

干渉 SAR を用いた 2024 年能登半島地震 における新潟市の配水管被害の分析

21T0202M 諏訪 大幹
指導教員：丸山 喜久

1. はじめに

2024 年 1 月 1 日に石川県能登地方を震源として発生した Mj7.6 の能登半島地震により、新潟市で大きな揺れや液状化が発生し、その影響で地中に埋設されている配水管に被害が発生した。同市は 1964 年新潟地震により液状化被害を経験した地域であるが、本地震により再び液状化被害が発生した。今後も液状化並びに管路被害に注意し続ける必要があり、本地震の被害分析は今後の防災対策にとって必要である。

そこで本研究では、地球観測衛星が取得したデータを用いて、新潟市内で液状化が発生した範囲を特定し、その後、配水管の被害状況に着目し、被害データを管種、口径、微地形、地震動の大きさ、液状化の有無に関して整理し、被害率の分析を行った。

2. 干渉 SAR による液状化範囲の推定

本研究では、地球観測衛星 Sentinel-1A が搭載する C バンド合成開口レーダ (C-SAR) が、地震前の 2 時期 (2023 年 12 月 14 日, 2023 年 12 月 26 日) および地震後の 2024 年 1 月 7 日に観測したデータを使用して、干渉 SAR 解析によって液状化範囲を特定した¹⁾。干渉 SAR 解析は、2 時期の SAR データの位相差を用いて、地表のわずかな変位を測定する方法である。まず、2 時期の画像データの位相の類似度 γ を算出 (コヒーレンス) する (式(1))。次に、地震前の 2 時期 (2023 年 12 月 14 日と 2023 年 12 月 26 日) の γ と地震前後の 2 時期 (2023 年 12 月 26 日と 2024 年 1 月 7 日) の γ を比較し、両者の差分に基づき地震による液状化範囲を特定する。本研究では、差分の閾値を -0.025、フィルタリングの際には Minimum pixel を 5、Smooth Kernel Size を 5 としノイズ除去をした。

$$\gamma_{12} = \frac{|\sum s_1(x) \cdot s_2(x)^*|}{\sqrt{\sum |s_1(x)|^2 \cdot \sum |s_2(x)|^2}} \quad (1)$$

ここで、 $s_i(x)$ は、画像 i の Single Look Complex (複素数) を表す。

推定した液状化範囲を図-1 に示す。新潟市西区を中心に液状化の発生が推定された。これは、新潟大学災害・復興科学研究所が調査した液状化被害の分布²⁾とよく一致している。

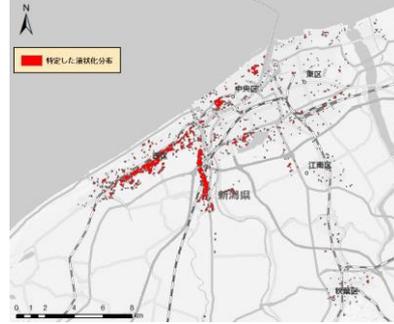


図-1 液状化範囲の推定結果

3. 配水管被害の分析

新潟市の微地形区分データ、新潟市水道局から入手した配水管の布設状況および 2024 年能登半島地震による配水管の被害データ、前章で推定した液状化分布データを GIS 上に整理し、市内全域を液状化の有無で区別して、管種、口径、微地形区分、地震動強さごとに配水管の被害状況を分析した。

新潟市内全域の配水管分布および被害地点を図-2 に示す。被害が多く確認された地域は、西区 (特に寺尾地区や鳥原地区) である。また、液状化が発生した地域 (以下、液状化地域) と配水管被害が多発した地域が概ね一致していることから、本地震における配水管被害は、液状化が強く影響しているものと考えられる。

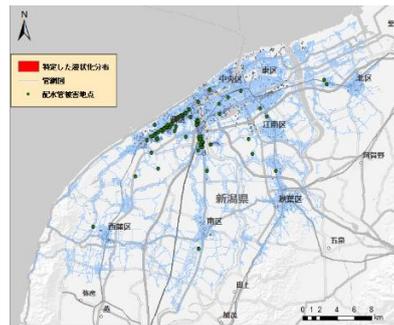


図-2 液状化推定範囲と配水管の被害

管種別の被害率 (件/km) を図-3 に示す。液状化地域内外ともに、鋼管 (SP) のうち溶接継手以外の被害率が最も高かった。また、ダクタイル管 (DIP) の A 形継手、塩化ビニル管 (VP) の RR 継手、VP の TS 継手で、液状化地域内外ともに被害が発生した。液状化地域では、非液状化地域に比べて被害率が高く、管種によっては 4 倍程度高かった。SP と VP の被害が顕著な結果だった。

