

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA  
Lotto Funzionale Brescia-Verona  
PROGETTO DEFINITIVO**

**TIPOLOGICO BARRIERE ANTIRUMORE  
APPLICAZIONE SU MURO (V=300 km/h)  
VERIFICHE STATICHE, DINAMICHE ED A FATICHE**

IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa  
Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23633 - Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informatica

Tel. 02 52020571 Fax 02 52020509  
CF. e P.IVA 0083799157

IL PROGETTISTA

saipem spa  
Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23633 - Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informatica

Tel. 02 52020571 Fax 02 52020509  
CF. e P.IVA 0083799157

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	N	0	5	0	0	D	E	2	C	L	I	M	0	0	0	6	0	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
0	31.03.14	Emissione per CdS	MTI	31.03.14	SGARBI	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 31.03.14

Doc. N.: 60020\_00.doc



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALI PRESCRITTI .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DEI CARICHI AGENTI.....</b>	<b>8</b>
5.1	<i>Peso proprio.....</i>	8
5.2	<i>Pressione aerodinamica dei convogli .....</i>	8
5.2.1	Analisi dinamica.....	8
5.3	<i>Pressione del vento .....</i>	9
5.4	<i>Azioni considerate .....</i>	10
<b>6</b>	<b>ESTRATTO DELLE ANALISI DINAMICHE .....</b>	<b>12</b>
6.1	<i>Barriere di altezza 6.75m.....</i>	13
6.2	<i>Barriere di altezza 3.75m.....</i>	17
<b>7</b>	<b>CALCOLO DELLA PORTANZA DEI TIRAFONDI A SFILAMENTO .....</b>	<b>21</b>
7.1	<i>Barriere di altezza 6.75m.....</i>	22
7.1.1	Metodo alle Tensioni Ammissibili.....	22
7.1.2	Metodo agli stati limite .....	23
7.2	<i>Barriere di altezza 3.75m.....</i>	24
7.2.1	Metodo alle Tensioni Ammissibili.....	24
7.2.2	Metodo agli stati limite .....	25
<b>8</b>	<b>VERIFICHE DELLA SEZIONE DI ATTACCO MONTANTE-FONDAZIONE: RESISTENZA, SFILAMENTO, SERRAGGIO, FATICA DEI TIRAFONDI.....</b>	<b>26</b>
8.1	<i>Barriere di altezza 6.75m.....</i>	26
8.2	<i>Barriere di altezza 3.75m.....</i>	29
<b>9</b>	<b>VERIFICHE STATICHE PIASTRA DI BASE .....</b>	<b>32</b>
9.1	<i>Barriere di altezza 6.75m.....</i>	33
9.2	<i>Barriere di altezza 3.75m.....</i>	35
<b>10</b>	<b>VERIFICHE DEI MONTANTI: RESISTENZA, DEFORMABILITA' FATICA E STABILITÀ.....</b>	<b>37</b>

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 60020-00

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2CLIM0006-011

Rev.  
0

Foglio  
3 di 39

<b>10.1</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITA'</b> .....	<b>38</b>
<b>10.2</b>	<b>Barriere di altezza H=6.75m</b> .....	<b>38</b>
10.2.1	Barriere di altezza H=3.75m .....	39



## 1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto la verifica statica degli elementi strutturali delle barriere antirumore (montanti, piastre e ancoraggi) da installarsi sulla Linea AV/AC Milano-Venezia, tratta Milano-Verona, lotto funzionale Brescia-Verona.

Velocità di progetto assunta:  $V = 300 \text{ km/h}$ .

Tipologia dei pannelli: pannellature verticali miste in calcestruzzo e acciaio supportate da montanti costituiti da profilati in acciaio; tutte le barriere presentano una pannellatura costituita da uno zoccolo in cls di 0.75m e la parte restante, in pannelli in acciaio inox.

L'installazione di tali barriere è prevista su muri mediante piastre in acciaio costolate e tirafondi.

La tabella sottoriportata sintetizza le altezze di barriera esaminate nel presente documento e la loro posizione. Le altezze sono riferite al piano del ferro; le altezze effettive delle barriere sono state aumentate di 0.75m per tenere conto della differenza tra il piano di imposta del montante ed il piano del ferro, pari proprio a circa 0.75m.

L'altezza effettiva del montante sarà ulteriormente aumentata di 0.20m.

Tratta	Altezza barriera rispetto al p.f. m	Opera interessata
AV (300 km/h)	3.00	Muro
	6.00	Muro

Le barriere sono poste ad una distanza minima dall'asse del binario più vicino pari a 5.20m.



## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento è la seguente:

- **Legge n. 1086 del 5/11/1971** - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica.
- **Norme Tecniche C.N.R. UNI n. 10011 di Giugno 1988** - Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione e s. m. ed i..
- **EN 1993-1-9: 2005** – Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-9: Fatica
- **D.M. del 16/01/1996** – Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.
- **Circ. Min. LL. PP. n. 156AA.GG./STC del 4/07/1996 (D.M. del 16/01/1996)** - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- **Circ. Min. LL. PP. n. 252GG./STC del 15/10/1996 (D.M. del 09/01/1996)** - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- **Circ. Min. LL.PP. n. 65 del 10/04/1997 (D.M. del 16/01/1996)** - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- **Istruzione F.S. I/SC/PS-OM/2298 del 2/06/1995** – Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari – Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo.
- **Istruzione F.S. 44/S del 20/10/1999.**
- **Disciplinare tecnico** – Barriere antirumore per impieghi ferroviari -Edizione 1998 e successive modificazioni e/o integrazioni di cui all'allegato 1.
- **RFI 24.03.04** “Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle barriere antirumore”.
- **Lettera di RFI del 19/12/2005 (Prot. RFI-DIN-ICI\A0011\P\2005\0001184)**
- **Lettera di RFI del 21/06/2006 (Prot. RFI-DIN-ICI\A0011\P\2006\0000717)**
- **Istruzione UNI 9503/2007**  
Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in acciaio.

*Per quanto concerne i tirafondi dei montanti, essi vengono prudenzialmente verificati anche nel rispetto delle NTC di cui al D.M. 14.01.2008.*

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 60020-00

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2CLIM0006-011

Rev.  
0

Foglio  
6 di 39

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

TIPOLOGICO BARRIERE ANTIRUMORE - APPLICAZIONE SU MURO (V=300 km/h) - VERIFICHE STATICHE, DINAMICHE ED A FATICA	IN0500DE2CLIM0006011
TIPOLOGICO BARRIERE ANTIRUMORE - APPLICAZIONE SU MURO (V=300 km/h) - TIPOLOGIE, CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E NOTE GENERALI	IN0500DE2BXIM0006018
,TIPOLOGICO BARRIERE ANTIRUMORE - APPLICAZIONE SU MURO (V=300 km/h) - H=6.75m - CARPENTERIA IN ELEVAZIONE E DETTAGLI	IN0500DE2BXIM0006019
TIPOLOGICO BARRIERE ANTIRUMORE - APPLICAZIONE SU MURO (V=300 km/h) - H=3.75m - CARPENTERIA IN ELEVAZIONE E DETTAGLI	IN0500DE2BXIM0006020

### 4 MATERIALI PRESCRITTI

I materiali prescritti per l'esecuzione dell'opera sono:

#### ACCIAI DA CARPENTERIA

- Acciaio per montanti metallici, piastre e irrigidenti saldati.....Tipo S355J2 UNI EN 10025
- Acciaio per elementi non saldati.....Tipo S355J0 UNI EN 10025

#### TIRAFONDI

- Acciaio per tirafondi: barre filettate in testa con filettatura metrica ISO a passo grosso, classe 6.8 secondo UNI EN ISO 898 parte I
- Rondelle secondo UNI 5714 in acciaio C50 ex UNI 7845 – EN 10083 -1
- Rondelle piane speciali: in acciaio C45 secondo UNI 7845 – EN 10083 – 1
- Dispositivo anti svitamento: doppio dado medio CLASSE 6 ex UNI 5588 – UNI EN 20898 PARTE II
- Coppie di serraggio: 65%dei valori della CNR 10011/88
- Boccole isolanti in poliammide o polietilene o polipropilene
- Malta antiritiro di livellamento: malta cementizia premiscelata reoplastica a ritiro compensato ad alta resistenza  
( $\sigma_c \geq 120$  daN/cm<sup>2</sup>) tipo Emaco S55 (o similari)

#### BULLONI

- Viti di classe 10.9 secondo UNI EN ISO 898 parte I, UNI 5712
- dadi di classe 10 secondo UNI EN 20898 parte II, UNI 5713

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 60020-00

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

DE2CLIM0006-011

Rev.

0

Foglio

7 di 39

- rosette in acciaio C50 (UNI EN 10083) temperato e rinvenuto HRC 32-40, UNI 5714
- coppie di serraggio: secondo CNR 10011/88

#### **NOTE GENERALI**

Vedi elaborato grafico n° IN0500DE2BXIM0006018



## 5 DESCRIZIONE DEI CARICHI AGENTI

Il calcolo delle strutture è stato effettuato considerando il peso proprio della struttura portante (montanti) e dei pannelli fonoassorbenti in calcestruzzo e in acciaio, e le pressioni o depressioni dovute al transito dei rotabili e al vento.

### 5.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio è costituito dal peso dei pannelli fonoassorbenti; per le successive calcolazioni si sono assunti i seguenti carichi comprensivi di telai, piatti, guarnizioni, ecc:

Peso proprio pannelli in cls:  $= 2.50 \text{ kN/m}^2$

Peso proprio pannelli fonoisolanti in acciaio:  $= 0.25 \text{ kN/m}^2$

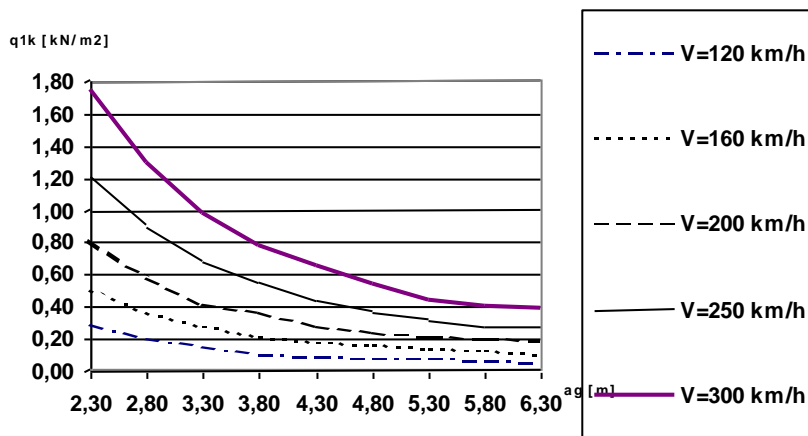
Montanti in acciaio con sezione ad H  $= 78.50 \text{ kN/m}^3$

### 5.2 PRESSIONE AERODINAMICA DEI CONVOGLI

Per le azioni prodotte dal passaggio dei convogli ferroviari si fa riferimento al punto 1.4.6 dell'istruzione I/SC/PS/-OM/2298 del 02.06.1995 aggiornato al 13.01.1997.

Nel caso specifico considerando le velocità di percorrenza di un convoglio con forme aerodinamiche pari a  $V=300 \text{ km/h}$ , dall'abaco riportato in normativa si evince che per:

$$a_g \cong a_{g \text{ min}} = 5.20 \text{ m}$$



si ha:

$$f(300; a_g) = 0.484 \text{ kN/m}^2 \quad q_{1k} = q_{4k} \cong 0.60 * 0.48 = 0.290 \text{ kN/m}^2$$

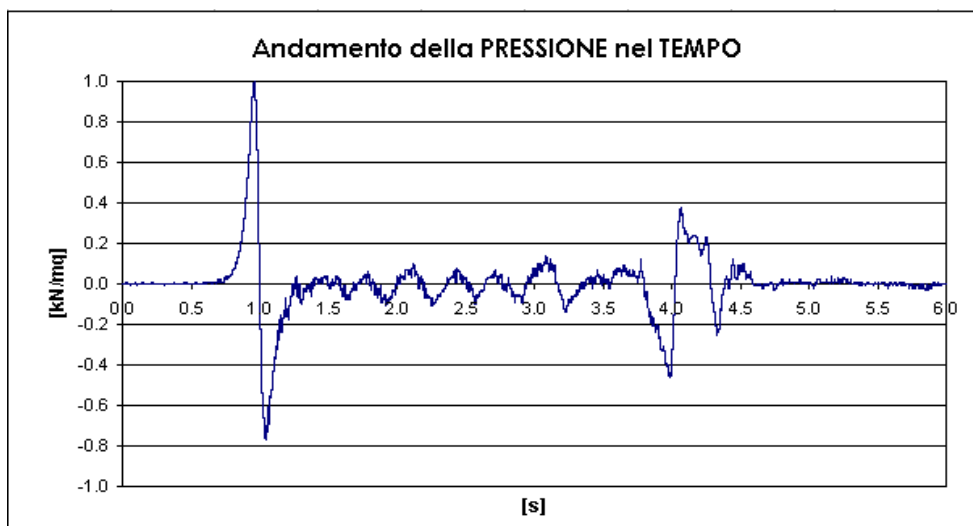
#### 5.2.1 Analisi dinamica

L'analisi dinamica di cui alle "Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie delle barriere antirumore" di RFI del 24.03.2004 è eseguita utilizzando la Time History delle pressioni rilevata dalle misurazioni





effettuate sulle barriere antirumore della RM-NA del 2004, ove l'andamento della pressione è normalizzato ad 1:



La distribuzione delle pressioni lungo l'altezza della barriera viene considerata in favore di sicurezza costante lungo tutta l'altezza della barriera.

L'analisi dinamica è stata condotta con l'ausilio di un programma ad elementi finiti (SAP2000), il passo di integrazione nel modello di calcolo è stato assunto pari a 0.001 per 10000 punti ed il coefficiente di smorzamento è stato posto pari a 0.02.

Si riporta di seguito l'analisi dinamica effettuata per la velocità di progetto pari a 300 km/h poiché quelle eseguite con velocità di progetto inferiori non risultano significative.

Le masse applicate al montante, aggiuntive alla massa distribuita del montante stesso ( $\gamma_{\text{acciaio}} = 78.5 \text{ kN/m}^3$ ), sono nel caso di barriera di  $h=6.75\text{m}$  le seguenti:

$$m_{\text{cls},0.75\text{m}} = 0.75\text{m} \times 2.5\text{kN/m}^2 \times 3\text{m} / 9.81 = 0.573\text{t}$$

$$m_{\text{Inox},6.00\text{m}} = 0.50\text{m} \times 0.25\text{kN/m}^2 \times 3\text{m} / 9.81 = 0.038\text{t}$$

### 5.3 PRESSIONE DEL VENTO

La pressione del vento è stata calcolata secondo quanto riportato D.M. del 16/01/1996 ed in particolare determinando le azioni statiche equivalenti all'azione del vento per una altezza rispetto al piano di campagna assunta pari a 6.75m.

Le calcolazioni effettuate forniscono:

REGIONE	Zona	$v_{\text{ref},0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
Lombardia	1	25	1000	0.012



<b>a<sub>s</sub></b>	100	[m]	altitudine del sito ove sorge la costruzione
<b>v<sub>ref</sub></b>	25.0	[m/s]	
<b>q<sub>ref</sub></b>	390.6	[N/m <sup>2</sup> ]	

<b>ZONA</b>	1		
Aree con ostacoli diffusi	<input type="button" value="▼"/>	<b>Cl.</b>	C
		<b>Rugosità</b>	

CATEGORIA DI ESPOSIZIONE	k <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]
III <input type="button" value="▼"/>	0.20	0.10	5

<b>z</b>	6.75	[m]	altezza della costruzione sul (dal) suolo
<b>c<sub>t</sub></b>	1.50		coefficiente di topografia
<b>c<sub>e</sub></b>	3.366		coefficiente di esposizione

<b>c<sub>d</sub></b>	1		coefficiente dinamico
<b>c<sub>p</sub></b>	1.2		coefficiente di forma o aerodinamico
<b>c<sub>f</sub></b>	0.02		coefficiente di attrito

<b>p</b>	1577.8	[N/m <sup>2</sup> ]
----------	--------	---------------------

#### 5.4 AZIONI CONSIDERATE

La somma delle azioni dovute agli effetti del vento e della pressione e depressione aerodinamica dovuta ai convogli ferroviari risulta pari a:

$$P_{tot} = q_{1k} + p = 0.292 + 1.578 = 1.87 \text{ kN/m}^2$$

La somma dei valori ricavati è quindi inferiore al valore minimo, pari a 2.50 kN/m<sup>2</sup> per linee con velocità superiore a 200 km/h, prescritto nelle già citate "Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle Barriere Antirumore".

