

模型実験による貨物コンテナヤード舗装の 変形特性に関する研究

桃谷尚嗣¹・関根悦夫²・守屋英海³

¹正会員 博(工) (財) 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 軌道・路盤 副主任研究員

²正会員 博(工) (財) 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 軌道・路盤 研究室長
(〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)

³学生会員 中央大学 理工学部 土木工学科 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

鉄道貨物駅のコンテナヤードでは荷役機械の大型化が進み、アスファルト舗装に作用する荷重が増大している。現在の設計では多層弾性理論を用いた方法を導入しているが、道路の場合と比較すると作用する荷重レベルが大きいことから、設計方法の妥当性を検証する必要がある。本研究では貨物コンテナヤード舗装の小型模型を用いた車輪の走行試験を行い、表基層および路盤の厚さや剛性がアスファルト舗装の変形特性に与える影響を検討した。一方、貨物コンテナヤードの荷役機械はコンテナの積載によりタイヤの接地長が変化することに加え、大型荷役機械の大径タイヤに対して舗装厚が相対的に薄いという特徴を持つ。そこで、FEM解析によりタイヤ接地長の変化がアスファルト舗装の変形特性に与える影響を検討した。

Key Words : container yard, asphalt pavement, heavy wheel, model test, FEM

1. はじめに

鉄道貨物駅のコンテナヤードではコンテナの大型化と荷役作業の効率化に対応するため、大きな輪荷重を持つ大型の荷役機械を導入している。従来の道路のアスファルト舗装の経験的設計方法であった T_A 法では設計交通量を累積5トン換算輪数として考慮していたが、アスファルト舗装要綱¹⁾に示されていた輪荷重の代表値は0.5 tf～15 tfであり、コンテナ荷役機械のような大きな輪荷重は想定されていなかった。そこで、貨物コンテナヤード舗装の設計では重輪荷重に対応するため、多層弾性理論による理論的設計方法を導入した設計を行ってきた^{2) 3)}。道路のアスファルト舗装の設計を理論的設計方法によって行う場合、アスファルト混合物層の疲労破壊および路床の永久変形に対する破壊規準式では標準荷重を一般的に49 kNとしており^{4) 5)}、貨物コンテナヤード舗装と比較すると想定している荷重が小さい。それに対して、貨物コンテナヤード舗装の設計では大きな輪荷重に対応するため、12 ft フォークリフトにおけるコンテナ積載時の最大輪荷重101kNを考慮した標準荷重(12 ft フォークリフト換算輪数)を用いている。しかしながら、現在では積載時の最大輪荷重が約500 kNにおよぶトップリフタが導入される場合もあり、設計上考慮すべき輪荷重が非常に大きくなっている。アスファルト混合物層の破壊規準

式では基層下面の引張りひずみの3.291 乗、路床の永久変形に対する破壊規準式では路床上面の圧縮ひずみの4.477 乗で許容載荷輪数が低減することから、アスファルト舗装の寿命に対しては大きな輪荷重の影響が圧倒的に大きい。トップリフタの導入されている貨物駅では大きな輪荷重に対応したアスファルト舗装の設計が行われているが、トップリフタの重輪荷重は破壊に対する影響が大きいことから、設計時の想定よりも交通量が多くなるような場合には、ひび割れやわだち掘れ等が問題となる。また、荷役機械の運用上、トップリフタの荷重を設計で考慮していない箇所を走行するケースも想定されることから、重輪荷重が作用した場合のアスファルト舗装の変形特性を把握しておく必要がある。

本研究では重輪荷重が作用するアスファルト舗装の変形特性を検討するための基礎的研究として、小型移動載荷試験装置^{6) 7)}を用いた車輪の走行による模型実験を行った。模型実験では表・基層と路盤の厚さや剛性を変化させた模型を作製し、アスファルト舗装の変形特性や破壊形態に与える影響を検討した。一方、コンテナ荷役機械はコンテナの積載により輪荷重が大きく変化するとともに、タイヤの接地長が大きく変化する。特に貨物コンテナヤード舗装では、図-1の例に示すように荷役機械の大径タイヤの幅および接地長に対して表・基層が相対的に薄くなることから、タイヤの接地状態がアスファルト

舗装の変形特性に与える影響が大きいと考えられる。そこで、FEMにより模型実験におけるアスファルト舗装の変形特性を評価し、解析方法の妥当性を確認した上で、タイヤの接地長が基層下面の引張りひずみおよび路床上面の圧縮ひずみに与える影響を検討した。

2. 模型実験の方法

模型実験に用いた小型移動載荷試験装置を図-2に示す。幅2000mm、奥行き300mmの模型土槽内に表・基層、路盤および路床の模型を作成した。模型の縮尺は1/10とし、最も大きいトップリフタのタイヤ幅が約500mmであることから模型実験に用いる載荷輪の幅は50mmとした。

