

Q

コンパクト試験片のデータを用いて作成した疲労き裂進展速度線図を使って、薄肉(平面応力状態)の部材のき裂進展評価することは、安全側となりますか。

A

平面ひずみ状態とみなせる厚さのコンパクト試験片を用いる場合には、薄い(平面応力状態)部材の場合に比較して、き裂進展速度が高い。したがって、疲労き裂進展速度線図を使って、薄い部材のき裂進展評価をすることは、安全側となる。

・ 疲労き裂進展速度に及ぼす試験片厚さの影響⁽¹⁾

図1に厚さを変えたコンパクト試験片(S10C)の疲労き裂進展特性を示す。厚さ2mmの場合が、最もき裂進展速度が低い。また、図1の横軸を有効応力拡大係数範囲 ΔK_{eff} で表示しても、き裂進展速度は厚さ2mmの場合が他の厚さの場合に比較して低い。したがって、き裂進展速度に及ぼす厚さの影響は、き裂開閉口挙動だけでは説明できない。

・ 破壊靱性に及ぼす試験片厚さの影響⁽²⁾

同じコンパクト試験片を用いて、破壊靱性試験を行う。破壊靱性試験片の破壊形態は、内部で平面ひずみ状態の開口型(モードI)、表面で平面応力状態のせん断型(モードIII)となる。開口型とせん断型の破壊形態の比率は、試験片厚さに依存する。試験片厚さが十分に大きい場合(平面ひずみ条件を満足する場合)の破壊靱性を、平面ひずみ破壊靱性という。試験片厚さが小さい場合(平面ひずみ条件を満足しない場合)の破壊靱性を、平面応力破壊靱性という。平面ひずみ破壊靱性は、平面応力破壊靱性よりも低い。最初に示した「疲労き裂進展速度に及ぼす試験片厚さの影響」の説明は、「破壊靱性に及ぼす試験片厚さの影響」からの類推である。

・ 疲労き裂進展速度の試験方法の規格⁽³⁾

ASTM規格E647-81の疲労き裂進展速度の試験方法では、コンパクト試験片の厚さ B と幅 W は、独立に変えることができる。推奨されている B の範囲を、以下に示す。

$$W/20 \leq B \leq W/4$$

すなわち、ASTM規格の試験片厚さの制限は、き裂前縁のわん曲を小さくすることが目的である。平面ひずみ条件は、不必要なので、規定されていない。なぜかという、疲労き裂の形態は、き裂前縁がわん曲する場合にも、内部と表面が同じ開口型である。また、開口型の予き裂を導入するから、試験片厚さが小さい場合にも、せん断型とはならない。上記の B の範囲において、疲労き裂進展速度に及ぼす試験片厚さの影響がないことは、多くの試験結果によって検証されている。なお、現在のASTM規格E647には、上記の B の範囲の規定はない。その理由は不明である。

・ 部材のき裂進展評価の結論

ASTM規格を参照すれば、図1に示す $B = 2\text{mm}$ の試験片の疲労き裂進展速度が低いという結果

に、疑問が生じる。しかし、疲労き裂進展速度線図が、薄肉の部材のき裂進展評価に安全側に適用できるという結論は、変わらない。

[参考文献]

- (1) 戸梶 恵朗, 他 2 名, 日本機械学会論文集(A 編), Vol. 52, No. 475, (1986), p. 655.
- (2) 小林 英男, 破壊力学, pp. 104 - 111, pp. 122 - 127, 共立出版, (1993).
- (3) 国尾 武, 他 3 名編, 破壊力学実験法, pp. 157 - 173, 朝倉書店, (1984).

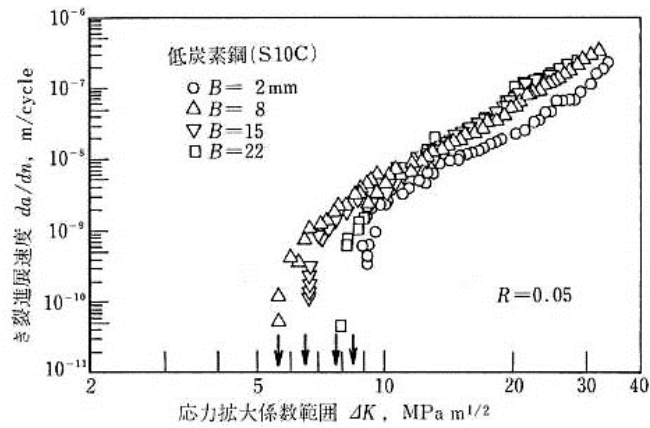


図1 厚さを変えたコンパクト試験片の疲労き裂進展特性⁽¹⁾