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 60020-00

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2CLIM0006-011

Rev.  
0

Foglio  
11 di 39

Pertanto, assunto il valore di progetto della velocità minimo pari a 200 km/h, i carichi di progetto restano definiti come segue:

Sia per le verifiche statiche che per quelle di deformabilità, si assumerà il valore di progetto:

$$p_{tot} = p_{vento} + p_{aerodinamica} = 2.50 \text{ kN/m}^2$$

Per le verifiche a fatica, si procede solo in funzione del carico ciclico:

$$p_{fat} = p(x, V) \text{ KN/m}^2$$

Pertanto per un interasse di 3.00 tra montante e montante della barriera acustica si avranno i seguenti carichi ripartiti agenti su ogni elemento strutturale:

analisi statica:  $p = 2.50 \times 3.00 = 7.50 \text{ [KN/m]}$

analisi dinamica:  $p_{fat} = p(x, V) \times 3.00 \text{ [KN/m]}$



## 6 ESTRATTO DELLE ANALISI DINAMICHE

Nelle tabelle seguenti si riporta un estratto dei risultati delle analisi dinamiche effettuate.

Nelle ultime due colonne a destra vengono riportate, in forma veloce, le verifiche a fatica a piede montante ed a quota fine fazzoletto, condotte secondo le "Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle Barriere Anti Rumore", per le quali le tensioni ammissibili sono rispettivamente le seguenti:

- Verifiche a fatica al piede montante:  $\Delta\sigma < f_{rid} \times \Delta\sigma_D / \gamma_m = 33.02 \text{ N/mm}^2$

$\Delta\sigma_D = 46.42 \text{ N/mm}^2$  (valore  $\Delta\sigma$  del punto D della curva  $\Delta\sigma_A = 63 \text{ MPa}$  – CNR 10011 – Gruppo II.4 – Particolari saldati – Giunti in croce)

$\gamma_m = 1.25$

$f_{rid \text{ base}} = 0.889$  (coefficiente di riduzione di  $\Delta\sigma_D$  in funzione dello spessore degli elementi; si assume lo spessore massimo fra gli elementi uniti nella sezione di base montante  $t = 40 \text{ mm}$ ).

- Verifiche a fatica a fine irrigidente:  $\Delta\sigma < \Delta\sigma_D / \gamma_m = 41.85 \text{ N/mm}^2$

$\Delta\sigma_D = 52.31 \text{ N/mm}^2$  (valore  $\Delta\sigma$  del punto D della curva  $\Delta\sigma_A = 71 \text{ MPa}$  – EN 1993-1-9: 2005 – Table 8.4)

$\gamma_m = 1.25$

Si allegano inoltre, per ciascuna altezza indagata, alcuni grafici di output delle analisi dinamiche effettuate (andamento degli spostamenti del momento flettente e del taglio).

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 60020-00

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2CLIM0006-011Rev.  
0Foglio  
13 di 39

### 6.1 BARRIERE DI ALTEZZA 6.75M

MURO: Risultati time history. H=6.75m TIPO ACCIAIO. Montante:HEAA450+4X200X10X(250+500) Inter. montante: i=3.0m. Pressione = 0.292 kN/mq fino h=6.75m																
				ANALISI STATICA		ANALISI DINAMICA		ΔM: ΔT	COEFFICIENTE DINAMICO		VERIFICHE A FATICA VELOCI					
					Max	Min	Mtot: Tot	Max	Min	Mtot	J =	H =	delta sigma	siagma amm.		
Barriere su MURO (p1=2.5kN/mq-H=6.75m) (p2=0.25kN/mq-H=6.00m)	Con incastro alla base smorz. = 2%	v (km/h) =300 T=0.107s J(faz+prof)=76335	z = H	d (mm)	2.340	2.860	-4.350		1.222	-1.859						
			z = 0	M (kNm)	19.960	23.300	-33.800	57.100	1.167	-1.693	57.100	71'168	42.5	170.5	330.0	
			z = 0	T (kN)	5.910	6.350	-8.050	14.400	1.074	-1.362						
			z=fine fazz.	d (mm)												
			z=fine fazz.	M (kNm)	15.770	18.730	-27.990	46.720			46.720	41'890	42.5	237.0	418.0	
			z=fine fazz.	T (kN)	5.260	5.770	-7.540	13.310								
				z = H	d (mm)	1.625				0.000	0.000					
				z = 0	M (kNm)	13.861			0.000	0.000	0.000	0.000	71'168	42.5	0.0	330.0
				z = 0	T (kN)	4.104			0.000	0.000	0.000					
				z=fine fazz.	d (mm)											
				z=fine fazz.	M (kNm)	10.951			0.000			0.000	41'890	42.5	0.0	418.0
				z=fine fazz.	T (kN)	3.653			0.000							
				z = H	d (mm)	1.040				0.000	0.000					
				z = 0	M (kNm)	8.872			0.000	0.000	0.000	0.000	71'168	42.5	0.0	330.0
				z = 0	T (kN)	2.627			0.000	0.000	0.000					
z=fine fazz.				d (mm)												
z=fine fazz.				M (kNm)	7.009			0.000			0.000	41'890	42.5	0.0	418.0	
z=fine fazz.				T (kN)	2.338			0.000								

Nella tabella sopra riportata, la seconda e terza striscia sono relative alle analisi dinamiche effettuate con velocità di progetto pari rispettivamente a 250 km/h e 200 km/h i cui risultati non vengono riportati in quanto non risultano significativi.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 60020-00

Progetto  
IN05

Lotto  
00

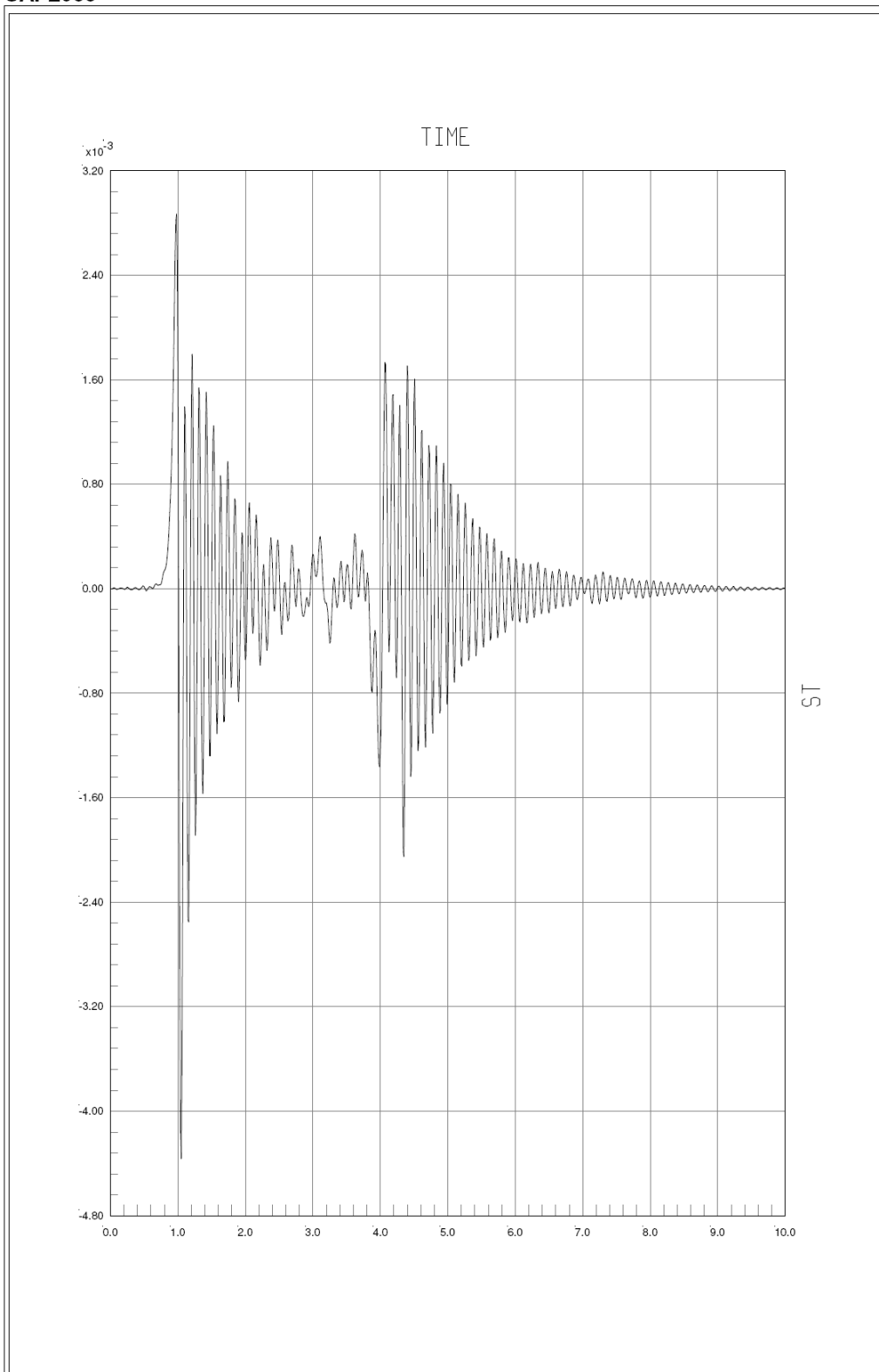
Codifica Documento  
DE2CLIM0006-011

Rev.  
0

Foglio  
14 di 39

SAP2000

Plot Functions 9.30.11 17:12:39



SAP2000 v14.1.0 - File:M6.75m\_HEAA450+4X200X10X(250+500)\_300 - Case:AZIONI - KN, m, C Units  
ST: Joint 21 Displacement UY Vs TIME  
Min is -4.364e-03 at 1.0500e+00 Max is 2.868e-03 at 9.8000e-01

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 60020-00

Progetto  
IN05

Lotto  
00

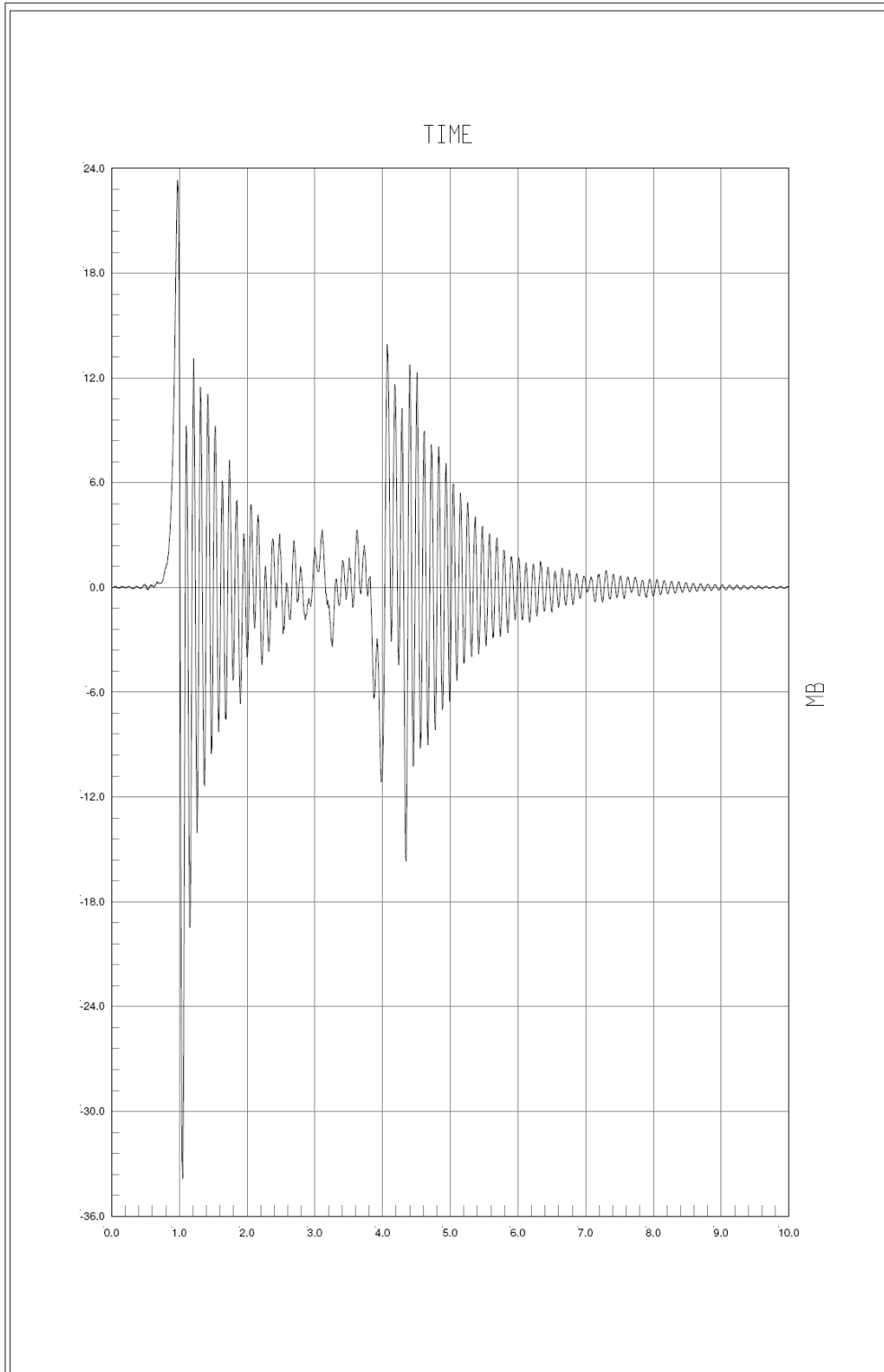
Codifica Documento  
DE2CLIM0006-011

Rev.  
0

Foglio  
15 di 39

SAP2000

Plot Functions 9.30.11 17:10:48

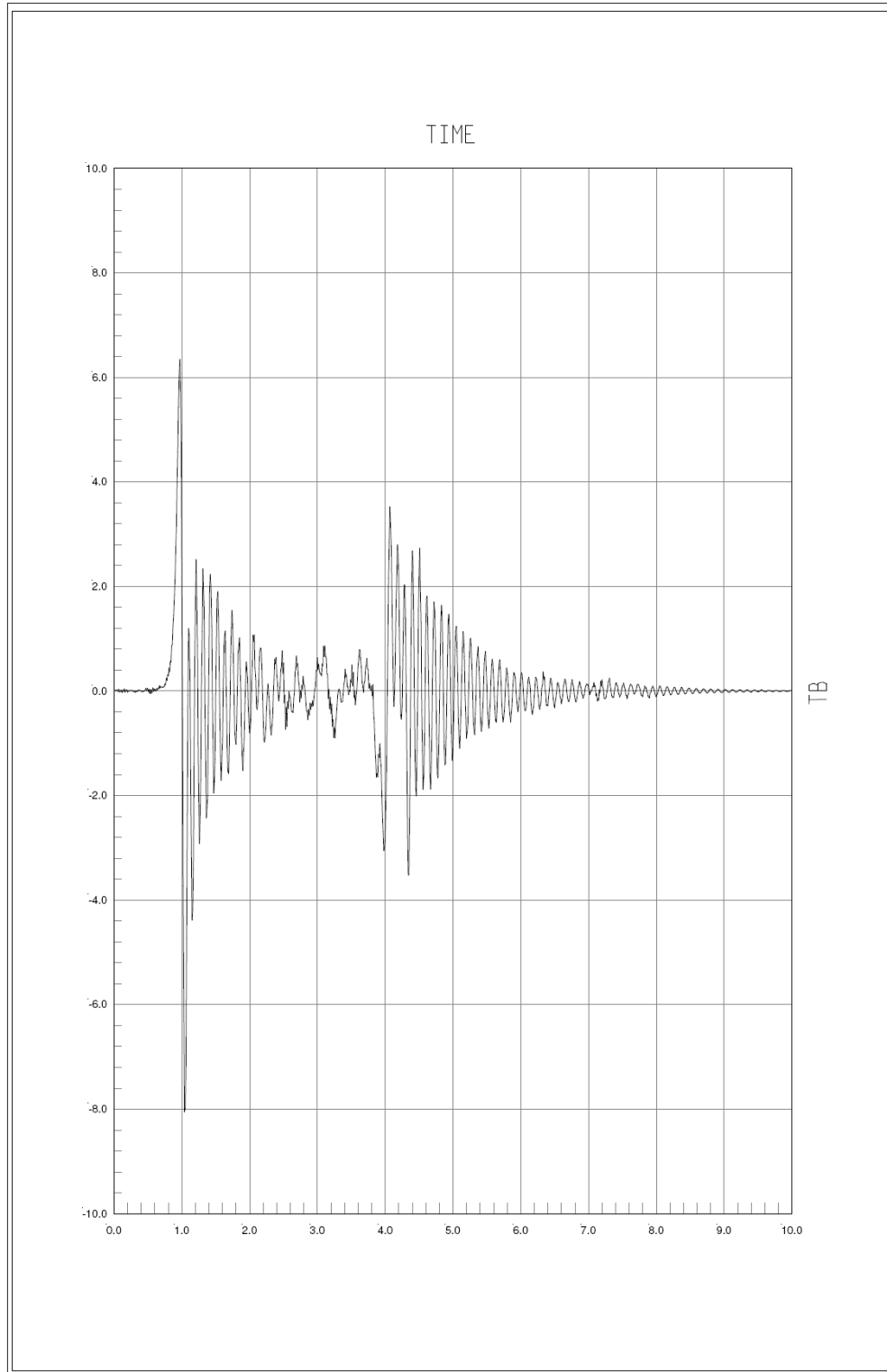


SAP2000 v14.1.0 - File:M6.75m\_HEAA450+4X200X10X(250+500)\_300 - Case:AZIONI - KN, m, C Units  
MB: Frame 21 Station 1 Moment 3-3 Vs TIME  
Min is -3.383e+01 at 1.0500e+00 Max is 2.331e+01 at 9.7000e-01



