

補剛材方向に引張力、補剛材直角方向に圧縮力を受ける補剛板の極限強度に関する実験的研究

EXPERIMENTAL STUDY ON ULTIMATE STRENGTH OF STIFFENED PLATES SUBJECTED TO LONGITUDINAL TENSION AND TRANSVERSE COMPRESSION

北田俊行<sup>\*</sup>、中井 博<sup>\*\*</sup>、宮坂佳洋<sup>\*\*\*</sup>、古田富保<sup>\*\*\*\*</sup>、桑野啓司<sup>\*\*\*\*\*</sup>

By Toshiyuki KITADA , Hiroshi NAKAI , Yoshihiro MIYASAKA , Tomiyasu FURUTA and Keiji HATANO

The ultimate strength of steel plates with longitudinal stiffeners of open or closed section subjected to both longitudinal tension and transverse compression is experimentally investigated in this study. Four stiffened plate specimens on scale of 1/3 corresponding to that of the steel deck plate in an actual Nielsen Lohse bridge were tested by using an experimental apparatus newly developed for this study. The test results verify a practical design method which the authors developed for predicting the ultimate strength of stiffened plates subjected to biaxial in-plane forces.

1. まえがき

最近、幅員が広く、鋼床版と主構とを合成したニールセンアーチ橋が建設されてきている。この種の橋梁の鋼床版には、図-1に示すように、橋軸方向にタイ部材としての引張応力が生じるとともに、橋軸直角方向にも横桁の圧縮フランジとしてかなりの圧縮応力が発生する。ところが、現行のわが国の道路橋示方書<sup>1)</sup>では、二方向面内力を受ける補剛板の基準が設けられておらず、その必要性に応じてケース・バイ・ケースに対処されているのが現状である。

二方向面内力を受ける補剛板の設計法としては、BS 5400 Part 3<sup>2)</sup>に該当指針があり、補剛板の板パネルの耐荷力相関曲線や、縦補剛材の設計法も定められている。しかし、この設計指針は、補剛材の必要最小剛比としてかなり大きめの値を定めているなどの問題点がある。

この分野では、Dowlingら<sup>3)</sup>や、北田ら<sup>4)</sup>による研究があり、後者では、弾塑性有限変位解析<sup>5)</sup>を用いたパラメトリック解析により二方向面内力を受ける補剛板パネルの極限強度の相関曲線を作成すると共に、極限強度の簡易計算法を提案している。

本文は、文献4)の簡易計算法の妥当性を検討し、さらに、二方向面内力を受ける補剛板の合理的な設計法を探るために必要なデータを入手することを目的として行った一連の実験的研究について報告するものである。

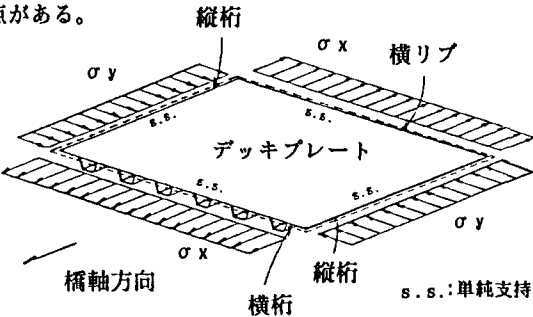


図-1 補剛材方向に引張力、補剛材直角方向に圧縮力を受ける鋼床版の補剛板パネル

|       |          |     |                |           |          |
|-------|----------|-----|----------------|-----------|----------|
| * 工博  | 大阪市立大学   | 助教授 | 工学部土木工学科 (〒558 | 大阪市住吉区杉本  | 3-3-138) |
| ** 工博 | 大阪市立大学   | 教授  | 工学部土木工学科 (〒558 | 大阪市住吉区杉本  | 3-3-138) |
| ***   | 阪神高速道路公団 |     | 大阪第三建設部 (〒554  | 大阪市此花区西九条 | 1-27-12) |
| ****  | 大阪市立大学   | 研究生 | (横河工事機) (〒558  | 大阪市住吉区杉本  | 3-3-138) |
| ***** | 大阪市立大学   | 大学院 | 工学部土木工学科 (〒558 | 大阪市住吉区杉本  | 3-3-138) |

## 2. 実験概要

補剛板に作用させる二方向面内力は、次の2通りの組合せとし、これらの応力状態が再現できる実験装置を開発し、座屈実験を行った。

- 1) 横方向（補剛材直角方向）圧縮力のみを作用させる場合
- 2) 横方向に圧縮力、縦方向（補剛材方向）に引張力を同時に作用させる場合

図-2および写真-1には、実験に用いた载荷装置を示す。载荷装置には、横方向圧縮力を導入するための600tfジャッキ1台、および、縦方向の引張力導入のための25tfジャッキ12台を使用した。図-3には、側辺単純支持の境界条件を再現するための装置を示す。この装置では、カマボコ型断面の単純支持治具を供試体側辺に取り付けることにより、供試体側辺のたわみを拘束し、たわみ角を拘束しない単純支持条件を可能にしている。さらに、単純支持治具と側辺支持材との間の摩擦係数を小さくし、供試体の支持側辺での面内変位をできるだけ拘束しないように、油を塗ったステンレス板（0.3mm）を図中に示す位置に挿入している。

