

TEATRO DEL PIANO

ANCONA

**REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA DI TRAVI
RETICOLARI A SOFFITTO, NELL'AREA DEL
PALCO E DELLA PLATEA, PER SOSPENSIONE DI
ATTREZZATURE TECNICHE NEL TEATRO DI
QUARTIERE – EX OSPEDALE PSICHIATRICO**

➤ **RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**
➤ **RELAZIONE DI CALCOLO
CON VERIFICA DELLE COMPONENTI
STRUTTURALI E DEI COLLEGAMENTI**

Il Tecnico

Dott. Ing. Carlo Giombini

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Descrizione

L'intervento prevede l'installazione di due telai a traliccio all'interno del Teatro di Quartiere dell'ex Ospedale Psichiatrico nel Comune di Ancona.

Gli ambiti interessati sono due: il palco e la platea; i relativi telai saranno quindi definiti secondo la loro ubicazione:

- Telaio 1 in corrispondenza del palco;
- Telaio 2 in corrispondenza della platea.

Il teatro ha pareti perimetrali in muratura di mattoni pieni legati con malta bastarda.

I sistemi a telaio hanno la funzione di sostenere attrezzature e sistemi funzionali alle attività teatrali. Il Telaio 2 ha una componente con cinematismo assiale lungo la verticale, azionato da appositi paranchi posti sulla parte fissa del sistema.

Telaio 1

Il telaio 1 è costituito da due "truss" principali e tre secondarie; quelle principali sono in appoggio su staffe metalliche ancorate alla muratura.

Telaio 2

Il telaio 2 è un sistema costituito da due "truss" principali in appoggio su staffe metalliche ancorate alla muratura e da un sistema mobile, lungo la verticale, costituito da un telaio assemblato sempre con "truss", sostenuto dalle due principali, mediante quattro paranchi posizionati in corrispondenza degli spigoli del telaio mobile. I paranchi sono sostenuti da funi in acciaio appese alle due "truss" principali.

Entrambi i sistemi a telaio sono ottenuti assemblando componenti modulari reticolari in alluminio tipo "truss".

Gli appoggi delle travi principali sono costituiti da apposite selle in acciaio fissate alle pareti con ancoranti meccanici.

La posizione in pianta e le dimensioni delle "truss" sono indicate nelle Figg. 1 e 2 allegate alla presente relazione.

Nella Fig. 3 e 4 sono invece rappresentati i dettagli costruttivi degli elementi di fissaggio delle travi alla muratura.

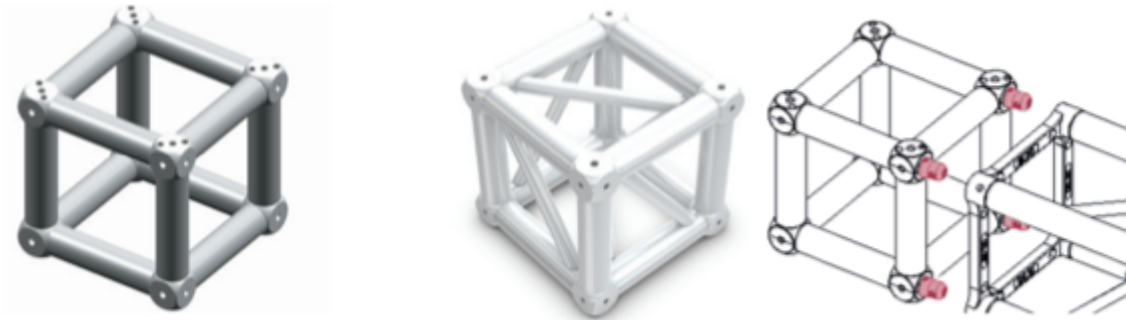
I modelli di traliccio utilizzati sono il QH30SA Truss System collegati alle selle di appoggio mediante dadi terminali QX30K8.

Per i nodi a tre vie "T" si impiega il modello QH30SAT3 mentre per quello a due vie "L" il modello QH30SAL2090.

