

V-156 覆工用急結性流動化コンクリートの研究

三井建設機技術研究所 正会員 酒入 修
 三井建設機技術研究所 正会員 梅園輝彦
 三井建設機土木技術部 正会員 湯浅康尊

1. はじめに

現在、わが国の山岳トンネル建設工事では、地山がもつ固有の強度を積極的に利用し、トンネルを安定に支持する考え方に基づき、ロックボルトと吹付けコンクリートを主たる支保工とする工法が標準工法として採用されている。しかし、吹付けコンクリートの施工においては、発生する粉じんにより坑内環境が悪化する、はね返りによる材料損失が多い、等の問題が表面化してきた。当社では、吹付けコンクリート工法のこれらの問題を解決すべく、新たな一次覆工コンクリートの急速施工法、CLIPシステム（Clean Lining by Plastering：クリップ）を開発し、模擬トンネルでの実証実験で所期の目標を達成した。本稿では、本システムに使用している急結性流動化コンクリートの概要について報告する。

2. CLIPシステム概要

本システムは、坑壁円周方向に移動する型枠とコンクリートポンプ打設を組み合わせ、圧縮空気をいっさい用いずに急結性流動化コンクリートを移動型枠内に打設し、地山と密着した覆工コンクリートを構築する。（図-1参照）。システムに適用する急結性流動化コンクリートには以下の性能が必要である。

- ①急結剤をコンクリートに混合した時点では流動性が高まり、所定の時間が経過後急激に硬化すること。
- ②凝結始発時間を自由に変わることができること。
- ③十分な早期、長期強度を有すること。

3. 急結性流動化コンクリートの特性

本システムに適用する急結性流動化コンクリートには、吹付けコンクリート用の急結剤では不十分と判断し、新たな急硬性セメント鉱物系の粉体急結剤を混和剤メーカーと共同開発した。この急結剤は、水と混合し懸濁液状にして使用する。また、専用の凝結遅延剤を有している。

本システムに適用する急結性流動化コンクリートでは、短期の凝結、硬化および早期、長期の強度が問題となるため、表-1の配合（CLIPシステムの配合例）を用い、凝結始発時間と早期、長期強度を確認した。試験条件は以下のようにした。

- ①急結剤使用率をセメント重量の7%、10%、15%、20%の4段階とした。
- ②コンクリートの練り上がり温度を10℃、20℃、30℃の3段階とした。
- ③凝結遅延剤の使用率を粉体急結剤重量の1%、2%、3%、5%、10%の5段階とした。

なお、懸濁液の急結剤の製造では、まづ、水と遅延剤を混ぜ合わせ、後に粉体の急結剤を混合攪拌した。コンクリートと急結剤の混合は、モルタルミキサーを使用し、急結剤添加後、5秒間低速で攪拌、10秒間高速で攪拌した。一回の混練り量は7ℓとした。

(1)凝結特性について 図-1に急結剤使用率を10%とした場合の、コンクリートの練り上がり温度別

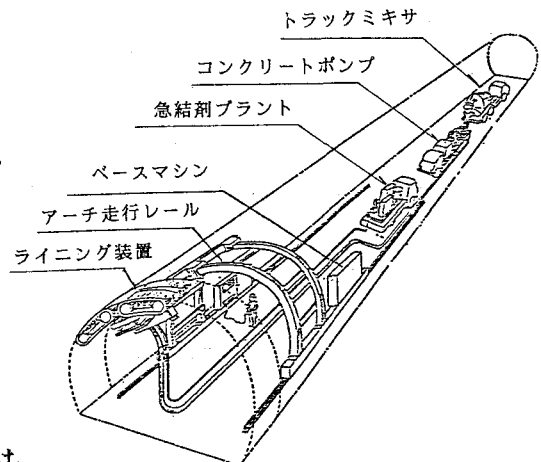


図-1 CLIPシステム外観図

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の 範 囲 (cm)	水セメ ント比 W/C (%)	細骨材 率 s/a (%)	単位量セ メント量 C (kg)
15	15±2.5	52	44	310

の凝結始発時間の差異を示す。図-1から、遅延剤の使用率が同じでも、コンクリートの練り上がり温度が高いほど、凝結始発時間が早まることが分かった。これは、コンクリートの練り上がり温度が高いほど、セメントおよび急結剤の水和反応が促進され、凝結、硬化が早まるためと思われる。加えて、凝結、硬化が促進されることにより、その際に発生する硬化熱が遅延剤により急結剤表面に形成された被膜を破壊し、セメントと急結剤の反応を更に促進することも一因と考えられる。

