

部材剛性劣化の荷重分配特性への影響について

東洋大学 学生員 山田 裕尚
 東洋大学 学生員 樋口 幸太郎
 東洋大学 正会員 新延 泰生

1. はじめに

本研究は、既存橋梁の耐力診断を念頭におき、面外荷重を受ける格子構造の感度解析を行い、荷重分配係数を導き出すことにより、部材剛性劣化の荷重分配特性への影響について検討するものである。

なお、荷重分配係数の感度係数は、通常の桁断面設計の格子計算における主桁・横桁の剛度の仮定の際には、有用なデータとなるものと考えられる。

2. 感度解析法

$$[K]\{v\} = \{F\} \quad (1)$$

$$\left\{ \frac{\partial v}{\partial X_i} \right\} = [K]^{-1} \left[\frac{\partial K}{\partial X_i} \right] \{v\} \quad (2)$$

$[K]$: 剛性マトリクス $\{v\}$: 節点変位ベクトル

$\{F\}$: 節点外力ベクトル

変位法による静的な状態方程式は一般に式(1)で表され、任意の設計変数 X_i (断面積, 断面2次モーメント) で両辺を偏微分することにより式(2)が導き出される。 $\{\partial v / \partial X_i\}$ は、部材 i の感度変数に対する各変位の感度係数を示し、応答値を推定することができる。

また、桁断面においては、断面形状、断面寸法により確立した値を求めるのは困難であるため、断面積 A_i のみを前提とした。よって、断面2次モーメント I_i 、ねじりモーメント J_i の値は式(3)、式(4)に示すように断面積 A_i 及び部材長 l_i による関係を仮定した。

$$I_i = \alpha_i I_i l_i^2 \quad (3)$$

$$J_i = \beta_i I_i l_i^2 \quad (4)$$

3. 荷重分配係数の感度係数の誘導

主桁上のある点に荷重が載荷されたとき、荷重分配横桁を通じ、ある割合で各主桁に分配され、荷重分配係数として表せる。これは各主桁のたわみの比と考えられ、主桁、横桁の曲げ剛度および主桁間隔によって支配されている。

有限要素法により算出した部材節点の各変位量に

おいて主桁と横桁との交点における鉛直変位 v_j に注目すると、荷重分配係数との関係が導かれる。横桁は主桁中央に配置されているものとし、図-1のようにバネで支持されていると仮定できる。

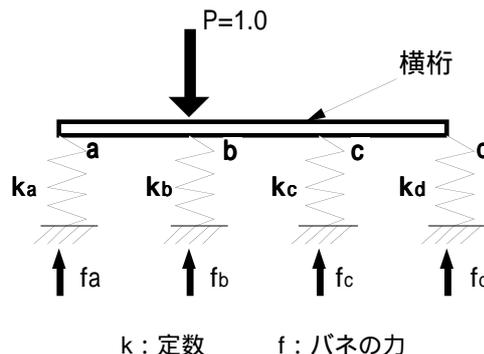


図-1

j 主桁のバネ定数 k_j は、支間長が 2ℓ で中央点に荷重 P が作用した単純ばりの中央点のたわみ δ_j と式(3)を用いて式(5)で表される。

$$k_j = \frac{P}{\delta_j} = \frac{6EI_j}{\ell^3} = \frac{6E\alpha A_j \ell^2}{\ell^3} = \frac{6E\alpha A_j}{\ell} \quad (5)$$

よって、バネ定数の感度係数は式(6)となる。

$$\frac{\partial k_j}{\partial A_i} = \frac{\partial}{\partial A_i} \left(\frac{P}{\delta_j} \right) = -\frac{P}{\delta_j^2} \frac{\partial \delta_j}{\partial A_i} \quad (6)$$

また、各主桁に分配される荷重は、横桁のバネの力 f に等しいと考えられるため、荷重分配係数は $f_j = k_j v_j$ であらわされる。よって、荷重分配係数の感度係数は A_i が j 主桁に含まれるときは式(7)で、 A_i が j 主桁に含まれないときは式(8)によって求められる。

$$\frac{\partial f_j}{\partial A_i} = \frac{\partial k_j}{\partial A_i} v_j + k_j \frac{\partial v_j}{\partial A_i} \quad (7)$$

$$\frac{\partial f_j}{\partial A_i} = k_j \frac{\partial v_j}{\partial A_i} \quad (8)$$

また、感度変数 $X_i = A_i$ (断面積) が δA_i だけ微小変動したときの j 桁の荷重分配係数 f_j の推定式は式(9)となる。

$$f_j = f_{j0} + \sum_{i=0}^m \left[\frac{\partial f_j}{\partial A_i} \right] \delta A_i \quad (9)$$

4. 解析モデル

任意の桁断面形状を対象とするために、断面二次モーメント及びねじりモーメントと桁断面積との間に、式(3)式(4)のような関係式を仮定し、図-2、図-3のような解析モデルを設定した。

