

高速1号羽田線(東品川栈橋・鮫洲埋立部)更新工事 — 積極的なプレキャスト化によるう回路急速施工 —

堀田 尚史*1・濱崎 景太*2・釘宮 晃一*3・富永 高行*4

本稿は、首都高速道路株式会社発注の首都高速1号羽田線（東品川栈橋・鮫洲埋立部）大規模更新工事のうち、う回路についての工事報告である。

首都高速1号羽田線（東品川栈橋・鮫洲埋立部）は、建設後50年以上が経過し、海水面に近い影響による塩害劣化や増加した交通量の影響による疲労により、コンクリート剥離、鉄筋腐食、路面陥没などの重大な損傷が発生している。そのため、首都高速道路初の大規模更新事業として造り替えを行うこととなった。

現在、供用中の首都高速1号羽田線を通行止め無しで造り替えを行うために設置されるう回路は、2020年東京五輪開催時の交通形態に向けて、わずか16ヵ月で基礎杭から供用まで行う必要があったため、積極的にプレキャスト部材を採用して、工程短縮を図った。

本稿では、厳しい施工環境下でも急速施工を可能にするためのう回路の構造選定から施工の概要まで、および現場作業を省力化するために新たに開発したプレキャスト壁高欄について報告する。

キーワード：大規模更新工事、急速施工、プレキャスト化、工程短縮

1. はじめに

首都高速1号羽田線の東品川栈橋・鮫洲埋立部(図-1, 2)は、前回の東京五輪の前年にあたる1963年に供用を開始し、現在までに50年以上が経過している。東品川栈橋部は、橋桁と海水面との空間がきわめて狭く、点検・補修が困難なうえ、塩害、床版疲労などによるコンクリート剥離や鉄筋腐食などの重大な損傷が多数発生している(写真-1)。また、鮫洲埋立部では、鋼矢板護岸の腐食が著しいため、路面陥没などの重大な損傷が発生している(写真-1)。このような背景のなか、部分的な補修・補強では長期的な使用に適さない構造であるとの判断のもと、現在、大規模更新工事として造り替えを行っている。本稿では、う回路の構造選定から施工および新たに開発したプレキャスト壁高欄について報告する。



図-1 事業箇所位置図(首都高 HP より)

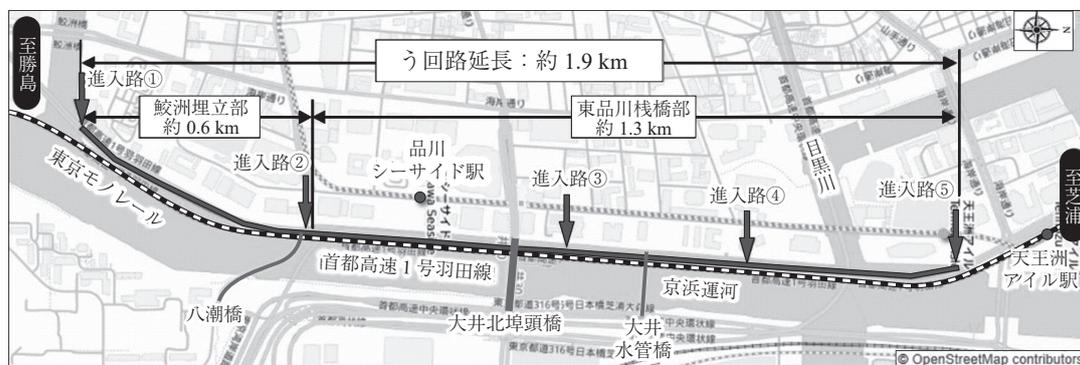


図-2 う回路工事区間

*1 Naofumi HOTTA：首都高速道路(株) プロジェクト部 構造設計室 更新設計課

*2 Keita HAMASAKI：首都高速道路(株) 東京西局プロジェクト本部 品川工事事務所

*3 Akikazu KUGIMIYA：(株) 大林組 東京本社 土木本部 生産技術本部 橋梁技術部 技術第二課

*4 Takayuki TOMINAGA：(株) 大林組 東京本社 土木本部 生産技術本部 橋梁技術部 技術第三課



写真 - 1 1号羽田線損傷状況 (首都高提供)