SAP2000

Plot Functions 9.30.11 17:12:02



SAP2000 v14.1.0 - File:M6.75m\_HEAA450+4X200X10X(250+500)\_300 - Case:AZIONI - KN, m, C Units  
TB: Frame 21 Station 1 Shear 2-2 Vs TIME  
Min is -8.054e+00 at 1.0400e+00 Max is 6.343e+00 at 9.7000e-01



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 60020-00

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2CLIM0006-011Rev.  
0Foglio  
17 di 39

## 6.2 BARRIERE DI ALTEZZA 3.75M

MURO: Risultati time history. H=3.75m TIPO ACCIAIO. Montante: HEAA360 Inter. montante: i=3.0m. Pressione =0.292kN/mq fino h=3.75m																					
						ANALISI STATICA		ANALISI DINAMICA		AM: ΔT	COEFFICIENTE DINAMICO		VERIFICHE A FATICA VELOCI								
						Max	Min	Max	Min	Mtot: Ttot	Max	Min	Mtot	J =	H =	delta sigma	sigma amm.				
Barriere su MURO (p1=2.5kN/mq-H=0.75m) (p2=0.25kN/mq-H=3.00m)	v (km/h) =300 T=0.046s J(faz+prof)=23040	Con incastro alla base smorz. = 2%	z = H	d (mm)	0.480			0.516	-0.384		1.075	-0.800									
			z = 0	M (kNm)	6.160			6.570	-4.790	11.360	1.067	-0.778	11.360	23040	33.9	83.6	330.0				
			z = 0	T (kN)	3.290			3.440	-2.400	5.840	1.046	-0.729									
			z=fine fazz.	d (mm)																	
			z=fine fazz.	M (kNm)							0.000				0.000	23040	33.9	0.0	418.0		
			z=fine fazz.	T (kN)							0.000										
	Con incastro alla base smorz. = 2%	v (km/h) =200 T=0.046s J(faz+prof)=23040	Con incastro alla base smorz. = 2%	z = H	d (mm)	0.333						0.000	0.000								
				z = 0	M (kNm)	4.278					0.000	0.000	0.000	0.000	23040	33.9	0.0	330.0			
				z = 0	T (kN)	2.285					0.000	0.000	0.000								
				z=fine fazz.	d (mm)																
				z=fine fazz.	M (kNm)	0.000						0.000				0.000	23040	33.9	0.0	418.0	
				z=fine fazz.	T (kN)	0.000						0.000									
				z = H	d (mm)	0.213							0.000	0.000							
				z = 0	M (kNm)	2.738						0.000	0.000	0.000	0.000	23040	33.9	0.0	330.0		
				z = 0	T (kN)	1.462						0.000	0.000	0.000							
Con incastro alla base smorz. = 2%	v (km/h) =200 T=0.046s J(faz+prof)=23040	Con incastro alla base smorz. = 2%	z=fine fazz.	d (mm)																	
			z=fine fazz.	M (kNm)	0.000					0.000				0.000	23040	33.9	0.0	418.0			
			z=fine fazz.	T (kN)	0.000					0.000											

Nella tabella sopra riportata, la seconda e terza striscia sono relative alle analisi dinamiche effettuate con velocità di progetto pari rispettivamente a 250 km/h e 200 km/h i cui risultati non vengono riportati in quanto non risultano significativi.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 60020-00

Progetto  
IN05

Lotto  
00

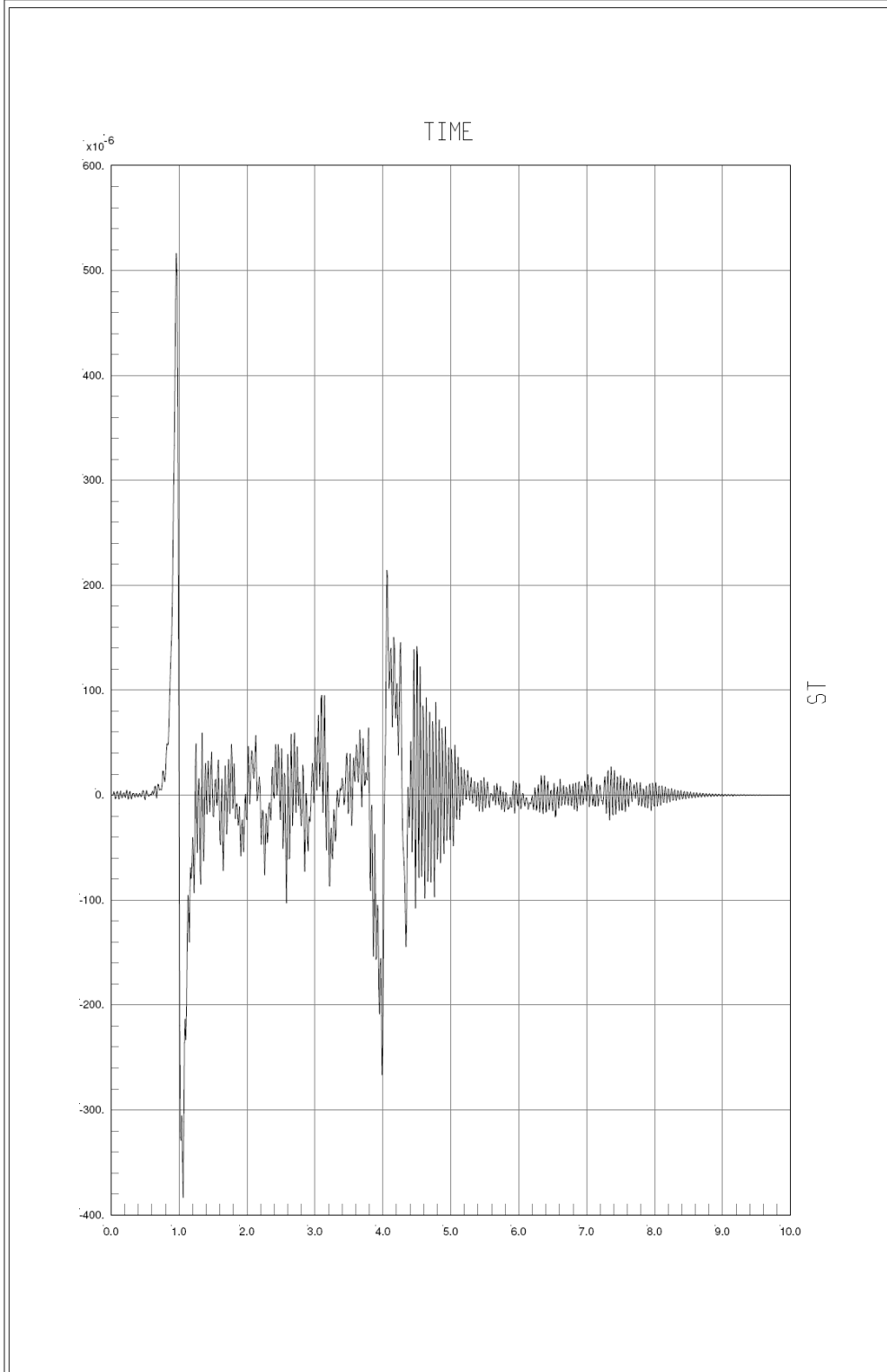
Codifica Documento  
DE2CLIM0006-011

Rev.  
0

Foglio  
18 di 39

SAP2000

Plot Functions 9.30.11 17:14:42



SAP2000 v14.1.0 - File:M3.75m\_HEAA360\_300 - Case:AZIONI - KN, m, C Units  
ST: Joint 1 Displacement UY Vs TIME

Min is -3.835e-04 at 1.0600e+00 Max is 5.161e-04 at 9.6000e-01



Doc. N. 60020-00

Progetto  
IN05

Lotto  
00

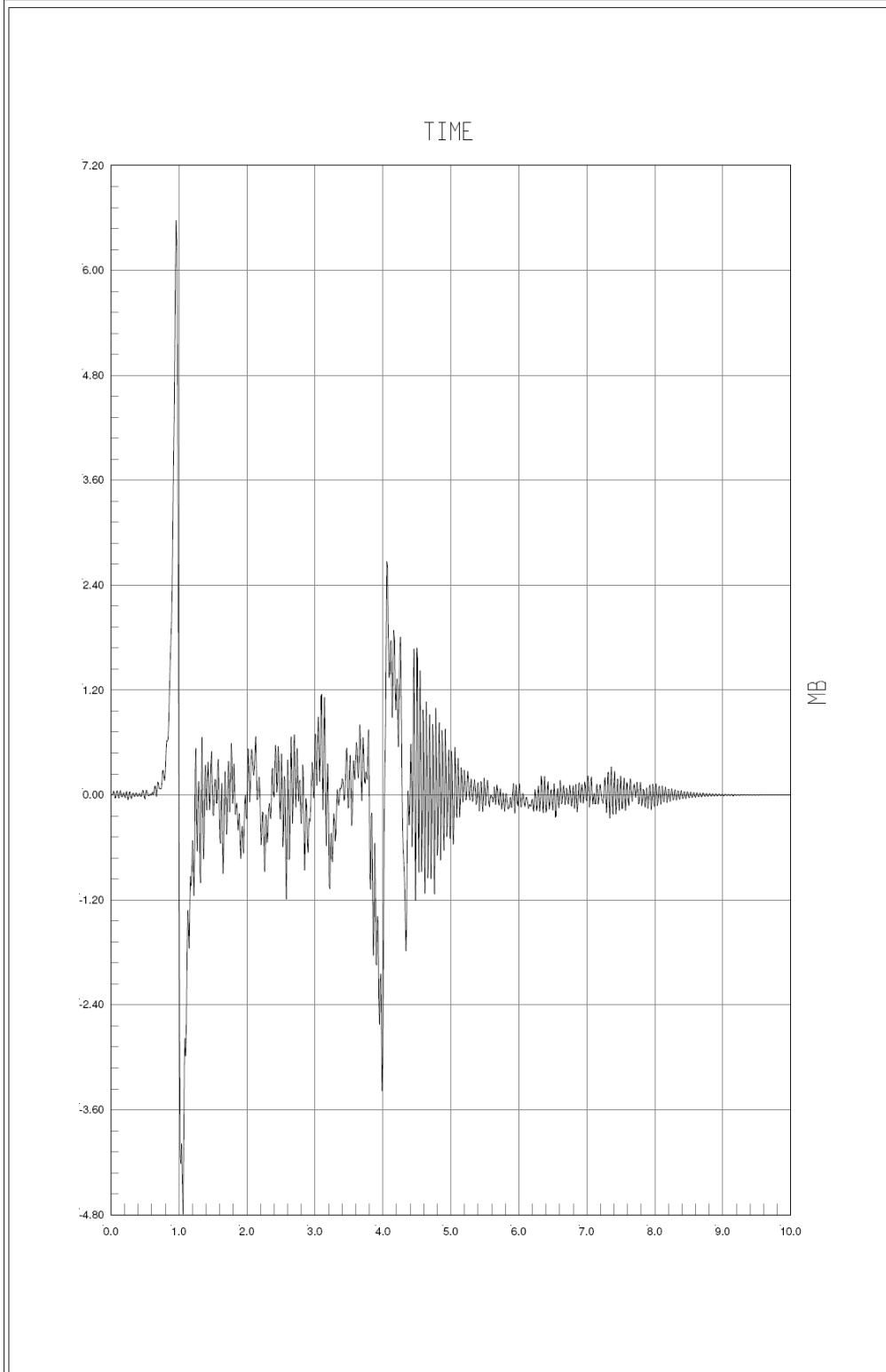
Codifica Documento  
DE2CLIM0006-011

Rev.  
0

Foglio  
19 di 39

SAP2000

Plot Functions 9.30.11 17:16:05

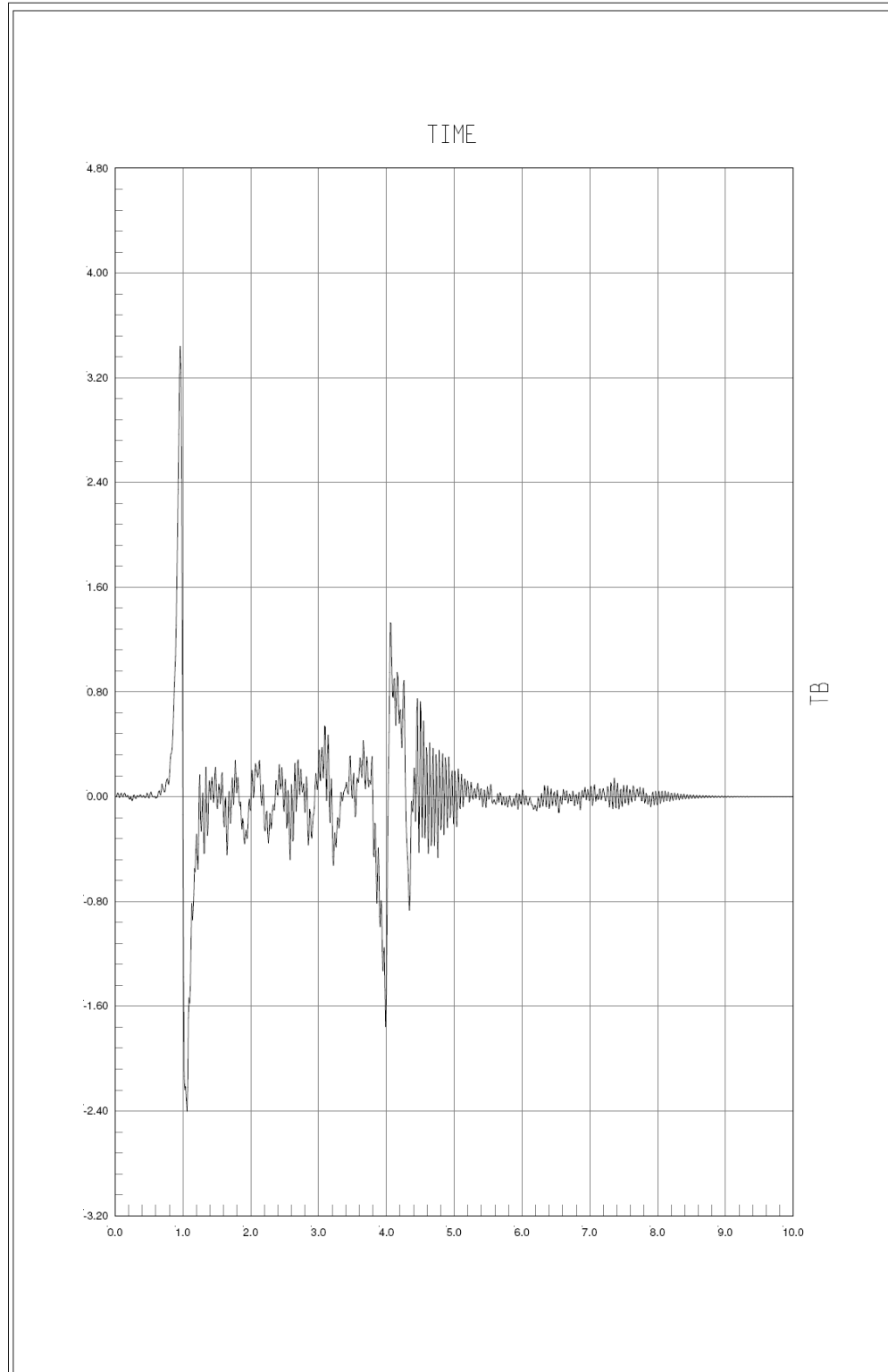


SAP2000 v14.1.0 - File:M3.75m\_HEAA360\_300 - Case:AZIONI - KN, m, C Units  
MB: Frame 21 Station 1 Moment 3-3 Vs TIME  
Min is -4.792e+00 at 1.0600e+00 Max is 6.569e+00 at 9.6000e-01



SAP2000

Plot Functions 9.30.11 17:16:50



SAP2000 v14.1.0 - File:M3.75m\_HEAA360\_300 - Case:AZIONI - KN, m, C Units  
TB: Frame 21 Station 1 Shear 2-2 Vs TIME  
Min is -2.402e+00 at 1.0600e+00 Max is 3.440e+00 at 9.6000e-01



## 7 CALCOLO DELLA PORTANZA DEI TIRAFONDI A SFILAMENTO

Per la determinazione delle portanze ammissibili allo sfilamento dei tirafondi si usano i criteri indicati in letteratura (Strutture in acciaio, ed. Mondadori, di Ballio-Mazzolani), e già utilizzati dallo scrivente per progettazioni analoghe dell'Alta Velocità (Cepav uno).

