

ロータリーサウンディング法による地盤強度評価

波 谷 保*

1. はじめに

原位置における地盤強度を求める手法として、各種の貫入試験が行われている。その代表的なものに標準貫入試験、オランダ式貫入試験などがあるが、これらは土質地盤を対象とした試験であって、固結度の高い土丹層・軟岩層に対する適用には限界がある。一方、セメントや石灰などの固化材で軟弱地盤を固化処理する各種工法が普及しているが、改良強度の管理は従来の貫入試験の適用範囲を超えることから、一般にボーリングコアによる一軸圧縮強さによって行われている。しかしながら、この手法は、コア採取時の振動などの影響により連続的な強度が得られ難いこと、コアの採取に多額の費用と多くの時間を要することなどの問題を抱えている。

ロータリーサウンディング法（以下RS法と略す）は、これらの諸問題に対応する新しいサウンディングシステムの開発を目的とし、官民共同で開発したものである。現在のところ、計測システムは完成しており、解析システムについてはさらに基礎データを収集して補完する必要があるが、これまでの試験調査の結果から新しい調査法としての実用性の見通しが得られたので、ここに紹介する。

2. 原 理

RS法の原理は、ボーリング削孔時の運転条件である付加的パラメータと、それによって得られる従属的パラメータからなるボーリングパラメータから地盤の強度を推定するものであり、石油井戸の削孔で用いられているような削孔公式の考え方を導入したものである¹⁾。ここで、付加的パラメータとしては、ビット回転速度（N）、ビット径（D）及び形状、削孔速度（R）、循環水の種類と流量などがある。また、従属的パラメータとしては、ビット荷重（W）、トルク荷重（T）、削孔水圧（P）、地盤強度（S）がある。ただし、ビット荷重（W）を付加的パラメータとした場合には、削孔速度（R）が従属的パラメータとなる。

3. システムの構成

RS法のシステムは、センシングマシンを中心に、センシングロッド、データロガー及び解析ソフトによって構成されている（図-1）。データの取り込み及び処理・解析にパソコンを利用していることから、現地において迅速にデータ解析及び出力ができる。

センシングマシンは、ロッド径60mmを標準とし、主要計測パラメータであるビット回転速度、削孔速度あるいはビット荷重を一定に保持した状態での削孔管理が可能な専用のボーリングマシンである（図-2）。計測項目は、地上でのビット荷重、トルク、削孔深度、削孔速度、回転速度であり、一定の時間間隔をもって

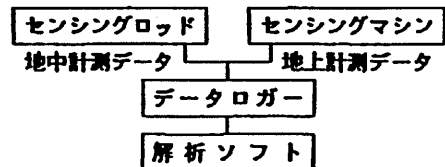


図-1 システムの構成

* 日特建設株式会社 研究所主任

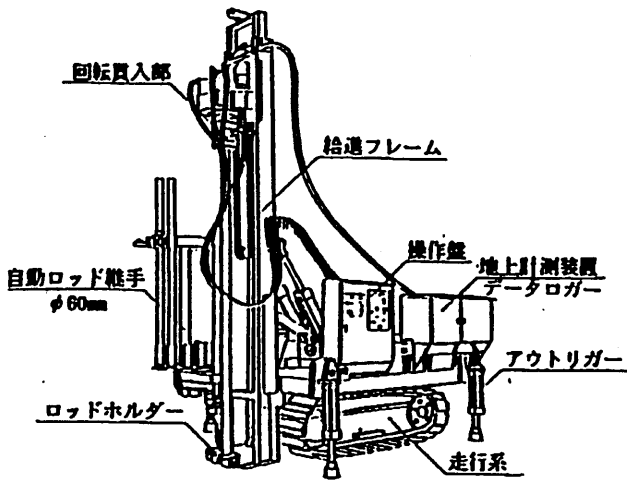


図-2 センシングマシン

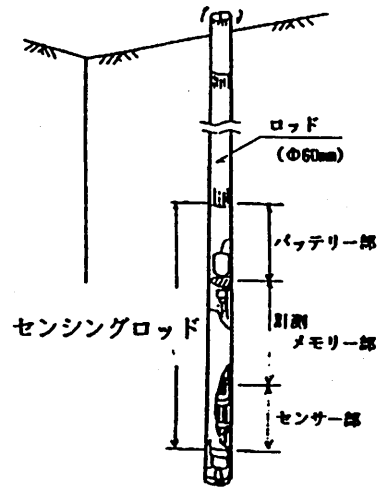


図-3 センシングロッド

計測される。

センシングロッドは、計測データの取り出し方によって無線方式とメモリー方式との2種類があり、メモリー方式は実用されているもので、ロッドの内部には、センサー、メモリー、バッテリーが格納されている(図-3)。先端には専用のビット(径65mm)が取り付けられ、ビットに作用する荷重、トルク、水圧を計測する。計測データは、ロッド回収後に地上での計測データと時間整合を図りながらデータロガーに取り込まれる。また、先端ビットには、2タイプの専用ビットが使用される(図-4)。

