

VI-127

トンネル工法用急硬性コンクリートの基本特性

電気化学工業 正会員○大塚哲雄 正会員 半田 実 寺村 悟
ハザマ技術研究所 正会員 谷口裕史 正会員 福留和人

1. はじめに

近年、トンネル施工において New-PLS工法等の先受け工法が注目されており、道路トンネルにおいて実用化されてきている。この工法には、その施工性を満足するために特殊な性能を有する急硬コンクリートが使用される（以下急硬性コンクリートと記す）。このような性能を満足する急硬性コンクリートは、急硬材と凝結調整剤を混入したコンクリート（以下ベースコンクリートと記す）に液体急結剤を後添加して製造する^{1), 2)}。本報告ではトンネル工法用急硬性コンクリートの基本特性としてフレッシュコンクリートの特性、強度特性、凍結融解抵抗性、長さ変化、細孔分布、および、微細組織について報告する。

2. 実験概要

使用材料を表-1に、急硬性コンクリートの基本配合を表-2に示す。急硬性コンクリートの要求性能は、①施工性を考慮したベースコンクリートのスランプ保持②短時間での自立③ごく初期の強度確保であり、これらの性能を満足するために、それぞれ凝結調整剤、液体急結剤、および、急硬材を使用した。急硬性コンクリートは、パン型強制ミキサ(容量50ℓ)を使用し、練り混ぜ量は、30ℓ/1m³としてベースコンクリートを練り上げ(2分)、このベースコンクリートに液体急結剤を加えて再練りし(15秒)製造した。なお目標とする初期強度を得るための急硬材量は、単位結合材量 (C+P) に対し15%とした。

表-2 コンクリート配合

最大骨材寸法 Gmax (mm)	スランプの 範囲 (cm)	水結合材比 W/C+P (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
				水 W	セメント C	急硬材 P	細骨材 S	粗骨材 G	凝結調整剤	急結剤 L
20	20± 2.5	4.8	4.2	19.2	34.0	6.0	69.5	97.5	4.4 ~ 6.0	20 ~ 36

スランプの範囲：ベースコンクリート（急結剤添加前）

表-1 使用材料

使用材料	種類	基本物性
セメント	普通ポルトランドセメント	比重:3.15
細骨材	混合砂	比重:2.61 吸水率:2.29% FM:2.53
粗骨材	碎石	比重:2.65 吸水率:1.83% FM:6.50 Gmax:20mm
混和材	急硬材	比重:2.92 カルシウムシリケート系化合物
混和剤	凝結調整剤	比重:2.19 有機酸とアルカリ炭酸塩の複合体
	液体急結剤	比重:1.50 特殊アルミニウム化合物

3. 実験結果

3.1 フレッシュコンクリートの特性

ベースコンクリートのスランプ経時変化を図-1に示す。凝結調整剤量の増大に伴いスランプ保持時間は長くなる傾向を示す。急硬性コンクリートのスランプ経時変化を図-2に示す。液体急結剤量の増大に伴いコンクリートの自立時間が短くなる傾向を示す。

以上の様に、凝結調整剤量および液体急結剤量を調節することにより目標とするスランプ保持時間および自立時間を満足させる急硬性コンクリートを製造することが可能であることが明らかとなった。

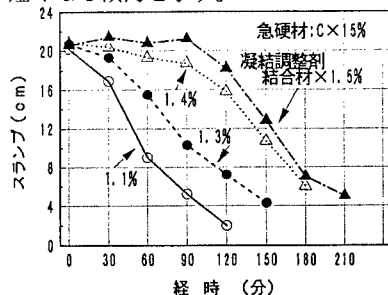


図-1 ベースコンクリートスランプ経時

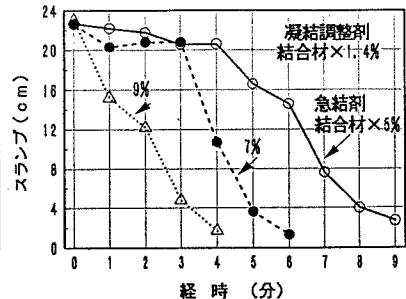


図-2 急硬性コンクリートスランプ経時

3. 2 硬化コンクリートの特性

以下の試験に使用した凝結調整剤量は、単位結合材量に対し1.4%、急結剤量は、同7%である。なお、急硬性コンクリートの圧縮強度を図-3に示す。急硬性コンクリートは、ベースコンクリートに比べ7日以後の強度の伸びは小さくなる傾向を示すが、材齢28日で約32N/mm²、材齢6ヶ月においては圧縮強度は増加傾向を示している。