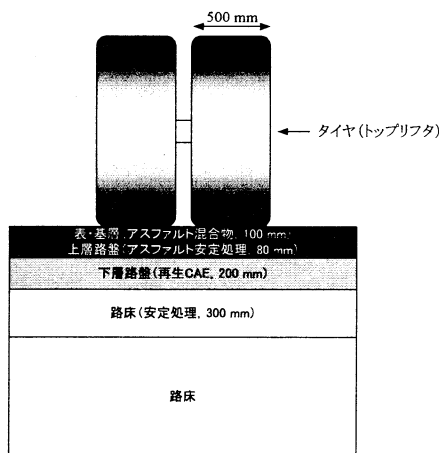


図-1 貨物コンテナヤードのアスファルト舗装の例

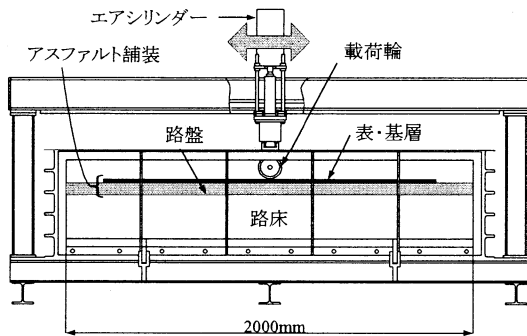


図-2 小型移動載荷試験装置

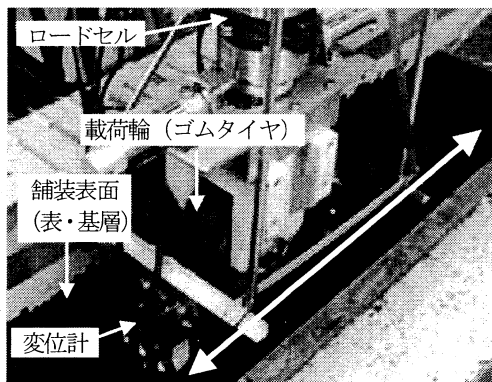


図-3 舗装の模型と載荷輪

載荷輪はホイールトラッキング試験に用いる幅50mmの載荷輪と同じ仕様とし、直径200mm、ゴムの厚さ15mmのソリッドタイヤとした。模型実験に用いた載荷輪を図-3に示す。載荷輪にはエアシリンダーにより空圧で一定荷重を与え、一定速度で走行させることにより繰返し載荷を行った。載荷荷重は0.1kN、0.2kN、0.5kN、1kN、2kNと段階的に増加させることを基本とし、それぞれの荷重段階において走行速度2cm/sで100回、0.2cm/sで10回の載荷を行った。

アスファルト舗装模型の断面を図-4に示す。アスファルト舗装の表・基層には通常、アスファルト混合物が用いられるが、1/10スケールの模型では層厚に対して骨材の粒径が大きくなるため、均一な層として考慮することができないことに加え、骨材の影響によりひずみの正確な測定が困難となる。そこで、模型における表・基層には大きな粒径の骨材を含まず、アスファルト舗装に近い変形特性を示すCAモルタル⁸⁾を使用した。CAモルタルはアスファルト乳剤、セメント、珪砂を混合して作られるが、セメントの量を変化させることにより異なる剛性が得られることから、表・基層の剛性が異なる模型を作製し、その影響を検討した。表・基層の厚さは10mmまたは20mmの2通りとした。

路盤には砂質礫 (5.6mmふるいを通過分の粒度調整礫

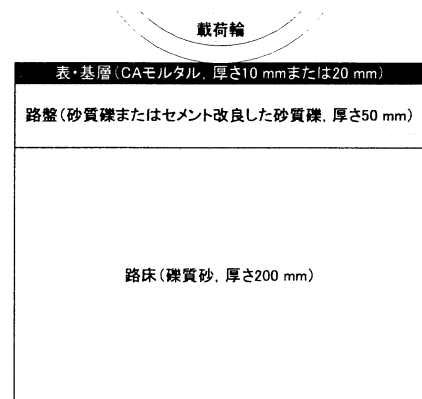
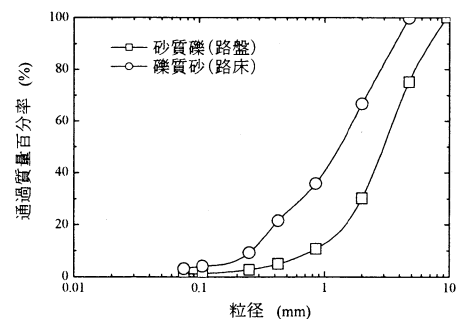


図-4 模型の断面



	砂質礫	礫質砂
D_{50} (mm)	1.32	2.97
U_c	6.48	4.35
G_s	2.664	2.710
ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.956	2.205
w_{opt} (%)	10.5	7.8

図-5 砂質礫および礫質砂の粒径加積曲線と物性値

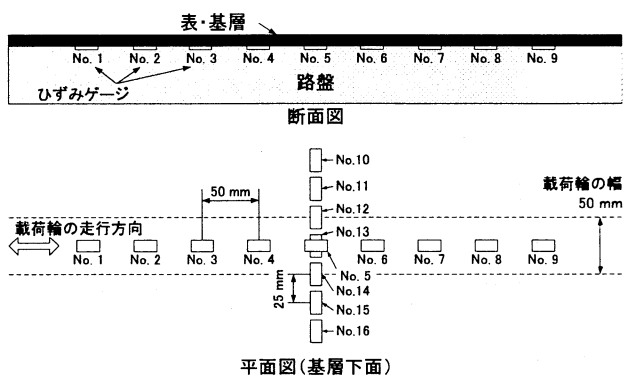


図-6 基層下面のひずみゲージの配置

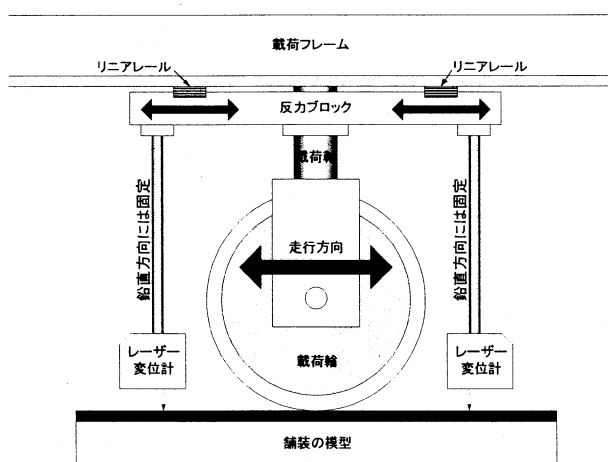


図-7 レーザー変位計による舗装表面の変位の測定方法

石) を使用し、ローラを用いて締固め度 95% に締め固めた。また、セメントを 1% 加えて路盤をセメント改良したケースも行った。路盤の厚さは 50 mm とした。路床には礫質砂を使用し、ローラを用いて締固め度 95% に締め固めた。模型の路盤および路床に用いた砂質礫および礫質砂の粒径加積曲線および物性値を図-5 に示す。

