

裏込めに軽量地盤材料を使用した橋台の地震時挙動

—遠心実験と動的解析による検討—

Dynamic Behavior during Earthquake of an Abutment with Light-Weight Soil for Backfill

— Dynamic Centrifuge Test and Dynamic Response Analysis —

緒方 健治¹⁾ 稲垣 太浩¹⁾

大保 直人 堀越 清視 吉迫 和生²⁾

1. はじめに

軟弱地盤上に道路を建設すると、構造物の自重により生じる地盤変形を防ぐ対策として橋台の裏込め部に軽量材料を用いる工法が採用されている。この工法は、地盤変形抑制効果だけでなく、橋台に作用する土圧軽減効果があることが知られているが、定量的な効果に関する検討事例が少ない。

本文では、実験・解析結果に基づき、把握した知見を報告する。動的遠心模型実験では、軽量地盤材料を橋台の裏込めとして使用した場合に、地震時に橋台に作用する土圧の軽減効果を確認し、FEM 弾性応答解析では、軽量地盤材料が橋台に作用する土圧の大きさ、土圧の影響範囲、最適な改良範囲を明らかにした。

II. 動的遠心模型実験結果¹⁾

Fig.1 に動的遠心模型実験で用いた三つの実験モデルの改良範囲と計測機器の設置位置の概要を示した。図の寸法は実物換算値とした。なお、実験ケースは Fig.3 に示した。実験では、軽量地盤材料として、カオリン粘土、豊浦砂に発泡ビーズを混合した物を用いた。モデルの大きさは、遠心加速度を考慮して 1/50 の縮尺で製作した。実験で用いた橋台は一般的な大きさを採用し、高さは 6m×幅 4.5m とし、質量は、橋台底面での設置圧力 15kPa とした。底面部には、砂を付けることで摩擦抵抗を与えた。入力波は、全体モデルの線形応答を調べるために基盤上で約 5Gal になるランダム波と入力レベルを変えた正弦波 (4Hz) の加振を行った。

Fig.2 には、各実験ケースの実験終了後における橋台の最終水平・鉛直変位の大きさを示す。全てのケースにおいて橋台は、背面盛土から押され、左側に移動している。最終の水平変位の大きさは、橋台天端でケース 3 (0.96cm) < ケース 2 (1.61cm) < ケース 1 (2.91cm) の順となった。ケース 3 は、背面の軽量地盤材料の改良範囲が最も広いモデルであり、これは、橋台に作用した主働土圧の大きさによるのが原因と思われる。

III. 軽量地盤材料の改良範囲と土圧軽減効果²⁾

1. 解析モデル

動的遠心模型実験から、背面に軽量地盤材料を用いることで、橋台に作用する土圧軽減効果があることが確認された。ここでは、橋台背面の軽量盛土部の改良範囲を変化させた弾性応答解析を実施し、改良範囲と土圧軽減効果について検討した。解析ケースは、動的遠心

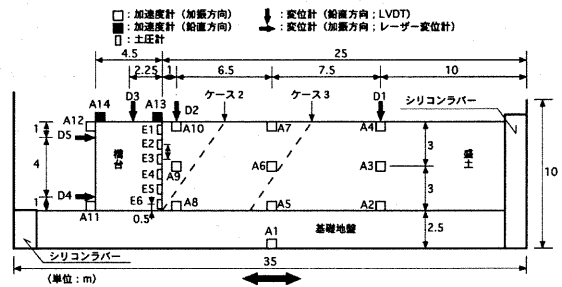


Fig.1 実験モデルおよび計測機器の配置
(Model Test Arrangement)

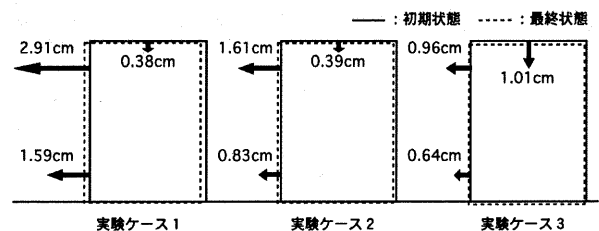


Fig.2 橋台の最終変形
(Deformation of Abutment)

