

境川遊水地人道橋（仮称）の施工

Construction of the Sakaigawa Flood Control Basin Pedestrian Bridge

今井 平佳 大嶋 秀明 野口 秀一 大植 健
Hirayoshi IMAI Hideaki OOSHIMA Hidekazu NOGUCHI Ken OOUE

川田建設(株)東日本統括支店
事業推進部技術課課長

川田建設(株)東日本統括支店
企画部係長

川田建設(株)東日本統括支店
事業推進部係長

川田建設(株)東日本統括支店
事業推進部

本稿では、2径間連続PC吊橋である境川遊水地人道橋（仮称）について、その構造的特徴と施工方法について報告する。本橋は国内初となる片面吊り構造を採用したPC吊橋であり、平面曲率が大きく斜め吊りされた補剛桁には、ねじりモーメントおよび面外方向曲げモーメントが大きく発生する構造となる。本橋の施工に当たっては、中間支点部の強制変位・ハンガーケーブルの引き込み・プレストレスの導入により補剛桁に発生する断面力が変化していくため、それらを分割して与える施工ステップを検討し施工を行った。また、ケーブル架設時の管理としては形状管理を主としており、補剛桁の吊り込み時にはメインケーブルの座標値を計測することで施工上の管理を行った。

キーワード：PC吊橋、片面吊り構造、強制変位、ケーブル形状計算、形状管理

1. はじめに

本工事は神奈川県立境川遊水地公園の園内道路の一部として架設される2径間連続PC吊橋の上部工事である。本橋は県内でも有数のサイクリングロードに面した公園施設のためデザイン性・シンボル性が重視された橋梁であり、吊り構造の橋梁としては国内初となる1面吊り構造を採用した橋梁である（図1）。

本橋の平面線形は曲率が大きく、1面吊り構造では斜方向にケーブル張力を受ける結果、補剛桁には面外方向の断面力が発生する。このため本橋は中間支点到面外方向の強制変位を与える必要があるなどの特殊な施工条件を持つ。また、面外方向の断面力に対してはプレストレスも関与してくるため、ハンガーケーブルの引き込み・中間支点の強制変位・プレストレスの導入により、3次元方向に断面力が変化していくこととなる。このため、施工にあたっては構造上問題がないようこれらを分割して与えていく施工ステップを検討する必要があった。

また、本橋のように多数のハンガーケーブルを引き込む場合、ハンガーケーブルに作用する張力は他のハンガーケーブルの張力の増減に大きく影響される。そのため、本橋のケーブル架設は張力による管理ではなく、ケーブル形状にて管理するものとした。そこで、本架設においては3次元に展開されるケーブルの座標値を計算し、

実測値と計算値との比較を行った。

本稿では、本橋を施工する際に行った施工手順の検討方法と結果、およびケーブル形状計算と計測結果について報告する。

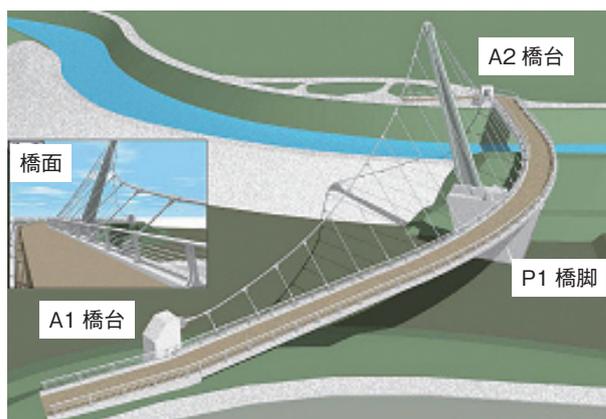


図1 橋梁イメージ図

2. 橋梁概要

本橋の橋梁概要を以下に示す。（図2～図4）

工事名：平成19年度 境川遊水地公園（仮称）
人道橋新設（上部工）工事

発注者：神奈川県藤沢土木事務所

工事場所：横浜市泉区下飯田町、藤沢市今田 地先

(b) ねじりモーメントについて

本橋は図6に示すような補剛桁の片面吊り構造となっており、ハンガー張力の鉛直成分によって発生するねじりモーメントを水平方向成分によって発生するねじりモーメントで緩和する構造となっている。このため、ハンガーケーブルの定着位置により発生するねじりモーメントを調整することが可能である。

