

## 増水後に実施する橋梁随時検査の実施目安水位の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○樫 健典

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 池津 大輔

### 1. 目的

近年頻発する豪雨により、河川橋梁においては橋脚周辺での増水に起因する洗掘等の発生が懸念される場面が増加している。鉄道橋梁の維持管理においても、特に旧式で根入れの浅い直接基礎やケーソン基礎の橋脚について、増水後に随時検査として橋脚やその周囲の状況を確認する機会が増えているが、増水後の随時検査の必要有無について具体的に定めた基準はない。そこで、鉄道橋梁に設置された水位計の過去約 10 年分の観測記録を使用し、随時検査実施の目安となる水位について検討を行ったので報告する。なお、鉄道においては桁下水位（桁下面から水面までの離れ）を使用することが多いが、以下の議論においては混乱を避けるため、河床から水面までの高さを「水位」とする。

### 2. 増水後の橋梁随時検査に関する課題

鉄道橋梁の維持管理においては、鉄道構造物等維持管理標準<sup>1)</sup>に則って 2 年ごとに実施される定期的な検査に加え、大雨等による増水後には随時検査を実施し、橋脚躯体の変状の把握に加えて橋脚基礎周囲の洗掘状況などの確認を行っている。しかし、増水後の随時検査の実施について、鉄道構造物等維持管理標準においては「大雨等により変状の発生が懸念される場合」とされており、その判断基準などは具体的には記載されていない。

増水に伴い橋梁における列車の走行安全性に影響が生じる可能性がある場合、水位を指標とした運転規制が行われることが一般的である。東日本旅客鉄道株式会社（以下、JR 東日本）では、運転中止の発令に至った増水後には、規制解除可否判断のための現地確認に加え、さらに将来的なリスクに繋がる変状等を早期に把握するため、河川水位が低下し河床の調査等が可能となった後なるべく早い時期に随時検査を実施している。ここで、洗掘の可能性のある橋脚に対して運転規制基準とする水位は、橋脚、橋台に対して、所定の水位に応じた河床高さ・洗掘深を想定し、転倒、滑動、支持に対する安定計算から十分な安全率を見込んで決定される水位<sup>2)</sup>である。従って、運転規制の発令に至った増水後には河床高さ等が想定から変化していないかを確認することが望ましく、随時検査を実施することは合理的な判断であるといえよう。

しかし、実際には、運転規制の発令に至らない程度の増水の後においても、列車の走行安全性に直ちに影響することは無いものの橋梁周辺で想定よりも大きな河床変動が生じ、将来的な橋脚基礎の健全性に影響する場合がある。この場合、次の定期的な検査までの間に更に状況が悪化し、必要とされる対策工がより大規模なものになってしまう懸念があるため、早期に状況を把握して措置を行うことが望まれる。そこで、本論文では、維持管理の更なるレベルアップを目指して、運転規制の発令に至らない程度の増水後について橋梁に設置された水位計の観測記録を活用し、随時検査の実施が望ましい橋梁を適切に抽出するための方策について検討を行う。

### 3. 水位の変動と河床変動の関係性

運転規制目的の水位計を設置している JR 東日本管内の河川橋梁のうち、洗掘災害の可能性が想定される橋梁を対象として、2007 年 4 月から 2018 年 3 月までに観測された、橋脚設置の水位計の観測記録を確認した。その結果、概ね以下のケースに分類できることを確認した。なお、射流域にある河川については、増水時にも水位が上昇しにくいことから基本的には水位計の設置対象とはせず橋脚に傾斜計を設置することとしている<sup>3)</sup>ため、本検討の対象外である。

- (1) 観測された水位変化が流速と相関し、河床変動にも影響していると推測されるケース。
- (2) 観測された水位変化が潮位変動（河口部付近の橋梁）やバックウォーター（本支流の合流部付近の橋梁）、水門開閉などの影響を大きく受けており、相対的に水位と河床変動の関連性がやや低いと推測されるケース。
- (3) 水位変化がほとんど観測されていないケース。これは、圧力センサ式の水位計を河床の流下物等の衝撃によって破損しない高さに設置しているため、水位が低いと観測が困難となることによる。

