

橋台背面の地震時作用力に対する解析的検討

橋台背面 三次元的解析 動的遠心模型実験

株式会社 CPC 国際会員 ○西 剛整
株式会社 CPC 国際会員 鳥居 剛

1. はじめに

筆者らはこれまで、主に背面に EPS 盛土を有する橋台背面への作用について、既往の遠心模型実験の結果¹⁾の分析と、実験のシミュレーション解析による評価を試みてきた²⁾³⁾。その結果、遠心模型実験の結果では、基礎地盤が粘性土の条件の時、橋台背面が通常盛土、EPS 盛土にかかわらず、橋台背面への作用は橋台慣性力が橋台背面盛土側に向かう時に生じていることを確認した。一方、橋台背面が通常盛土で基礎地盤が砂質土の条件での実験結果は、慣性力が背面側、前面側の両方の向きで橋台への作用力が生じていた。したがって、条件によって橋台背面への作用挙動が異なる可能性が窺えた。本論文ではこのような挙動に対する解析的検討結果を報告する。

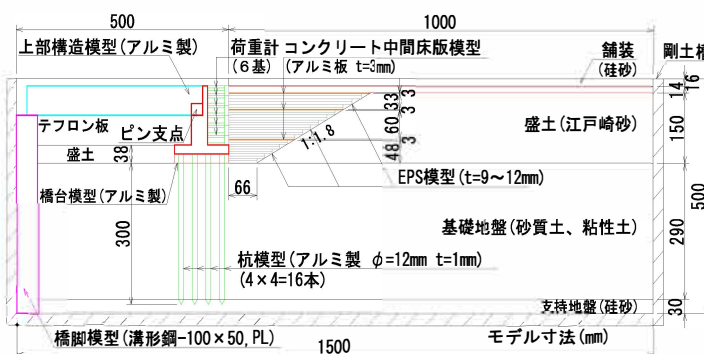
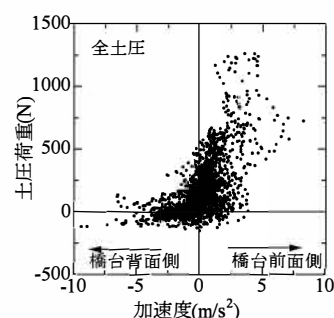
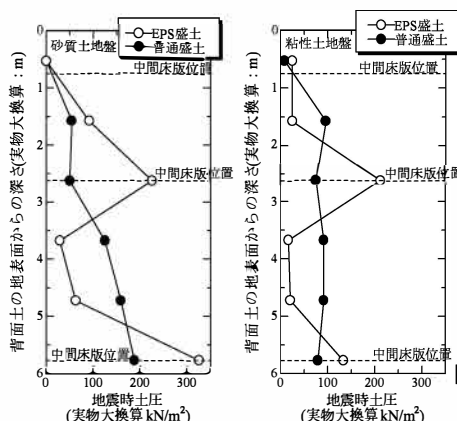
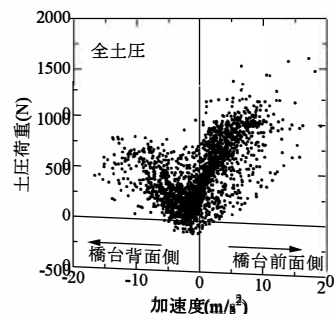
2. 既往実験の概要

藤原ら¹⁾は、EPS 盛土と通常の土盛土を背面に有する橋台について行った動的遠心模型実験の結果から、EPS 盛土及び通常の土盛土の条件での橋台背面への作用について考察を行っている。この時に行われた実験の概要図を図-1 に示す。実験は、図-1 に示されるように、橋台背面に EPS 盛土を設置したもの(以下、背面 EPS とする)、通常の土盛土(江戸崎砂)としたもの(以下、背面土とする)及び、背面に盛土のないケースで実施されている。基礎地盤は砂質土及び粘性土を対象とし、さらに上部構造物の有無をパラメータとした。入力地震動は、レベル 1 地震動として道路橋示方書⁴⁾に示される I 種地盤の地震波を、レベル 2 地震動として Type II の I 種地盤の地震波(II-I-2)を用いている。

