

繰返しせん断変形を受ける更生管の変形挙動に関する DEM 解析  
DEM Analyses on Deformation Behavior of Inner Rehabilitated Pipes  
under Cyclic Shear Deformation

○三木太貴\* 泉 明良\* 澤田 豊\* 河端俊典\*

MIKI Taiki, IZUMI Akira, SAWADA Yutaka and KAWABATA Toshinori

## 1. はじめに

管路更生工法は、既設管に更生管を内挿することで、管路の機能を維持する工法である。耐用年数を超過する農業用埋設管路の改修工法として、非開削施工が可能な管路更生工法の採用が増加している。しかし、現行の設計基準には管路更生工法に関する規定がない。本研究では、せん断変形を受けた場合の既設管が更生管の変形挙動に与える影響を解明するために実施した繰返しせん断実験を DEM 解析により詳細に検討した。

## 2. 解析概要

繰返しせん断実験の解析モデルを Fig.1 に示す。土槽、供試管の寸法は実験と同様である。更生管は、中瀬ら (2002) が提案した多角形要素を用いて、32 角形トラス構造によりモデル化した。更生管のパラメータは、2 点载荷試験により実験供試管と同等の環剛性となるように決定した。表面摩擦係数は、塩化ビニル板と 6-7 混合珪砂の一面せん断試験から得られる値を用いた。更生管モデルのパラメータを Table 1 に示す。既設管も多角形要素を用いてモデル化した。既設管のパラメータは、変形が無視できるように、環剛性が VP の 10 倍程度になるバネ係数を用いた。既設管の損傷程度は、管頂、管底及び両管側が損傷している 4 分割、管頂から 22.5° 間隔に損傷している 16 分割とした。地盤モデルは平均粒径 2 mm、均等係数 1.52 の円要素 (土粒子) が間隙比 0.216 となるように配置した。相対密度 45%の地盤を再現する土粒子モデルのパラメータを Table 2 に示す。更生管単独埋設時は 170 mm、既設管配置時は 160 mm の土被りでパッキングした後、最大せん断ひずみ 5%、周波数 0.25 Hz の正弦波を与えた。

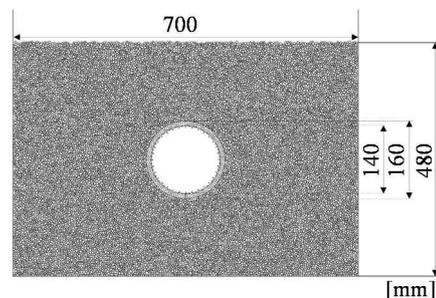


Fig.1 解析モデル  
Analytical model

Table 1 更生管モデルのパラメータ  
Parameters of pipe models

管種	VU	VP
円要素密度 (kg/m <sup>3</sup> )	12520	20920
法線バネ係数 (N/m)	1.70×10 <sup>9</sup>	1.27×10 <sup>9</sup>
法線減衰係数 (N/m)	8.18×10 <sup>3</sup>	9.14×10 <sup>3</sup>
接線バネ係数 (N/m)	4.25×10 <sup>7</sup>	3.18×10 <sup>7</sup>
接線減衰係数 (N/m)	2.59×10 <sup>2</sup>	2.89×10 <sup>2</sup>
表面摩擦係数	0.54	0.54

Table 2 土粒子モデルのパラメータ  
Parameters of soil model

相対密度 (%)	45
円要素密度 (kg/m <sup>3</sup> )	1742
法線バネ係数 (N/m)	1.00×10 <sup>8</sup>
法線減衰係数 (N/m)	5.84×10 <sup>2</sup>
接線バネ係数 (N/m)	8.00×10 <sup>6</sup>
接線減衰係数 (N/m)	1.65×10 <sup>2</sup>
粘着力 (N/m)	0.0
内部摩擦角 (°)	26.1
転がり摩擦角 (°)	26.1

\* 神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

キーワード：管路更生工法，せん断変形，個別要素法

### 3. 結果及び考察

Fig.2(a)に VU, VP のせん断ひずみと 45° 方向のたわみ量の関係を示す. VU, VP の両解析結果において, 45° 方向のたわみ量が実験結果と概ね等しい値を示している. DEM 解析において, 2 点载荷試験により埋設管のパラメータを決定することで, 埋設管の環剛性が変形量に与える影響を再現できることが明らかとなった.

