

## 正負交番載荷実験による3ヒンジ式プレキャストアーチカルバートの 地震時限界性能に関する検討

国立研究開発法人土木研究所  
ヒロセ株式会社  
JEF 商事テールワン株式会社

正会員 ○篠原聖二 久保田伸一 石田雅博  
正会員 大谷義則 瀬戸英俊  
正会員 畠山慎二

### 1. はじめに

プレキャストアーチカルバートはコスト削減や工期短縮などのメリットがある一方、地震時における損傷過程や終局状態が明らかにされていないことが課題として挙げられる。本研究では、3ヒンジ式プレキャストアーチカルバートの模型供試体を対象とした正負交番載荷実験を行い、プレキャストアーチカルバートの損傷過程や破壊特性の評価を行う。

### 2. 実験条件

検討対象としたアーチカルバートの内空断面幅は、カルバート工指針<sup>1)</sup>における従来型カルバートの適用範囲 8.0m を超える 8.5m とし、土かぶりを 2.0m とした常時の荷重条件において断面諸元を決定した。実験供試体の配筋図を図-1 に示す。実験供試体は検討対象とした実大寸法の約 1/2 の縮尺とし、内空幅は 4800 mm、内空高は 2541 mm、部材厚はアーチ部 150 mm とした。鉄筋量については、実大設計と鉄筋比を合わせた配筋とした。

実験セットアップを図-2 に示す。常時の荷重状態における断面力を供試体に発生させるため、鉛直方向の軸力載荷装置および左右の水平方向載荷装置にて集中荷重を作用させた。しかしながら、集中荷重で実際の分布荷重による断面力の分布を完全に再現することは難しいため、アーチ部材中央部の曲げモーメントおよび軸力に着目し、集中荷重の作用位置及び荷重の大きさを設定することとし、鉛直方向には 90kN の荷重を頂版アーチ部 2 点に、水平方向には 114kN の荷重を底版下面より 1285 mm の位置へ載荷することとした。なお、この荷重条件下において、さらに地震時の水平荷重を与えた場合、実際の分布荷重では生じない過大な外側引張の曲げモーメントが発生することが懸念されたため、部材外側にのみ補強鉄筋を配置した。

地震時の水平荷重については、常時の荷重を保持した状態で、基準変位の整数倍の水平変位を各載荷ステップにおいて 3 回繰り返す漸増載荷を行った。ここで、基準変位は側壁基部の鉄筋ひずみが 1725 $\mu$  (供試体に使用した鉄筋 SD345 の降伏強度の規格値を弾性係数で除した値) に達した時のアーチクラウンの水平変位とし、予備載荷の結果、基準変位は 6 mm となった。頂部の水平変位を軸線高さ 2616mm で除した値を層間変形角とすると、基準変位時での値は 0.23% となった。載荷は水平載荷装置の荷重が最大値の 80% を下回るまで行った。

### 3. 実験結果

正負交番載荷実験における水平荷重と層間変形角の関係を図-3 に示す。水平荷重は図-2 における右方向を正とした左右のジャッキ荷重の合計値で、常時の荷重載荷時からの増分を示している。供試体の損傷過程については、基

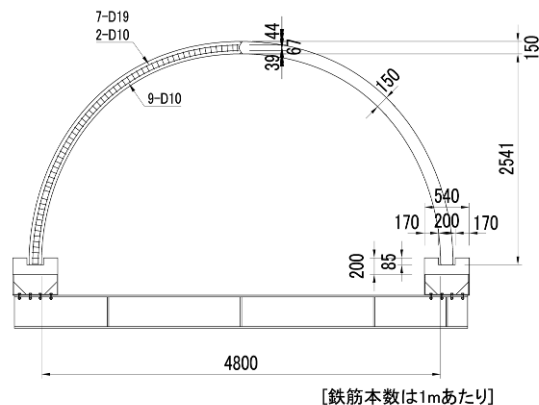


図-1 実験供試体の配筋図 (単位: mm)

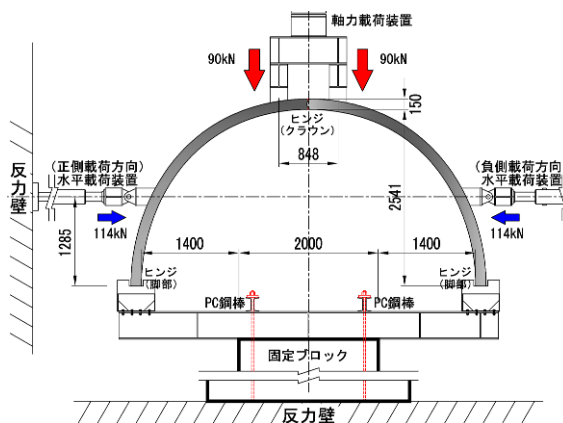


図-2 実験セットアップ (単位: mm)

