

ベトナムにおける土砂堆積を用いた河岸侵食対策

EROSION CONTROL ATTRACTING DEPOSIT IN VIETNAM

松木洋忠

Hirotsada MATSUKI

正会員 工博 国土交通省大臣官房付 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

This paper reports 2 erosion control projects under a concept to use natural power of rivers. Riverbank erosion is one of the most troubling problems in the rural area of Vietnam. JICA has been supporting their riverbank management using Japanese river engineering. In 2010, JICA conducted 2 riverbank protection works at Kim Ngoc Village and Thanh Xuyen Village in the central Vietnam. Main structure at former site was bamboo foot protection to prevent scour holes in front of the riverbank. Another was a masonry groin and a submerged guide wall to deflect flood flow away from the riverbank. In 4 years after construction, flood flow had changed to stop erosion and put deposit on the riverbanks. These structural specifications were designed to meet each local conditions, but these are referable for other sites. Finally, this paper shows a basic idea to shift dynamic equilibrium of flood flow and some lessons for sustainability, cost validity, repairability, people's participation and engineer's capacity building.

Key Words : Erosion, Deposit, Dynamic equilibrium, Foot protection, Groin and Guide wall

1. 河岸侵食対策の背景

毎年襲来する台風は、大量の降雨をもたらし、多大の流出を引き起こす。アジアモンスーン地域の河川では、大きく、急速な水位上昇が発生し、深刻な河岸侵食の原因となっている。このような自然災害にベトナムの地方行政は対処しようとしているが、恒常的な財源不足に苦しんでいる。ドナーも侵食対策に協力しようとするが、数多い集落をすべて対象にするには予算規模は十分ではない。地方行政は予算不足の中での投資を行わざるをえず、逆に設置した防災インフラの維持管理のために新たな費用負担を必要とする事態も起きている。

2009年から2012年にかけて、JICAは地域防災力の向上を図るために、「ベトナム中部地域災害に強い地域づくりプロジェクト」を展開した。顕著な河岸侵食が見られる集落を対象として、JICA専門家は地方行政の技術者とともに、小規模低コスト工法と名づけた侵食対策工事に取り組んだ。ただしベトナムでは現場の数値的なデータがほとんど得られなかったため、施設設計では現地調査と流れの特性に基づいた判断が必要とされた。

2010年に設置した施設の設計では、洪水時の流れを弱めることを重視している。現地での材料調達や施工能力を考慮した結果、Kim Ngoc村では竹蛇籠による根固め

工が施工され、Thanh Xuyen村では石積みの単独水制工と達磨籠を用いた水中導流壁が施工された(図-1)。

筆者は、2014年から2016年にかけて、これらの現地調査を行い、構造物が土砂堆積を促進し、有効に河岸を保護していることを確認した。本稿では、土砂堆積を用いた河岸侵食対策の事例とともに、そこから得られた課題について報告する。

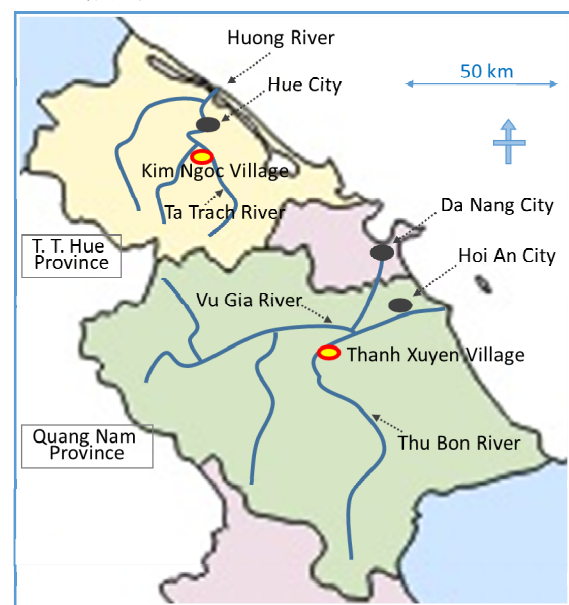


図-1 ベトナム中部のKim NgocとThanh Xuyen

2. 竹蛇籠による根固め工

Kim Ngoc村では、Ta Trach 川が毎年のように増水し水位は集落道路の上2mにまで達していた。2007年洪水で河岸は300mにわたって侵食され、その後3年間で15mも侵食が進行した。2009年の台風Ketsaneの際の侵食で、新たに120戸の家屋と集落道路が危険になったと住民から報告があった。そこで、この村が日本の河川技術を応用する現場として採択された。

