

第Ⅲ部門

縦断勾配が2ヒンジ式アーチカルバートに発生する応力に与える影響についての基礎実験

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○磯部 浩気
 京都大学大学院工学研究科 正会員 澤村 康生

1. はじめに

肩部にヒンジ構造を有する2ヒンジ式アーチカルバートにおいて、縦断方向の勾配が存在する場合に側壁部材の下部に斜めひび割れが発生する損傷事例が報告されている。図-1に示すように、2ヒンジ式アーチカルバートでは側壁部材がインバートやフーチング構造と剛接合されているため、縦断方向に荷重が作用しても部材自体の回転および転倒は生じず、部材基部の曲げ変形が生じ、曲げひび割れが生じていると考えられている¹⁾。本研究では、縦断勾配を持つアーチカルバートについて、カルバートに発生する応力に縦断勾配が与える影響を把握するため、1G場静的模型実験を行った。

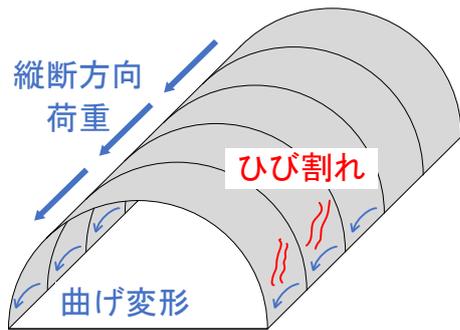


図-1 2ヒンジ式アーチカルバートの变形モード

2. 実験条件

図-2に実験模型の概要を示す。カルバート模型として、外径100mmで厚さ3mmの中空アクリルパイプを半分に切断したものをを用いた。縦断方向の長さは50mmで、計10個設置した。以後、勾配下流側から順にNo.1模型からNo.10模型まで番号を付して呼称する。カルバート模型は厚さ3mmのアルミ板の上に接着剤で固定することで剛接合条件を再現し、アルミ板の上から厚み10mmの底板で挟み込んで土槽に固定した。模型同士の間には幅9mmのマスキングテープを貼付し、一体化させた。各カルバート模型には、仰角30°で両端から8mmの位置に、模型の内外両側合わせて計4つのひずみゲージを貼付した。計測機器の都合上、勾配下流側の3個と上流側の2個の模型のみひずみを計測した。

以後、各ひずみゲージについて、模型内で勾配下流側に位置するものを-1、上流側にあるものを-2とし、模型の番号と合わせて3-1や9-2のように呼称する。

模型地盤の高さは2ケースを設定し、それぞれ層厚150mm (Case-1)と層厚300mm (Case-2)とした。地盤材料として乾燥状態の標準豊浦砂を使用し、気中落下法により相対密度85%の均一な乾燥地盤を作製した。また、カルバート模型の抗口部となる模型地盤の両端部には、アクリル製の壁面模型を設置し、壁面模型にはステンレス製の補強材を取り付けた。様々な縦断勾配においてカルバートに発生する応力を測定するため、図-3に示すようなジャッキを用いて土槽全体を傾けられる傾斜装置を作製して用いた。実験は水平状態から開始して1%刻みで勾配15%まで傾斜させ、それぞれの傾斜角におけるひずみを測定した。なお、一般的に縦断勾配は10%以下とするように定められている²⁾。

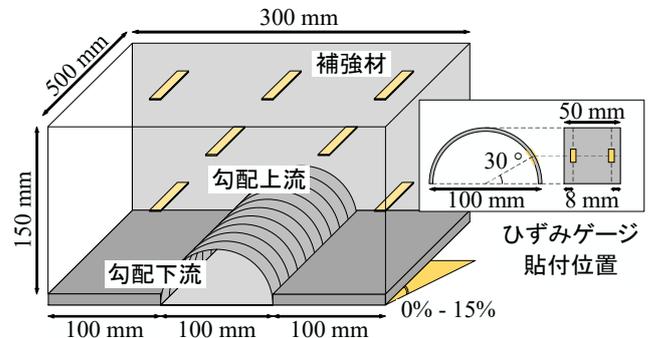


図-2 実験模型の概略図 (Case-1)

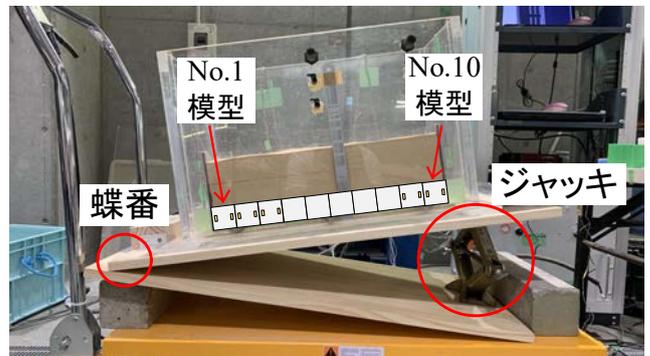


図-3 傾斜装置にセットした土槽 (Case-1)

