

D 滑走路建設工事における栈橋部ジャケット上の PCa 床版の施工

～PCa 床版の製作から施工まで～

栈橋Ⅰ工区 森井 栄、大岸 誠、上垣政敏、○亀田祐二

栈橋Ⅱ工区 加藤一志、清水正巳、村山幸義

キーワード: 栈橋、コンクリート床版、プレストレストコンクリート、プレキャストコンクリート、急速施工

1. はじめに

D 滑走路の多摩川側延長約 1,100mの区間は、図-1 に示す通り多摩川の河口域に建設され、その通水性を確保すること、及び急速施工を可能にするため、ジャケット式栈橋構造となっている。

ジャケット式栈橋構造は、図-2 に示す通り海中に先行打設した鋼管杭基礎に工場製作した上部鋼製桁と下部のレグからなるジャケットを据付、その上に床版を構築するものである。

ここでは、約 50 万 m^2 ある栈橋部のうち、約 31 万 m^2 の PCa 床版(プレキャスト・プレストレス床版)の工場製作から現地施工までについて報告する。

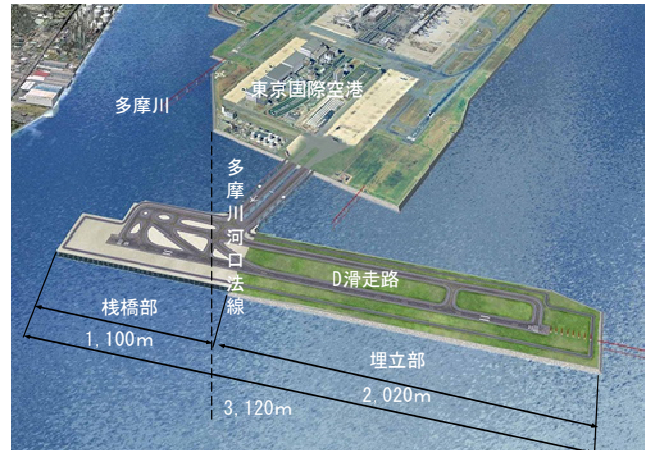


図-1 D 滑走路全体図

2. PCa 床版構造の概要及び特徴

PCa 床版は栈橋部のうち、図-3 の赤線で囲まれた範囲(航空機が走行する滑走路、誘導路、高速脱出誘導路部の約 31 万 m^2)で使用されるものである。PCa 床版工は、工場製作した PCa 床版を海上運搬し、ジャケット鋼桁上に据付け、PCa 床版と PCa 床版との間詰めコンクリートを打設することにより滑走路等の基盤とするものである。

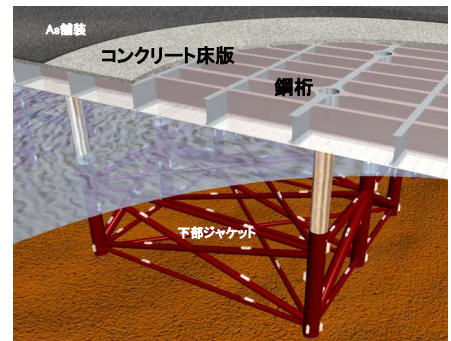


図-2 栈橋構造概要図

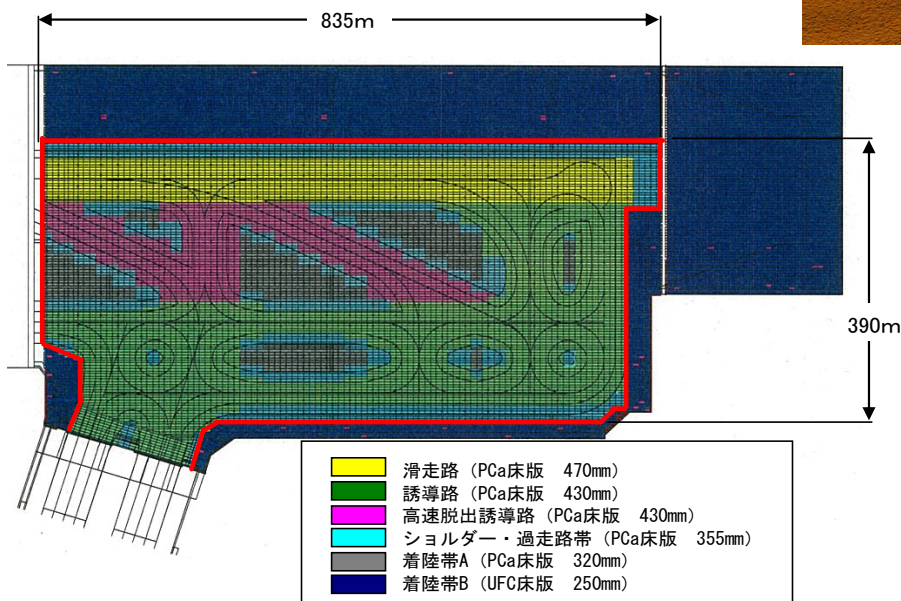


図-3 栈橋部 PCa 床版配置平面

PCa 床版間詰め部の滑走路平行方向および滑走路直角方向の構造断面を図-4 及び図-5 に示す。

滑走路平行方向の鋼桁フランジ上には予めスタッドジベルが打設されており、間詰めコンクリートを打設することによりスタッドジベルを介して鋼桁と床版は一体化される。滑走路直角方向は床版と鋼桁の縁が切れており、床版は一方向版として挙動する。鉄筋は、滑走路平行方向の間詰め部はループ継手、滑走路直角方向の間詰め部は重ね継手となっている。

