

地盤ひずみに着目した兵庫県南部地震における上水道管路の被害分析

16T0247F 池田 彩夏

指導教員：丸山 喜久，劉 ウェン

1. 研究背景と目的

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、人工島や埋立地、市街地の一部では液状化現象が発生し、水道管路にも甚大な被害が発生した。私たちが生活する上で、水道やガスなどのライフラインはなくてはならないものである。

本研究では、兵庫県南部地震における神戸市の上水道管路の被害分析を行う。上水道管路の管種、口径ごとに地盤ひずみと管路被害率の関係性を分析する。この研究を行うことにより、現在の都市ガス導管網の地震被害予測式には地盤ひずみと被害率の関係性は使われていないため、上水道管網の被害予測の高度化に役立て、地震による地中埋設管の早期復旧に役立つのではないかと考えている。

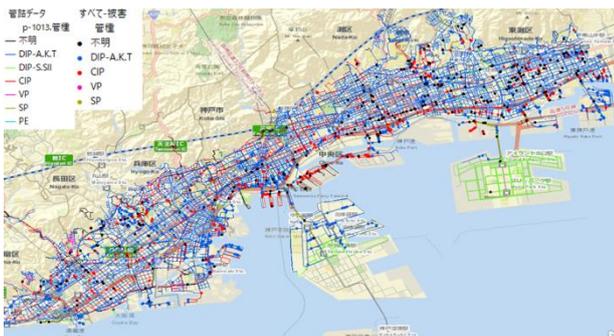


図-1 管種別被害箇所と管路網

2. データ説明

本研究は地理情報システム (GIS) を用いて行った。本研究が対象とするのは、兵庫県南部地震の際の神戸市の上水道管路の被害と地盤ひずみである。管路、被害データは神戸市の上水道管路データ、地震被害データを用いた。地盤ひずみを求める際に用いる観測データは、濱田・大町りが取りまとめた兵庫県南部地震前後の航空写真を用いて地表面の固定物から3次元座標を測量したものをを用いた。兵庫県南部地震における神戸市の上水道管路の管種別被害箇所と管種別管路網は図-1に示す通りである。

3. 地盤ひずみと上水道管路被害の分析

観測データから地震前後の座標を用いて、地震による地盤変位を座標値の差として算出した。図-2に3次元の地盤変位を示す。人工島や埋立地では、液状

化による側方流動の影響で、地盤変位が大きくなっている。

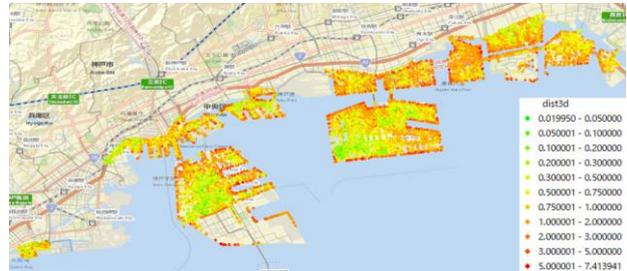


図-2 神戸市の3次元地盤変位

地盤変位の観測データを用いて、地盤ひずみを面的に100mごとに算出した。一つの平面内に3点以上の変位観測点がある場合、式(1)のように地盤変位関数を重回帰分析によって定義した。

$$u(x, y) = \alpha_1 x + \beta_1 y + \gamma_1$$

$$v(x, y) = \alpha_2 x + \beta_2 y + \gamma_2 \quad (1)$$

ここで、 x, y は座標、 u, v は東西、南北方向の変位を表す。このように考えた場合、 x 方向の垂直ひずみ ϵ_x は α_1 、 y 方向の垂直ひずみ ϵ_y は β_2 、せん断ひずみ γ_{xy} は $\beta_1 + \alpha_2$ となる。また、主ひずみ ($\epsilon_1 > \epsilon_3$)、最大せん断ひずみ γ_{max} は式(2)のように表される。

$$\epsilon_1, \epsilon_3 = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2}\right)^2 + \gamma_{xy}^2}$$

$$\gamma_{max} = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_3}{2} \quad (2)$$

図-3に主ひずみ(ϵ_1)の分布を示す。



図-3 主ひずみ(ϵ_1)の分布

ひずみの分布と上水道管路の被害状況を比較する。図-4にダクタイル鋳鉄管(DIP-A.K.T)について、主ひずみとメッシュ内の被害数の関係について示す。ひずみが大きくなるにつれて、上水道管路の被害数が多くなると考えたが、そのような傾向はなかった。上水道管路の敷設方向とひずみの向きを考慮していなかった

