

偏土圧の影響に着目した 3 ヒンジ式アーチカルバートの横断方向の地震時挙動

京都大学工学研究科 学生会員 ○宮崎 祐輔

京都大学工学研究科 正会員 澤村 康生, 岸田 潔, 木村 亮

1. はじめに

3 ヒンジ式アーチカルバート（以下、「3 ヒンジ式」と呼ぶ）は断面の分割位置にヒンジ機能を持たせ、部材の変形をある程度許容することで、盛土からの地盤反力を積極的に引出し安定化する。設計において、その安定性は良好な地盤条件（基礎地盤は N 値 30 以上、大きな偏土圧が作用しない¹⁾）を前提とする。現実には、道路本線とカルバートが平面交差角を有する現場で、アーチに偏土圧が作用することが懸念される。3 ヒンジ式はこの斜角を有する現場において 2011 年 3 月に起きた東北太平洋沖地震により供用性を損なう被災を経験した²⁾。これまで、筆者らは、図 1 に示す斜角を有するカルバートを対象に、カルバート縦断方向の地震時挙動を確認してきた³⁾。その結果、偏土圧の影響はアーチの軸力状態に与える影響が大きいことを確認した。そこで、本研究では、カルバート横断方向の地震時挙動に着目して、偏土圧と 3 ヒンジ式の構造的安定性の関係を解明することを目的に、遠心模型実験を実施した。

2. 実験概要

本研究では、遠心力 50 G 場において剛性土槽を用いて振動台実験を実施した。実験対象は、基礎地盤上に 3 ヒンジ式を含む盛土が建設された場合とした。図 2, 3 にアーチ模型と実験ケースの概略図を示す。図 2 より、アーチ模型は、プロトタイプ寸法で最大土被り 4.0 m、内空 8.2 m となる。図 3 に実験ケースを示す。Case-1 と Case-2 は、それぞれプロトタイプ寸法で土被り 1.0 m と 4.0 m になるよう均一に盛土した場合である。一方、Case-1_uneven と Case-2_uneven は、盛土全体の土の総重量を一致するように 5 : 1 の傾斜を与えて不均一に盛土した場合である。これらの実験ケースは、図 1 の斜角を有するカルバート構造において、偏土圧が働く横断断面を想定しており、Case-1 は坑口部を、Case-2 は盛土中央部をそれぞれ想定している。写真 1 に模型のヒンジ構造を示す。頂部ヒンジと脚部ヒンジはともに凹凸の突合せによりモデル化した。実際には、脚部ヒンジはグラウト工により回転剛性を高めている¹⁾。そのため、本モデルは、実構造より脚部の回転剛性が低いモデルである。模型材料には、実際の RC 構造と曲げ剛性が可能な限り一致し(表 1)、さらにヒンジ構造の加工が可能な厚みとして、 $t = 3.0 \text{ mm}$ のアルミ合金を用いた。アーチ部材は、奥行 58 mm の部材とその半分の奥行 29 mm の半アーチ部材を左右に組み合わせて、実施工と同様に千鳥配置した。計測項目は、アーチ部材のひずみである。模型地盤は、3 ヒンジ式の施工基準¹⁾を参考に、江戸崎砂を用いて最適含水比 18 %に調整した後、締固め度 92 %で作製した。土槽には、剛性土槽の反射波の影響を緩和するため、加振方向に垂直な土槽壁面に厚さ 2.0 mm、圧縮強度 0.070 N/mm² (10 %圧縮時)

