

港湾における総合的な津波対策のあり方（中間とりまとめ）（素案）

目 次

はじめに.....	2
1. 東日本大震災による被害状況と津波防災施設の役割の評価	2
(1) 東日本大震災による港湾被害の概要	2
(2) 津波防災施設の役割の評価	3
2. 津波対策における課題.....	4
(1) 対象津波の選定と施設設計への反映	4
(2) 港まちづくりと連携した防護のあり方	4
(3) 構造物の機能限界を視野に入れた避難対策の充実	5
(4) 広域的な災害への対応.....	5
(5) 港湾の応急対応過程で明らかになった課題	5
3. 津波外力と防護水準のあり方.....	6
(1) 津波の大きさや発生頻度に応じた防災・減災目標の明確化	6
(2) 津波の外力設定と構造物設計に関する新たな方向	7
4. 港湾における防護ラインのあり方.....	7
(1) 単線防護から多重防護への転換.....	7
(2) 防護ラインの外側（堤外地）の防護方策	8
5. 被災地の復興計画と港湾の津波防災対策	8
(1) 基本的考え方.....	8
(2) 湾口防波堤を有する港湾の復旧方針	8
6. 避難に対する支援.....	8
(1) 避難施設の空白地域の解消.....	8
(2) 避難支援情報の提供システムの多重化	9

はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震及びこれに伴う津波は、東日本太平洋側に暮らす人々の生活や企業の経済活動に深刻な影響を及ぼした。とりわけ、津波は、湾口防波堤及び防潮堤等の防災施設の設計外力を大きく上回るとともに、避難計画等を定めた地域防災計画の想定をも上回った。

港湾における津波対策については、今次の大震災が発生するまでは平成17年3月の交通政策審議会答申「地震に強い港湾のあり方～災害に強い海上輸送ネットワークの構築と地域の防災力の向上をめざして～」を踏まえ対策を進めてきており、平成22年度には行政機関が行う政策の評価に関する法律に基づく政策評価を実施しているところである。

しかしながら、今次津波により、東北地方を中心に港湾及び港湾背後都市にこれまで経験したことが無いほどの甚大な被害が発生した。このような未曾有の災害を踏まえ、津波による被災要因や施設の防護効果を検証し、津波からの防護水準及び防護方式の再点検を行ったうえで、被災地の港湾の復旧方針を立案するとともに、東海・東南海・南海地震対策等の地震防災対策を進めていく必要がある。また、港湾には、発災後に、被災地域に暮らす人々への緊急物資を耐震強化岸壁等を通じて輸送する拠点としての役割や、復旧した企業の物流を支える拠点としての役割が求められている。これらの役割を果たすための津波対策のあり方についても、全国的・広域的な見地から検討する必要がある。

このような状況を踏まえ、港湾における津波対策のあり方を検討するため、交通政策審議会港湾分科会に防災部会を設置し、検討を進めている。

検討すべき事項は多岐にわたるため、被災地の港湾や背後都市の早期復旧・復興の観点から急がれる津波外力の見直し等について、今回、中間的なとりまとめを行うものである。

1. 東日本大震災による被害状況と津波防災施設の役割の評価

(1) 東日本大震災による港湾被害の概要

○ 今回の震災による津波について、歴史的な観点から地域毎に比べてみると、以下の通り。

- 三陸沿岸については、明治三陸津波と比べて今回の津波高が大きかったが、特に南側でははるかに大きく、陸前高田や気仙沼で被害が拡大した要因となった。
- 宮城県の仙台平野では、明治三陸津波や昭和三陸津波より圧倒的に大きく、歴史的に比べるとすれば、869年の貞観津波が該当する。
- 福島県では、今回ほど大きな津波を経験した記録は今のところない。

