

I-A133

長大斜張橋の初期不整を考慮した弾塑性有限変位解析

東京都立大学大学院 学生員 師山 裕・紺野 誠

東京都立大学 正会員 前田 研一*・中村 一史・野上 邦榮・成田 信之

長岡技術科学大学 正会員 林 正

1. まえがき 近年、斜張橋の発展には目覚ましいものがあり、既存の斜張橋の中央径間長は 1000m 近くまで伸びようとしている。しかし、こういった斜張橋支間の長大化に伴った主桁軸力の増大による座屈安定性や、断面の塑性化による影響といった問題が深刻化し、これらを十分考慮に入れる必要性が出てきた。

本研究は、そのために特有の設計条件を完全に満たす長大斜張橋の弾塑性有限変位解析プログラム^{1),2)}を開発し、それにより主桁部材の塑性化が座屈安定性に及ぼす影響を検討すると共に、主桁の製作誤差に対応する初期不整が弾性有限変位解析でみられた分岐座屈特性³⁾に及ぼす影響についても検討することを目的としている。

2. 解析法 弾塑性有限変位解析では、材料特性は理想化した弾性-完全塑性体とし、断面の一部または全部が塑性化しても曲げひずみに対する平面保持の仮定が成立し、せん断応力が降伏に及ぼす影響は無視することとした。また、比較のために弾性有限変位解析も同時に行った。初期不整は、厳密な形状決定から得られた初期(無応力)形状を変化させて考慮することとした。

3. 解析モデル 解析モデルは、中央径間長が 1000m でケーブルを片側 24 段ずつ取り付け付けた直線ケーブルモデルとした。構造物の安定性を高めるために、側径間には中間橋脚が設けられている(図-1)。主桁の支持条件については、構造系全体の挙動が与える影響が顕著に現れる橋軸方向の弾性拘束条件に着目し、実際の斜張橋に取り付けられるいわゆる水平バネについて検討するため、主桁両端に水平バネを設置した「バネ有りモデル」と設置しない「バネ無しモデル」で検討を行った。加えて、初期不整による影響についても検討するために、線形化座屈固有値解析により得られたモード形状の相似形を初期不整として与えた(文献 3)を参照)。

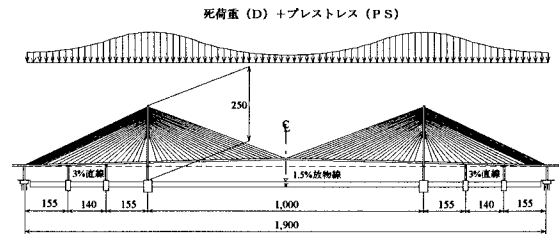


図-1 中央径間長 1000m の斜張橋の直線ケーブルモデル

バネ有りモデルでは、一次モードである逆対称モードと二次モードである対称モードを、バネ無しモデルでは、一次モードである遊動円木(逆対称)モードと三次モードである対称モードを対象に、それぞれ最大初期不整値を中央径間長の $1/1000 \cdot 1/2000 \cdot 1/10000$ とした三つのケースについて検討した。解析に先立って、初期不整を構造系全体に鉛直及び橋軸方向に与えたものと、主桁の鉛直方向にのみ与えたものの二つのパターンを行ってみたが、値に多少の差こそあれ全体的な傾向は同様であったので、今回は主桁の鉛直方向にのみ与えるものとした。

荷重条件としては「死荷重+プレストレス」を基本荷重と考え、この荷重に荷重パラメータを乗じた逐次増分荷重を作用させて、荷重増分法で荷重を制御し、ニュートン・ラフソン法によって収束計算を行った。

4. 解析結果とその考察 解析結果の一部として、図-2、図-3 に初期不整の相違による諸関係の図を示す。図-2 の a) ,b) は荷重パラメータ α と変位の関係図、c) はピーク点での荷重パラメータ α と最大初期不整値の関係図をバネ無しモデルについて、図-3 は同様の関係図をバネ有りモデルについて示したものである。ここに、ピーク点とは、荷重増分法で計算が発散してしまう直前の極大点のことである。また、図-4 と図-5 には、バネ無しモデルにおける初期不整のモード形状と最大初期不整値の違いによる、ピーク点での変形形状と塑性化した部材の分布を、図-6 には初期不整を与えないときの最大塑性化部材の断面図を示す。

キーワード：長大斜張橋 弾塑性有限変位解析 座屈安定性 初期不整

連絡先*：〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL.0426-77-1111 FAX.0426-77-2772

