

動的コーン貫入試験

加藤 清次*

* KATO Seiji、アキュテック株式会社 技術部 埼玉県上尾市五番町 14 番 4 号

1. はじめに

動的コーン貫入試験は、ロッド先端にとりつけたコーンをハンマーの打撃によって地盤に打ち込み、貫入量と打撃回数から地盤の硬軟、締まり具合を調査する試験である（図-1）。ただし、標準貫入試験のような土試料の採取ができないため土質判別はできない。動的コーン貫入試験には、鉄研式動的コーン貫入試験や、オートマチックラムサウンディング、すでに基準化されている急傾斜地の調査で実施される簡易動的コーン貫入試験（JGS1433-2012）など様々ある。2014年に地盤工学会が新基準として1打撃当たりの単位面積エネルギーに応じて、大型動的コーン貫入試験、中型動的コーン貫入試験を定め、簡易動的コーン貫入試験とは別途、動的コーン貫入試験方法（JGS1437-2014）として制定した。本稿では、この大型・中型動的コーン貫入試験について概説する。

大型動的コーン貫入試験は、一般に「オートマチックラムサウンディング」（写真-1）と呼ばれているものである。もともとはスウェーデンで開発された試験（Swedish Ram Sounding, SRSと略される）で、1974年に日本に導入された。また、中型動的コーン貫入試験は、一般に「ミニラムサウンディング（Mini Ram Sounding, MRSと略される）」（写真-2）と呼ばれるもので、1997年に

日本で独自開発された。大型、中型動的コーン貫入試験機には、全自動、半自動、手動式など様々な仕様があるが、代表的な仕様を表-1に示す。



写真-1 大型動的コーン貫入試験の概況（全自動）
（オートマチックラムサウンディング）



写真-2 中型動的コーン貫入試験の概況（半自動）
（ミニラムサウンディング）

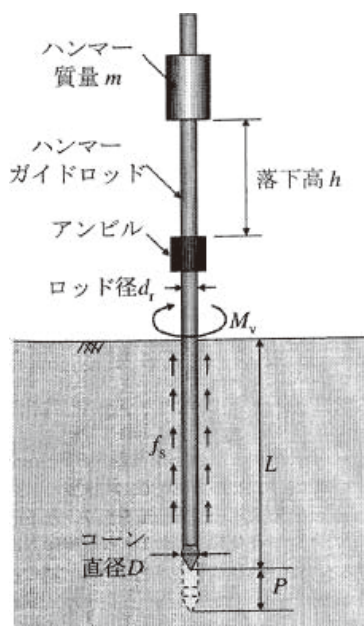


図-1 動的コーン貫入試験の概要¹⁾

表-1 主な大型、中型動的コーン貫入試験の仕様

試験種別	大型 (SRS)	中型 (MRS)
	全自動 (新型機), 半自動式	半自動式
ハンマー質量 m (kg)	63.5	30
落下高 h (mm)	500	350
コーン先端角 ($^{\circ}$)	90	90
コーン直径 (mm)	45	36.6
コーン断面積 A ($\times 10^{-4} \text{m}^2$)	15.9	10.5
ロッド直径 (mm)	32	28
単位面積当たりのエネルギー $E = mgh/A$ (kJ/m^2)	195.8	97.9
トルクによる周面摩擦 補正係数 β	0.040	0.139
測定貫入量 (mm)	200	200
SRS基準のエネルギー 補正係数 α	1.00	0.50

住宅地盤調査は、現在では、スウェーデン式サウンディング試験が広く一般的に行われているが、スウェーデン式サウンディング試験では表層に硬質土やガラ等が存在する場合には貫入不能となり、それ以深の調査を行うことができない場合がある。動的コーン貫入試験は、高い貫入力があるため、このような場合などスウェーデン式サウンディング試験の短所を補う追加試験としてしばしば利用されている。また、ボーリング調査の代用として、小口径鋼管等の支持地盤の層厚確認を目的として利用されることも多い。

2. 試験の概要

試験中に水平方向に変位しないように試験装置を設置した後、ロッドの先端にコーンをとりつけ（写真-3、図-2）、ハンマーを自由落下させて、地表面から連続的に打撃し、先端コーンを打ち込んでいく。先端コーンを20cm 打ち込むのに必要な打撃回数を N_d 値として記録する。打撃の速度は1分間に15～30回で、打撃中に自沈が生じるような場合には、1打撃後の自沈がほぼ収まったことを確認した上で次の打撃を行う。また、試験中にロッドの周面摩擦の影響を考慮するために、トルクレンチや装置などを用いて、少なくとも貫入量1mごとにロッドを1.5回以上回転させるか、最大トルクに達するまで回転させてトルク測定を行う。

