

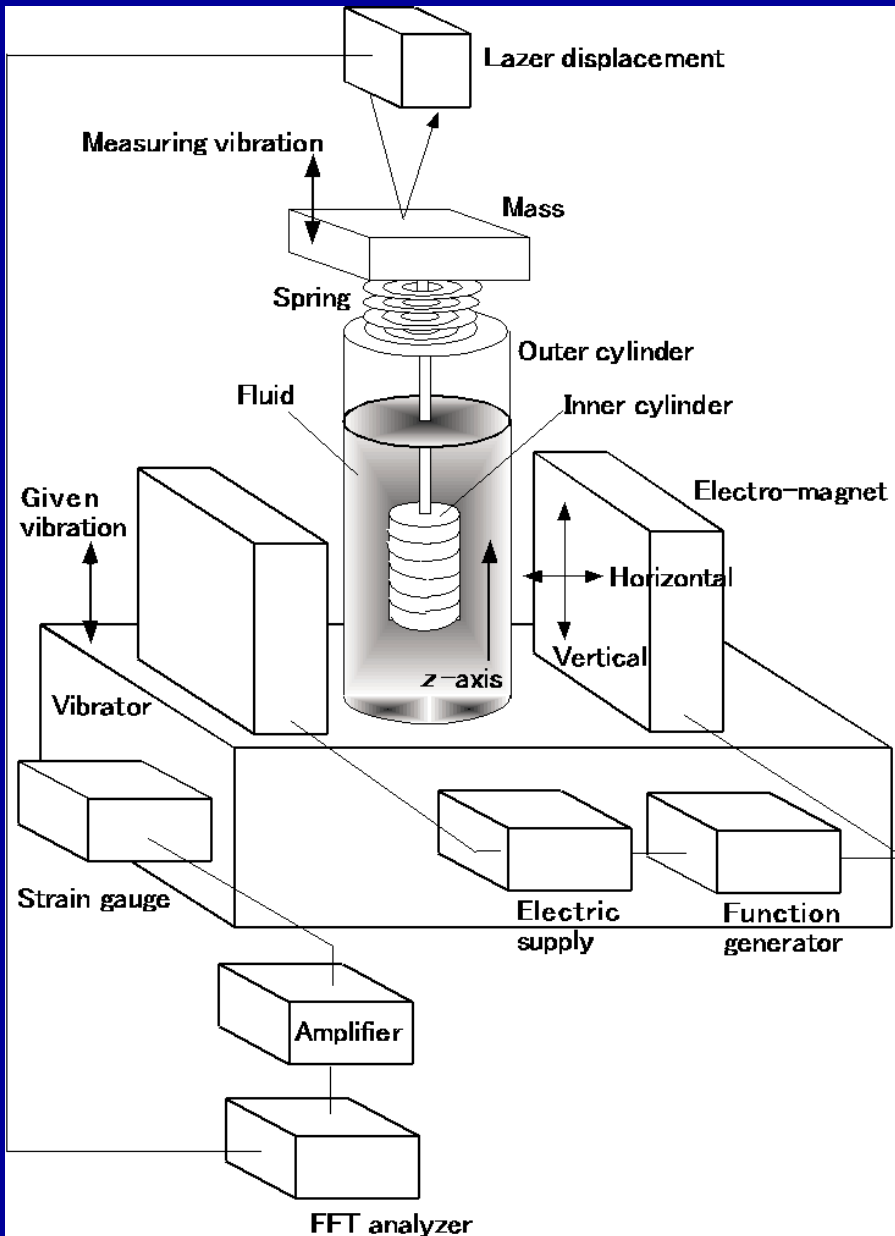
MCFダンパの開発研究

振動工学，建築学の研究



以下，概要を示す。

MCFダンパ試験装置



・1自由度系

・質量 m : 60.4g

・バネ定数 k : 56.8N/m

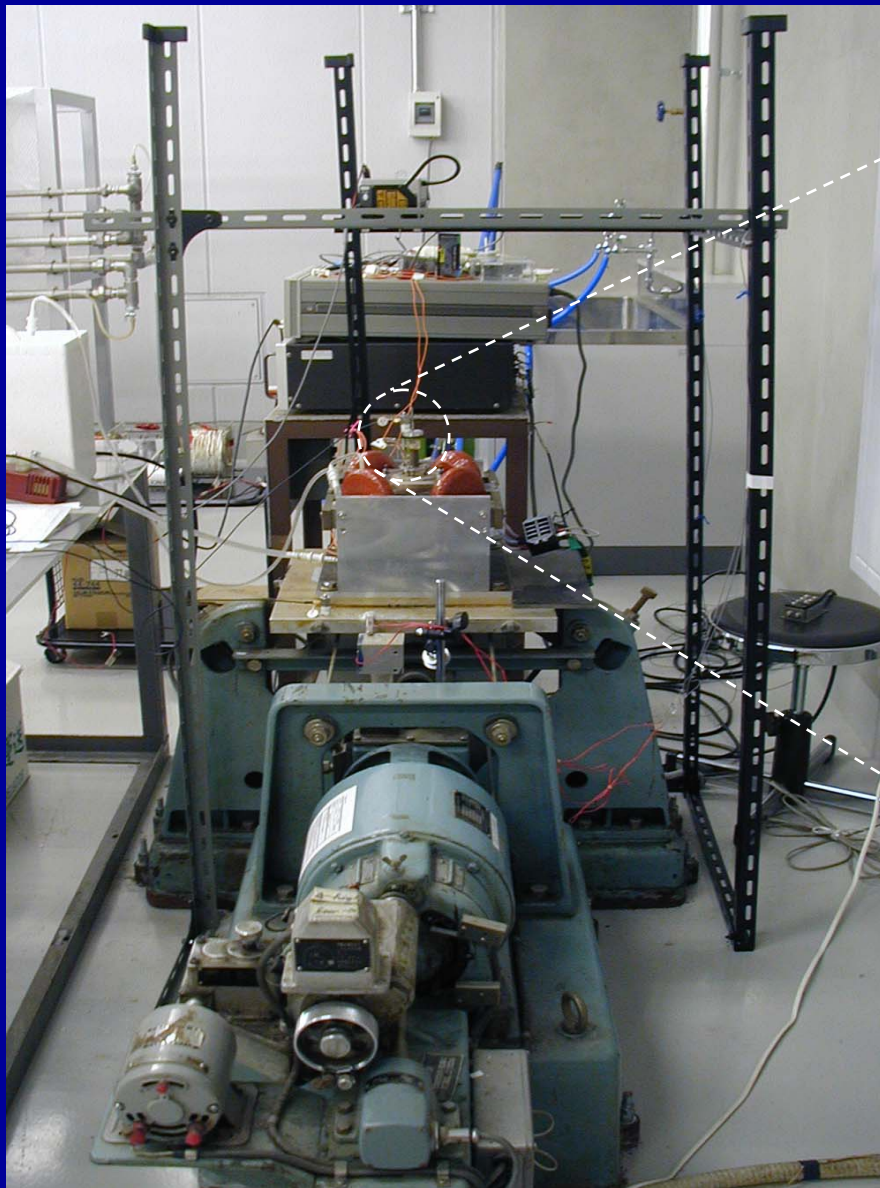
・与える振幅 z_0 : 8mm

・与える周波数

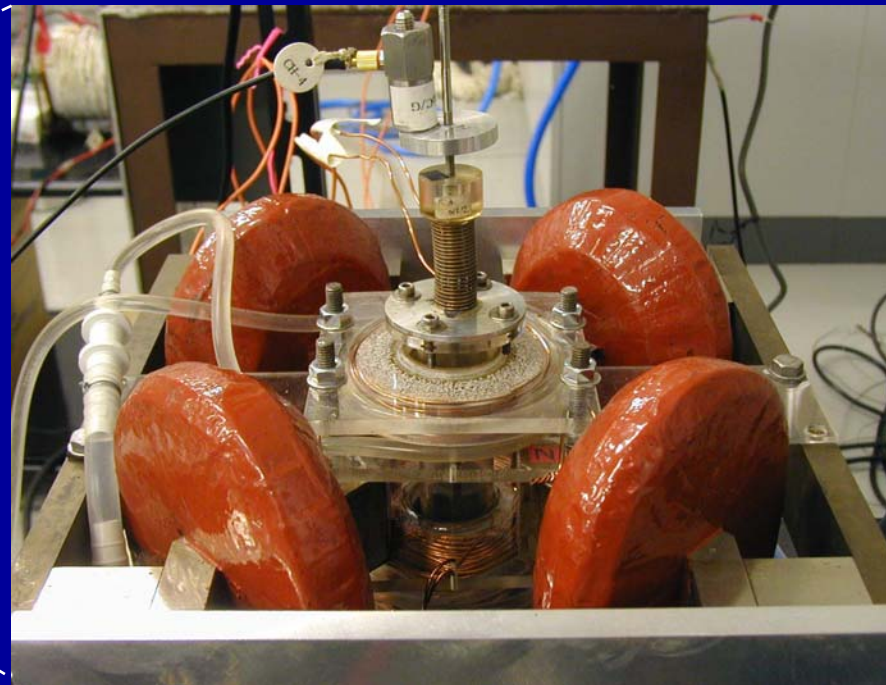
→ 建築における免振,
耐震への実用化

→ 低周波数(1~10Hz)

