

せん断変形を受ける二重構造管の既設管損傷過程を考慮した個別要素法解析  
 DEM Analysis for Double-Layered Pipe under Shear Deformation  
 Considering Damage Progress of Host Pipe

○高原祥 泉明良 三木太貴 小野耕平 澤田豊 河端俊典

Sho Takahara, Akira Izumi, Taiki Miki, Kohei Ono, Yutaka Sawada and Toshinori Kawabata

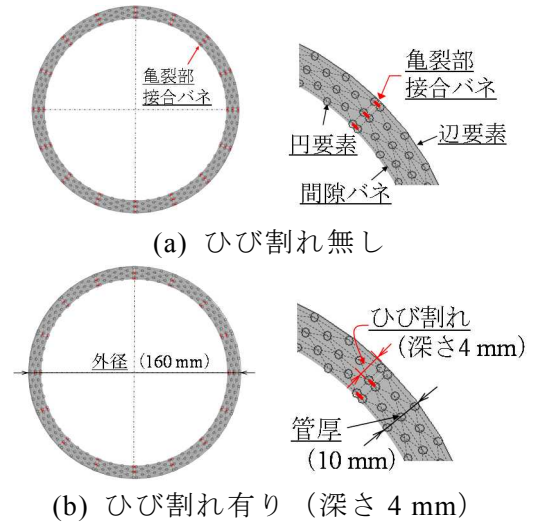
1. はじめに

老朽管路の改修工法として、既設管の内面に更生管を構築する管路更生工法がある。しかしながら、同工法に関して既設管が更生管に及ぼす影響は未解明な点が多い。本研究では、既設管の損傷過程を考慮した個別要素法解析を実施し、地盤の繰返しせん断変形を受ける二重構造管について、既設管の損傷と、それに伴う更生管たわみ量の変化を検討した。

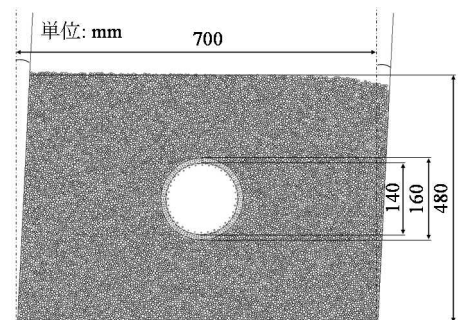
2. 個別要素解析概要

更生管及び既設管は、中瀬ら<sup>1)</sup>が提案した多角形要素によりモデル化した。既設管の損傷過程を再現するため、亀裂部接合バネを導入した。このバネは、要素間に閾値を超える力が作用すると消失し、バネの設置位置において既設管に生じる亀裂を再現可能である。**Fig. 1**に示すように、既設管モデルの16箇所(管頂から22.5°間隔)に亀裂部接合バネを設置した。亀裂部接合バネの消失に関する閾値は15.3 kNとした。また、**Fig. 1 (b)**に示すように、亀裂部接合バネを設置する範囲を変更することにより、既設管のひび割れを再現した。さらに、既設管の損傷が著しい条件として、亀裂部接合バネを設置しない16分割管を設定した。

**Fig. 2**に解析モデルを示す。地盤モデルは、6-7混合珪砂による密詰め地盤(相対密度85%)を目標に、平均粒径4 mm、均等係数1.5の円要素を配置することで作製した。また、更生管の強度設定はVU管を仮定した。各解析パラメータを**Table 1**に示す。ひび割れ有り、無し、16分割それぞれの既設管を更生管外周に配置し、地盤モデルにより埋設した後、最大せん断ひずみが5%となるよう、0.25 Hzで繰返しせん断変形を与えた。



**Fig. 1** 既設管モデル  
Model of host pipe



**Fig. 2** 解析モデル  
Model of DEM analysis

**Table 1** 解析パラメータ  
Analytical parameter for DEM analysis

		地盤	更生管
円要素密度	kg/m <sup>3</sup>	1928	12520
法線バネ係数	N/m	1.00×10 <sup>8</sup>	1.70×10 <sup>9</sup>
法線減衰係数	N・s/m	6.14×10 <sup>2</sup>	8.18×10 <sup>3</sup>
接線バネ係数	N/m	8.00×10 <sup>6</sup>	4.25×10 <sup>7</sup>
接線減衰係数	N・s/m	1.74×10 <sup>2</sup>	2.59×10 <sup>2</sup>
要素間摩擦角	degree	36.8	
転がり摩擦角	degree	36.8	
表面摩擦係数			0.54

