

覆工コンクリートのアクティブ加温・湿潤養生システムの開発

(株)奥村組 正会員 ○黒武者 貴幸 正会員 齋藤 隆弘 正会員 外木場 康将
正会員 安井 啓祐 正会員 浜田 元 正会員 松島 弘樹

1. はじめに

覆工コンクリートの湿潤養生が養生後の長期耐久性において重要であることは多くの研究で明らかとなっている。寒冷地やトンネル貫通後においては、脱型後の急冷により湿潤養生を行っても初期養生の効果が十分でない可能性があり、コンクリートの内外温度差による内部拘束ひび割れの発生も懸念されるため、湿潤養生と同時にコンクリート表面の温度の確保が必要と考える。筆者らはトンネルの坑内環境に応じ、初期養生に最適な湿度・温度を保持することのできる養生装置の開発を行ったので、以下に報告する。

2. システム概要および検討内容

2.1 温度・湿度制御方法

本システムの制御方法は、コンクリート内部温度の変化に表面温度を同調させ、コンクリート内部と表面の温度差を3℃以内に自動で維持するもので、表面湿度は常時85%以上になるよう、給水の開始と停止を自動で制御する。制御フローを図-1に示す。

セントル脱枠後に、3層構造の養生マットを専用台車に設置し、覆工コンクリート表面に密着させ、材齢7日まで養生する。養生マットは自動給水設備により湿潤層に給水、自動加温機能により電熱材でコンクリートを温め、断熱層でコンクリート表面を保温する機能を合わせ持つ(図-2参照)。覆工コンクリート脱型後の移動式型枠移動と同時に養生台車も移動する。

コンクリート表面に電子湿度計(1測点/スパン)を設置し、巻厚中心と表面に熱電対(3測点/スパン)を設置し、覆工の温度と養生環境の湿度変化を測定する。

2.1 検討内容

まず室内要素試験を実施し、本養生システムの適用性を検証した。次に冬期打設時の山岳トンネルを想定した数値計算により、養生システムの効果を確認した。

2.2 室内要素試験

本養生システムにより、コンクリートの保温性・湿潤性が保たれることを室内試験で確認した。

供試体(打設前)の概要を写真-2に示す。型枠寸法は90cm×90cm×30cmとし、両端および底部に断熱材(t=50mm)を設置した。供試体の中心に熱電対を埋込み、コンクリート表面(中央、側部)と合わせ3箇所温度を測定した。内部と表面の温度差が3℃になると電熱シートによる加温を開始し、2.5℃になると加温を停止する設定とした。実験工程図を図-3に示す。打設後19時間で脱型を行い、湿潤マット、電熱マット、断熱材を取付け、打設後43時間で断熱材を撤去し、湿潤マットと電熱マットのみの構成にした。室内温度20℃の条件で実験を行った。

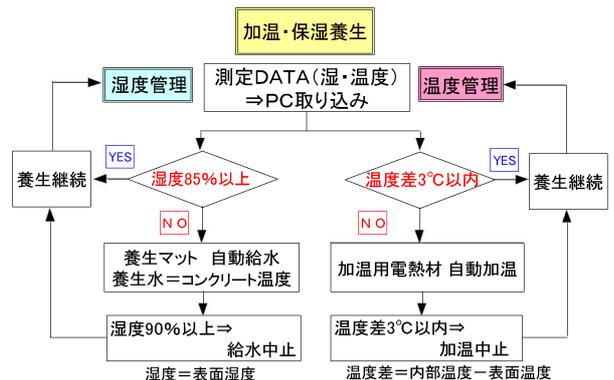


図-1 養生制御フロー

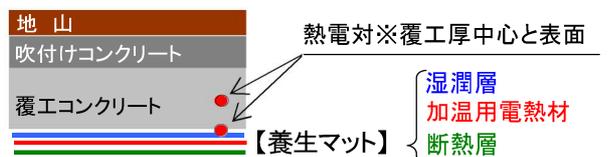


図-2 養生マットの構成

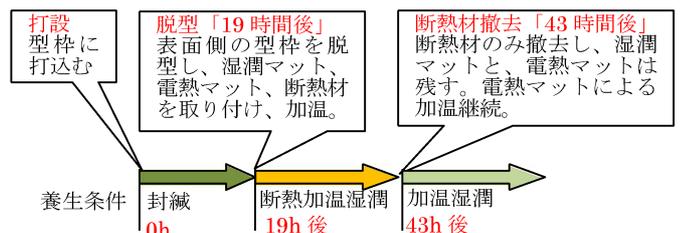


図-3 室内試験 工程図

キーワード: トンネル覆工, 加温湿潤養生, 室内要素試験, 数値解析

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 TEL 03-5427-8260

2.3 数値解析

数値解析により、養生システムの効果を確認した。セトル面ー養生システムー覆工コンクリートー地山を模擬した1次元の非定常熱伝導有限要素解析を実施した。養生システムの物性値は表-1の値を使用した。

