

軽量簡易動的貫入試験の地盤調査への適応性

防災科学技術研究所 正会員 ○中澤 博志
 防災科学技術研究所 正会員 田端 憲太郎
 防災科学技術研究所 正会員 佐藤 正義

1. はじめに

サウンディングは、原位置の土の強度や密度等の深度分布を直接推定でき、数多くの手法が地盤調査に用いられている。本報で使用した軽量簡易動的貫入試験は、狭い場所において一人で試験が可能であること、打撃力が任意であり試験に時間をそれほど要さないこと、および試験後直ちにデータのチェックが可能であることから、その用途は多岐にわたると考えられる。今回、大型土槽における砂地盤の側方流動実験の一環として、液状化した模型地盤を利用し、軽量簡易動的貫入試験の地盤調査への適用性や N 値との相関について検討を実施したので報告する。

2. 試験方法

2.1 地盤材料と模型地盤作製方法

使用した地盤材料は比較的単一の粒度特性を有するアルバニー珪砂であり、その代表的な物理的性質を表-1 に示す。模型地盤の作製過程は、図-1(a)にも示されているが、高さ 4.5m、幅 4m、長さ 16m の土槽内に相対密度が土槽下端から 0.75m まで $D_r=70\%$ 、また、その上部の地盤については $D_r=60\%$ になるように、25cm ずつ試料を撒きだし転圧し、深度が 4.5m になるまで均一な地盤を作製した。地盤作製後、土槽下部より注水を行い地下水位が GL-0.5m になるまで地盤の飽和化を行った。

表-1 アルバニー珪砂の物理的性質

土粒子の密度	ρ_s	2.630
最大間隙比	e_{max}	0.738
最小間隙比	e_{min}	0.513
平均粒径	D_{50} (mm)	0.2
均等係数	U_c	1.64
曲率係数	U_c'	1.13

2.2 試験方法

今回実施した試験について図-1(a)に地盤作製の作業工程と併せ示す。土槽やサウンディング試験位置に関しては、参考文献¹⁾に詳しく述べられている。まず、地盤作製時の乾燥砂地盤において軽量簡易動的貫入試験を実施し、その後、地盤の飽和化を行い JR 鷹取波による $\alpha_{max}=600\text{gal}$ の加振により模型地盤を液状化させた。加振後（液状化後）には液状化地盤の水抜きを行い、最後に土槽内 2 箇所において軽量簡易動的貫入試験（P-1、P-2）とラムサウンディング（R-1、R-2）を実施した。なお、加振後の液状化地盤において、水抜き後にサウンディングを実施したが、その理由としては、足場がとれない等の作業上の制約があったためである。

3. 試験結果

3.1 加振前後の軽量簡易動的貫入試験結果の比較

図-1(c)に加振前後の模型地盤の状態におけるサウンディング試験結果を示す。加振前後の軽量簡易動的貫入試験結果 q_d の深度分布図より、加振前の q_d は GL-1.0m 以深で約 25cm 毎に地盤作製時の地表面の転圧状況を良く反映している。一方 GL-3m 以浅では、加振時の液状化および側方流動による地盤の再堆積・均一化が考えられるため、加振後では q_d の深度分布が滑らかになり、その値は加振前に対し平均的に 0.7 倍程度に減少した。なお、模型地盤の地表面については、液状化により約 20cm 程度の沈下を生じたが、側方流動を伴った現象であるため地盤が緩くなり、加振後の測量結果から GL-3.0m 以浅で平均的に D_r が 2~3% 程度緩くなっている可能性があることがわかった。

3.2 加振後の軽量簡易動的貫入試験結果と N 値の関係

q_d と N 値の関係を検討するため、図-1(d)に示す加振後 2 箇所で実施した q_d と、 N 値と等しいことが一般に知られているオートマチックラムサウンディング試験結果 N_d の深度分布を基に、図-2 において同一深度における q_d と

