

プレストレストコンクリート製水道用タンクの最近の動向

㈱安部工業所	技術本部技術部	正会員	○井上 浩之
同	上	正会員	今尾 勝治
同	上	正会員	渡部 和男
同	上	正会員	堅田 茂昌

1. はじめに

プレストレストコンクリート製タンク（PCタンク）は、1957年に日本で初めて建設されて以来¹⁾、上水道、農業用水、下水道および液化低温ガス貯蔵施設などの幅広い用途に用いられている。これは、PCタンクの構造が非常に合理的であり、優れた性能すなわち高い液密性、耐久性および耐震性などが認められているためと考えられる。

PCタンクは数の上では水道用が圧倒的に多く、1957年以来3500基を越える実績がある²⁾と言われている。水道用PCタンクについては、近年、施主からの要求性能が多様となり、タンクの大型化、景観に配慮したデザイン、工期短縮等が要求されるようになった。

本文では、このような現状を踏まえ、水道用PCタンクにおける最近の動向として、酷暑条件下で建設された大容量PCタンクのひび割れ制御対策に関する検討、また、景観配慮を目的とし高架型PCタンクの外装に採用した磁器質タイル先付けプレキャスト版（PCa版）に関する検討、また、工期短縮を目的とし複合型PCタンクの水底板工事に採用した空気膜型砕工法（エアドーム工法）に関する検討について述べる。

2. 酷暑条件下で建設された大容量PCタンクの施工

2.1 構造物概要および施工的課題

沖縄県で建設された山里第一調整池は、その形状が内径 $D=60.10\text{m}$ 、全水深 $H=19.92\text{m}$ 、全容量 $V=56,000\text{m}^3$ という国内では最大規模の大容量PCタンクである。

図-1に本調整池の一般構造図を、また、写真-1に全景写真を示す。

本調整池における底版部はその厚さが内円等厚部で50cm、外円拡幅部で150cm、また、側壁部はその厚さが下端部で120cm、等厚部で65cmであり、セメントの水和熱に起因する温度ひび割れに対して何らかの対策が必要となるマスコンクリートと考えられた。また、底版および側壁工事が、沖縄県の夏期という酷暑条件下を余儀なくされたため、この部分に関して各種ひび割れ制御対策を実施した。その結果、構造物の耐久性および水密性に影響を及ぼすような有害なひび割れを発生させることなく施工することができた。

以下に、本調整池底版工事で実施した主なひび割れ制御対策の概要について述べる。

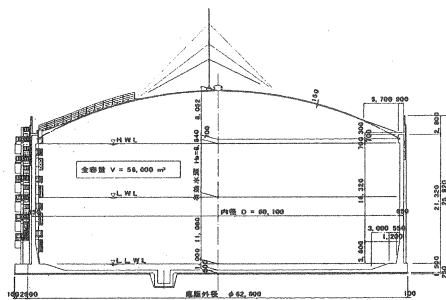


図-1 一般構造図

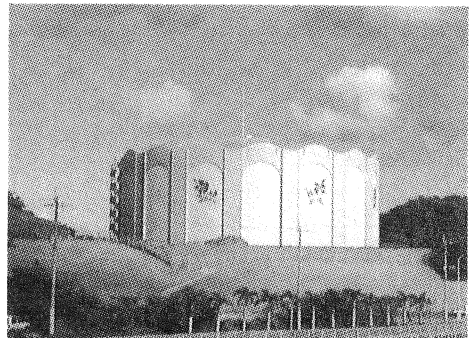


写真-1 全景写真

2.2 底版工事におけるひび割れ制御対策

本調整池底版のコンクリート全数量は約2,400m³となるため、諸条件を勘案し底版コンクリートは、図-2に示すようなブロック割りによる分割施工を行った。底版コンクリート工事においては有害な温度ひび割れを制御するために各種ひび割れ制御対策を実施した。以下に主なひび割れ制御対策の概要について述べる。

①コンクリートの配合

コンクリートの配合計画にあたっては、所要のワーカビリティ、強度等が確保される範囲内で、単位セメント量ができるだけ少なくなるよう、試験練りを繰り返し行い、最終的には高性能AE減水剤を使用した配合に決定した。単位セメント量については、高性能AE減水剤の使用などにより、当初の生コン工場の標準配合から約70kg/m³程度低減することができた。

