

千葉工業大学土木工学科 正 渡 辺 勉
 千葉工業大学電子工学科 正 本 岡 誠 一
 日本道路公団仙台建設局 岡 留 紘

1. はじめに

最近、土木工学の分野において、超音波を用いた計測技術の開発が望まれている。特に、超音波の計測技術を土質基礎工学に応用する場合、土砂中での音波伝搬特性を明らかにする必要がある。しかし、土砂中では一般に音波減衰量はかなり大きいため、信号対雑音比の大きい計測を行うには非常に困難を伴う。従って、土砂中での音波伝搬特性の解明が十分でき、かつ大勢力の超音波を発生することができれば、超音波を用いた計測技術を土質基礎工学に広く応用することができると考えられる。

地中に打設された鋼管杭や鉄筋コンクリート杭等の全長を、地表上から比較的容易に計測する技術の開発が望まれている。しかし、土木工事で古くから使われている各種の杭は、一度打設されると地表から杭長を確認することは困難である。そこで筆者らは、計測目的に合致した超音波発生機としてのインパルス音源を考案し、模型実験(室内実験)で土砂中に設置された鋼管の計測実験を行い、その可能性について検討を行ったので報告する。

2. 実験概要

インパルス駆動法を用いた鋼管杭長の計測方法は、地表面に出ている鋼管杭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杭と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。地中に打設された杭の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。そこで、円筒形モールドを用いて模型実験を行い、この計測方法の可能性を検討するとともに鋼管の肉厚を変化させ、土砂中に設置された鋼管中の音波減衰定数の測定を行った。

(1) 試料と供試体の作製方法

使用した試料の比重・粒度・締固め試験結果を表-1に示す。供試体の作製方法は、塩化ビニール製のモールド(内径24.1^{mm}、肉厚1.35^{mm}、長さ50^{cm})の中心部に、測定に用いる鋼管(内径6.0^{mm}、肉厚2~5.5^{mm}、長さ50^{cm})を設置して、最適含水比に調整された所定の試料を投入し、表-1で行った締固め試験と同じエネルギーになるようCBR用ランマーの落下回数を決め、10層に分けて締固める。この状態は鋼管中を伝搬する音波の吸収状態が最大となるものと考えられる。締固められた供試体の状態を表-2に示す。

(2) 測定装置および測定方法

図-1に測定装置の概要を示す。モールド内に埋設した鋼管の端面に直径1^{mm}のホルマル線10Tを10回巻いて駆動コイルとして用いた。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(PZT)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、ブラウン管上で読みとり音波減衰定数を求めた。この場合、鋼管の両端面

表-1 試料の土質試験結果

	比 重	均等係数	曲率係数	最大乾燥密度 (g/cm^3)	最適含水比 (%)
山 砂	2.783	3.00	1.81	1.682	10.00
関東ローム	2.776	2.33	1.44	0.754	88.80

表-2 供試体の締固め状態

	含水比(%)	乾燥密度 (g/cm^3)	密度率(%)	飽和度(%)	締固め度(%)
山 砂	9.82	1.685	39.47	41.92	100.18
関東ローム	86.39	0.724	73.93	84.56	96.02

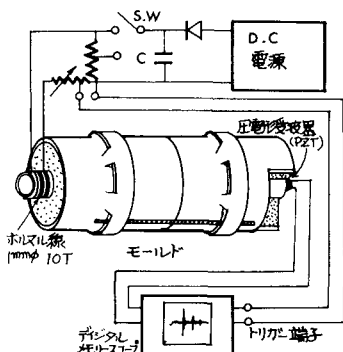
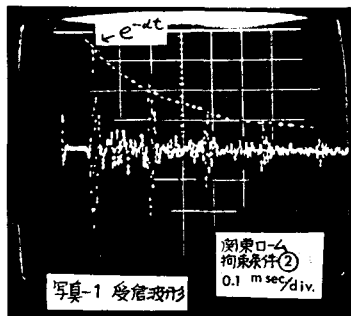


図-1 測定装置の概要



は空気中に露出しているので、両端面では音波がほぼ完全反射するので反射損失はないものとした。写真-1に、肉厚5.5^{mm}の銅管を電氣的周波数55.6kHzで駆動した場合の受信波形の一例を示す。銅管端面からの多重反射によるパルス音波の信号(4回反射)がS/N比よく受信されている。測定に用いた駆動電流周波数は、充電用コンデンサを0.4~4 μ Fまで変え25~75kHzまで変化した。また、受信パルス中での音波周波数は、駆動電流周波数のほぼ2倍であった。測定に使用した銅管は、いずれも長さ50^{cm}、内径6^{cm}、肉厚が2, 3, 4, 5, 5.5^{mm}の5種類である。供試体の銅管の拘束状態は、①銅管内が試料で満たされている状態、②銅管内の半分が試料で満たされている状態、③銅管内に試料がない中空の状態、の3状態である。①、②の銅管の内、外側とも同じエネルギーで締固められている。

