

**「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成24年度採択)
研究概要**

番号	研究課題名	研究代表者
No.22-4	大型実験および数値解析による連続アーチカルバート盛土の設計規範の構築に関する研究	京都大学 教授 木村 亮

高規格道路における盛土の閉塞感と高架橋のコスト高という問題を解決する構造物として、ヒンジ式プレキャストアーチカルバートを連続的に設置した「連続アーチカルバート盛土」が提案されている。本研究では、地震時の損傷形態と要求性能を明確にし、同構造の設計規範を構築することを目的に、大型振動台実験とその数値解析をはじめとする種々の検討を実施する。

1. 研究の背景・目的 (研究開始当初の背景・動機、目標等)

高規格道路を建設する際には、機能上の理由により盛土や高架橋によって他の道路や鉄道などと立体交差させて分離する必要がある。ここで、盛土は地域を分断し、高架橋は盛土に比べて建設・維持管理が高価であるという問題がある。そこで申請者らは、盛土内に複数のアーチカルバートを設置した新しい盛土構造を提案し、その実用化を目指している。

提案する構造は、柔なアーチカルバートを連続的に含むものであり、地震時のカルバートと盛土の動的挙動、相互作用を解明する必要がある。そこで本研究では、振動実験(大型振動台、遠心模型実験)と数値解析、現場計測およびプレキャストカルバートの継手試験を実施し、アーチカルバートを複数含む盛土構造の損傷形態と地震時要求性能を解明し、耐震性を考慮した設計規範の確立を目指す。

2. 研究内容 (研究の方法・項目等)

- (1) カルバート縦断方向・横断方向に対する遠心模型実験とその数値解析
- (2) 強地震時におけるプレキャストアーチカルバートの挙動に関する大型振動台実験とその数値解析
- (3) 継手部の性能試験と現場計測によるカルバート構造形式の検討
- (4) プレキャストアーチカルバートの耐震性評価と設計規範の提案

3. 研究成果 (図表・写真等を活用し分かりやすく記述)

- カルバート縦断方向の耐震性に関して、カルバート間の目地の開きや壁面変位を抑制するという観点からは、カルバート同士を連結した方が有利である。また、カルバート直上の土被りが大きい方が、カルバートの拘束圧が大きくなり挙動が安定することから、坑口付近には一定以上の土被りを設けることが望ましい。
- カルバート横断方向の耐震性に関して、遠心実験と数値解析より、各構造形式と盛土高に関する基本的な動的挙動を確認した。特に連続アーチ盛土に用いられるヒンジ式のアーチカルバートについては、盛土高によらず地震時の曲げモーメント増分は一定であること、盛土高が大きくなると拘束圧によりヒンジ機能が抑制されることを確認した。
- 地盤のせん断ひずみが7%を超えるような条件では、コンクリートの表面に無数のクラックが発生し、鉄筋には降伏ひずみの2倍以上のひずみが発生する。しかしながら、加振中にヒンジ部が先行して逸脱し、カルバート全体が崩壊するようなことはない。
- 大型振動台実験とその数値解析により、応答変位法に代表される静的照査法を用いても、カルバートの損傷過程を精度よく再現可能であることを確認した(Fig. 1)。したがって、カルバート横断方向の設計を行う際には、これまで地中構造物に対して用いられてきた、応答変位法、応答変位法などの静的照査方法による適用が可能であると考えられる。しかし、ヒンジ部については、しかるべき性能試験を実施した上で、その特性を適切に表現しうるモデルを用いることが重要である。
- ヒンジ式のプレキャストアーチカルバートは周辺地盤から積極的に地盤反力を引き出し安定化する構造物である。しかしその反面、周囲の地盤の挙動に大きく影響を受ける。現状の設計では、基礎地盤は強度のみで評価しているが、不同沈下に対する照査も必要である。
- 連続アーチカルバート盛土のように一定間隔でカルバートが設置されている場合には、その設置間隔が狭い方がカルバートと地盤を含む全体の剛性が高くなるため、カルバートに発生する断面力や変形が小さくなる。したがって、このような条件では、単独で設置された場合が最も厳しい条件となるため、単独で設置さ

