

神戸大学工学部

正 員 ○ 西 勝

K.K.阪神コンサルタンツ

正 員 中村 稔一

神戸大学大学院

学生員 佐々木照雄

1. さ え が き

たわみ性舗装の疲労破壊に関する一観点から、舗装層の敷設前に、車両通過時の路面鉛直変位をできるだけ正確に把握することは極めて重要である。この瞬時的な路面変位が交通共用直後のある期間をのぞけばほぼ弾性的であり、しかも路床、路盤材の弾性定数が応力依存性であることを考慮すれば、その近似解法として有限要素法を採用することは極めて有効と思われる。しかしながら、この解法は理論仮定あるいは境界条件などに関する不明確な問題を多く含んでおり、その適用性についての結論はまだ得られていないようである。本研究は、周期載荷三軸試験の結果を代入して得られる有限要素法による解析結果と周期載荷平板試験の測定結果との比較をもとにして、その適用性を検討しようとするものである。

2. 概 要

周期載荷平板試験(載荷周期20cpm, 載荷時間0.1秒)は小型試料槽(直径60cm, 高さ80cm, 載荷板直径10, 15cm)および大型試料槽(直径120cm, 高さ120cm, 載荷板直径15, 20cm)内で実施されたが、整理上の都合でここでは前者の整理結果の一部についてのみ報告する。この試料槽内に敷設された路床¹⁾、路盤材(切込砕石)の弾性変形係数(kg/cm²)は周期載荷三軸試験によって次のように求められた。

$$\text{路床} \cdots \cdots Mrs_{\min} = \frac{1}{0.00154 + 9.4595 E_r} + 210 \sim Mrs_{\max} = \frac{1}{0.00124 + 4.4444 E_r} + 220$$

$$\text{路盤} \cdots \cdots Mrb_{\min} = 1,400 \sigma_m^{0.51} \sim Mrb_{\max} = 2,300 \sigma_m^{0.51}$$

ここで、 E_r は軸ひずみを、 σ_m は平均主応力を示す。路床、路盤材のいずれにおいても、2個の関係式が示されているが、これらに試料の不均一性、荷重および変位の読み取り精度などにもとづく実験結果のバラツキを含んだ下限、上限の式である。なお、表層材の弾性変形係数はSeed²⁾その他による周期載荷曲げ試験の結果²⁾をもとにして9,900 kg/cm²(平均測定温度16°C)を用いることにした。また、当研究室の現装置ではポアソン比の測定が不可能であるので、諸種の値(0.25~0.40)のもとで解析しその影響を調べることにした。解析に用いられた有限要素法の計算条件および精度などに関しては前報³⁾に詳述したので省略する。

3. 結果および考察

周期載荷平板試験は各層ごとに実施されたので、一層系(路床厚45cm)、二層系(路床厚30cm, 路盤厚15cm)、三層系(路床厚30cm, 路盤厚15cm, 表層厚10cm)という略称のもとで各層の整理結果を検討することにする。

一層系; 表-1に示された一層系の整理結果に対する検討を要約すれば次のとおりである。1). 同一ポアソン比のもとでは、計算結果に及ぼす変形係数のバラツキによる影響は大きく、平均実測値の25~45%の変動を与えている。これは、変形係数のバラツキがとくに大きい軸ひずみの小さな範囲を計算の対象とすることによって起因しているものと思われる。2). 計算結果に及ぼすポアソン比の影響も大きく、同一変形係数のもとでは、その0.25~0.35の変動が平均実測値の10~35%の変動を与えている。3). 圧力球根の概念からも推察されるが、

表-1 一層系の整理結果 (単位1/100mm)

ν_s	Mrs	P=0.1 kg/cm ²	P=0.3 kg/cm ²	P=0.5 kg/cm ²
0.25	Mrs _{min}	0.79 (10.5)	3.42 (17.7)	7.24 (24.4)
	Mrs _{max}	0.59 (12.4)	2.25 (22.4)	4.73 (18.7)
0.30	Mrs _{min}	0.70 (33.3)	2.95 (1.7)	6.08 (4.5)
	Mrs _{max}	0.57 (8.6)	2.01 (30.7)	4.00 (31.3)
0.35	Mrs _{min}	0.67 (27.6)	2.48 (14.5)	5.08 (12.7)
	Mrs _{max}	0.65 (23.8)	2.60 (10.3)	5.60 (3.8)
	Mrs _{min}	0.51 (-2.9)	1.72 (40.7)	3.33 (42.8)
実測値		0.45	2.67	5.54
		0.60	3.13	6.10

P; 等価埋込圧(等分布) 弾性的変位は中心変位4倍
(1); 平均実測値に対する誤差 ν_s ; 路床のポアソン比
*; 固定変数

試料槽周辺の境界条件(ローラーあるいは固定支承)による影響は極めて小さい、4). 等価接地圧 0.1, 0.3, 0.35 kg/cm² に対して、それぞれポアソン比を 0.35 以上, 0.25, 0.25 とすれば平均計算値は平均実測値にはば一致する。このことは、ポアソン比が一定ではなくなり依存性であることを示唆するものと思われる。

二層系; 表-2 に示された二層系の整理結果に対する検討を要約すれば次のとおりである。

1). 同一ポアソン比のもとでは、計算結果に及ぼす変形係数のバラツキによる影響は大きく、平均実測値に対して、路盤面変位では 25~30%、路床面変位では 35~130% の変動を与える、2). 同一変形係数のもとでは、計算結果に及ぼすポアソン比の影響は比較的小さい、3). 一層系の場合と同様に、試料周辺の境界条件による影響は極めて小さい、4). 路床面変位の計算結果が実測値にはば対応するのに対して、路盤面変位の計算結果はすべて実測値よりも小さい。ここでは省略したが、等分布荷重のもとで計算された中心軸下の値と比較しても同様の傾向が認められた。理論仮定の不備によるものか、実験誤差によるものか、確認のために路盤材のみを用いた実験を継続中である。