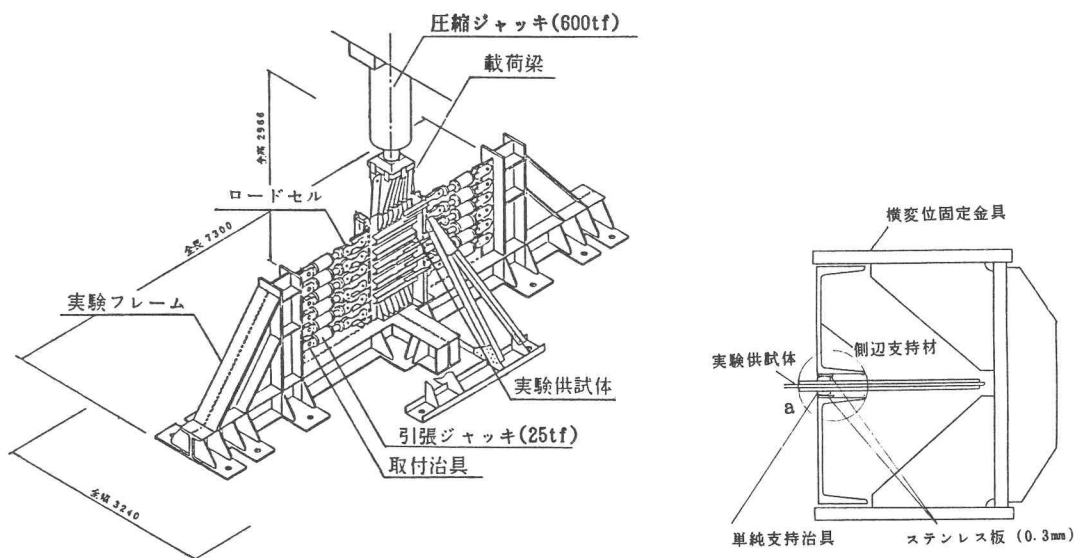


図-2 座屈実験装置のスケッチ

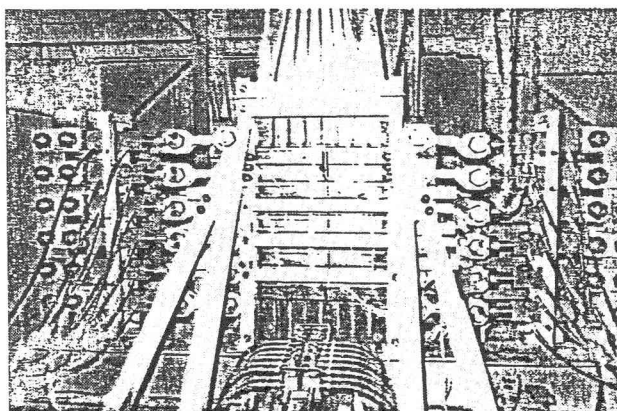
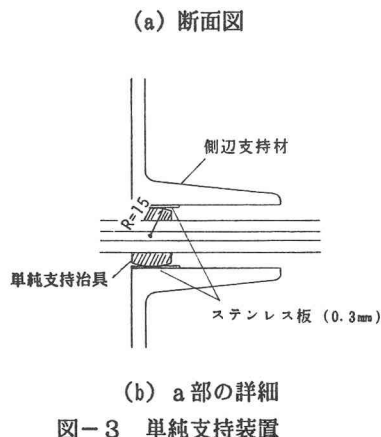


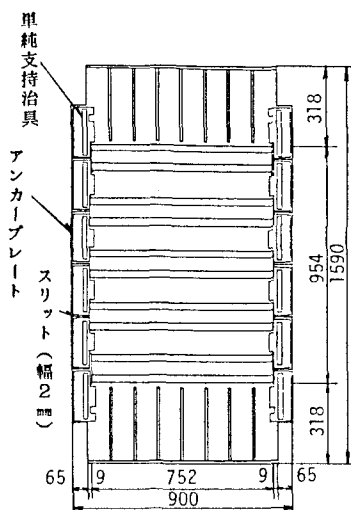
写真-1 座屈実験装置の全景



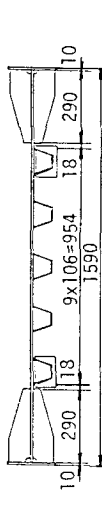
(b) a部の詳細  
図-3 単純支持装置

実験供試体は、実橋鋼床版の横桁、横リブ、および縦桁で囲まれた補剛板パネル（図-1参照）の1/3 縮尺模型とし、実験供試体のデッキプレートの板厚は $t=4.5\text{mm}$ （公称値）とした。また、本実験的研究においては、弾性座屈理論に従った場合、横方向から圧縮応力を受けたときに縦補剛材が座屈モードの節となり、補剛材間の板パネルの座屈が支配的になるような鋼床版を対象とした。そして、鋼床版の座屈耐荷力に関係するパラメータを、実橋とできる限り一致させるように実験供試体を設計した。

座屈実験用供試体の一般図を、図-4(a)～(b)に示す。これらの図中に示すように、供試体側辺の単純支持治具を含むアンカープレートが横方向の荷重に寄与しないように、212mm間隔に幅2mmのスリットを設けた。

