

3 ヒンジプレキャストアーチカルバートの地震時挙動に関する強震応答実験 Strong Earthquake Response Experiment on Seismic Behavior of Three-Hinge Precast Arch Culvert

○澤村康生・石原央之・岸田 潔・木村 亮

○Yasuo SAWAMURA, Hiroyuki ISHIHARA, Kiyoshi KISHIDA, Makoto KIMURA

The design of traditional culvert structures in Japan has not considered seismic stability. In recent years, however, the construction of precast arch culverts, which include hinges in the main body and are outside the range of conventional culverts, has been increasing. In this study, large-scale shaking table tests using a strong earthquake response simulator were conducted to clarify the seismic behavior of a three-hinge precast arch culvert. Furthermore, the inner space displacement and the earth pressure of the culvert were measured in each construction stage. From the results, it was found that the modification mode of the component changed according to the banking height and the culvert behaved as expected in the construction stage. Moreover, it was confirmed that the hinge part did not break antecedent to the ultimate behavior of arch element during large earthquake.

1. はじめに

従来型のカルバートでは、過去の地震において目立った損傷が無かったことから、現行の設計においては原則として耐震設計を必要としない慣用設計法が適用可能であるとされている。一方、近年施工例が増加しているヒンジ式プレキャストアーチカルバートは、本体にヒンジ機能を有する柔な構造であり、従来型のカルバートとは異なる設計思想に基づくカルバートである。同構造は、部材のたわみをある程度許容することで地盤反力を積極的に引き出し、力学的に安定な構造となる。そのため、部材の剛性により外力を支持する他の形式に比べ、部材厚を薄くして大断面・高土被りでの施工が可能となる。しかし、従来型カルバートに対する慣用設計法が適用できず、盛土との動的相互作用に関する検討が必要である。

これまで同構造の耐震性に関しては、土被りと加振方向に関する検討（入江ら，2002）や、縦横断方向の振動特性に関する検討（豊田・伊藤，2000）などが行われており、一定の耐震性能を有することが確認されている。しかしながら、先の東北地方太平洋沖地震では、高速道路において複数の被害が報告されており（安部・中村，2014）、強地震時における挙動、さらには地震時の限界状態について明確にしていく必要が有る。

そこで本研究では、実構造に対して 1/5 スケールの 3 ヒンジプレキャストアーチカルバートを用いて強震応答実験装置を用いた振動実験を実施し、

地震時挙動の検討を行った。加えて、模型地盤の作製過程における内空変位や作用土圧を計測し、盛土施工段階における挙動の分析も実施した。

2. 実験条件

本実験は、京都大学防災研究所所有の強震応答実験装置を用いて実施した。Fig. 1 に実験土槽と計測器の配置を示す。実験土槽の側壁は下部がヒンジ構造の可動壁となっており、両壁の上部を PC 鋼棒で接続することで地盤のせん断変形を許容する構造となっている。

本実験対象である 3 ヒンジプレキャストアーチカルバートは、左右のプレキャスト性のアーチ部材と基礎部で構成されている。左右のアーチ部材

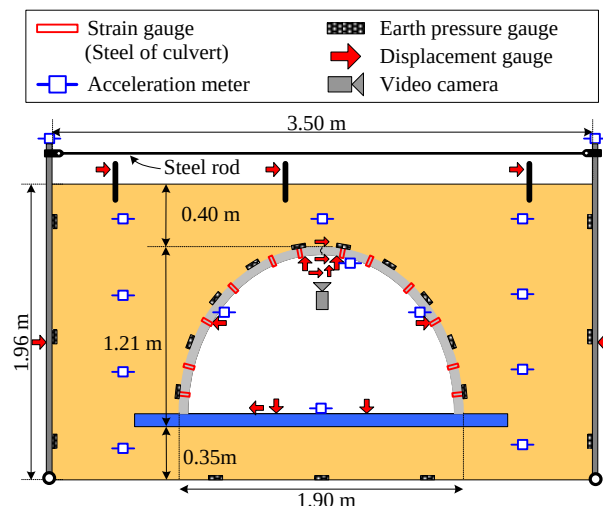


Fig. 1 Diagrammatic illustration

は互いにもたれあうように組み立てられ、両脚部と天端、計3点の継手部をヒンジ構造としている。

入力地震動としては、道路橋示方書の L1, L2 地震動をそれぞれ入力した後、より大きな地盤変形を発生させてカルバートの限界状態を確認するために、1 Hz のテーパ付き正弦波を追加的に入力した。本稿では、最大加速度 9.76 m/sec^2 の正弦波 10 波を入力した際の結果を報告する。

