

津波による海岸及び海岸保全施設の被害

国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室*

1. 概要

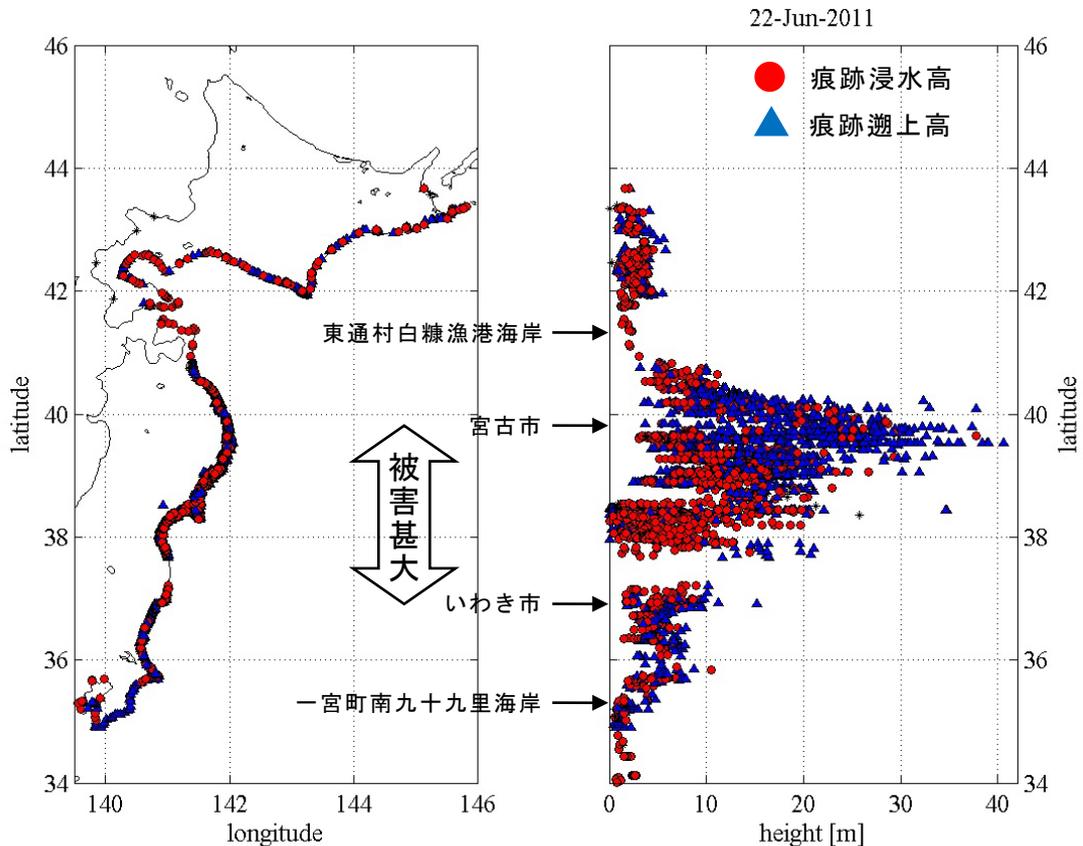
東日本大震災では、日本海溝の南半分にまで至る複数の震源域が連動発生した国内観測史上最大のマグニチュード9.0の巨大地震により大津波が広範囲に発生した。岩手県から福島県沿岸に襲来した津波は堤防天端を大きく上回り、海岸堤防と後背地に大きな被害をもたらした。本報文では、これまでの調査結果からわかった津波と被害の特徴、海岸堤防の被災状況と今後の復旧の方向について報告するものである。

2. において津波被害の状況と東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ（以下、合同調査G）による沿岸の痕跡調査結果¹⁾を比較する。3. では仙台平野等で調査した津波痕跡の遡上方向の減衰の特徴を述べる。4. では青森から千葉までの

海岸堤防被災の特徴を述べる。5. で土木学会津波特定テーマ委員会の報告等を紹介し、海岸保全施設の復旧・復興の方向について述べる。

2. 津波被害

国土地理院の浸水範囲概要図から海岸背後の浸水が確認できるのは、北は青森県東通村白糖漁港海岸、南は千葉県一宮町南九十九里海岸までである。その間に位置する青森県から千葉県までの各県の災害対策本部HPから5/27～5/30現在の被害集計結果をダウンロードし、沿岸に面した市町村別の被害状況を整理した。その結果、死者・行方不明者数が100人を超えているのは岩手県宮古市から福島県いわき市までの間の31市町のうち22市町であった。この中の19市町では家屋倒壊数が1,000棟を超え、15市町では浸水面積が10km²



