

長岡技術科学大学 学生員 額谷 仁博

長岡技術科学大学 正 員 鳥居 邦夫

§-1 まえがき 現在行なわれている不静定構造物の応力法による設計は、収束計算をして不静定力及び断面を決定しているのが現状である。本報告では曲げモーメントダイアグラムの絶対値の積分を目的関数にして、不静定力を決定してしまう最適設計法について検討してみた。

§-2 設計理論 現行設計法ではあくまでも不静定力に対応する変位に関しての適合条件を満足することを前提条件とするが、本報告の設計法はBMDの絶対値の積分を目的関数とする。つまりその目的関数が極小値になる不静定力を求めることが構造物重量を最小に設計したことになるとするのが、筆者の根本理論である。当然、この場合上記の適合条件を満足しないことになる。それはプレストレインという形でその構造物にプレストレスを導入した結果となり、意図せずして最適プレストレス量が決定できるという利点が更に付加されるのである。

$$\text{目的関数 } QF = \int |M| dx \quad (1) \text{ 式}$$

2径間連続の1次不静定梁を例に具体的に説明する。このBMD絶対値積分による最適設計法では、曲げモーメントに不静定力 X を未知数としたまま目的関数を作り、目的関数 QF が極小値になる変数 $X = Q$ を不静定力にするものである。現行設計法では変位に関しての適合条件を満足するために不静定力の再設定を行ない、改めて断面を決定し直すような収束計算が必要である。

筆者の最適設計法では不静定力 X が偏微分によって決まってしまうので収束計算を必要とせず、同時に断面もBMDにより決定されるという利点があり、簡便かつ合理的設計法と言える。不静定構造物の設計は今までトライアルで非常に時間のかかっていたものが、一連の簡単な計算で終了することになる。不静定力に対応する変位については架設時にプレストレスを導入して適切な変位にして、施工上の対策を施すものである。変位が上下どちらになるかは断面決定の際の抵抗モーメントによって建うので一概に判断できないが、たとえば2径間連続桁のときは、Fig-1のような架設時のプレストレインが考えられキャンバーとのかね合いの問題も解決せねばならない。

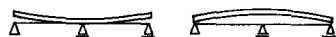
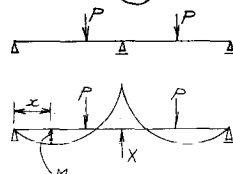
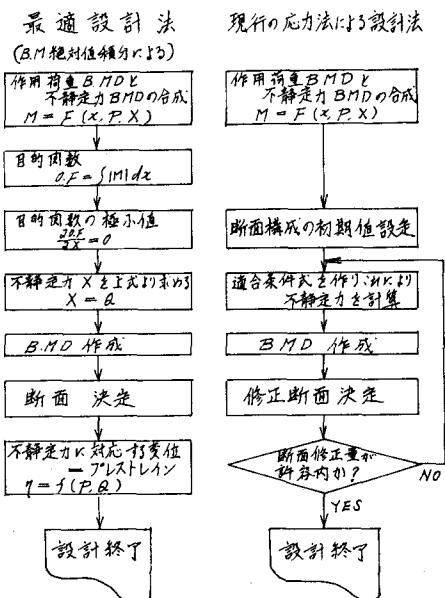


Fig-1

$$QF = \int M^2 dx \quad (2) \text{ 式}$$

目的関数を(1)式のようにBMDの絶対値の積分にするのが本設計法であるが、(2)式のような M^2 の積分を目的関数にして偏微分すれば、カステリャノのオズ定理を用いて不静定力を求めた時と同じ結果を得る。今回の数値計算では作用曲げモーメントの目的関数を計算したのだが、設計には抵抗曲げモーメントの目的関数を最小にするのが最も良く、最小抵抗曲げモーメント



x : 位置
 P : 作用荷重
 X : 不静定力
 q : プレストレイン

の設定が必要である。

§-3 数値計算 2径間連続桁と3径間連続桁に等分布荷重満載する場合についての計算結果を報告する。

目的関数のFは2径間連続桁のとき不静定力Xの3次式で表われ、3径間連続桁のときは次式で表われる。

$$\frac{OF}{wl^3} = \frac{27}{8} + \left\{ -9 - \frac{9}{2(2+\beta)} + \frac{9}{2(2+\beta)} \right\} \alpha + 6\alpha^2 - \frac{3}{2}\alpha^3 + \left(\frac{3}{2} - \frac{4}{2+\beta} \right) \sqrt{\frac{3}{2} - \frac{6}{2+\beta}} \alpha$$

$$\frac{3+3\beta}{4+2\beta} < \alpha < \frac{3}{8}(2+\beta) \quad \alpha = X/wl \quad \beta = \text{中央支間/端支間}$$

