

(28) PC連続曲線橋(浜の宮らせん橋)の施工

建設省関東地方建設局 常陸工事事務所 黒澤紀雄
 ○ オリエンタル建設(株)東京支店工務部 三浦純夫
 オリエンタル建設(株)東京支店工務部 正会員 高田真人

1. まえがき

浜の宮らせん橋は、茨城県日立市東町地先の浜の宮広場～鶴首岬台地に位置し、日立バイパス(一般国道6号)と神田鈴ノ宮線(日立市道)を連絡するランプ橋である。両道のアクセス区間は、高低差約14m、直線距離約85mという立地条件であることから、曲率半径30m、交角約335°のループ橋が計画された。

構造形式の選定にあたっては、経済性、構造的性、施工性、景観に加え、海岸部の維持管理を考慮し、単純箱桁+6径間連続箱桁からなる7径間のプレストレストコンクリート橋(以下PC橋)が採用された。この結果、本橋は、1等橋で交角300°を越える全円に近いPC橋では国内最小規模の曲率を有する橋梁となった。

本橋は、日本でも数少ないループ形式のPC道路橋上部工の施工について、特に直線橋と大きく変わる点を中心に報告するものである。

2. 構造形式

2.1 設計条件

橋種：プレストレストコンクリート橋

構造形式：PC単純箱桁橋
 +PC6径間連続箱桁橋

橋長：185.500 m

桁長：38.970 m, 146.360 m

支間：37.430 m,
 23.430 + 4×24.500 + 23.430 m

全幅：12.884 m ~ 14.670 m

有効幅員：車道(9.384 m ~ 11.172 m・2車線)
 +歩道(2.500 m)

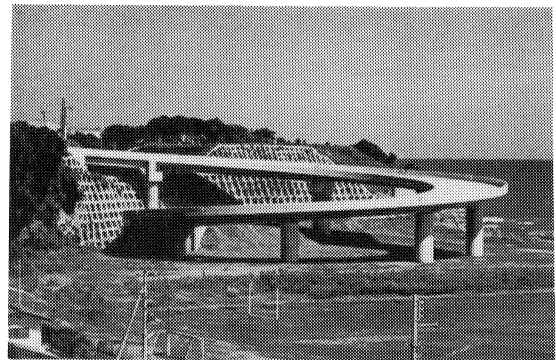
荷重：TL-20

平面線形：A=60° ~ R=30m ~ A=50°

縦断勾配：i=6.8%

横断勾配：i=2.0% ~ 6.0%

施工方法：固定支保工による場所打ち工法 (連続桁：1径間毎の分割施工)

