

波形加工による鋼板の履歴エネルギー吸収の変動

エムエスシーソフトウェア 正会員 ○上野山 拓也
 和歌山工業高等専門学校 正会員 山田 宰
 和歌山工業高等専門学校 北澤 雅之

1. まえがき

構造物を構成する部材の一つである鋼板は地震動などの繰り返し荷重を受けるときに局部座屈が発生することがある。鋼板に局部座屈が発生すると塑性変形するのは限られた部分に留まる。そのため、塑性域の拡がりが少なく荷重を繰り返すごとに耐力が低下し効率的なエネルギー吸収が期待できなくなる。そこで、構造物のうち、エネルギー吸収を期待する箇所の鋼板を波形に加工することで塑性域を拡大させエネルギー吸収能力を向上させることが可能ではないかと考えた。

本研究は、鋼板を3箇所折り曲げて波形に加工した場合の座屈耐荷力、および、繰り返し荷重を受ける場合の履歴エネルギー吸収について数値解析を通じて明らかにするものである。

2. 解析モデルと解析手法

弾塑性有限変位解析を行うための解析モデルを図-1に示す。また、境界条件を表-1に示す。

本研究では、各頂点間の長さ $B=D=1\text{m}$ で板厚 $t=10\text{mm}$ の鋼板を研究の対象にした。図-1(a)に示すように鋼板を3箇所の折れ線で折り曲げた状態を仮定した。波形は図-1(b)に示すように断面が線形になるように変化させている。また、波の高さは折り曲げ前の板厚方向中心線(図-1(b)中の二点鎖線)と折り曲げ後の折れ線部、および、端辺の板厚方向中心線(図-1(b)中の一点鎖線)間の距離が d_c になるように設定した。境界条件は、波に直角な辺 2-3 と 4-1 に強制変位を与え、その他の 2

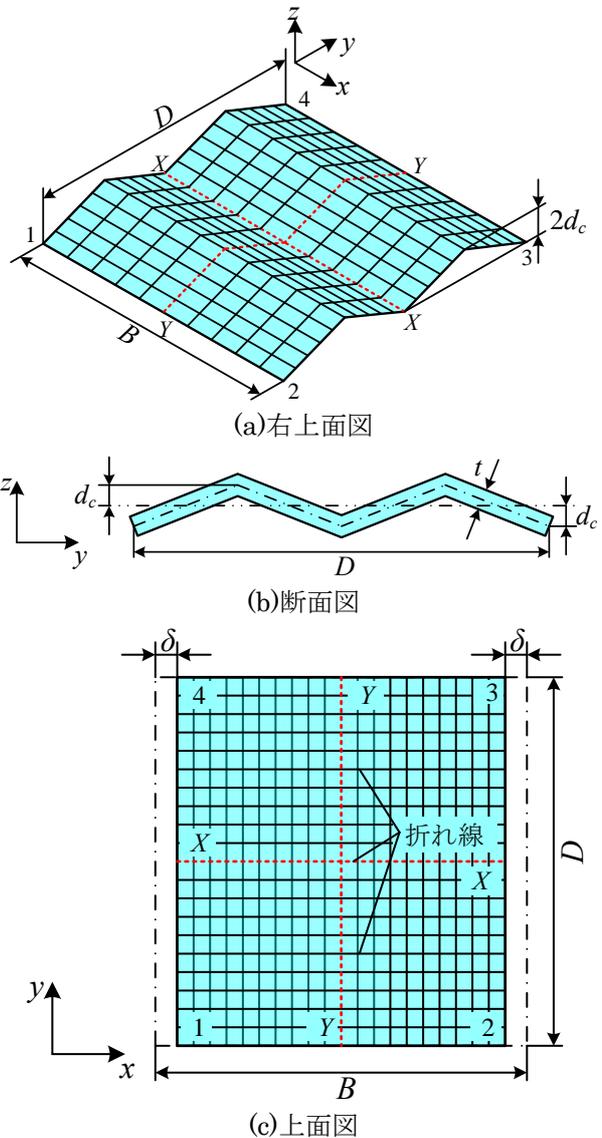


図-1 波形に折り曲げた鋼板の解析モデル

表-1 境界条件

変位 着目辺	u	v	w	θ_x	θ_y	θ_z
1-2	0	0	1	0	1	1
2-3	2	0	1	1	0	1
3-4	0	0	1	0	1	1
4-1	2	0	1	1	0	1
X-X	0	1	0	0	0	0
Y-Y	1	0	0	0	0	0

