

開発途上国の未改修河川でのコーズウエーと 潜り橋の実用性に関する現地資料に基づく考察

A STUDY ON PRACTICALITY OF CAUSEWAYS AND SUBMERSIBLE BRIDGES
OVER NATURAL RIVERS IN DEVELOPING COUNTRIES
BASED ON THE INFORMATION OBTAINED AT THE LOCALITIES

横倉順治¹・須賀如川²・栗原敏広³・松永繁⁴

Junji YOKOKURA, Nyosen SUGA, Toshihiro KURIHARA and Shigeru MATSUNAGA

¹ 正会員 博(工) M.Sc. 八千代エンジニアリング(株) 国際事業本部(〒161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12)

² フェロー会員 特別上級技術者(防災) 工博 宇都宮大学名誉教授 河相工学研究堂代表
(〒276-0023 千葉県八千代市勝田台 4-2-4)

³ 正会員 本州四国連絡高速道路(株)坂出管理センター所長 前バングラデシュ派遣 JICA 専門家(道路・橋梁維持管理)
(〒762-0025 坂出市川津町下川津 4388-1)

⁴ 八千代エンジニアリング(株) 国際事業本部(〒161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12)

In rivers without levees mainly seen in developing countries, bridges and the embanked roads suffer from damages since embanked roads constructed on the flood plains strengthen the flood flow. This is because such bridges are constructed over only dry season's flow width, which extends during floods. In order to prevent such disasters, length and height of bridges should be determined by design flood of larger scales. However, this may result in unreal construction cost. In such cases, bridge planning methodology that balances with financing capability is required. To present solutions to this issue, in the previous papers, authors proposed submersible bridges and causeways as realistic countermeasures rational for natural and socio-economic conditions of the developing countries. In this paper, causes of flood damages on bridges are further analyzed, and the practicability of the proposed idea is studied based on data which were obtained at the localities where the idea had been actually applied, from many regions of the world over past years.

Key Words : *practical idea, submersible bridge, causeway, rivers without levees, developing countries*

1. はじめに

開発途上国の多くの河川は社会変化に河川改修が追いつかず未改修である。これら無堤で流路が未整備な河川の橋梁では洪水時に流水幅が増大し、河川敷内に築かれた盛土構造の取付道路が流れを阻害して盛土流失、あるいは局所洗掘が発生し、橋梁が被災している。また規模の大きな沖積河川の氾濫原では、氾濫原内の盛土道路による洪水阻害により、道路を横断する支川流路に架かる橋梁が被災している。これら被害の軽減策として、規模のより大きな洪水を対象として橋長・桁下高を決めることが必要となる。しかしそれだけ橋長が伸び、桁下高が増大して建設費増となるので実現が困難になることがある。その場合には、建設費の負担能力とバランスの取れた代替案が必要となる。

このように途上国では、堤防を基準に橋台の位置と橋長・桁下高を決めることができる日本の築堤された河川にはない問題が存在する。一方日本には未改修河川が少ないのでこの

問題解決に必要な経験・知識は十分には蓄積されていない。そのうえ海外での問題であることからその実情は日本ではあまり知られず、調査・研究が十分には行われていないので資料が整っていない。そのため検討は個別に行われ、実務で困難をきたしている。

これに対し横倉・須賀は被災現象の解明を試み、コーズウエーと潜り橋という対策を推奨した^{1,2)}。この案は洪水越流による一時的な通行不能が許容される社会経済状況下で実施可能となるが、越流されても被災しにくい構造とされており、防災と建設費低減に効果的である。途上国では財政力の限界から、橋梁整備内容は各地域社会経済の現状に合わせて段階的に向上せざるを得ない状況となっており、その対策として同工法が適用されている。多くの実施例が存在し、その実用性は高いと考えられる。しかし日本では同工法の設計基準が未整備で実績も極めて少ないことから、その信頼性と有用性は十分に理解されるには至っていない。これについて論じた研究も少ない。そこで前論文では推奨だけに終わった同工法の実用

