

ボックスカルバートの表層乾燥収縮と表面塗布剤の効果

株式会社奥村組 技術研究所 フェロー会員 東 邦和 正会員 塚本耕治
 株式会社奥村組 東日本支社 正会員 外木場康将 正会員 石田文宣
 国土交通省東北地方整備局南三陸国道事務所 正会員 手間本康一

1. はじめに

ボックスカルバートはマッシブなコンクリート構造物であり、ひび割れ低減対策が要求されている。乾燥収縮による表面ひび割れを抑制するために表面塗布剤を用いた。現地における計測結果と湿気移動解析結果を比較することによりひび割れ抑制効果を検討した。また、温度ひび割れ対策として、誘発目地を用いた。適用した工事の名称を表-1に示す。

2. ひび割れ低減対策と計測結果

2-1 壁体コンクリートの仕様と対策

壁体コンクリートの使用材料と配合を表-2に示す。断面と計測器の設置位置を図-1に示す。躯体の縦断面と誘発目地位置を図-2に示す。施工目地から左側の躯体が先打ち部で、1か月後に右側の後打ち部を打設した。事前の温度応力解析の結果から、最小ひび割れ指数1.0を満足するため誘発目地を適用した。誘発目地位置は、壁体長さ11.1mに対して3.6m間隔で2本設置した。断面欠損率は50%である。

乾燥収縮ひび割れ対策として、打設から1週の脱型後に直ちに表面塗布剤を標準量塗布した。表面塗布剤の有無の区間において、ひずみ計と温湿度計で乾燥収縮を評価した。計測器の設置深さ位置を図-3に示す。壁厚700mmに対し、ひずみ計をコンクリート表面から20, 40, 75, 150, 350mmの深さに、壁体長さ手方向に水平に設置した。また、温湿度計を表面から20, 40, 75mmの深さに埋込んで設置した。

2-2 計測結果

壁体内部温度の経時変化を図-4に示す。壁体の打設温度は25℃、ピーク温度58℃である。外気温は7月中

表-1 工事名称

工事名称	国道45号釜石中央地区道路改良工事
発注者	東北地方整備局

表-2 使用材料と配合

セメント	高炉セメントB種、密度3.04g/cm ³
細骨材	岩手県大船渡市日頃市町産石灰砕砂：表乾密度2.67g/cm ³ 、神奈川県厚木市飯山産砕砂：表乾密度2.58g/cm ³ 、千葉県富津市湊産砂：表乾密度2.60g/cm ³
粗骨材	岩手県大船渡市日頃市町産石灰砕石：表乾密度2.69g/cm ³ 、宮城県牡鹿郡女川町産砕石：表乾密度2.72g/cm ³ 、Gmax20mm
混和剤	AE減水剤標準形I種
配合	スランプ8cm、空気量4.5%、水セメント比54.0%、単位水量161kg/m ³ 、単位セメント量299kg/m ³
表面塗布剤	塗布型高性能収縮低減剤、150g/m ²

