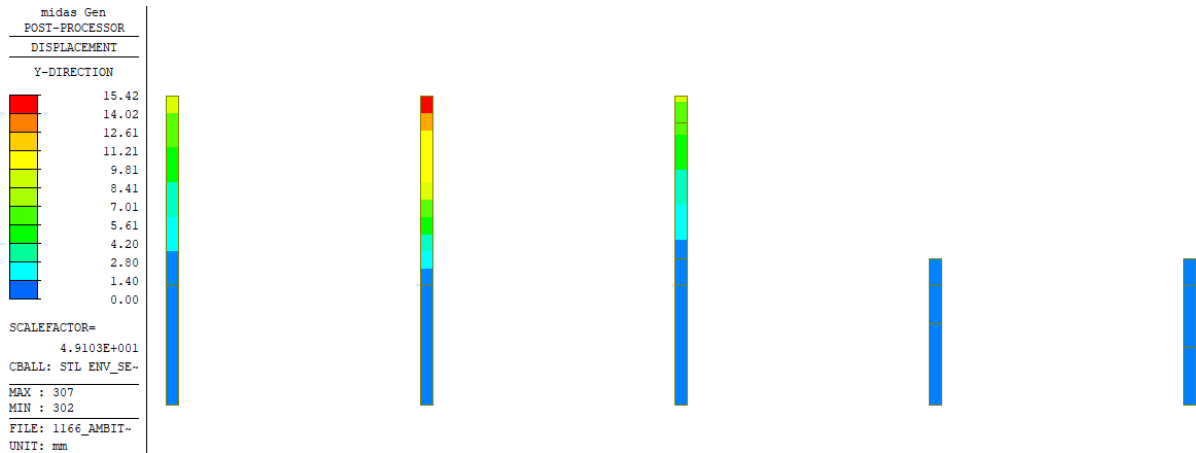
##### Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y\_Rd} = 0.002 < 1.000$  ..... O.K

$V_{Edz}/V_{z\_Rd} = 0.106 < 1.000$  ..... O.K

## 12.2 VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DEI MONTANTI IN ACCIAIO

Si riporta la mappa cromatica dell'involuppo degli spostamenti dei montanti:



**Figura 20 – Involuppo degli spostamenti orizzontali barriera testata galleria**

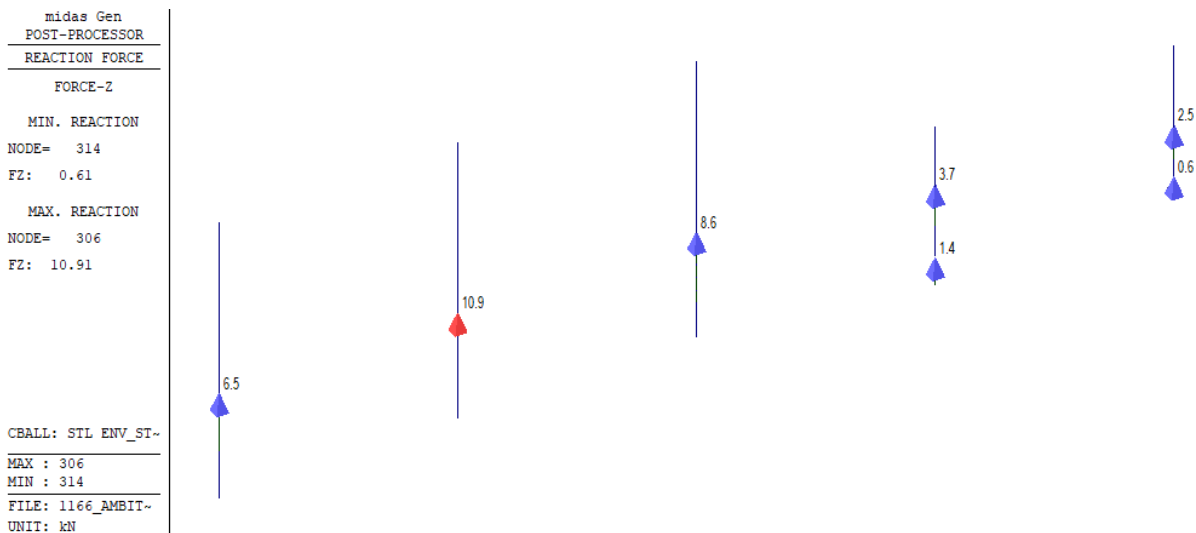
Secondo quanto riportato nella UNI EN 1794-1:2011 – Appendice A.3.2, la deformazione massima sotto il carico vento per barriere di altezza complessiva compresa tra a 3.00m e 4.00m dev'essere minore di:

$$d_{MAX} = 30mm > 15.42mm$$

Poiché il massimo spostamento è pari a 15.42mm, la verifica è soddisfatta.

## 12.3 VERIFICA DEI COLLEGAMENTI AL MURO ESISTENTE

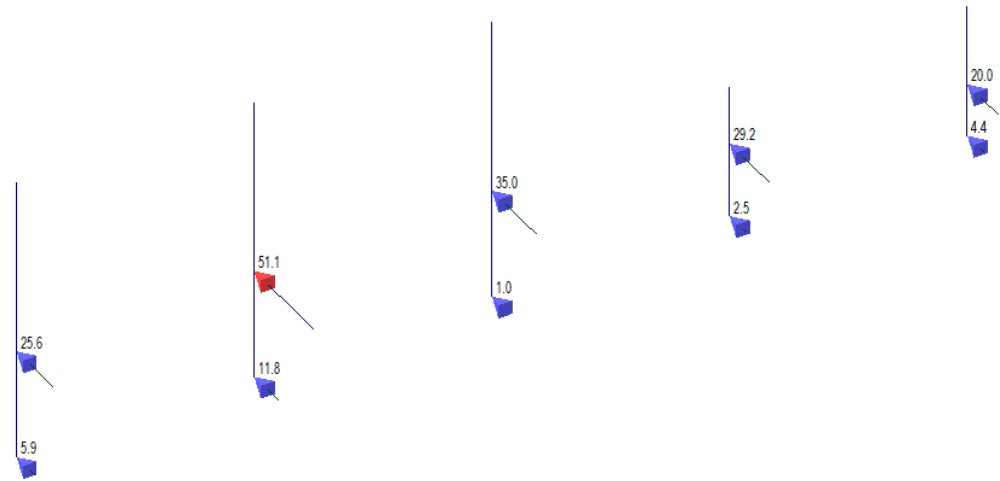
Si riportano in forma di mappe cromatiche le sollecitazioni sui montanti della barriera:



**Figura 21 – Involuppo dello sforzo normale barriera testata galleria**

```

midas Gen
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE
FORCE-Y
MIN. REACTION
NODE= 308
FY: 1.01
MAX. REACTION
NODE= 306
FY: 51.10
CBALL: STL ENV_ST-
MAX : 306
MIN : 308
FILE: 1166_AMBIT-
UNIT: kN
    
```



**Figura 22 – Involuppo del taglio barriera testata galleria**

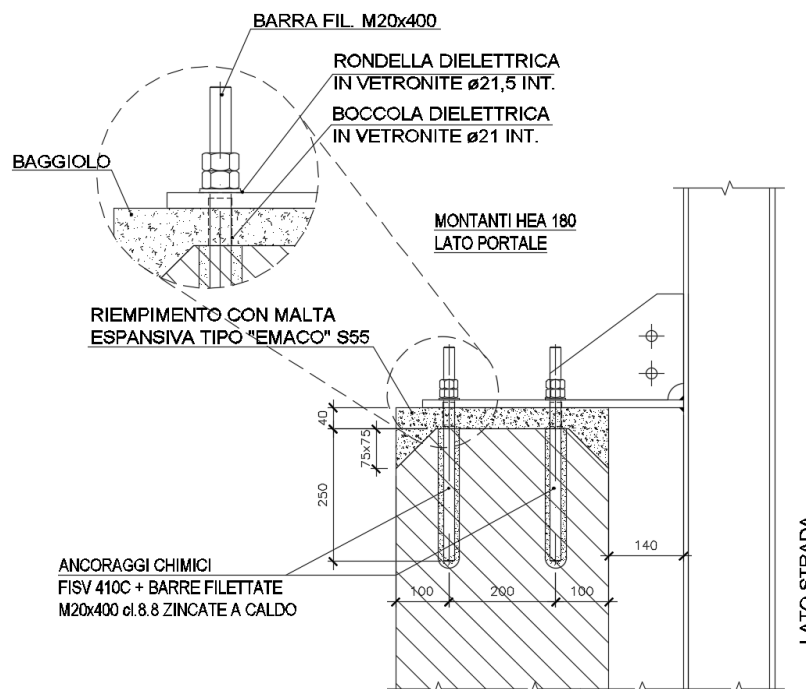
I valori di progetto con cui viene dimensionato il collegamento sono riassunti nella tabella seguente:

	$N_{SLE}$ [kN]	$N_{SLU}$ [kN]	$V_{sup}$ [kN]	$V_{inf}$ [kN]
HEA180 alto	8.40	10.91	51.10	11.79
HEA180 basso	2.86	3.72	29.25	4.40

Il collegamento superiore dei montanti a tutta altezza viene realizzato mediante 4 barre filettate inghisate nel calcestruzzo esistente, mentre quello inferiore è realizzato mediante due tasselli. Per quanto riguarda il tratto di altezza 2.00m, l'ancoraggio alla struttura esistente viene realizzato mediante 2+2 angolari e tasselli.

