

棧橋床版のプレキャスト化による急速施工 —東京国際空港D滑走路 連絡誘導路棧橋部—

橋本学¹・野口孝俊²・北川俊治³・早川智浩¹・森山信⁴・大野茂則⁴

¹正会員 株式会社大林組 東京本社 生産技術本部 橋梁技術部（〒108-8502 東京都港区港南2-15-2）

²正会員 国土交通省 東京空港整備事務所（〒144-0041 東京都大田区羽田空港3-3-1）

³ 国土交通省 東京空港整備事務所（〒144-0041 東京都大田区羽田空港3-3-1）

⁴株式会社大林組 羽田D滑走路J V 連絡誘導路工区
（〒135-0064 東京都江東区青海2丁目地先 中央防波堤外側埋立地（その1））

東京国際空港の沖合に建設中の新滑走路は、幅63m、全長約620mの連絡誘導路2本で現空港と結ばれ、大きく“棧橋部”と“橋梁部”に構造が分かれる。棧橋部の床版構造には、自然条件、荷重条件、施工条件を考慮して、プレストレストコンクリート梁スラブ構造（以下、PC梁スラブ構造）を採用した。PC構造とすることで耐久性の向上を図り、梁スラブ構造とすることで部材のプレキャスト化を可能とし短期間での施工を実現する。床版部材は、梁、床版、横桁の3種類のプレキャスト部材に分割して製作し、架設後に間詰コンクリートを打設し、PC鋼材の緊張により構造体を完成させる。本稿では、棧橋部床版の構造概要および架設方法について報告する。

キーワード： 棧橋、床版、プレキャスト、杭頭構造、急速施工

1. まえがき

東京国際空港は、国内航空輸送ネットワークの要であり、現在の航空需要に対して既にその航空処理能力が限界に達している。その対策として、新たに4本目の滑走路（以下、D滑走路）および国際線地区を整備し、航空処理能力を増加（年間発着能力：29.6万回→40.7万回）させる再拡張事業を実施している¹⁾。D滑走路は現空港の沖合に建設されるため、現空港とは連絡誘導路で結ばれる（図-1参照）。

連絡誘導路は、全長約620mの海上構造物で、現空港側に位置する“棧橋部”と、D滑走路側に位置する“橋梁部”に構造が分かれる（図-2参照）。現空港側は、床版に対する暴風時の波力（揚圧力）を考慮した棧橋構造を、D滑走路側は、小型船舶が通行可能な航路（幅50m×2本）を確保した橋梁構造を採用した。

棧橋部の床版構造には、厳しい自然条件と荷重条件を考慮しつつ、短期間での施工を可能にするためにプレストレストコンクリート梁スラブ構造（以下、PC梁スラブ構造）を採用した。本稿では、PC梁スラブ構造を採用した経緯および構造概要と、プレキャスト化した部材の架設方法について報告する。

2. 棧橋部床版の構造概要

(1) PC梁スラブ構造の採用

現空港側に位置する棧橋部の床版には、暴風時に揚圧力が作用する。揚圧力に抵抗するためには重量が必要であり、床版にはコンクリート部材を選定した。構造としては、鉄筋コンクリート構造（以下、RC構造）とPC構造が考えられる。また、施工方法としては、“場所打ち工法”と“プレキャスト工法”が考えられる。以下に示す理由から、それぞれ後者（PC構造、プレキャスト工法）が適していると考え、それらを可能にするために、床版構造としてPC梁スラブ構造を採用した。

