

(85) ふれあい橋 (PC斜張橋) の設計・施工

仁摩町 建設課 都市計画係長	杉原 慎二
荒谷建設ツカサト(株) 山陰支社	狩野 雅巳
(株)富士ビー・エス 福岡支店	正会員○ 大森 庸次
同 上 福岡支店	堤 忠彦

1. はじめに

本橋は、島根県仁摩町に建設された仁摩健康公園のエンタランス部に架けられた歩道橋である。

仁摩健康公園は当地の日本海「琴ヶ浜海岸」の鳴き砂をモチーフして作られた「一年計砂時計」を館内に展示したピラミッド型の砂博物館「仁摩サンドミュージアム」を核とする多目的公園であり、昭和天皇在位60周年記念公園として周辺地域と合わせた総合的な整備が進められている。

ピラミッドをシンボルマークとする仁摩町では、本橋の計画にあたり、公園入場者に対するシンボリックオブジェとなるとともに地域のランドマークとして広く町の人々に親しまれるよう、アメニティーにも配慮しつつ景観の優れた種々の構造形式やデザインの検討を行った。その結果、全体にピラミッドを連想させるかたちとすることを基本コンセプトとした単径間PC斜張橋の建設を決定した。本橋では主塔と方杖が形づくる三角形の底辺の長さの主塔の高さの比にエジプトピラミッドがもつ1:1.62の黄金比を採用し、斜材の吊り形式をバックステーを有しない片張りとすることで限りなくピラミッドに近づける工夫がなされた。

さらに、主塔をPC構造とした点においては、国内でも数少ない例の一つである。

本稿では、景観設計を含めた「ふれあい橋」の設計と施工について概要を報告する。

2. 工事概要

工 事 名 : 仁摩健康公園橋梁工事  
 発 注 者 : 島根県仁摩町  
 工 事 場 所 : 島根県宍摩郡仁摩町天河内  
 工 期 : 平成5年1月～平成5年9月  
 橋 種 : 7°プレストレストコンクリート歩道橋  
 橋 長 : 45.500m (A1橋台含む)  
 桁 長 : 33.460m  
 支 間 長 : 33.160m  
 有効幅員 : 5.0m

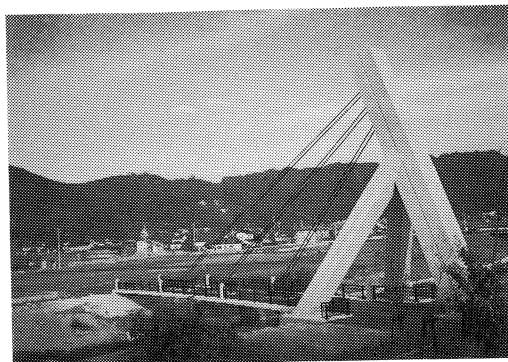


写真-1 全 景

表-1 主要工事数量

種 別	仕 様	主 桁	主 塔	斜材・橋面	合 計
コンクリート (m3)	σck=240~400	75.0	86.1	10.3	171.4
鉄 筋 (kgf)	SD295A	8,730	11,030	1,183	20,853
PC鋼材 (kgf)	SEEE工法	3,910	2,900	1,360	8,149
鋼 材 (kgf)	SS400	—	2,882	—	2,882

2. 景観について

1) 主桁形状

橋を中心とした周辺護岸一帯が水とふれあうことのできる親水空間となるように、主桁形状には舟底をイメージしたキール型を採用した。

2) 斜材形式

斜張橋の斜吊り材の配置形式としては、主に放射型・ハープ型・ファン型があげられる。本橋では、様々な吊り形式について検討を行い、設計コンセプトとしたピラミッドのイメージを最も強調できるものとしてファン型を採用した。また、「ふれあい橋」が単なる渡河のための歩道橋ではなく、訪れる人に憩いと潤いを与えるアメニティー空間となるよう、橋上の回遊性を高めるために斜吊り材を分散配置した。

