

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-10-13 Tel: 03-3536-7283

特集：超電導産業機器技術の展開

「超電導免震装置の開発状況」

東北大学大学院

工学研究科 電気エネルギーシステム専攻

教授 津田 理

耐震・免震など多くの地震対策技術は、地震時の被害抑制に大きく貢献しているが、東北地方太平洋沖地震では、建物の倒壊や損傷などの被害を抑制できたものの、建物内部での被害は大きく、東北大学でも被害総額の四割以上が建物内部（研究設備等）に関するものであった。これに対し、これまでに、超電導体固有の電磁特性である“ピン止め効果”を利用した、超電導体と永久磁石で構成される磁気浮上型超電導免震装置を考案し、免震原理検証ならびに水平振動伝達特性評価を行ってきた。以下では、その後の進捗状況として、実用化に向けた大きな課題の一つである浮上力改善について検討した結果について述べる。

永久磁石とバルク体を用いた磁気浮上システムで発生する浮上力は、バルク体に鎖交する全方向の磁束密度の大きさと磁束密度勾配に依存するため、大きな浮上力を得るには、バルク体に鎖交する全方向の磁束密度と磁束密度勾配を大きくすることが有効である。しかし、超電導免震装置では、一方向（永久磁石長手方向）の磁束密度を一様とし、バルク体に復元力が働かない様にして水平方向の振動伝達を除去するため、磁束密度が一様となる方向の磁束密度や磁束密度勾配を浮上力として活用することができない。また、超電導免震装置を実用化する場合のバルク体冷却には、冷凍機による伝導冷却が不可欠となる。この場合、バルク体は真空層を有する低温容器内に収納されるため、永久磁石とバルク体間のギャップは大きくなる。そこで、永久磁石から離れた位置において大きな磁束密度および磁束密度勾配が得られる永久磁石形状・配置、ならびに、その永久磁石に対して効率よく浮上力が得られるバルク体形状・大きさについて検討した。その結果、1) 図1の様な永久磁石の同極同士を対向させて磁束密度を高める Halbach 配列が有効である、2) 免震対象物の重量に関わらずバルク体と永久磁石間の距離を一定に保ち、設置面積を有効に利用するには、図2の様な永久磁石を地盤に垂直に配置させる「ラジアル型」が有効である、3) Halbach 配列の中央にバルク体を永久磁石長手方向に並べて使用すると、浮上力を効果的に得るこ

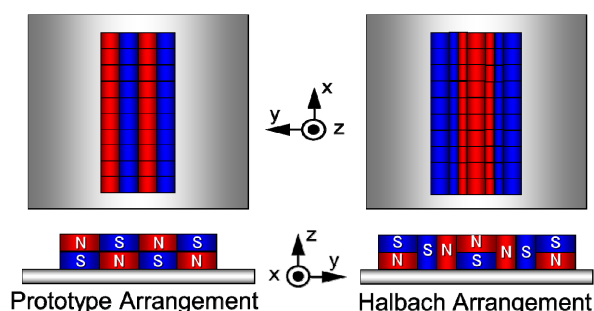


図1 超電導免震装置の浮上力改善用永久磁石配列

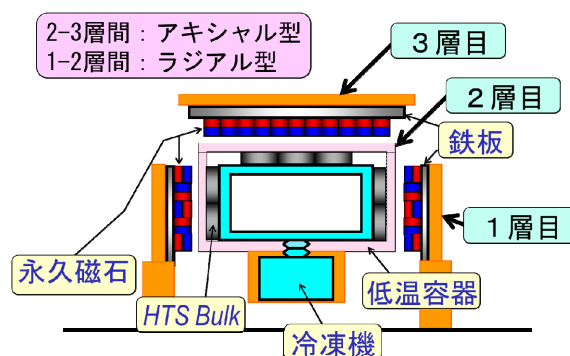


図2 永久磁石配列（アキシタル型とラジアル型）

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-10-13 Tel: 03-3536-7283

とができる、4) バルク体は、薄いほどバルク体単位体積当たりの浮上力（浮上力密度）が大きくなり、少量の厚いバルク体を並べて使用するより、多量の薄いバルク体を使用する方が効果的である、5) Halbach 配列を構成する永久磁石は、永久磁石の厚さを厚くするよりも、永久磁石数（面積）を増加させる方が浮上力改善に適している、6) 免震対象物の浮上安定性をバルク体と永久磁石間の磁気剛性で確保できる範囲であれば、永久磁石間の反発力を利用したハイブリッドシステムの採用により大きな浮上力改善を見込める、ことを明らかにした。現在は、静止時の浮上安定性の確保と水平振動に対する振動伝達率の抑制という、相反する条件を満足する静止浮上安定システムの研究開発を進めている。

参考文献：

1. M. Tsuda, *et al.*: “Dependence of Lateral Stiffness on Magnetic Field Distribution at Field-Cooling Process of HTS Bulk System”, IEEE Trans. on Applied Superconductivity 14 (2004) 948-951.
2. M. Tsuda, *et al.*: “Vibration Characteristics in Magnetic Levitation Type Seismic Isolation Device Composed of Multiple HTS Bulks and Permanent Magnets”, IEEE Trans. on Applied Superconductivity 17 (2007) 2059-2062.
3. M. Tsuda, *et al.*: “Improvement of Levitation Force Characteristics in Magnetic Levitation Type Seismic Isolation Device Composed of HTS Bulk and Permanent Magnet”, Journal of Physics 97-012104 (2008) 1-6.
4. S. Sasaki, *et al.*: “Suitable Shape and Arrangement of HTS Bulk and Permanent Magnet for Improving Levitation Force in a Magnetic Levitation Type Superconducting Seismic Isolation Device”, IEEE Trans. on Applied Superconductivity 20 (2010) 985-988.
5. S. Sasaki, *et al.*: “Stationary levitation and vibration transmission characteristic in a superconducting seismic isolation device with a permanent magnet system and a copper plate”, Physica C 470 (2010) 1791-1794.

[超電導 Web21 トップページ](#)