

RELAZIONE DI CALCOLO

Tipo : FE/ IG/12R-3H1/2.35
Titolo : Pontili galleggianti per l'ormeggio di imbarcazioni
Data : 01.03.2010
Revisione : 107 – ITA – A

A	01.03.2010	Aggiornata indicazioni materiali e normative di riferimento	m.d.r.			
0	04.07.2008	Prima edizione	m.d.r.			
Rev.	Data	Commenti	Scritto da	Verificato da	Approvato da	

Indice

1. Generalità.....	3
2. Normativa di riferimento.....	4
3. Materiali	4
4. Galleggiamento e stabilità.....	6
4.1 Galleggiamento	6
4.2 Stabilità ai carichi eccentrici.....	7
5. Verifiche strutturali.....	10
5.1 Piano di calpestio	10
5.2 Telaio in acciaio	13
5.2.1 Traversi.....	13
5.2.2 Profili longitudinali durante le operazioni di sollevamento.....	14
5.2.3 Profili longitudinali sotto l'azione delle onde.....	15
5.2.4 Profili longitudinali sotto i tiri degli ormeggi.....	15
5.3 Giunto tra i pontili	16
5.3.1 Verifica del giunto.....	16
5.3.2 Verifica del profilo laterale.....	17
5.4 Staffone di collegamento alle catene di ancoraggio	18

I. GENERALITÀ

Questa relazione di calcolo descrive il progetto dei pontili galleggianti di tipo FE/ IG / 12 R-3H1 che sono pensati per essere usati come strutture di ormeggio per imbarcazioni in siti con un moto ondoso moderato.

Le principali caratteristiche di questi pontili galleggianti sono elencate di seguito:

Dimensioni	lunghezza	12.00 m
	larghezza	2.35 m
	altezza	1.051 m
Bordo libero		58 cm circa
Riserva di spinta		1686 N/m ²
Sovraccarico strutturale		1667 N/m ²
Dislocamento		50196 N

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- RS1. UNI ENV 1993-1-1 Eurocode 3. Design of steel structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings
- RS2. UNI ENV 1995-1-1 Eurocode 5. Design of wooden structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings
- RS3. UNI ENV 1999-1-1 Eurocode 9. Design of aluminium structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings
- RS4. BS6349:Part 6 : 1989 Maritime structures – Design of inshore moorings and floating structures

3. MATERIALI

<u>Acciaio:</u>	EN 10025 S275 JR secondo UNI EN 10025 Tensione di snervamento minima $R_{eH} = 275$ MPa Densità: 7850 kg/m ³
<u>Alluminio:</u>	EN-AW 6060 – T6 Tensione di snervamento minima $R_{eH} = 140$ MPa
<u>Viteria:</u>	A2-70 secondo EN ISO 3506-1:1998 Resistenza a trazione $R_m = 700$ MPa
<u>Legno:</u>	Legno duro tropicale – classe di resistenza: minimo D50 Secondo UNI EN 338:1997 Classe di durabilità: 1-2, secondo UNI EN 350-1:1996
<u>Rondelle :</u>	Rondelle composte da quattro strati di gomme e tre di tela poliammidica Gomma in polimero nitril- butilico (NBR) secondo ASTM D1418 840 den tela di poliammide resistenza a compressione: 20.4 MPa
<u>Zincatura:</u>	Zincatura a caldo secondo EN ISO 1461:1999
<u>Polistirolo:</u>	Polistirolo espanso grado SD, tipo N, secondo BS 3837: Part 1:1986
<u>Calcestruzzo:</u>	Calcestruzzo strutturale rinforzato con fibre di polipropilene $R_{ck} = 35$ MPa – S5 – Secondo UNI EN 206 - 1

4. GALLEGGIAMENTO E STABILITÀ

4.1 GALLEGGIAMENTO

Il bordo libero è calcolato per il pontile scarico, cioè considerando solo il dislocamento del pontile stesso.

La densità dell'acqua è assunta uguale a $\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$

Le dimensioni complessive del pontile sono

Lunghezza piano di calpestio	:	$l_d = 12.00 \text{ m}$
Larghezza piano di calpestio	:	$w = 2.35 \text{ m}$
Larghezza telaio in acciaio	:	$w_d = 2.28 \text{ m}$
Area del piano di calpestio	:	$A_d = 28.20 \text{ m}^2$

Ogni pontile è dotato di $n = 3$ galleggianti con le seguenti caratteristiche:

dimensioni	:	$l_{fu} = 2.26 \text{ m} \times w_{fu} = 1.96 \text{ m} \times h_{fu} = 0.71 + 0.10 \text{ m}$
area	:	4.43 m^2
peso	:	10700 N

Il dislocamento totale del pontile è dato dalla seguente tabella :

Galleggianti	32100 N
Telaio in acciaio	11210 N
Profili in alluminio	562 N
Piano di calpestio in legno	5299 N
Parabordi in legno	775 N
Viteria	250 N
Totale D =	50196 N

La spinta assicurata dalle chiglie è data da

$$B_k = 3 \cdot 2 \cdot ((0.16 + 0.10) \cdot 0.10 / 2 \cdot 1.96) \cdot \rho_w \cdot g = 1522 \text{ N}$$

Cioè, 3 galleggianti, 2 chiglie per galleggiante, ognuna avente una sezione trapezoidale con basi lunghe 0.10 m e 0.16 m, altezza 0.10 m e lunghezza della scanalatura 1.96 m.

