

高じん性モルタルを内巻き補強したトンネル覆工載荷試験

鉄建建設 正会員 ○柳 博文
 （独）土木研究所 正会員 真下英人
 鉄建建設 正会員 松岡 茂
 クラレ 堀越哲郎

1. 目的

トンネル覆工コンクリートについては、過大な土圧の作用、材料の経年劣化等を原因としたひび割れの発生およびその進展により、剥落もしくは大きな変状が発生し、補強工事が必要とされる事例が多くなっている。補強工法として内巻き補強が採用されることが多いが、トンネルの変状などにより、内空断面に余裕がない場合が多い。そこで、内巻き厚は極力薄くするために、圧縮強度と圧縮じん性に優れた短繊維補強モルタルに引張補強材として連続繊維メッシュを併用した新しい補強工法を開発し、その補強効果を実物大の載荷試験により確認した。

2. 試験概要

2. 1 使用材料および配合

繊維には、直径 $100\mu\text{m}$ 、長さ 12mm のポリビニールアルコール繊維を用い、短繊維の体積混入率は 2% である。引張補強材として用いた連続繊維メッシュは、短繊維と同様に PVA 繊維でありメッシュ状となっている。連続繊維メッシュと短繊維の強度特性は、表-1 に示すとおりである。モルタルの配合を表-2 に示す。

2. 2 試験方法

本試験は、前述した材料を使用した直径 9.7m の実物大の試験体を製作し、トンネル覆工の耐荷力の確認を行うものである。載荷試験は、2 ケース行う。試験体は、トンネル覆工を模擬したものである。Case1（A 載荷）では図-1 に示すように、覆工厚 300mm の既設コンクリート部分（無筋）を製作し、まずこの試験体に天端部（ $80^\circ \sim 100^\circ$ ）より載荷して損傷させた¹⁾。その後、内巻き補強として連続繊維メッシュを使用した短繊維補強モルタルを 75mm 内巻き補強して、再度載荷して耐荷力を確認する。なお、母材と補強モルタルの付着は、この工法では考慮しないため、内巻き補強工実施時、母材の下地処理は行わないこととする。Case2（C 載荷）については図-2 に示すように、既設コンクリートの肩部部分にせん断方向にひび割れが発生していることを想定して仕切り板を取り付ける。打設後、Case1 と同様に連続繊維メッシュを使用した短繊維補強モルタルを 75mm 内巻き補強する。試験は、図-2 に示すように $10^\circ \sim 170^\circ$ から均等に等荷重を載荷した。

3. 試験結果および考察

試験時の圧縮強度および引張強度は、表-3 に示すとおりである。図-3 に Case1 の損傷載荷試験結果と内巻き補強した載荷試験の結果を示す。損傷載荷では総荷重でおよそ 1895kN まで上昇し、荷重が低下し始めた

キーワード 短繊維、連続繊維メッシュ、内巻き補強、トンネル、薄肉化

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設(株) TEL 0476-36-2334

表-1 短繊維と繊維メッシュの強度特性

短繊維	繊維長さ	12mm
	繊維直径	$100\mu\text{m}$
	弾性係数	25.0kN/mm^2
	引張強度	1.10kN/mm^2
連続繊維メッシュ	シート厚さ	1.5mm
	弾性係数	3.52kN/mm^2
	引張強度	88.0N/mm

表-2 モルタルの配合

モルタルの種類	水セメント比 W/C (%)	単位量(kg/m^3)				
		水 W	セメント C	細骨材 S	高性能 AE 減水剤 SP	短繊維 VF
短繊維+連続繊維メッシュ補強モルタル	40	320	800	1005	4.00	26.0

