

## せん断力を受ける鋼腹板の弾塑性履歴性状とひずみ速度依存性について

大同工業大学工学部 学生会員 樋口 直紀  
大同工業大学工学部 正会員 酒造 敏廣

## 1. まえがき

鋼材の機械的性質にはひずみ速度依存性があり、ひずみ速度増大によって降伏点上昇が顕著になることが知られている。本研究では、地震時に損傷すれば大きな変形速度を呈する鋼製ラ・メン橋脚のはり中間部腹板に着目し<sup>1)</sup>、せん断力を受ける腹板の弾塑性性状に及ぼすひずみ速度依存性を実験で調べる<sup>2)</sup>。すなわち、高速載荷の繰り返し載荷実験を行い、せん断変形角速度による抵抗せん断力の変動を調べ、速度とせん断余応力の関係について考察する。

## 2. 実験概要

## (1) 実験供試体

本実験に用いる鋼腹板供試体は図1に示すとおりである<sup>2), 4)</sup>。1辺が200mmの正方形腹板の周りに板厚9mmのフランジ・プレートを溶接している。実験パネルの四隅ではフランジ間に2mm程度の隙間がある。実験供試体は板厚別に4種類（S1～S4）ある。板厚、降伏点、幅厚比、載荷速度等を表1にまとめる。

(2) 実験装置<sup>2), 4)</sup>

実験供試体を組み込んだせん断力載荷治具を図2に示す。供試体は、フランジ一辺につき3箇所、計24本のボルトで載荷治具に取り付けている。載荷治具は鉛直荷重 $P$ をせん断力 $S$ に変換する役割がある。供試体の四隅は治具の軸受の回転中心と一致している。

## 3. 実験結果とその考察

実験では、鉛直せん断変位 $\Delta$ （図2参照）を制御し、載荷速度を変化させて抵抗せん断力の変動を調べた。

(1) 鉛直変位 $\Delta$ の時刻歴

負荷、除荷、及び、 $\dot{\Delta} = 0$ の応力緩和の組み合わせで、鉛直変位 $\Delta$ の時刻歴を実験前に設定し、実験を行った。図3は $\Delta$ の時刻歴の一例である。