Per il solo peso del galleggiante, l'immersione è data da

$$i = \frac{D - B_k}{n \cdot A_{fu} \cdot \rho_w \cdot g} = 0.364 \text{ m}$$

Ogni galleggiante emerge di

$$e = h_{fu} - i = 0.346 \text{ m}$$

e il bordo libero risulta

$$b = e + h_d = 0.587 \text{ m}$$

dove $h_d = 0.241$ m è la distanza tra la sommità del piano di calpestio e la sommità del galleggiante.

I precedenti risultati portano al calcolo del carico massimo sopportato dal pontile con la formula

$$S = n \cdot e \cdot A_{fu} \cdot \rho_w \cdot g = 40.47 \text{ kN}$$

che è equivalente, per un carico uniformemente distribuito sul piano di calpestio del pontile, ad una pressione pari a

$$q = \frac{S}{A_d} = 1686 > 1667 \text{ Pa}$$

4.2 STABILITÀ AI CARICHI ECCENTRICI

La stabilità è verificata sotto l'azione del peso di quattro persone su un lato del pontile, cioè

$$q_d = 4 \times 1000 = 4000 \text{ N}$$

sul bordo del pontile.

Il momento longitudinale è calcolato come segue

$$M_{Rx} = \frac{q_d \cdot w}{2} = 4700 \text{ N}\cdot\text{m}$$

mentre il momento trasversale è

$$M_{Ry} = \frac{q_d \cdot l}{2} = 24000 \text{ N}\cdot\text{m}$$

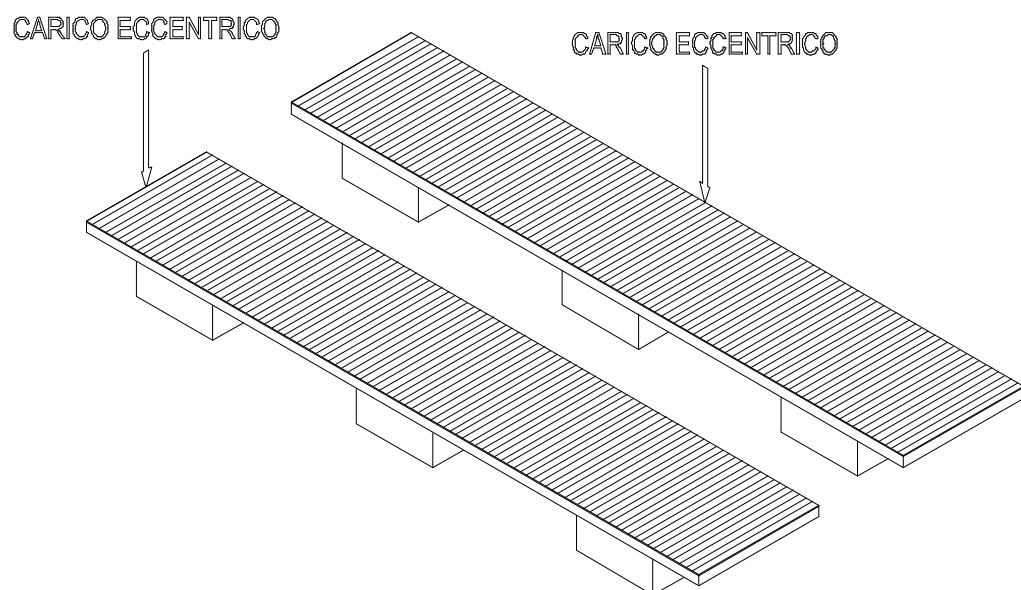


Figura 1

La distanza del baricentro dal fondo del galleggiante deriva dal calcolo seguente

	M Carico o peso [N]	Braccio (ref. dist.) [m]	MD Carico · Braccio [N·m]
Carico vivo	4000	1.151	4604
Piano di calpestio in legno	5299	1.140	6040.86
Parabordo in legno	775	1.104	856
Telaio in acciaio	11210	1.000	11210
Longheroni in alluminio	562	1.090	613
Viteria	250	1.000	250
Galleggianti	32100	0.46	14766
<i>Total</i>	<i>M= 54196.0 N</i>		<i>MD = 38340N·m</i>

