

橋梁の流出や洗掘に対する被災可能性の判定方法及び対策方法の開発

(研究期間：令和元年度～令和2年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

室長(博士(工学)) 白戸 真大 主任研究官 岡田 太賀雄 主任研究官 佐々田 敬久 研究官 伊原 岳宏

(キーワード) 道路橋、橋梁基礎の洗掘、橋梁上部構造の流出



1.

国土を強靱化し、国民のいのちと暮らしをまもる研究

1. はじめに

近年、豪雨により数多くの道路橋が被災している。たとえば、令和元年台風19号では、基礎の洗掘が原因で長期間にわたる通行止めが発生し、令和2年7月豪雨では、球磨川にかかる道路橋が複数流出する被害が発生した。災害時にも道路の機能の継続を図るためには、洗掘や流出の被災可能性の高い道路橋を把握し、ハード・ソフトの両者の観点から対策を進めて行く必要がある。

そこで本研究では、まず、洪水による洗掘や流出被害を受ける危険度の高い道路橋の抽出方法を検討した。特に、道路橋の洗掘被害や流出被害に対する被災可能性について、統計的な要因分析だけでなく、設計基準における性能の照査式と同様に、作用と抵抗に基づく力学的メカニズムを考慮した要因分析を行うことで、設計法や対策法の開発にもつなげられるように検討した。次に、流出の危険度の高い橋に対して、橋をかけ替えることなく被災リスクを低減できる原位置改良方法を検討した。

2. 洗掘による被災可能性の評価方法の検討

洗掘の力学的なメカニズムに関しては、図-1に示すとおり、作用力として上部構造の死荷重および流水圧を考慮した。流水圧は、洪水時の河川の流速に関する過去の計測事例から流速(V_{cr})を5m/sと仮定し、算出した。抵抗力として基礎の支持力を考慮した。基礎の支持力は洗掘が進むにつれ低下することを考慮した。これらの条件のもと、洗掘の影響を考慮した橋脚基礎が最大強度に達するときの流速 V_r を

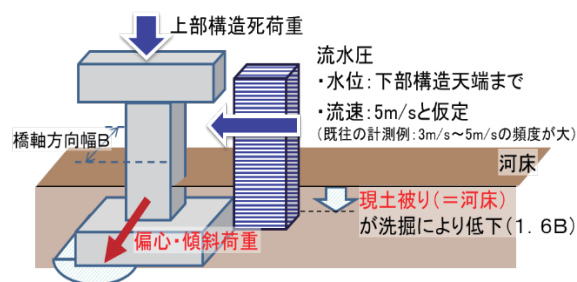


図-1 洗掘が生じる際に仮定した力

逆算した。計算上は、洗掘被災に対する安全度を V_r/V_{cr} として、安全度が1を下回った場合は被災可能性があると考え、基礎形式や地盤条件の異なる12橋脚について、安全度が1を下回る洗掘深を基礎形式毎に試算した。このうち、直接基礎の場合は、洗掘深が基礎上面より1m以上洗掘されると損傷が生じる可能性があるという計算結果になった。杭基礎およびケーソン基礎の場合には、基礎長の1/2以上洗掘した場合に損傷が生じる可能性があるという計算結果になった。

これらの計算結果は、様々な仮定に基づくものである。そこで、過去の水害におけるいくつかの被災、無被災の道路橋の基礎に対して、被災前の土被り厚と基礎の深さの関係を調べた。その結果、実際に被災した橋は、いずれも、計算結果から得られた被災の条件に該当していた。無被災であった橋は、計算結果から得られた被災の条件に該当しないものもあれば、被災の条件に該当するものも見られた。以上から、計算結果から得られた被災の条件は、被災の可能性を安全側に評価できていると考えられる。

3. 流出による被災可能性の評価方法の検討

上部構造の流出の力学的メカニズムに関しては、防護柵（高欄）・支承部・橋脚の各部位に作用する力とそれに抵抗する力を図-2のとおり考慮し、流速を漸増させて、最初に安全率が1を切る箇所とそのときの流速を算出することで説明できると仮定した。この仮定は、過去に当研究室で行った、津波による道路橋の被災要因の分析の結果に基づいて提案したものである¹⁾。