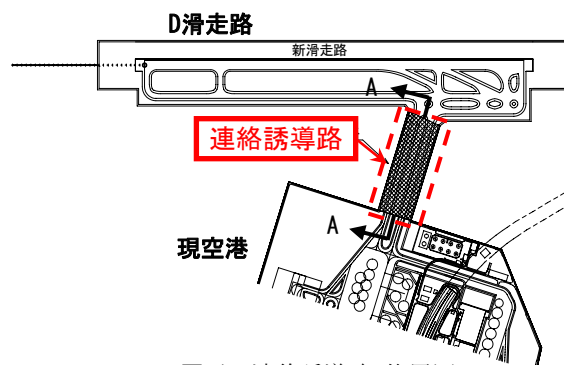


図-1 連絡誘導路位置図

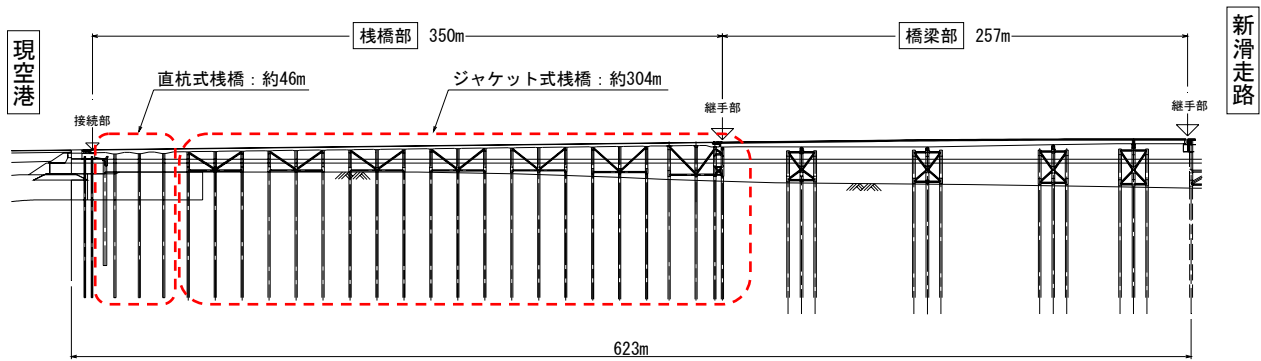
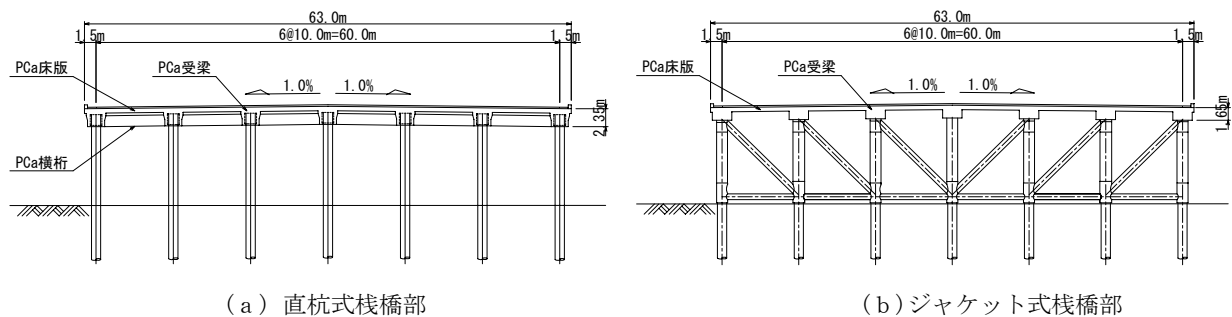


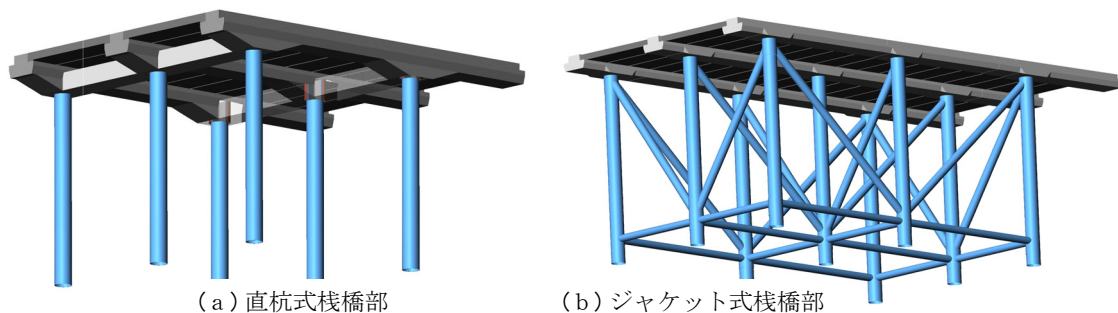
図-2 連絡誘導路 側面図 (図-1 の A-A 断面)



