

東海大学工学部 学生員 ○岡本 敦之
 東海大学工学部 正会員 杉山 太宏
 東海大学工学部 正会員 近藤 博
 (有)アプライド 正会員 境 友昭

1. まえがき

杭の動的挙動を知る方法として、杭上部で測定した応力と粒子速度から波動理論を用いて杭の支持力等を推定する方法や、杭上部の2点で測定した応力から進行波と後退波に分離して杭の支持力等を推定する方法が提案されている。粒子速度の測定法としては加速度計を用いる方法が一般的であり、最近の加速度計は性能的に問題が少なくなっている。しかし、模型杭に加速度計を取り付けると、模型杭の断面変化等の影響により正しい波形が測定されない原因となる。

宇都ら¹⁾はひずみ波形から加速度を求める方法を提案している。また、境ら²⁾は2点のひずみによる加速度の計測が有限差分による近似であることを示し、その適用範囲と差分誤差について検討を行っている。本報告は、杭の動的挙動解明のために、同一特性で応力と粒子速度の値を得たいとの観点から、和分ゲージで応力を、差分ゲージで加速度の測定をする等の基礎的実験を行い検討したものである。

2. 理論的背景²⁾

境は、宇都らが示した一次元波動方程式に基づいた有限差分によるひずみ差分加速度測定の基本式を、図-1に示すような有限区間の力の釣り合いから求められることを示した。(図-1参照)

$$m\ddot{x} = F_2 - F_1 \quad \dots(1)$$

$$m = \rho \cdot \delta x \cdot A \quad \dots(2)$$

$$\ddot{x} = -\frac{1}{m}(F_1 - F_2) \quad \dots(3)$$

$$= -\frac{c^2}{\delta x} \left\{ \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_1 - \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_2 \right\} \quad \dots(4)$$

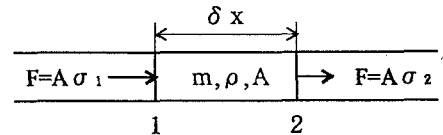


図-1 一次元棒中の力の釣り合い

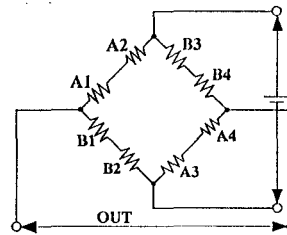


図-2(a) 差分ブリッジ構成

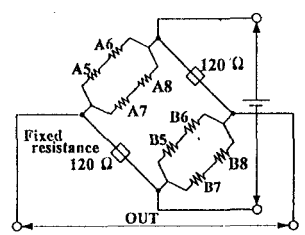


図-3(b) 和分ブリッジ構成

ここに、 $\ddot{x}$ は加速度を表す。また、杭頭で測定した応力 σ_1, σ_2 を正弦波と仮定し(5)式により振幅特性を、さらに、(7)式によって応力の測定にも有限差分を適用し2点ゲージによる有限差分誤差を調べている。

$$\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_2 \quad \dots(4)$$

$$= \sqrt{(1 - \cos \omega/c \cdot \delta x)^2 + \sin^2 \omega/c \cdot \delta x \cdot \sin\{\omega/c(x - ct)\}} \quad \dots(5)$$

$$\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2) \quad \dots(6)$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{(1 + \cos \omega/c \cdot \delta x)^2 + \sin^2 \omega/c \cdot \delta x \cdot \sin\{\omega/c(x - ct)\}} \quad \dots(7)$$

3. ゲージシステム

図-2(a),(b)のような回路構成を、図-3に示したロッドの10cm離れたA,Bに配置して差分と和分ブリッジを組むことにより、加速度と応力を測定した。図-2のA1~B8は、それぞれロッドA, B点円周上の番号に対応している。

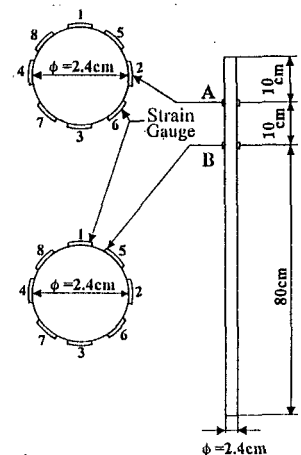


図-3 ひずみゲージの貼付け位置

4. 測定例

図-3に示したブリッジ回路を707°、A/Dコンバーター、パーソナルコンピュータに接続し、ロッドと同一断面のおもりを高さ30cmから自由落下させて、自由端条件の加速度と応力を測定した。サンプリングタイムは4μsecである。

