

1. まえおき トラス構造物の最適設計は、種々の手法を用いてはされているが、従来の非線形計画法の中では、SLP法が計算時間がかくなく、すみ実用的であると思われる。しかしながら、対象とする構造物の長大化してくると、やはり計算時間と記憶容量が大幅に増加し、適用が難しくなる。その原因は、シンプレックス表と剛性マトリクスが大きくなることにある。筆者らはすでに、全体構造物を部分構造に分割する際、分割節節点に斜支承を設けるという方法を発表し⁽¹⁾、応力と細長比のみの制約条件の場合は満足できる結果を得た。本報告では、まずこの方法による計算時間の短縮について若干の考察を加え、変位の制約条件のある場合への応用として、前回の結果の変位曲線と相似な曲線形で拘束されると仮定し、各部分構造に、変位の制約条件を付加するという近似的な方法を説明し、3種類のトラス構造物に適用してみに、また、各部分構造に付加された変位に関する制約条件を多少緩和することの効果も考察している。

2. 部分構造分割と計算時間の短縮 SLP法では、問題を線形化する時に、剛性マトリクス、逆行列の各要素の値が必要となるので、SLP法を用いる最適設計に要する計算時間の大部分は、LPと逆行列の計算で占められる。LPの計算は、部分構造に分割することにより縮小される。一方、逆行列の計算は、分割部へ斜支承を設け、定常な構造物とする本方法では、各部分構造毎の逆行列の計算が可能となり、全体構造物の逆行列の計算量に比べて縮小される。表-1は、図-4に示すスピンジスバンドレルブレースドリブアーケ橋(以下アーケ橋と略する)の応力と細長比のみの制約条件の場合の計算結果である。表中、NS:分割数、V:総体積(m^3)、T:計算時間(秒)、TLP:LPの計算に要する時間(秒)、n:繰り返し回数である。この表より、TLP/nは分割数の逆数に比例し、(T-TLP)/nは、分割数の逆数に比例して減小しているのかわかる。

NS	1	2	4
V (m^3)	13.887	13.886	13.890
T (sec)	125.132	37.528	15.905
TLP (sec)	75.939	17.877	3.925
n	18	18	18
T/n (sec)	6.925	2.085	0.884
TLP/n (sec)	4.219	0.993	0.218
(T-TLP)/n (sec)	2.733	1.092	0.666

なお、本方法でも、各繰り返し毎に全体構造物の解析は行なわれるが、必要な値は節点軸力と節点変位のみであり、剛性マトリクスや半バンド幅内の計算のみであるので、記憶容量、計算時間減少が大きい。

3. 変位の制約条件のある場合の近似的な方法 構造物を分割して最適設計を行なう場合、変位の制約条件と厳密に考慮することは、難しい問題であると思われる。ここでは近似的な方法として、前回の解の変位曲線と相似な曲線上の部分構造内の任意の節点の変位、あるいは、分割節節点の変位の斜支承方向の成分を、各部分構造の制約条件に付加する方法をとった。この相似な曲線は、次のように考える。

例えば、図-1に示す径間連続トラス橋の場合、実曲線・前回の解の変位曲線、 S_a 、 S_b 、 S_c を分割節点の変位、 δ^0 を点Cでの変位の制約量とすると、相似な曲線は、実線に δ^0/δ_c と乗することにより得ることができ、各部分構造に付加する変位の制約量 S_A 、 S_B は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} S_A &= S_a \times (\delta^0 / \delta_c) \\ S_B &= S_b \times (\delta^0 / \delta_c) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

