

III-B 81 内巻き補強した模擬トンネルの載荷実験

東京電力 正会員 菅沼康男 東京電力 望月直也
 鉄建建設 正会員 松岡 茂 ○鉄建建設 正会員 武田康司
 鉄建建設 正会員 柳 博文

1. はじめに

既設覆工の補修・補強について、筆者らは劣化した水路トンネルの覆工を安全かつ合理的に補強するトンネル補修ロボット工法（TSL工法）を開発した。前回、この工法の合理的な設計手法の確立を目的に部材の曲げ実験¹⁾を行い、その曲げ耐力算定を有限要素法により解析した²⁾。今回は、その内巻き補強した覆工部材の耐力算定モデルの妥当性を検証するために、実際のトンネルを想定した円環供試体（模擬トンネル）による載荷実験を行った。実験は、拘束効果の確実性を期するために直径3方向にプレロードを導入し、軸力を均等に載荷した。

2. 実験方法

模擬トンネル供試体の寸法は外径2500mm、内径1900mm、高さ900mm、厚さ300mmとし、この内供試体外側15cmを実際の覆工に使用する普通コンクリートとし、内側15cmをTSLコンクリートとした。使用したコンクリートの配合表と圧縮強度試験結果を表-1、表-2に示す。なお、圧縮試験用のテストピースは現場養生を行ったものである。供試体は、トンネル覆工に相当する外周を普通コンクリートにより打設し、その後、内巻き補強工法と同様に普通コンクリート内面側のチッピングを行い、TSLコンクリートを打設して製作した。図-1に示すように、直径4方向をPC鋼棒により拘束し、その内の1方向のPC鋼棒に4台の油圧ジャッキを取付けて載荷を行った。これらの油圧ジャッキには荷重計を取付け、均等に荷重が供試体に載荷されるようにした。なお、載荷は荷重制御により行った。PC鋼棒の拘束効果を確実にする目的で、載荷する前にPC鋼棒には軸力49kNを導入した。

3. 実験結果の概要

最初のひび割れは、載荷荷重が157kN（約16t）程度になった時点で載荷点内側のTSLコンクリートに発生したのが確認された。さらに、載荷を継続するとひび割れは普通コンクリートまで進展した。実験終了時点ではひび割れは、載荷方向から30度付近および60度付近に複数のひび割れが発生していた。

図-2に普通コンクリートとTSLコンクリート継ぎ目に設置した継ぎ目計により測定された結果を示す。荷重が196kNを越えるまでは、継ぎ目はほとんど移動しておらず、普通コンクリートとTSLコンクリートとは一体となって挙動しているものと考えられる。しかし、荷重が196kNを越えた時点、継ぎ目に変位が生じており荷重が300kN付近で急激な変位の発生が見ら

表-1 コンクリート配合

	W/C (%)	s/a (%)	単位体積重量(kg/m ³)			
			W	C	S	G
覆 工	94	49.8	175	187	933	959
T S L	57	70	217	380	1244	509

