

Project brief 3

プロジェクト紹介 [寄稿]

東京港臨海大橋 (仮称) 主径間部設計

糸井 誠

ITOI Makoto

セントラルコンサルタント株式会社
橋梁部/次長



はじめに

東京港臨海道路は、東京都品川区城南島から中央防波堤外側埋立地を經由して江東区若洲に至る、延長約8kmの道路である。

本稿で紹介する東京港臨海大橋 (仮称) は、横浜港湾空港技術調査事務所より発注され、東京港臨海道路が東京東航路 (第3航路) を横断する位置に計画された、橋長 760m (支間長 160m+440m+160m) の鋼3径間連続トラス・ボックス複合橋である。

本橋梁のデザインは、平成元年度から平成7年度に渡って行われた景観検討委員会 (委員長: 中村良夫東京工業大学教授) の審議を経て決定されたもので、港のシンボルであるガントリークレーンを連想させる形体となっている。また、トラス・ボックス複合橋という橋梁形式名は、技術検討委員会委員長の三木千壽東京工業大学教授が命名されたものである。

東京港臨海大橋の工事は下部工が完成し、上部工の地組立て工事 (写真1) が実施されているところである。2009年9月に第1回目の大ブロック架設が計画されている。



図1 東京港臨海大橋 (仮称) のイメージパース



