



**sintecna**

C.so Massimo D'Azeglio 118 10126 torino - tel 011/ 6672132 - fax 011/6635280 - E-Mail: segreteria@sintecna.com

OPERA :

GTT - PARCHEGGIO VENTIMIGLIA - Via Giulio Biglieri 44 - Torino

responsabile :

Prof. Ing. Paolo NAPOLI

OGGETTO :

RELAZIONE ILLUSTRATIVA - SPECIFICA TECNICA

LAVORO N: 1087

NOME FILE :

1087\_E\_ST\_R\_01\_A.pdf

DATA :

31 luglio 2020

## **GTT – PARCHEGGIO VENTIMIGLIA**

### **INTERVENTO DI ADEGUAMENTO STATICO ALLE NTC 2018**

#### **RELAZIONE ILLUSTRATIVA SPECIFICA TECNICA**

prof. ing. Paolo Napoli


## INDICE

1	RELAZIONE .....	3
1.1	DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE DELLA STRUTTURA .....	3
1.2	RINFORZO LASTRE IN C.A. MEDIANTE FIBRE DI CARBONIO .....	7
1.2.1	Azioni .....	7
1.2.2	Materiali .....	7
1.2.3	Modello di calcolo.....	7
1.2.4	Verifica delle sezioni .....	11
1.2.5	Prove di PULL-OFF.....	15
1.3	RINFORZO PARAPETTO “GUARD-RAIL” .....	16
1.3.1	Descrizione .....	16
1.3.2	Azioni .....	17
1.3.3	Materiali .....	17
1.3.4	Dispositivo di attacco tipo A.....	18
1.3.5	Dispositivo di attacco tipo B.....	20
1.4	INTERVENTI MINORI .....	21
2	SPECIFICA TECNICA .....	24
2.1	ACCIAIO .....	24
2.2	FIBRA DI CARBONIO .....	24

# 1 RELAZIONE

## 1.1 DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE DELLA STRUTTURA

Il parcheggio Ventimiglia è costituito da una struttura metallica avente ritti con maglia m. 5 x 5, travi principali IPE 360 appoggiate direttamente ai pilastri ed ordite nella direzione parallela a via Ventimiglia, travi secondarie aventi interasse 2 m in profilo IPE 270 ad esse ortogonali. La struttura non dispone di fondazioni, ma si appoggia direttamente sull'asfalto del piano terra mediante piastre di acciaio di spessore 20 mm.



*fig. 1 – l'organizzazione strutturale del parcheggio*



E' presente un diffuso sistema di controventi sia orizzontali (posti al di sotto delle travi secondarie) sia verticali, nei piani tra i pilastri non interessati dal transito dei veicoli (fig. 1).

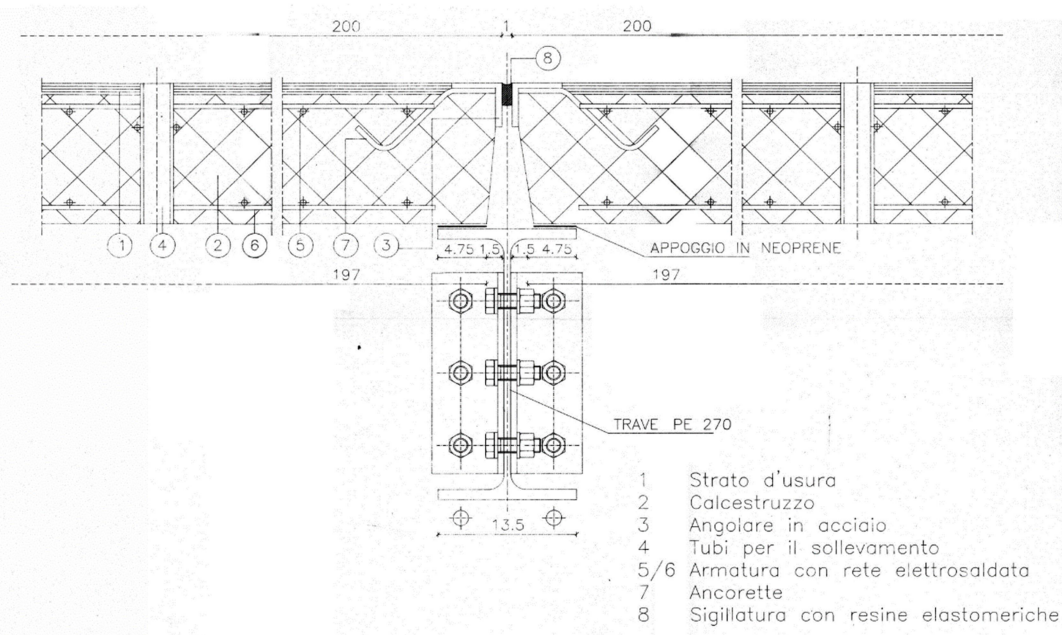
Sulle travi secondarie in IPE 270 sono appoggiate lastre prefabbricate in calcestruzzo, che realizzano l'orizzontamento del primo piano, aventi dimensione m 2 x 2 (o inferiore nelle zone singolari) e spessore cm 14. Lungo i bordi superiori sono presenti angolari metallici, presumibilmente al fine di preservare gli spigoli dai danni indotti dalle ruote dei veicoli.

Gli spigoli inferiori sono invece privi di bordatura e sono arretrati rispetto a quelli superiori di 1,5 cm, in modo da rendere possibile in prefabbricazione lo scassero delle lastre per semplice sollevamento (fig. 2).



fig. 2 – le lastre prefabbricate dell'orizzontamento

Gli appoggi delle lastre sono costituiti dall'ala superiore dell'IPE 270, larga 135 mm. Con un giunto di posa tra le lastre di 15 mm, le due lastre che confluiscono su una stessa trave si trovano a 7,5 mm dall'asse della trave e pertanto, tenuto conto dello smusso di 15 mm presente in testata (fig. 2), ciascuna di esse dispone di un appoggio effettivo di 50 mm, sufficiente alla necessità essendo esteso per tutto il lato della lastra. Si riporta di seguito un estratto dei disegni originali con il particolare di posa delle lastre.



Recentemente è stata eseguito un intervento di riposizionamento delle lastre dell'impalcato, che nel corso del tempo si erano spostate dalla posizione originale, con l'inserimento all'intradosso di piastre di ritegno meccanico per impedire nuovi spostamenti; sono state inoltre sostituite alcune lastre fessurate con nuovi elementi prefabbricati.







