

第V部門 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)

神戸大学工学部	学生員	○田中	大樹
神戸大学大学院工学研究科	学生員	古谷	卓也
神戸大学都市安全研究センター	正会員	吉田	信之
広鋳技建(株)		井奥	哲夫

1. 序論

我が国で推奨しているアスファルト舗装の理論的構造設計法では、疲労ひび割れの検討はアスファルト混合物層のみを対象にしており、その底面に生ずる最大水平引張りひずみを求めて疲労破壊基準式から破壊輪数を算定し設計条件である必要破壊輪数と比較検討するものである。さて、著者らはこれまで水硬性粒度調整鉄鋼スラグ(以降、HMS と称する)路盤を有するアスファルト舗装の実路試験舗装を行って追跡調査を実施してきた。その結果、アスファルト混合物層下面のみならず HMS 路盤下面にも比較的大きな引張りひずみが生じることを確認し、HMS 路盤層の疲労破壊を検討するためにもその疲労破壊基準式の構築が急務であることを実感した¹⁾。本報では、疲労破壊基準式を構築するために所定期間養生した HMS 路盤材の梁供試体を用いて実施した繰返し曲げ試験について報告する。

2. 試料および供試体作製

試験に用いた路盤材は、広鋳技建(株)から入手した JIS A 5015 を満足するもので、高炉徐冷スラグと水砕スラグを混合した HMS-25 である。試料の締固め特性は、最大乾燥密度が 2.069g/cm^3 、最適含水比が 11.7% である。さて、供試体の作製では、まず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 連モールド付き鋼製型枠を設置して、含水調整した HMS 試料を約 50mm 厚の余盛り分も含めて敷き均し、95%以上の締固め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。

以下では、養生期間1年の供試体17本の試験結果について論ずる。

3. 繰返し曲げ疲労試験

試験は、油圧サーボによる荷重制御を行い、図-1 に示すように 3 等分点荷重による繰返し荷重を行った。荷重波形は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。供試体のたわみの計測は、供試体側面 3 箇所ターゲットを接着して非接触型変位計を用いて行った。

さて、繰返し曲げ疲労試験に先立ち、3 本の供試体を用いて JIS A 1106 に従って静的曲げ試験を行った。図-3 に示した荷重とたわみの関係からも分かるように供試体間でバラツキが比較的大きいことがわかる。破壊時の曲げ応力は、それぞれ 0.65MPa、0.81MPa、1.08MPa となり、それらの平均値 0.85MPa をここでは曲げ強度とした。この曲げ強度を基準にして、疲労試験で作用させる繰返し荷重を設定した。

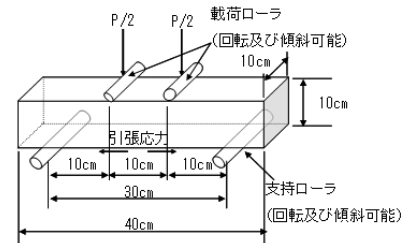


図-1 3等分点荷重の概要

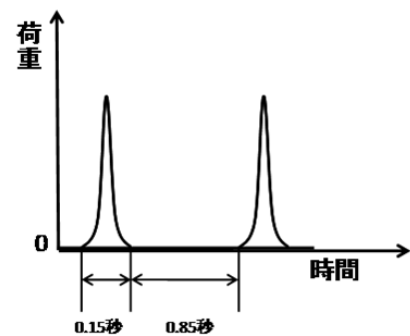


図-2 荷重波形

4. 試験結果と考察

一例として、図-4 に供試体 No.12 で繰返し载荷中に得られたたわみと载荷回数の関係を示す。図中、全たわみは载荷時のたわみ、弾性たわみは载荷時のたわみから除荷時のたわみをひいたもの、累積塑性たわみは全たわみから弾性たわみをひいたものである。図より、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初期に大きく増加し、その後漸増しながら破壊直前に急増することがわかる。また、载荷回数の増加とともに全たわみに占める累積塑性たわみが卓越するようになる。ここには示していないが、1 载荷当たりの塑性たわみと弾性たわみの比はほぼ一定で、破壊直前に急増となる傾向がある。

