

# 埋設下におけるパイプ・イン・パイプの挙動解析

## The analysis of behavior for pipe in pipe under the ground

井上 孝治\* 毛利 栄征\*\* 田中 忠次\*\*\* 宮崎 徹\*  
 Koji Inoue , Yoshiyuki Mohri , Tadatsugu Tanaka, Toru Miyazaki

### 1. はじめに

老朽化した水路トンネルの改修法として既製管挿入工法を導入する為、地盤、既設管及び中込材を介した管への载荷問題について検討を行った。FEM 解析プログラムは「Nonsolan」を使用した。本プログラムの利点として、動的緩和法にリターンマッピング法を組み合わせる事で、安定した解の取得と計算効率の向上を図っている事である。今回、模擬土槽試験におけるパイプインパイプの挙動について、試験結果と FEM 解析結果との比較、検証を行った。

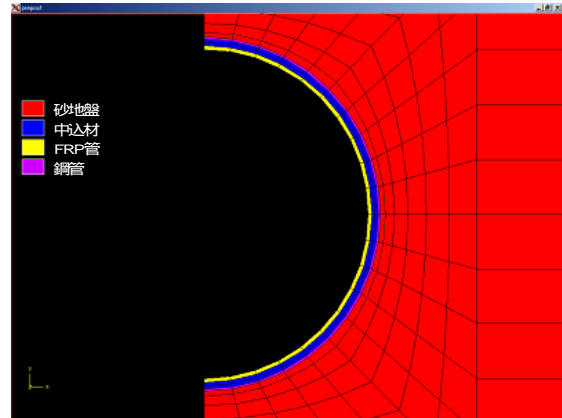


Fig.1 解析モデル  
Analytical Model

### 2. 解析

#### 2.1 解析手法

土質工学分野の諸問題は、そのほとんどが破壊問題と結びつくため非線形性が著しくなる。また、材料の非線形性のみを考慮した場合、微小変形解析においては十分であるが、大変形を伴うと実際の現象から大きく外れてしまう場合がある。本プログラムでは、材料の非線形性に加えて大変形に伴う幾何学的非線形性を導入し、ひずみ軟化及びせん断帯等を考慮した構成モデルを用いている。本プログラムを用いて Fig.2 に示す模擬土槽試験モデルの解析を行った。

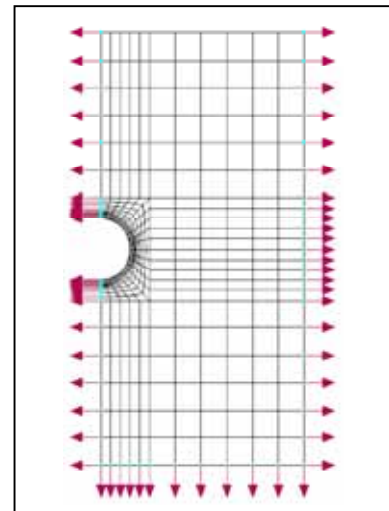


Fig.2 拘束条件  
A condition of restraint

Table 1 材料物性値  
Parameter of Material

	砂地盤	鋼管	中込材	FRP 管
厚さ t (mm)	-	1.0	3.0	1.8
弾性係数 E (MPa)	9.81	206000	1570	14700
ポアソン比	0.2	0.3	0.2	0.3
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.8	7.8	1.1	1.8
初期せん断弾性係数 G <sub>0</sub> (MPa)	19.6	79000	650	5700
ピーク時の内部摩擦角 ρ	48	-	-	-
残留内部摩擦角 r	34	-	-	-
相対密度 D <sub>r</sub>	0.9	-	-	-

\* 栗本化成工業株式会社

Kurimoto Plastics Co.,LTD

FRPM 管, トンネル, 解析

\*\* 農業工学研究所造構部 National Institute for Rural Engineering

鞘管工法, パイプインパイプ

\*\*\* 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The Univ. of Tokyo

## 2.2 解析方法

解析モデルについて Fig.2 及び Table 1 に示す。本モデルは、模擬土槽試験をモデル化したものであり、試験装置の中央に Fig.1 に示すような FRP 管、中込材及び鋼管で構成される複合管を設置し、周囲に均一に密な砂地盤を形成したものである。解析モデルは左右対称な形状であるため半断面のみのメッシュとしており、441 節点 392 要素で構成している。拘束条件は Fig.2 の矢印が示すとおりである。以上の条件で上端面に 10kPa ずつ最大 400kPa まで段階的に等分布荷重を与えた。

