

加圧土槽を用いた砂地盤における標準貫入試験

正会員 石川 一真*¹ 同 伊藤 淳志*³
同 永井 雅 *² 同 小椋 仁志*⁴

標準貫入試験 加圧土槽 砂地盤
相対密度 上載圧

1. はじめに

筆者らは、既製コンクリート杭を用いた埋込み杭工法の杭先端根固め部に関する模型実験を行ってきた¹⁾。今回、この模型実験で用いている加圧砂地盤の N 値を検証する目的で標準貫入試験を実施した。また、既往の研究結果²⁾とも比較検討を行ったので以下に報告する。

2. 試験概要

使用した試験装置を図1に示す。加圧土槽は、内径 584 mm、高さ 700 mm、厚さ 15 mm の鋼管であり、内壁面には二重にテフロンシート（間にシリコングリス塗布）を貼付け、壁面と地盤との摩擦軽減を行った。地盤に上載圧を与える加圧板は、外径 568 mm、厚さ 30 mm の鋼板であり、中央部にはサンプラーを貫入させる穴を設け、上面には油圧ジャッキ（容量 50 kN）を4台取り付け付けた。装置最上部には、重錘を吊上げるための滑車を取り付けた。また、重錘が所定の高さ（75 cm）で落下するように、自動落下装置を用いた。

地盤には、表1および図2に示す粒径 75 μm ~ 1.2 mm の気乾状態の淀川砂を使用して、多重フルイ付き空中落下法³⁾により土槽内に堆積させた。その際、砂の流量と落下高さとを調節して、地盤の相対密度をコントロールした。

実験パラメータとして、上載圧 P_v は 150, 300, 450, 600 kN/m^2 の4種類、地盤の加圧前相対密度 D_{ri} は約 60, 70, 80, 90% の4種類とした。

試験は、地盤の作成後に上載圧を加え、15 cm の予備打ちの後に 30 cm の本打ちを行った。試験中に上載圧が減少したので、目標上載圧の 95% を下回らないように油圧ジャッキを操作した。また、土槽底面に設置した土圧計により、上載圧が減少せずに底面へ届いていることを確認した。

3. 試験結果

試験結果の一例として、上載圧 $P_v = 450 \text{ kN/m}^2$ の場合の予備打ち後のサンプラー累積貫入量を図3に、加圧板沈下量を図4に、それぞれ打撃回数との関係で示す。図3より、相対密度が大きいほどサンプラーを 30 cm 貫入させるのに必要な打撃回数は多くなること、累積貫入量が大きくなるにつれて一打撃あたりの貫入量は減少することが分かる。また図4では、加圧前相対密度 $D_{ri} = 90\%$ の場合は打撃回数が多くなるにつれて加圧板が上昇しており、正のダイレイタンスが認められる。

表2に試験結果一覧表を示す。これには、本打ち 30 cm

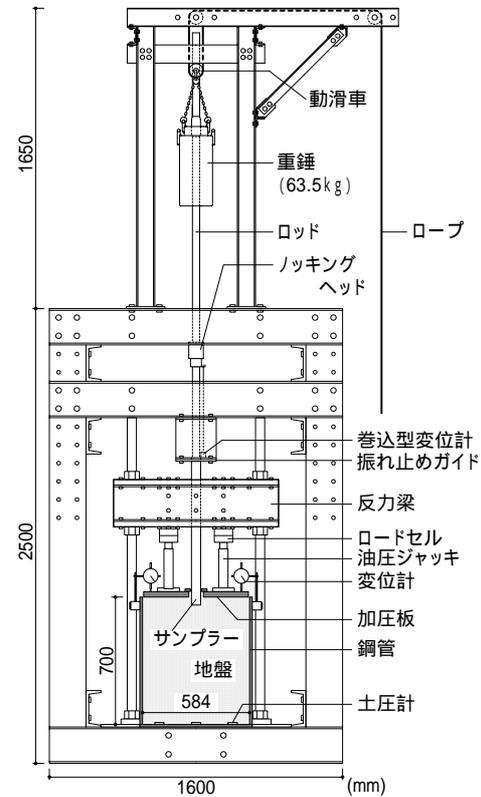


図1 試験装置図

表1 使用砂の諸元

土粒子の密度 s (g/cm^3)	2.615
平均粒度 D_{50} (mm)	0.54
均等係数 U_c	2.17
最大密度 max (g/cm^3)	1.631
最小密度 min (g/cm^3)	1.314

