

〔事例報告〕

新しい止水システムを用いた水替え工法に関する研究*

池畑 義人^{*2}, 稲富 丈夫^{*3}, 中山 周一^{*3}, 高木 怜^{*4}, 甲斐 明^{*5}, 森 健^{*5}, 小澤 和史^{*5}

A Study of a Novel Plug System for Water Change Method*

Yoshito IKEHATA^{*2}, Takeo INATOMI^{*3}, Shuichi NAKAYAMA^{*3}, Rei TAKAKI^{*4}
Akira KAI^{*5}, Takeshi MORI^{*5}, Kazushi OZAWA^{*5}

^{*2}Department of Architecture, School of Engineering, Nippon Bunri University

^{*3}Department of Aerospace Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University

^{*4}Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University

^{*5}Hoshin Co., Ltd.

キーワード：共同研究，下水道，社会基盤，止水プラグ

Keywords : cooperative research, sewer pipe, infrastructure, water stopping plug

1. はじめに

高度成長期に敷設された上下水管の多くが耐用年数を迎え、そのメンテナンスの問題が顕在化している。下水管のメンテナンスにおいては、下水道を稼働させながら施工空間を確保するために止水工が求められ、様々な止水工法が提案されている。止水工のひとつに、止水ボールと呼ばれる風船状の物体を下水管内で拡張して止水する方法がある。止水ボールはマンホールからの搬入が容易であり、空気ですばるを拡張すれば短時間で止水が可能だという利点を有している。一方で、止水ボールは拡張時の破裂の危険があることから、住宅密集地に下水管が敷設されている我が国では、使用がためらわれる場面も多い。そこで、株式会社ホーシン（以下、ホーシン）は従来の止水ボール工法を改良したリングチューブ式止水プラグを提案している。

本方式は、従来の止水ボールと比べて破裂の可能性が低い構造で、拡張用流体に圧縮性のない水を使用する為、万一破裂した際でも爆発による事故の心配が無い。バイパス管と呼ばれる“芯”にリングチューブを巻き付け、その周囲をグルップカバーと称する袋状のシートで覆うことから、下水管内壁に止水プラグを固定するための摩擦力の作用経路が複雑であり、その機構が成立するための力学的な検討が必要となる。

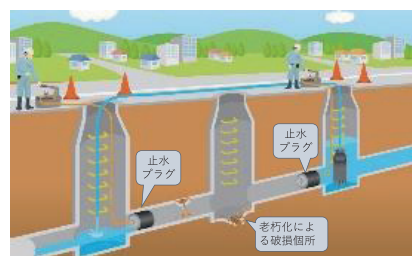


図1. 止水プラグを用いた下水管メンテナンス工事

*2022年6月15日受理

*²日本文理大学工学部建築学科 教授

*³日本文理大学工学部航空宇宙工学科 教授

*⁴日本文理大学工学部機械電気工学科 教授

*⁵株式会社ホーシン

2. 力学的検討

図2に研究開発中の止水プラグの構造様式を示す。

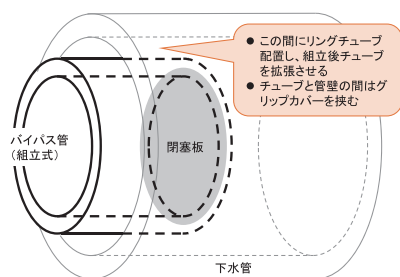


図2. 止水プラグ概要

剛なバイパス管と下水管の間にリングチューブを配置する構造となっており、組立設置後リングチューブを拡張し、下水管壁に対して圧力を作用させ、摩擦力で位置固定する。従来の止水ボールでは下水管の断面全体にボール拡張させるのに対して、拡張する部分を断面の一部にとどめることが特徴である。これにより高压化が可能であり、信頼性の向上が期待できる。

リングチューブは、圧力を保持するだけではなく、管軸方向の止水圧荷重を伝達する必要がある。この働きについて、数値シミュレーション（Altair HyperWorks）を行った結果、リングチューブの物性によっては、リングチューブが変形し、止水圧による管軸方向荷重を保持できない場合があることが分かった。

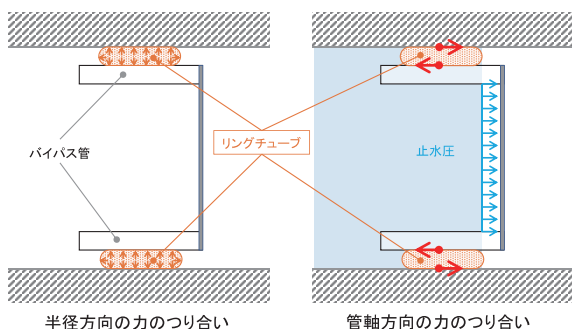


図3. リングチューブに働く力

検証のため、図5に示すシリコンチューブ（円断面）を使った試験をおこなった。管軸方向巻きではバイパス管（塩ビパイプ）の位置固定可能であったが、円周方向巻きの場合はチューブ同士の接触の有無によって結果は

異なる。間隔を空けた円周方向巻きの場合はシリコンチューブが転がり、塩ビパイプを固定できなかったが、チューブ同士を接触させて配置した場合は、塩ビパイプを固定できた。図6に示すように、チューブの断面内の4カ所の接触力について、最大摩擦係数は異なってもその静止摩擦力が「拘束力」として同じ大きさの力が作用することで釣り合っているようである。

止水ボールがバーストする力学的現象は明らかになっていない一方、リングチューブにも複雑な力が作用していることが分かってきた。チューブ同士が接触するよう円周方向に巻いた場合は、チューブの管軸方向位置が固定されチューブが拡張できないため、バーストのリスクが抑制できているかもしれない。

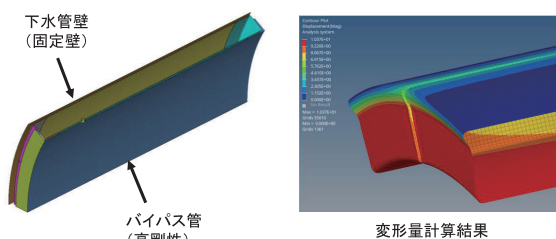


図4. 数値シミュレーション例

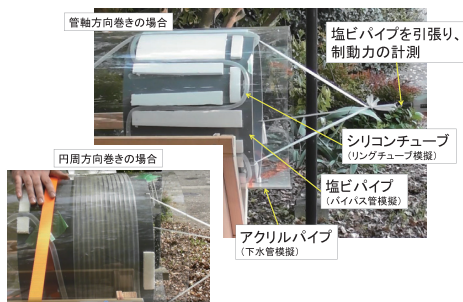


図5. 検証試験の様子

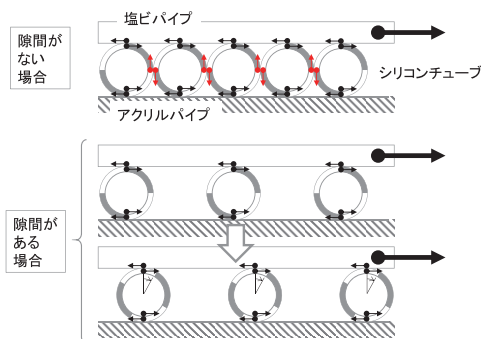


図6. チューブの力のつり合い（検証試験）