

材齢初期の給熱時間が低温環境で養生したコンクリートの初期圧縮強度に与える影響

富山県立大学
北陸鋼産株式会社

学生会員 ○佐藤 広樹
赤羽 一大

正会員 伊藤 始
横山 豊也

1. はじめに

トンネル覆工コンクリートの施工において、セントルの脱型と移動は、強度が所定の値に達していることを確認したあとに、24 時間に満たない時間で行われることが多い^{1),2)}。一方、北海道地方や東北地方などで冬期に施工されるコンクリートにおいて、対策を施さない場合には24 時間未満の早期に十分な強度が発現しないことから脱型時期が延長される。脱型時期を短縮する対策として、水和発熱量が大きく強度発現が早い早強ポルトランドセメントの使用やトンネル内の保温が実施されている。著者らは、セントル内面に電熱線を用いた帯状の発熱体を取り付けることを提案した。発熱体を適用するにあたり、コンクリートの打込みから養生、脱型までの期間で発熱体を稼働させることは、強度発現に有効である。それに対して、必要な期間まで稼働した後に停止することは、経済面や現場管理の安全面で有利である。また、若材齢のコンクリートへの過度の加温は、長期強度を低下させることが懸念される。

本研究では、低温環境で養生するコンクリートに対して、材齢初期の発熱体による給熱時間が材齢1～3 日の圧縮強度に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 試験方法

本試験では給熱養生を実施した直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を用いた圧縮強度試験を実施し、コンプレッソメータを用いて鉛直変位を測定してヤング係数を求めた。試験ケースは、表-1 のように発熱体による給熱時間と試験材齢を変化させた18 ケースとした。給熱時間は 0, 3, 6, 12, 18, 24 時間とし、試験材齢は 1, 2, 3 日とした。1 ケースあたりの供試体数を 3 本または 4 本とした。コンクリートの配合には、トンネル覆工コンクリートを想定して 24-15-25BB の配合を用いた。

試験では、図-1 のようにスタイロフォームと発熱体

熱線を用いて表面温度を約 50℃に保つものであった。給熱時の供試体は 20℃の恒温室に静置し、給熱終了後から試験開始の約 1 時間前までは、5℃の恒温槽に静置した。養生開始から圧縮強度試験の準備を始めるまでに、ビニール袋による封かん状態を保ち、その期間は供試体の頂部と底部のコンクリート温度、恒温室内と恒温槽内の温度を熱電対で計測した。

3. 試験結果

(1) コンクリート温度

図-2 に給熱時間 18 時間の供試体の温度履歴を示す。供試体頂部の温度は、8 時間程度で約 30℃に到達して安定した。打込み後 18 時間で 5℃の恒温槽に移してから、20 時間程度で頂部と底部ともに 5℃に到達した。

(2) 圧縮強度

図-3 に圧縮強度と試験材齢の関係を示す。各給熱時間において、圧縮強度は材齢の増加に伴い増加した。土木学会のコンクリート標準示方書における設計式³⁾と比較すると、材齢 1 日において、設計式の値を超えるのは 12 時間以上給熱した場合であった。給熱 6 時間以下ではどの材齢においても設計式の値

表-1 試験ケース

試験 材齢	給熱時間 (h)					
	0	3	6	12	18	24
1日	●	●	●	●	●	●
2日	●	●	●	●	●	●
3日	●	●	●	●	●	●

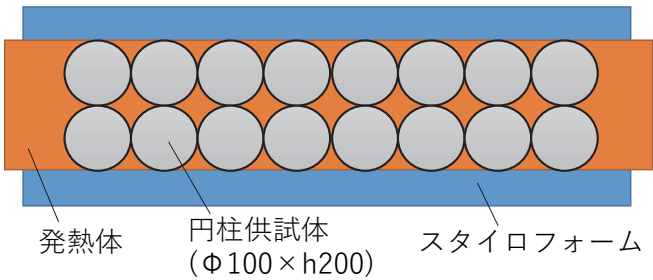


図-1 給熱方法（平面図）

キーワード トンネル覆工コンクリート、給熱、圧縮強度、強度発現、ヤング係数

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学 環境・社会基盤工学科 TEL 0766-56-7500

を下回った。給熱 12 時間の圧縮強度が設計式に近い値を示した。

図-4 に圧縮強度と給熱時間の関係を示す。給熱 0 時間と 3 時間はほぼ変化がなく、3 時間から 18 時間までは直線関係にあった。18 時間から 24 時間の強度増加は 18 時間以下の値に比べて大きくなった。NATM 工法による山岳トンネルの二次覆工コンクリートの脱型強度は、圧縮強度で $2.0 \sim 3.0 \text{ N/mm}^2$ 程度に達すれば安全であると判断している場合が多い¹⁾。材齢 1 日において 2 N/mm^2 を超えているのは、12 時間以上給熱した場合であった。一方、給熱時間が 6 時間の時に材齢 2 日で 2 N/mm^2 を超え、3 時間以下の時に 3 日で超えた。また、12 時間給熱した場合に、材齢 1 日の圧縮強度は、給熱 0 時間の 3 日目に相当する値となった。