A seguito di un'analisi statica dell'impalcato, previo saggio in situ dell'armatura presente, si è constatata la non rispondenza delle lastre esistenti alle norme tecniche attuali (NTC-2018); la stessa condizione risulta anche per il parapetto "guard-rail" perimetrale all'orizzontamento stesso.

Il presente progetto pertanto tratta gli interventi di rinforzo da eseguire sulle lastre e sul parapetto metallico per adeguarli alla normativa vigente.

## 1.2 RINFORZO LASTRE IN C.A. MEDIANTE FIBRE DI CARBONIO

Il rinforzo previsto in progetto prevede l'uso di fasce di tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza ed a modulo elastico 230.000 N/mm<sup>2</sup> (tipo MAPEWRAP C UNI-AX 300 E230) in quattro tipologie costruttive diverse seconda l'ubicazione della lastra su cui intervenire nell'impalcato costituente il piano primo del parcheggio. Si segnala la necessità di sagomare le fasce in corrispondenza delle piastre lato travi secondarie

- Tipo A: n.3 strisce da cm 20x180
- Tipo B: n.2 strisce da cm 20x180
- Tipo C: n.2 strisce da cm 20x180
- Tipo D: n.1 striscia da cm 20x180

### 1.2.1 Azioni

Le azioni considerate per la verifica della lastra sono le seguenti:

#### AZIONI PERMANENTI

Peso proprio, pari a  $g_{0k} = 3.50 \text{ kN/m}^2$

#### AZIONI VARIABILI (tra loro alternative)

Carico uniformemente distribuito cat. F, pari a  $q_{1k} = 2.50 \text{ kN/m}^2$

Carico concentrato cat. F, pari a 2 azioni  $Q_{1k} = 10.00 \text{ kN/m}^2$  distanti tra loro 1.80 m

### 1.2.2 Materiali

Per quanto riguarda i materiali delle lastre si considera un CLS classe C20/25 e un acciaio da armatura classe FeB44k, conformemente agli elaborati di progetto.

Il rinforzo viene eseguito con fasce di tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza ed a modulo elastico 230.000 N/mm<sup>2</sup> (tipo MAPEWRAP C UNI-AX 300 E230), incollate con resina appositamente.

### 1.2.3 Modello di calcolo

Al fine di calcolare le azioni agenti sulla lastra tenendo conto delle azioni concentrate e degli effetti di bordo e di vincolo è stato realizzato un modello con il codice di calcolo SAP2000 per ognuno dei 4 schemi di vincolo:



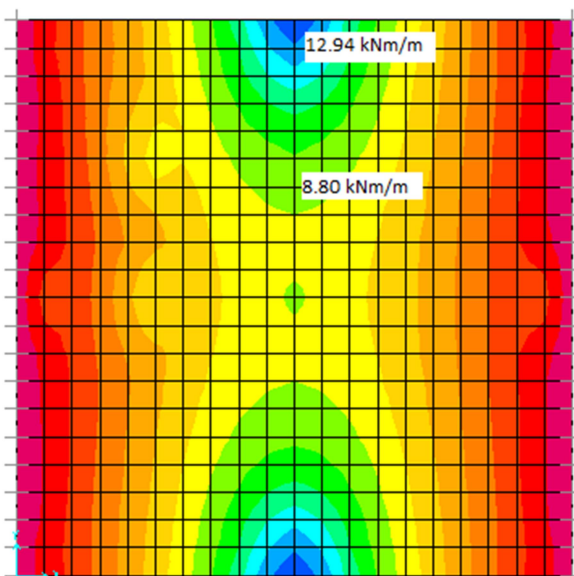
- Tipo A - lastra semplicemente appoggiata su due lati paralleli
- Tipo B - lastra semplicemente appoggiata su tre lati
- Tipo C - lastra semplicemente appoggiata su due lati paralleli e su un allineamento centrale trasversale
- Tipo D - mezza lastra semplicemente appoggiata sui due lati corti e su un lato lungo

Alle lastre sono stati applicati i carichi di normativa. Il carico distribuito è stato applicato sull'intera lastra. I carichi concentrati sono stati applicati in una serie di posizioni tali da modellare varie posizioni dell'asse veicolare al di sopra della piastra. I carichi sono stati combinati a SLU utilizzando i coefficienti parziali da normativa e quindi si sono considerate come sollecitazioni flettenti nella lastra quelle derivate dall'involuppo delle varie possibili configurazioni del carico.

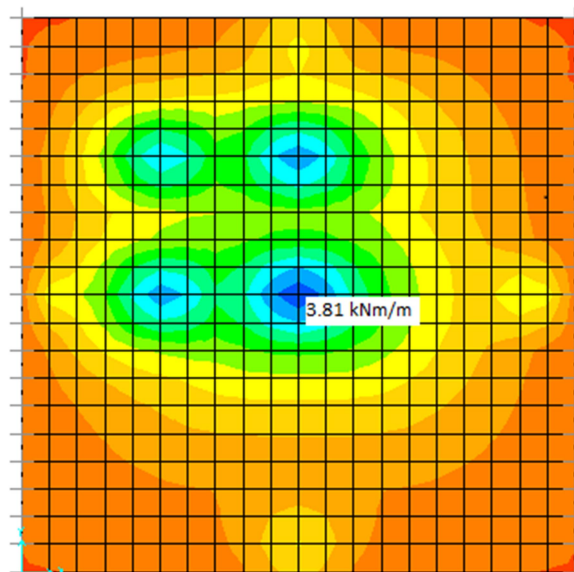
Di seguito si riportano le immagini relative all'involuppo delle sollecitazioni flettenti significative per le varie tipologie di lastra, con indicati i relativi valori