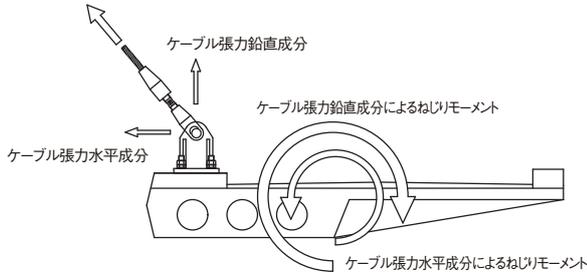


図6 片面吊りによるねじりモーメント

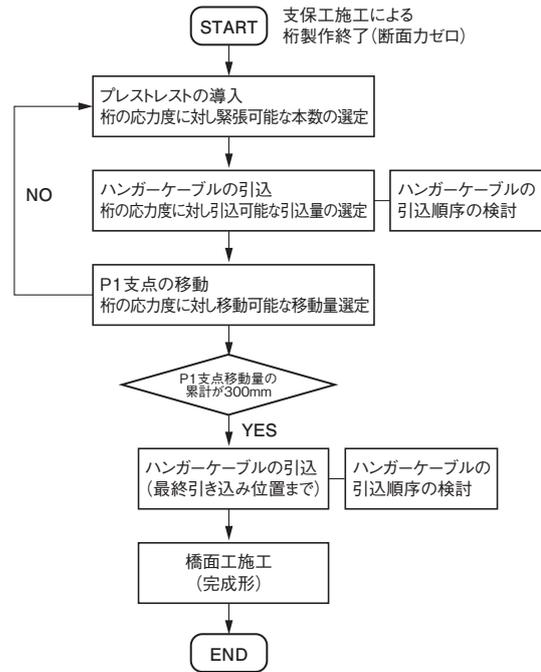


図7 施工検討フローチャート

4. 施工検討

(a) 施工手順

本橋は、全支保工により製作した補剛桁をハンガーケーブルを引き込むことにより吊り上げる施工方法とした。また、本橋はハンガーケーブル張力の水平分力により発生する面外曲げモーメントをPC鋼材によるプレストレスとP1支点の強制変位により緩和する構造となっているが、プレストレス・P1支点強制変位により発生する面外曲げモーメントも大きいためハンガーケーブルを引き込む前にプレストレスおよびP1支点強制変位を与えることは出来ない。よって、「ハンガーケーブルの引き込み」・「プレストレスの導入」・「P1支点の強制変位」は補剛桁の耐力に問題のない範囲で分割して与える必要がある。

そこで、本施工にあたっては、図7に示すフローチャートに従い施工手順の検討を行った。補剛桁に発生する引

張応力度が $2.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上とならないよう、プレストレスの導入・ハンガーケーブルの引き込み・P1支点の強制変位の順で分割施工するものとした。補剛桁は二軸曲げを受けるものとし、図8に示す5点について応力度を算出した。本検討により決定した施工ステップを図9に示す。また計算上、補剛桁が支保工から浮上する時のハンガー引き込み量は全体の引き込み量の90%前後となった。図10には、各ステップ発生する応力度を示す。発生する応力度が最も厳しい点として⑤の発生応力度を示す。

