

軸力とサイクリック曲げを同時に受ける鋼箱梁・柱の簡易解析法に関する考察

京都大学工学部 正員 渡邊英一 阪急電鉄 正員 ○奥野雅弘

1. はじめに

本論文では、高速道路等にしばしば用いられる箱型断面を有する鋼製橋脚をとりあげる。この橋脚は図1に示す様に、上部工などの死荷重による軸圧縮力を受け、さらに地震時には繰り返し曲げを受け梁・柱(Beam-Columns)として挙動する。

最近では、大型計算機の発達により、構造物の耐力解析に有限要素法等の離散化手法が多く用いられ、非線形解析がよく行われている。ところが繰り返し荷重が作用した時の解析には、大型計算機を導入しても多大な計算容量、時間等を必要とする。

このような観点から準静的な簡易解析法により繰り返し荷重が作用した時の曲げモーメント-曲率の包絡線および履歴曲線を求めることにした。

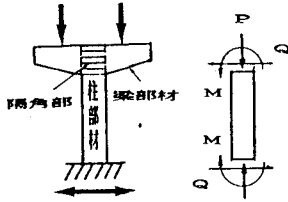


図1 地震荷重を受ける橋脚のモデル

2. 簡易解析法

本解析の目的は鋼箱型梁・柱が一定軸力および繰り返し作用する曲げモーメントを受けたとき(図2)の曲げモーメント-曲率関係の包絡線並びに履歴曲線を求めることであり、特徴として部材の局部座屈を考慮し、フランジ・ウェブを多くの帯板に分割することにより残留応力や現実的なひずみ分布を考慮にいたれたことが挙げられる。以下、解析手順を簡単に説明する。(1) フランジの耐力を局部座屈を考慮して求める。この際、カストロフイー理論を残留応力等の初期不整を持つ圧縮板・圧縮補剛板の弾塑性耐力解析に適用した簡易評価法を用いた。

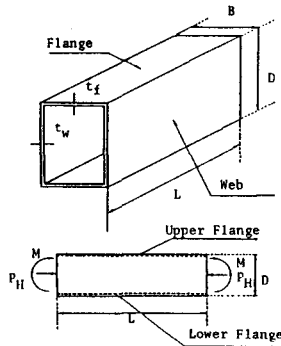


図2 軸力と曲げを受ける鋼箱梁・柱

(2) 耐力力に対応する点(図3の点B)と無載荷状態に対応する点(図3の点A)を近似的に放物線で結ぶ。上フランジの崩壊機構を考え、平均応力-たわみ曲線、すなわち除荷曲線を算出しこれを耐力力に達した後の基本曲線とする。(図3の曲線BD)

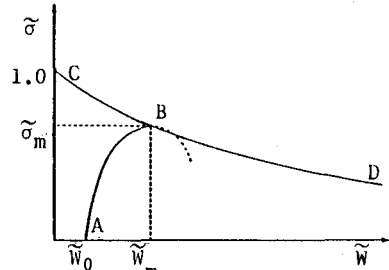


図3 上フランジの平均応力-たわみ曲線

(3) 図4に示す様に上フランジを水平方向に60個の帯板に分割する。それぞれの帯板には残留応力が存在し、完全弾塑性の挙動を示すとする。上フランジのひずみ分布から求めた応力分布が平均応力になるように、上フランジとウェブの接合線のひずみを反復計算によって求める。

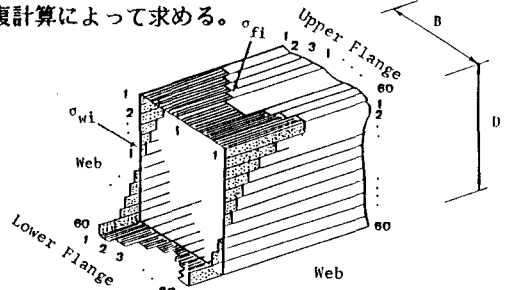


図4 フランジ・ウェブを60分割したモデル

(4) ウェブも、図4に示す様に水平方向に60個の帯板に分割する。それぞれの帯板には残留応力が存在し、完全弾塑性の挙動を示すとする。そこで、ウェブの応力分布を考え断面全体の軸方向のつり合いより、下フランジの平均応力ならびに曲率を求める。(5) 以上より求めたフランジ・ウェブの応力分布からフランジ・ウェブの分担する曲げモーメントを求めそれらの和を全体の曲げモーメントとする。(6) 荷重が大きくなるとフランジとウェブの境界の

Eiichi WATANABE, Masahiro OKUNO

溶接が破断し、上フランジの端のひずみとウェブ上端のひずみは一致しなくなる。この時、ウェブに崩壊機構を考え、亀裂発生によるウェブ上端のたわみの大きさを評価した上で解析を行う。