3) 主塔形状

主塔の形状は先に述べたように黄金比のピラミッド型を基本とし、景観・構造性及び施工性を考慮して様々な形状に対する比較検討を行って決定した。

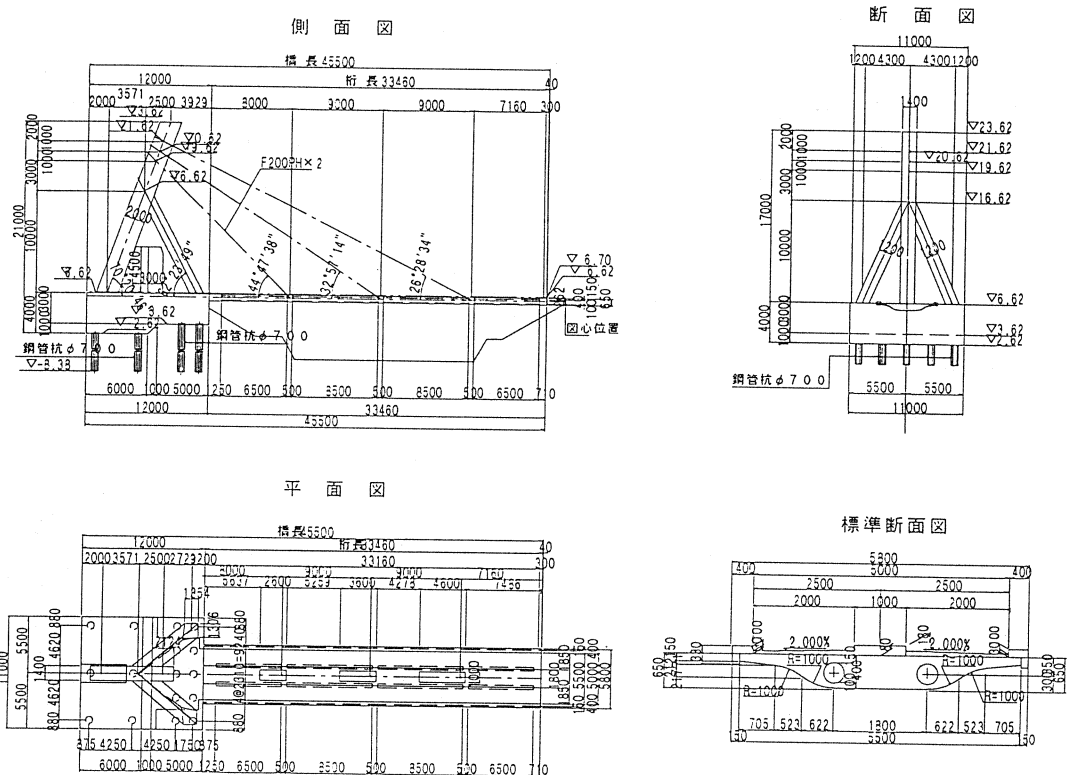


図-1 全体一般図

3. 構造解析

3.1 構造の概要

- ①主塔の形状は構造性と景観を考慮し、比較検討を行い決定した。
- ②構造形式は、一端固定(剛結)他端単純支持のPC斜張橋とした。
- ③主桁は曲面ウェブを有する中空床版、主塔は方杖により支持された傾斜1本柱とし、斜材の吊り形式を片側1面吊りのファン型とした。
- ④主桁の支持形式はA1側を橋台に剛結し、A2側をゴム支承構造とした。
- ⑤主桁・主塔はPC構造とし、床版と方杖はRC構造とした。
- ⑥施工方法は全支保工による現場打ちとした。

### 3.2 構造設計

主構造の解析は施工ステップに合わせて構造系をモデル化し、平面骨組解析により行った。(図-2)

また、主桁断面に切り欠きを設けた斜材の定着部や部材自由端に大きな断面力が発生する方杖の基部についてはFEM解析による詳細な検討を加えた。以下に各部材の設計の概要を述べる。

#### 1) 各部材の設計

##### ① 主桁

本橋は河川のHWLに対する余裕が小さいので、桁高は設定可能な範囲で最大の65cmとした。主桁は耐久性の優れたPC構造とし、SEEケーブルF200を10本配置した。また、PC鋼材の配

