

振動式および静的締固め改良工法による大規模地盤改良工事（その3）
～事後ボーリングによる地盤改良対策の確認結果について～

株式会社 JERA 正会員 藤井 嵩大
株式会社不動テトラ 正会員○尾形 太 , 堀内 滋人
大成建設株式会社 正会員 広重 敬嗣, 正会員 吉田 龍平

1. はじめに

（株）JERA 武豊火力発電所リプレイス計画において、既存埋立地盤の液状化対策として締固め改良工法による大規模な地盤改良工事を実施した。

締固め改良工法は、振動式のサンドコンパクションパイル工法（以下SCP）および静的締固め砂杭工法（以下SAVE）とし、中詰材には、碧南火力発電所から排出されるクリンカアッシュ（以下CA）、既存の発電所解体工事で発生するコンクリート殻を砕いた現地再生砕石および購入砕石を用いた。本稿では、既存埋立地盤に締固め改良工法を適用した場合の改良効果の検証、および中詰材の違いや施工方法の違いによる改良効果の検証を実施した。その結果、CAがSCP及びSAVEの中詰材として有効であることを確認したので、以下に報告する。

2. 改良前後の地盤調査

改良効果を確認するため、改良前後に同一箇所地盤調査（全9箇所）を実施した。図1に改良前後のN値の比較結果を示すが、改良前N値（平均8.9）に比べ全体的に改良後N値（平均16.7）が高くなっている。また図2にN値と粒度から建築基礎構造設計指針（以下建築指針）の方法で求めた改良前後の液状化抵抗比（ τ_1/σ_z' ）を示すが改良前（平均 $\tau_1/\sigma_z'=0.25$ ）に比べ、改良後（平均 $\tau_1/\sigma_z'=0.53$ ）が高くなっている。図3では同じ地点・深度での増加N値（改良後N値－改良前N値）の分布を示すが、原地盤の細粒分含有率Fcが大きくなるほど、増加N値が低くなる傾向が分かる。

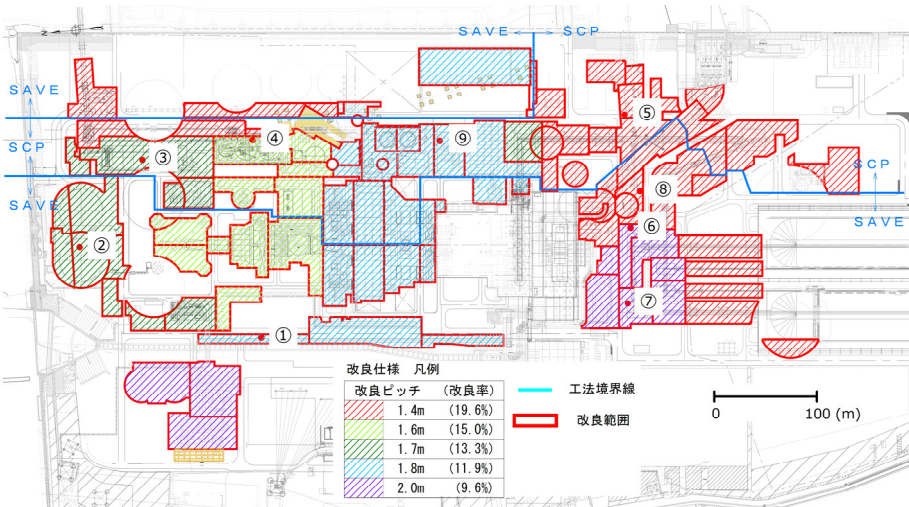


図1 全体平面図（図中の番号は調査位置を示す）

表1 施工方法と中詰材料

調査地点	施工方法	中詰材料	改良率 (%)
①	SAVE	CA	11.9
②	SAVE	CA	13.3
③	SCP	CA	13.3
④	SCP	砕石	15.0
⑤	SCP	砕石	19.6
⑥	SAVE	砕石	9.6
⑦	SAVE	CA	9.6
⑧	SAVE	砕石	19.6
⑨	SCP	砕石/CA	11.9

