

東北地方太平洋沖地震津波の作用を受けた 岩手県山田漁港・防潮堤の被害把握

Damage Detection of Seawalls subjected to the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami

庄司 学¹, ○高橋 和慎², 木原 直人³, 松山 昌史³
Gaku SHOJI¹, Kazunori TAKAHASHI², Naoto KIHARA³
and Masashi MATSUYAMA³

¹ 筑波大学 システム情報系

Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

² 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

³ (一財)電力中央研究所 地球工学研究所

Civil Engineering Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry

Satellite images of damaged seawalls due to tsunami waves during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake tsunami were analyzed to detect failure modes of seawalls with collecting the data of the drawings. Dependency of the damage ratios defined as the number of damaged seawall units divided by total number of exposed seawall units on associated inundation depths was clarified.

Keywords : the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake tsunami, satellite image, seawall, inundation depth, damage ratio

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震津波の際には、防潮堤等の海岸保全施設に流出や転倒等の甚大な構造被害が発生した¹⁾。この要因としては設計条件を超える津波外乱が作用したと推察されるため、防潮堤の被害及び無被害と津波作用の指標との関係を明らかにする必要がある。一例として、佐藤ら²⁾は福島県いわき市勿来海岸の海岸堤防の被害と浸水高との関係を明らかにしており、浅川ら³⁾は岩手県、宮城県及び福島県の海岸保全施設の被災パターンを分類した上でパターンごとの被害延長を算定し被災要因の傾向を分析している。八木ら^{4), 5)}は、漁港施設の津波痕跡高を現地調査で明らかにし、津波シミュレーションに基づく浸水高と比較することによって、観測された津波痕跡高の津波作用としての位置づけを論じている。このような豊富な研究事例があげられる一方で、Google Earth 画像等の空間情報と設計時の構造図面等の構造諸元に関する情報とを組み合わせる上で、防潮堤の被害及び無被害に係わる被害把握を試みた研究事例は少ない。

以上を踏まえ、本研究では、東北地方太平洋沖地震津波によりおよそ 2km 以上の広域にわたって被災した岩手県三陸南沿岸山田漁港の防潮堤を対象として取りあげ、その被害及び無被害の状況を Google Earth 画像及び構造図面を組み合わせることで詳細に把握した上で、防潮堤の被害率と津波作用の指標の 1 つである最大浸水深との関係を明らかにする。これにより、防潮堤の耐津波設計に際して必要となる津波外乱に関わる情報を提供することを目的とする。

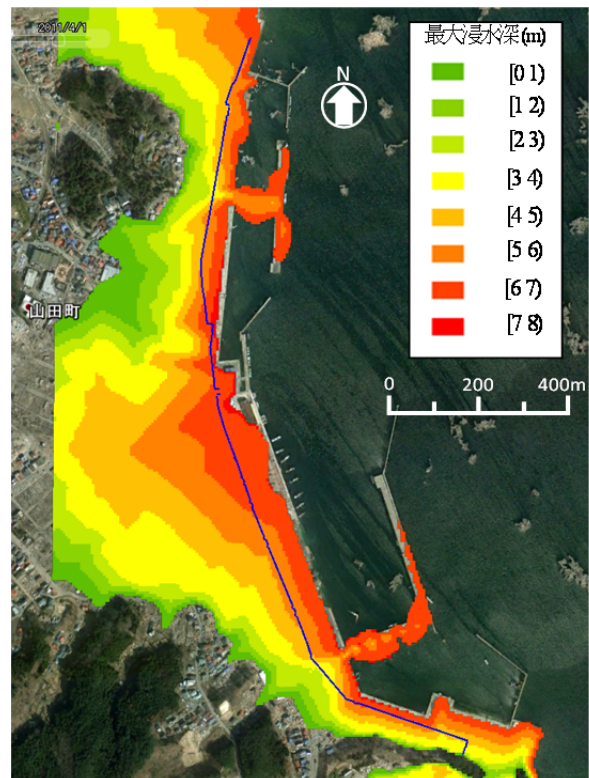


図1 分析対象とする防潮堤

2. 分析対象とする防潮堤及びその被害の特徴

本研究では、図 1 に示すような、岩手県三陸沿岸山田漁港海岸保全区域に存在する防潮堤を分析対象とする。後述する防潮堤のユニット番号と最大浸水深 ID_{max} との関係を図 2 に示す。

