

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

大阪市立大学大学院 ○学 田中さち 学 野山優一 正 大島昭彦
 大和ハウス工業(株) 平田茂良 高橋秀一
 ウィルコンサルタント(有) 柴田芳彦
 (株)ワイビーエム 西田 功

1. まえがき

大型動的コーン貫入試験では、0.2m 貫入毎にロッドを回転させてトルクを測定し、そのトルク値を用いてロッドと地盤の間に発生する周面摩擦力を補正する方法を採用している。ただし、その方法が正しいかどうか確認されていない。そこで、図-1 に示すようにアンビル直下のロッド上部と捨てコーンが被るロッド先端に荷重計を設置し、動的貫入時及び自沈を含む静的貫入時の両荷重を測定し（先端荷重計で先端抵抗を測定）、周面摩擦力を直接求めることを試みた¹⁾。しかし、動的貫入時にロッドを伝播する荷重は反射波によって複雑な挙動となるため、この測定方法のままでは動的な周面摩擦力を求めることはできないことがわかった²⁾。

本稿では、大阪市うめきた³⁾、浦安市高洲⁸⁾、諏訪市豊田・湖南⁵⁾での自沈を含む静的貫入時の周面摩擦力とトルクから推定される周面摩擦力との比較結果を報告する。

2. SRS 試験のトルク M_v による周面摩擦力の推定方法

図-1 に SRS 試験の仕様を示す。打撃時にロッドに発生する周面摩擦力 F_s は、地盤との周面摩擦応力を f_s 、ロッド径を D_r 、ロッド貫入長を L とすると、式(1)で示される。

$$F_s = f_s (\pi D_r L) \quad (1)$$

トルク M_v は式(2)で表されるので、 F_s は M_v から式(3)で算定できることになる。

$$M_v = f_s (\pi D_r L) D_r / 2 = F_s D_r / 2 \quad (2)$$

$$F_s = 2 M_v / D_r \quad (3)$$

これを前提に、周面摩擦力に費やされるエネルギーと 1 打撃当たりのエネルギー比から打撃回数を補正している。しかし、打撃時の周面摩擦力は鉛直上向きの動摩擦であるのに対し、 M_v から求める周面摩擦力は回転方向の静摩擦であるので、 M_v による補正は必ずしも正しいとは限らない。

3. 静的貫入時のデータの整理方法

SRS 試験機は全自動式の新型機（Y 社製の自重低減機、アンビルを含む打撃装置質量は 81.4kg（自重 0.80kN））を用いた。ただし、うめきたと高洲 8 では自沈を含む静的貫入が起きやすいように旧型機仕様に変えた場合（図-1 に示すリフターを解除し、打撃装置質量を 197.8kg（自重 1.94kN）に増やした）も実施した。なお、4 地点の測定打撃回数 N_{dm} とトルク M_v の結果については文献 2) を参照されたい。

図-2 に貫入量 1m の打撃・トルク時の上荷重と先端荷重の測定例（うめきた、新型機、深度 10～11m）を示す。図-2(1)はサンプリング速度 0.0005s の生データで、縦にひげ状に伸びているのは打撃時の衝撃荷重である。この深度は粘土層（図-5(1)参照）なので、先端荷重はごく小さい²⁾。ただし、ここでは静的貫入時の荷重を対象としたので、生データを 0.5 秒ごとに平均化し、衝撃荷重をカットし、間引いた結果を図-2(2)に示す。まだ打撃時の荷重変動は残っているが、打撃後の静的な荷重状態を把握することができる。

