

ピロン工法を採用した斜張橋における 張出し架設の設計・施工について

亀井 健太郎¹・加藤 浩司

¹関東地方整備局 京浜港湾事務所 事業調整室 (〒231-0001 神奈川県横浜市中区新港1-6-1)

川崎港臨港道路東扇島水江町線は、東扇島地区と水江町地区を結ぶ約3.0kmの臨港道路である。主橋梁部は京浜運河を横断するため、航行する船舶への配慮が求められることに加え、海底に広がる厚い軟弱地盤により仮設構造物の設置が困難であるといった複数の制約が重なる厳しい施工環境に位置している。本稿では、こうした条件下で実施した側径間PC桁の張出し施工において、従来の斜張橋では、ほとんど採用例のないピロン工法を採用するに至った背景と、その設計上の要点、施工管理の取り組みについて報告する。

キーワード 張出し架設, ピロン工法, 斜張橋, 複合斜張橋

1. はじめに

川崎港東扇島地区は、冷凍冷蔵倉庫が全国で約1割、神奈川県で約6割を有するなど大型物流施設が多く立地しているが、東扇島へのアクセスは、一般道路は川崎港海底トンネル（昭和54年供用）のみであり、他は首都高速湾岸線からアクセスとなっているため、港湾物流の円滑化及び渋滞緩和による所要時間の短縮や時間信頼性の向上が求められている。また、大規模地震時の発災時に海上輸送された緊急支援物資を内陸部へ輸送するため基幹的広域防災拠点整備されている。

川崎港臨港道路東扇島水江町線（以下、「本路線」という。）は、東扇島地区と水江町地区を結ぶ、約3.0kmの臨港道路である。

本路線は、東扇島アプローチ部約1.1km、主橋梁部約0.9km、水江町アプローチ部約1.0kmで構成される。



図-1 整備計画位置

2. 主橋梁部の概要

(1) 主橋梁の構造形式

主橋梁部の構造形式は、図-2 のとおり斜張橋で、京浜運河を航行する大型船舶に対応する桁下空間 47m および航路幅 400m を確保するため、主塔間の中央径間長を 525m 確保している。

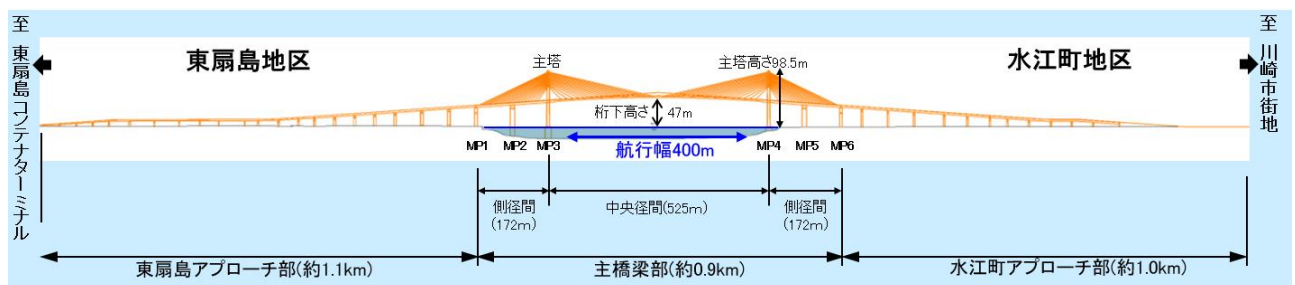


図-2 本路線の概要

一方で本路線は羽田空港近傍に位置することから、空域制限により主塔の高さに制限があり、主塔高は98.5mに抑えた低主塔の斜張橋となっている。参考に他港の長大斜張橋との比較を表-1に示す。

表-1 他橋梁との比較

橋梁名	径間長	主塔高	基礎下面(主塔部)	桁下
1 多々羅大橋	890 m	226 m	約-33 m	40 m
2 名港中央大橋	590 m	195 m	約-50 m	55 m
3 東扇島水江町線	525 m	98.5m	約-64 m	47 m
4 鶴見つばさ橋	510 m	183 m	約-33 m	49 m

