



|                  |                                                                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Title            | 鉄筋コンクリート板の面内剪断力による剪断試験                                                            |
| Author(s)        | 大野, 和男; Ohno, Kazuo; 荒川, 卓 他                                                      |
| Citation         | 北海道大學工學部研究報告, 19, 75-95                                                           |
| Issue Date       | 1958-08-15                                                                        |
| Doc URL          | <a href="https://hdl.handle.net/2115/40647">https://hdl.handle.net/2115/40647</a> |
| Type             | departmental bulletin paper                                                       |
| File Information | 19_75-96.pdf                                                                      |



# 鉄筋コンクリート板の面内剪断力による剪断試験

大野 和 男  
荒 川 卓

## Shear Tests on Reinforced Concrete Plates using A Special Type of Loading

KAZUO OHNO\*  
TAKASHI ARAKAWA\*\*

### Synopsis

The paper presents the results of experimental investigations of reinforced concrete plates under shear force applied in their planes. The size of specimen was  $340 \times 90$  cm and the thickness was varied among 10 cm, 7 cm and 4 cm. Each specimen was supported at two points as if it was a beam which had the depth of 90 cm, and loaded with one concentrated load in the span and one at an overhang. The positions of loading points were symmetrical with respect to the center of plates, so that failure of the plates occurred in the center span.

The tests were carried out on 8 specimens in two series.

In Series I, the strain distribution on concrete surface was measured by the electrical resistance strain-meter. The results suggested that about one half of the load was transmitted by the imaginary truss and the other part of load was distributed in the form of shear stress.

A discussion is attempted, in this paper, that the rigidity of border of the plate has a considerable effect on the shear cracking load and the shear failure.

In Series II, the effect of thickness of the plates on the shear behavior was observed. The cracking load fell linearly with the decrease of thickness, but the rate of decrease was not so much because of the concentrated reinforcements. The shear strain of the 4 cm plate was 3 to 4 times of the 10 cm plate when the same load was applied. However, it showed rather good rigidity when the shear stress  $\tau = Q/bj$  was equal.

---

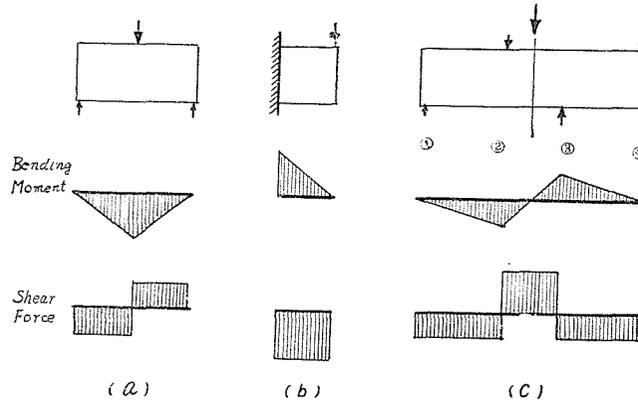
\* Professor, Dep. of Architectural Eng., Faculty of Eng., Hokkaido Univ.

\*\* Student of Graduated Course.

## I. 概 説

鉄筋コンクリート造建物の壁体や床スラブは水平荷重時に面内剪断力を負担する。かような場合の剪断性状については従来かなり多数の実験的研究が発表されているが、第1図(a)又は(b)のような荷重方式によつて片持梁的な曲げモーメントと剪断力を与えているものが多い。

ここでは鉄筋コンクリート板試験体の剪断試験のために、第1図(c)のような荷重方式に



第 1 図

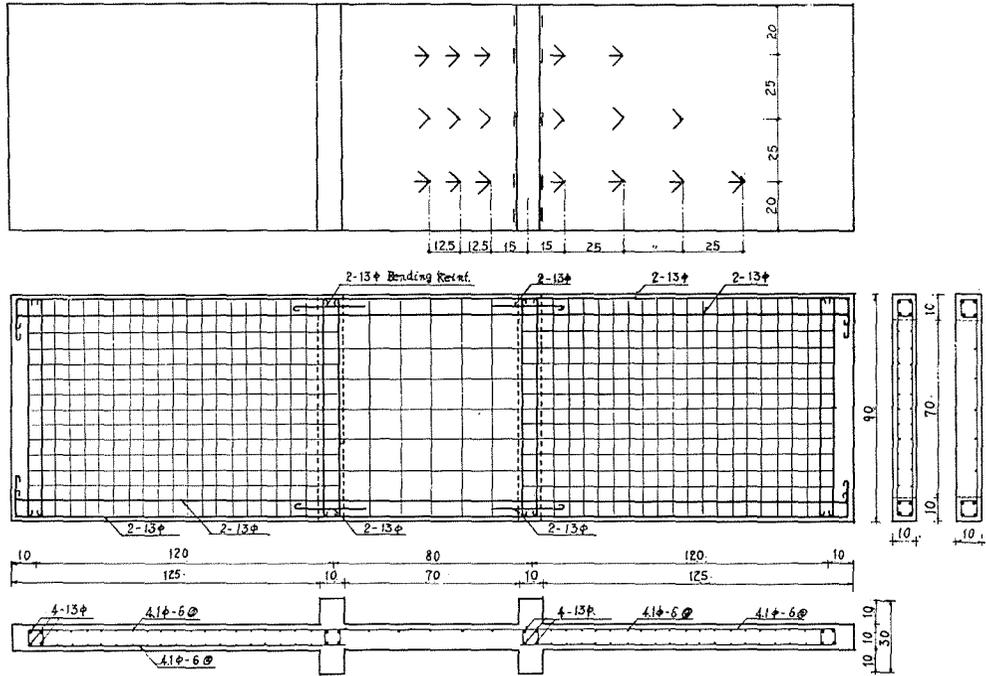
よる荷重を与えて試験体の歪度分布を計測し、又板厚が減少した場合の剪断性状の変化について若干の検討を行つた。同図では中央部の②③点間が破壊することになるが、本文の実験ではこの部分に70×70 cmの正方形板を配置している。ここで採用した荷重方式は、著者が以前から梁の剪断抵抗の試験法として提案し、これによつて一連の実験的研究を行つているものであつて、これを鉄筋コンクリート板に適用することにより、従来の荷重方式の場合よりも更に実際の連続壁や連続床の中間部に近似した曲げモーメントと剪断力とを与えることが出来ると思える。

## II. 実験第1

1. 実験の目的 上記のような荷重法による場合の鉄筋コンクリート板内の歪度乃至応力度分布の状態、キレツ及び破壊の一般性状を知ることが目的とする。

2. 試験体の形状、寸法 試験すべき鉄筋コンクリート板は90×70 cmの大きさで、上下縁部に4-13 mm φの補強鉄筋をもつものであるが、上記の荷重法を実施するために試験部分の左右に更に補強度の高い鉄筋コンクリート板を附属せしめて第2図のような形とした。中間の柱形は加力による部分的圧縮応力度をなるべく減少させるために設けたものである。同図には配筋の要領も記載したが、試験部分の補強鉄筋比は、中心部について縦横共0.095%、全断面について上下の縁補強筋を含めて1.25%であつて、試験スパンの外側部分の補強鉄筋比は中心部について0.38% 全断面について1.47%となつている。

