

2011年東日本大震災の建物被害実態に基づく津波被害関数の構築

東北大学
東北大学災害科学国際研究所
東北大学大学院

学生会員 ○成田 裕也
正 会 員 越村 俊一
学生会員 郷右近 英臣

1. 序論

2011年3月11日、牡鹿半島の東南東約130km付近を震源として東北地方太平洋沖地震 (M_w 9.0) が発生した。この地震により生じた津波は、青森県から千葉県に至る太平洋沿岸部を襲い、甚大な人的被害・建物被害をもたらした。発災後、津波被災地で数多くの現地調査が行われ、浸水域や浸水深、浸水深などの津波流況や、死者数、建物被害棟数などの実被害が明らかにされてきた。

津波流況と被害程度の関連性を明らかにすることは、被害推定において非常に重要である。近年、それらの関係を確率的に表す津波被害関数が提案され、高度な被害推定のための指標としての利用が期待されている(越村ら, 2009)。過去に世界で発生した巨大津波について数多くの被害関数が構築されてきた。しかし、その元となるデータには限りがあるため、その精度について十分な確証は得られない。

そこで本研究では、国土交通省都市局調査結果に基づく詳細な現地調査データ、建物被害データと筆者らが実施する津波数値解析結果を統合し、2011年東北地方太平洋沖地震津波における津波被害関数を構築することを目的とする。

2. 概要

(1) 使用データ

本研究で使用したデータは、宮城県仙台市における100mメッシュの浸水深データと全11683棟の建物被害データである。建物は7段階の被害程度に分類されてい

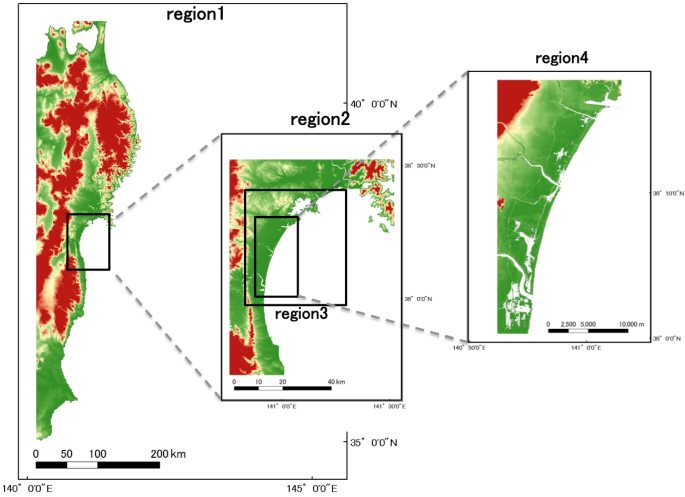


図-1 計算領域

る。また、4種類の構造形式に分類されており、それらの概要を表-1、表-2に示す。ただし、津波被害関数の構築の際、浸水深が0mの地点や被害分類、構造分類が不明なデータは除外した。

(2) 津波数値計算

本研究では、非線形長波理論式を基礎式とする津波数値計算を行い、津波最大流速を推定した。計算領域を図-1に示す。格子間隔は第1領域から順に270m,90m,30m,10mで、大領域から小領域へ接続計算を行った。波源モデルは、林・越村(2012)による東北大学モデル(version1.1)を微修正したモデルを使用した。また、建物用地の粗度係数として油屋・今村(2002)による合成等価粗度を使用した。津波数値解析における氾濫流速の推定精度については、林・越村(2012)で一部実証済みである。

3. 津波被害関数の構築

(1) 津波被害関数とは

津波被害関数とは、人的被害・建物被害の程度を被害率として、浸水深、流速などの津波の流体力学的諸量との関連で表したものである。具体的には、被害情報(被害率 P_D)と津波外力との関連を回帰分析により求め、対数正規分布、正規分布による式(1)、(2)で表される。

表-1 被害分類

	被害の概要	棟数
D1	全壊(流失)	4121
D2	全壊	855
D3	全壊(1階天井以上浸水)	648
D4	大規模半壊	1337
D5	半壊(床上浸水)	2718
D6	一部損壊(床下浸水)	1137
D7	被害なし	840
NODATA	不明	27

