

側方流動に伴う地割れ発生量の推定法に関する研究

(株)クボタ 正 員 片桐 信
 神戸大学工学部 フェロー 高田至郎
 神戸大学工学部 正 員 山口真太

1.はじめに

管路耐震設計で想定している地盤ひずみは、表層地盤に均一な変形が生じると想定した場合の値であるが、側方流動に伴う大規模な相対変位が生じる地点間では、地割れのような局所的な地盤変形が生じていると考えられる。また、地震後の管路被害調査によると、側方流動の生じた地盤では、管路被害箇所の近傍に地割れが多く見られるという報告がある^{1),2)}。そこで本研究では、管路耐震設計上の外力として従来の地盤ひずみに加え地割れ量を想定することを目的とし、側方流動に伴い生じる地割れ量の推定方法に関して検討した。

まず、能代市の地盤永久変位観測データをもとに、現在提案されている地盤永久変位推定法の精度向上について検討を行った。次に永久変位から算出される地盤永久ひずみと地割れ量の関係に関して検討を行い、実際の設計現場でなるべく簡便に利用可能な地割れ量の推定方法について検討した。

2.地盤永久変位推定法の検討

現在の地盤永久変位推定式としては浜田ら³⁾による(1)式があり、その後本式の改良が行われているが⁴⁾、その推定精度はおおよそ倍半分であり大きな研究課題となっている。本式は、変位推定を行う地点での液状化層厚： H_i と傾斜角： θ_i が基本となっており、 $H_i = \theta_i = 0$ の場合には地盤永久変位の推定値がゼロとなる。しかし、たとえばある斜面に沿って地盤変位の推定を行う場合、ある地点の地盤変位量はその前後の地盤とは無関係に独立しているのではなく、前後の地盤変位との相互関係が存在する。そこで、(2)式の方法で前後の地盤変位との関係を考慮することを試みた。

$$\delta_i = 0.75 \sqrt{H_i^3} \sqrt{\theta_i} \quad (1)$$

$$\delta'_i = \{ \delta_i + (\delta_{i-1} + \delta_{i+1})/2 \} / 2 \quad (2)$$

ここで、 δ_i ：浜田式による地盤変位の推定値(m)、 H_i ：地点 i での液状化層厚(m)、 θ_i ：地点 i での傾斜角(%)および δ'_i ：前後の地盤変位を考慮した地点 i での地盤変位推定値(m)である。

図1は、(1)式と(2)式による推定値の比較を示している。斜面の下側から(2)式を用いて順次推定を進めることで、推定精度が若干向上している。

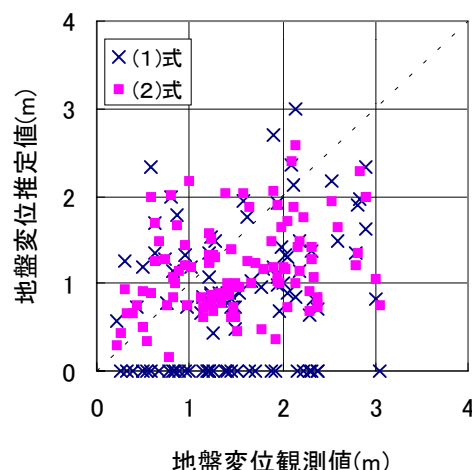


図1.地盤永久変位推定法の改良

3.地盤ひずみと地割れ量の関係

表層地盤の地層構成が明らかな能代市の8断面³⁾を対象に、地盤永久変位の観測データから算出した地盤ひずみと地割れの関係について検討を行った。その一例を図2に示す。観測されている地割れの位置は破線で示されている。地割れ量に関するデータがないため、これらの図から地割れを生じている最小の地盤ひずみ、地割れを生じていない最大の地盤ひずみを求め、両者の小さいほうを大規模な地割れを生じることの無い地盤ひずみの限界値： ε_{cri} と考えた。その上で、(3)式により地盤ひずみを算出した区間内で生じている地割れ量を推定した。

$$i = (\varepsilon_i - \varepsilon_{cri}) \times L_i \quad (3)$$

ここで、 i ：推定地割れ量、 ε_i ：区間 i の地盤ひずみ、 ε_{cri} ：限界地盤ひずみ(=0.008)および L_i ：区間 i の距離である。

筆者ら⁵⁾は、地割れ量の観測値のあるポートアイランド等のデータに関して、護岸の移動量や地盤ひずみと地割れ量の対応について検討を行った。図3は、その内、護岸からの距離が40m～100mの範囲における地割れ量のデータと、今回推定した能代市のデータとを比較したものである。

