

水硬性粒度調整鉄鋼スラグ路盤材の疲労破壊基準式の提案

神戸大学大学院 工学研究科
 神戸大学大学院 工学研究科
 神戸大学 都市安全研究センター
 神鋼スラグ製品(株)
 広鋳技建(株)

学生員 ○田中 大樹
 学生員 古谷 卓也
 正会員 吉田 信之
 正会員 遠山 俊一
 井奥 哲夫

1. はじめに

これまで実施してきた実路試験舗装での追跡調査等から、水硬性粒度調整鉄鋼スラグ（以降、HMS と称する）路盤層を有するアスファルト舗装ではアスファルト混合物層のみならず HMS 層での疲労破壊の可能性の検討も必要であり、そのためには HMS 路盤材の疲労破壊基準式の確立が急務であることがわかってきた¹⁾。そこで、本研究では 2 種類の HMS 路盤材を用いて繰返し曲げ疲労試験を実施し、それぞれの疲労破壊基準式の提案を試みた。

2. 試料と供試体作製

本研究では 2 種類の HMS 路盤材を試験した。一方は、高炉徐冷スラグと水砕スラグを同割合で混合した複合スラグ（以降、HMS-a と称する）で、他方は製鋼スラグ 50%、高炉徐冷スラグ 30%、アッシュストーン 20%を混合した複合スラグ(HMS-b と称する)であり、どちらも JIS A 5015 を満足する HMS-25 である。前者の最大乾燥密度および最適含水比はそれぞれ 2.069g/cm^3 、11.7%であり、後者のそれらは 1.908g/cm^3 、15.7%である。

梁供試体の作製は、神戸大学キャンパス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、最適含水比に調整した各 HMS 試料を約 50mm 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繰返し転圧し、乳剤散布して、そのまま地中養生した。所定期間養生した後、鋼製型枠を掘り出し、各モールドから供試体を取り出して端面整形してから試験に供した。供試体の寸法は、奥行き 100mm、高さ 100mm、長さ 400mm である。また、養生期間は HMS-a が 1 年、HMS-b が 3 カ月養生である。

試験は、HMS-a 供試体で 17 本と HMS-b 供試体で 11 本を実施した。

3. 試験概要

疲労試験は、図-1 に示すように梁供試体を用いた 3 等分点荷重による 4 点曲げ繰返し荷重試験である。繰返し荷重は、別途得られた静的曲げ強度を参考にあらかじめ設定した鉛直荷重をハーバーサイン波で図-2 に示すように荷重時間 0.15 秒、休止時間 0.85 秒で荷重し、荷重回数については時間の制約上 200 万回までとした。ところで、梁供試体 1 本の疲労試験の終了には長時間を要することから、本研究では 2 台の試験機を用いて実験を行った。HMS-a については上述の荷重条件で試験を実施できたが、HMS-b については試験機の性能上、休止時間のない 5Hz のサイン波で最小荷重 40N の繰返し荷重となった。供試体のたわみの計測は、供試体側面 3 箇所にターゲットを接着して 3 個の渦電流式非接触型変位計（測定範囲 0~5mm、最初分解能 $1\mu\text{m}$ ）を用いて行った。

さて、繰返し曲げ疲労試験に先立ち、各 HMS 供試体 3 本を用いて JIS A 1106 に従って静的曲げ試験を行った。得られた静的曲げ強度の平均値は、HMS-a で 0.85MPa、HMS-b で 0.96MPa であった。

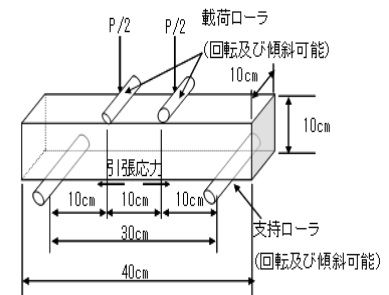


図-1 試験装置の概略図 (HMS-a)

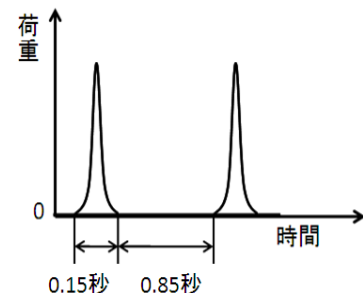


図-2 繰返し荷重波形 (HMS-a)

キーワード 水硬性粒度調整鉄鋼スラグ、疲労破壊基準式、繰返し曲げ疲労破壊試験、

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学 都市安全研究センター TEL078-803-6437

