

偏心荷重を受ける更生管の力学挙動に関する 3次元有限要素解析 Three-Dimensional Finite Element Analyses on Mechanical Behavior of Rehabilitated Pipes under Eccentric Loading

○高原 祥 小野耕平 澤田 豊 河端俊典

TAKAHARA Sho, ONO Kohei, SAWADA Yutaka and KAWABATA Toshinori

1. はじめに

農業用管路の改修工法として、管路更生工法の採用が増加している。しかしながら、現行の農業用管路設計基準には同工法に関して全く規定されておらず、地盤内に残存する老朽管が更生管に与える影響は未解明な部分が多い。本研究では、有限要素解析により、載荷位置と管軸方向の既設管分割状況が更生管に及ぼす影響について検討した。

2. 解析概要

更生管としてPVC管を、老朽既設管としてアルミニウム片を仮定した。Fig. 1(a)に示すように、既設管の管頂、管底、管側部に亀裂を設けることにより、損傷した管路が更生された状態をモデル化した。また、継手等の存在を想定し、Fig. 1(b)のような管軸方向の分割を再現した。

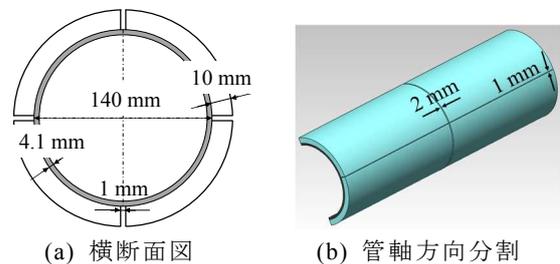


Fig. 1 模型管概略図
Schematic layouts of model pipe

解析モデルをFig. 2に示す。中央断面において、既設管部の管軸方向分割が再現可能である。載荷圧は150 kPaとし、載荷幅は横断面方向に100 mm、管軸方向に125 mmとした。中央断面直上部に載荷中心がある状態を直上載荷とし、管軸方向に載荷位置を移動させた。載荷位置は直上、偏心距離12.3 mm、36.9 mm、61.5 mm、88.1 mmの計5箇所である。解析ケース及び解析パラメータを、それぞれTable 1、Table 2に示す。各パラメータは、別途実施した埋設模型実験に基づき決定した。

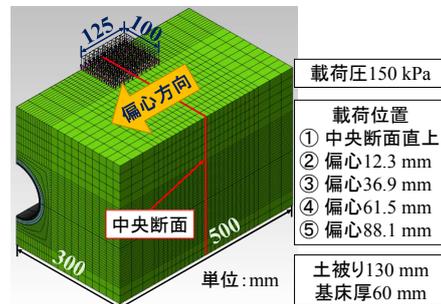


Fig. 2 解析モデル
FE mesh model

Table 2 解析パラメータ
Analytical parameter

(a) 地盤・模型管

	地盤	更生管	既設管
ν	0.35	0.3	0.3
E (N/mm ²)	1.60	3796	68600
γ (N/mm ³)	1.254×10^{-5}	1.4×10^{-5}	2.66×10^{-5}
ϕ (degree)	37.9	--	--

(b) ジョイント要素²⁾

	更生管外周 ジョイント	既設管外周 ジョイント
k_n (N/mm ³)	2.48 (3796)	68600
k_s (N/mm ³)	0.0085	0.0085
ϕ (degree)	22.6	22.6

Table 1 解析ケース
Analysis case

Series	Case	模型管	管軸方向 分割の有無	載荷位置
1	1	更生管 単体	無	直上
	2~5			偏心 12.3-88.1 mm
2	1	4分割	無	直上
	2~5			偏心 12.3-88.1 mm
3	1	4分割	有	直上
	2~5			偏心 12.3-88.1 mm

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，偏心載荷，有限要素解析

3. 解析結果

Fig. 3 に直上载荷時における中央断面の内面周方向ひずみ分布を示す。既設管が存在する Series 2, 3 において、既往の研究³⁾で述べられているような、既設管分割片の局所的な接触による管頂部でのひずみの集中が確認できる。また、Series 2, 3 のひずみ分布は概ね一致しており、直上载荷時における管軸方向の分割による影響は小さいことがわかる。

