# 空気弁の地震被害要因に関する模型振動実験

金沢大学大学院環境デザイン学専攻　学生会員　○石田　明久
金沢大学大学院環境デザイン学専攻　正会員　玉瀬　充康
金沢大学理工研究域環境デザイン学系　正会員　宮島　昌克

## 1.　はじめに

2011 年 3 月 11 日に宮城県牡鹿半島沖を震源とするマグニチュード 9.0 の東北地方太平洋沖地震が発生した．水道施設については，震源地に近い岩手県，宮城県，福島県の沿岸部における被害が特に大きく導水管や配水管などの破損等により宮城県県を中心に約 257 万戸の断水被害が発生した [1)]．多くの被害が挙げられる中，本研究では空気弁の被害に着目する．空気弁とは管内にたまった空気を自動的に吸排気する機能を有する弁である．東北地方太平洋沖地震では多数の空気弁被害が報告され，東北地方の 5 つの事業体では 148 箇所で被害が発生した．管路付属設備の被害調査において空気弁の被害率は仕切り弁，消火栓の被害率に比べてかなり大きいことがわかっている．このような空気弁被害は規模が小さい地震では影響も少ないが，家屋から火災が発生する可能性がある規模の地震においては，消火活動に支障をきたすなど，二次被害へ繋がる恐れがある．そのため空気弁の破損原因の究明，及び対策が必要不可欠である．

## 2.　配水管網の振動実験

過去の研究において，空気弁被害は地震時に発生する水圧変化が 1 つの主な原因と考えられているものの，この水圧変化の明確な原因が解明されていないのが現状である．そこで本研究では，一般的な配水施設形態を例に実験模型を作製し，実験的手法により配水管内の水圧変動の影響を定量的に検証した．加振時の管内における水圧変化を計測し配水施設および振動特性の変化が管内の水圧変化とどのような関係にあるか考察する．本実験では空気弁を取り付けた循環式の管路モデルを振動台上に設置する．そして振動台を管軸方向に振動させ，空気弁付近の水圧変化を計測し，その時の管路内の影響を検討する．**図-1** に実験模型の平面写真を示す．

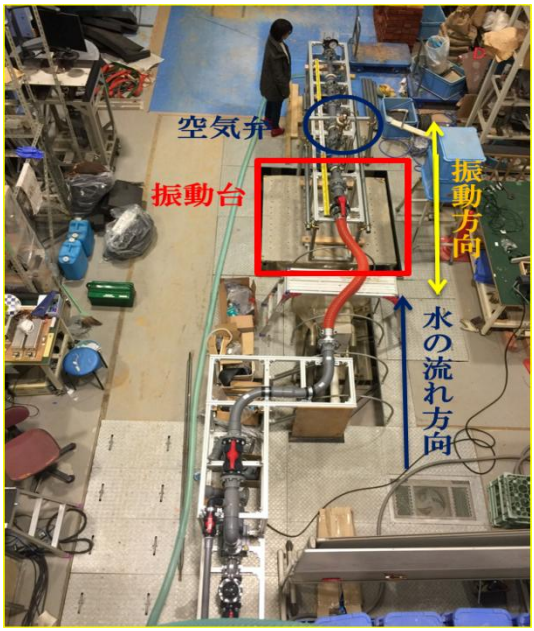


**図-1**　実験模型の平面図

## 3.　振動実験パターン

本実験において振動加速度，振動数，管内流速，管路形態を変えそれぞれの影響を定量的に分析する．入力波は正弦波で，入力加速度を 80gal，120gal，150gal，300gal，継続時間を 30 秒，振動数を 0.5Hz，1Hz，5Hz，10Hz，15Hz，20Hz と変化させ加振する．管路形態は末端の配管形態を直管，曲管，片落ち管(40mm)，片落ち管(50mm)の 4 通りとし，管内流速は 21cm/s, 42cm/s, の 2 通りとして設定する．本実験では配水管の直径を 75mm として設定したため，75mm から 50mm に急縮した配管を片落ち管(50mm)，75mm から 40mm に急縮した配管を片落ち管(40mm)として使用する．それぞれについて水圧変動を計測し，どのような要素が水圧変化に影響を及ぼしているか検討する．振動実験パターンを**表-1** に示す．

**表-1**　振動実験パターン

| 配水施設 | | 入力波形 | |
|---|---|---|---|
| 管路形態 | 流速（cm/s） | 加速度（gal） | 振動数（Hz） |
| 直管 | | | 0.5 |
| 曲管 | | 80 | 1 |
| 片落ち管 | 21 | 120 | 5 |
| （40mm） | 42 | 150 | 10 |
| 片落ち管 | | 300 | 15 |
| （50mm） | | | 20 |

## 4. 管路形態の違いが及ぼす影響

管路形態の違いが水圧変化にどのような影響を与えているか検討した. 図-2 に 120gal で加振した時の直管，曲管における振動数と水圧変化量の関係，図-3 に 120gal で加振した時の直管，片落ち管(40mm)における振動数と水圧変化量の関係をそれぞれ示す．本研究では振動させた時の水圧変化の最大値と最小値の差を水圧変化量として定義した．両図より，曲管や片落ち管は直管に比べると水圧変化が大きくなることが確認できた. また水圧変化量は直管, 曲管, 片落ち管(50mm), 片落ち管(40mm)の順に大きくなり，片落ち管(40mm)において水圧変化が最も大きくなることがわかった.

