

多層弾性理論による凍結抑制舗装の性能評価に関する検討

北海学園大学大学院 学生員 ○高橋 朋也
 北海学園大学工学部 正会員 武市 靖

1.はじめに

本研究は、凍結抑制舗装の一つであるゴムロール舗装の氷板剥離効果をGAMES¹⁾(多層弾性理論による舗装構造解析プログラム)によって検証し、その比較対象として密粒度13F舗装についても同様に理論解析を行った。また、実際にゴムロール舗装と密粒度13F舗装の表面に氷板を作製し、走行試験装置により実験を行い、解析値と実験結果²⁾との比較検証を行った。

2.供試体概要

今回用いたゴムロール舗装(以下GR)は、既存のロールドアスファルトを母体とし、その表面にゴム骨材を転圧したものである。混合物に対して3%の凍結防止剤が添加されている。

密粒度13F舗装(以下密粒度)は一般的な寒冷地用舗装である。GRと密粒度を写真-1に示した。

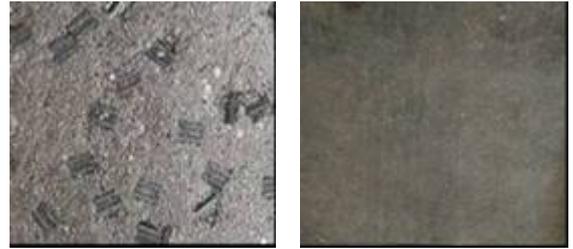


写真-1 GR (左) と密粒度 (右)

3.破壊ひずみの解析

3.1 解析モデル

解析モデルは実験結果と比較するため、実験室に舗設されているGRをモデル化した。ここで、実際のGRでは、ゴム骨材は部分的に突出しているが、層構造解析であるため、図-1に示すようにゴム層と仮定して解析した。密粒度の解析モデルは図-1のモデルからゴム層を除いたものである。

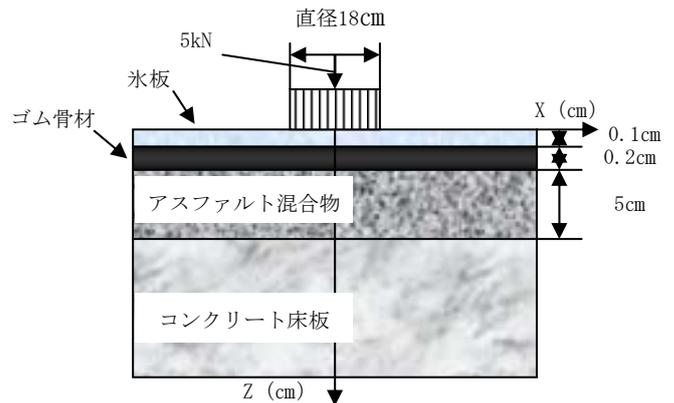


図-1 GRの解析モデル

3.2 材料定数

各層の材料定数を表-1に示した。氷板の弾性係数は、-5℃における純氷の応力-ひずみ曲線³⁾から算出した。アスファルトの弾性係数は、-5℃の条件で実験を行ったため、13000MPa⁴⁾と設定した。

表-1 各層の材料定数

層	材料	弾性係数 (MPa)	ポアソン比	層厚 (cm)
層1	氷板	7900	0.33	0.1
層2	ゴム骨材	8.5	0.44	0.2
層3	アスコン	13000	0.35	5
層4	コンクリート	30000	0.2	(半無限)

3.3 荷重条件

荷重は乗用車と大型車の二種類であり、表-2のように設定した。乗用車タイヤの荷重半径は、本研究室での実験結果に基づき、大型車タイヤの荷重半径は、式 $r=P+12$ (r:半径(cm), P:輪荷重(tf))⁵⁾を使用している。

表-2 輪荷重および荷重半径

	輪荷重	荷重半径
乗用車	5kN	9 cm
大型車	49kN	17 cm

3.4 氷板の破壊条件

氷板の破壊の有無は、解析により算出された氷板のひずみによって評価した。GRのたわみ特性を利用した舗装面に交通荷重が作用することで発生するひずみが、氷板の破壊ひずみより大きくなると氷板が破壊すると考えられる。図-2に示した破壊過程の応力の指標(各過程の応力/破壊時の最大応力)とひずみの関係図⁶⁾には、氷板

キーワード GAMES, ゴムロール舗装, 氷板の弾性係数, 氷板ひずみ, 走行試験装置

連絡先 〒064-0926 北海道札幌市中央区南26条西11丁目1番1号 北海学園大学工学部 TEL011-841-1161

のひずみが下限側で 0.05%に達したときに初期破壊, 0.7%に達したときに完全破壊とされているので, ひずみが 0.05%以上の場合には氷板が破壊し, それ以下の場合には破壊しないと評価した.