キーワード： サウンディング，コーン貫入試験， N 値，模型実験

連絡先 〒673-0515 兵庫県三木市志染町三津田西亀屋 1501-21

(独) 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター TEL0794-85-7962

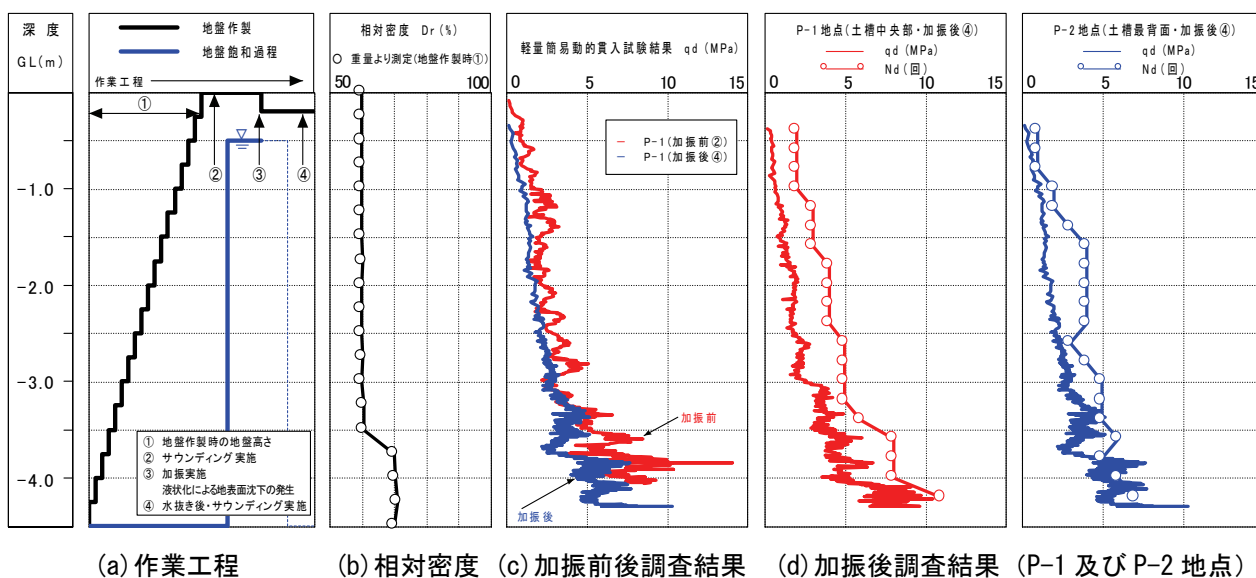


図-1 作業工程およびサウンディング試験結果（加振前後および加振後の比較）

N_d の関係について検討した。既往の調査結果²⁾によると、砂および礫の q_d の範囲が 4~30MPa であり、かつ砂における q_d と N 値との関係は $q_d=0.4 \sim 0.5N$ で示されているが、本調査では以下に示す関係が得られた。

$$q_d = 0.5N_d \quad (N_d \leq 5) \quad (1-a)$$

$$q_d = 0.7N_d + 0.05 \quad (N_d > 5) \quad (1-b)$$

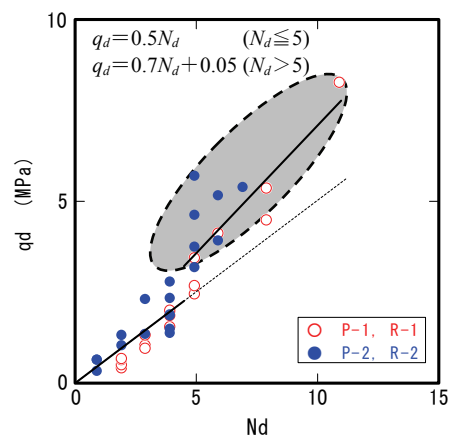
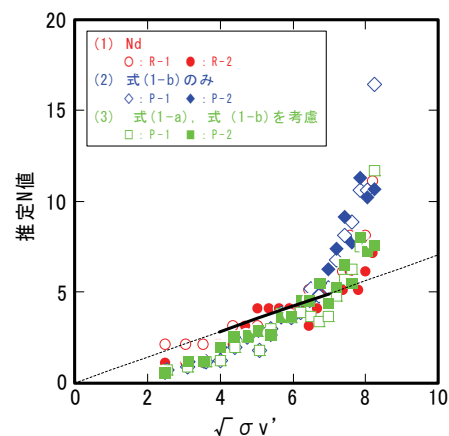
$N_d \leq 5$ の範囲では、既往の N 値の推定式の関係と良い一致を見せているが、 $N_d > 5$ の範囲では N_d に対し q_d が増大する傾向にあることから、軽量簡易動的貫入試験においては、ある程度有効土被り圧 σ_v' が増加すると、調査手法の適用範囲が存在するものと考えられる。また、図-1(d) に示される深度方向への q_d や N_d の貫入抵抗の増加は、 D_r と σ_v' の増加に依存すると考えられるため、図-3 に両指標から算定した N 値と $\sqrt{\sigma_v'}$ の関係についてまとめた。なお、図-3 に示す N 値は、(a) N_d 、(b) 式(1-a)からのみ推定、(c) 式(1-a)と式(1-b)を考慮し推定の 3 通りとした。いずれの N 値も $\sqrt{\sigma_v'}$ に対し、全体的な傾向は概ね一致しているが、上記(a)による N 値に対し q_d から得られた N 値は、GL-1.0~-3.0m の範囲に相当する $4 \leq \sqrt{\sigma_v'} < 7$ の範囲において(a)による N 値と良い相関を見せ、 $\sqrt{\sigma_v'}$ に対し概ね線形近似の関係にあると考えられる。一方、 $\sqrt{\sigma_v'} \geq 7$ の範囲では、(b)による既往の推定式では N 値を過大評価する可能性があり、 $\sigma_v' = 50\text{kPa}$ 程度の有効土被り圧以上の深度では、ロッドの摩擦等の影響因子を明らかにすることが必要であると考えられる。

4. まとめ

大型土槽における砂地盤の側方流動実験の一環として、液状化した模型地盤において軽量簡易動的貫入試験とオートマチックラムサウンディングを実施した結果、 $4 \leq \sqrt{\sigma_v'} < 7$ で両者の相関が良く、この範囲で軽量簡易動的貫入試験から N 値の推定と地盤調査への適用性が高いことが示された。

参考文献

1) 田端, 中澤, 佐藤: 大型土槽における模型地盤での軽量簡易動的貫入試験結果と相対密度への適用, 第 61 回土木学会年次学術講演会, 投稿中, 2006. 2) D.D.Langton: The Panda lightweight penetrometer for soil investigation and monitoring material compaction, *Ground Engineering* September 1999.

図-2 q_d と N_d の比較図-3 推定 N 値と $\sqrt{\sigma_v'}$ の関係