

Ⅵ-174 水力発電所取水口に流入する土砂の検出方法について —— 超音波透過法による流入土砂粒子の測定 ——

関西電力総合技術研究所 正会員 鬼丸 光明
ニチゾウテック機器システム部 石川 住夫
山東 和義

1. まえがき

河川出水時に流込み式水力発電所の取水口に流入する土砂を検出する方法として、超音波探傷器を用いて水中における超音波の透過量の変化から粒径を検出する基礎的な実験を行った。実験の結果、泥水中でも濃度に関係なく通過粒子の粒径を推定することが可能であることが判明した。本報告では清水および泥水中で実施した超音波透過法による流入土砂粒子の粒径検出に関する実験結果について報告する。

2. 超音波透過法による石粒径の測定方法

図1に超音波透過法による石粒径の検出に用いた実験装置の概要を示す。実験は超音波センサーを対向して設置し、その間に断面積の異なる鋼球および小石を落下させ超音波の透過量と断面積の関係を調べた。

使用機器および実験条件

超音波探傷器：パルス反射型Aスコープ表示式

超音波センサー：周波数15MHz、振動子直径13mm

鋼球及び小石：図2に示す。

センサー対向間隔：400mm

鋼球投下距離：50mm

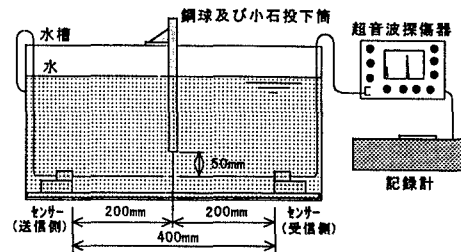


図1 実験装置の概要

3. 清水中における実験

(1) 鋼球による超音波透過パルスの透過量

φ4mm～20mm(断面積0.13cm²～3.14cm²)の直径が異なる7種類の鋼球を用いて超音波の透過量の変化を測定した。その測定結果を図3に示す。図中の縦軸・透過量の比(β)は、清水中の超音波の透過量をα₀、鋼球が超音波ビームを遮った時の透過量をαとした透過量の比率(β=α/α₀)である。

各測定値をプロットするとほぼ直線的な変化が認められ、超音波を遮る物体の大きさと透過量の比は相関関係にあると考えられる。

これより、断面積が既知の鋼球に対しては透過量の比(β)と断面積(A)の関係を次式で表すことができる。

$$A = 10^{-(0.02\beta - 0.69)} \dots\dots (1)$$



(a) 鋼球



(b) 小石

図2 実験に用いた鋼球と小石

(2) 小石による超音波透過パルスの透過量

大きさの異なる14種類の小石を用いて鋼球と同条件で超音波の透過量の変化を測定した。測定結果を図4に示す。図中には鋼球の断面積に対する透過量の変化も実線で表した。

小石の場合、超音波を遮る小石の断面積が不規則であるため若干のばらつきが生じるが、鋼球による超音波の透過量と比較しても±8%程度の範囲内に収まっている。これより、超音波ビームの中心軸を遮る物体の寸法は、透過量の比からほぼ正確に推定できることが判った。

超音波透過法	超音波センサー	流入土砂粒子	取水口
〒661	尼崎市若王寺3-11-20	TEL 06-494-9818	FAX 06-498-7662
〒551	大阪市大正区鶴町2-15-26	TEL 06-555-7056	FAX 06-555-7063

