

名古屋工業大学

正会員 吉田 弥智

建設省高山国道工事事務所

柴田 実

鹿島建設技術研究所

正会員 ○須藤 英明

I. はじめに

近年、トンネル工事へのNATMの普及に伴い、吹付けコンクリートは、高熱岩盤や酸性湧水部等の特殊条件への適用が行われるようになってきている。一方、施工厚さの厚い吹付けコンクリートでは、セメントの水和熱によってコンクリートにひびわれが発生する場合が考えられる。このような背景から、筆者らは、普通セメントに比べて高熱等の特殊環境下において長期的な耐久性に優れ、発熱抑制の点でも有利な高炉セメントを用いた吹付けコンクリートに着目し、その基本物性を明らかにするための実験検討を行ってきた。

本報文はこのうち、初期材令からのコンクリートの強度発現性状、並びに発熱特性について報告するものである。

II. 実験項目及び方法

1. 実験室内でのモルタルの凝結試験、初期強度試験

室内で練り混ぜた急結剤添加モルタル（C：S=1：3，W/C=50%，急結剤（急硬セメント系）添加率5%/C）を用い、プロクター貫入抵抗試験により、高炉セメントを使用した場合の凝結硬化性状を普通セメントの場合と比較した。またφ5×10cm円柱供試体を作製し、材令1，3，6，9，12，24時間，3，7，28日での圧縮強度試験を行った。各供試体の作製及び養生温度は20℃とした。

2. 吹付けコンクリートの断熱温度上昇試験

図-1に示すように、1辺70cmの立方体の断熱容器にコンクリートを吹き込み、内部の温度履歴を熱電対により測定した。吹付けコンクリートの施工法は空気圧送方式による湿式工法とし、表-1に示す配合を用いた。施工条件は図-2に示すとおりであり、コンクリートの打設温度は15℃、外気温は平均約5℃であった。

3. 吹付けコンクリートの初期強度試験

断熱温度試験用供試体の作製と合わせて、15×15×55cm角柱型わくへの吹付けを行い、材令3，6，9，12，24時間，2，3日において、はりの折片によるコンクリートの圧縮強度試験を実施した。また、70×60×15cmの吹付けパネルからφ7.5cmコア供試体を切出し、材令10，28日で強度試験を行った。コア供試体は試験直前まで20℃水中養生を行い、試験時にはダイヤルゲージにより変形係数を求めた。

III. 実験結果と検討

1. 室内実験によるモルタルの凝結硬化及び強度発現性状

プロクター貫入抵抗試験結果を図-3に示す。高炉セメントを用いた場合のモルタルの凝結硬化速度は普通セメントに比べて遅れる傾向がみられ、終結までに約2倍の時間を要し

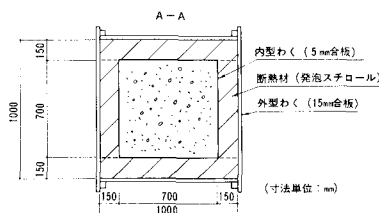


図-1 断熱温度上昇試験用供試体

表-1 吹付けコンクリートの使用材料と配合条件

セメントの種類	G _{max} (g)	W/C (%)	G/a (%)	目盛スラング (mm)	単位量 (kg/m ³)				減水剤	急結剤
					W	C	S	G		
普通ポルトランドセメント	13	58	75	14-16	220	380	1286	442	0.55%/C	5-7%/C
高炉セメントB種						1288	430	0.45%/C		

セメント：普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種（O社）
 細骨材：川砂、F.M.=2.85
 粗骨材：6号砕石、G_{max}..13mm
 減水剤：高性能減水剤（T社）
 急結剤：急硬セメント系（D社）

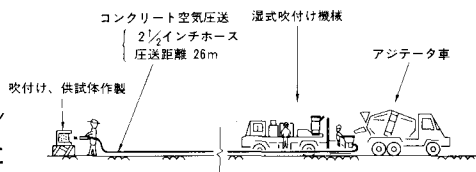


図-2 吹付けコンクリートの施工条件

た。次に、材令1時間から28日までのモルタルの強度発現性状を示すと図-4のとおりであり、材令1時間における高炉セメント使用モルタルの圧縮強度は普通セメントの場合の約1/2であった。しかし、材令3時間以降ではこうした低下は認められず、普通セメントとほぼ同程度の強度発現性状が得られた。

2. 吹付けコンクリートの断熱温度上昇特性

図-5は、断熱温度上昇試験における実測データをプロットしたものであり、温度履歴は材令1～1.5日でピークに達した後、供試体外部への放熱によって徐々に低下を生じている。一方、図-6は、供試体外周の断熱材の熱伝導率を考慮して放熱による影響を補正し、さらに、コンクリートの打設温度が20℃の場合への換算を行った断熱温度上昇特性を示したものである。