置形状はプレストレスによるクリープ・乾燥収縮の影響が最小限になるように決定し、A2側をデッドアンカーとしてA1橋台背面からの片引きによる緊張とした。なお、主桁の応力度レベルは設計荷重作用時において引張応力度の発生を許容するパーシャルプレストレスとした。

##### ② 主塔

主塔には主桁に作用する荷重により斜材ケーブルを介して大きな曲げモーメントが発生し、主塔基部には常時引張力が作用する。したがって、RC部材として設計すると部材が大きくなり不経済であるとともに太径の鉄筋を多数配置する必要があり施工性に問題があった。そこで、部材寸法を景観から決定し美観上優れたものにするとともに、引張応力度の発生を小さく抑えて耐久性に優れた構造にするためPC構造とした。PC鋼材はA1橋台内にデッドアンカーを設置し、主塔頂部からの片引きによる緊張とした。

##### ③ 斜材

長大橋や対称径間のPC斜張橋の場合、クリープ・乾燥収縮等の影響を最小にするため死荷重作用時の斜材張力の合力は主桁側の斜材定着点を支点とする連続桁に死荷重及び主桁プレストレスを作用させたときの鉛直反力に相当する分を導入することが一般的である。しかし、バックステーを有しない片面吊りの斜張橋の場合この方法によると主塔には大きな剛性を必要とし、部材寸法が大きくなることによって景観を損ねることとなる。

そこで本橋では、斜材の張力調整力は景観から決定した主塔の形状寸法をもとに部材寸法とのバランスを考慮して決定した。さらに斜材張力はコンクリート部材のクリープや乾燥収縮によって時間とともに変化するので、これらの不確定要因による張力変動を小さく抑えることにも配慮して斜材の導入張力値の検討を行った。

#### 2) FEM解析

平面骨組解析では各部材は標準断面を有するものとして部材上・下縁の曲げ応力度の照査を行った。しかし、断面が欠損する主桁側の斜材定着部や部材の自由縁近くに大きな断面力が発生する方杖基部の橋台は局部的に複雑な応力状態であることが考えられた。そこでこの2ヶ所について拡大したモデル化を行い、FEM解析により補強の必要性と補強方法について検討した。(図-3、図-4)

