

千葉県都市部 正員 矢野 徹郎
川崎数機(構)造技術研究所 , ○金子 忠男
九州大学工学部 , 大塚 久昭

1. 緒言 近年都市近郊の宅地開発は増々促進され、そこに居住する人口の交通需要も大幅に急増している。他方、高度経済成長を反映して自動車保有台数も飛躍的に伸びており、これに対応する道路容量の拡大は関係者のたゆまぬ努力にもかかわらず、種々の制約から追いつけない状況にある。交通渋滞の慢性化、交通事故、騒音公害や大気汚染など交通環境は悪化するばかりである。これを正常化するためには根本的な施策を必要とするが、最近その対策としてガイドウェイバスや都市モノレールに代表される新交通システムの導入が脚光をあびており、本システム建設の本格的な時代を迎えようとしている。本報告はこのような動向を先取りして、本格的な中量輸送を目的とした懸垂型都市モノレールの軌道桁設計に関する問題点を抽出するため、仮想実断面の2分の1縮尺の開断面曲線軌道桁模型を製作のうえ、載荷実験を実施してその力学的挙動を究明するものである。

2. 供試体および実験要領

(1) 実験桁 実験桁の断面決定にあたっては「モノレール設置基準報告書⁽¹⁾」、「モノレール構造基準調査報告書⁽²⁾」ならびに「モノレール構造物設計指針⁽³⁾」に準拠して、まず、支間22.5m、曲線半径50mの開断面単純曲線桁に諸設計荷重をのせ、曲げねじりを考慮したはり理論を適用して仮想実験の設計を行った。ついで、この断面寸法を2分の1に縮小して曲線模型桁を製作したが、両者の断面諸定数間の関係を示せば、表-1に記述するとおりである。曲線模型桁の諸寸法は図-1に示すとおりであるが、本軌道桁の断面形状はモノレール車輛の走行機能面から下部に開口部を有する箱型断面となることに特色があり、外荷重、特にねじりに弱い断面形状であるとともに曲げねじりに伴うすり底力も大きくなる。そのため、桁の中間には断面変形防止板としての補剛フレームが多数必要となるが、その最適性ならびに最適配置の選定は本軌道桁の合理設計の面から極めて重要な問題である。本桁では図に示すようなCT断面を有する補剛フレームを72.5cm間隔に16本配置した。

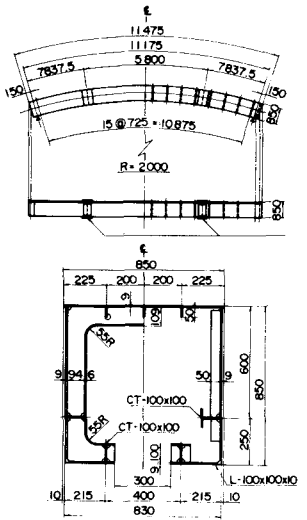


図-1 実験桁

(2) 支持条件および載荷方法 曲線桁の両端部の支持条件は曲げに対して単純支持、ねじりに対して固定となるようローラーシューを用いてできる限り理想状態の再現に努めた。荷重載荷には図-2に示すように載荷フレームとセンターポールジャッキを用いたが、鉛直荷重は走行レールエフランジに100×250(車輪タイヤ接地幅)の分布荷重を、また、水平荷重は桁の内、外側側ウェブに固着した金具を介して導入した。実験の載荷ケースは表-2に示す10種であり、計測は桁の変位をダイヤルゲージおよび電気式変位計(それぞれ53点、20点)で、また、応力はストレインゲージ(400点)を貼付のうえ、多点デジタルひずみ計にて自動計測した。

表-1 模型桁の縮尺

	仮想実験桁	模型桁	縮尺
支間長 l cm	2250	1117.5	1/2.01
曲線半径 R cm	5000	2000	1/2.50
開角 $\phi = l/R$ rad.	0.45	0.57	1/0.79
桁高 h cm	182.0	85.0	1/2.14
桁幅 b cm	184.0	83.0	1/2.22
断面積 A cm ²	1401	342	(1/2.02) ²
断面2次モーメント I_x cm ⁴	6.98×10^6	4.009×10^5	(1/2.04) ⁴
断面2次モーメント I_y cm ⁴	7.288×10^6	3.834×10^5	(1/2.09) ⁴
ねじり剛度 J cm ⁴	1155	86	(1/13.1) ⁴
曲げねじり剛度 I_{ω} cm ⁴	1.299×10^9	1.190×10^8	(1/2.19) ⁶
$\lambda = \sqrt{GJ/EI_{\omega}}$ 1/cm	5.856×10^3	1.674×10^4	(1/2.86) ⁻¹
ねじり定数比 $\mu = R\lambda$	0.2928	0.3348	1/0.87

3. 実験結果および考察 (1)にわみ曲線および断面変形
桁の中央断面に鉛直荷重(5トン)が作用する場合(CASE I-1)の

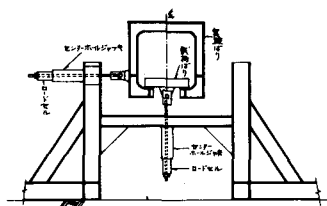


図-2 載荷方法

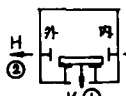


表-2 実験の種類

載荷位置	載荷方向 (加力点)	1. 鉛直載荷 (走行レール 上フランジ)	2. 水平載荷 (外曲ウェブ 案内レール)	3. 水平載荷 (内曲ウェブ 案内レール)
静的	I 支向中央断面 (補剛フレーム断面)	○	○	○
	II 支向中央最近端 の補剛フレーム断面	○	○	○
動的	III 支向1/4断面 (補剛フレーム断面)	○	○	○
	IV 支向中央断面 (補剛フレーム断面)	○	—	—

