

## 道路政策の質の向上に資する技術研究開発

## 【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

		氏名（ふりがな）	所属	役職	
①研究代表者		木村 亮（きむら まこと）	京都大学大学院 工学研究科	教授	
②研究 テーマ	名称	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			
	政策 領域	[主領域] 【領域4】	公募 タイプ	タイプII	
		[副領域] 【領域5】			
③研究経費（単位：万円）		平成24年度	平成25年度	平成26年度	総合計
※H24は受託金額、H25以降は計画額を記入。端数切り捨て。		1200	2500	1300	
④研究者氏名		（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）			
氏名		所属・役職			
井上 晋		大阪工業大学・教授			
岸田 潔		京都大学・准教授			
長屋 淳一		(株)地域地盤環境研究所・取締役			
澤村 康生		京都大学・博士後期課程（日本学術振興会特別研究員）			
⑤研究の目的・目標		（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）			
		<p>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。</p> <p>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耐震安定性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。</p>			

## ⑥これまでの研究経過

(研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら具体的に記入。また、研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性についても記入。)

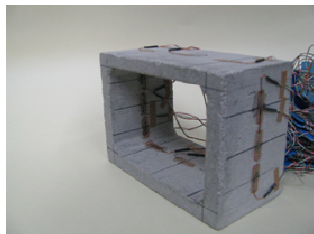
本研究では、アーチルバートを複数含む盛土構造の耐震安定性と地震時要求性能を解明し、耐震性を考慮した設計規範の確立および復旧性に関する検討を行うために、(a) 遠心模型実験とその数値解析、(b) 大型振動台実験、(c) カルバート構造形式の検討、の3点について研究を実施している。以下には、それぞれの項目について平成24年度に実施した研究の進捗状況を示す。

### (a) 遠心模型実験とその数値解析

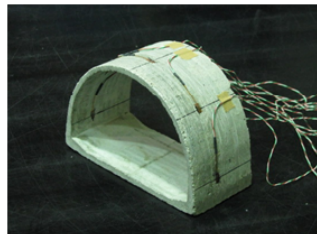
#### 【カルバート横断方向に関する実験】

カルバートの構造形式と盛土高がカルバート構造物の地震時挙動に与える影響を明らかにするために、遠心力50 G場における動的遠心模型実験とその数値解析を実施した。実験では、写真1に示す3種類の模型を作製した。

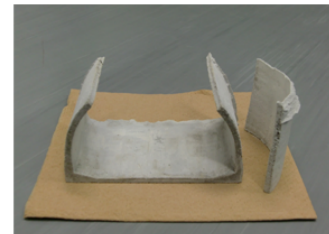
遠心実験と数値解析より、各構造形式と盛土高に関する基本的な動的挙動を確認した。特に連続アーチ盛土に用いられるヒンジ式のアーチカルバートについては、アーチの肩部はヒンジにより曲げモーメントがゼロになることで脚部の負担割合が増加すること、盛土高によらず地震時の曲げモーメント増分は一定であること(図1)、盛土高が大きくなると拘束圧によりヒンジ機能が抑制されることを確認した。これらの結果を踏まえて、平成25年度に実施する大型振動台実験では、特に継手部の挙動について詳しく検討を行う。



