

動的遠心模型実験による 3 ヒンジ式プレキャストアーチカルバートの地震時縦断方向挙動

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○山崎旬也, 吉田英二, 石田雅博
株式会社 高速道路総合技術研究所 正会員 中村洋丈, 細田寿臣, 藤岡一頼
国立学校法人 京都大学工学研究科 正会員 澤村康生, 岸田 潔, 木村 亮

1. はじめに

平成 23 年東北地方太平洋沖地震において, 3 ヒンジ式プレキャストアーチカルバート (以下, 3 ヒンジアーチ) にひび割れや接合部のコンクリート剥離等の損傷が高速道路で生じた¹⁾. この損傷については, 3 ヒンジアーチが地震時にアーチ部材が個々に挙動し, 縦断方向に倒れこむように変形したことにより発生したと分析している²⁾. 本研究は 3 ヒンジアーチの地震時縦断方向の耐震性能を評価することを目的に動的遠心模型実験を実施し, その結果から地震時における損傷発生メカニズムを検討したものである.

2. 実験条件

本実験では, 鋼製剛土槽を用いて遠心力 50G 場での動的遠心模型実験を行った. 検討対象は, 図-1 に示すようなプロトタイプで 5.0m の基礎地盤上にそれぞれ独立した面壁を有する 3 ヒンジアーチを含む両坑口モデルの盛土構造とした. 基礎地盤は 3 号珪砂を相対密度 85% 以上で締固め, 裏込め地盤は湿潤江戸崎砂を締固め度 90% 以上で管理し作製した. なお, 江戸崎砂については, 2.0mm のふるいを通して礫を取り除いたものを使用している. 3 ヒンジアーチのプロトタイプ寸法は, 内空幅 9.0m, 内空高 4.7m となる. 実験は遠心力 50G 場で行うため, 相似則を考慮し模型寸法は, プロトタイプ寸法の 1/50 とし, 内空幅 180mm, 内空高 94mm とした. また, 実物は部材厚 250mm の鉄筋コンクリート構造であるが, 同じ材料で 1/50 サイズの模型を作製するのが困難であるため, 模型は加工が行いやすいアルミ合金構造とした. その場合, 構造材の違いを考慮し, 曲げ剛性 EI が相似則をできる限り満足するように模型の部材厚を 4mm に決定した. 模型のヒンジ構造は, 頂部ヒンジが左右のアーチ部材に対称の半円状の切欠きを設け, そこに直径 2mm の真鍮製円柱棒を設置することでモデル化した. 脚部ヒンジはアルミ合金でモデル化した基礎部に切欠きを設け, アーチ部材を差し込むことでモデル化した. 面壁は頂部ヒンジ位置で左右に分割した厚さ 5mm アクリル板によりモデル化し, ストリップは厚み 0.1mm, 幅 10mm, 長さ 100mm のりん青銅板で作製し, 表面には乾燥状態の 7 号珪砂を付着させ, 盛土との摩擦力を上げるよう処理を施した. また, 配置本数に関しては, 過去の実験³⁾を参考に決定した. 入力波形には 1Hz, 20 波で前後に 5 波ずつのテーパーを付けた計 30 波の正弦波を使用した. 入力加速度は 100gal (STEP1) から 1 ステップごとに 50gal ずつ漸増させ, 構造物の破壊まで加振を行った. なお, 入力加速度および以降の実験結果は特に記述の無い限り 1G 場に換算した値を用いている.

3. 実験結果

本実験では, STEP5 にて 3 ヒンジアーチの縦断方向の目開きが大きくなり, 上部盛土がアーチ内部に流入し崩壊に至り, 実験を終了した. 3 ヒンジアーチの応答加速度は図-2 に示すように, アーチ天端に設置した加速度計 (AF2-2, AF4-2, AF8-2) と高さ方向に同位置の土中に設置した加速度計 (A7, A8, A9) および土槽底面に設置した加速度計 (A1) により計測した. 計測した応答加速度は主要部である 20 波の正側のピ

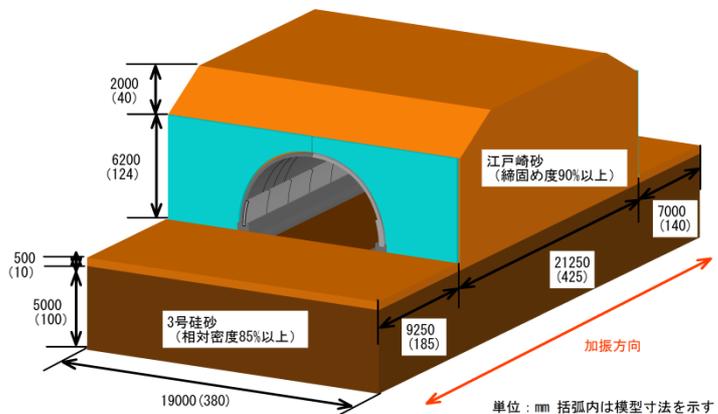


図-1 実験模型概略図

キーワード 動的遠心模型実験, 3 ヒンジ式プレキャストアーチカルバート, 損傷メカニズム

連絡先〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所構造物メンテナンス研究センター TEL029-879-6773

