

神戸大学工学部 正会員 西 勝
 (株)神戸製鋼所 正会員 佐藤康文
 神戸大学大学院 学生員 中西 実

1. まえがき

路盤材としての鉄鋼スラグの供用性評価を行うために、神戸大学、兵庫県及び神戸市の各関係部門から構成されているスラグ路盤研究委員会を主体として、実車を使った円形走行試験が一昨年度より実施されている¹⁾。本研究は、これらの走行試験によって得られた舗装体の破壊挙動に関する観測データに基づいて、提案した疲労解析法²⁾の適用性を検討したものである。特に、疲労破壊基準の差異による影響に主眼をおいた。

2. 解析条件

前報¹⁾で示したように、円形走行路は、中心半径12^m及び幅員4^mで、諸種の試験断面を含んでいる。これらの断面のうち、今回は、図-1に示す構造断面のみを検討の対象とした。図中のTest-1及びTest-2は、一昨年度の第1回走行試験及び昨年度の第2回走行試験をそれぞれ略称したもので、その差異は主として路盤厚及び走行試験中の環境条件におか

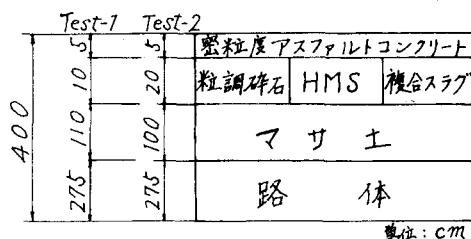


図-1 解析試験断面

舗装構成材料としては、表層材として密粒度アスファルトコンクリートを、路盤材として粒度調整砕石、高炉徐冷スラグ(HMS)及び複合スラグ(転炉スラグ50%、高炉スラグ30%、水砕スラグ20%)の3種類を、路床土としてマサ土を、それぞれ使用した。各構成材料の材料定数を表-1に示す。これらの材料定数は、路体に付いては路体上での繰返し平板載荷試験から、路床土・路盤材については繰返し三軸試験から、表層材については繰返し曲げ試験から、それぞれ決定されたものである。なお、路体及び路床土の弾性変形係数がTest-1とTest-2において異なっているのは、第1回走行試験時に生じた締固の効果に起因したものであると思われる。

構造解析法としては、表-1に示した材料定数の非線形性を考慮して、反復有限要素法³⁾を採用した。次に、各試験断面の疲労寿命は、構造解析によって得られた表層底面での引張りひずみと疲労破壊基準から

表-1 構成材料の材料定数

	弾性変形係数 (kgf/cm ²)		ポアソン比
	Test-1	Test-2	
路体	$Mrg = 750.0$	$Mrg = 850.0$	$\nu_g = 0.35$
路床土	$Mrs = 800 p^{0.60}$	$Mrs = 900 p^{0.48}$	$\nu_s = -0.126\eta + 0.357 + 0.146$
路盤材	HMS $Mrb = C_1 p^{C_2} + C_3 (15-8) \begin{cases} 8 < 1.5 \\ 8 \geq 1.5 \end{cases}$		$\nu_b = C_4 \eta^2 + C_5 \eta + C_6$
	複合スラグ $Mrb = C_1 p^{C_2}$		$\nu_b = -0.09\eta^2 + 0.345\eta$
表層材	粒調砕石 $Mrb = 1250 p^{0.68}$		
	34℃ $Mrs = 4300$	34℃ $Mrs = 4000$	$\nu_s = 0.40$
	20℃ $Mrs = 19800$	24℃ $Mrs = 14000$	
	16℃ $Mrs = 31000$	16℃ $Mrs = 31000$	

p : 平均主応力 (kgf/cm²), η : 偏差応力 (kgf/cm²), $\eta = \sigma/\rho$

HMS, 複合スラグの材料定数 ($C_1 \sim C_6$)

材料	養生期間 (月)	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
HMS	2	2659.2	0.26710	1444.4	-0.056	0.250	0.020
	3	3169.0	0.24566	2222.2	-0.163	0.386	-0.020
	4	3591.9	0.22517	3209.9	-0.163	0.386	-0.020
	5	3950.0	0.22517	4197.6	-0.163	0.386	-0.020
	6	4280.0	0.22517	7000.0	-0.163	0.386	-0.020
複合スラグ	2	3508.8	0.22600	1800.0	0.090	0.067	0.039
	3	3825.4	0.20188	2150.0	0.051	-0.034	0.055
	4	4100.0	0.20188	3968.9	0.051	-0.034	0.055
	5	4426.2	0.19500	6137.8	0.051	-0.034	0.055
	6	4700.0	0.19500	7222.2	0.083	-0.144	0.111

