

大型動的コーン貫入試験の先端打撃効率に基づく打撃回数の補正例

大阪市立大学大学院

○学 野山優一 (現 JR 西日本)

同上

学 田中さち 正 大島昭彦

大和ハウス工業(株)

平田茂良 高橋秀一

(有)ウィルコンサルタント

柴田芳彦

(株)ワイビーエム

西田 功

1. まえがき

筆者らは、大型動的コーン貫入試験 (H-DCPT) の打撃時にロッドと地盤との間に発生する周面摩擦力を測定し、トルクによる打撃回数の補正が正しいかどうかを調べている。これまでにロッドの上部と先端に荷重計を設置して、両者の荷重差から周面摩擦力を求める現場実験を行ってきた。結果として、打撃による衝撃荷重がロッド内を反射するため、動的貫入時は荷重差から周面摩擦力を求めることができないこと¹⁾、自沈を含む静的貫入時は荷重差から周面摩擦力を求めることができたが、それに比べてトルクから求められる周面摩擦力は過大となる場合があること²⁾、などがわかった。そこで、打撃時の動的挙動を正確に捉えるために、図-1 に示すようにロッドの上部と先端に従来の荷重計に加えて新たに加速度計を設置して、動的貫入時の荷重と加速度を測定し、荷重と加速度を積分して求めた速度を用いて打撃エネルギーを算出し、ロッド上部と先端の打撃効率を求めた³⁾。

本稿では、大阪市港区弁天町⁴⁾、埼玉県越谷市新川町⁵⁾、茨城県稲敷市浮島⁶⁾、大阪市此花区舞洲⁷⁾で測定した先端打撃効率に基づく打撃回数の補正例を報告する。

2. 先端打撃効率による打撃回数の補正方法

打撃効率は計測した上部と先端の荷重と速度の積を時間積分して打撃エネルギーをそれぞれ E_2 、 E_3 として求め、ハンマーの位置エネルギー $E = mgH$ ($=0.312 \text{ kJ}$) で除することによって、上部打撃効率 $e_{12} = E_2/E$ 、先端打撃効率を $e_{123} = E_3/E$ を算出した³⁾。なお、計測した荷重、加速度波形の挙動及び打撃効率の求め方の詳細は文献³⁾を参照されたい。

先端打撃効率 e_{123} による打撃回数の補正値を N_{dE} 値とし、測定打撃回数 N_{dm} 値から式(1)で求めた。式(1)は国際土質基礎工学会 (ISSMFE)⁸⁾に準拠するもので、標準貫入試験 (SPT) の N 値相当として求められる。

$$N_{dE} = N_{dm} \times \frac{(e_{123})_{H-DCPT}}{(e_{12})_{SPT} \cdot (e_3)_{SPT}} \quad (1)$$

ここに、 $(e_{12})_{SPT}$ は SPT の上部打撃効率、 $(e_3)_{SPT}$ は SPT の伝播効率 ($= (E_3/E_2)_{SPT}$ 、SPT のロッド上部から先端に伝えられるエネルギー比) である。 $(e_{12})_{SPT}$ は過去の調査で計測されており、平均で $(e_{12})_{SPT} = 0.60$ と報告されている⁹⁾。 $(e_3)_{SPT}$ はロッド長、地盤の硬さなどが複雑に影響するが、SPT ではリーミングによってロッド径より大きいボーリング孔を開けており地盤との周面摩擦が生じないため、本研究では $(e_3)_{SPT} = 1.0$ と仮定した。これらの算定は先行研究である文献¹⁰⁾と同様な手法であるが、本研究では先端でも加速度を測定している点異なる。

3. 各地点における先端打撃効率に基づく打撃回数の補正

図-2(1)~(4)にそれぞれ4地点での上、先端打撃効率 e_{12} 、 e_{123} と N_{dE} 値の深度分布を示す。 N_{dE} 値の図には SPT の N 値と従来のトルク補正した N_d 値も併記した。また、図は砂質土を灰色、粘性土を水色で色分けして示している。