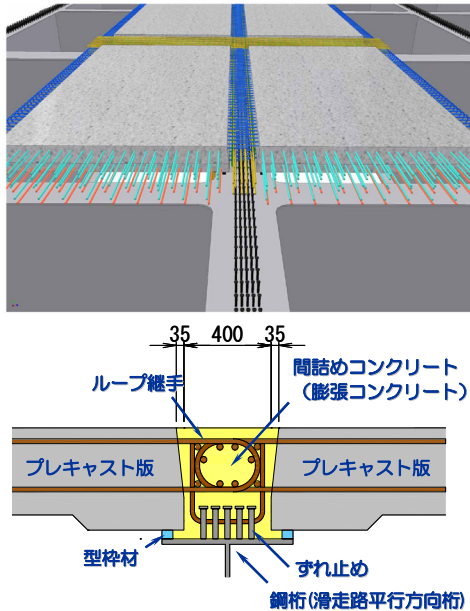


図-4 滑走路平行方向断面図

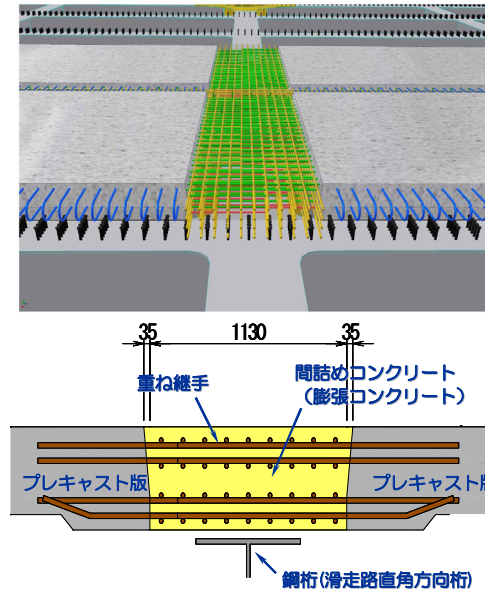


図-5 滑走路直角方向断面図

ジャケット(図-2 参照)は、上部の鋼桁と下部のレグ鋼管(標準 6 本)から成り、鋼桁部の大きさは滑走路平行方向 63m、滑走路直角方向で 45m である。鋼桁は、滑走路平行方向 7.875m、滑走路直角方向 3.750m の間隔で格子状に配置されている。ジャケット 1 基当りの PCa 床版の配置は図-6 に示す通りであり、レグ杭頭補強部 6 箇所(杭頭版)とそれ以外の標準部(標準版)とに分かれる。

PCa 床版は、図-3 に示すように、空港施設区分によって滑走路、誘導路、高速脱出誘導路、ショルダー・過走帯および着陸帯 A の 5 つの種別に分かれており、各区分の荷重条件の違いにより PCa 床版厚さ、鉄筋量、PC 鋼材料などが設定されている。PCa 床版枚数は全数で 10,697 枚あり、内訳を表-1 に示す。

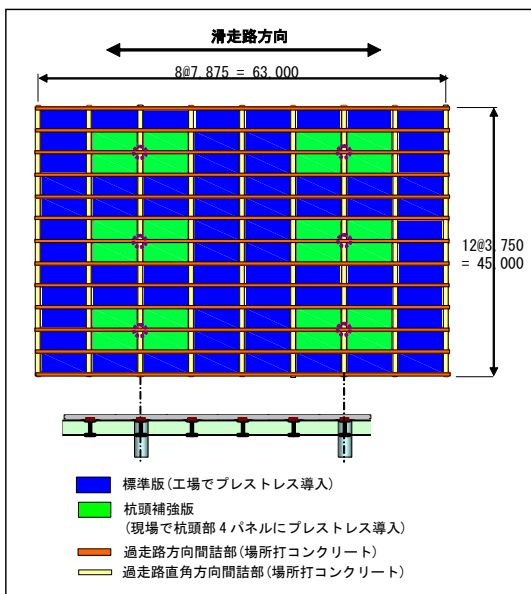


図-6 PCa 床版配置図

表-1 PCa 床版内訳

用途・種別	単位	数量
滑走路	標準版	枚 1,319
	杭頭版	枚 432
誘導路	標準版	枚 3,146
	杭頭版	枚 1,169
高速脱出誘導路	標準版	枚 997
	杭頭版	枚 420
ショルダー・過走帯	標準版	枚 1,629
	杭頭版	枚 524
着陸帯 A	標準版	枚 849
	杭頭版	枚 212
合計	枚	10,697

