

第 I 部門

走行位置と継手強度の不確定要因を考慮した鋼床版の疲労き裂発生評価に関する基礎的研究

大阪市立大学工学部 学生員 越智 雅樹  
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司  
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀  
 阪神高速道路管理技術センター 正会員 高田 佳彦

1. 研究背景および目的

現在、自動車荷重による鋼床版の疲労き裂発生に関して、様々な評価方法が検討されている。例えば、車両の走行位置を確定的に決めるのではなく、走行位置の変動を考慮してより実態に合わせた、合理的な提案がされている。

本研究では、このような背景を踏まえ、さらに走行位置だけでなく、継手強度の変動も考慮してき裂発生を評価することを試み、以下に示す2つの項目について考察を加えている。

- 1) 等価応力ではなくタイヤの通過位置の変動を考慮した場合の累積損傷度。
- 2) 作用側の変動だけでなく継手強度の変動(不確定性)を考慮した場合の累積損傷度。

2. 着目箇所および疲労き裂発生評価の手法

本研究では、鋼床版の疲労き裂として典型的な事例である溶接ビード貫通き裂(以下、ビード継手)、デッキプレート貫通き裂(以下、デッキ継手)、縦リブ突合せ部のき裂(以下、突合せ部)を対象とする。これらのき裂を図-1に示す。

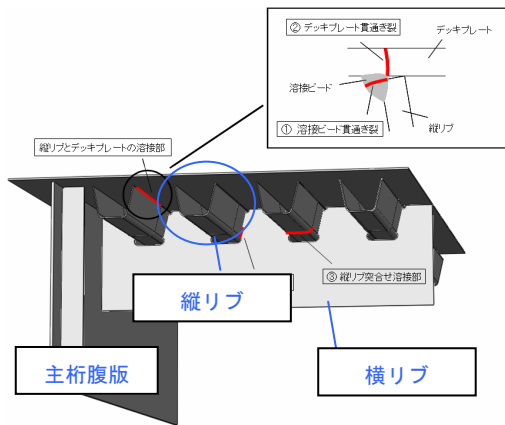


図-1 鋼床版と疲労き裂位置<sup>2)</sup>

本研究では、着目箇所における疲労き裂発生評価すなわち累積損傷度を用いたマイナーの線形累積則によって行う。応力範囲  $\Delta \sigma_i$  が  $n_i$  回生じたときの疲労損傷度を  $n_i/N_i$  としてその線形和  $D = \sum (n_i/N_i)$  が  $D=1$  のとき疲労き裂が発生するものと仮定している。

3. 応力範囲の頻度分布の算出

応力範囲の頻度分布(応力頻度分布)の算出の流れを図-2に示す。用いるタイヤの通過位置の確率分布(タイヤの通過位置分布)

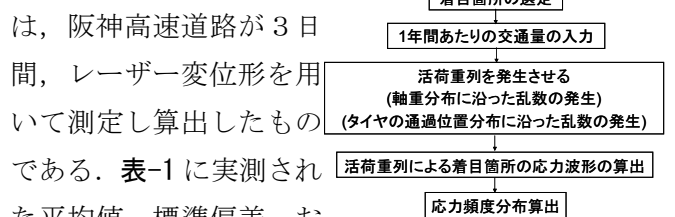


図-2 応力頻度分布算出の流れ

表-1 車種におけるタイヤの通過位置の実測値

| 車種    | タイヤの通過位置(mm) |      |     |
|-------|--------------|------|-----|
|       | 平均           | 標準偏差 | 分布形 |
| 中型車   | 577          | 179  | N   |
| 大型車   | 577          | 179  | N   |
| 大型車   | 577          | 179  | N   |
| トレーラ車 | 540          | 165  | N   |

注) N : 正規分布

タイヤの通過位置を8パターンに分けて、車両によって発生する応力値を決定する。図-3にはここで用いたタイヤの通過位置の確率分布と着目箇所における最大応力範囲との関係を示す。着目箇所における最大応力範囲は文献2)に示されている有限要素解析結果に基づいている。

