

港湾・海岸の被害と対策の進め方

株式会社エイト日本技術開発
河川・港湾事業部
中国支社

鈴木誠・関勇二・板野誠司

1. はじめに

去る平成23年3月11日に発生した東日本大震災は、想定規模をはるかに超えたM9という巨大地震に伴う大津波により多くの人命・財産が失われた未曾有の大災害であった。

河川・港湾事業部では、この災害から港湾・漁港・海岸の復旧・復興の支援を行なうため、現地被害調査を実施した。ここに、現時点での国等の研究機関の調査・方針等も踏まえ当社の考えを報告する。

2. 現状の防災施設の整備の考え方

一般の防波堤や海岸堤防は、50年確率規模の波浪や伊勢湾台風級の高潮に対して安全を確保するよう整備されてきた。整備水準は、背後地の重要度等を考慮して海岸・港湾管理者が総合的に判断して決定されてきた。

津波が考えられる地域では、記録が残っている過去100年程度の期間に起きた津波を対象とした設計となっている(久慈、宮古、釜石、大船渡、小名浜では明治三陸沖地震、仙台塩釜、石巻、相馬では宮城県沖地震による津波を想定)。当然、今回のような1000年に1度の地震・津波に対応したものではない。

このような想定規模を超える大地震等の災害に対しては、ハード対策とソフト対策の連携で対応してきた。

3. 東日本大震災による地震・津波被害

3.1 10mをこえる巨大な津波の概要

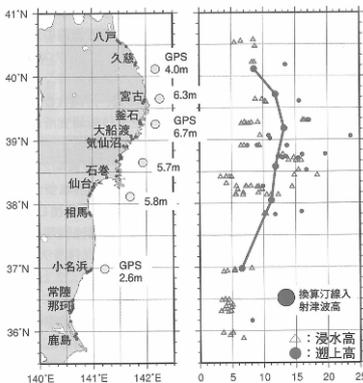


図1 津波の痕跡高さ GPSのデータにもとづく換算汀線入射津波高¹⁾

今回のM9の地震によって巨大な津波が発生している。図1に今回測定された津波の痕跡高を示す。津波高は、岩手県の宮古付近から福島県の相馬付近で特に高く10m以上となっている。

この巨大津波を国土交通省港湾局のGPS波浪計が観測しており、例え

ば、釜石港沖合い18kmで水深204mにあるGPS波浪計によって6.7mの津波が15時12分に観測された。

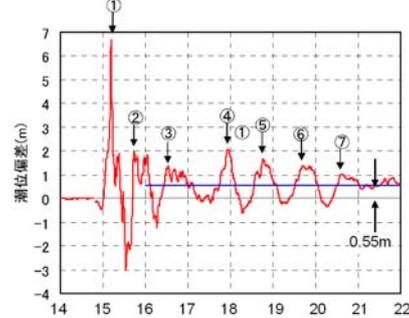


図2 岩手南部沖波浪計観測値(3月11日)²⁾

3.2 巨大な津波の海岸への来襲・遡上

図3、表1は、代表的な海岸断面について津波の進入の様子を説明したものである。

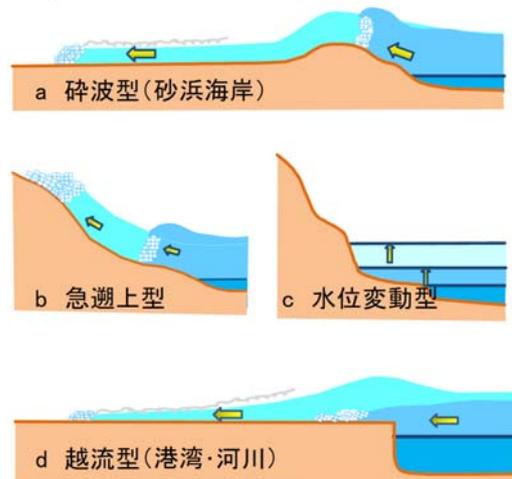


図3 代表的な海岸断面と巨大な津波の侵入²⁾

表1 津波タイプとその特徴^{2)に加筆}

タイプ	特徴
a 砕波型 (砂浜海岸)	一般的な海岸で海底勾配が緩い場合、10km~30kmのスピードで内陸数キロまで進入した。(陸前高田、仙台湾など)
b 急遡上型	リアス式海岸で地形が急勾配な場合、砕けながら非常な勢いで斜面を駆け上がる。(綾里湾など)
c 水位変動型	海岸がさらに急になっている場合、海岸では津波はあまり砕けず、水位が上下する。(大船渡長崎地区)
d 越流型 (港湾・河川)	港内は水深が大きいため、津波が海側で砕けることは少なく、水位が上昇して岸壁などを乗り越えて市街地に侵入する。

