

# AUTOSTRADA VALDASTICO

## A31 NORD

### 1° LOTTO

### Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

## PROGETTO DEFINITIVO

CUP G21B1 30006 60005  
WBS B25.A31N.L1  
COMMESSA J16L1

### COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA  
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA  
PER LA PROGETTAZIONE  
Dott. Ing. Gabriella Costantini

PRESTATORE DI SERVIZI:  
**CONSORZIO RAETIA**



RAPPRESENTANTE: Dott. Ing. Alberto Scotti

PROGETTAZIONE:  
**ITALCONSULT**

RESPONSABILE DELL'INTERMEDIAZIONE  
TRA LE PARTI E DEI SERVIZI SPECIALISTICI:  
Technital S.p.A. - Dott. Ing. Andrea Renzo



ELABORATO: **IMPIANTI**  
**SISTEMA ESAZIONE PEDAGGI**  
**STRUTTURE ISOLE E CORSIE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO**

Progressivo Rev.  
**12 09 02 001 02**

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA: -
00	MARZO 2017	PRIMA EMISSIONE	ITALCONSULT - CUGINI	A. MIOSI	G. MONDELLO	NOME FILE: J16L1_12_09_02_001_0101_OPD_02.dwg
01	GIUGNO 2017	REVISIONE PER ADEGUAMENTO CARTIGLIO	ITALCONSULT - CUGINI	A. MIOSI	G. MONDELLO	CM. PROGR. FG. LIV. REV.
02	LUGLIO 2017	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI	ITALCONSULT - CUGINI	A. MIOSI	G. MONDELLO	J16L1_12_09_02_001_0101_OPD_02

**AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD**  
**1° LOTTO**  
**PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO**

*Committente:*



*Progettazione:*

CONSORZIO RAETIA



**PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE DI CALCOLO ISOLE E CORSIE

## I N D I C E

<b>1</b>	<b>OGGETTO</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALI</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>CRITERI DI PROGETTO</b>	<b>5</b>
<b>5.1</b>	<b>Verifica allo stato limite ultimo</b>	<b>5</b>
5.1.1	<i>Progetto delle armature longitudinali</i>	5
5.1.2	<i>Calcolo del momento resistente <math>M_{rd}</math></i>	6
5.1.3	<i>Progetto delle armature a taglio</i>	6
<b>5.2</b>	<b>Verifiche allo stato limite di esercizio</b>	<b>7</b>
5.2.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione</i>	7
5.2.2	<i>Verifiche delle tensioni di compressione nel calcestruzzo</i>	7
5.2.3	<i>Verifica delle tensioni di trazione nell'acciaio</i>	8
<b>5.3</b>	<b>Verifiche tensionali</b>	<b>8</b>
5.3.1	<i>Verifiche delle tensioni normali di compressione ammissibili nel cls</i>	8
5.3.2	<i>Verifiche delle tensioni tangenziali ammissibili nel calcestruzzo</i>	8
5.3.3	<i>Verifica delle tensioni ammissibili nell'acciaio</i>	8
<b>5.4</b>	<b>Sollecitazioni a SLU e SLE e armatura nelle sezioni di verifica</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>AZIONI APPLICATE</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICHE</b>	<b>10</b>
<b>8.1</b>	<b>Isola in c.a.</b>	<b>10</b>
8.1.1	<i>Soletta</i>	10
8.1.2	<i>Parete</i>	12
<b>8.2</b>	<b>PARAPEDONALI</b>	<b>13</b>
8.2.1	<i>Verifica profilo cavo 60,3x 3,2 mm</i>	13
8.2.2	<i>Verifica profilo cavo 42,4 x 2 mm</i>	15
8.2.3	<i>Verifica ancoraggio a terra</i>	17

### Indice delle figure

Figura 1 - Modello di calcolo Isola in c.a.....	9
Figura 2 - Modello di calcolo del singolo modulo parapetonale .....	9
Figura 3 - Forza $F_{dx}$ parallela al muro [1000 kN] e Forza $F_{dy}$ ortogonale al muro [500 kN] .....	9

## **1 OGGETTO**

Il presente documento riporta il calcolo e le verifiche delle isole in calcestruzzo armato da realizzare in corrispondenza dell’ingresso dell’Autostrada A31 Nord Trento Rovigo – Tronco Trento - Valdastico – Piovene Rocchette.

## **2 DESCRIZIONE**

L’opera in oggetto è una struttura in cemento armato ordinario gettato in opera sottoposta alle azioni permanenti e variabili previste dal DM 14/01/08 “Norme tecniche per le costruzioni” e dimensionata secondo i criteri di tali norme.

In particolare per quanto riguarda le verifiche in condizioni sismiche, si fa presente che secondo la classificazione sismica dei comuni italiani, il comune dove sorge l’opera ricade in zona 3 e quindi la valutazione delle azioni e le relative verifiche sono effettuate con riferimento a tale classificazione.

Le procedure di verifica si basano sul metodo degli stati limite, facendo riferimento alle sopraccitate normative, con il supporto della norma UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2).

## **3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Nel dimensionamento, nel calcolo e nella verifica degli elementi si è fatto riferimento alla seguente normativa tecnica:

- D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 617/2009 applicativa del DM 14 /01/2008.
- Legge 05/11/1971 n° 1086 “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio normale e precompresso e a struttura metallica”
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successivi aggiornamenti.
- Norma UNI-EN 206-1 “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- Norma UNI 11104 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”

- Norma UNI-EN 1992-1-1 "Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"

#### 4 MATERIALI

##### Calcestruzzo classe C25/30 per isole

- Resistenza cubica caratteristica  $R_{ck} = 30.00 \text{ MPa}$
- Resistenza cilindrica caratteristica  $f_{ck} = 24.90 \text{ MPa}$
- Resistenza a compressione  $f_{cd} = 16.60 \text{ MPa}$
- Resistenza a trazione media  $f_{ctm} = 2.56 \text{ MPa}$
- Resistenza a trazione per flessione media  $f_{cfm} = 2.81 \text{ MPa}$
- Resistenza a trazione caratteristica  $f_{ctk(0,05)} = 1.79 \text{ MPa}$
- Resistenza a trazione  $f_{ctd(0,05)} = 1.19 \text{ MPa}$
- Modulo elastico  $E_c = 31447 \text{ MPa}$

