

I-470

設計者の満足度を考慮したファジィケーブル張力調整法の改良

日立造船(株) 正員 金吉正勝 日立造船(株) 正員 田中 洋
 大阪市建設局 正員 亀井正博 京都大学工学部 正員 古田 均

1. まえがき

著者らは、斜張橋の最適なプレストレス(PS)量を決定する方法としてファジィ理論を用いた方法¹⁾を研究してきた。そして設計者の経験を生かし制約条件の上、下限値および希望中心値を与え、設計者の満足度を定義することによりファジィ数理計画法²⁾を応用し、PS量が自動決定される方法³⁾を開発してきた。

本報告では、満足度による最適なPS量の決定の他に主桁の曲げモーメントの絶対値を極力小さくする条件の追加を試みたので、その定式化と簡単な斜張橋モデルを使用した計算例を報告する。

2. 満足度の概念^{2), 3)}

図-1のように制約条件の上、下限値(F_U, F_L)の他に希望中心値(F_C)を与え、非対称なメンバーシップ関数を定義し、その値を設計者の満足度 μ とする。満足度の値は、制約条件が希望中心値に合った場合は1.0、上、下限値の場合は0.0、その中間の場合は0.0~1.0の間の数となる。

3. 定式化

死荷重時の断面力を F_d 、PS導入による断面力を F_{PS} 、また、PS導入後の断面力を F_o とする。

$$F_o = F_d + F_{PS} = F_d + \sum_{i=1}^N X_i \cdot K_i \quad (1)$$

$$F_L \leq F_o \leq F_U \quad (2)$$

ここに、図-1を参照して、

F_C : 希望断面力の中心値、 F_U : 希望断面力の上限值

F_L : 希望断面力の下限值、 K_i : 単位PS量による影響値

X_i : ケーブル i のPS量(未知数)

D_L : $F_C - F_L$ で表される幅(Lの範囲と呼ぶ)

D_R : $F_U - F_C$ で表される幅(Rの範囲と呼ぶ)

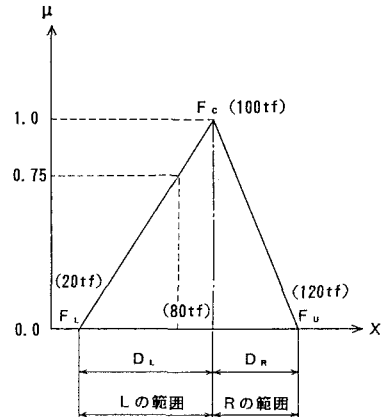


図-1 非対称のメンバーシップ関数(満足度)

部材断面力(j)に着目して上式の(1)、(2)を変形すれば次式となる。

但し、 N はケーブル本数。また、 $j=1, 2, \dots, M$ (M : 断面力照査項目数)とする。

$$F_{Lj} - F_{dj} \leq \sum_{i=1}^N X_i \cdot K_{ji} \leq F_{Uj} - F_{dj} \quad (3)$$

いま、 $F_{Lj}' = F_{Lj} - F_{dj}$ 、 $F_{Cj}' = F_{Cj} - F_{dj}$ 、 $F_{Uj}' = F_{Uj} - F_{dj}$ とすれば、

満足度 μ は、以下のように表せる。

Lの範囲

$$\mu_{jL} = \begin{cases} 0.0 & (F_{Lj}' \text{ 以下の区間}) \\ 1.0 - (F_{Cj}' - \sum_{i=1}^N X_i \cdot K_{ji}) / D_{Lj} & (F_{Lj}' \text{ と } F_{Cj}' \text{ の間の区間}) \end{cases}$$

Rの範囲

$$\mu_{jR} = \begin{cases} 1.0 + (F_{Cj}' - \sum_{i=1}^N X_i \cdot K_{ji}) / D_{Rj} & (F_{Cj}' \text{ と } F_{Uj}' \text{ の間の区間}) \\ 0.0 & (F_{Uj}' \text{ 以上の区間}) \end{cases} \quad (4)$$

照査項目に対する満足度の最小値を μ^* (入力値)とすると(4)式は次の条件式となる。

$$\mu^* \leq \mu_{jL} \quad \mu^* \leq \mu_{jR} \quad (5)$$

主桁の曲げモーメントの絶対値を極力小さくする条件は、非負のダミー変数 F^+ 、 F^- を導入すると、

(1)、(3)式を参考に以下のように表せる。

$$F_{dL} + \sum_{i=1}^N X_i \cdot K_{Li} + F_L^+ - F_L^- = 0 \quad (6)$$

$L=1, 2, \dots, MM$ (MM : 主桁曲げモーメント照査格点数)