②パイプクーリング

パイプクーリングの採用にあたっては、事前に供試体によるクーリング効果の比較実験を行うなどし、この結果も踏まえた総合的な検討の結果、冷却媒体を空気としたパイプクーリングを採用することに決定した。具体的には、底版内部にあらかじめクーリング専用のパイプ（一般構造用鋼管 STK φ42.7、t=2.3）を配置し、コンクリート打設直後から送風機（φ500、3.7kw）によりパイプに空気を供給し、初期材齢におけるコンクリート内部温度の最大値を下げるというものである。底版内円部のクーリングパイプ配置を図-3に示す。

なお、底版内円部におけるクーリングパイプへの送風については、一方向からのみ風を通すと、入口と出口では効力差が生じると考えられるため、底版両端から1本おきに入口と出口の方向を変え空気の供給を行った。また、底版外円部については、送風効率を考慮し、打設1ブロックを半分に分け、送風距離をできるだけ短くすることにより冷却効率の向上を図った。

③ひび割れ誘発目地

底版外円部については、1ブロック当たり3ヶ所のひび割れ誘発目地（半径方向）を設けた。誘発目地詳細図を図-4に示す。なお、誘発目地による断面減少率は30%とした。

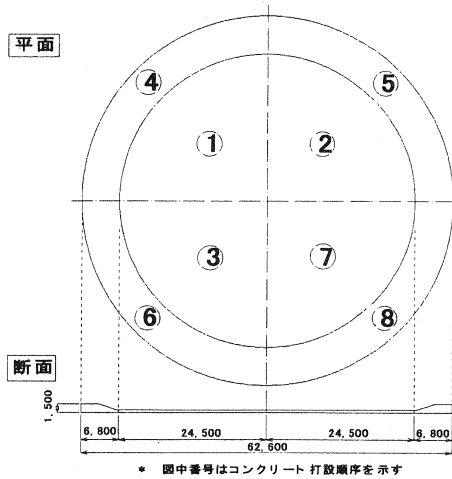


図-2 底版分割図

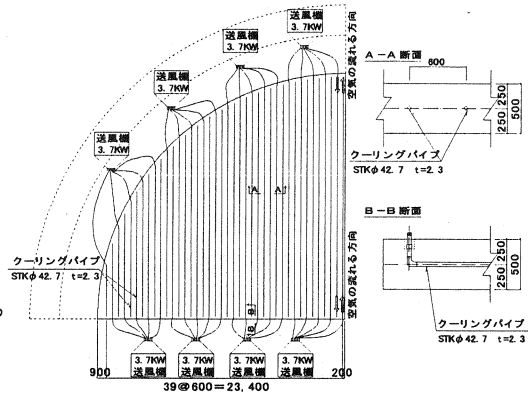
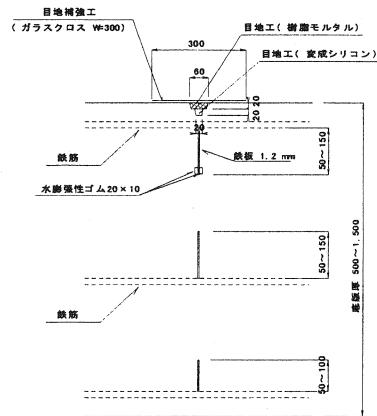


図-3 底版内円部クーリングパイプ配置図



注意：鉄板による断面減少率は30%とする。

図-4 底版外円部ひび割れ誘発目地詳細図

3. 景観配慮を目的とした高架型PCタンクの施工

3.1 構造物概要および施工的課題

福岡県で建設された吉北配水池は、貯水槽部を本体上部に有した全高26.70mの高架型PCタンクである。貯水槽部の形状は、内径D=15.60m、有効水深He=4.50m、有効容量Ve=800m³である。

図-5に本配水池の一般構造図を、また、写真-2に全景写真を示す。

本配水池は、公園内に立地するという条件から、市民生活に密着するような景観に配慮したデザインを施主から要求された。比較検討の結果、正12角形の外壁と傾斜した屋根で構成されたサイロをイメージしたデザインが採用されることとなった。そこで、外壁および屋根部材には、磁器質タイルを先付けしたプレキャスト版(PCa版)が採用された。

磁器質タイル先付けのPCa版に関しては、同様の施工実績も少ないことから、製作、運搬、据付け等に関する各種検討を実施した。その結果、実施工においてはPCa版を精度良く施工することができた。