##### Acciaio per armatura ordinaria B450C

- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} = 450,00 \text{ MPa}$
- Tensione di snervamento di calcolo  $f_{yd} = 391,30 \text{ MPa}$
- Modulo elastico  $E_s = 200000 \text{ MPa}$
- Densità  $\rho = 7,85 \text{ kg/dm}^3$

##### Acciaio S275 per parapetonali

- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
- Tensione di rottura  $f_{tk} = 430 \text{ MPa}$
- Modulo di elasticità  $E = 210000 \text{ MPa}$

## 5 CRITERI DI PROGETTO

### 5.1 Verifica allo stato limite ultimo

#### 5.1.1 Progetto delle armature longitudinali

Il metodo di progetto e verifica di una sezione a stato limite ultimo prevede l’assunzione delle seguenti ipotesi:

- la sezione si mantiene piana
- le armature sono perfettamente aderenti al calcestruzzo
- si trascura la resistenza a trazione del calcestruzzo

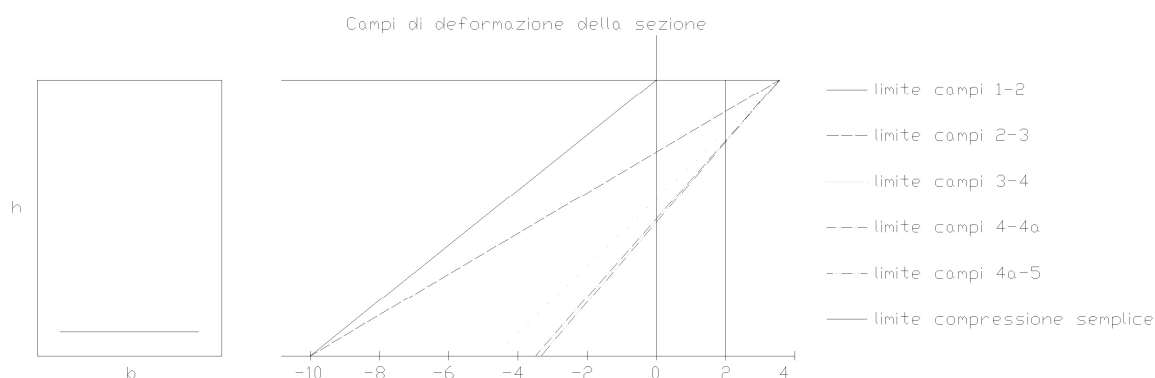
Il diagramma di calcolo sforzi-deformazioni relativo al calcestruzzo è il diagramma parabola-rettangolo descritto nel DM 14/01/08 considerando un calcestruzzo di classe di resistenza bassa ( $15 < R_{ck} \leq 30 \text{ N/mm}^2$ ) e/o media ( $30 < R_{ck} \leq 55 \text{ N/mm}^2$ ) e le deformazioni massime in compressione risultano essere (Tabella 5.1-IV):

- $\epsilon_{cu2} = 0.0035$  nel caso di flessione semplice e composta con asse neutro che interseca la sezione
- $\epsilon_{c2} = 0.002$  quando l’asse neutro è esterno alla sezione e in compressione semplice

Il diagramma relativo all’acciaio è la bilatera descritta dal DM 14/01/08 con le limitazioni imposte dal DM 14/01/08 le deformazioni massime risultano essere:

- $\epsilon_s = 0.010$

In base a tali considerazioni è possibile specificare i campi di deformazione in cui può trovarsi la sezione rispettando le condizioni di stato limite ultimo (cioè quei campi in cui l’acciaio e/o il calcestruzzo subiscono la massima deformazione di calcolo possibile); si riporta qui di seguito il diagramma relativo ad una sezione rettangolare semplicemente armata.



- Poiché nei campi 2 e 3 si ha il migliore sfruttamento di entrambi i materiali, l'armatura sarà progettata in modo che la sezione sollecitata da  $M_{sd}$  e  $N_{sd}$  si ponga in tali campi.

#### *5.1.2 Calcolo del momento resistente $M_{rd}$*

La scelta delle armature effettivamente presenti nella sezione permette di effettuare il calcolo del momento resistente  $M_{rd}$ , cioè il massimo momento (positivo e negativo) che la sezione può sopportare allo stato limite ultimo; si confronta quindi quest'ultimo con il momento sollecitante di calcolo  $M_{sd}$ .

Il calcolo è possibile mediante un processo iterativo che permette di individuare la tensione nelle armature superiori e inferiori in modo che siano rispettate le condizioni di equilibrio e che sia raggiunta la resistenza massima di almeno uno dei due materiali (calcestruzzo o acciaio). La sezione è infine verificata se  $M_{rd} \geq M_{sd}$ .

#### *5.1.3 Progetto delle armature a taglio*

La normativa a cui si fa riferimento è l'EUROCODICE 2.

La prima verifica (6.2.1) riguarda la possibilità di inserire nella sezione la quantità minima di armatura prevista dalla normativa confrontando il taglio massimo  $V_{sdu}$  con una quantità  $V_{rd1}$  funzione della resistenza unitaria ( $\tau_{rd}$ ), delle dimensioni geometriche della sezione ( $b$  e  $d$ ) e della quantità di armatura longitudinale opportunamente ancorata ( $A_{sl}$ ).

Se  $V_{sdu}$  risulta essere maggiore di  $V_{rd1}$  si procede confrontando il taglio di calcolo con un'espressione cautelativa della resistenza delle bielle inclinate, dipendente unicamente dalle caratteristiche geometriche della sezione e dalla resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd}$ . Considerando che il conglomerato può assorbire solo una quota di  $V_{sdu}$  pari al 50%, si progetta e si verifica l'armatura per assorbire il taglio rimanente correlando l'area di armatura e il passo delle barre con tale sollecitazione, con l'altezza utile ( $d$ ) e con la tensione di snervamento di calcolo ( $f_{yd}$ ).

## 5.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

### 5.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione

La verifica consiste nel controllare che il valore caratteristico di apertura delle fessure sia inferiore o al limite uguale ad un valore nominale prefissato. Per le classi di esposizione utilizzate nella valutazione dell’aggressività dell’ambiente e dei conseguenti limiti di apertura delle fessure si rimanda al paragrafo relativo alla scelta dei materiali.

