

谷底平野を流下する河川の橋梁取付部における 超過洪水時の被災現象

STUDY ON DAMAGE AROUND ACCESS ROAD OF BRIDGE AT RIVER IN VALLEY PLAIN
DURING AN EXTRAORDINARY FLOOD

末次忠司¹・坂野章²・二村貴幸³

Tadashi SUETSUGI, Akira SAKANO and Takayuki FUTAMURA

¹ 正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 (〒 305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地)

² 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 (同上)

³ 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 (同上)

The Yosasa River that flows in valley plain had a tremendous flood disaster in 1998. Especially, since the flood stage raised up owing to floating woods and an access road of a bridge made river width narrow, the road and the riverbed were eroded. In this study, we studied on the erosion mechanism of road and riverbed through a hydraulic model test. As the result, we found that water surface slope becomes steep with the number of floating woods and the erosion volume is larger.

Key Words: *floating woods, an extraordinary flood, water surface slope, access road of bridge erosion mechanism of road and riverbed, model test*

1. はじめに

平成12年12月,「ダムや堤防だけに頼らず,川はあふれるという前提にたって流域全体で治水対策を講じるべき」との答申が河川審議会から出された。これは,甚大な被害をもたらす河川の氾濫を防止することは治水対策の根幹であることに変わりはないが,自然外力である洪水は計画規模を上回ることがあり,また一般に治水事業の進捗には長期間を要することから,超過洪水等の時における万一の氾濫を想定し,その際にも被害を最小限に抑えられるような“減災対策”を講じておくことも重要な治水対策と位置づけられたものと解釈される。平成10年8月の那珂川および阿武隈川水系における災害は,このような対策の必要性を如実に示し,種々の課題が顕在化した一事例であると言える。特に急勾配の谷底平野(氾濫原)を流下する河川で超過洪水が発生した場合,そこに架かる橋梁部分あるいは取付道路の盛土部分が被災し,道路機能の損失によって被災後の円滑な復旧に支障をきたした。橋梁部分あるいは取付道路の盛土部分の構造は,河道特性,氾濫原の地形条件,想定する超過洪水規模,越流・侵食に関する水理特性等と深く関係するため,本課題は道路構造と治水機能(洪水流下,洪水位等)との整合性を図る点からも特に重要である。

本研究は以上の観点から,谷底平野を流下する河川で超過洪水が来襲した場合の橋梁近傍での被害について,その特徴および河道諸元との関係把握の一環として移動床水理模型実験を行ったものである。

2. 検討方法

平成10年8月洪水における橋梁付近の被災形態は,河道をあふれ氾濫原(谷底平野)を流下するような大きな洪水流量が発生した場合,谷底平野を流下する洪水流が取付道路盛土で遮られて,橋梁部分に位置する河道(常水路)部分だけでは洪水を流下しきれなくなるとともに,流木が橋梁上流側に集積して流水が阻害されることも相俟って水位が上昇する。水位が上昇した結果,道路盛土から越流が発生し,越流により道路盛土の下流側が侵食され,それが進行して盛土全断面の流失に至ったものであると現地調査から判断された¹⁾。またこれらの現象は,特に谷底平野に占める取付道路盛土の割合が大きい程,顕著になることが現地データの分析からわかった²⁾。そのため,現地の対応策等を考えるにあたっては,橋梁付近の被災現象についてできる限り定量的にするためさらなる検討が必要と考えた。橋梁付近の急縮・急拡を伴う流れは流木や河床変動の時間的変動と連動して複

雑な状況を示すことから、数値計算等の机上検討だけでこれを解明することは困難と考えられたため、まず水理模型実験により被災にとって支配的な要因を抽出し、その各要因と被災規模との関係を把握することとした。