模型実験モデル (ケース1～3)

および軽量盛土の範囲を変化させた2ケースの5モデルとし、その一覧を Fig.3 に示す。ケース 4 は、ケース 2 とケース 3 の中間範囲を置き換え、そしてケース 5 は一般盛土切り角を緩やか(1:1.8 勾配)にしたモデルである。正弦波加振で基礎地盤底

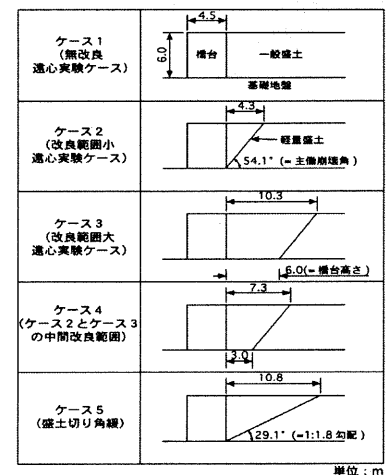


Fig.3 実験・解析ケース一覧
(Experiment and Calculation Model)

本報は、軽量地盤材料の開発と適用に関するシンポジウム
(2000.5) pp.225-230 掲載論文の要約である。

1) 日本道路公団試験研究所
2) 東京支店

キーワード：橋台、軽量地盤材料、動的遠心実験、
FEM 弾性応答解析、動土圧

部に設置した加速度計(A1)で得られた最大加速度は実験ケースでやや異なったため、解析では正弦波の加速度を162Galとして入力した。

また、解析に用いた物性値は、動的遠心模型実験で行った物性試験の結果を基に土槽、シリコンパバー、一般盛土および軽量盛土とも線形材料として密度と剛性を設定した。

2. 土圧作用領域の考察

軽量盛土範囲と作用土圧影響領域との関係を調べるため、ここでは、橋台と裏込め盛土間を線形ばねで結合した。Fig.4 図中の動的作用力 F_i は裏込め土要素 ij の質量 m_{ij} 、応答加速度 X_{ij} の積の合力として求め、橋台に作用する動土圧の影響範囲は線形ばねに作用する力 F_i の値とほぼ等価となる地点 $J=j$ で評価した。

Fig.5 に橋台に作用する動土圧が最大となる時刻における動土圧の影響範囲の深さ方向分布と各解析モデルの軽量盛土と一般盛土の改良境界を示す。なお、この図には、ケース1と橋台底面から6m離れた位置から改良したケース3の改良境界は記述されていない。軽量盛土範囲の広いケース3とケース4は、影響範囲が軽量盛土内に収まっている。一方、ケース2とケース5は、動土圧の影響範囲が一般盛土にまで達している。

3. 作用土圧と水平震度³⁾

橋台に作用する全作用力が最大となる時刻に着目し、この全作用力 F を同時刻での影響範囲にある裏込め盛土の全質量 m で除することにより、橋台に作用する水平加速度 a (深さ方向に平均的な値)を求め、この水平加速度を重力加速度 g で除したものを水平震度 k とした。

$$k = F / (m \cdot g) \cdots \cdots (1)$$

Table1 には、各解析ケースの応答解析結果から橋台に作用する全動土圧分布の和が最大となる時刻における値と式(1)の関係から、水平震度求めた結果を示す。水平震度は、全体に0.22から0.27の範囲に収まっているが、入力加速度が160Gal程度であることを考えると、加速度は約1.5倍増幅している。

橋台に作用する土圧は、軽量盛土範囲が広いほど小さくなる傾向となり土圧軽減効果が現れ、軽量盛土範囲が一番広いケース3の場合に土圧軽減効果が一番大きく、作用力は一般盛土の半分以下であり、実験結果と整合している。一方、軽量盛土範囲を変えたケース4は、三角形改良を行ったケース5よりその範囲は小さいが約25%作用力が小さくなっており、土圧軽減効果が認められる。また、三角形形状であるケース2は、改良面積当たりの土圧軽減効果が高い結果となった。

