

なかよし橋 (PC斜張橋) の施工

千葉県 山武土木事務所 河川改良課	原田 剛
千葉県 山武土木事務所 河川改良課	中古 盛之
ピーシー橋梁 (株) 東京支店工事部	○真鍋 頼行
ピーシー橋梁 (株) 東京支店技術部 正会員	田中 実

1. はじめに

なかよし橋 (PC斜張橋) は、千葉県山武郡九十九里町に流れる作田川に架橋された歩道橋で、主に地元の通学路整備を目的として計画された橋梁である。

本橋は、関東有数の海水浴場である九十九里浜より上流に約1.5kmの位置にあり、計画に際しては九十九里のランドマーク性、シンボル性を持たせるため、主塔の形状に曲線を取り入れ、橋全体で波のイメージを演出している。さらに、2本の主塔高さを変える事により、大波・小波をもイメージさせている。

本橋は、斜張橋としての規模は小さいが、デザインを重視した橋梁であることから、主塔・主桁の出来形が重要であると考え、主塔の施工管理及び斜材の張力管理を特に着目して施工管理を行い、施工中及び完成後の出来形管理を行った。本稿では、施工の一環として実施した主塔の施工管理及び斜材の張力管理計測について報告する。

2. 工事概要

本橋の概要を以下に示す。

(1) 工事概要

工事名：広域河川改修工事
(通学橋上部工)

施主：千葉県

工事場所：千葉県山武郡九十九里町小関

工期：自)平成12年 3月10日
至)平成12年10月31日

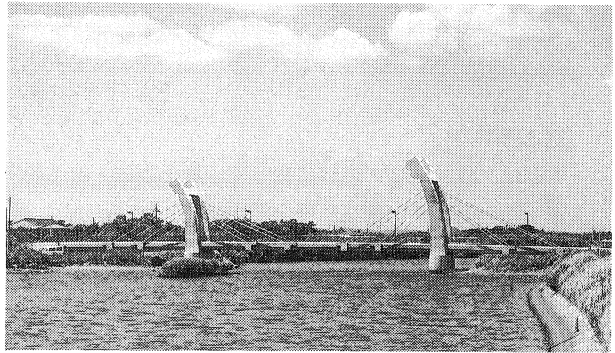


写真-1 なかよし橋全景

(2) 設計条件

橋種：プレストレストコンクリート歩道橋

構造形式：3径間連続PC斜張橋

橋長：80.700m

桁長：80.300m

支間：21.450m+36.400m+21.450m

幅員：3.000m (有効幅員)

荷重：群集荷重

本橋の主要材料を表-1に、通学橋全景を写真-1に示す。また、全体一般図を図-1に示す。

(3) PC斜張橋諸元

主塔：RC構造

主桁：版桁

斜材：2面吊りハープ形

施工方法：固定式支保工

表-1 主要数量

区分	種別	仕様	単位	数量
P C 斜 張 橋	コンクリート	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$	m^3	212.9
	鉄筋	SD295A	t	18.3
主 塔	PC鋼より線	SWPR7B12S15.2mm	t	8.5
	コンクリート	$\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$	m^3	94.4
	鉄筋	SD295A	t	14.2
斜材	PC鋼より線	SEEE-F100PH	t	1.7

