

工及びT型断面を有する各種鋼材げたの曲げ極限強度とその弾塑性特性について

室蘭工業大学 O中村作太郎

室蘭工業大学 志村 政雄

I. 緒 言

各種鋼材すなわち、SS-41, FCM-41のH型鋼材及びFNB-40T-A, CTEN-A, FTW-60の山形鋼材を用い、橋梁及び建築構造部材としてよく用いられる断面形I及びTのけたを製作し、フランジを上面として単純支持し、中央二点集中線荷重載荷によつて曲げ極限強度・弾性限度以内における応力度分布及びその弾塑性特性について追求し、各種の興味ある現象を見出した。

最近鋼材の科学的進歩とその応用範囲の拡大にともない、鋼構造物においては弾性理論のみならず、弾塑性理論・弾塑性理論による理論解析及び弾塑性実験が盛んに行われるようになって来た。

しかし弾塑性理論による解析においては種々実際と合致しない仮定・問題点が多々あり、これを實際の弾塑性現象に近づけようとするための合理的な理論解析は甚しく難解とされている。

そこで現段階において鋼材げたの曲げ弾塑性現象を徹底的に追求するためには実験によるほかはないと考え曲げ弾塑性実験を試みたものである。また最近新しく開発されつつある各種鋼材げたの曲げ弾塑性現象に関する比較研究を行なつた論文は全く見当たらないので、それについても比較吟味する目的を兼ね本研究を行なつた次第である。

II. 曲げ弾塑性実験

1. 実験に用いた機器

万能試験機：RH-100型，最大力量100t；X-Yレコーダー；ストレーンメーター（インジケータ）：SM-4J抵抗線歪測定器，SM-60AT抵抗線静歪測定器，DPM-E型抵抗線動的歪測定器；スイッチボックスSS24J；ストレーンゲージ：KL-20A5（Gage Length 20mm, Resistance Ω 119.5 $\pm$ 0.3, Gage Factor 2.06 $\pm$ 1%），KP-10-A1（Gage Length 10mm, Resistance Ω 120.0 $\pm$ 0.3, Gage Factor 2.03 $\pm$ 1%）；接着剤：ボンド3,000；ダイヤルゲージ：精度 $\frac{1}{100}$ mm

2. 使用鋼材の種類

(1). SS-41

一般構造用圧延鋼材であり、その機械的性質その他はJIS規格通りのものである。

(2). FCM-41

SM41に対する耐候性鋼材であり、溶接構造用圧延鋼材としての機械的性質・溶接性はSM41のJIS規格通りとなっている。

(3). FNB-40T-A

ニオブ系を添加して降伏点を高めた高張力鋼であり、特に40Tは鉄塔用に開発され引張強度も58kg/mm²以上を示しSS-41などよりは遙かに強い鋼種である。

(4). CTEN-A（フジコルテン，50キロ級FUJI-COR-TEN A）

フジコルテンは耐候性鋼材として多く用いられている。SM鋼材と同程度の溶接性をそなえ、加エ

Ⅲ. けたの曲げ理論解析

1. 弾性理論による解析

(1). 弾性曲げの基本理論

けたの弾性曲げ応力の解析に当って必要な仮定は次の通りである。

1) けたの横断面はけたが曲った後も平面を保ち、かつ曲った後の縦軸線に直交する位置をとる。これを総し Bernoulli-Navier の仮定という。

2) けたには横方向の垂直応力はなく、桁の縦軸方向に繊維状に考えた材料は単軸応力の状態にあつて自由に伸縮する。

3) 材料は Hooke の法則に従い、かつ材料の引張及び圧縮に対する縦弾性係数の値は等しい。

4) けたの横断面は縦軸方向に一樣でかつ対称軸を有する。また横荷重はこの対称軸に沿つて作用し、けたの曲りはその対称平面内において生ずる。

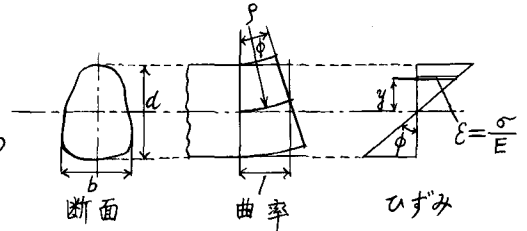


図-4 けたの弾性曲げ

$$\left. \begin{aligned} \text{図-4を参照し, } \frac{\varepsilon}{y} = \frac{1}{\rho} = \phi, \quad M = \int_A \sigma y dA = EI\phi, \quad \sigma = E\varepsilon = Ey\phi \\ M_y = EI\phi_y = \sigma_y S, \quad 0 < \phi < \phi_y \end{aligned} \right\} \text{---(1)}$$

