

宅地地盤の液状化対策に関する室内模型実験

長岡技術科学大学 非会員 ○金子泰士 長岡技術科学大学 非会員 笹川文弥
 長岡技術科学大学 正会員 大塚 悟 長岡技術科学大学 非会員 福元 豊

1. はじめに

2011年の東日本大震災では、内陸部や沿岸部において液状化被害が多数発生した。社会基盤施設をはじめ大型建築物では被害が殆どないのに対し、戸建住宅では多くの被害が発生した。そのため、宅地のような小規模な地盤において、液状化被害を低減することは、地震減災対策において重要である。

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 工法と記す）に着目した。GP の打設は杭間地盤の密度増大と地盤の間隙水圧消散効果を生み出すため、単一効果の工法より経済的で大きな効果が見込まれる。日本建築学会指針では、砂質地盤において GP の液状化対策効果を間隙水圧消散効果により評価しているが、締固め効果の定量的な評価はされていない問題がある。

本研究では GP の締固め効果に着目し、定量的評価方法の確立を目指して室内実験を実施した。

2. 試験方法

GP による締固め効果発現機構を確認することを目的として、コーン貫入試験を行う。コーン貫入試験装置は先端にコーン（直径 10mm, 角度 60°）を設置したロッドを地盤に貫入することで貫入抵抗値を計測する。

本試験では、GP を打設した地盤において、締固め効果が GP の径によらずに面積比による地盤改良率で整理できるか検討する。コーン貫入試験を用いて、GP を打設する前の未改良時と、打設による改良後に計測する。貫入深さは 160mm とした。

2.1 単杭による改良効果

表-1 の条件で、それぞれ相対密度 $Dr=40\sim 80\%$ の模型地盤にコーンを貫入し、貫入抵抗値を計測する。貫入抵抗値と深さが比例関係にあると仮定すると、 $R=a \times Z$ で表すことができ、 a は一定値をとる。そのため、 R/Z （貫入抵抗比）を指標とした。

図-1 に、深さ 100~150mm における貫入抵抗比を縦軸、横軸に改良率を取り、相対密度 $Dr=40\sim 80\%$ の

地盤における改良率による改良効果の変化を示す。

図-1 より、相対密度によらず杭中心からの距離が増加（改良率の減少）するにつれ、貫入抵抗比 (R/Z) は減少することが確認される。また、相対密度が大きいほど、改良率に伴う貫入抵抗比の増加率（近似直線の傾き）は小さくなる事が分かる。相対密度が大きくなると GP を打設しても杭周辺の地盤は必ずしも締固まらずに、地表面への抜け上がり等が生じることや、せん断に伴う膨張によって締固まり難いことが考えられる。実験により、GP の径によらずに改良率で改良効果を再現できることが示された。

表-1 単杭打設の測定条件

杭種	杭径(mm)	測定距離(mm)	改良率(%)
グラベルパイル (1本)	24	120	1
		70	3
		55	5
		40	8
		35	11
	38	190	1
		110	3
		85	5
		65	8
		55	11

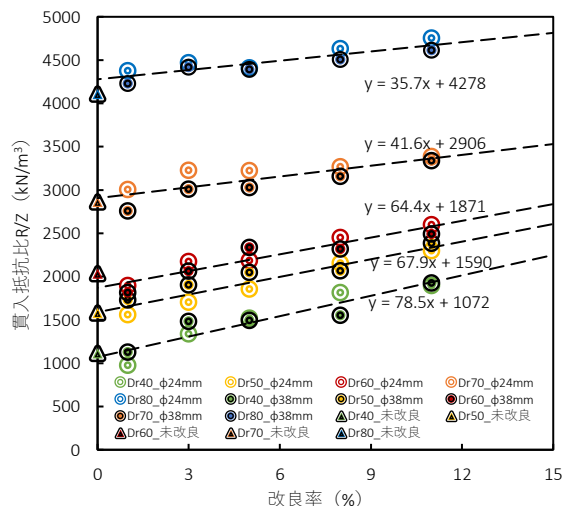


図-1 単杭打設による各相対密度の改良効果

2.2 格子状打設による改良効果

模型地盤作成後、GPを格子状に打設し格子中央点における改良効果を改良率で整理できるか、改良効果の定量的評価の可能性について検討した。表-2の条件で、相対密度 $Dr=40$ 、60%の地盤でコーン貫入試験を実施した。

