

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

MIGLIORAMENTO SISMICO E OPERE DI COMPLETAMENTO DEI VIADOTTI ESISTENTI DELLA LINEA FERRANDINA MATERA

Relazione di calcolo

Elementi metallici

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 3 D 0 9 C L V I 0 0 0 0 0 0 8 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	G. Grimaldi	Mar. 2019	S.Di Spigno	Mar. 2019	F.Gernone	Mar. 2019	A.Vittozzi	Mar. 2019

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Roberto Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783


File: IA5F03D09CLVI0000008A.docx

n. Elab.:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	RIFERIMENTI.....	3
3.	MATERIALI.....	3
4.	ELEMENTI DI SOSTEGNO PALO T.E.....	4
4.1	Verifica profilo cavo a sezione quadrata della struttura di supporto del palo	10
4.1.1	<i>Verifiche di resistenza della sezione trasversale</i>	12
4.2	Verifica profilo cavo a sezione quadrata ancorato al pulvino.	14
4.2.1	<i>Verifiche di resistenza della sezione trasversale</i>	16
5.	PIASTRA PER POSIZIONAMENTO DISSIPATORE SUL PULVINO.....	19
5.1	Verifica locale della piastra	22
5.1.1	<i>Verifica a flessione</i>	23
6.	CRAVATTA PER COLLEGAMENTO DISSIPATORE ALLA TRAVE IN C.A.P. DELL'IMPALCATO.....	24
6.1	Verifica a taglio collegamenti.....	26
7.	PIASTRA PER APPOGGIO FISSO	29
8.	PIASTRA PER APPOGGIO MOBILE.....	33
9.	ELEMENTO PER IL COLLEGAMENTO DEGLI APPOGGI DELLA TRAVE AL “SISTEMA FUSIBILE”	36
9.1	Verifica locale della piastra	41
9.1.1	<i>Verifica a flessione</i>	43

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 2 di 44
<i>Relazione di calcolo Elementi metallici</i>						

1. PREMESSA

La presente relazione riporta le verifiche relative agli elementi metallici presenti nel progetto.

In particolare, viene riportato il dimensionamento di:

- Elementi di sostegno palo T.E.;
- Piastra per posizionamento dissipatore sul pulvino;
- Cravatta per collegamento dissipatore alla trave in C.A.P. dell'impalcato;
- Piastra per fusibile lato fisso;
- Piastra per fusibile lato mobile;
- Elemento per il collegamento degli appoggi della trave al “sistema fusibile”.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A


2. RIFERIMENTI

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- [2] Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.I.L.P.P. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [3] Linee guida per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera, 2017
- [4] RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 – Ponti e Strutture
- [5] RFI DTC SI CS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale
- [6] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- [7] RFI DTC SI SP IFS 001 A – “Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili”

Per le geometrie si è fatto riferimento a quanto riportato sul progetto storico del 1985, oltre a quanto rilevato in campo.

3. MATERIALI

Si rimanda alla relazione tecnico illustrativa “Materiali, Fattore di confidenza e criteri di calcolo” (IA5F03D09ROVI0000001).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 4 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

4. ELEMENTI DI SOSTEGNO PALO T.E.

Con riferimento all'elaborato IA5F03D09BZVI0000006 si riporta il dettaglio degli elementi che consentono il collegamento del palo T.E. al pulvino e che verranno dimensionati nel presente capitolo.

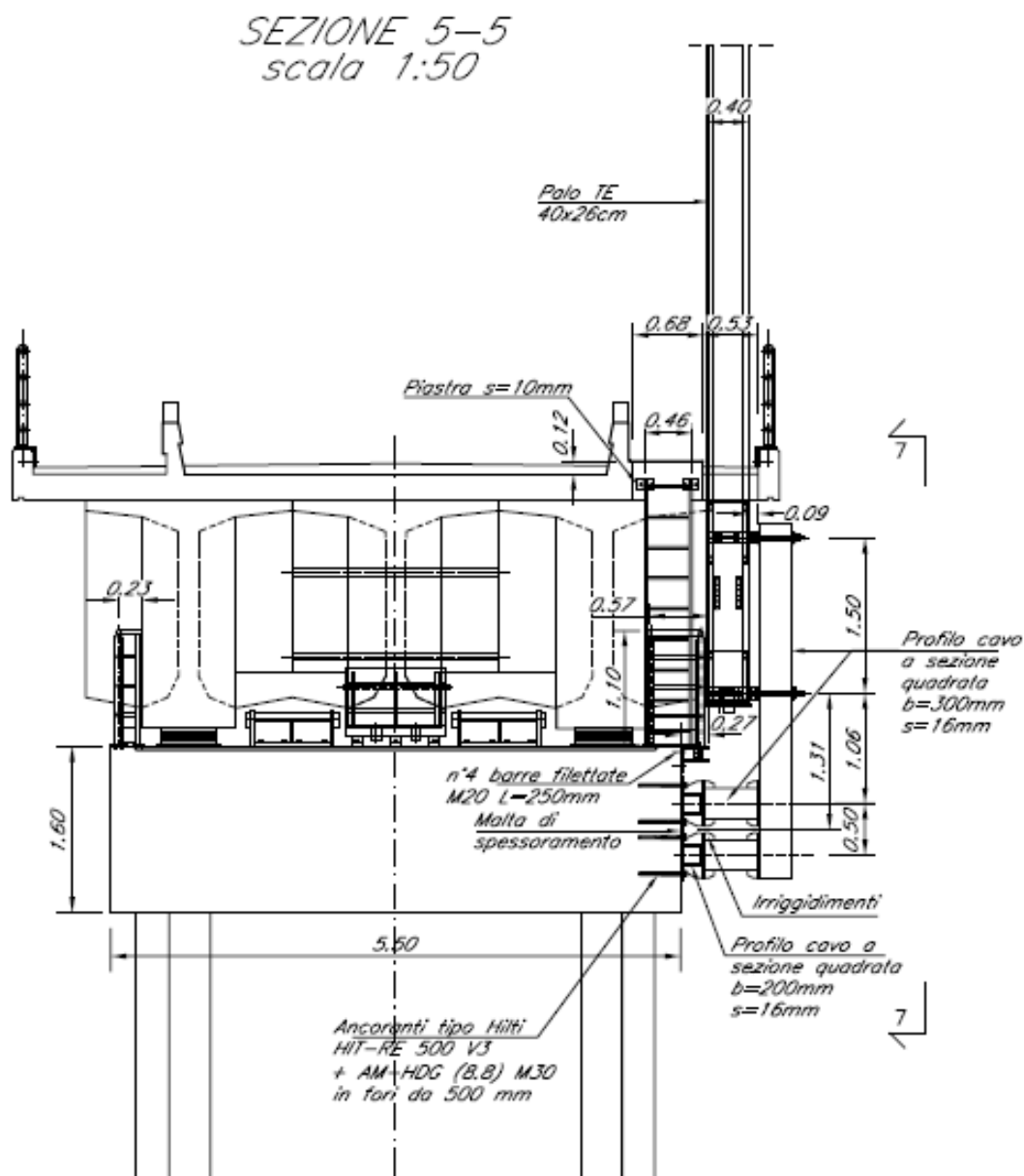


Figura 4.1 - Elementi di sostegno palo T.E.

Il palo per la trazione elettrica è del tipo LSU22-S, di cui si riportano i dettagli geometrici e l'analisi dei carichi visibile nella tabella a fondo pagina.

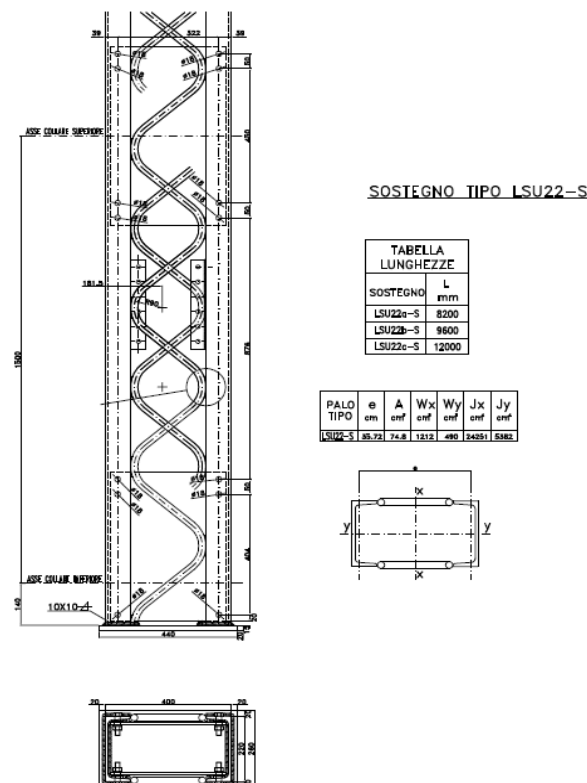


Figura 4.2 - Caratteristiche geometriche palo T.E.

Carichi agenti sul Palo									
				z_rif [m] 3,5					
Azione	Carico	Cod.	Quota	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	x [m]	y [m]	z [m]
Permanenti	Permanenti	P1		0	0	0,21	0,2	0	8,5
		P2		0	0	0,21	0,2	0	10,9
		P3		0	0	0,09	0,2	0	10,2
		P4		0	0	0,86	3,518	0	9,95
		P5	Filo di contatto	0	0	1,08	3,518	0	8,7
		P6		0	0	0,8	3,349	0	9,5
		P7	Collare inferiore	0	0	9,5	0	0	0
		P8	Collare inferiore	0	0	2,6	0	0	0
		P9	Collare superiore	0	0	3,15	0	0	1,5
Variabili	Vento	V1		0,46	0	0	0,2	0	8,5
		V2		0,46	0	0	0,2	0	10,9
		V3		0,49	0	0	0,2	0	10,2
		V4		0,81	0	0	3,518	0	9,95
		V5		0,84	0	0	3,518	0	8,7
		V6		3,6	0	0	0	0	2,36
Permanenti non strutt.	Tiro Funi	T1		0,64	0	0	0,2	0	8,5
		T2		0,64	0	0	0,2	0	10,9
		T3		0,4	0	0	0,2	0	10,2
		T4		2,4	0	0	3,518	0	9,95
		T5		3	0	0	3,518	0	8,7
Eccezionali	Rottura catenaria	E	Filo di contatto	0	20	0	3,518	0,2	8,7

Figura 4.3 - Analisi dei carichi palo T.E.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 6 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

Le sollecitazioni alla base del palo vengono valutate, come indicato al §2.5.3 del DM 17.01.2018, con riferimento a:

- Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale SLU

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Combinazione fondamentale SLU					
N	Ty	Tx	Mx	My	Mz
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
24,98	0,00	20,61	0,00	-169,36	0,00

Combinazione eccezionale SLU					
N	Ty	Tx	Mx	My	Mz
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
18,50	20,00	13,74	174,00	-94,97	70,36

Il medesimo calcolo è stato eseguito con la realizzazione di un modello agli elementi finiti grazie all'ausilio del software SAP2000.

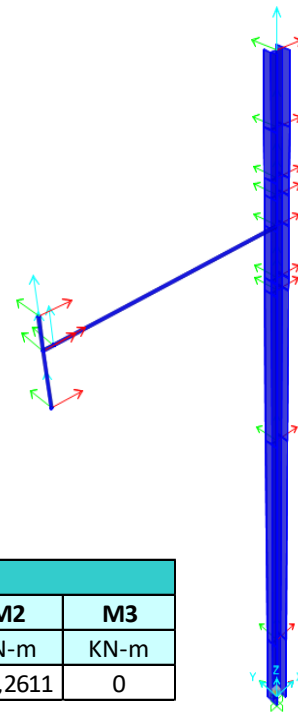



TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
3	G1+G2+E	LinStatic	20,62	0	24,97	0	191,2611	0

Figura 4.4 - Reazioni alla base del palo ricavate attraverso la modellazione F.E.M. del palo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000008	REV. A

Le reazioni così ricavate vengono applicate al piano medio del dispositivo di attacco (ipotizzato come piastra per poter utilizzare poi il software di verifica gratuito *Hilti PROFIS Anchor 2.8.0*), valutando i bracci delle forze secondo lo schema di collegamento illustrato nella figura 4.1:

b_x	b_y	b_z
[m]	[m]	[m]
0,41	0	1,31

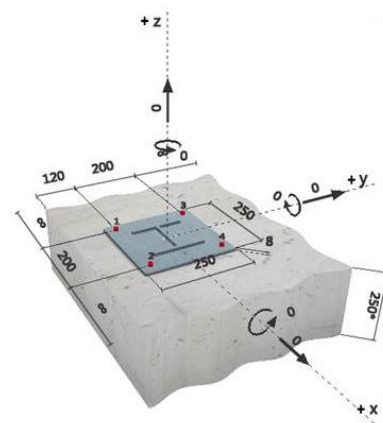
Con riferimento alle combinazioni suddette la piastra risulta sollecitata in tal modo:

Combinazione fondamentale SLU					
N	T _y	T _x	M _x	M _y	M _z
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
24,98	0,00	20,61	0,00	-186,12	0,00

Combinazione eccezionale SLU					
N	T _y	T _x	M _x	M _y	M _z
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
18,50	20,00	13,74	200,20	-105,39	70,36

Le verifiche dell'ancoraggio vengono eseguite tramite il software gratuito *Hilti PROFIS Anchor 2.8.0*.