ここに、 ρ : 曲率半径、 ε : ひずみ、 y : 中立軸からの垂直距離、 E : 弾性係数、 A : 断面積、 I : 断面2次モーメント、 M : 弾性限度以内における曲げモーメント、 M_y : 降伏モーメント、 σ : 弾性限度以内における曲げ応力度、 σ_y : 降伏曲げ応力度、 S : 断面係数、 ϕ : 弾性限度以内における曲率、 ϕ_y : 降伏モーメントの際の曲率。

(2). 中央二点集中荷重を受ける単純けたの応力・たわみ解式

(a). 反力・曲げモーメント・せん断力及びその断面応力度などに関する解式

図-5を参照し、その反力・曲げモーメント・せん断力

断面応力度などを求めれば次式の通りとなる。

$$\text{反力 } R_A = R_B = \frac{P}{2} \text{ --- (2)}$$

曲げモーメント

$$\left. \begin{aligned} 0 \leq x \leq a \quad \text{---} \quad M = \frac{P}{2} \frac{(a+b)}{l} x + \frac{P}{2} \frac{a}{l} x = \frac{P}{2} x \\ (a+b) \leq x \leq l \quad \text{---} \quad M = \frac{P}{2} \frac{(2a+b)}{l} (l-x) = \frac{P}{2} (l-x) \\ M_c = M_D = M_{\max} = \frac{P}{2} \frac{(2a+b)}{l} a = \frac{P}{2} a \end{aligned} \right\} \text{--- (3)}$$

せん断力

$$0 \leq x \leq a \quad \text{---} \quad Q = \frac{P}{2} \frac{(a+b)}{l} + \frac{P}{2} \frac{a}{l} = \frac{P}{2}, \quad (a+b) \leq x \leq l \quad \text{---} \quad Q = -\frac{P}{2} \text{ --- (4)}$$

$$\text{曲げ応力度} \quad \sigma = \pm \frac{M}{I} y = \pm \frac{M}{S} \quad (\text{+} \cdots \text{引張応力度}, \text{-} \cdots \text{圧縮応力度}) \text{ --- (5)}$$

ここに、 I : 断面2次モーメント、 S : 断面係数、 y : 中立軸からの垂直距離。

$$\text{せん断応力度} \quad \tau_{yz} = \frac{Q}{22I} \int_{y_1}^{y_0} y dF \text{ --- (6)}$$

ここに、 y, z : 断面の圆心を原点とせる垂直及び水平座標の距離、 dF : 原点より垂直距離 y における微小区間の面積、 y_0 : 原点より断面の上、下縁まで測った垂直距離、 y_1 : τ_{yz} を求めんとする点の原点より測った垂直距離。

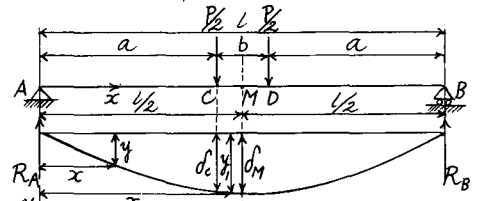


図-5 単純けたの弾性曲げとそのたわみ

(b). たわみ解式

1). 曲げたわみ解式

図-5を参照し、A～C間とC～D間のたわみを区別して考える。

$$0 \leq x \leq a \text{ の場合 } M = \frac{P}{2}x, EI \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{P}{2}x, EI \frac{dy}{dx} = \frac{P}{4}x^2 + C_1, EI \cdot y = \frac{P}{12}x^3 + C_1x + C_3$$

$$x=0, y=0 \text{ の時 } C_3=0$$

$$a \leq x \leq (a+b) \text{ の場合 } M = \frac{P}{2}a, EI \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{P}{2}a, EI \frac{dy}{dx} = \frac{P}{2}ax + C_2, EI \cdot y = \frac{P}{4}ax^2 + C_2x + C_4$$

$$x_1 = \frac{l}{2}, \frac{dy}{dx_1} = 0 \text{ の時 } C_2 = -\frac{Pal}{4}$$

$$\text{そこで } x=a \text{ 及び } x_1=a \text{ では } \frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx_1} \text{ であるから } C_1 = \frac{Pa}{4}(a-l)$$

$$\text{同様に } x=a \text{ 及び } x_1=a \text{ では } y=y_1 \text{ であるから } C_4 = \frac{Pa^3}{12}$$

$$\text{故に } EI y_1 = \frac{Pa}{4}(x_1^2 - lx_1 + \frac{a^2}{3})$$

$$\text{支間中央点 } M \text{ のたわみを } d_M \text{ とすると, } x_1 = \frac{l}{2} \text{ の時の } y_1 \text{ を求め } d_M = \frac{Pa}{4EI}(\frac{a^3}{3} - \frac{l^2}{4}) \dots\dots\dots (7)$$

