

Ⅲ-B57

計測結果に基づく高強度吹付けコンクリートの支保効果に関する一考察

飛島建設広島支店 正会員 筒井 隆規
 鳥取県倉吉工事事務所 米谷 浩一
 飛島建設技術研究所 正会員 熊谷 幸樹
 飛島建設広島支店 寺島 佳宏
 飛島建設広島支店 小滝 功

1. はじめに

近年、山岳トンネルの大断面化や建設コスト縮減などを背景として、吹付けコンクリートの高強度化・高品質化が進められ、多くのトンネル建設などで実用化されつつある。このように、吹付けコンクリートの支保効果は十分に認知されているが、理論的には明らかにされていないことが多いのが現状である。

本研究では、水セメント比の異なる高強度吹付けコンクリートを適用した試験施工を実施し、支保部材応力などの計測結果に基づいて、吹付けコンクリートの支保効果を支保部材の内圧効果および地山との付着力による効果に着目して評価することを試みた。

2. 試験施工の概要

2. 1 吹付けコンクリートの検討配合

検討した配合を、表-1に示す。

2. 2 現場計測の概要

(1) 試験区間と計測要領

試験施工は、2車線道路トンネルのD Iパターンにおいて、各配合20mずつ計60m区間で実施した。計測工は、各区間のほぼ中央部において図-1に示す要領で実施した。

(2) 地山状況

地山は、弱い破碎・変質を受けた緩傾斜節理と急傾斜節理の発達した、白亜紀～古第三紀の鳥取型粗粒花崗岩のみで構成された。湧水は、切羽各所の開口割れ目から流水、滴水がみられた。なお、土被りは50～80m程度であった。

3. 試験施工結果

3. 1 吹付けコンクリートの

強度特性

H、UH配合は初期強度発現にも優れており、材齢1日圧縮強度は、N配合12N/mm²に対して、それぞれ22、32N/mm²であった。また、H、UH配合の材齢1日のヤング係数は、N配合のそれぞれ1.4、1.7倍であった。なお、材

齢28日圧縮強度は、N配合26N/mm²に対して、それぞれ57、69N/mm²程度であった。

3. 2 計測結果

切羽通過後0.1、0.4、2.0D（D：トンネル径）における、支保部材の最大発生力および降伏値に対する最大キーワード：NATM、吹付けコンクリート、支保効果、内圧、付着力

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

表-1 検討配合

配合No	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 %	55.8 %	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は高強度用を使用した。

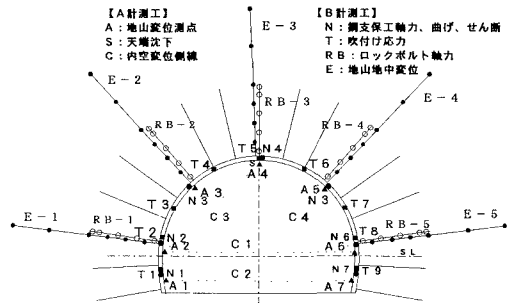


図-1 A、B計測工要領図

表-2 各段階における支保部材の発生力と降伏値に対する比率

切羽との距離 (経過時間)	N配合			H配合			UH配合		
	吹付け (N/mm ²)	鋼支保 (kN)	ロックボルト (kN)	吹付け (N/mm ²)	鋼支保 (kN)	ロックボルト (kN)	吹付け (N/mm ²)	鋼支保 (kN)	ロックボルト (kN)
0.1D (6時間)	2.3	13	24	2.3	46	12	2.0	80	14
	54%	1%	14%	40%	5%	7%	28%	9%	8%
0.4D (1日)	3.7	110	114	2.5	136	27	2.8	260	49
	34%	12%	65%	12%	15%	16%	9%	29%	28%
2.0D (7日)	4.3	209	131	2.7	178	45	6.2	334	91
	20%	23%	74%	6%	19%	26%	11%	37%	51%

注1) 各欄の上段は、支保部材の応力または軸力を示し、下段は降伏値に対する比率である。なお、ロックボルトは耐力176kNに対する比率とした。

発生力の比率を、配合ごとに表－2に示す。

表－2より、3配合とも吹付けコンクリートには、掘削直後から他の支保に比べて高い応力が発生し、その傾向はN配合が最も顕著であることが分かる。これは、高強度吹付けコンクリートが掘削直後の支保能力に優れているとともに、トンネルの支保設計では、掘削初期段階の荷重状態を考慮すべきことを示唆している。