PCa 床版のコンクリートの設計基準強度は、 $50\text{N}/\text{mm}^2$ であり、工場で製作する PCa 床版の標準寸法は滑走路標準版を例にとると、図-7 に示すように、滑走路平行方向に 6,585mm、滑走路直角方向に 3,320mm であり、厚さ 400mm、重量は約 25t である。

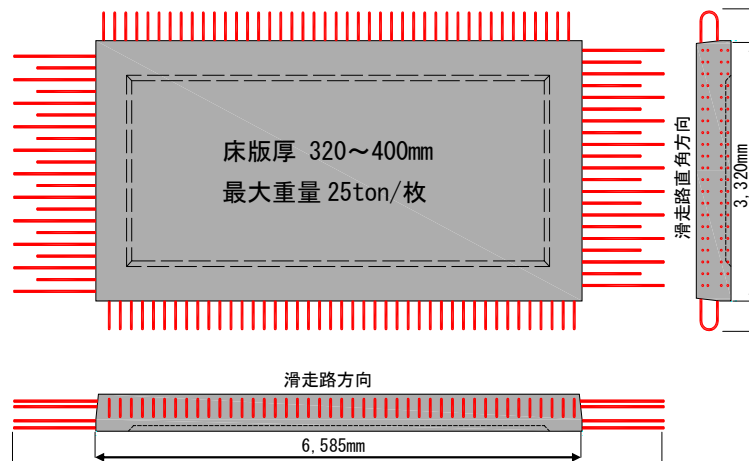


図-7 工場製作の PCa 床版標準寸法

床版のプレストレス導入は、表-2、図-8 に示すように工場緊張と現場緊張に分かれている。

杭頭部はジャケットのレグの直上部に相当し、床版の支点となっているため、床版上に航空機荷重が作用することによって大きな負の曲げモーメントが発生する。このため、レグ周囲に架設した 4 枚の PCa 床版とその間の間詰めコンクリートを合わせたコンクリート構造体にプレストレスを導入して杭頭部を補強する。

杭頭版は、滑走路平行、直角方向ともに現場においてポストテンションでプレストレスを導入する版と、滑走路直角方向は工場でプレテンション、滑走路平行方向は現場でポストテンションによりプレストレスを導入する版の 2 タイプに分かれている。なお、現場緊張するものには、PCa 床版工場製作時に予めシース管を配置している。

表-2 PCa 床版緊張仕様一覧

種類	用途	滑走路平行方向	緊張	滑走路直角方向	緊張
標準版	全区分	ポストテンション ($\phi 32$ プレブラウト鋼棒)	工場	プレテンション (1S15.2PC鋼より線)	工場
杭頭版	滑走路 誘導路 高速脱出誘導路	ポストテンション (1S28.6PC鋼より線)	現場	ポストテンション (1S28.6PC鋼より線)	現場
杭頭版	ショルダー・過走帯 着陸帯A部	ポストテンション (1S28.6PC鋼より線)	現場	プレテンション (1S15.2PC鋼より線)	工場

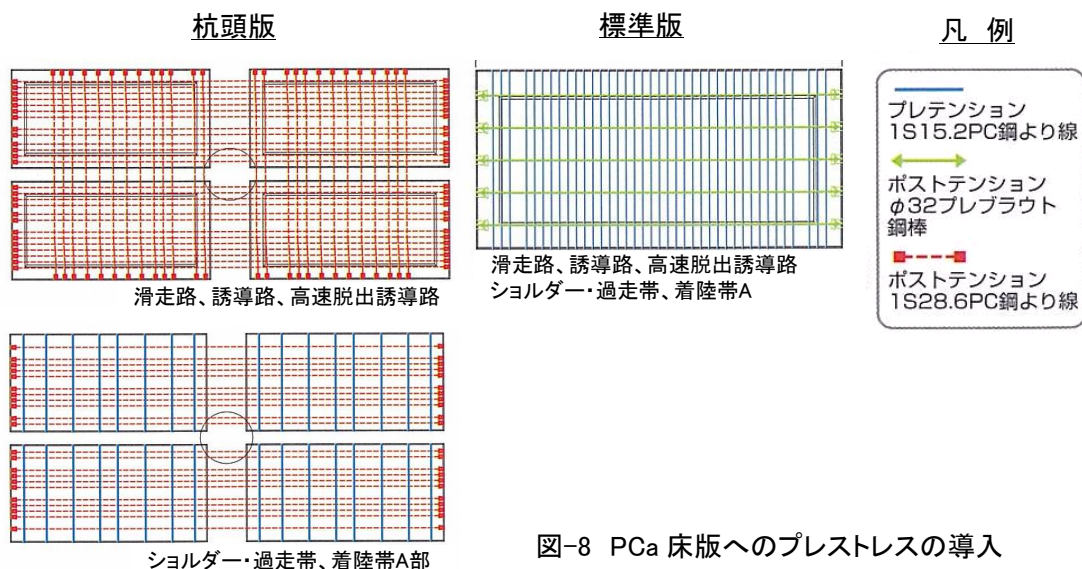


図-8 PCa 床版へのプレストレスの導入

3. PCa 床版の製作

3-1. 製作工場

千葉県富津市にある PCa 床版製作工場は、図-9 に示すように約 89,000m² の敷地面積を有しており、鉄筋組立、製造、レイタンス処理、製品仕上げおよび製品仮置の計 5 エリアに分かれている。