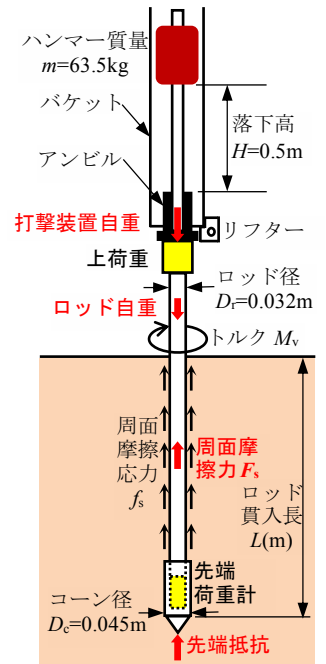


図-1 SRS 試験の仕様と荷重計の設置位置

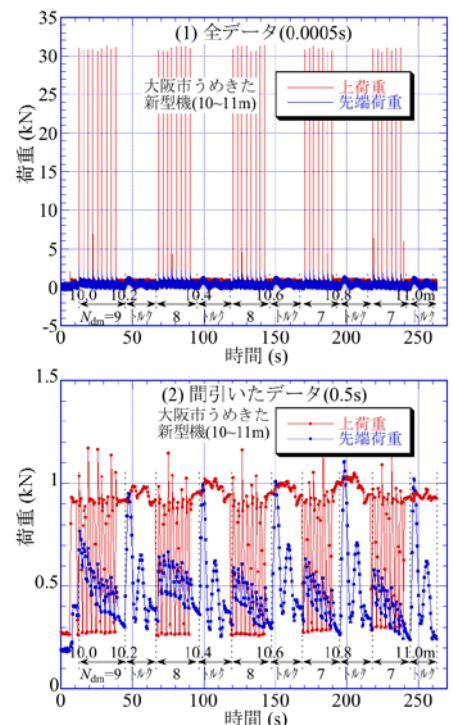


図-2 貫入量 1m の荷重測定例

Key Words: 現場調査, 大型動的コーン貫入試験, 周面摩擦力, 静的貫入, トルク

〒558-5855 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

なお、トルク測定時は先端荷重計がねじり力に反応し、正しい荷重を表していないので、以降の整理図からはトルク時の荷重はカットした。

4. 静的貫入時の周面摩擦力の測定結果

静的貫入時の外力となる装置自重は以下となる（図-1 参照）。

$$\text{装置自重} = (\text{打撃装置} + \text{アンビル} + \text{上荷重計} + \text{ロッド}) \text{自重} \quad (4)$$

ロッド自重以外は一定値（新型機 0.80kN, 旧型機 1.94kN）で、ロッド自重は 1m 毎に 0.046kN ずつ増えていく。よって、静的貫入時の周面摩擦力 F_s^* は以下で求められる（静的貫入時は上荷重は意味をなさない）。

$$F_s^* = \text{装置自重} - \text{先端荷重} \quad (5)$$

図-3 に先の図-2 の例における静的貫入時の装置自重、先端荷重及び F_s^* を示す。 F_s^* は打撃中に増加し、トルク後に減少していることからロッド回転による摩擦低減が行われていることがわかる。

図-4 に自沈が顕著に起きた旧型機による粘土層（高洲 8, 深度 18~19m）の結果を示す（図-5(2)参照）。自沈時の F_s^* は必ずしも一定でなく、増減している。これは先端荷重が自沈時の先端抵抗に依存して変化（貫入速度も変化）しているためと考えられる。

図-5 に 4 地点の荷重差による周面摩擦力 F_s^* (式(5)) とトルク M_v から推定される F_s (式(3)) の深度分布を示す。図中の●、●線は装置自重で、先端荷重が 0 となる最大周面摩擦力に相当する。当然ながら、 F_s^* は基本的に装置自重を超えることはなく、深度方向に漸増している。うめきたでは旧型機の方が F_s^* は大きい。高洲 8 の沖積砂層で旧型機の F_s^* が負値（先端荷重 > 装置自重）となっているのは原因不明である。一方、 F_s も深度方向に漸増するが、うめきたで深度 10m, 豊田で 15m, 湖南で 7m までは F_s^* に近いが、それ以深では F_s は装置自重を超え、増大している。ただし、高洲 8 では全体に F_s^* ないし装置自重と同程度の値となっている。 F_s が F_s^* と一致しないのは、前述したようにトルクによる回転方向の摩擦と鉛直上向きの摩擦の違いと考えられるが、ある深度から F_s が特に大きくなることから、ロッドの傾斜によって M_v が過大になった可能性もある。浦安では F_s と F_s^* が比較的近い値になったのは、深度 15m 以深の沖積粘土層が超鋭敏性を示す⁶⁾ため、打撃及びトルク回転時に強度が低下し、摩擦が小さくなった（ M_v も他の地点に比べてかなり小さい）とも考えられる。