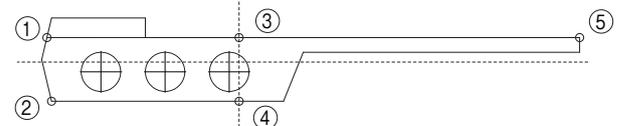


図8 応力度算出点

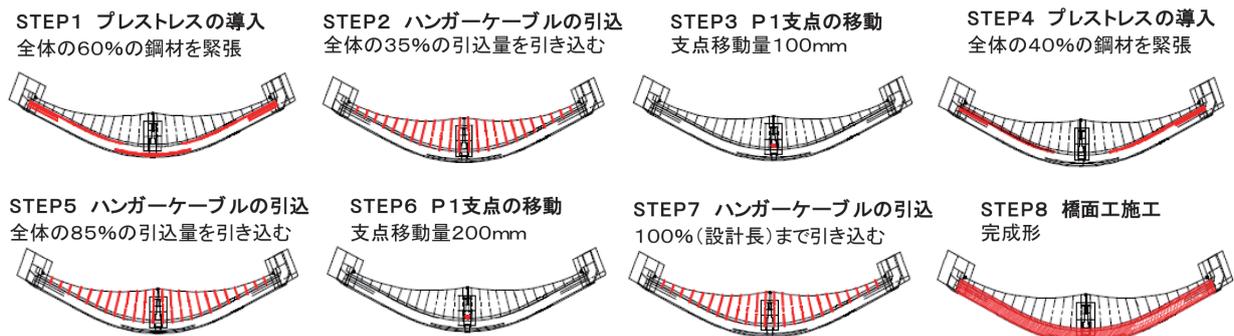


図9 施工ステップ

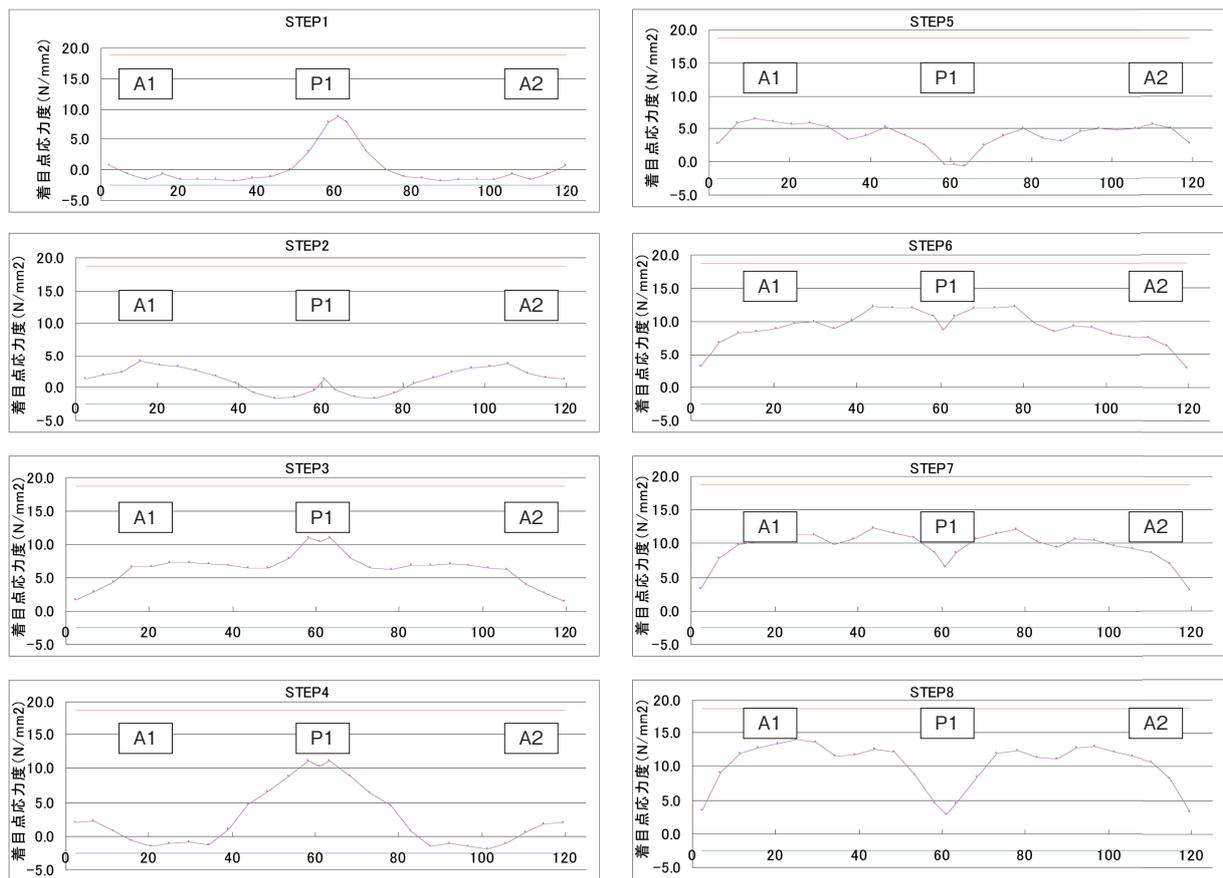


図10 施工ステップ毎の応力度

(b) ケーブルの製作

本橋のケーブルは形状による管理を行うため、メインケーブルおよびハンガーケーブルの製作にあたってはケーブル形状計算結果に基づいた長さにより製作を行った。

ケーブル形状計算はメインケーブル定着位置、塔頂位置、桁側のハンガー定着位置・ハンガー定着点の面内水平位置の座標とケーブル自重、ハンガーが受持つ主桁重量、メインケーブルアンカーに作用する反力を既知とし、メインケーブルの鉛直・面外座標を未知として以下の手法により行った。

