

Impact soundingに関する基礎的研究

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 渦岡良介

1. はじめに Impact sounding とは、衝撃を応用した地盤探査法の総称で、標準貫入試験、杭の打設時の挙動観測などがその代表例である。ただし、その解析法については確立されたものがない。実際、従来よりN値の物理的意味や、いわゆる杭の動的支持力公式の適用性に対して、種々の疑問点が指摘されている。これに対し近年では、衝撃を受けた物体の高速変形及び動的貫入機構を解明するための有力なアプローチとして、一次元波動伝播理論に基づく2点ゲージ法¹⁾²⁾が注目されている。同法は、弾性棒の周面摩擦が作用しない区間中の2点でひずみを計測し、その時間的ずれより下降波と上昇波の分離を行うものである。本研究は、打撃時の弾性棒の高速挙動を計測するための室内実験システムを構築するとともに、先端抵抗のみが存在する場合について実験を行い、2点ゲージ法の適用性を検討するものである。

2. 実験システム 本研究において構築した実験システムを図-1に示す。同システムにおいては、2点ゲージ法を適用するために、鋼管杭の杭頭より20cmと30cmの位置に半導体ゲージを貼付し、ひずみ波形を計測している。また、杭頭より10cmの位置にギャップセンサ(非接触変位計)を設置し、変位波形を計測した。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。なお、ひずみ波形については、鋼材のヤング率 $E=2.1 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$ を乗じて、応力波形としている。

先端抵抗材料には、珪砂8号(Gs:2.64, D_{50} :0.1mm, D_r =100%, 気乾状態)を用いた。また、モデル地盤の上載圧として、円形鉄板(厚さ2cm×6枚、 0.1 kgf/cm^2 に相当)を用いている。

3. 実験結果 落下高さ40cm, 打撃回数20回目の測定情報に関し、2点ゲージ法の適用性を示す。

2点における応力波形を図-2に示す。2点での測定波形間の時間的ずれが明瞭に確認できる。杭体内の波動伝播速度は5050m/sであり、両波形間の時間的ずれは一次元波動理論に適合している。なお、この場合のサンプリング間隔は2μsであるので、両歪波形測定位置間でのデータのシフトは10個となる。

杭頭応力波形 2点ゲージ法による杭頭応力波形(実線)と一次元波動理論より得られる理論波形(破線)を図-3に示す。理論波形に注目すると、 $t=0.32 \text{ ms}$ において、ハンマー上端からの反射引張波が杭頭に到着し、応力降下が始まっている。それ以降は応力振幅は0となっている。すなわち、ハンマーと杭が分離していることを示している。2点ゲージ法による杭頭応力波形(実線)は、上述の理論波形とよく適合していることがわかる。

変位波形 杭頭より10cmの位置における、2点ゲージ法による計算変位波形(破線)を図-4に示す。同波形によると、 $t=3.1 \text{ ms}$ で最大貫入量 4.0mmに達した後、わずかにリバウンドが生じている。他方、ギャップセンサによる実測波形(実線)も同様の傾向を示しており、2点ゲージ法による貫入性評価の有効性を裏付けている。

エネルギー伝達 ハンマーから杭へのエネルギーの伝達状況を示したのが図-5である。なお同図では、伝達エネルギーをハンマーの位置エネルギー Mgh で除して無次元化し、ハンマー効率としている。

図-5中の二点鎖線に着目すると、 $t=0.4 \text{ ms}$ までにハンマーの位置エネルギーのほぼ100%が杭に伝達され、以後一定となっていることがわかる。また同時刻以降、時間とともに運動エネルギーが減少し、これに対応して杭貫入に消費されるエネルギーが増大していることもよくわかる。

なお、 $t=0.2 \text{ ms}$ 以前においては杭体内の運動エネルギーとひずみエネルギーが等しくなっており、一次元波動理論に合致していることを付け加えておきたい。

Toru Shibata, Hideo Sekiguchi (Kyoto University), Katsutoshi Kita, Ryosuke Uzuoka (Graduate School of Kyoto University)

