

(I-53) 鋼材の応力～ひずみ関係が平板の履歴吸収エネルギーに及ぼす影響について

武蔵工業大学 学生員 河上 守
武蔵工業大学 フェロー 増田陳紀
武蔵工業大学 正会員 白旗弘実

1. はじめに

鋼構造物の耐震性能に影響を及ぼす要因は多々あり、そのうちの一つである応力～ひずみ関係の違いが耐震性能に及ぼす影響についての検討¹⁾が行われている。しかし、鋼材の応力～ひずみ関係の違いによる変形能・極限強度などの傾向は把握されているが、それらを定量的に表すまでにはデータの蓄積が必要である。本研究では、耐震性能の指標の一つである吸収エネルギーと応力～ひずみ関係について基礎的な検討を行う。平板を解析対象とし、応力～ひずみ関係をバイリニアモデルでモデル化し、ヤング率、降伏応力を一定と考えて、ひずみ硬化係数の違いが平板の吸収エネルギーに及ぼす影響を検討した。実構造物には、初期たわみ、残留応力が存在するが、本研究では初期たわみを限定し、残留応力は考慮していない。

2. 平板の諸条件

解析対象を図-1に示す正方形板とし、対称性を考慮して、1/4モデルを使用する。応力～ひずみ関係を図-2に示すバイリニアモデルとする。荷重条件は図-1に示す平板の載荷辺のx軸方向面内変位を一樣に増加させた。境界条件は周辺単純支持とし、解析対象はヤング率 $E=206 \text{ GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、降伏応力 $\sigma_y=235 \text{ MPa}$ 、一辺の長さ $a=b=67.5 \text{ cm}$ とし、初期たわみを式(1)で与える。板厚をパラメータとし、幅厚比パラメータ R (式(2))の違いによって平均応力～平均ひずみ関係より得られる吸収エネルギーの変化を検討する。バイリニアモデルのひずみ硬化係数 E_t をヤング率の1倍(線形弾性)から0倍(完全弾塑性)と変化させる。数値解析は汎用コード ABAQUS²⁾を使用し、要素タイプは1節点6自由度、4節点1要素の曲面シェル要素(S4R)、板厚方向の積分点を11、要素分割を 20×20 分割とする。

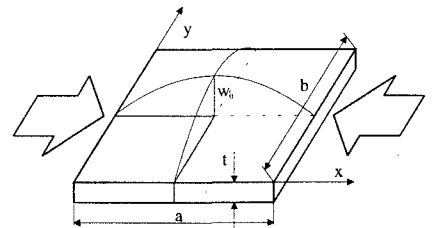


図-1 解析対象

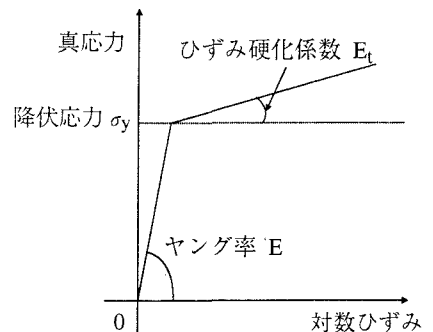


図-2 応力～ひずみ関係

3. 単調圧縮荷時の吸収エネルギー

幅厚比パラメータ $R=0.5$ の平板における単調圧縮荷時の平均応力～平均ひずみ関係を図-3に示す。ただし、平均応力 σ_a と平均ひずみ ϵ_a を式(3)、式(4)から求める。

$$\sigma_a = \frac{P}{bt} \quad (3) \quad \epsilon_a = \frac{\Delta l}{b} \quad (4)$$

ここで、 P は載荷辺の反力、 b は板の幅、 t は板厚、 Δl は板の載荷辺のx軸方向の面内変位量である。この平均応力～平均ひずみ関係

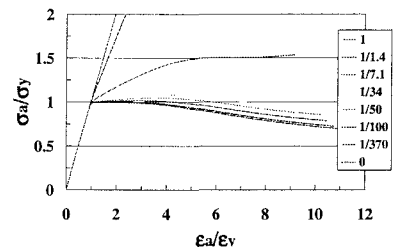


図-3 平均応力～平均ひずみ関係
($R=0.5$)

Key Words: ひずみ硬化係数, 吸収エネルギー, 平板

連絡先: 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 TEL 03-3703-3111 FAX 03-5707-2224