ことが原因と考えられる。そこで、管路の敷設方向を考慮して地盤ひずみを算出することにした。

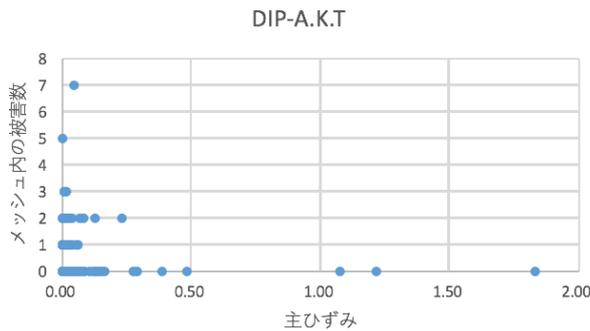


図-4 主ひずみと上水道管路の被害数の関係

4. 上水道管路の敷設方向の地盤ひずみの算出

管路の両端の地盤変位 u, v を観測データから、測量点の探索範囲を 100m として、逆距離荷重法で算出した。

$$u = \frac{\sum_i u_i / d_i}{\sum_j 1 / d_j}$$

$$v = \frac{\sum_i v_i / d_i}{\sum_j 1 / d_j} \quad (3)$$

ここで、 u_i, v_i は対象とする管路端部から 100m 以内にある測量点の地盤変位、 d_i は管路端部からの距離を表す。管路は地盤変位に従って変形すると仮定し、地震前後の管路の変形量を算出し、管路方向のひずみを算出した。図-5 に管路方向の直ひずみの分布を示す。

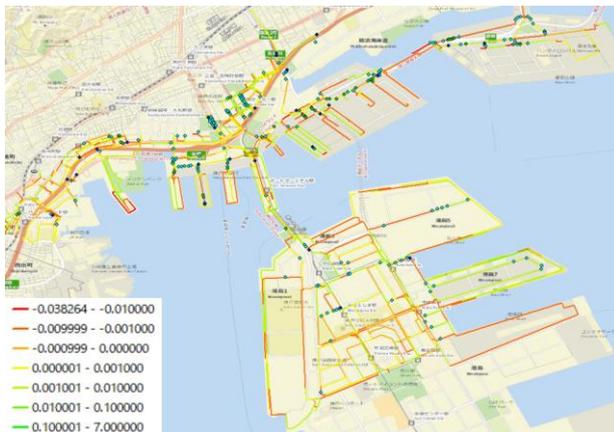


図-5 管路方向直ひずみの分布と被害箇所

算出した管路方向のひずみと上水道管路の被害状況を比較する。図-6 にダクタイル鋳鉄管(DIP-A.K.T)と普通鋳鉄管(CIP)の口径 200-250mm の管路について、算出した直ひずみの大きさごとに被害率(件/km)と延長(km)を示した。直ひずみの大きさが 0.01%以下では被害は発生していない。DIP-A.K.T と CIP のいずれも直ひずみの大きさが 0.01%以上で被害が発生する。また、直ひずみの大きさが大きくなると被害率が大きく

なる傾向がある。DIP-A.K.Tは直ひずみの大きさが1%以上では管路延長が極端に短いため被害が発生していない。CIPは直ひずみの大きさが5%以上の地域では管路が敷設されていない。

図-7 に DIP-A.K.T の累積相対被害数と累積相対延長を直ひずみの大きさごとに示す。累積相対被害数が 0.2 となるときの直ひずみは 0.00078, 累積相対被害数 0.9 となるときの直ひずみは 0.00744 であった。これは、CIP と比べると直ひずみの大きさが小さいため、CIPはDIP-A.K.Tよりも小さいひずみの影響を受けやすいと考えられる。

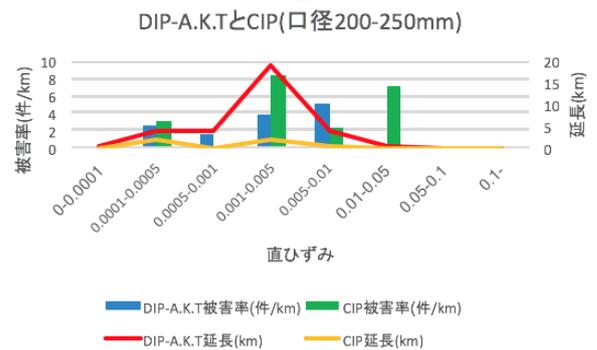


図-6 被害率と延長、直ひずみの関係

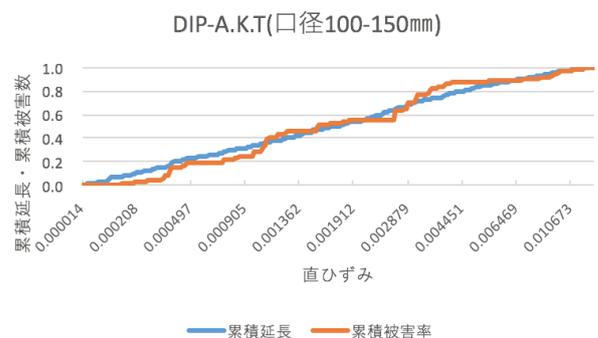


図-7 直ひずみと累積延長・累積被害数の関係

5. まとめ

兵庫県南部地震の際の神戸市の上水道管路について、地盤ひずみに着目して被害分析を行った。ひずみの大きさごとに被害率を比較したところ、ひずみが 0.01%以降で被害が発生し、1%まではひずみが大きくなるにつれて被害率も大きくなる傾向があった。しかし、ひずみの大きさが 1%以降は管路延長が短いため被害率の信頼性が低い。そのため、様々な地震について調べる必要がある。

参考文献

- 濱田正則, 大町達夫: 直下地震による表層地盤の変位量とひずみ量の検討, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.69-80, 1996.