

既往の大規模地震における鳴瀬川堤防沿いでの推定地震動と被害率の関係

大阪大学大学院工学研究科 正会員 秦 吉弥
株式会社篠塚研究所 正会員 静間 俊郎
大阪大学大学院工学研究科 学生会員 湊 文博

法政大学デザイン工学部 正会員 酒井 久和
大阪大学大学院工学研究科 フェロー会員 常田 賢一
大阪大学大学院工学研究科 学生会員 吉川登代子

1. はじめに

河川堤防の要求性能には、止水性のほかに、堤体が幹線道路などとして利用(いわゆる堤防道路^{1),2)}として利用)されることがあることや大規模地震や豪雨に対する堤体の安定性・止水性の点検確認³⁾が円滑に行える必要があることから通行機能がある。通行機能に関しては、一般的な道路盛土(堤防道路を除く)を対象として既往の大規模地震による地震動強さと被災確率の関係(フラジリティカーブ)が評価されているが⁴⁾、堤防道路を対象とした検討はなされていない。河川堤防の天端部分を道路として利用する堤防道路は、全国各地に存在し、幹線道路の混雑緩和などの補完道路として重要な役割を果たしている(例えば、東京都道450号新荒川葛西堤防線、東京都道451号江戸川堤防道路、長良川堤防道路、木津川堤防道路等)。さらに、豪雨災害の際に冠水した周辺道路を補完する機能を有しているだけでなく、津波災害時に周囲より高い堤防道路が緊急車両等の機能を確保する上で非常に重要な役割を果たすことが想定される。実際に、2011年東北地方太平洋沖地震においても堤防道路に避難した車両が津波被害を免れた事例も存在する。一方で、河川堤防は道路盛土などと異なり、地下水位が高い砂質土を基礎地盤としているため、地震時に液状化を伴う被害が発生し、その被災メカニズムは道路盛土のそれとは異なる性状⁵⁾を一般的に有している。

そこで本稿では、まず、1978年宮城県沖地震($M_j7.4$)、2003年宮城県北部の地震($M_j6.4$)、2011年東北地方太平洋沖地震($M_w9.0$) (以後、対象3地震と呼ぶ)による被害が繰返し発生している宮城県・鳴瀬川堤防を検討対象として取り上げる。次に、対象3地震による鳴瀬川堤防沿いの推定地震動⁶⁾に基づいて地震動指標値を計算するとともに、対象3地震による被災実績の有無に基づいて被害率⁷⁾を計算した。最後に、計算した地震動指標値と被害率の関係について考察することで、車両の通行機能に着目したフラジリティカーブの構築するための基礎的な検討を行った。

2. 地震動強さと被災実績

著者ら⁶⁾は、鳴瀬川堤防沿いにおける左岸ならびに右岸の11k~31kを検討対象(以後、対象区間と呼ぶ)として、現地において臨時地震観測および常時微動計測を実施し、得られた結果に基づいて対象3地震による地震動を約500m間隔ごとに推定している。本検討では、推定地震動に基づいて①最大加速度、②最大速度、③気象庁計測震度、④修正計測震度、⑤SI値、⑥速度PSI値を計算した。一方で、本検討では、鳴瀬川堤防の縦断測量等の結果に基づく対象3地震の発生前後での標高差と、人工段差道路での車両走行実験結果⁸⁾に基づく耐震性能の評価基準例を比較することによって実施した。具体的には、耐震性能ランク3(応急復旧はやや時間を要し、また規制速度下の通行機能の確保も困難であるため通行止めが必要となるランク⁸⁾)の中間値である段差37.5cmを判断基

準値として、堤体天端の沈下量が37.5cm以上であれば被災有、37.5cm未満であれば被災無と地震動評価地点(左岸・右岸で計80地点)ごとにそれぞれ判断した。

3. 被害率の評価

図-1は、フラジリティカーブの構築に先立ち計算した被害率⁷⁾の分布を上述した6種類の地震動指標値についてプロットしたものである。ここに、被害率⁷⁾は、以下に示す手順で計算した。まず、被災実績の有無(0または1)と、それに対応する6種類の地震動指標値のデータ(データ数は、[i]各対象地震のケースでは80(=地震動評価地点の総数80×対象地震の数1)、[ii]全対象3地震のケースでは240(=地震動評価地点の総数80×対象地震の数3)となる)を各地震動指標値の小さい順に並び替えた。次に、並び替えたデータを各地震動指標値が小さい順に順次20データずつ取っていった。ここに、算定した被害率が後述するフラジリティカーブの評価結果に影響を及ぼすことはない。最後に、20データごとに被害率(被災有と判断した数/地点数(=20))、ならびに対応する各地震動指標値の平均値を算出した。よって本検討では、被害率のデータは計12個作成されることになり、1つの被害率に20地点分(約10kmの堤防延長に相当)の堤防データが含まれていることになる。