長さ変化測定結果（JIS A 6202 B法による）を図-4に示す。急硬性コンクリートの収縮量は、6ヶ月で、 $4 \sim 6 \times 10^{-4}$ であり通常のコンクリートと同程度であった。現場養生に比べ JIS 養生の方が収縮量が大きくなる傾向を示すが、これは乾燥条件が JIS 養生の方が厳しいことが原因と考えられる。

凍結融解による相対動弾性係数と重量変化を図-5に示す。Non AEコンクリートは30サイクルで相対動弾性係数が低下しているがAEコンクリートとすることにより 300サイクルでの相対動弾性係数が80%程度確保でき十分な凍結融解抵抗性を示している。

基本配合から粗骨材を除いたモルタル配合の細孔分布を図-6に、同モルタルの微細組織（SEM写真）を図-7に示す。図-6から、材齢とともに細孔分布径が小さい方に移行し、トータルポアボリュームも減少していることがわかる。また図-7より細孔が針状結晶で満たされており水和が進み組織が緻密化していることが観察される。

4. まとめ

トンネルの先受け工法を対象とした急硬性コンクリートは、各種混和材(剤)を組み合わせることにより、所定のスランプ保持時間および自立時間を有するコンクリートとすることが可能である。

また、強度、長さ変化、凍結融解に問題はなく、さらに、細孔分布にみられるように水和が十分に進み組織が緻密となっており良好なコンクリートであることが確認された。

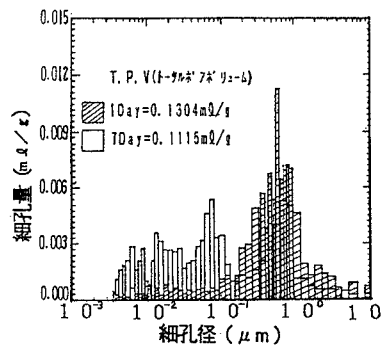


図-6 細孔分布

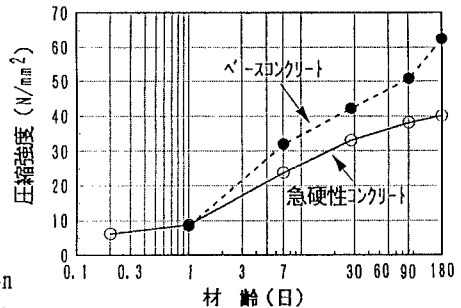


図-3 圧縮強度

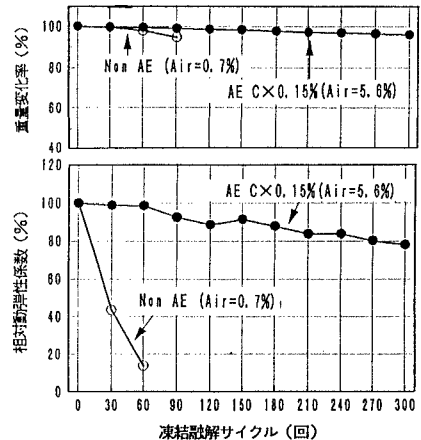


図-5 重量変化率および相対動弾性係数



図-7 SEM写真

〔参考文献〕

- 寺内伸・芳賀佳之・谷口裕史・篠崎秀敏・本村均：急硬性コンクリートを用いたトンネル先受け工法の試験施工（その1：施工試験の概要および機械試験結果）土木学会第50回年次学術講演概要集第6部、pp218-219、1995
- 谷口裕史・寺内伸・芳賀佳之・篠崎秀敏・本村均：急硬性コンクリートを用いたトンネル先受け工法の試験施工（その2：コンクリート試験結果）土木学会第50回年次学術講演概要集第6部、pp220-221、1995