

港湾における津波被害と対策に関する検討

Investigation on Tsunami Disaster and Countermeasure at Port and Harbor Area

直井秀市*・小田勝也**

NAOI Shuichi and ODA Katsuya

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

** 国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部 沿岸防災研究室長

Port area is not protected by coastal protection facilities such as parapets and locks. Therefore, when tsunamis attack the port, it is apprehended that peoples, cargos, vehicles, ships will be flowed out and that industry will be damaged by inundation.

This paper reports the characteristics of tsunami damages in port area and the counter approaches.

Key Words : tsunami, inundation, reduction of damage, port facilities

1. はじめに

近年、津波を伴う海溝型大規模地震の発生が危惧されている。わが国は地震多発地帯に位置することもあり、これまで多くの津波を経験し、その経験に基づく対策も施されてきた。しかしながら、これらの対策は、堤防など海岸保全施設の整備を主としたものであり、その外側に位置する埠頭や水域の対策については、十分な検討がなされていないという現状がある。

本稿では、社会基盤として重要な役割を担う港湾が津波により受ける被害を過去の事例を元に整理すると共に、モデル港湾による津波被害の把握を行った。また、モデル港湾において津波対策の検討を行い、港湾における津波対策についての基本的な考え方をとりまとめた。

2. 津波被害の把握

2.1 津波被害事例の整理

昭和20年以降、我が国における津波被害を伴う主要な地震は、昭和南海地震、新潟地震、十勝沖地震、北海道南西沖地震など11件発生している。これらの地震津波による被害事例と一部高潮による被害事例も参考として収集し、各事例を被害の形態から、人命被害、津波が陸域に及ぼす浸水による施設等の被害、貨物などの水域から陸域または陸域から水域への流出による被害に分類した。さらに、被害の発生場所として、埠頭や水域などの港湾地域における被害、港湾背後の市街地における被害に区分した。このような津波被害の整理結果を表-1に示す。

表-1 津波被害の整理

津波被害の区分		被害項目
人的被害		・港湾工事従事者や港湾来訪者などの人命の喪失
浸水による被害	港湾地域における被害	・フェリーターミナル施設の浸水や損壊
		・倉庫や上屋等の浸水による貨物被害
	背後地域における被害	・浸水による荷役機械等の被害
		・津波の浸入による産業活動の停止
流出による被害	港湾地域における被害	・排水ポンプ場の被災による浸水の長期化
		・車輛、原木、コンテナ、船舶等の港内への流出
	背後地域における被害	・船舶の岸壁への打ち上げ、転覆など
		・プレジャーボートの流出
		・タンカーの流出
		・漁船などの流出物による家屋の損壊
・石油の流出による火災被害		

2.2 津波被害の波及過程

津波が港湾に来襲すると、表-1に示すような直接的被害を発生させる。被害を受けた施設は本来の役割を十分に果たすことができなくなる。この状況は港湾全体の物流や人流の機能低下に繋がり、港湾地域に拠点を置く産業はもとより、港湾依存産業の営業損失をもたらす。加えて港湾背後地域では津波による直接被害も発生することから、周辺地域産業は活力が低下し、地域経済全体に悪影響を与える。このような、津波被害の波及過程を図-1に示す。

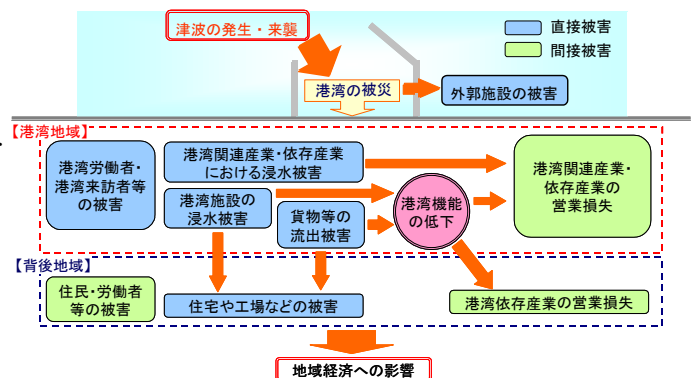


図-1 津波被害の波及イメージ

2.3 モデル港湾における津波シミュレーション

港湾における津波の挙動と想定される津波被害を把握するため、モデル港湾において津波数値シミュレーションを行った。この津波数値シミュレーションでは、陸域の浸水範囲および最大浸水深、津波到達時間、水域の水位上昇量および低下量並びに流速ベクトルを算出した。シミュレーションの実施条件を表-2に示す。対象とする地震は、中央防災会議から提示されているモデル港湾における想定最大地震とした。

