

関西大学工学部 正会員 坂野昌弘 関西大学工学部 フェロー 三上市藏
 関西大学工学部 学生会員 藤原啓二

1. はじめに

電車荷重によって生じる変動応力に対する打ち切り限界¹⁾を用いて寿命評価を行った場合、疲労被害を過小評価する場合があることが示されている²⁾。本研究では、3種類の電車型設計活荷重および7種類の継手形式を対象として線形累積被害則による寿命評価を行い、電車型荷重によって生じる変動応力に対する打ち切り限界の妥当性について検討する。

2. 検討方法

(1) 荷重の種類および橋梁部材

3種類の電車型荷重は、新幹線P荷重(1列車16両)、新幹線N荷重(1列車30両)および在来線M荷重(1列車10両)である。それらの軸配置を図-1および表-1に示す。活荷重によって橋梁部材に生じる変動応力は橋梁形式や部材によって異なるが、それらは基本的には影響線形状の違いによるものであり、影響線の基線長を変化させることにより表現できる²⁾ことから、ここではスパン5m~50mの単純桁のスパン中央に生じる曲げモーメントの影響線を用いて応力の変動波形を求めた。図-2に曲げモーメントの変動波形、および図-3にレインフロー法によって求めたその頻度分布の一例を示す。

(2) 継手形式と疲労被害の算出法

対象とした継手形式は、疲労強度等級のB~Hに相当する横突合せ溶接継手(B)、縦ビード継手(初期亀裂寸法1.0mm)(C)、縦ビード継手(初期亀裂寸法1.5mm)(D)、リブ十字継手(E)、フィレット部を仕上げた面内ガセット継手(F)、面外ガセット継手(G)、フィレットなしの面内ガセット継手(H)の7種類である。それぞれについて疲労亀裂進展解析²⁾により、(1)で求めた30ケースの変動応力に対する疲労寿命曲線を求めた。それらの寿命曲線と変動応力範囲頻度分布を用い、線形累積被害則により疲労被害(マイナー和)を算出した²⁾。その際に仮定した打ち切り限界は、電車荷重に対するもの¹⁾(JR)および鋼構造一般に対するもの³⁾(JSSC)の2種類である。

表-1 各電車荷重の軸間距離

	L (m)	ℓ_1 (m)	ℓ_2 (m)	ℓ_3 (m)
新幹線P荷重	20.0	2.2	12.1	3.5
新幹線N荷重	13.5	2.2	6.3	2.8
在来線M荷重	20.0	2.1	11.7	4.1

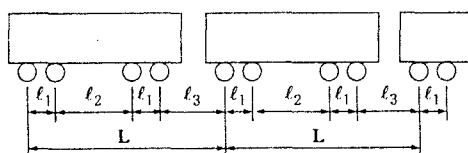


図-1 対象とした電車型列車荷重 (H等級)

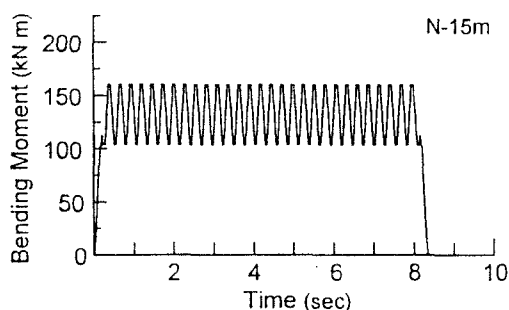


図-2 曲げモーメント変動 (N荷重, 単純桁15m)

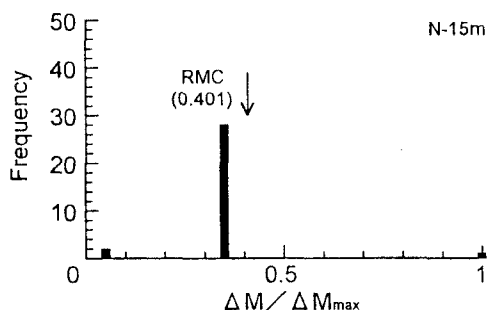


図-3 モーメント範囲頻度分布 (N荷重, 単純桁)

