

スリランカにおけるスマトラ沖大津波の河川遡上とそれに伴う土砂輸送・橋梁被害に関する考察

北海道開発土木研究所
北海道大学大学院
大成建設技術研究所

○安田 浩保・渡邊 康玄・三田村 浩
長谷川 和義
Bandara Nawarathna

1. はじめに

2004年12月末のスマトラ沖の大地震に伴い、場所によっては波高が30mを超える巨大な津波が発生した。インド洋に面する各国では海岸線と河道に沿って津波の遡上が生じ、自然災害史上最悪の人的被害が発生させるとともに、住居、河川構造物、道路、橋梁などの社会基盤に甚大な被害を与えた。

本文では、津波の河川遡上とこれのみを外力とした橋梁や堤防などの河川構造物の被災が発生したスリランカの東部海岸地域に河口を有する河川を対象とした現地調査の結果を報告する。調査対象とした河川は、図-1中に示した Yan Oya, Mahaweli Ganga である。ここで、Oya は雨期のみ流路が出現する河川、Ganga は年間を通して流れを有する河川をそれぞれ意味する。なお、スリランカ東部海岸は潮流が強く漂砂が顕著なため、複数のラグーンが形成されて点在し、河口は砂嘴が発達していることが多く、河口近傍の水深は極端に浅いなど我が国の河川の下流域とは状態が大きく異なる。

2. 津波の河川遡上調査

(1) Yan Oya

スリランカの東部海岸に河口を有する河川は、海岸沿いのラグーンを経由して海に接続するものがほとんどで、単純な河口形状を呈する河川は非常に少ない。Yan Oya は、図-2に示したように比較的単純な形状の河口を有する数少ない河川のひとつである。

図-2中にaで示した河口に位置する Kallarawa 村には、中折れしたヤシが数多く見られ、これらから判断される津波痕跡と住民からの聞き取りの結果、この海岸一帯における津波の最大水深はおよそ7m程度にまで達していたことが明らかになった。その一方で、河口部の河岸において植生の倒伏や土砂の堆積・洗掘などの痕跡は認められるものの、その規模は海岸沿いのそれに比して顕著なものではなかった。これは、海岸線沿いは障害物を何も有さないのに対し、河口部は発達した砂嘴が障害物となるため、津波は河道へ侵入したものの、その強力なエネルギーを維持したまま河道を遡上することが出来なかったためと考えられる。

図-2中にbで示した河口から3.5kmの地点に位置する村での聞き取りの結果、この地点における津波の侵入に伴う河川の水位上昇は最大で0.5m程度、河床が4m程度上昇したとのことである。河口からこの地点までの河岸にはマングローブが密生しており、これと河

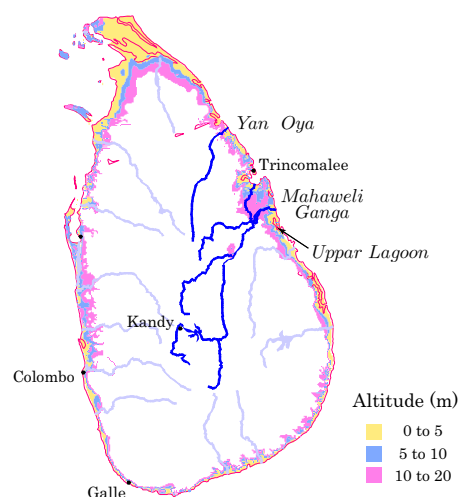


図-1 スリランカの主要河川と沿岸域の標高（立体文字は主たる都市名、斜体文字は調査対象とした2つの河川を示す。）

口形状とが相俟って津波の伝播が抑制されたものと推測される。

(2) Mahaweli Ganga

Mahaweli Ganga はスリランカで最大の流域面積を誇る河川で、Trincomalee 湾とインド洋に面する2つの河口を有している。今回の調査では、2つの河口のうち図-3に示した Yan Oya と同様に比較的単純な形状をしたインド洋に面する Mudduchchenal 村の近くのものを対象とした。

河口付近には図-3中のa、bで示した一帯に Mudduchchenal 村が存在していたが、今回の津波の来襲で完全に破壊され、現在は無人となっている。同図中にaで示した海岸線に沿ったヤシの樹林帯における津波の最大水深はヤシの屈曲状態から10～12m程度、同図中にbで示した村内の街路樹に沿った地点での平均的な水深は家屋の倒壊状況とヤシの幼木の屈曲状態から3～4mに達していたものと考えられる。一方で、同図中にcで示した河道に沿った陸域の最大水深は住居に残された痕跡から2m程度であり、両者には大きな相違が見られた。この理由は、村内では街路樹や構造物の影響で津波氾濫流の水深が上昇したのに対し、河道沿いの地点では村内と比べ津波の流れを遮る障害物が相対的に少なかったためであると考えられる。