鉛直にわみをプロットすれば、図-3のよ

うになる。桁は鉛直荷重の作用により、まず鉛直方向にたわみ、ついでせん断中心のまわりに回転するため、外曲側のたわみが内曲側のそれより大きく、約1.7倍である。図中にははり理論によるせん断中心軸のたわみ値も併記したが、これは両者のほぼ中間値を示している。また、断面変形に図17ではCASE I-1

中央断面では内外曲ウェブがともに桁の内張中心方向に変位しており、ステン載荷時で桁高の0.13%程度、I-2,3ではともに外曲ウェブは遠心方向、内曲ウェブは向心方向に変形し、ステン載荷時で桁高の0.09%程度と極めて微小量であり、本実験桁のごとき剛性と配置を持つ補剛フレームで断面保持が十分できることが判明した。

(2) 応力度 CASE I-1~3における桁中央断面の桁軸方向応力分布を示せば、図-4のとおりであり、大旨、実測値と計算値は傾向が類似しているものの、各ケースとも着点近傍では局部応力が発生するため、両者の値はかなりずれている。特にCASE I-1の走行レール下フランジでは顕著で実測値は計算値の約1.8倍であるが、これは当該応力を桁軸方向にプロットした図-7からも明察される。この現象は荷重が補剛フレーム間のパネル部に直接作用するためで、CASE I-2の補剛フレーム上に直接載荷した場合の図-8では見受けられない。なお、この局部応力は図-7中、実線および破線で示すように桁自身が示す応力値に、走行レールが補剛フレームに中間で弾性支持される場合に示す連続ばり(図-5は3径間連続ばり)としての応力を加算すれば、うまく説明できる。図-5,6はCASE I, IIにおける桁中央に一番近い補剛フレームフランジの桁軸直交方向応力を図示したもので、鉛直荷重に対しては外曲側の上下隅角部に、水平荷重に対してはそれぞれ載荷側の上下隅角部に大きな応力集中が見受けられるが、いずれも許容応力値以下である。他方、桁のフランジやウェブには同方向応力は微小量しか発生しておらず、補剛フレームとしてのフランジ有効幅が、十分期待され大きいことが判明する。

参考文献 (1)~(3) 日本道路協会、モルル設置基準調査研究委員会、昭和49年およびモルル構造基準調査特別委員会、昭和50年、(4) 芳沢、山崎、矢野「補剛フレームを持つ断面薄肉曲線桁の下の解析」第4回土木学会年次学術発表会論文論文集、昭和54年、(5) 小西、藤岡、橋「設計と施工」昭和51年9巻、(6) 津沢「並列主桁曲線橋の解析」土木技術 Vol. 20 No. 1, 1965、(7) 土木学会編「構造力学の式集」(8) 芳沢、山崎「構造解析の基礎」昭和54年出版

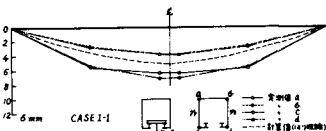


図-3 たわみ曲線

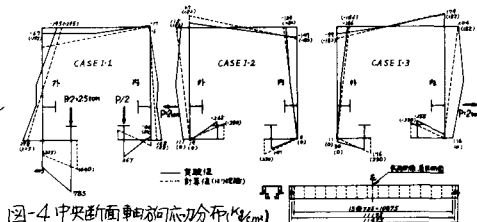


図-4 中央断面桁軸方向応力分布 (kg/cm²)

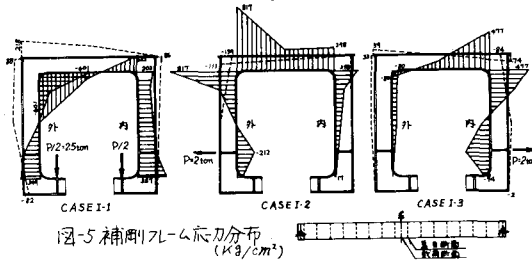


図-5 補剛フレーム応力分布 (kg/cm²)

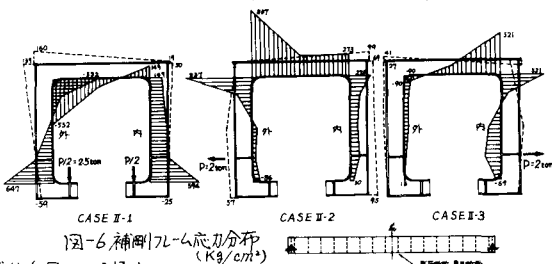


図-6 補剛フレーム応力分布 (kg/cm²)

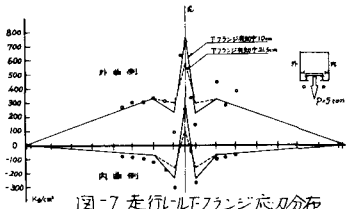


図-7 走行レールフランジ応力分布

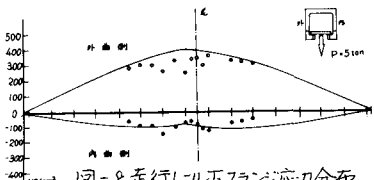


図-8 走行レールフランジ応力分布