※東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ調査結果速報(6月22日)に加筆

図-1 痕跡の沿岸分布と被害甚大地域

を超えており、津波被害が特に甚大な市町である。これら市町が位置する範囲の津波の状況を見るため、合同調査G調査結果に被害甚大の範囲の北端宮古市と南端のいわき市をおとしてみた結果が図-1である。図から、被害甚大な市町は痕跡標高が10m以上を記録している範囲に位置していることがわかる。ただし、宮古市より北にも津波痕跡標高が10mを超える範囲が青森県にかけて分布する



図-2 仙台平野の痕跡調査遡上方向測線

が、22市町ほど被害が大きくならなかった。その要因は今後調査する必要がある。

3. 痕跡調査結果と津波の特徴

海岸研究室では、3/19～20に仙台平野で直営の痕跡調査を行い、3/30～4/7の仙台河川国道事務所が実施した痕跡調査の技術指導を行って直営調査を補完し仙台平野等における津波痕跡標高の沿岸方向及び遡上方向の分布特性を調べた。

代表的な測線の結果を図-2, 図-3に示す。図から、仙台平野では津波痕跡標高が遡上方向に減衰していく傾向があることがわかる。遡上域の奥行きが広くない坂元川測線では減衰しにくくなっている。遡上方向に減衰する特徴は石巻平野の痕跡調査でも確認できた。

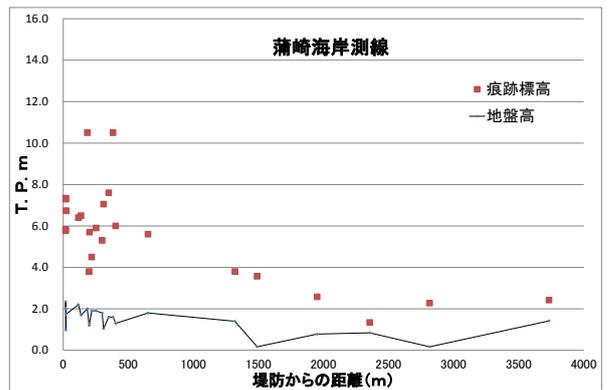
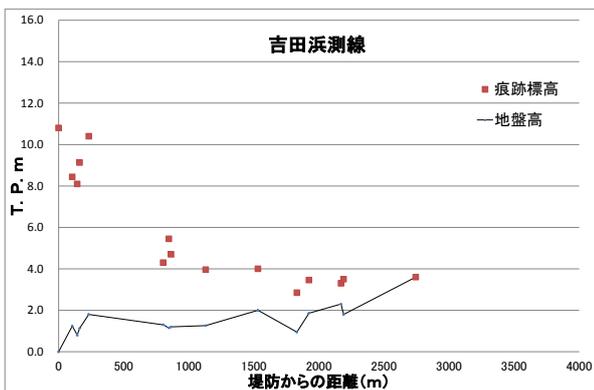
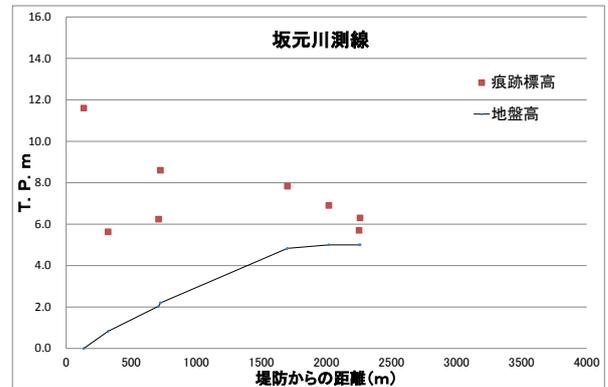
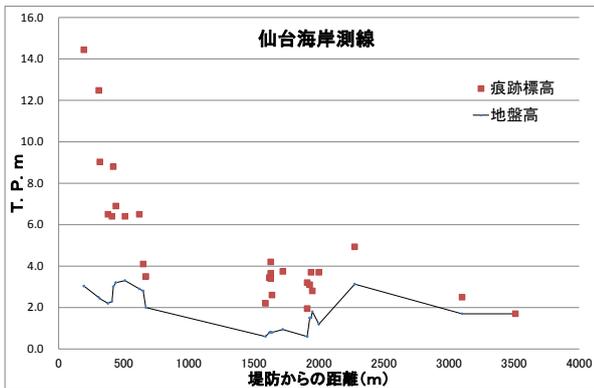


