

推進管内部におけるエアモルタルの変形挙動の評価

東京ガス株式会社 正会員 ○坂上 貴士

1. 概要

推進立坑部に埋設されたガスパイプラインの設計および維持管理においては、地盤沈下に対する健全性に留意する必要がある。変形解析により健全性照査を行う際、推進管内部におけるエアモルタルの変形特性を解析モデルに導入することにより、実挙動を精度良く再現できること、また合理的な照査結果を与えることが著者らの研究¹⁾により明らかにされている。この度、エアモルタルの変形特性を要素試験により規定し、有限要素解析により推進管内部におけるエアモルタルの変形挙動を評価する方法論を構築したので、ここに報告する。

2. 実規模模型を用いた変形特性評価実験

推進管内部におけるエアモルタルの変形特性を明らかにするため、図1に示す供試体を用いて圧縮実験を実施した。ここで、クリアランスとは配管と推進管の離隔であり、実現場において、その値は配管作業を行う際に採用される二重配管具により規定される。実験では、クリアランスが異なる二種の供試体(供試体 No. 1:クリアランス=36mm, 供試体 No. 2:クリアランス=253mm)を対象に、クリアランスを減じる方向に圧縮力を付与し、荷重および変位を計測した。実験に用いたエアモルタルの28日強度は 0.5N/mm^2 であり、実規模模型を用いた圧縮実験はエアモルタル打設後、28日目に実施した。

図2は、実験により得られた荷重および変位を、それぞれ配管の推進管への投影面積およびクリアランスにより除した物理量に変換したものである。以下、本報告では、それぞれを擬似応力および擬似圧縮ひずみと呼ぶ。推進管内部におけるエアモルタルは、一定の擬似応力にて変形が進行する領域を有していること、定義した擬似応力および擬似ひずみを用いることで、クリアランスに関わらず推進管のエアモルタルの変形挙動を整理できる可能性が示唆された。

3. エアモルタルの弾塑性挙動

エアモルタルは、モルタルから成るセル壁と空隙で構成されたセル構造体である。高多孔質金属については、その変形挙動に関する研究が盛んに行われており、その弾塑性挙動モデルが Despande ら²⁾によって提案されている。本モデルにおける初期降伏曲面は子午線応力平面にて楕円を描いており、降伏曲面は初期降伏曲面と相似形にて発展し、その大きさは体積圧縮ひずみにより制御される。

異なる拘束圧条件にてエアモルタルの三軸圧縮試験を実施し、得られた結果を子午線応力平面に投影したものを図3に示す。

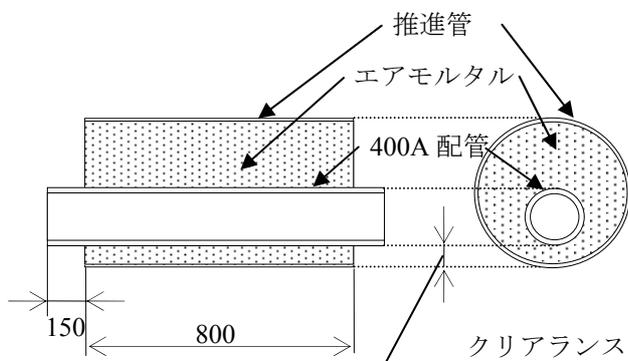


図1 エアモルタル強度試験の供試体 (単位:mm)

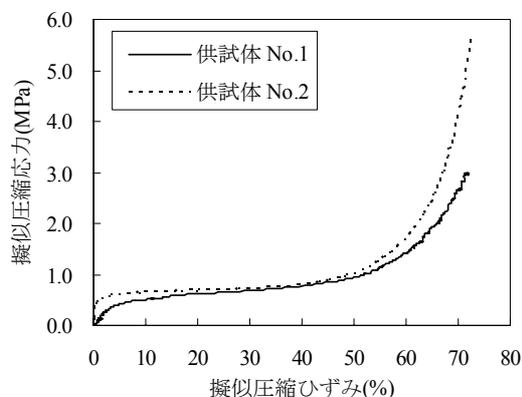


図2 擬似応力と擬似ひずみ関係

キーワード エアモルタル, ガスパイプライン, 高多孔質金属

連絡先 〒230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町1-7-7 東京ガス(株)パイプライン技術センター TEL 045-505-7309

ここでの静水圧応力および Mises 応力は、拘束圧が無い場合における圧縮試験（一軸圧縮試験）の降伏応力で除した値である。エアモルタルの初期降伏曲面は楕円を描いていること、各圧縮ひずみ時における降伏曲面は圧縮ひずみの増加に伴い発展し、楕円形状を保持していることから、Despande らによって高多孔質金属向けに考案された弾塑性挙動モデルは、エアモルタルに適用できると考えられる。

