

農業用水路トンネルのひび割れ発生メカニズムの解明とその補強工法

Cracking mechanism in irrigation tunnel wall and its countermeasure

村尾弘道*, 土屋拓万*, 董 会*, 長束 勇**, 石井将幸**

MURAO Hiromichi*, TSUCHIYA Takuma*, NATSUKA Isamu**, ISHII Masayuki

1.はじめに

既存の農業用水路トンネルには、内面にひび割れが発生しているものが数多く存在し、そのひび割れによって要求性能を満たされなくなっている場合がある。しかし、現在の厳しい財政状況において、莫大な費用を要する改築といった従来方法で対応することは困難である。そこで、施設の変状状況を適確に把握し、適切な対策をとることによって、施設の機能を維持させることが必要となってくる。そのためには、農業用水路トンネルで発生している変状のメカニズムを解明し、それに応じた対策を検討することが重要である。

農業用水路トンネルに発生している変状の中に、側壁のスプリングラインというある一定の高さで発生しているひび割れがある。このひび割れは、天端覆工背面に存在する空洞によって全周等分布荷重状態が崩れ、覆工が変形したことが原因であると考えられている。そこで本研究では、図1のような分割エアバッグ載荷装置を試作し、覆工背面に空洞が存在する状況を再現した載荷試験を行うことで、ひび割れ発生メカニズムや空洞の有無・大きさによる覆工の耐力力の相違を調べた。さらに載荷試験終了後、覆工の補強工法の一つである裏込め注入工法の妥当性について検討した。

2.実験概要

供試体の形状は、2R 標準馬蹄形とした。また、使用材料はモルタル (圧縮強度 37.9N/mm², 引張強度 9.97N/mm², 弾性係数 26.9KN/mm²) とし、縮尺 1/4 程度の供試体を作製した。

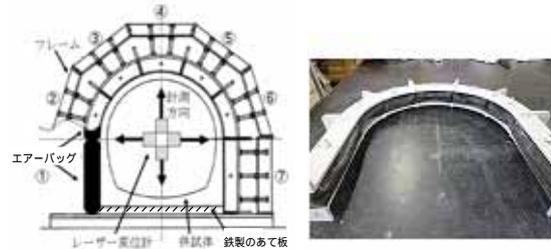


図1 分割エアバッグ載荷装置
Loading test apparatus using multiple airbags

本研究で使用した分割エアバッグ載荷装置とは、7 つに分割したエアバッグの使用組み合わせを操作することで、覆工外面が受ける様々な載荷状況を再現するものである。本研究では、全エアバッグを使用した背面空洞のない場合を Case1、図1の のエアバッグを使用しないことで覆工天端背面に空洞が存在する場合を Case2、 のエアバッグを使用しないことで Case2 よりも大きい空洞を再現する場合を Case3 として、試験を行った。載荷圧力は既往の研究結果(富山ら, 2007)を参考に、Case1 は 0.007MPa, Case2 は 0.010MPa, Case3 は 0.005MPa ずつ増加した。また、試験中の供試体の挙動を明らかにするために、レーザー変位計を用いて、トンネルの中心から、天端、左右スプリングライン、底部の位置における供試体の変位を計測した。

Case2 および Case3 においては、載荷試験終了後、使用していたエアバッグへの空気の入出りを遮断することで載荷試験終了時の圧力状態を保ち、未使用であったエアバッグにのみ空気を注入することで、裏込め注入工法の擬似再現試験(以降、裏込め試験)を行った。その載荷に伴う変位やひび割れの挙動から裏込め

*島根大学大学院生物資源科学研究科, Graduate school of Life and Environmental Science, Shimane University,

