

グラベル・パイルの液状化対策効果の定量的評価に関する実験的研究

環境防災研究室 栗田修平
指導教員 大塚 悟

1. はじめに

本研究では、宅地地盤の液状化対策として、グラベル・パイル工法(以降、GP と記す)に着目した。しかし、宅地地盤は規模が小さく表層部の対策であるため、社会基盤施設に用いる地盤改良工法の設計指針をそのまま適用するのは問題があり、宅地に合わせた設計指針が必要である。GP 工法は液状化対策効果として、締固め効果、間隙水圧消散効果、剛性による構造効果が期待できるが、それぞれがどの程度影響するかは明らかでない。本研究では、GP 工法の液状化対策効果を明らかにすることにより、設計指針を構築することを目的として、コーン貫入試験、振動台模型試験を実施した。

2. 試験方法

今回の試験では、GP 4 本を格子状に打設し、格子中央点における地盤の締固め効果や間隙水圧消散効果が地盤改良工法で用いられるように、GP の面積比による改良率で整理できるかについてコーン貫入試験と振動台模型試験から検討した。

2.1 コーン貫入試験

模型地盤には東北珪砂 6 号を用い、水中落下法により地盤を $Dr=60\%$ となるよう作製した。GP の形成には砕石 7 号を使用し、長さは 150mm とした。試験では、杭径と杭間隔が異なるが、改良率が等しい事例を検討した。本試験では、杭径を変化させる case1~5 (表-1) を実施した。貫入抵抗値の計測は GP の貫入深さ 150mm 地点までとした。

2.2 振動台模型試験

模型地盤はコーン貫入試験と同様に東北珪砂 6 号で作製し、相対密度は、40%、60%とした。格子中央点における GL-5cm, -10cm, -15cm で加振時の過剰間隙水圧を計測し、過剰間隙水圧比(以降 $\Delta u/\sigma'$ と記す)の変化から液状化の判断を行った。入力加速度は sin 波(6Hz)とし、 $1.0m/s^2$ となるように加振を行った。本試験では、表-1 に示す case1~3,5~7 を実施した。

表-1 模型試験ケース

	杭種	杭径 (mm)	杭間隔 (mm)	改良率 (%)	相対密度 (%)
case1	未改良				60
case2	GP	38	140	5	
case3	GP	38	120	8	
case4	GP	24	89	5	
case5	GP	24	75	8	
case6	GP	38	140	5	40
case7	GP	38	120	8	

3. 試験結果と考察

3.1 コーン貫入試験

各試験における格子中央点での深度と貫入抵抗値の関係を図-1 に示す。未改良地盤では、貫入抵抗が深さ方向に線形的に増加していることがわかる。一方、打設後の貫入抵抗値は未改良地盤に対して全域で増加しており、大きな締固め効果を示している。深層部では深さ方向に線形的に増加する結果が得られたが、浅層部では貫入抵抗値の増加がやや小さい結果が得られた。この結果から、浅層部においては打設による地盤の抜け上がりが生じ、GP

による地盤の締固め効果はやや小さいことがわかった。また、杭径は異なるが、改良率が同じ事例の試験(case2,4 および case3,5)では貫入抵抗値の増分は等しい結果が得られ、GPの締固め効果は面積比による評価が可能であることが明らかとなった。

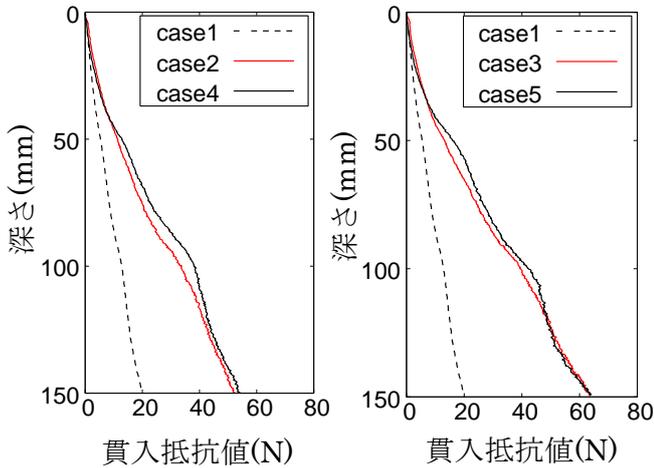


図-1 格子中央点における貫入深度と貫入抵抗値の関係

3.2 振動台模型試験

各試験における格子中央点での過剰間隙水圧の時刻歴(GL-150mm)を図-2に示す。case1, case5では、振動開始直後に $\Delta u/\sigma'$ が急激に増加して、液状化を示す1.0に達している。それ以外のケースはいずれも過剰間隙水圧の上昇が抑制されており、完全液状化は発生していない。case3, case5は、杭径や杭間隔が異なるが、改良率が同じ事例であったが、杭径が大きい改良地盤(case3)では液状化を顕著に抑制していたのに対し、杭径が小さい改良地盤(case5)では液状化が確認された。また、case2とcase6, case3とcase7は、相対密度が異なるが、杭径が同じ事例であったが、液状化対策効果には差異が見られた。GPの対策効果で考えられる排水効果は面積による改良率で考慮できることが示されていることから、改良率で対策効果が表現できないのは剛性効果を表現できない可能性がある。この点につ