- 港湾構造物に大きな被害を与える 0.3~1.0Hz 前後の周波数帯の地震動スペクトルをみると、釜石港や仙台塩釜港に比べて、南部に位置する小名浜港で卓越していた。
- その結果、青森県八戸市から茨城県に至る太平洋沿岸の広域的な範囲で港湾施設は甚大な被害を受けたが、北部では津波による防波堤や防潮堤の被害が卓越し、南部では地震動による係留施設や護岸の被害が卓越していた。
- また、これらの被害に加えて、航路、泊地等の水域施設に、津波によるコンテナ、自動車、ガレキ等の浮遊、堆積又は土砂による埋塞が生じた。
- 港湾背後の市街地での被害状況についてみると、死者の 92%が水死であるように、津波により壊滅的な被害を受けたところが多かった。釜石市では都市計画上の用途地域面積の 27%が、石巻市では 73%が浸水した。釜石港の背後の浸水域は明治三陸の際の浸水域とほぼ同じであったのに対し、石巻港の背後では宮城県沖地震を想定したハザードマップの浸水域をはるかに超えていた。
- 防波堤の被災メカニズムを釜石港の湾口防波堤を例にみると、防波堤が津波を堰き止めて発生した大きな水位差がケーソンの間の目地部に強い流れを誘発し、基礎マウンドが洗掘されるとともに、ケーソンが津波に押され最終的には基礎マウンドから港内側に滑落した。
- 防潮堤については、押し波時の越流で裏法や法尻部が洗掘されて倒壊に至るパターンが多い。また、越流を考慮した設計になっていないことから、引き波時の流水圧に抗しきれずに倒壊するパターンや、押し波で構造上弱い箇所が損傷し、引き波によりその損傷箇所が拡大するなど、押し波と引き波の被災がセットで効いている場合もある。復旧に際しては被災メカニズムを施設毎に検証し、再度の災害を極力防止するような構造にする必要がある。

(2) 津波防災施設の役割の評価

- 防潮堤、防波堤等の津波防災施設は、設計外力をはるかに超える津波により大きな被災を受けたが、一定の減災効果を発揮していたと考えられる。地震の規模がはるかに大きかったにもかかわらず、防潮堤等が整備された岩手県沿岸地域における津波の浸水高さや遡上高さが明治三陸に比べて同じ程度であったことが、それを物語っている。
- 湾口防波堤には、①津波高を低減、②港内の水位上昇を遅延させて避難時間を確保、③流速を弱め破壊力を低減させる効果がある。

- 釜石港の湾口防波堤について、シミュレーションによりそれらの効果を検証すると、湾奥での津波高を約4割、流速を約7割低減させるとともに、津波が防潮堤を超えるまでの時間を6分間遅延させた。
- 湾口防波堤による6分間の遅延効果により避難できたと考えられる人の割合を、避難所におけるアンケート調査をもとに推計したところ、生存者の約20%となった。これは釜石湾地域（ピーク時避難者数9,900人）では約2,000人に相当する。

2. 津波対策における課題

(1) 対象津波の選定と施設設計への反映

- 今回の被災港湾では、三陸地方の設計対象津波である明治三陸等の津波の規模をはるかに超えており、被災施設の復旧にあたって、どういう津波を対象にするのかを検討する必要がある。
- また、東海・東南海・南海地震等については、連動して発生すること等により、これまでの想定より大きな津波が来襲することも指摘されている。
- こうした従来の想定を超える津波の再現期間や規模をどのように設定し、施設の計画・設計に反映させていくべきか検討が必要である。
- 施設の計画・設計に当たって、数百年から千年に1回とも言われる今回のような津波に対して完全に防護する（越流も許さない）ことは、経済的・技術的に困難であると考えられ、現実的にどのような設計方針を確立するか課題となっている。
- また、ある外力に対して設計した防波堤の天端高をはるかに超えるような津波が来た場合に、構造物の適用限界として崩壊を許してよいかどうかは慎重な検討を要する。仮に完全に崩壊すれば、その後の津波のエネルギーを減殺することができず、背後地に多大な浸水被害を及ぼす恐れがある。

(2) 港まちづくりと連携した防護のあり方

- 被災した市街地の復旧・復興計画の策定が急務となっているが、今次津波のような大きな外力に対して構造物で全てを防護することは不可能。背後のまちづくりと連携し、ハード（防災施設）とソフト（土地利用、避難）を総動員した防護目標の設定が必要である。
- 幾つかの港湾の現行の防護ラインをみると、部分的に切れているところがあっ

たり、構造的に脆弱な箇所が存在する。さらに、防護ラインがあったとしても、港湾からの漂流物で被害を拡大させたところもあり、既存の海岸保全施設のみならず、多種多様な施設の組み合わせによる防護を検討する必要がある。