施設としては、事務所棟、セメント・骨材サイロ、バッチャープラント、操作室・試験室、濁水処理機およびボイラー設備がある。

製作は、A～D の 4 ラインで稼動しており、日最大約 24 枚(6 枚×4 ライン)を製作しており、平成 19 年 9 月から平成 21 年 10 月に至る延べ 25 ヶ月間で、全製作枚数 10,697 枚を製作する工程となっている。製品仮置きエリアには、平成 20 年 12 月 1 日現在、約 4,200 枚仮置きしており、施工に合わせて順次、富津公共岸壁に陸送し出荷している。

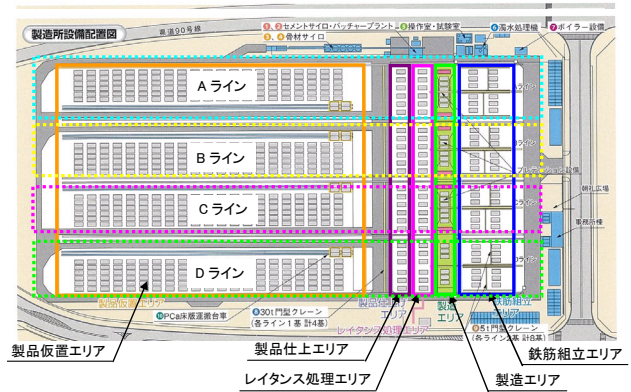


図-9 PCa 床版製作工場全体平面



写真-1 床版製作工場全景

3-2. 製作方法・手順

製作ラインは、工場緊張方式(プレテンション方式)の A～C の 3 ラインと、現場緊張方式(ポストテンション)の D ライン、計 4 ラインを設けている。製作の標準的な施工フローとタイムサイクルは、表-3 の通りであり、各ラインとも約 14 時間の常圧蒸気養生を行うことにより、コンクリート強度 35N/mm² の早期発現を促進し、プレテンション鋼材の張力を解除することにより床版にプレストレスを導入する。

鉄筋組立エリアでは、予め所定の寸法で加工された鉄筋を上鉄筋と下鉄筋それぞれユニット化し、その鉄筋ユニットの一体化を図り、鉄筋ユニットをモルタルスペーサを配置した製作台へ吊込み設置する。さらに、プレグラウト鋼棒を鉄筋ユニット内に組入れる。

製造エリアでは型枠組立・付属物設置、プレテンション導入からコンクリート打設及び常圧蒸気養生を行う。

側面の型枠には、予め遅延材を塗布し、脱型後、コンクリート打ち継ぎ処理を速やかに且つ容易に行えるよ

表-3 製作ラインタイムサイクル

時間	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
プレテンション工種																									
準備工				■																					
鉄筋組立					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
型枠組立					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PCケーブル組立																									
コンクリート工																									
養生工																									
緊張力導入																									
側枠解体																									
製品取出																									
鋼棒緊張																									

時間	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
ポストテンション工種																									
準備工				■																					
鉄筋組立					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
型枠組立					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
シース組立																									
コンクリート工																									
養生工																									
緊張力導入																									
側枠解体																									
製品取出																									

うにする。

製品仕上げエリアでは、養生完了後、型枠脱型を行い、幅止め枠撤去後、プレテンション鋼材の切断及び防錆処理を行う。側枠をスライドして面版を取り外した後、PCa 床版側面を高圧洗浄機を使用し、コンクリート打ち継ぎ面を粗に仕上げる。(写真-2 参照)

PCa 床版から張り出した鉄筋には防錆剤を塗布し、養生期間中の錆の発生を防止する。さらに、滑走路平行方向に配置したプレグラウト鋼棒にプレストレスを導入し、無収縮モルタルで床版端部を平坦に仕上げる。全ての製作工程終了後、製品検査を実施し、版番号と架設方向を印字して、仮置きエリアへ移動する。

各製作エリア間の製品や材料の移動は、4.8t 吊門型クレーンと30t 吊門型クレーンを使用する。

出来形管理として、床版の寸法・厚さ計測、目視による有害なひび割れ、欠け等の有無を確認する。また品質管理として、スランプ、空気量、

圧縮強度、PC 緊張力等の管理を実施している。一例として、表-4 に、平成 20 年 9 月 3 日～9 月 17 日までのコンクリート圧縮強度試験結果の推移を示す。コンクリート圧縮強度は、材齢 28 日で 70.5N/mm²(3 供試体平均値)となっており、設計基準強度 50N/mm²を満足している。