2). セン断たわみ解式

セン断力のみによるたわみ Δ_Q は次の通り表わされる。

$$\frac{1}{2}\Delta_Q = \int_0^l \frac{Q \cdot l}{2G A_w} dx \quad \therefore \Delta_Q = \int_0^l \frac{Q \cdot l}{G \cdot A_w} dx \dots\dots\dots (8)$$

ここに、 Q : セン断力、 l : 単位補助荷重によるセン断力、 G : セン断弾性係数、 A_w : ウエツブの断面積、 x : 左支点を原点として測つたその断面までの水平距離。

$$\therefore \Delta_Q = \int_0^a \frac{l(l-a)}{G \cdot A_w} dx + \int_a^l \frac{b(-\frac{Pa}{l})(-\frac{q}{l})}{G \cdot A_w} dx = \frac{Pa(l-a)}{l G \cdot A_w}$$

故に左右対称の二点荷重による支間中央点のたわみは上式の2倍となる。

$$\Delta_Q = \frac{2Pa(l-a)}{l G \cdot A_w} \dots\dots\dots (9)$$

2. 塑性理論による解析

(1). 塑性曲げの基本理論

弾性体におけるけたの曲げ理論では平面保存に関する Bernoulli-Euler の仮定と応力と歪の関係についての Coulomb の仮定とがもとになっているが、これをそのまま材料の一部が塑性状態に入っているけたにも適用することにすれば、曲げ応力・たわみ曲線などについて論ずることが出来る。

けたを多くの繊維からなるものと考え、平面保存を仮定すれば各繊維のひずみは中立軸からの距離に比例している。従つて大きな曲げモーメントを受けると中心軸からある程度以上隔れる繊維は降伏し塑性状態に入り、このときの断面内の曲げ応力分布は図-6 (b) のようになる。更に曲げモーメントが大きくなるにつれて断面内の塑性領域が増加し、遂には中立軸線を残し他のすべての部分が塑性領域に入ることになる。そのときの応力分布は図-6 (c) のようになり中立軸面は歪の不連続面となる。その位置は圧縮応力部の面積を F_c 、引張応力部の面積を F_T 、降伏応力を σ_0 とすると力の平衡から

$$\sigma_0 F_c = \sigma_0 F_T \quad \therefore F_c = F_T \dots\dots\dots (10)$$

すなわち中立軸面は断面を2等分する位置 (M 点) を通る。弾性限界以下 弾塑性・塑性曲げの問題では中立軸面は断面図心 (C 点) を通るのであるから塑性状態に入るとつれて中立軸の位置は徐々に移動することになる。このために中立軸付近の応力はたとえ外力が一方向的に増加する場合にも

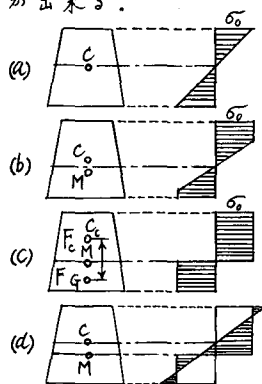


図-6 けたの弾性・弾塑性・塑性曲げ

繰返し応力を受けることになるが、それがけたの強さに及ぼす影響は小さいものと考えられる。

断面の抵抗し得る曲げモーメントは圧縮応力部の断面図心と引張応力部の断面図心との間隔を h_0 とすれば $M_p = \frac{h_0 F}{2} \sigma_0$ (F =断面積)(1) によって与えられる。

次に塑性曲げ理論における仮定を列挙すれば下記の通りである。

- 1). ひずみは中立軸からの距離に比例する。
- 2). 応力-ひずみ関係は静的降伏点 σ_y に到達するまでは弾性で、 σ_y に達した後は一定応力 σ_y のもとに無制限塑性流れを生ずる。
- 3). 圧縮側の応力-ひずみ関係は引張側と同じとする。
- 4). 変形は微小と考え、曲げの曲率はたおみの2回微分で近似出来るとする。

