

# 圧延変厚鋼板の有限要素解析

永 藤 壽 宮\*

## Finite Element Analysis of Longitudinally Profiled Plate

NAGATO Toshimiya \*

Our country is tackling at the reduction cost of the construction industry from 1990 age. In Europe, the reduction cost of the construction industry is tackled from 1980 age. The field of the bridge was the most effective in the reduction cost of the construction industry.

The reduction cost in the field of the bridge is also taken in by using small-number of the main beam, and a Longitudinally Profiled Plate for the reduction cost of steel bridge.

So, I analyzed Longitudinally Profiled Plate about transformation and the principal stress .

**キーワード：** 圧縮フランジ，応力状態，変位

### 1. はじめに

我が国では、1990年頃から、建設業のコスト短縮を目指して、社会基盤施設の設計・製作・架設の各段階における技術革新の導入が注目されるようになった。ヨーロッパでは我が国より10年先に、すなわち、1980年頃から建設業のコスト短縮に取り組んできた。その効果が最も現れたのは、鋼橋を中心とした橋梁分野であった。

鋼橋のコスト短縮には主桁の少数化と横つなぎ材の簡略化や、主桁フランジへの厚板の採用などがあるが、圧延変厚鋼板 (Longitudinally Profiled Plate=LP 鋼板) を用いることにより、橋梁自体の自重を減らす工夫も取り入れられている。

我が国でも、日本道路公団を中心に、合理化桁への取り組みが開始され、技術革新の一つとして圧延変厚鋼板の採用例が増えてきている。しかし、合理化桁の設計に関しては、現行の道路橋示方書が基準となるため、安全側の設計となっている事実を否定する事はできない。これから将来、合理化桁の利用を促進するために、早急な圧延変厚鋼板の解析や設計法の確立が必要となることは言うまでもない。

そこで、これからより世の中で使用される圧延変厚鋼板の解析を行い、最大板厚を変化させたものと変形や応力状態を比較し、また圧延等厚鋼板と調べてみる事にする。

### 2. 圧延変厚鋼板の現状と特徴

#### 2-1 変厚鋼板の現状

変厚鋼板は、最初造船業の分野で導入され、船体隔壁等に適用されてきた。前章で述べたように、最近、橋梁においても適応事例が多くなり、我が国では日本道路公団を中心に桁橋のフランジや斜引橋の主塔などで採用されている。表-1に日本の変厚鋼板の実績を示す。も使用されている実績もある。

表 1 日本の変厚鋼板の実績<sup>1)</sup>

橋梁名	発注者
日本橋	
宿茂高架橋	日本道路公団
今井高架橋	日本道路公団
千歳 JCT C ランプ橋	日本道路公団
千鳥の沢川橋	日本道路公団
深沢川橋	日本道路公団

橋梁形式	施工会社
	東北地建
4 径間連続鋼 2 主桁橋	新日本製鉄など
単純合成鈹桁	
4 径間連続箱桁	横河ブリッジ
4 径間連続合成 I 桁	川崎重工業
5 径間連続 I 桁	高田機工

\* 長野工業高等専門学校環境都市工学科助教  
原稿受付 2003年5月20日

上記の表以外にも後、約 40 もの橋に変厚鋼板が用いられている。なお変厚鋼板は、その性質上、板継ぎ構造の代替として種々の材質や形状寸法が要求されており、価格的なメリットを追及するのであれば、事前に鋼材メーカーと詳細な検討を要するとされているが、一般的に安価である。

2-2 変厚鋼板の特徴

通常の鋼板は、鋼板全体にわたり板厚が一定すなわち等厚であるのに対し、変厚鋼板は欧州で初めて開発された鋼材であり、鋼板圧延中に圧延機のロールギャップ（ロールとロールの間隙、図 2）を変化させることにより鋼板の板厚を圧延方向（長手方向）に変化させた鋼板である。

変厚鋼板を橋梁の I 形断面桁（フランジ・ウェブ）等に用いることにより、板継ぎ無しで板厚を変化させることが可能となるため、溶接箇所の減少や鋼材重量削減が可能となる。

このことから、変厚鋼板は合理化・省力化が実現できるものであると考えられる。

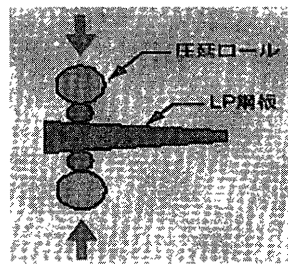


図 1 圧延法による変厚鋼板の製造<sup>1)</sup>

2-3 変厚鋼板の種類と製造可能寸法

変厚鋼板の種類と製造可能寸法を表 2 と表 3 にそれぞれ示す。

表 2 変厚鋼板の種類<sup>1)</sup>

項目	製造可能寸法
最大板厚差	≤ 40mm
最大勾配	≤ 4mm/m
最小板厚	10 ~ 15 mm
最大板厚	100mm
鋼板全長	6 ~ 25 m
鋼板幅	1500 ~ 3500mm

備考
鋼板寸法（幅・長による）
鋼板寸法（幅・長による）
鋼板寸法（幅・長による）
鋼板寸法（幅・長による）
板厚差、勾配による
板厚差、勾配による

表 3 変厚鋼板の製造可能

形状種別コード	形状（板厚の大小関係）	寸法の表示法（W: 鋼板幅）
LP 1	(T1 > T2) 	T1/T2 × W × L
LP 2	(T1 > T2) 	T1/T2 × W × L1/L2 /L3
LP 3	(T2 > T1 ≥ T3) 	T1/T2 /T3 × W × L1 /L2/L 3
LP 4	(T2 > T1 ≥ T3) 	T1/T2 /T3 × W × L1 /L2/L 3/L4/ L5
LP 5	(T1 ≥ T3 > T2) 	T1/T2 /T3 × W × L1 /L2/L 3
LP 6	(T1 ≥ T3 > T2) 	T1/T2 /T3 × W × L1 /L2/L 3/L4/ L5

3. 圧縮を受ける自由突出板

3-1 有限要素モデル<sup>2),3)</sup>

圧縮フランジに変厚鋼板を用いた場合を想定したため、3 辺を単純支持、1 辺が自由端で与えられる自由突出板を用いた。溶接 I 形断面桁の圧縮フランジの強度にはウェブの拘束効果が影響されると考えられ、境界条件が 3 辺を単純支持、1 辺が自由端で与えられる自由突出板と I 形断面桁の圧縮フランジは、厳密な意味で一致したものではない。しかし、この種のモデル化は、他の構造物要素の解析においても通常に行われており、また、自由突出板の圧縮強度がフランジの圧縮強度の下限値に相当すると考えれば、妥当なモデル化であるといえる。

解析には有限要素法構造解析システム FEMLEEG を用いた。本プログラムは幾何学的初期不整として初期たわみを考慮することができる。しかしながら、弾性域のみしか解析することができない。

### 3-2 変厚自由突出板の解析モデル

#### (1) 解析モデルの諸元

解析を行った変厚自由突出板のモデルを図2に示す。変厚鋼板の最小板厚  $t_{min}$  を全て 10cm とし、板幅  $b$  を 50cm, さらにアスペクト比  $\alpha=5.0$  なるように板長  $L$  を 250cm とした。最大板厚  $t_{max}$  が変化した場合に変位, 応力状態がどのように変化するかをみるために最大板厚  $t_{max}$  を 12.5, 15.0, 17.5, 20.0cm の4種類を与えた。等厚鋼板との変位, 応力状態を比べるために最小板厚  $t_{min}$  が 10.0cm, 最大板厚  $t_{max}$  が 20.0cm の変厚鋼板と, 最小板厚と最大板厚の平均, つまり, 15cm を板厚  $t$  とした等厚鋼板を用いた。

材料には, 鋼種を SS400 とし, 弾性係数を  $E=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ , ポアソン比  $\nu=0.3$  とした。板厚による降伏応力度の変化については, 実測データが少なく両者の関係が明らかでないため, 板厚に関係なく SS400 の公称値 ( $\sigma_y=2400 \text{ kgf/cm}^2$ ) で一定としている。

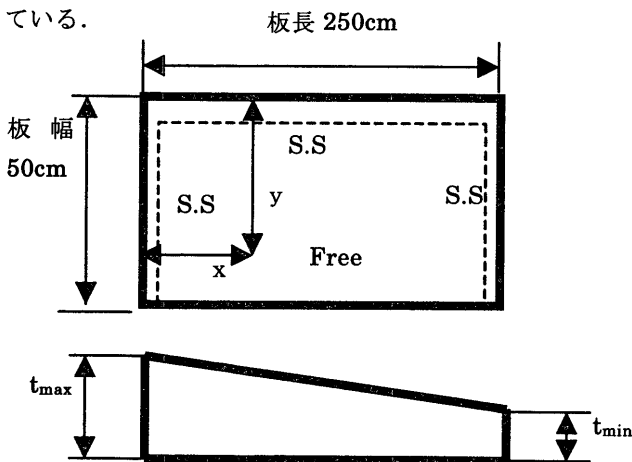


図2 解析モデル

#### (2) 初期たわみ<sup>2),3)</sup>

初期たわみとして, 次式で与えられる波形を与え, 値を表4に示した。

$$w_0 = \frac{b}{100} \frac{y}{b} \sin\left(\frac{x}{a} \pi\right) \quad (3.1)$$

- ただし a : 板幅  
 b : 板長  
 x : 任意の板長方向の長さ  
 y : 任意の板幅方向の長さ

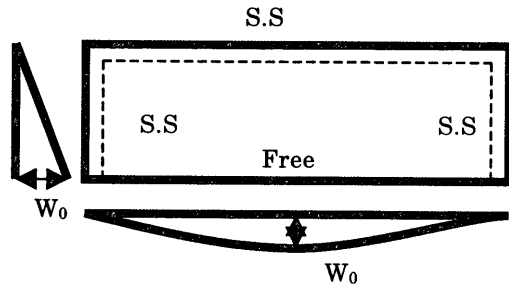
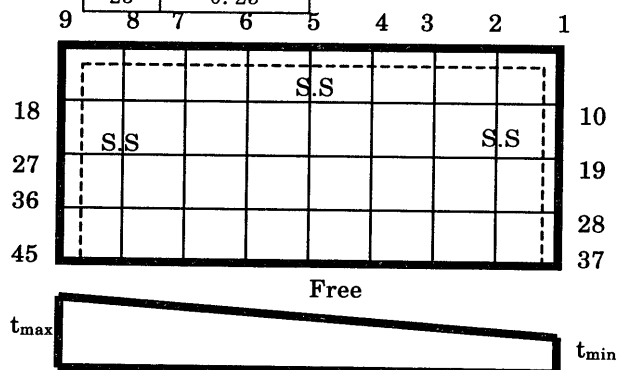