Il calcolo di  $w_k$ , apertura teorica delle fessure, è effettuato in base alla valutazione di due grandezze di carattere sperimentale:

- $s_{rm}$  : distanza media tra le fessure; è funzione del diametro  $\phi$  delle barre utilizzate (in caso di più diametri si adotta un diametro medio), del rapporto  $\rho_r$  di armatura efficace (cioè il rapporto tra le aree dell’armatura in zona tesa e del calcestruzzo che la circonda) e di due parametri  $k_1$  e  $k_2$  che tengono conto rispettivamente della proprietà di aderenza delle barre e della forma del diagramma delle deformazioni;
- $\epsilon_{sm}$  : deformazione media; è funzione della tensione nell’armatura tesa calcolata nella sezione fessurata ( $\sigma_s$ ), della tensione nell’armatura tesa calcolata nella sezione fessurata sotto la condizione di carico che induce la prima fessura ( $\sigma_{sr}$ ) e di due coefficienti  $\beta_1$  e  $\beta_2$  che tengono conto rispettivamente della proprietà di aderenza delle barre e della durata del carico. Il procedimento adottato si è basato sulle indicazioni fornite dall’Eurocodice 2 nel paragrafo 7.3.

### 5.2.2 Verifiche delle tensioni di compressione nel calcestruzzo

Si verifica che in ogni sezione la tensione di compressione nel calcestruzzo sia inferiore a:

$$\sigma_c \leq R_{ck} / \gamma_{m,c} \cdot \gamma_{E,c}$$

dove  $\gamma_{m,c}$  e  $\gamma_{E,c}$  assumono i valori della seguente tabella

Condizioni ambientali	Condizioni di carico	$\gamma_{m,c}$	$\gamma_{E,c}$
Ordinarie	Rara	1,5	1,4
	Quasi permanente	1,5	1,8
Aggressive	Rara	1,5	1,5
	Quasi permanente	1,5	1,9
Molto aggressive	Rara	1,5	1,6
	Quasi permanente	1,5	2,0



### 5.2.3 *Verifica delle tensioni di trazione nell'acciaio*

Si verifica che in ogni sezione la tensione di trazione nell'acciaio per effetto delle azioni dovute alle combinazioni rare sia inferiore:

$$\sigma_s \leq f_{yk} / 1.25$$

### 5.3 *Verifiche tensionali*

#### 5.3.1 *Verifiche delle tensioni normali di compressione ammissibili nel cls*

Si verifica che in ogni sezione la tensione di compressione nel calcestruzzo sia inferiore a:

$$\sigma_c \leq R_{ck} / \gamma_{m,c}$$

dove  $\gamma_{m,c} = 3.2$

#### 5.3.2 *Verifiche delle tensioni tangenziali ammissibili nel calcestruzzo*

Si verifica che in ogni sezione la tensione di compressione nel calcestruzzo sia inferiore a:

$$\tau_c \leq f_{ctk} / 3.2$$

#### 5.3.3 *Verifica delle tensioni ammissibili nell'acciaio*

Si verifica che in ogni sezione la tensione di trazione nell'acciaio per effetto delle azioni dovute alle combinazioni rare sia inferiore a:

$$\sigma_s \leq f_{yk} / 1.6$$

### 5.4 *Sollecitazione a SLU e SLE e armatura nelle sezioni di verifica*

Le verifiche delle sezioni dello scatolare in oggetto sono condotte per fessurazione e taglio, nelle sezioni di incastro fra elementi orizzontali (platea di fondazione e soletta di copertura) ed elementi verticali (montanti) e le verifiche a pressoflessione, nelle sezioni ad  $\frac{1}{4}$  dello spessore degli elementi del nodo.

Per le verifiche di resistenza e durabilità si assumono come valori di progetto il massimo valore di M e il valore associato della N, mentre per la verifica a taglio si assume come valore di progetto il massimo valore di T.

## 6 MODELLO DI CALCOLO

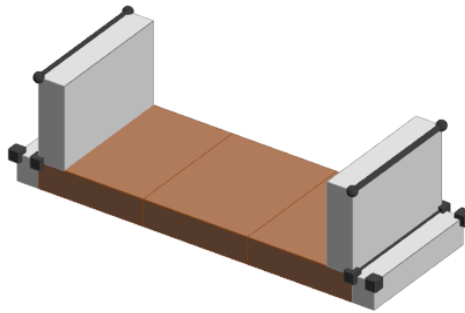


Figura 1 - Modello di calcolo Isola in c.a.

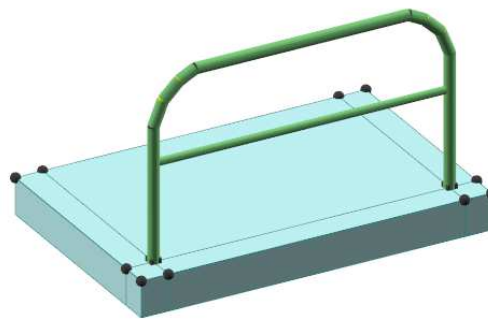


Figura 2 - Modello di calcolo del singolo modulo parapetonale

## 7 AZIONI APPLICATE

Con riferimento al paragrafo 3.6.3.3 delle N.T:C: viene applicata una forza orizzontale parallela alla parete corrispondente ad un urto da traffico veicolare pari a  $F_{dx} = 1000 \text{ kN}$  (tabella 3.6.III delle NTC- Autostrade). Alla forza parallela si associa una forza ortogonale applicata non simultaneamente pari a  $F_{dy} = 0,5 \cdot 1000 \text{ kN} = 500 \text{ kN}$

