

大型構造物の破壊を考慮した津波計算手法の開発

埼玉大学 学生会員 ○志賀 なつみ

埼玉大学大学院 学生会員 座波 健仁

埼玉大学大学院（兼）埼玉大学研究機構レジリエント社会研究センター 正会員 田中 規夫

1. 背景及び目的

東北地方太平洋沖地震津波により、沿岸部の地域では広範囲に渡って家屋流失等の甚大な被害を被った。その中で、宮城県石巻市の石巻港周辺では特徴的な被災状況が見受けられた。他の沿岸部の地域では、津波の強大な流体力によって家屋が全面的に流失しているのに対し、石巻港周辺では何軒かまとまった家屋群が局所的に残存していた。家屋群が残存した原因として、大型構造物の背後で遮蔽さえたと考えられるものもある一方、大型構造物群の間で流れの加速の影響を受けたと考えられるものもあった。さらに、それらの大型構造物は全壊等の破壊が見られ、大型構造物の破壊が家屋の破壊に影響を及ぼした可能性もある。

上記を踏まえ、本研究では大型構造物の残存状態が周辺の津波流況と家屋破壊に及ぼす影響を解析可能なモデルを開発するとともに、同影響を解明することを目的とする。

2. 計算方法の概要

(1) 津波解析手法及び解析領域

小内・田中¹⁾の研究と同様に二次元非線形長波モデルを用いた。解析領域としては、石巻港周辺とし、図-1に解析領域と家屋の残存・流失状況を合わせて示す。

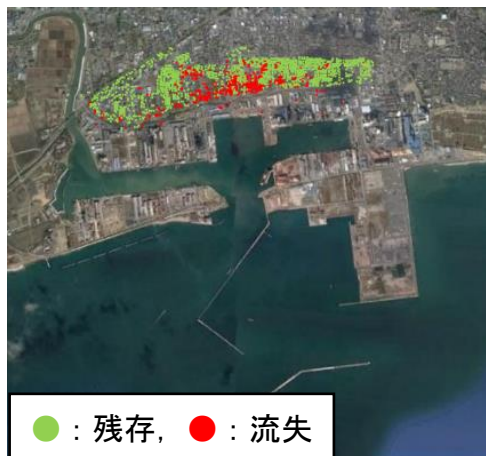


図-1 解析領域 (Google Earth をもとに作成)

(2) 大型構造物のモデル化及び破壊方法

大型構造物の位置と構造（木造，鉄鋼，RC 造）は Google Earth 及び復興支援調査アーカイブ²⁾を用いて取得した。大型構造物はグリッドの境界に壁（阻害線）を設けることで再現した。また、大型構造物の破壊方法としては、まず阻害線に対して垂直方向の流体力を算出する。算出された流体力が林ら³⁾の構築した構造毎の津波被害関数における破壊確率が 5%を超えた場合、阻害線を除外した。それと同時に、破壊確率に応じて元々阻害線に接していた大型構造物内部のグリッドに空隙を与えた。この空隙は、流体力の最大値が更新されるごとにより大きい値へ更新した。津波被害関数は地域における破壊確率であるが、構造物そのものの破壊確率と読み替えた場合に、大型構造物背後の家屋破壊現象がどの程度表現可能かということを検討した。

(3) 解析ケース

本研究では、大型構造物の有無による家屋破壊状況の相違も検討するため、大型構造物が存在しない場合(NB: No Building)、大型構造物が存在し、破壊がない場合(B: Building)、大型構造物が存在し、破壊を考慮した場合(BD: Building Damaged)の3ケースを行った。

(4) 家屋破壊判定

家屋破壊判定には流体力指標とモーメント指標を用いており、田中ら⁴⁾の構築した建物被害関数の50%値である $17.2\text{m}^3/\text{s}^2$ 、 $41.6\text{m}^4/\text{s}^2$ を基準としてそれらを超えた場合に流失させた。

3. 結果及び考察

(1) 数値解析結果の検証

図-2に、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(TETJSG)⁵⁾と2011年埼玉大学で行った痕跡調査と数値解析から得られた浸水深の比較図を示す。両者の相関式は $y = 0.9442x$ と高い値を示したため、家屋被害を

キーワード 大型構造物，流体力，空隙率，破壊

連絡先〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学 TEL048-858-3564 E-mail: tanaka01@mail.saitama-u.ac.jp