以上の仮定は多くの実験から妥当性が裏付けられている。

(2). 鋼材げたの弾塑性曲げ解式

(a). I形断面げたの場合

I形断面げたの場合はまずフランジ先端から降伏が始まり、フランジの一部が塑性領域になった場合を考える。

フランジの幅 b 、板厚 t 、ウェブの板厚を w 、ウェブの深さを d_w とすれば、図-7(a)で次式が得られる。

$$M = 2 \int_{y_0}^{\frac{d}{2}} \sigma_y y b dy + 2 \int_{\frac{d_w}{2}}^{\frac{d}{2}} \sigma_y y b dy + 2 \int_0^{\frac{d_w}{2}} \sigma_y y w dy + 2 \int_0^{\frac{d_w}{2}} \sigma_y y w dy$$

$$= \sigma_y \left(\frac{bd^2}{4} - \frac{by_0^2}{3} - \frac{1}{12} \frac{bd_w^3}{y_0} + \frac{1}{12} \frac{wd_w^3}{y_0} \right) \quad \text{.....(12)}$$

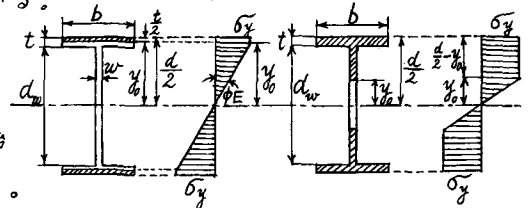


図-7 I形断面げたの弾塑性曲げ

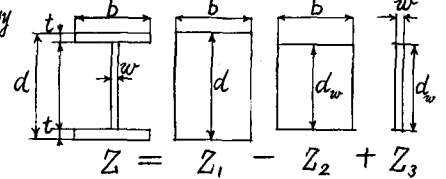


図-8 I形断面げたの塑性断面係数

そこで、 d : I形断面げたの深さ、 I : I形断面げたの断面

2次モーメント、 S : 断面係数 とすれば

$$I = \frac{bd^3}{12} - \frac{by_0^3}{12} + \frac{wd_w^3}{12}, \quad S = I / \frac{d}{2} \text{ または } I = S \frac{d}{2} \text{ と表示出来るから、} M \text{ は次の通りになる}$$

$$M = \sigma_y \left(\frac{bd^2}{4} - \frac{by_0^2}{3} + \frac{S \frac{d}{2}}{y_0} - \frac{bd^2}{12 y_0} \right) \quad \text{.....(13)}$$

弾性域の深さを y_0 は、 $y_0 = \frac{\sigma_y}{E \phi}$ (14) (14)式を(13)式に代入し次式を得る。

$$M = \sigma_y b \left(\frac{d^2}{4} - \frac{\sigma_y^2}{3 E^2 \phi^2} \right) - \frac{E \phi d}{2} \left(S - \frac{bd^2}{6} \right) \quad \text{.....(15)}$$

(15)式を無次元化するために $M_y = \sigma_y S = EI \phi$ で割れば $\frac{M}{M_y} = \frac{bd^2}{4S} \left(1 - \frac{4 \sigma_y^2}{3 E^2 \phi^2} \right) + \frac{\phi}{\phi_y} \left(1 - \frac{bd^2}{6S} \right)$

しかるに $\sigma_y = E \phi_y \frac{d}{2}$ であるから、 $\frac{M}{M_y} = \frac{bd^2}{4S} \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\phi}{\phi_y} \right)^2 \right\} + \frac{\phi}{\phi_y} \left(1 - \frac{bd^2}{6S} \right)$ (16)

(16)式の適用範囲はフランジ外縁が降伏し始めてからフランジ全体が降伏するまでの間であらう、 $\frac{\phi}{\phi_y}$ が $1 < \frac{\phi}{\phi_y} < \frac{d/2}{\frac{d}{2} - 1}$ の範囲にある。次にフランジ全体が降伏してウェブが降伏し始めた状態からウェブ内部に塑性領域が広がって行く間を考えてみる。

$$\text{図-7(b)において、} M = 2 \int_{\frac{d_w}{2}}^{\frac{d}{2}} \sigma_y b y dy + 2 \int_0^{\frac{d_w}{2}} \sigma_y w y dy + 2 \int_0^{\frac{d_w}{2}} \sigma_y w y dy = \sigma_y \left(\frac{bd^2}{4} - \frac{bd_w^2}{4} + \frac{wd_w^2}{4} \right) - \frac{1}{3} \sigma_y w y_0^2$$

.....(17)

I形断面げたの塑性断面係数 Z は図-8に示すように三つの部分 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 に分割出来る。各成分はいずれも矩形断面を有するので、 $Z_1 = \frac{bd^2}{4}$ 、 $Z_2 = \frac{bd_w^2}{4}$ 、 $Z_3 = \frac{wd_w^2}{4}$ として得られる。