図-6 に示すように、基層下面にはひずみゲージを走行方向に 9 点、横断方向に 7 点設置し、載荷輪の走行に伴って生じるひずみを測定した。また、図-7 に示すように載荷輪の両側にレーザー変位計を設置し、舗装表面の変位を測定した。レーザー変位計はリニアレールを介して載荷フレームに沿って移動する反力ブロックに固定し、鉛直方向には固定、水平方向には移動するものとした。

実験ケースの一覧を表-1 に示す。表・基層の剛性・厚さおよび路盤の剛性を変化させ、これらの条件がアスファルト舗装の変形特性および破壊形態に与える影響を検討した。表・基層に用いた CA モルタルの一軸圧縮試験における等価変形係数 E_{sec} (応力-ひずみ曲線における任意の点と原点を結んだ直線の傾き) を図-8 に示す。表・基層の剛性はひずみが約 $10\mu\sim 1000\mu$ の範囲で Case A よりも Case B の方が 5~6 倍程度大きいことがわかる。また、CA モルタルの変形係数はアスファルト舗装の設計に用いられる弾性係数⁹⁾と同程度の範囲であった。ここで、

表-1 実験ケース

	表・基層 乳剤:セメント:砂	表・基層の 厚さ (mm)	路盤の セメント改良
Case A	1:0.7:1	10	なし
Case B	1:1:1	10	なし
Case C	1:0.7:1	10	1%
Case D	1:0.7:1	20	なし

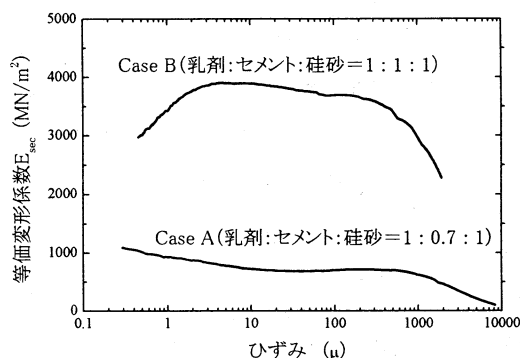


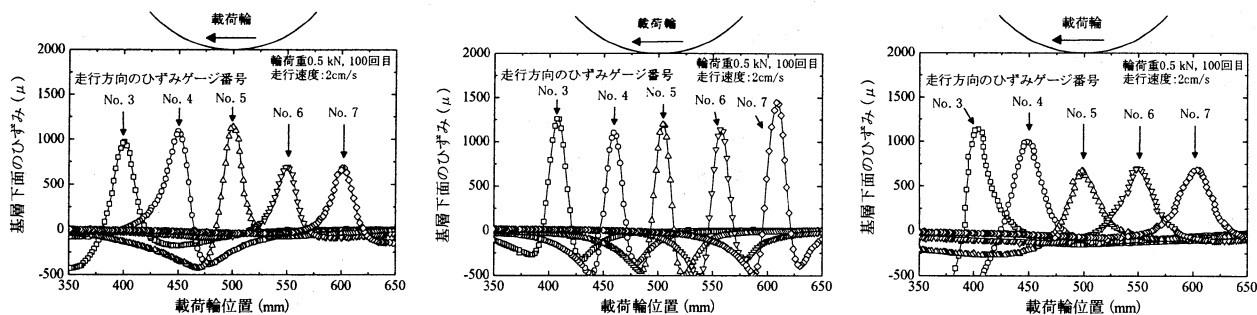
図-8 表・基層の一軸圧縮試験における等価変形係数

表・基層の「剛性」とは「スティフネス」と同義であるが、路盤の場合と表現を合わせるため「剛性」とした。なお、一軸圧縮試験ではひずみゲージによりひずみを測定した。また、模型実験および一軸圧縮試験における室温は 20℃ とした。

