

阿武隈川・鳴瀬川・北上川の被害

株式会社エイト日本技術開発

保全・耐震・防災事業部

東京支社 保全・耐震・防災部

土谷基大・岩田克司・藤本哲生

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に東北地方太平洋沖地震 (Mw=9.0) が発生し、宮城県栗原市築館で最大震度 7 が観測されるとともに、東北地方を中心に北海道から九州地方まで震度 6 弱～震度 1 が観測された¹⁾。また、東北地方の太平洋沿岸部で広範囲にわたり津波により甚大な被害が生じた。

本稿は、図 1 に示すように、東北地方太平洋沖地震により緊急復旧を要する被害を生じた阿武隈川、鳴瀬川、北上川(いずれも 1 級河川)の河川堤防を中心に被害調査を実施し、その結果をまとめたものである。さらに、鳴瀬川の河川堤防については、2003 年宮城県北部地震においても甚大な被害が発生しているため、地盤条件や地震動条件等に着目し、今回の被害との比較考察を行った。

(1) 調査概要

被害調査は目視により行い、2 班(A 班、B 班)に別れて実施した。

【A 班】

調査期間：2011 年 4 月 24 日～26 日(3 日間)

調査員：岩田克司、佐々木秀典、土谷基大、毛利龍司、片根弘人

対象河川：阿武隈川(下流域)、鳴瀬川(下流域)

【B 班】

調査期間：2011 年 4 月 23 日～25 日(3 日間)

調査員：尾儀一郎、黒田修一、藤本哲生

対象河川：北上川(下流域)

(2) 河川堤防被害の概要

今回の地震で、阿武隈川では 57 箇所(内、堤防の緊急復旧箇所 7 箇所)³⁾、鳴瀬川では 156 箇所(内、堤防の緊急復旧箇所 7 箇所)⁴⁾、北上川では、204 箇所(内、堤防の緊急復旧箇所 3 箇所)⁴⁾において堤防に被害が発生している。図 1 には、各河川で緊急復旧が実施された箇所を示している。

2. 津波被害

(1) 阿武隈川河口部

図 2 に阿武隈川河口周辺部における津波浸水域⁵⁾を示す。浸水域は、海岸線より概ね 3km 内陸まで及んでいる。



図 1 調査および河川堤防被害位置²⁾³⁾⁴⁾

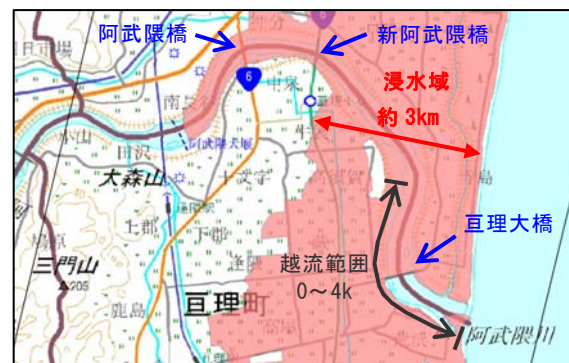


図 2 浸水範囲(阿武隈川河口部)⁵⁾



写真 1 堤防法面の流出

写真 1 に河口付近(亘理大橋の右岸側上流部)における堤防被災状況を示す。本地点では、堤防の堤内側法面が流出・崩壊し、周辺田畑に海水が残存していた。これは、河川を遡上した津波が堤防を越流したことによるものと推測される。ただし、図 2 に示す河口部から 4km の範囲より上流側の堤防では、このような被災形態は見られず、津波が越流した範囲は 0～4km の範囲であったと考えられる。

(2) 鳴瀬川河口部

図 3 に鳴瀬川河口周辺部の津波浸水域⁵⁾を示す。津波が河口より 4～5km 程度遡上し、内陸についても海岸線から 4～5km 程度の範囲まで浸水域が



図 3 津波浸水範囲(鳴瀬川河口部)⁵⁾



写真 2 国道 45 号南側の区域



写真 3 国道 45 号北側の区域

及んでいる。

写真 2 に国道 45 号南側の区域の状況を示す。この区域では、写真に示すように、海岸線から約 2km 離れた JR 仙石線高架橋位置まで漁船が流される等、一帯に瓦礫が運ばれており、津波による海水が未だ残存していた。