なお、津波高さの表現方法は複数あるため、過去のデータ等と比較する際には留意が必要(図4参照)である。

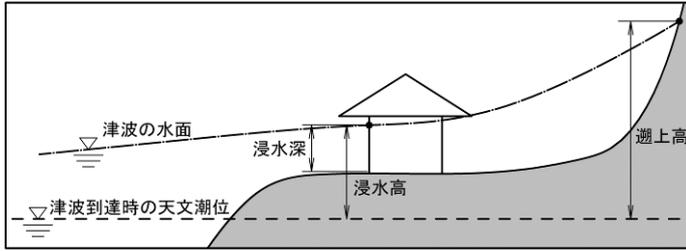


図4 津波痕跡高さ表現の種類²⁾に加筆

- 浸水深: 津波到達時の推定天文潮位から建物壁等に残る浸水痕跡までの高さ
- 遡上高: 津波到達時の推定天文潮位から斜面などに残る遡上(はい上がり)痕跡までの高さ
- 浸水深: 地表面から建物壁等に残る浸水痕跡までの高さ

3.3 巨大津波による壊滅的被害

(1) 被害の種類

10m程度の津波の破壊力は巨大である。表2は10mクラスの津波を対象に人的被害以外の津波被害の種類を取りまとめたものである。

表2 10m程度の津波の被害²⁾

陸域・一般の被害	建物の破壊・流出(木造家屋の壊滅的破壊、コンクリート建物の3階以上の浸水)
	車の流出
	火災の発生
	タンクの破壊と油流出
	鉄道・道路・橋梁の破壊
	地盤沈下
	田畑の冠水
港と海域の被害	船舶の漂流・衝突と乗り上げ
	港湾施設の破壊・浸水(上屋、クレーン等)
	材木、コンテナ流出
	漂流物の港内航路への沈下
	航路洗掘と埋没
	海浜・海岸林の消失
海岸・港湾構造物の被害	防波堤や岸壁の洗掘や滑動
	突堤・離岸堤の破壊
	堤防・護岸(防潮堤)等の破壊
	水門・陸閘の破壊

(2) 各地の港湾・海岸施設等の被災状況

1) 岩手県

①宮古市田老町

当地は過去の明治三陸沖地震、昭和三陸沖地震等でも津波被害を受けていることもあり、海面上10mの高さの防潮堤をエックス字に約2.5km整備していた。しかし、これを越える津波が来襲したため防潮堤は転倒し堤内地も大きな被害を受けた。



写真1 破堤箇所全景

(防潮堤は押し波、引き波双方で転倒)

②山田町、大槌町

両町とも漁港施設、防潮堤が破壊され、堤内は壊滅的な被害を受けている。



写真2 防潮堤破壊と堤内の様子



写真3 岸壁部と防潮堤の破壊状況

2)宮城県

①南三陸町

報道等で町全体が壊滅的な被害を受けたが、岸壁、防潮堤等、海際の施設も破壊・転倒・沈下を確認した。



写真4 岸壁部と防潮堤の破壊状況

②東松島市

野蒜海岸から半島を津波が通過し、松島湾側では

護岸が背面から津波を受けた地域である。護岸は転倒し、速い流れにより木造家屋は破壊されている。



写真5 護岸の転倒と木造家屋破壊の状況

また、今回の津波被害の全般的な特徴として、過去十分強度があるといわれていたコンクリート建造物が、海岸付近でいくつも倒壊していたことが挙げられる。今後避難ビルを計画する上で、建物高さとともに構造体として、今後の課題になると考える。

3.4 漂流物の被害

港湾・海岸付近においては、津波によって多くの船舶・車・コンテナ等が漂流して港湾施設に衝突したり、陸上に乗り上げるなどの被害が発生している。また、港内に破壊された家屋や車等が沈没して港湾機能に支障が生じている。



