

第 部門 複輪トラックタイヤ載荷と長方形領域載荷によってアルミニウム床版に生じる板曲げ応力

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○筒井 将仁 正会員 大倉 一郎
名古屋大学大学院環境学研究科 正会員 石川 敏之

1. 背景

既設橋に補修・補強が求められる場合、基礎やその他の支持構造を変えることなく、コンクリート床版をアルミニウム床版に取り替え、床版そのものの自重を減らす方法が考えられる。著者らは、これまでに、開閉断面のアルミニウム床版を開発し¹⁾、トラックタイヤ載荷によりアルミニウム床版の上板に板曲げ応力が生じることを、実験および FEM 解析によって明らかにしている²⁾。

本研究では、複輪トラックタイヤ載荷、道路橋示方書に規定される 500 mm × 200 mm の長方形領域載荷(固定長方形領域載荷と呼ぶ)および複輪トラックタイヤの接地面積を 500 mm × L mm の長方形に置き換えた変動長方形領域載荷により開閉断面アルミニウム床版に生じる板曲げ応力を FEM 解析により算出し、長方形領域載荷の妥当性を検討する。

2. 複輪トラックタイヤ載荷と長方形領域載荷

図-1 に破線で示すように、複輪トラックタイヤ載荷は、タイヤとタイヤの中心間隔が 290 mm、複輪の最大接地幅が 500 mm であり、タイヤの空気圧 700 kPa に対して、図の r は次式で与えられる。

$$r = \sqrt{\frac{806.5P + 2838}{\pi}} \quad (5\text{kN} \leq P \leq 40.4\text{kN}) \quad (1)$$

$$r = \frac{500P}{1.8P + 205} + 33.7 \quad (40.4\text{kN} \leq P \leq 100\text{kN}) \quad (2)$$

ここに、 r および P の単位はそれぞれ、mm および kN である。

図-1 の斜線部に示すように、複輪トラックタイヤの接地面積を 500 mm × L mm の長方形に置き換えたものを変動長方形領域と呼ぶ。変動長方形領域載荷の面積と複輪トラックタイヤの接地面積が同じになる変動長方形領域の接地長さ L は次式で与えられる。

$$L = 3.226P + 11.35 \quad (5\text{kN} \leq P \leq 40.4\text{kN}) \quad (3)$$

$$L = \frac{P}{1.851 \times 10^{-3}P + 0.211} \quad (40.4\text{kN} \leq P \leq 100\text{kN}) \quad (4)$$

ここに、 L の単位は mm である。

複輪トラックタイヤ載荷と変動長方形領域載荷の平均接地圧力 q は次式で与えられる。

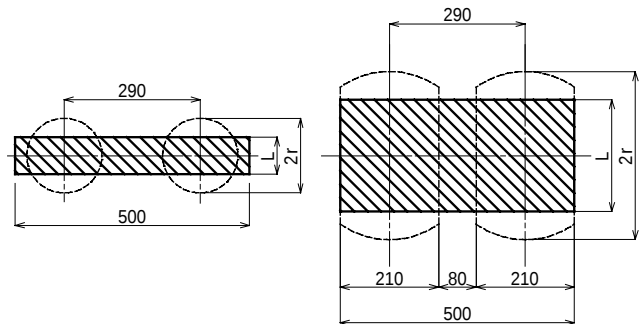
$$q = \frac{P}{1.613P + 5.676} \quad (5\text{kN} \leq P \leq 40.4\text{kN}) \quad (5)$$

$$q = 3.703 \times 10^{-3}P + 0.422 \quad (40.4\text{kN} \leq P \leq 100\text{kN}) \quad (6)$$

他方、固定長方形領域載荷における平均接地圧力 q_s は、次式から計算される。

$$q_s = P/100 \quad (7)$$

ここに、 q と q_s の単位は MPa である。



(a) $5\text{kN} \leq P \leq 40.4\text{kN}$ (b) $40.4\text{kN} \leq P \leq 100\text{kN}$

図-1 複輪トラックタイヤおよび変動長方形領域

3. アルミニウム床版の FEM 解析

アルミニウム床版の要素分割を図-2 に示す。FEM 解析では、図の x 軸および y 軸に対称条件を設け、アルミニウム床版の支間中央の開閉断面に対して、各接地形状に平均接地圧力を作用させた。

