

トラックタイヤ載荷によって生じるアルミニウム床版の板曲げ応力

大阪大学大学院 学生員 筒井 将仁 大阪大学大学院 正会員 石川 敏之
大阪大学大学院 正会員 大倉 一郎

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、図-1に示すような開閉断面のアルミニウム床版を開発してきた¹⁾。道路橋示方書に規定されるT荷重に従って500mm×200mmの長方形の領域に、硬質ゴム板を介して荷重を載荷し、アルミニウム床版に大きな板曲げ応力が発生することが明らかになった¹⁾。アルミニウム床版には、実際にはトラックタイヤが乗る。本研究では、アルミニウム床版へトラックタイヤを介して荷重を載荷し、荷重とアルミニウム床版に生じる板曲げ応力の関係を明らかにする。

2 輪荷重と接地面積の関係

アルミニウム床版の開断面の中心にタイヤを載荷した場合に対するタイヤの接地形状を図-2に示す。この図から分かるように、荷重 P_1 が20kNまでは、タイヤの接地形状は円形であるが、 P_1 が20kNより大きくなると、接地形状は楕円になり、さらに P_1 が増加すると長方形に近づく。荷重 P_1 と接地面積 A_1 の関係を図-3に示す。タイヤの空気圧が大きくなると設置面積が小さくなることから分かる。 P_1 と A_1 の関係は次式で近似される。



図-1 開閉断面のアルミニウム床版

$$A_1 = \alpha_1 P_1 + \alpha_2 \quad (2.5\text{kN} \leq P_1 \leq P_{1cr}) \quad (1)$$

$$A_1 = \frac{1000P_1}{\alpha_3 P_1 + \alpha_4} \quad (P_{1cr} \leq P_1 \leq 50\text{kN}) \quad (2)$$

ここに、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ およびタイヤの接地形状が円形から楕円に変わる臨界荷重 P_{1cr} は、表-1に示す値である。

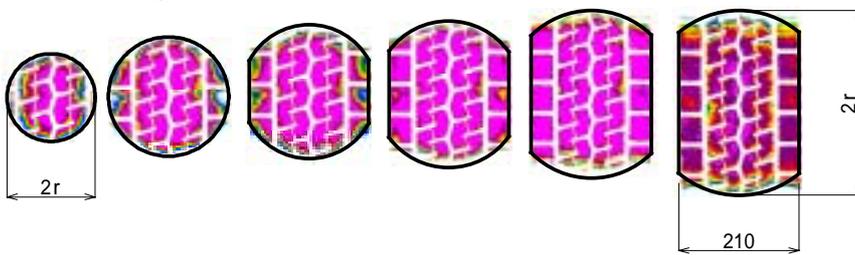


図-2 タイヤの接地形状[タイヤの空気圧700kPa]

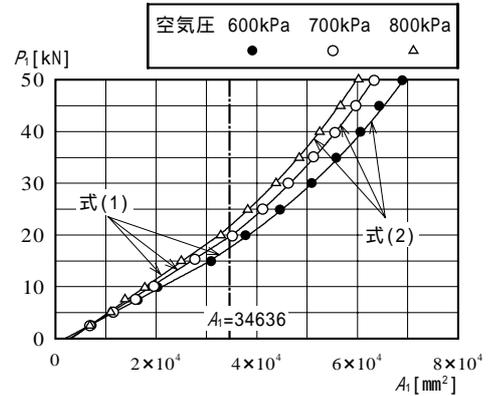


図-3 荷重 P_1 と接地面積 A_1 の関係

表-1 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ および P_{1cr} の値

空気圧 [kPa]	600	700	800
α_1	1923	1613	1471
α_2	1924	2838	3134
α_3	6.729×10^{-3}	7.405×10^{-3}	7.394×10^{-3}
α_4	0.387	0.422	0.476
P_{1cr} [kN]	17.2	20.2	21.6

