初期たわみ量に着目した箱形断面鋼部材の強度推定

熊本大学 学生会員 〇宮本勇紀 熊本大学 正会員 葛西 昭 熊本大学 学生会員 久保雅也

1. はじめに

本研究は、鋼トラス橋上弦材を想定した鋼圧縮部材 の強度と変形能に関して明らかすることを最終的な目 的としたものである.研究成果の延長上には、耐震設 計で用いることのできる指標の提案がある. 強度を推 定するにあたり,弾塑性有限変位解析を行った.なお, 数値解析モデルには初期不整として残留応力、全体系 初期たわみ、局所系初期たわみの3つを考慮した.ま た,本研究では幅厚比パラメータと細長比パラメータ の値をそれぞれ変化させパラメトリックに行い、これ らの値の違いが部材の挙動にどのような影響を与える かについて検討した.

2. 数値解析の概要

2-1 FEM による解析対象のモデル化

本研究で用いる数値解析モデルを図-1に示す.本モ デルには,部材座屈と局部座屈を両方考慮するシェル 要素を使用した、断面形状は図-1に示すように正方形 無補剛のものを対象とした.ここで、Bはフランジ幅、 t は板厚である.これら数値解析を実施するにあたっ て, 汎用 FEM プログラム ABAQUS を用いた.



(a) モデル全体図

図-1 解析モデル概念図

表-1 境界条件

	и	v	W	θ_x	θ_y	θ_z	
<i>x</i> =0	1	1	1	1	1	0	
x=L	0	1	1	1	1	0	
Free=0,Fix=1							
u,v,w=x,y,z方向変位							
$\theta_{x}, \theta_{y}, \theta_{z} = x, y, z$ 軸まわりの回転角							

衣-2 1	习科化级
鋼種	SM490
E(GPa)	200
σ_y (MPa)	315
v	0.3
σ_u (MPa)	490

2-2 シェルモデルの要素分割

1辺あたりの要素数を40とし、部材軸方向に関して は、端部付近をそれぞれ30分割、部材中央は60分割と した. なお, 同要素は要素エッジに発生する曲げモー メントを算定するために,板厚方向に積分点をいくつ か設けることになる.この積分点数を5とした.

2-3 解析対象の境界条件

境界条件を表-1にまとめる. なお、部材軸をx方向 とし、部材の横たわみ方向を y軸とする.

2-4 使用材料

基礎的研究として, SM490を用いることとした. 使 用材料である SM490 の基本性能値は表-2 に示すとお りである. なお, 表において Eは弾性係数, σ_v は降伏 応力, ν はポアソン比, σ_u は引張強度である.

3. 解析モデルへの初期不整の導入

本研究では、部材中央位置で最大たわみとなる初期 たわみを想定し、最大初期たわみ *Δ* max は部材長の 1/1000を基本として、その他に 1/100,1/5000 となる ものも解析を行った.また,形状は,sin 半波を仮定 した. また,局所系の初期たわみとして,部材幅ごと に B/150 の sin 波をモデルに考慮した. 部材断面に 導入した残留応力分布は、図-2の通りである.角部に 引張降伏応力が発生し、母材中央部は圧縮残留応力と して降伏応力の25%となるようにした.



図-2 導入した残留応力



4. 結果と考察

4-1 座屈耐荷力曲線

図-3 に座屈耐荷力曲線を示す. なお, 同図には, 道路橋示方書の基準強度式および, AISC の耐荷力式そして, Eurocode 3 にまとめられた耐荷力式もプロットした. また, 初期たわみが *L*/100,*L*/1000,*L*/5000 の 3 パターンの結果をそれぞれ載せている.

3つの図より,共通して耐荷力に関しては R の違い による影響は小さく,細長比パラメータが支配的とい える.この結果を見ると,標準的な初期たわみ L/1000 の場合には現在利用されている道路橋示方書や他の耐 荷力式を本解析結果が上回っている. L/5000の場合 にはさらに高いところに位置しており Euler Curve に 近い挙動を示している.一方,L/100の場合は道路橋 示方書や他の耐荷力式を大幅に下回っている.また, L/1000 や L/5000の場合と比べて,耐荷力が細長比パ ラメータに応じて急激に減少している.このことから, 全体系初期たわみをより小さくすることで対象部材は より理論式に近い挙動を示す.

4-2 座屈耐荷力曲面

図-4に座屈耐荷力曲面を示す. こちらも初期たわみ

が *L***5000**, *L***1000**, *L***100** の 3 パターンの結果をそれ ぞれ載せている.この結果から,初期たわみの違いに より曲面の傾き具合が異なることが分かる.*L***5000**, *L***1000** と比較的初期たわみが小さい場合には,耐力の 低下率が低い.一方,*L***100** と初期たわみが比較的大 きい場合には, $\bar{\lambda}$ が大きくなるにつれて耐荷力点が直 線的に下がることが見て取れる.また,3 つの曲面の 共通点としては, $\bar{\lambda}$ が 0.2 と短柱部材においては,初期 たわみの大きさに関係なく高い耐荷力点を維持できる ことである.また,耐荷力は高くても1程度である.

参考文献

- DASSAULT SYSTEMES: ABAQUS Analysis User's Manual Ver. 6.14-1, 2015.
- 2) 土木学会:座屈設計ガイドライン,土木学会鋼構造委員 会,2005.
- 3) 葛西昭, 宮本勇紀, 河岡英明, Lilya Susanti: 鋼圧縮部 材の終局ひずみに関する解析的検討, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 70, No. 2, p. I_575-I_586.
- 4) 日本道路協会:道路橋示方書·同解説Ⅱ鋼橋編, 2012.