Le sollecitazioni vengono implementate in tal modo, secondo il sistema di riferimento PROFIS:










Attivo	Forze [kN]			Momenti [kNm]			Commenti	<input type="checkbox"/>   <input type="button" value="Cancella"/>
	V _x	V _y	N	M _x	M _y	M _z		
<input type="radio"/>	0	-24,98	-20,61	-186,12	0	0	FONDAMENTALE	<input type="checkbox"/>   <input type="button" value="Cancella"/>
<input checked="" type="radio"/>	20	-18,5	13,74	-105,39	70,36	200,2	ECCEZIONALE	<input type="checkbox"/>   <input type="button" value="Cancella"/>

Figura 4.5 - Convenzione sollecitazioni secondo Hilti Profis Anchor

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

Ipotesi:

- *Materiale base*: calcestruzzo non fessurato C20/25 ($R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$);
- *Armatura*: rada, con armatura di bordo rettilinea;
- *Piastra d'ancoraggio*: $b = 2100 \text{ mm}$, $h = 1500 \text{ mm}$, $s = 20 \text{ mm}$, con fissaggio distanziato con materiale di riempimento $s = 10 \text{ mm}$ (malta multiuso con resistenza a compressione pari a 30 N/mm^2);
- *Ancoranti*: tipo Hilti HIT-RE 500 V3 + AM-HDG (8.8) M30 (Resina epossidica + barra filettata). Profondità di posa effettiva $h_{eff} = 500 \text{ mm}$, fori riempiti (SOFA).

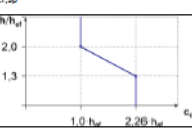
Le caratteristiche geometrico-meccaniche dell'ancorante utilizzato sono riportate nelle seguenti figure:

Proprietà meccaniche

Misura ancorante			Dati ai sensi di ETA-16/0143, edizione 18/04/2016									Dati tecnici Hilti supplementari			
			M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M33	M36	M39		
Resistenza ultima caratteristica f_{uk}	HIT-V 8.8	[N/mm ²]	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Resistenza allo snervamento f_{yk}	HIT-V 8.8	[N/mm ²]	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640
Area della sezione sollecitata A_s	HIT-V	[mm ²]	36,6	58,0	84,3	157	245	353	459	561	694	817	976		
Modulo resistente W	HIT-V	[mm ³]	31,2	62,3	109	277	541	935	1387	1874	2579	3294	4301		

Figura 4.6 - Proprietà meccaniche barra filettata AM-HDG 8.8

Informazioni di posa

Misura ancorante		Dati ai sensi di ETA-16/0143, edizione 18/04/2016									Dati tecnici Hilti supplementari		
		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M33	M36	M39	
Diametro nominale punta trapano d_0	[mm]	10	12	14	18	22	28	30	35	37	40	42	
Intervallo di profondità del foro e profondità di ancoraggio effettivi ^{a)}	$h_{ef,min}$	60	60	70	80	90	96	108	120	132	144	156	
	$h_{ef,max}$	160	200	240	320	400	480	540	600	660	720	780	
Spessore minimo materiale base h_{min}	[mm]	$h_{ef} + 30 \text{ mm}$ $\geq 100 \text{ mm}$			$h_{ef} + 2 d_0$								
Interasse minimo s_{min}	[mm]	40	50	60	75	90	115	120	140	165	180	195	
Distanza dal bordo minima c_{min}	[mm]	40	45	45	50	55	60	75	80	165	180	195	
Interasse critico per cedimento da frattura $c_{cr,sp}$		$2 c_{cr,sp}$											
Distanza dal bordo critica per cedimento da frattura ^{b)}	$c_{cr,sp}$	$1,0 \cdot h_{ef}$ per $h / h_{ef} \geq 2,0$ $4,6 h_{ef} - 1,8 h$ per $2,0 > h / h_{ef} > 1,3$ $2,26 h_{ef}$ per $h / h_{ef} \leq 1,3$											
													
Interasse critico per cedimento da rottura conica $c_{cr,N}$		$2 c_{cr,N}$											
Distanza dal bordo critica per cedimento da rottura conica del calcestruzzo ^{c)}	$c_{cr,N}$	$1,5 h_{ef}$											

Per interassi (distanze dal bordo) inferiori agli interassi critici (distanze dal bordo critiche) i carichi di progetto devono essere ridotti.
 a) $h_{ef,max} \leq h_{ef} \leq h_{ef,max}$ (h_{ef} : profondità di ancoraggio)
 b) h : spessore del materiale base ($h \geq h_{min}$)
 c) La distanza dal bordo critica per cedimento da rottura conica del calcestruzzo dipende dalla profondità di ancoraggio
 h_{ef} e dalla resistenza di adesione di progetto. La formula semplificata fornita nella tabella è cautelativa.

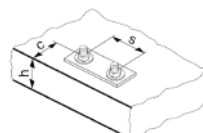



Figura 4.7 - Informazioni di posa barra filettata tipo Hilti AM-HDG 8.8

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 9 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

Le verifiche del collegamento tengono conto degli effetti del taglio, della trazione e della loro azione combinata.

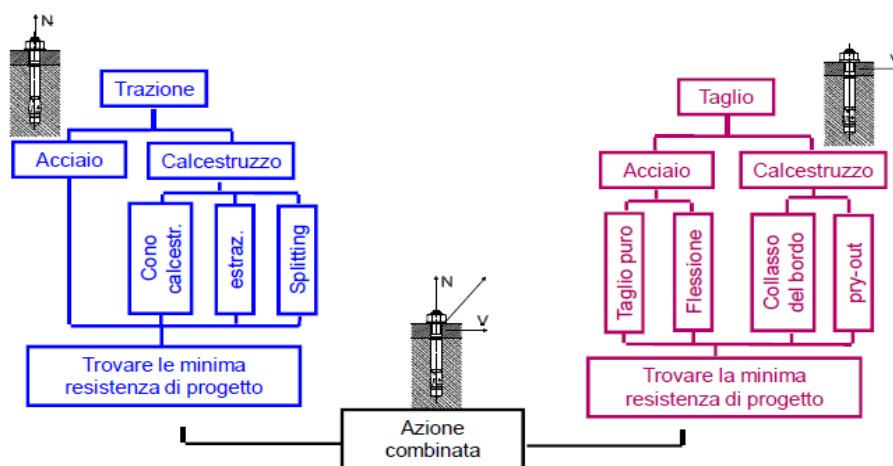


Figura 4.8 - Schema di calcolo verifica ancoraggio

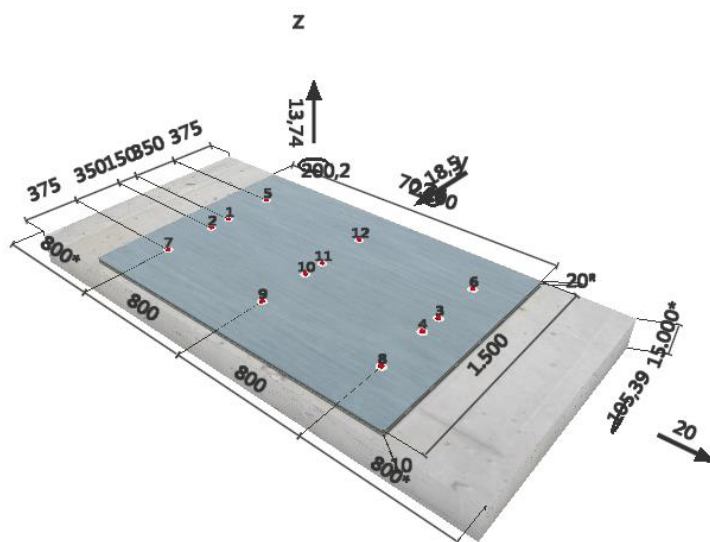


Figura 4.9 - Ipotetica piastra per ancoraggio palo T.E.

Nella fattispecie, il collegamento del palo non viene realizzato con una sola piastra ancorata al pulvino, ma si dispongono profili cavi a sezione quadrata sul pulvino, mantenendo le medesime proporzioni degli ancoraggi come nella piastra sopra riportata, per consentire il collegamento della struttura di supporto del palo. Il dettaglio del collegamento è riportato nella figura 4.1 di cui ad inizio capitolo e nella figura seguente:

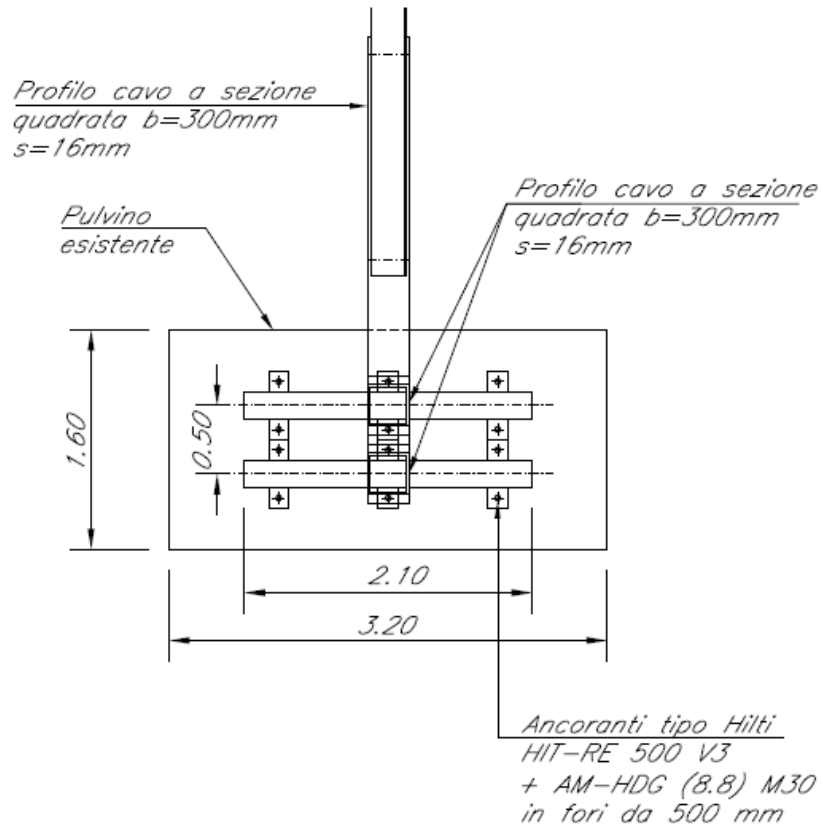


Figura 4.10 - Dettaglio collegamento palo T.E.

4.1 Verifica profilo cavo a sezione quadrata della struttura di supporto del palo

Si adotta un profilo avente:

$b = 300 \text{ mm}$;

$t = 16 \text{ mm}$.

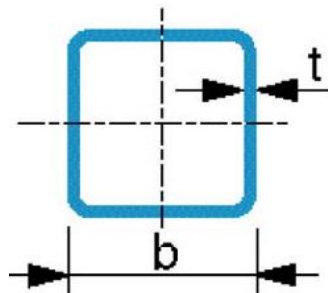


Figura 4.11 - Profilo cavo a sezione quadrata serie EN 10210

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 11 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

Consideriamo a favore di sicurezza, che l'elemento considerato sia soggetto alle medesime azioni che vengono ricondotte al piano medio della piastra:

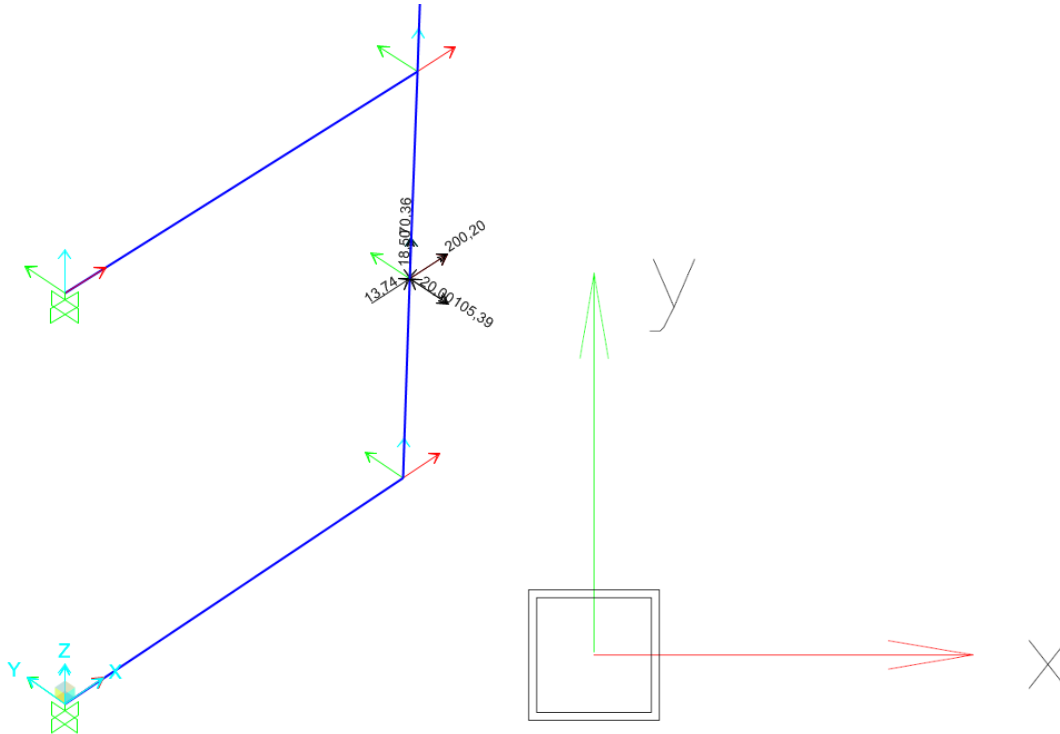



Figura 4.12 - Modellazione F.E.M. del collegamento

Combinazione fondamentale SLU					
N	T _y	T _x	M _x	M _y	M _z
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
24,98	0,00	20,61	0,00	-186,12	0,00