### 12.3.1 VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SUPERIORE HEA180 ALTO

Di seguito si riporta un'immagine del collegamento per il montante HEA180 alto:



**Figura 23 – Dettaglio del collegamento superiore HEA180 alto della barriera testata galleria**



La verifica viene eseguita mediante programma di calcolo.

Verifica degli ancoranti e del calcestruzzo:

### **Basi della progettazione**

#### **Ancorante**

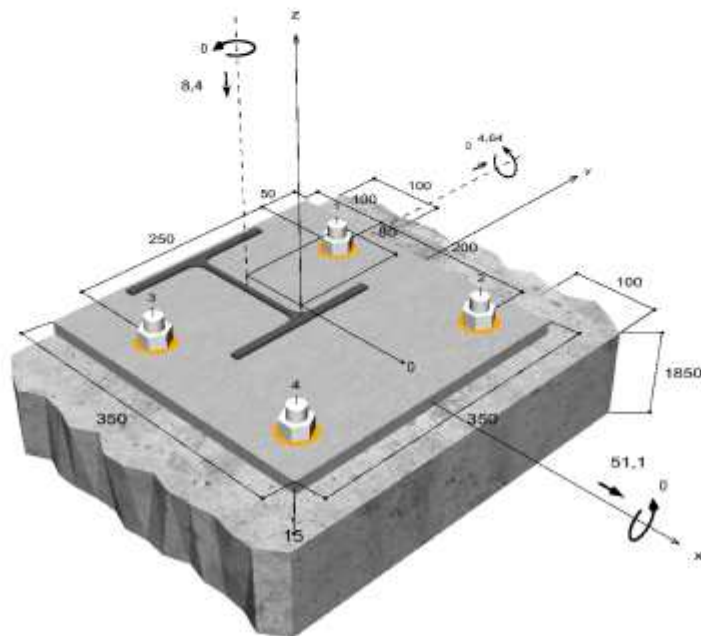
Sistema	fischer Ancorante chimico a iniezione fischer FIS V
Ancorante chimico ad iniezione	FIS V 380 S
Elemento di fissaggio	Barra filettata FIS A M 20 x 290 8.8, Acciaio zincato, Classe di resistenza 8.8
Profondità di ancoraggio	250 mm
Dati di progetto	Specifiche del produttore



#### **Geometria / Carichi**

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



#### **Dati di input**

Metodo di progettazione	Metodo di calcolo ENSO per ancoranti chimici
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C50/60, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Fessurato, Foro asciutto
Range di temperatura	24 °C Temperatura nel lungo periodo, 40 °C Temperatura nel breve periodo
Armatura	nessuna armatura o armatura standard. Senza armatura di bordo. Con armatura per controllo della fessurazione
Metodo di foratura	Rotopercolazione
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito
Tipo di carico	Statico
Distanziato	Nessuna flessione Ancorante fissato sul materiale di base
Dimensioni piastra di ancoraggio	350 mm x 350 mm x 15 mm
Tipo di profilo	HEA 180

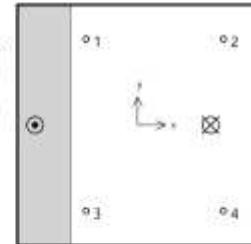
**Carichi di progetto \*1)**

#	N <sub>sd</sub> kN	V <sub>sd,x</sub> kN	V <sub>sd,y</sub> kN	M <sub>sd,x</sub> kNm	M <sub>sd,y</sub> kNm	M <sub>t,sd</sub> kNm	Tipo di carico
1	-8,40	51,10	0,00	0,00	-4,64	0,00	Statico

\*1) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

**Forze risultanti sull'ancoraggio**

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	0,74	12,78	12,78	0,00
2	7,19	12,78	12,78	0,00
3	0,74	12,78	12,78	0,00
4	7,19	12,78	12,78	0,00



max. deformazione a compressione del calcestruzzo : 0,05 ‰  
 max. tensione di compressione del calcestruzzo : 1,8 N/mm<sup>2</sup>  
 Forza risultante di trazione : 15,87 kN, Coordinate x/y ( 106 / 0 )  
 Forza risultante di compressione : 24,27 kN, Coordinate x/y (-149 / 0 )

**Resistenza di progetto a trazione**

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo β <sub>N</sub> %
Rottura dell'acciaio *	7,19	130,67	5,5
Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo	15,87	73,20	21,7
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	15,87	66,99	23,7

\* Ancorante più sfavorevole

**Rottura dell'acciaio**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$$N_{Rk,s} = A_S \cdot f_{yk} = 245,0 \text{ mm}^2 \cdot 800,0 \text{ N/mm}^2 = 196,00 \text{ kN}$$

Equazione (5.1)

N <sub>Rk,s</sub> kN	γ <sub>Ms</sub>	N <sub>Rd,s</sub> kN	N <sub>sd</sub> kN	β <sub>N,s</sub> %
196,00	1,50	130,67	7,19	5,5

Ancorante n°	β <sub>N,s</sub> %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	0,6	1	β <sub>N,s,1</sub>
2	5,5	2	β <sub>N,s,2</sub>
3	0,6	3	β <sub>N,s,3</sub>
4	5,5	4	β <sub>N,s,4</sub>

**Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{\phi,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np}$$

Equazione (5.2)

**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

$$N_{Rk,p} = 108,86kN \cdot \frac{280.000mm^2}{202.500mm^2} \cdot 0,833 \cdot 1,192 \cdot 0,735 \cdot 1,000 = 109,81kN$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 20mm \cdot 250mm \cdot 6,9N/mm^2 = 108,86kN$$

Equazione (5.2a)

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,accr}}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot h_{ef}\right)$$

Equazione (5.2c)

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot 20mm \cdot \left(\frac{9,5N/mm^2}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot 250mm\right) = 450mm$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{450mm}{2} = 225mm$$

Equazione (5.2b)

$$\Psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{100mm}{225mm} = 0,833 \leq 1$$

Equazione (5.2e)

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1) = 1,655 - \sqrt{\frac{225mm}{450mm}} \cdot (1,655 - 1) = 1,192 \geq 1$$

Equazione (5.2f)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot f_{ck,cube}}\right)^{1,5}$$

Equazione (5.2g)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{4} - (\sqrt{4} - 1) \cdot \left(\frac{20mm \cdot 6,9N/mm^2}{2,3 \cdot \sqrt{250mm} \cdot 60,0N/mm^2}\right)^{1,5} = 1,655 \geq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2e_s}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Npr} \cdot \Psi_{ec,Npp} = 0,735 \cdot 1,000 = 0,735 \leq 1$$

Equazione (5.2h)

$$\Psi_{ec,Npr} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 81mm}{450mm}} = 0,735 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Npp} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{450mm}} = 1,000 \leq 1$$

$$\Psi_{rr,Np} = 1,000$$

Equazione (5.2i)

$N_{Rk,p}$ kN	$\gamma_{Mp}$	$N_{Rd,p}$ kN	$N_{Sd}$ kN	$\beta_{N,p}$ %
109,81	1,50	73,20	15,87	21,7

Ancorante n°	$\beta_{N,p}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3, 4	21,7	1	$\beta_{N,p,1}$

**Rottura per formazione del cono di calcestruzzo**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,o})$$



$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Equazione (5.3)

$$N_{Rk,c} = 220,45kN \cdot \frac{400.000mm^2}{562.500mm^2} \cdot 0,780 \cdot 1,000 \cdot 0,822 = 100,49kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0N/mm^2} \cdot (250mm)^{1,5} = 220,45kN$$

Equazione (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{100mm}{375mm} = 0,780 \leq 1$$

Equazione (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_s}{A_{c,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nz} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 0,822 \cdot 1,000 = 0,822 \leq 1$$

Equazione (5.3e)

$$\Psi_{ec,Nz} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 81mm}{750mm}} = 0,822 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{750mm}} = 1,000 \leq 1$$

$N_{Rk,o}$ kN	$\gamma_{Mo}$	$N_{Rd,o}$ kN	$N_{Sd}$ kN	$\beta_{N,o}$ %
100,49	1,50	66,99	15,87	23,7

Ancorante n°	$\beta_{N,0}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3, 4	23,7	1	$\beta_{N,c1}$

### Resistenza a taglio

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo $\beta_v$ %
Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	12,78	78,40	16,3
Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	51,10	163,04	31,3
Rottura del bordo di calcestruzzo	25,55	38,56	66,3