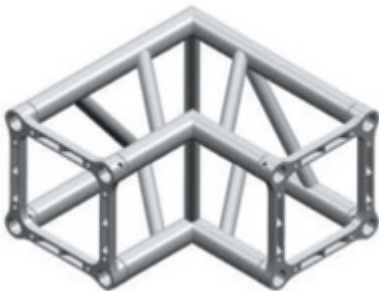
Modulo base delle Truss QH30SA:



Nodi agli appoggi (riferimento base) QX30K8:



Nodo a due vie "L" QH30SAL2090

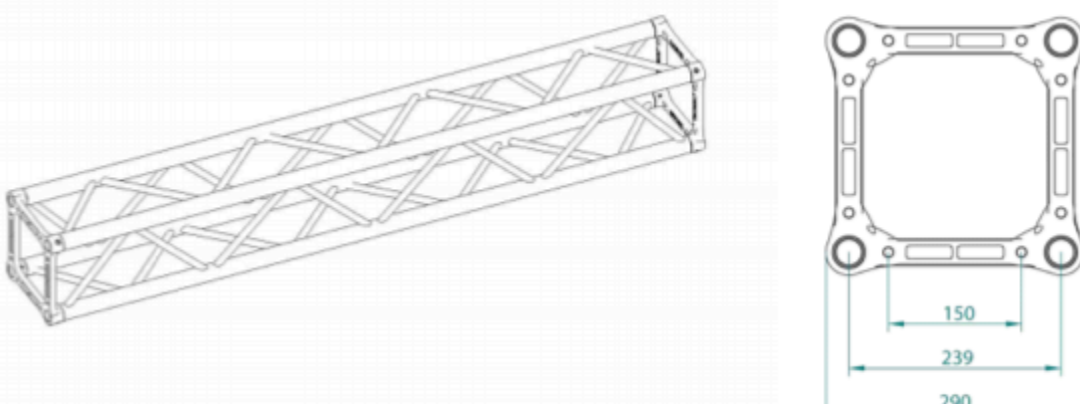


Nodo a tre vie "T" QH30SAT3



Le caratteristiche tecniche e le portate di carico distribuito e concentrato sono ricavabili dalle schede tecniche del prodotto di cui sotto si riportano alcuni estratti.

Dati tecnici QH30SA

LITEC		QH30SA TRUSS SYSTEM TECHNICAL DATA		QH30SA	
					
Description			Specification		
External dimensions (height x width)			287 mm x 287 mm		
Distance between axis			239 mm x 239 mm		
Lengthways tubes			Extruded aluminium EN AW 6082 T6 - Ø48X3mm		
Crossways tubes			Extruded aluminium EN AW 6082 T6 - Ø20X2mm		
Connecting plate			Cast aluminium EN AC 42200 T6		
Welding process			TIG - 141 / ISO 4063		
Available length (cm)			100 - 150 - 200 - 250 - 300 - 350 - 400		
Connection systems			QXFC - QXSM10		
Section Area (mm ²)	Moment of inertia Y - axis (mm ⁴)	Moment of inertia Z - axis (mm ⁴)	Selfweight (approx.) (N/m)		
1696	24.657.198	24.657.198	70		

Chords A: extruded tube Ø 48x3 mm
EN AW 6082 T6

Diagonals B: extruded tube Ø 20x2 mm
EN AW 6082 T6

Ends C: aluminium casting plate
EN AC 42200 T6

Connection systems

QXFC: quick-fit kit

QXSM10: bolt connection kit

ELEMENTI LINEARI

codice	cm	kg
QH30SA010M5	29x29x10.5	3,1
QH30SA021	29x29x21	3,6
QH30SA025	29x29x25	4,1
QH30SA029	29x29x29	4,3
QH30SA050	29x29x50	5,8
QH30SA100	29x29x100	9,1
QH30SA150	29x29x150	12,3
QH30SA200	29x29x200	15,5
QH30SA250	29x29x250	18,7
QH30SA300	29x29x300	21,9
QH30SA350	29x29x350	25,2
QH30SA400	29x29x400	28,4

CORNERS AND FITTINGS

code	cm	kg
QH30SAACL	29x21x29	6,1
QH30SAACS	29x10.5x29	5,6
QH30SAL2045	100x100x29	9,4
QH30SAL2060	100x100x29	10,5
QH30SAL2090	50x50x29	11,7
QH30SAL2120	50x50x29	6,8
QH30SAL2135	50x50x29	7,7
QH30SAL3	50x50x50	8
QH30SAT3	50x50x29	8,2
QH30SAT4	50x50x50	10,8
QH30SAX4	50x50x29	9,3
QH30SAX5	50x50x50	11,8
QH30SAX6	50x50x50	12,9

I moduli utilizzati sono quelli da cm 50, 250, 300

La tabella che segue, fornita dal produttore, indica i carichi ammissibili in funzione della lunghezza della trave e della tipologia di carico applicata.

