

壁式改良を併用した軟弱地盤対策工の偏荷重下における対策効果について

軟弱粘性土地盤，遠心模型実験，壁式改良

鉄道総合技術研究所 正 ○工藤敦弘 国 渡辺健治
正 佐藤武斗 正 島田貴文
港湾空港技術研究所 国 森川嘉之 国 高橋英紀
複合技術研究所 森 誠二

1. はじめに

著者らは、軟弱粘性土地盤上で長年供用されている盛土に対して、腹付け盛土を施工した際の軟弱粘性土地盤の変形挙動および対策工効果の検証を目的として系統的な遠心模型実験を行っている。これまでの実験結果から、軟弱粘性土地盤上に腹付け盛土を施工した場合、図-1 に示すように腹付け盛土直下の軟弱粘性土地盤の沈下や水平変位、腹付け盛土前面地盤の隆起の他、地盤の変形に伴う盛土体の沈下等を確認している¹⁾。また、鉄道工事における地盤改良工法として一般的に用いられている杭式の地盤改良（以下、杭式改良）の場合、鉛直方向の沈下抑制効果はあるものの、水平方向の変位に対して抵抗する効果は限定的であることを確認している²⁾。そこで本研究では、高い水平支持性能を有する対策工を提案し、本工法による対策工効果について遠心模型実験を用いて検討した。

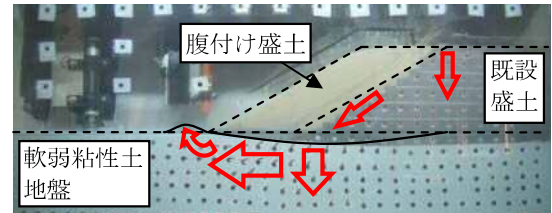


図-1 腹付け盛土施工に伴う軟弱粘性土地盤と盛土体の変形挙動

2. 提案する対策工の概要

過年度に実施した¹⁾、²⁾無対策 (Case5) と対策工 (Case6：杭式改良，Case7：杭式改良+地山補強材による既設盛土補強) の実験結果を踏まえて、本研究では単杭を柱列状に配置する壁式改良を用いることで改良体の水平支持性能を高めることとした。しかしながら、壁式改良の改良率を杭式改良と同等にした場合、壁式改良体の間隔が杭式改良に比べて広がるため、改良体の間に施工される腹付け盛土が線路延長に渡って不同沈下する可能性がある。そこで、粒度調整砕石をセメント安定処理した材料と面状補強材（ジオテキスタイル）で構成されるセメント改良礫土スラブを壁式改良体で支持することで、改良区間一非改良区間上の腹付け盛土の不同沈下を抑制することとした。

2.1 実験模型

図-2 に遠心模型実験で用いた模型の概要図を示す。壁式改良体模型は、腹付け盛土施工に伴う改良体への作用力の計測を行うことを重視し、本実験ではセメントと発砲ビーズで作製した剛な部材に土圧計を設置した。改良体は実施工を勘案し、直径 1m の地盤改良杭を柱列状に配置した場合と同じ改良面積になるように配置した。壁式改良による改良率は 23%程度であり、改良体底部は支持層（排水層）に根入れさせず、直接支持する構造とした。セメント改良礫土スラブは 2mm ふるい通過試料にセメントを 8%添加した材料にポリエステル製の補強材模型を埋設して作製した。なお、軟弱粘性土地盤模型や盛土模型の作製方法の詳細については文献 1) を参照されたい。

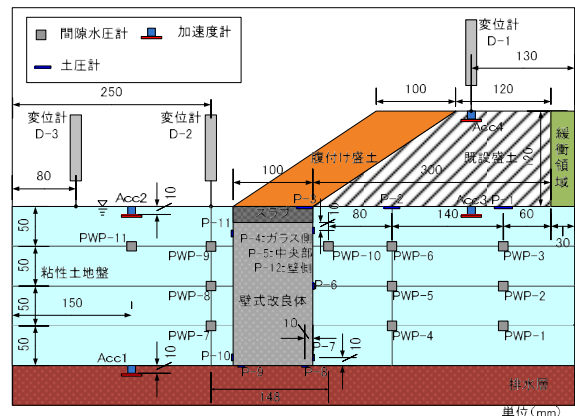


図-2 遠心模型実験に用いた模型の概要図

表-1 実験条件

遠心 加速度 (G)	継続時間 (min)	
	遠心載荷 1 回目	遠心載荷 2 回目
5	62	32
10	87	76
15	82	39
20	93	28
30	87	35
40	105	51
50	—	128
砂降らし後	—	137

