

# パイプラインの現有耐力評価における内圧載荷法の適用性に関する解析的検討

## The analytical examination on the applicability of loading the internal pressure method in residual resistance estimation of a pipeline

○佃亮介\*兵頭正浩\*\*緒方英彦\*\*野中資博\*\*\*石井将幸\*\*\*

TSUKUDA Ryosuke\*HYODO Masahiro\*\*OGATA Hidehiko\*\*

NONAKA Tsuguhiro\*\*\* and ISHII Masayuki\*\*\*

### 1. はじめに

我が国のパイプラインは、高度経済成長期に集中的に建設されたため、近年では標準耐用年数を経過したものが急増し、水利用性能の低下や道路陥没等の突発事故を引き起こす要因となっている。しかし、埋設されているパイプラインの劣化程度は、評価することが非常に難しく、劣化の進行に応じた適切な機能保全対策を行うことは容易ではない。そのため、新たな評価手法として、衝撃弾性波法や超音波法等の研究開発が進められている。しかし、これらの手法では、管に作用する土圧の影響で実際の劣化程度と異なる測定値が得られることや、測定位置が管上部に限られるため局所的な劣化を検知できない等の課題もあり、信頼性の高い結果を得ることが難しいといわれている。そこで本研究では、新たな評価手法として内圧載荷法を提案し、2次元解析ソフト(ATENA2D)によるシミュレーションから本手法の適用性を検討した。

### 2. 内圧載荷法の概要

内圧載荷法とは、図1に示す内圧載荷装置を用いて管に内圧を載荷し、生じた内空変形量を変位計(高感度変位計やレーザー変位計など)で測定する手法である。内圧と変形量の関係から求めた埋設管の剛性と新管の剛性を比較し、剛性低下率から老朽化程度を推定することができる。従来の手法とは異なり、土圧を含めた管の剛性を求めることができるため、周辺地盤を考慮した管の耐力を現有耐力として評価できる。また、内圧載荷装置を回転させることで局所的な劣化にも対応できる。

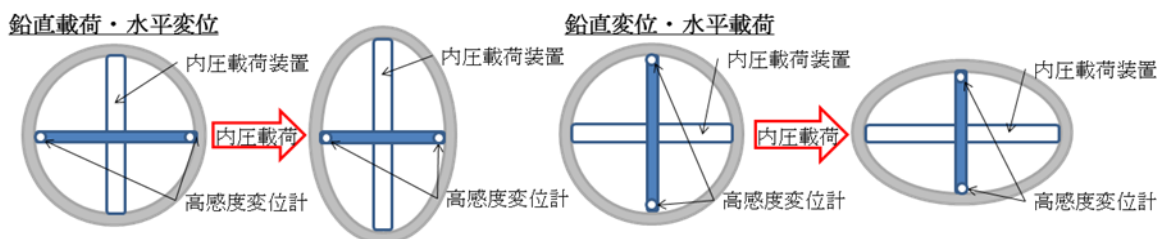


図1 内圧載荷法を用いた現有耐力評価方法イメージ

Residual resistance estimation image by loading the internal pressure method

### 3. 内圧載荷法の解析的検証

本検証では、内圧載荷法で新管のRC管に鉛直方向の内圧を載荷した場合の荷重-変形量の関係の有要素法による2次元解析によりシミュレーションした。管を構成するコンクリートと鉄筋の材料物性を表1に示す。また管は、外径0.92m、内径0.80m、長さ1.00m、

\*鳥取大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, Tottori University, \*\*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, \*\*\*島根大学生物資源科学部, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University キーワード: 内圧載荷法, 現有耐力, パイプライン

鉄筋径 4.00mm を想定している。支持条件は、管頂部内面を水平方向に固定、管底部内面を鉛直および水平方向に固定した。荷重条件は、管頂部内面に鉛直上向き方向に 1step=1.0kN を設定した。また、埋設環境を想定した解析を行うために、鉛直土圧を垂直土圧公式、水平土圧をランキン公式から求めた。土被り厚は 1.5m、土の単位体積重量は 18kN/m<sup>3</sup>、土の内部摩擦角は 35°、支持角は 120°とした。以上の条件から図 2 に示すモデルを作成し、解析を実施した。解析は、管にひび割れが発生するまで荷重を与え、各 step における水平変形量を片側（右側）のみで測定した。さらに、各種現場の条件に対応するために、支持角 90°および 180°についても同様に解析を実施した。

#### 4. 結果と考察

本解析結果において、支持角 90°および 120°の管は step38 で、支持角 180°の管は step36 でひび割れが発生したため、弾性領域内である step37 と step35 までの荷重と変形量の関係を図 3 に示す。すべての支持角における荷重と変形は、線形関係を示しており、ひび割れ発生直前の荷重である 36～38kN の 50% 値となる約 15kN の内圧载荷で 0.05mm 程度の変形量（左右の合計は 0.05×2=0.10mm）を確認した。一般的な高感度変位計は、0.001mm までの測定が可能であり、ひび割れ発生荷重の 50% 以下で十分に変形量を測定できると考えられる。さらに、本解析結果は、2次元解析であるため、実環境を想定すると 3次元効果が生じることが考えられる。そこで、チモシェンコら<sup>1)</sup>の円筒円形シェルの対象変形を参考に計算すると、本解析条件においては、同荷重で 3次元における変形量は 2次元に対して 4.3 倍程度になることがわかった。つまり、実環境では小さな荷重で、大きな変形量を測定することができることが推察された。

#### 5. まとめ

本研究で提案する内圧载荷法を解析的に検討した結果からは、新管の RC 管における弾性領域内での荷重－変形量の関係を評価できる可能性があることが示唆された。ただし、老朽管における荷重と変形量の関係については不明瞭であるため、実際に本提案手法を適用するために、管の状態と内圧载荷の関係について詳しく検討していく予定である。

#### 参考文献

1)チモシェンコ・ヴォアノフスキー共著(1998):板とシェルの理論(下),ブレイン図書出版,pp.440~443

表 1 材料物性値  
Material property

コンクリート	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	35000
	ポアソン比	0.2
	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	60
	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	6
鉄筋	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	200000
	降伏応力 (N/mm <sup>2</sup> )	687.6

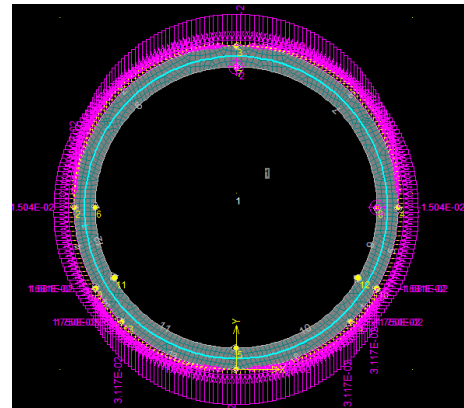


図 2 管のモデル化  
Modeling pipe

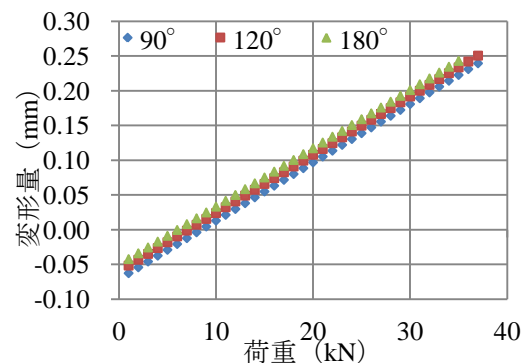


図 3 荷重－変形関係  
Relationship between load and displacement