

# プレキャスト PC 部材組立式地下貯水槽の施工

古村 崇\*1・中山 良直\*2・関東 継樹\*3・山中 修一郎\*4

## 1. はじめに

都市部や市街地では、建築物やアスファルト舗装された道路の割合が多いために、降雨が地面から地中に浸透する割合が小さく、大雨が降った場合には、雨水を一時的に貯留しておく設備が必要である。また、土地の有効活用や、貯留施設の構築における近隣対策（工期短縮、騒音・振動防止）も重要である。

そこで、雨水流出による水害を回避し、敷地形状に適應した合理的・経済的な設計・施工を可能としたプレキャスト PC 部材組立式地下貯水槽「エコモール」を開発した。本論では、開発の過程で行った各種実験と、大分県杵築市のコンクリート工場の敷地内に設置した地下貯水槽（容量：1140 m<sup>3</sup>）の施工について報告する。

## 2. 構造概要・特徴

本貯水槽は、工場プレキャスト製の屋根部材（屋根梁・屋根版）・壁部材（側面壁・隅角柱・壁柱）・支持梁・中間柱と、場所打ちコンクリート製の底版によって構築される一層多径間構造である。

プレキャスト部材同士の接合方法としては、図 - 1 に示すように、場所打ち工法や PC 圧着工法が一般的であるが、施工手間が生じるうえに工期が長引く要因になっていた。そこで、本貯水槽では、その接合方法にピン構造を採用し、省力化と工期短縮をより向上させた。構造概要を図 - 2 に示す。

本貯水槽の特徴は、

- ①柱による阻害率が小さいので、経済的かつ効率的な施設を構築できる。
  - ②屋根部材に 10 m の屋根梁と 5 m の屋根版があり、両者の組合せで計画貯水量や敷地に適合した形状に対応できる。
  - ③部材同士がピン接合なので、校庭の地下等に短期間のうちに構築できる。
  - ④柱間隔が従来工法よりも 2 倍程度大きいので、維持管理時の視界や作業性が良好である。
- などである。

## 3. 設計条件・設計方法

### (1) 設計条件

本貯水槽の設計条件例を、以下に示す（図 - 3）。地震時荷重は、「下水道施設の耐震対策指針と解説」（（社）日本下水道協会：1997 年）に準拠した。

|             |   |
|-------------|---|
| 柱高さ         | : H = 5.0 m                               |
| 一辺長寸法       | : 100 m                                   |
| 基盤面の位置      | : 地表面より - 16 m                            |
| 上載荷重        | : 28 kN/m <sup>2</sup>                    |
|             | (上載土: 1.0 m + 活荷重: 10 kN/m <sup>2</sup> ) |
| 地震時荷重 レベル 1 | : 応答速度 = 0.24 m/s                         |
| レベル 2       | : 応答速度 = 0.80 m/s                         |