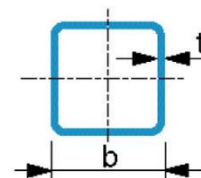
Combinazione eccezionale SLU					
N	T _y	T _x	M _x	M _y	M _z
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
18,50	20,00	13,74	200,20	-105,39	70,36

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000008	REV. A

Il profilo adottato presenta le seguenti caratteristiche:

PROFILI CAVI PER LA COSTRUZIONE FORMATI A CALDO EN 10210

Dimensioni e caratteristiche dei profili cavi a sezione quadrata



Dimensione del lato	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento di inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm ²	I cm ⁴	i cm	W _{el} cm ³	W _{pl} cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm ³	m ² /m	m/t
300	16	141	179	23824	11,5	1588	1894	37622	2325	1,16	7,12

Figura 4.13 - Caratteristiche geometrico-meccaniche del profilato adottato

Classificazione della sezione trasversale di verifica


Coefficiente ϵ	ϵ	0,924	[-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	r	18,750	[-]
Rapporto limite per la classe 1	r_1	42,727	[-]
Rapporto limite per la classe 2	r_2	59,818	[-]
Rapporto limite per la classe 3	r_3	76,909	[-]
Classificazione della sezione trasversale	CL	1	[-]

4.1.1 Verifiche di resistenza della sezione trasversale

Consideriamo le condizioni di carico più sfavorevoli, per le quali, si ha:

Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica

Forza normale (positiva se di compressione)	N _{Ed}	24,98	[kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela all'anima	V _{z,Ed}	20,61	[kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela alle ali	V _{y,Ed}	20	[kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	M _{y,Ed}	-186,12	[kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	M _{z,Ed}	200,20	[kNm]
Momento torcente primario (alla Saint Venant)	T _{Ed}	70,36	[kNm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

- Resistenza a compressione pura

Ned	24,98	[kN]
------------	-------	------

Npl,Rd	4688,10	[kN]
Nu,Rd	5541,84	[kN]

VERIFICA	
0,005328	OK

- Resistenza a torsione e taglio

Vz,Ed	20,61	[kN]
--------------	-------	------

Vc,Rd	1913,27	[kN]
--------------	---------	------

Vy,Ed	20,00	[kN]
--------------	-------	------

Vc,Rd	1913,27	[kN]
--------------	---------	------

VERIFICA	
0,010772	OK

VERIFICA	
0,010772	OK

Mt,Ed	70,36	[kNm]
Ω	80656	[mm ²]
τEd	27,26	[N/mm ²]

τRd	151,21	[N/mm ²]
------------	--------	----------------------

VERIFICA	
0,180284	OK

- Resistenza a flessione

My,Ed	-186,12	[kNm]
--------------	---------	-------


Mpl,y,Rd	496,048	[kNm]
Mel,y,Rd	415,90	[kNm]

Mz,Ed	200,20	[kNm]
--------------	--------	-------

Mpl,z,Rd	496,048	[kNm]
Mel,z,Rd	415,90	[kNm]

VERIFICA	
-	
0,37521	OK
-	
0,44751	OK

VERIFICA	
0,40359	OK
0,48136	OK

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

- Resistenza a flessione e taglio

Vz,Ed	20,61	[kN]
--------------	-------	------

Vc,Rd	1913,27	[kN]
--------------	---------	------

Vy,Ed	20,00	[kN]
--------------	-------	------

Vc,Rd	1913,27	[kN]
--------------	---------	------

VERIFICA	
0,010772	OK

VERIFICA	
0,011	OK

VEd ≤ 0,5Vc,Rd

SI PUO' TRASCURARE L'INFLUENZA DEL TAGLIO SULLA RESISTENZA A FLESSIONE

- Resistenza a flessione, forza assiale e taglio

Sezioni di classe 1 e 2

Ned	24,98	[kN]
------------	-------	------

Mz,Ed	200,20	[kNm]
--------------	--------	-------

My,Ed	-186,12	[kNm]
--------------	---------	-------

n	0,005	[-]
----------	-------	-----

MNz,Rd	495,98	[kNm]
---------------	--------	-------

MNy,Rd	495,98	[kNm]
---------------	--------	-------

ρ	0,304	[-]
----------	-------	-----

Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo EN1993 - 1 - 1:2010)

4.2 Verifica profilo cavo a sezione quadrata ancorato al pulvino.

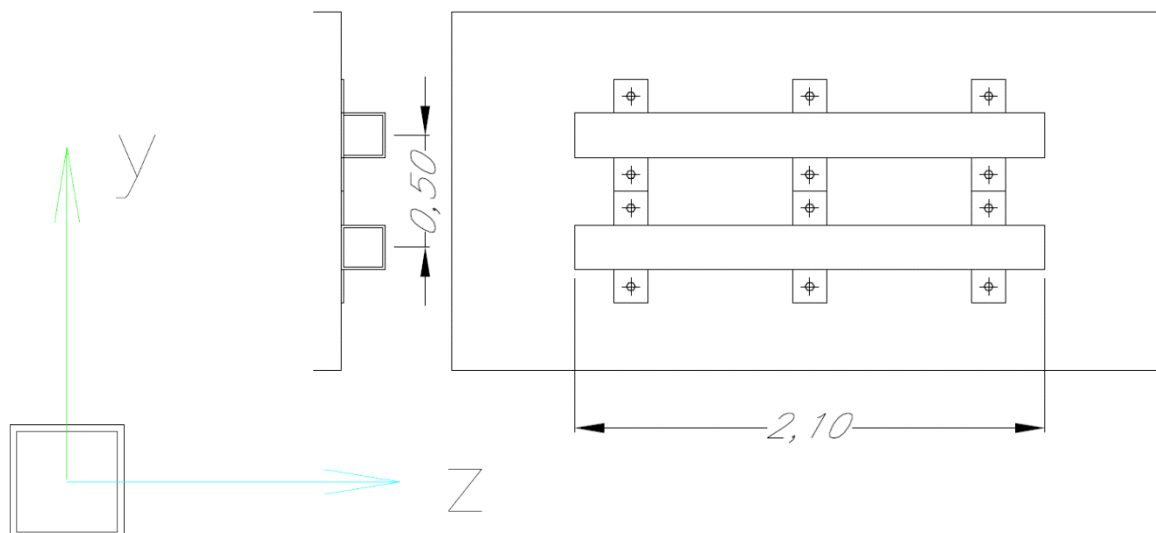



Figura 4.14 - Particolare collegamento profili cavi

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 15 di 44

Ripartiamo le azioni agenti sulla piastra, sui due profilati tenendo conto dell'effetto tira-spingi indotto dalle azioni flettenti:

Combinazione fondamentale SLU					
N (Tx)	Ty	Tz (Tx)	Mx	My	Mz
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
0,00	-19,02	64,45	15,65	33,84	9,85

Combinazione eccezionale SLU					
N (Tx)	Ty	Tz (Tx)	Mx	My	Mz
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
59,72	52,83	80,90	6,78	53,62	36,73

Il calcolo delle sollecitazioni di cui sopra è stato possibile attraverso l'utilizzo di un modello fem del collegamento attraverso il software agli elementi finiti SAP2000 come riportato nella figura a lato.

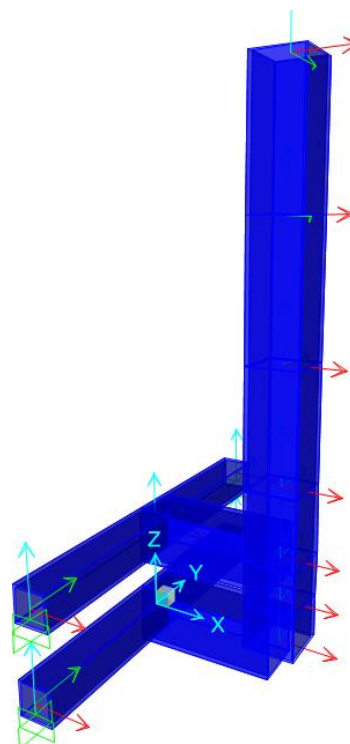



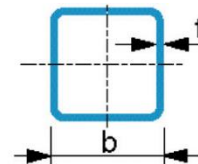
Figura 4.15 - Modellazione F.E.M. del collegamento

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

Il profilo adottato presenta le seguenti caratteristiche:

PROFILI CAVI PER LA COSTRUZIONE FORMATI A CALDO EN 10210

Dimensioni e caratteristiche dei profili cavi a sezione quadrata



Dimensione del lato	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm ²	I cm ⁴	i cm	W _{el} cm ³	W _{pl} cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm ³	m ² /m	m/t
200	16	90,3	115	6377	7,45	638	785	10340	927	0,759	11,1

Figura 4.16 - Caratteristiche geometrico-meccaniche del profilato adottato

Classificazione della sezione trasversale di verifica


Coefficiente ε	ε	0,924	[-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	ρ	12,500	[-]
Rapporto limite per la classe 1	ρ_1	42,727	[-]
Rapporto limite per la classe 2	ρ_2	59,818	[-]
Rapporto limite per la classe 3	ρ_3	76,909	[-]
Classificazione della sezione trasversale	CL	1	[-]

4.2.1 Verifiche di resistenza della sezione trasversale

Consideriamo le condizioni di carico più sfavorevoli, per le quali, si ha:

Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica

Forza normale (positiva se di compressione)	N _{Ed}	59,72	[kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela all'anima	V _{z,Ed}	120,56	[kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela alle ali	V _{y,Ed}	58,46	[kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	M _{y,Ed}	74,44	[kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	M _{z,Ed}	43,31	[kNm]
Momento torcente primario (alla Saint Venant)	T _{Ed}	18,22	[kNm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

- Resistenza a compressione pura

Ned	59,72	[kN]
------------	-------	------

Npl,Rd	3011,90	[kN]
Nu,Rd	3560,40	[kN]

VERIFICA	
0.019827	OK

- Resistenza a torsione e taglio

Vz,Ed	120,56	[kN]
--------------	--------	------

Vc,Rd	1263,06	[kN]
--------------	---------	------

Vy,Ed	58,46	[kN]
--------------	-------	------

Vc,Rd	1263,06	[kN]
--------------	---------	------

VERIFICA	
0.09545	OK

VERIFICA	
0,09545	OK

Mt,Ed	18,22	[kNm]
Ω	33856	[mm ²]
τEd	16,82	[N/mm ²]

τRd	151,21	[N/mm ²]
------------	--------	----------------------

VERIFICA	
0,111219	OK

- Resistenza a flessione

My,Ed	74,44	[kNm]
--------------	-------	-------


Mpl,y,Rd	205,595	[kNm]
Mel,y,Rd	167,10	[kNm]

Mz,Ed	43,31	[kNm]
--------------	-------	-------

Mpl,z,Rd	205,595	[kNm]
Mel,z,Rd	167,10	[kNm]

VERIFICA	
0,362071	OK
0,445494	OK

VERIFICA	
0,210657	OK
0,259194	OK

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

- Resistenza a flessione e taglio

Vz,Ed	120,56	[kN]
--------------	--------	------

Vc,Rd	1263,06	[kN]
--------------	---------	------

Vy,Ed	58,46	[kN]
--------------	-------	------

Vc,Rd	1263,06	[kN]
--------------	---------	------

VERIFICA	
0,09545	OK

VERIFICA	
0,095	OK

$V_{Ed} \leq 0,5V_{c,Rd}$

SI PUO' TRASCURARE L'INFLUENZA DEL TAGLIO SULLA RESISTENZA A FLESSIONE

- Resistenza a flessione, forza assiale e taglio

Sezioni di classe 1 e 2

N_{ed}	59,72	[kN]
-----------------------	-------	------

M_{z,Ed}	43,31	[kNm]
-------------------------	-------	-------

M_{y,Ed}	74,44	[kNm]
-------------------------	-------	-------

n	0,02	[-]
----------	------	-----

M_{Nz,Rd}	205,33	[kNm]
--------------------------	--------	-------

M_{Ny,Rd}	205,33	[kNm]
--------------------------	--------	-------

ρ	0,176	[-]
----------	-------	-----

Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo EN1993 - 1 - 1:2010)