3. 測定結果

銅管の肉厚を変化させた時の音波減衰特性を、試料が山砂の場合には図-2に、関東ロームの場合には図-3に示す。山砂の場合、銅管中の音波減衰定数は周波数のほぼ α 乗($\alpha \approx 0.32$ 乗)、関東ロームの場合には0.39乗に比例して増加している。また、銅管肉厚が2^{mm}の場合、5.5^{mm}に比べて、山砂の場合は2.4倍、関東ロームでは2.6倍程度減衰が大きくなる。この傾向は、銅管の拘束状態を変えても同様の結果が得られた。即ち、銅管の肉厚が薄い程、減衰が大きいことがわかった。図-4、図-5に銅管の拘束状態を変化した時の音波減衰特性の測定結果を示す。図-4は山砂を、図-5は関東ロームを用いた場合である。銅管内外に試料を満たした場合は、銅管中の試料を抜いた場合に比べて、山砂、関東ロームとも減衰定数が約1.4倍大きくなることわかった。銅管の肉厚を変えても、同様の傾向が得られた。

測定に用いた供試体は銅管と土が対称に良く密着した状態なので、銅管中を伝搬する音波の減衰量が最大となるものと思われる。一般に、杭打現場の土質状態は最悪含水比で締固められた状態より疎である場合が多いであろう。従って、測定で得られた音波減衰量よりも小さく考えられる。以上の結果より、筆者らの考案した新式計測用音源を用いれば、土中に打設された杭長の計測が可能であることが解った。

4. あとがき

以上、室内の模型実験について報告したが、銅管の拘束状態や試料等は種々考えられ、現在研究中である。室内実験に基づいて現地試験も行ったので、次の機会に報告したい。

本研究を遂行するにあたり、御指導、御援助いただいた東京工大・奥島基良教授、千葉工大・清水英治教授、沖電気工業(株)大垣正勝氏に深く感謝致します。

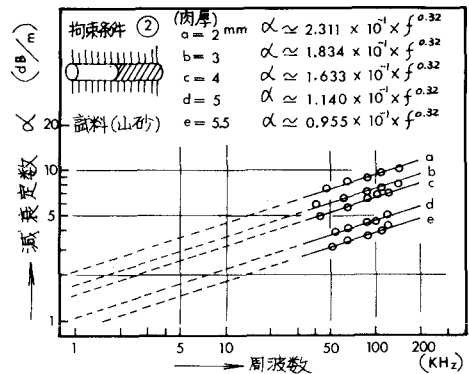


図-2 銅管の肉厚変化による音波減衰特性

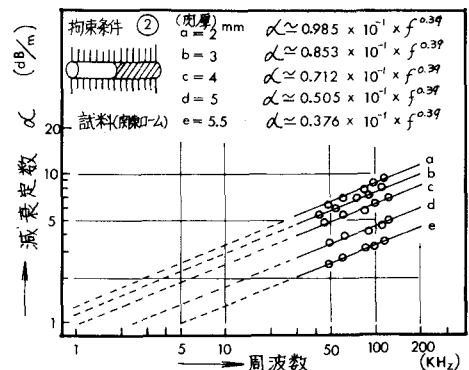


図-3 銅管の肉厚変化による音波減衰特性

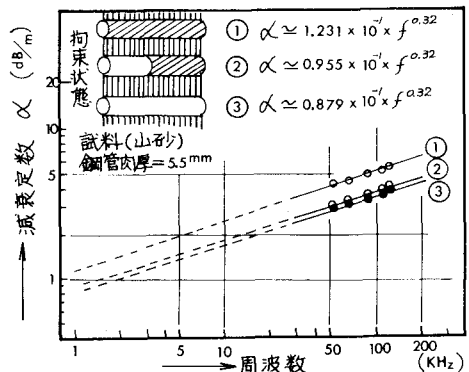


図-4 銅管の拘束状態による音波減衰特性

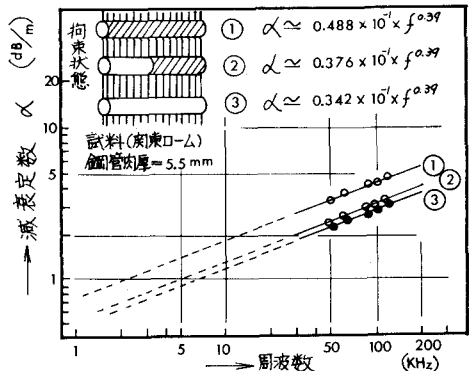


図-5 銅管の拘束状態による音波減衰特性