同図中のc付近の河岸において津波の遡上による土砂移動を調査した。その結果、河道近傍では戻り流れにより発生したと考えられる洗掘、河岸より50m内陸

Key Words: 河川, 遡上, 津波, 土砂輸送, 橋梁

〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目 TEL 011-841-1639

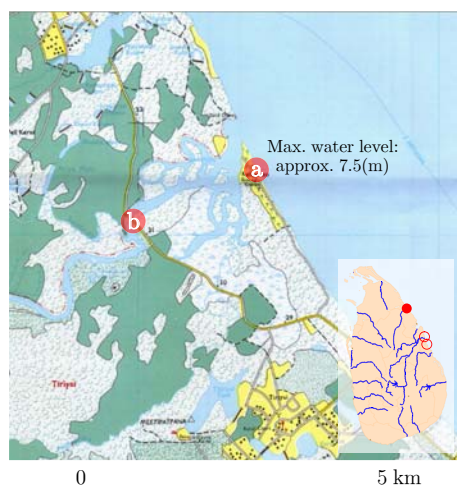


図-2 Yan Oya の河口域（図中の a から b 地点までは直線距離でおよそ 3.5km. この区間の河岸にはマングロープが密生しており、河道に浸入した津波のエネルギーの逸散に大きく寄与した可能性が高い。）

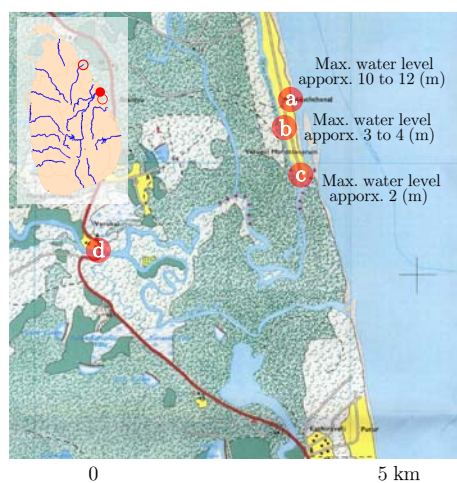


図-3 Mahaweli Ganga の河口域（図中の b, c 地点での最大水深痕跡はそれぞれ 4m 程度, 2m 程度であった。両地点での差異の原因は流れの障害物の存在密度の違いであると推測される。c から d 地点までの直線距離はおよそ 3.2km.）

側では 0.3m 程度の土砂堆積が見られた。ただし、両者ともに終局状態であり、その形成過程は不明である。

(3) 小規模水路への集水現象

今回の調査対象領域のうち、最大水深が 5m 以上に達するような津波の規模が大きかった地域では、地形形成学の観点において非常に興味深い次のような現象が見られた。断面幅が 1m 程度の海岸に流出する小規模水路において、津波来襲後にはその断面幅が 30m 以上にまで大幅に拡張されている箇所がいくつか見られた。しかも、この拡張は河口から数 100m にわたり発生していた。その一例が写真-1 である。

このような水路幅の拡張は、地元民の証言によると、津波の溯上時に発生したものではなく、遡下時に周囲と比べて標高が若干低いこのような小規模水路へ氾濫水が集水して水路幅の拡張が生じたとのことであった。著者らは現在のところ、これを適当に説明するだけの知見を持ち得ていない。これらは小規模な地形起伏への流水の集中現象であり、今後はその発生機構の



写真-1 津波の遡下時に大きく断面幅が拡張された水路

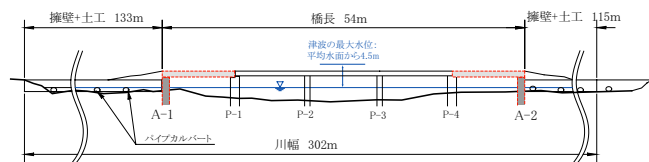


図-4 被災した Uppar ラグーンの道路橋の構造図（まず濃灰色で着色した A-1, 2 が流失し、つぎにこれらに追従するように明灰色で着色した床板が橋台から落下したものと推測される。Mahaweli 河口から南におよそ 18km の地点。）

解明を試みたいと考えている。

3. 橋梁被災とその周囲の津波痕跡

今回の調査対象地域において橋梁が完全に流失した被災事例を目撃することはなかった。目撃した橋梁被害はそのほとんどが橋梁と道路との土で作られた接合部分の流失、それに伴う床板の破損であった。

その一例として、Mahaweli 河口から南に 18km の地点に位置する Uppar ラグーン道路橋の被災状況を図-4 に示した。この地点では、平均海面から最大で約 4.5m の水位上昇が発生し、この時床板は 1.3m 程度冠水した。ラグーンへの津波の浸入に伴い、まず濃灰色で着色した A-1, 2 が流失し、これらに追従するように明灰色で着色した床板が橋台から落下したものと推測される。一方、この橋梁周辺の河岸は、大規模な洗掘やそこに密生する植生の流失などの橋梁被災から類推されるような顕著な痕跡は見られなかった。

これらの状況だけから来襲した津波の特性について正確に推測することは困難であるが、最高水位に達するまでの水位の時間変化量は比較的緩やかで、しかも最高水位に近い水位が数 10 分程度継続していたのではないかと考えられる。

4. まとめ

調査対象領域では数多くの興味深い現象が発生しており、これらはその発生機構の解明が待たれているものが少なくない。今回の調査から、津波の河川溯上とそれに伴う土砂移動に関しては次のことが言える。河道内に浸入した津波を理解するためには、河口地形、沿岸での津波挙動（沿岸地形）、河岸被覆を把握することが重要である。また、津波浸入に伴う河床変動や土砂移動は、押し波時に数 10cm 規模の堆積が生じ、引き波時にその堆積物はほとんどが流されてしまう。

謝辞： この調査研究は、文部科学省科学技術振興調整費による援助を一部受けている。また、調査を実施するにあたり、JICA 東京およびスリランカ事務所の方々に多くの便宜を図って頂いた。ここに記して謝意を表します。