

浄水場コンクリート壁のひび割れ抑制対策の研究

株式会社奥村組 技術研究所 フェロー会員 ○東 邦和
 株式会社奥村組 技術研究所 正会員 三澤孝史
 株式会社奥村組 広島支店 山崎泰典

1. はじめに

浄水場のコンクリート水槽の壁体は、連続した壁で構成されており拘束が大きく、ひび割れ対策が必要である。施工段階における収縮ひび割れの原因は、温度変化による体積変化、自己収縮および乾燥収縮がある。ひび割れ対策の適用を行い、効果を現地における計測と、温度応力および湿気移動解析により検討した。工事名称を表-1 に示す。

表-1 工事名称

工事名称	急速ろ過池築造工事
発注者	福山市水道局

2. 対策方法と計測結果

2-1 事前の対策検討

壁体の使用材料と配合を表-2 に、壁体（厚さ 500mm）の誘発目地間隔 7m のモデルにより解析したひび割れ指数分布を図-1 に示す。事前解析結果から、誘発目地間隔を 7.0m から 3.5m に変更した。これにより夏期のひび割れ指数は 0.87 から 1.17 に増加する。また、壁体打設高さ 3m の下部 1.5m 高さまで膨張コンクリートとし、上部に添加しない通常コンクリートを打重ねることにより、ひび割れ指数を 1.75 以上とした。秋期および冬期においては、誘発目地間隔 3.5m を採用した。水槽部壁体と建屋部外壁において計測を実施した。

表-2 構造物の使用材料と配合

セメント	普通ポルトランドセメント、密度 3.16g/cm ³
細骨材	広島県府中市産砕砂：表乾密度 2.65g/cm ³ 、福山市産高炉スラグ砕砂：表乾密度 2.76g/cm ³
粗骨材	広島県府中市産砕石、表乾密度 2.70g/cm ³ 、Gmax20mm
混和材	防水材 8kg/m ³ ケイ酸カルシウム膨張材 20kg/m ³ 石灰系低添加型
混和剤	高性能 AE 減水剤標準形
配 合	水結合材比 53%、単位水量 164kg/m ³ 単位セメント量 289kg/m ³

2-2 水槽部壁体計測結果（夏期）

水槽内部の仕切り壁の目地間隔 7m 壁と 3.5m 壁において、壁体のスラブからの高さ 1.0m（下部）と 2.0m（上部）位置に温度計、ひずみ計および有効応力計を設置した。壁体中心温度および水槽内部の温度と湿度の 6 ヶ月間（8 月中旬～2 月末）の経時変化を図-2 に示す。壁体の打設温度は 34℃、ピーク温度は 65.7℃である。打設時の外気温は 38℃であった。コンクリート有効応力計の測定値を図-3 に示す。膨張材の効果で-1.8N/mm²の圧縮応力が下部コンクリートに導入されている。誘発目地間隔 7m 壁では、打設後 4 日目に誘発目地位置に、11 日後に目地中間に 2 本のひび割れが生じた。誘発目地間隔 3.5m 壁では、打設後 6 日目に誘発目地位置に、13 日後に目地中間に 1 本のひび割れが生じた。本壁体では散水養生を実施しているが、外気温が高く厳しい条件であり、幅 0.1mm 以下ではあるが、目地中間にひび割れが入る結果となった。その後の壁体の施工部位では 3.5m 間隔で誘発目地を設置し、膨張材は使用していない。外気温が低くなることにより、誘発目地部以外にひび割れは生じていない。湿度環境（図-2）は夏期の平均 70%

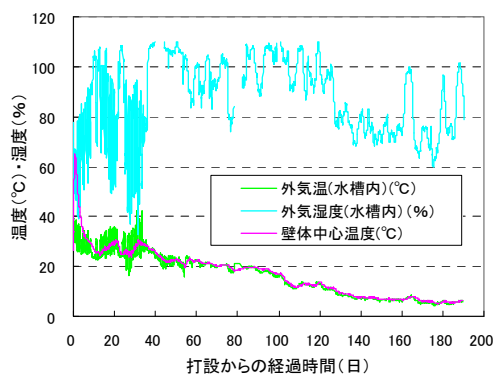


図-2 壁体中心温度と水槽内部温度・湿度の測定値

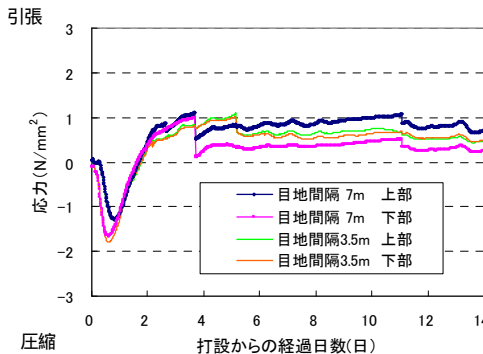


図-3 有効応力計の測定値

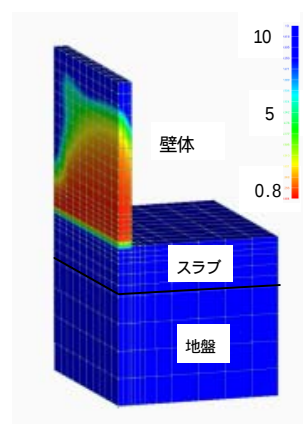


図-1 ひび割れ指数分布
解析モデル(1/4 モデル)

キーワード：コンクリート壁体、ひび割れ、温度応力、乾燥収縮、湿気移動、誘発目地

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株)奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1521 FAX 029-865-1522