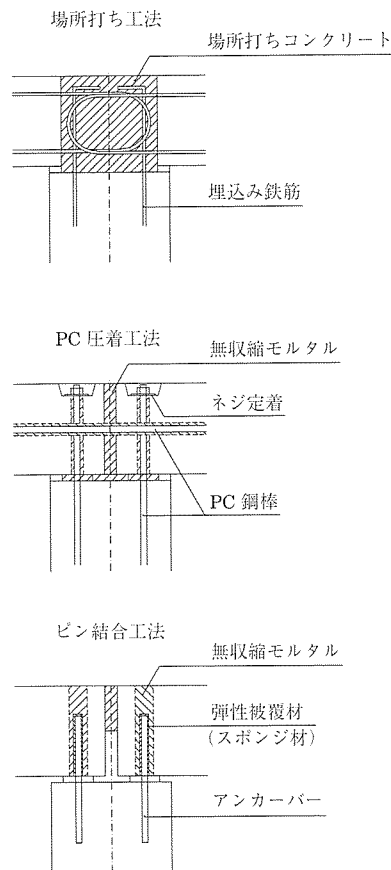


図 - 1 プレキャスト部材の接合方法

\*1 Takashi FURUMURA : 川田建設(株) 新事業開発室 室長

\*2 Yoshinao NAKAYAMA : 川田建設(株) 環境事業推進部 技術課 課長

\*3 Tsuguaki KANTO : 川田建設(株) 工事総括部 工務部 工務課 係長

\*4 Shuichiro YAMANAKA : 川田建設(株) 環境事業推進部 技術課

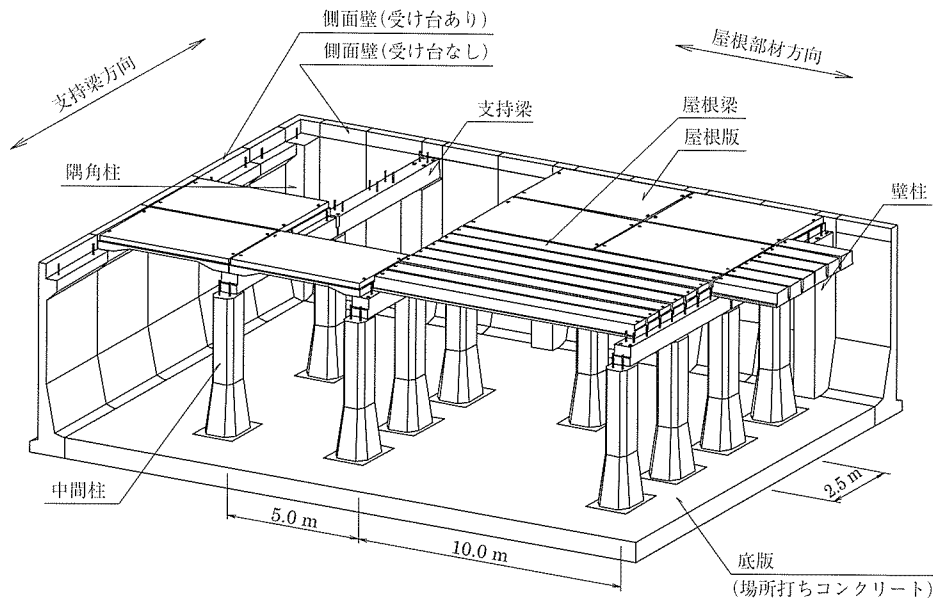


図-2 構造概要図

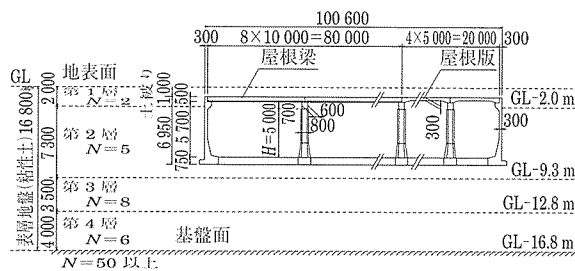


図-3 設計条件例

(2) 常時の設計

常時の断面力の算出は、部材厚の中心線を通る骨組モデルを用い、平面解析によって行う。屋根部材と側面壁・中間柱の結合条件はピン結合とし、支持条件は側面壁と中間柱の下端を鉛直固定とする(図-4)。

常時に考慮する荷重は、躯体自重・埋戻し土砂・水平土圧・地下水圧および地盤反力とする。

常時に対しては、許容応力度法によって設計する。したがって、各部材に発生する応力度が許容応力度以下であることを照査する。

照査断面は、屋根部材・側面壁・中間柱・底版等において、断面力が極大となる断面とする。プレキャスト部材同士の接合部については、アンカーバーに作用するせん断力を照査するとともに、アンカーバー埋込み部のコンクリー

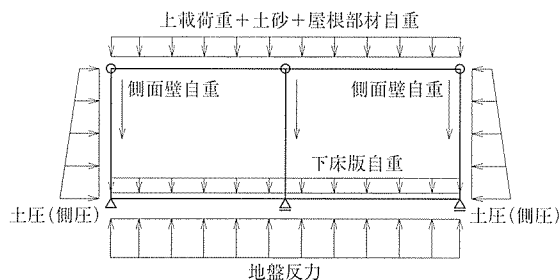


図-4 常時荷重の解析モデル図

トの縁端破壊についても検討する。

(3) 地震時の設計

地下構造物は、みかけの重量が周辺地盤と比較して軽いかもしくは同程度で、構造物の周囲が地盤で囲まれているために逸散減衰が大きく、地震によって生じた自己振動がすぐに収まる。また、慣性力によって地下構造物が地盤の中で自由に振動することがなく、地盤の振動に追従した動きをする。

