

III-313 パルス反射法を用いた杭長の計測 (第3報)

千葉工業大学 正員 渡辺 勉, 正員 本岡 誠一, 正員 清水 英治
東京工業大学 正員 奥島 基良

1. はじめに

地中に打設された鋼管杭の長さを、地表面から計測する技術の開発が望まれている。筆者らは、インパルス音波を用いたパルス反射法で、打設杭長を地表上より、比較的容易に計測する方法を考案し、円筒形モールド中で模型実験を行い、地中に埋った鋼管杭中の音波伝搬特性の確明を行ってきた。^{1,2)} 既報では、山砂と関東ロームを使用し、各々最適含水比の状態を締め固めた時(締め固め度 $C_d=100\%$)の鋼管中の音波減衰定数の測定結果について述べた。本報では、実際の現場に於ける鋼管の周囲の土砂の締め固め具合が、最適含水比で締め固めた状態より粗であることを考慮して、締め固め度を86~97%に変化させ締め固め度の変化に対する鋼管中の音波減衰定数の測定を行った。更に、現場で実測を行い良好な結果を得たことから、筆者らの考案した計測方法が有効であるとの見通しを得たので報告する。

2. 室内実験概要

筆者らの考案した杭長の計測方法は、地表面に出ている鋼管先端部の外周に沿ってコイルを巻き、コイルに衝撃的電流を流してコイルと鋼管の間に電磁吸引力を生じさせ、杭を直接インパルス駆動することにより、杭中に大勢力のインパルス音波を放射させる。地中の杭先端部で反射した信号を、杭の打設端面に接着した圧電形受波器(PZT)で受信し、伝搬時間から打設杭長を計測しようとするものである。

図-1に測定装置の概要、表-1に供試体及び測定方法を示す。供試体の作製方法は、モールドの中心部に鋼管を設置し、最適含水比に調整された山砂を、締め固め度が変化するようにCBR用ランマーの落下回数を変えて10層に分けて突固める。鋼管中の音波減衰定数(α)は、鋼管の肉厚の薄い方が減衰が大きいことが、これまでの測定結果より判明している。^{1,2)} 本報では肉厚2mmの鋼管を使用した。この鋼管の肉厚(d)と直径(D)の比は $d/D = 0.03$ であり、実際の鋼管杭の $d/D = 0.01 \sim 0.03$ の値に近い。

モールド内に埋設した鋼管中の音波減衰定数は、鋼管の先端面に接着した圧電形受波器で受信した鋼管端面からの多重反射によるパルス列の振幅変化を、ブラウン管上から読み取るにより求めた。この場合、鋼管の両端面は空气中に露出させているので、両端面では音波がほぼ完全反射するものと考えられるため、反射損失はないものとした。

3. 室内試験結果及び考察

鋼管を拘束する山砂の締め固め度を変化させた時の、放射音波周波数(f_a)に対する音波減衰特性の結果を図-2

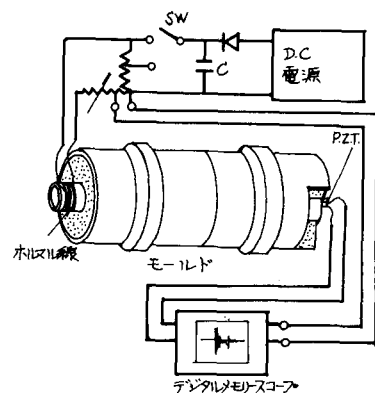


図-1 測定装置の概要

表-1. 供試体及び測定方法.

項目	状態及び測定方法
円筒形モールド	硬質塩化ビニル製(内径=240 ^{mm} , 肉厚=13 ^{mm} , 長さ=500 ^{mm})
試料	山砂($G_s=2.71$, $U_c=1.71$, $U_c'=1.1$, $W_{opt}=15\%$, $\rho_{dmax}=1.735 \text{ g/cm}^3$)
鋼管	外径64 ^{mm} , 肉厚=2 ^{mm} , 長さ=500 ^{mm}
鋼管周囲の締め固め度	締め固め度 $C_d = 86 \sim 97\%$ を4段階
鋼管内の拘束状態	鋼管内が山砂で満たされている状態. 鋼管内の半分が山砂で満たされている状態. 鋼管に山砂がない中空の状態.
駆動条件	鋼管に1 ^{mm} φのホルマル線を10回巻き駆動コイルとした。コンデンサ容量Cを0.4~4 μF まで変化させることにより、駆動電流周波数 f_c は70~25KHzまで変化させた。受信パルス中での放射音波周波数 f_a は、 f_c のほぼ2倍であった。

