

貨物ヤード舗装におけるアスコン層と路盤層の間の すべり係数と供用性に関する研究

A study of the relationship between the coefficient of slip and performance in freight yards

北海学園大学工学部土木工学科 ○ 学生員 和田匡史
北海学園大学工学部土木工学科 正 員 上浦正樹

1. はじめに

貨物舗装は交通荷重,気象条件等により放置しておけば供用性は低下し,やがては貨物ヤード本来の機能である円滑で安全な荷役作業に支障をきたすことになる.これを防ぐために常に舗装の状態を把握し,適切な維持修繕を行うことが重要である. JR 貨物において,管理する構内の各ホームあるいは単位区間の供用性能の水準を比較評価し,補修の優先順位をつけ,管理する舗装の補修実施計画をたてるために路面の評価指標である鉄道貨物舗装供用性指数 KMI¹⁾(Kamotu Maintenance Index) が用いられている.

舗装の構造解析には,一般的に多層弾性理論が用いられている.この理論に基づき多くのプログラムが開発されており,わが国では特に BISAR,CHEVRON,ELSA が利用されている.また,すべての層と層の境界ですべりを導入することが可能である解析プログラム GAMES (General Analysis of Multi-layered Elastic System) が松井ら²⁾により開発されている. GAMES の解析理論はその展開においては BISAR と異なるものの,プログラムの機能は基本的に BISAR と同じである.特記できる機能は,鉛直および水平方向に円形等分布した荷重の最大組数は 100,舗装の最大層数は 100,応答を算出する着目点の最大数は 10000 であり,他のプログラムと比較して多い.

ヤード舗装のような舗装厚の大きいアスファルト舗装において供用性の低下により,載荷点直下のたわみが増加することが予測されるが,従来の多層弾性解析においてはこの現象を説明する方法が確立されていなかった.最近,松井らにより舗装各層間のすべりを考慮することでこの現象が説明できることとなった.

本研究の目的としてはこの成果を確認するためにヤード舗装で求められた供用性指数と多層弾性解析で開発された層間すべりとの関係を求めることである.本研究のフローを図 - 1 に示す.

2. 解析方法

2.1 KMI

貨物鉄道では,管理者からみた目視による調査,路面性状調査,FWD による構造調査を実施した.構内の修繕の必要性に対する指標は目視調査により表

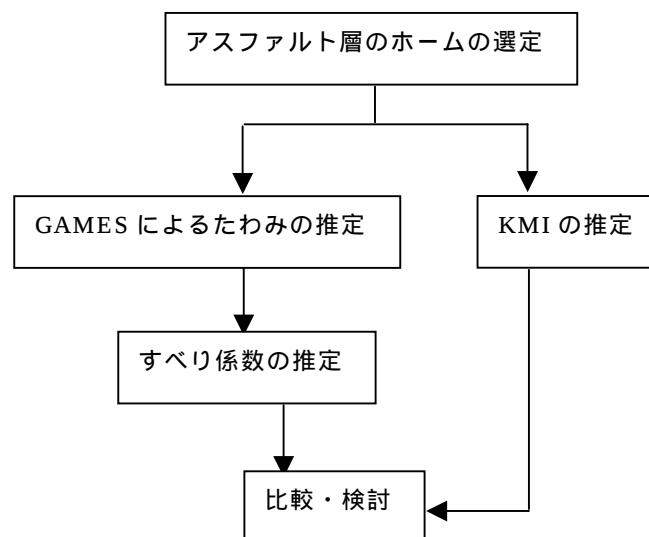


図 - 1 研究のフロー

- 1 に示す 3 段階の指数を定めた.補修の必要性に対して,アスファルト舗装ではひびわれ及び平坦性,コンクリート舗装ではひびわれ及び段差の影響が大きな要因であった.

表 - 1 評価指数

修繕の必要性	指数
必要なし	3
近いうちに必要	2
早急に必要	1

目視調査による主観的評価と路面性状調査等による客観的な評価を結びつけた指標として,これらの重回帰分析により鉄道貨物舗装共用指数 KMI (Kamotu Maintenance Index) を求めた.

