

## 厚幌導水路の曲管の被害と地震時挙動 ( Damage and Behavior to the Buried Bend pipe of the Apporo Pipeline during Earthquake)

○王博涵\*・毛利栄征\*\*

(Bohan Wang・Yoshiyuki Mohri)

### 1. はじめに

平成 30 年北海道胆振東部地震(M6.7)では、厚真町、むかわ町、安平町において多くの農業水利施設が被災した。厚幌導水路では調査対象延長(令和 2 年 8 月時点、26.7km, 4,864 本)のうち、約 55%の 2,669 本の管に異常あり、特に 277 か所の曲管の内 190 か所で許容値以上の抜け出しや圧壊などの重大な被害が発生している。当該地区は基礎地盤に泥炭が厚く堆積していることから、曲管部は沈下防止のためコンクリートスラストブロックを排除して管路の一体化によって内水圧による不平衡力(スラスト力)に抵抗する構造としている。地震後の詳細な調査では、曲管を広い範囲で一体化した管路全体が曲管背面側に移動して完全に離脱するなどの甚大な被害が確認された(Fig.1)。そこで、本報告では、管周辺の地盤特性に注目し、地震時に生じる地盤の強度と剛性の低下現象を導入した有限要素解析を用いて、曲管部のスラスト力による水平移動量を評価し、地盤の強度低下評価の重要性を提示する。



Fig. 1 厚幌導水路の離脱破壊<sup>2)</sup>

### 2. 解析モデルの概要

本研究で選定した解析対象は厚幌導水路美里工区の IPNo156 である。解析断面を Fig.2 に示す。解析に用いる有限要素メッシュは Fig.3 に示す。3,037 要素, 3,058 節点で、アイソパラメトリック 1 次要素である。土部分には 1 点積分を適用し、パイプ部分には 2 点積分を適用した。境界条件として、底面部 XY 方向を固定し、両側面には循環型境界を設定して地盤の半無限性を表現した。さらにパイプと地盤の間に摩擦軽減層を設定して、パイプと地盤の間に発生するすべりを表現している。実際の地震時の現場状況に合わせて、パイプには浮力とスラスト力を作用させて、動的解析を実施した。解析に使用した地震波形は K-net 早来で観測された表面波形(-671gal~600.8gal)である。管側部および管底部

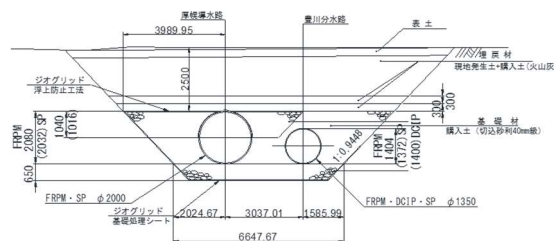


Fig. 2 解析断面

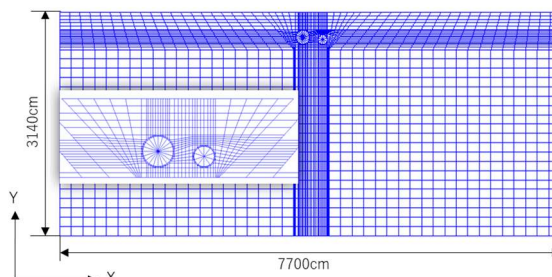


Fig. 3 解析メッシュ

\*東京農工大学連合農学研究科, United Graduate School Of Agriculture Science, Tokyo University of Agriculture and Technology, \*\*茨城大学農学部, College of Agriculture, Ibaraki University, キーワード: FEM, スラスト力

の埋め戻しは切り込み砂利，管頂以上は火山灰質砂である。これらの材料の非排水繰返し  
 載荷試験及び単調載荷試験を実施し，液状化抵抗と強度低下特性を求めた。原地盤の泥炭  
 は強度低下しないとした。要素試験とその解析結果を，**Fig.4** に示す。本研究では，土・地盤  
 の限界状態とひずみ軟化挙動を厳密に予測できることが確認されている有限要素解析コード  
 (Nonsolan)<sup>3)</sup>を用いた。解析に使われる主要なパラメータを **Table1** に示す。今回は地盤挙  
 動を全応力解析によって表現することとした。

