

(58) 八戸港ポートアイランド連絡橋(仮称) の設計・施工 (大型独立1本斜塔を有するPC斜張橋)

青森県土木部港湾空港課
青森県八戸港管理事務所
開発コンサルタント(株) 正会員
五洋・東洋・ドービー・寺下JV 正会員

竹内 春繁
三上 俊孝
野口 和雄
上平 謙二

1. はじめに

八戸港ポートアイランド連絡橋(仮称)は、近年の物流需要の増大、船舶の大型化、輸送形態の変化が進む八戸港において港湾整備事業の一貫として計画された人工島(ポートアイランド)と、既設の幹線臨港道路とのアクセス道路である。

本橋は、2径間連続非対称PC斜張橋であり、特に主塔は15°の傾斜角を有する独立一本柱で、我が国の道路橋(一等橋)では初めての形式であろう。

本論文では、構造上多くの特徴を有する本橋において、設計・施工面よりその対応策について述べるものである。

2. 工事概要

本橋の工事概要は以下のとおりである。

工事名称：八戸港改修橋梁工事
工事場所：青森県八戸市河原木地内
橋種：プレストレストコンクリート道路橋
橋格：1等橋(第4種第2級)
橋梁形式：2径間連続PC斜張橋
橋長・支間割：165.5m(99.1m+55.5m
+9.9m(張出部))
有効幅員：19.0m(車道部2×7.5m
歩道部2×2.0m)
平面線形：R=∞
勾配：縦断4.5%以下、横断2.0%
橋脚：RC構造(充実断面)
主塔：RC構造(独立一本柱)
主桁：PC構造(3室箱桁断面)
斜材：準ハープ型、一面吊り
支持形式：剛結タイプ
工期：平成3年7月～平成7年3月

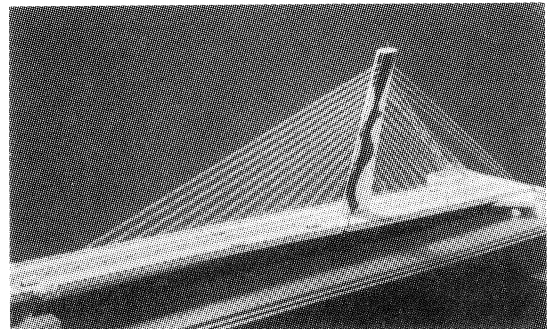


写真-1 完成予想(模型より)

表-1 上部工主要工事数量

区分	種別	仕様	単位	数量	備考
主桁	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf}/\text{cm}^2$	m ³	4683.1	
		$\sigma_{ck}=160\text{kgf}/\text{cm}^2$	m ³	196.5	引掛ケイストン
	鉄筋	SD295	t f	620.3	
		SD295	t f	34.2	EP鉄筋
主塔	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf}/\text{cm}^2$	m ³	926.5	
		鉄筋 SD295	t f	187.9	
	PC鋼材	SBPR930/1180	t f	2.4	φ32
		鉄骨 SS400	t f	30.9	
斜材	PC鋼より線	SWPR7B	t f	139.7	1T15.2
		37H15	組	28	フレクシー
		48H15	組	18	Hシステム
	定着体	61H15	組	2	
橋脚	コンクリート	$\sigma_{ck}=300\text{kgf}/\text{cm}^2$	m ³	901.4	
		鉄筋 SD295	t f	62.0	
	PC鋼材	SD295	t f	48.2	EP鉄筋
		SBPR930/1180	t f	2.9	φ32
	保護管	FRP	m	2503.8	

