

鉛直・水平方向へ内面載荷法を適用した埋設 VU 管の変形挙動 Behavior of buried VU pipe applying internal loading method for vertical and horizontal directions

○大山幸輝*, 兵頭正浩**, 西口雅也**, 緒方英彦**, 石井将幸***

○OYAMA Koki, HYODO Masahiro, NISHIGUCHI Masaya, OGATA Hidehiko and ISHII Masayuki

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。本手法は Fig. 1 に示すとおり、埋設管の内面から局所的な荷重を徐々に加え、管を変形させ、得られた荷重-変形量の関係を耐力評価の指標としている。著者らはこれまでに、地盤拘束の有無による VU 管の荷重-変形量の関係性を評価してきた¹⁾。ただし、これは一定土圧条件下での検討であるため、土圧の大きさが変化した際の変形挙動については言及していない。また、地盤内のとう性管には、Fig. 2 に示すような鉛直土圧および水平土圧が異なる分布で作用することが知られている²⁾。

そこで本研究では、外圧を載荷した模型地盤内の VU 管に対して内面載荷法を鉛直・水平方向に適用し、土圧条件の異なる

埋設とう性管の変形挙動を考察した。

2. 模型地盤と試験条件

模型地盤の縦断面図を Fig. 3 に示す。埋戻し材料には、まさ土(最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.729 \text{ g/cm}^3$, 最適含水比 $\omega=14.2\%$)を用い、締固め度は 79%とした。VU の諸元を Table 1 に示し、外圧の載荷条件を Table 2 に示す。載荷条件は外圧なし(埋設深 0 m)の 0 kPa と、埋設深 0.6 m, 1.2 m を想定した外圧としてそれぞれ 8.0 kPa, 16.1 kPa の 3 条件を設定した。外圧荷重は、模型地盤直上の仮想盛土の重さ(kg)を埋設深ごとに計算し、アムスラが鉄製蓋 400 × 400 (mm)を通して地盤を圧縮するものとして荷重(kPa)を算出した。

本手法による測定は、各外圧を維持した状態で装置を設置して行った。図に示した装置の載荷軸には定格容量 10 kN のロードセル、変位測定軸には分解能 1 μm の高感度変位計を取付けている。管に与える水平変形量は、片側 250 μm (両側 500

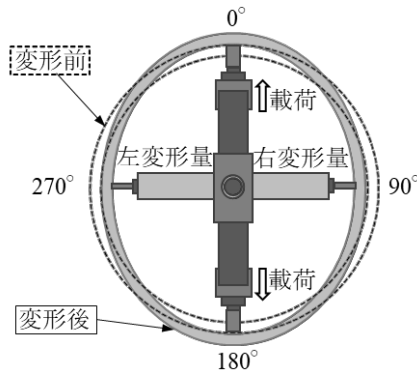


Fig. 1 内面載荷法の概要(横断面)
Outline of internal loading method (cross section)

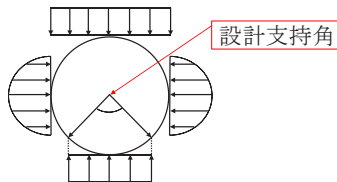


Fig. 2 埋設管に作用する鉛直・水平土圧分布
Distribution of vertical and horizontal earth pressures

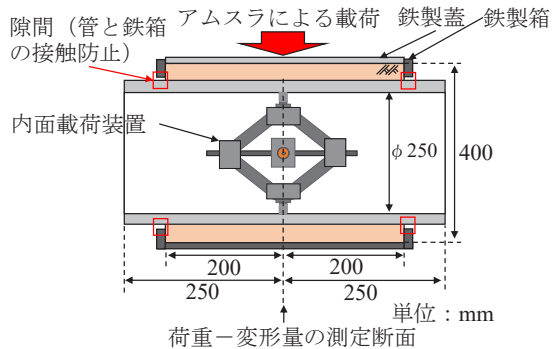


Fig. 3 模型地盤の縦断面図
Longitudinal section of model

Table 1 VU 管の諸元
Parameters of VU pipe

長さ L (mm)	管厚中心直径 D (mm)	管厚 t (mm)	弾性係数 E (N/mm ²)	環剛性 EI/D^3 (kN/m ²)
500	258.5	8.5	3,000	8.9

*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, *島根大学学術研究院, Academic Assembly, Shimane University

