

I-293 応力状態を目的関数とする最適化

宅地開発公団

○正 東谷 直

名古屋工業大学

正 松浦 聖, 正 長谷川 彰夫

1. はじめに

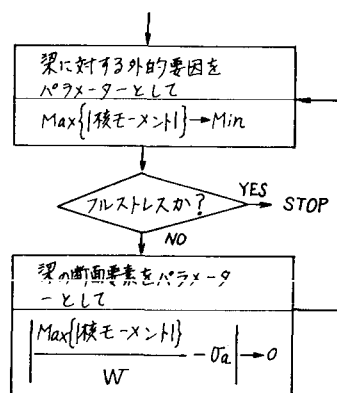
現在 最適設計はコストあるいは重量を目的関数として、その極小化を追求することが一般に行われている。本研究では、その立場を離れ、全応力設計を拡張合理化して、応力状態を最適化することを目標とした。計算例として、斜張橋の補剛桁の応力状態の最適化を試みた。

2. 最適な応力状態

構造内部の応力状態は安全性の面から、あらゆる位置で許容応力以下であることが必要である。また最適性の見地からすれば発生応力は、なるべく均等に分布していることが望ましい。従ってより広い範囲で発生最大応力が、均等に分布し、許容応力に一致することが最適な応力状態であるといえる。

3. 方法論

発生応力を許容応力に一致させることは、全応力設計法 そのままである。ここでは、その上に均等化の操作を行うことが必要となる。この二つの操作を同時に行うことは問題を複雑化することになり、解への収束性の低下も招きかねない。そこで二つの操作を別個に行ない繰り返して収束させる。図-1は斜張橋補剛桁を対象とした、フロー・チャートである。



4. 斜張橋補剛桁についての計算例

斜張橋補剛桁の特徴として

i) 断面が逆台形をしている場合が多く、下フランジが上フランジに先立って危険となる。

ii) 曲げと同時に、ケーブル張力の水平成分に対応する圧縮力を混成して受ける。

この二つの理由により、応力状態を表わす目的関数として、下フランジに対する積モーメントを考える。

$$M_k = M + \frac{W}{A} \times N \quad \text{------(1)}$$

$$\sigma = M_k / W \quad \text{------(2)}$$

M_k : 積モーメント

A : 断面積

M : 断面の曲げモーメント, W : 断面係数(下側)

N : 軸力(引張り正)

図-1 応力状態最適化のフロー・チャート

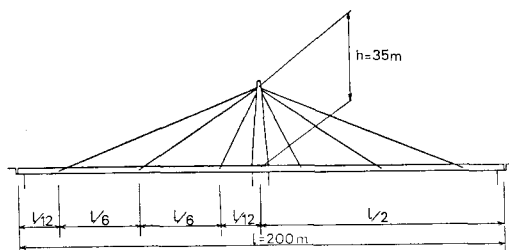


図-2 斜張橋モデル

均等化の方法として、積モーメントの最大値を最小化する方法による。変数としては、各ケーブルの張力調整量の α を取り、他の要素は一定(表-1)とした。本例では塔とケーブルの応力制限を除外して制約のなり以下の

ような極小化問題とした。

$$M_n \times \left\{ \begin{array}{l} \text{核モメント} \\ \text{スパン} \\ \text{について} \end{array} \right\} \longrightarrow \text{Min} \quad \text{ケーブル張力について} \quad \text{----- (3)}$$

最小化の手法は、微係数の計算を要しない、シンプレックス法²⁾ (非線形)を使用した。この方法は微係数の連続性が期待できない本計算例には通しているものの、一般には収束の信頼性に乏しい。しかし、シンプレックスの更新時における探索点の数を増して、ある程度の良い

収束を得ることができた。図-3は、ケーブル張力を調整しない場合の応力状態であり、図-4は、張力を調整して、核モメントを均等化した場合である。核モメントは、四ヶ所(左半分)ではほぼ等しい最大値を

取っており、張力を調整しない場合と比較すると52%改善されている。

次に均等化の操作により、得られた核モメントに対して発生最大応力を許容応力(1400 kg/cm²)に一致させる。この操作は双方の差を最小化することによって、容易に行うことができる。変数としては、下フランジ断面積の α を取り、上フランジ断面積は常にその1.5倍とした。手法としては、成功と失敗のルーチンを用いた収束計算を行った。図-1に示した操作による、繰り返しの結果を図-5に示す。発生最大応力は3回で、ほぼ許容応力に一致している。

5. あとがき この方法による、応力状態最適化の問題点は

- i) 均等化の場合における工学的理由による収束の困難さ
- ii) 最適な応力状態と最小費用設計の解との対応

が挙げられる。しかし構造系によっては、応力状態を最適化の対象とする利便が期待できるものと思われる。

参考文献 1) 山田善一・大宮寺尚：斜張橋の最適基準設計に関する研究。土木学会論文報告集, No. 253, 1976

1) 山本宏：斜張橋のアレストレス量の決定について, 土木学会西部支部研究発表講演概要集, 1979

2) ディクソン：非線形最適化反復法, 培風館, 1974, pp. 89~93

補剛桁	断面積	0.15 m ²
	断面二次モメント	0.20 m ⁴
	中立軸下フランジ間距離	150 cm
塔柱	塔高	35 m
ケーブル	断面積	80 cm ²
	ヤング率	1.6 × 10 ⁷ ton/m ²

表-1

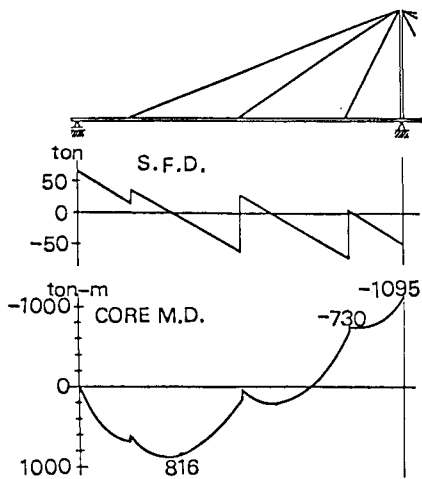


図-3 プレストレスを加えない場合

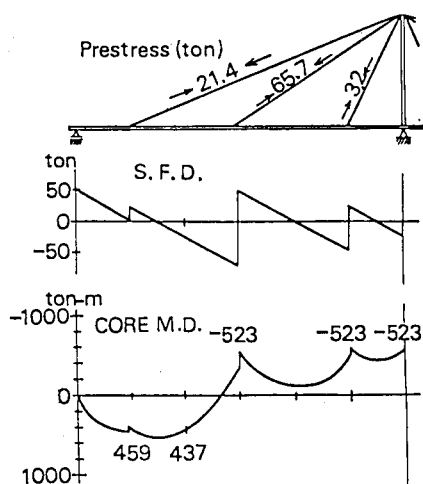


図-4 最適なプレストレスを加えた場合

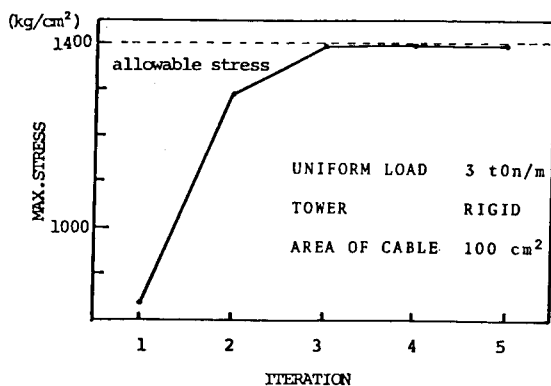


図-5 最大応力の収束状況