図-4、図-5は、それぞれ測定した加速度波形と応力波形を示したものである。境らは、応力が大きい場合には、差分ブリッジにより加速度の測定が可能になることを指摘しているが、図からこの模型実験では十分に加速度と応力波形を取り込めていることがわかる。

加速度波形を積分して得られた粒子速度と応力を示したのが図-6である。両波形の1波目に着目すると若干のズレが生じており、これを補正するために(8)~(11)式の自己回帰モデルによるハイパスフィルターとローパスフィルターを利用した。まず両波形の全帯域通過特性から(8),(9)式によりハイパス特性を除き、さらに(10),(11)式によってローパス特性を除いた。

$$Y_i = D_1 \cdot Y_{i-1} + (1 - D_1) \cdot X_i \quad \cdots (8)$$

$$X_i = X_i - Y_i \quad \cdots (9)$$

$$Y_i = D_2 \cdot Y_{i-1} + (1 - D_2) \cdot X_i \quad \cdots (10)$$

$$X_i = Y_i \quad \cdots (11)$$

ここに、 X_i は速度ならびに応力波形データ、 Y_i はダミー配列、 D_1 、 D_2 はハイパスとローパスの係数で、大きな値程、遮断する周波数が低くなることを意味する。すなわち $D_1=1$ 、 $D_2=0$ ではフィルターを通さないことになる。上式により試行錯誤によって図-6の1派目にほぼ重なる係数を見いだしたところ $D_1=0.96$ 、 $D_2=0.6$ となり、両波形を図-7に示した。本報告では、周波数範囲の決定まで報告できなかったがフーリエ変換によって範囲の決定は可能である。

5. あとがき

同一特性で粒子速度と応力を測定するために、ブリッジを組んだ差分ゲージと和ゲージで計測を試みたところ十分測定可能であることがわかった。また、自己回帰モデルによるハイパス、ローパスフィルターについて示した。

一参考文献一

- 1) 森田定一、宇都一馬、冬木 衛、森原幹雄：ヒズミ波の差分による新しい加速度の測定法、東海大学工学部紀要、No.2、pp.67-71、1973.
- 2) 境 友昭、沖 健、本間雅人、田中幸芳：杭の動的測定技術の開発(その3)-ひずみゲージによる杭の応力と速度の測定方法、第24回土質工学研究発表会、pp.1363-1364、1989.

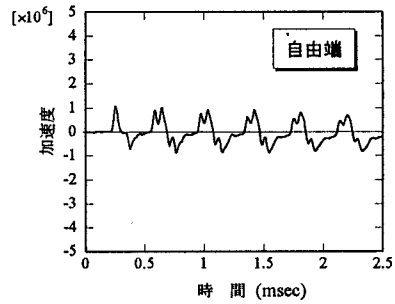


図-4 加速度波形

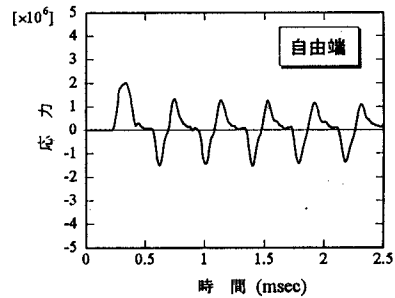


図-5 応力波形

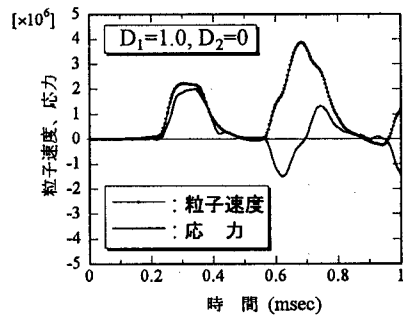


図-6 粒子速度と応力波形

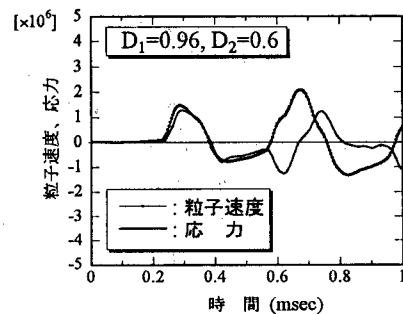


図-7 粒子速度と応力波形