3 荷重とタイヤの接地半径の関係

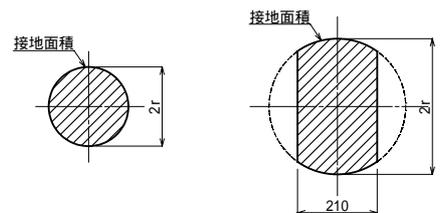
円の直径がタイヤのトレッド210mmを超えない場合、タイヤの接地形状は円形となる。図-4(a)を参照して、接地面積 A_1 と円の半径 r の関係は次式で与えられる。

$$A_1 = \pi r^2 \quad (r \leq 105\text{mm}) \quad (3)$$

円の直径がタイヤのトレッド幅210mmを超えると、タイヤの接地形状は楕円になる。図-4(b)を参照して、半径 r の円内の、タイヤのトレッド幅部分を楕円と仮定すると、接地面積 A_1 と半径 r の関係が次式で与えられる。

$$A_1 = 485.7r - 16360 \quad (105\text{mm} \leq r \leq 200\text{mm}) \quad (4)$$

式(3)と(4)が与えるタイヤの接地形状を図-2に太い実線で示す。式(3)と(4)が与える接地形状は実際の接地形状と概ね一致している。



(a)円形[$r \leq 105\text{mm}$] (b)楕円形[$r \geq 105\text{mm}$]

図-4 タイヤの接地半径

キーワード アルミニウム床版, 板曲げ応力, トラックタイヤ載荷, 接地形状, 接地半径

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 06 6879 7618

式(1)と(3), および式(2)と(4)より, 荷重 P_1 と接地半径 r の関係が次式で与えられる.

$$r = \sqrt{\frac{\alpha_1 P_1 + \alpha_2}{\pi}} \quad (2.5\text{kN} \leq P_1 \leq P_{1cr}) \quad (5)$$

$$r = \frac{1000P_1}{485.7(\alpha_3 P_1 + \alpha_4)} + 33.7 \quad (P_{1cr} \leq P_1 \leq 50\text{kN}) \quad (6)$$

4 アルミニウム床版のFEM解析

FEM解析には汎用有限要素解析プログラム MARC²⁾を使用した. アルミニウム床版の要素分割を図-5に示す. 使用した有限要素は, 8節点厚肉曲面シェル要素(MARCの要素 No.22)である. x 軸および y 軸に対して, それぞれ対称となる境界条件を設けた. アルミニウム床版が鋼桁に連結される位置の z 軸方向の変位を拘束した. 式(5), (6)から計算されるタイヤの接地形状へ平均接地圧力 $q_1 = P_1 / A_1$ を载荷した.

FEM解析による荷重 P_1 とタイヤ直下の σ_x の関係を図-6に示す. 図から分かるように, σ_x は, 上面で圧縮応力, 下面で引張応力であり, しかも両者の絶対値がほぼ等しいので, σ_x は板曲げ応力である. FEM解析の結果は, 試験結果と同様に非線形性を示し, $P_1 = 15\text{kN}$ 辺りから σ_x の増加の割合が小さくなる. これは, タイヤの接地半径が大きくなると荷重が閉断面の上板に载荷されるようになり, これが閉断面の上板に負曲げモーメントを起こさせるからである. しかし P_1 が約 25kN 以上になると, σ_x の試験値は増加しないが, 解析値は依然増加している. この違いは, タイヤの接地圧力はある一定値より増加しないが, FEM解析では, P_1 の増加に伴って q_1 が増加することによる.

複輪トラックタイヤ载荷によってアルミニウム床版に生じる板曲げ応力と, $500\text{mm} \times 200\text{mm}$ の長方形領域载荷によって生じる板曲げ応力の比較を, FEM解析によって行なった. 複輪トラックタイヤ载荷では, 二つのタイヤの中心間隔を 290mm とした.

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-7に示す. アルミニウム床版の上板の上面に対して, 長方形領域载荷では, 長辺の中央の位置で応力が最大になるが, 複輪トラックタイヤ载荷では, 各タイヤの直下で応力が最大になる.