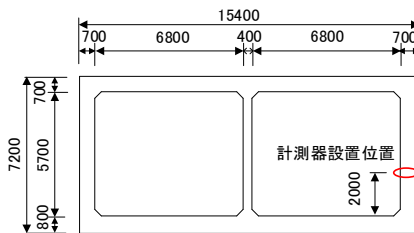


図-1 断面と計測器の設置位置

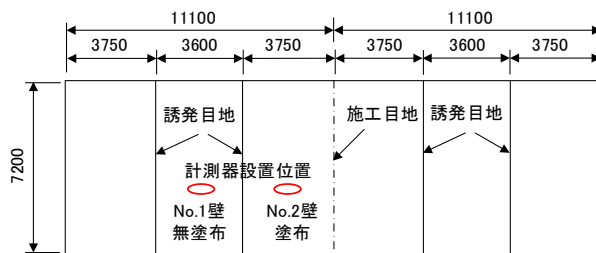


図-2 躯体縦断面と誘発目地位置

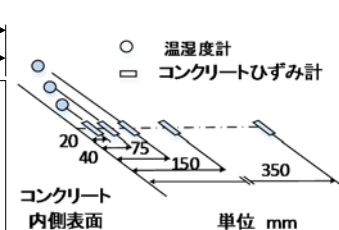


図-3 計器設置深さ位置

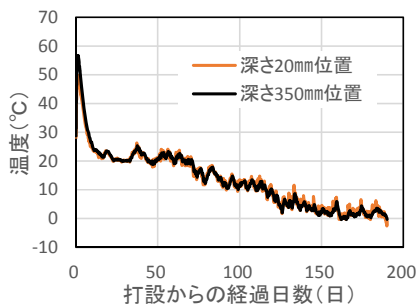


図-4 壁体内部温度の測定値

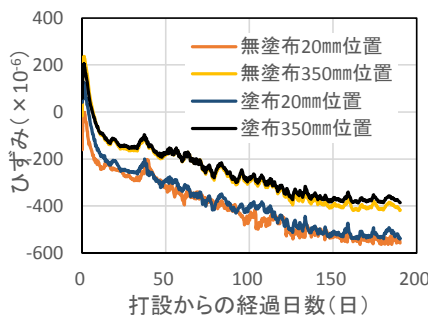


図-5 コンクリートひずみの測定値

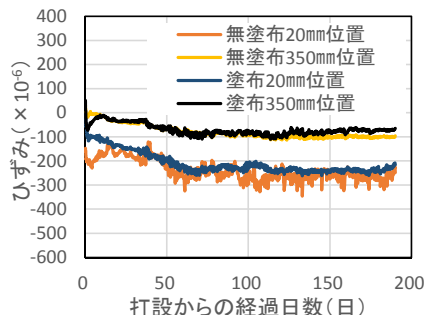


図-6 コンクリートひずみ（温度ひずみ除去）

キーワード：ボックスカルバート、乾燥収縮、湿気移動、ひび割れ、温度応力

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

旬の打設日 22℃から 2 月中旬の 2℃に低下している。コンクリート実ひずみの測定値を図-5 に示す。温度ひずみを除去したひずみを図-6 に示す。設置した誘発目地は、打設から 3.5 日後に躯体温度ピークから 15℃下がった時点でひび割れが発生した。コンクリート実ひずみは 190 日経過後、深さ 20 mm 位置で無塗布 560×10^{-6} 、塗布 515×10^{-6} の収縮ひずみが生じた。深さ 20 mm 位置の収縮ひずみは壁体中心に比べて 180×10^{-6} 大きい。温度ひずみを除去したコンクリートひずみの値は無塗布 280×10^{-6} および塗布 240×10^{-6} の収縮ひずみが生じた。温度ひずみを除去した収縮ひずみは表面塗布により、無塗布に対して 14%の低減が得られた。

2-3 透気係数とコンクリート内部水分の変化

壁体の計測位置で測定したトレント法による透気係数の経時変化を図-7 に示す。無塗布と塗布ともに評価は良の範囲である¹⁾。打設から 100 日経過後の結果では、無塗布が $0.09 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 、塗布が $0.06 \times 10^{-16} \text{m}^2$ と 33%良い結果が得られた。100 日経過後の電気抵抗式水分計によりコンクリート内部水分を測定した結果を図-8 に示す。表面部および内部水分率は塗布したものが 0.5~1%大きくなり、表面塗布により水分を保持していることが分かる。

2-4 コンクリート内部湿度の変化

壁体表面から削孔し、表面から 20 mm の深さに埋込んで設置した温湿度計の測定値を図-9 に示す。無塗布の内部湿度低下は 30 日経過後から始まるが、塗布では 100 日経過後から始まり、内部湿度の低下が遅れる。深さ 20 mm 位置の内部湿度は、無塗布の 85%に比べて塗布は 95%を維持している。