3. 実験結果および考察

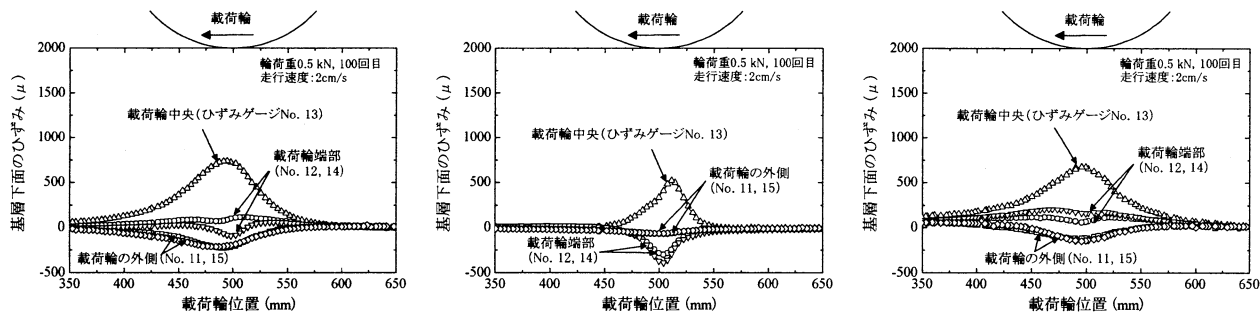
載荷輪の走行に伴って舗装模型の基層下面に生じる走行方向のひずみの例を図-9 に示す。なお、図-9 中に示したひずみゲージ番号は図-6 に示したひずみゲージの番号である。Case B, Case C, Case D について、輪荷重 0.5 kN, 走行速度 2 cm/s の場合の 100 回目の走行における例を示した。載荷輪が各ひずみゲージ直上を通過するときに引張りひずみが生じ、載荷輪がひずみゲージからやや離れたときに圧縮ひずみが生じていることが確認できる。引張りひずみが生じるのは載荷輪がひずみゲージの前後 30~50 mm 程度の範囲にある場合であり、引張りひずみが生じるのはほぼ接地面の直下であることが分かる。引張りひずみの分布する範囲は路盤をセメント改良し、表・基層の剛性が小さい Case C が最も小さく、セメント改良していない路盤に厚さ 20mm の表・基層を設置した Case D が最も大きい。この結果より、路盤の剛性が大きい場合は引張りひずみの分布する範囲が小さく、路盤の剛性が小さい場合には引張りひずみの分布する範囲が大きくなる。すなわち、走行速度が一定であれば路盤の剛性が大きい場合には載荷時間が短く、路盤の剛性が小さい場合には載荷時間が長くなる。

舗装模型の基層下面に生じる横断方向 (走行方向と直交する方向) のひずみの例を図-10 に示す。横断方向には



(a) Case B (表・基層の剛性が大きい場合) (b) Case C (路盤の剛性が大きい場合) (c) Case D (表・基層が厚い場合)

図-9 基層下面のひずみの例 (走行方向のひずみゲージによる値)



(a) Case B (表・基層の剛性が大きい場合) (b) Case C (路盤の剛性が大きい場合) (c) Case D (表・基層が厚い場合)

図-10 基層下面のひずみの例 (横断方向のひずみゲージによる値)

載荷輪の中央で最も大きな引張りひずみが生じ、載荷輪端部における値は小さい。走行方向のひずみと同様に、路盤の剛性が大きい場合は引張りひずみの分布する範囲が小さく、路盤の剛性が小さい場合には引張りひずみの分布する範囲が大きくなる傾向が見られる。特に路盤の剛性が大きくひずみの分布範囲が小さいCase Cでは載荷輪の端部で圧縮ひずみが生じている。

基層下面における引張りひずみは横断方向よりも走行方向の方が大きかった。これは載荷輪の幅が50mmであったのに対して、輪荷重0.5kNにおける接地長が約20mmであったことが影響していると考えられる。すなわち、載荷輪の接地面における接地長の小さい方向に舗装のたわみ角が大きくなり、その結果としてひずみが大きくなる。この結果より、コンテナ荷役機械がコンテナを積載してタイヤの接地長が変化する場合、アスファルト舗装のひずみはその影響を受けると考えられる。

図-11および図-12に輪荷重と基層下面のひずみ振幅の関係を示す。ここでは各輪荷重の最後の走行における、走行方向のひずみゲージNo.1からNo.9の平均値を示している。図-11を見ると、表・基層の剛性が大きいCase Bの方がCase Aよりもひずみが小さい。Case Bの表・基層の剛性がCase Aの約5~6倍であったのに対して、Case Bのひずみの大きさはCase Aの約0.6倍であった。これは表・基層の変形が路盤以下の変形に大きく依存するため、表・基層の剛性のみを増加させてもひずみの低減に対する効果が比較的小さいためであると考えられる。本実験

では表・基層の剛性はCAモルタルの配合により調整したが、実際のアスファルト舗装の剛性の変化は温度変化によって生じる。

アスファルト混合物の疲労破壊に対する破壊規準式として式(1)⁵⁾を考慮する。なお、ここではCAモルタルの弾性的な挙動についてはアスファルト混合物と近似していると考え、表・基層がアスファルト混合物であると仮定した場合の寿命の評価として式(1)を適用するが、CAモルタルそのものの疲労寿命は式(1)には適合しない。

$$N_{FA} = S_A \times 18.4 \times 6.167 \times 10^{-5} \times \epsilon_t^{-3.291} \times E^{-0.854} \quad (1)$$

ここに N_{FA} : 基層の許容載荷輪数

S_A : 設定したひび割れ率による定数

ϵ_t : 基層下面の引張りひずみ

C : $C = 10^M$, $M = 4.84\{V_b/(V_b + V_v) - 0.69\}$

V_b : アスファルト量 V_v : 空隙率

E : 基層の弾性係数

式(1)よりCase AおよびCase Bにおける輪荷重0.5kNの場合を例として許容載荷輪数 $N_{FA, Case A}$ および $N_{FA, Case B}$ を考慮する。Case BのひずみがCase Aの0.6倍であるため、基層の弾性係数が同じであると仮定すると許容載荷輪数は約5.5倍となる。一方、Case Bの基層の弾性係数をCase Aの6倍とすると、 $N_{FA, Case A}/N_{FA, Case B}$ は1.22となり、疲労破壊に対する許容載荷輪数の差は小さい。すなわち、季節の温度変化により基層の剛性が変化してひずみが変わる場合には、疲労破壊に対する許容載荷輪数はそれほど大きく変化しないと考えられる。