先端抵抗の評価 杭頭より20cmの位置における測定応力波形を図-6に示す。時間の経過とともに先端抵抗が發揮され、応力波振幅が減衰してゆくことがわかる。また、図中AB...KL...QRで示されるほぼ水平な各区間に注目すると、振幅が徐々に大きくなり、 $t=2.5\text{ms}$ 前後(区間 KL)において最大値 50kgf/cm^2 を示し、その後減少していることがわかる(区間 QR)。

ここで再び図-4の変位波形に注目すると、変位波形のリバウンドが上述の応力振幅の減少と時間的に対応していることがよくわかる。

4. おわりに 室内実験の結果より、2点ゲージ法の適用性を確認することができた。すなわち、従来測定が困難であったハンマー打撃効率の定量的評価が可能になった。今後、さらに基礎実験を進めることにより、周面摩擦を含めた地盤抵抗の動員過程の同定を行う予定である。

参考文献 1) Lundberg, B. and Henchoz, A.: J. Experimental Mechanics, Vol. 17, pp. 213-218, 1977.

2) 西田, 松本, 河上, 石木: 第22回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 1219-1220, 1987.

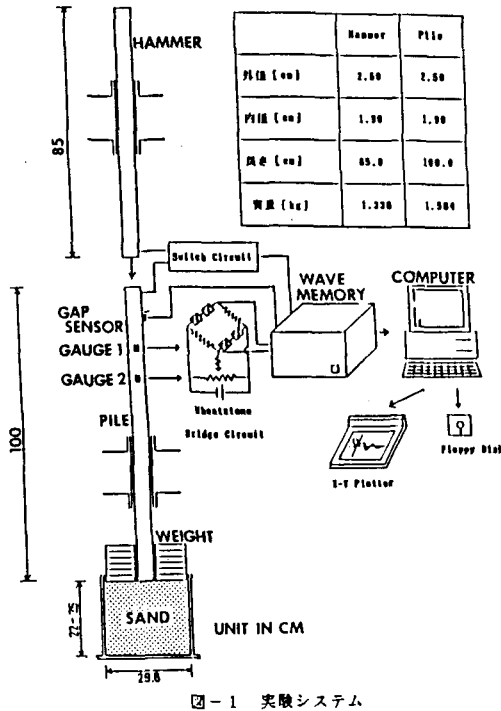


図-1 実験システム

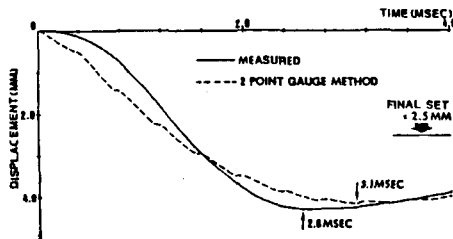


図-4 変位波形(杭頭より10cm)

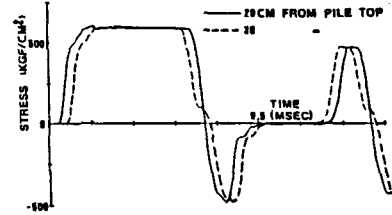


図-2 測定応力波形

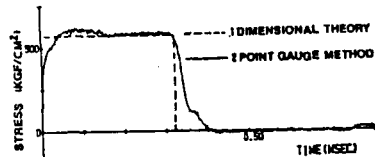


図-3 杭頭応力波形

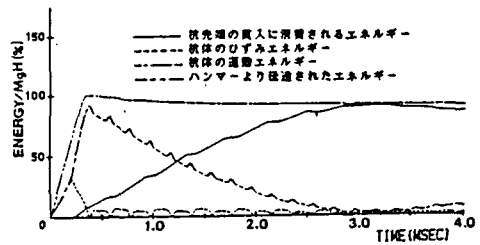


図-5 伝達エネルギーの経時変化

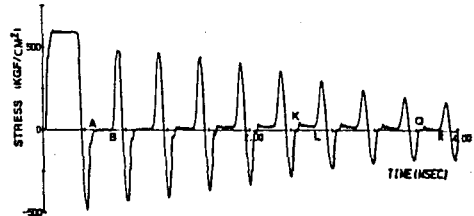


図-6 測定応力波形(杭頭より20cm)