

円形荷重により矩形荷重を模擬した多層弾性解析手法の考察

国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 ○坪川将丈, 河村直哉

1. はじめに

港湾舗装では、港湾荷役機械のアウトリガーのような長辺と短辺の大きな矩形荷重を対象とした舗装構造解析が必要となる場合がある。岸壁の安定性等を確認するのに断面 2 次元有限要素解析を用いるのが一般的な港湾施設の設計実務者にとっては、一般的な舗装構造解析手法である 3 次元有限要素解析は馴染みが薄い。もう一つの一般的な舗装構造解析手法である多層弾性解析の場合、土木学会舗装工学委員会サイトで GAMES が無償公開されており操作方法も非常に簡便であるが、GAMES で設定できるのは 100 個までの円形荷重のみである。そのため、GAMES を用いて矩形荷重を円形荷重で模擬する多層弾性解析手法を検討した。なお、以降では、円形荷重が 100 個を超過する場合は、いくつかに分割して実施した解析結果を重ね合わせた。

2. 解析条件及び解析結果

矩形荷重に対する理論解を用いた既往論文¹⁾における図-1 のアスファルト舗装の多層弾性解析条件により、図-2 及び以下に示す A 法及び B 法によりひずみを算出したところ、矩形荷重中心の最大ひずみ及び X 方向のひずみ分布は、どちらの方法でも既往文献とほぼ同一の結果が得られることを確認した。

A 法：矩形を 11 個の荷重ユニット（正方形）に分割し、それぞれの荷重ユニット中央部に 1 個の基本円（半径は R）、荷重ユニット隅角部に 100 個の隅角円を配置した。荷重ユニット面積と円形面積合計がほぼ等しいため、接地圧は矩形荷重と同一の 0.61241N/mm^2 とした。隅角円は $0.1R$ 四方もしくは $0.1R \times 0.05R$ の矩形と同一面積となる円の半径とし、 $0.1R$ 四方の升目中央に配置したため、一部の円同士は若干重なっている。

B 法：矩形の X 方向に 11 列、Y 方向に 15 列、合計 165 個の基本円を配置した。接地圧は矩形荷重と円形荷重合計が等しくなるよう、矩形荷重の接地圧の 1.285 倍の 0.78694N/mm^2 とした。円同士は全て接している。

