

プレキャスト角形 PC 調整槽の施工

愛場 義豊*¹・倉田 高士*²・齊藤 武文*³・土肥 孝史*⁴

1. はじめに

本地区は、福井県のほぼ中央部を流れる九頭竜川水系日野川の両岸にまたがる武生市ほか2市3町におよぶ水田面積5643haの穀倉地帯に位置する。この地区の農業用水は、日野川とその支川を主水源としているが、用水不足を生じるため、地下水や溜池、反復利用等によって補給している。しかし、これらの施設は小規模のものが多く、また老朽化と機能低下が著しいため用水不足が深刻化している。

この現状を改善するため、有効容量10000m³のファームpondが計画された。広範囲に水を供給するために水頭差が必要であり、山間中腹にある建設地の地形および地盤状況からその平面形状は台形となった。その構造は基本設計段階で現場打ちコンクリートとの比較を行い、水密性と工期短縮の優位性からプレキャスト工法で、さらに部材の一体化と目地部の水密性を高めるためにプレストレスを導入することとした。

プレキャスト角形水槽としては現在日本最大規模のものであり、用水の一部を飲用水の原水として使用するため落ち葉などのゴミほかの侵入を防止する屋根スラブを中間柱で支持する構造である。

2. 工事概要

2.1 構造諸元および主要数量

有効容量：10000m³
 有効水深：2.70m
 本体平面寸法：台形底辺71.988m
 台形上辺39.060m
 台形高さ67.486m
 底版面積3740m²
 本体側壁高さ：4.710m
 基礎形式：直接基礎、半地下構造
 荷重：積雪荷重6.0kN/m²（積雪深2.0m）
 設計水平震度：レベル1 0.20
 レベル2 0.32
 幹線流入工寸法：弁室8.800m×8.090m
 水槽室8.800m×13.815m
 側壁高さ4.910m
 幹線流出工寸法：弁室5.800m×3.800m
 水槽室5.800m×2.000m

側壁高さ9.310m
 上水流工寸法：弁室3.800m×3.350m
 水槽室3.800m×2.400m
 側壁高さ7.660m
 総部材数：832ピース（PCa部材）
 約2,900t
 側壁：192ピース
 T桁：493ピース
 受梁・梁：78ピース
 柱：69ピース
 現場打ちコンクリート：3096m³
 鉄筋組立て：375t
 PC鋼より線：19.07t
 定着箇所数：615箇所

3. 構造概要

本構造の概要を各部材ごとに説明する。

3.1 側壁

フーチング付の自立式プレキャストブロックを並べることによって構築する。ブロックの基本寸法は幅1.98m、高さ4.71m、壁厚0.20mである。ブロックのフーチングからは鉄筋が出ており、この鉄筋と底版の鉄筋をつなぐことにより一体化する。

構造形式は水平方向がPC構造、鉛直方向がRC構造となっており、水平方向の目地部は無筋構造であるので、引張力が発生し漏水の原因とならないようにフルプレストレスの仕様である。目地の間隔は2cmを標準とし無収縮モルタルを充填するようになっている（図-1）。

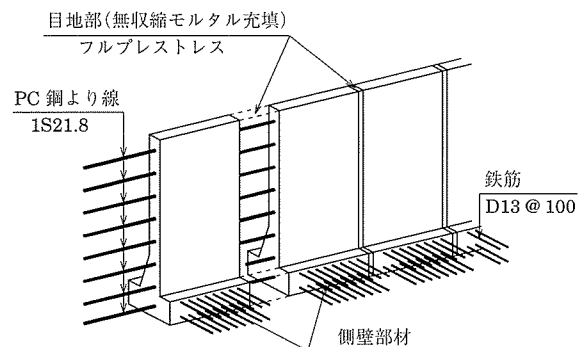


図-1 側壁組立て概要図

*¹ Yoshitoyo AIBA：(現)北陸農政局 上越農地保全事業所 工事第一課 課長

*² Takashi KURATA：日本技研(株) 環境開発部 参事

*³ Takefumi SAITOU：清水建設(株) 北陸支店 土木部 工事長

*⁴ Takashi DOI：清水建設(株) 北陸支店 土木部 工事主任

3.2 底 版

場所打ちコンクリートにより構築する ($t = 400 \text{ mm}$)。上面と下面に鉄筋を配置し、断面中央に 2.00 m ピッチで PC 鋼材を配置し、側壁フーチングの外側に定着部箱抜きを設けておき、外部から緊張を行うもので PRC 構造として設計されている (図 - 2)。

