

## 模型地盤用小型動的貫入試験機の開発

東京都市大学 学生会員 ○田中 和穂, 松野遼太郎  
正会員 末政 直晃

### 1. はじめに

砂試料を用いた模型実験の結果を発表する際、しばしば“その模型地盤のN値はどのくらいに相当するのか”と問われることがある。豊浦砂のように、これまでに多くの研究に用いられてきた試料であれば、模型地盤の作製時に設定した相対密度からおおよその値を答えることはできるだろう。しかし、ある現場砂を用いて現場をある程度再現した模型実験を行う場合を想定すると、模型地盤に現場と同じ密度を設定するぐらいしか思いつかない。たとえ同じことを問われても、答えに窮するばかりである。

拘束圧の影響やスケール効果など、検討すべき課題も多いが、超小型の動的貫入試験を行えば、少なくとも模型地盤の換算N値を推定できるのではないかと考えた。そこで本研究の目的はまず超小型の動的貫入試験機を開発し、そしてN値に換算できる実験式を提案することである。加えて、実物大の動的貫入試験では、発揮される動的荷重が大きく、これを正しく計測することが難しいことや、均質と言える実地盤は少なく、再現性の高い結果を得ることが難しいことから、動的貫入のメカニズムには未だ不明な点がある。これについても明らかにしていきたい。

本報告では先端コーンの形状を変化させて行った模型地盤用小型動的貫入試験機（以下 Soil pecker）の実験結果と締固め方法を変化させた模型地盤の評価について報告する。

### 2. Soil pecker について

写真1、表1に Soil pecker の概要を示す。Soil pecker とは、模型地盤上で動的貫入を行うことができる小型試験のことである。空気圧により上昇させたハンマーを自由落下させて打撃する仕組みとなっており、その周期や打音が啄木鳥を連想させることから命名した。ハンマーの重量や落下高さ、先端コーンの形状や大きさは自由に変更が可能であるが、ここでは表1に示す値を設定した。

本実験の目的は模型地盤用小型動的貫入試験機の換算式を構築することであるので、まず模型地盤のN値を求めなければならない。しかし、模型地盤内で標準貫入試験を行うスペースはないため、本実験では小型の動的貫入試験である JKR probe を行って、模型地盤の換算N値を計測することとした。

### 3. エネルギー比

ここでは、「千葉県香取市佐原における小型動的コーン貫入試験の比較」<sup>1)</sup>を参考に、JKR probe と Soil pecker のエネルギーについて単位面積・単位貫入量あたりのエネルギー(表2)を求め、Soil pecker で得られた測定打撃回数を

キーワード 模型地盤, 動的コーン貫入試験, N値

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL 03-5707-010



写真1 Soil pecker 概要

表1 Soil pecker 概要

全長(mm)	705
ハンマー可動部長さ(mm)	455
ハンマー重さ(g)	400
ロッド全長(mm)	250
コーン形状	円錐
先端角度(°)	30
コーン直径(mm)	20
コーン高さ(mm)	40
最大落下高さ(mm)	300

表2 打撃エネルギーの比較

	SPT	JKR	SP
ハンマー重量m(kg)	63.5	5	0.4
落下高(mm)	760	280	300
コーン先端角(°)	-	60	30
コーン直径Dc(mm)	51-35	25	20
コーン断面積A(m <sup>2</sup> )	19.63	4.91	1.13
ロッド直径Dr(mm)	40.5	13	10
単位面積当たりのエネルギー En=mgH/a(kj/m <sup>2</sup> )	246.6	27.94	10.4
打撃回数測定の入力量P(m)	0.3	0.3	0.05
単位面積・単位貫入量当たりのエネルギー En=mgH/a/P(kj/m <sup>2</sup> /m)	1442	93.1	74.9
SPTとのエネルギー比較	1	8.83	23.7

このエネルギー量の比で補正することで換算N値が求められるのではないかと考えた。以下に単位面積・貫入量あたりのエネルギー式(1)を示す。

$$E = \frac{mgH}{AP} \dots(1)$$

m:ハンマー質量(kg),H:落下高(mm),A:コーン断面積( $\times 10^{-4}m^2$ ),P:打撃回数測定時の貫入量(m)

