

動的コーン貫入試験の打ち止め貫入量の検討

日建設計シビル(元 東京都市大学大学院) 正 ○山崎 誓也  
東京都市大学 正 伊藤 和也 正 田中 剛 正 末政 直晃

1. はじめに

我が国では小規模構造物の地盤調査法として動的コーン貫入試験が挙げられる。この調査法は、試験区間を貫入するのに要した打撃回数  $N_d$  値を  $N$  値と比較した換算式は提案されているものの、両者には常に高い相関性を得られるとは言い難いのが現状である。その要因として、アンビルからロッド先端に伝達される過程でエネルギー損失が生じ、 $N_d$  値が過大評価されることが考えられる<sup>1,2)</sup>。また、杭基礎構造物の設計では杭の動的載荷試験によって支持力および沈下量を確認する方法<sup>3)</sup>がある。杭の動的載荷試験は1打撃毎に地盤の硬さを算定できるだけでなく、荷重変位曲線から杭基礎の設計支持力算定に適用できる。そのため、動的コーン貫入試験を単に換算  $N$  値である  $N_d$  値算出の試験法とするのではなく、杭の動的載荷試験方法を援用し、荷重変位曲線から杭基礎の設計支持力を直接的に算定することができれば、新たな地盤調査の評価方法として確立できる。そこで本研究では、1打撃毎の各種情報からロッド先端部の地盤強度情報の高精度化を図ることを目的として、模型地盤に対して各種計測機器を取り付けた動的コーン貫入試験を実施した。本報告では、計測項目を増やした動的コーン貫入試験の打撃条件を様々に変化させて得られた応答結果に杭の衝撃載荷試験を援用して先端抵抗の算出を行った。

2. 実験概要

模型地盤は気乾状態の珪砂 7 号を用いて空中落下法により  $Dr=80\%$  の地盤を作製した。表-1 に実験ケースを示す。表よりケース 1~5 は重錘や落下高さを変化させた一定の位置エネルギーで、ケース 6 は同一の重錘で段階的に落下高さを大きくし、ケース 7 は重錘と落下高さを段階的に大きくし、動的コーン貫入試験を実施した。動的コーン貫入試験機の外観と計測箇所を写真-1 に示す。計測箇所はアンビル部と先端コーン上部に設置した圧電型荷重計で1打撃毎の衝撃荷重を、レーザー変位計を用いて貫入量を、圧電型加速度計で貫入機の加速度をそれぞれ計測した。なお、貫入量は実測データをハイパスフィルタ (150Hz) にかけてノイズ成分を除去した。また、全ての計測項目のサンプリング周波数は 20kHz としている。さらに、一連の実験ケースから得られた計測データを用いて、杭の動的載荷試験の支持力算定法である杭の衝撃載荷試験<sup>4)</sup>を援用して、1打撃毎の地盤強度の算定を行った。

3. 実験結果

杭の衝撃載荷試験の解析手法である CASE 法を用いて先端抵抗の算出を行った。以下に用いた算出式を示す。

キーワード 動的コーン貫入試験 杭の衝撃載荷試験 CASE 法  
連絡先 〒112-0004 東京都文京区後楽 1-4-27 日建設計シビル エンジニアリング部門 TEL 03-5336-3070

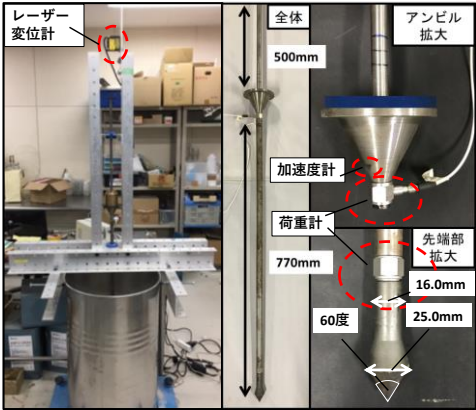


写真-1 貫入機の外観と計測箇所

表-1 実験ケース

| ケース | 位置エネルギー (J) | 錘(N)                  | 落下高さ (cm)            |  |
|-----|-------------|-----------------------|----------------------|--|
| 1   | 1.0         | 14.7                  | 6.8                  |  |
| 2   | 1.0         | 7.35                  | 13.6                 |  |
| 3   | 2.0         | 14.7                  | 13.6                 |  |
| 4   | 3.0         | 14.7                  | 20.4                 |  |
| 5   | 6.0         | 24.5                  | 24.5                 |  |
| 6   | 0.5 ~ 3.0   | 14.7                  | 3.4, 6.8, 13.6, 20.4 |  |
| 7   | 1.0 ~ 4.0   | 7.35, 9.8, 14.7, 24.5 | 13.6, 16.3, 20.4     |  |

$$\text{入力波: } F_d = \frac{(F(t) + Z \cdot v(t))}{2} \quad (1)$$

$$\text{反射波: } F_u = \frac{(F(t) - Z \cdot v(t))}{2} \quad (2)$$

$$\text{先端抵抗推定値: } R = F_d(t) + F_u(t + 2L/c) \quad (3)$$

ここで  $F(t)$ : 杭体軸力,  $Z$ : インピーダンス,  $v(t)$ : 粒子速度である.

