

流水に対する橋脚の斜角の有無が洗掘形状や橋脚の安定性に及ぼす影響

鉄道総合技術研究所 正会員 ○倉上 由貴, 佐名川 太亮
 東京大学大学院 正会員 渡邊 健治 学生会員 新名 航, 仁ノ平 直樹

1. はじめに 近年の豪雨により、河川橋脚の洗掘災害が毎年のように発生している。橋脚は河川の流れに対して平行となるように建設されているが、幾度もの洪水を経験することにより、河川の流心が移動し河川の流れに対して橋脚は斜角となっているものも数多く存在する^{例え}¹⁾。流水に対して斜角に設置された橋脚では見かけ上の投影面積が大きくなることから阻害率が大きくなる。そのため、流水に対して平行に設置されている橋脚と比較して洗掘が促進されるが²⁾、その影響については定量的には把握されていない。著者らは、流水に対する斜角橋脚が洗掘形状に及ぼす影響を水理模型実験により検討している。前報³⁾では、橋脚近傍の洗掘形状に関して取り纏めている。本報では、流水に対する橋脚の斜角が洗掘深さ・範囲と橋脚の安定性に及ぼす影響を水理模型実験により検討した。

2. 模型実験の概要 流水に対する斜角橋脚が洗掘状況に及ぼす影響を検討するために、長さ 30m、幅 1.2m、高さ 0.45m の水路を用いて水理実験を実施した。水路床勾配は 1/400 に固定し、模型スケールは 1/30 に設定した。高さ 7.5m の単線を支持する直接基礎橋脚を想定し、橋脚模型は 140mm×70mm の楕円形断面、高さ 250mm とした。地盤材料は実物規模で $D_{50}=20\text{mm}$ 程度の礫材を想定し、模型実験では珪砂 4 号 ($D_{50}=0.72\text{mm}$) を用いて相対密度 $D_r=90\%$ となるように高さ 200mm の地盤を構築した。なお、下流側 4m の区間は高さ 200mm の固定床とし、地盤の侵食を防止した。図-1 に模型概要図を示す。本実験では、橋脚が転倒するまでの安定性を把握するため、橋脚の根入れ長は 60mm と比較的浅くした。さらに、橋脚だけでなく桁模型を設置し橋梁を模擬した実験としている。桁模型は、図-2 に示すように実橋梁を模擬して可動支承と固定支承を交互に配置している。可動支承では支承の可動領域を 50mm とした。Case1 では流下方向に対して平行に橋脚を設置し、Case2 では橋脚の上流側を水路左岸側に傾け、流水に対して斜角 30° に橋脚を設置した。流水条件は、表-1 に示すように、段階的に流量を上げて実験を実施した。事前検討により洗掘深さの進行は流水開始後 5~10 分程度で落ち着いていたため、各流量の流水時間は 10 分間を基本とした。ただし、橋脚天端の変位をレーザー変位計で計測しており、1mm 以上の変位が生じた場合には、変位が安定するまで流水を継続した。各流量においてポイントゲージおよび実験後にレーザー変位計を用いて洗掘深さを計測した。

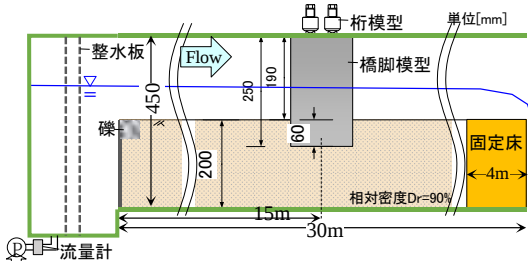
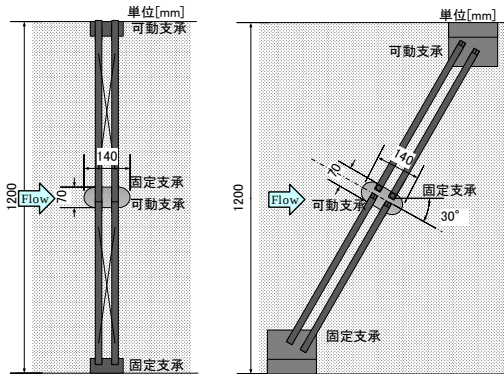


図-1 大型水路の概要 (単位:mm)



(a) Case1 (b) Case2
 図-2 橋梁模型の平面図 (単位:mm)

