

## 学位論文要旨および審査要旨

氏 名 小 園 裕 司  
学位の名称 博士（学術）  
学位記番号 安全博第7号  
学位授与の日付 2017年3月31日  
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当  
学位論文題目 建物倒壊および災害がれきを考慮した津波被害予測手法に関する研究  
論文審査委員 主査教授 高橋 智幸  
副査教授 川口 寿裕  
副査講師 鳴原 良典

### 論文内容の要旨

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波（以下、東北津波）は岩手県や宮城県、福島県を中心に甚大な浸水被害を発生させた。特に市街地へ浸水した津波は大きな流体力を有するため、多くの建物を倒壊させ、被害を拡大させる要因となった。倒壊した建物に加えて、車両や船舶も津波により運搬され、陸域および海域に災害がれきとして集積した。これらの災害がれきは被災直後の救助活動の妨げになったのみならず、復旧・復興過程にも支障をきたしており、最終的な津波被害に大きな影響を与えている。しかし、従来の津波被害想定では、災害がれきの発生および集積については定量的な評価が行われてこなかった。これは、津波の市街地への浸水、波力の発生、波力による建物倒壊、倒壊した建物や車両、船舶などの移動および停止という一連の現象を包括的に再現するための物理モデルが存在していないことが原因である。そこで、本論文では津波来襲時の災害がれきの発生に関する統合シミュレーションモデルの構築を目的として、以下のような研究を実施した。

(1)東北津波により大量の災害がれきが発生した気仙沼市を対象として、津波痕跡高や航空測量データ、航空写真などから被災状況を調べた。その結果、木造やRC造、S造などの建物の構造種別毎の倒壊状況を明らかにするとともに、提案モデルの検証データを得た。(2)従来の津波浸水モデルでは、建物を粗度とみなして計算条件を設定しているため、津波に対する建物の影響は底面摩擦によるエネルギー損失として考慮されている。すなわち、実際の物理現象をモデル化するのではなく、簡易的に建物の影響を評価している。そこで、本論文では建物の形状を計算条件として設定し、津波に対する建物の抵抗を考慮できる津波浸水モデルを提案した。そして、両モデルを気仙沼市に適用し、提案モデルが津波痕跡高をより再現できることを示した。(3)津波の浸水に伴う波力および推定された波力による建物倒壊を評価できる災害がれきの発生モデルを構築した。その際、気仙沼市での調査結果から建物構造種別毎で倒壊に至る閾値を求めた。そして、本モデルを気仙沼市に適用することにより、建物の倒壊被害が再現可能であることに加えて、浸水分布の再現性も向上することを示した。(4)災害がれきを構成するのは、倒壊した建物に加えて、車両や船舶など多種多様であるため、移動形態も複雑になる。さらに巨大津波においては大量の災害がれきが発生するため、津波への抵抗も考慮する必要がある。そこで、災害がれきの密度により漂流あるいは底面移動を評価でき、また災害がれき同士および災害がれきと流体との相互干渉を再現できる災害がれきの移動モデルを構築した。そして、津波によるブロックの底面移動および木片群の漂流に関する水理実験結果や数値実験結果と比較することにより、提案モデルの再現性を検証し

た。(5)上記の包括的な災害がれきモデルを気仙沼市および陸前高田市に適用して、津波による建物の倒壊、倒壊した建物や車両、船舶の移動、災害がれきの集積を再現して、東北津波による被害状況を解析できることを示した。

## 論文審査結果の要旨

津波災害においては浸水による直接的な人的被害が多く報告されるため、これまでの津波被害想定では浸水範囲や浸水分布の予測が中心となっている。しかし、東北津波が示しているように、大量の災害がれきは被災直後の災害対応や復旧・復興過程に対して大きな影響を与える。特に、南海トラフ巨大地震災害のように、現代の都市部を襲う巨大津波ほど、災害がれきによる被害の拡大は深刻な状況になると予想される。よって、事前に災害がれきの発生状況を定量的に予測し、地域防災計画に反映していくことが重要となる。

本学位請求論文では、津波による災害がれきの発生、移動および集積を数値シミュレーショ

ンにより再現できる包括的な物理モデルを提案している。具体的には、市街地での複雑な津波の流況を再現するための建物形状を考慮できる津波浸水モデル、津波の波力とその波力による建物の倒壊を建物構造毎に再現できる災害がれき発生モデル、倒壊した建物や車両、船舶の多様な移動過程とそれらの停止を再現するための災害がれき移動モデルを構築している。各現象は密接に関係しているため、それらの相互作用は物理的にモデル化がなされているが、非線形長波理論に基づく二次元モデルであるため、防災実務において使用できる程度の計算負荷を実現している。そして、提案モデルを実現現象や水理実験結果、数値実験結果と比較して検証することにより、災害がれきの発生メカニズムを再現できることを示している。さらに、浸水分布についても従来モデルに比べて再現精度が向上しており、津波被害想定信頼性向上に貢献できると期待される。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。