

兵庫県南部地震における地震外力指標とライフライン被害との関係の再検証

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○渡部 龍正
神戸大学大学院工学研究科 正会員 鋤田 泰子

1. 研究の目的

ライフラインなどの地中構造物の被害予測には、主に地表の最大加速度や最大応答速度(PGV)によって検討される。しかし、地中構造物の被害は地盤ひずみの影響が大きく、過去の被害地震においても、PGA や PGV が最大の地域で管路被害が集中しているとは限らない。酒井ら¹⁾は、新潟県中越地震において、液状化や構造物の被害に伴わない場合には、PGV Gradient が PGV よりも管路の損傷との相関が強く、広域水道管ネットワークの被害予測に有効であると示している。本研究では、兵庫県南部地震での神戸市周辺の変位量から永久ひずみを算出するとともに、永久ひずみと PGV、PGV Gradient の地震外力に対して、神戸市の水道管路、下水道管路の被害との比較を行い、管路被害と整合する地震外力について再検証することが目的である。

2. 検討地域の選定

本研究では、被害と外力の対象地域を3地域に絞って検討する。沖村・鳥居²⁾らが地震動や木造構造物と検討していることから、図-1 に示す同じ3測線を用いることとした。それぞれの測線周辺の特徴として、東部地区は灘区、東灘区を含む地域で、帯状の被災地域が顕著な地域、中部地区は中央区と兵庫区の一部東側を含む地域で、被災の程度がそれほど顕著ではなく、震度7の帯が一度途切れる地域、西部地区は兵庫区の西部と長田区、須磨区の地域で、帯状の顕著な被災分布を示すとともに、大きな火災があった地域であることが挙げられる。

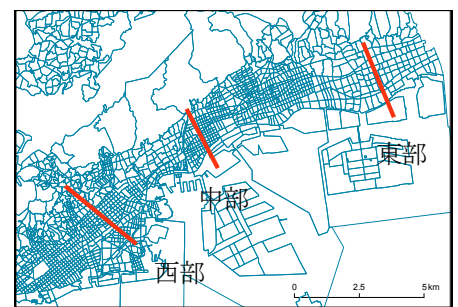


図-1 3測線の位置図

3. 地震外力の設定

地震外力の指標については、永久ひずみ、PGV、酒井ら¹⁾の PGV Gradient で検討する。永久ひずみは、田中³⁾による地盤変位資料をデータベース化して算出したものである。地盤変位は GPS や空中写真によって地震前後の基準点の地盤変位を測定して求められている。3測線の周囲1kmでの変位量の合計数は1,174となる。次に、基準点をもとに三角形要素を作成し、三角形要素の各節点の変位量からひずみを算出した。各測線の永久ひずみ分布を図-2に示す。永久ひずみは、測線方向に伸び測線直角方向に縮むひずみを正としている。永久ひずみは3測線ともにほぼ±1%以下の値となった。分析には測線上のひずみを用いる。PGVについては、松島・川瀬⁴⁾の地震動シミュレーションの結果を用い、測線と測線から東西に500mオフセットした測線のPGVを平均したものを用いる。PGV GradientはPGVの測線方向の変化のみを扱った。PGVは測線の100m間隔、PGV Gradientは100m間隔に200mの範囲の速度勾配で評価をしている。