(3) 建造物の機能限界を視野に入れた避難対策の充実

- 避難所でのアンケート調査によれば、地震直後にすぐに避難しなかった理由として、「防波堤や防潮堤を超えるような津波は来ないと思った。」、「過去の経験から大きな津波が来ないと思い、避難が遅れた。」という回答が高い割合を占めていた。
- 建造物の機能限界を超えるような津波が来襲することは今後とも十分にありうる。地域防災計画への位置づけや防災教育の充実が重要であることは論をまたないが、速やかな避難が可能な避難施設が十分に配置されていないところもあり、あったとしても構造的に不十分なところも多い。
- ハザードマップについては、これまでは既往最大の津波に対してのみ作成されているが、複数の津波予報に対応したマップを予め用意しておき、きめ細やかな避難情報を出せるような仕組みが必要である。
- 今回の震災では、高齢者・障害者等の要支援者以外に、警察官や、海岸管理者から陸閘・水門等の閉鎖を委託されている消防団員など職務上逃げることができなかった方々も数多く犠牲になった。

(4) 広域的な災害への対応

- 今回、津波災害に対しては、都道府県を越えた極めて広範囲の対応が必要で、地方整備局等国の出先機関が大きな役割を果たすことが再認識された。
- 東海・東南海・南海地震等への対応も、被害想定等の準備段階から発災後の対応まで広域的な対応体制で臨む必要がある。

(5) 港湾の応急対応過程で明らかになった課題

- 上記の他に、発災直後の航路・泊地等の啓開、被災状況調査等の応急対応過程で以下の課題も明らかとなった。
 - 津波により直轄港湾事務所が浸水し、非常用電源や電話回線サーバーも水没等により機能しなくなり、初動対応等が困難だった。
 - GPS 波浪計のピーク値観測後に通信回線が切断され、海上作業の着手が遅れた。
 - 深淺測量や作業船手配が航路啓開の作業工程上重要であった。
 - 津波により上屋が使用不能となり、緊急物資保管用の大型テントが必要にな

った。

- 仙台空港滑走路が液状化対策済みで復旧が早かったのに対し、岸壁背後のエプロン・ヤードが液状化により大きく被災した。
- 荷役機械は地震動に対して、あるいは津波による浸水に対して脆く、被害の広域化のなかで復旧に時間を要した。
- 荷役機械の不要なフェリー、RORO 船が有効であるが、大型フェリー用の岸壁が限られていた。
- 民間の穀物や石油のターミナルにおける荷役機械、サイロ、タンク等が浸水して震災後の供給能力が著しく低下した。
- 被災地の石油不足に対して、タンクローリー車による輸送能力には限界があり、港湾の早期機能回復が強く要請された。
- 東北地域太平洋側の生産機能や港湾機能の低下が、被災地以外の産業活動にも影響した。
- 現有の海洋環境整備船が湾内仕様で航続距離が短いため、漂流物・漂流ごみの回収作業に制約があった。
- 海岸保全施設台帳、港湾施設台帳等の整備が不十分であったため、被災施設の把握・整理に時間を要した。

3. 津波外力と防護水準のあり方

(1) 津波の大きさや発生頻度に応じた防災・減災目標の明確化

- 今回の津波によって、改めて構造物による防災機能の限界が認識された。発生頻度の少ない巨大津波まで構造物で守りきることは技術的にも経済的にも不可能であり、大きさや発生頻度に応じて防災・減災の目標を明確化する必要がある。
- レベル1は施設の供用期間中に発生する可能性が高い津波であり、達成すべき防護目標としては、①人命を守る、②財産を守る、③経済活動を継続させる、の3つを満足する「防災」を目指すべきである。このため、防災施設の計画・設計に当たっては、堤内地への浸水を防止するものとする。
- なお、堤外地には浸水が想定されるが、人命を守るとともに、発災後の港湾機能発現に必要な港湾施設が被災しないように計画・設計するものとする。
- レベル2は、その地点で想定される最大規模の津波で、①人命は守るが、②経済的損失は軽減し、③大きな二次災害を防止し、④施設の早期復旧を図ることができる「減災」を目指すべきである。この場合、堤内地への浸水は許容するものの、土地利用や避難対策と一体となった総合的な対策を講じる。