Si tiene conto degli "effetti di bordo", ossia della riduzione " $\alpha$ " della  $\tau_{ader}$  barra-calcestruzzo a causa della vicinanza "a" della barra " $\phi$ " al bordo del conglomerato secondo quanto riportato nella cosiddetta "formula francese":

$$\alpha = 1/(1+\phi/a)^2$$

nonché della riduzione  $\alpha_1$  del contributo a compressione del calcestruzzo contro la piastra di base sempre secondo quanto riportato nella cosiddetta "formula francese":

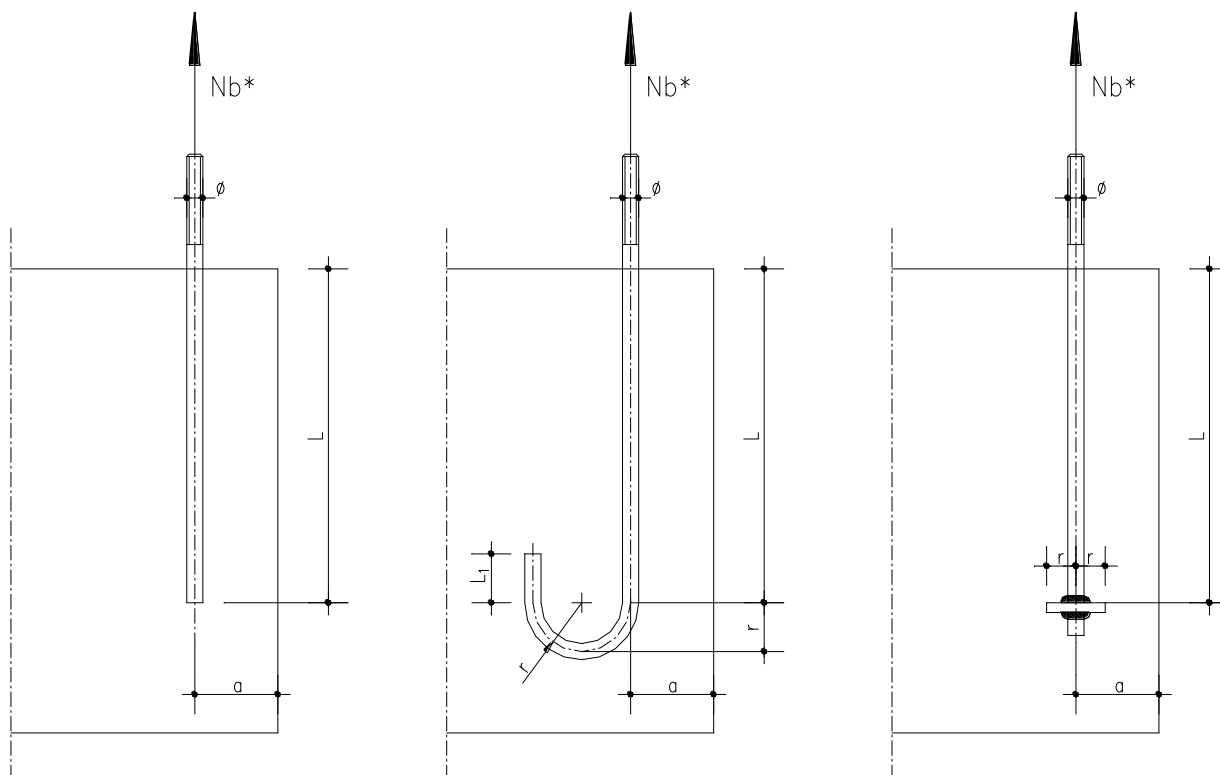
$$\alpha_1 = 1-r/L \text{ per } L \leq a$$

$$\alpha_1 = 1-r/a \text{ per } L > a$$

Nelle tabelle seguenti si riporta il calcolo della portanza dei tirafondi per ancorare i montanti in oggetto.

Il calcolo è svolto sia col metodo alle tensioni Ammissibili sia col metodo agli Stati Limite (secondo il D.M. 14/01/2008).

La simbologia adottata è illustrata nelle figure seguenti:





## 7.1 BARRIERE DI ALTEZZA 6.75M

### 7.1.1 Metodo alle Tensioni Ammissibili

Tirafondi Rettilinei con Piastra rettangolare di ancoraggio		
Tipo:		<b>piastra rettangolare</b>
Ubicazione tirafondo:		Muro
Altezza montante: H =		6.75 m
<b>Dati di input</b>		
Conglomerato: R <sub>ck</sub> =		300 daN/cm <sup>2</sup>
Acciaio tirafondi:		<b>6.8</b>
Barre lisce ?		no
Diametro tirafondo: φ=		<b>3.3</b> cm
Numero tirafondi: n <sub>tot</sub> =		<b>12.0</b>
Area resit.: A <sub>res</sub> =		<b>6.84</b> cm <sup>2</sup>
Base piastra: D <sub>p</sub> =		95.0 cm
Altezza piastra in pianta: H <sub>p</sub> =		45.0 cm
Lunghezza L del tirafondo=		50.0 cm
Distanza dal bordo cls del tirafondo: a=		11.0 cm
Distanza dal bordo piastra dal tirafondo : r=		7.5 cm
Acciaio Piastre:		<b>S355</b>
<b>Caratteristiche geometriche piastra inferiore di ancoraggio</b>		
Piatto di base:		
Base piastra: D <sub>p</sub> =		<b>95.0</b> cm
Lato maggiore foro piastra: =		65.0 cm
Lato minore foro piastra: =		15.0 cm
Area foro piastra: A <sub>foro</sub> =		<b>975.0</b> cm <sup>2</sup>
Base piastra indebolita: B <sub>i</sub> =		<b>30.00</b> cm
Spessore piastra: s <sub>p</sub> =		2.0 cm
<b>Dati calcolati</b>		
τ <sub>c0</sub> : 4+(R <sub>ck</sub> -150)/75=		<b>6.00</b> daN/cm <sup>2</sup>
γ <sub>±</sub> =		<b>3.0</b>
Coeff di riduzione tau: α = 1/(1+φ/a) <sup>2</sup> =		<b>0.592</b>
σ <sub>amm</sub> : 60+(R <sub>ck</sub> -150)/4=		<b>97.50</b> daN/cm <sup>2</sup>
Coeff di riduzione sigma : α <sub>1</sub> = min( 1-(r/a); 1-(r/L) ) =		<b>0.318</b>
1: Rottura per sfilamento nei tratti verticali del tirafondo e schiacciamento del cls presso la piastra		
N <sub>b1</sub> = [α*τ <sub>c0</sub> *γ <sub>±</sub> *π*φ*L]+[(D <sub>p</sub> *H <sub>p</sub> -A <sub>foro</sub> )*σ <sub>amm</sub> *α <sub>1</sub> /n° tot tirafondi]=		<b>14'049</b> daN
Contributo laterale: N <sub>b1-l</sub> =		<b>5'518</b> daN
Contributo della piastra: N <sub>b1-p</sub> =		<b>8'531</b> daN
Tens. ammiss. a sfilamento: σ <sub>b</sub> * = N <sub>b1</sub> /A <sub>res</sub> =		<b>2'054</b> daN/cm <sup>2</sup>
Tens. ammiss. del materiale del tirafondo: σ <sub>amm tir</sub> =		<b>2'400</b> daN/cm <sup>2</sup>
Min: (σ <sub>b</sub> * ; σ <sub>amm tir</sub> ) = σ <sub>b</sub> =		<b>2'054</b> daN/cm <sup>2</sup>
Tensione di serraggio: σ <sub>serr</sub> = 0.65*0.8*f <sub>k,N</sub> =		<b>1'872</b> daN/cm <sup>2</sup>
Tens. ammiss. del materiale della piastra: σ <sub>amm pia</sub> =		<b>2'400</b> daN/cm <sup>2</sup>
Carico sollecitante la piastra: σ = n <sub>tot</sub> *[min(σ <sub>b</sub> ;σ <sub>amm tir</sub> )*A <sub>res</sub> -N <sub>b1-l</sub> ]/(D <sub>p</sub> *H <sub>p</sub> -A <sub>foro</sub> )		<b>31.0</b> daN/cm <sup>2</sup>
Sbalzo di calcolo: r <sub>1</sub> =		8.5 cm
Larghezza influenza piastra: D		15.0 cm
M <sup>(-)</sup> <sub>sbalzo</sub> = σ*D*r <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2 =		<b>16'810.4</b> daNcm
Base resistente: b =		11.5 cm
W <sub>res</sub> = 1/6*b*s <sub>p</sub> <sup>2</sup> =		<b>7.7</b> cm <sup>3</sup>
Tens. Massima nella piastra: σ = M <sup>(-)</sup> <sub>sbalzo</sub> /W <sub>res</sub> =		<b>2'192.7</b> daN/cm <sup>2</sup>
SI = ( φ+2*s/2)*3.14*s =		<b>33.284</b> cm <sup>2</sup>
τ <sub>punzamento</sub> = (min(σ <sub>b</sub> ;σ <sub>amm tir</sub> )*A <sub>res</sub> -N <sub>b1-l</sub> )/SI =		<b>256.3</b> daN/cm <sup>2</sup>



## 7.1.2 Metodo agli stati limite

Tirafondi Rettilinei con Piastra rettangolare di ancoraggio		
Tipo:	piastra rettangolare	
Ubicazione tirafondo:	Muro	
Altezza montante: H =	6.75	m
<b>Dati di input</b>		
Conglomerato: R <sub>ck</sub> =	300	daN/cm <sup>2</sup>
Acciaio tirafondi:	6.8	
Barre lisce ?	no	
Barre molto addensate o ancoraggio in zona di calcestruzzo teso?	si	
Diametro tirafondo: φ =	3.3	cm
Numero tirafondi: n <sub>tot</sub> =	12.0	
Area resit.: A <sub>res</sub> =	6.84	cm <sup>2</sup>
Base piastra: D <sub>p</sub> =	95.0	cm
Altezza piastra in pianta: H <sub>p</sub> =	45.0	cm
Lunghezza L del tirafondo=	50.0	cm
Distanza dal bordo cls del tirafondo: a=	11.0	cm
Distanza dal bordo piastra inferiore dal tirafondo : r=	7.5	cm
Acciaio Piastre:	S355	
γ <sub>c</sub> =	1.5	
α <sub>cc</sub> =	0.85	
γ <sub>M2</sub> =	1.25	
γ <sub>M0</sub> =	1.05	
<b>Caratteristiche geometriche piastra inferiore di ancoraggio</b>		
Piatto di base:		
Base piastra: D <sub>p</sub> =	95.0	cm
Lato maggiore foro piastra: =	65.0	cm
Lato minore foro piastra: =	15.0	cm
Area foro piastra: A <sub>f<sub>oro</sub></sub> =	975.0	cm <sup>2</sup>
Base piastra indebolita: B <sub>f</sub> =	30.00	cm
Spessore piastra: s <sub>p</sub> =	2	cm
Altezza piastra in pianta: H <sub>p</sub> =	45.0	cm
<b>Dati calcolati</b>		
f <sub>ck</sub> = 0.83*R <sub>ck</sub> (resistenza caratteristica cilindrica) =	24.90	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctk</sub> = 0.7*0.3*(f <sub>ck</sub> ) <sup>2/3</sup> *10 (resistenza caratteristica a trazione) =	17.91	daN/cm <sup>2</sup>
η = min(1;(13.2-φ)/10)	0.99	
γ <sub>t</sub> =	1.5	
η <sub>1</sub> =	1.0	
f <sub>bk</sub> = 2.25*η <sup>2</sup> *η <sub>1</sub> *f <sub>ctk</sub> / γ <sub>t</sub> (resistenza tangenziale caratteristica di aderenza) =	26.59	daN/cm <sup>2</sup>
f <sub>bd</sub> =f <sub>bk</sub> /γ <sub>c</sub> (resistenza tangenziale di aderenza di calcolo) =	17.73	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff di riduzione tau: α = 1/(1+φ/a) <sup>2</sup> =	0.592	
Coeff di riduzione sigma : α <sub>1</sub> = min(1-(r/a); 1-(r/L)) =	0.318	
f <sub>ctd</sub> =f <sub>ctk</sub> /γ <sub>c</sub> (resistenza di calcolo a trazione) =	11.94	daN/cm <sup>2</sup>
f <sub>cd</sub> =α <sub>cc</sub> *f <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> *10 (resistenza di calcolo a compressione) =	141.10	daN/cm <sup>2</sup>
1: Rottura per sfilamento nei tratti verticali del tirafondo e schiacciamento del cls presso la piastra		
N <sub>b1</sub> = [α*f <sub>bd</sub> *π*φ*L]+[(D <sub>p</sub> *H <sub>p</sub> -A <sub>f<sub>oro</sub></sub> )*f <sub>cd</sub> *α <sub>1</sub> ]/n° tot tirafondi=	17781	daN
Contributo laterale: N <sub>b1-l</sub> =	5435	daN
Contributo della piastra: N <sub>b1-p</sub> =	12346	daN
Tens. limite a sfilamento: σ <sub>b</sub> * = N <sub>b1</sub> /A <sub>res</sub> =	2'600	daN/cm <sup>2</sup>
Tens. limite del materiale del tirafondo: σ <sub>amm tir</sub> = 0.9*f <sub>tk</sub> /γ <sub>M2</sub> =	4'320	daN/cm <sup>2</sup>
Min: (σ <sub>b</sub> * ; σ <sub>amm tir</sub> ) = σ <sub>b</sub> =	2'600	daN/cm <sup>2</sup>
Tensione di serraggio: σ <sub>serr</sub> = 0.65*0.8*f <sub>tk,N</sub> =	1'872	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto del materiale della piastra: f <sub>yd pia</sub> = f <sub>yk</sub> /γ <sub>M0</sub> =	3'381	daN/cm <sup>2</sup>
Carico sollecitante la piastra: σ = n <sub>tot</sub> *(min(σ <sub>b</sub> ;σ <sub>amm tir</sub> )*A <sub>res</sub> -N <sub>b1-l</sub> )/(D <sub>p</sub> *H <sub>p</sub> -A <sub>f<sub>oro</sub></sub> )	44.9	daN/cm <sup>2</sup>
Sbalzo di calcolo: r <sub>1</sub> =	8.5	cm
Larghezza influenza piastra: D =	15.0	cm
M <sup>(-)</sup> <sub>sbalzo</sub> = σ*D*r <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2 =	24'327.7	daNcm
Base resistente: b =	11.5	cm
W <sub>res</sub> = 1/6*b*s <sub>p</sub> <sup>2</sup> =	7.7	cm <sup>3</sup>
Tens. Massima nella piastra: σ = M <sup>(-)</sup> <sub>sbalzo</sub> /W <sub>res</sub> =	3'173.2	daN/cm <sup>2</sup>
SI = (φ+2*s/2)*3.14*s =	33.284	cm <sup>2</sup>
τ <sub>punzonamento</sub> = (min(σ <sub>b</sub> ;σ <sub>amm tir</sub> )*A <sub>res</sub> -N <sub>b1-l</sub> )/SI =	370.9	daN/cm <sup>2</sup>