### 3. 解析結果

地下水面下にあるパイプ（充水状態）の動的解析結果を **Fig.5** に示す。まず，静的に内  
 水圧によるスラスト力を作用させて初期応力状態を再現し，直ちに動的解析を実行す  
 る。地震動を基盤から入力することによって，加速度最大  
 時の時刻歴 26 秒付近で，パイプが大きく移動し始める。  
 埋戻し地盤の強度が低下したことが主因と考えられる。  
 主揺動がおさまる時刻歴 35 秒付近で，パイプの鉛直・水  
 平移動が停止し，水平移動量は約 100cm，鉛直浮上量は約  
 30cm に達している。基盤の最大入力加速度 671gal に対し  
 て，パイプの最大応答加速度は約 500gal であった。パイ  
 プの埋戻し地盤（切り込み砂利および火山灰質砂）は，繰  
 返しを受けると大きく強度・剛性低下し変形するため，パイ  
 プの応答は原地盤よりも減衰している。対象とする  
 2,000mm の曲管の静的解析ではスラスト力（735N）に対  
 して，約 10cm の移動量が求まるが，地震時の移動量は 10  
 倍に達している。このことは，移動量の評価には地盤の強  
 度剛性低下を考慮した動的解析が不可欠であることを  
 示している。

### 4. まとめ

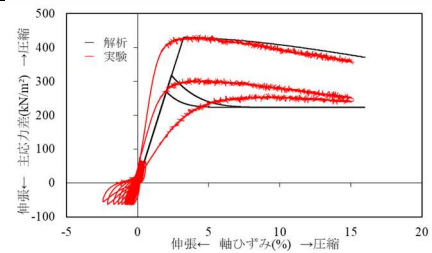
地震動により，地盤の強度低下によって背面受働土圧  
 が低下するため，曲管が大きく移動することを示した。  
 曲管の移動量を厳密に予測することができれば，レベル  
 2 地震に対するパイプラインの耐震対策の有効性を検  
 証することができる。

### 参考文献

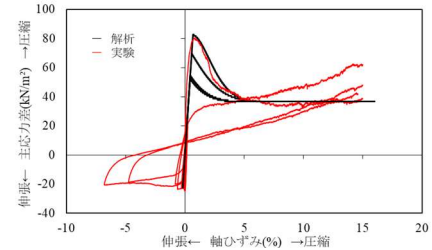
- 1) 小野尚二，鈴木和志，源田和隆，真田栄一，毛利栄征，中村和正  
 (2019)：北海道胆振東部地震におけるパイプラインの被災状況，  
 2019 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集，p.484-p485.
- 2) 北海道胆振東部地震におけるパイプラインの被災状況，令和元年 8  
 月 20 日，北海道開発局室蘭開発建設部，胆振東部農業開発事業所
- 3) 田中忠次(1992)：有限要素法による変形・安定解析(主として砂質土  
 を対象にして)，わかりやすい土質力学原論(第 1 回改訂版，土質工  
 学会，p.109- p.154

**Table 1 解析パラメータ**

材料	E	$\nu$	$\rho$	$\phi p$	$\phi r$	c
	(kgf/cm <sup>2</sup> )		(kg/cm <sup>3</sup> )	(deg)	(deg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
泥炭	200	0.2	0.0010	14.0	14.0	0.08
切り込み砂利	1200	0.2	0.0020	13.3	4.0	0.10
火山灰質砂	400	0.2	0.0015	38.3	25.0	0.28

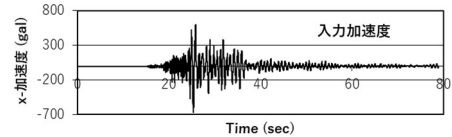


(a) 火山灰質砂

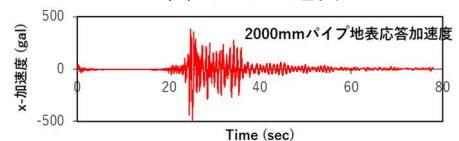


(b) 切り込み砂利

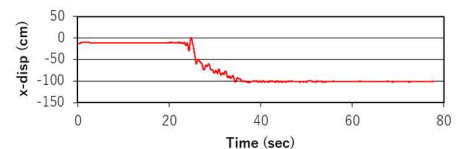
**Fig. 4 要素試験と解析結果**



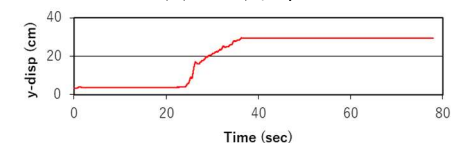
(a) 入力加速度



(b) パイプ応答加速度



(c) 水平変位量



(d) 鉛直変位量

**Fig. 5 2000 mmパイプ動的解析**