

和歌山地方合同庁舎建築工事における『漏水ゼロの地下躯体構築』の取組

木村 春喜

東急建設株式会社 大阪支店 建築部 (〒531-8519大阪府大阪市北区豊崎3-19-3ピアスタワー)

当該建物は、地下1階地上10階である。工事場所は地下水位が高いことから建物機能を長期にわたり維持するために、漏水対策を含む地下階のコンクリート躯体の品質向上が施工の重大課題であった。対策として、ディープウェルによる地下躯体工事のドライワーク化、地下外壁コンクリート打設では、セパレータを用いず1日で打設を行い打ち継ぎを設けなかった。また、打設後も止水対策を施し、漏水をゼロを実現した。

キーワード 地下外壁，地下水，コンクリート打設

1. 概要

表-1 に建物概要を、写真-1 に建物外観を示す。

当該建物は、地下1階地上10階である。工事場所は、和歌山城の東に位置し、豊かな水を蓄える堀に隣接している。こうした地下水位が高い敷地内での建設という条件下において、建物機能を長期にわたり維持するために、漏水対策を含む地下階のコンクリート躯体の品質向上が施工の重大課題であった。

施工計画の当初より、地下躯体からの漏水を撲滅するために、地下外壁の構築において以下の項目を主に実践し、求められる品質を得るに至った。

- 1)地下工事においてドライワークを目指し、山留にシートパイル工法を採用、さらにディープウェルを採用した。
- 2)地下外壁の型枠工事では、漏水原因となりやすいセパレータは用いず、コンクリート打設時に作用する側圧を押さえ込む工法を採用した。
- 3)地下外壁のコンクリート打設では、漏水の原因となりやすい打設工区による打ち継ぎを無くし、全て1日で施工した。
- 4)コンクリートの緻密化を図るため、スパイラルパイプレーターによる締め固めを行い、その効果を確認するため透明型枠を要所に設置し目視確認を行い、さらに目視できない部分については充填検知機を採用した。
- 5)打設後は、電磁波レーダや超音波を用い空洞部や脆弱部の有無を確認し、必要に応じて補修を行い品質の確保を図った。
- 6)定期的な漏水有無の検査を実施し、必要に応じて止水対策を行い品質の確保を図った。

表-1 建物概要

工事名称	和歌山地方合同庁舎建築工事
工事場所	和歌山県和歌山市二番町3
建物用途	庁舎 立体駐車場
構造	地上 鉄骨造 地下 鉄骨鉄筋コンクリート造
規模	地下1階 地上10階 塔屋1階
敷地面積	6,501.17 m ²
建築面積	3,606.57 m ²
延床面積	23,995.54 m ²
軒高さ/最深深さ	GL+42.49 m/GL-9.27 m
工期	2015年 9月 3日～2018年2月15日



写真-1 建物外観

2. 山留と揚水計画

試掘時に地下水位が2.0mであることを把握しており、ドライワークのために山留の工法と揚水計画の検討を重ねた。採用した工法は、山留にシートパイル工法を、揚水計画に地下水位低下工法（スーパーウェルポイント工法 以下SPWと呼ぶ）および復水工法（真空プレス型リチャージウェル工法 以下VPRWと呼ぶ）とした。

(1) シートパイル工法

図-1に、躯体の深さと水位を示す。

地下躯体において、B 1 F LはG L-4.9mに対し水位はG L-2mとなっていた。

追加ボーリング調査データから不透水層が確認され、これより以深にシートパイルを打ち込むこととし16.5m長とした。後述する揚水計画と併せドライワークを実現している。