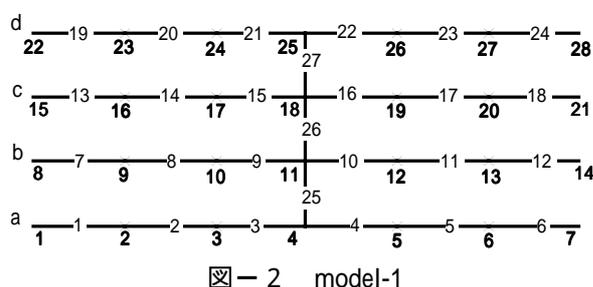


図-2 model-1

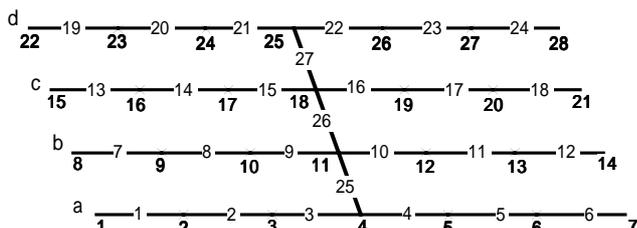


図-3 model-2

モデルの諸条件として、以下に示す。

節点4に単位荷重を載荷

主桁・横桁の断面積 $0.02296m^2$

支間長 $2l = 30m$

主桁間隔 $2.85m$

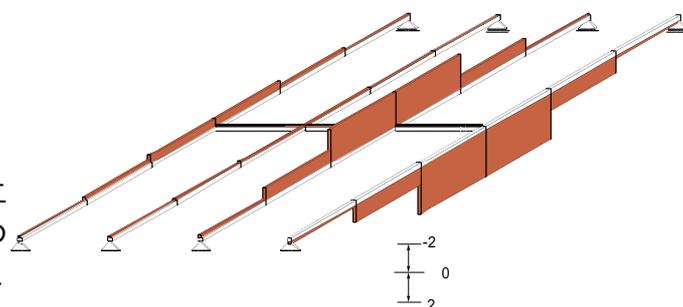
$E = 2.058 \times 10^{11} N/m^2$, $G = 7.938 \times 10^{10} N/m^2$

$\alpha_i = 0.01622$, $\beta_i = 0.0$

5. 解析結果

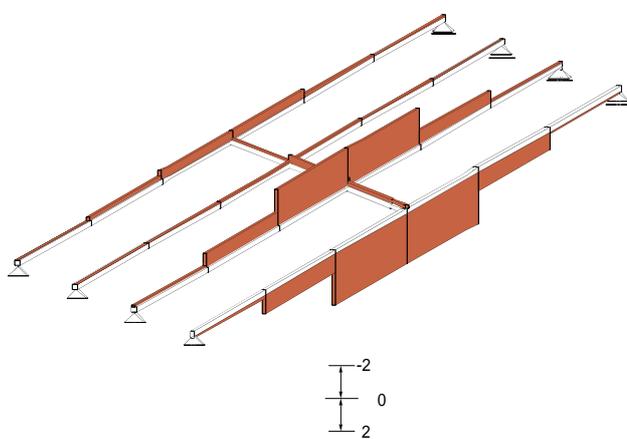
上記の2つのモデルについて解析を行い、各部材の主桁dへの荷重分配の影響分布図を作成し、以下に示す。

なお、model-1に対する荷重分配係数は、 $f_d = 0.71286$ であり、model-2に対する荷重分配係数は $f_d = 0.73337$ となる。これらは、式(9)の f_{j0} に相当する。



荷重分配係数の感度係数分布図 (model-1)

図-4



荷重分配係数の感度係数分布図 (model-2)

図-5

荷重分配係数の感度係数の値が大きいほど、部材剛性劣化による影響が大きい。よってこれらの分布図より、載荷点を節点4のみとした場合の主桁dへの荷重分配は、載荷点に近い部材ほど影響が大きい傾向にある。また、主桁d以外の主桁では、どの部材が劣化しても主桁dへの荷重分配が増加することがわかる。

6. 結果および考察

以上のことより、部材の剛性劣化が荷重分配にどのように影響を及ぼすかを、荷重分配係数の感度係数を求めることにより、分布図として表すことが出来た。

(キーワード): 格子桁、荷重分配、感度解析

連絡先: 東洋大学工学部 〒350-0815 埼玉県川越市鯨井2100 TEL0492-39-1402 FAX0492-31-4482

(参考文献)

(1) 水越哲也・新延泰生・榎本覚雄:「感度解析法による格子理論の荷重分配作用に関する研究」第25回関東支部技術研究発表会講演概要集1998.3

(2) 新延泰生・松井邦夫・菊田征勇:「骨組構造物の応答感度係数特性」土木学会論文集NO.450/I-20,pp.75-83,1992.7