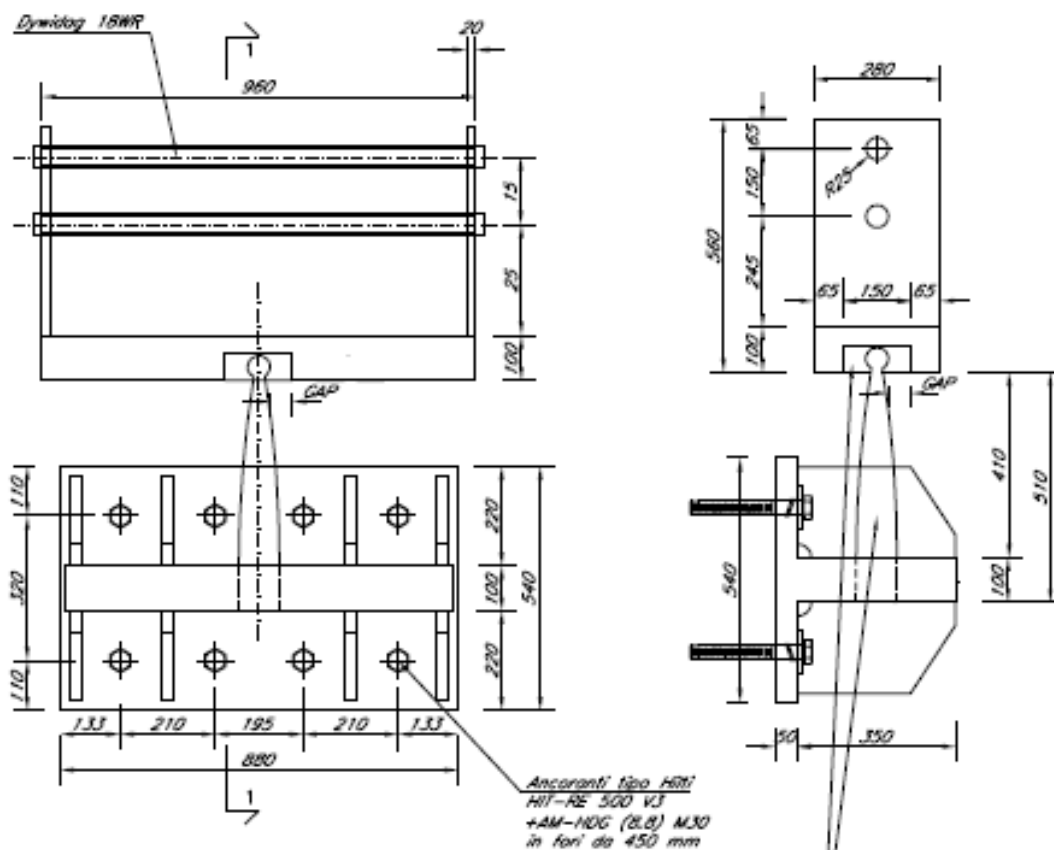
5. PIASTRA PER POSIZIONAMENTO DISSIPATORE SUL PULVINO

Con riferimento all'elaborato IA5F03D09BZVI0000006 si riporta il dettaglio dell'elemento che consente il collegamento del dissipatore al pulvino.

DETTAGLIO "B"
scala 1:10

VISTA FRONTALE

SEZIONE 1-1



Le dimensioni del dissipatore isteretico e della rispettiva azola nella piastra connessa alla trave devono essere stabilite in accordo con il fornitore e la DL. Il legame costitutivo del singolo piaola deve rispettare le seguenti caratteristiche:

F _y (kN)	F _{max} (kN)	d _y (mm)	d _{max} (mm)	S _x (kN/mm)	S _p (kN/mm)	K _p /S _x	incrinatura %
90	130	12	100	7.5	0.227	0.0303	44.4

GAP min = 50mm

Figura 5.1 - Dettaglio piastra per posizionamento dissipatore sul pulvino

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 20 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

Le azioni con le quali si procede al dimensionamento della piastra in oggetto sono quelle derivanti dal raggiungimento delle condizioni di snervamento e delle condizioni ultime del dissipatore; in particolare, avremo:

$$F_y = 90 \text{ kN}, F_t = 110 \text{ kN}$$

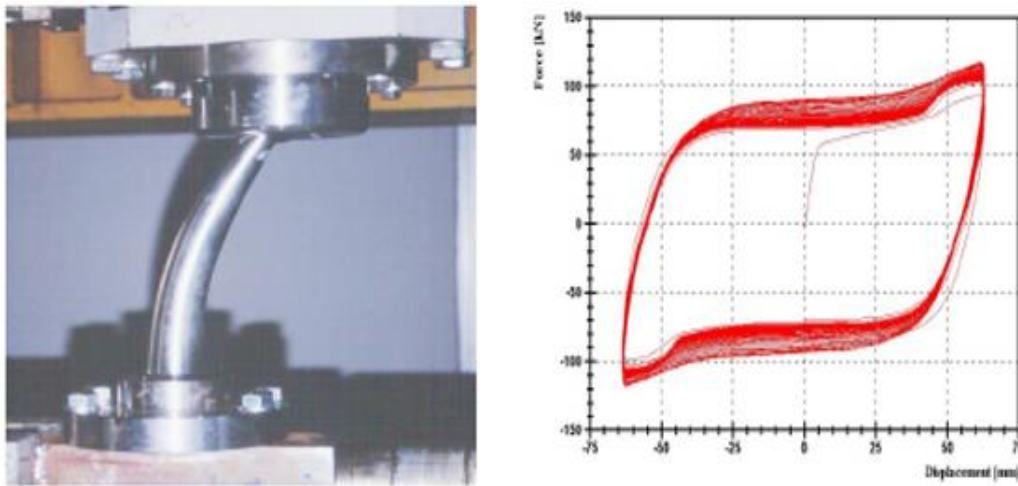


Figura 5.2 - Cicli forza-spostamento del dissipatore

Queste azioni si traducono in uno sforzo di trazione N sulla piastra ed un momento trasversale indotto, ipotizzando che la forza sia applicata alla testa del dissipatore quindi con un braccio rispetto al baricentro della piastra di circa 50 cm come riportato nella figura di cui a pagina precedente.

Si eseguono le verifiche della piastra con il software gratuito **Hilti PROFIS Anchor 2.8.0**.

Le sollecitazioni vengono implementate in tal modo, secondo il sistema di riferimento PROFIS

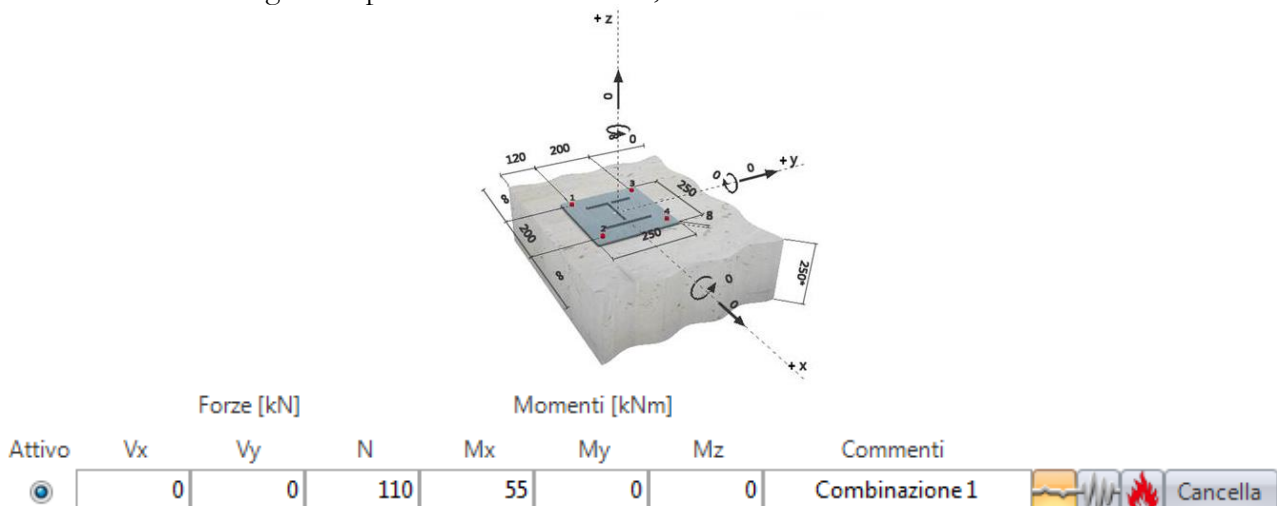



Figura 5.3 - Convenzione sollecitazioni secondo Hilti Profis Anchor

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 21 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

Ipotesi:

- *Materiale base*: calcestruzzo non fessurato C20/25 ($R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$);
- *Armatura*: rada, con armatura di bordo rettilinea;
- *Piastra d'ancoraggio*: $b = 880 \text{ mm}$, $h = 540 \text{ mm}$, $s = 50 \text{ mm}$, con fissaggio a filo materiale base;
- *Ancoranti*: HIT-RE 500 V3 + AM-HDG (8.8) M30 (Resina epossidica + barra filettata).
 Profondità di posa effettiva $h_{eff} = 450 \text{ mm}$, fori riempiti (SOFA).

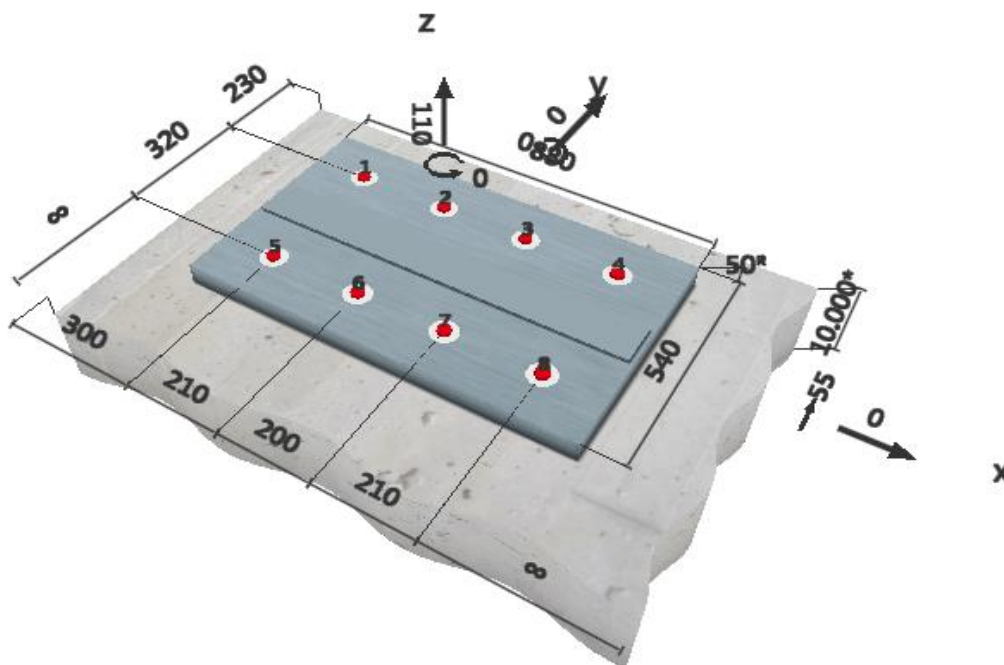


Figura 5.4 - Schema di calcolo della piastra

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000008	REV. A

5.1 Verifica locale della piastra

Più precisamente la soluzione fornita dal programma di calcolo Hilti Profis Anchor, riporta quanto segue:

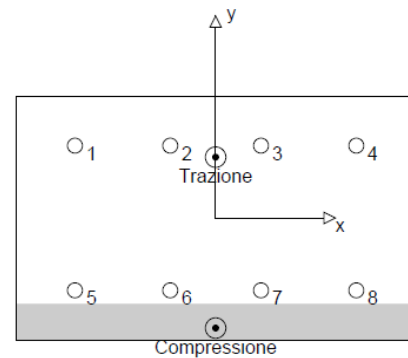
2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	49,788	0,000	0,000	0,000
2	49,788	0,000	0,000	0,000
3	49,788	0,000	0,000	0,000
4	49,788	0,000	0,000	0,000
5	4,300	0,000	0,000	0,000
6	4,300	0,000	0,000	0,000
7	4,300	0,000	0,000	0,000
8	4,300	0,000	0,000	0,000



Compressione max. nel calcestruzzo:
 Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo:
 risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/135):
 risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/-243):

0,10 [%]
 3,03 [N/mm²]
 216,353 [kN]
 106,353 [kN]

Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.

