

南海地震による橋梁の損傷が避難経路に与える影響の評価

学籍番号:1150182 氏名:和田翔太 指導教員:甲斐芳郎
高知工科大学システム工学群建築・都市デザイン専攻 災害マネジメント研究室

2011年、東北地方太平洋沖地震では、地震による直接的な被害よりも地震に伴った巨大津波により約250橋の橋梁に甚大な被害を与えた。橋梁が使用できなくなり、地域住民の避難や救助に遅延などの影響を与えた。

本研究では、高知市を対象に近い将来起こるとされる、南海トラフ地震が発生してから、実際に高知市が指定している津波避難ビル（避難ビル）に地域住民が避難完了（徒歩で）するまでにかかる時間を避難シミュレーションを用いて、定量予測を行う。また落橋した条件でも解析をし、橋梁の損傷が地域住民の避難に与える影響について検討する。

Key Words: 避難シミュレーション, MAS, 津波避難ビル

1. はじめに

2011年、東北地方太平洋沖地震では、地震に伴った巨大津波により、約250橋の橋梁に甚大な被害を与えた。それにより、橋梁が使用できなくなり地域住民は迂回を余儀なくされ、逃げ遅れた事例もある。さらに、救助の遅延などの影響を与えた。一方、岩手県の釜石市では、小中学校の授業で避難シミュレーションの動画を見せるなど視覚的に訴えることで小中学生の生存率99.8%という効果があった。さらに、色々な地域や季節・時間帯の社会的実験をすることはできないので、それに対して避難シミュレーションを行うことで、避難の円滑化を検討でき、人が混雑する箇所に避難ビルを設置したりとピンポイントで対策ができることから近年避難シミュレーションは注目されている。

本研究では、将来の発生が危惧されている南海トラフ地震に伴う、津波に対して高知県高知市での、避難シミュレーションを行った。条件として、落橋なし、落橋あり、人の流れより混雑する箇所を確認し、そこに避難ビルを追加した場合の4パターンでシミュレーションを行い、橋梁の損傷が避難に与える影響について検討することを目的とした。

2. 研究の方法

2-1 使用データ

GIS化された高知市の建物データの建物の座標と一致するグリッドを「1」に変え、それ以外を「0」に変え、避難ビルは「-1」に変え、GRDファイルをつくる。そして避難シミュレーションで使用するリンクデータを作成する。

2-2 調査地域の概要

調査地域は高知県高知市であり、図2-1に示す範囲である。高知市が公表している、高知市地震・津波ハザードマップ（平成26年度3月発行）で震度6強以上、津波3~5mが40~60分で到達すると予想されている地点である。

2-3 避難シミュレーション

避難シミュレーションには、MULTI AGENT SIMULATION(以下MAS)を用いた。図2-2が実際のMASのモデルである。

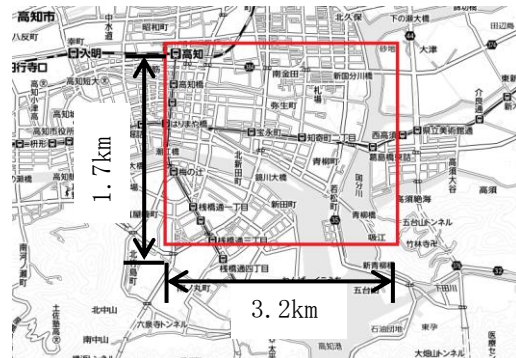


図2-1 調査範囲

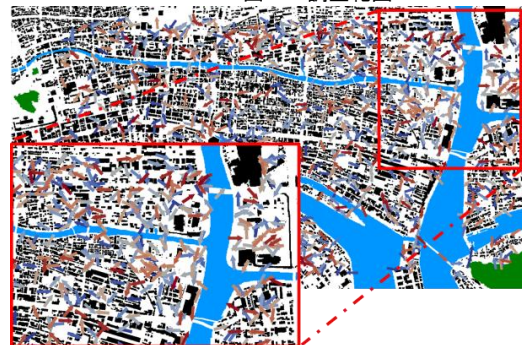
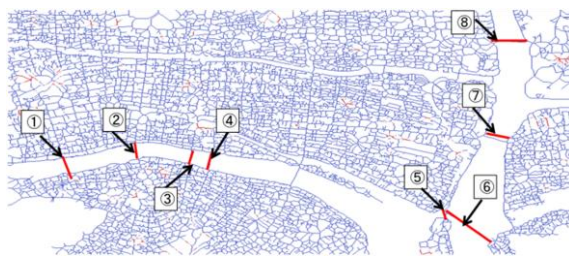


図2-2 調査範囲での避難モデル

2-3-1 条件設定

- 1) 調査範囲内で暮らしている地域住民の数が15,000人であったので、避難者エージェントの数は15,000人と仮定した。

Gen_Randon -AgentPositions_MCというプログラムを用いて調査範囲内にランダムに配置した。避難開始は、東北地方太平洋沖地震では平均で地震発生から10分後であったので、本研究でも10分後と仮定した。



