

特集：将来の安全・安心な国土の礎となる土木技術

大規模沿岸域災害の減災に向けて — 港湾における低頻度大規模災害への対応 —

根本貴史* 熊谷兼太郎** 渡邊祐二***

1. はじめに

東日本大震災を経験し、想定外を想定することの重要さと難しさを知らされることとなった。当研究室では、発災前から「低頻度メガリスク型沿岸災害」について研究を始めていたが、現在進められている対策検討の中で、どう取り入れられたか、また何を想定できていなかったのか、事後的に浮かび上がったところを報告し、今後の課題の例示を試みる。

2. 「想定を超える災害」対応の研究

2.1 震災(3.11)以前の研究

平成 21 年度まで当研究室で実施してきた「低頻度メガリスク型の沿岸域災害に対する多様な効用を持つ対策の評価に関する研究」は、「メガリスク災害」を「想定を超える災害」と捉え、その対応について検討を行ったものである。

本研究では、平常時における効用を評価することにより、従来の費用対効果分析より、投資限界が数倍に上がり得るケースもあることを示した。これは、災害時の効用だけではB/Cが出ない場合でも、平常時の効用までカウントすることにより、数倍規模の事業でも費用対効果が確保されるケースがあることを意味する。

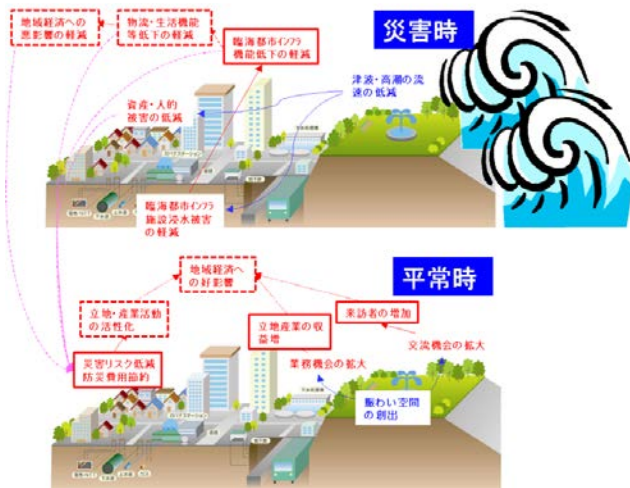


図-1 施設が有する効用(災害時・平常時)

そこで、「想定を超える災害」への対応として、災害時に減災効果があり、かつ平常時にも社会的に有用な施設を整備する方策、すなわち、災害が来ても来なくても「後悔しない施策(No-Regret Policy)」を提案した。

2.2 平常時にも効用を有する施設による減災効果の活用

同研究では、災害時に減災効果がありかつ平常時にも社会的に有用な施設を、表-1の分類表に非防護施設として示した。

表-1 減災機能を有する施設の分類

減災性能	防護施設	非防護施設
大	防波堤、防潮堤、護岸	盛土構造物 鉄筋コンクリート建築物
中	人工地盤、地盤嵩上げ	倉庫、上屋、木造家屋、緑地帯(植栽の密な配置)
小	砂浜、干潟	鉄道や道路などの高架(※盛土等によるものは防護効果が高い) 緑地帯(植栽の粗な配置)

具体的には、防波堤、護岸のような海域の直立壁に近い構造物による津波の反射だけでなく、上屋・倉庫等の既存港湾施設、第一線に立地する建物等の構造物や森林・植林・植栽による津波エネルギーの減殺や遅延効果を期待した。また、臨海部遊休地の利用転換や再開発時に防潮機能・避難場所としての機能を有するプロムナードや緑地を配置するような減災を考慮した土地利用の規制・誘導措置の導入等土地利用計画、配置計画によるものも想定していた。

このような考え方は、平成21年7月に示された「社会資本整備審議会・交通政策審議会 交通体系分科会 計画部会 緊急提言」にも生きている。

2.3 「津波防災まちづくり」の考え方

同提言では、「津波防災まちづくり」のために、「例えば、二線堤(浸水の拡大を防止する機能を持

つ道路等の盛土等)、宅地、公共施設の盛土等、津波防護(津波被害の軽減)に寄与する施設を「津波防護施設(仮称)」として位置づけ、活用すること等について検討すべき。」とされた。

特に、東日本大震災での被災状況から、平坦な地形が続く宮城県南部を遡する津波が、仙台東部有料道路で遮られたことには注目が集まった。

2.4 盛土構造物や建物による効果を検討した事例

当研究室では、東南海・南海地震による津波を想定したものではあるが、低頻度メガリスク型の津波に対する盛土構造の道路や建物による防災効果を、シミュレーションにより確認している。ここに、その一部を紹介する。

