

背面地盤の異なる橋台における地震時の作用力と変位に関する一考察

東日本旅客鉄道 正会員 ○石橋 誠司，阿部 慶太，野本 将太
正会員 高崎 秀明，佐々木 愛，滝沢 聡

1. はじめに

鉄道において、地震時に橋台が滑動および傾斜し背面盛土に沈下が発生した場合、列車の走行安全性に影響を及ぼすことから、橋台の耐震性能を評価し、適切な耐震対策を実施することが重要である。

本稿では、背面地盤の物性値が異なる橋台における地震時の作用力と変位の関係を確認するため、佐々木ら¹⁾とともに重力場の模型振動台実験を行い、橋台に作用する土圧と摩擦力、変位の関係性について検討した。

2. 実験概要¹⁾

(1) 模型概要

実験に用いた橋台模型は首都圏にある高さ 8.0m 程度の重力式橋台を想定し、香川の相似則²⁾に従い縮尺が 1/10 となるように製作した。前面、背面および支持地盤は東北けい砂 6 号で作成し、前面および背面地盤が異なる相対密度の模型にて実験を行った。実験ケースを表-1、模型地盤の物性値を表-2に示す。

(2) 振動台実験¹⁾

振動台実験は、加振波形に鉄道構造物の耐震設計³⁾で用いられる L2 地震動スペクトル I (最大加速度 800gal, G2 地盤相当) を相似則²⁾に従って時間軸圧縮したものを用いて実施した。

3. 実験結果

(1) 橋台に作用する水平力と水平変位の関係

図-1 に加振時における橋台の水平変位 (滑動) の時刻歴を示す。加振後の残留水平変位は若干ではあるが Case-3 が大きくなった。

図-2 は、橋台の背面地盤に作用する水平土圧の時刻歴である。地盤が橋台に作用する力は、橋台に対し圧縮方向の力を土圧、せん断方向の力を摩擦力と定義した¹⁾。加振初期の水平土圧は Case-2 のほうが 0.2kN 程度大きい。加振が進むにつれて差がなくなり、6.0 秒程度から若干ではあるが Case-3 が大きくなった。初期の土圧の違いを考慮せず、地震時に増幅した土圧を比較すると、Case-3 が大きいことを示した。Case-3 の背面地盤の初期の水平土圧が小さかったのは、実験の作成のばらつきと考えられるが、詳細は今後の検討課題である。また、慣性力に差はほとんど見られなかった。

抵抗力となる橋台基礎底面の摩擦力と前面地盤の水平土圧を比較した。図-3 は、橋台基礎底面に作用する摩擦力、図-4 は、前面地盤の水平土圧の時刻歴である。橋台に作用する水平力の符号は、橋台前面側 (主働方向) を正、背面側 (受働方向) を負と定めた。

表-1 実験ケース

	背面地盤	前面地盤	支持地盤
Case-2	Dr=80%	Dr=80%	Dr=60%
Case-3	Dr=60%	Dr=60%	Dr=60%

表-2 模型地盤の物性値

	単位体積重量 γ (kN/m ³)	内部摩擦角 ($c=0$ kN/m ²)	
		ϕ_{peak} (°)	ϕ_{res} (°)
Dr=80%	15.9	44.4	36.8
Dr=60%	15.3	40.3	36.7

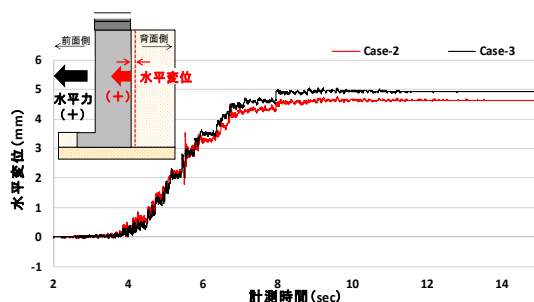


図-1 橋台の水平変位 (滑動)

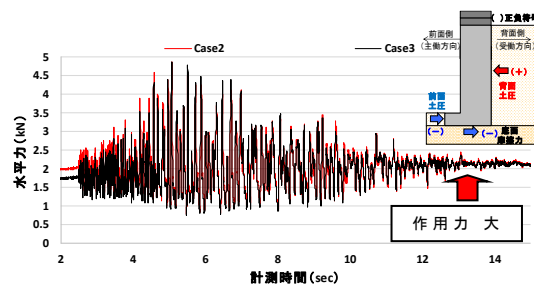


図-2 背面地盤の水平土圧

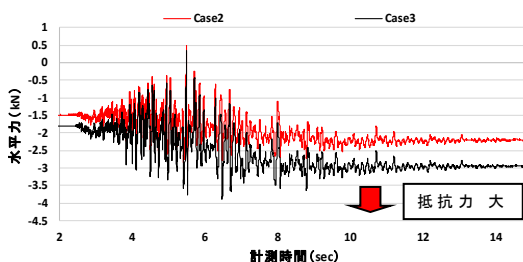


図-3 橋台基礎底面の摩擦力

キーワード：橋台、地震時土圧、変位

連絡先：東京都新宿区西新宿二丁目 6 番 1 号新宿住友ビル 31 階 東日本旅客鉄道 (株) 構造技術センター TEL. 03-6276-1251 Fax. 03-5371-3524