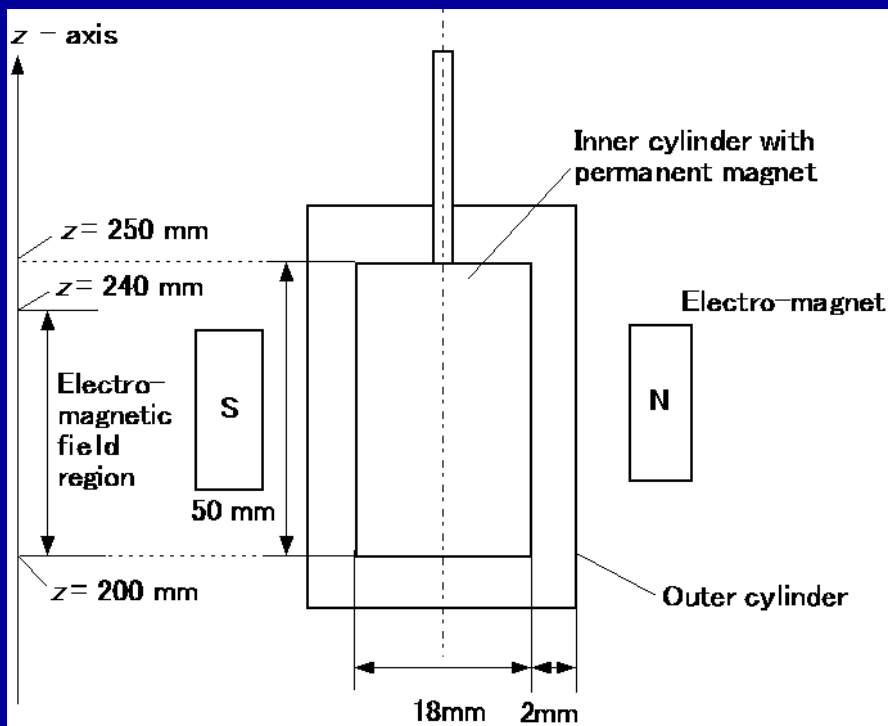
実際使用している実験装置



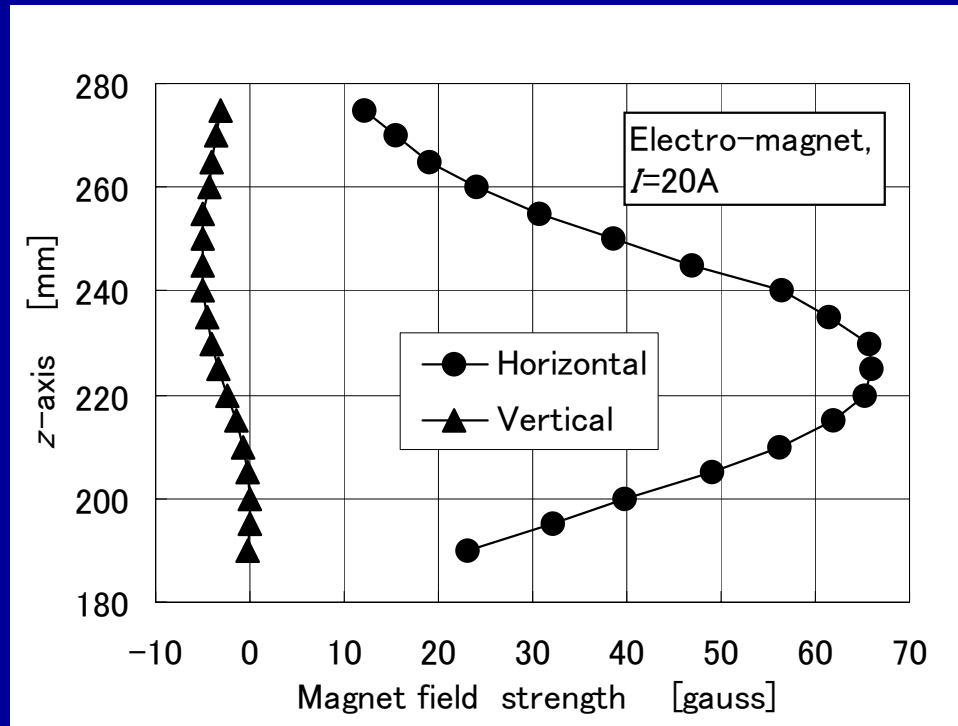
ダンパと電磁石部の拡大図



内筒詳細図



定常磁場磁場分布

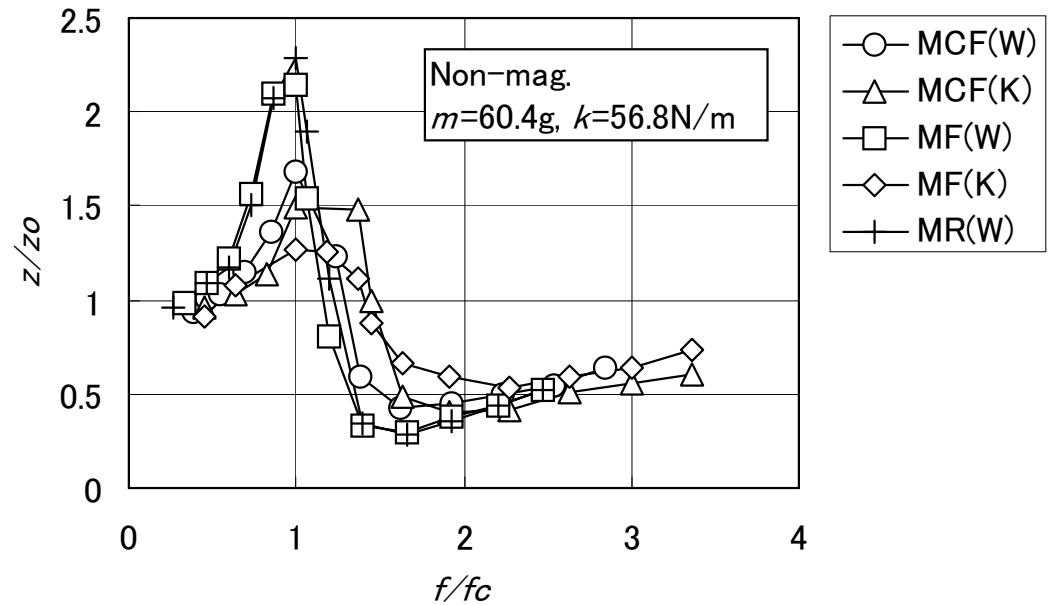


供試流体 → MCF(磁気混合流体), MR(MR流体), MF(磁性流体)

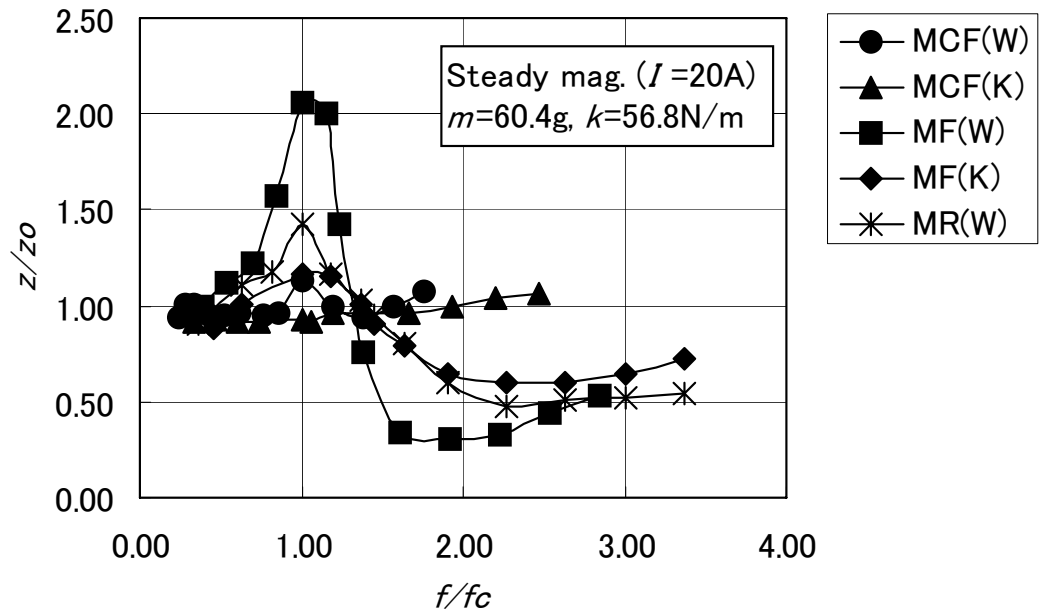
Testing fluid	Ingredient	Mass concentration	Density × 1000 [kg/m ³]
Kerosene base MCF :MCF(K)	<ul style="list-style-type: none"> ▪HQ: 80g ▪ kerosene base magnetic fluid(HC50, 20wt%): 54.96g ▪Kerosene: 62.4g 	<ul style="list-style-type: none"> ▪HQ: 40.5wt% ▪Fe₃O₄: 5.5wt% 	1.486
Water base MCF : MCF(W)	<ul style="list-style-type: none"> ▪HQ: 80g ▪water base magnetic fluid(W35, 35wt%): 117.36g ▪sodium oleate: 4g ▪water: 193.36g 	<ul style="list-style-type: none"> ▪HQ: 20.2wt% ▪Fe₃O₄: 10.4wt% 	1.11
Water base MR fluid:MR(W)	<ul style="list-style-type: none"> ▪HQ: 80g ▪sodium oleate: 4g ▪Water: 193.36g 	<ul style="list-style-type: none"> ▪HQ: 40.5wt% 	1.26
Kerosene base magnetic fluid : MF(K)	<ul style="list-style-type: none"> ▪HC50(20wt%): 54.96g ▪Kerosene: 70.4g 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Fe₃O₄: 8.76wt% 	0.847
Water base magnetic fluid:MF(W)	<ul style="list-style-type: none"> ▪W35(35wt%): 117.36g ▪water: 142.4g 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Fe₃O₄: 15.8wt% 	1.07