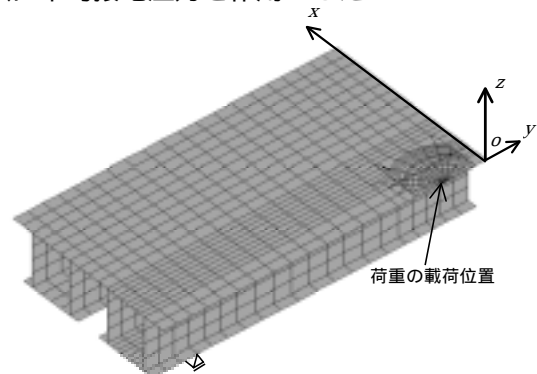


図-2 アルミニウム床版の要素分割

4. アルミニウム床版に生じる板曲げ応力の比較

(1) 橋軸断面に生じる応力

輪荷重 $P = 50\text{kN}$ に対して、アルミニウム床版の上板の橋軸断面に生じる応力 σ_x の分布を図-3 に示す。複輪トラックタイヤ載荷では、各タイヤの直下で応力が最大になる。固定長方形領域載荷および変動長方形領域載荷では、長辺の中央の位置で応力が最大になる。固定長方形領域載荷では、タイヤ直下で複輪トラックタイヤ載荷よりも σ_x が小さくなるが、変動長方形領域載荷では、複輪トラックタイヤ載荷よりも若干大きな値になる。

輪荷重 P と応力 σ_x の最大値の関係を図-4 に示す。 P と σ_x の関係は、複輪トラックタイヤ載荷に対して非線形になるが、固定長方形領域載荷に対して線形になる。解析値では、 P が約 61 kN より小さいとき、複輪トラックタイヤ載荷の σ_x が、固定長方形領域載荷の σ_x より大きく、 P が約 61 kN より大きくなると、固定

長方形領域载荷の σ_x が複輪トラックタイヤ载荷の σ_x より大きくなる。変動長方形領域载荷による σ_x は、複輪トラックタイヤ载荷の場合と同様に非線形となり、固定長方形領域载荷よりも複輪トラックタイヤ载荷の σ_x に近いことが分かる。

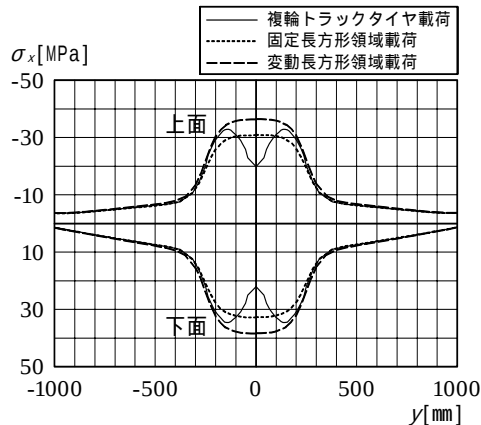


図-3 上板に生じる応力 σ_x の分布

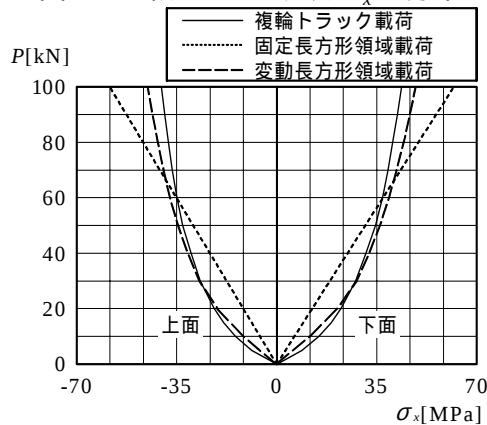


図-4 輪荷重 P と応力 σ_x の関係

(2) 橋軸直角断面に生じる応力

輪荷重 $P=50\text{kN}$ に対して、アルミニウム床版の上板の橋軸直角断面に生じる応力 σ_y の分布を図-5に示す。 σ_y は、複輪トラックタイヤ载荷の場合、各タイヤの直下の狭い範囲で局所的に高くなる。固定長方形領域载荷および変動長方形領域载荷の場合、長方形の長辺の両端の近傍で最大になる。