(a) 直杭式栈橋部

(b) ジャケット式栈橋部

図-3 連絡誘導路 栈橋部 断面図



(a) 直杭式栈橋部

(b) ジャケット式栈橋部

図-4 連絡誘導路 栈橋部のイメージ図

- ① 栈橋部の床版下面は、潮風を直接受ける厳しい塩害環境にある。塩害耐久性を確保するためには、確実な品質管理を行なうとともに、施工時および供用時のひび割れを制御する必要がある。場所打ちに比べ、部材をプレキャスト化することにより、製作時の品質管理が集中化できると共に、PC構造とすることにより、RC構造に比べて、確実にひび割れを制御できる。
- ② 最大荷重400tonの航空機荷重が年11.5万回（設計供用期間100年間で1150万回）走行する。PC構造は、供用時のひび割れ制御を確実にするためには、RC構造に比べて優位である。
- ③ 栈橋部の施工期間は、杭の打設も含めて約2年と短期間である。現地海上作業を低減し、工程遅延リスクを減少させるためには、部材のプレキャスト

化が必要である。

(2) 2種類の栈橋構造に対応した床版

栈橋部には、“直杭式”と“ジャケット式”の2種類の栈橋構造を採用した（図-3、4参照）。現空港側の護岸付近では、常時ならびに地震時に、誘導路方向に地盤変形が生じる。地盤変形により栈橋杭に発生する断面力を低減するために、現空港近傍の栈橋構造を“直杭式”とした。

直杭式栈橋部は、床版が杭の連結材の役割も果たすため、誘導路直角方向の剛性を確保するために横桁を配置した（図-3参照）。ジャケット式栈橋部は、ジャケットのブレース材により、誘導路直角方向の剛性が確保されており、横桁は必要ない。