三層系; 表-3 に示された三層系の整理結果に対する検討を要約すれば次のとおりである。1). 同一ポアソン比のもとでは、計算結果に及ぼす変形係数のバラツキによる影響は大きく、平均実測値に対して、表面位では 30~45%、路床面変位では 30~70% の変動を与える。また、いずれの弾性的変位に関しても、路床材の変形係数のバラツキによる影響は路盤材のそれよりもかなり大きいことが認められる。2). 同一変形係数のもとでは、計算結果に及ぼすポアソン比の影響は比較的大きい(表面面変位では 5~20%、路床面変位では 10~50%) が、その大部分は路床材ポアソン比の変動に起因するようである、3). 両変位の計算値と実測値とが同時に一致する結果は得られていない(路盤自身の計算変位がかなり小さい)が、二層系の項で述べた継続実験によつてその理由が明確になるものと思われる。なお、ここでは省略されたが、等分布荷重のもとで計算結果のほうより良い対応性を示したことを付記しておく。

参考文献

(1) 西, 中村; 粘性路床土の弾性的変位について, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, II-29, 1973 1965
 (2) Seed et al.: Prediction of Pavement Deflections from Laboratory Repeated Load Tests, Rept. No. TE-65-6, Univ. of California.
 (3) 西, 金, 中村; 層状土の周期載荷平板試験について, 土木学会第 28 回年次学術講演会講演概要集, II-67, 1973

表-2 二層系の整理結果 (単位 1/100 mm)

	Mrb	Mrs	ν_b	ν_s	$P=0.5 \text{ kg/cm}^2$	$P=1.5 \text{ kg/cm}^2$	$P=2.5 \text{ kg/cm}^2$
路盤面変位	Mrs.min	Mrs.min	0.25	0.35	5.37(-19.6)	11.95(-19.6)	17.52(-30.1)
			0.30	0.35	5.29(-20.8)	11.81(-20.6)	17.70(-29.3)
			0.35	0.35	5.10(-23.7)	11.42(-23.2)	16.80(-32.9)
	Mrs.max	Mrs.max	0.35*	0.35	5.14(-23.1)	11.56(-22.2)	16.75(-33.1)
			0.30	0.30	3.32(-50.3)	7.48(-49.7)	11.04(-55.9)
			0.35	0.35	3.21(-51.9)	7.10(-52.2)	10.36(-58.6)
実 測 値				6.60	14.2	24.6	
				6.71	15.5	25.5	
路床面変位	Mrs.min	Mrs.min	0.25	0.35	1.64(-28.0)	5.49(35.6)	9.40(-12.6)
			0.30	0.30	1.92(-28.4)	6.31(-55.8)	10.72(-0.3)
			0.35	0.35	1.66(-32.0)	5.55(37.0)	9.48(-11.8)
	Mrs.max	Mrs.max	0.35*	0.35	1.77(-25.4)	5.64(39.3)	9.37(-12.8)
			0.30	0.30	1.28(-56.0)	3.92(-3.2)	6.55(-37.1)
			0.35	0.35	1.17(-34.0)	3.53(-12.9)	5.87(-45.4)
実 測 値				0.40	3.9	10.0	
				0.60	4.2	11.5	

P: 等価接地圧(枝物線分布)
 (): 平均実測値に対する誤差 ν_b, ν_s: 路盤, 路床のポアソン比
 *: 固定支承

表-3 三層系の整理結果 (単位 1/100 mm)

	Mrb	Mrs	Vs'	Vb	Vs	P=3.0 kg/cm ²	P=5.0 kg/cm ²	P=7.0 kg/cm ²
表層面変位	Mrb, min	Mrs, min	0.25	0.25	0.35	7.52(8.7)	12.82(8.6)	18.39(17.1)
			0.30	0.30	0.30	8.16(18.0)	14.14(19.8)	20.53(30.8)
			0.35	0.35	0.30	7.13(3.1)	12.21(3.5)	17.61(12.2)
	Mrb, max	Mrs, max	0.30	0.30	0.30		10.50(-11.0)	15.50(1.3)
			0.30	0.30	0.30	7.38(6.7)	12.98(10.0)	19.02(21.1)
			0.30	0.30	0.35	5.48(-20.8)	9.37(-20.6)	13.57(-13.6)
実 測 値					6.66	11.4	15.0	
					7.17	12.2	16.4	
路床面変位	Mrb, min	Mrs, min	0.25	0.25	0.35	4.76(58.7)	8.75(42.3)	13.14(49.3)
			0.30	0.30	0.30	5.83(94.3)	10.66(73.3)	16.00(81.8)
			0.35	0.35	0.30	4.81(60.3)	8.76(42.4)	13.15(49.4)
	Mrb, max	Mrs, max	0.30	0.30	0.30		6.73(9.4)	10.18(15.7)
			0.30	0.30	0.30	5.61(87.0)	10.25(66.7)	15.41(75.1)
			0.30	0.30	0.35	3.60(20.0)	6.49(5.5)	9.73(11.3)
実 測 値					3.05(1.7)	5.43(11.7)	8.08(-8.2)	
					2.9	5.8	8.2	
					3.1	6.5	9.4	

P: 等価接地圧(枝物線分布)
 (): 平均実測値に対する誤差 ν_s, ν_b, ν_s: 表面, 路盤, 路床のポアソン比