

東京工業大学 正員 渡辺 隆
同 正員 姫野賢治
地域振興公団 正員 ○竹井邦彦

1. まえがき

アスファルト舗装の供用性の低下をもたらす破壊現象のひとつに繰り返し交通荷重による疲労ひびわれがある。筆者らは、かねてよりこの問題に着目し、破壊規準として疲労破壊包絡線 (F F E) を提案 [1] してきたが、室内実験が困難で実測データのとれない 20℃ 以上の高温領域では静的な破壊包絡線からの類推によってその形状を外挿していたため、他の研究者の破壊規準と同様に、アスファルト混合物の流動が大きいと考えられる夏期において大きな疲労被害を示したり、寿命が季節的に不連続に変化するなど、実際の挙動と食い違う結果の現れる場合があった。本研究で、高温時でも妥当な結果を与える新たな疲労破壊規準の提案を試みた。

2. 実験方法の概要

図-1 にひずみ制御繰り返し曲げ試験の概略を示す。供試体は高温時の流動を防ぐために、1.5 mm 厚さのスチール板に支えられており、載荷点からの荷重応答だけでなく、ひずみゲージによって中央部下縁におけるひずみの変化も同時に測定した。荷重波形は、ひずみ波形よりも進んだ位相を持つが、オシロスコープ画面上で橢円軌道 (Lissajous Figure) を描かせることにより、混合物とスチール板の合成の位相角 θ は

$$\sin\theta = \ell/L \quad (1)$$

として与えられる。この位相角 θ と荷重 P を波形分離し、混合物単体としての位相角 ϕ と、供試体中央部下縁での応力 σ を求めた。

3. 実験結果

図-2 に、実験中の応力振幅 σ_0 (図中○印) 及び位相角 ϕ (図中△印) の変化を示すが、これを見てもわかるとおり、応力振幅は通常の繰り返し曲げ試験と同様に、載荷回数とともに徐々に減少してゆき、ある点より急激に低下するが、位相角 ϕ は、多少のバラツキを見せながらもほとんど変化をせずに破壊に至る。この位相角 ϕ と、混合物の初期スティフネス (500 回載荷後のスティフネス) との関係は図-3 に示すように、載荷の周波数によらず、放物線状のほぼ一本の曲線で表せることがわかる。

4. 疲労破壊規準

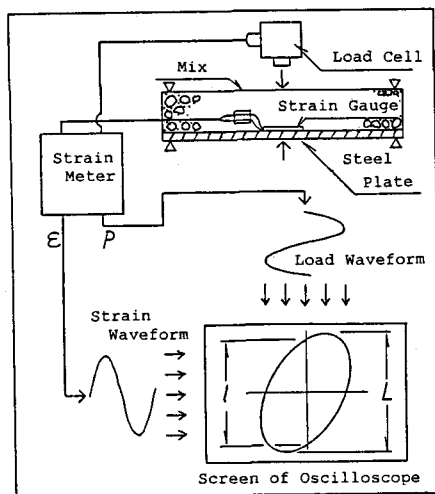


図-1 実験方法の概要

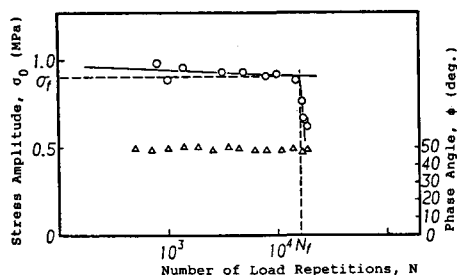


図-2 応力と位相角の変化

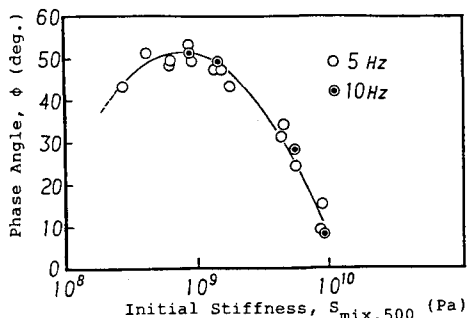


図-3 位相角と初期スティフネスの関係

一般に、物体に外力が加わり、内部に周期的な応力 $\sigma = \sigma_0 \sin t$ 及びひずみ $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin(\omega t - \phi)$ が生じた場合に、一周単位体積当りに外力がなす仕事の量は、

$$W_0 = \pi \sigma_0 \varepsilon_0 \sin \phi \quad (2)$$

で与えられ、これは、物体内部の減衰要素で消費されるエネルギーの量に一致する。Van Dijk ら [2] は、繰返し曲げ試験に対してこれを適用し、一周単位体積当りの消費エネルギー W_0 を破壊に至るまで加えあわせた総消費エネルギー W_{fat} を求めた結果、破壊回数と両対数紙上で直線関係にあることを見いだした。この事実は本研究の実験結果からも確認されたが、スティフネスのかわりにその関数である位相角 ϕ を破壊規準のパラメータの一つとして導入することが可能であることを示すものと考えられる。

