

V-532 浮上式鉄道ガイドウェイに用いる鉄筋の結束方法と磁気抗力の低減効果

J R東海 石井 拓一 J R東海 山崎 幹男
 鉄道総研 穴見 源八 鉄道総研 市川 篤司

1. まえがき 浮上式鉄道のガイドウェイ構造物の鉄筋は、その交差部で電気的に接触して回路網を形成しているため、超電導磁石(以下SCMという)を搭載した車両が近くを通過すると磁場の変化によって回路網に誘導ループ電流が発生する。この誘導ループ電流に起因する電磁力(磁気抗力)については、鉄筋の交差部に使用する結束線を従来のなまし鉄線のかわりにビニール被覆鉄線とすれば絶縁性が向上し、磁気抗力を問題ない程度に低減できることが明らかとなっている¹⁾。しかし、ビニール被覆鉄線では、施工性および被覆の損傷も懸念される。したがって、施工性の点からは極力ビニール被覆鉄線の使用範囲を限定し、従来のなまし鉄線あるいは電気抵抗の比較的大きなステンレス線を使った方がよいことも考えられる。そこで、これらの結束線を使用する場合の接触抵抗の違いとその適用性を明らかにするために、小型のRC試験体¹⁾を用いて鉄筋交差部の接触抵抗を測定した。さらに、その測定結果を用いて磁気抗力解析²⁾を行い、電磁力的に等価な接触抵抗の値を推定した。本報告はこれらの検討結果について述べるものである。

2. 鉄筋の接触抵抗の測定 図1に示すような25箇所の交差部を持つRC試験体を製作し、コンクリート打設後4週間経過した後各々5分割に切断し、各点で接触抵抗の測定を行った。試験体には、高マンガン鋼(PCD65、D22)の鉄筋を用い、次の3種類の結束線を用いたものをそれぞれ製作した。

- ①ビニール被覆鉄線(φ0.9mm、2重結束)
- ②ステンレス線(SUS304、φ0.7mm、2重結束)
- ③なまし鉄線(φ0.8mm、4重結束)

コンクリートの設計基準強度は $\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ とした。接触抵抗の測定はコンクリートの材齢が4週間のとときと4カ月のとときの2回LCRメータで行った。この時の測定周波数は実際に発生する誘導電流の周波数に近い100 Hzとした。図2にコンクリートの材齢4週間での測定値を、図3に材齢4カ月での測定値を示す。なお、それぞれの接触抵抗を単純に平均するとそれぞれ次のようになる。

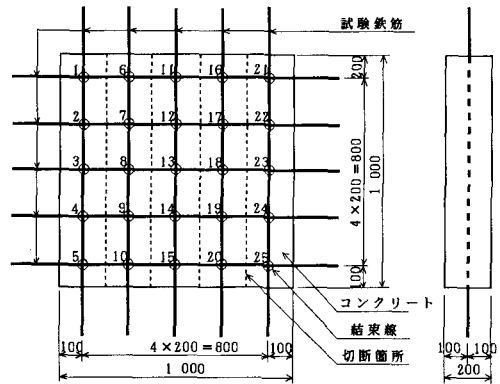


図1 RC試験体

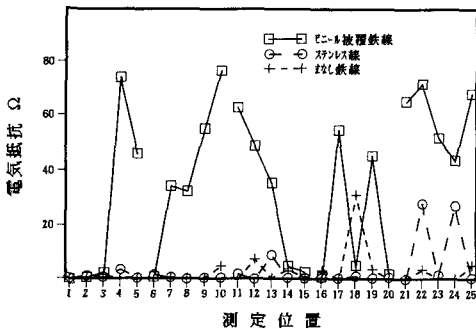


図2 結束方法と接触抵抗(材齢4週間)

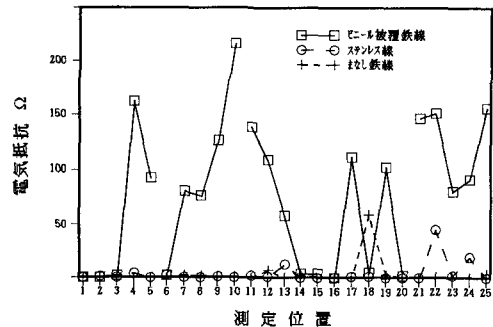


図3 結束方法と接触抵抗(材齢4カ月)