\* Ancorante più sfavorevole

#### Rottura dell'acciaio senza braccio di leva

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M0}} \quad (V_{Rd,s})$$



$$V_{Rk,s} = 0,5 \cdot A_s \cdot f_{yk} = 0,5 \cdot 245,0 \text{ mm}^2 \cdot 800,0 \text{ N/mm}^2 = 98,00 \text{ kN}$$

Equazione (5.5)

$V_{Rk,s}$ kN	$\gamma_{M0}$	$V_{Rd,s}$ kN	$V_{Sd}$ kN	$\beta_{Vc}$ %
98,00	1,25	78,40	12,78	16,3

Ancorante n°	$\beta_{Vc}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	16,3	1	$\beta_{Vc,1}$
2	16,3	2	$\beta_{Vc,2}$
3	16,3	3	$\beta_{Vc,3}$
4	16,3	4	$\beta_{Vc,4}$

#### Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,ep}}{\gamma_{Mop}} \quad (V_{Rd,ep})$$



$$V_{Rk,ep} = k \cdot N_{Rk,e} = 2 \cdot 122,28 \text{ kN} = 244,56 \text{ kN}$$

Equazione (5.7a)

$$N_{Rk,e} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ce,N}$$

Equazione (5.3)

$$N_{Rk,c} = 220,45 \text{ kN} \cdot \frac{400.000 \text{ mm}^2}{562.500 \text{ mm}^2} \cdot 0,780 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 122,28 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,cond}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0 \text{ N/mm}^2} \cdot (250 \text{ mm})^{1,5} = 220,45 \text{ kN}$$

Equazione (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{100 \text{ mm}}{375 \text{ mm}} = 0,780 \leq 1$$

Equazione (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.3d)

$$\Psi_{ce,N} = \frac{1}{1 + \frac{2s_N}{h_{ef}}} \Rightarrow \Psi_{ce,Nx} \cdot \Psi_{ce,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.3e)

$V_{Rk,ep}$ kN	$\gamma_{Mop}$	$V_{Rd,ep}$ kN	$V_{Sd}$ kN	$\beta_{V,ep}$ %
244,56	1,50	163,04	51,10	31,3

**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antisonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

Ancorante n°	$\beta_{V,op}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 2, 3, 4	31,3	1	$\beta_{V,cc1}$

**Rottura del bordo di calcestruzzo**

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,o})$$



$$V_{Rk,c} = V_{Rk,e}^0 \cdot \frac{A_{c1,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{cc,V} \cdot \Psi_{re,V} \quad \text{Equazione (5.8)}$$

$$V_{Rk,c} = 31,55 \text{ kN} \cdot \frac{82.500 \text{ mm}^2}{45.000 \text{ mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 57,85 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,e}^0 = k_1 \cdot d^{\alpha} \cdot h_{ef}^{\beta} \cdot \sqrt{f_{ct,cube}} \cdot c_1^{1,5} \quad \text{Equazione (5.8a)}$$

$$V_{Rk,e}^0 = 1,7 \cdot (20 \text{ mm})^{0,158} \cdot (250 \text{ mm})^{0,072} \cdot \sqrt{60,0 \text{ N/mm}^2} \cdot (100 \text{ mm})^{1,5} = 31,55 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{h_{ef}}{c_1}} = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{250 \text{ mm}}{100 \text{ mm}}} = 0,158 \quad \beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0,2} = 0,1 \cdot \left(\frac{20 \text{ mm}}{100 \text{ mm}}\right)^{0,2} = 0,072 \quad \text{Equazione (5.8b)}$$

$$\Psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5c_1} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{150 \text{ mm}}{1,5 \cdot 100 \text{ mm}} = 1,000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.8c)}$$

$$\Psi_{h,V} = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5c_1}{h}}\right) = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5 \cdot 100 \text{ mm}}{1.850 \text{ mm}}}\right) = 1,000 \geq 1 \quad \text{Equazione (5.8d)}$$

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{\Psi_{Rd,V}}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(\cos 0,0)^2 + \left(\frac{\sin 0,0}{2}\right)^2}} = 1,000 \geq 1 \quad \text{Equazione (10.2-5f)}$$

$$\Psi_{cc,V} = \frac{1}{1 + \frac{2c_2}{3c_1}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0 \text{ mm}}{3 \cdot 100 \text{ mm}}} = 1,000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.8h)}$$

$$\Psi_{re,V} = 1,000$$

$V_{Rk,o}$ kN	$V_{Me}$	$V_{Rd,o}$ kN	$V_{sd}$ kN	$\beta_{V,o}$ %
57,85	1,50	38,56	25,55	66,3

Ancorante n°	$\beta_{V,o}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
2, 4	66,3	1	$\beta_{V,c1}$
1, 3	46,4	2	$\beta_{V,c2}$

**Risultato dei carichi di trazione e taglio**

Carichi di trazione	Utilizzo $\beta_N$ %	Carichi di taglio	Utilizzo $\beta_V$ %
Rottura dell'acciaio *	5,5	Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	16,3
Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo	21,7	Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	31,3
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	23,7	Rottura del bordo di calcestruzzo	66,3

\* Ancorante più sfavorevole

## **Resistenza alla combinazione di trazione e taglio**

<p><b>Utilizzo dell'acciaio</b></p> $\beta_{N,s} = \beta_{N,s2} = 0,06 \leq 1$ $\beta_{V,s} = \beta_{V,s1} = 0,16 \leq 1$ $\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,s2}^2 + \beta_{V,s2}^2 = 0,03 \leq 1$	 <p><b>Verifica soddisfatta</b></p>	Equazione (5.9a)
		Equazione (5.9b)
<p><b>Utilizzo del calcestruzzo</b></p> $\beta_{N,c} = \beta_{N,c1} = 0,24 \leq 1$ $\beta_{V,c} = \beta_{V,c1} = 0,66 \leq 1$ $\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c1}^{1,5} + \beta_{V,c1}^{1,5} = 0,65 \leq 1$		Equazione (5.9a)
		Equazione (5.9b)
		Equazione (5.10)

## **Informazioni sulla piastra**

### **Dettagli piastra di base**

Spessore della piastra definito dall'utente senza verifiche

t = 15 mm

Tipo di profilo

HEA 180

## **Osservazioni tecniche**

Se la distanza dal bordo di un ancoraggio è minore della distanza dal bordo critica  $c_{cr}$ , N (metodo di progettazione A) è necessario prevedere un'armatura longitudinale con almeno  $d = 6$  mm nel bordo dell'elemento nella zona di ancoraggio. Il calcolo viene fatto assumendo che sia presente una armatura sufficiente a limitare la fessurazione. In tal caso si può omettere il calcolo della rottura per fessurazione.

La trasmissione dei carichi dell'ancoraggio al supporto in calcestruzzo deve essere indicata per lo stato limite ultimo e lo stato limite di esercizio; a tal fine, le normali verifiche devono essere effettuate considerando le azioni introdotte dagli ancoraggi. Per tali verifiche saranno considerate le disposizioni aggiuntive del metodo di progettazione.

## **Dati di installazione**

### **Ancorante**

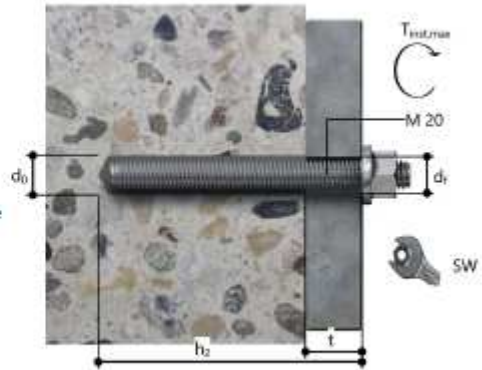
<b>Sistema</b>	<b>fischer Ancorante chimico a iniezione fischer FIS V</b>	
Ancorante chimico ad iniezione	FIS V 360 S (sono disponibili altri formati della cartuccia)	Articolo 507610
Elemento di fissaggio	Barra filettata FIS A M 20 x 290 8.8, Acciaio zincato, Classe di resistenza 8.8	Articolo 519408
<b>Accessorio</b>	FIS MR	Articolo 96448
	Tubo flessibile da 9mm	Articolo 48983
	Dispenser FIS DM S	Articolo 511118
	Pistola ad aria compressa ABS	Articolo 93288
	Pistola ad aria compressa (p >= 6 bar)	Fornito dal cliente
	BSD 25	Articolo 1495
	Adattatore SDS con filettatura interna	Articolo 511961
<b>Cartucce alternative</b>	Punta SDS Max IV 24/400/520	Articolo 504229
	FIS V 410 C	Articolo 521431
	FIS V 950 S	Articolo 17101
	La cartucce mostrate sono alternative a quella evidenziata con lo stesso numero di Benestare/Valutazione.	



