



| | |
|------------|---|
| Title | はり構造鋼試験片の4点曲げひずみ挙動におよぼす降伏現象の影響 |
| Author(s) | 真谷, 捷郎; 梶川, 達朗; 高野, 淳二 |
| Citation | 長崎大学工学部研究報告 Vol.31(57) p.1-5, 2001 |
| Issue Date | 2001-07 |
| URL | http://hdl.handle.net/10069/5149 |
| Right | |

This document is downloaded at: 2020-10-20T06:05:56Z

はり構造鋼試験片の4点曲げひずみ挙動におよぼす降伏現象の影響

真谷 捷郎*・梶川 達朗*・高野 淳二*

Consideration on strain behavior during yield of beam specimen
under 4-point bend

by

Katsuro SHINGAI*, Tatsuro KAJIKAWA* and Jyunji TAKANO*

We conducted tests to investigate the yielding phenomena of beam specimens under 4-point bending load. We used the carbon steel (JIS S25C steel plate). Strain gages were attached to a specimen and strains were measured during bending load. From strains measured, the relationship between bending strains and bending moments is shown, and one between the size of plastic zone and bending moments is also shown. Bending strains increase slowly after yield as moment increases, but increases rapidly when the size of total plastic zone becomes about a half of a specimen height. The strain distribution does not become the inverse symmetrical distribution such as described in the text book and disturbances of strain distributions are observed near the top and bottom of specimen height. Bending strains within the same bending moment part of specimen have large scatter.

1. 最初に

炭素鋼材料に単調引張り荷重をかけると降伏現象が現れることは良く知られており、引張り試験の応力ひずみ線図において上降伏点後に下降伏点を生じて下降伏点では応力はほぼ一定になるが、下降伏点のひずみは上降伏点ひずみから数%までのひずみ範囲になる。降伏現象の原因として各種の理論が提案されてきたが、最近では炭素に固着された転位が上降伏点で開放され、転位の増殖と転位の動的効果によるものとされている⁽¹⁾。また、平滑丸棒試験片の引張り試験により、降伏応力に及ぼす結晶粒の大きさ、温度、ひずみ速度などの影響は、実験的にかなり調べられている。しかし、曲げ応力分布と切欠きによる応力集中が降伏ひずみ現象におよぼす影響についてはあまり調べられてない。著者らは、既に片持ち曲げ下の切欠き鋼試験片について切欠き底のひずみと曲げ応力、切欠き底のひずみ分布の曲げ応力増加に対する変化等を調べて、そのひずみ挙動にはバラツキが大きいことを述べ

た⁽²⁾。ここでは、基本的なはり構造鋼試験片の純曲げを考えて、4点曲げはりの降伏ひずみ挙動におよぼす曲げ応力分布の影響を実験的に詳細に調べることが目的とした。

2. 材料と試験片

試験に使用した材料は、炭素鋼JIS-S25C鋼板の焼きなまし材で、この化学成分を表1に、機械的性質を表2に示す。図1に本材の降伏域の応力ひずみ線図を示す。図2にははり構造試験片を示す。試験片ははり高さBが15と20mmの2種類である。試験片にはゲージ長さ0.2と1.0mmのひずみゲージを図3のように貼付した。4点曲げ荷重装置を図4に示す。試験は今井教授研の1トンオートグラフを利用して、ベッド変位速度を2 mm/minにして荷重をかけ、単調増加荷重とともにひずみ計測を連続的に行った。なお、ひずみ計測は構造工学科のデータロガーを利用して行った。

平成13年4月20日受理

*機械システム工学科 (Department of Mechanical Systems Engineering)

Table 1 Chemical composition (%)

| | | | | | | | |
|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Ca |
| 0.24 | 0.22 | 0.50 | 0.012 | 0.016 | 0.07 | 0.15 | 0.13 |

