

柔軟鋼板の湾曲浮上制御 (浮上確率に関する基礎的考察)

米澤暉、丸森宏樹、成田正敬*、加藤英晃、長谷川真也、押野谷康雄
(東海大、*諏訪東京理科大)

Bending levitation control for flexible steel plate
(Fundamental consideration on levitation probability)

H.Yonezawa, H.Marumori, T.Narita*, H.Kato, S.Hasegawa, Y.Oshinoya
(Tokai Univ., * Tokyo Univ. Sci. Suwa)

はじめに

当研究グループは、切板の磁気浮上に関する検討を継続的に行っている¹⁾。薄鋼板を対象とする場合、鋼板を塑性変形しない範囲で曲げた状態で浮上させることを提案し、安定した浮上状態の実現を確認している²⁾。しかし、制御理論の違いが浮上のしやすさに及ぼす影響に関して十分な検討が行われていない。そこで、本報告では異なる制御理論に対する浮上確率について比較検討するために、0.30mm 鋼板を使用し湾曲浮上実験を行なった。

浮上実験

Fig.1 に装置の概略図、Fig.2 に制御システムを示す。浮上対象は長さ 800mm、幅 600mm、厚さ 0.30mm の長方形重鉛めっき鋼板とする。鋼板を 5 箇所電磁石により非接触支持するために、鋼板の変位を 5 個の渦電流式非接触変位センサにより検出する。さらに、電磁石コイル電流を検出する。ここで、鋼板の自然たわみ角は中央で支持しない鋼板を両端突出梁とみなし、重力による分布荷重が作用したときの支持点のたわみ角と定義する。本報告で扱う 0.30mm 鋼板における自然たわみ角は 6.9° である。また、浮上制御に最適制御理論、スライディングモード制御理論を適用し、鋼板を浮上させた際の浮上確率の測定を行った。浮上確率は鋼板の浮上が 30 秒間続いたものを浮上成功とし、50 回の浮上実験のうち浮上が成功した回数を百分率により算出した。

まとめ

Fig.3 に電磁石角度に対する浮上確率の結果を示す。実験結果より、自然たわみ角を超えた角度における浮上においてもスライディングモード制御を適用することにより、高い浮上性能を示した。

参考文献

- 1) 押野谷他, 日本機械学会論文集 C 編, 62-95 (1996), 127-133.
- 2) 中村他, 第 15 回 MAGDA コンファレンス講演論文集, (2006), 417-418.

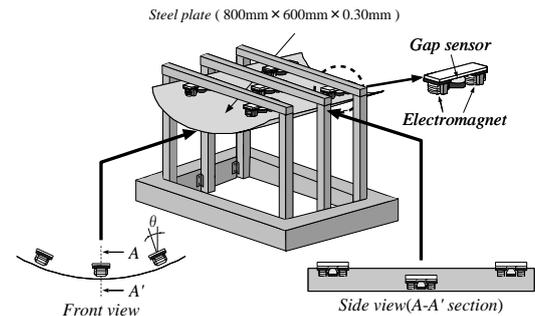


Fig. 1 Schematic illustration of experimental apparatus

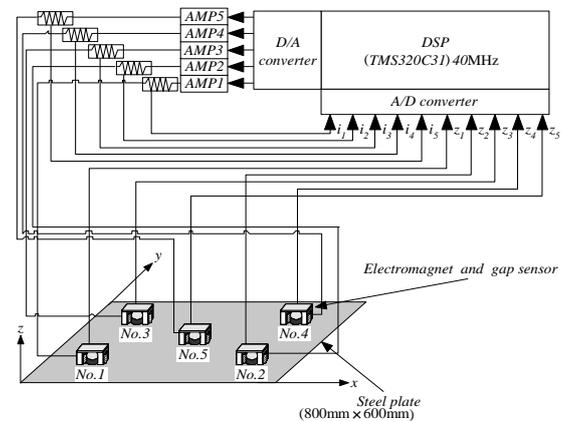


Fig. 2 Electromagnetic levitation control system

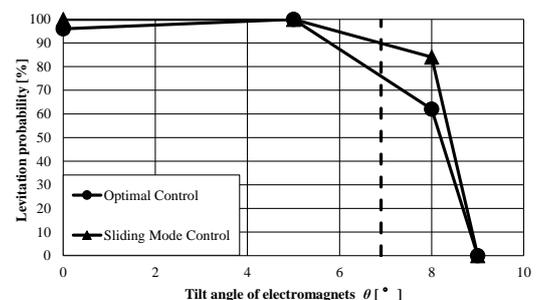


Fig. 3 Experimental result of levitation probability

柔軟鋼板の湾曲浮上制御 (外乱入力時の浮上安定性に関する実験的検討)