実験結果の一例として、レベル 2 地震動加振時の橋台背面への水平土圧(作用力)の深度分布を示したものが図-2 である。この結果は文献¹⁾より読み取ったもので、荷重計の慣性力を控除した後、6 基の土圧計の合計土圧が最大となる時刻のものである。

図-2 実験による地震時土圧(文献¹⁾)

図-2 の背面 EPS のケースで発生している局所的に大きな作用力は、EPS 盛土内に配置された中間床版と橋台の衝突によるものである。このため背面 EPS のケースでは、背面土のケースよりもむしろ大きい土圧が作用している。ここで、図-3 に橋台天端の加速度と各土圧計に作用する土圧荷重の合計(以下、これを土圧荷重とする)の関係を示したものである。加速度がプラス側、すなわち橋台前面側に加速度が作用している時に土圧荷重は増加している。慣性力は加速度と逆向きになるため、大きな土圧が作用するのは慣性力が背面側に向かう時である。つまり、この慣性力の作用により橋台が背面地盤にもたれようとする力が作用土圧として計測されている。一方、図-4 は橋台背面が背面土で基礎地盤が砂質土の場合の結果を示した。加速度が前面側に作用する時だけでなく背面側、すなわち慣性力が橋台前面側に作用する時にも土圧は増加することがわかる。

図-1 文献¹⁾に示された実験概要図 (EPS 盛土のケース)図-3 橋台天端加速度と土圧荷重の関係 (背面 EPS 盛土、基礎地盤粘性土)⁵⁾図-4 橋台天端加速度と土圧荷重の関係 (背面土盛土、基礎地盤砂質土)⁵⁾

3. 解析的検討

図-1 のモデルに対し、動的三次元解析によるシミュレーションを行った。解析モデルを図-5 に示す。モデルは図-1 と同一寸法とし、奥行き方向に軸対称面を設けた 1/2 モデルとした。図-5 では橋台背面を通常の土盛土としたケースを示している。モデル形状等は実験モデルとほぼ同様であるが、橋台に設置された荷重計と背面土の間にはノンテンションばねを設け、そのばね力に基づいて土圧を算出した。地盤は RO モデルで非線形性を考慮した。解析に用いた物性値については文献³⁾を参照されたい。

解析結果の例として、基礎地盤が粘性土の時の作用土圧を実験値と比較したものが図-6 である。また、この内、橋台背面が EPS のケースについて土圧荷重と橋台天端の加速度との関係を示したものが図-7 である。いずれも実験値と解析値は同様の傾向を示しており、解析の適合性が確認できる。

基礎地盤が砂地盤の場合には、先の図-4 に示したように加速度が橋台前面側、背面側の両方の向きで作用力が増加している。この傾向を確認するため、背面土で基礎地盤を砂質土とした条件での解析を行った。文献³⁾では、実験結果との適合性は基礎地盤の剛性を実測値よりも若干低めに設定した方が高くなる傾向にあったので、ここではせん断弾性波速度 V_s を $V_s=100\sim 250\text{m/s}$ と変化させた条件での解析を行った(実測値は 269m/s)。図-8 はそれぞれの条件での土圧荷重と橋台天端加速度の関係を示したものである。基礎地盤の $V_s=100\text{m/s}$ の条件では図-3 と同様に橋台前面側の加速度(慣性力背面側)の条件で土圧は増加し、 $V_s=250\text{m/s}$ のケースでは逆に加速度が橋台背面側(慣性力前面側)

の条件で土圧が増加する。また、その中間である基礎地盤 $V_s=175\text{m/s}$ のケースでは、橋台前面側と背面側に作用する双方の加速度で土圧が増加するという図-4 に近い傾向が窺える。