## 7.2 BARRIERE DI ALTEZZA 3.75M

### 7.2.1 Metodo alle Tensioni Ammissibili

Tirafondi Rettilinei con Piastra rettangolare di ancoraggio		
Tipo:		<b>piastra rettangolare</b>
Ubicazione tirafondo:		Muro
Altezza montante: H =		3.75 m
<b>Dati di input</b>		
Conglomerato: $R_{ck}$ =		300 daN/cm <sup>2</sup>
Acciaio tirafondi:		<b>6.8</b>
Barre lisce ?		no
Diametro tirafondo: $\phi$ =		<b>3.3</b> cm
Numero tirafondi: $n_{tot}$ =		<b>8.0</b>
Area resit.: $A_{res.}$ =		<b>6.84</b> cm <sup>2</sup>
Base piastra: $D_p$ =		65.0 cm
Altezza piastra in pianta: $H_p$ =		33.0 cm
Lunghezza L del tirafondo=		50.0 cm
Distanza dal bordo cls del tirafondo: a=		14.5 cm
Distanza dal bordo piastra dal tirafondo : r=		6.0 cm
Acciaio Piastre:		<b>S355</b>
<b>Caratteristiche geometriche piastra inferiore di ancoraggio</b>		
Piatto di base:		
Base piastra: $D_p$ =		<b>65.0</b> cm
Lato maggiore foro piastra: =		35.0 cm
Lato minore foro piastra: =		15.0 cm
Area foro piastra: $A_{foro}$ =		<b>525.0</b> cm <sup>2</sup>
Base piastra indebolita: $B_I$ =		<b>30.00</b> cm
Spessore piastra: $s_p$ =		2.0 cm
<b>Dati calcolati</b>		
$\tau_{c0} : 4+(R_{ck}-150)/75=$		<b>6.00</b> daN/cm <sup>2</sup>
$\gamma_{\tau} =$		<b>3.0</b>
Coeff di riduzione tau: $\alpha = 1/(1+\phi/a)^2 =$		<b>0.664</b>
$\sigma_{camm} : 60+(R_{ck}-150)/4=$		<b>97.50</b> daN/cm <sup>2</sup>
Coeff di riduzione sigma : $\alpha_1 = \min(1-(r/a); 1-(r/L)) =$		<b>0.586</b>
1: Rottura per sfilamento nei tratti verticali del tirafondo e schiacciamento del cls presso la piastra		
$N_{b1} = [\alpha \cdot \tau_{c0} \cdot \gamma_{\tau} \cdot \pi \cdot \phi \cdot L] + [(D_p \cdot H_p - A_{foro}) \cdot \sigma_{camm} \cdot \alpha_1 / n^{\circ} \text{ tot tirafondi}] =$		<b>17'762</b> daN
Contributo laterale: $N_{b1-t} =$		<b>6'188</b> daN
Contributo della piastra: $N_{b1-p} =$		<b>11'574</b> daN
Tens. ammiss. a sfilamento: $\sigma_b^* = N_{b1}/A_{res} =$		<b>2'597</b> daN/cm <sup>2</sup>
Tens. ammiss. del materiale del tirafondo: $\sigma_{amm \text{ tir}} =$		<b>2'400</b> daN/cm <sup>2</sup>
Min: ( $\sigma_b^*$ ; $\sigma_{amm \text{ tir}}$ ) = $\sigma_b =$		<b>2'400</b> daN/cm <sup>2</sup>
Tensione di serraggio: $\sigma_{serr} = 0.65 \cdot 0.8 \cdot f_{k,N} =$		1'872 daN/cm <sup>2</sup>
Tens. ammiss. del materiale della piastra: $\sigma_{amm \text{ pia}} =$		<b>2'400</b> daN/cm <sup>2</sup>
Carico sollecitante la piastra: $\sigma = n_{tot} \cdot (\min(\sigma_b; \sigma_{amm \text{ tir}}) \cdot A_{res} - N_{b1-t}) / (D_p \cdot H_p - A_{foro})$		<b>50.5</b> daN/cm <sup>2</sup>
Sbalzo di calcolo: $r_1 =$		7.5 cm
Larghezza influenza piastra: D		11.5 cm
$M^{(l)}_{sbalzo} = \sigma \cdot D \cdot r_1^2 / 2 =$		<b>16'331.5</b> daNcm
Base resistente: b =		11.5 cm
$W_{res} = 1/6 \cdot b \cdot s_p^2 =$		<b>7.7</b> cm <sup>3</sup>
Tens. Massima nella piastra: $\sigma = M^{(l)}_{sbalzo} / W_{res} =$		<b>2'130.2</b> daN/cm <sup>2</sup>
$SI = (\phi + 2 \cdot s/2) \cdot 3.14 \cdot s =$		33.284 cm <sup>2</sup>
$\tau_{punzonamento} = (\min(\sigma_b; \sigma_{amm \text{ tir}}) \cdot A_{res} - N_{b1-t}) / SI =$		<b>307.2</b> daN/cm <sup>2</sup>





## 7.2.2 Metodo agli stati limite

Tirafondi Rettilinei con Piastra rettangolare di ancoraggio		
Tipo:	piastra rettangolare	
Ubicazione tirafondo:	Muro	
Altezza montante: H =	3.75	m
<b>Dati di input</b>		
Conglomerato: R <sub>ck</sub> =	300	daN/cm <sup>2</sup>
Acciaio tirafondi:	6.8	
Barre lisce ?	no	
Barre molto addensate o ancoraggio in zona di calcestruzzo teso?	si	
Diametro tirafondo: φ =	3.3	cm
Numero tirafondi: n <sub>tot</sub> =	8.0	
Area resit.: A <sub>res</sub> =	6.84	cm <sup>2</sup>
Base piastra: D <sub>p</sub> =	65.0	cm
Altezza piastra in pianta: H <sub>p</sub> =	33.0	cm
Lunghezza L del tirafondo=	50.0	cm
Distanza dal bordo cls del tirafondo: a=	14.5	cm
Distanza dal bordo piastra inferiore dal tirafondo : r=	6.0	cm
Acciaio Piastre:	S355	
γ <sub>c</sub> =	1.5	
α <sub>cc</sub> =	0.85	
γ <sub>M2</sub> =	1.25	
γ <sub>M0</sub> =	1.05	
<b>Caratteristiche geometriche piastra inferiore di ancoraggio</b>		
Piatto di base:		
Base piastra: D <sub>p</sub> =	65.0	cm
Lato maggiore foro piastra: =	35.0	cm
Lato minore foro piastra: =	15.0	cm
Area foro piastra: A <sub>foro</sub> =	525.0	cm <sup>2</sup>
Base piastra indebolita: B <sub>i</sub> =	30.00	cm
Spessore piastra: s <sub>p</sub> =	2	cm
Altezza piastra in pianta: H <sub>p</sub> =	33.0	cm
<b>Dati calcolati</b>		
f <sub>ck</sub> = 0.83·R <sub>ck</sub> (resistenza caratteristica cilindrica) =	24.90	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctk</sub> = 0.7·0.3·(f <sub>ck</sub> /√2/3) <sup>10</sup> (resistenza caratteristica a trazione) =	17.91	daN/cm <sup>2</sup>
η = min(1;(13.2·φ)/10)	0.99	
γ <sub>t</sub> =	1.5	
η <sub>1</sub> =	1.0	
f <sub>bk</sub> = 2.25·η <sup>1</sup> ·f <sub>ctk</sub> / γ <sub>t</sub> (resistenza tangenziale caratteristica di aderenza) =	26.59	daN/cm <sup>2</sup>
f <sub>bd</sub> =f <sub>bk</sub> /γ <sub>c</sub> (resistenza tangenziale di aderenza di calcolo) =	17.73	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff di riduzione tau: α = 1/(1+φ/a) <sup>2</sup> =	0.664	
Coeff di riduzione sigma : α <sub>1</sub> = min(1-(r/a); 1-(r/L)) =	0.586	
f <sub>ctd</sub> =f <sub>ctk</sub> /γ <sub>c</sub> (resistenza di calcolo a trazione) =	11.94	daN/cm <sup>2</sup>
f <sub>cd</sub> =α <sub>cc</sub> ·f <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> ·10 (resistenza di calcolo a compressione) =	141.10	daN/cm <sup>2</sup>
1: Rottura per sfilamento nei tratti verticali del tirafondo e schiacciamento del cls presso la piastra		
N <sub>b1</sub> = [α·f <sub>bd</sub> ·π·φ·L]+[(D <sub>p</sub> ·H <sub>p</sub> -A <sub>foro</sub> )·f <sub>cd</sub> ·α <sub>1</sub> ]/n° tot tirafondi=	22844	daN
Contributo laterale: N <sub>b1-l</sub> =	6095	daN
Contributo della piastra: N <sub>b1-p</sub> =	16750	daN
Tens. limite a sfilamento: σ <sub>b</sub> * = N <sub>b1-l</sub> /A <sub>res</sub> =	3340	daN/cm <sup>2</sup>
Tens. limite del materiale del tirafondo: σ <sub>amm tir</sub> = 0.9·f <sub>yk</sub> /γ <sub>M2</sub> =	4320	daN/cm <sup>2</sup>
Min: (σ <sub>b</sub> * ; σ <sub>amm tir</sub> ) = σ <sub>b</sub> =	3340	daN/cm <sup>2</sup>
Tensione di serraggio: σ <sub>serr</sub> = 0.65·0.8·f <sub>yk,N</sub> =	1872	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto del materiale della piastra: f <sub>y d pia</sub> = f <sub>yk</sub> /γ <sub>M0</sub> =	3381	daN/cm <sup>2</sup>
Carico sollecitante la piastra: σ = n <sub>tot</sub> ·(min(σ <sub>b</sub> ; σ <sub>amm tir</sub> )·A <sub>res</sub> -N <sub>b1-l</sub> )/(D <sub>p</sub> ·H <sub>p</sub> -A <sub>foro</sub> )	78.6	daN/cm <sup>2</sup>
Sbalzo di calcolo: r <sub>1</sub> =	7.5	cm
Larghezza influenza piastra: D =	11.5	cm
M <sup>(l)</sup> <sub>sbalzo</sub> = σ·D·r <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2 =	25415.1	daNcm
Base resistente: b =	11.5	cm
W <sub>res</sub> = 1/6·b <sup>3</sup> ·s <sub>p</sub> <sup>2</sup> =	7.7	cm <sup>3</sup>
Tens. Massima nella piastra: σ = M <sup>(l)</sup> <sub>sbalzo</sub> /W <sub>res</sub> =	3315.0	daN/cm <sup>2</sup>
SI = (φ+2·s/2)·3.14·s =	33.284	cm <sup>2</sup>
Impunzonamento = (min(σ <sub>b</sub> ; σ <sub>amm tir</sub> )·A <sub>res</sub> -N <sub>b1-l</sub> )/SI =	503.2	daN/cm <sup>2</sup>



## 8 VERIFICHE DELLA SEZIONE DI ATTACCO MONTANTE-FONDAZIONE: RESISTENZA, SFILAMENTO, SERRAGGIO, FATICA DEI TIRAFONDI

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le verifiche in oggetto: dapprima col metodo alle Tensioni Ammissibili, quindi col metodo agli Stati Limite (secondo il D.M. 14/01/2008).

### 8.1 BARRIERE DI ALTEZZA 6.75M

Sezione di attacco montanti-fondazione. Verifiche lato conglomerato.	
Verifiche lato tirafondi di: resistenza, sfilamento, serraggio, fatica.	
Barriere su: Muro	
Ipotesi di montante:	
<b>0) Caratteristiche barriere</b>	<b>Barriere su Muro (6+6) M33 tirafondi rettilinei con piastra di ancoraggio</b>
Altezza montante: $H_m =$ (m)	6.75
Interasse montanti: $i =$ (m)	3.0
Tipo di pannelli:	<b>Pesanti e leggeri</b>
Peso medio pannelli pesanti: $p_1 =$ (daN/m <sup>2</sup> )	250.0
Peso pannelli leggeri: $p_2 =$ (daN/m <sup>2</sup> )	25.0
Peso montante: $p_m =$ (daN/m)	100.0
Altezza pannelli pesanti: $h_1 =$ (m)	0.75
Altezza pannelli leggeri: $h_2 =$ (m)	6.00
<b>1) Sollecitaz. di progetto come da Linee Guida per verifiche statiche</b>	
Pressione del vento: $p_w =$ (daN/m <sup>2</sup> )	158.0
Distanza asse binario-barriera: $a_g =$ (m)	5.20
Velocità massima di progetto: $v =$ (km/h)	300.0
Coefficiente $k_1 =$	0.60
Pressione aerod. uniforme: $p_{aer} =$ (daN/m <sup>2</sup> )	29.2
Pressione totale: $p_{tot} = p_w + p_{aer} =$ (daN/m <sup>2</sup> )	187.2
Pressione minima di progetto: $p_{min\ prog} =$ (daN/m <sup>2</sup> )	250.0
Massimo tra ( $p_{tot}$ ; $p_{min\ prog}$ ) = (daN/m <sup>2</sup> )	250.0
$N_1 =$ (daN)	1'687.5
$M_1 =$ (daNm)	17'085.9
$T_1 =$ (daN)	5'062.5
<b>2) Sollecitaz. di progetto come da Normativa FS per verifiche statiche</b>	
Momento da pressione del vento: $M_{pw} =$ (daNm)	10'798.3
Momento da pressione aerodinamica: $M_{paerod} =$ (daNm)	1'995.1
Momento totale: $M_{ptot} = M_{pw} + M_{paerod} =$ (daNm)	12'793.4
Momento minimo di progetto: $M_{min\ prog} =$ (daNm)	17'085.9
Massimo tra ( $M_{ptot}$ ; $M_{min\ prog}$ ) = (daNm)	17'085.9
Taglio da pressione del vento: $T_{pw} =$ (daN)	3'199.5
Taglio da pressione aerodinamica: $T_{paerod} =$ (daN)	591.1
Taglio totale: $M_{ptot} = M_{pw} + M_{paerod} =$ (daN)	3'790.6
Taglio minimo di progetto: $T_{min\ prog} =$ (daN)	5'062.5
Massimo tra ( $T_{ptot}$ ; $T_{min\ prog}$ ) = (daN)	5'062.5
$N_2 =$ (daN)	1'687.5
$M_2 =$ (daN)	17'085.9
$T_2 =$ (daN)	5'062.5
<b>3) Sollecitazioni di progetto massime per verifiche statiche</b>	
$N = N_1 = N_2 =$ (daN)	1'687.5
$M = \max (M_1; M_2) =$ (daNm)	17'085.9
$T = \max (T_1; T_2) =$ (daN)	5'062.5
<b>4) Coefficienti dinamici (desunti dalle analisi dinam.) per verifiche a fatica</b>	
$\phi_M =$	1.70
$\phi_T =$	1.36
Momento da pressione aerodinamica dinamizzato: $\phi_M * M_{paerod} =$ (daNm)	3'391.7
Taglio da pressione aerodinamica dinamizzato: $\phi_T * T_{paerod} =$ (daN)	804.0



	<i>Pesanti e leggeri</i>
<b>5) Caratteristiche sezione di base (piastra e tirafondi)</b>	
B = (cm)	95.0
H = (cm)	45.0
c = (cm)	8.5
Numero tirafondi per fila: n	6
Diametro tirafondo: d = (cm)	3.3
Area resistente: A <sub>res</sub> = (cm <sup>2</sup> )	6.84
A <sub>a</sub> = n * A <sub>res</sub> (cm <sup>2</sup> )	41.03
A <sub>a'</sub> = A <sub>a</sub> (non messa in conto nelle verifiche a pressoflessione) = (cm <sup>2</sup> )	41.03
Acciaio tirafondi:	6.8
Tensione ammissibile per verifiche di resistenza: σ <sub>a amm</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	2'400
Tensione ammissibile a sfilamento: σ <sub>a sfilam.</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	2'054
Tensione di serraggio come da Normativa: σ <sub>a max serr</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	2880
Tensione di serraggio applicata: σ <sub>a serr</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	1'872
σ <sub>a serr</sub> /σ <sub>a max serr</sub> =	65.0%
Compressione media sotto piastra prodotta dal serraggio = (daN/cm <sup>2</sup> )	-35.9
Forza di trazione nel gambo: N <sub>s</sub> = σ <sub>a serr</sub> * A <sub>res</sub> = (kN)	128.0
Coppia di serraggio: T <sub>s</sub> = 0.2 * N <sub>s</sub> * d = (Nm)	845
<b>6) Verifiche di resistenza, sfilamento e serraggio dei tirafondi</b>	
N = (daN)	1'687.5
M = (daNm)	17'085.9
x = (cm)	16.4
σ <sub>c</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	-71.7
σ <sub>a</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	1'319.0
σ <sub>a</sub> /σ <sub>a max serr</sub> =	45.8%
<b>Coefficienti di sicurezza</b>	
(resistenza): σ <sub>a amm</sub> /σ <sub>a</sub> =	1.82
(sfilamento 1): σ <sub>a sfilam</sub> /σ <sub>a</sub> =	1.56
(sfilamento 2): σ <sub>a sfilam</sub> /σ <sub>a serr</sub> =	1.10
(serraggio): σ <sub>a serr</sub> /σ <sub>a</sub> =	1.42
Verifica di resistenza: σ <sub>a</sub> < σ <sub>a amm</sub> ?	SI', (OK)
Verifica a sfilamento: max(σ <sub>a</sub> ; σ <sub>a serr</sub> ) < σ <sub>a sfilam</sub> ?	SI', (OK)
Verifica al serraggio: σ <sub>a</sub> < σ <sub>a serr</sub> / 1.05?	SI', (OK)
<b>7) Verifiche del serraggio dei tirafondi in condizioni di fatica</b>	
Presenti: azioni permanenti+azioni aerodinamiche dei treni dinamizzate,	
si verifica che la sezione non si parzializzi, in modo che Δσ <sub>a</sub> = 0	
N = N <sub>pes</sub> *0+N <sub>serr</sub> = (daN)	153'629.5
M = φ <sub>M</sub> * M <sub>paerod</sub> (daNm)	3'391.7
σ <sub>c max</sub> = -N/A-M/W (daN/cm <sup>2</sup> )	-46.5
σ <sub>c min</sub> = -N/A+M/W (daN/cm <sup>2</sup> )	-25.4
La sezione è tutta compressa?	SI', (OK)
<b>8) Verifiche a fatica dei tirafondi senza mettere in conto il serraggio</b>	
Verifica svolta senza mettere in conto il serraggio dei tirafondi.	
Secondo quanto riportato nell'Eurocodice 3 per le bullonature, si verifica che risulti:	
σ <sub>a</sub> < Δσ <sub>D</sub> * (30/γ <sub>m</sub> ) <sup>0.25</sup> / γ <sub>m</sub> = 36.86 * 0.976 / 1.25 = 28.76 N/mm <sup>2</sup>	
(con Δσ <sub>D</sub> valore del punto D della curva Δσ <sub>R</sub> =50 N/mm <sup>2</sup> -EN1993-1-9:2005 Table 8.1)	
Anche questa verifica viene svolta senza considerare i tirafondi in zona compressa.	
N = (daN)	0.0
M = (daNm)	3'391.7
x = (cm)	16.2
σ <sub>c</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	-14.2
σ <sub>a</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	265.8
Δσ <sub>D</sub> /γ <sub>m</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	287.6
σ <sub>a</sub> < Δσ <sub>D</sub> /γ <sub>m</sub> ?	SI', (OK)
<b>9) Verifiche allo scorrimento</b>	
Si verifica che il taglio di progetto sia assorbito dall'attrito prodotto dal serraggio dei tirafondi. A favore di sicurezza si considerano attivi i soli tirafondi posti lato calcestruzzo compresso.	
Coefficiente di attrito: μ =	
0.30	
Coefficiente di riduzione: γ <sub>d</sub> =	
1.25	
Taglio di progetto: T <sub>prog</sub> = T = (daN)	
5'062.5	
N <sub>serr</sub> = σ <sub>a serr</sub> * A <sub>a'</sub> = (daN)	
76'814.7	
Attrito trasmesso dal serraggio sui tirafondi: T <sub>res</sub> = μ * N <sub>serr</sub> / γ <sub>d</sub> = (daN)	
18'435.5	
T <sub>res</sub> /T <sub>prog</sub> =	
3.64	
T <sub>res</sub> > T <sub>prog</sub> ?	
SI', (OK)	



