

九州大学 工学部 正員 彦坂 照
 千葉県 都市部 正員 矢野 徹郎
 川崎製鉄(株)構造技術研究所 正員 山崎 徳也

1. まえがき 懸垂型モノレール軌道桁は、車体懸垂腕を吊り下げる必要から箱桁下フランジにスプリットを有するため、ねじり剛性の著しく小さい薄肉開断面桁となる。しかも、走行タイヤ・案内タイヤをもつ台車が箱桁内部を走行するため、内部に中間隔壁(ダイヤフラム)を設けることができず、代わりに補剛フレームが配置されるが、薄肉弾性はリ理論の前提である断面形状の保持に問題がある。また、輪荷重が直接働く内部走行桁には大きな付加応力の発生も予想される。本研究は、このような断面をとくに曲線桁に用いた場合の静的弾性挙動をFSM(Finite Strip Method)により解析し、断面形状不変の薄肉曲線はり理論による結果とも比較して、設計に有用な知見を得んとするものである。

2. 解析方法 箱桁フランジおよびウェブをそれぞれ扇形帯板要素、円筒殻要素に分割し、その剛性方程式をFSMにて誘導する¹⁾。走行桁・案内桁は断面変形のない一本の薄肉曲線桁として級数展開によりその剛性行列を誘導し、箱桁の剛性マトリックスに重ね合わせる。スパン方向等間隔に配置される補剛フレームおよび上フランジの縦りづは、計算の簡略化のためにウェブ・フランジの板剛度に組み込んでその剛性を評価する。

3. 解析モデル 静的載荷試験のために製作された模型桁²⁾をまず解析し、ついでパラメトリック解析を行う。模型桁の解析条件は次の通りである。

(1) 支間長 $l = 11.175 \text{ m}$ (2) 曲率半径 $R_s = 20 \text{ m}$ (3) 断面形状 図-1参照

(4) 補剛フレーム 等間隔 72.5 cm 図-1参照

(5) 荷重条件 CASE A: 走行桁スパン中央断面に 0.5 t ずつ鉛直載荷

CASE B: 内側案内桁スパン中央断面に 1 t 水平載荷

CASE C: 外側案内桁スパン中央断面に 1 t 水平載荷

(6) FSMの分割数 上下フランジ各8分割, ウェブ各10分割の計必要要素

4. 解析結果と考察

4-1 変位および変形(図-2) CASE A, Bでは下内側に押し下げられているのに対し, CASE Cでは逆に上外側に押し上げられている。CASE A, Bでは断面変形はほとんど生じていないが, CASE Cでは載荷側のウェブ・フランジがかなり開いており, 断面変形を無視できないことがわかる。

4-2 桁軸方向応力度(図-3) 水平荷重作用点側のウェブを除けば, 応力度の分布はほぼ直線である。薄肉曲線はり理論(CBT)による結果と比較すると, CASE Aでは両者の値はほぼ一致しているが, CASE Cでは載荷側のウェブ下側隅角部で両者の間に若干の差が認められる。

4-3 周方向曲げモーメント(図-4) CASE Aではウェブ下端, CASE Bでは載荷位置, CASE Cでは載荷側ウェブ上端にそれぞれ最大曲げモーメントが生じている。補剛フレームの応力(σ_{rf} , 図-7参照)は, 曲げモーメントによる応力と半径方向シャイベ応力の和によって算出されるが, このモデルでのシャイベ応力は無視できるほど小さい。

4-4 走行桁・案内桁の直応力(図-5) 載荷桁の直応力が他の桁の直応力より大きいことは勿論であるが CASE B, Cの場合には, 載荷点側の走行桁に負の直応力が生じその値も大きい。

