

飛鳥建設技術研究所 正会員 平間 昭信
 飛鳥建設土木本部 正会員 松尾 勝弥
 飛鳥建設技術研究所 正会員 田中 斉
 飛鳥建設技術研究所 野口 和幸

1. はじめに

近年、第二東名・名神に見られるように、トンネルの大断面化・偏平化や地下構造物など多様化するニーズに併せて、支保部材の形式も次第に変化している。これに伴い、主要な支保部材である吹付けコンクリートにも、高強度化や高品質化など新たな性能が求められている。吹付けコンクリートの高強度化については、ここ数年、シリカフェウムと高性能減水剤を用いた配合などによる研究開発が行われ、一部にはトンネル構造部材として適用されるにまでに至っている。

今後、多様化する吹付けコンクリートの要求品質（強度レベル、耐久性、リバウンドなど）に対しては、各種混和材の利用による対応も有効と考えられる。本報告は、吹付けコンクリートの配合手法の確立に向けた基礎資料を得る目的で、各種混和材（シリカフェウム、高反応性カオリン、フライアッシュなど）と急結剤を添加したモルタルによる凝結性状および強度発現特性について検討したものである。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および実験計画

実験で用いた材料の一覧を表-1に示す。また、モルタルの配合条件、実験計画を表-2、表-3に示す。

2. 2 実験方法

(1) モルタルによる凝結性状の検討

土木学会規準「吹付けコンクリート用急結剤品質規格（案）、付属書「貫入抵抗によるモルタルの凝結時間測定方法」に準拠し、温度20℃、湿度80%の条件で実施した。

(2) モルタルによる強度発現特性の検討

土木学会規準「吹付けコンクリート用急結剤品質規格」に準拠した。ただし、試験体は5℃で作成し、成形後から24時間後までを20℃気中養生、以降標準水中養生とした。測定材令は3時間、24時間、7日、28日とした。

3. 実験結果

3. 1 モルタルの凝結性状について

図-1および図-2は、水結合材比40%における経過時間と貫入抵抗値の関係であり、通常の吹付けに用いられている急結剤（急結セメント系：A）について、急結剤添加率4%と7%を比較したものである。急結剤添加率4%では、混和材で置換していない配合が早期に始発に達しているが、それ以降については混和材で置換した配合とほぼ同様の凝結性状である。また、エトリンガイト系を用いた配合は始発以降の凝結進行が早い傾向を示

表-1 使用材料

材料名	種 類	成 分、物 性 等
セメント	普通ポルトランドセメント	3銘柄混合、比重：3.15
細骨材	富川産川砂	比重：2.58、粗粒率：2.87、実積率：64.6%
混和材	シリカフェウム	比重：2.20、比表面積：200,000 cm ² /g
	高反応性カオリン	比重：2.60、比表面積：140,000 cm ² /g
	高炉スラグ微粉末	比重：2.91、比表面積：4,040 cm ² /g
	フライアッシュ	比重：2.26、比表面積：2,510 cm ² /g
	エトリンガイト系	比重：2.60、比表面積：4,000 cm ² /g
混和剤	高性能減水剤	ポリグリコールエステル誘導体
急結剤	急結セメント系(A)	比重：2.6、従来品
	急硬セメント系(B)	比重：2.9、高強度用

表-2 モルタルの配合条件

水結合材比	60%	40%
砂結合材比（容積比）	2.442	1.953
ミニスランブフロー *1	—	260±15mm
空気量	—	5±1.5%

*1：JIS A 1173（ポリマーセメントモルタルのスランブ試験方法）

表-3 実験計画（水結合材比=40%）

混和材の種類	混和材の置換率（%）	急結剤の種類と添加率（%）				
		急結セメント系(A)		急硬セメント系(B)		
		4*	7	7	10	12
無添加	0	●	●	●	●	○
シリカフェウム	5	○	○	○	○	○
	10	●	●	●	●	○
高反応性カオリン	5	○	○	○	○	○
	10	●	●	●	●	○
高炉スラグ微粉末	50	○	●	○	●	○
フライアッシュ	15	○	●	○	●	○
エトリンガイト系	5	○	○	○	○	○
	7	●	●	●	●	○

注) ○：凝結性状のみを検討

●：凝結性状および強度発現特性を検討

4*：強度発現特性の検討では、急結剤添加率は5%で実施

したが、他の混和材の凝結性状には大きな違いは見受けられない。なお、水結合材比40%、急結剤添加率4%では通常の吹付けコンクリートとほぼ同じ配合（水セメント比60%，急結剤添加率7%）より凝結進行が速く、水結合材比の低減による凝結の促進効果が認められた。急結剤添加率7%においては、急結剤添加率4%に比べ各配合とも凝結が促進され、各配合とも5分以内での終結となっており、急結剤添加率4%と同様にエトリンナイト系が他の混和材に比べて凝結進行が速いものであった。

