

## 東日本大震災における津波の河川遡上と越流による被害

### Report on Damage Situations by Tsunami Propagation in River Channels and its Overtopping from Embankment in Great East Japan Earthquake

田中規夫\*, 八木澤順治\*, 安田智史\*\*

Norio TANAKA, Junji YAGISAWA and Satoshi YASUDA

The tsunami caused by the Great Japan Earthquake at 14:46 JST on 11 March 2011, with a magnitude of 9.0 and epicenter 129 km east of Sendai, broke most of the sea embankment and coastal vegetation belt and caused catastrophic damage to people and buildings in the Tohoku and Kanto districts of Japan. A field survey was conducted to elucidate the damage situation of residential region by tsunami propagation in river channels and its overtopping from embankment.

Abukumagawa River, Nanakita River and Old Kitakamigawa River located on Miyagi prefecture were selected for field investigation. In Abukumagawa River and Old Kitakamigawa River, overtopping flow from embankment occurred mainly at the outer-bank side of meandering section. Severe erosion was occurred on levee slope and neighboring houses were washed out by the scouring due to the overtopping flow. The hinterlands of coast and river had tsunami from two directions, coast and river, and the damage situation including the evacuation action for people became complex. Therefore, it is necessary to elucidate the location where tsunami is easy to be overtopped for different tsunami conditions.

**Keywords: tsunami propagation in river channels, overtopping flow, meandering of river channel, Great East Japan Earthquake**

#### 1. 東日本大震災による津波被害

2011年3月11日に仙台から129km東の沖で発生したマグニチュード9.0の大地震は巨大な津波を引き起こし、海岸付地域に設置された多くの構造物(防潮堤や海岸堤防)を破壊した。同時に東北・北関東の沿岸部に住む人々に大きな被害を及ぼした。この地震および津波の情報については高橋ら<sup>1)</sup>が迅速に報告している。

今回の大地震による津波では、その規模ゆえ沿岸部のみならず、河川を遡上した津波が内陸まで入り込んだのちに堤防を越流することで、海岸堤防を乗り越えた津波による被害はそれほど大きくなかった地域においても、大きな被害(家屋の流失や局所的な地盤の洗掘)が見られた。本報告では、上記のような被害がみられた宮城県内に位置する3河川の被害の状況と今後の対策について述べる。

\*埼玉大学 工学部 建設工学科

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Saitama University, 255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570, Japan

e-mail: tanaka01@mail.saitama-u.ac.jp

(原稿受付日:平成23年6月30日)

#### 2. 調査地点および調査方法

津波の河川遡上および氾濫による堤内地側の被害調査は、2011年4-5月に宮城県に位置する3河川(阿武隈

川, 七北田川, 旧北上川)を対象に実施した。Figure 1に各河川の主な調査ポイントを示す。各河川において、河口部および海岸付近の被災状況, 河川断面内における津波遡上の痕跡, 河川堤防付近の構造物の破壊状況から判断される津波時の流向, 堤内地側の痕跡水深, について調査を実施した。

### 3.調査結果

#### 3.1 津波の河川遡上と河川蛇行部における越流による被害

阿武隈川の地点 5-1(Figure 1(a))では, 海岸堤防が破堤され, 直後に落堀が形成されていた。また, この付近での津波の痕跡水深は樹木についた打撃痕より 5.5 mであることを確認している。地点 5-2では, Figure 2(a)に示すように越水していたことをフェンスのごみから確認し, 越流水深は 1.0mであった。その下流部では, 津波の直撃により海岸堤防が破堤していた (Figure 2(b))。一方, 川側から堤内地側への越水については, 地点 5-4では激しく, 地点 5-5,5-6では相対的には弱くなっていた。しかし, 河川外岸側に位置する地点 5-7では, 川側から堤内地側への越流が激しく生じたことが, 堤防の侵食状況から判断できる (Figure 2(c))。この付近では, 家の破壊も地点 5-6より激しかった (Figure 2(d))。また, このあたりから, 堤防沿いの道路が高くなっており, 道路と家屋の地盤に落差があった。そのため, 越流が直接民家にあたった箇所では, 家屋周辺の落堀と, 家屋周辺の局所流による洗掘とが複合した現象が生じ, 家屋を流失させていた。