振幅の周波数特性

無磁場 →



定常磁場 →



共振時におけるdamping ratio

$$\frac{[(z/z_0)_{non-mag.} - (z/z_0)_{mag.}]}{(z/z_0)_{non-mag.}}$$

Testing fluid	Damping ratio
MCF (K)	37.5%
MCF (W)	32.7%
MR (W)	37.9%
MF (K)	8.6%
MF(W)	3.7%

ダンパーの理論式

$$\frac{d^2}{dt^2}(m z_p - m_b z_c) + k(z_p - z_c) + C \frac{d}{dt}(z_p - z_c) + m_a \frac{d^2}{dt^2}(z_p - z_c) = 0$$

m : 質量

m_a : 付加質量

m_b : ピストンの体積 × 流体の密度

z_p : ピストンの振動変位 ($= z \sin(\omega t - \phi)$)

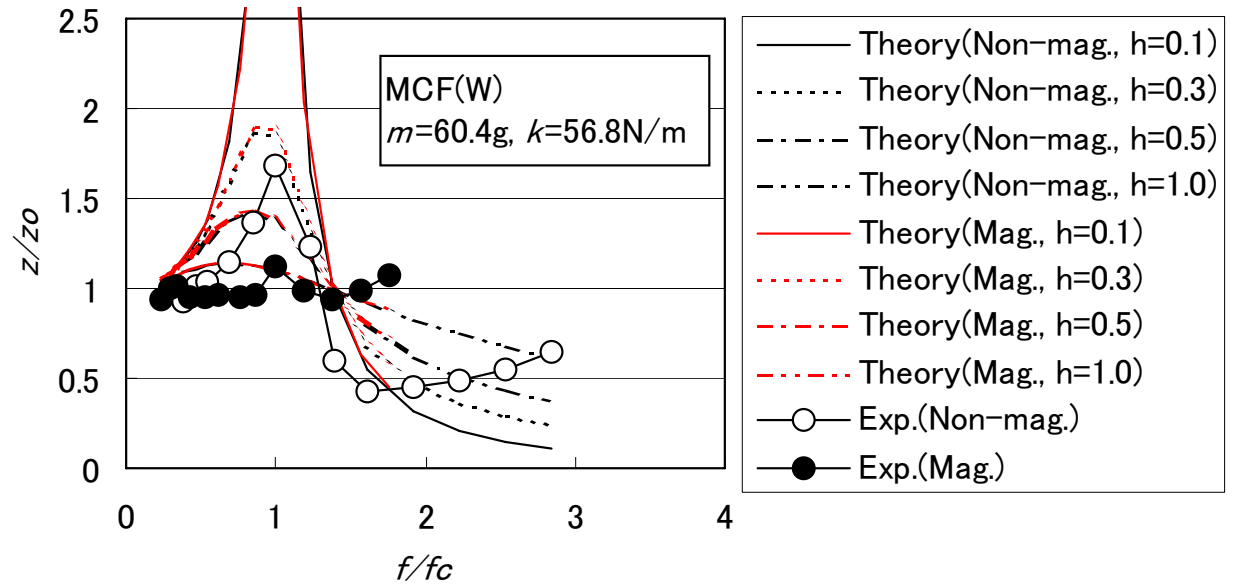
z_c : 加振機の振動変位 ($= z_0 \sin(\omega t)$)

