

FEM モデルの影響線について

法政大学大学院 ○学生会員 堀内 勇治
法政大学 フェロー 山下 清明

1.研究目的

橋梁構造物等を FEM モデル化し、移動荷重のもとでの応答を設計に反映していくには、影響線の考え方が有効である。FEM モデルでの着目点の応力影響線を求める場合、単位荷重を載荷する方法では非常に煩雑な作業を伴う。しかし、影響荷重系という特殊な荷重系を着目点に載荷することにより、一度の解析で応力影響線を求める事が出来る事が、単純な要素について示されている。ここではこの考えを板要素に発展させ、FEM モデルの応力影響面により、構造モデルにおける特徴的な構造の構造特性、また、設計への活用を検討する。

2.影響荷重系の理論的背景

仮想仕事の原理・ベッティの相反定理という二つのエネルギーに関する一般論を用いることにより、FEM モデルにおける着目要素の応力影響線を求める理論的背景が示すことが出来る。この理論に基づき、着目要素における剛性マトリックスの生成途中に表れる応力マトリックスの求めたい応力成分に対応する行{P}を荷重系とする。この荷重系が着目要素に作用した構造物の弾性線は、応力影響線と等しくなる。この特殊な荷重系{P}が影響荷重系であり、三角形要素についてはこれまでの研究で示されている(※)。ここでは、曲げを考慮した板要素に発展させ、構造モデルに適用できるようにしている。

3.構造モデルへの適用

構造モデルへの適用例として、機能分割型鋼床版構造モデルを対象とする。

機能分割とは、床版に荷重がかかった時、主桁に伝わる応力のうち、鋼床版との合成機能を発揮する水平方向のせん断応力と、鉛直方向の支圧応力を異なった部材が分担して伝達することを意味し、この発想を適用した張替用鋼床版が提案されている。この構造の特徴的な部材である貫通材、連結材の要素

を着目要素とし、中桁の3ヶ所においてそれぞれの着目応力に対する影響面を算出する。影響荷重系は着目要素の材料データ、節点変位から作成し、それを構造解析プログラムの荷重データとして与え、影響面を床版上面の鉛直方向変位として求める。貫通材は水平方向の応力、連結材はせん断応力の影響面を求める。

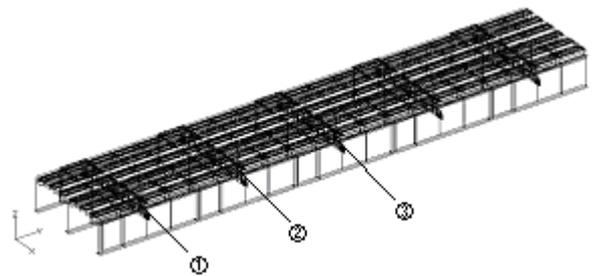


図.1 機能分割型鋼床版構造モデル

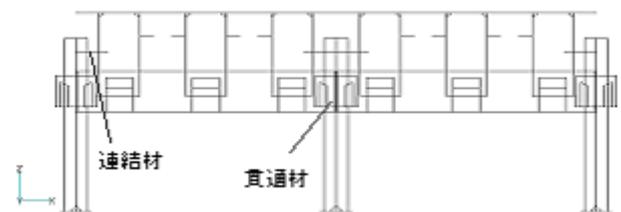


図.2 モデルの断面図

4.解析結果

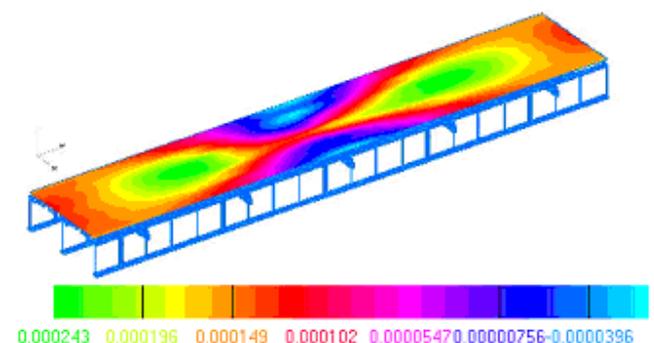


図.3 中桁の貫通材③の影響面
中桁の貫通材③の水平応力の影響面を図.3 に示す。

※ 山田達雄、山下清明：FEM モデルにおける影響線の作成法

このように応力影響面を汎用構造解析プログラムで変位分布として求めることが出来るため、既存の解析プログラムの表示機能により、応力影響面を視覚的にとらえる事が出来る。また、モデル上を設計自動車荷重が移動した際、どのような応力が発生するのかをこの影響面のデータを利用して容易に計算出来る。これにより、着目点(貫通材、連結材)に一番不利となる応力を発生させる荷重の位置および、影響面により求められる体積を知ることができる。