図-1に示すように、全対象3地震のケースに対して正の相関が見受けられ、全6種類の地震動指標についてフラジリティカーブの構築が可能であることが確認できる。さらに、全6種類の地震動指標を通じて、地震動指標値が小~中程度のレンジは1978年宮城県沖地震と2003年宮城県北部の地震、大きいレンジは2011年東北地方太平洋沖地震のデータに被害率がそれぞれ大きく依存しているのが読み取れる。ここに、対象3地震は、発震機構やその地震動特性および強震動の作用による被災形態が必ずしも同一とはいえないものの、実用性を考慮して、あえて採用した各地震動指標の値に対して同図中で取り扱っている(各対象地震の被災実績を一括りにして評価している)。これは、地方整備局等の事務所等における地震発生時の初動体制の決定に資することを目的として整備されている既存の国土交通省の河川・道路等施設の地震計・震度計ネットワーク^{9),10)}に対して本研究成果を反映させることに主眼を置いているためである。

4. まとめ

本稿では、車両の通行機能に着目したフラジリティカーブの構築するための基礎的な検討として、鳴瀬川堤防を対象フィールドとした既往の大規模地震による地震動の大きさと被害率の関係について考察を行った。その結果、選定した6種類の地震動指標値(①最大加速度、②最大速度、③気象庁計測震度、④修正計測震度、⑤SI値、⑥速度PSI値)についてフラジリティカーブの構築が可能である(フラジリティカーブの構築に適している)ことを確認できた。今後は、得られた知見を踏まえて、フラジリティカーブの構築を行っていく予定である。

キーワード：地震動指標、通行機能、堤防道路

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL&FAX:06-6879-7626

謝辞

本研究では、国土交通省東北地方整備局より鳴瀬川堤防の被災実績に関する資料の提供を受けました。本研究は、(一財)国土技術研究センターの研究開発助成の一環として実施したものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 平野智, 中山修: 堤防と道路の一体整備に関する調査研究, 一般財団法人国土技術研究センター第 25 回技術研究発表会概要集, No.3, 2011.
- 2) 庄内川堤防道路検討会: 提言書, 国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所, 平成 20 年 3 月, 2008.
- 3) 例えば, 桑島偉倫, 佐古俊介, 井上悟士: 堤防の信頼性評価について, *JICE REPORT*, Vol.21, pp.19-24, 2012.
- 4) 例えば, 酒井久和, 長谷川浩一, ネルソン・リード, 佐藤忠信: 新潟県中越地震における強震動と道路被害の関係, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.52A, No.1, pp.301-308, 2006.
- 5) 例えば, 佐々木康: 堤防の地震災害と災害軽減工学, *JICE REPORT*, Vol.9, pp.85-96, 2006.
- 6) 秦吉弥, 酒井久和, 野津厚, 一井康二, 丸山喜久,

角田光法, 経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動推定手法に基づく既往の大規模地震における鳴瀬川堤防沿いでの強震動の評価, 第 32 回土木学会地震工学研究発表会講演論文集, Paper No.2-240, 2012.

- 7) 中村孝明, 長沼敏彦, 静間俊郎, 篠塚正宣: 統計解析による道路橋脚の地震時損傷確率に関する研究, 第 10 回地震工学シンポジウム論文集, 第 3 分冊, pp.3165-3170, 1998.
- 8) 依藤光代, 常田賢一: 地震時の段差被害に対する補修と交通開放の管理・運用方法について, 平成 19 年度近畿地方整備局研究発表会論文集, 防災・保全部門 No.16, 2007.
- 9) Uehara, H. and Kusakabe, T.: Observation of strong earthquake motion by National Institute for Land and Infrastructure Management, *Jour. of Japan Association for Earthquake Engineering*, Vol.4, No.3, pp.90-96, 2004.
- 10) 運上茂樹, 高宮進, 片岡正次郎, 長屋和宏: 地震発生直後の概略被害状況の推測, 国総研レポート 2011, No.10, pp.47, 2011.

