

# 定断面圧力円管水路の圧力変化に透水性球状ピグが及ぼす影響

宇都宮大学 学生会員 ○鈴木 一平 宇都宮大学 正会員 山岡 暁  
宇都宮大学 学生会員 佐野 凌汰 中里建設株式会社 中里 聡

## 1. 背景と目的

近年、日本国内では水質劣化が顕在化しており、水道管の更新等の再整備の必要性がある。この水道管の老朽化対策として、管内の洗浄に関する様々な工法が開発されている。中でも透水性ウレタン製ボール(ピグ)を利用した工法は、物理的な摩擦力による洗浄力を維持しつつ、圧縮復元特性により閉塞のリスクが低く、加えて土木工事や切管等の管断工事が不要なため、効果・経済性・安全性に優れた水道管洗浄工法として注目されている。しかし、ピグの透水特性に関する研究は僅かで、管内流下時の圧力変動は十分に分かっていない。

そこで本研究では、ピグ洗浄工法の安全性や効果の向上のために、屋外試験により、ピグ流下時の管内圧力変動を測定し、ピグの管内圧力への影響を分析した。

## 2. 実験方法

### (1) 実験モデルと計測方法

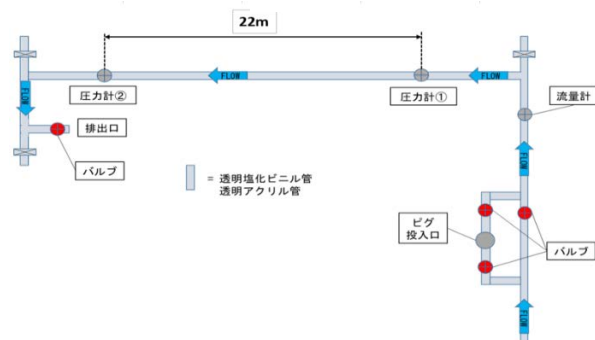


図1 実験モデル

ダクタイル製の定断面圧力円管、直径 100mm による水路を図1のように構築して、ポンプにより圧力水を通水する。水路には圧力計①と圧力計②の位置に圧力計を設置し、データロガーで記録した。また、ピグ投入位置付近に流量計を設置し、流量も測定した。排出口のバルブをある程度締め、急縮状態にし、実際の管路の圧力状態を再現した。ピグを発射するため

にバルブを開け始めた時間、開け切った時間、圧力計①と圧力計②にピグが到達するまでの各時間を手動で計測した。流量を変化させ、平常時及びピグ流下時の計測位置での管内圧力の時間変化を測定した。

データロガーによる管内圧力の時間変動データとピグの流下時間記録を比較することで、ピグが圧力管内を流下する時の、圧力時間変動とピグ位置との関係を分析した。

### (2) 実験条件

実験パターンを表1に示す。表1の15ケースのうち、ピグが「無」以外の12ケースを3回ずつ計測した。基本ケースとして、ピグを使用しないケースも実施した。

表1 実験パターン

| ケース | 管内径(mm) | 流量(L/min) | ピグ径(mm) |
|-----|---------|-----------|---------|
| 1   | 100     | 240       | 無       |
| 2   |         |           | 110     |
| 3   |         |           | 160     |
| 4   |         |           | 210     |
| 5   |         |           | 280     |
| 6   |         | 470       | 無       |
| 7   |         |           | 110     |
| 8   |         |           | 160     |
| 9   |         |           | 210     |
| 10  |         |           | 280     |
| 11  |         | 710       | 無       |
| 12  |         |           | 110     |
| 13  |         |           | 160     |
| 14  |         |           | 210     |
| 15  |         |           | 280     |

## 3. 実験結果および考察

実験結果から、すべてのケースで管内の摩擦損失により相対的に圧力計①の方が圧力計②よりも圧力が高くなっていた(図2)。

地下水をポンプで通水しているために、管内の水には振動が発生しており、管内の異物(ピグ)によって、管内流は乱流が生じている。管内流速、すなわち、流量が大きいほど乱流状態になっている。

圧力計②をピグが通過後に、すぐに通水を止めるため、流量や圧力計①と圧力計②の値は最終的に0になっている。通水中は排出口のバルブをある程度締めて

おり、ピグが排出口付近まで到達しているため、流速が低下することにより水撃圧が生じている。この水撃圧により、圧力計①と圧力計②の圧力は急激に高くなる場合が多く見られた。さらに、圧力計②の方が圧力計①よりも排出口に近いので、水撃圧による圧力上昇は大きい。

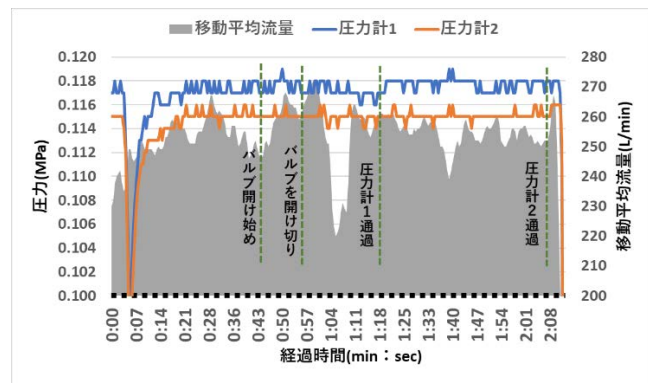


図2 圧力と流量の経時変化(ケース 2)