分析に当たって、詳細な構造被害の状況と 5.56m 格子間隔のきめ細やかな浸水深データを対応付けて被害率を論ずるという観点から、防潮堤を分割しユニットを定義した。その定義方法としては、山田漁港海岸保全区域台帳⁶⁾に記載がある場合はそれに従い、表記がない場合は構造の区切りとなる目地の長さを Google Earth 画像で測定し推定した。また、ユニットの両端の座標及び流出距離は Google Earth 画像で筆者らが目視により判読した。構造形式は、山田漁港海岸保全区域台帳⁶⁾より、(a) 矩形断面コンクリート擁壁部、(b) 台形断面重力式コンクリート、(c) テラス式の 3 種類に図 3 のように分類できる。

被害把握は、詳細な被害報告（独）水産総合研究センター⁷⁾、東京大学生産技術研究所・中埜研究室⁸⁾、岩手県⁹⁾、筆者らによる現地調査結果、及び、Google Earth 画像に基づき行った。その上で、防潮堤の被害状況を As から D までの 5 段階の被害ランクに分類し、図 4 のように同定した。被害ランクは、防潮堤の流出を As、転倒を A、堤体上部の脱落・流出を B、天端・付属物の流出を C、被害がないものを D とした。代表的な被害及び無被害の箇所を図 5 に示す。また、防潮堤から海岸線までの間の建築物の有無を Google Earth 画像から判断した。

防潮堤の被害の特徴としては、防潮堤と海岸線の間に建築物がない箇所において、建築物が存在する箇所と比べて被害が集中していることが明らかとなった。その理由としては、建築物によって逆に防潮堤に加わる津波波力が軽減されたためと推察される。具体的には、建築物のないユニット群 SW6-1~SW6-5, SW8-6~SW8-11, SW9-1, SW12-2, SW18-1~SW18-2, SW19-1~SW19-2, SW20-4~SW20-5 で流出や転倒の被害モードが生じている。

3. 被害分析

(1) 津波作用の指標

本研究では、最大浸水深 ID_{max} を防潮堤に対する津波作用の指標とする。なお、最大浸水深 ID_{max} には、中村、庄司¹⁰⁾による津波シミュレーションによって算出されたデータを活用する。

最大浸水深 ID_{max} のデータを GIS 上で 5.56m の格子と結合し、さらにユニット群のラインデータと空間結合することで、格子にまたがるユニットの最大浸水深 ID_{max} を推定した。なお、複数の格子にまたがるユニットに関しては、ユニットが最長となる格子の最大浸水深 ID_{max} を採用する。以上の過程を経て得られた最大浸水深 ID_{max} を図 1 及び図 2 に併せて示す。

(2) 最大浸水深 ID_{max} と被害率の関係

最大浸水深 ID_{max} とユニットの被害の有無の関係を図 6 に示す。最大浸水深 ID_{max} に対する被害及び無被害のユニット数を図 7(a) に示し、同様に、最大浸水深 ID_{max} に対するユニットの被害及び無被害の延長を図 8(a) に示す。ここで、防潮堤ユニット被害率 R_{du} 及び防潮堤延長被害率 R_{dl} [m/m] をそれぞれ以下のように定義した。防潮堤ユニット被害率 R_{du} に関しては、被害ユニット数 N_{du} を全ユニット数 N_u で除し、次式のように定めた。