3.4 解析結果

図-3 に乗用車荷重が作用した場合の GR の氷板ひずみの算出結果を示した. 算出したひずみの値は, 氷板の下面とゴム層の上面が接している界面である. 図の中心に円形状の荷重がかかっており, ひずみは 0.71%で, その外周でのひずみは 0.032%であった. 表-3 に解析結果を示した. GR の氷板とゴム層の界面のひずみの算出値より, 乗用車荷重の時点で氷板が完全破壊の領域にある. 大型車荷重ではさらに値が大きくなり, 完全破壊を起こしている. しかし, 密粒度の氷板とアスコンの界面のひずみは乗用車・大型車共に初期破壊のひずみにすら達しなかった. GR はゴム骨材のたわみ効果が氷板の破壊に大きく影響したことが考えられる.

4.走行試験結果による検証

GR と密粒度の舗装表面に 0.1 cmの氷板を作製し, 一回载荷の後に破壊状況を目視で確認した. GR ではゴム骨材の箇所では氷板の破壊が起こっていたが, 密粒度では破壊は見られなかった. 写真-1 は 50 回走行後の GR と密粒度の舗装面上における氷板の破壊状況である. GR は黄色の破線線で示した箇所では破壊が確認されたが, 密粒度には変化が無かった. 解析の場合とモデルが多少異なっているが, 走行試験結果とほぼ同等の結果が得られたため, 妥当であると考えられる.

5.まとめ

- 1) GAMES でゴムロード舗装と密粒度舗装の破壊ひずみを解析することによって, 氷板の破壊状況の有無を評価することができた.
- 2) ゴムロード舗装は乗用車荷重でひずみが 0.7%を超え, 完全破壊が起こったが, 密粒度舗装は大型車荷重によっても氷板は破壊しなかった.
- 3) 実験ではゴムロード舗装は一回载荷と 50 回走行の両方で氷板の破壊が確認できたが, 密粒度舗装では確認されなかった.
- 4) 解析結果と実験結果との比較検証から, ゴムロード舗装はゴム骨材が転圧されていることで, 氷板の破壊効果を有していると考えられる.

参考文献

- 1) 土木学会 舗装工学委員会 舗装構造小委員会: 舗装工学ライブラリー3 多層弾性理論による舗装構造解析入門 -GAMES (General Analysis of Multi-layered Elastic Systems) を利用して-, 2005.
- 2) 武市 靖, 松田謙治, 溝渕 優: 物理系凍結抑制舗装の改良に関する検討, 舗装工学論文集, 第 11 巻, pp. 75-80, 2006.
- 3) N.P.Lasca, et al: A Data Acquisition System for Testing the Mechanical Properties of Ice, Geotechnical Testing Journal, Vol.3, No.1, 1980.
- 4) 久保裕一, 安倍隆二, 宮葉斗夢: 多層弾性理論を適用したアスファルト舗装の構造設計法と試験施工による構造評価の検討, 第 47 回北海道開発局技術研究発表会, 2004.
- 5) Malcolm Mellor, David M.Cole: DEFORMATION AND FAILURE OF ICE UNDER CONSTANT STRESS OR CONSTANT STRAIN-RATE, Cold Regions Science and Technology, pp. 201-204, 1982.

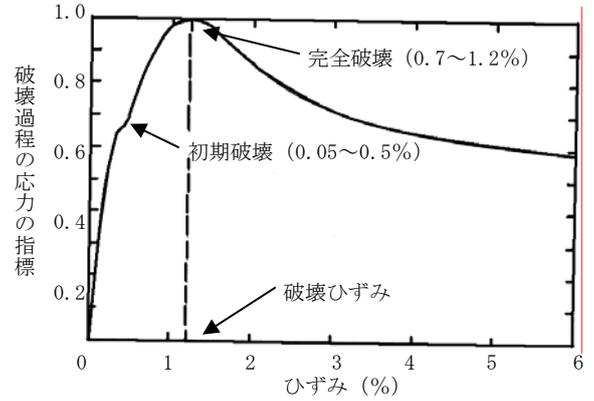


図-2 応力の指標とひずみの関係

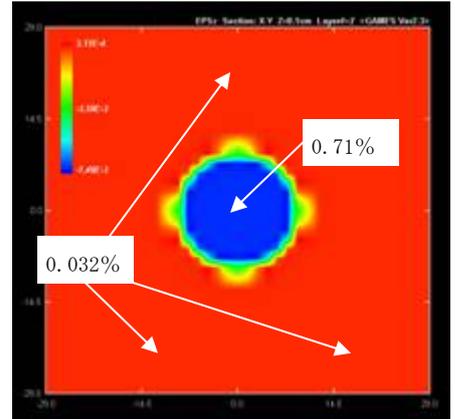


図-3 0.1 cmにおける GR のひずみ平面図

表-3 解析結果

舗装 (輪荷重)	ひずみ (%)	破壊予測
GR (乗用車)	0.71	完全破壊
密粒度 (乗用車)	0.00083	破壊しない
GR (大型車)	2.0	完全破壊
密粒度 (大型車)	0.0021	破壊しない

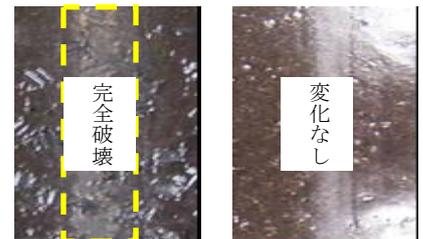


写真-1 GR (左) と密粒度 (右) の破壊状況