Tabella 1

conseguentemente,

$$y_G = \frac{MD}{M} = 0.707 \text{ m}$$

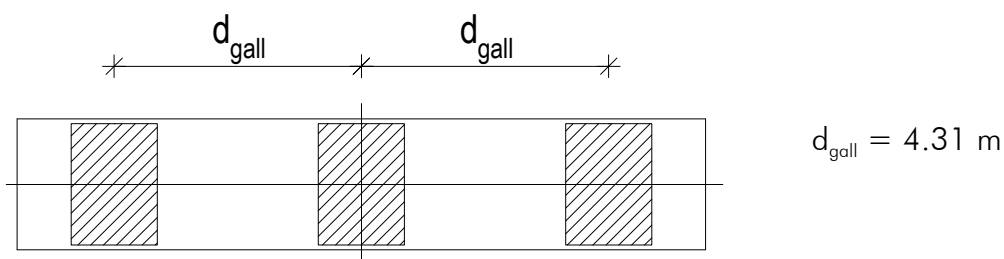


Figura 2

Riferendosi alla figura 2 l'inerzia di questo schema di galleggianti è

$$J_x = 5.66 \text{ m}^4$$

Il volume immerso V è calcolato come:

$$V = \frac{M - B_K}{\rho_w \cdot g} = 5.241 \text{ m}^3$$

La distanza tra il centro del volume immerso (centro di galleggiamento) e il metacentro deriva dal rapporto tra l'inerzia J_x e il volume immerso V :

$$d_{BMx} = \frac{J_x}{V} = 1.08 \text{ m}$$

sotto queste condizioni di carico, il pescaggio del pontile è

$$i = \frac{M - B_K}{n \cdot A_{fu} \cdot \rho_w \cdot g} = 0.394 \text{ m}$$

quindi il centro di galleggiamento è posto a quota

$$y_B = \frac{i}{2} = 0.197 \text{ m}$$

dal fondo del galleggiante.

La distanza del centro di galleggiamento dal baricentro è quindi

$$d_{GB} = y_G - y_B = 0.510 \text{ m}$$

dato ciò la distanza del baricentro dal metacentro è calcolata come

$$d_{GM_x} = d_{BM_x} - d_{GB} = 0.570 \text{ m}$$

Infine la formula

$$\alpha_T = \text{asin} \frac{M_{R_x}}{M \cdot d_{GM_x}} = \text{asin}(0.17) = 9.85$$

determina l'angolo di sbandamento longitudinale del pontile.

Nello stesso modo, l'angolo di inclinazione trasversale risulta

$$J_y = 168.8 \text{ m}^4$$

$$d_{BM_y} = J_y / V = 29.311 \text{ m}$$

$$d_{GM_y} = d_{BM_y} - d_{GB} = 28.840 \text{ m}$$

$$\alpha_T = \text{asin} \frac{M_{R_y}}{M \cdot d_{GM_x}} = \text{asin}(0.01) = 0.81^\circ$$

5. VERIFICHE STRUTTURALI

5.1 PIANO DI CALPESTIO

Figura 3 rappresenta lo schema del piano di calpestio. Il piano di calpestio del pontile è composto da doghe di legno tropicale. Le doghe hanno una sezione rettangolare larga 95 mm e alta 21 mm e sono avvitate a quattro profili prendivite in alluminio sottostanti. La distanza tra i profili è $d = 0.550$ m.

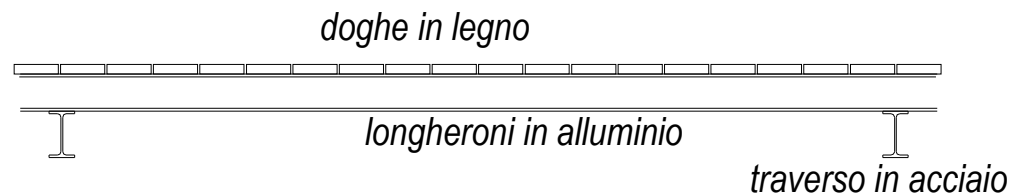


Figura 3

Doghe in legno duro tropicale

Il carico distribuito di progetto è assegnato pari a

$$q = 1667 \text{ Pa}$$

come rappresentato in Figura 4, ogni doga è considerata una singola trave su 4 appoggi e caricata da un carico distribuito

$$q_1 = \gamma_Q \cdot q \cdot d_b + \gamma_G \cdot w = 266 \text{ N/m}$$

dove $\gamma_Q = 1.5$ e $\gamma_G = 1.35$ sono i coefficienti di sicurezza parziali rispettivamente per le azioni variabili (carico vivo) e per quelle permanenti (peso delle doghe). $d_b = 0.10$ m è la distanza tra due doghe adiacenti e $w = 11.6$ N/m è il peso proprio per unità di lunghezza della singola doga.