輪荷重 P とタイヤ直下の応力 σ_y の板曲げ応力成分 σ_{yb} および膜応力成分 σ_{ym} の関係を図-6に示す。 P と σ_{yb} の関係は、前述の P と σ_x の関係と同様に、複輪トラックタイヤ载荷に対して非線形になるが、固定長方形領域载荷に対して線形になる。解析値では、 P が約 72kN より小さいとき、複輪トラックタイヤ载荷の σ_{yb} が、固定長方形領域载荷の σ_{yb} より大きく、 P が約 72kN より大きくなると、固定長方形領域载荷の σ_{yb} が複輪トラックタイヤ载荷の σ_{yb} より大きくなる。変動長方形領域载荷に対する P と σ_{yb} の関係は、固定長方形領域载荷よりも複輪トラック载荷によるそれに近い。 σ_{ym} に関しては、固定長方形領域载荷、変動長方形領域载荷とも値は複輪トラック载荷の値と同じである。

P と σ_{ym} の関係は、図-6から分かるように、複輪トラックタイヤ载荷、固定長方形領域载荷および変動

長方形領域载荷すべての場合で線形になり、しかも、 P と σ_{ym} の関係は重なっている。すなわち、アルミニウム床版の上板の橋軸直角断面に生じる応力 σ_y の膜応力成分にタイヤの接地形状の変化は影響しない。

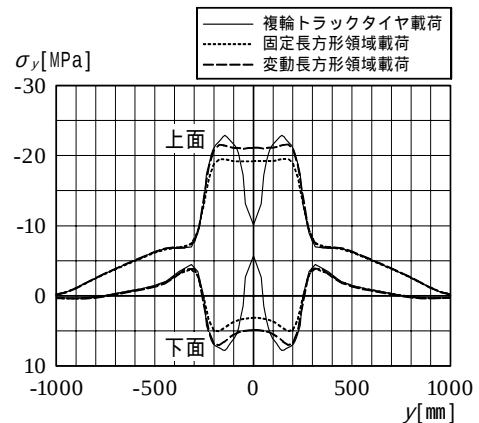


図-5 上板の生じる応力 σ_y の分布

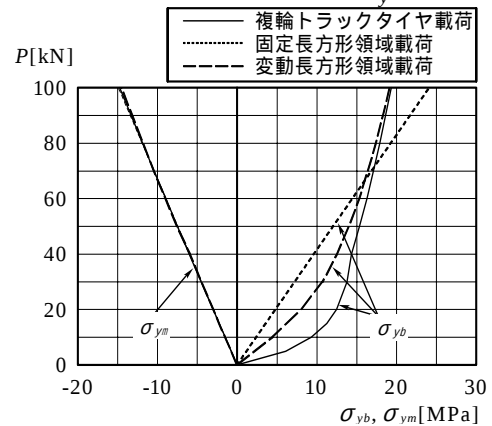


図-6 輪荷重 P と σ_{yb} および σ_{ym} の関係

5. 結論

- 1) アルミニウム床版の上板の橋軸断面に生じる応力は板曲げ応力であり、この応力は荷重に対して非線形になる。アルミニウム床版の上板の橋軸直角断面に生じる応力の板曲げ応力成分は荷重に対して非線形になる。しかし、アルミニウム床版全体の橋軸直角方向の曲げモーメントによって起こされる圧縮の膜応力成分は、タイヤの接地形状の影響を受けない。
- 2) 固定長方形領域载荷によってアルミニウム床版に生じる板曲げ応力は、複輪トラックタイヤ载荷による板曲げ応力と全く異なる。
- 3) 変動長方形領域载荷によってアルミニウム床版に生じる板曲げ応力は、固定長方形領域载荷の場合よりも、複輪トラックタイヤ载荷による板曲げ応力に近い。

【参考文献】

- 1) 大倉一郎, 岡田理, 萩澤亘保, 大澤章吾: 開閉断面アルミニウム床版の開発, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.1219-1227, 2005.
- 2) 大倉一郎, 石川敏之, 筒井将仁, 大澤章吾: トラックタイヤの接地形状がアルミニウム床版の板曲げ応力に与える影響, 土木学会論文集 A, Vol.63, No.4, pp.655-666, 2007.