

正負交番載荷実験による2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
モジュラー工法協会

正会員 ○久保田伸一 篠原聖二 石田雅博
正会員 藤原慎八 非会員 三岡善平 小高武

1. はじめに

プレキャストアーチカルバートは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。本稿は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目的として、2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実験を行い、その結果から地震時の限界性能を検討したものである。

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は、カルバート工指針¹⁾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程度とし、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。実験供試体はこの実大の1/2縮尺の寸法とした。実験供試体の配筋図を図-1に示す。内空幅は4228mm、内空高は2600mm、部材厚はアーチ部175mm、底版250mmとし、鉄筋量は実大設計と鉄筋比を合わせた配筋とした。

実験のセットアップ図を図-2に示す。常時の荷重状態における断面力を供試体へ発生させるため、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分布を完全に再現することは難しいため、特に側壁の基部や側壁と底版の接合部の断面力に着目し、集中荷重の作用位置及び荷重の大きさを設定、鉛直方向には120kNの荷重を頂版アーチ部2点に、水平方向には40kNの荷重を底版下面より1800mmの位置へ載荷することとした。

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 μ （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、22mmとした。図-3に示すように頂部の水平変位を軸線高さで除した値を層間変形角とすると、基準変位時での値は0.74%となった。また、載荷は水平載荷装置の荷重が最大荷重の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-4に示す。水平荷重は図-2での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。損傷過程は、まず左右側壁基部の外側が層間変形角1.3%で、続いて内側が層間変形角2.2%で鉄筋が降伏し、その後、正側165.7kN、層間変形角+2.2%で最大荷重に達した。最大荷重以降は最大の約95%以内の荷重が保たれながら、層間変形角3%程度で隅角部に写真-1(b)に示すような斜め方向ひび割れが発生、正負とも層間変形角が約4.4%を過ぎたあたりから、荷重の低下が発生。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

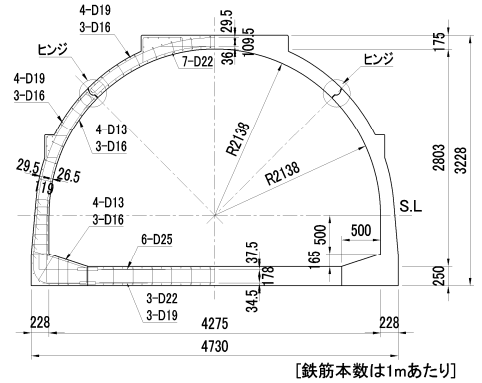


図-1 実験供試体の配筋図 (単位:mm)

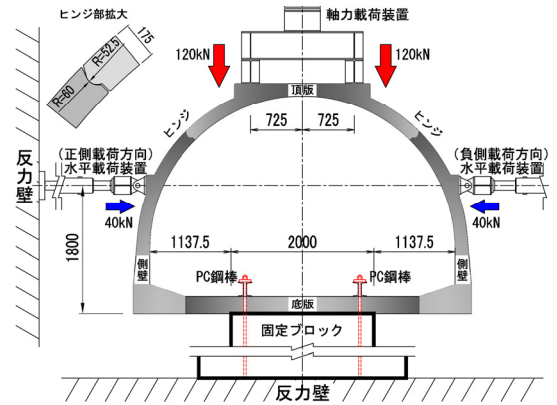


図-2 実験セットアップ図 (単位:mm)

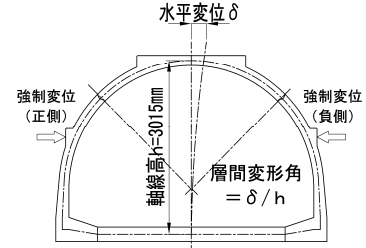


図-3 層間変形角の定義

生し終局を迎えた。写真-1(c)に示すように、かぶりコンクリートの剥落などの大きな損傷が隅角部に目立っており、終局は写真-1(d)(e)に示すような、かぶりコンクリートが剥落していない側壁基部ではなく、隅角部の損傷が原因であったと考えられる。

層間変形角とヒンジの回転角の関係を図-5に示す。載荷途中に変位計がストローク不足となり、データを取れたのは層間変形角が約3.8%までであるが、少なくともこの範囲まではヒンジの回転角と層間変形角との関係は正比例であり、ヒンジの機能が損なわれていなかったことがわかる。

