

砕石杭による砂質地盤の地盤改良効果に関する実験的研究

環境防災研究室 B4 金子泰士

指導教員 大塚悟

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。

宅地の地盤改良では、セメント系固化剤が用いられることが多いが、有害物質の発生や固化不良の土質が存在すること、家屋撤去時にコストがかかるなど課題もある。一方、グラベルパイル工法は自然材料を用いるため、環境への負荷が少なく、撤去時の費用も安価である。また、グラベルパイル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、砂質地盤においてグラベルパイルの液状化対策効果を締固め効果で評価しているが、定量的な評価はされていない問題がある。

本研究ではグラベルパイルの締固め効果に着目し、液状化対策効果発現機構の解明と共に、宅地地盤の設計指針の構築を目的として模型実験を実施した。

2. 試験方法

グラベルパイル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）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。図-1 に試験装置の概要を示す。

表-1 は、コーン貫入試験の条件を示す。本試験では、グラベルパイルを打設した地盤において、締固め効果が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、グラベルパイルを打

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。

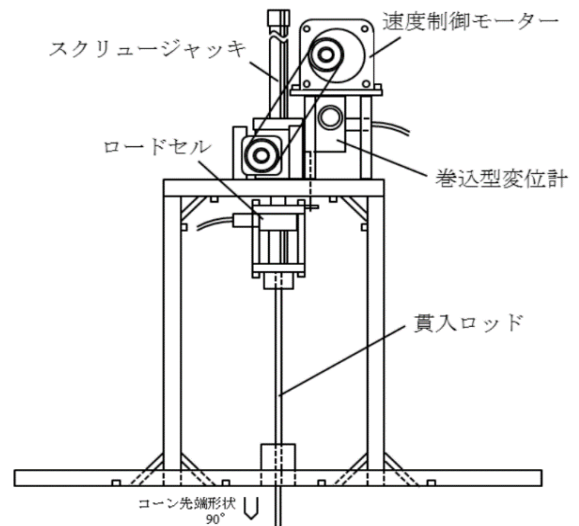


図-1 コーン貫入試験装置概要

表-1 コーン貫入試験の条件

模型地盤作成方法	水中落下法
模型土槽寸法	400×400×500mm
模型地盤寸法	400×400×300mm
模型地盤試料	東北珪砂 6号
グラベルパイル試料	砕石 7号

2.1 単杭による改良効果の距離減衰

表-2 の条件で、それぞれ相対密度 $D_r=40, 50, 60, 70, 80\%$ 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-2 に、深さ 100~150mm における貫入抵抗比 (R/Z) を縦軸、横軸に改良率を取り、相対密度 $D_r=40,$

50, 60, 70, 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-2 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、相対密度が大きいくほど、改良率に伴う貫入抵抗比の増加率（近似直線の傾き）は小さくなることが分かる。相対密度が大きくなるとグラベルパイル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。

表-2 距離減衰の測定条件

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

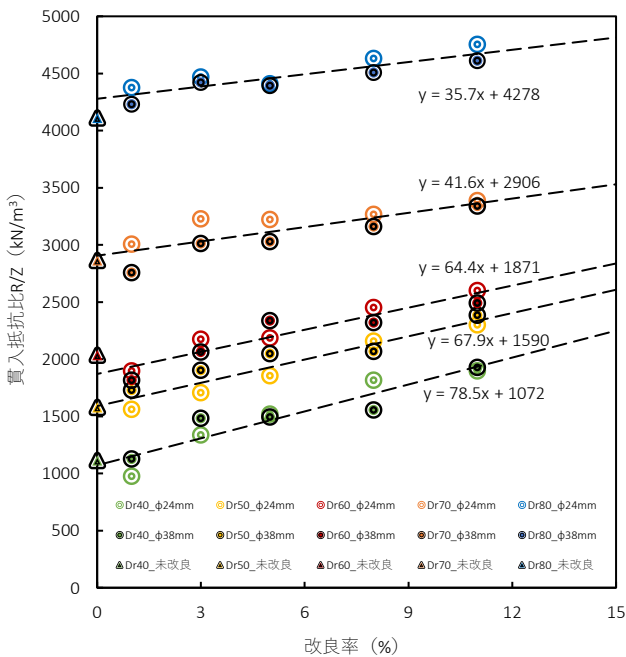


図-2 各相対密度における改良効果の距離減衰

2.2 格子状打設による改良効果

液化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。表-3 に格子状打設による改良効果の検討に関する試験条件を示す。グラベルパイル格子状に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。

表-4 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 格子状打設の地盤条件

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
	38	150	5
		120	8

表-4 格子状打設における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) 日本建築学会：建築基礎のための地盤改良設計指針案
- 2) 公益社団法人土木学会：液状化対策工法の分類と工法概要，pp2，2012.