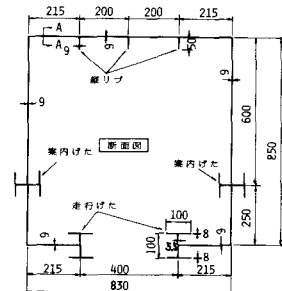


図-1 模型桁断面図

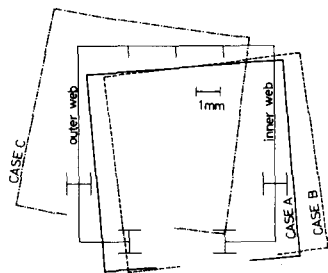


図-2 軌道桁の変位

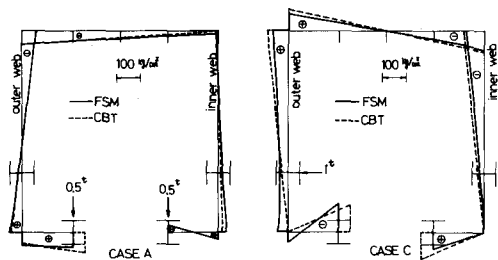


図-3 軌道桁の桁軸方向応力度

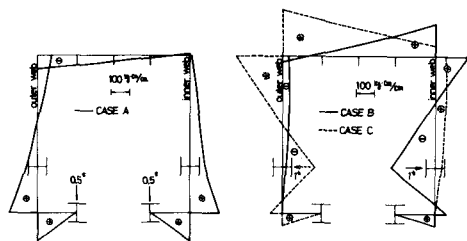


図-4 軌道桁の周方向曲げモーメント

5. パラメトリック解析

補剛フレームの間隔・剛度および走行桁・案内桁の剛度が軌道桁の変位・応力に及ぼす影響を調べるため、次に示すパラメータを設定した。

- (1) 補剛フレームの間隔(l_0) $l_{01}=725$ cm, $l_{02}=100$ cm, $l_{03}=150$ cm, $l_{04}=200$ cm, $l_{05}=250$ cm
- (2) 補剛フレームの断面(SR) 100×100 の C 型鋼で板厚(mm)は次の通り(ウエブ, フランジ) SR-1(9, 6), SR-2(13, 9), SR-3(18, 12)
- (3) 走行(案内)桁の断面(G) 100×100 の H 型鋼で板厚(mm)は次の通り(ウエブ, フランジ) G-1(4.5, 7), G-2(5.5, 8), G-3(6.5, 10)

こゝろを組み合わせて表-1に示のように Case 1~13 を決定した。

補剛フレームの間隔と剛度を変えれば、直交異方性板剛度 D_r , D_{r0} が変化することになる。 D_{r0} は D_r に比べて板の挙動に与える影響は少ないと考えられるから、Case 1~11 の結果を D_r を横軸にとって図示すると図 6~8 をうる。こゝろの図から CASE A, B のたわみ(w)は D_r の変化にかかわらずほぼ一定であるが、CASE C の w およびすべての荷重ケースの補剛フレームフランジ応力(G_{rf}), 走行(案内)桁応力(G_g)は、 D_r の増加とともにほぼ単調に減少し、こゝろの値は板剛度 D_r を 1 つのパラメータとして挙動することが知られる。

また走行(案内)桁の断面を

変えれば、桁の剛度(EA, GI, EI ...) がすべて変化するが、曲げ剛度が桁の挙動に支配的であると考えると、こゝろ横軸に G ラフを描くと図 9 (a)~(c) をうる。この図から桁の剛度の増加に伴って、 $w \cdot G_{rf} \cdot G_g$ が単調に減少することがわかる。

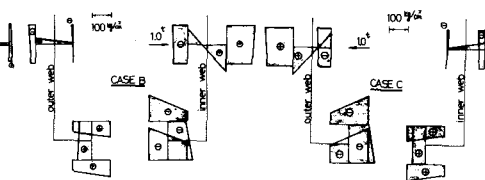


図-5 走行桁・案内桁の直応力

表-1 l_0 , SR, G の組合せ

	G-1	G-2	G-3
SR-1	CASE 8	CASE 1	CASE 7
SR-2	CASE 2	CASE 6	CASE 9
SR-3	CASE 12	CASE 3	CASE 10
SR-4	CASE 4	CASE 11	CASE 13
SR-5	CASE 5	CASE 10	CASE 11

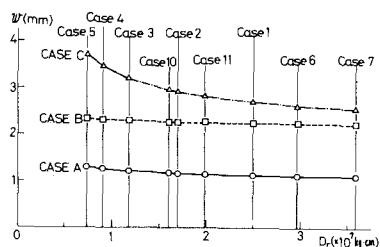


図-6 板剛度と変位

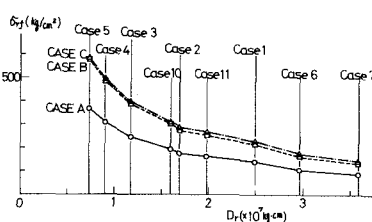


図-7 板剛度と補剛フレーム応力

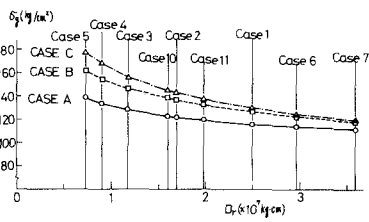


図-8 板剛度と走行(案内)桁の直応力

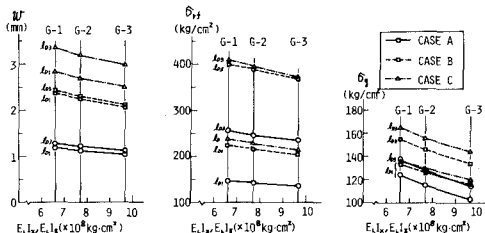


図-9 走行(案内)桁の剛度と変位・応力

参考文献

- 大塚・吉村・彦坂：曲線箱桁橋における中間隔壁の補剛効果(上)(下)，橋梁と基礎，昭和12，No. 1, 2, 1978年1, 2月
- 金子・矢野・大塚：開断面薄肉曲線桁の構造特性について，第34回土木学会年次学術講演会概要集，1979年10月