尚この試験体は図示の位置に電気抵抗式歪計ゲージ K-13 (検長 30.0 mm) を張りつけた。



第 2 図

3. 材料及び製作 セメントはアサノセメント，骨材は北海道千歳郡広島産のもので，これ等及び鉄筋の材料試験成績は第1表に示す通りであつた。

第 1 表

| 種 別     | 比 重  | モルタル<br>のフロー | 曲 げ 強 度 $\text{kg/cm}^2$ |      |      | 圧 縮 強 度 $\text{kg/cm}^2$ |     |      |
|---------|------|--------------|--------------------------|------|------|--------------------------|-----|------|
|         |      |              | 3 日                      | 7 日  | 28 日 | 3 日                      | 7 日 | 28 日 |
| アサノセメント | 3.13 | 170          | 23.3                     | 30.0 | 65.0 | 100                      | 180 | 358  |

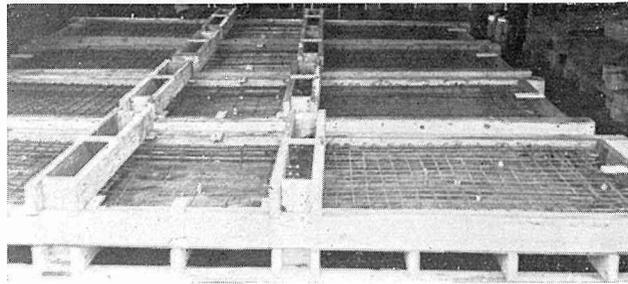
  

| 種 別 | 容 重<br>( $\text{kg/l}$ ) | 比 重  | 各 篩 通 過 率 % |      |      |      |      |       |      |      |       |  |
|-----|--------------------------|------|-------------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|--|
|     |                          |      | 0.15        | 0.3  | 0.6  | 1.2  | 2.5  | 5     | 10   | 15   | 20    |  |
| 砂   | 1.650                    | 2.58 | 1.0         | 11.0 | 45.0 | 70.0 | 88.0 | 100.0 |      |      |       |  |
| 砂 利 | 1.620                    | 2.57 |             |      |      |      |      | 1.3   | 45.0 | 82.0 | 100.0 |  |

| 種 別           | 径<br>mm     | 断 面<br>$\text{mm}^2$ | 降 伏 点<br>$\text{kg/mm}^2$ | 強 度<br>$\text{kg/mm}^2$ | 伸 率<br>%  |
|---------------|-------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------|
| 13 mm $\phi$  | 12.35~13.00 | 124.1~127.2          | 28.7~31.9                 | 40.1~44.6               | 26.8~39.0 |
| 9 mm $\phi$   | 8.15~ 8.95  | 54.3~ 58.7           | 29.3~29.9                 | 43.7~45.5               | 35.1      |
| 4.1 mm $\phi$ | 4.10~ 4.35  | 13.3~ 13.85          | 22.6~23.1                 | 31.4~32.5               | 19.0~27.0 |

コンクリートは水セメント比 65%，重量調合比 1 : 2.35 : 2.69 としてスランプ 23 cm となる。試験体の数は 2 個とし，試験体の製作は第 3 図の如く木製型枠により試験体を水平板状に



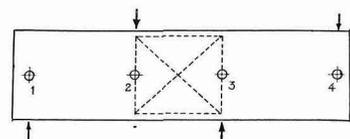
第 3 図

して打込を行つた。打込は 1957 年 9 月中旬であつて、翌日から材齢 6 週まで、そのまま室内湿砂養生(室温 10~15°C)の後脱型、試験体を小端立てにして室内空气中(温度 8~10°C, 湿度約 70%)に放置し、材齢 10 週で強度試験を行つた。試験体と同時に夫々 2 本づつ製作し同一養生を行つたコンクリートシリンダーの圧縮強度は、第 2 表のように材齢 10 週で 284~303 kg/cm<sup>2</sup>, 平均 295 kg/cm<sup>2</sup>, この時の圧縮ヤング係数は  $F_c/3$  で  $2.70 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>,  $F_c/2$  で  $2.62 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>,  $0.95 F_c$  で  $1.98 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> となつた。このヤング係数値から  $G = mE/2(1+m)$  の式で  $m=6$  として計算した剪断弾性係数は、夫々  $1.16 \times 10^5$ ,  $1.13 \times 10^5$ ,  $0.84 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> となる。

第 2 表 コンクリート圧縮強度とヤング係数 (kg/cm<sup>2</sup>)

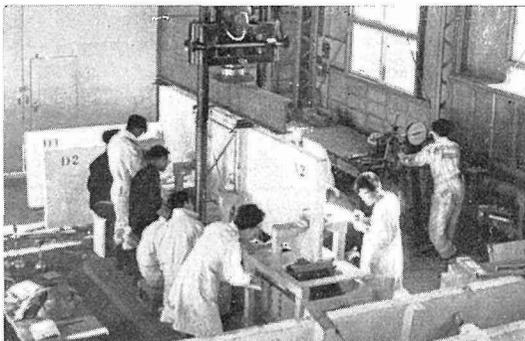
| 番 号 | 圧縮強度 | $F_c/3$  |                       |                    | $F_c/2$  |                       |                    | $0.95 F_c$ |                        |                    |
|-----|------|----------|-----------------------|--------------------|----------|-----------------------|--------------------|------------|------------------------|--------------------|
|     |      | $\sigma$ | $\varepsilon$         | $E$                | $\sigma$ | $\varepsilon$         | $E$                | $\sigma$   | $\varepsilon$          | $E$                |
| 1   | 296  | 99       | $3.70 \times 10^{-4}$ | $2.67 \times 10^5$ | 148      | $5.70 \times 10^{-4}$ | $2.60 \times 10^5$ | 81         | $14.45 \times 10^{-4}$ | $1.94 \times 10^5$ |
| 2   | 298  | 99       | 3.70                  | 2.67               | 150      | 5.75                  | 2.61               | 283        | 14.50                  | 1.95               |
| 3   | 300  | 99       | 3.55                  | 2.78               | 150      | 5.55                  | 2.71               | 285        | 14.60                  | 1.95               |
| 4   | 284  | 96       | 3.40                  | 2.82               | 142      | 5.40                  | 2.63               | 270        | 14.40                  | 1.88               |
| 5   | 298  | 99       | 3.70                  | 2.67               | 150      | 5.70                  | 2.63               | 284        | 14.10                  | 2.01               |
| 6   | 302  | 99       | 3.60                  | 2.75               | 151      | 5.60                  | 2.70               | 288        | 14.30                  | 2.01               |
| 7   | 303  | 99       | 3.75                  | 2.64               | 151      | 5.70                  | 2.65               | 288        | 14.90                  | 1.94               |
| 8   | 296  | 96       | 3.80                  | 2.50               | 148      | 5.80                  | 2.55               | 281        | 14.90                  | 1.89               |
| 9   | 289  | 96       | 3.60                  | 2.67               | 145      | 5.60                  | 2.59               | 275        | 13.60                  | 2.02               |
| 10  | 286  | 96       | 3.40                  | 2.87               | 144      | 5.40                  | 2.67               | 272        | 13.00                  | 2.09               |
| 11  | 292  | 96       | 3.60                  | 2.67               | 146      | 5.60                  | 2.61               | 277        | 13.40                  | 2.07               |
| 平均  | 295  |          |                       | $2.70 \times 10^5$ |          |                       | $2.62 \times 10^5$ |            |                        | $1.98 \times 10^5$ |