(2) 桁形式の選定

水江町側の主塔(MP4)は、5万DWTクラスのLNG船が接岸する岸壁の直近になるため、接岸する船舶に影響しないように護岸際の配置となり、側径間は陸上で施工可能な形式にする必要があった。また、主塔高さが98.5mと低いため、径間長は約500mが限界であったことから、東扇島側の主塔(MP3)及び側径間の下部(MP2)は、海上部に配置した。

中央径間長が500m級となる長大斜張橋は、これまで鋼斜張橋が一般的であったが、近年では、鋼とコンクリートを組み合わせた複合斜張橋も数多く建設されている。本橋では中央径間との重量バランスをとるため、側径間に自重の大きいコンクリート桁を採用し、側径間の延長を短縮することで、工事費の大きい主橋梁部の橋長を抑制した。これにより、主橋梁部は中央径間に鋼桁、側径間にPC(プレストレストコンクリート)桁を組み合わせた複合斜張橋形式を選定した。

(3) 径間構成

主橋梁部は、MP1~MP6間で形成され全長は869mとなる。このうち、主塔間(MP3~MP4間)の中央径間で525m、側径間は中央径間の両側に位置し、主橋梁部とアプローチ部を接続する役割を持ち、東扇島側(MP1~MP3間)、水江町側(MP4~MP6間)でいずれも172mとなる。

本稿で述べるピロン工法は、これら側径間部におけるPC桁の張出し施工に適用したものであり、中央径間の本ケーブル支持部とは異なる仮設塔柱(ピロン柱)と仮ケーブルを利用した施工方式である。

3. ピロン工法の採用背景

(1) 施工条件・施工制約

計画地は埋立造成によって形成された人工島であり、図-3のとおり、東扇島および水江町の両地区には厚さ30m以上の軟弱層が広範囲に堆積している。支持層は海面下60m以上の下層に位置するため、施工に際しては地

盤支持力の不足や沈下リスクを十分に考慮する必要があった。

そのため、側径間の施工時には仮設構造物の最小化と施工中の安定性確保を同時に満たす施工手法が求められた。

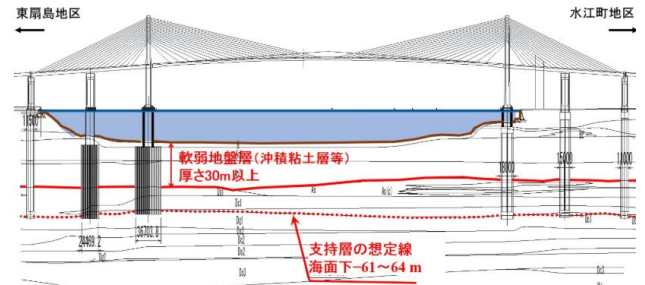


図-3 計画地の地層

また、計画地を横断する京浜運河は多数の船舶が常時航行する水域であり、本事業において航行船舶を阻害しないことに加えて、羽田空港の空域制限に配慮した構造物の高さや施工機械の使用手法とする必要があった。

(2) 架設工法の選定

側径間の各支間は85mと長く、支保工架設(図-4)や押し出し架設(図-5)を適用する場合には、図-4や図-5に示すような構台等の下部仮設構造物の設置が不可欠となる。

しかし、区域一帯に広範囲に堆積する厚い軟弱地盤のため、下部仮設構造物を設置する場合は、支持安定性や仮設は大規模とならざるを得ず、架設作業後の撤去を含めたコストの観点からも課題が大きい。

