

開発途上国における河床上昇が著しい無堤河川での水害対策のありかた -ネパール テライ地方の河川に関する事例研究-

八千代エンジニアリング（株） 海外事業部 正会員 横倉順治

1. はじめに

ネパールのテライ地方（以降テライ）はネパール南部に東西 885km, 南北 20~45km でインドとの国境沿いに広がる平地帯である。そこでは従来から水害が発生していたが、北側に続く山地帯からの河川への土砂流入による河床の上昇と気候変動に起因して、近年では被害が深刻化している。その対策のため日本など海外からの技術・資金協力が実施されてきたが、効果は問題の進展に追いついていない。

テライの面積は国土面積の 1/5 以下であるが、その人口と GDP は全国の 1/2 以上を占め、ネパール社会経済にとっては重要地域であり、その水害対策は緊急的課題とされている。テライを流れる河川（以降テライ河川）には上流山地から大量の土砂が流送されており、水害対策の検討にあたっては河床上昇を考慮する必要がある。砂防施設が未整備な現状では河道に堆積する土砂対策が課題となり、連続堤を基本とした日本の治水技術をそのままには適用できないと思われる。本論文では主に土砂問題の視点からテライで高まる水害リスクを明らかにし、日本と異なる自然・社会環境に適した対策のあり方について考察した。

2. テライ河川の概要と特徴

(1) 地形と河川の概要

テライはChuria/Siwalik山地（以降Siwalik）の麓の平地であり、北から南に海拔 300~50m で傾斜している。河川は扇状地~自然堤防帯をなしている。河床勾配は河川によって異なるが、セグメントにより 1/70~1/3180 の範囲で変化する¹⁾。

ネパールには支流も含めると 6000 の河川が存在し、これらの河川はテライを南下してインドに入り、ガンジス河に合流する。そのうち Mahakali, Karnali, Gandaki, Koshi の 4 大河川はヒマラヤに源流が達する。中規模河川は Kankai, Kamala, Bagmati, Tinau, West Rapti, Babai, などであり、Siwalik とヒマラヤの間を並行する Mahabharat 山地を源流としている。その

他の小規模河川は Siwalik を源流としている。テライ河川には Siwalik から大量の土砂が流送され、河床上昇と河道変動を引き起こしている²⁾。

(2) 水害対策上留意すべき河川の特徴

水害対策上留意すべき河川の特徴は以下のとおりである。

1) Siwalik での大量の土砂生産により河床が上昇している

Siwalik はヒマラヤ造山運動によって形成されたヒマラヤ前衛の山地で、テライとは衝上断層によって区切られている。表土が薄く、その地質は脆弱で崩壊しやすい。崩壊地から続く土石流跡が多くみられる。薄い表土の下には基盤岩としての泥板岩が広がり、植林に適さない。標高は 1000m を超す部分は少ない²⁾。

1981~2010 のテライの平均年降水量は、Dang 郡と Bara 郡でそれぞれ 1522, 1907mm, このうち 6 月~9 月の雨季では 1322, 1593mm であり、8 割以上が雨季に集中する³⁾。

このような地質と気象の要因により、Siwalik では土砂生産が活発であり、同山地に水源を持つ小規模河川、あるいはこの山地を通過する大中規模河川に大量の土砂が供給される。Siwalik での土砂生産量は 1.66 mm/年 (Lakahndehi 川) ~2.70mm/年 (Lohandora 川) と推定されている⁴⁾。流送された土砂は河床の上昇を引き起こしている（図-1, 2）。

2) 多くが無堤・自然河川である

これまでインド政府の資金協力により Koshi, Bagmati, Lal-Bakeya, Kamal 各河川に、また OPEC 資金により Bakra 川に連続堤が建設されている。現在は ADB 資金により Mohana-Kuhtiya, West Rapti, East Rapti, Lakhandehi, Bakraha, Mawa-Ratuwa, の 6 河川で部分的な築堤を含む改修が実施されている。しかしその他の河川は橋梁周辺の護岸などを除けば自然河川であり、土砂濃度が高いため不安定な河道が多い。

3) 砂防施設の整備が進んでいない

日本による砂防分野での技術協力が 1991~2004 に 2 期にわたって行われたが、事業規模での Siwalik における砂防施設建設はほとんど進展していない。



図-1 Koshi 河では河床が堤内地よりも高くなっている



図-2 河床が上昇して桁下高が低くなっている橋梁

キーワード: 開発途上国, ネパール, 自然河川, 河床上昇, 土砂対策, 水害対策

連絡先: 住所 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー E-mail jn-yokokura@yachiyo-eng.co.jp 電話番号 03-5822-6527