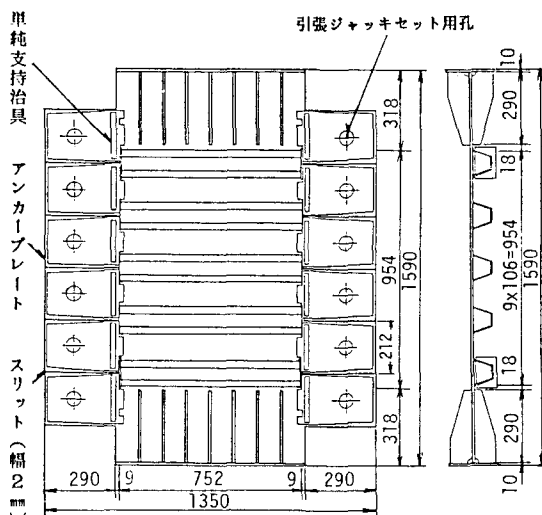


(i) 平面図



(ii) 断面図

図-4(a) 座屈実験用供試体 (NCT) (単位:mm)



(i) 平面図

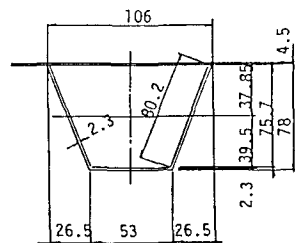
(ii) 断面図

図-4(b) 座屈実験用供試体 (TCT) (単位:mm)

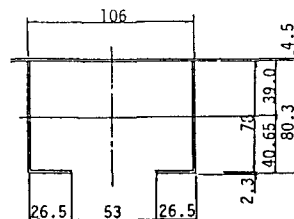
このほか、補剛材の断面形状による耐荷力特性を比較するために、補剛材に閉断面（トラフ）を用いた供試体と開断面を用いたものについて実験を実施した。

表-1は、座屈実験用供試体および残留応力測定用供試体の内訳をまとめたものである。

また、表-2には、対象とした実橋鋼床版の補剛板パネルと座屈実験用供試体との座屈耐荷力に関するパラメータを比較して示す。なお、横方向に圧縮力のみが作用した場合、座屈実験用供試体の板パネルの弾性座屈応力度は、 $3,191\text{kgf/cm}^2$  ( $312.7\text{N/mm}^2$ )である。また、この場合の補剛材の断面二次モーメント  $I_{stirr}$ （デッキプレートの表面まわりのもので、閉断面補剛材の場合はその1/2）は、弾性座屈理論による必要最小断面二次モーメント  $I_{stirr}^*$  の1.4倍である。ここに、 $I_{stirr}^*$  は、横方向圧縮応力が作用したときに、縦補剛材が座屈モードの節になるに必要な最小の断面二次モーメントである<sup>4)</sup>。



(a) 閉断面（トラフ）補剛材



(b) 開断面補剛材

図-5 補剛材断面図(単位:mm)

表－１ 実験供試体の内訳と記号

(a)座屈実験用供試体

| 補剛材の種類<br>応力状態           | 閉断面補剛材<br>(トラフリブ) | 開断面補剛材 |
|--------------------------|-------------------|--------|
| 補剛材方向………０<br>補剛材直角方向…圧縮  | NCT               | NCO    |
| 補剛材方向………引張<br>補剛材直角方向…圧縮 | TCT               | TCO    |

(b)残留応力測定用供試体

| 補剛材の種類 | 閉断面 | 開断面 |
|--------|-----|-----|
| 記号     | RST | RSO |

(図－７(a)参照)

表－２ 実橋鋼床版の補剛板パネルと座屈実験用供試体との座屈関連パラメータの比較

| 比較項目                       | モデル<br>実橋<br>鋼床版 | 座屈実験供試体 |       | 相似率(供試体：実橋) |         |
|----------------------------|------------------|---------|-------|-------------|---------|
|                            |                  | 閉断面     | 開断面   | 閉断面         | 開断面     |
| Deck PL. 板厚 $t(\text{mm})$ | 14.0             | 4.304   | 4.304 | 1：3.253     | 1：3.253 |
| 補剛材板厚 $t_u(\text{mm})$     | 6.0              | 2.090   | 2.090 | 1：2.870     | 1：2.870 |
| １パネル長さ $a(\text{mm})$      | 2343             | 752     | 752   | 1：3.116     | 1：3.116 |
| 補剛材間隔 $b_1(\text{mm})$     | 330              | 106     | 106   | 1：3.110     | 1：3.110 |
| アスペクト比 $\alpha=a/b_1$      | 7.1              | 7.1     | 7.1   | 1：1.000     | 1：1.000 |
| 幅厚比 $b_1/t$                | 23.57            | 24.63   | 24.63 | 1：0.957     | 1：0.957 |
| 幅厚比パラメータ $R$               | 0.513            | 0.492   | 0.492 | 1：1.043     | 1：1.043 |
| 補剛材とDeck PL.面積比 $\delta$   | 0.467            | 0.489   | 0.479 | 1：0.955     | 1：0.976 |
| 補剛材とDeck PL.剛比 $\gamma_1$  | 62.20            | 66.66   | 64.58 | 1：0.930     | 1：0.963 |
| 補剛材細長比パラメータ $\lambda$      | 0.339            | 0.323   | 0.319 | 1：1.050     | 1：1.068 |