#### LASTRA TIPO A

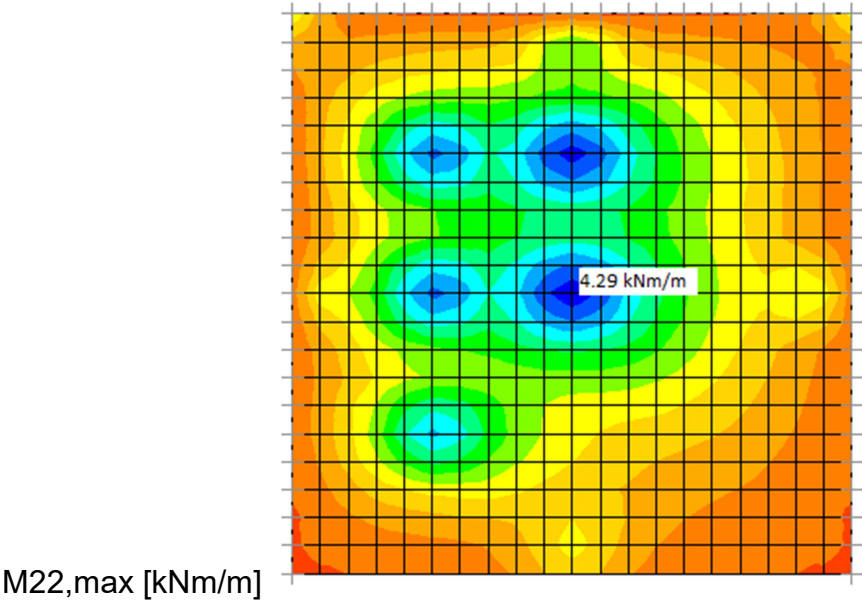
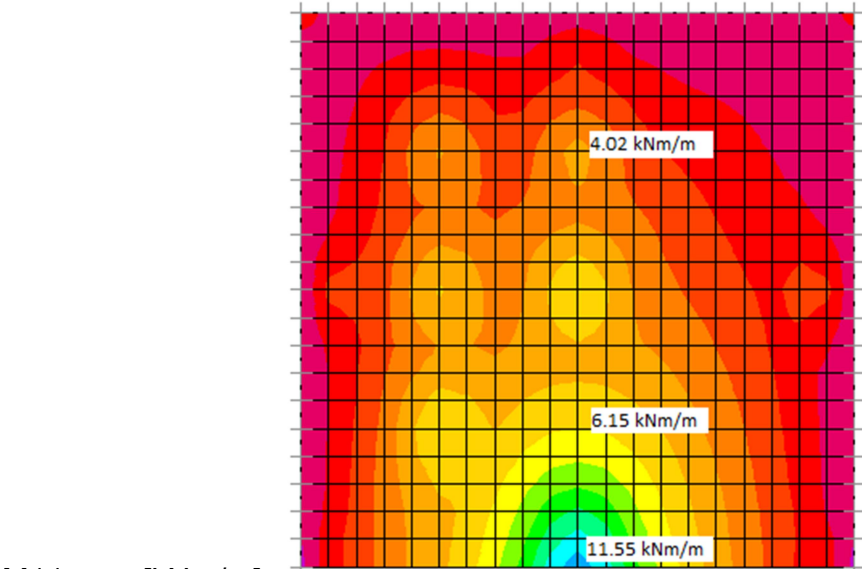
M11,max [kNm/m]



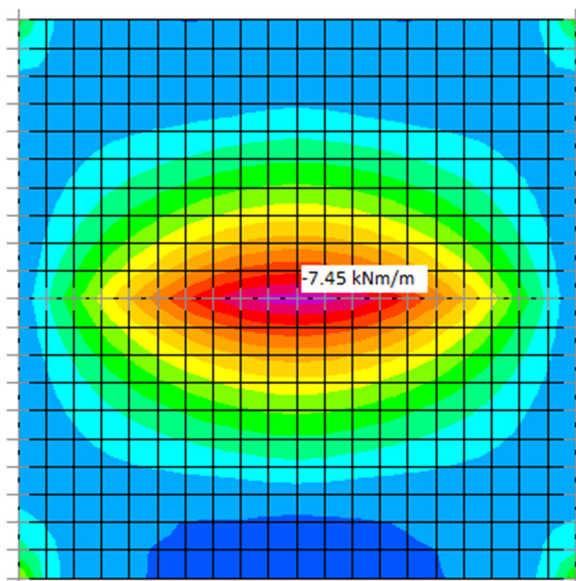
M22,max [kNm/m]



LASTRA TIPO B



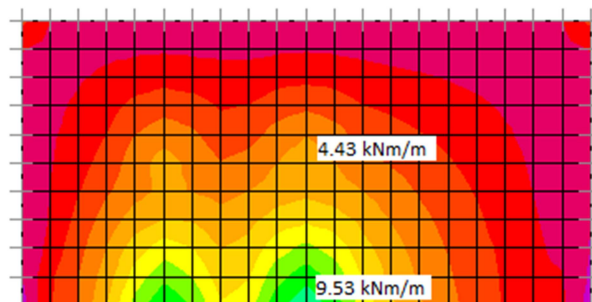
### LASTRA TIPO C



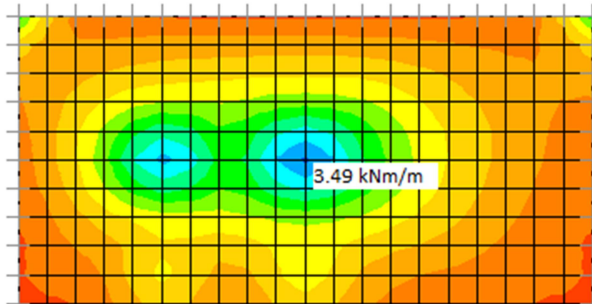
M22,min [kNm/m]

Come si evince nel paragrafo seguente il momento negativo a cavallo della trave intermedia è nettamente superiore al valore resistente. Non essendo possibile un rinforzo della lastra sulla faccia superiore si assume, al superamento del momento resistente, la formazione di una cerniera plastica lineare estesa per tutta la larghezza della lastra. A questo punto il comportamento della lastra tipo C risulta analogo a quello di due lastre tipo D affiancate.

### LASTRA TIPO D



M11,max [kNm/m]



M22,max [kNm/m]

## 1.2.4 Verifica delle sezioni

In primo luogo si è calcolata la resistenza a flessione della sezione non rinforzata, avente un'altezza di 140 mm e armata inferiormente con Ø4/12.5 e superiormente con Ø4/25.

Tutte le verifiche sono effettuate per unità di larghezza. Le lastre sono armate in modo analogo nelle due direzioni quindi i valori vengono sia per il momento M11 che per il momento M22.

Le immagini seguenti riportano il calcolo del momento resistente ultimo effettuato tramite il programma VASLU del professor Gelfi.