①ハンガーケーブルの定着点座標値の仮定

メインケーブルの始終点の直線上に、ハンガーケーブル定着点を仮定。桁側の鉛直荷重によりメインケーブルに作用する分力を算出。

②面内に対するケーブルの釣り合い計算

鉛直荷重によるケーブル面内の釣り合い計算を行い、鉛直座標を算出する。この際、メインケーブルの水平反力を既知とする。

③面外に対するケーブルの釣り合い計算

鉛直成分は無視して、ケーブル面外方向の荷重による釣り合いの計算を行い、面外座標値を算出する。この際、面外方向に作用する力は①にて求めた面外方向分力と

する。

④水平方向の釣り合い計算

ハンガーケーブルの水平方向分力を考慮して、鉛直座標値を再算出。

⑤水平分力が収束するまで繰り返し計算

水平分力が収束するまで①～④までを繰り返す。

上記の手法により算出したケーブル座標値からケーブル張力と完成長を算出した。その結果からケーブルの無応力時のケーブル長を算出し、ケーブルの製作長とした。

また、上記の手法により算出したケーブル座標値は3次元大変形解析により力の釣り合いが取れていることを確認した。

(c) メインケーブルの架設

本橋ではメインケーブルをクレーンにより一括架設する施工方法とした。このため、メインケーブルを展開するための足場を橋体の側方に設置した。ただし、河川上に展開足場を設置することが困難であったため河川上は橋面を利用してメインケーブルの展開を行った。(図11)

メインケーブルの架設は200tクレーンを2基と50tクレーンを2基使用して行った。架設の手順としては、展開したメインケーブルの両端部を橋台のアンカーに設置の後、200tクレーン②により展開時におけるメインケー

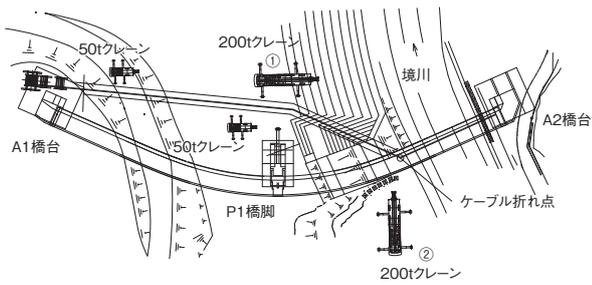


図 11 メインケーブル展開とクレーン配置図



写真 1 メインケーブル架設状況

ブルの折れ点を吊り上げ、メインケーブルが直線となる位置へ折れ点を移動させた。その後、200t クレーン①によりメインケーブルを主塔へ架設した(写真 1)。50t クレーンは A1-P1 間の介錯用に使用した。

(d) ハンガーケーブルの引き込み

多数存在するハンガーケーブルを引き込む場合、ハンガーケーブルに作用する張力は他のハンガーケーブルの張力の増減に影響される。特に本橋のようにメインケーブルとハンガーケーブルの二種類のケーブルにより構成される吊り構造では張力の変動によるケーブルの形状変化が大きいため、その影響も大きくなる。このため、施工においてハンガー張力を管理することは非常に困難となる。よって、本工事におけるハンガーケーブルの引き込みはハンガーケーブルの引き込み量(長さ)を管理して施工を行うものとした。

ハンガーケーブルの引き込みは P1 を中心とした左右対称の 1 組づつをセンターホールジャッキを使用して引き込むこととした。(写真 2) 引き込み順序はメインケーブルの変位が最も大きくなる支間中央のケーブルから引き込みを行うものとした。その後、ケーブル全体に平面方向のサグがつくよう 1 本置きにケーブルを引き込み、両端部は最後に引き込みを行う手順とした。

ハンガーケーブルの全引込量は、メインケーブル設置直後(鉛直にサグがついた状態)のハンガー定着間距離



写真 2 ハンガーケーブル引き込み状況

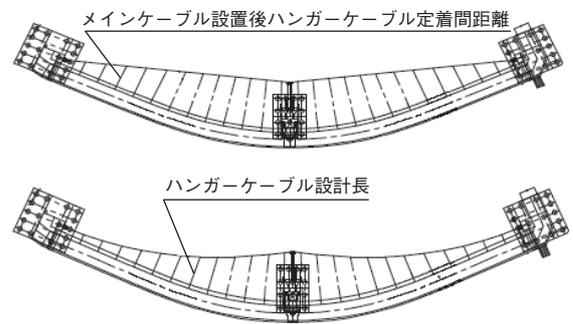


図 12 ハンガーケーブル引き込み量

と完成系のハンガーケーブル設計長の差分から算出した(図 12)。

(e) 上部工の検証

本橋の施工においては、ケーブル形状の確認としてケーブル座標値の実測を行った。計測はケーブルバンドに光波測量器用のシールターゲットを添付し、(写真 3)