この実験に用いた模型は、図-1に示すように堤内地を含めた単断面直線河道の一部分に橋梁と取付道路を設けた約1/50相当の縮尺とした。この模型河道に橋梁桁下まで水位が上昇するような超過洪水が来襲した場合、被災の規模や形態等が取付道路盛土の占有率 R_a （取付道路盛土長×取付道路盛土高／橋梁桁下水位以下の谷底平野の断面積）及び流木集積量にどのように影響されるかに注目して実験した。検討ケースは表-1に示すように、取付道路盛土の長さ b と高さ h と常水路幅 B および取付道路盛土の材質を組合せた8通りの条件とした。取付道路盛土の材質を2種類としたのは、現地の取付道路盛土の護岸の有無等による耐侵食性が支配的であり、それを模型で正確に再現することが困難と考えられたため、以下のような割り切りの下に実験した。1)一般道路のように取付道路盛土の護岸がないもしくは一部しかないために取付道路盛土が侵食されやすいケース、2)高速道路や国道のように取付道路盛土が堅固なためアバット前面や取付道路盛土の護岸前面での侵食が卓越するケースを想定し、前者は河床材料と同一のもので取付道路盛土を形造り（以後移動床と呼ぶ）、後者はベントナイトを材料に混ぜて取付道路盛土のみを固定させた（以後固定床と呼ぶ）。模型に用いた材料は平均粒径 $d_m \approx 0.9\text{mm}$ の混合砂であり、これを用いて常水路河床及び取付道路盛土を所定の形状に整形した。常水路には径間 30cm 、橋桁幅 15cm で木製の橋脚（橋脚幅 2cm の小判型）とアクリル製の橋桁を有する橋梁を設置した。流量は流木集積無しの時に橋梁桁下ぎりぎり（水深 10cm ）になるように予備実験でケース別（河道諸元別）に求め、この流量を河床が平衡状態となるまでの20分間定流通水した（橋梁以外の部分であまり大きな河床変動が生じると、橋梁近傍の現象を明確に把握できなくなることを考慮して、橋梁近傍以外の河道部分ではほとんど河床材料が動かない流量とした）。

流木が橋梁上流側に集積したことを想定したケースでは、流木の諸元と発生源や流下密度等だけでなく橋梁への集積機構等に関する不確定要素が数多くあるため、現地の実態を如実に反映した条件を設定することはあまり意味がないと考えられる。これより本検討では、危険側（過大な外力）の条件として次のように設定した。流木模型は直径 1cm 、長さ 30cm 、比重 ≈ 0.7 の棒状のものを、通水5分後に橋梁の2m上流地点において常水路横断方向に均一に流木を一気に投入し、その全量が橋梁に集積するようにした。投入した流木の本数は、0、7.5、15、22.5本／スパンの4種類である。

3. 実験結果

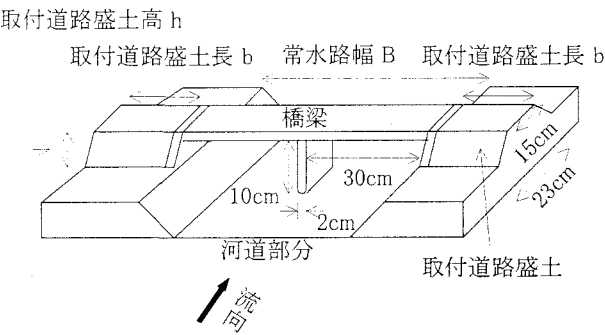


図-1 河道と橋梁の概要図

表-1 実験ケース

実験 ケース	h (cm)	b (cm)	B (cm)	R_a	取付道路 の形態	流木集積量 (本/スパン)
I-1	4	380	120	0.56	移動床	0, 7.5, 15, 22.5
2					固定床	0, 7.5, 22.5
II-1		320	180	0.41	移動床	0, 7.5, 15, 22.5
2					固定床	0, 7.5, 22.5
III-1	4	440	60	0.75	移動床	0, 7.5, 15, 22.5
2					固定床	0, 7.5, 22.5
IV	2.2	380	120	0.42	移動床	0, 22.5
V	9.6	380	120	0.75	移動床	0, 22.5

実験結果のまとめ方は、(1)で取付道路盛土高さが同一条件で、 R_a と取付道路盛土・河床の侵食量の関係を取付道路の形態別に示す。次に、(2)で取付道路を移動床にした場合に取付道路盛土高の違いによる影響を述べる。