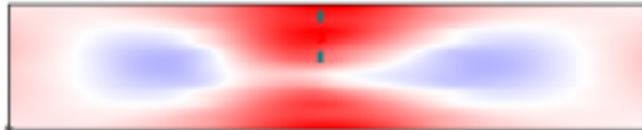


図.4 中桁の貫通材③の影響面上の T 荷重

表.1 T 荷重載荷時の体積(貫通材)

	①	②	③
体積($\times 10^{-2}$)	0.00~8.91	-4.73~3.20	-0.86~3.58

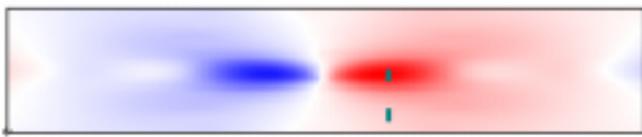


図.5 中桁の連結材③の影響面上の T 荷重

表.2 T 荷重載荷時の体積(連結材)

	①	②	③
体積($\times 10^{-2}$)	-2.60~2.43	-0.49~2.43	-1.22~1.44

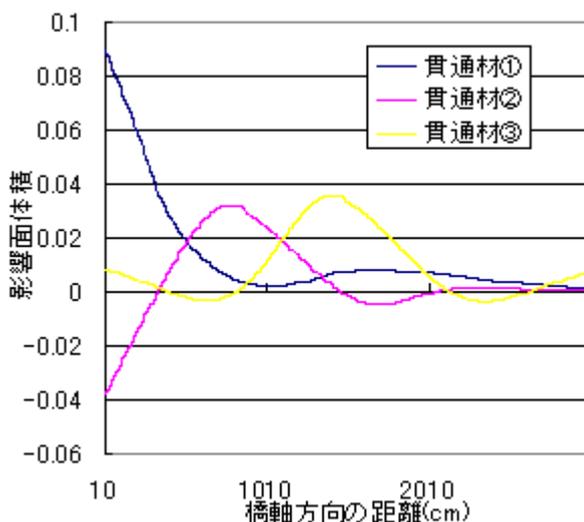


図.6 T 荷重の移動による体積変化

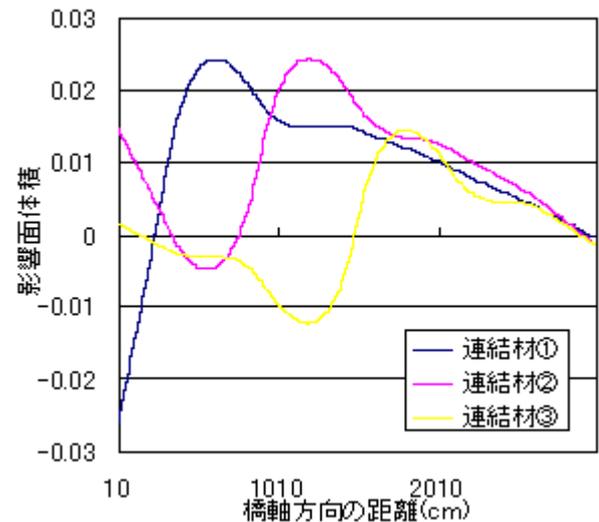


図.7 T 荷重の移動による体積変化

B活荷重のT荷重を用いた結果を以上に示す。図.4、図.5 は貫通材③、連結材③の応力影響面において T 荷重が床版上面の載荷領域全体を動いた際の体積の最大値をとる位置である。貫通材は着目点のほぼ直上、連結材は直上から少しずれた位置に載荷された時最大値をとることがわかる。表.1、表.2 は体積の最大、最小値を示す。図.6、図.7 は T 荷重で体積の最大値をとる車線上を、T 荷重が橋軸方向に直線的に移動したときの体積変化を示したものである。

5.結論

影響荷重系を用いることにより、複雑な構造においても影響線(面)を容易に求めることが出来、解析ソフトの機能を用いることにより影響面をより視覚的に捉える事が出来る。FEM モデルの任意の要素において応力影響面を求めることが出来るため、細部の部材についても構造特性を知ることが出来る。また、主桁などの設計における、移動荷重の載荷範囲についても、従来の方法に対し、FEM モデルにより求められた応力影響面を用いることにより、応力が一番不利になる載荷範囲および載荷後の応力まで求めることが出来る。よって、影響荷重系を用いた FEM モデルの応力影響面は設計へ有効に利用できる。T 荷重が走行時の体積変化などは、疲労設計への活用が期待できる。

本研究にあたり、法政大学大石悠、林幸祐君の協力を受けた事を記する。

キーワード：FEM、影響線、影響荷重系

連絡先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 Tel.042-387-6293