以下に、本配水池で採用した磁器質タイル先付けPCa版の製作に関する各種検討について述べる。

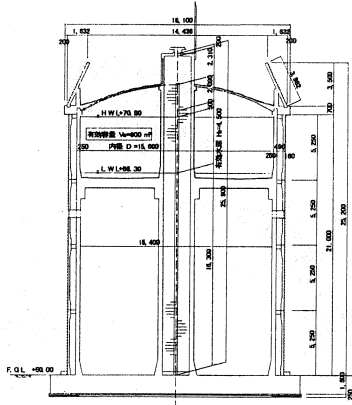


図-5 一般構造図

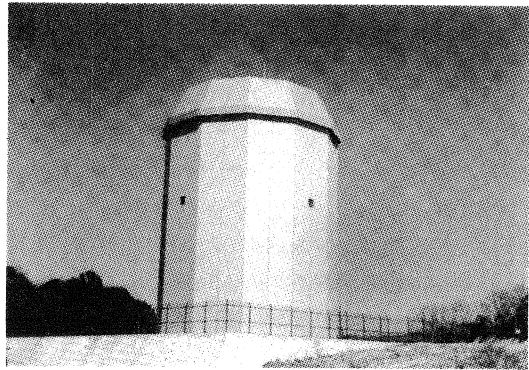


写真-2 全景写真

3.2 PCa版の製作に関する各種検討

磁器質タイル先付けPCa版の製作フローおよびPCa版詳細図を図-6および図-7に、また、PCa版完成写真を写真-3に示す。

PCa版の制作にあたっては、事前に確認実験等を行いその結果を実際の製作に反映させた。以下に主な検討事項および結果の概要について述べる。

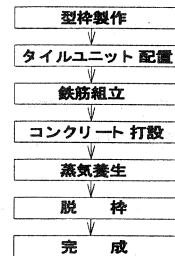


図-6 PCa版の製作フロー

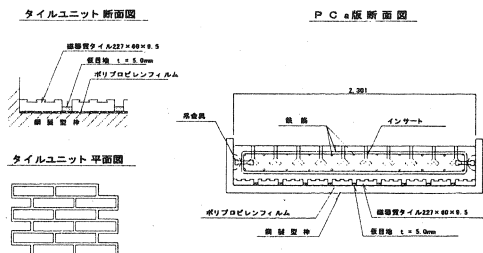


図-7 PCa版詳細図

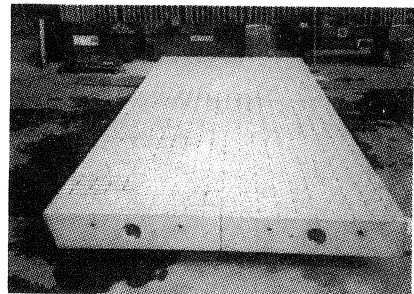


写真-3 PCa版完成写真

①タイルユニットの型枠面への固定方法

タイルユニットの固定状況を写真-4に示す。

タイルユニットの型枠面への固定方法は、a)両面テープ接着、b)のり接着の2方法により確認実験を行った。確認実験の結果、両方法ともにタイルユニットの張付け精度および作業性は良好であった。しかしながら、方法b)においては型枠面にのりが付着してしまい後処理に手間がかかることから、実際の部材製作には方法a)を採用した。



写真-4 タイルユニットの固定状況

②タイル側面へのノロ漏れ防止対策

コンクリート打設に伴うタイル側面へのノロ漏れ防止対策は、a)水膨張性シール処理、b)コーキング処理およびc)未処理の3方法により確認実験を行った。確認実験の結果、方法a)やb)のような処理を行わなくてもタイル側面へのノロ漏れはなかったことから、実際の部材製作は未処理とした。

③タイル表面へのノロ漏れ防止対策およびタイルの接着力確保

コンクリート打設に伴うタイル表面へのノロ漏れ防止対策およびタイルとコンクリートとの接着力確保は、a)接着剤(カチオン系)塗布、b)未処理の2方法により確認実験を行った。接着剤の塗布状況を写真-5に示す。



写真-5 接着剤の塗布状況

確認実験の結果、方法a)は型枠側面の養生が必要となったが、ノロ漏れはなく効果的であったのに対し、方法b)はタイルユニット間からのノロ漏れが多く発生したことから、実際の部材製作には方法a)を採用した。また、別途実施したタイルの接着強度試験の結果、方法a)における接着強度は、許容接着強度を上回ることが確認された。