3. 実験結果と考察

本稿では Case-2 (層厚 300 mm) の結果について述べる。本研究では、カルバートに作用するひずみについて定性的な議論を行うことから、実験で得られた計測値について相似則を用いて変換せず、そのままの値で議論を行う。図-4 に、模型地盤を作製する際にカルバート模型に生じた軸ひずみを示す。計測値は模型地盤作製前の状態を 0 とした。軸ひずみはカルバート模型の内側と外側で対となるひずみゲージの計測値を平均し、引張方向を正として算出した。カルバート模型の天端高さまで地盤を作製した状態の層厚 5 cm を基準とすると、層厚 30 cm では平均 46 μ Strain の軸ひずみが圧縮方向に生じた。

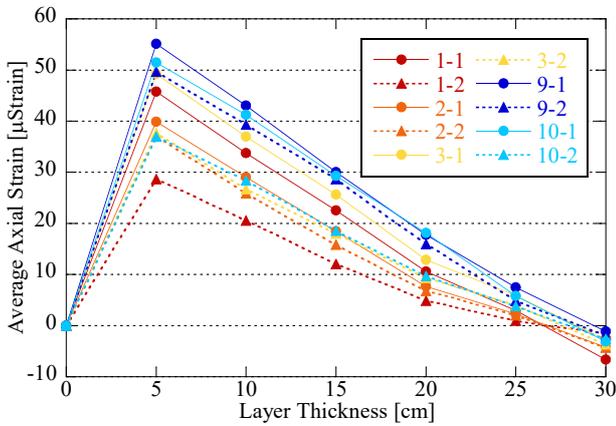


図-4 模型地盤作製時に生じた軸ひずみ

図-5 に勾配変化による軸ひずみの推移を示す。グラフでは水平状態における軸ひずみを 0 としている。1-1 で生じた最大の軸ひずみは、模型地盤作製時に生じた軸ひずみの 1/3 程度であった。図-6 に模型内における軸ひずみの差分を示す。各模型内における-1 (下流側) の軸ひずみから-2 (上流側) の軸ひずみを引いたものを差分とした。No.1,2,3,9 模型では、勾配が増加するにつれて圧縮方向にひずみの差分が増加しており、勾配下流側に向かって曲げが進行したと考えられる。これは、図-1 で示した変形モードと一致する。本実験条件においては、勾配が 6% を超えると差分の増加率が大きくなっており、ある一定の勾配を超えると斜めひび割れが生じやすくなる可能性が考えられる。No.10 模型は他の模型とは異なり勾配上流側に向かって曲げが発生した。勾配が 10% より大きくなると 10-2 の軸ひずみが不規則に変化しており、No.10 模型や勾配上流側の壁面模型が外側に向けて孕み出すように変位した可能性が考えられる。

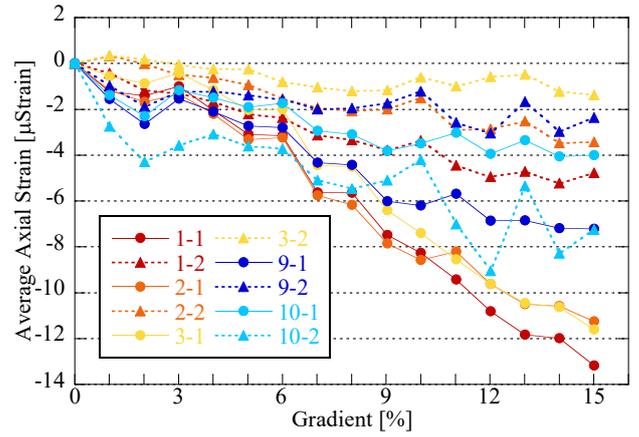


図-5 勾配変化による軸ひずみの推移

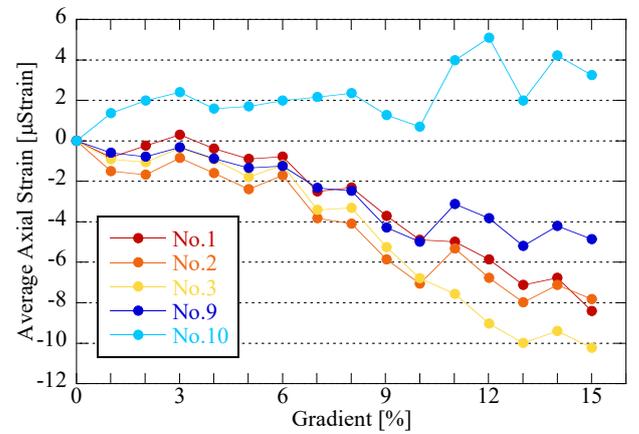


図-6 模型内における軸ひずみの差分

4. まとめ

縦断勾配によってカルバートに対して縦断方向の荷重が生じ、勾配下流側に向かって曲げが生じることを確認した。また、縦断勾配が大きくなるに従って、カルバートに生じる曲げも大きくなることを確認した。特定の縦断勾配を超えるとより大きな曲げが生じ、斜めひび割れが発生しやすくなる可能性が示唆された。なお、本研究はモジュラーチ工法協会より委託を受けて実施した。

5. 参考文献

- 1) 国立研究開発法人土木研究所, 株式会社高速道路総合技術研究所, 国立学校法人京都大学工学研究科: プレキャスト部材を用いた既設カルバートの耐震性能評価と補強方法に関する共同研究報告書(その2), 2020.
- 2) 一般財団法人地域地盤環境研究所, モジュラーチ工法協会: Modularch 技術マニュアル, 2017.