図-2に、コンクリートの練り上がり温度を20℃とし、遅延剤の使用率を2%とした場合の、急結剤使用率別の凝結始発時間の差異を示す。図-2より、遅延剤の使用率が一定ならば、急結剤使用率にかかわらず凝結始発時間ほぼ一定であることが判明した。

(2)強度特性 凝結試験と同じ条件で、円柱供試体を採用し、早期（1時間、6時間、24時間）、長期（3日、7日、28日）の圧縮強度を確認した。コンクリートの練り上がり温度20℃、遅延剤使用率3%の場合の急結剤使用率別の試験結果を図-3に示す。

急結剤使用率が多いほど早期強度は高くなるが、逆に長期強度は10%を境に下がる傾向を示す。また、早期強度は6時間まで大きな増進は認められないが、以後急激な伸びを示す。この傾向は、吹付けコンクリート用の急結剤と異なっており、この急結剤の特徴といえる。

また、この急結剤は水と混合して使用するため、コンクリートの水セメント比が上がり、長期強度に悪影響を及ぼすことが考えられるため、表-1の配合に急結剤を10%使用した急結性流動化コンクリートと、急結剤を使用しないブレンコンクリートについて円柱の供試体を採用し、材令3日、7日、28日で圧縮強度試験を行った結果を表-2に示す。表中の値は、供試体3本の平均である。急結性流動化コンクリートの強度は、ブレンコンクリートの強度と比較し、3日、7日では約88%、28日では約94%であり、懸濁液にするために使用する水の影響は若干あるが、実用上差し支えない範囲であることが認められた。

4. おわりに

近年、施工の合理化を図るため、ダム工事、山岳トンネル工事、シールド工事、等でコンクリートの材料および施工方法の研究が進められている。本稿で述べた、急結剤のみで所要の性能をもつ急結性流動化コンクリートは、その施工性、品質においてかなりの自由度をもつものである。したがって、筆者達はこの急結性流動化コンクリートを山岳トンネル工事のみならず、他の工事にも適用していきたいと考えている。

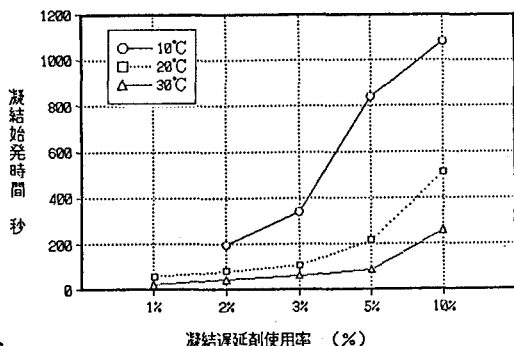


図-1 コンクリート温度による凝結始発時間の差異

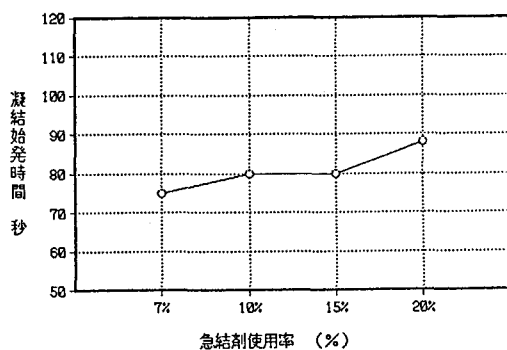


図-2 急結剤使用率別凝結始発時間の差異

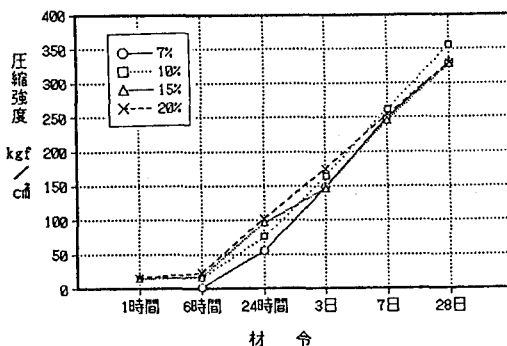


図-3 コンクリートの強度

表-2 強度比較結果

(単位: kgf/cm²)

種 別	材 令	3 日	7 日	2 8 日
ブレンコンクリート		1 8 9	3 1 4	4 3 8
急結性流動化コンクリート		1 6 8	2 7 7	4 1 3