

I-11 遺伝的アルゴリズムを用いた合成応力に関する検証と簡易計算法の提案

Recommendation regarding to the calculation Method of Composite Stress by GA

古田秀博⁽¹⁾、草間晴幸⁽²⁾、江場田直⁽³⁾

Hidehiro FURUTA, Haruyuki KUSAMA and Naoshi EBATA

【抄録】曲げモーメントとせん断力の絶対値が最大となる載荷位置は、影響線を用いて簡単に求めることができる。しかし、これらの断面力を同時に考慮する合成応力の照査は簡単にはいかない。なぜなら、合成応力に関する影響線を求めたところで、これはすべての領域で正值を持つためである。従って、鋼道路橋設計示方書では、単純な照査法を用いることを許している。しかし、この照査法で用いる値より大きい値（真の最大値）が存在することも確かである。本論文では、この真の最大値の代わりにGAを用いた準最大値を求め、道路橋設計示方書で規定されている値とGAによる準最大値との差を比較するとともに、実用的な合成応力算定法を提案する。

【ABSTRACT】The loading position where the absolute value of bending moment or shearing force is maximum can be got by using the influence-line. But the composite stress can't be obtained by using the method because it always has positive value. Therefore, the Specification for Highway Bridges of Japan allows to use the simple method. However, it is certain that the result is smaller than quasi-maximum value. It is very important for designers to find the magnitude of difference between design value and quasi-maximum value obtained by using GA. And a simple calculation method to get the composite stress which is composed by bending moment and shearing force is presented.

【キーワード】 遺伝的アルゴリズム, 合成応力, 影響線, 準最大値

【Key Word】 Genetic Algorithm, Composite Stress, Influence-Line, quasi-maximum value

1. 緒 言

現行の鋼道路橋示方書・同解説¹⁾に規定されている曲げモーメントとせん断力との合成応力が最大となる載荷状態は、現在唯一の効率的な手法である影響線載荷計算法では厳密に求めることができない。このため、曲げモーメントあるいはせん断力最大時の載荷状態から決まる

合成応力を設計値として使用している。現在、この設計値が大域的最大値と比べてそれほど大きな差は無いであろうという仮定のもとで、影響線を用いた計算法が一般に用いられている。しかし、現実に設計値より大きな値を持つ大域的最大値が存在することは明かであることから²⁾、設計値が大域的最大

(1)正会員 工修 (株)横河技術情報・課長 CAD・CAEシステム部 (〒273 船橋市山野町27番地)

(2)正会員 工博 大阪大学・助教授 工学部環境工学科 (〒565 吹田市山田丘2-1)

(3)正会員 工修 (株)横河技術情報・課長補佐 橋梁技術部 (〒273 船橋市山野町27番地)

値と比べてどの程度の差を示すのかを知っておくことは重要である。

鋼道路橋示方書・同解説の合成応力照査に関する具体的な記述は以下のようになる。8.2.4の規定で、「曲げモーメントおよび曲げに伴うせん断力のみが作用する断面で、垂直応力度および曲げに伴うせん断応力度がともに2.2.1に規定する許容応力度の45%を超える場合は、曲げモーメントおよび曲げに伴うせん断力が最大となる荷重状態について、式(8.2.4)を満足するようにしなければならない。」という合成応力の照査が義務付けられている。この式(8.2.4)とは次式である。

$$(\sigma_b/\sigma_s)^2 + (\tau_b/\tau_s)^2 \leq 1.2 \quad (1)$$

ただし、

σ_b : 曲げモーメントによる垂直応力度 (kgf/cm²)

σ_s : 示方書の2.2.1に規定する許容引張応力度 (kgf/cm²)

τ_b : 曲げモーメントによるせん断応力度 (kgf/cm²)

τ_s : 示方書の2.2.1に規定する許容せん断応力度 (kgf/cm²)

ところが、「 σ_b と τ_b の組み合わせは無数にあり、これらをすべて照査することはできないので、曲げモーメントおよび曲げに伴うせん断力がそれぞれ最大となる2つの荷重状態について照査すればよいこととした。」という但し書きが添えられている。

橋梁分野にかかわらず、多くの分野でこのような合成応力を用いた設計が行われているのが現状であり、機械分野の設計で頻繁に現れるVon-Misesの相当応力も代表的な合成応力である。