目的関数は、部材長を B_L とすると次式となる。

$$f = \sum_{L=1}^{MM} (F_L^+ + F_L^-) \cdot B_L \rightarrow \min \quad (7)$$

以上のような定式化を行えば、最適PS量は通常の線形計画法を解くことにより求められる。

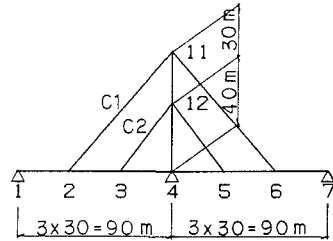


図-2 斜張橋モデル図

4. 計算例

図-2の斜張橋モデルを用いてPS量決定の例を示す。設計目標値として表-1の値と表-2に示す満足度 μ^* とを入力し、本方法により決定したPS量を表-2に示す。満足度 μ^* は、文献3)の満足度 $\mu=0.93$ より順次小さくし、満足度 $\mu^*=0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1$ の5ケースの計算を行った。満足度 $\mu=0.93$ と $\mu=0.10$ の場合の主桁の曲げモーメントを図-3に示す。文献3)により求めた解も比較のため表-2に示す。満足度 μ^* を小さくするに従って設計目標値すなわちケーブルC1, C2の張力および格点4の曲げモーメントは設計目標値の中心から離れていくが、目的関数すなわち主桁の曲げモーメントの絶対値は小さくなっている。本法は、満足度 μ^* の設定によって主桁の曲げモーメントの値をコントロールする事が可能であり設計者の意図を反映した解が得られる有効な解法である。

表-1 目標値 (D+PS)

D+PS量	目標値			死荷重 断面力
	下限値	中心値	上限値	
ケーブルC1 (tf)	217.4	297.4	317.4	197.4
ケーブルC2 (tf)	155.1	235.1	255.1	175.1
格点4モーメント (tf・m)	-500.0	-300.0	-100.0	-1967.4

表-2 計算結果 (D+PS)

満足度 μ^*	ケーブルC1 (tf)	ケーブルC2 (tf)	格点4 モーメント (tf・m)	目的関数 (7)式 ($\times 10^4$ tf・m・m)
文献 3	291.8 (0.93)	229.5 (0.93)	-286.0 (0.93)	2.56
本 法	289.4 (0.90)	231.8 (0.96)	-280.0 (0.90)	2.34
	283.6 (0.83)	239.2 (0.80)	-240.0 (0.70)	1.68
	282.4 (0.81)	243.1 (0.60)	-200.0 (0.50)	1.40
	281.3 (0.80)	246.9 (0.41)	-160.0 (0.30)	1.12
	280.1 (0.78)	250.8 (0.21)	-120.0 (0.10)	0.84

() 内は各項目の満足度

5. 結 論

本稿で紹介した張力調整法は、あらかじめ決めておいた断面を考慮したPS量を自動決定し、また、主桁の曲げモーメント分布を均一にし、その絶対値を極力小さくするPS量が決定できる合理的かつ有効な解法である。本法では、メンバーシップ関数および満足度の設定が必要なのでまず文献3)の方法により満足度を求め、次にその値を参考にして満足度を変化させ主桁の曲げモーメントの改善を行えば設計におけるPS量決定作業の効率化が大いに期待できる。

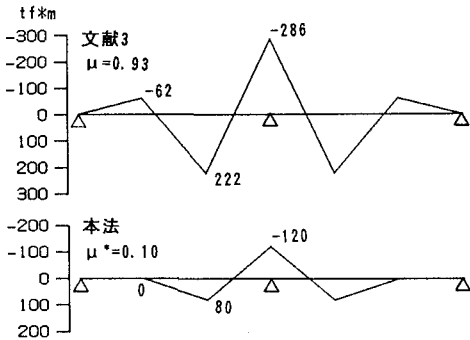


図-3 主桁曲げモーメント図 (D+PS)

〈参考文献〉

- 1) 古田 均、亀井正博、金吉正勝、田中 洋：ファジィ理論を応用したケーブル張力の最適調整法、土木学会、システム最適化に関するシンポジウム講演論文集、pp.147-154、1989.11.
- 2) 坂和正敏：ファジィ理論の基礎と応用、森北出版、1990.2.
- 3) 金吉正勝、田中 洋、亀井正博、古田 均：設計者の満足度を考慮した新しいファジィケーブル張力調整法、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集、I-418、1992.9.