

IV-26 アスファルト並にアスファルト合材の粘弾性について

北海道大学工学部 正員 工博 板倉 忠三

アスファルトの粘弾性を表わすのに、温度、載荷時間を明示して静的および動的の *Stiffness Modulus* (あるいは単に *Stiffness*) を以てし、アスファルト合材の *Hutbard-Field* および *Marshall* 安定度との関係をおめ、更に載荷速度を変へておめた合材の *Marshall* 安定度およびフローから得た *Stiffness Modulus* とその試験時の温度および載荷時間におけるアスファルトの *Stiffness Modulus* との関係をおめた。

一般に 温度を一定にして材料の *Stiffness Modulus* S は次式よりおめられる：

$$S = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\text{直応力}}{\text{全歪}} \quad (1)$$

静荷重下の粘性流動による *Stiffness Modulus* S_s ：

$$\frac{d\epsilon}{dt} = \frac{\sigma}{3\eta} \quad (2) \quad \epsilon = \frac{\sigma}{3\eta} t$$

$$\text{故に } S_s = \frac{\sigma}{\epsilon} = 3\eta/t \quad (3)$$

但し η = 粘性係数

動荷重の交番作用下における動的 *Stiffness Modulus* S_d ：

$$\text{材料に加わる交番応力} \quad \sigma = \sigma' \sin \omega t \quad (4)$$

$$\text{材料の交番変形} \quad \epsilon = \epsilon' \sin(\omega t - \varphi) \quad (5)$$

$$\text{故に } S_d' = \frac{\sigma'}{\epsilon'} \quad (6)$$

これを時間 $1/\omega$ の函数としておめる：

$$(4) \text{ および } (5) \text{ を } (2) \text{ に代入して } 3\eta \epsilon' \omega \cos(\omega t - \varphi) = \sigma' \sin \omega t$$

この関係は $3\eta \epsilon' \omega = \sigma'$, $\varphi = \frac{\pi}{2}$ の時にだけ成立する。

$$(6) \text{ 式より } S_d = \sigma'/\epsilon' = 3\eta \omega$$

$$(3) \text{ 式と } (6) \text{ 式 と比べて } t = 1/\omega \text{ とすれば } S_s = S_d \text{ となる。}$$

Stiffness Modulus は定義からすれば、直応力と歪との比であるが S_s の測定にはせん断試験を用いるのが便である。この場合には非圧縮性材料として次の関係が成立する。

$$S_E = 3S_q$$

但し S_E, S_q = それぞれ直応力 およびせん断によつておめた *Stiffness Modulus*

ここに用いられる単位は次のとおりである：

力 = Newton (N), 質量 = Kg, 長さ = m, 時間 = 秒 *Stiffness* = N/m²,

$$1 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ dyne/cm}^2 = 1.02 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2 = 1.45 \times 10^4 \text{ psi}$$

$$\text{粘度} = \text{N sec/m}^2, \quad 1 \text{ N sec/m}^2 = 10 \text{ dyne sec/cm}^2 = 10 \text{ poise} = 1,000 \text{ centi poise}$$

$\log S - \log t$ あるいは $\log S - \log 1/\omega$ の曲線からすれば

P.I. (針入度指数) の低いアスファルトは短時間の載荷においては殆んど純弾性的に動作しても、長時間の載荷においてはかなり急速な変化を来し、すぐ純粘性になりその角

度は 45° に近くなる。P.I. の高いアスファルトでは載荷時間の延長に伴う *stiffness modulus* の減少の割合は小さく、勾配は小さい。また同一アスファルトでは、温度が変わればこの曲線は平行移動するだけで、その形は変わらない。

これは測定から求められるが、針入度、軟化度、P.I. を知れば *Shell Group* の 1 から 7 までから求められる。

次にアスファルト合材の *Hubbard-Field* および *Marshall* 安定度 P と試験時のアスファルトの *stiffness modulus* S との関係は、実験によって次の式で表わすことができた。

$$\log P = a + b \log S \quad (7)$$

但し a, b = 合材の種類によって定まる常数

一例をあげれば、*Marshall* 安定度について次の値を持つ。

$a = 2.91, b = 0.195$ アスファルトコンクリート (アスファルト量 5.5%, 骨材最大粒径 30mm)

$a = 2.14, b = 0.370$ トベカ (" 7.5%, " 15mm)

茲に P = 合材の 35, 47.5 および 60°C における安定度 (lbs.)

S = この合材中のアスファルトの上の各温度、載荷時間 4 秒の *stiffness* (N/m^2)

次にアスファルト合材の *Marshall* 安定度試験における *stiffness* は次のとおりである：

$$S_E = \frac{\frac{P}{25 \times 4}}{\frac{f_c}{100} \times \frac{1}{4}} = \frac{40P}{f_c} (\text{psi}) = \frac{2.8P}{f_c} (\text{kg/cm}^2)$$

茲に P = 合材の *Marshall* 安定度 (lbs.), f_c = 合材のフロー値 ($1/100$ in.)

載荷速度は毎分 2 in. であるから、載荷時間は $0.3 f_c$ 秒となる。

マーシャル試験器を改造して載荷速度を $2\frac{1}{2}, 2, 1, \frac{1}{2}$ in. として測定を行い、合材の *stiffness* S_m (kg/cm^2) と、フロー値から得た載荷時間のアスファルトの *stiffness modulus* S (N/m^2) との関係は次式の通りである。

$$\log S_m = a + b \log S \quad (8)$$

a	b	載荷時間(秒)	合材種別
2.14	0.201	3	アスファルト
2.20	0.164	4	コンクリート
2.29	0.097	5	アスファルト量 7.7%
2.19	0.167	8	骨材最大粒径
2.06	0.265	16	20mm
1.91	0.240	3	トベカ
2.01	0.195	4	アスファルト量
1.81	0.258	5	9.0%
1.99	0.214	8	骨材最大粒径
2.01	0.227	16	15mm

(8) 式 常数 a, b の値

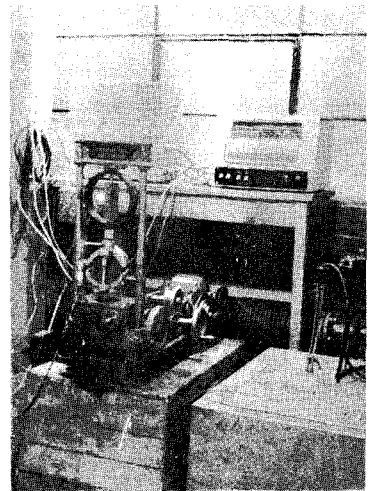


図 可変速自記式マーシャル試験器

以上の関係からアスファルト舗装の解析が粘弾性的 (*Rheological*) に解析ができて、種々の速度における交通車輛に対して合理的設計が可能となった。