

道路ネットワークの津波災害時における機能支障の定量的評価

筑波大学大学院 学生会員 ○伊藤 詩織 筑波大学 正会員 庄司 学

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、津波によって太平洋沿岸の多数の道路や橋梁が破壊され、1都13県の726区間で通行止めが生じた¹⁾。このため道路ネットワーク機能が大きく低下し、救援救助活動に多大な影響が発生した。今後の発生が予測されている南海トラフ巨大地震津波においても、太平洋沿岸の広い地域で甚大な被害が生じると考えられている。そのため、津波浸水による道路構造物の物理的な被害から道路ネットワークの機能低下について検討することは極めて重要である。

本研究では、平面道路と橋梁の物理的な被害予測から、津波浸水後の道路ネットワークの機能低下の評価手法の提案を行う。

2. 評価手法

まず、対象地域を選定し道路をノードとリンクからなるネットワークとしてモデル化する。ノードは道路網の端点及び交点とする。また、ノード間の道路をリンクとし、道路構成の最小単位とする。

次にリンクごとに被害関数の適用を行う。平面道路に関しては板垣・丸山²⁾による平面道路の被害関数(件/km)をポアソン過程でモデル化した式を用い、リンクの信頼性は R_r で表す。 h は平均浸水深であり、 C, λ, ζ は地形別に定められている定数である。

$$v = C\Phi\left(\frac{\ln h - \lambda}{\zeta}\right) \quad (1)$$

$$R_r = 1 - \frac{(vl)^n}{n!} e^{-vl} \quad (2)$$

橋梁に関してはShoji and Nakamura³⁾による落橋に関する浸水深比 η を用いた被害関数を使用する。橋梁におけるリンク信頼性は R_b で表す。

$$R_b = 1 - \Phi\left(\frac{\ln \eta - 2.69}{1.48}\right) \quad (3)$$

次に解析ケースを設定する。Case1にて移動経路が最短となる経路、Case2において主要道路を優先的に通る経路と設定を行う。Case2においては距離に重みづけを

行い、災害時に緊急輸送路に指定され、復興の基幹となる道路とその他の道路に分ける。

通過する経路はDijkstra法などのアルゴリズムを用いて算出する。その際、始点と終点は津波災害時の復興拠点から避難所や病院など適宜設定する。また、コストとして、解析ケースごとに重みづけを行った距離を代入する。

拠点間のルート信頼性 P は、算出された経路のリンク信頼性 R_r, R_b を掛け合わせることで算出する。

$$P = \Pi(R_b \cdot R_r) \quad (4)$$

3. 徳島市をモデルケースとした場合

(1)対象地域について

徳島県徳島市の中心部約5km四方の範囲を対象として検討を行った。徳島市は三角州に発達した都市であり、浸水によって道路ネットワークが分断されやすい地理的条件を有する。今回は復興の拠点となる市役所を始点とし、対象地域内の50か所の避難所を終点とする経路選択を行った。対象としたネットワークを図1に示す。

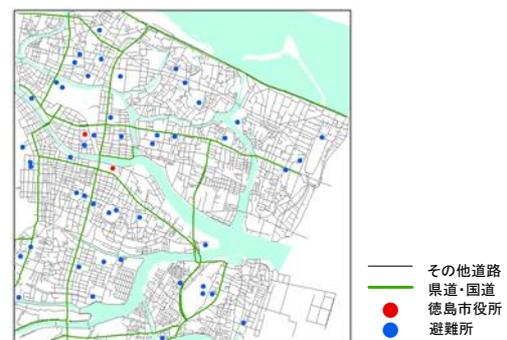


図1 対象ネットワーク

浸水深 h は内閣府が検討している断層ケース11個⁴⁾の中から、徳島市が最も被害を受けると予測される紀伊半島沖から四国沖に大すべり域が設定されているものを使用した。平面道路の被害関数および橋梁の被害関数を用いて算出されたリンクごとの信頼性 R_r と R_b は図2のとおりである。

