

IV-329

鉄道橋の変動応力に対する打ち切り限界に関する一考察

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 三上市蔵
 関西大学大学院 学生会員 森脇清隆 関西大学工学部 学生会員 佐島 豊

1. はじめに

1992年に改訂された鉄道構造物等設計標準¹⁾では、新たに変動応力に対する打ち切り限界を持つ疲労設計曲線が導入された。電車荷重の場合には変動応力の性状は一定振幅応力のそれに近いとして、変動応力に対する打ち切り限界をJSSC疲労設計指針²⁾の一定振幅応力および変動応力に対するそれぞれの打ち切り限界の平均値として設定されている。しかしながら、電車荷重によって生じる変動応力の頻度分布性状は必ずしも一定振幅応力に近いとはかぎらない³⁾。変動応力下の疲労寿命特性は作用する変動応力の特性に大きく影響を受けるものであるから、鉄道橋の疲労設計曲線は鉄道橋部材に生じる変動応力特性を十分に反映したものでなければならない。本研究では、特に疲労設計曲線の変動応力に対する打ち切り限界に着目し、鋼鉄道橋の疲労寿命評価法について解析的に検討する。

2. 鉄道橋に生じる変動応力特性

電車型荷重によって鉄道橋部材に生じる変動応力の応力範囲頻度分布形状は大まかに分離型と集中型に分類することができる³⁾。図-1および図-2に、それぞれの代表例として新幹線列車荷重によってスパン10mおよび30mの単純桁に生じる変動応力(スパン中央の曲げモーメント)の応力範囲頻度分布を示す。

3. 疲労寿命曲線

著者らは、垂直補剛材取付け部の変動荷重疲労実験を行い、疲労亀裂進展解析によって求めた疲労寿命予測曲線と実験結果を比較し、寿命予測手法の妥当性を確認している⁴⁾。ここでは、同じ手法を用い、新幹線列車荷重によってスパン5~40mの単純桁とスパン75mのトラスの斜材および下弦材に生じる変動応力に対して疲労寿命曲線を求めた。図-3にリブ十字継手の疲労寿命曲線を示す。一定振幅応力下の疲労限以下の低応力域では、応力範囲頻度分布が分離型であるスパン5, 10, 40mの単純桁、トラスの斜材および下弦材の寿命曲線は一定振幅応力下の寿命曲線をほぼ低応力側に延長したものとなっている。一方、集中型であるスパン20, 25, 30mの単純桁の寿命曲線は傾きが徐々に緩やかになっており、変動応力の種類によって疲労寿命曲線の形状が異なることが示されている。

4. 線形累積被害則による疲労寿命評価

図-3に示した疲労寿命曲線とそれぞれの変動応力

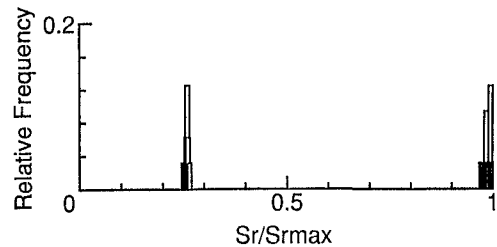


図-1 応力範囲頻度分布(スパン10m)

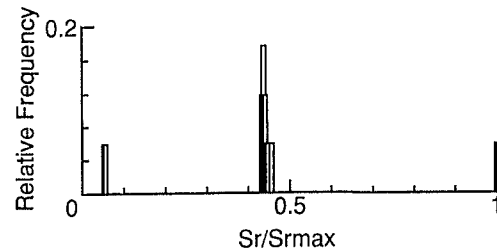


図-2 応力範囲頻度分布(スパン30m)

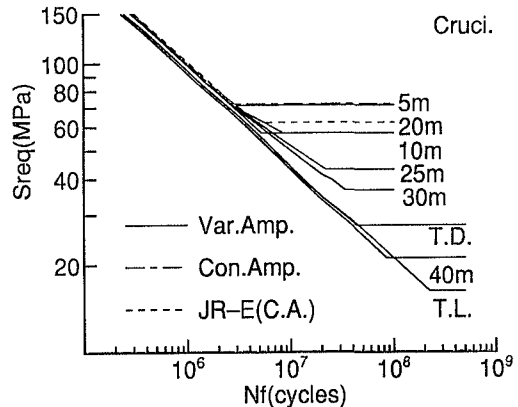


図-3 疲労寿命曲線(リブ十字継手)