写真-2 PCa 床版打ち継ぎ面

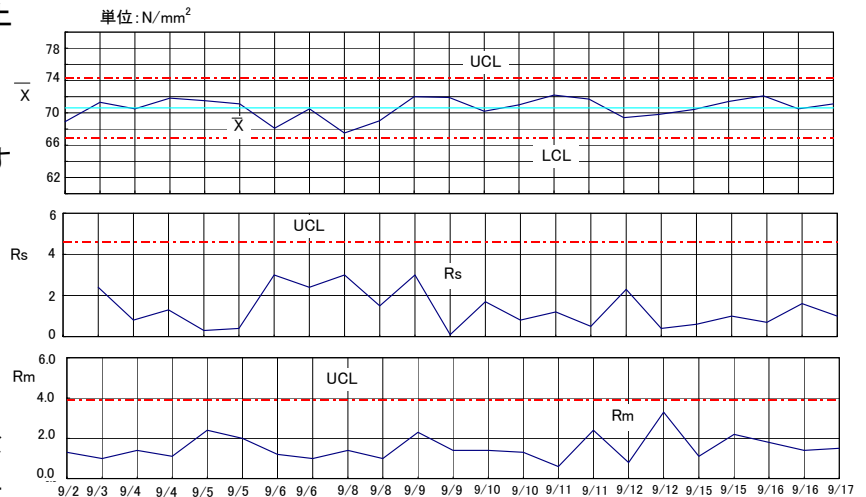


表-4 コンクリート圧縮強度試験管理図

4. PCa 床版の海上運搬

「富津製作工場」から大型トレーラで陸上運送された PCa 床版を「富津公共岸壁」にてクローラクレーン(200t 吊)を使用して直接車上から床版運搬台船(2,000t 積)に積込み、図-10 に示すルートの主引船(1,800ps)を使用して羽田現場まで運搬する。曳航に際しては、富津航路利用の他船舶との調整を行い、君津航路、木更津航路からの出入船舶及び中ノ瀬航路からの他船舶、漁船等に注意して運航を行う。

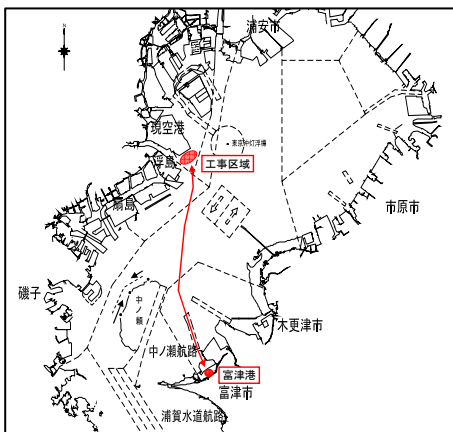


図-10 運航経路図

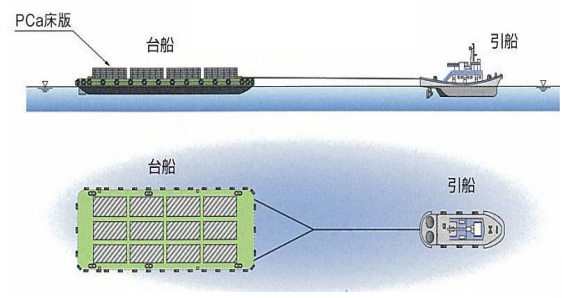


図-11 曳航状況図

5. 現場施工

羽田現場では、海上運搬した PCa 床版をジャケット鋼桁上に据付け、間詰めコンクリートを打設し、鋼桁と PCa 床版とを一体化する。

現場における施工フロー、および施工サイクルを図-12、図-13に示す。

PC 緊張のため杭頭版周囲に施工スペースを必要とすることから、杭頭部を先行して施工する。一回の施工サイクルでは滑走路直角方向に架設走路を挟む両サイドの杭頭部を同時施工する。

図-13 において、A エリアから B エリアへと施工を進める施工手順を以下に述べる。

- ① 杭頭部の PCa 床版に有効かつ均等にプレストレスを導入するため、鋼桁上のスタッドジベルと間詰めコンクリートを一体化させないよう、滑走路平行方向のスタッドジベルに箱抜き型枠を設置する。
- ② 杭頭部の PCa 床版を 4 枚架設する。
- ③ 間詰め部の鉄筋組立を行い、間詰めコンクリートを打設する。
- ④ 間詰めコンクリートの所定強度発現後、滑走路平行方向及び滑走路直角方向にプレストレスを導入し、PC グラウト工を行う。
- ⑤ A エリアの架設走路を撤去しながら標準版を架設し、標準版の間詰め部の型枠、鉄筋を組み立てる。
- ⑥ 撤去した架設走路を B エリアに盛替えて、PCa 床版架設を行う。
- ⑦ B エリアの PCa 床版架設中に A エリアの標準部の間詰めコンクリートを打設する。また、A エリアの杭頭部スタッドジベル箱抜き部に無収縮モルタルを注入する。

以上の施工サイクルを繰り返し行う。

5-1. 箱抜き工

ジャケットのレグを中心とした滑走路平行方向の鋼桁上にはスタッドジベルが予め打設してある。

間詰めコンクリート打設完了後、杭頭部にプレストレスを有効かつ均等に導入するため、PCa 床版架設前にスタッドジベルに鋼製のボックスを被せ、箱抜きとし、桁とコンクリートを一体化させない構造とする。箱抜きボックスは、一つで滑走路直角方向のスタッドジベル 5 本分を覆っており、上部にある注入、排出用の 2 箇所

