

越水・決壊を検知する機器の開発・整備の 取り組み

○堀井 優介・武田 泰徳

関東地方整備局 河川部 水災害対策センター（〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1）

河川の氾濫発生をいち早く確実に捉えることを目的として、越水・決壊を検知する機器の開発・整備を進めた。開発にあたっては、IoTを利用したセンサー機器を用いて、堤防上で高密度に設置することができるよう安価で簡易に設置可能であることに加え、維持管理の省力化を目標として機器の開発を行った。また、越水・決壊の判定の検証のため、モデル地区を設定し、現地実証実験を行うことにより、判定方法等を決定した。

キーワード 越水，決壊，住民避難，氾濫発生情報，ソフト施策

1. 背景・目的

令和元年東日本台風の出水により、関東地方整備局管内の複数の河川で越水・決壊が発生し、氾濫により広範囲に甚大な被害が生じた。河川によっては越水・決壊が同時多発的に発生したために、氾濫発生箇所の確認に時間を要し、洪水予報の発表ができなかったことや、大幅に遅延するなどの問題が生じた。

出水時の越水・決壊による氾濫の把握は、迅速な洪水予報の発表につなげて、水防活動や住民避難を促すことができる。そのため、氾濫の発生をいち早く確実に捉えることを目的として、令和元年東日本台風で越水・決壊が発生した久慈川、那珂川及び入間川流域の緊急治水対策プロジェクトにおけるソフト施策の取り組みの一つとして、越水・決壊を検知する機器の開発・整備を進めることとなった。開発にあたっては、越水・決壊をより確実に捉えるためにIoTを利用したセンサー機器を堤防上で高密度に設置することができるよう安価で簡易に設置可能であることに加え、越水・決壊については必ずしも高頻度で発生しないことから維持管理の省力化を目標として、機器の開発を行った。

2. センサー機器の特徴

越水を検知する機器としてはこれまでに様々な技術の機器が開発されているが、今回の取り組みでは小型で安価、内蔵電池駆動の非接触型センサー機器を開発した。その主な内容や特徴は次のとおりである。



図-1 センサー設置状況（ポール内に内蔵）

越水の検知には、センサー機器から無線基地局へ定期的に発信する電波の減衰状況から越水の有無を判定することで、直接かつ物理的な計測機構を持つ必要がなく、センサー機器を小型かつ安価に製造することができ、河川堤防上へ高密度な設置・展開が可能となる。

決壊の検知には、センサー機器に通信モジュールのほか、加速度センサー及びGNSSチップを内蔵しているため、加速度変化や位置情報から堤防損壊の挙動を非接触で監視することができる。以上により、堤防の状況が確認しにくい夜間等でも現地状況の把握が可能になる。

また、センサー機器側に計測機構を持たないため、機器の設定により電池交換を5年以上不要な運用とすることができ、定期的な点検や清掃といったメンテナンスが不要となり、無線通信方式として省電力長距離通信（LPWA）の一つであるLoRaWANを採用することで、省電力で数km程度の中距離通信が可能となる。

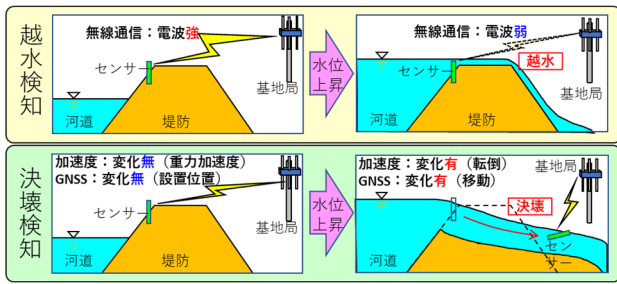


図-2 越水・決壊の検知イメージ

一方、開発における課題として、直接かつ物理的な計測を行わないため、越水や決壊の兆候を確実に捉えて、見逃すことなく判定を行うことが必要となる。そのため、越水・決壊の判定手法を検討するために、モデル地区へ評価用センサー及び基地局を設置し、基本原理の確認、越水・決壊判定手法やシステム運用に係る課題を抽出するために現地検証実験を行った。また、堤防上へのセンサー設置を想定し、模擬堤防による模型実験を行い、越水・決壊による物理挙動の把握、電波状況やセンサー計測との関連分析及び適切な判定方法を検討した。

3. 現地検証実験

開発における課題解消のため、モデル地区へ評価用センサー及び基地局を設置し、越水の判定について現地検証を行った。モデル地区は、那珂川水系那珂川、藤井川及び鶴見川多目的遊水地とし、那珂川、藤井川においては、水位上昇の頻度が高い低水護岸へセンサーを設置し、越水の判定を行った。鶴見川多目的遊水地においては、越流堤へセンサーを設置することにより、鶴見川から遊水地への越流を擬似的な越水として捉えることにより判定を行った。図-3に低水護岸でのセンサーの設置状況を示す。また、低水護岸へ設置したセンサーで越水を検知した計測結果を図-4に示す。



図-3 低水護岸へのセンサー設置状況



図-4 水位とセンサーの電波強度の計測結果（藤井川）

センサーから発信され基地局で受信される電波強度 (RSSI) は、河川の水位が低い場合にはセンサーと基地局間において所定の電波強度を示し、河川の水位上昇により、急激に電波強度の減衰が見られ、水位の下降とともに、電波強度が所定の強度に戻る現象が確認出来た。この結果に基づき越水時に発生する電波強度の減衰量を把握し、越水の判定方法を決定した。

4. 結論

モデル地区における現地検証実験の結果から、越水時には平常時の電波強度から急激な電波減衰が見られ、実水位から比較検証して所定の閾値を設けることで、越水の判定が可能であることが確認できた。

決壊については、模型実験において模擬堤防での越水・決壊現象を再現し、内蔵した加速度センサー及びGNSSチップにおいて加速度の変化および位置情報を取得でき、決壊の判定に利用できることが確認できた。

これらの実験や検討の結果に基づき、河川管理及び良好な通信環境を確保するため、堤防天端相当の高さで表のり肩に設置できるように、センサーを内蔵した杭形式の「越水・決壊センサー」として製作した。

2021年の出水期より緊急治水対策プロジェクトの久慈川、那珂川、入間川流域にて、約700個のセンサー、42局の無線基地局を重要水防箇所等の堤防に優先的に設置し、試験運用を開始した。

5. 今後の課題

試験運用の結果、樹木繁茂や構造物で電波強度の確保が困難な場所の存在の確認や、センサー機器への接触や悪戯による誤検知が少なからず確認された。今後は更なる検知精度向上のため、越水・決壊の判定方法や運用等の見直しを図りつつ、本運用に向けて引き続き改善を進めていく予定である。