表-1 水理実験の条件

段階	流量 [L/min]	断面平均流速 [m/s]	流水時間 ^{※1} [min]	実験ケース ^{※2}	
				Case1	Case2
1	200	0.18	10	○	○
2	400	0.26	10	○	○
3	500	0.29	10	○	○
4	750	0.35	10	○	○
5	1000	0.39	10	○	○ 橋脚転倒
6	1500	0.43	10	○	-
7	2000	0.44	10	○	-
8	2500	0.46	10	○ 橋脚転倒	-

3. 実験結果及び考察

(1) 橋脚転倒時の様子 流水に対して平行に橋脚を設置した Case1 では、流量 2000L/min のときに 3mm 程度の変位が発生し、流量 2500L/min のときに橋脚は転倒した。図-3(a)は橋脚が転倒したときの様子を示しており、流量 2500L/min の流水開始 8 分後に橋脚天端の上流への水平変位量が増大し、その 8 秒後には橋脚は上流側に転倒した。変位発生から転倒に至るまでに要した時間は短く、変位発生後すぐに転倒に至ることが分かった。一方、流水に対して斜角 30° に橋脚を設置した Case2 では、流量 1000L/min と Case1 よりも小さな流量で転倒した。図-3(b)には Case2 で橋脚が転倒したときの様子を示している。流量 1000L/min で流水開始 10 分後において橋脚天端の水平変位量が微増していたため、10 分経

※1: 変位が発生した場合は変位が安定するまで流水を継続 ※2: ○は流水実験の実施、-は未実施

キーワード 橋脚, 洗掘, 水理実験, 河川橋梁, 斜角
 連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7261

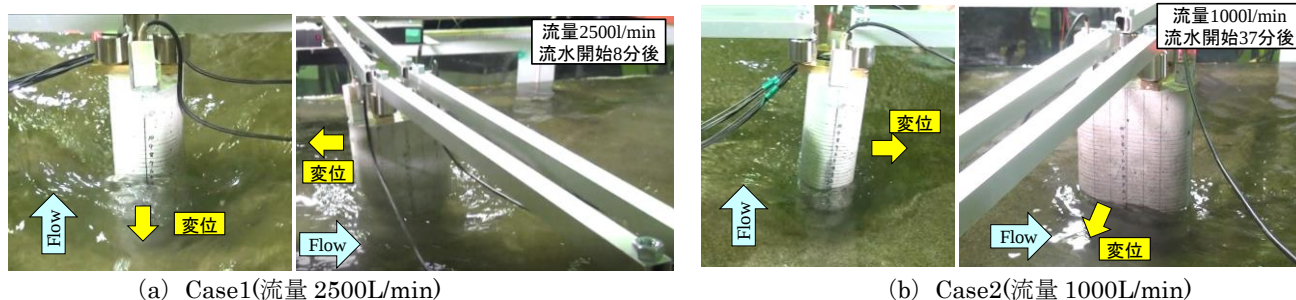


図-3 橋脚転倒状況の様子

過以降も流量 1000L/min で実験を継続した。流水開始 3 分後には橋脚天端が右岸側に傾斜するように、橋脚天端で変位が 2mm 程度生じた。橋脚の傾斜量は次第に増加し、流水開始 37 分後に橋脚は右岸側に転倒した。

(2) 洗掘深さと範囲 図-4 は各流量においてポイントゲージで計測した橋脚前面、橋脚右岸側、橋脚左岸側の洗掘深さを示している。橋脚前面の最大洗掘深さは両ケース共に同程度であった。また、流量 750L/min の時に橋脚前面は 60mm 程度の洗掘が生じており、両ケース共に橋脚前面で根入れ長以上の洗掘が発生していた。Case1 では、橋脚前面の洗掘深さが 80mm になるまで橋脚は転倒しなかった。一方で、斜角を設けた Case2 では橋脚前面の洗掘深さが 60mm を超えたときに転倒した。また、橋脚右岸側の洗掘深さは Case1 よりも Case2 の方が 10mm 程度深くなっていた。図-5 は流量 1000L/min において流水開始 10 分後の洗掘深さ・洗掘範囲を表すコンター図である。0~10mm 程度の河床変動が生じていたため、ここでは、洗掘範囲の定義を初期地盤高さから 10mm 以上地盤高さが低下したものの仮定した。Case1 では最大洗掘深さは 70mm 程度であり、洗掘範囲は橋脚幅の 1.4 倍程度であった。一方、Case2 では、橋脚前面のみならず橋脚右岸側面の範囲で洗掘深さが 70mm 程度になっていることから、深く洗掘されている領域が広がった。Case2 の洗掘範囲は最大で橋脚幅の 1.7 倍程度であった。Case2 では橋脚前面を水路左岸側に傾けて設置したため、流水が橋脚前面と橋脚右岸側面にも当たることから橋脚右岸の側面においても洗掘深さが大きくなった。図-6 には、Case1, Case2 の転倒直前における洗掘深さのコンター図から推測される橋脚底面の侵食範囲を赤破線で示す。また、図-6(a)には参考として AA 断面における洗掘の境界位置を示した。図中の赤丸は図心であり、この図心と洗掘の境界線が近いと橋脚は倒れやすい。従って、Case2 は Case1 と比較して、最大洗掘深が根入れ深さに達すると、橋脚の変位の発生・転倒に至りやすい。