現地調査の結果、250mの河岸は水衝部で発生する典型的な侵食河岸であった。侵食痕は、平常時よりも強く、深い流れがあったことを示していた（写真-1）。

洪水時の流れを弱めるためには、根固め工で河床の局所洗掘を防止すると効果がある²⁾。しかし、ベトナムではしばしば根固め工が省略されていた。専門家は、水中施工が可能な工法として、蛇籠を用いた根固め工を提案した。蛇籠の主たる材料は、水中で高い耐久性を発揮する肉厚の竹材とした。石材も周辺で安価で入手可能であった。基礎工とのり覆工については、ベトナムの標準工法によって設計された。

設置した構造物は次のとおりである（図-2）。

- ・ 捨石による河床の補強
- ・ 竹蛇籠による根固め工
- ・ 竹枠によるのり尻の基礎工
- ・ 石張りによるのり面下部ののり覆工
- ・ 植生によるのり面上部ののり覆工

竹蛇籠は地域の住民が現場製作した。彼らはまずのり面の上で、割竹をシート状に編んだ。それを水上で円筒状に丸めて閉じ、内部に石を詰めて河床に沈めた。この作業を含めて、侵食対策の施工コストは1mあたり400USDであった。

竹製構造物は水中では腐食しにくく、河床を長期間にわたって保護する（写真-2）。施工後の4年間で、毎年の洪水は河川水位を上昇させ、その度に河岸は濁流に没して土砂の供給を受ける機会を得た。その結果、根固め工の上におよそ0.3mの厚さの土砂堆積が発生した（写真-3）。これは川が運んできた土砂が堆積したものである。竹蛇籠が河床の低下を防止し、河岸付近の流速が小さくなったものとみられる。2014年の調査時点では、堆積土砂は自然植生に覆われ、一部が耕作地として利用されていた。植生や作物は、洪水時の流速をさらに低下させ、土砂堆積を一層促進する機能がある。2016年には堆積がさらに促進されていた。

この状態を維持するためには、住民が竹蛇籠の状況を洪水のたびに点検し、小さな損傷があれば補修することが求められる。その際には竹蛇籠の改良が期待される。地域住民には竹をさまざまに加工する技術があり、より堅固な竹蛇籠を製作し、より耐久性の高い根固め工とすることができる。



写真-1 Kim Ngocの河岸侵食 (2009)

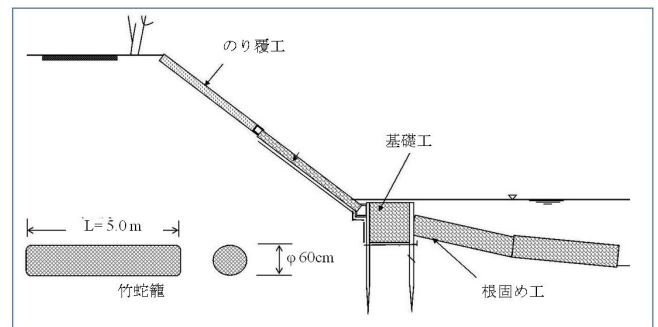


図-2 Kim Ngocの護岸構造³⁾



写真-2 Kim Ngocの施工後2年の竹蛇籠 (2012)



写真-3 Kim Ngocの施工後4年の土砂堆積 (2014)

3. 石積み水制工と籠積み導流壁

Thu Bon川に面するThanh Xuyen村の河岸は、2007年の洪水で500mにわたって侵食された。とくに深刻だった250mの区間は、2009年の台風Ketsanaの際にさらに侵食が進んだ。河岸には集落道路と250戸の家屋がある。この場所を対象に、河岸侵食の多いThu Bon川での試行的な構造物対策を行うこととなった。

