

磁気浮上式鉄道ガイドウェイ複合鋼 I 桁の圧縮荷重下における力学挙動

大阪大学接合科学研究所 正会員 金 裕哲
 大阪大学大学院 学生員 ○廣畑 幹人
 三井造船(株) 正会員 中地 映司

1. はじめに

我国において新たな高速輸送手段として磁気浮上式鉄道（リニアモーターカー）の研究開発が進められている^{1), 2)}。磁気浮上式鉄道の場合，車両通行時，磁気抵抗により大きなエネルギー損失をきたすことが知られており¹⁾，非磁性鋼が要求される．非磁性鋼は炭素鋼に比べ高価であり，磁性が及ぶ範囲のみ非磁性鋼を用い，それ以外の部分には炭素鋼を用いたいわゆる複合構造とすることが考えられる．

本研究では，高 Mn 非磁性鋼と炭素鋼で構成された複合鋼 I 桁の圧縮荷重下における力学挙動を明らかにする．

2. 解析モデル

解析モデルの形状は I 型断面を有する単純桁である（図-1）．水平補剛材の位置は道路橋示方書の規定に従い，同種材として決定した．両端を鉛直方向に単純支持し，支間全長に渡って等分布荷重を載荷する．着目部位（支間中央 5040mm の範囲）にはシェル要素を用い，それ以外の部分は柱-梁要素を用いている．なお，本解析に用いた弾塑性大変形解析プログラムの妥当性は検証済みである³⁾．

解析モデルは表-1 に示す 3 つである．

供試材料は高 Mn 非磁性鋼と炭素鋼（SM490YA）であり，ヤング率 E ，降伏点 σ_Y および引張強さ σ_U などが異なる（表-2 参照）．ところで，現在のところヤング率の異なる異種鋼材で構成された複合構造部材の圧縮荷重下における力学挙動は明らかにされていない．

既往の研究^{1), 2)}によれば，超伝導磁石から 1.5m 以内の範囲に磁場が形成されるようである．I 桁において磁気が及ぶ範囲はおおよそウェブ中央までである．このため，複合モデルでは下フランジおよびウェブの下側半分（ $z \leq 915\text{mm}$ ）を SM490YA とし，上部を高 Mn 非磁性鋼とした．

3. 解析結果および考察

解析結果を図-2 に示す．

まず，支間中央の鉛直たわみ w に注目する（図-2 (a))．

複合モデルの支間中央たわみ w は，曲げ剛性が Hi-Mn モ

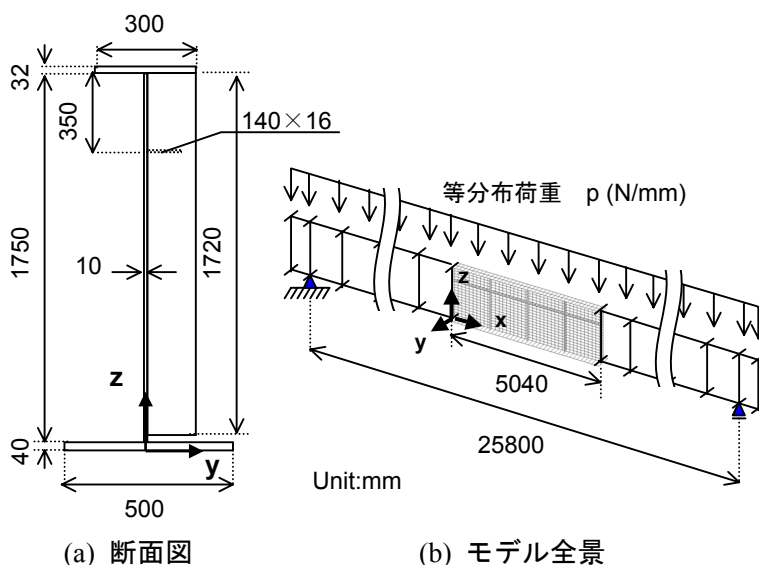


図-1 解析モデル形状

表-1 解析モデル

SM	全ての部分に SM490YA を使用
Hi-Mn	全ての部分に高 Mn 非磁性鋼を使用
複合	下フランジとウェブ下半分は SM490YA を，上フランジとウェブ上半分，水平および垂直補剛材は高 Mn 非磁性鋼を使用

表-2 材料定数

	SM490YA	Hi-Mn
ヤング率 E (GPa)	200	165
降伏点 σ_Y (MPa)	371	429
引張強さ σ_U (MPa)	535	1076

キーワード 磁気浮上式鉄道，高 Mn 非磁性鋼，弾性係数，異種鋼材，弾塑性大変形解析

連絡先 〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘 11-1 大阪大学接合科学研究所 TEL 06-6879-8647

デルと SM モデルの中間的な値をとるため、それぞれのモデルの中間的な値となっている。また、複合モデルの最高荷重は Hi-Mn モデルと同程度である。これは、複合モデルも Hi-Mn モデルも上フランジは高 Mn 非磁性鋼であり、曲げ応力による上フランジの降伏によって桁の最高荷重が決定されるためである。