注)0：自由，1：固定，2：強制変位

表-2 解析モデルの断面諸量

項目 波高 d_c/t	断面積 $A(\times 10^4 \text{mm}^2)$	断面 2 次 モーメント $I(\times 10^6 \text{mm}^4)$	降伏復元 反力 $Q_v(\text{kN})$
0	1.000	0.083	2.350
1	1.003	0.418	2.358
2	1.013	1.436	2.380
3	1.028	3.173	2.417
4	1.050	5.692	2.467

注)ヤング係数 $E=2.0 \times 10^5 \text{MPa}$ ，ポアソン比 $\nu=0.3$ ，降伏点 $\sigma_y=235\text{MPa}$ ，降伏変位 $\delta_y=0.5875\text{mm}$ 。

キーワード 波形加工，塑性域の拡大，履歴エネルギー吸収

連絡先 〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島 77 TEL:0738-29-8456 FAX:0738-29-8469

辺については単純支持である．要素分割は x 軸方向, y 軸方向ともに 20 分割し 4 接点の薄肉シェル要素を用いてモデル化している．初期たわみは z 軸方向に $B/150$ を最大とする正弦波の半波長で与えた．解析モデルの断面諸量は表-2 に示すとおりである．

弾塑性有限変位解析ではつぎの 2 種類の解析を行った．i)Case 1: 単調増加の強制圧縮変位を与える, ii)Case 2: 繰り返しの漸増強制変位($\pm 2\delta_y, \pm 4\delta_y, \pm 6\delta_y$)を 3 波形ずつ圧縮側先行で与える．なお, 応力-ひずみ関係は Case 1 は完全弾塑性のバイリニア型で仮定した．一方, Case 2 は塑性域の勾配が $E/100$ のバイリニア型で仮定し等方, 移動硬化を考慮した．

3. 解析結果

(1)Case 1 の解析結果

単調増加の強制圧縮変位入力時の復元力と変位の関係を図-2 に示す．この図から, いずれの復元力も降伏復元反力 Q_y に

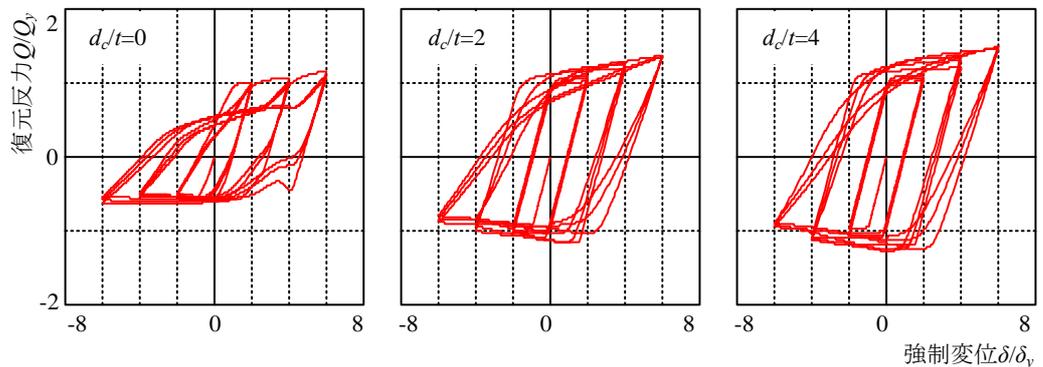


図-2 復元力-変位関係 (Case 1)

は至っておらず, 座屈が発生しているものと考えられる．ただし, 波高 d_c/t が大きくなるにしたがい, 最大復元反力は増加しており, 座屈発生後の復元力の低下も小さくなっている．なお, $d_c/t=4$ の場合については, 復元力の上昇が頭打ちになった後, ほぼ同じ値で推移している．