ここに、

$$R = \frac{b_1}{t} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 4} \cdot \frac{\sigma_Y}{E}}, \quad \delta = \frac{A_s}{b_1 \cdot t}$$

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}} \cdot \frac{a}{r_{stiff}}, \quad \gamma_1 = \frac{I_{stiff}}{b_1 \cdot t^3 / 12}$$

$A_s$  : 補剛材一本の断面積 (閉断面の場合は、その1/2)

$r_{stiff}$  : 補剛材一本の回転半径

$I_{stiff}$  : デッキプレートの表面まわり補剛材一本の断面二次モーメント  
(閉断面の場合は、その1/2)

なお、 $t$ ,  $t_u$ ,  $a$  および  $b_1$  は図－６を参照のこと。

### 3. 予備実験

#### 3. 1 引張試験

実験用供試体の補剛材とデッキプレートとに用いた鋼材（SS41材）の引張試験結果を、表－3に示す。

表－3 引張試験結果

| 板厚<br>$t$<br>(mm) | ヤング係数<br>$E$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | ポアソン比<br>$\mu$ | せん断弾性係数<br>$G$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 降伏点<br>$\sigma_y$<br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) | 引張強度<br>$\sigma_u$<br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) | 伸び率<br>$\Delta l/L$<br>(%) |
|-------------------|----------------------------------------|----------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|
| 2.09              | $2.24 \times 10^6$                     | 0.260          | $8.87 \times 10^5$                       | 30.7                                        | 38.4                                         | 34.8                       |
| 4.30              | $2.12 \times 10^6$                     | 0.271          | $8.33 \times 10^5$                       | 30.0                                        | 48.0                                         | 31.9                       |

(1kgf/mm<sup>2</sup> = 9.8 N/mm<sup>2</sup>)

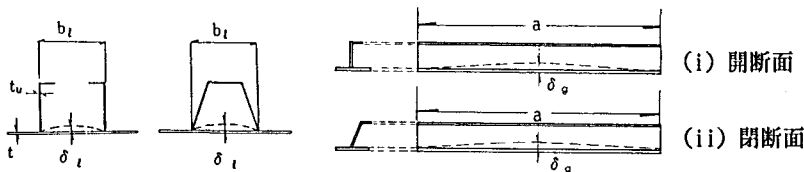
#### 3. 2 初期たわみの測定

座屈実験用供試体のデッキプレートの初期たわみを、トランシットによって測定した。測定結果のうち、図－6(a)および(b)に示す板パネルの初期たわみと補剛材の初期たわみ、それぞれの最大値を、表－4に示す。この表より、板パネルの初期たわみ $\delta_1$ は、道路橋示方書の製作基準  $b_1/150$ 以下であった。

表－4 供試体の初期たわみの最大値

| 初期たわみ                     | 供試体 | NCO     | NCT     | TCO     | TCT     |
|---------------------------|-----|---------|---------|---------|---------|
| 板パネル $\delta_{1\max}/b_1$ |     | 1 / 252 | 1 / 286 | 1 / 236 | 1 / 309 |
| 補剛材 $\delta_{g\max}/a$    |     | 1 / 301 | 1 / 752 | 1 / 556 | 1 / 396 |

(図－6参照)



(i) 開断面 (ii) 閉断面

(a) 板パネルの初期たわみ

(b) 補剛材の初期たわみ

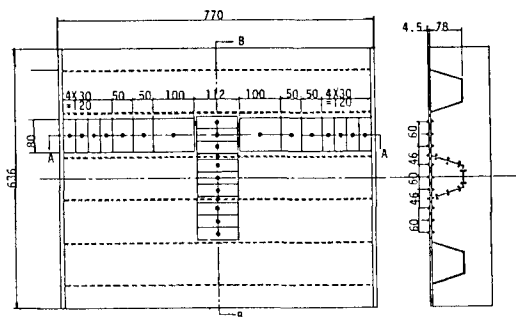
図－6 板パネルおよび補剛材の初期たわみ

#### 3. 3 残留応力の測定

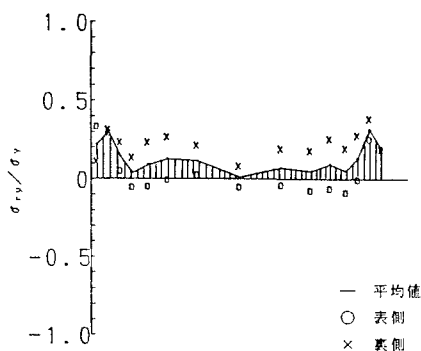
補剛材には一軸ゲージ、板パネルには二軸ゲージを貼付して、機械的切断法により測定したひずみを用いて、平面応力問題として残留応力を計算した。測定結果の一例として、閉断面補剛材を有する供試体RSTの残留応力分布を、図-7に示す。