一方、写真 3 に国道 45 号北側の区域を示す。この区域では浸水はあったようであるが、道路盛土の存在により、津波による甚大な被害は免れている状況であった。

(3) 北上川河口部

図 4 に北上川河口周辺部の津波浸水域⁵⁾を示す。津波が河口より 12km 程度遡上している。

写真 4 に左岸-0.8k 地点の状況を示す。本地点では、津波により堤防が決壊しており、調査実施時点(2011.4.24 時点)では逆 T 式擁壁および大型土のうにより仮復旧が行われていた。ただし、写真に示すように、仮復旧された堤防が余震により再度被災していた。

写真 5 に左岸 10k 付近の状況を示す。この地点まで津波が到達しており、川表側(堤外側)の法尻部に設置されていた蛇籠が流出していた。また、瓦礫もこの付近まで達していた。



図 4 浸水範囲(北上川河口部)⁵⁾



写真 4 仮復旧された堤防の被害



写真5 堤防法尻部(堤外側)の被災状況

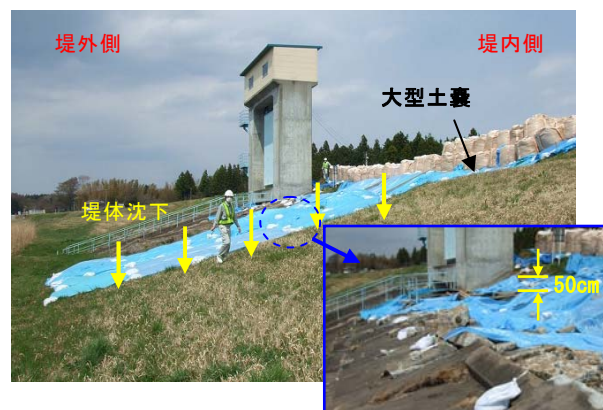


写真8 樋門周辺の護岸被害

3. 地震被害

(1) 阿武隈川下流域

写真6～写真8に阿武隈川右岸 22.0k 付近における被害状況を示す。本地点は、震災直後に緊急復旧箇所として指定⁶⁾されており、調査実施時点(2011.4.26 時点)では、鋼矢板二重締切りによる仮堤設置によって応急復旧が実施されていたため(写真6)、詳細な被害状況は現地では確認できなかった。写真7は震災直後の状況⁶⁾であるが、堤体にすべり破壊が生じたというよりは、全体的に堤体が潰れた(沈下・流動した)ような破壊形態であ



写真6 鋼矢板二重締切りによる仮堤



写真7 震災直後の被災状況⁶⁾

る。この破壊形態から、本被害は堤体直下の基礎地盤の液状化が原因である可能性が高いと考えられる。

また、本地点から 200m 程度上流側に樋門(1970 年竣工、基礎は建設年代から杭基礎構造であると推定される)がある(写真8)。ここでも地盤の液状化に伴うものと見られるが、堤体が沈下し(門柱基部で約 50cm 沈下)、護岸ブロックが損傷していた。樋門については、目視可能な範囲で門柱・操作台を調査したが、特に変状はなかった。

ただし、本地点でも堤体直下の基礎地盤が液状化している可能性が高いため、函体の目地開きや函体底板下の空洞化(杭基礎構造の場合)が発生している可能性があり、今後、詳細な調査が必要である。

(2) 鳴瀬川下流域

写真9～写真11に鳴瀬川左岸 11.1k における被害状況を示す。堤防天端において 40cm 程度の段差(滑落跡)、堤内側の法面では堤体縦断方向に開口亀裂(開口幅約 20cm)が複数箇所に確認された。堤防法尻部では、堤体が孕み出し、柵が道路方向に押し出されていた。