4. 試験並びに計測 強度試験には北海道寒地建築研究所の強度実験室の 200 ton アムスラー型試験機を使用し、荷重を 2 ton 毎の階段状に増加して各荷重段階で第 4 図の ① ② ③ ④ 点の鉛直変位及び同図の破線で示す部分の変形を夫々 1/100 mm 目盛のダイヤルゲージによつて計測した。又共和無線会社製 SM 4 J 型電気抵抗式歪計によりストレングージの計測を行つた。

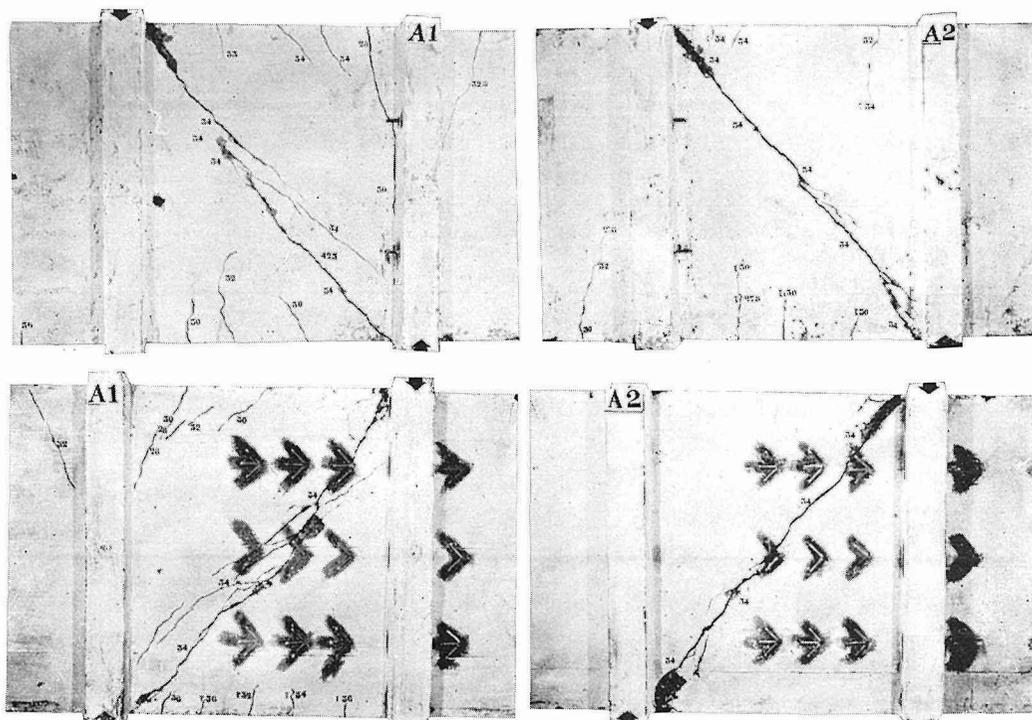


第 3 図

5. 試験の経過 荷重の増大に伴なつて先ず曲げモーメントの最大である加力点の引張側柱形附近に曲げキレツが発生するが、こつキレツは幅が小さく、余り発達しない。次第に荷重を増加して行くと、突発的に音響を發して中央部の2加力点を結ぶ斜めキレツを生じた。この時比較的大きな変形を生ずるため試験機の指針は急速に5~6 ton 低下するが間もなくこの低下は止り、指針は再び上昇を初める。以後荷重の増大に伴なつてこの剪断キレツが発達して破壊に至る。この状況は著者等が従来行つている肋筋のない鉄筋コンクリート梁の剪断破壊状況に良く似ているが、これは板の補強筋量がかなり少なかつたことによるものと考えられる。第5図に試験中の概況、第6図に試験後の板のキレツ状態を示した。



第 5 図



第 6 図

6. 試験成績 曲げキレツ及び剪断キレツ発生時の応力度及び耐力は第3表に示すような値となつた。ここに曲げモーメント並びに剪断力は試験機の全荷重指度と試験体の如力点アーム比から計算した値であり、又曲げ応力度は $\sigma = M/Z$ によるコンクリート縁応力度、剪断応

第 3 表

| 番 号 | コンクリート圧縮強度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 曲げキレツ       |                 |                             | 剪断キレツ       |            |                             | 破 壊 時       |            |                             |
|-----|----------------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|-------------|------------|-----------------------------|-------------|------------|-----------------------------|
|     |                                  | 柱形部重<br>ton | 曲げモーメント<br>t·cm | 曲げ応力度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 柱形部重<br>ton | 剪断力<br>ton | 剪断応力度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 柱形部重<br>ton | 剪断力<br>ton | 剪断応力度<br>kg/cm <sup>2</sup> |
| 1   | 306                              | 表 25.6      | 768             | 56.8                        | 27.2        | 20.4       | 25.5                        | 33.9        | 25.4       | 31.7                        |
|     | 306                              | 裏 22.4      | 672             | 49.7                        | 27.2        | 20.4       | 25.5                        |             |            |                             |
| 2   | 300                              | 表 27.2      | 816             | 60.3                        | 27.2        | 20.4       | 25.5                        | 27.2        | 20.4       | 25.5                        |
|     | 284                              | 裏 24.0      | 720             | 53.2                        | 27.2        | 20.4       | 25.5                        |             |            |                             |

(註) コンクリート打込時の上面を表, 下面を裏とした。

力度は  $\tau = Q/bj$  の式で  $b$  を板厚にとり,  $j$  を 80 cm (試験体の上下縁の部分に設けた補強鉄筋群の中心間の距離) とした場合の値を示すものである。

上記の剪断初キレツ応力度及び破壊剪断応力度を著者等の筋のない梁の実験値に較べると, 第 4 表の如く, キレツ応力度については, コンクリート強度及び  $d/a$  又は  $d/a'$  を考慮した

第 4 表 筋のない鉄筋コンクリート梁の剪断実験値との比較

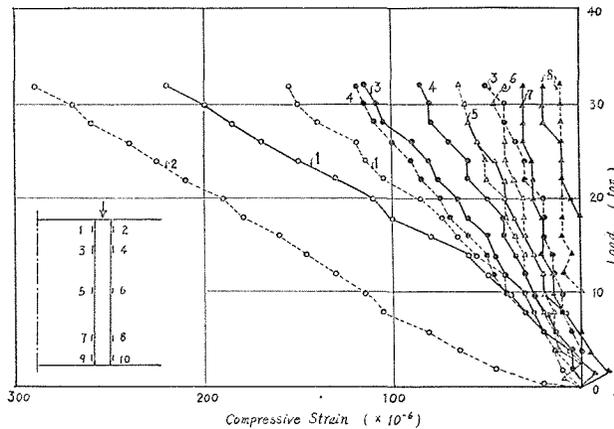
| 試験年  | 番 号   | $b$<br>cm | $D$<br>cm | $d$<br>cm | 軸鉄筋比<br>% | 剪断スパン     |            | $d/a$ | $d/a'$ | $\tau_c$<br>kg/cm <sup>2</sup> | $\tau_u$<br>kg/cm <sup>2</sup> | $F_c$<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------|--------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
|      |       |           |           |           |           | $a$<br>cm | $a'$<br>cm |       |        |                                |                                |                             |
| 1954 | AO-1  | 14.9      | 20.0      | 15.75     | 2.41      | 15.0      | 9.0        | 1.05  | 1.75   | 34.8                           | 91.5                           | 245                         |
|      | AO-2  | 15.0      | 20.4      | 16.15     | 2.33      | 15.0      | 9.0        | 1.03  | 1.79   | 37.4                           | 95.9                           | 303                         |
|      | BO-1  | 14.7      | 20.5      | 16.25     | 2.36      | 22.5      | 16.5       | 0.72  | 0.99   | 24.5                           | 55.9                           | 276                         |
|      | BO-2  | 14.7      | 20.0      | 15.75     | 2.45      | 22.5      | 16.5       | 0.73  | 0.96   | 27.8                           | 53.1                           | 238                         |
| 1955 | SAO-1 | 15.0      | 20.05     | 15.80     | 2.38      | 23.0      | 17.0       | 0.69  | 0.93   | 37.8                           | 66.8                           | 320                         |
|      | SAO-2 | 14.6      | 20.0      | 15.75     | 2.46      | 23.0      | 17.0       | 0.68  | 0.93   | 20.8                           | 66.7                           | 332                         |
|      | MAO-1 | 14.8      | 20.1      | 15.85     | 2.40      | 23.0      | 17.0       | 0.69  | 0.93   | 29.3                           | —                              | 268                         |
|      | MAO-2 | 14.6      | 20.25     | 16.00     | 2.42      | 23.0      | 17.0       | 0.69  | 0.94   | 24.0                           | 55.0                           | 244                         |
| 1957 | 本 実 験 | 10.0      | 90        | 85        | 0.63      | 80        | 70         | 1.06  | 1.21   | 25.5                           | 31.7                           | 306                         |
|      |       |           |           |           |           |           |            |       |        | 25.5                           | 25.5                           | 292                         |

