東北地方太平洋沖地震において液状化に曝露されたエリアの道路網の被害分析

筑波大学 学生会員 ○中嶋 千穂子 正会員 庄司 学

1. 目的:本研究では、東北地方太平洋沖地震において液状化被害が顕著であった茨城県神栖市における道路網を対象 に液状化領域と非液状化領域に区分した分析を行い、地震動強さと被害の空間分布の関係を定量的に明確化する.

**2.分析対象データ**:対象とするエリアの道路敷設延長は 1,195km であり,このうち被害延長は 74km である(図 1). 被害位置においては,道路に亀裂や陥没等の損傷が発生し,復旧工事が行われている.液状化領域については庄司ら<sup>1)</sup> により示されたポリゴンデータを用いた.

3. 地震動強さの空間分布の推定:地震動強さの指標としては計測震度 *IJ* と最大地表速度 *PGV* を採用し,空間補間の際には,K-NET 及び KiK-net の 573 観測点,気象庁の 43 観測点,国土技術政策総合研究所の 364 観測点により得られた強震観測波形を適用する.さらに,青森県,岩手県,宮城県,山形県,福島県,茨城県,栃木県,群馬県,埼玉県, 千葉県,神奈川県,新潟県,山梨県,長野県の地方公共団体が管理する 134 観測点の強震観測波形を適用する.これらに基づき,水野ら<sup>2)</sup>等の手法を参考に Simple Kriging 法によって *IJ* 及び *PGV* を 250mメッシュ単位で推定した(図 2).



- 図1 道路網の敷設位置及び 被害位置,液状化領域
- 図2 地震動強さと道路の敷設位置及び被害位置

**4. 分析方法**: 道路の敷設延長 *L<sub>r</sub>*[km]及び被害延長 *L<sub>dr</sub>*[km]について地震動強さの一定区間ごとに集計した上で,被害 延長 *L<sub>dr</sub>*[km]を敷設延長 *L<sub>r</sub>*[km]で除し,道路被害率 *R<sub>r</sub>*[km/km]を *R<sub>r</sub>=L<sub>dr</sub>/L<sub>r</sub>* として定義した.

5. 地震動強さと道路被害の関係: 液状化領域と非液状化領域に区分して、メッシュ単位毎に *IJ* 及び *PGV* と被害率の 関係を示し(図 3,図 4),それらの結果を,*IJ* は 0.1 毎に、*PGV* は 5cm/s 毎にそれぞれ集計した(図 5).

図3より,対象エリアのLJは4.98~5.65の範囲であることがわかる.図3,図4より,液状化領域のLJ及びPGVと被害率 R<sub>r</sub>のプロットは比較的ばらつきがあるが,非液状化領域の被害率R<sub>r</sub>は0.4以下に集中している.

図5より, *IJ*及び*PGV*毎の被害率*R*<sub>r</sub>は, *IJ*=5.10~5.69と*PGV*=20.0~54.9cm/sにおいて,非液状化領域よりも液状化領域の 方が2.0倍~52.5倍と極めて高く,液状化領域の*IJ*及び*PGV*の被害率*R*<sub>r</sub>はほとんどが0.1以上となっている.一方,図3, 図4のメッシュ単位毎の被害率*R*<sub>r</sub>を見ると,非液状化領域においても液状化領域と同様に被害率が高いメッシュがある こともわかる.

図 5(a) より, 液状化領域における *IJ* 毎の被害率 *R*, は, *IJ*=5.00~5.09 において *R*=0 であるのに対して, *IJ*=5.10~5.19 では *R*=0.22, *IJ*=5.20~5.29 では *R*=0.33 と *IJ* が大きくなるにつれ被害率 *R*, は高くなる. しかし, *IJ*=5.30~5.39 のとき は *R*=0.06, *IJ*=5.40~5.49 のときは *R*=0.08 と, 被害率 *R*, は先程より低くなっている. また, *IJ*=5.50~5.59 のときは *R*=0.18, *IJ*=5.60~5.69 のときは *R*=0.36 と再び高くなった. これらの要因として, *IJ*=5.10~5.29 における被害率 *R*, が 0.8 以上の メッシュと *IJ*=5.30~5.49 における被害率 *R*=0 のメッシュの位置について比較し, 各々にしかないメッシュの位置を挙 げると, 前者のメッシュには, 微地形が干拓地の東深芝地区, 砂州・砂礫州の息栖や筒井, 深芝南地区といった北東部 に位置するメッシュが存在しているのに対して, 後者のメッシュには, 埋立地の南浜地区や, 旧河道の矢田部, 太田,