また、終局状態では写真-1(f)(g)に示すようにヒンジのズレなどは生じておらず、損傷は写真-1(h)に示すように内側でかぶりコンクリートの剥離が確認できる程度であり、外側では写真-1(i)に示すように損傷は見られない。かぶりコンクリートの剥落は層間変形角4.3%程度に発生しており、その時のヒンジの回転角は図-5

からは $5^{\circ} \sim 5.5^{\circ}$ 程度であると考えられる。ヒンジ単体の実験²⁾では、回転角 4.8° で図-6に示すようなヒンジの部材間の接触が生じていることより、本実験のかぶりコンクリートの剥落は、単体実験と同様、回転角がヒンジの限界変形角を超えたため発生したと考えられる。

4. まとめ

本研究では2ヒンジ式アーチカルバートの損傷過程と終局状態の評価を行うため正負交番載荷実験を行った。得られた知見は以下である。①変形能は少なくとも最大耐力が維持された層間変形角4.4%程度以上を有している。②終局状態の発生は、隅角部の損傷が進んだことが大きな要因となった。③ヒンジは部材間の接触が生じる層間変形角4.3%程度までは損傷が発生せず、回転機能は終局に至るまで損なわれなかった。

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モジュラー工法協会による「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，平成22年3月 2)久保田伸一，大村宏幸，井上晋，木村亮，岸田潔：2ヒンジ式プレキャストアーチカルバートの継手性能確認実験に関する報告，トンネル工学報告集第21巻，pp.423-428，2011年11月

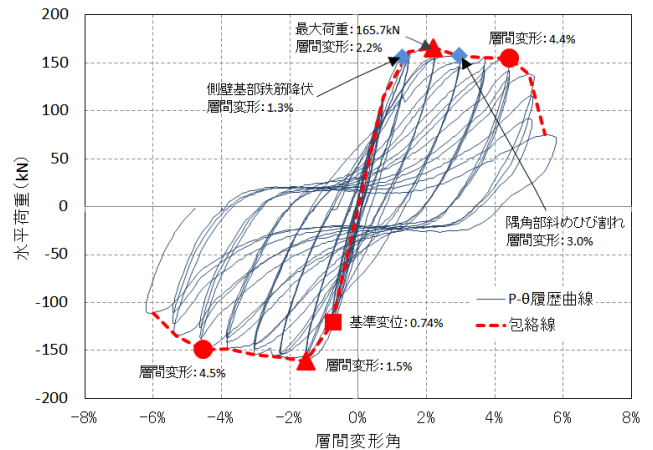


図-4 水平荷重-層間変形角の関係



(a) 全景 (矢印は撮影方向を示す)

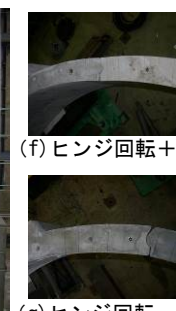
(b) 隅角部損傷 (層間変形角 3%)

(c) 隅角部損傷 (下側, 載荷終了時)



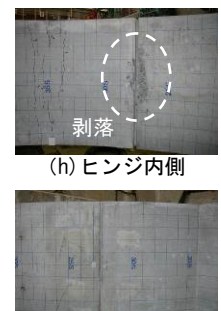
(d) 側壁基部内側

(e) 側壁基部外側



(f) ヒンジ回転+

(g) ヒンジ回転-



(h) ヒンジ内側

(i) ヒンジ外側

写真-1 実験状況写真

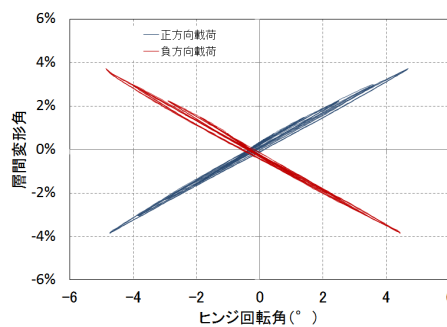


図-5 層間変形角-ヒンジ回転角の関係

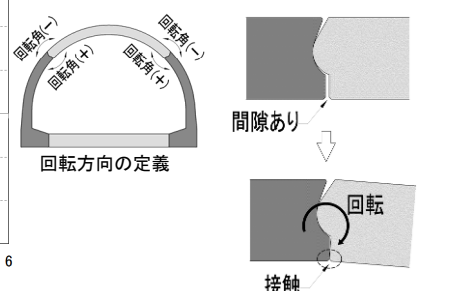


図-6 ヒンジの部材間接触