場合, 本実験の方が稍低いという程度であるが, 破壊時の応力度は本実験では板全体に若干の網状補強 (0.1%) を持っているにも拘わらず, 著しく低い値を示している。これは破壊の状況から推して, 主として加力点部分の局部的圧縮歪度の影響があること並びに本実験の軸鉄筋比が梁の実験の場合にくらべて著しく小さいことによるものと思われる。実際の構造物で壁全体を一つの梁として考えた軸鉄筋比は, 例えば高さ 360 cm, 壁厚 15 cm の場合, 梁の配筋量を 6—19 mm  $\phi$  として 0.32%, 6—22 mm  $\phi$  として 0.42%, 又柱間 500 cm, 壁厚 15 cm の場合, 柱の配筋量を 10—19 mm  $\phi$  として 0.33%, 12—22 mm  $\phi$  として 0.61% 程度に過ぎないので, 若し破壊剪断応力度の低いことの原因が周辺補強の鉄筋比が小さいことにあるとすれば, 實在

壁でも壁配筋量の少ない物合は剪断破壊について本実験と類似の傾向があり得ることになる。この点については第8項において更に考察しよう。

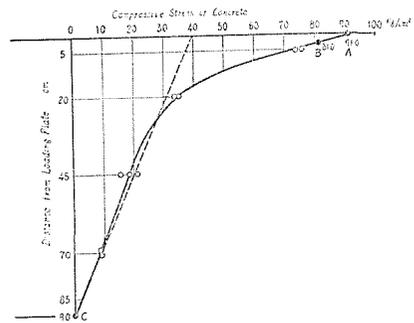
**7. 歪度の分布** この試験体について行つた電気抵抗式歪計による計測値の精度は余り満足すべきものではないが、各点の歪度分布の大体の傾向を示すものとして、ここに報告する。但し剪断キレツを生じた後の計測値は著しく荒れるので割愛した。

(1) 載荷点の柱形部分の歪度 第7図に柱形側面に貼付したゲージの記録を掲げた。この図からも分るように特に低応力時の読みに誤差が大きい、各線について中応力時の傾斜を延



第7図

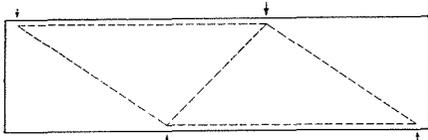
長して荷重の0点を求めた修正値について、剪断キレツ時の歪度を求め、別にコンクリートシリンダーから求めた第2表の圧縮ヤング係数の平均値を用いて応力度を計算すると第8図のようになる。同図中のA点は荷重を柱形断面積で割つた平均圧縮応力度、B点は同上の断面積に柱の鉄筋を考慮した平均圧縮応力度、C点は応力度0と仮定したものである。これによると試験体の中立軸附近から下方の部分では圧縮応力度の変化率が略一定となっているが、載荷面に近い部分では圧縮応力度が急激に増大している。このことは載荷面に近い部分の圧縮応力が、板面に分布した剪断応力とは別にダイヤゴナルの方向に直接圧縮力となつて伝達されるという考え方によつ



第8図

て説明出来るが、これを除けば、上図の点線で示したような圧縮応力度変化率となつて、載荷面部の圧縮応力度が  $40 \text{ kg/cm}^2$  前後となり、かような応力度を与うべき載荷点の荷重の大きさは  $12 \text{ ton}$  内外となつて、これを  $b \times j$  で割つた剪断応力度の大きさは  $11 \text{ kg/cm}^2$  程度となる。この値が武藤博士の等分布加力による剪断キレツ応力度の大きさに近似していることは興味深いものがある。即ち本実験のような載荷法の場合、荷重の約  $1/2$  が第9図のような仮想トラス