図-3 2019 年 7 月洪水で破堤した Lal-Bakeya 川左岸堤防



図-4 氾濫水が越流して流失した道路盛土

3. テライ河川による水害の特徴

テライ河川による水害の特徴を以下に述べた。

1) 河床上昇に起因する破堤リスクが増大している

テライ河川では土砂の堆積により河床が上昇して河積が減少し、破堤による外水被害のリスクが高まっている。外水被害は 2010 以降では、2011, 2014, 2016, 2017, 2019 に発生していて、その頻度は 2 年に一度となっている。至近の 2017 と 2019 の被害規模は、それぞれ被災人口 25 万人・死者 135 人、および 10 万人・117 人であった。

築堤された河川では土砂堆積が河道内に限定されるため、河床上昇速度が無堤河川より増大すると考えられる。Koshi 河に代表される有堤河川では堤内外の地盤高差が顕著である（図-1）。2019 年 7 月洪水により Lal-Bakeya 川では左岸で 2 か所が破堤し（図-3）、Bagmati 川では大型水制が流失した。

2) 内水リスクが増大している

河床の上昇は河川への排水を困難にすることから内水被害のリスクも増大している。周辺の農地では排水不良による内水被害は毎年発生している⁴⁾。河川に流入できない排水は築堤された河川では常時は堤内排水路を流下し（図-1）、流域の降雨状況により内水被害を引き起こしている²⁾。

3) 氾濫原道路盛土で洪水阻害による被害が発生している

テライには東西ハイウエーと並行してその南側に鉄道の建設が計画され、一部建設済である。さらにその南にもう一本のハイウエー（Postal Highway）が建設中である。これらの道路・鉄道盛土の排水施設が不十分なため、氾濫原を流下する洪水が盛土を越流し、盛土の流失と道路舗装の損壊などの被害が発生している（図-4）。

4. 課題の認識と水害対策の在り方

テライ河川の水害対策は土砂対策と一体で検討する必要がある。山地部での砂防施設が未整備であるため、大量の土砂が流送されている状況で連続堤を建設すると、土砂堆積が河道内に限定されて河床上昇速度が増大し、かえって越水・破堤のリスクが高まる。従って連続堤を基本とする対策の適用は当該自然環境下では困難と思われる。根本的な問題解決には上流山地での土砂対策が不可欠であるが、現況において以下のような選択肢が考えられる。

- 1) 築堤は住居・インフラ・農地などの優先施設の保護のための一定区間に限定し、連続堤は計画しない^{1), 6)}。
- 2) 両岸築堤にこだわらず、片堤防も検討する。
- 3) 連続堤の代替として水害防備林を整備する⁷⁾。水害防備林は水勢を弱め土砂対策に有効であることが明らかにされ

ている⁵⁾。一方植林のための土地利用と維持管理には合意形成と住民参加が必要と考えられ、地域住民による理解が課題となる。

- 4) 河床上昇対策として、土砂が堆積しやすい一定区域を遊砂地とする。これはスメル火山、クルー火山などインドネシア火山河川での泥流対策として円借款により建設されている⁷⁾。一方これには土地利用に関する合意形成と満砂した後の代替地の選定が課題となる。
- 5) 河道変動対策として、かすみ堤あるいは自然堤防・河道沿いの道路盛土と組み合わせた水制・護岸を設置する。
- 6) 氾濫原の道路・鉄道盛土では洪水の流量に応じた流積を持つ橋梁・排水施設を整備する。事業費の低減のためには、コーズウエーあるいは潜水橋も検討する。

5. まとめ

- 1) 土砂生産が著しい山地が上流域に存在する途上国無堤河川の洪水対策に関し、その典型的事例としてネパールのテライ河川について考察を行った。日本の治水技術はそのままには適用できず、種々の工夫が必要とされている。世代を超えた長期的な対応が必要である。
- 2) テライでの土砂・水害対策にはネパール官庁技術者だけでなく民間人材の育成が重要である。そのための一方策として、河川・砂防分野における高等教育機関への日本からの協力が提言される。

参考文献

- 1) 国際協力事業団：ネパール国テライ平野河川治水計画調査最終報告要約, p.S-4-S-9, 1999
- 2) Basistha Raj Adhikari: Flooding and inundation in Nepal Terai: issues and concerns, Hydro Nepal, Issue No.12, pp.59~65, January 2013
- 3) Central Bureau of Statistics, Government of Nepal: Environmental Statistics of Nepal, 2019, Table 2.1.2
- 4) Dhakal S.: Flood hazard in Nepal and new approach of risk reduction, International Journal of Land slide and Environment, Vol.1, No.1, pp.13~14, Oct. 2013
- 5) 例えば、末次忠司・館健一郎・小林裕明：防災樹林帯による氾濫流制御に関する研究, 水工学論文集, 第 2 巻, pp. 805~810, 1998
- 6) ADB: Preparation of priority river basins flood risk management project, Nepal, Feasibility report, Mawa-Ratuwa Basin, 2018
- 7) 国際協力事業団：インドネシア共和国スメル火山砂防・水資源保全計画調査報告書, 1984