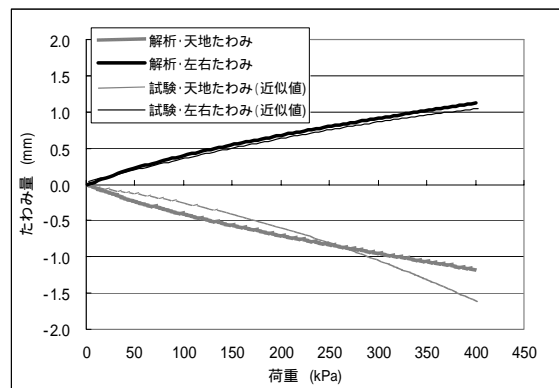


Fig.3 荷重 - たわみ線図  
Force - Displacement Diagram

## 3 . 解析結果

解析結果として、400kPa 載荷時における荷重 - たわみ線図を Fig.3 に、200kPa 載荷時における主応力コンタ図を Fig.4 に、八面体せん断応力コンタ図を Fig.5 にそれぞれ示す。なお Fig.4 及び Fig.5 については、変形後を表示している。Fig.3 の細線は模擬土槽試験結果を、太線は FEM 解析による結果をそれぞれ示しているが、図より天地方向、左右方向ともに試験結果と解析結果が良く一致している事がわかる。Fig.4 をみると天地方向は最内の FRP 管内面に、左右方向は最外面の鋼管部分にそれぞれ応力集中が確認された。また Fig.5 は地盤部分のみを表示しているが、上下斜め 45° 方向にせん断応力が発生している事が確認された。複合管のたわみはほとんど見られなかった。

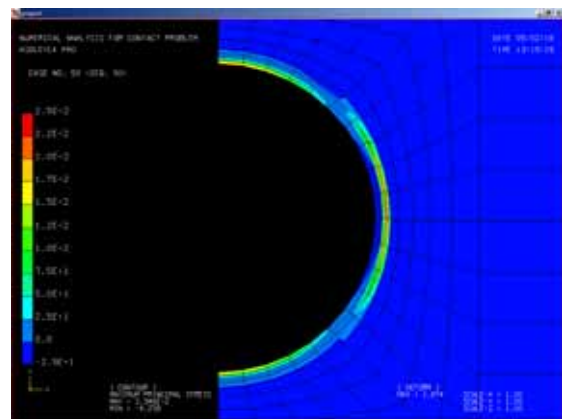


Fig.4 主応力コンタ図  
Result of FEM analysis  
(Maximum Principal Stress Contour map)

上記結果から、FRP 管、中込材及び既設管で構成された複合管における地盤を介した載荷問題において、土圧などの上載荷重に対し、複合断面により重荷の分担され、たわみが抑えられる現象が確認された。

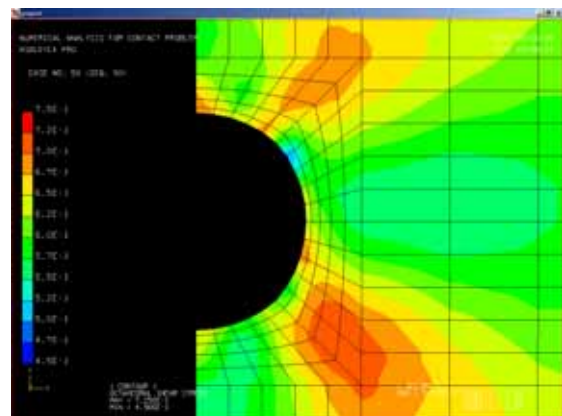


Fig.5 八面体せん断応力コンタ図  
Result of FEM analysis  
(Share Stress Contour map)

## 4 . おわりに

FRP 管、中込材及び既設管で構成された複合管における砂地盤を介した載荷問題に対して、模擬土槽試験における管の挙動を解析によって確認することができた。今後、既設管のクラックなど実際の施工環境下と同様のモデルを考慮して解析を行い、実証試験との対比による評価を行っていく。

【参考文献】 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 ]，地盤工学会，pp.109 - 154

井上，毛利，田中，宮崎，吉原(2004)：平成 16 年度農業土木学会大会講演会要旨集