丸森宏樹、米澤暉、成田正敬*、加藤英晃、長谷川真也、押野谷康雄
(東海大、*諏訪東京理科大)

Bending levitation control for flexible steel plate
(Experimental study on levitation stability under disturbance)

H.Marumori, H.Yonezawa, T.Narita*, H.Kato, S.Hasegawa, Y.Oshinoya
(Tokai Univ., *Tokyo Univ. Sci. Suwa)

はじめに

当研究グループは、切板の磁気浮上に関する検討を継続的に行っている¹⁾。薄鋼板を対象とする場合には、鋼板を曲げた状態で浮上させることを提案し²⁾、安定した浮上状態の実現を確認している³⁾。しかし、浮上中の薄鋼板に外乱を入力した検討はなされていない。そこで本報告では、外乱入力時の湾曲浮上性能について検討を行った。

制御実験

Fig.1 に制御システム、Fig.2 に装置の概略図を示す。浮上対象は長さ 800mm、幅 600mm、厚さ 0.18mm の長方形亜鉛めっき鋼板とする。鋼板を 5 箇所の電磁石により非接触支持するために、鋼板の変位を 5 個の渦電流式非接触変位センサにより検出する。また検出した変位をデジタル微分により速度に変換する。さらに、電磁石コイル電流を測定用の外部抵抗より検出する。浮上制御に最適制御理論を適用し、鋼板を浮上させた際の変位標準偏差を測定した。入力外乱は、全ての電磁石ユニット (No. 1 ~ No. 5) に対して帯域制限したパワー一定のランダムノイズ (ノイズ電流の標準偏差 0.007A) を採用した。

まとめ

Fig.3 に外乱入力時の電磁石角度 0° 、 15° における浮上結果を示す。電磁石角度 15° では鋼板が安定した浮上状態を保つ事が確認でき、電磁石角度 0° よりも優れた浮上性能を有することを確認した。

参考文献

- 1) 押野谷, 小林, 丹野, 日本機械学会論文集 C 編, 62-95 (1996), 127-133.
- 2) 中村, 長谷川, 押野谷, 石橋, 粕谷, 第 15 回 MAGDA コンファレンス講演論文集, (2006), 417-418.
- 3) 丸森, 成田, 長谷川, 押野谷, 第 37 回日本磁気学会学術講演概要集, (2013), 71.

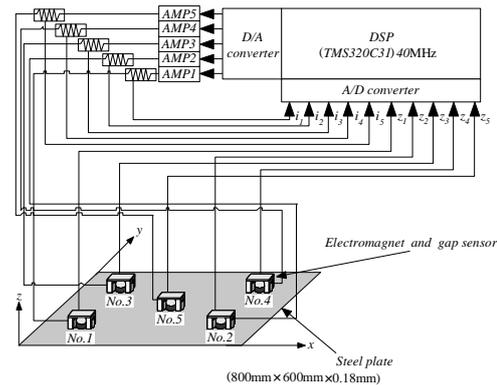


Fig. 1 Electromagnetic levitation control system

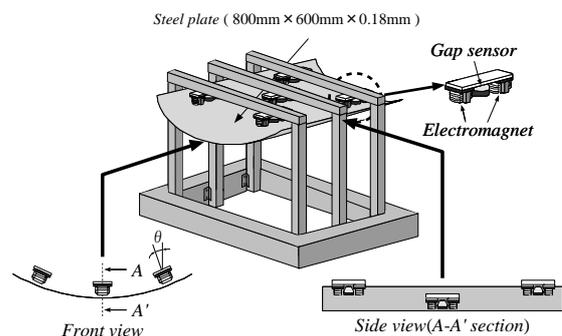
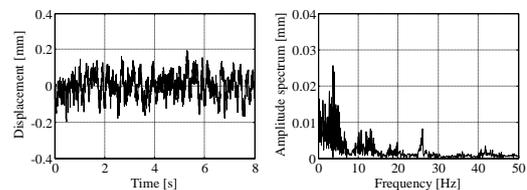
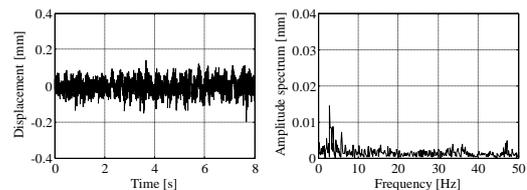