**Titolo :** Calcolo momento resistente positivo

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	14	1	0.5025	2.5
			2	1.005	11.5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
FeB44k C20/25  
E<sub>su</sub> 67.5 ‰ E<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 373.9 N/mm² E<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 210'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 11.33 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 7 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
E<sub>syd</sub> 1.78 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 8.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.5333  
τ<sub>c1</sub> 1.686

M<sub>xRd</sub> 4.646 kN m  
σ<sub>c</sub> -11.33 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 373.9 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 62.51 ‰  
d 11.5 cm  
x 0.609 x/d 0.05302  
δ 0.7

**Tipo Sezione**  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

**Metodo di calcolo**  
S.L.U. + S.L.U. -  
Metodo n

**Tipo flessione**  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

**Titolo :** Calcolo momento resistente negativo

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	14	1	0.5025	2.5
			2	1.005	11.5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
FeB44k C20/25  
E<sub>su</sub> 67.5 ‰ E<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 373.9 N/mm² E<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 210'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 11.33 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 7 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
E<sub>syd</sub> 1.78 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 8.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.5333  
τ<sub>c1</sub> 1.686

M<sub>xRd</sub> -2.955 kN m  
σ<sub>c</sub> -11.33 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 373.9 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 62.51 ‰  
d 11.5 cm  
x 0.609 x/d 0.05302  
δ 0.7

**Tipo Sezione**  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

**Metodo di calcolo**  
S.L.U. + S.L.U. -  
Metodo n

**Tipo flessione**  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso




Si evidenzia come il momento sollecitante M22 positivo risulti sempre inferiore al momento resistente positivo.

Si procede quindi al rinforzo solamente in direzione 1.


La verifica delle sezioni rinforzate tramite fibre è stata effettuata con il foglio di calcolo sviluppato da MAPEI con l'università FEDERICO II di Napoli.

Di seguito si riporta la definizione delle caratteristiche della sezione originale e del rinforzo

Vers. 1.0 Gennaio 2012



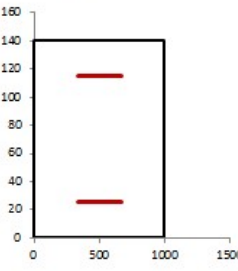
**MAPEI**  
ADESIVI SIGILLANTI PRODOTTI CHIMICI PER L'EDILIZIA

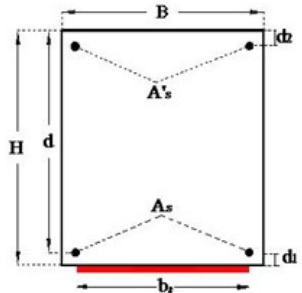


**D.I.ST.**  
Dipartimento di Strutture per  
l'Ingegneria e l'Architettura  
Università di Napoli "Federico II"

Cliente:	Sintecna	Cantiere:	Parcheggio Vventimiglia - Torino
Rif. Strutt.:			

Dati di Input Sezione		
Altezza (H)	140	mm
Base (B)	1000	mm
Area di acciaio in trazione A <sub>s</sub>	103.0412	mm <sup>2</sup>
Area di acciaio in compressione A'	51.5206	mm <sup>2</sup>
Copriferro (d <sub>1</sub> =d <sub>2</sub> )	25	mm
Altezza utile (d)	115	mm
Area di lamina A <sub>f</sub>	34.6	mm <sup>2</sup>





Materiali								
	Resistenze		Moduli elastici					
	Medie	Calcolo						
Calcestruzzo f <sub>cm</sub> [MPa]	33	33.00	31476	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>f<sub>td</sub></td> <td>25.00 MPa</td> </tr> <tr> <td>f<sub>cm</sub></td> <td>2.56 MPa</td> </tr> </table>	f <sub>td</sub>	25.00 MPa	f <sub>cm</sub>	2.56 MPa
f <sub>td</sub>	25.00 MPa							
f <sub>cm</sub>	2.56 MPa							
Acciaio f <sub>ym</sub> [MPa]	374	374.0	210000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>ε<sub>ty</sub></td> <td>0.00178</td> </tr> </table>	ε <sub>ty</sub>	0.00178		
ε <sub>ty</sub>	0.00178							
Fattore di confidenza FC	1							

Momento iniziale agente in sezione prima dell'applicazione delle fibre M <sub>0</sub> [kNm]	1.75
---	------

Materiale	Tipo di fibra	Esposizione
MapoWrap CUNI-AR300 - E230	Carbonio	Esterna

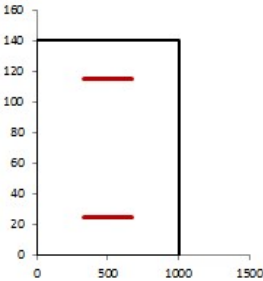
## LASTRA TIPO A

La fascia laterale, larga 52 cm, è rinforzata con una striscia di fibra da 20 cm. Ne risultano 384 mm di rinforzo per metro di larghezza. Il momento resistente è calcolato di seguito

CARATTERISTICHE FRP	
$\sigma$ caratteristica di rottura	4830 MPa
$\varepsilon$ caratteristica di rottura, $\varepsilon_R$	0.021
Modulo elastico	230000 MPa
Spessore equivalente tessuto sacco ( $t_f$ )	0.166 mm
Coefficiente di sicurezza per distacco FRP ( $\gamma_{fd}$ )	1.5
Coefficiente parziale del materiale ( $\gamma_f$ )	1.10
Fattore di conversione ambientale ( $\eta_a$ )	0.85
$\sigma$ calcolo, $f_{fd}$	2737 MPa
Larghezza rinforzo ( $b_f$ )	384 mm
N° strati rinforzo ( $n$ )	1
Coefficiente per condizione di carico ( $k_c$ )	Carico concentrato

$k_c$	1.08
$k_c$	0.037
$b_f/b$	0.38
$f_{fd,2}$ Resist. di prog al distacco FRP (mod 2)	1023 MPa
$\varepsilon_{fd,2}$ Deformazione max di distacco FRP	0.00445
$\varepsilon_0$ lembo teso CLS all'applicazione dell'	0.00043
$\varepsilon_y - \varepsilon_0$	0.00135
$\Gamma_{fd}$ Energia specifica di frattura	0.315 MPa
$f_{ad}$ Resist. di prog. adesione FRP-CLS	2.52 MPa
$l_{ad}$ Lunghezza ottimale di ancoraggio	200.0 mm
$f_{fd}$ Resist. di prog. al distacco FRP (mod 1)	622 MPa
$\varepsilon$ calcolo, $\varepsilon_{fd}$	0.00445

$$\varepsilon_{fd} = \frac{f_{fd,2}}{E_f} \geq \varepsilon_y - \varepsilon_0, \quad (4.7)$$

$$\varepsilon_{fd} = \min \left\{ \eta_a \frac{\varepsilon_R}{\gamma_f}, \varepsilon_{fd,2} \right\}$$
  