図3 初期たわみ図

初期たわみの最大値は, 道路橋示方書において製作時の制限値として採用されている値であり, 実測値データにおいては  $\mu + 0.12\sigma$  に相当する値である。

表4 初期たわみ値

単位(cm)			
節点	初期たわみ	節点	初期たわみ
1	0.00	24	0.23
2	0.00	25	0.18
3	0.00	26	0.10
4	0.00	27	0.00
5	0.00	28	0.00
6	0.00	29	0.14
7	0.00	30	0.27
8	0.00	31	0.35
9	0.00	32	0.37
10	0.00	33	0.35
11	0.05	34	0.27
12	0.09	35	0.14
13	0.12	36	0.00
14	0.12	37	0.00
15	0.12	38	0.19
16	0.09	39	0.35
17	0.05	40	0.46
18	0.00	41	0.50
19	0.00	42	0.46
20	0.10	43	0.35
21	0.18	44	0.19
22	0.23	45	0.00
23	0.25		



3-3 変厚自由突出板の解析結果と考察

(1) 最大板厚を変化させた場合

(a) 変位

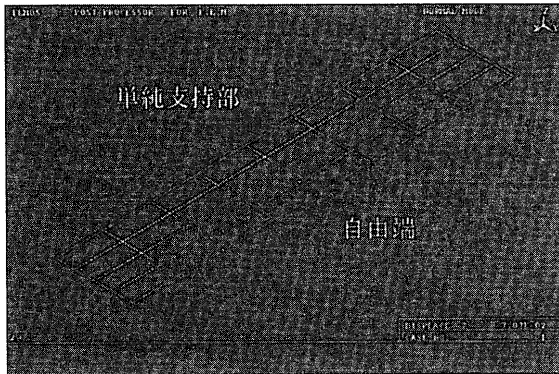


図4  $t_{max}=12.5\text{cm}$ ,  $q=25\text{kgf/cm}^2$

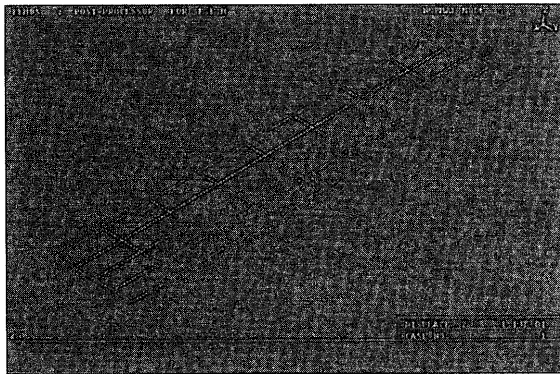


図5  $t_{max}=12.5\text{cm}$ ,  $q=40\text{kgf/cm}^2$

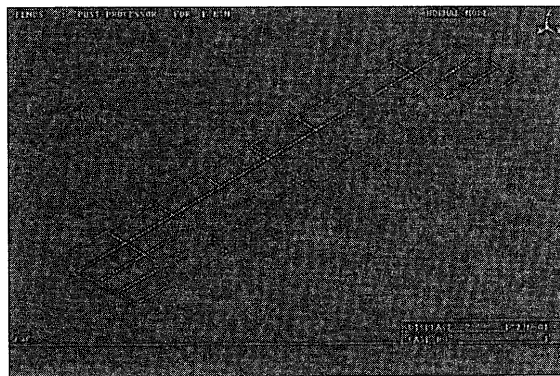


図6  $t_{max}=12.5\text{cm}$ ,  $q=45\text{kgf/cm}^2$

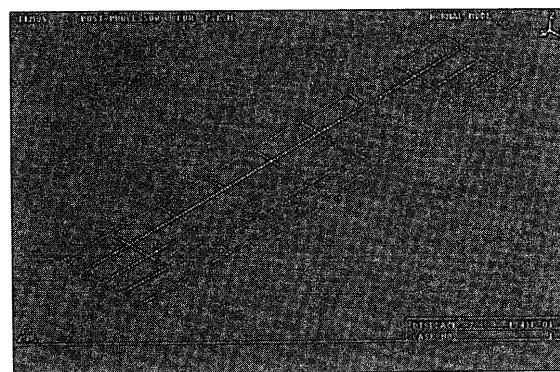


図7  $t_{max}=12.5\text{cm}$ ,  $q=50\text{kgf/cm}^2$

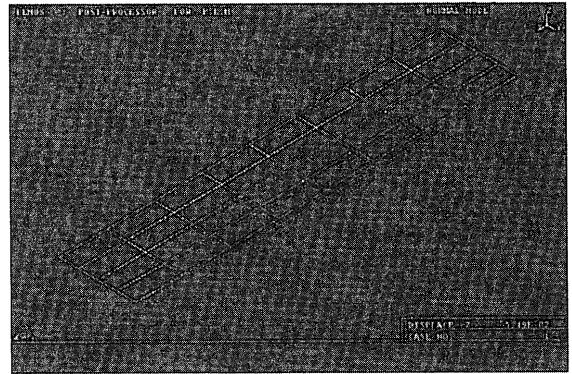


図8  $t_{max}=15.0\text{cm}$ ,  $q=25\text{kgf/cm}^2$

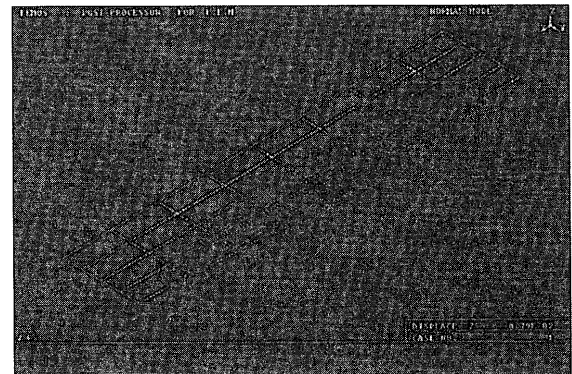


図9  $t_{max}=15.0\text{cm}$ ,  $q=40\text{kgf/cm}^2$

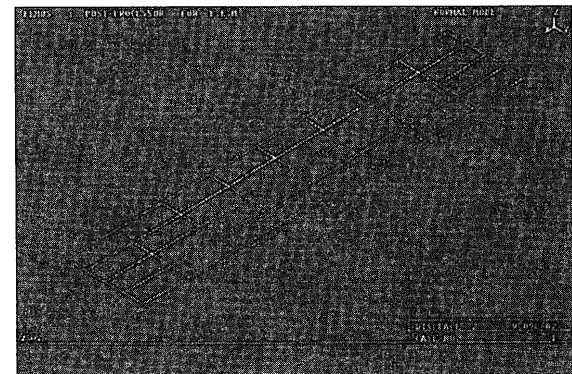


図10  $t_{max}=15.0\text{cm}$ ,  $q=45\text{kgf/cm}^2$

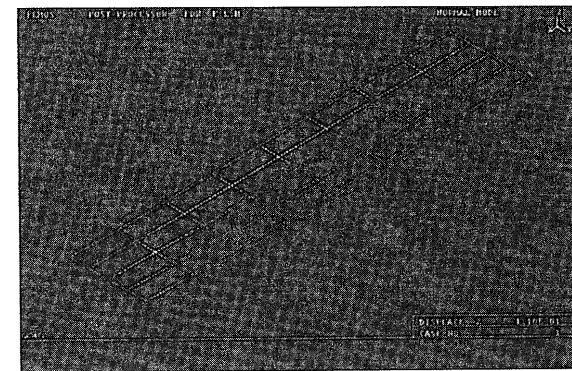


図11  $t_{max}=15.0\text{cm}$ ,  $q=50\text{kgf/cm}^2$

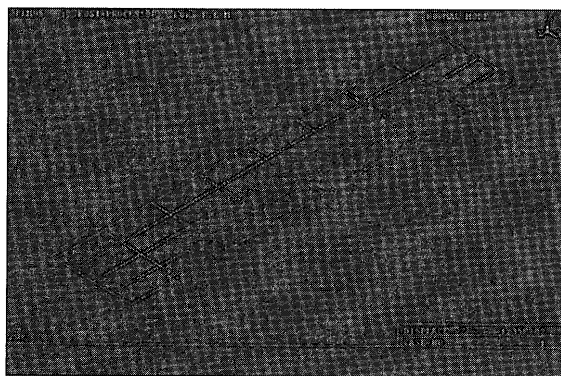


図 12  $t_{max}=17.5\text{cm}$ ,  $q=25\text{kgf/cm}^2$