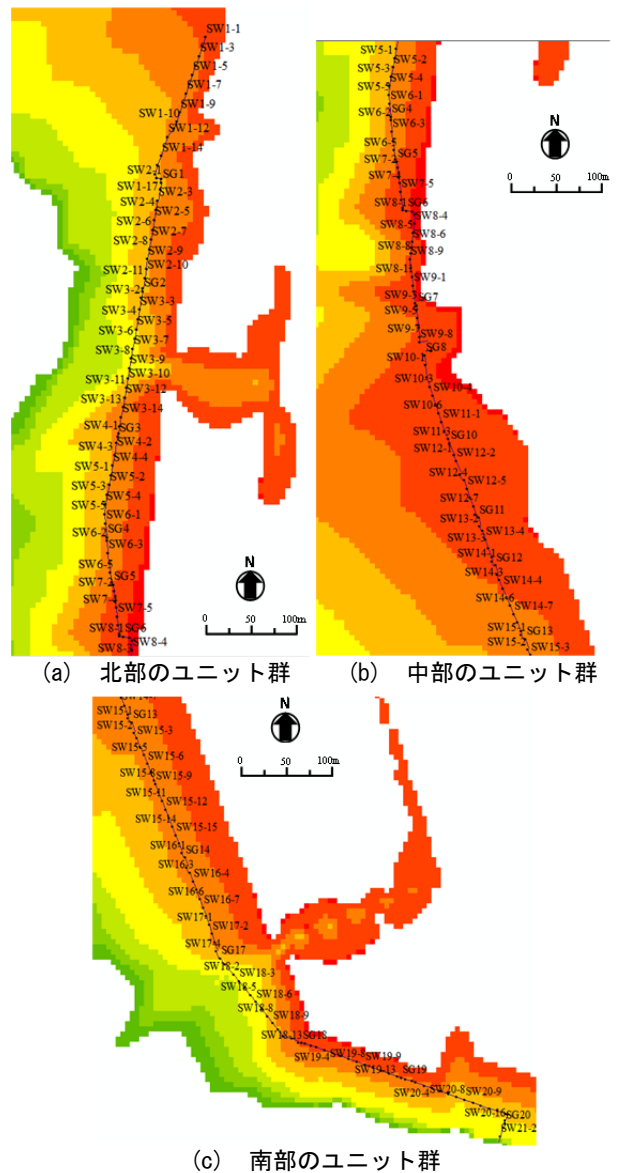


図 2 分析対象とする防潮堤と最大浸水深の分布（最大浸水深の凡例は図 1 と同様）

$$R_{du} = \frac{N_{du}}{N_u} \quad (1)$$

また、防潮堤延長被害率 R_{dl} に関しては、被害延長 L_{dl} [m] を全延長 L [m] で除し、次式のように定めた。

$$R_{dl} = \frac{L_{dl}}{L} \quad (2)$$

これらの式によって算出した被害率をそれぞれ図 7 (b)、図 8 (b) に併せて示す。

図 6 によれば、最大浸水深 ID_{max} が 3.06~3.16m において被害が生じているものの、5.05~6.97m において被害が集中していることがわかる。また、図 7 及び図 8 から、最大浸水深 ID_{max} が 5~6m で 15 個、6~7m で 18 個のユニットが被災しており、また、 ID_{max} が 5~6m で 156.8m、6~7m で 151.9m が被災していることから、被害が卓越した ID_{max} の分布がわかる。被害率の観点からは、 ID_{max} が 6~7m でのユニット数の被害率 R_{du} は 0.271、ユニットの