目的関数の極小値付近は曲率が小さくっており不静定力Xの変化に対して目的関数の感度は鈍感である。

現行設計法と最適設計法と不静定力などの程度の差異が生じるが抵抗曲げモーメントと作用曲げモーメントにすりつけて計算した結果、ほとんど差がないことが判明した。このことは最適設計法で設計して中央支点変位がほとんどないことを意味し、プレストレインはわずかの程度で済むことが予想される。

本設計法の目的から離れるが、このように現行設計法と本設計法が類似した結果が出るので、変断面連続桁の不静定力を現行設計法で求める場合、本設計法が初期値を与えてくれるであろう。3径間連続桁においては端スパンと中央スパンの比を1:βで目的関数を計算してみると、β≒1.25が最も小さく、経済的スパン割りであると言える。

§-4 あとがき 以上2径間と3径間連続桁について、BMD絶対値積分を目的関数とする最適設計を試みたが、今後はBMDの絶対値積分と材料重量の関係、及び不静定力とそれに対応するプレストレインとの関係を明らかにする必要がある。尚本報告では書きなかった集荷荷重については報告会で述べることにし、また、この最適設計法を使って種々の不静定構造物を設計できらうわけで、アーチについて報告する予定である。

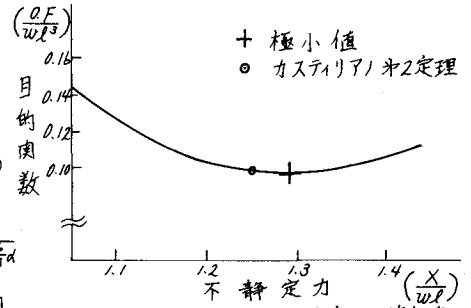


Fig-2 2径間連続桁に等分布荷重満載する場合

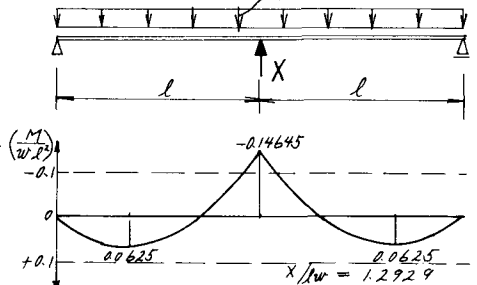


Fig-3 目的関数が極小値になる曲げモーメント図

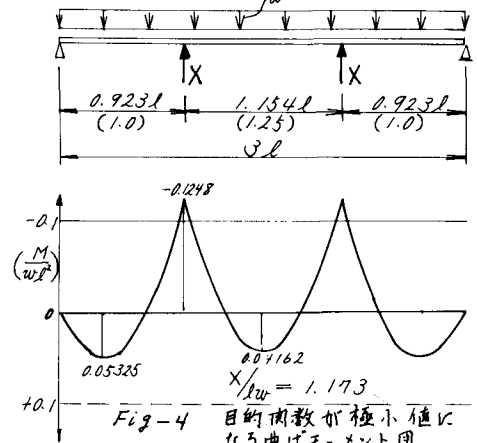


Fig-4 目的関数が極小値になる曲げモーメント図

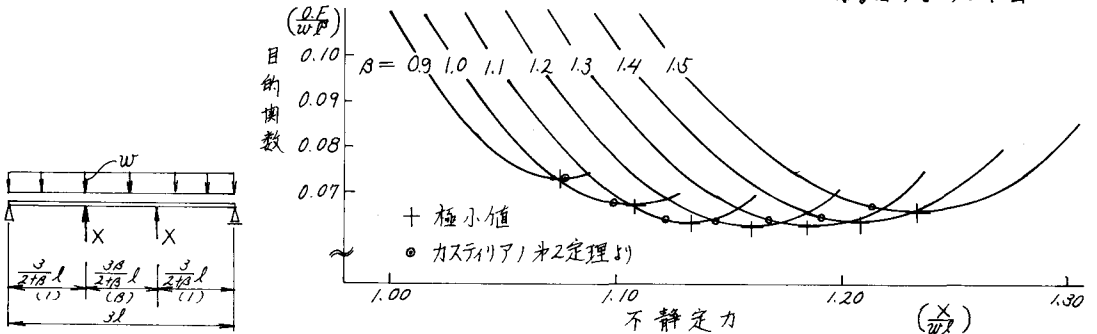


Fig-5 3径間連続桁に等分布荷重満載する場合