**島根大学生物資源科学部, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University,

キ-ワ-ド: 農業用水路トンネル, 覆工背面空洞, 分割エアバッグ載荷装置

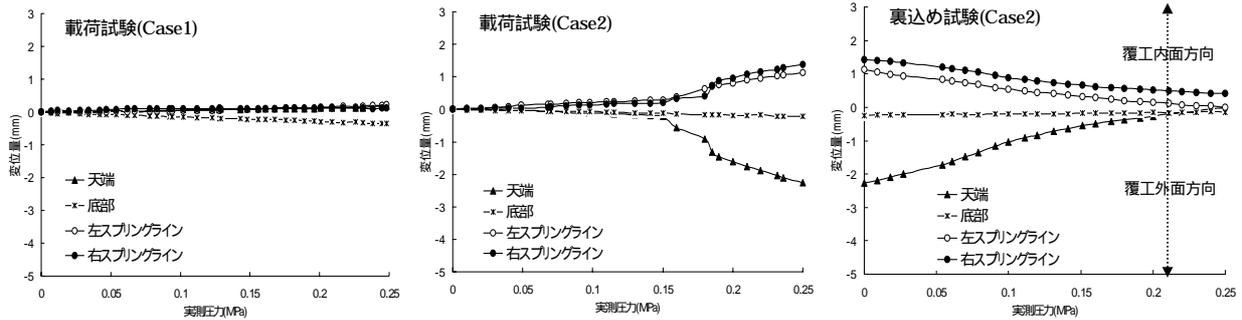


図2 荷重および裏込め注入による変位の挙動
Displacement by earth pressure and backfill load

注入工法の評価を行った。

3.試験結果

図2にCase1およびCase2の荷重試験、さらに、Case2の裏込め試験時の荷重に伴う供試体各部の挙動を示す。

Case1は、装置の限界荷重である0.25MPaまで荷重したにもかかわらずほとんど変位せず、ひび割れも発生しなかった。しかし、空洞の存在するCase2およびCase3においては、スプリングライン付近において覆工内面から外面に向かってひび割れが発生した。また供試体の挙動に関しては、天端は覆工外面方向に、左右のスプリングラインは覆工内面方向に変位したことが図2からわかる。したがって、覆工は天端背面に空洞が存在する状況で土圧が作用した際、天端背面で反力が取れず、側壁は覆工内面方向へ、天端は覆工外面方向へ変位し、スプリングライン内面付近において引張力が働く結果、ひび割れが発生したと考えられる。

次に、表1に各Caseの初期ひび割れ荷重および適正裏込め圧（スプリングラインの変位が最も0に近づいた圧力）を示す。初期ひび割れは、Case2では0.150MPa、Case3では0.108MPaであった。したがって、空洞が存在する覆工は、空洞が存在しない覆工と比較して大きく耐荷力が低下し、さらに空洞範囲が大きいほど覆工の耐荷力は低下することがわかる。

一方、天端およびスプリングラインの変位は、図2の裏込め試験（Case2）より、裏込め部分

表1 各Caseの初期ひび割れ荷重および適正裏込め圧
Cracking pressure and appropriate pressure of backfill

	Case2	Case3
初期ひび割れ荷重 MPa	0.150	0.108
適正裏込め圧 MPa	0.250	0.175

への圧力荷重に伴って0に近づくことが確認できる。また、Case2およびCase3ともに、装置の限界荷重0.250MPaまで荷重を行っても破壊に至ることはなく、耐荷力を発揮した。これは、天端背面に存在する空洞に裏込め注入を行うことで全周等分布荷重状況に近づき、構造的に安定に向かったと考えられる。つまり、適切な裏込め注入が実施できれば、機能低下が生じた農業用水路トンネルでも再び耐荷力を示し、長寿命化を図ることができるといえる。以上から、裏込め注入工法の妥当性が示唆された。

4.まとめ

天端覆工背面の空洞の存在により、覆工は変形して、スプリングライン付近にひび割れが発生し、覆工の耐荷力を低減させることがわかった。さらに、ひび割れが生じた供試体を用いて裏込めの擬似再現を行った結果、裏込め注入工法の有用性が示唆された。

参考文献

- 1) 富山和城ら(2007): 模型実験における農業用水路トンネルにおけるひび割れ発生メカニズムの検討,平成19年度土木学会中国支部島根会 研究・事例報告会概要集 pp15-16