

九州大学工学部 学生員〇高田克彦

シ 正 員 大塚久哲

川崎製鉄構造技術研究所 正 員 金子忠男

1. まえがき 懸垂型モノレールの軌道桁として用いられる開断面薄肉曲線桁は、その構造上、着しくおじり剛性が小さく、スキンプレートのみにて断面形を保持するのは困難であると思われる。しかしながら、桁内を台車が通過するために、板形式あるいはトラス形式のダイヤフラムを用いることができず、それらの代りに配置される補剛フレームについては、その間隔および所要剛度に未だ不明な点が多い。本研究は、このような開断面薄肉曲線桁に配置される補剛フレームの力学的効果を、理論的ならびに実験的に究明しようとするものである。

2. 解析方法 箱桁のフランジ、ウェブは各々、扇形帯板要素、円錐殻帯板要素に分割し、FSMによって剛性行列を組み立てる。走行桁、案内桁は一本の曲線梁として扱い、その剛性行列を級数展開し箱桁の剛性行列に組み込む。またフランジの縦リブは、フランジの板剛度に組み込み、補剛フレームは、平面応力要素(FEM)に分割し、面内力 P (r 方向)、 Q (θ 方向)のみで箱桁と結合されているものとする。(図-1)

このとき補剛フレームとスキンプレートからなる系は、次の手順を用いて解析できる。

α) 基本系(図-2)

補剛フレームを取り除いた箱桁(基本構)に外荷重が作用する系をFSMで解き、補剛フレームとの結合点での節点変位ベクトル $\{\delta_{(1)}\}$ を求める。

β) 第1系

基本構に結合点の力(節点力) $\{X_{(1)}\}$ だけが働く系を第1系とし、第1系の節点変位ベクトル $\{\delta_{(1)}\}$ と節点力ベクトル $\{X_{(1)}\}$ との関係を、基本構の節点たわみ性行列 $[F_{(1)}]$ を用いて表す。

$$\{\delta_{(1)}\} = [F_{(1)}] \{X_{(1)}\} \quad (1)$$

γ) 第2系

補剛フレームに節点力 $\{X_{(2)}\}$ が働く系を第2系とする。補剛フレームの剛性行列 $[K_{(2)}]$ をFEMにより組み立てる。第2系の節点変位ベクトル $\{\delta_{(2)}\}$ と節点力ベクトル $\{X_{(2)}\}$ の関係は、補剛フレームの剛性行列 $[K_{(2)}]$ を用いて、次式で表わされる。

$$[K_{(2)}] \{\delta_{(2)}\} = \{X_{(2)}\} \quad (2)$$

δ) 節点力ベクトル

節点力ベクトル $\{X_{(1)}\}$ を求めるために次の式を用いる。

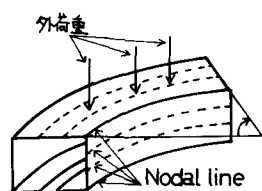
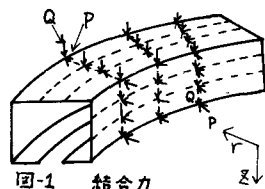
$$\text{変位の適合条件} \quad \{\delta_{(1)}\} + \{\delta_{(2)}\} = \{\delta_{(2)}\} \quad (3)$$

$$\text{力のつりあい条件} \quad \{X_{(1)}\} + \{X_{(2)}\} = \{0\} \quad (4)$$

(1) から (4) より次式のように節点力ベクトル $\{X_{(1)}\}$ を求めることができる。

$$\{X_{(1)}\} = -([I] + [K_{(2)}][F_{(1)}])^{-1} [K_{(2)}] \{\delta_{(2)}\} \quad (5)$$

ここに $[I]$ は、単位行列である。したがって、外荷重 $\{X_{(1)}\}$ とこの節点力 $\{X_{(1)}\}$ を同時に基本構に作用させて解けば、与系の解が得られる。