k : バネ定数

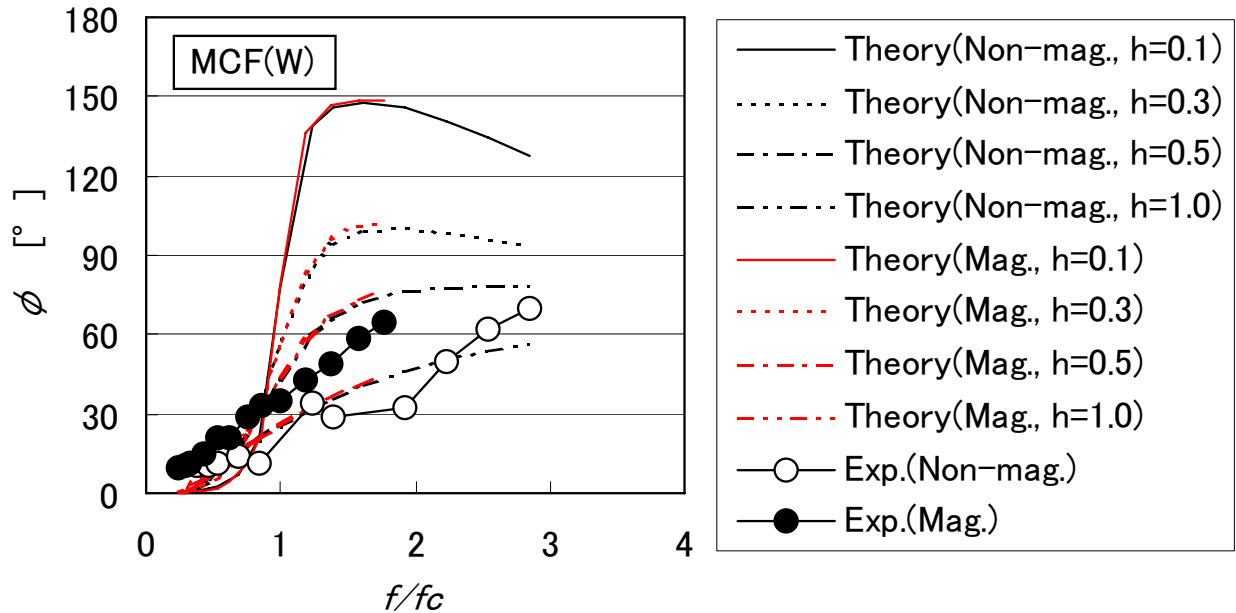
C : 粘性減衰係数

理論結果と比較

振幅 →

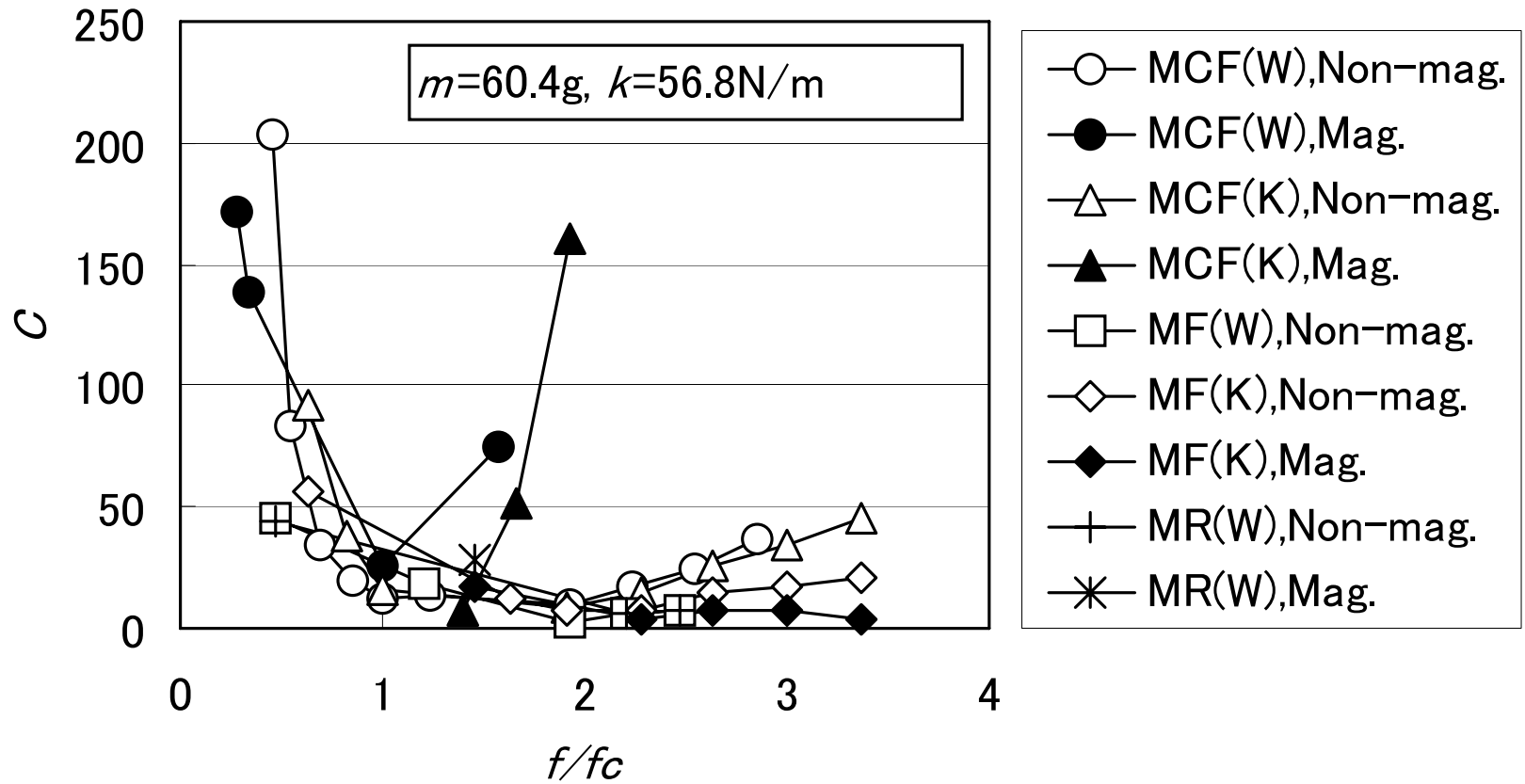


位相差 →



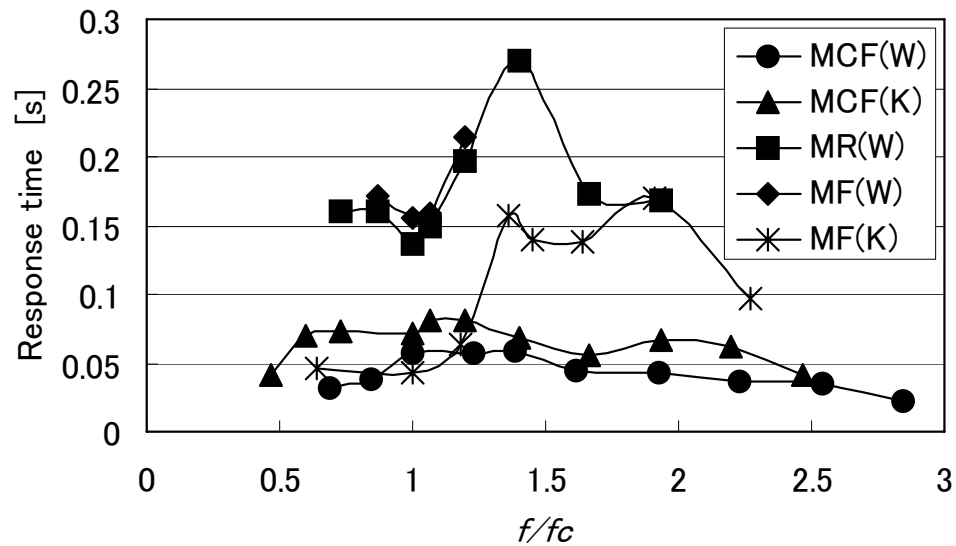
$$\lambda_2 = \frac{C}{2\sqrt{k(m + m_a)}}$$

