

I-315

浮上式鉄道構造物の渦電流による磁気抗力と低磁性鋼材の使用範囲について

鉄道総合技術研究所 正員 村田 信之 正員 岡田 勝也
正員 佐藤 勉 正員 穴見 源八

1. はじめに

浮上式鉄道の走行抵抗は、空気抵抗（ D_a ），浮上コイルの磁気抗力（ D_m ），構造物の渦電流などによる抗力（ D_e ），誘導集電による抵抗（ D_i ），勾配抵抗などが考えられる。

ここでは、浮上式鉄道構造物の渦電流抗力についてコンクリート構造物（ラーメン高架橋上におけるビーム方式）の磁気抗力の計算を行い、構造物サイドで許容される抗力と低磁性鋼の使用部位について述べる。

また、低磁性鋼の使用範囲については既往の計算結果を基に暫定的にSCMの素線中心からの離れ1.5mを提案する。

2. 渦電流抗力解析（コンクリート構造物及びガイドウェイ）

(1) 磁気的特性

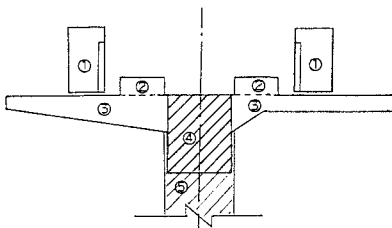
渦電流抗力の要因は、鋼材の比透磁率、電気導伝度に依存する。今回、計算に用いた鋼材の磁気的特性を表1に示す。なお、宮崎実験線における普通鉄筋のショートサンプルを用いた渦電流抗力の実測値と磁気特性の実測値（比透磁率 μ 、電気導伝度 γ :S/m）を使って計算した計算値を比較し、ほぼ妥当な結果が得られている。