QH30SA

LOAD TABLE / SPIGOT CONNECTION

SPAN m	UNIF. DISTRIBUTED LOAD			CENTRE POINT LOAD			THIRD POINT LOAD			QUARTER POINT LOAD			FIFTH POINT LOAD		
	point load kg/m	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm
1	2775	2775	0	2775	2775	0	1387	2775	0	925	2775	0	694	2775	0
2	1384	2768	2	2677	2677	3	1384	2768	2	923	2768	2	692	2768	2
3	920	2760	6	1894	1894	6	1335	2670	7	920	2760	7	690	2760	7
4	688	2753	13	1454	1454	11	1046	2092	14	753	2259	14	614	2454	14
5	492	2462	24	1175	1175	18	855	1709	22	603	1809	22	494	1976	23
6	340	2039	34	982	982	26	720	1439	33	501	1503	32	412	1649	33
7	248	1734	46	840	840	36	619	1239	45	427	1282	43	352	1410	45
8	188	1503	60	732	732	47	542	1083	59	371	1114	57	307	1227	60
9	147	1323	76	646	646	60	480	960	76	327	981	72	271	1083	76
10	118	1176	94	576	576	75	429	859	94	291	874	89	241	966	94
11	96	1056	114	518	518	91	387	774	114	262	785	108	217	869	114
12	79	954	136	469	469	109	351	703	136	237	710	129	197	786	135
13	67	866	159	427	427	129	320	641	161	215	645	151	179	715	159
14	56	790	185	390	390	150	294	587	187	196	589	176	163	654	185
15	48	723	212	357	357	173	270	540	215	180	539	202	150	600	213
16	42	664	241	328	328	198	249	497	246	165	495	230	138	551	242
17	36	611	272	302	302	225	230	459	278	152	456	260	127	508	274
18	31	563	305	278	278	254	213	425	313	140	420	292	117	469	307

La verifica e la descrizione degli elementi strutturali dei due telai sono distinti per ciascun ambito, quindi Telaio 1 e Telaio 2.

TELAIO 1 – Ambito PALCO

Il telaio 1 è costituito da due travi principali definite TrAB e da tre travi secondarie TrCDE.

Lo schema statico e di carico è rappresentato nella figura che segue.

Su ciascuna delle travi secondarie si applicheranno carichi distribuiti o concentrati per un totale massimo di 250 kg secondo i due rispettivi schemi di carico: Schema di carico 1 (carico distribuito di 45 kg/m equivalente a un totale massimo di 250 kg) e Schema di carico 2 (carico concentrato massimo in mezzeria di 250 kg).

Si potranno disporre più carichi concentrati la cui somma non potrà comunque superare 250 kg.