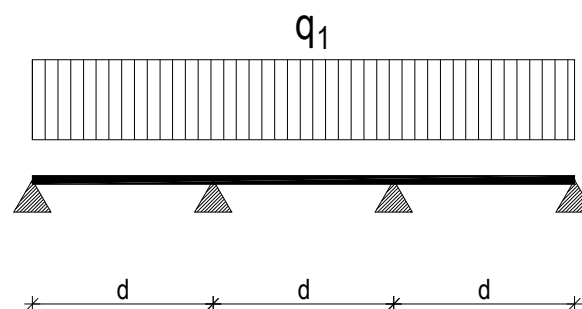


Figura 4

Il massimo momento flettente per tale di configurazione è dato da

$$M_{1,sd} = 0.100 \cdot q_1 \cdot d^2 = 8.05 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Il modulo della sezione della trave è dato da

$$W_x = b \cdot h^2 / 6 = 95 \cdot 17^2 / 6 = 4.58 \text{ cm}^3$$

La tensione del momento flettente è pertanto

$$\sigma_{1,Sd} = M_{1,Sd} / W_x = 8.05 / 4.58 = 1.76 \text{ N/cm}^2$$

La verifica è condotta così come indicato in REF2; la resistenza di progetto del material è

$$X_d = (k_{mod} \cdot X_k) / \gamma_m$$

dove

- X_k = proprietà caratteristica del materiale (secondo UNI EN 338, tabella 1);
 k_{mod} = coefficiente di correzione dovuto alla durata del carico (secondo REF2., paragrafo 3.2, tabella 3.1);
 γ_m = coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà del legno.

In questo caso, i coefficienti sono

$$\begin{aligned} k_{mod} &= 0.6 && \text{(carico di lunga durata)} \\ \gamma_m &= 1.3 && \text{(legno duro)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{m,k} &= 50 \text{ MPa (classe D50)} && \text{– resistenza a flessione caratteristica;} \\ f_{m,d} &= 23.1 \text{ MPa (classe D50)} && \text{– resistenza a flessione di progetto;} \end{aligned}$$

La seguente relazione

$$\sigma_{1,Sd} / f_{m,d} = 0.08 \leq 1.00$$

verifica la sezione.

Profili in lega di alluminio

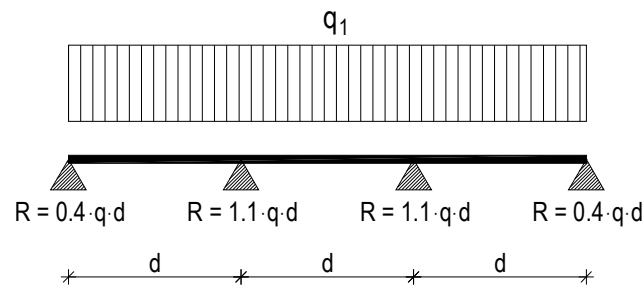
I carichi sul piano di calpestio sono trasmessi alle sottostanti travi in alluminio dalle doghe di legno, quindi una condizione di carico distribuito può essere assunta come schema di calcolo.

Per quanto riguarda lo schema strutturale si assume una trave in semplice appoggio su quattro supporti costituiti dai traversi del telaio in acciaio ad interasse $l_b = 2.00 \text{ m}$.

Le doghe di legno trasmettono alle travi in alluminio più caricate un carico pari a

$$q_2 = 1.100 \cdot q_1 \cdot d / d_b = 1609.3 \text{ N/m}$$

dove 1.1 è il coefficiente di reazione verticale per un appoggio centrale nello schema di trave su quattro appoggi.



Lo schema di calcolo considera una trave appoggiata su 4 supporti caricata da un carico pari a

$$q_3 = q_2 + \gamma_G \cdot w_2 = 1627.7 \text{ N/m}$$

dove $w_2 = 13.6 \text{ N}$ è il peso per unità di lunghezza della trave di alluminio, mentre q_2 già contiene i fattori di sicurezza parziali pertinenti, dal momento che derivano direttamente dal calcolo di q_1 .

Il massimo momento flettente risulta

$$M_{2,Sd} = 0.100 \cdot q_3 \cdot l_b^2 = 651 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Il momento resistente della sezione in alluminio, mostrata in figura 5, è

$$M_{2,Rd} = W_x \cdot f_y / \gamma_{M0} = 9.9 \cdot 140 / 1.05 = 1455.3 \text{ N}\cdot\text{m}$$

dove

$\gamma_{M0} = 1.05$ è il fattore di sicurezza parziale per le sezioni di Classe 1, 2 o 3
 $f_y = 140.0 \text{ MPa}$ è la tensione di snervamento nominale dell'alluminio

quindi la seguente

$$M_{2,Sd} / M_{2,Rd} = 0.45 \leq 1.00$$

Verifica la sezione.

$$\begin{aligned} h_{Tot} &= 80.0 \text{ mm} \\ A &= 405.0 \text{ mm}^2 \\ y_G &= 38.96 \text{ mm} \\ J_x &= 40.8 \text{ cm}^4 \\ W_x &= 9.9 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

