

III-313

回転・貫入サウンディングによる改良地盤の品質管理

建設省土木研究所 正 員 塚田 幸広

同 上 下坪 賢一

同 上 正 員 川村 浩二

1. まえがき

軟弱な粘土地盤やピート質地盤においては、トラフィカビリティの確保、沈下抑止などを目的としてセメント、石灰による固結工法（表層混合処理、深層混合処理）が広く採用されており、また、砂地盤においては、止水・強度増加を図るために薬液注入が施されている。このような化学的改良工法においては、固結土の深度方向あるいは平面的な強度分布、固結領域などを迅速に把握することが必要となる。しかし通常、固化処理された改良地盤に対しては、従来のサウンディングが適用できない場合が多い。そこで筆者らは、先端抵抗体による回転貫入法に着目し、室内試験・土槽実験から固結土の品質管理手法としての適用性を検討してきた。本稿では、強度の異なる固結土を互層状に配置した条件での土槽実験から回転・貫入時の各種測定値の特性について述べる。

2. 実験方法

本実験に用いた供試体は、図-1に示すように1.0m×1.0m×2.0mの鋼製土槽の内にセメントを添加した固結砂層（セメント5%添加、20%添加）と砂層を互層状に締固めて作製した。なお、実験では各層の配置を変えることにより3ケース設定した。表-1には、各セメント混合率に応じた固結砂の強度特性を示す。表に示すとおりセメントを20%添加した固結砂の平均一軸圧縮強さ $\bar{q}_u$ は25kgf/cm²程度と比較的高い強度が発現している。実験では図-1に示すように油圧式ボーリングマシンにより先端抵抗体を装着したロッドを供試体に回転、貫入させ、ロードセル、トルク変換器および変位計により、推力、トルク、貫入量（貫入速度）などを測定した。なお、実験では、回転速度を80rpmに設定し、先端部より送水させながら貫入させた。また、回転貫入試験に用いた先端抵抗体の一例（一文字形）を図-2に示す。先端抵抗体はビット形状を呈しており、刃先の回転外径は50mmである。

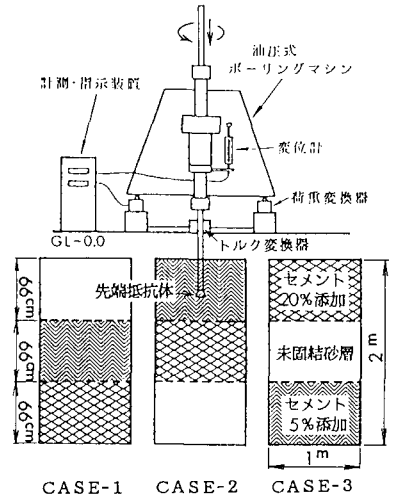


図-1 回転・貫入実験の概要

表-1 固結土の強度特性

	$\bar{q}_u$ (kgf/cm ²)	$\bar{E}_{50}$ (kgf/cm ²)	$\bar{\epsilon}_f$ (%)
セメント5% 固結砂	4	400	1.5
セメント20% 固結砂	25	1500	1.6

3. 実験結果

3-1 回転・貫入測定値の特性

図-3(a)~(c)には、CASE-3における推力 F 、トルク T 、貫入速度の逆数 $1/V$ の深度分布を示す。図より、各層の強度（硬さ）に対応して各測定値が変化していることがわかる。例えば、トルク T の深度分布に着目するとセメント20%添加の固結砂の層では、 $T=8.0 \sim 9.0 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ であるのに対して、セメント5%添加の層では、 $T=2.5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ 、さらに未固結砂の層では $T=0.2 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ と各層の強度に応じて明確に変化している。また、推力 F 、貫入速度の逆数 $1/V$ においても同様の各層の強度に応じた変

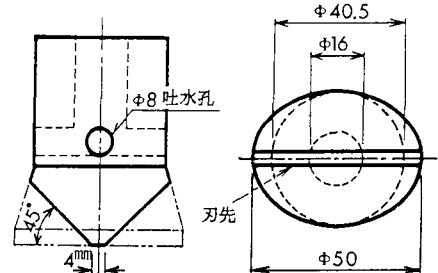


図-2 先端抵抗体の例（一文字形）

化が認められる。しかし、貫入過程において貫入推力が変化しており、直接的に貫入速度の変化で強度を比較するのは困難である。そこで図-3(d)では F/V で整理し、各層の強度の差異を表した。