表1 磁気特性

鋼材種別	比透磁率 μ	電気伝導度 γ
普通鋼材	180	4.85×10^6
低磁性鋼材	1.02	1.53×10^6

(2) 計算に用いた実構造物モデル

計算条件として、高架橋及びガイドウェイモデルにおいて、図1に示す普通鉄筋及び低磁性鉄筋の使用区分及び図2の配筋例により検討を行った。



- ①ビーム（鉄筋:低磁性鋼 PC鋼より線:普通鋼）
- ②走路路（低磁性鋼）
- ③スラブ（低磁性鋼）
- ④はり（普通鋼）
- ⑤柱（普通鋼）

図1 普通鋼材と低磁性鋼材の使用区分

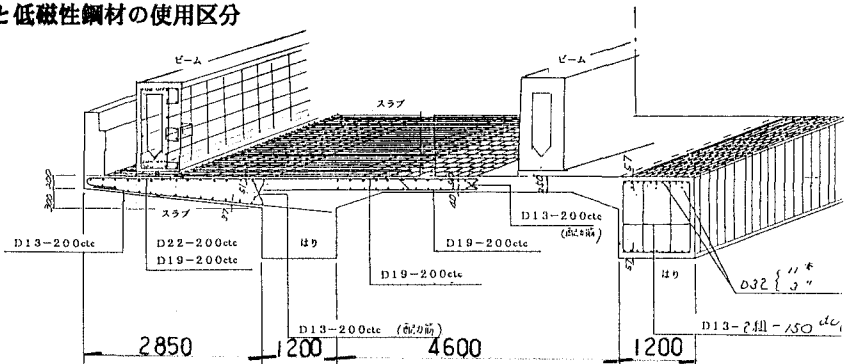


図2 配筋例

(3) 計算結果

高架橋鉄筋モデルによる計算結果を表2に示す。

表2 渦電流抗力計算結果と走行抵抗

	1台車当り 渦電流抗力	全走行抵抗に対す る磁気抗力の比率	トンネルと明り区間の空気抵抗の差 明り区間の全走行抵抗
計 算 値	1.2kN	5.5%	46.6%

(4) まとめ

- 今回の結果より、図1の低磁性鋼の使用範囲で計算した磁気抗力は、全走行抵抗の5.5%程度である。
- 明り区間の全走行抵抗に対するトンネル区間の空気抵抗の増分が46.6%であり、明り区間の磁気抗力による走行抵抗の増分が5.5%であることから、今回検討した鋼材量と使用の範囲であれば構造物の渦電流による磁気抗力はトンネル区間の走行抵抗の増分に対して十分小さい。
- コンクリート構造物に用いる低磁性鉄筋の使用範囲は、前記計算結果程度の磁気抗力を構造物サイドで許容するものとし、①ビーム②走行路③スラブの配筋は低磁性鋼を基本とする。

3. 低磁性鋼材の使用範囲について（鋼構造物）

鋼材に発生する磁気抗力は、普通鋼材においても低磁性鋼材においてもSCMからの距離に密接に関係し、その距離が離れるに従って減少する。このようなことから、多量の鋼材を使用する鋼構造物ではSCMの素線中心からの距離により低磁性鋼材と普通鋼材を使い分けることにより、磁気抗力の小さい経済的な鋼構造物の設計が可能になる。そこで鋼構造物における普通鋼材と低磁性鋼材の使用区分について図3に示すトラスマodelでの検討（JRMAGを使用）を行った。トラス橋の縦桁、横桁の位置はそのままにし、主構のみをSCMからの距離を変化させて磁気抗力の計算推定を行った。図4より、SCMの素線中心からの距離が1~1.5m付近から磁気抗力が急激に増加することを考慮すると1.5m以内の距離では低磁性鋼材を用いるのが鋼構造物の磁気抗力の対策上有効である。この結果より、実験線における設計においては、SCMの素線の中心からの距離が1.5m以内にある鋼材に対して低磁性鋼材の使用を基本とする。

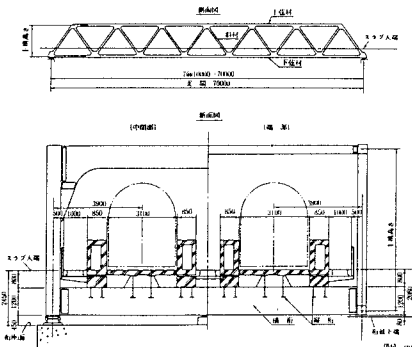


図3 計算モデル

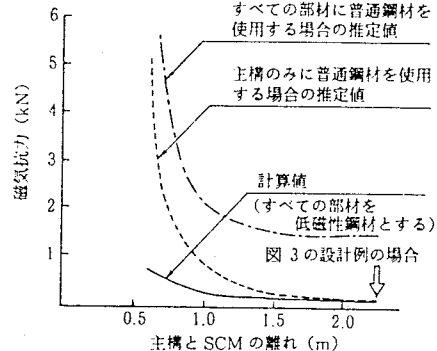


図4 主構をSCMに近づけた場合の磁気抗力
(V=500km/h、1台車あたり)

4. 今後の検討項目

(1) 鋼材の磁気特性の確認

渦電流抗力の要因は、鋼材の比透磁率、電気導伝度に依存するため、磁気特性測定例の少ない普通鉄筋（電炉鉄筋）及びPC鋼材の比透磁率と電気導伝度の確認実験を行っている。

(2) 鉄筋ループ電流について

低磁性鉄筋を用いれば構造物の渦電流は小さな値となるがループ電流による抗力は無視できない。但し、鉄筋の接触抵抗が 10^{-4} ~数 Ω 程度を確保できれば実用上問題ない値となる。このため、鉄筋接点の接触抵抗の測定及び、鉄筋の結束点の絶縁信頼性を上げるための方策の検討を進めている。

最後に、鉄筋の渦電流抗力計算に関して鉄道総研平田主幹に御尽力いただき、紙上をお借りして厚く御礼申し上げます。

【参考文献】市川、穴見、田村、志村：「鋼構造物の浮上式鉄道への適用に関する研究」鉄道総研報告1990.8