故に $M = \sigma_y (Z - \frac{1}{3} w y_0^2) = \sigma_y \left(Z - \frac{w}{3} \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi^2} \right)$ 、ただし $0 < y_0 < \frac{d_w}{2}$ (18)

(18)式を無次元化すれば、 $\frac{M}{M_y} = \frac{Z}{S} - \frac{w}{3} \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi S} = \frac{Z}{S} - \frac{wd^2}{12S} \left(\frac{\phi}{\phi_y} \right)^2 = f - \frac{wd^2}{12S} \left(\frac{\phi}{\phi_y} \right)^2$ 、ただし $\frac{d/2}{\frac{d}{2} - 1} < \frac{\phi}{\phi_y} < \infty$ (19)

$$(19)式において, M_y = \sigma_y S = EI \phi_y \text{ または } \sigma_y = \frac{EI \phi_y}{S} = \frac{E \phi_y d}{2} \quad (20)$$

I形断面の場合は矩形断面の場合よりも急速に最終モーメント M_p に近づいて行く。すなわちI形断面げたではフランジが全部降伏してしまうとけたの余剰強度が急激に減少する。

(b). T形断面げたの場合

I形断面げたの場合と全く同様の方法で求めることが出来る。

$$\begin{aligned} \text{図-9を参照し, } M &= 2 \int_0^{d_1} \sigma_y y b dy + 2 \int_0^{d_1-w} \sigma_y y b dy + 2 \int_0^{d_1-w} \sigma_y y w dy + 2 \int_0^{d_2} \sigma_y y w dy \\ &= 2 \sigma_y \left[b \left(\frac{d_1^2}{2} - \frac{y_0^2}{2} \right) + \left\{ \frac{b}{3} \left(\frac{y_0^3}{3} - \frac{(d_1-w)^3}{3} \right) + \frac{w}{3} \frac{(d_1-w)^3}{3} \right\} \right] \\ &+ 2 \sigma_y \left[\frac{w d_2^2}{3} \right] = \sigma_y \left[b \left(d_1^2 - \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi^2} \right) + \left\{ \frac{2b}{3} \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi^2} - \frac{2b(d_1-w)^3}{3 \sigma_y} \right\} + \right. \\ &\left. \frac{2w(d_1-w)^3}{3 \sigma_y} \right] + \sigma_y \frac{2w d_2^2}{3} \quad (21) \end{aligned}$$

$$(21)式で, y_0 = \frac{\sigma_y}{E \phi}, d_2 = \frac{\sigma_y}{E \phi} \quad (22) \quad \text{図-9 T形断面げたの弾塑性曲げ}$$

$$\text{また } I = 2 \left[\frac{bw^3}{12} + bw \left(\frac{d_1-w}{2} \right)^2 + \frac{w d_2^3}{12} - w d_2 \left\{ \frac{d_1-w}{2} - (d_1-w)^2 \right\} \right], S_1 = I/d_1, S_2 = I/d_2 \quad (23)$$

ここに, I : 断面2次モーメント, S_1, S_2 : 断面係数

$$M_y = \sigma_y S_1 = EI \phi_y \text{ または } M_y = \sigma_y' S_2 = EI \phi_y \quad (24) \text{ を用い, } \frac{M}{M_y} \text{ を求める。}$$

$$\begin{aligned} \frac{M}{M_y} &= \frac{1}{S_1} \left[b \left(d_1^2 - \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi^2} \right) + \frac{2b}{3} \left\{ \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi^2} - \frac{(d_1-w)^3}{\sigma_y} \right\} + \frac{2w(d_1-w)^3}{3 \sigma_y} \right] + \frac{1}{S_2} \frac{2w d_2^2}{3} \\ &= \frac{1}{S_1} \left[b d_1^2 \left\{ 1 - \left(\frac{\phi_y}{\phi} \right)^2 \right\} + \frac{2b}{3} \left\{ d_1^2 \left(\frac{\phi_y}{\phi} \right)^2 - \frac{(d_1-w)^3}{d_1} \left(\frac{\phi_y}{\phi} \right) \right\} - \frac{2w(d_1-w)^3}{3 d_1} \left(\frac{\phi_y}{\phi} \right) \right] + \frac{1}{S_2} \frac{2w d_2^2}{3} \quad (25) \end{aligned}$$