本地点では、法面に噴砂跡が確認できたため、



写真9 堤防天端の被害

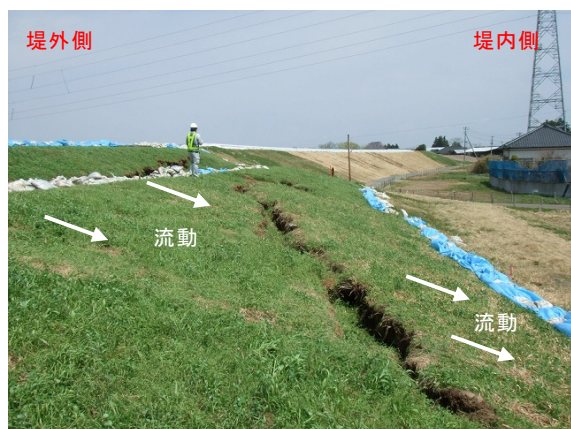


写真 10 堤防法面の被害

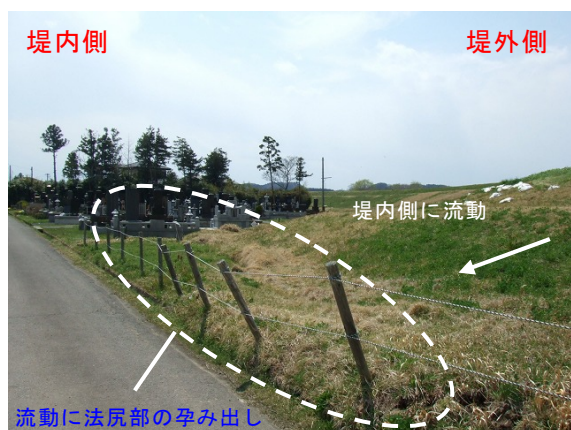


写真 11 堤防法尻の被害

堤体直下地盤が液状化したものと考えられる。これにより、液状化した地盤が地盤高の低い堤内側へ側方流動し、このような被害に至ったものと推察される。

(3) 北上川下流域

写真 12 に北上川 26.5k 付近の状況を示す。調査前日(2011.4.23)の大雨(近傍の米山雨量観測所の24 時間雨量: 28mm)¹⁾で河川水位が上昇し、一部の高水敷で冠水している箇所があった。

本地点の周辺の堤防で確認された変状は、堤防天端に縦断方向の軽微な亀裂がある程度であり、噴砂跡は確認できなかったが、地震動により基礎



写真 12 高水敷の冠水状況

地盤(もしくは堤体)が液状化し側方流動を生じた、あるいは、地震動により基礎地盤(もしくは堤体)の剛性が低下し、沈下を生じたものと推察される。

4. 2003 年宮城県北部地震との被災状況の比較

2003 年 7 月 26 日に宮城県北部地震(Mj=6.2)が発生し、宮城県の矢本町矢本、宮城南郷町木間塚、鳴瀬町小野において最大震度 6 強が観測された¹⁾。本地震では、今回の地震(2011 年東北地方太平洋沖地震)と同様に鳴瀬川河川堤防に甚大な被害(被災箇所 70 箇所⁷⁾、内、緊急復旧箇所 13 箇所⁸⁾)が発生している。これらの堤防被害の要因は、今回の地震と同様に、基礎地盤もしくは、堤体の液状化によるものと指摘⁹⁾されている。

本章では、上記 2 地震によって甚大な被害が生じた鳴瀬川河川堤防を対象に、地盤条件および地震動条件に着目し、各地震動での被害状況を比較することで被災要因に対する考察を行った。

(1) 微地形分類

図 5 に微地形分類図(250m メッシュ)¹⁰⁾を示す。図中には、宮城県北部ならびに東北地方太平洋沖地震において甚大な被害が生じた堤防の被災箇所(緊急復旧箇所)を併記している。

河口から概ね 10k の地点で山地から平野(後背湿地)へと地形が大きく変化し、鳴瀬川周辺では自然堤防が分布している。そして、両地震動での堤防被害は、一般に液状化し易いとされるこの自然堤防部に集中している。