3. 試験結果の解釈

動的コーン貫入試験は、地表面から連続的に打撃を行うため、貫入深度の増加に伴って、ロッドの周面摩擦による打撃回数への影響が増してくる。このため、測定されて打撃回数の周面摩擦の影響は、試験中にロッドを回転させて測定したトルク値を用いて補正される。また、中型動的コーン貫入試験の打撃エネルギーは大型に比べて小さいため、大型にあわせるためにエネルギー補正される。大型、中型動的コーン貫入試験の N_d はこれらをふまえ、一般に下式で表される。

$$\text{大型: } N_d = N_{dm} - 0.040M_v$$

$$\text{中型: } N_d' = 0.5 (N_{dm} - 0.139M_v)$$

N_d : 補正された打撃回数

N_{dm} : 測定された打撃回数

N_d' : エネルギー補正された打撃回数

$$N_d' = \alpha (N_{dm} - \beta M_v)$$

上式で示される大型と中型動的コーン貫入試験の N_d 値、 N_d' 値の関係は、図-3に示すようにほぼ等しいことがわかる。また、砂質土における N_d 値とボーリング調査で行われる標準貫入試験の N 値との関係を図-4、 N_d 値と一軸圧縮強さ q_u との関係を図-5にそれぞれ示す。図-4によると、 $N_d \approx N$ の関係が成り立っている。これらの関係から、調査ボーリングの代わりとして、例えば、地盤補強の選定・設計計画に必要な支持地盤の層厚や支持地盤の N 値や、周面摩擦力の算出に必要な一軸圧縮強さ q_u を推定することが可

能である。前述したように、大型・中型動的コーン貫入試験は土質を判別することができないため、特に図-5の利用など、得られた値の利用には注意が必要である。

写真-3 先端コーン
(中型動的コーン貫入試験)

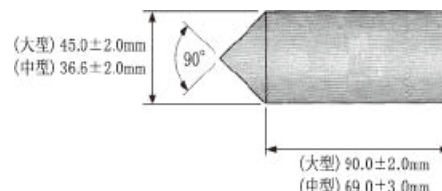


図-2 先端コーンの寸法

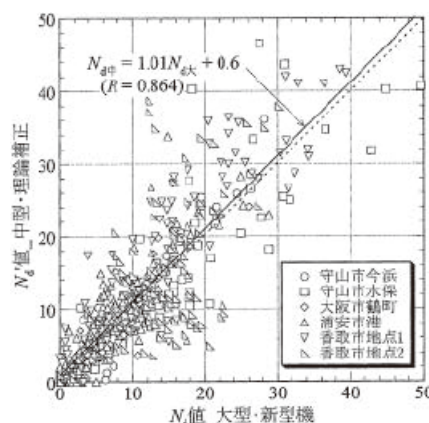


図-3 大型と中型動的コーン貫入試験の N_d 値の関係²⁾

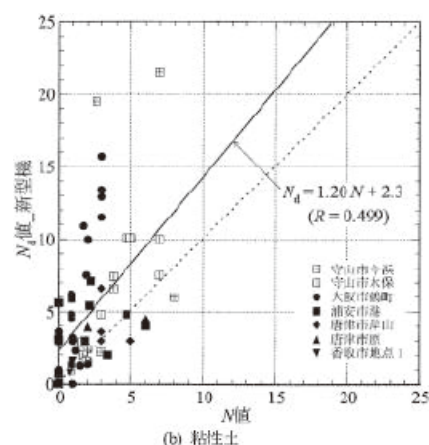
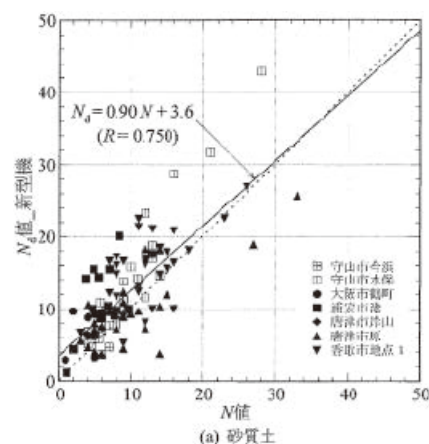


