

洗掘に対する橋脚基礎の健全性評価方法

増水した河川橋梁では、水の流れや流下物によって橋梁が不安定化し、列車を安全に運行できなくなる場合があります。そのため、橋梁を防護する対策を行うほか、水位が上昇した際に列車の運行を一時的に止めるなどして、安全を確保しています。しかし、運転を再開する際に、橋梁が安定しているかどうかを判断することはきわめて難しい問題です。これまでは、橋脚に鉄のおもりをぶつけて強制的に振動させ、橋脚の揺れやすい振動数(固有振動数)を求め、その値から判断する方法などを活用していますが、増水時の橋梁上で作業するのは大変でした。そこで、橋脚が増水時に自然に揺れている状態の振動から安全性を判断する方法を開発しました。この方法は、橋脚の頂部に設置した振動センサで測定されるデータ(振動データ)を処理して、橋脚の固有振動数を求めるものです。固有振動数は、橋脚基礎のまわりが丈夫であるほど高い振動数(小刻みに揺れる)となり、安定性が低下するとその値が低く(ゆっくり揺れる)なることが知られています。この性質を利用して評価します。

この発明では、増水時に測定した微動データから固有振動数をできる限り素早くかつ的確に見つけ出すための方法

を示しています。具体的には、振動データを処理して得られるスペクトルからピークを求めるための探索範囲(図1の青枠内参照)をどれほどの大きさと設定するのが適切なかを具体的に示しています。図1は、探索範囲を固有振動数(f_0)の一定割合($\pm \Delta f_0$)として、各種設定し、それぞれの探索範囲内で一番大きなピークを示す振動数を見つけて、元々の固有振動数との差のばらつき度合いを比較したものです。例えば、探索範囲が広すぎると本来見つけたいものとは違うピークを選んでしまう恐れがあります。この結果から、探索範囲は固有振動数の $\pm 10\%$ が妥当としました。また、どれくらいの時間長さの振動データを処理するのが適切かについても示しています。

さらに、こうした考え方を組み入れて、振動や橋脚周りの水位の測定から固有振動数の特定を自動で行うシステムも提案し、稼働試験を実施しました(図2)。このシステムでは、現地で測定したデータを携帯電話によって伝送し、遠隔地でもその結果を監視できるとともにシステムの動作条件も変更できるようにしてあります。また、橋脚の周りに設置してある防護工が流失したことを検出するシステムを組み込むことも可能です。

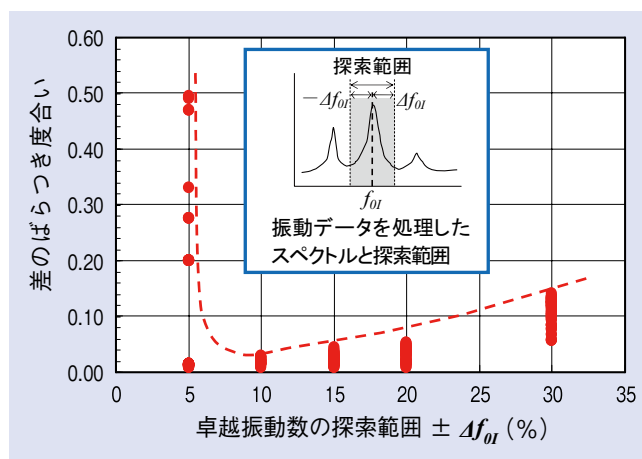


図1 探索範囲の違いによる固有振動数の残差の変動係数との関係橋脚基礎の健全性評価システムの外観



図2 測定した橋脚とシステムの設置状況

発明余話

河川増水時に橋梁がどのように揺れているのかを知るためには、実際に増水した時の橋梁の振動を測定する必要があります。それにはまず河川が増水しなければなりません。しかし、自然相手のため、振動を測るための計測器を設置した橋梁の河川がタイミングよく増水してくれるわけではありません。どちらかというと、設置した橋梁のある河川では増水せず、設置していない橋梁の河川が増水したため、データがとれないことや計測器の実用化に向けた機能の確認ができない場合が多く、この種の研究開発は自然頼みの一面があります。今回の発明に際してもいろいろな橋梁を計測対象の候補として挙げた上で、数箇所での現地計測を試みました。幸い、その中のいくつかの橋梁で増水した際の橋脚の振動を計測することができ、発明を裏付ける貴重な実証データを得ることができました。

開発を始めた頃には、増水する河川が予測できないことや計測器の仕様上の都合で、増水したら現地に赴いて計測する方法を採っていました。しかし、図3に示すような増水の機会を得て勇んで現地に赴くと、河川管理者から堤外地（橋台脇）への立ち入りを禁じられて計測できないことがあり、悔しい思いもしました。こうした経験が自動で計測するシステムの試作につながりました。

また、計測する際の問題のひとつが計測機器を動作させるための電源の確保です。通常、橋梁には計測機器を動作させるための電源が準備されていることはなく、新たに



図3 橋梁付近の増水した河川の流れの様子

《権利メモ》

発明の名称：橋脚洗掘判定方法及び橋脚基礎の健全性評価システム

概要：河川増水時に橋脚基礎の健全性評価に要する時間を短縮し、列車を安全に運行させるための洗掘判定方法および健全性評価システム。

出願番号：特願2009- 55187 (2009. 3. 9)

公開番号：特開2010-210334 (2010. 9.24)

総研発明者：佐溝 昌彦，興水 聡，渡邊 諭

発明の名称：橋脚洗掘判定方法及び橋脚基礎の健全性評価システム

概要：システム作動用のバッテリーの交換頻度を長くすることができ、保守作業の軽減を図ることができる洗掘判定方法および健全性評価システム。

出願番号：特願2009- 55188 (2009. 3. 9)

公開番号：特開2010-210335 (2010. 9.24)

総研発明者：佐溝 昌彦，興水 聡，渡邊 諭

100Vの電源を敷設する手間やコストは大きく、手軽に準備することはできません。そこで、一連の計測では、新たな電源設備をもうける必要のない、バッテリー駆動による計測機器を用いることにしました。しかし、実際に計測を始めると、バッテリーは重くかつ頻繁に交換が必要であったため、バッテリーの交換作業が思いのほか大変でした。作業に立ち会っていただく事業者の社員の皆様にも多大なご苦勞をおかけしました。改めてご協力に感謝します。電源の問題はソーラーパネルとバッテリーの併用という構成とすることで大いに改善されました。こうした防災システムを開発する上で電源は避けて通れない問題だといえます。

(防災技術研究部 地盤防災 佐溝昌彦)