橋台裏の浸食に関する水理実験

Hydraulic Experiment on erosion mechanism at the back of bridge abutment

北見工業大学　○学生員　金子大輝(Taiki Kaneko)
北見工業大学　正　員　渡邊康玄(Yasuharu Watanabe)
北見工業大学　正　員　川尻峻三(Shunzo Kawajiri)
北見工業大学　正　員　川口貴之(Takayuki Kawaguti)
北見工業大学　正　員　宮森保紀(Yasunori Miyamori)

1.　はじめに

2016 年に 3 つの台風があいついで北海道東部を襲い、大規模な洪水被害が発生した。この災害では 114 の橋梁が被害を受けたが、その多くが橋台背面における土砂の流出による被害であった。[1) 2)] 公益社団法人土木学会でも「北海道でこれまで例を見ないほど断続的に襲来する台風に関係して異常な量の雨が降り、中小河川のみならず大河川でも堤防の越水や決壊によって浸水被害が発生し、さらには多数の橋梁被害による犠牲者もでた。北海道の歴史に残るような大災害である」という見解を示し、土木学会調査団が結成された。[1)]

{北見市常呂町・太幌橋（常呂川）や新得町・神社橋（パンケ新得川）、空知郡南富良野町・太平橋（空知川）[1)]｝が代表的な橋台背面盛土の被害橋梁であり、その原因は河川の増水による流れの変化や氾濫流による橋台背面盛土の流出であった。[1) 2)] その結果最終的には、路盤・舗装陥没という事態となった。図-1 は、空知川の太平橋左岸橋台の背面盛土が浸食を受けた状況である。このように橋台裏の土砂流出は道路の流失を意味し、避難時で被害を知らずに渡ろうとした人たちの人命を奪っている。このため、早急な対応策がとられる必要があるものの、橋台背面の土砂流出のメカニズムは様々な要因が複雑に絡んで生じており、十分解明されておらず、抜本的な対策が立てられない状況にある。[3)] このような背景から、北見工業大学では災害時の状況を 1/30 の縮尺模型上で再現し、河川、土質、橋梁の多角的な立場から研究を行っている。本研究はその中で、水理学的視点から現象解明を試みたものである。

2.　盛土長さの決定

水理実験に用いる水路が、図-2 に示すように長さ 14m、幅 16m、幅広直線水路である。水理実験では、氾濫流に相当する流れがその盛土と直角方向に衝突して橋台背面が浸食されることを想定し、水路横断方向に道路を水制状に突出する形で設置することとした。このため、水路内に突出する盛土の長さを決定するために、種々の長さの現象を数値シミュレーションで現象の違いを概略把握することとした。水路勾配を 1/400 とし、水深は 3cm に設定した。また、粗度係数は、水理模型実験で平均粒径 0.76mm の硅砂 4 号を河床材料として使用することから、0.012 としている。計算は、iRIC Nays2DH を使用した。計算に用いる計算格子の大きさは、縦横断方向とも 3cm とした。模型盛土高さは 16cm、のり面勾配 1:1.5 とした。水路幅を 1.6m に固定し盛土の水路横断方向の長さを変化させた。盛土長を変えることによる盛土前面

に

図-1　空知川太平橋での被災事例[4)]
（増山建設才田氏提供）

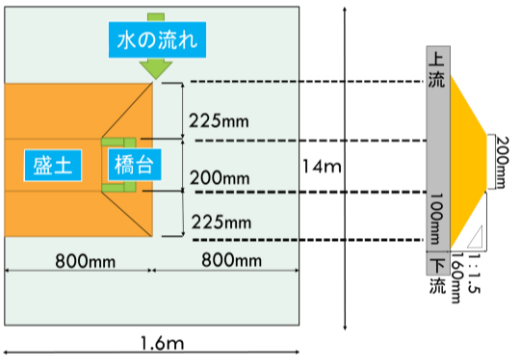


図-2　模型橋台背面盛土および開水路の概要

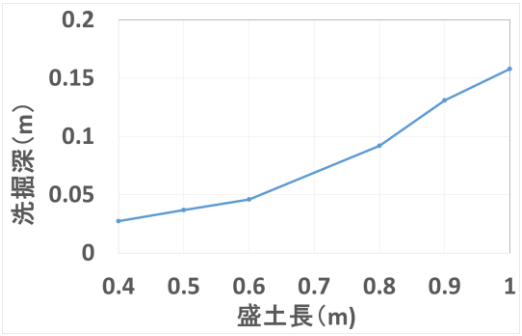


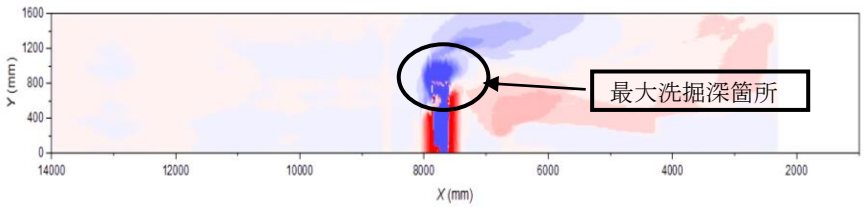
図-3 盛土長さによる洗掘深の変化

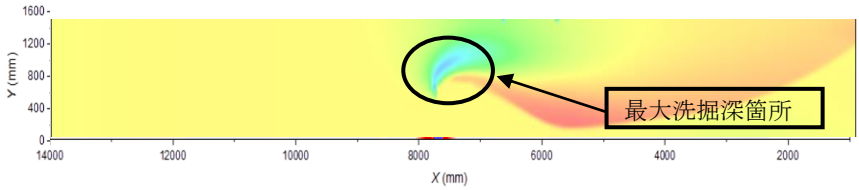
生じる河床洗掘量の変化を図-3 に示す。水理実験では水路の大きさの関係で河床を 10cm に設定しているため 10cm の洗掘量を超えない 0.8m の盛土長を採用することにした。