Table 2 Mechanical properties

| | |
|-----------------------|---------|
| Modulus of elasticity | 206 GPa |
| Yield stress | 260 MPa |
| Tensile stress | 446 MPa |
| Elongation | 26 % |

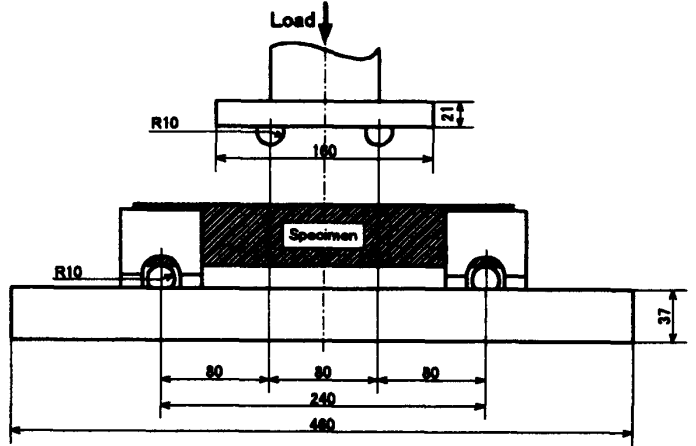


Fig. 4 Apparatus for 4 point bend

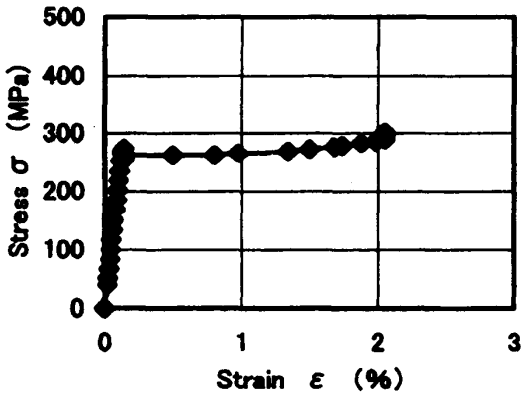


Fig. 1 Stress strain curve

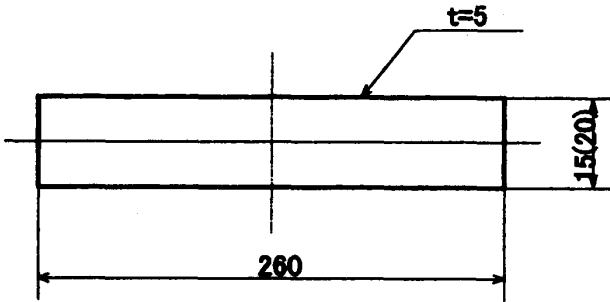


Fig. 2 Beam specimen

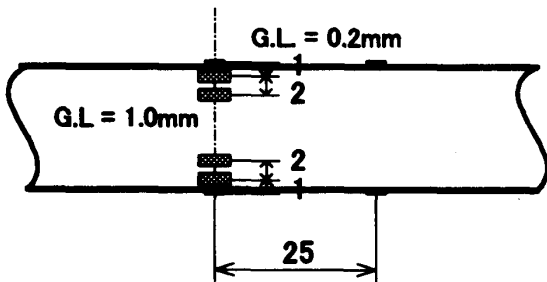


Fig. 3 Positions of strain gages

3. 試験結果と検討

3. 1 曲げひずみと曲げモーメントの相関

図5, 6には, それぞれ15mmと20mmの2種類のはり高さ (B) について, 曲げひずみと曲げモーメントとの相関を示している. 図に示すように, 引張り側の2箇所のひずみゲージに対応するひずみを ϵ_1 および ϵ_3 とし, 圧縮側の2箇所のひずみゲージに対応するひずみを ϵ_2 および ϵ_4 とする. 図5では, 引張り側の2箇所のひずみは曲げモーメントに対してほぼ同じひずみ値になり, また圧縮側の2箇所のひずみもほぼ同じひずみ値になる.