**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antisonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

**Dettagli di installazione**

Filettatura M 20  
 Diametro del foro  $d_0 = 24 \text{ mm}$   
 Profondità di foratura  $h_2 = 265 \text{ mm}$   
 Profondità di ancoraggio  $h_{ef} = 250 \text{ mm}$   
 Metodo di foratura Rotopercussione  
 Pulizia del foro Pulire con 4 soffiare,  
 4 spazzolate e 4 soffiare eseguite con idonei pompette e scovolino  
 Installazione passante  
 Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito  
 Coppia di serraggio massima  $T_{inst,max} = 120,0 \text{ Nm}$   
 Dimensioni della chiave 30 mm  
 Spessore della piastra di base  $t = 15 \text{ mm}$   
 $t_{fix}$   $t_{fix} = 15 \text{ mm}$   
 $T_{fix,max}$   
 Consumo di resina per foro 64 ml/32 Unità graduate



**Dettagli piastra di base**

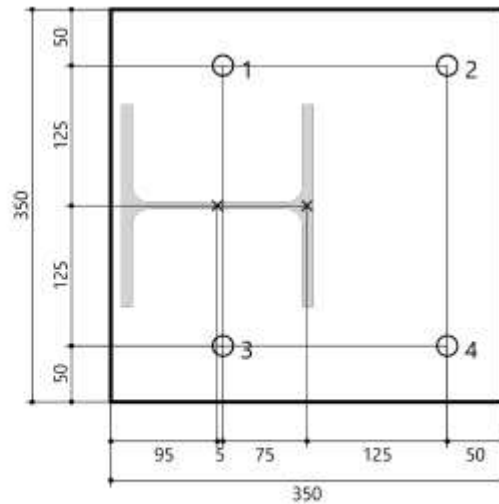
Materiale della piastra di base S 355 (St 52)  
 Spessore della piastra di base  $t = 15 \text{ mm}$   
 Diametro del foro nell'oggetto da fissare  $d_f = 26 \text{ mm}$

**Profilo**

Tipo di profilo HEA 180

**Coordinate dell'ancoraggio**

Ancorante n°	x mm	y mm
1	-75	125
2	125	125
3	-75	-125
4	125	-125



**Verifica della piastra:**

Materiale della piastra di base

S 355 (St 52)

Modulo elastico 210000 N/mm<sup>2</sup>

Tensione di snervamento 355 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di sicurezza 1,1

Coefficiente di Poisson 0,3

Risultato

Spessore della piastra 15 mm

Scegliere lo spessore della piastra. 15 mm

Spessore minimo della piastra di base Nessuna progettazione

Calcola lo spessore

Applica lo spessore  Chiudi

Andamento delle tensioni

Utilizzo: 50 %

Le verifiche sono soddisfatte.

12.3.2 VERIFICA DEL COLLEGAMENTO INFERIORE HEA180 ALTO  
Di seguito si riporta un'immagine del collegamento per il montante HEA180 alto:

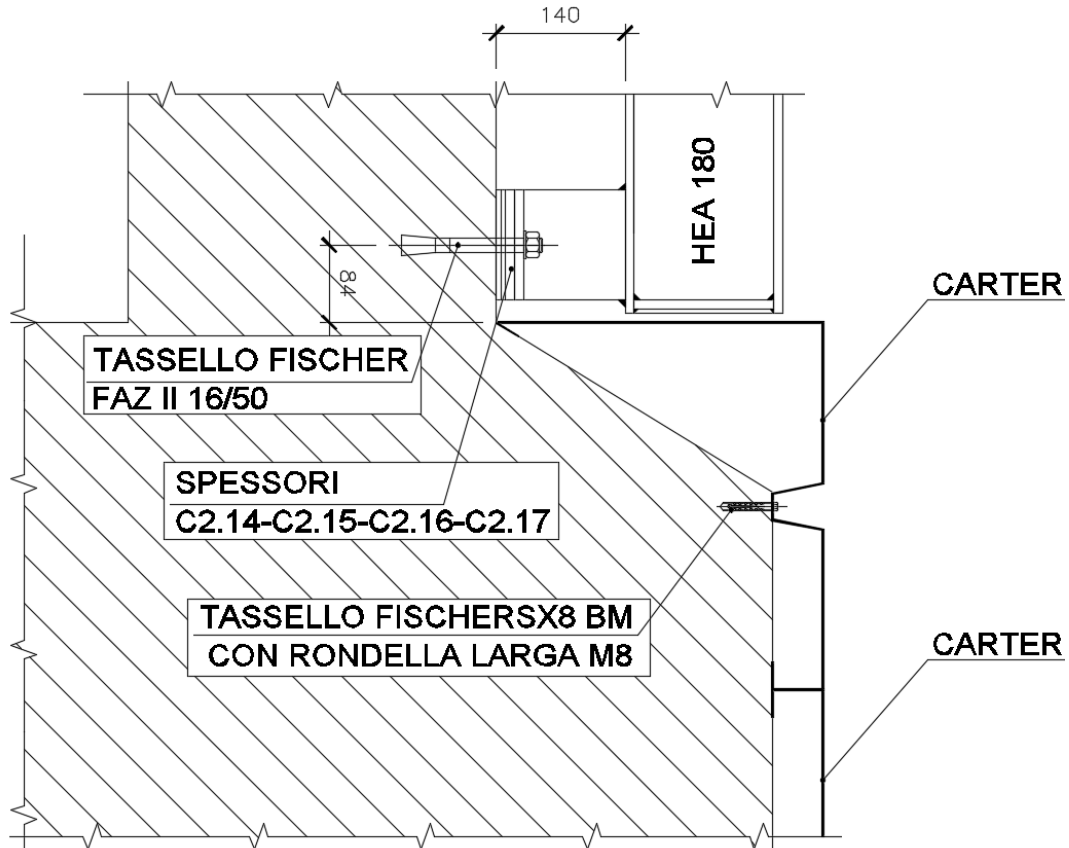


Figura 24 - Dettaglio del collegamento inferiore HEA180 alto barriera testata galleria

La verifica viene eseguita mediante programma di calcolo.

Verifica degli ancoranti e del calcestruzzo:

### **Basi della progettazione**

#### **Ancorante**

Sistema	fischer Ancorante a espansione FAZ II
Ancorante	Ancorante a espansione FAZ II 16/50, Acciaio zincato
Profondità di ancoraggio	85 mm
Dati di progetto	Progettazione dell'ancorante in Calcestruzzo secondo Valutazione Tecnica Europea ETA-05/0069, Opzione 1, Emesso 05/08/2016



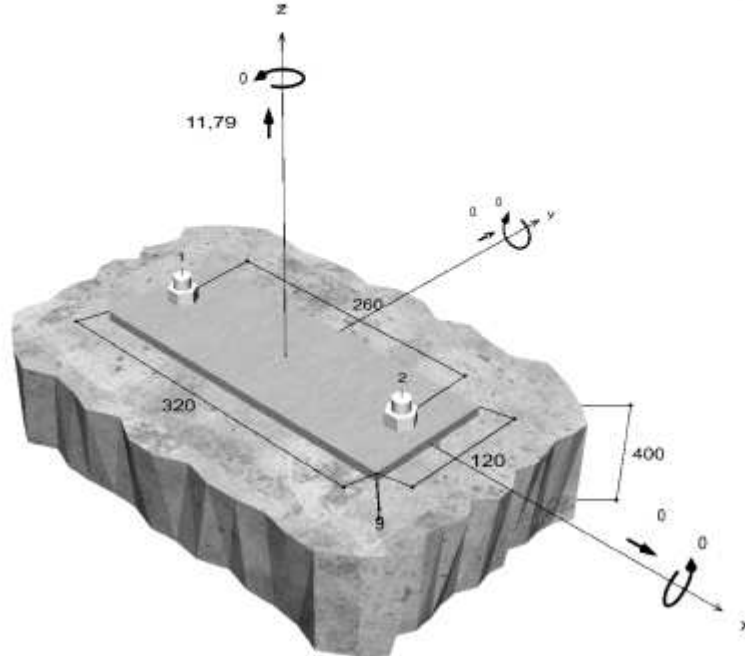


**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antisonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

**Geometria / Carichi**

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



**Dati di input**

Metodo di progettazione	Metodo di calcolo ETA per ancoranti meccanici
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C50/60, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Fessurato, Foro asciutto
Armatura	nessuna armatura o armatura standard. Senza armatura di bordo. Con armatura per controllo della fessurazione
Metodo di foratura	Rotopercussione
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra non riempito
Tipo di carico	Statico
Distanziato	Nessuna flessione
	Ancorante fissato sul materiale di base
Dimensioni piastra di ancoraggio	320 mm x 120 mm x 9 mm
Tipo di profilo	Nessuno

**Carichi di progetto \*1)**

#	N <sub>sd</sub> kN	V <sub>sd,x</sub> kN	V <sub>sd,y</sub> kN	M <sub>sd,x</sub> kNm	M <sub>sd,y</sub> kNm	M <sub>T,sd</sub> kNm	Tipo di carico
1	11,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Statico

\*1) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

**Forze risultanti sull'ancoraggio**

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	5,89	0,00	0,00	0,00
2	5,89	0,00	0,00	0,00