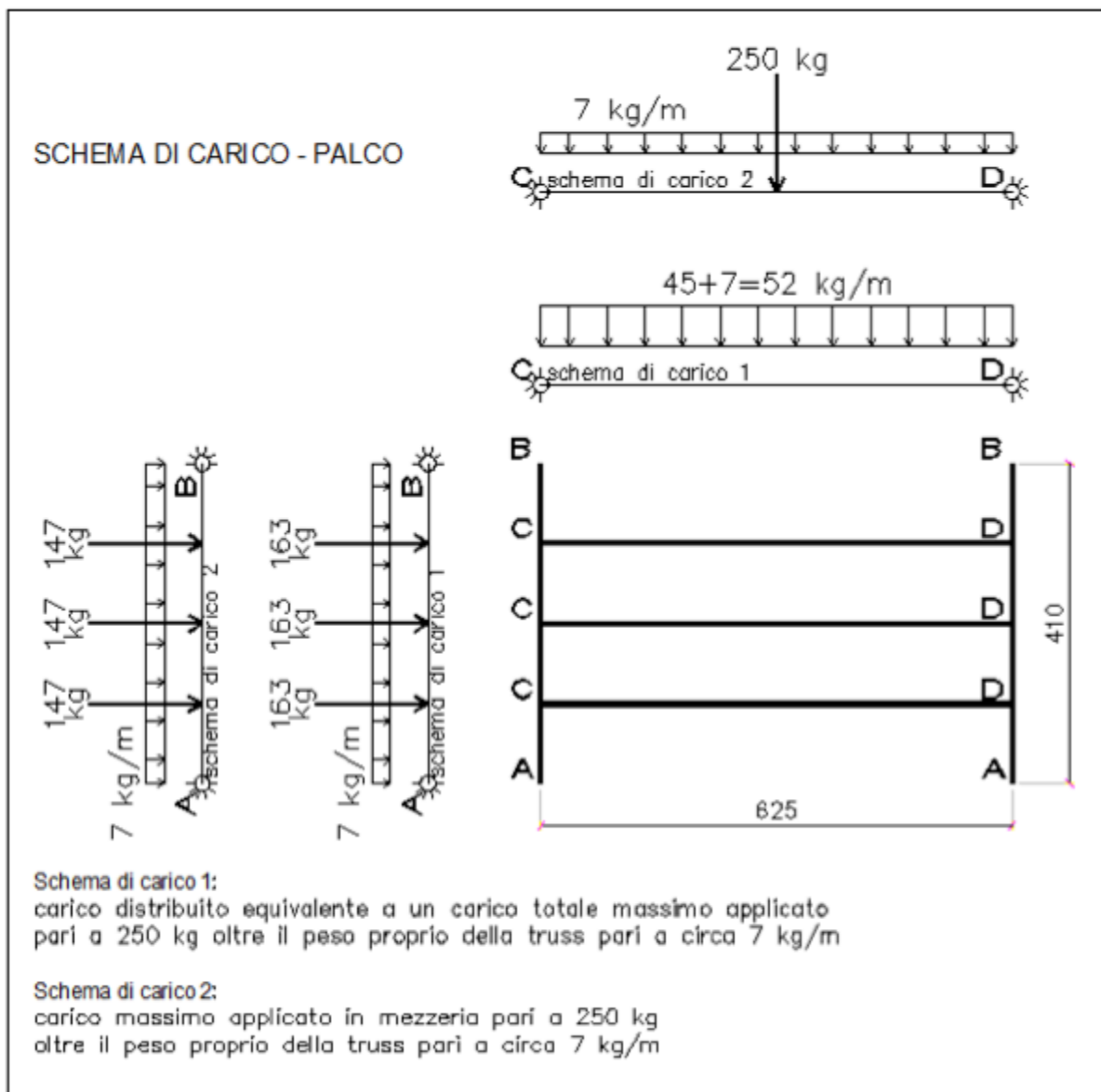


Tabella di carico consentito dal sistema truss:

SPAN m	UNIF. DISTRIBUTED LOAD			CENTRE POINT LOAD			THIRD POINT LOAD			QUARTER POINT LOAD			FIFTH POINT LOAD		
	point load kg/m	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm
1	2775	2775	0	2775	2775	0	1387	2775	0	925	2775	0	694	2775	0
2	1384	2768	2	2677	2677	3	1384	2768	2	923	2768	2	692	2768	2
3	920	2760	6	1894	1894	6	1335	2670	7	920	2760	7	690	2760	7
4	688	2753	13	1454	1454	11	1046	2092	14	753	2259	14	614	2454	14
5	492	2462	24	1175	1175	18	855	1709	22	603	1809	22	494	1976	23
6	340	2039	34	982	982	26	720	1439	33	501	1503	32	412	1649	33
7	248	1734	46	840	840	36	619	1239	45	427	1282	43	352	1410	45
8	188	1503	60	732	732	47	542	1083	59	371	1114	57	307	1227	60
9	147	1323	76	646	646	60	480	960	76	327	981	72	271	1083	76
10	118	1176	94	576	576	75	429	859	94	291	874	89	241	966	94

Verifica Trave TrCD:

Lunghezza 6.25 m

Condizioni di carico:

Carico distribuito 52 kg/m

Carico concentrato massimo in mezzeria 250 kg

Con riferimento alla tabella di carico:

Una trave lunga 7.00 m può sostenere:

- un carico distribuito pari a 248 kg/m >>> 52 kg/m
 - un carico concentrato in mezzeria pari a 840 kg >>> 250
- la trave TrCD è verificata.

Verifica Trave TrAB:

Lunghezza 4.10 m

Condizioni di carico:

Carichi massimi concentrati in tre punti, ciascuno di 163 kg

Con riferimento alla tabella di carico:

Una trave lunga 5.00 m può sostenere:

- tre carichi concentrati ciascuno pari a 603 kg >>> 163
- la trave TrAB è verificata.

La reazione agli appoggi A e B, considerando anche il peso proprio della truss, è pari a:

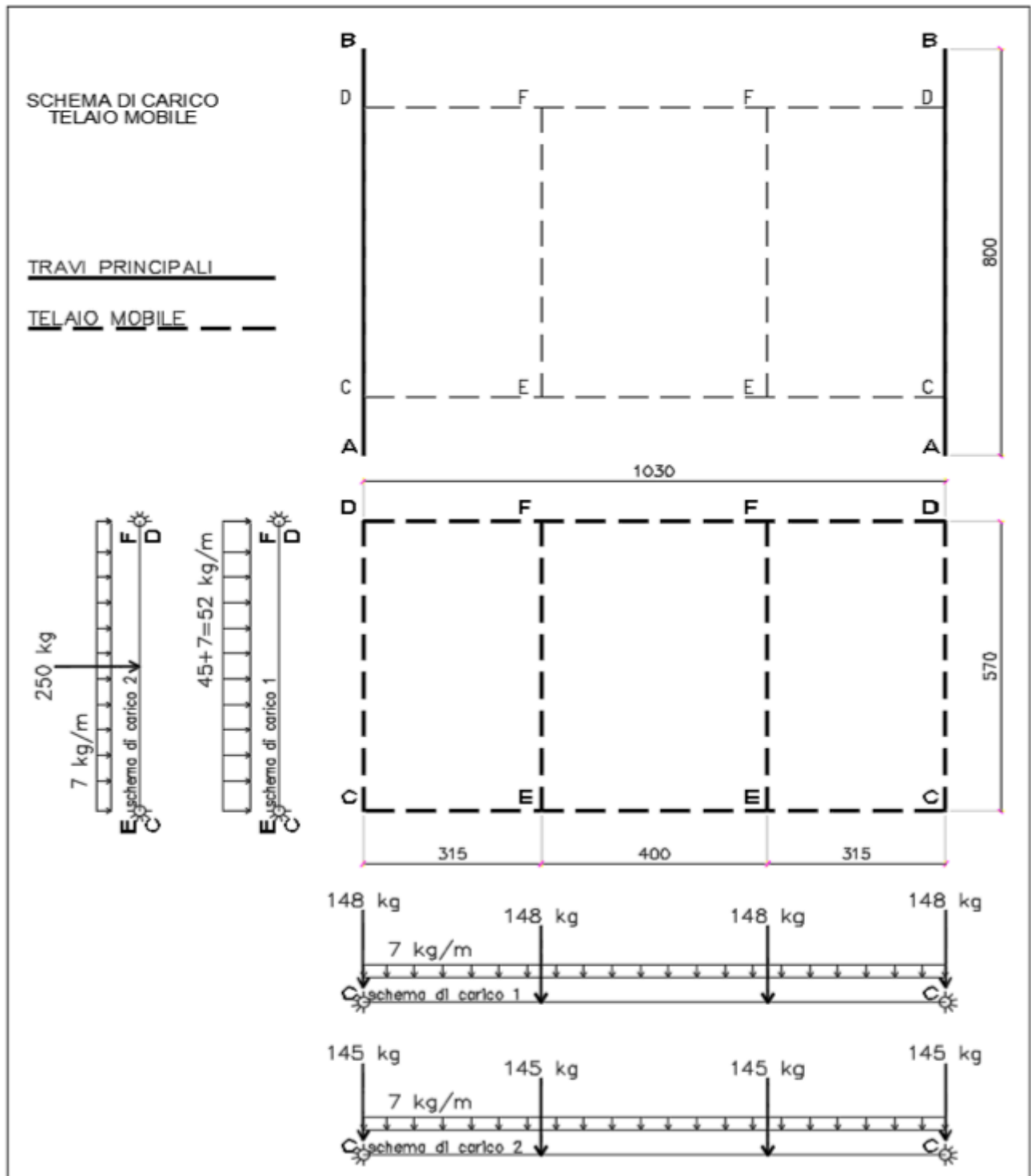
$$F = (163 + 163 + 163 + 7 \times 4.10) / 2 = 259 \text{ kg}$$

Per la verifica dell'ancoraggio della staffa metallica al muro, a favore di sicurezza si assumerà una forza $F = 300 \text{ kg}$.

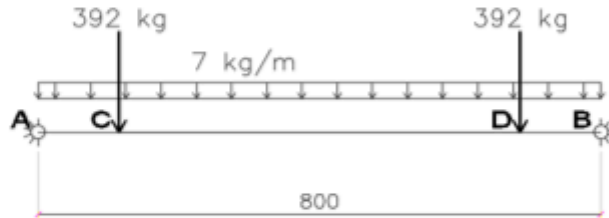
TELAIO 2

Il telaio 2 è costituito da due travi principali definite TrAB e da un telaio mobile costituito da quattro travi trasversali di cui due definite TrCD e due TrEF in appoggio sulle due travi longitudinali TrCC e TrDD.

Il telaio mobile è sostenuto da quattro paranchi applicati agli spigoli C e D e fissati alle due travi principali.



**SCHEMA DI CARICO
TELAIO MOBILE**



392 kg è ottenuto dalla somma dei seguenti carichi:

- 148 = azione derivante da TrCD
- 148 = azione derivante da TrEF
- 36 = azione derivante da peso proprio TrCC
- 60 = azione derivante dal peso del paranco

Ai fini della verifica della trave principale, il peso proprio della truss non si considera essendo implicitamente tenuto in conto nelle tabelle di carico ammissibile fornite dal produttore.