(25)式の適用範囲はフランジ外縁が降伏し始めてからフランジ全体が降伏するまでの範囲である。次にフランジ全体が降伏してウェブが降伏し始めた状態からウェブ内部に塑性領域が広がって行く間について考える。すなわち $0 < \phi_y < (d_1-w)$ の範囲とする。

$$\begin{aligned} M &= 2 \int_{d_1-w}^{d_1} \sigma_y b y dy + 2 \int_0^{d_1-w} \sigma_y w y dy + 2 \int_0^{y_0} \sigma_y y w dy + 2 \int_0^{y_0} \sigma_y y w dy + 2 \int_0^{d_2} \sigma_y w y dy \\ &= 2 \sigma_y \left[\frac{1}{2} \{ b d_1^2 - b(d_1-w)^2 \} + \frac{1}{2} \{ w(d_1-w)^2 - w y_0^2 \} + \frac{w y_0^2}{3} \right] + 2 \sigma_y \left[\frac{w y_0^2}{3} + \frac{w}{2} (d_2^2 - y_0^2) \right] \\ &= \sigma_y w \left\{ b(2d_1-w) + d_1^2 - d_1 w + w^2 + \left(\frac{1}{3} - 1 \right) \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi^2} + \sigma_y' w \left\{ d_2^2 - \left(\frac{2}{3} - 1 \right) \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi^2} \right\} \right\} \quad (26) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{そこで } \frac{M}{M_y} &= \frac{w}{S_1} \left\{ b(2d_1-w) + d_1^2 - d_1 w + w^2 - \frac{2}{3} \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi^2} \right\} + \frac{\sigma_y'}{\sigma_y} \frac{w}{S_1} \left\{ d_2^2 - \frac{1}{3} \frac{\sigma_y^2}{E^2 \phi^2} \right\} \\ &= \frac{w}{S_1} \left\{ b(2d_1-w) + d_1^2 - d_1 w + w^2 \right\} - \frac{2 d_1^2 w}{3 S_1} \left(\frac{\phi_y}{\phi} \right)^2 - \frac{d_2 w}{d_1 S_1} \left\{ d_2^2 - \frac{d_1^2}{3} \left(\frac{\phi_y}{\phi} \right)^2 \right\} \quad (27) \end{aligned}$$

ただし $\frac{d_1}{d_1-w} < \frac{\phi}{\phi_y} < \infty$

(3). 塑性曲げたわみ理論

I形断面, T形断面のような鋼材げたではモーメント-曲率曲線からわかるようにモーメントは荷重の増大につれて塑性モーメント M_p に急速に近づき, その後はほとんど一定のモーメントのもとに曲率が増大して行く。すなわち M_p と M_y の比は1に近づき, M_y 以上のモーメント曲線は急速に M_p に近づいて行くので, これを簡易化してモーメント-曲率関係は原点より M_p まで直線と仮定し, M_p に達した瞬間の曲率 ϕ_p より先は一定のモーメント M_p のもとに曲率 ϕ が無制限に増大すると考える。

すなわち, たわみ計算のための仮定と条件を列記すれば次の通りである。

- 1). 理想化したモーメント-曲率関係を用いる。すなわち塑性モーメント M_p まで弾性で M_p に達すると一定モーメント M_p のもとで曲率は無制限に増大する。
- 2). 塑性関節以外の部分は弾性であるからその曲げ剛性は EI で表わされる。
- 3). 塑性関節ではけたが任意の角度だけ回転出来る。すなわちたわみ変形が大きくなってもけたは横倒れ座屈をしないとする。

4). たわみ変形が大きくなった時の2次応力の影響は無視する。またモーメント-曲率関係に影響を及ぼす諸因子すなわち、軸力、せん断力、残留応力などのたわみ変形におよぼす影響も無視する。

5). いくつかの塑性関節が出来た後最終荷重に到達する場合、最終塑性関節では最終荷重に達した瞬間にけたは連続である。

6). 塑性関節を含むけたのたわみ計算は塑性関節間のけたの分に対したわみ角法を用いて相対的なたわみを求め、5)の連続条件を用いて絶対値を決定する。

IV. 実験成果と理論値の比較

1. I形断面げた

図-10は弾性限度以内の断面応力度分布、図-11は主要なる点の弾性から塑性領域にわたる荷重-ひずみ曲線、図-12はけたの支間中央点における弾性から塑性領域にわたる荷重-たわみ曲線を示したものである。

