

(135) PC 栈橋の設計と連結部載荷試験

(財)東京港埠頭公社埠頭建設部 大野皓一郎  
 同上 山田 豊  
 日本工営(株)東京事業部 安藤 裕司  
 (株)ピー・エス東京支店 正会員 ○奥谷 祐介

1. はじめに

PC 栈橋は、プレキャストPC 桁を桁間コンクリートと横方向プレストレスによって一体版とした上部工と、杭基礎と受梁からなる下部工とを受梁上の連結部で現場打ちコンクリートによって連結し、連続ラーメンを形成する栈橋形式である。PC 栈橋は、従来の現場打ちRC 栈橋に比べて施工の省力化や海上作業期間の短縮化、上部工の軽量化が図れることから、近年その施工実績は増加してきている。

東京港大井埠頭新7バース栈橋は、上記のメリットを考慮し、PC 栈橋形式を採用した。本栈橋は、全長350m を14ブロックに分割し、PC 桁を法線直角方向に配置した2径間上下部連結構造で、中間受梁部杭基礎は地震時の安全性を高めるため斜杭としている。

本稿は、大井埠頭新7バース栈橋上部工の設計概要と、設計計算に基づいて行なった連結部の曲げ耐力確認載荷試験について報告するものである。

本栈橋の位置図を図-1に、構造一般図を図-2に示す。

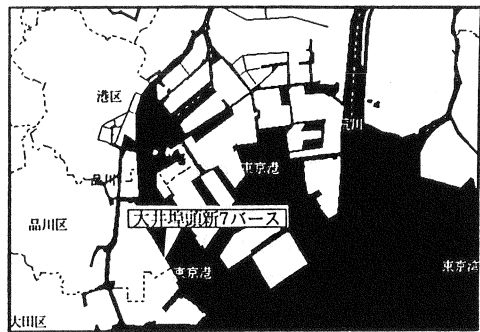


図-1 位置図

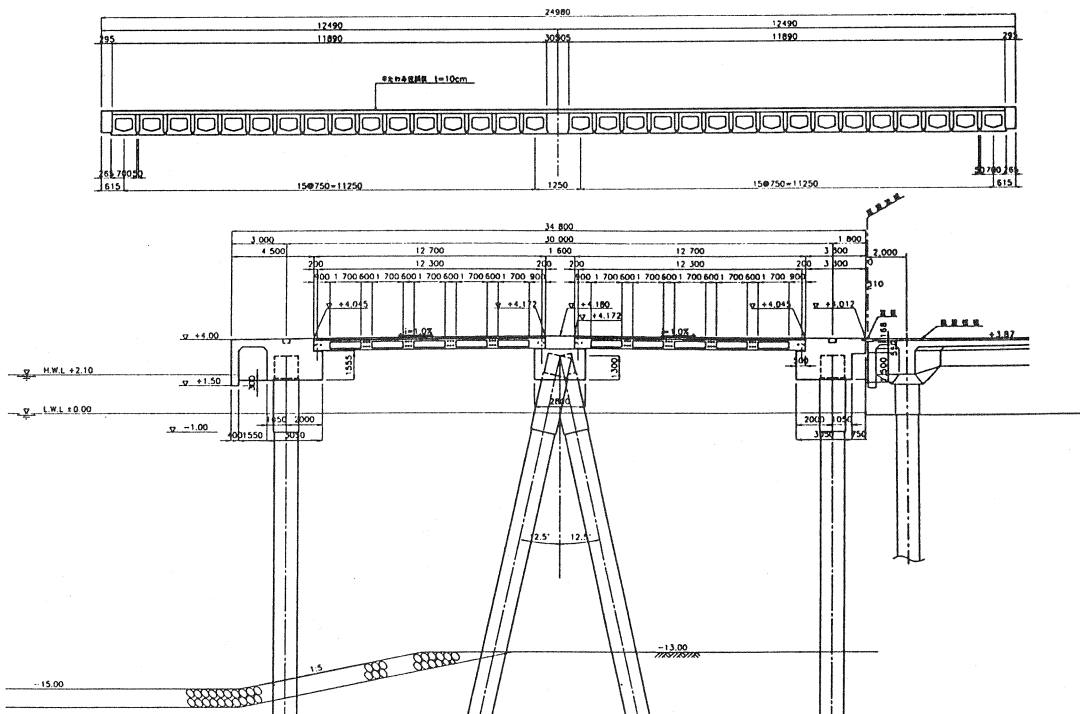


図-2 構造一般図

## 2. 設計概要

### 2.1 設計条件

本栈橋の設計条件を表-1に示す。

表-1 設計条件

構造形式：斜杭式横栈橋	設計荷重：等分布荷重（常時）	1.0 tf/m <sup>2</sup>
計画水深：AP-15.0 m	（地震時）	0.5 tf/m <sup>2</sup>
栈橋天端高：AP+4.0 m	荷役車両荷重（総重量）	93.5 tf
平面形状：総延長 350 m×幅 35 m	（ストラッドキャリア）（車輪数）	8 輪
1ブロック 25 m×幅 35 m	1輪当り最大	11.7 tf
基礎杭配置：法線方向（海・陸側）7列	コンテナクレーン荷重（総重量）	1,100 tf
（中間）組杭4列	（車輪数）	32 輪
設計水平震度：Kh=0.20	1輪当り最大	67.0 tf
	揚圧力（異常時）	2.68 tf/m <sup>2</sup>

