

川崎製鉄(株) 構造技術研究所 正員 山崎 徳也
千葉県 都市部 安原 弘雄
川崎製鉄(株) 構造技術研究所 金子 忠男

1. 緒言 最近、急増する都市内交通流の緩和と近郊から都市への交通手段の提供とを目的として全国主要都市で新交通システムおよび都市モノレールの導入が計画されている。著者らは先に千葉市で計画中の本邦初の本格的懸垂型モノレール「千葉都市モノレール」の軌道桁に關し、その2分の1曲線模型による構造実験を実施し、薄肉断面を有する当該軌道桁特有の力学的挙動、すなわち、(1)桁断面のせん断中心が荷重作用点である走行レールや案内レールよりも相当高い位置にあるため、横力による曲げねじれ応力がかなり大きくなる。(2)桁断面内応力は開口部下フランジを除けば、既往の薄肉断面はり理論により近似され得る。(3)(2)における下フランジは開口部で直接輪荷重の作用を受ける部材であり、かつ薄肉板部材で溶接集成されていることから局部変形による大きな応力が発生する。(4)その局部応力は上記薄肉断面はり理論による計算値にさらに加算するべき1次応力であり、何らかの手法(例えば、修正FEMやFEMなど)を適用のうえ算出せねばならないが、特にその大きさで疲労強度が決定されることとなり、設計上細心の注意を要することなどを明らかにした⁽¹⁾。これら桁構造全体としての力学挙動に關する成果をもとに断面保持用補剛フレーム、案内レールおよび走行レールなどの断面構成部材個々および相互の接合に關する構造細目について検討し、それらの静的およびくり返し荷重に対する挙動を調査するため、図-1に示すような大型模型桁を製作のうえ、構造実験を実施したので報告する。

2. 実験桁および実験方法 実験に供した模型桁は図-1に示すような仮想実験の3分の2縮尺のもの1体であり、図示のとおり4本の補剛フレームにより分割される3パネルで構成される局部模型である。まず、断面保持用補剛フレームの構造は充實ウェブの普通タイプ④および軽量化と内部配線処理を考慮した円孔を有するウェブをもつタイプ⑤との2種を考えた(図-1(c)、(d))。つぎに走行レールに關しては図の(d)の左断面に示すような溶接集成による通常の固着タイプと右断面に示すような補剛フレームと下フランジの接合部に設けられたスリットにH型断面を有する走行レールを嵌合のうえ、下フランジにボルト接合した交換レールタイプの2種を配置した。案内レールの形状はT型断面を有する固着型のもののみであるが、文献(1)で得られた知見より、補剛フレームとの交差部は両者を溶接により一体化することなく、(e)図に示すように補剛フレームをレールウェブに貫通させる形式を採用した。また、走行レールとの交差部はフランジ同士を突き合せ溶接した。以上のように本実験桁は1回の載荷で4種類の構造細目の組合せに關する力学挙動が把握できるよう工夫し、両

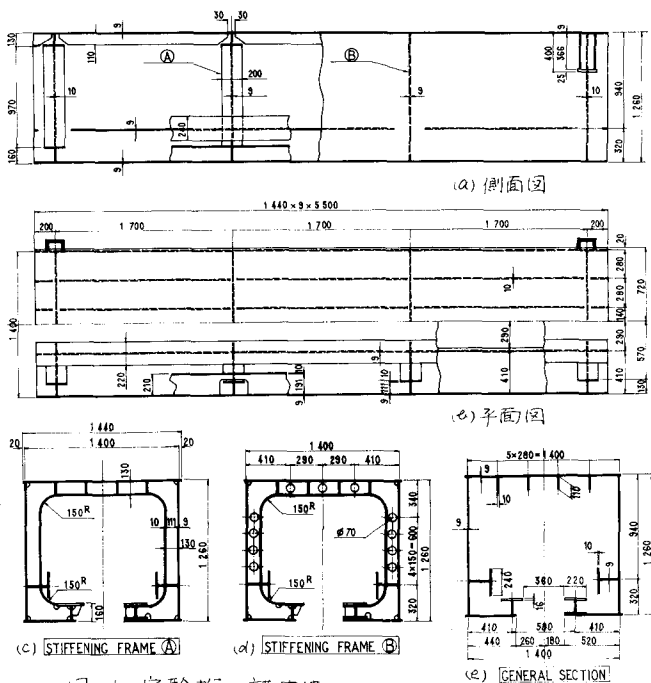


図-1 実験桁の諸寸法

端を単純支持のうえ、図-2に示すような車輛の1ボギー分(2軸4輪)の軸荷重を鉛直方向に載荷した。

3. 実験結果および考察

(1) 補剛フレームの変形 図-2に示

図-2 荷重載荷位置

すような荷重形式で $P=3$ トンを載荷した場合の補剛フレーム④の変形を図示すれば、図-3のとおりである。図中括弧内の諸数値は設計軸重8.5トンに対する換算値である。開口部の開口変位量は設計軸重に対し、約1.2mmであり、桁高さ1260mmの約1/1000以内である。また、開口部の鉛直方向の純変位は約0.9mmで同じく桁高さの1/400程度となるが、これらは有孔ウェブ補剛フレーム②においても若干値は大きいもののほぼ同等とみなすことができ、本実験行に用いた補剛フレームは④⑤ともに断面保持材として遜色ないことがわかる。