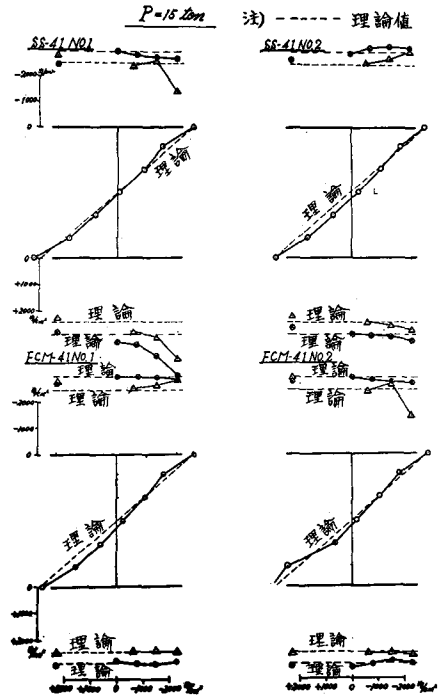
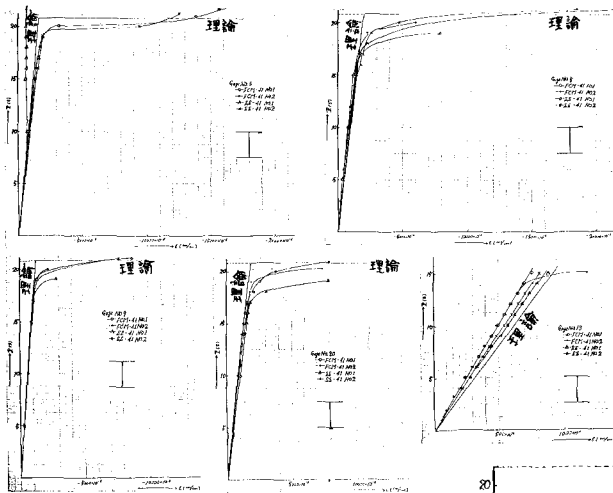


図-10 I形断面げたの弾性領域における断面応力度分布 ($P=6t, 15t$)

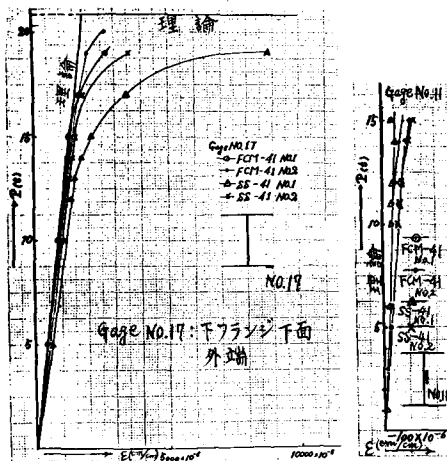


図-11 I形断面げたの主要点における弾性及び塑性領域の荷重-ひずみ曲線

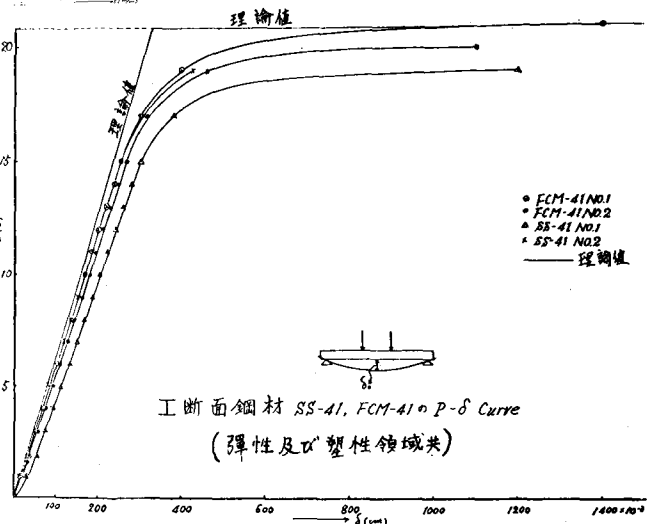


図-12 I形断面げたの支間中央点の荷重-たわみ曲線

2. T形断面げた

図-13は弾性限度以内の断面応力度分布、図-14は主要なる点の弾性から塑性領域にわたる荷重-ひずみ曲線、図-15はけたの支間中央点における弾性から塑性領域にわたる荷重-たわみ曲線を示したものである。

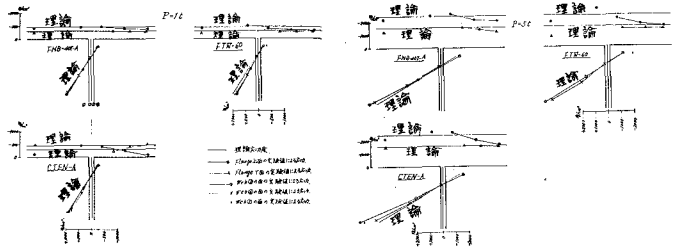


図-13 T形断面げたの弾性領域における断面応力度分布 (荷重 $P=1t$, $5t$ の場合を示す)

