

I-290

磁気の影響からみた鋼橋の浮上式鉄道への適用性

(財) 鉄道総合技術研究所 正員 市川篤司

" 正員 穴見源八

" 正員 田村勝司

1. はじめに 浮上式鉄道の構造物に鋼橋を用いる場合、鋼材には車両に搭載した超電導磁石(以下SCMという)により渦電流やループ電流が誘起され、エネルギー損失や磁気抗力と呼んでいる走行抵抗が発生する。したがって、浮上式鉄道に鋼橋を用いる場合にはこの磁気抗力をできるだけ小さくすることが重要になる。このようなことから本報告では、3次元電磁界解析により鋼橋の磁気抗力を求め、その浮上式鉄道への適用性について検討を行ったので紹介する。

2. SCMからの鋼材の離れと磁気抗力との関係 鋼材の磁気抗力の大きさは、強い磁石であるSCMからの距離と密接に関係する。そこで、その関係を明らかにするために、SCMのまわりに低磁性のH形鋼を置いた場合、SCMからの距離によってその磁気抗力がどのように変化するかを調べた。車両速度300km/hの時の磁気抗力とSCMからの距離の関係を対数グラフで表わすと図1のようになる。図から鉛直方向の部材より水平方向の部材の方が磁気抗力大きいこと、また、磁気抗力とSCMからの距離は0.5~4mの範囲ではほぼ直線になることがわかる。図中の破線は鉛直方向の部材を、一点鎖線は水平方向の部材を表わし、それぞれ最大値をカバーするように引いたものであるが、いずれも距離の5.5乗に反比例する。したがって、磁気抗力 F (N)は、車両の走行速度に比例することも考慮すると、SCMからの離れ r (m)、車両速度 V (km/h)を用いて次式で表わすことができる。

$$F = \alpha \cdot \beta \cdot F_0 \cdot (r/r_0)^{-5.5} \cdot (V/V_0) \quad (1)$$

ここで、 α は材質によるパラメータで低磁性鋼では $\alpha=1$ である。 β は解析による補正係数である。また、 F_0 はある速度($V=V_0$)で $r=r_0$ の時の磁気抗力であり、部材形状等によって変化するパラメータと考えることができる。

3. 鋼トラス橋の磁気抗力 実際の橋梁で磁気抗力がどの程度になるかを把握するため、複線下路鋼トラス橋の試設計を行い(図2)、その大きさを調べた。この設計では、前記の結果を踏まえ主構および床組をSCMからできるだけ離すように配慮している。また鋼材を全て低磁性鋼材とし、部材の継手部は電気的に絶縁されループ電流が生じないものとして計算した。その結果、1台車が通過するとき橋梁全体に発生する磁気抗力の最大値と速度との関係は図3のようになった。これら

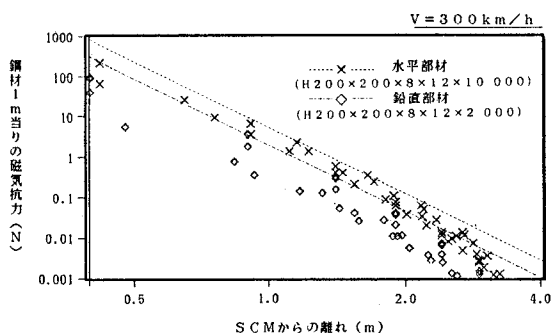


図1 H形鋼の磁気抗力

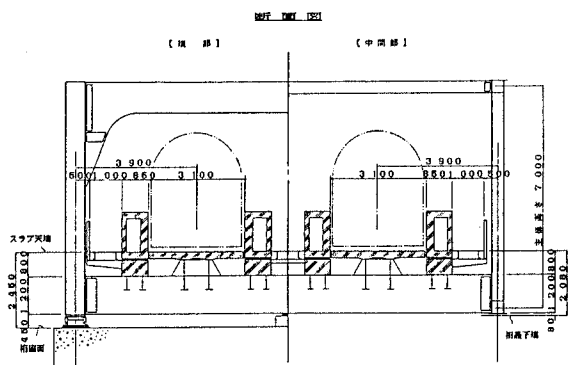


図2 下路トラスの設計例

の磁気抗力は、鋼材を使う分だけ他の一般の区間に比べて付加されるものである。この図でわかるように、すべての部材を低磁性鋼材とすると、時速500kmでも橋梁全体の磁気抗力はそれほど大きくなく、1台車あたり最大165Nである。この磁気抗力のほとんどはSCMからの距離が近い(1.1m)床組部材に発生し、主構についてはSCMからの距離が離れているため(2.0m)その影響は小さい。