**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

max. deformazione a compressione del calcestruzzo : 0,00 %  
 max. tensione di compressione del calcestruzzo : 0,0 N/mm<sup>2</sup>  
 Forza risultante di trazione : 11,79 kN . Coordinate x/y ( 0 / 0 )  
 Forza risultante di compressione : 0,00 kN . Coordinate x/y ( 0 / 0 )

**Resistenza di progetto a trazione**

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo $\beta_N$ %
Rottura dell'acciaio *	5,89	44,00	13,4
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	5,89	29,14	20,2

\* Ancorante più sfavorevole

**Rottura dell'acciaio**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$N_{Rk,s}$ kN	$\gamma_{Ms}$	$N_{Rd,s}$ kN	$N_{sd}$ kN	$\beta_{N,s}$ %
66,00	1,50	44,00	5,89	13,4

Ancorante n°	$\beta_{N,s}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	13,4	1	$\beta_{N,s,1}$
2	13,4	2	$\beta_{N,s,2}$

**Rottura per formazione del cono di calcestruzzo**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$



$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{s,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Equazione (5.2)

$$N_{Rk,c} = 43,71kN \cdot \frac{65,025mm^2}{65,025mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 43,71kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0N/mm^2} \cdot (85mm)^{1,5} = 43,71kN$$

Equazione (5.2a)

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{e}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{128mm}\right) = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.2d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{h_{ef}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nz} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2e)

$$\Psi_{ec,Nz} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{255mm}} = 1,000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{255mm}} = 1,000 \leq 1$$

$N_{Rk,c}$ kN	$\gamma_{Mc}$	$N_{Rd,c}$ kN	$N_{sd}$ kN	$\beta_{N,c}$ %
43,71	1,50	29,14	5,89	20,2

Ancorante n°	$\beta_{N,c}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	20,2	1	$\beta_{N,c,1}$
2	20,2	2	$\beta_{N,c,2}$

## Resistenza alla combinazione di trazione e taglio

$$\beta_N = \beta_{N,c,2} = 0,20 \leq 1$$



Verifica soddisfatta

(5.8a)

## Informazioni sulla piastra

### Dettagli piastra di base

Spessore della piastra definito dall'utente senza verifiche

$t = 9 \text{ mm}$

Tipo di profilo

Nessuno

## Osservazioni tecniche

Se la distanza dal bordo di un ancoraggio è minore della distanza dal bordo critica  $c_{cr}$ , **N** (metodo di progettazione A) è necessario prevedere un'armatura longitudinale con almeno  $d = 6 \text{ mm}$  nel bordo dell'elemento nella zona di ancoraggio. Il calcolo viene fatto assumendo che sia presente una armatura sufficiente a limitare la fessurazione. In tal caso si può omettere il calcolo della rottura per fessurazione.

La trasmissione dei carichi dell'ancoraggio al supporto in calcestruzzo deve essere indicata per lo stato limite ultimo e lo stato limite di esercizio; a tal fine, le normali verifiche devono essere effettuate considerando le azioni introdotte dagli ancoraggi. Per tali verifiche saranno considerate le disposizioni aggiuntive del metodo di progettazione.

## Dati di installazione

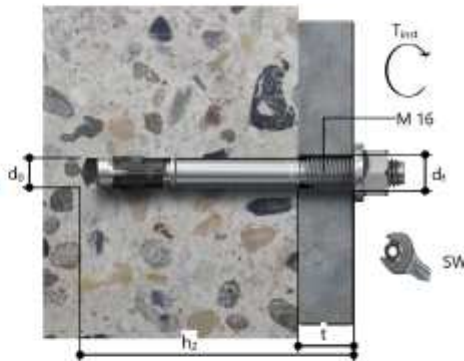
### Ancorante

Sistema	fischer Ancorante a espansione FAZ II	
Ancorante	Ancorante a espansione FAZ II 16/50, Acciaio zincato	Articolo 95864
Accessorio	Pompetta manuale ABG Punta SDS-plus IV Quattric 16/150/210	Articolo 89300 Articolo 506533



### Dettagli di installazione

Filettatura	M 16
Diametro del foro	$d_0 = 16 \text{ mm}$
Profondità di foratura	$h_2 = 119 \text{ mm}$
Profondità di ancoraggio	$h_{ef} = 85 \text{ mm}$
Metodo di foratura	RotopercuSSIONe
Pulizia del foro	Eseguire la pulizia solo con pompetta.
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra non riempito
Coppia di serraggio	$T_{inst} = 110,0 \text{ Nm}$
Dimensioni della chiave	24 mm
Spessore della piastra di base	$t = 9 \text{ mm}$
$t_{fix}$	$t_{fix} = 9 \text{ mm}$
$T_{fix,max}$	$t_{fix,max} = 50 \text{ mm}$

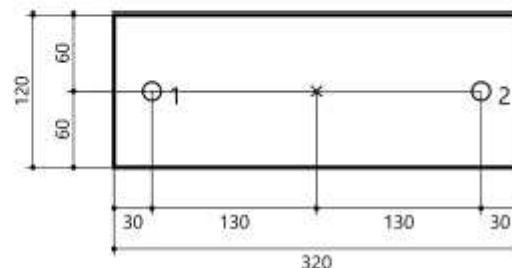


### Dettagli piastra di base

Materiale della piastra di base	S 355 (St 52)
Spessore della piastra di base	$t = 9 \text{ mm}$
Diametro del foro nell'oggetto da fissare	$d_f = 18 \text{ mm}$

### Profilo

Tipo di profilo	Nessuno
-----------------	---------



Le verifiche sono soddisfatte.

12.3.3 VERIFICA DEL COLLEGAMENTO HEA180 BASSO

Di seguito si riporta un'immagine del collegamento dei montanti HEA180 bassi:

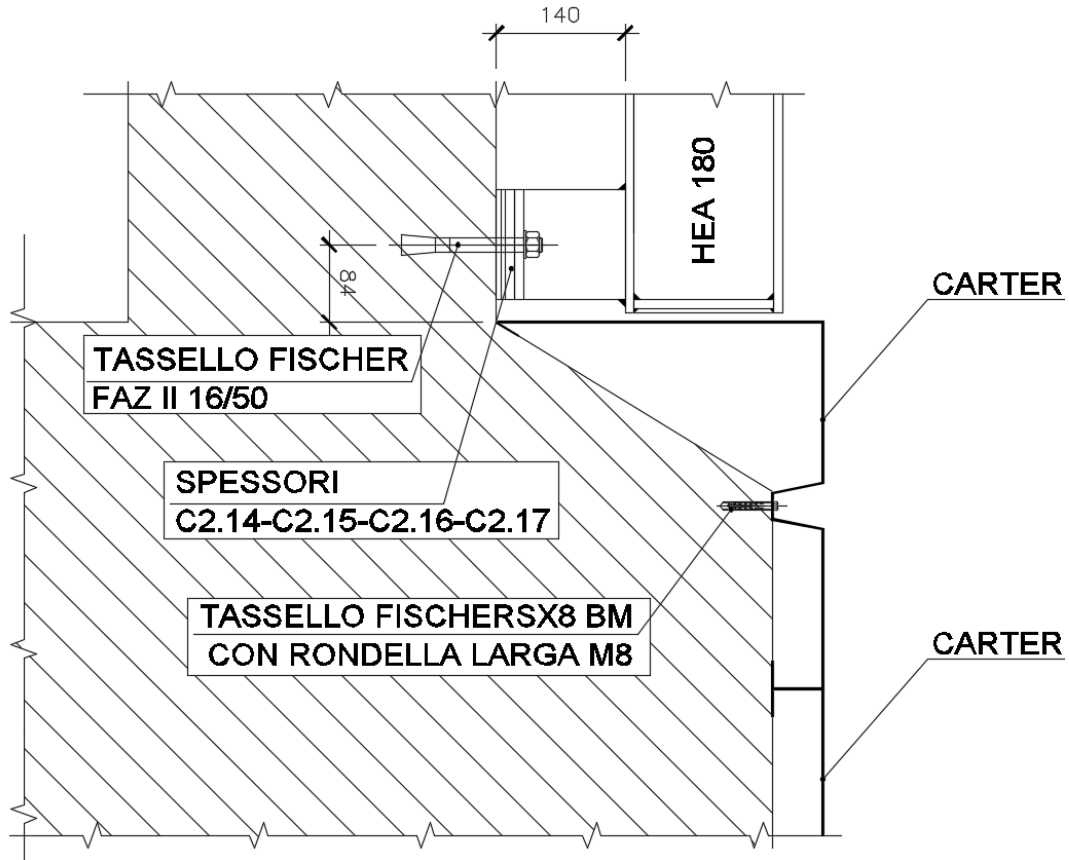


Figura 25 – Dettaglio del collegamento HEA180 basso della barriera lato ferrovia

La verifica viene eseguita mediante programma di calcolo.