高炉セメントを用いたコンクリートの発熱曲線は、初期材令での立上りについては普通セメントの場合と大差ない。しかし最高温度上昇量については、普通セメントでは約48℃に達するのに対し、高炉セメントは約42℃と6℃程度低い値となった。

3. 初期材令からの吹付けコンクリートの強度及び変形特性

吹付けコンクリートの圧縮強度及び変形係数について、材令24時間までの経時変化を示すと図-7～8、材令28日までの経時変化を示すと図-9～10のとおりである。高炉セメントを用いた吹付けコンクリートの材令24時間までの圧縮強度及び変形係数は、普通セメントの場合に比べて各々約1/2、1/3程度の値であり、初期の強度発現が遅くなる傾向が認められた。

この傾向については、吹付け実験が屋外で行われた関係で、作製直後の供試体が平均約5℃程度の温度条件下にあったため、高炉セメントの強度増進が小さくなったものと考えられる。

しかし、材令の経過とともにこの強度発現の遅れは徐々に回復し、材令28日での圧縮強度及び変形係数は、普通セメントの場合と同等、あるいはこれをやや上回る値が得られた。

IV. まとめ

今回の実験は限られた範囲で行われたものであるが、次のような事柄が明らかとなった。

1. 高炉セメントを用いた吹付けコンクリートは、施工直後の凝結硬化及び初期強度発現が普通セメントの場合に比べて幾分遅い。しかし、材令の経過とともにこの遅れは回復する。
2. コンクリートの発熱抑制の点では、通常の打設方法による場合と同様、高炉セメントは普通セメントより有利な性質を表わす。

これらの結果、及び実際のトンネルでの試験施工結果から、高炉セメントは吹付けコンクリートに利用できると考えられる。ただし、実施に際しては、コンクリートの温度管理を入念に行う必要がある。

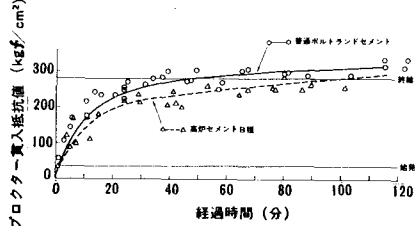


図-3 プロクター貫入抵抗試験結果

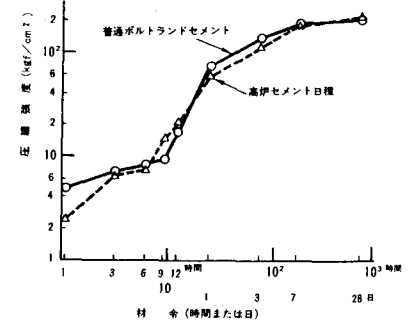


図-4 モルタルの強度発現性状

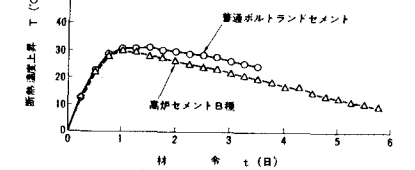


図-5 断熱温度上昇試験結果(実測データによる)

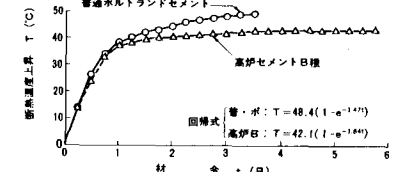


図-6 断熱温度上昇試験結果(補正データによる)

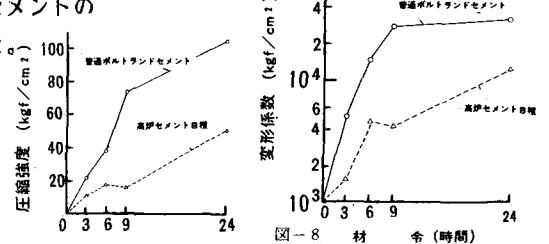


図-7 材令24時間までの圧縮強度の経時変化

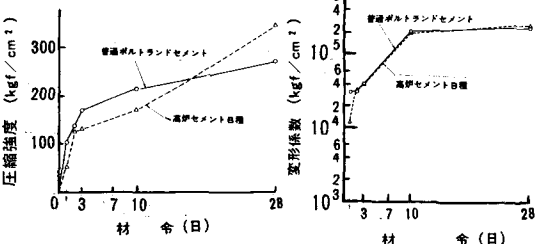


図-8 材令24時間までの変形係数の経時変化



図-9 材令28日までの圧縮強度の経時変化



図-10 材令28日までの変形係数の経時変化