Output: calcolo dell'asse neutro a rottura e del momento ultimo ( $y_c, M_u$ )									
E' una procedura iterativa in cui si ipotizza un valore per $y_c$ , e si verifica che corrisponda $Nu=0$ (rottura in flessione semplice)									
$y_c$	regione	$\psi$	$\lambda$	$\sigma'_s$	$\sigma_s$	$\sigma_f$	Risolvi	eq. Traslazione	$M_{rd}$
mm		ad.	ad.	MPa	MPa	MPa			kN m
4.95	1	0.80	0.416	-138.69	374.00	1023.22		0.00	13.51

Sezione non Rinforzata					
$y_c$	$\sigma'_s$	$\sigma_s$	$M_{rd}$	$\varepsilon_c$	
mm	MPa	MPa	kN m	$\varepsilon_s$	
0.860	374.00	374.0	3.94	$\varepsilon_{s0}$	0.00445

Il momento resistente, pari a 13.51 kNm/m, è superiore al valore massimo sollecitante, pari a 12.94 kNm/m. La sezione risulta verificata.

La fascia centrale, larga 96 cm, è rinforzata con una striscia di fibra da 20 cm. Ne risultano 208 mm di rinforzo per metro di larghezza. Il momento resistente è calcolato di seguito

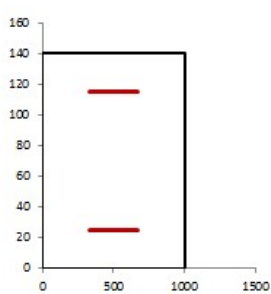
CARATTERISTICHE FRP	
$\sigma$ caratteristica di rottura	4830 MPa
$\epsilon$ caratteristica di rottura, $\epsilon_R$	0.021
Modulo elastico	230000 MPa
Spessore equivalente tessuto secco ( $t_f$ )	0.166 mm
Coefficiente di sicurezza per distacco FRP ( $\gamma_{fr}$ )	1.5
Coefficiente parziale del materiale ( $\gamma_f$ )	1.10
Fattore di conversione ambientale ( $\eta_a$ )	0.85
$\sigma$ calcolo, $f_{td}$	2737 MPa

Larghezza rinforzo ( $b_f$ )	208 mm
N° strati rinforzo ( $n$ )	1
Coefficiente per condizione di carico ( $k$ )	Carico concentrato

$k_b$	1.18
$k_c$	0.037
$b_f/b$	0.25
$f_{td,2}$ Resist. di prog al distacco FRP (mod 2)	1071 MPa
$\epsilon_{td,2}$ Deformazione max di distacco FRP	0.00466
$\epsilon_0$ lembo teso CLS all'applicazione dell'	0.00043
$\epsilon_{s,2} - \epsilon_0$	0.00135
$\Gamma_{fr}$ Energia specifica di frattura	0.344 MPa
$f_{ad}$ Resist. di prog. adesione FRP-CLS	2.76 MPa
$l_{ad}$ Lunghezza ottimale di ancoraggio	200.0 mm
$f_{td}$ Resist. di prog. al distacco FRP (mod 1)	651 MPa
$\epsilon$ calcolo, $\epsilon_{td}$	0.00466

$$\epsilon_{td} = \frac{f_{td,2}}{E_f} \geq \epsilon_{s,2} - \epsilon_0, \quad (4.7)$$
  

$$\epsilon_{td} = \min \left\{ \eta_s \cdot \frac{\epsilon_R}{\gamma_f}, \epsilon_{td,2} \right\}$$
  

Output: calcolo dell'asse neutro a rottura e del momento ultimo ( $y_c, M_u$ )									
E' una procedura iterativa in cui si ipotizza un valore per $y_c$ , e si verifica che corrisponda $N_u=0$ (rottura in flessione semplice)									
$y_c$	regione	$\psi$	$\lambda$	$\sigma'_s$	$\sigma_s$	$\sigma_{fr}$	Risolvi	eq. Traslazione	$M_{Rd}$
mm		ad.	ad.	MPa	MPa	MPa			kN m
3.72	1	0.80	0.416	-152.64	374.00	1070.71		0.00	9.68

Sezione non Rinforzata			
$y_c$	$\sigma'_s$	$\sigma_s$	$M_{Rd}$
mm	MPa	MPa	kN m
0.860	374.00	374.0	3.94

$\epsilon_c$	0.00019
$\epsilon'_s$	-0.00075
$\epsilon_s$	0.00415
$\epsilon_{s0}$	0.00466

Il momento resistente, pari a 9.68 kNm/m, è superiore al valore massimo sollecitante, pari a 8.80 kNm/m. La sezione risulta verificata.

### LAISTRA TIPO B

La fascia laterale sul lato libero, larga 52 cm, è rinforzata con una striscia di fibra da 20 cm. Ne risultano 384 mm di rinforzo per metro di larghezza. Il momento resistente è quello già riportato per la lastra tipo A.

Il momento resistente, pari a 13.51 kNm/m, è superiore al valore massimo sollecitante, pari a 11.55 kNm/m. La sezione risulta verificata.

La fascia centrale, larga 96 cm, è rinforzata con una striscia di fibra da 20 cm. Ne risultano 208 mm di rinforzo per metro di larghezza. Il momento resistente è quello già riportato per la lastra tipo A.

Il momento resistente, pari a 9.68 kNm/m, è superiore al valore massimo sollecitante, pari a 6.15 kNm/m. La sezione risulta verificata.

La fascia laterale sul lato appoggiato, larga 52 cm, non viene rinforzata. Il momento resistente è quello relativo alla lastra originale, pari a 4.64 kNm/m e risulta superiore al valore massimo sollecitante, pari a 4.02 kNm/m. La sezione risulta verificata.

