

# 管内面から局所荷重を受けた RC 管に対する挙動解析 Behavior analysis for RC pipe that was load locally from the inside

○大山幸輝\* 兵頭正浩\*\* 緒方英彦\*\* 石井将幸\*\*\*

Kouki OOOYAMA\* Masahiro HYODO\*\* Hidehiko OGATA\*\* Masayuki ISHII\*\*\*

## 1. はじめに

農業用パイプラインの耐力評価手法の一つとして内面載荷法が提案されている<sup>1)</sup>。内面載荷法とは、埋設管の断面内剛性を評価する手法である。内面載荷法の実用化には、合理的かつ客観的な評価が必要不可欠となるため、著者らは埋設管の評価基準について検討している<sup>2)</sup>。内面載荷法では、2つの形態の評価基準を想定している。1つ目の形態は、埋設管の剛性を数値解析で再現し、実測値と比較することで埋設管の剛性低下を推測する方法である。2つ目の形態は、供用中の管に対して内面載荷法を適用し、同一路線内で測定した剛性を相対比較することで、剛性低下した埋設管を特定する方法である。

本研究では、1つ目の形態で想定した評価基準を検討するための第一段階として、数値解析によって遠心力鉄筋コンクリート管（以後、RC管）の管体をモデル化し、室内実験の結果と比較することで解析結果を評価した。

## 2. 数値解析の概要

### 2.1 数値解析手法

本実験では、有効長 2,430mm に対して RC 管内面の局所 20mm に載荷し、管体を変形させる。よって、本解析には載荷部以外の拘束を考慮できる、3次元非線形 FEM による解析プログラム（ATENA3D, Cervenka consulting）を用いた。

### 2.2 モデルの概要

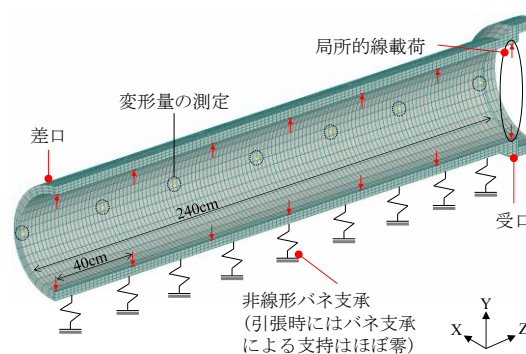
解析対象とした供試管（RC管、外圧1種、B形）の寸法と材料物性値（実測値）及び、作成したモデルをそれぞれ **Table 1**, **Fig. 1** に示す。ただし、解析に用いる圧縮強度は、**Table 1** の圧縮強度 51.6MPa を、RC 管の管体コンクリート強度と製品同一養生を行った円柱供試体の強度の関係式<sup>3)</sup>により補正した値 56.7MPa とし、引張強度は一般的なコンクリートの値として圧縮強度の 1/10 とし、推定値 5.67MPa とした。鉄筋は、管厚中心半径位置において軸方向、周方向鉄筋を埋込鉄筋要素でモデル化した。

本解析では、対称性を考慮し、実構造の半分をモデル化し、対称条件として対称面の水平方向（X 軸）を固定した。要素分割条件は、輪切 RC 管を用いた事前解析により適切な要素寸法を検討し、周方向を 12° 間隔、板厚方向を 3 分割、軸方向を 20mm 間隔に設定した。

**Table 1** 供試管の寸法と材料物性値

Dimensions and physical properties of RC pipe

寸法	内径(mm)	400
	厚さ(mm)	35
	長さ(mm)	2,430
コンクリート	弾性係数(MPa)	29,786
	ポアソン比	0.19
	圧縮強度(MPa)	51.6
鉄筋	弾性係数(MPa)	21,000
	降伏強度(MPa)	687.6



**Fig. 1** モデルの境界条件

Boundary conditions of FEM analysis model

\*鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科, Graduate School of Sustainability Science, 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, RC管, 非線形 FEM 解析, 軸方向剛性, 内面載荷法

荷重条件は、RC 管内面に 20mm 角の鉄製治具が垂直に接触する状況を考慮し、管内面の上下に 1 か所ずつ奥行き 20mm の線荷重を作用させた。さらに、RC 管の断面内剛性は、載荷位置により変化することが考えられる。そこで、Fig. 1 に示したように差口部の 0cm 位置から受口部の 240cm 位置まで 40cm 間隔で 7 ケースの載荷条件を設け、1step=400N で最大 8,000N まで載荷した。各ケースの変形量は、管内面側において載荷に対して垂直となる位置の水平方向 (X 軸) 変位を測定した。

