

鉄道路盤におけるアスファルトコンクリートのひずみに関する検討

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○桃谷尚嗣 関根悦夫
 中央大学 学生会員 江口知行 仲村茂
 東京大学 正会員 龍岡文夫
 中央大学 正会員 姫野賢治

1. はじめに

鉄道の強化路盤はアスファルトコンクリート（以下、アスコンと略称）と粒度調整砕石で構成され、高い剛性によってバラスト軌道を支持する構造を持つ。現行の設計標準では路盤表面のたわみ量が 2.5mm 以内となるように強化路盤の厚さが規定されているが、性能規定による設計方法を導入し、道路のアスファルト舗装と同様にアスコン下面の引張りひずみから推定される耐用年数によって設計を行うための検討を現在行っている。鉄道では道路の場合とは異なり、離散的に配置されたまくらぎによって荷重が路盤に伝達されるため、アスコンに発生するひずみの分布を検討しておく必要がある。ここではレール長手方向の挙動に着目した模型実験を行い、移動荷重載荷方式を用いた繰返し載荷によるアスコンのひずみおよび路盤の変形特性を検討した。一方、実際の軌道を想定した 3 次元 FEM 解析により、路盤のたわみ形状とアスコンのひずみ分布を検討した。

2. 移動荷重載荷による模型実験

試験に用いた 1/5 縮尺模型の概略を図 1 に示す。路床には礫質砂を使用し、路盤下部の粒度調整砕石層については模型の縮尺を考慮して 5.6mm ふるい通過分の砂質礫を用いて模型を作成した。路盤上部のアスコン層には CA モルタルを使用した。CA モルタルの下面にはひずみゲージを設置した。路盤の上には道床砕石と相似粒度に配合した単粒度砕石を用いてバラスト層を作成し、その上にまくらぎ 15 本とレールから構成される軌道模型を設置した。載荷は荷重 1500N で 100 回、3000N で 50 回の移動荷重載荷を行った後、3000N で 50 回の定点載荷を行い、最後に 3000N で 1000 回の移動荷重載荷を行った。

繰返し載荷に伴う路盤およびまくらぎの累積沈下量を図 2 に、変位振幅を図 3 に示す。まくらぎの沈下量は道床バラスト層の変形を含むので、路盤の沈下量より大きくなる。載荷回数 450 回目の荷重ピーク時と比較すると、路盤の沈下量は 0.365mm であるのに対し、まくらぎの沈下量は 1.588mm であり、路盤に対して 4.35 倍の沈下が生じている。一方、変位振幅を見ると載荷回数 450 回目の路盤の変位振幅は 0.172mm であるのに対してまくらぎの変位振幅は 0.245mm であり、路盤の変位振幅の 1.42 倍であるが、繰返し載荷による累積沈下量の比率と比較すると小さい。これは、道床バラスト層では路盤および路床と比較して弾性振幅が小さいが、累積変形は大きくなることを示している。一方、まくらぎおよび路盤の変位振幅は同一条件の

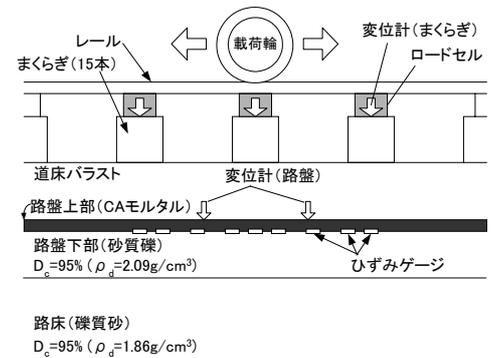


図 1 強化路盤の模型

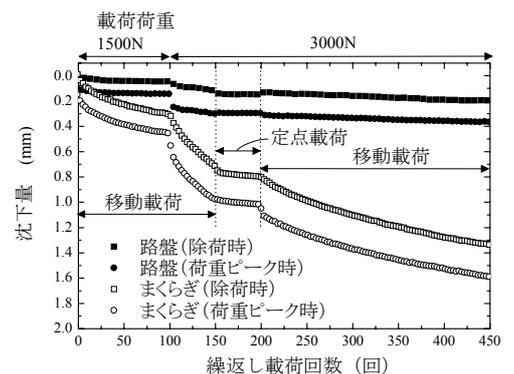


図 2 繰返し載荷回数と沈下量

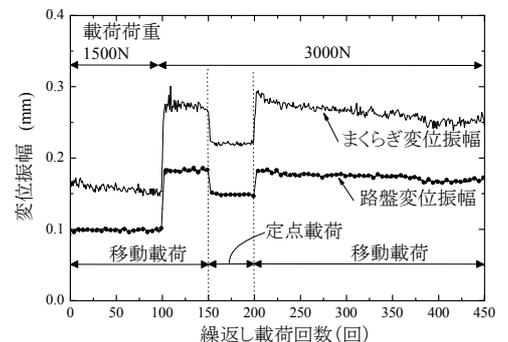


図 3 繰返し載荷回数と変位振幅

キーワード：鉄道 路盤 模型実験 FEM 移動荷重

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel 042-573-7276 Fax 042-573-7413

載荷ではほぼ一定であった。定点載荷時の変位振幅については、移動荷重載荷時と比較すると小さくなっている。これは図4に示すように、定点載荷時はまくらぎの受ける荷重荷重が減少するために、変位振幅も減少していると考えられる。