Tabella di carico consentito dal sistema truss:

SPAN m	UNIF. DISTRIBUTED LOAD			CENTRE POINT LOAD			THIRD POINT LOAD			QUARTER POINT LOAD			FIFTH POINT LOAD		
	point load kg/m	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm	point load kg	full load kg	central deflection mm
1	2775	2775	0	2775	2775	0	1387	2775	0	925	2775	0	694	2775	0
2	1384	2768	2	2677	2677	3	1384	2768	2	923	2768	2	692	2768	2
3	920	2760	6	1894	1894	6	1335	2670	7	920	2760	7	690	2760	7
4	688	2753	13	1454	1454	11	1046	2092	14	753	2259	14	614	2454	14
5	492	2462	24	1175	1175	18	855	1709	22	603	1809	22	494	1976	23
6	340	2039	34	982	982	26	720	1439	33	501	1503	32	412	1649	33
7	248	1734	46	840	840	36	619	1239	45	427	1282	43	352	1410	49
8	188	1503	60	732	732	47	542	1083	59	371	1114	57	307	1227	60
9	147	1323	76	646	646	60	480	960	76	327	981	72	271	1083	76
10	118	1176	94	576	576	75	429	859	94	291	874	89	241	966	94
11	96	1056	114	518	518	91	387	774	114	262	785	108	217	869	114
12	79	954	136	469	469	109	351	703	136	237	710	129	197	786	135
13	67	844	160	427	427	129	320	641	161	216	646	161	179	716	160

Verifica Travi TrCD e TrEF:

Lunghezza 5.70 m

Condizioni di carico:

Carico distribuito 52 kg/m

Carico concentrato massimo in mezzeria 250 kg


Con riferimento alla tabella di carico:

Una trave lunga 6.00 m può sostenere:

- un carico distribuito pari a 340 kg/m >>> 52 kg/m

- un carico concentrato in mezzeria pari a 982 kg >>> 250

→ le travi TrCD e TrEF sono verificate.

Verifica Travi TrCC e Tr DD: 

Lunghezza 10.30 m

Condizioni di carico:

Carichi massimi concentrati in due punti (gli esterni agli appoggi non entrano in questa verifica) ciascuno di 148 kg

Con riferimento alla tabella di carico:

Una trave lunga 11.00 m può sostenere:

- due carichi concentrati ciascuno pari a 387 kg >>> 148

→ le travi TrCC e TrDD sono verificate.

Verifica Trave TrAB: 

Lunghezza 8.00 m

Condizioni di carico:

Carichi massimi concentrati in due punti, ciascuno di 392 kg

Con riferimento alla tabella di carico:

Una trave lunga 8.00 m può sostenere:

- due carichi concentrati ciascuno pari a 542 kg >>> 392

→ la trave TrAB è verificata.

La reazione agli appoggi A e B, considerando anche il peso proprio della truss, è pari a:

$$F = (392 + 392 + 7 \times 8.00) / 2 = 421 \text{ kg}$$

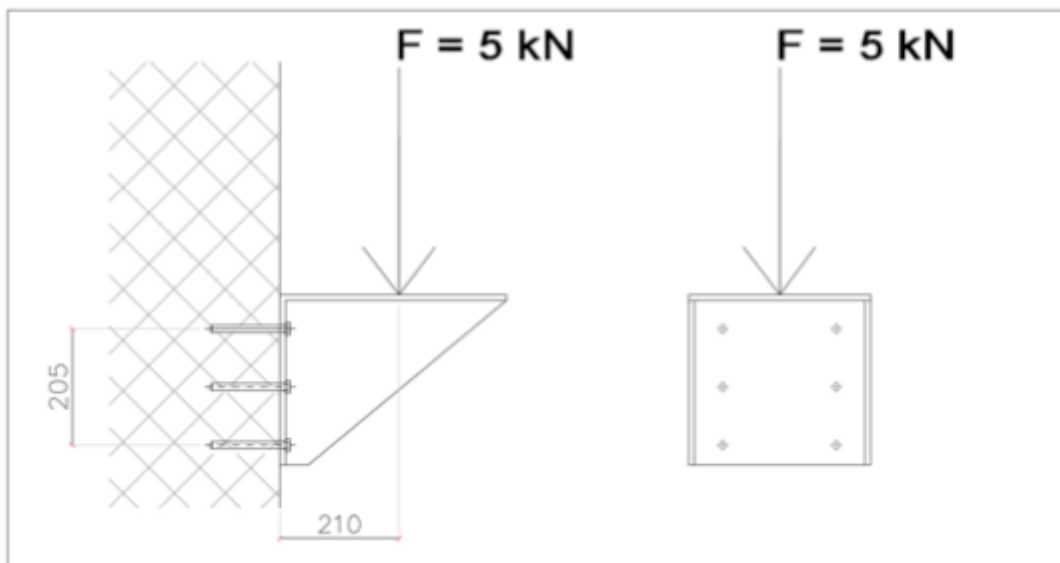
Per la verifica dell'ancoraggio della staffa metallica al muro, a favore di sicurezza si assumerà una forza $F = 500 \text{ kg}$.