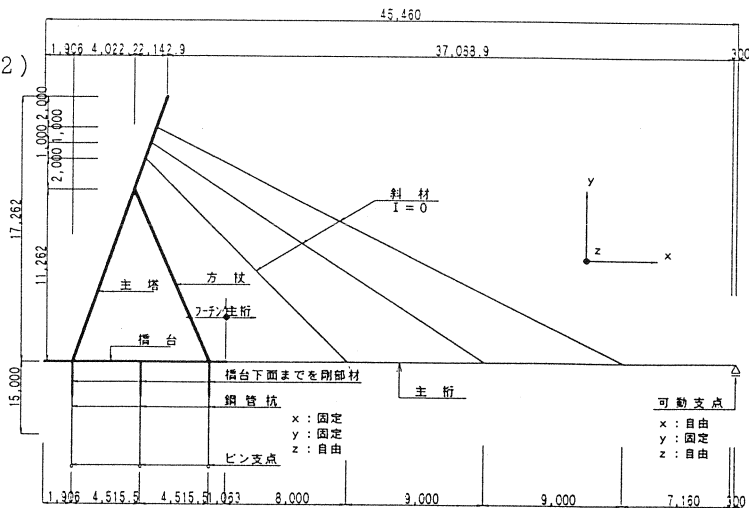


図-2 平面骨組解析モデル

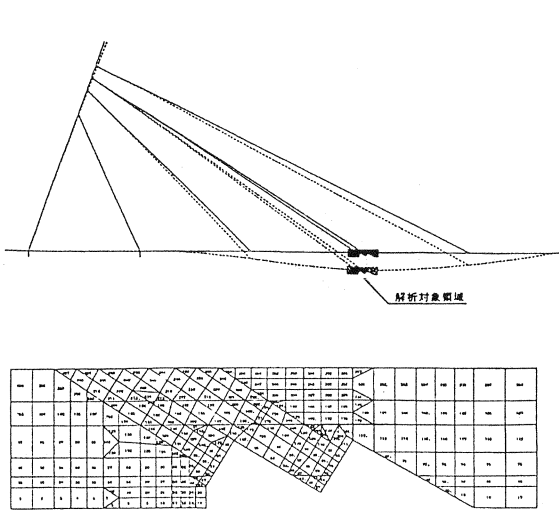


図-3 定着部 FEM解析モデル

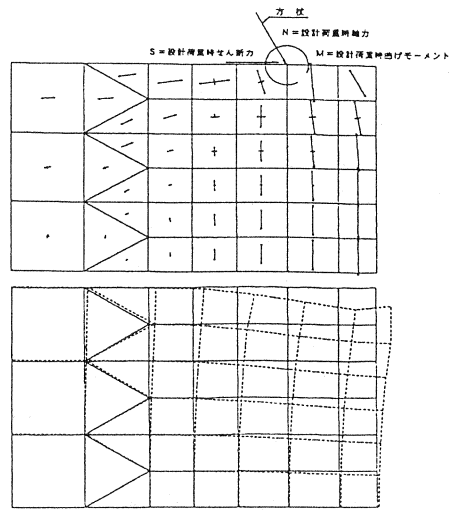


図-4 方杖基部 FEM解析モデル

#### 4. 施工上の留意点

構造解析において考慮した様々な要素のうち、以下の点については特に留意すべき事項として施工に反映した。

##### 1) 各 P C 鋼材の緊張順序と時期

構造解析で仮定した各 P C 鋼材の緊張順序は主塔 P C 鋼材→主桁 P C 鋼材→斜材ケーブルの順である。本橋において斜材ケーブルにより主塔と主桁が連結された状態で主塔 P C 鋼材を緊張した場合、主塔の弾性変形が斜材ケーブルを介して主桁に断面力を発生させることとなる。構造解析による照査の結果、このような断面力が主桁に生じた場合、斜材ケーブル緊張時に主桁に許容値を越す引張応力度が生じる結果となった。そこで構造解析では、このような断面力を発生させない方法で施工することを前提として、P C 鋼材緊張時の主塔の弾性変形による主桁の断面力を無視した。一方、斜張橋のようにクリープするコンクリート部材とクリープしない鋼部材である斜材ケーブルが混在する構造系の場合、クリープによる断面力の発生は小さくなく詳細な検討が必要であり、本橋の構造解析においても十分な検討を行った。

以上の理由により、斜材ケーブルの緊張時期は P C 鋼材の緊張により主塔が弾性変形を完了しクリープ変形が始まる前であることが望ましい。実構造物の場合、コンクリートの品質や現場環境等の不確定要因により弾性変形の一部が遅れて発生することも考えられる。また道路橋示方書によれば、部材高が 160cm を越す場合、持続荷重(プレストレス) 載荷後 10 日程度のクリープ変形の発現は遅いとされており、施工方法は主塔 P C 鋼材緊張後 10 日程度の材令を確保して斜材ケーブルの緊張を行うものとした。

なお、斜材ケーブルの張力調整力の導入は完成系完成後とし、主桁支保工撤去時には目標張力の 60% を導入するものとした。

##### 2) 主塔支保工の撤去時期

主塔にプレストレスの導入を行う場合、構造解析で考慮した所要のプレストレスによる応力度を得るためには、プレストレス導入にともなう変形を拘束するような支保工等は導入時には排除することが望ましい。

桁等の梁部材は、通常プレストレスの導入により安定する構造であるのでプレストレスの導入前に支保工を撤去することはできない。しかし本橋で採用した主塔形式の場合、傾斜しているので自重による曲げモーメントが発生するがその値は小さく、部材内に配置した鉄筋により十分安定する。よって、主塔支保工の撤去時期はプレストレス導入前に行うものとした。