表 - 1 工事概要

項目	内容
工事名称	高速1号羽田線(東品川栈橋・鮫洲埋立部)更新工事
発注者	首都高速道路株式会社
施工場所	東京都品川区東品川二丁目～東大井一丁目
全体工期	平成27年8月6日～平成37年7月31日(約10年)
構成会社	大林・清水・三井住友・東亜・青木あすなる・川田・東骨・MMB・宮地 JV(乙型)
工事内容	仮設工、う回路工、橋梁上部工、橋梁下部工、土工部嵩上げ工、道路付属物工、構造物撤去工、ほか
施工延長	う回路設置撤去工 約1.9km 更新線上下線構築工 各約1.7km

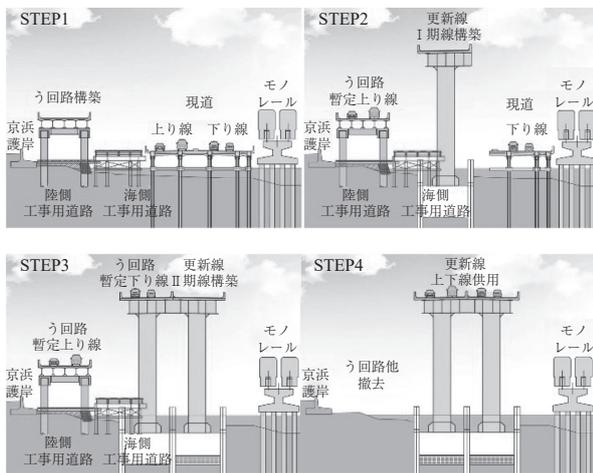


図 - 3 施工ステップ図

2. 工事概要

表 - 1 に工事概要を示す。造り替えを行う当該区間は京浜運河の護岸と東京モノレールに挟まれた狭隘な場所に位置している。また、当該区間の断面交通量は約7万台/日であり、首都高速道路や周辺の一般道路への交通影響を極力低減するため、長期の通行止め無しで更新工事を行うこととしている。

まずは京浜運河の護岸と首都高速1号羽田線の間幅10m～20mの狭く細長いスペースに、交通を切り回すための幅員9.2mのう回路と施工時の物流動線を確保する。その後、現道の交通を段階的にう回路に切り回しながら、現道を撤去して更新線を新たに構築する工事である。また、最終的にはう回路も撤去が必要とされている(図 - 3)。



図 - 4 全体工程表 (東京五輪まで)

3. う回路工事における課題

3.1 短い所要工程

東京五輪の円滑な開催に支障を与えないように、開催時(2020年7～9月)には損傷した現道は供用しない計画としている。そのため、う回路構築の後に続く更新線の構築期間や物流動線を確保するための仮設工事期間を考慮すると、約1.9kmのう回路構築に与えられた期間は、2016年6月の工事着手から2017年9月の供用まで約16ヵ月間であった(図 - 4)。

3.2 厳しい施工環境

う回路を構築する範囲である京浜運河の護岸と現道の間は幅10m～20mと狭隘なうえ、東品川栈橋部は京浜運河水域にある。高速1号羽田線の海側には東京モノレールが全区間で並行しているため、京浜運河からの物流動線の確保はできない。また、図 - 2 に示すように約1.9kmの工事区間に陸側から護岸を超える動線は5か所にかぎられ、かつ護岸機能の確保およびその背面用地の条件により、車両の直接入場制限、かぎられた使用可能時期などの多くの制約条件があった。

近接施工の対象としては、高速1号羽田線(現道)、東京モノレールおよび護岸のほかに、横断する一般道の高架橋が2か所、地下埋設物件として中央環状品川線の道路トンネルと東京電力洞道が2か所あり、それぞれへの影響を抑制する施工計画が求められた。また、護岸の背面全線に高層マンションやオフィスビルが林立しているため、騒音・振動の抑制だけでなく、施工時間や日々の工事車両の入退場の時間制限も必要とされていた。

3.3 う回路構造形式

短い所要工程と厳しい施工環境を考慮し、2017年9月のう回路供用を実現させるためには、急速施工が可能な構造形式とする必要があった。また、う回路は最終的には撤去する仮設構造物ではあるが、約7年間供用するために本設構造物と同様の耐震性・維持管理性を有した構造形式とする必要があった。