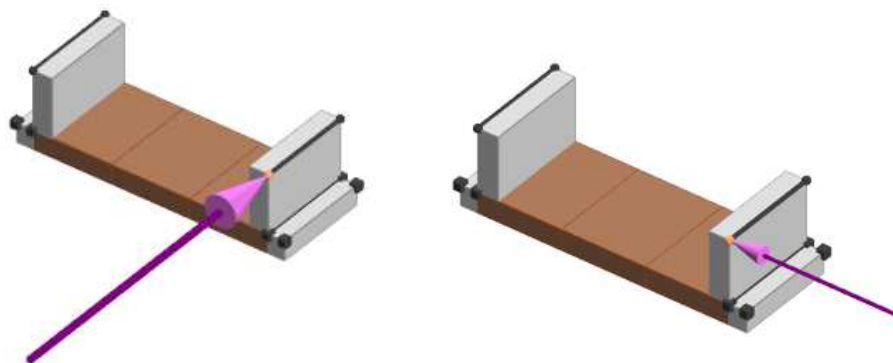
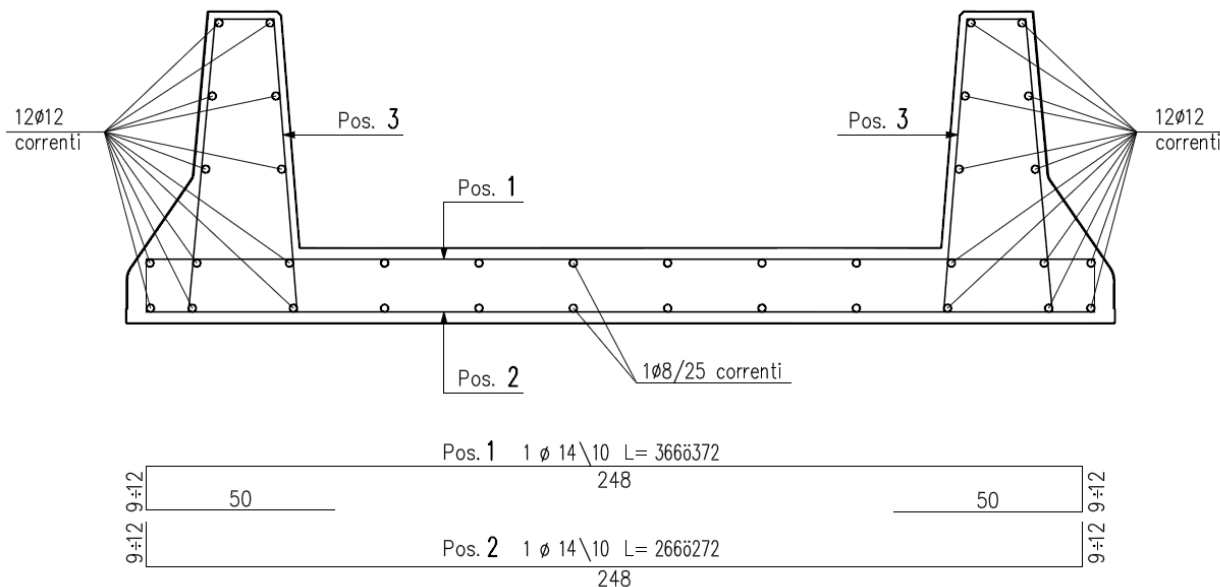


Figura 3 - Forza  $F_{dx}$  parallela al muro [1000 kN] e Forza  $F_{dy}$  ortogonale al muro [500 kN]

## 8 VERIFICHE

### 8.1 Isola in c.a.



#### 8.1.1 Soletta

#### Armatura platea a quota 0.00

##### Simbologia

Nodo	= Numero del nodo
X	= Coordinata X del nodo
Y	= Coordinata Y del nodo
DV	= Direzione di verifica
	XX = Verifica per momento Mxx
	YY = Verifica per momento Myy
CC	= Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
TCC	= Tipo di combinazione di carico
	SLU = Stato limite ultimo
	SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)
	SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara
	SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
	SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
	SLD = Stato limite di danno
	SLV = Stato limite di salvaguardia della vita
	SLC = Stato limite di prevenzione del collasso
	SLO = Stato limite di operatività
	SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco
c	= Ricoprimento dell'armatura
s	= Distanza minima tra le barre
K3	= Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione
s <sub>rm</sub>	= Distanza media tra le fessure
Φ	= Diametro della barra
A <sub>s</sub>	= Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace
A <sub>c eff</sub>	= Area di calcestruzzo efficace

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD  
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

$\sigma_s$  = Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata  
 $\sigma_{sr}$  = Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo  
 $\epsilon_{sm}$  = Deformazione unitaria media dell'armatura (\*1000)  
 $W_k$  = Apertura delle fessure  
 $A_{fE S}$  = Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, superiore  
 $A_{fE I}$  = Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, inferiore  
 $M_{om}$  = Momento flettente  
 $M_u$  = Momento ultimo  
 $Sic.$  = Sicurezza a rottura  
 $V_{sdu}$  = Taglio agente nella direzione del momento ultimo  
 $V_{rdu}$  = Taglio ultimo assorbibile dal solo calcestruzzo  
 $\sigma_c$  = Tensione nel calcestruzzo  
 $\sigma_f$  = Tensione nel ferro  
 $Spess.$  = Spessore  
 $Cf\ sup$  = Copriferro superiore  
 $Cf\ inf$  = Copriferro inferiore  
 $Cls$  = Tipo di calcestruzzo  
 $F_{ck}$  = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo  
 $F_{ctk}$  = Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo  
 $F_{cd}$  = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  
 $F_{ctd}$  = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo  
 $Acc.$  = Tipo di acciaio  
 $F_{yk}$  = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio  
 $F_{yd}$  = Resistenza di calcolo dell'acciaio

**Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati**

Spess. <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Cls	Fck <daN/cmq>	Fctk <daN/cmq>	Fcd <daN/cmq>	Fctd <daN/cmq>	Acc.	Fyk <daN/cmq>	Fyd <daN/cmq>
20.00	3.00	3.00	C28/35	290.50	19.84	164.62	13.23	B450C	4500.00	3913.04

**Stato limite ultimo - Ferri longitudinali - Verifiche armatura**

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	Mom <daNm>	Mu <daNm>	Sic.
-2	0.82	1.00	XX	1	SLU	2.62	2.62	-214.53	-1915.62	8.929
-2	0.82	1.00	YY	1	SLU	2.62	2.62	-3.38	-1915.62	>100

**Stato limite ultimo - Verifica a taglio del calcestruzzo**

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	Vsdu <daN>	Vrdu <daN>
1	2.47	-0.00	XX	1	SLU	2.62	2.62	332.21	9070.58

**Stato limite d'esercizio - Ferri longitudinali - Verifiche armatura**

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	Mom <daNm>	$\sigma_c$ <daN/cmq>	$\sigma_f$ <daN/cmq>
-2	0.82	1.00	XX	2	SLE R	2.62	2.62	-165.02	6.27	396.95
-2	0.82	1.00	XX	4	SLE Q	2.62	2.62	-165.02	6.27	396.95
-2	0.82	1.00	YY	2	SLE R	2.62	2.62	-2.60	0.10	6.25
-2	0.82	1.00	YY	4	SLE Q	2.62	2.62	-2.60	0.10	6.25

