

ファイバーモデルを用いた鋼長柱の連成座屈評価に関する検討

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○谷上 裕明  
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔  
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 三好 崇夫  
 大阪大学名誉教授 フェロー 西村 宣男  
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

1. はじめに

鋼アーチ橋のアーチリブや鋼トラス橋の弦材、斜材等の鋼長柱部材では、局部座屈が生じやすい部材(無補剛断面では  $R > 0.7$ , 補剛断面では  $R > 0.5$ )も存在している。鋼橋の耐震性能照査の実務設計では、ファイバーモデルの使用実績が上がってきているが、局部座屈が生じやすい部材に対するモデル化および照査方法が確立されていないことが問題点として挙げられる。そこで、本研究では、両端をピン支持された鋼長柱の連成座屈に関する実験結果と、局部座屈の影響を応力-ひずみ関係で考慮し骨組解析としてファイバーモデルを用いた複合非線形解析結果とを比較することにより、複合非線形を考慮したファイバーモデルで自動的に鋼長柱の連成座屈が評価可能かどうかについて検討を行ったので報告する。

表-1 供試体の諸元等

	フランジ幅 $b$ (mm)	ウェブ幅 $h$ (mm)	板厚 $t$ (mm)	部材長 $L$ (mm)	降伏応力 $\sigma_y$ (MPa)	細長比 パラメータ $\lambda$	幅厚比 パラメータ $R$
A-50-41	183.8	54.5	4.50	1258	312	0.617	0.844
A-54-41	184.5	56.1	4.50	1397	312	0.671	0.848
A-60-41	184.4	55.1	4.50	1505	312	0.735	0.848
B-55-27	117.9	56.1	4.42	1366	280	0.636	0.515
B-55-37	162.1	55.4	4.40	1383	280	0.634	0.712
B-55-47	208.0	55.8	4.41	1406	280	0.629	0.911
B-55-56	248.9	55.8	4.44	1424	280	0.629	1.083

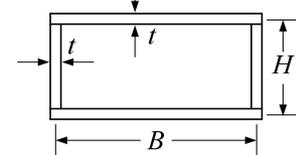


図-1 供試体の断面図

2. ファイバーモデルによる複合非線形骨組解析

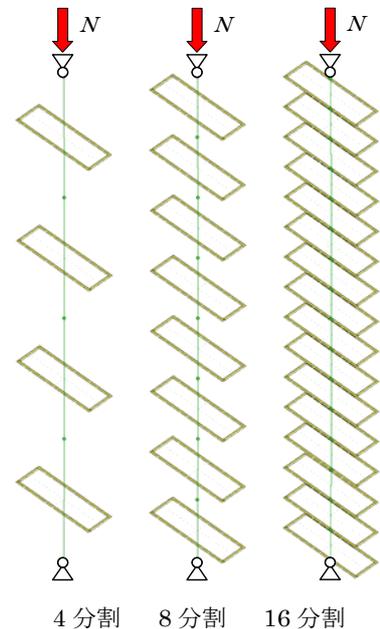
2.1 対象とした実験供試体

文献3)では、無補剛箱形断面の鋼長柱部材を対象に、細長比を変化させたAシリーズ、幅厚比を変化させたBシリーズに対し、中心軸圧縮荷重実験が行われている。図-1に供試体の断面図を、表-1に供試体の主な構造諸元等を示す。詳細については文献3)を参照されたい。

2.2 解析モデル

複合非線形骨組解析プログラムとして、EERC<sup>4)</sup>を用いた。解析モデルは図-2に示す4, 8, 16分割の3パターンとした。初期たわみ  $\delta_0$  は、道示<sup>2)</sup>に規定されている製作誤差の上限値の  $L/1000$  を図-3のように与えた。  $\sigma_y$  の値は表-1に示す。解析モデルに残留応力は導入していない。また、荷重は図-2の  $N$  の方向に変位を単調増加で与えた。

応力-ひずみ関係には、これまでよく用いられてきた移動硬化則のバイリニアモデルを基本的に採用する。圧縮側の降伏点以降を、ひずみ硬化が全く起こらないとして完全弾塑性型とする方法もあるが、引張側を含めた履歴ループを考えて、引張側と同じ  $E/100$  のひずみ硬化を考慮することにした。局部座屈の影響は圧縮側の



4分割 8分割 16分割

図-2 解析のモデル

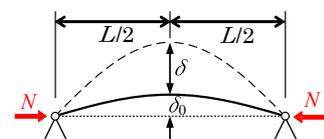


図-3  $N, \delta_0, \delta$  の説明

キーワード 鋼長柱, 局部座屈, 複合非線形骨組解析, ファイバーモデル

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL 06-6879-7599

表-2 実験と解析の  $N_{max}$

	実験結果の $N_{max}$ (kN)	式(1)で降伏点を低減させたモデルによる解析結果			式(2)で降伏点を低減させたモデルによる解析結果		
		4分割	8分割	16分割	4分割	8分割	16分割
		$N_{max}$ (kN)	$N_{max}$ (kN)	$N_{max}$ (kN)	$N_{max}$ (kN)	$N_{max}$ (kN)	$N_{max}$ (kN)
A-50-41	499	434	431	431	562	556	556
A-54-41	534	431	428	426	560	554	552
A-60-41	478	424	420	419	550	542	540
B-55-27	288	399	394	394	399	394	394
B-55-37	391	481	476	475	497	492	490
B-55-47	473	363	360	359	509	504	503
B-55-56	441	300	298	298	509	505	504