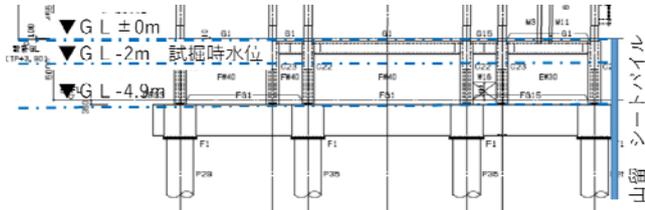


図-1 躯体の深さと水位

(2) 揚水計画

図-2に、揚水計画を示す。工事は、地下躯体本体を施工する1期工事と、地下にアクセスするスロープを施工する2期工事に分かれる。

揚水は、スーパーウェルポイント工法 (SPW) を1期工事に2か所、2期工事に1か所配置し、いずれも揚水深さをG L-17mとした。

覆水は、真空プレス型リチャージウェル工法 (VPRW) を1期工事2期工事それぞれ1か所ずつ設置し、リチャージ深さを不透水層以深のG L-56mとした。

VPRWは累計352,450m³のリチャージを行い、稼働時の水位はG L-6mであった。

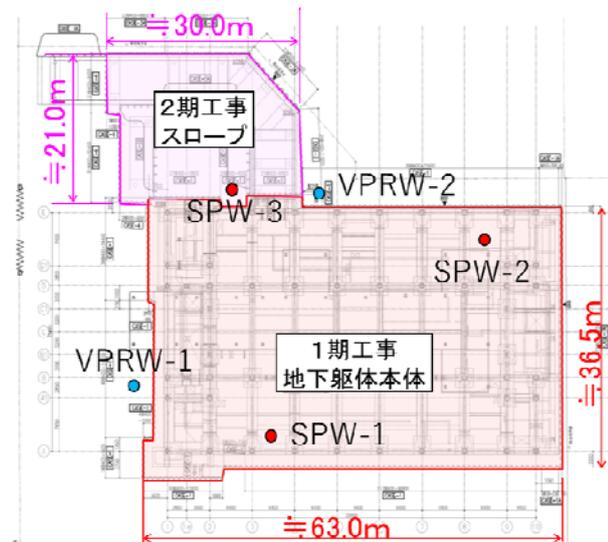


図-2 用水計画

3. 止水対策と型枠工事

(1) 止水対策

写真-2に水平打ち継ぎの止水対策を、写真-3にコンクリート水平打ち継ぎ面の止水対策を示す。

地下躯体構築では、水平打ち継ぎの止水対策計画を以下の2項目とした。

- ① 耐圧版と地中梁の水平打ち継ぎ部外周部、B 1 S LとB 1 立ち上がりの打ち継ぎ外周部 (山留面) に、非加硫ブチルゴム系止水板 (アクアシャット) を施した (写真-2)。水平打ち継ぎ面の躯体外側に止水板を設けることで、水上側で止水効果を図った。
- ② 外周部コンクリート打ち継ぎ面に、打ち継ぎ材 (ジョイントテックス) を打設時に塗布した (写真-3)。打ち継ぎ材をコンクリート打設時に塗布することで、ブリージング水によるコンクリート打ち継ぎ面の付着性低下を防止し、止水性を高める効果を期待した。



写真-2 水平打ち継ぎの止水対策



写真-3 水平打ち継ぎの止水対策

(2) 型枠工事

写真-4に、セパレータを用いない型枠工法を示す。

B 1 立ち上がり外周部 (外壁と柱) の型枠は、漏水の原因となるセパレータを用いず、鋼製支持材を用い施工した。

この工法は、在来型枠 (コンパネ、栈木、角パイプ) と鋼製支持材を組み合わせ、コンクリート打設時の側圧

に対応する工法である。

B1階立ち上がりの躯体構築では、1階梁下までと1階梁とスラブの2回に分けてコンクリートを打設した（VH分離によるコンクリート打設）。竣工後の水位は、もともとの水位であるGL-2mであると考えられる。そこで、密実なコンクリートを打設し止水性を高める躯体とするため、施工性を考慮し今回のVH分離打設を採用している。



↑梁下で打ち継ぎ（VH分離打設）

写真-4 セパレータを用いない型枠工法

写真-5に、透明型枠を示す。

地下躯体は鉄骨鉄筋コンクリート造であることから、柱には鉄骨が配されている。そのため、コンクリート打設時の流動性が低下し充填不良を発生させるリスクが生じる。これに対し、十分に適切なパイブレータによる充填施工が必要となるが、その効果を管理する目的で、要所に透明型枠を配置した。