4. 普通鋼材と低磁性鋼材の使用区分 構造物に用いる鋼材は低磁性鋼材の方が磁気抗力を小さくすることができるが、低磁性鋼材は普通鋼材に比べ高価であるといった問題がある。そこでSCMに近い所で低磁性鋼材を用い、距離がある程度離れた所に普通鋼材を用いれば、磁気抗力の小さくかつ経済的な鋼構造物をつくることが可能になる。このようなことから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検討するため、前述のトラス橋で主構のSCMからの距離を変化させて磁気抗力を計算した。図4の実線は全ての鋼材に低磁性鋼を用いた場合の橋梁全体の磁気抗力を表わしている。ところで、今回用いた解析の手法では普通鋼材の磁気抗力を求めることができないので、これまでの経験(低磁性鋼材の5～10倍程度)からその磁気抗力を低磁性鋼材の10倍と見積り、主構のみに普通鋼材を用いるときの磁気抗力の推定値を破線に、また全ての部材に普通鋼材を用いる場合の推定値を一点鎖線に示した。この図から、床組に低磁性鋼材を主構に普通鋼材を用いる場合、主構のSCMからの離れが1.5m付近で磁気抗力は300N(1台車あたり)程度となり、それより近づくと急に大きくなると推定される。また、床組をも普通鋼材にすると磁気抗力は非常に大きくなり、これを数百N程度にするためには前述の(1)式の関係から床組も1.5m程度離すことが必要になる。このようなことから、おおむね1.5m以内の距離では低磁性鋼材を用いるようにすれば鋼構造物の磁気抗力を問題ない程度に小さくできると考えられる。ただし、個々の部材の磁気抗力が小さくても部材の数(鋼材量)が増えると橋梁全体の磁気抗力は増えるので注意を要する。

5. あとがき 浮上式鉄道に鋼橋を用いる場合の適用性について磁気抗力の観点から検討を行ったが、鋼材をSCMからできる限り離して使うこと、SCMから近いところでは低磁性鋼材を使うこと、継手部を絶縁ループ電流が発生しないようにすること等の配慮を行えば、その適用は問題ないと考えられる。もちろん常に橋梁全体の磁気抗力を把握しておくことが必要である。鋼材の磁気抗力の研究は始まったばかりであり、今後解析・実験等を通してさらに理解を深めていく必要がある。

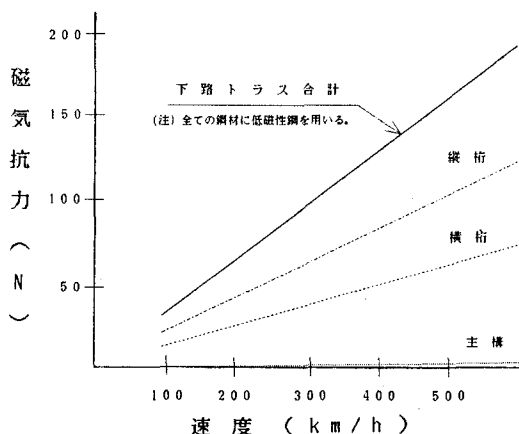


図3 下路トラス全体の磁気抗力(1台車あたり)

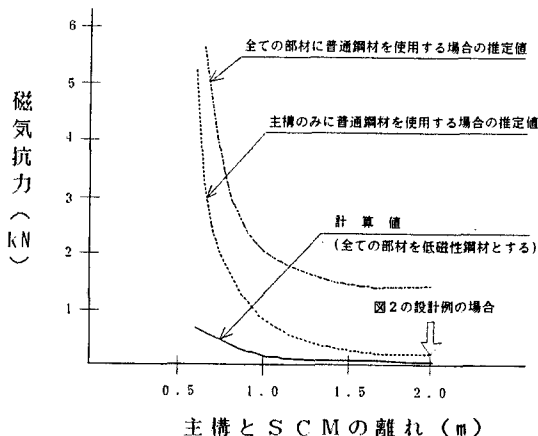


図4 主構をSCMに近づけた場合の磁気抗力
($V=500\text{ km/h}$ 、1台車あたり)