点A、Bが分割節節点であれば、 S_A 、 S_B の斜支承方向の成分とする。

この方法は、実際の問題よりも変位を拘束する点を増えて、真の解よりも大きい目的関数の値を与える可能性がある。

そこで本報告では、部分構造に付加する制約条件を緩和する効果と検討するために、式(1)の右辺に α (≥ 1)なる係数と乗じることが行なわれる。

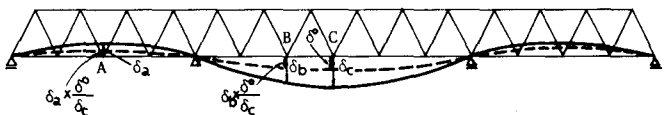


図-1 変位の制約条件のある場合の考え方

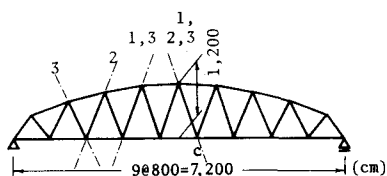


図-2 曲弦ワーレントラス橋

4. 計算例および考察 計算例として、図-2の曲弦ワーレントラス橋、図-3の3径間連続ワーレントラス橋、図-4のアーチ橋を考えた。応力、細長比のみの制約条件の場合の総体積および図に示した点Cの変位は、それぞれ 4.659 m^3 、 10.13 cm 、 3.545 m^3 、 6.26 cm 、 13.887 m^3 、 16.26 cm である。ここでは、点Cの変位の制約量として、それぞれ 5 cm 、 4 cm 、 10 cm とした。分割数は3種類とし、分割部は図に1点鎖線で示した。実際の計算は、初期値を数種類適当にとり、前述の α は、 1.0 、 1.01 、 1.03 、 1.1 、 1.2 として行なった。それらの結果の内、総体積の最小値を例を選んでまとめたものを表-2、3、4である。

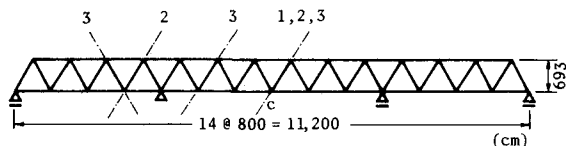


図-3 3径間連続トラス橋

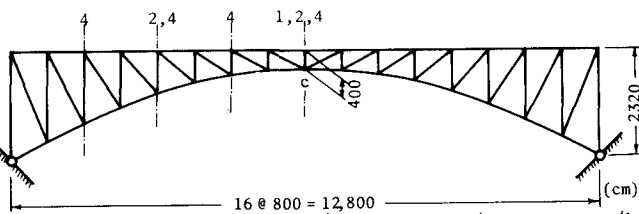


図-4 ステンジスバンドレルアーチ橋

NS	1	2	3
α	1.00	1.00	1.03
V (m^3)	9.180	9.189	9.150
T (sec)	37.938	25.357	7.457
TLP (sec)	27.487	19.336	3.987
n	25	14	13
T/n (sec)	1.517	1.811	0.574
TLP/n (sec)	1.099	1.381	0.307
(T-TLP)/n (sec)	0.418	0.430	0.267

表-2 曲弦ワーレントラス橋の結果

NS	1	2	3
α	1.00	1.00	1.20
V (m^3)	4.448	4.459	4.544
T (sec)	99.152	104.918	40.229
TLP (sec)	76.946	81.240	25.946
n	18	19	25
T/n (sec)	5.508	5.522	1.609
TLP/n (sec)	4.275	4.276	1.038
(T-TLP)/n (sec)	1.233	1.246	0.571

表-3 3径間連続トラス橋の結果

NS	1	2	4
α	1.00	1.00	1.00
V (m^3)	18.126	18.126	19.023
T (sec)	251.638	309.477	69.994
TLP (sec)	183.671	228.388	41.882
n	25	30	26
T/n (sec)	10.066	10.316	2.692
TLP/n (sec)	7.347	7.613	1.611
(T-TLP)/n (sec)	2.719	2.703	1.081

表-4 ステンジスバンドレルアーチ橋の結果

これらの結果を考察すると、まず計算時間に関して、分割数が増加するに伴い大幅に減少している。また、表-1と表-4と比較すると、変位の制約条件を考慮することにより、TLPが分割増加しているのに対して、総体積は減少している。繰り返し回数については、分割数の影響はほとんどなく、初期値の影響が支配的である。また、目的関数の値Vであるが、曲弦ワーレントラス橋、3径間連続ワーレントラス橋の場合、分割数の増えてもVの値はほとんど変化なく、満足できる結果であると思われる。しかしながら、アーチ橋では、分割数の増加と共に精度が多少悪くなっていく。最後に、付加した制約条件を緩和するために、上表に示したように、曲弦ワーレントラス橋では1.03、3径間連続トラス橋では1.2の場合、最もVを少なくし、アーチ橋では効果は少ない等構造系によって異なる結果を示した。

5. あとがき 本報告は、変位の制約条件のある場合の部分最適分割について説明したものである。本方法は1部では良好な結果を与え、全体に、初期値と α の値により結果のかなり変化し、今後、これらと分割部の位置の影響について検討が必要であると思われる。

本報告の数値計算は、北海道大学大型計算機センターのFacon S30-75で使用した。

参考文献 (1) 石本博之、工居清史、中村伸太郎；部分最適分割による長大トラス橋の最適設計に関する研究、土木学会論文報告集、No. 261、1977-5