また、底版には完成後の維持管理に必要な排水および排泥清掃のための勾配コンクリート ($t = 150 \text{ mm}$) が設けられている。

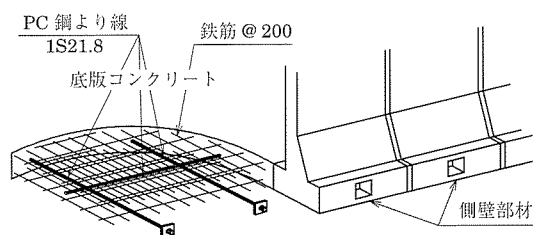


図 - 2 底版構造概要図

3.3 受梁および柱

受梁は架設時には単純梁の状態、緊張後は多径間の連続梁となり、受梁緊張後、屋根の T 桁を架設する。柱部材については上下端ともアンカー筋で受梁および底版と連結しており、両端ピンの構造で設計されている。

受梁が PRC 構造であり、柱部材は RC 構造である。

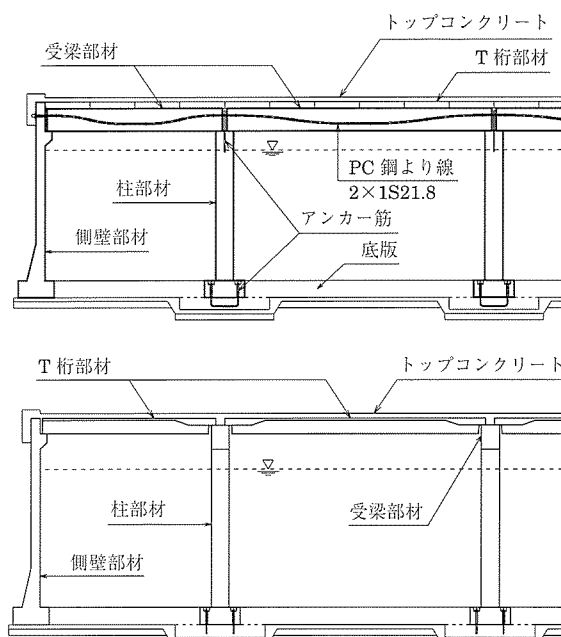


図 - 3 柱受梁構造概要図

3.4 屋根（合成 T 桁）

プレキャストのプレテンション T 桁と場所打ちのトップコンクリート ($t = 100 \text{ mm}$) を一体化して合成床版を形成する。荷重は積雪深 2.0 m 分の荷重として 6.0 kN/m^2 を見込んでいる。

合成床版は PRC 構造である。

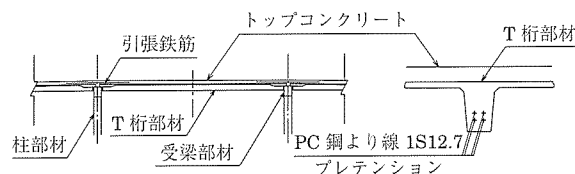


図 - 4 屋根構造概要図

4. 全体計画

福井県当該地区も例年 12 月後期には雪が積もり 2 月頃までは不安定な天気が続く土地柄であるため、現場打ち部分である底版およびトップコンクリートの雨養生、温度対策が一番の課題であった。工程前倒しによる天候の良い時期における打設、 $4,000 \text{ m}^2$ の屋根の架設等の案もあったが、経済的にもトップコンクリートを先行して打設し、底版コンクリートを雨天でも打設できるようにする方法を選択した。