アスファルト舗装

$$KMI = 2.939 - 0.051C - 0.071\sigma$$

ここに,C: ひびわれ率 (%)

σ : 平坦性 (mm)

コンクリート舗装

$$KMI = 2.981 - 0.044C - 0.030D$$

ここに,C: ひびわれ率 (%)

D: 段差 (cm)

2.2 GAMES

松井らにより開発された GAMES は層間すべりを説明するために次のような論理構造となっている。

$$\begin{Bmatrix} u_i \\ w_i \\ \sigma_i \\ \tau_i \end{Bmatrix} = [C] \begin{Bmatrix} u_{i+1} \\ w_{i+1} \\ \sigma_{i+1} \\ \tau_{i+1} \end{Bmatrix}$$

ここに i : 第 i 層, $i+1$: 第 $i+1$ 層, u : 鉛直変位, w : 水平変位, σ : 圧縮, τ : せん断力, $[C]$: 接続マトリックスを表している。

ここで, $[C]$ は層と層の間ですべりが生じないときは単位マトリックスとなる。すべりが生じるときはせん断バネでモデル化する。

このとき, $[C]$ は次のような式で表すことができる。

$$[C] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & A \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A = -\alpha_i \beta_i / (1 - \alpha_i)$$

α_i ($0 \leq \alpha_i < 1$) はすべり度指数であり, 0 は完全付着, 1 に近づくほど摩擦が 0 に近づくことを意味している。また, β_i は第 i 層と第 $i+1$ 層のせん断弾性係数の逆数の平均を用いて

$$\beta_i = b^* \left(\frac{1 + \nu_i}{E_i} + \frac{1 + \nu_{i+1}}{E_{i+1}} \right)$$

E : 弾性係数, ν : ポアソン比

と表し, b^* は α_i を無次元化するために導入したパラメータであり, 長さの単位を有す。

3. 解析

GAMES を用いて層間すべり係数を推定した値と KMI との関係を示す (表 - 2, 図 - 2)。なお参考としてヤード舗装と同等の舗装厚を有する高規格道路 (供用前) において, FWD によるたわみ測定結果を用いて GAMES による弾性解析を行った。また GAMES によるすべり係数の推定の解析段階において, 層と層の境界のすべり係数が大きいほど, 載荷直下の表面たわみが大きくなることが確認でき, このことは松井らも理論上で説明している。よって, FWD によるたわみ測定結果と GAMES によるたわみ解析結果を比較し, GAMES によるたわみ解析結果の方が大きいものは今回の検討から外している。

表 - 2 すべり係数と KMI の比較

ホーム名	すべり係数	KMI	建設年
郡山駅 ライナーホーム	0.1	2.604	S52
隅田川駅 第 4 ホーム	0.5	1.965	S46
相模貨物ターミナル駅 第 4 ホーム	0.3	2.285	S46
東広島駅 第 4 ホーム	0	2.828	S56
* A 地点	0	3	
* B 地点	0	3	

* 参考 : 旭川高規格道路

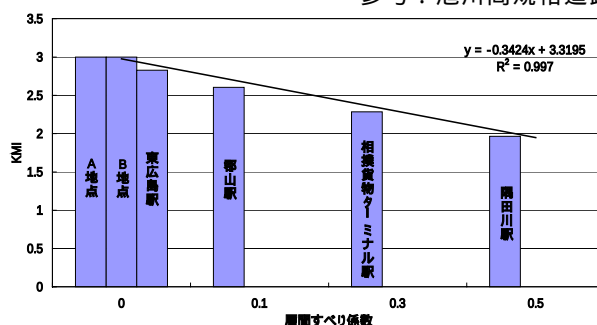


図 - 2 すべり係数と KMI の相関

4. 結果

すべり係数が 0 に近ければ KMI が 3 (修繕の必要なし) に近づき, 1 に近ければ KMI が 1 (修繕の必要あり) に近づくことがわかる。また図 - 2 よりアスコン層と路盤層の間のすべり係数と KMI は相関が高いことがわかる。

5. おわりに

以上の検討から, アスコン層と路盤層の間のすべり係数と供用性を示す KMI とは相関が認められた。今後は貨物ヤード舗装以外の一般のアスファルト舗装についても取り組んでいく。

参考文献

- 1) 物整備アスファルト舗装委員会 : 貨物整備アスファルト舗装設計補修の手引き, pp.56-63, 2000.3
- 2) 松井邦人, マイナジェイムス, 薫勤喜, 小澤良明 : 鉛直および水平方向に円形等分布の荷重作用を受ける舗装構造の弾性解析, 土木学会舗装工学論文集, 第 6 巻, pp.100-109, 2001.12