Pertanto, viene condotta una verifica della sezione compressa della piastra, evidenziata nella figura seguente:

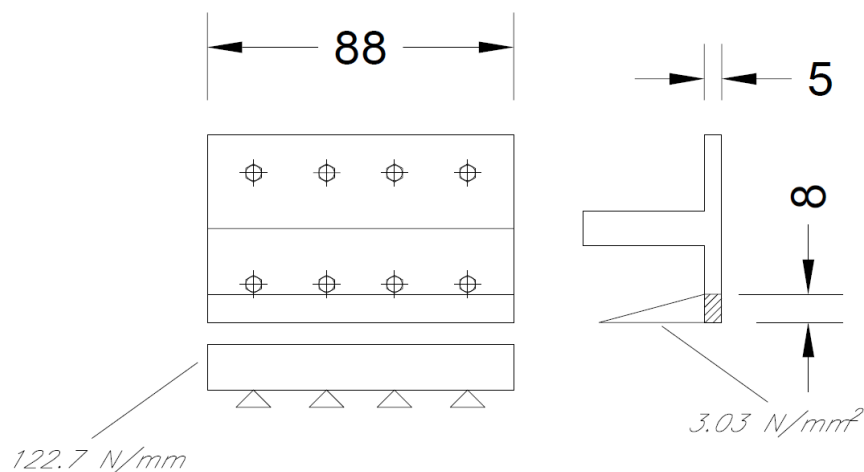


Figura 5.5 - Particolare zona compressa della piastra

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 23 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

Con l'ausilio del software 1CAMP del professor Piero Gelfi si esegue la verifica di cui sopra.

L'andamento delle sollecitazioni è di seguito riportato:

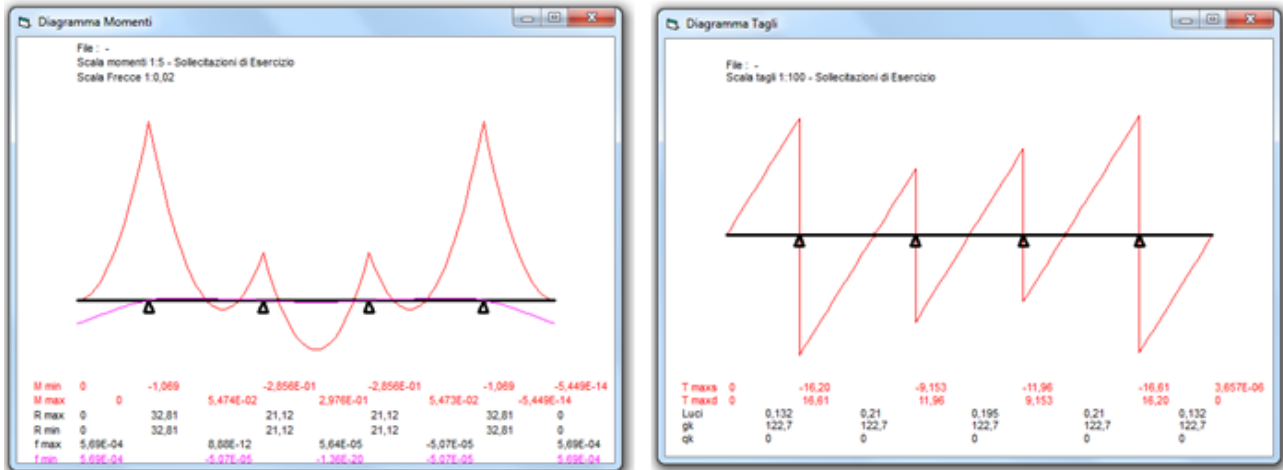


Figura 5.6 - Sollecitazioni di Momento flettente e Taglio della piastra

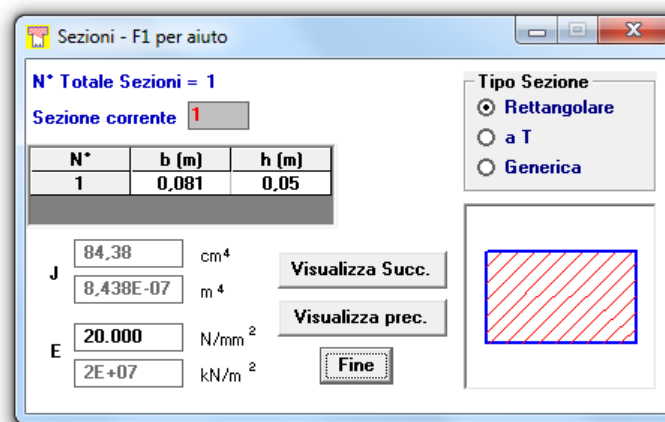


Figura 5.7 - Sezione trasversale della piastra

5.1.1 Verifica a flessione

La sezione presenta un $W_{el} = 33750 \text{ mm}^3$.

Con riferimento alla massima sollecitazione agente, deve essere:

$$W_{el} \geq \frac{M_{sd}}{f_{yd}} = \frac{M_{sd} \gamma_{M0}}{f_{yk}} = \frac{1.069 * 1.05}{275}, \quad W_{el} \geq 0.004 \text{ mm}^3$$

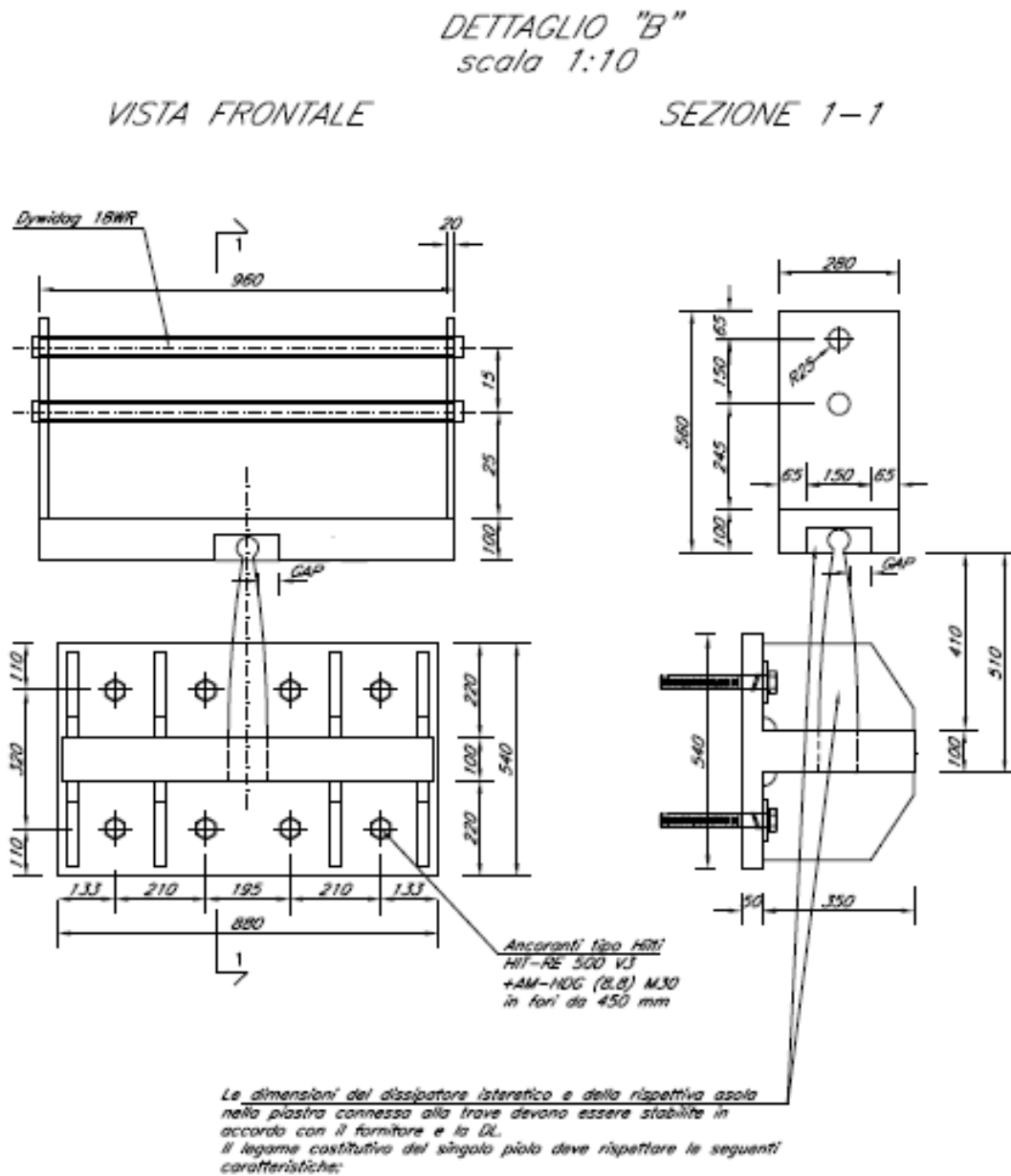
Pertanto, possiamo concludere che la verifica risulta soddisfatta.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 24 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

6. CRAVATTA PER COLLEGAMENTO DISSIPATORE ALLA TRAVE IN C.A.P. DELL'IMPALCATO


Con riferimento all'elaborato IA5F03D09BZVI0000006 si riporta il dettaglio dell'elemento che consente l'ancoraggio del dissipatore alla trave in C.A.P. dell'impalcato.



F_y (kN)	F_{max} (kN)	d_y (mm)	d_{max} (mm)	k_a (kN/mm)	k_p (kN/mm)	k_p/k_a -	assorbimento %
90	130	12	100	7,5	0,227	0,0303	44,4

GAP min = 50mm

Figura 6.1 - Dettaglio piastra per posizionamento dissipatore sul puledro

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

Su questa piastra, lo sforzo di trazione calcolato sulla piastra di cui al paragrafo precedente, indotto dal carico ultimo del dissipatore, diventa uno sforzo di taglio per i due collegamenti ipotizzati che attraversano la trave in C.A.P..

Per questo collegamento si adottano barre tipo dywidag, come da figura seguente:

Diametro	18	26,5	32	36	40	47
Area (cm ²)	2,41	5,55	8,04	10,20	12,57	17,35
Massa (Kg/m)	1,96	4,48	6,53	8,27	10,21	14,10
F _{pyk} (KN)	230	525	760	970	1190	1650
F _{ptk} (KN)	255	580	850	1070	1320	1820
f _{pyt} / f _{ptk}	950/1050	950/1050	950/1050	950/1050	950/1050	950/1050
Tipo	Y 1050	Y 1050	Y 1050	Y 1050	Y 1050	Y 1050

Dati tecnici

Codice	Barre a filettatura continua							Barre lisce	
		18 WR	26 WR	32 WR	36 WR	40 WR	47 WR	32 WS	36 WS
Diametro nominale	d _s [mm]	17.5	26.5	32	36	40	47	32	36
Area	S _n [mm ²]	241	552	804	1,018	1,257	1,735	804	1,018
Peso teorico per metro ¹	M [kg/m]	1.96	4.48	6.53	8.27	10.20	14.10	6.31	7.99
Passo	c [mm]	8	13	16	18	20	21	3	3
Carico caratteristico di rottura	F _m [kN]	255	580	845	1,070	1,320	1,820	845	1,070
Max. forza di tiro iniziale ² P _{m0,max} = S _n x 0.8 x f _{p,k}	[kN]	204	464	676	856	1,056	1,457	676	856
Max. forza sovratensione ³ P _{0,max} = S _n x 0.95 x f _{p0,1k}	[kN]	219	499	722	912	1,131	1,566	722	912

¹Il peso teorico è incrementato del 3.5% per la parte di filettatura non portante.

²Valori massimi secondo Eurocodice 2, cioè applicando i minimi (k₁x f_{pk}, k₂x f_{p0,1k}). Verifica dei criteri di stabilità e apertura fessure nei load transfer test a 0.8 x F_{pk}.

F_{pk} = S_n x f_{pk}

F_{p0,1k} = S_n x f_{p0,1k}

³La sovratensione è permessa se la forza al martinetto può essere misurata con precisione del ±5% del valore finale della forza di tesatura.

Figura 6.2 - Caratteristiche geometrico-meccaniche barre dywidag

Si adottano 2 barre tipo dywidag, per le quali si conduce una verifica a taglio, come riportato nella pagina seguente.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000008	REV. A

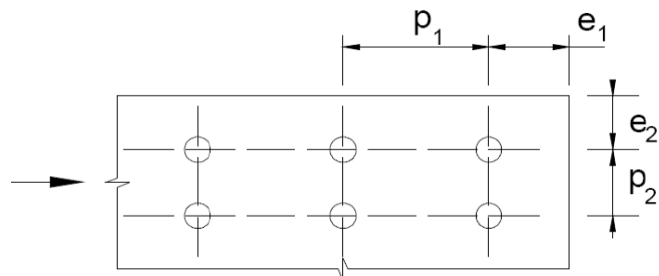
6.1 Verifica a taglio collegamenti

Dati

γ_{M2}	1,25	[-]	TAGLIO
$F_{v,Ed}$	132	[N]	
$F_{t,Ed}$	0	[N]	TRAZIONE

Ipotesi

PIASTRA	DYWIDAG	18	[-]
	Classe	WR	[-]
	d	17,5	[mm]
	b_p	280	[mm]
	h_p	460	[mm]
	t_p	20	[mm]
	f_{tk}	430	[N/mm ²]
	$n_{b,v}$	2	[-]
	$n_{b,t}$	0	[-]
	p1	0	[mm]
	e1	140	[mm]
	p2	150	[mm]
e2	70	[mm]	



f_{tbk}	1050	[N/mm ²]
f_{tk}	950	[N/mm ²]
d_{foro}	19	[mm]
A_{nom}	241	[mm ²]
A_{res}	241	[mm ²]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

Si riporta l'estratto del paragrafo §4.2.8.1.1 delle NTC2018 relativo alle unioni con bulloni e chiodi.