3. 検討結果

(1) 疲労被害を過小評価するケース

JRの打ち切り限界を用いた場合、P、N、Mの全ての荷重ケースでFを除く6種類の継手等級に対して疲労被害を過小評価するケースのあることがわかった。図-4はH等級について各スパンで得られた疲労被害の最小値を荷重ごとに示したケースである。各荷重で疲労被害の過小評価が最も著しくなるスパンが異なる。N荷重の場合、変動波形と頻度分布は図-2および図-3に示したケースである。最も頻度の高い応力範囲成分が隣りあう台車ごとに生じることから、台車間隔($l_1 + l_2$)でスパンを無次元化したのが図-5である。荷重の種類に関係なく($l_1 + l_2$)の1.5~2倍程度で疲労被害の過小評価が起こる。

(2) 過小評価の原因

図-6は継手等級ごとに過小評価された疲労被害の最小値をプロットしたものである。NとMに対する過小評価が顕著であり、F等級を除いて各等級で最小70~40%まで過小評価している。図-7は応力範囲頻度分布の最頻値 $\Delta \sigma_{mode}$ を各荷重および等級ごとにプロットしたものである。それらは図中に示したJRの打ち切り限界の直下にあり、それらが打切られることにより疲労被害が過小評価されることがわかる。また、あわせて示したJSSCの打ち切り限界はいずれも $\Delta \sigma_{mode}$ よりも小さく、それらの疲労被害をうまく算入できることがわかる。

4. おわりに

3種類の電車荷重および7種類の継手等級を対象として、打ち切り限界を用いた線形累積被害則による寿命評価を行った。その結果、影響線の基線長が台車間隔の1.5~2倍程度のときに疲労被害を半分以下まで過小評価すること、およびJSSCの打ち切り限界を用いればそれらの変動応力に対しても安全側の評価ができることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説—鋼構造物・合成構造物，丸善，1992。
- 2) 坂野，三上，森脇，佐島：鋼鉄道橋の疲労寿命評価法に関する一考察，鋼構造年次論文報告集，Vol. 3，pp. 147-154，1995。
- 3) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂，1993。

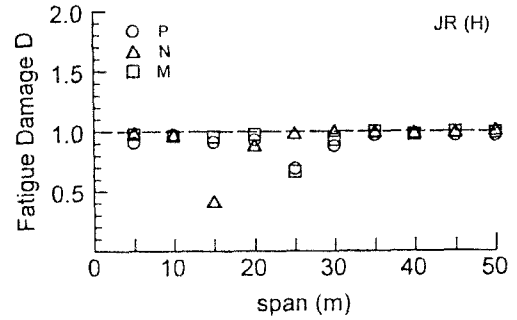


図-4 各スパンの疲労被害の最小値

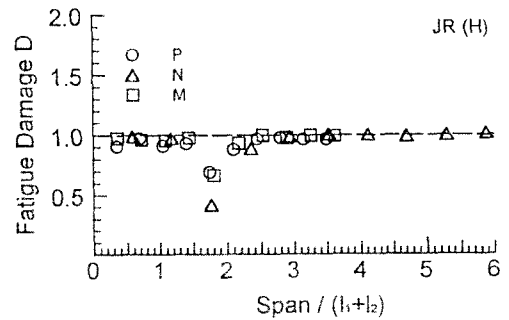


図-5 疲労被害の最小値と台車中心間隔に対するスパンの比の関係 (H等級)

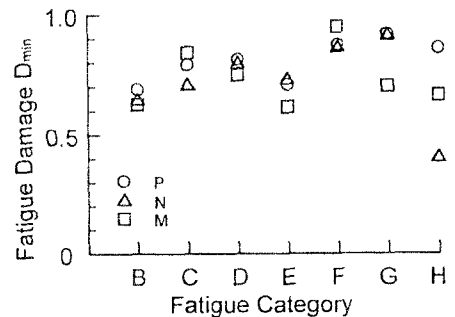


図-6 各強度等級の疲労被害の最小値

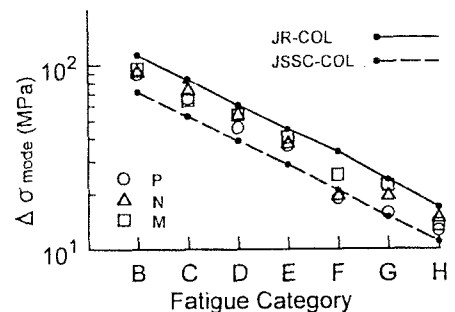


図-7 疲労被害が最小となる応力範囲の最頻値