

跨座式モノレール用曲線桁の立体トラスによる解析

山口大学大学院 学生員 ○横地 三敏
山口大学工学部 正 員 浜田 純夫
同 同 日野 伸一

1. まえがき

最近、各地で都市モノレール交通が計画・実施される様になっている。後発の交通機関であるために最良のルートを取ることができず、曲率の大きな部分を有することがある。このような曲線部分では走行性だけでなく、構造上にも問題点がある。跨座式モノレール用桁は幅が狭いので有効幅の問題はないが、ウェブの直応力分布およびせん断応力分布がはり理論から得られる結果と必ずしも一致しない。曲率の大きな曲線桁は、捻りによるたわみも無視できなくなり、単純ねじり・曲げねじり理論から得られる結果も二次応力が大きくなり、一致しなくなる。

本研究は、上記のような問題を解決するため、偏平な曲線桁を立体トラスに置換・解析し、琉球大学で行なわれた実験の結果と比較検討したものである。

2. 曲線桁の解析方法

立体トラスの剛性行列は次式で表わされる。

$$[k] = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} (\lambda\lambda')^2 & \lambda\lambda'\mu & -\lambda^2\lambda'\mu' & -(\lambda\lambda')^2 & -\lambda\lambda'\mu & \lambda^2\lambda'\mu' \\ \lambda\lambda'\mu & \mu^2 & -\lambda\mu\mu' & -\lambda\lambda'\mu' & -\mu^2 & \lambda\mu\mu' \\ -\lambda^2\lambda'\mu' & -\lambda\mu\mu' & (\lambda\mu')^2 & \lambda^2\lambda'\mu & \lambda\mu\mu' & -(\lambda\mu')^2 \\ -(\lambda\lambda')^2 & -\lambda\lambda'\mu & \lambda^2\lambda'\mu' & (\lambda\lambda')^2 & \lambda\lambda'\mu & -\lambda^2\lambda'\mu' \\ -\lambda\lambda'\mu & -\mu^2 & \lambda\mu\mu' & \lambda\lambda'\mu' & \mu^2 & -\lambda\mu\mu' \\ \lambda^2\lambda'\mu' & \lambda\mu\mu' & -(\lambda\mu')^2 & -\lambda^2\lambda'\mu & -\lambda\mu\mu' & (\lambda\mu')^2 \end{bmatrix}$$

ここで、 E 、 A 、 L はそれぞれ部材の弾性係数、断面積、長さであり、また、 λ は部材を XY 平面に投影したとき、これとのなす角、 β は部材と YZ 平面とのなす角であり、

$\lambda = \cos \lambda$, $\mu = \sin \lambda$, $\lambda' = \cos \beta$, $\mu' = \sin \beta$ とおく。

琉球大学で行なわれた実験桁の箱断面は20cm、高さ80cmであり、実験桁の箱断面の4で囲めて細長の断面である。スパンは6.28mで曲率半径は12mと6mの2供試体で、これは実験桁の約120mおよび60mに相当するものである。

実験は4支点で端のねじりを拘束し、曲げに対しては単純支持である。概略を図-1および表-1に示す。さらに、この曲線桁をトラスに置換するが、トラスとしては図-2の様に分割した。分割数はスパン方向に24である。上下弦材の他に腹材は垂直材のあるダブルワーレンで上下横構も同様にした。立体トラス

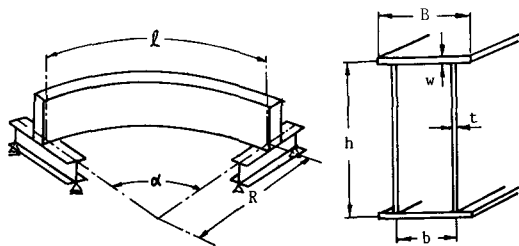


図-1 実験桁の全体図および断面図

表-1 実験桁の諸量

	l (cm)	R (cm)	α (°)	h (cm)	B (cm)	b (cm)	t (cm)	w (cm)
M-1	628	1200	30	80	26	20	0.6	0.9
M-2		600	60					

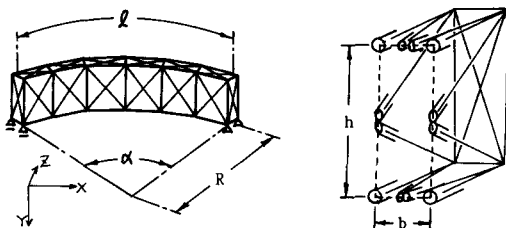


図-2 解析モデルの全体図および断面図

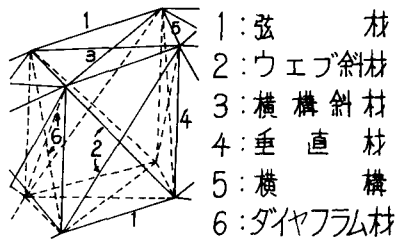


図-3 部材の名称

の部材の名称を図-3に示す。弦材の大きさはフランジの $\frac{1}{2}$ とウェブはトラスにしたときと同一の断面二次モーメントになるように定めた。つまり、弦材断面積は $Bw/2 + ft/6$ である。各部材断面積を表-2に示す。実験筋には、桁端および $\frac{1}{2}$ スパン点にダイヤフラムが用いられていた。このため解析では、この点にのみダイヤフラム材を入れた。実験は10 tonの荷重が与えられたのでこの解析でも10 tonの荷重とした。

