

# 地震時における空気弁の被災メカニズムに関する基礎的な室内実験

Basic experiment on damage mechanism of air valve during earthquake

\*田中良和 \*有吉充 \*\*Silvia Petkova \*\*\*白濱富久男 \*\*\*石橋正匡

## 1. 背景と目的

平成 28 年 4 月 16 日に発生した熊本地震の本震（マグニチュード 7.3）によって、菊池台地地区の全 266 か所の空気弁のうち 14 か所が破損した。空気弁の破損の分布は、震源に近い（約 10km）の合志幹線のパイプラインのみに集中して発生しており、より遠方の東部幹線、花房幹線、及び、うてな幹線では発生していない。合志幹線水路において破損した空気弁は、すべて標高が高い位置にあった。また、空気弁内の損傷は、ほとんどが遊動弁体とフロート弁の案内（FRP 製）に開けられた吸排気用の窓の枠が破断したことによるものであった（図 1）。本研究では、空気弁が破損した被災メカニズムについて基礎的な知見を得ることを目的として室内試験を行った。空気弁の構造を図 2 に示す。

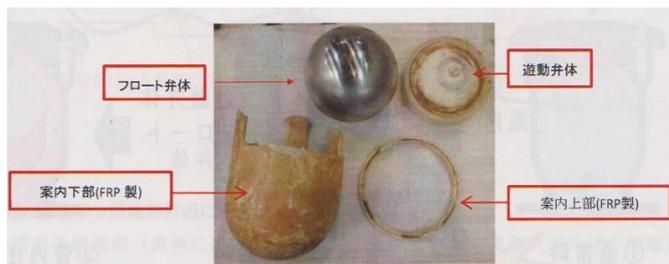


図 1 案内の窓の枠が破損した空気弁

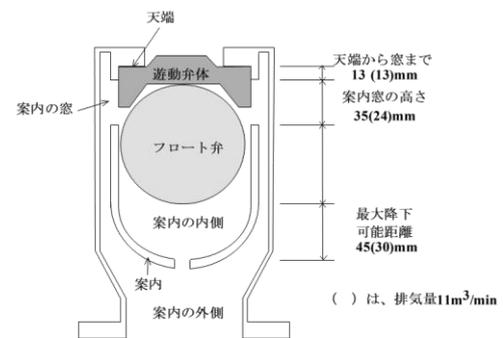


図 2 空気弁の構造と寸法

## 2. 方法

破損の原因は、地震発生時に地震時動水圧が発生し、管内が負圧になった箇所での空気弁の遊動弁が降下し、その後の正圧により遊動弁が上昇することで、空気弁内に水撃圧が発生したために空気弁内の案内が破損したと仮定した。この案内はどのようなメカニズムで破損に至ったのかを、振動実験と破面解析を行って検証した。

振動実験の試験装置を図 3 に示す。管路は、材質が塩ビ（VP）、呼び径 200、延長 8m である。水槽（水面積 1m<sup>2</sup>）と管路の継ぎ手部分は、水密性を確保した可動式スリーブとなっている。コンプレッサーの水圧は 0、20、40KPa として、管路と空気弁（呼び径 75）を振動台に載せて、振動数（1, 2, 5, 10Hz）と加速度（100～980gal）を設定した諸条件で管軸方向に加振した。空気弁は排気量 23m<sup>3</sup>/min と 11m<sup>3</sup>/min の 2 種類を使用した。計測項目は、空気弁内の遊動弁の移動距離、空気弁内の案内の内側と外側の水圧、管路の管内水圧、および水槽の水圧とし、0.002 または 0.0005 秒の時間間隔ですべて同時に記録した。