板パネルの縦方向残留応力分布( $\sigma_{rx}$ )は、かなりの測定データが既存する開断面リブを有する補剛板の板パネルの残留応力分布と類似している。板パネルの最大圧縮残留応力度(表裏の平均値) $\sigma_{rx}$ は、約0.65 $\sigma_y$ であった。補剛材の縦方向の残留応力度 $\sigma_{rx}$ に関しては、デッキプレートとの溶接接合部付近で大きな引張残留応力が、その他の部分では、最大で約0.2 $\sigma_y$ (表裏の平均値)の圧縮残留応力が生じていた。

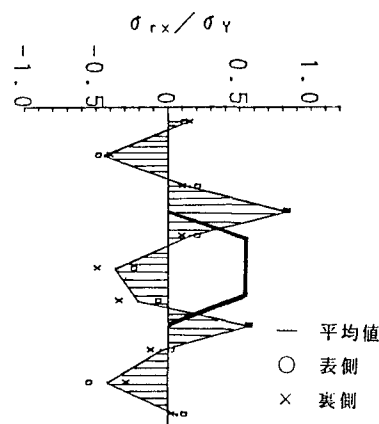
板パネルの横方向残留応力分布( $\sigma_{ry}$ )に対する表裏の平均値は、供試体の側辺部で0.3 $\sigma_y$ 程度の引張となっているが、側辺付近を除く大半の部分では、ほとんど残留応力が生じていないことがわかる。また、板パネルが補剛材のある側へたわむような(やせ馬的な)曲げの残留応力も生じていることがわかる。



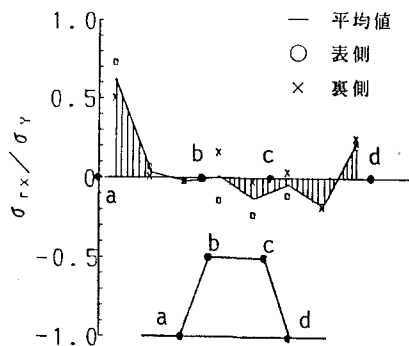
(i) 平面図 (ii) 断面図  
(a) 残留応力測定位置



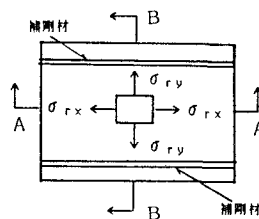
(d) 板パネルの残留応力 $\sigma_{ry}$ の補剛材方向分布 (断面A-A)



(b) 板パネルの残留応力 $\sigma_{rx}$ の補剛材  
直角方向分布 (断面B-B)



(c) 補剛材の残留応力分布



(e) 残留応力の記号

図-7 残留応力分布 (供試体RST)

#### 4. 座屈実験

まず、座屈実験に先立ち、横方向圧縮力 (10tf) および縦方向引張力 (ジャッキ一台当り15tf) を、それぞれ独立に作用させ、供試体に所定の応力状態が再現されることを確認した。つぎに、座屈実験では、最初に、縦方向引張力を与え (供試体TCTおよびTCOの場合)、板パネルの縦方向の引張応力度が降伏点の約半分になるような応力状態を再現した。そして、この縦方向引張力を維持しながら、横方向の圧縮力を漸増し、供試体を終局状態に至らしめた。

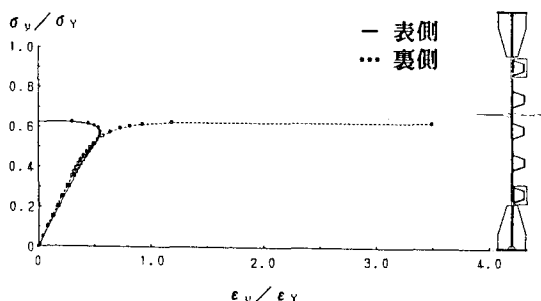
## 4. 1 終局状態に至るまでの挙動

### (1) 荷重-ひずみ曲線

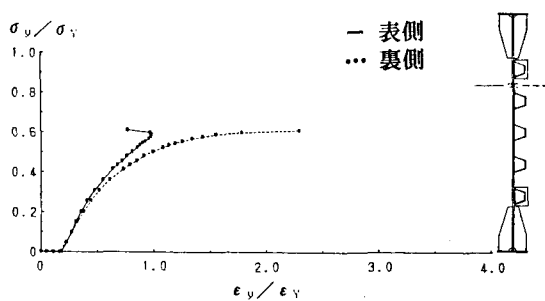
座屈実験により得られた荷重-ひずみ曲線のうち、代表的なものを、図-8～9に示す。これらの図の縦軸は横方向の平均圧縮応力度 $\sigma_y$ を降伏点 $\sigma_y$ で、また、横軸は板パネルの表裏の横方向のひずみ $\varepsilon_y$ を降伏ひずみ $\varepsilon_y$ で無次元化した値としている。また、図中の実線および点線は、それぞれ供試体表側（補剛材のない側）および裏側に貼付したストレインゲージの値を示している。

図-8(a)～(b)には、横方向圧縮力のみを受ける供試体NCTの荷重-ひずみ曲線を示す。この2つの図から、終局状態付近において、隣接する板パネルで大きな圧縮ひずみの生じる面が入れ替わっていることがわかる。すなわち、終局状態に至るまでに、補剛材の取付線を節にするような局部座屈波形が板パネルに生じ、その波形が大きくなり終局状態に至っていることがわかる。供試体NCOも同様な傾向を示した。