4.1 要求品質の確保

側壁および底版からの漏水だけでなく屋根からの漏水ゼロが目標である。この目標を満足するために以下の検討・計画を事前に行った。

(1) 底版基礎地盤条件の影響の検討

底版中央部が岩質土、端部が土砂となり一様地盤の場合と異なる応力が底版に発生する。ボーリング調査を行い構造照査する。

(2) 現場打ちコンクリートの温度・乾燥収縮ひび割れの検討

トップコンクリートは、早強コンクリート仕様で部材厚が薄く ($t = 100 \text{ mm}$) 冬期に打設することから、ひび割れが発生し、そこから漏水する可能性があった。温度解析を実施し発生ひび割れの予測と膨張コンクリートの効果の度合いを確認する。また調整槽内部にジェットヒーターを置き、下からの給熱によりコンクリート温度を維持する寒中コンクリート養生のシミュレーションを行う。

(3) 側壁プレストレスの確実な導入方法

一辺が 70 m の側壁の中央部まで確実にプレストレスを導入するために側壁部材据付けをライナープレートで点支持とし、底面の摩擦による拘束を解除した状態でプレストレスを導入する。プレストレス導入後側壁部材下の隙間をグラウトする。

(4) 側壁部材の接合部のモルタル充填

目地はプレストレスを伝達するため、また止水性の弱点とならないよう密実に充填する必要がある。確認の方法として目地型枠にホースを設置し、このホースからの流出しを確認する。

(5) 施工中に発生する不静定力による影響とその対策

側壁のプレストレス導入では部材の短縮量の分だけ各部材が移動することとなる。4 辺目の側壁緊張の際、すでに緊張した角の側壁部材は、緊張方向とほぼ直角方向に再度引張られることになるため、目地の開きが懸念された。対策として端部材の底面グラウトをあと施工とし、応力を端部に集中させ目地の開きが発生した場合は注入等の補修を

行うこととした。

屋根はコンクリート二次製品である T 桁と現場打ちのトップコンクリートを一体化させ合成床版を形成し、プレストレスを与える仕様になっている。トップコンクリートの厚さが 10 cm であるため、PC 鋼材の鉛直方向の位置ずれ（偏心）による予期せぬひび割れも懸念された。このため PC 鋼材の位置を T 桁上にプロットし、配置および高さを正確に行うことが必要とされた。

4.2 形状の特異性

この調整槽はプレキャストセグメントを並べ PC 鋼材によりプレストレス接合する工法であるが、その特異的な形状（台形）と平面規模の大きさ、施工ヤードおよび工期から分割施工を行う必要があった。各ブロックにおける架設および緊張順序と、またブロック相互間における不静定力の発生とその影響が極力干渉しないよう施工順序の決定を行った。

5. 施工概要

本構造の施工手順を以下に示す。

① ベースコンクリート打設（均しコン）

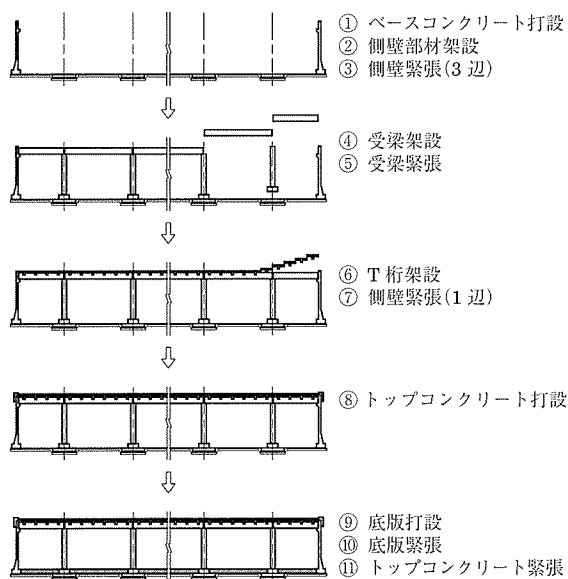


図 - 5 施工手順図

- ② 側壁部材架設
 - ③ 側壁緊張（3 辺），側壁下グラウト
 - ④ 柱架設，柱下グラウト，受梁架設
 - ⑤ 受梁緊張
 - ⑥ T 桁架設・搬入部側壁架設
 - ⑦ 側壁緊張（1 辺），側壁下グラウト
 - ⑧ トップコンクリート打設
 - ⑨ 底版コンクリート打設
 - ⑩ 底版緊張
 - ⑪ トップコンクリート緊張
- これを図 - 5 に表す。