表-2 津波シミュレーション条件

計算格子間隔	最小格子間隔12.5m×12.5m	
対象地震	想定東海地震	
地盤の隆起	考慮しない	
基礎方程式	非線形長波理論式	
海底摩擦	考慮する (マニング粗度係数 $n=0.025\text{m}^{-1/3}\text{s}$)	考慮する (土地利用粗度データを考慮)
渦動粘性係数(m^2/s)	$AH=10.0$	
潮位条件	H. W. L. (T. P. +0.86m)	
計算時間	津波発生後180分 (3時間)	

図-2はシミュレーションの結果のうち、陸域の浸水範囲・浸水深である。図-2の①部では、埠頭に囲まれたバース最奥部で水位の上昇により、埠頭最深部での浸水が顕著になる。また、河川への津波遡上から、図-2の②部では、河川護岸からの越流による浸水も発生していることが確認された。

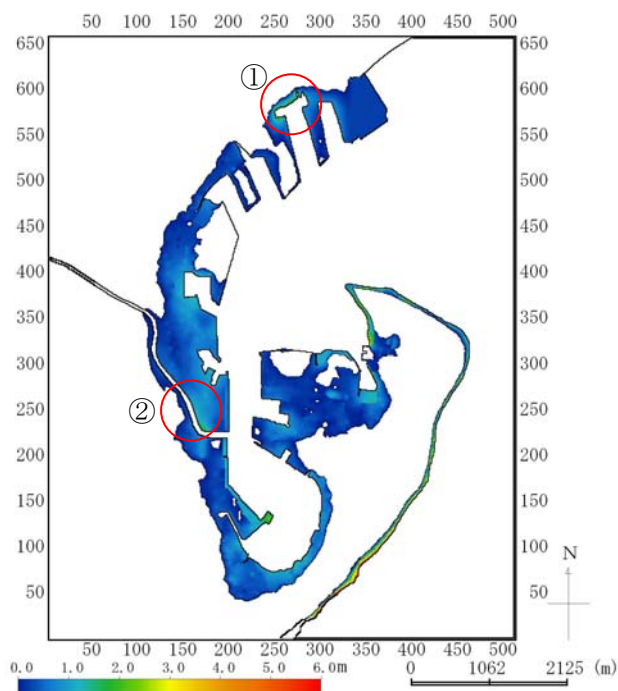


図-2 陸域の浸水範囲・浸水深

図-3に最大流速ベクトルの分布を示す。防波堤開口部

や埠頭に囲まれた水域、貯木場を囲う波除堤開口部など、断面が急縮する場所において、流速の増加が確認される。陸域においては、バース最深部付近などの越流箇所における流速が大きい。