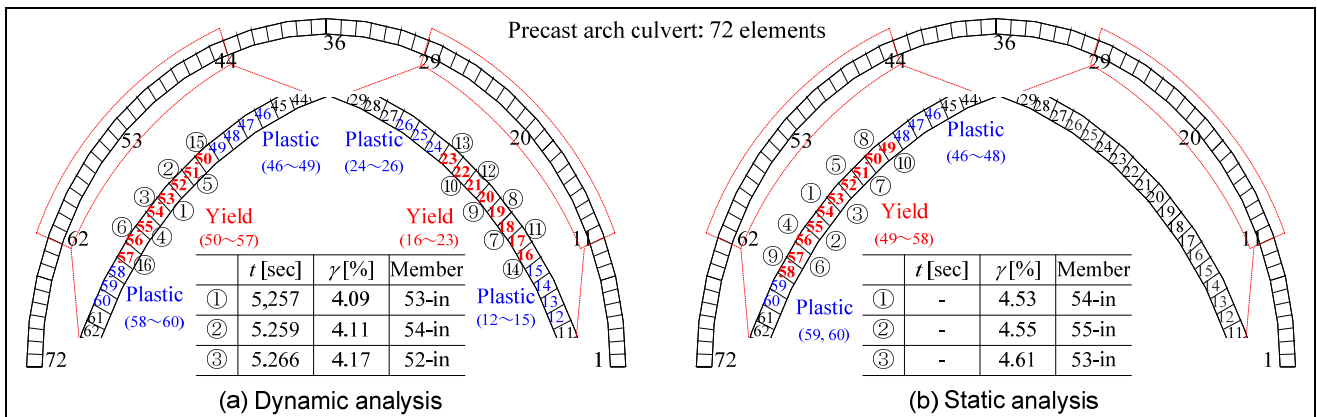


Fig. 1 Damage process of reinforcing steel

れた場合を対象に耐震性の検討を行えばよいことを確認した。しかしながら、実構造を考えた場合、連続アーチカルバート盛土の端部に設置されたカルバートには、左右から偏土圧が作用し、これにより挙動が大きく変化することが予想される。したがって、現状においては、単独で設置された場合の耐震性の照査に加えて、動的照査法による耐震性の検討を標準とするのが望ましい。

4. 主な発表論文 (研究代表者はゴシック、研究分担者は下線)

- 1) 澤村康生, 荒居旅人, 岸田 潔, 木村 亮: 壁面工を有する盛土内に設置されたアーチカルバートにおける縦断方向の地震時挙動に関する遠心模型実験, 地盤工学ジャーナル, Vol. 9(1), pp. 41-57, 2014-3.
- 2) Sawamura, Y., Kishida, K. and Kimura, M.: Evaluation of Dynamic behavior of culverts and embankments through centrifuge model tests and a numerical analysis, Proc. of the 14th IACMAG, pp.743-748, 2014-9.
- 3) Sawamura, Y., Ishihara, H., Kishida, K. and Kimura, M.: Seismic Assessment of Two-Hinge Precast Arch Culvert based on Shaking Table Test through Strong Earthquake Response Simulator, Proc. of the 27th KKHTCNN Symp. on Civil Engineering, S-8-1, 2014-11.
- 4) 澤村康生, 石原央之, 岸田 潔, 木村 亮: 強震応答実験装置を用いた 3 ヒンジプレキャストアーチカルバートの振動実験, 第 59 回地盤工学シンポジウム論文集, pp.207-214, 2014-11.

5. 今後の展望 (研究成果の活用や発展性、今後の課題等)

(1) 3次元的な挙動の確認

本研究では、カルバートを含む盛土構造の耐震性に関して、カルバートの方向と地震動の方向を関連付けて検討を行ってきた。これにより、それぞれの地震動による損傷形態や解析手法について確認することが出来た。今後の展望としては、3次元的な挙動の解明が挙げられる。特に、盛土に対して一定の角度を持ってカルバートが設置している際には、坑口付近において「小土被り・偏土圧」の条件となりやすく、カルバートの挙動が不安定になることが予想される。2011年の東北地方太平洋沖地震においては、このような条件において大きな被害が発生していることから、この点に着目した更なる検討が望まれる。

(2) 既設構造物の耐震補強・復旧方法に関する検討

ヒンジ式のプレキャストアーチカルバートは、高速道路をはじめ日本全国に数百件の施工実績を有する構造物である。本研究により、現行の設計法に基づき、適切に設計・施工されたカルバートについては、一定の耐震性能を有することが確認された。しかしながら、既設のカルバートに対しては、必要に応じて耐震補強を行う必要があると考えられるが、どのような損傷に対してどのような耐震補強対策が有効なのか明らかになっていない。今後は、震災後の復旧方法と併せて、この点について議論を深める必要がある。

6. 道路政策の質の向上への寄与 (研究成果の実務への反映見込み等)

本研究では、遠心模型実験・大型振動台実験とその数値解析、継手部の性能試験、現場計測をはじめとする様々な方法でヒンジ式のプレキャストアーチカルバートの耐震性について検討を行った。さらに、これらの成果を取りまとめる際には、産官学連携による議論を重ね、道路管理者や道路事業者にとってわかりやすい形で設計規範を構築することが出来た。これらの成果は、コスト縮減や現場での省力化により今後ますます需要が拡大されると考えられる本構造の耐震設計法に大きく貢献するものである。

7. ホームページ等 (関連ウェブサイト等)

本研究による成果を発表した研究論文リスト、公開実験の様子などは、研究代表者が所属する研究室のホームページ (<http://geomechanics.kuciv.kyoto-u.ac.jp/index.html>) において閲覧することが可能である。