

金沢大学 工学部

学生員 〇長谷 幸一 正員 西田 義親

同

正員 関口 秀雄 正員 松本 樹典

1 まえがき 地盤の強度を知ることは、基礎の設計・施工に必要不可欠である。このために標準貫入試験を行ない N 値を求めた上で種々の公式より強度推定をすることが多く行なわれている。しかし N 値が地盤のどのような物理量に対応しているかは明確ではない。そこで筆者らは、珪藻泥岩を対象にし、ハンマーとロッドを伝播する応力波を測定することにより、ロッドと珪藻泥岩の境に働く周面抵抗の大きさを推定しうる可能性を調べている。本報告ではこれまでに得られた結果について述べる。

2 理論的考察 弾性棒の衝突によって発生する弾性応力波は、棒内を一定の弾性波速度 ($c = \sqrt{E/\rho}$) で伝播する¹⁾。この場合の波動方程式は線形の偏微分方程式であるから重畳の原理が成立する。今、単位断面面積のロッド上に貼ったひずみゲージより x なる点に摩擦カ $T(x)$ が作用すると仮定する。 x の位置を境としてそれより上をロッド(I)とし、下をロッド(II)とする。ロッド(I)の下降波 f_{x1} 、摩擦 $T(x)$ による反射波を f_{x1}' 、ロッド(II)に透過する応力波を f_{x2} とすると微小部分 dx では力の釣り合いを満足しているから、次式が成り立つ。

$$f_{x1} + f_{x1}' = f_{x2} + UT(x)dx \quad (1)$$

また粒子速度の連続性より、次式が成り立たねばならない。

$$U_1 - U_1' = U_2 \quad (2)$$

今、応力 σ が $\sigma = \rho c v$ で与えられることを考慮すると、式(2)は $f_{x1} - f_{x1}' = f_{x2}$ となる。以上より反射波は $f_{x1}' = \frac{1}{2} U T(x) dx$ となる²⁾。 f_{x1} がひずみゲージを最初に通過する時刻を $t = 0$ とすれば、 f_{x1}' がひずみゲージの位置に達する時刻は $t = 2x/c$ である。したがって時刻 t に測定される応力は、重ね合わせの原理より $\sigma(t) = f_{x1} + \int_0^x \frac{U T(x)}{2} dx$ となる。図-1 はこれを特性曲線法で示したものである。

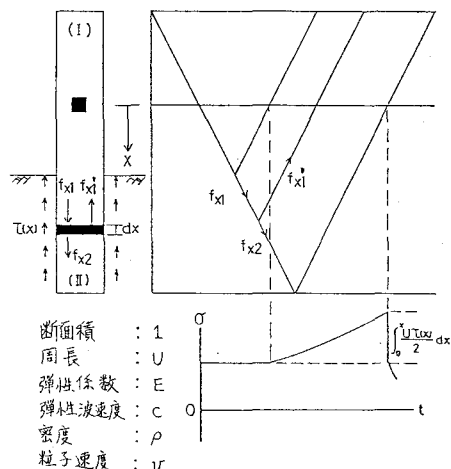


図-1 理論波形

3 実験装置と実験方法 実験装置の概要と主要な諸元を図-2に示す。ロッドには衝撃面より40cmの位置に半導体ひずみゲージ(ゲージ率 $-95 \pm 3\%$, ゲージ長2mm, 抵抗130Ω)を曲げの影響を打ち消すために4枚貼り付けた。なおひずみゲージによる応力波測定は、アレアンプを用いるとその周波数帯域によっては波形が大きく変化する恐れがある。そこで本実験では、アレアンプを介さずに直接出力電圧をトランジエントコンバータに記憶させる方法を採用した。実験

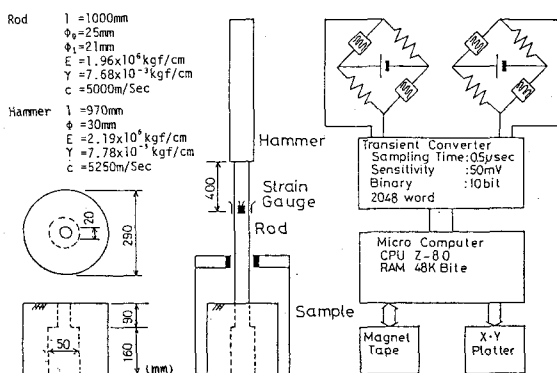


図-2 実験装置の概要

試料には、石川県能登地方に分布する珪藻泥岩を用いた。³⁾⁴⁾ 地山より採取した試料を実験室で直径 29 mm、高さ 25 cm に成形し、さらに実験の際ロッド先端が自由端になり、かつロッド外周面と珪藻泥岩の間の境界摩擦力だけが働くような状態を設定した(図-2)。この試料にロッドを毎分 0.62 mm の変位速度で静的に貫入させた後に、打撃試験を行ない、応力を測定した。