合成応力が最大となる載荷状態を求めるための具体的な方法は、載荷長を逐次変化させながら実強度荷重を様々な位置に載荷し、すべての載荷長と載荷位置の組み合わせの中から合成応力

の最大値を見つけ出せばよい。しかし、この問題は組み合わせ爆発を起こすような問題、すなわちNP完全問題の一つであるナップサック問題となるため特殊な手法を用いる必要があり、このために本論文では遺伝的アルゴリズムを用いることによりこれの解決を図っている²⁾⁴⁾。

本論文では、現行の計算法の問題点や本計算法の理論的背景と計算手順等を説明した後、都市高速道路に多数見られるラーメン構造形式橋梁の一部を切り出してモデル化した不静定梁を取り上げ、断面力の最大・最小時における合成応力を上回る中間的な載荷状態が存在することを示す。さらに、この結果に関して考察し、合成応力の簡易な計算方法を提案する。

2. 遺伝的アルゴリズムによる最大合成応力の探索

2.1 遺伝的アルゴリズム²⁾⁵⁾⁷⁾

人工知能の諸問題においては、複雑で大規模な探索空間のなかで高品質の解をすばやく見つけることがしばしば要求される。巡回セールスマン問題やナップサック問題といったいわゆる組み合わせ最適問題はその例と言えよう。しかし、問題の規模が大きくなってくると、厳密な解を求めることが計算量の増加によって現実的に不可能となる。そこで、ある程度満足できる解、すなわち準最適解を探索する手法が用いられる。この場合、探索空間に関する知識が先見的に利用できる場合は比較的早い探索が可能である。しかし、これが利用できない場合、動的にこの探索空間に関する知識を蓄積しながら探索手順を制御しなければならない。このような探索問題は適応型探索問題と呼ばれ、一般にその取扱いは難しい。

遺伝的アルゴリズムはこのような問題において特に有効な探索アルゴリズムである。

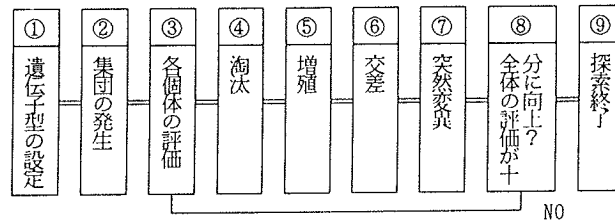


図-1 遺伝的アルゴリズムの基本的な処理

すなわち、問題に固有な知識を利用できないため、うまく探索空間を狭めることができず、組み合わせ爆発を起こしてしまうような大きな探索空間を持つ問題に対しても適用することができる探索技法である。

遺伝的アルゴリズムは、以下のような手順に従って実行される。図-1に遺伝的アルゴリズムの基本的な処理の流れを示す。①：対象とするシステムを遺伝子（その集合体としての染色体）情報として表現する。一般にはこれをおある長さのビット列で表現する。この情報は、いわゆる遺伝子型にあたる。②：この染色体を持つ多数の個体を発生する。これは表現型に相当する。③：個体集団は、ある環境（生態系）中で生活し、なんらかの評価を受ける。④：評価値に応じて淘汰を受ける。すなわち、評価値がある基準値よりも低いものは死滅し、高いものは生き残る。⑤⑥⑦：生存競争に生き残った個体は、評価値に応じた交配率で配偶者を見つけ子孫を残す。この時、染色体の情報を相手と交換したり、シフトに変化、すなわち突然変異したりする。⑧：この③～⑦のサイクルを多数回繰り返す。⑨：環境が変化するとそれに応じてより良い遺伝子型が選択され、ついには最初に存在していなかった新種（より良い個体＝システム）が現れることが期待できる。

2. 2 合成応力最大時の載荷状態の探索

はじめに、解析モデルに対して実荷重（集中荷重あるいは分布荷重）を移動荷重として載荷し、影響線を求める要領で各載荷位置における着目点の着目成分を求める。ここで、曲げモーメントやせん断力に関する値の合計が最大値になる場合が、影響線載荷計算における最大値と一致する。ところが、合成応力は式(1)で表されるため、影響線載荷のように簡単に求めることはできない。