Verifica degli ancoranti e del calcestruzzo:

**Basi della progettazione**

**Ancorante**

Sistema	fischer Ancorante a espansione FAZ II
Ancorante	Ancorante a espansione FAZ II 16/50, Acciaio zincato
Profondità di ancoraggio	85 mm
Dati di progetto	Progettazione dell'ancorante in Calcestruzzo secondo Valutazione Tecnica Europea ETA-05/0089, Opzione 1, Emesso 05/08/2016

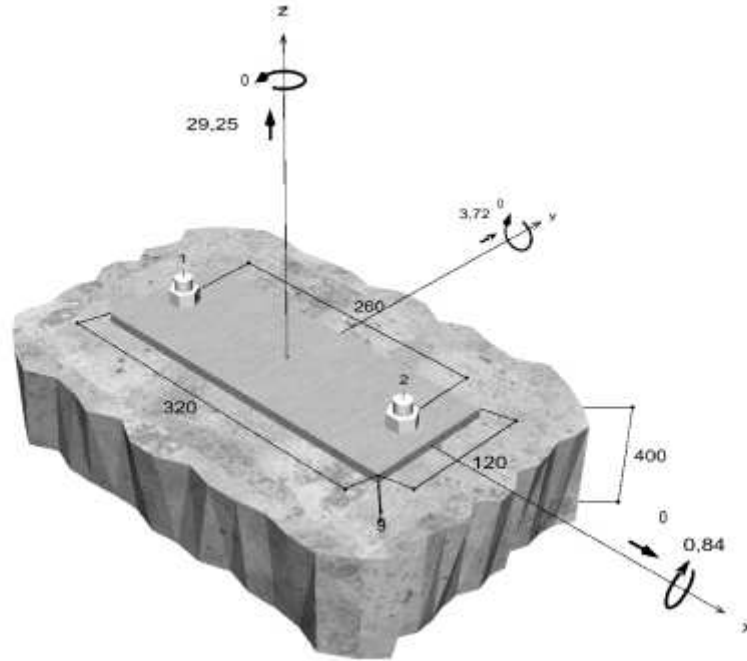


**Geometria / Carichi**

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)





**Dati di input**

Metodo di progettazione	Metodo di calcolo ETA per ancoranti meccanici
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C50/60, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Fessurato, Foro asciutto
Armatura	nessuna armatura o armatura standard. Senza armatura di bordo. Con armatura per controllo della fessurazione
Metodo di foratura	RotopercuSSIONe
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra non riempito
Tipo di carico	Statico
Distanziato	Nessuna flessione
Dimensioni piastra di ancoraggio	Ancorante fissato sul materiale di base 320 mm x 120 mm x 9 mm
Tipo di profilo	Nessuno

**Carichi di progetto \*)**

#	N <sub>sd</sub> kN	V <sub>sd,x</sub> kN	V <sub>sd,y</sub> kN	M <sub>sd,x</sub> kNm	M <sub>sd,y</sub> kNm	M <sub>t,sd</sub> kNm	Tipo di carico
1	29,25	0,00	3,72	-0,84	0,00	0,00	Statico

\*) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

**Forze risultanti sull'ancoraggio**

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	22,18	1,86	0,00	1,86
2	22,18	1,86	0,00	1,86



max. deformazione a compressione del calcestruzzo :	0,19 ‰
max. tensione di compressione del calcestruzzo :	7,1 N/mm <sup>2</sup>
Forza risultante di trazione :	44,36 kN, Coordinate x/y ( 0 / 0 )
Forza risultante di compressione :	15,11 kN, Coordinate x/y ( 0 / 58 )

**Resistenza di progetto a trazione**

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo $\beta_N$ %
Rottura dell'acciaio *	22,18	44,00	50,4
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	22,18	29,14	76,1

\* Ancorante più sfavorevole

**Rottura dell'acciaio**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$N_{Rk,s}$ kN	$\gamma_{Ms}$	$N_{Rd,s}$ kN	$N_{Sd}$ kN	$\beta_{N,s}$ %
66,00	1,50	44,00	22,18	50,4

Ancorante n°	$\beta_{N,s}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	50,4	1	$\beta_{N,s,1}$
2	50,4	2	$\beta_{N,s,2}$

**Rottura per formazione del cono di calcestruzzo**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$



$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{cc,N}$$

Equazione (5.2)

$$N_{Rk,c} = 43,71 \text{ kN} \cdot \frac{65,025 \text{ mm}^2}{65,025 \text{ mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 43,71 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0 \text{ N/mm}^2} \cdot (85 \text{ mm})^{1,5} = 43,71 \text{ kN}$$

Equazione (5.2a)

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{128 \text{ mm}}\right) = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.2d)

$$\Psi_{cc,N} = \frac{1}{1 + \frac{2c}{3h_{ef}}} \Rightarrow \Psi_{cc,Nz} \cdot \Psi_{cc,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2e)

$$\Psi_{cc,Nz} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0,010 \text{ m}}{255 \text{ mm}}} = 1,000 \leq 1 \quad \Psi_{cc,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0,010 \text{ m}}{255 \text{ mm}}} = 1,000 \leq 1$$

$N_{Rk,c}$ kN	$\gamma_{Mc}$	$N_{Rd,c}$ kN	$N_{Sd}$ kN	$\beta_{N,c}$ %
43,71	1,50	29,14	22,18	76,1

Ancorante n°	$\beta_{N,c}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	76,1	1	$\beta_{N,c,1}$
2	76,1	2	$\beta_{N,c,2}$

## Resistenza a taglio

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo $\beta_V$ %
Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	1,86	44,00	4,2
Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	1,86	81,58	2,3

\* Ancorante più sfavorevole

### Rottura dell'acciaio senza braccio di leva

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s})$$



$V_{Rk,s}$ kN	$\gamma_{Ms}$	$V_{Rd,s}$ kN	$V_{Sd}$ kN	$\beta_{Vs}$ %
55,00	1,25	44,00	1,86	4,2

Ancorante n°	$\beta_{Vs}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	4,2	1	$\beta_{Vs,1}$
2	4,2	2	$\beta_{Vs,2}$

### Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mcp}} \quad (V_{Rd,op})$$



$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 2,8 \cdot 43,71 \text{ kN} = 122,38 \text{ kN}$$

Equazione (5.6)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ce,N}$$

Equazione (5.2)

$$N_{Rk,c} = 43,71 \text{ kN} \cdot \frac{65,025 \text{ mm}^2}{65,025 \text{ mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 43,71 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0 \text{ N/mm}^2} \cdot (85 \text{ mm})^{1,5} = 43,71 \text{ kN}$$

Equazione (5.2a)

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{128 \text{ mm}}\right) = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.2d)

$$\Psi_{ce,N} = \frac{1}{1 + \frac{2s_l}{s_w}} \Rightarrow \Psi_{ce,Nx} \cdot \Psi_{ce,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2e)

$V_{Rk,op}$ kN	$\gamma_{Mcp}$	$V_{Rd,op}$ kN	$V_{Sd}$ kN	$\beta_{V,op}$ %
122,38	1,50	81,58	1,86	2,3

Ancorante n°	$\beta_{V,op}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	2,3	1	$\beta_{V,op,1}$
2	2,3	2	$\beta_{V,op,2}$

### Risultato dei carichi di trazione e taglio

Carichi di trazione	Utilizzo $\beta_N$ %	Carichi di taglio	Utilizzo $\beta_V$ %
Rottura dell'acciaio *	50,4	Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	4,2
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	76,1	Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	2,3

\* Ancorante più sfavorevole

### Resistenza alla combinazione di trazione e taglio

$\beta_N = \beta_{N,c2} = 0,76 \leq 1$	 <b>Verifica soddisfatta</b>	Equazione (5.8a)
$\beta_V = \beta_{V,1} = 0,04 \leq 1$		Equazione (5.8b)
$\frac{\beta_N + \beta_V}{1,2} = \frac{\beta_{N,c2} + \beta_{V,2}}{1,2} = 0,67 \leq 1$		Equazione (5.8c)

### Informazioni sulla piastra

#### Dettagli piastra di base

Spessore della piastra definito dall'utente senza verifiche

t = 9 mm

Tipo di profilo

Nessuno

### Dati di installazione

#### Ancorante

<b>Sistema</b>	<b>fischer Ancorante a espansione FAZ II</b>
Ancorante	Ancorante a espansione FAZ II 18/50, Acciaio zincato
Accessorio	Pompetta manuale ABG Punta SDS-plus IV Quattric 16/150/210

Articolo 95864



Articolo 89300  
Articolo 506533

#### Dettagli di installazione

Filettatura	M 16
Diametro del foro	$d_0 = 18$ mm
Profondità di foratura	$h_2 = 119$ mm
Profondità di ancoraggio	$h_{ef} = 85$ mm
Metodo di foratura	Rotopercussione
Pulizia del foro	Eeguire la pulizia solo con pompetta.
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra non riempito
Coppia di serraggio	$T_{inst} = 110,0$ Nm
Dimensioni della chiave	24 mm
Spessore della piastra di base	t = 9 mm
t fix	$t_{fix} = 9$ mm
Tfix,max	$t_{fix,max} = 50$ mm

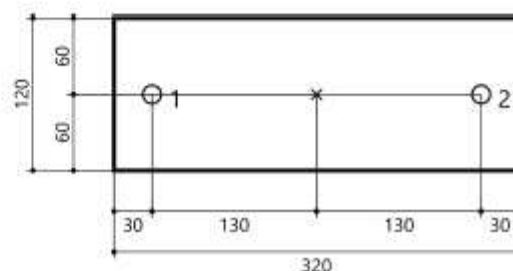


#### Dettagli piastra di base

Materiale della piastra di base	S 355 (St 52)
Spessore della piastra di base	t = 9 mm
Diametro del foro nell'oggetto da fissare	$d = 18$ mm

#### Profilo

Tipo di profilo Nessuno



Le verifiche sono soddisfatte.