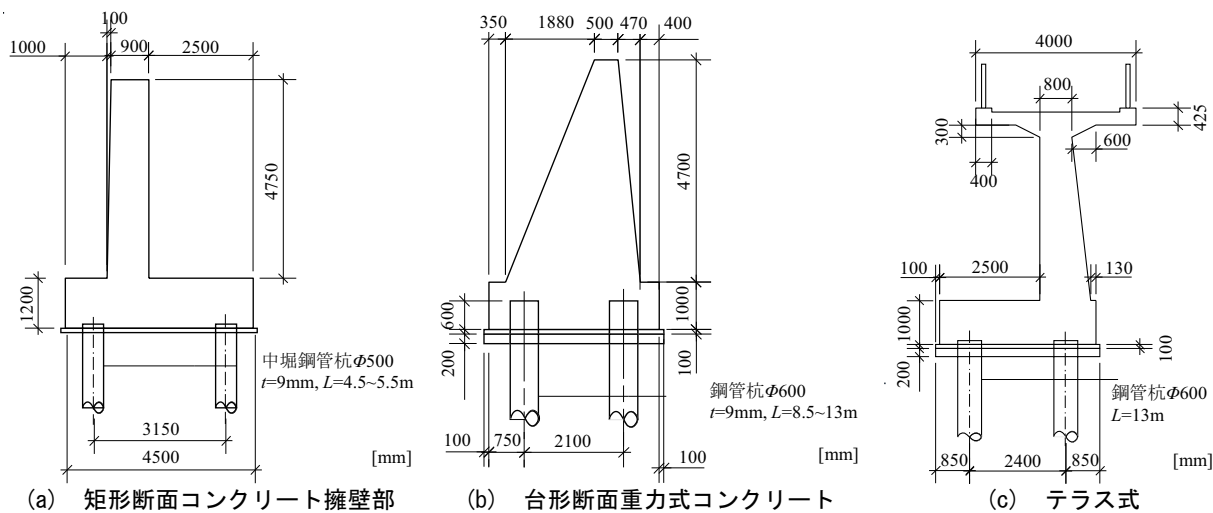


図3 分析対象とする防潮堤の構造形式



図4 分析対象とする防潮堤の被害及び無被害の詳細

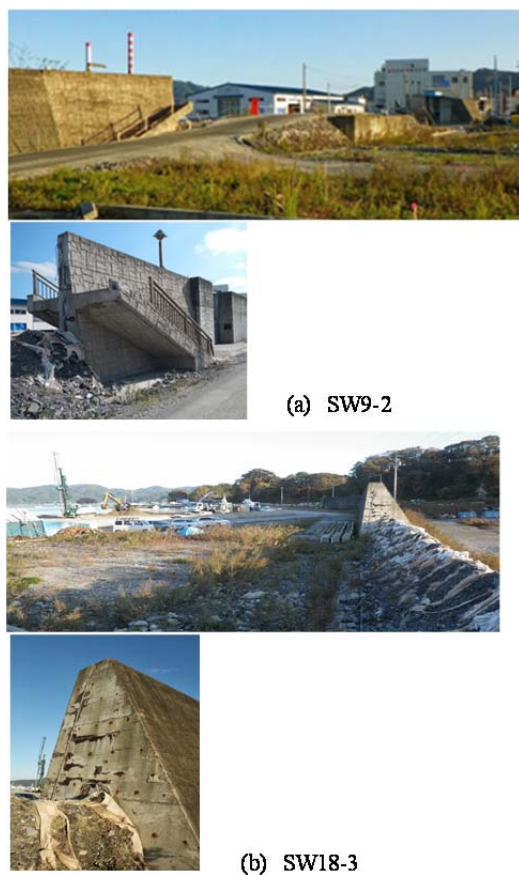


図5 被害及び無被害の防潮堤の状況

延長の被害率 R_{dl} は 0.268 となっており、両指標において最も高い値を示している。

以上のことから、最大浸水深 ID_{max} が 5.05~6.97m となり、防潮堤の高さを越流した ID_{max} の領域において、全ユニット数に対して 18.7%、ユニットの全延長に対して 19.7%の被害が集中していることが明らかとなった。

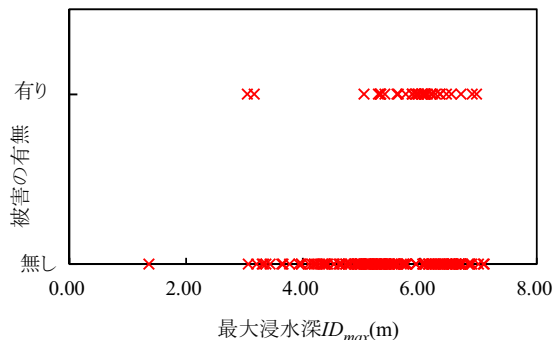
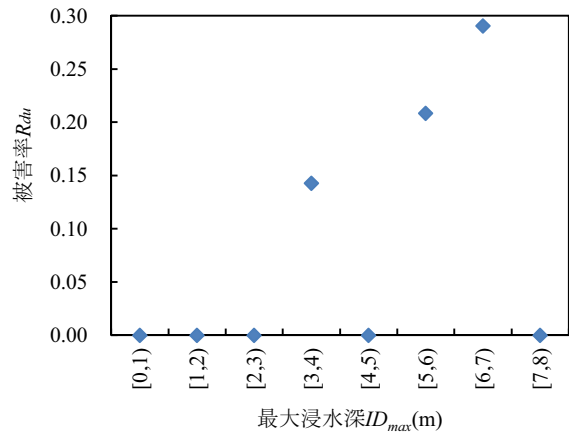
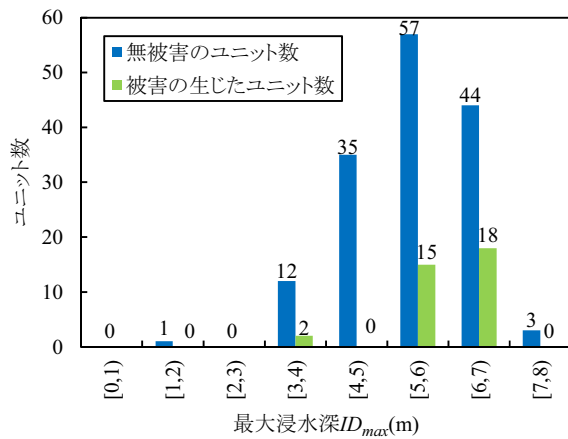
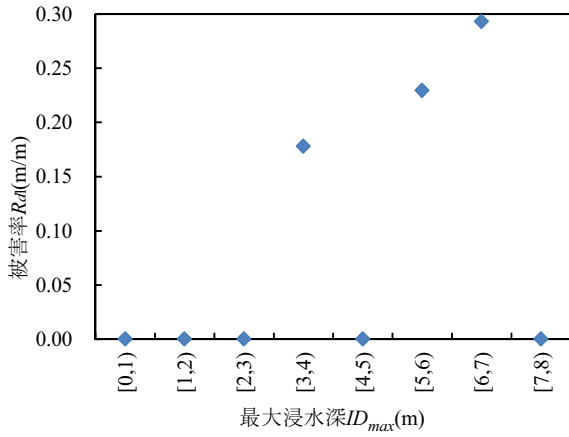
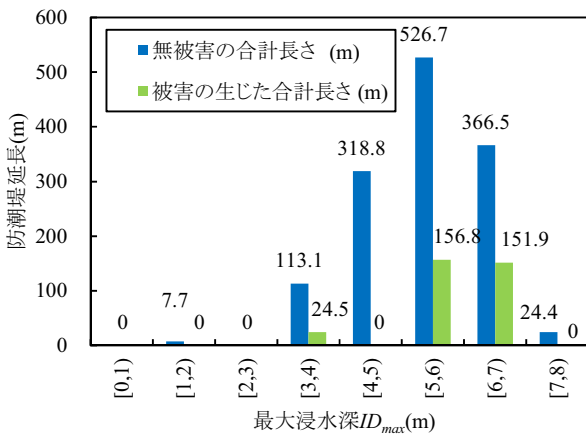


