

動的載荷試験によるグルーピング系凍結抑制舗装の氷板破碎過程の力学的挙動

北海学園大学大学院 学生員 ○猪股 賢大
 北海学園大学大学院 学生員 田中 俊輔
 北海学園大学工学部 正会員 武市 靖
 世紀東急工業株式会社 正会員 増山 幸衛

1. はじめに

本研究は、グルーピング系凍結抑制舗装（以下、凍結抑制舗装）の氷板破碎過程の力学的挙動を検討するために動的載荷試験を行い、その結果をまとめたものである。

特に、凍結抑制舗装の上面に生成された氷板と凍結抑制材との界面における応力とひずみの推移に着目し、氷板の破碎過程を検討した。また、モデル供試体を作製し、載荷回数に対する鉛直方向の応力とひずみを測定し、散逸エネルギー¹⁾による考察の適用性について検討した。

2. 供試体と測定方法

供試体の概要を表-1 に示した。試験には写真-1 に示す通常のグルーピングを施した凍結抑制舗装の供試体 A と、写真-2 に示すモデル供試体 B を用いた。

供試体 B は、鉛直方向の応力とひずみの測定により、基本特性を知るためのモデル供試体である。これは、供試体 A に、円形載荷板の荷重載荷時における接地面積に対する凍結抑制材面積の割合と同等の凍結抑制材(以下、抑制材)を母体舗装中心部に円筒状に充填した供試体である。氷板の作製には、密粒度舗装に対し、1mmの氷板ができる水量を散布した。

(1)供試体 A の測定方法

氷板を作製した供試体 A に対し、動的載荷試験を行った際の抑制材部分の水平・鉛直ひずみの変化を測定した。図-1 に示すように、水平方向のひずみゲージ（長さ 36.1mm，幅 5.0mm）は抑制材表面の延長方向に設置した。鉛直方向のひずみゲージ（長さ 10.0mm，幅 5.0mm）は抑制材内部の鉛直方向に設置した。

(2)供試体 B の測定方法

同様の試験で抑制材上部の応力、抑制材鉛直方向のひずみの変化を測定した。図-2 に示すように、円筒状の抑制材の垂直面にひずみゲージを、その表面にマイクロ圧力計（直径 6.5mm，質量 0.6g，容量 3.0MPa）を抑制材上部に設置した。

3. 試験条件

供試体 A, B とともに、表-2 の試験条件に示すように-5℃で恒温室を有する試験装置で一軸圧縮による動的載荷

試験を行った。試験は応力制御で行い、載荷波形は図-3 と一般式(1)で示される半波整流波形である。

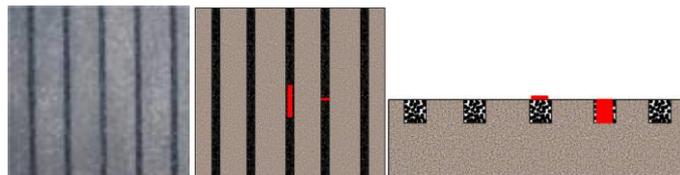


写真-1 供試体 A

図-1 ひずみゲージの設置
(左：平面図 右：断面図)

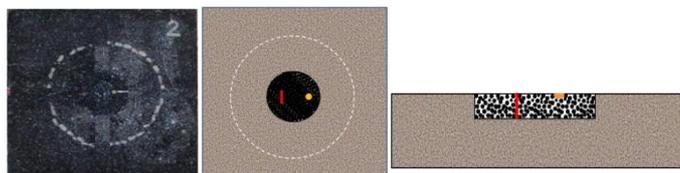


写真-2 供試体 B

図-2 ひずみゲージ、圧力計の設置
(左：平面図 右：断面図)

表-1 供試体概要

	供試体 1	供試体 2
母体舗装	密粒度舗装	
サイズ(mm)	300×300×50	
凍結抑制材 (ゴム粒子充填)	幅 9.0mm 深さ 10mm 間隔 60mm	直径 72mm 深さ 10mm