SRS 試験で本来捉えるべきは打撃時の鉛直上向きの動摩擦である。今後、測定方法を改良して検討していきたい。

参考文献

- 1) 野山・他：大型動的コーン貫入試験のロッドの周面摩擦力の測定例，第 52 回地盤工学研究発表会，No.0072，2017。
- 2) 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(投稿中)，2018。
- 3) 京矢・他：うめきた 2 期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 52 回地盤工学研究発表会，No.0057，2017。
- 4) 野山・他：浦安市高洲 8 での地盤調査結果(その 1：調査概要とボーリング結果)，第 53 回地盤工学研究発表会(投稿中)，2018。
- 5) 久保田・他：諏訪市豊田・湖南での地盤調査結果(その 1：調査概要とボーリング結果)，土木学会第 73 回年次講演会(投稿中)，2018。
- 6) 安田・他：浦安市高洲 8 での地盤調査結果（その 2：沖積粘土層の土質特性），第 53 回地盤工学研究発表会(投稿中)，2018。

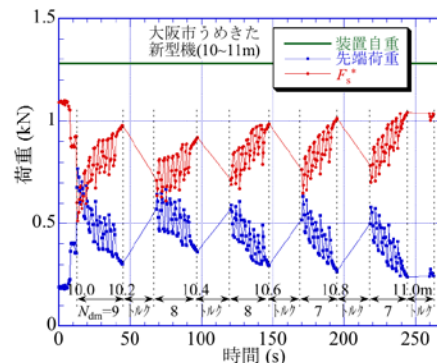


図-3 静的貫入時の周面摩擦力の例

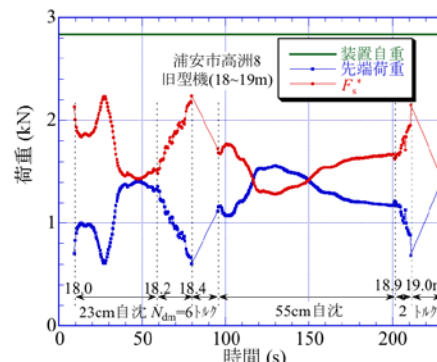


図-4 自沈時の周面摩擦力の例

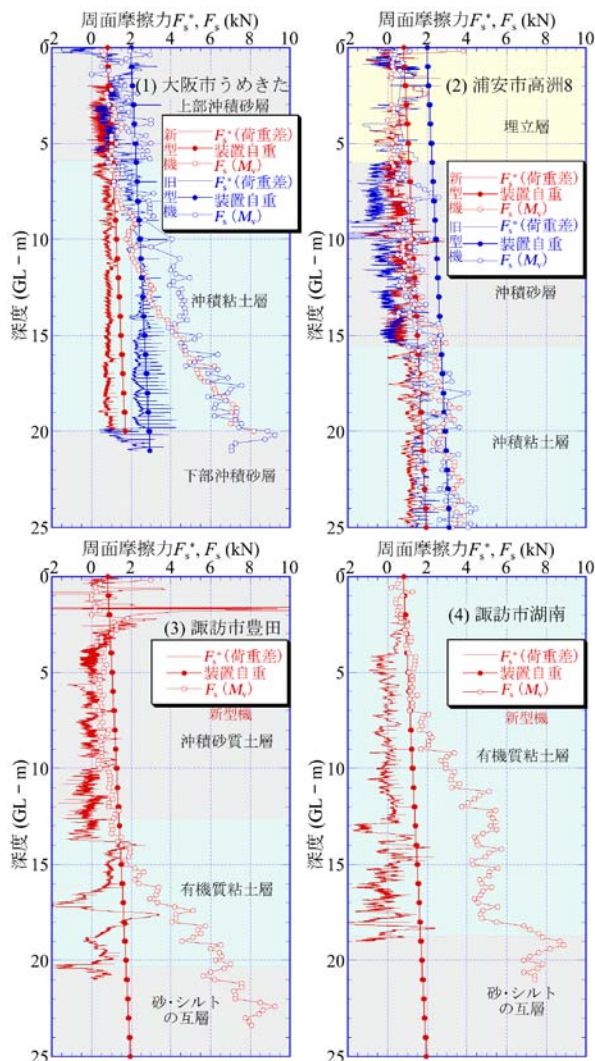


図-5 4 地点の荷重差による周面摩擦力 F_s^* とトルクから推定される周面摩擦力 F_s の比較