

IV-428

アスファルト舗装直結軌道の応力解析と寿命予測に関する考察

鉄道総合技術研究所 正会員 安藤勝敏
 鉄道総合技術研究所 正会員 江本 学
 鉄道総合技術研究所 正会員 堀池高広
 鉄道総合技術研究所 正会員 吉田 眞

1. まえがき

近年、ドイツ鉄道では高速化に伴う保守量の増大等に対応するため、省力化軌道の開発に力を注いでおり、1997年までにアスファルト舗装上に約66km敷設されている。わが国においても、経済性、環境対策等の観点からこのような軌道構造の研究開発は重要であると考え、試験敷設および性能試験を行った。ここでは、上記の結果を基に設計法に関する検討を行ったので、以下に概要を述べる。

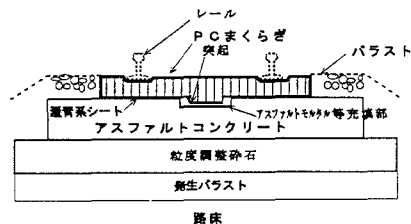


図1 アスファルト舗装直結軌道

2. アスファルト舗装の温度分布

アスファルト舗装直結軌道の構造は図1のとおりで、舗装各部の温度分布を測定した。図2は夏期の測定例を示したもので、舗装表面の最高温度は外気温を下回ることがわかる。一般の道路舗装では表面温度が60℃近くまで上昇した例があるが、本軌道の舗装は表面をバラストで覆われるため、道路と比べて有利であるといえる。また、夏から冬にかけての各部温度を分析した結果、図3に示すように、舗装体内の積分平均温度は日平均温度とほぼ同程度であることが明らかになった。

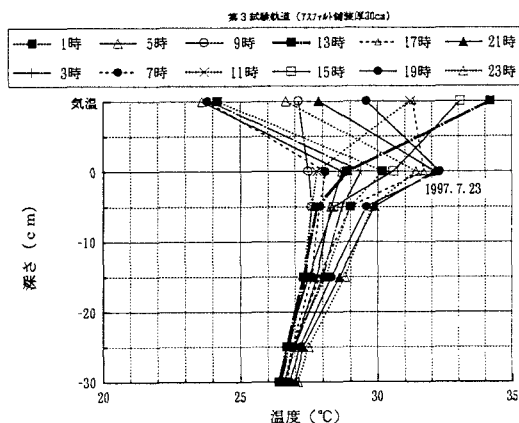


図2 舗装体内の温度分布測定例

3. FEM解析

アスコン厚30cmの試験軌道の試験条件（アスコン温度 28℃）を対象に、図4に示す3次元弾性解析モデルにより応力解析を行った。計算に用いた弾性係数は、レールを 210,000MPa、まくらぎを 40,000MPa、粒調砕石を 400MPa、発生バラストを 40MPa に固定し、アスコンは 125～5000 MPa、路床は 10～400MPa の範囲で変化させた場合（180 ケース）について計算を行った。

この計算値とひずみ測定値を比較し、両者の残差平方和を求めると図5に示す結果が得られた。これより、アスコンの弾性(変形)係数 E4 は 1500～2500MPa、路床の変形係数 E1 は 10～20MPa の場合に残差平方和が最小値を与えることがわかった。

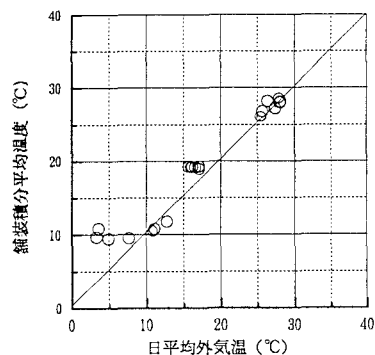


図3 日平均温度と舗装積分平均温度

キーワード：省力化軌道、軌道構造、直結軌道、アスファルト舗装、ひずみ

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-28 Tel:042-573-7275 Fax:042-573-7432