写真 3 シールターゲット添付状況

表1 メインケーブル座標値の計算値と実測値の比較表

ケーブル 番号	C603			C606			C609		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
計算値	17.640	2.156	22.337	32.611	4.653	26.521	46.360	4.852	32.177
実測値	17.631	2.145	22.325	32.599	4.639	26.503	46.349	4.809	32.129
差	0.009	0.011	0.012	0.012	0.014	0.018	0.011	0.043	0.048
ケーブル 番号	C616			C619			C622		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
計算値	75.455	4.738	32.170	89.147	4.435	26.523	104.076	1.862	22.346
実測値	75.439	4.701	32.136	89.165	4.402	26.499	104.090	1.852	22.333
差	0.016	0.037	0.034	-0.018	0.033	0.024	-0.014	0.010	0.013

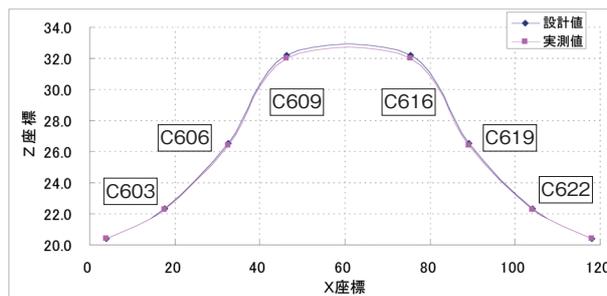
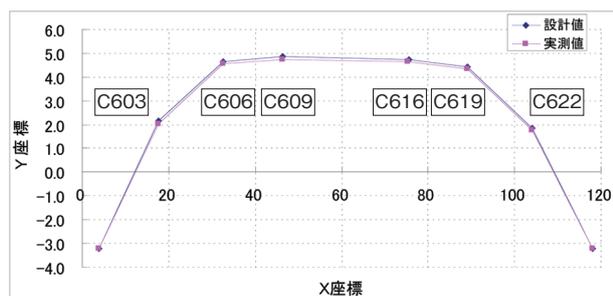


図13 メインケーブル座標値の計算値と実測値の比較グラフ

光波測量にて行った。

表1および図13にケーブル座標値の計算値と実測値の比較を示す。全体としてはほぼ計算値と一致した座標値となったが、計算値と実測値とでは最大で48mmの差が現れた。ハンガーケーブルが長くなるほど差異が現れる傾向となっているが、ハンガーケーブルの角度の誤差が長いケーブル程、座標値の誤差へと現れやすいためであると考えられる。

図14に計算によるケーブル座標による応力度と実測のケーブル座標値結果を反映した補剛桁の応力度との比較を示す。着目位置は図8の⑤位置とした。結果として、今回の計算値と実測値のケーブル座標誤差では補剛桁の補剛桁の応力度は許容応力度内であり構造には問題がないといえる。

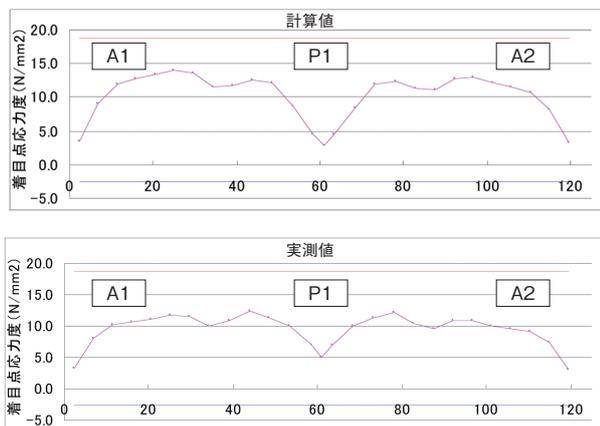


図14 計算値と実測値の応力度

5. おわりに

本工事は平成19年8月に着工し、平成20年6月において補剛桁の吊り込みまでが完了している。(写真4)。片面吊りの2径間連続PC吊橋として国内でも施工事例のない橋梁の施工であり、これまでの吊り構造にはない問題点とそれらに対する検討が必要であった。橋面工を行い設計死荷重を載荷することで構造完成となるが、補剛桁吊り込みまでの出来形・計測値に大きな問題がないことから本検討結果が妥当であったといえる。最後に今回の工事において多大なご指導を頂いた関係各位に感謝いたします。



写真4 ケーブル引き込み完了後全景