

## 内面載荷法を適用した RC 管の地上および地盤内での挙動の比較 Behavior of buried and unburied RC pipes under application of internal loading method

○大山幸輝\*, 兵頭正浩\*\*, 緒方英彦\*\*, 石井将幸\*\*\*, 吉原 修\*\*\*\*

○OYAMA Koki, HYODO Masahiro, OGATA Hidehiko, ISHII Masayuki and YOSHIHARA Osamu

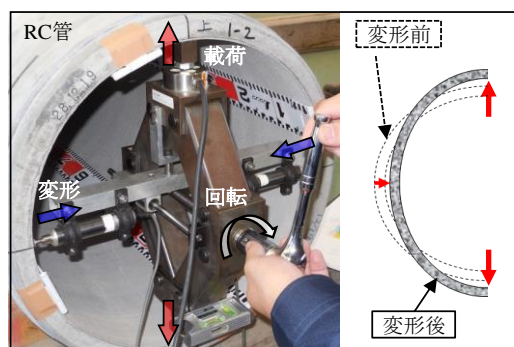
### 1. はじめに

埋設管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。本手法では **Fig. 1** に示すとおり、管内面からの載荷により管体を弾性域内で変形させ、埋設管のねじりを伴わない断面での剛性（以後、断面内剛性）を耐力評価の指標としている。ただし、本手法によって埋設管を評価する場合は、管の剛性と同時に地盤の剛性も測定される。そこで本研究では、地盤による拘束が埋設管の断面内剛性に与える影響を評価するために、健全な RC 管を現行の設計基準に従って埋設し、内面載荷法を適用した際の不とう性管の地上での管体挙動と地盤内挙動を実験的に比較評価した。

### 2. 地上試験および埋設試験の概要

供試管は RC 管（外圧 1 種，B 形）を用いた。埋設試験場の概略図を **Fig. 2** に示す。埋設は溝形形式とし、埋戻しには真砂土（ $\rho_{dmax} : 1.73g/cm^3$ ， $\omega : 14.2\%$ ）を使用した。地盤の締固め度は、土木工事施工管理基準<sup>1)</sup>に基づき 85% を目標とした。

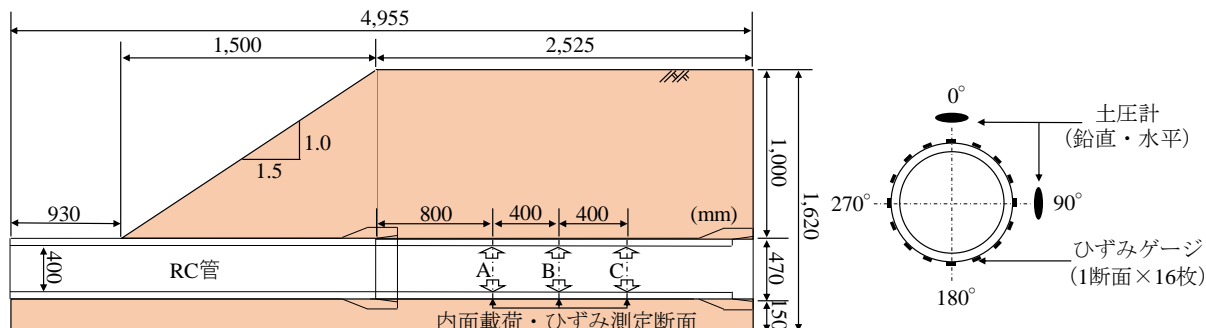
本試験では、土圧の有無による管の横断面における変形挙動を詳細に評価するため、鉛直・水平方向の土圧および RC 管



**Fig. 1** 内面載荷法の概要  
Outline of internal loading method

外面の周方向ひずみを測定した。内面載荷法によって測定する位置は、土被り 1.0m が確保されている範囲の三か所の横断面とした。以後、**Fig. 2** の測定断面を左から断面 A，B，C と呼称する。

RC 管への載荷は、**Fig. 1** に示した装置中央部のボルトナットを回転させることによって装置を伸長させることで行った。その際、荷重-変形量の測定は、载荷軸上部では定格容量 20kN のロードセル（東京測器研究所，LCL-M-20kN），変位測定軸では分解能 0.001mm の高感度変位計（東京測器研究所，CDP-10）によって行った。



**Fig. 2** 埋設試験の概略図  
Schematic view of experiment

\* 鳥取大学大学院連合農学研究科, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University,  
\*\* 鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, \*\*\* 鳥根大学学術研究院, Academic Assembly,  
Shimane University, \*\*\*\* 内外エンジニアリング株式会社, Naigai Engineering Co., Ltd.  
キーワード: RC 管, 土圧, 周方向ひずみ, 断面内剛性, 内面載荷法

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 RC管における荷重－変形量の関係

Fig. 3 は、断面 B における地上試験と埋設試験で測定した RC 管の荷重－変形量の関係である。全断面において同傾向の荷重－変形量の関係を確認したため、本稿では断面 B のみの結果を示した。なお、RC 管に与える水平変形量は片側 20 $\mu\text{m}$  (両側 40 $\mu\text{m}$ ) までとしている。