**Verifiche stato limite di formazione delle fessure**

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	c <mm>	s <mm>	K3	$s_{rm}$ <mm>	$\Phi$	$A_s$ <cmq>	$A_{c\ eff}$ <cmq>	$\sigma_s$ <daN/cmq>	$\sigma_{sr}$ <daN/cmq>	$\epsilon_{sm}$	$W_k$ <mm>
-2	0.82	1.00	XX	4	SLE Q	25.00	140.00	0.13	151.93	10.00	0.79	115.85	396.95	4843.54	0.08	0.02
-2	0.82	1.00	XX	3	SLE F	25.00	140.00	0.13	151.93	10.00	0.79	115.85	396.95	4843.54	0.08	0.02

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD  
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

-2	0.82	1.00	YY	4	SLE Q	25.00	140.00	0.13	151.93	10.00	0.79	115.85	6.25	4843.54	0.00	0.00
-2	0.82	1.00	YY	3	SLE F	25.00	140.00	0.13	151.93	10.00	0.79	115.85	6.25	4843.54	0.00	0.00

### 8.1.2 Parete

#### Parete n. 105

##### Simbologia

CC = Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari  
TCC = Tipo di combinazione di carico  
SLU = Stato limite ultimo  
SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)  
SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara  
SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente  
SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente  
SLD = Stato limite di danno  
SLV = Stato limite di salvaguardia della vita  
SLC = Stato limite di prevenzione del collasso  
SLO = Stato limite di operatività  
SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco

Zona = Zona di verifica

Zv = Coordinata Z di verifica

Xi = Coordinata X iniziale

Xf = Coordinata X finale

Xv = Coordinata X di verifica

N = Sforzo normale

My = Momento flettente intorno all'asse Y

Nu = Sforzo normale ultimo

Myu = Momento ultimo intorno all'asse Y

Sic. = Sicurezza a rottura

$\sigma_c$  = Tensione nel calcestruzzo

$\sigma_f$  = Tensione nel ferro

c = Ricoprimento dell'armatura

s = Distanza minima tra le barre

K3 = Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione

$s_{rm}$  = Distanza media tra le fessure

$\Phi$  = Diametro della barra

$A_s$  = Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace

$A_{c\ eff}$  = Area di calcestruzzo efficace

$\sigma_s$  = Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata

$\sigma_{sr}$  = Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo

$\epsilon_{sm}$  = Deformazione unitaria media dell'armatura (\*1000)

Wk = Apertura delle fessure

Vsdu = Taglio agente nella direzione del momento ultimo

VRsd = Taglio ultimo lato armatura

VRcd = Taglio ultimo lato calcestruzzo

Vrdu = Taglio ultimo assorbibile dal solo calcestruzzo

Sic.T = Sicurezza a rottura per taglio

Sez. = Sezione di verifica

Spess. = Spessore

Cf = Copriferro

Cls = Tipo di calcestruzzo

Fck = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo

Fctk = Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD  
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  
 Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo  
 Acc. = Tipo di acciaio  
 Fyk = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio  
 Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio

**Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati**

Sez.	Spess. <cm>	Cf <cm>	Cls	Fck <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fcd <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctd <daN/cm <sup>2</sup> >	Acc.	Fyk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fyd <daN/cm <sup>2</sup> >
Oriz.	20.00	4.10	C28/35	290.50	19.84	164.62	13.23	B450C	4500.00	3913.04

**Verifiche su sezioni orizzontali**

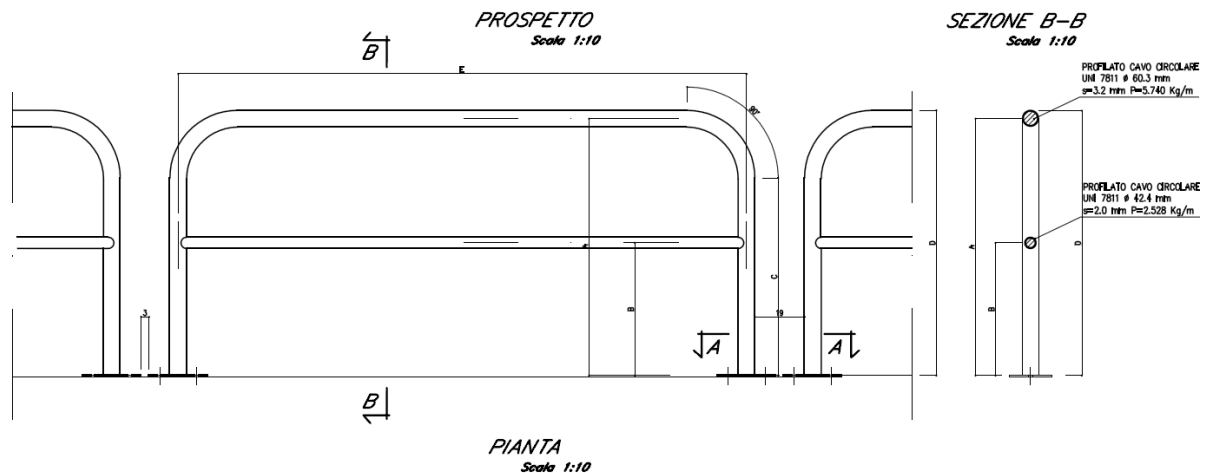
**Stato limite ultimo - Armatura a flessione**

CC	Zona	Zv <m>	Xi <m>	Xf <m>	N <daN>	My <daNm>	Nu <daN>	Myu <daNm>	Sic.
1	Diff.	0.00	0.00	1.00	-201.50	0.00	-203.96	3743.79	>100
1	Diff.	0.31	0.00	1.00	-201.50	0.00	-373489.00	0.00	>100
1	Diff.	0.62	0.00	1.00	-201.50	0.00	-373489.00	0.00	>100

