

I-A 485 変厚による鋼床版舗装局所変形の軽減効果について

東京電力 正会員 山田一貴
北海道大学工学部 正会員 並澤憲吉

1. はじめに

本研究は鋼床版橋の主桁上に生ずる舗装の縦ひび割れ問題に関連して、その原因として考えられる荷重によって生ずる局所的な負の曲げ変形について検討を行い、局所曲げを抑えるために主桁近傍の鋼床版の板厚を厚くすることで舗装の上面に生ずる局所変形軽減策の効果について解析的に明らかにしたものである。

2. 鋼床版橋の橋面舗装の縦ひび割れについて

鋼床版橋の舗装表面において橋軸方向に認められる縦ひび割れは、その上を走行する車両の車輪荷重によって鋼床版に局所的な負の曲げが働くためであり、その負の曲げによって生ずる舗装層表面の引っ張り歪みが、そのときの環境下で許容される歪み量を超える繰り返し疲労で部分的な亀裂破壊が起こることによって生ずると考えられている。鋼床版の縦ひび割れ防止の一手法として主桁近傍のデッキプレート（以下DP）の板厚を増す手法が考えられる。たとえば、鋼床版製作時に溶接などにより部分的に板厚を増す工夫をした場合の、そのような構造における局所変形軽減の効果を明らかにするために折板理論によって解析を行い舗装表面の歪みを求めた。

3. 境界力と境界変位を中央面より偏心した面で考えたときの二層板要素の剛性マトリクスの誘導

解析の対象となる板は、アスファルトと鋼の二層板において鋼の薄板部分と厚板部分の中央面が同一平面内になり偏心変厚板であり、板要素どうしの変位の適合と応力のつり合いを考える際に、厚板部分ではDPの中央面から d だけ偏心した位置で境界力と境界変位を設定してそれらに関係づける剛性マトリクスを新たに誘導する必要がある（図1）。DPの中央面でつり合いを考えたときの板要素の剛性方程式を $\{X\} = [K]\{\delta\} + (\text{Load} \cdot \text{Term})$ とすると、 d だけ偏心した面でつり合いを考えたときの剛性方程式は $\{X'\} = [K']\{\delta'\} + (\text{Load} \cdot \text{Term})$ となる。ここで $[K']$ は

$$d = \frac{H_s - h_s}{2}, \beta = \frac{H_s^2}{12(1 - \nu_s^2)}, [K] = \begin{bmatrix} k_{11} & & & \\ & \ddots & & \\ & & \ddots & \\ & & & k_{88} \end{bmatrix} \text{と}$$

$$\text{すると、} [K'] = \begin{bmatrix} k_{11}' & & & \\ & \ddots & & \\ & & \ddots & \\ & & & k_{88}' \end{bmatrix} \text{と表せる。ここで要素 } k_{ij}' \text{ のうち、} i, j = 1 \sim 4 \text{ を示せば、次のようである。}$$

$$\begin{bmatrix} k_{11}' & & & \\ & \ddots & & \\ & & \ddots & \\ & & & k_{44}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} - dk_{13} - \frac{d}{\beta}k_{31} + \frac{d^2}{\beta}k_{33} & k_{12} - d\omega k_{14} - \frac{d}{\beta}k_{32} + \frac{d^2}{\beta}\omega k_{34} & k_{13} - \frac{d}{\beta}k_{33} & k_{14} - \frac{d}{\beta}k_{34} \\ k_{21} - dk_{23} - \frac{d}{\beta}\omega k_{41} + \frac{d^2}{\beta}\omega k_{43} & k_{22} - d\omega k_{24} - \frac{d}{\beta}\omega k_{42} + \frac{d^2}{\beta}\omega^2 k_{44} & k_{23} - \frac{d}{\beta}\omega k_{43} & k_{24} - \frac{d}{\beta}\omega k_{44} \\ k_{31} - dk_{33} & k_{32} - d\omega k_{34} & k_{33} & k_{34} \\ k_{41} - dk_{43} & k_{42} - d\omega k_{44} & k_{43} & k_{44} \end{bmatrix}$$

以下、 k_{ij}' ($i = 5 \sim 8, j = 1 \sim 4$), k_{ij}' ($i = 1 \sim 4, j = 5 \sim 8$), k_{ij}' ($i = 5 \sim 8, j = 5 \sim 8$) は、上の部分マトリクスの対応する添字 i, j をそれぞれ $i+4, j+4$ に置換したものに对应する。この $[K']$ が二層板の境界力と境界変位の偏心に対応した剛性マトリクスである。