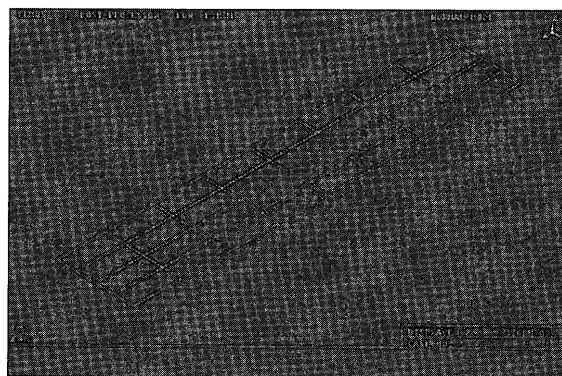


図 16  $t_{max}=20.0\text{cm}$ ,  $q=25\text{kgf/cm}^2$

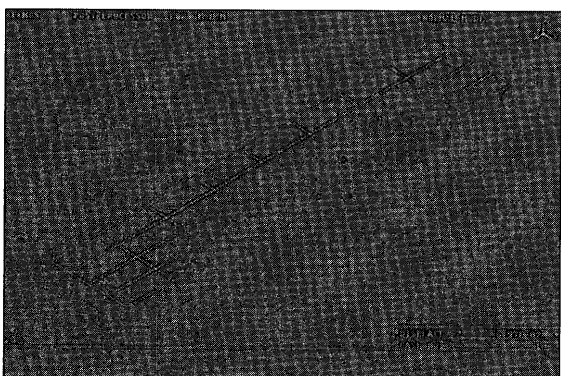


図 13  $t_{max}=17.5\text{cm}$ ,  $q=40\text{kgf/cm}^2$

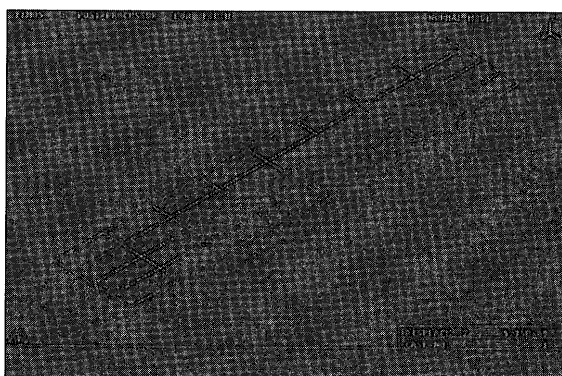


図 17  $t_{max}=20.0\text{cm}$ ,  $q=40\text{kgf/cm}^2$



図 14  $t_{max}=17.5\text{cm}$ ,  $q=45\text{kgf/cm}^2$

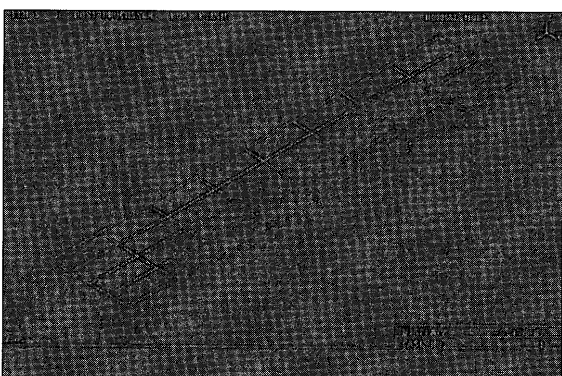


図 18  $t_{max}=20.0\text{cm}$ ,  $q=45\text{kgf/cm}^2$



図 15  $t_{max}=17.5\text{cm}$ ,  $q=50\text{kgf/cm}^2$

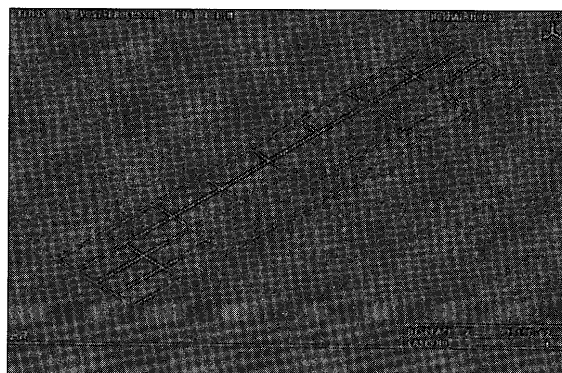


図 19  $t_{max}=20.0\text{cm}$ ,  $q=50\text{kgf/cm}^2$

板厚が薄くなるほど、最大変位量の位置は自由端の中央へと近づく。これは、板厚が薄くなると等厚鋼板の構造に近づくため最大変位量の位置が自由端の中央に近づくのだと考えられる。

板厚を一定の間隔で変化させても、最大変位量も一定の間隔で変わっていくことはない。むしろ、同じ値へと近づいていく。

$$\frac{t_{\max} = 12.5 \text{ cm}}{t_{\max} = 15.0 \text{ cm}} \times 100 = 77.7\%$$

$$\frac{t_{\max} = 15.0 \text{ cm}}{t_{\max} = 17.5 \text{ cm}} \times 100 = 79.3\%$$

$$\frac{t_{\max} = 17.5 \text{ cm}}{t_{\max} = 20.0 \text{ cm}} \times 100 = 82.6\%$$

荷重-変位曲線(図20)を見ればわかるように、最大板厚  $t_{\max} = 12.5 \text{ cm}$  の曲線の傾きが最も緩やかで、最大板厚  $t_{\max} = 20.0 \text{ cm}$  の曲線の傾きが最もきつくなる事がわかる。これより、最大板厚を大きくすれば、大きな面荷重が载荷しても最大変位量は小さくなる事がわかる。

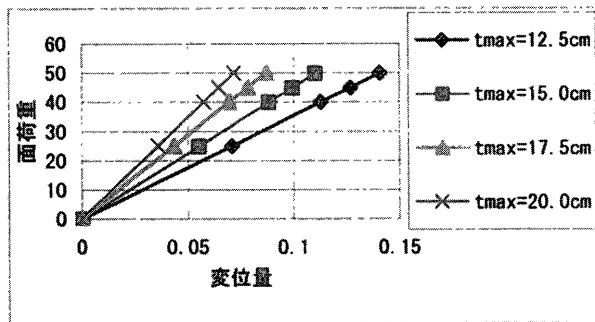


図20 荷重-変位曲線

板厚変化に対する変位量の変化をしてみる。縦軸が変位量、横軸は板厚比であり、最大板厚/最小板厚である。(図21)最大板厚と最小板厚の差が大きくなるに従って、各荷重の変位量の上昇は小さくなる事がわかる。また、荷重を大きくすると傾きがきつくなる事がわかる。そのため、大きな荷重を载荷させた場合、板厚比が変位量に与える影響が大きくなると思われる。

