

# 構造物のスマート構造のための 大型超磁わいアクチュエータに関する実験的研究

Experimental Study of Large-Scale Magnetostrictive Actuator for Smart Structure

嶋崎 守\*・藤田隆史\*・松井康浩\*\*・達 正義\*\*

Mamoru SHIMAZAKI, Takafumi FUJITA, Yasuhiro MATSUI and Masayoshi TATSU

## 1. ま え が き

藤田隆史研究室では、超磁わいアクチュエータを用いたスマート構造により、高層建物や精密生産施設をアクティブ制振する研究を行っている<sup>1,2)</sup>。超磁わいアクチュエータについては、スマート構造用のアクチュエータとしての特性は未知な点が多いため、著者らは、これまでに $\phi 12 \times 75^H$ mmの超磁わい素子を用いた中型超磁わいアクチュエータの特性を実験的に明らかにしている<sup>3)</sup>。本報では、実用化に向けてアクチュエータの大容量化を目指し、試作された大型超磁わいアクチュエータを用いて、そのアクチュエータ特性を実験的に明らかにした結果について報告する。

## 2. 大型超磁わいアクチュエータ

本研究で用いた大型超磁わいアクチュエータを図1に、その構造を図2に示す。このアクチュエータの外形寸法は $\phi 80 \times 245^H$ mmで、 $\phi 30 \times 12^H$ mmの超磁わい素子10個がバイアス磁界印加用の永久磁石と交互に積層され、これを磁界印加用のソレノイドコイルおよびケースが囲む構造である。バイアス磁界によって、あらかじめ超磁わい素子にはひずみが生じているので、ソレノイドコイルへの印加電流の正負のみでアクチュエータの伸縮が可能である。本アクチュエータは、印加電流によって生ずる変位量が最大になるように、皿ばねによって7MPaの予圧縮力が加えられている。またこれにより、積層構造により懸念される発生力の低下を防止できる。なお、スマート構造では、アクチュエータの変位を拘束することで力を発生させるため、本アクチュエータを構造部材に組込む際は、適当な取付力で拘束する必要がある。

## 3. 実験装置および計測システム

図3に実験装置を、また図4に実験装置および計測システムの概略を示す。アクチュエータの両端をステンレス製

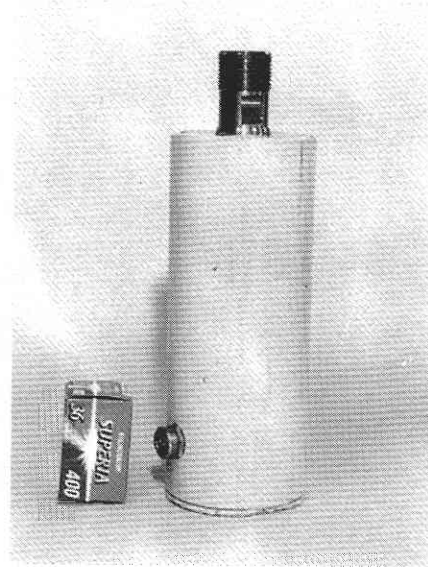


図1 大型超磁わいアクチュエータ

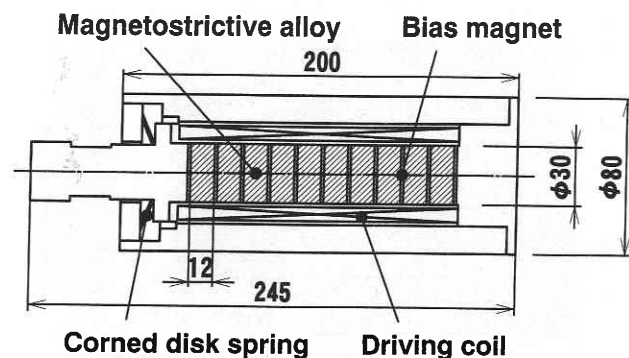


図2 大型超磁わいアクチュエータの構造

\*東京大学生産技術研究所 情報・システム大部門  
\*\*(株)モリテックス

板に固定し、材料試験機によって、荷重計を介してアクチュエータを加圧する構造である。アクチュエータの発生変位は、一方のステンレス製板の左右に固定された2個の非接触型変位計により計測される板間の相対変位の平均値によって、また、発生力は荷重計によって計測される。この装置による計測結果の精度および信頼性は、アクチュエータとほぼ同寸法のジュラルミンによる剛性測定を行なって確認された。