写真-5 透明型枠

4. コンクリート打設

(1) 打設工区

地下躯体のコンクリート打設は、漏水ゼロを実現するため、外周部と内部の躯体について打設工区を明確に分離した。外周部のコンクリート打設では、コンクリート

の打設数量が584m³であった。この打設量では、通常、工区を計画し数日にわたり施工を行う。しかし、本工事では、工区分けによる打ち継ぎからの漏水を撲滅するため、1日でコンクリート打設を行った。

図-3に、打設当日の計画図を示す。

打設は4班編成とし、各班に大型ポンプ車（計4台）と人員を配した。各班のコンクリート打設量は、118~162m³とした。各班は、打設手順、役割、他班との連携を十分に打ち合わせし、打設に臨んだ（写真-6参照）。

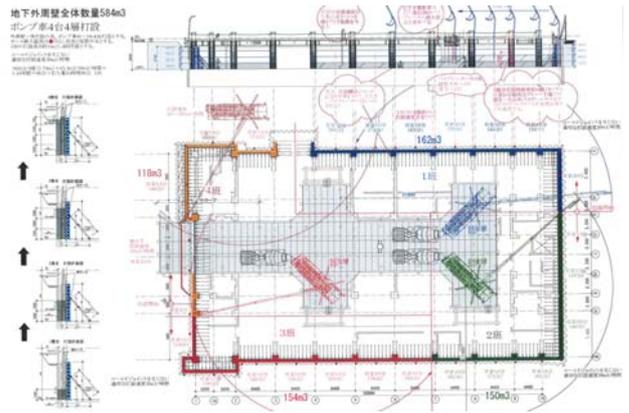


図-3 打設計画図



写真-6 打設前周知会の模様

(2) 打設時の各対応

① スパイラルパイブレータの活用

写真-7に、スパイラルパイブレータを示す。

先端形状が螺旋状の凹凸を有しており、振動伝播向上と振動の方向性を有し気泡抜けが促進され、コンクリートの充填性を高めることができるパイブレータである。

② コンクリートシューター

写真-8に、コンクリートシューターを示す。

打設高さが4m近いことから、打設初期段階で梁下端からコンクリートを落下させると分離が予想される。コンクリートの分離を防止する観点から、落下高さを低く抑える手法として、コンクリートシューターを採用した。



写真-7 スパイラルバイブレータ



写真-8 コンクリートシューター



写真-9 打設状況

コンクリートシューターは壁中段に接続し、分離のない密実なコンクリートの打設に効果を発揮した。

③ 打設時間と回し打ち

写真-9に、打設状況を示す。打設時には各班とも、コンクリートの練り混ぜから打設までの時間、打ち重ねまでの時間、および型枠の強度を考慮し打設高さを確認しながら回し打ちを行った。充填性は、透明型枠と目視できない部分には充填確認センサーを設置し確認を行った。



