

九州大学 正員○千々岩浩巳

九州大学 正員 太田俊昭

九州共立大学 正員 三原徹治

1. 緒 言

P C斜張橋は、主桁、主塔およびケーブル等の設計に多くの自由度を有するので設計に対する種々の制限に柔軟に対応でき、景観的にも優れた構造であるため、各地で盛んに計画・架設されている。設計の自由度が大きいことは、設計条件の範囲内で比較的自由な設計が可能であることを意味するが、反面、必ずしも設計者の意図した設計が得られない場合も考えられ、合理的な最適設計法の確立が求められる。しかしながら、P C斜張橋を対象とした最適化に関する研究は、主として斜材張力¹⁾や主桁プレストレス量²⁾などの個々の要因について検討したものが多く、構造全体の最小費用設計³⁾に関してはあまり行われていない現況である。これは、P C斜張橋がP C鋼棒量、位置や主桁プレストレス量などの鋼斜張橋にない設計上のファクターを有しており、さらに主桁、主塔およびケーブルの断面諸元やケーブル調整量も加えると構造全体では多数の設計変数を同時に取扱わなければならないことに一因があると考えられる。言い替えれば、鋼斜張橋にない設計諸量をあらかじめ決定できれば、P C斜張橋の最適化計算は、鋼斜張橋の場合と同程度の取扱いで可能となる。

本研究は、上記観点からP C斜張橋構造全体の最小費用設計法を開発するにあたり、最適化計算の際の決定すべき設計変数の数を大幅に減らし、効率的な最適化を可能にするための一方策として、P C鋼棒の断面積、配置位置については、全体の最適化計算に含まれない形で算定できる構造解析法を提示するものである。

2. 最適設計のための構造解析

本解析においては、P C斜張橋を平面骨組構造と仮定し、主桁および主塔は、1節点3自由度の平面はり要素、またケーブルは軸方向力のみを考慮する棒要素とした。また解析で用いる仮定は以下のとおりである。

- 1) 主桁・主塔のクリープの影響を無視する。
- 2) ケーブルサグの影響は考慮しない。
- 3) 主桁プレストレスによる偏心力は、等価節点力として各節点に配分する。
- 4) 主桁・主塔の断面形状は、それぞれ全断面同一とする。
- 5) 設計荷重は、死荷重および活荷重とする。

(1) P C鋼棒の必要断面積・配置位置

主桁内P C鋼棒の概算必要断面積 A_{pi} は、主桁に引張を許さないとすると、文献4)より次式で算定される。

$$A_{pi} = 2.53 \frac{M_i}{d_i} \cdot \frac{1}{\sigma_{pu i}} \quad \dots\dots (1)$$