によつて負担され、残りの部分が剪断応力度として伝達されることが出来るのではな  
 かるうか。

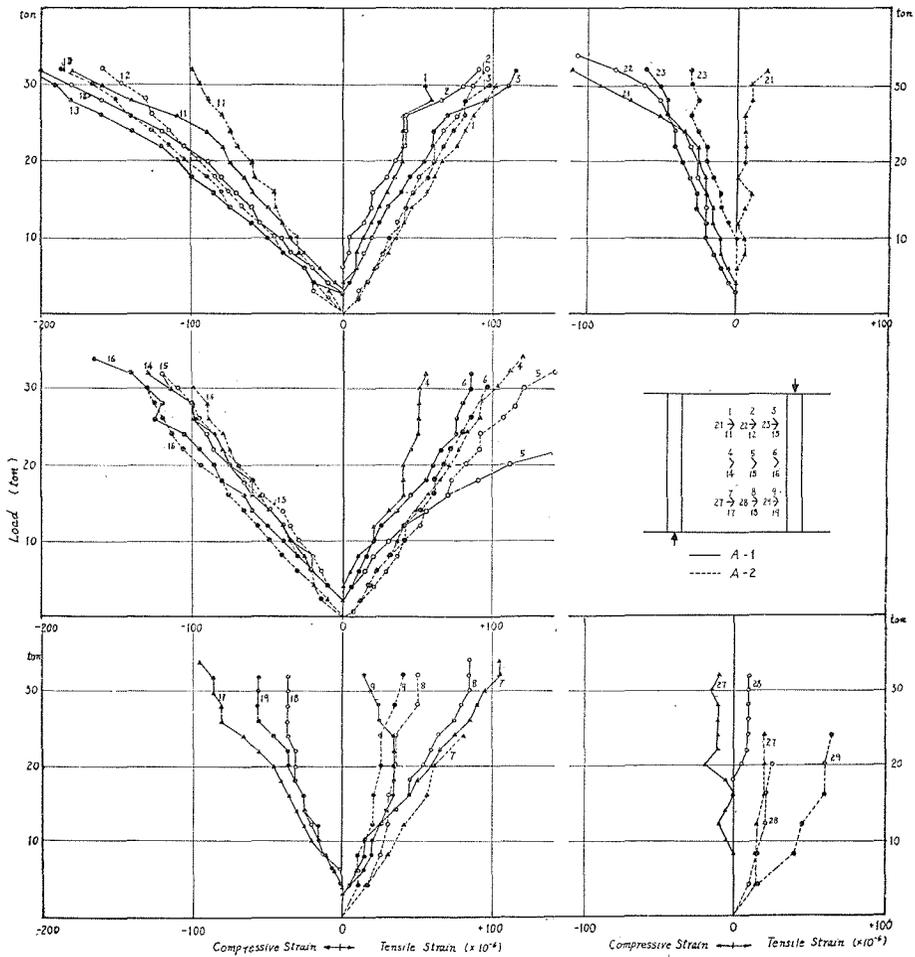


第 9 図

(2) 中央板部分の歪度分布 第 10 図に中央剪断スパン板部分の歪度の測定結果を掲げた。これによつて、仮想ダイアゴナルの応力負担を示唆している

が、引張ヤング係数を圧縮ヤング係数に等しいと仮定してこれら各測点の斜圧縮歪  $\epsilon_c$  と斜引張歪  $\epsilon_t$  と夫々の応力度  $\sigma_c$  及び  $\sigma_t$  の関係を弾性理論の式

$$\epsilon_t = \frac{1}{E} (\sigma_t - \nu \sigma_c) \quad \epsilon_c = \frac{1}{E} (\sigma_c - \nu \sigma_t)$$



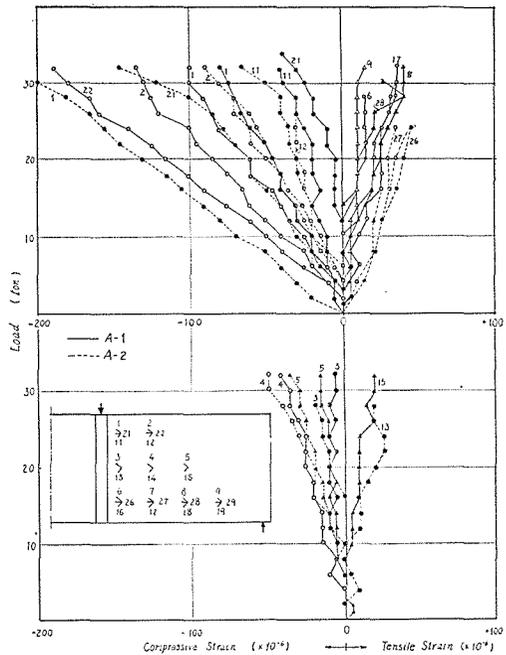
第 10 図

から

$$\sigma_t = \frac{\epsilon_t - \nu \epsilon_c}{1 - \nu^2} E, \quad \sigma_c = \frac{\epsilon_c - \nu \epsilon_t}{1 - \nu^2} E$$

とし、 $E=2.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\nu=0.25$  として計算して見ると、引張応力度は中立軸附近の測点につき約  $22 \text{ kg/cm}^2$ 、上下段測点につき約  $15 \text{ kg/cm}^2$  となる。この値は何れも第3表の見掛けの剪断応力度より小さいが、前述の  $11 \text{ kg/cm}^2$  にくらべると、中立軸附近で2倍近くになっている。尚、荷重点に最も近い測点の斜圧縮応力度は  $36 \text{ kg/cm}^2$  程度と算出された。

(3) 両端板部分の歪度分布 第11図は中央部の荷重点から外側の板部分の歪度を示すものであるが、荷重点に最も近い上段測点を除いては一般に歪度が著しく小さく、今回の測定では測定誤差の範囲内と思われるものが多かった。これは荷重法の関係でこの部分の剪断力が元来小さいことと、この部分の補強鉄筋比が比較的大きいため、コンクリートの歪度が特に小さくなったものと思われる。尚これに関連して、板の補強鉄筋比が大きい場合は、鉄筋の応力分担によつてコンクリートの歪度が小さくなり、従つてキレツ歪度に達せしめるのにより大きな荷重を要することになるから、補強鉄筋比の多いコンクリート板は剪断試験の場合、見かけのキレツ応力度が高く表われることは当然と言わなければならぬ。

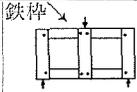
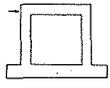
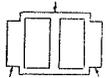


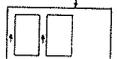
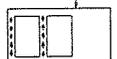
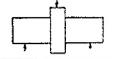
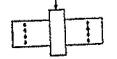
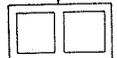
第 11 図

8. 国内諸実験値 1930年以降の我国

における無開口壁体剪断実験値を集録すれば次頁の表のようになる。表中の剪断応力度の数値は原著者の発表された剪断荷重から  $\tau=Q/bj$  ( $j$ を周辺補強材の中心距離にとる)によつて計算したもので、原文の数値とは多少相違しているものもある。これらと比較して本実験のキレツ剪断応力度は、かなり大きい方に属するが、一般的に見て周辺鉄棒の剛なもの、周辺補強筋比の大きいもの、周辺補強コンクリート断面の大きいものは、キレツ剪断応力度が高く表われる傾向が見られる。その理由は既に述べたように、コンクリートの歪度が周辺部によつて制約されて、斜引張応力度が増大し難いことに基づくものと考えられる。尚周辺部が剛の場合にはキレツ後の剪断耐力も著しく増大し、逆に周辺部の補強の足りない場合には、キレツ応力度と耐力が接近する傾向が認められ、無筋コンクリート板の極端な場合にはキレツ応力度と耐力が殆んど一致して仕舞うこともある。