Tirafondi Rettilinei con Piastra rettangolare di ancoraggio		
Tipo:		<b>piastra rettangolare</b>
Ubicazione tirafondo:		Muro
Altezza montante: H =		6.75 m
<b>Dati di input</b>		
Conglomerato: R <sub>ck</sub> =		300 daN/cm <sup>2</sup>
Acciaio tirafondi:		<b>6.8</b>
Barre lisce ?		no
Barre molto addensate o ancoraggio in zona di calcestruzzo teso?		si
Diametro tirafondo: φ =		<b>3.3</b> cm
Numero tirafondi: n <sub>tot</sub> =		<b>12.0</b>
Area resit.: A <sub>res</sub> =		<b>6.84</b> cm <sup>2</sup>
Base piastra: D <sub>p</sub> =		95.0 cm
Altezza piastra in pianta: H <sub>p</sub> =		45.0 cm
Lunghezza L del tirafondo=		50.0 cm
Distanza dal bordo cls del tirafondo: a=		11.0 cm
Distanza dal bordo piastra inferiore dal tirafondo : r=		7.5 cm
Acciaio Piastre:		<b>S355</b>
γ <sub>c</sub> =		1.5
α <sub>cc</sub> =		0.85
γ <sub>M2</sub> =		1.25
γ <sub>M0</sub> =		1.05
<b>Caratteristiche geometriche piastra inferiore di ancoraggio</b>		
Piatto di base:		
Base piastra: D <sub>p</sub> =		<b>95.0</b> cm
Lato maggiore foro piastra: =		65.0 cm
Lato minore foro piastra: =		15.0 cm
Area foro piastra: A <sub>foro</sub> =		<b>975.0</b> cm <sup>2</sup>
Base piastra indebolita: B=		<b>30.00</b> cm
Spessore piastra: s <sub>p</sub> =		2 cm
Altezza piastra in pianta: H <sub>p</sub> =		<b>45.0</b> cm
<b>Dati calcolati</b>		
f <sub>ck</sub> = 0.83*R <sub>ck</sub> (resistenza caratteristica cilindrica) =		<b>24.90</b> N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctk</sub> = 0.7*0.3*(f <sub>ck</sub> ) <sup>2/3</sup> *10 (resistenza caratteristica a trazione) =		<b>17.91</b> daN/cm <sup>2</sup>
η = min(1;(13.2-φ)/10)		<b>0.99</b>
γ <sub>t</sub> =		<b>1.5</b>
η <sub>t</sub> =		<b>1.0</b>
f <sub>tk</sub> = 2.25*η*η <sub>t</sub> *f <sub>ctk</sub> / γ <sub>t</sub> (resistenza tangenziale caratteristica di aderenza) =		<b>26.59</b> daN/cm <sup>2</sup>
f <sub>bd</sub> =f <sub>tk</sub> /γ <sub>c</sub> (resistenza tangenziale di aderenza di calcolo) =		<b>17.73</b> daN/cm <sup>2</sup>
Coeff di riduzione tau: α = 1/(1+φ/a) <sup>2</sup> =		<b>0.592</b>
Coeff di riduzione sigma : α <sub>1</sub> = min(1-(r/a); 1-(r/L)) =		<b>0.318</b>
f <sub>ctd</sub> =f <sub>ctk</sub> /γ <sub>c</sub> (resistenza di calcolo a trazione) =		<b>11.94</b> daN/cm <sup>2</sup>
f <sub>cd</sub> =α <sub>cc</sub> *f <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> *10 (resistenza di calcolo a compressione) =		<b>141.10</b> daN/cm <sup>2</sup>
1: Rottura per sfilamento nei tratti verticali del tirafondo e schiacciamento del cls presso la piastra		
N <sub>b1</sub> = [α*f <sub>bd</sub> *π*φ*L]+[(D <sub>p</sub> *H <sub>p</sub> -A <sub>foro</sub> )*f <sub>cd</sub> *α <sub>1</sub> ]/n° tot tirafondi=		<b>19'559</b> daN
Contributo laterale: N <sub>b1-t</sub> =		<b>5'978</b> daN
Contributo della piastra: N <sub>b1-p</sub> =		<b>13'581</b> daN
Tens. limite a sfilamento: σ <sub>b</sub> * = N <sub>b1</sub> /A <sub>res</sub> =		<b>2'860</b> daN/cm <sup>2</sup>
Tens. limite del materiale del tirafondo: σ <sub>amm tir</sub> = 0.9*f <sub>tk</sub> /γ <sub>M2</sub> =		<b>4'320</b> daN/cm <sup>2</sup>
Min: (σ <sub>b</sub> * ; σ <sub>amm tir</sub> ) = σ <sub>b</sub> =		<b>2'860</b> daN/cm <sup>2</sup>
Tensione di serraggio: σ <sub>serr</sub> = 0.65*0.8*f <sub>k,N</sub> =		1'872 daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto del materiale della piastra: f <sub>yd pia</sub> = f <sub>yk</sub> /γ <sub>M0</sub> =		<b>3'381</b> daN/cm <sup>2</sup>
Carico sollecitante la piastra: σ = n <sub>tot</sub> *(min(σ <sub>b</sub> ;σ <sub>amm tir</sub> )*A <sub>res</sub> -N <sub>b1-t</sub> )/(D <sub>p</sub> *H <sub>p</sub> -A <sub>foro</sub> )		<b>49.4</b> daN/cm <sup>2</sup>
Sbalzo di calcolo: r <sub>1</sub> =		8.5 cm
Larghezza influenza piastra: D =		15.0 cm
M <sup>(-)</sup> <sub>sbalzo</sub> = σ*D*r <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2 =		<b>26'760.5</b> daNcm
Base resistente: b =		11.5 cm
W <sub>res</sub> = 1/6*b*s <sub>p</sub> <sup>2</sup> =		<b>7.7</b> cm <sup>3</sup>
Tens. Massima nella piastra: σ = M <sup>(-)</sup> <sub>sbalzo</sub> /W <sub>res</sub> =		<b>3'490.5</b> daN/cm <sup>2</sup>
SI = ( φ+2*s/2)*3.14*s =		33.284 cm <sup>2</sup>
τ <sub>punzonamento</sub> = (min(σ <sub>b</sub> ;σ <sub>amm tir</sub> )*A <sub>res</sub> -N <sub>b1-t</sub> )/SI =		<b>408.0</b> daN/cm <sup>2</sup>



## 8.2 BARRIERE DI ALTEZZA 3.75M

Sezione di attacco montanti-fondazione. Verifiche lato conglomerato.	
Verifiche lato tirafondi di: resistenza, sfilamento, serraggio, fatica.	
Barriere su: Muro	
Ipotesi di montante:	
<b>0) Caratteristiche barriere</b>	<b>Barriere su Muro (4+4) M33 tirafondi rettilinei con piastra di ancoraggio</b>
Altezza montante: $H_m =$ (m)	3.75
Interasse montanti: $i =$ (m)	3.0
Tipo di pannelli:	<b>Pesanti e leggeri</b>
Peso medio pannelli pesanti: $p_1 =$ (daN/m <sup>2</sup> )	250.0
Peso pannelli leggeri: $p_2 =$ (daN/m <sup>2</sup> )	25.0
Peso montante: $p_m =$ (daN/m)	90.0
Altezza pannelli pesanti: $h_1 =$ (m)	0.75
Altezza pannelli leggeri: $h_2 =$ (m)	3.00
<b>1) Sollecitaz. di progetto come da Linee Guida per verifiche statiche</b>	
Pressione del vento: $p_w =$ (daN/m <sup>2</sup> )	158.0
Distanza asse binario-barriera: $a_g =$ (m)	5.20
Velocità massima di progetto: $v =$ (km/h)	300.0
Coefficiente $k_1 =$	0.60
Pressione aerod. uniforme: $p_{aer} =$ (daN/m <sup>2</sup> )	29.2
Pressione totale: $p_{tot} = p_w + p_{aer} =$ (daN/m <sup>2</sup> )	187.2
Pressione minima di progetto: $p_{min\ prog} =$ (daN/m <sup>2</sup> )	250.0
Massimo tra ( $p_{tot}$ ; $p_{min\ prog}$ ) = (daN/m <sup>2</sup> )	250.0
$N_1 =$ (daN)	1'125.0
$M_1 =$ (daNm)	5'273.4
$T_1 =$ (daN)	2'812.5
<b>2) Sollecitaz. di progetto come da Normativa FS per verifiche statiche</b>	
Momento da pressione del vento: $M_{p_w} =$ (daNm)	3'332.8
Momento da pressione aerodinamica: $M_{p_{aerod}} =$ (daNm)	615.8
Momento totale: $M_{ptot} = M_{p_w} + M_{p_{aerod}} =$ (daNm)	3'948.6
Momento minimo di progetto: $M_{min\ prog} =$ (daNm)	5'273.4
Massimo tra ( $M_{ptot}$ ; $M_{min\ prog}$ ) = (daNm)	5'273.4
Taglio da pressione del vento: $T_{p_w} =$ (daN)	1'777.5
Taglio da pressione aerodinamica: $T_{p_{aerod}} =$ (daN)	328.4
Taglio totale: $M_{ptot} = M_{p_w} + M_{p_{aerod}} =$ (daN)	2'105.9
Taglio minimo di progetto: $T_{min\ prog} =$ (daN)	2'812.5
Massimo tra ( $T_{ptot}$ ; $T_{min\ prog}$ ) = (daN)	2'812.5
$N_2 =$ (daN)	1'125.0
$M_2 =$ (daN)	5'273.4
$T_2 =$ (daN)	2'812.5
<b>3) Sollecitazioni di progetto massime per verifiche statiche</b>	
$N = N_1 = N_2 =$ (daN)	1'125.0
$M = \max (M_1; M_2) =$ (daNm)	5'273.4
$T = \max (T_1; T_2) =$ (daN)	2'812.5
<b>4) Coefficienti dinamici (desunti dalle analisi dinam.) per verifiche a fatica</b>	
$\phi_M =$	1.10
$\phi_T =$	1.10
Momento da pressione aerodinamica dinamizzato: $\phi_M * M_{p_{aerod}} =$ (daNm)	677.4
Taglio da pressione aerodinamica dinamizzato: $\phi_T * T_{p_{aerod}} =$ (daN)	361.3



	<i>Pesanti e leggeri</i>
<b>5) Caratteristiche sezione di base (piastra e tirafondi)</b>	
B = (cm)	65.0
H = (cm)	36.0
c = (cm)	7.5
Numero tirafondi per fila: n	4
Diametro tirafondo: d = (cm)	3.3
Area resistente: $A_{res} = (cm^2)$	6.84
$A_a = n \cdot A_{res} (cm^2)$	27.36
$A_a' = A_a$ (non messa in conto nelle verifiche a pressoflessione) = (cm <sup>2</sup> )	27.36
Acciaio tirafondi:	6.8
Tensione ammissibile per verifiche di resistenza: $\sigma_{a\ amm} = (daN/cm^2)$	2'400
Tensione ammissibile a sfilamento: $\sigma_{a\ sfilam.} = (daN/cm^2)$	2'400
Tensione di serraggio come da Normativa: $\sigma_{a\ max\ serr} = (daN/cm^2)$	2'880
Tensione di serraggio applicata: $\sigma_{a\ serr} = (daN/cm^2)$	1'872
$\sigma_{a\ serr}/\sigma_{a\ max\ serr} =$	65.0%
Compressione media sotto piastra prodotta dal serraggio = (daN/cm <sup>2</sup> )	-43.8
Forza di trazione nel gambo: $N_s = \sigma_{a\ serr} \cdot A_{res} = (kN)$	128.0
Coppia di serraggio: $T_s = 0.2 \cdot N_s \cdot d = (Nm)$	845
<b>6) Verifiche di resistenza, sfilamento e serraggio dei tirafondi</b>	
N = (daN)	1'125.0
M = (daNm)	5'273.4
x = (cm)	13.9
$\sigma_c = (daN/cm^2)$	-50.0
$\sigma_a = (daN/cm^2)$	785.0
$\sigma_a/\sigma_{a\ max\ serr} =$	27.3%
<b>Coefficienti di sicurezza</b>	
(resistenza): $\sigma_{a\ amm}/\sigma_a =$	3.06
(sfilamento 1): $\sigma_{a\ sfilam}/\sigma_a =$	3.06
(sfilamento 2): $\sigma_{a\ sfilam}/\sigma_{a\ serr} =$	1.28
(serraggio): $\sigma_{a\ serr}/\sigma_a =$	2.38
Verifica di resistenza: $\sigma_a < \sigma_{a\ amm}?$	SI', (OK)
Verifica a sfilamento: $\max(\sigma_a, \sigma_{a\ serr}) < \sigma_{a\ sfilam}?$	SI', (OK)
Verifica al serraggio: $\sigma_a < \sigma_{a\ serr} / 1.05?$	SI', (OK)
<b>7) Verifiche del serraggio dei tirafondi in condizioni di fatica</b>	
Presenti: azioni permanenti+azioni aerodinamiche dei treni dinamizzate,	
si verifica che la sezione non si parzializzi, in modo che $\Delta\sigma_a = 0$	
$N = N_{pesi} \cdot 0 + N_{serr} = (daN)$	102'419.7
$M = \phi_M \cdot M_{paerod} (daNm)$	677.4
$\sigma_{c\ max} = -N/A - M/W (daN/cm^2)$	-48.6
$\sigma_{c\ min} = -N/A + M/W (daN/cm^2)$	-38.9
La sezione è tutta compressa?	SI', (OK)
<b>8) Verifiche a fatica dei tirafondi senza mettere in conto il serraggio</b>	
Verifica svolta senza mettere in conto il serraggio dei tirafondi.	
Secondo quanto riportato nell'Eurocodice 3 per le bullonature, si verifica che risulti:	
$\sigma_a < \Delta\sigma_D \cdot (30/s)^{0.25} / \gamma_m = 36.86 \cdot 0.976 / 1.25 = 28.76 \text{ N/mm}^2$	
(con $\Delta\sigma_D$ valore del punto D della curva $\Delta\sigma_A = 50 \text{ N/mm}^2$ - EN1993-1-9:2005 Table 8.1)	
Anche questa verifica viene svolta senza considerare i tirafondi in zona compressa.	
N = (daN)	0.0
M = (daNm)	677.4
x = (cm)	13.7
$\sigma_c = (daN/cm^2)$	-6.5
$\sigma_a = (daN/cm^2)$	105.0
$\Delta\sigma_D / \gamma_m = (daN/cm^2)$	287.6
$\sigma_a < \Delta\sigma_D / \gamma_m?$	SI', (OK)
<b>9) Verifiche allo scorrimento</b>	
Si verifica che il taglio di progetto sia assorbito dall'attrito prodotto dal serraggio dei tirafondi. A favore di sicurezza si considerano attivi i soli tirafondi posti lato calcestruzzo compresso.	
Coefficiente di attrito: $\mu =$	0.30
Coefficiente di riduzione: $\gamma_d =$	1.25
Taglio di progetto: $T_{prog} = T = (daN)$	2'812.5
$N_{serr} = \sigma_{a\ serr} \cdot A_a' = (daN)$	51'209.8
Attrito trasmesso dal serraggio sui tirafondi: $T_{res} = \mu \cdot N_{serr} / \gamma_d = (daN)$	12'290.4
$T_{res} / T_{prog} =$	4.37
$T_{res} > T_{prog}?$	SI', (OK)



