

大阪産業大学工学部

正員・荻野正嗣

(株)鴻池組技術研究所

〃 川上正史

山口大学工学部

〃 吉本 彰

1. まえがき 筆者らは、以前、マーシャル試験機を用いてアスファルト針入度と安定度との関係についてある程度の知見を得た。しかし乍ら、マーシャル試験法で解明しうる事柄には限界がある。この試験法はその実用性かなり高く評価されておりアスファルト量の決定には世界的に広く用いられているが、材料の基本的物性を調べる上では必ずしも十分なものと言えないからである。本報告は針入度の影響をより的確に把握するため、マーシャル試験にひきつづき三軸試験機による実験を行ない、その結果をまとめたものである。

2. 供試体 使用材料：アスファルトは針入度(25℃、100g、5secで実験)40、61、82 および92のストレートで、比重はいずれも1.03である。フィラーは石灰粉末で、比重2.71である。細骨材は滋賀県愛知産の天然砂で2.5mm以下を用いた。比重は2.71、吸水量は2.0%である。粗骨材は大阪府高槻市産の硬質砂岩の碎石で、最大粒径13mm、比重2.72、吸水量1.2%である。使用した骨材の合成粒度は表-1に示す通りである。又、アスファルト量はマーシャル安定度が最大となるよう既往の実験結果から表-2に示す値を用いた。供試体寸法：φ10×20cm。

表-1 合成粒度

ふるいの寸法(mm)	通過重量百分率
13	100
5	67
2.5	45
1.2	35
0.6	24
0.3	11
0.15	7
0.074	5

3. 三軸試験の方法 三軸試験機：使用した三軸試験機は土質試験に用いられているものと本質的に同じで、実験は必ずみ制御で実施し、載荷速度は毎分1.4mmの割合とした。側圧：本実験に採用した側圧は0、1、2、および3kg/cm²の4段階とした。試験温度：25、35、45 および55℃の4段階とした。

表-2 アスファルト量

針入度	アスファルト量
40	6.5%
61	6.7
82	7.3
92	7.5

4. 実験結果 測定値：側圧 σ_3 を一定に保ちながら軸圧 σ_1 を増加してゆくと、最大値に達したのち徐々に荷重が低下して破壊する。この最大値に達したときの軸圧 σ_1 (以後、圧縮強度と呼ぶ)を一括して示したものが表-3である。この表から、針入度および試験温度別に一連のMohr円を描き、これに接する包絡線を求めてみると近似的に直線となる。この場合は包絡線と縦軸との交点から粘着力 c_0 を、包絡線の傾きから内部摩擦角 ϕ を求めることができる。この包絡線は破壊時の垂直応力 σ_c とせん断応力 τ (以後、せん断強度と呼ぶ)との関係を示しているから、 τ と σ_c の関係は

表-3 圧縮強度, σ_c

針入度 p	側圧 σ_3 kg/cm ²	試験温度℃			
		25	35	45	55
40	0	28.0	18.4	12.0	7.0
	1	32.5	21.0	15.9	11.0
	2	36.8	26.0	19.9	15.2
	3	42.0	29.8	24.0	20.8
61	0	22.5	14.3	9.4	6.0
	1	26.5	17.0	12.5	9.2
	2	31.0	21.2	15.8	12.2
	3	35.0	24.5	19.2	16.0
82	0	17.5	10.3	7.0	4.9
	1	20.5	13.0	9.2	7.8
	2	24.5	16.5	11.8	9.0
	3	28.0	19.4	14.4	11.4
92	0	14.9	8.6	5.5	4.1
	1	17.7	11.0	7.8	6.5
	2	21.6	14.2	10.6	7.5
	3	24.8	17.0	12.2	9.2

$$\tau = c_0 + \sigma_c \tan \phi \quad (1)$$

であらわすことができる。 c_0 と $\tan \phi$ の値：表-3の測定値のすべてについて包絡線を描き、これから c_0 と $\tan \phi$ の値を求めると表-4のとおりである。 c_0 と $\tan \phi$ とは温度 t と針入度 p の関数として表示することができるので、測定値のばらつきを補正する意味も兼ねて数式化を試みてみよう。すなわち粘着力 c_0 、針入度 p

および温度との関係は次式で表わされる。

$$\tau_0 = (20.07 - 0.4197t + 0.001570t^2) - (0.1887 - 0.003376t)p + (0.000579 - 0.0000100t)p^2 \quad (2)$$