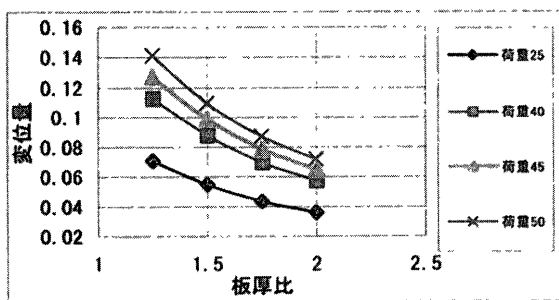


図21 変位量と板厚比の関係

(b) 最大主応力

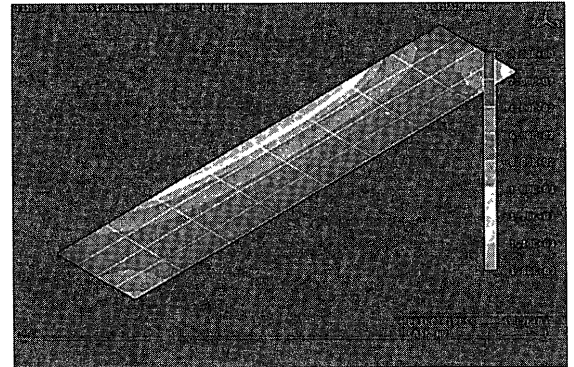


図22  $t_{\max} = 12.5 \text{ cm}, q = 25 \text{ kgf/cm}^2$

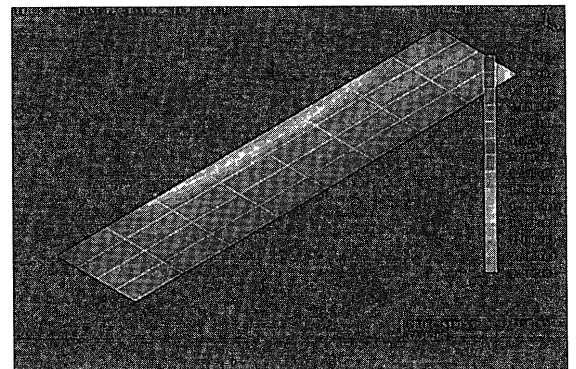


図23  $t_{\max} = 12.5 \text{ cm}, q = 40 \text{ kgf/cm}^2$

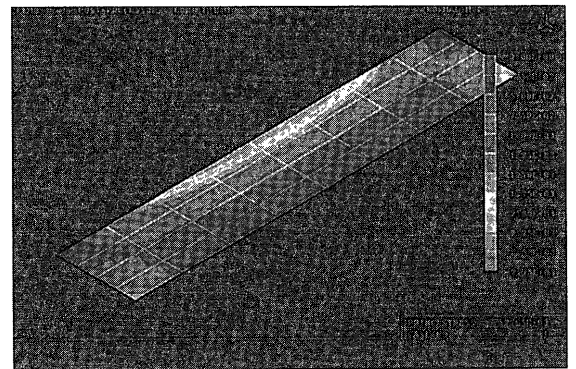


図24  $t_{\max} = 12.5 \text{ cm}, q = 45 \text{ kgf/cm}^2$

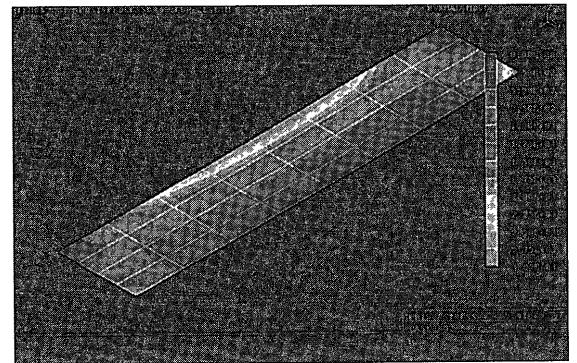


図25  $t_{\max} = 12.5 \text{ cm}, q = 50 \text{ kgf/cm}^2$

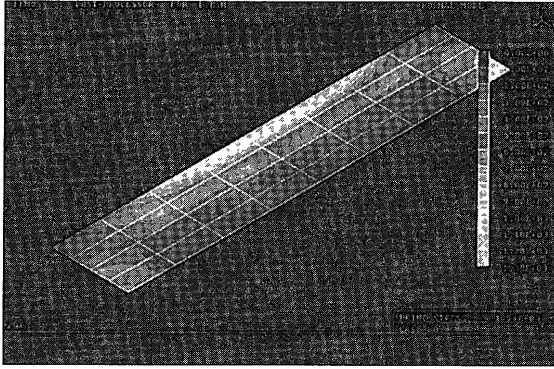


図 26  $t_{max}=15.0\text{cm}$ ,  $q=25\text{kgf/cm}^2$

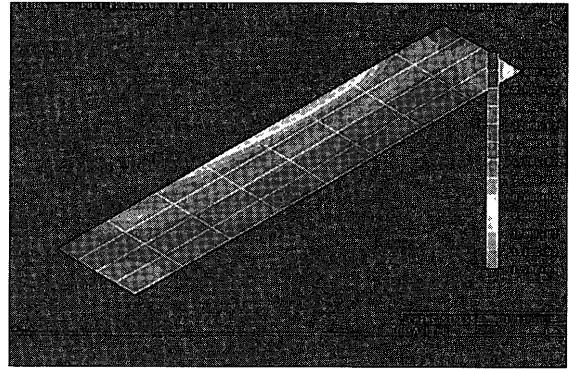


図 30  $t_{max}=17.5\text{cm}$ ,  $q=25\text{kgf/cm}^2$

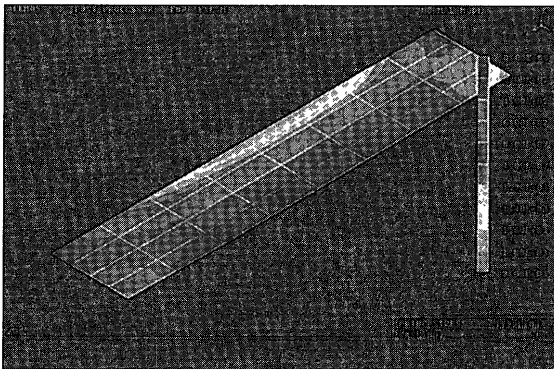


図 27  $t_{max}=15.0\text{cm}$ ,  $q=40\text{kgf/cm}^2$

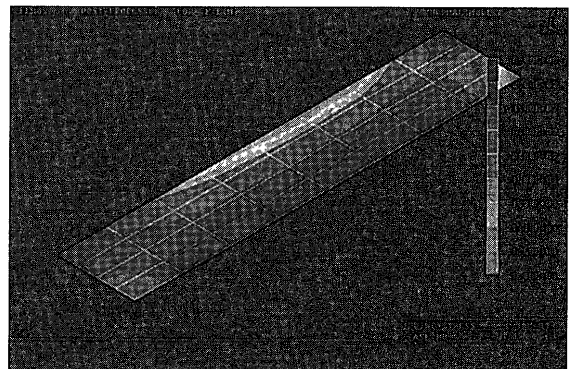


図 31  $t_{max}=17.5\text{cm}$ ,  $q=40\text{kgf/cm}^2$

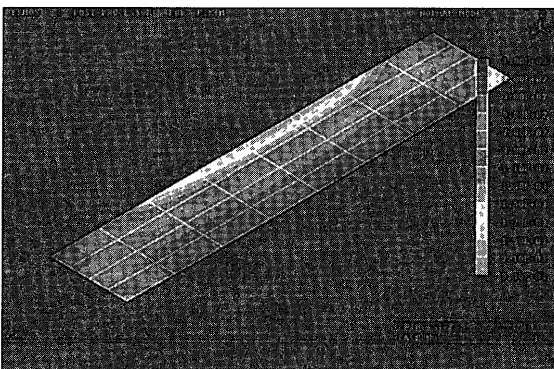


図 28  $t_{max}=15.0\text{cm}$ ,  $q=45\text{kgf/cm}^2$

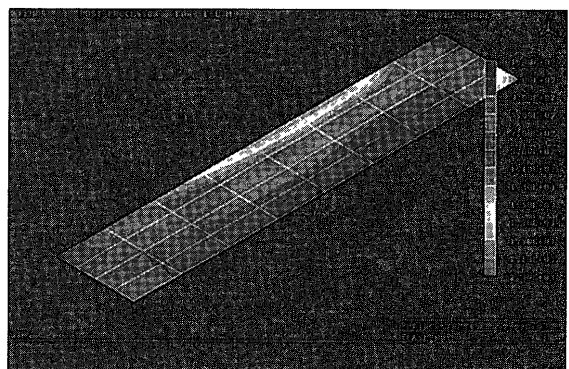


図 32  $t_{max}=17.5\text{cm}$ ,  $q=45\text{kgf/cm}^2$

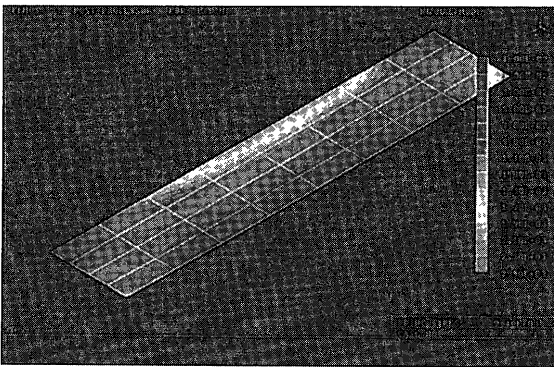


図 29  $t_{max}=15.0\text{cm}$ ,  $q=50\text{kgf/cm}^2$

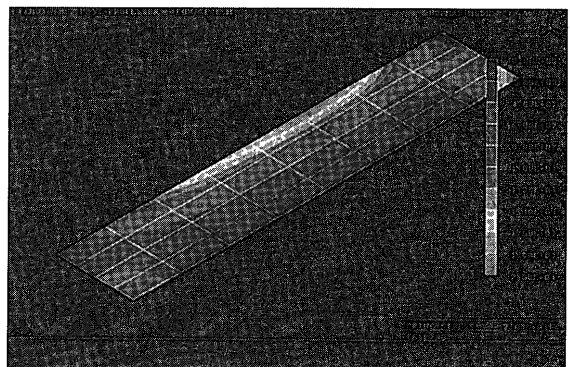


図 33  $t_{max}=17.5\text{cm}$ ,  $q=50\text{kgf/cm}^2$

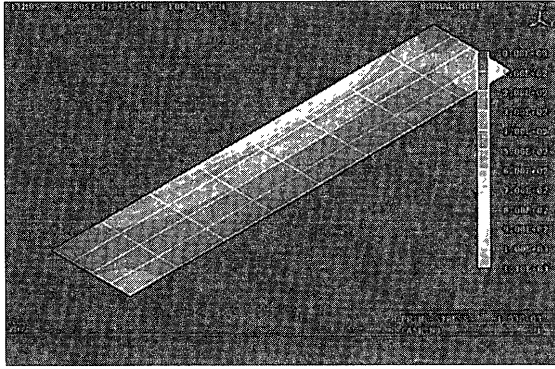


図 34  $t_{max}=20.0\text{cm}$ ,  $q=25\text{kgf/cm}^2$

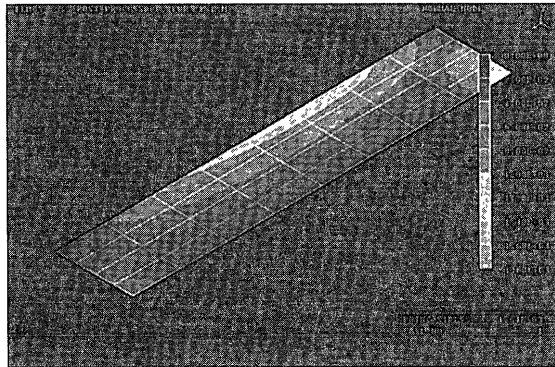


図 35  $t_{max}=20.0\text{cm}$ ,  $q=40\text{kgf/cm}^2$

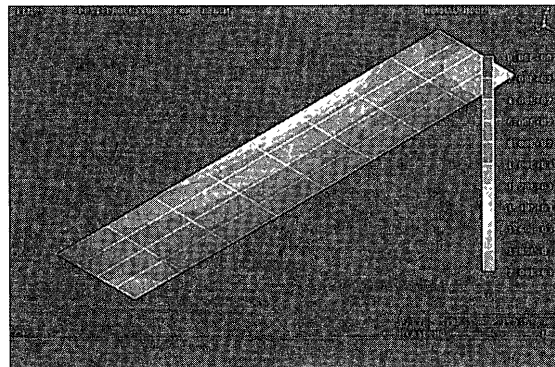


図 36  $t_{max}=20.0\text{cm}$ ,  $q=45\text{kgf/cm}^2$

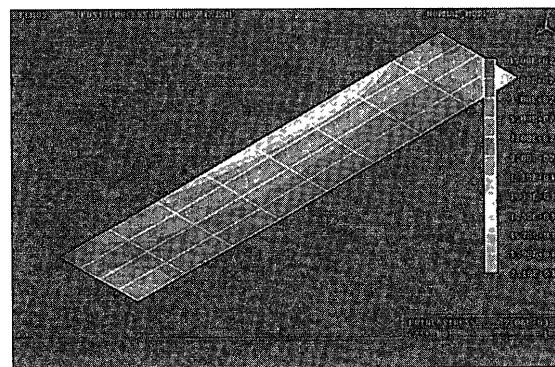


図 37  $t_{max}=20.0\text{cm}$ ,  $q=50\text{kgf/cm}^2$

変厚鋼板において、最大変位量の位置と同じで、最大板厚が厚くなればなるほど、最大主応力の位置は単純支持部の中央から最小板厚側へと移動して

いく事がわかる。また、残留応力を考慮して解析した結果がないため、正確ではないが、最大板厚が大きくなればなるほど、最初に塑性する場所は単純支持部の中央から最小板厚側へ移動していくのではないかと考えられる。

板厚変化に対する応力度の変化をしてみる。縦軸が最大主応力、横軸は板厚比である。(図 38) 最大板厚と最小板厚の差が大きくなるに従って、各荷重の最大主応力の上昇は小さくなる事がわかる。また、荷重を大きくすると傾きが緩やかになっていく事がわかる。そのため、そのため、大きな荷重を載荷させた場合、板厚比が最大主応力に与える影響が大きくなると考えられる。

