

高強度吹付けコンクリートの品質変動について

飛島建設（株）技術研究所 正会員 ○ 平間 昭信
 長崎市土木部 藤本 晃生
 飛島建設（株）九州支店 原田 進
 飛島建設（株）技術研究所 岩城 圭介

1. はじめに

近年、トンネルの大断面化や地下構造物など多様化するニーズの変化に伴ない支保部材の形式も次第に変化しており、吹付けコンクリートについては高強度化が求められている。吹付けコンクリートはその特異な施工方法のために、品質変動は通常の現場打設のコンクリートに比べて大きいといわれており、これまで多くの実績データや事前の試験により配合を定めている。しかし、高強度な吹付けコンクリートについては実績データや報告例が少なく、従来と同様に配合を求めるための参考資料は少ない。

このことから、本報告は高強度吹付けコンクリートの実用化を目的とした検討のうち品質変動および強度発現性について検討したものである。

表-1 配合表

配 合	スパン [*] (cm)	水結合 材比 (%)	細骨材 率 (%)	単位体積重量 (kg/m ³)						遅和剤 添加率 B×%	急結剤 添加率 B×%
				セメント	Sf	水	細骨材	粗骨材			
通 常	10	65.0	60.0	360	0	234	982	683	—	—	6
高強度	15	40.0	58.9	450	50	200	935	683	2.0	—	4

注) Sf: シリカフューム

遅和剤添加率: セメントとシリカフュームに対する重量百分率

2. 実験概要

2. 1 コンクリート配合と使用材料

実験の対象とした吹付けコンクリートは、昨年報告した実験¹⁾において、吹付け後の圧縮強度が500kgf/cm²以上が得られた配合である。その配合およびこの現場で施工に用いている通常の吹付けコンクリート配合を表-1に示す。

使用材料を表-2に示す。

2. 2 実験方法

トンネル内の試験施工区間10m（掘進長1m）を対象として、各スパンごとにコンクリートの試料採取を行った。吹付け方法は湿式吹付け方式であり、通常の施工で使用している吹付けシステム（吹付け機：ピストン式）を使用した。試験項目と試験方法の概要を表-3に示す。なお、比較のために急結剤を添加しないベースコンクリートの圧縮強度についても試験を行った。

表-2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 比重: 3.15
細骨材	長崎県平島沖産陸砂 比重: 2.59, 粗粒率: 2.71
粗骨材	長崎県小江産砕石 比重: 2.70, GmaX: 15mm, 粗粒率: 6.44
シリカフューム	比重: 2.2 比表面積: 200,000cm ² /g
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 真比重: 2.8

表-3 試験項目および方法

試験項目	試験方法
吹付けコクリートの初期強度試験	試験は土木学会標準「引抜き方法によるコンクリートの初期強度試験方法（案）」に準拠 ①養生方法 : 現場空中養生 ②試験材令 : 材令3, 6, 12, 24時間
ベースコンクリートの圧縮強度試験	JIS A 1132（コンクリートの強度試験用供試体の作り方）及びJIS A 1108（コンクリートの圧縮試験方法）に準拠 ①供試体寸法 : φ50×100mm ②養生方法 : 20℃封緘養生, 標準水中養生 ③試験材令 : 材令7日, 28日
吹付けコクリートの圧縮強度試験	供試体の採取方法は土木学会標準の「吹付けコンクリートの強度試験用供試体の作り方（案）」に準拠 試験はJIS A 1107（コンクリートからのコア及びはりの切り取り方法及び強度試験方法）に準拠 ①供試体寸法 : φ60×120mm ②養生方法 : 20℃封緘養生 ③試験材令 : 材令7日, 28日

3. 実験結果

3. 1 初期強度

引抜き方法による吹付けコンクリートの引抜き強度より推定した圧縮強度（以下、推定圧縮強度）の結果を図-1に示す。実験の対象とした高強度吹付けコンクリートは初期の強度発現性に優れており、材令12時間では通常の吹付けコンクリートの材令24時間強度と同等以上の強度が得られている。また、材令24時間の推定圧縮強度は200kgf/cm²以上が得られており、通常の吹付けコンクリートの材令28日と同程度の強度が得られている。

推定圧縮強度の標準偏差および変動係数を表-4に示す。今回の実験では材令24時間の変動係数は10%程度であるのに対し、材令12時間までの変動係数は20%以上と強度の変動が大きい結果であった。このこ