#### LASTRA TIPO D (verifiche valide anche per la lastra tipo C)

La fascia laterale sul lato libero, larga 52 cm, è rinforzata con una striscia di fibra da 20 cm. Ne risultano 384 mm di rinforzo per metro di larghezza. Il momento resistente è quello già riportato per la lastra tipo A.

Il momento resistente, pari a 13.51 kNm/m, è superiore al valore massimo sollecitante, pari a 9.53 kNm/m. La sezione risulta verificata.

La fascia sul lato appoggiato, larga 48 cm, non viene rinforzata. Il momento resistente è quello relativo alla lastra originale, pari a 4.64 kNm/m e risulta superiore al valore massimo sollecitante, pari a 4.43 kNm/m. La sezione risulta verificata.

### **1.2.5 Prove di PULL-OFF.**

In accordo al documento redatto dal CNR *“Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati”* (CNR-DT 200 R1/2013) si prescrive l'esecuzione di prove di PULL-OFF sulle fibre di carbonio utilizzate per il rinforzo.

La prova, utile per l'accertamento delle proprietà del substrato, viene eseguita utilizzando generalmente piastre circolari di acciaio di spessore 20 mm e di diametro non inferiore a 50 mm.

Propedeuticamente alla prova, il rinforzo deve essere ritagliato lungo il bordo della piastra. Può essere utilizzata una fresa cilindrica retta di spessore non maggiore di 3 mm, avendo cura di non surriscaldare il composito e di incidere contestualmente il substrato per una profondità di almeno 2 mm. Per garantire l'ortogonalità della direzione di applicazione della forza di strappo alla superficie del rinforzo, è richiesta l'adozione di specifici presidi, quali ad esempio i giunti sferici.

Il substrato può ritenersi idoneo se almeno l'80% delle prove forniscono, sulla superficie circolare isolata, una tensione di picco allo strappo non inferiore a 0.9 MPa, nel caso di elementi di c.a. Inoltre la superficie di strappo deve essere contenuta all'interno del substrato e non coincidere con l'interfaccia composito-substrato. Nel caso in cui la superficie di strappo coincide con l'interfaccia composito-substrato, l'accettazione della prova è lasciata alla discrezionalità del Direttore dei Lavori.

Le prove semi-distruttive vanno condotte sui testimoni e, dove possibile, anche in zone del rinforzo non critiche in ragione di una prova per ogni 30 m<sup>2</sup> di applicazione per le strutture di c.a..

I testimoni sono zone aggiuntive di rinforzo in parti della struttura opportunamente selezionate. Tali zone devono essere suddivise in fazzoletti di dimensioni minima 500×200 mm. I fazzoletti devono essere realizzati contestualmente all'intervento di rinforzo, con gli stessi materiali e tecniche costruttive, in zone in cui la loro rimozione non comporti



alterazione dei meccanismi di collasso, curando che siano esposti alle stesse condizioni ambientali del rinforzo principale. Se in numero maggiore di uno, i fazzoletti devono essere distribuiti in maniera uniforme rispetto all'intervento complessivo.

### 1.3 RINFORZO PARAPETTO “GUARD-RAIL”

#### 1.3.1 Descrizione

I montanti del parapetto metallico dell'impalcato del parcheggio sono costituiti da profili UPN 120 posti ad interasse 2 m ed ancorati alla struttura mediante due tipologie di attacco:

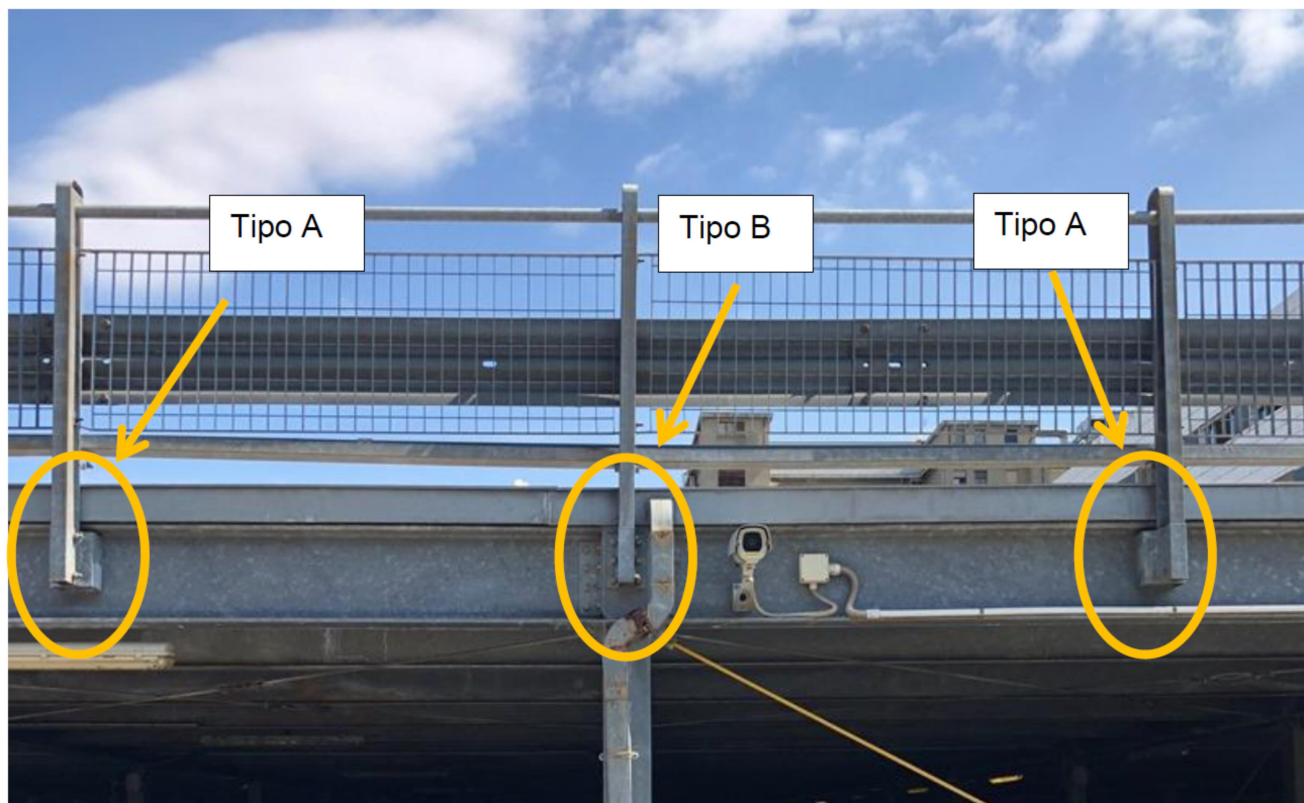
- Tipo A – all'anima della trave di bordo IPE 360 mediante due profili scatolari tra loro saldati a mensola di cui il più grande è bullonato alla struttura principale ed il più esile fa da innesto al montante UPN120 del parapetto
- Tipo B – alla colonna tubolare mediante una piastra imbullonata in testa alla colonna stessa su cui è stato saldato l'esile tubolare di innesto del montante