このため、ここではある着目点における合成応力を最大にする載荷状態は、集中荷重や部分分布荷重の載荷の組み合わせから決定されるものと考えられる。すなわち、全載荷点のうちある領域には載荷し、他の領域には載荷しないことになる。これを式に表すと(2)式のようになる。

$$\begin{aligned} M_j &= \left| \sum_{i=1}^m \alpha_{ij} M_{ji} \right| \\ S_j &= \left| \sum_{i=1}^m \beta_{ij} S_{ji} \right| \end{aligned} \quad (2)$$

M_{ji} ：荷重が載荷点*i*に載荷された場合の着目点*j*における曲げモーメント

S_{ji} ：荷重が載荷点*i*に載荷された場合の着目点*j*におけるせん断力

また、 $i(=1, 2, \dots, m)$ は荷重の全載荷位置格点番号を、 $j(=1, 2, \dots, M)$ は着目点を示す。特に、 α_{ij} と β_{ij} は荷重が載荷されているか否かを示す係数で、載荷時には1.0、非載荷時は0.0となる。しかし、このような荷重載荷位置の組み合わせによって合成応力の最大値を

求めようとする、2.1のところで述べたような組み合わせ爆発を引き起こすことになる。この場合には、以下のよう組み合わせ数が生ずることになる。

全載荷位置数を m とし、各位置に作用する荷重を式(3)のように定義する。

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\} \quad (3)$$

そして、ある着目点 j のこの各荷重 P_i に対応する曲げモーメントとせん断力を

$$\begin{aligned} M_j &= \{M_{j1}, M_{j2}, \dots, M_{jm}\} \\ S_j &= \{S_{j1}, S_{j2}, \dots, S_{jm}\} \end{aligned} \quad (4)$$

と定義する。この条件のもとで m 個の荷重の内から h 個の荷重を選んで組み合わせ、合成応力が最大となる場合を考えてみる。つまり、部分集合 P_h, M_h, S_h を作成することにする。この組み合わせの数はそれぞれ mC_h 個存在し、その中のそれぞれの k 番目の部分集合を P_{hk} とする。この部分集合の合計を V_{hk} とすると、

$$V_{hk} \rightarrow \text{Maximum} \quad (5)$$

となる組み合わせを探索することになる。そしてこの探索問題の組み合わせ総数 H は以下のようになる。

$$\begin{aligned} H &= {}_m C_1 + {}_m C_2 + \dots + {}_m C_{m-1} + {}_m C_m \\ &= 2^m \end{aligned} \quad (6)$$

なお、本論文では応力 σ, τ の式(1)を断面力 M, S の式に変換して取り扱うこととし、これを式(7)に示す。

$$\begin{aligned} & (M_{b_{m,x}}/Z\sigma_s)^2 + (S_{b_{m,x}}/A\tau_s)^2 \\ &= \{ (M_{b_{m,x}})^2 + (Z\sigma_s/A\tau_s)^2 \\ & \cdot (S_{b_{m,x}})^2 \} / (Z\sigma_s)^2 \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、

$M_{b_{m,x}}$: 発生最大曲げモーメント
 τ_s : 許容せん断応力
 $S_{b_{m,x}}$: 発生最大せん断力
 Z : 断面係数

σ_s : 許容垂直応力
 A : 断面積

3. 不静定梁を用いた検証

図-2に示すような脚と桁が剛結された都市高速道路によく見られる π - π 構造形式の橋梁の一部を切り出したものを計算する。このモデルを左端単純・右端固定支持（以下は単純・固定支持と呼ぶ）および両端固定支持の不静定梁にモデル化する。なお、移動荷重として作用させる荷重は集中荷重10tfとする。また、着目位置は左端から L_{en} の位置とする。

設計で移動荷重を取り扱う場合、ある着目する位置に対して最も不利になるような、すなわち最も大きな断面力が発生するような範囲に荷重を載荷するのが一般的である。曲げモーメントやせん断力についてのみ考える場合、影響線の形状から直接最大値を特定することができる載荷位置を求めることは容易である。しかし、合成応力の場合その影響線は常に正の値であるためその載荷領域の決定は困難である。そこで、遺伝的アルゴリズムのような手法を用いて準最大値を求める必要がある。