(1) 取付道路盛土高一定（ $h=4\text{cm}$ ）のケース

a) 取付道路盛土が移動床の場合

図-2、3は、取付道路盛土高が一定で（ $h=4\text{cm}$ ）、 R_a の異なる2つの代表的なケース（流木の集積無し）の地形変化として、通水20分後の河床高コンターを示したものである。この図の斜線部分は初期河床からの侵食が大きい箇所を、格子ドット部分トーンは堆積が大きい箇所を示す。これより $R_a=0.56$ では $R_a=0.41$ に比べて取付道路の侵食が顕著であることと河床の洗掘が下流にまで及んでいるのがわかる。また、図-4は水面勾配と通水後の初期河床から侵食された面積の関係について、 R_a 毎に侵食面積を常水路部と取付道路部の2箇所に分けたものをパラメーターとして整理したものである。水面勾配は、橋梁に最も近い水位測定点である上流・下流側に2m（模型値）離れた地点のデータから算出し、図中の数字は投入した流木数（本／スパン）を表している。これらの図より、 $R_a=0.41$ では取付道路よりも常水路の侵食の方が卓越しており、流木数が増えると水面勾配が増し、かつ常水路・取付道路の侵食面積が増える。 $R_a=0.56$ と $R_a=0.41$ の侵食を比較すると、常水路については同程度であるが、取付道路部分の侵食は $R_a=0.56$ で顕著である。なお流木集積数が増えると水面勾配が増す傾向は変わら

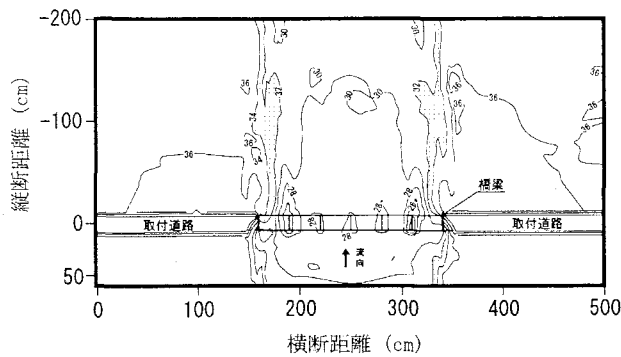


図-2 $Ra=0.41$ での通水後河床コンター図 (実験 II-1)

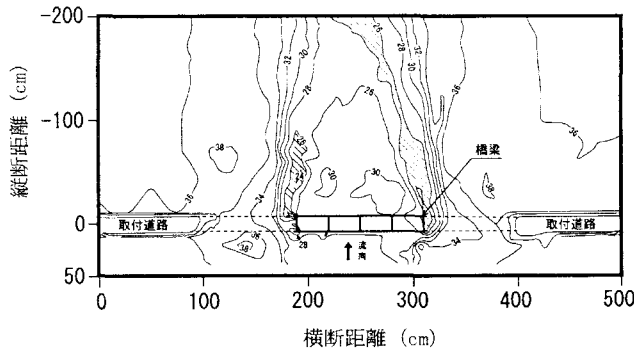


図-3 $Ra=0.56$ での通水後河床コンター図 (実験 I-1)

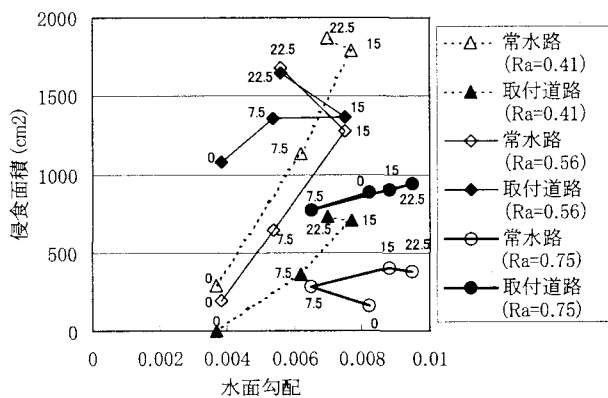


図-4 水面勾配と侵食面積の関係 (取付道路盛土: 移動床)

ない。 $Ra=0.75$ になると常水路よりも取付道路の侵食面積が大きく、流木数が増えると水面勾配が増す傾向は変わらない。これらの結果から、流木集積によって水面勾配が増し、侵食面積も大きくなる傾向があることがわかった。また、 Ra によって被災形態が異なり、 Ra が低いときは常水路の河床低下の方が、 Ra が高くなると取付道路盛土の侵食がそれぞれ卓越することがわかった。

次に、本実験は各ケース毎に常水路幅や流量が異なるために、侵食の程度を単純には比較できない。そこで、常水路部と取付道路盛土部における通水後の河積を、通水前の常水路河積で除して無次元表示した侵食量と Ra の関係を図-5.1, 5.2に示す。これらの図には取付道路盛土を固定床にした場合の結果も記入してあるが、それについては後述する。図-5.1の流木が集積しない場合、取