受梁・T 桁の架設は、部材搬入口に対して奥側から順次

クレーン架設を行った（図 - 6）。

施工時の実施事項および留意点について施工順序に基づき以下に述べる。

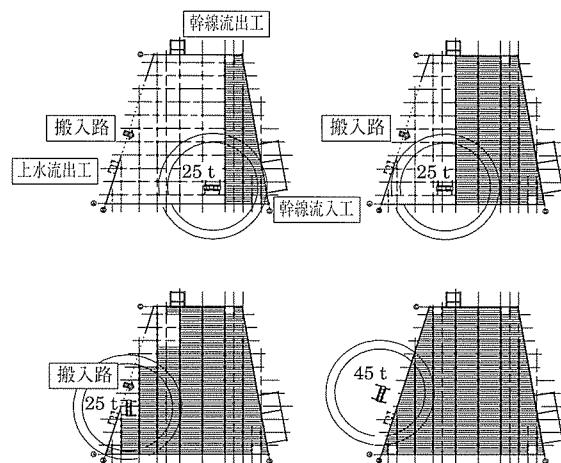


図 - 6 架設順序図

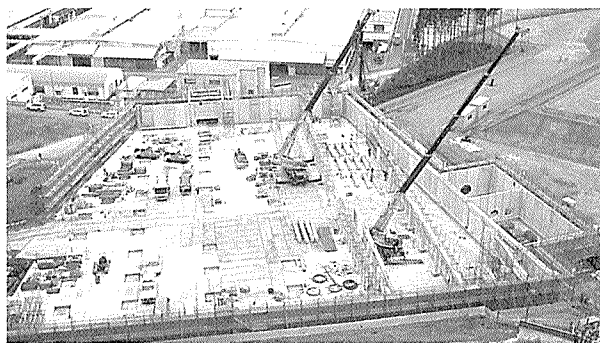


写真 - 1 受梁架設状況

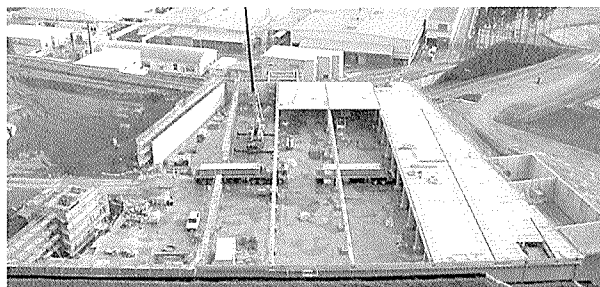


写真 - 2 T 桁架設状況

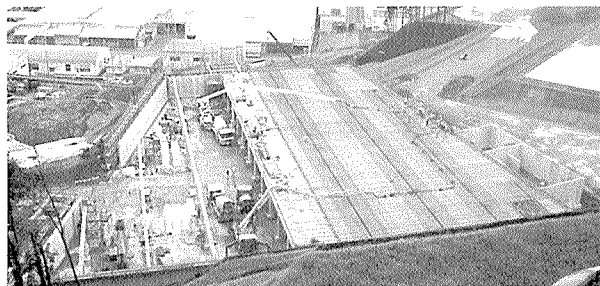


写真 - 3 トップコンクリート打設状況

(1) 側壁の施工

側壁接合部である目地の施工はこの構造物の中で一番重要なポイントである。目地の強度不足および充填不良は断面欠損となり、また漏水の原因となり得るため細心の注意を払い施工した。

壁部材の目違いを防止する目的で、側壁部材を並べる際の直線精度を確保するために先行して地墨をおこし、据付け時にはトランシットを併用して確認しながら設置した。

当初目地の型枠は、通しのセパレーターで木製型枠を止める方法を考えていたが、漏水対策と防蝕対策のため硬練モルタルによる施工とした。熟練工を必要とせず施工効率も上がると想定していたが、天候に左右されること、またモルタルの硬さ具合の調整が微妙であり労務の改善には至らなかった。