そこで、従来の破壊規準との対応をみるために、破壊時の一サイクル当りの消費エネルギー

$$W_f = \pi \sigma_f \varepsilon_f \sin \phi \quad (3)$$

を定義し、いくつかの実験結果について破壊に至るまでの载荷回数 N_f との関係を開いたところ、図-4 に示すように強い相関が認められたので、本研究ではこれを高温時の疲労破壊特性をも説明し得る新たな破壊規準として取り上げた。

5. 既往の疲労破壊包絡線との比較

筆者らが従来より提案している疲労破壊包絡線と4. で提案した破壊規準とを比較するために、両者を破壊応力 σ_f 破壊ひずみ ε_f を軸とする同一平面上に描いたところ、図-5 を得た。これを見ると、破壊応力が大きく破壊ひずみが小さい領域（低温でスティフネスの大きい領域）では両者の差はほとんど見られないのに対し、その逆の領域では疲労寿命評価にかなりくい違いが生ずることがわかる。

なお、粘性が低下し、従来不可能であった20℃以上の高温下での繰返し曲げ試験を実施し、実測の破壊回数と、両破壊規準によって予測された破壊回数とを比較したところ、図-6 のように、10℃程度の低温下では、両予測値とも実測値とよく対応をするのに対し、温度が高くなるにつれて、疲労破壊包絡線を破壊規準にした場合は、寿命が過小に評価され、実測値との差が大きくなることがわかった。

6. あとがき

アスファルト舗装の疲労寿命予測に消費エネルギーの概念を導入することにより、夏期の疲労被害を合理的に説明できるようになった。

[参考文献]

1. 丸山曜彦ほか、JSCE、第306号、1981
2. W. Van Dijk et al., AAPT, vol.46, 1977

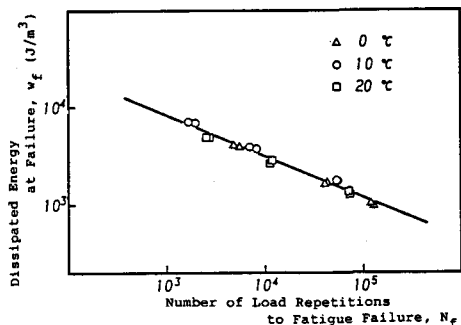


図-4 破壊時消費エネルギーと破壊回数の関係

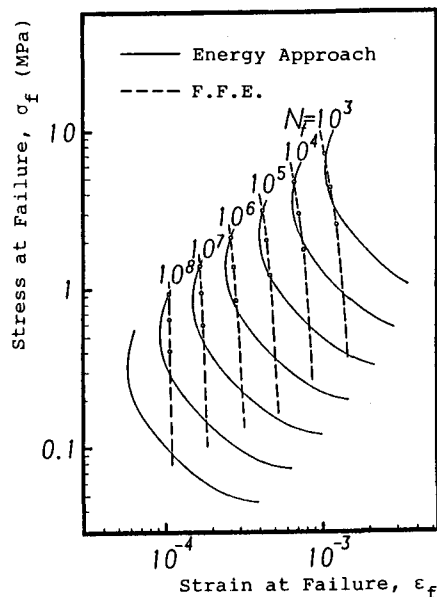


図-5 破壊規準の比較

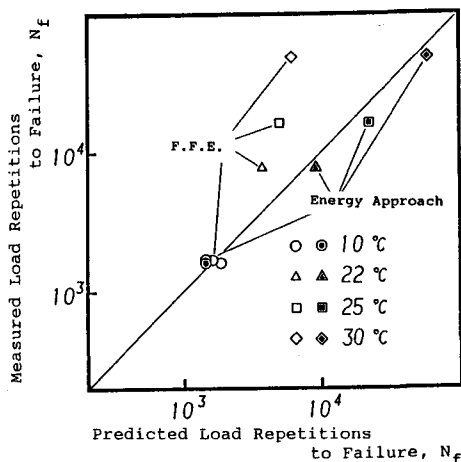


図-6 実測値による検証