4 動的試験結果と考察 図-3 は、ハンマーの落下高さ 10 cm の場合の測定応力波形である。すなわち、ロッドを伝播して来た下降波がひずみゲージを通過した時(点 O に対応)に、応力波は立ち上がり始める。そして、0.203 msec 経過後(点 A に対応)より、地盤に貫入したロッドに働く摩擦力の影響によって、上に凸型に波形が変化している。そして、0.24 msec 経過後(点 B に対応)より、ロッド先端(自由端)で反射した応力波がひずみゲージに達したために、応力が小さくなり始めている。A 点の応力と B 点の応力の差にロッドの純断面積を乗じたものが、前述のように $\int_0^x \frac{U(x)}{2} dx$ である。また、0.24 msec は、弾性波速度を 5000 m/sec とし $x = 27$ cm で求めた時間と一致している。

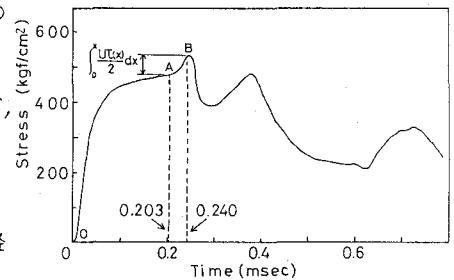


図-3 応力波形

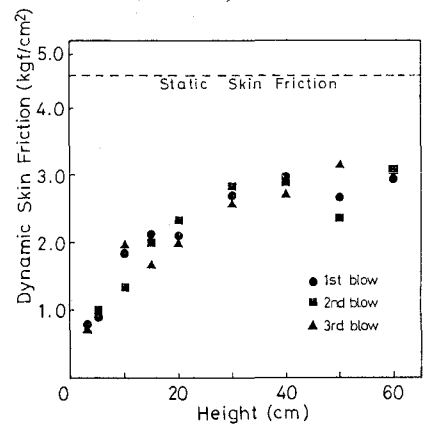


図-4 動的周面抵抗

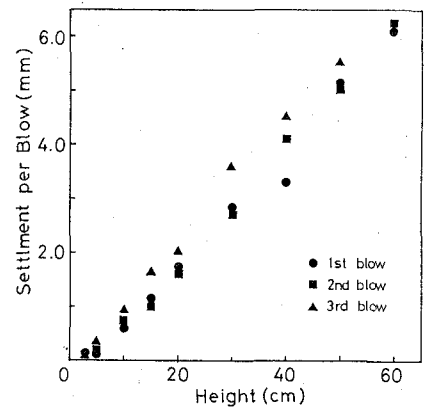


図-5 一打撃当りの貫入量

図-4 は、落下高さを 3~60 cm の間で変化させた時の動的周面抵抗と落下高さの関係を示したものである。各落下高さで 2 回ないし 3 回の打撃を行なっている。この結果によれば、落下高さを大きくしてゆくと動的周面抵抗の平均値は、一定値に近づく傾向がうかがわれる。なお図中の破線は、打撃試験に先立つ静的貫入試験結果から得られた周面摩擦の平均値を示したものである。動的試験で得られた値は、静的試験で得られた値より小さいが、これは、動的試験での測定時間レベル(0~0.24 msec)では、ロッド周面と土粒子は共通のせん断変位を起こしており、相対すべりが生じていないためであるかと想像される。

図-5 は、落下高さで一打撃当りの貫入量を示したものである。落下高さに比例して貫入量が大きくなっている点が興味深い。

5 結論 ロッドを伝播する応力波を測定することによって、ロッドとその周面地盤の間の境界摩擦を見積ることが可能である。

最後に、本実験を行うにあたり協力いただいた本学山上尚幸技官、本学 4 年生斉能昭則・徳島外志克・藤野智幸の諸君に感謝する次第です。

参考文献 1) 板本・室林・森田: 縦衝撃を受けた杭に生じる応力およびその伝播 日本機械学会論文集 Vol. 29, 1977, 1962 2) F. L. BERINGEN, W. R. VAN HODDON & L. H. J. SCHAAPE: Dynamic

pile testing; An aid in analyzing driving behaviour 3) 板本・関口・戸所: 珪藻泥岩の等方圧密特性, 第 37 回土木学会年報 4) 北井・西田・関口: 珪藻泥岩の強度特性に關する考察 第 37 回土木学会年報