4. アクチュエータ特性実験

実験には3個の大型超磁わいアクチュエータ A, B, C を用い、各々について静的特性として、発生力と発生変位の関係、印加電流と発生変位の関係、また、動的特性として印加電流に正弦波を用いた場合の、発生変位の周波数特性を測定した。また、これらの特性のアクチュエータ取付力による影響についても測定した。

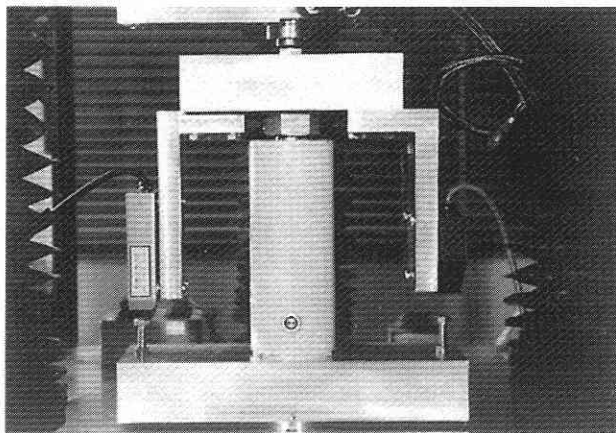


図3 実験装置

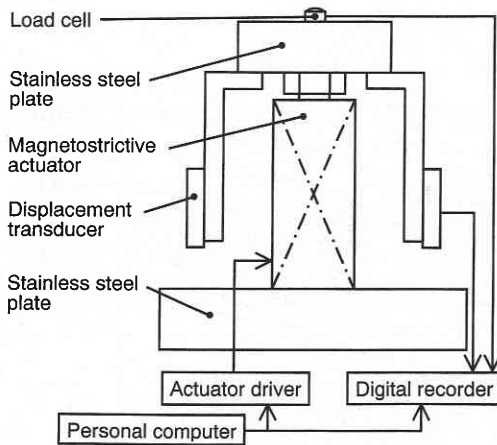


図4 実験装置および計測システムの概略

4.1 発生変位および発生力

材料試験機でアクチュエータを加圧して、所定の取付力で固定した状態で、アクチュエータに電流を徐々に印加して変位させ、その後、印加電流を一定に保ったまま元の変位に戻るまで材料試験機で加圧（負の電流を印加した場合は減圧）したときの変位と力の関係を測定した。図5は取付力 10 kN での A の結果である。最大印加電流の 8.0 A 印加時には 63.0  $\mu\text{m}$  変位し、この変位を元に戻すのに 10.6 kN の力を要し、また -8.0 A 印加時には -40.0  $\mu\text{m}$  変位し、元に戻すのに -5.57 kN の力を要した。これらがこのアクチュエータの取付力 10 kN での最大発生変位および最大発生力であるが、正負で大きく異なった。これは、超磁わい素子が正負均等にひずむような強さのバイアス磁界が印加されていないためである。図6は B の結果であるが、最大発生変位および最大発生力は、正側が 56.0  $\mu\text{m}$ , 9.87 kN, また負側が -41.7  $\mu\text{m}$ , -6.11 kN であり、これも正負で大きく異なった。最大発生変位および最大発生力の A, B, C の個体差は、全振幅で、最大発生変位は約 15% 程度、また最大発生力は約 5% 程度であった。

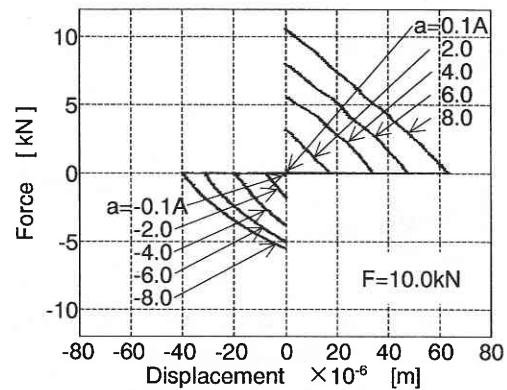


図5 発生力と発生変位の関係 (A)