表-2 構造分類

	構造形式	棟数
S1	RC造	339
S2	重量鉄骨造	697
S3	木造	7514
S4	その他	1100
NODATA	不明	2033

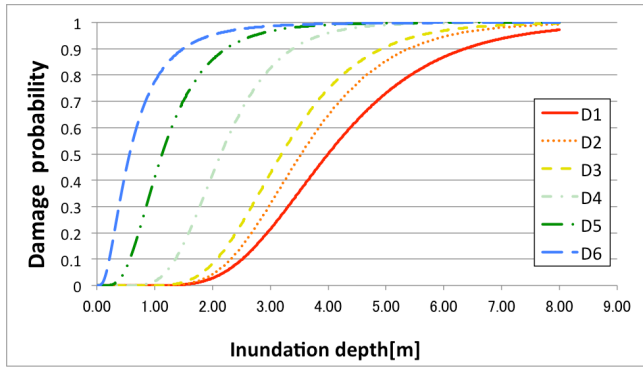


図-2 被害分類別の津波被害関数（最大浸水深，仙台市）

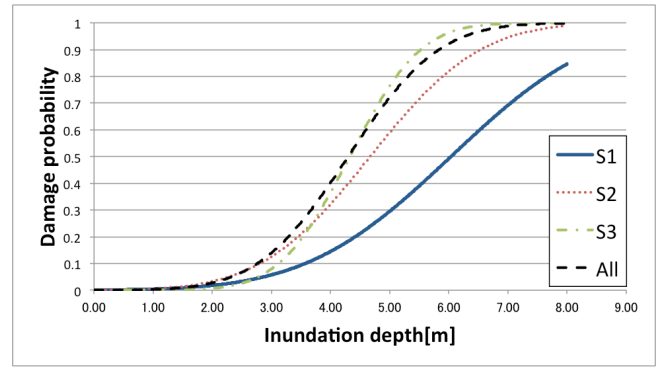


図-4 構造別の津波被害関数（最大浸水深，D1，仙台市）

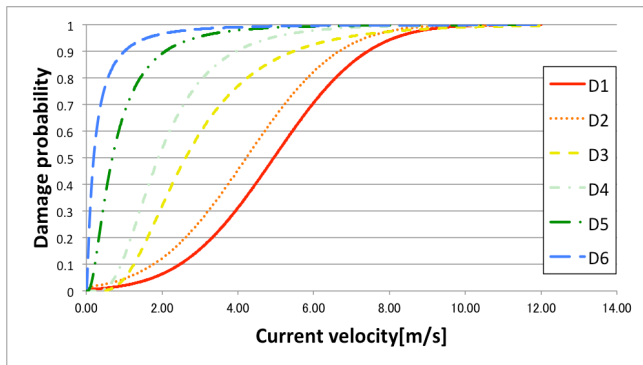


図-3 被害分類別の津波被害関数（最大流速，仙台市）

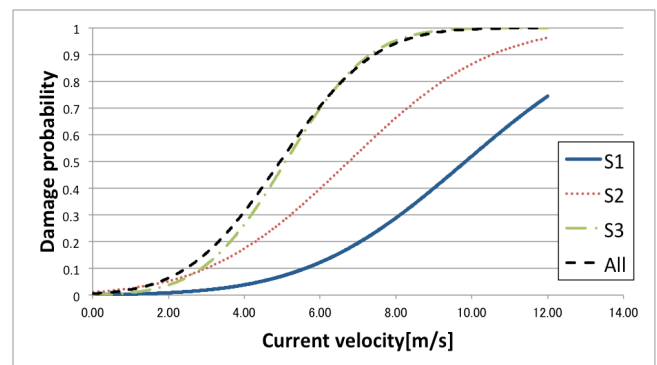


図-5 構造別の津波被害関数（最大流速，D1，仙台市）

きいためと考えられる。

$$P_D(x) = \Phi \left[\frac{\ln x - \lambda}{\xi} \right] \quad (1)$$

$$P_D(x) = \Phi \left[\frac{x - \mu}{\sigma} \right] \quad (2)$$

ここで、 x は最大浸水深，最大流速，最大波力などの津波外力指標で， λ （または μ ）， ξ （または σ ）はそれぞれ $\ln x$ または x の平均値と標準偏差である。

(2) 津波被害関数の構築

本稿では，使用データによる最大浸水深と津波数値計算による最大流速をパラメータとして，被害分類別・構造別に津波被害関数を構築した。

図-2，図-3の関数は，それぞれ最大浸水深，最大流速における D_i （ $i = 1 \sim 6$ ）以上の被害を受ける確率を表す。これより，最大浸水深3.0m，最大流速3.0m/sを超えると，約80%の建物が大規模半壊（D4）以上の被害を受けることが分かる。

図-4，図-5では，それぞれ最大浸水深，最大流速における流失（D1）となる確率を構造別に示す。これより，木造，重量鉄骨造，RC造の順に被害率が高くなることが分かる。図-4と図-5を比べると，最大浸水深より最大流速の方がその差が顕著に見られる。これは，津波による建物の破壊が浸水深よりも流速などの水勢による影響が大

4. 結論

本研究では，国土交通省都市局調査結果に基づく浸水深データ，建物被害データと津波数値計算を用いて，2011年東北地方太平洋沖地震津波における津波被害関数を宮城県仙台市で構築した。その結果，津波の流体力学的諸量と被害率との関係が明らかとなった。また，建物構造を考慮することで津波被害の不確実性が軽減された。今後は，宮城県の他地域や岩手県，福島県などの被災地においても同様に津波被害関数を構築し，それらの比較により各地域の脆弱性を明らかにする必要がある。

参考文献

- 越村俊一，行谷佑一，柳澤英明（2009）：津波被害関数の構築，土木学会論文集B，Vol.65，No.4，320-331
- 林里美，越村俊一（2012）：映像解析による2011年東北地方太平洋沖地震津波の流速測定，土木学会論文集B2，Vol.68，No.2，366-370
- 油屋貴子，今村文彦（2002）：合成等価粗度モデルを用いた津波氾濫シミュレーションの提案，海岸工学論文集，Vol.49，276-280
- Stefan Reese，Brendon A. Bradley，Jochen Bind，Graeme Smart，William Power，James Sturman（2011）：Empirical building fragilities from observed damage in the 2009 South Pacific tsunami，Earth-Science Reviews，107，156-173