原子力発電施設に適用する制振装置開発に向けた基盤整備
（2）原子力環境を想定した粘性ダンパ特性確認試験

Establishment of the technical basis for applying viscous dampers in nuclear power plants
(2) Viscous damper characteristic tests assuming the environment of nuclear power plant

*樋口 智一[1]，片山 洋[1]，服部 靖[1]，伊東 亮[1]，中島 潤[1]，楢原 由樹子[1]
[1]（株）東芝

粘性ダンパをその構造と減衰特性から 3 種類に分類し、原子力機器適用時の応答を想定した振幅、振動数条件及び温度や放射線等の原子力施設特有の環境条件で試験を実施することにより、原子力機器へ粘性ダンパを適用できる見通しが得られた。

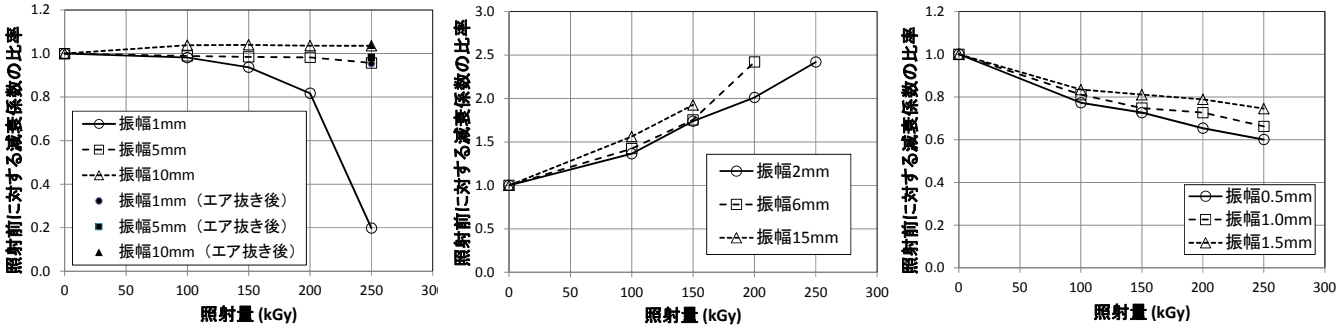
キーワード：制振装置，粘性ダンパ，耐震，動的加力試験，減衰特性

1. 緒言

粘性ダンパの原子力機器への適用性を確認するため、粘性ダンパの構造と減衰特性から選定した単軸線形タイプ、単軸非線形タイプ及び三軸線形タイプの 3 種類を試験対象とした加力試験を実施し、粘性ダンパを原子力機器に適用する際の設計への留意点をまとめた。

2. 実施内容

3 種類の粘性ダンパに対し、原子力機器適用時の地震応答を想定した振幅、振動数条件での減衰特性を確認する力学的特性試験、温度や放射線等の原子力施設特有の環境条件が減衰特性に与える影響を確認する環境条件試験を行った。代表例として、耐放射線性（γ線）試験の結果を図 1 に示す。(a)単軸線形では振幅がある程度大きい場合、減衰係数はほぼ一定である。ただし振幅が小さい場合には、照射量の増加とともに減衰係数の低下が見られた。これは粘性体内部での気体発生が原因と推定される。(b)単軸非線形では照射量の増加に伴い、減衰係数が増加し、(c)三軸線形では照射量の増加に伴い、減衰係数が低下した。耐放射線性に関しては、粘性ダンパ内の粘性体の種類によって特性の変化が異なり、照射による粘性体内の気体発生や、粘性体の減衰特性の変化が生じるため、これらの減衰特性への影響を考慮した設計が必要である。



(a) 単軸線形　(b) 単軸非線形　(c) 三軸線形

図 1　耐放射線性（γ線）試験結果

エネルギー吸収特性、繰返し耐久性、温度依存性、耐放射線性（γ線）試験において、減衰特性に変化がみられた粘性ダンパが存在する。これらを含め減衰特性への影響に対して、粘性ダンパ適用時に考慮すべき設計への留意点を表 1 に示す。

表 1　設計への留意点

試験項目	設計への留意点
(1)エネルギー吸収特性	単軸線形/ 非線形ダンパの振幅、振動数の依存性は低い。三軸型ダンパは振幅、振動数の依存性を考慮した設計が必要である。
(2)低速移動時抵抗力	3種類のダンパとも低速移動時抵抗力は定格荷重に比べ、最大でも5%程度と低い。
(3)繰返し耐久性	単軸線形/ 非線形ダンパに比べ三軸型ダンパは繰返し回数による減衰低下を考慮した設計が必要である。
(4)温度依存性	単軸線形/ 非線形ダンパは温度依存性は低い。三軸型ダンパは形状寸法によって温度依存性を考慮した設計が必要な場合がある。
(5)高温履歴効果	単軸線形ダンパは加熱による減衰特性の変化はほとんど見られない。
(6)圧力負荷効果	単軸線形ダンパは低振幅を除き、特性に変化なし。
(7)加圧状態特性	単軸線形ダンパは加圧による減衰特性に変化はほとんど見られない。
(8)耐放射線性（γ線）	3種類ともダンパに使用する粘性体の特性変化や気体の発生による減衰特性への影響を考慮した設計が必要がある。
(9)耐水性	密閉型の単軸線形ダンパの場合、水没による減衰特性に変化はほとんど見られない。
(10)耐粉塵環境	密閉型の単軸線形ダンパの場合、粉塵環境による減衰特性に変化はほとんど見られない。

3. 結論

試験結果から、原子力機器適用時の荷重条件、環境条件では粘性ダンパの減衰特性に影響が生じる場合があるものの、設計や保守・管理時にこれらの影響に留意すれば、原子力機器へ粘性ダンパを適用できる見通しが得られた。

本件は経済産業省「平成 24 年度～平成 27 年度発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業(原子力発電施設に適用する制振装置開発に向けた基盤整備)」の成果の一部である。

*Tomokazu Higuchi[1], Hiroshi Katayama[1], Kiyoshi Hattori[1], Ryo Ito[1], Jun Nakajima[1] and Yukiko Narahara[1]
[1]Toshiba Corporation