各地点ともに上打撃効率 e_{12} は 60~80% で深度によらず一定である。しかし、先端打撃効率 e_{123} は砂質土では e_{12} と同程度であるが、粘性土では 10% 程度とかなり小さい。これが N_d 値は N 値よりも大きくなる理由と考えられる。

図(1)の弁天町では、 N_{dE} 値は N_d 値より N 値との整合性が非常に高く 13m 以深の粘土層での傾向が顕著である。

Key Words: 現場調査, 大型動的コーン貫入試験, 周面摩擦, 打撃エネルギー, 打撃効率

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726

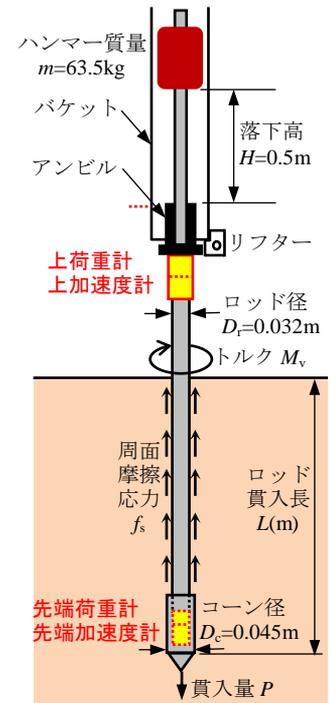


図-1 H-DCPT の計器位置

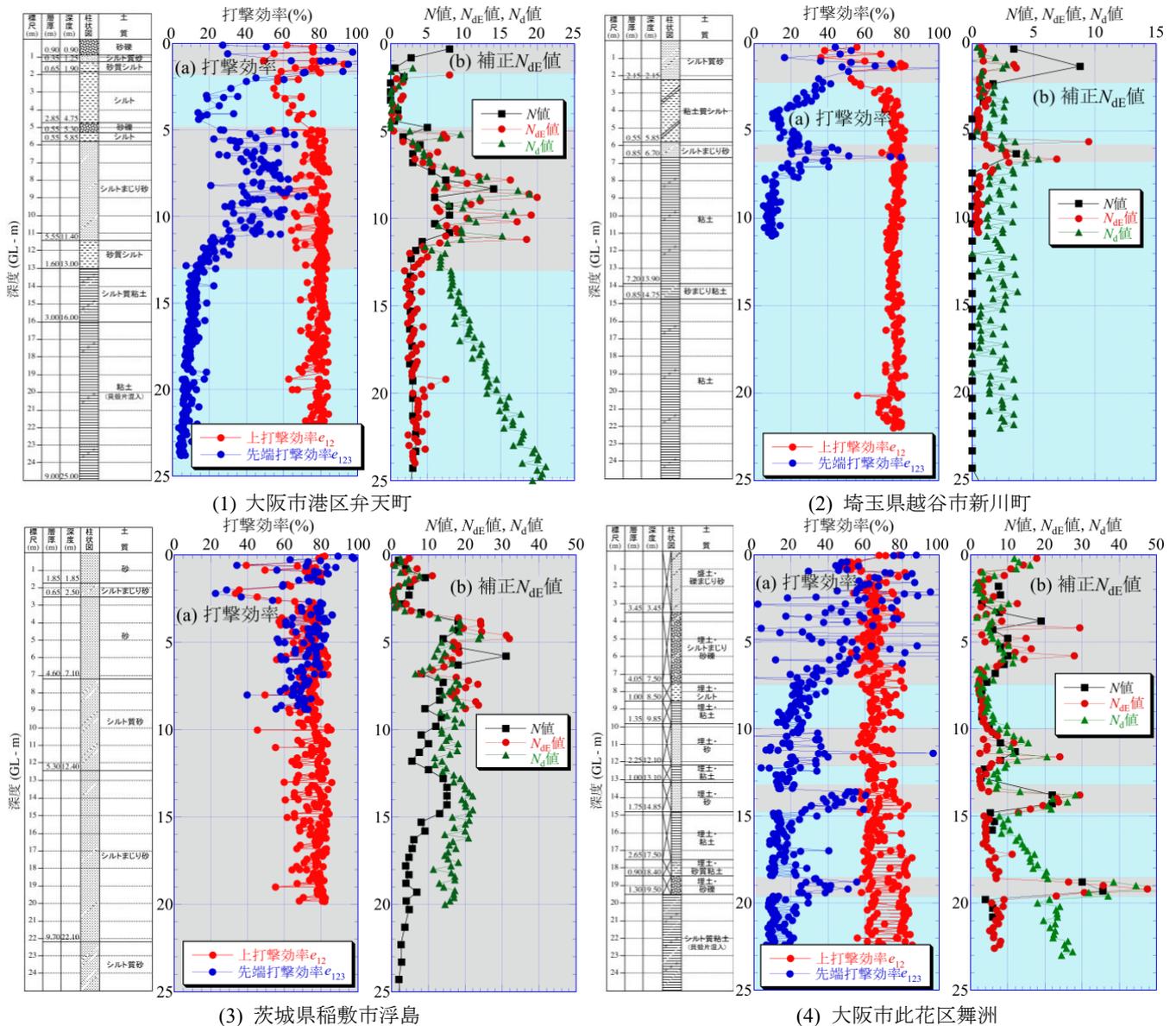


図-2 各地点における H-DCPT の打撃効率と打撃効率に基づく打撃回数の補正例

図(2)の越谷は粘性土主体の地盤で、 N_{de} 値は N 値と整合した。なお、 e_{123} は先端荷重計故障のため 11m までの測定となった。図(3)の稲敷は砂質土主体の地盤で、 N_{de} 値も N_d 値もほぼ同じ値を示し、 N 値と整合した。なお、 e_{123} は先端荷重計故障のため 9m までの測定となった。図(4)の舞洲では、 N_{de} 値は砂質土で高く、粘性土で低くなり、 N 値とよく整合している。なお、GL-16m 以深と GL-21m 以深は粘土をサンプリングしたため、 N 値を測定していない。

以上より、従来のトルク補正による N_d 値は粘性土では過大な値となったが、先端打撃効率によって補正した N_{de} 値はそれが解消され、 N 値とほぼ一致したことから、有効な手法と考えられる。ただし、この測定方法を実務に適用するのは難しいので、従来のトルク補正との対応を見出すことが今後の課題と考えている。また、粘性土ではロッドのたわみ、振動及び周面摩擦によってエネルギー損失が大きいと考えられるが、先端打撃効率が 10%程度まで下がる理由はまだよくわかっていない。