Fig. 2 Schematic illustration of experimental apparatus



(a) Tilt angle of electromagnets $\theta = 0^\circ$



(b) Tilt angle of electromagnets $\theta = 15^\circ$

Fig. 3 Standard deviation of displacements and amplitude spectrums

水平方向からの磁場が磁気浮上鋼板に与える影響 (FDM を用いたたわみの評価)

栗原岳、成田正敬*、加藤英晃、長谷川真也、押野谷康雄
(東海大、*諏訪東京理科大)

Effect of a magnetic field from the horizontal direction on a magnetically levitated steel plate
(Evaluation of deflection using the FDM)

T.Kurihara, T.Narita*, H.Kato, S.Hasegawa, Y.Oshinoya
(Tokai Univ., *Tokyo Univ. Sci. Suwa)

はじめに

薄鋼板の製造工程において、ローラーと鋼板が接触することにより表面品質の劣化が問題点として挙げられるが、その解決策として電磁力による鋼板の浮上・搬送制御が考えられている^{1,2,3}。これまでに電磁石によって水平方向から浮上中の鋼板形状を差分法により導出し、エッジに印加した磁場に関する鋼板のたわみ抑制効果について検討している⁴。しかし、電磁石の定常電流値を変化させた際については未だ詳細な検討が行えていない。そこで本報告では、定常電流値を変化させた際の浮上中の鋼板に発生するたわみ量に関する評価について検討を行った。

制御システムおよび解析方法

磁気浮上システムの概略を Fig.1 に示す。浮上対象は長さ 800mm、幅 600mm、厚さ 0.24mm の長方形垂鉛めっき鋼板 (材質 SS400) とする。電磁場解析を行い鋼板に印加される吸引力分布を算出し、水平方向から磁場が印加された浮上中の鋼板形状を差分法により導出し、得られた鋼板形状の平均たわみ量 J_z と評価値 J を式(1)のように定義した。

$$J_z = \frac{\sum_{i=1}^N |z_i|}{N}, \quad J = \frac{J_z}{J_{z0}} \quad (1)$$

まとめ

Fig.2 に電磁石定常電流値と評価値 J の解析結果を示す。評価値 J は 1 から低い値をとるほど水平方向から磁場を印加することにより鋼板の形状が平坦に改善されていることを示す。解析結果より電流値を上げていくに伴い、評価値が減少する傾向が見られた。また、電流値を 0.025A 加えた際に評価値 (たわみ量) が急激に低下することも確認できた。このことから、シミュレーションにより水平方向からの磁場を強くすることで薄鋼板の浮上安定性が向上することが確認できた。

参考文献

- 1) 川田, 森井, 片山, 高橋, 第 2 回電磁力関連のダイナミックスシンポジウム, (1990), 59-62.
- 2) 押野谷, 下郷, 日本機械学会論文集(C編), Vol. 56, No.531(1990), 2911-2918
- 3) 押野谷, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, (1996), 1277-1278
- 4) 成田他, 第 22 回 MAGDA コンファレンス講演論文集, (2013), 71-72.