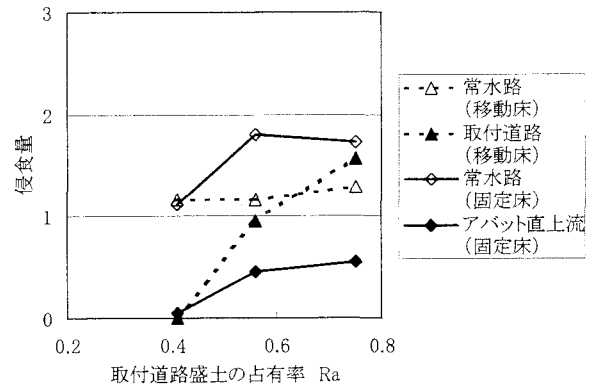


図-5.1 取付道路盛土の形態による影響 (流木集積無)

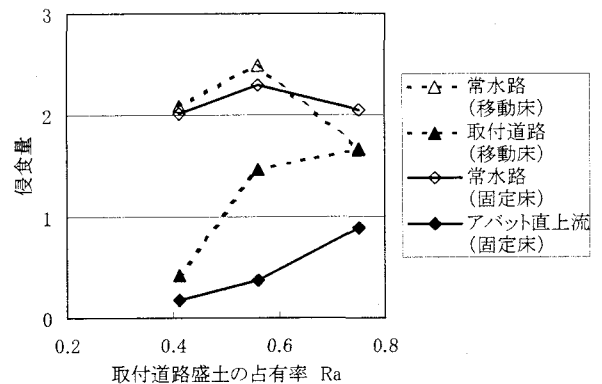


図-5.2 取付道路盛土の形態による影響 (流木集積有)

付道路盛土が移動床の時は、常水路の河床低下は Ra に関わらずほぼ同じ洗掘量であるが、取付道路盛土は Ra が高い程侵食が進む。一方、図-5.2の流木が橋梁に集積した場合 (流木数 22.5 本/スパン)、取付道路盛土の侵食については流木無しと同一の傾向を示すが、常水路の河床低下が全体的に大きい。このように、 Ra が 0.5 程度を超えると、常水路河床および取付道路盛土部ともに侵食が大きくなる傾向にある。これに流木の集積が加わると、 Ra が小さくても特に常水路河床での侵食が卓越する。

b) 取付道路盛土が固定床の場合

取付道路盛土を固定床にすると、図-6に示すように図-2と比較して橋梁の常水路部の河床低下と橋梁両端アバット直上流の常水路河岸の洗掘が顕著となる。図-5.1より、取付道路盛土が固定床の場合、 $Ra=0.41$ では常水路の河床低下は移動床の時と同程度であるが、 $Ra=0.56$, 0.75 になると急増する。さらに、流木が橋梁に集積しても (図-5.2)、移動床の取付道路盛土および固定床のアバット直上流の侵食は同程度である。常水路の河床の低下については Ra や固定床・移動床に関わらずほぼ一定であるが、流木集積した方が侵食が進む。これらの結果から、取付道路盛土の耐侵食性を高めると、 Ra が高い場合には常水路の河床低下が急増するとともに、取付道路盛土と橋梁アバット直上流の侵食も顕著になる傾向を示

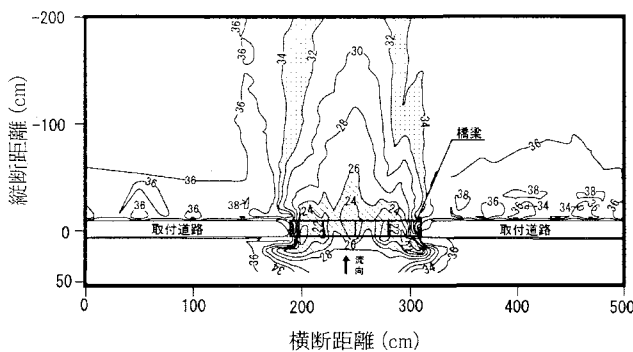


図-6 取付道路盛土を固定した場合の通水後河床コンター
($R_a=0.56$, 実験 I -2)

すことがわかった。これは取付道路盛土の耐侵食性を高めても、常水路河床低下が助長され、橋脚の根入れが減少する等の問題に関わり重要である。また、流木が橋梁に集積すると、 R_a に関係なく常水路の河床低下がさらに進行するため、現地の流木の発生に関する情報を得ることが重要である。