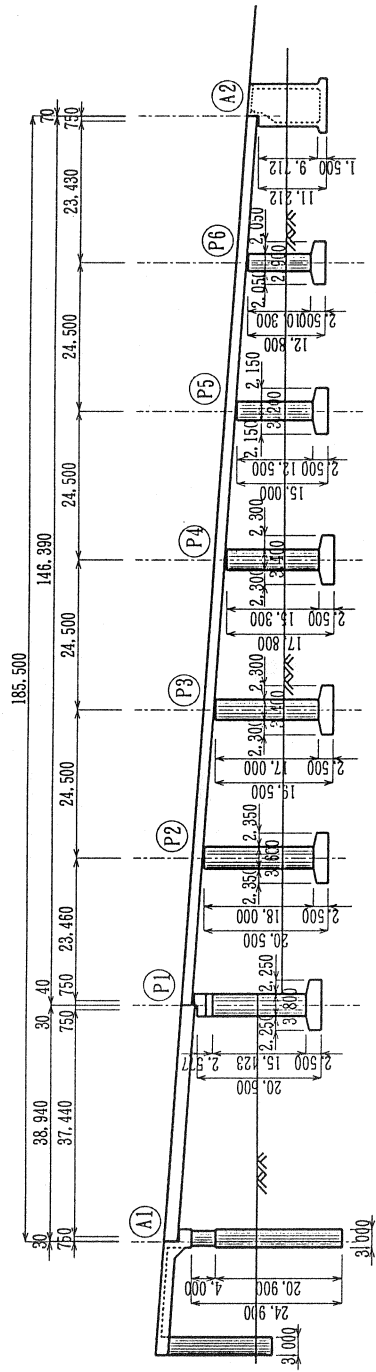


写真一 全景

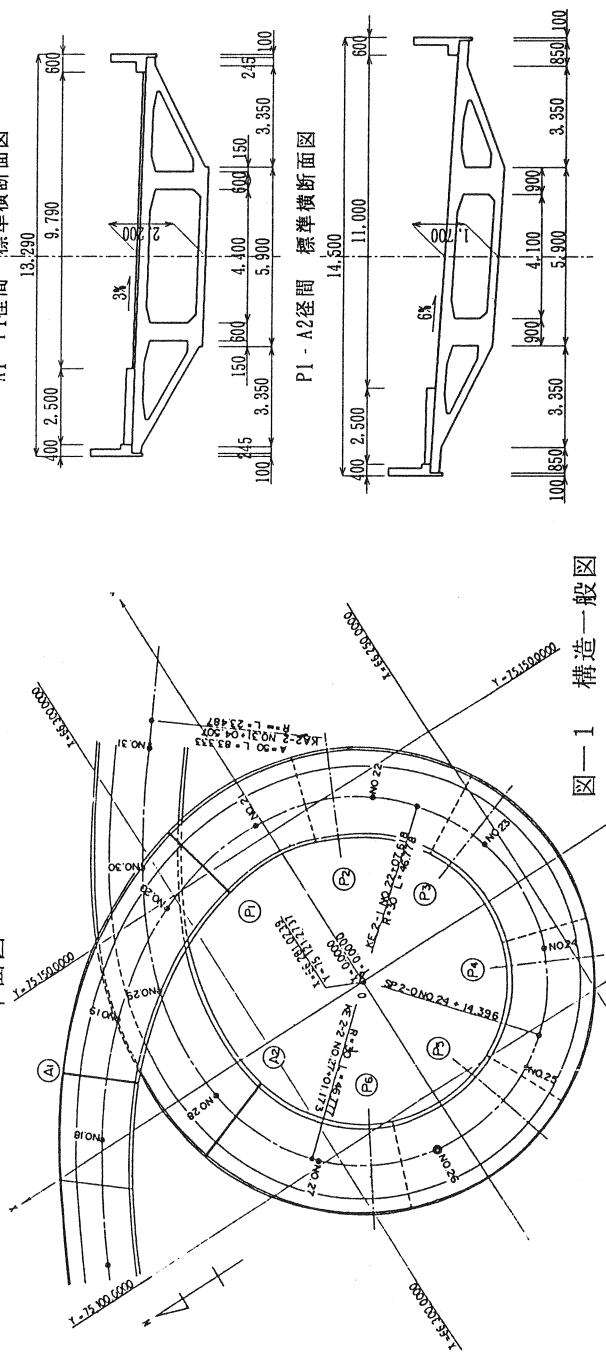
2.2 主要材料

		単純桁部	連続桁部	
コンクリート		$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	
PC鋼材	主方向	12S15.2B (12T15)	12S12.7B (12V15)	
	横方向	上下床版	1S21.8	1S21.8
		横桁	12W7	12W7
鉄筋		SD295	SD295	