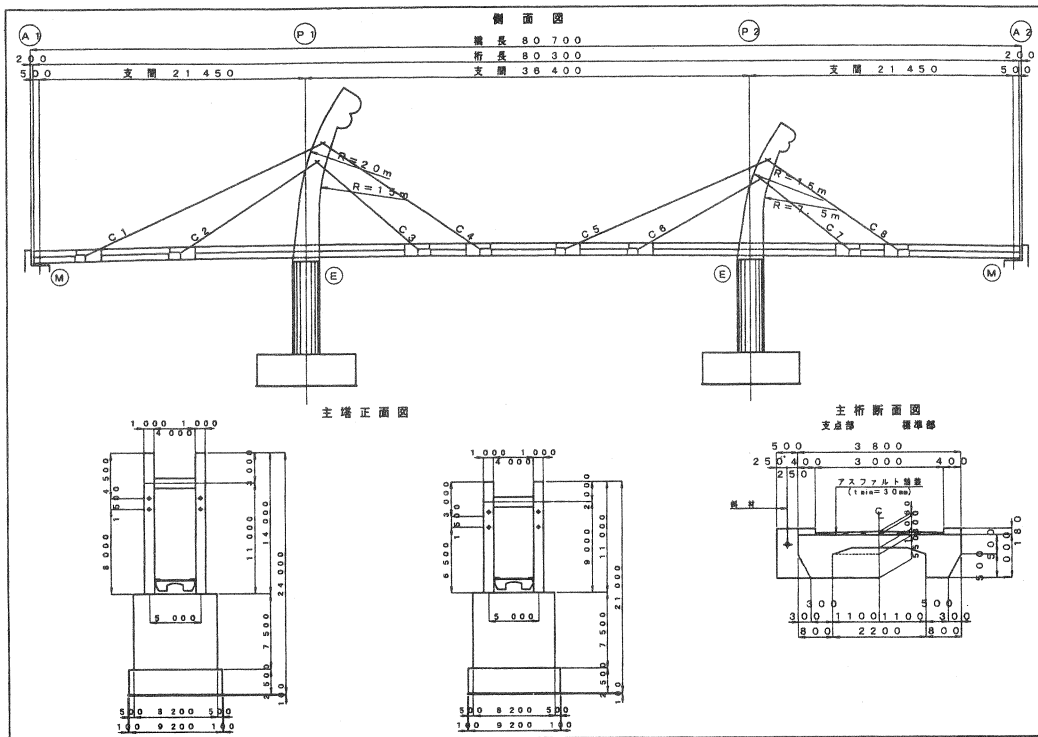


図-1 全体一般図

3. 施工順序

本橋は、設計図書の内容に従って、施工方法・施工順序を決定した。図-2に施工順序を記す。

4. 主塔の施工管理

本橋は、主塔形状に曲線を有するため、主塔の施工方法が大きな課題となった。主塔の施工方法は、各主塔を4ブロックに分割して施工を行うこととし、1ブロック施工時にホームコネクタを主塔コンクリートに埋め込み、そのホームコネクタを利用してブラケット足場を組立て2ブロック以降の施工に使用することとした。

4-1 ブラケット足場の組立て

主塔が波形の形状を有しているために主塔がA2側に傾いた形状となっている。主塔が傾いていることにより、通常の直線的な主塔と異なり主塔の施工段階によりA2側の支保工及び足場工の必要範囲がA1側よりも多く必要になる。

以上の事から、ブラケット足場を設置する際に主塔の傾き、解体方法等を考慮して、A1側とA2側の設置長さを変化させて設置した。

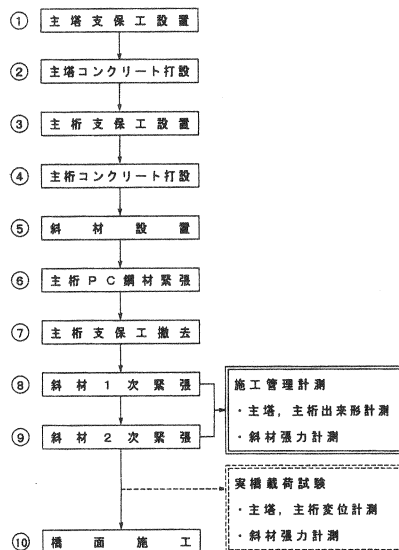


図-2 施工順序

4-2 主塔支保工の組立て

主塔支保工は山留材を使用して組立てた。また、傾いている部分（曲線部）には特殊ピースで対応した。

支保工の組立については、2ブロック、3ブロックは同型式の斜め支保工（図-3）で対処したが、4ブロックについては波形の頂部があり、曲線を有するために1度支保工を解体し、4ブロック用の支保工（図-4、5）を組立直すこととした。

4-3 型枠の組立て

主塔が曲線形状のため、主塔断面形状の変化が一定ではない。通常、型枠幅止め用のセパレーターの長さについては一定で設置出来るが、今回は長さの調整をする必要があり、主塔の型枠内部にて調整作業を行った。調整作業に関しては、主塔の型枠内部に鉄筋や斜材ケーブル用保護管等があり作業が非常に困難であった。