4. 試験結果と考察

一例として、繰返し载荷中に得られたたわみと载荷回数の関係を HMS-a の供試体 No.12 については図-3 に、HMS-b の供試体 No.4 については図-4 に示す。ここで、図中の凡例の各たわみであるが、図-5 に示すように全たわみは载荷ピーク時のたわみ、弾性たわみは载荷ピーク時のたわみから除荷(0N)時のたわみを引いたもの、累積塑性たわみは全たわみから弾性たわみを引いたものであり、また 1 サイクルにおける载荷ボトム(40N)時のたわみを除荷たわみ、ある载荷回数までの除荷たわみの累積を累積除荷たわみとした。さて、図-3,4 より、たわみは载荷回数の増加とともに増加していくが、たわみの種類に関わらず载荷直後と破壊直前に急増し、その間は漸増することがわかる。また、HMS-a について、図-6 に累積塑性たわみと全たわみの比と载荷回数の関係を、図-7 に 1 サイクル当たりの塑性たわみと弾性たわみの比と载荷回数の関係を示す。図より、塑性たわみは载荷回数の増加とともに累積していき、全たわみに占める割合は载荷初期の約 20% から破壊近傍で 50% 程度まで増加することがわかる。なお、1 サイクル当たりの塑性たわみと弾性たわみの比の変化を見てみると、载荷初期で約 2%，その後 0.5% 以下で推移したのち破壊近傍で約 6% まで急増はするものの、弾性たわみがかなり卓越していることが分かる。

図-8 には応力比(繰返し载荷曲げ応力/静的曲げ強度: SR)と破壊までの载荷回数(N_f)の関係を示す。図中には提案する疲労破壊基準式及びその式で回帰した曲線も示している。回帰係数は表-1 に示すとおりである。なお、HMS-a については、結果のバラツキが大きかったが、これは供試体作製の不備によるものと考えられるため

载荷前の供試体の推定弾性係数や乾燥密度のバラツキを精査して不適切と考えられる結果を排除している²⁾。図より含有スラグ、養生期間、载荷条件が異なるにもかかわらず、2 つの HMS 路盤材の応力比と载荷回数の関係は類似することがわかる。また、相関係数から判断して提案する疲労破壊基準式は概ね妥当なものではないかと考えられる。

5. おわりに

本報では、繰返し曲げによる疲労破壊試験を実施して、最終的に 2 種類の HMS 路盤材の疲労破壊基準式を提案した。今後、養生期間や载荷条件が疲労破壊基準式に及ぼす影響などについて検討していく所存である。

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設計法について，土木学会第 64 回年次学術講演会公演概要集 CD，V-058，pp. 113-114，2009。2) 田中他：繰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 2)，平成 22 年度土木学会関西支部年次学術講演会投稿中，2010。

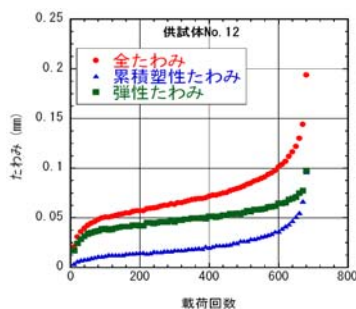


図-3 たわみと载荷回数の関係 (HMS-a)

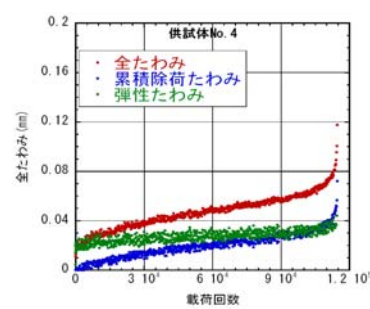


図-4 たわみと载荷回数の関係 (HMS-b)

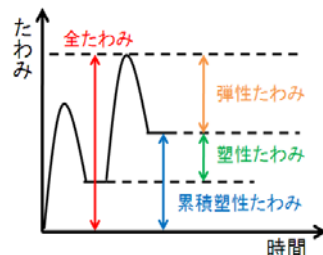


図-5 たわみの定義 (HMS-a)

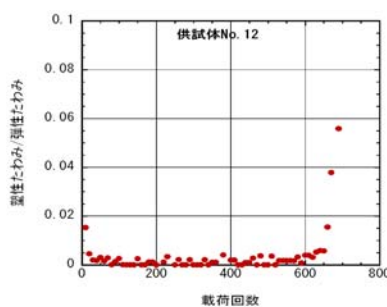


図-7 塑性たわみ/弾性たわみと载荷回数の関係

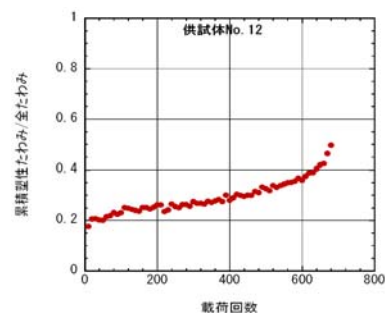


図-6 累積塑性たわみ/全たわみと载荷回数の関係

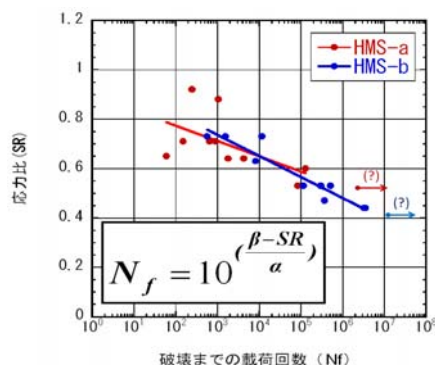


図-8 応力比と破壊までの载荷回数の関係

表-1 回帰係数

	回帰係数		相関係数
	α	β	
HMS-a	0.0620	0.8978	0.565
HMS-b	0.0853	0.9924	0.949