図-3 代表的断面の痕跡標高分布 (仙台平野)

比較のため、三陸地域の陸前高田と田老で痕跡標高の遡上方向分布を、合同調査Gの調査データを利用して整理してみた。陸前高田の結果を図-4, 図-5に示す。図から、陸前高田では痕跡標高が遡上方向に減衰せず、むしろ増大していく傾向があることがわかる。田老でも同様の結果であった。これらから、津波の氾濫流は遡上域の奥行き等の地形条件によって特徴が異なり、防災計画を検討する際に留意する必要がある。



図-4 陸前高田測線

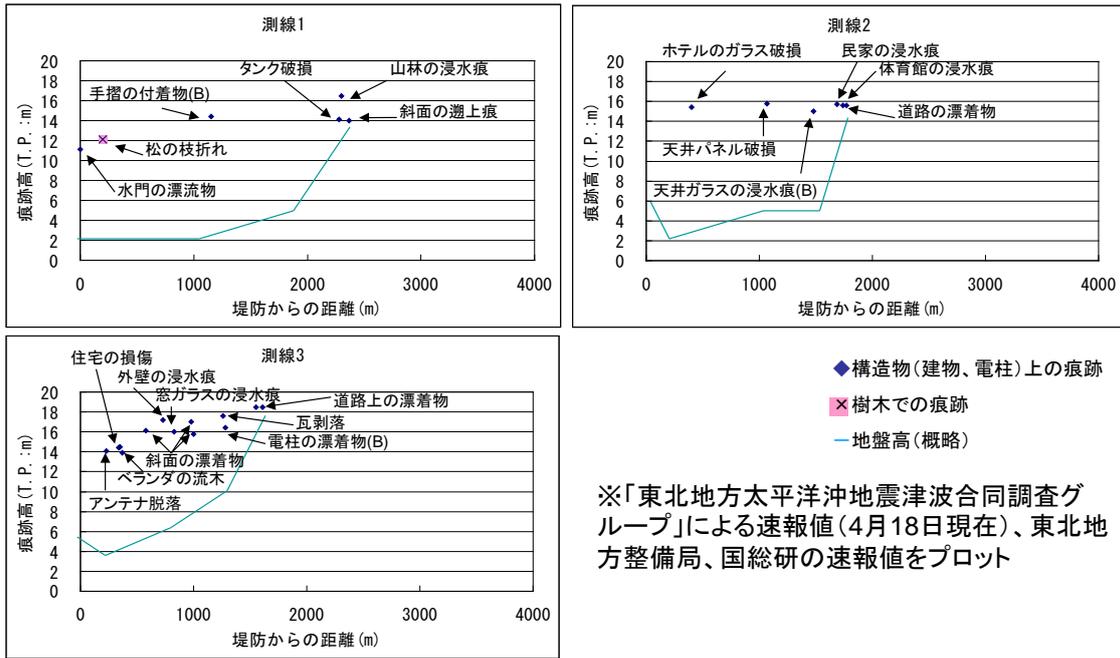


図-5 痕跡標高遡上方向分布（陸前高田）

4. 海岸堤防の被害

海岸保全施設、特に海岸堤防の被災の特徴を、北から県毎に述べる。

4.1 青森県

三沢市から八戸港までの間で海岸堤防・護岸の被災が見られた。八戸港より南側の三陸地域では護岸の被害は見られなかった。典型的な被災は、写真-1のように堤防裏法の連節ブロック被覆工が越流水によって滑り落ちる・流失する等し、法尻洗掘、天端保護工・裏法・堤体の侵食を受けて、半壊した途中で被災が止まっているものである。青森県区間の越流水深は、痕跡調査結果から0.5～2.5m程度と推定される。



写真-1 裏法被覆工の流失（一川目地区海岸）

4.2 岩手県

最も被害が深刻なものは、図-4の陸前高田海岸

のように堤防が全壊・破堤し、海岸線が大きく後退するものである。このような堤防の全壊事例は他にも、越喜来海岸、片岸海岸、船越南海岸等で見られた。海岸線の後退は起きなかったが堤防等が全壊している海岸は、野田海岸、明戸海岸、摂待海岸、田老漁港海岸、金浜海岸、大槌漁港海岸、両石漁港海岸等数多く見られた。

