

組合せ応力状態におけるアスファルト混合物の破壊

東北大学工学部 学生員 ○石垣 和男
同 上 正員 福田 正
同 上 正員 村井 貞規

1. まえがき

アスファルト舗装の破壊は 大きく分けてフラックによるものと 変形によるものとがある。この場合圧縮の影響が通常の破壊の形態と取らず 混合物の流動性という形を取るの は アスファルト混合物の特殊性であるが 引張によるフラックの発生、進展というプロセスは 金属材料やコンクリートの破壊ときわめて類似している。しかもフラックによる破壊は、温度が低い場合、すなわち表層のアスファルト混合物が硬い場合に生じやすい。しむし、フラックによる破壊の場合 舗装の破壊時の応力状態は 実測や層構造理論より明らかになるように 組合せ応力状態であるにもかかわらず 圧縮に比べ引張が小さいという理由から引張強度をもとにして破壊を考えているのが現状である。そこで本報告は 引張応力と圧縮応力の組合せ、応力状態におけるアスファルト混合物の破壊を調べるために 二次元モデルを使い、実験及び解析を行ない考察を加えたものである。

2 実験方法

実験は 図-1 に示すようなモデルを使い、行った。アスファルト混合物は アスファルト量65%のアスファルトモルタルとし ローラーコンパクターを用いて締固め 供試体寸法に切り出した。実験温度は 0°C 及び 10°C の2種類とし 又第2層のゴム板及びエポキシ樹脂板は 弾性係数 $200, 800, 10000, 20000 \text{ kg/cm}^2$ の4種類のものを用いた。載荷は温度管理が可能でかつ 実験精度が上るよつにインストロン万能試験機(大林道路KK技術研究所)を用い ひずみ速度 10% で行った。破壊の判定は 供試体にひび割れが発生し荷重支持能力を失、長時とし、その時の圧縮及び引張応力を求めるためにロゼット型ゲージをはり動歪測定器とヒスグラフを用いて記録させた。

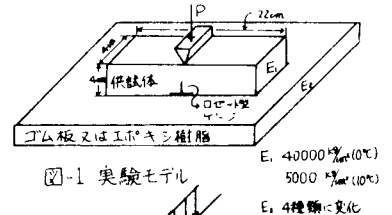


図-1 実験モデル

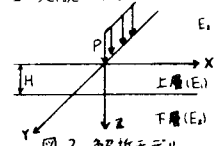


図-2 解析モデル

3. 解析手法

二次元層構造モデル内の応力状態を図-2 に示すような 線荷重をうける三次元層構造モデルのX-Z平面内の応力状態に対応するとみなす。次に載荷面と線要素に分割し それぞれの要素に加わる分布荷重を集中荷重に換算する。集中荷重による層構造内の任意点の応力を計算し これを載荷面について合計する。ここで載荷面のY軸方向の長さは無限であるが 計算の対象とする載荷面の長さは 求める応力の精度に応じて決めればよい。尚 集中荷重による三次元層構造の応力解析法は 福田正：東北大学工学報告 Vol42 No1 によ、た。

4 結果

(i) 各温度での第二層の硬さを変えた時の圧縮応力と引張応力との関係を図-3 に示す。この図に示されている直線は、曲げ試験(供試体寸法 $4 \times 4 \times 20 \text{ cm}$)と圧縮試験(供試体寸法 $4 \times 4 \times 8 \text{ cm}$)の結果より得られたトレスカの破壊規準である。そしてこの図より明らかのように引張応力 σ_t と圧縮応力 σ_c との間には、直線関係がある。

(ii) 組合せ応力状態における実験結果を、脆性材料に関する破壊説として白くがう提案されており 近年コンクリート工等の破壊条件

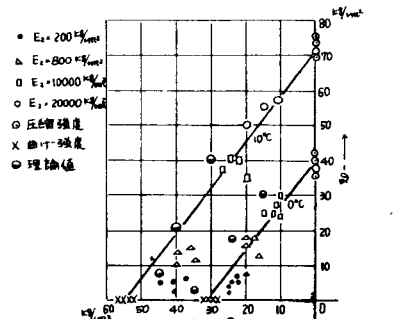


図-3 破壊時の引張応力と圧縮応力の組合せ応力間の関係

を表わす手法として用いられているナダイ提唱の八面体応力を用いて表わしてみよう。

ナダイによれば 破壊時の八面体せん断応力 τ_{oct} は 八面体直応力 σ_{oct} の関数となる。すなわち

$$\tau_{oct} = f(\sigma_{oct}) \quad \dots (1)$$

$$\text{ここで } \sigma_{oct} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \quad \dots (2)$$

$$\tau_{oct} = \frac{1}{3}\{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\}^{1/2}$$

