

先端コーン径の異なる簡易動的コーン貫入試験の横打撃時の挙動把握を目的とした室内試験

(公財) 鉄道総合技術研究所 正○高柳剛 正 藤原将真
正 大谷礼央 正 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地山の風化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 JGS1433 (以下、既往試験) を応用し、のり面に対し横方向へ打撃貫入する試験 (以下、新試験) およびその試験値 (N_e 値) の既往試験値 (N_d 値) への換算方法を検討している¹⁾。新試験は地山への貫入能力や斜面における作業性の向上の観点から、既往試験とは異なる先端コーン径や人力による打撃手法を採用している。本稿では試験値の換算のための基礎データを蓄積するため、打撃方法や先端コーン径を複数設定した室内貫入試験を行い、重錘がアンビルを打撃する運動エネルギー (以下、打撃エネルギー) とロッドを地盤へ貫入させるために消費されるエネルギー (以下、貫入エネルギー) の関係、また先端コーン径の違いがロッドの貫入量に与える影響を調べた。

2. 試験概要

室内貫入試験は既往試験を基本として、先端コーン径 ϕ および打撃方法を試験条件とし、直径 300mm、高さ 300mm のモールド内地盤に対して実施した (図 1)。打撃方法は重錘の自由落下による「自由落下打撃」、人力で重錘をアンビル部に打撃する「人力打撃」の 2 種とした。試験条件のまとめを表 1 に示す。モールド内地盤は風化地盤を模擬して早強セメントを添加した地盤材料を用い、土質材料、密度および配合比を変え、1 層 50mm で高さ 350mm まで締め固め、一定期間の養生後に不良な表層 50mm を切削し作製した。試験はロッド荷重、貫入量、人力打撃時は重錘の打撃直前の速度を測定した。またモールド内地盤のせん断強度の把握のため、同条件で作製した供試体 (100×100×100mm) を用い、定圧一面せん断試験を実施し、粘着力 c' および内部摩擦角 ϕ_d を算出した。なお、斜面表層の地盤を想定し、垂直応力は 37, 57, 87kN/m² を採用した。

試験機先端コーン径 ϕ は既往の試験基準である $\phi 25\text{mm}$ に加えて $\phi 16\text{mm}$ (先端角: 60°) と $\phi 13\text{mm}$ (円柱部材) の 3 種とした。自由落下打撃時の落下高さ h は、既往の試験基準である 0.5m とした。また人力打撃は先端コーン径 $\phi 16\text{mm}$ の真砂土 B のケースで実施し、人力打撃時の打撃速ごとの打撃エネルギーおよび貫入エネルギーの関係調べるため、打撃速度に故意にばらつきを与えた。

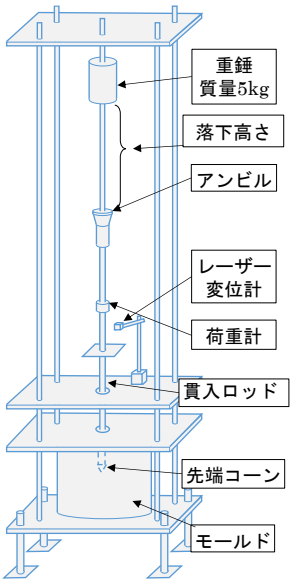


図 1 貫入試験機

表 1 試験条件

3. 打撃エネルギーと打撃効率

N_e 値を N_d 値へ換算することを想定した場合、打撃方法が異なるため、両試験の打撃エネルギー E に対する貫入エネルギー R の割合、すなわち打撃効率 e ($= R/E$) の関係を調べる必要がある。本稿では下記 (1) 式²⁾にて、貫入エネルギー E を算定した。

$$E(t') = \int_0^{t'} F(t)V(t)dt \quad (1)$$

ここで F は打撃時のロッドに生じる力、 V はロッドの貫入速度である

土質 (D_{50} ρ_{dmax})	配合比 土:セメント (質量比)	養生 期間 (日)	含水比 w (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	粘着力 c' (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_d (°)
珪砂3号 (1.25mm 1.58 g/cm ³)	40:1	3	2.4	1.42	0.0	33.4
	40:1	3	2.4	1.54	28.9	38.7
	30:1	3	3.2	1.53	80.6	46.1
真砂土A (0.85 mm 1.87 g/cm ³)	50:0	0	7.2	1.68	9.0	29.6
	50:1	3	7.5	1.53	11.8	37.2
	50:1	4	7.5	1.68	23.5	40.8
真砂土B (2.65 mm 1.87 g/cm ³)	30:1	3	8.0	1.68	78.8	36.5
	50:1	3	8.0	1.68	40.7	41.8
	50:1	3	8.0	1.54	14.0	39.9

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 T E L 042-573-7263

4. 貫入試験結果

(a) 先端コーン径と貫入量の関係

貫入試験における打撃回数-累積貫入量曲線の傾きを単位貫入量 ΔS と定義した。単位貫入量 ΔS は1回の打撃における平均的な貫入量を示す。図2に自由落下打撃（落下高さ $h=0.5\text{m}$ ）条件で、先端コーン径 $\phi 25\text{mm}$ （先端コーン断面積 A_d ）の単位貫入量 ΔS_d を基準として各断面条件（先端コーン断面積 A_e ）の単位貫入量 ΔS_e を正規化した正規化単位貫入量 $\Delta S_e / \Delta S_d$ と正規化コーン断面積 A_e / A_d の関係を示す。両値の関係は、ばらつきはあるものの全ケースで同様の非線形関係を示し、図中の累乗関数を用いることで、正規化コーン断面積 A_e / A_d に応じて既往試験の貫入量に換算することが出来ると考えられる。