ひずみは曲げモーメント約50Nmで降伏開始後緩やかに増加するが, 73Nm付近になると, 引張り側のひずみでは1.5%まで, 圧縮側のひずみでは-1.1%まで急増する. また, 曲げモーメントに対して引張り側のひずみが圧縮側のひずみより大きくなる傾向が見られる.

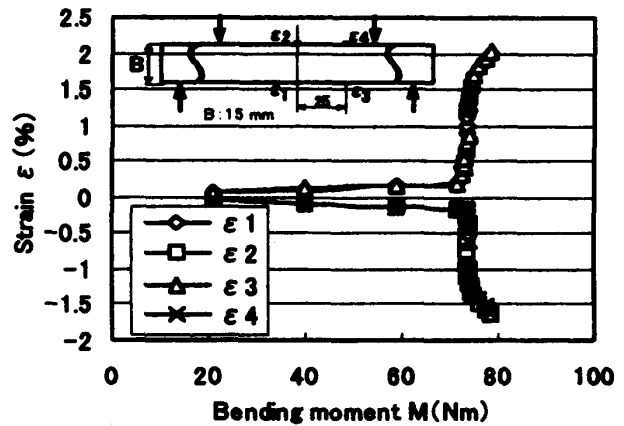


Fig. 5 Bending strain vs bending moment (B15)

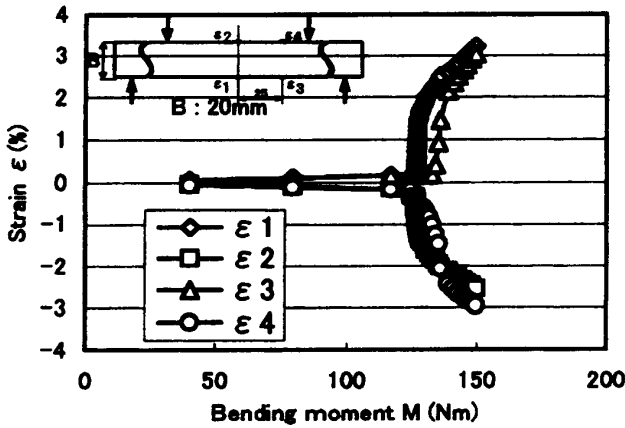
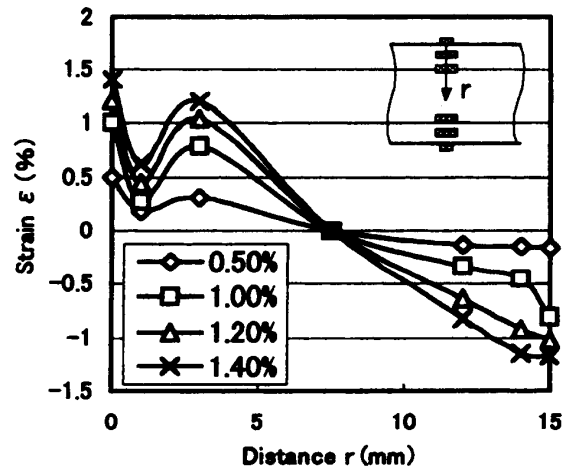


Fig. 6 Bending strain vs bending moment (B20)

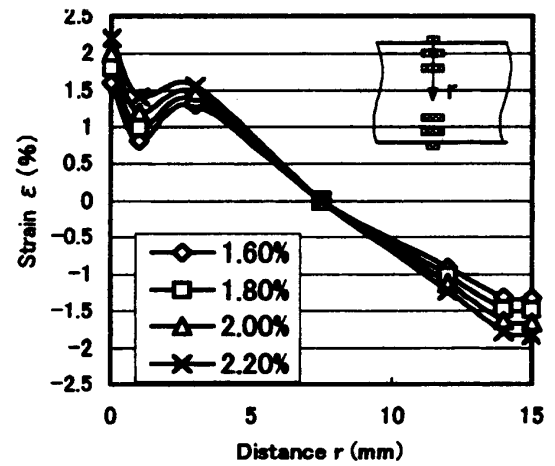
図6でもほぼ同様な傾向が見られるが、引張り側2箇所のひずみは同じモーメント値に対して同じひずみ値にならず、圧縮側2箇所のひずみも同じにならないなどの差がみられる。