①ビニール被覆鉄線	35.44 Ω （材齢4週間）	76.75 Ω （材齢4カ月）
②ステンレス線	2.67 Ω （－＼－）	3.88 Ω （－＼－）
③なまし鉄線	3.15 Ω （－＼－）	3.51 Ω （－＼－）

この結果からみると、ビニール被覆鉄線の接触抵抗が最も大きく、しかも材齢が大きいほど絶縁性能は向上する。一方、ステンレス線となまし鉄線の接触抵抗はほぼ同程度であり、ビニール被覆鉄線に比べてかなり小さい。また材齢によってほとんど差がない。これは、前者がコンクリート中の水和イオンの影響を受けているのに対し、後者はおもに結束線によって導通しイオンの影響が小さくなっているためと考えられる。

3. RC試験体の磁気抗力解析 接触抵抗は、単純な算術平均よりも電磁力的に等価な抵抗値を求めて評価するのが適当と考えられる。そこで、図4のようにRC試験体と同じ鉄筋モデルをガイドウェイの床スラブの位置に置いた状態について磁気抗力解析を行った。最初に接触抵抗を種々に変化させて解析を行い、次に各接触点の測定結果をそのまま用いて解析を行った。さらに、それらの比較から電磁力的に等価な接触抵抗値を求めた。各々の点での接触抵抗の測定結果をそのまま用いて磁気抗力解析を行った結果を図5に示す。また、その時の接触抵抗値を換算すると以下ようになる。

①ビニール被覆鉄線	13.8 Ω （材齢4週間）	17.4 Ω （材齢4カ月）
②ステンレス線	0.37 Ω （－＼－）	0.56 Ω （－＼－）
③なまし鉄線	0.20 Ω （－＼－）	0.25 Ω （－＼－）

図5には実構造物の例として地上コイルを取り付ける側壁部について解析した結果を併せて示す。図4のモデルでの鉄筋は実際の使用量よりはるかに少ないために磁気抗力の解析値は非常に小さいが、側壁部のように磁場の大きい箇所あるいは鉄筋の使用量の多い箇所においては、鉄筋の誘導ループ電流による磁気抗力は無視できない大きさになってくる。したがって、このような場所ではビニール被覆鉄線を使用するのがよいと考えられる。しかし、鉄筋の種類や結束線の種類を複雑に使い分けることは施工上得策ではないため、磁気の影響を大きく受ける範囲で低磁性鉄筋を用いる場合の結束線にはビニール被覆鉄線を用いるようにすればよいと考えられる。

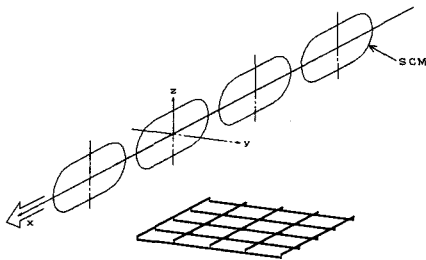


図4 ガイドウェイの床スラブの鉄筋

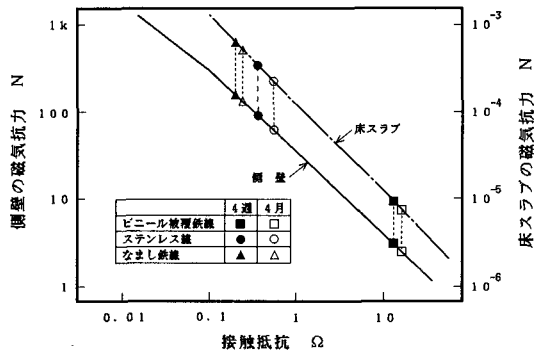


図5 鉄筋のループ電流による磁気抗力

（ $V = 500 \text{ km/h}$ 、1台車片側当り）

4. あとがき 超電導磁気浮上式鉄道の実用化を目指して、山梨実験線の建設が着々と進められている。先行区間の9割を占めるトンネル区間の掘削がほぼ完了し、高架橋の橋脚が次々と立ち上がっている状況である。今後は、施工上の細部の課題について詰めるとともに、実験項目の詳細な検討などを行っていきたい。

【参考文献】 1) 穴見，市川，杉本：浮上式鉄道ガイドウェイに用いる鉄筋の接触抵抗と誘導ループ電流による磁気抗力，鉄道総研報告 Vol. 6, No. 7, 1992. 7

2) 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 Vol. 4, No. 8, 1990. 8