図-3の橋台基礎底面の摩擦力は、Case-3が初期に0.3kN程度、加振後には0.8kN程度大きい抵抗力を示した。支持地盤の物性値は同様な相対密度で設定しているが、製作時の誤差によりこの差が発現したと推察される。図-4の前面地盤の水平土圧は、加振による差はあるものの、Case-2が全体的に0.1kN程度大きい抵抗力を示した。これは、Case-2のほうが前面地盤の相対密度が密のために生じたものと考えられる。

(2) 橋台に作用するモーメントと回転角の関係

図-5に加振時における橋台の回転角の時刻歴を示す。Case-2、Case-3ともに加振により前面側（主働方向）に傾斜しており、残留水平変位と同様にCase-2が大きい結果を示した。

回転角に影響を与えるモーメントについて、抵抗モーメント、作用モーメントに分類して検討した。抵抗モーメントは回転に対して抵抗方向（受働方向）のモーメントで負の符号、作用モーメントはが回転方向（主働方向）のモーメントで正の符号と定義した。図-6に抵抗モーメント、図-7に作用モーメント、図-8に全モーメントの時刻歴を示す。

図-6より、抵抗モーメントは加振初期ではCase-2、加振が進むにあたりCase-3が大きい抵抗モーメントを示した。Case-3が増加した理由としては、基礎底面の鉛直土圧が増加したことが影響している。一方、図-7より作用モーメントは、加振初期ではCase-2が大きい。加振が進むにあたりCase-3が増加し概ね同等となった。これは、橋台背面地盤の初期水平土圧と地震時土圧が影響したためと推察される。橋台に作用する全モーメントは時刻が経過するにあたりCase-2の増加量が大きくなった（図-8）。全モーメントの差が回転角に影響を与えたと考えられる。

4. まとめ

本稿では、背面地盤の異なる橋台における地震時に作用する力と変位の関係を確認することを目的に、高さ0.8mの重力式橋台と背面地盤の異なる模型を用いた振動台実験の結果を報告した。その結果、橋台の背面地盤が密なほうが地震時の土圧の増幅は小さいことが確認された。また、橋台の残留水平変位や回転角に対して、橋台基礎底面に作用する摩擦力や鉛直土圧が抵抗力として影響していることを確認した。

今後は、既存橋台の耐震性能を有効に評価すべく、さらに検証を行っていく所存である。

謝辞：模型実験の計画、結果の整理を行う上で公益財団法人鉄道総合研究所基礎・土構造研究室各位にご助言を頂きました。ここに記して感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 佐々木ら：地震時の支持地盤の異なる橋台の変位と要因に関する一考察，第74回土木学会年次学術講演会，2019。
- 2) 香川崇章：土構造物の模型振動実験における相似則，土木学会論文報告集，No.275，pp.69-77，1978。
- 3) 国土交通省監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，2012。

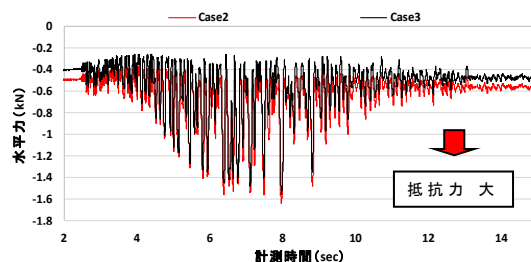


図-4 前面地盤の水平土圧

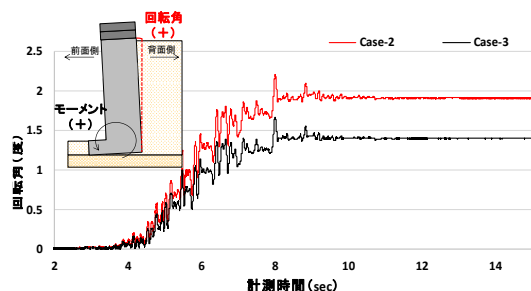


図-5 橋台の回転角の時刻歴

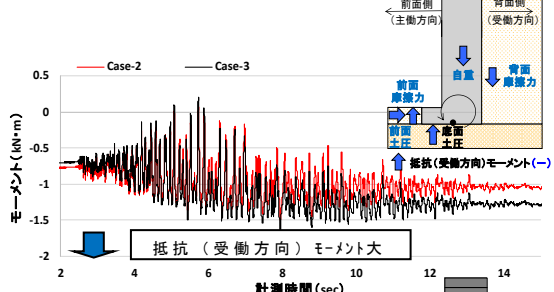


図-6 抵抗モーメント

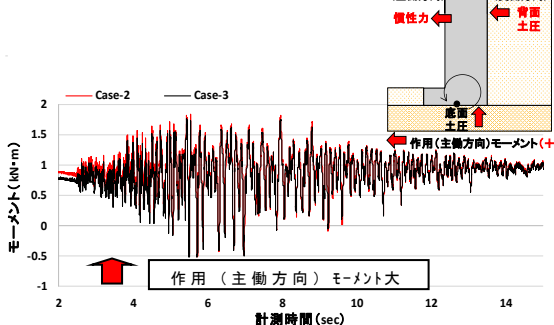


図-7 作用モーメント

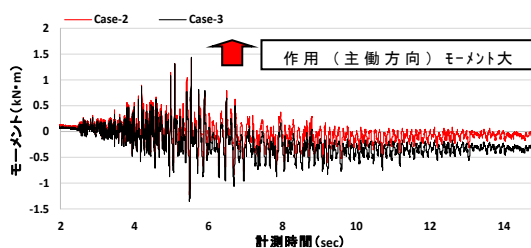


図-8 全モーメント