仮定したモデルの有効性を検証するため、令和2年7月豪雨において道路橋が複数流出する被害が発生した、球磨川流域の20橋に適用した。その結果、たとえば、上部構造が流出した橋においては、橋脚の倒壊や防護柵の破壊よりも、支承が先に損傷する傾向があることが、計算上も確認された。また、流出の有無も実際の被害事例に一致した。

そこで、実際の水害の状況とは異なるが、全ての橋が水没したと仮定し、支承に作用する力を水平震

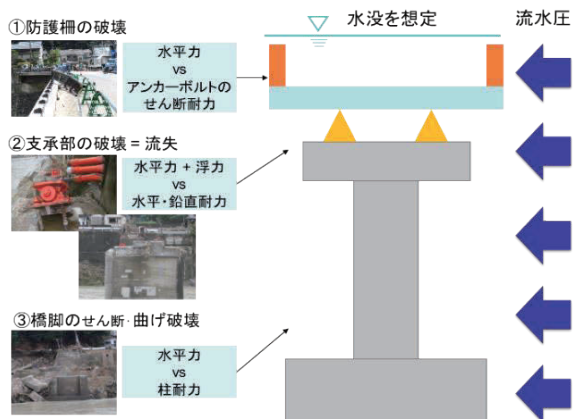


図-2 橋梁の各部位における流水圧の作用と抵抗

度に換算して設計水平震度と比較した。また、計算上橋が流出する作用力から逆算して求められた流速を用い、仮に橋に防護柵が無かったとしたときについても、支承に作用する力を換算した設計水平震度を求めた。この計算結果を、図-3に示す。過去の許容応力度法での耐震設計では、水平震度として0.2程度が見込まれることが多いことから、図には0.2のところに赤線を示した。また、実際の流出の有無も橋毎に示した。計算結果からは、実際に流出した橋の支承は、耐震設計で想定していたであろう力よりも大きな力を受けていた可能性が考えられる。また、防護柵が無いと仮定した場合には、支承に作用する力は、過去の耐震設計で考慮していた程度に小さくなる可能性が分かった。すなわち、今後の技術開発により、支承の強化や防護柵の構造を工夫することで、被災可能性を減らせると考えられる。

4. おわりに

本研究の成果として、洗掘や流出に対する危険度の高い橋梁の抽出法を道路技術小委員会に提出し、リスク評価法などとしての基準化の検討を進める予定である。

詳細情報はこちら

1) Concepts for Tsunami-Resistant Design Criteria for Coastal Bridges
https://www.pwri.go.jp/eng/ujnr/tc/g/pdf/29/29-6-1_shirato.pdf

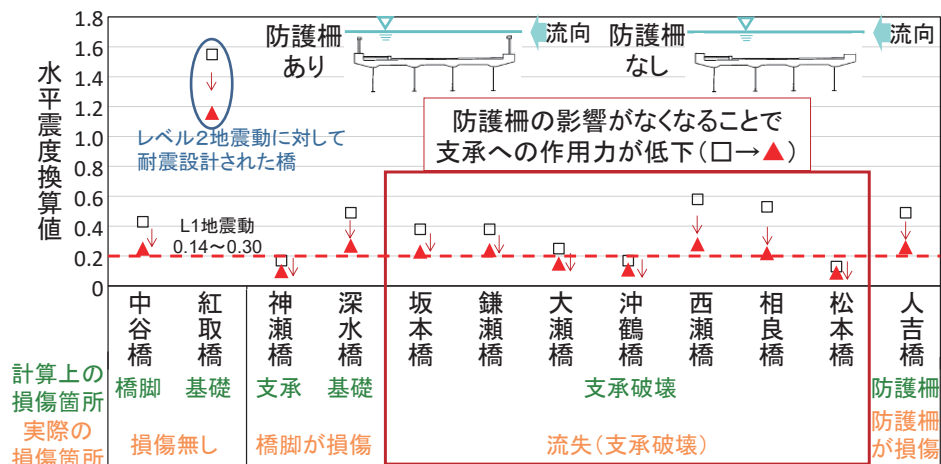


図-3 防護柵の有無による水平震度換算値の変化