

III-393

吹付けコンクリートに要求される力学的性質について

佐賀大学 正員 ○ 石 橋 孝 治
" 藤 井 智 靖

1. はじめに

ロックボルト・吹付けコンクリートトンネル工法（NATM）は、地山と支保システムとを1つの系として捉え地山の安定化を図る工法である。この支保システムはロックボルト、吹付けコンクリート、支保工などによって構成されるが、地山との相互作用に関連するためこれらに与える剛性や施工時期の決定には十分な検討と配慮が必要となる。本研究では支保システムの構成要素の中から吹付けコンクリートのみを取り出し、この単独の作用効果に着目してみた。吹付けコンクリートは地山に密着した防護工であり、トンネルの大変形や地山の緩み、崩壊の広がり阻止する拘束効果をもたせることを目的として施工される。そこで、ここでは円形断面のトンネルの弾性解析を行って吹付けコンクリートに要求される力学的性質を検討した後、試験的に吹付けコンクリートの打設を行ってみた。

2. 吹付けコンクリートに要求される力学的性質

トンネルの掘削に伴う周辺地山の力学的挙動は、弾性、塑性、粘性などの挙動が複合して現れたものであることは周知の通りであるが、まず弾性地山内に円形断面（直径1.9m）のトンネルを掘削する最も単純な場合を対象として有限要素解析を行ってみた。図-1に地山内の応力状態を示す。縦軸にはモールの応力円の半径をとっている。吹付けコンクリートの施工によって地山内ではモールの応力円は著しく縮小し、地山の持つ支持力で地山が安定化するように応力状態が改善されることが明瞭に示されている。一方、吹付けコンクリート内のモールの応力円の半径は著しく大きく計算上は破壊状態とは言えないが、実際のトンネルであれば破壊状態にあると判断される。図-2は吹付けコンクリートの変位挙動を概念化して示したものである。適当な剛性を持ち地山が安定するまでの変位の追従性が要求される。以上のことから吹付けコンクリートには①各地山に対して適当な強度と剛性を持つ、②変形能が高い（変位の追従性が良い）という2つの力学的性質が要求されるものと言える。

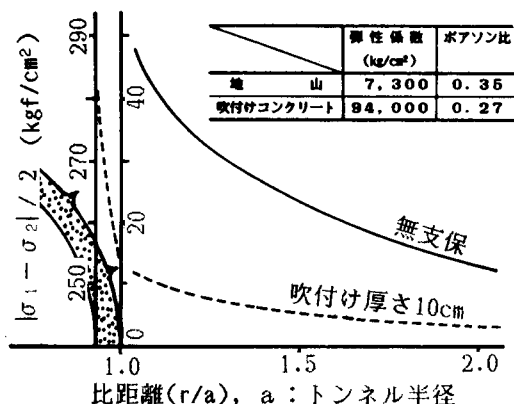


図-1 地山内の応力分布

3. 吹付けコンクリートの打設実験

吹付けコンクリートに要求される剛性は対象となる地山により異なることは周知の通りである。ここでは低弾性化による剛性の小さい吹付けコンクリートの開発に焦点を絞ることとした。このため粗骨材として人工軽量骨材を使用することとした。一方、従来より変形能を高めるために鋼繊維が混入されているが、前項の仕様をも満足させる必要があることから、鋼繊維よりも伸び剛性が小さい樹脂繊維を混入することとした。使用した人工軽量骨材と樹脂繊維の物理的性質をそれぞれ表-1, 2に示す。吹付けコンクリートに要求する圧縮強度は実施工の強度を

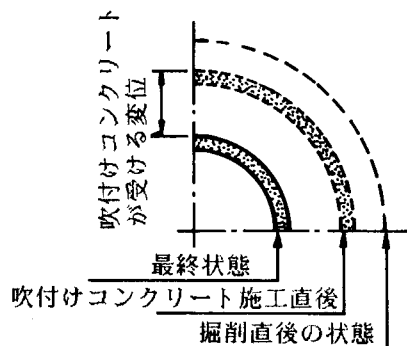


図-2 薄肉ライニングの変位

表-1 人工軽量骨材の物理的性質

比重	吸水率(%)	粗粒率	浮粒率(%)	最大寸法(mm)
0.48	93	5.02	92.3	10

表-2 樹脂繊維の物理的性質

材質	比重	長さ(mm)	換算径(mm)
ポリアリレン	0.95	30	0.9

表-3 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
		W	C	S	G
40	60	180	450	990	126

