

## 背面空洞を有する農業用水路トンネルに対する二方向载荷試験

岡山大学 非会員 ○立石 翼  
 岡山大学 正会員 柴田 俊文  
 日化エンジニアリング 非会員 田本 敏之  
 岡山大学 正会員 西村 伸一  
 岡山大学 正会員 珠玖 隆行

### 1. 研究背景と研究目的

国内における農業用排水路の総延長は 40 万 km 以上、そのうち農業用水路トンネルは 2 千 km 以上に達し、大規模な農業水利ストックを形成している。これらの農業用水路トンネルの多くは老朽化によりその機能が低下しつつあるため、ストックマネジメントの考え方をもとに正確な機能診断と補修・補強を行うことが昨今の課題となっている。特に、矢板工法を用いて施工されたトンネル覆工背面とその周囲の地山との間には空洞（以下、背面空洞）が生じやすく、地山の崩落および不均一な地圧の作用により、覆工に致命的な損傷を与える危険性が高い。本研究では、トンネル覆工と背面空洞を含む模擬地山に対し、鉛直および水平の二方向を拘束条件の下、両方向から同時に荷重を作用させ（以下、二方向载荷試験）、供試体が示す挙動、また、その変状・劣化状態を検証することを目的としている。

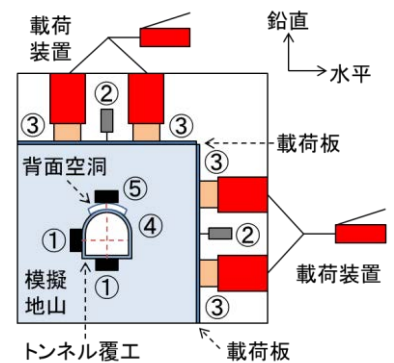


図1 二方向载荷試験装置

### 2. 試験方法

図1に示した試験装置を用いて二方向载荷試験を実施する。载荷試験に使用する模擬地山は、高強度モルタル (w/c=45%) によりほろ型のトンネル覆工を作製し、その周囲に低強度モルタル (w/c=200%) を打設することにより作製する。模擬地山の寸法については、図2を参照されたい。なお、モルタルの配合には早強ポルトランドセメントを使用し、打設後の養生期間は7日としている。トンネル覆工の背面空洞は、覆工の中心からの天端部に対する角度 $\theta$ で表し、 $0^\circ$  (空洞なし)、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ の3種類を作製する(図3)。図1における①～⑤は測定装置を示しており、①非接触式変位計によりトンネル覆工の内空変位、②接触式変位計により载荷板変位、③荷重計により载荷荷重、④ひずみゲージによりトンネル覆工内面のひずみ、⑤非接触式変位計により背面空洞の変位を測定する。ただし、本報では载荷荷重と内空変位について記述する。荷重载荷に用いる油圧シリンダーは最大载荷荷重 300kN のものを各载荷方向に対してそれぞれ2部使用する。载荷方法は、二方向等速载荷、鉛直方向卓越载荷、水平方向卓越载荷の3種類とする。ここで、油圧シリンダーに接続した油圧ポンプの駆動頻度は、等速载荷および卓越载荷における卓越方向が5秒に1回、卓越载荷における非卓越方向が10秒に1回とする。

(単位：mm)

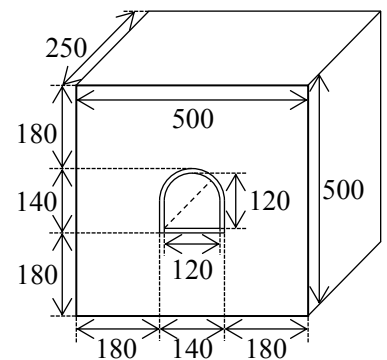


図2 模擬地山の寸法

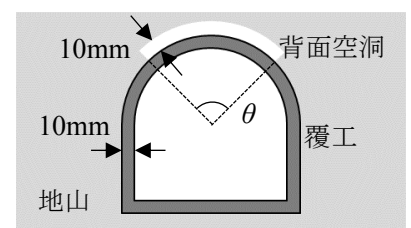


図3 背面空洞の設定

キーワード 農業用水路トンネル、背面空洞、载荷試験

連絡先 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中3丁目1番1号 岡山大学大学院環境生命科学研究所

