

東京工業大学 学生員 ○穴見 健吾

東京工業大学 正員 三木 千壽

東京工業大学 正員 館石 和雄

1, 研究の目的

橋梁に生じる疲労き裂の多くは、橋軸直角方向の部材が、主桁などの橋軸方向部材のたわみ差によって面外方向に変位することの繰り返しによって生じる変位誘起疲労き裂である¹⁾。この場合の応力場は、繰り返しの面外曲げ応力と面内曲げ応力が組み合わさった多軸応力場となっている。この場合の疲労照査において、従来は、面外、及び面内曲げ応力を別々に考慮して足し合わせるという方法をとってきた。しかし、実際の疲労き裂の中には、疲労寿命や疲労き裂進展速度などの面において、このような単純な足し合わせだけでは説明ができないものも存在している。原因として一般に、面外と面内応力との複合効果があるのではないかとされている。本研究では、この効果による疲労き裂の疲労強度や進展特性への影響を考えることを目的としている。

2, 実験方法

図1に試験体形状を示す。実験では、図1のようにP C鋼棒を用いてプレストレスとして面内応力を与え、さらに矢印の方向に繰り返し面外曲げ応力を与えている。この試験体の疲労照査に従来までの方法を用いると、面内応力は載荷中一定であるので、面内応力の存在は、疲労き裂の挙動に影響しないということになる。

ここで、試験体を円形にしたのは、試験体の形状や、溶接ビードによる方向性をなくし、面内力の影響を現そうという意図によるものである。

疲労き裂の発生進展挙動は、磁粉探傷およびピーチマーク試験により観察した。

3, プレストレス導入直後、及び載荷中の応力状態

図2 (a)にP C鋼棒によって導入された面内応力の分布の実測値を示す。また同 (b)に、そのF E M解析の結果を示す。両者の差異は、面内応力を導入する過程で、試験体が多少変形してしまったためであると考えられる。図3 (a)に面外曲げを加えたときの応力分布の実測値を示す。また同 (b)にF E M解析の結果を示す。両者は良く一致していた。

4, 実験結果

図4に発生した疲労き裂の例を示す。

図5にS - N線を示す。横軸は疲労き裂発生寿命（疲労き裂の表面長さが10 mmになったときの載荷回数）であり、縦軸は測定応力から算出したホットスポット応力範囲（止端から3 mmと5 mm位置の応力から外挿した止端位置での応力）である。また、同図にJ S S CのE等級の設計曲線²⁾も示した。面内応力の大きさ σ_{ph} は止端から半径方向に5 mm位置の応力測定値から、縦軸に用いたホットスポット応力と5 mm位置での実測応力との比を用いて算出した半径方向のホットスポット応力とした。この図から、面内応力を導入しなかったものに比べて、明らかに引張の面内応力を導入した場合の方が疲労強度は低くなり、逆に、圧縮の場合の方が疲労強度は高くなっていることが分かる。

図6に $d a / d N - \Delta K$ の関係を示す。同図にJ S S Cの平均設計曲線と最安全設計曲線²⁾を示す。この図から、引張の面内応力を導入した場合の方が、面内応力を導入しなかったものと比べて、多少、進展速度が早くなっていることが分かる。

5, 結論

面外方向の変位の繰り返しによる疲労に対して面内応力の存在は、疲労特性に大きな影響を及ぼすことが分かった。従って、疲労照査の段階に於いて、面外応力と面内応力との複合効果を考えなければならないと言える。