### 2.2 設計手法

設計は、「PC栈橋の設計に関する技術資料」<sup>1)</sup>に従い、限界状態設計法で行った。使用限界状態の検討は、常時の荷重組合せに対して行ない、コンクリート及び鉄筋の応力度とひびわれ幅について照査した。終局限界状態では、常時及び異常時の荷重組合せに対して終局耐力の検討を行なった。材料の各種設計強度及び規格値は、「コンクリート標準示方書」<sup>2)</sup>に従った。設計フローを図-3に示す。

### 2.3 PC桁の設計

主桁及び横桁は、構造的に安全側の設計となるよう単純桁として設計した。曲げモーメントは、常時の荷重組合せに対して、直交異方性版理論に基づき、荷役車両を最大断面力が発生する箇所に満載して算出した。検討結果を表-2に示す。

### 2.4 連結部の設計

連結部は、プレキャストPC桁上縁に埋め込まれた連結鉄筋とPC桁端より延長しちょうちん加工を施したPC鋼材とを場所打ちコンクリートで受梁と一体化させ、連結部に発生する正負の曲げモーメントに対しそれぞれが引張鋼材として機能する構造である。図-4に連結部構造図を示す。

連結部に発生する曲げモーメントは、法線直角方向の2径間連続ラーメン構造として計算したが、構造系変化にともなう桁コンクリートと主桁プレストレスのクリープによる2次断面力は、一般に最大断面力の発生する中間受梁連結部に対して安全側に作用するので、無視するものとした。正の曲げモーメント発生時における下縁引張鋼材に対しては、ちょうちん加工を施したPC鋼材の付着耐力についての検討を行なった。検討結果を表-3に示す。

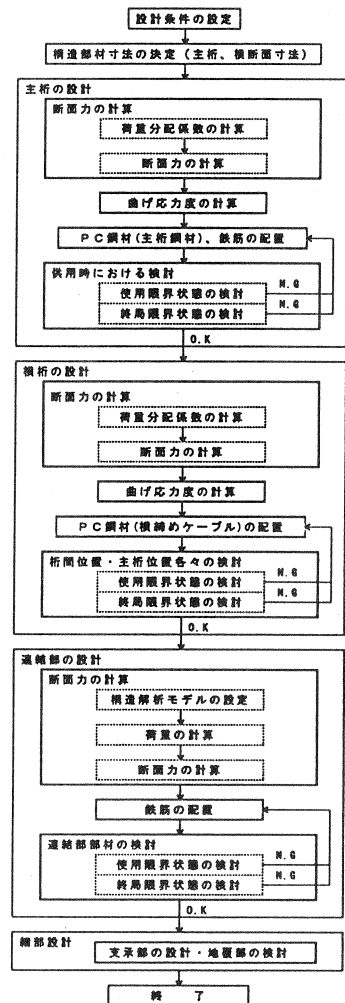


図-3 設計フロー

表-2 主桁の検討結果

使用 限界 状態	設計曲げ モーメント (tf·m)	永久荷重時		18.27	
		変動荷重時		42.97	
	応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	永久荷重時	上線	60.9	
			下線	-55.7	
		変動荷重時	上線	139.4	
			下線	-130.2	
	有効 プレスト	上線	-4.6		
		下線	149.8		
	応力度 の合計 (kgf/cm <sup>2</sup> )	永久荷重時	上線	56.3	
			下線	94.1	
変動荷重時		上線	134.8		
		下線	19.6		
応力度の制限値		上限値	200.		
		下限値	0.		
終局 限界 状態	設計曲げモーメント Md (tf·m)			94.20	
	抵抗モーメント Mud (tf·m)			97.45	
	安全率			1.03	