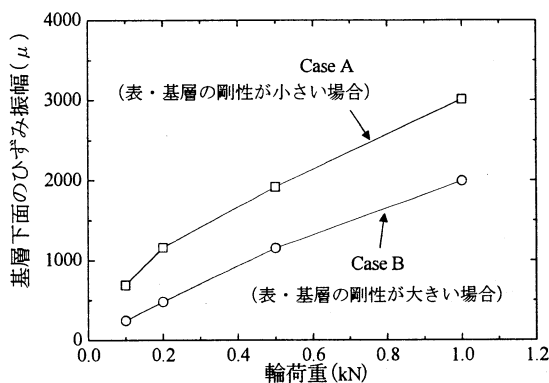


図-11 基層下面のひずみ (表・基層の剛性の影響)

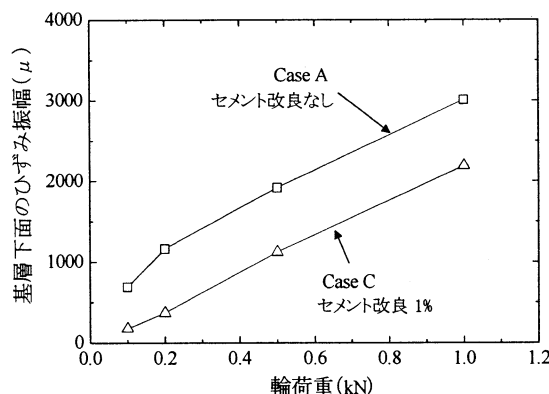


図-12 基層下面のひずみ (路盤の剛性の影響)

図-12にはCase AとCase Cの比較を示した。路盤をセメント改良したCase Cにおける基層下面のひずみは、路盤をセメント改良していないCase Aよりも小さくなった。

図-13に載荷回数と走行方向の基層下面のひずみ振幅の関係 (Case D) を示す。ここでは走行方向のひずみゲージNo. 1からNo. 9の平均値を示している。輪荷重が0.5 kN以下で基層下面のひずみが1000 μ 以下のときは基層下面のひずみと輪荷重はほぼ線形の関係にあり、繰返し載荷を行ってもひずみはほぼ一定である。しかしながら、輪荷重が大きくなりひずみが1000 μ を超える場合には繰返し載荷とともにひずみが増加している。これより輪荷重が大きくなり、基層のひずみレベルが大きくなるような場合には、舗装を弾性体として考慮することができないと考えられる。

図-14に載荷回数と舗装表面の変位の関係 (Case D) を示す。輪荷重が0.5 kN以下で基層下面のひずみが1000 μ 以下のときは舗装表面の残留変位の進行は小さかったが、輪荷重が大きくなり、ひずみが1000 μ を超える場合には繰返し載荷とともに舗装表面の残留変位も急速に増大した。以上の結果より、基層のひずみが1000 μ 未満では舗装は比較的弾性的な挙動を示すが、輪荷重が大きくなり基層のひずみが1000 μ を超えるような場合には塑性変形が急速に進展することが分かった。

図-15に輪荷重ごとの載荷回数と基層下面のひずみ振幅の関係 (Case C) を示す。輪荷重が小さい場合は繰返し

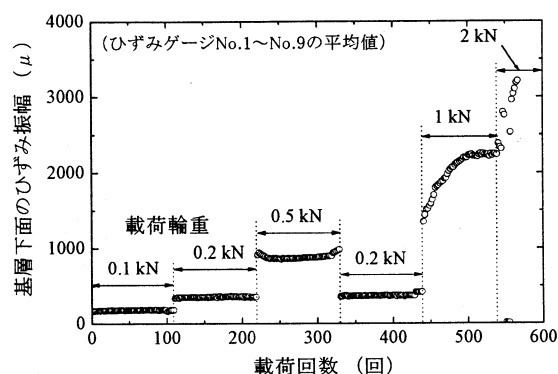


図-13 載荷回数と基層下面のひずみ (Case D)

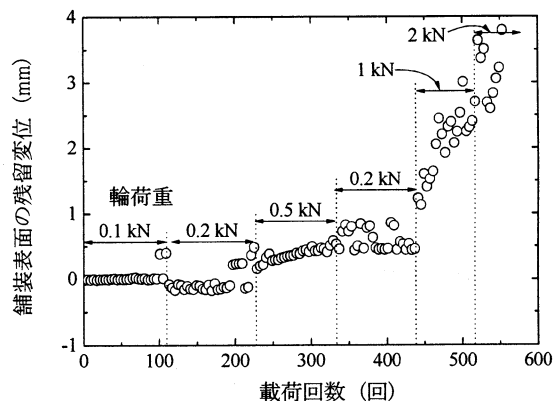


図-14 載荷回数と舗装表面の残留変位 (Case D)

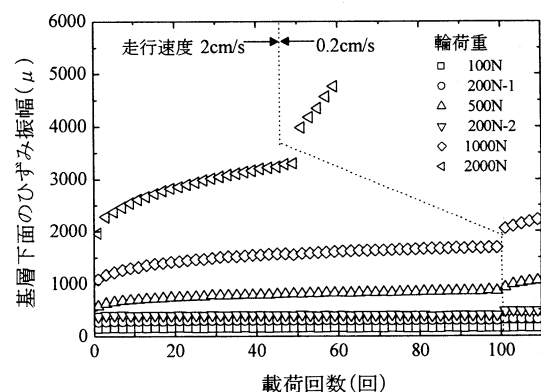
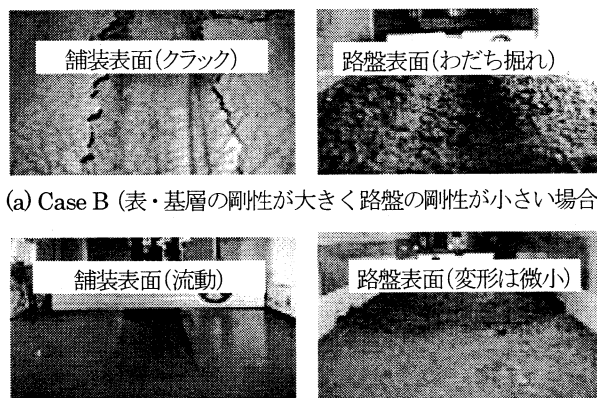