3.　水理実験

(1)実験方法

使用した水路は前述のとおりである。また、水路床に平均粒径 0.76mm の硅砂 4 号を厚さ 10cm で勾配 1 /400 になるように平らに敷き詰め河床としている。また、砂





4 号と平均粒径 0.02mm のファインサンド（非塑性）を 8：2 で混合したものを盛土材として、図-1 に示すように道路盛土を形成した。さらに、橋台として、アクリル製の橋台模型を道路盛土の先端に設置している。水深は,河床の洗掘に対し余裕を持たせるため、前述の盛土長さを決定する際に使用した 3cm 水深より浅い 2cm とした。この時の流量は、0.009232 m^3/s である。通水中は、浸食状況と流れの状況を目視観察するとともに、地盤工学的検討のため、間隙水圧計による間隙水圧、3D レーザープロファイラ(3DLP)による模型盛土天端の変位の計測も行っている。また、実験終了後に、レーザー砂面計を用いて河床形状を縦断方向 0.1cm、横断方向 10cm の間隔で計測した。

(2)実験結果

通水初期には、道路盛土の先端の上流側河床が、水制先端の洗掘と同じように洗掘され始めた。その後、この部分の浸食が拡大していく過程で道路盛土前面の河床が洗掘を受け始めると、その部分の道路盛土が徐々に崩落していく様子が観測された。この状況を模式的に示したものが図-4 である。水路上流から盛土に向かった流れが盛土にぶつかると、水面付近から河床に向かって潜り込む流れが形成され、この潜り流が橋台先端付近から下流に向きを変える流れが形成されている。水面近傍から河床に向かって潜り込む流れが盛土前面の河床とともに盛土の脚部を浸食し、盛土が崩れ落ちる現象がみられた。この崩れ落ちた土砂はいったん洗掘部を埋め戻すため、盛土の崩落は一旦停止するものの、前述の潜り流が堆積している土砂を下流へと流掃している状況が確認された。この現象が継続して、盛土の崩壊を間欠的に大きくしていった。

図-5 は、通水停止後の河床コンター図である。道路盛土の先端は、水制先端と同様の洗掘形状を示しており、最深河床高は盛土先端部に形成されている。また、道路盛土部の浸食は、橋台背面上流部で生じていることが確認できる。この部分を撮影したものが図-6 であるが、図-6 に見られるような実際の道路盛土の洗掘形状と酷似していることが確認される。

図-4　模型盛土背面の侵食状況

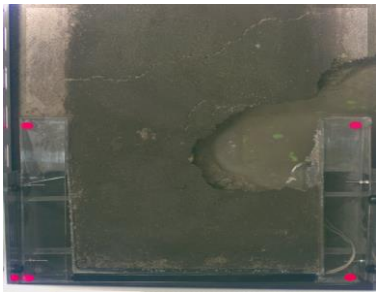


図-7 上から見た盛土の侵食の様子

このように、水理模型実験でも橋台背面の浸食現象をある程度再現できることが確認された。

4.　iRIC Nays2DH による水理実験の再現

水理実験結果を用いて、Nays2DH の現象の再現性について検討を行った。その結果を図-7 に示す。道路盛土先端部の洗掘深等河床形状が精度よく再現できたものの、橋台背面の浸食までは再現することができなかった。この部分の洗掘は、3 次元的な流れによる局所洗掘ではあるが、メッシュの大きさなども影響している可能性もあるため、さらに詳細に検討を進める必要がある。

5.　おわりに

本研究で得られた結果から、局所的な二次流が橋台背面および河床の洗掘に与える影響は大きいと考えられる。さらに、被害発生のメカニズムは、橋台の形状や道路盛土の崩落現象等河川工学のみならず、橋梁工学や地盤工学の要因が複雑に関係していることから、対策や早期の社会実装を見据えた、総合的な視点での現象解明と対策工の開発に取り組む必要がある。

参考文献

1)　土木学会 2016 年 8 月北海道豪雨災害調査団：2016 年 8 月北海道豪雨災害調査団報告書，2017.

2)　鎌田啓市，宮森保紀，渡邊康玄，川口貴之，川尻峻三，三上修一；2016 年北海道豪雨による橋梁の被災状況と発生メカニズムの基礎的検討，土木学会第 72 回年次学術講演会，CS6-004，２０１７.

3)　玉井信行，石野和男，楳田真也，前野詩朗，渡邊康玄；豪雨による河川橋梁災害その原因と対策 pp57-58，技報堂出版

4)　地盤工学会平成 28 年 8 月北海道豪雨による地盤災害調査団：平成 28 年 8 月北海道豪雨による地盤災害調査報告書，2017