側面図



平面図

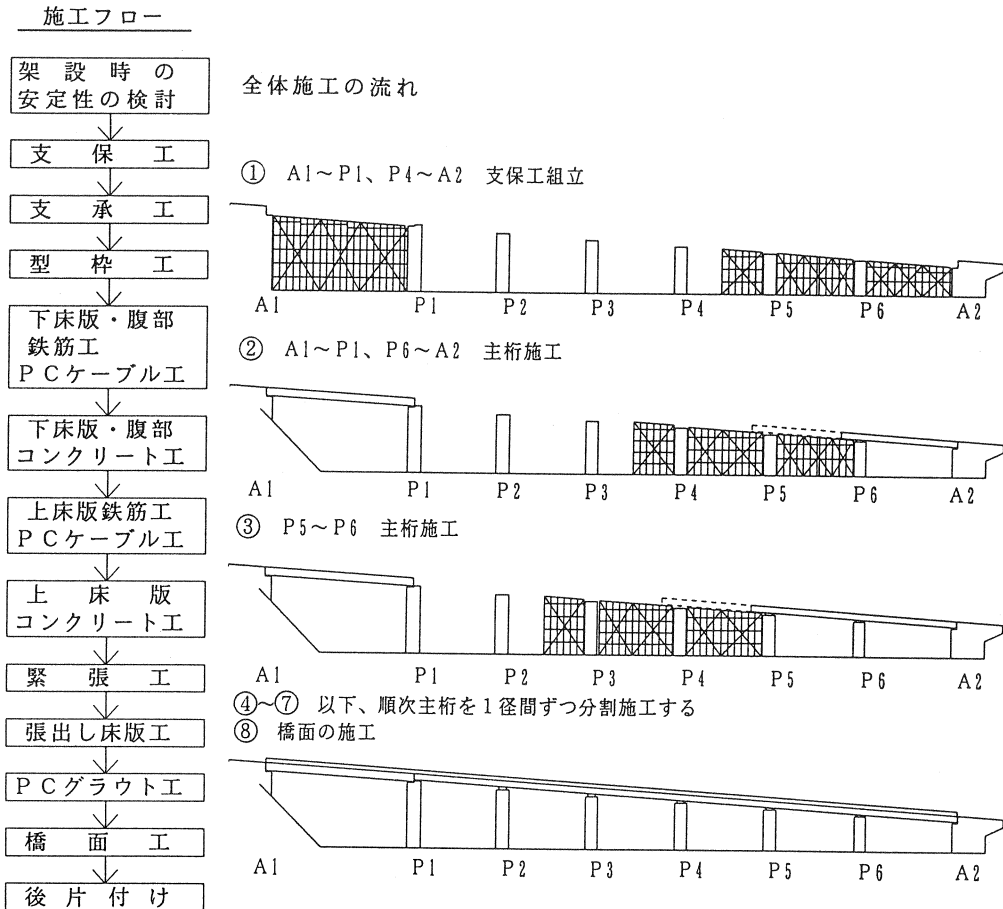


図一1 構造一般図

3. 施工

以下、施工の流れに従い、施工安定検討を含め具体的に述べる。

3.1 施工順序



図一2 施工順序

3.2 架設時の安定性の検討

本橋のような曲率の小さいPC連続曲線桁を1径間ずつ分割施工する場合には、次のような問題点が考えられる。

- ①比較的大きなねじりモーメントが発生し、外側の支承に反力が集中し、内側の支承に負反力が生じる可能性がある。
- ②特に施工段階の初期において、ねじり変形により構造物の安定性が損なわれる恐れがある。
- ③分割施工時に発生した負反力、ねじりモーメントが施工の進捗による構造系の変化により累積され、構造完成系で算出した値と異なる可能性がある。

これらに対し、構造設計では以下の対策が講じられていた。

- ①主桁断面形状を張出し床版を無くした閉断面とし、ねじり抵抗性能を増している。

②断面の外縁にPC鋼材（1S21.8）を配置し、ねじりモーメントによるひびわれ発生を防止する。

③両端支点到に負反力（道示I4.1.2による）が生じるため上揚力防止装置を設置している。

④中間支点是円形ゴム反力分散沓（全方向型）を採用し、構造中心に対し600mm円周の外側にずらしねじりモーメントの低減を図っている。

以上を踏まえ、施工に先立ち各施工段階（6段階）において構造検討し、支保工形式の決定（仮支柱の必要性）・上揚力防止装置の耐力照査・安定性の確認を行った。

1) 検討概要

①主桁を構造軸における肋モデルに評価し、平面格子解析を行った。（図-2参照）

②主桁自重の偏載、内外ウェブのケーブル形状差によるねじりモーメントを考慮する。また、施工中のクリープも考慮した。

③ゴム沓を橋軸直角方向に2分割評価し、各々に生じる反力を求めた。

2) 結果

①上揚力防止装置には第2施工段階以降負反力が生じるが、許容値以下で、構造完成後クリープにより次第に正に交番する。

②全施工段階を通じ、左右2分割したゴム沓に負反力は生じない。

③主桁断面両端の変位差は最大30mm程度であり、構造物の安定を損なう変形は生じない。

以上より、仮支柱により外的に支持する必要はなく、施工中、構造物は自立安定状態を保つことを確認し施工を進めた。

3.3 支保工

本橋の架設場所は海岸に隣接した埋立て地であり、地盤の耐力はかなり小さいものと予想された。よって、施工前に地耐力試験を行い、その結果から、支保工形式は建枠による枠組式とし、その基礎は厚さ20cmの碎石上に鋼矢板を敷設するものとした。枠組式としたのは、縦断勾配、横断勾配、平面線形等に対応しやすい事、上載荷重を分散でき、支持力の小さな地盤に対して有利であることが主な理由である。

