

大阪大学工学部 西村宣男

大阪大学大学院○池内智行

1.はじめに わが国は環太平洋地震帯に位置するため、過去に数多くの大地震を経験し、将来にわたり直下型も含めて大地震が発生することは避けられない。そのため、鋼構造物が、地震による繰返し外力を受けたときの安定性を確保することは非常に重要である。特に、鋼製橋脚の基部などにおいては軸力に加えて繰返しモーメントがはたらくことにより、フランジに降伏応力をこえるような大きな圧縮と引張が繰返し生じる。そこで、本研究は圧縮および引張を受ける鋼板の繰返し塑性履歴挙動を弾塑性有限要素解析により明らかにした。また、本研究室では精度の良い単調載荷曲線に基づく構成式^{1),2)}が提案された。この構成式と完全弾塑性の2種類の構成式を用いて解析を行うことにより構成式の精度が解析結果におよぼす影響についても調べた。

2.解析方法 解析対象とするのはボックス断面でのフランジであるため、解析モデルの境界条件は周辺単純支持とし図-1に示すようにCST要素で離散化した。さらに、構造および変形の2軸対称性より1/4モデルとし、4×4の分割とした。初期たわみについては、たわみの最大値を板幅の1/520.3とし、板の中央で最大たわみとなるように板厚および板長手方向にsin半波の形状で分布させた。繰返し塑性履歴特性と幅厚比パラメータの関係について調べるため、幅厚比パラメータ0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8の5種類の解析モデルを用いた。

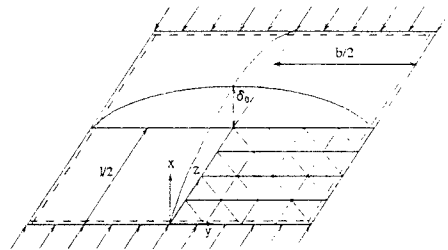
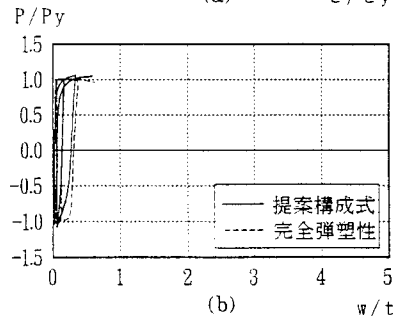
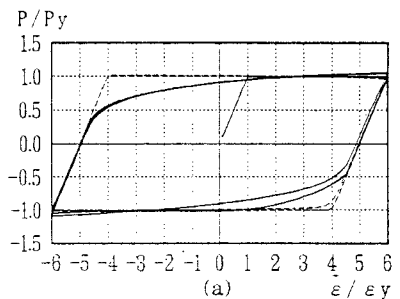


図-1 解析モデル

棒要素を用いて鋼製橋脚をモデル化し、実際の地震波を入力加速度として動的弾塑性解析を行う研究³⁾が行われている。それらの解析結果によると最も大きな繰返し外力を受ける橋脚基部の応力-ひずみ曲線は、弾性域内あるいは小さなひずみ振幅の範囲内での繰返しとなり、1%以上の大きなひずみ振幅となるのは、数回程度となっている。そこで本研究では載荷パターンを次のようにした。まず、強制変位を圧縮側から始め一定振幅で3回にわたって繰返し解析モデルに与える。振幅の大きさについては、振幅の大きさと繰返し塑性履歴挙動の関係を調べるため、平均ひずみ(強制変位を板長さで除した値)が降伏ひずみの1, 2, 3, 4, 5, 6倍となるような6パターンとした。

3.解析結果 幅厚比パラメータ0.4のモデルでの解析結果の平均応力-平均ひずみ曲線を、図-2(a)に示す。単調載荷曲線に基づく構成式を用いたものでは降伏応力の低下が表現できるため、完全弾塑性と比べると角のとれたループを描いている。しかし、どちらの構成式を用いた場合でも座屈はおきておらず最大圧縮力は1回目、2回目、3回目とも降伏荷重 P_y まで達している。とくに、単調載荷曲線に基づく構成式を用いた解析結果では、繰返しにより降伏棚が消費され、ひずみ硬化に達し P_y を越えている。また、図-2(b)に示す平均応力-板たわみ曲線を見るとわかるように繰

図-2 解析結果($\lambda_p=0.4$)

返しによっても板たわみがほとんど進行していない。

幅厚比パラメータ0.8のモデルでの解析結果を図-3 (a), (b)に示す。幅厚比パラメータが0.8になると、繰返し圧縮が加わると一度最大圧縮荷重に達した後、座屈することにより強度低下が起きていることがわかる。この最大圧縮強度は、完全弾塑性を用いた解析結果よりも単調載荷曲線に基づく構成式を用いた解析結果の方が低くなっている。また、図-3 (b)に示すように平均応力-板たわみの関係は繰返し圧縮が加わるにつれて板たわみが累積している。このため、多く繰返しした方が圧縮時の強度低下が大きくなっていることがわかる。