七北田川では, 阿武隈川のように河川蛇行部外岸側での激しい越流は見られなかったものの, 堤防周辺の構造物の破壊状況から河川側からの越流が生じていることが確認された。海岸近傍での被災所況として, 左岸部の地点 1-1(Figure1(b))では, 海岸堤防が破堤し (Figure 3(a)), 津波が内陸を遡上した。この津波は家屋を流失させ, 潮害防備林として並んでいた樹木を倒伏させた (Figure 3(b))。また, 河口部周辺において, 蒲生排水機場から連なる水路に流れが集中し, 堤防が



Figure 1 Map of investigation sites around each river (a) Abukumagawa River, (b) Nanakita River, (c) Old-Kitakamigawa River, (this map was given from Yahoo map)

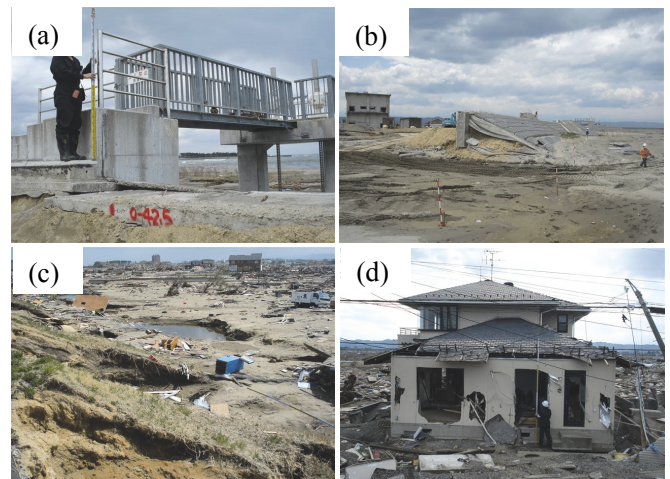


Figure 2 Damage situations in Abukumagawa River (a) tsunami water mark on levee at point 5-2, (b) broken sea embankment at point 5-2, (c) scour around levee slope at point 5-7, (d) broken house due to overtopping flow at point 5-7

破堤した。また, 排水機場は津波痕跡から判断すると, 約 5m 浸水しており, 周辺水路も含めその機能は完全に破壊された。地点 1-6では Figure 3(c), (d)が示すように, 天端フェンスに引っかかった草の向きや, 川裏側のフェンスの倒れ方および川裏側法面の草の倒れ方から, 堤外地(川側)から堤内地への越流があったと判断した。また, Figure 3(c)より越流水深は 0.5m程度であったと推定した。旧北上川では, 無堤区間を容易に越流したことに加え, 阿武隈川と同様, 河川蛇行部外岸側での越流が確認された。地点 4-1付近は築堤区間

ではなく、河川側から堤内地側へ容易に越水し、津波浸水深は 2.1m であった。地点 4-2 付近では、中洲付近で船が乗り上げ、また中州にかかる橋梁に堆積物が引っかかっていた (Figure 4(a), (b))。この地域において河川右岸から堤内地への越流は激しかったものと推定される。この地点周辺における浸水深は建物に残る津波痕跡より約 3.9m である。また、上流側の地点 4-6 では、河川蛇行部外岸側に位置しており、川裏側法面における侵食痕 (Figure 4(c))、および法尻部における落堀の形成 (Figure 4(d)) から河川側から堤内地への越水があったと考えられる。堤防天端付近の樹木に付着した漂流物の高さから、約 2m の越水が確認された。なお、この対岸の右岸側 (内岸側) では越水していなかった。

### 3.2 海岸堤防を越えた津波と河川からの越流による複合被害

3.1 では河川堤防を越流した津波が氾濫した場合に堤防周辺で生じる被害について述べた。今回調査を実施した 3 河川では、その氾濫流と海岸堤防を越えて侵入した津波が 2 方向から襲うことで、被害が助長されていると推察される地域があった。その代表例として七北田川でみられた事例について以下で述べる。