なお、工事数量は表-1に示すとおりである。

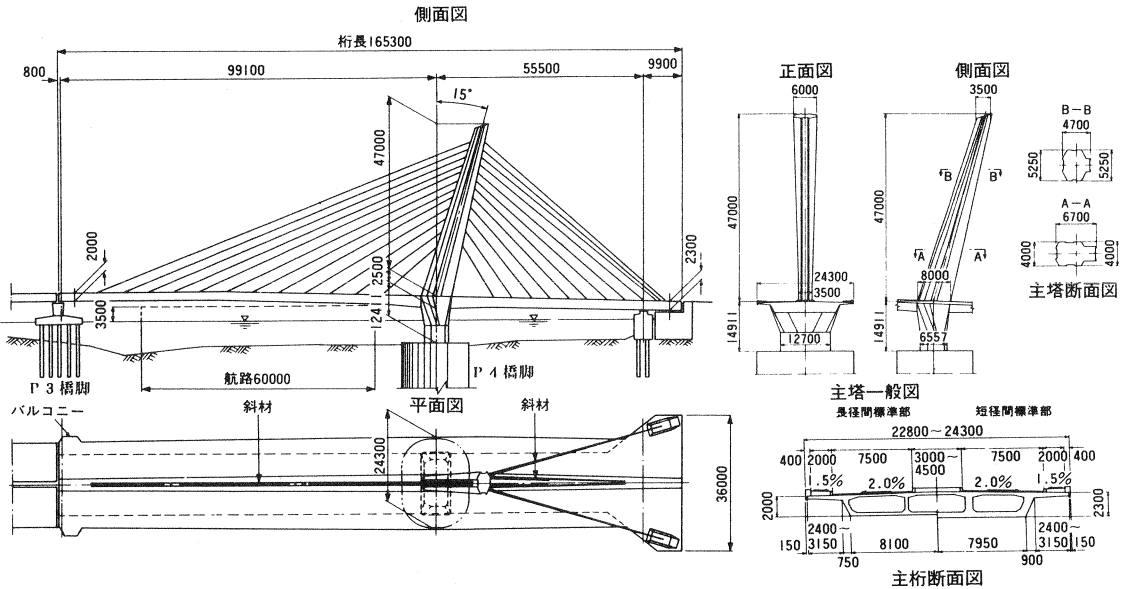


図-1 全体一般図及び断面図

3. 構造および設計

3-1 構造特性

本橋の一般図及び断面図は図-1のとおりである。

本橋の構造は図-1に示すとおり、橋長165.5mの2径間非対称のPC斜張橋であり、橋梁の規模としては中規模に分類される橋梁であるが、構造上の種々な特徴を有しているため、それらについて概説する。

- ① 主塔が独立一本柱で7.5°に傾斜している。
これは、景観性および構造等を考慮して決定したものである。
- ② 短径間主桁の端部が拡幅されている(幅員36.0m)。
これは、主塔橋軸直角方向の耐震安定性を向上させるため、短径間側斜材の上段3段を拡幅部の両端付近にそれぞれ広げて定着するため拡幅したものである。
- ③ 短径間拡幅部は充実断面となっている。
これは、左右非対称構造ということで、カウンターウェイトとしての機能を持たせるための充実断面である。
- ④ 短径間主桁の端部9.9mの部分は張出し構造となっている。
これは、図-1の一般図にも示したが、短径間主桁の端部に位置するのが既設防波堤(ケーソン構造)である。この既設ケーソンに反力を支持させることが困難であったため、反力支持用の橋脚(P5橋脚)をケーソンの前方に新設する必要があり、このような張出し構造となった。

3-2 設計概要

本PC斜張橋を設計する場合の設計思想としては、PC橋の部材の剛性、構造特性より考慮される変形挙動、応力集中および前述した構造特性等を考慮して、以下に示す設計部材にそれぞれ分離して構造解析を行い、それぞれの設計を行った。

- ① 主方向 (主桁、主塔及び橋脚、斜材)
- ② 主桁横方向
- ③ 短径間拡幅部 (2次元FEM解析)
- ④ 支点横桁 (P3支点横桁のみ)
- ⑤ 斜材定着部横桁
- ⑥ 短径間拡幅部端部斜材定着部 (3次元FEM解析)

全体の解析フローと設計要領を図-2および図-3に示す。

なお、クリープおよび乾燥収縮度の計算については、橋脚、主塔および主桁のそれぞれの平均材令を用いている。

また、上記③の短径間拡幅部の施工時横方向断面力は、施工段階に応じた境界条件、斜材緊張位置および緊張力の変化に伴って断面力はその都度変化することになる。

したがって、施工時横方向断面力を考慮した横方向鋼材量およびその緊張順序を決定するため、2次元のFEM解析モデル (橋軸直角方向1/2モデル) を用いた解析を行った。断面力解析結果を図-4に、また、拡幅部のPC鋼材配置と上記⑥による解析結果を基にした斜材定着部周辺の補強鋼材配置を図-5に示す。