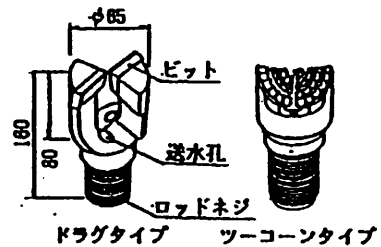


図-4 先端ビット

解析ソフトは、全計測データの中から純調査データのみを抽出処理し、目的に応じた地盤強度を求めることが可能であり、計測値、計測図、地盤強度図を得ることができる。

4. 解析手法

RS法の計測データから地盤強度を求める解析としては、これまでに異なる2つの手法が報告されている。一つは、削孔効率の指標として用いられている比削孔エネルギー値²⁾を各計測データから求め、これと地盤強度とを待対比させようとする試み^{3) 4) 5)}である。また他方は、削孔公式⁶⁾に含まれる種々のパラメータのうちR、N、W、Tから地盤強度を直接推定する試み^{6) 7)}であり、この時の一般式は次のように表される。現在は、これを基本とした解析ソフトが用いられている。

$$S = f(K, R, N, W, T)$$

ここで、S：削孔強度

K：ドリラビリティ定数

削孔強度(S)は、解析ソフトの中で、一軸圧縮強さ q_u またはN値の換算値として表される。

5. 計測及び解析例

5-1 自然地盤におけるRS法の適用例

自然地盤に対する各種原位置試験のうち、最も普及しているものに標準貫入試験によるN値の計測があげられることから、自然地盤の強度に関するRS法の解析としては、現在のところ、計測結果によるN値の推定を試行している（図-5）。これによる実測N値と換算N値との相関性については、相関係数 $\gamma=0.92$ と極めて高い関係が得られている。

5-2 固化処理地盤におけるRS法の適用例

前述したとおり、固化処理地盤の改良強度は、一般に一軸圧縮強さ q_u によって管理されており、計測結果から一軸圧縮強さを推定する解析を行っている（図-6）。実測一軸圧縮強度と換算一軸圧縮強さとの相関係数は $\gamma=0.82$ であり、推定N値と同様に高い相関性が得られている。ここで、前述のようにコアによる一軸圧縮強さは、コアそのものに問題があり、N値の場合よりも相関係数が低いのは興味のある結果といえよう。