から上部スラブの打設により、水槽内部は 100%の湿度環境となった。12 月上旬からの乾燥により 80～70%で推移しているが、比較的湿潤な環境であった。

2-3 建屋部壁体計測結果（冬期）

壁体は水槽上部の建屋部の外壁（厚さ 500mm）誘発目地間隔 3.5m 壁である。計測機器は水槽部壁体と同じである。壁体中心温度および、壁体付近の温度と湿度の経時変化（12 月中旬～2 月末）を図-4 に示す。壁体の打設温度は 18℃、ピーク温度は 38.1℃である。打設時の外気温は 12℃であった。その後外気温は 5℃前後、相対湿度も 80%前後で推移している。有効応力計の測定値を図-5 に、壁体コンクリートひずみ測定値を図-6 に示す。有効応力計による引張応力のピークは 0.83N/mm^2 であった。壁体コンクリートのひずみは壁中心部で -100×10^{-6} であり、大きな乾燥収縮は見られない。打設後 3 ヶ月の観察では、誘発目地部にもひび割れは入っていない。

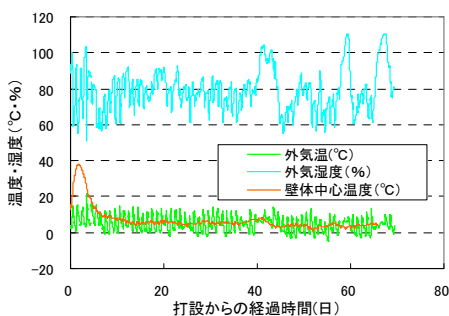


図-4 壁体中心温度と外気温度・湿度の測定値

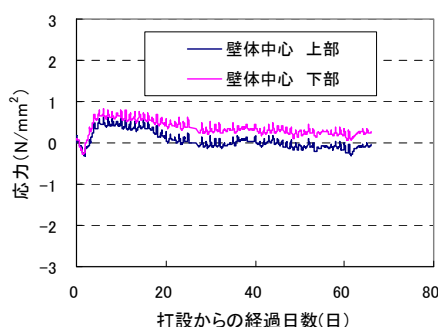


図-5 有効応力計の測定値

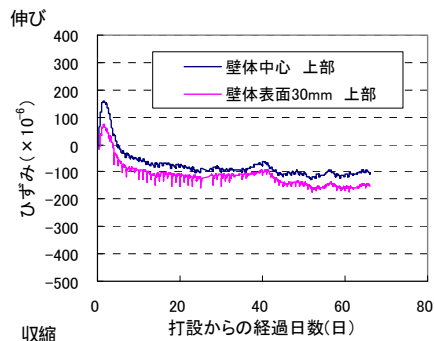


図-6 壁体コンクリートひずみ測定値

3. 温度・湿度解析による乾燥収縮の検討

水槽部壁体における表面部（表面から 30mm）と中心部（表面から 250mm）の 6 ヶ月間のひずみ測定値を図-7 に示す。壁体コンクリートひずみの解析結果（中心部）を図-8 に、解析モデルを図-9 に示す。湿気移動を考慮した温度応力解析¹⁾の解析条件を表-3 に示す。解析における壁体の外部相対湿度は、測定値（図-2）を用いた。環境を湿潤に保つことにより全体の乾燥収縮が抑制されていることが確認された。解析から求められたひずみは、測定値と一致している。ひずみの収縮部は、温度低下によるものが -200×10^{-6} であり、乾燥収縮の寄与は中心部で -50×10^{-6} 程度である。水槽内部の高湿度による乾燥収縮ひずみの抑制も解析により得られた。

表-3 解析条件

解析	乾燥収縮、自己収縮：JCI 式
外気温	計測温度
表面湿度	乾燥時：70%，湿潤時：100%
湿気移動	透湿率、湿気容量、蒸発率：標準値

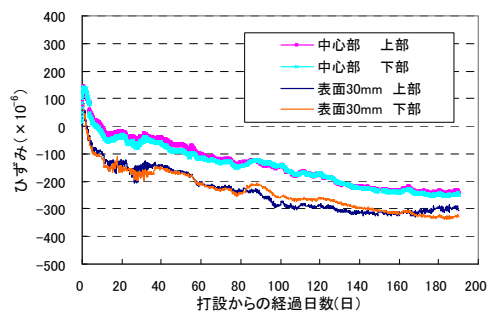


図-7 水槽部壁体コンクリートひずみ測定値

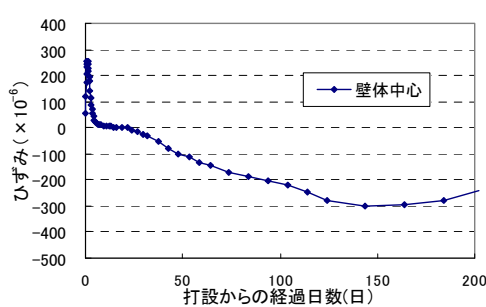


図-8 壁体コンクリートひずみ解析結果

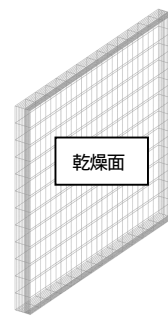


図-9 解析モデル(1/4モデル)

4. まとめ

水槽構造物の壁体の温度応力および乾燥収縮挙動を計測と解析の比較によって検討できた。夏期の打設は温度応力が大きく、ひび割れ対策として 3.5m の誘発目地間隔が必要である。膨張材添加で、目地間にひび割れが生じたのは、外気温が高く、厳しい打設時期であったことによる。冬期の施工ではひび割れの要因は小さいが、秋期に施工した壁体では誘発目地にひび割れが入り、対策の有効性が示された。本検討を進めるに当たり福山市水道局のご指導を賜ったことに深く感謝いたします。

参考文献 1) 東 邦和、三澤孝史、白石祐彰：覆工コンクリートの内部湿度と乾燥収縮ひずみの進行の研究、土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集，V，pp.899-900，2011.9