表-3 連結部の検討結果

使用限界状態の検討						終局限界状態の検討			
負の 曲 げ	Md (tf·m)	応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$	71.8	常 時	負の曲げ に対して	Md (tf·m)	-41.01	
			$\sigma_s$	1121			Mud (tf·m)	-49.84	
		制限値	$\sigma_c$	100			安全率	1.22	
	-18.04	応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_s$	2000		正の曲げ に対して	Md (tf·m)	5.93	
			ひびわれ幅 (mm)	0.225			Mud (tf·m)	60.00	
		許容値 (mm)	0.229	安全率			10.12		
正の 曲 げ	Md (tf·m)	応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$	24.5	異 常 時	負の曲げ に対して	Md (tf·m)	-38.91	
			$\sigma_p$	824			Mud (tf·m)	-44.09	
		制限値	$\sigma_c$	100			安全率	1.13	
	3.35	応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_p$	13300		正の曲げ に対して	Md (tf·m)	30.75	
			ひびわれ幅 (mm)	0.182			Mud (tf·m)	53.08	
		許容値 (mm)	0.223	安全率			1.73		

3. 載荷試験

3.1 試験目的

載荷試験は、PC 栈橋の連結部に対する設計手法を検証し、常時および異常時の各荷重状態における連結構造の挙動を解析して、本栈橋の連結部の安全性を確認するために行った。

3.2 試験方法

試験は、受梁上に切欠き部を有する海側陸側受梁部をモデルに取り、図-5に示す試験供試体を2体製作し、主桁張出し先端部に上向ないし下向の荷重を載荷した。

部材寸法、及び連結部コンクリートに埋込まれる鉄筋およびPC鋼材配置は実構造物と同一とした。載荷荷重は、設計計算で求められた曲げモーメントが連結部に発生するような荷重とし、破壊状況を確認するため部材が破壊するまで載荷した。測定項目は、圧縮縁のコンクリートひずみ、引張縁の連結鉄筋およびPC鋼材ひずみ、桁先端たわみ及び連結部ひびわれ幅とした。

載荷試験の実施状況を写真-1に示す。

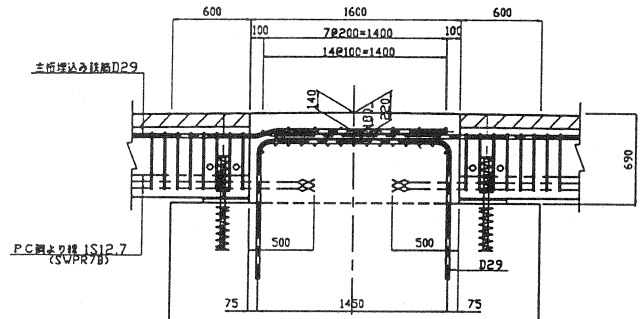


図-4 連結部構造図(中間受梁)

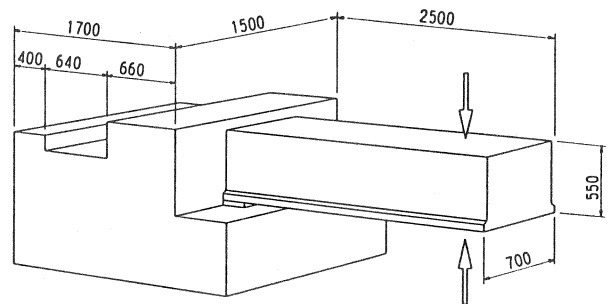


図-5 載荷試験供試体

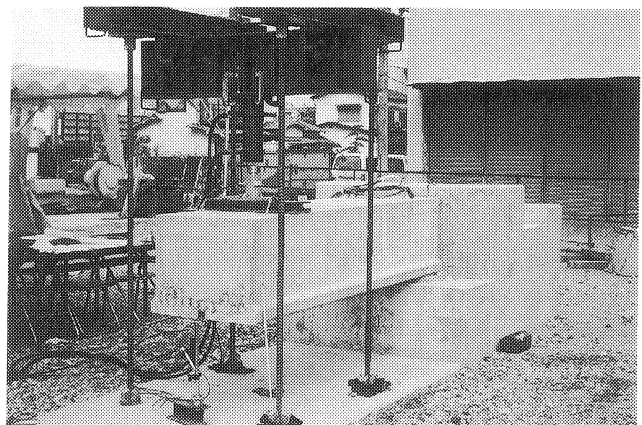


写真-1 試験状況

### 3. 3 試験結果と考察

#### (1) 負の曲げモーメント載荷

負の曲げモーメント載荷の試験結果を、図-6に示す。終局耐力に至るまでのコンクリート及び鉄筋の挙動は、計算値によく一致している。ひびわれは、載荷荷重が4tf位から確認されたが、常時の設計荷重時では許容値を下回る0.2mm程度であった。