VERIFICHE DEI TIRAFONDI SECONDO I CRITERI DI CUI AL D.M. 14.01.2008	
<b>5.1) Caratteristiche sezione di base (piastra e tirafondi)</b>	
B = (cm)	65.0
H = (cm)	36.0
c = (cm)	7.5
Numero tirafondi per fila: n	4.0
Diametro tirafondo: d = (cm)	3.3
Area resistente: A <sub>res</sub> = (cm <sup>2</sup> )	6.84
Aa = n * A <sub>res</sub> (cm <sup>2</sup> )	27.36
Aa' = Aa (non messa in conto nelle verifiche a pressoflessione) = (cm <sup>2</sup> )	27.36
Acciaio tirafondi:	6.8
f <sub>tk</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	6000
γ <sub>M2</sub> =	1.25
Tensione limite per verifiche di resistenza: σ <sub>a lim</sub> = 0.9 * f <sub>tk</sub> / γ <sub>M2</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	4'320
Tensione limite a sfilamento: σ <sub>alim sfilam.</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	3'340
Tensione di serraggio come da Normativa: σ <sub>a max serr</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	2880
Tensione di serraggio applicata: σ <sub>a serr</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	1'872
σ <sub>a serr</sub> / σ <sub>a max serr</sub> =	65.0%
Compressione media sotto piastra prodotta dal serraggio = (daN/cm <sup>2</sup> )	-43.8
Forza di trazione nel gambo: N <sub>s</sub> = σ <sub>a serr</sub> * A <sub>res</sub> = (kN)	128.0
Coppia di serraggio: Ts = 0.2 * N <sub>s</sub> * d = (Nm)	845
<b>6.1) Verifiche di resistenza, sfilamento e serraggio dei tirafondi</b>	
γ <sub>G</sub> =	1.35
γ <sub>Q</sub> =	1.50
γ <sub>G</sub> * N = (daN)	1'518.8
γ <sub>Q</sub> * M = (daNm)	7'910.2
x = (cm)	13.9
σ <sub>c</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	-74.5
σ <sub>a</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	1'181.0
σ <sub>a</sub> / (γ <sub>Q</sub> * σ <sub>a max serr</sub> ) =	27.3%
<b>Coefficienti di sicurezza</b>	
(resistenza): σ <sub>a lim</sub> / σ <sub>a</sub> =	3.66
(sfilamento 1): σ <sub>a sfilam</sub> / σ <sub>a</sub> =	2.83
(sfilamento 2): σ <sub>a sfilam</sub> / (γ <sub>Q</sub> * σ <sub>a serr</sub> ) =	1.19
(serraggio): σ <sub>a serr</sub> * γ <sub>Q</sub> / σ <sub>a</sub> =	2.38
Verifica di resistenza: σ <sub>a</sub> < σ <sub>a lim</sub> ?	SI', (OK)
Verifica a sfilamento: max(σ <sub>a</sub> , γ <sub>Q</sub> * σ <sub>a serr</sub> ) < σ <sub>a sfilam</sub> ?	SI', (OK)
Verifica al serraggio: σ <sub>a</sub> < γ <sub>Q</sub> * σ <sub>a serr</sub> / 1.05 ?	SI', (OK)
<b>7.1) Verifiche del serraggio dei tirafondi in condizioni di fatica</b>	
Presenti: azioni permanenti+azioni aerodinamiche dei treni dinamizzate, si verifica che la sezione non si parzializzi, in modo che Δσ <sub>a</sub> = 0	
N = N <sub>pesi</sub> * 0 + N <sub>serr</sub> = (daN)	102'419.7
M = φ <sub>M</sub> * M <sub>paerod</sub> (daNm)	677.4
σ <sub>c max</sub> = -N/A - M/W (daN/cm <sup>2</sup> )	-48.6
σ <sub>c min</sub> = -N/A + M/W (daN/cm <sup>2</sup> )	-38.9
La sezione è tutta compressa?	SI', (OK)
<b>8.1) Verifiche a fatica dei tirafondi senza mettere in conto il serraggio</b>	
Verifica svolta senza mettere in conto il serraggio dei tirafondi. Secondo quanto riportato nell'Eurocodice 3 per le bullonature, si verifica che risulti:	
σ <sub>a</sub> < Δσ <sub>a</sub> * (30 / $\sigma_a$ ) <sup>0.25</sup> / γ <sub>M</sub> = 36.86 * 0.976 / 1.35 = 26.64 N/mm <sup>2</sup>	
(con Δσ <sub>a</sub> valore del punto D della curva Δσ <sub>a</sub> = 50 N/mm <sup>2</sup> - EN1993-1-9:2005 Table 8.1)	
Anche questa verifica viene svolta senza considerare i tirafondi in zona compressa.	
N = (daN)	0.0
M = (daNm)	677.4
x = (cm)	13.7
σ <sub>c</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	-6.5
σ <sub>a</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	105.0
Δσ <sub>a</sub> / γ <sub>M</sub> = (daN/cm <sup>2</sup> )	266.4
σ <sub>a</sub> < Δσ <sub>a</sub> / γ <sub>M</sub> ?	SI', (OK)
<b>9.1) Verifiche allo scorrimento</b>	
Si verifica che il taglio di progetto sia assorbito dall'attrito prodotto dal serraggio dei tirafondi. A favore di sicurezza si considerano attivi i soli tirafondi posti lato calcestruzzo compresso.	
Coefficiente di attrito: μ =	0.30
Coefficiente di riduzione: γ <sub>d</sub> =	1.25
Taglio di progetto: T <sub>prog</sub> = T = (daN)	2'812.5
N <sub>serr</sub> = σ <sub>a serr</sub> * Aa' = (daN)	51'209.8
Attrito trasmesso dal serraggio sui tirafondi: T <sub>res</sub> = μ * N <sub>serr</sub> / γ <sub>d</sub> = (daN)	12'290.4
T <sub>res</sub> / T <sub>prog</sub> =	4.37
T <sub>res</sub> > T <sub>prog</sub> ?	SI', (OK)



## 9 VERIFICHE STATICHE PIASTRA DI BASE

La determinazione delle sollecitazioni, e quindi delle tensioni e le conseguenti verifiche, nelle piastre di base è stata effettuata eseguendo un calcolo sia “lato calcestruzzo compresso”, sia “lato tirafondo teso”.

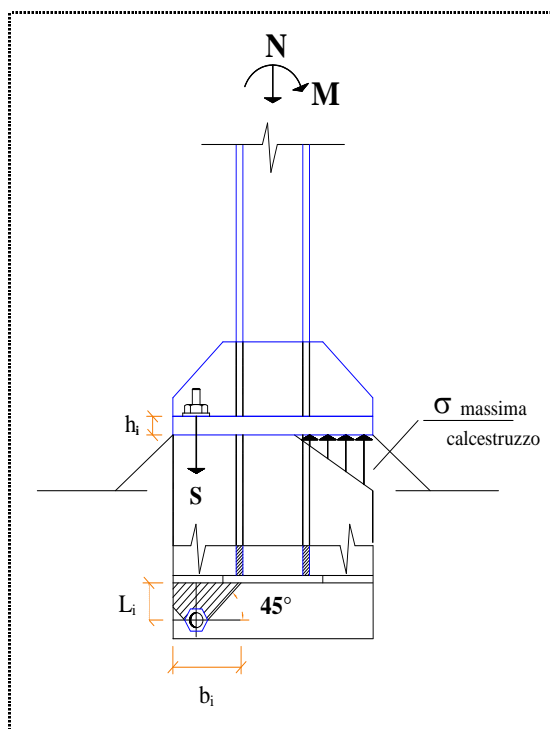
Nel calcolo “lato calcestruzzo compresso” è stato effettuato un calcolo a lastra scomponendo la tensione  $\sigma_c$  nelle due direzioni x ed y e assumendo lo schema di lastra incastrata lato anima ed appoggiata lato alifazzoletti.

La sollecitazioni vengono poi calcolate con il metodo di Grashov (metodo approssimato ma a favore di sicurezza).

L'andamento lineare della  $\sigma_c$ , per la verifica in direzione x, viene ragguagliato con una  $\sigma_{cmed}$  uniforme di ugual risultante.

Per la verifica in direzione y si considera invece l'andamento lineare della  $\sigma_c$  che ha valore massimo sul bordo compresso e valore nullo sul bordo opposto.

Nel calcolo “lato tirafondo teso” è stato effettuato, invece, un calcolo a mensola considerando quale base collaborante  $b_{coll}$ , per il tiro Sa nel tirafondo, una diffusione a  $45^\circ$  a partire dalla rondella del tirafondo fino alla sezione di incastro, come indicato in figura.







## 9.1 BARRIERE DI ALTEZZA 6.75M

VERIFICA PIASTRA DI BASE		
<b>1) Caratteristiche piastra di base e tirafondi</b>		
Base piastra: B=	95.0	cm
Altezza piastra: H=	45.0	cm
spessore piastra: s =	4.0	cm
Base profilato: Bpr =	30.00	cm
Altezza profilato: Hpr =	42.50	cm
Spessore anima profilato: t =	1.00	cm
Spessore ala profilato: e =	1.40	cm
Acciaio Piastra :	<b>S355</b>	
$\sigma_{amm}$ acciaio piastra=	<b>2400</b>	daN/cm <sup>2</sup>
$\tau_{amm}$ acciaio piastra=	<b>1386</b>	daN/cm <sup>2</sup>
Diametro rondella: D <sub>R</sub> =	7.0	cm
Diametro tirafondo: d =	3.3	cm
Numero tirafondi per fila: n	6	
Braccio utile dei tirafondi (direzione y): D <sub>y</sub> =	28.0	cm
Interasse tirafondi (direzione x): i =	15.0	cm
Distanza dei tirafondi dal bordo piastra lungo x: C <sub>tx</sub> =	7.5	cm
Distanza dei tirafondi dal bordo piastra lungo y: C <sub>ty</sub> = (H-D <sub>y</sub> )/2=	<b>8.5</b>	cm
Distanza ala profilato esteno piastra: D <sub>a</sub> = (H-Hpr)/2=	<b>1.25</b>	cm
Spessore piatto // ala: sp =	1.0	cm
Distanza interno piatto esteno piastra: D <sub>1</sub> = D <sub>a</sub> +sp=	<b>2.25</b>	cm
Area resistente tirafondo: A <sub>res</sub> =	<b>6.84</b>	cm <sup>2</sup>
Tensione di serraggio come da Normativa: $\sigma_a$ max serr =	2880	daN/cm <sup>2</sup>
Tensione di serraggio applicata: $\sigma_a$ serr =	<b>1'872</b>	daN/cm <sup>2</sup>
Forza di trazione nel gambo: N <sub>s</sub> = $\sigma_a$ serr * A <sub>res</sub>	<b>128.0</b>	kN
<b>2) Verifiche di resistenza piastra di base lato calcestruzzo compresso</b>		
N =	<b>1'687.5</b>	daNm
M =	<b>17085.9</b>	daNm
Distanza lembo di massima compressione-asse neutro: x =	16.4	cm
Massima compressione nel conglomerato: $\sigma_{cmax}$ =	-71.7	daN/cm <sup>2</sup>
Massima trazione nel tirafondo: $\sigma_a$ =	1'319.0	daN/cm <sup>2</sup>
Si effettua un calcolo a lastra, scomponendo la tensione $\sigma_c$ nelle due direzioni x ed y.		
Si assume lo schema di lastra incastrata lato anima ed appoggiata lato ali-fazzoletti.		
Si risolve la lastra con il metodo di Grashov (metodo approssimato ma a favore di sicurezza).		
L'andamento lineare della $\sigma_c$ , per la verifica in direzione x, viene ragguagliato con una $\sigma_{cmed}$ uniforme di ugual risultante. Per la verifica in direzione y si considera invece l'andamento lineare della $\sigma_c$ che ha valore massimo sul bordo compresso e valore nullo sul bordo opposto.		
Le verifiche vengono eseguite per una striscia di larghezza unitaria.		
$\sigma_{cmax}$ =	-71.68	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{c}$ filo interno ala =	-61.85	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{cmed}$ =	-30.92	daN/cm <sup>2</sup>
Coefficiente K =	0.294	
L <sub>px</sub> = (B-t)/2 =	47.00	cm
L <sub>py</sub> = Hpr-2sp =	40.50	cm
Coefficiente di partecipazione lungo x: $\alpha_x = \max((K*L_{py}^2)/(K*L_{py}^2+L_{px}^4)); 0.15) =$	0.150	
Coefficiente di partecipazione lungo y: $\alpha_y = \max((L_{px}^4)/(K*L_{py}^2+L_{px}^4)); 0.15) =$	0.861	
<b>In direzione x:</b>		
Q <sub>x</sub> = $\alpha_x * \sigma_{cmed} * 1.0 =$	4.64	daN/cm <sup>2</sup>
T <sub>x</sub> = Q <sub>x</sub> * L <sub>px</sub> =	218.01	daN
M <sub>x</sub> = Q <sub>x</sub> * L <sub>px</sub> <sup>2</sup> /2 =	5123.16	daNcm
A = sp*1.0 =	4.00	cm <sup>2</sup>
W = 1/6*1.0*sp <sup>2</sup> =	2.67	cm <sup>3</sup>
$\sigma_{max} = M_x/W =$	<b>1921.18</b>	daN/cm <sup>2</sup>
$\tau_{med} = T_x/A =$	54.50	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{td x} = (\sigma_{max}^2 + 3*\tau_{med}^2)^{0.5}$	<b>1923.50</b>	daN/cm <sup>2</sup>
(verifica soddisfatta)		
<b>In direzione y:</b>		
Q <sub>y</sub> = $\alpha_y * \sigma_{c}$ filo interno ala * 1.0 =	53.22	daN/cm <sup>2</sup>
T <sub>y</sub> = Q <sub>y</sub> * L <sub>py</sub> /3 =	718.46	daN
M <sub>y</sub> = Q <sub>y</sub> * L <sub>py</sub> <sup>2</sup> /15.6 =	5595.69	daNcm
A = sp*1.0 =	4.00	cm <sup>2</sup>
W = 1/6*1.0*sp <sup>2</sup> =	2.67	cm <sup>3</sup>
$\sigma_{max} = M_y/W =$	<b>2098.38</b>	daN/cm <sup>2</sup>
(verifica soddisfatta)		
$\tau_{med} = T_y/A =$	179.61	daN/cm <sup>2</sup>
(verifica soddisfatta)		



<b>3) Verifiche di resistenza piastra di base lato tirafondo teso</b>		
$\sigma_{a-tirafondo} =$	1'319.00	daN/cm <sup>2</sup>
$A_{tirafondo} =$	6.84	cm <sup>2</sup>
$N_t = \sigma_{a-tirafondo} \cdot A_{res} =$	9020.5	daN
Distanza tirafondo-ala: $b_f = C_{ty} \cdot sp$	6.3	cm
Base collaborante: $b_{coll} = \min((7.5+D_r/2+b_f); (7.5+i/2)) =$	15.0	cm
$M_{attacco\ ala} = N_t \cdot b_f / b_{coll}$	3758.6	daNcm
$T_{attacco\ ala} = N_t / b_{coll}$	601.4	daN
$A = sp \cdot 1.0 =$	4.00	cm <sup>2</sup>
$W = 1/6 \cdot 1.0 \cdot sp^2 =$	2.67	cm <sup>3</sup>
$\sigma_{max} = M_y / W =$	1409.46	daN/cm <sup>2</sup>
$\tau_{med} = T / A =$	150.34	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{id} = (\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau_{med}^2)^{0.5} =$	1433.31	daN/cm <sup>2</sup>
	(verifica soddisfatta)	
<b>4) Verifica al punzonamento della piastra di base</b>		
Tensione di serraggio applicata: $\sigma_{a\ serr} =$	1872.0	daN/cm <sup>2</sup>
Forza di trazione nel gambo: $N_s = \sigma_{a\ serr} \cdot A_{res} =$	12802.5	daN
Superficie laterale di punzonamento: $SI = (D_r + 2 \cdot s/2) \cdot 3.14 \cdot s =$	138.2	cm <sup>2</sup>
$\tau_{punz} = A_{res} / SI =$	92.7	daN/cm <sup>2</sup>
	(verifica soddisfatta)	



