

ミューラーブレスローの原理を応用したFEM解析による影響面の作成

第一技研コンサルタント(株) 正会員 ○小寺 徹
 第一技研コンサルタント(株) 正会員 古市 亨
 第一技研コンサルタント(株) 正会員 佐光 浩継
 第一技研コンサルタント(株) 正会員 橋本 健男
 第一技研コンサルタント(株) 正会員 村上 郷太

1. はじめに

著者らは2方向の大型平板要素の剛性マトリックスを級数解法と選点法の併用によって作成し、さらに仮想仕事の原理ならびに相反作用の定理を巧妙に利用して梁の影響線を簡単に描く方法¹⁾として著名であるミューラーブレスローの原理を平板構造に応用した立体構造物の影響面作成を行い良好な結果を得ている²⁾。また、近年はコンピュータ技術の進歩に伴い、橋梁等の大型構造物でも全構造部材をシェル要素でモデル化した立体FEM解析が実施される事例が増加してきているが、局所的な部材の発生応力度を精度良く求める場合には、その荷重載荷位置の妥当性を照査することが重要である。その照査方法として、着目する部材の影響面を作成することが考えられるが、従来の手法は単位荷重を移動させながら繰り返し計算を行って影響面を作成していたため、多大な費用と時間が必要であった。そこで、ミューラーブレスローの原理を一般的に使用されているFEM解析に適用することで、任意の対象部材の影響面を簡単に作成することができると考え、その適用性を検討することとした。

2. ミューラーブレスローの原理による影響面作成の手順

構造物の着目点kに作用する断面力 P_k の影響線は梁の影響線を描く方法を応用して、次の手順によって求めることができる。

- ① 着目点kにおける断面力 P_k のみが作用し得ないように仮想した（スリットを有する）構造物を考える。つまり、着目点前後における P_k の方向の変位（ u_{k1} 、 u_{k2} ）は不連続となるが、他の変位の連続性は保証されている。
- ② 仮想した構造物に、正の方向に仮定した $P_k (= 1)$ と逆方向の単位の力（ $= -1$ ）を作用させた時の任意点nにおける変位を w_n として与える。
- ③ これらの関係から、着目点kにおける断面力 P_k の影響線は式(1)によって作成することができる。

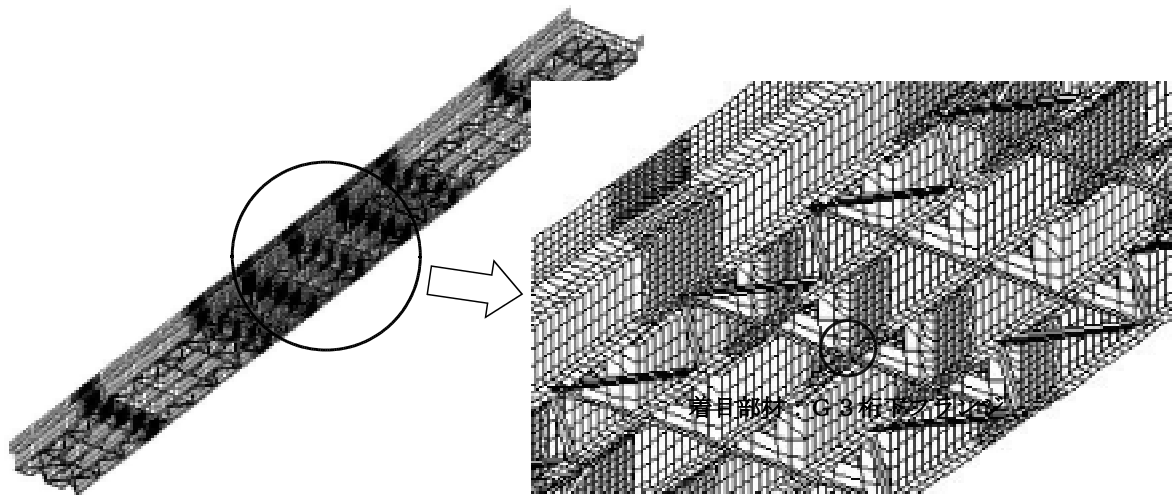
$$P_k = w_n / (u_{k1} - u_{k2}) \quad \text{----- 式(1)}$$