3. 2 曲げひずみ分布

図7には、はり高さ15mmについて引張り側の表面ひずみが0.05%から2.20%まで増加するときのひずみ分布の変化を示している。0.05%、0.1%および0.15%の各ひずみ分布は、直線的な逆対象ひずみ分布になる。しかし、0.2%以上になると直線ひずみ分布ではなく、特異なひずみ分布を示す。なお、本試験でははり高さの中立軸のひずみを計測していないが、後述のように中立軸は、はり高さのほぼ真中になるので、真中のひずみを零としてひずみ分布を描いている。

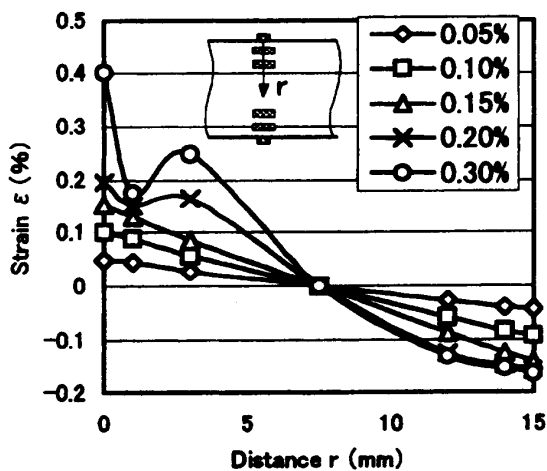


a. from 0.5 to 1.4%

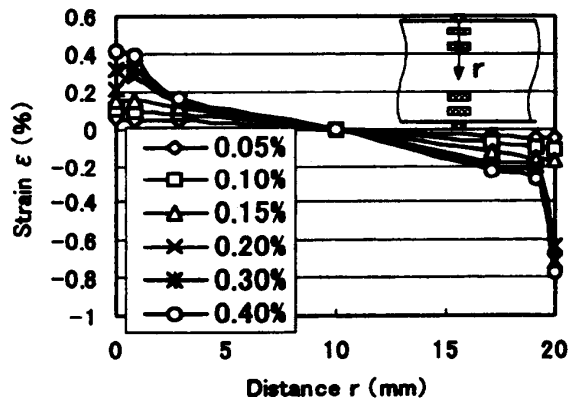


c. from 1.6 to 2.2%

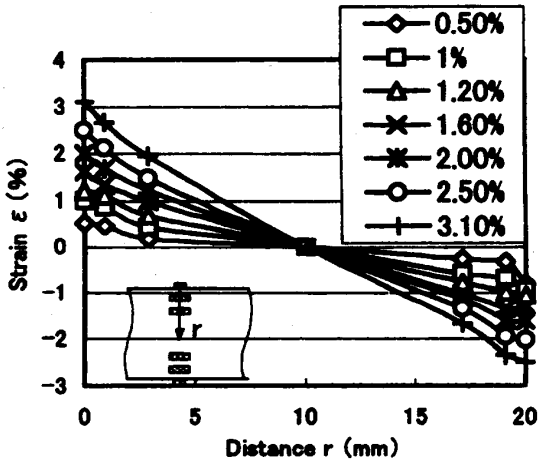
Fig. 7 Strain distribution (B15)



a. from 0.05 to 0.3%



a. from 0.1 to 0.4%



b. from 0.5 to 2.2%

Fig. 8 Strain distribution (B20)

図8には、はり高さ20mmについての同様なひずみ分布の変化を示しているが、直線的な逆対象ひずみ分布にはならない。ひずみが大きい表面近くでひずみ分布の乱れが見られる。