2.4.1 道路嵩上げによる効果を検討した事例

図-2は、四国地方のある港において、海に近い道路を直交する道路との交差点部でグランドレベルにすりつけ、その交差点間を3.5m嵩上げた場合の効果を、津波シミュレーションで表現したものである。同図から、エリアによっては津波到達時刻が5~10分程度遅延していることを確認した。

本事例では、交差点部分を嵩上げていない分、効果は低く出ていると推測される。逆に言えば、道路全線を嵩上げすることができれば、より効果を発揮することが可能と考えられる。

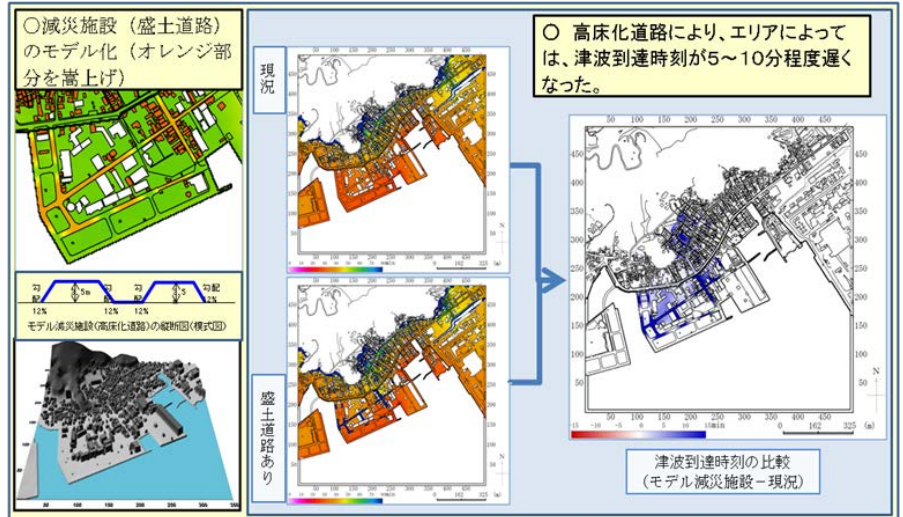


図-2 盛土道路による津波防災効果

2.4.2 建物による効果を示した検討事例

現地の地盤データ及び住宅地図により、建物の存在を評価しないケースと、建物の高さを新たな地盤高さとして評価した(合成地盤モデル)ケースとで津波シミュレーション結果を比較し、「最大3mの水位低下」及び「最大2m/sの流速低下」を確認した(図-3)。

これは、「合成地盤モデルの有効性」の確認ではあるが、仮に建物が存在しない地に津波対策として建物を建設したと仮想的にとらえれば、「建物による減災効果」を評価したものとも理解できる。

3. 想定できていなかった事柄

今回の震災では、10mを超える津波が沿岸部を大規模に襲っており、その破壊力は強大であった。そのため、過去には認められなかったものも含めて、大規模な被害が発生している。

3.1 漂流物による被害

従来、コンテナや小型船舶に対する漂流物対策として、津波バリアといった設備の整備は始まっていた。

しかし、今回は、自動車・漁船から比較的大型の船舶や、破壊した木造住宅等の瓦礫、石油タンク等危険施設の流出とそれによる火災の発生など、大規模な漂流物被害が発生した。

ある港では、上屋が破壊されたものの、大型船舶が市街地に侵入することを防いだ事例もある。大型漂流物に関する対策が、陸上構造物に期待される機能の一つになる可能性も考えられる。

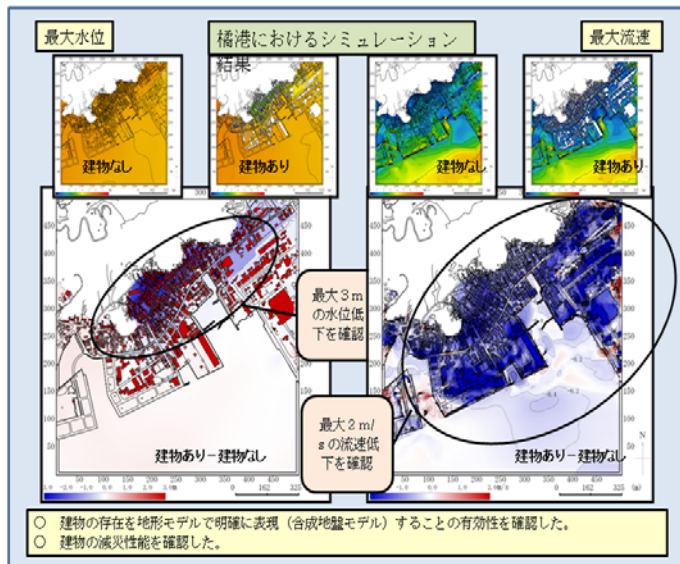


図-3 建物による津波防災効果



図-4 動的ハザードマップのイメージ

3.2 避難行動

三陸海岸は幾度となく大きな津波災害を受け、津波防災施設などのハード対策も進んでおり、住民の意識も高いと考えられてきた。例えば、岩手県宮古市の田老の防潮堤は昭和三陸津波に対して設計され、明治三陸級津波が来れば越流すると想定するとともに、水門を閉められない場合に備えた門扉の形式を採用している。また、警報が出れば避難することが謳われるなど、まさに「想定を超えた場合」の対策も考えられていた。それにも関わらず人的被害が発生した。

