

盛土形状を考慮したカルバート縦断方向の地震時挙動に関する遠心模型実験 Centrifuge model test on the earthquake performance of culvert longitudinal direction considering the embankment type of the culverts

○宮崎祐輔・澤村康生・岸田 潔・木村 亮

○Yusuke MIYAZAKI, Yasuo SAWAMURA, Kiyoshi KISHIDA, Makoto KIMURA

In Japan, precast arch culverts are in common use of such as the construction of arterial highways. This is because precast arch culverts are superior in appearance and are labor-saving. However, precast arch culverts have suffered greatly from the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake. This disaster has motivated experts to reexamine the seriousness of grasping their seismic performance. On the other hand, damage to the mouth part of culverts and to the culverts themselves seems to be related to the inertial force in the culvert longitudinal direction. In this research, we conduct dynamic centrifuge model tests on a model embankment including precast arch culverts, focusing on the influence of the embankment type on the seismic behavior in the culvert longitudinal direction. We observe the transition of the working stress on the culverts and of the embankment deformation.

1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災によりヒンジ式アーチカルバートが被災し、同構造物の被災メカニズムの解明が重要な課題となっている。被災構造物は、震源地との位置関係から道路横断方向（カルバート縦断方向）に強い地震動を受けたと考えられている。そこで、本研究では、ヒンジ式アーチカルバートを含む盛土を対象として、カルバート縦断方向の振動特性を把握することを目的に、坑口部における盛土形状に着目し、盛土形状をパラメータとしたカルバートの動的遠心模型実験を実施した。

2. 遠心模型実験

本実験では、遠心力 50 G 場において振動台実験を実施した。実験対象は、5.0 m の基礎地盤状に、3 ヒンジ式アーチカルバートを含む盛土が建設された場合とした。図 1 に実験模型の概略図、表 1 に実験ケースをそれぞれ示す。

本実験では、坑口部の盛土形状が構造全体の振動特性に及ぼす影響を確認するため、表 1 に示す 4 種の異なる盛土形状を設定した。入力波形には、1 Hz、20 波のテーパ付き連続波を用いた。ここでは、遠心力 50 G 場に到達した時点 STEP 0 とし、その後 1 ステップごとに最大入力加速度を 0.5 m/s² ずつ増やし、最大入力加速度を 0.5 ~ 5.0 m/s² とする計 10 ステップにより加振した。

表 1 実験ケース

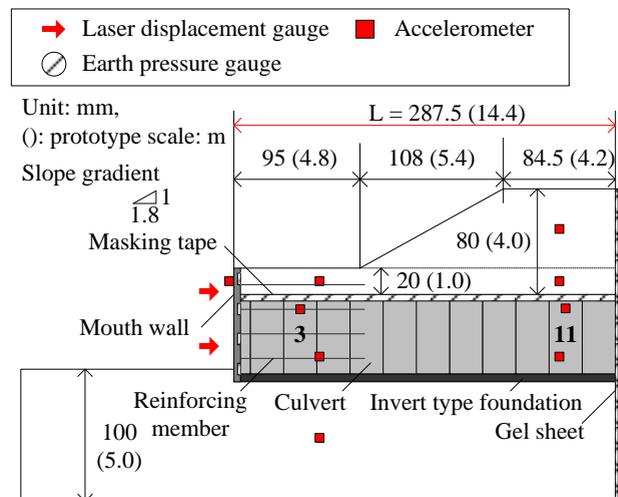
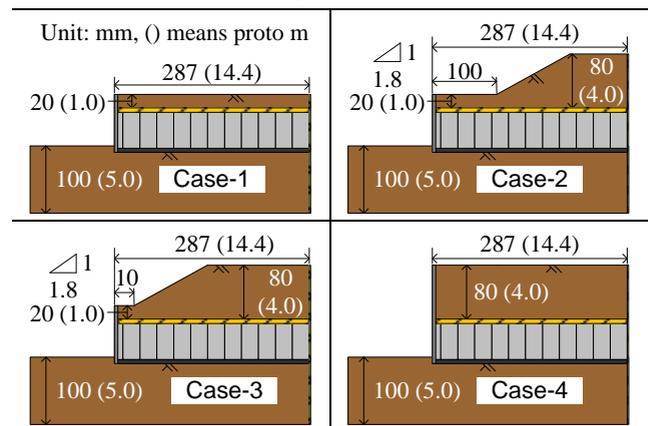


図 1 実験模型と計測項目の概略図

3. 実験結果のまとめ

本稿では、盛土の変形量の経時変化とカルバートの応答の二つの指標から縦断方向の振動特性に及ぼす盛土形状の影響を考察する。以下の実験結果では、特に記述が無い限りプロトタイプ換算した値を用いる。

(1) 盛土の変形量の経時変化

図2には、STEP 1~10(最大入力加速度 0.5~5.0 m/s²)における壁面の転倒率 R および滑動量 S の経時変化を示す。

図2(a)より、壁面は、Case-1を除く全てのケースにおいて、STEP 0(遠心力 50 G 到達時)から 0.20%程度転倒している。ただし、加振ステップ全体で見ると、全てのケースにおいて壁面はSTEP 4(最大加速度 2.0 m/s²)以降に転倒率が明確に増大し始め、その後はほぼ一定の割合で転倒率が蓄積して行く。この傾向については、滑動量についても同様である。すなわち、最終加振のSTEP 10まで、全てのケースにおいて、盛土の変形量ははらみ出す向きに蓄積して行くことがわかる。各ケースの最終加振後の変形量に注目すると、