Verifica Collegamenti delle Selle di Appoggio

La verifica del collegamento delle selle di appoggio si esegue per il massimo carico sollecitante in corrispondenza del Telaio 2.

In corrispondenza del Telaio 2 la massima reazione agli appoggi per il quale si esegue la verifica è pari a $F = 500 \text{ kg} = 5 \text{ kN}$.

Le selle di appoggio sono fissate alle pareti in muratura con un numero di ancoranti superiori a quelli strettamente necessari a soddisfare le verifiche statiche per ragioni geometriche e di sicurezza.



Momento all'attacco $M = F \cdot b = 5 \cdot 0.21 = 1.05 \text{ kNm}$

Facendo affidamento alle sole file di bulloni superiore e inferiore, la massima forza di trazione dovuta al momento su ciascun ancorante è pari a:

$N_{Ed} = (M/b)/nbs = (1.05/0.205)/2 = 2.56 \text{ kN}$ (con nbs numero bulloni fila superiore)

Taglio all'attacco $T = 5 \text{ kN}$

Facendo affidamento sempre alle sole file di bulloni superiore e inferiore, la massima forza di taglio su ciascun ancorante è pari a:

$V_{Ed} = T/nb = 5/4 = 1.25 \text{ kN}$ (con nb numero totale dei bulloni)

Si utilizzano ancoranti chimici Hilti composti da:

- barra di fissaggio HIT-V 8.8 M12
- resina HIT-HY 200-4

o prodotti analoghi con caratteristiche meccaniche confrontabili.

Per la presenza locale di mattoni forati strutturali, si impiega la bussola retinata metallica HIT-S1 a trama fine al fine di non disperdere la resina.

I dati geometrici e meccanici degli ancoranti sono riportati nelle figure e tabelle che seguono.

Page 13 of European Technical Assessment
ETA-11/0493 of 28 July 2017
English translation prepared by DIBt



Table B2: Installation parameters of threaded rod and HIT-V-... and AM 8.8

Threaded rod and HIT-V-... AM 8.8	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
Diameter of element d [mm]	8	10	12	16	20	24	27	30
Nominal diameter of drill bit d_0 [mm]	10	12	14	18	22	28	30	35
Effective embedment depth and drill hole depth $h_{ef} = h_0$ [mm]	60 160	60 200	70 240	80 320	90 400	96 480	108 540	120 600
Maximum diameter of clearance hole in the fixture ¹⁾ d_f [mm]	9	12	14	18	22	26	30	33
Thickness of Hilti filling set h_{fs} [mm]	-	-	-	11	13	15	-	-
Effective fixture thickness with Hilti filling set $t_{fix,ef}$ [mm]	$t_{fix,ef} = t_{fix} - h_{fs}$							
Minimum thickness of concrete member h_{min} [mm]	$h_{ef} + 30$ ≥ 100 mm			$h_{ef} + 2 \cdot d_0$				
Maximum torque moment T_{max} [Nm]	10	20	40	80	150	200	270	300
Minimum spacing s_{min} [mm]	40	50	60	75	90	115	120	140
Minimum edge distance c_{min} [mm]	40	45	45	50	55	60	75	80

¹⁾ for larger clearance hole see "TR 029 section 1.1"

HIT-V-...

Marking:
 5.8 - l = HIT-V-5.8 M...x l
 5.8F - l = HIT-V-5.8F M...x l
 8.8 - l = HIT-V-8.8 M...x l
 8.8F - l = HIT-V-8.8F M...x l
 R - l = HIT-V-R M...x l
 HCR - l = HIT-V-HCR M...x l

Hilti meter rod AM (HDG) 8.8

Injection System Hilti HIT-HY 200-A

Il singolo ancorante M12 classe 8.8 è quindi sottoposto a due sollecitazioni, una a trazione e l'altra a taglio rispettivamente pari a:

$$N_{Ed} = F_{t,Ed} = 2.56 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = F_{v,Ed} = 1.25 \text{ kN}$$

Ancoranti con barre filettate diametro 12 mm → $A_{res} = 84 \text{ mm}^2$

$$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0.6 \cdot 800 \cdot 84 / 1.25 = 32256 \text{ N} = 32.256 \text{ kN} \gg 2.56 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0.9 \cdot 800 \cdot 84 / 1.25 = 48384 \text{ N} = 48.384 \text{ kN} \gg 1.25 \text{ kN}$$

Per la presenza combinata di trazione e taglio:

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd}) \leq 1$$

$1250 / 32256 + 2560 / (1.4 \cdot 48384) = 0.077 \leq 1 \rightarrow$ Verifica del collegamento soddisfatta.