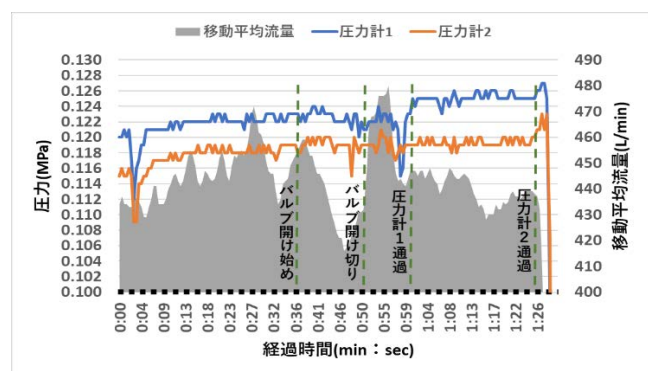


図3 圧力と流量の経時変化(ケース 9)

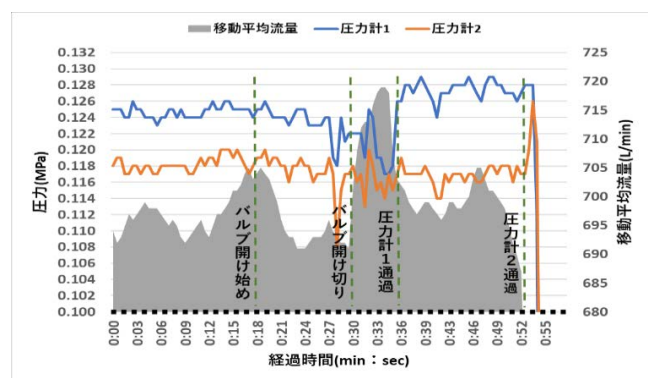


図4 圧力と流量の経時変化(ケース 15)

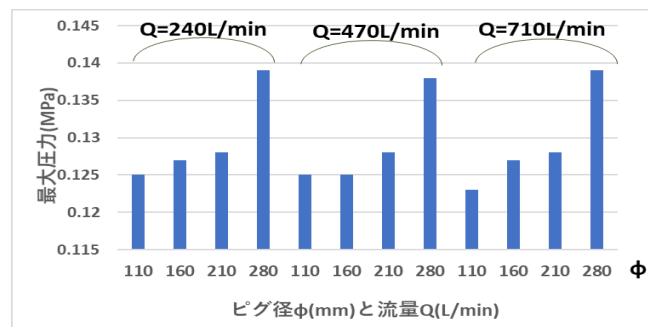


図5 ピグ径と流量に対する最大圧力の関係

測定条件を揃えるため、圧力計①の圧力を 0.120 MPa 程度になるようにバルブを操作している。

図 2~4 を比較すると、ピグが圧力計①を通過した付近から圧力計①と圧力計②の圧力差が大きくなり、その後ピグが圧力計②を通過した付近から圧力差は小さくなり、ピグが圧力計①を通過する前の圧力差に近くなった。圧力計①と②の各位置の-2.5(m)~2.5(m)付近をピグが通過後、圧力が高くなるケースが多かった。

この現象は、ピグ径や流量が増加すると顕著になる。すなわち、ピグ径や流量に比例して、圧力計①と②の圧力差や圧力の上昇率は大きくなった。ピグ径 110mm, すなわち管径に対するピグ径の比が 1.1 では、他のケースに比べて、ピグ通過による圧力変化は小さい。

同一流量でも、ピグ径の増大とともに最大圧力が高くなる傾向が見られる(図 5)。ピグ径が 280mm, すなわち管径に対するピグ径の比が 2.8 では、いずれの流量においても、最大圧力が急激に上昇している。

この現象は、ピグがない基本ケースに比べて、ピグによって通水が阻害されることと、ピグによって周辺の水の流速が変化し、乱流が発生することが原因と考えられる。ピグ径が大きいほどピグの圧縮率が高くなり、透水性が下がるために、ピグ通過による圧力変化が増大すると推察される。

#### 4. まとめ

主な考察は以下の通りである。

- ・通水を止めたとき、流速が低下することにより水撃圧が生じるため、圧力計①と圧力計②の圧力は急激に高くなる場合が多く見られた。さらに、圧力計②の方が圧力計①よりも排出口に近いので、水撃圧による圧力上昇は大きい。

- ・ピグ流下時に生じる圧力上昇は、ピグがない基本ケースに比べて、ピグによって通水が阻害されることと、ピグによって周辺の水の流速が変化し、乱流が発生することが原因と考えられる。ピグ径が大きいほどピグの圧縮率が高くなり、透水性が下がるために、ピグ通過による圧力変化が増大する。

#### 参考文献

- 1) 奈良大和(2003) ”水柱分離を考慮したポンプ送水系パイプラインの設計手法” Journal of Rainwater Catchment Systems, 9 巻 (2003) 1 号