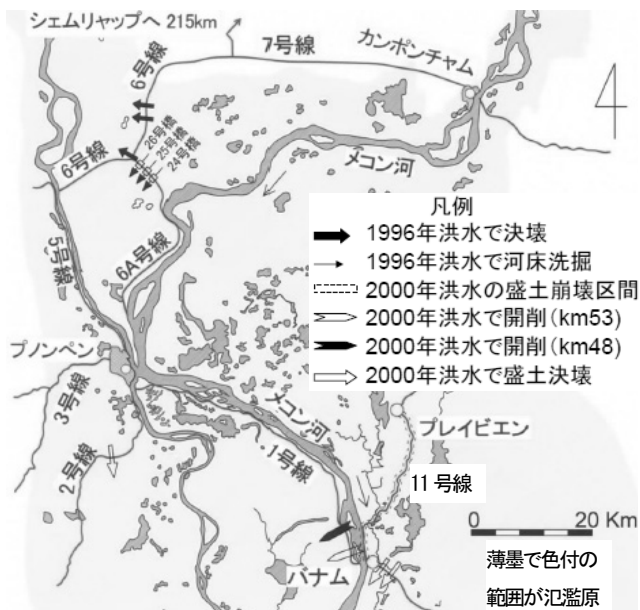


図-1 メコン河氾濫原での道路・橋梁被災位置図



写真-1 ニカラグア国道24号線エル・ガジョ橋の被災状況



写真-2 カンボジア国道1号線盛土道路を挟んで生じた水位差



写真-3 カンボジア国道6号線盛土道路を挟んで生じた水位差

性を検証することを本論文の目的とし、途上国での実施例について考察を行った。現地資料の多くは筆者らがアジア、アフリカ、中米などさまざまな地域で多年にわたって収集した。海外資料の収集には一般に困難が伴うが、有用と思われるにもかかわらずこれまで入手が容易でなかった資料を用いたことは本論文の特徴のひとつと言える。

まず新たな災害事例を加えて、途上国では普遍性のある一般現象とも言える類似問題の実態をより一層明確にした。次に自国予算又は日本等のODAにより施工された同工法の事例に関し、現地での実態調査と国内文献調査により実績評価を行った。その結果、これらの工法が海外の多様な河川状況で供用され実用化されている現状を明らかにし、現地の自然条件と社会状況に即した合理的で現実的な工法であることを示した。以上により実務に役立つ資料作りを目指す研究を行った。

2. 現地で発生している問題

(1) 無堤河川での橋梁被害

河道と堤内地が堤防で仕切られていない無堤河川では、河道内に盛土構造の取付道路が建設され、橋桁は常時の滞筋にだけ設置されて、橋長は数年規模の洪水が対象とされた橋梁が多く存在する。これらの橋梁では規模の大きな洪水時に流水幅が増大し、取付道路が洪水を阻害して橋台裏側の盛土が侵食される被害が生じている。典型的な事例として、1998年に中米を襲ったハリケーンミッチにより被災したニカラグアのエル・ガジョ橋を写真-1に示した。同橋の橋長は低水路に合わせて計画されており、洪水時には河道となる高水敷に相当する部分に築造された左右の盛土取付道路が流失した。

(2) 氾濫原での橋梁被害

沖積河川の氾濫原を通過する道路は、雨季の水位上昇への対応として盛土構造とされ、そこを横断する中小規模の流路

に橋梁が設置されている。洪水時に氾濫原の流量が急激に増大して橋梁での通水面積が不足すると、盛土を挟んで上下流の水位差が拡大する。例えば、メコン河2000年9月洪水時にプノンペン下流右岸の氾濫原を同河と並行する国道1号線では、水位差は2mを超えた(写真-2、図-1)。この洪水ではメコン本川からの氾濫水が盛土道路を越流する危険性が生じたので、本川水位を低下させるためプノンペンから48kmおよび53km地点で人為的に道路が開削された。同写真は48km地点開削後の様子である。同2地点はその後架橋された。写真-3はプノンペン上流右岸の氾濫原内の流路に架かる橋梁での2000年洪水時の模様である。橋上下流の水位差は1m以上である。同橋は1996年洪水時の道路決壊箇所に新設されたものである(図-1)。このように道路盛土による洪水阻害に起因した水理状況が生じるため、橋梁で流速が増大して河床洗掘が発生し、橋台・橋脚が損壊している。類似被災例は多いが、このうち典型的な事例は以下のようなものである。