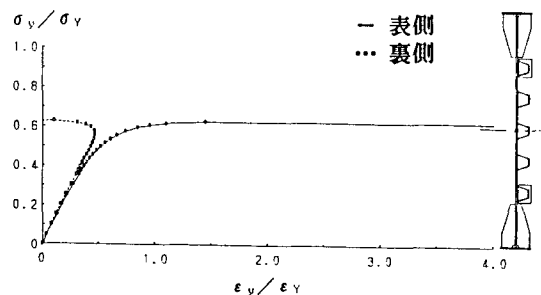
つぎに、図-9(a)～(b)には、二方向面内力を作用させた供試体TCTに対する荷重-ひずみ曲線を示している。この場合、 $\sigma_y/\sigma_y$ が0.2付近までは線形性を保つが、0.2を過ぎたところから徐々に非線形性がでてくることがわかる。これは、補剛材直角方向の圧縮力を作用させる以前に、補剛材方向に引張力 $\sigma_x=0.5\sigma_y$ を作用させていたため、低荷重段階から、補剛材取付部付近の引張残留応力 $\sigma_{rx}$ の存在する部分が降伏し、荷重の漸増とともに降伏域が拡大したためと思われる。また、供試体TCTでは、終局状態付近において、補剛材取付線付近を節とする局部座屈が発生していることがわかる。供試体TCOも同様な傾向を示した。



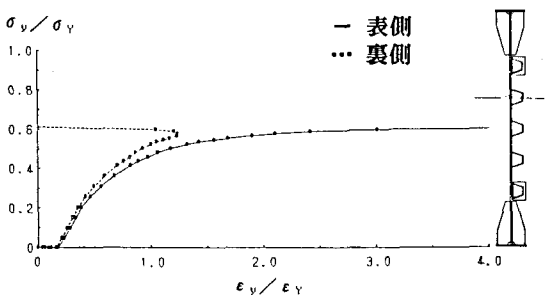
(a)補剛材外側の板パネル



(a)補剛材外側の板パネル



(b)補剛材内側の板パネル



(b)補剛材内側の板パネル

図-8 荷重-ひずみ曲線（供試体NCT）

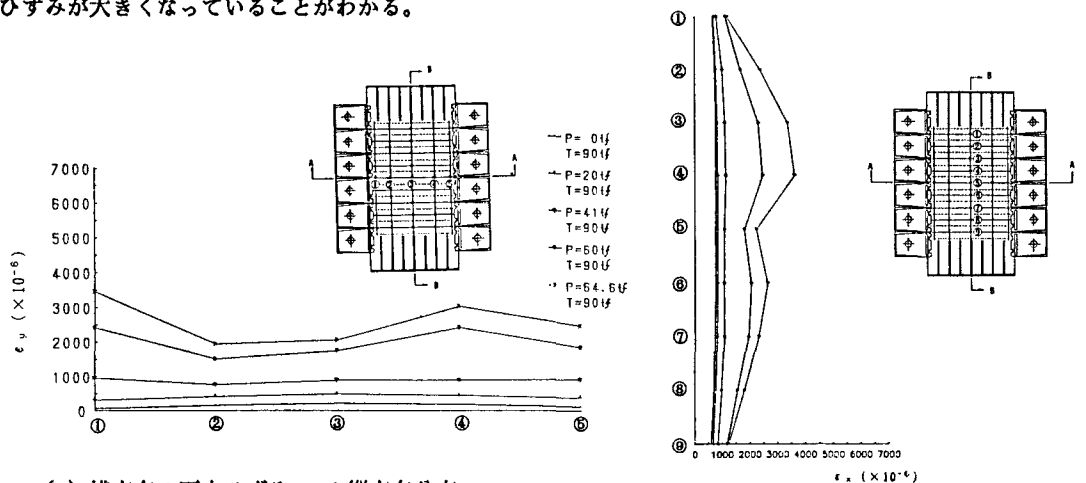
図-9 荷重-ひずみ曲線（供試体TCT）

### (2) ひずみ分布

実験供試体TCOの中央断面の表裏の平均ひずみの分布状態を、図-10(a)～(b)に示す。

図-10(a)より、横方向の面内ひずみ $\varepsilon_y$ の縦方向の分布形は、このひずみが降伏ひずみに達するまでは、ほぼ一様となり、期待どおりのひずみ分布が実験供試体に再現されていることがわかる。終局状態付近では、ひずみ分布は一様でなくなっている。

図-10(b)より、縦方向の面内ひずみ $\epsilon_x$ の横方向の分布形も、断面が降伏するまでは、ほぼ一様となり、期待どおりのひずみ分布が実験供試体に再現されていることがわかる。終局状態付近では、供試体中央部のひずみが大きくなっていることがわかる。



(a) 横方向の面内ひずみ $\epsilon_y$ の縦方向分布

(供試体TCO)