理論式と実験結果から求めた粘性減衰係数 C

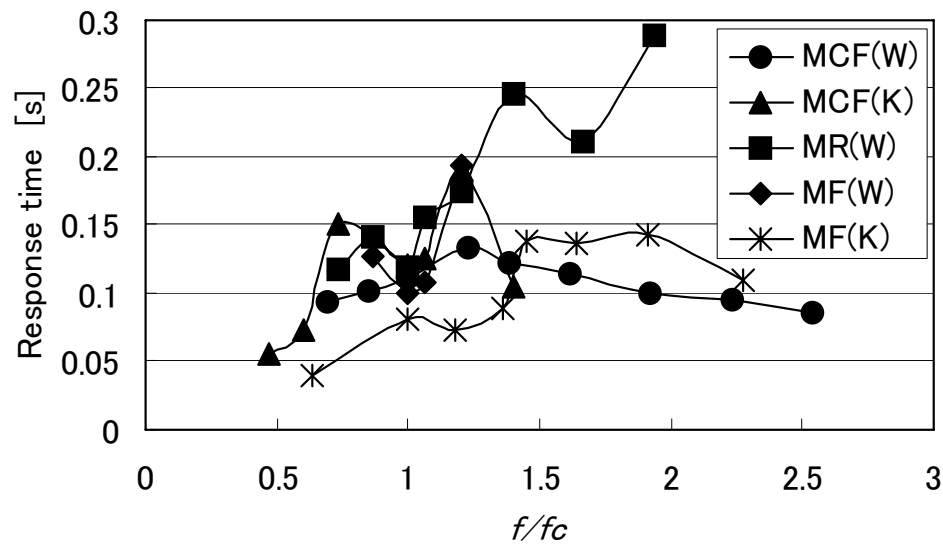


応答時間

磁場印加時 →

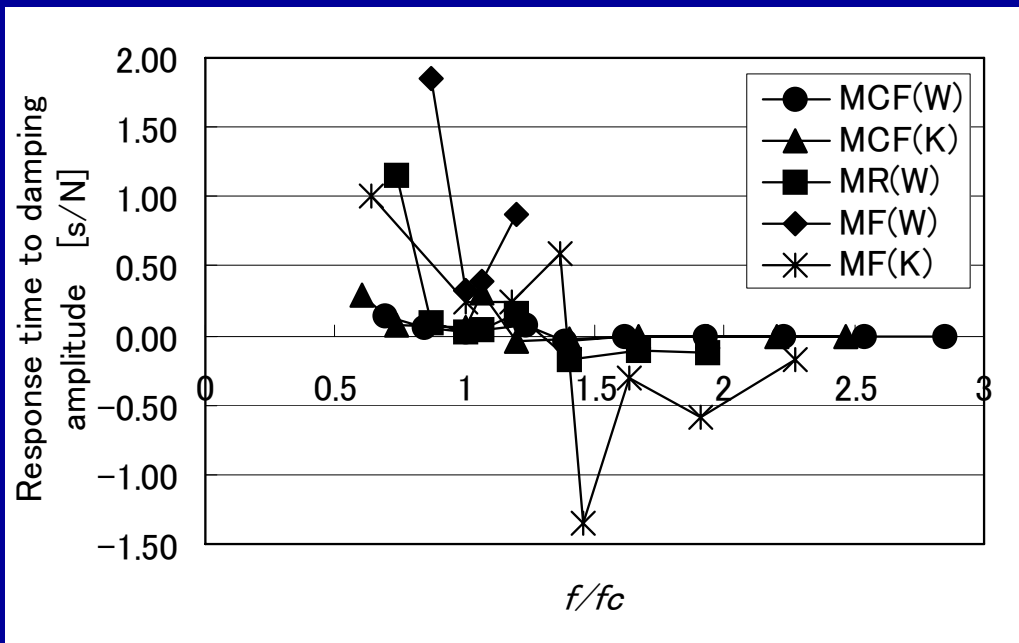


磁場除去時 →

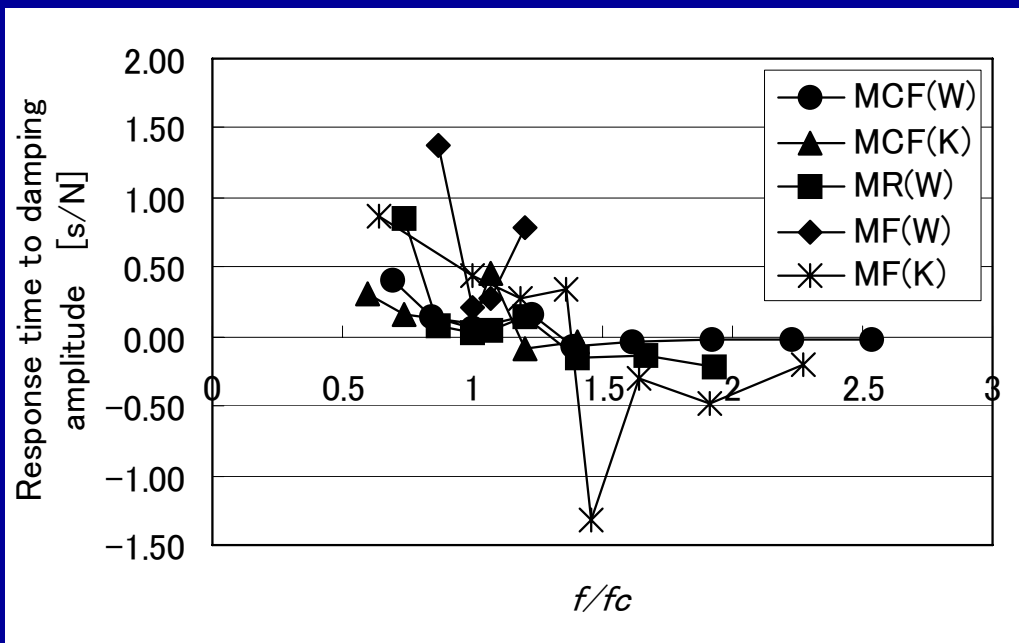


ダンピング効果を一定にしたときの応答時間

磁場印加時 →

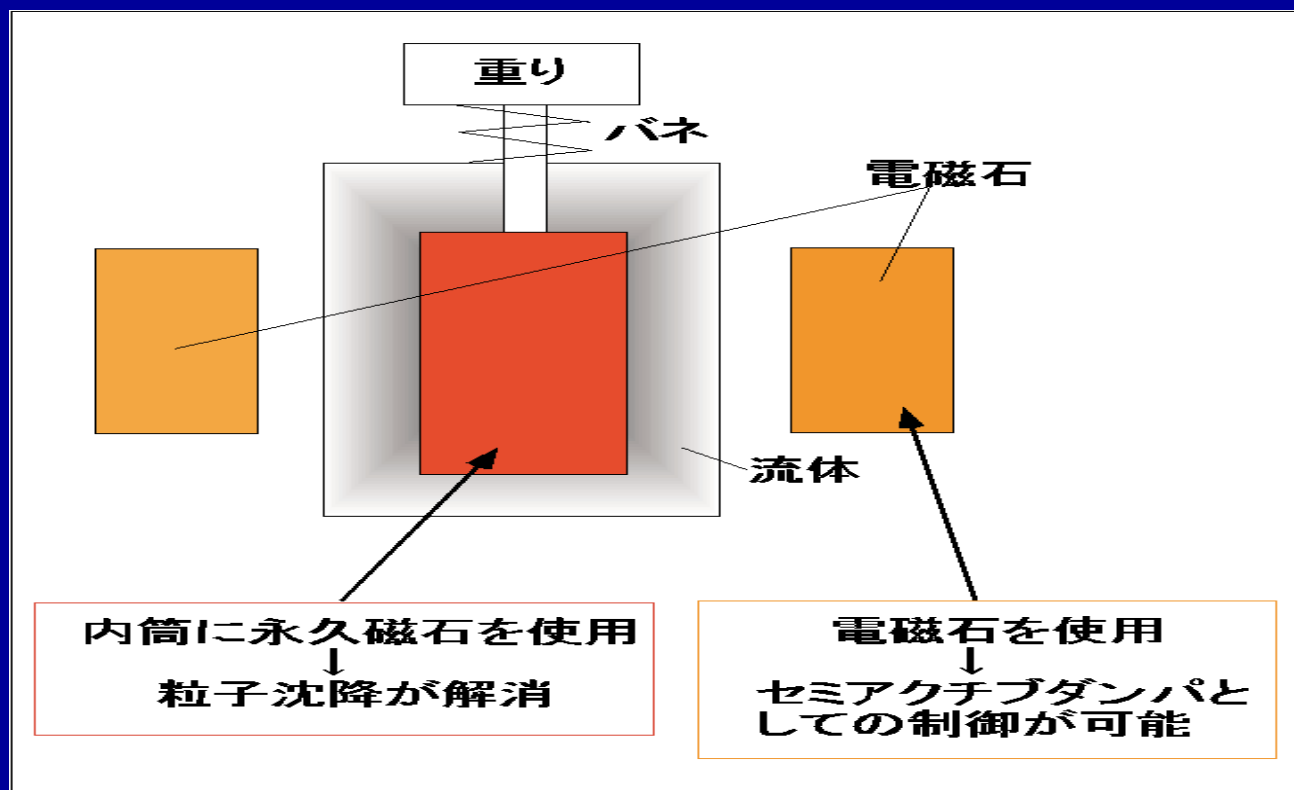


磁場除去時 →

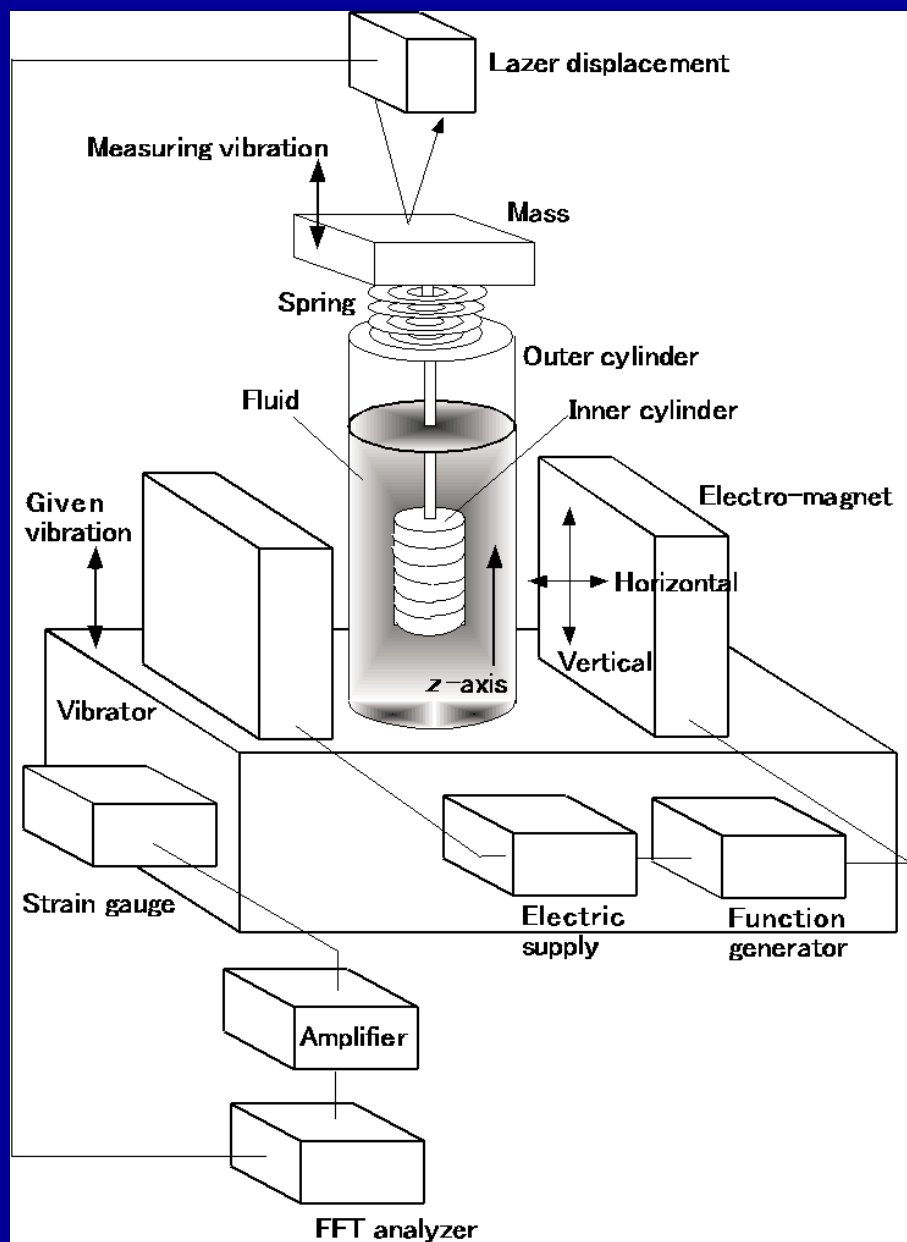


新しいダンパの開発 → 粒子無沈降型ダンパ

- ・どんなコロイド系流体を使用しても粒子が沈降しない
 - 内筒に永久磁石を使用
- ・セミアクチブダンパとしての制御が可能
 - 外部から電磁石を印加



粒子無沈降型ダンパ試験装置



・1自由度系

