

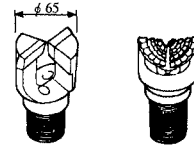
III-A 377      ロータリーサウンディングによる改良地盤の品質評価実験（その1）  
 —カオリンクレイ供試体への適用実験—

ロータリーサウンディング協会      正会員    杉村亮二・宇次原雅之  
 ロータリーサウンディング協会      正会員    駒崎俊治・照井信之  
 ロータリーサウンディング協会      正会員    千田昌平

1. まえがき

地盤安定処理工法は、施工機械の改良に伴って適用範囲が広がるとともに、近年大規模な工事にも多用されるようになった。これに伴って地盤安定処理工法に適した簡便で信頼性の高い地盤強度の評価方法が求められるようになり、その一つとしてロータリーサウンディングが開発された。ロータリーサウンディングとは、削孔条件（削孔速度、回転数）を一定にしたときに先端ビットに生じる削孔抵抗（ビット荷重、トルク）と水圧を計測ロッドによって連続的に測定記録し、これらのデータから地盤強度を判定する地盤調査法である。これまでのセメント安定処理土や薬液注入固化土を対象とした室内模型実験および現場実験による研究<sup>1)~2)</sup>で本手法の適用性を検討してきた結果、同じ一軸圧縮強さの改良地盤でも土質により削孔抵抗の特性が異なることが明らかとなってきた。

このため、カオリンクレイおよび川砂にセメントを配合して強度の異なる数種類の改良モデル地盤を作成し、土質の違いによる削孔抵抗の特性について検討した。本報では、このうちカオリンクレイの改良モデル地盤に対し、先端ビットにツーコーンビットを用いた場合の実験結果を報告する。なお、川砂を用いた実験結果は、その<sup>2)</sup>を参照されたい。



ドラッグビット ツーコーンビット  
 図-1 先端ビットの形状

表-1 改良モデル地盤の諸元

No.	配合			凡例	一軸圧縮強さ(qu28) (kgf/cm <sup>2</sup> ) (×98kPa)
	カオリンクレイセメント (t)	水 (kg)	水 (ℓ)		
1	1.05	40	604	⊕	0.6
2	1.05	65	619	○	1.0
3	1.05	100	640	△	2.3
4	1.05	160	676	▲	4.4
5	1.05	215	709	□	5.9
6	1.05	260	736	▽	8.0
7	1.05	345	787	◇	8.9
8	1.05	500	880	◆	17.0

2. 実験概要

(1)改良モデル地盤：表-1に示す配合でカオリンクレイ、セメントおよび水を混合攪拌し作成した直径1m、長さ2mの円柱体を改良モデル地盤とした。

(2)実験条件：一軸圧縮強さquと各計測値（削孔速度R、回転数n、ビット荷重WおよびトルクT）との関係を明らかにするため、表-2に示す条件を設定した。また、先端ビットとして図-1のうちツーコーンビットを用いた

なお、削孔水は清水とし、原則として50ℓ/minとした。

3. 実験結果

図-2～5に実験時に測定されたR、W、Tおよびnの相互の関係を両対数グラフで示す。図-2～4にはquごとに求めた回帰直線を図示したが、いずれのグラフでも図中の回帰直線の勾配は概ね同等であり、かつquが大きくなるほど直線は上方へ移行する。これらから、R、W、Tおよびnは、お互いに指数関数で関連づけられ、従来の研究と同様の結果が得られた。なお、図-5よりカオリンクレイによるモデル地盤では、WとTとは比例関係にある。

既存の井戸の掘削公式<sup>3)</sup>および上述の結果から、各削孔パラメータとquとの間には式(1)に示す関係があると仮定し、以下の解析を行った。

表-2 試験条件一覧

項目	条件数	条件範囲
モデル地盤のqu	8	0.6～17.0 kgf/cm <sup>2</sup> (×98kPa)
削孔速度R	4	0.3～0.7 cm/s
回転数n	4	40～100 rpm

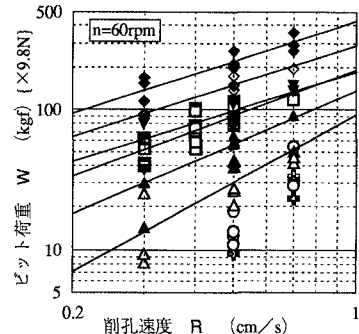


図-2 削孔速度とビット荷重の関係

$$qu = k \cdot R^a \cdot n^b \cdot W^c \cdot T^d \quad (1)$$

ここで、 $qu$ ：一軸圧縮強さ ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )  $\{\times 98\text{kPa}\}$ 、 $k$ ：定数、 $R$ ：削孔速度 ( $\text{cm}/\text{s}$ )、 $n$ ：回転数 ( $\text{rpm}$ )、 $W$ ：ビット荷重 ( $\text{kgf}$ )  $\{\times 9.8\text{N}\}$ 、 $T$ ：トルク ( $\text{kgf}\cdot\text{m}$ )  $\{\times 9.8\text{N}\cdot\text{m}\}$  および  $a \sim d$ ：定数である。