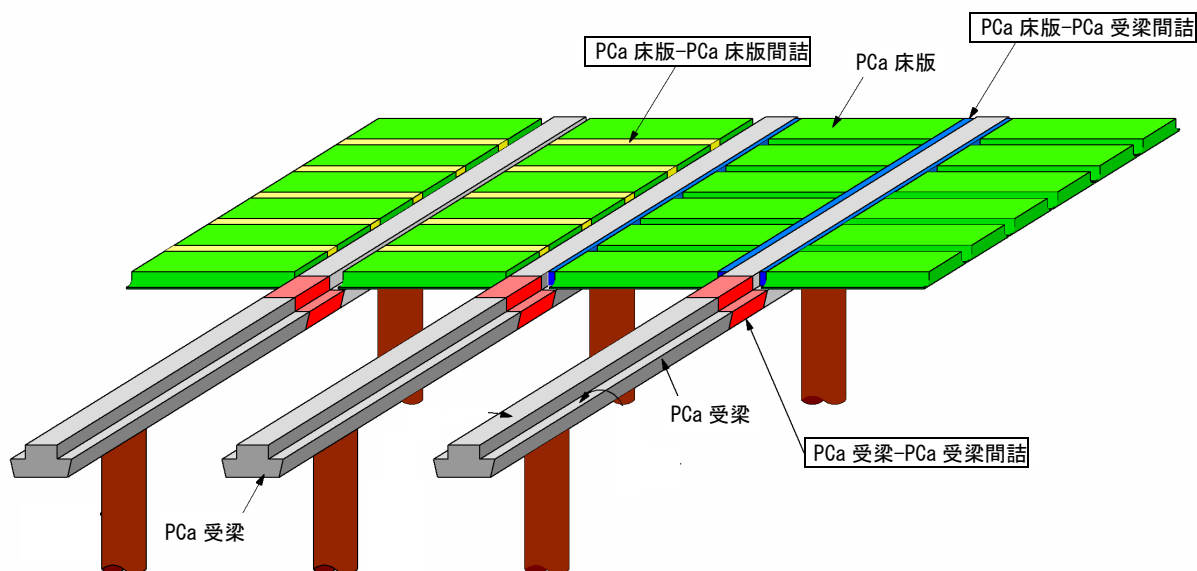


図-5 連絡誘導路 栈橋部床版のプレキャスト化

3. 施工性を考慮したプレキャスト部材の接合

プレキャスト部材の使用にあたり、プレキャスト部材同士の接合構造、杭と床版部材との接合構造（以下、杭頭構造）の構造細目については、現地海上作業を極力短期間とすることや施工方法を考慮して決定した。

(1) プレキャスト部材間の構造

床版部材は、受梁、床版、横桁の3種類（以下、PCa受梁、PCa床版、PCa横桁）に分割した。図-5は、部材のプレキャスト化のイメージ図である。プレキャスト化したことにより、プレキャスト部材の塩害耐久性は高めることができるが、間詰め部に対しても同等の耐久性が必要となる。①鉄筋による連続化、②PC鋼材配置によるプレストレス導入、③膨張コンクリートの使用（収縮補償を目的）、の対応を行なうことにより、一般部と同等の塩害耐久性を確保した。

場所打ち間詰め部としては、①PCa受梁-PCa受梁、②PCa受梁-PCa横梁、③PCa床版-PCa床版、④PCa床版-PCa受梁、の4種類がある。①および②の施工手順は、

- ・鉄筋は機械式継手または重ね継手により連続化
- ・PC鋼材はカップラー接続または連続鋼材配置により間詰め部に配置
- ・膨張コンクリート打設
- ・プレストレス導入

である。③および④の施工手順は、

- ・鉄筋はループ継手により連続化

- ・PC鋼材はカップラー接続または連続鋼材配置により間詰め部に配置
 - ・膨張コンクリート打設
 - ・プレストレス導入
- である。

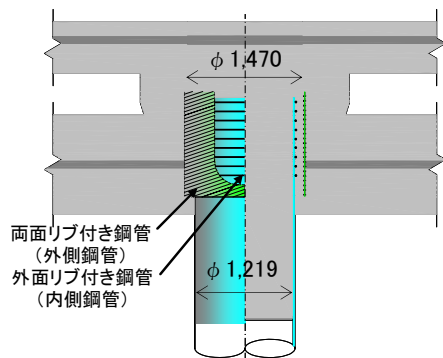
(2) 杭頭構造

栈橋構造の違いにより杭頭部に発生する断面力や鋼管径が異なるため、各栈橋の条件に適した杭頭構造を採用した（図-6参照）。

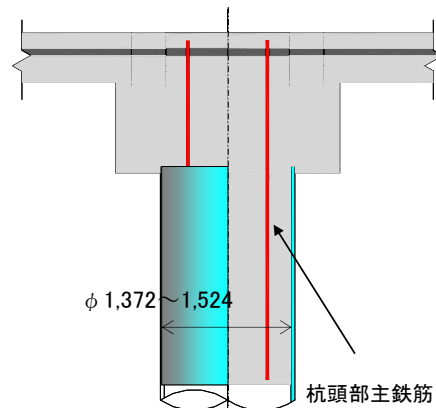
直杭式栈橋部には、“リブ付き二重鋼管接合構造”を採用した。本構造は、複合トラス橋の格点構造（コンクリート床版と鋼トラス材の接合部）で実績のある構造である²⁾。杭（内側鋼管）には外面にリブが、PCa受梁側に設置した鋼管（外側鋼管）には両面にリブが付いている。内側鋼管と外側鋼管の間へ間詰めコンクリートを打設することで、PCa受梁と杭を接合する（図-7の(a)参照）。