次に、合成応力が最大となる載荷状態を決定するために遺伝的アルゴリズムを使用するが、この際、その載荷状態を表現するため、図-3にあるような遺伝子コーディングを行う。これは、不静定梁の影響値計算モデルの節点数31個に1個の遺伝子に対応させ、この遺伝子が0であるか1であるかによってその節点が載荷であるのか非載荷であるのかを決定する。なお、この計算例で遺伝的アルゴリズムによる合成応力 X と $M_{m,x}$ 時あるいは $S_{m,x}$ 時の合成応力との差が最も大きくなる位置を特定するため、単純・固定支

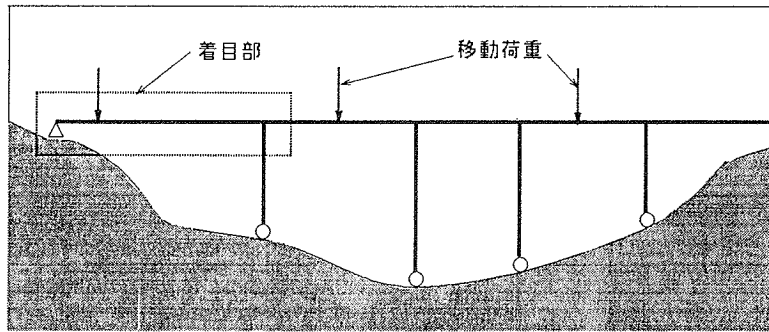


図-2 合成応力の検討解析のための着目部

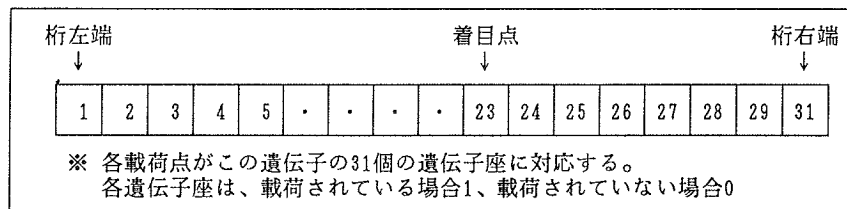


図-3 各載荷点の載荷状態を表す遺伝子コーディング

持および両端固定支持の不静定梁のモデルで、径間長 L が30m、 n^2 が1.5の問題についてその着目位置を変化させて計算した結果を表-1と2に示す。この結果、 M_{max} 時のせん断を用いた結果と遺伝的アルゴリズムを用いた結果の比(M_{max}/X)は単純・固定支持の場合、着目点が両支点近傍ではほぼ1.0となり、支間中央近傍($x/L=0.7\sim0.77$)で1.0より小さい結果となった。また、 S_{max} 時の曲げを用いた結果と遺伝的アルゴリズムを用いた結果の比(S_{max}/X)は、右側支点到近くになるに従って1.0に近づき、左側支点近傍から支間中央($x/L=0.13\sim0.73$)にかけて1.0より小さい値となっている。一方両端固定支持の場合、支間中央側から右端側の部分に着目した。その結果、 M_{max}/X は x/L が0.77から0.87で1.0より小さい値となった。また、 S_{max}/X は x/L が0.50~0.80で1.0より小さい値を示した。以上から、本計算では単純・固

定支持の場合、固定端より0.27Lおよび両端固定支持の場合固定端より0.2Lの位置に着目して計算することとした。また、単純・固定支持の場合の M_{max} 時、 S_{max} 時および準最大値発生時の載荷状態を表-3に示している。この結果から、遺伝的アルゴリズムによって求めた合成応力の準最大値の載荷状態がほぼ全載状態に近いことがわかる。したがって、以下に行う n^2 を変化させた計算においてこの全載状態での合成応力も同時に計算することとする。

ここでは、支間長 L を15と30m、発生断面力の着目位置 L_n を単純・固定支持の場合11と22m、両端固定支持の場合12と24mについて、 n^2 を変化させた際の合成応力の各計算値を比較した結果を表-4から7に示す。なお、これらの中で使用しているパラメータは以下のようなになる。

表-1 着目点による
合成応力の変化
(単純・固定支持)