各ケースの構成比率を図 1 に示す。このうち (2) については橋脚に傾斜計が併設されていることも多く、水位規制値に達していないにも関わらず洗掘に伴う橋脚の傾斜が発生した事例<sup>4)5)</sup>もあり、随時検査実施の判断についても水位を基に行うことが難しいケースである。そのため、(2) に該当する橋梁において更なる維持管理のレベルアップを図る必要がある場合には、微動センサを用いたモニタリング<sup>6)</sup>などを検討することが望ましいと考える。なお、その場合においても、桁に

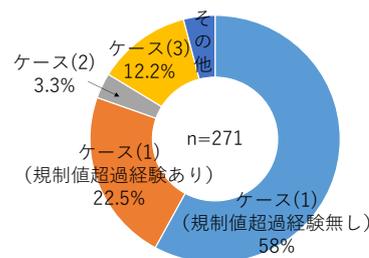


図1 各ケースに分類される橋梁の構成比率

キーワード 洗掘, 河床変動, 橋梁検査, 河川増水, 橋脚基礎

連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号新宿住友ビル31階 東日本旅客鉄道株 構造技術センター TEL.080-9649-9953

着水するほどの増水が想定される場合等には水位による運転規制は引き続き必要である。(3)については、運転規制発令に際しては規制水位の超過有無を捕捉することさえできれば良いので水位計の設置高さが高いことは問題とならないが、規制水位非超過時の随時検査実施の判断を行う場合には問題となる可能性がある。しかし、(3)に該当する橋梁が数多く存在することから、ここでは(1)、(3)のケースを対象として随時検査実施の目安水位の設定方法を検討することとした。

#### 4. 随時検査実施の目安水位の設定方法の検討

多くの河川では、平均年最大流量(年最大流量の平均値であり2~3年に1回生じる洪水流量程度)規模の増水によって土砂が運搬されて堆積することにより、河道が変化するとされている<sup>7)</sup>。そこで、運転規制にもすでに活用しており計測記録の入手が容易な水位観測記録に着目し、平均年最大流量と同様に平均年最大水位についても概ね2~3年に1回超過する水位であることから、平均年最大水位を随時検査実施の目安水位とする方法が考えられる。鉄道路線と並行する河川護岸の一部に対してこの考え方を採用している事例がある<sup>8)</sup>が、橋梁の場合は対象となる数量が多いうえに、2018年3月までの過去約10年の間に規制水位を超過した経験の無い橋梁が対象橋梁全体のうち7割以上を占めていることから、平均年最大水位を目安水位とした場合、特にこれらの橋梁において随時検査の発動頻度が大幅に増加することが問題となる。また、3章で分類した(3)のケースでは、各年の最大水位を特定できず平均年最大水位の算定が困難な場合も考えられる。

一方で、過去10年間に経験した最大の水位(既往最大水位)を超過した際に随時検査を実施することとすれば、既往最大水位の超過確率は10年に1回未満であるため、随時検査の発動頻度の増加は問題となりにくい。規制水位を超過した経験のある橋梁、すなわち既往最大水位よりも規制水位が低い橋梁では、従来通り規制水位超過時に随時検査を実施すればよい。なお、3章(3)で仮に過去に一度も有意な水位を観測していない場合、すなわち水位計設置高さを超過する水位を観測したことが無い場合には、水位計設置高さ若干の余裕を見込んだ水位を目安水位とすることによってこの問題を回避することが可能である。この場合、本来の既往最大水位よりも高い水位が目安水位となるが、現状よりも点検頻度は増加するため顕著な河床変動の捕捉には寄与すると考えられる(将来的には水位計の設置方法の再検討等も必要と考える)。

