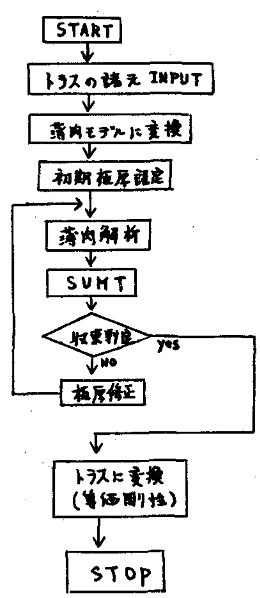
トラス橋の分割設計法に関する２，３の考察

京都大学　正員　白石成人　京都大学　正員　古田均
京都大学　学生員　○荻山弘文　京都大学　学生員　中野正則

1. まえがき　近年の構造物の大型化に伴い、設計に数理計画の手法を用いて、合理的に設計を行なおうとする最適設計においては、設計変数および制約条件式の数が増大し、理論的には解が求まるような問題でも、収束性、計算時間、容量などに種々の問題が生じ実際設計には殆んど適用不可能と言える。　この困難を解決する手段の１つとして、多段階決定の考え方がある。　本研究においては最適設計にこの手法の適用を行なうが、大別して２段階にこの考え方を導入する。　すなわち、分割設計の概念と、系に等価なモデルの導入である。　モデルの選定は元の系の諸力学特性のうち、最も注目すべき特性を十分に表現しうるものでなければならないのはもちろん、設計変数の数が少ないものが望ましい。　本研究では、今回用いた多段階決定法の考え方を述べ、つぎにその力学的等価性について記述する。　この考え方に基づき立体トラスを対象としてその最適設計を行なう。

2. 多段階決定法の最適設計への応用　設計変数の減少を目的とした多段階決定法としては (1). 分割手法 (2). 等価モデルの導入　を考える。　分割設計法として今日では多くの手法が提案されているが、それらの最大の難点は再結合の段階にあるといっても過言ではない。今回提案しようとする分割設計は上述の概念とは異なり、いわゆる多段階決定法の意図するヒエラルキー、すなわち、1変数でもって多変数を代表させようとする方法である。　しかしこの考え方にも適用限界がある。　決定段階数が増加すれば、はたして真の最適解が得られるであろうかという点である。　この欠点を補なおうとするのが等価モデル導入の考え方である。　すなわち系を分割し、かつその各部分系をモデルに等価置換し一体としてそのモデルの最適化を図ることにより系の主要変数を決定し、しかる後逆変換を行なうことにより最終的な解を得ようとする。　この手法の目的は、設計しようとする系の変数のうち、重要なものだけは少なくとも真の解に近い値を与えようとするところとなる。　この考え方は図１のフローチャートに要約される。

図1　多段階決定にもとづく立体トラスの最適設計フローチャート



3. 構造系とその等価モデル（立体トラスと薄肉構造物）　今考えているトラス橋のように変位の制約が支配的である問題では、剛性を等価にすることが要求される。　例えば対応するパネルのせん断剛性を等しくするトラスの部材断面積と薄肉の板厚との関係は、斜材のみが抵抗すると考えて　（ y：格点の鉛直変位　φ：斜材と弦材の交角

$$Q = \gamma\cdot G\cdot t\cdot S \quad \text{---- (1)} \qquad Q = E\cdot A_d\cdot a_d\cdot \sin\phi / d + \delta S/S \quad \text{---- (2)}$$

(1)(2)式より　$t = \{(J\cdot A_d\cdot \sin^2\phi)/d + \delta S/S\}\cdot E\lambda / G\cdot S\cdot J$

また対傾構に対して、ずれ角をθとすると

ずれモーメント　$M_\theta = 2Q\cdot b$　は、ずれ角を用いて　$\alpha\cdot\theta = M_\theta$　と表わされる。

αをパネル長λでわってパネル内の平均せん断剛性は　$\gamma = \alpha/\lambda$　となる。　またトラスの対傾構の位置に相当する薄肉はりの位置に、荷重Qを作用させた時のたわみをδとすると　$\gamma = 4Q\cdot b^2/\delta\lambda$　と表わされる。（文献(2)）

このような考え方で立体トラスとモデルの剛性を等価とするようなトラスに変換し、立体トラスの最適設計を段階的に行なう。

4. 計算結果および考察

図2に示す立体トラスを対象として、図に示される29部材断面積を設計変数とし、SLP（反復線型計画法）を用いて直接最適設計を行なった。　ここでは曲げ荷重に対して得られた結果を掲げた。　図3は各ステップごとの目的関数の値である。制約は各部材応力および中央点のたわみをとったが、たわみの制約を非常に厳しく1.5mmとしたため以下の最終的な値からわかるように応力に対してはまだまだ余裕のあるものとなった。　図3において第3ステップではたわみの制約を破りそのため次ステップでは設計変数の値が大きくなって目的関数の値が増加している。　また第14ステップ以降では殆んど目的関数の値に変化はなく解の改良も殆んどない。

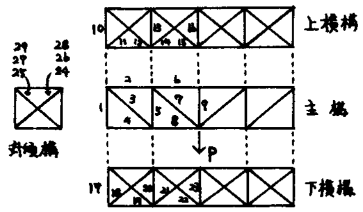


図-2　立体トラスとその設計変数

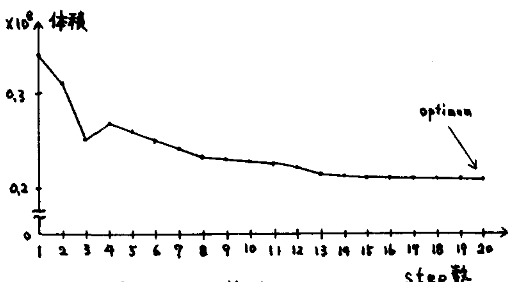


図3　立体トラス　体積 − Step

次に最終的な解を示す。　$A(1) = 406.1, A(2) = 366.1$

$A(3) = 568.8$, $A(4) = 108.6$, $A(5) = 389.5$, $A(6) = 750.1$, $A(7) = 594.7$

$A(8) = 329.3$, $A(9) = 107.2$, $A(10) = 107.2$, $A(11) = 793.6$, $A(12) = 107.2$

$A(13) = 150.1$, $A(14) = 80.4$, $A(15) = 199.3$, $A(16) = 107.2$, $A(17) = 793.6$

$A(18) = 793.6$, $A(19) = 87.3$, $A(20) = 115.9$, $A(21) = 79.4$, $A(22) = 107.2$, $A(23) = 107.2$, $A(24) = 79.4$, $A(25) = 78.3$, $A(26) = 107.2$

$A(27) = 107.2$, $A(28) = 107.2$, $A(29) = 107.2$ (cm^2)　　なお詳細は当日発表する予定である。

5. 結論およびあとがき

多段階決定の概念に基づく近似設計手法を提案し、立体トラス橋の最適設計に適用した。　一般の分割設計に比べると汎用性の点でおとり、その設計空間も実際のものとかなり異なったものになると思われるが、等価モデルおよび対象系の特性によりかなりの精度も期待でき、一変数で多くの変数を代表させることにより、計算時間、容量の大幅な減少が期待できると思われる。

［参考文献］

(1) Jhon F. Brotchie 'Systematic Design of Multistory Building' ASCE 1974 ST7 1489〜1519

(2) 小松定夫、西村宣男 '薄肉弾性ばり理論によるトラスの立体解析' 土木学会論文集 1975,6, 第238号, 1〜16