

配合要因が吹付けコンクリートの強度特性に及ぼす影響について

飛島建設技術研究所	正会員	平間	昭信
鳥取県倉吉土木事務所		石原	泉
飛島建設技術研究所	正会員	熊谷	幸樹
飛島建設広島支店		豊島	敏彦
飛島建設広島支店		大西	康仁

1. はじめに

近年、トンネルの大断面化や建設コスト縮減などを背景とし、合理的支保構造への取り組みが積極的に行われており、主要な支保部材である吹付けコンクリートについては、従来の設計基準強度 18N/mm^2 より高い強度が求められている。これを受けて、各研究機関においては吹付けコンクリートの高強度化に関する実験や検討が行われており、多くの報告がなされている。しかしながら、これらの報告において、強度特性として圧縮強度に関する議論はなされているが、設計に用いるヤング係数に関する報告は少ない。

本報告は、吹付けコンクリート配合における水セメント比や急結剤種類を実験要因とした現場実験を行い、強度特性のうち圧縮強度およびヤング係数について報告するものである。

2. 実験概要

2. 1 配合および使用材料

実験の対象とした配合を表-1に示し、使用材料を表-2に示す。

2. 2 実験方法

現場実験では、強度特性に関するコンクリート試料採取は、各配合について各々3回実施した。吹付け方式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、時間吐出量 $10 \sim 12 \text{ m}^3/\text{hr}$ の条件で実験を行った。

実施した試験項目および試験方法の概要を表-3に示す。なお、ベースコンクリートとは、急結剤を添加しないコンクリートであり、吹付けコンクリートとの比較のために試験を実施した。

3. 実験結果

3. 1 圧縮強度について

セメント水比と圧縮強度の関係を図-1に示す。図に示すように、セメント水比と圧縮強度の関係は右上がりの

表一 1 検討配合

配合N [○]	注1) スランブ	水セメント比	細骨材率	単 位 量 (kg/m ³)				急結剤注2) 添加率
				セメント	水	細骨材	粗骨材	
N	10 cm	62.7 %	60.0 %	360	224	1026	708	7 %
H	18 cm	45.0 %	59.5 %	450	203	1006	708	10 %
UH	23 cm	35.0 %	55.0 %	600	203	866	708	10 %

注1) 目標スランブを得るために、高性能減水剤により適宜調整を行った。
注2) 配合Nは一般の急結剤を使用し、配合H、UHは高強度剤を使用した。

表-2 使用材料

使用材料	諸 元
セメント	普通ポルトランドセメント（比重 3.15）
練り混ぜ水	地下水
細骨材	岡山県真庭郡産砕砂、鳥取県東佐伯郡産陸砂の混合砂（比重 2.59）
粗骨材	岡山県真庭郡産碎石（比重 2.67、最大粗骨材寸法 15mm）
急結剤	一般用（セメント鉱物系；カルシウムアルミネート系）
混和剤	高強度用（セメント鉱物系；カルシウムサルフォアルミネート系） 高性エネルギー剤（※「エナレグ」ゲル・ミクスル誘導体系高分子化合物）

表-3 試験項目および試験方法

試 験 項 目	試 験 方 法
吹付けコンクリートの 初期強度試験	土木学会規準「引抜きによるコンクリートの初期強度試験方法（案）」 （JSCE-G561）に準拠。 ①養生方法：現場湿潤養生 ②試験材齢：材齢 1， 3， 6， 24 時間
ベースコンクリートの 圧縮強度試験，ヤング 係数試験	土木学会規準「弾塑性係数試験方法（案）」（JSCE-G502）に準拠。 ①供試体寸法：φ50×100mm ②養生方法：標準水中養生 ③試験材齢：材齢 7， 28 日
吹付けコンクリートの 圧縮強度試験，ヤング 係数試験	供試体の作製は，土木学会規準「吹付けコンクリートの圧縮強度試験用供 試体の作り方」（JSCE-F561）に準拠。試験は，JIS A 1107「コンクリー トからのコア及び切り取り方法並びに強度試験方法」，土木学会規準「弾 塑性係数試験方法（案）」（JSCE-G502）に準拠。 ①供試体寸法：φ50×100mm ②養生方法：標準水中養生（材齢 1 日は，現場湿潤養生） ③試験材齢：材齢 1， 7， 28 日

キーワード：吹付けコンクリート，圧縮強度，ヤング係数，急結剤，NATM

連 絡 先：〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬5472 (TEL) 0471-98-7559 (FAX) 0471-98-7586