次に、随時検査目安水位の設定効果として、顕著な河床変動の捕捉効率について検討する。2019年台風19号の通過後に実施した検査結果について、2018年までの既往最大水位および台風19号通過時の最大水位が共に規制水位未満であった橋梁を検討対象とし、2018年までの既往最大水位の超過有無で分類した結果を表1に示す。なお、表1では、通常想定される局所洗掘の規模を大きく

表1 台風19号通過時の検証結果

	対象橋梁数	河床変動あり
既往最大水位超過	45	3
既往最大水位未満で点検を行った橋梁	72	0

超えて復旧工事を要した橋梁(一例を図2に示す)を「河床変動あり」として整理し、小規模な局所洗掘のみが発生した橋梁は含めていない。表1より、復旧工事を要するような顕著な河床変動を、既往最大水位超過時に随時検査を実施することで捕捉可能なことが分かる。

以上から、既往最大水位を随時検査の目安水位として設定することが、発動頻度、顕著な河床変動の捕捉効率の両面から妥当であると考えられる。なお、既往最大水位を記録した過去の増水時に顕著な河床変動が生じていた場合はこれを目安水位とすることは適切ではないため、過去10年の間に顕著な河床変動が見られなかった水位のうち最大のもの(無被害最大水位)を超過した場合に随時検査を実施することが望ましいと考える。また、過去に洗掘に伴う橋脚の被害が生じた橋梁などについては、個々の河川の特性を踏まえて、必要に応じて平均年最大水位などのより厳しい基準とすることを検討しても良い。

#### 5. まとめ

本論文では、運転規制の発令に至らない程度の増水後について、既存の水位計の観測記録を活用しつつ随時検査の実施が望ましい橋梁を適切に抽出するための目安水位の設定方法と、その対象橋梁の考え方について整理した。本論文で提案した随時検査実施の目安水位を用いることで、鉄道橋梁の維持管理の更なるレベルアップに繋がると考える。

#### 参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・解説 基礎構造物・抗土圧構造物，丸善出版，2007。
- 2) 佐溝昌彦：橋りょうにおける水位規制，RRR，Vol.67，No.7，p.38，2009.07。
- 3) 田中淳一，三浦麿，小林敬一：河川橋梁における橋脚洗掘の原因と対策について，SED，No.16，pp.142-149，2001.5。
- 4) 井上達也，伊藤雅，片桐浩志：角川橋りょう橋脚洗掘対策とその背因考察，日本鉄道施設協会誌，Vol.56，No.9，pp.34-37，2018.9。
- 5) 鶴澤星一，進藤忠丸，佐々木静夫：五能線における橋脚洗掘災害と復旧，日本鉄道施設協会誌，Vol.54，No.7，pp.53-56，2016.7。
- 6) 樺健典，鈴木修：橋脚の健全度モニタリングが可能な新しい洗掘検知装置の開発，JR EAST Technical Review，No.45，pp.53-58，2013。
- 7) 山本晃一，沖積河川—構造と動態—，技報堂出版，2010。
- 8) 古久根晋太郎：鉄道と並行する河川護岸の維持管理，第35回総合技術講演会概要集(調査・計画)(建造物検査)，pp.57-60，2020.10。

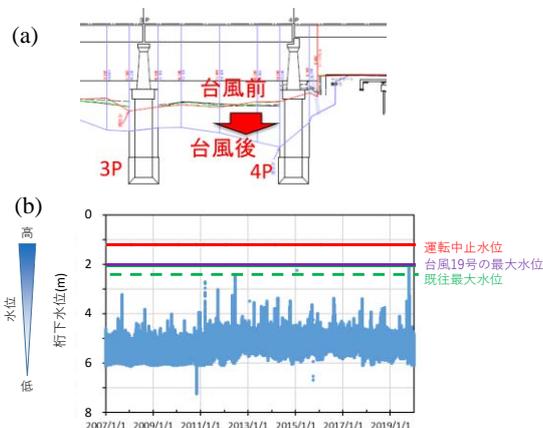


図2 目安水位設定により捕捉可能な河床変動事例  
(a) 河床断面の変化 (b) 水位変化の時系列