したがって、地下構造物に生じる応力は、慣性力による影響よりも周辺地盤の相対変位によって生じさせられる。

本貯水槽の耐震計算は、地震時に生じる地盤の変位を強制的に構造物に与えて静的に計算する応答変位法を用いる。

地震時の断面力の算出は、常時と同様の骨組モデルを用い、側面壁と底版を地盤バネで弾性支持した構造系に対して行う(図-5)。

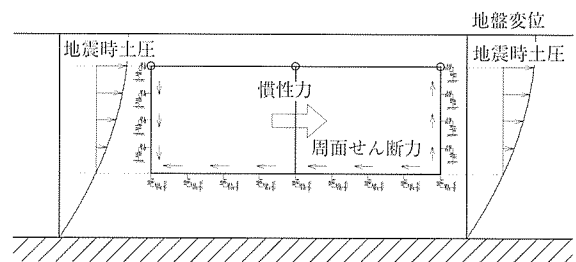


図-5 地震時荷重の解析モデル図

地震の影響で考慮する荷重は、①地盤の水平変位による土圧、②躯体自重に起因する慣性力、③地盤のせん断変形による周面せん断力とする。

レベル1地震時に対しては、許容応力度法によって設計する。したがって、地震によって構造物全体系としての力学的特性が弾性域を超えないことを照査する。また、レベル2地震時に対しては、限界状態設計法によって設計する。したがって、各部材が終局限界に達していないことを照査

する。

(4) その他の検討

地下水位が浅い場合には、貯水槽が浮き上がる可能性があるがあるので、浮力に対する検討を行う必要がある。浮力に対する抵抗性が不足する場合の補助工法としては、①均しコンクリートの重量を増やすことで安定させる工法、②上部の土被り重量を増やすことで安定させる工法等がある。本施設の場合、浮力に対する抵抗性を増す必要があり、均しコンクリートを増厚して対応した。

4. 試験による検証

(1) 接合部実物大試験

本貯水槽は、プレキャスト部材同士をアンカーバーでせん断接合して構築するため、接合構造部に大きな特徴を有するとともに、接合構造部の性能がもっとも重要である。そこで、アンカーバーに作用するせん断力が最大となる「支持梁と中間柱」（アンカーバー径：φ50）について、実物大試験を行った（図-6、7）。

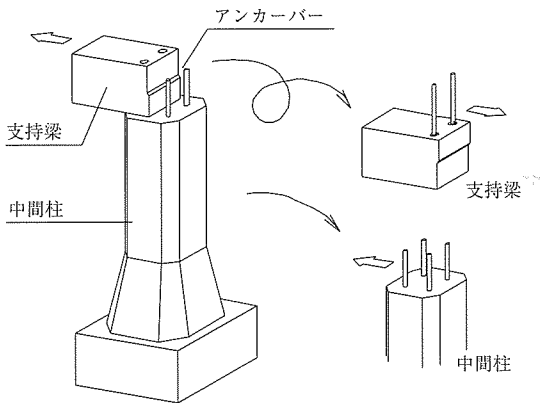
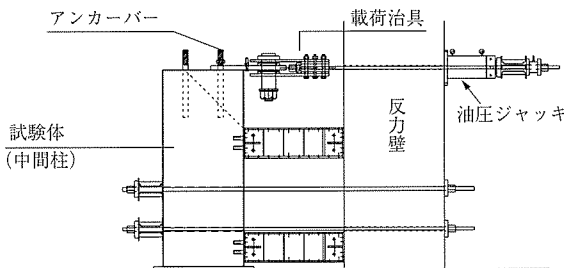
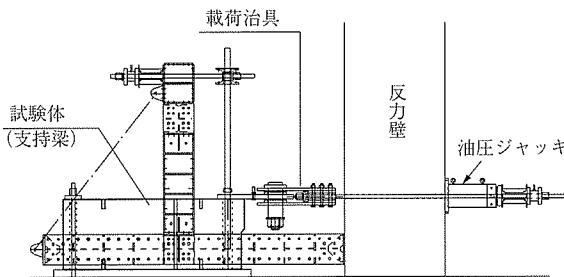