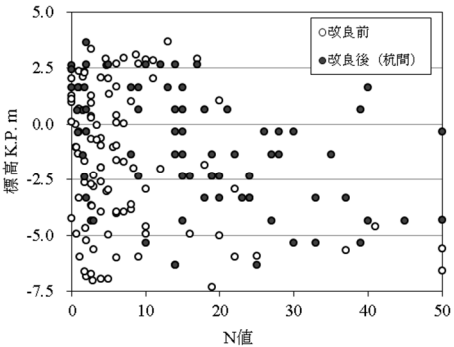


図1 改良前後のN値

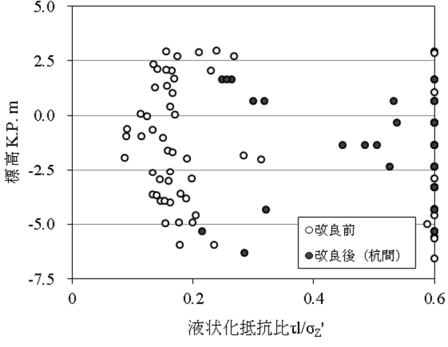


図2 改良前後の液状化抵抗比 τ_1/σ_z'

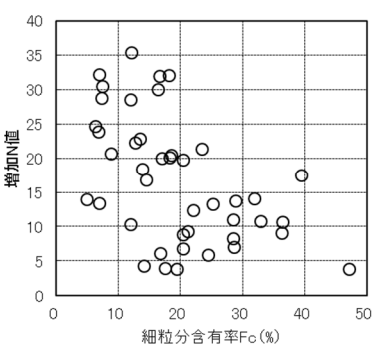


図3 増加N値とFcの関係

キーワード サンドコンパクションパイル（SCP）、事後ボーリング、液状化
連絡先 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄5丁目27番14号（株）不動テトラ中部支店 TEL 052-385-0803

3. 液状化判定結果

建築指針の方法による改良前後の液状化判定結果（地表面加速度 200Gal および 350Gal）を図 4、図 5 に示す。改良後地盤では液状化安全率 FL が大幅に増加しており、本地盤改良工事における目標性能である「200Gal に対して最小 FL > 1.0（不合格率 10%以内）」、「350Gal に対して液状化指数 PL ≤ 5.0」をいずれも満足した（表 2）。

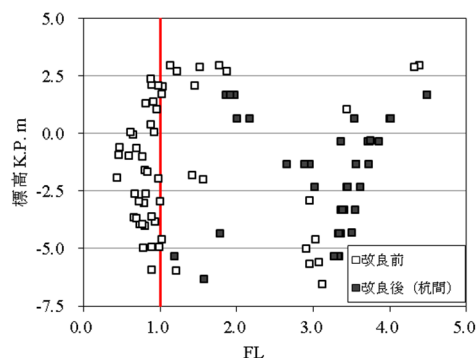


図 4 改良前後の FL (200Gal)

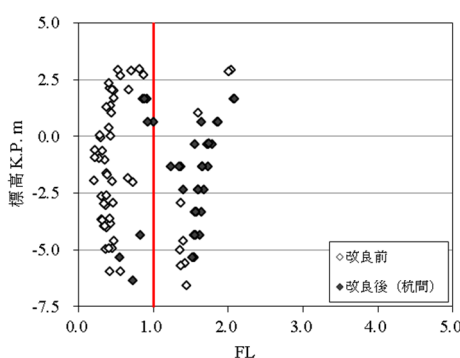


図 5 改良前後の FL (350Gal)

表 2 施工後の最小 FL と PL

調査地点	設計水平加速度 α max		
	200gal	350gal	
	最小FL	最小FL	PL
①	2.95	1.37	0.00
②	3.34	1.55	0.00
③	3.35	1.55	0.00
④	1.98	0.92	0.56
⑤	3.33	1.55	0.00
⑥	1.86	0.86	1.41
⑦	1.92	0.89	0.86
⑧	2.66	1.23	0.00
⑨	1.20	0.55	4.06

4. 施工方法や材料による改良効果の比較

施工方法（SCP・SAVE）や材料（CA・砕石）の違いによる改良前後の杭間・杭芯 N 値を図 6、図 7 にまとめると以下のことが分かった。

- ・ CA を用いた場合の杭芯 N 値は、SCP よりも SAVE の方が低い傾向にあるが（図 6）、杭間 N 値には明確な違いは見られない（図 7）。
- ・ CA と砕石の材料の違いをみると、SCP、SAVE とも杭芯 N 値は、砕石に比べて CA の方が N 値が低い（図 6）、杭間 N 値には明確な違いは見られない（図 7）。