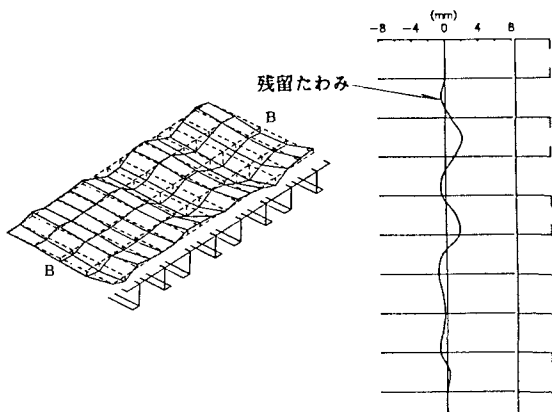
(b) 縦方向の面内ひずみ $\epsilon_x$ の横方向分布 (供試体TCO)

図-10 ひずみ分布図の代表例

## 4. 2 崩壊状況

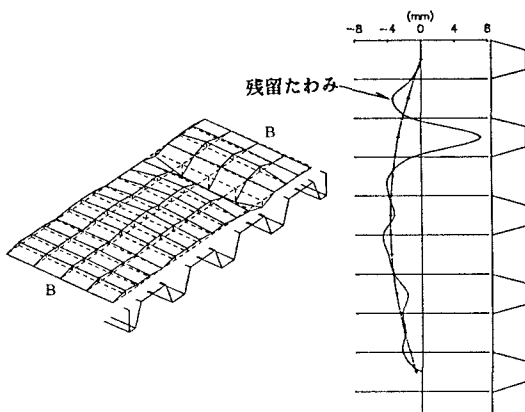
実験後の座屈実験用供試体の残留たわみ波形を、図-11~12に示す。図-11から、終局状態付近において、横方向にのみ圧縮力を受ける供試体NCO (開断面補剛材) では、補剛材の取付線で節となる局所的な座屈波形が卓越していたことがわかる。横方向圧縮力のみを受ける供試体NCT (閉断面補剛材) の残留たわみ波形も、同様な傾向を示していた。

また、図-12より、縦方向には引張力それに直角方向には圧縮力を受ける2体の供試体のうち、開断面補剛材を有する供試体TCTでは、終局状態付近において、補剛板全体としての座屈波形に加え、補剛材間の板パネル幅 $b_1$ 程度の座屈半波長を有する座屈波形が卓越していたことがわかる。さらに、他の1体の供試体TCO (開断面補剛材) でも、補剛板全体の大きな座屈波形に加え、板パネル間の局所的な座屈波形が卓越していた。



(a) 残留たわみ波形 (b) 断面B-Bの残留たわみ波形

図-11 残留たわみ波形 (供試体NCO)



(a) 残留たわみ波形 (b) 断面B-Bの残留たわみ波形

図-12 残留たわみ波形 (供試体TCT)

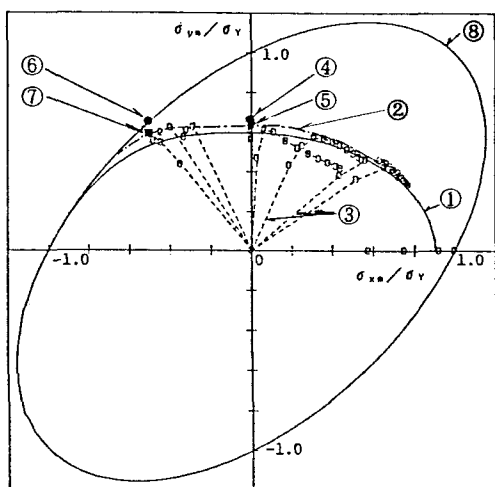
### 4. 3 終局強度に関する考察

4体の実験供試体の終局荷重と終局強度を、表-5にまとめた。また、実験終局強度を以下のデータとともに、相関図上にプロットしたものを、図-13に示す。

表-5 実験供試体の終局強度集約表

| 供試体 | 補剛材直角方向<br>$P_{\max}$ (tf) | 補剛材方向<br>$T_{\max}$ (tf) | 補剛材直角方向<br>$\sigma_{yx}/\sigma_y$ | 補剛材方向<br>$\sigma_{xy}/\sigma_y$ |
|-----|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| NCO | 65.0                       | ---                      | 0.654                             | ---                             |
| NCT | 62.5                       | ---                      | 0.629                             | ---                             |
| TCO | 64.6                       | -90.0                    | 0.650                             | -0.500                          |
| TCT | 58.0                       | -90.0                    | 0.584                             | -0.500                          |

(1tf = 9.8kN)



< 図中の記号 >

- ① 文献4)の簡易計算法により算出した終局強度相関曲線
- ② 弾塑性有限変位解析<sup>4)</sup>より求めた終局強度相関曲線
- ③ 弾塑性有限変位解析<sup>4)</sup>の結果
- ④ 供試体NCOの終局状態
- ⑤ 供試体NCTの終局状態
- ⑥ 供試体TCOの終局状態
- ⑦ 供試体TCTの終局状態
- ⑧ Von Misesの降伏条件曲線

図-13 終局強度の相関曲線

文献4)によると、補剛材が必要最小断面二次モーメント  $I_{stiff}^*$  の1/2以上の断面二次モーメント  $I_{stiff}$  を有する場合、補剛材の横方向圧縮強度は、補剛材間の板パネルの終局強度により決定されることが示されている。簡易計算法は、このような補剛材を有する場合に適用が可能である。この計算法では、縦方向の終局強度を有効幅を考慮した柱モデルから算出し、横方向の終局強度は板パネルのアスペクト比、幅厚比および材質をパラメータとする図表から求め、縦・横方向の終局強度の関数である相関曲線を用いることにより任意の組合せの作用面内応力に対する終局強度を求められる。今回の実験用供試体は、必要最小断面二次モーメント  $I_{stiff}^*$  の1.4倍の断面二次モーメントを有する補剛材を有しており、簡易計算法が適用できる。

