

繰り返し内圧作用下における埋設管の土中挙動について (Change of soil and pipeline behavior by Cyclic inner Loading)

○入 栄貴*・毛利 栄征*

(Hiroki Iri・Yoshiyuki Mohri)

1. はじめに

近年、埋設管の経年的な劣化や内・外荷重の変化による突発的な事故が急増しており、破壊メカニズムの解明が急務とされている。特に、たわみ性埋設管における破壊事故は、力学的な要因がもたらす影響が大きいとされるが、外荷重と内圧の繰り返しに関しては、未だ因果関係は不明瞭である。田中（2013, 2015）や稲垣（2015）は、水撃圧による圧力変動が破壊に起因していると指摘しているが、繰り返し内圧作用下における研究事例はない。設計基準でも、設計水圧（静水圧+水撃圧）を定めているが、静的な構造設計にとどまり、繰り返しを考慮していないという問題点がある。加えて、パイプ自体の耐久性試験については行われているが、土中での挙動については不明瞭である。

2. 研究目的

本報告では、繰り返し内圧作用下における埋設管の土中挙動を実験的に検証し、埋設管と地盤の相互作用の観点から、繰り返し内圧による埋設管の変形と応力、地盤の変形と応力の関係性について考察する。

3. 実験手法

本試験では、縦 65cm×横 60cm×奥行き 30cm の土槽で実験を行う。使用した管種は、塩ビ管（ $\phi 150$ mm）であり、土槽中央部に設置する。管軸方向中央部において、ひずみゲージ（等間隔・内面 36ヶ所、外面 36ヶ所）および外面に土圧計を取り付ける。内圧負荷は、管内から空気圧で荷重する試験装置を使

用し、管内にたわみ量を計測できる装置を設置している。また、土槽側面および底面にパネル型 2 方向土圧計を設置し、地盤内土圧を計測し、境界条件を明確にしている。パイプ周辺地盤の挙動については、画像解析により、粒子追跡を行い、変位ベクトルとひずみ量を算定している。

使用した試料は、豊浦砂（ $\rho_{dmax} = 1.645\text{g/cm}^3$ ）である。地盤の作成方法は、土槽を横向きの状態で、空中落下法により作成した。実験は、土槽を起こした後、管直上に上載圧を一定負荷した状態で、内圧荷重を実施した。

Table.1 試験条件

	D値	上載荷重	内圧
	%	KPa	KPa
case1	84	25	50
case2	83	25	25

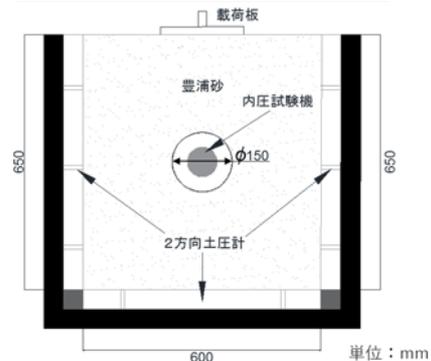


Fig.1 模型実験の概要図

4. 実験結果

本試験では、繰り返し回数 9000 回まで内圧を荷重した（30 秒荷重ホールド、30 秒除荷ホールド）。内圧が負荷されると、パイプ全体が膨らむ挙動を示し、ひずみ（内面）は引張方向の変形を示した。Fig.2 はパイプ変

* 茨城大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, Ibaraki University

キーワード：埋設管, 繰り返し内圧, 土中挙動

形の初期状態と最終状態を示しており、内圧が負荷されると、管側部への変形が大きく、管底部ではあまり変化が見られない。その後、除荷すると、管側部はひずみが大きく残留する。管上部は上載圧が作用しており、一定の拘束圧があることで変形を抑制しているが、管側部は地盤反力による拘束で、内圧によって拡張しようとするパイプは管側部への変形が支配している。このような局所的なパイプの変形の繰り返しによって、ひずみが累積したと考えられる。Fig.3 より、パイプ側方の変形と追従した側壁土圧の増加を確認することもできた。画像解析結果を Fig.4.5 に示す。地盤は、沈下する方向への変形（初期挙動）から、大きく3つの領域に分けて、変形方向の向きが変わる。管頂部では初期は、鉛直方向への移動が卓越しており、繰り返し回数の増加にしたがって、パイプ円周に沿った沈下がみられる。管側部では、初期は沈下が優勢であったが、繰り返し回数の増加により、上部45度方向へ押し上げられ、ひずみの集中も発生した。管底部は鉛直方向の移動が主となっている。