3. 解析モデル

本解法の有用性を検証するために、3径間連続5主桁プレートガーダー橋を解析モデルとして、床版に作用する鉛直荷重によって生じるG3桁径間中央下フランジの橋軸方向応力度についての影響面を作成することとした。図-1に解析モデルを示すが、コンクリート床版および主桁・横桁などすべての構造部材をシェル要素として与えている。なお、境界条件は各橋脚位置で鉛直方向を支持している。解析モデルの総節点数は39310点、総要素数は41727要素である。本解析では着目するG3桁下フランジの節点に橋軸方向のみに軸力が作用しないようなスリットを設け、そこに単位の節点力を作用させる。このとき床版に生じる鉛直方向変位（ w_n ）をスリットに生じる着目点における橋軸方向の相対変位（ $u_{k1} - u_{k2}$ ）で除すことで、床版の任意の位置における影響値が得られ、これらの影響値を等高線表示することで影響面が作成できる。

キーワード ミューラーブレスロー、影響面、立体FEM解析

連絡先 〒556-0005 大阪府大阪市浪速区日本橋4-5-21 第一技研コンサルタント(株) TEL06-6645-4752



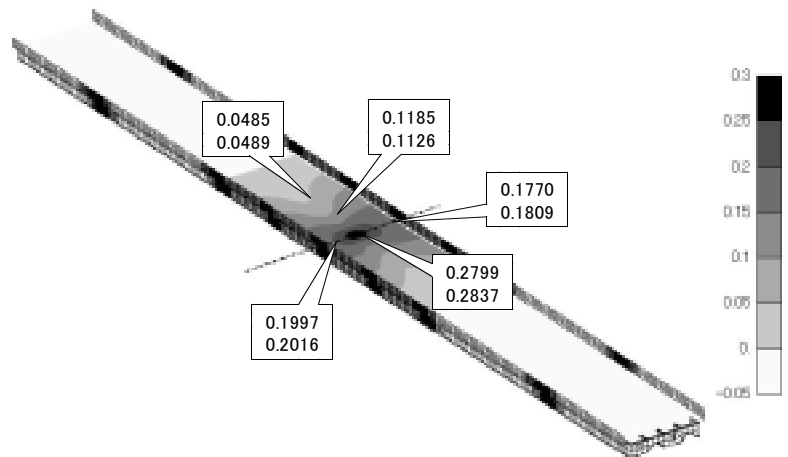
図－１ 解析モデル

4. 解析結果

図－２に本解法で求めた着目した縦リブ下フランジ橋軸方向応力度の床版上面での影響面を示す。

また、図中に数値を示しているが、上段には本解析法による値、下段には一般的に用いられている単位荷重を各節点に载荷した場合の解析値である。

図中、鋼床版の中央の節点における本解析値は0.2799、単位荷重载荷による解析値は0.2837と有効数字で2桁の一致がみられた。同様に他の節点においても両解析値は、ほぼ一致しておりいずれの方法を用いても同じ結果が得られることが確認できた。



図－２ 解析結果(G 3桁下フランジの影響面)

5. まとめ

本解法では1つの着目部材の影響面を作成するにあたって、荷重1ケースについての解析を行うだけでよいが、比較に用いた従来の方法では、同じ影響面を作成するために少なくとも数百ケースの解析が必要で、解析に要する時間のみならず出力のまとめにかかる手間も多大なものとなり、解析の対象が大規模かつ複雑になれば、その差はより広がることが考えられる。本解法を用いれば、複雑な立体構造物の任意の位置での断面力および応力の影響面が精度良く簡単に作成でき、これは即ち近々に主流となるであろう性能照査型設計における、構造物の多様化や荷重の複雑化に対応せざるを得ない設計業務の省力化・効率化に十分役立つものとする。

参考文献

- 1) 岡村宏一：構造力学(Ⅱ)，鹿島出版会，1991.
- 2) 佐光浩継，岡村宏一，石川一美：選点法を応用した平板構造の影響面の解析，土木学会第40回年次学術講演会 第Ⅰ部，1985，，pp. 19-20.