(2)Case 2 の解析結果

漸増強制変位入力時の解析結果から復元力と変位の関係と解析終了時の消費エネルギーと波高の関係を図-3, 4 に示す．ここで, 消費エネルギーについては, 鋼板を波形に加工したため断面積が変化し (表-2 参照) 単純に比較できないため, 復元力-変位関係を積分した結果を降伏復元反力 Q_y と降伏変位 δ_y で除した値を無次元消費エネルギー E_{dl} として表している．図-3 から, 波形の加工により $d_c/t=2, 4$ では座屈発生後の耐力低下が抑えられ圧縮側の復元反力が増加していることがわかる．また, $d_c/t=4$ のときは圧縮側, 引張側ともひずみ硬化による復元力の上昇が顕著に表れており, 波形の加工により座屈による耐力低下が抑制されているものと考えられる．さらに, 図-4 から, 消費エネルギーについても波高が大きくなるにしたがい増加し, $d_c/t=4$ の E_{dl} は $d_c/t=0$ のその約 2 倍になっており, 波形の加工により履歴エネルギー吸収が改善できるものと言える．

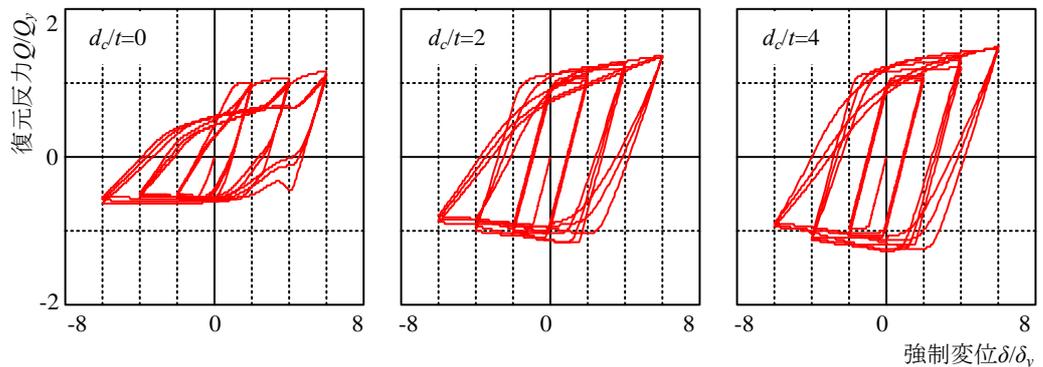


図-3 復元力-変位関係 (Case 2)

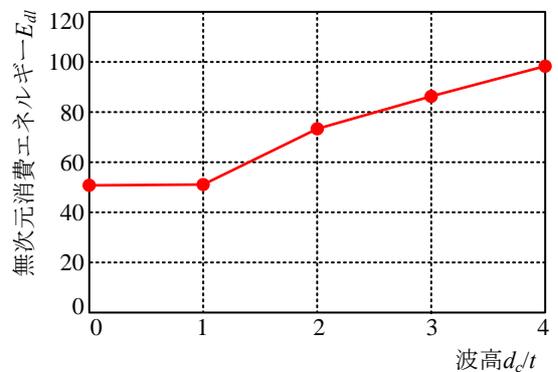


図-4 消費エネルギーと波高の関係 (Case 2)

4. まとめ

本研究は, 波形に加工された鋼板について 2 種類の弾塑性有限変位解析を実施した．その結果, 波形の加工により座屈の発生による耐力低下を軽減でき, かつ, 履歴エネルギー吸収量も増加することがわかった．

参考文献 1)吉識雅夫, 藤田 譲: 圧縮力を受ける波板の最高荷重について—直交異方性版の塑性挫屈—, 造船協会論文集, pp.163-170, 1960年11月. 2)構造工学委員会, 構造力学公式集改訂委員会: 構造力学公式集, 土木学会, 1986年6月. 3)林 毅: 直交異方性板の弾性係数と剛性に就て, 日本航空学会誌, 第8巻, 79号, 1941年11月.