図-15 基層のひずみに対する走行速度の影響 (Case C)



(a) Case B (表・基層の剛性が大きく路盤の剛性が小さい場合)

(b) Case C (表・基層の剛性が小さく路盤の剛性が大きい場合)

図-16 舗装の破壊形態

し载荷を行っても基層下面のひずみはほぼ一定であるが、ひずみが 1000μ を超える程度まで大きくなると繰返し载荷とともにひずみが徐々に増大していることが分かる。また、载荷輪の走行速度を 2 cm/s から 0.2 cm/s に減少させると繰返し载荷とともにひずみが徐々に増大する傾向が見られ、特に輪荷重が大きい場合に走行速度の影響が顕著であった。これより、基層のひずみレベルが大きい場合には走行速度による载荷時間の影響を考慮する必要があると考えられる。

図-16 に Case B (表・基層の剛性が大きく路盤の剛性が小さい場合) および Case C (表・基層の剛性が小さく路盤の剛性が大きい場合) について、著大な輪荷重を作用させた場合の舗装の破壊形態を示す。表・基層の剛性が大きい Case B では路盤の支持力破壊によりわだち掘れが生じ、表・基層は路盤の変形に追従できずにクラックが生じた。それに対して、表・基層の剛性が小さい Case C では表・基層が流動的に破壊し、路盤の表面ではほとんど変形が生じなかった。なお、これらは大きな輪荷重を作用させて強制的に破壊させた場合の状況であり、疲労による破壊形態とは必ずしも一致しないと考えられる。

以上の実験結果から考察すると、基層のひずみが大きい場合には舗装を弾性体として扱うことができないことから、破壊規準式により疲労を考慮する場合には基層のひずみを弾性的な挙動を示す範囲とする必要がある。ま

た、「路盤の剛性が小さく表・基層の剛性が大きい場合」と「路盤の剛性が大きく表・基層の剛性が小さい場合」ではひずみの最大値が同程度であっても、後者の方がひずみの分布範囲が小さくなり、同じ走行速度で比較すると舗装に対する载荷時間が短くなることから、寿命に対して有利になると考えられる。また、表・基層が流動により大きく変形するような場合でも剛性の高い路盤はほとんど変形しないことが分かった。以上より、輪荷重の大きなテナ荷役機械が走行する貨物コンテナヤード舗装では、剛性の高い路盤を用いるのが効果的であると考えられる。

4. FEMによるタイヤ接地長の影響評価

载荷輪の走行による模型実験において、舗装の変形特性に対するタイヤ接地長の影響が見られた。一般的に多層弾性解析ではタイヤ接地面を円形に仮定するが、模型実験に用いた载荷輪や貨物コンテナヤードにおける荷役機械のタイヤ接地面は四角形に近く、輪荷重の変化により、接地長が変化する。そこで、FEM を用いることで、タイヤ接地長が基層下面のひずみおよび路床上面のひずみに与える影響を検討することとした。はじめにFEMによる解析方法の妥当性を検証するため、模型実験結果との比較を行った。

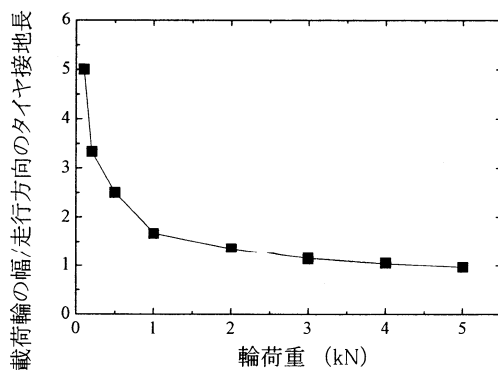


図-17 タイヤの接地長と載荷荷重の関係

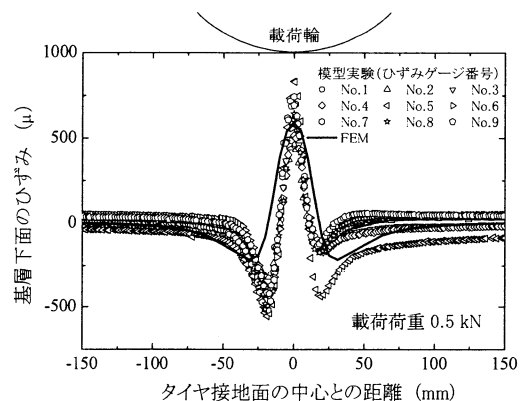


図-19 基層下面のひずみ (走行方向)