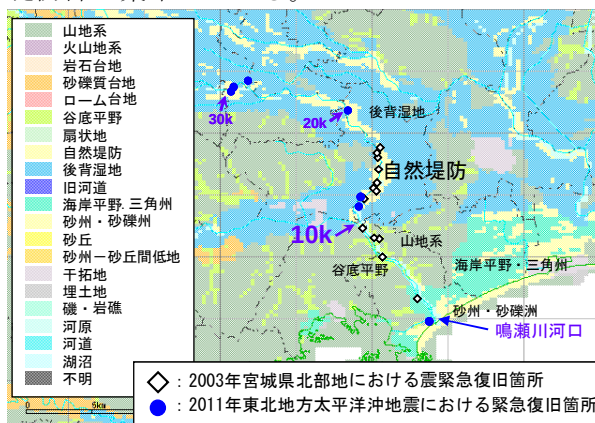
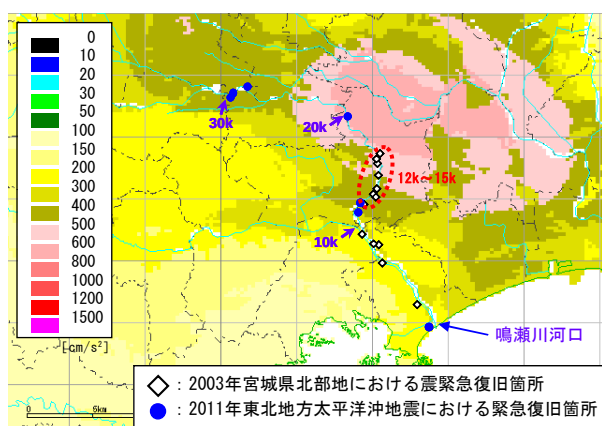


図 5 微地形分類(250m メッシュ)¹⁰⁾

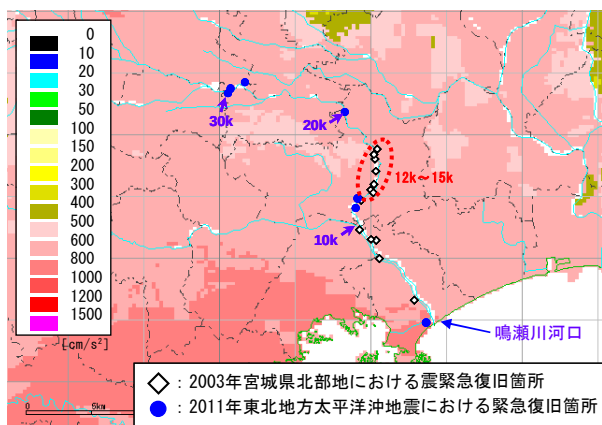
(2) 地表面最大加速度

図 6 に両地震動における本震の地表面最大加速度分布図(5HzPGA:5Hz 以上の周波数領域をカットした地表面波形の最大加速度)¹¹⁾を示す。本図についても両地震動における被災箇所を併記している。

宮城県北部地震では、河口部より 20k 付近で最大 800 cm/s²(図 6(a))となり、被災の集中する 5k



(a) 2003 年宮城県北部地震



(b) 2011 年東北地方太平洋沖地震

図 6 地表面最大加速度の比較¹¹⁾

～15k では 300～600 cm/s^2 (図-4.2(b)) で分布している。

一方、東北地方太平洋沖地震では、河口部から 30k 超まで 800cm/s^2 で一様に分布しており、最大加速度としては、本地震の方が宮城県北部地震に比べ 1.3～2.7 倍程度大きい。

ただし、被災箇所としては、東北地方太平洋沖地震の方が少なくなっている。

(3) 堤防の耐震対策の効果について

図 6 に示すように、地表面最大加速度としては、東北地方太平洋沖地震の方が宮城県北部地震よりも大きくなっているが、被害箇所数としては東北



写真 13 鳴瀬川右岸 13.1k 地点の状況

地方太平洋沖地震の方が少ない。特に、宮城県北部地震において被災が集中した 12k～15k 区間では、被災箇所が大幅に減少している。

写真 13 は今回の調査で撮影した右岸 13.1k 地点 (宮城県北部地震における緊急復旧箇所) の状況を示す。このように、12k～15k 区間では今回の地震では大きな被害が生じていなかった。