$\frac{x}{L}$	$M_{\bar{A}}$	$S_{\bar{A}}$
0.13	1.00	0.88
0.26	1.00	0.71
0.50	1.00	0.53
0.63	1.00	0.61
0.70	0.97	0.69
0.73	0.94	0.94
0.77	0.93	1.00
0.83	1.00	1.00
0.90	1.00	1.00

G = 半径曲と合せた値
 n^2 = 間接せん断係数
 L = 長さ
 t = 厚さ
 M_0 = 最大断面力
 x = 断面力に等しい位置の距離
 $\bar{M}_x$ = 断面力に等しい位置の距離
 $\bar{S}_x$ = 断面力に等しい位置の距離

表-2 着目点による
合成応力の変化
(両端固定)

$\frac{x}{L}$	M_{max}	S_{max}
0.50	1.00	0.59
0.57	1.00	0.53
0.63	1.00	0.54
0.70	1.00	0.60
0.73	1.00	0.64
0.77	0.99	0.72
0.80	0.92	0.93
0.83	0.89	1.00
0.87	0.95	1.00

G=30. M_n=x²/L².
 径曲と合せと成値
 間けせん断探
 長最断面力解
 L=30. M_n=x²/L².
 大断面力時に、X=のよ最大

表-3 載荷状態例（解析条件：径間長30m、着目点は左端より22m、 $n^2=1.5$ ）（単純・固定支持）

[illegible]

表-4 n^2/L^2 による合成応力の変化
(両端固定)

$G = n^2/L^2$	M_{max}/X	S_{max}/X	全載/X	最大値
0.0000	1.02	0.62	0.91	1.02
0.0018	1.01	0.63	0.98	1.01
0.0036	0.96	0.76	0.99	0.99
0.0053	0.92	0.83	0.99	0.99
0.0067	0.90	0.86	0.99	1.00
0.0071	0.89	0.87	1.00	0.99
0.0080	0.88	0.89	0.99	0.99
0.0089	0.87	0.91	0.99	0.99
0.0098	0.86	0.92	0.99	0.99
0.0107	0.85	0.93	0.99	0.99
0.0124	0.83	0.95	0.99	1.00
0.0142	0.82	0.97	1.00	0.99
0.0160	0.81	0.98	0.99	1.00
0.0178	0.80	0.99	1.00	0.99
0.0222	0.77	1.00	0.99	1.00

径間長 $l=15m$, $S=12m$, $S/L=0.8$, M_{max} =曲げ最大
 時の曲げとせん断による合成断面力, S_{max} =
 せん断最大時の曲げとせん断による合成断
 面力, X =準最大値

表-5 n^2/L^2 による合成応力の変化
(両端固定)

$G = n^2/L^2$	M_{max}/X	S_{max}/X	全載/X	最大値
0.0000	1.00	0.59	0.57	1.00
0.0006	1.01	0.57	0.77	1.01
0.0009	1.00	0.69	0.85	1.00
0.0011	1.00	0.76	0.89	1.00
0.0013	0.99	0.82	0.93	0.99
0.0017	0.97	0.88	0.97	1.00
0.0020	0.95	0.92	1.00	1.00
0.0022	0.92	0.93	1.00	1.00
0.0024	0.90	0.94	1.00	1.00
0.0027	0.88	0.95	1.00	1.00
0.0031	0.85	0.97	1.00	1.00
0.0036	0.82	0.97	1.00	1.00
0.0040	0.79	0.98	1.00	1.00
0.0044	0.77	0.99	1.00	1.00
0.0056	0.73	1.00	1.00	1.00

径間長 $L=30m$, $S=24m$, $S/L=0.8$ M_{max} =曲げ最大
 時の曲げとせん断による合成断面力 S_{max} =
 せん断最大時の曲げとせん断による合成断面
 力, X =準最大値

表-6 n^2/L^2 による合成応力の変化
(単純・固定支持)

$G=n^2/L^2$	M_{max}/X	S_{max}/X	全載/ X	最大値
0.00000	1.00	0.12	0.46	1.00
0.00044	1.00	0.57	0.76	1.00
0.00089	0.99	0.76	0.85	0.99
0.00133	0.98	0.90	0.96	0.98
0.00156	0.96	0.94	0.99	0.99
0.00178	0.92	0.95	0.99	0.99
0.00222	0.86	0.97	1.00	1.00
0.00444	0.70	1.00	1.00	1.00
0.00889	0.59	1.01	1.00	1.01
0.01333	0.53	1.00	0.98	1.00
0.04444	0.46	1.00	0.97	1.00