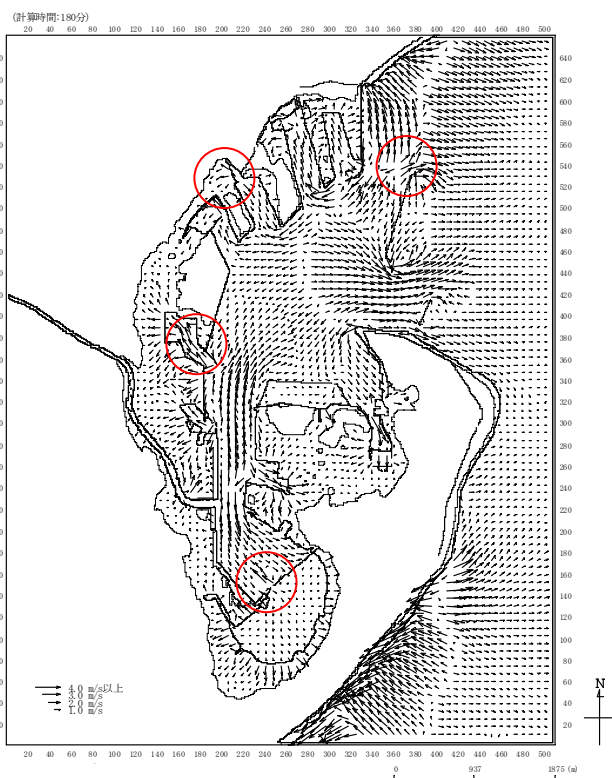


図-3 最大流速ベクトル分布

2.4 津波被害の把握方法

(1) 浸水被害

浸水被害は、シミュレーション結果の浸水範囲および浸水深から把握した。

(2) 流出被害

流出により被害を受ける施設は、漁船やプレジャーボートなどの船舶および浮き桟橋、木材やチップなどの野積み場貨物、空コンテナ、埠頭駐車場の自動車を想定した。

野積み貨物は、浸水した時点から流出するものとし、浸水域に貨物が存在した場合は流出被害率1.0とした。

空コンテナは4段積みを想定し、流出する浸水深は、積み段数の重量と浮力の関係から0.8mとした。

埠頭駐車場の自動車の流出被害率は、乗用の車両が浮き気味になる浸水深として50cm以上で1.0とした。

船舶の被害率は、(社)日本海難防止協会がとりまとめた漁港内全漁船の被災率と津波高の関係(図-4)によると、①被害率は津波高と大きな相関関係がある。②津波高が1m程度を越えると被害が発生する。③津波高の増大に伴い被害率が上昇し7m以上では全数被害になると

されており²⁾、図-4 に示す実線を船舶の被害率として設定した。

施設別の流出被害率を表-3 に示す。また、設定した被害率を基に把握したモデル港湾における流出貨物等の位置と量を図-5 に示す。

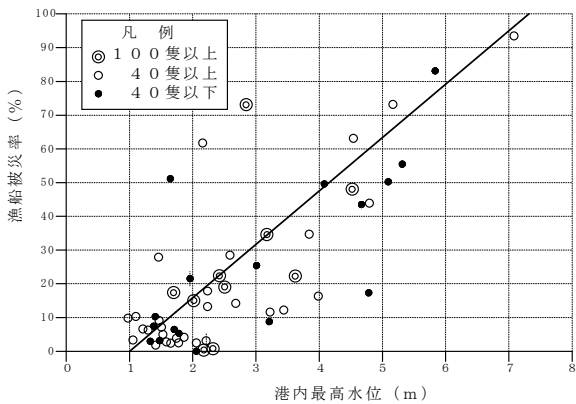


図-4 船舶等の被害率²⁾

表-3 施設別流出被害率

流出被害対象施設	流出被害率
係留施設 (浮き桟橋)	
巡視艇、監視船	港内津波水位により設定
漁業	
漁船	
貨物	
木材・チップ等	浸水深0.0m以上で流出被害率1.0
空コンテナ	浸水深0.8m以上で流出被害率1.0
プレジャーボート	
在港一般船舶	港内津波水位により設定
埠頭駐車場内自動車	浸水深0.5m以上で流出被害率1.0