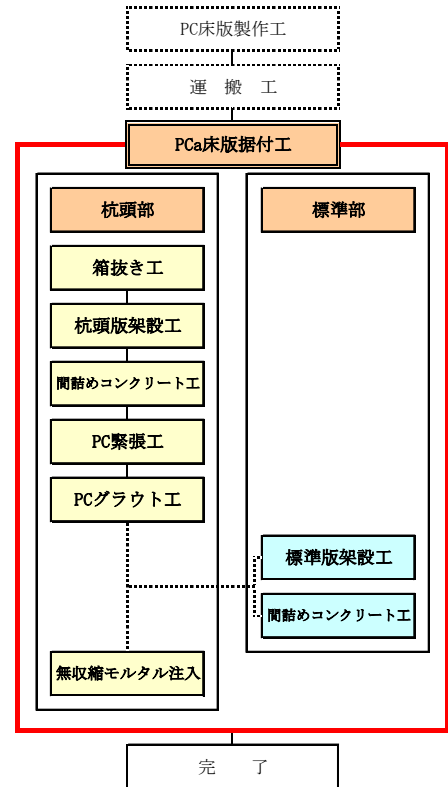


図-12 施工フロー

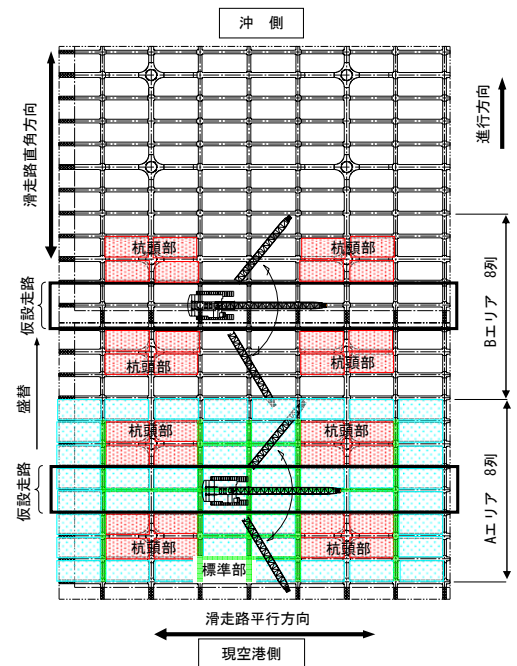


図-13 施工サイクル

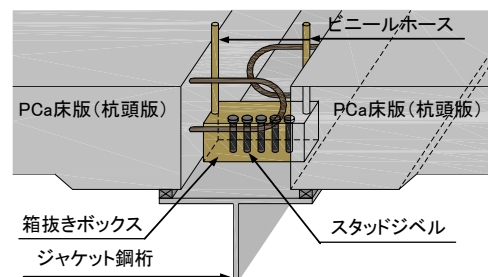


図-14 箱抜き工概要図

ビニールホースを挿入してコンクリート仕上り面より上に立ち上げる。(図-14 参照)

杭頭部間詰コンクリート打ち込み完了、硬化後、プレストレスを導入し、箱抜き部に無収縮モルタルを注入して、スタッドジベルと PCa 床版の一体化を行う。

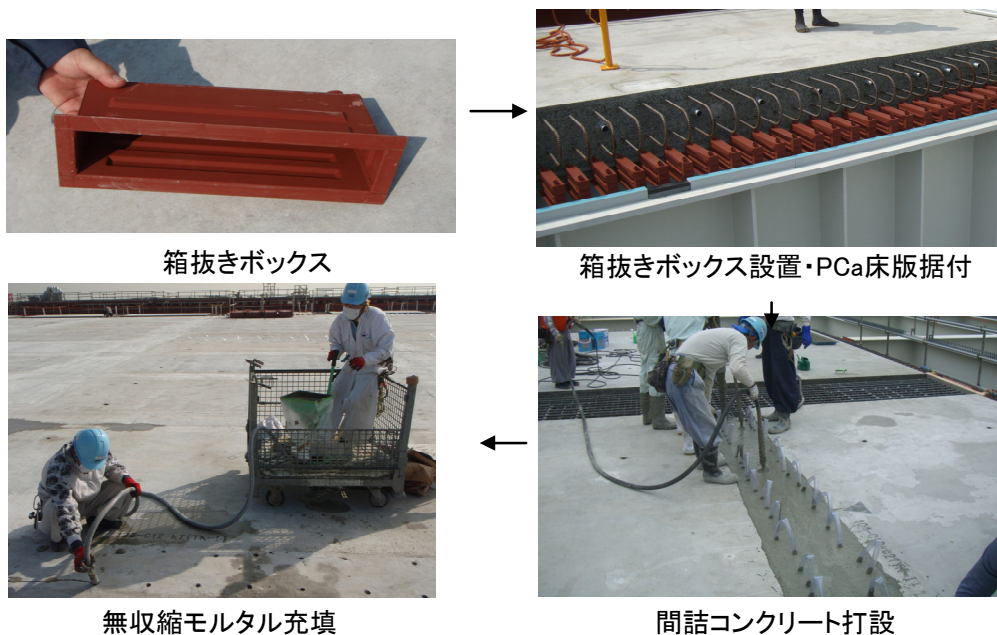


写真-3 箱抜き工

2. PCa 床版の据付

栈橋上の物揚げ場から運搬した PCa 床版を 150t 級クローラークレーンにて吊り上げ、ジャケット鋼桁フランジの左右長辺方向にそれぞれ 2 箇所づつ配置した高さ調整ゴムの上に PCa 床版を据え付ける。