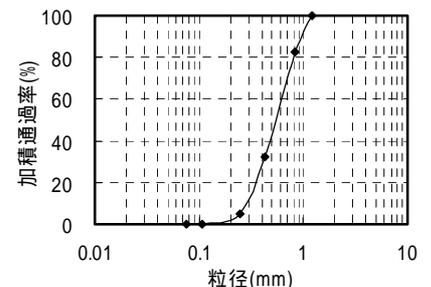


図2 粒度分布

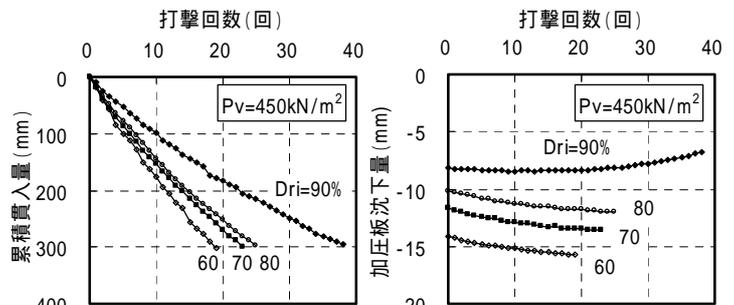


図3 サンプラー累積貫入量

図4 加圧板沈下量

貫入時の打撃回数より求めたN値、加圧後相対密度 Drc などを示した。また、N値とDrcとの関係を図5に、N値と上載圧 Pv との関係を図6に示す。図中には、最小二乗法によって求めた相関係数 R を示した。これより、N値はDrcとPvとに対し、それぞれ正の相関があることが分かる。なお、同一条件で試験を繰り返した場合は、ほぼ同じ結果が得られている。

そこで、DrcとPvとを説明変数、N値を目的変数として重回帰分析を行い、次式に示すような文献²⁾と同様のべき乗近似式を得た。

$$N = \exp(2.21 \ln Drc + 0.646 \ln Pv - 10.4), R=0.988 \cdots (1)$$

[適用範囲: Pv = 150 ~ 600 kN/m², Drc = 約 65 ~ 100 %]

図7には試験結果と上式による回帰曲線とを示す。

4. 既往の研究結果との比較

下平ら²⁾は、内径520mm、高さ1000mm、厚さ6mmの鋼管からなる加圧土槽を用いて、標準貫入試験を行っている。鋼管の内面には本研究と同様の摩擦軽減処理が施されている。また、地盤に使用した砂は粒径1.2mm以下の気乾状態の淀川砂であり、本研究とほぼ同じである。これらの一連の試験のうち、重錘落下方法に自動落下装置を用いた場合の回帰式は次式で示されている。

$$N = \exp(2.85 \ln Drc + 0.673 \ln Pv - 13.5), R=0.987 \cdots (2)$$

[適用範囲: Pv = 50 ~ 300 kN/m², Drc = 約 45 ~ 110 %]

図8にPv = 300 kN/m²の場合の、両式による回帰曲線を示す。図中に示した点線は、信頼率を95%とした時の信頼区間を示している。Drcが80%より小さい範囲では両曲線はやや離れるが、全体的に近似した曲線となっている。