IV. まとめ

軽量地盤材料を橋台の裏込め材料に使用した場合に、橋台に作用する土圧軽減効果を調べるための動的遠心模型実験および弾性応答解析より、以下の知見を得た。

- ①動的遠心模型実験の橋台変位計測結果から、軽量地盤材料を用いた改良範囲の大きなケース3が、橋台に作用する動土圧の軽減効果が大きく、橋台変位も小さくなった。
- ②弾性応答解析から、軽量地盤材料を橋台裏込めに用いることで、橋台に作用する土圧軽減効果が大きく、改良範囲の最も広いケース3で土圧(作用力)が半分以下となる。

今回の実験・解析から、橋台の裏込め材料を軽量化すると中規模地

震時において、常時と同様に、橋台に作用する土圧の軽減を見込めることが確認できた。今後、レベル2地震動に対する検討が必要である。

参考文献

- 1) 稲垣太浩, 川井田実, 大保直人, 吉迫和生; 裏込めを軽量化した橋台の地震時挙動に関する検討(その1 動的遠心模型実験結果), 第33回地盤工学研究発表会, (1998), pp.117-118.
- 2) 川井田実, 稲垣太浩, 大保直人, 堀越清規, 吉迫和生; 裏込めを軽量化した橋台の地震時挙動に関する検討(その2 弾性応答解析による効果の検討), 第33回地盤工学研究発表会, (1998), pp.119-120.
- 3) 稲垣太浩, 川井田実; 軽量盛土を裏込めに用いた場合の地震時土圧, 第34回地盤工学研究発表会, (1999), pp.1767-1768.

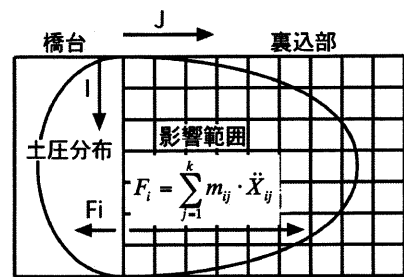


Fig.4 動土圧分布と影響範囲の概要
(Distribution of Earth Pressure and Influence Area)

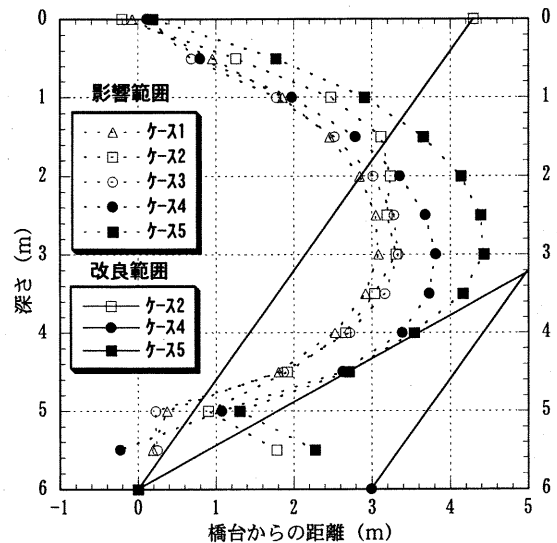


Fig.5 動土圧の影響範囲と改良境界の比較
(Distribution of Earth Pressure and Improvement Area)

Table1 全土圧最大時の橋台に作用する力と水平震度
(Dynamic force and Horizontal Seismic Intensity)

	橋台への 作用力(N)	質量 (kg)	加速度 (m/s ²)	水平震度
ケース1	612.7	236.9	2.59	0.264
ケース2	477.6	185.3	2.58	0.263
ケース3	278.6	118.7	2.35	0.239
ケース4	342.7	139.6	2.45	0.250
ケース5	441.1	201.3	2.19	0.223