### 13 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE BARRIERA LATO MARE

I montanti lato mare vengono montati contro il muro esistente, pertanto i carichi per cui devono essere dimensionati sono il peso proprio del profilo ed il sovraccarico permanente dei pannelli fonoassorbenti.

Le sollecitazioni agenti sul giunto sono quindi il carico verticale  $F_z$  ed il momento di trasporto dovuto all'eccentricità di tale forza:

$$F_z = 1.3 \cdot q_{PP,HEA160} \cdot h + 1.3 \cdot q_{SVP} \cdot i \cdot h = 1.3 \cdot 0.304 \cdot 1.05 + 1.3 \cdot 0.20 \cdot 4 \cdot 1.05 = 1.51 kN$$

$$M = F_z \cdot e = 1.51 \cdot 0.08 = 0.12 kNm$$

Di seguito si riporta un'immagine del collegamento per il montante HEA160:

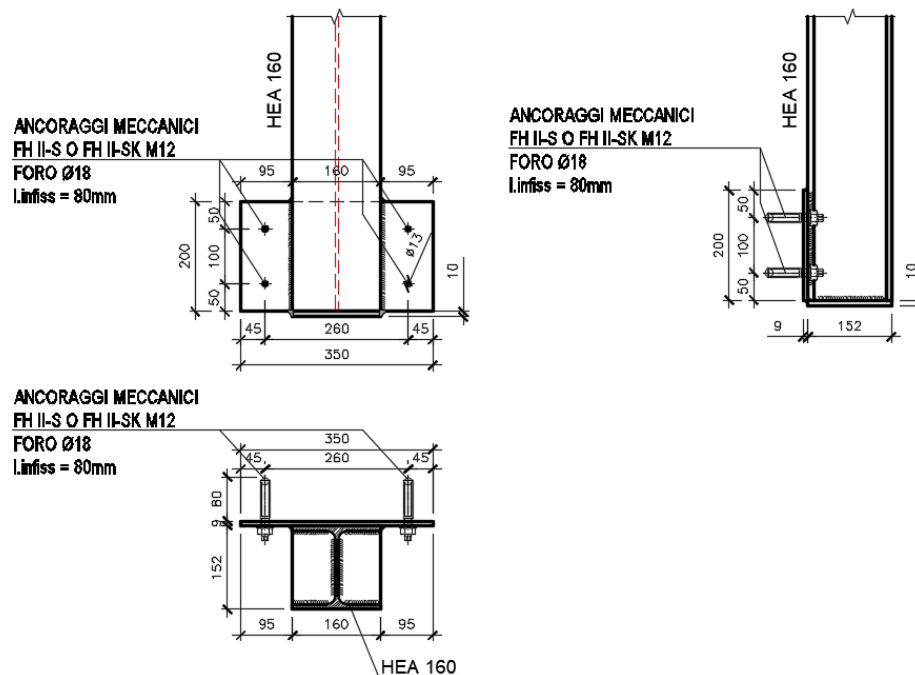


Figura 26 – Dettaglio del collegamento superiore HEA160 barriera lato mare

La verifica viene eseguita mediante programma di calcolo.

Verifica degli ancoranti e del calcestruzzo:

#### **Basi della progettazione**

##### **Ancorante**

Sistema	fischer Ancorante a espansione FAZ II
Ancorante	Ancorante a espansione FAZ II 12/30, Acciaio zincato
Profondità di ancoraggio	70 mm
Dati di progetto	Progettazione dell'ancorante in Calcestruzzo secondo Valutazione Tecnica Europea ETA-05/0068, Opzione 1, Emesso 05/08/2016



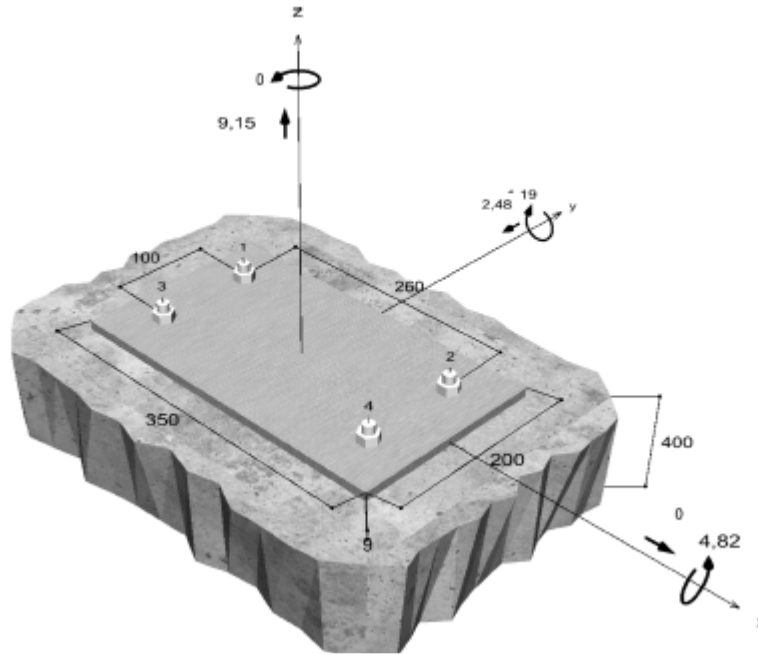
##### **Geometria / Carichi**

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**



**Dati di input**

Metodo di porgettazione	Metodo di calcolo ETA per ancoranti meccanici
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C50/60, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Fessurato, Foro asciutto
Armatura	nessuna armatura o armatura standard. Senza armatura di bordo. Con armatura per controllo della fessurazione
Metodo di foratura	Rotopercussione
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra non riempito
Tipo di carico	Statico
Distanziato	Nessuna flessione
Dimensioni piastra di ancoraggio	Ancorante fissato sul materiale di base
Tipo di profilo	350 mm x 200 mm x 9 mm
	Nessuno

**Carichi di progetto \*1**

#	N <sub>sd</sub> kN	V <sub>sd,x</sub> kN	V <sub>sd,y</sub> kN	M <sub>sd,x</sub> kNm	M <sub>sd,y</sub> kNm	M <sub>T,sd</sub> kNm	Tipo di carico
1	9,15	0,00	-2,48	4,82	1,19	0,00	Statico

\*1 I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

**Forze risultanti sull'ancoraggio**

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	19,51	0,62	0,00	-0,62
2	18,31	0,62	0,00	-0,62
3	4,36	0,62	0,00	-0,62
4	3,15	0,62	0,00	-0,62



max. deformazione a compressione del calcestruzzo : 0,26 ‰  
 max. tensione di compressione del calcestruzzo : 9,8 N/mm<sup>2</sup>  
 Forza risultante di trazione : 45,32 kN, Coordinate x/y ( -7 / 33 )  
 Forza risultante di compressione : 36,17 kN, Coordinate x/y ( 24 / -91 )

**Resistenza di progetto a trazione**

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo $\beta_N$ %
Rottura dell'acciaio *	19,51	27,67	70,5
Rottura per sfilamento *	19,51	20,67	94,4
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	23,86	24,68	96,7

\* Ancorante più sfavorevole

**Rottura dell'acciaio**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$N_{Rk,s}$ kN	$\gamma_{Ms}$	$N_{Rd,s}$ kN	$N_{Sd}$ kN	$\beta_{N,s}$ %
41,50	1,50	27,67	19,51	70,5

Ancorante n°	$\beta_{N,s}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	70,5	1	$\beta_{N,s1}$
2	66,2	2	$\beta_{N,s2}$
3	15,7	3	$\beta_{N,s3}$
4	11,4	4	$\beta_{N,s4}$

**Rottura per sfilamento**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$N_{Rk,p}$ kN	$\psi_o$	$\gamma_{Mp}$	$N_{Rd,p}$ kN	$N_{Sd}$ kN	$\beta_{N,p}$ %
31,00	1,550	1,50	20,67	19,51	94,4

Il coefficiente  $\psi_o$  deve essere determinato mediante interpolazione.

