

II-351

マリーナ内の浮桟橋の計画に関する基礎的研究

日本大学理工学部 正会員○増田 光一
 パシフィックコンサルタンツ 高橋 典彦
 八千代エンジニアリング 西野 悟
 八千代エンジニアリング 吉野 博之
 日本大学大学院 渡辺 健二

1. 緒言

マリーナの係留施設には、乗下船に潮位の影響のない浮桟橋を使用することが多い。現在、マリーナの設計指針としては運輸省港湾局監修“港湾の施設の技術上の基準”¹⁾が適用されているが、マリーナ内の浮桟橋の設計に関する事項についてはほとんど明記されておらず、設計においては経験や実績を参考にしている。そのため、浮桟橋の破損・流出及び利用者の転落事故等が発生しており、安定性や安全上の問題が指摘されている。²⁾ また、今後利用者の増加が見込まれ、上述の事故等も増加していくと考えられる。こうした状況の中、運輸省により、港湾に関わる民間技術の評価制度の一環として、1991、1993年の2回にわたりプレジャーボート用浮桟橋について、安定性も含め評価が行われている。そこで、本論では浮桟橋の現状の静的安定性を把握し、民間技術評価証内での評価法と比較し、若干の考察を行った。

2. 設計基準及び荷重条件

“港湾の施設の技術上の基準”では浮桟橋の静的安定性に関する設計基準を、「偏心荷重を加えた場合、甲板の傾斜が $1/10$ 以下で、小さい方の乾舷が 0 以上であること。」と定めている。また評価証内での静的安定性計算の際の荷重条件を以下に、その時の浮桟橋のモデルを図-1に示す。

a) 主桟橋の甲板の傾斜角(θx)の算定時

主桟橋本体10m長さの片舷に $75\text{kg} \times 5\text{人} \times 4\text{パーティー}$ (=1500kg)の荷重が負荷した場合。

b) 補助桟橋の甲板の傾斜角(θx)の算定時

補助桟橋の片舷に $75\text{kg} \times 5\text{人} \times 1\text{パーティー}$ (=375kg)の荷重が片舷に負荷した場合。

c) 補助桟橋先端部の沈下量(δ)の算定時

補助桟橋の先端中央部に $75\text{kg} \times 5\text{人} \times 1\text{パーティー}$ (=375kg)の荷重が負荷した場合。

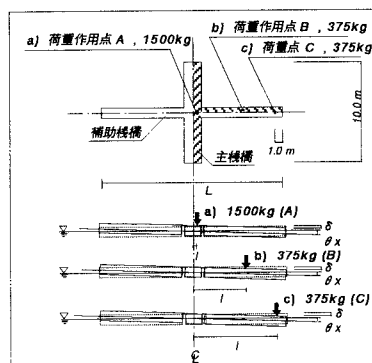


図-1 安定性計算モデル図

3. 評価証内での安定性計算の問題点

評価証内での静的安定性計算は、申請者によって計算手法が異なり、それらのほとんどが計算を近似的に行っており、①フロート形状を矩形に近似している、②各フロート間の空隙を無視している、③主桟橋と補助桟橋間の力及びモーメントの相互作用を無視している、など問題点が多い。

4. 本論での静的安定性計算

各浮桟橋の静的安定性を比較するためには、統一された計算法による検討が必要である。そこで、統一しかつ上述の問題点のある程度解消した実用的計算法を用いて、主桟橋と補助桟橋が剛結合の浮桟橋について計算を行い、民間技術評価証内の結果と比較した。

“港湾の施設の技術上の基準”内で定められている傾斜は、 $\tan \theta = 1/10$ ($\theta = 5.73[\text{deg}]$)以下で、 θ は微小角であるため、偏心荷重 w を加えたときの甲板の傾斜 θx 及び、沈下量 δ は次式にて簡単に計算することができる。³⁾

$$\tan \theta x = \frac{w \cdot l}{(W + w) \cdot G'M'} \quad \dots (1)$$

$$\delta = (L/2) \sin \theta x \quad \dots (2)$$

ここで、 W ; 浮桟橋のみの排水量、 w ; 荷重、 l ; 中心線($\mathcal{C}$)上から荷重作用点までの偏心距離、 $G'M'$; 荷重 w を

中心線(E)上に負荷した時のメタセンタ高さ、 L ；補助栈橋の端から端までの距離、である(図-1参照)。 $G'M'$ の算定にはフロートの没水部形状、水線面形状を正確に取り入れて行った。また、計算するにあたり、実際に、マリナーにいくつかの浮栈橋(実機)に、荷重条件b),c)として、人(5人×約70kg=約350kg)が載ることにより偏心荷重を与えてみた。その結果、荷重負荷側の補助栈橋は大きく傾斜し、端部は大きく沈下したが、反対側の補助栈橋では傾斜及び沈下はほとんどみられなかった。これは、主栈橋と補助栈橋の連結部で屈折的変形を生じているためであり、片側の補助栈橋に偏心荷重を負荷した場合、その補助栈橋と主栈橋のみで荷重を受けもち、反対側の補助栈橋にはその荷重の影響はほとんどない。そこで、両側の補助栈橋を考慮した場合と、片側の補助栈橋のみを考慮した場合の両ケースについて計算を行った。ただし、主栈橋と補助栈橋の連結部は剛結合として取り扱った。