また、型枠の設置については型枠を曲線なりに設置する必要があり、橋軸方向及び橋軸直角方向ともにトランシットと下げふりを併用して設置位置を調整した。

4-4 斜材ケーブル用保護管の設置

斜材ケーブル用保護管の設置においては、ケーブル角度及び設置位置に注意をして作業を行った。

設置位置については、予め型枠に保護管位置を表示しておき、所定の位置に設置できるよう配慮した。

4-5 コンクリートの打設

コンクリートの打設は、1回の打設高さが約3.0mもあり、通常の上部からの打ち込みでは骨材が分離する恐れがあった。対処方法として、コンクリートポンプ車のホースを型枠内部に挿入し、作業員を型枠内部に配置して棒状バイブレーターで締固めを行いながらコンクリートを打設した。

主塔の施工状況を写真-2に示す。

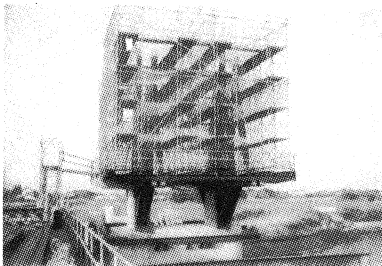


写真-2 主塔施工

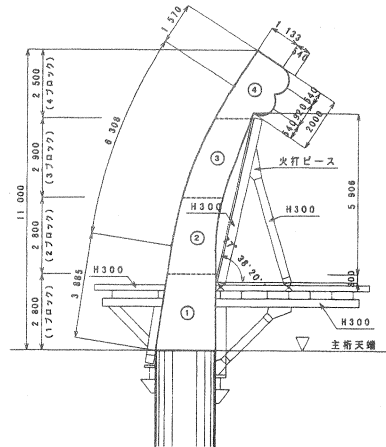


図-3 2, 3ブロック斜め支保工

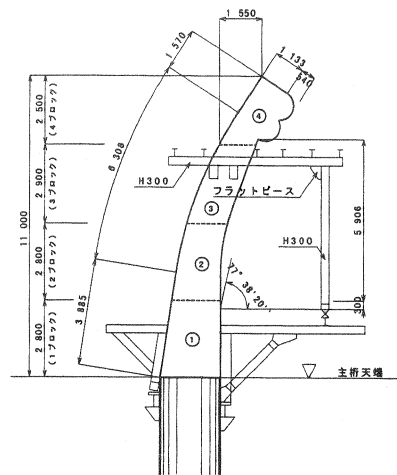


図-4 4ブロック用支保工

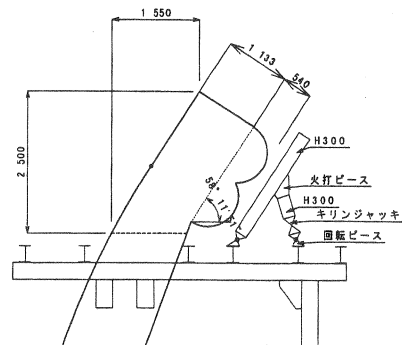


図-5 曲線部用支保工

5. 斜材の張力管理

5-1 概要

PC斜張橋の施工では、斜材の張力導入管理が施工管理上最も重要なファクターであり、主桁・主塔の出来形に大きな影響を与える。そこで本橋では、斜材の緊張作業時に斜材の張力管理を中心に主桁の変位および主塔の変位を計測し、完成後の構造物の出来形管理を行うこととした。

本橋の施工管理計測は主に、斜材張力導入時に於ける主塔・主桁の変位量測定、及び圧力センサーによる斜材の張力管理を行った。又、加速度計による斜材の固有周期測定を行い斜材導入張力の確認を行った。施工管理項目を表-2に示す。

表-2 施工管理項目

施工管理項目	② 出来形管理		③ 張力管理
	主 桁	主 塔	斜 材
測定・管理内容	鉛直変位 (たわみ)	水平変位 (傾れ)	導入力
測定方法	・レベル ・高感度変位計	・トランシット	・ケーブルの圧力センサー ・伸び量 ・加速度計
目的	・主桁の上げ差し管理	・主塔の傾れ管理	・圧力センサーによる圧力管理 ・伸び量は補足管理 ・加速度計は補足管理
時期	・斜材張力導入時 ・その他必要に応じて	・斜材張力導入時 ・その他必要に応じて	・斜材張力導入時 ・その他必要に応じて
備考			PC鋼より線 SEE Eケーブル F100PH