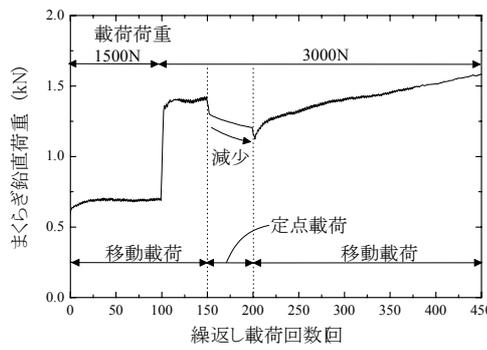


図4 まくらぎの鉛直荷重

図5に繰返し載荷回数とCAモルタルのひずみ振幅の関係を示す。まくらぎ直下では引張りひずみが生じているが、まくらぎの中間部では圧縮ひずみが生じている。CAモルタルのひずみ振幅は載荷荷重に対してほぼ線形に増加しており、同一条件の載荷におけるひずみ振幅はほぼ一定であった。

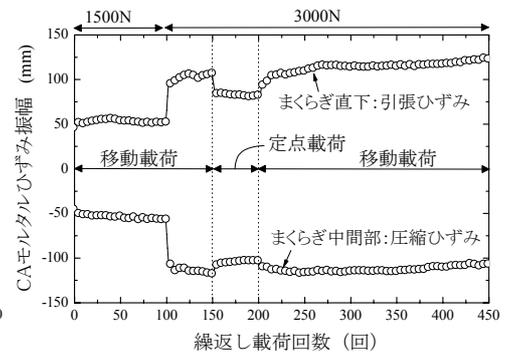


図5 CAモルタルのひずみ振幅

3. FEM解析によるアスコンひずみの検討

実際の軌道を想定したFEM解析により、路盤のたわみ形状とアスコンのひずみ分布について検討を行った。FEM解析モデルと解析パラメータを図6に示す。解析モデルは1/4対称モデルとし、載荷点は2軸ボギー台車を想定した位置とした。路床の変形係数は平板載荷試験の K_{30} 値で 70MN/m^3 相当とし、粒度調整碎石層の厚さは15cm, 30cm, 60cmの3種類とした。路盤表面のたわみ形状を図7に示す。粒度調整碎石層が厚い方が路盤表面の変位量が小さくなる傾向にあるが、その差は比較的小さい。図8にアスコンのひずみ分布を示す。粒度調整碎石層が厚い方がアスコンのひずみは小さくなっている。模型実験における傾向と同じく、アスコンのひずみはまくらぎ直下では引張りひずみが生じているが、まくらぎ中間部では圧縮ひずみが発生している。

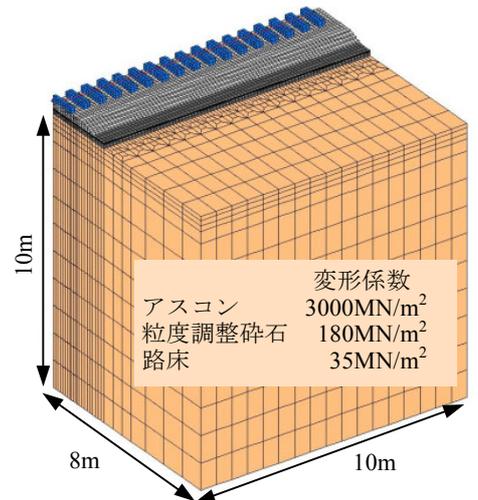


図6 FEM解析モデル

現行の設計標準ではまくらぎ5本分のスパンに対する路盤のたわみ形状からアスコンのひび割れに影響を与えるたわみ角を考慮している。しかしながら、模型実験とFEM解析の結果から考察すると、路盤表面のたわみ形状は下に凸であったとしてもアスコンの下面には一様に引張りひずみが生じているのではなく、まくらぎ直下では引張り、まくらぎ中間部では圧縮ひずみが生じていると考えられる。このように、離散的に配置されたまくらぎによって載荷される強化路盤のひずみを推定するためには、3次元FEM解析のように軌道の形状を詳細にモデル化できる方法を用いる必要があると考えられる。

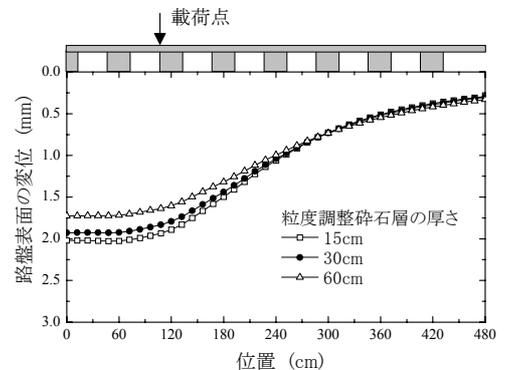


図7 FEMによる路盤表面のたわみ形状

4. まとめ

模型実験より繰返し載荷とともに路盤とまくらぎは沈下するが、路盤とまくらぎの変位振幅、およびアスコン層のひずみ振幅はほぼ一定であることが分かった。一方、鉄道の強化路盤におけるアスコンのひずみを推定するためには、まくらぎの形状および位置を考慮した解析を行う必要があると考えられる。

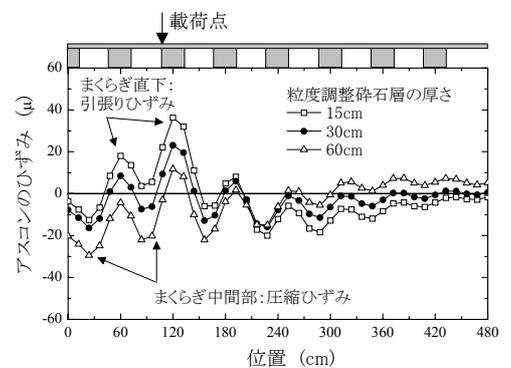


図8 FEMによるアスコンのひずみ分布

<参考文献> 1) 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, 2002.9