TEL086-251-8154

### 3. 試験結果

図4に二方向等速載荷試験, 図5に鉛直方向卓越載荷試験, 図6に水平方向卓越載荷試験における試験結果を示す. 鉛直・水平方向とも0°における内空変位量は概ね縮小方向の値を示している. 一方, 背面空洞を有する場合, 水平方向内空変位量は概ね縮小方向, 鉛直方向内空変位量は概ね拡大方向の値を示している. これは, 水平方向からの載荷によりトンネル覆工が水平方向に押され, その影響が背面空洞を有するトンネル覆工の天端部に曲げ変形として現れるためであると考えられる. また, 図5(e)に示した変状写真から, 背面空洞90°の供試体に対する鉛直方向卓越載荷試験では, トンネル覆工の天端部において曲げ変形を起こし, その後, 致命的なひび割れが入ったことにより, トンネル覆工は曲げ破壊を起こしたということがわかる. 変状写真左では, トンネル覆工の右側面と模擬地山が乖離し, 覆工右側面が内空へ入り込むように変形している. それにより, 覆工天端部では覆工が背面空洞へ入り込むように変形しているということがわかる. ここで, 鉛直方向荷重の増加勾配が減衰する約200s以降, 水平方向内空変位量は乱高下を経て縮小傾向を示し, 鉛直方向内空変位量は急激に拡大している. 変状写真右では, 覆工天端部および背面空洞の両端付近に縦断方向へ顕著なひび割れが発生しているということがわかる.

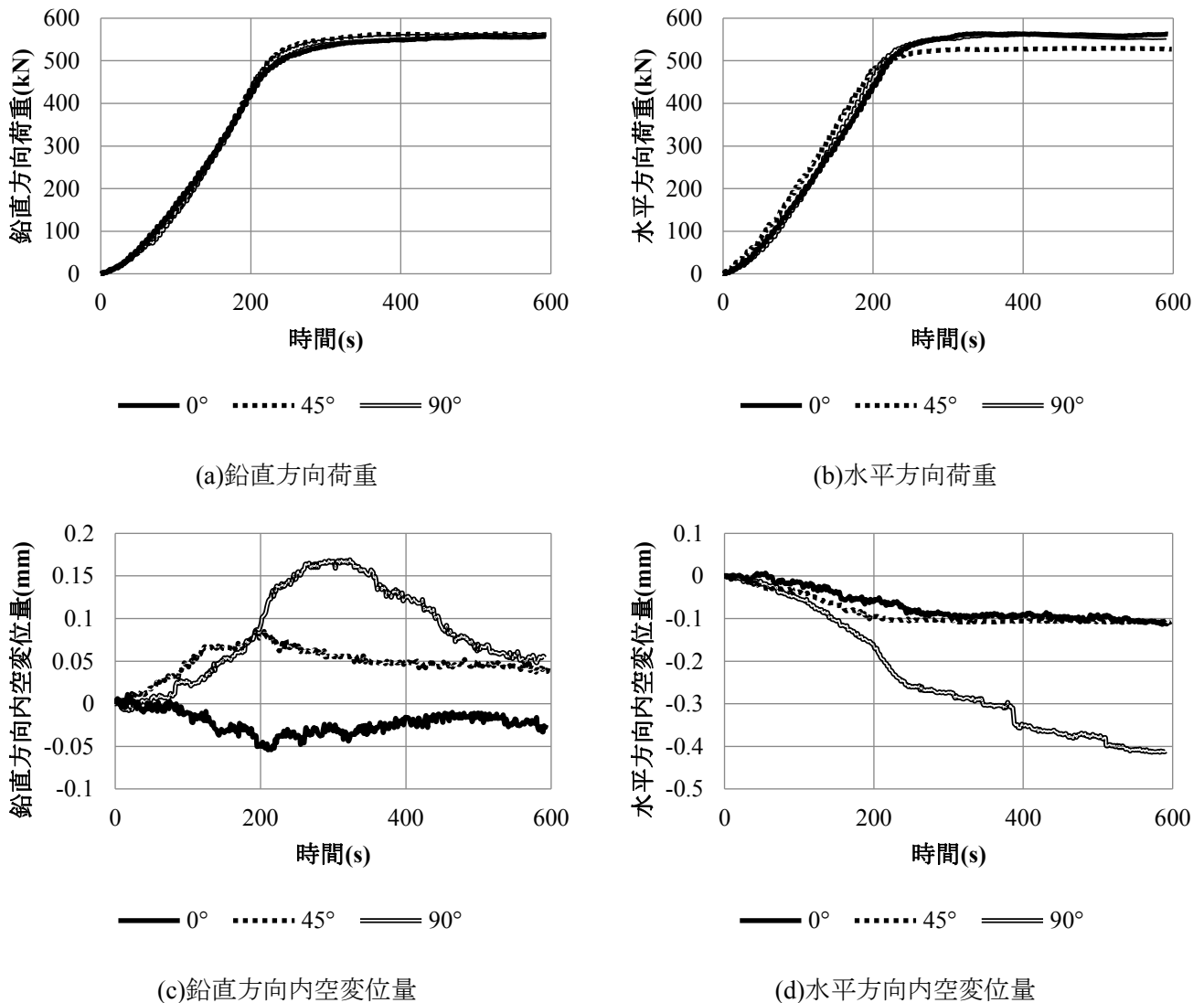
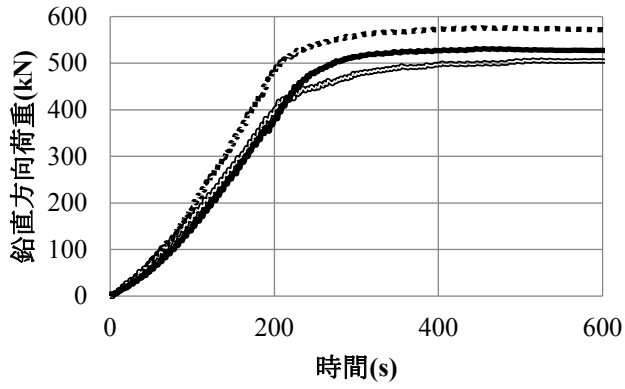
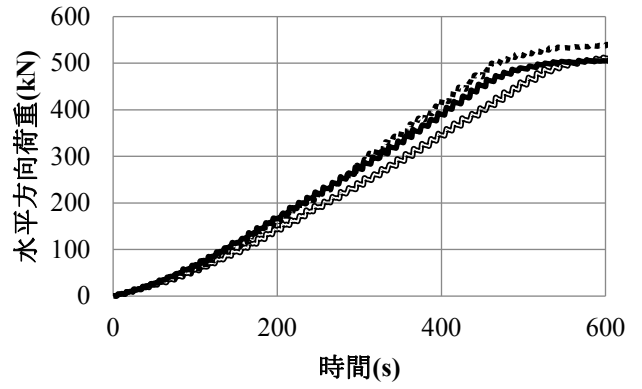


