

微弱電波を用いた水中・土中構造物変状検知センサーの開発

国土技術政策総合研究所河川研究室 正会員 ○菊森 佳幹
 国土技術政策総合研究所河川研究室 金澤 裕勝
 (株)建設技術研究所東京本社情報部 福島 博文

1. はじめに

河川構造物は通常目視により点検されているが、護岸や根固め工といった河川構造物は水中あるいは土中に埋没しており目視でその変状を検知することは困難である。そこで、本研究室と(株)建設技術研究所は共同で「微弱電波によるアドホック通信の原理」を発明し、本原理を用いた河川構造物の変状(護岸ブロックの流出等)を検知するセンサーを開発している¹⁾。本センサーは、微弱電波を用いることにより、電波法上の免許が不要であること及び信号を伝達する通信ケーブルが不要であるため、センサーの設置コストが押さえられるという特徴がある。

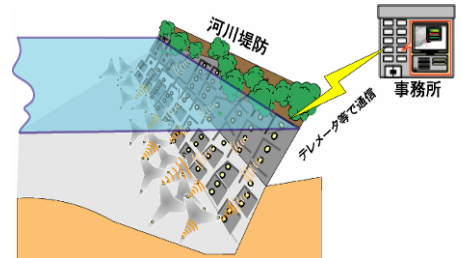


図-1 センサー活用イメージ

2. 変状検知センサーの原理

電波の減衰の激しい水中あるいは土中においては、微弱電波による遠距離通信は困難である。そこで、本原理では微弱電波の到達圏内に中継局を設けることにより変状信号を地上基地局まで伝達するようにしている(図-2(A))。本センサーシステムでは、センサーが微弱電波による通信圏外に移動するかセンサーが損傷等を受けて通信不能になった場合、流出または変状が発生したと判断することとしている(図-2(B))。通信経路上の中継局が流出してしまった場合においても、自動的に通信圏内にある別の中継局を選択して通信経路を確保するリダンダンシーの高い通信を可能とする(アドホック通信機能: 図-2(C))。各センサーには識別番号が付されているので、どのセンサーが変状を受けたかが判断できるようになっている。

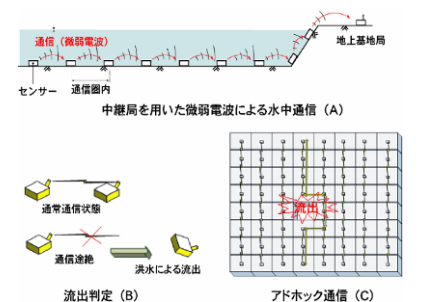


図-2 センサーの原理

3. 微弱電波の伝播特性試験

本センサーの変状信号の媒体として微弱電波を使い、電源としては内蔵電池を使うので、電池寿命を伸ばすためなるべく伝播効率のよい周波数の電波を選択する必要がある。そのため、室内及び実験水路にて周波数80kHz~20MHzの周波数を9種類選択して予備試験を行い、5種類選定した後、再度試験を行い最終的に10MHzの電波を選定した。図-3に5種類の水中における減衰特性のグラフを示す。13.56MHzが最も減衰が少なく、次いで10MHzの順となった。また、図-4に土中における10MHzと13.56MHzの伝播特性を示す。10MHzは通信距離に応じて受信強度が弱くなる一般的な傾向を示しているが、13.56MHzは通信距離が伸びても受信強度が減衰しないかかえって増加しており特異な特性を示している。これは水路の側壁等からの電波の反射等が影響していると考えられるが、本センサーシステムでは、通信の途絶をもって流出と判定することとしているためより素直な伝播特性である10MHzの電波をセンサーシステムで用いることとした。

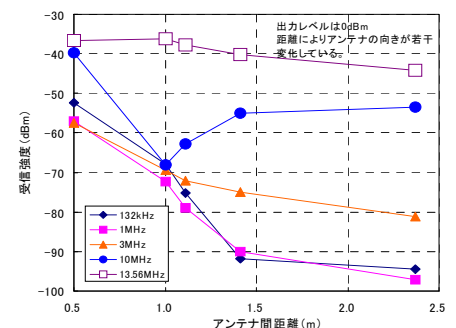


図-3 受信強度の距離減衰(水中)