地震などの繰返し外力が圧縮引張力となって鋼板にはたらく場合、上述したように幅厚比パラメータがある限界を越えると繰返しによって板たわみが累積して耐荷力が低下する。土木構造物の中で繰返し外力を受けると予想される部材にこれらの鋼板を利用する場合、繰返しによって座屈し耐荷力の下がる鋼板を用いると不利になる。そこで、ここでは繰返し圧縮引張によって座屈の起こらない限界幅厚比を最大圧縮力で評価する。図-4は縦軸に最大圧縮力を無次元した値、横軸に幅厚比パラメータをとったものである。どの図においても、1回目(●, ○), 2回目(▲, △), 3回目(■, □)と圧縮の繰返し数が多くなるにしたがい最大圧縮力が低下しているのがわかる。また、繰返しの振幅が大きくなるにしたがっても最大圧縮力が低下している。完全弾塑性の構成式を用いた解析では、どの曲線も幅厚比パラメータ0.5までは耐荷力は下がっていない。よって完全弾塑性の構成式をもちいた解析では限界幅厚比パラメータは0.5といえる。しかし、単調載荷曲線に基づいた構成式を用いた解析では繰返しによっても耐荷力の低下しないのは幅厚比パラメータが0.4のみとなっている。このように完全弾塑性では強度を大きめに評価してしまう傾向がある。

4. 結論 ①現実の応力-ひずみ関係を表現できない完全弾塑性の構成式を用いた解析結果では本研究で提案された構成式を用いた解析結果と比べると最大圧縮荷重を高めめに評価することが分かった。②ある程度幅厚比パラメータの小さいストックリーな鋼板では繰返しによる強度低下は生じない。本研究では解析結果よりこの限界幅厚比パラメータは0.4と定めることができた。③限界幅厚比以上となるような鋼板では繰返しによって板たわみが増大して圧縮強度の低下が生じる。

<参考文献>

- 1) 西村宣男, 小野潔, 池内智行, 新家徹: 各種鋼材の繰返し塑性履歴特性に関する実験的研究, 鋼構造論文集, No. 1, 1994
- 2) 西村宣男, 小野潔, 池内智行: 単調載荷曲線を基にした繰返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, 1994
- 3) 土木学会 鋼構造委員会: 鋼構造物の弾塑性性状と耐震設計法, 1986

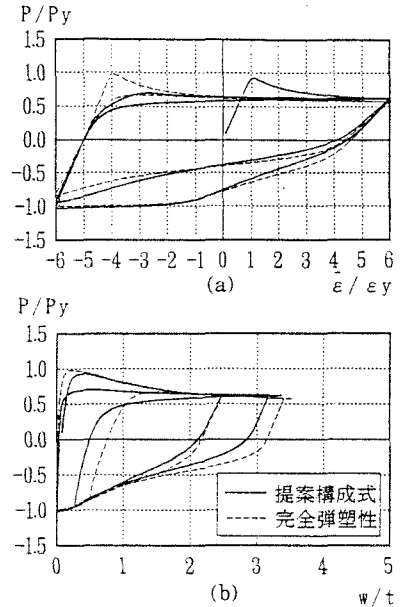


図-3 解析結果 ($\lambda_p=0.8$)

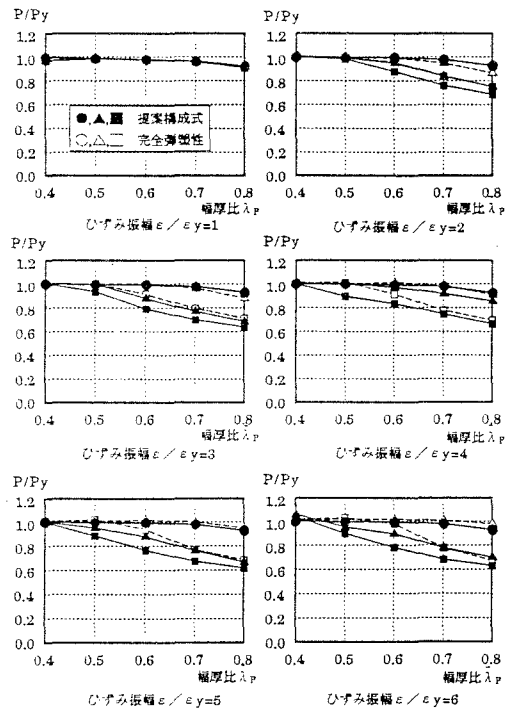


図-4 最大圧縮力と幅厚比パラメータ