Fig.2(b)に VU 周囲に既設管を配置したケースのせん断ひずみと 45° 方向のたわみ量の関係を示す. 既設管を変形が無視できる構造物として模擬することによって, 実験結果を再現できることが明らかとなった. 実験結果と同様に解析結果においても, 既設管の損傷程度が小さいほど, 更生管の変形は抑制されていることが分かる.

Fig.3 に 5%せん断ひずみ時における管周に作用する法線方向の圧力分布を示す. 更生管単独, 16 分割において, 45-225° 方向と比較して 135-315° 方向の圧力が大きい. この圧力差が, 更生管を斜め方向に変形させる要因である. 一方, 4 分割においては, 既設管の亀裂部にのみ圧力が集中しており, 斜め方向のたわみ量が抑制されていることが分かる.

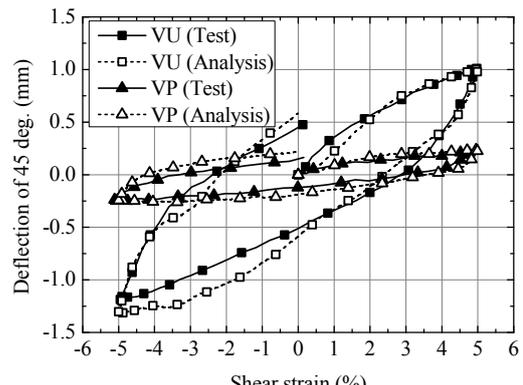
### 4. まとめ

本研究では, 地盤のせん断変形を受ける更生管の変形挙動を詳細に検討するため, DEM 解析を実施し, 以下の知見が得られた.

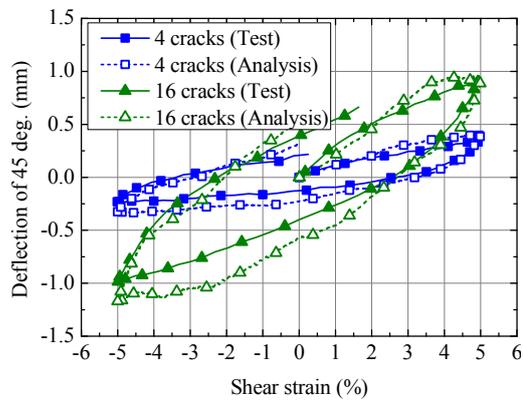
- ・ 損傷程度の異なる既設管を模擬した剛な構造物を更生管の周囲に配置することによって, 既設管がたわみ量に与える影響を再現できる.
- ・ 更生管単独, 16 分割において, 135-315° 方向の圧力により, 45-225° 方向に変形する.
- ・ 損傷程度の小さい 4 分割においては, 既設管の亀裂部にのみ圧力が集中しており, 45-225° 方向の変形が抑制される.

### 参考文献

- 1) 中瀬 仁, 宮田正史, 本田 中, 興野敏也, 安田勝則, 菅野高弘 (2002) : 個別要素法によるケーソン式防波堤の挙動解析, 応用力学論文集, Vol. 5, pp.461-472.



(a) VU, VP 単独



(b) 既設管 4 および 16 分割

Fig.2 せん断ひずみとたわみ量の関係 Relationships between shear strain and deformation

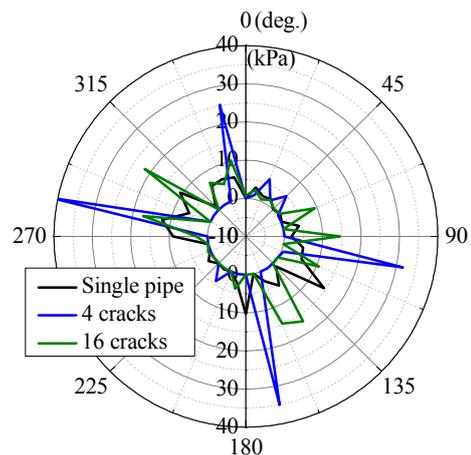


Fig.3 管周の法線方向圧力分布 (VU, 5%せん断ひずみ時) Normal pressure distributions on the pipe (VU, shear strain of 5%)