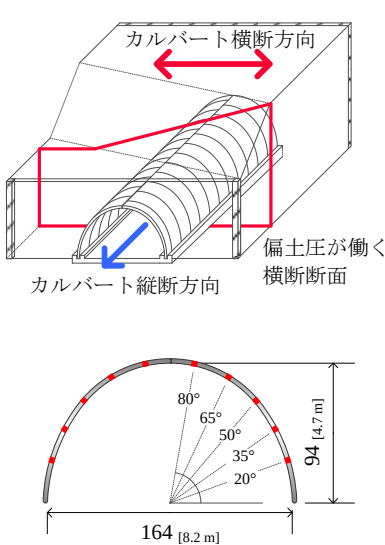


図2 アーチ模型の概略図

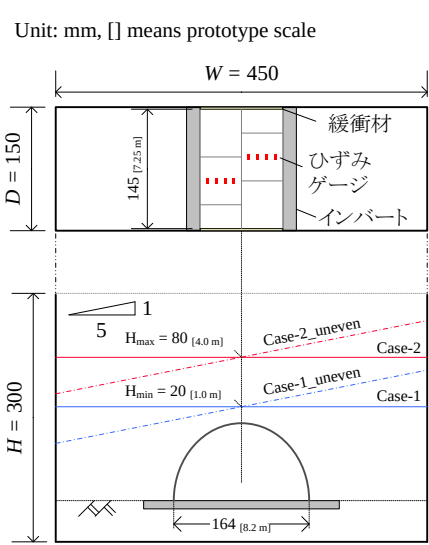


図3 実験ケースの概略図

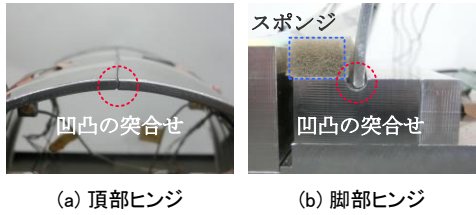


写真1 実験模型のヒンジ構造

表1 実物寸法のRC構造とアルミ模型の諸元				
諸元	—	単位	RC構造	アルミ模型
ヤング率	E	[kN/m ²]	3.0×10^7	7.1×10^7
奥行	a	[mm]	1250	2900
部材厚	t	[mm]	250	150
曲げ剛性	EI	[kN*m ²]	4.8×10^4	5.8×10^4
軸剛性	EA	[kN]	9.2×10^6	3.1×10^7

キーワード 3 ヒンジ式アーチカルバート, 偏土圧, 動的遠心模型実験

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-383-3193

のゲルシートを貼付した。入力波形には 1 Hz, 20 波のテーパ付き連続波を, 最大入力加速度が 3.0 m/s^2 となるよう変位量を調整して用いた。実験結果はプロトタイプ換算値を用いる。

3. 実験結果

図 4, 5 にアーチ模型の軸力と曲げモーメントの分布を示す。同図には, 遠心力 50 G 場に到達した初期状態と加振後の値を示す。軸力は圧縮方向を正とし, 曲げモーメントは内空側への曲げを正とする。Case-2_even のみ, 図中左脚部の値は計測不良のため記載していない。

アーチ構造は周辺から作用する荷重を構造内部に伝達する圧縮力に変換することで安定する。図より, 土被りの小さな Case-1 に注目すると, Case-1_uneven では相対的に土被りが大きい右側で内空側に大きな曲げが発生するが, 同じ位置の軸力は土被り厚に対して小さい。Case-1_uneven はアーチに軸力が伝達せず, 構造的に安定しない状態となっている。加振後は軸力が減少し, 曲げが増大することで, より不安定な状態になった。一方, 土被りの大きな Case-2 では, 偏土圧の影響は曲げにおいて顕著であることがわかる。この違いは, 土被りの大きさによって生じると考えられ, アーチ全体に作用する上載荷重が十分大きいと, 偏土圧の影響が小さくなると考えられる。

図 6 に, 盛土高に対する 3 ヒンジ式の変形モードを示す。図 6(a)は, 盛土高がアーチの天端以上となる場合に, 設計で想定する変形モード¹⁾である。図 5(b), (d)の結果と比較すると, 特に Case-1_uneven において設計で想定しない不安定な変形となっている。これより, 土被りが小さく, 偏土圧が作用する坑口部において, その安定性に十分留意する必要がある。

4. まとめ

偏土圧の影響に着目した 3 ヒンジ式アーチカルバートの動的遠心模型実験の結果, 土被りが小さく不均一に盛土される場合, 3 ヒンジ式は初期状態から軸力が小さくなり, 地震動によって不安定な力学状態にさらに近づくことが明らかとなった。

謝辞: 本研究の一部は科学研究費補助金 (課題番号: 16K18148) および防災研究協会若手研究助成を受けて実施した。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】 1) 安倍哲生, 中村雅範: 各論 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 2014.4. 2) 瀬戸英俊, 大谷義則, 酒井茂賀: テクスパン工法の概要と施工事例, 基礎工, Vol.42, No.4, pp.52-55, 2014.3. 3) 宮崎祐輔, 澤村康生, 岸田 潔, 木村 亮: 不均一な上載荷重が作用するヒンジ式アーチカルバートの動的遠心模型実験, 第 71 回土木学会年次学術講演会, III-065, pp.129-130, 仙台市, 2016-9.