- 構造物については、破堤等により被害が拡大しないように計画・設計するとともに、必要に応じ、複数の施設を組み合わせた多重防護を検討するものとする。

(2) 津波の外力設定と構造物設計に関する新たな方向

(イ) 粘り強い構造の追及

- 津波は繰り返し来襲するため、津波に対する防護施設については、仮に第1波で大きな被害を受けたとしても倒壊せず、第2波目以降にも最低限の耐力を保持する「粘り強い」構造物が求められる。
- 今回導入するレベル2津波を設計外力として明示するには現在の技術レベル等を踏まえた慎重な検討が必要である。
- しかし、防災対策においては、常にハードとソフトの双方でより高い水準を目指すべきである。
- 以上から、レベル1を超える津波に対しては、構造物のみで防護することができず背後地が浸水する恐れあることを地域防災計画へ明記するなど、構造物の限界を明らかにしつつ防災教育に取り組むとともに、技術開発を進め、レベル2の津波外力に対しても崩壊せず、一定の減災効果を保持できる粘り強い構造となるような設計を目指す。
- 特に、崩壊した場合に早期復旧が困難な防波堤については、現在の技術レベルのなかで粘り強い構造となるような設計・施工上の検討を行う。

(ロ) 津波の外力設定の方法

- レベル2の津波外力を「その地点で想定される最大規模の津波」と定義したが、実際の設定に当たっては、既往の最大ではなく、不確実性を考慮した設定をすべきである。
- しかし、この検討には時間を要することから、当面の被災地における復旧・復興の検討では、今回の津波をレベル2と設定して設計上の対応を進める。そして、今後、中央防災会議専門調査会等の議論を踏まえて見直しを進めることとする。

4. 港湾における防護ラインのあり方

(1) 単線防護から多重防護への転換

- まずは、現行の防護ラインについて、平面的に途切れている場合又は所要の施

設が整備されていない場合については、連続した防護ラインを形成するような措置を講じるべきである。

- 水門、陸閘等の可動式の海岸保全施設については、自動化・遠隔化による操作が有効であるが、レベル2津波が来襲した場合の停電への対応も講じておく。
- レベル2では、現行の防護ラインを超える甚大な越流が想定されるため、土地利用を工夫するとともに、必要に応じて胸壁等による二線堤の整備や避難施設等、他の施設と組み合わせて多重に防護する方策を検討する。

(2) 防護ラインの外側（堤外地）の防護方策

- 防波堤の津波への抵抗力を強化したり、岸壁の洗屈防止や護岸の嵩上げなど、レベル1に対しては港湾において必要な産業・物流機能が継続できるような措置を講じる。
- また、船舶、コンテナ等が漂流する恐れがある地区では、漂流物防止の措置を講じる。

5. 被災地の復興計画と港湾の津波防災対策

(1) 基本的考え方

- 防波堤、防潮堤等の津波防災施設の復旧計画は、津波氾濫シミュレーション等の検討を行い、被災地における復興まちづくり計画との関連を考慮して策定する必要がある。
- 具体的な手順としては、防波堤・防潮堤の配置及び天端高を変えた複数の代替案を設定し、それぞれの案についての津波氾濫シミュレーションを行って浸水域、浸水深等を算出する。そのうえで都市の土地利用・施設配置の代替案と突き合わせ、必要な防護目標（①人命を守る、②資産を守る、③経済活動を守る等）の達成度や人口・産業の将来動向等を踏まえた実行可能性を評価する。

(2) 湾口防波堤を有する港湾の復旧方針

(検討中)

6. 避難に対する支援

(1) 避難施設の空白地域の解消

- レベル2に対する対策では、避難タワーや避難ビル等、避難を支援するハード

施設が不可欠である。特にレベル2津波での浸水が想定される区域内に避難施設を設ける必要がある。個々の避難施設については、可能な限り高層化を図りつつ、船舶などの漂流物に破壊されない強度を有するものを計画する。

- 特に、港湾においては、想定震源に近接する港湾のふ頭内で就労する港湾労働者の避難施設の確保に努める。

(2) 避難支援情報の提供システムの多重化

- 今般の地震発生後気象庁が津波警報を切り上げる際にGPS波浪計のデータが活用されたが、切り上げまでに地震発生から28分と時間を要した。また、第一波観測後GPS波浪計からのデータ伝送が停電や陸上回線の被災により不通となってしまった。今後、通信システムの多重化、情報提供ルートが多様化等により、当該データを津波からの避難に有効に活用できるよう検討すべきである。