a) バングラデシュ

2007年7月にバングラデシュ全土で洪水が発生し、ジャムナ橋上流右岸側の氾濫原で同河と約6.5km並行する盛土道路Z5401では、氾濫原内の支川に架けられた61橋中8橋が損壊・流失した。これらはいずれもカルバート構造である。写真-4は同8橋以外で被災したカルバート橋であり、支川上流側に不等沈下している。支川上流側河床に深さ約10mの落堀

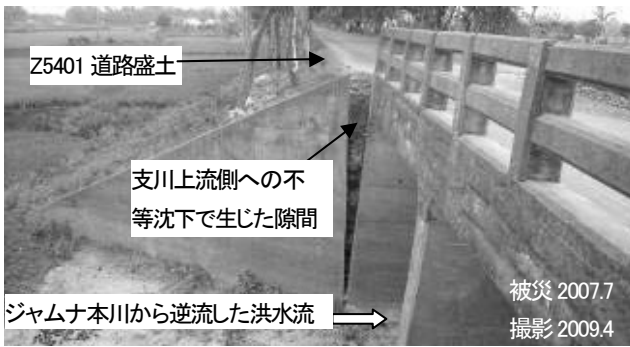


写真-4 ジャムナ河氾濫原で被災した Z5401 号線カルバート橋

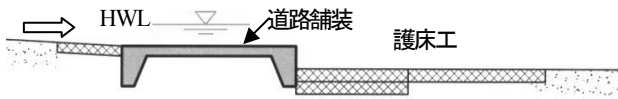


図-2 コーズウエー概念図（河川縦断方向）

(写真-5)が形成されたのは、ジャムナ河方面から逆流した氾濫水が道路盛土により阻害され、前項で説明したような水理状況が生じて流出水の流速が増大したためと推測される。不等沈下の発生は、落堀の形成による河床低下の影響がカルバートの底版上流側端部まで及んだためと思われる。Z5401 で 8 橋梁が損壊・流失したのは、同様に河床洗掘で構造物が安定を失い、流水圧により押し流されたためと推定される。なお前論文^{1),2)}において、メコン河 1996 年洪水で深さ 9.5m の落堀が発生した橋地点について行った二次元水理計算では、上下流水位差 2m の条件で流速 3.2m/s を得ている。10m 程度の鉛直洗掘量は土壌条件が異なる日本の河川にも見られ、水理現象の効果が大きいと考えられる。

b) カンボジア

2000 年洪水におけるプノンペン下流メコン河氾濫原での被害箇所を図-1 に示した³⁾。バナム上流付近に被害が集中しているのは、ここが 1 号線と 11 号線の交差点であり、盛土道路の堤防機能によって狭められた氾濫原の最下流に位置するため、盛土上流側の水位上昇量が大きくなったことによると推察される。これらは盛土の被害であるが、洪水阻害に起因する点では上述橋梁と類似した被災形態である。

3. 対策上の課題と現地での工夫

(1) 対策上の課題

以上の問題には、つぎのような対策が必要とされる。

- 1) 本川が無堤の場合には、流量に応じて流水幅が増大するので、非洪水時の濡筋にとらわれず洪水時の河道範囲・流水幅と洪水位を推定し、橋台の位置と桁下高を決める。
- 2) 氾濫原に建設された盛土道路がその中の流路を横断する場合には、橋梁・カルバートなどによる通水面積の確保によって適切な洪水処理を行う。