2.2 実験条件

表-1 に実験条件を示す。遠心模型実験は、遠心載荷を 2 回（既設盛土の自重圧密（最大遠心加速度：40G），腹付け盛土施工（最大遠心加速度：50G））に分け、各荷重段階において軟弱粘性土地盤の圧密を十分促進させた。計測は、図-2 に示すように既設盛土および軟弱粘性土地盤表面の変位量や軟弱粘性土地盤中の間隙水圧等の他、画像解析によって模型中に設置した標点の 2 次元変位量を計測した。なお、実験条件の詳細については文献 1) を参照されたい。

Effect of countermeasure used wall type improvement under an eccentric load on soft clay ground : Atsuhiko KUDO, Kenji WATANABE, Taketo SATO, Takahumi Shimada (Railway Technical Research Institute), Yoshiyuki MORIKAWA, Hideno ri TAKAHASHI (Port and Airport Research Institute), Seiji MORI (Integrated Geotechnology Institute Limited)

3. 実験結果

本論文では、主に腹付け盛土施工時の対策工効果について整理する。既設盛土の自重による軟弱粘性土地盤の圧密試験および無対策の実験結果についての詳細は文献1)を参照されたい。

3.1 軟弱粘性土地盤および既設盛土の沈下量について

図-3に腹付け盛土施工時の模型の変形状況を、図-4に既設盛土天端の変位量と図-3内に示す標点の2次元変位量を示す。

標点変位から、腹付け盛土を含む盛土体下部の地盤変位について無対策時と比較すると、腹付け盛土下の標点62では、鉛直変位の低減効果は限定的であるものの、水平変位は約1/2に低減された。また、腹付け盛土前面地盤の標点22では、水平変位が約1/4、鉛直変位が約1/2に低減された。このことから、本対策工は水平支持性能が高い工法であることが確認された。

次に、腹付け盛土施工時における既設盛土天端の変形量について無対策時と比較すると、既設盛土天端の沈下量は約1/2に抑制されており、また、腹付け盛土前面地盤の隆起量は約1/4に抑制され、提案工法による既設盛土の変形抑制効果が確認された。

3.2 対策工への作用力について

図-5に腹付け盛土施工時および加振実験時に壁式改良体の底面端部に作用した地盤反力(以下、端趾圧)を示している。腹付け盛土施工に伴って、改良体底面には約800kPaの端趾圧が作用することを確認した。現行の鉄道標準³⁾における軟弱地盤改良体の照査は、一般的に安定問題を考慮せず、圧縮強度に対して照査する事が多く、本実験における腹付け盛土荷重に対して改良体を設計した場合、必要な改良体の圧縮強度は300kPa程度である。そのため、一般的な設計法で本対策工を設計した場合、改良体底面端部に作用する端趾圧によって圧縮破壊してしまう可能性がある。これらの結果から、偏荷重を受ける改良体の設計では、壁式改良体下の地盤が破壊されないことを前提に、端趾圧による改良体の破壊の照査が必要であることが示唆された。

4. まとめ

本研究では、腹付け盛土施工時の合理的な対策工の提案を目的に遠心模型実験を実施し、偏荷重を受ける条件下においては、水平支持性能の高い壁式改良を用いることで、軟弱粘性土地盤や既設盛土の変形に対して高い抑制効果を示すことが分かった。また、セメント改良礫土スラブを併用することで、改良体の間に施工される腹付け盛土荷重を有効に壁式改良に伝えることを確認した。

