

I-12 繰返し荷重を受け座屈した鋼板要素の弾塑性大変形特性に関する基礎的研究

高知工業高等専門学校専攻科 学生員 ○近森靖弘
高知工業高等専門学校 正員 勇 秀憲
高知工業高等専門学校 正員 海田辰将

1. はじめに

鋼橋脚をはじめとする鋼構造物は、その構成要素に数多くの板要素を含んでいる。今後日本では、大地震の発生が危惧されている。そこで、地震を想定した繰返し荷重により座屈損傷を受ける板要素の強度特性や劣化特性を評価する必要がある。

本研究では、鋼橋脚を構成する板要素を対象に汎用有限要素法解析ソフト ANSYS を用いて、面内繰返し圧縮引張荷重を受ける矩形板要素の弾塑性大変形解析を行い、座屈損傷後の強度特性や劣化特性を調べるものである。

2. 板要素の弾性座屈解析

(1) 解析モデル

まずは、一様軸圧縮を受ける縦横比 $\alpha = a/b = 1$ の正方形板要素の弾性座屈解析を行い、既往の研究結果と比較し ANSYS による解析法の妥当性を検証する。

解析モデルを図 1 に示す。面外境界条件はすべて周辺単純支持を考えた。ここで、非載荷辺の面内変位は何も拘束されていないものとする。材料特性として、ヤング率 $E = 205.8GPa$ 、降伏応力 $\sigma_y = 235.2MPa$ 、ポアソン比 $\nu = 1/3$ を与えた。

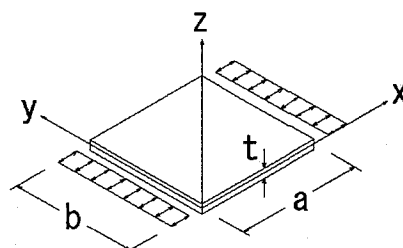


図 1 板要素の解析モデル

表 1 弾性座屈解析結果

	Case 1	Case 2
幅厚比パラメーター(R)	0.70	1.76
自由度数	1984	1984
荷重係数	11879606	760294.78
座屈モード(m,n)	m=1,n=1	m=1,n=1
座屈係数(k)	理論値	4.000
	解析値	3.993
誤差(%)	0.18	0.18
Ucr[m]	5.1341E-13	3.6943E-04

(2) 弾性座屈解析

一様軸圧縮を受ける板要素の弾性座屈解析結果を表 1 に示す。要素分割数は 18×18 とする。

いずれの場合も、理論値に対し解析結果は十分な精度を持っている。ここで U_{cr} は座屈荷重を載荷した時の載荷方向の面内圧縮変位である。

3. 繰返し荷重を受けるときの弾塑性大変形解析

(1) 繰返し荷重

地震時の荷重状態を再現するために、繰返し荷重は既往の研究結果^{1),2)}の載荷パターンより文献³⁾で考案された図 2 の載荷パターンを使用した。

図 2 の縦軸 $\varepsilon/\varepsilon_y$ は降伏ひずみ ε_y で無次元化された面内圧縮ひずみ、横軸は繰返し回数である。解の収束に関連して本解析では Case 1 は 6 回繰返し、Case 2 は 5 回繰返し載荷とした。

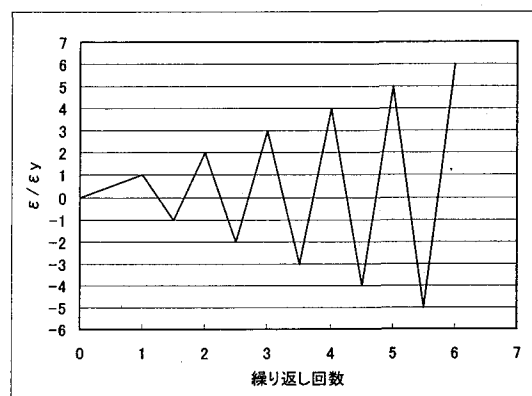


図 2 繰返し載荷パターン

(2) 解析結果

座屈モードと同じ形状の初期たわみを解析モデルの初期不整として与えた不完全板要素が、繰返し荷重を受けるときの弾塑性大変形解析を行う。初期たわみの大きさは道路橋示方書Ⅱ⁴⁾に規定される製作時の最大許容値 $b/150$ を与えた。ここに b は板の載荷辺の長さ(板幅)である。ただし、残留応力は考慮していない。

