

第V部門 繰り返し曲げ試験に基づく水硬性粒度調整鉄鋼スラグ路盤材の疲労破壊基準式について（その1）

神戸大学大学院 工学研究科 学生員 ○古谷 卓也  
 神戸大学 工学部 学生員 田中 大樹  
 神戸大学 都市安全研究センター 正会員 吉田 信之  
 神鋼スラグ製品（株） 正会員 遠山 俊一

1. はじめに

水硬性粒度調整鉄鋼スラグ（以降、HMS と称する）路盤材を用いたアスファルト舗装の理論的設計法を確立するためには、HMS 路盤材の疲労破壊基準式の確立が急務である<sup>1)</sup>。そこで、著者らは所定期間養生した HMS 路盤材を用いて繰り返し曲げ疲労試験を実施している。本報では、これまでに得られた 11 本の供試体での試験結果から、疲労破壊基準式の提案を試みた。

2. 試料と供試体作製

試験に用いた HMS 路盤材は神鋼スラグ製品（株）から入手した JIS A 5015 を満足する HMS-25 材であり、製鋼スラグ 50%、高炉徐冷スラグ 30%、アッシュストーン 20%の複合スラグ路盤材である。供試体は、大学キャンパスの敷地内にて浅層掘削した地盤に特注の 5 連モールド付鋼製型枠を設置して、HMS 試料を約 50 mm 厚の余盛り分も含めて敷き均し、95%以上の締固度になるように密度を確認しながら転圧を繰り返した後、乳剤散布し、地中養生して作製した。所定期間養生後、鋼製型枠を掘り出し、各モールドから供試体を取り出し端面整形してから試験に供した。供試体の寸法は、奥行き 100 mm、高さ 100 mm、長さ 400 mm である。

以下では、これまでに得られている 3 ケ月養生の供試体での試験結果について論ずる。

3. 試験概要

疲労試験は、電気油圧サーボ疲労試験機を用いて図-1 に示すように 4 点曲げ方式の荷重制御で行った。供試体の荷重点および支点には石膏を塗布することで、試験体表面の平坦性を確保している。また、変位量とひずみを測定するために非接触型変位計とひずみゲージを供試体に取り付けている。

荷重条件は、図-2 に示すように荷重時間 0.2 秒、休止時間はなく、振動数 5Hz のサイン波であり、徐荷時に 40N の荷重を残している。本来ハーバーサイン波で休止時間を設け、かつ完全徐荷での繰り返し荷重をおこなうべきであるが今回用させていただいた試験装置の性能上できなかった。さて、繰り返し荷重の大きさは、事前に実施した静的曲げ試験から得られている静的曲げ強度（0.96MPa）を基準にして設定した。今回の試験では、1300 万回まで繰り返し荷重を行った。

4. 試験結果と考察

たわみの定義であるが、ここでは図-3 に示すように荷重ピーク時のたわみを全たわみ、1 サイクルにおける荷重ボトム（40N）時のたわみを徐荷たわみ、ある荷重回数までの徐荷たわみの累積を累積徐荷たわみとした。

図-4、5 に一例として 3 本の供試体から得られた全たわみと荷重回数の関係および 10000 回までの拡大図を示し、図-6、7 に累積徐荷たわみと荷重回数の関係および 10000 回までの拡大図を示す。荷重応力比（荷重応力/曲げ強度）は No.1 が 0.73、No.2 が 0.63、No.4 が 0.53 であり、破壊回数はそれぞれ 570 回、8280 回、115000 回である。

Takuya FURUTANI, Daiki TANAKA, Nobuyuki YOSHIDA, Syunichi TOUYAMA

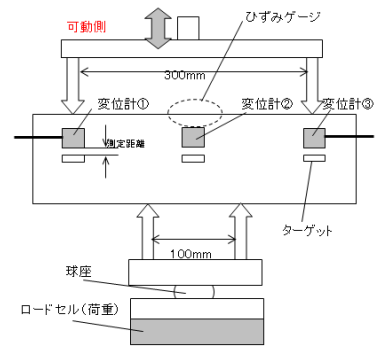


図-1 試験装置の概略図

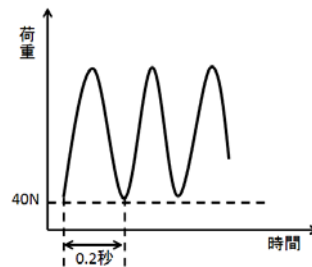


図-2 荷重波形

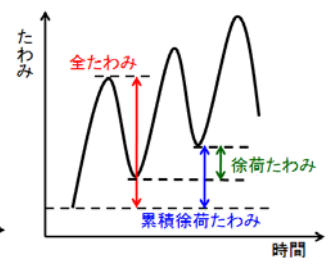


図-3 たわみの定義

図-4, 5 より, 全たわみは荷重応力の大きさに関わらず, 荷重回数の増加とともに増加する傾向にある。また, S 字のような形で増加していくことがわかる。累積徐荷たわみも同じように増加している。一例として, 図-8 に No.4 の累積徐荷たわみと全たわみの比(累積徐荷たわみ/全たわみ)と荷重回数の関係を示すが, 全たわみに占める累積徐荷たわみの割合が, 荷重回数の増加とともに大きくなる傾向が見られる。