表-3 試験時圧縮強度

圧縮強度 (試験時)	既設コンクリート (N/mm^2)	繊維補強モルタル (N/mm^2)
Case1	19	51
Case2	19	45

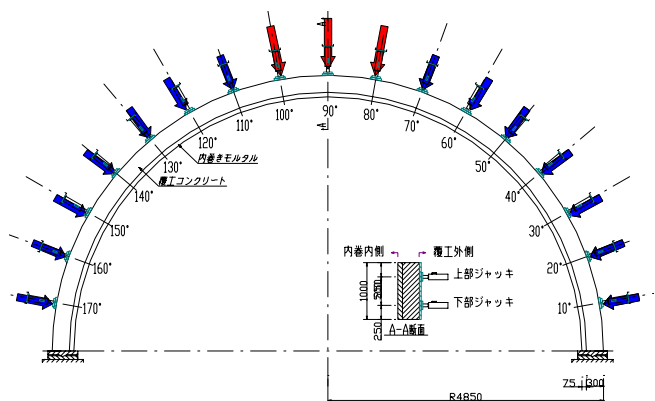


図-1 Case1 の試験概要

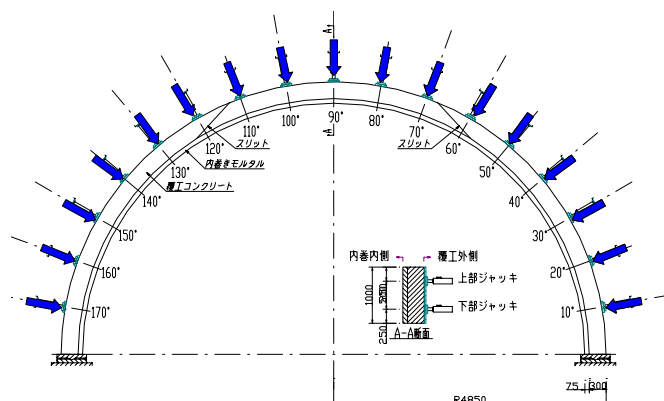


図-2 Case2 の試験概要

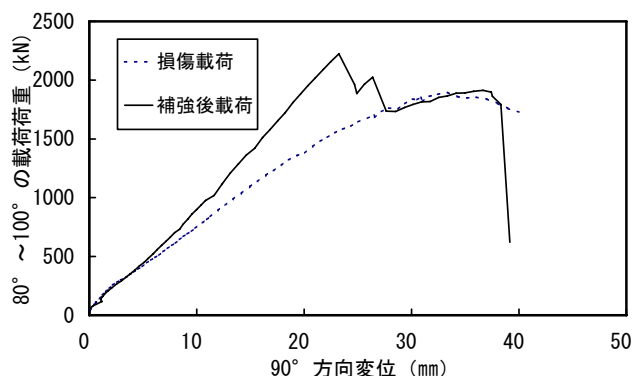


図-3 Case1 の試験結果

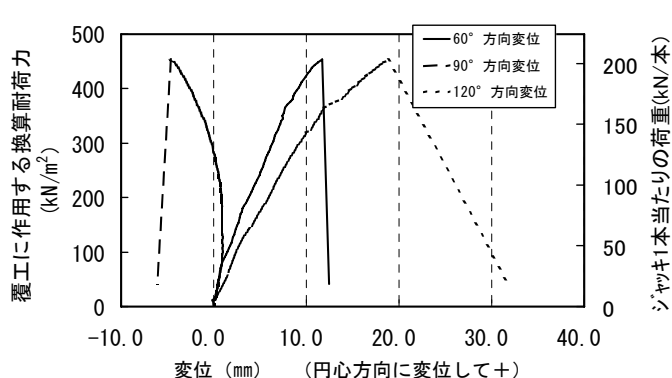


図-4 Case2 の試験結果

ところで終了した．内巻き補強後の再載荷では，総荷重でおよそ 2225kN まで上昇し，天端付近のひび割れがトンネル円周方向に進展し，荷重が低下した．その後荷重はあまり上昇せず，最終的には天端付近の既設コンクリート（無筋）が圧縮破壊をおこし荷重が低下して終了した．内巻き補強後の最大荷重は，損傷載荷の最大荷重を上回ったことから，既設コンクリート（無筋）300mm の耐力に対して繊維補強モルタルの内巻き補強による耐力の向上が確認できた．

Case2 の載荷試験結果を図-4 に示す．ひび割れは既設コンクリートの天端部から肩部に発生したが，最終的にはスリットの入った肩部で破壊し，荷重が急激に低下した．覆工に作用する換算耐力（総荷重／覆工背面側面積）は最大で約 453kN/m^2 （ジャッキ 1 本あたり約 203kN）であった．既設コンクリート（無筋）300mm の耐力ほどはないと考えられるが，補強厚や強度などを調整することで，内巻き補強に要求される性能に対処することは可能と考えられる．

4. まとめ

短繊維と連続繊維メッシュを併用した高じん性モルタルを 75mm 内巻き補強した結果，Case1 では既設コンクリート（無筋）300mm を損傷させた耐力を上回り，内巻き補強した場合の耐力の向上を確認できた．また，補強厚や強度などを調整することで，内巻き補強に要求される性能にすることは可能と考えられる．以上のことから，高じん性モルタルを使用することで内空断面に余裕のないトンネル覆工の内巻き補強厚を薄肉化することが可能であると考えられる．また，短繊維および連続繊維メッシュの混入により，補強層が破壊してもコンクリートが剥落するようなことがなく，普通コンクリートの内巻き補強に較べて安全性が高いと考えられる．

参考文献

- 1) 箱石安彦・真下英人・石村利明・森本智：損傷トンネル覆工における内巻きコンクリートの補強効果に関する実験的研究，トンネル工学研究論文・報告集第 13 巻，pp349-354，2003.11