$W$  と  $T$  とは比例関係にあることから、いずれかを換算式中で評価すれば、両者を評価した場合と同等な結果が得られると判断し、 $d=0$  として次元解析手法により残りの定数を求めた。その結果、 $k=0.944 \times 10^{-3}$ 、 $a=-0.812$ 、 $b=0.680$  および  $c=0.686$  を得た。

これらの値と実験で得られた各計測値を用いて式(1)から算出した値（以下、換算一軸圧縮強さ  $qu'$ ）と実際の  $qu$  との関係を図-6に示す。多少のばらつきは認められるものの、高い相関性が認められた。ただし、詳細には、概ね  $10\text{kgf}/\text{cm}^2$  ( $980\text{kPa}$ ) 未満では  $qu \approx qu'$  であるのに対し、これ以上では  $qu > qu'$  となっている。

なお、フルスケールが  $5\text{tf}$  ( $49\text{ kN}$ ) の計器を用いて  $W$  を測定したため、 $W$  が  $5\text{kgf}/\text{cm}^2$  ( $490\text{ kPa}$ 、 $0.1\%$  FSに相当) 未満のデータは、誤差の範疇として解析では除外した。

#### 4. まとめと今後の課題

今回の実験の成果および得られた知見を以下に示す。

- ①カオリンクレイにセメントを配合した改良モデル地盤に対してツーコーンビットを用いたロータリーサウンディングを適用し、各計測値と  $qu$  との関係式を導いた。
- ②関係式から算出される  $qu'$  と  $qu$  との相関性は高い。
- ③  $qu < 10\text{kgf}/\text{cm}^2$  ( $980\text{kPa}$ ) では  $qu \approx qu'$  であるのに対し、これ以上では  $qu > qu'$  となっている。

上記②および③から判断して、今回導いた関係式を用いることによりロータリーサウンディングが粘性土を対象とした深層混合処理地盤等の品質管理に比較的高い精度をもって適用できる可能性が高いと考える。ただし、高強度を発現している処理地盤に対する適用限界に関しては、検討を要する。この問題を含め、今後は多様な地盤材料に対する実験を行い、データのさらなる蓄積を図るとともに、それらのデータを総括し、ロータリーサウンディングの適用範囲を明確にすることが課題となろう。

#### <参考文献>

- 1) 下坪ほか：回転貫入サウンディングによる注入地盤の評価（その3），第25回土質工学会発表講演集，pp151～152，1990。
- 2) 辰井ほか：ロータリーサウンディング法による地盤強度評価，土木学会第45回年次学術講演会 講演概要集 第3部，pp.1108～1109，1990。
- 3) 光橋ほか：ロータリーサウンディングによる改良地盤の品質評価実験（その2），土木学会第51回年次学術講演会 講演概要集（掲載予定）。
- 4) 千田：大口径削孔機械の削孔性に関する研究，土木研究所資料第1310号，pp.76～77，1978。

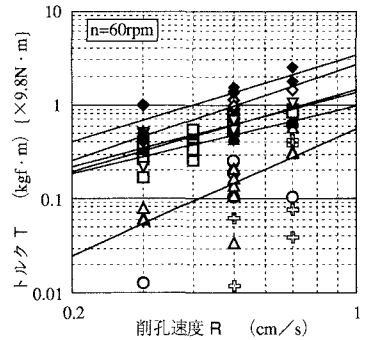


図-3 削孔速度とトルクの関係

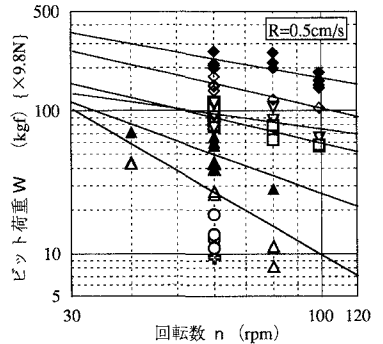


図-4 回転数とビット荷重の関係

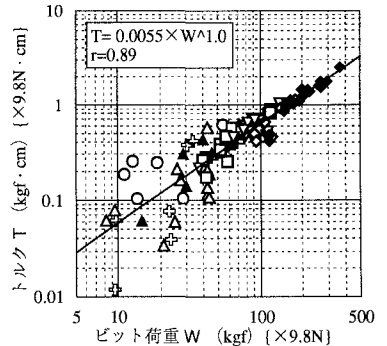


図-5 ビット荷重とトルクの関係

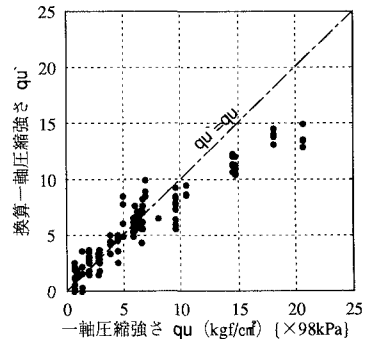


図-6  $qu$  と  $qu'$  の関係