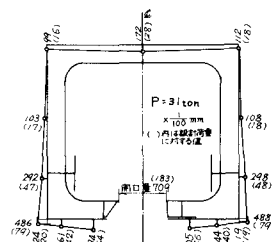


図-3 補剛フレーム変形図

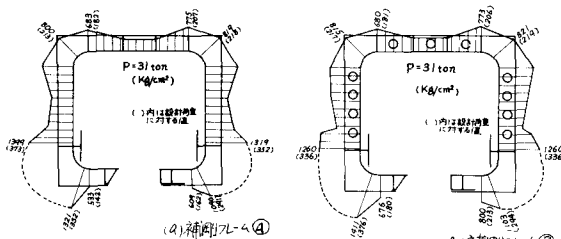


図-4 補剛フレーム内側フランジの応力分布

(2) 補剛フレームの応力 補剛フレーム④、⑤の内側フランジのフレーム軸方向の応力分布を示せば、図-4のようである。図から判明するように④⑤および走行レールの構造形式の差異による分布形状の変化は認められず、したがって、上記構造細目の差異は構造全体の力挙動にはほとんど影響しないことがわかる。括弧内数値で示すように設計軸重に対する発生応力は低いが、傾向的には下部隅角の内弧フランジに応力集中が認められる。この種フレーム

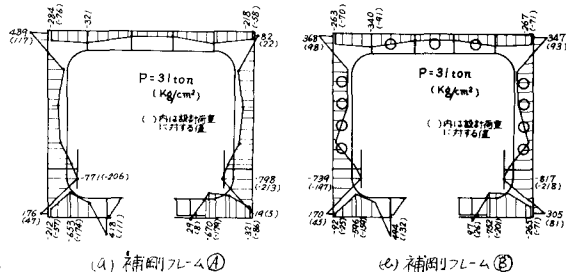


図-5 スキンプレートの応力分布

はスキンプレートの有効幅を考慮して、さらに隅角部には同心内弧からなる曲りばりを挿入し、リングフレームとして設計され、当該荷重が載る上下隅角部とも等応力となる。しかし、本実験行では図示のように上部隅角には大きな応力集中はみられず、伝達荷重が上部に向って分散することがわかる。これらより、実用的には上記設計法で十分であると言える。図-5にはスキンプレートの応力分布が同様に示されているが、ほとんど圧縮応力を生じており、しかも補剛フレーム外フランジとしての有効幅が広いため、応力値は内側フランジよりもさらに低い。図-6には図-4、5の応力値を併記し、フレームの中立軸を図示したが、それらはフレーム断面高さの約3割の位置にあることがわかる。図-7にはスキンプレートのフレーム軸方向応力の桁軸方向分布を示すが、当該応力はパネル中心軸にほぼ対称形であり、補剛フレーム直上で最大値を呈している。道路橋示方書による有効幅計算値は756mm

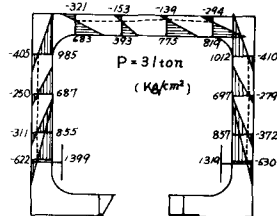


図-6 補剛フレームの中立軸

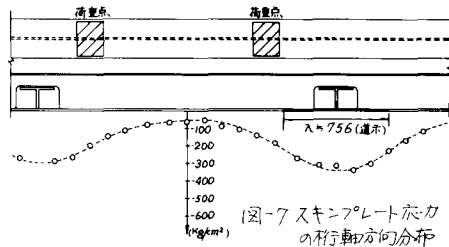


図-7 スキンプレート応力の桁軸方向分布

であり、内側フランジ幅の約2.8倍となっているが、これは図-7からもほぼ妥当であると考えられる。

(3) 疲労実験 列車通過によるくり返し荷重を想定した疲労実験を実施中で、結果は当日発表の予定である。

参考文献(1)金野、大塚；開断面薄肉曲線形桁の構造特性について、第14回工学会年次講演会概要集

(2)山崎、大塚、高橋；懸垂型モーター軌道桁の補剛フレームの疲労特性に関する研究、第14回工学会年次講演会概要集