タイヤの通過位置の変動を考慮しない場合、最大応力範囲が最も大きい通過位置にすべての車両を通過させている。

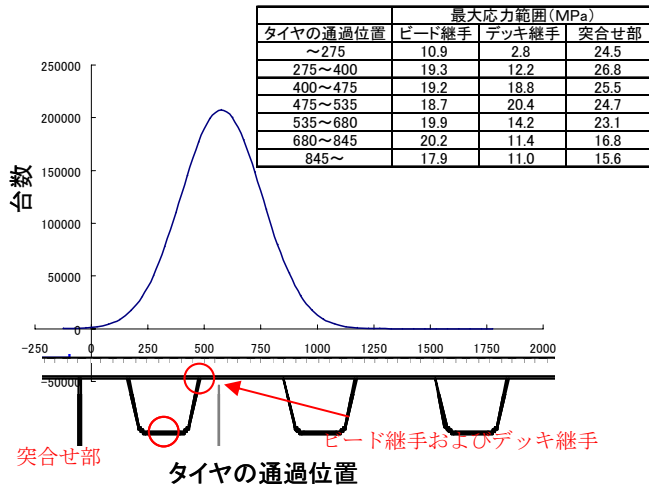


図-3 タイヤの通過位置の確率分布(中型車)と着目箇所における最大応力範囲

表-2にはタイヤの通過位置の変動を考慮する場合(Case1)と考慮しない場合(Case2)の1年間あたりの累積損傷度の比較を示す。減少率は、Case2に対してCase1の減少度合いを表す。タイヤの通過位置を考慮するとデッキ継手と突合せ部で累積損傷度の値が21~37%減少している。また、この結果から推定されるき裂の発生年数で比較すると、デッキ継手では、Case1が130年目、Case2が83年目であった。同様に、突合せ部では、Case1が21年目、Case2が17年目であった。ビード継手はあまり影響を受けなかった。これは、図-4で示した通過位置ごとの最大応力範囲の差が表-2 Case1とCase2の比較

|       | 累積損傷度  |        | 減少率(%) |
|-------|--------|--------|--------|
|       | Case1  | Case2  |        |
| ビード継手 | 0.0397 | 0.0409 | 3.2    |
| デッキ継手 | 0.0077 | 0.0122 | 36.9   |
| 突合せ部  | 0.0481 | 0.0610 | 21.1   |

大きかったためと考えられる。

4. 破壊確率によるき裂発生評価

ここでは、作用側と抵抗側の不確定要因の関係性を考慮して、構造物が想定した限界状態を超過する可能性を確率で評価する。モンテカルロシミュレーションを基本にして、累積損傷度が1を超える状態を限界状態としてとらえ超過確率(破壊確率)を求められている。なお、モンテカルロシミュレーションの流れを図-4に示す。応力頻度分布を算出し、これに継手強度の確率分布を考慮して累積損傷度を100回算出している。その際、正規分布にあてはめ破壊確率を評価している。図-5には、累積損傷度分布と破壊確率  $P_f$  の関係を示す。

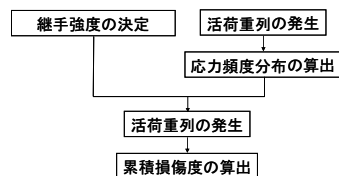


図-4 モンテカルロシミュレーションの流れ

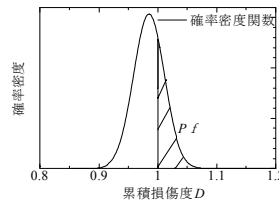


図-5 累積損傷度分布と破壊確率の関係

継手強度の確率分布については、データの数が少ないことから、名古屋大学で行われた疲労試験をもとにこれが正規分布に当てはまると仮定して評価している。

から算出した継手強度の確率分布を示す。継手強度の変動を考慮する場合をCase1、考慮しない場合をCase2とした。ここでは、ビード継手の結果を示す。

表-3 継手強度の確率分布

| ビード継手 | 継手強度  |       | 標準偏差   |
|-------|-------|-------|--------|
|       | Case1 | Case2 |        |
|       | 138   | 138   | 0.1568 |
|       |       | 0     | 0      |

図-6より継手強度の変動を考慮した方が敏感に破壊確率を表わせている。具体的には、Case2では48年目から破壊確率が0ではなくなっているのに対し、Case1ではCase2より3年早く前述の結果になった。また、48年目以前の破壊確率が29%もあった。

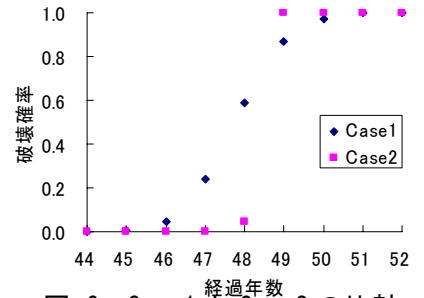


図-6 Case1とCase2の比較

5. 結論

- 1) き裂の発生年数の評価に関してタイヤの通過位置の変動を考慮すると、以下のように継手の箇所によって影響が大きく異なっている。デッキ継手では、47年遅くにき裂が発生し、突合せ部では、4年遅くにき裂が発生する結果となった。また、ビード継手では影響があまりみられなかった。
- 2) 継手強度の変動を考慮すると、3年早くき裂が発生し、かつ3年遅くにき裂が発生する確率を評価出来る。継手強度のばらつきを考慮した評価の方が、早い段階で補修を行うことができ、補修コストの削減を可能にする。

参考文献

- 1) 高田佳彦, 田畑晶子: タイヤ軌跡分布データを考慮した疲労評価手法の検討, 阪神高速道路管理技術センター, 2009. 2
- 2) 金久隆弘: 鋼床版の疲労損傷およびその検知手法に関する基礎的研究, 京都大学修士論文, 2009. 2.