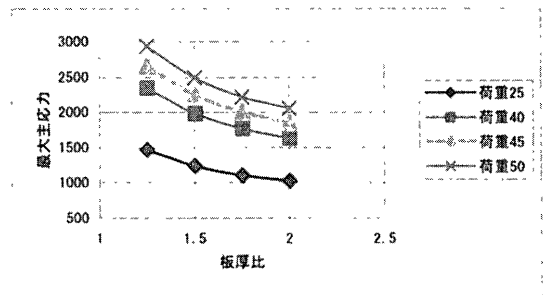


図 38 最大主応力と板厚比の関係

(2) 等厚鋼板と比較させた場合(自由部に集中荷重を載荷)

(a) 変位

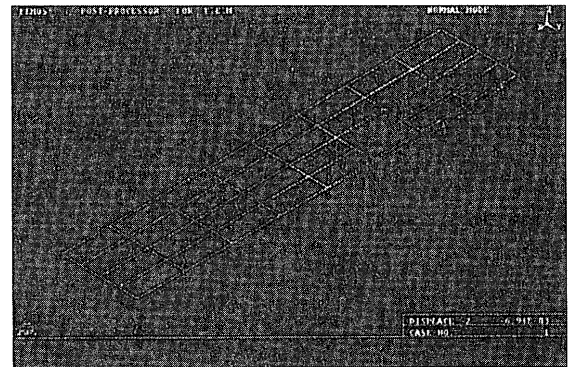


図 39 変厚鋼板(節点38に載荷)

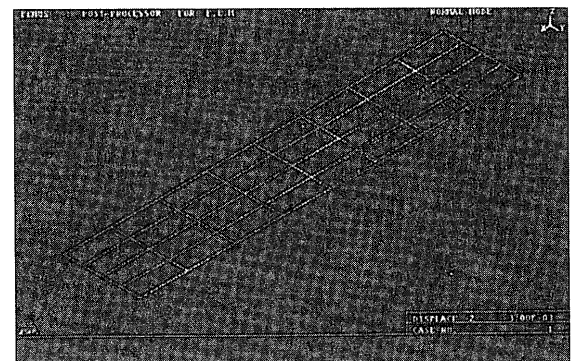


図 40 等厚鋼板(節点38に載荷)



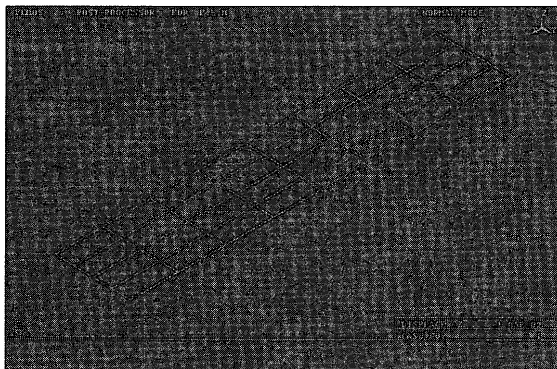


図 41 変厚鋼板 (節点 39 に载荷)



図 45 変厚鋼板 (節点 41 に载荷)

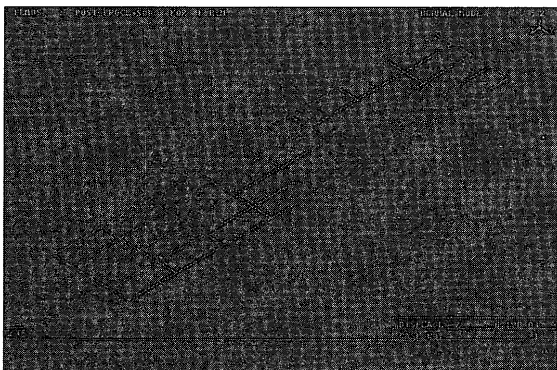


図 42 等厚鋼板 (節点 39 に载荷)



図 46 等厚鋼板 (節点 41 に载荷)

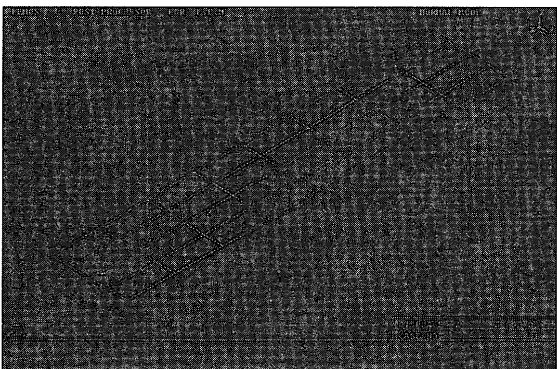


図 43 変厚鋼板 (節点 40 に载荷)

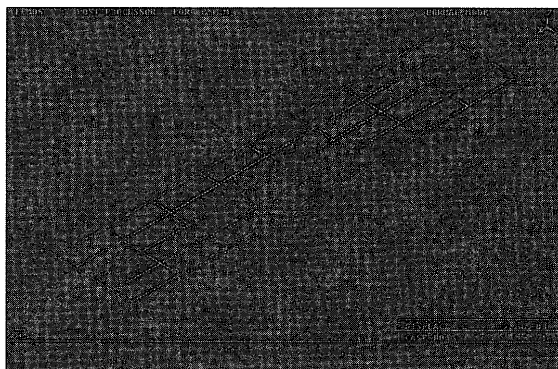


図 47 変厚鋼板 (節点 42 に载荷)

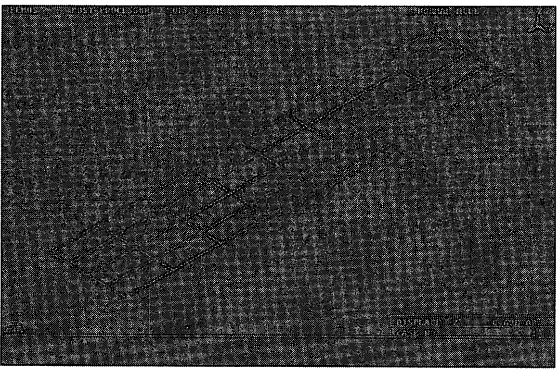


図 44 等厚鋼板 (節点 40 に载荷)

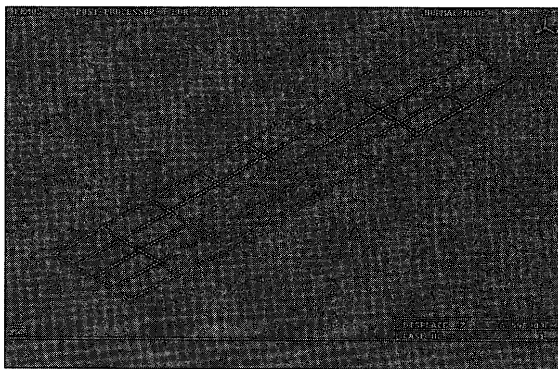


図 48 等厚鋼板 (節点 42 に载荷)

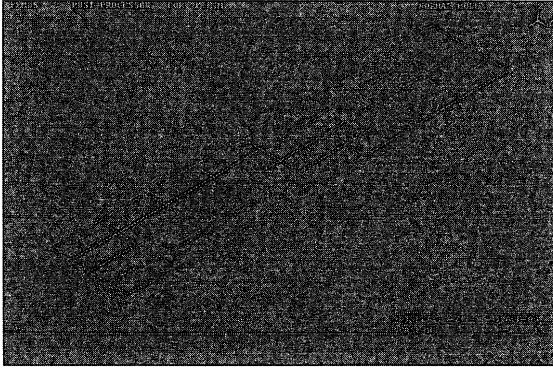


図 49 変厚鋼板 (節点 43 に荷重)

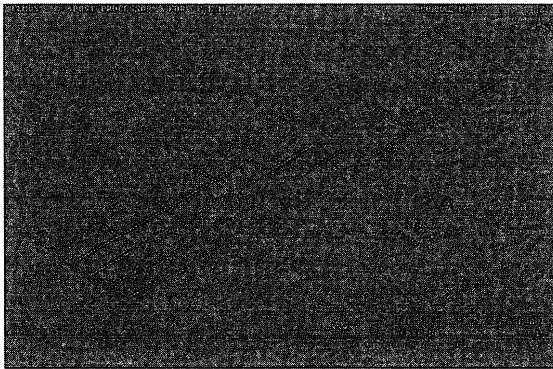


図 50 等厚鋼板 (節点 43 に荷重)

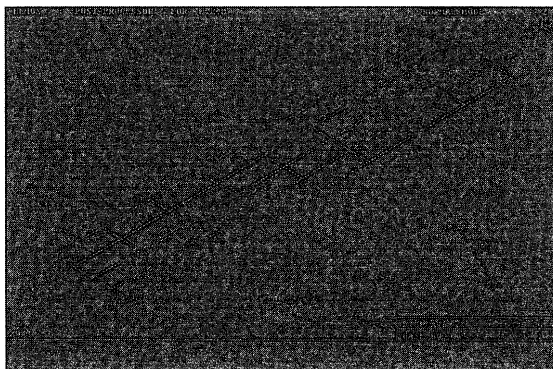


図 51 変厚鋼板 (節点 44 に荷重)

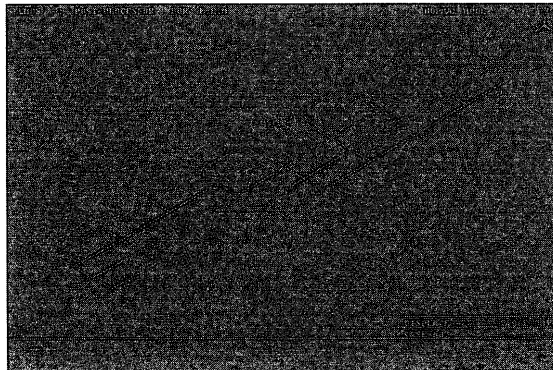


図 52 等厚鋼板 (節点 44 に荷重)