とは、材令12時間までの材令に関しては急結剤添加量の変動を受けて安定しないが、材令24時間ではその影響が小さくなったものと考えられる。

3. 2 圧縮強度

20℃封緘養生を行った吹付けコンクリートおよびベースコンクリートの圧縮強度試験結果を図-2に示す。材令28日における吹付けコンクリートの圧縮強度は484kgf/cm²であり、通常の吹付けコンクリートの2倍程度の強度が得られている。また、急結剤を添加していないベースコンクリートの圧縮強度は763kgf/cm²であり、吹付けコンクリートに比べかなり高い値を示している。一般に、吹付けコンクリートの圧縮強度は、急結剤の影響により2割程度低下すると指摘されているが²⁾、今回の結果ではその傾向が著しく、ベースコンクリートに対する吹付けコンクリートの強度比は0.63であった。

圧縮強度の標準偏差および変動係数を表-5に示す。材令28日におけるベースコンクリートの変動係数は5%であったのに対し、吹付けコンクリートでは15%程度と大きい結果であった。しかし、これまでの実績データでは、通常の吹付けコンクリートの変動係数は15%程度であることから、高強度化した吹付けコンクリートであっても、圧縮強度の変動に大きな影響がないことが確認された。

4. まとめ

高強度吹付けコンクリートの強度特性に関して、今回の実験の範囲から下記のことがいえる。

- 1) 強度発現性は良好であり、材令24時間で通常の吹付けコンクリートの材令28日の圧縮強度と同程度の強度が得られる。
- 2) 材令12時間までは急結剤添加量の影響によると思われる強度の変動より変動係数は20%以上と大きいが、材令24時間では10%と安定する傾向であった。
- 3) 材令28日における圧縮強度の変動係数は15%であり、通常の吹付けコンクリートとほぼ同程度である。
- 4) 通常の吹付けコンクリートに比べて急結剤の影響と思われる強度低下が大きい。

〔参考文献〕

- 1) 平間昭信・近久博志・小林薫・堀崎敏嗣：「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
- 2) トンネル技術協会編：「吹付けコンクリートに関するフォーラム」、1991.5

〔謝 辞〕

本実験を実施するに当たり、長崎市をはじめ、電気化学工業(株)、ポゾリス物産(株)および関係各位の方々の多大な協力を得ました。ここに、記して感謝致します。

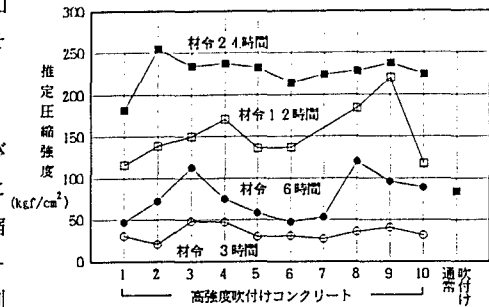


図-1 推定圧縮強度試験結果

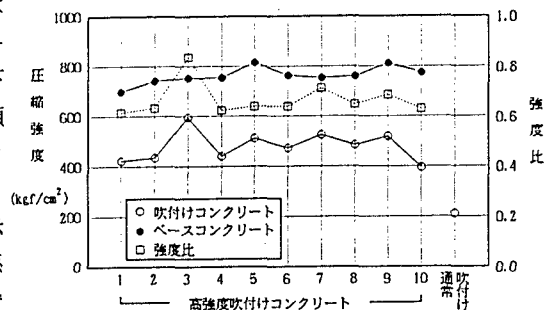


図-2 圧縮強度試験結果

表-4 推定圧縮強度の標準偏差および変動係数

項目	材令3時間	材令6時間	材令12時間	材令24時間
サンプル数 (n)	27	28	23	29
平均 (x)	34.6 kgf/cm ²	77.6 kgf/cm ²	156.0 kgf/cm ²	226.3 kgf/cm ²
標準偏差 (σ)	9.1 kgf/cm ²	26.9 kgf/cm ²	34.4 kgf/cm ²	22.2 kgf/cm ²
変動係数 (V)	26.2 %	34.7 %	22.1 %	9.8 %

表-5 圧縮強度の標準偏差および変動係数

項目	標準水中養生		20℃封緘養生	
	ベースコンクリート	ベースコンクリート	吹付けコンクリート	吹付けコンクリート
材令				
サンプル数 (n)	—	29	50	50
平均 (x)	—	580.0 kgf/cm ²	486.7 kgf/cm ²	486.7 kgf/cm ²
標準偏差 (σ)	—	38.2 kgf/cm ²	51.4 kgf/cm ²	51.4 kgf/cm ²
変動係数 (V)	—	6.6 %	12.6 %	12.6 %
日				
サンプル数 (n)	27	30	55	55
平均 (x)	741.3 kgf/cm ²	763.4 kgf/cm ²	483.5 kgf/cm ²	483.5 kgf/cm ²
標準偏差 (σ)	33.3 kgf/cm ²	37.2 kgf/cm ²	71.6 kgf/cm ²	71.6 kgf/cm ²
変動係数 (V)	4.5 %	4.9 %	14.8 %	14.8 %