Unioni con bulloni o chiodi soggette a taglio e/o a trazione

La resistenza di progetto a taglio dei bulloni e dei chiodi $F_{v,Rd}$, per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione, può essere assunta pari a:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tbk} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8;} \quad [4.2.63]$$

$$F_{v,Rd} = 0,5 f_{tbk} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 6.8 e 10.9;} \quad [4.2.64]$$

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tk} A_0 / \gamma_{M2}, \text{ per i chiodi.} \quad [4.2.65]$$

A_{res} indica l'area resistente della vite e si adotta quando il piano di taglio interessa la parte filettata della vite. Nei casi in cui il piano di taglio interessa il gambo non filettato della vite si ha

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tk} A / \gamma_{M2}, \text{ bulloni - tutte le classi di resistenza,} \quad [4.2.66]$$

dove A indica l'area nominale del gambo della vite e f_{tk} , invece, indica la resistenza a rottura del materiale impiegato per realizzare il bullone. Con f_{tk} è indicata la resistenza caratteristica del materiale utilizzato per i chiodi, mentre A_0 indica la sezione del foro.

La resistenza di progetto a rifollamento $F_{b,Rd}$ del piatto dell'unione, bullonata o chiodata, può essere assunta pari a

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2}, \quad [4.2.67]$$

dove:

d è il diametro nominale del gambo del bullone,

t è lo spessore della piastra collegata,

f_{tk} è la resistenza caratteristica a rottura del materiale della piastra collegata,

$\alpha = \min \{ e_1 / (3 d_0) ; f_{tbk} / f_{tk} ; 1 \}$ per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato,

$\alpha = \min \{ p_1 / (3 d_0) - 0,25 ; f_{tbk} / f_{tk} ; 1 \}$ per bulloni interni nella direzione del carico applicato,

$k = \min \{ 2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$ per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato,

$k = \min \{ 1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$ per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato,


essendo e_1 , e_2 , p_1 e p_2 indicati in Fig. 4.2.5 e d_0 il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone.

Resistenza di progetto a taglio delle barre

$F_{v,Rd,t}$	121464	[N]
--------------	--------	-----

Resistenza di progetto a rifollamento del piatto dell'unione

k1	2,5	[-]	per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato
k2	2,5	[-]	per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato
α 1	1	[-]	per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato
α 2	-0,25	[-]	per bulloni interni nella direzione del carico applicato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

F_{b,Rd}	301000	[N]
-------------------------	---------------	------------

La resistenza di progetto a taglio dell'unione si determina come segue:

$$F_{v,Rd} = \min\{F_{v,Rd,t}; F_{b,Rd}\}$$

Sulla singola barra, verifichiamo che lo sforzo di taglio agente, sia minore di quello resistente:

$$\frac{F_{v,Ed}}{n_b} \leq F_{v,Rd}$$


Azione di progetto complessiva della singola unione a TAGLIO

66000	[N]
--------------	------------

Resistenza di progetto complessiva della singola unione a TAGLIO

121464	[N]
---------------	------------

VERIFICATO

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 29 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

7. PIASTRA PER APPOGGIO FISSO

Con riferimento all'elaborato IA5F03D09BZVI000006 si riporta il dimensionamento della piastra, cui verrà dotato l'appoggio fisso, per consentire l'alloggiamento del fusibile.

*DETTAGLIO "A"
scala 1:10*

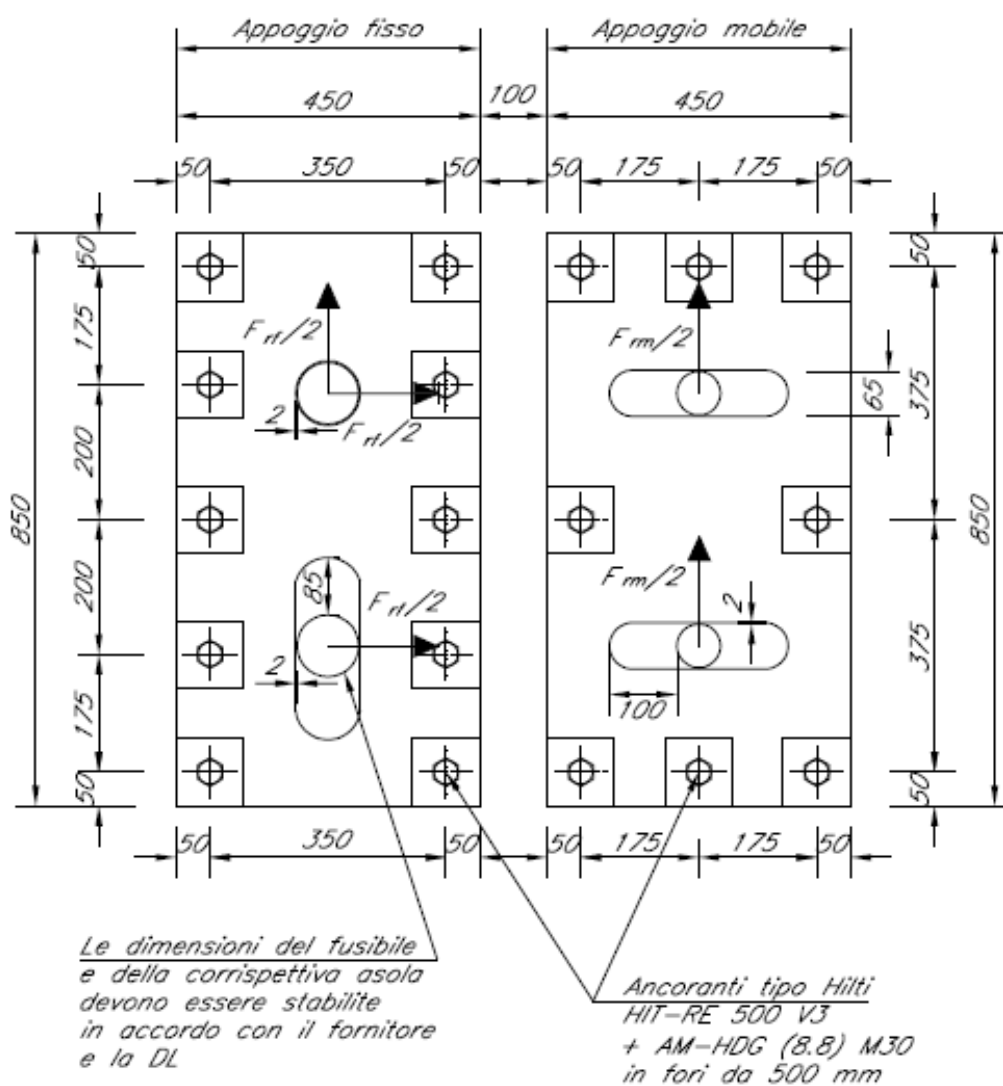



Figura 7.1 - Caratteristiche geometriche piastra per appoggio fisso (a sinistra) e per appoggio mobile (a destra)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

Per il dimensionamento di questa piastra, si considerano le seguenti forze agenti:

Dettaglio Forze		Fx	Fy	Fz
		[kN]	[kN]	[kN]
F	Frenatura e avviamento	0	0	701
C	Centrifuga	331	0	0
V	Vento	219	0	0

Per le quali si definiscono le due seguenti combinazioni di carico:

Combinazione 1							
Coeff. γ	Coeff. ψ	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1,45	1	0	0	1016,45	0	0	0
1,45	0,5	239,975	0	0	0	0	0
1,5	0,6	197,1	0	0	0	0	0
		437,08	0	1016,45	0	0	0
		480,78		1118,10			

Combinazione 2							
Coeff. γ	Coeff. ψ	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1,45	0,5	0	0	508,225	0	0	0
1,45	1	479,95	0	0	0	0	0
1,5	0,6	197,1	0	0	0	0	0
		677,05	0	508,225	0	0	0
		744,76		559,05			

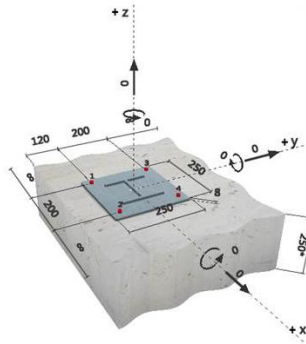
*in rosso si riportano le azioni amplificate per un +10%.

Eseguiamo le verifiche della piastra con il software Hilti PROFIS Anchor 2.8.0.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 31 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

Le sollecitazioni vengono implementate in tal modo, secondo il sistema di riferimento PROFIS







Attivo	Forze [kN]			Momenti [kNm]			Commenti			
	Vx	Vy	N	Mx	My	Mz				
<input checked="" type="radio"/>	480,78	1.118,1	0	0	0	0	Combinazione 1			Cancela
<input type="radio"/>	744,76	559,05	0	0	0	0	Combinazione 2			Cancela

Figura 7.2 - Convenzione sollecitazioni secondo Hilti Profis Anchor

Ipotesi:

- *Materiale base*: calcestruzzo non fessurato C20/25 ($R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$);
- *Armatura*: rada, con armatura di bordo rettilinea;
- *Piastra d'ancoraggio*: $b = 850 \text{ mm}$, $h = 450 \text{ mm}$, $s = 100 \text{ mm}$, con fissaggio a filo materiale base;
- *Ancoranti*: tipo Hilti HIT-RE 500 V3 + AM-HDG (8.8) M30 (Resina epossidica + barra filettata). Profondità di posa effettiva $h_{eff} = 500 \text{ mm}$, fori riempiti (SOFA).

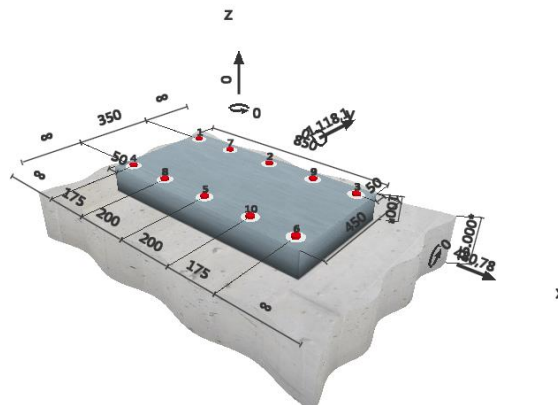



Figura 7.3 - Schema di calcolo della piastra

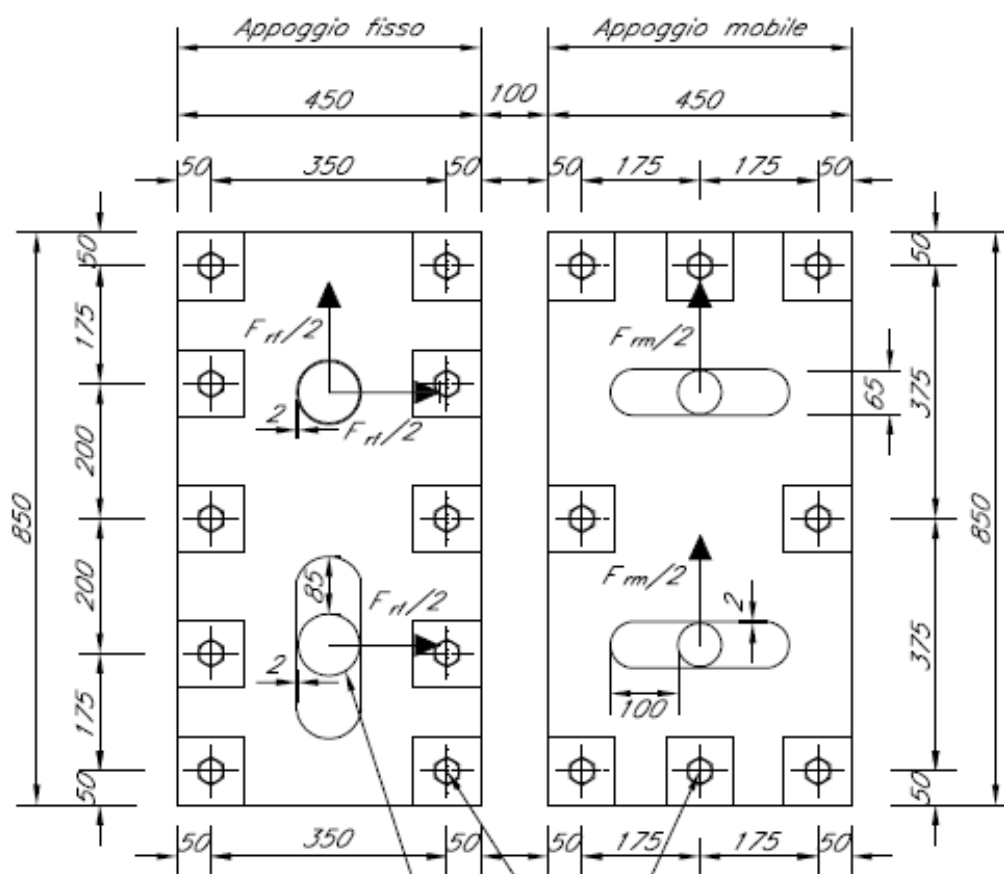
	<p>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<i>Relazione di calcolo Elementi metallici</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 32 di 44

La piastra in oggetto risulta essere forata ed asolata, come riportato nell'immagine ad inizio paragrafo, per l'alloggiamento del fusibile come previsto dal sistema di isolamento progettato per la struttura.