等厚鋼板は節点 41 に荷重  $P$  を荷重した時に最大変位量を示す。変厚鋼板は節点 39 に荷重を荷重したときに最大変位量を示す。面荷重を荷重した時に

節点 39 は最大変位量となるところであるため、節点 39 に集中荷重を荷重させると最大変位量となるのではないかと考える。

図 53 から図 66 の最大主応力状態を見てみると、変厚鋼板は節点 38、用厚鋼板は節点 38, 44 に荷重を荷重した時に最も不利な応力状態を示す。しかしながら、最も不利な応力状態を示したからと言っても、必ずしも最大変位量を示すとは限らないことがわかる。また、最も有利な応力状態を示しても、最小変位量を示すとは限らない

(b) 最大主応力

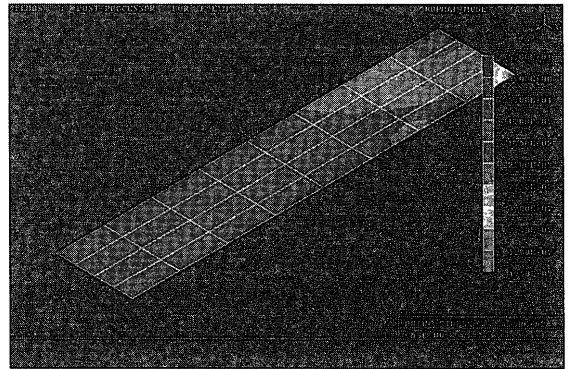


図 53 変厚鋼板 (節点 38 に荷重)

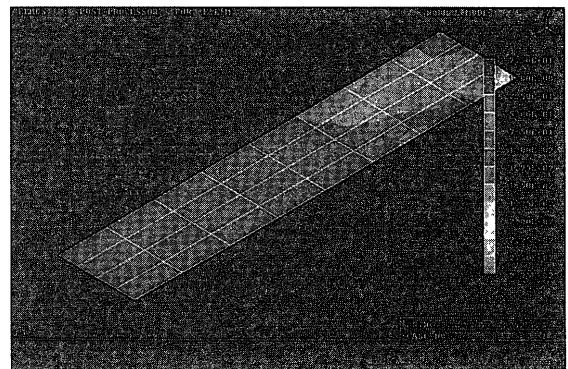


図 54 等厚鋼板 (節点 38 に荷重)

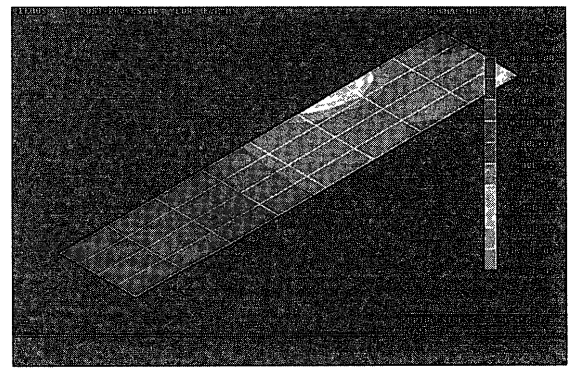


図 55 変厚鋼板 (節点 39 に荷重)

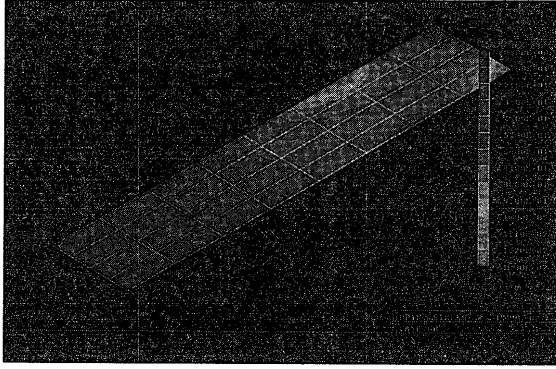


図 56 等厚鋼板 (節点 39 に載荷)

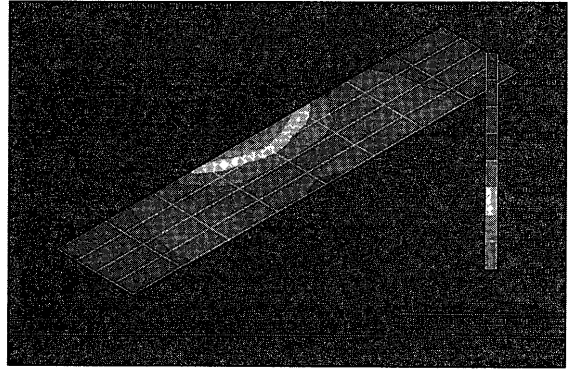


図 60 等厚鋼板 (節点 41 に載荷)

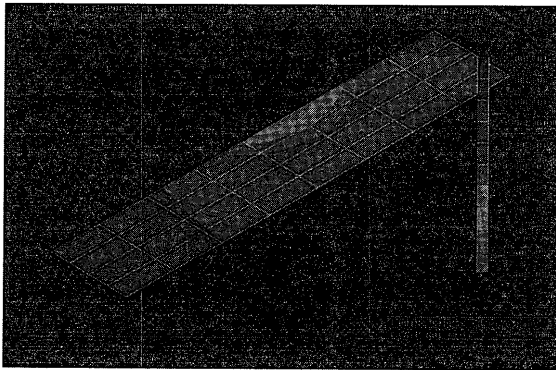


図 57 変厚鋼板 (節点 40 に載荷)

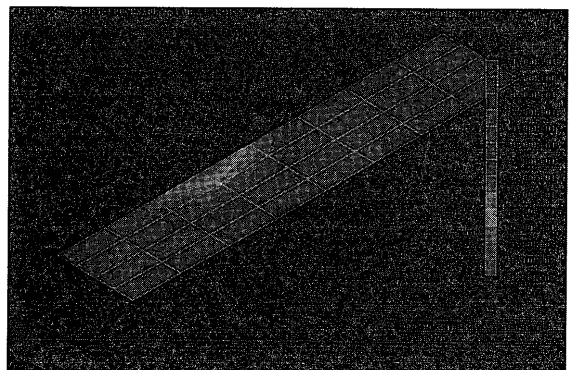


図 61 変厚鋼板 (節点 42 に載荷)

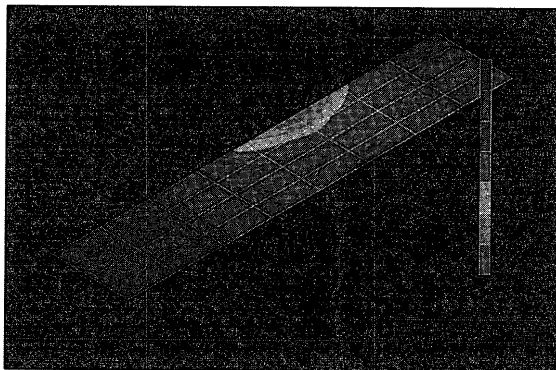


図 58 等厚鋼板 (節点 40 に載荷)

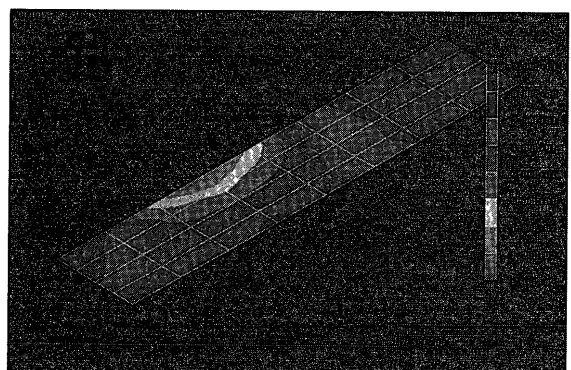


図 62 等厚鋼板 (節点 42 に載荷)

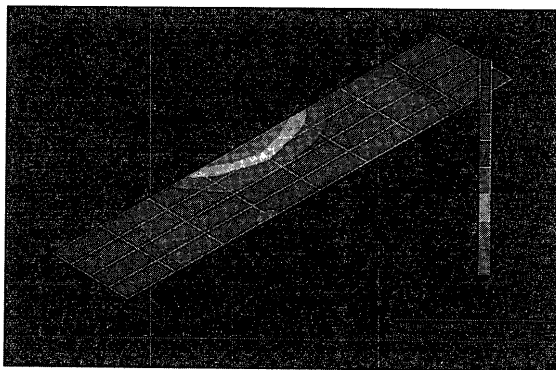


図 59 変厚鋼板 (節点 41 に載荷)

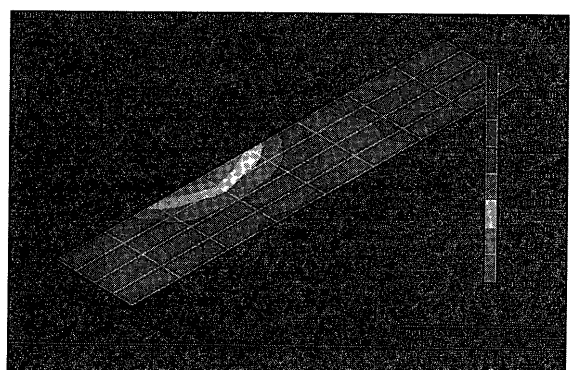


図 63 変厚鋼板 (節点 43 に載荷)

