

I - A119

曲げ剛性の低減を考慮した
Ef 法による斜張橋の耐荷力評価

東京都立大学大学院 学 生 員 齊藤 一則*
東京都立大学 正 会 員 野上 邦栄

1. はじめに

斜張橋の耐荷力算出法として本州四国連絡橋公団の「吊橋設計要項・同解説」¹⁾に規定されている有効接線弾性係数法(以下 Ef 法とする)が提案されている。しかし、弾塑性有限変位解析法と比べると耐荷力を過大評価する傾向にあることが指摘されている。その理由として、Ef 法は固有値解析であり幾何学的非線形性の考慮が不充分であること、耐荷力に影響を与える初期不整などの要因を全て、柱の基準耐荷力曲線に基づく、軸力による見かけの弾性係数で評価しているためと考えられる。

そこで本研究では、曲げモーメントを受ける部材の付加的な塑性領域の影響による曲げ剛性の低下を考慮するために、曲げ剛性 EI の低減評価をより一柱の強度相関関数により変化するパラメータ ϕ ²⁾により行う修正 Ef 法を提案し、斜張橋全体系の耐荷力評価への適用性について検討する。

2. 解析方法

ここに曲げ剛性の低減パラメータ ϕ を考慮した Ef 法の解析手順を図-1に示す。これまでの Ef 法を行う前に、微小変位解析より作用軸力、作用モーメントを算出し、次に説明する剛性低減パラメータ ϕ を決定する。このパラメータ ϕ を曲げ剛性 EI に掛け見かけ剛性を低減させ、これまでの Ef 法を行う。

パラメータ ϕ は、式(1)の強度相関関数により変化するものとする。

$$\alpha = \frac{N}{N_y} + \frac{1}{1.18} \frac{M}{M_p} \quad \left| \frac{M}{M_p} \right| \leq 1 \quad \dots\dots (1)$$

また、残留応力を考慮した初期降伏は、次式の降伏曲面を基礎として生じるものと仮定する。

$$\alpha_0 = \frac{N}{N_y} + \frac{M}{M_y} \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 α_0 は、圧縮残留応力が、 $\sigma_{cr} = \alpha^* \sigma_y$ と表せるならば、 $\alpha_0 = 1 - \alpha^*$ の関係が成り立つ。

この時、式(1)、式(2)を考慮した剛性低減パラメータ ϕ として、次の2次式を提案する。

$$\phi = \begin{cases} 1 - \frac{(\alpha - \beta)^2}{(1 - \beta)^2} & \alpha > \beta \\ 1.0 & \alpha \leq \beta \end{cases} \quad \dots\dots (3)$$

ここに、 β は式(2)、式(1)より M を消去すると、

$$\beta = \alpha_0 \frac{1}{1.18} \frac{M_y}{M_p} + \frac{N}{N_y} \left(1 - \frac{1}{1.18} \frac{M_y}{M_p} \right) \quad \dots\dots (4)$$

と与えられる。

3. 解析モデル

解析モデルは図-2に示すような支間長 600m、側径間長 280m の 3 径間連続の斜張橋を解析の対象とする。主塔、主桁はいずれも材質 SM490Y を使用し、形状は図-3、図-4に示す。ここでの荷重増加は、(死荷重+活荷重)×荷重倍率 γ として、荷重倍率 γ を増加している。活荷重は、全径間満載荷重である。

キーワード：Ef 法、耐荷力、斜張橋

連絡先 *：〒192-0397 八王子市南大沢 1-1 Tel: 0426 (77) 1111 (内 4563)