**Stato limite d'esercizio - Armatura a flessione**

CC	TCC	Zona	Zv <m>	Xi <m>	Xf <m>	N <daN>	My <daNm>	$\sigma_c$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$\sigma_s$ <daN/cm <sup>2</sup> >
2	SLE R	Diff.	0.00	0.00	1.00	-155.00	0.00	0.07	1.07
4	SLE Q	Diff.	0.00	0.00	1.00	-155.00	0.00	0.07	1.07
2	SLE R	Diff.	0.31	0.00	1.00	-155.00	0.00	0.07	1.07
4	SLE Q	Diff.	0.31	0.00	1.00	-155.00	0.00	0.07	1.07
2	SLE R	Diff.	0.62	0.00	1.00	-155.00	0.00	0.07	1.07
4	SLE Q	Diff.	0.62	0.00	1.00	-155.00	0.00	0.07	1.07

## 8.2 PARAPEDONALI



### 8.2.1 Verifica profilo cavo 60,3x 3,2 mm

**Simbologia**

Sez. = Numero della sezione  
 Cod. = Codice

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD  
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

---

Tipo	=	Tipologia
		2C = Doppia C lato labbri
		2Cdx = Doppia C lato costola
		2I = Doppia I
		2L = Doppia L lato labbri
		2Ldx = Doppia L lato costole
		C = C
		Cdx = C destra
		Cir. = Circolare
		Cir.c = Circolare cava
		I = I
		L = L
		Ldx = L destra
		Om. = Omega
		Pg = Pi greco
		Pr = Poligono regolare
		Prc = Poligono regolare cavo
		Pc = Per coordinate
		Ia = Inerzie assegnate
		R = Rettangolare
		Rc = Rettangolare cava
		T = T
		U = U
		Ur = U rovescia
		V = V
		Vr = V rovescia
		Z = Z
		Zdx = Z destra
		Ts = T stondata
		Ls = L stondata
		Cs = C stondata
		Is = I stondata
		Dis. = Disegnata
D	<cm>	= Distanza
Area	<cmq>	= Area
Anet	<cmq>	= Area netta per compressione
Aeff	<cmq>	= Area effettiva per trazione
Jy	<cm4>	= Momento d'inerzia rispetto all'asse Y
Jz	<cm4>	= Momento d'inerzia rispetto all'asse Z
Iy	<cm>	= Raggio giratorio d'inerzia rispetto all'asse Y
Iz	<cm>	= Raggio giratorio d'inerzia rispetto all'asse Z
Wymin	<cmc>	= Modulo di resistenza minimo rispetto all'asse Y
Wzmin	<cmc>	= Modulo di resistenza minimo rispetto all'asse Z
Wy,plas	<cmc>	= Modulo di resistenza plastico intorno all'asse Y
Wz,plas	<cmc>	= Modulo di resistenza plastico intorno all'asse Z
Atag,y	<cmq>	= Area resistente a taglio in dir. Y
Atag,z	<cmq>	= Area resistente a taglio in dir. Z
J $\omega$	<cm6>	= Costante di ingobbamento
CC		= Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
N,Ed	<daN>	= Forza assiale di calcolo
M,Ed	<daNm>	= Momento flettente di calcolo
Nc,Rd	<daN>	= Resistenza a compressione
My,c,Rd	<daNm>	= Resistenza di calcolo a flessione intorno all'asse Y
L	<cm>	= Lunghezza dell'asta
$\lambda$		= Snellezza per inflessione
Ncr	<daN>	= Sforzo normale critico euleriano
$\lambda^*$		= Snellezza adimensionale
Curva		= Curva di instabilità adottata
$\Phi$		= Coefficiente $\Phi$
$\chi_{,min}$		= Coefficiente $\chi$ di riduzione per instabilità
Xl	<m>	= Coordinata progressiva (dal nodo iniziale dell'asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica
N	<daN>	= Sforzo normale
M	<daNm>	= Momento agente
M,c,Rd	<daNm>	= Resistenza di calcolo a flessione
MN,c,Rd	<daNm>	= Resistenza di calcolo a pressoflessione
T	<daN>	= Taglio agente
V,Ed,G	<daN>	= Forza di taglio per azioni non sismiche
V,Ed,M	<daN>	= Forza di taglio dovuta all'applicazione dei momenti resistenti

---

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD  
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

V,Ed <daN> = Forza di taglio di calcolo  
Vc,Rd <daN> = Resistenza a taglio  
f<sub>z,L</sub> <cm> = Freccia in direzione Z locale

**Caratteristiche profilati utilizzati**

Sez.	Cod.	Tipo	D <cm>	Area <cmq>	Anet <cmq>	Aeff <cmq>	Jy <cm4>	Jz <cm4>	Iy <cm>	Iz <cm>	Wymin <cm>	Wzmin <cm>
1	60x3.2	Cir.c	--	5.91	5.91	5.91	25.62	25.62	2.08	2.08	8.27	8.27

**Caratteristiche profilati utilizzati**

Sez.	Cod.	Wy,plas <cm>	Wz,plas <cm>	Atag,y <cmq>	Atag,z <cmq>	J0 <cm6>
1	60x3.2	10.80	10.80	3.76	3.76	

Asta n. 302 (9 10) 60x3.2 Crit. 1

- 
- Verifica di stabilità aste presso-inflesse (C4.2.4.1.3.3.2) - CC 5 - Classe 1  
Sollecitazioni: N,Ed=-3.34 M,Ed=13.10  
Resistenze: Nc,Rd=15481.80 M,c,Rd=282.95 L=118.00  
 $\alpha_y, \alpha_z, \alpha_{LT}=0.95, \text{----}, \text{----}$   
 $\lambda=56.68$  Ncr=38140.10  $\lambda^*=0.65$   
Curva a:  $\Phi=0.76$   $\chi_{\text{min}}=0.87$   
Kyy, Kyz, Kzy, Kzz=0.95, ----, ----, ----  
Verifica: 0.00+0.00=0.00
  - Verifica freccia massima carichi totali - CC 18  
f<sub>z,L</sub>=0.00 (L/106436)
  - Verifica a pressoflessione retta - CC 17 Xl=0.58 - Classe 1  
Sollecitazioni: N=-4.35 M=32.62  
M,Ed=32.62 M,c,Rd=282.95  
N,Ed=-4.35 Nc,Rd=15481.80 n=N,Ed/Nc,Rd=0.00  
MN,c,Rd=282.88 M,Ed/MN,c,Rd=0.12
  - Verifica a taglio dir. Z (4.2.17) - CC 1 Xl=0.00  
Sollecitazioni: N=-3.34 T=483.62 M=2.61  
V,Ed=483.62 (V,Ed,G=2.74, V,Ed,M=479.58) Vc,Rd=5690.53 V,Ed/Vc,Rd=0.08