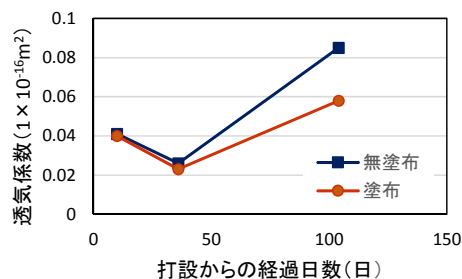


図-7 透気係数の経時変化

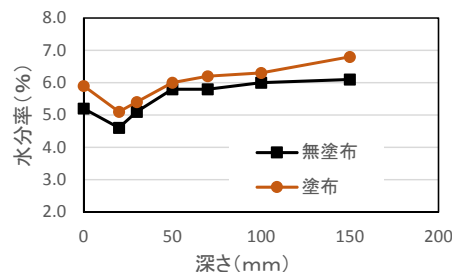


図-8 コンクリート内部水分の分布

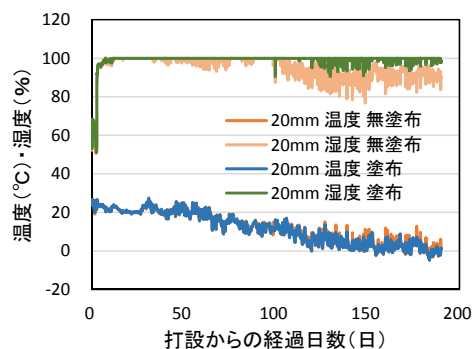


図-9 コンクリート内部温湿度測定値

表-3 解析条件

外気温	観測値より設定, 30~5℃
外気湿度	湿潤時: 90%, 乾燥時: 65%
表面塗布	塗布型高性能収縮低減剤の有無

3. 湿気移動解析による表面塗布効果の検討

壁体の 1/2 厚さの解析モデルを図-10 に示す。解析プログラムは ASTEA MACS を用いた。解析条件を表-3 に示す。コンクリート内部湿度解析結果を図-11 に、コンクリートひずみ解析結果を図-12 に示す。湿気移動解析の湿流密度を式 (1) に示す。

$$(\text{湿流密度}) = \alpha(p - p_0)f_w \quad (1)$$

ここに、 p : コンクリートの蒸気圧, p_0 : 外部の蒸気圧, α : 蒸発率
 f_w : 空気流動係数

解析において、表面塗布剤の有無を空気流動係数 f_w の無塗布 1.0、塗布 0.2 の値で評価した。内部湿度解析結果は、無塗布 88%と測定結果を表現できているが、塗布は 93%と測定値より少し小さい。コンクリートひずみでは、無塗布 600×10^{-6} 、塗布 500×10^{-6} と無塗布と塗布の差が大きい、全体的な挙動は計測結果と一致している。

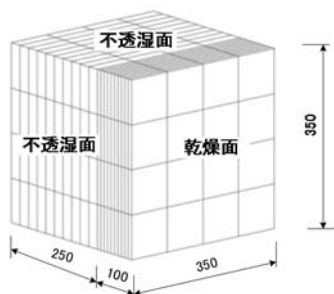


図-10 解析モデル

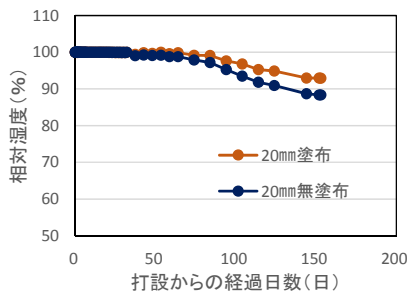


図-11 コンクリート内部湿度 (解析)

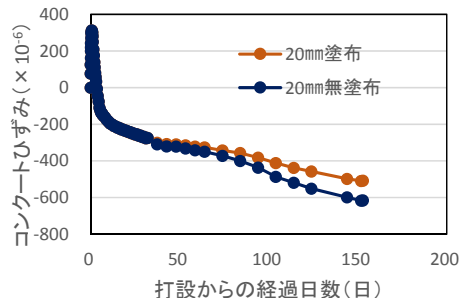


図-12 コンクリートひずみ (解析)

4. まとめ

本構造物にひび割れの発生はなく、表面塗布剤と誘発目地によるひび割れ抑制の効果が得られた。また、壁体部の計測と解析の比較を行い、解析においても表面塗布剤の有効性を確認できた。

参考文献 1) 土木学会コンクリート技術シリーズ 80, 構造物表面のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会成果報告書