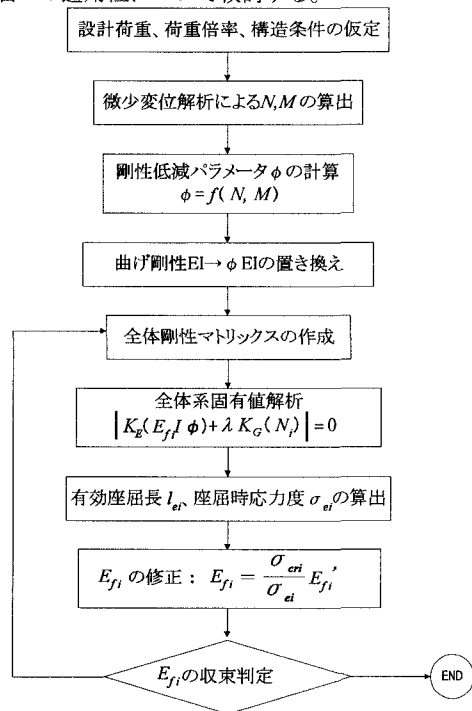


図-1 本解析のフローチャート

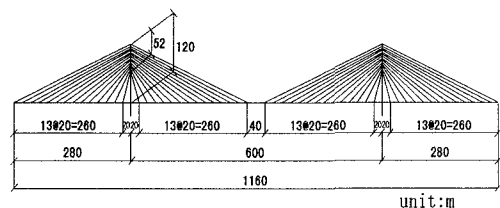


図-2 解析モデル

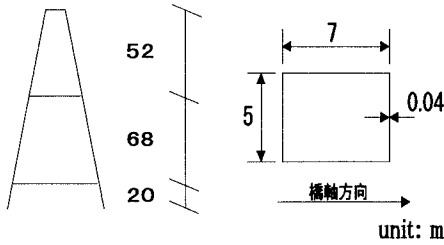


図-3 主塔形状と塔断面

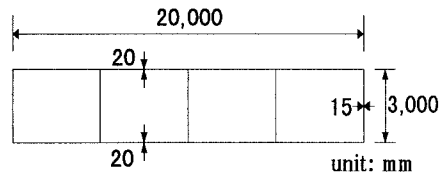


図-4 主桁断面

4. 解析結果と考察

図-5は、全体系の中で最も座屈し易い塔付近主桁の、荷重倍率 γ と曲げ低減パラメータ ϕ の関係を示している。 $\alpha^*=0.5$ の場合、 $\gamma=1.38$ で曲げ変形の影響が表れ、残留応力が大きいほど初期降伏開始が速くなり、パラメータ ϕ の低減が著しい。また、荷重倍率 $\gamma=2.905$ で残留応力の大きさに関係なく $\phi=0$ つまり曲げ剛性 $EI\phi=0$ となり、Ef法の計算が不可能になる。そこで、荷重倍率 $\gamma=2.904$ までEf法の計算を行った。

図-6は、塔付近主桁の軸力の降伏軸力 N_y による無次元量と荷重倍率 γ の関係を示している。従来のEf法は、荷重倍率 γ に関係なく $N_{cri}/N_y=1$ の一定値をとる。一方、パラメータ ϕ を導入したEf法は、荷重倍率 γ を増加させると曲げモーメントによる剛性低減の影響が大きくなり、 N_{cri}/N_y の値が低減することがわかる。また、残留応力 $\alpha^*\sigma_y$ が大きいほどその低減が大きい。例えば、残留応力 $\sigma_{cr}=0.5\sigma_y$ の場合、荷重倍率 $\gamma=1.6$ の辺りで曲げモーメントの影響を受け耐荷力が低減し始め、荷重倍率 $\gamma=2.904$ で最も耐荷力が低減することがわかる。

図-7は、残留応力 $\sigma_{cr}=0.5\sigma_y$ ($\alpha^*=0.5$)の場合の荷重倍率 $\gamma=1.6$ 、 $\gamma=2.6$ 、 $\gamma=2.904$ における座屈モードを示す。

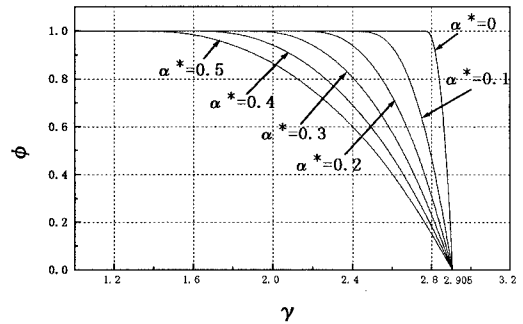
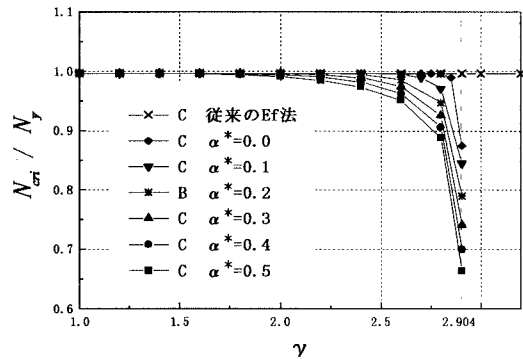
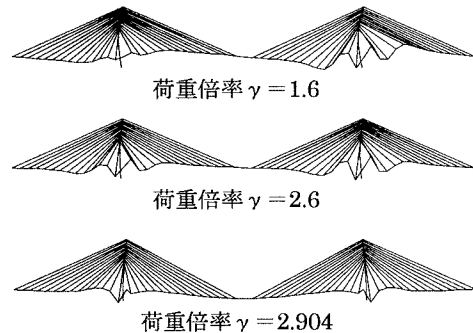
5. まとめ

従来のEf法に曲げ剛性の低減パラメータ ϕ を導入することにより、耐荷力の過大評価を抑え、全体系の荷重倍率で耐荷力算出が可能になった。

本解析の改善点として、荷重倍率 $\gamma=2.905$ 、パラメータ $\phi=0$ になる以前に限界状態に達する可能性があるので、パラメータ ϕ に何らかの拘束条件が必要である。また、最も厳密解である弾塑性有限変位解析法と比較し、本解析の耐荷力法としての妥当性を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 本州四国連絡橋公団：吊橋主塔設計要領(案)・同解説，1980
- 2) 野上，山本，成田：鋼骨組構造物の簡易耐荷力算出法の提案，構造工学論文集 Vol.42A，1996


図-5 塔付近主桁の $\gamma-\phi$ の関係

図-6 塔付近主桁の $\gamma-N_{cri}/N_y$ の関係

図-7 $\alpha^*=0.5$ の場合の座屈モード