図-6 試験体切出しモデル



(a) 中間柱



(b) 支持梁

図-7 実験概要図

実物大試験の結果、支持梁部材・中間柱部材とも、レベル1地震時にはひび割れ等の変状は認められなかった。レベル2地震時には、ひび割れが数本発生したが0.2mm以下であり、構造的に大きな損傷を受けた状態ではなく、設計において要求する構造耐力を有していることを確認できた。

(2) 目地部止水性確認試験

プレキャスト製品の目地部に、貯水時の水深（4～5m）よりも大きな水圧を作用させて止水性の確認試験を行った。写真-1は、8.0mの水圧を与えた止水性確認試験の状況である。

確認試験の結果、目地部からの水漏れがないこと、8.0mの高さ位置での水位低下がないことが確認され、目地部の止水性を確認できた。

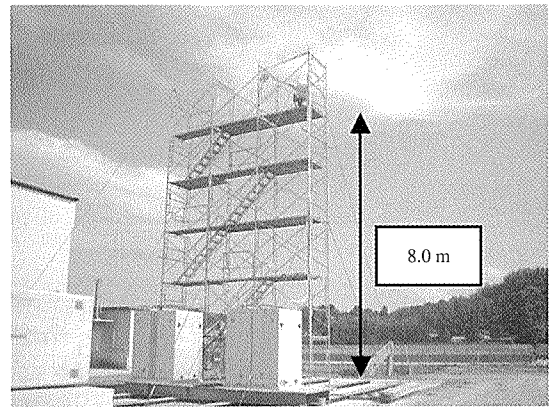


写真-1 目地部止水性確認試験

(3) 組立て試験

実構造物の施工に先立ち、地上部で実物大の組立て試験を行った（写真-2）。

組立て試験の結果、側面壁の設置は、高さ調整ボルトの調整により、設置高さや鉛直度（天端の倒れ）の誤差精度を容易に5mm以下にできた。また、側面壁同士も、隙間の誤差を5mm以下で据付けできた。屋根梁の架設に関しても、容易に吊り降ろしができることを確認できた。