範囲頻度分布を用い、線形累積被害則による寿命評価を行った。寿命評価法としては、電車荷重に対する打ち切り限界を用いたもの(JR)、JSSCの打ち切り限界を用いたもの(JSSC)、および打ち切り限界を用いない、即ち修正マイナー則によるもの(M.M.)の3種類である。図-4、図-5にスパン10mおよび30mの単純桁のリブ十字継手について求めた疲労被害を示す。縦軸の疲労被害Dが1に等しければ、寿命評価法が妥当なものであるといえる。変動応力頻度分布形状が分離型のスパン10mの場合には、いずれの手法を用いても $D \approx 1.0$ であり、どの評価法でも妥当であるといえる。一方、集中型のスパン30mでは、低応力域において、M.M.とJSSCの場合には $D > 1$ 、即ち疲労被害を過大評価しているのに対し、JRの場合には $D < 1$ 、即ち疲労被害を過小評価している。

5. 影響線に対する等価繰返し数 n_{eq1}

設計標準¹⁾では、繰返し数の影響を考慮した疲労照査法が示しており、そのなかで、影響線に対する等価繰返し数 n_{eq1} が与えられている。ここでは、設計標準¹⁾に示された方法に従い、2. で求めた様々な変動応力に対して、4. と同様に3種類の寿命評価法により、 n_{eq1} を求めてみた。図-6にD等級の継手に対する算出結果を示す。図-5と同様に、JRの打ち切り限界を用いた場合、M.M.とJSSCに比べて等価繰返し数が著しく小さく評価されるケースがあることがわかる。なお、設計に用いる n_{eq1} は各継手に対して求めた曲線を包絡するように設定されており、M.M.に対しても安全側に設定してある¹⁾。

6. おわりに

電車型荷重によって鉄道橋部材に生じる変動応力に対し、設計標準で規定されている打ち切り限界を用いて線形累積被害則による寿命評価を行った場合には、疲労被害を過小評価するケースがあることが示された。鉄道橋の変動応力に対する打ち切り限界はこのようなケースも考慮して設定する必要があると考えられる。

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・合成構造物，丸善，1992。
2)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。 3)坂野・三上・西村：第17回土木情報システムシンポジウム論文集，pp. 89-96，1992。
4)坂野・三上・米本・西村：構造工学論文集 Vol. 41A，pp. 845-854，1994。

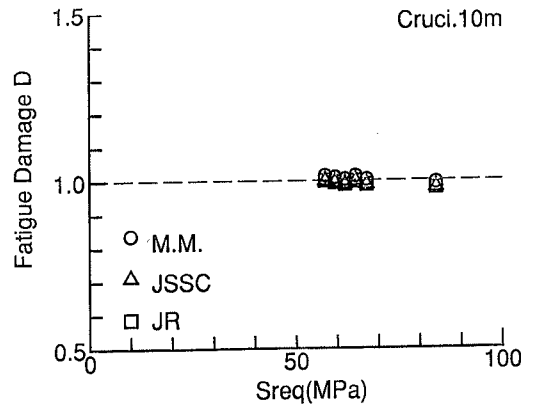


図-4 疲労被害（リブ十字継手，スパン10m）

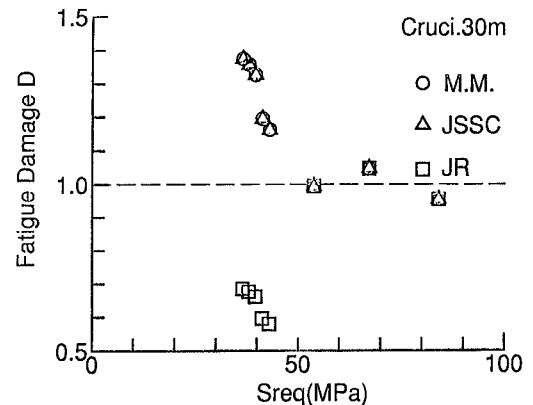


図-5 疲労被害（リブ十字継手，スパン30m）

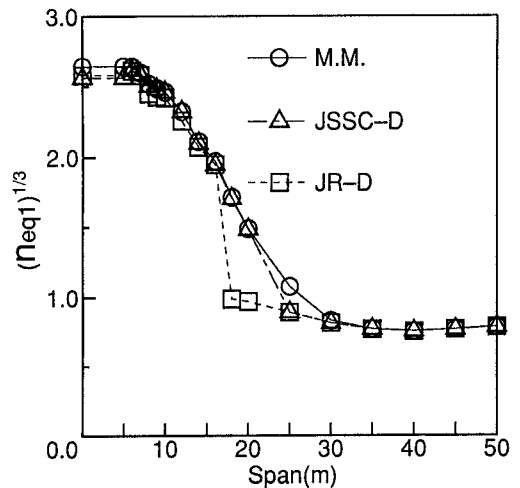


図-6 D等級の継手に対する等価繰返し数