しかし以上の対策において、規模の大きな洪水を対象とすると建設費が増大するので、同費用を抑えかつ洪水被害を軽減するために、工法上の工夫が必要となる場合がある。



写真-5 カルバート橋の支川上流側河床に形成された落堀

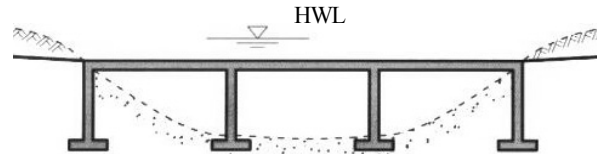


図-3 潜り橋概念図（河川横断方向）

(2) 現地で工夫された工法

現地ではコーズウエーと潜り橋が建設されている。

a) コーズウエー

コーズウエーとは、道路縦断方向に緩やかな勾配の凹部分を設け、この表面を水・土石などが流れるようにした河川横断構造物である(図-2)。

b) 潜り橋

潜り橋とは、大きな洪水時には水没して橋面上を越流されることを前提とし、比較的小さい流量に対応する桁下高を持つ橋梁である(図-3)。RC 床版などにより薄くて流水圧を受けにくい構造とされ、カルバートとされる場合もある。手摺は省略されることがある。また砂防ダム天端が橋の路面として利用され、潜り橋とされる場合がある。ダム天端は車が通れるよう袖～水通しを 1/10 程度の勾配で均した形状とされる。砂防ダムはコーズウエーと類似した構造であるが、河床より高い所を横断することから、潜り橋の категория とした。

4. 施工事例と実績の評価

事例には、途上国のさまざまな河川の形態(溪流, 中流河川, 氾濫原河川, 一時河川)及び地域と気候帯(アフリカ・アジアのモンスーン, アフリカの半乾燥)を代表する 10 件を選んだ。事例が類別される河川形態, 気候帯, 地域とその特徴を表-1 に整理した。これらはネパール, インドネシア, カンボジア, ベトナム, マリ, モロッコ及びモーリタニアに存在する。現地資料は筆者らが 2001~2011 年に収集した。そして河川と橋梁構造の概要, 供用の様子, 越流の履歴, 破損の有無, 維持管理状況, 等を明らかにした。このほか, 当初越流を考慮せず計画されたが, 洪水に越流されても被害のなかったインドネシアとニカラグアの橋梁についても越流時の状況を明らかにし, 被災しなかった原因に関して考察した。

(1) コーズウエー

a) ネパール⁴⁾ (溪流, モンスーン, アジア)

日本の資金協力により 1996~1997 年度予算で建設された

表-1 実例が類別される河川形態・気候帯・地域とその特徴

河川形態	気候帯 (地域)	国名(写真番号)		特徴
		コーズウエー	潜り橋	
溪流	モンスーン (アジア)	ネパール (写真-6)	インドネシア (写真-8, 9)	雨季～乾季の流量差大. 洪水到達時間短くピーク先鋭で流速大. 雨季でも洪水ピーク時以外通行可. 下流側河床に洗掘対策工が設置されている.
中流河川	モンスーン (アフリカ)	マリ (写真-10, 11)	同左	大きい河川(ニジェール河)であるため, 上流域の雨季に増大した流量が数ヶ月間継続, その間通行は不可能. 河床に岩が露出し洗掘対策不要.
氾濫原河川	モンスーン (アジア)	カンボジア	ベトナム	洪水時に氾濫原の水位が一時的に上昇した際に越流. それ以外の場合には雨季でも通行可能. 盛土法面に侵食対策工が設置されている.
一時河川	半乾燥 (アフリカ)	モロッコ (写真-7)	モーリタニア (写真-12)	平素は流水なし. 短時間降雨でフラッシュ洪水が発生. 通行不能は短時間. 砂質の河床は洗掘を受け易い. 下流側に洗掘対策工が設置されている.



写真-6 ネパールの溪流に建設されたコーズウエー

ネパールシズリ道路第1工区38km区間では事業費低減のため、協力を要請された15橋のうち6橋と取付道路に含まれたカルバート11箇所、計17箇所がコーズウエーに変更された。設計には日本の「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編」の床固工が準用された。これらの溪流では乾季には流量が少なく、雨季の洪水時にのみ短時間増水する。非洪水時も路面上を水が流れるが、水深が浅いので人・車両の通行は可能である。下流側の河床低下対策として鉄線かごによる護床工が設置されている。写真-6はその1つであり、被災箇所は見られなかった。しかしこのような溪流では、下流側河床低下と土石流対策が維持管理上の課題になると推測される。

b) カンボジア⁵⁾ (氾濫原河川, モンスーン, アジア)