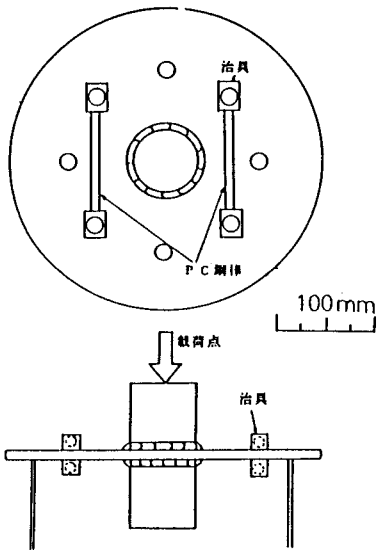


図1. 試験体形状

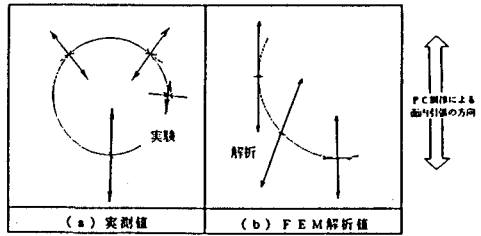


図2. P C 鋼棒によって導入された面内応力の主応力分布

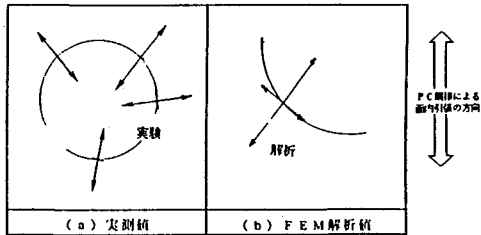


図3. 載荷1.5 tの時の主応力分布

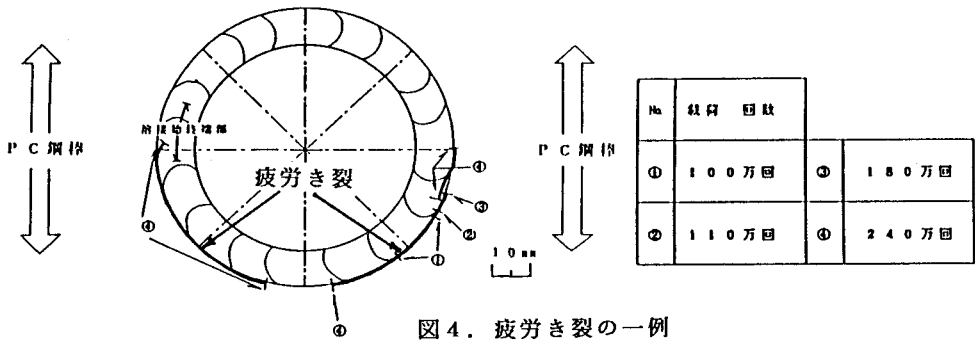


図4. 疲労き裂の一例

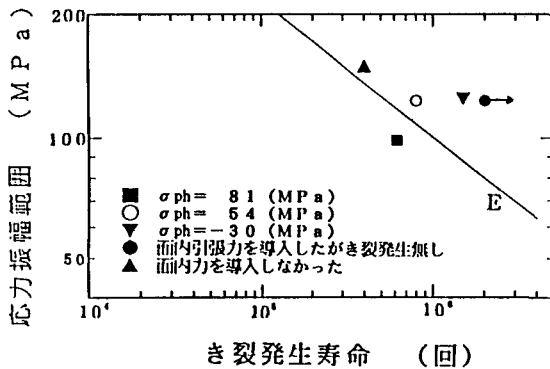


図5. 面内応力の違いによる疲労寿命の比較

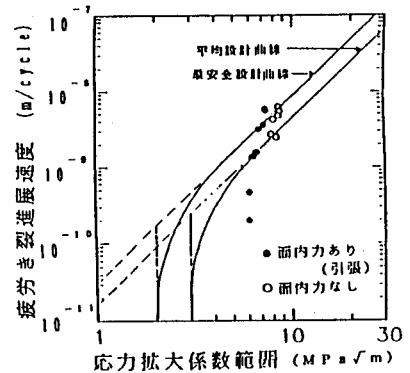


図6. 面内力の有無による疲労き裂進展速度の比較

- 参考文献 1) Fisher, J. F., "鋼橋の疲労と破壊", 建設図書1987
 2) 日本鋼構造協会, "疲労設計指針(案)", 平成元年