宮城県北部地震では、緊急復旧箇所 13 箇所の中でも特に被災程度の大きかった 12k～15k 区間の被災箇所 (左岸 12.2k～12.5k、左岸 12.7k～13.5k、右岸 13.0k～13.5k、右岸 14.7k～15.0k の計 4 箇所) については、本復旧時に全面的に旧堤防を撤去した後、再築堤している。さらに、図 7 に示すように、これらの復旧箇所は、旧堤防撤去に伴い、堤防直下の基礎地盤浅層部の地盤改良 (固結) を実施¹²⁾している。つまり、12k～15k 区間の堤防については、堤体および基礎地盤が強化復旧されているため、この対策効果により今回の地震被害を低減できたものと考えられる。

一方、30k 地点では、宮城県北部地震よりも大きな地震力が堤防に作用しており、12k～15k 区間のように堤防が強化されていないため、今回の地震により新たに被災が発生したものと考えられる。

なお、東北地方太平洋沖地震では河口部で被害が生じているが、これは津波により特殊堤が流出した箇所であり地震動によるものではない。

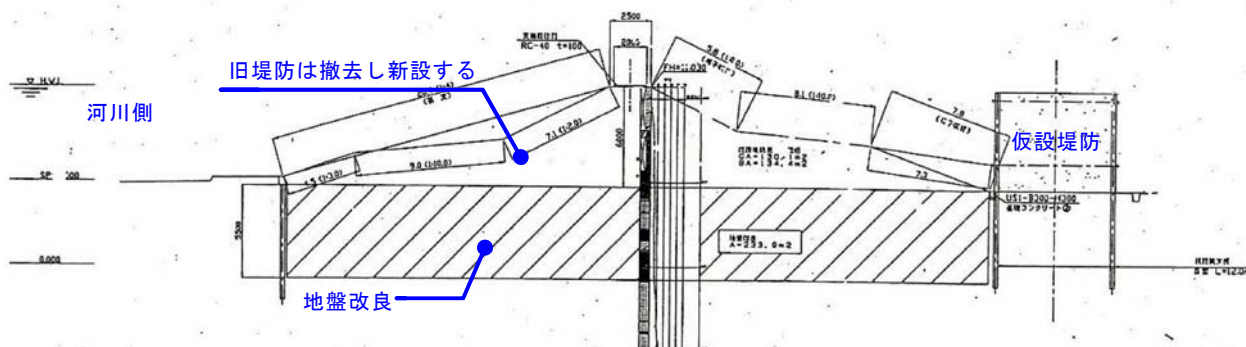


図 7 本復旧横断面図 (鳴瀬川左岸右岸 12.96k～13.194k)¹²⁾

5. まとめおよび今後の課題

(1) まとめ

本稿では阿武隈川、鳴瀬川および北上川における河川堤防の被害調査結果をまとめるとともに、鳴瀬川については 2003 年宮城県北部地震による被災との比較を行い、堤防の耐震対策工の効果について考察した。以下にこれらの結果をまとめる。

- [1] 各河川の河口部では、津波により甚大な被害が生じていた。ただし、一部区域で海岸線に平行して通る道路盛土が津波を遮断・抑制し、壊滅的な被害を免れている様子が見られた。
- [2] 各河川の下流域で発生した堤防被害の主要因は、堤体もしくは基礎地盤の液状化である可能性が高い。これは、従来言われてきた河川堤防の被害要因に関する見識と一致する。
- [3] 今回の地震における河川堤防の被害は、2003 年宮城県北部地震での被害と比較し、被災箇所(緊急復旧箇所)自体は減っている。これは、宮城県北部地震によって被災した箇所において堤防が強化復旧(堤防再構築、地盤改良)されていたことが要因であると考えられる。
- [4] 堤体材料や施工管理状況が不明な旧堤防を撤去し新たに築堤することや、基礎地盤を地盤改良することは、堤防の耐震対策として一定の効果があることが確認された。