実験結果の終局強度を表す点④～⑦は、図-13に示すように、簡易計算法による終局強度相関曲線①に対して、初期たわみや残留応力のばらつきを考えると比較的精度よく近接し、約10%ほど安全側に位置していることがわかる。すなわち、本実験結果は、簡易計算法を縦方向引張力と横方向圧縮力を受ける周辺単純支持の補剛材の終局強度の計算に適用した場合の妥当性を示している。

この図中には、初期たわみ ( $b_t/150$ ) と残留応力 (縦・横方向の圧縮残留応力度：それぞれ  $0.16\sigma_y$ 、 $0.3\sigma_y$ ) を考慮し、補剛材間の板パネルを周辺単純支持板にモデル化した弾塑性有限変位解析<sup>4)</sup>の結果をプロットし、一点鎖線によりこれらの終局強度を結んだ相関曲線②も示す。この弾塑性有限変位解析による相関曲線と実験結果は、良好に一致した。また、簡易計算法による相関曲線は、弾塑性有限変位解析結果と比較すると、第一象限では良好に一致しているが、第二象限では数%ほど低いことがわかる。

開断面補剛材と閉断面（トラフリブ）補剛材を有する補剛板においては、終局強度特性および終局状態に至るまでの挙動については、両者で大きな差異はなかった。ただし、終局強度に関しては、開断面補剛材を有する補剛板の場合よりも、閉断面補剛材を有する補剛板の方が若干低くなった。これは、閉断面補剛材を有する補剛板の場合、補剛材で囲まれた板パネルの幅（ビード線間隔）が開断面補剛材を有する補剛板の補剛材間隔よりも若干大きいためと考えられる。

## 5. まとめ

縦方向に引張力そして横方向に圧縮力を受ける補剛板供試体4体を用いた座屈実験を行い、以下の結果を得た。

- 1) 補剛板供試体の補剛材方向に引張力、また直角方向に圧縮力が載荷できる座屈実験装置を開発した。
- 2) 終局状態付近において、補剛材直角方向にのみ圧縮力を受ける供試体では、補剛材の取付線で節となる板パネルの局所的な座屈波形が卓越していた。これは、実験用供試体の補剛材が必要最小断面二次モーメント  $I_{stiff}$  の1.4倍の断面二次モーメントを有しており、この座屈波形が卓越したと考えられる。
- 3) 補剛材方向には引張力、また直角方向には圧縮力を受ける2体の供試体のうち開断面補剛材を有する供試体では、補剛板全体の大きな座屈波形と、板パネル間の局所的な座屈波形が生じた。また、他の1体の閉断面補剛材を有する供試体でも、補剛材間の板パネル幅  $b_1$  倍程度の座屈半波長を有する座屈波形と補剛板全体として座屈波形が共存していた。
- 4) 文献4)の簡易計算法で求めた終局強度は、実験結果に対して10%ほどの安全側の値であった。
- 5) 弾塑性有限変位解析による結果と実験結果は、良好に一致した。
- 6) 簡易計算法による終局強度相関曲線は、弾塑性有限変位解析によるそれと比較すると、第一象限（二方向面内圧縮力を受ける場合）では良好に一致しているが、第二象限（補剛材方向に引張力、それに直角方向に圧縮力を受ける場合）では数%ほど低め（安全側）の値を与えた。
- 7) 開断面補剛材と閉断面（トラフリブ）補剛材を有する補剛板においては、終局強度特性および終局状態に至るまでの挙動については、両者で大きな差異はなかった。ただし、終局強度に関しては、開断面補剛材を有する補剛板の場合よりも、閉断面補剛材を有する補剛板の方が今回の実験では若干低くなった。

なお、本研究を遂行するにあたり、阪神高速道路公団・大阪第三建設部、富田 穰氏、同 中本 覚氏、駒井 鉄工㈱ 金井光吉氏、および㈱春本鉄工所 岸田博夫氏らには、種々ご配慮頂いた。ここに、深謝の意を表する。

## <参考文献>

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅱ．鋼橋編，丸善，昭和55年2月
- 2) British Standards Institution：BS5400，Concrete and composite bridges，Part3，Code of practice for design of steel bridges，April 1982.
- 3) Dier, A.F. and Dowling, P.J.: The Strength of Plates Subjected to Biaxial Forces, Behaviour of Thin Walled Structures, edited by J. Rhodes and J. Spence, ELSEVIER, 1984, pp.329-353.
- 4) 北田俊行・中井 博・古田富保・鈴木宏昌：2方向面内力を受ける補剛板の極限強度に関する研究，構造工学論文集，Vol.34A，土木学会，1988年3月，pp.203～214
- 5) 小松定夫・北田俊行・宮崎清司：残留応力および初期たわみを有する圧縮板の弾塑性解析，土木学会論文報告集，第244号，1975年12月，pp.1～14

（1989年10月2日受付）