径間長 $L=15m$, M_{max} =曲げ最大時の曲げとせん断による合成断面力, S_{max} =せん断最大時の曲げとせん断による合成断面力, X =弾最大値

表-7 n^2/L^2 による合成応力の変化
(単純・固定支持)

$G=n^2/L^2$	M_{max}/X	S_{max}/X	全載/ X	最大値
0.00000	1.00	0.11	0.47	1.00
0.00056	1.00	0.62	0.75	1.00
0.00111	0.99	0.83	0.91	0.99
0.00167	0.94	0.94	1.00	1.00
0.00222	0.86	0.96	1.00	1.00
0.00278	0.80	0.97	1.00	1.00
0.00333	0.76	0.98	1.00	1.00
0.00389	0.73	0.99	1.00	1.00
0.00444	0.70	1.00	1.01	1.01
0.00500	0.68	1.00	1.00	1.00
0.00556	0.66	1.00	1.00	1.00

径間長 $L=30m$, M_{max} = 曲げ最大時の曲げとせん断とを合成断面力, S_{max} = せん断最大時の曲げとせん断とを合成断面力, X = 弾最大値

$$X: \{ (M_{b_{m,x}})^2 + n^2 (S_{b_{m,x}})^2 \}^{1/2}$$

(遺伝的アルゴリズムによる準最大値)

$$n^2: (Z\sigma_s / A\tau_s)^2$$

$M_{m,x}$ 時: 曲げモーメント最大時の曲げモーメントとせん断力を用いた X

$S_{m,x}$ 時: せん断力最大時の曲げモーメントとせん断力を用いた X

表-4から7より、以下のことがわかる。
(a) 遺伝的アルゴリズムで求めた合成応力値は、 n^2 の値が0の場合(曲げモーメント最大時であり、せん断力の効果が全く無い場合の合成応力値)と n^2 が十分に大きい場合(せん断力最大時であり、曲げモーメントの効果がほとんど無い場合の合成応力値)の両極端のについてほぼ一致した値を示しており、解の境界条件を満足していると言える。

(b) 全載状態での合成応力と準最大値の比(全載/ X)が1.0より小さくなる領域は、 $M_{m,x}$ 時/ X と $S_{m,x}$ 時/ X がともに1.0より小さくなる領域から外れている。

(c) $M_{m,x}$ 時/ X と $S_{m,x}$ 時/ X はともに1.0を最大としている。 $M_{m,x}$ 時/ X を見ると、 n^2 が0に近い場合1.0となり、 n^2 が大きくなるにつれて小さくなっている。逆に、 $S_{m,x}$ 時/ X は、 n^2 が十分に大きい場合1.0となり、 n^2 が小さくなるにつれて小さくなっている。したがって、これらが1.0より大きい領域で互いに比較してどちらか大きい値を採用するという道路橋示方書の考え方は、設計実務上から考えて一応妥当なものであると言える。しかしながら、これらの中間的な n^2 においては、両者とも1.0より小さい値を示しているため、この考え方は常に正しいとは言えない。

以上の計算結果から、曲げモーメントあるいはせん断力最大時の合成応力値より大きい値を示す要因および全載状態との関係について整理すると以下のような項目を挙げることができる。

(a) 影響線形状がせん断力、曲げモーメント

ともに反転領域を持つこと。すなわち、このような反転を生じさせる位置であること。具体的には、計算の結果から支間長 L に対して固定支持点より $0.2L \sim 0.3L$ の間ぐらいの領域と特定できる。

(b) 曲げ剛性とせん断剛性の比、すなわち $n^2 = (Z\sigma_s / A\tau_s)^2$ がある境界値内にあること。

(c) また現象面に注目すると、固定支持条件の影響が大きいと言える。両端単純支持条件の場合梁のどの部分に着目しても、曲げモーメントとせん断力の影響線に反転領域が生じないのでこのような問題が発生しない。また、両端固定支持条件の不静定梁がこの問題を最も顕著に発生させるものであり、単純・固定支持条件の不静定梁は中間的な挙動を示すと考えられる。そしてこの固定部の剛性、すなわち n^2 定数の大きさに関係が深いと言える。たとえば、橋脚と梁が一体となったラーメン橋梁の場合、梁部の両側が橋脚によって支持されている。したがって、この不静定梁モデルは両端が剛性の異なる n^2 によって支持されたものと仮定することができ、この n^2 定数の変化によって合成応力の評価方法が左右されることになる。