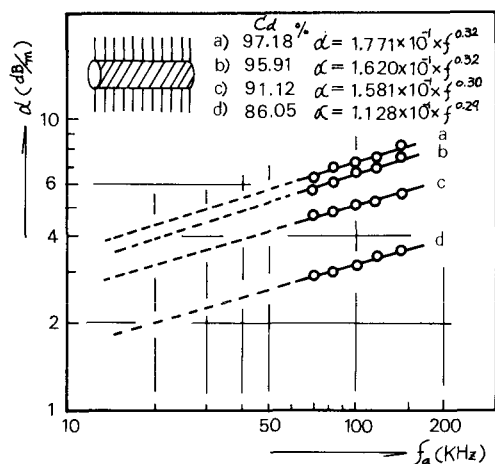


図-2. 締固め度に対する鋼管杭中の音波減衰特性

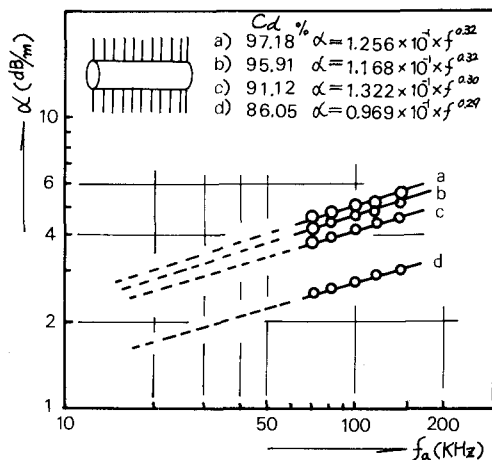


図-4. 締固め度に対する鋼管杭中の音波減衰特性

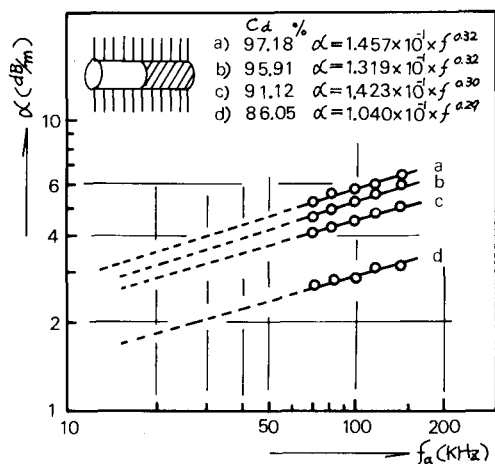


図-3. 締固め度に対する鋼管杭中の音波減衰特性

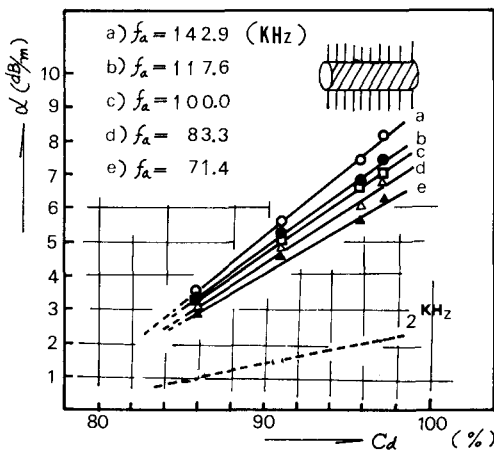


図-5. 締固め度に対する鋼管杭中の音波減衰特性

3, 4に示す。図中、実線は測定結果から求めた減衰特性であり、破線は測定結果を低い周波数まで拡張できるとした時の特性である。その結果、音波減衰定数は締固め度86%の時、音波周波数の0.29乗、91%の時で0.30乗に、97%の時には0.32乗にそれぞれ比例し、鋼管を拘束する土砂の締め具合が密になる程、大きくなる傾向が見い出された。図-5は、実際の鋼管杭中の音波減衰量を推定するために、締固め度に対する音波減衰定数を周波数の関数として、図-2を整理したものである。図中下の破線は、 $f_a=2\text{ KHz}$ を代入した時の推定値である。これにより、締固め度が86%程度の山砂中に、30mの鋼管杭を打ち込んだ場合、鋼管杭中の音波減衰量は1dB/m程度が見込まれる(図-5参照)ので、この場合60dB程度の減衰量が推定できる。従って、送受信系の感度は60dB以上必要であることが解る。

4. 野外実験結果

実物大の野外実験では、既に打ち込まれた10, 20, 30mの3本の鋼管杭($D=812\text{ mm}$, $d=12\text{ mm}$)の計測を行った。この場合、10, 20mの杭では32mmφのホルマル線を並列に30回、30mでは40回巻きつけて駆動コイルとした。波形観測の結果、鋼管中の音速が5000m/sとすると、10, 20, 30mの各鋼管杭の外周を一波長とする周波数帯域での音波の透過が良いことが解り、それぞれ所定の時間的位置に杭先端からの反射波が確認された。又、30mの杭では、液面部からの反射波も(計測された)。

5. 参考文献

- 1) 渡辺 本朗・周福 : パルス反射法を用いた杭長の計測(1報), 36回土木学会年次講演集。
- 2) 渡辺 本朗・清水・奥島 : パルス反射法を用いた杭長の計測(2報), 37回土木学会研究発表会講演集。