3-2 比削孔エネルギーによる比較

岩の掘削においては削孔効率の指標として比削孔エネルギー(単位削孔量に要するエネルギー)がしばしば用いられる³⁾。比削孔エネルギーは、単位量の貫入に要するエネルギーと回転に要するエネルギーの和で定義され、次式で示される。

$$E_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot N + F \cdot V}{\pi \cdot r^2 \cdot V}$$

ここに、

E_s ; 比削孔エネルギー (kgf/cm^2),

T ; 回転トルク ($\text{kgf} \cdot \text{cm}$),

N ; 回転数 (回/sec), F ; 推力 (kgf),

V ; 貫入速度 (cm/sec), r ; 回転半径 (cm)

である。

図-4 (a)~(c)は、各実験ケースの実測値をもとに削孔深度10cm毎に比削孔エネルギー E_s を算出し、その深度分布を比較したものである。図において、 E_s を指標とすることによって、先に図-3に示した各測定値の深度分布と比較して、各固結土の強度の差異をさらに明瞭に示している。たとえば、未固結砂が1~5 kgf/cm^2 程度であるのに対し、セメント5%添加の固結砂で20~100 kgf/cm^2 、セメント20%添加の固結砂で600~2000 kgf/cm^2 とオーダーの違いで評価されている。

4. あとがき

本実験から、ビット形状の先端抵抗体を用いた回転・貫入サウンディングは高強度の固結土に対しても適用可能であることがわかった。また、回転貫入時の推力、トルクおよび貫入速度などの測定値あるいは比削孔エネルギーによる評価から強度の差異を判定することができた。今後は、実際の改良地盤においてデータの蓄積を図るとともに、各パラメータ相互の関係を把握し、改良土の強度推定法を検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) 塚田幸広、下坪賢一、川村浩二; 回転・貫入法による安定処理土の強度判定、第22回土質工学研究発表会
- 2) 小島圭二; ボーリングの掘進性能による軟岩地盤強度の推定、土木技術資料Vol 14, No 12
- 3) 千田昌平; 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、昭和53年3月

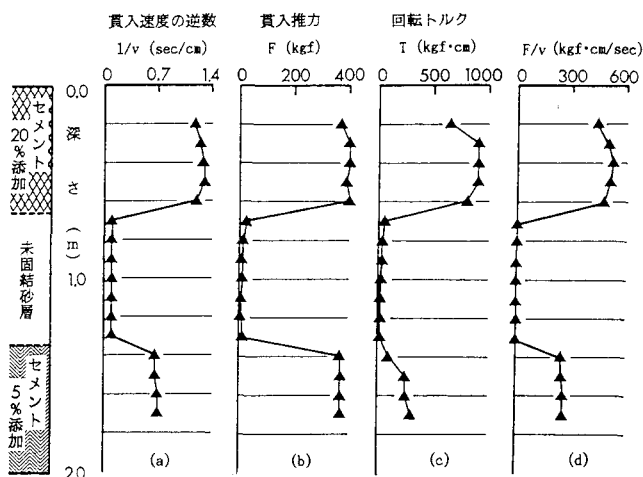


図-3 推力、トルク、貫入速度の深度分布 (CASE-3)

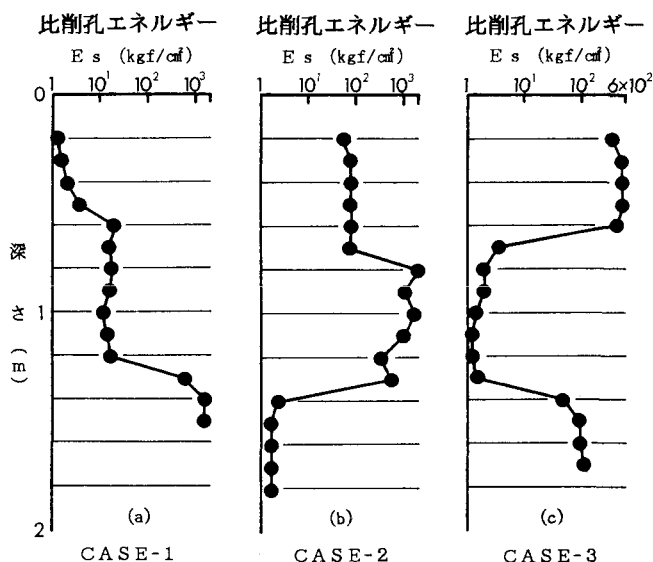


図-4 比削孔エネルギー E_s の深度分布