図-4 先 N_d 値と N 値との関係³⁾

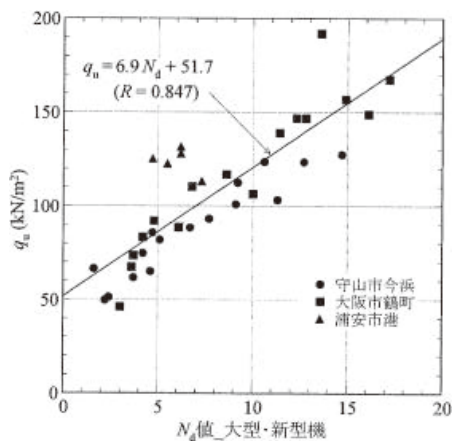


図-5 N_d 値と q_u の関係³⁾

4. 住宅地盤調査での活用事例

木造2階建ての戸建て住宅の新築計画に伴って、台地内の谷底低地でスウェーデン式サウンディング試験、ハンドオーガを実施した。スウェーデン式サウンディング試験の結果、深度9.5m付近で貫入不能となった。最終深度付近の貫入抵抗は $N_{SW}=150$ 以上となり、下式⁴⁾より推定すると N 値=12以上であった（図-6）。

$$\begin{aligned} \text{砂質土・礫質土} \quad N &= 2W_{SW} + 0.067N_{SW} \\ \text{粘性土} \quad N &= 3W_{SW} + 0.050N_{SW} \end{aligned}$$

貫入深さ D m	N_{SW}	推定 柱状図	荷重 10kN L, R, T	貫入量1m当り 平均値 N _{sw}	N値
0.25	0				1.5
0.50	20				4.0
0.75	40				4.7
1.00	16				3.8
1.25	12				3.8
1.50	16				3.8
1.75	68				6.8
2.00	0				3.0
2.25	0				3.0
2.50	0				3.0
2.75	0				3.0
3.00	0				3.0
3.25	0				3.0
3.50	0				3.0
3.75	4				3.2
4.00	0				3.0
4.25	0				3.0
4.50	0				3.0
4.75	0				3.0
5.00	0				3.0
5.25	12				3.8
5.50	0				3.0
5.75	0				3.0
6.00	28				4.4
6.25	20				4.0
6.50	20				4.0
6.75	52				6.6
7.00	68				6.8
7.25	68				6.8
7.50	68				6.6
7.75	82				7.8
8.00	84				7.8
8.25	104				9.0
8.50	128				10.8
8.75	172				(13.6)
9.00	232				(17.5)
9.25	324				(23.7)
9.50	611				(42.9)

※ $N_{SW}=150$ を超える場合の推定 N 値はカッコ () 表記としている

図-6 スウェーデン式サウンディング試験結果

また、ハンドオーガにて地表面から深度3mまで連続採取した結果、深度2～3m付近にて腐植土が確認された。腐植土が確認された深度の貫入抵抗は荷重1.0kN自沈程度であるものの、腐植土は圧縮性が高いことから計画建物の不同沈下の危険性が高いと判断して地盤補強が必要と判断した。また、腐植土地盤は、柱状地盤改良等のセメント系固化材による工法を用いた場合、必要な強度を得られない場合が多いため、地盤補強工法としては小口径鋼管を選定した。小口径鋼管の支持地盤は、 N 値10以上を示す深度9m付近と考えられるが、その層厚については近隣ボーリングデータもなく不明であった。このため、支持地盤の層厚を確認するために動的コーン貫入試験を行った。現地で実施した大型動的コーン貫入試験結果を図-7に示す。 N_d 値は、深度5～9m間のスウェーデン式サウンディング試験で自沈しない範囲でスウェーデン式サウンディング試験から推定される N 値とほぼ同じ値を示した。また、 N_d 値は、深度8.5m付近より10以上を示し、深度9.5m付近では $N_d=20$ 以上を示したが、その後、 $N_d=10\sim20$ 程度でややばらついて、深度11m付近より $N_d=10$ 未満となった。その後は、漸増的な増加傾向を示し、深度22m付近で $N_d=30$ 以上を示した。