8. PIASTRA PER APPOGGIO MOBILE

Con riferimento all'elaborato IA5F03D09BZVI0000006 si riporta il dimensionamento della piastra, cui verrà dotato l'appoggio mobile, per consentire l'alloggiamento del fusibile.


DETTAGLIO "A"
scala 1:10



Le dimensioni del fusibile e della corrispondente asola devono essere stabilite in accordo con il fornitore e la DL

Ancoranti tipo Hilti
HIT-RE 500 V3
+ AM-HDG (8.8) M30
in fori da 500 mm

Figura 8.1 - Caratteristiche geometriche piastra per appoggio fisso (a sinistra) e per appoggio mobile (a destra)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

Per il dimensionamento di questa piastra, si considerano le seguenti forze agenti:

Dettaglio Forze		Fx	Fy	Fz
		[kN]	[kN]	[kN]
F	Frenatura e avviamento	0	0	701
C	Centrifuga	331	0	0
V	Vento	219	0	0


Per le quali si definiscono le 2 seguenti combinazioni di carico:

Combinazione 1							
Coeff. γ	Coeff. ψ	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1,45	1	0	0	1016,45	0	0	0
1,45	0,5	239,975	0	0	0	0	0
1,5	0,6	197,1	0	0	0	0	0
		437,08	0	1016,45	0	0	0
		480,78/2		1118,10			

Combinazione 2							
Coeff. γ	Coeff. ψ	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1,45	0,5	0	0	508,225	0	0	0
1,45	1	479,95	0	0	0	0	0
1,5	0,6	197,1	0	0	0	0	0
		677,05	0	508,225	0	0	0
		744,76/2		559,05			

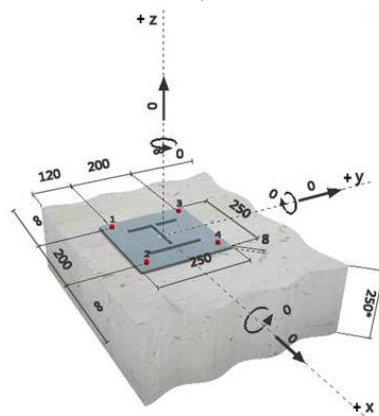
*in rosso si riportano le azioni amplificate per un +10%.

Eseguiamo le verifiche della piastra con il software gratuito Hilti PROFIS Anchor 2.8.0.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 35 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

Le sollecitazioni vengono implementate in tal modo, secondo il sistema di riferimento PROFIS












Attivo	Forze [kN]			Momenti [kNm]			Commenti	  
	Vx	Vy	N	Mx	My	Mz		
<input checked="" type="radio"/>	240,39	1.118,1	0	0	0	0	Combinazione 1	  
<input type="radio"/>	372,38	559,05	0	0	0	0	Combinazione 2	  

Figura 8.2 - Convenzione sollecitazioni secondo Hilti Profis Anchor

Ipotesi:

- *Materiale base*: calcestruzzo non fessurato C20/25 ($R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$);
- *Armatura*: rada, con armatura di bordo rettilinea;
- *Piastra d'ancoraggio*: $b = 850 \text{ mm}$, $h = 450 \text{ mm}$, $s = 100 \text{ mm}$, con fissaggio a filo materiale base;
- *Ancoranti*: tipo Hilti HIT-RE 500 V3 + AM-HDG (8.8) M30 (Resina epossidica + barra filettata). Profondità di posa effettiva $h_{eff} = 500 \text{ mm}$, fori riempiti (SOFA).

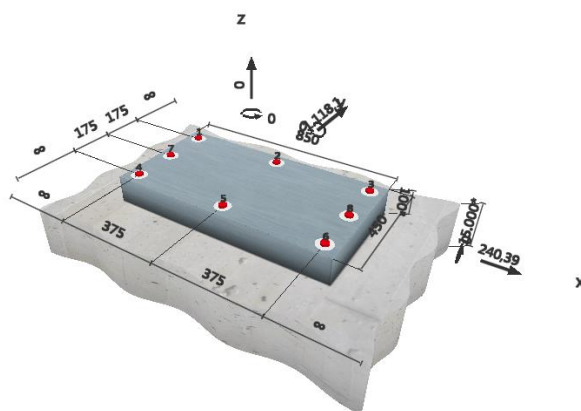



Figura 8.3 - Schema di calcolo della piastra

La piastra in oggetto risulta essere forata ed asolata, come riportato nell'immagine ad inizio paragrafo, per l'alloggiamento del fusibile come previsto dal sistema di isolamento progettato per la struttura.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 36 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

9. ELEMENTO PER IL COLLEGAMENTO DEGLI APPOGGI DELLA TRAVE AL “SISTEMA FUSIBILE”

Con riferimento all’elaborato IA5F03D09BZVI0000006 si riporta il dettaglio dell’elemento che verrà dimensionato.

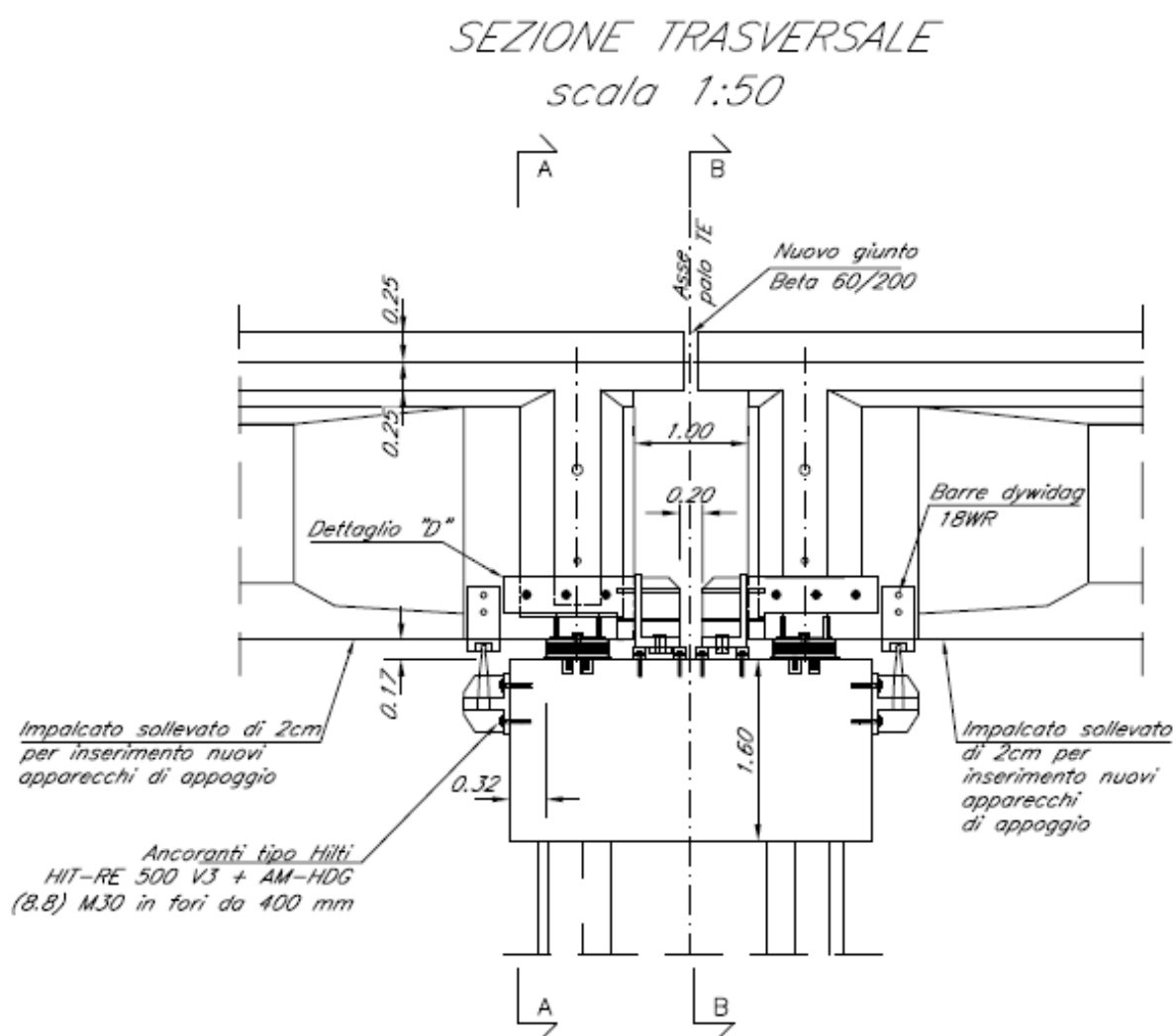


Figura 9.1 - Dettaglio elemento di collegamento degli appoggi della trave al “sistema fusibile”

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

Per questo collegamento si adottano barre dywidag, come da figura seguente:

Diametro	18	26,5	32	36	40	47
Area (cm ²)	2,41	5,55	8,04	10,20	12,57	17,35
Massa (Kg/m)	1,96	4,48	6,53	8,27	10,21	14,10
F _{pyk} (KN)	230	525	760	970	1190	1650
F _{ptk} (KN)	255	580	850	1070	1320	1820
f _{pyt} / f _{ptk}	950/1050	950/1050	950/1050	950/1050	950/1050	950/1050
Tipo	Y 1050	Y 1050	Y 1050	Y 1050	Y 1050	Y 1050

Dati tecnici

Codice	Barre a filettatura continua							Barre lisce	
		18 WR	26 WR	32 WR	36 WR	40 WR	47 WR	32 WS	36 WS
Diametro nominale	d _s [mm]	17.5	26.5	32	36	40	47	32	36
Area	S _n [mm ²]	241	552	804	1,018	1,257	1,735	804	1,018
Peso teorico per metro ¹	M [kg/m]	1.96	4.48	6.53	8.27	10.20	14.10	6.31	7.99
Passo	c [mm]	8	13	16	18	20	21	3	3
Carico caratteristico di rottura	F _m [kN]	255	580	845	1,070	1,320	1,820	845	1,070
Max. forza di tiro iniziale ² P _{m0,max} = S _n x 0.8 x f _{p,k}	[kN]	204	464	676	856	1,056	1,457	676	856
Max. forza sovratensione ³ P _{0,max} = S _n x 0.95 x f _{p0,1k}	[kN]	219	499	722	912	1,131	1,566	722	912

¹Il peso teorico è incrementato del 3.5% per la parte di filettatura non portante.

²Valori massimi secondo Eurocodice 2, cioè applicando i minimi (k₁x f_{pk}, k₂x f_{p0,1k}). Verifica dei criteri di stabilità e apertura fessure nei load transfer test a 0.8 x F_{pk}.

F_{pk} = S_n x f_{pk}

F_{p0,1k} = S_n x f_{p0,1k}

³La sovratensione è permessa se la forza al martinetto può essere misurata con precisione del ±5% del valore finale della forza di tesatura.

Figura 9.2 - Caratteristiche geometrico-meccaniche barre dywidag

Si adottano 3 barre dywidag, per le quali si conduce una verifica a taglio, come di seguito riportato:

Azioni

Combinazione 1	
F _x	F _z
[kN]	[kN]
480,78	1118,10

Combinazione 2	
F _x	F _z
[kN]	[kN]
744,76	559,05

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

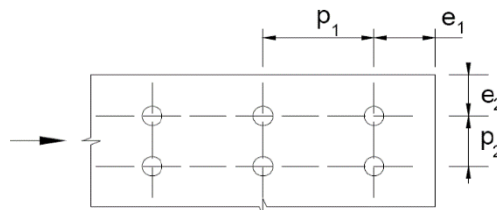
A favore di sicurezza si fa riferimento all'azione sollecitante più gravosa:

Dati


γ_{M2}	1,25	[-]	
$F_{v,Ed}$	1118.10	[N]	TAGLIO
$F_{t,Ed}$	0	[N]	TRAZIONE

Ipotesi

PIASTRA	DYWIDAG	36	[-]
	Classe	WR	[-]
	d	36	[mm]
	b_p	1150	[mm]
	h_p	300	[mm]
	t_p	50	[mm]
	f_{tk}	430	[N/mm ²]
	$n_{b,v}$	3	[-]
	$n_{b,t}$	0	[-]
	p1	0	[mm]
	e1	200	[mm]
	p2	350	[mm]
	e2	70	[mm]



f_{tbk}	1050	[N/mm ²]
f_{tk}	950	[N/mm ²]
d_{foro}	37.5	[mm]
A_{nom}	1018	[mm²]
A_{res}	1018	[mm²]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

Resistenza di progetto a taglio delle barre

F_{v,Rd,t}	513072	[N]
---------------------------	--------	-----

Resistenza di progetto a rifollamento del piatto dell'unione

k1	2,5	[-]	per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato
k2	2,5	[-]	per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato
α1	1	[-]	per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato
α2	-0,25	[-]	per bulloni interni nella direzione del carico applicato
F_{b,Rd}	1548000	[N]	

La resistenza di progetto a taglio dell'unione si determina come segue:

$$F_{v,Rd} = \min\{F_{v,Rd,t}; F_{b,Rd}\}$$

Sulla singola barra, verifichiamo che lo sforzo di taglio agente, sia minore di quello resistente:

$$\frac{F_{v,Ed}}{n_b} \leq F_{v,Rd}$$

Azione di progetto complessiva della singola unione a TAGLIO

372698	[N]
--------	-----

Resistenza di progetto complessiva della singola unione a TAGLIO

513072	[N]
--------	-----

VERIFICATO

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 40 di 44
<i>Relazione di calcolo Elementi metallici</i>						

Attraverso la sollecitazione di progetto complessiva della singola unione a taglio verifichiamo che la tensione di compressione indotta sul calcestruzzo sia minore della resistenza di calcolo.