ーク値を平均し、応答加速度の最大値を算出した。応答加速度の最大値の結果を図-3 に示す。STEP3 以降、左坑口から2リング目のアーチ天端に取り付けた加速度計 AF2-2 と4リング目のアーチ天端に取り付けた加速度計 AF4-2 の応答加速度が大きくなっており、それぞれ同じ高さの土中に設置した A7, A8 との応答加速度に大きな差が見られた。よって、STEP3 以降、2リング目と4リング目のアーチが周辺土に支配されず、独立して挙動していたものと考えられる。STEP4 以降、2リング目と4リング目のアーチ天端の応答加速度が小さくなっているのは、STEP3 において上部盛土の崩壊が起こっており、慣性力が小さくなったためと考えられる。図-5 は図-4 に示すように、左坑口から3リング目のアーチ頂部に貼り付けたひずみゲージの計測値をSTEP3 での主要波加振中の20~22sec に着目して表示している。左坑口側のひずみ (GYB3-3) が増加すると右坑口側のひずみ (GYB3-4) が減少しており、同一のアーチ部材に貼り付けた左右のひずみゲージの計測値の増減が逆位相となっている。このことから、STEP3 において、左坑口側から3リング目のアーチ部材が個々に挙動していたものと考えられる。写真-1 はSTEP5 加振後の盛土状況で、アーチ部材が個々に挙動したと思われる3~5リング目付近の上部盛土がアーチ内部への流入している様子と3ヒンジアーチの頂部ヒンジ部の坑口側への変形が大きいことが分かる。写真-2 はSTEP5 加振後の3ヒンジアーチ内部状況で、倒れこむような変形により頂部ヒンジ部の角当りおよびアーチ部材の段差が確認できる。

4. まとめ

3ヒンジアーチの損傷メカニズムを確認するため、動的遠心模型実験を実施した。以下に、実験より得られた知見を示す。①3ヒンジアーチの損傷メカニズムは本実験の条件内においては既往の分析と同様に両坑口に向かって倒れこむような変形となる。②3ヒンジアーチを含む盛土構造は縦断方向の加振によって、アーチが周辺土とは独立した挙動を示し、さらに、アーチ部材同士が個々に挙動することで、アーチリング間の目開きによって上部盛土が流入し、崩壊に至る。

参考文献

1) 安部哲生, 中村雅範: 高速道路における大型プレキャスト部材を用いたカルバートの活用と適用上の留意点, 基礎工, Vol. 42, No. 4, 2014. 4 2) 中村洋丈, 藤原優, 藤岡一頼, 佐伯宗大, 眞野基大: 3ヒンジアーチカルバートの地震時縦断方向挙動と損傷に関する分析, 土木学会第72回年次学術講演会, 2017, 9 3) 宮崎祐輔, 澤村康生, 岸田潔, 木村亮: 2ヒンジプレキャストアーチカルバートを含む盛土におけるカルバートの連結様式を考慮した縦断方向の動的挙動の評価, 地盤工学ジャーナル Vol. 10, No. 4, pp. 517-529, 2015

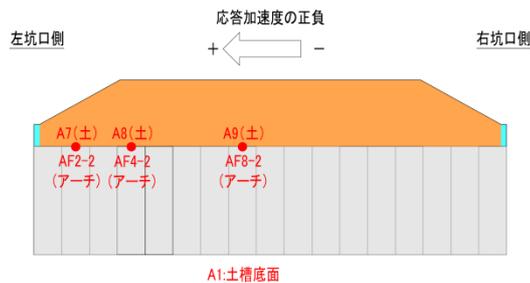


図-2 加速度計位置図

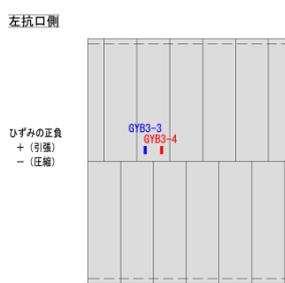


図-4 頂部ひずみゲージ位置図

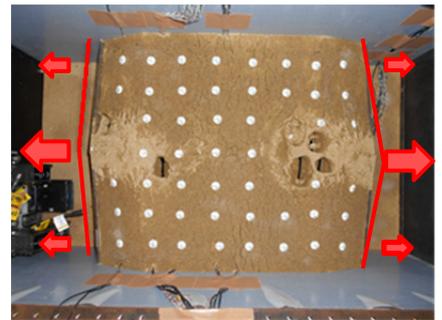


写真-1 STEP5 加振後の盛土状況

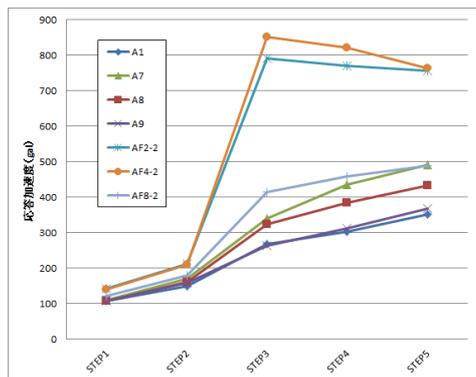


図-3 左坑口側 (正側) への応答加速度

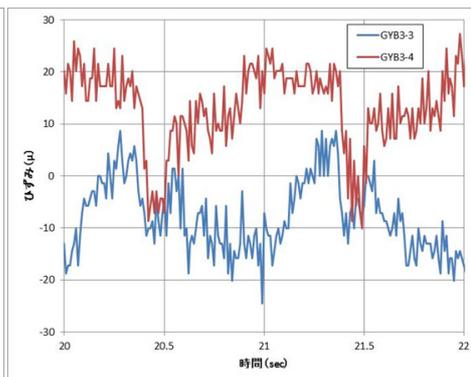


図-5 STEP3 頂部ひずみ

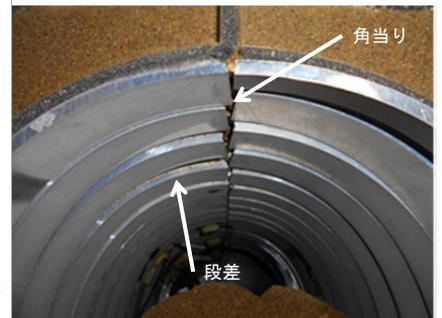


写真-2 STEP5 加振後のアーチ内部状況