図3にCase1の場合の荷重—たわみ曲線を示す。縦軸は無次元化載荷面内荷重 N/N_y 、横軸は無次元化最大たわみ w/t である。

また、無次元化座屈荷重 N_{cr}/N_y も図中に示す。損傷たわみは繰返し回数が増すごとに増大しているのが分かる。図4に本解析により得られた繰返し劣化曲線を示す。横軸は繰返し回数、縦軸はその繰返し回数時での無次元化最大強度 N_{max}/N_y である。また、Case1およびCase2それぞれについてこれらの関係を2次曲線で近似した。Case1およびCase2の場合の劣化特性曲線を、 x = 繰返し回数の関数としてそれぞれ以下のように提案する。

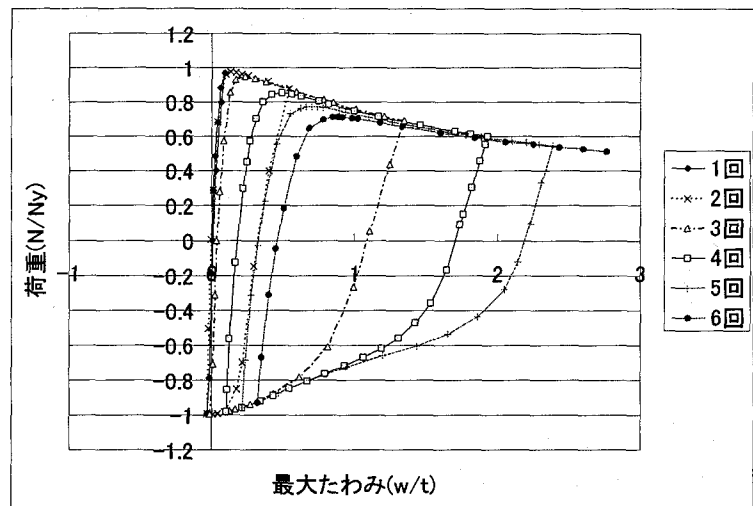


図3 荷重—たわみ曲線 (Case1: $R = 0.70$)

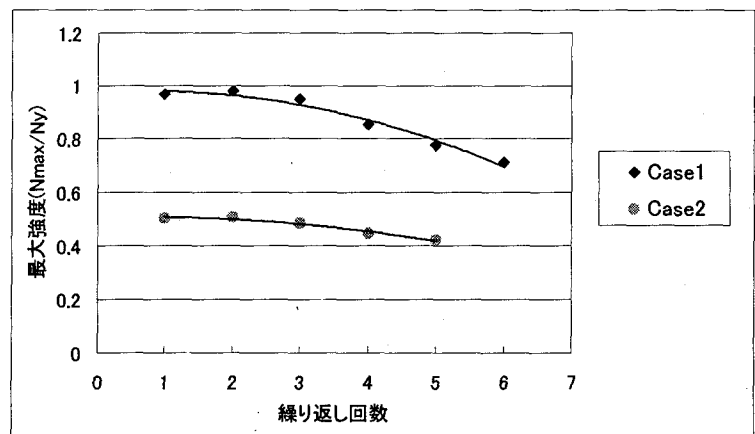


図4 劣化特性曲線

$$N_{max}/N_y = -0.0103x^2 + 0.015x + 0.9746 \text{ (Case1)}, N_{max}/N_y = -0.0048x^2 + 0.0006x + 0.5052 \text{ (Case2)}$$

また、各曲線の相関係数 $R^2 = 0.9708$ および $R^2 = 0.9703$ で、十分な精度で近似できている。繰返し回数が増すごとに最大強度が低下していくことが分かる。劣化は、Case1の場合では大きく、Case2の場合では小さいことが分かる。

4. まとめ

弾性座屈解析の結果、座屈係数および座屈モードは理論値や既往の研究結果と高い精度で一致した。1次座屈モードと同形状の初期たわみを考慮し、繰返し荷重を受ける板要素の弾塑性大変形解析を行い、強度特性、挙動特性や変形特性や劣化特性を明らかにした。

参考文献

- 1) 保高ほか, 長方形断面鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.49A, pp.381-391, 2003.
- 2) 小野ほか, コンクリートを充填した矩形断面鋼製橋脚の M- Φ 関係を利用した耐震性能評価手法に関する検討, 構造工学論文集, Vol.48A, pp.683-692, 2002.
- 3) 池内ほか, 繰返し荷重により座屈損傷を受けた鋼板の極限強度, 構造工学論文集, Vol.50A, pp.1437-1445, 2004.
- 4) 日本道路協会, 道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, 2002.