4. 実験概要

本実験は JKR probe と Soil pecker で N 値の測定の比較を行った。写真 2 に JKR probe の概要を示す。試料土は山砂と関東ローム 1:1 の混合土とした。模型地盤の作製には透明なアクリルの円形土層(直径 205mm, 深さ 250mm)2 つを縦に連結し使用した。土槽側面には、境界条件の影響を少なくするためにシリコンプレーを塗布し、模型地盤を作製した。模型地盤は 7 層に分けて作成し、1 層目は試料土 5kg を 10 分で、2~7 層目は試料土 2kg を各層 5 分で、それぞれベロフラムシリンダーを用いて圧縮を行い、密度一様な地盤を層状に作製した。ケース 1 およびケース 2 ともに 50kPa で計 40 分間の締固めを行った。模型地盤の N 値を測定する JKR probe の打撃回数を測定するための最小貫入量が 30cm であるため、模型地盤は高さ 30cm 以上になるように作成した。今回の実験では Soil pecker の打撃測定のための最小貫入量をコーン先端から 5cm と定め以降 5cm ごとに深さ 15cm 貫入までに必要な打撃回数を測定した。その後同じ模型地盤で JKR probe が 30cm 貫入するまでの打撃回数を測定し模型地盤の換算 N 値を求めた。換算 N 値を求めるには Kartina Sazali らが示す SPT と JKR probe のエネルギー比<sup>2)</sup>を利用した。表 2 に結果を示す。こちらは試験ごとに位置エネルギーとコーン断面積から求められる平米あたりのエネルギーを比較したものである。



写真 2 JKR probe 概要

貫入量と換算N値

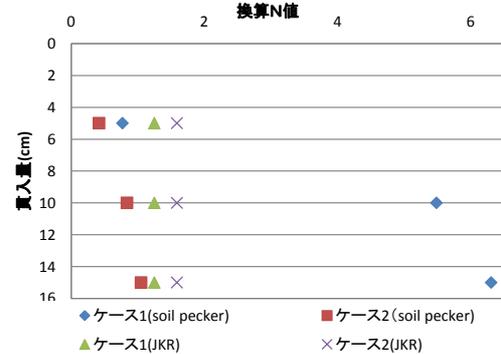


図 1 貫入量と換算 N 値

表 3 実験結果

	先端コーン	含水比	換算N値 (JKR)	soil pecker打撃回数(cm)		
				5	10	15
				換算N値(soil pecker)		
ケース1		37.4	1.25	51	362	416
				0.77	5.49	6.31
ケース2		36.7	1.59	10	20	25
				0.42	0.84	1.05

5. 実験結果

ケース 1 およびケース 2 で使用した先端コーンと実験結果をそれぞれ図 1, 表 3 に示す。ケース 1 で用いたコーンよりもケース 2 で用いたものの方がコーン直径が 4 割ほど小さい。コーン先端で地盤が締め固まる影響をあまり受けなかった為、打撃回数が大幅に減少したと考えられる。またケース 1 およびケース 2 の soil pecker のそれぞれの深さの打撃回数をエネルギー比で除した結果を JKR probe で求めた換算 N 値と比較をした。これより、超小型動的貫入試験において、先端形状によって換算 N 値が大きく異なること、小型動的貫入結果に近い値を得られることが分かった。

6. まとめ

今回の実験では超小型動的貫入試験における課題と、模型地盤作成における動的締固めの課題を得ることができた。今後は換算 N 値と打撃回数から soil pecker の先端コーンごとの適正貫入量を求めていきたい。また、打撃エネルギーの異なる試験機で同様の模型地盤の換算 N 値を測定した際に、ハンマーの重さと先端コーン形状および 1 打撃ごとの貫入量について相関関係が見られるかどうかを調査していきたいと考える。

参考文献<sup>1)</sup>張林松他 千葉県香取市佐原における小型動的コーン貫入試験の比較 <sup>2)</sup> PROBE MACINTOSH by kartina Sazali, technical assistant