4. 工期短縮を目的とした複合型PCタンクの施工

4.1 構造物概要および施工的課題

群馬県で建設された東村複合配水池は、貯水槽部を本体の上部(高区)と下部(低区)に有した全高36.80mの複合型PCタンクである。貯水槽部の形状は、高区が内径D=19.00m、有効水深He=10.00m、有効容量Ve=2830m³、また、低区が内径D=18.00m、有効水深He=16.70m、有効容量Ve=4260m³である。

図-8に本配水池の一般構造図を、また、全景写真を写真-6に示す。

本配水池は施主からの工期短縮の要望を受け、高区水底版工事において従来の合板による曲面型枠と単管およびパイプサポートによる支保工に替わり、空気圧で支えられた膜材とその上に施工されるモルタルシェールを型枠支保工としたエアドーム工法を採用した。

エアドーム工法は、一般的な標準型PCタンクのドーム屋根構築としての実績は多くあるが、本配水池のような複合型PCタンクの水底版工事としては同様の施工実績も少ないこと、また、水底版には自重のほか水圧が作用するため標準型PCタンクのドーム屋根と比較して部材断面が大きくなることから、コンクリート打設手順等水底版構築に関する各種検討を実施した。その結果、本配水池水底版を精度よく施工できたとともに、当初の目的である工期短縮を図ることができた。

以下に、エアドーム工法の概要および本配水池水底版工事の施工概要について述べる。

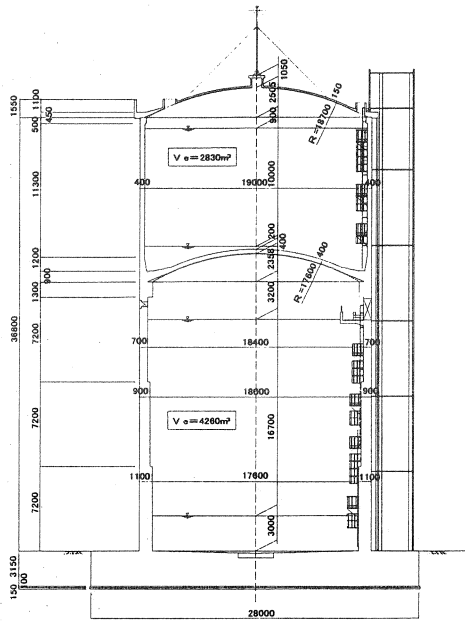


図-8 一般構造図

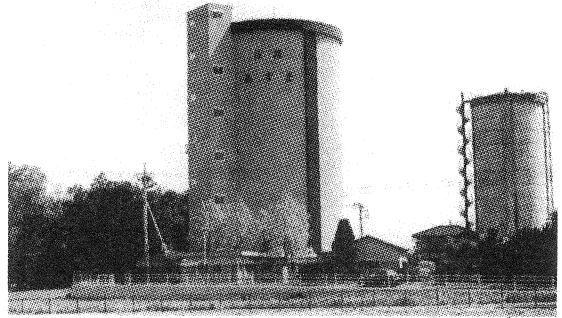


写真-6 全景写真

4.2 エアドーム工法の概要

一般的な標準型PCタンクのドーム屋根構築に適用される場合のエアドーム工法の概念図を図-9に示す。

エアドーム工法は、ドーム屋根構築のための省力化工法の一つで、従来の支保工および型枠に替えて、空気圧で支えられた膜材とその上に施工するモルタルシェルを型枠支保工とした工法である。また、このような仮設工法としてばかりでなく膜材をそのまま残すことによりコンクリートの防蝕材として有効利用することができる。

本工法は従来工法と比較して、支保工および型枠の組立て・解体作業や防蝕工が省かれるため、工期短縮、労働力削減、安全性向上等を図ることができる。

4.3 エアドーム工法の水底版工事への適用

本配水池水底版の部材厚は等厚部で400mmであり、標準型PCタンクドーム屋根の一般的な部材厚100~150mmと比較すると大きい。また、水底版コンクリートを一括で打設することは、型枠支保工となるモルタルシェルの強度からみても困難であることから、水底版