3. 解析モデル 解析の対象としたモデルの諸元は次のとおりである。

- 1) 支間長 $l = 11.175m$
- 2) 曲率半径(桁中心) $R_s = 20.0m$
- 3) 中心角 $CA = l / R_s = 0.55875$
- 4) 断面形状 (図-3)
- 5) 補剛フレーム スパン中央断面付近に725mm間隔で4枚挿入(左右対称)
- 6) 荷重条件 CASE A : 走行桁スパン中央断面に0.5tずつ鉛直載荷
CASE B : 内側案内桁スパン中央断面に1t水平載荷
CASE C : 外側案内桁スパン中央断面に1t水平載荷
- 7) 分割数 エフランジ6, 下フランジ4, ウェブ各7, 補剛フレーム各18分割

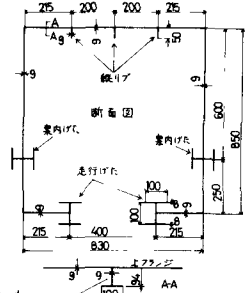


図-3 模型桁断面図

4. 結果と考察

図-4, 5, 6 スパン中央断面における基本構と主系の変位を示す。いずれも補剛フレームを配置することにより、変形が抑えられることがわかる。

図-7 主系の走行桁下フランジの応力度をCASE Aについて示す。主系では補剛フレームの影響で、載荷点であるスパン中央断面にきわめて大きな応力集中が生じている。図には実験値を併記しているが、本解析理論による値は、実験値の性状に近いことが知られる。

表-1, 2 補剛フレームを直交異方性版としてフランジ、ウェブに組み込んで解析した場合と、本解析結果とを、スキンプレーツの変位および応力について比較したものである。これによると、本解析結果の方が約10~20%大きく変位、応力を評価しており、実験値により近い。

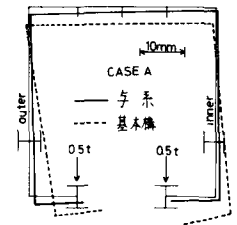


図-4 軌道桁の変位

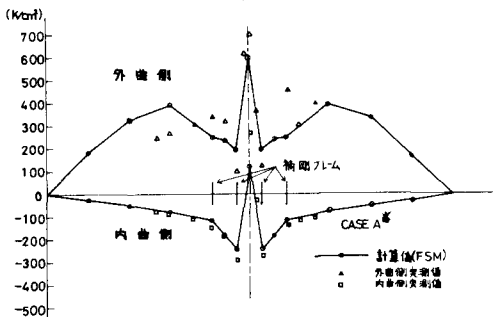


図-7 走行桁下フランジ応力度

	CASE A	CASE B	CASE C
直交異方性版理論解析	113	-226	272
本解析	137	-245	336
出力点	外側走行桁上外下側隅角部内下側隅角部の鉛直方向55%の水平方向変位の水平方向変位		

表-1 スキンプレーツの変位

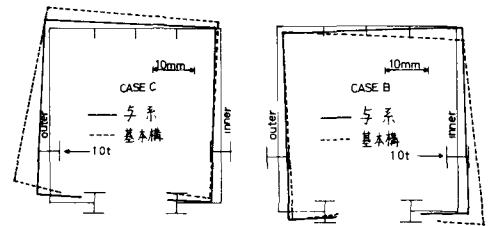


図-6 軌道桁の変位

図-5 軌道桁の変位

	CASE A	CASE B	CASE C
直交異方性版理論解析	-60	-82	73
本解析	-76	-85	93
出力点	外上側隅角部外上側隅角部外上側隅角部		

表-2 スキンプレーツの応力度

★図-7では実験値との比較のため0.5tずつの鉛直載荷である。

5. むすび FSMとFEMを結合させ、補剛フレームのある開断面薄肉曲線桁を解析した。その結果、補剛フレームによる補剛効果が大きいこと、および補剛フレーム間における桁の応力がかかなり大きいことがわかった。著者らは現在、これらの諸特性を実験的に把握すべく、鋼模型桁を製作し静的載荷実験を行なっている。

<参考文献> 1) 大塚、吉村、形坂：曲線箱桁橋における中間隔壁の補剛効果(1)，橋梁と基礎，Vol.12 NO.1, 2, 1978年1, 2月

2) 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