表-2 に, 荷重応力と曲げ強度の比, すなわち応力比 (SR) と破壊回数 ( $N_f$ ) をまとめて示し, 図-9 はそれらをプロットしたものである。図中には, 回帰曲線も描いている。なお, 回帰に際しては 1300 万回荷重時に破壊に至らず試験終了した供試体 (図中の青色のプロット) は除外した。相関係数は 0.949 である。回帰曲線の式は次の通りである。

$$N_f = 10^{\frac{0.9924 - SR}{0.0853}}$$

6. おわりに

本報では, 繰り返し曲げによる HMS 路盤材の疲労破壊試験について述べた。その結果, 全たわみ, 累積徐荷たわみはいずれも荷重回数とともに増加し破壊直前に急増すること, さらに全たわみに占める累積徐荷たわみの占める割合も増加することがわかった。また, 応力比と荷重回数の関係から相関係数の高い疲労破壊基準式を誘導できた。なお, 今回は養生期間 3 ヶ月の供試体での試験であったが, 実用性の高い疲労破壊基準式の構築のためにも養生期間の長い供試体について引き続き調べていく予定である。

最後に, 疲労試験の実施に際してコベルコ科研 (株) のご協力を賜った。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 古谷・吉田: 実路走行試験調査による HMS 路盤系アスファルト舗装の動的挙動と理論的構造設計法について, 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集 CD, V-058, pp.113-114, 2009.

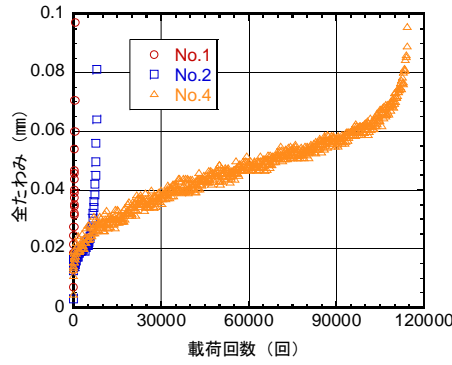


図-4 全たわみ-荷重回数

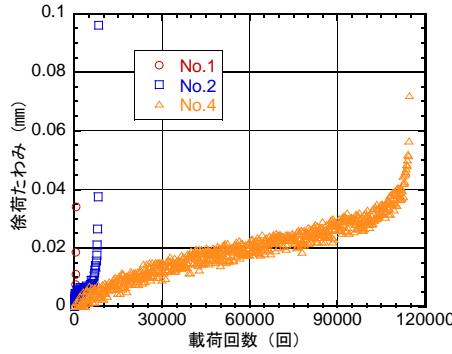


図-6 累積徐荷たわみ-荷重回数

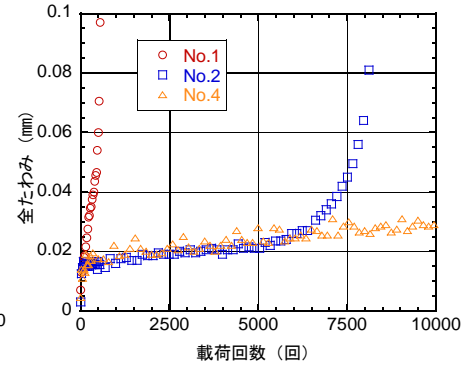


図-5 全たわみ-荷重回数 (10000 回)

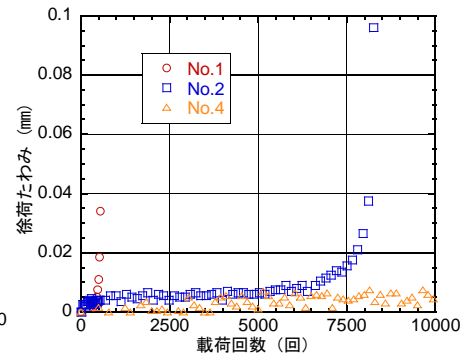


図-7 累積徐荷たわみ-荷重回数 (10000 回)

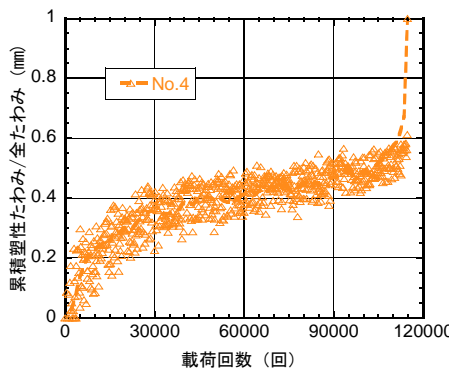


図-8 (累積徐荷たわみ/全たわみの比)-荷重回数

表-2 試験結果

供試体 (No.)	荷重応力 (MPa)	荷重応力比	破壊回数 (回)
1	0.71	0.73	570
2	0.60	0.63	8280
3	0.42	0.44	3250000
4	0.51	0.53	115000
5	0.45	0.47	368000
6	0.42	0.44	3540000
7	0.39	0.41	未破壊
8	0.71	0.73	11700
9	0.51	0.53	301000
10	0.51	0.53	515000
11	0.71	0.73	1570

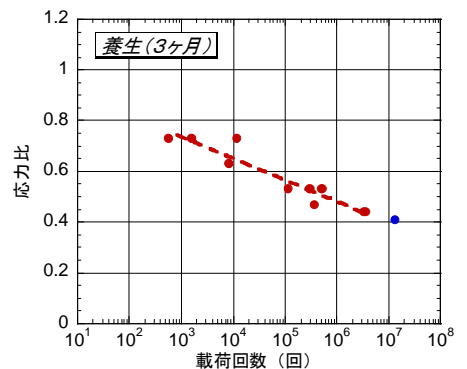


図-9 荷重回数と応力比の関係