本対策工における実験後の観察結果では、壁式改良体間の未改良地盤の明確な中抜けやセメント改良礫土スラブの損傷は確認できなかった。しかしながら、壁式改良体が腹付け盛土前面地盤側へ傾斜している様子が確認でき、改良体底面端部には大きな端趾圧が作用することを確認した。これらの結果から、偏荷重を受ける本対策工の設計では、腹付け盛土荷重による改良体への作用の設定と底面端部に作用する端趾圧を算定し、改良体の安定や破壊の照査を実施する必要があることが分かった。本対策工の設計手法は別途報告する⁴⁾。

参考文献

- 1)工藤敦弘, 渡辺健治, 佐藤武斗, 小島謙一, 森川嘉之, 高橋英紀: 腹付け盛土の施工による軟弱粘性土地盤の変形特性に関する実験的検討, 第59回地盤工学シンポジウム, 2014.11
- 2)工藤敦弘, 渡辺健治, 野中隆博, 小島謙一, 森川嘉之, 高橋英紀, 森誠二: 軟弱地盤上における腹付け盛土施工時の対策工効果の検討, 第49回地盤工学研究発表会, 2014.7
- 3)国土交通省鉄道局監修, 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(土構造物)(平成25年改訂), H19.1
- 4)島田貴文, 渡辺健治, 工藤敦弘, 佐藤武斗, 森川嘉之, 高橋英紀: 軟弱地盤上の腹付け盛土施工における対策工の試算, 第50回地盤工学研究発表会, 2015.9(投稿中)

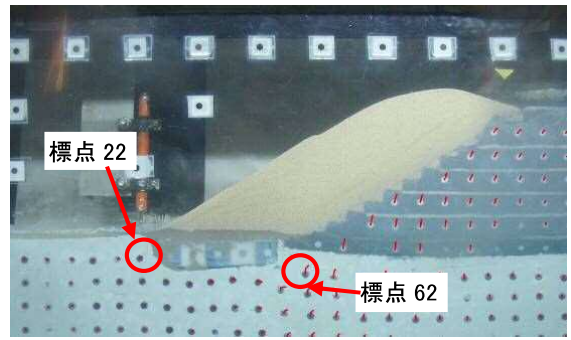


図-3 腹付け盛土施工時の模型の変形状況

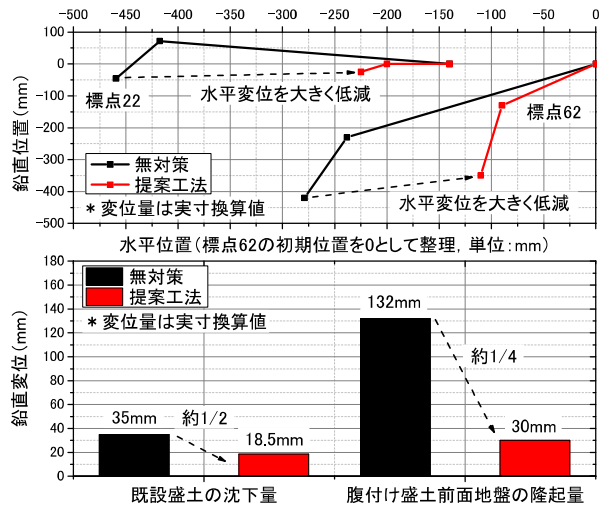


図-4 標点の推移と既設盛土天端の変位量の比較

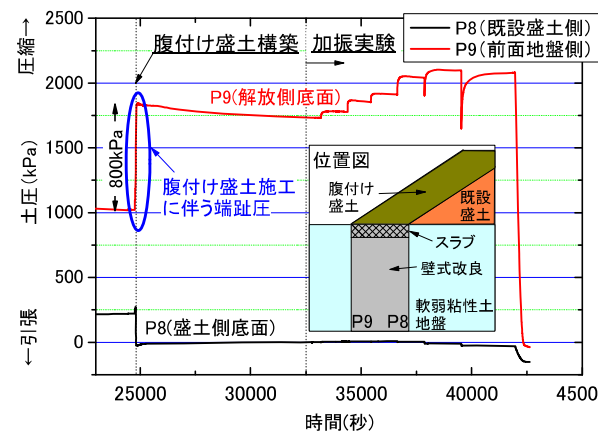


図-5 模型底面で計測された端趾圧の時刻歴