(a) ボックスモデル



(b) 剛結アーチモデル



(c) 2ヒンジアーチモデル

写真1 実験で用いたカルバート模型

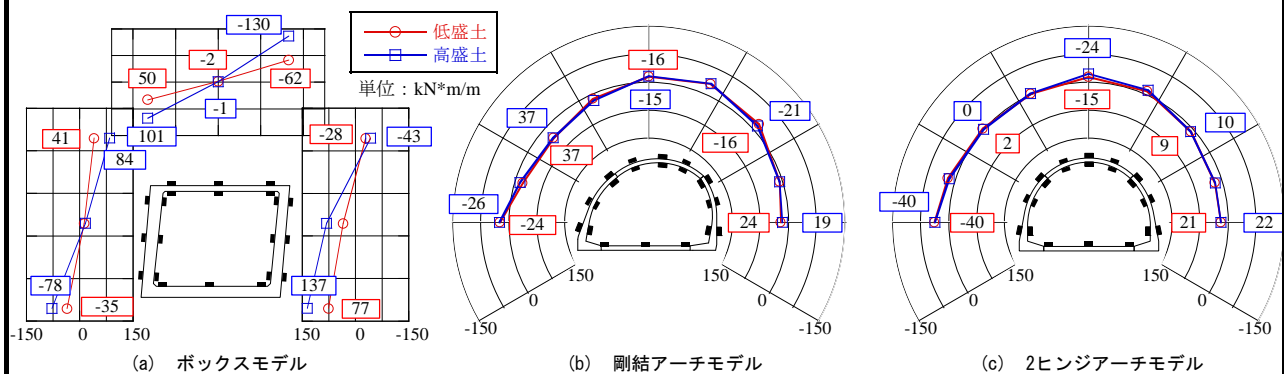


図1 各構造形式で作用する曲げモーメント増分の分布

【カルバート縦断方向に関する検討】

カルバート縦断方向の耐震性については、カルバートの被災事例の主たる方向であるにも関わらず、地震で被害を受けた場合には復旧を行えばよいとの認識から、十分に検討が行われていない。そのため、坑口付近の地震時挙動などが未解明なまま、設計・施工が行われているのが現状である。そこで本研究では、アーチカルバート盛土を対象として、カルバート縦断方向の耐震性に関する基礎データの収集と地震時要求性能の明確化を目的に、カルバート間の連結様式および坑口付近の挙動に着目した遠心模型実験を実施し、カルバートを含む盛土構造の地震時挙動に関する検討を行った。実験では、壁面とカルバートおよびカルバート同士の連結条件と盛土高をパラメータとして、計8種類の実験を実施した。

図3、4にカルバート同士を連結、壁面とカルバートを分離した際の結果の一例を示す。同図からわかるように、カルバート同士が連結されている場合には、カルバートに圧縮および引張りが交互に生じるのに対し、分離されている場合では引張力はほとんど発生せず、発生する断面力自体も小さいことなど、基本的な動的挙動について確認した。

