I-106　懸垂型モノレール軌道桁の補剛フレームの疲労特性に関する研究

川崎製鉄(株)構造技術研究所　正員　山崎徳也
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　高橋武丸

1. 緒言

懸垂型モノレールの軌道桁には車輌の走行上，下側に開口部を有する箱形の断面が用いられるがその断面は桁軸方向適当間隔に配置された補剛フレームによって形状が保持される構造となっている。補剛フレームはこの機能に加え走行レールと案内レールを支持するFloor Beamとしての役割をも有する重要部材であり走行車輌のくり返し通過による疲労の検討は必須条件であると考える。

一方補剛フレームには桁の内面に設けるハリゴ方式と外面に設けるタトリゴ方式があるが前者は都市美観上は優れているものの構造特性においては若干の難点があると云われている。即ち，補剛フレームが走行レールや案内レールと直交する関係上部材や溶接ビードの交叉部が出現することに加え狭隘な場所での加工技術が必要とされるからである。本研究はこのような内リゴ方式の補剛フレームを用いた場合の疲労特性に関し構造のディテールを変化させた大型の供試体を製作して実験的に調査したものであり結果として補剛フレーム内面フランジの応力レベルによって補剛フレームの疲労強度を推定しうることが判明したのでここに報告する。

2. 実験と考察

(1) 供試体　供試体はモノレール構造基準[1]ゆ6条の懸垂型大型車輌限界から算出した実物断面に対し溶接施工および製作上の観点からほゞ実際に近いと考えられる2/3の大きさに縮少したもので補剛フレームを中央に配置し長さ1mの鋼製(JIS G 3106 SM50)の溶接構造物である。

形状は図-1に示す如く案内レールフランジと補剛フレーム内側フランジ(以下フランジと云う)を段違いにすることによって後者をストレートに通したA, B Type，両フランジを同一面に配置し相互に溶接接合したC, D Type(桁中が減少する)，美観要因をとり入れて桁スキンプレートのウエブと下フランジ交叉部を曲線加工したB, D Type，走行レールが交換できるように考慮したA, C Typeの左半断面および補剛フレームウエブの軽量化と配管関係の便宜を狙ったB Typeの左半断面の4 Type 7種類である。

(2) 静的載荷試験　補剛フレームにとって最も苛酷な条件はフレーム位置のレール面上に軸重が直接載荷されこれによって断面直角に曲げを受ける場合である。本実験では図-2に示す如き載荷方法にてこの状態をモデファイすることとした。