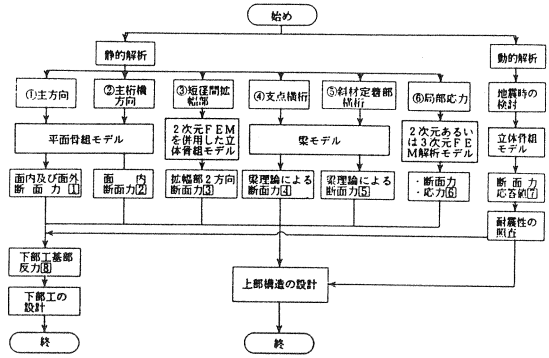


図-2 全体解析フロー図

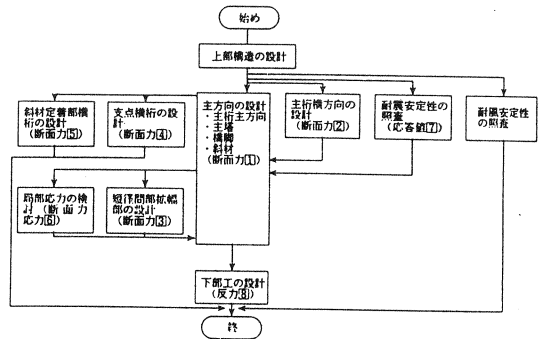


図-3 全体設計要領フロー図

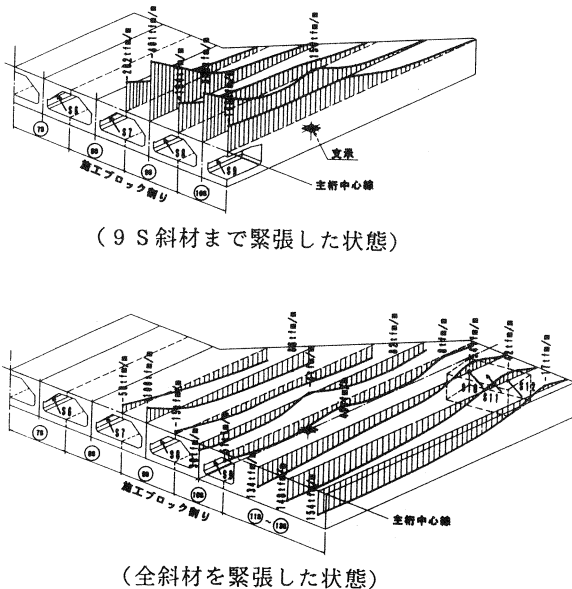


図-4 拡幅部断面力解析結果

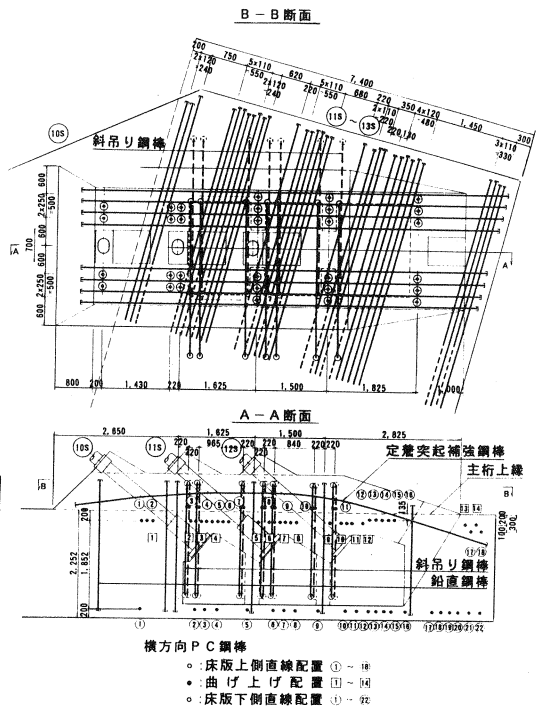


図-5 拡幅部PC鋼材配置

4. 施工

4-1 概要

上部工の施工は、大きく柱頭部、主塔、主桁、斜材の架設および緊張に分かれる。ここでは、これらの施工方法についてその概要を説明する。なお、本橋で使用したコンクリートの設計強度は、主桁、主塔とも $\sigma_{ck}=400\text{kgf}/\text{cm}^2$ で、橋脚については $\sigma_{ck}=300\text{kgf}/\text{cm}^2$ である。また、海上に建設される橋梁であり、架設構台に配管しての比較的距離の長い圧送打設となるため、高性能A E減水剤を用いた流動化コンクリートを用いている。

