

(III-21) コンパクショングラウチングによる液状化対策の試験工事

復建調査設計株式会社 正会員○菅野雄一 滝 昌和
運輸省第二港湾建設局 正会員 山口清一 小沢大造
同 上 正会員 松本英雄 荒田昌潔

1. はじめに

コンパクショングラウチング工法(以下、CPGと略す)は、流動性の極めて小さい注入材を地盤中に圧入して、球根状の固結体を連続的に造成するものである。CPGは砂地盤の密度増大工法の一つに分類されており、米国で開発されて以降、主に構造物の不同沈下の修復やカルバートの崩壊防止などに用いられて来た^{1),2)}。また、施工機械が小型で機動性に優れ、削孔して注入するため改良位置を自由に設定できる特長がある。

今回の報告は、まだ取り組みの遅れている地震時における砂地盤の液状化対策にCPGを適用した事例を述べる。CPGを実地盤に適用するに当たり、著者らは現場の試験施工を行って設計および施工法を考究してきた。本文では、そのうち試験施工の事前と事後の土質調査から確認された CPGの地盤の締固め効果を示す。

2. 試験工事の概要

(1) 試験地盤の成層と土質特性

試験施工は、東京国際空港内の旧誘導路の一画で行った。当該地区の地層構成は、地表面下 2.3-2.8m まだが舗装体と盛土で、その次に層厚 7.0-8.2m の浚渫土を埋め立てた砂質土層(Aso)となる。このAsoが主としてCPGの改良対象である。Asoより下は粘性土層(Ac1)である。一方、Asoの土性は、 $\rho_s=2.71\text{g/cm}^3$ 、 $U_c=11.8$ 、 $I_p=7.5\%$ 、 $e_0=0.90$ 、 $e_{max}=1.53$ 、 $e_{min}=0.80$ などで、図-1の粒径加積曲線から分かるように細粒分含有率Fcを10-50%含有するかなり不均質な砂である。

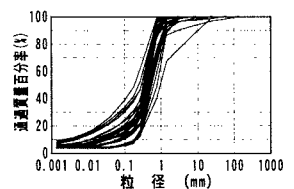


図-1 Asoの粒径加積曲線

(2) 実験ケース

試験施工は、図-2に示すように4つのケースを行った。ここに、Case 1, 2, 3で改良率(as)の違いによる改良効果を比較した。また、Case 2と4で改良体(柱)の作成方法の違いによる地盤の挙動を比較した。改良体の作成方法は、柱の下端から始めて上端まで一方向に作成する方法(ボトムアップ法と呼ぶ)と、柱の上端2mを先に作成した後、残りを前の方法と同様に作成する方法(トップダウン・ボトムアップ法と呼ぶ)に分かれる。前者がCase 1, 2, 3、後者がCase 4である。

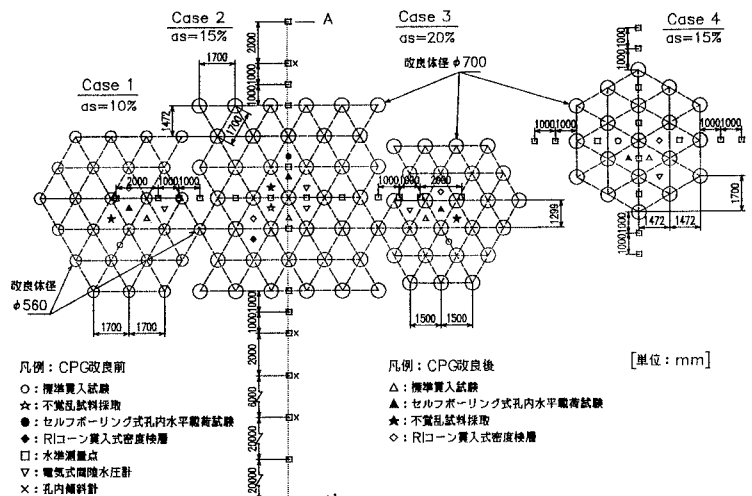


図-2 試験施工の概要(平面図)

(3) 土質調査と地盤挙動の観測(調査位置は図-2参照)

改良前・後に行った原位置試験および土質試験では、 N 値、物理定数、湿潤密度 ρ 、静止土圧係数 K_0 、繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma'_c$ 、などの物性を求めた。一方、地盤挙動の観測では、地表面の隆起量、地中の水平

キーワード：液状化、コンパクショングラウチング、試験施工、 N 値、静止土圧係数

復建調査設計株式会社 〒231-0033 横浜市中区長者町3-8-13 Tel.045-664-9551 Fax.045-224-4877)

