

2004年豪雨によるJR高山本線橋梁被害解析に基づく無筋橋脚の健全度評価手法

東海旅客鉄道(株)		澤田 尚夫
東海旅客鉄道(株)	正会員	渡瀬 久
東海旅客鉄道(株)	正会員	中村 格之
大成建設(株)	正会員	石野 和男

1. 目的

近年、計画高水流量を上回る洪水により、福井や宮崎で無筋橋脚が倒壊している。JR高山本線では、2004年10月の洪水により橋梁が倒壊した。本報告はこの被害要因を検討するとともに、この経験に基づいて、今後、他橋梁の健全度評価が検討コストに対しても合理的に可能となる「洪水に対する無筋橋脚で構成される橋梁の健全度評価手法」を確立する目的で行った。



写真-1 倒壊した第9宮川橋梁

2. 2004年豪雨によるJR高山本線橋梁被害状況

2004年10月20日に紀伊半島に上陸した台風23号は、JR高山本線の高山駅以北に並行して流れる一級河川宮川の上流に豪雨を降らせ、既往最高の流量を発生させた。この既往最高流量により路盤の流出や土砂の流入が27箇所、ケーブル切断など電気関係被災が71箇所という甚大な被害を受けた。橋梁に関しては、橋桁や橋脚の流出が4橋梁(桁15連、橋台・橋脚11基)であり、橋脚の倒壊においては、すべて無筋橋脚で構成された橋梁であった。

3. 他地点の健全度検討が合理的に可能となる「洪水に対する無筋橋脚の健全度評価手法」の提案

健全度評価手法は、種々考えられる手法の中で検討コスト縮減を目的に以下に示す手順で行うこととした。

1) 評価に用いる流量：Qの決定

評価に用いる流量は、流量に関するデータの内容により、以下の方法を選択することとした。

- 1.1) 計画高水流量およびそれに対する集水面積と橋梁地点の集水面積から求める方法
- 1.2) 計画高水流量が決められていない河川では、既往の洪水流量・雨量、上流ダム設計洪水流量から求める方法

2) 評価に用いる水深：h・流速：Vの決定

評価に用いる水深・流速は、河川断面形状、粗度係数と評価流量を入力した次元不等流計算により求めることとした。なお、それらのデータの内容により、以下の方法を選択することとした。

- 2.1) 既往の洪水時の流量・痕跡水位と評価に用いる流量から求める方法
- 2.2) 上下流の支配断面または、等流発生条件と評価に用いる流量から求める方法

3) 橋梁に作用する流体力の決定

橋梁に作用する流体力Fは、橋梁の形状と(1)式を用いて求めることとした。

$$F = (w/2g) \cdot C_d \cdot V^2 \cdot A \quad \text{----- (1)}$$

ここで、w：水の単位体積重量、g：重力加速度、C_d：橋梁の形状により決まる抗力係数
A：橋梁における流れの作用面積

キーワード 洪水，鉄道橋梁，被害，検討コスト，健全度評価手法

連絡先 ☎453-8520 名古屋市中村区名駅一丁目3番4号 JR東海 東海鉄道事業本部工務部管理課 TEL052-564-2481

4) 橋脚の安定計算方法

4.1) 滑動に対する検討

滑動抵抗力 (自重 × μ) / せん断力 = 安全率 (1.2) ここで、μ : 摩擦係数 = 0.5 を用いる。

4.2) 転倒に対する検討

曲げモーメント / 抵抗力 = 底面幅 / 3 : (よう壁の地震時倒壊の安定条件を引用)

ここで、曲げモーメントは、倒壊の危険性のある断面と流体力の合力作用地点の距離 × 流体力の合力により、また、抵抗力は、橋脚形状に応じたコンクリート重量、軌道諸重量により求める。

4 . 洪水による高山本線の橋梁被害要因の検討と、それに基づく局所増速率の提案

3. に提案した方法で、洪水による高山本線の宮川に架かる橋梁の被害要因を検討した結果を、表-1 に示す。

表-1 洪水による高山線の橋梁被害要因の検討結果

橋梁番号：倒壊の有無		第5：倒壊	第6：倒壊	第8：未倒壊	第9：倒壊
流量 (m ³ / s)		2558	2558	2443	2443
粗度係数		0.035	0.035	0.040	0.035
流速 (m/s)		2.99	4.14	3.45	7.25
水深		12.5	14.2	10.1	7.78
桁下端からの水位 (m)		+ 4.7m	- 1.0m	- 2.0m	- 1.9m
橋脚天端からの倒壊位置 (m)		- 4.0m	- 13.0m	- 12.0m	- 7.0m
転倒	流体力 (k N/m ²) *1	Fl=2.3 Fu=2.9	Fl=13.7	Fl=15.7	Fl=48.3
	曲げモーメント (k N・m)	706	2524	2377	1165
	: 下段は、局所増速率が 1.0 のとき	1103	1494	734	809
局所増速率		0.8	1.3	1.8	(1.2)
滑動	流体力 (k N/m ²) *1	Fl=5.3 Fu=6.6	Fl=20.2	Fl=21.4	Fl=36.2
	せん断力 (k N)	323	800	707	403
	: 下段は、局所増速率が 1.0 のとき	224	278	160	333
局所増速率		(1.2)	(1.7)	(2.1)	1.1

*1 : 局所増速率を考慮した値, Fl : 水平力, Fu : 揚圧力,

()内は、非支配的な破壊形態での値

ここで、表-1 から以下の事項が示された。

橋脚が倒壊したにもかかわらず、一次元不等流解析で得られた流速を用いて安定計算を行うと、橋脚が倒壊しないことになった(第6宮川橋梁、第9宮川橋梁)。これは、洪水時に発生した流速は場所的・時間的に変動するが、一次元不等流解析で求められる流速は、場所的・時間的にも一様な流速であることによる。したがって、安定解析を行うためには、一次元不等流解析で求められる流速に、割増係数(安全率)を乗じて計算する必要がある。ここでは、割増係数(安全率)を局所増速率と名付けた。

・局所増速率 = (現地で実際に発生する流速) / (一次元不等流解析で求まる流速)

なお、倒壊した橋脚の安定解析結果から、局所増速率は最大で 1.3 である。一次元不等流解析結果を用いて対策工を立案する場合は、局所増速率を 1.5 とすることが適切であることが示された。

また、検討した橋梁の中で、第9宮川橋梁は、滑動により破壊したことが示された。

5 . あとがき

今回、無筋橋脚で構成された橋梁の被害要因を推定するとともに、健全度評価方法の確立をすることができた。今後、本文で提案した洪水に対する無筋橋脚橋梁の健全度評価手法を適用し、橋脚の更なる安全度の向上につとめていく。