ばね用平鋼の疲れに及ぼす腐食の影響について (第一報)*

Effect of Corrosion on Fatigue Life of Flat Steel for Spring (1st Report)

犬塚 宏邦**・太田 和義**

H. INUZUKA・K. OHTA

1. ま え が き

従来から金属ばねが、腐食によって疲れ寿命が著しく低下することは広く知られているところであるが、最近高速道路の凍結防止剤による塩害のため、自動車用懸架ばねが腐食によって折損することが問題視されるに至っている。

懸架用ばねの腐食による折損の問題は、腐食進行下に応力を受ける、いわゆる腐食疲れの現象と、一旦腐食した後での疲れとを区別して考える必要がある。

ところで、腐食と疲れ寿命の関係を報告したものは多いが、腐食孔の深さを観察し、これと寿命との関係を定量的に考察した報告は少ないようである。

筆者らは、今回ばね用平鋼を供試材とし、腐食後の疲れに限定して、塩水噴霧と屋外暴露による発錆状況の比較およびこれらの疲れ試験など一連の実験を行ったので、その結果を第一報として以下に報告する。

2. 供 試 材

供試材は表1に示すごとく、JIS G 4801 SUP 6 の乙種断面平鋼を調質後、片面ショットピーニングを施行したものを供した。

3. 試験方法

3.1 発錆試験

上記供試材を、表2の条件により、塩水噴霧または屋外暴露の時間を変えて、程度の異なる各種の錆を発生させ、外観および腐食孔深さを観察した。

なお腐食孔深さは、供試材を断面カットし、それを顕微鏡観察することにより求めた。その測定方法を図1に示す。次に暴露試験中の名古屋における気象条件を表3に示す。

表1 供試材

材 料	SUP 6 平鋼 6t×50b×350I
調質硬さ	H _B 388~415
S.P. 条件	アークハイト 0.40 mmA, カバレッジ 90% 以上
試験本数	計 320 枚

* 昭和48年度春期講演会にて発表

** 中央発条株式会社

表2 発錆試験

腐食方法	試験時間および期間
塩水噴霧 (JIS Z 2371)	26, 120, 240, 300 hr.
屋外暴露 (於: 名古屋)	7日, 1, 3, 6 カ月 (S. 46. 7~12 月)

図1 腐食孔深さの測定方法

表3 暴露試験中の気象

期 間 (S. 46)	7	8	9	10	11	12 月
降 雨 量	415	376	321	115	10	56 mm
平 均 気 温	25.8	26.6	22.3	15.6	11.4	6.5°C
平 均 湿 度	82	77	82	75	71	71%

表4 疲れ試験

試 験 機	協会型高速リーフ試験機
繰 返 し 数	1,000 c. p. m
応 力 条 件	σ_a : 37, 45, 50 (σ_m : 60 一定) kg/mm ²

3.2 疲れ試験

発錆供試材を表4に示した条件で、疲れ試験を実施した。

4. 試験結果および考察

4.1 発錆試験

疲れ試験後に破断部付近を切断し、腐食孔深さを顕微鏡により測定して塩水噴霧時間または屋外暴露時間と孔深さとの関係を求めたものを図2に示す。腐食孔深さは、供試材 10 ケの最大深さの中央値を丸めた値で、そのバラツキは $\pm 30\%$ 程度であった。塩水噴霧試験の方が、かなり腐食進行速度が速いのが判る。