上部工の施工手順は図-6に示すとおりで、図-7には、施工ブロック割り図を示す。

特に、本橋の場合海上橋であり、短径間側については主桁とH. W. Lとのクリアランスが少ないため、張出し施工が困難となり支保工施工としている。

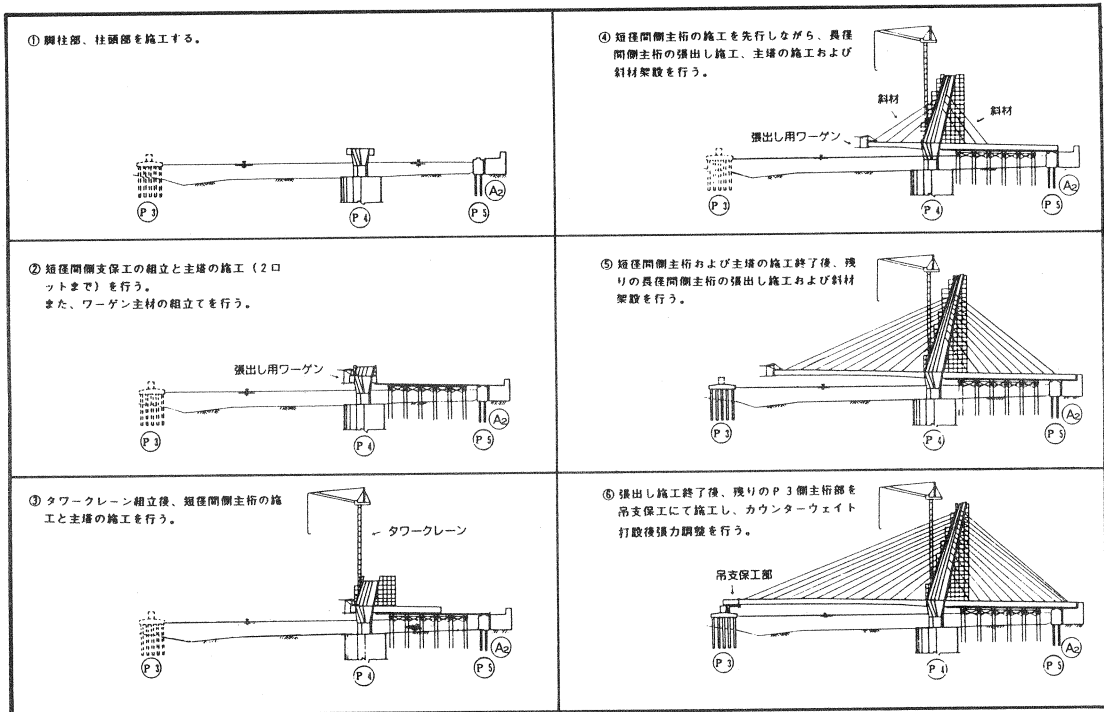


図-6 上部工施工手順

4-2 柱頭部の施工

柱頭部の施工は、P4橋脚基礎部の頂版コンクリート天端から支保工を組立てて行った。コンクリート打設は、コンクリート打設量、鉄筋、PC鋼材の配置および、特に本橋の場合、基礎部が鋼管矢板井筒基礎ということで、この鋼管矢板の切断後の撤去を考慮して、主桁の張出し床版部を後打ちとした3分割方式で行った。