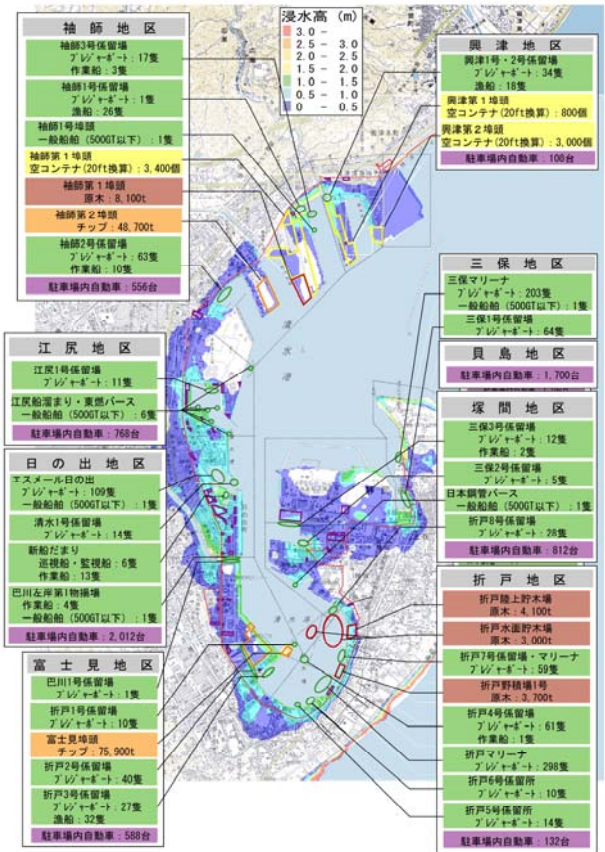


図-5 流出貨物量と位置

(3) 人的被害

水中歩行が可能な浸水深と流速の関係は、図-6 に示す洪水避難時に水中歩行できる領域³⁾を用いて、避難時に水中歩行できない安全避難が困難な区域を設定し、津波による人的被害影響地域を算定した。なお、安全避難が困難な区域を算定する際の身長は、日本人の平均身長である165cmとした。

モデル港における浸水範囲の港湾労働者・来訪者数および安全避難困難区域を図-7 に示す。

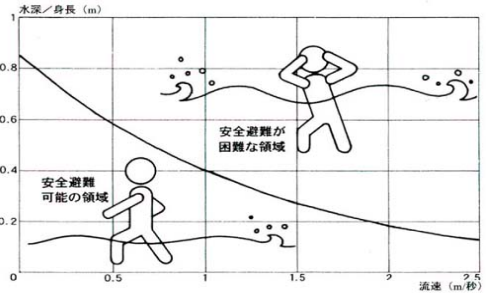


図-6 洪水避難時に水中歩行できる領域³⁾

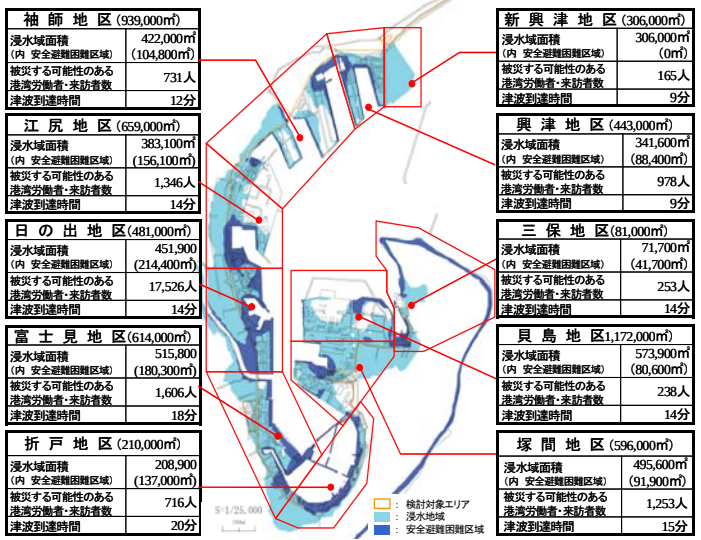


図-7 人的被害影響地域

3. 津波被害の低減対策の検討

3.1 港湾における津波被害軽減対策の体系

津波対策は発災前の予防対策と発災後の復旧対策に分けられる。また、予防対策は、「港湾労働者や来訪者の安全確保を図る避難対策」、「港湾機能の確保および港湾における資産被害の軽減を図る防護対策」が考えられ、図-8 のように整理される。

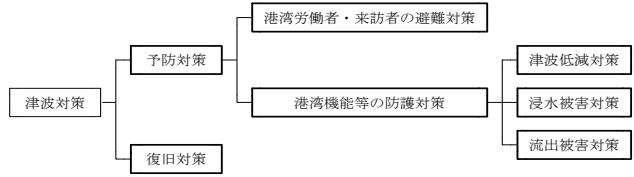


図-8 津波対策の体系

3.2 港湾労働者、来訪者の避難対策

津波による人的被害が想定される地区においては、港湾労働者、来訪者に対して十分な安全性の確保を図り、人的被害を発生させないことを目指し対策を検討した。対策の検討項目を整理したフローを図-9に示す。港湾労働者・来訪者が素早い避難行動を可能にするため、迅速な情報伝達が必要である。情報伝達方法としては、津波観測システムの構築と連動した同報無線装置や津波警報表示板等を設置などについて検討を行う。

避難施設は、耐震性、対津波性を有し、屋外からの円滑な避難が可能な既存施設を指定することを基本とする。津波到達時間までに避難施設に避難ができない地区においては、新たに避難施設の整備も検討する必要がある。