ところで弾性たわみと载荷曲げ応力を用いて各载荷時における弾性係数を計算することができる。図-5 は供試体 No.12 で得られた弾性係数と载荷回数の関係である。図より、弾性係数は载荷初期に大きく減少したのち漸減していくが破壊直前で急減することが分かる。ここには示さないが、他の供試体でも一部の例外はあるもののほぼ同様な傾向であった。この図から载荷回数がゼロのときの弾性係数を推定することができる。17 本の供試体について算定した結果をプロットしたものが図-6 である。図中には、平均値 (E_{ave}) と標準偏差 (σ) も示している。図より、弾性係数は広範囲に分布していることが分かるが、このことは供試体間で初期状態にバラツキがあることを示唆するものである。同様のことは静的曲げ試験結果のところでも触れたが、供試体の作製作業がうまくいかなかったためにバラツキの大きい結果となったと考えられる。そこで、弾性係数と乾燥密度の関係も考慮して、以下では平均値±標準偏差の範囲外のデータ (図中の青色プロット) については削除することにした。

図-7 に、応力比 (载荷曲げ応力/曲げ強度: SR) と载荷回数 (N_f) の関係を示す。なお、図中に示す赤色のプロットは 200 万回载荷時に破壊に至らず試験終了した供試体である。この点を除外して対数関数で回帰した曲線も図中に示している。相関係数は 0.565 であった。

5. 結論

HMS 路盤材を用いて繰返し曲げによる疲労破壊試験を行った結果、全たわみや累積塑性たわみは载荷回数とともに増加するとともに累積塑性たわみが卓越していくことがわかった。また、供試体の初期状態のバラツキ

を評価して得られた応力比と载荷回数の関係から疲労破壊基準式を誘導した。今後は、異なる養生期間の供試体を用いて引き続き実験を行い、より信頼性の高い疲労破壊基準式を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.

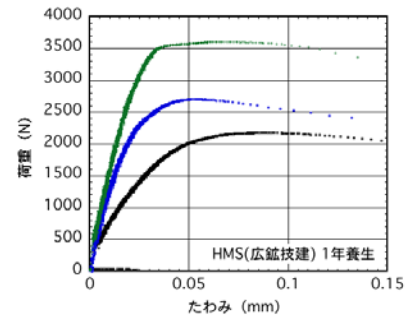


図-3 荷重とたわみの関係 (静的曲げ試験)

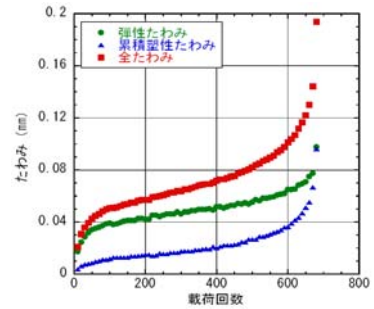


図-4 たわみと载荷回数の関係 (供試体 No. 12)

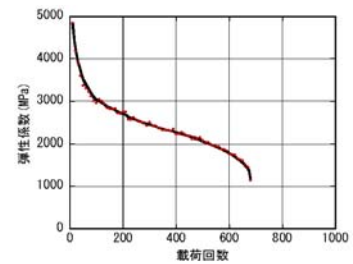


図-5 弾性係数と载荷回数の関係 (供試体 No. 12)

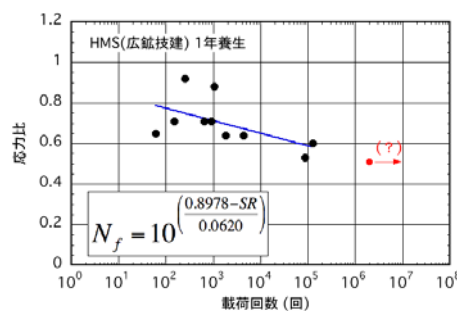


図-7 応力比と载荷回数の関係

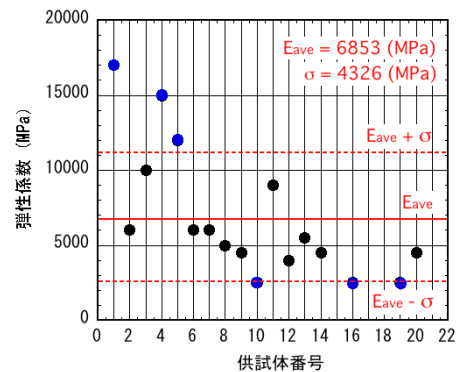


図-6 17 供試体の弾性係数の分布