供用寿命 (Service life) を求め、さらに Miner 則を適用して算定した²⁾。なお、疲労寿命の算定結果に及ぼす疲労破壊基準の影響を調べるために、代表的な破壊基準として、Witczak の基準⁴⁾、Monismith & Mclean の基準⁵⁾、Brown & Pell の基準⁶⁾ 及び繰返し曲げ試験による基準 (初期スチフネスの 10, 25, 50% 減少に対応) を使用した。ここで、繰返し曲げ試験による基準は Witczak の破壊基準と同じ直線勾配を持つものとして回帰した (図-2 参照)。

3. 解析結果及び考察

Test-1 及び Test-2 の各試験断面について算定した疲労寿命の結果を表-2 に示す。比較の対象としたひびわれ率 10% 及び 40% での疲労寿命の観測値も同表に示した。観測されたひびわれは全等級のひびわれを含んでいるので、前者は疲労破壊の発生に対応し、一方、後者は後輪軌跡がすべてひびわれで覆われた疲労破壊の終局に対応するものである。

疲労寿命の解析値は破壊基準の選定に大きく左右されることが表-2 より認められる。これは、各破壊基準の設定が、それぞれ載荷モード、環境条件 (図-2) 等によって特徴づけられていることに起因している。適正な材料定数が得られている粒調碎石断面の結果より考察すれば、Monismith & Mclean の破壊基準がこの試験の載荷条件及び環境条件に最も適合しているものと思われる。一方、両スラグ断面の結果についても、不確実な材料定数 (養生条件に大きく左右される) のために解析値そのものに信頼はおけないが、同様の結論が得られるものと推察される。

おわりに、本文の所見は、上記委員会の公式所見ではなく、筆者ら独自のものであることを付記しておく。

参考文献

- 1) 西その他: 走行試験に基づくスラグ路盤の評価について (1982), 第2回円形走行試験について (1983), 土木学会関西支部学術講演集
- 2) 西その他: たわみ性舗装の疲労破壊に及ぼす舗装温度の影響について (1981), 第36回土木学会年次学術講演集
- 3) 西その他: 有限要素法によるたわみ性舗装の変位解析 (1975), エと基礎
- 4) Witczak: Design of Full-Depth Asphalt Airfield Pavements (1972), 3rd Int. Conf. on the SDAP
- 5) Monismith & Mclean: Structural Design Considerations (1972), AAPT
- 6) Brown & Pell: A Fundamental Structural Design Procedure for Flexible Pavements (1972), 3rd Int. Conf. on the SDAP

表-2 疲労寿命 () 内は外挿法により求めた推定値

破壊基準	Test-1			Test-2		
	粒調碎石	HMS	複合スラグ	粒調碎石	HMS	複合スラグ
Witczak	86718	(3.6×10 ⁶)	(1.2×10 ⁶)	168161	(1.5×10 ⁶)	(2.9×10 ⁶)
Monismith	40211	(2.3×10 ⁶)	(5.2×10 ⁶)	75793	(580000)	(920000)
Brown	21509	59843	124978	33370	141436	173590
スチフネス10%減少	23305	(1.1×10 ⁶)	(5.9×10 ⁶)	51169	(471000)	(826000)
25%	53936	(1.9×10 ⁶)	(6.4×10 ⁶)	80663	(3.0×10 ⁶)	(5.7×10 ⁶)
50%	232044	(1.4×10 ⁶)	(4.5×10 ⁶)	(273000)	(1.5×10 ⁶)	(3.0×10 ⁶)
ひびわれ率 10%	56000	164000	(555000)	57000	95000	(615000)
40%	143000	(390000)	(2.0×10 ⁶)	187000	(280000)	(1.8×10 ⁶)

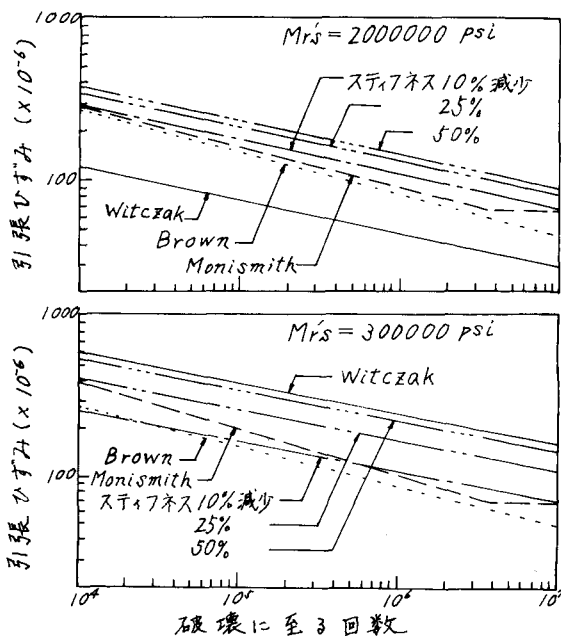


図-2 疲労破壊基準