**9.2 BARRIERE DI ALTEZZA 3.75M**

VERIFICA PIASTRA DI BASE		
<b>1) Caratteristiche piastra di base e tirafondi</b>		
Base piastra: B=	65.0	cm
Altezza piastra: H=	36.0	cm
spessore piastra: s =	4.0	cm
Base profilato: Bpr =	30.00	cm
Altezza profilato: Hpr =	33.90	cm
Spessore anima profilato: t =	0.90	cm
Spessore ala profilato: e =	1.20	cm
Acciaio Piastra :	<b>S355</b>	
$\sigma_{adm}$ acciaio piastra=	<b>2400</b>	daN/cm <sup>2</sup>
$\tau_{adm}$ acciaio piastra=	<b>1386</b>	daN/cm <sup>2</sup>
Diametro rondella: D <sub>R</sub> =	7.0	cm
Diametro tirafondo: d =	3.3	cm
Numero tirafondi per fila: n	4	
Braccio utile dei tirafondi (direzione y): D <sub>y</sub> =	21.0	cm
Interasse tirafondi (direzione x): i =	15.0	cm
Distanza dei tirafondi dal bordo piastra lungo x: C <sub>x</sub> =	7.5	cm
Distanza dei tirafondi dal bordo piastra lungo y: C <sub>y</sub> =(H-D <sub>y</sub> )/2=	<b>7.5</b>	cm
Distanza ala profilato esteno piastra: D <sub>a</sub> = (H-Hpr)/2=	<b>1.05</b>	cm
Spessore piatto // ala: sp =	1.0	cm
Distanza interno piatto esteno piastra: D <sub>1</sub> = D <sub>a</sub> +sp=	<b>2.05</b>	cm
Area resistente tirafondo: A <sub>res</sub> =	<b>6.84</b>	cm <sup>2</sup>
Tensione di serraggio come da Normativa: $\sigma_{a\ max\ serr}$ =	<b>2880</b>	daN/cm <sup>2</sup>
Tensione di serraggio applicata: $\sigma_{a\ serr}$ =	<b>1872</b>	daN/cm <sup>2</sup>
Forza di trazione nel gambo: N <sub>s</sub> = $\sigma_{a\ serr} \cdot A_{res}$	<b>128.0</b>	kN
<b>2) Verifiche di resistenza piastra di base lato calcestruzzo compresso</b>		
N =	<b>1125.0</b>	daNm
M =	<b>5273.4</b>	daNm
Distanza lembo di massima compressione-asse neutro: x =	13.9	cm
Massima compressione nel conglomerato: $\sigma_{c\ max}$ =	-50.0	daN/cm <sup>2</sup>
Massima trazione nel tirafondo: $\sigma_a$ =	785.0	daN/cm <sup>2</sup>
Si effettua un calcolo a lastra, scomponendo la tensione $\sigma_c$ nelle due direzioni x ed y.		
Si assume lo schema di lastra incastrata lato anima ed appoggiata lato ali-fazzoletti.		
Si risolve la lastra con il metodo di Grashov (metodo approssimato ma a favore di sicurezza).		
L'andamento lineare della $\sigma_c$ , per la verifica in direzione x, viene ragguagliato con una $\sigma_{c\ med}$		
uniforme di ugual risultante. Per la verifica in direzione y si considera invece l'andamento		
lineare della $\sigma_c$ che ha valore massimo sul bordo compresso e valore nullo sul bordo		
opposto.		
Le verifiche vengono eseguite per una striscia di larghezza unitaria.		
$\sigma_{c\ max}$ =	<b>-50.00</b>	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_c$ filo interno ala =	<b>-42.63</b>	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{c\ med}$ =	<b>-21.31</b>	daN/cm <sup>2</sup>
Coefficiente K =	0.294	
L <sub>px</sub> = (B-t)/2 =	<b>32.05</b>	cm
L <sub>py</sub> = Hpr-2sp =	<b>31.90</b>	cm
Coefficiente di partecipazione lungo x: $a_x = \max((K \cdot L_{py}^2 / (K \cdot L_{py}^2 + L_{px}^4)); 0.15) =$	<b>0.224</b>	
Coefficiente di partecipazione lungo y: $a_y = \max((L_{px}^4 / (K \cdot L_{py}^2 + L_{px}^4)); 0.15) =$	<b>0.776</b>	
<b>In direzione x:</b>		
Q <sub>x</sub> = $a_x \cdot \sigma_{c\ med} \cdot 1.0 =$	<b>4.77</b>	daN/cm <sup>2</sup>
T <sub>x</sub> = Q <sub>x</sub> * L <sub>px</sub> =	<b>152.96</b>	daN
M <sub>x</sub> = Q <sub>x</sub> * L <sub>px</sub> <sup>2</sup> /2 =	<b>2451.16</b>	daNcm
A = sp*1.0 =	<b>4.00</b>	cm <sup>2</sup>
W = 1/6*1.0*sp <sup>2</sup> =	<b>2.67</b>	cm <sup>3</sup>
$\sigma_{c\ max} = M_x/W =$	<b>919.18</b>	daN/cm <sup>2</sup>
$\tau_{med} = T_x/A =$	<b>38.24</b>	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{td\ x} = (\sigma_{c\ max}^2 + 3 \cdot \tau_{med}^2)^{0.5}$	<b>921.57</b>	daN/cm <sup>2</sup>
(verifica soddisfatta)		
<b>In direzione y:</b>		
Q <sub>y</sub> = $a_y \cdot \sigma_c$ filo interno ala * 1.0 =	<b>33.08</b>	daN/cm <sup>2</sup>
T <sub>y</sub> = Q <sub>y</sub> * L <sub>py</sub> /3 =	<b>351.76</b>	daN
M <sub>y</sub> = Q <sub>y</sub> * L <sub>py</sub> <sup>2</sup> /15.6 =	<b>2157.91</b>	daNcm
A = sp*1.0 =	<b>4.00</b>	cm <sup>2</sup>
W = 1/6*1.0*sp <sup>2</sup> =	<b>2.67</b>	cm <sup>3</sup>
$\sigma_{c\ max} = M_y/W =$	<b>809.22</b>	daN/cm <sup>2</sup>
(verifica soddisfatta)		
$\tau_{med} = T_y/A =$	<b>87.94</b>	daN/cm <sup>2</sup>
(verifica soddisfatta)		



<b>3) Verifiche di resistenza piastra di base lato tirafondo teso</b>		
$\sigma_a$ -tirafondo =	785.00	daN/cm <sup>2</sup>
$A$ -tirafondo =	6.84	cm <sup>2</sup>
$N_t = \sigma_a$ -tirafondo * $A_{res}$ =	5'368.6	daN
Distanza tirafondo-ala: $b_r = C_{ty} \cdot sp$	5.5	cm
Base collaborante: $b_{coll} = \min((7.5+D/2+b_r); (7.5+i/2)) =$	15.0	cm
$M_{attacco\ ala} = N_t \cdot b_r / b_{coll}$	1950.6	daNcm
$T_{attacco\ ala} = N_t / b_{coll}$	357.9	daN
$A = sp \cdot 1.0 =$	4.00	cm <sup>2</sup>
$W = 1/6 \cdot 1.0 \cdot sp^2 =$	2.67	cm <sup>3</sup>
$\sigma_{max} = M_y / W =$	731.47	daN/cm <sup>2</sup>
$\tau_{med} = T / A =$	89.48	daN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{fd} = (\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau_{med}^2)^{0.5} =$	747.70	daN/cm <sup>2</sup>
	(verifica soddisfatta)	
<b>4) Verifica al punzonamento della piastra di base</b>		
Tensione di serraggio applicata: $\sigma_a$ serr =	1872.0	daN/cm <sup>2</sup>
Forza di trazione nel gambo: $N_s = \sigma_a$ serr * $A_{res} =$	12802.5	daN
Superficie laterale di punzonamento: $Sl = (D_r + 2 \cdot s/2) \cdot 3.14 \cdot s =$	138.2	cm <sup>2</sup>
$\tau_{punz} = A_{res} / Sl =$	92.7	daN/cm <sup>2</sup>
	(verifica soddisfatta)	



## 10 VERIFICHE DEI MONTANTI: RESISTENZA, DEFORMABILITÀ, FATICA E STABILITÀ

Le prime 3 verifiche sono riportate nelle tabelle seguenti, quella di stabilità nel paragrafo successivo.

**BARRIERE SU MURO. Montante e attacco alla base. Caratteristiche geometriche di progetto. Verifiche sintetiche**

H (cm)	675	375
h cls (cm)	75.0	75.0
h met (cm)	600.0	300.0
Tipologia montante	C6M.1	C3M.1
Profilato (exFe510)	HEAA450+4 I 200*10	HEAA360
Piastra B*H*s (mm) (Fe510)	950*450*40	650*360*40
Tirafondi (Fe430)	(6+6)M33	(4+4)M33
Passo tirafondi b*h (cm)	(2*15+20+2*15)*28	(15+20+15)*21
n° irrigidenti anima	0	0
n° irrigidenti ala	4	0
Hvert. fazzoletti (cm)	50.0	0.0
Horiz. fazzoletti // ala (cm)	20.0	0.0
Horiz. fazzoletti // anima (cm)	0.0	0.0
s fazzoletti // ala (cm)	1.00	0.00
s fazzoletti // anima (cm)	0.00	0.00
s cordoni sald. fazz.// ala (cm)	0.7	0.0
s cordoni sald. fazz.//anima (cm)	0.0	0.0
Jx profilato (cm <sup>4</sup> )	41'890	23'040
altezza profilato: h <sub>p</sub> = (cm)	42.5	33.9
Jx fazzoletto // anina (cm <sup>4</sup> )	0.0	0.0
A fazzoletto // anima (cm <sup>2</sup> )	0.0	0.0
d baric. fazz-esterno ala prof. (cm)	0.0	0.0
Jx profilato+fazz (cm <sup>4</sup> )	76'342	23'040
num. intagli fazz. // anima: n <sub>1</sub>	0	0
intagli fazz. // anima: c <sub>1</sub> = (cm)	3.5	3.5
num. intagli fazz. // ala: n <sub>2</sub>	4	0
intagli fazz. // ala: c <sub>2</sub> = (cm)	3.5	3.5
Jx profilato+fazz con intagli (cm <sup>4</sup> )	70'314	23'040
J'x prof.+fazz con int. e indeb.sald. (cm <sup>4</sup> )	70'314	23'040
i (interasse montanti) (m)	3.0	3.0
p pressione di progetto (daN/m <sup>2</sup> )	250.0	250.0
carico di progetto = 250*i (daN/m)	750.0	750.0
Mmax (daNm)	17'085.9	5'273.4
W profilato (cm <sup>3</sup> )	1'971.3	1'359.3
σ <sub>max</sub> (solo profilato) = (daN/cm <sup>2</sup> )	866.7	388.0
altezza profilato+fazz. anima: h <sub>p+H</sub> = (cm)	42.5	33.9
σ <sub>max</sub> (profilato+fazz) = (daN/cm <sup>2</sup> )	516.4	388.0
E (daN/cm <sup>2</sup> )	2'060'000	2'060'000
f=freccia max con solo Jx profilato (cm)	2.26	0.39
f <sub>amm</sub> = 1/150*H(cm)	4.50	2.50
H/f (ok se >=150)	299.3	960.0
f=freccia max con Jx profilato+fazz (cm)		
H/f (ok se >=150)		
f''=freccia rispetto a fine fazzoletti con solo Jx profilato (cm)	2.23	0.39
f <sub>zamm</sub> = 1/150*(H-H <sub>vert</sub> ) (cm)	4.17	2.50
(H-Hvert)/f'' (ok se >=150)	280.0	960.0
f'''=freccia rispetto a fine fazzoletti con Jx profilato+fazz (cm)		
(H-Hvert)/f''' (ok se >=150)		
z=0: ΔM (kNm)	57.10	11.60
z=0: Δσ (daN/cm <sup>2</sup> )	172.6	85.3
z=0: Δσ <sub>amm</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )	330.2	330.2
Δσ <= Δσ <sub>amm</sub> ?	(OK)	(OK)
z=H <sub>faz</sub> : ΔM (kNm)	46.69	
z=H <sub>faz</sub> : Δσ (daN/cm <sup>2</sup> )	236.8	0.0
z=H <sub>faz</sub> : Δσ <sub>amm</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )	418.5	418.5
Δσ <= Δσ <sub>amm</sub> ?	(OK)	(OK)
Coeff. dinamico	1.70	1.09



**10.1 VERIFICHE DI STABILITA'**

Le verifiche sono state eseguite ignorando, a favore di sicurezza, l'eventuale presenza di fazzoletti irrigidenti.

**10.2 BARRIERE DI ALTEZZA H=6.75M**

**Sollecitazioni**

$q = p_{tot} * i = 7.50 \text{ kN/m}$

$T = q * H = 50.63 \text{ kN}$

$M = q * H^2 / 2 = 170.85 \text{ kNm}$

$N = p_p * H$  (i pannelli delle barriere poggiano sulle piastre di base, pertanto non gravano sul montante)

**HEAA450. Verifiche di resistenza e stabilità del montante**

							CONDIZIONE	1	MULTIPLICATORE DI $\phi_1$					1.4		
TIPO DI ACCIAIO	$\sigma_{amm}$	TIPO DI PROFILATO	AREA (cm <sup>2</sup> )	h (mm)	b (mm)	$s_x$ (mm)	e (mm)	PESO (kg)	Jx (cm <sup>4</sup> )	Jy (cm <sup>4</sup> )	Wx (cm <sup>3</sup> )	Wy (cm <sup>3</sup> )	rx (cm)	ry (cm)		
FE510(c,b)	2400.0	HEAA450	127.1	425.0	300.0	10.0	13.5	99.7	41890.0	6088.0	1971.0	405.8	18.2	6.9		
LUCE LIBERA Lx (cm)	LUCE LIBERA Ly (cm)	SFORZO NORMALE N (kg)	MOMENTO FLETTENTE Mx (kgcm)	MOMENTO FLETTENTE Meq=0.50Mmax	MOMENTO FLETTENTE My (kgcm)	MOMENTO FLETTENTE Meq=0.75Mmax	TAGLIO Tx (kg)		$\beta_x$	$\beta_y$	$\lambda_x$	$\lambda_y$	$\lambda_{max}$	$\phi_{max}$		
675.00	675.00	673	1708500	854250			5063		2.00	2.00	74.00	195.00	195.00	7.63		
LUCE LIBERA L <sub>t</sub> (mm)	v	(l,*h)/(b*e)	$\phi_1$		$\sigma_{CEX}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{CEY}$ (kg/cm <sup>2</sup> )										
13500.00	1.50	1416	5.308		3710.00	530.00										
VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE							VERIFICA A TAGLIO									
$\sigma = -\frac{N}{A} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} =$							$\sigma_1$	$\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )						$\tau_{max} = \frac{T}{S_{\theta} * I_t} =$	$\tau < \tau_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
							861.52	VERIFICATO						127.21	VERIFICATO	
							$\sigma_2$	$\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )							VERIFICATO	
							-872.11	VERIFICATO							VERIFICATO	
VERIFICA DI STABILITA' A PRESSO-FLESSIONE							$\sigma = -\phi * \frac{N}{A} \pm \frac{\alpha_1 * \bar{M}_x}{(1 - \frac{v * N}{\sigma_{CEX} * A}) * W_x} \pm \frac{M_y}{(1 - \frac{v * N}{\sigma_{CEY} * A}) * W_y} =$									
							$\sigma_1$	$\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )						$\sigma_{IDEALE}$		
							2265.00	VERIFICATO						$\sigma_{Id} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2} =$	846.23	$\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
							$\sigma_2$	$\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )							VERIFICATO	
							-2345.80	VERIFICATO							VERIFICATO	



10.2.1 Barriere di altezza H=3.75m

Sollecitazioni

$q = p_{tot} * i = 7.50 \text{ kN/m}$

$T = q * H = 28.13 \text{ kN}$

$M = q * H^2 / 2 = 52.73 \text{ kNm}$

$N = p_p * H$  (i pannelli delle barriere poggiano sulle piastre di base, pertanto non gravano sul montante)

HEAA360. Verifiche di resistenza e stabilità del montante

								CONDIZIONE								
								1								
								MULTIPLICATORE DI $\omega_1$								
								1.4								
TIPO DI ACCIAIO	$\sigma_{amm}$	TIPO DI PROFILATO	AREA (cm <sup>2</sup> )	h (mm)	b (mm)	$s_a$ (mm)	e (mm)	PESO (kg)	Jx (cm <sup>4</sup> )	Jy (cm <sup>4</sup> )	Wx (cm <sup>3</sup> )	Wy (cm <sup>3</sup> )	rx (cm)	ry (cm)		
FE510(c,b)	2400.0	HEAA360	106.0	339.0	300.0	9.0	12.0	83.7	23040.0	5410.0	1359.0	360.7	14.7	7.1		
LUCE LIBERA Lx (cm)	LUCE LIBERA Ly (cm)	SFORZO NORMALE N (kg)	MOMENTO FLETTENTE Mx (kgcm)	MOMENTO FLETTENTE My (kgcm)	MOMENTO FLETTENTE M <sub>eq</sub> =0.50M <sub>max</sub>	MOMENTO FLETTENTE M <sub>eq</sub> =0.75M <sub>max</sub>	TAGLIO Tx (kg)		$\beta_x$	$\beta_y$	$\lambda_x$	$\lambda_y$	$\lambda_{max}$	$\omega_{max}$		
375.00	375.00	314	527300	263650			2813		2.00	2.00	51.00	105.00	105.00	2.56		
LUCE LIBERA L <sub>1</sub> (mm)	v	(l <sub>1</sub> *h)/(b*e)	$\omega_1$		$\sigma_{CEX}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{CEY}$ (kg/cm <sup>2</sup> )										
7500.00	1.50	706	2.874		7820.00	1840.00										
VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE								VERIFICA A TAGLIO								
								$\sigma_1$	$\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )							
$\sigma = -\frac{N}{A} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} =$								385.04	VERIFICATO							
								$\sigma_2$	$\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )							
								-390.97	VERIFICATO				$\tau_{max} = \frac{T}{s_a * h_1} = 99.22$ $\tau < \tau_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) VERIFICATO			
VERIFICA DI STABILITA' A PRESSO-FLESSIONE								$\sigma$ IDEALE								
$\sigma = -\frac{N}{A} \pm \frac{\alpha * M_x}{(1 - \frac{\nu * N}{\sigma_{CEX} * A}) * W_x} \pm \frac{M_y}{(1 - \frac{\nu * N}{\sigma_{CEY} * A}) * W_y} =$								$\sigma_1$	$\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )							
								550.30	VERIFICATO							
								$\sigma_2$	$\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )							
								-565.46	VERIFICATO				$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2} = 402.08$ $\sigma < \sigma_{amm}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) VERIFICATO			