

III-127

貫入ロッド内の応力波計測に基づく地盤の動的抵抗評価の試み

京都大学防災研究所 柴田 徹 関口秀雄
京都大学大学院 ○北 勝利

1. はじめに 土質工学に関連した分野において、衝撃を応用した工法、試験法が多くみられるが、その中でも最も重要な応用として、杭の打撃貫入、標準貫入試験が上げられる。これらはロッドの動的貫入現象であり、簡単な計測の結果得られる、1打あたりの貫入量、リバウンド量、N値などの情報を基に地盤性状を推定するものである。しかし現段階では、ロッドの貫入機構、およびこれらの情報と地盤性状との関連が不明確である。本報告は、室内実験により得られた応力波形と地盤抵抗との関連について、考察を加えるものである。

2. 室内実験概要 実験システムの概要を図-1に示す。鋼管杭の杭頭より20cmと30cmの位置に半導体ゲージを設置し、ひずみ波形を計測している。また、杭頭より10cmの位置に非接触変位計を設置し、変位波形を計測した。なお、これら動的計測はサンプリング間隔 $2\mu s$ で行い、ひずみ波形については鋼材のヤング率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ を乗じて応力波形としている。さらに打撃貫入後、ハイトゲージを用いて、最終貫入量を測定した。

先端抵抗材料には、珪砂8号(Gs: 2.64, D_{50} : 0.1mm, Dr:100%, 気乾状態)を用いた。この時、モデル地盤の上載圧として、円形鉄板(0.1kgf/cm²に相当)を用いている。

実験は、先端が開端である場合(ケース1)と、杭管内に砂を入れ、これを所定の方法により突固め、かつ管内上載圧(0.7kgf/cm²)を加えた場合(ケース2)について行った。

3. 実験結果と考察 ケース1とケース2について、落下高さとし一打当りの最終貫入量の関係を図-2に示す。ケース1と比較してケース2は貫入量が小さく、管内土による先端の閉塞効果が伺える。

またケース1では、落下高さが大きくなるとともに貫入量の増加は鈍くなっている。これより貫入抵抗が変位のみでなく、変位速度にも依存していることが考えられる。一方ケース2では、貫入量と落下高さはほぼ比例関係にある。これは、落下高さが大きい場合に、閉塞効果が小さくなっていることを表わしている。

ケース1 ハンマー落下高さ30cmの場合における、杭頭より30cmの位置での測定応力波形を図-3に示す。同図において、打撃初期よりA_g、D_g点まで、ピーク応力の減衰とともにBici区間の応力振幅が大きくなり、その後ピーク波振幅が安定するとともに、Bici区間の

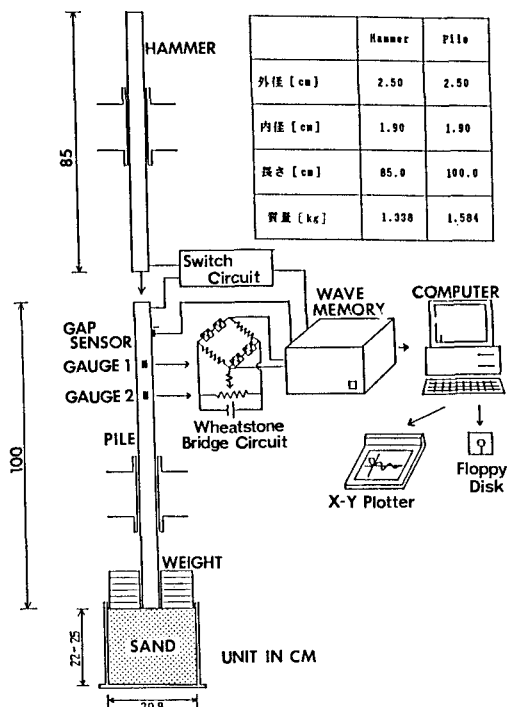


図-1 室内実験システム

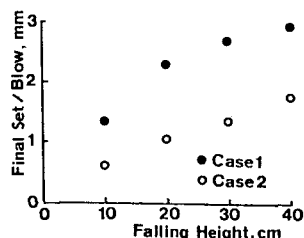


図-2 落下高さとし一打当りの最終貫入量

応力振幅も減少してゆくことがわかる。

初期波が矩形、先端抵抗が剛塑性型動員過程の場合の特性曲線と、応力波形の模式図を図-4に示す。この場合には、引張及び圧縮ピーク応力波の減衰は見られないことに注意する。一般には先端抵抗は、変位および変位速度の関数として、 $f(t) = f(u(t), \dot{u}(t))$ と表わされる。図-4中の $x = L_g$ 上の任意点 s_i ($s = a \cdots d, i = 1 \cdots$)の時刻を $t_{s,i}$ とすると、 $t_{s,i}$ 直後の応力と、 $t_{s,i-1}$ 直後の応力の間には、次式が成立する。

$$\sigma(t_{s,i}) - \sigma(t_{s,i-1}) = f(t_{s,i}^+) - f(t_{s,i-1}^+ - 2L_g/c), \quad t_{s,i}^+ = t_{s,i} - (L_p - L_g)/c$$

