

# アクティブ型制振装置AVICS<sup>®</sup>-1を用いた 制振改修事例 Retrofitting Method by use of AVICS<sup>®</sup>-1

奥田 浩文 Hirofumi Okuda  
 蔭山 満 Mitsuru Kageyama  
 藤本 悦生 Etsuo Fujimoto  
 (本社東京建築事業部ビルケアセンター)  
 菊池 正彦 Masahiko Kikuchi  
 (本社設計本部設計第九部)

## 1. はじめに

近年、強風などによる建物の揺れを抑制し、居住性能の向上を図ることを目的とした制振装置の適用事例<sup>1)</sup>が増加しつつある。この種の装置は、いわゆる建物頂部設置型の制振装置に分類される。これは、風によって励起される建物の揺れは、一般に低次モードが卓越する場合が多いため、所定の制振性能を得るための装置としては、建物上層階に設置した方がその効果をより発揮しやすいことによる。

当該技術の適用事例は、これまで超高層建物で且つ新規物件を対象とした場合が多かった。この理由の一つは、中低層建物と比較して、超高層建物の方が風による揺れが顕著になる場合が多いことにある。また、新規の超高層建物と比較して既存のその場合、数十tonから数百tonオーダーの質量となる装置を当該建物の上層階に揚重するためには、その計画およびコスト面から多くの困難が伴うことも上記の理由として挙げられる。

しかし、建物上層階に装置を設置するのみで所定の効果を発揮することができるこの種の装置は、風揺れ抑制を目的とした場合の架構内設置型制震ダンパーと比較して、相対的に軽微な改修あるいは一部の補強のみで既存建物の性能(減衰性能)を向上させることが可能となる。

ここでは、既存建物を対象としたアクティブ型制振装置AVICS-1による制振改修事例について紹介する。

## 2. 制振改修の概要

### 2.1 建物概要

適用建物(他社施工)の概要をTable 1に示す。同建物では竣工後、上層階の居住者から強風時の建物の揺れに関するクレームが発生しており、その後の風観測結果から、建物短辺方向および同ねじれ方向の振動が大きく励起されることが確認されている。そこで、居住性能を改善する目的で、当該既存建物へのAVICS-1の適用が実施された。

### 2.2 目標性能と装置概要

装置本体設置階の平面をFig. 1に示す。本装置の設置主目的は、再現期間1年の風に対する建物短辺1次、および同ねじれ1次の応答を居住性能評価指針<sup>2)</sup>のランク(H-3)以内に抑制することにある。この目的を達成するために必要となる付加減衰は、建物短辺1次で6%程度、同ねじれ1次で7%程度である。なお、上述の付加減衰によって、建物短辺方向の応答加速度は5.5Gal(非制

振時)から2.3Gal(制振時)に、同ねじれ方向の応答加速度は5.7Gal(非制振時)から2.3Gal(制振時)にそれぞれ低減される。

装置本体の概要をFig. 2に、AVICS-1の設置状況をPhoto 1にそれぞれ示す。建物頂部設置型の制振装置は、一般にアクティブ型とパッシブ型とに大別される。本事例では、所定の性能を満足するために必要となる減衰性能と、当該建物で許容できる設置スペースとを勘案し、アクティブ型装置のAVICS-1を適用している。AVICS-1の採用によって、パッシブ型装置を採用した場合と同等の減衰性能を、パッシブ型の約1/10の装置質量で達成することが可能となる。また、本事例の場合、1基当たりの装置質量が800kg程度であることから、既存躯体の補強の必要性もなかったことを付記しておく。

AVICS-1は、ACサーボモータとボールねじによって、アクティブマスを1方向(建物短辺)のみに駆動させるタイプの装置であり、本事例での建物総質量に対するアクティブマス質量(2基分)の比率は約0.03%である。

建物頂部設置型の制振装置では、付加マスが大きい程あるいは付加マスを大きく駆動させる程、より大きな制振効果を得ることができる。すなわち、所定の制振性能を十分に発揮するためには、設定された装置容量を最大限活用することが重要となる。ここでAVICS-1には、アクティブマスの変位と速度の制約を同時に満たし、且つ装置容量を最大限活用するサチュレーション制御<sup>3)</sup>と呼

Table 1 適用建物の概要  
Outline of the Building

建物用途	事務所	建物規模等	S造, 地上9階
固有振動数 <sup>1)</sup>	短辺1次 1.091Hz, ねじれ1次 1.579Hz		
減衰定数 <sup>1)</sup>	短辺1次 1.1%, ねじれ1次 1.3%		

<sup>1)</sup> 後述する制振性能確認実験から得られた値

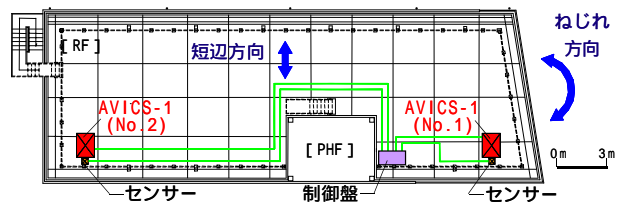


Fig. 1 装置設置階の平面  
Plan of Roof Floor

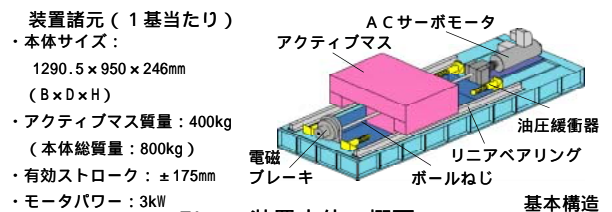


Fig. 2 装置本体の概要  
Outline of AVICS-1(Active Mass Damper)