図-9 は、基礎地盤の

条件毎に作用土圧の深度分布を示したものである。図-8 で示すように条件毎に作用の向きは異なるが、その大きさに大差はない。

4. まとめ

既往の実験結果及びその解析により、橋台背面作用土圧は基礎地盤の条件によって挙動が異なる可能性があるが、結果としてその大きさに大きな差はないことがわかった。

<参考文献>

- 1) 藤原慎八, 篠原聖二, 西田秀明, 石田雅博: 背面に EPS 盛土を有する橋台の地震時動的遠心模型実験, 構造工学論文集 Vol.60A, pp.936-944, 2014.
- 2) 西剛整, 鳥居剛, 林夏希, 窪田達郎, 京川裕之, 古関潤一, 小浪岳治: 橋台背面 EPS 盛土に配置される床版による地震時作用土圧とその軽減対策, ジオシンセティックス論文集 36 巻, pp.81-88, 2021.
- 3) 西剛整, 鳥居剛, 窪田達郎, 京川裕之, 古関潤一, 小浪岳治: 背面に EPS 盛土を有する橋台の動的遠心模型実験に対する検証解析, ジオシンセティックス論文集 37 巻, pp.77-84, 2022.
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (IV 下部構造編, V 耐震設計編), 2017 年 3 月.
- 5) 独立行政法人土木研究所他: 杭基礎を有する橋台の遠心力載荷実験業務 報告書, 平成 25 年 4 月. (情報公開請求に基づくデータ)

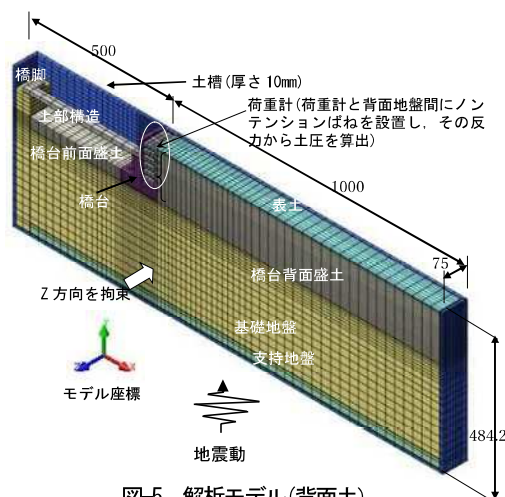


図-5 解析モデル(背面土)

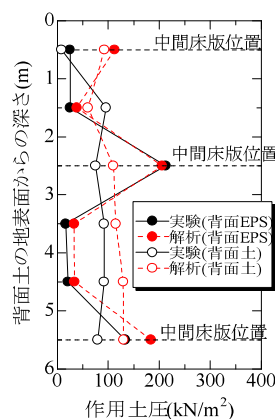


図-6 土圧の深度分布
(基礎地盤粘性土)

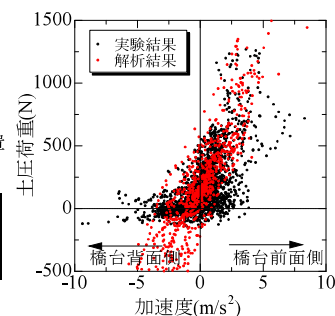


図-7 土圧荷重と橋台天端
加速度の関係
(背面 EPS 盛土, 基礎地盤
粘性土)

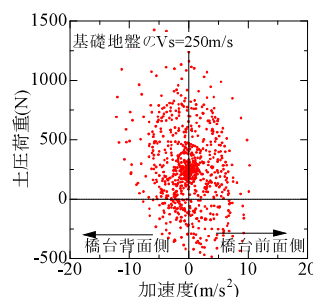
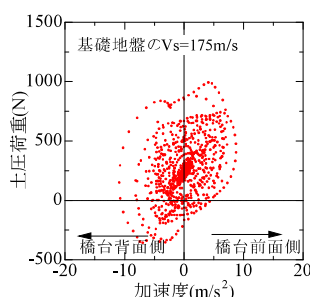
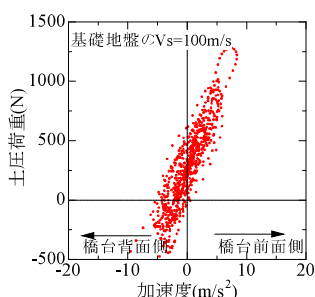


図-8 基礎地盤の V_s による土圧挙動の違い (基礎地盤砂質土)

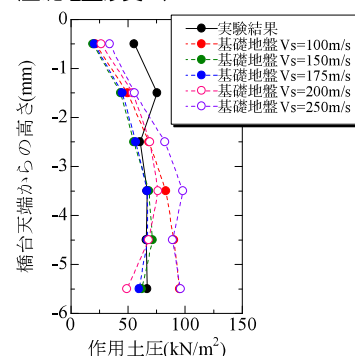


図-9 土圧の深度分布
(基礎地盤砂質土)