降伏点を低減させることで考慮する。低減方法は、対象部材の幅厚比パラメータ  $R$  を計算し、その値により道示  $\Pi^2$  に示されている式(1)もしくは圧縮板の耐荷力の平均値曲線として文献 3) に示されている式(2)を用いて、**図-4** に示すように低減係数  $\zeta$  をそれぞれ算出し、**図-5** に示すような  $\zeta\sigma_y$  を圧縮側の仮定の降伏応力とした非対称バイリニアモデルを解析に用いる。

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \begin{cases} 1 & (0 \leq R \leq 0.7) \dots (1), \\ (0.7/R)^2 & (0.7 < R) \end{cases}, \quad \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \begin{cases} 1 & (0 \leq R \leq 0.7) \dots (2) \\ (0.7/R)^{0.86} & (0.7 < R) \end{cases}$$

3. 解析結果と考察

表-2 にはファイバーモデルを用いた解析結果と実験結果の最大圧縮力  $N_{max}$  を比較したものを示す。**図-6** にはそれぞれの低減係数での最大圧縮力  $N_{max}$  の解析値(4分割モデル)と実験値の比較を示す。

表-2, **図-6** より式(1)による降伏点を低減させたモデルでは実験値との差は、-30%~+30%程度であり、式(2)による降伏点を低減させたモデルでは実験値との差は、0%~+30%程度であることがいえる。よって、本研究で用いた圧縮側の降伏点を低減させたモデルでの複合非線形解析においても鋼長柱の連成座屈を評価するのは難しいと考えられる。

4. 結論

本論文では、両端をピン支持された鋼長柱の連成座屈に関する実験結果と、局部座屈の影響を応力-ひずみ関係で考慮し骨組解析としてファイバーモデルを用いた複合非線形解析結果とを比較することにより、鋼長柱の連成座屈に関して、特に最大圧縮力の評価の可能性について検討を行った。その結果、局部座屈の影響により最大圧縮力を評価できないので、別の新たな手法を考慮する必要があることが示された。

参考文献

1) 日本鋼構造協会：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 2006.9. 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説・II 鋼橋編, 2002.3. 3) 山尾敏孝, 崎元達郎：溶接箱形断面柱の連成座屈強度実験, 土木学会論文報告集, 第 335 号, pp.195-198, 1983.7. 4) (株)地震工学研究開発センター：EERC/Fiber User's Manual, 2007. 5) 野中哲也, 宇佐美勉, 馬越一也, 菅付紘一：特殊橋梁の複合非線形動的解析におけるトラス部材のモデル化, 第 13 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, pp.283-290, 2010. 6) 福本昤士：鋼骨組構造物の極限強度の統一評価に関する総合的研究, 平成元年度科学研究費(総合研究 A)研究成果報告書(課題番号：62302040), 1990.3.

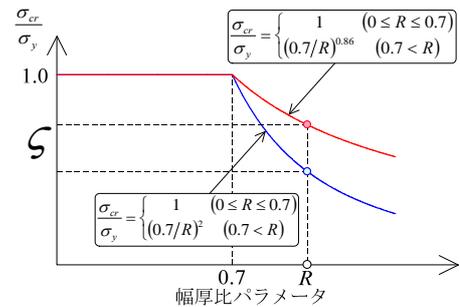


図-4 低減係数  $\zeta$  の算出方法

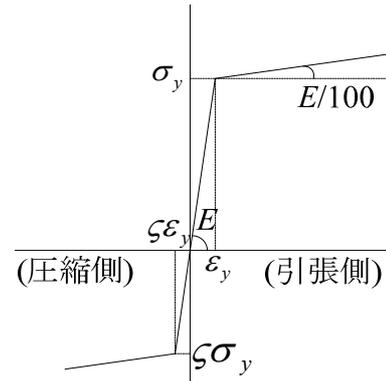


図-5 材料構成則

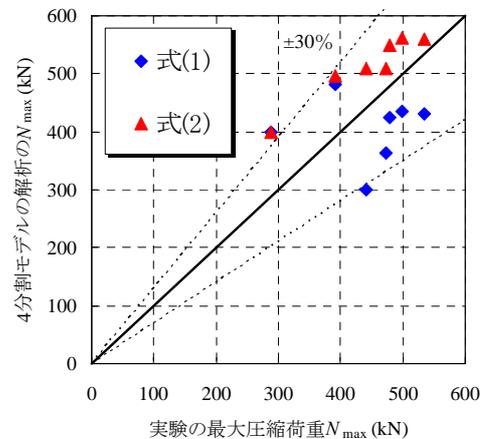


図-6 実験と解析の  $N_{max}$