これらの構造的な課題に対処するため、う回路の構造形式を大きく2つに分け、それぞれの課題に対処した。一つ目はう回路の一般的な構造形式(以下、う回路一般部)として3径間連続パイルベント橋脚構造を全体の約85%の区間に採用した。もう一つは、大井北埠頭橋をアンダーパスで交差し、海水面よりも路面が低くなる特殊区間の構造形式(以下、大井北埠頭橋交差部)としてPC梁スラブ9径間連続ラーメン構造を採用した。

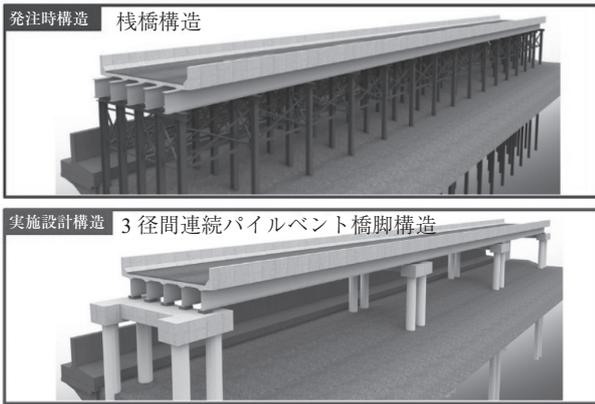


図 - 5 発注時, 実施設計時のう回路一般部構造形式



写真 - 2 う回路直下動線確保状況

4. う回路一般部の構造概要

4.1 発注時の構造形式

う回路一般部の発注時の構造形式は、栈橋構造となっていた(図 - 5)。この構造は、杭本数や部材の接続部が多く施工性が低いことに加えて、点検箇所が多く、維持管理性についても問題があった。さらに、L2地震動では杭部材が容易に降伏する構造であった。

4.2 実施設計時の構造形式

前述のとおり、う回路設置箇所は狭隘な場所であり、現地の地盤条件(GL - 30 m程度に支持層、その上にヘドロ層が厚く堆積)より、発注時よりも施工性、耐震性、維持管理性を向上させる構造形式として、3径間連続パイルベント橋脚構造(図 - 5)を採用した。30 m(支間長)×3(径間)=90 m(1連)のシンプルな構造とすることで、杭本数を低減して施工性を向上させている。また、脚頭部(ピアキャップ)、床版、壁高欄をプレキャスト化することで工程短縮を図った。基礎杭は、最終的に撤去することを考慮して回転杭(φ1000またはφ1200)を採用し、橋軸方向へ2×2列配置とすることにより、剛性を高めてL2地震動にも耐える構造とした。また、完成したう回路直下には栈橋構造では無かった空間を創出して、維持管理が容易な構造形式とし、さらに施工時には狭隘な施工ヤードでも物流動線を確保することができた(写真 - 2)。

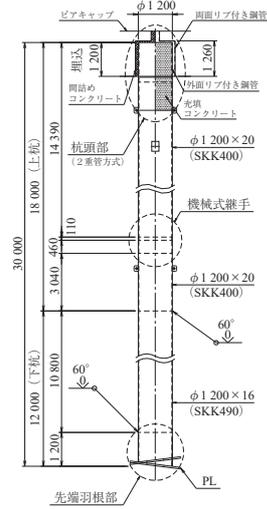


図 - 6 下部工概要図 写真 - 3 先端翼付き回転鋼管杭



写真 - 4 回転鋼管杭施工状況 写真 - 5 機械式継手

4.3 構造詳細と施工方法

(1) 下部工(鋼管杭およびピアキャップ)

回転杭(図 - 6)には、周辺環境への影響を考慮して、低騒音・低振動で無排土施工が可能な先端翼付き回転鋼管杭工法(写真 - 3, 4)を採用した。また、鋼管杭の現場継手部には機械式継手(写真 - 5)を標準的に採用して工程短縮を図った。

ピアキャップは、3つのプレキャスト部材をPC鋼材(SWPR7BL 12S12.7×8本)にて結合する構造とした(図 - 7, 8, 写真 - 6)。杭頭部となるキャップ部材には、両面リブ付き鋼管をあらかじめ埋設し、鋼管杭の最上部に外側リブ付き鋼管を配置した2重管方式(図 - 6)とし、隙間には高流動コンクリートを充填した剛結構造としている。2つのキャップ部材と中央の横梁部材の結合は、隙間200 mmの繊維補強コンクリートを介してPC鋼材で一体化させた。間詰部で卓越するL2地震動の軸直角方向断面力に対しては、せん断キーまたは孔あき鋼板ジベル(SM490, $t = 22$ mm, 4列配置)を配置することで対応した。