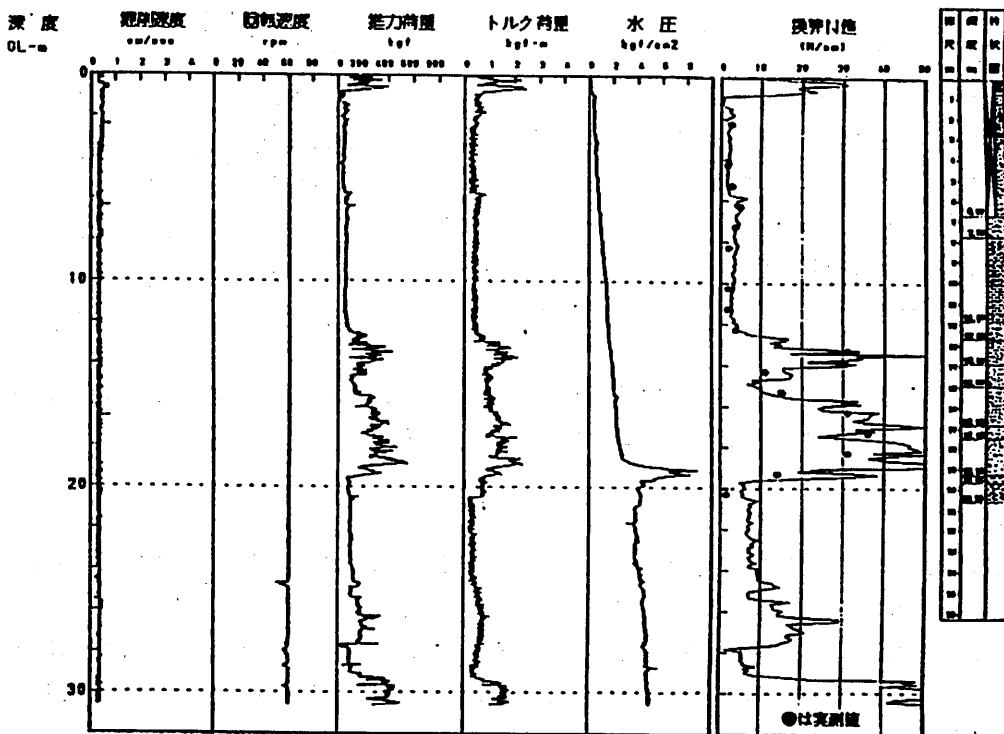


図-5 自然地盤における計測・解析例

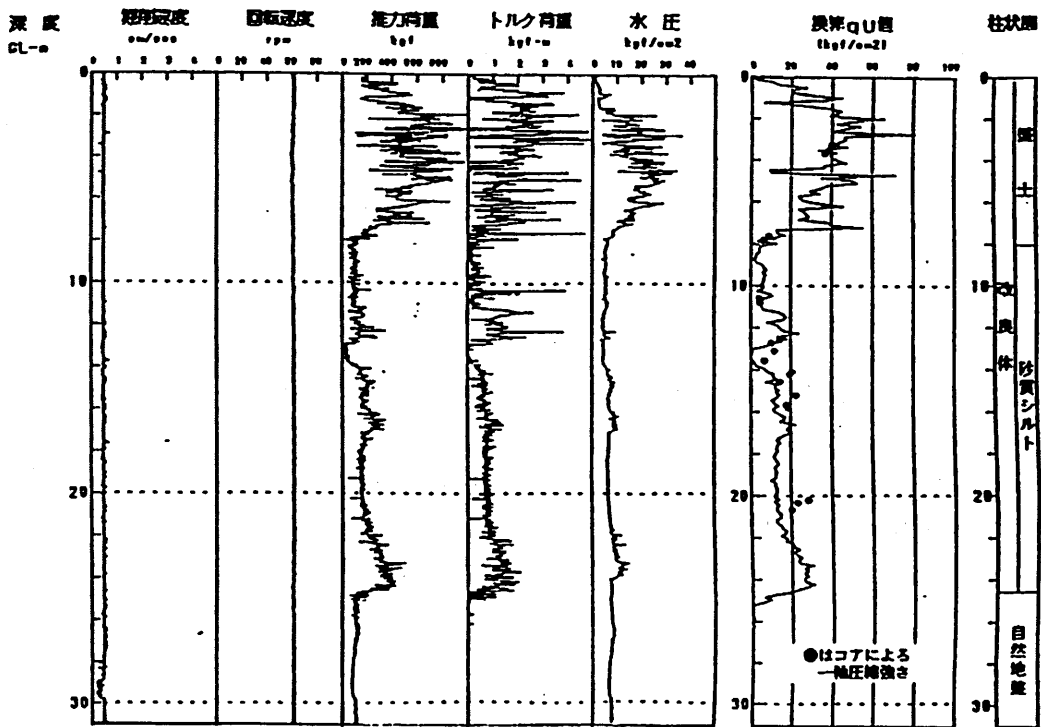


図-6 固化処理地盤における計測・解析例

6. おわりに

新しい原位置試験法であるロータリーサウンディング法は、ボーリングパラメータを計測・解析することにより各種地盤強度の推定が可能であり、本法の最大の利点として、調査・解析に要する時間が極めて短く、その場で結果が得られることがあげられる。現在のところ、実験データはまだ十分でないものの、ここで紹介したような自然地盤のN値や固化処理地盤の一軸圧縮強さなど、各種地盤強度の定量化に適用することが十分に可能であると考えられる。

一方、地盤強度の推定は、現地毎に在来試験値との対比による若干の修正を必要とするため、当面は、目的に応じた在来試験法と併用することが必要であろう。また、土質判別は、さらに多くのデータを得ることによって説明が可能になると考えられるが、現状では切削排出土による管理を行うことにしている。

今後は、さらにデータを蓄積し、地盤強度推定の精度向上及び調査の経済性などを明確にすることにより、信頼性の高い確立した調査法を目指す所存である。

〈参考文献〉

- 1) 千田昌平；ロータリーサウンディング法、基礎工、1989.10
- 2) 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、1978
- 3) 塚田、下坪、川村；回転・貫入サウンディングによる改良地盤の品質管理、土木学会第42回年次学術講演会、650-651
- 4) 塚田、下坪、川村；回転貫入サウンディングによる注入地盤の評価、第23回土質工学会研究発表会、113-114
- 5) 石田、下坪、境；回転貫入サウンディングによる注入地盤の評価（その2）、第24回土質工学会研究発表会、209-210
- 6) 苗村、境、下坪；回転貫入サウンディングを用いた深層混合処理地盤の品質管理方法の検討、土木技術資料、Vol.32、No.8、44-50
- 7) 辰井、塚野、渡辺；ロータリーサウンディング法による地盤強度評価（その2）、土木学会第45回年次学術講演会、1108-1109