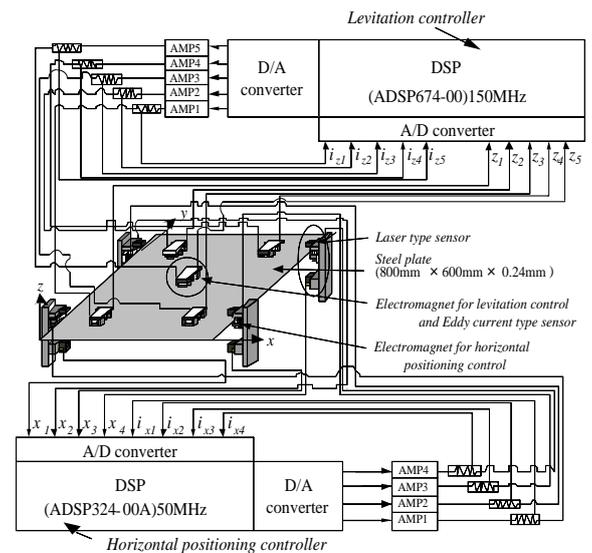


Fig. 1 Electromagnetic levitation control system

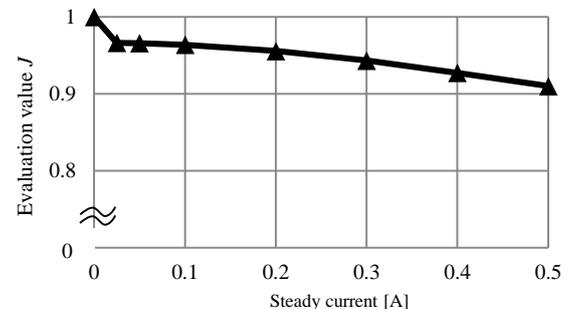


Fig. 2 Relationship of the evaluation value and steady current

水平方向からの磁場を用いた 柔軟鋼板の磁気浮上装置に関する基礎的検討

成田正敬、大塚友貴、大島政英、押野谷康雄*
(諏訪東京理科大、*東海大)

Fundamental consideration on electromagnetic levitation system for flexible steel plate
using magnetic field from horizontal direction
T. Narita, Y. Ootsuka, M. Ooshima, Y. Oshinoya
(Tokyo Univ. Sci. Suwa, *Tokai Univ.)

緒言

薄鋼板は各種工業製品に広く用いられているが、搬送工程におけるローラの接触によるメッキの不良や表面品質の劣化が生じている。この問題の解決方法として、電磁力による鋼板の非接触搬送が考えられている^{1,2)}。著者らは支持方向だけでなく水平方向に電磁石を設置し、位置決め制御を行うことで浮上安定性が向上することを確認している³⁾。本報告ではこの水平方向の磁場のみを用いて浮上制御を行う磁気浮上装置を検討する。しかしこれまでの報告では鋼板は電磁石コアの中心付近で制御され、鉛直方向にほぼ変位しないとして検討を行っており、コアの中心から大きく変位した際に鋼板に加わる吸引力について詳細な検討は行われていない。そこで電磁石中心から鋼板が大きく変位した際に、水平方向からの磁場によって鋼板に加わる吸引力特性について電磁界解析を行い、得られた解析結果について検討を行った。

水平方向から磁場を加えた際の電磁界解析

幅 50mm、長さ 400mm、板厚 0.3mm の薄鋼板(SS400)が浮上し、水平方向は電磁石の E 型フェライトコア表面から 5mm の位置で制御されているとする。コア中心から鋼板中心までの鉛直方向の変位 z を 2mm から中央凸部のエッジの高さである 8mm まで変化させた際に、鋼板に発生する鉛直方向の吸引力 F_z について、FEM による電磁界解析を行った。 $z = 8\text{mm}$ とした時の解析モデルを Fig.1 に示す。なお電磁石に流す定常電流 I_x は 0.1A から 2.0A まで 0.1A 刻みで変化させた。

解析結果から得られた定常電流 I_x と鉛直方向の吸引力 F_z の関係を Fig.2 に示す。鉛直方向の変位に比例して吸引力 F_z が全体的に増加する傾向が得られた。なおこのモデルの鋼板重量は 0.23N であり、鉛直方向に変位させることにより鋼板の重量を支持できる吸引力が発生できることが解析的に得られた。

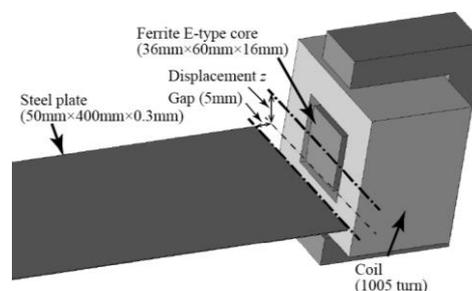


Fig.1 Analysis model ($z = 8\text{mm}$)

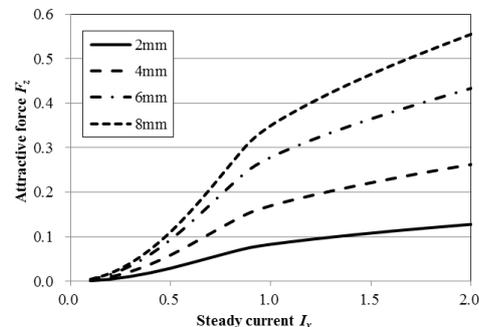


Fig.2 Analysis result

結言

水平方向から磁場を加えた際に鋼板に発生する吸引力について電磁界解析を用いて検討を行った。その結果、鉛直方向に変位させることで鋼板重量を支持できる吸引力を発生でき、水平方向からの磁場のみで鋼板を非接触支持する磁気浮上システムの実現の可能性を示した。今後は得られた解析結果を元に装置を製作し、浮上実験を行う予定である。

参考文献

- 1) 押野谷他, 日本機械学会論文集 C 編, 62-95, (1996), 127-133.
- 2) F. Kubota et al., Proceedings of IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE, (2013), 3439-3444.
- 3) 成田他, 第 22 回 MAGDA コンファレンス講演論文集, (2013), 71-72.

