

偏圧が作用した農業用水路トンネルの変状メカニズムの検討 Deformation Characteristics of Irrigation Tunnel Lining under Unsymmetrical Earth Load

○村尾弘道*, 董 会*, 土屋拓万**, 長束 勇***

MURAO Hiromichi*, DONG Hui*, TSUCHIYA Takuma**, NATSUKA Isamu***

1.はじめに

農業用水路トンネルにおける変状の発生要因の一つである偏圧は、覆工横断面において左右非対称に作用する地圧の総称であり、斜面が近接するような偏圧地形やすべり面がトンネルと交差した地すべりに起因する。偏圧による変状の特徴として、山側アーチ肩部に水平開口性ひび割れやアーチ頂部またはやや谷側に圧縮ひび割れの発生が一般的に認知されている（土木学会：2003）。しかし、そのような変状が生じたトンネルにおいて、変状の発生メカニズムについては不明な点が多く、適切な対策を施すことが困難な場合がある。

そこで本研究では、偏圧状況を再現した室内模型試験を実施し、変状の発生メカニズムについて検討した。

2.試験概要

本研究で対象としたトンネルの形状は 2R 標準馬蹄形（直径 500mm、厚さ 25mm）である。供試体材料には、水セメント比 50% のモルタル（圧縮強度 49.5N/mm²、引張強度 9.23N/mm²、弾性係数 26.9kN/mm²）を使用した。

室内模型試験は、図 1 に示すような分割エアバッグ荷重装置により行った。分割エアバッグ荷重装置は、7 か所に設置されたエアバッグに空気を注入し、その圧力によって供試体を荷重することで、供用中の水路トンネルの地圧状況が疑似再現できるものであり、均一かつ同時に荷重できるため地圧状況の再現性が高い装置である。さらに、それぞれのエアバッグは空気の注入および遮断を制御することができるため、覆工に作用する様々な Case の地圧状況

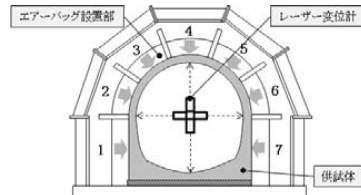


図 1 分割エアバッグ荷重装置

Loading test apparatus using multiple airbags

を再現することができる。

偏圧が作用した覆工状況の再現は、供試体に全周等分布荷重を 0.050MPa まで載荷し、その圧力を維持させた状態で、偏圧部分のみ載荷を継続するという手順で行った。本試験では、図 1 における 2-3 番の部分の偏圧 (Case1)、2-3-4 番の部分の偏圧 (Case2)、そして、3-4 番の部分の偏圧 (Case3) の 3 つの Case の偏圧状況を再現し、荷重試験を実施した。また、荷重圧力は 1step につき 0.010MPa ずつ増加させた。さらに、試験時の天端、左右側壁、インパートの変位の挙動を、供試体の中央に設置した 4 つのレーザー変位計によって、同時に計測した。

3.試験結果

図 2 に各 Case の供試体における荷重範囲、ひび割れの発生位置を示し、各ひび割れには発生順番、発生荷重および発生方向を記した。図 3 には各 Case における天端、左右側壁、インパートの荷重圧力における変位の挙動を示した。

図 2 より、アーチ部において覆工内面から発生したひび割れの位置は、Case1 では 10 時の位置、Case2、Case3 では、11 時の方向より少し上の位置であった。また、覆工外面から発生したひび割れの位置は、Case1 では、1 時の方向とスプリングラインよりやや下の位置、Case2