変位量、間隙水圧、などを測定した。

3. CPGの改良効果と地盤挙動

(1) N 値

図-3に改良前および後の N 値の深度分布を各ケースごとに示す。改良後の N 値は、明らかに各ケースとも改良前より増加している。よって、CPGは砂質地盤を締め固めることができ、さらに、改良率が大きくなるに従って、N 値の増加量は大きくなっているようだ。なお、N 値の増加量は Fc に関係することが分かっているが、その説明は割愛する。

(2) 地盤の物性

図-4に ρ_t 、 K_0 、 $\sigma_d/2\sigma_c'$ と深度の関係を示す。図から得られる結果は次の通りである。

1) 改良後の ρ_t は、各ケースで改良前に比べて増加している。しかし、測定値に深度的なばらつきが見られることや地盤が不均質であることから、密度の増加量を定量的に評価することは難しい。

2) 改良前と後の K_0 は、それぞれ 0.45-0.60 および 0.65-2.95 の範囲にある。原地盤の平均が 0.5 と一般的な値であることから、これらの測定値は十分な精度を持つと考える。よって、 K_0 の明らかな増加は、CPGによる側圧の増加によるものである。深度的なばらつきを考慮するならば、その量は 0.5-1.5 の範囲の値が見込める。

3) 改良後の $\sigma_d/2\sigma_c'$ は、改良前より明らかに大きくなっている。しかし、その増加量は、N 値や K_0 で確認された程顕著なものではない。この原因には、繰り返し三軸試験で用いた等方圧密の影響が考えられる。すなわち、一般に K_0 が大きくなると $\sigma_d/2\sigma_c'$ も増大することから、今回の $\sigma_d/2\sigma_c'$ は過小な値である可能性がある。

(3) CPG周辺の地盤挙動

Case 2 の地表面の隆起量は、CPGの改良域のほぼ中央で最大値 52mm を示す。それは、改良体の硬化にともない改良後 10-20 日が経つと 48mm に減少した。また、Case 4 は Case 2 と同じ改良率であるが、最大隆起量が 31mm(最終値 28mm)と Case 2 より小さかった。よって、トップダウン・ボトムアップ法は地表面の隆起量を低減させるのに有効である。いずれにせよ、今回の隆起量は通常観測されているものより小さく、CPGより上にある舗装体の剛性による抵抗と見なせる。

4. まとめ

以下に本研究で得られた結論を示す。

- 1) CPGは砂質地盤を締め固めることができ液状化対策として十分に適用できる。その効果は、N 値、土の密度、 K_0 および $\sigma_d/2\sigma_c'$ の増加として表れた。
- 2) CPGにより地表面の隆起と地中の水平変位が発生した。このうち隆起量は通常観測されているものより小さく、その理由は改良体より上にある舗装体の剛性による抵抗と見なせた。

<参考文献> 1) Warner, J.: Compaction Grouting — The first thirty years, Proc. Conf. on Grouting in Geotechnical Engineering, ASCE, pp.694-707, 1982. 2) 田村・柴田・佐藤・大沢: コンパクショングラウティングによる建物基礎の補強、土と基礎、Vol.43, No.11, pp.31-34, 1995.

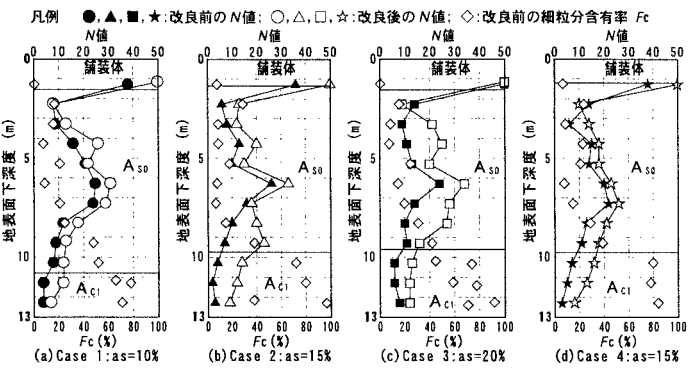


図-3 改良前・後の N 値の深度分布

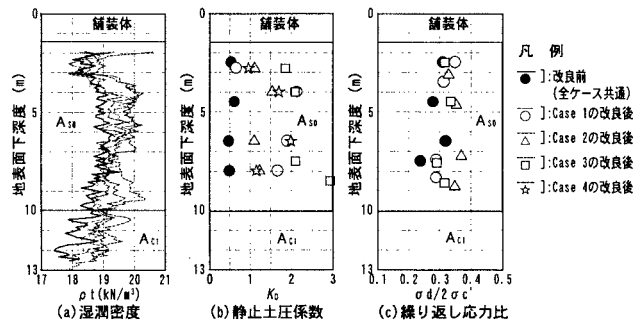


図-4 ρ_t 、 K_0 、 $\sigma_d/2\sigma_c'$ と深度の関係