第 5 表

| 研究者                             | 発表年<br>(発表誌)             | 試験法                                                                                 | 試験体の<br>大きさ<br>縦×横×厚<br>cm | モルタル又はコンクリート    |                   |                                    |         | 壁補筋<br>比<br>% | 周辺補強比                         |           | $\tau_c$<br>kg/cm <sup>2</sup> | $\tau_{cc}$<br>kg/cm <sup>2</sup> |                      |      |   |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|---------|---------------|-------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------|---|
|                                 |                          |                                                                                     |                            | W/C<br>調合比<br>% | 砂                 | 圧縮<br>強度<br>kg/<br>cm <sup>2</sup> | 鉄量<br>% |               | コン<br>クリ<br>ート<br>断<br>面<br>% |           |                                |                                   |                      |      |   |
| 田辺平<br>学氏他                      | 1930<br>誌<br>建昭5年<br>2月  |    | 30×30×3<br>(36.5×36.5)     | 48              | 1:3               | 標準砂                                | —       | 0             | 47                            | —         | 27.4~29.6<br>M. 28.5           | 50.1~59.0<br>M. 53.2              |                      |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    |         |               | 0.56                          | 47        | —                              | 27.2~35.2<br>M. 30.0              | 46.6~53.4<br>M. 53.2 |      |   |
|                                 | 1933<br>昭8年<br>大会論<br>文集 |    | 30×30×1<br>(36×36)         | 80              | 1:3               | 2.5mm<br>以下川<br>砂                  | —       | 0             | 4.7                           | 0.8       | 23.0                           | 41.5                              |                      |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   | "                                  | "       | "             | —                             | 0         | 2.4                            | 0.4                               | 30.2                 | 54.8 |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   | "                                  | "       | "             | —                             | 0         | 1.2                            | 0.2                               | 20.3                 | 35.7 |   |
|                                 | 1934<br>昭9年<br>大会論<br>文集 | 同 上                                                                                 | 45×45×2<br>(51×51)         | 75              | 1:2.5             | 1.2mm<br>以下川<br>砂                  | 327     | 0             | 1.6                           | 0.4       | 13.7                           | 31.3                              |                      |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    | "    | " |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    | "    | " |
|                                 |                          |                                                                                     | 45×45×1<br>(51×51)         | 75              | 1:2.5             | 1.2mm<br>以下川<br>砂                  | 325     | 3.65          | 3.1                           | 0.8       | 11.7                           | 92                                |                      |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    | "    |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    | "    |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    | "    |   |
| 1935<br>昭10年<br>大会論<br>文集       | 同 上                      | 45×45×1<br>(51×51)                                                                  | 65                         | 1:2.3           | 2.5mm<br>以下川<br>砂 | 455                                | 3.65    | 3.1           | 0.8                           | 17.7 19.6 | 85.5 87.7                      |                                   |                      |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   | "                                  | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   | "                                  | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   | "                                  | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    |      |   |
| 武藤清<br>小倉弘<br>一郎・<br>黒正清<br>治氏他 | 1950<br>建報第<br>6号        |  | 37×15×2.9<br>(40×18.5)     | 65              | 1:2               | 0.6mm<br>以下川<br>砂                  | 300     | 0             | 0.28                          | 4.0       | 23.2                           | <23.2                             |                      |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    | "    |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    | "    |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    | "    |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    | "    |   |
|                                 | 1950<br>建報第<br>8号        | 同 上                                                                                 | 37×15×3<br>(40×18.5)       | 80              | 1:3.5             | 2.5mm<br>以下川<br>砂                  | 215     | 0.34          | 0.25                          | 3.7       | 14.6~17.5<br>M. 15.5           | (基礎固定)                            |                      |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    |      |   |
|                                 |                          |                                                                                     |                            |                 |                   |                                    | "       | "             | "                             | "         | "                              | "                                 | "                    |      |   |

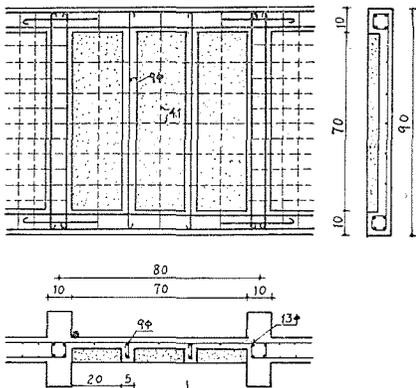
| 研究者                                       | 発表年<br>(発表誌)                                                                        | 試験法                                                                                 | 試験体の<br>大きさ<br>縦×横×厚<br>cm | モルタル又はコンクリート    |                   |                   |                                    | 壁補<br>強比<br>% | 周辺補強比          |                       | $\epsilon_c$<br>kg/cm <sup>2</sup> | $\epsilon_u$<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            | W/C<br>%        | 調合比               | 砂<br>mm           | 圧縮<br>強度<br>kg/<br>cm <sup>2</sup> |               | 鉄量<br>%        | コンク<br>リート<br>断面<br>% |                                    |                                    |
| 武藤清<br>小倉弘<br>一郎・清<br>治氏他                 | 1951<br>建報<br>第12号                                                                  | 同上                                                                                  | 37×35.5×2<br>(40×40)       | 80              | 1:3.5             | 2.5mm<br>以下川<br>砂 | 194                                | 0             | 0.79           | 1.4<br>(0.57)         | 18.0                               | —                                  |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 194                                |               |                |                       | 13.6                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 194                                |               |                |                       | 18.0                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 194                                |               |                |                       | 21.0                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 200                                |               |                |                       | 20.2                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 187                                |               |                |                       | 28.7                               |                                    |
|                                           | 1951<br>建報<br>第13号                                                                  | 同上                                                                                  | 37×15×2<br>(40×18.5)       | 80              | 1:3.5             | 2.5mm<br>以下川<br>砂 | 244                                | 0.45          | 0.79           | 4.6<br>(0.51)         | 19.0                               | 32.0                               |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 209                                |               |                |                       | 25.5                               | 34.3                               |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 270                                |               |                |                       | 26.7                               | 35.9                               |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 253                                |               |                |                       | 25.3                               | 29.5                               |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 360                                |               |                |                       | 25.0                               | 29.0                               |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 244                                |               |                |                       | 21.7                               | 27.4                               |
| 1951<br>建報<br>第16号                        |    | 一層<br>37×15×2<br>二層<br>37×15×2                                                      | 80                         | 1:3.5           | 2.5mm<br>以下川<br>砂 | 326               | 0.46                               | 0.79          | 3.3<br>(0.57)  | 27.0                  | 28.5                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   | 220               |                                    |               |                | 27.7                  | 29.9                               |                                    |
| 1952<br>建報<br>第17号<br>論文集<br>第47号         |   | 一層<br>30×15×2<br>(36×25.5)<br>二層<br>30×15×2<br>(36×26)                              | 75                         | 1:3.5           | 5mm<br>以下川<br>砂   | 243               | 0                                  | 1.4           | 0.90<br>(0.60) | 25.0                  | 52.8                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   | 245               |                                    |               |                | 25.0                  | 52.8                               |                                    |
| 1953<br>建報<br>第21号<br>第22号<br>論文集<br>第47号 |  | 同上                                                                                  | 75                         | 1:5.4           | 5mm<br>以下川<br>砂   | シリン<br>ダー<br>180  | 0                                  | 1.4           | 0.90<br>(0.60) | 19.4                  | 52.8                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   | 300               |                                    |               |                | 33.3                  | 63.8                               |                                    |
| 1953<br>建報<br>第23号<br>第24号                |  | 15×50<br>梁集中                                                                        | 65                         | 1:2.6<br>:3.4   |                   | 200               | 0.43                               | 1.2           |                | 10.2                  | 38.6                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   | 284               |                                    |               |                | 16.9                  | 68.0                               |                                    |
|                                           |  | 同 上<br>分 布                                                                          | "                          | "               | "                 | "                 | 200                                | 0             | 1.2            |                       | 8.5                                | 27.1                               |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 210                                |               |                |                       | 10.2                               | 29.6                               |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   |                   | 200                                |               |                |                       | 10.2                               | 32.2                               |
| 284                                       | 16.9                                                                                | 43.0                                                                                |                            |                 |                   |                   |                                    |               |                |                       |                                    |                                    |
| 200                                       | 13.5                                                                                | 40.2                                                                                |                            |                 |                   |                   |                                    |               |                |                       |                                    |                                    |
| 210                                       | 11.8                                                                                | 39.0                                                                                |                            |                 |                   |                   |                                    |               |                |                       |                                    |                                    |
| 1954<br>建報<br>第26号                        | 同上                                                                                  | 集 中                                                                                 | 65                         | 1:3.05<br>:3.95 |                   | 190               | 0.47                               | 1.7           |                | 11.7                  | 50.2                               |                                    |
|                                           |                                                                                     | 188                                                                                 |                            |                 |                   | 13.9              |                                    |               |                | 50.5                  |                                    |                                    |
| 分 布                                       | "                                                                                   | "                                                                                   | "                          | "               | "                 | 190               | "                                  | "             |                | 13.4                  | 40.2                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   | 186               |                                    |               |                | 10.4                  | 35.6                               |                                    |
| 鶴田明<br>松井源<br>吾氏他                         | 1952<br>建報<br>第21号                                                                  |  | 84×84×4<br>(92×96)         |                 |                   | 161               | 0.33                               | 0.30          | 0.19           | 10.9                  | 12.5                               |                                    |
|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                            |                 |                   | 125               |                                    |               |                | 12.2                  | 20.7                               |                                    |

