

タイヤ接地圧測定装置開発に向けた基礎的研究

学生会員 東京電機大学理工学研究科 相田達也
東京電機大学 名誉教授 里見忠篤
フェロー会員 東京電機大学 松井邦人

1. はじめに

タイヤがアスファルト舗装表面に作用する接地圧はとタイヤの接地圧は 1960 年代から鉛直方向の円形等分布でモデル化してきた。現在、舗装の設計は経験的方法から理論的方法に移行する過程にある。舗装理論的に設計するためには正確な接地圧分布が必要である。

しかし、近年行われてきた実験によるとタイヤの接地圧は等分布でないことが明らかになってきた。De Beer らによると接地圧はタイヤの輪荷重、空気圧、スレッドなどの強く関係している。また、鉛直方向だけでなく水平方向にも非線形分布しており、車両の走行速度によっても変化することが分かってきた。タイヤと舗装表面との間の接地圧分布を精度良く測定することが重要であるにも関わらず、わが国ではこれまで接地圧測定装置の開発が進んでいない。

本研究では、タイヤと舗装の間の接触面において、両者の接地圧分布の鉛直分と水平成分を測定することを目的としてフォースプレートを開発し、その精度確認を行うことを目的としている。

2. センサとフォースプレート

まずフォースプレートに装着する接地圧センサを開発した。センサの形状は図-1 に記す通りである。センサは頭部、中間部、低部から成っており、それらの寸法はそれぞれ 10mm x 10mm x 4mm, 5mm x 5mm x 12mm, 10mm x 10mm x 9mm である。中間部の 4 側面にそれぞれひずみゲージを接着し、頭部に作用する接地圧により発生するひずみを計測できるようにになっている。

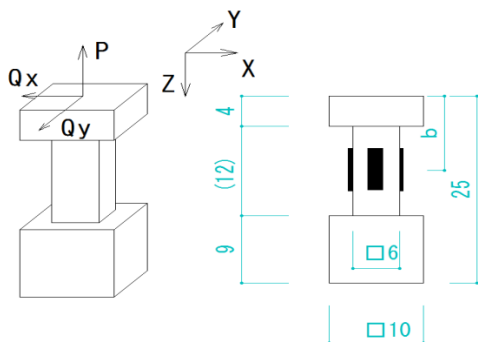


図1 センサ図面 (mm 単位)

フォースプレートには、このセンサを 16 個一列に配置し、センサとセンサの中心間隔は 16.2mm である(図-2 参照)。

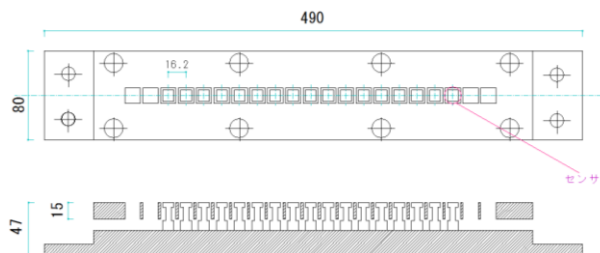


図2 フォースプレート



図3 センサとフォースプレートの写真

図3 実験に使用したセンサとフォースプレートの写真である。

3. 接地圧成分の検出

測定したひずみは各センサ頭部に作用する接地圧 3 成分(鉛直方向 P , 進行方向 Q_x , 横断方向 Q_y)により生じる。従って、これらのひずみから接地圧の 3 成分の推定方法について述べる。センサを接着している中間部の断面を $a \times a$ の正方形とすると、その面積 A は

$$A = a^2(1)$$

頭部に作用する鉛直力を P とすると、中間部の軸応力 σ_v と頭部に作用する鉛直成分との関係は、

$$\sigma_v = \frac{P}{a^2}(2)$$

中間部の 4 側面に接着したひずみゲージの読みを $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ とする。これらの平均ひずみ ε_v は、

$$\varepsilon_v = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4}{4} (3)$$

キーワード 接地圧, 舗装, タイヤ, フォースプレート

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部 建築・都市環境学系

σ_v と ε_v の間には次式の関係がある。

$$\sigma_v = E\varepsilon_v \quad (4)$$

式(1)-(4)より

$$P = Ea^2\varepsilon_v \quad (5)$$

頭部上面に作用する x 軸に平行な水平力を Q_x とする。ひずみゲージ中央における曲げモーメントは、

$$M = Q_x b \quad (6)$$

ただし、センサ頭部上面からひずみゲージ中央までの距離。ゲージ中央の曲げ応力は、

$$\sigma_{xb} = \pm \frac{6Q_x b}{a^3} \quad (7)$$

同様に y 軸方向の水平力を Q_y とすると、この力による y 軸に直交する面上の曲げ応力は

$$\sigma_{yb} = \pm \frac{6Q_y b}{a^3} \quad (8)$$

と書ける。 σ_{xb}, σ_{yb} に対応する曲げひずみを $\varepsilon_{xb}, \varepsilon_{yb}$ は $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ から求めることができる。