3. 実験値と理論値との比較および考察

実験、トラス理論および曲線桁理論によるスパン中央下フランジ直応力値を表-3に示す。直応力は、いずれにおいても曲線桁理論よりトラス理論がよく合っている。M-1とM-2の応力の比をみると、実験値は内側で約1.6、外側で約0.71となっている。曲線桁理論ではほとんど変化がみられない。トラス理論では内側で約1.3、外側で約0.65となり、曲率の変化による応力変化も曲線桁理論よりトラス理論が比較的一致している。図-4はスパン中央下フランジの直応力影響線を示す。M-2の内側の値を除いてよく一致している。図-5にスパン中央の応力分布を示す。M-1ではほぼ一致している。M-2は図-5bに示される様にウェブの応力が極めて複雑となる。本トラス解析は比較的良好一致している。図-6にスパン中央のたわみ影響線を示す。

表-2 部材の断面積

部 材	断面積 (cm ²)	部 材	断面積 (cm ²)
弦 材	19.52	垂 直 材	19.52
ウ ェ ブ 斜 材	20.00	横 構	19.52
横 構 斜 材	15.00	ダイヤフラム材	19.52

表-3 スパン中央下フランジ応力

	M-1 (kg/cm ²)		M-2 (kg/cm ²)		応力の比	
	内側 σ_1	外側 σ_2	内側 σ_2	外側 σ_1	σ_2/σ_1	σ_1/σ_2
実 験 値	718	288	1145	204	1.59	0.71
トラス理論	622	349	820	230	1.32	0.66
曲線桁理論	451	512	456	590	1.01	1.15

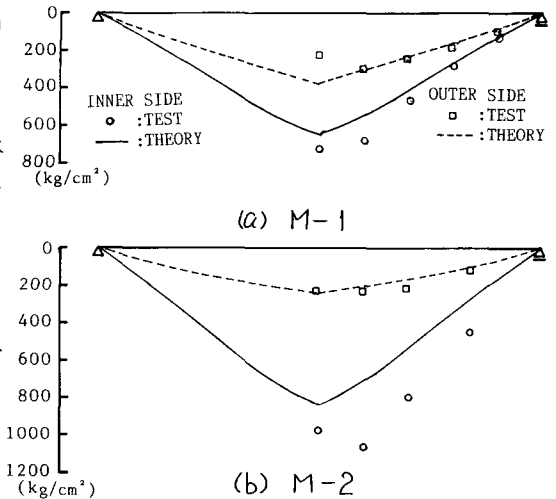


図-4 スパン中央下フランジの直応力影響線

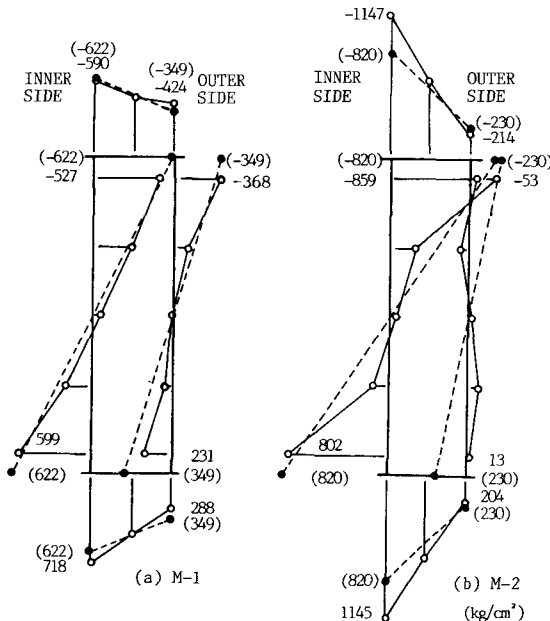


図-5 スパン中央の応力分布

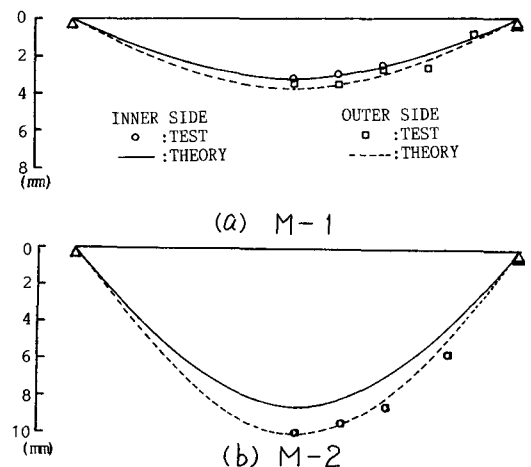


図-6 スパン中央のたわみ影響線