# ポリエチレン管路の破断に与える流動地盤特性の影響

神戸大学大学院自然科学研究科	学生員	〇田中	祐樹
神戸大学工学部	フェロー	高田	至郎
神戸大学工学部	正会員	鍬田	泰子

#### 1. はじめに

2004 年 10 月 26 日に発生した新潟県中越地震において新潟県長岡市山古志(旧山古志村)南平(池谷)地 区で斜面崩壊が生じた.現地には水道配水用ポリエチレン管(口径 50mm)が埋設されており、この崩壊によ って地盤流動域の境界近くで2ヶ所の管路破断が確認された.そこで、本研究では地盤流動に対するポリエチ レン管路の安全性を明らかにするため、地盤硬さや流動方向、流動幅による影響について解析的検討を行った.

#### 2. 解析モデル

本研究では個別要素法を用いて解析を行う. 管路モデルは lm 間隔に集中質量を持つ要素を配し、その要素 間をはりで連結させた延長100mの一体構造管とした. 管口径は 6150mm, または 650mm とした. 地盤流動 は、安全側の結果が得られる矩形地盤変位分布を想定し、流動速さは2m/sとした.また流動幅Lは30mと40m を設定した(図1).図2は、本解析で用いた管体の曲げ特性を示している.表1は口径別の外径・管厚を、 表2は材料特性を示している.日本ガス協会の指針<sup>1)</sup>に基づき,管軸直角方向と管軸方向の地盤ばね係数を 決定し、降伏変位は0.5cm、流動側の管軸直角方向地盤ばね係数は非流動側の係数の1/3倍とした。



#### 管路口径 表 1 呼び径 (mm) 50 150 管の外径 (mm) 63 180 管厚 5.8 16.4 (mm)

表2 管体特性

Ê 12 10

6

4

2 限 0

10

20

30

管軸直角方向地盤反力係数 (N/cm³)

図3 地盤硬さと限界地盤流動量

(口径別ひずみ3%,8%発生時)

40

界地盤流動量 8

弾性係数(N/mm <sup>2</sup> )	1,000
引張強度(N/mm <sup>2</sup> )	28
曲げ強さ(N/mm <sup>2</sup> )	28
破壊ひずみ	0.08

φ150 (3%

d 50 (8%)

φ 50 (3%)

## 3. 流動地盤の硬さによる影響

図3は、管軸に直交して地盤が流動する場合の管路が破断するまでの 地盤流動量(以下,限界地盤流動量)と非流動地盤の管軸直角方向の地 盤反力係数 Kn(N/cm<sup>3</sup>)との関係を示す.また管路の送水機能が維持され る許容ひずみ3%に達するまでの最大地盤流動量も図3に合わせて示す. 管路は地盤が硬くなると破断が生じ易くなる傾向にあり,ある硬さ以上 になると限界地盤流動量はほぼ一定の値になる. 図 4 は φ 150mm 管路 の Kn=5N/m<sup>3</sup>時の管路破断時の変形図を示す.このとき,管路の最大曲 げ角度は 0.039rad と小さく,引張による破断になる.また地盤を硬

くした場合も曲げの影響は小さく、管路は引張破断する.

## 4. 流動交差角による影響

管路軸に対して 30°, 60°, 80°, 90°の交差角を持つ流動幅 30 mの 地盤流動が、口径 150mm の破断に与える影響について検討する. 図 5は流動地盤交差角による限界地盤流動量を示す.



キーワード ポリエチレン管路,地盤硬さ,流動交差角,流動幅,限界地盤流動量 連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学自然科学研究科 T E L 078-803-6047 また Kn=5N/m<sup>3</sup>の場合の管路破断時の変形図を図6に示す.流動交差角が0°近くになれば,流動域境界の一 方で管体に引張力が集中するため,管路破壊が生じ易くなる.とくに流動交差角60°よりも大きくなれば限界 地盤流動量も大きくなる.そのため地すべりや側方流動が発生しやすい地域では,流動方向に対して管軸が直 角になるように埋設することが望ましい.本解析では,図6(a)の条件でモデルの右側で引張破断し,その後, 地盤流動量が3.4mに達した時にのみ,曲げによる破断が発生した.



### 5. 流動地盤範囲による影響

さらに,流動幅Lが30mと40mの場合の流動地盤範囲による管路破断の影響について検討した.用いる口径はφ150mmとし,非流動地盤のKnは5N/cm<sup>3</sup>としている.管路破断変形図と限界地盤流動量を図7に示す. 10m流動幅が増すことで地盤の流動力が増し,管路破断が生じやすくなる.管路端部に発生する応力の影響も 考えられ,管路延長を200mとした場合も検討したが同様の傾向を示すことを確認している.

## 6. 解析結果のまとめ

口径 $\phi$ 150mm, 流動幅 L=30 m, 交差角 90°, 地盤硬さ Kn=5 N/cm<sup>3</sup>の条 件を基準ケースとして, その限界地盤流動量を 1D とすれば, 地盤硬さ, 流動幅, 流動交差角のパラメータを変化させた中で流動量が最も小さくな るケースの限界地盤流動量は, 基準ケースに対して 0.60D (Kn=50 N/cm<sup>3</sup> の時), 0.89D (L=40m の時), 0.14D (交差角 30°の時) となり, 流動交差 角が最も管路破壊に与える影響が大きいことがわかった.



図8 解析結果の精度検証

高田ら<sup>2)</sup>は、変形の大きくなる境界部付近を有限長さのはりとして扱い、矩形地盤変位分布による管路地盤 変位と管応力との関係を示しており、直管の境界部軸方向変位量は、(1)式により算定される.地盤流動交差 角 α を持つ場合は、(1)式に cos α で除することよって管路が降伏するまでの地盤流動量が推定できる.図8は 計算結果と解析結果を示しており、本解析が精度よく評価できることがわかる.

$$d = \frac{N_y^2}{\pi D \tau_z E A} \tag{1}$$

 $E: ヤング係数 (1.0×10<sup>3</sup> N/mm<sup>2</sup>), D: 外形(180 mm), d: 地盤変位量 (mm), N<sub>y</sub>: 直管の降伏軸力(2.34×10<sup>5</sup> N), <math>\tau_c$ : 管軸方向の最大地盤拘束力 (1.48×10<sup>-2</sup> N/mm<sup>2</sup>), A: 断面積 (8.4×10<sup>3</sup>mm<sup>2</sup>),  $\sigma_c$ : Kn=5N/cm<sup>3</sup>時の管軸直角方向の最大地盤拘束力(8.0×10<sup>-3</sup>/3 N/mm<sup>2</sup>)

- 7. まとめ
- 口径が φ 50mm から φ 150mm になれば,限界地盤流動量は 2,3 倍大きくなる.
- ・ 管路は地盤が硬くなると破断が生じ易くなり、ある硬さ以上になると限界地盤流動量は変化しない.
- ・ 流動交差角が管路破断に最も大きな影響を与える.

参考文献

- 1) 日本ガス協会:高圧ガス導管液状化耐震設計指針,2001
- 高田至郎,鈴木崇伸,小池武,小川安雄,小口憲武,北野哲司,松本真明,藤田周亮:地盤変状を受ける 埋設管の変形計算式の検討,土木学会第26回地震工学研究発表会,pp.1321-1324,2001.