キーワード: VU 管, 土圧, せん断変形, 荷重-変形量の関係, 内面載荷法

μm) を設定した。

3. 実験結果と考察

3.1 鉛直荷重－水平変形量の関係

外圧荷重ごとの VU 管の内面鉛直荷重－水平変形量の関係を Fig. 4 に示す。グラフより、VU 管は地盤からの拘束力が大きくなることで、内面載荷法による変形が制限され、傾きが変化していることがわかる。このとき、外圧荷重のない 0 kPa ではグラフが曲線となり、外圧荷重のある 8.0 kPa および 16.1 kPa ではグラフが線形となった。グラフが曲線となった理由としては、荷重とともに地盤のせん断変形が生じたことが考えられる¹⁾。一方、外圧を載荷した場合は、地盤内に作用する垂直応力が増加し、地盤のせん断強さが増したことでせん断変形が生じず、グラフが線形挙動を示したと推察される。

3.2 水平荷重－鉛直変形量の関係

外圧荷重ごとの VU 管の内面水平荷重－鉛直変形量の関係を Fig. 5 に示す。鉛直載荷の場合と同様に、荷重－変形量の傾きは外圧荷重が大きくなるとともに増大することを確認した。ここで、本実験を想定したとう性管に作用する鉛直土圧 W_v 及び水平土圧 P_v を計算した。鉛直土圧には垂直土圧公式、水平土圧にはスパングレー公式を用いた³⁾。土圧計算に用いた諸元を Table 3 に示す。算出した鉛直土圧は 20.9 kN/m²、水平土圧は 19.4 kN/m² となり、おおむね同等の値となることがわかった。以上より、鉛直・水平方向において土圧の差がほぼない、つまり地盤反力係数が同等になったため、外圧を載荷した際の鉛直載荷と水平載荷時の変形挙動が同等となったと考えられる。

4. まとめ

模型地盤内の VU 管の荷重－変形量の傾きは、荷重方向に関わらず、外圧荷重によって地盤内の土圧が大きくなるとともに増大する。また、均一に締固めた本模型地盤内の VU 管には、アムスラによって外圧を載荷した際に、鉛直・水平方向で同等の地盤反力係数となるため、鉛直載荷－水平変形と水平載荷－鉛直変形の取得データが同等の値を示す。

Table 2 試験条件
Test conditions

荷重方向	埋設深 (m)	外圧荷重 (kPa)
鉛直	0	0
	0.6	8.0
	1.2	16.1
水平	0	0
	0.6	8.0
	1.2	16.1

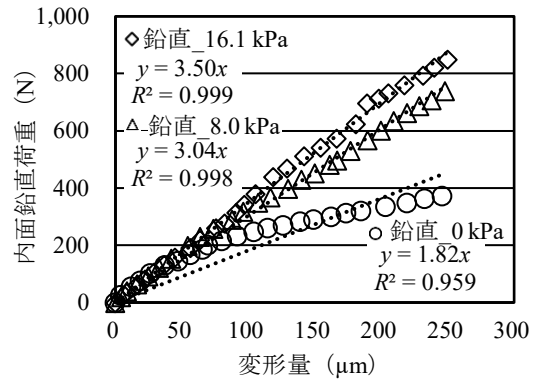


Fig. 4 内面鉛直荷重－水平変形量の関係
Relationships between vertical load and horizontal deformation

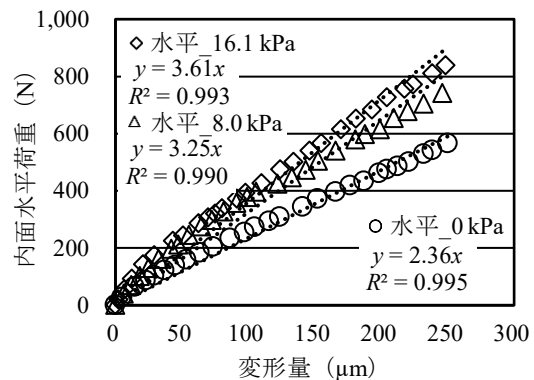


Fig. 5 内面水平荷重－鉛直変形量の関係
Relationships between horizontal load and vertical deformation

Table 3 土圧計算に用いた諸元

Calculation parameters of earth pressures	
土の単位体積重量 γ	17.5 kN/m ³
埋戻し面から管底までの深さ H	1.20 m
変形遅れ係数 F_1	1.1
基礎材の反力係数 e'	2,040 kN/m ²
管厚中心半径 R	129.3 mm
鉛直荷重によるたわみ量 ΔX_1	2.71 mm
基礎の支持角(120°)によって決まる係数 K	0.089
断面 2 次モーメント I	5.12×10 ⁻⁸ m ⁴ /m

参考文献：1) 大山幸輝, 兵頭正浩, 緒方英彦, 上野和弘, 石井将幸 (2021) : 内面載荷法を適用した地上および地盤内のとう性管における変形挙動の比較, 第 75 回農業農村工学会中国四国支部大会講演要旨集, 2) Spangler, M.G. : The structural design of flexible pipe culverts, *Bulletin 135, IOWA Engineering Experiment Station*, 1941, 3) 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」, 農業農村工学会, pp.264-317