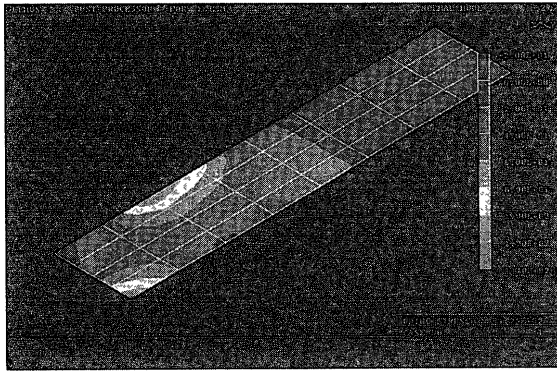


図 64 等厚鋼板（節点 43 に荷重）

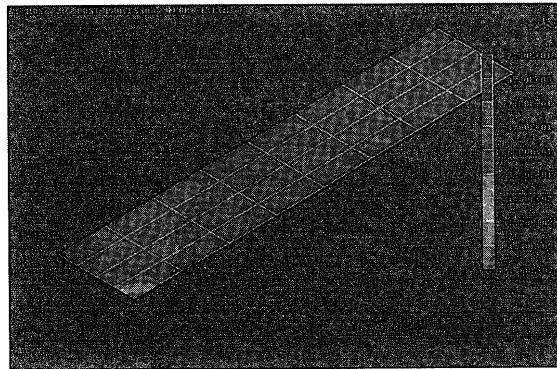


図 65 変厚鋼板（節点 44 に荷重）

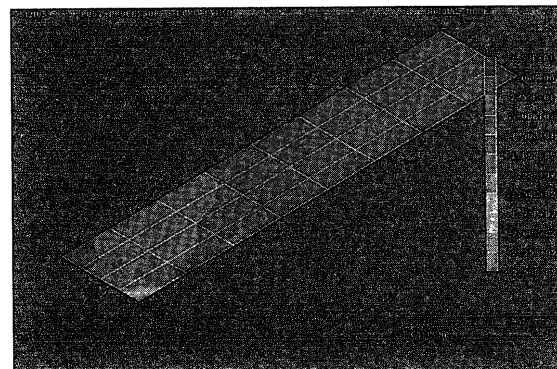


図 66 等厚鋼板（節点 44 に荷重）

変厚鋼板の節点 38 に荷重を載荷すると、板厚が一番小さく、また、一番端の節点だけあって、一番大きな最大主応力を持つ。等厚鋼板も同様で節点 38 と 44 に荷重を載荷すると、一番大きな最大主応力を持つ。

節点 38, 39, 40 に集中荷重が載荷すると変厚鋼板のほうが不利な応力状態を示し、節点 42, 43, 44 に集中荷重を載荷すると等厚鋼板のほうが不利な応力状態を示すことがわかる。これは等厚鋼板より板厚が節点 38, 39, 40 は薄いために示したのだと考えられる。つまり、自重が同じ場合、集中荷重が載荷する場所によっては、等厚鋼板より変厚鋼板の方が不利な応力状態を示す場合がある。

変厚鋼板及び等厚鋼板ともに最大主応力の位置

は集中荷重を載荷した自由端ではなく、載荷した節点とは逆の単純支持部が最大主応力を示す中心となっていることがわかる。また、モデルの一番端の節点に荷重を載荷させると単純支持部と自由端の節点も最大主応力を示すことがわかる。例えば、節点 38 に載荷すれば、節点 2 が最大主応力の中心となる。従って、この場所から、塑性するのではないかと考える。しかし、載荷した節点は最小の最大主応力を示すことがわかる。

図 53 から図 66 に示す応力状態を見てみると、変厚鋼板で節点 43 に集中荷重が載荷した時に最も有利な応力状態を示すことがわかる。

(3) 等厚鋼板と比較させた場合（モデル全体に面荷重を載荷）

(a) 変位

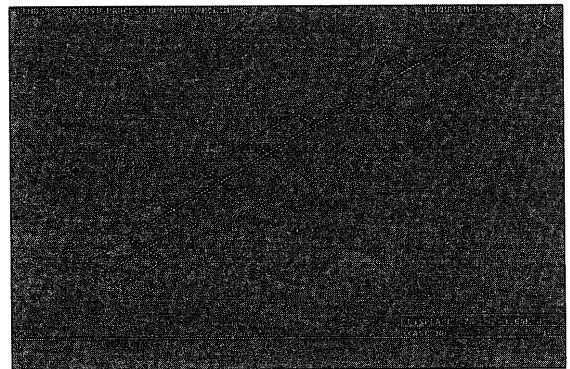


図 67 変厚鋼板（25kgf/cm<sup>2</sup>を載荷）

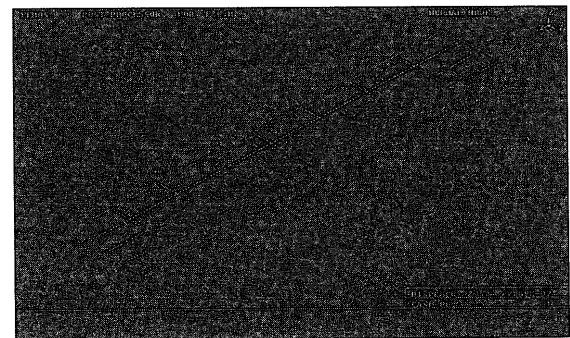


図 68 等厚鋼板（25kgf/cm<sup>2</sup>を載荷）

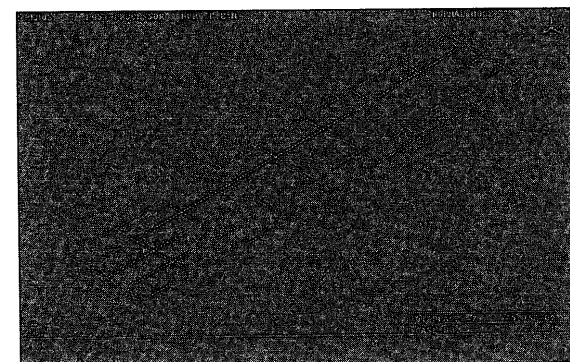


図 69 変厚鋼板（40kgf/cm<sup>2</sup>を載荷）

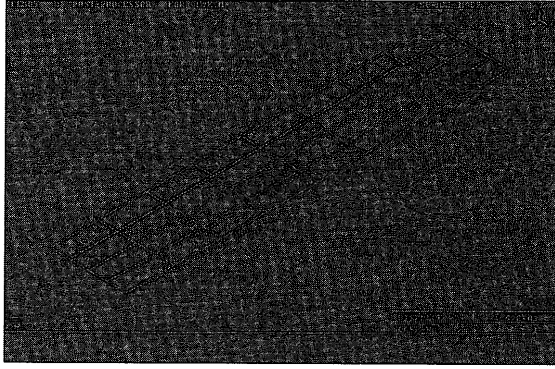


図 70 等厚鋼板 (40kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)



図 74 等厚鋼板 (50kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

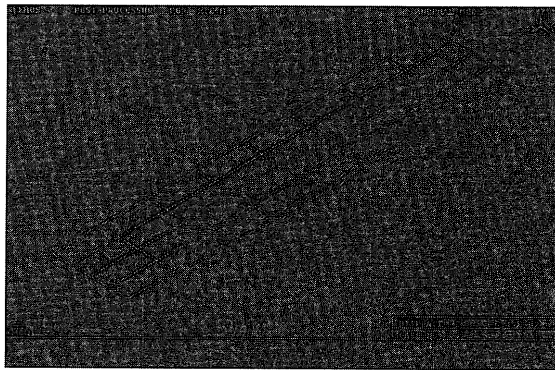


図 71 変厚鋼板 (45kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

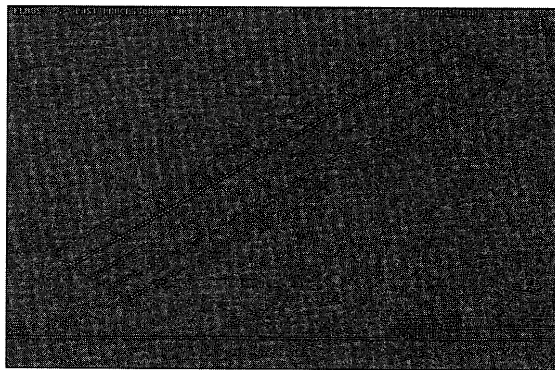


図 72 等厚鋼板 (45kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

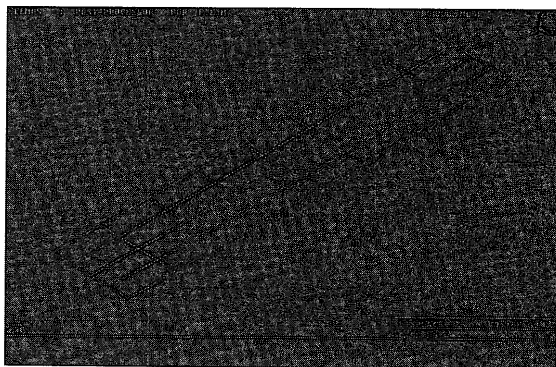


図 73 変厚鋼板 (50kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

荷重が2倍になれば等厚鋼板、変厚鋼板ともに変位量も2倍になる。

最大変位量の位置は等厚鋼板では自由端の中央、変厚鋼板では節点39から40の間で存在する。

変厚鋼板の荷重-変位曲線(図75)を見てみると、最大変位量を示す節点39,40の曲線の傾きが最も緩く、最小変位量を示す節点44の曲線の傾きが最もきつい事がわかる。すなわち、載荷する面荷重が大きくなると、最大変位量を示す節点39,40の変位の変化は、他の節点の変位の変化と比べて大きくなるのに対し、最小変位量を示す節点44の変位の変化は、他の節点の変位の変化と比べて小さくなる事がわかる。また、等厚鋼板の荷重-変位曲線(図76)を見てみると、自由端の中心である節点41の傾きが最も緩く、自由部の端である節点38,44の傾きが最もきつい事がわかる。すなわち、載荷する面荷重が大きくなると、最大変位量を示す節点41の変位の変化は、他の節点の変位の変化と比べて大きくなるのに対し、最小変位量を示す節点38,44の変位の変化は、他の節点の変位の変化と比べて小さくなる事がわかる。