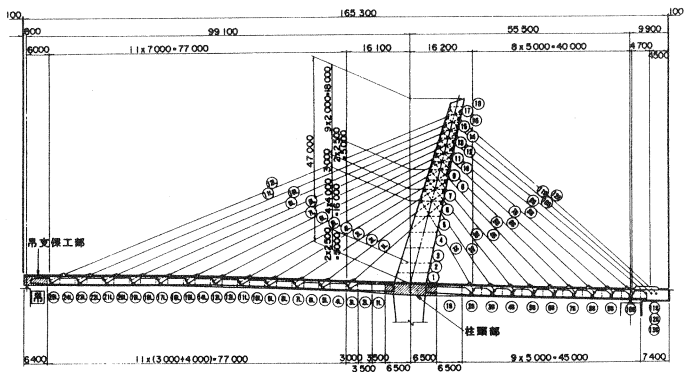


図-7 施工ブロック割り図

4-3 主塔の施工

主塔の施工は、主塔の断面形状が複雑に変化すること、また、主塔が75°に傾斜していることを考慮して、総足場工法で施工した。ロット割りは、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4.0m~2.0mの18ロットである。主塔の断面形状から型枠は木製とし、また、鉄筋、型枠、斜材定着体の組立て精度を確保するため、鉄骨を配置している。資材の運搬はすべてタワークレーンによる。写真-2に主塔の施工状況を示す。

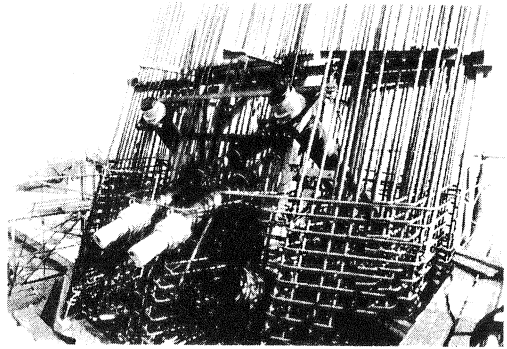


写真-2 主塔の施工状況

また、主塔断面形状および定着体の配置方法により、特に短径間側の斜材が主塔に定着される部分については、主塔横方向に大きな引張力が作用するため、それに対し部材が十分安全となるよう横方向にP C鋼材を配置した。

4-4 主桁の施工

(1) 長径間側主桁

長径間側主桁は、フォルパウアーゲンを用いた張出し施工である。張出し施工におけるブロック割りは斜材の吊点間隔7.0mに対し、標準ブロック4.0m、斜材定着ブロック3.0mの25ブロックからなる。本橋でのワーゲンは、3室からなる主桁断面形状にあわせた4フレームの中型特殊ワーゲンである。

特にP C斜張橋の場合、主桁の剛性に対し非常に重いワーゲン荷重が載るため、斜ウエブを有するボックス断面の場合、施工時において斜めウエブに大きい斜引張応力が発生しているようである。本橋も斜めウエブを採用していることから、斜引張応力についての照査を行い、部材の安全性が十分確保できるよう施工した。

(2) 短径間側主桁

短径間側主桁におけるコンクリート打設は、斜材の吊点間隔が5.0mであり、主桁の部材厚が厚いこと、また、コンクリートポンプ車の圧送能力等を考慮して、基本ピッチ5.0mの13ブロックに分割して施工した。なお、短径間拡幅部については幅員が36.0mと非常に広く、充実断面となっているばかりか、斜材の定着部が両端に分かれていることも考慮して、特に幅員方向に3分割してコンクリート打設を行った。また、短径間拡幅部においては、特に横方向P C鋼材の緊張順序について、図-4および5に示したように詳細に検討し、部材の安全性が十分確保できるよう決定した。

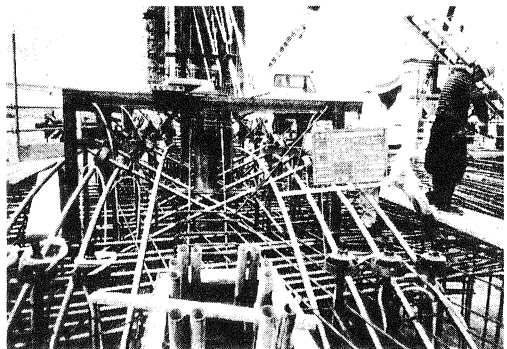


写真-3 定着体補強鋼材配置状況

写真-3に拡幅部斜材定着体周辺の補強鋼材配置状況を示す。

なお、短径間側主桁ボックス内には、主桁完成後カウンターウェイトを打設する。

4-5 斜材の架設および緊張

本橋の斜材は一面吊りのダブルケーブル方式であり、フレシナーHシステムによる現場製作ケーブルである。また、ケーブルの保護管にはFRP管を採用している。FRP管の架設は、主桁上にFRP管接合