	橋梁名	竣工年数	橋長
①	天神橋	1981年4月	145m
②	潮江橋	1981年4月	140m
③	雑喉場橋	1981年3月	148m
④	九反田橋	1964年6月	186m
⑤	丸山橋	1968年3月	36m
⑥	青柳橋	1991年12月	373m
⑦	葛島橋	1980年7月	160m
⑧	新国分川橋	1972年3月	171m

図2-3 落橋させた橋梁の位置図

2) 一般的に人間の歩行速度は1.1m/sとされているので、避難者エージェントの移動は、1.1m/sで定義した。調査範囲の人口の4割が65歳以上だったので、4割の避難者エージェントの移動速度は高齢者の平均の移動速度である0.6m/sと仮定した。

東北地方太平洋沖地震では車は使用せず歩行で避難する人がほとんどであったので、歩行のみで避難を行うと仮定した。

3) 最低でもどれくらいの時間がかかるのか検討しなかったため、避難エージェント全員が避難経路を熟知しており、最短ルートで避難ビルに避難すると仮定した。避難エージェントが避難ビルに到達すると避難成功とみなし、削除する。避難ビルは合計で調査範囲内に86カ所あり、実際に高知市が指定しているものを用いた。

4) 調査範囲にある橋長が30m以上、竣工年数が耐震設計が改定された1996年以前の橋梁は、地震で倒壊する可能性が高いため、大まかにスクリーニングをし、8橋の橋梁を落橋した(図2-3内の実線)と仮定した。また、シミュレーションで人の流れを可視し、混雑する箇所(図2-4)に避難ビルを合計6棟追加した。

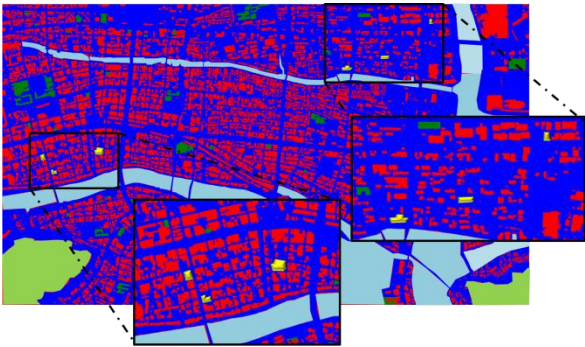


図2-4 津波避難ビルを追加した位置図

2-3-2 シミュレーション結果

MASでシミュレーションを行った結果、表2-2の様な避難完了時間となった。落橋していない場合でも平均で約31分かかった。落橋させた場合、平均で約42分かかった。津波が40~60分の間で到達するので危険である。

図2-3から分かるように、落橋あり(避難ビル追加)の避難完了率のグラフがほぼ一致した。

表2-2 条件ごとの避難完了時間

条件	避難完了時間(s)
落橋なし	1856
落橋あり	2518
落橋なし(避難ビル追加)	1341
落橋あり(避難ビル追加)	2051

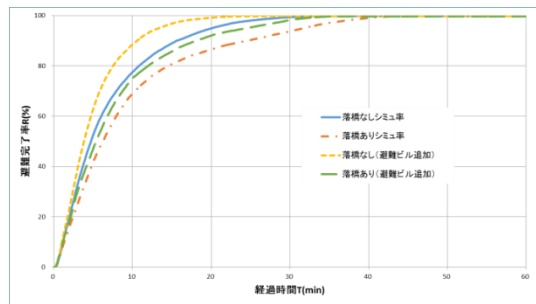


図2-3 条件別避難完了率比較

3. おわりに

落橋することで、避難完了時間が11分遅延した。MASを用いて人の動きを可視化することで、高知市南御座、堺町の周辺が混雑する傾向があることが分かった。落橋あり(避難ビル追加)の場合、落橋なしに比べて避難完了時間が約8分短縮された。

今後の課題として、本研究では避難の妨げとなる要因は人の混雑と落橋だけであったが、実際には建物が倒壊して道幅が狭くなり、通れなくなるということがあるので、その物理的要因も考慮してシミュレーションの信頼性の向上を図ることが課題として挙げられる。

5. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、甲斐芳郎先生、長岡技術科学大学田中泰司先生、東京大学地震研究所 巨大地震津波災害予測研究センター(代表 堀宗朗先生) 田上直樹様、高知県庁道路課 森田仁様、第一コンサルタンツ 楠本雅博様には、資料の提供や数多くのご助言、ご指導をして頂きました。ここに記して謝意を表します。

6 参考文献

- 1) Stephen Philips Jacob : MULTI AGENT SIMULATION OF TSUNAMI TRIGGERED EVACUATION IN EARTHQUAKE DAMAGED ENVIRONMENTS 東京大学修士論文, 2014
- 2) 高知市ホームページ <https://www.city.kochi.kochi.jp/>
- 3) 大規模災害を想定した避難シミュレーションの現状と課題 http://www.jsces.org/koenkai/17/_Sympo/documents/Yasufuku.pdf