4. 考察

4.1 内圧としての支保効果について

支保効果の評価は、図－2に示す方法により支保内圧を試算し、地山条件の違いによる影響を補正するため、内圧分担率（各支保の内圧／総内圧）を指標として比較検討した。支保部材の総内圧の推移を図－3に、内圧分担率の推移を図－4に示す。

今回の試験では、図－3に示すように、各配合とも総内圧は0.1～0.3Dまで急増した後、漸増した。UH配合の初期増加が他の2配合に比べて大きかったのは、UH配合が高い初期剛性を有しているためである。

図－4に示すように、内圧分担率は、吹付けコンクリートが70～85%と最も高く、鋼支保工が15～30%程度であった。吹付けコンクリートは、切羽通過直後から90%と高い分担率であったことから、掘削直後からも周辺地山支持に大きく寄与していたと言える。なお、ロックボルトの内圧分担率は、対象地山が亀裂性地山であったため、極端に小さくなったと考えられる。

4.2 地山との付着力による支保効果について

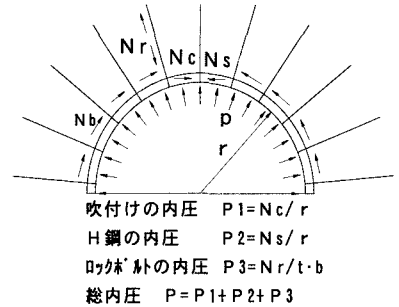
地山との付着力の応力レベルを把握するため、各計測点間における吹付けコンクリート軸力と鋼支保工軸力の合計の増減量を地山との付着力Nbと定義して、トンネル部位ごとに負担面積でNbを除いて、地山との平均的な付着応力を試算した。トンネル部位における地山との最大付着応力の推移を、配合ごとに図－5に示す。

図－5に示すように、付着応力は各配合とも1.0N/mm²以下で推移した。この付着応力は別途測定した岩盤との付着力¹⁾の1/5～1/2程度であることから、吹付けコンクリートは周辺地山と一体化して機能していたと考えられる。

今後は、山岳トンネルの支保効果に関する理論的な評価手法の確立を目的として、本計測結果に基づいた解析検討を行いたいと考えている。

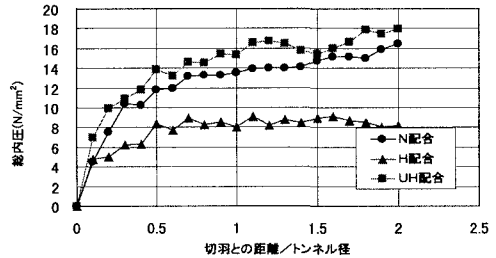
【謝 辞】 試験施工の実施に際しては、鳥取県倉吉工事事務所をはじめ、(株)計測技研、電気化学工業㈱、グレースケミカルズ㈱、および関係各位の方々の多大な協力を得ました。末尾ながら、記して感謝の意を表します。

【参考文献】 1) 熊谷幸樹、小野祐一、平間昭信、岩城圭介、筒井隆規：吹付けコンクリートと岩盤とのせん断強度特性に関する基礎的実験，土木学会第54回年次学術講演会概要集第V部門，1999.9.（投稿中）

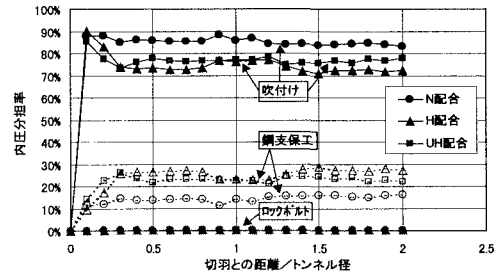


ここで、Nc, Ns, Nr: 軸力測定 の平均値
t · b: ロックボルトの分担面積
ただし、Nc, Nsの引張力およびNrの圧縮力は0.0とする。Nbは地山との付着力を表す。

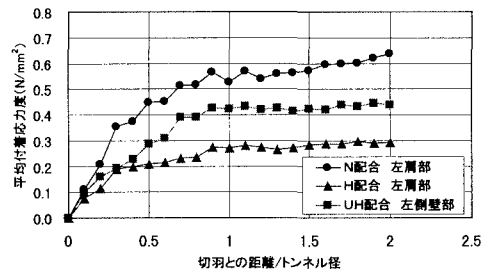
図－2 支保効果の評価方法の要領図



図－3 総内圧の推移



図－4 支保部材の内圧分担率の推移



図－5 地山との平均付着応力の推移