

締固め改良地盤の強度分布

不動建設株式会社 正会員 ○大林 淳 柳田 敏明
正会員 原田 健二 村上 恵洋

1. はじめに 液状化対策としての締固め改良はこれまでに数多く施工されてきている。なかでもサンドコンパクションパイル工法（以下SCP工法）は信頼性の高い工法として多くの実績を有し、これまでの被害地震においてその有効性の確認もなされている¹⁾。一方、兵庫県南部地震を契機に見直されつつある耐震設計に関する考え方は、土木学会提言²⁾にあるように、構造物が損傷しないことを要求されるレベル1地震動と構造物の損傷過程まで考慮するレベル2地震動といった2段階の耐震性の検討が求められている。

従来のSCP工法による改良地盤の評価は図-1下に示すように打設した砂杭から最も離れた位置において行われてきた。このとき図-1上に示すように、ボーリングによって得られるN値の分布は非改良地盤では地盤全体の分布とほぼ一致するのに対して、改良地盤では地盤全体の分布を評価していないと推察される。この評価方法は、レベル1地震動に対応するような構造物に損傷を与えない設計（液状化しない設計）を必要とする場合には妥当性のある評価であるが、前述したレベル2地震動に対応する場合には十分ではない。そこで、ここでは砂杭と締め固められた地盤からなる改良地盤全体の強度分布を過去の施工結果に基づいて整理した結果を報告する。

2. 対象データ 対象となるデータは表-1に示す15現場における改良前ボーリング112本、改良後杭間ボーリング159本、砂杭芯ボーリング132本とした。全てのN値は鉛直有効拘束圧の影響を除くために拘束圧1 kg f/cm²でのN₁値（換算N値）に基準化して整理した。対象とした現場の改良前N値の頻度分布を図-2(a)に示す。また、

図-2(b)(c)(d)には細粒分含有率ごとに分類して改良前N値を示した。

3. 砂杭中心（杭芯）の強度分布

砂杭中心における強度分布を図-3(a)に示す。

また、図-3(b)(c)(d)には対象地盤の細粒分含有率ごとに分類して示した。対象地盤の細粒分含有率の増加に伴って、砂杭中心の平均強度はやや低下する傾向にあるが、いずれも十分

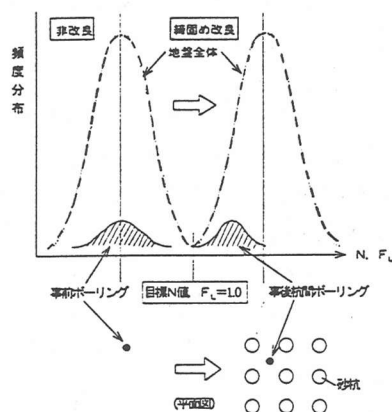


図-1 地盤評価の模式図

表-1 対象データ

現場名	改良率 (%)	ボーリング(本)		
		改良前	改良後	砂杭芯
A	9.6	2	2	0
B	19.6	1	1	0
	9.6	4	4	0
	6.3	2	2	0
C	10.3	3	3	0
D	6.3	1	1	0
	14.8	2	2	0
E	19.6	1	1	0
F	15.0	3	3	0
G	17.1	2	2	0
H	12.3	6	6	0
I	17.1	1	1	1
J	13.3	1	1	1
K	9.6	4	4	4
	7.9	9	9	9
	19.6	22	22	22
	31.8	12	12	12
L	16.0	4	4	4
	17.1	16	16	16
	22.7	5	5	5
M	15.0	0	12	12
	10.7	0	1	1
	7.9	0	4	4
N	12.6	2	2	2
O	13.3	3	15	15
	17.1	3	12	12
	8.7	3	12	12
合計		112	159	132

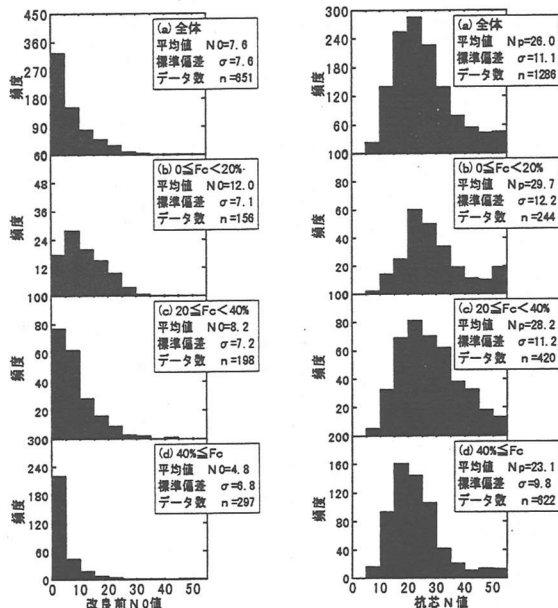


図-2 改良前N値分布
(換算N値)

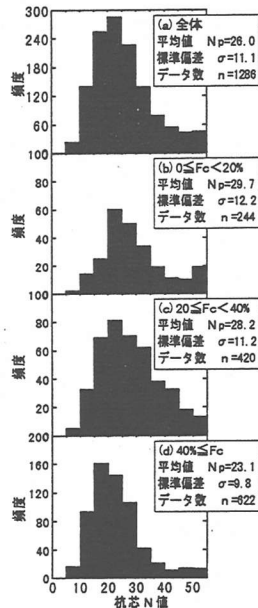


図-3 砂杭中心N値分布
(換算N値)