写真-10 柱のRCレーダーによる3Dスキャンの状況

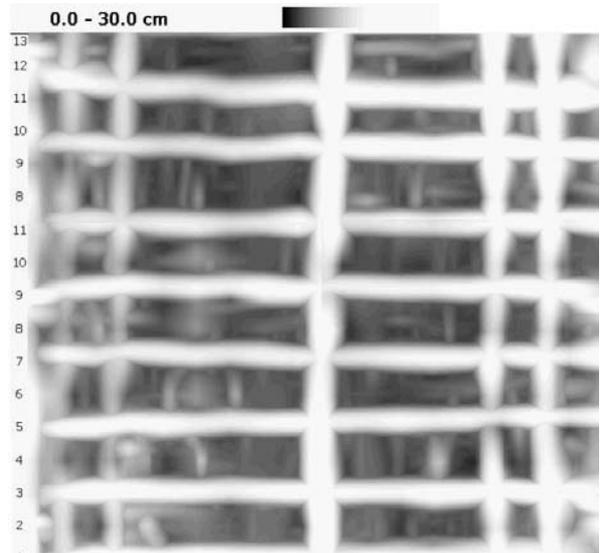


写真-11 柱のRCレーダーによる3Dスキャン結果

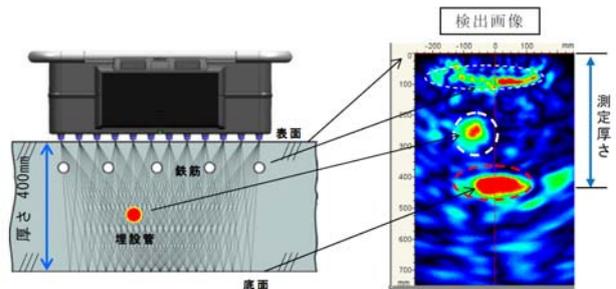


図-4 超音波による調査の原理

5. 打設後の対応

(1) 空洞部の有無の確認

コンクリート打設後に型枠の脱型が終了した時点で、出来形の自主検査を実施した。その結果、コールドジョイント等の不具合が懸念される部分について、躯体内部の非破壊検査を行った。方法は、柱にRCレーダーによる3Dスキャンを、外壁については超音波による検査を採用した。

① 柱のRCレーダーによる検査

写真-10および写真-11に、RCレーダーによる3Dスキヤンの状況と結果を示す。

目視検査において不具合が疑われる場所について検査をした結果、すべて健全であることが確認された。

② 外壁の超音波による検査

図-4に超音波探査の原理を示す。

コンクリート内を伝播する超音波は、空洞がある場合コンクリートとの境界において反射する性質がある。この性質を利用し、反射境界面を探することで空洞やコールドジョイントの有無を検査した。

写真-12に調査状況を、図-5に調査図を、図-6に調査結果を示す。

調査の結果、外壁内部に空洞がないことが確認できた。



写真-12 超音波探査の状況

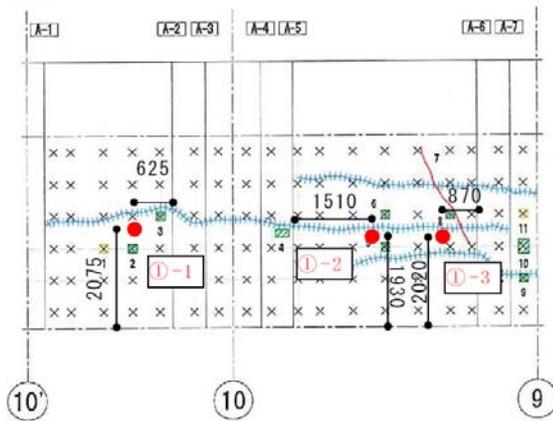


図-5 超音波による調査図

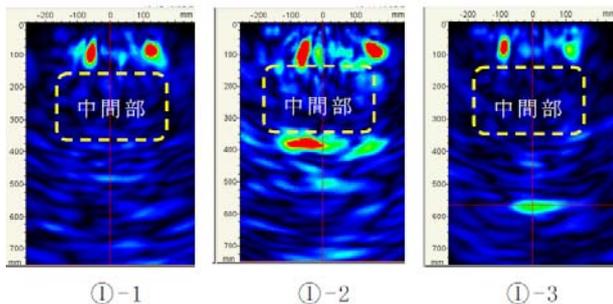


図-6 超音波による調査結果

(2) 漏水時の止水対策

地下躯体構築後、スーパーウェルポイント工法による揚水が役目を終えると、工事前の定常水位に戻ったことが確認された。その後も、地下躯体の観察を継続し、揚水停止前から数か所に微量な漏水を確認した。