得られた値を用いて舗装ひずみを計算した結果は図6に示すとおりで、オーダー的には測定値と一致することがわかった。

一方、既往の研究からアスコンの変形係数(28℃の場合)は1300～4000MPaであり、上記と同程度の数値となった。路床については、平板载荷試験における理論式から変形係数E1は以下のようになり、上記とかなり近い値となった。

$$E1 = \pi (1-\nu^2) \cdot a \cdot K_{\tau s} / 2$$

$$= 3.14 \times (1-0.5^2) \times (0.75/2) \times 50/2 = 22 \text{ MPa}$$

ここで、 $K_{\tau s} = K_{30}/2.2 = 50 \text{ MN/m}^3$

同様に、アスコンの変位についての残差平方和は、アスコン変形係数が125MPa、路床が200MPaの場合に最小値を与える結果となったが、これは通常の認識と逆の結果である。そこで、アスコンの変形係数E4はひずみの場合と同じ1500～2500MPaを採用するとともに、路床の変形係数E1は別途実施したFWDの試験より123～159MPa(平均132MPa)と推定されたことから100MPaとし、同様な計算を行った。その結果、変位の計算値は測定値とオーダー的には一致することがわかった。

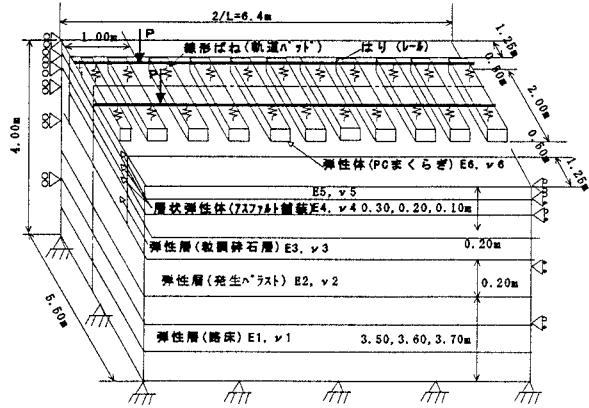
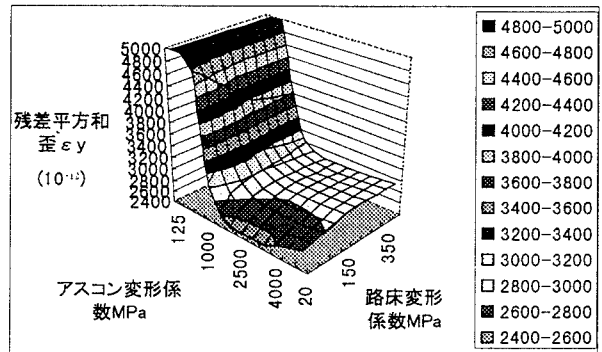


図4 解析モデル



4. アスファルト舗装の寿命推定

アスファルト舗装要領(平成8年版)によれば、アスコンの疲労クラックに関する基準式は次式で示される。

$$N_{fa} = 0.008108 \times 10^4 \times \varepsilon t^{-1.291} \times E_a^{-1.254}$$

ここに、 N_{fa} ：アスコンの破壊回数

εt ：アスコン下層の引張ひずみ

E_a ：アスコンの弾性係数(kgf/cm²)

M ：アスコンの空隙率(V_v)とアスファルト量(V_b)の関係定数

$$(M = 4.84(V_b/(V_v + V_b) - 0.69),$$

$$(V_v = 4.5\%, V_b = 6\%))$$

夏期の性能試験だけで評価するのは困難であるが、仮にアスコン下面のひずみを $\varepsilon t = 80 \times 10^{-6}$ 、変形係数を $E_a = 1500$

MPaとしてアスコンの破壊回数を単純に算定すると、1,780万回となる。年間通トン数1000万トン、軸重を12トン(120kN)と仮定すれば、耐用寿命としては21年となる。

(謝辞) 試験軌道の測定値は日本アスファルト協会の提供によるものであることを記し、謝意を表する。

図5 アスコンひずみの残差平方和(レール方向)

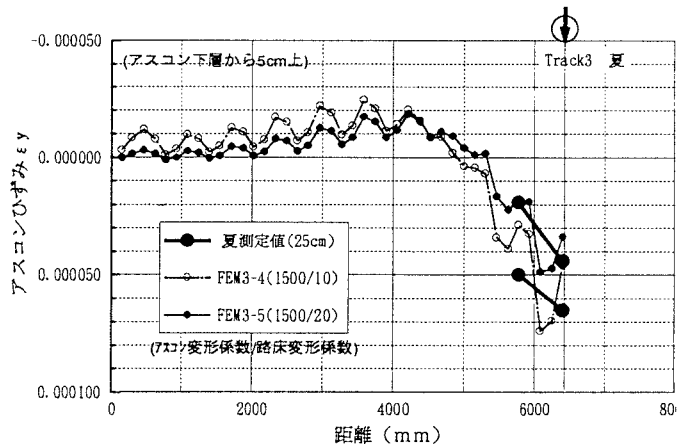


図6 FEM解析によるアスコンひずみ