図4 二方向等速載荷試験における試験結果



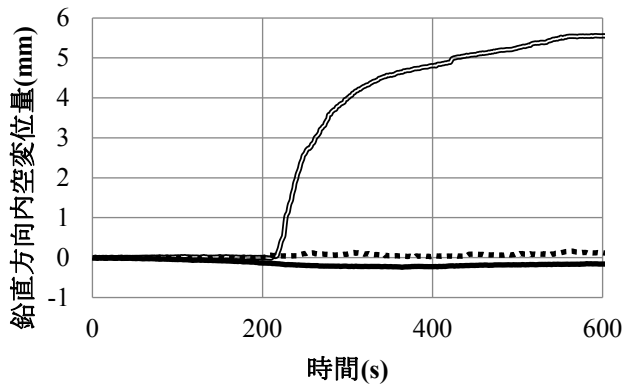
— 0°    ..... 45°    = 90°

(a)鉛直方向荷重



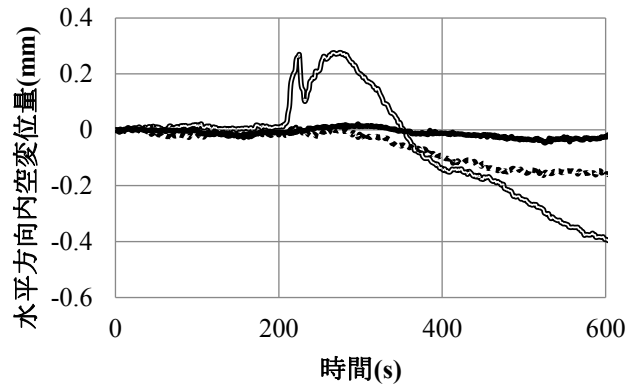
— 0°    ..... 45°    = 90°

(b)水平方向荷重



— 0°    ..... 45°    = 90°

(c)鉛直方向内空変位量



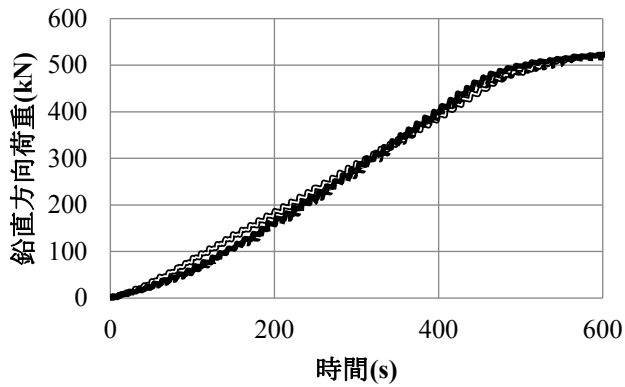
— 0°    ..... 45°    = 90°

(d)水平方向内空変位量



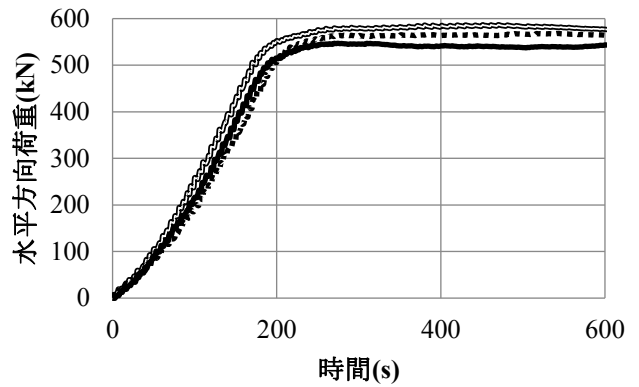
(e)背面空洞 90°の供試体における変状

図5 鉛直方向卓越载荷試験における試験結果



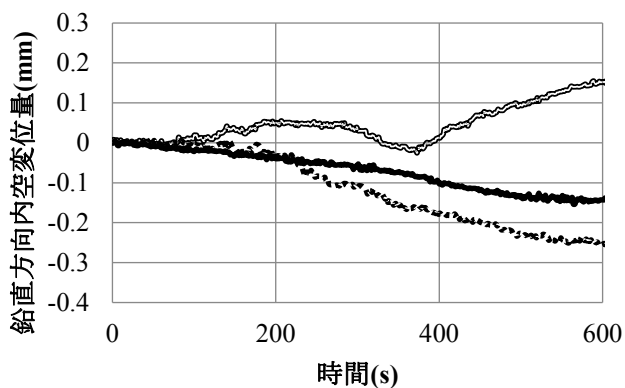
— 0°    ..... 45°    - - - 90°

(a)鉛直方向荷重



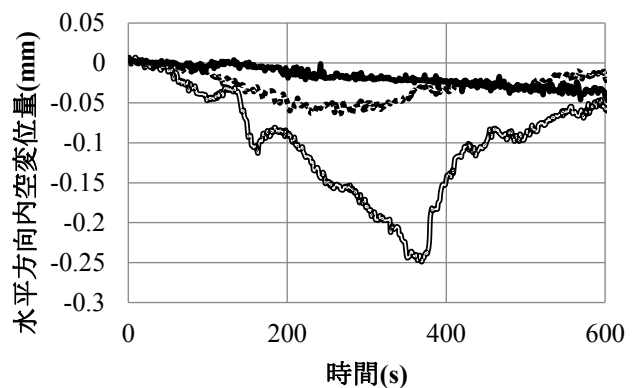
— 0°    ..... 45°    - - - 90°

(b)水平方向荷重



— 0°    ..... 45°    - - - 90°

(c)鉛直方向内空変位量



— 0°    ..... 45°    - - - 90°

(d)水平方向内空変位量

図6 水平方向卓越载荷試験における試験結果

#### 4. まとめ

背面空洞がない模擬地山の場合、内空変位量は鉛直・水平方向とも縮小方向の値を示し、内空断面は圧縮される。一方、背面空洞を有する模擬地山の場合、継続的な荷重の载荷によりトンネル覆工の天端部は背面側へ曲げ変形を起こすことが多く、その延長として、背面空洞付近に縦断方向へ顕著なひび割れが発生することもある。覆工における天端部背面側への曲げ変形やひび割れは、背面空洞の設定角度が大きいほどその発現が顕著であることが確認された。また、二方向载荷試験では、鉛直および水平の両方向に対して拘束圧が作用するため、一方向载荷試験と比較すると極端な偏圧はかかりにくいと考えられる。

#### 参考文献

森充広, 浅野勇, 渡嘉敷勝, 川上昭彦, 川邊翔平: 覆工背面に空洞を有するトンネル覆工および周辺地盤の変形挙動に関する模型実験, 農業農村工学会論文集, Vol.83, No.6, pp.I\_195-I\_205 (2015)