図-7に漏水場所を、写真-13に、漏水箇所を示す。

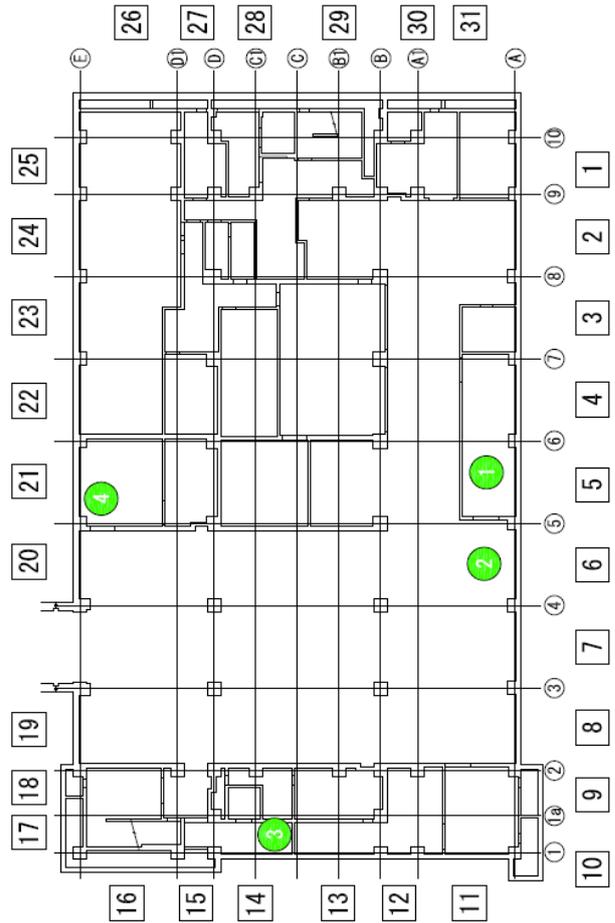


図-7 漏水場所



写真-13 漏水箇所の例

止水工法は、止水性に富むグラウト材を高圧で注入するTAP工を採用した。図-8に、TAP工法の概要図を示す。本工法は、躯体内に生じた水路（漏水経路）に高圧で止水材を注入し止水を行う。

漏水した場所は、揚水停止前に1次止水を施し、揚水停止後に観察を継続した。写真-14に、止水後の状況を示す。本工法を用い止水を施した結果、現在に至るまで漏水は生じていない。

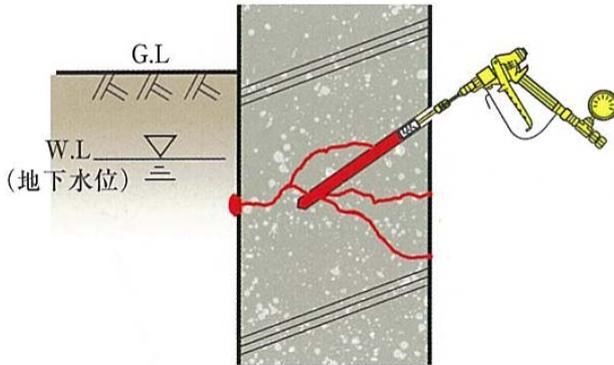


図-8 TAP工法概念図



写真-14 止水処理後の状況

6. まとめ

本報では、水位が高い条件下において、漏水ゼロの躯体構築を目指し取り組んだ結果を報告した。

取り組みのアプローチは以下の通り

- 揚水により地下躯体工事をドライワークで行う
- 地下外周部の躯体構築方法に工夫

- ・セパレータを用いない型枠工法の採用
- ・工区境の打ち継ぎを設けず1日で打設
- ・打ち重ね時間の管理
- ・スパイラルバイブレータの活用
- ・コンクリートシューターの活用
- ・打設状況確認→透明型枠と充填センサーの採用

- 躯体構築後の徹底した止水処理

これらの手法を実行し、作業所全員の熱意と実行力で、『漏水ゼロの地下躯体構築』を実現できた。

謝辞：本工事を完成させるにあたり、終始丁寧なご指導を賜りました近畿地方整備局の皆様にご心より謝意を表します。