また、ピアキャップはプレキャスト部材のために回転杭の出来形精度が重要であり、片側2本の鋼管杭が離れすぎるとキャップ部材を設置することが不可能となる。そこで、高精度で鋼管杭を施工するために、リアルタイムに杭の平面位置・傾斜を確認できるパイルナビシステム(図 - 9)を用いて出来形管理を行った。その結果、鋼管杭の出来形を通常100 mm以内のところ、50 mm以内となるように管理できた。

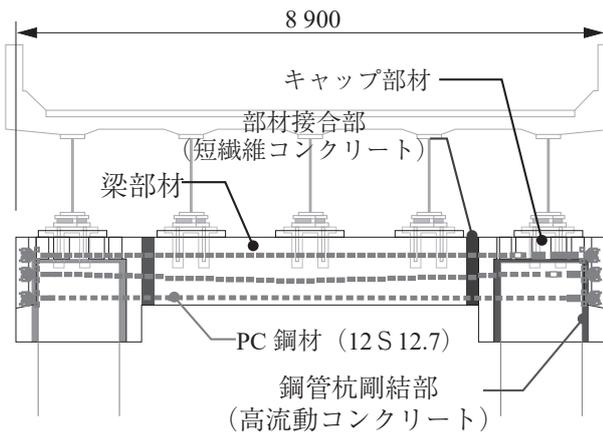


図 - 7 ピアキャップ標準構造図 (側面図)

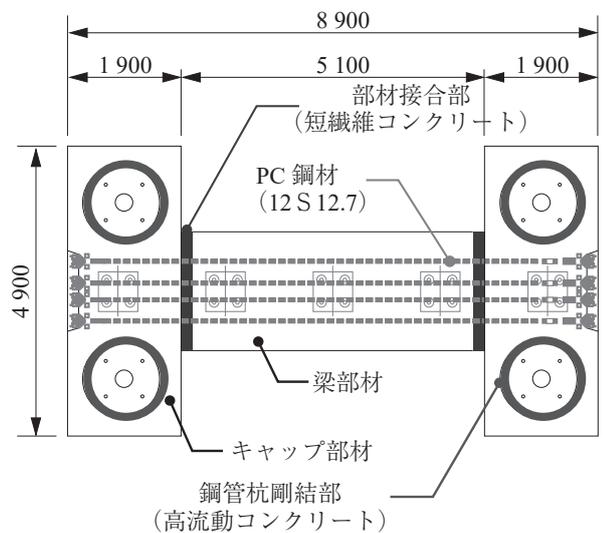


図 - 8 ピアキャップ標準構造図 (平面図)

(2) 上部工 (鋼桁および RC 床版)

上部工は桁高を 1.15 m に抑えた 5 主桁の鋼 3 径間連続合成鈹桁とすることで、鋼材重量の低減を図るとともに、横桁などの部材連結を高力ボルト接合として工程短縮を図った。

RC 床版には標準サイズ 2.0 m × 9.2 m、厚さ 210 mm のプレキャスト RC 床版を採用した (図 - 10、写真 - 7)。床版接合部には、従来工法のループ鉄筋に替えて、エンドバンド鉄筋 (写真 - 8) を用いた SLJ スラブ工法を採用し、床版厚の低減と施工性の向上を図った。なお、プレキャスト RC 床版にはフルプレキャスト化した壁高欄の固定用アンカーボルトを埋め込んでいる。プレキャスト壁高欄の詳細については、後述する。



写真 - 6 ピアキャップ施工状況

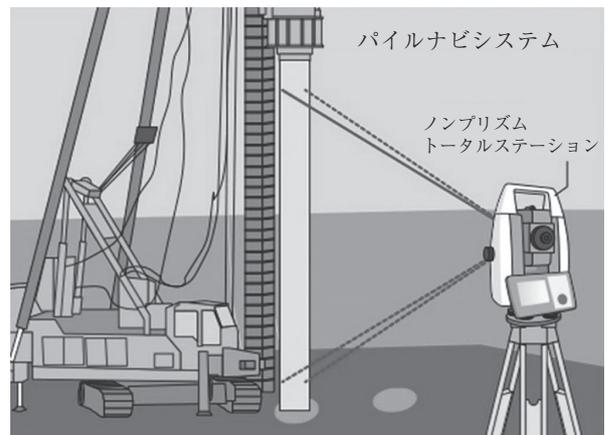


図 - 9 パイラナビシステム概要図 (計測ネットサービス HP より)



