

V-506

栈橋上部工床版部の部分等分布荷重に対する断面力評価手法の比較

（株）名村造船所 研修生 正会員 ○ 川崎 進
運輸省港湾技術研究所 正会員 長尾 毅

1. まえがき 栈橋上部工床版部の設計において、トラッククレーンのアウトリガー反力のような部分等分布荷重が作用する場合には、従来よりピジョウの計算図表を用い、断面力を算定していた。しかし、ピジョウの計算図表を用いた方法では、最大モーメントがただ一つしか算出されないことから、版の中央部と支承部のモーメントの絶対値を同一とみなして鉄筋を配筋している。本研究では、FEM解析を実施し、ピジョウの方法による値との断面力の比較検討を行った。また、ピジョウ、FEM解析により算出された断面力を使用し、床版部の終局・使用・疲労限界状態の検討を行い、必要な鉄筋量を算出し比較検討を行った。

2. 計算の概要

断面力は以下の方法により算定した。

1) ピジョウの計算図表を用いた方法 栈橋の1区画を取り出し、4辺準固定の版にトラッククレーンアウトリガー反力の最大値を部分等分布荷重として載荷した。曲げモーメントは、ピジョウの計算図表と、下式に示す近似式より算出した。その際、モーメントの値は準固定版の場合、床版中央で $+M$ 、固定端で $-M$ になるとして計算した。

$$M_x = \eta (M_1 + \nu \times M_2) \times P$$

$$M_y = \eta (M_2 + \nu \times M_1) \times P$$

ここに、 M_x, M_y ：短スパン方向、長スパン方向の曲げモーメント（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）

η ：固定条件による係数（ $=0.8$ ：準固定版）

ν ：ポアソン比（ $=0.15$ ：鉄筋コンクリート）

P ：版に作用する荷重の合力（ kN ）

M_1, M_2 ：曲げモーメント分配係数

2) FEMを用いた方法 実際の栈橋上での作業を考え、トラッククレーンアウトリガー反力（ $P_1 \sim P_4$ ）4点を張出し部を含む4区画に載荷し、床版上を移動させ、最大となる断面力を求めた。FEM解析はNASTRANを使用した弾性解析とした。栈橋上部工のモデルは杭位置で z 方向（鉛直方向）を完全固定とし、 x 方向・ y 方向（水平方向）は中央の杭のみ固定し、他の杭は自由とした。

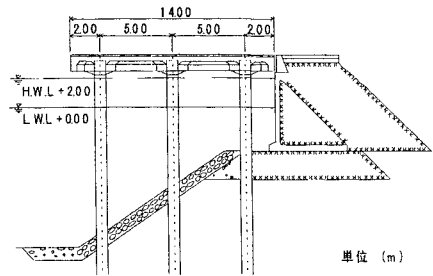


図-1 解析モデルの側面図

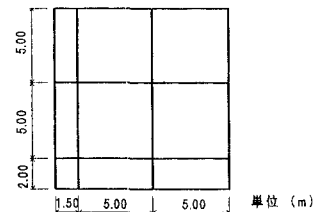


図-2 解析モデルの平面図

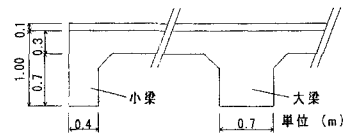


図-3 解析モデルの断面詳細図

3) 解析モデルの諸元と安全係数 解析モデルの側面図を図-1、平面図を図-2、断面の詳細を図-3、材料強度の特性値を表-1に示す。トラッククレーンは35t吊タイプとした。アウトリガー反力は図-4に示す通りである。安全係数は文献¹⁾による値を用いた。

3. 解析結果の比較

1) 断面力の比較 FEM解析による断面力の例を図-5に示す。栈橋上部工

表-1 材料強度の特性値

コンクリート		
設計基準強度 (N/mm^2)	設計圧縮強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (N/mm^2)
24	18.46	25000
鉄筋(SD345)		
設計引張降伏強度 (N/mm^2)	設計降伏強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (N/mm^2)
345	467	200000

キーワード：栈橋上部工床版、部分等分布荷重、ピジョウの計算図表、FEM解析、終局・使用・疲労限界状態
〒239 横須賀市長瀬3-1-1 PHONE/FAX：0468-44-5037 E-mail：nagao@cc.phri.go.jp

は固定スラブとしての条件を満たしていないため、断面力の分布は4辺固定版の分布とは異なる事が解る。最大の正曲げモーメントは荷重載荷点において生じるが、負曲げモーメントの分布は法線平行方向と直角方向で対称とならない。

2) 終局・使用限界状態の検討 表-2に終局・使用限界状態の曲げモーメントに対する検討結果を示す。ピジョウの計算図表を用いた曲げモーメントの計算結果は、特に負のモーメントに関してFEMの解析結果に對し過大な値となっており、その比は中央部では1.11~1.14程度、支承部では1.40~1.52程度となっている。そのため、必要鉄筋量もFEMの支承部ではピジョウの70%程度となり、配筋量は1ランク以上減少させることが出来る。