避難ルートは、倒壊の恐れのある建物を避けて指定する。倒壊の恐れがある施設に関しては、耐震性強化について検討を行う必要がある。また、避難誘導板により港湾来訪者等の円滑な避難を誘導する必要がある。

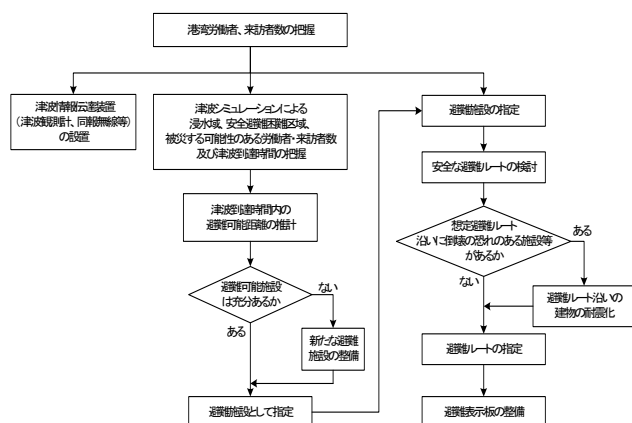


図-9 避難対策の検討フロー

3.3 港湾機能等の防護対策

港湾機能等の防護対策に関しては、津波被災時においても確保すべき機能（緊急物資輸送機能、重要物流機能等）の重点的な防護を図り、「機能障害が発生しない」あるいは「応急対策により機能を直ちに回復できる」程度まで被害を低減させることを想定し、検討を行った。

湾口における防波堤は、津波の持つエネルギーを減少させ、港湾全域の被害低減効果が期待できることから、港湾内の浸水の低減、流速の低減の効果について検討する。また、水際線における津波低減対策として、護岸の嵩上げについても検討を行う必要がある。

被害想定において把握した浸水被害が発生地区においては、陸域における浸水対策として、地盤の嵩上げ、フロアーの高床化、防水扉・防水壁の整備、電源施設の防水化・高床化などを検討する必要がある。

流出対策としては、貨物、小型船や車両が流出する可能性がある地区において、平常時の利用を勘案しつつ、

流出防止柵の整備等を検討すると共に、流出の可能性のある放置自動車や放置艇などの対策の強化を図る必要がある。

3.4 復旧対策

復旧対策に関しては、被災後の適切な応急・復旧を図り、直接被害に起因する間接被害への波及を抑えると共に、港湾機能の早期回復を目指すことを想定し、検討を行った。

港湾施設の被災状況、貨物等の流出、散乱状況や岸壁の使用可否等の被災情報を関係機関で共有することは、復旧作業の円滑化に寄与すると考えられる。また、被害想定において把握した、貨物、小型船や車両の流出量と、港湾における流出物の回収能力から流出物の回収期間をあらかじめ算定しておくことも重要である。

4. おわりに

本調査では、港湾における津波による被害形態および被害の波及過程を分類、整理することで、津波が港湾に及ぼす影響と被害を受けた港湾から地域に波及する被害について把握した。また、モデル港湾における津波被害を検討することで、港湾における津波被害の定量的な把握方法を示した。これらの結果は、今後、港湾の津波対策を検討する上で、対策の効果を評価する一助になるものと考えられる。

津波対策の検討においては、対策を体系化し、それぞれの目的に応じた対策を示すことにより、対策の視点を明確にし、何に対して効果が得られるかを明らかにすることができる。しかしながら、一つの対策を施すことで対策の目的を達成し、津波被害を無くすことは困難である。このことから、津波対策は、ソフト対策を含め、港湾における総合的な対策を実施していくことが重要になる。

最後に、本稿は国土交通省国土技術政策総合研究所より受託した新たな津波防災検討調査の成果の一部をとりまとめたものである。本調査の実施に当たっては、京都大学防災研究所高山知司教授を委員長とする委員会を設け、ご助言を頂いた。

委員各位および関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：平成16年度新たな津波防災検討調査報告書，307p.，2005.3.
- 2) (社)日本海難防止協会：平成15年度津波が予想される場合の船舶安全確保の関する調査研究報告書，平成16年3月
- 3) 国土交通省：地下空間における浸水対策ガイドライン 同解説（技術資料），平成14年3月