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

キーワード：埋設管、管路更生工法、個別要素法解析

### 3. 結果及び考察

Fig. 3 に、更生管の 45-225° 方向たわみ量の経時変化を示す。たわみ量は、管径が増大する方向を正としている。また、図中のイラストは、既設管の損傷状況を表しており、亀裂の発生位置と発生時間を示している。ひび割れ無しのケースにおいて、地盤のせん断変形に伴う更生管の変形は極めて小さいことが確認できる。既設管に亀裂が生じなかったため、剛性が大きい外面の既設管が外力を支持したと考えられる。一方、ひび割れ有りのケースでは、経過時間約 4.3 s で、既設管の斜め方向 4 箇所（管頂から 22.5° , 112.5° , 202.5° , 292.5° ）に亀裂が生じ、それに伴い更生管のたわみ量が急増している。

ひび割れ有りのケースについて、Fig. 4 に経過時間 4.5 s における地盤内接触力分布を示す。地盤の短対角線方向に大きな接触力が分布しており、地盤のせん断変形を受ける際、埋設管の斜め方向に大きな外力が作用することがわかる。以上より、地盤のせん断変形時には、既設管の斜め方向で亀裂が発生する可能性が大きく、また、既設管の損傷に伴い更生管に大きな変形が生じることが明らかになった。

ひび割れ有りのケースにおいて、地盤のせん断変形が繰り返されることにより、経過時間 8.4 s で既設管の 270° 方向に、経過時間 10.4 s で 67.5° 方向に新たな亀裂が発生した。Fig. 3 より、亀裂数の増加に伴い更生管のたわみ量が増加し、徐々に 16 分割管のたわみ量との差が小さくなっていることがわかる。地盤のせん断変形が繰り返されることにより、既設管の損傷が更に進展していく可能性が示された。

### 4. おわりに

本研究では、地盤の繰返しせん断変形を受ける二重構造管について、既設管の損傷が進展する場合における埋設挙動を検討するため、既設管損傷過程を考慮した個別要素法解析を実施した。その結果、地盤のせん断変形時、埋設管の斜め方向に大きな外力が作用し、既設管の斜め方向に亀裂が発生する可能性が大きいことが明らかとなった。また、既設管に亀裂が生じると、既設管の剛性が低下し外力を支持できなくなるため、更生管のたわみが急増することがわかった。さらに、地盤のせん断変形が繰り返されることにより、既設管の亀裂数が増加し、それに伴い更生管のたわみが徐々に増加することが明らかとなった。

### 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, 5, 461-472.

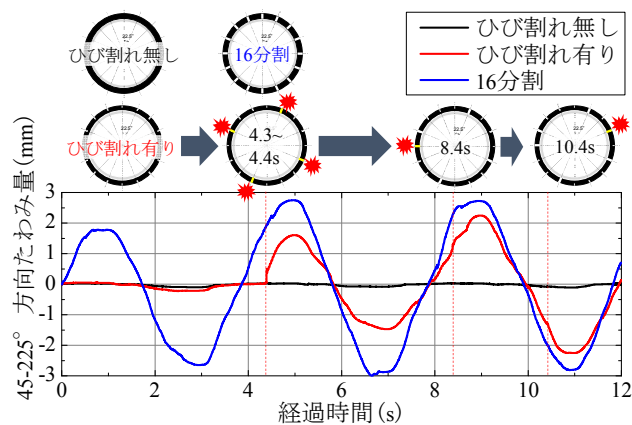


Fig. 3 更生管 45-225° 方向たわみ量の経時変化  
Time history of deflection in direction of 45-225 degrees of liner

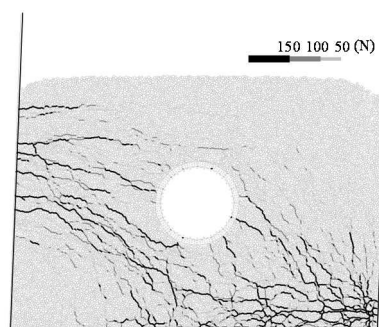


Fig. 4 地盤内接触力分布（経過時間 4.5 s）  
Distribution of contact force in ground (4.5 s)