今後は遠心模型実験に対する数値解析も実施し、実験結果との相互補完、実際の被災事例との比較を経て、地震時挙動の把握と地震時要求性能の明確化を図る。

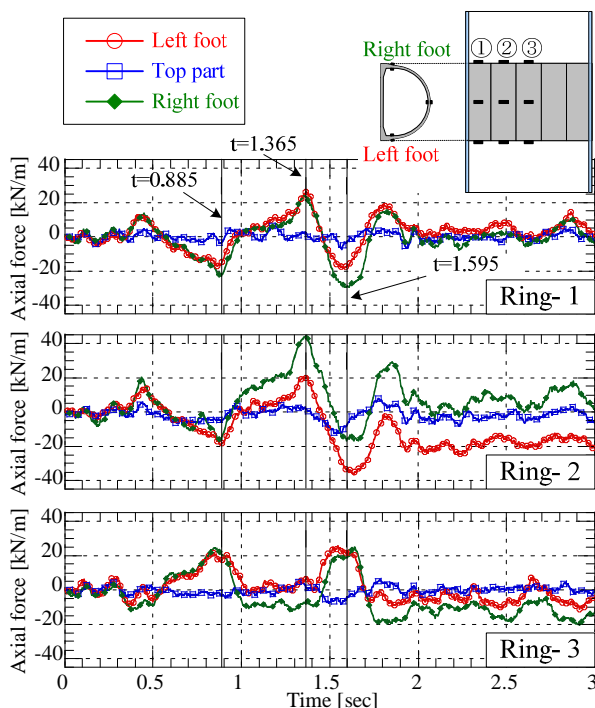


図3 軸力増分の時刻歴

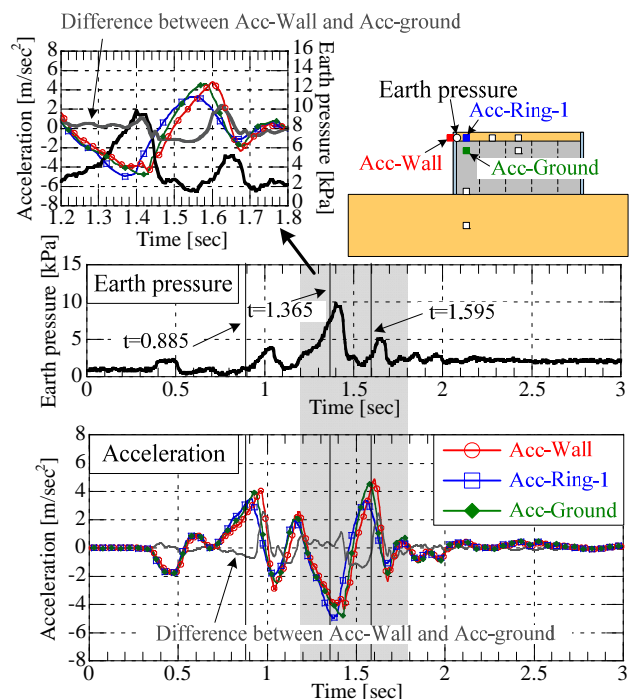


図4 壁面土圧と坑口付近の加速度の時刻歴

(b) 大型振動台実験

本実験は、遠心模型実験では正確にモデル化できないヒンジ部に関して、L2地震動に対するヒンジ部の局所的な挙動およびカルバートと地盤の動的挙動の把握を目的としている。

平成24年度は、平成25年度に実験を行うために、実験土槽の設計および実験条件について検討を行った。大型振動台装置の性能や実験目的を踏まえて、写真2に示す実験土槽を作製し、実験で用いるカルバートの設計条件等について製造メーカーと協議してカルバートの寸法を決定した(図5)。また、大型振動台実験に先立ち、L2地震動を用いた数値解析を実施し、解析におけるモデル化、計測項目等について検討を行った(図6)。

平成25年度は、作製した土槽を用いて、3度の実験を実施すると共に、その数値解析を実施する予定である。



写真2 作製した土槽

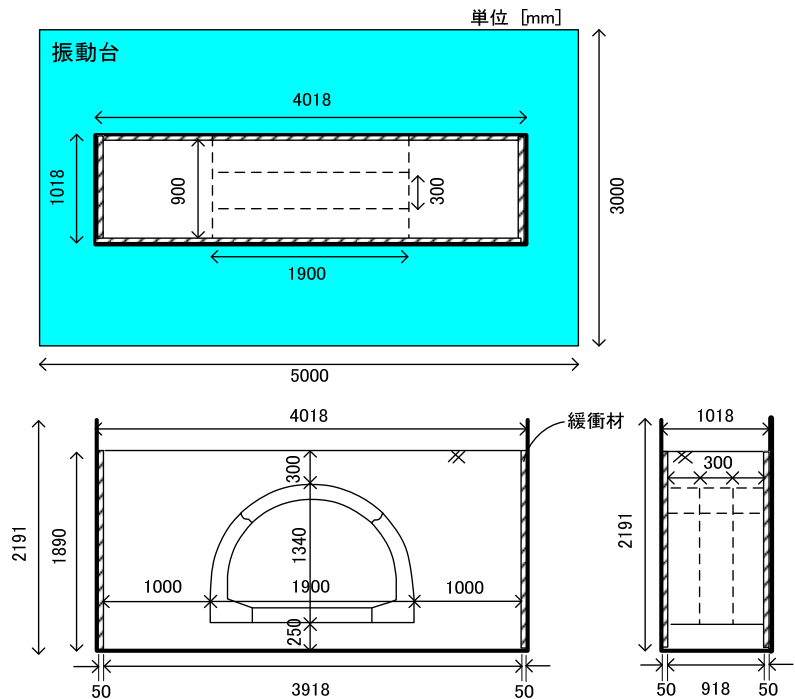


図5 実験対象概要

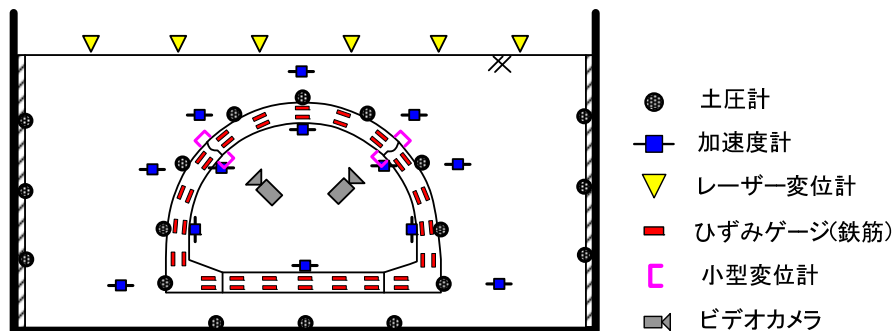


図6 計測器配置

### (c) カルバート構造形式に関する検討

#### 【現場計測】

平成24年度は、東日本大震災に対する2ヒンジタイプのカルバートの被災事例の取りまとめを実施した。調査対象地域に存在する2ヒンジタイプのカルバートは、大きな損傷・被災が見られなかった。2か所ほど、軽微な被災が確認された。被災形態としては、坑口部のずれ、カルバート縦断方向の変形による盛土材の流出、盛土上の道路の凹凸の発生である。カルバート縦断方向に関する検討は、ここでの被災形態に対応するものである。平成25年度以降は、実際の現象との対応を考慮に入れた結果の解釈を進める予定である。