ジャケット式栈橋部には、道路橋において杭とフーチングの結合部に用いられる鉄筋コンクリート構造を採用した³⁾。PCa受梁に杭頭主鉄筋を埋込んでおき、PCa受梁設置後、鋼管内へコンクリートを充填することでPCa受梁と杭を接合する（図-7の(b)参照）。

採用した杭頭構造は、いずれも既存の技術を組合せたものであるが、栈橋構造での実績は無いため、構造確認実験を行ない性能を確認した⁴⁾。また、本構造の採用により、短期施工が可能であることも重要な決定要因である。

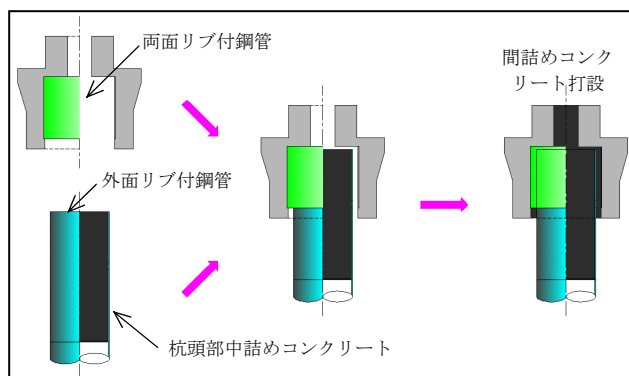


(a) 直杭式栈橋部：リブ付き二重鋼管接合構造

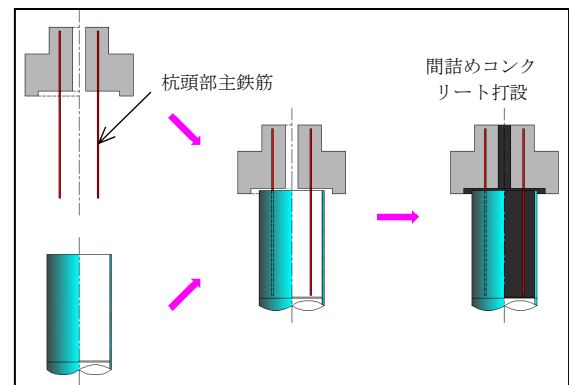


(b) ジャケット式栈橋部：鉄筋コンクリート構造

図-6 杭頭構造



(a) 直杭式栈橋部：リブ付き二重鋼管接合構造



(b) ジャケット式栈橋部：鉄筋コンクリート構造

図-7 杭頭接合部の施工手順

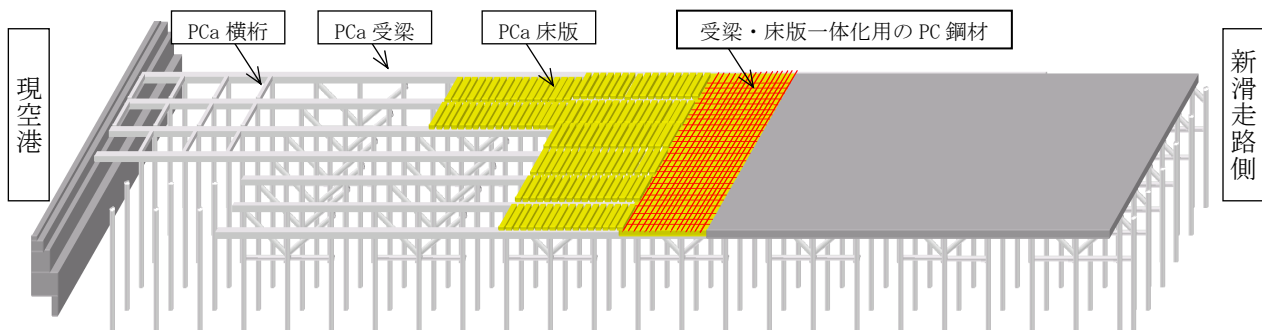


図-8 床版の施工概要

4. 床版の施工

(1) 施工概要

一般的な栈橋施工では、機械、資材、労務のアプローチが有利な陸上側から施工する計画となるが、今回のプロジェクトは短工期、急速施工を実現するため、図-8に示すように沖合いの新滑走路側から施工を開始し、陸上護岸側の工事と競合を避けるようにした。