架台を設置し、架設用ストランドにFRP管を吊り下げ接合しながらウインチで吊り上げた。ストランドの挿入は、主桁上に設置したプッシングマシンで一本毎挿入した。

斜材の緊張はすべて主塔側での一括緊張方式であり、37Hシステムについては430tf、また48Hおよび61Hシステムについては、800tfのセンターホールジャッキでそれぞれ緊張している。緊張力の管理は基本としてプレッシャーゲージによる。写真-4に斜材の緊張状況を示す。

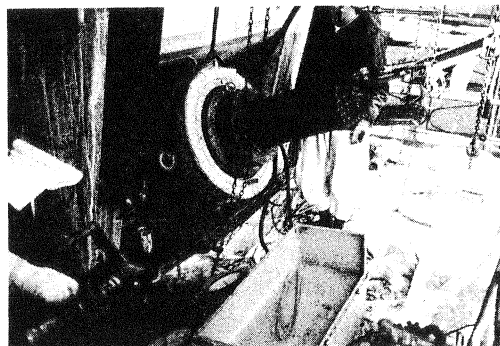


写真-4 斜材緊張状況

4-6 品質管理

本橋は海上橋であり、寒冷地での施工ということで、コンクリートの品質管理の面で以下の対策を行った。

(1) EP鉄筋の使用

特に橋脚部はスプラッシュゾーンとなるため、-0.6m~+2.5mの範囲についてはすべてEP鉄筋を使用した。また、長期暴露される鉄筋(地覆鉄筋他)についてもEP鉄筋を使用している。

(2) 寒中コンクリート対応

本橋の建設地である八戸では、冬期-10℃程度(八戸測候所の記録調査結果)まで気温が下がるため、寒中コンクリートとして養生温度、養生期間および、養生方法を解析的手法を混じえ検討し、凍害の影響がないよう管理した。

上記品質管理対策については、特に施工技術委員会(委員長:伊藤 学 東大名誉教授、幹事長:三浦尚 東北大学教授)により指導を受け決定したものである。

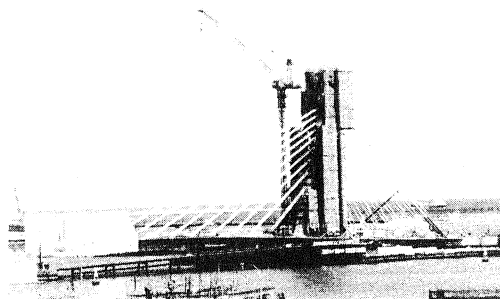


写真-5 現況

4-7 施工管理

PC斜張橋の場合、特に主桁床版あるいは斜材の温度の影響によるたわみの変化、あるいは張力変化などが施工管理上大きな要因となる。

そこで、本橋では、主桁のたわみと斜材の張力を主要管理項目として、上記の変動を迅速にとらえ、実施工に反映させるため各種計測を行い、それをパーソナルコンピューターを用いた施工管理システムに取り込み、補正量の計算をし、それを施工にフィードバックさせている。

5. あとがき

ここでは、本橋の設計・施工に関し、特徴的な所を抜粋してその概要を述べたが、今後この種の構造に直面した場合の参考資料となれば幸いである。

最後に、「八戸ポートアイランド連絡橋(仮称)施工技術委員会」伊藤 学 委員長並びに三浦尚 幹事長をはじめとする各委員の皆様ならびに関係各位の御尽力に対し謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 奈良、樋口、鈴木、中村、: 八戸ポートアイランド連絡橋の計画概要: 橋梁、vol.27, NO.8 1991
- 2) 第3回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、1992年
- 3) 久保: 八戸港ポートアイランド連絡橋(仮称)の施工: 橋梁、vol.29, NO.12 1993