Ancorante n°	$\beta_{N,p}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	94,4	1	$\beta_{N,p1}$
2	88,6	2	$\beta_{N,p2}$
3	21,1	3	$\beta_{N,p3}$
4	15,2	4	$\beta_{N,p4}$

**Rottura per formazione del cono di calcestruzzo**

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$



$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Equazione (5.2)

$$N_{Rk,c} = 32,66kN \cdot \frac{65 \cdot 100mm^2}{44 \cdot 100mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 0,768 = 37,02kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,crack}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0N/mm^2} \cdot (70mm)^{1,5} = 32,66kN$$

Equazione (5.2a)

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{e}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{105mm}\right) = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Equazione (5.20)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_0}{h_{e,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1,000 \cdot 0,768 = 0,768 \leq 1$$

Equazione (5.2e)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{210mm}} = 1,000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 32mm}{210mm}} = 0,768 \leq 1$$

$N_{Rd,0}$ kN	$\gamma_{Mc}$	$N_{Rd,0}$ kN	$N_{sd}$ kN	$\beta_{N,0}$ %
37,02	1,50	24,68	23,86	96,7

Ancorante n°	$\beta_{N,0}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 3	96,7	1	$\beta_{N,c1}$
2, 4	89,2	2	$\beta_{N,c2}$

## Resistenza a taglio

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo $\beta_v$ %
Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	0,62	23,60	2,6
Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	1,24	77,15	1,6

\* Ancorante più sfavorevole

### Rottura dell'acciaio senza braccio di leva

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M_s}} \quad (V_{Rd,s})$$



$V_{Rk,s}$ kN	$\gamma_{Mc}$	$V_{Rd,s}$ kN	$V_{sd}$ kN	$\beta_{Vs}$ %
29,50	1,25	23,60	0,62	2,6

Ancorante n°	$\beta_{Vs}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1	2,6	1	$\beta_{Vs,1}$
2	2,6	2	$\beta_{Vs,2}$
3	2,6	3	$\beta_{Vs,3}$
4	2,6	4	$\beta_{Vs,4}$

### Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,op}}{\gamma_{M_{cp}}} \quad (V_{Rd,op})$$



$$V_{Rk,op} = k \cdot N_{Rk,c} = 2,4 \cdot 48,22kN = 115,72kN$$

Equazione (5.6)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Equazione (5.2)

$$N_{Rk,c} = 32,66kN \cdot \frac{65,100mm^2}{44,100mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 48,22kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ct,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{60,0N/mm^2} \cdot (70mm)^{1,5} = 32,66kN$$

Equazione (5.2a)

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{e}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{105mm}\right) = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2c)

**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antifonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

$$\Psi_{rc,N} = 1,000$$

Equazione (5.2d)

$$\Psi_{rc,N} = \frac{1}{1 + \frac{2m}{\beta_{rc,N}}} \Rightarrow \Psi_{rc,Nx} \cdot \Psi_{rc,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

Equazione (5.2e)

$V_{Rk,op}$ kN	$\gamma_{Me}$	$V_{Rd,op}$ kN	$V_{sd}$ kN	$\beta_{V,op}$ %
115,72	1,50	77,15	1,24	1,6

Ancorante n°	$\beta_{V,op}$ %	Gruppo n°	Beta decisivo
1, 3	1,6	1	$\beta_{V,op1}$
2, 4	1,5	2	$\beta_{V,op2}$

### Risultato dei carichi di trazione e taglio

Carichi di trazione	Utilizzo $\beta_N$ %	Carichi di taglio	Utilizzo $\beta_V$ %
Rottura dell'acciaio *	70,5	Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	2,6
Rottura per sfilamento *	94,4	Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	1,6
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	96,7		

\* Ancorante più sfavorevole

### Resistenza alla combinazione di trazione e taglio

$\beta_N = \beta_{N,c1} = 0,97 \leq 1$ $\beta_V = \beta_{V,c1} = 0,03 \leq 1$ $\frac{\beta_N + \beta_V}{1,2} = \frac{\beta_{N,c1} + \beta_{V,c1}}{1,2} = 0,83 \leq 1$		<b>Verifica soddisfatta</b>	Equazione (5.8a)
			Equazione (5.8b)
			Equazione (5.8c)

### Informazioni sulla piastra

#### Dettagli piastra di base

Spessore della piastra definito dall'utente senza verifiche

t = 9 mm

Tipo di profilo

Nessuno

### Osservazioni tecniche

Se la distanza dal bordo di un ancoraggio è minore della distanza dal bordo critica  $c_{cr, N}$  (metodo di progettazione A) è necessario prevedere un'armatura longitudinale con almeno  $d = 6\text{mm}$  nel bordo dell'elemento nella zona di ancoraggio. Il calcolo viene fatto assumendo che sia presente una armatura sufficiente a limitare la fessurazione. In tal caso si può omettere il calcolo della rottura per fessurazione.

La trasmissione dei carichi dell'ancoraggio al supporto in calcestruzzo deve essere indicata per lo stato limite ultimo e lo stato limite di esercizio; a tal fine, le normali verifiche devono essere effettuate considerando le azioni introdotte dagli ancoraggi. Per tali verifiche saranno considerate le disposizioni aggiuntive del metodo di progettazione.

### Dati di installazione

#### Ancorante

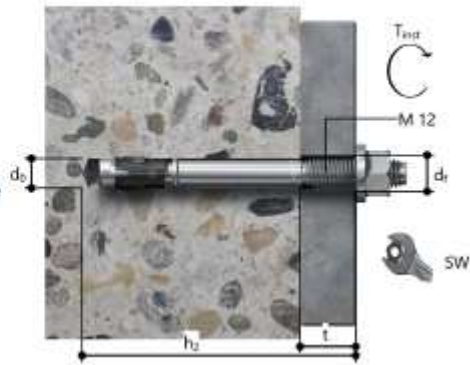
Sistema	fischer Ancorante a espansione FAZ II	
Ancorante	Ancorante a espansione FAZ II 12/30, Acciaio zincato	Articolo 95421
Accessorio	Pompetta manuale ABG Punta SDS Plus IV 12/100/160	Articolo 89300 Articolo 504144



**Riqualificazione funzionale architettonica dell'interfaccia Porto Città della Spezia  
Intervento di protezione antisonica e relativo inserimento ambientale e  
paesaggistico lungo viale San Bartolomeo**

**Dettagli di installazione**

Filettatura	M 12
Diametro del foro	$d_0 = 12 \text{ mm}$
Profondità di foratura	$h_2 = 99 \text{ mm}$
Profondità di ancoraggio	$h_{ef} = 70 \text{ mm}$
Metodo di foratura	Rotopercussione
Pulizia del foro	Eseguire la pulizia solo con pompetta.
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra non riempito.
Coppia di serraggio	$T_{int} = 60,0 \text{ Nm}$
Dimensioni della chiave	19 mm
Spessore della piastra di base	$t = 9 \text{ mm}$
t fix	$t_{fix} = 9 \text{ mm}$
Tfix,max	$t_{fix, max} = 30 \text{ mm}$

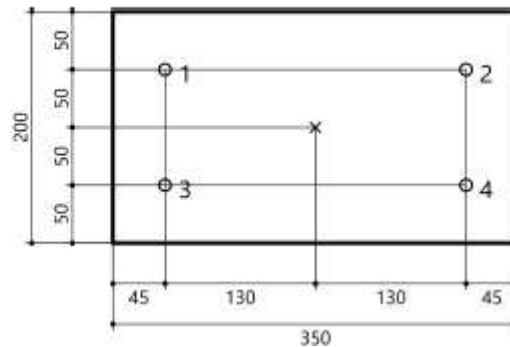


**Dettagli piastra di base**

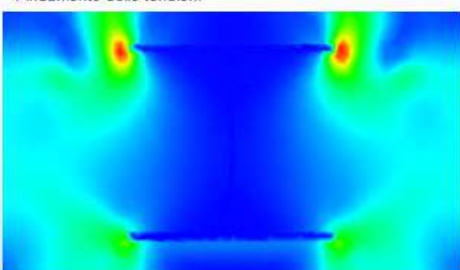
Materiale della piastra di base	S 355 (St 52)
Spessore della piastra di base	$t = 9 \text{ mm}$
Diametro del foro nell'oggetto da fissare	$d = 14 \text{ mm}$

**Profilo**

Tipo di profilo	Nessuno
-----------------	---------



**Verifica della piastra:**

<p>Materiale della piastra di base</p> <p>S 355 (St 52)</p> <p>Modulo elastico: 210000 N/mm<sup>2</sup></p> <p>Tensione di snervamento: 355 N/mm<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente di sicurezza: 1,1</p> <p>Coefficiente di Poisson: 0,3</p> <hr/> <p>Risultato</p> <p><input checked="" type="radio"/> Spessore della piastra: 9 mm</p> <p><input type="radio"/> Scegliere lo spessore della piastra: 9 mm</p> <p><input type="radio"/> Spessore minimo della piastra di base: Nessuna progettazione</p> <p>Calcola lo spessore</p> <p>✓ Applica lo spessore    X Chiudi</p>	<p>Andamento delle tensioni</p>  <p>Utilizzo: 5 %</p>
---	---

Le verifiche sono soddisfatte.