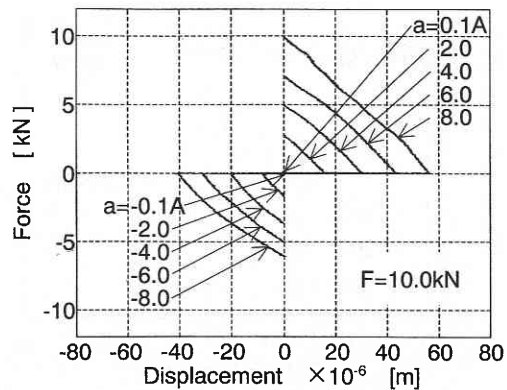


図6 発生力と発生変位の関係 (B)

研 究 速 報

4.2 最大発生変位および最大発生力への取付力の影響

図7は最大発生変位と最大発生力の関係に及ぼす取付力の影響を示したもので、Aの結果である。また、図8、9は最大発生変位および最大発生力への取付力の影響を示したものである。取付力が大きくなると最大発生変位は、正

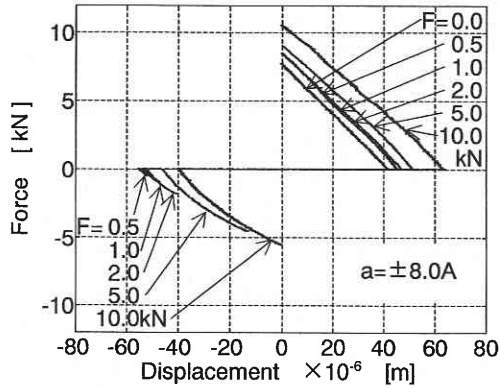


図7 最大発生変位と最大発生力の関係に及ぼす取付力の影響

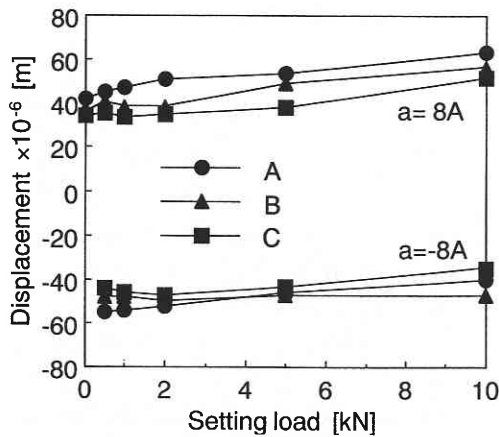


図8 最大発生変位への取付力の影響

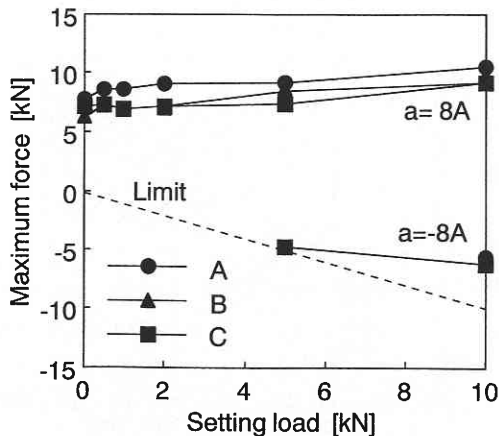


図9 最大発生力への取付力の影響

側は増加し、逆に負側は減少するが、全振幅はほぼ一定である。また最大発生力は、取付力が大きくなると正側は増加する。本実験装置は材料試験機に挟み込んで加圧することで固定しているため、負側の発生力が取付力を超える場合は測定できない。本アクチュエータは、取付力5kN以下では、負側の最大発生力が取付力を超えたため測定できなかった。

4.3 印加電流と発生変位の関係への取付力の影響

図10、11は各取付力での発生変位と印加電流の関係を示したもので、AとBの結果である。ヒステリシスの量は取付力に関係なく15%程度で、中型超磁わいアクチュエータの半分程度であった。また、A、B、Cの個体差もなかった。

4.4 正弦波電流印加時の発生変位

図12は取付力0kNで、印加電流に正弦波を用いたときの発生変位の周波数特性を示したもので、Aの結果である。各印加電流での発生変位は20Hzまでの範囲では、周波数に依存しないといえる。またB、Cについても同様の結果であった。

4.5 正弦波電流印加時の発生変位への取付力の影響

図13は正弦波電流印加時の発生変位への取付力の影響

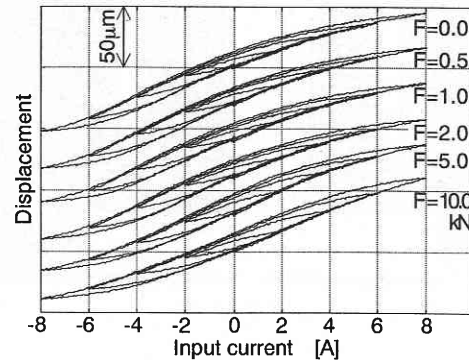


図10 変位ヒステリシスへの取付力の影響 (A)

