

## 鉄道河川橋りょうの橋脚折損災害の特徴について

九州旅客鉄道株式会社 正会員 ○庄村 和剛  
九州旅客鉄道株式会社 非会員 竹村 大

### 1. はじめに

近年、豪雨に伴う自然災害が激甚化・頻発化している。JR 九州の河川橋りょうにおいては、桁の流失を伴う無筋橋脚の折損が発生し、復旧には多額の費用と時間を要している。一方で、無筋橋脚はローカル線を中心に多数現存しており、抜本的な防災対策は困難な状況にある。本稿では、豪雨による橋りょう災害のうち、無筋橋脚折損災害のリスクが高い橋脚の特徴について紹介する。

### 2. 過去に折損した橋脚の特徴

橋脚折損のメカニズムを分析し、橋脚折損のリスクが高い橋りょうのスクリーニングを行った。

始めに、過去に橋脚の折損被害が発生した久大本線光岡・日田間の花月川橋りょう（図 1）や同線豊後中村・野矢間の第二野上川橋りょう等から橋脚折損に至った原因を考察し、橋脚の折損リスクが高い要因・特徴を把握した。



図 1 花月川橋りょう（2017 年被災）

過去の被災事例では、折損した橋脚の材質はいずれも無筋コンクリートであり、打継目付近で折損・倒壊している特徴があった。また、形状が円形である橋脚が折損している傾向があり、被災メカニズムとしては、河川水位の上昇により橋桁が浸水し、流水力により大きな転倒モーメントが働いたこと、橋脚が無筋コンクリート造りで、打継目で引張抵抗力が働かなかったこ

とが原因のひとつとして考えられた。これらにより無筋円形橋脚であること、橋桁の浸水のしやすさに着目して、折損のリスクが高い橋脚を抽出することとした。

### 3. 橋脚折損リスク

#### 3-1. 類似橋脚の抽出

JR 九州大分工務所管内の橋りょうを対象に、前項の特徴をもつ橋脚の抽出を行った。抽出に必要な情報は、橋りょう台帳及びしゅん功図を用いた。さらに無筋円形橋脚のうち、2020～2021 年度全般検査にて橋脚躯体に変状を有しているものを抽出した。その結果、橋脚躯体に変状があるものは 12 橋脚であった。

#### 3-2. 安定計算

抽出した橋りょうに加え、過去に折損事例のある第二野上川橋りょう、緒方川橋りょうを対象に、流水に対する安定計算を行い、水位がどの程度上昇すると、橋脚の折損に至る可能性があるかを検証した。計算方法は、橋脚の打継目を支点として、流水力が作用するモーメントが、桁や橋脚の自重により発生する転倒に抵抗するモーメントを上回り、橋脚が転倒し折損に至る水位を求めるという手法を用いた。

流水力  $P$  は以下の式で与えた。

$$P = k A V_o^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$k$  : 断面形状による係数（円形の場合 0.3）

$A$  : 流れ方向に射影した水深部の面積 ( $\text{m}^2$ )

$V_o$  : 表面流速 ( $\text{m/s}$ )

この計算を基に、折損リスクが高い橋脚を相対的に比較した。計算結果を図 2 に示す。

左縦軸が桁上浸水水位（桁下高を 0m）として水位が桁上にどの程度上昇すると、転倒モーメントが超過し、橋脚折損する可能性があるかを示している。過去に被災した橋脚を棒グラフ中のオレンジで示した。オレンジで示した橋脚は、桁上浸水水位 0.34～0.42m で折損の可能性があるという結果になった。これに対し、抽出した 12 橋脚は番匠川橋りょう 2P を除いて実際に折損した橋脚と同程度の水位で折損の可能性があること

キーワード：河川橋りょう、橋脚折損、鉄道

連絡先：〒870-0831 大分県大分市要町 1-1 九州旅客鉄道株式会社 大分工務所（土木） TEL:097-513-5853

を示した。

また、右縦軸を a:打継目から橋脚天端までの距離を、b:打継目部の橋脚の直径で除した折れ線グラフでは、a/b が大きいほど、桁上浸水水位が小さい値で転倒モーメントが超過する傾向があることがわかった。

最も低い水位を示した、相対的に折損しやすい橋脚は久大本線：杉河内・北山田間の山浦川橋りょうの4Pであったが、実際の橋りょうの周辺環境を踏まえると、1 連目が架道橋になっており、その道路自体も同河川の上に架かっていたことから、河川水位が桁上まで上昇する可能性は低い。構造的な特徴を踏まえた抽出条件の比較だけでは不十分なリスク評価であったため、周辺環境を条件に加えることにした。