## 8.2.2 Verifica profilo cavo 42,4 x 2 mm

### Simbologia

Sez. = Numero della sezione  
Cod. = Codice  
Tipo = Tipologia  
2C = Doppia C lato labbri  
2Cdx = Doppia C lato costola  
2I = Doppia I  
2L = Doppia L lato labbri  
2Ldx = Doppia L lato costole  
C = C  
Cdx = C destra  
Cir. = Circolare  
Cir.c = Circolare cava  
I = I  
L = L  
Ldx = L destra  
Om. = Omega  
Pg = Pi greco  
Pr = Poligono regolare  
Prc = Poligono regolare cavo  
Pc = Per coordinate  
Ia = Inerzie assegnate  
R = Rettangolare  
Rc = Rettangolare cava  
T = T



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD  
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

		U = U
		Ur = U rovescia
		V = V
		Vr = V rovescia
		Z = Z
		Zdx = Z destra
		Ts = T stondata
		Ls = L stondata
		Cs = C stondata
		Is = I stondata
		Dis. = Disegnata
D	<cm>	= Distanza
Area	<cmq>	= Area
Anet	<cmq>	= Area netta per compressione
Aeff	<cmq>	= Area effettiva per trazione
Jy	<cm4>	= Momento d'inerzia rispetto all'asse Y
Jz	<cm4>	= Momento d'inerzia rispetto all'asse Z
Iy	<cm>	= Raggio giratorio d'inerzia rispetto all'asse Y
Iz	<cm>	= Raggio giratorio d'inerzia rispetto all'asse Z
Wymin	<cmc>	= Modulo di resistenza minimo rispetto all'asse Y
Wzmin	<cmc>	= Modulo di resistenza minimo rispetto all'asse Z
Wy,plas	<cmc>	= Modulo di resistenza plastico intorno all'asse Y
Wz,plas	<cmc>	= Modulo di resistenza plastico intorno all'asse Z
Atag,y	<cmq>	= Area resistente a taglio in dir. Y
Atag,z	<cmq>	= Area resistente a taglio in dir. Z
J $\omega$	<cm6>	= Costante di ingobbamento
CC		= Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
Xl	<m>	= Coordinata progressiva (dal nodo iniziale dell'asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica
N	<daN>	= Sforzo normale
T	<daN>	= Taglio agente
M	<daNm>	= Momento agente
N,Ed	<daN>	= Forza assiale di calcolo
Nc,Rd	<daN>	= Resistenza a compressione
M,Ed	<daNm>	= Momento flettente di calcolo
M,c,Rd	<daNm>	= Resistenza di calcolo a flessione
MN,c,Rd	<daNm>	= Resistenza di calcolo a pressoflessione
V,Ed,G	<daN>	= Forza di taglio per azioni non sismiche
V,Ed,M	<daN>	= Forza di taglio dovuta all'applicazione dei momenti resistenti
V,Ed	<daN>	= Forza di taglio di calcolo
Vc,Rd	<daN>	= Resistenza a taglio
f <sub>z,L</sub>	<cm>	= Freccia in direzione Z locale

**Caratteristiche profilati utilizzati**

Sez.	Cod.	Tipo	D <cm>	Area <cmq>	Anet <cmq>	Aeff <cmq>	Jy <cm4>	Jz <cm4>	Iy <cm>	Iz <cm>	Wymin <cmc>	Wzmin <cmc>
2	42.2 x 2	Cir.c	--	2.53	2.53	2.53	5.11	5.11	1.42	1.42	2.42	2.42

**Caratteristiche profilati utilizzati**

Sez.	Cod.	Wy,plas <cmc>	Wz,plas <cmc>	Atag,y <cmq>	Atag,z <cmq>	J $\omega$ <cm6>
2	42.2 x 2	3.16	3.16	1.61	1.61	

Asta n. 101 (12 11) 42.2 x 2 Crit. 1

- 
- Verifica freccia massima carichi totali - CC 18  
f<sub>z,L</sub>=0.00 (L/47520)
  - Verifica a pressoflessione retta - CC 17 Xl=0.00 - Classe 1  
Sollecitazioni: N=4.19 T=2.11 M=2.04  
M,Ed=2.04 M,c,Rd=82.65  
N,Ed=4.19 Nc,Rd=6615.30 n=N,Ed/Nc,Rd=0.00  
MN,c,Rd=82.59 M,Ed/MN,c,Rd=0.02
  - Verifica a taglio dir. Z (4.2.17) - CC 1 Xl=0.00  
Sollecitazioni: N=3.22 T=102.41

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD  
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

---

V,Ed=102.41 (V,Ed,G=1.63, V,Ed,M=100.79) Vc,Rd=2431.54 V,Ed/Vc,Rd=0.04

### 8.2.3 Verifica ancoraggio a terra

#### Collegamento 0001\_0012

##### Simbologia

N	<daN>	= Sforzo normale agente sul collegamento
Tz	<daN>	= Taglio in direzione Z agente sul collegamento
My	<daNm>	= Momento flettente intorno all'asse Y del collegamento
TY <sub>1</sub>	<daN>	= Taglio in direzione Y locale
N <sub>1</sub>	<daN>	= Sforzo normale in direzione Z locale
Mx <sub>1</sub>	<daNm>	= Momento flettente intorno all'asse X locale
Fv,Ed	<daN>	= Taglio nei bulloni
Fv,Rd	<daN>	= Resistenza a taglio del bullone
Fb,Ed,p	<daN>	= Rifollamento lato piastra
Fb,Rd,p	<daN>	= Resistenza a rifollamento lato piastra
Ft,Ed	<daN>	= Trazione nei bulloni
Ft,Rd	<daN>	= Resistenza a trazione del bullone
Bp,Ed,p	<daN>	= Azione di punzonamento di progetto lato piastra
Bb,Rd,p	<daN>	= Punzonamento
Int. V-T		= Controllo interazione taglio/trazione [4.2.65]
LT	<m>	= Lunghezza tirafondi
RT	<daN>	= Resistenza tirafondi
σ <sub>c</sub>	<daN/cm <sup>2</sup> >	= Tensione nel calcestruzzo
TP	<daN>	= Azione che genera tensione tangenziale parallela
TO	<daN>	= Azione che genera tensione tangenziale ortogonale
NO	<daN>	= Azione che genera tensione normale ortogonale
τ <sub>p</sub>	<daN/cm <sup>2</sup> >	= Tensione tangenziale parallela all'asse del cordone di saldatura
τ <sub>o</sub>	<daN/cm <sup>2</sup> >	= Tensione tangenziale ortogonale all'asse del cordone di saldatura
σ <sub>o</sub>	<daN/cm <sup>2</sup> >	= Tensione normale ortogonale all'asse del cordone di saldatura
σ <sub>ID</sub>	<daN/cm <sup>2</sup> >	= Tensione ideale nel cordone di saldatura
Σ <sub>T</sub>	<daN/cm <sup>2</sup> >	= Somma tensioni nel cordone di saldatura
My <sub>1</sub>	<daNm>	= Momento flettente intorno all'asse Y locale
σ	<daN/cm <sup>2</sup> >	= Tensione normale
τ	<daN/cm <sup>2</sup> >	= Tensione tangenziale
Bnetta	<mm>	= Larghezza sezione al netto di eventuali fori
Hnetta	<mm>	= Altezza sezione al netto di eventuali fori