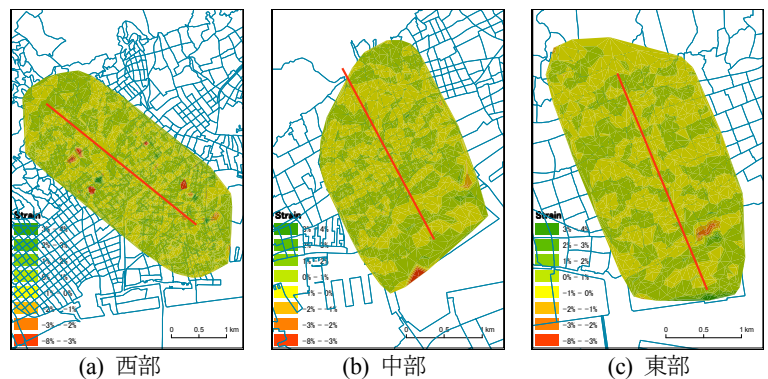


図-2 各測線周辺の永久ひずみ分布

らひずみを算出した。各測線の永久ひずみ分布を図-2に示す。永久ひずみは、測線方向に伸び測線直角方向に縮むひずみを正としている。永久ひずみは3測線ともにほぼ±1%以下の値となった。分析には測線上のひずみを用いる。PGVについては、松島・川瀬⁴⁾の地震動シミュレーションの結果を用い、測線と測線から東西に500mオフセットした測線のPGVを平均したものを用いる。PGV GradientはPGVの測線方向の変化のみを扱った。PGVは測線の100m間隔、PGV Gradientは100m間隔に200mの範囲の速度勾配で評価をしている。

4. 水道管路・下水道管路被害率の設定

水道管路、下水道管路の被害率の算出は、各測線の周囲1kmの領域を測線直角方向に100mごとに分割した領域の被害率で評価をした。水道については、配水管の被害件数を管路延長で除した被害率(件/km)で評価をした。一方、下水道については、被害報告書⁵⁾で示された被害区間を道路延長で除した被害率(%)を用いた。管種や口径などの管路属性の影響も考えられるが、本研究ではそれらの要因については考慮していない。

キーワード：永久ひずみ、PGV、PGV Gradient

連絡先：兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1, kuwata@kobe-u.ac.jp

5. 水道管路・下水道管路被害率と永久ひずみ, PGV, PGV Gradient の関係

図-3, 4, 5 に永久ひずみ, PGV, PGV Gradient と水道管路・下水道管路被害率の関係を示す. 永久ひずみ, PGV Gradient の値は絶対値とし, 測線の基準(水平軸の0)を海側にした. 水道管路被害率については, 被害率が4.0件/kmに対する被害率の比率を被害指数Pとして図示する. 下水道管路被害率は被害指数Pと同じとする. 図上部に震度7の地域と液状化被害地域の範囲を併せて図示している.

水道管路・下水道管路の被害は, 西部では山側が大きく, 中部, 東部は海側の液状化被害のあった地域に集中して発生している. 西部の山側には, 脆弱な鉄管が多く埋設されていたために水道管路被害率が増大したと考えられるが, 測線上の二つの管路被害の傾向は類似していることが確認できる. 次に, PGV や震度7の領域と管路被害のピークは必ずしも符号しない. PGV Gradient については, 図-5 から海側や液状化地域を除けばおむね管路被害を評価できる指標といえる. 一方, 永久ひずみは海側, 液状化地域では PGV Gradient よりも管路被害と相関が強い. 軟弱な地盤の地域で液状化評価が適切に行えれば, 永久ひずみは被害想定における有効な指標といえる. 以上のことから, 限られた範囲の分析から得られたものではあるが, 地震による管路被害は PGV や震度7よりも永久ひずみや PGV Gradient の方が被害想定する地震外力指標として適当と考えられる.

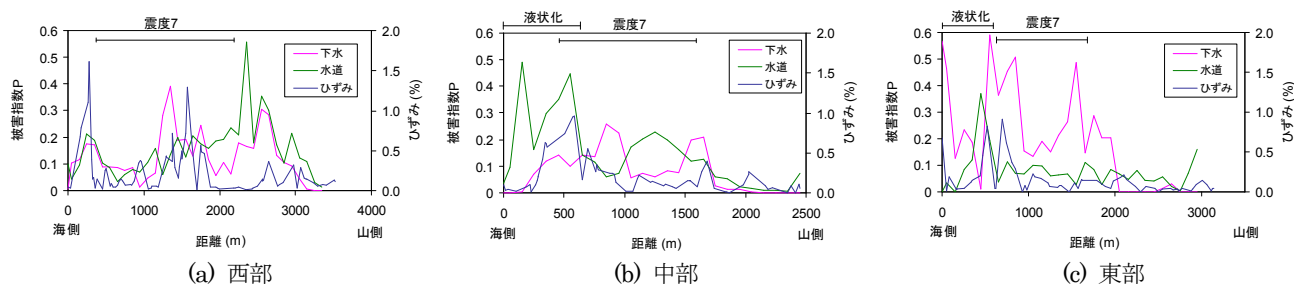


図-3 水道管路・下水道管路被害率と永久ひずみとの関係
(被害指数P=水道管路被害率(件/km)/4.0, 下水道管路被害延長(km)/道路延長(km))