5. まとめ

繰り返し内圧が作用することで側方への拡張が進行していくことが明らかになった。それに伴い、地盤のひずみ分布も管側部に最大せん断ひずみの集中が発生していた。これらの結果から、パイプと地盤の複雑な相互作用を捉えることができた。

引用文献

- 1) 田中良和 (2013) : 小口径塩ビ管の破損事故歴の調査, 平成 25 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, p.770-p.771
- 2) 田中良和 (2015) : 水撃圧による小口径塩ビ管の破損事故, 平成 27 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, p.84-p.85
- 3) 稲垣仁根 (2015) : パイプラインにおける技術の進歩と事故リスク低減の関係, 平成 27 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, p.82-p.83

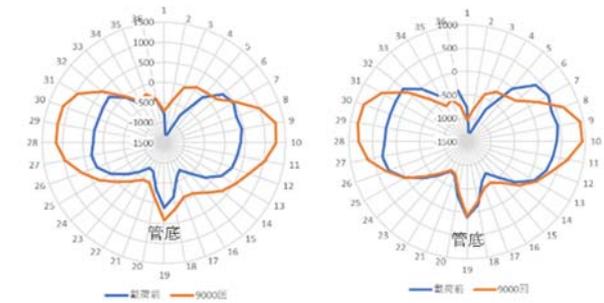


Fig.2 ひずみ分布

(左→外面・初期および9000回載荷)
(右→外面・初期および9000回除荷)

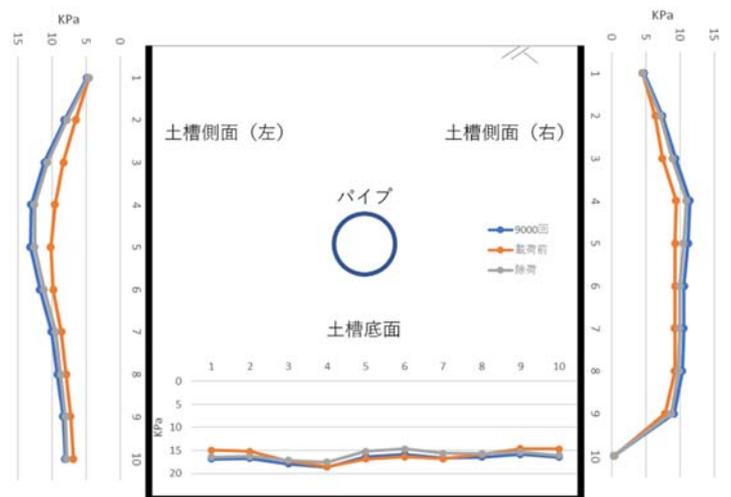


Fig.3 地盤内土圧

(初期および9000回載荷・除荷)

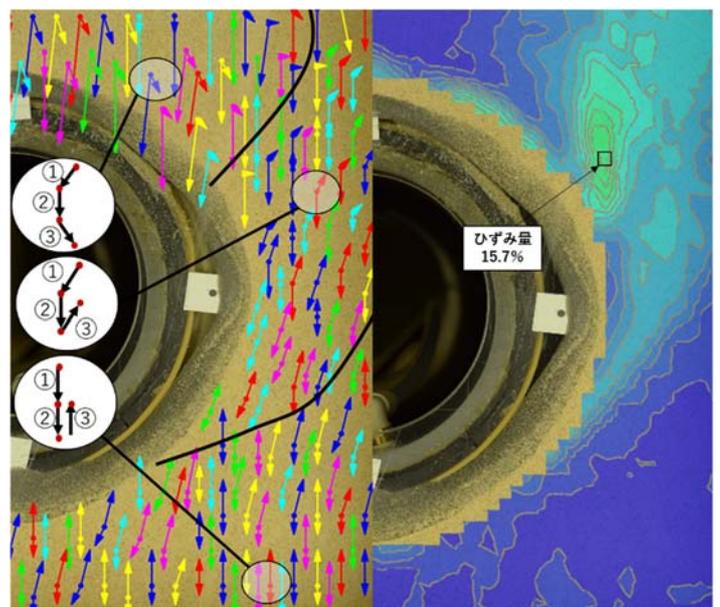


Fig.4 (左) ベクトルによる粒子挙動

Fig.5 (右) 最大せん断ひずみ分布図
(Fig.4.5 とともに、8000回載荷時)