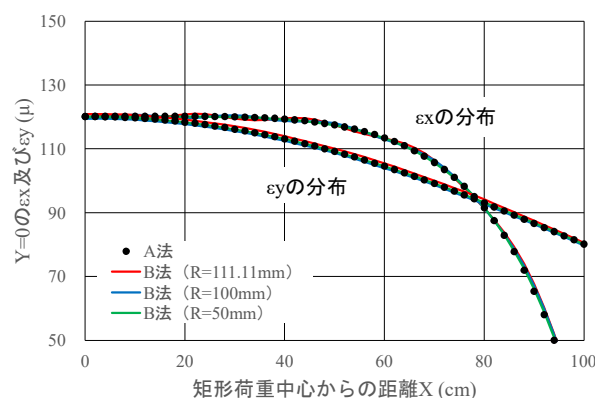
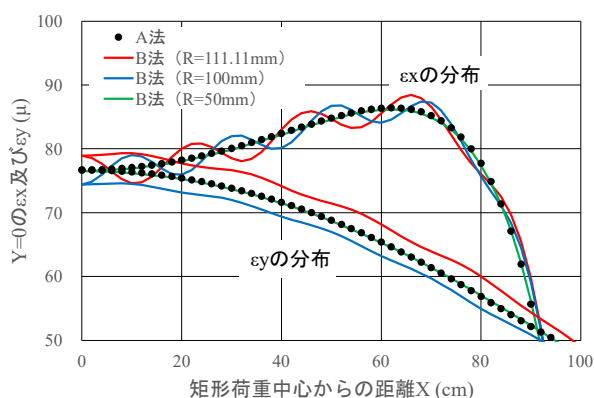
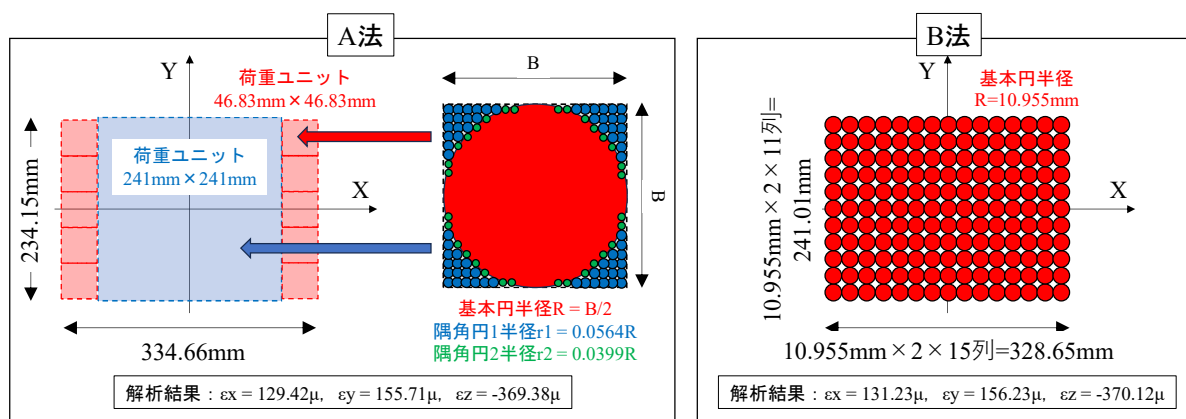
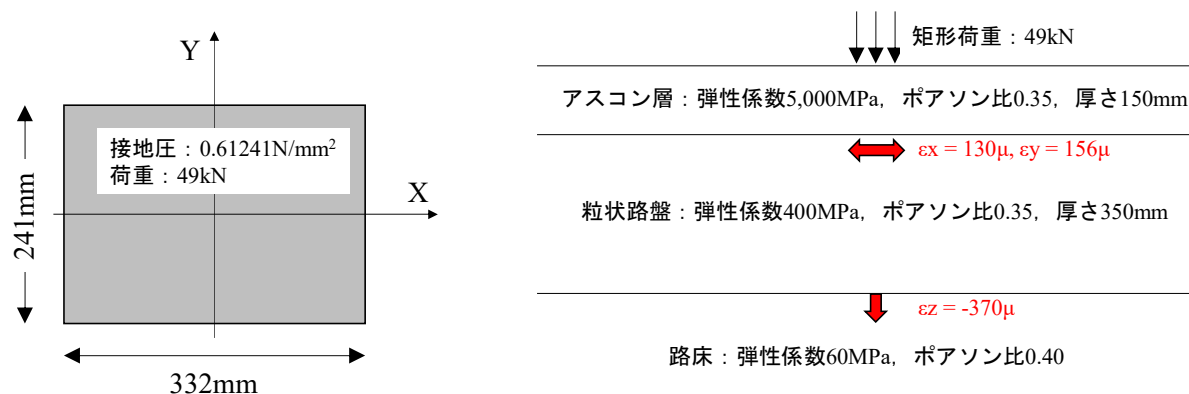
次に、図-1 の矩形荷重寸法を 10 倍した $2.41\text{m} \times 3.32\text{m}$ の矩形荷重を模擬するため、前述の基本円及び隅角円の半径も 10 倍として解析したところ、B 法のアスコン層下面ひずみは滑らかな分布とはならず、また A 法の最大ひずみとの乖離が大きくなった。そのため多数の円形荷重で矩形荷重を模擬する場合は「矩形を何分割するか」ではなく「用いる円の半径をいくつにするか」が解析結果に影響を及ぼすと考え、 $X=0$, $Y=0$ を中心とした $2\text{m} \times 2\text{m}$ で接地圧 0.20N/mm^2 の矩形荷重 800kN を載荷した際の舗装内のひずみを A 法及び B 法により算出することとした。A 法では $2\text{m} \times 2\text{m}$ の荷重ユニットを 1 個配置し、接地圧は 0.20N/mm^2 とした。B 法では基本円半径を 111.11mm （9 列 \times 9 列 = 81 個）、 100mm （10 列 \times 10 列 = 100 個）、 50mm （20 列 \times 20 列 = 400 個）の 3 ケースとし、矩形荷重と円形荷重合計が等しくなるよう、接地圧は 1.273 倍の 0.25465N/mm^2 とした。

$Y=0$ の位置の解析結果を図-3 に示す。B 法では、基本円半径が 50mm の場合は A 法とほぼ同一の結果が得られるが、基本円半径が大きな場合は、最大ひずみが A 法と乖離し、ひずみが滑らかな分布とはならない。また分布をみると、 $Y=0$ の位置に基本円の中心がある $R=111.11\text{mm}$ （9 列 \times 9 列の奇数配列）の場合と、 $Y=0$ の位置に基本円間の隙間がある $R=100\text{mm}$ （10 列 \times 10 列の偶数配列）の場合では傾向が異なるため、前述の現象は基本円間の隙間による影響と考えられる。ただし、図は省略するが、深さ 50cm の路床上面鉛直ひずみは 4 ケースの結果がほぼ一致するため、B 法の基本円間の隙間の影響は浅い位置の応答に現れたものと考えられる。アスコン層厚を 20cm とした解析結果を図-4 に示すが、アスコン層ひずみ及び路床ひずみは 4 ケースの結果がほぼ一致し、アスコン層厚 25 , 30 , 35cm の場合も同様であった。以上の結果から、B 法のように多数の円形荷重で矩形荷重を模擬する場合は、予備解析により円形荷重の半径を決定すべきである。

キーワード 多層弾性解析, GAMES, 矩形荷重, 港湾舗装, アスファルト舗装, コンクリート舗装
連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 tsubokawa-y92y2@mlit.go.jp

3. おわりに

剛性が高いコンクリート舗装の場合は，前述のアスファルト舗装と若干異なる傾向が確認されているため，舗装剛性による荷重分散の違いが影響していると考えられる．また，アウトリガー荷重を想定した数 m 規模の矩形荷重を模擬する場合，多くの円形荷重を配置するのが煩雑であることから，A法の荷重ユニット内の隅角円を100個ではなく4個とした方法を検討中であり，これらの詳細は別報にて報告する予定である．



参考文献

- 1) 小澤良明，松井邦人：矩形領域に等分布荷重が作用する舗装構造の理論解，土木学会論文集 E，Vol.64，No.3，2008．