実現場において多連アーチカルバートの応力・変形を計測し、設計値と比較して設計方法の妥当性を検証した例は少ない。そこで、平成24年度では、実際に施工された2連のアーチカルバートを対象に、各盛土段階における多連アーチカルバートの応力・変位挙動の現場計測を実施した（図7）。

対象現場では、盛土施工と共に圧密沈下が発生し、図7に示すカルバートに不等沈下が作用した。結果として、設計で検討されているカルバートの曲げモーメントおよび軸力と異なる計測結果が得られている。これは、不等沈下により設計で想定されている地盤ばねとは異なる地盤から力が作用したためである。平成25年度は、継続して計測を実施すると共に、計測結果を整理・評価し、地盤ばねに対する考えから再評価しながら設計法の検証を行う。

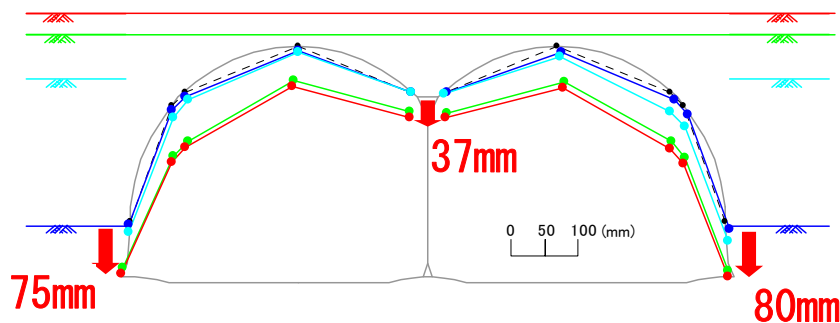


図7 現場における計測結果の一例

#### 【分割カルバートの継ぎ手部断試験、曲げ試験】

これまでヒンジ式のアーチカルバートにおいては、継手部分の回転剛性や限界状態について十分な検討が実施されていない。そこで、H24年度は、2ヒンジアーチカルバートの継手部分の曲げおよびせん断試験とその結果の議論が実施されている。これらは、近畿地方整備局の産官学プロジェクトの中で産が主体的に実施したものである（写真3、4）。

その結果、継手部における破壊の進行や、高軸力下における回転剛性等を実験的に解明された。H25年度は、実験結果の整理・評価を実施すると共に、これらの実験で得られた知見をもとに大型振動台実験での結果を行い、実際の構造物の耐震性の評価を実施する。





写真3 継手部の曲げ試験



写真4 継手部のせん断試験

図8に、本研究における申請時の計画案と、研究実施体制を示す。初年度は、ほぼ目的に沿って研究を進めることが出来た。平成25年度は、大型振動台実験を実施し、本体にヒンジ機能を有するヒンジ式アーチカルバートの耐震性について明確にする予定である。初年度の進捗と今後の予定を考慮しても、研究体制は研究課題の目標達成のために妥当であると考ええる。