Piastra 222.00 x 272.00 s= 6.00 - 2 Tirafondi φ 14 - Profondità di infissione: 120.00  
2 righe ad interasse 200.00  
Altezza di gola saldature: 2.12

##### Tirafondi e calcestruzzo

CC 1 SLV (Collegamento 0001\_0012)

Azioni sul collegamento: N=-8.76 Tz=-1.49 My=-0.71

Sollecitazioni agenti localmente: TY<sub>1</sub>=-1.49 N<sub>1</sub>=-8.76 Mx<sub>1</sub>=-0.71

Taglio nei bulloni: Fv,Ed=0.74 Fv,Rd=4433.42

Rifollamento lato piastra: Fb,Ed,p=0.74 Fb,Rd,p=5779.20

Trazione nei bulloni: Ft,Ed=0.25 Ft,Rd=4968.00

Azione di punzonamento di progetto lato piastra: Bp,Ed,p=0.25 Bb,Rd,p=10893.50

Int. V-T=0.00

Tirafondi:LT=0.23 (0.12) RT=1099.76

Compressione nel calcestruzzo: σ<sub>c</sub>= 0.04

CC 5 SLV (Collegamento 0001\_0012)

Azioni sul collegamento: N=-10.20 Tz=1.73 My=0.79

Sollecitazioni agenti localmente: TY<sub>1</sub>=1.73 N<sub>1</sub>=-10.20 Mx<sub>1</sub>=0.79

Taglio nei bulloni: Fv,Ed=0.86 Fv,Rd=4433.42

Rifollamento lato piastra: Fb,Ed,p=0.86 Fb,Rd,p=5779.20

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD  
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

---

Trazione nei bulloni: Ft,Ed=0.22 Ft,Rd=4968.00  
Azioni di punzonamento di progetto lato piastra: Bp,Ed,p=0.22 Bb,Rd,p=10893.50  
Int. V-T=0.00  
Tirafondi:LT=0.23 (0.12) RT=1099.76  
Compressione nel calcestruzzo:  $\sigma_c = 0.04$

**Saldatura profilo-piastra**

CC 5 SLV (Collegamento 0001\_0012)  
Azioni sul collegamento: N=-10.20 Tz=1.73 My=0.79  
Sollecitazioni agenti localmente: Ty<sub>1</sub>=1.73 N<sub>1</sub>=-10.20 Mx<sub>1</sub>=-0.79  
Azioni sul cordone: TP=0.01 TO=0.09 NO=-0.51  
Tensioni nel cordone:  $\tau_p = 0.07$   $\tau_o = 0.41$   $\sigma_o = 14.23$   $\sigma_{TD} = 14.24$   $\Sigma_T = 14.65$

**Flessione piastra interna**

CC 5 SLV (Collegamento 0001\_0012)  
Azioni sul collegamento: N=-10.20 Tz=1.73 My=0.79  
Sollecitazioni agenti localmente: My<sub>1</sub>=0.05  
Tensioni nella sezione:  $\sigma = 0.89$   $\tau = 0.11$

**Flessione attacco superiore piastra**

Bnetta=207.00 Hnetta=6.00  
CC 5 SLV (Collegamento 0001\_0012)  
Azioni sul collegamento: N=-10.20 Tz=1.73 My=0.79  
Sollecitazioni agenti localmente: Ty<sub>1</sub>=-8.40 Mx<sub>1</sub>=-0.50  
Tensioni nella sezione:  $\sigma = 40.57$   $\tau = 0.68$

**Flessione attacco inferiore piastra**

Bnetta=207.00 Hnetta=6.00  
CC 1 SLV (Collegamento 0001\_0012)  
Azioni sul collegamento: N=-8.76 Tz=-1.49 My=-0.71  
Sollecitazioni agenti localmente: Ty<sub>1</sub>=-7.44 Mx<sub>1</sub>=-0.45  
Tensioni nella sezione:  $\sigma = 36.13$   $\tau = 0.60$

**Flessione attacco destro piastra**

Bnetta=272.00 Hnetta=6.00  
CC 17 SLU (Collegamento 0001\_0012)  
Azioni sul collegamento: N=-12.32 Tz=0.16 My=0.05  
Sollecitazioni agenti localmente: Ty<sub>1</sub>=-4.07 My<sub>1</sub>=-0.17  
Tensioni nella sezione:  $\sigma = 10.11$   $\tau = 0.25$

**Flessione attacco sinistro piastra**

Bnetta=272.00 Hnetta=6.00  
CC 17 SLU (Collegamento 0001\_0012)  
Azioni sul collegamento: N=-12.32 Tz=0.16 My=0.05  
Sollecitazioni agenti localmente: Ty<sub>1</sub>=-4.07 My<sub>1</sub>=-0.17  
Tensioni nella sezione:  $\sigma = 10.11$   $\tau = 0.25$

**Flessione locale**

Bullone in x=0.00 y=100.00  
Bnetta=138.00 Hnetta=6.00  
CC 1 SLV (Collegamento 0001\_0012)  
Azioni sul collegamento: N=-8.76 Tz=-1.49 My=-0.71  
Sollecitazioni agenti localmente: Mx<sub>1</sub>=0.02  
Tensioni nella sezione:  $\sigma = 2.06$   $\tau = 0.00$