5. 結果及び考察

上述のような方法を用い計算を行った結果を表-1に示す。

本論内での統一した計算法による結果と、評価証内の結果を比較すると、申請者により、評価証内の結果が安全側のものと危険側のものがあることが確認された。また、没水部形状、水線面形状を正確に取り入れ、浮心位置、BM値、GM値の計算を厳密に行った結果、両側の補助栈橋を考慮した場合は、全体的に、傾斜角及び沈下量ともに評価証内の計算結果よりも小さい(安全)側に、片側の補助栈橋のみを考慮した場合は、評価証内の計算結果よりも大きい(危険)側になった。前節で述べたように、片側の補助栈橋のみを考慮した場合の方が現実(実機)に近い値となると思われる。従って、評価証内では過小評価している可能性があり、現実には結合部の屈折的変形だけでなく栈橋自身の弾性変形をも伴うため、本論にて行った計算結果よりも大きく傾斜及び沈下する可能性は大きい。ただし、評価証内及び本論での計算結果ともに安定性に関する設計基準を満足している。しかし、マリナー内の浮栈橋のように甲板が水面に近く甲板幅が狭い場合、非常に小さな傾斜や動揺でも利用者が歩行時等に危険を感じる事が報告されている。⁴⁾ 従って、本来大型船舶係留用の浮栈橋を対象としたこの設計指針を適用するのではなく、マリナー内の浮栈橋を対象とした独自の設計指針を確立することが必要である。

6. 結言

民間技術評価証内の安定性評価(静的安定性計算)における問題点を明らかにした。今後の、マリナー開発の際の浮栈橋の水理学的検討及び選定には、これらの問題点を解決した、かつ統一された計算法による評価が必要である。また、浮栈橋の破損及び利用者の転落事故等を防ぐためには、プレジャーボート用浮栈橋を対象とした独自の設計指針(基準)を確立し、静的安定性について十分に検討することが必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 運輸省港湾局；港湾の施設の技術上の基準、(社)日本港湾協会、1994
- 2) 高橋典彦、増田光一、西野悟、他；マリナーの破損状況に関する調査研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1994
- 3) 森田知治；船舶復原論－基礎と応用－、海文堂出版、1985
- 4) 高橋典彦；マリナーの施設計画に関する調査研究、日本大学修士論文、1995

表-1 評価証内における安定性計算結果と本研究における計算結果の比較

申請者	評価証内計算結果				本研究における計算結果								
	A時	B時	C時	無荷重時乾舷f [cm]	上段：主栈橋の両側のフィンガーを考慮した場合 下段：主栈橋の片側(偏心荷重負荷側)のフィンガーのみ考慮した場合								
					荷重条件A時			荷重条件B時			荷重条件C時		
					GM [m]	θ x [deg]	δ [cm]	GM [m]	θ x [deg]	δ [cm]	GM [m]	θ x [deg]	δ [cm]
A社	2.80	0.03	15.7	50.0	22.051	0.094	5.907	23.270	0.228	5.136	23.270	0.411	8.422
B社	3.20	4.97	35.0	45.0	—	—	—	15.743	0.420	8.294	15.743	0.758	14.970
D社	0.10	0.54	15.0	43.7	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
F社	0.03	0.02	1.94	40.0	44.237	0.097	8.460	49.855	0.265	6.340	49.855	0.434	9.287
I社	2.70	1.90	10.7	53.0	—	—	—	33.110	0.529	10.285	33.110	0.865	16.829
J社	0.06	0.03	6.9	58.0	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2
K社	5.65	—	26.6	49.0	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2
L社	0.14	—	13.5	49.0	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2
M社	0.17	0.08	30.5	41.5	24.337	0.244	14.987	29.017	0.689	14.669	29.017	1.130	22.339
N社	3.09	0.05	18.8	56.0	—	—	—	19.279	1.366	26.050	19.279	2.240	42.713
					*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2
					*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2
					65.638	0.003	16.268	97.602	0.583	14.472	97.602	0.962	21.851
					—	—	—	58.282	1.158	24.530	58.282	1.912	40.495
					111.11	0.082	8.278	146.02	0.252	6.573	146.02	0.416	9.762
					—	—	—	93.917	0.501	10.620	93.917	0.827	17.526

*1 形状が複雑すぎるため計算不可

*2 計算に必要なパラメーターが不明であるため計算不可