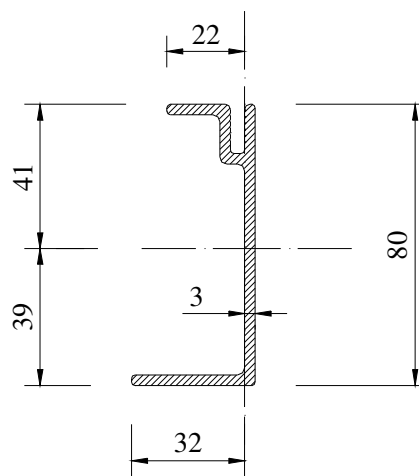


Figura 5

5.2 TELAIO IN ACCIAIO

5.2.1 TRAVERSI

I quattro profili di alluminio poggiano sui traversi e ad essi trasmettono le azioni da cui sono gravati. I traversi sono costituiti da un profilo IPE100, che ha le seguenti caratteristiche:

$$\begin{aligned} G &= 79.3 \text{ N/m} \\ A &= 10.3 \text{ cm}^2 \\ J_x &= 171 \text{ cm}^4 \\ W_{x_s} &= 34.2 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Le azioni trasmesse dai profili in alluminio ai sottostanti traversi in acciaio sono

$$F_3 = 1.1 \cdot q_3 \cdot l_b = 3581 \text{ N}$$

$$F_4 = 0.4 \cdot q_3 \cdot l_b + 0.5 \cdot (1.1 \cdot d_{uc} \cdot q_1 / w_d) \cdot l_b = 2209 \text{ N}$$

Dove $d_{uc} = 0.31 \text{ m}$ è la larghezza della copricanaletta.

Il profilo IPE100 è sostenuto da profili laterali principali ed è soggetto al proprio peso ($\gamma_G \cdot w_{IPE80} = 107 \text{ N/m}$) ed a quattro forze puntuali corrispondenti alle reazioni delle travi in alluminio (F_3 e F_4 contengono i pertinenti fattori di sicurezza).

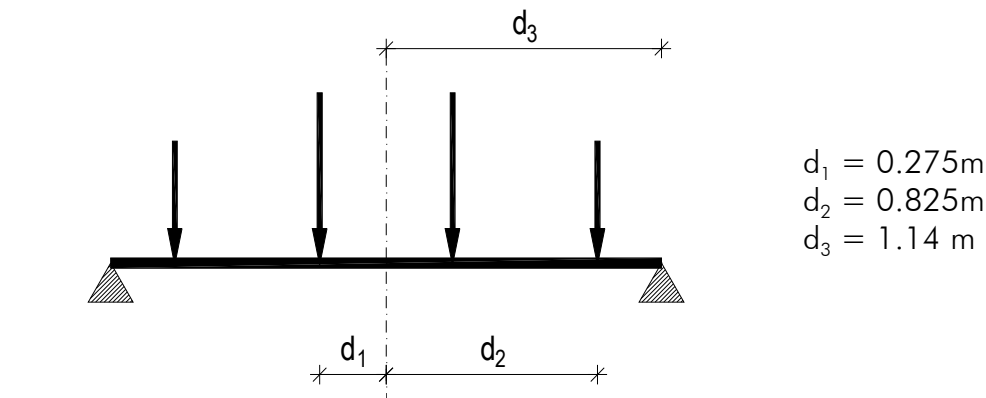


Figura 6

In tale configurazione il massimo momento flettente sul profilo di acciaio risulta

$$M_{3,Sd} = 1/8 \cdot 107 \cdot 2.28^2 + (3581 + 2209) \cdot 1.14 - 3581 \cdot 0.275 - 2209 \cdot 0.825 = 3863 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Il momento resistente per la sezione IPE100, appartenente alla classe 1, è

$$M_{3,Rd} = W_x \cdot f_y / \gamma_{M0} = 34.2 \cdot 275 / 1.05 = 8957 \text{ N}\cdot\text{m}$$

dove

$$\begin{aligned} \gamma_{M0} &= 1.05 && \text{è il fattore di sicurezza parziale per sezioni di Classe 1, 2 o 3} \\ f_y &= 275.0 \text{ MPa} && \text{è la tensione di snervamento nominale dell'acciaio} \\ W_{x,pl} &= 34.2 \text{ cm}^3 && \text{è la sezione dell' IPE100} \end{aligned}$$

Quindi la seguente

$$M_{3,Sd} / M_{3,Rd} = 0.43 \leq 1.00$$

verifica la sezione.

5.2.2 PROFILI LONGITUDINALI DURANTE LE OPERAZIONI DI SOLLEVAMENTO

Durante le operazioni di sollevamento per l'assemblaggio e il varo, il pontile è sollevato tramite delle cinghie e dei grilli agganciati a speciali golfari saldati alla struttura in acciaio. In queste condizioni i profili longitudinali sono soggetti al peso proprio della struttura legno-alluminio-acciaio e a quello dei galleggianti in calcestruzzo. Tale peso deve essere supportato dai quattro golfari predisposti per il sollevamento.