1) カンボジアのトンレサップ湖北岸に沿って走る国道6号線は、シエムリアップ手前17.5kmの区間について、日本の資金協力により2000～2001年度予算で改善工事が実施された。改善以前には盛土道路を挟んで山側(上流側)からの洪水は道路上流側に湛水され、橋梁により下流側に排水されたが、洪水規模が大きな場合には道路の一部を越流した。しかしこれらの越流部では流速が小さく法面侵食などの被害は殆ど見られないことが確認された。一方道路路面高を上げて越流を防ぐと橋梁に流れが集中し、被災が予想された。そこで3区間・延長3kmでは道路縦断形状を現況のままとし、従来通り越流を許容してコーズウエーとされた。各区間の縦断形状の凹部にはカルバートが新設され、前後20mに練石積み法面保護工が設置された。越流による被害跡は見られず交通に支障なく機能していることが2009年8月に視認されている。

2) 1996年洪水で被災した国道6/6A号線(図-1)¹⁾はその後改修されたが、改修前の6号線・6A号線交差点から北側で氾濫



写真-7 モロッコの一時河川に建設されたコーズウエー

原を横断する区間の縦断形状を見ると、交差点から2～3kmの約1kmの区間で盛土高がその前後より1.2m程度低くされ凹状となっている。同部分は盛土道路における洪水吐として計画されたと推測されている³⁾。この区間は同年洪水時に越流された際にコーズウエーとして機能したと考えられる。その時の被害が軽微だった一因として、同区間では盛土比高が低かったのでその分洪水阻害が抑制されたことが推察される。

c) モロッコ (一時河川, 半乾燥, アフリカ)

写真-7はモロッコ南部のタタ～フーム・エル・ハッサン間の幹線道路で、一時河川に建設されたコーズウエーである。破損箇所は見られなかった。北～西アフリカの半乾燥気候帯にある地域では、降雨時にのみ流水が生じる一時河川にコーズウエーが適用される事例が多く存在する。

(2) 潜り橋

a) インドネシア (溪流, モンスーン, アジア)

1) インドネシア中部ジャワ州メラピ山麓では、1968年より2011年までにインドネシア政府予算または日本の資金協力等によって、248基の砂防ダムが建設された(表-2)。この内45基は潜り橋とされている。写真-8は1980年に自国予算で建設されたゲンドール川の橋梁兼用砂防ダムGE-Cが2011年1月20日に越流されている様子である。越流水深は最大約0.3mだった。越流は2時間以上継続したが人・車両・ダムに被害はなかった。付近の住民によれば、ここでは毎年2回程度越流する。これまで30年間被災が無かった理由として、副ダムにより下流河床の洗掘が抑制されることと、上流側に土石の堆積がないことから、土石流がここまで到達しないことが考えられる。

2) スラウエシ島ジェネベラン川上流で2006～2011年に日本の資金協力により建設されている15基の砂防ダムのうち、2基が潜り橋とされた。そのうちの1基KD-2ダムでは2010年1月18日に洪水が越流した(写真-9)。越流水深は最大で約0.5m、

表-2 メラピ山麓砂防ダムの橋梁としての利用状況

	自国 資金	日本資 金協力	国連資 金協力	合計
砂防ダム基数	96	150	2	248
橋梁兼用砂防ダム 基数(建設された年)	18 (’72-’08)	26 (’97-’11)	1 (’80)	45



写真-8 インドネシア メラピ山溪流の橋梁兼用砂防ダム(越流の様子)



写真-9 インドネシア ジェネベラン川橋梁兼用砂防ダム(越流の様子)

越流は約 1 時間継続した。人・車両・ダムに被害はなかった。施工前に住民説明会を開催し、越流頻度は年 2 回程度で、その際は橋梁を利用できないことは説明済みである。

b) マリ (中流河川, モンスーン, アフリカ)