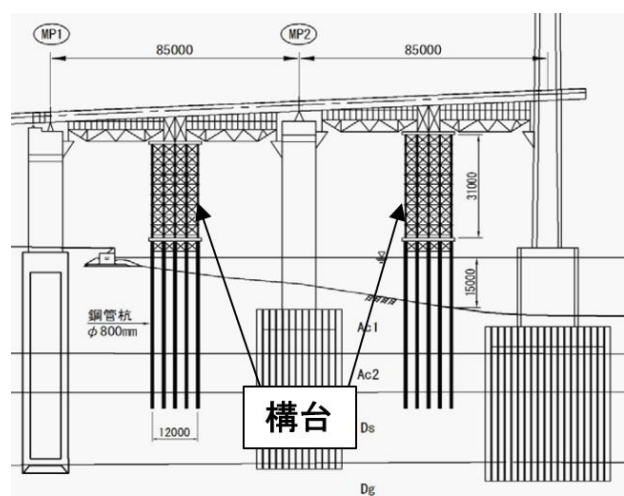


図-4 支保工架設

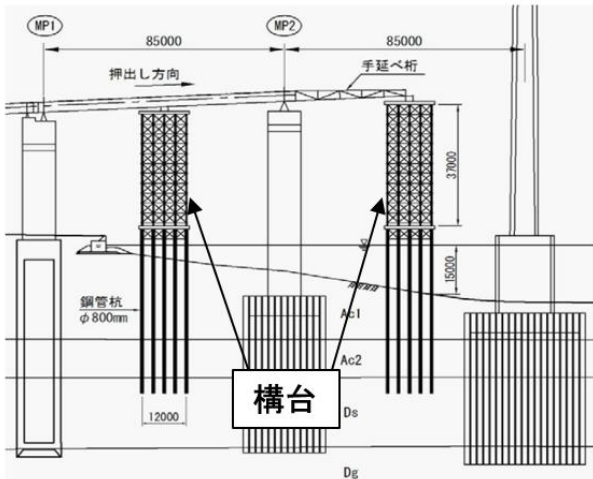


図-5 押し出し架設

したがって、側径間の施工にあたっては、下部仮設構造物に依存せず、上部工から自立して施工できる架設工法を検討した。ピロン工法（図-6）は、張出し架設において橋脚柱頭部に高さ約 36m のピロン柱を設置し、その両側に仮ケーブルを張りながら張出し桁を支持する張出し架設を行う工法で海上部や軟弱地盤上における仮設構造物設置を最小限に抑えられることに加え、長大支間の張出し施工において施工中の安定性確保にも優れることから、本事業の施工条件に最も適した工法であると判断し、採用することとした。

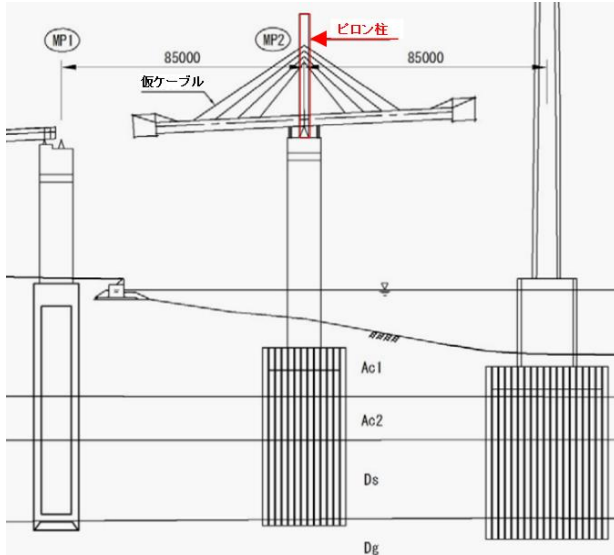


図-6 張出し架設

4. ピロン工法適用に伴う設計上の要点

(1) 本ケーブルと仮ケーブルの役割の違い

本橋では、中央径間において本ケーブルが主桁の恒久的な鉛直支持および水平荷重伝達を担うのに対し、側径間の張出し施工では、仮ケーブルが施工段階における主

桁の一時的支持を担うという点で、両者の役割は明確に異なる。

本ケーブル（図-7）は橋梁の永久構造部材として、完成形における主桁の荷重分担・変形特性・振動・耐風性などに直接影響を及ぼす。そのため、本橋ではφ7mmの平行線ストランドを用いた亜鉛めっき鋼線+グリース+高密度ポリエチレン被覆による3重防食構造を採用し、高強度・高耐食性を確保したうえで、長期にわたり張力および断面性能を維持できる設計とした。