委員会等幾つかの議論の場で、「ハードにより守られた部分もある」一方で、「ハード整備が進んだがために住民の危機意識が低くなる傾向もある」との指摘がなされている。それだけが原因とも言えないが、設計に携る者であれば理解している「安全を守るために整備したハードも、設計条件を超えた外力には機能しない」こと、あるいは「水門・陸閘の閉鎖ができなければ、設計条件以下でも背後地も浸水する」ことが、住民に伝わっていない現実がある。リスクコミュニケーションの重要性の指摘に繋がるわけであるが、更新・改良等の事業がなくとも、施設がある限り「機能を住民に理解して貰う」必要がある。

そのためのツールとしての動的ハザードマップ(津波シミュレーションと避難シミュレーションの統合システム/図-4)の開発が、インド洋津波被害を受けて始められていたが、実用に

は至っていなかった。今後、実用化に向けた取組みが望まれる。

3.3 海岸保全施設の構造的な応答

最後に、社会資本整備に携わる者にとって足下の課題である「想定を超える津波が来襲した場合の構造物の応答」について触れる。

東日本大震災では、従来の設計方法では配慮されていなかった破壊モードが明確になった。

従来から考慮されていた「押し波」による被害の中では、写真-1の③や写真-2の⑦のような衝撃的な作用による破壊が特筆される。

他に、今回観察され、改めて認識された被災要因は、主に次の通りである。

3.3.1 引き波・戻り流れ

写真-1の中の④～⑥は、「引き波」ないしは「戻り流れ」によると考えられる。さらに、①の



写真-1 海岸保全施設被害 (参考文献3) より

その他の海岸保全施設(重力式構造物)の被災事例



綾里白浜海岸 (緩傾斜護岸)

両石海岸 (海岸堤防)

写真-2 海岸保全施設被害 (参考文献2) より)

護岸擁壁部の倒壊や、②の胸壁背後の洗掘も、同じ要因と推測される。

3.3.2 浮力・揚圧力

写真-2の⑥は引き波による被害でもあるが、特に陸側の門扉等では、引き波時に海側に流され次なる押し波時陸側に運ばれるなど、浮力を受けて漂流したと推測される事例がある。さらに、門扉のガイドが上側にめくれ上がっている事例などから察するに、浮力・揚圧力に対する設計も必要と考えられる。

3.3.3 長時間継続して繰り返す流れ

写真-1の②のように、胸壁背後が激しく洗掘を受けていたり、④のように、前後の地盤高に差がないにも関わらず吸出しを受けていると見受けられる事例があった。長時間継続し、繰り返し作用した流れの影響が考えられる。写真-2の⑧についても、ビデオ映像から、3～4波目の引き波時に、背後の瓦礫を伴った湛水により破壊したと推測される。

3.4 引き波時の排水 (配置計画的課題)

大船渡港では、胸壁の先の護岸が倒壊したために排水が集中し、胸壁背後に長時間継続する排水流れが繰り返すことによる洗掘と考えられる事例が観察されている。

低頻度メガリスク型沿岸災害越流して堤内地を満たした海水は、そのまま滞留すれば、第2波、第3波の際に、堤防や胸壁背後を流下する流れを緩和する可能性もあるが、逆に堤防や胸壁を、背後の湛水に耐えるまで、全延長に渡って強化する必要が出てくる。その意味では、排水対策も実は重要な津波対策と考えられる。

津波による越流水の排水については、津波警報発令中には誰も近寄れないこと、第一波来襲後は電源が落ちている可能性が高いことから、無人で、できれば自然エネルギーで動作することが求められる。

4. おわりに

今回、「想定外を想定せよ」という教訓と「粘り強い構造」という概念が示された。その具体的検討は現在取組まれているところであるが、想定を超える作用が働いた場合にどのような現象が起こるのか、シミュレーションないしは推測しておく姿勢が、今後望まれる。

謝 辞

本稿に含まれる考え方については、各種委員会等での委員の発言に啓発されたところが大きい。ここに謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 「低頻度メガリスク型の沿岸域災害に対する多様な効用を持つ対策の評価に関する研究」国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告、No.34、April、2011
- 2) 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」第4回資料、2011
- 3) 交通政策審議会港湾分科会第4回防災部会資料2、2011

根木貴史*



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
Takashi NEGI

熊谷兼太郎**



国土交通省国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部 主任研究官、工博
Dr. Kentaro KUMAGAI

渡邊祐二***



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 研究員
Yuji WATANABE