### 3)橋台と主桁の打ち継ぎ

A1橋台と主桁の接合位置は鉄筋とPC鋼材により剛結する構造とした。A1橋台と主桁の施工時期が異なるので両者には材令差が存在する。材令差のある部材の打ち継ぎの場合、新しく施工する部材の乾燥収縮が前に施工した部材に拘束されクラックの発生が懸念された。本橋のように両者の部材寸法が大きく異なる場合には特に顕著であると考えられ、完成系においてもっともクリティカルとなるA1橋台と主桁接合面においてクラックが生じた場合構造系全体に悪影響を及ぼすことが考えられた。

よって、十分な養生を行うことはもちろんのこと、主桁を1.0m程度A1橋台に埋め込むかたちで施工することで対処した。

## 5. 施 工

### 5.1 施工程序および施工順序

施工は、平成5年1月に着工して9ヶ月の工期で完成した。施工程序と施工順序を図-5および図-6に示す。

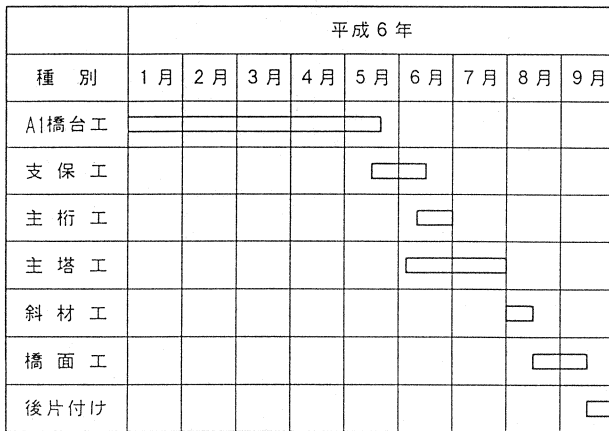


図-5 施工程序

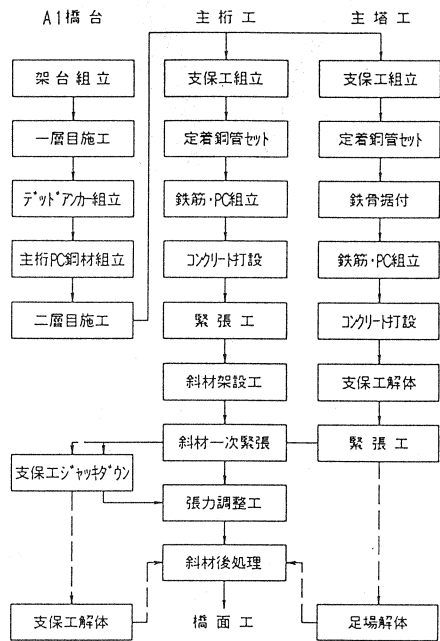


図-6 施工順序

### 5.2 A1橋台の施工

A1橋台はφ700の鋼管杭12本による杭基礎であるので躯体の施工に先立ちTAIP工法による杭打ちを行った。躯体は2層に分割して施工し、1層目に主塔PC鋼材のデッドアンカー設置のための架台を埋め込み、2層目施工時に主塔PC鋼材のデッドアンカーと鋼材および主桁のPC鋼材を配置してコンクリートを打設した。

(写真-2)

施工が容易になるよう主塔・主桁PC鋼材ともに適当な長さで2分割しカップラーにより接続した。

### 5.3 主桁の施工

主桁は河川内に設置した支柱式支保工上で施工した。完成時に斜材ケーブル軸線の折れが生じないように十分な検討を行って支保工の下げ越し量を決定し、斜材定着体設置用の切り欠きを設けた。

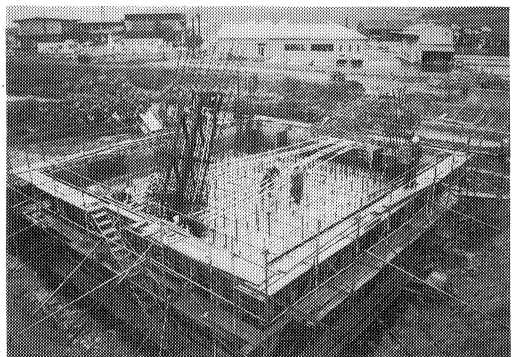


写真-2 A1橋台施工状況

#### 5.4 主塔の施工

主塔は橋台上に固定式支保工を設置して施工した。（図-7）主塔内には施工精度の向上、鉄筋の保持およびPC鋼材や定着具の位置固定の目的でL-150×150を主材料とする鉄骨トラスを設置した。