支持条件は、Fig. 2 に示すように RC 管が角材上に設置された状態を再現するため、RC 管下部に非線形バネ支承を配置し、載荷部以外で RC 管と角材が離れた場合には力が伝達されない状態となるように設定した (Fig. 1)。つまり、RC 管下部では圧着力のみを受ける状態に設定した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 RC 管の弾性領域評価

微細ひび割れ発生時の各位置の変形量を Table 2 に示す。120cm 位置での変形量は、全載荷位置の中で最小値を示した。その際の最大主ひずみ図を Fig. 3 に示す。初期ひび割れは、軸方向に発生し、最大主ひずみ分布との整合性が確認できた。したがって、RC 管に与える最大変形量は、片側 30 $\mu$ m 以内とすることが適切であると考えられた。

#### 3.2 RC 管の軸方向剛性評価

RC 管を片側 30 $\mu$ m 変形させるために要した荷重と測定位置の関係を Fig. 4 に示す。解析値と実測値の荷重の推移は同様な傾向を示した。荷重の推移は、差口部分の 0cm 位置で最小値を取り、40cm 位置で大きく増加し、80~200cm 位置で荷重がおおむね平衡となり、受口部分の 240cm 位置で荷重が減少する傾向となった。また、各測定位置の荷重の合計値を比較すると解析値では 34,400N、実測値では 37,168N となり、その差は約 7% となった。

### 4. まとめ

本解析の結果より  $\Phi$ 400 の RC 管では、管に与える最大変形量を片側 30 $\mu$ m 以内とすれば、弾性領域内で評価できる可能性が示された。また、本研究で設定した境界条件、要素分割条件は RC 管内面に局所的線荷重が作用した時の軸方向剛性をおおむね再現できた。

参考文献：1) 兵頭ら (2015)：埋設管の現有耐力評価手法としての内面載荷法の提案，農業農村工学会論文集，第 83 巻 6 号，pp.1215-1220，2) 大山ら (2016)：内面載荷法による埋設管の耐力評価基準の確立に向けた解析的検討—RC 管の三次元解析モデルの検討—，第 71 回農業農村工学会中四国支部講演会，講演要旨集，pp.94-96，3) 山田ら (1987)：ヒューム管における管体コンクリートの圧縮強度管理用供試体の選定実験，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.9 (1)，pp.527-530



Fig. 2 供試管の概略図

Outline of single RC pipe

Table 2 ひび割れ発生時の各位置の変形量

Deformation on different positions at cracking

位置 (cm)	0	40	80	120	160	200	240
変形量 ( $\mu$ m)	52.6	34.8	33.2	32.8	33.0	33.7	43.7

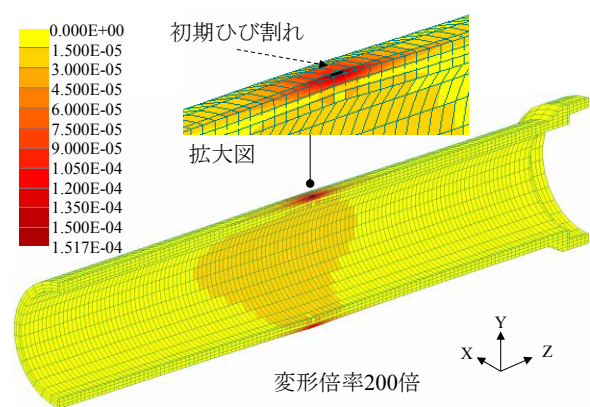


Fig. 3 ひび割れ時の最大主ひずみ図 (120cm)

The maximum principal strain diagram at cracking (120cm)

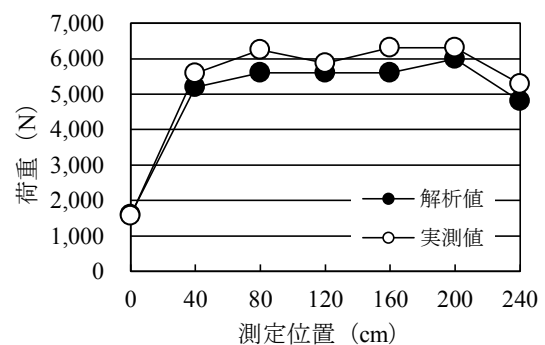


Fig. 4 所定の変形量に必要となる各位置の荷重

Load required for a predetermined amount of deformation on different positions