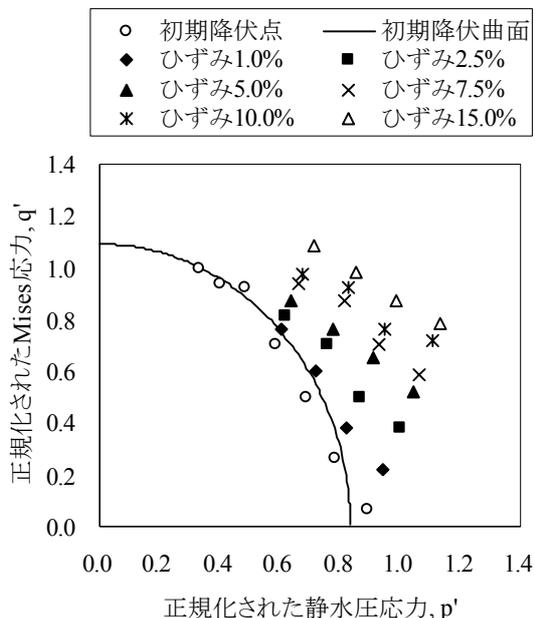


図3 三軸圧縮試験結果（子午線応力平面）

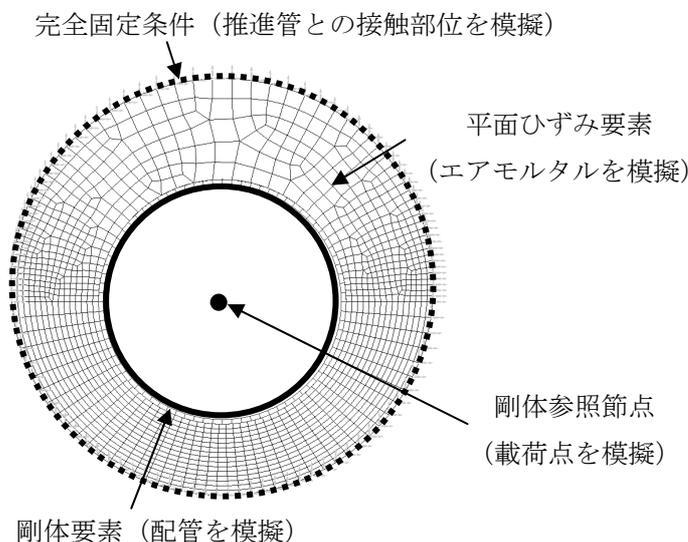


図4 有限要素モデル

4. 有限要素法による再現解析

エアモルタルの弾塑性挙動を Despande らによって考案された弾塑性挙動モデルにより表現し、実規模模型を用いた強度実験の再現解析を実施した。図4は、供試体 No. 4 の解析モデルである。解析は、二次元問題として取り扱い、エアモルタルは平面ひずみ要素でモデル化した。エアモルタルの初期降伏曲面および各ひずみレベルの降伏曲面の形状および大きさについては、図3を参考に設定した。配管系については剛体要素を用いてモデル化し、推進管についてはエアモルタルとの接触面を完全拘束することでモデル化した。解析に用いたソルバーは、ABAQUS 社製の Abaqus6. 6³⁾であり、初期降伏曲面の楕円形状や降伏曲面の発展過程については、それらの制御が可能な crushable foam オプションを用いた。

図5は、供試体 No. 1 および供試体 No. 2 の再現解析結果と実験結果の比較である。それぞれ変位 5mm および 40mm 以上の領域における解析結果を示していないことは、三軸圧縮試験装置の制約から圧縮ひずみ 15%以上の降伏曲面を定義できなかったことに依存する。解析結果は緩やかに荷重が増加する領域まで荷重変位関係を再現できている。

5. まとめ

本研究では、高多孔質金属向けに考案された弾塑性挙動モデルを用いてエアモルタルの弾塑性挙動をモデル化できることを明らかにするとともに、同モデルを用いて推進管内部におけるエアモルタルの変形挙動を有限要素解析により再現できることを明らかにした。

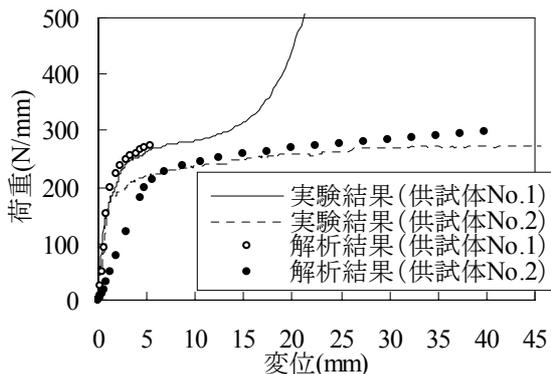


図5 再現解析結果

参考文献

- 1) 吉崎浩司, 坂上貴士, 笠松保志, 岸雅文: エアモルタルの変形性能を考慮した立坑部埋設パイプラインの健全性照査法, 第59回年次学術講演会, 2004.
- 2) V.S. Despande, N.A. Fleck: Isotropic constitutive models for metallic foams, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 2000.
- 3) HKS: ABAQUS/STANDARD Users Manual, version 6.6., Hibbit Karlsson and Sorensen Inc., 2006.