ただし、 M_i : 主桁の曲げモーメント、 d_i : 有効高さ

$\sigma_{pu i}$: P C鋼棒の引張強度、 i : 主桁の要素番号

また、P C鋼棒は圧縮側に引張力が作用しない位置に配置する必要があるため、配置位置の中立軸からの距離 x_i は次式で求められる。

$$x_i = \frac{I_i}{A_i (H_i - z_i)} \quad \dots\dots (2)$$

ただし、 A_i : 主桁の断面積、 H_i : 主桁高

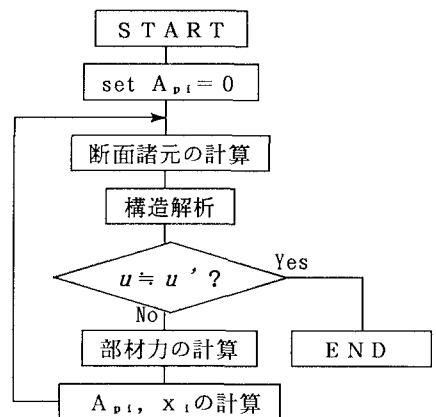


図-1 解析フローチャート

z_i : 引張縁から中立軸までの距離, I_i : 主桁の断面2次モーメント

(2) 解析手順

式(1), (2)を導入すると、断面諸元、死荷重量などが変化するため、構造解析は以下のような繰返し計算により行われる。

- ① $A_{p,i} = 0$ とする。
- ② 各主桁要素の A_i , d_i , z_i および I_i を求める。
- ③ 変位法により構造解析を行い、曲げモーメント M_i 、軸力、変位等を求める。
- ④ 算定された変位量 u が前回の繰返しにおける変位量 u' とほぼ等しくなったとき解析を終了する。
- ⑤ そうでないとき、求められた M_i から式(1), (2)を用いて $A_{p,i}$, x_i を算定し、ステップ②にもどる。

以上の手順をフローチャートに示すと図-1 になる。

3. 計算例

図-2 に示す構造モデル(新丹波大橋をモデル化²⁾)について斜材張力を文献2)の値に固定し、0~300tfの主桁プレストレス量に対する解析を行った。図-2 には、計算結果の一例として、主桁プレストレス量を300tfとした場合の各節点変位も併記した。図より最大変位は左第2, 3 ケーブル定着点付近に生じることがわかり、軸力や曲げモーメントなどの量についても文献2)と同様の傾向が認められた。

また、図-3 には主桁プレストレス力~最大節点変位関係を示す。本例の場合、全断面に均一な主桁プレストレス力を導入しているため、その力が大きくなると主桁の最大節点変位は線形的に減少しており、プレストレス力の偏心曲げの効用が見受けられる。

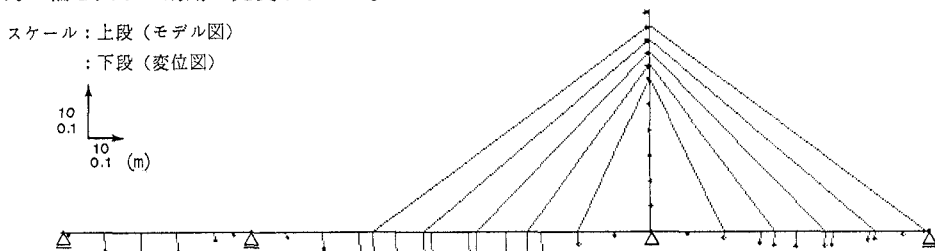


図-2 構造形式および節点変位(主桁プレストレス力=300tf)

4. 結 言

本研究では、P C斜張橋の最小費用設計を鋼斜張橋の場合と同程度の取扱いで可能にするため、P C鋼棒の断面積、配置位置の決定を含めた構造解析法を提示した。最適設計への応用例については講演時に説明する予定である。

参考文献

- 1) 古川, 角谷, 新井, 春日: コスト最小規準によるP C斜張橋の最適斜材張力の決定に関する研究, 土木学会論文集, 第392号/I-9, pp. 411-414, 1988.
- 2) 藤井, 宮本, 小深田: P C斜張橋の斜材張力および主桁プレストレスの最適化に関する研究, 土木学会論文集, 第408号/V-11, pp. 31-40, 1989.
- 3) 岩永, 小林, 三池: P C斜張橋のコスト最小設計, 土木学会西部支部講演概要集, pp. 14-15, 1990.
- 4) 宮崎: プレストレストコンクリートの種別と所要の引張鋼材断面積との関係について, プレストレストコンクリート, Vol. 22, No. 2, pp. 41-48, 1980.

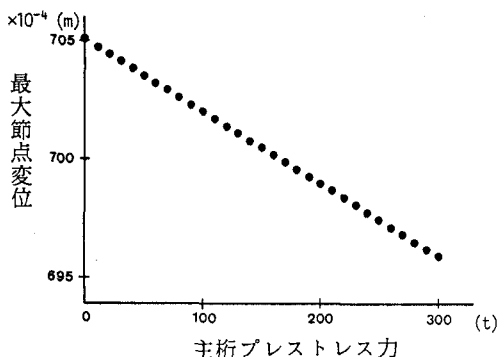


図-3 主桁プレストレス力~最大節点変位関係