輪荷重 P と応力 σ_x の最大値の関係を図-8に示す. P と σ_x の関係は, 長方形領域载荷の場合, 線形であるが, 複輪トラックタイヤ载荷の場合, 非線形になる. P が約 55kN より小さいとき, 複輪トラックタイヤ载荷の σ_x は, 長方形領域载荷の σ_x より大きくなる.

5 まとめ

- 1) 荷重とタイヤの接地面積の関係を式(1)と(2), 荷重とタイヤの接地半径の関係を式(5)と(6)で与えた.
- 2) 荷重とトラックタイヤ载荷によって生じるアルミニウム床版の上板の板曲げ応力の関係は非線形になる. この原因は, 荷重によってタイヤの接地形状が変化すること, タイヤの接地圧力がある一定値より増加しないこと, およびアルミニウム床版の上板に負曲げモーメントが生じることによる.
- 3) 輪荷重が 55kN より小さい場合, 複輪トラックタイヤ载荷によって生じるアルミニウム床版の板曲げ応力は, $500\text{mm} \times 200\text{mm}$ の長方形領域载荷によって生じる板曲げ応力よりも大きくなる.

【参考文献】

- 1) 大倉一郎, 岡田理, 萩澤亘保, 大澤章吾: 開閉断面のアルミニウム床版の開発, 構造工学論文集, Vol.51A, pp1219-1227, 2005.
- 2) 日本エムエスシー: MSC.MARC2001 日本語オンラインマニュアル, 日本エムエスシー, 2001.

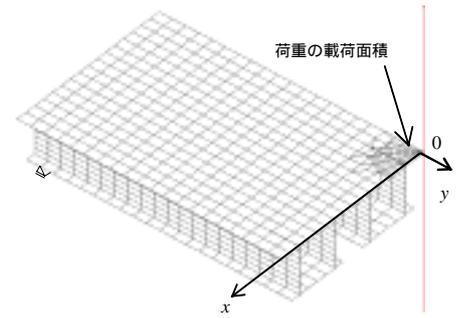


図-5 アルミニウム床版の要素分割

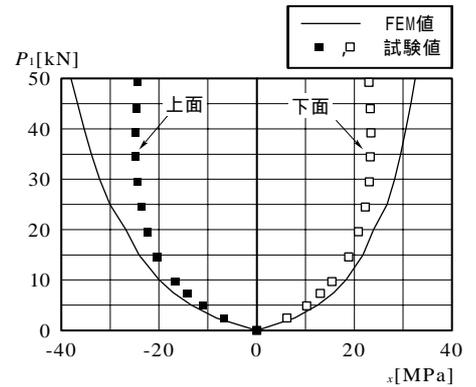


図-6 P_1 と σ_x の関係

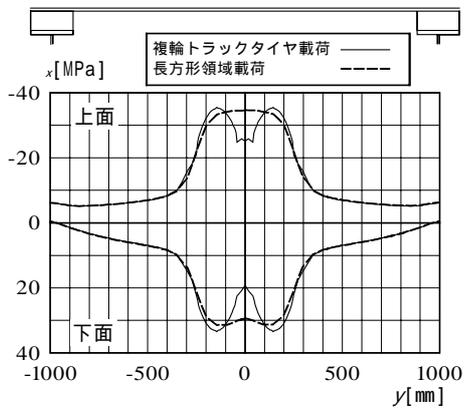


図-7 アルミニウム床版の上板の σ_x の分布

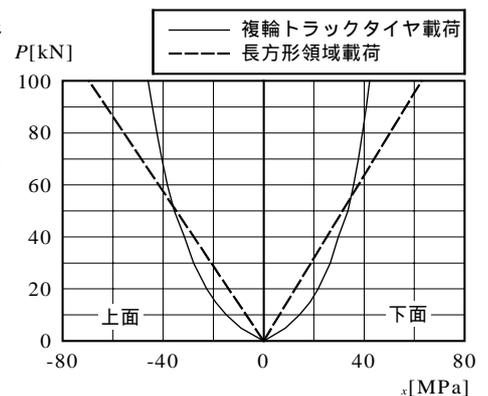


図-8 P と σ_x の関係