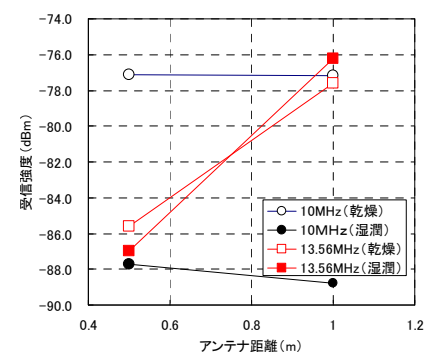


図-4 受信強度の距離減衰(土中)

キーワード センサー, 河川構造物, 微弱電波, 水中, 土中

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 国土技術政策総合研究所 河川研究室 TEL 029-864-4849

4. センサーシステムの製作

厚さ 10mm のアクリル樹脂板で成型したハウジングに直径約 130mm のループアンテナ、センサー回路及び単 4 電池 4 本を内蔵したセンサーを製作し、平成 20 年 10 月に那珂川水系涸沼川 28.1km に位置する当研究室の涸沼洪水観測施設の護岸に 1m 間隔で 30 個 (5×6 列) を設置した (写真-1)。個々のセンサーは隣接する左右上下のセンサーのみと通信するようプログラムが組まれており、欠損したセンサーが発生した場合は、そのセンサーを迂回するように検索ルートがとられ、現地に設置したパソコンに信号が送信され、衛星通信により Web 上でも確認できるようになっている。現地に設置した水位計より水位を 1 時間ごとに取得し、判定水位を超えた場合は、30 分ごとにセンサーシステムにより変状を検索する。判定水位以下のときでも 1 日 1 回変状を検索することにしている。



写真-1 センサー現地設置

5. アドホック通信機能試験

洪水による流出がなかったため、手動でセンサーを取り外し、アドホック通信機能の確認試験を行った。センサーの流出ケースは図-5 に示す 9 パターンとした (流出がないものをケース 0 とした。検索ルートは右上隅のセンサーから始まる。)。試験結果を表-1 に示す。センサーの流出がない場合は、1 分程度ですべてのセンサーを検出できたが、センサーの流出があると迂回ルートを再構築して検索するため時間がかかり、センサー 1 個の流出で約 6 分、10 個の流出で約 26 分かかっている。

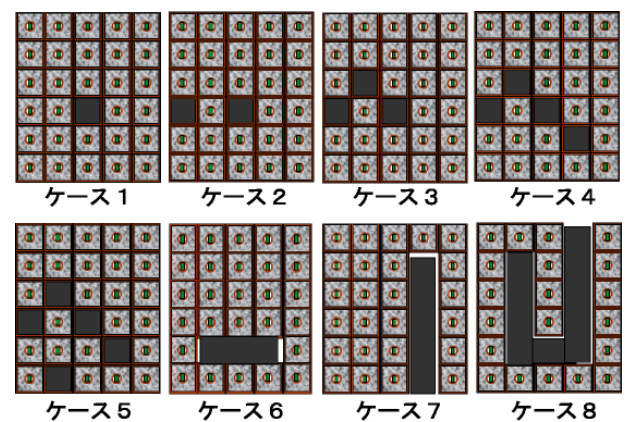


図-5 試験した流出ケース

表-1 アドホック機能試験結果

ケース番号	センサー流出個数	試験結果	
		検出結果	検索時間
0	0	すべて検出	1' 02"
1	1	すべて検出	6' 23"
2	2	すべて検出	9' 37"
3	3	すべて検出	16' 21"
4	4	すべて検出	22' 52"
5	5	すべて検出	26' 56"
6	3	すべて検出	7' 59"
7	5	すべて検出	9' 00"
8	10	すべて検出	26' 45"

6. まとめ

微弱電波によるアドホック通信の原理を用いた変状検知センサーによりセンサーの流出を検知できることが確認できた。ただし、30 個のセンサーシステムに対し、30 分程度の検索時間がかかることがあり、アルゴリズム等の改良が必要である。また、実際の洪水時に変状判定が可能であるか確認する必要があるとともに、センサーを護岸ブロックのどの部位に配置すれば効果的に変状を検知できるかを検討する必要がある。

参考文献

- 1) 河川研究室ホームページ : http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/adhoc_sensor.html