建枠は法線方向に並べ、大引き材を橋軸直角方向へ流し、その上に根太材を橋軸方向へ配して平面線形に対応した。

3.4 支承工

本橋の支承は全てゴム沓であり、連続桁の中間支点是水平力分散型リング沓の1点支承である。連続桁の両端支点到には負反力が生じるため、上揚力防止装置を配している。両端支点是可動支承であるので、上揚力防止装置も主桁の移動を妨げない構造となっている。

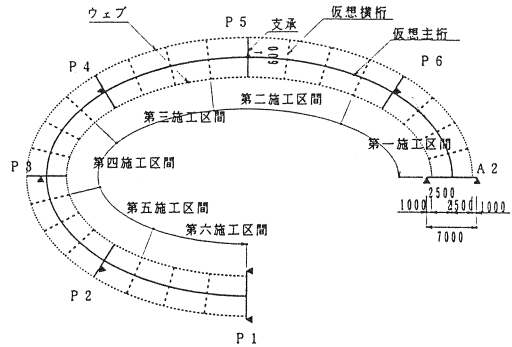


図-3 検討格子モデル

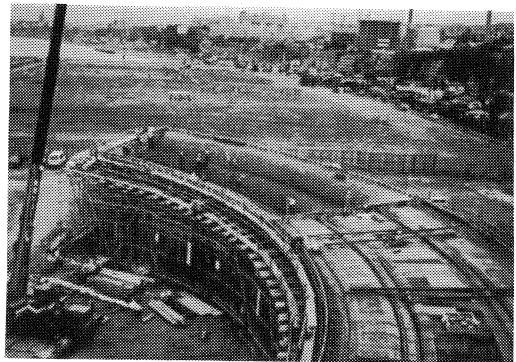


写真-2 支保工全景

3.5 型枠工・コンクリート工

型枠材は内枠、外枠とも平面線形に対応しやすい木製とした。(写真-3 参照)

コンクリートは、内型枠の解体搬出、横締PC鋼材の緊張等の関係から、3回に分割して打設した。第1回目として下床版ウェブを打設し、内型枠の解体、上床版型枠、鉄筋、PC鋼材の組立後2回目のコンクリートを打設し、PC鋼材緊張後、床版張出し部を打設した。下床版、ウェブ、上床版はポンプ車にて、床版張出し部はホッパーにて打設した。(写真-4 参照)

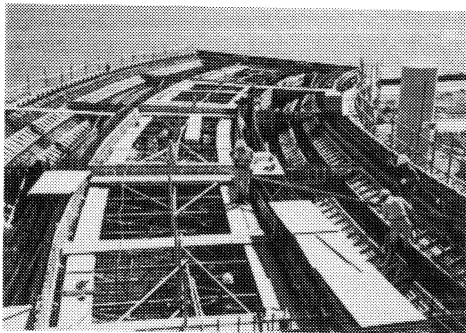


写真-3 型枠組立状況

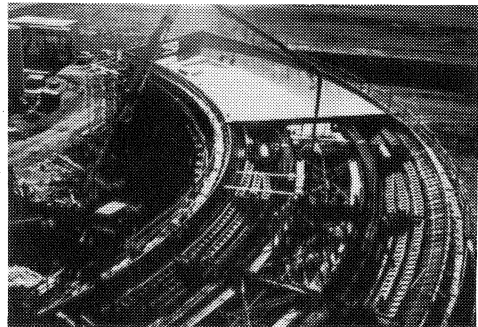


写真-4 コンクリート打設

3.6 緊張工

本橋のPC鋼材は、主ケーブルとして単純桁部は12S15.2B、連続桁部には12S12.7B、上床版、及び下床版横締として1T21.8、横桁横締として12W7が配置されている。