La muratura è in mattoni pieni con malta bastarda, con riferimento alla Tabella C8A.2.1 della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. le caratteristiche meccaniche possono essere assunte, a favore di sicurezza, analoghe a quelle della Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia.

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500	24	3500	875	15
	800	32	5600	1400	

Non avendo eseguito specifiche indagini sui materiali, per la resistenza del materiale si assumono i valori minimi rappresentati in tabella ridotti del fattore di confidenza $FC = 1.35$.

La resistenza a trazione della muratura può essere assunta pari a 1/10 di quella a compressione pertanto $f_{tm} = f_m / 10 = 500 / 10 = 50 \text{ N/cm}^2 = 0.5 \text{ N/mm}^2$ che ridotta del fattore $FC = 1.35$ diventa $f_{tm} = 0.37 \text{ N/mm}^2$, di conseguenza la lunghezza minima di ancoraggio della muratura è pari a:
 $\pi \cdot d \cdot L \cdot f_{tm} = Ft \rightarrow L = F_{t,Ed} / (\pi \cdot d \cdot f_{tm}) = 2560 / (\pi \cdot 12 \cdot 0.37) = 184 \text{ mm}$.

Le barre di fissaggio saranno ancorate alla muratura per una lunghezza minima di 20 cm.

Il numero e distribuzione degli ancoranti sulla muratura permette di valutare la tensione indotta sulla muratura dal carico applicato secondo

una distribuzione triangolare degli sforzi considerando metà lunghezza delle barre di ancoraggio per la larghezza della piastra, di conseguenza lo sforzo massimo sulla muratura può essere assunto pari a σ :

$$L \cdot b \cdot \sigma = F$$

$$\sigma = F / (L \cdot b) = 5000 / (10 \cdot 32) = 15.62 \text{ N/cm}^2$$

$f_m = 500 / FC = 500 / 1.35 = 370 \text{ N/cm}^2 \gg \sigma \rightarrow$ Verifica della tensione sulla muratura soddisfatta

Verifica della fune di sostegno dei paranchi

I paranchi sono fissati alle due travi principali mediante delle funi metalliche di diametro 10 mm le cui caratteristiche tecniche sono riportate nella tabella sottostante.

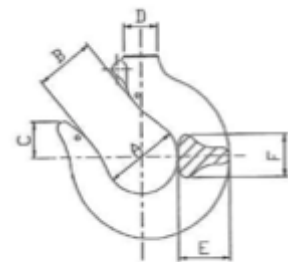
Tipo / Type	RDM-RDM 2,6MT	
Diametro nominale / Nominal diameter	10 mm	
Lunghezza / Length	2600 mm	
Sviluppo / Circumference	--	
Coefficiente di sicurezza / Safety factor	5	
Portata / WLL:	Tiro Singolo / Single Leg:	1279 kg
	Canestro / Basket	2558 kg
	$\beta < 45^\circ$	--
	$45^\circ < \beta < 60^\circ$	--
Norme Armonizzate Applicate Harmonized Standard Applied	UNI EN 12100 parts 1-2	

La portata del singolo tiro è pari a $P = 1279$ kg.

Il carico massimo da sostenere è pari a 392 kg $\lll 1279 \rightarrow$ Verifica della fune soddisfatta

Il gancio dei paranchi ha caratteristiche tecniche riportate nella tabella sottostante

Portata Capacity Capacité Tragfähigkeit Kg	Marcatura di targa Marking Estampillage Typenschilddaten Kg	Gancio Hook Crochet Haken	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm
500	500	Superiore Top Supérieur Traghaken	35,5	31	21	21	28	17,5
		Inferiore Bottom Inférieur Lasthaken	35,5	28	21	21	28	17,5



La portata del singolo gancio è pari a $P = 500$ kg

Il carico massimo da sostenere è pari a 332 kg ($392 - 60$) $\lll 500 \rightarrow$ Verifica del gancio soddisfatta

Il Tecnico

Dott. Ing. Carlo Giombini

Carlo Giombini

*P.I. 01472830429
cf. GMB CRL 64004E388P*

Ingegnere