七北田川の地点 1-7 では、堤内地の道路上フェンスに直撃した船の位置や、川裏側法面の侵食等から (それぞれ Figure 5(a), (b))、河川遡上津波が堤内地側に氾濫したと判断した。河道内樹木に付着した漂流物の高さは 5m であり、堤外側から測定した法尻から天端の長さは 4m であったので、約 1m の越水があったと推定される (それぞれ Figure 5(c), (d))。堤防周辺の堤内地の浸水深は約 3.6m であった。ただし、壊れた窓の向きは、河川のすぐ近傍を除けば、ほぼ、海岸からの津波の方向であった。堤防からの氾濫流は相対的に弱かったのに加え、Figure 5(e) に示すような水路により減勢され、水路近傍の家屋を破壊させなかった。そのため水路両端のフェンスは、堤内地を遡上した流れと、七北田川側からの越流により、互い違いに倒伏している (Figure 5(e))。河口部から約 2km 上流で河川を横断する高砂橋

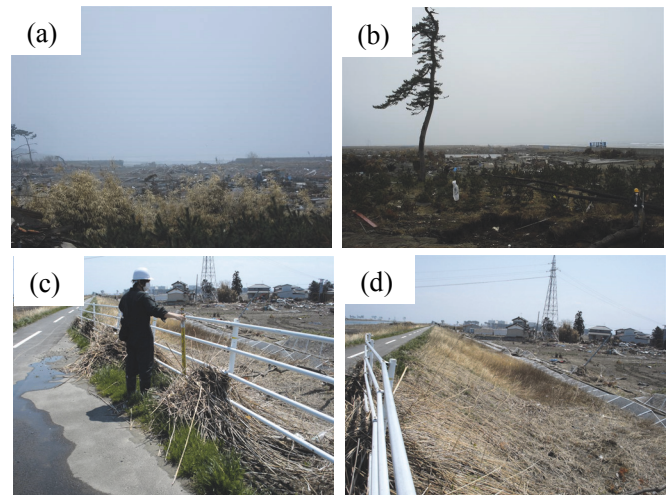


Figure 3 Damage situations in Nanakita River

(a) broken sea embankment at point 1-1, (b) washed out of coastal trees at point 1-1, (c) attached debris at fence on levee, (d) broken fence by overtopping flow

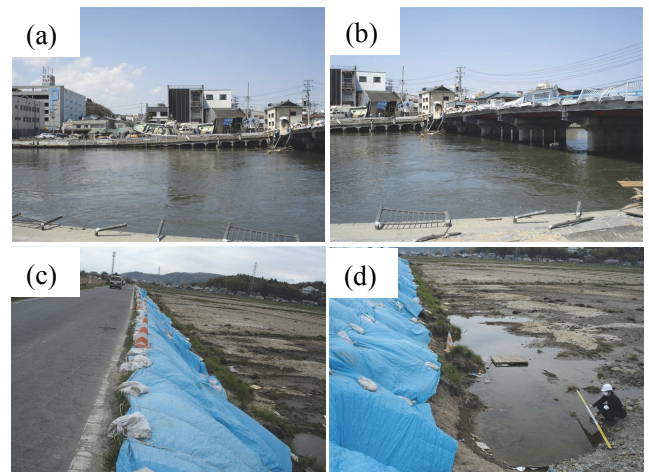


Figure 4 Damage situations in Old-Kitakamigawa River (a) drifted ship on the road at point 4-2, (b) attached debris on bridge at point 4-2, (c) scoured region on levee slope at point 4-6, (d) scoured region at down stream of levee slope (point 4-6)

は橋桁の下部に漂流物が付着していたため (Figure 5(f))、高砂橋の地点での河川遡上津波の高さは、橋桁の下部程度であると考えられる。堤防上の道路は、高砂橋の部分でややあがっており、橋の手前まで川側から堤内地側に氾濫していたと考えられる。