写真6 打ち上げられた船舶（釜石港、気仙沼漁港）

3.5 津波防波堤の被害と効果

釜石と大船渡などには、津波（明治三陸沖地震等）と波浪の低減を目的に湾口部に防波堤が設置されていた。結果的にこれらの防波堤は被災したが、津波の第一波のピーク時近くまでは比較的粘り強く抵抗し、津波高4割低減や浸水時間6分遅延の効果があつたことをシミュレーション解析（港湾空港技術研究所）にて検証している。

倒壊は、ビデオ観察、再現計算から、想定以上の水位差、強力な水平力、ケーソン目地部からの速い流れによる滑動、基礎マウンドの洗掘が主要因とされている。

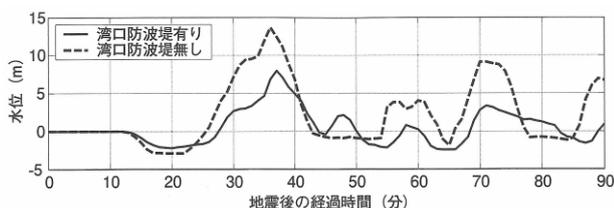


図5 釜石港須賀地区における津波高の計算結果¹⁾

3.6 地震による被害

今回の地震は、東北地方から関東地方の広大な地域で被害が発生した。港湾施設被害にも地域性が見られた。青森県から岩手県においては、地盤の浅い部分に比較的硬質な岩が存在すること、埋立地が比較的少ないこと、地震動特性が港湾施設に被害が生じやすい周波数帯と比較して比較的短周期成分が卓越していたため、地震動による被害程度は小さかったと考える。

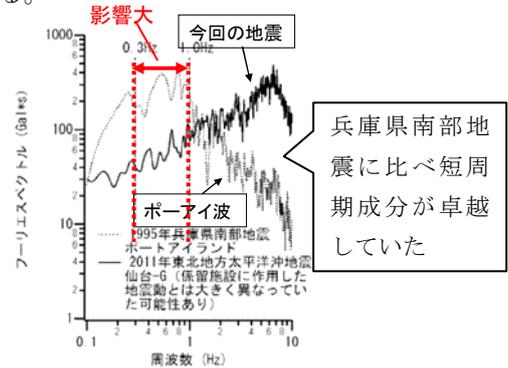


図6 仙台港G地震動フーリエスペクトル比較²⁾に加筆

一方、宮城県・福島県・茨城県の港湾施設は、液状化現象の発生が確認されており被害が大きかった。



写真7 液状化による被害状況（相馬港）

4. 今後の地震・津波対策の進め方

4.1 基本的考え方

インド洋大津波、ハリケーン・カトリナ、今回の東日本大震災など、通常の設計を超えるような津波や高潮に対しても備えておくことが重要である。

すなわち、従来の設計対象津波に対しては、人命はもちろん、財産も守り被害を最小限に抑える。そして、発生確率が非常に低い最大級の津波に対しては、最低限、人命を守る対策を考え、重要施設の壊滅的被害を防止し甚大な二次被害防ぐことが重要である。以下、ハード対策、ソフト対策について今後の方向性・考え方を記述する。

4.2 ハード対策

(1) 今後の津波外力・施設要求性の方向性

現行の港湾基準では、地震動、波浪（高潮）に対しレベル1、2の区分をしているが、津波は曖昧な状態であった。今後は津波に対してもレベル1（おおよそ1/100年）、レベル2（おおよそ1/1000年）を設定する。

施設に対する要求性能も地震動と同様、レベル 1には“使用性（損傷しない or わずかな損傷）”、レベル 2には“修復性（軽微な修復で機能回復）”、“安全性（致命的損傷を受けない）”を求めていくことになる。

(2) ハード設計における今後の課題

レベル 2 津波に対する防災施設の粘り強さ（例えば越流後の損傷）の発揮、津波、余震といった連続作用に対する設計法、流れに対する評価と設計法の確立等が必要と考える。

4.3 ソフト対策(シミュレーション技術を活用した「津波から逃げ切る」海岸整備の提案)

ハード対策とソフト対策が連携した取り組みを行い、まず、「人的被害 0」を目指す必要がある。

(1) 人的被害に向けて

東北地方は、過去より津波被害の経験がありハード対策として、津波防潮堤等の施設整備が行なわれてきた。また、ハザードマップの公開、避難訓練など実施されており比較的防災意識が高い地域のはずであったが、現実には多くの人的被害が生じた地区があった。これは、最近、大きな津波を実際に体験していないために、多くの人は、実際に津波が来ると考えず「すぐに避難行動をとった人」と「とらなかつた人」で生死を分けた結果となった。