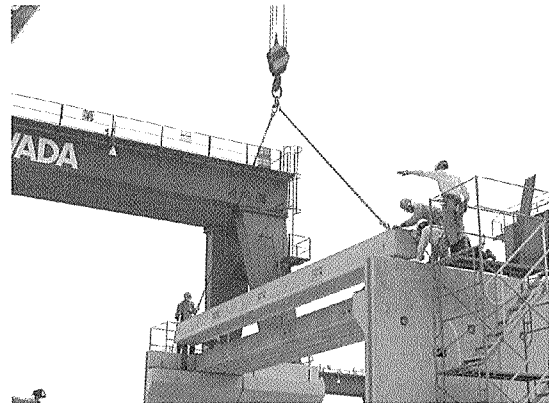


写真-2 組立て試験

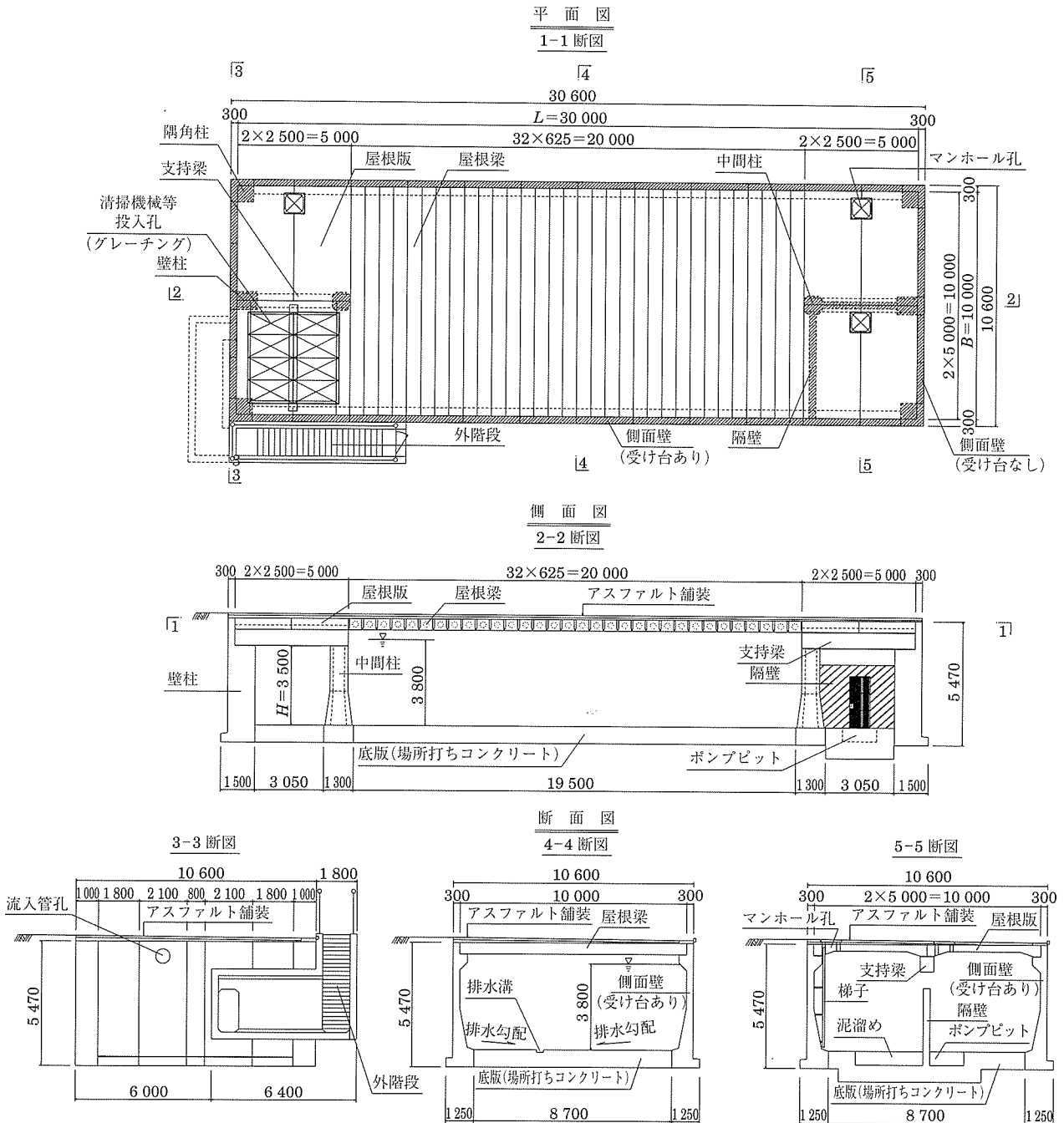


図 - 8 構造一般図

## 5. 施工紹介

### (1) 工事概要

本工事は、大分県杵築市のコンクリート工場の敷地内に容量 1 140 m<sup>3</sup> の貯水槽を設置した工事である。敷地内に降った雨水を一時的に貯留し、浄化して排水することが目的であるが、実施工規模での技術確認を兼ねたものである。

工事場所 : 大分県杵築市

構造 : 壁・柱部材 プレキャスト RC 造

屋根部材 プレキャスト PC 造

底版 場所打ち RC 造

寸法 : 30.6 m (長さ) × 10.6 m (幅) × 5.47 m (高さ)

貯水量 : 1 140 m<sup>3</sup>

構造一般図を図 - 8 に示す。

### (2) 部材製作

プレキャスト部材の製作は、川田建設(株)九州工場で行った。部材製作数量を表 - 1 に示す。

PC 部材は、工場設備のプレテンションアバットを用い、ロングライン方式で製作した。PC 部材・RC 部材とも、蒸気養生を行い、打設の翌日に脱型した。

基本的に、PC 構造の部材は、設計基準強度 50 N/mm<sup>2</sup> のコンクリートを用い、RC 構造の部材は、30 N/mm<sup>2</sup> のコンクリートを用いた。ただし、中間柱は、大きな軸圧縮力を