表-2 載荷試験条件

試験温度	-5℃	載荷速度	0.5Hz
接地圧	0.196MPa (乗用車荷重)		
載荷板	直径 18cm (底面が硬度 65 のゴム板である鋼製板)		

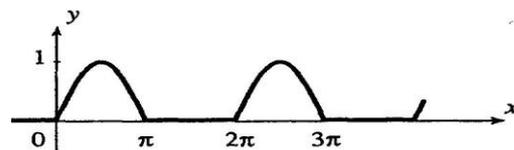


図-3 半波整流波形

$$f(x) = \frac{1}{2} (\sin x + |\sin x|) \quad (1)$$

キーワード グルーピング系凍結抑制舗装、動的載荷試験、散逸エネルギー

連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 1-1 北海学園大学工学部 TEL 011-841-1161
 〒329-4304 栃木県下都賀郡岩舟町静和 2081-2 世紀東急工業株式会社技術研究所 TEL 0282- 55-2711

4. 試験結果と考察

(1) 供試体 A の試験結果

図4 と図-5 に载荷回数に対する水平ひずみと鉛直ひずみの推移を示した. それぞれ2回の測定結果には, 氷板の作製・破砕過程や抑制材を構成するゴム粒子の結合状態などに起因したばらつきが見られるが, 水平, 鉛直ひずみ共に载荷回数の増加に伴い, 減少傾向を示した. これは, 载荷回数の増加に伴い抑制材上部に生成された氷板が破砕され, 抑制材内部の空隙内に充填されて変形しづらくなったことが考えられる.

ひずみの推移の勾配変化点を氷板破砕に伴う抑制材の力学性状の特異点と考えると, その载荷回数は2回の試験ともに水平ひずみは载荷回数約 100 回~200 回, 鉛直ひずみでは, 载荷回数約 10 回~20 回程度であった.

この結果から, 水平方向に対し垂直方向の変曲点の発生する载荷回数は 10 倍程度になっていることが分かる.

(2) 供試体 B の試験結果

モデル供試体を用いて, 鉛直方向の応力とひずみの変化から, 氷板の破砕過程に対する散逸エネルギーによる考察とその適用性について検討を試みた.

载荷波形が(1)式の半波整流波形であるので, 抑制材内部に式(2)の応力と位相角φだけ遅れた式(3)のひずみが生じたと仮定すると, 一般に, 一周単位体積当たりの散逸エネルギー w は, 式(4)で表される.

$$\sigma(t) = \frac{\sigma_0}{2} (\sin \omega t + |\sin \omega t|) \tag{2}$$

$$\varepsilon(t) = \frac{\varepsilon_0}{2} \{ \sin(\omega t - \varphi) + |\sin(\omega t - \varphi)| \} \tag{3}$$

$$w = \int \sigma d\varepsilon = \int_0^{2\pi/\omega} \sigma \frac{d\varepsilon}{dt} dt \tag{4}$$

ここで, σ_0 : 応力の振幅(MPa), ε_0 : ひずみの振幅, ω : 周波数(Hz), φ : 位相角, t : 時間(s)

しかし, 抑制材のひずみと応力の測定値は, 载荷回数の増加に伴い上面の氷板破砕と抑制材(ゴム粒子)内部への充填により, その力学性状は複雑に変化している.

そこで, 図-6 に示した各载荷回数におけるヒステリシスループの面積を描いて画像解析により散逸エネルギーを算出し, 図-7 に散逸エネルギーの推移を示した. ヒステリシスループは, 楕円状から棒状に推移し粘弾性から弾性の性状が卓越する傾向が見られた. 単位散逸エネルギーは, 载荷回数の増加とともに低減する傾向を把握できたが, ひずみの変曲点との対応は見られなかった.