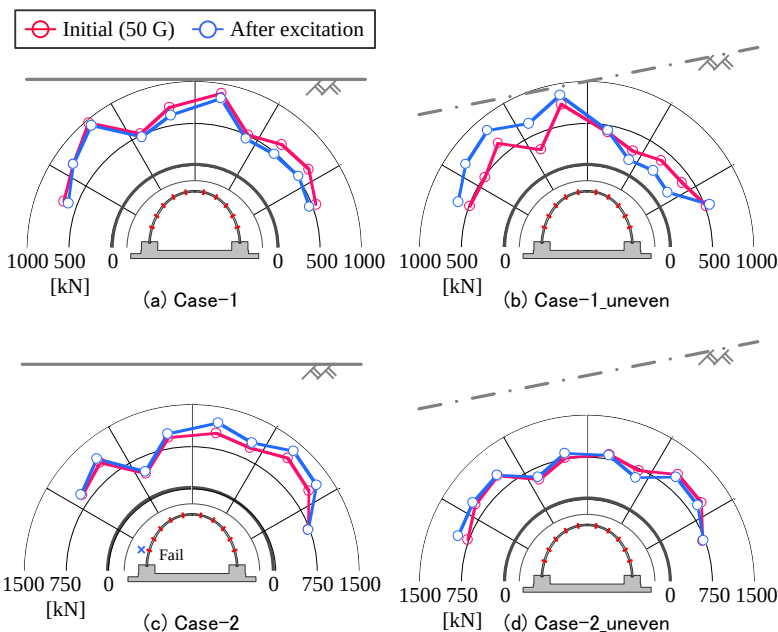


図4 軸力分布

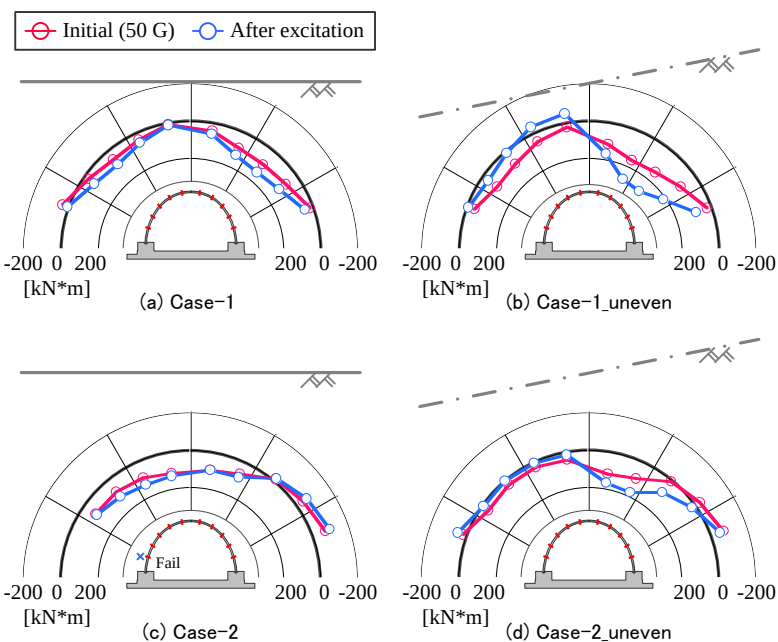


図5 曲げモーメント分布

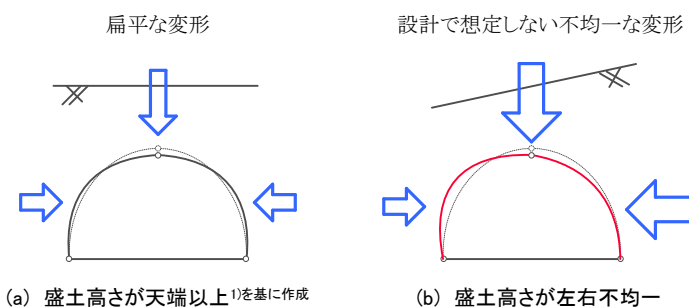


図6 盛土高に対する変形モード