PCa 床版架設完了後、鋼桁上のスタッドジベルと PCa 床版側面との間を木製キャンバーで固定し、横ずれや落下防止対策を講じる。



写真-4 高さ調整ゴム設置



写真-5 PCa 床版ずれ防止



写真-6 PCa 床版架設前



写真-7 PCa 床版架設状況

5-3. 間詰めコンクリート工

隣接する PCa 床版の間(間詰め部)の鉄筋、型枠を組み立て、コンクリートを打設する。

間詰め部は、PCa 床版を据付した後、現場施工する部位であり、杭頭部に含まれる間詰め部を除いて RC 構造となっている。そのため床版耐久性上、間詰め部の品質確保が重要である。コンクリートは、設計基準強度 $50\text{N}/\text{mm}^2$ であり、ひび割れ発生抑制を目的として膨張材を使用している。コンクリートの製造は、専用のコンクリートプラント船(CP 船)で行う。

滑走路平行方向は、PCa 床版から張り出したループ筋(ループ継ぎ手)に直筋を挿入して所定の位置に組み立て、滑走路直角方向は PCa 床版から張り出した鉄筋に直筋を配置し組み立てる(写真-8 参照)。品質管理上、鉄筋はかぶりの確保に留意し、さらに鉄筋の付着性能に影響を及ぼす浮き錆や泥等がないか確認する。

ジャケット鋼桁上面には木製底型枠を組み立てる。コンクリート鉛直打継ぎ部は木製やスポンジ等で型枠を組み立て、型枠には打ち継ぎ処理を容易にするために凝結遅延剤を塗布する。コンクリート打設前は、ごみ等が無いよう清掃する。コンクリート打設完了後強度が発現した後型枠を脱型する。

コンクリート打込み、締固め完了後、仕上補助剤兼皮膜養生剤をコンクリート表面に散布し、所定の高さに均した上面を金ゴテ仕上げする。表面を荒らさずに作業できる程度にコンクリートが硬化した後、コンクリートの露出面を水で濡らした養生用マットで覆い、打込み後散水を行い湿潤状態に保つ。

型枠脱型後、次施工の間詰めコンクリートとの付着をよくするため、コンクリート鉛直打ち継ぎ面を高圧エア、ワイヤーブラシや電動チッパー等を使用してレイタンスを除去し、打ち継ぎ面を粗に仕上げる。出来形管理として PC 床版の据付高さを管理している。

コンクリート圧縮強度は、材齢 28 日で概ね $50\sim 70\text{N}/\text{mm}^2$ で推移しており、設計基準強度を満足している。

また、間詰めコンクリート硬化後、ひび割れが発生しているかどうか確認・追跡調査をしているが、有害なひび割れは発生していない。



(滑走路平行方向)



(滑走路直角方向)

写真-8 杭頭部間詰め鉄筋・型枠



写真-9 標準部コンクリート打設

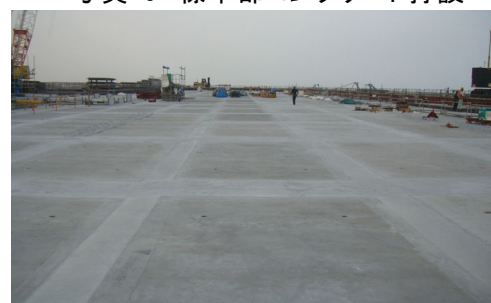


写真-10 間詰めコンクリート打設完了

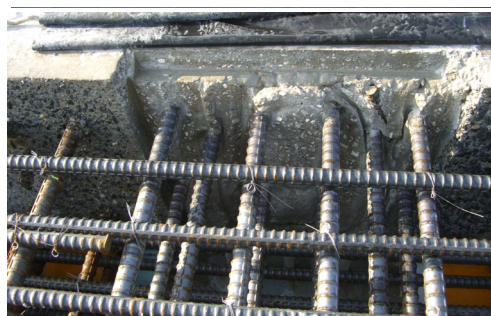


写真-11 間詰めコンクリート打ち継ぎ部

5-4. 緊張工

杭頭版架設後、PCa 床版に埋め込まれたシース管に間詰め部のシース管を挿入し、隣の杭頭版のシース管と連結して継手箇所をテーピングする。

シース接続完了後、写真-12 に示す通り、PC 鋼より線(1s28.6)を挿入する。さらに、支圧版にスリーブを挿入し、クサビを押し込む。コンクリートペーストによるシース管内部の閉塞およびコンクリート打ち込み、締め固め時のシース管のつぶれにより、PC 鋼より線挿入不良を防ぐために、PC 鋼より線は間詰めコンクリート打設前にシース管に挿入する。

コンクリート打込み箇所と同一のコンクリート供試体が所定の圧縮強度 $27\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を発現したことを確認してから、PC 鋼より線に定着具を装着してプレストレスを導入する。(写真-13 参照)