JICA専門家は現地調査を行い、強い流れが250m区間で河岸に接近し、下流にある水制状の基盤岩のところで離れていくのを確認した（写真-4）。

この区間で侵食被害を防止するために、専門家は、現状よりも滞筋を河岸から離すことを提案した。滞筋を制御する方法として水制工が有効であり⁴⁾、ベトナムには多くの川で石積み水制工の施工実績があった。専門家は、侵食区間の上流端に石積み水制工を単独で置いて強い流れを刎ね、さらに流れを下流の回折を防ぎつつ下流の基盤岩の露頭へと流れを導く水中導流壁を提案した。導流壁と河岸との間には、流速を落とすための竹製の柵を設けた。導流壁と柵が、土砂を補足することで一体化し、幅の広い根固めの機能を発揮することを企図したものである。

設置した構造物は次のとおりである。（図-3）

- ・ 水衝部での石積みの単独水制工
- ・ 竹製達磨籠の導流壁
- ・ 導流壁と河岸を繋ぐ竹柵
- ・ 竹枠によるのり尻の基礎工
- ・ 植生による河岸ののり覆工

単独水制工は、水刎ね効果を高めるよう流れが河岸に近づく水衝部近くに配置し、洗掘で先端部が部分的に崩落しても機能を保つよう20mの長さとした（写真-5）。水中導流壁は竹製の達磨籠を二層に積み、竹杭で固定している。竹柵の効果もあり、河岸前面の洪水流が弱まることから、河岸のり面での構造物は省略することとした。全体の施工コストは1mあたり400USDであった。

施工後の6年間で、川の流れは水制下流側に土砂を堆積させ厚さは1m以上に達している。土砂堆積の幅は最大10mであり、水制の見かけの長さが10m程度になっている。土砂は水中にも堆積しており、水面上の土砂には新たな植生が育っている。これらのことから、水制工と水中構造物は河岸前面の流れを遅くすることに成功したものと思われる（写真-6）。

ただし水制工先端はやや急勾配になり、上流側に反転渦が見られる。河岸は竹植栽によって保護されているものの、洪水時の強い渦で竹の根が洗われる恐れがある。水制工をやや下流に向けることで反転流の発生を抑止できる。今後、構造物や堆積土砂に変化があれば、水制工の改良や追加が求められる。また事前に河床の地形測量を行えば、より適正な施設配置が可能になる。

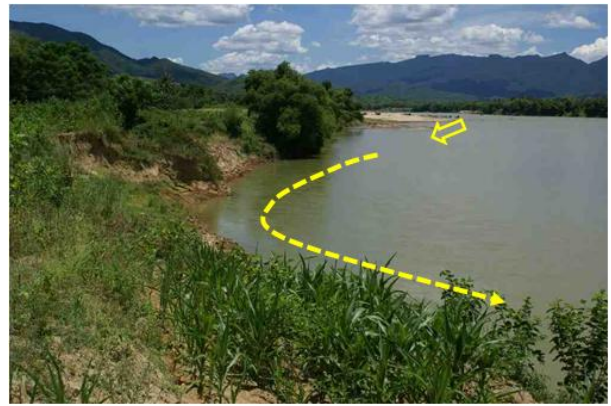


写真-4 Thanh Xuyenの河岸侵食 (2009)

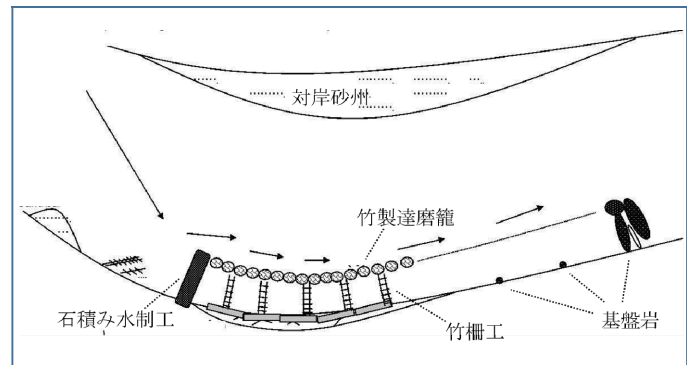


図-3 Thanh Xuyenの構造物配置³⁾



写真-5 Thanh Xuyenの石積み水制工 (2010)



写真-6 河岸前面の土砂堆積 (2016)

4. まとめ

本稿では、ベトナム中部のKim Ngoc村とThanh Xuyen村で2010年に設置した根固め工の機能をもつ構造物の設計、施工、および、効果を報告した。2つの現場では、侵食河岸の前面に根固め工を設置することで、河岸付近の洪水流の流速を落とし、河岸に土砂を堆積させることができた。現時点での河岸は、土砂に直接的に保護されており、かつ、植生に覆われている。今後も洪水を受けると、河岸はより安定化すると期待される。