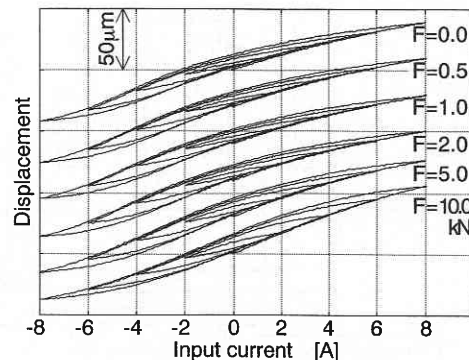


図11 変位ヒステリシスへの取付力の影響 (B)

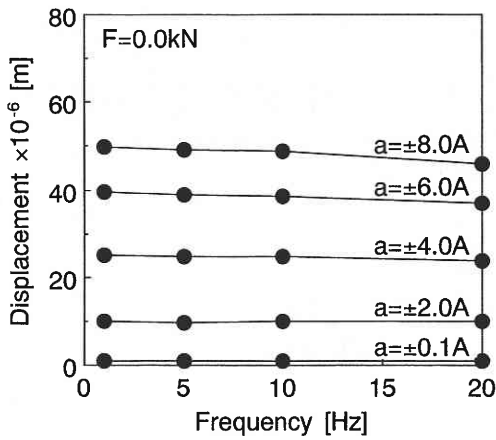


図 12 発生変位の周波数特性

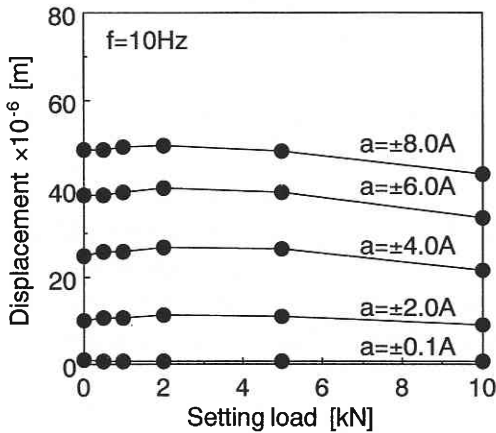


図 13 発生変位への取付力の影響

を示したもので、Aの結果である。印加電流の周波数は10 Hzの正弦波である。4.2節の静的な結果と同様、取付力に依存はなく概ね一定であった。またB、Cについても同様の結果であった。

### 5. あとがき

構造物のスマート構造のための大型超磁わいアクチュエータのアクチュエータ特性を解明するため、3個の供試体について各特性実験を行ない、以下の結果を得た。

- (1)  $\phi 30 \times 12^H$ mmの超磁わい素子10個を積層した大型超磁わいアクチュエータの、取付力10 kNでの最大発生変位および最大発生力は、全振幅で、Aが $103.0 \mu\text{m}$ 、16.2 kN、Bが $97.7 \mu\text{m}$ 、16.0 kN、Cが $87.2 \mu\text{m}$ 、15.4 kNである。個体差は、最大発生変位は約15%程度、また最大発生力は約5%程度である。しかし、バイアス磁界の影響で正負では大きな差がある。
- (2) 最大発生変位は、取付力が大きくなると正側は増加し、負側は減少するが、全振幅はほぼ一定であり、取付力による影響はない。また最大発生力は、取付力が大きくなると正側は増加する。
- (3) 発生変位ヒステリシスは取付力に関係なくA、B、Cとも約15%程度で、中型超磁わいアクチュエータの半分程度である。
- (4) 20 Hzまでの範囲では、発生変位の周波数依存はない。
- (5) 動的特性においても、発生変位は取付力に関係なくほぼ一定である。

(2000年10月6日受理)

### 参 考 文 献

- 1) 藤田・野中・楊・近藤・森・天坂, 日本機械学会論文集 (C編), 64巻626号 (1998), 3774-3781.
- 2) 藤田・荒井・梶原・有壁・小川・村井・橋本・濱口, 日本機械学会論文集 (C編) に投稿中.
- 3) 嶋崎・藤田・松井・達, 生産研究, 52巻8号 (2000), 325-328.