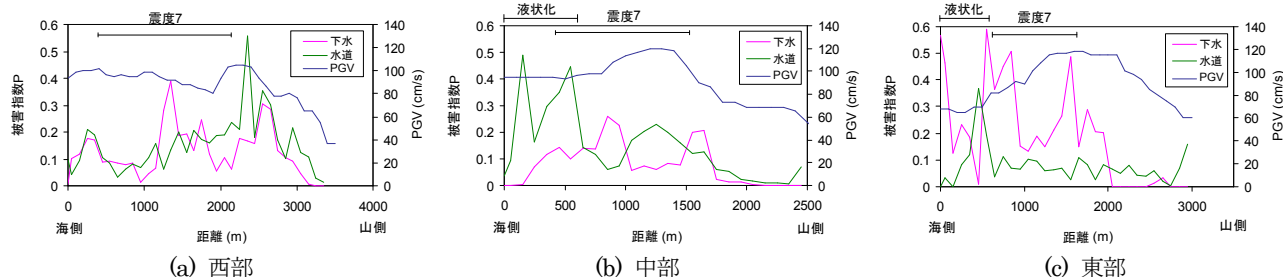


図-4 水道管路・下水道管路被害率と PGV との関係

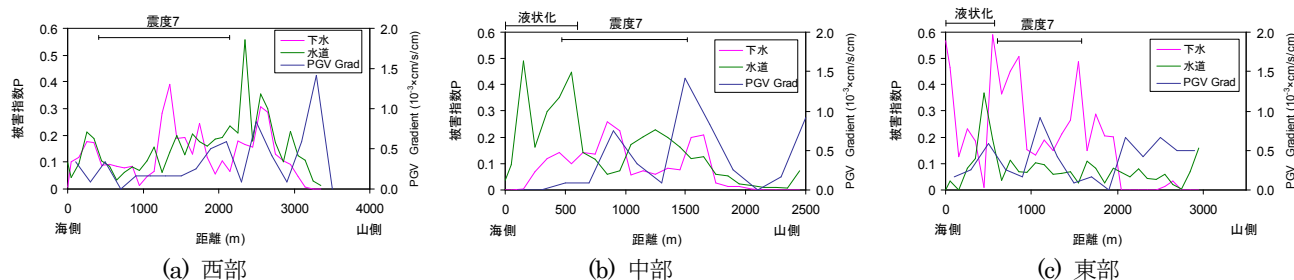


図-5 水道管路・下水道管路被害率と PGV Gradient との関係

謝辞

本研究の遂行にあたり, 神戸市からライフライン被害資料を提供していただいた. ここに記して感謝する.

参考文献

- 1) 酒井久和, 長谷川浩一, Pulido Nelson: 広域水道管路に対する震害予測手法の提案—2004年新潟県中越地震への適用—, 土木学会論文集 A, Vol.66, No.3, pp.561-567, 2010.
- 2) 沖村孝, 鳥居宜之: 高密度地盤情報データベース「神戸 JIBANKUN」の構築とその活用事例, 土木学会論文集 C, Vol.63, No.4, pp.1001-1019, 2007.12.
- 3) 田中耕平: 1995年兵庫県南部地震による地表面変位量図, 防災科学研究所, 1996.9.
- 4) 松島信一, 川瀬博: 1995年兵庫県南部地震での神戸市域における強震動と木造建物被害の再評価, 日本建築学会構造工学論文集, vol.55B, pp.537-543, 2009.3.
- 5) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会: 阪神・淡路大震災調査報告ライフライン施設の被害と復旧, 1997.9.