(7) なお、履歴曲線については、以上の(1)~(5)の手順に除荷の条件、繰り返し荷重を受けたときの応力-ひずみ関係を考え、サイクル進行に伴う耐力力の劣化を考えることによって求めることができる。

3. 解析結果

解析は昭和59年と60年に京大で行った実験供試体に対して行った。解析モデルの断面諸量・座屈パラメータを表1に、形状を図5に示す。実験の詳細は文献1,2)を参照されたい。そして、図6~図8に解析結果を縦軸に初期降伏モーメントで無次元化したモーメント、横軸に降伏曲率で無次元化した曲率をとって示す。図6、図7は曲げモーメント-曲率の包絡線の解析結果で、それぞれ亀裂を考慮した場合と、しない場合で、実線は全体の、長い破線はフランジ、短い破線はウェブの分担するモーメントで、点線は実験値を示す。図8は、曲げモーメント-曲率の履歴曲線の解析結果で、実線は解析解を示し、点線は実験値を示す。

表1 供試体の断面諸量・パラメータ

Specimen	A947°	B947°	C947°
A(cm ²)	43.0	45.8	47.4
I(cm ⁴)	5548.8	6055.2	6284.7
r(cm)	11.4	11.4	11.5
α	Flange 2.4	2.4	2.4
	Web 2.0	2.0	2.0
R	Flange 1.4	0.7	0.7
	Web 1.2	1.2	1.2
δ	-	0.17	0.28
r/r^*	-	1.0	3.0

A:断面積 δ :補剛材の r/r^* に対する断面積比

I:断面2次モーメント r/r^* :基準剛度に対する剛度

r:断面2次半径

α : r/r^* 外比

R:一般化幅厚比

$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 K_E}}$$

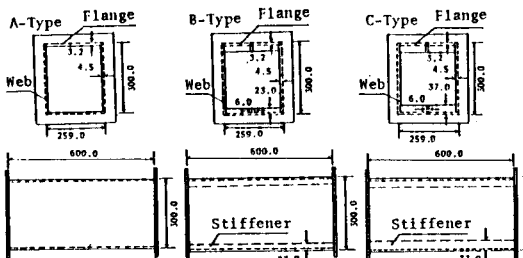


図5 実験供試体

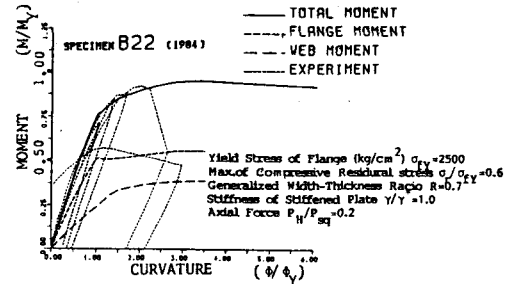


図6 曲げモーメント-曲率包絡線(亀裂を考慮せず)

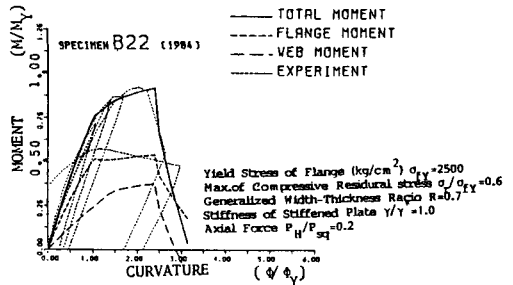


図7 曲げモーメント-曲率包絡線(亀裂を考慮)

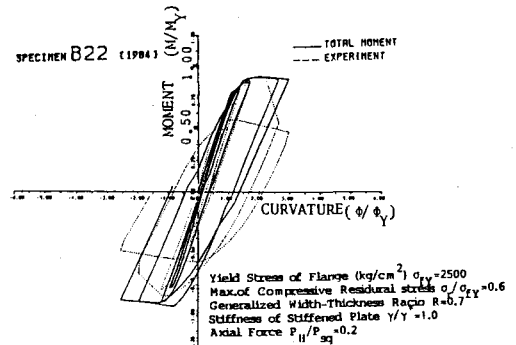


図8 曲げモーメント-曲率履歴曲線

4. 結論

本研究で用いたモデルは、非常に簡易で粗いものであるにもかかわらず、曲げモーメント-曲率の包絡線、履歴曲線ともに比較的实验値を捉えることができた。

5. 参考文献

- 1) 阪神高速道路公団他:鋼橋脚の耐震性と健全度に関する研究,昭和59年度報告書,昭和60年3月。
- 2) 阪神高速道路公団他:鋼橋脚の耐震性と健全度に関する研究,昭和60年度報告書,昭和61年3月。