図-2,図-3 の a), b) から、弾塑性有限変位解析で得られた経路はすべて、弾性有限変位解析で得られた同じ大きさの初期不整の経路にほぼ一致し、その経路は、初期不整の値が大きくなるにしたがって徐々に初期不整なしの経路から反れていき、それに伴って、塑性化の開始する点及びピーク点も下がっていくことがわかる。また、図-2,図-3 の c) から、ピーク点での荷重パラメータ α と最大初期不整値の関係は直線的であり、最大初期不整値が大きくなるにしたがって弾性有限変位解析と弾塑性有限変位解析の直線は差が広がっていくことより、最大初期不整値が大きくなっていくことがわかる。弾塑性有限変位解析では、初期不整のモード形状の違いによる荷重パラメータ α の差はほとんどみられないこと、水平バネを入れることによって構造系の安定性がよくなることなどもわかる。さらに、図-4,図-5 からは、最大初期不整値が大きく

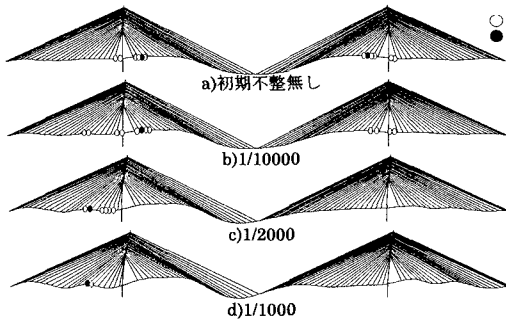
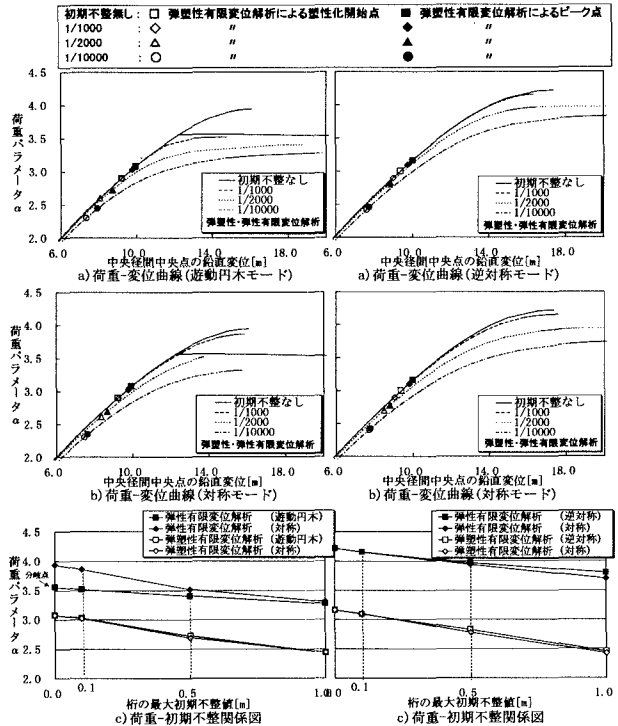


図-4 最大初期不整値（遊動円木モード）とピーク点での変形 [バネ無しモデル]

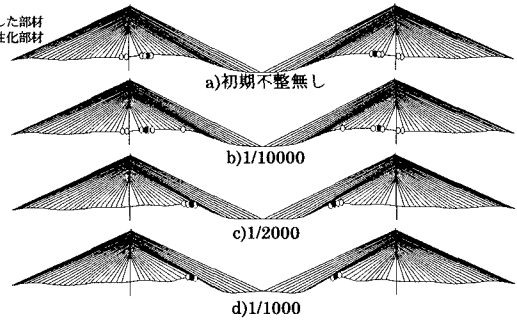


図-5 最大初期不整値（対称モード）とピーク点での変形 [バネ無しモデル]

なるにつれて、塑性化する部材と変形形状に初期不整のモード形状の影響が顕著に現れてくることわかる。図は略したが、バネ有りモデルについても同じような傾向がみられた。

5. まとめ 弾塑性有限変位解析により、初期不整を考慮した長大斜張橋の変形挙動を追跡し、最大初期不整値が大きくなるにつれて塑性化が支配的になる現象を明らかにすることができた。今後は、残留応力を考慮した解析を行うと共に、今回開発したプログラムを変位増分法または弧長増分法でも制御できるようにしていくことが課題といえる。

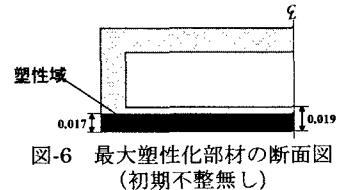


図-6 最大塑性化部材の断面図（初期不整無し）

- 【参考文献】 1)前田・林・瀬戸内・中村・成田：長大斜張橋の立体有限変位解析，構造工学論文集 vol.41A，土木学会，1995.
2)Komatsu, S. and Sakimoto, T. : Nonlinear Analysis of Spatial Frames Consisting of Members with Closed Cross-Sections, Proc. of JSCE, No.252, pp. 143~157, Aug., 1976.
3)平野・中村・前田・成田・林：長大斜張橋の初期不整の影響が及ぼす弾性分岐座屈挙動について，第 53 回年次学術講演会，1998.