破壊時載荷荷重は、設計終局耐力の2倍以上となる38tfであり、破壊状態は鉄筋ひずみ図を見て分かる通り連結鉄筋の降伏によるものであった。

#### (2) 正の曲げモーメント載荷

正の曲げモーメント載荷の試験結果を、図-7に示す。先端たわみ及びPC鋼材ひずみは、載荷荷重が小さい初めのうちは計算値よりも小さい値を示すが、最終的にはほぼ計算値と同じ勾配となっている。ひびわれは、常時設計荷重時には発生しておらず、許容ひびわれ幅に至るのは常時設計荷重の2倍以上の載荷荷重の時であった。破壊時載荷荷重は、設計終局耐力を上回る20tfであった。

#### (3) まとめ

以上の載荷試験結果より、連結部の曲げモーメントに対する設計手法の妥当性と、実構造物において連結部が設計荷重に対して十分な曲げ耐力を有していることが確認された。

### 4. おわりに

本報告では、東京港大井埠頭新7バース栈橋上部工の設計概要と連結部載荷試験について報告した。本栈橋は、平成9年7月現在14ブロック中12ブロックを施工中である。本報告が今後のPC栈橋の発展に役立てば幸いである。

最後に、載荷試験を行うにあたってご協力頂いたオリエンタル建設(株)と本栈橋の計画、設計、施工にあたり多大なるご指導、ご尽力を頂いた関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

### 参考文献

- 1) (財)沿岸開発技術研究センター：「PC栈橋の設計に関する技術資料」平成元年4月
- 2) 土木学会：「コンクリート標準示方書[平成8年制定]設計編」平成8年3月

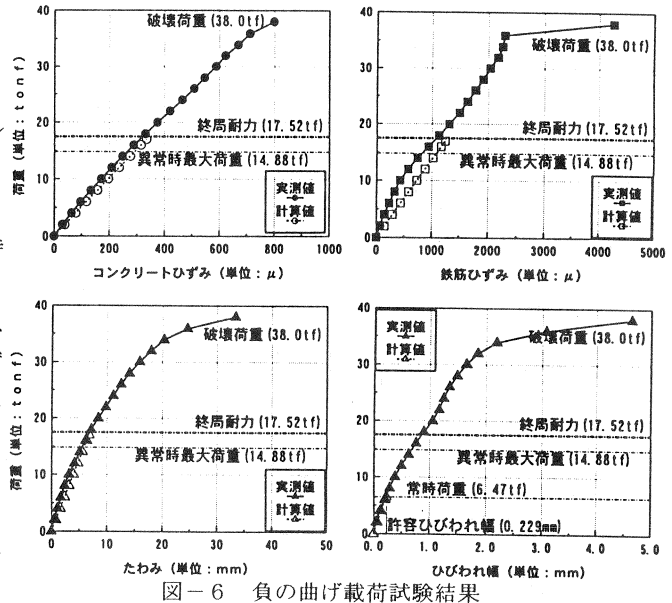


図-6 負の曲げ載荷試験結果

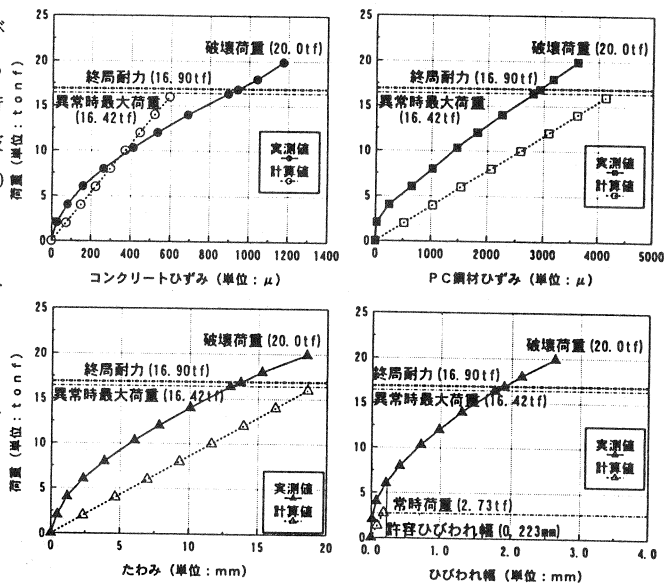


図-7 正の曲げ載荷試験結果