ばれる制御手法を用いることによって、この課題を解決している。さらに、装置を建物平面の両端に分散配置することによって、建物短辺1次モードおよび同ねじれ1次モードを包含した多モード制御を実現している。

なお、この種の装置は動力源を有するため、装置自体が発生する音が建物側に伝搬されることが懸念される。AVICS-1では、装置と基礎の間に固体伝搬音を遮断するための防振ゴムを設置するなどの対策によって、この課題を解決している。

### 3. 制振性能確認実験の結果

#### 3.1 低次元化モデルの構築

建物頂部設置型の制振装置によって所定の制振性能を発揮するためには、まず建物の特性を正確に把握する必要がある。ここでは、建物特性を把握する方法とその結果について述べる。AVICS-1は外部エネルギーを用いてアクティブマスを強制的に駆動させるタイプの装置である。よって、本来制振器であるAVICS-1を加振器として利用すれば、当該振幅レベルでの建物応答は実測可能となる。AVICS-1を用いた制振では、現代制御理論を基本とする制御アルゴリズムを駆使して、建物の制振対象モードの応答抑制を行う。そのためには、実測された建物特性を用いた力学モデルを構築しなければならない。その際、建物には多くの振動モードが存在するため、制振対象モードのみを正確に抽出できる低次元化モデルを作成する必要がある。

AVICS-1を用いて正弦波加振を実施した際に得られた屋上階の共振曲線をFig. 3に示す。図中、プロット部が実測結果を、ライン部が低次元化モデルによる解析結果をそれぞれ表している。これらの結果から、制振対象モードである建物短辺1次と同ねじれ1次の、解析結果と実測結果はよく一致していることが分かる。

#### 3.2 自由振動実験結果

AVICS-1の動力装置を加振源として用い、建物応答が十分に成長した段階で本来の制振器に切り替える方法によって行った自由振動実験の結果をFig. 4に示す。図中、細線が非制振時の結果を、太線が制振時の結果をそれぞれ表している。併せて、Fig. 4の波形から算出した各減衰定数の一覧をTable 2に示す。これらの結果から、建物短辺方向、同ねじれ方向共に、当初設定した制振性能を十分達成していることが確認できる。

### 4. おわりに

AVICS-1を用いた制振改修事例について紹介した。この装置では外部からのエネルギー供給を必須とするものの、そのエネルギーによって実建物を意図的に加振することが可能となる。この装置の特長のひとつは、上述の加振機能によって、所定の制振性能の有無を、装置調整期間中(竣工前)に実建物を用いて確認できる点にある。

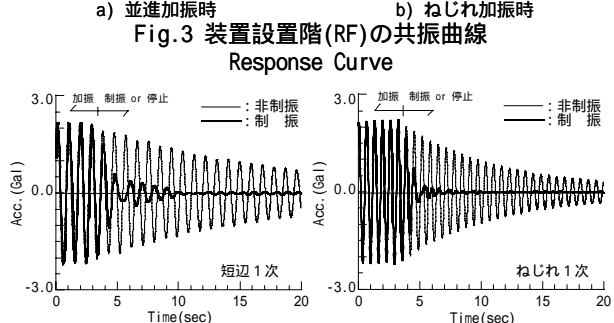
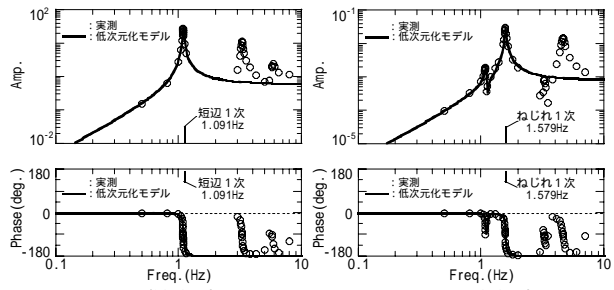
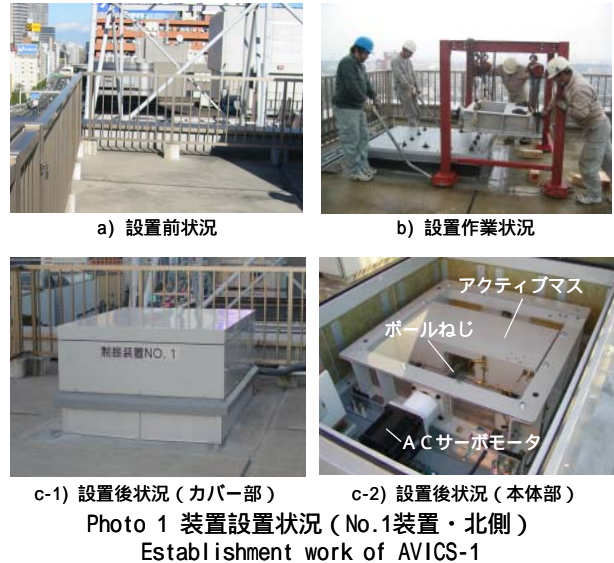


Table 2 減衰性能  
Damping Characteristics

	短辺1次	ねじれ1次
非制振	1.1%	1.3%
制振	10.7%	9.0%

#### 参考文献

- 岡田他：中高層建物のアクティブ制振システム(その15)(その17), 日本建築学会大会学術講演梗概集, B 構造, pp.899~904, (1994.9)
- 日本建築学会：建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説, (1991.4)
- 奥田, 蔭山他：可変ゲインを用いたAMD変位と速度のサチュレーション制御に関する研究(その1), (その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2 構造, pp.275~278, (2001.9)