| 研究者        | 発表年<br>(発表誌)        | 試験法 | 試験体の<br>大きさ<br>縦×横×厚<br>cm | モルタルとコンクリート     |                  |                                    |          | 壁補<br>強比<br>% | 周辺補強比                 |                     | $\tau_c$<br>kg/cm <sup>2</sup> | $\tau_u$<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|------------|---------------------|-----|----------------------------|-----------------|------------------|------------------------------------|----------|---------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|            |                     |     |                            | W/C<br>調合比<br>% | 砂<br>mm          | 圧縮<br>強度<br>kg/<br>cm <sup>2</sup> | 鉄量<br>%  |               | コンク<br>リート<br>断面<br>% |                     |                                |                                |
| 松井源<br>吾氏  | 1952<br>建報<br>第21号  |     | 52×52×4<br>(60×60)         |                 |                  | 170                                | 0.45     | 0.96          | 0.31                  | 14.5                | 18.6                           |                                |
|            | 1955<br>建報<br>第39号  |     | 40×40×3                    | 70              | 1 : 2.1<br>: 3.4 | 15 mm<br>以下                        | 188<br>" | 0<br>"        | 14.9<br>"             | 17.0<br>15.0        | 32.5<br>32.5                   |                                |
|            | 1957<br>建報<br>第57号  |     |                            |                 |                  | 160                                | 0.35     | "             | 17.8<br>22.6          | 56.5<br>52.0        |                                |                                |
|            |                     |     |                            |                 |                  | "                                  | 0.57     | "             | 17.8<br>17.8          | 51.5<br>62.0        |                                |                                |
|            |                     |     |                            |                 | "                | 0.88                               | "        |               | 17.8<br>17.8          | 65.0<br>68.0        |                                |                                |
| 富井政<br>英氏他 | 1955<br>建報<br>第31号  |     | 160×240×6<br>(190×279)     | 65              | 1 : 2.3<br>: 3.6 |                                    | 170      | 0<br>0.18     | 0.47<br>"             | 0.63                | 19.0<br>20.2                   | 34.2<br>37.4                   |
|            |                     |     | " × 8                      | "               | "                | "                                  | "        | 0.18<br>0.35  | 0.35<br>0.47          | 23.5<br>30.3        | 41.8<br>45.1                   |                                |
|            |                     |     | " × 10                     | "               | "                | "                                  | "        | 0<br>0.18     | 0.28<br>0.38          | 23.8<br>22.7        | 36.4<br>35.7                   |                                |
|            |                     |     |                            |                 |                  |                                    |          |               |                       |                     |                                |                                |
| 坪井善<br>勝氏他 | 1953<br>論文集<br>第47号 |     | 外径 14.9                    | 105             | 1 : 3            |                                    | 131      | 0             |                       |                     | 12.7                           | 12.7                           |
|            | 肉厚 0.75             |     |                            |                 |                  |                                    |          |               |                       |                     |                                |                                |
|            | 1954<br>論文集<br>第49号 |     | 長さ 17.3                    |                 |                  |                                    | 134      | 0             |                       | 9.0~11.4<br>M. 11.2 |                                |                                |

略号 建誌： 建築雑誌 建報： 日本建築学会研究報告及び同論文報告集 大会論文集： 建築学会大会  
論文集 論文集： 日本建築学会論文集  $\tau_c$ ,  $\tau_u$  の欄の M. は平均値

以上から見て、コンクリート板試験体の剪断試験の場合には、周辺補強法を出来るだけ實際に近い程度とすることが必要であると思われる。

### III. 実験第2



第 12 図

1. 実験の目的 鉄筋入りの補強リブを設けてコンクリート板の厚さを薄くした場合の剪断強度性状及び剪断剛性について資料を得ることを目的とする。この種の構造法は最近床の軽量化のために屢々試みられているが、これの剪断性状についての実験値がないので前述の実験第1と組合せて実験を行って見たものである。

2. 試験体の形状 試験体の外廓寸度は前実験の場合と同じく 90×340 cm であるが、中央の剪断試験部分は第12図のように肉抜きを行っている。

即ち、コンクリート板厚さを7 cmとしたもの及び4 cmとしたものの2種とし、更に4 cm厚さの場合には補強リブ方向を変えたものを製作した。本実験ではコンクリート板を薄くするために、型枠面にドリゾール板を敷いてコンクリート打込を行つたので、コンクリート板の片面には夫々厚さ3 cm及び6 cmのドリゾール板が附着しているが、元来ドリゾールは第7表に示すように強度及びヤング係数がコンクリートにくらべて著しく低いので、本実験のような場合にもドリゾールの存否はコンクリート板の強度性状に対し余り問題にならないと思われる。

以上により試験コンクリート板  $70 \times 70 \text{ cm}^2$  の部分についての補強鉄筋比は次表のようになる。

第 6 表

| 種 別             | 板 厚<br>cm | 試験体長手方向断面                 |                       |          | 短手方向断面                    |                       |          |
|-----------------|-----------|---------------------------|-----------------------|----------|---------------------------|-----------------------|----------|
|                 |           | コンクリート面積<br>$\text{cm}^2$ | 鉄筋面積<br>$\text{cm}^2$ | 鉄筋比<br>% | コンクリート面積<br>$\text{cm}^2$ | 鉄筋面積<br>$\text{cm}^2$ | 鉄筋比<br>% |
| B               | 7         | 520                       | 2.95                  | 0.57     | 490                       | 0.66                  | 0.14     |
| C               | 4         | 340                       | 2.95                  | 0.87     | 280                       | 0.66                  | 0.24     |
| D(リブ方向<br>Cと直角) | 4         | 280                       | 0.66                  | 0.24     | 340                       | 2.95                  | 0.87     |
| A(前実験)          | 10        | 700                       | 0.66                  | 0.095    | 700                       | 0.66                  | 0.095    |