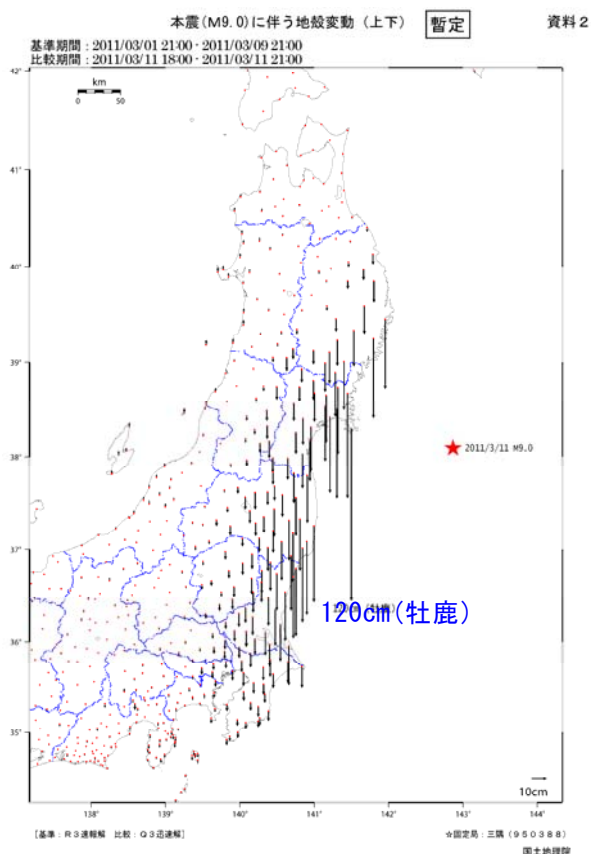


図8 地盤沈下調査結果⁵⁾

(2) 今後の課題

- [1] 堤防再構築や地盤改良による堤防の強化復旧は耐震対策として一定の効果が認められたことから、今回被災していない堤防区間に対しても耐震対策を積極的に実施する必要がある。
- [2] 余震活動が活発化しており、今後 M7 クラスの余震が発生する可能性が高い。このような地震が出水期と重なった場合には、更に被害が拡大する可能性がある。このため、ハード面での対策を進めるとともに、周辺住民に避難意識を高めるようなソフト面での対応が望まれる。
- [3] 今回の地震により広範囲にわたり地盤沈下が発生している(図8)⁴⁾ことに十分留意し、堤防整備にあたっては余裕高の再照査が必要である。

参考文献

- 1)気象庁ホームページ:<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 2)Google マップ:<http://maps.google.co.jp/>
- 3)国土交通省東北地方整備局 仙山河川国道事務所:平成 23 年(2011 年)東日本大震災 被災状況速報(河川・海岸編)第 12 報
- 4)国土交通省東北地方整備局 北上川下流河川事務所:地震被害情報(第 102 報),H23.5.27
- 5)国土地理院ホームページ: <http://www.gsi.go.jp/>
- 6)国土交通省東北地方整備局 河川部:東北地方太平洋沖地震における河川関係の被害及び復旧状況(第 2 報)～16 箇所緊急復旧を実施中～,H23.3.27
- 7)国土交通省東北地方整備局:宮城県北部を震源とする地震による東北管内情報について(第 27 報),H15.7.29
- 8)国土交通省東北地方整備局 北上川河川事務所:北上川河川事務所地震情報,H15.8.12
- 9)中山修,鈴木善友:宮城県北部地震における堤防の被災メカニズム,(財)国土技術研究センター JICE REPORT vol.7,2005.3
- 10)地震ハザードステーション J-SHIS:
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 11)(株)エイト日本技術開発:2011 年東北地方太平洋沖地震被害調査報告 地震と地震動,2011.6
- 12)国土交通省東北地方整備局北上川河川事務所ホームページ:平成 15 年 7 月 26 日宮城県北部を震源とする地震 鳴瀬川・北上川被害状況(http://www.thr.mlit.go.jp/karyuu/_update/whatsnew/h15/2003_7_26_jishin_sokuhou/index.htm)