連続桁の主ケーブルにフレシナー工法Vシステムを採用しされているが、それは次の理由による。

- ①分割施工であるため定着位置と設計断面が近いので、セット量の小さい工法が望ましい。
 - ②接続部の定着装置の長さが短いので、曲率半径の小さい橋梁に適している。(写真-5 参照)
- 上床版コンクリートが所要の強度に達した後、プレストレスを導入した。緊張の順序は
- 第1段階：上床版横締（全数の半分）、下床版横締（全数の半分）、横桁横締（全数の半分）
 - 第2段階：主ケーブル（全数）
 - 第3段階：上床版横締（残り全数）、下床版横締（残り全数）、横桁横締（残り全数）
- の3段階とした。

主ケーブルに先立ち横締ケーブルの半数を緊張したのは、主ケーブルの緊張により曲率半径の違いによる内、外ウェブのプレストレスの差が桁にねじりモーメントを発生させるため、主ケーブル緊張前に主桁のねじり抵抗を高めるためである。

主ケーブルの緊張は、主桁に発生するねじりモーメントを極力抑えるように、ジャッキ2組4台で内ウェブ、外ウェブ同時に行った。また、ねじりモーメントにより主桁外縁が下がる（断面の回転変位）ので、この変形を拘束しないよう支保工のジャッキを緩めながら、緊張作業を進めた。

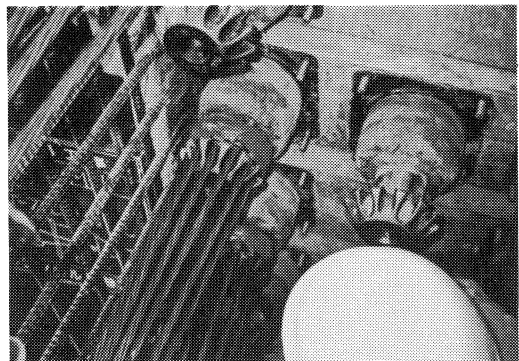


写真-5 主ケーブル定着接続具
(C12V13)

3.7 緊張管理

主ケーブルの緊張管理は μ -管理によって行った。ケーブルの平面方向の曲率の影響は、単位長さあたりの摩擦係数 λ に換算して考慮した。すなわち、

$$\lambda' = \lambda + \mu / R$$

ここに、 λ' : 平面曲率を考慮したP C鋼材の長さ1mあたりの摩擦係数

λ : P C鋼材の長さ1mあたりの摩擦係数 (P C鋼より線 =0.004)

μ : P C鋼材の角変化1ラジアンあたりの摩擦係数 (P C鋼より線 =0.30)

R : 平面曲率半径 (m)

とし、摩擦係数比 λ' / μ 単純桁・連続桁の内ウェブ、外ウェブについてそれぞれの曲率半径を用いて求め、緊張計算を行った。その結果、緊張時に測定したケーブル1本あたりの摩擦係数 μ は、0.13~0.44の範囲にあり、計算結果を満足できる値が得られた。

3.8 主桁の変位

主桁の変位は、架設時の安定検討時に各施工段階毎に計算し、構造系完成後のクリープ変形、橋面死荷重を考慮して主桁の上越し量を決定した。本橋の場合、橋軸方向の鉛直変位よりも橋軸直角方向のねじりによる回転変位の影響が大きく、各径間とも断面の内側が上がり外側が下がる傾向を示している。特に橋面死荷重による影響、構造系の変化によるクリープ変位も大きい値を示している。

上越し管理を行った結果、橋体工完成(橋面工施工前)竣工時の実測値は概ね計算値に近いものとなっている。

4. あとがき

以上、P C曲線橋の施工について報告した。

今後、用地取得の困難性、景観重視、維持管理の増大といった社会情勢に鑑み、コンクリート曲線橋の採用が増えると思われる。それらの施工に際し、本稿が多少とも参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 高屋健二・中西新之介・池沢昭和・田村章：野田川橋梁の設計と施工(上・下)、橋梁と基礎、VOL19, N09 - N010