GPを格子状に打設し格子中央点にてコーン貫入試験を行った。全試験結果を図-2に示す。ばらつきの少ない結果が得られる貫入深さ 100mm~150mm の平均貫入抵抗増加比で示した。

図-2の $Dr=40\%$ に注目すると改良効果は概ね線形的に増加していくことがわかる。一方、 $Dr=60\%$ では改良率 8%までは線形的に増加していくが、改良率 15%になると線形的に増加せず、貫入抵抗比が頭打ちになることがわかる。これは原地盤の密度によって締固め効果が異なるために生じているものだと考えられる。また、単杭と比較すると低改良率、つまり地盤が緩い場合においては改良効果が線形的に増加する点では同様の傾向を示すが、密な地盤においては異なる傾向を示すことが確認された。

表-2 格子状打設の測定条件

杭種	杭径(mm)	杭間隔(mm)	改良率(%)
グラベルパイル (格子状4本)	24	95	5
		75	8
		55	15
	38	150	5
		120	8
		85	15

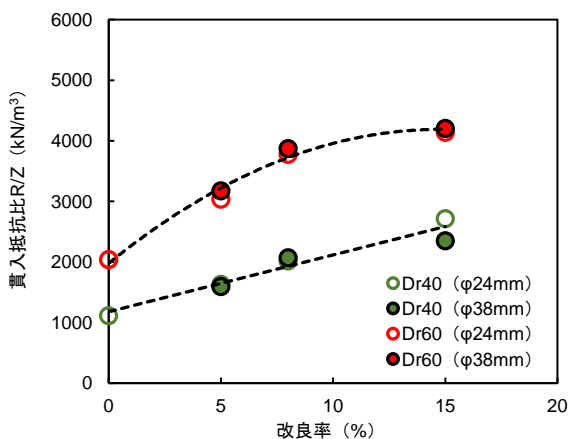


図-2 格子状打設による各改良率の改良効果

2.3 格子状打設による改良効果の分布

液状化対策の設計は一般的に格子中央点で評価されるが、格子内の改良効果の分布は不明であるため、実験的に検証する。GP格子状に4本打設し、 $Dr=40$ 、60%の地盤において、格子中央点、杭間中央、格子内の3つの点でコーン貫入試験を行った。改良率は5、8%で行った。

表-3は格子中央点、杭間中央、格子内の3点における深さ 100~150mm の貫入抵抗値の平均値を示す。(a)、(b)より、どちらの相対密度の地盤においても、各測定位置の貫入抵抗値は改良率が同じであれば杭径の違いによらず、ほぼ近い値になっていることが分かる。したがって、格子内部はほぼ均一に締固まっており、どの測定位置でも同程度の改良効果がある。

表-3 各測定位置の貫入抵抗値

(a) $Dr=40\%$

測定位置		格子中央	杭間中央	格子内	
改良率 (%)	5	φ24mm	205.1 (kN/m ²)	210.2 (kN/m ²)	217.1 (kN/m ²)
		φ38mm	200.7 (kN/m ²)	200.0 (kN/m ²)	205.1 (kN/m ²)
	8	φ24mm	253.3 (kN/m ²)	268.8 (kN/m ²)	283.4 (kN/m ²)
		φ38mm	260.5 (kN/m ²)	258.7 (kN/m ²)	253.2 (kN/m ²)

(b) $Dr=60\%$

測定位置		格子中央	杭間中央	格子内	
改良率 (%)	5	φ24mm	381.7 (kN/m ²)	401.2 (kN/m ²)	380.8 (kN/m ²)
		φ38mm	399.3 (kN/m ²)	364.4 (kN/m ²)	367.4 (kN/m ²)
	8	φ24mm	474.4 (kN/m ²)	478.9 (kN/m ²)	474.2 (kN/m ²)
		φ38mm	488.7 (kN/m ²)	466.3 (kN/m ²)	509.0 (kN/m ²)

3. 今後の課題

杭の寸法効果は室内試験では影響のないことを確認したが、今後、原位置試験を実施し、模型試験の改良効果と比較検討を実施する計画である。

<参考文献>

- 1) 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.444/IV-16，pp.21-30，1992.3.
- 2) 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.