

Fatigue Strength Estimation for Welds of Carbody Shell of High Speed Train

正 [機] ○石塚弘道 (鉄道総研)

正 [機] 織田安朝 (国土交通省)

Hiromichi ISHIZUKA, Railway Technical Research Institute 2-8-38, Hikari-cho, Kokubunji City
Yasutomo ODA, Ministry of Land, Infrastructure and Transport

Fatigue cracks can be generated in the airtight carbody shell for high speed trains due to the difference in the air pressure between inside and outside the carbody at passing each other in a tunnel. The most recent carbody shells of high speed trains are made of aluminum alloy. As the design standard for welds in aluminum alloy carbody shells has not been established yet, the authors select a couple of important welds, carry out fatigue tests and create a fatigue design diagram.

Keyword: Car body structure, aluminum alloy, weld, fatigue strength

1. はじめに

車両構体に発生する疲労損傷は、高速車両のトンネル通過時、とくにトンネル内すれ違い時の気密構造車両の車内外圧力差に起因するものが主体である。近年の高速車両の構体は軽量化のためアルミニウム合金製となっているが、その疲労強度については、使用状況下での損傷を含めデータの蓄積がほとんどないため、疲労を考慮する必要がある動荷重を受ける場合について明確な基準がない。

そこで、負荷が大きいと想定される代表的な溶接継手として、中空押出型材溶接部、屋根たるきと長けたおよび側柱と側はりとの補強溶接部を選定し、これらを模した試験体により疲労試験を行い、得られたS-N曲線から応力発生回数を考慮した疲労設計線図を作成することを

研究の目的とした。本線図では、当該溶接部近傍の母材部の応力範囲を用いた。また、実車の使用期間中の応力範囲と発生ひん度（応力ひん度分布）を、構体気密試験結果と走行試験時の車内外圧力差の測定結果から推定し、本疲労設計線図により寿命評価を行った。

2. 疲労試験結果と疲労設計線図の検討

2.1 中空押出型材の溶接継手部

疲労試験結果および疲労設計線図を図1に示す。小型試験片の疲労試験結果から最小二乗法により破壊確率50%のS-N曲線を求め、これを(−2×標準偏差)だけ平行移動して破壊確率2.5%に相当するS-N曲線を作成し、さらに $5 \times 10^6 \sim 10^8$ 回の繰返し数領域において線の傾きmをm+2として疲労設計線とした。

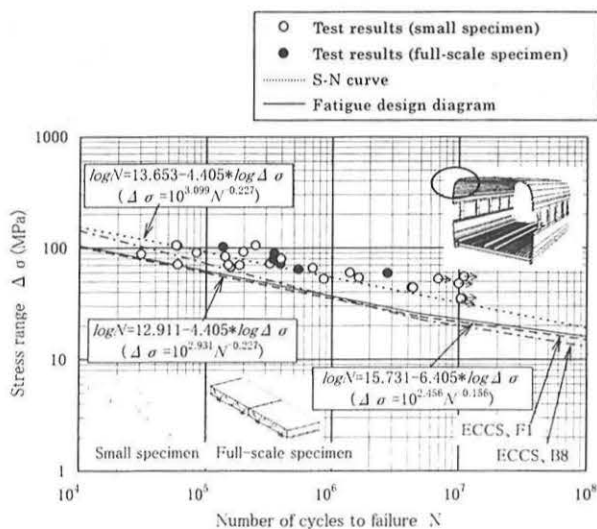


Fig.1 Fatigue test results and fatigue design diagram for welds of extruded hollow aluminum alloy

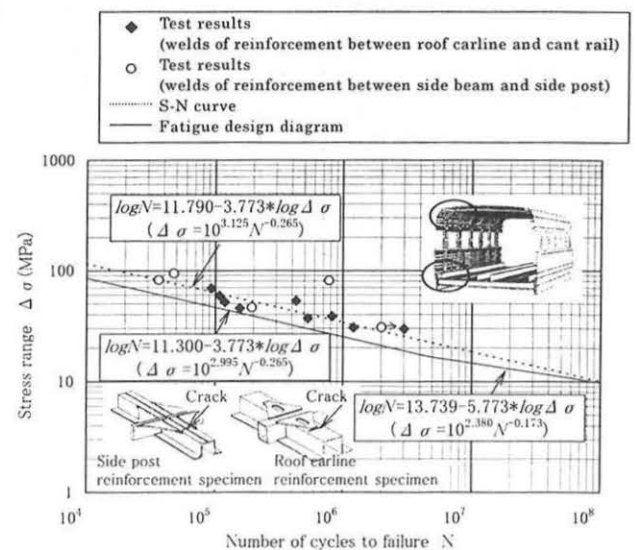


Fig.2 Fatigue test results and fatigue design diagram for welds of side post and roof carline reinforcements