キーワード 正負交番載荷, プレキャストアーチカルバート, 損傷過程, 終局状態, ヒンジ, 層間変形角

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

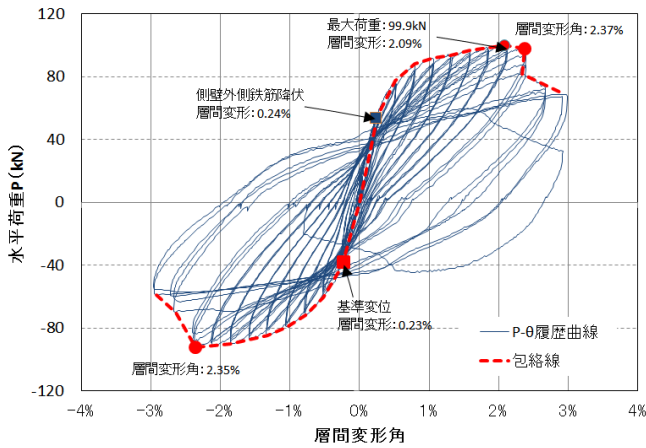


図-3 水平荷重と層間変形角の関係

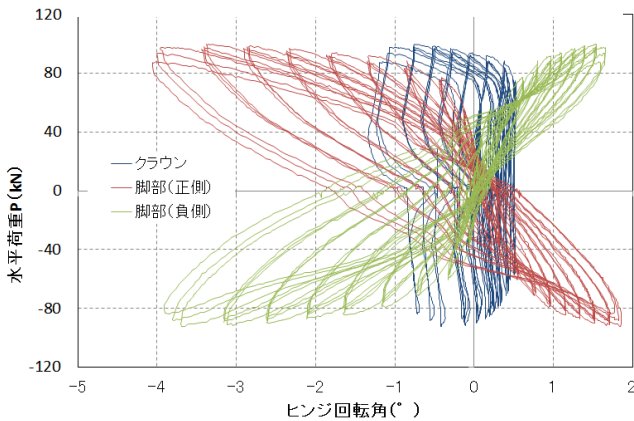
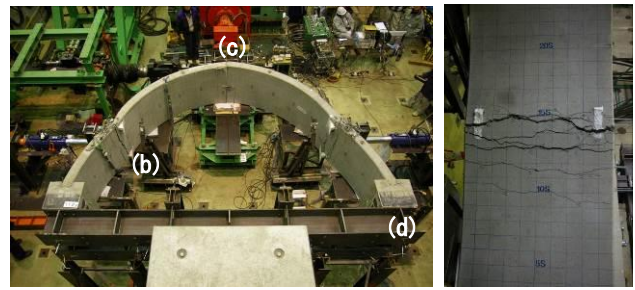


図-4 水平荷重とヒンジ回転角の関係



(a) 全景

(b) アーチ内側



(c) クラウン部のヒンジ



(d) 脚部のヒンジ

写真-1 終局時の損傷状況

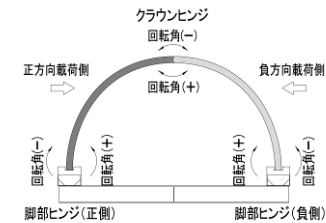


図-5 ヒンジ回転角の正負の定義

準変位に至る前の予備載荷において、アーチ部材の外側に多数の曲げひび割れが分散して発生した。次に、層間変形角 0.23%でアーチ部材の載荷点位置の鉄筋が降伏した後、荷重が徐々に増加するとともに、アーチ部材の内側に曲げひび割れが発生した。層間変形角 2.09%において最大荷重 99.9kN に達した後、層間変形角 2.3%において、アーチ部材の載荷点位置の曲げ損傷により急激に荷重が低下し終局を迎えた。写真-1に終局時の供試体全景および各部材の損傷状況を示す。写真-1(a)より、終局状態では載荷点位置のアーチ部材がヒンジ化していることがわかる。載荷点位置の内側には写真-1(b)に示すような曲げ損傷が発生していた。

また、写真-1(c)および(d)に示すクラウン部のヒンジと脚部のヒンジについては、アーチ部材の曲げ損傷により供試体が終局状態に至るまで、ヒンジが外れるような脆性的な破壊は生じることはなくヒンジ機能は保持されていた。ただし、写真-1(d)に示すように、基礎コンクリートにはせん断力によるひび割れが発生しており、荷重条件や構造条件によっては、基礎コンクリートにせん断破壊が発生し、アーチ部材の脚部の支持機能が失われていた可能性がある。水平荷重とヒンジ回転角の関係を図-4に、ヒンジ回転角の正負の定義を図-5に示す。なお、ヒンジの回転角を計測するための変位計が  $10\delta_0$  の載荷途中で外れたため、図-4では  $9\delta_0$  までの計測値を示している。クラウン部のヒンジは  $\pm 1^\circ$  の範囲で、脚部のヒンジは  $-4^\circ$  から  $2^\circ$  の範囲で安定して挙動していることがわかる。

#### 4. まとめ

本研究では3ヒンジ式プレキャストアーチカルバートを対象として、正負交番載荷実験により損傷過程と破壊特性の評価を行った。得られた知見を以下に示す。(1)3ヒンジ式プレキャストアーチカルバートは、地震時の水平荷重に対して、層間変形角 2.3%に至るまでの変形能を示した。(2)クラウン部やアーチ部材脚部のヒンジは、ヒンジとしての機能を終局に至るまで保持し続け、アーチ部材の載荷点位置の曲げ損傷により終局を迎えた。(3)基礎コンクリートにはせん断力による脆性的な破壊が生じる可能性があった。なお、本研究は平成26年度から実施している国立研究開発法人土木研究所と日本テクスパン協会による「プレキャストアーチカルバートの限界状態の評価に関する共同研究」の成果の一部である。参考文献 1) (社) 日本道路協会：道路土工カルバート工指針，2010.3。