Tipo A



Tipo B



### 1.3.2 Azioni

Le azioni da considerare sul parapetto sono:

- spinta dei pedoni sul mancorrente (NTC2018, tabella 3.1.II): 1 kN/m posto a 1,20 dal piano di calpestio
- urto dei veicoli in movimento (NTC 2018, tabella 3.6.III): 50 kN applicati sulla bi-onda del guard-rail, posta a 0,45 m dal piano di calpestio.

Per quanto riguarda le azioni da urto si assume che la deformazione dell'onda operi una distribuzione della forza tra i montanti limitrofi, tale da applicare sul montante più sollecitato il 50% della azione, distribuendo il restante 50% tra quelli adiacenti.

### 1.3.3 Materiali

Si assume che l'acciaio in opera sia del tipo Fe 360 con  $f_{yd} = 223$  MPa (secondo le norme vigenti all'epoca della costruzione).

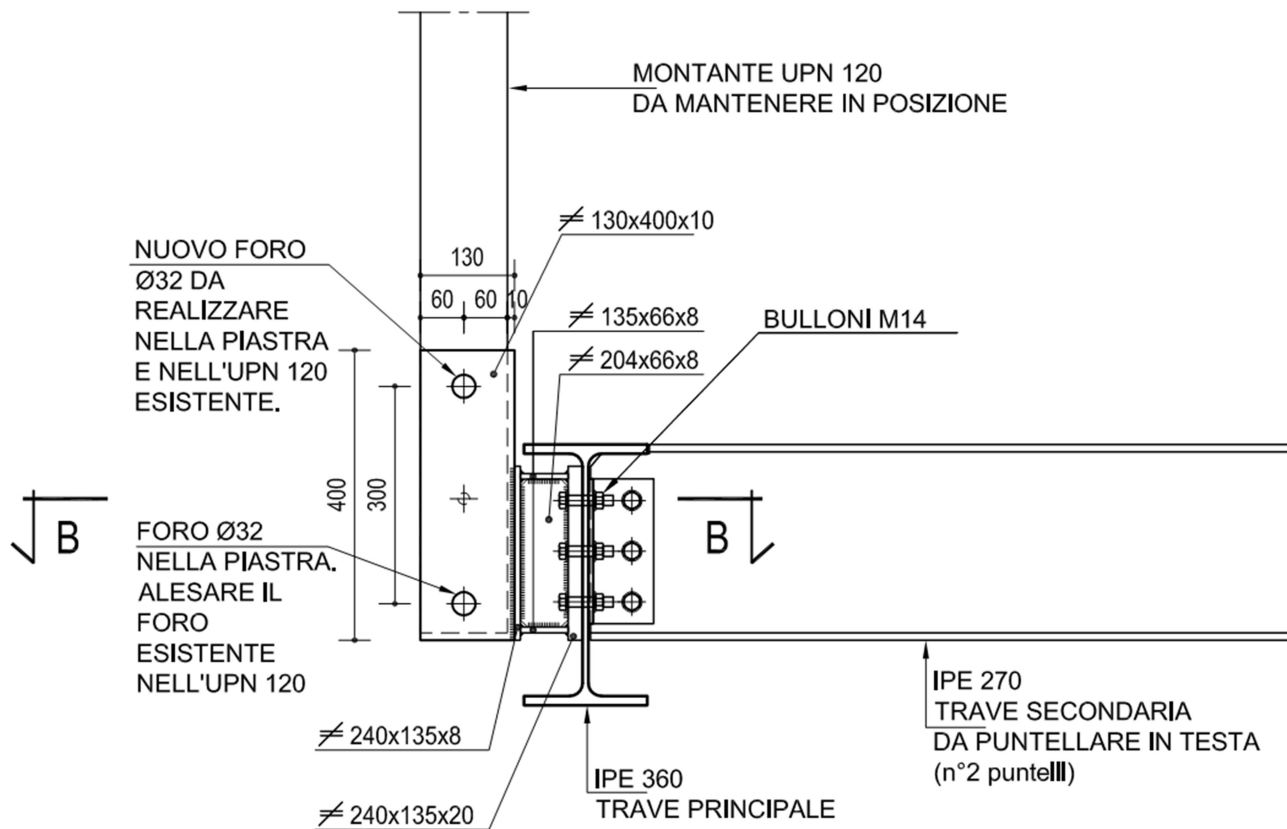
I nuovi elementi in carpenteria metallica saranno realizzati con acciaio S355 JR, avente

$F_{yk} = 355$  MPa e  $f_{yd} = 338$  MPa.

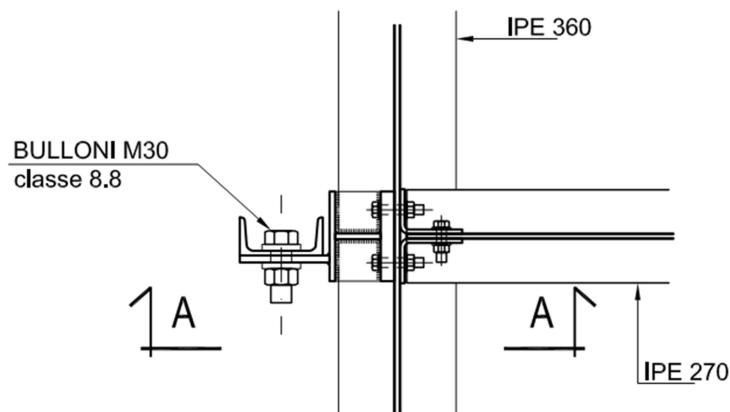
La classe di esecuzione sarà EXC2.

### 1.3.4 Dispositivo di attacco tipo A

La conformazione del dispositivo di attacco è rappresentata nella figura che segue.