4. まとめ 流水に対して斜角の橋脚では、河川の上流に面している橋脚の広い範囲で深く洗掘され、洗掘範囲は流水に対して平行な橋脚よりも 1.2 倍程度広がった。流水に対して平行な場合、橋脚は上流側へ変位するが、支承は線路直角方向に移動が制限されているため、橋脚の変位が生じにくく、変位が発生した場合には急激に転倒に至った。一方で、流水に対して斜角の橋脚では、橋脚側面も深く洗掘されるため橋脚が線路方向に変位し可動支承の範囲で橋脚が傾斜したのちに橋脚は転倒に至った。

謝辞 本研究は、(株)複合技術研究所の飯島正敏氏の協力のもと実施された。ここに記して深甚なる謝意を表します。

参考文献 1) 社団法人日本鉄道施設協会：東海道本線富士川橋りょう対策技術委員会 中間報告書 付属資料，1983。2) 須賀ら：橋脚による局所洗掘深の予測と対策に関する水理的検討，土木研究所資料，No.1797，1982。3) 新名ら：流れに対する橋脚の角度が洗掘形状に及ぼす影響，地盤工学研究発表会，Vol.55，2020(印刷中)。

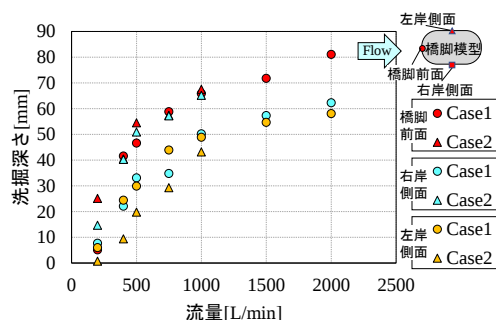


図-4 各流量における橋脚の洗掘深さ

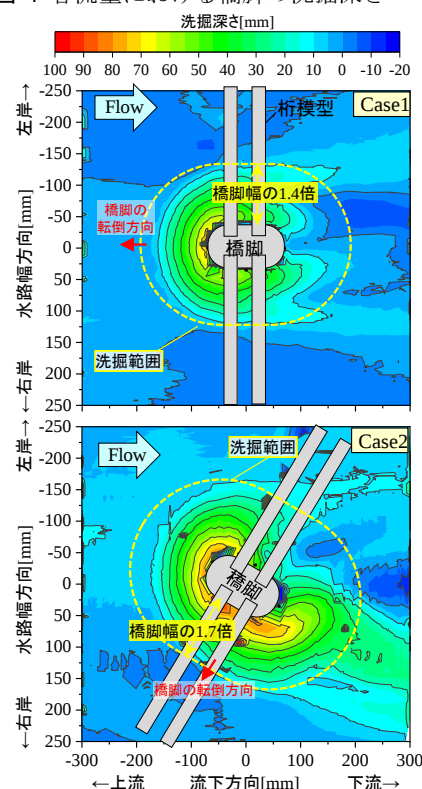


図-5 流量 1000L/min の洗掘深さ

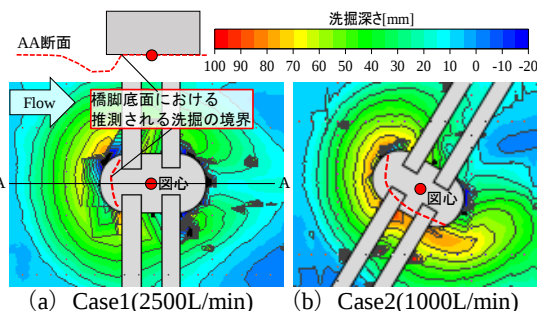


図-6 橋脚転倒直前における洗掘深さ