

## 高強度吹付けコンクリートと瞬結吹付けコンクリートの強度発現特性について

清水建設(株)技術研究所 正会員 ○中谷篤史 熊坂博夫 石井 卓  
 国土交通省福島河川国道事務所 建設監督官 土田 優  
 清水・大豊特定建設工事共同企業体 正会員 新居直人 中島 賢 秦 健二

### 1. はじめに

吹付けコンクリートは、山岳トンネルの一次支保工として用いる主要な部材である。このため、支保設計では安定性の確保に必要な吹付けコンクリートの厚さや強度等の仕様が検討され、その仕様に基づく配合設計がなされる。この吹付けコンクリートは、地圧や地質の変動などの様々な状況に応じた強度・剛性発現特性を持つことが重要となる。このため、幾つかの配合に対して施工試験を行ない、吹き付け直後の若材齢から長期も含めた強度・剛性発現特性を把握することが必要と考えられる。

著者らは吹付けコンクリートの若材齢時の力学特性について現場における力学試験を実施し、それらの結果を報告してきている<sup>1)~3)</sup>。本報告では、二種類の高強度吹付けコンクリートと瞬結吹付けコンクリートの配合に対する力学試験を実施し、配合条件の違いによる強度・剛性発現特性について検討したので報告する。なお、吹付け試験は東北中央自動車道栗子トンネル(福島側)工事(総延長:8,972 m, 工区延長:5,146 m)にて実施した。

### 2. 試験の概要

今回実施した試験では、単位セメント量の異なる二種類の配合による高強度吹付けコンクリートと若材齢時の強度発現の大きな瞬結吹付けコンクリートの配合に対する力学試験を実施した。高強度吹付けコンクリート(A, B)と瞬結吹付けコンクリートの

配合を表1に示す。高強度吹付けコンクリート(A, B)は単位セメント量と水セメント比が異なる設定とした。瞬結吹付けコンクリートは、強度発現を高めるために高強度吹付けコンクリートで使用したのとは別のタイプの急結剤と混和材(ベースコンクリート中に混練り)を使用した配合である。

高強度吹付けコンクリート、瞬結吹付けコンクリートの目標性能を表2に示す。瞬結吹付けコンクリートは材齢10分で2N/mm<sup>2</sup>以上、材齢3時間は高強度吹付けコンクリートの2倍以上となる目標性能とした。なお、表中の( )は、今回の力学試験のための参考目標値である。

強度試験は、吹き付け直後の材齢10分から1日まではプリアウト試験とピン貫入試験を実施し、コアが採取できた材齢6時間から28日までについては定ひずみ載荷による一軸圧縮試験を載荷速度0.15mm/minで行った。なお、JIS 載荷試験に準じた一軸圧縮試験も実施している。

### 3. 試験結果および考察

プリアウト試験とピン貫入試験から得られた吹き付け直後の材齢と圧縮強度の関係を図1に示す。ここに、プリアウト試験の値は引き抜き圧力に係数を乗じた換算圧縮強度、ピン貫入試験はNEXCO試験法による推定式から求めた推定圧縮強度である。

定ひずみ載荷による一軸圧縮試験の材齢と圧縮強度の関係を図2に、材齢と静弾性係数の関係を図3

表1 高強度吹付けコンクリートと瞬結吹付けコンクリートの配合

配合	目標スランプ (cm)	水セメント比 W/C	細骨材率 s/a	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						急結剤 C × (%)
				水 W	セメント C	混和材 Σ	細骨材 S	粗骨材 G	減水剤 SP	
高強度A	10	45	62	202	450	---	1079	672	1.40	8
高強度B	20	50	62	200	400	---	1106	691	2.80	8
瞬結	23	45	62	203	450	54	972	607	6.53	12

表2 目標性能

配合	材齢			
	10M	3H	1D	28D
高強度A	---	(2 N/mm <sup>2</sup> 以上)	5 N/mm <sup>2</sup> 以上	30 N/mm <sup>2</sup> 以上
高強度B	---	(2 N/mm <sup>2</sup> 以上)	5 N/mm <sup>2</sup> 以上	30 N/mm <sup>2</sup> 以上
瞬結	2 N/mm <sup>2</sup> 以上	高強度の2倍以上	---	---
			(5N/mm <sup>2</sup> 以上)	(30N/mm <sup>2</sup> 以上)

キーワード 吹付けコンクリート、強度発現、力学特性

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 社会基盤技術センター TEL.03-3820-8414

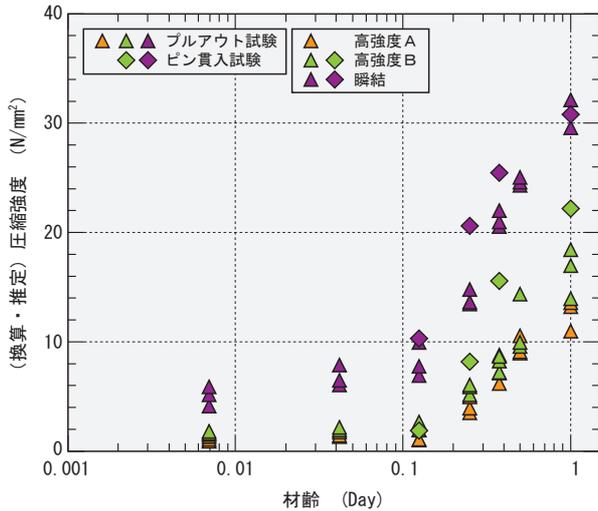


図1 材齢と圧縮強度の関係(プルアウト, ピン貫入)

