

簡易動的コーン貫入試験の小打撃時の挙動把握を目的とした室内実験

鉄道総合技術研究所 正会員 ○児島 達也 正会員 高柳 剛
 鉄道総合技術研究所 正会員 進藤 義勝 正会員 布川 修

1. はじめに

筆者らは、簡易かつ低コストにのり面工背面の状態を把握する手法として、既往の簡易動的コーン貫入試験機 (JGS1433) を利用し、鉛直方向以外へ打撃貫入する試験方法および、この試験結果の Nd 値への換算方法について検討している¹⁾。この試験では、試験者が人力等によって重錘に速度を与えて打撃するため、簡易動的コーン貫入試験と比較して小さい打撃エネルギーとなることが想定される。そこで本稿では、小さい打撃エネルギーで貫入させる場合の簡易動的コーン貫入試験の挙動を計測し、この試験結果を基に Nd 値に換算して評価することを目的とした室内実験の概要と同実験より得られた計測結果を報告する。

2. 実験方法

図1に既往の実験²⁾を参考として製作した試験装置の全体図を示す。試験機は既往の簡易動的コーン貫入試験機 (JGS1433) の機材を使用しており、重錘の質量は 5kg である。先端コーンは既往の $\phi 25\text{mm}$ のコーンに加え、小さい打撃エネルギーの条件における貫入量を確保する目的で $\phi 16\text{mm}$ に加工した先端コーンも使用した。なお、いずれもコーン先端角は 60° である。試験方法は、通常の高さである 500mm の他に、小さい打撃エネルギー時のロッドの挙動を把握するため、20mm から 120mm の範囲と 500mm の高さから自由落下をさせて、そのときに生じる加速度、ひずみ、荷重および貫入量を計測した。それぞれの計測項目をサンプリング間隔 $10\mu\text{s}$ で測定し、打撃エネルギー E を求めた。なお、レーザー変位計のサンプリング間隔は 2ms であったため、得られた計測結果を補正している。

計測した実験ケースを以下に示す。落下高さ 20mm から 120mm の範囲は 20mm 間隔で各 6 回計測し、落下高さ 500mm は 2 回計測した。いずれのケースにおいて先端コーン径 $\phi 25\text{mm}$ に加え、先端コーン径 $\phi 16\text{mm}$ のケースも計測した。なお、各ケースを連続して計測しており、貫入深度は異なる条件で計測している。

地盤材料には稲城砂 (表1) を用いて、直径 300mm、高さ 300mm のモールドに締固め度 $D_c 90\%$ 程度に相当する乾燥密度を目標に締固めて構築した。実験時の地盤乾燥密度 ρ_d は 1.51g/cm^3 、含水比 w は 14.6% である。

表1 稲城砂の物理特性

土粒子密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	平均粒径 $D_{50} (\text{mm})$	細粒分含有率 $F_c (\%)$	最大乾燥密度 $\rho_{dmax} (\text{g/cm}^3)$	最適含水比 $w_{opt} (\%)$
2.72	0.17	14.90	1.68	14.6

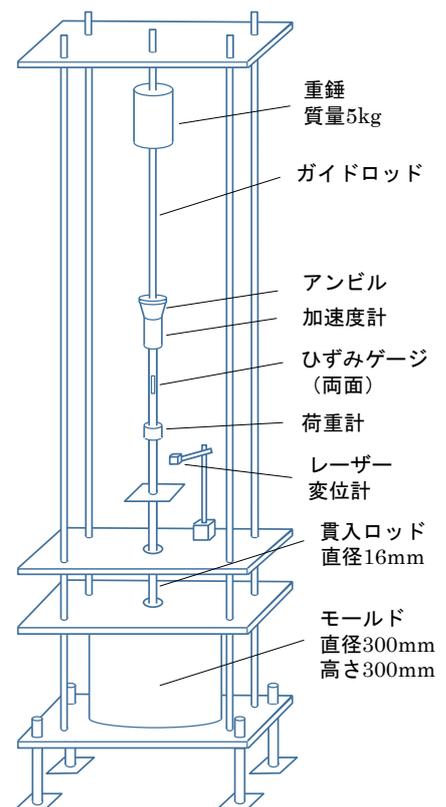


図1 試験装置の全体図

3. 打撃エネルギーの算定法

打撃エネルギー E の算定式を式(1)に示す³⁾。 $E(t) = \int_0^t F(t) v(t) dt \dots (1)$

ここで、 F はアンビル下方のロッドで測定したロッドに発生する力、 v は速度である。速度は計測した加速度を時間 t に関して積分することで算定が可能であるが、重錘の落下高さを高くすると加速度の値が計測範囲を超えるケースがあった。このため、今回は変位計から得られた変位を微分することで算定した速度も用いた。

キーワード 貫入試験, 打撃エネルギー, 地盤災害

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 地盤防災 TEL 042-573-7263

4. 実験結果

図2に落下高さ 20mm, 先端コーン径 $\phi 25\text{mm}$ を使用した条件の計測結果を示す. 加速度計および変位計からそれぞれ算定される速度から求められる打撃エネルギーは, 前者が $0.55\text{N}\cdot\text{m}$, 後者が $0.36\text{N}\cdot\text{m}$ であった. 速度の評価に加速度計と変位計のどちらを用いるかによって, 打撃エネルギーの絶対値や伝達時間に違いが見られた.