図 - 10 プレキャスト RC 床版構造図



写真 - 7 プレキャスト RC 床版設置状況

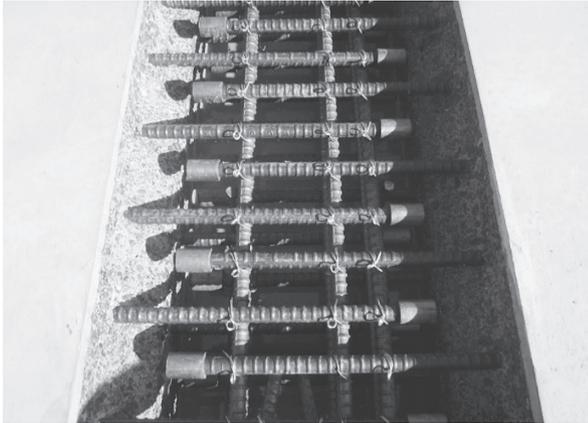


写真 - 8 エンドバンド鉄筋 (SLJ スラブ工法)

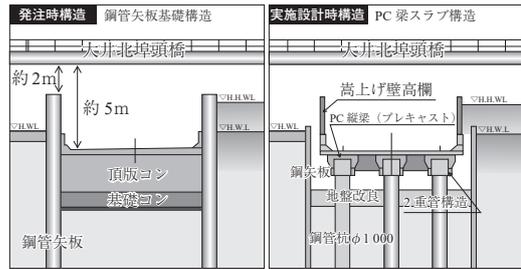


図 - 11 発注時, 実施設計時の大井北埠頭橋交差部構造形式

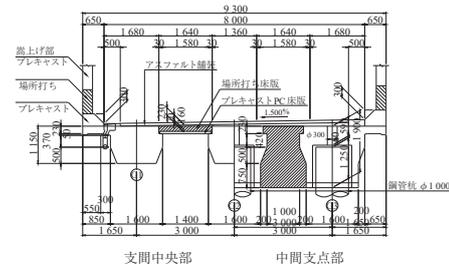


図 - 12 (a) 構造一般図断面図

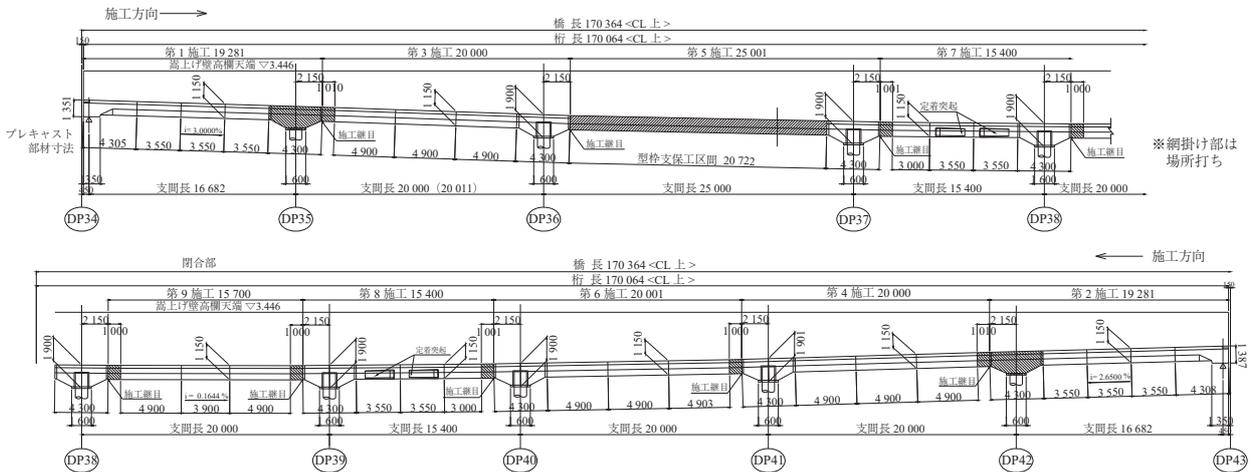


図 - 12 (b) 構造一般図側面図

5. 大井北埠頭橋交差部の構造概要

5.1 発注時の構造形式

大井北埠頭橋交差部の発注時の構造形式は、アンダーパスであるため、常時・高潮時の路面への海水の流入を鋼管矢板により遮水する半地下構造となっていた (図 - 11)。この構造は、低空頭での鋼管矢板打設や、大規模な場所打ちコンクリート施工、鋼管矢板内の水中掘削など、施工性に問題があった。また、多くの場所打ちコンクリートや大井北埠頭橋直下の鋼管矢板を最終的に撤去することも困難であると考えられた。