(2) 取付道路盛土高が異なるケース

次に、ほぼ同じ R_a の値で取付道路盛土の高さ h が異なる場合における侵食量と R_a との関係を図-7.1, 7.2に示す。図-7.1の流木が集積しない場合において、 $R_a=0.41$ では取付道路盛土部よりも常水路部の侵食が大きくなっているが、 $R_a=0.75$ では取付道路盛土の侵食が進むために常水路部と同程度の侵食量になっているのがわかる。また R_a が同一でも取付道路盛土の高さ h が低いほど常水路よりも取付道路盛土の侵食が進行する傾向にある。一方、図-7.2の流木が集積した場合（流木数22.5本/スパン）、 R_a が小さいと常水路河床での侵食が特に顕著となるが、 R_a が大きいと不明瞭で $h=9.6\text{cm}$ の取付道路盛土の侵食を除いて $h=4\text{cm}$, 9.6cm の常水路部の侵食量と $h=4\text{cm}$ の取付道路盛土の侵食量が同じになる。このように、取付道路盛土の高さ h については、 R_a ほど支配的ではないが、 h が大きいほど流木の集積の有無に関わらず取付道路盛土の侵食が小さくなる傾向がある。

4. まとめと今後の課題

谷底平野を流下する河川の橋梁近傍の被災原因として、取付道路盛土の占有率 R_a が特に重要であり、 $R_a \approx 0.5$ 程度を超えると急激に取付道路の侵食が増大する傾向は現地とほぼ同一であることから、この値を被災規模の推定に当たってのしきい値と考えることは妥当と言える。また、 R_a を小さくできない場合の対策として、例えば取付道路盛土の耐侵食性を高めても、常水路の河床低下だけでなく、橋梁アバット付近の直上流の常水路河岸が侵食され、最終的にはアバット裏の取付道路盛土の吸い出しによって取付道路盛土が被災を受けることも考え

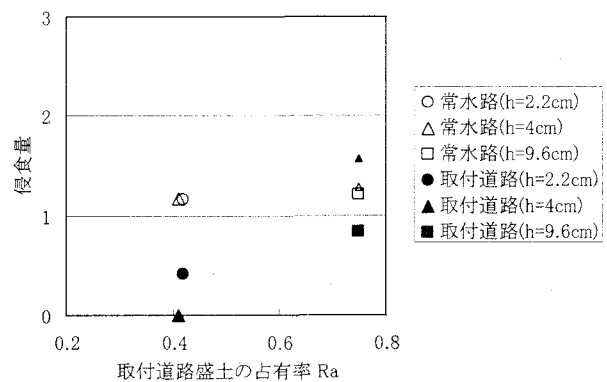


図-7.1 取付道路盛土高の違いによる影響（流木集積無）

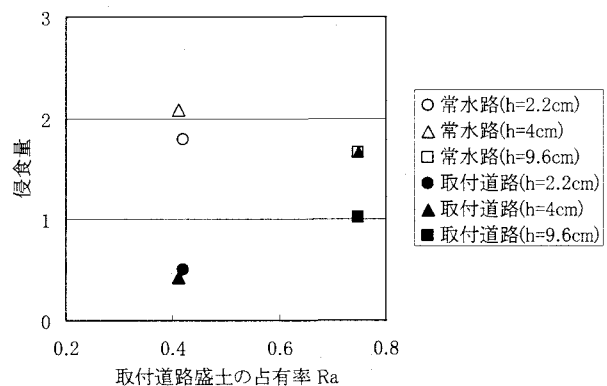


図-7.2 取付道路盛土高の違いによる影響（流木集積有）

られる。したがって、対策を考える場合には、取付道路盛土の縮小（橋梁径間長の増加）だけでなく、取付道路の耐侵食性の向上（特にアバット近傍）や橋脚の根入れ、さらには流木の発生等の周辺状況を考慮することが重要と言える。

谷底平野を流下する河川の橋梁近傍での超過洪水時の減災対策として個別の橋梁の潜在的危険性は今回の検討でその概略は判断できると考えられるが、前述のように、ライフラインとしての個別の橋梁の道路機能を流域全体の中で、どのように位置づけるかの道路計画が重要であり、その立案手法を確立させなければ、効率的な対応策を講じることは困難と考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省土木研究所: 平成10年8月末豪雨による福島県・栃木県豪雨災害現地調査報告書, 土木研究所資料第3793号, 2001.
- 2) 二村貴幸, 藤田光一, 坂野章: 平成10年8月末豪雨による那珂川及び阿武隈川水系上流部の河川災害の概要, 土木学会関東技術研究発表会講演概要集, pp304-305, 1999.

(2001. 4. 16 受付)