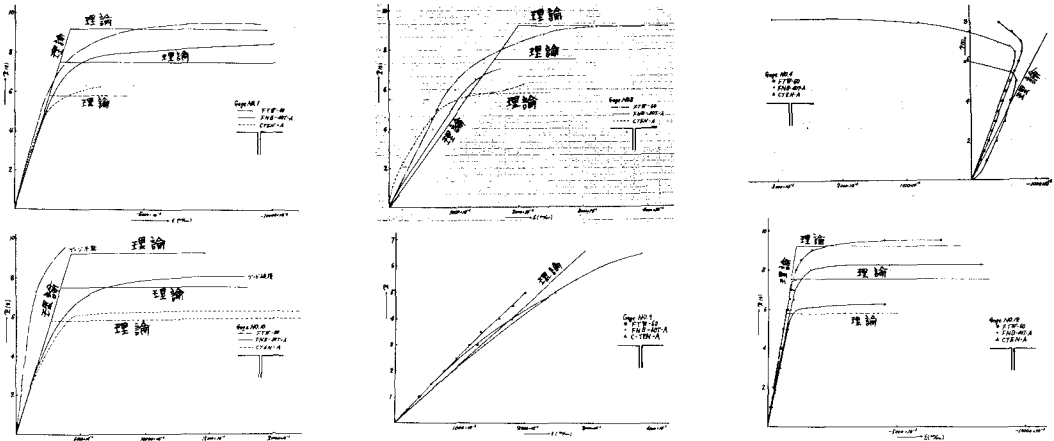


図-14 T形断面げたの主要点における弾性及び塑性領域の荷重-ひずみ曲線 (主要点のみ)

V. 結 言

1) I及びT形断面げたの弾性領域内の断面応力度分布、主要点の荷重-ひずみ曲線、支間中央点の荷重-たわみ曲線のいずれも実験値と理論値がほぼ一致し、理論の正しいことを確かめることが出来た。

2) 上述の荷重-ひずみ曲線、荷重-たわみ曲線共塑性領域、特

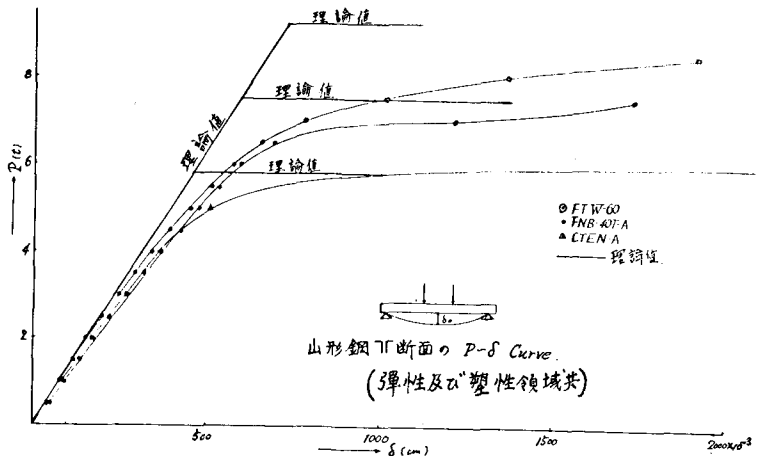
に弾塑性領域では実験値の充実に図-15 T形断面げたの支間中央点の荷重-たわみ曲線(弾・塑性)に比べ理論の不完全さを痛感せられた。しかし大体的傾向の合致していることは認めることが出来た。

3) 実験の降伏荷重から極限荷重に至る過程は理論的過程とほぼ合致し、鋼材げたとしての極限強度は材料規格試験における極限強度とほぼ合致する傾向のあることを認めることが出来た。

4) 塑性領域でのフランジ外端部の荷重-ひずみ実験曲線には二つの興味ある現象を発見出来た。

5) FCM-41はSS-41に比べ応力度・ひずみ共優れ、FTW-60はひずみの点でも優秀なことを認めた。

(参考文献) 1) 藤田譲ほか2名：塑性設計法、森北出版 (1961)。2) 中村作太郎・志村政雄：I及びT型鋼材の曲げ弾塑性特性について、土木学会学術講演会講演集I-13 (1969)。3) Jour.of the Proc. of A.S.C.E. (1960)



山形鋼T断面の $P-\delta$ Curve (弾性及び塑性領域共)