1 辺全数の側壁部材据付け後、PC 鋼より線を挿入、目地

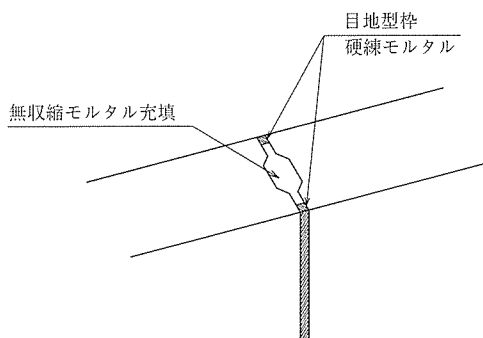


図-7 目地部詳細図

型枠となる硬練モルタルを施工ののち無収縮モルタルをポンプで打設した。硬練モルタルと側壁部材の付着力による型枠であるため、高さ 4.7 m を 3 回に分けて打設した。無収縮モルタルの充填性を確認するため水平方向 4 m ごと（目地ひとつ飛ばし）にホース（φ 12 mm、透明）を設置し、ここからの無収縮モルタルの流出しを確認しながら打設した。目地モルタルを施工してから無収縮モルタルの打設までの間、水の抜け道がなくなるので雨水が入らないようシートによる養生を行った。

側壁部材の緊張は、側方プレストレスを中央部にまで伝達させるために、部材下のグラウトを行わないまま底面の拘束を解除した状態で緊張した。あらかじめおのおのの部材下端にスポンジを貼り付け、目地充填の無収縮モルタルが底面に廻りこまないようにした。

T 桁を架設する前に受梁を緊張しておく必要があり、また受梁を緊張する前に端部の支点となる側壁を緊結しておくため、側壁の 1 辺は搬入路としてあと施工で、3 辺を先行して緊張後底面のグラウトを行った。緊張前後でコーナー付近の目地の開き等を確認したが異常もなく良好であった。

図-2 に示すように PC 定着部はあらかじめ部材に箱抜きしてあるが、表面の多少の凹凸により後付けのアンカープレートと躯体が密着できず隙間があいてしまう箇所ができた。対策としてアンカープレート裏面にエポキシ系の硬化

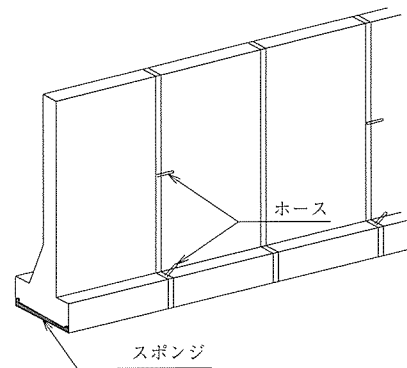


図-8 目地部概要図

剤を塗り「面タッチ」を確実に行うようにしてから緊張作業を行った。

(2) 屋根の施工

屋根は、薄いトップコンクリートの中に PC 鋼より線を弓形に配置する箇所、開口付近で曲線形状で配置する箇所などがあり、緊張時に軸力以外の方向に力が作用しひび割れが発生する心配があり高さおよび位置管理を念入りに行った。