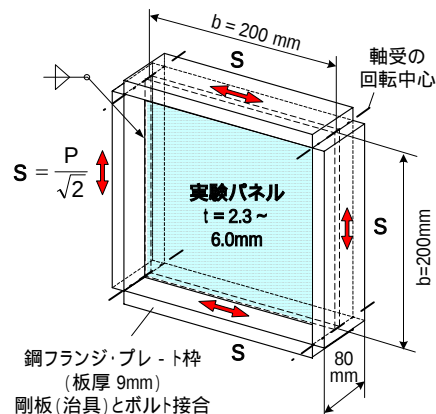


図1 実験供試体

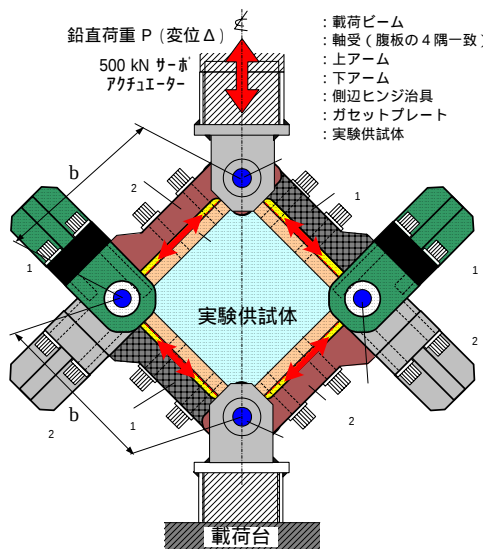


図2 せん断力載荷治具の平面図



写真1 実験の状況

表1 供試体の機械的性質（SS400）および載荷条件

| 項目<br>供試体の種類 | 板厚<br>$t$<br>(mm) | せん断<br>降伏点<br>$\tau_y$<br>(Mpa) | 無次元<br>幅厚比<br>$R_f$ | 最大変位                   |                              | 最大載荷速度                            |                                        |
|--------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|
|              |                   |                                 |                     | 変位<br>$\Delta$<br>(mm) | せん断<br>変形角<br>$\gamma$ (rad) | 変位<br>速度<br>$\dot{\Delta}$ (mm/s) | せん断変<br>形角速度<br>$\dot{\gamma}$ (rad/s) |
| S1-35        | 5.79              | 183.7                           | 0.29                | $\pm 6.0$              | - 0.0269<br>~ 0.0298         | 0.005<br>~ 16.5                   | $4 \times 10^{-5}$<br>~ 0.117          |
| S2-46        | 4.34              | 172.3                           | 0.37                | $\pm 6.0$              | - 0.0371<br>~ 0.0359         | 0.001<br>~ 18.3                   | $7 \times 10^{-6}$<br>~ 0.129          |
| S3-63        | 3.19              | 175.5                           | 0.50                | $\pm 6.0$              | - 0.0387<br>~ 0.0384         | 0.004<br>~ 18.6                   | $3 \times 10^{-5}$<br>~ 0.132          |
| S4-95        | 2.12              | 157.3                           | 0.73                | $\pm 6.0$              | - 0.0408<br>~ 0.0409         | 0.001<br>~ 18.9                   | $3 \times 10^{-5}$<br>~ 0.134          |

注 1) 供試体の種類：[ S 種類 1 ~ 4 ] - 幅厚比  $b/t$

2) せん断弾性係数  $G = 8.1 \times 10^4$  MPa

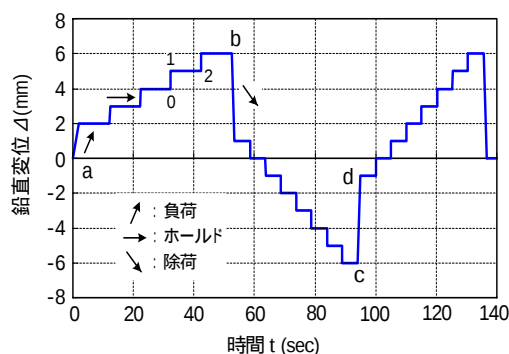
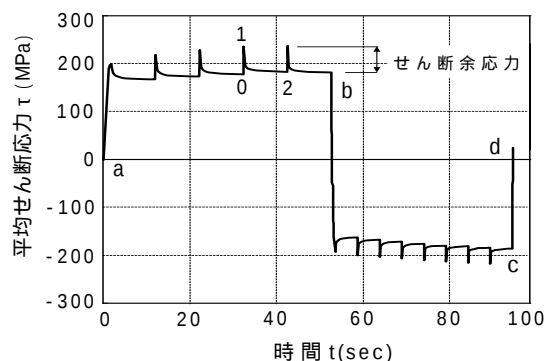
キーワード：鋼腹板，せん断力，動的弾塑性挙動，ひずみ速度，せん断余応力

〒457-8532 名古屋市南区白水町 40 Tel 052-612-5571 Fax 052-612-5953

(2)せん断余応力  $\tau_x$ 

## の求め方

载荷速度増大に起因する抵抗せん断応力の静的曲線からの上昇分を余応力  $\tau_x$  (overstress) と定義し<sup>1)</sup>、鉛直変位  $\Delta$  を約 5 秒間ホ

図3 鉛直変位  $\Delta$  の時刻歴（入力値）図4 せん断応力  $\tau$  の時刻歴応答例

ールドしたときの応力低下量から算出することとした。せん断応力  $\tau$  の時刻歴を図4に示す。また、腹板の平均せん断応力  $\tau$  - せん断変形角  $\gamma$  曲線と余応力  $\tau_x$  を例示すると図5のとおりである。

(3)ひずみ速度  $\dot{\gamma}$  によるせん断余応力  $\tau_x$  の変動

供試体 S1、S4 について、ひずみ速度  $\dot{\gamma}$  によるせん断余応力  $\tau_x$  の変動を図6にまとめる。図中の  $N$  は繰り返し载荷による履歴ループの番号を意味し、実験開始から最初の変位反転点までを 0 サイクルとしている。図中の実線と点線は実験結果を次式で近似したものである<sup>1), 3)</sup>。