写真-10 はマリの首都バマコ市郊外でニジェール河に架かる RC 橋が乾季に供用されている様子である。左右河岸から河道に降る勾配部分は潜り橋とされている。河川中央部分の構造は、乾季にも流水のある低水路では潜り橋、それ以外はコーズウエーとされている。写真-11 は雨季に水没している様子である。その時の流速は約 1m/s と目測された。近傍には他に通年通行可能な橋梁が存在し、当該橋は雨季の 6~9 月頃には水没するので、乾季にのみ交通機能を果たしている。なおバマコはアフリカ半乾燥気候帯にあるが、ニジェール河上流域はモンスーン気候帯にあり、バマコでの流量は上流域降雨の影響を受けている。

c) ベトナム[®] (氾濫原河川, モンスーン, アジア)

ベトナムの中部地方カンナイ省の Xa Cai 橋とプーイエン省の Tra Buong 橋は、2001 年度に JICA 基本設計調査が行われ、日本の資金協力で建設された。それぞれ 7 径間/橋長 73.0m, 6 径間/橋長 62.6m, とともに橋脚はパイラメントである。両橋は氾濫原内にある。当初既往最高水位を基準として桁下高を決定する方法が検討されたが、その水位では周辺道路が水没



写真-10 マリ ニジェール川で乾季に供用中の潜り橋



写真-11 同上潜り橋で、雨季に越流されている様子



写真-12 モーリタニア コーズウエー凹部に設置された潜り橋

するので、橋梁を同水位で水没しないよう設計しても交通機能上は無意味なことが判明した。また洪水流速が小さいので越流しても橋が損害を受ける可能性は少ないと考えられた。そこで橋梁路面高は周辺道路面高と同じ程度の毎年起こる洪水水位とし、それ以上の規模の洪水による越流を前提として計画された。上部構造は越流時に流水抵抗が小さい RC 床版、取付道路路面は石積み護岸とされた。供用状況についてはモニタリングが必要とされている。

d) モーリタニア (一時河川, 半乾燥, アフリカ)

写真-12 はモーリタニアの首都ヌアクショット~キファを結ぶ幹線道路にあるコーズウエーの凹部に設置されたカルバートによる潜り橋である。下流側河床には鉄線かごによる護床工が設置されている。洗掘等による被害は見られなかった。

(3) 洪水が越流しても被災しなかった橋梁

a) インドネシア (中流河川, モンスーン, アジア)

インドネシアのジョグジャカルタ市内を流れるチョデ川では 2010 年 10 月 26 日に始まった上流域メラピ山噴火の噴出物の流下によって河床が上昇し、11 月下旬より洪水が頻発した。このため同川に架かる橋梁のうち、桁下高が低い 2 橋(鋼桁・単径間と RC 床版・2 径間、ともに橋長約 18m)が越流された。11 月 29 日に筆者が後者橋梁の上流約 250m 地点で目撃した洪水流速は 2m/s 以上、11 月 30 日の測量では同橋上流 1.1km~下流 1.0km の河床勾配は 1/240 だった。両橋とも被災しなかったのは、①河道に突き出た盛土取付道路がないため洪水が阻

害されなかった、②橋桁・橋脚とも流水圧に対して十分な強度を有した、などのためと推察される。一方越流時の堰上効果で周辺人家に被害が及んだ。潜り橋の建設サイトを選定するにあたっては、このような堰上効果による周辺資産への影響に注意を払う必要がある。

b) ニカラグア（氾濫原河川、モンスーン、中米）

国道 24 号線のエステロ・リアル橋は氾濫原を横断する盛土道路にかかる橋梁(RC 桁, 5 径間, パイルベント橋脚)である。1998 年ハリケーンミッチによる洪水に越流されても被害がなかったのは、氾濫原での水位上昇が長時間にわたり緩慢だったとのことから、盛土上下流の水位差が拡大しなかったためと思われる。

5. 考察

1) 実績評価の結果、コーズウエーと潜り橋の実用性に関し以下の点が明らかとなった。

- ①橋梁防災と建設費の削減という背反する課題の対策として、多様な河川状況で適用され実績を残している。
- ②防災と道路交通の両機能が保持されている。筆者らが現地を確認した 7 件では顕著な被災跡は見られなかった。
- ③途上国の技術・財政により維持管理が適切に行われ、持続可能である。