(2)解析結果

Case1において平面道路および橋梁の被害関数を共

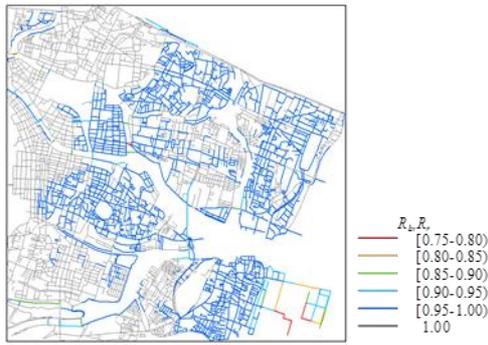


図2 リンク信頼性 R_r と R_b

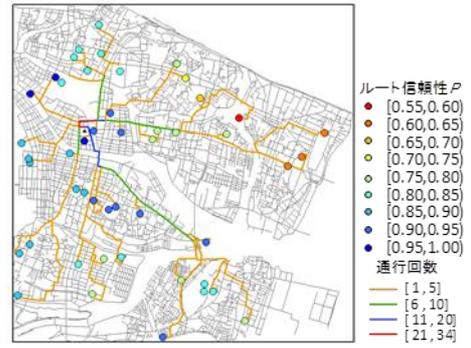


図4 通行回数とルート信頼性

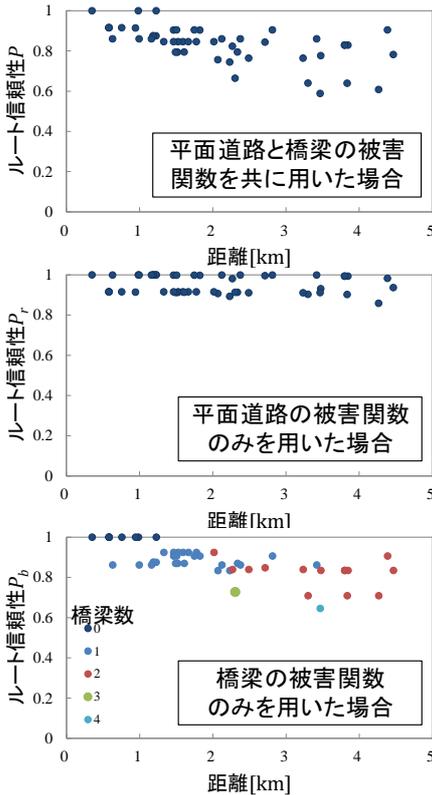


図3 Case1におけるルート信頼性

に適用した場合、図3より距離の増加による P の低下が見られた。平面道路の被害関数のみを用いた場合は $P_r = 1.00$ または $P_r = 0.91$ と距離によらず一定の値をとっている。橋梁の被害関数のみを用いた場合、距離の増加及び通過する橋梁数の増加に伴う P_r の低下が見られた。図4より、各避難所への P を地図にプロットした場合、東部の4つの避難所において $P < 0.65$ と他の地点に比べて低い数値が算出された。また、経路として選択される回数が6回以上と多い5つのリンクにおける信頼性が $R < 0.93$ となり、ルート信頼性の低下に大きく影響を与えている。

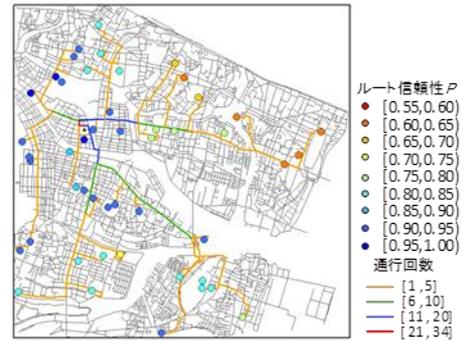


図5 Case2における通行回数とルート信頼性

Case2においては、重み付けを行い、津波災害時の復興の基幹となる道路を優先的に通るよう設定した。都道府県道や一般国道に1の重み、その他市道や道路法に記載されていない道路に2の重みを距離に乘じた。それにより距離は、最短経路を選択したCase1に比べ最大で28%増加した。図5より、リンク信頼性の低い2つのリンクにおいて通行回数は減少し、29地点でルート信頼性の増加がみられた。

4. まとめ

津波による道路の物理的被害の観点から、道路ネットワークの信頼性評価手法の提案を行った。モデルケースを用いた道路の信頼性の算出の結果、脆弱リンクを特定し、浸水深の低い低平地においてルート信頼性は橋梁の被害関数に依存することが明らかになった。

今後、ルート信頼性の向上を図るために盛土などの落橋以外の橋梁損傷による通行支障や、瓦礫による通行支障についての検討を行う必要がある。また、解析ケースを設定する際に、道路種別ごとの重み付け方法を考案する必要がある。さらに、様々な地点に本研究での手法を適用することで、地形の相違による影響について考察を行う。

参考文献 1) 東日本大震災の記録—国土交通省の災害対応—, 国土交通省, 平成24年3月11日。 2) 板垣治, 丸山喜久: 東北地方太平洋沖地震津波による平面道路被害分析, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.71, No.4(地震工学論文集第34号), I_257-I_267, 2015。 3) Shoji, G. and Nakamura, T.: Damage Assessment of Road Bridges Subjected to the 2011 Tohoku Pacific Earthquake Tsunami, Journal of Disaster Research, Vol.12, No.1, pp.79-89, 2017。 4) 南海トラフの巨大地震モデル検討会: 南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告, 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—, 2012.8。