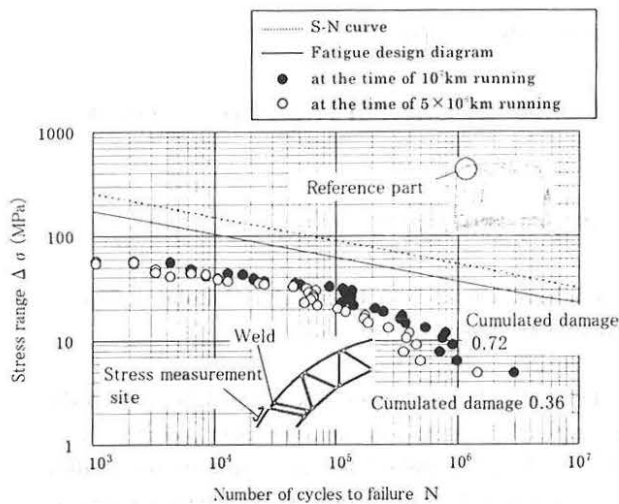


Fig.3 Stress frequency and fatigue design diagram during the service life period (welds of extruded hollow shape)

実物大試験体の疲労試験結果は小型試験片の試験結果とほぼ一致しており、大きなばらつきも見られなかった。両試験結果がほぼ一致したことから、本設計線図は実用的に見て妥当であると考え。また、本線図と諸外国の同様の設計線図と比較したところ、ECCS 規格の F1 (荷重伝達型の T 字型溶接継手) とほぼ一致した。

2.2 屋根たるきおよび側柱補強溶接部

屋根たるきおよび側柱補強溶接部の実物大試験体の疲労試験結果を図 2 に示す。き裂が発生した溶接部近傍の平滑母材部の応力でまとめた試験結果に、試験体による差はほとんど見られなかったため、共通の設計線図とすることとした。

3. 疲労設計線図による実車の疲労強度の確認

疲労設計線図に使用期間中の実車の応力ひん度分布を推定してプロットした例を図 3、図 4 に示す。図 3 は中空押出型材溶接部、図 4 は屋根たるき補強溶接部の例で、図中に示す実車の応力ひん度分布は、使用期間中の応力範囲と発生ひん度を構体気密荷重試験結果と走行時の車内外圧力差の測定結果から推定したものである。なお、側柱補強溶接部については、屋根たるき補強溶接部と共通の疲労設計線図を使用し、かつ、構体気密荷重試験結

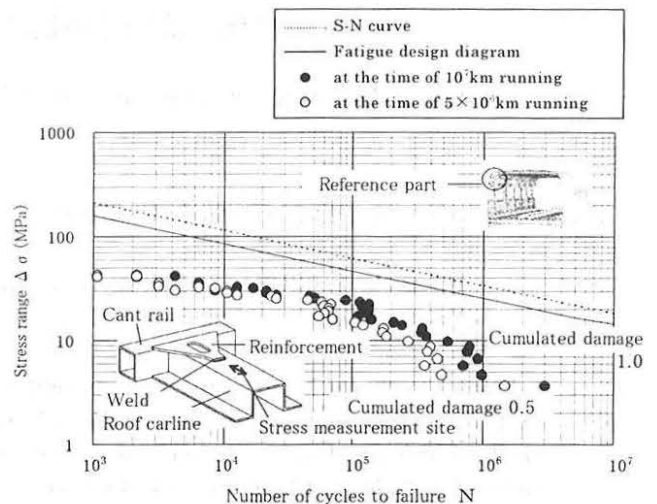


Fig.4 Stress frequency and fatigue design diagram during the service life period (welds of roof carline reinforcement)

果における発生応力についても同溶接部とほぼ同じ値であるため、図 4 をそのまま側柱補強溶接部に対する図と見なすことができる。

図 3、図 4 の 1000 万 km 走行相当の応力ひん度分布と疲労設計線図から、修正マイナー則を用いた線形被害則により計算した累積損傷度は、現状の使用状況であれば実用上問題ないレベルであった。

4. あとがき

アルミニウム合金製車両構体の代表的な溶接継手部について、疲労試験を実施し、その S-N 曲線から疲労設計線図を作成した。本線図は、当該溶接部近傍の母材部および当該スポット溶接部の応力範囲を用いて評価するので、測定した変動応力値から容易に応力発生回数を考慮して寿命評価が行える。また、実車の使用期間中の応力ひん度分布を推定し、本線図を用いて寿命評価を行ったところ、現状の使用状況であれば実用上問題ないレベルであることを確認した。

本研究は、日本アルミニウム協会車体強度小委員会ならびに日本自転車振興会の支援を受けて実施した。ここに謝意を表す。