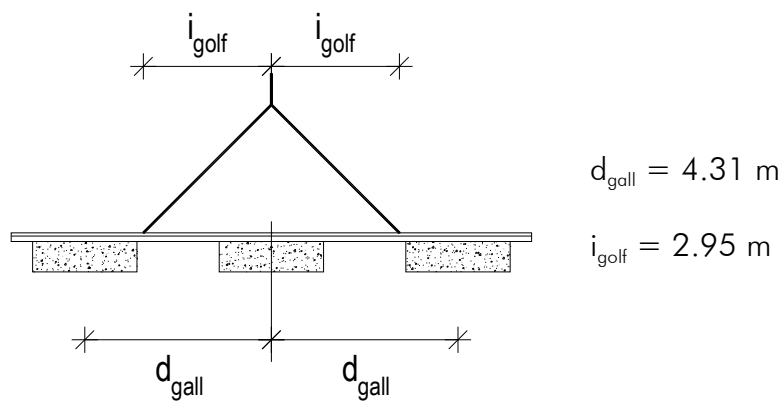


Figura 7

I carichi di progetto sono: il peso della struttura in acciaio più l'alluminio più il piano di calpestio in legno, assunto come un carico distribuito lungo i profili laterali ed il peso dei tre galleggianti in calcestruzzo, assunti come tre carichi concentrati

Il peso del pontile, dedotto del peso dei galleggianti, è $50196 - 32100 = 18096 \text{ N}$ quindi il carico distribuito risulta:

$$q_L = 1.35 \cdot 18096 / 12 = 2036 \text{ N/m}$$

mentre i carichi concentrati sono

$$F_f = 1.35 \cdot 12250 = 16537.5 \text{ N}$$

Il momento flettente dovuto al carico distribuito è

$$M_{Sd,ql} = 1.50 \cdot 2036 \cdot (6.00 - 2.95)^2 / 2 = 14205 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Dove $f_D = 1.50$ è un fattore introdotto per tener conto degli effetti dinamici legati al sollevamento della struttura.

Il momento flettente dovuto ai carichi concentrati è

$$M_{Sd,ql} = 1.5 \cdot 10700 \cdot (4.31 - 2.95) = 21828 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Il momento totale in corrispondenza dei supporti è quindi

$$M_{4,Sd} = 14205 + 21828 = 36033 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Il momento resistente dei due profili laterali CNP220 è dato da

$$M_{4,Rd} = W_x \cdot f_y / \gamma_{M0} = 2 \cdot 245 \cdot 275 / 1.05 = 128333 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Quindi la verifica è soddisfatta in quanto

$$M_{4,Sd} / M_{4,Rd} = 36033 / 128333 = 0.28 < 1.00$$

La reazione in corrispondenza dei supporti è

$$R_s = 1.5 \cdot (2036 \cdot 12 + 10200 \cdot 3) / 2 = 41274 \text{ N}$$

Infine, ogni cinghia usata per il sollevamento deve sopportare un'azione tensile pari a

$$T_{belts} = 41274 / 2 \cdot 2^{-1/2} = 29.2 \text{ kN}$$

5.2.3 PROFILI LONGITUDINALI SOTTO L'AZIONE DELLE ONDE

La verifica è eseguita considerando un'onda sinusoidale che passa sotto al pontile. Il pontile stesso è considerato sostenuto dai galleggianti più esterni e caricato dal peso proprio e dal peso del galleggiante centrale. La situazione è mostrata nella figura seguente

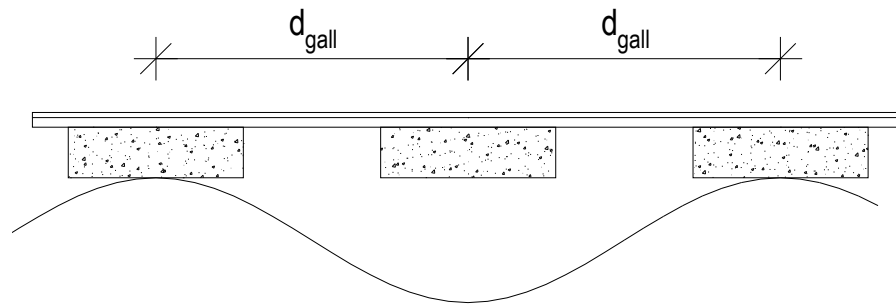


Figura 8

I carichi considerati sono gli stessi del paragrafo precedente.

Il momento flettente è

$$M_{Sd,qL} = 1/8 \cdot 2036 \cdot 8.62^2 + 1/4 \cdot 10700 \cdot 8.62 = 41970 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Quindi la verifica è soddisfatta in quanto

$$M_{Sd,qL} / M_{4,Rd} = 41970 / 128333 = 0.33 < 1.00$$

5.2.4 PROFILI LONGITUDINALI SOTTO I TIRI DEGLI ORMEGGI

Il pontile è pensato per l'ormeggio di barche fino ad una lunghezza di 15.0 m, aventi le seguenti caratteristiche standard:

Lunghezza fuori tutto	: 15.0 m
Larghezza fuori tutto	: 4.30 m
Area trasversale	: 40.45m ²
Dimensioni del posto barca	: 16.00 m × 4.80 m

La velocità massima del vento è assunta pari a 20.6 m/s (40 nodi).