また、地震後の大津波警報などの避難情報がうまく伝わったかどうかを検証する必要がある。

(2) シミュレーション技術の活用

対象地域の防災計画・設計において、想定される自然災害の被害規模や対策効果を予測することは重要である。その予測手法として、シミュレーション技術は有効なツールである。コンピュータ技術の進歩により災害などの現象の予測が可能となった。

(3) 今後の津波対策への提案

シミュレーション技術を活用し、ハード対策とソフト対策の連携により、地域の実情にあった提案が可能になる。

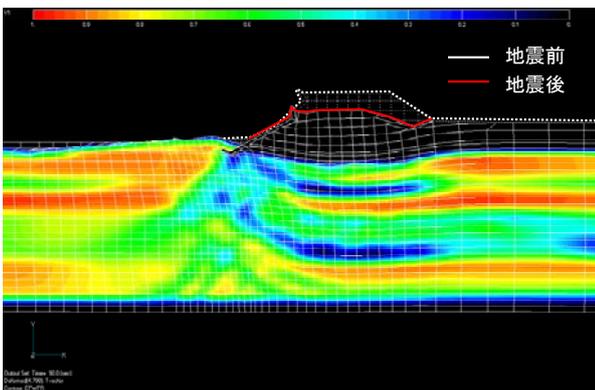


図7 動的解析 (FLIP)

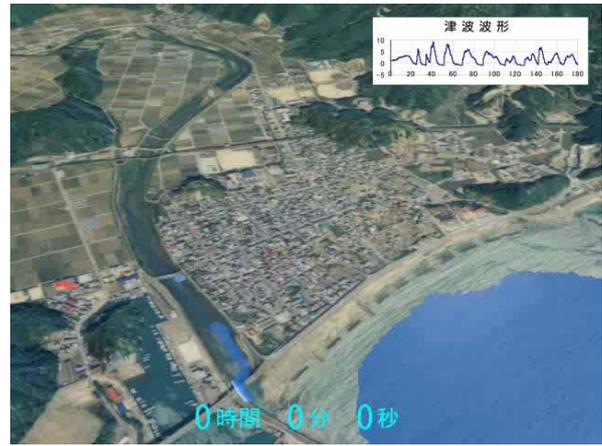


図8 津波氾濫シミュレーション

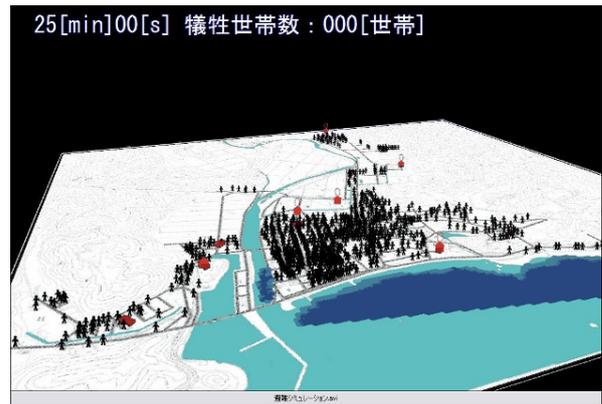


図9 津波避難シミュレーション (マルチエージェントモデル)

今後より必要と考えるシミュレーション解析を以下に示す (図 7、8、9 参照)。

- ①地震動（液状化）に対する動的解析（FLIP 等）
- ②津波氾濫シミュレーション
- ③避難行動シミュレーション（マルチエージェントモデル）

「津波から逃げ切る」を指標として①+②の結果を用い、避難行動のシナリオを③の手法で評価し、ハード対策とソフト対策の検討に用いる。

5. おわりに

今回の東日本大震災は、1000年に1度という大災害であった。一方、西日本においては、東海・東南海・南海地震が近い将来予想されておりこれらへの対応も緊急の課題である。国の専門部署による被害調査結果や今回の被災調査で得られた貴重な知見を生かし、他事業部とも連携しつつ、今後の地震・津波対策に関し独自の提案を実施していく所存である。

以上

参考文献

- 1) 港湾 Vol.88 May 2011
- 2) 港湾空港技術研究所資料 No.1231「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」