トップコンクリートは事前に温度解析を行い、ひび割れが発生する可能性が高いことを確認していた。覆いによる

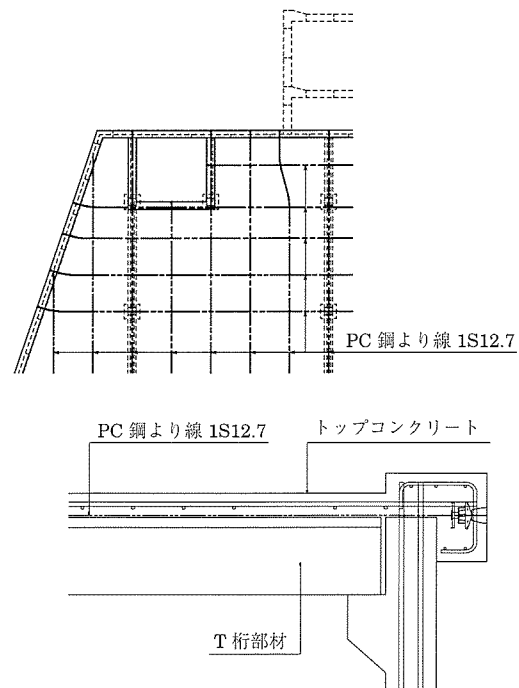


図-9 屋根 P C 鋼材配置平断面図

暖気養生が困難なため、対策として膨張コンクリートを使用し、下（調整槽内部）から給熱を行う方法とした。シミュレーションを行い外気温と調整槽内部の温度の関係表を作成し、実施工では養生期間中、熱電対を使った温度計で外気温の測定、コンクリート温度の確認、養生温度の管理を徹底した。また使用した膨張コンクリートが機能するた

めには十分な養生水を必要とするため、養生マットの上にブルーシートを掛け保水効果を高めた。

その結果、心配されたコンクリートの乾燥収縮によるひび割れも見られず、十分満足できる結果であった。

(3) 底版の検討および施工

基礎地盤は、設計時点で想定していた地盤より実際の地盤が軟弱である可能性があり、先行してボーリング調査（孔内水平載荷試験）により土の性状を確認した。その結果場所によってその地盤バネ定数が異なり一様な地盤でなかったため、最硬部と最軟部の組み合わせより4タイプの地盤条件（表-1）で解析を行い、もっとも不利な地盤条件を用いて構造計算の照査を行い安全性の確認を行った。

また掘削完了後、床付け面において床付け地盤の確認と現位置平板載荷試験を行い再度確認を行った。

底版のコンクリートは約1 800 m³あり3分割して施工した。各打ち継ぎ箇所については漏水防止のためスパンシー

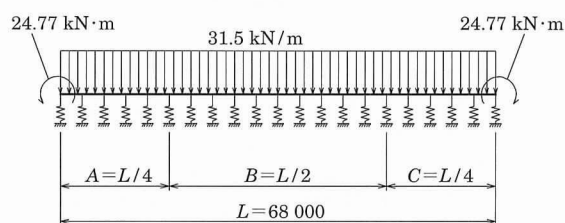


図-10 底版解析モデル図

表-1 検討ケースごとの地盤バネ定数表

(鉛直方向地番バネ：kN/m³)

	A	B	C	備考		
ケース1	3 830	25 900	3 830	軟	硬	軟
ケース2	25 900	3 830	25 900	硬	軟	硬
ケース3	25 900	3 830	3 830	硬	軟	硬
ケース4	3 830	3 830	3 830	すべて軟		

ルを設置し、打設翌日には止め型枠を解体して高圧洗浄機でレイタンス処理を行った。

底版打設前には四方を側壁で閉塞してしまうため均しコンクリートを施工する前にあらかじめ暗渠排水管を埋め込んでおき排水釜場を設けていたが、雨水程度しか考慮しておらず底版のコンクリート打設前の清掃、養生水の散水、レイタンス処理など大量に水を使用するときにポンプによる強制排水を必要とした。仮設時の排水計画も十分な検討が必要であった。

6. あとがき

今回たぐいまれな規模および形状のプレキャスト角形PC調整槽の建設に従事し、手探りで進めたところもあったが、困ったときには基本に立ち返り、各段階で再確認を行った

ことが順調に施工できた大きな要因であったと思う。

本来の目的である「水を溜める施設」の基本機能を満足するために、漏水ゼロを目標にひび割れの抑制、目地部の止水および設計思想である各部材の一体化を念頭に施工を行った。これらを施工の各プロセスの中で展開し、コンクリートの温度応力解析結果を用いてコンクリート養生温度の管理を行い、プレストレスを正確に部材に導入するために底面の拘束を発生させないようにするとともに、アンカープレートと躯体の隙間埋めなどの細部にわたる対策を実施した。

最後に、本工事の施工にあたり北陸農政局日野川事業所の方々を始め、多くの関係各位からご意見・ご指導を頂きました。この場を借りて感謝の意を表します。



写真-4 完成写真（上空より調整槽を望む）



写真-5 完成写真（調整槽内部）

【2004年7月20日受付】