な強度を有している。

4. 砂杭周辺（杭間）

の強度分布 異なる改良率の砂杭間で行われた改良後の調査結果から、砂杭中心からの距離 d と強度の関係を整理した。改良後の N 値は改良前の原地盤 N 値に強く支配されることから、改良前と改良後の N 値の差、すなわち改良による増加 N 値 ΔN によって整理した。このとき、対象としたボーリングは同一現場において改良前、改良後の N 値および細粒分含有率が揃っている 61 組とし、同一の土層での比較をおこなうため、改良前と改良後の細粒分含有率の差が 10% 程度であることを基準に比較した。図-4 に砂杭中心からの距離毎に増加 N 値の分布を示した。また、図-5～7 には細粒分含有率ごとに同様の整理をした。これらの平均値と砂杭中心からの距離との関係を図-8 に示す。図-8 (a)にあるように全体的には砂杭中心からの距離 1m を境に N 値の増加傾向が異なっている。図-8 (b)は細粒分含有率毎に示したが、細粒分含有率が 20% 以下のデータでは距離による依存度が大きく、細粒分含有率が 40% 以上ではほとんど差が見られない。図-8 (b)には慣用設計法で用いられている設計チャート 4) から求めた距離と増加 N 値の関係も併せて示したが、概ねよい整合を示している。

5. まとめ SCP 工法による締固め改良地盤の既往の調査結果から、SCP 改良地盤の強度分布を整理した。細粒分含有率が少ない場合には砂杭からの距離による強度分布が顕著であることが明らかになった。今後は、これらの関係に基づいて、砂杭間で実施された調査結果から砂杭も含めた改良地盤全体の強度評価の手法を見出したい。

参考文献 1) 例えば K. Ishihara et. al.: Liquefaction Characteristics of Sand Deposits at Oil Tank Site During the Miyagikenn-Oki Earthquake, Soils and Foundations, Vol.20, No.2, pp.97-111, 1980 2) 土木学会「耐震基準等基本問題検討会議」：土木構造物の耐震基準等に関する提言，土木学会誌，Vol.80, No.7, 1995 3) 土木学会「耐震基準等基本問題検討会議」：土木構造物の耐震基準等に関する「第二次提言」，土木学会誌，Vol.81, No.2, 1996 4) 例えば 地盤工学会：液状化対策の調査・設計から施工まで，pp.190.

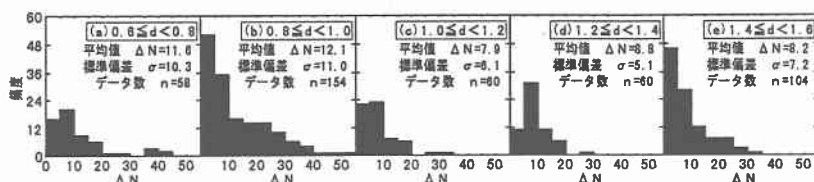


図-4 砂杭からの距離毎の改良による増加 N 値の分布 (換算 N 値)

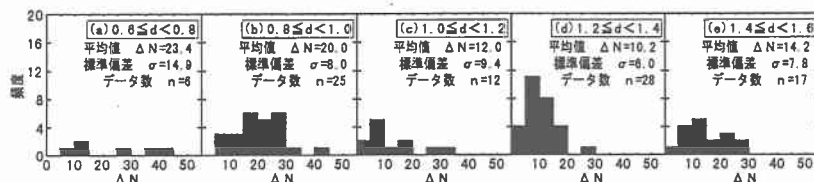


図-5 砂杭からの距離毎の改良による増加 N 値の分布 ($0 \leq F_c < 20\%$) (換算 N 値)

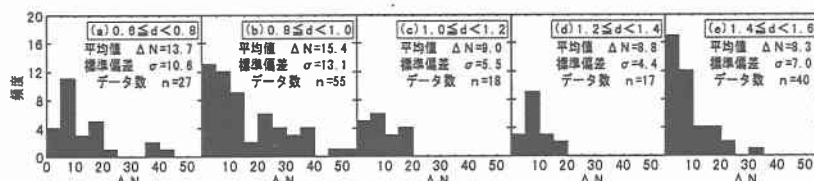


図-6 砂杭からの距離毎の改良による増加 N 値の分布 ($20 \leq F_c < 40\%$) (換算 N 値)

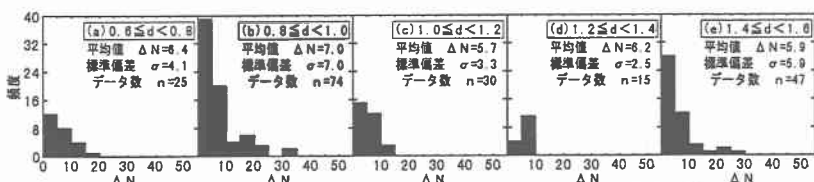


図-7 砂杭からの距離毎の改良による増加 N 値の分布 ($40 \leq F_c$) (換算 N 値)

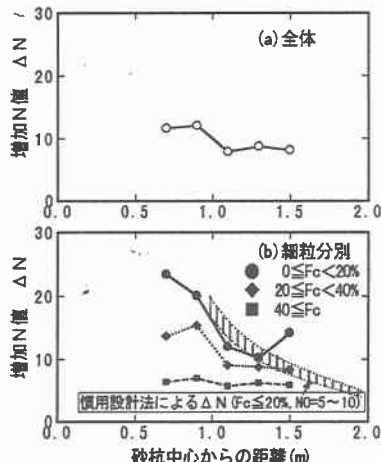


図-8 砂杭からの距離と増加 N 値の関係 (換算 N 値)