2) コーズウエーの計画・設計には床止め・床固工等の手法を応用できると考えられる。半乾燥気候帯の一時河川によく見られるような平坦な地形ではコーズウエーが適している。氾濫原に建設された道路では、一定区間をコーズウエーとすることにより、盛土に起因する上流側水位上昇がもたらす農地・住宅などへの社会的影響を避けることが可能となり、環境の面からも優れた工法と言える。

3) 潜り橋および越流されても被災しなかった橋梁の実例から、流水圧への配慮を適切に行えば、潜り橋の建設は可能と考えられる。また冠水する頻度が多い氾濫原道路では、橋面高を道路面より高くしても道路交通機能上は意味がないので、橋面高を道路面高以下として潜り橋とすることが合理的である。砂防ダムの潜り橋としての利用は、建設費の節減と防災の両面から効率的である。

4) これらの工法は、越流されている間交通が遮断されることが許容される社会経済状況で実現が可能となるので、計画策定に際しては、建設コスト低減というプラス効果と一時的交通遮断による社会経済への影響というマイナス効果との比較検討が必要となる。今後の課題として、河川規模・河床勾配・河床材料・土石流、など自然条件による計画上の制約条件を明確にすることがあげられる。そのための 1 方策として、日本の ODA により建設された施設を含め、施工事例を包括的にモ

ニタリングし、その結果得られた知見をフィードバックすることが重要となる。また設計基準の作成が望まれる。

6. 結論

1) コーズウエーと潜り橋の実用性に関し、本研究では横倉・須賀の研究を発展させ、新たに長年にわたり世界各地から収集した資料と国内文献に基づき、有用な情報の代表例を提示して考察を行った。主要な結論として次の 3 項目を得た。

- ①途上国の未改修河川では洪水時に流水幅と氾濫域が広がり、道路盛土が洪水を阻害して上流側水位が上昇するので橋梁地点での流速が増大し、盛土あるいは河床が洗掘されて被災する、という問題の実態が新たに明らかとなった。
- ② コーズウエーと潜り橋は途上国のさまざまな河川で建設・供用されている。そこでは防災と道路交通の両機能が維持されている実例が多く存在する。流水幅・氾濫域の拡大による建設費増大の解決策として、その実用性は高いと言える。
- ③ 予算不足で河川が未改修、という制約を抱える開発途上国では、橋梁の段階的整備の過程で今後もこれら工法の適用性・有用性は高いと考えられる。

2) 越流なしを前提とした従来の考え方を見直し、橋梁は洪水に越流されてはならない、という固定化した考えから脱却して、日本とは異なる環境に応じた問題解決の新しい選択肢を示した。橋梁災害が問題となっている途上国の技術者には、本研究で示したような方策により減災が可能であることを伝えて理解を深め、自らが対策に取り組めるよう支援することが、わが国 ODA の大事な役目と考える。本論文がさまざまな制約下にある開発途上国における橋梁計画のあり方に新たな示唆を与えることができれば幸いである。

参考文献

- 1) 横倉順治, 須賀堯三: 開発途上国の未改修・不安定河川における架橋計画に関する河川工学的考察, 土木学会論文集, No. 733/II-63, pp.37~56, 2003.
- 2) 横倉順治, 須賀堯三: 開発途上国の氾濫原道路とその橋梁計画のありかた, 水工学論文集, 第 44 巻, pp. 337~342, 2000.
- 3) 川村勝:カンボジア主要道路における洪水被害について, 専門家報告書, 国際協力事業団, pp.5~29, 2001.
- 4) 国際協力事業団: ネパールシズリ道路建設計画(第一工区)基本設計調査報告書, pp. 4-9~5-17, 1994.
- 5) 国際協力事業団: カンボジア国道 6 号線シムリアップ区間改善計画基本設計調査報告書, pp. 3-4~3-38, 1999.
- 6) 国際協力事業団: ヴィエトナム社会主義共和国中部地方橋梁改修計画基本設計調査報告書, pp. 3-13~3-22, 2002.

(2011. 5. 19 受付)