参考として200kgf/cm²と設定し、予備実験を行って表-3に示すようなベースコンクリートの配合を決定した。樹脂繊維の混入率としてはセメント量に対する容積比で1,2,3,4,5,6,10%の7種類を考えた。また、打設は10×10×40cmの型枠に行い、人工的な締め固めは行わなかった。この供試体から打設方向とこれに直角な方向からφ5×10cmの円柱供試体をコア抜きし圧縮強度試験を行った。

4. 実験結果

図-3に樹脂繊維の混入率の変化と圧縮強度および弾性係数の関係を示す。樹脂繊維の混入率が4%程度までの圧縮強度はブレンのそれを上回っており、弾性係数はブレンのそれとほぼ同程度であることが示されている。(ミキサーによる樹脂繊維混入コンクリートの練り混ぜの限界は4~5%程度までとされている。)人工軽量骨材と樹脂繊維の使用の狙いが概ね満足されているものと言える。

図-4に樹脂繊維の混入率の変化と残留強度比(圧縮強度に対する軸方向ひずみが2.5%を示したときの残留強度の比)の関係を示す。樹脂繊維の混入率が大きくなるにつれて強度破壊後の急激な支持力の低下が抑えられることが明瞭に示されている。

4. むすび

実際のトンネル現場で打設する吹付けコンクリートでは、粗骨材として碎石が用いられている。この場合、負荷を受けて変形するとき粗骨材のインターロッキングにより変形能が制約されることも考えられる。造粒形の人工軽量粗骨材の利用可能性も検討してみる必要がある。

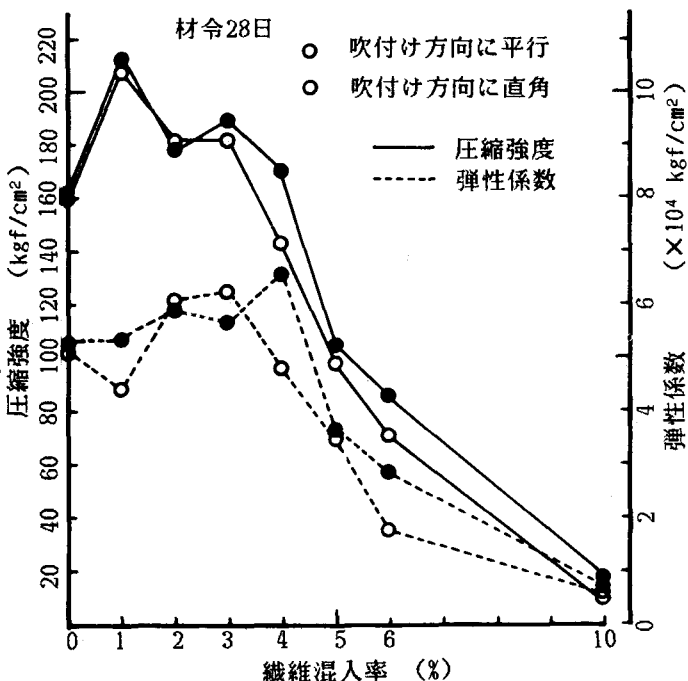


図-3 樹脂繊維の混入率と圧縮強度および弾性係数の関係

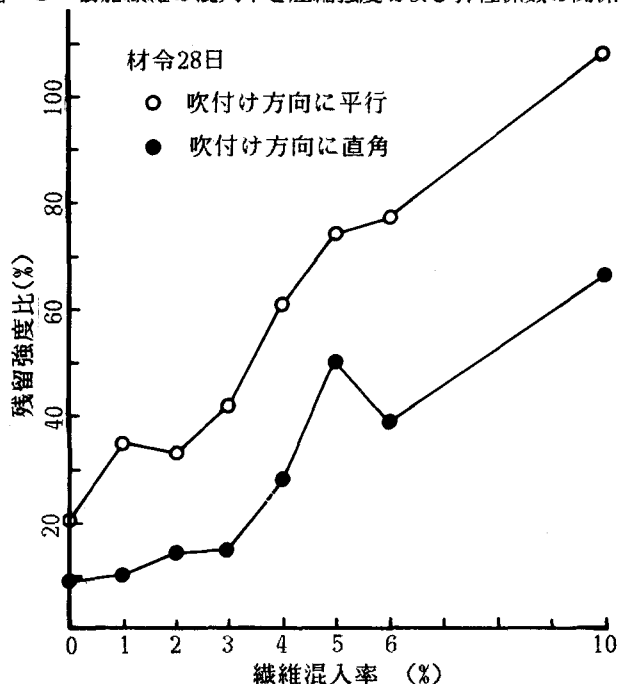


図-4 樹脂繊維の混入率と残留強度比の関係