田老漁港海岸、金浜海岸、船越南海岸、片岸海岸、両石漁港海岸、越喜来海岸、陸前高田海岸等では破堤した堤防の表法被覆工等が海側に倒れる、破堤した堤防破片が沖に運ばれて見あたらない等引き波による影響も大きかったことが特徴的である。いくつかの海岸では津波来襲時の映像もYouTube等にアップされており、それらの映像からも引き波時の流れが破堤に大きく影響したことがわかる。

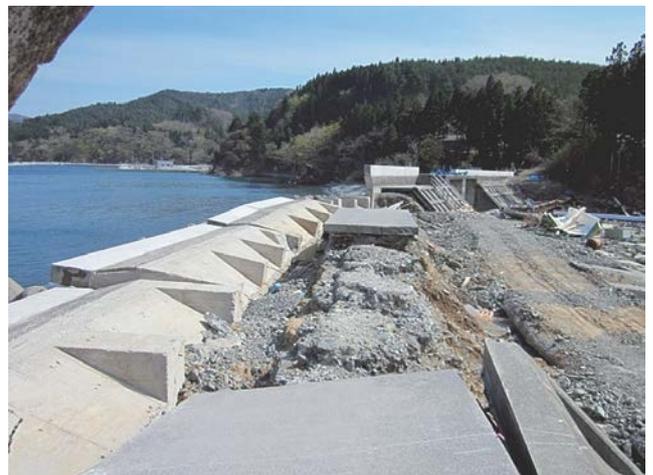


写真-2 引き波時の倒壊（下甫嶺海岸）

写真-2は下甫嶺海岸の表法被覆工が海側に倒壊している状況である。岩手県被災堤防の越流水深は、陸前高田、越喜来では10m以上、北部の海岸でも2~8m程度はあったものと推定される。

4.3 宮城県

志津川漁港海岸では越流水深10m以上あり、岩手県の被災と同様引き波時の影響によると思われる堤防の倒壊、海岸線の後退が生じている。

石巻平野以南では、破堤・全壊がところどころで発生している。深刻なものは、山元海岸の破堤・全壊した上に海岸線が後退している状態である。歯抜けの破堤が生じた場所では引き波時の流れが集中して大きな洗掘跡が残る。堤防の施工端部でも引き波時の流れの集中による大きな洗掘跡が見られる(写真-3)。平野部の堤防被災の特徴は、堤防背後に大きな洗掘溝が発生し、裏法被覆工や天端保護工が洗掘溝の後ろに流され、表法被覆工がかみそり状に残存している状況である。この残存している表法被覆工は前面の砂浜の流失を防止しており、砂浜は津波後の波浪で歯抜け破堤箇所に変形・移動して閉塞する(写真-4)。仙台平野では、越流水深2~6m程度と推定される。

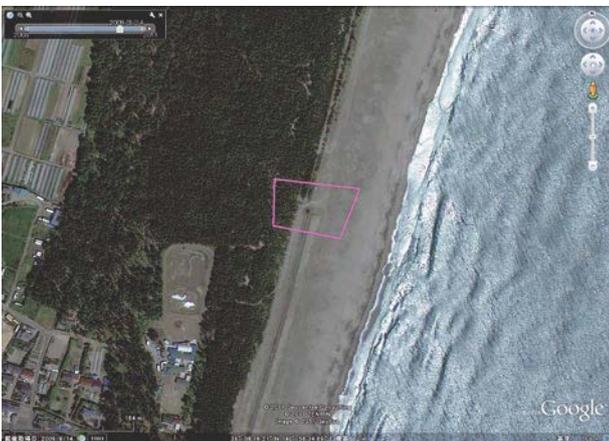


写真-3(a) 津波前(名取海岸)



写真-3(b) 津波後(名取海岸)



写真-4(a) 津波直後(吉田浜)



写真-4(b) 堤防表法被覆工被災(吉田浜)



写真-4(c) 残存砂浜による破堤口閉塞(吉田浜)

4.4 福島県

福島県内の堤防被災状況は北部と南部で大きく異なる。北部は推定越流水深が4~8mと大きいことから、宮城県平野部と特徴が似ている。写真-5のように破堤全壊と海岸線後退が複数の箇所で見られている。破堤していない場所でも背後に大きな洗掘溝が形成されて裏法被覆工・天端保護工の流



写真-5 破堤全壊と海岸線後退 (古磯部地先海岸)



写真-6 裏法天端の被災と背後の洗掘溝 (南海老海岸)

失・堤体の侵食が生じている (写真-6)。

南部は越流水深が0.5～4m程度と推定され、破堤・全壊と海岸線の後退は生じていない。最も深刻なものは写真-7に示す直立堤の倒壊であるが、これも堤防天端高が低い、越流水深の大きい場所で生じたものである。そのほかは、写真-8に示す天端保護工・裏法被覆工の被災が多く、波返し工の倒壊が生じている場所もあった。