破面解析は、破面を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察し、破壊の進行方向を検討した。

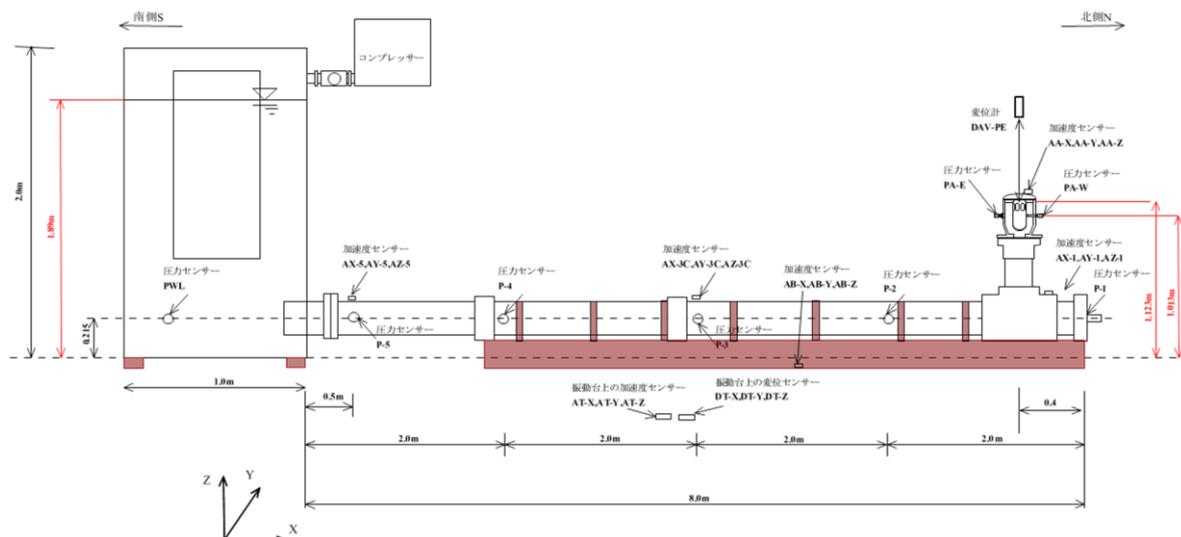


図3 振動実験の試験模型水路の寸法と計測位置

### 3. 結果と考察

管軸方向に加振することによって、管路の端で管内水圧 (P-1) が上昇した。P-1 は、加速度が大きいほど、管内圧力の振動の振幅が増大して、管軸方向 (P-2 から P-5) と空気弁へ伝播した。伝播した圧力振動によって、空気弁内部の案内の内側水圧 (PA-W) と外側水圧 (PA-E) が 0KPa になると遊動弁が降下して案内の天端と遊動弁の間に開口部が生じ、水圧が増加に転じると遊動弁が上昇して、0KPa 以上になると閉塞して水撃圧が発生した。

遊動弁の降下距離が 13 mm 以上になると、その降下距離が大きいほど、案内に開けられた窓の面積が大きくなるため、排気量が大きくなる。図 4 に示すように、水圧が増加に転じて遊動弁が上昇すると、はじめに案内に開けられた窓が閉塞し、次に案内の天端とフロート弁の間の開口部が閉塞する。これらの閉塞によって生じる水撃圧は、PA-W が PA-E より最大値は少し大きい、PA-E が先に上昇し、少し遅れて PA-W が上昇することがわかった。そのため、PA-E と PA-W に急激な圧力振動が発生することにより、案内には延伸と圧縮の両方向に応力が繰り返し発生し、最も大きな応力が発生する案内の窓の枠が破損して破壊に至ったと推察される。破面解析を行った結果、図 5 に示すように破面のガラス繊維の破壊の進行方向が一様な向きではなく、異方性があったことは、推察した上記の破損メカニズムを裏付けるものであると考える。

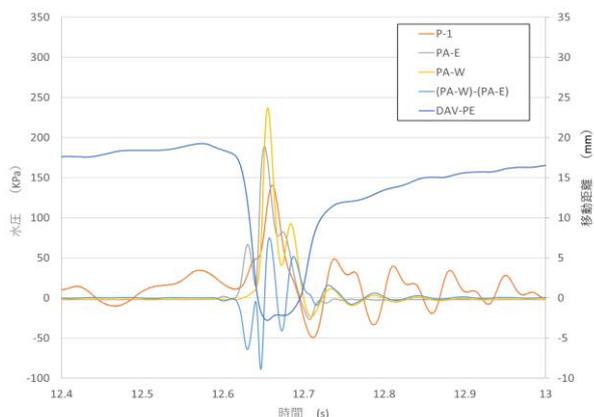


図4 振動試験の結果(5Hz, 600gal, 0KPa)

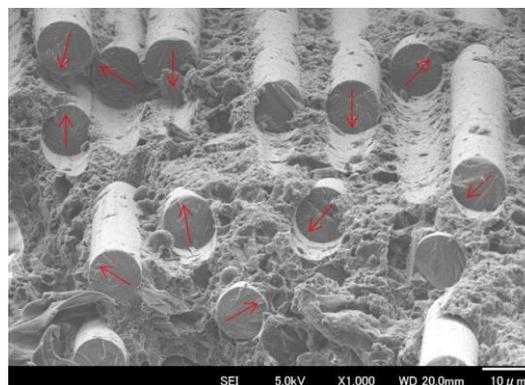


図5 破面の 繊維のランダムな破壊方向