3. 3 曲げモーメントと降伏域寸法の相関

図9には、はり高さ15mmのはり試験片について曲げモーメントと引張り側と圧縮側のそれぞれの降伏域寸法の相関を示している。降伏域はひずみが降伏ひずみ（降伏応力を縦弾性係数で除したひずみで0.126%になる）以上になるひずみ領域寸法とした。

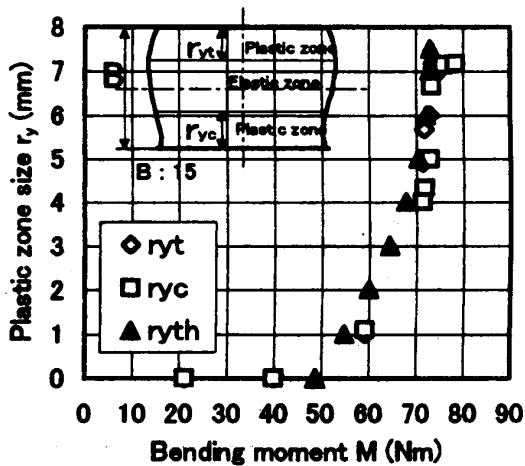


Fig. 9 Plastic zone size vs bending moment (B15)

降伏域は降伏開始の約50Nmから73Nmまでは曲げモーメントに比例して増加し、73Nmで急激に増加して、ほぼ垂直になる。

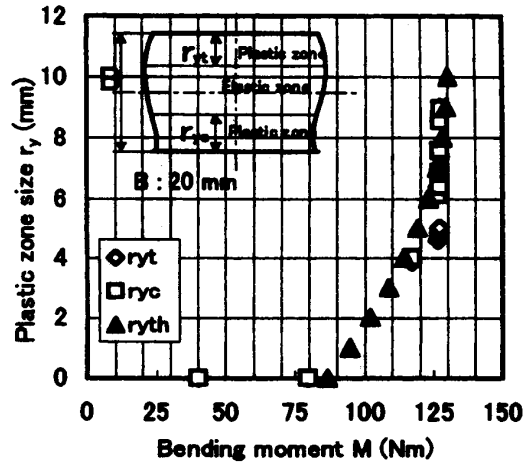


Fig. 10 Plastic zone size vs bending moment (B20)

また、曲げモーメントに対する引張り側の降伏域寸法と圧縮側のそれとはほぼ同じになり、有意差はないので、中立軸ははり高さの真中になる。図10には、はり高さ20mmの試験片について同様な相関を示しているが、はり高さ15mmの結果の傾向と良く似ている。

ここで、図11に示すような曲げの弾塑性状態を考えて、材料を弾完全塑性と考えれば、降伏域寸法と曲げモーメントの関係式を求めることができる。すなわち、次の(1)式になる。

$$M = 0.33 \sigma_y t (0.5 h^2 + h r_y - r_y^2) \quad (1)$$

M : 曲げモーメント

σ_y : 降伏応力, 260MPa

t : 試験片厚さ, 5 mm

h : はり高さ, 15または20mm

r_y : 降伏域寸法

(1)式より求めた計算結果を図9, 10に記号 $r_{y,c}$ で示している。本計算結果の傾向は実験結果のそれと似ているが、降伏域が急激に増加する部分の曲線は実験結果の方がより急になり、有意差が見られる。

3. 4 曲げひずみのバラツキ

図12には、はり高さ15mmのはり試験片についてひずみ ϵ_1 に対するひずみ ϵ_2 , ϵ_3 , ϵ_4 の変化を示す。降伏現象がなければこれらのひずみはほぼ一致するはずだが、一致しないで、それぞれ大きい差が見られる。