・質量 m : 108.8g

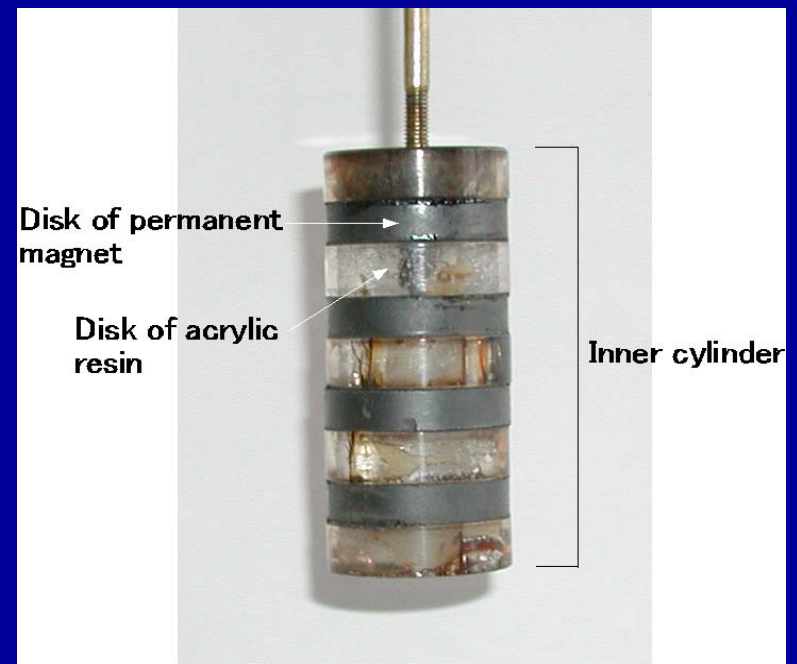
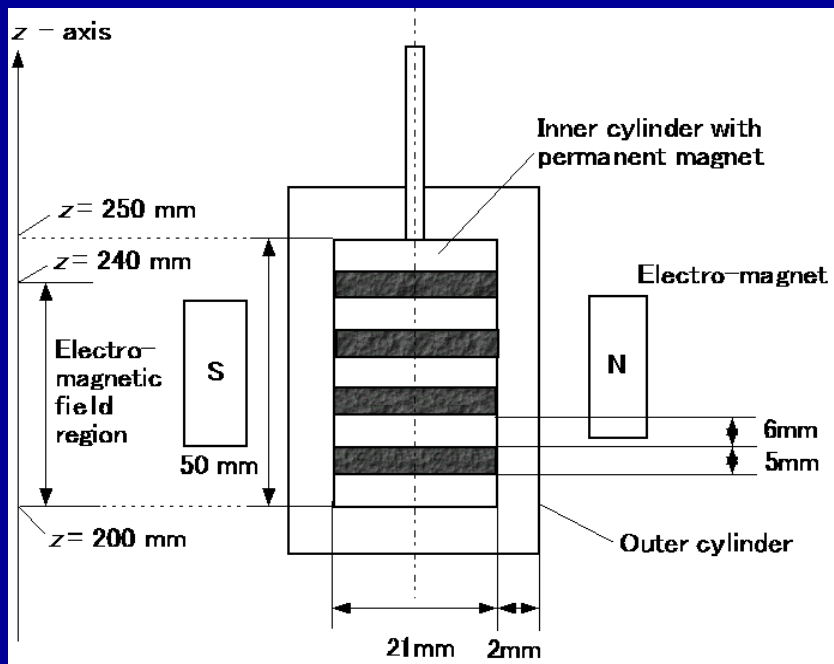
・バネ定数 k : 171.0N/m

・与える振幅 z_0 : 8mm

・与える周波数

→ 建築における免振,
耐震への実用化

→ 低周波数(1~10Hz)

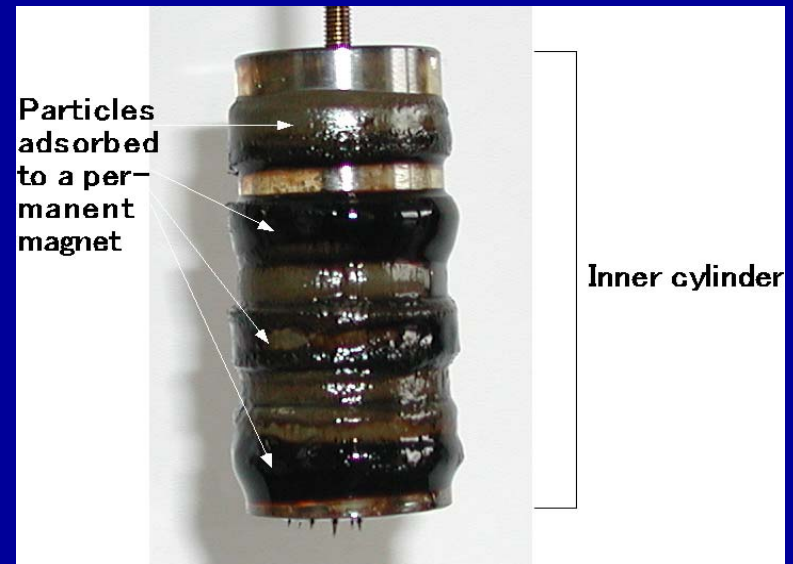


流体無し

内筒詳細図



永久磁石とアクリルの層構造



流体有り

磁場分布

永久磁石による磁場

+

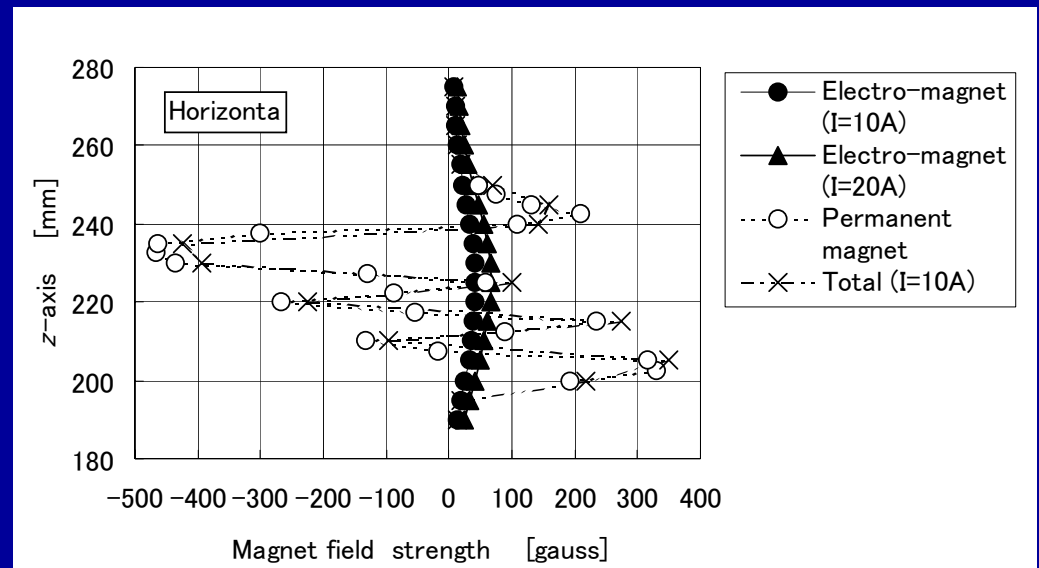
電磁石による磁場

- 定常磁場 ($I=10A$)

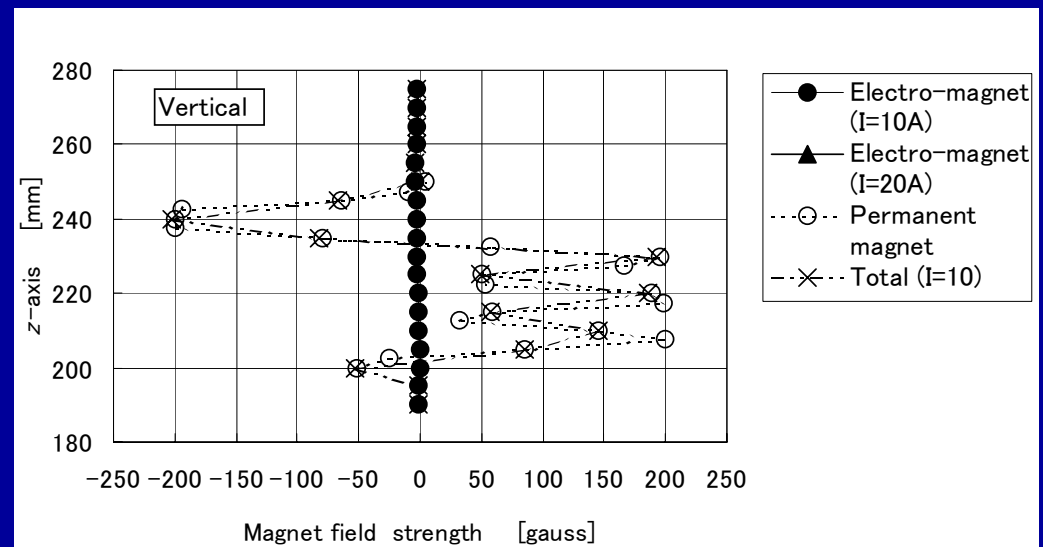
- 変動磁場

(振幅: $I=10A$,

周波数: $50Hz$)