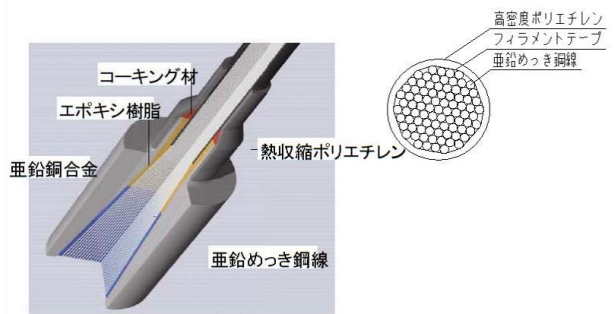


図-7 本ケーブル構造

一方、ピロン柱に使用する仮ケーブル（写真-1）は施工段階における自重・張出し桁の施工荷重・コンクリート打設荷重などの一時的な荷重を支持するためのものであり、施工完了後には撤去される。恒久構造である本ケーブルとは設計思想が根本的に異なる。このため、仮ケーブルは施工誤差の吸収や段階的な張力導入が可能な構造とし、材質としては、施工荷重に対して必要な強度を有しつつ、張力調整および施工性を重視したPC鋼棒やPC鋼を束ねて編んだもの（より線）を使用するのが一般的である。本橋では、仮ケーブルにおいても撤去までは数年先となるため、内部充てん型エポキシ樹脂被覆（ECF）PC鋼より線37S15.2を採用し、施工中の防食に配慮した。

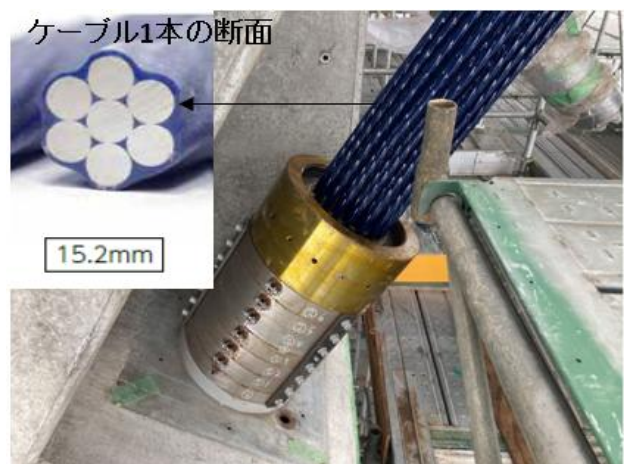


写真-1 ピロン柱に使用する仮ケーブル

(2) ピロン柱をPC桁上に設置した理由

本橋で採用したピロン工法で用いるピロン柱は、鋼桁架設の後半まで仮ケーブルで側径間のPC桁を支えておくために設置しておく必要がある。このため、主塔から設置される本ケーブルとの干渉を避けるため、仮ケーブルは撤去を前提にPC桁の中央に近い位置に設置している。また、撤去を前提にすることで、一時的な施工時の荷重のみを支持するため中規模基礎で十分になることから、恒久塔柱として残置する場合と比較して基礎が小さくできることから、構造的合理性や施工性に加えて、経済性の観点でも有利となっている。

5. ピロン柱による張出し架設の施工について

側径間のPC桁の施工は、MP2 (MP5) 柱頭部PC桁施工後、PC桁上にピロン柱を組立、張出架設のための移動作業車 (ワーゲン) を組立後、15ブロックに分けて張出し架設を行う。仮ケーブルは7ブロックに設置している。15ブロック施工後、MP1 (MP6) とMP3 (MP4) 上のPC桁を施工し、最後に鋼桁との接合部の施工を行う。施工中は、特に仮ケーブルの張力に留意し、PC桁の変位を観測しながら、確実に施工を進めた。(図-8)