(3) ヤング係数

図-5 にヤング係数と給熱時間の関係を示す。3 時間給熱した場合を除き、ヤング係数も圧縮強度と同じく、給熱時間に伴い増加した。3 時間のヤング係数が 0 時間の値に比べて低くなった。これは、破壊時のひずみが小さく、ばらつきが大きくなったことが要因である。また、12 時間給熱した場合に、材齢 1 日のヤング係数は、給熱 0 時間の 3 日目に相当する値となった。

4. まとめ

- 1) 圧縮強度とヤング係数は、ほとんどのケースで給熱時間の増加に伴い増加した。そのため、給熱は、材齢初期の圧縮強度発現を促すことが分かった。
- 2) 今回の試験条件において、材齢 1 日の圧縮強度が 2 N/mm^2 を超えるためには、給熱時間を 12 時間程度以上にする必要があった。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネルコンクリート施工指針（トンネルコンクリート施工指針（案）），コンクリートライブラリー102，2000
- 2) 東北地方整備局：コンクリート構造物の品質確保の手引き（トンネル覆工コンクリート編）（案），2016
- 3) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書・設計編，2017

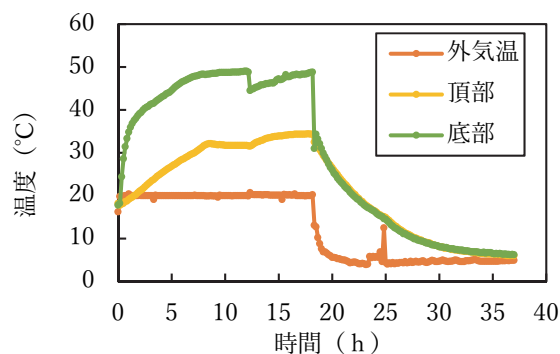


図-2 供試体の温度変化（18 時間ケース）

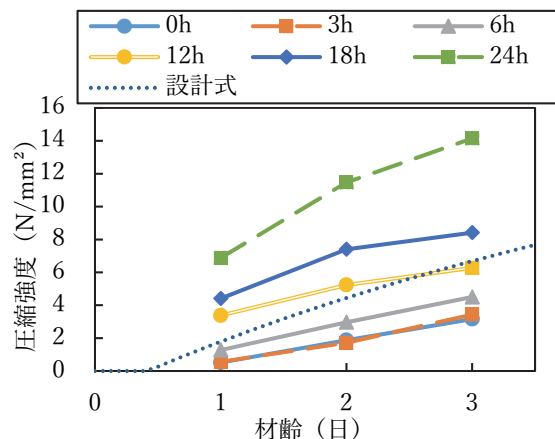


図-3 圧縮強度と試験材齢の関係

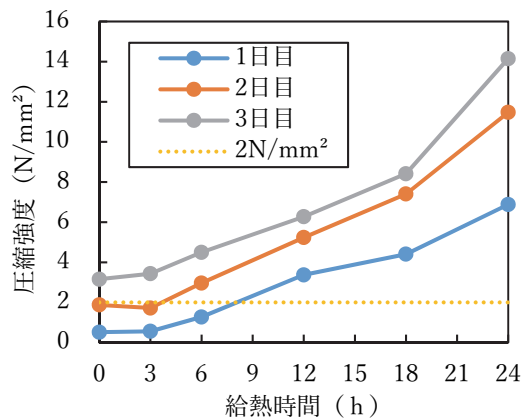


図-4 圧縮強度と給熱時間の関係

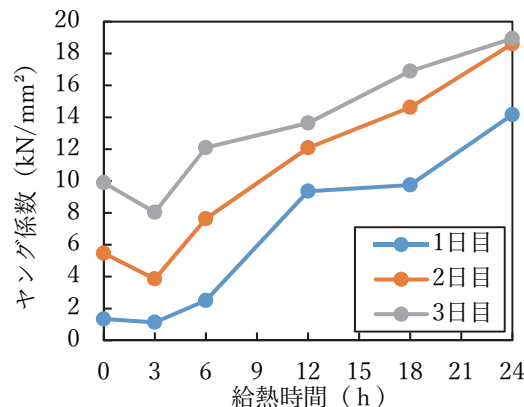


図-5 ヤング係数と給熱時間の関係