表 - 1 プレキャスト部材製作数量

| 部材名称        | 構造    |       | コンクリート強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 部材数<br>(個) | 部材重量<br>(t) | 備考         |
|-------------|-------|-------|----------------------------------|------------|-------------|------------|
|             | PC 構造 | RC 構造 |                                  |            |             |            |
| 側面壁 (受け台あり) |       | ○     | 30                               | 24         | 17.5        |            |
| 側面壁 (受け台なし) |       | ○     | 30                               | 8          | 13.4        |            |
| 隅角柱         |       | ○     | 30                               | 4          | 11.6        |            |
| 壁柱          |       | ○     | 30                               | 2          | 11.5        |            |
| 中間柱         |       | ○     | 50                               | 2          | 9.6         | H = 3.5 m  |
| 支持梁         | ○     |       | 50                               | 2          | 5.2         | L = 2.5 m  |
| 屋根版         | ○     |       | 50                               | 3          | 10.5        | L = 5.0 m  |
| 屋根梁         | ○     |       | 50                               | 32         | 5.8         | L = 10.0 m |

受けるため、RC 構造ではあるが 50 N/mm<sup>2</sup> のコンクリートを用いて製造した。

(3) 施工手順

施工手順を図 - 9 に示す。

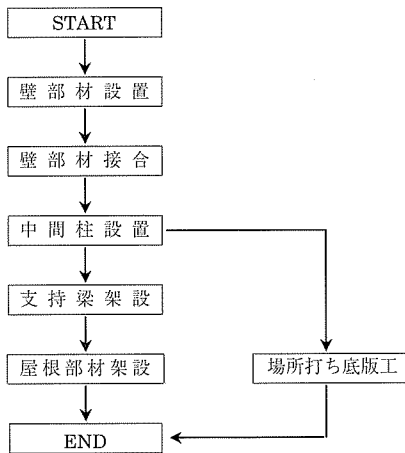


図 - 9 施工手順

(4) 壁部材・中間柱の設置

本工事では、プレキャスト部材の設置にトラッククレーンを使用した。

壁部材 (側面壁・隅角柱・壁柱) および中間柱は、製造・運搬の際は横置きの状態になっており、架設クレーンによって搬入用トレーラーからいったん取り下ろし、吊り具を付け替えて建て起こした (写真 - 3)。



写真 - 3 側面壁の建ち起し

建て起こした壁部材・中間柱を設置位置まで吊り込み、所定の位置に設置した。壁部材は、その底版幅に対して部材高が高いため、均しコンクリートの微妙な不陸に対しても壁頂部での部材のとおりに与える影響が大きい。そこで、壁部材の底版部に高さ調整ボルトを取り付け、このボルトを調節することによって、高さ・倒れを調整する方法を採用した。設置の際は、部材の水平方向の設置誤差を 5 mm 以内とすることを目標として管理したが、その精度は容易に確保できた (写真 - 4, 5)。