まず地盤の媒質が与える反射波の影響を調べた. 図-2 にケース 1~5 の実験値/推定値と貫入量の関係を示す. なお, 実験値は動的コーン貫入試験の先端コーンにより計測された衝撃荷重, 推定値は式 3 を用いて算出した先端抵抗である. 地盤の媒質が与える反射波を固定端と定義した場合, 重錘や落下高さ, 位置エネルギーの違いに関わらず, 反比例に近い現象が確認できた. 貫入量が多い場合は, 推定値が大きく実験値が小さくなり, 貫入量が小さい場合は推定値が実験値と類似する傾向を示した. つまり, 貫入量が小さくなるにつれ反射波は固定端に近い現象を示すことがわかった.

図-3 にケース 6, 7 の実験値/推定値と貫入量の関係を示す. 図より, 実験値/推定値と貫入量が反比例の関係が見られず, 相関関係が低くなった. 図-4 に実験値と貫入深度の関係を示す. なお, ケース 6 は他のケースと貫入時の地表面高さが異なっており, 正確な貫入深度ではなかったため平行移動させた. 図より, 段階的に位置エネルギーを大きくしたケース 6, 7 の実験値/推定値と貫入量の相関関係が低くなった要因は, 位置エネルギーを変化させた直後の荷重と貫入量の関係が起因していると考えられる. ケース 6, 7 は位置エネルギーを大きくした直後の 1 打撃目は, 他のケースに比べ荷重が過大評価されている. これは, 小さい位置エネルギーを積み重ねることで地盤を締め固めてしまっていることが考えられる. 位置エネルギーを変化させた直後は荷重が過大評価されるものの, その後は他のケースと同様の荷重を示すことから締め固め範囲は限定的であると考えられる. そのため, 初期では小さい位置エネルギーで貫入し, 地盤の硬さを評価することができるが, 地盤を締め固めない程度の打ち止め量の決定が必要であることがわかる. このような結果を踏まえて改めて図-4 に着目すると, 貫入量 4mm 時に過大評価された実験値が相関関係を低くしていると考えられる. また, ケース 6 はケース 1~5 と同様に貫入量 3mm 前後から, 実験値/推定値が 1.0 以上のプロットが多く確認でき, これらも相関関係を低くした要因の 1 つとして考えられる. つまり  $Dr=80\%$  の地盤では, 打撃条件に関わらず, 貫入量 4mm 時を貫入打ち止め位置として指標になることが考えられた.

#### 4. まとめ

一連の実験結果より, 動的コーン貫入試験では地盤の種類に応じた貫入打ち止め位置を設定することで, 先端抵抗の高精度化に繋がることが考えられた. 今後も様々な地盤において検討を行ってきたい.

#### <<参考文献>>

- 1) (社)地盤工学会: 地盤調査の方法と解説, pp.299, 2013
- 2) 吉澤ら: 打撃エネルギーの計測によるミニラムの  $N_d$  値推定についての一考察, 第 48 回地盤工学会研究発表会, pp.351-352, 2013
- 3) 道路橋示方書・同解説: pp.226-310
- 4) 地盤工学会: 杭の鉛直載荷試験方法・同解説, pp.223-245, 2002

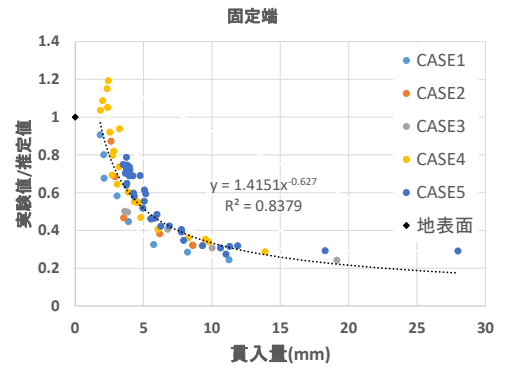


図-2 実験値/推定値と貫入量の関係

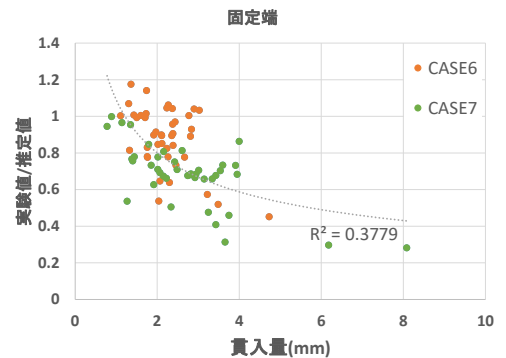


図-3 実験値/推定値と貫入量の関係

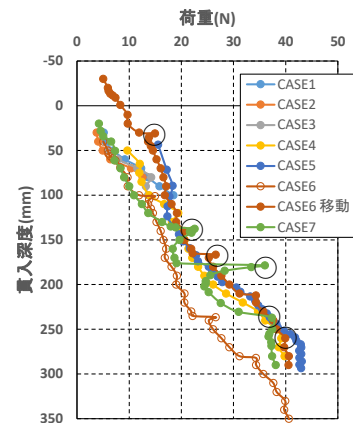


図-4 実験値と貫入深度の関係