今後、さらに現場計測を重ねて検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 田中・他：大型動的コーン貫入試験のハンマー打撃時のロッド荷重の測定例，第 53 回地盤工学研究発表会，No.0075，2018。
- 2) 田中・他：大型動的コーン貫入試験のロッドと地盤の静的周面摩擦力の測定例，土木学会第 73 回年次学術講演会，III-159，2018。
- 3) 野山・他：大型動的コーン貫入試験のロッド上部と先端部の打撃効率の測定，第 54 回地盤工学研究発表会(投稿中)，2019。
- 4) 久保田・他：大阪市港区弁天町地区での地盤調査結果(その 1：調査概要とボーリング結果)，第 54 回地盤工学研究発表会(投稿中)，2019。
- 5) 中井・他：埼玉県越谷市新川町での地盤調査結果(その 1：調査概要とボーリング結果)，第 54 回地盤工学研究発表会(投稿中)，2019。
- 6) 田中・他：茨城県稲敷市浮島での地盤調査結果(調査概要とボーリング結果)，第 54 回地盤工学研究発表会(投稿中)，2019。
- 7) 大島・他：大阪市舞洲での地盤調査(その 1：ボーリング調査結果)，土木学会第 74 回年次学術講演会(投稿中)，III-159，2019。
- 8) ISSMFE Technical Committee of Penetration Testing, SPT Working Party, Standard Penetration Test (SPT), Penetration Testing 1988, Balkema, 1988.
- 9) T. Matsumoto, et al: Measurements of driving energy in SPT and various dynamic cone penetration tests, Soils and Foundations, Vol. 55, pp.201-212, 2015.
- 10) 吉澤・他：荷重計測を伴うピエゾドライブコーンの開発，応用地質技術年報，No.35, pp.75-82，2016。