傾向であり、材齢1日においては比例関係が認められた。

しかし、材齢7、28日では、比例関係は認められない。これは、N配合で使用した急結剤が一般用であり、ベースコンクリートに対する強度比が0.7であるのに対して、H配合およびUH配合の急結剤は高強度用急結剤であり、その強度比は0.9～1.1であることに起因する。

今回の実験では、水セメント比の低減により材齢1日で30N/mm²程度、材齢28日で70N/mm²程度と吹付けコンクリートでも高い圧縮強度を得られた。今後、データの蓄積や変動係数の把握などの課題はあるが、長期材齢において強度発現を阻害しない高強度用急結剤を用いることにより、打込みのコンクリートと同様、所要の強度に対して水セメント比を基本とする配合設計が行えるものと考ええる。

3.2 ヤング係数について

セメント水比とヤング係数の関係を図-2に示す。図に示すように、セメント水比とヤング係数の関係については、ほぼ比例関係が認められ、UH配合のヤング係数はN配合の1.4～1.7倍程度の値が得られている。このことから、吹付けコンクリートの高強度化は、トンネルの合理的支保構造を検討する上で、有効な手法のひとつであると言える。

圧縮強度とヤング係数の関係を図-3に示す。吹付けコンクリートのヤング係数は、コンクリート標準示方書設計編に示されている値より若干小さい結果であり、同一圧縮強度において約9割の値であった。

図-4には、各配合および各材齢におけるベースコンクリートと吹付けコンクリートのヤング係数の関係を示した。図に示すように、吹付けコンクリートのヤング係数は、ベースコンクリートの0.9～1.1倍の範囲にある。

4. まとめ

現場実験の結果より、得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 長期材齢において強度増進を阻害しない急結剤を使用することにより、所要の強度に対して水セメント比を基本とする配合設計が行える可能性が見出せた。
- 2) 吹付けコンクリートのヤング係数は、セメント水比とほぼ比例関係が認められ、吹付けコンクリートの高強度化は合理的支保構造の検討において有効な手法のひとつである。
- 3) 吹付けコンクリートのヤング係数は、同一圧縮強度における通常のコンクリートの約9割の値であり、同一材齢でのベースコンクリートの0.9～1.1倍の範囲にある。

[謝 辞]

本実験の実施に際しては、鳥取県倉吉土木事務所をはじめ、電気化学工業㈱、グレースケミカルズ㈱、および関係各位の方々の多大な協力を得ました。末尾ながら、記して感謝の意を表します。

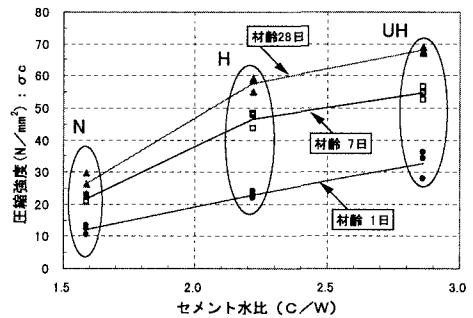


図-1 セメント水比と圧縮強度の関係

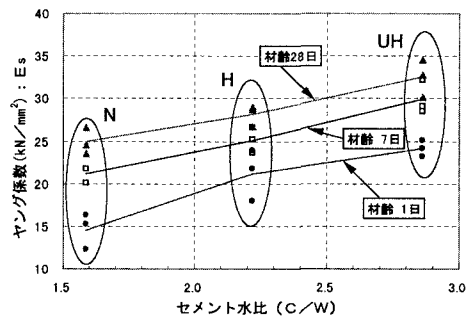


図-2 セメント水比とヤング係数の関係

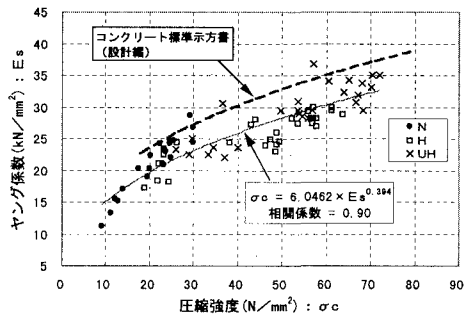


図-3 圧縮強度とヤング係数の関係

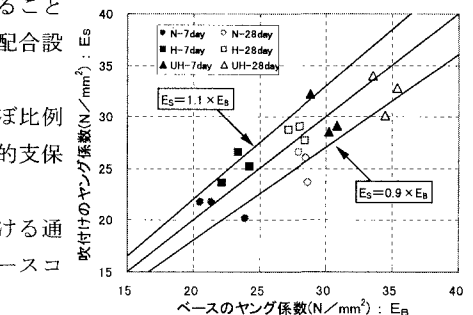


図-4 ベースと吹付けのヤング係数