

(V-25) R Cセグメントのひび割れ低減に関する実験的検討

清水建設土木本部 正会員 ○渡辺真帆 江渡正満 名倉健二
都築コンクリート工業技術部 非会員 白石宏樹

1. 目的

工場製作されたR Cセグメントを組立ててトンネルを構築するシールド工法では、施工過程においてセグメントにひび割れが発生することがある。このひび割れは、施工時応力によって発生、工場製作時に乾燥収縮等によってセグメントに生じた引張応力によって発生、あるいはこの応力に推進時に作用する応力が加わったことによって発生する等が原因のひとつであると推定される。本文は、コンクリートの乾燥収縮に影響する「養生方法の違い」に着目し、製作段階におけるひび割れ（引張応力）低減のための定量的な基礎データを得ることを目的として行った実験的検討についてとりまとめたものである。

2. 実験概要

実験の要因は養生方法とし、水準は『湿潤養生+水中養生+気中養生』（以下、湿潤養生）、『蒸気養生+水中養生+気中養生』（以下、蒸気養生）、『湿潤養生+封かん養生（水中養生は行わない）』（以下、ラップ養生）の3水準とした。試験体として実施工で用いた外径 $\phi 7,000\text{mm}$ 、幅 $1,200\text{mm}$ 、厚さ 300mm のセグメントを各1体と、 $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 400\text{mm}$ の角柱ダミー供試体を各4体製作した。使用したコンクリートの配合は実施工で用いたものと同一とした。

試験体の製作は、セグメント工場敷地内で行った。型枠は、実施工で使用したものをを用いた。コンクリートはアジテータ車から直接投入し、締固めには棒状バイブレーターを使用した。実製品と同様に背面のこて仕上げを行った後、各養生を行った。湿潤養生およびラップ養生試験体の養生は、脱型時までの約22時間、コンクリートの露出面を養生マットで覆い、散水ホースにて最高 30°C の温水を散水して、湿潤状態に保った。また、蒸気養生試験体の養生は、前置き時間は4時間、養生温度（雰囲気温度）の上昇勾配は $20^{\circ}\text{C}/\text{時間}$ 以下とした。雰囲気温度の最高は 60°C 、最高温度維持時間は3時間とし、その後、自然冷却した。湿潤養生、蒸気養生試験体は各養生終了後、3日間水中養生を行い、その後、屋外にて気中養生を行った。また、ラップ養生試験体は湿潤養生終了後、ポリエチレンシートでセグメント表面を覆い養生を行った。写真-1にストック状況を示す。

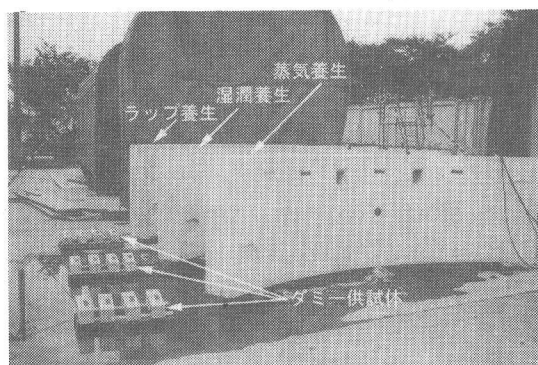


写真-1 ストック状況

表-1 計測項目

試験項目	調査方法
ひび割れ本数	目視
ひび割れ長さ	
ひび割れ幅	
コンクリート実ひずみ	熱電対付ひずみ計(埋込み) ひずみゲージ(表面貼付け)
ダミーコンクリートひずみ	熱電対付ひずみ計(埋込み) ひずみゲージ(表面貼付け)
コンクリート温度	熱電対
長さ変化試験	コンタクトゲージ

試験項目と調査方法を表-1に示す。埋込み型ひずみ計は、コンクリート打設前に鉄筋にセットし、表面貼付け型ひずみ計およびコンタクトゲージは、脱型後にコンクリート表面に張付けた。計測期間は打設後6ヶ月までとした。なお、コンクリートの物性値として試験体と同一の養生を行った供試体について、圧縮強度試験、割裂引張強度試験、静弾性係数試験を所定の材齢で行った。

キーワード：RCセグメント、ひび割れ、乾燥収縮、引張応力、封かん養生

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーパンスS館 TEL 03-5440-0559

3. 実験結果

ひび割れ発生状況の一覧を表-2 に示す。同表より、湿潤養生、蒸気養生ともにひび割れが発生しており、ラップ養生はほとんどひび割れが発生していないことがわかる。ただし、各試験体とも発生したひび割れは最大でも 0.06mm であり微細なものであった。