いてはGPの本数を変化させるなど群杭効果を検討する必要があると思われる。

次に、加振時に発生する最大過剰間隙水圧の深度分布を図-3に示す。図中の実線は、有効土被り圧と深度の関係を示しており、過剰間隙水圧が有効土被り圧と等しくなった時点で液状化となる。case1, case5では、各深度で等しくなっており、全層で液状化していることがわかる。それに対して、case2では、地表面からGL-50mmまでの浅い部分で過剰間隙水圧が有効土被り圧とほぼ等しくなっているが、GL-50mm以深では有効土被り圧よりも小さくなっており、液状化には至っていない。また、case4では各深度で液状化を抑制している。これらから、深度が大きいほど改良効果が得られていることがいえる。最後に、各ケースの最大過剰間隙水圧比をまとめたものを表-2に示す。

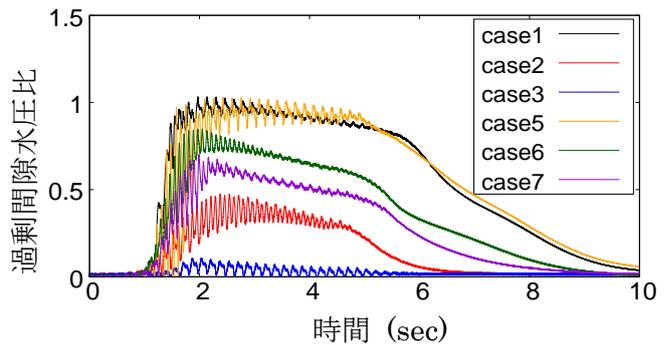


図-2 過剰間隙水圧比の時刻歴

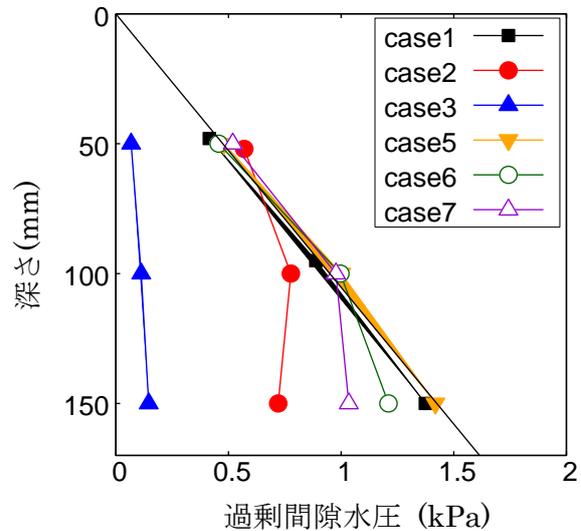


図-3 最大過剰間隙水圧比の深度分布

表-2 各ケースにおける最大過剰間隙水圧比

	最大過剰間隙水圧比		
	GL-5cm	GL-10cm	GL-15cm
case1	1.09	1.04	1.03
case2	1.00	0.74	0.47
case3	0.18	0.13	0.11
case5	1.12	1.11	1.03
case6	1.07	1.05	0.85
case7	0.99	0.98	0.70

444/VI-16, pp.21-30, 1992.3

- 3) 鳥井原誠・山田祐樹・平間邦興：グラベルドレーン工法における液状化対策効果の定量的評価—振動台実験と有効応力法地震応答解析による検証—, 大林組技術研究所報 No.60 2000

4. まとめ

本検討では, GP による締固め効果を確認するため, 現地試験およびコーン貫入試験を実施した. 本検討の結果から得られた知見は以下の通りである.

- 1) 改良地盤浅層部においては, 打設による地盤の抜け上がりが生じ, 改良効果を得ることが難しい.
- 2) 格子中央点における GP の締固め効果は, 面積比による改良率で評価できる.
- 3) 液状化対策効果は, 深層部ほど大きく浅層部では小さい.

5. 今後の課題と展望

振動台模型試験において, 改良率による液状化対策効果の表現は難しい結果となった. 要因として, 改良体の剛性による複合地盤の効果が作用したものと考えられる. 今後は, 改良体の群杭効果の視点から, 打設本数を増やすなど構造による違いを排除した条件で実験や解析を行う必要がある.

【参考文献】

- 1) 一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会：住宅を対象とした液状化調査・対策の手引書, pp.82-85, 2016.8
- 2) 伊藤克彦・中島豊・大北康治・大石博：突棒を用いた砕石ドレーン工法における周辺地盤の締固め効果, 土木学会論文集 No.