図-3, 4には17 ton載荷時におけるA, B Typeのフランジ引張応力を示す。図中の破線は鬼村・白沢[2]に

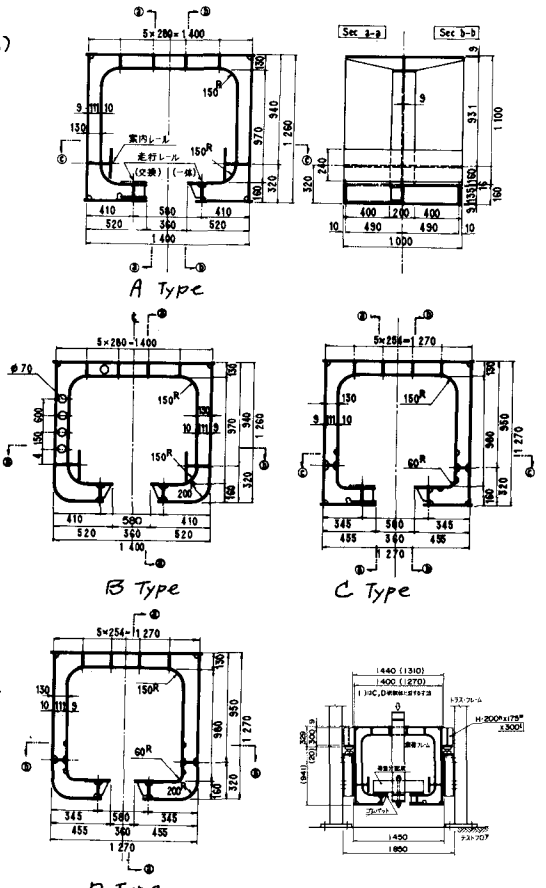

図-1. 供試体の形状寸法

図-2 載荷装置

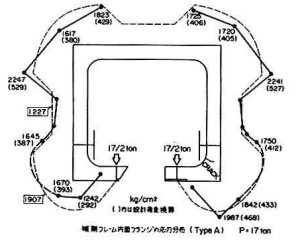

図-3 A Typeの応力分布

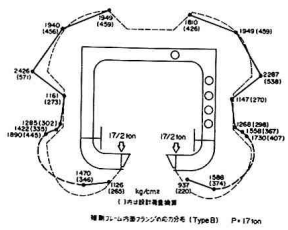

図-4 B Typeの応力分布

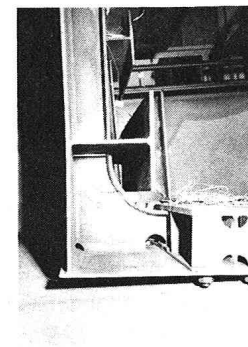

写真-1.

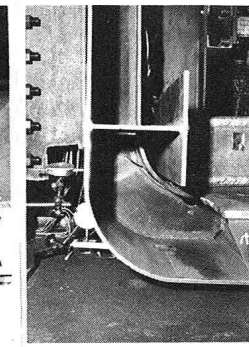

写真-2.

る円弧ハンチ型ラーメン隅角部の応力計算法によるものでは(1)式および図-5によって求めた。

$$\sigma = \frac{M(r_0 - R_i + t_1/2)}{Ae(R_i - t_1/2)} \qquad (1)$$

σ：曲げによるフランジ応力度の最大値

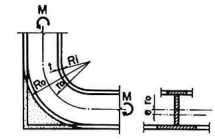

図-5

これらの図式からフランジ応力は桁下フランジ部では曲げモーメントとともに増加し R止まりからは曲がり梁の理論[2]によって急増しR中央部で最大値に達する分布傾向を示しその最大値は(1)式で求めた値と良く一致していることが分かる。

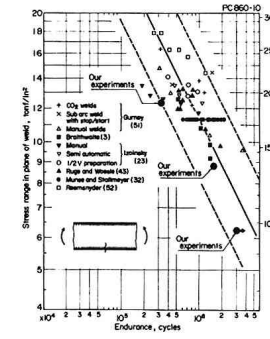

図-6 溶接ビード近傍部のS-Nカーブ

図-3は走行レール交換方式と一体方式の比較を行ったものであるが前者においても走行レールの下側に補剛フレームを挿入することによる断面係数の減少分だけ最大応力が大きくなっている以外は特異な現象は見当らず両者とも十分実用的な方法として活用しうることが分かる。

図-4は補剛フレームのウエブの有孔の有無を比較したものであるが有孔による影響は全く認められない。

（3） 疲労試験　　図-2の載荷方法によってA, B Typeの疲労試験を実施した。

A Typeはフランジ応力が900 kg/cm² となる1-9 ton（換算設計荷重の2倍）で3×10⁶回載荷したが何らのキレツも認められなかったのでこれをrun-outデータとしその後脆弱な個所を抽出するために1350 kg/cm²（同3倍）に応力レベルを増加して載荷した所8×10⁵回で写-1に示すごとくフランジR中央部のフィレット溶接部にキレツが発生し破断に至った。run-outの900 kg/cm²でのくり返し載荷を考慮した1350 kg/cm²の応力レベル下におけるキレツ発生換算くり返し回数は同種継手のS-Nカーブの傾きを3.42[3]と仮定した場合1.54×10⁶回と算出される。

スキンプレートのコーナー部にRを設けたB Typeは最初から1900 kg/cm²（1-18 tonで換算設計荷重の3倍）という高応力レベルで載荷した結果、3.1×10⁵回でA Typeとほゞ同じ個所からキレツが発生した（写-2）。

図-5は本実験結果を溶接ビードを有する溶接継手の既往のデータ群[3]上にプロットしたものである。本データはこれらのS-Nカーブの平均値より若干低目にランクされるものの傾向としては殆んど同じであり実用レール段違い方式のA, B Typeの補剛フレームの疲労特性は曲げ引張を受ける溶接I桁として実用上十分に管理可能であることが分かる。

＜参考文献＞ 1. 日本道路協会 "モノレール構造基準調査報告書"

2. 奥村敏恵・石沢久夫 "芸術橋梁ラーメン隅角部の応力計算について" 論文集第53号

3. T.R.Gurney, S.J.Maddox "A Re-analysis of Fatigue Data for Welded Joint in Steel" The Welding Institute Research Report