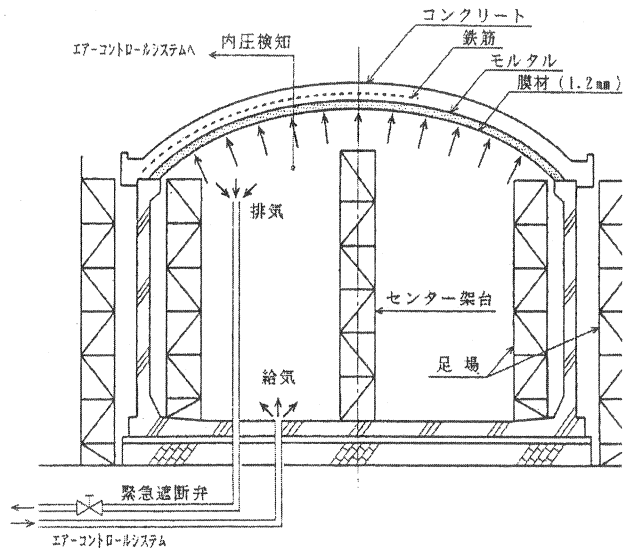


図-9 エアドーム工法概念図

コンクリートは二層に分けて打設することとした。

水底板コンクリート打設概略図を図-10に示す。一層目コンクリートは、一般的な標準型PCタンクドーム屋根構築の実績をもとに、モルタルシェル厚30mm、コンクリート厚を120mmとした。また、二層目コンクリートは、一層目コンクリートが所定強度発現後打設するものとし、コンクリート厚を280mmとした。二層目コンクリートの打設状況を写真-7に示す。

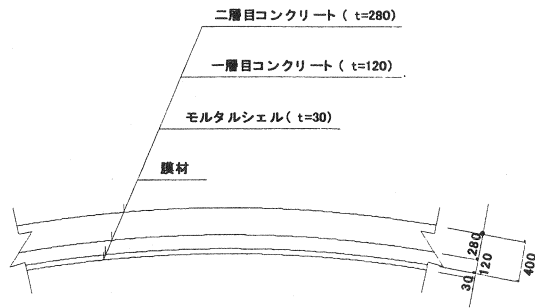


図-10 水底板コンクリート打設概略図

なお、一層目コンクリートについては、二層目コンクリートの打設荷重および打設順序による偏荷重の影響を考慮した断面力照査を、軸対称シェル要素を用いたFEM解析により実施しその安全性を確認している。また、一層目と二層目の打継目に関しては、一層目コンクリート全面を入念にレイタンス処理するとともにせん断補強筋を配置しより確実な一体化を図った。

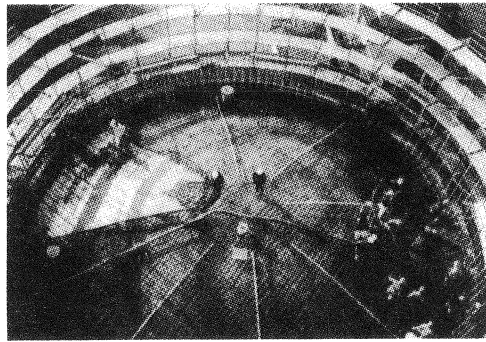


写真-7 二層目コンクリート打設状況

5. おわりに

水道用PCタンクは、水圧に釣り合うプレストレス力を与えられた合理的な構造特性と、水密性、耐久性、経済性の優位性により、1957年に誕生以来、数多く建設されてきている。本文では、水道用PCタンクの最近の動向として、酷暑条件下で建設された大容量PCタンク、景観配慮を目的とした高架型PCタンクおよび工期短縮を目的とした複合型PCタンクの施工事例を紹介した。

今後は、構造物の性能に着目した設計施工が要求されることにより、従来技術の蓄積に立脚して構造の特性を把握し技術開発を実施する必要がある。時代のニーズとして、景観配慮、施工の省力化、機械化が要求されており、品質を確保してこれらを推進していく必要がある。特に実績の多い水道用PCタンクに関してはこれらの対応に加えて、維持管理技術の開発も必要となるものと考えられる。

今後、PC容器構造物の特性を活かした既存技術の向上と新分野の技術開発の推進に期待するものである。

【参考文献】

- 1) 西尾浩志：伊自良村簡易水道PCタンク，プレストレストコンクリート，Vol.35，NO.6，p.55，1993
- 2) 西尾浩志：PCタンクに関する技術的動向と展望，プレストレストコンクリート，Vol.41，NO.1，pp.15～20，1999
- 3) 横山博司，西尾浩志：PC容器の歴史について，プレストレストコンクリート，Vol.42，NO.6，pp.66～71，2000
- 4) 井上浩之，下川浩，原口彰輔，宮城義勝：酷暑条件下における大型PCタンクの施工，第9回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.355～358，1999.10