Series 3 について、管頂部内面における周方向ひずみと管軸方向曲げひずみを Fig. 4 に示す。既設管が管軸方向に分割されていることにより、载荷位置にかかわらず、中央断面で大きなひずみが発生している。また、载荷位置が中央断面に最も近い直上载荷時よりも、载荷位置が偏心した場合において、より大きなひずみが生じることが明らかとなった。

Fig. 5 に、各载荷位置において中央断面に発生する最大内面周方向ひずみを示す。Series 1, 2 では、载荷位置が偏心し中央断面との距離が大きくなることに伴い、最大ひずみが減少する。それに対し、既設管が管軸方向に分割されている Series 3 では、偏心载荷時に特に大きなひずみが発生しており、Series 2 と比較すると 50%程度、Series 1 と比較すると 80%程度ひずみが増大する可能性があることが明らかとなった。

4. まとめ

更生管外周に存在する損傷した既設管が、継手等の存在により管軸方向に分割されている場合、分割位置において大きなひずみが発生することがわかった。また、特に偏心载荷時において、分割されていない場合や更生管のみを埋設した場合と比較して、発生するひずみが増大することが明らかとなった。このことから、横断面方向の損傷状態のみならず、管軸方向の既設管形状に関しても、今後照査する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課 (2009): 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」, 社団法人農業農村工学会
- 2) 河端ら (1992): 外圧剛性がたわみ性パイプの二条埋設挙動に与える影響, 多条埋設たわみ性パイプの力学的挙動に関する研究 (II), 農業土木学会論文集, 第 160 号, pp.35-42(+2).
- 3) 澤田ら (2014): 既設老朽管の損傷レベルが更生管力学挙動に与える影響, 農業農村工学会論文集, 第 291 号, pp.25-31.

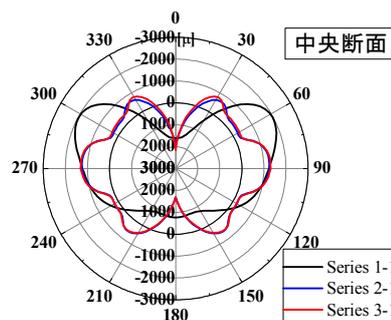
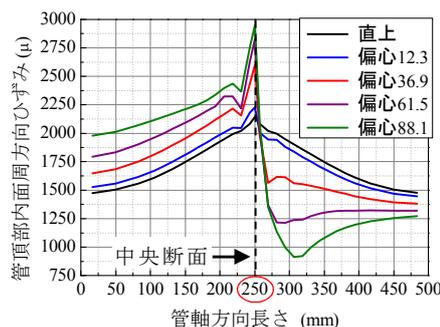
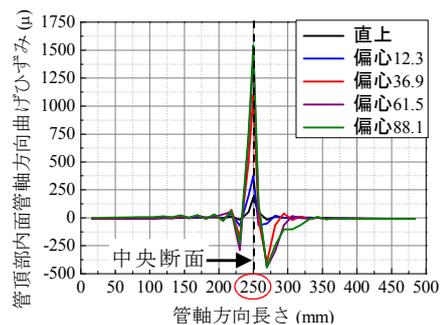


Fig. 3 内面周方向ひずみ分布
Distributions of circumferential strain



(a) 管頂部内面周方向ひずみ



(b) 管頂部内面管軸方向曲げひずみ

Fig. 4 管軸方向ひずみ分布 (Series 3)
Distributions of strain in pipe-axial direction

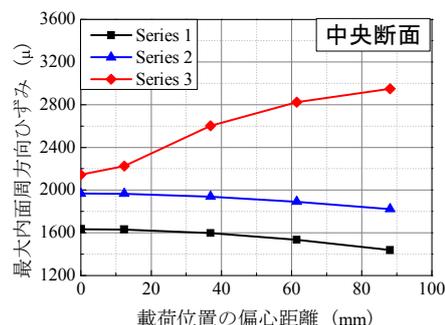


Fig. 5 最大内面周方向ひずみ
Maximal inner circumferential strain