5-2 計測システム

(1) 主桁鉛直変位

各径間の支間中央及び主塔の頂部を計測位置とし、1次・2次緊張完了時および2次緊張完了後5時間経過時にレベル及び高感度変位計を用いて計測を行った。

(2) 主塔水平変位

P1・P2主塔の頂部にスケールを設置し、1次・2次緊張完了時および2次緊張完了後5時間経過時にトランシットを用いて計測を行った。

(3) 斜材の導入張力

①緊張作業時は、緊張ポンプに圧力センサーを設置し、各緊張作業時の導入張力の計測を行った。また、左右の斜材張力バランスを保つため、上流側斜材の張力については下流側緊張作業後に再度計測を行うこととした。

②導入緊張力の確認を行うため、1次・2次緊張作業完了後、加速時計・動ひずみ測定器・波形記録器・ノートパソコンを用いて、斜材を自由振動させた際の斜材の固有振動数を計測し、導入張力を推定することとした。

主桁・主塔の変位量計測位置を図-6に示す。また、斜材の緊張作業状況を写真-3に示す。

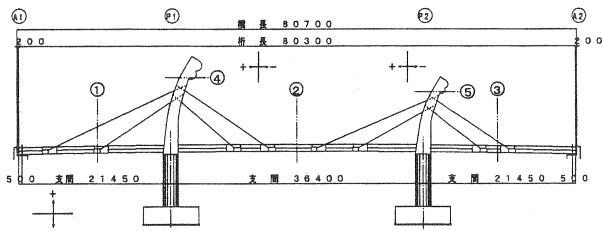


図-6 主桁・主塔の変位量計測位置

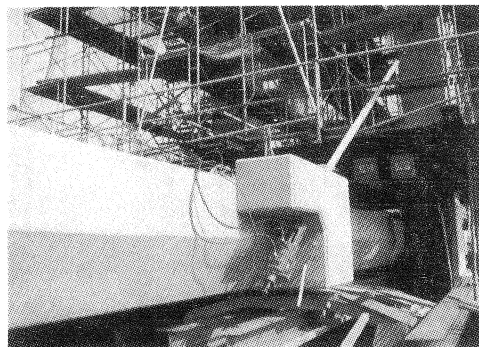


写真-3 斜材緊張作業

5-3 計測結果

主桁・主塔の変位量計測結果を表-3に示す。各緊張作業時の斜材の張力計測結果と設計値との比較を表-4に示す。また、固有振動数より推定した斜材の導入張力を表-5に示す。

表-3 主桁・主塔の変位量計測結果

	主桁鉛直変位						主塔水平変位				単位(mm)
	①		②		③		④		⑤		
	設計値	計測値	設計値	計測値	設計値	計測値	設計値	計測値	設計値	計測値	
1次緊張完了後	-0.2	0.0	13.6	5.0	1.0	0.0	-0.3	1.0	-2.0	-1.0	
2次緊張完了後	-0.4	-1.5	27.2	25.0	1.9	2.0	-0.5	0.0	-6.0	-2.0	
2次緊張完了後 5時間経過	-0.4	-2.0	27.2	27.0	1.9	2.0	0.0	0.0	-6.0	-2.0	

(1) 主桁鉛直変位

主桁鉛直変位は、斜材緊張作業完了後ほぼ設計値通りの挙動が計測された。このことから、設計値通りの張力が斜材に導入されたことが推測できる。

(2) 主塔水平変位

主塔水平変位は、斜材緊張作業完了後ほぼ設計値通りの挙動が計測された。このことから、設計値通りの張力が斜材に導入されたことが推測できる。

(3) 斜材の導入張力

① 1次緊張作業時の計測結果から、下流側緊張作業後に上流側の斜材張力が0.2~0.3 N/mm²減少する傾向であることが確認できた。そこで2次緊張作業時には、上流側の斜材を0.3 N/mm²引き越して管理することとした。その結果、左右の斜材に同等の張力が導入できたことが確認できた。また、設計値と計測値の差が±1.0%以内であることが確認できた。以上の結果より、所要の緊張力を斜材に導入できたことが推測できる。