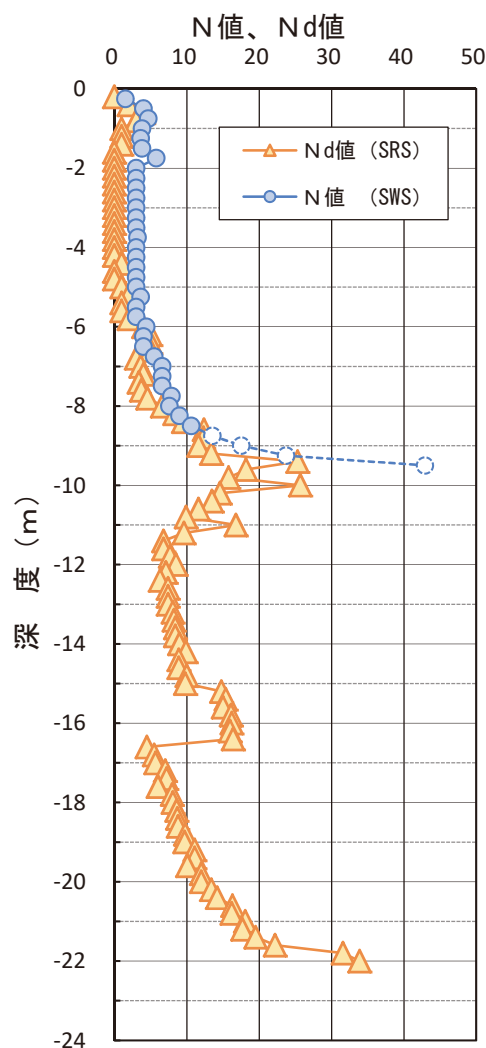


図-7 大型動的コーン貫入試験結果

住品協基準書に示される小口径鋼管の支持地盤になりうる地盤条件は、 N 値10以上を2m以上連続する地盤である。これを満たす深度は、8.5～11m間の層厚2.5mであるが、設計時の注意事項は2点挙げられる。一つ目は、小口径鋼管の先端支持力の算出する際には、鋼管の先端より上方下方にそれぞれ鋼管の直径（拡底翼がある場合には、拡底翼の直径）の範囲内の平均 N 値を用いるが、支持地盤の N 値が $N=10\sim25$ の間でばらついているため、平均 N 値のとり方に注意する必要があるといえる。二つ目は、深度11m以深で再び N 値10未満となるため、支持地盤下方の地盤の安定性を考慮した設計が必要といえる。

今回実施した大型動的コーン貫入試験により、支持地盤の層厚とその N 値の状況を把握することができた。また、調査の結果、地盤状況が複雑であり、いくつかの注意しなければならない状況を事前に確認することができたといえる。

5. おわりに

住宅地盤調査では、スウェーデン式サウンディング試験が広く一般的に行われているものの、試験の限界から、地盤判定や地盤補強の選定、設計計画に必要なデータが十分に得られない場合もしばしばある。動的コーン貫入試験は、その長所を活かせばスウェーデン式サウンディング試験の短所を十分に補うことが可能であるといえる。また、住品協だより2018年vol.14で紹介された地盤の液状化の

しやすさを判定するためのピエゾドライブコーン試験は、この大型・中型動的コーン貫入試験装置が利用されており、幅広い活用もされている。

住品協だよりにはこれまでに様々な地盤調査方法が紹介されている。それぞれの長所短所を把握し、目的にあった適切な地盤調査方法の選択、あるいは追加調査として提案が行えるよう本稿を含めご利用いただければと思う次第である。

参考文献

- 1) (公益社団法人)地盤工学会：新規制定地盤工学会基準・同解説 動的コーン貫入試験方法（JGS1437-2014），p.61，2016
- 2) 平田拓也・大島昭彦・平田茂良・深井公：大型・中型動的コーン貫入試験〔SRS・MRS〕の比較例（第2報），土木学会第68回年次学術講演会，Ⅲ-229，pp.457～458，2013
- 3) 大島昭彦・山田拓・平田拓也・峯翔太郎・平田茂良・柴田芳彦・西田功：大型動的コーン貫入試験結果と N 値・ q_u 値との相関性の検討（第2報），第49回年次学術講演会，No.99，pp.197～198，2014
- 4) 稲田倍穂：スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について，土と基礎，Vol. 8(1)，pp.13-18，1960.2

NPO 住宅地盤品質協会主催

2018. 10/21 (日) 開催!

《信頼の住宅地盤技術者資格》《19年間、延べ資格者6000名》

2018年度 技術者認定資格試験

●住品協の資格試験制度は「住宅の品質確保促進法」施行前の1999年から実施
全国で6000名余りの資格者が地盤業務に携わってきました

●資格者登録番号は、調査報告書や施工報告書に記載が必要な項目です

●主任技士合格者には「地盤品質判定士」の受験資格が与えられます

●今年度から択一問題は過去の問題をベースに出題します

※ただし、ベースとなる過去問題は部門及び技士・主任の区別なく選定されます

開催日および会場

2018年10月21日(日) [申込締切日 9月7日(金) 厳守]
札幌、仙台、東京、高崎、名古屋、大阪、岡山、福岡
※東京は3会場で開催しますが指定はできません。

受験料

技 士：6,000円/名
主任技士：7,000円/名
※受験料は部門ごとに必要

試験時間

調査部門 技 士／10:30～11:45 (75分)
主任技士／10:30～12:00 (90分)
設計施工部門 技 士／13:30～14:45 (75分)
主任技士／13:30～15:00 (90分)

お問合せ・お申し込み方法

詳細はホームページをご確認下さい
<http://www.juhinkyo.jp/>



住宅地盤技術者認定証サンプル



NPO
住宅地盤品質協会

〒113-0034 東京都文京区湯島4-6-12 湯島ハイタウン B-222
Tel 03-3830-9823 Fax 03-3830-9852