謝辞 本研究の遂行に際し, 東京農業大学 竹内 康教授に協力を頂いた. 感謝いたします.

参考文献 1) 向後憲一: 载荷条件の違いに着目したアスファルト混合物の疲労挙動に関する研究, 中央大学博士論文, 2009

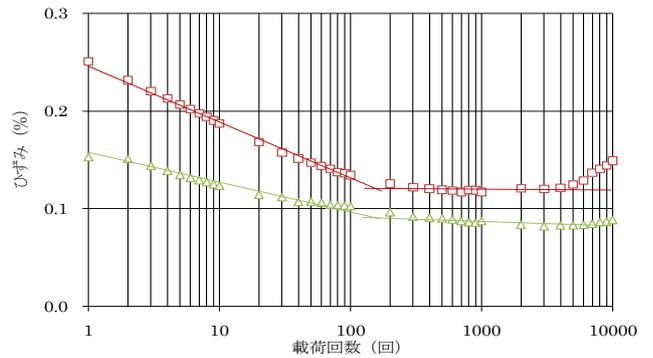


図-4 凍結抑制材上面の水平ひずみの推移

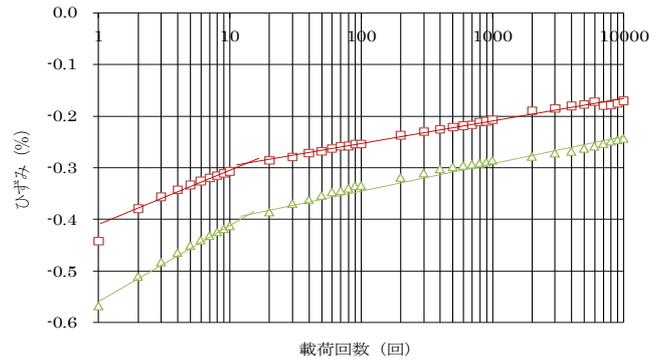


図-5 凍結抑制材の鉛直ひずみの推移

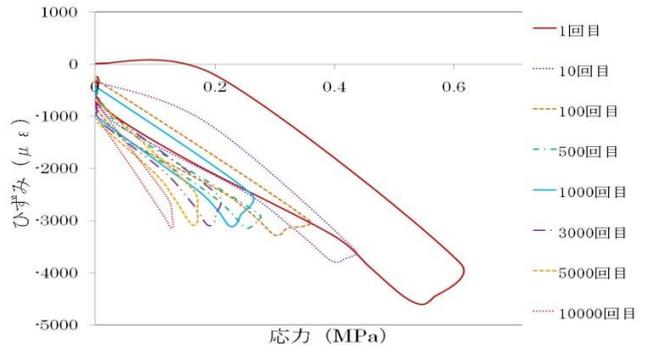


図-6 ヒステリシスループ

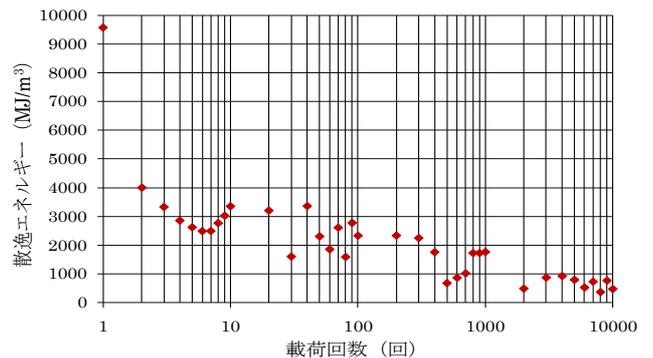


図-7 载荷回数毎の単位散逸エネルギー

5. おわりに

グルーピング系凍結抑制舗装上面の氷板破砕過程を抑制材の力学挙動の観点から, ある程度把握できた.

今後, 散逸エネルギーによる展開が明確にできるように, 試験法および解析法の検討を進めていきたい.