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補強方法の提案

国立研究開発法人 土木研究所　　正会員　○山崎旬也，野田　翼，石田雅博

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，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補強効果を確認することを目的に動的遠心模型実験を実施し，その結果から補強方法の有効性について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** に示すように基礎地盤上に設置した 3 ヒンジアーチを含む両坑口モデルの盛土構造とした．また，3 ヒンジアーチの形状および想定している補強方法を**図-2** に示す．補強方法は一般的なコンクリート増し厚工法を想定した．3 ヒンジアーチの損傷事例[1]を見ると頂部ヒンジ部においてコンクリートの剥落が生じているが，頂部ヒンジ部を補強すると，ヒンジの回転を抑制してしまうこと，補強部材自体の剥落の懸念があること等から，脚部のみの補強で補強効果が得られるか確認することとした．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，実物大サイズの 1/50 とした．また，3 ヒンジアーチ本体および補強部材は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アルミ合金構造とした．その場合，曲げ剛性 *EI* が相似則をできる限り満足するよう模型の形状を決定した．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アクリル板によりモデル化し，ストリップ材は表面に乾燥状態の 7 号硅砂を付着させたりん青銅板でモデル化した．なお，ストリップの配置本数に関しては，過去の実験[3]を参考に決定した．実験ケースは脚部補強の有無をパラメーターとした 2 ケースである．ここで，補強を行っていない場合の実験ケースを CASE-1，補強を行った場合の実験ケースを CASE-2 とする．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．

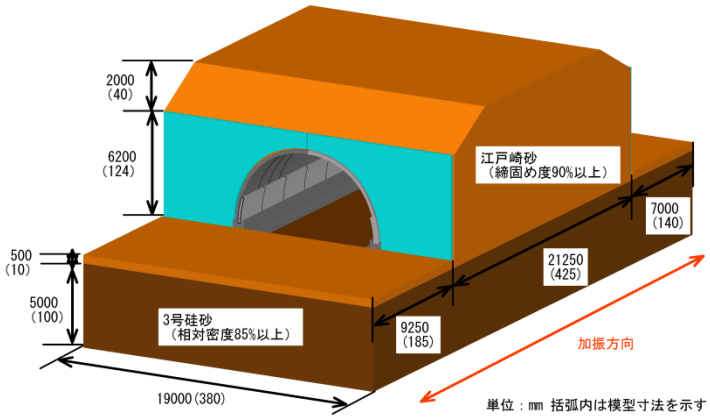

図-1 実験模型概略図

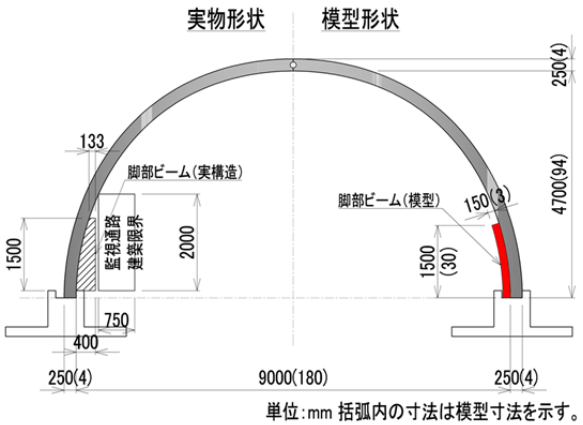

図-2　3 ヒンジアーチの形状および補強工の形状

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，耐震補強
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