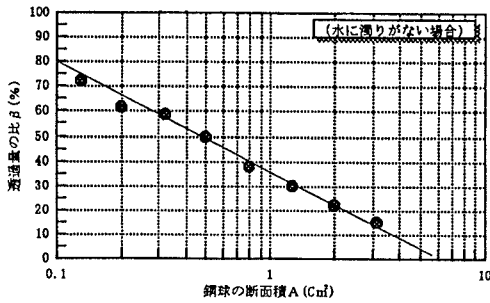


図3 鋼球の透過パルスの透過量（清水中）

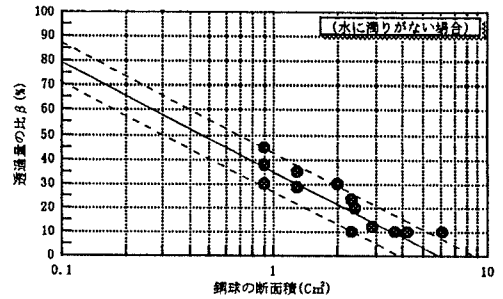


図4 石の透過パルスの透過量（清水中）

4. 泥水中における実験

現地取水口で土砂の流入が考えられるのは、出水時であり流水には相当の濁りがある。そこで水中内に泥を混入し、水に濁りが生じた環境において、清水中と同様に超音波の透過量の変化から鋼球径（断面積）の検出の可否を確認した。

水の濁り程度は、泥と水の重量比から濃度0.1%、0.2%、0.4%および0.8%の4種類の泥水とした。

図5に測定結果を示す。清水中と同様に各濃度における泥水のみによる超音波の透過量を α_0 、各濃度での鋼球が超音波ビームを遮った時の透過量 α として、透過量の比（ β ）をプロットしたものである。

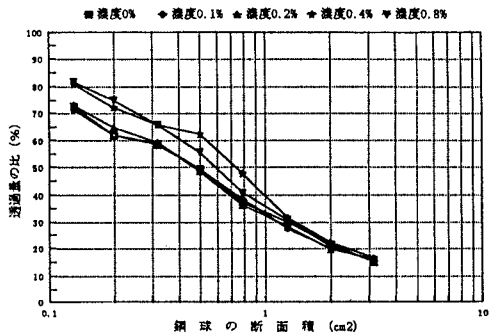


図5 泥水中の透過量比と断面積の関係

試験結果には多少のばらつきが認められるものの、清水中と同様の傾向を示した。各濃度における透過量の比は、水の濁りの影響を受けずに鋼球の断面積と相関関係にあることを確認した。

これらの結果より、透過量の比（ β ）を用いれば泥水中でも、その濃度に関係なく通過粒子の断面積（ A ）が（1）式から容易に推定することが可能である。

5. 実験結果と現場適用への検討課題

流入土砂の粒子径の推定に超音波透過法を用いた基礎実験の結果、超音波センサー対向間の超音波の透過量は、その超音波を遮る物体の断面積と相関関係にあることが判明した。泥水中では微細な懸濁物により超音波が散乱しその透過量は減衰するが、遮る物体がない時の透過量と物体が遮った時の透過量の比は、清水中の透過量の比とほぼ同じであることを確認した。従って、通過粒径の寸法は、泥水の濃度に関係なく透過量の比を用いることにより容易に算出することができる。

この結果から現場においては、超音波受波器の出力信号を常時 A/D 変換してパソコン内に取り込み、石が通過した時の値（出力信号が低下したときの値）とその直前または直後の値（泥水のみ出力信号）から演算により通過土砂の断面積を推定することは可能である。

今回の基礎実験では簡易水槽を用いたため、センサー対向間隔が制限され400mmと近接し、また振動子径の小さい高周波数のセンサーを用いたことにより精度の良い結果を得ることができた。

しかし、現場への適用に際しては、より長いセンサー対向間隔が求められることから、センサーの選定にはセンサー対向間隔と超音波の伝播特性をより厳密に把握することが必要である。また、設置場所も対向したセンサー間を流入土砂が通過しやすく、流水中の気泡やゴミなどの影響を受けにくい場所の検討も重要である。

6. あとがき

以上、水力発電所取水口から流入土砂の検出方法として超音波透過法を用いる方法について示した。実験結果から泥水中における石粒径の推定可能であることが確認できた他、流入頻度の緩急あるいは河川の濁度を推定する方法としての有効性も認められた。今後、本基礎実験成果を基にさらに技術的検討を実施し、水力発電所の維持管理に資するシステムの構築を目指したいと考えている。