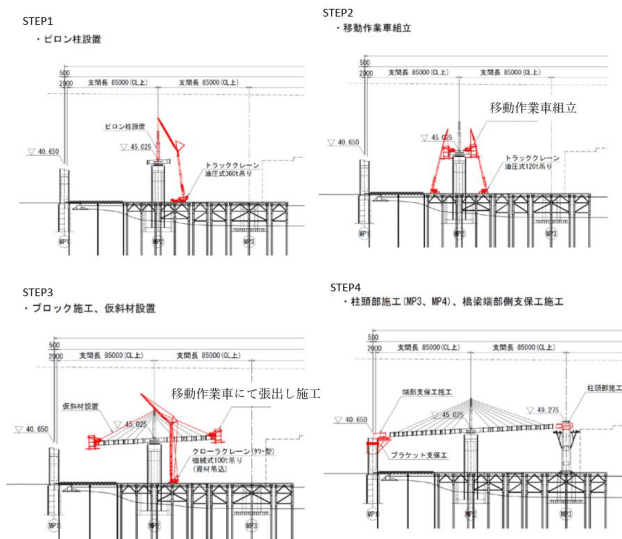


図-8 側径間の張出し架設 施工ステップ

6. 施工管理の取り組み

本橋に使用した仮ケーブルは、一括緊張型の斜材ケーブルと違い、施工性を考慮して、PC鋼材 (ストランド37本) の架設を1本ずつ挿入して行い、1本毎に単線緊張する方法を選択した。したがって、全体の緊張管理もさることながら、個々のPC鋼材の張力ばらつきをなくす緊張管理方法が必要となる。また、斜材張力によるプレストレスが不足すると、主桁の想定外のひび割れ等が発生する危険性があるため、確実な緊張力をコンクリートに伝達することを考慮し、緊張力 (ポンプ圧力) を主、

伸び量を従とする管理手法を基本とした。

本橋の斜材は1本毎に単線緊張するため、ケーブル間の張力ばらつきを少なくする管理も必要となることから、1~4段目は3回に分けて緊張し、5~7段目は2回に分けて緊張することで、各ケーブル間の張力差を極力少なくする計画とした。

張力の管理値は、PC桁張出し架設時の負曲げが増加しないようにマイナス側の誤差を強要しないように設計張力に対して0~+5%となっていることから、その範囲内に収まるように施工した。(図-9)

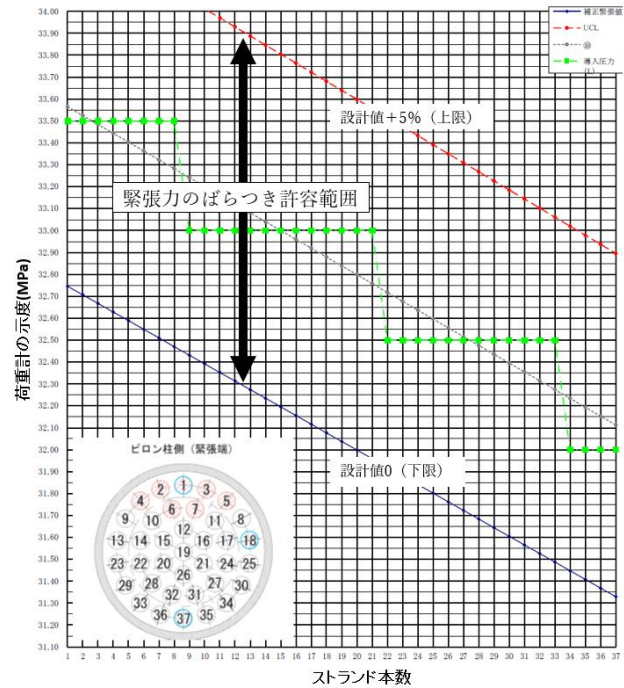


図-9 仮ケーブル緊張管理図

7. おわりに

本稿では、川崎港臨港道路東扇島水江町線における主橋梁部のうち、側径間のPC桁張出し施工に適用したピロン工法について、その採用背景、設計上の要点、施工管理の取り組みを報告した。本橋は、軟弱地盤・海上航路・空域制約という三重の制約が重なる厳しい施工条件のもとで計画されたものであり、側径間において下部仮設構造物に依存せずに施工可能なピロン工法の採用は必然的な選択であった。施工段階においては、適切な張力管理により施工精度を確保し、側径間部は安全かつ適切に完成した。今後は、中央径間の架設に伴い、仮ケーブルおよびピロン柱の撤去を順次実施する予定である。本事例は、港湾域特有の厳しい条件下における長大橋施工に対して、仮設最小化と計測管理高度化を組み合わせた施工合理化の有効性を示すものである。今後、同様の制約条件を有する港湾・海岸域の長大橋計画に対し、本稿の知見が最適解を探るための有力な参照事例となることを期待する。