この効果は、河床および河岸にある土粒子に働く力の平衡が変化したものと説明できる。Kim Ngoc村の事例では、竹蛇籠で河床を保護したために洪水時の水深を制限した。Thanh Xuyen村では、滞筋を遠ざけて河岸前面の洪水流の流速を抑制した。ともに、河床と河岸に働く掃流力を低下させ、洪水時の土砂移動を減らすとともに、洪水末期の土砂堆積を促進したものである。

すなわち、侵食河岸に働いている力の平衡状態を河岸が安定する方向にずらすことで、侵食域を堆積域に変化させることが可能である。これが数値的データの不足する場合の河岸侵食対策の基本的な考え方である。

今回の事例では、川の流れに小さな変化を加え、洪水時の流れに望ましい変化が現れることを待った。この手法を検討するには、侵食された河岸地形から直前の洪水時に働いた掃流力を読み取り、それを低減させるような構造物を配置する技術力が重要になる。

また長期的に効果を持続させるには、根固め機能の適切な維持管理が必要である。そのために構造物を定期的な点検し、破損があった場合には、被害が大きくなる前に修復することが求められる。2事例の現場での観察から得た維持管理上の留意点を示す。

(1) 持続性（修復方法）

2事例では、石材と竹を主たる材料とし、現地の労務者が工事に従事した。材料と施工の現地調達は、コスト縮減に寄与するばかりではなく、施設の修復への備えでもある。いずれかの構造物に将来損傷が発生した場合、経験のある労務者が周辺の材料を用いて修復を行うことができる。現地材料と現地労務者の活用は、施設の持続性を確保するために重要である。

(2) コストの妥当性

現場の施工コストはともに1mあたり400 USDであった。予算制約の中で効果の最大化を求めた結果であり、比較的に安価であったといえる。今後の維持管理は現状の機能を維持するためのものである。維持管理手法を設計時に考慮することで、長期的な管理コストを最小化するこ

とができる。

(3) 地域住民の参加

地域の住民は防災事業の本来の受益者である。また彼らは日常生活の中で異常を監視することができ、小規模な修復作業も可能である。かれらの当事者意識は、施設が長期的に機能を維持するために基本的に重要である。河川技術者は、河川管理施設の施工や維持管理を通じて、地域住民の意識向上に努めるべきである。

(4) 河川技術者の能力向上

河川管理には、経験豊かな技術者が不可欠である。ベトナムの労務者の高い施工能力に比べると、多くの河川技術者は現場で主体的に能力を発揮する機会が少ない。技術者の資質を向上させるとともに、次世代の後継者を育成するような配慮を地方行政に求めたい。河川技術の発展継承は洪水常襲地の地域集落と経済活動を維持するうえで不可欠である。

筆者は、2つの現場で用いられた工法は、日本の伝統河川技術の特徴を再現したものと考えている。それは、河道を水と土が移動する空間と捉え、川の自然の力を利用して川を治める技術である⁹⁾。これはベトナムでのみ有効なわけではなく、あらゆる河川管理で取り入れるべきである。とりわけ伝統技術と近代技術を融合させる試みは、長期的な維持管理費を抑える方策として実践と研究を重ねるべきである。

この技術を用いる河川技術者は、現場の川の流れのしくみを研究し、技術基準の示す構造物の機能を理解しなくてはならない。その上で創意工夫を加えて、現地条件に合った施設の選択を行う必要がある。また経験や知見を他の河川技術者や地域住民と共有するよう努めるべきである。このような努力によって、安全で、便益が高く、自然豊かな川づくりが可能になると考えている。

参考文献

- 1) 野邊隆行: JICA project annual report for riverbank erosion management, 2009.
- 2) 国土交通省河川砂防技術基準同解説, 2008.
- 3) Ministry of Agriculture and Rural Development, Viet Nam: Guideline on Riverbank Erosion Management, pp.4-5, 2011.
- 4) 福留脩文: 治水と環境の両立を目指した川づくりの技術的考察とその適用性に関する研究, 2011.
- 5) 河川審議会管理部会河川伝統技術小委員会「生活・文化を含めた河川伝統の継承と発展」, 1999.

(2016. 4. 4受付)