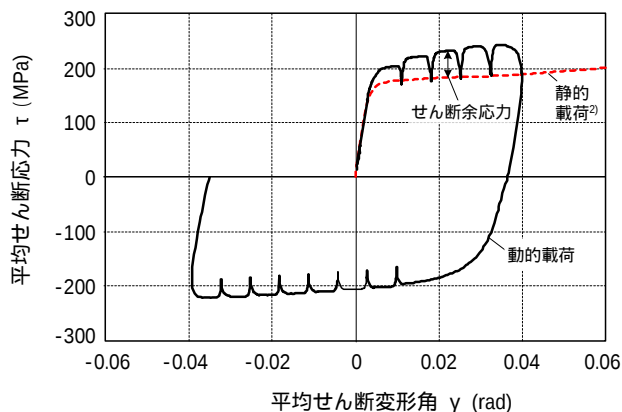
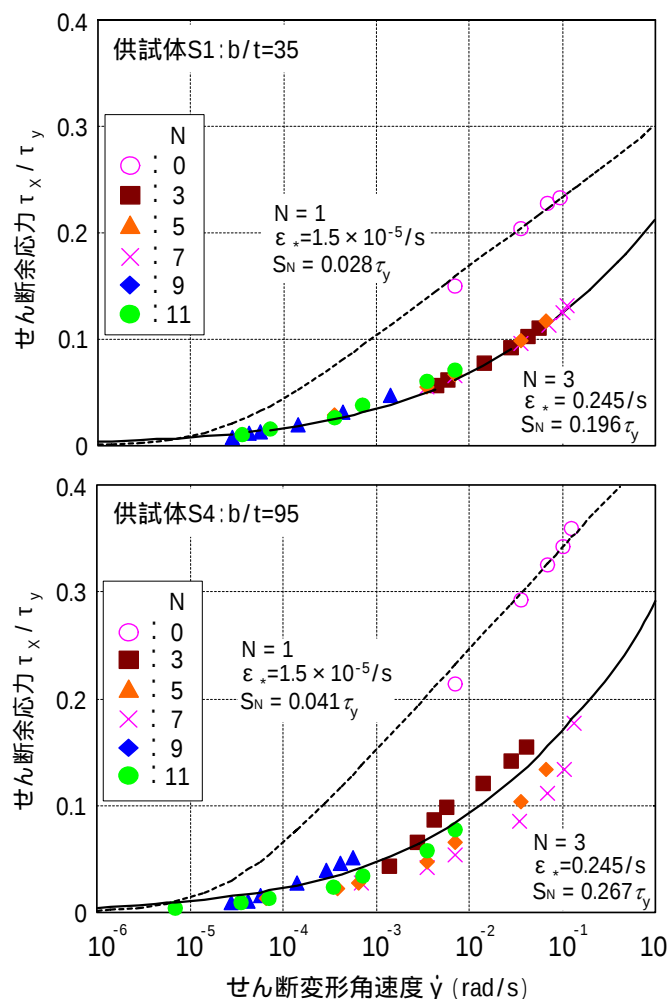
$$\tau_x = S_N \cdot \ln \left\{ 1 + \left( \frac{\dot{\gamma}}{\sqrt{3}\dot{\epsilon}_*} \right)^{1/N} \right\} \quad \dots (1)$$

この図からわかるように、初めて非弾性域に入る  $N=0$  ループでは、幅厚比が大きいほど余応力  $\tau_x$  が大きくなる傾向にある。  $b/t=95$  で  $\dot{\gamma}=0.1$  のとき、 $\tau_x$  は降伏せん断応力  $\tau_y$  の約 37% となっている。一方、 $N=1$  以降は、 $N=0$  のときと比べて、ひずみ速度の影響が小さくなっている。また、幅厚比が大きいと余応力のばらつきが若干大きくなる傾向がある。これは、せん断座屈波形や斜張力場の形成も関係していると考えられる。

## 4. まとめ

腹板のせん断変形角速度を種々変化させて実験を行い、せん断余応力の変動を調べた。今後、ひずみ速度による余応力の変動を定量的に把握していきたい。

**参考文献** 1)酒造：構造工学論文集 Vol.47A，土木学会，pp.771～782，2001年3月。 2)酒造，事口，今井：鋼構造年次論文報告集，日本鋼構造協会，No.12，2004年11月。 3) Izzuddin, B.A. and Fang, Q.: An International Journal of Structural Engineering and Mechanics, Vol.5, No.3, pp.221-237, 1997. 4)樋口，若林，酒造：平成16年度研究発表会・講演概要集，I-28，土木学会中部支部，2005年3月。

図5 せん断応力  $\tau$  - せん断変形角  $\gamma$  の実験曲線図6 せん断変形角速度  $\dot{\gamma}$  とせん断余応力  $\tau_x$  との関係