

(I-80) 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

東洋大学¹⁾ 学生員 水越哲也

東洋大学¹⁾ 正会員 新延泰生

(株)大東設計コンサルタント²⁾ 正会員 榎本覚雄

1. はじめに

道路橋設計において主桁断面の決定における荷重強度の算出には、格子理論による荷重分配作用を考慮する。そこで、曲げモーメントに対する荷重強度の計算では、Leonhardtの公式により「1) 格子剛度の仮定、2) 主桁の剛比の仮定」を行うことにより、各主桁の荷重分配係数を求めることが多く利用されている。しかし、以後の断面寸法の決定における応力度の照査に至り、この仮定値の精度の誤差により計算のやり直しを行うという大変な時間的損失を生じることも起こりうる。

本研究では、面外荷重を受ける格子構造の感度解析を行い、格子剛度と荷重分配係数との関係を検討することにより、格子剛度の仮定値決定の指標を示し、主桁、横桁の断面寸法決定の簡略化を進めていく。

2. 感度解析法

変位法による状態方程式は式(1)で与えられ、これを任意設計変数 X_i (断面積、断面二次モーメント)で偏微分することにより式(2)が導かれ、 $\{\partial F/\partial X_i\}$ は部材 i の設計変数に対する各変位の感度係数を示し、応答値と推定することができる。ここで行う感度解析法の誘導には、有限要素法(FEM)の使用を前提に展開を進める。

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

$[K]$: 剛性マトリクス $\{v\}$: 変位ベクトル

$\{F\}$: 節点外力ベクトル

3. 解析条件

床版が4本の桁で支持され、支間30m、主桁間隔が2.85mであり、それら桁の中央に1本の剛な荷重分配横桁を設ける。また、部材は各節点ごとに区切り11部材、4本の主桁をa~dとしそれに対応した主桁と横桁との節点(格点)をA~Dとした。また節点を12点とし、図.1に示すようにそれぞれについて順に番号をつけた。

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の仮定のみを前提とした。よって、断面二次モーメント:I、ねじりモーメント:Jの値は全て式(3)、式(4)に示すように断面積:A及び部材長:lによる関係を仮定し、閉断面(箱形)の場合には、 $\alpha = 1.0$ 、 $\beta = 0.5$ 、開断面(I形)の場合には $\alpha = 1.0$ 、 $\beta = 0.0$ とした。また、すべての断面におけるヤング係数E、ねじり定数Jは一定とし、荷重は、図.1に示すように単位荷重:Pを節点2に載荷した。

主桁上のある点に荷重が載荷されたとき、その荷重は格子理論によれば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。

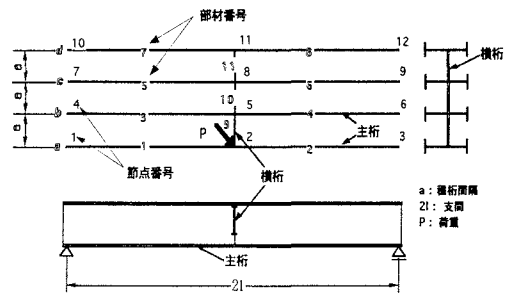


図.1

$$I = \alpha A l^2 \quad \dots(3) \quad J = \beta A l^2 \quad \dots(4)$$

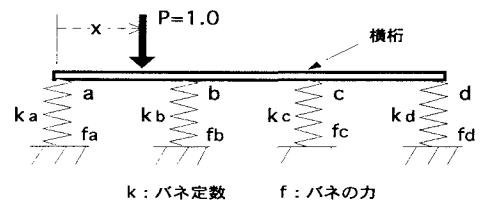


図.2

キーワード

感度係数、荷重分配、格子理論

連絡先

- 〒350 埼玉県川越市鯉井2100
- 〒101 東京都千代田区神田佐久間町3-38 第5東ビル

TEL0429-39-1402
TEL03-3861-1146

FAX0492-31-4482
FAX03-3861-7559

有限要素法により算出した部材節点の各変化量において節点変位： v_i に注目すると、荷重分配係数との関係が導かれる。主桁は格点に集中荷重が載荷されている単純ばりであり、横桁においては図.2に示すように各格点をバネ定数 k のバネ支点であると仮定することができる。そこで格点でのたわみは、主桁を単純ばりと仮定した場合のたわみ式から式（5）となる。また各主桁に配分される荷重（格点力）は横桁のバネの力 f に等しいと考えられるため式（6）により荷重分配係数が求められる。