写真-7 直立堤倒壊 (植田岩間海岸)



写真-8 堤防天端保護工被災 (須賀地区海岸)

4.5 茨城県

越流水深は、0～2m程度と小さくなり、被災状況は福島県南部の軽微なものと類似している。波返し工の倒壊と天端保護工の被災が特徴的である。写真-9のように地震の作用も加わったと思われる天端保護工陥没被災が見られる。



写真-9 天端保護工陥没 (鉾田海岸)

4.6 千葉県

被災は九十九里海岸の北部に多く、天端管理用道路裏法面の被災、砂浜消失海岸の天端陥没 (写真-10) 等被災は茨城県より軽微になる。越流水深は、0～1.5m程度と推定される。



写真-10 護岸天端被災 (野手海岸)

5. 復旧・復興の方向性

土木学会の津波特定テーマ委員会から、5/10、6/13に報告がなされた²⁾。その中で、

- ・今回の津波が貞観津波と同等もしくはそれ以上。そのクラスの津波の発生頻度は500年から1000年に一度と考えられる
 - ・海岸保全施設の復旧と設計方針を考えるにあたって、以下の二つの津波レベルを設定する。
 - ・津波防護レベルは数十年から百数十年に一度の津波を対象とし、人命及び資産を守るレベル。主に海岸保全施設で対応する。
 - ・津波減災レベルは津波防護レベルをはるかに上回り、構造物対策の適用限界を超過する津波に対して、人命を守るために必要な最大限の措置を行うレベル。海岸保全施設のみならずまちづくりと避難計画をあわせて対応する。
 - ・海岸保全施設を一定程度超えて越流した場合にも、破壊・倒壊しにくい施設設計を検討する。
 - ・地域の津波対策は、海岸保全施設に加え、盛土構造の活用、地域計画、土地利用規制等による多重的な防護機能を兼ね備える必要がある。
- 等の提案がなされている。

中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」中間とりまとめにおいても次のように提言されている³⁾。

- ・今後の津波対策は、切迫性が低くても東北地方太平洋沖地震や最大クラスの津波を想定し、様々な施策を講じるよう検討していく必要がある。
- ・しかし、このような津波高に対して、海岸保全施設等の整備の対象とする津波高を大幅に高くすることは施設整備に必要な費用、海岸の環境や利用に及ぼす影響等を考慮すると現実的でない。
- ・このため住民避難を軸に、土地利用、避難施設、防災施設の整備などのハード・ソフトのとりうる手段を尽くした総合的な津波対策の確立が急務である。
- ・海岸保全施設等は人命保護に加え、住民財産の保護、地域の経済活動の安定化、効率的な生産拠点の確保の観点から比較的頻度の高い一定程度の津波高に対して引き続き整備を進めていくことを基本とすべきである。
- ・なお、設計津波高を超えても、施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の技術開発を進め、

整備していく必要がある。

海岸関係省庁でもこの提案の方向で復旧の堤防高さ・構造が検討されている⁴⁾。これまで、津波に対する海岸保全施設復旧は来襲した津波高まで堤防天端高を上げることが基本であったが、津波防護レベル以上の津波に対しては多重防護で対応することになる。これは、施設対応、まちづくり対応、避難等の防災対応を地域の実情に応じて組み合わせる総合津波防災をより徹底して実施していくことを意味している。

参考文献

- 1) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ
<http://www.coastal.jp/ttjt/>
- 2) 土木学会東日本大震災特別委員会津波特定テーマ委員会
土木学会東日本大震災特別委員会情報共有サイト
<http://committees.isce.or.jp/2011quake/node/84>
- 3) 中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」中間とりまとめに伴う提言
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/4/index.html>
- 4) 海岸における津波対策検討委員会 第2回配付資料
http://www6.river.go.jp/riverhp_viewer/entry/y2011e953693b5873f7115eedd8b70b92d68a4b2e8dbb3.html

国土交通省国土技術政策総合研究所

河川研究部海岸研究室長

河川研究部海岸研究室 主任研究官

同 主任研究官

同 主任研究官

同 研究官

同 研究官

国土交通省総合政策局総務課国際建設推進室(前 国土交通省国土技術政策総合研究河川研究部海岸研究室研究官)

諏訪義雄

加藤史訓

野口賢二

山田浩次

渡邊国広

鳩貝 聡

笹岡信吾