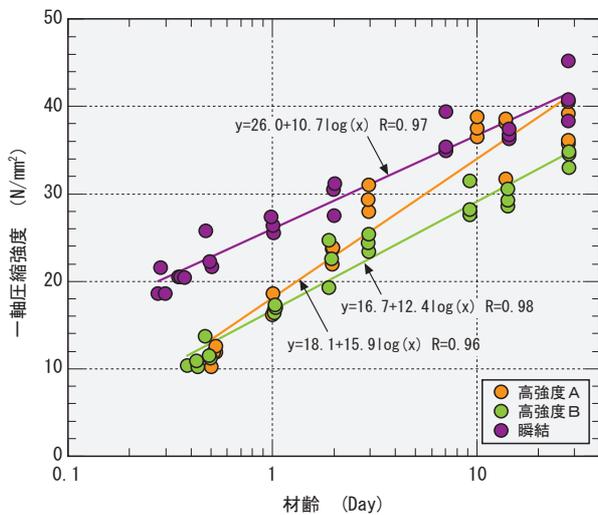


図2 材齢と圧縮強度の関係(定ひずみ載荷)

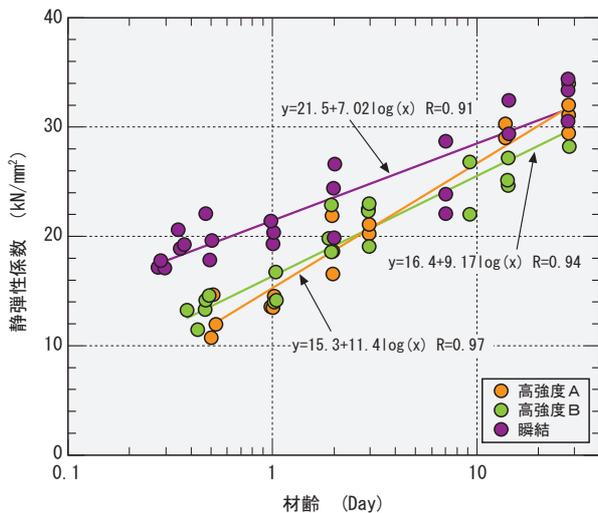


図3 材齢と静弾性係数の関係(定ひずみ載荷)

に示す。静弾性係数はコンプレッソメーターによる変位計測値から算出した<sup>1)</sup>。

図1に示されるように、吹き付け直後から材齢1日までの強度発現は高強度吹付けコンクリート(A,B)は、材齢3,6時間,1日でそれぞれ約2,

4-5, 12-16N/mm<sup>2</sup>となった。瞬結吹付けコンクリートは、材齢10分,3,6時間,1日で、それぞれ5,8,14,31N/mm<sup>2</sup>となった。瞬結吹付けコンクリートは、高強度吹付けコンクリートに比べ大きな強度発現をしていることから、吹き付け直後の強度発現特性は、使用する急結剤と混和材(ベースコンクリート中に混練り)による効果であることがわかる。また、各吹付けコンクリートとも、吹き付け直後から材齢3時間までは強度の増加は小さく、それ以後に急激に強度が増加する特性がみられる。

図2, 図3に示されるように、一軸圧縮試験から得られた各吹付けコンクリートの強度・剛性発現は、それぞれ異なる傾向を示す。高強度吹付けコンクリートBと瞬結吹付けコンクリートは材齢にともない強度・剛性発現はほぼ平行して増加する傾向を示している。一方、高強度吹付けコンクリートAは材齢6時間付近では高強度吹付けコンクリートBの強度・剛性発現とほぼ同じであるが、材齢とともに瞬結吹付けコンクリートの材齢28日の強度・剛性発現に漸近することがわかる。

これは、材齢1日以降の強度・剛性発現がセメントの水和反応に支配されると考えられることから、水セメント比などが同じ配合の瞬結吹付けコンクリートの強度・剛性発現に漸近したと考えられる。

4. まとめ

高強度吹付けコンクリートと瞬結吹付けコンクリートに対して若材齢からの強度・剛性発現特性を把握することを目的に力学試験を実施した。

その結果、吹き付け直後の強度発現は急結剤と混和材に影響されること、材齢1日以降は水セメント比に影響されることがわかった。

なお、本試験実施にあたり多大な協力を頂いた電気化学工業(株)の関係者に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 中谷篤史, 高橋圭一, 熊坂博夫, 岩崎昌浩, 寺島勲: 若材齢時に載荷を受けた吹付けコンクリートの力学特性について, 第17回トンネル工学論文集, 第17巻, pp. 21-30, 2007. 11
- 2) 中谷篤史, 熊坂博夫, 高橋圭一, 石井卓, 岩崎昌浩, 寺島勲: 地層処分坑道と同規模の断面における短時間高剛性吹付けコンクリートの吹付け施工試験, 土木学会第63回年次学術講演会, CS05-31, pp. 229-230, 2008. 9
- 3) 中谷篤史, 熊坂博夫, 高橋圭一, 井上孝俊, 垣見康介, 松尾勝司, 高橋俊長: 瞬結吹付けコンクリートの強度発現性状について, 土木学会第65回年次学術講演会, VI-009, pp. 17-18, 2010. 9