壁部材・中間柱の設置後、上部荷重が確実に基礎地盤へ伝達されるよう、部材の底版と均しコンクリートの天端との間にグラウトを注入した。

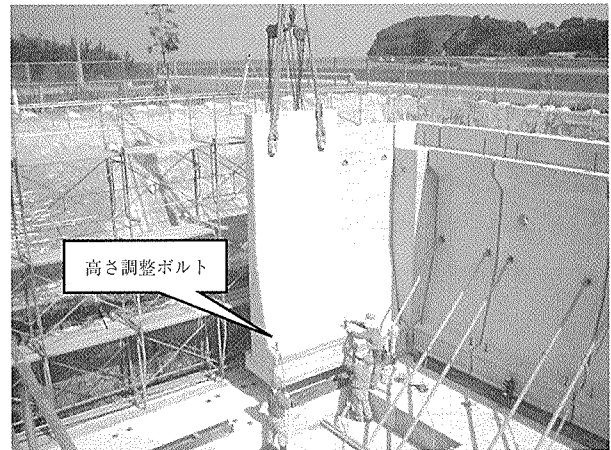


写真 - 4 側面壁の設置

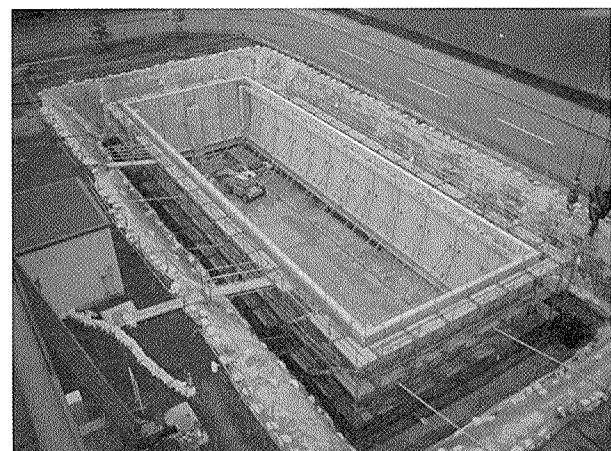


写真 - 5 側面壁の設置完了

## (5) 壁部材の接合

壁部材同士は、目地の表面をポリマーセメントモルタルで目止めし、接合面に設けた空隙にグラウトを注入して接合した。目地グラウトが硬化した後、一面となった壁体をPCケーブルで緊張して一体化し、止水性能の向上を図った。

## (6) 支持梁の架設

支持梁は、中間柱や壁柱とピン接合される。支持梁の支点部には、プレキャスト部材の製造段階でアンカー孔を設けておき、中間柱の天端にゴムパッドを敷設してから、中間柱に埋設されたアンカーバー上に落とし込むようにして架設した。アンカー孔とアンカーバーとの隙間部は、架設後に無収縮モルタルを流し込んで充填し、地震時等の水平力を伝達できるピン接合とした。

## (7) 屋根部材の架設

屋根部材も、支持梁と同様に側面壁や支持梁とピン接合する構造とした(写真-6)。

本工事では、屋根部材として支間10mの屋根梁と支間5mの屋根版の両者を組み合わせて使用したが、接合方法を簡素化し、壁部材の設置精度も容易に確保できたため、屋根梁・屋根版とも施工性は良好であった。

屋根部材の架設後、プレテンション方式の床版橋における間詰めコンクリート施工と同様の要領で、屋根部材間に間詰めコンクリートを打設した。本貯水槽の場合は、屋根部材の上を直接アスファルトで舗装し、場内運搬車両を通行させるため、屋根梁には横締めPC鋼材を配置し、屋根



写真-6 屋根梁の架設



写真-7 横締めPC鋼材の緊張

部材全体の一体化を図った(写真-7)。

## (8) 場所打ち底版の施工

壁部材で囲まれた底版は、設計基準強度24 N/mm<sup>2</sup>の場所打ちコンクリートで施工した。底版と壁部材・中間柱の継目部は、プレキャスト部材から機械式継手によって鉄筋を突出させ、RC構造として連続化した。底版は、場所打ちコンクリート造なので、1%の排水勾配をつけたり、ピット部に導水するために中央部に排水溝を設けるなどの細工が容易に行えた(写真-8)。

場所打ち底版は、構造的に問題となるひび割れを回避するために、分割施工の打継目地を10m間隔に設け、止水性を確保するために止水板を挿入した。打継目については、コンクリートの打設に先立って、打継目を目荒しするとともに、止水板のまわりをバイブレーターによって入念に締め固めた。

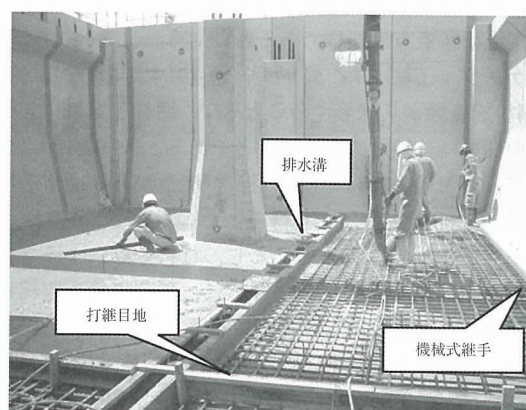


写真-8 場所打ち底版コンクリートの打設

## 6. おわりに

本貯水槽の立地が臨海部であったため、地下水位がGL-2m程度の位置にあった。そのために、常時水替えを行いながらの施工であったが、構造が完成して埋戻した後も、貯水槽内に地下水が浸入することもなく、実構造物での止水性も良好であることを確認することができた。貯水槽の内部は、写真-9に示すように、重機による清掃が十分に行える空間が確保されていることも実証できた。

今回開発した地下貯水槽の技術は、平成16年10月に(財)土木研究センターの建設技術審査証明を取得しており、その構造特性、機能特性、施工特性が評価されている。



写真-9 完成した貯水槽の内部

【2005年3月14日受付】