3. 実験結果

Fig. 2 に壁面（地表面高さ：1.96 m）と中央付近の地表面における水平変位の時刻歴を示す。右向きの変位が最大となるのは、10.318 sec であり、このとき壁面では 149.69 mm、盛土地表面では 145.65 mm の変位が発生した。それぞれの値から算出した地盤のせん断ひずみは、壁面近傍で 7.64 %、中央付近で 7.43 %である。

つぎに Fig. 3 には、左側のアーチ肩部における鉄筋ひずみの時刻歴を示す。内空側の鉄筋に着目すると、加振開始から次第にひずみが大きくなり、6 秒付近で降伏ひずみ (3000μ) に達していることが確認できる。その後、加振に伴ってさらに塑性ひずみが蓄積し、最終的には 8000μ を超えるひずみが発生する。さらに、Fig. 4 には右向きの変位が最大となる 10.318sec における鉄筋ひずみ分布を示す。同図より、3 ヒンジプレキャストアーチカルバートでは肩部において大きなひずみが発生すること、また外側の鉄筋と比較して、内側の鉄筋に大きなひずみが発生することがわかる。

Fig. 5 には、頂部におけるヒンジ部の回転角の時刻歴を示す。同図より、ヒンジの回転角は加振により外空側に蓄積していくことが確認できる。しかしながら、周辺地盤に 7%を超えるようなせん断ひずみが発生し、さらに鉄筋の塑性化が進んだ場合においても、ヒンジ部が先行的に逸脱し崩壊に至ることはなかった。

4. まとめ

地盤のせん断ひずみが 7 %を超えるような大変形を与えた場合には、アーチ部材が著しく塑性化し、ヒンジ部でも外空側への変位が蓄積するが、部材が終局状態に至る前に先行的にヒンジ部が外れる可能性は低いと考えられる。

参考文献

1) 安部哲生，中村雅範（2014）：高速道路におけ

る大型の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, pp.8-11.

- 2) 入江伸明，伊藤和也，高橋章浩，日下部治（2002）：3 ヒンジトンネルの地震時挙動に関する遠心実験，第 37 回地盤工学研究発表会，pp.1779-1780.
- 3) 豊田浩史，伊藤寿晃（2000）：テールアルメ盛土と 3 ヒンジアーチの動的挙動に与える加振条件と各種物性値の影響，土木学会論文集，No.666/III-53, pp.279-289.

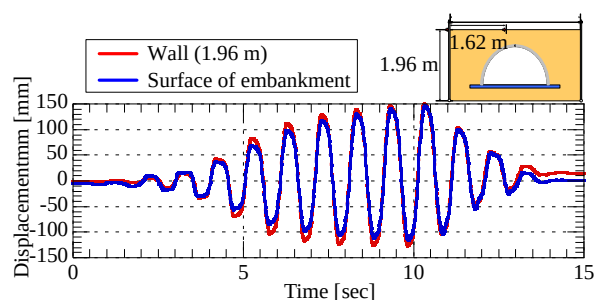


Fig. 2 Time history of steel strain

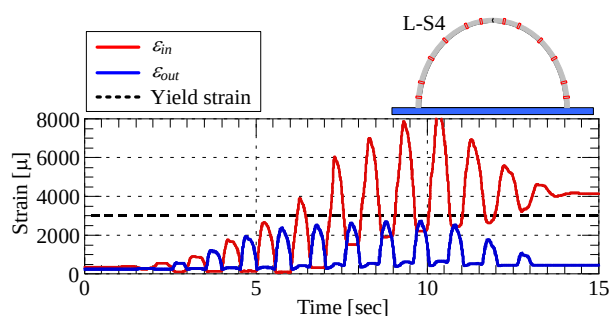


Fig. 3 Time history of steel strain

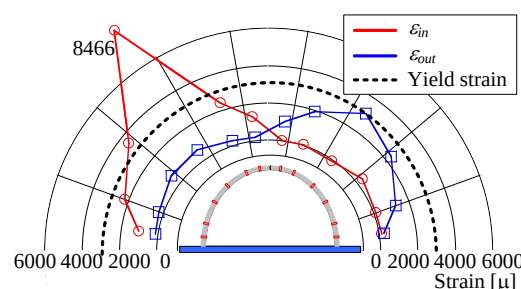


Fig. 4 Distribution of steel strain at t = 10.318 sec

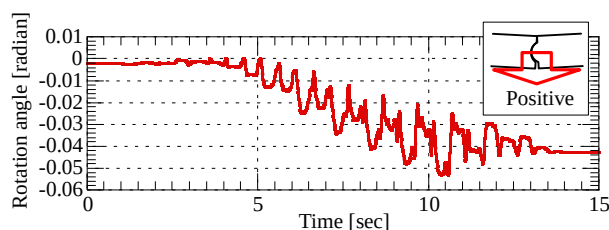


Fig. 5 Time history of rotating angle at hinge