図2 東京港臨海大橋 (仮称) 位置図

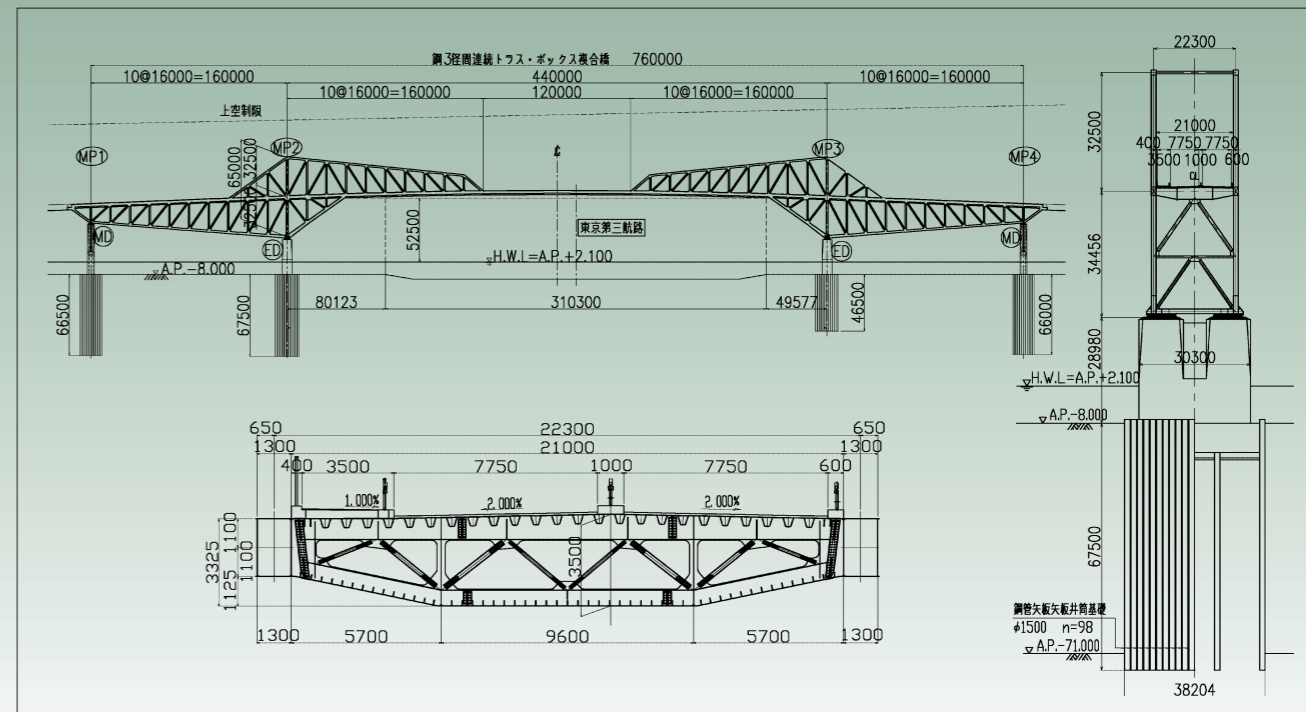


図3 東京港臨海大橋 (仮称) 一般図

架橋位置周囲の状況

架橋位置周囲には、橋梁計画上次のような特徴があった。

- ① 羽田空港に近接する位置にあることから、上空制限 (施工時: AP+119.6m、完成時: AP+97.0m) を受ける。
- ② 架橋地点の地盤は、N値ゼロの有楽町粘性土層が30m以上堆積し、その下にも比較的軟弱な七号地層が25m程度堆積する超軟弱地盤である。



写真1 上部工組立状況

橋梁計画

東京港臨海大橋は、東京東航路のクリアランス (幅約300m、高さ約55m) を確保するとともに、近接する中央防波堤と東防波堤の開口幅を阻害しないよう中央径間長440mの長大橋梁として計画された。

本橋梁の設計は、技術検討委員会において審議され、数多くの新技術が導入されている。

以下に、本橋梁設計で用いられた新技術や特徴的設計法等について示す。

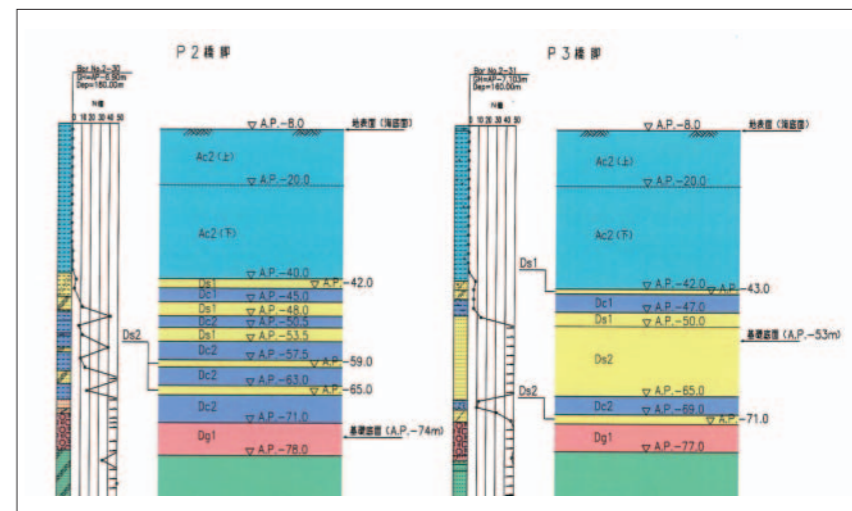


図4 中間橋脚部の地層構成

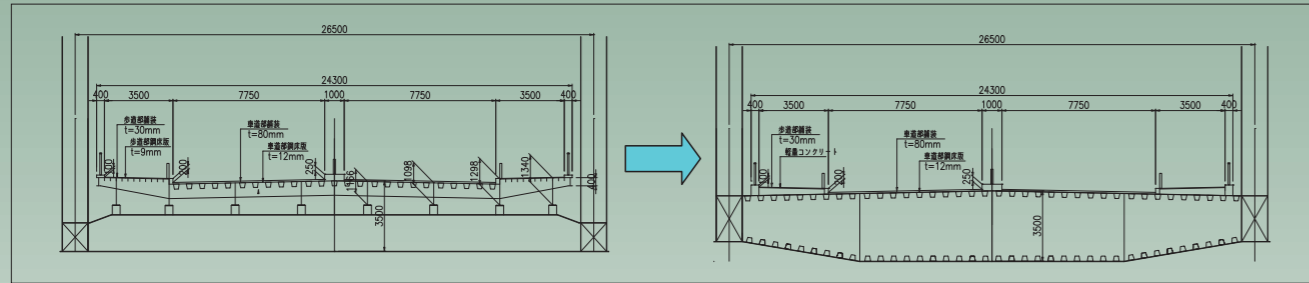


図5 鋼床版合成トラスの採用(基本設計時点)