Il carico massimo dovuto alla trazione di una cima di ormeggio per una imbarcazione di 3 m di larghezza è dato da

$$F = 0.613 \cdot v^2 \cdot A_{\text{end}} / n = 0.613 \cdot 20.6^2 \cdot 40.45 / 2 = 5261 \text{ N}$$

dove

$n = 2$ è il numero di bitte/anelli per barca

$v = 20.6$ m/s è la velocità

$A_{\text{end}} = 40.45 \text{ m}^2$ è l'area laterale di una barca di 15.0 m di lunghezza

Considerando il caso peggiore, cioè quando la bitta è fissata in mezzeria ad un campo del telaio, il massimo momento nel profilo laterale è

$$M_{\phi, Sd} = 1.5 \cdot 5261 \cdot 2.0 / 4 = 3946 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Il momento resistente del profilo CNP220, attorno l'asse y-y è dato da

$$M_{\phi, Rd} = W_y \cdot f_y / \gamma_{M0} = 33.5 \cdot 275 / 1.05 = 8774 \text{ N}\cdot\text{m}$$

che è maggiore del momento agente.

5.3 GIUNTO TRA I PONTILI

5.3.1 VERIFICA DEL GIUNTO

Il giunto tra pontili successivi è mostrato nella figura seguente.

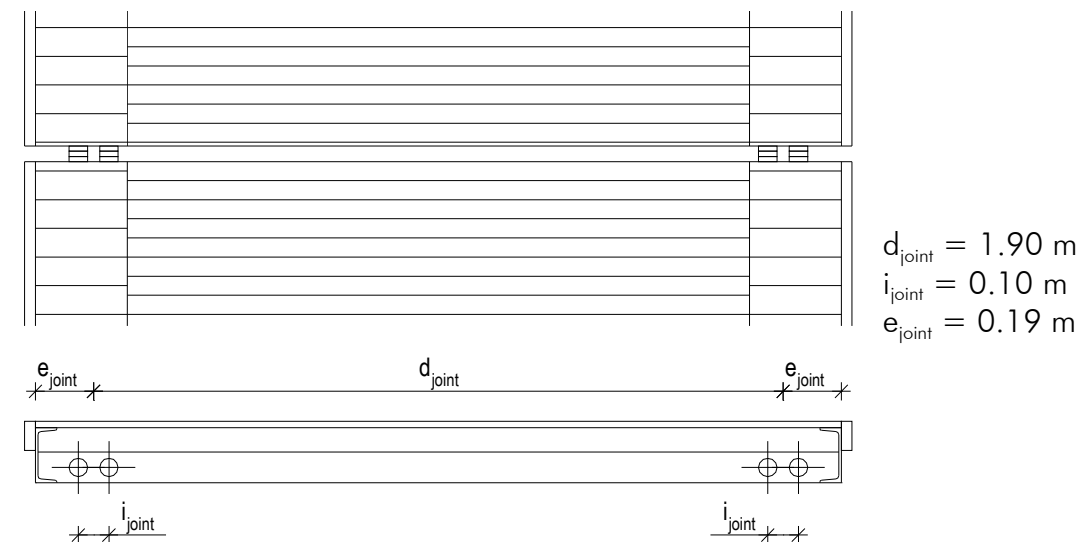


Figura 9

Il giunto è composto da no. 4 bulloni A2-70 M24 e da no. 20 rondelle in gomma (5 per bullone). Da ciascun lato della testa del pontile si posizionano due set composti da 5 rondelle ed 1 bullone.

Peri i carichi trasversali, dovuti all'azione delle onde e delle barche ormeggiate, la struttura è soggetta a un momento flettente sul piano della struttura stessa. Tale momento si traduce in una coppia tensione-compressione sui giunti opposti.

Il carico orizzontale, pari al tiro delle imbarcazioni ormeggiate alla struttura, è

$$q = 1.5 \cdot 0.613 \cdot 20.6^2 \cdot 40.45 / 4.8 = 3288 \text{ N/m}$$

Considerando la distanza tra due giunti consecutivi, pari alla lunghezza del pontile, 12.0 m, il momento di progetto è pari a

$$M = 1 / 8 \cdot 3288 \cdot 12.0^2 = 59184 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Essendo la distanza tra giunti 1.9 m, lo sforzo assiale su questi è

$$N = 59184 / 1.9 = 31.1 \text{ kN}$$

La compressione agisce sulle rondelle in gomma, mentre la tensione agisce sul bullone M24. La resistenza del bullone M24 è

$$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot 430 \cdot 353 / 1.35 = 101 \text{ kN}$$

La resistenza a compressione della serie di rondelle, avente ognuna area pari a 5780 mm², è

$$F_{c,Rd} = 0.75 \cdot 2 \cdot 5780 \cdot 20.4 / 1.35 = 131 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta in quanto entrambi i valori sono maggiori dell'azione di progetto.