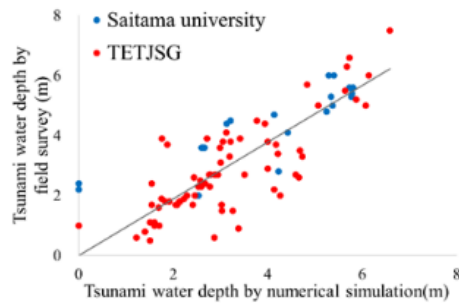


図-2 現地調査と数値解析の浸水深の比較

評価する十分な精度を持った解析結果であるといえる。

(2) 各解析ケースにおける家屋破壊状況

図-3 に実際の家屋被害状況とそれぞれの解析ケースにおける家屋被害状況（緑：残存，赤：流失）を示す。また、表-1 に残存または流失した家屋軒数と実際の家屋被害状況との適合率を示す。

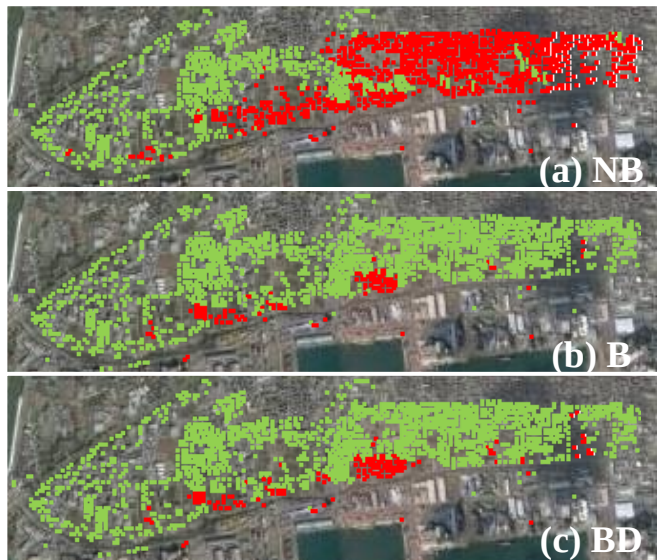


図-3 家屋被害状況 (a) Case NB, (b) Case B, (c) Case BD
表-1 適合率と家屋

	適合率	家屋軒数	
		残存	流失
実際		1601	479
NB	49.0%	912	1168
B	78.6%	1957	123
BD	79.2%	1916	164

Case NB と Case B を比較すると、Case B の方が家屋流失軒数（赤）は大幅に低い。大型構造物が家屋流失を抑制している。また、大型構造物を取り入れるで、家屋破壊の適合率は上昇する（表-1）。しかし、図-1 と比較すると、必要以上に津波を減勢しているとも言える。

次に Case B と Case BD を比較すると、大型構造物破壊を考慮した Case BD の方が家屋流失軒数は増加したが、適合率は1%程の変化しか見られなかった。この原因として、大型構造物の直背後で家屋が完全に守られている箇所が少ないということが挙げられる。今回対象とした石巻港周辺地域では、大型構造物の直背後に

ある家屋が少なく、近いものでも 30m 程度の距離に位置していた。よって、家屋と大型構造物間の距離が関係していると考えられる。

もう1つの要因として、大型構造物の破壊確率の低さや家屋破壊との時系列影響が挙げられる。本研究では、ほとんどの大型構造物が 10~25%程度しか破壊されず、また破壊されない大型構造物も多く存在していた。さらに、大型構造物が破壊される前に流失している家屋が多く存在し、Case BD において約 110 軒もの家屋が大型構造物の破壊前に流失した。このことも要因の一つとして考えられる。しかし、大型構造物が破壊されたのちに家屋破壊が進行した箇所もあるため、メカニズムとしては表現できたと考えられる。

4. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。

大型構造物の地域としての被害関数を個々の構造物の被害確率に当てはめることで、大型構造物の破壊をうけて家屋破壊が進行するメカニズムは再現可能である。さらに大型構造物をモデル化したことによって、家屋流失状況の再現性は上昇する。しかし、よりモデル化の効果を見るためには、大型構造物の直背後に家屋のある地域を対象とする必要がある。

謝辞 国土交通省東北地方整備局と宮城県石巻港湾事務所よりデータを貸与された。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 小内，田中：樹林帯による漂流物捕捉効果を考慮した数値解析による家屋被害関数，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.71，No.4，1_727-1_732，2015。
- 2) 国土交通省都市局：『復興支援調査アーカイブ』，<http://fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp/>，2012。
- 3) 林，成田，越村：東日本大震災における建物被害データと数値解析の統合による津波被害関数，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.69，No.2，2013，I_386-I_390
- 4) 田中，小内，近藤：津波流体力とそのモーメントによる破壊規模ごとの家屋被害関数，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.71，No.1，1-11，2015。
- 5) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ：現地調査結果，<http://www.coastal.jp/tjtj/>，2012。