床版の施工は、プレキャスト部材を運搬・架設し、間詰部分のコンクリート打設、PC鋼材の緊張により、構造体を完成させる。以下に床版の施工手順を示す。

- ① PCa受梁，PCa床版，PCa横桁の製作
- ② PCa受梁の運搬架設（誘導路方向2径間分）
- ③ 杭頭部コンクリート，“PCa受梁－PCa受梁”の間詰コンクリートの打設
- ④ コンクリート強度の確認後，PCa受梁の連結ケーブル緊張（誘導路方向2径間分）
- ⑤ PCa床版の運搬架設（誘導路方向2径間分）
- ⑥ “PCa床版－PCa床版”および“PCa床版－PCa受梁”の間詰コンクリートの打設
- ⑦ コンクリート強度の確認後，PCa床版の誘導路方向および誘導路直角方向の連結ケーブル緊張（誘導路方向2径間分）

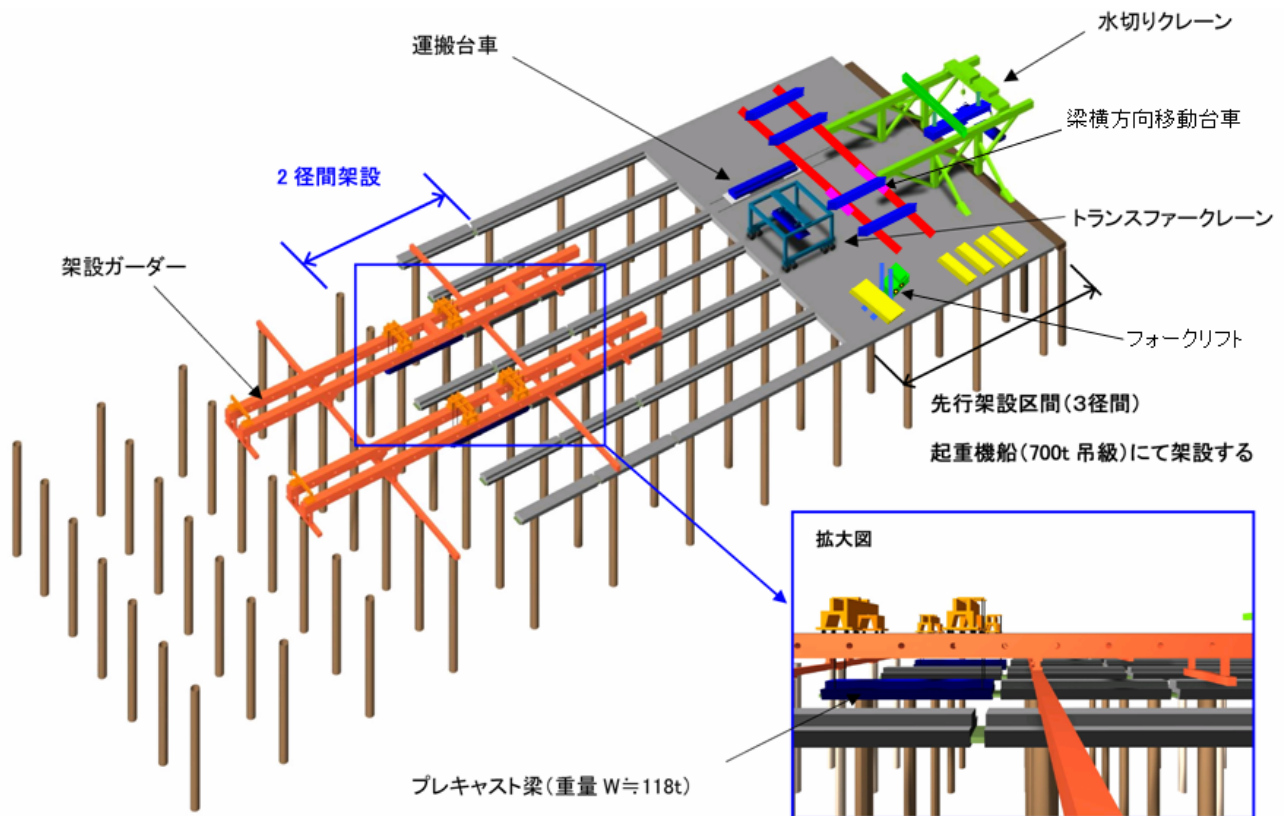


図-9 プレキャスト部材の架設状況

- ⑧ ②～⑦を繰り返す。直杭式栈橋部のみ、④と⑤の間に、PCa横桁の架設、間詰コンクリート打設、横桁連結ケーブル緊張を実施する。
- ⑨ 構造体完成

(2) PCa受梁およびPCa横桁の製作

受梁および横桁は千葉県袖ヶ浦市に約22,000㎡の製作工場を建設して、製作している。基盤整正から、門形クレーン基礎、製作ベッドを設置し、受梁については月産20～26本の製作能力を確保した（全製作本数414本）。ここで製作する長さ14m、幅2.5mの梁には、転置～海上運搬～設置までのハンドリングのため、一次緊張によりポストテンションを与えている。PCa受梁製作ヤードの80%は製作済みの受梁保管ヤードとして使用する。