## 4. 今後に向けた対策

各調査河川で見られた被害状況を踏まえ、今後の対策について述べる。まず阿武隈川に関しては、海岸付



近では海岸堤防が破壊され、海岸からの津波の直撃を受けた付近の家は流失していた。海からの津波による被害が軽減された区域においては河川越流による被害を受けた。河川を遡上した津波は、河口付近では連続的に越水していた。そのため、河川沿いの家は越水による被害を受けていた。特に、直撃地点は破堤していた。破堤していなかった区間においては外岸側での越水が激しく、家を流失させていた。主に外岸側となる右岸側では 5-11 地点まで越水し、主に内岸側となる左岸側は 5-6 地点までしか越水しておらず、しかも左岸側の越水は右岸に比べて弱かったことが確認された。川沿いの法尻に道路舗装があった箇所では家の被害は軽微であったものの、道路高さと家の高さが異なる地点（道路が小段付近）では道路を過ぎた越水が家の基礎周辺を洗掘し、家そのものを流失させていた。河川沿いに幅広の堤脚道路を整備し、家屋を河川から離れた位置にしていくことで、こうした越水による被害を軽減できるよう、今後検討していくことが望ましい。津波の進入箇所について、津波規模と河川の堤防高さ・河川の法線形状との関係を今後検討していく必要がある。

七北田川左岸側では堤内地を遡上した津波が河川に越水し、河川側に落堀を形成していた。越水した箇所は堤防が侵食されていたが、特に大規模構造物（小学校校舎）のあった箇所では迂回流が他の箇所よりも激しく堤防を損傷していた。右岸側では、遡上した津波は堤防を破堤させ、また上流側でもあふれ、海岸から侵入した津波とともに、ある地域の住民を 2 方向から襲った可能性がある。ハザードマップは浸水深などの情報は得られるものの、津波の進入方向についての情報が得られないため、今後改善する必要がある。河口付近の堤防は、津波の破壊力や越流に対しては脆弱であると考えられるため、堤防の高さだけでなく厚みについて今後検討していくことが望ましい。

旧北上川においては、河川を遡上した津波（海岸から進入し、陸上を遡上する津波よりも速い）が、中州付近で越水し、流域住民を 2 方向から襲った。また、北上運河の堤防は海から侵入した津波に対して、阻害

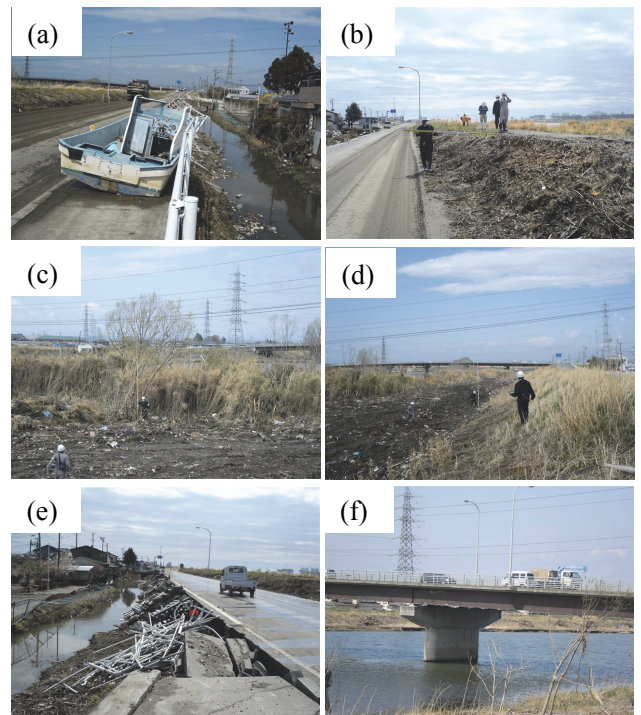


Figure 5 Damage situations around levee of Nanakita River (a) drifted ship on the road at point 1-7, (b) scour around levee slope at point 1-7, (c) attached debris on trees in river section at near point 1-7, (d) trace water depth on levee at near point 1-7, (e) damage situations of fences around levee at point 1-7, (f) attached debris on bridge at point 1-7

線としての機能を発揮していたが、運河を遡上した津波は堤防の低い箇所で溢れた。河川の堤防高さが不足している場合や、都市内に水路網がある場合、津波の進入経路は複雑になり、流域住民を複数方向から襲う可能性がある。そのため、その進入経路が複雑になるという情報を今後のハザードマップなどに盛り込んでいく必要がある。また、上流 4-6 地点では特に、河川外岸部で津波が溢れていた。遡上津波の溢れやすい箇所についての情報を整理し、公開していくことが必要である。

## 参考文献

高橋重雄 他 33 名, 2011 年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報, 港湾空港技術研究所資料, No.1231, 2011.