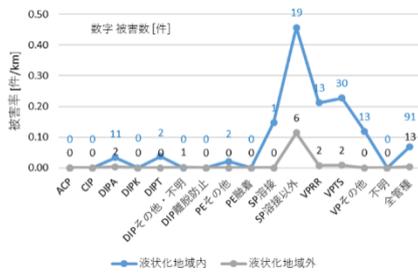


図-3 管種別の配水管被害率

口径別の被害率を図-4 に示す。液状化地域内外ともに、 $\Phi 50-80, \Phi 100-150$ で被害数が多く確認された。液状化地域内では、口径が小さいほど被害率が高くなる傾向がみられた。

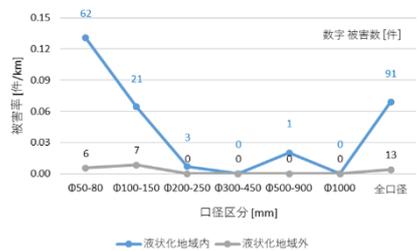


図-4 口径別の配水管被害率

微地形別の被害率を図-5 に示す。新潟市の配水管は三角州、自然堤防などの河川由来の微地形に多く布設されており、液状化地域では、それらの微地形で被害率が高くなった。



図-5 微地形区分別の配水管被害率

新潟市内における北陸ガスが観測した地震記録, K-NET および KiK-net の観測記録の地動最大速度 (PGV) を用いて, 新潟市内の PGV 分布を推定した (図-6)。具体的には, J-SHIS⁴⁾の地盤増幅率を用いて, 地表面 PGV を工学的基盤面における PGV に換算する。次に, 工学的基盤面において, 逆距離荷重法に基づく空間補間を行う。最後に, 地盤増幅率を乗じて, 地表面の PGV 分布を推定した。

地震動強さ別の被害率を図-7 に示す。PGV が大きくなるにつれて被害率が高くなる傾向がみられた。PGV が 30.0-40.0 cm/s のとき, 液状化地域内の被害率は, 液状化地域外の被害率の 7 倍程度高い。

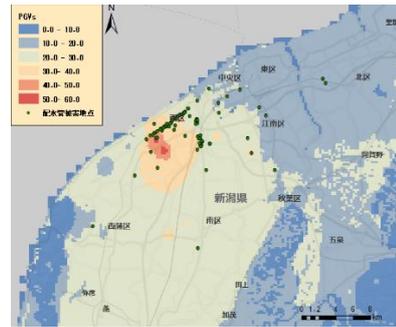


図-6 新潟市内の推定 PGV 分布

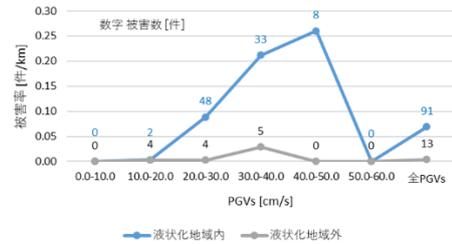


図-7 地震動強さ別の配水管被害率

4. まとめ

本研究では, 2024 年能登半島地震における新潟市の液状化範囲の推定と配水管被害の分析を行った。液状化被害と配水管被害はともに新潟市西区を中心に発生し, 液状化地域と配水管被害が多発した地域は概ね一致した。配水管の被害率を評価したところ, 管種は SP や VP, 微地形は自然堤防や砂丘のような軟弱地盤で被害率が高くなった。また, 口径は小さいほど, PGV は大きいほど被害率が高くなる傾向がみられた。今後は, 既往の地震との比較や地震による管路被害予測式の本地震に対する検証を行う。

参考文献

- 1) NV5 Geospatial 株式会社: 衛星リモートセンシング・データ解析~SARscape 入門~
- 2) NV5 Geospatial 株式会社: 衛星リモートセンシング・データ解析~ENVI 入門~
- 3) 新潟大学災害・復興科学研究所: 2024 年能登半島地震による新潟市域の液状化被害, <https://drive.google.com/file/d/1LQMJg8FLDH7iDS55aV4v6Nb3lvDa-1Ws/view>
- 4) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所: 「J-SHIS 地震ハザードステーション」, <https://www.jshis.bosai.go.jp/labs/wm2020/> (2020 年更新版)
- 5) 公益財団法人水道技術研究センター: 平成 28 年熊本地震を踏まえた「地震による管路被害予測式」の見直しに関する検討, https://www.jwrc-net.or.jp/docs/research-development/kanro-higaiyosoku_rev.pdf