### SEZIONE B-B



## Montante UPN 120

Le sollecitazioni al livello del bullone superiore sono:

- spinta dei pedoni:

$$T_{Ed} = 1,5 \times 1 \times 2 = 3,0 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 3,0 \times 1,16 = 3,48 \text{ kNm}$$

- urto del veicolo

$$T_{Ed} = 0,5 \times 50 = 25 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 25 \times 0,507 = 12,675 \text{ kNm}$$

La condizione più gravosa è quella derivante dall'urto veicolare e pertanto nel seguito sarà considerata solo questa.

Il montante in UPN 120 possiede un  $W_{pl} = 72.600 \text{ mm}^3$

Avendo assunto cautelativamente che esso sia stato realizzato in acciaio Fe 360 con  $f_{yd} = 223 \text{ MPa}$ , risulta un momento resistente plastico

$$M_{Rd} = 16,25 \text{ kNm} \text{ superiore a } M_{Ed} = 12,675 \text{ kNm}$$

Pertanto i montanti sono verificati e possono essere mantenuti.

## Collegamento bullonato

Si prevede di sostituire i bulloni esistenti M14 con 2 bulloni M30 classe 8.8 posti tra loro alla distanza di 300 mm.

La forza di taglio sul bullone superiore (più sollecitato) è

$$V_{Ed} = 67,25 \text{ kN}$$

La verifica al taglio del bullone porge:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \times 706,5 \times 800 / 1,25 = 271,30 \text{ kN}$$

La verifica al rifollamento sull'anima dell'UPN 120 (spessore 7 mm) porge:

$$F_{b,Rd} = 0,95 \times 1,9 \times 223 \times 30 \times 7 / 1,25 = 67,87 \text{ kN}$$

Entrambe le verifiche sono soddisfatte.

A maggior ragione risulta soddisfatta per la nuova piastra di collegamento, di spessore maggiore e realizzata in acciaio S355.

## Piatto di collegamento

La forza trasmessa dal bullone superiore agisce con una eccentricità di 130 mm rispetto al primo diaframma orizzontale. Di conseguenza il momento agente è



$$M_{Ed} = 67,25 \times 0,130 = 8,74 \text{ kNm}$$

Si utilizza un piatto di spessore 10 mm e altezza 130 mm avente

$$W_{pl} = 42.250 \text{ mm}^3 \text{ e quindi}$$

$$M_{Rd} = 14,28 \text{ kNm.}$$

La verifica è perciò soddisfatta.

### **Diaframma superiore**

La reazione trasmessa dalla piastra di collegamento del montante è

$$H_{Ed} = 67,25 \times 400/213 = 126,29 \text{ kN}$$

Considerano una diffusione su 40 mm, sul piatto di spessore 10 mm la tensione risulta

$$\sigma = 126290/40/10 = 315 \text{ MPa} < 338 \text{ Verificato}$$

### **Piastra di base**

La piastra di base è sollecitata a flessione dalla reazione del diaframma, che rispetto all'asse bulloni è eccentrica di mm 30. Risulta

$$M_{Ed} = 126,29 \times 0,030 = 3,788 \text{ kNm}$$

La piastra, di spessore 20 mm e larghezza 140 mm, esplica un momento resistente

$$M_{Rd} = 14.000 \times 338 = 4.733.333 \text{ Nmm} = 4,733 \text{ kNm Verificato.}$$

### **Bulloni di connessione**

Si considerano efficaci le prime 2 file di bulloni, con un braccio di leva rispetto all'ala inferiore dell'IPE 270 pari a 155 mm.

La forza di trazione risultante è di 150,73 kN.

La forza resistente a trazione di 1 bullone M14 classe 8.8 vale

$$F_{t,Rd} = 0,9 \times 115 \times 800/1,25 = 66.240 \text{ N}$$

e quindi, per l'insieme dei 4 bulloni  $F_{t,Rd \text{ tot}} = 264,96 \text{ kN} < 150,73 \text{ kN VERIFICATO.}$

#### **1.3.5 Dispositivo di attacco tipo B**

Per questa tipologia di attacco non è possibile prevedere un collegamento bullonato perché gli attuali bulloni che collegano la piastra con il pilastro hanno la testa contenuta all'interno del pilastro cavo, in posizione ormai inaccessibile.

Si è perciò previsto un collegamento diretto dell'UPN 120 alla piastra mediante 2 saldature d'angolo, di lato 8 mm ed estese per 180 mm.

Le sollecitazioni sono:

Forza agente kN 12,5 braccio mm 747 Momento 9,3375 kNm

Conteggiando cautelativamente la sola saldatura lato anima, si ha:

gola mm 5,65

Area mm<sup>2</sup> 1018

Wel mm<sup>3</sup> = 30542

$\sigma = 12,3 + 305 = 318 \text{ MPa}$  Verificato

#### 1.4 INTERVENTI MINORI

Sono previsti interventi di riparazione minori quali:

- Sistemazione con rettifica, fissaggio e sigillatura delle due canaline metalliche di raccolta acqua meteorica presenti lungo i lati corti perimetrali dell'impalcato; compresa la pulizia e verniciatura con zincante a freddo







- Ripassamento, riparazione e sostituzione parti mancanti o danneggiate di n. 4 pluviali in scatolato metallico quadro 80x80 10/10mm







- Sistemazione o sostituzione canalina metallica elettrica in corrispondenza della zona danneggiata



## 2 SPECIFICA TECNICA

### 2.1 ACCIAIO

Materiale base tipo S355 JR protetto con zincatura a caldo.

Bulloni per ancoraggio montanti: diametro 14 e 30 mm classe 8.8.

Saldature in opera ad angolo con elettrodi basici lato 8 mm.

Controllo di tutte le saldature in opera con liquidi penetranti prima della applicazione dello zincante a freddo

### 2.2 FIBRA DI CARBONIO

Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza ed elevato modulo elastico (230.000 N/mm<sup>2</sup>) tipo MAPEWRAP C UNI-AX 300 E230

DATI TECNICI:

Grammature: 300g/m<sup>2</sup>.

Spessore equivalente di tessuto secco: 0,166mm.

Resistenza a trazione: 4.830 N/mm<sup>2</sup>.

Modulo elastico a trazione (GPa): 230.

Allungamento a rottura: 2%.

Larghezza: 10 - 20 - 40 cm.

Confezioni: rotoli da 50 m

Posa in conformità alle istruzioni del produttore.