Q_x, Q_y と $\varepsilon_{xb}, \varepsilon_{yb}$ の関係はそれぞれ次式のようになる。

$$Q_x = \frac{Ea^3\varepsilon_{xb}}{6b} \quad (9)$$

$$Q_y = \frac{Ea^3\varepsilon_{yb}}{6b} \quad (10)$$

式(5),(9),(10)より、中央部のひずみを測定すると、センサ頭部に作用する力の 3 成分を求めることができる。

4. 実験結果と考察

車輪がフォースプレート上を通過するとき、16 個のセンサで計測したひずみゲージの出力(124 チャンネル)をデータロガーに取り込み、ひずみに変換したあと式(5),(9),(10)で各センサ上面に作用する力 P, Q_x, Q_y を求め、更に頭部断面積で割り応力に変換している。その結果を図 4,5,6 に示す。縦軸は接地圧であり、その単位は kPa である。また、横軸は x, y 軸の距離を表しており、その単位は mm である。鉛直方向は圧縮応力であり、接地圧は一定ではなく接地面でスレッドのパターンを反映した非線形分布となっている。

図 5 は横断方向の応力分布を表している。この図より接地面の外側から内側に向き水平応力が生じていることが分る。これは、車両の重みでタイヤが外側に潰れ、タイヤがもとに戻ろうとする力が内側に働いているからだと考えられる。

図 6 から進行方向の水平応力成分の分布を表している。タイヤがセンサに乗り出したときに後退方向に力が加わり、センサの踏み終わりではタイヤの外側で進行方向への力が加わっている。

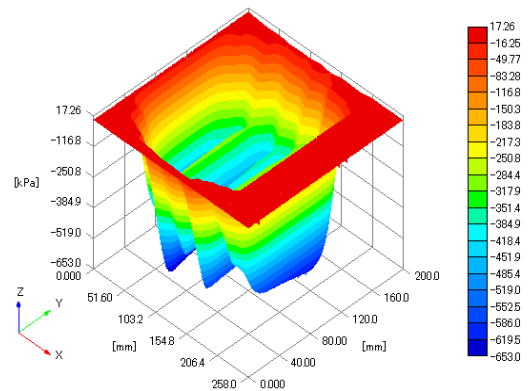


図 4 垂直方向応力分布

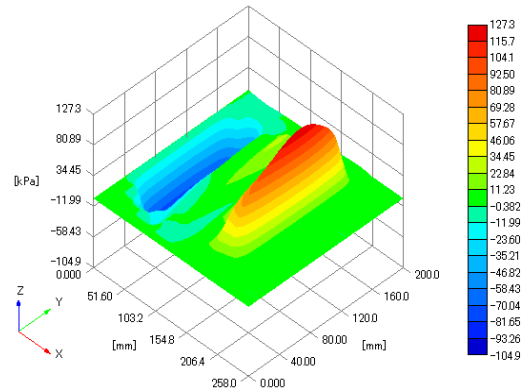


図 5 左右方向応力分布

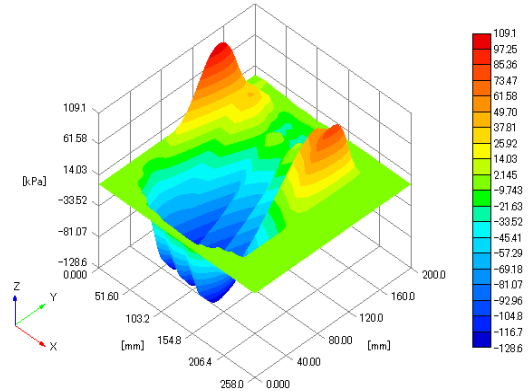


図 6 前後方向応力分布

5. おわりに

タイヤの接地圧計測用のフォースプレートを開発した。センサが 16 個であるため、現在ダンプトラックのような大型車用複輪タイヤの接地圧を測定することはできないが、センサ数を増やすことで対応できる見通しが得られた。センサ数が増えたとデータロガーのチャンネル数も増加する必要がある。

謝辞

本研究の成果は、高橋寛喜君、森口雅史：(平成 22 年 3 月卒)、笠原庸平君(平成 23 年 3 月卒)との協力を得て行った。両者に謝意を表します

参考文献

- 1) De Beer, M.: Reconsideration of tyre-pavement input parameters for the structural design of flexible pavements, ICAP 2006.
- 2) 高橋寛喜, 森口雅史: 平成 21 年度 里見研究室 高橋/森口 卒業論文