4. 結果

主桁、横桁ともにI形断面とした格子桁において、有限要素法より計算した荷重分配影響線とLeonhardt氏の公式により計算した値はグラフ.1よりほぼ一致していることがわかる。これに用いるLeonhardt氏の公式による荷重分配係数は、設計例において応力度照査を確かめ採用された値である。

しかし、主桁の設計において、Leonhardt氏の公式及び有限要素法で求めた荷重分配係数は、仮定値のみに依存している。感度解析による推定値 f_i は、下記の式（7）に示すように、右辺の基準とする推定値 f_i に微小変化させた推定値を加えることにより求まる。

$$f_i = f_{i0} + \sum_j \left[\frac{\partial f_i}{\partial A_j} \right] \Delta A_j \quad \dots(7)$$

外桁である部材番号1,2,7,8について部材断面積を±5%、±20%変更させることにより、感度解析での節点（格点）番号2,5,8,11についての荷重分配係数の変動を検討する。また、部材断面積の変更を同様に、有限要素法による荷重分配係数の厳密解を求めた。ここで行う感度解析は、感度変数を部材断面積 A とした。

感度解析による荷重分配係数の推定法と有限要素法による厳密解とを比較し、プラス変更、マイナス変更それぞれを分け、グラフ.2、グラフ.3にそれぞれ示した。また、グラフ.4には断面変更率に対する格点における荷重分配係数の変化の比較グラフを示した。

3 終わりに

Leonhardt氏による荷重分配影響線と有限要素法で得られた値では、ほぼ一致している。また、数%の断面積変更率に対しては、荷重分配係数は、式（7）により推定が可能である。

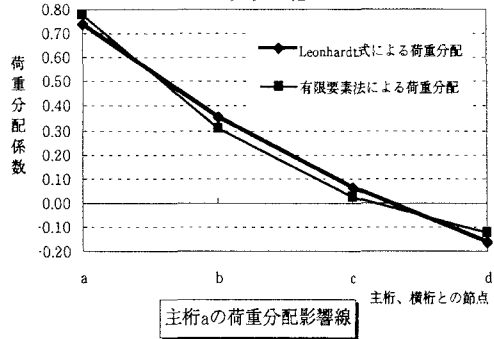
参考文献

- 土木学会、構造システムの最適化～理論と応用～,1988
- 菊池洋一 近藤明雄：橋梁設計例、オーム社,1997

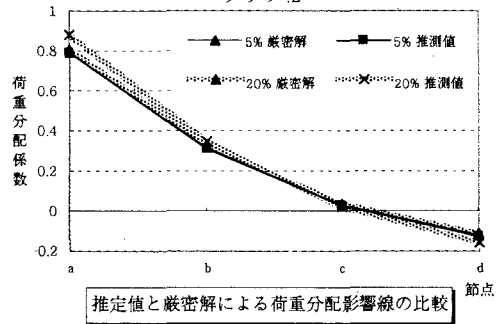
$$\frac{P}{\delta_i} = \frac{48 E I}{8 l^3} = \frac{6 E \alpha_i A_i}{l} = k_i \quad \dots(5)$$

$$f_i = k_i v_i = \frac{6 E \alpha_i A_i}{l} v_i \quad \dots(6)$$

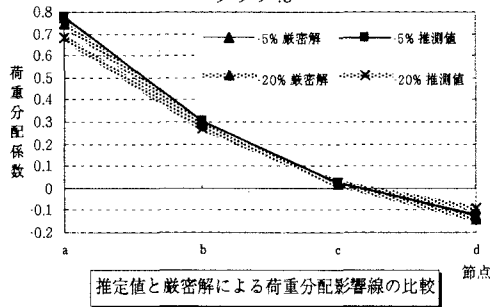
グラフ.1.



グラフ.2.



グラフ.3.



グラフ.4.