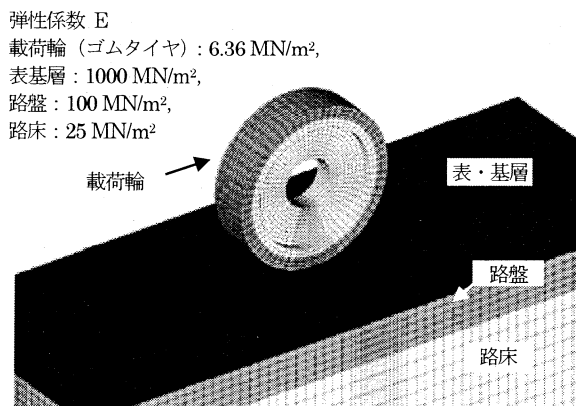


図-18 FEM 解析モデル

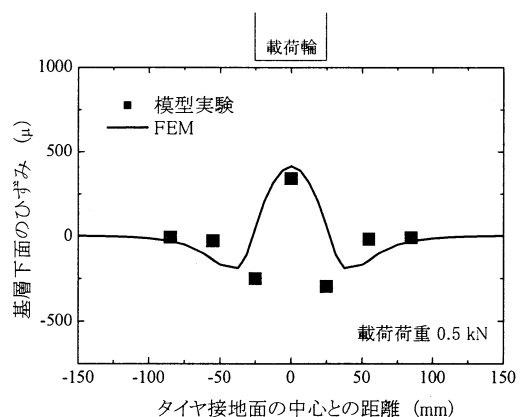


図-20 基層下面のひずみ (横断方向)

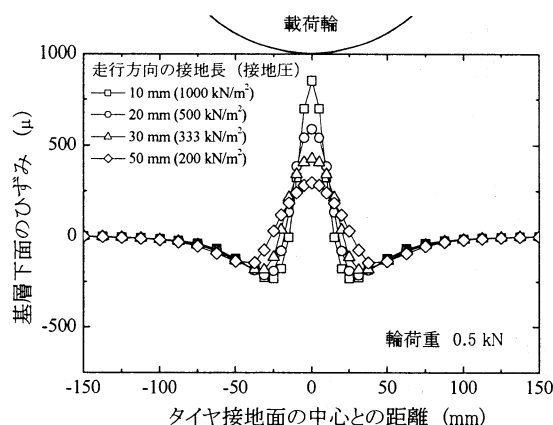


図-21 タイヤ接地長の影響（基層下面，走行方向）

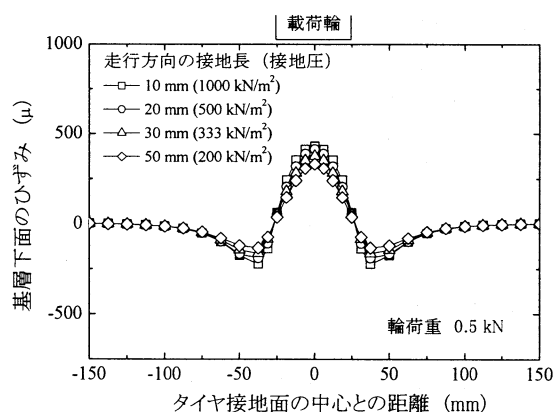


図-22 タイヤ接地長の影響（基層下面，横断方向）

模型実験に用いた载荷輪の輪荷重とタイヤ接地長の関係を図-17に示す。接地長はタイヤにインクを塗布し、輪荷重を与えてスタンプをとる方法で測定した。载荷輪のタイヤは幅50 mm、厚さ15 mmのソリッドタイヤであり、接地面の形状はほぼ四角形であった。輪荷重が小さいときは接地長が载荷輪の幅に対して小さいが、荷重を増加させると接地長と载荷輪の幅が同程度となる。接地幅は輪荷重によらずほぼ一定であった。

解析モデルを図-18に示す。解析は3次元の静的な線形弾性解析とし、载荷輪および舗装モデルをソリッド要素でモデル化した。タイヤ接地面の形状は四角形とし、タイヤ接地幅は一定のまま走行方向の接地長を変化させた。舗装モデルの物性値は一軸圧縮試験および三軸圧縮試験の結果から求めた。载荷輪のタイヤの弾性係数については剛な平板上において载荷輪に荷重を与え、輪荷重とタイヤの変形量の関係から同定した。

模型実験および解析により得られた基層下面の走行方向のひずみを図-19に、横断方向のひずみを図-20に示す。ここでは、Case Cにおいて、輪荷重0.5 kNの1回目の走行を対象として検討を行った。タイヤ接地長は20 mmとした。走行方向のひずみについては9枚のひずみゲージの値にばらつきがあるものの、解析では実験結果の平均

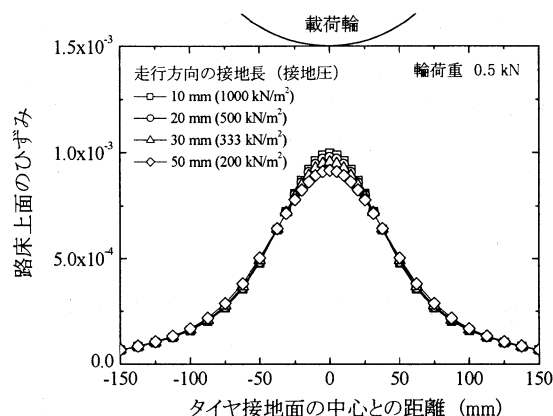


図-23 タイヤ接地長の影響（路床上面）

的な値が得られており、実験結果と解析結果は概ね一致していると判断できる。ただし、模型実験で得られたひずみの方がやや狭い範囲に集中する傾向が見られた。横断方向のひずみについても実験結果と解析結果は概ね一致したが、模型実験で得られたひずみの方がやや狭い範囲に集中する傾向が見られた。この一因として、接地面内の圧力分布が影響していると考えられる⁹⁾。本解析では接地面においてタイヤモデルと舗装モデルの節点を共有する形としたが、より詳細な検討を行うためにはタイヤと舗装の接触判定を行い、接地面内の圧力分布の影響を評価する必要があると考えられる。

図-21に解析により得られたタイヤ接地長と走行方向の基層下面のひずみの関係を示す。走行方向のひずみに対する接地長の影響は大きく、接地長を10 mmとした場合は50 mmとした場合と比較して、3倍程度ひずみが大きくなった。なお、基層下面の引張りひずみが生じる範囲はタイヤ接地長と同程度であった。