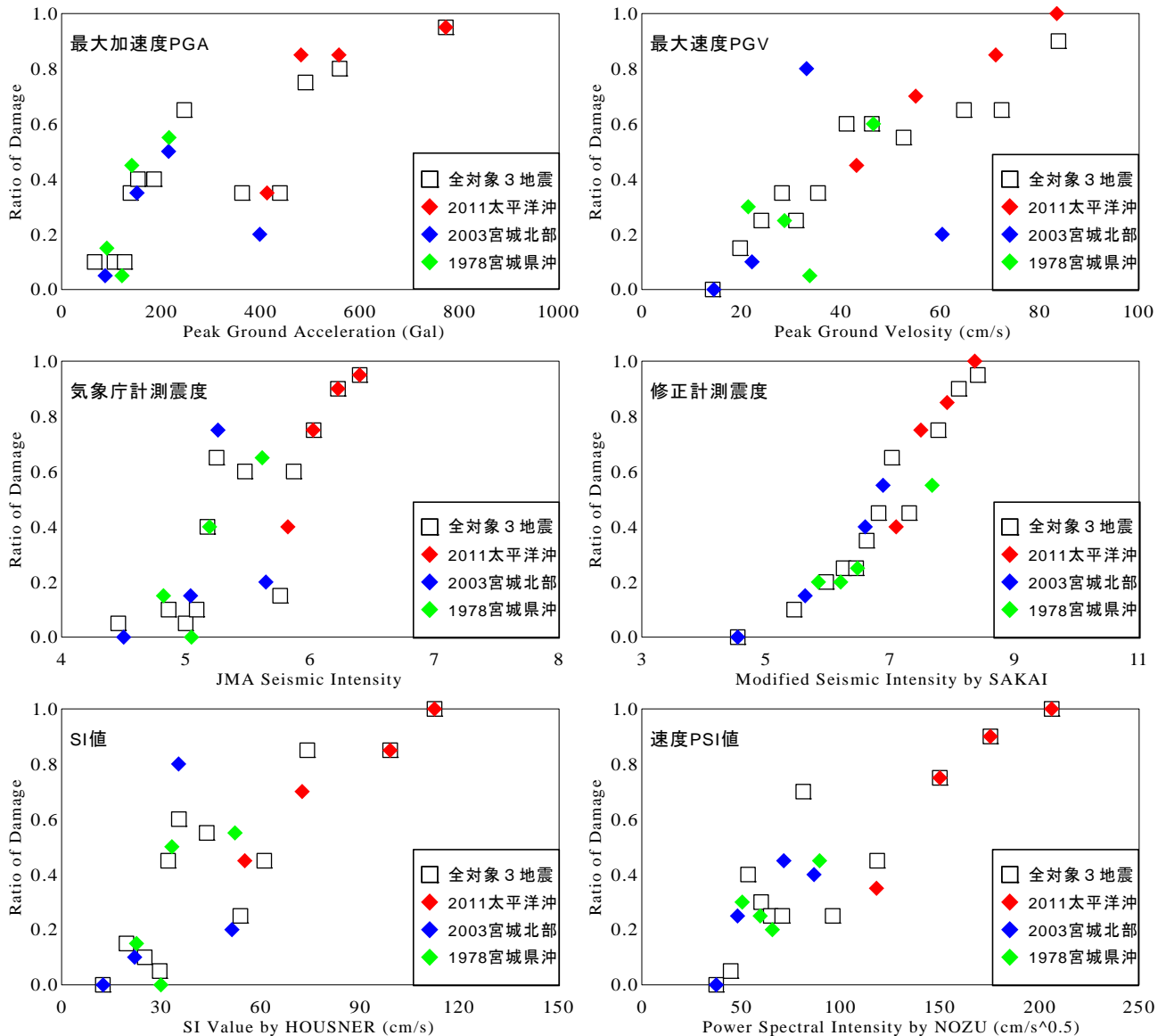


図-1 各地震動指標に対する被害率の分布(フラジリティカーブ構築のための適用性確認)