キーワード 2011年東北地方太平洋沖地震,道路被害,液状化,フラジリティ曲線

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院システム情報工学研究科 TEL029-853-7368

-857-



息栖地区,砂州・砂礫州の柳川地区といった南西部のメッシュが存在している.

図5(b)より, *PGV*=20.0~24.9cm/sの範囲における被害率*R*,は*R*,=0.27, *PGV*=25.0~29.9cm/sでは*R*,=0.22と高い被害率を 示すが, *PGV*=30.0~34.9cm/sでは*R*,=0.09, *PGV*=35.0~39.9cm/sでは*R*,=0.16と先程より低い値となる. *PGV*=40.0~44.9cm/s では*R*,=0.21, *PGV*=45.0~49.9cm/sでは*R*,=0.22と再び高い被害率となり, *PGV*=50.0~54.9cm/sでは*R*,=0.36と地震動強さ が大きくなるにつれて被害率は極めて高くなる.これらの要因として, *PGV*=20.0~29.9cm/sで被害率*R*,が0.8以上のメッ シュと*PGV*=30.0~39.9cm/sで被害率*R*,が0のメッシュの位置を比較し, 各々にしかないメッシュの地区を挙げると, 前 者のメッシュには北部に位置する干拓地の東深芝が存在しているのに対し,後者のメッシュには南部の砂州・砂礫州の 太田地区,旧河道の矢田部地区が存在している.

以上より、*LJ*及び*PGV*が比較的低い値の場合においても、一定の被害率を示していることが明らかとなった.これは、 既往の研究より、液状化領域では一定以上の加速度振幅を一定時間以上受けると地震動強さが低い段階から被害率が高 まるということと概ね調和的である.

6. フラジリティ曲線の推定:地震動強さXとして*IJ*を採用し、道路の被害の有無を表わす確率モデルとしてフラジリティ曲線を構築した.被害無しの確率は $P_0(IJ) = 1 - F_0(IJ)$ 、被害有りの確率は $P_1(IJ) = F_1(IJ)$ と仮定し、対数正規分

出した(図6,表1).

**7. まとめ**:本研究では地震動強さの指標として計測震度 *IJ* と最大地表速度 *PGV* を用いて東北地方太平洋沖地震における液状化に曝露されたエリアの道路網の被害分析を行い,各メッシュにおける *IJ* と被害の有無についてフラジリティ曲線を構築した.

謝辞:本研究を実施するに当たり,茨城県神栖市の関連部局の皆様方に多大なご協力を頂きました.また,観測波形については防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net,気象庁,国土技術政策総合研究所の強震観測波形,並びに青森県,岩手県,宮城県,山形県,福島県,茨城県,栃木県,群馬県, 埼玉県,千葉県,神奈川県,新潟県,山梨県,長野県の14県の地方公共団体が気象庁に提供した強震波形記録を活用させて頂きました. 参考文献1)庄司学,寺嶋黎,永田茂:下水道埋設管路の地震被害率曲線の構築,土木学会論文集A1(構造・地震工学),Vol.70, No.4(地震工学論文 集第33巻), pp.I\_921-I\_946, 2014.2)水野陽介,那波悟志,庄司学:2011年東北地方太平洋沖地震における道路網および上・下水道網の被害の空間 相関-茨城県神栖市における事例分析-,第32回土木学会地震工学研究発表会講演論文集(USB),2012.