

II-55 超音波による河川流速測定の実用化(そのる)

建設省土木研究所 正員 木下 武雄

よえがき 上木研究所では超音波による河川の流速、さらにそれを面積積分して流量を測る方法を開発して来た。本報告は昭和45年才25回平次学術講演会に同題名ですでに発表した内容の続報である。

1 方法

超音波を河川の横断方向水平に発射して、上流へ向かった時と下流へ向かった時との伝播の時間差から流速を求める方法および伝播をくり返し行なって、そのくり返し周波数の差から求める方法を用いた。超音波の送波、受波部は1対で、1個は送波、受波の役割を兼ねることによって精度の向上がはかれる。

2 トラブルの発生

試用のものも含めて超音波流量観測所は10箇所以上になったが、それだけ幾つかのトラブルの発生をみた。水上スキーンセーラーボートによる計測のダウンのような笑えめ笑話もあるが、河川自身のもつ致命的な欠点は次のような項目に分類されることになった。

- (i) 気泡：河川中には泡の発生する機会が多い。この気体と水との接触面は反射率は1に近い。すなわち気泡があるということは超音波を極めて通しにくいということである。またこれら気泡が破れるときにはパルス状の超音波を発射するので、これが信号と誤認されやすく、これもトラブルの大きな原因となる。
- (ii) 浮遊物：水と砂との境界面ではやはり反射率が大きい。濃度のみならず、砂の粒径が小さいほど一般に透過がわるいようである。洪水時には最も重大な障害である。
- (iii) 水温、塩分の鉛直分布：音波の速さは水温、塩分、圧力などによって変化する。これは補正することは可能である。しかし鉛直方向に音速分布が生じたときには音線が屈折する。音線は放物線的に曲がるので、川幅が狭いときには問題にならないが、川幅が広い所では問題がおこりやすい。これは修正不可能なトラブルであり、昭和45年才25回平次学術講演会で東京工業大学奥島基良より発表された通りである。
- (iv) ゴミ：最近の河川はゴミが多く、特にビニール袋などが送波、受波部にひっかかることが多い。

3 強力な出力の送波器へ

解決は基本的に新しいアイデアをとり入れることと、犠牲にすべきものは積極的にあきらめることである。まず送波器と受波器とを兼用することを止める。すなわちトランスデューサを単目的にする。従来の送受波器兼用で精度の向上ができた。従ってこれは精度を犠牲にすることにつながる。その代り強力な出力をえられる送波部を開発する。受波は従来の方式とする。

そこで機構的に堅固で強力な出力をえられる送波部は何か。

- (1) 力学的な衝撃(太鼓を叩くようなもの)
- (2) 細線に電圧をかけて爆発する。(ヒューズとばすこと)
- (3) 送波部セラミックの形状と並べ方の改良

これらによって出力が従来の10倍～100倍えられ、さらに連続使用が可能になればよい。色々の可能性を検討した上、本邦は(四)について各種方法を用いることにより現地テストを行なった。

図-1の記号を使いながら説明する。送波器は対岸におき、受波器2台をこちら側におく。送波部から受波部Bへの超音波の伝播時間を t_1 とすれば、

$$t_1 = l/c - V \cos \theta \quad (\text{ここで } \cos \theta = d/l \text{ とおける。})$$

同様に受波部Cへは、

$$t_2 = (l+dl) / (c + V \cos \theta')$$

ここで、 $\cos \theta' = (d+ad) / (l+dl)$ とおける。時間差 Δt は、

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \{ 2Vd(1 + ad/2d) - cal \} / c^2$$

もし正確に $\triangle ABC$ が二等辺三角形なら、 $ad = dl = 0$ で、 $\Delta t = 2Vd/c^2$ となり、従来の法と類似の式になる。もし幾らかの設置誤差があれば、 $C \gg v$ のため、 cal の項が $2Vd$ と同じオーダーになってしまうかも知れない。勿論、設置してから精密測量し補正項として加えておけばよいが、放水時の支持杭の振動なども考慮しておかねばならない。

4 工研構内における実験

器械は図-2のように配置した。送波部の放電電極は写真-1に示す、銅線は銅線0.26mmφ、長さ30mmで、これに9μFのコンデンサを用い、8KVの電圧をかけて爆破する。

(i) 工研内の水槽(長さ約10m、水深2m)での伝播と減衰を調べた。

極めて距離が近いので衝撃波形はあまり崩れていない。他のデータも含めて図-3には出力とその距離による減衰の様子が記してある。実線は球面拡散とした場合の理論曲線で、ここで発生させた衝撃波の減衰が、超音波としての減衰とよく一致していることを示している。

(ii) 工研内の水路(長さ約26m、水深0.5m)についても同様の実験を行なった。減衰は図-3に示すようによく理論値と一致しているが、若干上側へおているのは、水路が狭いため状態がちがうのかも知れない。写真-1

(iii) 隅田川(岩渚水門下流、川幅約120m)で同様の実験を行なった。ここは河床がヘドロであり、潮汐によって水深が変化する。斜めに送波器、受波器を置いて180mの距離まで測った。これによると距離、濁度などによる減衰よりも水面、水底による反射等のためか水深が浅くなる時に才1波の立ち上がりが悪くなる。図-3に示すように球面拡散の式よりは、10～20m以下に実測値がばらついている。

5 結語 大きいエネルギーを発生する超音波流速測定装置の開発に努力した。超音波による河川流速測定はまだ多くの問題をかかえていて、今後の発展を待つものである。(図-3は発表時に配布)

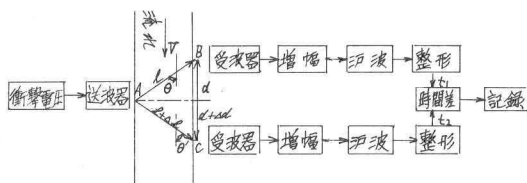


図-1 強力出力による超音波流速計

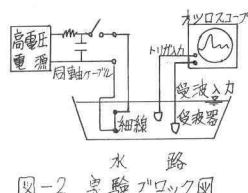


図-2 実験ブロック図

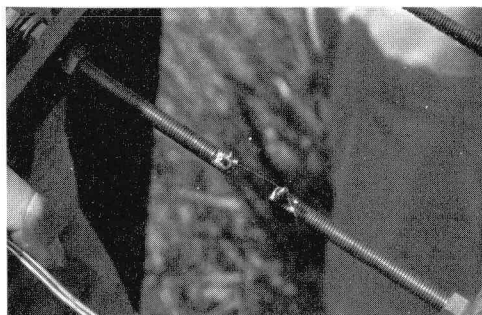


写真-1