*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,

**ショーボンド建設株式会社, SHO-BOND Corporation,

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

キーワード：偏圧, 農業用水路トンネル, 分割エアバッグ荷重装置

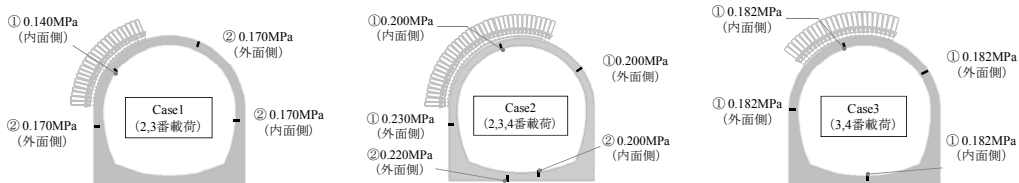


図2 各 Case におけるひび割れ発生位置および発生荷重
Positions of Cracking by Unsymmetrical Load

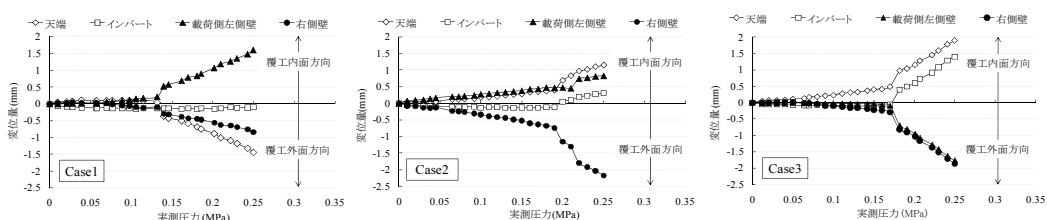


図3 各 Case における実測圧力と覆工の変位の関係
Deformations of Tunnel Lining by Unsymmetrical Load

では2時の方向とスプリングラインよりやや下の位置、Case3では2時とスプリングライン直上の位置であった。全てのCaseにおいて、偏圧の作用する範囲内で覆工内面に開口性ひび割れが発生した。また、アーチ頂部または肩部の覆工内面において圧縮ひび割れは発生しなかったが、覆工外面においてひび割れが発生したため、その覆工内面側では圧縮応力が働くことが考えられ、一般的に認知される偏圧によるひび割れ状況と類似している。しかし、各々の荷重Caseによりひび割れ発生位置に特徴が見られた。初期ひび割れ発生荷重は、Case1で0.140MPa、Case2で0.200MPa、Case3で0.182MPaであった。水平方向の荷重がより大きい偏圧であるCase1がCase2、Case3よりもひび割れの発生荷重が小さいことから、覆工は鉛直荷重に対しては所要の耐荷力を発揮するものの、側方荷重に対しては耐荷力が小さいことが考えられる。

また、図3より、Case1では、荷重に伴い載荷側左側壁が内面へ変位し、天端、右側壁が外面へ変位した。Case2では、天端、インバート、載荷側左側壁が覆工内面方向へ、右側壁が覆工外面方向へ変位した。Case3では、天端、インバートが覆工内面方向へ、左右側壁が覆工外面方向へ変位した。したがって、偏圧における荷

重の作用位置や作用範囲によって、覆工の変形形態や変位量は異なることがわかる。

さらに、図3より覆工全体が初期ひび割れ発生時以降に大きく変位し、初期ひび割れ発生前に比べ発生後の1stepにおける変位量は急激に大きくなっていることがわかる。また、図2に示す各ひび割れの発生荷重をみると、初期ひび割れ発生後、引き続いて徐々にひび割れが発生した。これより偏圧を受けた覆工は、初期ひび割れ発生によって大きく剛性が失われ、覆工周囲の地山との相互作用によって構造はある程度保持されるものの、常に不安定な状態にあるといえる。したがって、偏圧の作用によるひび割れ発生後は、早急な対策の必要性が示唆された。

4. まとめ

本報告では、分割エアバッグ荷重装置による偏圧荷重試験の結果を示した。すなわち、荷重の作用位置や荷重範囲によってひび割れ発生位置や変形挙動、変位量が異なり、また覆工は側方荷重に弱く、さらにひび割れ発生により覆工の剛性が大きく失われることが示唆された。

参考文献

- 1) 土木学会(2003): トンネル変状メカニズム, 第7章 偏圧による変状メカニズム, pp116-117