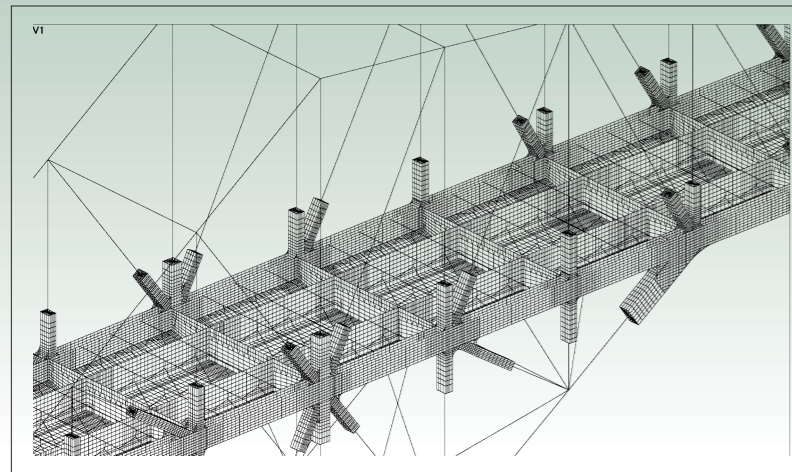


図6 全体系のFEM解析モデル

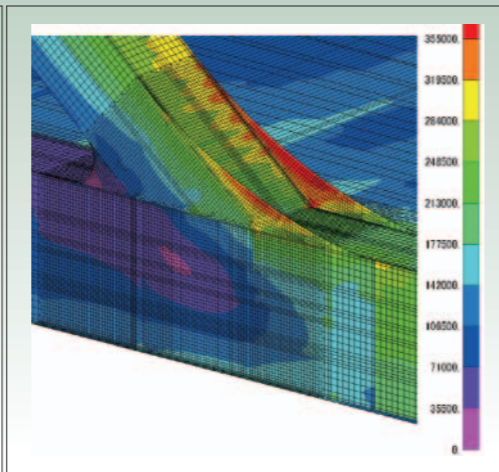


図7 トラス先端部のFEM解析

橋梁形式

上部工形式は、多くの長大橋梁形式から絞り込まれた斜張橋とトラス橋の比較となり、一般的に有力と考えられた斜張橋が上空制限の影響により経済性や構造的性等で不利になったため、近年採用実績の少ないトラス橋が選定された。

基礎工形式は、支持層深さがAP-70m以上(P2橋脚)と深いことより、施工時の安全性等を優先し鋼管矢板井筒基礎が選定された。

上部構造の概要

荷重抵抗係数設計法

長大トラス橋梁では、部材に作用する断面力の中で死荷重の比率が高く、死荷重と活荷重で同じ安全率を確保する許容応力度設計法では、部分的に過大な設計となってしまう。

このため、荷重のばらつきの小さい死荷重には低い安全率を、ば

らつきの大きい活荷重には高い安全率を確保する荷重抵抗係数設計法を採用し、部材ごとの安全率の最適化を図った。

BHS鋼材

BHS(橋梁用高性能)鋼材は、従来の鋼材に比べ高強度であるとともに、溶接施工性や加工性を大幅に改善した鋼材である。

本橋梁では、全体の約半分にBHS鋼材を使用し、部材断面の縮小と製作性の向上を図った。

鋼床版合成トラス構造の採用

これまでの長大トラス橋では、図5の左側に示すように、鋼床版部材とトラス部材とを分離した構造が主流であった。この構造では、多くの床組を支持する支承が必要になることや、鋼床版部材に主構作用を負担させることができない等の課題がある。

本橋梁では、図5の右側に示すようなトラス部材と鋼床版部材を一体化した鋼床版合成トラス構造

を採用し、支承の省略やトラス弦材断面の縮小を図った。

鋼床版合成トラス構造の設計では、トラス部材と鋼床版部材の結合部に発生する局部応力の評価が課題になる。本設計では、これらの局部応力を擬似的に求める設計手法を設定した。さらに、図6に示すような橋梁全体をモデル化したFEM解析を実施し、設計手法の妥当性と安全性を確認した。