図6 最大浸水深 ID_{max} と被害の有無の関係



(a) ユニット数

(b) 被害率 R_{du} 図7 最大浸水深 ID_{max} と被害及び無被害のユニット数との関係

(a) 防潮堤延長

(b) 被害率 R_{dil} 図8 最大浸水深 ID_{max} とユニットの被害及び無被害の延長との関係

4. まとめ

東北地方太平洋沖地震津波で被災した岩手県三陸沿岸山田漁港の防潮堤を対象として、Google Earth 画像及び構造図面に基づき詳細な被害把握を行った。防潮堤の被害率と最大浸水深 ID_{max} との関係を実験した結果、防潮堤の高さを越流した $ID_{max}=5\text{m}\sim 7\text{m}$ の領域において、全ユニット数に対して 18.7%、ユニットの全延長に対して 19.7%の被害が集中していることが明らかとなった。

謝辞：岩手県農林水産部・漁港漁村課復旧チーム及び岩手県山田町水産商工課水産チームの皆様には、山田漁港・防潮堤の構造や被害に係わる貴重な資料を提供して頂きました。また、元筑波大学・工学システム学類の水野魁人氏には防潮堤の被害データの整理に際して多大な御協力を頂きました。

参考文献

[1] 国土交通省・港湾局：港湾における防潮堤（胸壁）の耐津波設計ガイドライン，防潮堤等の地震・津波による被災事例と耐津波設計を行う上での留意点，2013.11.

[2] 佐藤慎司，武若聡，劉海江，信岡尚道：2011年東北地方太平洋沖地震津波による福島県勿来海岸における被害，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.67，No.2，pp.I_1296-I_1300，2011.

[3] 浅川典敬，中村隆・加藤広之，早川光，佐藤勝弘，見上敏文，小玉篤，鈴木彰：2011年東北地方太平洋沖地震における漁港海岸保全施設の被災状況，土木学会論文集 B3（海洋

開発），Vol.69，No.2，pp.I_275-I_280，2013.

[4] 八木宏，杉松宏一，中山哲巖，西敬浩，奥野正洋，小池哲，林健太郎，五十嵐雄介：東北地方太平洋沖地震津波による女川漁港の漁港施設における被災メカニズムの検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.68，No.2，pp.I_1346-I_1350，2012.

[5] 八木宏，杉松宏一，中山哲巖，三上信雄，大村智宏，佐野朝昭，奥野正洋，五十嵐雄介：東北地方太平洋沖地震津波による田老漁港の漁港施設における被災メカニズムの検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.68，No.2，pp.I_1351-I_1355，2012.

[6] 山田漁港海岸保全区域台帳，2004.4.

[7] （独）水産総合研究センター：東日本大地震による漁港施設の地震・津波被害に関する調査報告（第1報），震災復興に向けた活動報告集1，2012.3.

[8] 東京大学生産技術研究所 中埜研究所：2011年3月11日東北地方太平洋沖地震による建築物の地震被害および津波被害調査報告，2012.3.12.

[9] 岩手県：市町村管理漁港海岸 東北地方太平洋沖地震及び津波災害に関する漁港海岸の被害状況及び考察，資料 NO.5，2012.

[10] 中村友治，庄司学：橋梁構造物に入射する津波の時系列波形とその類型化，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.70，No.4（地震工学論文集第33巻），pp.I_210-I_218，2014.