また発錆材の切断面を写真1に示す。それによると腐

塩水噴霧

26 hr. 腐食孔深さ 0.05 mm 撮影倍率×100

120 hr. 0.10 mm

300 hr. 0.30 mm

屋外暴露

7 日 0.05 mm

1 ヶ月 0.08 mm

6 ヶ月 0.20 mm

S.P. 施行後腐食せず
写真 1 平鋼の切断面

食孔の形状は、発錆雰囲気が異なっても、余り変らないようである。

4・2 疲れ試験

塩水噴霧および屋外暴露により発錆させた平鋼で、腐食程度の異なるものを、腐食孔深さで整理し、その深さ値の等しいグループから各々 20 枚について疲れ試験を行った。その結果をワイブル確率紙でまとめた。試験条件 $60 \pm 50 \text{ kg/mm}^2$ の場合を図 3 および図 4 に示す。これによると、疲れ寿命に対する腐食孔深さの影響は大きく、腐食孔深さが大きくなるにつれて、疲れ寿命が低下するのが認められ、孔深さが 0.05 mm を越えると寿命低下は顕著になり 0.30 mm では参考に掲げた黒

図 2 平鋼の腐食孔深さに及ぼす雰囲気の影響

皮材の寿命よりも低下し、ショットピーニングの効果が完全に消滅している。また両図を重ね合せてみると、深さの順に配列整理でき、深さの値の同じものすなわち 0.05 mm では、ほとんど一致する。以下、疲れ寿命についても腐食孔深さが同じであれば、発生雰囲気の違いによる差は認められないので、それを区別せずに取り扱い、腐食孔深さ値で整理した。

一方、破断面を観察すると、腐食されていないもの、あるいは腐食程度の軽いものは、ほとんどコバより破断

図 3 平鋼の腐食後の疲れ (塩水噴霧)

図 4 平鋼の腐食後の疲れ (屋外暴露)

しているのに対し、腐食の著しいものは、コバ以外のところからも破断しており、しかも起点の数が多くなっているのが認められる。一例を写真 2 に示す。

次に腐食孔深さをパラメータにとり試験条件 $60 \pm 50 \text{ kg/mm}^2$ の場合の疲れ寿命を、50%破壊確率でまとめた。それを図 5 に示す。

最後に、試験条件 $60 \pm 50, 60 \pm 37 \text{ kg/mm}^2$ の場合の

S.P. 施行後腐食せず

S.P. 施行後塩水噴霧 300 hr. (0.30 mm)

写真 2 平鋼の疲れ破断図

腐食孔深さと疲れ寿命との関係を破壊確率 10~90% の範囲で表わしたものを図 6 に示す. この図から平鋼の寿命を推定することができる.

5. ま と め

以上まとめてみると, 平鋼については次のことが推論できる.

- (1) 塩水噴霧および屋外暴露によって, 同程度の錆が発生する時間は当然異なるが, 腐食孔の形状については, あまり差は認められない.
- また, 腐食後の疲れに関しても, 両者あまり差はなく, 腐食孔深さ値で整理すれば, 同等に取り扱っても問題ないと考えられる.
- (2) 疲れに対する腐食の影響は大きく例えば, 図 3 および図 4 をみると, 腐食孔深さが 0.05 mm を越えれば寿命の低下が顕著になり, 0.30 mm になると, ショットピーニングの効果が完全に消滅しているのが理解できる.
- (3) 腐食後の疲れについても, 腐食孔深さをパラメ

図 5 平鋼の腐食後の疲れに関する P-S-N 線図

ータとして取り扱えば, 一般の疲れと同様, S-N 関係を直線で求めることができると考えられる.

- (4) 実際の板ばねの破断条件 (応力条件および破断までの繰返し数) を, 図 6 のような形に補正して対応をつけることができれば, その破断ばねの腐

図 6 平鋼の腐食後の疲れにおける腐食孔の影響

食孔深さを測定することによって, それが腐食原因であるかどうか, 高い信頼度で推定できるものと考えられる.

6. あとがき

以上の試験は, 各種の条件を限定している. ここでは, 平鋼の腐食後の疲れに限定して試験を行ってきたが, 実際の重ね板ばねの場合は, これと条件が異なり, 複雑多岐と考えられる.

そこで今後下記項目についても検討を進めて行きたい.

- (1) 腐食孔の形状および深さの定量的とらえ方
- (2) 素材時にすでに腐食の認められるものの疲れ
- (3) 実応力負荷での腐食疲れ