5.2 実施設計時の構造形式

常時 (HWL T.P. +0.966) の遮水機能と高潮時 (HHWL T.P. +3.466) の遮水機能を分離することで、高潮時は嵩上げ壁高欄で対応し、常時は低空頭でも施工性が良い鋼矢板で対応するよう変更した。また、鋼矢板の先行地中梁として地盤改良を行うことで、ドライ環境での掘削を可能にして施工性を向上させた。

躯体はパイルベント橋脚を用いた PC 梁スラブ 9 径間連続ラーメン構造を採用することで、コンクリート数量を 1/4 に削減し、撤去が容易な構造へ変更した。最大支間長は、大井北埠頭橋直下の鋼管杭打設を回避するために 25 m とし、梁部材、床版、嵩上げ壁高欄にプレキャスト部材を積極的に活用することで、現場施工量を削減し、工程短縮を図った (図 - 11)。

5.3 構造詳細と施工方法

(1) 下部工 (鋼管杭および杭頭部)

基礎杭は、う回路一般部と同様に回転鋼管杭を採用し、環境に配慮した撤去可能な工法とした。杭頭部についても工程短縮を図るために、う回路一般部と同様に 2 重管方式の剛結構造として、プレキャスト部材を積極的に採用した。

(2) 上部工 (PC 梁スラブ)

上部工は、各支間を杭頭部と 3 つのプレキャスト部材に分割した 3 主梁構造を標準とした (図 - 12, 写真 - 9)。鋼矢板内の掘削土量の大小が工程へ直接的に影響するため、支間部の桁高を 1.15 m に抑え、スパン桁高比 13.4 ~



写真 - 9 プレキャスト梁設置状況



写真 - 10 C型接続具接続状況

21.7のPC構造を成立させている。橋軸方向はプレキャスト部材製作の効率化のために鋼製せん断キーを用いて接合しているほか、各支点横桁は機械式継手を用いたRC構造として一体化を図っている。プレキャスト部材の最大サイズは、幅2.65m、高さ1.9m、長さ4.3m、重量26.4tの杭頭部部材であり、トレーラーでの運搬を考慮して各部材の寸法を決定した。また、床版は主梁間にPC板を敷設したのち、場所打ちコンクリートにて一体化をはかるPCコンポ桁構造を採用した。外側に設置した鋼矢板の間隔が12m程度と非常に狭隘なスペースに全幅員9.3mの躯体を構築するため、主梁間1.4mの隙間を架設に用いた支保工材の搬出に活用するとともに、PC板を用いることで型枠作業を省略して、施工性を向上させた。なお、大井北埠頭橋直下は、プレキャスト部材の架設が困難であるため、主梁・床版ともに場所打ち構造を採用した。

施工方向は、う回路アンダーパス部の工程短縮と隣接工区との掛違い部における施工時期の重複を避けるために、両端支点から中央部へ向けて1径間ずつ行う2方向施工とした。PC鋼材は1主梁あたり12S12.7(SWPR7BL)×6本配置を標準とし、定着具には接続方式のSEEE/FUT工法のC型接続具を採用した(写真-10)。なお、中央部のDP38-DP39径間においては、PC鋼材をたすき掛け配置とし、側面に定着突起を設けたプレキャスト梁部材を配置

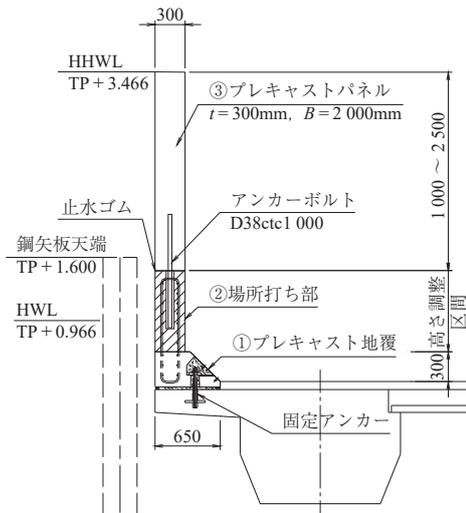


図 - 13 嵩上げ壁高欄構造図



写真 - 11 プレキャストパネル設置状況

した。

(3) 橋梁付属物工

大井北埠頭橋交差部における壁高欄には、SB種規格の衝突荷重($F = 72 \text{ kN}$)に加えて、高潮時の海水位(HHWL T.P.+3.466)の水圧を考慮した嵩上げ構造を採用した(図-13)。