おわりに

本研究によって、加圧土槽における標準貫入試験結果に再現性があることがわかった。また、適用範囲の上限をPv = 600 kN/m²とする回帰式が得られた。

謝辞

本実験を行うに当たり多大なご協力をいただいた関西大学学部卒業生の梅野諒氏、運天亮太氏、倉原雄也氏に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 伊藤淳志, 永井雅, 小椋仁志, 石川一真, 中野恵太, 山崎雅弘: 節杭を用いたプレボーリング拡大根固め工法の根固め部に関する模型実験(その1)~(その3), 日本建築学会大会講演梗概集, pp.591-596, 2008.9 ほか
- 2) 下平祐司, 山肩邦男, 伊藤淳志, 南坂貴彦: 砂地盤における標準貫入試験の結果に関する考察, 第21回土質工学研究発表会, pp.27-30, 1986.6 ほか
- 3) 土岐祥介, 三浦清一, 浅見秀樹: 多重フルイ落下法による砂供試体作成について, 第14回土質工学研究発表会, pp.193-196, 1979.6

表2 試験結果一覧表

上載圧 Pv (kN/m ²)	相対密度		N値
	加圧前 Dri (%)	加圧後 Drc (%)	
150	61.5	68.2	8.2
	69.8	74.6	10.4
	76.6	80.5	10.4
	90.1	92.0	18.8
300	60.6	69.6	15.7
	70.8	76.5	16.9
	76.2	82.1	19.5
	91.9	95.5	27.6
450	62.9	71.7	18.8
	73.5	80.5	23.1
	79.0	84.8	25.2
	91.4	95.9	38.7
600	60.8	70.9	23.7
	72.7	80.0	29.6
	87.9	91.5	37.9
	89.1	94.6	42.9

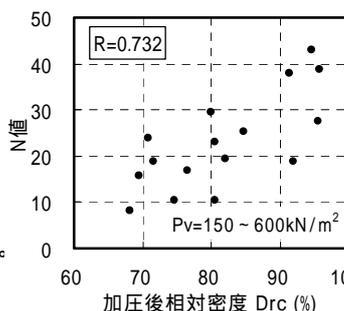


図5 N値 - Drc 関係

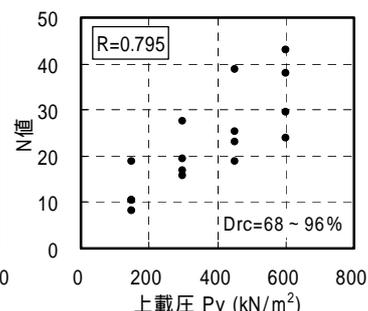


図6 N値 - Pv 関係

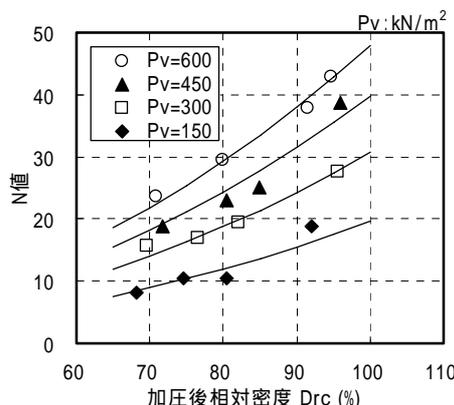


図7 重回帰分析結果

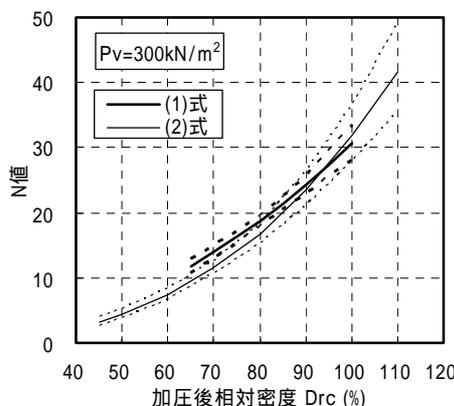


図8 回帰式の比較

*1 関西大学大学院 ジャパンパイル(株)

*2 関西大学大学院

*3 関西大学 准教授・博士(工学)

*4 ジャパンパイル(株)・工博

Graduate School, Kansai Univ. JAPAN PILE CORPORATION

Graduate School, Kansai Univ.

Assoc. Prof., Kansai Univ., Dr. Eng.

JAPAN PILE CORPORATION, Dr. Eng.