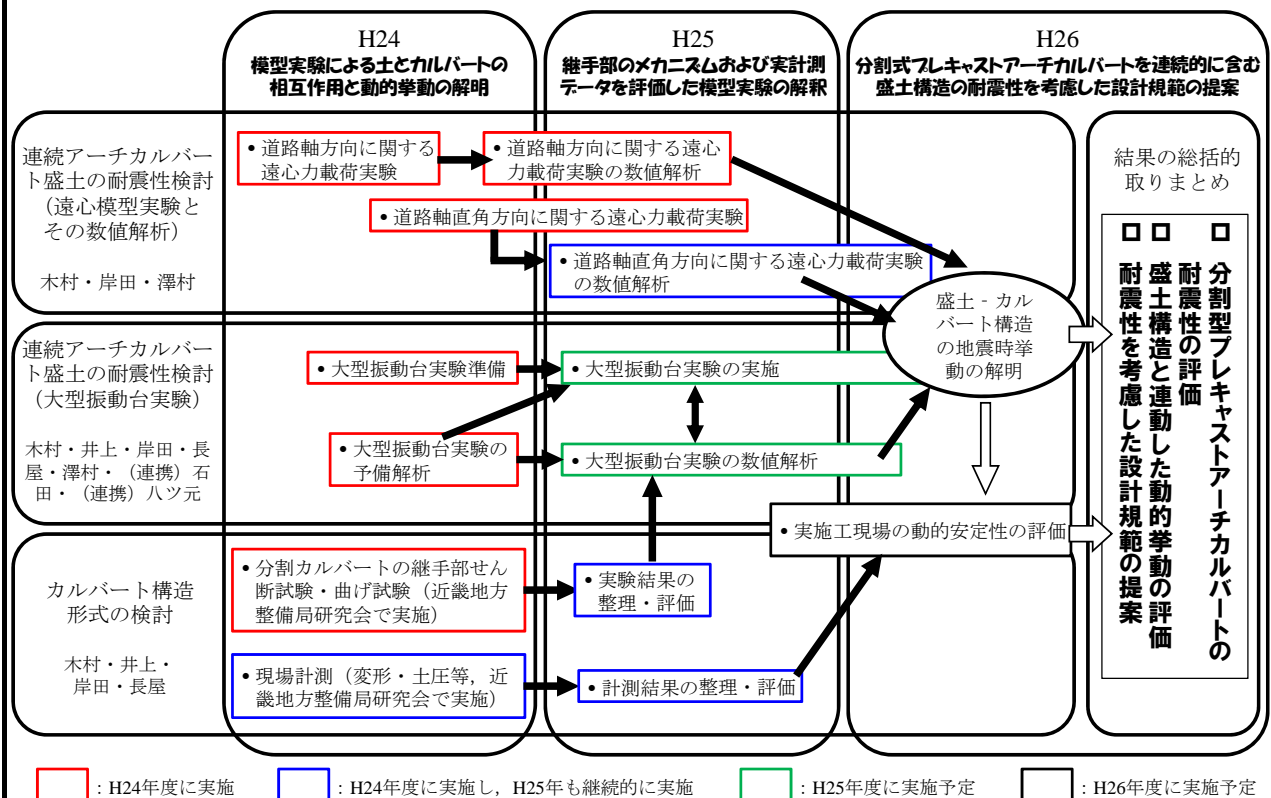


図8 本研究における計画案と研究実施体制・進捗状況

## ⑦特記事項

(研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の見通しや進捗についての自己評価も記入。)

知見・成果：初年度には以下の研究成果が得られている。

- (1) カルバート横断方向におけるカルバート構造形式と盛土高による基本的な地震時挙動
- (2) カルバート縦断方向におけるカルバート同士、坑口の処理方法と地震時挙動
- (3) 実現場における現場計測と設計における相違点，設計における留意点の把握
- (4) 継手部における回転剛性と限界状態，高軸力下における継手部の挙動

学内外等へのインパクト：本研究によって得られた成果は以下のように公表している。

- (1) 平成24年度近畿地方整備局研究発表会(H24.7)
- (2) 土木学会第67回年次学術講演会(H24.9)
- (3) 2nd Int. Conf. on transportation Geotechnics (H24.9)
- (4) 25th KKCNN Symp. on Civil Engineering (H24.10)
- (5) 平成24年度 京都大学防災研究所研究発表講演会(H25.2)

また、今後も以下の予定で初年度の成果を発表予定である。

- (1) 第48回地盤工学会研究発表会(H25.7)
- (2) 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering(H25.9)
- (3) 26th KKCNN Symp. on Civil Engineering (H25.10)
- (4) 8th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics 2014. (H26.1)

また、平成24年度は、近畿地方整備局で実施されている産官学の連携のプロジェクト会議で研究成果および今後の方針について意見交換を行った。本プロジェクト会議には、国総研および土木研究所から研究員の参画があり、様々な立場の人と意見交換を行い、本研究成果が実問題に即したものとなること、実用化されることを念頭に研究を進めた。

見通し・進捗：当初の研究計画では、初年度の内に大型振動台実験を1ケース実施する予定であったが、採択された予算額から急きょ変更になったことで、平成24年度は大型実験の準備を行った。予算上の都合で研究計画を変更し、当初の進捗は得られなかったが、次年度に向けて準備段階での細かな議論ができたことは、より正確な実験を行う上で意義あることであった。

一方、遠心模型実験やその数値解析については当初計画よりも前倒しで実施しており、成果を挙げることができた。また、大型振動台実験を前に、継手部の曲げおよびせん断実験も実施されており、大型振動台実験の結果を整理する上での基礎的な挙動を確認した。