ここに、 L_p ：杭長、 L_g ：杭頭からゲージ点までの距離、 c ：杭の波動伝播速度である。即ち、引張ピークの減衰は、 $t = t_{s,i}^+ - 2L_g/c \sim t_{s,i}^+$ 間、または $t = t_{b,i}^+ - 2L_g/c \sim t_{b,i}^+$ 間における先端抵抗の増加に起因するものと考えられる。同様に図-4中の区間 $b_i - c_i$ の応力の上昇も、先端抵抗の増加を表わすものである。一方圧縮ピークの減衰は、 $t = t_{c,i}^+ - 2L_g/c \sim t_{c,i}^+$ 、または $t = t_{d,i}^+ - 2L_g/c \sim t_{d,i}^+$ における先端抵抗の減少を示すものである。区間 $c_i - d_i$ では、杭先端での下降応力波はゼロ、上昇応力波は先端抵抗の動員により圧縮応力となっている。よって初期波が矩形の場合、杭先端は上向きの変位速度を持ち、リバウンドが生じることになる。実際にはライズタイムは有限であり、貫入速度が徐々に減少する。いずれにしても初期打撃応力が先端抵抗に対し卓越している場合には、打撃初期において $t = t_{d,i}^+$ における先端変位は、 $t = t_{d,i}^+ - 2L_g/c$ での先端変位より大きいと考えられる。一方、 $t = t_{d,i}^+$ における先端抵抗は、 $t = t_{d,i}^+ - 2L_g/c$ での先端抵抗より減少している。したがって、この時間における先端抵抗の減少は、負荷時と除荷時の地盤抵抗の剛性の差異、または慣性効果、土の構造骨格の粘性効果などの先端抵抗の速度依存性に起因するものと考えられる。

以上の議論より、ピーク応力波の減衰は、地盤抵抗の絶対値ではなく、時間的な変化量を表わすものであり、むしろ速度効果を含めた地盤抵抗の動的剛性を反映したものであると考えられる。

ケース2ハンマー落下高さ30cmの場合における、杭頭より30cmの位置での測定応力波形を図-5に示す。ケース2では、 A_2 点の振幅は A_1 点振幅より100kgf/cm²減衰しており、ケース1（40kgf/cm²）の場合より減衰の度合いが顕著であり、速度効果を含めた地盤抵抗の動的剛性が大きいことが伺える。

参考文献 1) 柴田, 関口, 北, 渦岡: 土木学会関西支部年次学術講演会概要集, III-39, 1988.

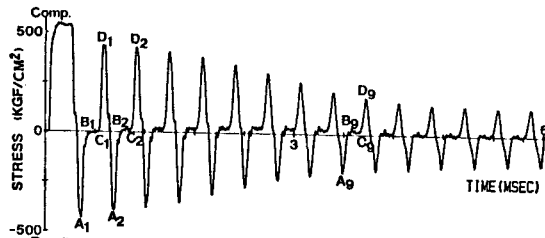


図-3 測定応力波形(ケース1, 落下高さ30cm, 打撃回数20回目)

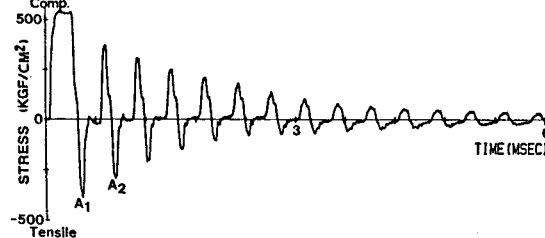


図-5 測定応力波形(ケース2, 落下高さ30cm, 打撃回数20回目)

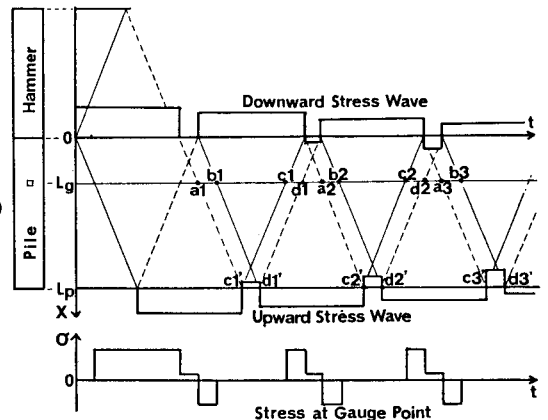


図-4 特性曲線と応力波形の模式図