図-22にタイヤ接地長と横断方向の基層下面のひずみの関係を示す。横断方向のタイヤ幅は50 mmで一定であるが、輪荷重が一定であるので、接地圧としては接地長が10 mmの場合には50 mmの場合の5倍となる。しかしながら、横断方向のひずみに対する走行方向の接地長の影響、すなわち接地圧の影響は小さかった。これより、横断方向のタイヤ接地幅が変化しない場合、接地長の影響は走行方向のひずみにのみ強く影響することが分かった。なお、基層下面の引張りひずみが生じる範囲はタイヤ接地幅と同程度であった。

図-23にタイヤ接地長と路床上面のひずみの関係を示す。接地長が短い場合の方が路床上面のひずみがやや大きくなる傾向にあるが、その影響は小さかった。また、基層下面のひずみはほぼ接地面の直下のみで生じていたが、路床上面のひずみはより広い範囲に分布した。

以上の解析結果より、貨物コンテナヤード舗装のようにタイヤ接地面に対して舗装が相対的に薄くなるような場合には、基層下面のひずみは接地長の影響を強く受け

ることが分かった。コンテナ荷役機械はコンテナの積載により接地長が変化するため、舗装の設計における許容載荷輪数の精度を高めるためには、接地長の変化の影響を考慮する必要があると考えられる。

5. 結論

載荷輪の走行による模型実験および FEM 解析の結果、以下の知見が得られた。

- ・表・基層の剛性が小さい場合、基層下面ではひずみの分布範囲が小さくなる。そのため、表・基層の剛性が大きくひずみの最大値が同程度の場合と比較すると、輪荷重の影響範囲が小さく載荷時間も短くなることから、舗装の疲労に対しては有利であると考えられる。
- ・温度変化によって表・基層の剛性が変化し、基層のひずみが増加する場合であっても、疲労破壊に対する許容載荷輪数の差はあまり大きくならないと考えられる。
- ・模型実験では基層のひずみが 1000μ 以上となる場合に、繰返し載荷とともにひずみ振幅が増大した。また、ひずみレベルが大きい場合は走行速度の影響、すなわち載荷時間の影響を強く受けた。そのため、弾性解析を用いて破壊規準式を適用する場合には基層下面のひずみの大きさを適切に考慮する必要がある。
- ・基層下面のひずみはタイヤ接地面の直下に生じ、接地長および接地幅の影響を強く受ける。そのため、基層下面のひずみを精度よく求めるためには接地長および接地幅の影響を考慮する必要があると考えられる。ただし、路床上面のひずみに対する接地長の影響は小さかった。

以上より、貨物コンテナヤード舗装では大きな輪荷重が作用するが、走行の繰返しによって舗装の弾性的な変形特性が変化しないようなひずみレベルの範囲内であれば、弾性解析を用いた現在の設計方法は妥当であると考えられる。ただし、基層のひずみはタイヤ接地面の影響

を強く受けることから、より精度の高い設計を行うためには、接地長および接地幅の変化を考慮した解析を行う必要があると考えられる。

謝辞：本研究において使用した CA モルタルは東亜道路工業株式会社より無償で提供していただいた。関係各位に深甚なる感謝の意を表する。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：アスファルト舗装要綱（平成 4 年改訂版）、1992.12
- 2) 上浦正樹，丸山暉彦，姫野賢治，阿部長門：鉄道貨物ヤードにおけるアスファルト舗装設計に関する研究，土木学会論文集，No.520/V-28, pp.47-54, 1995.8
- 3) 日本貨物鉄道株式会社：貨物設備アスファルト舗装設計補修の手引き，2000.12
- 4) (社)日本道路協会：舗装の構造に関する技術基準・同解説，2001.7
- 5) (社)日本道路協会：舗装設計施工指針，2001.12
- 6) 村本勝己，関根悦夫，桃谷尚嗣：軌道模型の繰返し載荷試験における載荷方法の影響，土木学会第 56 回年次学術講演会，2001.9
- 7) 桃谷尚嗣，江口知行，関根悦夫，龍岡文夫，姫野賢治：小型模型を用いた鉄道路盤の移動荷重載荷実験，土木学会第 57 回年次学術講演会，V-014, pp.27-28, 2002.9
- 8) 塩尻謙太郎，植村正，鈴木紀章：セメントーアスファルト複合材料の破壊特性，土木学会第 39 回年次学術講演会，V-225, pp.449-450, 1984.9
- 9) 宇佐美裕次，姫野賢治，中村俊行：自動車のタイヤ接地圧分布特性の測定に関する研究，土木学会第 50 回年次学術講演会，V-247, pp.494-495, 1995.9

A STUDY ON DEFORMATION CHARACTERISTICS OF FREIGHT CONTAINER YARD PAVEMENT BY SCALE MODEL TEST

Yoshitsugu MOMOYA, Etsuo SEKINE and Hidemi MORIYA

In recent years, large forklifts with heavy wheel load are increasingly introduced to the freight container yard. In the current design of freight container yard pavement, theoretical design method based on multi-layered elastic analysis is applied. However in the case of freight container yard, wheel loads of forklifts are significantly larger than the traffic loads on the roads. To investigate the deformation characteristics of asphalt pavement under heavy wheel load, moving wheel loading tests were carried out. On the other hand, ground contact area of forklift tires change with carrying containers. Because the tread of forklift tire is greater than the thickness of pavement, strain in the pavement is significantly influenced by ground contact area. In this study, FEM was introduced to estimate the effect of ground contact area on the strain in the asphalt pavement.