この場合は、 $\sigma_2 = 0$ であるが式(2)は 次のようになり、計算にはこの式を用いた。

$$\sigma_{oct} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_3) \quad \dots (2')$$

$$\tau_{oct} = \frac{\sqrt{2}}{3}(\sigma_1^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_3)^{1/2}$$

この八面体応力の関係を図示したのが図-4である。図よりそれぞれの温度における実験値は 次のような直線式で表わされ、その係は、表-1に示した値となる。

$$\tau_{oct}/\sigma_c = \alpha + \beta \frac{\sigma_{oct}}{\sigma_c} \quad (3) \quad \text{ここで } \sigma_c \text{ は圧縮強度}$$

尚 係数の決定には 最小自乗法を用いた。また式(3)が破壊規準を示す式だとすれば、当然式(3)は 圧縮破壊と引張破壊の場合も満足していなければならない。そこで式(3)に式(2)を代入して、 σ_1 と σ_3 の関係を求めると

$$(\beta^2 - 2)(\sigma_1^2 + \sigma_3^2) + 2(\beta^2 + 1)\sigma_1\sigma_3 + 6\alpha\beta(\sigma_1 + \sigma_3) + 9\alpha^2\sigma_c^2 = 0 \quad (4)$$

となる。これに実験式の係数と 圧縮強度の値を代入するとそれぞれの温度の時次のようになる。

$$0^\circ\text{C の時 } -192(\sigma_1^2 + \sigma_3^2) + 216\sigma_1\sigma_3 + 235(\sigma_1 + \sigma_3) + 1764 = 0 \quad (5)$$

$$10^\circ\text{C の時 } -180(\sigma_1^2 + \sigma_3^2) + 241\sigma_1\sigma_3 + 648(\sigma_1 + \sigma_3) + 5184 = 0$$

これらの式と実験値及び理論値を図示したのが図-5である。図より圧縮及び引張強度も式(5)にほぼ一致しているのがわかる。

5. 考察

- (i) 引張応力と圧縮応力とを組合さ、た応力状態におけるアスファルト混合物は、単純圧縮強度あるいは 単純曲げ強度に比べかなり小さく値で破壊することがわかった。
- (ii) 組合せ応力状態下のアスファルト混合物の破壊時における引張応力と圧縮応力の間には 混合物の硬さに応じて、直線式が成り立つことが トレスカの破壊規準と表現しても、又八面体応力を使、ても確かめられた。
- (iii) 実験値と理論値を比較すると両者ほぼ一致しており、このことから こうし方法による破壊特性へのアプローチは アスファルト混合物の破壊を単に物性にとどめることなく、舗装で生じる破壊を実験的に扱う際に、有効になる、てくと思われる。

以上のことから、舗装におけるアスファルト混合物の破壊の一つであるフラックについて研究を行う場合、現行一般に行なわれている引張強度を基礎とする方法よりは、組合せ応力をうける場合を考慮に入れて行う方が合理的と思われる。しかしここで示した破壊条件式は、限られた条件(配合、載荷時間等)行、たものでさらに、その一般性を見つけるべく 今後研究を続ける予定である。

参考文献 Nadai A. : Theory of Flow and Fracture of Solids, McGraw-Hill (1950)

温度 (°C)	実験式 $\tau_{oct}/\sigma_c = \alpha + \beta \sigma_{oct}/\sigma_c$	
	α	β
0	0.37	0.28
10	0.33	0.45

表-1 破壊時の八面体応力関係式の係数

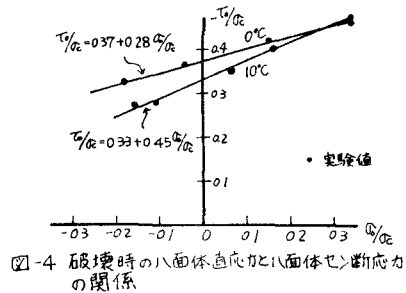


図-4 破壊時の八面体直応力と八面体せん断応力の関係

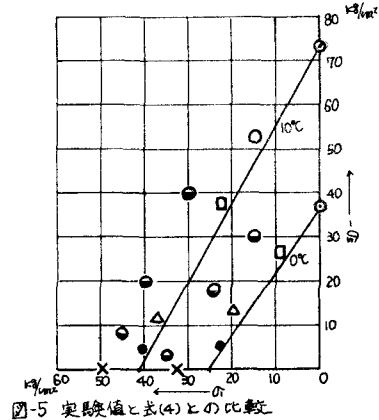


図-5 実験値と式(4)との比較