ボイスコイルモータを用いた超小型車両用シートの制御 (段差降下時の頸部負担低減に関する検討)

増野将大、石田勝樹、加藤英晃、長谷川真也、押野谷康雄
(東海大)

Active control of an ultra-compact vehicle seat with a voice coil motor
(Examination on reduction of cervix burden when fall from the bump)

M. Masahiro, M. Ishida, H. Kato, S. Hasegawa, Y. Oshinoya
(Tokai Univ.)

はじめに

近年、環境問題や高齢社会問題の影響から需要が高まっている超小型電気自動車 (Fig.1) の乗り心地を改善するため、当研究グループではアクチュエータにボイスコイルモータ (VCM) を使用したアクティブシートサスペンション (ASS) を提案している¹⁾。これまでに段差降下時において過渡的な振動を受けた際、ASS による乗員の頭部に受ける衝撃の低減効果について報告している²⁾。しかし、ASS を用いたシート制御により乗員の負担がどの程度軽減するかについての検討を行っていない。そこで本研究では歩車道境界の段差など過渡的な振動を受けた際、乗員の頭部を支える頸部の筋活動から評価を行い、頸部の負担低減効果について検討を行った。



Fig. 1 Ultra-compact electric vehicle

制御システムおよび実験方法

Fig.2 に ASS の制御システムを示す。制御に用いる座面の絶対変位、絶対速度は加速度ピックアップからの信号をコンピュータ内でデジタル積分することで検出している。さらに VCM に流れる電流を検出し、これらの観測量を用いて制御電圧をコンピュータで計算し、VCM を駆動して制御力を発生する。制御手法はこれまでと同様に最適制御を用いた。実験は歩車道境界の段差を想定した高さ 50mm の硬質ゴム板を用いて行った。走行中に乗員が予期せず外乱を受けた場合を想定し、乗員に段差を降下するタイミングは教示しないものとした。本研究では頭部を保持しようとする際に筋活動をする胸鎖乳突筋の表面筋電位の計測を行った。計測した筋電位より二乗平均平方根 (RMS) を算出した。

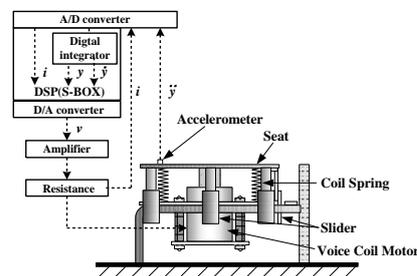


Fig. 2 ASS control system

実験結果

Fig.3 にシート変位の最大振幅値に対する頸部筋電位を未制御 (変位が 76mm のとき) と比較して示した。各プロットは供給エネルギーに対する負担低減効果について考察するために、シートの制御力を変化させて実験を行った結果である。シート最大変位が低減することで筋電位が低減していることが確認できる。未制御と比較して最高性能時 (変位が 49mm のとき) では筋電位は約 50% に低減した。以上によりシート変位を低減させることで頸部の負担低減を確認することができた。

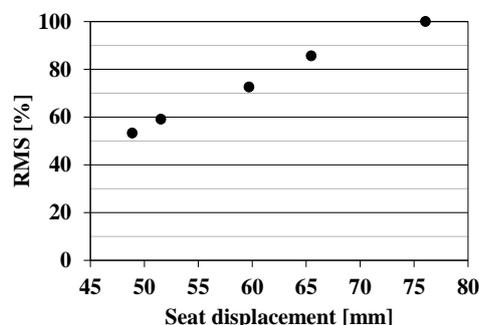


Fig. 3 Relation between seat displacement and RMS

参考文献

- 1) 阿部, 新井, 押野谷, 石橋, 日本機械学会年次大会講演会論文集, Vol.7, No.02-1, (2002), 175-176.
- 2) 石田, 須永, 蘭, 加藤, 長谷川, 押野谷, 第 37 回日本磁気学会学術講演概要集, (2013), 72.