図3は先端コーン径 $\phi 25\text{mm}$ を使用した場合について, 打撃エネルギーを変位から求めた値と加速度から求めた値との関係を示している. 加速度計から算定した打撃エネルギーと変位計から算定した打撃エネルギーを比較すると一定の相関性が得られるものの, 2.8 倍程度の打撃エネルギーの差が生じる結果となった. 加速度計のケースでは, 加速度計の計測範囲を超えたケースや算定した速度波形にばらつきが見られるため, 本実験の分析では変位計から算定した速度をエネルギー評価に採用して検討を行った.

図4は先端コーン径 $\phi 25\text{mm}$ および $\phi 16\text{mm}$ を使用した条件の打撃エネルギーと貫入量の関係を示している. 決定係数 R^2 の値は双方ともに高く, 線形を示しているため, 貫入量と打撃エネルギーの関係には, 比例関係が得られる可能性が高いことを確認した.

図5は位置エネルギーと貫入量の関係性を示しており, 先端コーン径を変化させた結果を検証している. 先端コーン径を $\phi 16\text{mm}$ に細くすることにより, 貫入時の抵抗が少なくなり, $\phi 25\text{mm}$ の先端コーンと比較して, 貫入量が大きくなっている. また, 同じ位置エネルギー条件かつ同じ地盤条件でも貫入量に違いがみられた. この理由としては, 貫入深度が深くなるに従って貫入量が減少する傾向があるためである. 今後, 様々な地盤条件における打撃エネルギーと貫入量の関係を調査する予定であるが, エネルギーの評価手法の妥当性の確認および貫入深さによる補正方法をさらに検討した上で室内実験を進めていきたい.

5. まとめ

実験の結果, 今回製作した試験装置および計測システムにおいて砂地盤での試験であったが, 貫入量と打撃エネルギーの関係には, 小さい打撃エネルギーから通常の打撃エネルギーの範囲にかけて, 比例関係が得られる可能性が高いことを確認した.

参考文献

- 1) 児島達也, 高柳剛, 進藤義勝, 布川修: のり面工背面探査における簡易動的コーン貫入試験機の応用に関する検討, 第54回地盤工学研究発表会概要集, 2019 (投稿中)
- 2) 大野ら: 標準貫入試験の器具寸法がN値に及ぼす影響とその補正, 地盤工学ジャーナル, Vol. 2, No. 4, 2007
- 3) 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), PP. 31-34, 2016

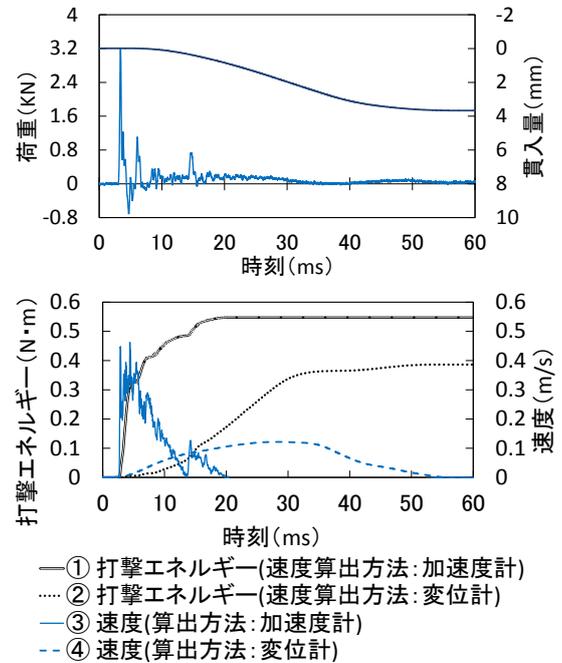


図2 計測結果例 (落下高さ 20mm)

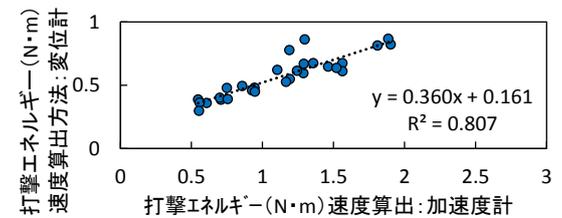


図3 速度算出別の打撃エネルギーの関係

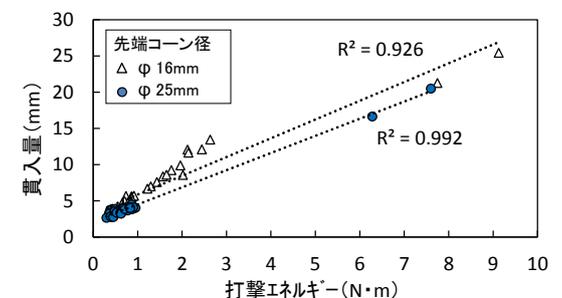


図4 打撃エネルギーと貫入量の関係

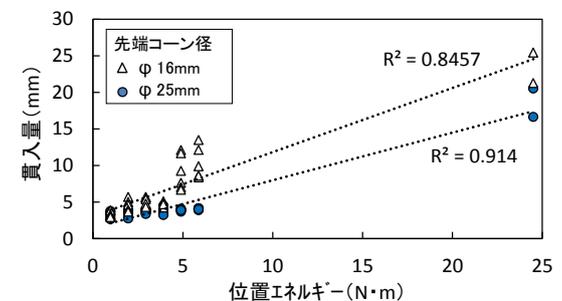


図5 位置エネルギーと貫入量の関係