図-3は、高強度用急結剤（急結セメント系：B）を用いた貫入抵抗値であるが、さらに凝結進行が促進されており、混和材種類の影響はほとんどなく、各配合とも急結剤の効果により3分以内での終結となっている。

3. 2 モルタルの強度発現特性について

混和材および急結剤種類と圧縮強度の関係を図-4に示す。混和材種類の影響については、材令24時間において、高炉スラグ微粉末およびフライアッシュで置換したものは、若干、強度発現性に劣る傾向であるが、それ以降の材令では顕著な差異は認められない。

材令初期では、急結剤の種類による強度発現性状に大きな差異は認められない。しかし、材令28日において、急結剤を添加していないモルタルに対する圧縮強度比は急結セメント系（A）が0.65～0.80であるのに対し、急硬セメント系（B）は0.85～1.05であり、急結剤の種類が強度発現に及ぼす影響は大きいものであった。この結果は、以前に報告¹⁾した高強度吹付けコンクリートの試験施工の結果とほぼ合致する結果であった。

4. まとめ

今回の検討で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 各種混和材とも、何れの急結剤および添加率においても、施工実績の多いシリカフェウムと同等以上の凝結性状であり、吹付けコンクリートへの適用の可能性が見出せた。
 - 2) 強度発現特性の検討で、初期強度においては急結剤種類による強度発現性に差異はないが、長期材令では急硬セメント系急結剤（B）の方が高い強度発現性が得られる。
- 今後、試験施工の機会を得て、今回検討した混和材を適用し、さらに吹付けコンクリートの強度特性や耐久性、施工性（リバウンド、粉塵など）を検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 平間昭信・近久博志・小林薫・堀崎嗣敏：「繊維補強した吹付けコンクリートの高強度化に関する基礎的研究」、土木学会第49回年次学術講演会，1994.9

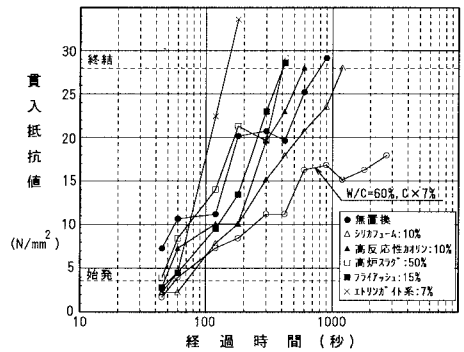


図-1 貫入抵抗値（急結セメント系(A)：結合材量×4%）

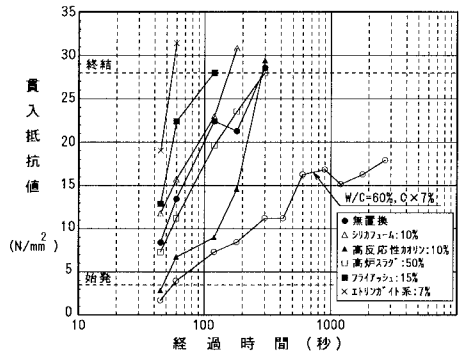


図-2 貫入抵抗値（急結セメント系(A)：結合材量×7%）

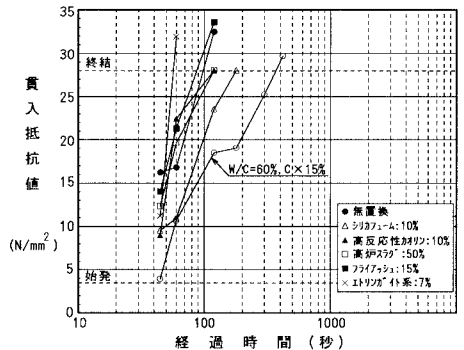


図-3 貫入抵抗値（急硬セメント系(B)：結合材量×12%）

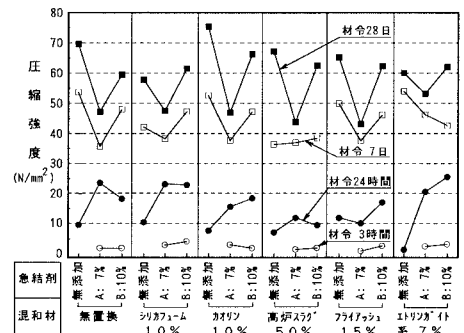


図-4 圧縮強度（水結合材比=40%）