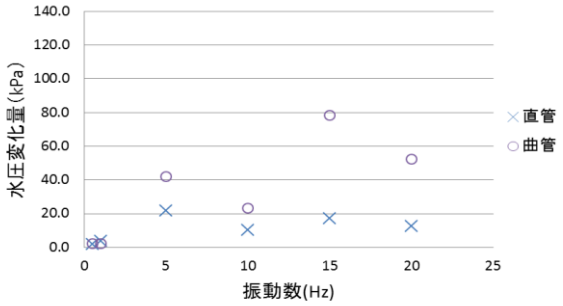


図-2 120gal で加振した時の直管，曲管における振動数と水圧変化量の関係

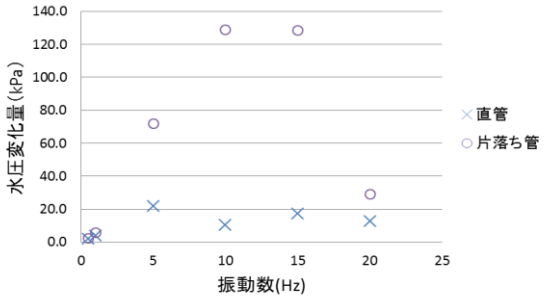


図-3 120gal で加振した時の直管，片落ち管(40mm）における振動数と水圧変化量の関係

## 5. 管内流速が及ぼす影響

次に管内流速の違いについて検討した. 図-4 に 80gal で加振した時の流速 21cm/s，42cm/s における水圧変化量と地震動の周期の関係を示し, 図-5 に 120gal で加振した時の流速 21cm/s，42cm/s における水圧変化量と地震動の周期の関係を示す．両図を比較すると，管内流速が速いほど水圧変化が大きくなることがわかる．しかし水圧変化量は管路形態の影響に比べると小さい．このことから管内流速が水圧変化の決定的な要因ではないと考えられる.

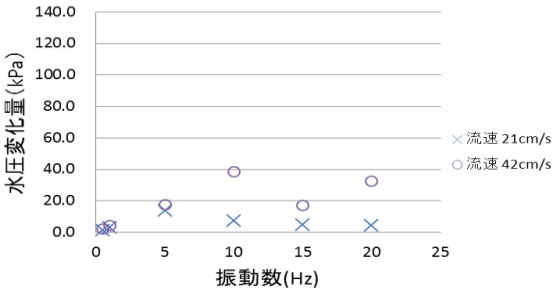


図-4 80gal で加振した時の管内流速 21cm/s，42cm/s における振動数と水圧変化量の関係

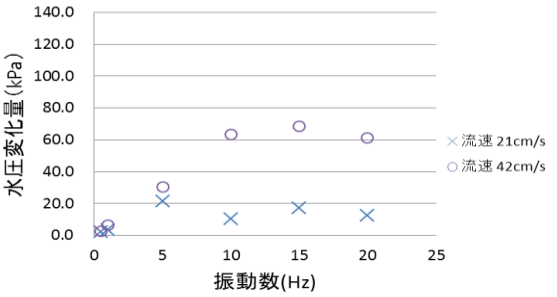


図-5 120gal で加振した時の管内流速 21cm/s，42cm/s における振動数と水圧変化量の関係

## 6. 結論

本研究では振動特性や管路形態を変えて加振時の空気弁付近の水圧を計測し，どのような要因が水圧変化に影響を与えているか検討した．その結果をまとめると以下のとおりである.

管路形態に注目すると，直管に比べて異型管において大きな水圧変化が発生することが確認できた．また片落ち管において最も水圧変化の影響が大きくなることが確認できた．これは通常時でも配水管内の水圧が大きく変化していることが原因であると考えられる.

管内流速については，流速が速い状態の管路において水圧変化が大きくなることが確認できた．しかし，管路形態の違いによる影響の方が強いことから管内流速の違いが水圧変化の決定的な要因ではないことがわかった.

**謝辞**：本研究を進めるにあたり，振動実験に携わってくださった森永氏，本研究室の学生諸氏に感謝いたします.

### 参考文献

1) 社団法人日本水道協会：平成 23 年(2011 年)東日本大震災水道施設被害等現地調査団報告書，2011.