表-2 圧縮強度試験結果

	圧縮強度(MPa)
覆工コンクリート	12.0
TSLコンクリート	27.0

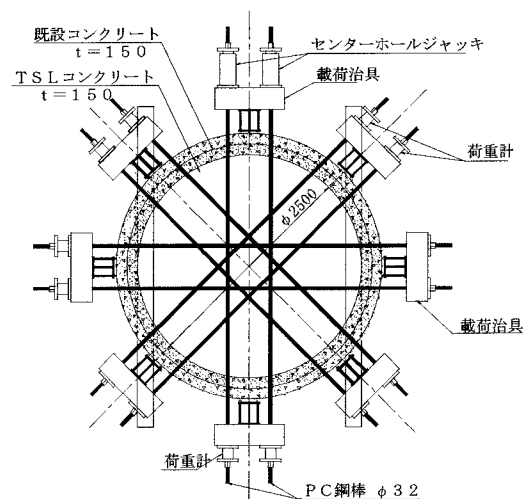


図-1 実験装置

れた。実験では、荷重が294kN付近において継ぎ目計付近の外面からひび割れが発生したのが目視により確認された。

載荷荷重と載荷方向の直径変位量との関係を図-3に示す。P C 鋼棒に約49kNの軸力を導入した時点で供試体は多少外側に変形している。載荷点にひび割れが確認された荷重157kN付近までは、荷重と変位との関係はほぼ線形である。荷重が157～186kNまでの間は、荷重と変位との関係は線形関係から多少外れている。この区間では、載荷点のT S Lコンクリートにひび割れが発生してから、普通コンクリートに進展するまで間に相当しており、ひび割れの進展により荷重－変位曲線が影響を受けているものと考えられる。さらに、載荷を継続すると荷重が一時的に低下するが、実験を継続すると荷重は再び上昇に転じ、その後は多少の凹凸があるが荷重の増加に伴って変位も増加している。

図-4に載荷荷重と載荷方向と直交方向に設置したP C 鋼棒の反力との関係を示す。載荷荷重と反力との関係についても、載荷点にひび割れの発生が確認された157kN付近で荷重増分に対する反力の増加量が異なっている。荷重157kN以下の領域では、載荷荷重の増加に較べて反力の増加量は少ない。荷重が157kN以上になると反力の増加率は大きくなっている。最終的には載荷方向に45度と直交方向のP C 鋼棒の反力総和は荷重とほぼ等しくなった。

4. まとめ

以上のようなことから、実験結果をまとめると次のようになる。

- ①ひび割れが発生する直前に普通コンクリートとT S Lコンクリートとの間で付着切れが発生したものと判断される。
- ②T S L工法により内巻き補強した模擬トンネルの載荷実験によると、局部的にひび割れが発生してもトンネル覆工は破壊に至らない。
- ③ひび割れが発生した後も構造的に安定しており、最終的な構造物の耐力はコンクリートの圧縮で決定されるものと推定される。

【参考文献】

- 1) 井上素行・菅沼康男他：内巻き補強部材の曲げ試験、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集第5部、pp. 1194-1195, 1995. 9
- 2) 井上素行・菅沼康男他：内巻き補強部材の曲げ耐力解析、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集第5部、pp. 1192-1193, 1995. 9

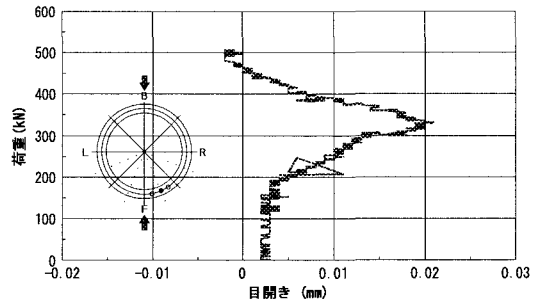


図-2 載荷荷重と目開きの関係

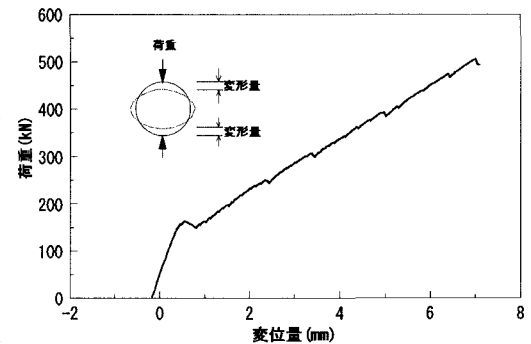


図-3 載荷荷重と直径変位量の関係

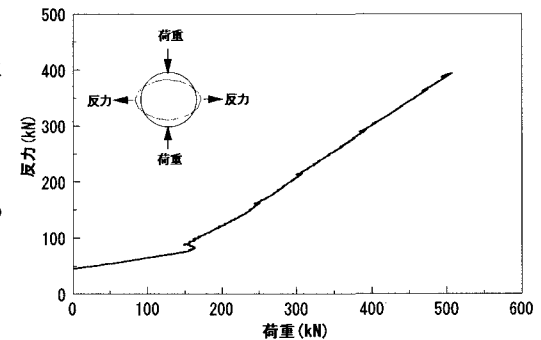


図-3 載荷荷重と直交方向の反力の関係