水平線方向



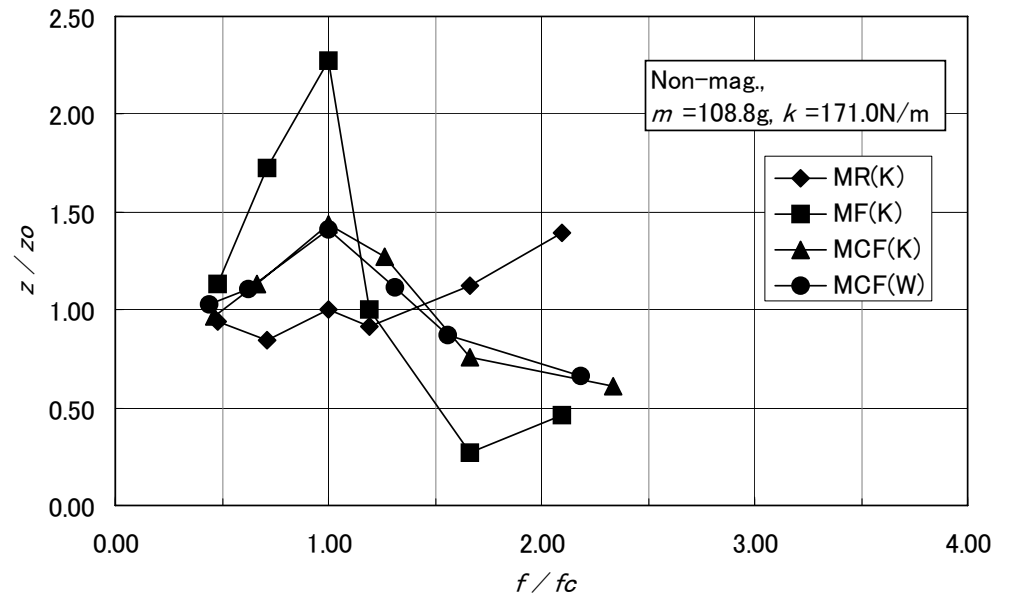
鉛直方向

供試流体 → MCF(磁気混合流体), MR(MR流体), MF(磁性流体)

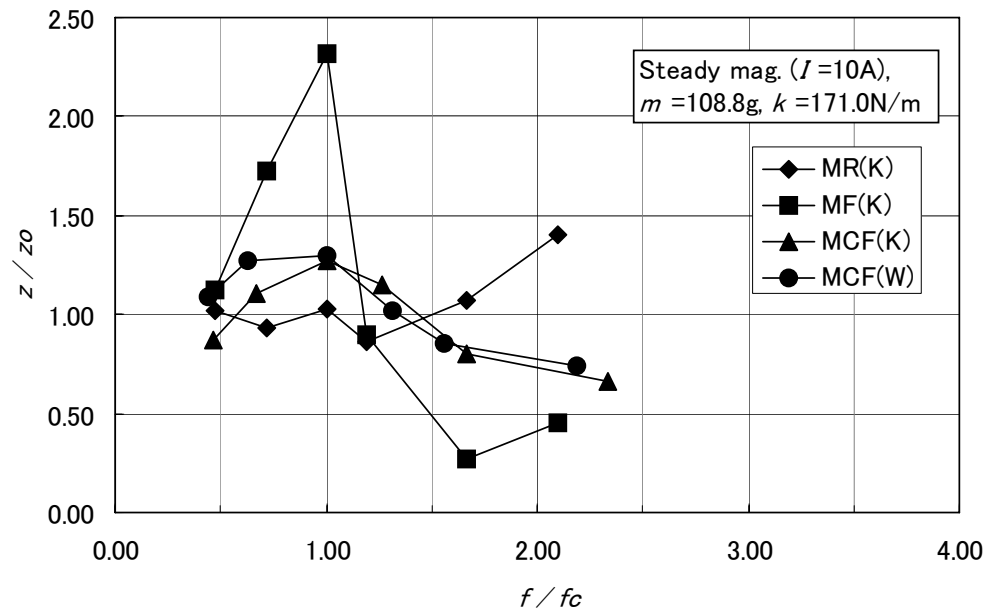
供試流体名	混合物	粒子の質量濃度	密度 × 1000 [kg/m ³]
ケロシンベース MCF: MCF(K)	<ul style="list-style-type: none"> ・カルボニル鉄粉(HQ, 直径約1.2 μm): 8g ・ケロシンベース磁性流体(HC50, 20wt%): 54.96g ・ケロシン: 62.4g 	<ul style="list-style-type: none"> ・HQ: 6.38wt% ・マグネタイト(Fe₃O₄, 直径10nm): 8.76wt% 	1.048
水ベース MCF : MCF(W)	<ul style="list-style-type: none"> ・HQ: 8g ・水ベース磁性流体(W35, 35wt%): 32.32g ・オレイン酸ナトリウム: 0.2g ・水: 84.84g 	<ul style="list-style-type: none"> ・HQ: 6.38wt% ・Fe₃O₄: 8.76wt% 	1.13
ケロシンベースMR 流体: MR(K)	<ul style="list-style-type: none"> ・HQ: 8g ・ケロシン: 117.36g 	<ul style="list-style-type: none"> ・HQ: 6.38wt% 	0.788
ケロシンベース磁 性流体: MF(K)	<ul style="list-style-type: none"> ・HC50(20wt%): 54.96g ・ケロシン: 70.4g 	<ul style="list-style-type: none"> ・Fe₃O₄: 8.76wt% 	0.847

振幅の周波数特性 (定常磁場の場合)

無磁場 →

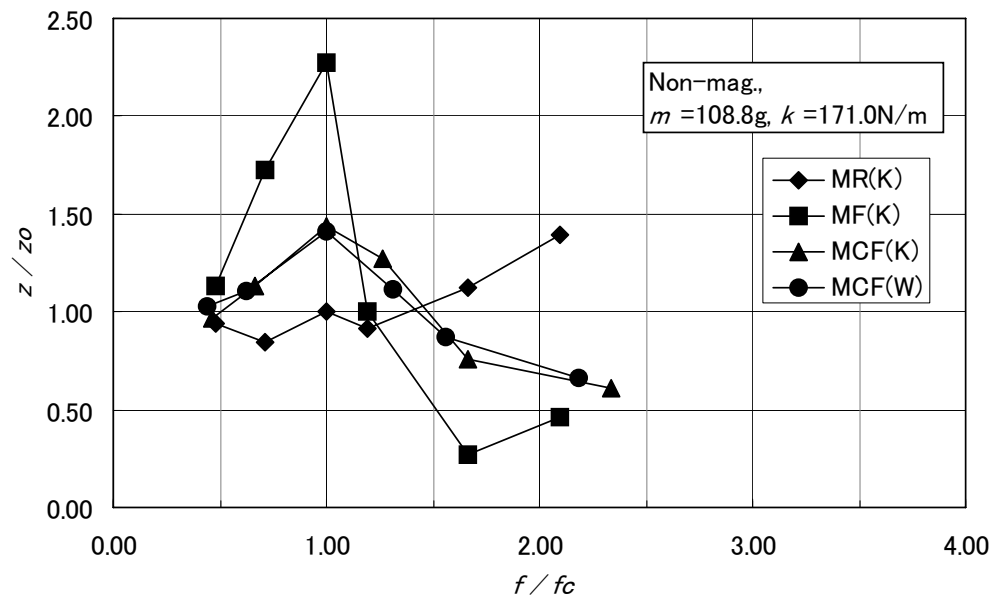


定常磁場 →

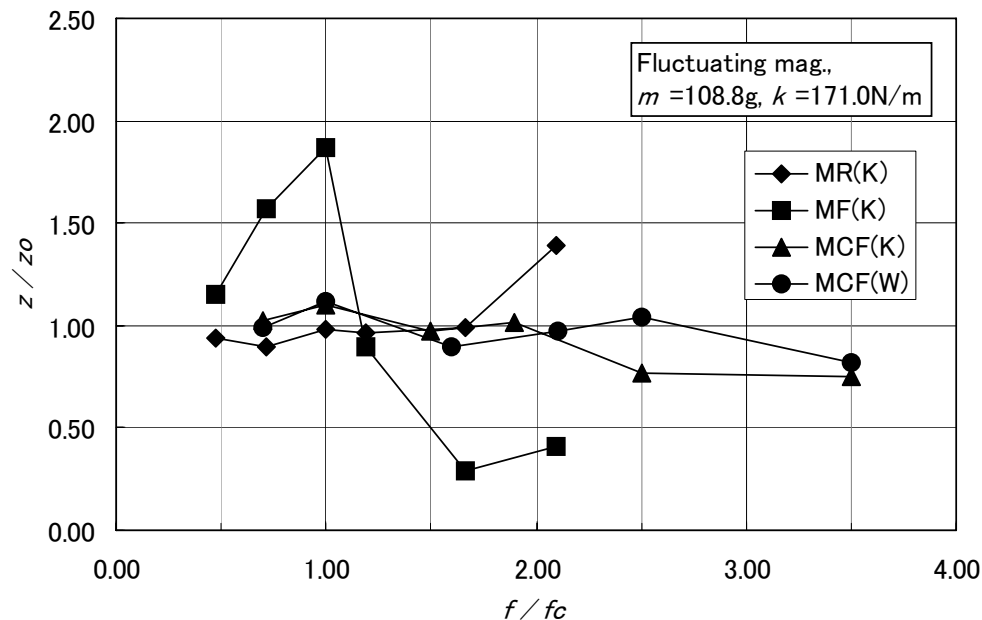


振幅の周波数特性 (変動磁場の場合)