嵩上げ壁高欄は、縦断変化を有しており、フルプレキャスト化すると不経済であった。そのため、プレキャスト部材と場所打ち部を併用する構造とした。地覆部はう回路一般部で使用したプレキャスト壁高欄を応用したプレキャストの地覆部材とした。直壁部に場所打ち構造を一部分に採用し、場所打ち部の直上にはプレキャストパネル(写真-11)をD38のアンカーバーで固定する構造で縦断勾配変化へ対応することとした。場所打ち部とプレキャストパネルの接合部には、膨潤性止水ゴムを設置して、高潮時の止水性確保を図った。

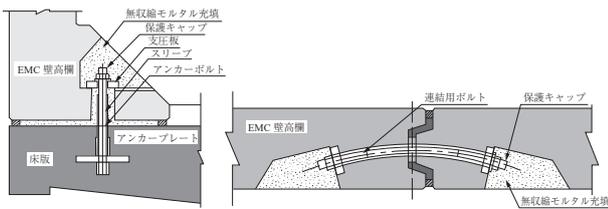


図 - 14 部材連結部、床版固定部詳細図



写真 - 12 EMC 壁高欄設置状況

6. プレキャスト壁高欄

6.1 開発目的

従来のプレキャスト壁高欄は、床版との接合部にループ鉄筋を採用した場所打ち構造を用いている。このプレキャスト壁高欄は、場所打ち部があるため施工時の工程短縮が困難であり、損傷時には取替えなどの維持管理性に問題があった。そこで、施工性、維持管理性を向上させることを目的に、首都高速道路(株)、(株)大林組、プレキャストガードフェンス協会がEMC (Easy Maintenance & Construction) 壁高欄の共同開発を行った。

6.2 構造概要

標準部材長 4.0 m のプレキャスト壁高欄と床版の固定は床版へあらかじめ埋め込んだアンカーボルトによる接合方法を用いた。部材同士の連結においてもボルト接合を採用して施工性を向上させた(図 - 14)。

損傷時には、床版固定用アンカーボルトおよび部材連結用ボルトの取替えが可能な構造とすることで、維持管理性も同時に向上させた。目地部に配置されるボルトには、スリーブ管や保護キャップによるボルトの保護のほか、ボルト本体にも重防食処理を施して耐久性を確保している。

また、従来のプレキャスト壁高欄は場所打ち部を有する構造となっていた。しかし、今回新たに開発した EMC 壁高欄は場所打ち部を省略することにより、フルプレキャスト化することが可能となった。

6.3 施工方法

プレキャスト壁高欄の設置においては、仮設ヤードから架設機械により設置するほか、直接橋面上へ架設機械を据え付けて設置を行った(写真 - 12)。EMC 壁高欄の施工は、



写真 - 13(a) う回路完成状況(鮫洲埋立部)



写真 - 13(b) う回路完成状況(大井北埠頭橋交差部)



写真 - 13(c) う回路完成状況(東品川栈橋部)

すべて橋面上からの作業が可能となり、足場や防護工の設置・解体作業が不要となり、施工性・安全性が向上した。

7. おわりに

首都高速 1 号羽田線(東品川栈橋・鮫洲埋立部)の大規模更新事業のう回路構築において、短い所要工程や厳しい施工環境という類を見ない施工条件のもと、現場作業の省力化を目的としたプレキャスト部材の積極的な活用により総コンクリート数量の 72% をプレキャスト化して、大幅な工程短縮を実現することができた。また、適切な構造形式選定により急速施工を実現させることができた。その結果、う回路の工事着手から約 16 ヶ月後の 2017 年 9 月 14 日午前 1 時に、無事、う回路を供用することができた(写真 - 13)。

本工事が今後の更新事業の参考となれば幸いである。

【2018 年 4 月 3 日受付】