② 加速度計を用いた導入張力の推定では、保護管や、斜材端部の拘束条件などの誤差要因により推定値と各緊張作業時の計測結果との差が±16.0%程度となってしまった。ただし、各斜材同じ条件下での計測であったこと

表-4 斜材の張力計測結果と設計値との比較

	設計値 (N/mm ²)	圧力計示度		備考
		実測値 (N/mm ²)	(圧力センサーの読み (N/mm ²))	
C1	10.14	上流側	10.11	99.7%
		下流側	10.13	99.9%
C2	11.82	上流側	11.86	100.3%
		下流側	11.85	100.2%
C3	13.65	上流側	13.61	99.7%
		下流側	13.65	100.0%
C4	13.83	上流側	13.81	99.9%
		下流側	13.87	100.3%
C5	14.16	上流側	14.15	99.9%
		下流側	14.19	100.2%
C6	13.65	上流側	13.65	100.0%
		下流側	13.72	100.5%
C7	11.57	上流側	11.55	99.8%
		下流側	11.58	100.1%
C8	10.85	上流側	10.85	100.0%
		下流側	10.91	100.6%

表-5 斜材張力計測値と推定値の比較

	圧力センサー (N/mm ²)	圧力計示度		
		加速度計 (N/mm ²)	比較	備考
C1	上流側	10.11	10.92	108.0%
	下流側	10.13	10.92	107.7%
C2	上流側	11.86	13.32	112.4%
	下流側	11.85	13.84	116.9%
C3	上流側	13.61	13.52	99.3%
	下流側	13.65	15.72	115.2%
C4	上流側	13.81	13.00	94.1%
	下流側	13.87	12.41	89.4%
C5	上流側	14.15	14.29	101.0%
	下流側	14.19	15.46	109.0%
C6	上流側	13.65	11.56	84.7%
	下流側	13.72	13.38	97.5%
C7	上流側	11.55	10.01	86.7%
	下流側	11.58	11.63	100.4%
C8	上流側	10.85	12.02	110.8%
	下流側	10.91	12.02	110.2%

から左右の斜材に導入された張力のバランスを確認することは可能であると考えられる。推定張力より、各斜材とも左右にバランス良く張力が導入されていることが推測できる。

以上の計測結果より、各斜材に所要の張力を導入できたことが確認できた。また、斜材の張力が左右対称に導入できたことも確認できた。主桁、主塔の変位量が設計値通りであり、計画通りの出来形となった。計測状況を写真-4に示す。

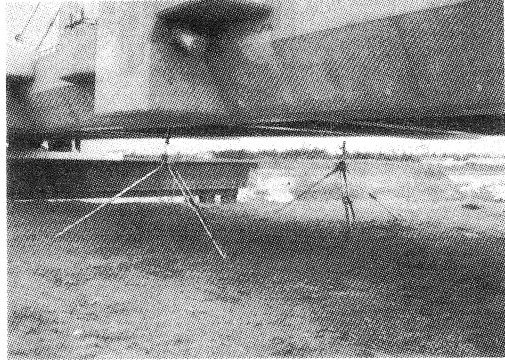


写真-4 計測状況

6. あとがき

本橋は、通学路整備と九十九里のランドマーク性、シンボル性を目的として計画された橋梁である。現在本橋は、九十九里町で行った橋名の公募(小学生対象)によって通学橋から「なかよし橋」に橋名が変わっている。

施工計画にあたり、主塔、主桁の出来高(景観性)を特に配慮して施工管理を行う事とした。特に斜材の張力管理計測より、景観的にも力学的にも施工計画に沿う技術的な検証結果を得られた。これらのことより、本橋がPC斜張橋としての品質を満足した構造物であると考えられる。最後に当該工事の施工にあたり、ご助言、ご協力いただいた各関係各位に厚く感謝の意を表すとともに、本報告が今後施工される同種工事の参考となれば幸いです。また、本橋については施工完了後に実橋載荷試験を行いました。この件についてはまた別の機会に報告したいと考えている。