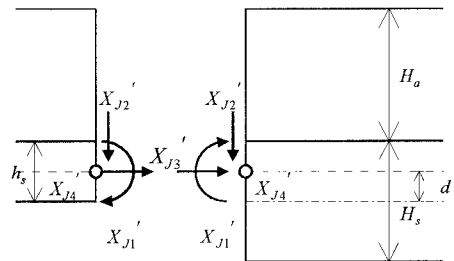


図1 二層板の鋼床版変厚部における境界力（境界変位）の導入位置

4. モデル橋を対象とした解析例とその結果

解析手法として鋼床版の床版を板要素に分割して車輪荷重の級数展開に対応して内部応力や変位も級数解で得られる折板理論を適用した。このとき床版は舗装と鋼の二層板として解析に組み込み、演算は解析A、B、Cでは主桁近傍でそれぞれ8、6、8個の板要素に分割して行い、橋の主桁近傍の幅員の一部分を対象とした。2000mm間隔の横リブが配置された鋼床版で、舗装厚は80mm、DPの厚さは(1)全幅員にわたって一様に12mmの場合、(2)主桁近傍の幅50mmの範囲だけ18mm厚の場合、(3)同じく24mm厚の場合の3ケースを想定し、解析B、Cでは変厚部分の板には $\mathbf{3.}$ で誘導した新たな剛性マトリクスを、等厚部分には従来の剛性マトリクスを適用した。荷重は総重量20tfの3軸ダンプトラックとして、載荷位置は橋軸方向にはダンプトラックの後輪が横リブ間隔の中央に作用する位置とし、作用させた後輪は、間隔100mmの空きがある複輪として、1輪あたりの荷重は2tfで、車輪1輪ごとの載荷面は200×200mmの正方形分布で、これを級数に展開して解析した。舗装のポアソン比は0.35とし、変形係数は $E_a = 1000 \text{ kgf/cm}^2$ とした。

図2-Aは解析Aの変厚範囲が50mmの場合の最大曲げの載荷状態にあるときのアスファルト層の上表面に生ずると思われる歪み分布の主桁近傍（橋軸直角方向に-250～250mm）における解析結果であり、DPが等厚（ $H_s = 12 \text{ mm}$ ）の場合、変厚（ $H_s = 18, 24 \text{ mm}$ ）の場合についての値である。この図から等厚の場合と変厚の場合の歪み分布を比較することで、主桁位置での負の曲げが主桁近傍のDPの板厚を増すことによって軽減されることが明らかである。しかし変厚によって板の曲げ剛性が極端に大きくなることで、変厚位置での歪みが大きくなり等厚の場合の主桁位置での歪みに近づく傾向が表れることもわかる（ $H_s = 24 \text{ mm}$ の場合）。この結果をうけて変厚範囲を100mmに広げた解析Bの歪み分布が図2-Bである。この場合も変厚によって主桁位置での歪みは軽減されるが、変厚位置での歪みはAと比べて小さくなったもののまだ大きい。さらに変厚範囲を200mmに広げた解析Cの歪み分布が図2-Cである。この場合は主桁近傍での歪みは軽減されたうえに変厚位置での歪みが減少し、変厚範囲全域で歪みが抑えられているのがわかる。

以上より、板厚を変化させることによって主桁近傍の局所変形を小さく抑えて車輪荷重による主桁位置の負の曲げが軽減されることが解析的に確認された。

5. まとめ

本研究では境界変位と境界力のつり合いを鋼DPの中央面でない面で設定した二層板要素の剛性マトリクスを新たに誘導し、それを利用して折板理論を用いて舗装された鋼床版の解析を行って、その結果から等厚鋼床版と変厚鋼床版における舗装表面の歪み量を比較して、変厚による局所変形軽減の効果を明らかにした。

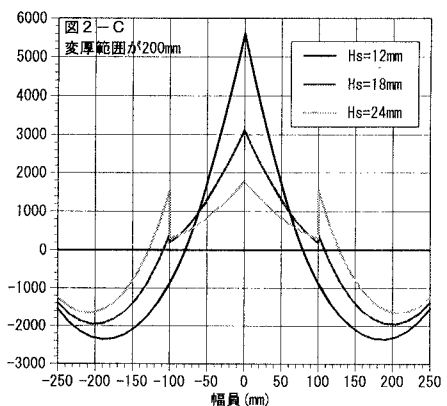
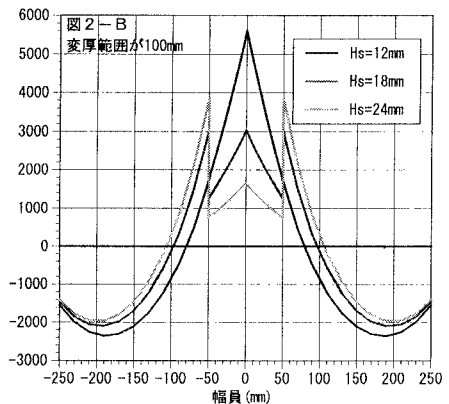
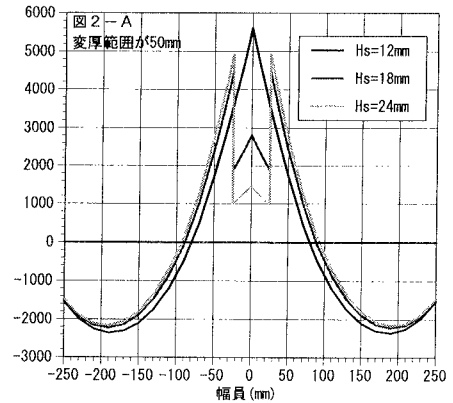


図2 舗装表面における歪み分布（ $\times 10^{-6}$ ）

参考文献

- 1) TIMOSHENKO and WOINOWSKY-KRIEGER: THEORY OF PLATES AND SHELLS
- 2) 葦澤憲吉、斉藤剛：鋼床版橋の橋面舗装に生じる局所変形に関する構造的要因について、土木学会北海道支部論文報告集第51号(A)