(3) PCa床版の製作

床版の形状は長さ2.1m×幅7.8m×厚さ0.6mで、全製作枚数は1812枚である。製作はJIS A 5373プレキャストプレストレストコンクリート製品の認定工場で作成し、陸送して受梁製作ヤード岸壁に搬入し、海上運搬する。

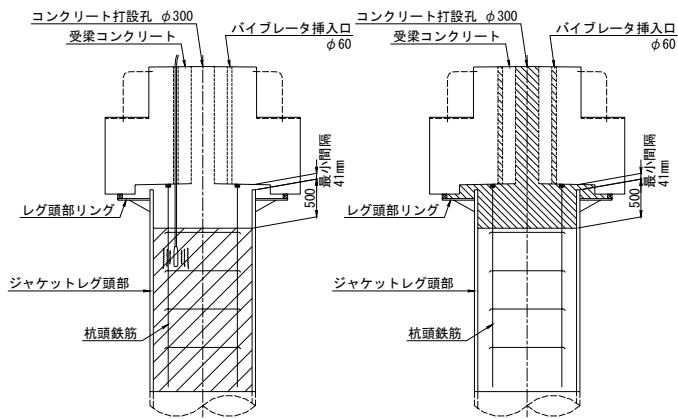
(4) 床版上の施工機械、仮設備

プレキャスト部材の架設に使用する施工機械および仮設備を図-9に示す。なお、先行架設区間（3径間）のPCa床版およびPCa受梁は、起重機船（700t吊級）にて架設する。以下に、既設の床版上に配置する施工機械および仮設備を列挙する。

- ①水切りクレーン：海上運搬されたPCa受梁（最大重量122 t）およびPCa床版を既設の床版上に荷揚げする。
- ②運搬台車（軌条式）：水切りクレーンにて荷揚げされたPCa受梁を架設ガーダーにて吊上げ可能な位置まで運搬する。
- ③架設ガーダー：運搬台車にて運ばれてきたPCa受梁を吊上げ、所定の位置に架設する。
- ④フォークリフト（30 t 級）：水切りクレーンにて荷揚げされたPCa床版を仮置位置に運搬する。
- ⑤トランスファークレーン：レール軌条方式の門形架設クレーンで、フォークリフトにて運搬されたPCa床版を吊上げ、所定の位置に架設する。