能代市の地割れ量推定値は、ポートアイランドや深江浜における地割れ量の観測値とよく対応している。したがって、大規模な地割れを生じる限界の地盤ひずみ ε_{cri} を0.8%として、地盤ひずみの推定値から(3)式により地割れ量を推定する方法は、概ね妥当な地割れ量を与えるものと考えられる。

4. 非超過確率を用いた地割れ量設定法の検討

図3に示す関係式を用いて、推定される地盤ひずみ値に応じた地割れ量を管路耐震設計の外力として設定する方法が考えられるが、この場合、前述のように地盤永久変位の推定精度の向上が大きな課題である。そこで、非超過確率から地割れ量を設定することを試みた。

図4は、ポートアイランド等における護岸から40m～100mの範囲での地割れ量と、能代市の地割れ量推定値をヒストグラムに示したものである。非超過確率が70%、80%および90%に対応する地割れ幅を求めると、それぞれ15cm、20cmおよび30cmとなる。

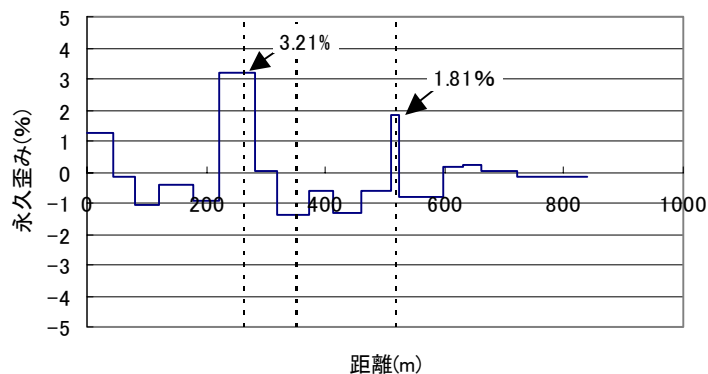


図2. 地盤ひずみと地割れの対応例

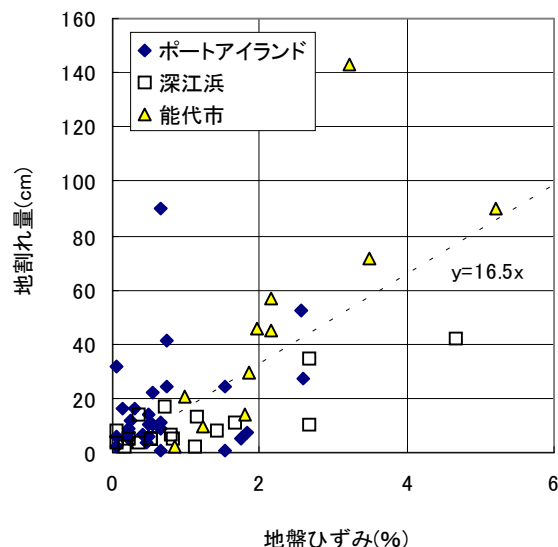


図3. 地盤ひずみと地割れ量の関係

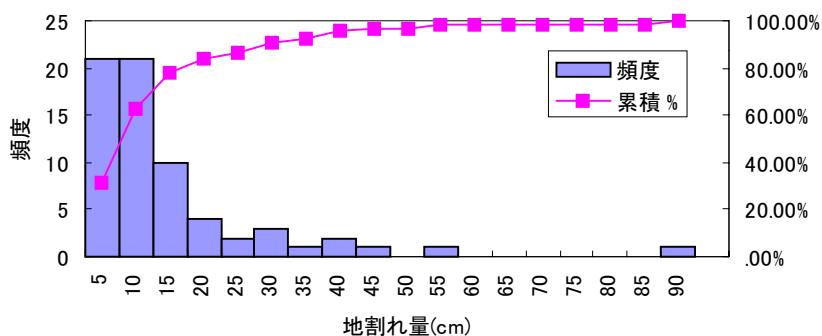


図4. 地割れ量のヒストグラム

5. おわりに

設計対象となる管路の重要度などに応じた非超過確率をもとに、図4に示す値を地割れ量として設定し、地盤ブロックモデル等を用いた設計を行うことが適切であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 北檜山町水道課：北海道南西沖地震・配水管路の地震後調査書，1993
- 2) 日本ダクタイル鉄管協会：1995 兵庫県南部(神戸)地震における水道管路被害と地盤変状について，IWSA 地震対策ワークショップ論文集，pp.43-48，1998
- 3) M. Hamada et al.: Study on Liquefaction Induced Permanent Ground Displacements, ADEP, 1986
- 4) 濱田，若松：液状化による地盤の水平変位の研究，土木学会論文集，No.596 / -43，pp.189-208，1998
- 5) 高田，山口，片桐：管路耐震設計に用いる側方流動に伴う地割れ量の推定，平成13年度関西支部講演会論文集，2001