緊張設備としては、緊張ポンプとジャッキを一体で移動できるような移動台車を組立てて、容易に PCa 床版上を移動できるようにした。

緊張力の管理は、引張り力と PC 鋼より線の伸び量を独立して管理する。

緊張力は圧力計の示度を読み、PC 鋼より線の伸び量は、ジャッキの圧力の示度が 5MPa の時にジャッキシリンダー(緊張端)と PC 鋼より線(固定端)にマークし、荷重段階毎(10MPa)の伸び量を測定・記録する。

プレストレス導入完了後、PC 鋼より線を床版端部から 3cm 程度残して切断する。(写真-14 参照)



写真-12 PC 鋼線挿入



写真-13 PC 緊張状況



写真-14 PC 緊張完了・切断

5-5. PC グラウト工

緊張作業完了後、緊張側と固定側の外とう管(写真-15 参照)にキャップを取り付ける。キャップにはグラウトの注入用とその充填確認及びエア抜き用として、呼び径 15mm のグラウトホースを設置する(写真-15 参照)。

注入プラントは、簡易でしかも移動しやすいように枠組み足場とキャスターで組み立てる。それに、セメント、水槽、給水ポンプ、グラウトミキサ、ホッパー、グラウトポンプ及びグラウト流量計を設置する(写真-16 参照)。PC グラウトの品質が施工時に満足していることを確認するため、施工開始前に配合確認、流動性、ブリーディング率、塩化物含有量試験を行う。さらに、供試体の採取を行い材齢 28 日で圧縮強度を確認する。注入作業は低い側から注入する。シース内の充填が満足に行われたかどうかを確認するために、注入側でグラウトの漏れがないか注入状況を確認しながら(写真-17 参照)、排出側でグラウトが吐出したことを確認して注入完了とする(写真-18 参照)。また、その時点

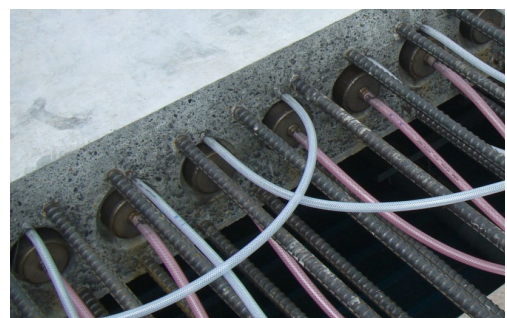


写真-15 グラウト準備工完了

していることを確認するため、施工開始前に配合確認、流動性、ブリーディング率、塩化物含有量試験を行う。さらに、供試体の採取を行い材齢 28 日で圧縮強度を確認する。注入作業は低い側から注入する。シース内の充填が満足に行われたかどうかを確認するために、注入側でグラウトの漏れがないか注入状況を確認しながら(写真-17 参照)、排出側でグラウトが吐出したことを確認して注入完了とする(写真-18 参照)。また、その時点

で注入量が設計値を以上であることを流量計で確認する。

注入完了後、グラウトミキサ、ホッパー及びグラウトポンプを洗い、当日施工したグラウト量分のセメントと混和材の空袋確認を行う。

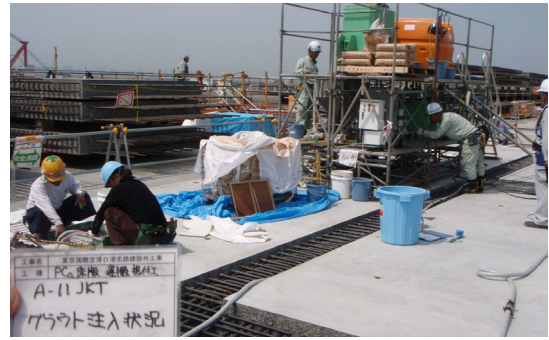


写真-16 PC グラウト施工状況

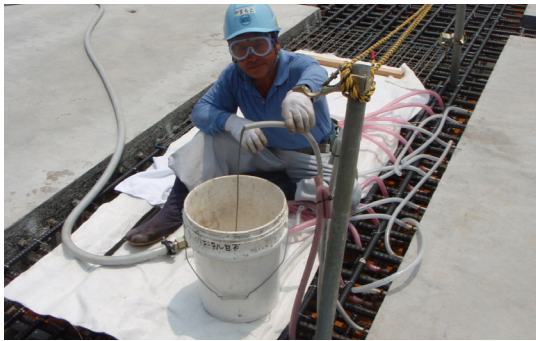


写真-17 PC グラウト注入側



写真-18 PC グラウト排出側

6. おわりに

本報告は、栈橋工事のうちPCa床版の工場製作から現地設置までについて記した。平成20年12月1日現在、PCa床版は工場にて、約6,900枚(全10,697枚)を製作し、そのうち約1,500枚の現地架設が完了した。

今後とも工事竣工に向けて、工程遵守・品質確保はもとより安全第一で施工いたしますので、関係各位のご指導とご協力を賜りますようお願い申し上げます。



写真-19 ジャケット上施工状況全景



(滑走路方向を望む)



(滑走路直角方向を望む)

写真-20 PCa床版施工状況近景