埋設試験結果は、地上試験結果と同様に線形性を有し、近似直線の決定係数が  $R^2 \geq 0.992$  となった。ただし、両試験における荷重－変形量の傾きの差を断面ごとに比較 (埋設/地上) すると、断面 A: 8.8% (261/240), 断面 B: 9.0% (267/245), 断面 C: -2.7% (249/256) の差を生じた (括弧内の傾きの単位は  $\text{N}/\mu\text{m}$ )。よって、断面 A, B における傾きの差からは、管の断面内剛性が地盤による土圧の影響を受けて高くなることが示唆された。

#### 3.2 土圧および周方向ひずみの評価

内面載荷中に生じた鉛直・水平土圧の増加量はそれぞれ 1.49kPa, -0.21kPa となった。鉛直土圧が正值、水平土圧が負値となったことから、載荷軸では管が拡張することで管頂部の地盤が締まり、変位測定軸では管が縮径したことで管側部の地盤が緩んだことがわかった。Fig. 4 は、断面 B における RC 管に所定変形量が生じた際の周方向ひずみ分布である。なお、全断面にて同様の傾向より、断面 B のみの結果を示した。両試験の全断面において、載荷軸 ( $0^\circ, 180^\circ$ ) では引張ひずみが突出して大きくなり、変位測定軸 ( $90^\circ, 270^\circ$ ) の周りでは  $45^\circ \sim 135^\circ$  および  $225^\circ \sim 315^\circ$  の範囲において圧縮ひずみが発生した。以上より、本手法を適用した RC 管は、地盤内において土圧の影響を受けながらも地上試験時の挙動と同様に縦長の楕円形に変形していることがわかった。

次に、RC 管に所定変形量を与えた際の載荷軸 ( $0^\circ, 180^\circ$ ) で発生した引張ひずみ  $\epsilon_0, \epsilon_{180}$  と変位測定軸 ( $90^\circ, 270^\circ$ ) で発生した圧縮ひずみ  $\epsilon_{90}, \epsilon_{270}$  の比を  $R$  とし、両試験の載荷断面ごとに算出した。算出

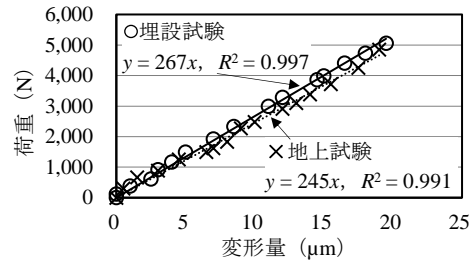


Fig. 3 断面 B での荷重－変形量の関係  
Relationships between load and deformation at section B

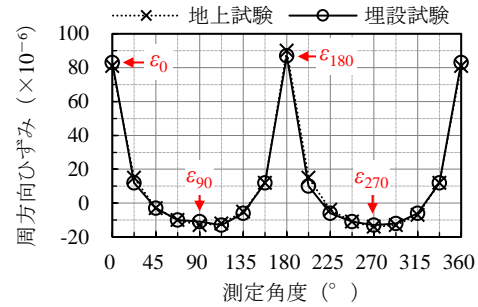


Fig. 4 断面 B での周方向ひずみ分布  
Distribution of circumferential strains at section B

Table 1 載荷軸と変位測定軸の周方向ひずみ  
Circumferential strains at load and deformation axis

ひずみ ( $\times 10^{-6}$ )	地上試験			埋設試験		
	A	B	C	A	B	C
$\epsilon_0$	76	81	62	82	83	60
$\epsilon_{90}$	-12	-13	-15	-11	-11	-13
$\epsilon_{180}$	81	90	54	84	87	51
$\epsilon_{270}$	-13	-14	-15	-11	-13	-13

式は以下に示すとおりである。

$$R = \frac{(\epsilon_0 + \epsilon_{180})}{(\epsilon_{90} + \epsilon_{270})} \quad (1)$$

両試験の各断面における  $\epsilon_0, \epsilon_{90}, \epsilon_{180}, \epsilon_{270}$  を Table 1 に示す。地上試験における  $R$  は、6.3 (断面 A), 6.3 (断面 B), 3.9 (断面 C), 埋設試験における  $R$  は、7.5 (断面 A), 7.1 (断面 B), 4.3 (断面 C) となり、埋設試験における比の方が大きくなった。埋設試験において変位測定軸では、管の縮径と土圧の作用が同じ方向であるのに対して、載荷軸では、管の拡張と土圧の作用が対向する。そのため、荷重を直接作用する載荷軸では管の鉛直方向への変形が拘束されることで曲げの局所化が生じ、ひずみが大きくなったと推察される。よって、断面 A, B では荷重－変形量の傾きが地上試験と比較して大きくなったことが考えられた。

参考文献：1) 農林水産省農村振興局 (2019) (参照 2020.3.1) : 土木工事施工管理基準, (オンライン), 入手先 < [https://www.maff.go.jp/j/nousin/seko/kyotu\\_siyosyo/k\\_kizyun/attach/pdf/index-61.pdf](https://www.maff.go.jp/j/nousin/seko/kyotu_siyosyo/k_kizyun/attach/pdf/index-61.pdf) >