L'area della superficie su cui viene diffusa questa azione si ottiene moltiplicando il diametro della barra per la lunghezza della stessa (che coincide con la larghezza in testa della trave in C.A.P.), ottenendo un'area A_d pari a:

$$A_d = D * L = 36 * 900 = 32400 \text{ mm}^2$$

Pertanto la tensione di compressione massima sul calcestruzzo è pari a:

$$\sigma_c = 11,50 \text{ N/mm}^2$$

La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo C40/50 avente $R_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ è pari a:

$$f_{cd} = 0.85 \frac{f_{ck}}{1.50} = 23.52 \text{ N/mm}^2$$

Essendo $\sigma_c \leq f_{cd}$, la verifica si ritiene soddisfatta.

In **direzione trasversale**, il massimo sforzo F_x si ha nella combinazione 2 ed è pari a 744.76 kN.


La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo C40/50 avente $R_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ è pari a:

$$f_{cd} = 0.85 \frac{f_{ck}}{1.50} = 23.52 \text{ N/mm}^2$$

Pertanto, tale sforzo deve essere assorbito da un'impronta avente area A pari a:

$$A \geq \frac{N_{sd}}{f_{cd}} = \frac{F_x}{f_{cd}} = \frac{744.76 * 1000}{23.52}, \quad A \geq 31664.97 \text{ mm}^2 \text{ (0.03 m}^2\text{)}$$

Con la piastra ipotizzata come riportato nella schematizzazione ad inizio paragrafo, si ottiene un'area di 82000 mm², pertanto la verifica si ritiene soddisfatta.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 41 di 44

Relazione di calcolo Elementi metallici

In **direzione longitudinale**, il massimo sforzo F_{Σ} si ha nella combinazione 1 ed è pari a 1118.10 kN. Questa forza agisce con eccentricità $y = -29$ cm rispetto alla piastra evidenziata e si diffonde sull'area riportata nella figura 9.4:

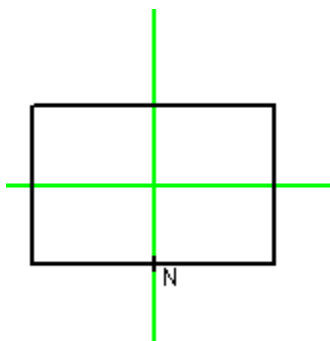


Figura 9.3 - Evidenziazione eccentricità del carico

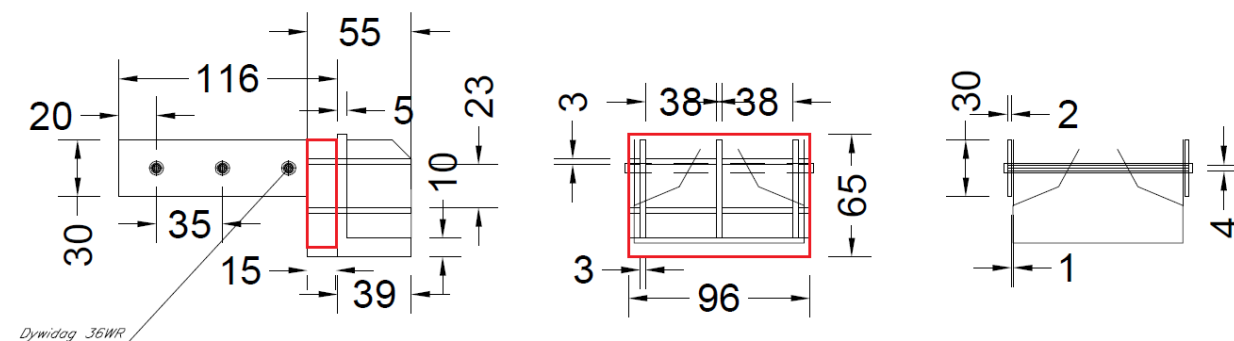



Figura 9.4 - Dettaglio collegamento cravatta

9.1 Verifica locale della piastra

Eseguiamo pertanto una verifica locale della piastra tenendo conto del massimo sforzo di compressione che agisce sul calcestruzzo, assimilando l'area della piastra ad una sezione di solo calcestruzzo, ricorrendo per la verifica al software V.C.A.S.L.U. del professor Piero Gelfi.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo Elementi metallici	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A

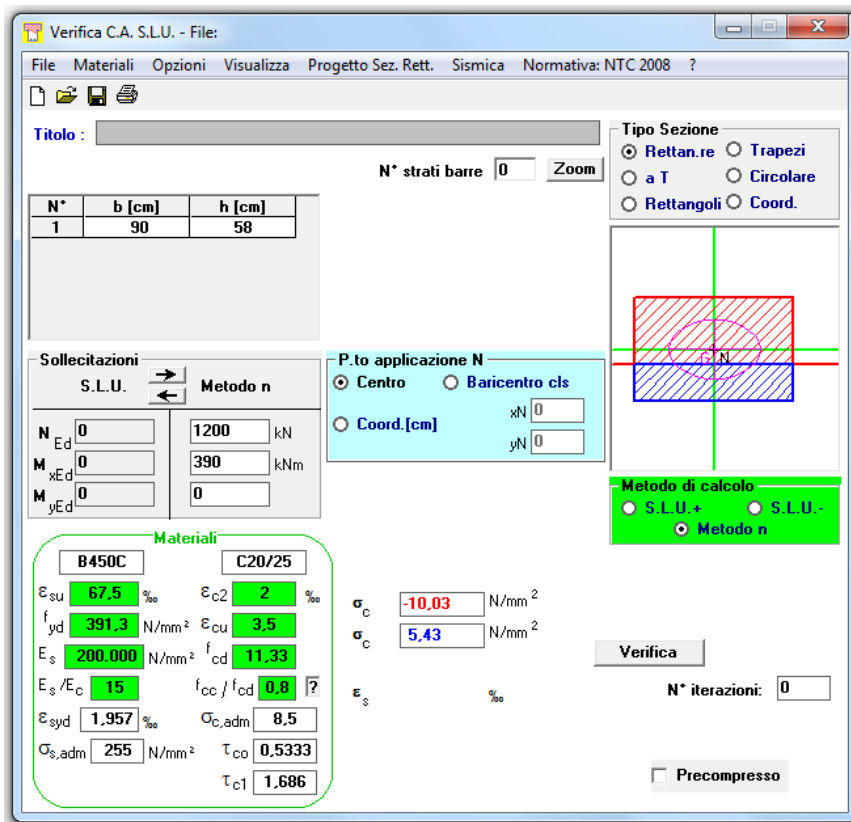


Figura 9.5 - Calcolo tensione massima sul calcestruzzo compresso

Con riferimento a tale calcolo, limitatamente alla zona compressa, la piastra viene assimilata ad una trave continua su più appoggi siffatta:

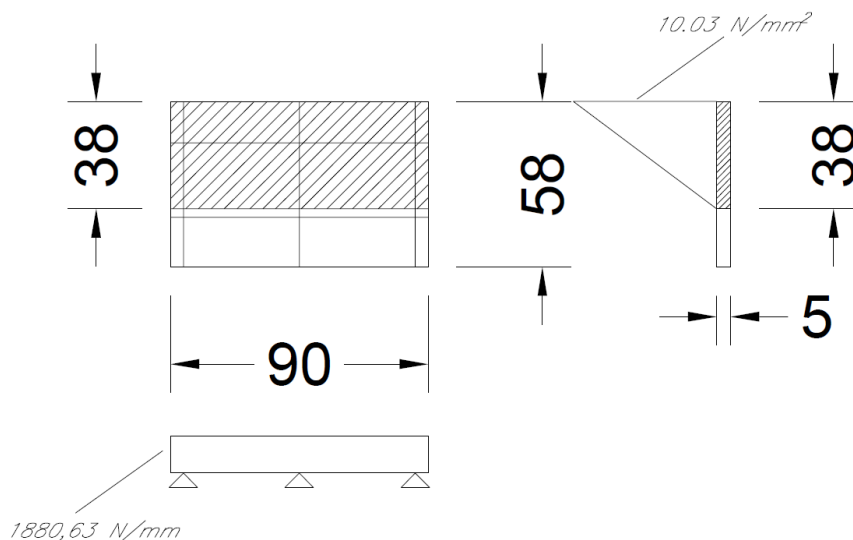


Figura 9.6 - Schematizzazione della piastra come una trave su più appoggi

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI000008	REV. A	FOGLIO 43 di 44
<i>Relazione di calcolo Elementi metallici</i>						

Si riporta l'andamento delle sollecitazioni agenti sulla trave:

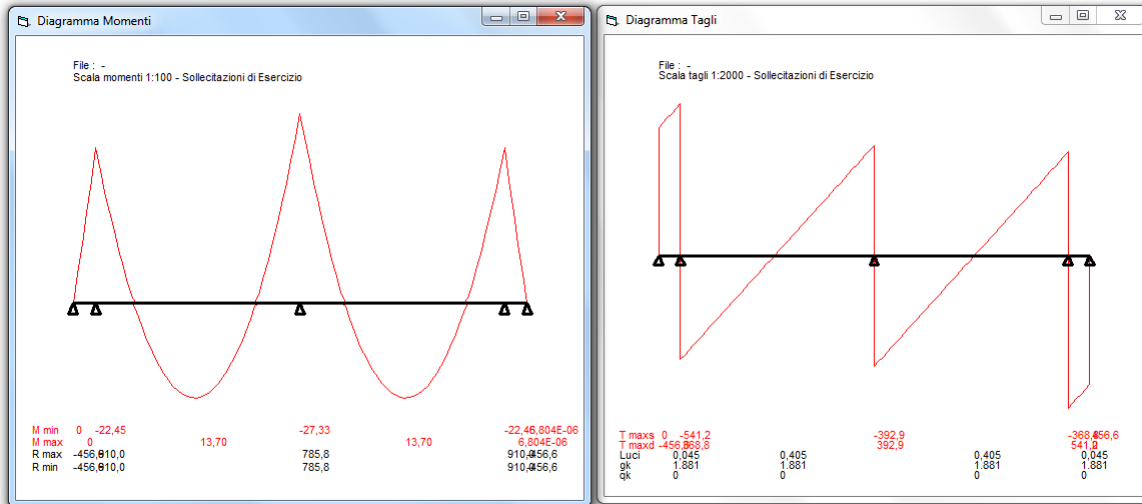


Figura 9.7 - Sollecitazioni di Momento flettente e Taglio della piastra

9.1.1 Verifica a flessione

Si esegue la verifica a flessione della sezione campita della piastra come indicato in figura 9.6:

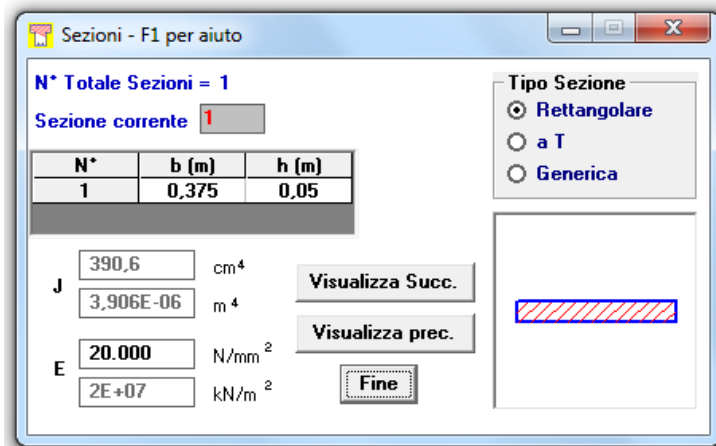


Figura 9.8 - Sezione trasversale della piastra

La sezione presenta un $W_{el} = 156250 \text{ mm}^3$.

Con riferimento alla massima sollecitazione agente, deve essere:

$$W_{el} \geq \frac{M_{sd}}{f_{yd}} = \frac{M_{sd} \gamma_{M0}}{f_{yk}} = \frac{22.45 * 1.05}{275}, \quad W_{el} \geq 0.08 \text{ mm}^3$$

La verifica risulta soddisfatta.