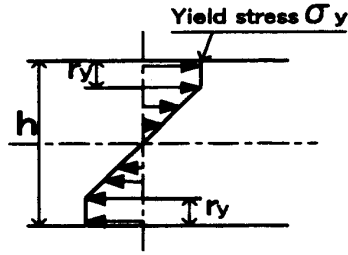


Fig. 11 Elastic-plastic stress state in bend

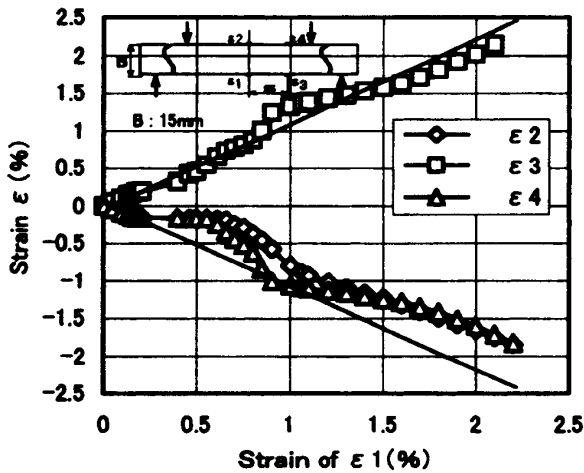


Fig. 12 Strain $\epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$ vs ϵ_1 (B15)

図13には、はり高さ20mmのはり試験片についてひずみ ϵ_1 に対するひずみ ϵ_2, ϵ_4 の変化を示す。ひずみ ϵ_4 のばらつきは大きい。これらから、降伏が進行している時には、はり試験片の純曲げ区間でも場所によりひずみのバラツキは相当大きいことがわかる。

4. 得られた結果

1. はり構造試験片の純曲げ下の曲げ降伏ひずみは、降伏開始後降伏域寸法とともに緩やかに増加するが、引張り側と圧縮側の降伏域寸法和の全降伏域寸法がはり高さの約半分位になると急激に増加する。
2. 曲げモーメントと降伏域寸法の相関を表す曲線は、

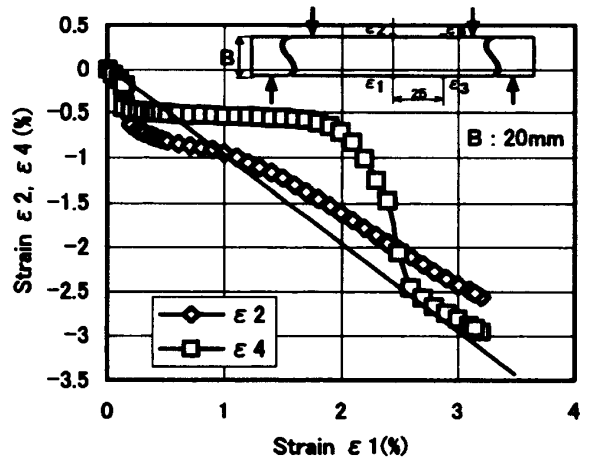


Fig. 13 Strain ϵ_2, ϵ_4 vs ϵ_1 (B20)

弾塑性計算結果と実験結果とで似ているが、降伏域寸法が急激に増加する部分では実験結果が計算結果よりもさらに急激に増加して有意差が見られる。

3. はり高さにわたる曲げひずみ分布は、直線的な逆対象ひずみ分布にはならない。ひずみが大きい板厚表面近くでひずみ分布の乱れが見られる。

謝 辞

卒業研究学生の試験片加工に際して、ご指導を頂きました実習工場の皆様にお礼を述べます。

参考文献

- (1) W. G. Johnson, J. J. Gilman, Dislocation Velocities, Dislocation Densities, and Plastic Flow in Lithium Fluoride Crystals, J. Applied Physics, Vol. 30, No. 2, p.129-144, 1959
- (2) 真谷捷郎, 吉井雄一, 福井大介, 単調増加面内横荷重下の切欠き鋼試験片の降伏ひずみ挙動, 長崎大学工学部研究報告, 第30巻, 第55号, p.161, 平成12年7月