© Japan Society of Civil Engineers

3．実験結果

CASE-1 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ったため，実験を終了した．**写真-1** に CASE-1 加振後の状況を示す．CASE-2 では計測器を配置した左坑口側ではなく右坑口側より崩壊していたため，どの載荷 STEP で崩壊したか確認できなかった．したがって，CASE-2 の考察は，CASE-1 と同様の STEP5 までの実験結果を対象とする．**写真-2** に CASE-2 加振後の状況を示す． 3 ヒンジアーチの応答加速度は**図-3** 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の主要部である 20 波の正側のピーク値を平均し，**図-4**，**5** に示すような応答加速度の最大値を算出した．**図-4** は CASE-1 の左坑口側への応答加速度を示す． STEP3 以降，左坑口から 2 リング目と 4 リング目のアーチ天端に取り付けた加速度計（AF2-2，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加速度計（A7，A8）の応答加速度に大きな差が見られたことから，アーチが周辺土とは独立して挙動していたと考えられる． STEP4，5 において 2 リング目と 4 リング目の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により盛土重量が小さくなり，慣性力が小さくなったためと考えられる．**図-5** は CASE-2 の左坑口側への応答加速度を示しているが，CASE-1 のような有意な差は見られなかった．よって，CASE-2 は，脚部ビーム工の補強効果によりアーチ部材が縦断方向に連結され，一体的な構造となったことにより，アーチの挙動が周辺土の挙動に支配されることで CASE-1 よりも応答加速度が抑えられたと考えられる．

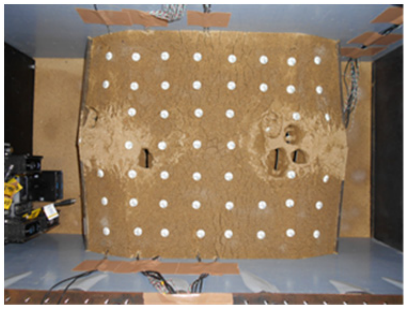

写真-1 CASE-1 加振後

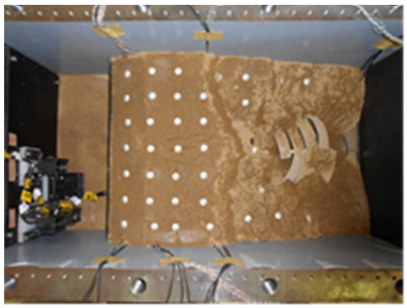

写真-2 CASE-2 加振後

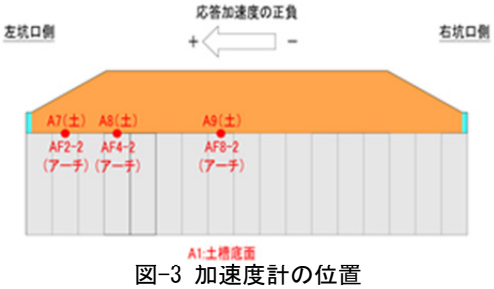

図-3 加速度計の位置

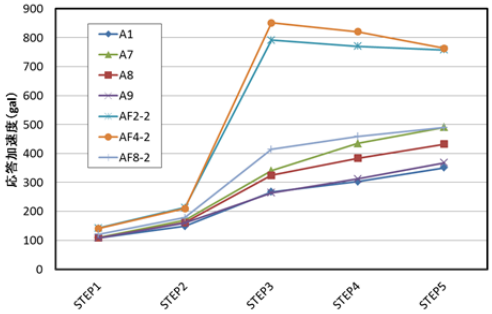

図-4 CASE-1 左坑口側への応答加速度

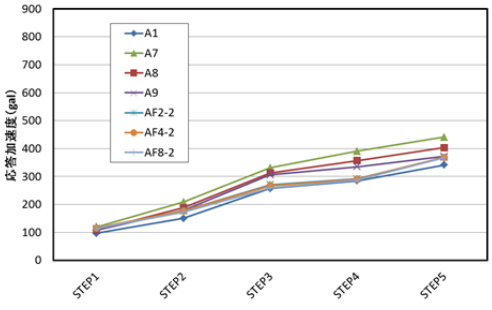

図-5 CASE-2 左坑口側への応答加速度

4．まとめ

脚部補強の補強効果を確認するため，動的遠心模型実験を実施した．実験から STEP5 程度の入力加速度以内においては脚部補強の効果は，アーチが縦断方向に一体化されることにより，アーチ天端部の応答加速度を抑えることが分かった．今後は，他の補強方法についても検討を実施し 3 ヒンジアーチの補強方法を定量的に評価していくことが必要である．

本研究は，平成 27 年度から実施している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，国立大学法人京都大学工学研究科による「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」の成果の一部である．

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

© Japan Society of Civil Engineers