（写真-3）

ロット分割は、コンクリートの打設量、定着体の配置および施工性を考慮して3.0mの6ロットとし、PC鋼材の緊張は主塔頂部からの片引きで行った。

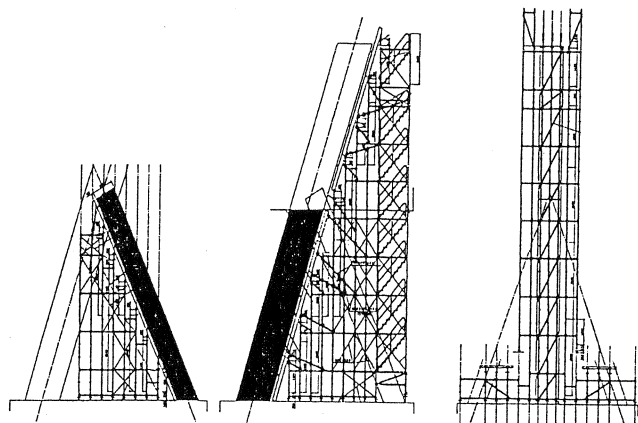


図-7 主塔支保工図

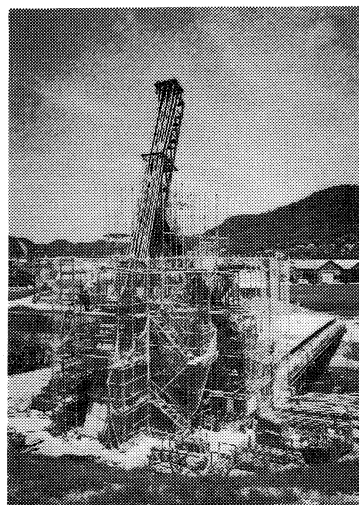


写真-3 主塔施工状況

#### 5.5 斜材の施工

斜吊り材は、主塔側定着体をトラッククレーンによりつり上げセンターホールジャッキで主塔内に引き込み固定した後、主桁側を固定して架設した。斜材の緊張は主塔側から行い、主桁支保工撤去前に目標張力の60%を導入し、支保工を撤去した後最終張力の導入を行った。ケーブル張力の測定は、ケーブルに一次・二次の調和振動を強制的に発生させ、その時の固有振動数の計測結果から張力を算定する強制振動法により行った。この方法による場合ケーブルの曲げ剛性が無視できない場合やサグの影響がある場合かなりの誤差が認められるが本橋のように小規模でケーブルも細径で短い場合ほとんど誤差が生じないのでこの方法を採用した。計測はケーブルに加速度計を取り付け、ハンマーで加振して動ひずみ測定器により振動波形を読みとることで行い、各ケーブルとも3回の平均を測定値とした。

#### 6. おわりに

本橋は、国内で施工された斜張橋の中では小規模の部類に属し、施工方法も固定支保工による現場打ち施工であることから技術的に特筆すべきところは少なかった。しかし、ピラミッドを基本コンセプトとした計画において傾斜主塔からの片面吊りという国内でも例の少ない構造形式を採用し、主塔をPC構造とすることで安定した構造系として安全に施工できたことは技術的に価値あるものであった。

本来、斜張橋の主塔は圧縮部材となることから鉄筋コンクリート部材が用いられることが一般的であるが、本橋においてPC構造の主塔を採用したことでPCの適用分野を拡げ斜張橋のデザインの自由度を高めたことは大きな成果であった。

現在「ふれあい橋」は10基の照明でライトアップされ、ピラミッドを想わせる美しい姿を静寂の夜に浮かび上がらせている。仁摩健康公園とともに仁摩町の新名所として訪れる観光客の目を楽しませてくれることであろう。

最後に、本橋の建設にあたりご協力いただいた関係各位に感謝の意を表します。