次に、面外たわみ v に注目する（図-2 (b)）。

複合モデルの場合、ウェブの面外変形は Hi-Mn モデルと SM モデルの中間的な値ではなく、同じ荷重に対し、大きな値となっている。これは、上フランジおよびウェブ上側の高 Mn 非磁性鋼が、SM490YA に比べヤング率が小さいため、中立軸が同種材モデルの場合よりも下側に位置することになり、ウェブ面内で圧縮力を受ける領域が大きくなるためである。

面外たわみを抑制するべく、水平補剛材の位置を 10%（ウェブ面内圧縮領域の中央付近に）下げ、解析を行った。

解析結果を図-3 に示す。

水平補剛材の位置を同種材モデルより 10%下げることによって、面外たわみを抑制できることがわかる（図-3 (b)）。ただし、最高荷重は Hi-Mn モデルよりやや低下するが、SM モデルより大きな値となっている（図-3 (a)）。

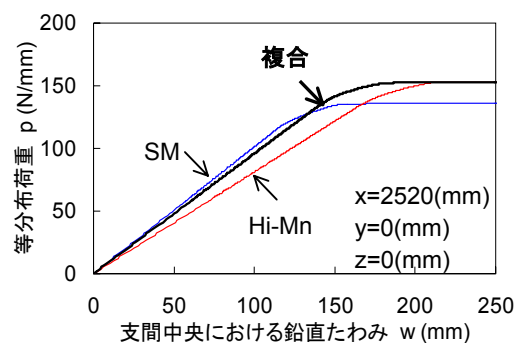
4. まとめ

ヤング率の異なる異種鋼材（高 Mn 非磁性鋼および SM490YA）で構成される複合鋼 I 桁の圧縮荷重下における力学挙動を弾塑性大変形解析により検討した。結果によれば；

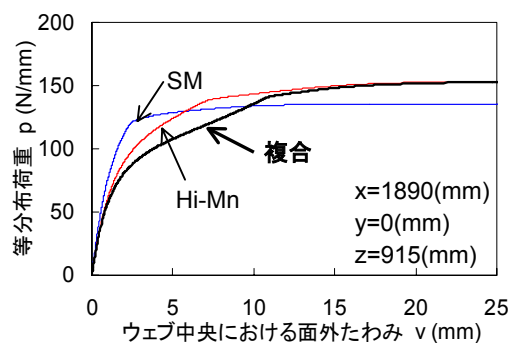
- (1) 水平補剛材の位置を同種材モデルと同じにした場合、高 Mn 非磁性鋼と炭素鋼で構成される複合鋼 I 桁（複合モデル）の鉛直方向たわみ w は、高 Mn 非磁性鋼のみで構成される I 桁（Hi-Mn モデル）と炭素鋼（SM490YA）のみで構成される I 桁（SM モデル）の中間的な値となる。また、最高荷重は Hi-Mn モデルの最高荷重と同程度である。しかし、面外たわみ v は、Hi-Mn モデルと SM モデルの中間的な値ではなく、同じ荷重に対し、大きな値となる。
- (2) 複合モデルの水平補剛材の位置を同種材モデルより 10%下げることによって、面外たわみが抑制できる。ただし、最高荷重は Hi-Mn モデルよりやや小さいが、SM モデルより大きな値となる。

参考文献

- 1)市川篤司，穴見源八：鋼構造物と超伝導磁気浮上式鉄道，橋梁と基礎，pp.19-26，1992.4
- 2)市川篤司，村田清満，穴見源八，杉浦章夫：高マンガング鋼の浮上式鉄道構造物への適用に関する研究，鋼構造論文集，1-1（1994.3）
- 3)金 裕哲，田原英俊，中地映司，堀川浩甫：異種鋼材十字接合柱自由突出板の最終強度，鋼構造論文集，8-30（2001.6）pp.15-21

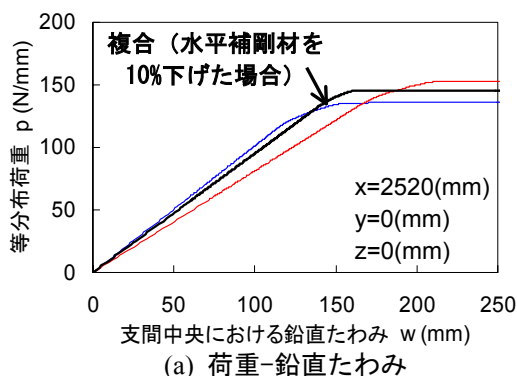


(a) 荷重-鉛直たわみ

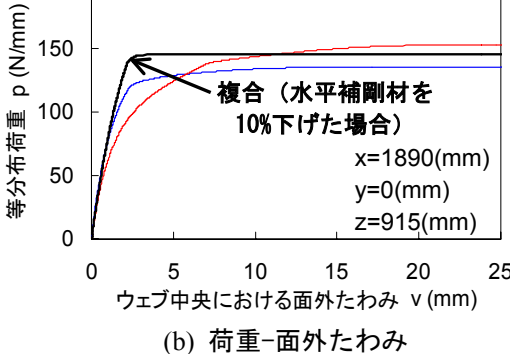


(b) 荷重-面外たわみ

図-2 解析結果①



(a) 荷重-鉛直たわみ



(b) 荷重-面外たわみ

図-3 解析結果②