以上より、改良後の杭芯 N 値は中詰材料や施工方法の違いによる影響を受けるが、杭間 N 値については原地盤の N 値や粒度に大きく影響を受け、中詰材や施工方法による違いは見受けられない。つまり中詰材や施工方法の違いは杭芯の N 値には影響するが、改良後地盤の液状化強度の評価となる杭間の N 値には影響が見られない。なお杭芯は既往の報告¹⁾²⁾³⁾においても中詰材に CA を用いた場合に、砂に比べて杭芯 N 値は低い傾向を示すことや、SCP に比べ SAVE 改良後の杭芯 N 値が低い傾向を示すことが指摘されているが、改良後の杭芯において実施した RI 検層の推定結果より 350Gal 程度の地震動に対して十分な液状化強度を示すことから、SCP・SAVE の中詰材として CA の適用性が高いことが確認されている。

5. まとめ

埋立地盤における大規模な締固め改良工法の改良前後の N 値と粒度から改良効果の検証、および施工方法（SCP・SAVE）や中詰材料（CA・砕石）の違いによる改良効果の検証を実施した結果、以下の知見が得られた。

- ①改良後地盤は目標性能（200Gal に対して最小 FL > 1.0、350Gal に対して PL ≤ 5.0）を満足した
- ②増加 N 値（改良後 N 値－改良前 N 値）は細粒分含有率 Fc が大きくなるほど小さい
- ③CA を杭芯材に用いた場合、杭芯 N 値は SCP よりも SAVE の方が小さい
- ④杭芯 N 値は施工方法（SCP・SAVE）によらず砕石よりも CA を用いた方が小さい
- ⑤杭間 N 値は施工方法（SCP・SAVE）や中詰材料（CA・砕石）の違いによる影響は見られない

以上の結果より、SCP・SAVE の両工法の中詰材として CA の適用性が高いことを、事後ボーリング結果からも確認することができた。今後も現場での施工結果を通じて、締固め改良工法の改良効果の検証に努める所存である。

参考文献

- 1) 喜多ら：静的締固め工法の杭芯材としてのクリンカアッシュの適用性(その 1), 第 53 回地盤工学研究発表会, 2018.7
- 2) 城山ら：静的締固め工法の杭芯材としてのクリンカアッシュの適用性(その 2), 第 53 回地盤工学研究発表会, 2018.7
- 3) 尾形ら：静的締固め工法の杭芯材としてのクリンカアッシュの適用性(その 3), 第 53 回地盤工学研究発表会, 2018.7

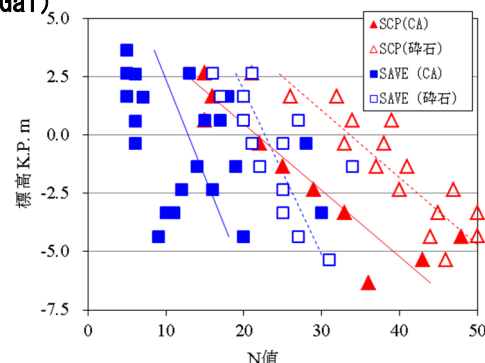


図 6 施工方法と材料の違い(杭芯)

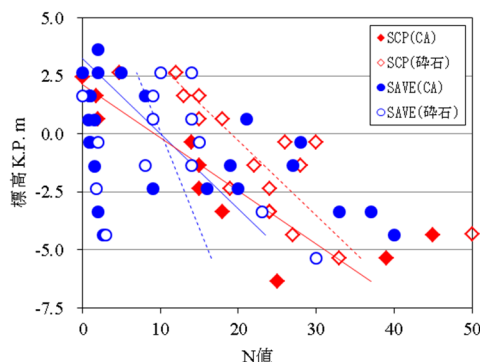


図 7 施工方法と材料の違い(杭間)

※図 6, 7 の回帰線(青: SAVE, 赤: SCP, 実線: CA, 点線: 砕石)