転倒率：Case-3 > Case-4 > Case-2 > Case-1

滑動量：Case-4 > Case-3 > Case-2 > Case-1

の順にそれぞれ変形量が大きくなる結果となった。Case-3がCase-4の転倒率を上回るが、滑動量は壁面の並行移動量を意味するため、定性的には土被りが増大するにつれて壁面の変位量も増加する結果となったといえる。

(2) カルバートの応答加速度履歴

つぎに、盛土の変形状態とカルバートの応答加速度の関係について考察する。ここでは各ケースで大きく盛土が変形しているSTEP 7(最大入力加速度 3.5 m/s²)に注目する。図3には、振動台の入力加速度に対するRing 3の応答加速度の履歴を示す。ここで、応答加速度の正負は、図1における右向きを正とする。

図より、Ring 3の応答値の振幅は、Case-1 > Case-2 > Case-3 > Case-4の順となる。ここで、STEP 7では、各ケースの転倒率が、Case-1; 0.90%, Case-2; 1.92%, Case-3; 2.74%, Case-4; 2.35%であり、Case-3 > Case-4 > Case-2 > Case-1の順に大きくなる。つまり、Case-1と比べてCase-3, 4は大きく盛土が変形している一方で、坑口部のカルバートの応答加速度はCase-1よりも抑えられている。

したがって、振動台の入力加速度に若干の差異はあるものの、盛土が大きく変形している状態で

も、坑口部に一定の土被りを施すことで、カルバート縦断方向の地震動に対して坑口部のカルバートの応答が軽減する可能性が高いと考えられる。

以上より、縦断方向の振動特性に及ぼす影響は、壁面の変位量では土被りの大きさが不利に働くが、カルバートの応答を減少するという点で有利に働くと整理できる。

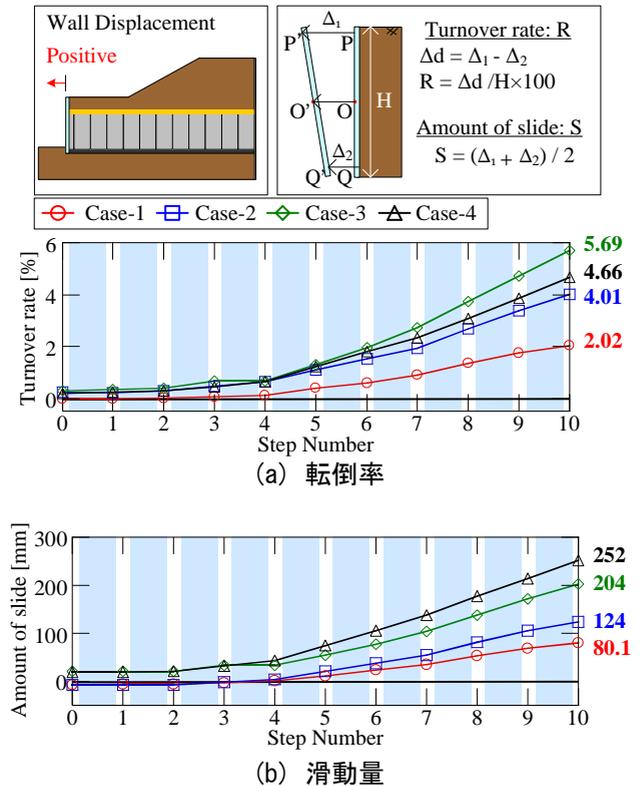


図2 盛土の変形量の経時変化

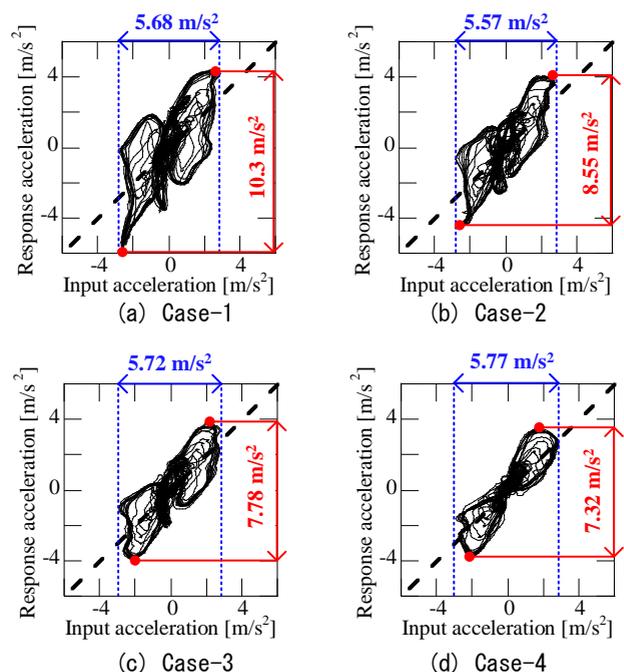


図3 Ring 3の応答加速度履歴 (STEP 7)