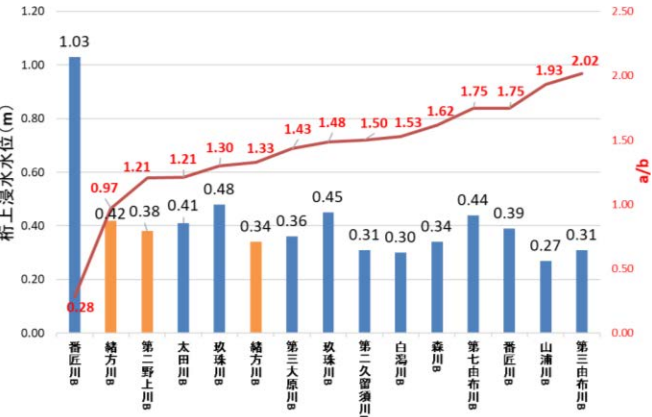


図2 安定計算結果

4. 周辺環境の考慮

周辺環境から桁まで水位が上昇する可能性があるかどうかを検討するため、簡易的に周辺環境を把握する手法としてオープンデータ等を用いることにした。過去に被災した橋りょうから水位上昇しやすい環境条件の特徴を把握し、前項で抽出した橋りょうの環境条件に照らし合わせることで、周辺環境を踏まえた橋脚折損災害のリスク評価を行った。

4-1. 氾濫想定区域

周辺環境の指標の一つとして、国土地理院が公開している重ねるハザードマップ内の家屋倒壊等氾濫想定区域を用いた。家屋倒壊等氾濫想定区域とは、想定し得る最大規模の降雨により、近傍の堤防が決壊等した場合に、一般的な建築物が倒壊・流出する危険性が高い区域を示すものである。各橋りょうが氾濫想定区域内に入っているかどうかを確認した。

4-2. 河積阻害率

橋脚が河川の水の流れを阻害する割合を示す指標

として、河積阻害率がある。河積阻害率は、橋脚幅を河川幅で除した数値であり、河積阻害率が大きいほど流下物が橋りょうに集積しやすく、河川水位が上昇しやすい環境であるといえる。過去に被災した橋りょうでは、河積阻害率は概ね15%以上の数値となったため、これを基に河積阻害率15%を閾値とした。

4-3. 桁下高と堤防高

橋りょうの桁下高が堤防天端より低い場合、桁下高まで水位が上昇しやすいと考えられる。また、重ねるハザードマップで公開されている洪水浸水想定区域の浸水高さ+堤防天端が桁下高を超えている場合、桁下高まで水位が上昇する可能性が高いと考えられる。この条件を満たす条件にて確認を行った。

4-4. 周辺環境の抽出結果

過去に被災した橋りょうの周辺環境は表1のとおりとなった。4-1 から4-3 のうち、2 条件以上に該当すると被災しやすい環境下にあることが確認できた。

表1 周辺環境評価（被災橋りょう）

| 線名   | 構造物名称  | 氾濫想定区域 | 河積阻害率 | 桁下高<堤防高or浸水高 |
|------|--------|--------|-------|--------------|
| 久大本線 | 花月川B   | ○      | 16.7  | 桁下高<堤防高      |
| 久大本線 | 第一野上川B | ○      | 26.1  | 桁下高<堤防高      |
| 久大本線 | 第二野上川B | ○      | 17.4  | 桁下高<浸水高      |
| 豊肥本線 | 玉来川B   | ○      | 19.1  | 桁下高<浸水高      |
| 豊肥本線 | 緒方川B   | ×      | 16.9  | 桁下高<堤防高      |

一方、被災していない橋りょうの周辺環境は表2のとおりとなった。森川橋りょうが3条件に該当しており、被災するリスクの可能性があることが確認できた。

構造的に折損リスクの高い橋脚に加えて周辺環境を考慮することで、被災リスクが高い橋りょうを相対的に抽出することができた。

表2 周辺環境評価（抽出橋りょう）

| 線名   | 構造物名称   | 氾濫想定区域 | 河積阻害率 | 桁下高<堤防高or浸水高 |
|------|---------|--------|-------|--------------|
| 久大本線 | 山浦川B    | ×      | 23.8  | ×            |
| 久大本線 | 太田川B    | ×      | 19.7  | ×            |
| 久大本線 | 森川B     | ○      | 23.7  | 桁下高<浸水高      |
| 久大本線 | 玖珠川B    | ×      | 17.4  | ×            |
| 久大本線 | 第三由布川B  | ×      | 16.1  | ×            |
| 久大本線 | 第七由布川B  | ×      | 8.2   | ×            |
| 日豊本線 | 白濁川B    | ×      | 26.5  | 桁下高<浸水高      |
| 日豊本線 | 香匠川B    | ○      | 13.8  | 桁下高<浸水高      |
| 日豊本線 | 第二久留須川B | ×      | 16.9  | ×            |
| 日豊本線 | 第三大原川B  | ×      | 13.4  | ×            |

5. おわりに

本稿では豪雨によって河川水位が上昇した際に橋脚折損災害が発生しやすい橋りょうを抽出するために、JR九州の大分工務所管内の橋りょうにおいて、構造と周辺環境の特徴を踏まえた橋脚折損災害の発生リスク評価を行った。今後、サンプル数を増やし、詳細に特徴を把握していきたいと考えている。