表-1 コンクリート及び地盤の熱的物性値

	セメント種	セメント量	単位水量 (kg/m ³)	熱電導率 (kg/m ³)	熱容量Cρ (kJ/m ² °C)	熱電達率 (kJ/m ² day°°C)	断熱温度上昇式 $Q(t) = Q_{\infty} [1 - \exp\{-r(t - t_{0,Q})\}]$		
							Q _∞	r	t _{0,Q}
コンクリート	BB	304	164	233.3	2817	1210	51.71	0.869	0.065
地盤	-	-	-	302.4	2120	1210	-	-	-

3. 温度制御に関する検討結果

3.1 室内試験結果

図-3に室内試験における温度履歴を示す。電熱マットは脱型直後に作動し一度表面温度が上昇した後は、断熱材の断熱効果により保温状態は維持された。断熱材撤去後には、電熱マットがコンクリート表面の温度の変化に伴い断続的に作動し、表面の温度と内部との温度差を2.5~3.0°Cになるように、コンクリート表面の温度を制御できた。材齢25時間でコンクリート温度はピークに達し、ピーク温度は44°Cであった。その後コンクリート温度はゆるやかな勾配で下降し、材齢140時間(約6日)で室内温度まで低下した。

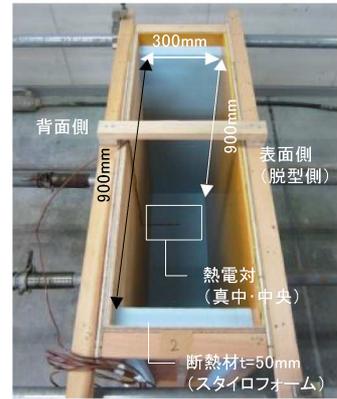


写真-2 打設前の型枠 (室内試験)

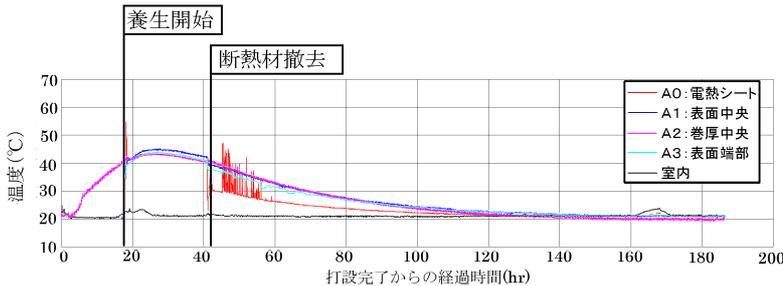


図-3 室内試験における温度履歴

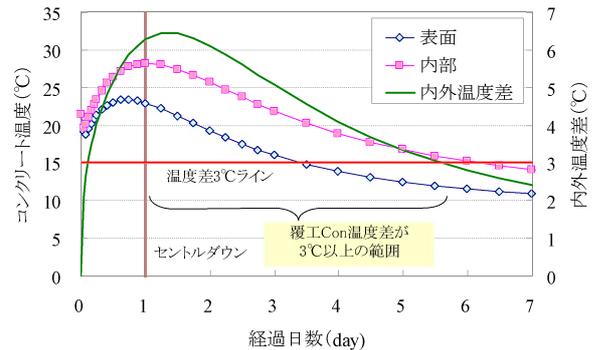


図-4 温度履歴 (システムなし、Case1)

3.2 解析結果

計算は養生システムを使用しないケース(Case1)と養生システムを用いるケース(Case2)で実施し、コンクリートの温度・内外温度差の経時変化を算出した。Case1の結果を図-4、Case2の結果を図-5に示す。

養生システムを使用しないCase1では、脱型後4.5日間、コンクリートの内外温度差が3°C以上となり、脱型約8時間後に内外温度差が最大(6.4°C)になる。これに対し、養生システムを用いるCase2では、脱型直後から養生システムの加温によりコンクリートの表面温度が上昇し、内外温度差は3°C以内に抑制される。

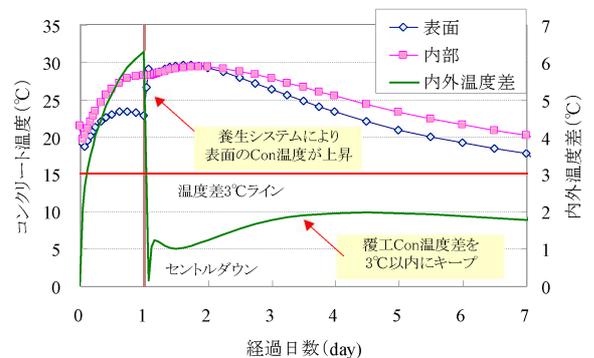


図-5 温度履歴 (システムあり、Case2)

4. まとめ

本システムにより材齢7日まで湿潤状態を維持するとともに、コンクリート表面の温度を内部の温度に応じて管理することで内外温度差を低減できることが明らかになり、内外温度差による内部拘束の低減が期待できる。本検討は室内試験及び解析によるものであり、実構造物での養生効果の検証を他稿で報告する。