3) 疲労限界状態の検討 疲労限界状態の検討においては、荷役による変動荷重を P_1-P_3 と P_2-P_4 の2種類と考え、コンクリート・鉄筋の疲労限度をそれぞれ求めた。

表-3に疲労限界状態の検討結果を示す。コンクリート・鉄筋共に疲労限度 $N_f \times 200$ 万回を超えており、栈橋上部工床版部においては、疲労限界状態に対する検討が必要であるといえる。

4. 結論

今回の研究により、以下のような結論を得た。

- ① 栈橋上部工床版に関して、ピジョウの計算図表により算出される曲げモーメントは、特に支承部付近の負の値については、過大に算出する傾向にある。
- ② 設計を合理化する観点からは、栈橋上部工床版の部分等分布荷重による曲げモーメント算出方法については、FEM等に基づいた手法を今後提案する必要がある。その場合、床版部の配筋量を減少させることが出来る。
- ③ 栈橋上部工床版部においては、トラッククレーンのアウトリガー反力に関して、疲労限界状態に対する検討を原則として必要としない。

参考文献 1) 長尾 毅：限界状態設計法の鉄筋コンクリート港湾構造物への適用に関する研究、港湾技術研究所報告、Vol. 33, No. 4, 1994, pp69~113.

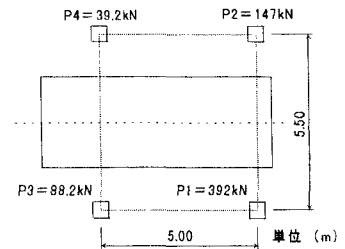


図-4 アウトリガー反力詳細図

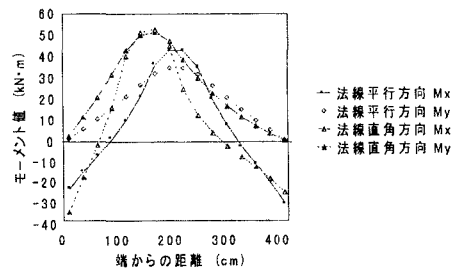


図-5 モーメント分布の一例

表-2 終局・使用限界状態に対する検討結果

状態	諸値	単位	ピジョウ				FEM			
			法線直角方向		法線平行方向		法線直角方向		法線平行方向	
			中央部	支承部	中央部	支承部	中央部	支承部	中央部	支承部
配筋	必要鉄筋量 A_{sn}	cm ²	15.01	11.48	16.83	12.36	13.05	8.72	14.96	7.99
	最小鉄筋量 $p_w > 0.002$	cm ²	4.40	6.13	4.00	5.73	4.40	5.73	4.00	5.73
	径 ϕ	mm	D13	D13	D16	D13	D13	D19	D13	D16
	本数	本	5	5	5	5	5	2.5	5	2.5
	ピッチ C_s	cm	10	10	10	10	10	20	10	20
終局限界	鉄筋量 A_s	cm ²	16.27	12.67	19.86	12.67	16.27	12.13	16.27	9.93
	鉄筋比 p_w		0.0074	0.0041	0.0099	0.0044	0.0074	0.0042	0.0081	0.0035
	Md	kN・m	76.38	-84.36	76.38	-84.36	67.14	-60.37	68.65	-55.53
	Mud	kN・m	98.7	111.3	105.2	103.7	98.7	99.5	88.9	82.1
	Mud / Md		> 1.2	1.29	1.32	1.39	1.23	1.47	1.65	1.29
使用限界	Md	kN・m	34.46	-41.71	34.46	-41.71	30.61	-31.72	31.24	-29.70
	$\Delta \sigma_s$	N/mm ²	106.6	-116.1	97.4	-124.5	94.7	-98.8	106.7	-112.2
	ひび割れ幅 w	mm	0.259	0.220	0.292	0.294	0.238	0.288	0.314	0.319
	許容ひび割れ幅 w_m	mm	0.280	0.240	0.350	0.320	0.280	0.320	0.350	0.320

表-3 疲労限界状態の検討結果

ピジョウ	法線直角方向	中央	疲労限度 N			
			コンクリート		鉄筋	
			P1-P3	P2-P4	P1-P3	P2-P4
ピジョウ	法線直角方向	中央	1.0E+11	6.8E+14	2.0E+08	9.3E+11
		支承	2.0E+13	4.2E+15	6.4E+08	2.5E+12
	法線平行方向	中央	2.5E+10	4.3E+14	4.6E+08	1.8E+12
		支承	7.0E+12	2.9E+15	3.4E+08	1.4E+12
FEM	法線直角方向	中央	7.4E+11	1.3E+15	7.2E+08	2.7E+12
		支承	1.9E+14	8.4E+15	6.4E+09	2.2E+13
	法線平行方向	中央	5.3E+10	5.5E+14	2.3E+08	9.5E+11
		支承	2.3E+14	1.0E+16	3.7E+09	1.3E+13