トラス部と箱桁部の連続化

中央径間中央の箱桁部分は、当初ゲルバー構造にする計画であった。しかし、地震時における落橋の恐れを解消するため、トラス部と箱桁部の連続化を検討した。

この検討では、図7に示すようなFEM解析により、ダイヤフラムの位置や数、格点部のフレット半径等を調整し、各部に発生している応力集中を適切な範囲に減少させ、連続化を可能にした。



写真2 縞鋼管継ぎ手(載荷試験供試体)

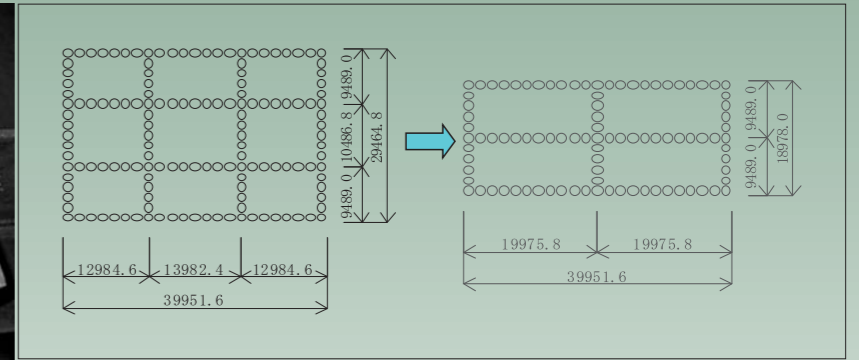


図8 縞鋼管継ぎ手の効果



写真3 支承受組状況(左:端橋脚可動柵、中:中間橋脚鉛直柵、右:中間橋脚水平柵)

基礎構造の概要

縞鋼管継ぎ手

本橋梁のような大型の基礎工に鋼管矢板井筒を採用した場合、鋼管と鋼管とを結合する継ぎ手部分のせん断ずれ変形が増加し、群杭に近い挙動となり、杭本数や板厚が増加する。

この対策として継ぎ手に縞鋼板を用いた縞鋼管継ぎ手を採用し、せん断耐力を向上させることにした。(写真2)

縞鋼管継ぎ手のせん断耐力に関しては、過去に載荷試験の事例があったが、設計定数を設定するまでのデータは得られていなかった。このため、技術検討委員会の中で載荷試験を実施、委員会での審議を経て、設計定数を設定した。

設定されたせん断耐力は、通常の素管継ぎ手と比べ約6倍の高い値となり、別途実施した杭

の支持力試験結果が良好であったことと合わせ、図8に示すように、約35%の杭本数減少が可能になった。

耐震設計

目標耐震性能

本橋梁の耐震設計では、レベル2地震動に対して、震災後の復旧性能の確保に留意した。

すなわち、すべり型免震支承による減衰や、基礎と地盤との動的相互作用による減衰を積極的に設計に見込む一方で、復旧が困難と考えられる橋脚基部への塑性ヒンジの発生を防止するため、橋脚や基礎が弾性範囲内に収まるように設計した。

すべり型免震支承

本橋梁の支点反力は約8,000tに達しており、これまでのゴム支承実績を遙かに上回るとともに、製造設備の限界を上回る規模にな

った。このため、鉛直反力と水平反力とを別の支承で支持する機能分離型のすべり型免震支承を採用し、それぞれの支承を製造可能な規模にした。(写真3)

すべり型免震支承は、テフロン板とステンレス板との摩擦によって減衰効果を発揮する。しかし、テフロン板の摩擦には、面圧や速度に依存して変化する特殊な性質があるため、面圧、速度を変化させた載荷試験を実施し、これらの結果を支承バネモデルに反映させ、解析精度の向上を図った。

あとがき

過去、東京湾の臨海部に建設された支間長500m前後の長大橋梁は、地盤状態が悪いこともあり、橋1m当たりの建設コストが1億円前後であった。本橋梁のそれは、多くの新技術の導入の結果、約5千万円程度となり、大幅なコスト縮減に成功したものと考えている。

本橋梁のこの成果は、内陸部と臨海部の道路ルートと比較において、臨海部ルートが選択される可能性を高めたものであり、臨海部における大型橋梁のプロジェクトが今後ますます増加していくことを期待させるものである。

また、その際には、本橋梁で使用された技術が活用され、さらに発展することを期待する。