表－１ 吸収エネルギーが２を超える幅厚比パラメータ

ひずみ硬化係数	1/7.1	1/34	1/50	1/100	1/370	0
最大平均応力まで	0.76	0.67	0.65	0.6	0.57	0.5
最大平均応力の 95%	—	0.78	0.78	0.77	0.75	0.75

係の面積が、平板が単位体積当たりに吸収したエネルギーとなる。
 単調圧縮荷重時の、最大平均応力までの幅厚比パラメータ R に対する吸収エネルギーの変化を図－４，最大平均応力の 95%までの吸収エネルギーの変化を図－５に示す。ただし、吸収エネルギーは式(5)で無次元化してある。

$$E_e = \frac{\sigma_y \varepsilon_y}{2} \quad (5)$$

図－４，５から、ひずみ硬化係数の違いによって急激に吸収エネルギーが変化する幅厚比パラメータが違うことが分かる。吸収エネルギーが２を超えると吸収エネルギーの変化が大きくなるため、この時の幅厚比パラメータを吸収エネルギーに関する板の限界幅厚比パラメータと考え、それぞれのひずみ硬化係数に対する限界幅厚比パラメータを表－１に示す。最大平均応力までの定義においては、ひずみ硬化係数 0 と 1/100 では、限界幅厚比パラメータで 0.1 違うことが分かる。吸収エネルギーの定義として「最大平均応力の 95%まで」の定義は、「最大平均応力まで」の定義よりひずみ硬化係数の変化の影響を受けないことが言える。

また、吸収エネルギーが急激に変化している幅厚比パラメータ $R=0.8$ より小さい範囲におけるひずみ硬化係数と吸収エネルギーの関係を図－６，７に示す。図－６の $R=0.4, 0.3$ は単調増加で上に凸なグラフであるため、計算した値を直線で結ぶと、その間のひずみ硬化係数に対する吸収エネルギーは低め（安全側）の評価となる。図－６，７から、代表的なひずみ硬化係数を用いて吸収エネルギーを求めて、それを直線で近似すれば、その間のひずみ硬化係数における吸収エネルギーを推測することが可能である。

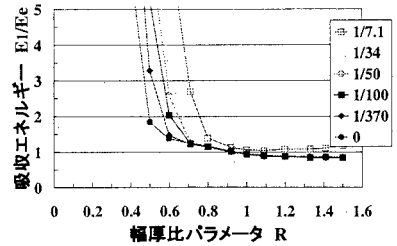
４．まとめ

Ⅰ) ひずみ硬化係数の違いによって、吸収エネルギーに影響を及ぼし始める幅厚比パラメータは変化する。Ⅱ) ひずみ硬化係数と吸収エネルギーの関係は単調増加なグラフであるため、あるひずみ硬化係数における吸収エネルギーを推測できる。

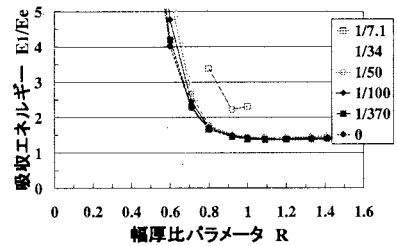
なお、初期不整の影響、降伏比の効果ならびに繰り返し荷重に対する検討は別途発表する予定である。

【参考文献】

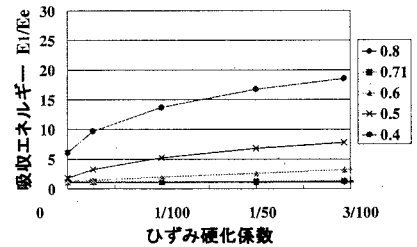
- 1) 奈良敬，梅村哲男，服部松利，森脇良一：鋼材特性を考慮した圧縮補剛板の極限強度と変形性能，構造工学論文集，Vol.39A，pp.125-132，1993.3
- 2) ABAQUS/Standard User's Manual，Ver.5.6，1997



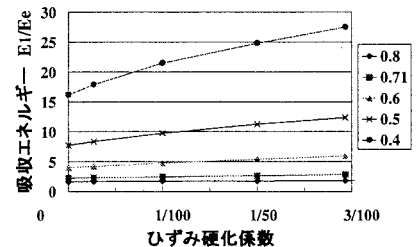
図－４ 幅厚比パラメータ～
 吸収エネルギー関係（最大）



図－５ 幅厚比パラメータ～
 吸収エネルギー関係（95%）



図－６ ひずみ硬化係数～
 吸収エネルギー関係（最大）



図－７ ひずみ硬化係数～
 吸収エネルギー関係（95%）