図-1 に、ダミー供試体の表面貼付け型ひずみ計の計測結果を各養生方法別に示す。ダミー供試体のひずみは、他からの拘束を受けない自由収縮ひずみであり、その計測結果はそのまま乾燥収縮(自己収縮含む)ひずみを表わすと考えられる。乾燥収縮ひずみは、①ラップ養生→②蒸気養生→③湿潤養生の順に大きくなっており、ラップの効果が顕著に認められる。

次に、計測結果に基づきセグメント試験体に発生している応力を算出し、引張強度と比較することによりひび割れ発生を評価する。ただし、発生応力は、 $(\text{発生応力}) = \Sigma(\text{拘束ひずみ増分}) \times (\text{ヤング係数の実験結果}) \times \phi$ (クリープによる補正係数)¹⁾により算出した。なお、セグメント試験体とダミー供試体の実測ひずみの差分を拘束ひずみとした。また、引張強度は試験値に 0.8¹⁾を乗じて評価した。図-2 および図-3 に、養生方法別の発生応力と引張強度を示す。図-2 より湿潤養生、蒸気養生とも、材齢 1 ヶ月程度で表面位置で発生している引張応力は引張強度に近づき、以後引張強度を超えてゆく傾向にある。ひび割れ観察からも、1 ヶ月程度がひび割れ発生時期と考えられ、計測結果はこれを裏付けている。また、図-3 より、内部位置に発生している応力は、打設直後を除いて材齢 5 日頃までは、養生方法の相違にかかわらずほぼ同様の傾向を示しており、その時点での応力のレベルはその後の応力の増加に比べて小さい。しかし、湿潤養生、蒸気養生では材齢 20 日頃から引張側に転じ、さらに蒸気養生では材齢 2 ヶ月以降、発生応力が引張強度付近を推移し、湿潤養生では材齢 2 ヶ月頃で引張強度を超えた。このことから、セグメント製作時の引張応力を低減するには長期の収縮を抑制する対策が必要であり、そのためにはラップ養生が有効であることがわかる。

4. まとめ

乾燥収縮によってセグメントに発生する応力を評価した結果、「湿潤養生」「蒸気養生」の場合は、材齢 1 ヶ月程度で引張強度を越え、一方、「ラップ養生」では引張強度を超えることはなく、ひび割れ発生の実現象と一致した。今回の実験の範囲内では「ラップ養生」はセグメント製作段階のひび割れや応力低減に有効であると考えられる。

参考文献 1) 土木学会, コンクリート標準示方書[平成 8 年制定] 施工編, pp.190-191

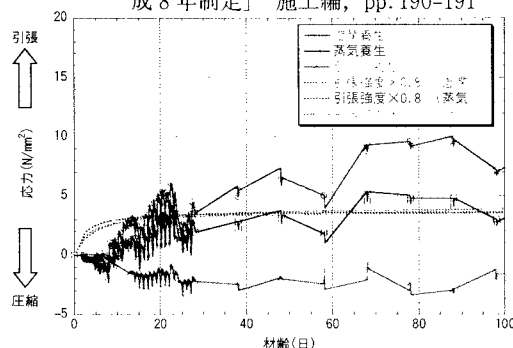


図-2 発生応力と引張強度(表面貼付け型ひずみ計)

表-2 ひび割れ発生状況

調査材齢	湿潤養生		蒸気養生		ラップ養生	
	本数 (本)	総延長 (mm)	本数 (本)	総延長 (mm)	本数 (本)	総延長 (mm)
材齢 3 ヶ月	56	3,095	62	4,690	0	0
材齢 6 ヶ月	28	1,405	18	1,655	2	40
合計	84	4,500	80	6,345	2	40

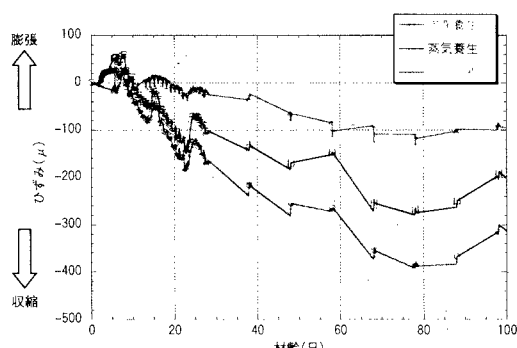


図-3 発生応力と引張強度(埋込み型ひずみ計)