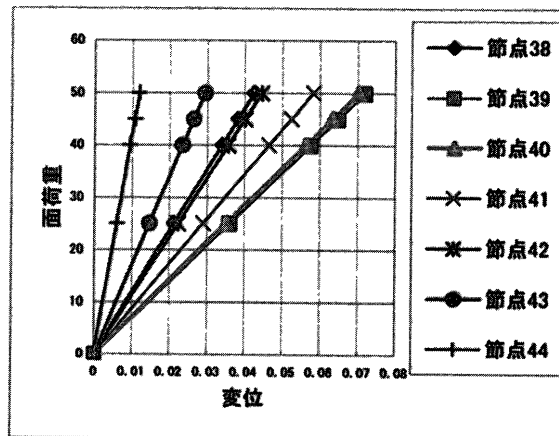


図 75 変厚鋼板の荷重-変位曲線

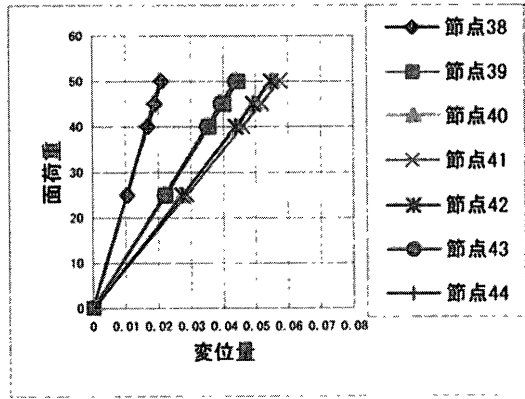


図 76 等厚鋼板の荷重-変位曲線

(b) 最大主応力

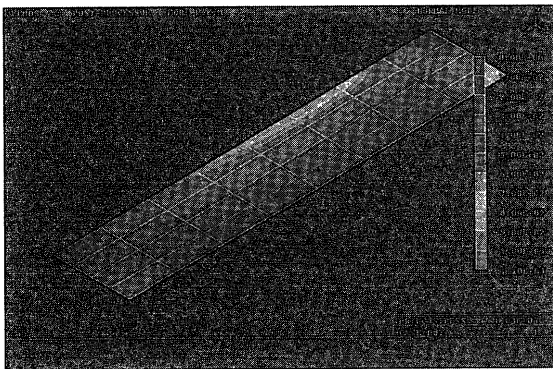


図 77 変厚鋼板 (25kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

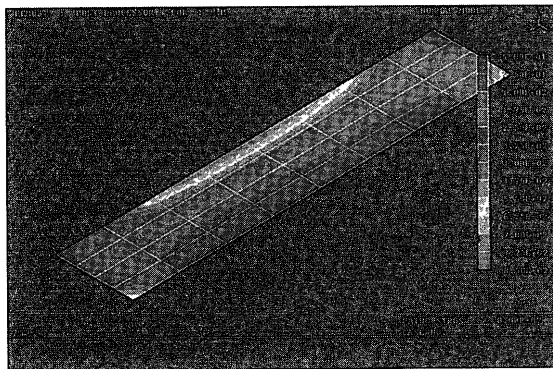


図 78 等厚鋼板 (25kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

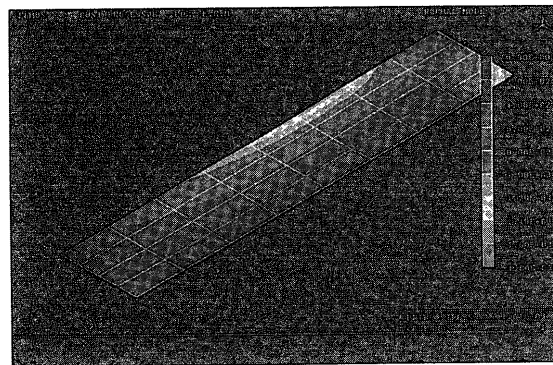


図 79 変厚鋼板 (40kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

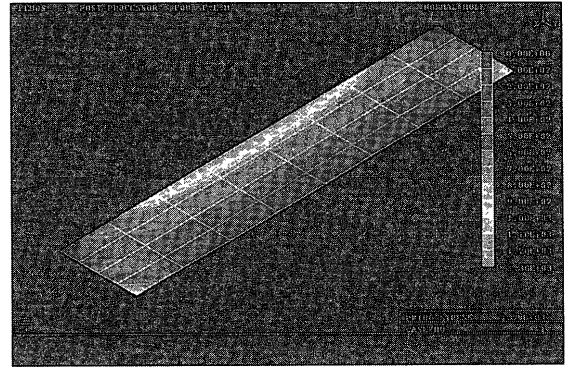


図 80 等厚鋼板 (40kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

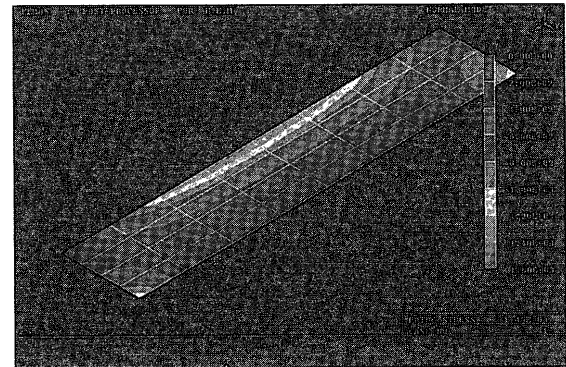


図 81 変厚鋼板 (45kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

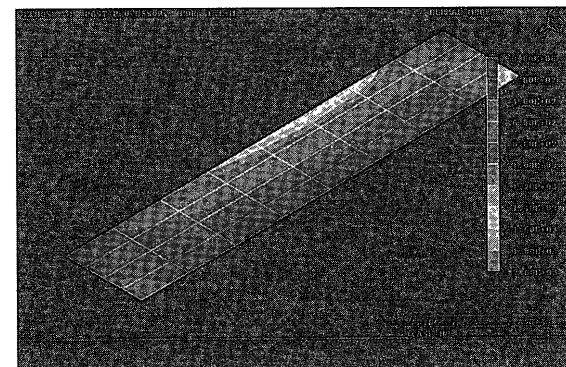


図 82 等厚鋼板 (45kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

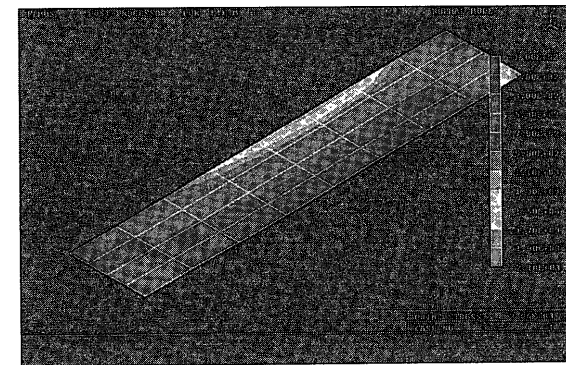


図 83 変厚鋼板 (50kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

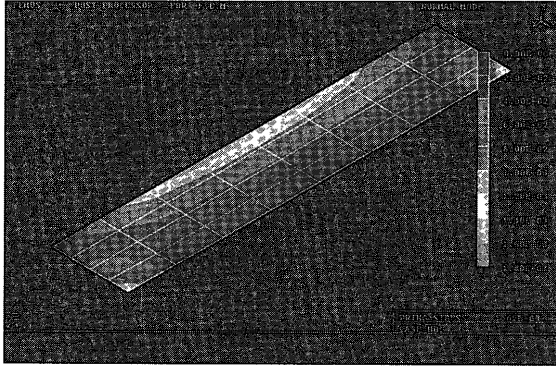


図 84 等厚鋼板 (50kgf/cm<sup>2</sup>を載荷)

応力状態を見ればわかるように、最大主応力は、等厚鋼板は単純支持部の中央、変厚鋼板は単純支持部の中央よりも最小板厚側へずれた所にあることがわかる。これより、最大変位量の位置が発生した節点とは逆の単純支持部に最大主応力が発生する事がわかる。また、変厚鋼板は自由端と単純支持部との節点にも最大主応力が発生することもわかる。残留応力を考慮していないため、そうでないかもしれないが、この部分から、塑性する可能性が高いと言える。

等厚鋼板及び変厚鋼板ともに荷重が 2 倍になれば、最大主応力も 2 倍になる。

#### 4. 結論

3-3 (1) からわかるように板厚比が小さすぎると等厚鋼板の板厚状態に近づくため変厚鋼板としてもあまり意味がないことわかる。板厚比が大きすぎると自重が大きくなってしまいう可能性がある。また、大きな荷重が作用したとき、板厚比が変位量、最大主応力に与える影響が大きいことがわかった。そのため、I 型断面桁の圧縮フランジに変厚鋼板を用いる場合には設計に用いる荷重を厳密に検討しなければならない。今回の結果より板厚比は 1.6～1.7 程度の板厚比が望ましいと思われる。

面荷重が載荷されると最大変位量の位置は自由端の中央から最小板厚側へずれた所で発生するた

め、安全を検査する際にはフランジの中心部を検討するのではなく、中心部から最小板厚側へずれた所で検討しなければならない。中心部でフランジが安全だったからと言っても、最大変位量の発生する位置では安全ではないと言えることがあるため気を付けなければならない。

最初に塑性する位置は集中荷重が自由端に載荷した場合は、載荷した点とは逆の単純支持部の節点付近であると考えられる。また、面荷重が載荷した場合は、単純支持部の中央より最小板厚側へずれた所であると考えられる。しかしながら、FEMLEEG では残留応力を考慮して塑性解析ができなかったため、あくまで予想であり、確実とは言えない。

変厚鋼板を採用する際に普通は、モーメントの大きな場所ほど板厚を厚くし、モーメントの小さい場所ほど板厚を薄くする。集中荷重を載荷した点が最大モーメントとなるため、本来なら集中荷重を載荷した点で最大板厚を用いなければならない。しかし、今回の解析では予想していない所に荷重を載荷させた場合を検討した。そのため、変厚鋼板は予想していなかった場所に荷重が載荷したとき、等厚鋼板より変厚鋼板の方が不利な応力状態を示すことがわかった。

以上のことから、変厚鋼板をフランジに用いる場合は、最初に、より正確な設計荷重と設計荷重の載荷する位置を想定する事が大切である。また、予想し得なかった場所に荷重が載荷しても許容応力を超えないような板厚比を用いなければならない。

#### 参考文献

- 1) 新日本製鐵株式会社：  
[http://www.nsc.co.jp/plate/newprd/kyoryo/kyoryo03\\_9.html](http://www.nsc.co.jp/plate/newprd/kyoryo/kyoryo03_9.html)
- 2) 西村宣男：圧延変厚鋼板を用いた構造部材の強度評価と設計に関する研究，平成 10 年 3 月
- 3) 村上茂之：変厚及び有孔構造要素の極限強度特性に関する研究，平成 9 年 7 月