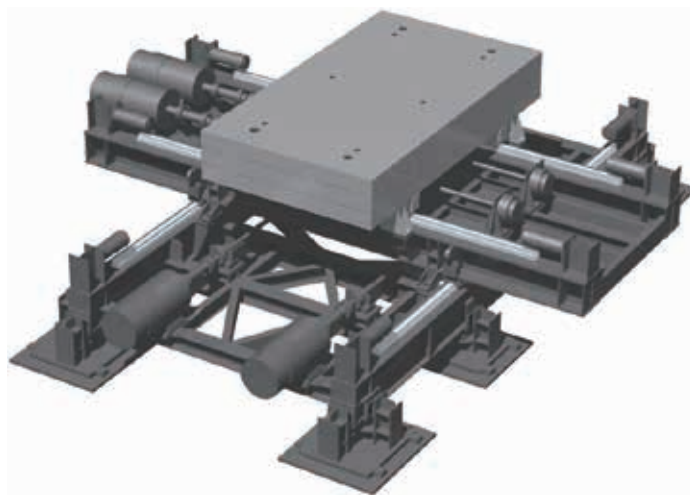


# てくのすこーぷで見た制振装置の発明

技術開発の現場で生まれた「発明」は、特許という知的財産になります。

今回は、ビルや橋、船の揺れを減らす装置の特許について紹介します。

(特許第 4857829 号)



フル・アクティブ式制振装置

## 制振装置とは

高層ビル、橋梁、船舶など、私たちの周りには巨大構造物があふれています。そのなかには、IHI が建造に関わったものも少なくありません。そういった構造物は、常に風、波などの自然からの外力にさらされています。特に、高層ビルでは風による振動の周期が長いため、中にいる人間が船酔いのような不快感や恐怖感を覚えることもあります。このような状況から構造物を守るため、また、構造物の中で人間が快適に過ごすため考案されたさまざまな技術の一つに制振装置があります。

制振装置の原理は、地震などの振動が伝わらないように、建物を柔らかく支持する免震技術とは違って、構造物の振動をおもりや流体などの質量が外力を打ち消すように動くことによって低減させることです。制振装置には質量が自然に動いて振動を低減するパッシブ式（受動式）と、質量をアクチュエーターという

機器で積極的に動かすことで振動を低減するアクティブ式（能動式）があり、IHI 製品は後者が中心です。

IHI は早くから建物に対しての制振装置の開発に取り組み、1988 年にはすでにガイドレール上のおもりを動かす方式の特許を出願しています（特許第 2668990 号）。当時、世の中の制振装置の多くはセンサーで振動を検出して、おもりを動かす力を算出して制御することで、構造物の振動を低減する方法を採用していました。

## 地震でも止まらない制振装置の開発

地震などの大きな振動や長い周期の揺れに対しては、おもり（可動マス）が動く距離を大きくすることが必要になりますが、可動マスを動かす力を算出する制振装置では、直接動きを制御できないため、揺れを止めるのに必要な距離が制振装置内での可動範囲を超えてしまうという問題がありました。その場合、ガ



イドレールにストッパーを設け、可動マスがストッパーに当たりそうな場合には制振装置を止める、ないしは、センサーで検出した建物の振動レベルに応じて、比較的小さいレベルでも装置を停止させるなどの対処法が行われていたため、大きな地震などの場合には制振装置が止まっていた。1995年の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）や、2011年の東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）では、国内のアクティブ式制振装置の大半は停止したといわれています。

IHIの制振装置開発において転機となったのは、2004年の新潟県中越地震でした。新潟県中越地方を震源とするマグニチュード6.8のこの地震では68人が死亡し、家屋の全半壊が1万7000棟に上る大きな被害をもたらしましたが、このときに、首都圏では長い周期で建物が大きく揺れる現象が観測されました。IHIではこの現象から、長周期の揺れに対応できる制振装置の必要性に着目したところ、お客さまからもこのような地震でも制振装置を止めないようできないか？との要望もあり、長周期の大きな揺れにも対応できる制振装置の研究が始まりました。

IHIが着目したのは、制御の方式でした。構造物の振動から構造物に働く力を計算し、その力を基にアクチュエーターで可動マスを動かす力を計算して制御する方式に対して、IHIは開発当初から、可動マスの動き（変位）を制御する方式を採用していました。具体的には、構造物の振動を打ち消すような変位を計算し、可動マスの実際の動きを検出しながら、与えた変位指令に追従するようにフィードバック制御を行って可動マスを駆動する方式です。これに制御の強さを振動に応じてリアルタイムで変える制御アルゴリズムを組み合わせたところ、日常の風揺れのような小さな振

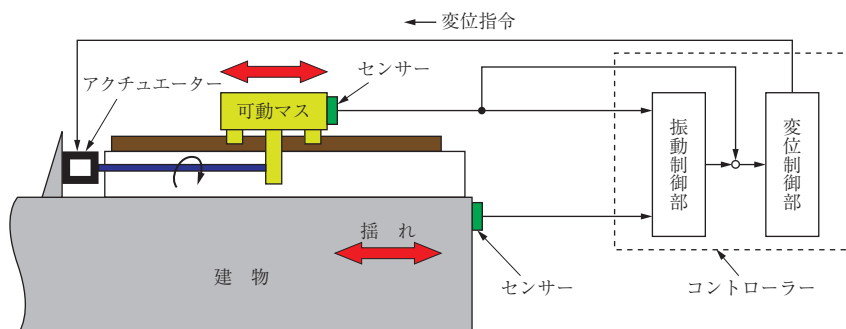
動から、地震の大きな振動まで任意に制御できるという優れた結果が得られました。さらに、この方式により地震の後に残る構造物の後揺れも早く抑えられるという効果も得られたのです。この制振装置の基本となっているのが特許第4857829号です。この方式を採用した制振装置はお客さまにも好評で、2011年の東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）では、IHI製の制振装置は1台も停止せず稼働を続け、優れた性能が実証されました。

### 制振装置のさらなる進歩

現在、制振装置は株式会社IHIインフラシステムの重要な製品となっています。イギリスのロンドン・ヒースロー空港の管制塔やトルコの「イズミット橋」のほか、国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）の海洋地球研究船「みらい」にも採用され、ビル、船舶、橋梁、クレーンなど、さまざまな構造物に対応した製品を製造しています。

また、可動マスの駆動にリニアモーターを採用して効率を上げる（特開2015-190572号）、可動マスの減速時に得られる電力エネルギーをキャパシターに蓄え、エネルギーを再利用する（特許第4788908号）など、新たな事業分野を開拓すべく現在もさまざまな技術開発を進めています。

（文責：知的財産部）



フル・アクティブ式制振装置の機構と制御系の構成