(d) 全載状態での合成応力と準最大値の比(全載/ X)が1.0より小さい領域は、 $M_{m,x}$ 時/ X と $S_{m,x}$ 時/ X がともに1.0より小さくなる領域から外れていることから、実務的には全載状態についても十分に考慮に入れる必要がある。

4. 簡易計算法の提案

以上の計算結果とその考察および設計断面力算出に当たっての実務的な立場から、曲げ応力とせん断応力による合成応力について以下のような手順に従って求めることが可能である。

(1) 曲げモーメント最大時のせん断力、せん断力最大時の曲げモーメントのそれぞれの載

荷状態および全載状態の3つのケースについて計算する。

(2)これらの3ケースの内の最大値を抽出する。

(3)この最大値に対して適切な安全係数 β を割り増す。具体的な合成式は以下のようになる。

$$C = \{ M_b^2 + (Z\sigma_s / A\tau_s)^2 \cdot S_b^2 \}^{1/2} / (Z\sigma_s) * \beta \quad (8)$$

M_b : 曲げモーメント最大時またはせん断力最大時の曲げモーメント

S_b : 曲げモーメント最大時またはせん断力最大時のせん断力

Z : 着目桁の断面係数

A : 着目桁の断面積

σ_s : 許容垂直応力

τ_s : 許容せん断応力

β : 安全係数

C : 合成応力

以上の計算方法の結果 ($\beta = 1.0$) を表-4から7の右端に最大値として示しているが、これを見ると単純・固定および両端固定の両支持条件ともに準最大値 λ より最大で1%程度小さ目の値となっている。このことから、適当な安全係数 β で割り増すことにより安全な合成応力を算出することができる。

5. 結 言

鋼道路橋示方書にあるような合成応力は、曲げモーメントとせん断力による応力をそれぞれ2乗した値の合計として定義されているため常に正値を持つことになり、これを影響線載荷法を用いて求めることは不可能である。そこで、実務上の判断から簡便な計算法が提案されているのであるが、残念ながら、これでは最大値を求めることにはならない。本論文では、遺伝的アルゴリズムを用いてこの最大値を求める方法を示すとともに、現行の道路橋示方書で採用されている合成応力の計算法がどのよう

な評価を与えているのかについて、簡単な例題を用いて示した。その結果、現行の道路橋示方書で採用されている合成応力の計算法では、それほど大きな値ではないものの、梁の曲げ剛性とせん断剛性に関するパラメータ λ と梁の両端の固定支持条件に依存して過小評価している部分があることがわかった。しかし、この問題を解決するために、すべての設計に対して本論文で扱った遺伝的アルゴリズムを使用することも実務上困難である。このため、本論文では、設計実務者が容易に利用できるような実用的な簡易計算法を提案した。

【参考文献】

1. 日本道路協会：鋼道路橋設計示方書・同解説
2. 古田秀博、新井隆：集団山登り法を用いた多次元多峰性関数の大域最適値の探索、構造工学における数値解析シンポジウム論文集、第18巻、pp.429-434, 1994.7
3. 古田秀博、江場田直：遺伝的アルゴリズムを用いた合成応力に関する検証、構造工学のための数値解析シンポジウム論文集、Vol.18巻、pp.417-422, 1994.7
4. 古田秀博、草間晴幸：GAを利用したラーメン構造橋梁の合成応力算定式、土木学会中部支部大会講演集、Vol.1-47, pp.97-98, 1995.3
5. 樋口哲也、北野宏明：遺伝的アルゴリズムとその応用、情報処理、Vol.34, pp.871-883, No.7, 1993.6
6. 北野宏明編：遺伝的アルゴリズム、産業図書
7. 星野力：遺伝的アルゴリズムによる生物進化のシミュレーション、bit, Vol.23, No.8, pp.11-22, 1991.8