(5) 海上コンクリート打設

海上からの施工のため、既存の陸上プラントは使えず、コンクリートプラント船を使用する。PCa受梁、PCa床版ともポストテンションを与えるため、



(a) 1次コンクリート打設 (b) 2次コンクリート打設
図-10 杭頭間詰めコンクリートの打設手順
(ジャケット式栈橋部)

早強コンクリートを使用し緊張までの日数短縮を図る。

また、コンクリートプラント船は、繁忙期には16時間稼動が連日続くことも想定されており、コンクリート打設予定は綿密に調整する必要がある。

(6) 杭頭剛結の方法

PCa受梁をジャケットレグ頭部に剛結させる方法は、梁側の杭頭鉄筋をレグ頭部に挿入した後、現場打ちコンクリートを打設する。図-10(a)に示すようにレグ頭部の天端から500mmまでの部分を一次打設コンクリートとして受梁連結部のコンクリートと同じ50-12-20Hを打設する。一方、図-10(b)に示す上部部分は最小間隔41mmの隙間を乗り越えて狭い空間を充填させる必要がある。さらに、逆打ちとなる梁下面部へコンクリートが充填されるとともに、ブリージングなどで沈下が生じない性能が必要である。

よってこの二次打設コンクリートを自己充填性が高く、収縮保障の目的で膨張材を使用した高流動コンクリートとした(表-1参照)。これらの要求性能は室内配合試験練で確認した後に実物大模型実験を行い、要求性能を満足することを確認した。

(7) 緊張作業

現場緊張は2スパン分を施工単位とする。受梁の2次緊張は片引きであり、施工単位ごとに接続していく。作業は受梁の現空港側端部に設置する仮設吊り足場で行う。床版は橋軸および橋軸直角の2方向緊張であり、各々張出し足場を使用して作業を行う。橋軸直角方向は誘導路幅員(約60m)を片引きする。

表-1 杭頭間詰めコンクリートの仕様

項目	目標値
スランプフロー	67.5±5cm
空気量	4.5±1.5%
○漏斗流下時間	5～20 秒
U型間隙通過性試験 (障害R1)	300mm 以上
自由膨張率	0.5%以上
塩化物イオン量	0.3kg/m ³ 以下
設計基準強度 (材齢 28 日)	50N/mm ² (配合強度：60N/mm ²)
PC 緊張時の圧縮強度 (材齢 3 日)	34N/mm ² (重し除荷後水中養生)

5. あとがき

連絡誘導路栈橋部の床版は、航空機が11.5万回/年(最大400ton)走行するという厳しい荷重条件に加えて、床版下面が潮風を直接受けるという厳しい塩害環境にさらされる自然条件である。これらの要求を満足し、工期内の施工を可能にする構造としてPC梁スラブ構造を採用した。本稿作成時の工事状況は、プレキャスト部材の製作は開始しているが、架設は準備中の段階である。架設開始に向けて、最終的な施工計画を進めている状況であり、関係各位のご指導の下に、安全かつ確実で、品質の高い構造物の構築を目指している次第である。なお、本稿は東京国際空港D滑走路建設工事の設計業務の一環として実施した成果の一部である。

参考文献

- 1) 東京国際空港D滑走路建設外工事ホームページ
(<http://www.haneda-d.jp/construction/mokuteki/index.html>)
- 2) 青木, 上平, 能登谷, 山口, 加藤, 高德: 第二東名高速道路 猿田川橋・巴川橋の設計・施工～世界初のPC複合トラスラーメン橋～, 橋梁と基礎 Vol. 39 No. 5, pp. 5～11, 2005. 5
- 3) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編, pp. 398～402, 2002. 3
- 4) 橋本, 加藤, 田中, 早川, 上野: D滑走路 連絡誘導路(栈橋部)の構造設計～新しい杭頭構造への対応～, 国土交通省関東地方整備局 東京国際空港D滑走路建設工事技術報告会(第二回) 技術報告集, pp. 6-1～6-8, 2006. 12