一方、 $\tan \phi$ 、 p および t の関係は次式で表わされる。

$$\tan \phi = (0.631 + 0.00502t - 0.0000325t^2) + (0.00618 - 0.000158t + 0.00000118t^2)p - (0.0000026 + 0.00000133t)p^2 \quad (3)$$

圧縮強度 σ_c と側圧 σ_3 との関係：表-3に示した圧縮強度 σ_c と側圧 σ_3 との関係は、温度および針入度に関係なく直線で表わされる。式で表わすと $\sigma_c = f_c + c\sigma_3$ (4)

ここに、 f_c は側圧が0の場合の圧縮強度、 c は係数である。 f_c と c の値を求め表-4に示してある。 f_c と c は温度と針入度 p の関数として表示することができる。すなわち f_c 、 p および t の関係は次式で表わされる。

$$f_c = (83.63 - 2.2483t + 0.016425t^2) - (0.4057 - 0.006411t)p \quad (5)$$

一方、 c 、 p および t の関係は次式で表わされる。

$$c = (4.82 + 0.0160t - 0.000100t^2) + (0.0084 - 0.001293t + 0.0000083t^2)p \quad (6)$$

5. 考察 (1) 針入度40~60のアスファルトを用いた場合の効果：表-4より、針入度が小さいほどアスファルトコンクリートのせん断強度 τ の増大することは明らかであるが、ここでは式(1)~(3)を用いて比較してみよう。今、舗装体の温度 t は55℃とし、舗装表面に生ずる垂直応力 σ_1 を7.50 kg/cm²とすると、針入度90のとき $\tau = 4.0$ kg/cm²、針入度50のとき $\tau = 6.7$ kg/cm²となる。すなわち針入度50を用いると針入度90を用いたときに比べて68%増大する。圧縮強度は、表-4よりいずれの温度においても、針入度が小さいほど f_c の値も係数 c の値も大きい。すなわち、側圧が一定の場合、針入度の小さいアスファルトを用いるほど σ_c の値は大きくなり、大きな荷重に耐えられることは明らかであるが、式(4)~(6)を用いて比較してみよう。舗装体の温度 t は55℃とする。この場合、側圧 σ_3 の値が必要であるが、実際の舗装に生ずる側圧を正確に推定することは難しい。特に高温の場合そうである。そこで側圧0および1 kg/cm²の2つについて比較すると、側圧0 kg/cm²の場合、針入度90のとき $\sigma_c = 4.9$ kg/cm²、針入度50のとき7.0 kg/cm²。側圧1 kg/cm²の場合、針入度90のとき6.9 kg/cm²、針入度50のとき10.5 kg/cm²。針入度50を用いると、90を用いた場合に比べて側圧0 kg/cm²のとき43%、側圧1 kg/cm²のとき52%だけ σ_c の値が大きくなる。(2) マーシャル試験結果について：冒頭で述べたように、以前、マーシャル試験法を用いて針入度の影響を調べた。その結果によると、常温では針入度が小さいほど安定度が大であったが、高温では針入度による安定度の差はほとんど認めることができなかった。これはマーシャル試験法そのものの欠陥によるもので、高温時のアスファルト針入度の影響はマーシャル試験法の判定能力の限界を越えていたものと考えられる。

6. 結論 針入度90と50とについてアスファルトコンクリートのせん断強度と圧縮強度を比較すると、後者の方がかなり大きい。わが国では針入度80~100程度のものが広く用いられているが、40~60を用いるようにすれば舗装の耐荷力はかなり増大するであろう。

参考文献 * 荻野他、材料、23、842(1974)。

表-4 τ_0 、 $\tan \phi$ 、 f_c および c の値

針入度	温度 t (°C)	τ_0 (kg/cm ²)	$\tan \phi$	f_c (kg/cm ²)	c
40	25	7.0	0.80	28.0	4.4
	35	4.7	0.77	17.2	4.2
	45	3.1	0.74	12.0	4.0
	55	1.7	0.78	7.0	4.0
61	25	5.5	0.79	22.5	4.2
	35	3.9	0.71	13.8	3.6
	45	2.6	0.65	9.4	3.3
	55	1.7	0.60	6.0	3.1
82	25	4.3	0.74	17.2	3.6
	35	2.9	0.60	10.3	3.1
	45	2.3	0.46	7.0	2.5
	55	1.7	0.40	4.9	2.3
92	25	4.1	0.69	14.8	3.3
	35	2.6	0.54	8.6	2.8
	45	2.1	0.40	5.5	2.3
	55	1.7	0.26	4.1	1.8