5.3.2 VERIFICA DEL PROFILO LATERALE

I profili laterali sono soggetti a uno sforzo assiale pari a

$$N = 59184 / 2.28 = 26.0 \text{ kN}.$$

Ad esso si somma un momento flettente residuo, legato all'eccentricità tra l'asse del giunto, ovvero della rondella in gomma, e l'asse longitudinale del profilo laterale, dato da

$$M_{sd} = 31100 \cdot 0.19 = 5909 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Le azioni resistenti sono

$$N_{Rd} = 3740 \cdot 275 / 1.05 = 980 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 33.5 \cdot 275 / 1.05 = 8774 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Il controllo dell'elemento è quindi

$$26.0 / 980 + 5909 / 8774 = 0.67 < 1.00$$

che è verificato.

5.4 STAFFONE DI COLLEGAMENTO ALLE CATENE DI ANCORAGGIO

Sui pontili sono predisposti degli speciali staffoni per il collegamento alle catene di ancoraggio. La figura seguente Figura 10 illustra la geometria dello staffone.

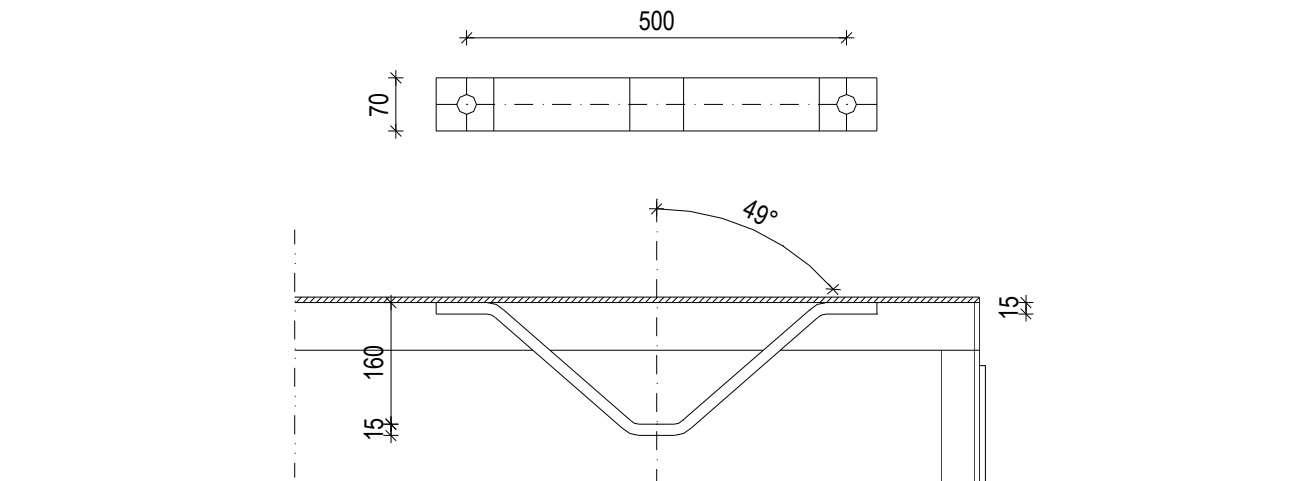


Figura 10

Lo staffone è formato da un piatto in acciaio zincato a caldo, opportunamente sagomato, di sezione 70×15 mm. Il piatto è fissato al profilo laterale del pontile con due bulloni A2-70 M20.

Considerando un carico orizzontale pari a 3288 N/m ed una distanza tra punti di ancoraggio consecutivi di 12.0 m, l'azione di progetto, divisa per i due staffoni di ogni pontile, diviene

$$F_{Sd} = 3288 \cdot 12.0 / 2 = 19.7 \text{ kN}$$

Assumendo un angolo della catena pari a 30° , le azioni verticali e orizzontali sono

$$H_{Sd} = 19.7 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 19.7 \cdot \tan(30^\circ) = 11.4 \text{ kN}$$

Viteria

Ogni bullone è soggetto alle azioni di trazione e di taglio

$$F_{t,Sd} = 19.7 / 2 = 9.85 \text{ kN}$$

$$F_{V,Sd} = 11.4 / 2 = 5.7 \text{ kN}$$

Le azioni resistenti dei bulloni sono

$$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot 245 \cdot 700 / 1.35 = 114 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd} = 0.5 \cdot 245 \cdot 700 / 1.35 = 64 \text{ kN}$$

Quindi il bullone è verificato in quanto

$$9.85 / 114 + 5.7 / 64 = 0.15 < 1.00$$

Piatto piegato

Per quel che riguarda il piatto viene verificata la sezione A-A che è la più stressata. Risulta infatti soggetta alle seguenti forze assiali ed al seguente momento flettente

$$N_{sd} = 19.7 / 2 \cdot \cos(49^\circ) = 15.0 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 11.4 \cdot 0.160 / 2 = 912 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Le azioni resistenti della sezione del piatto sono

$$N_{Rd} = 70 \cdot 15 \cdot 275 / 1.05 = 275.0 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = (15 \cdot 70^2 / 6) \cdot 275 / 1.05 = 3208 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Quindi la sezione è verificata in quanto

$$15 / 275 + 912 / 3208 = 0.34 < 1.00$$