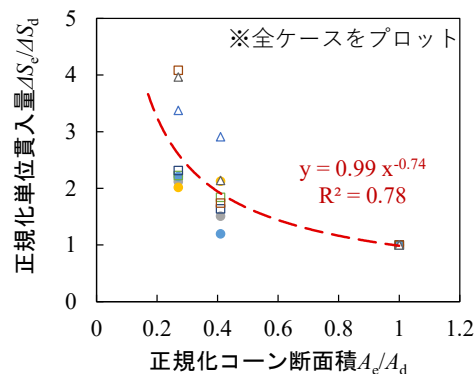


図2 正規化コーン断面積と正規化単位貫入量の関係

(b) 打撃速度と打撃効率の関係

図3に全ケースにおける既往試験条件（先端コーン径 $\phi 25\text{mm}$ ，落下高さ $h 0.5\text{m}$ ）の打撃効率 e を，図4に人力打撃時における打撃速度 v' と打撃効率 e の関係を示す。図3よりばらつきはあるものの，既往試験条件の打撃効率 e は平均して約54.0%であることが分かった。また図4より人力打撃時の打撃速度 v' と打撃効率 e には緩い正の相関が確認され，打撃速度 v' から打撃効率 e を推定できる可能性が示唆された。

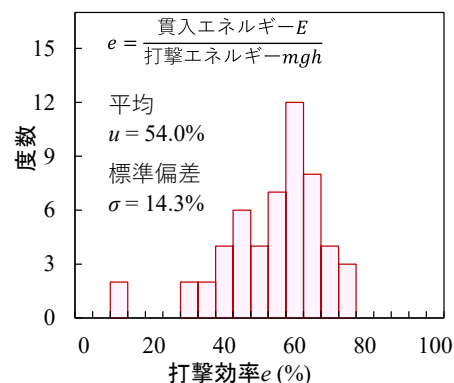


図3 $\phi 25\text{mm}$ 時の打撃効率 e

5. 水平方向への打撃速度

既往の研究により，新試験において水平方向への人力打撃時に一定した速度で安定的に繰り返し打撃することできる打撃周期 S と走行距離 L の組み合わせとして， $S=0.75\text{s}$ ， $L=0.25\text{m}$ を提案している¹⁾。上記条件下での打撃速度 v' を算出するため，別途，試験を実施した。室内試験機（図1）を水平に設置し，既定の打撃周期 $S(0.75\text{s})$ ，走行距離 $L(0.25\text{m})$ で打撃を行い，打撃速度 v' を打撃直前の重錘の打撃直前の変位から算出した。試験者は4人とし，各試験者で複数回の計測を行った。試験結果を図5に示す。ばらつきは見られるものの，打撃速度 v' の平均値は 1.22m/s であり，図4に示した打撃速度 v' と打撃効率 e の関係から，新試験の打撃効率 e は平均して約79.3%であると推定される。

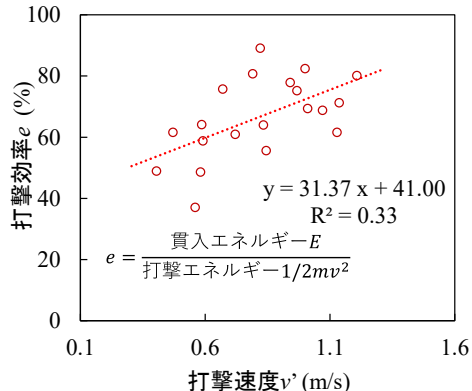


図4 打撃速度 v' と打撃効率 e の関係

6. まとめ

一連の試験結果より，得られた知見を以下に示す。

- ・ 先端コーン径 ϕ の違いが貫入抵抗へ与える影響は先端コーン径 ϕ の断面積比を変数とした累乗関数を用いて補正が可能であることを示した。
- ・ 打撃効率 e について，既往試験では約54.0%であり，新試験では平均打撃速度 1.22m/s の条件下では約79.3%と推定された。今後は上記の関係を用い，換算式の構築を進めたい。

参考文献

1) 児島達也，高柳剛，進藤義勝，布川修：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，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会概要集，pp.III-100,2019.

2) 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

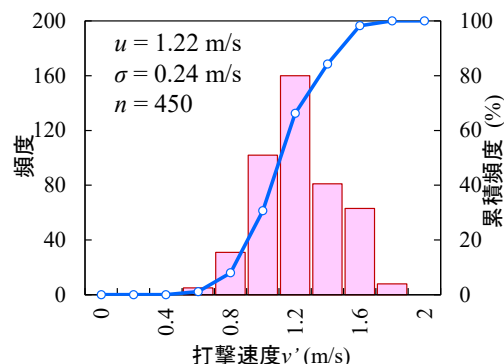


図5 新試験の打撃速度 v'