無磁場 →



変動磁場 →



共振時におけるdamping ratio

$$\frac{[(z/z_{\sigma})_{non-mag.} - (z/z_{\sigma})_{mag.}]}{(z/z_{\sigma})_{non-mag.}}$$

供試流体名	定常磁場	変動磁場
MCF(K)	11.8%	23.6%
MCF(W)	7.8%	20.5%
MR(K)	-1.9%	2.9%
MF(K)	2.2%	17.6%

クラスターや粒子の

粒子無沈降型ダンパ内での振る舞い

外部磁場なしのとき →

定常磁場を印加したとき →

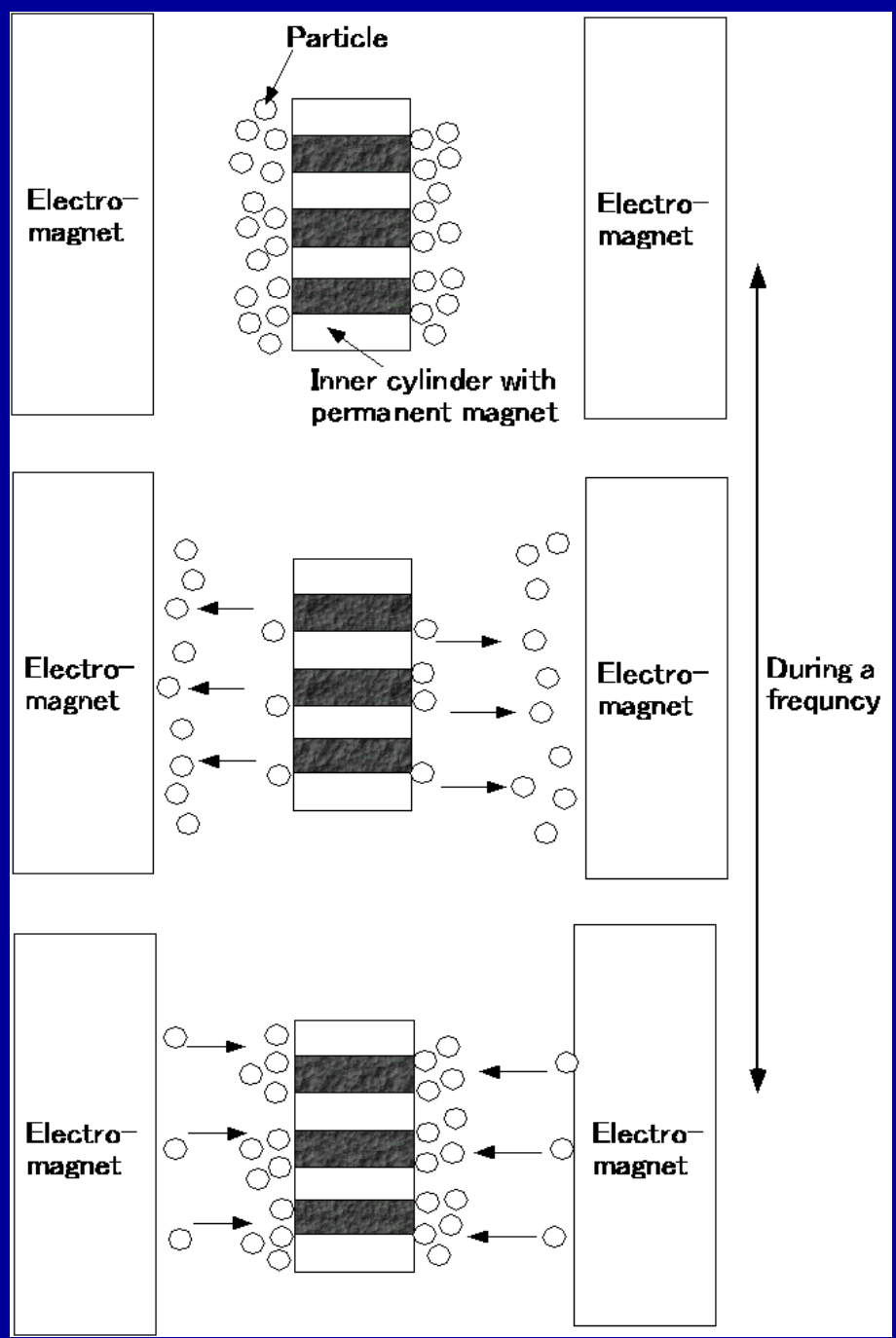
この状態と



下の状態の往復運動を

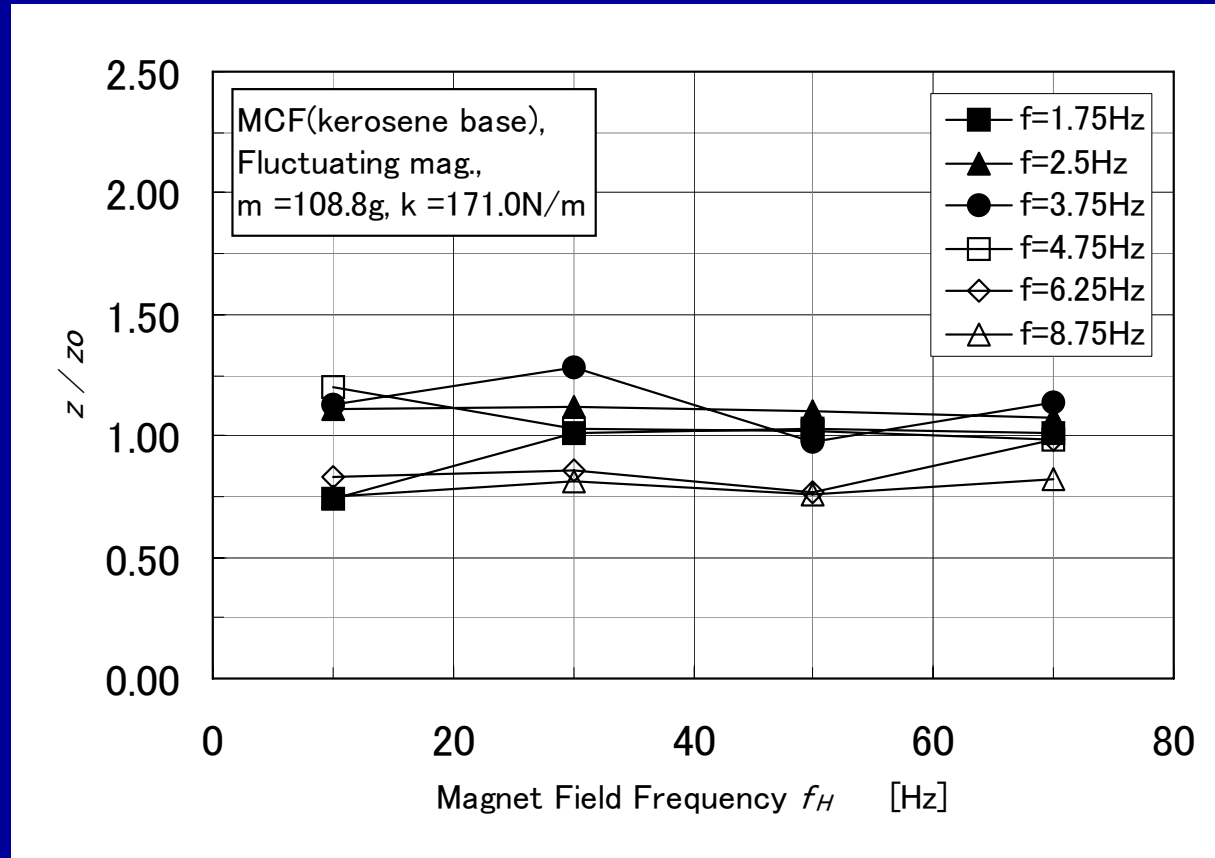
変動磁場を印加したとき →

起きる



粒子無沈降型ダンパにおける

外部印加変動磁場の周波数による振幅の変化



変化なし