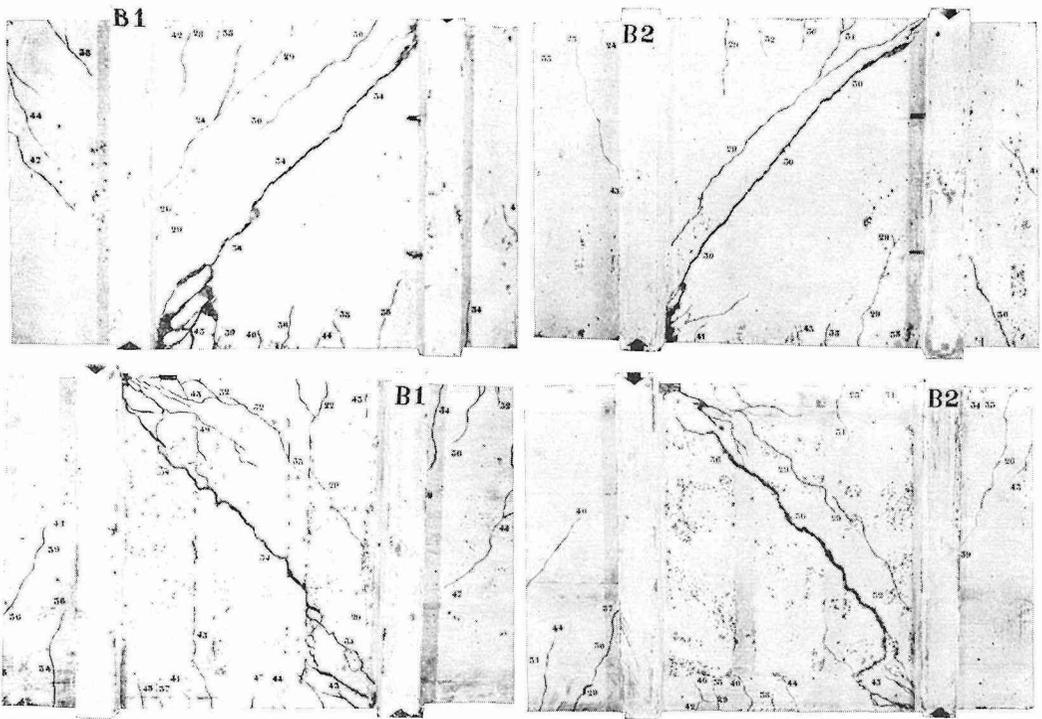
3. 材料及び製作 材料は前実験と同一のものを使用した。ドリゾールについては試験を行わなかつたので、参考までに先に当研究室において試験した成績を次表に掲げる。この数字はドリゾール社の公称値より稍高強度である。

第 7 表

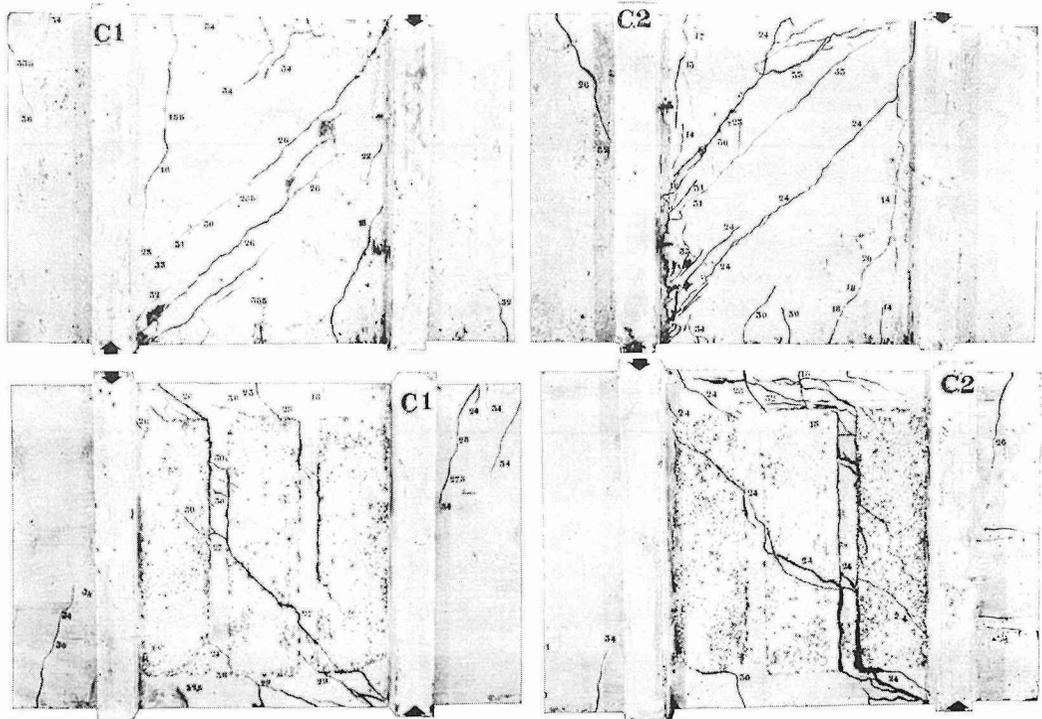
| 厚 さ<br>cm | 曲げ破壊係数<br>$\text{kg/cm}^2$              | 圧 縮 強 度<br>$\text{kg/cm}^2$                      | 圧縮ヤング係数<br>$\text{kg/cm}^2$ |
|-----------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|
| 5.2~5.3   | 12.9~16.2                               | 31.3~34.3                                        | —                           |
| 5.6~5.7   | 19.4~23.4                               | 43.8~50.0                                        | —                           |
| 7.9~8.0   | 14.3~19.6                               | 45.6~52.5                                        | 378                         |
| 試験要領      | 幅 30 cm の板につきスパン 25, 30, 45 cm, 中点荷重とする | $4 \times 4 \text{ cm}^2$ 加圧板にて圧縮最大荷重時の歪度は、約 20% | 縮み 10 mm の時の割線ヤング係数         |

4. 試験並びに計測 前実験に引続いて北海道寒地研究所実験室において試験を行つた。載荷法、変形の計測等前実験と同じであるが、電気式歪計は使用しなかつた。

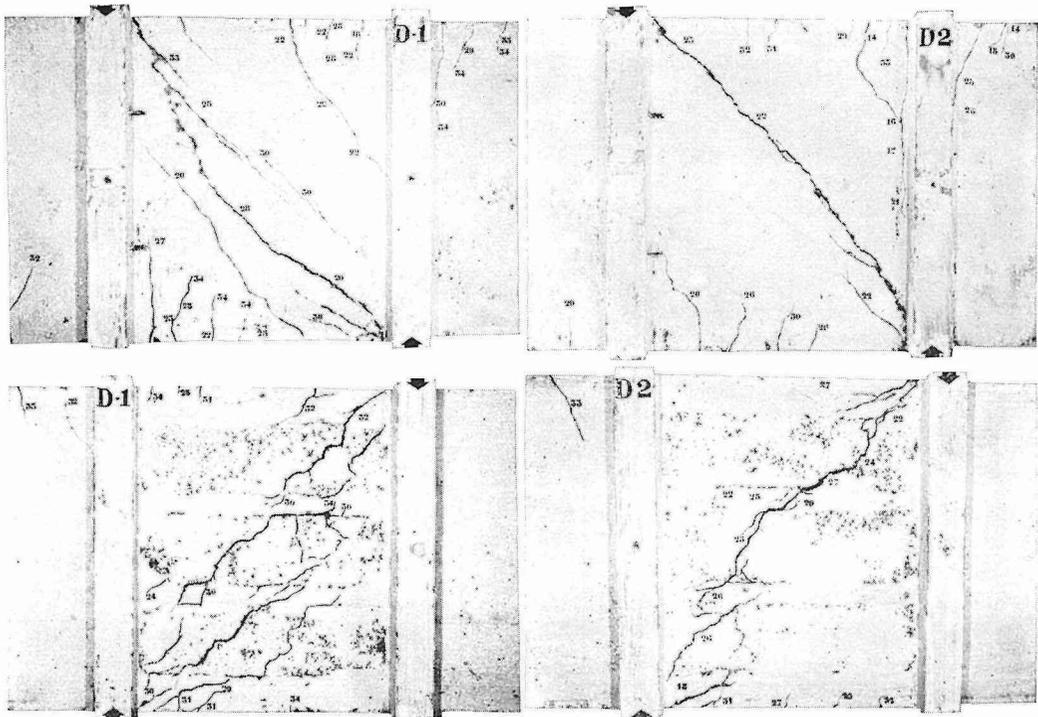
5. 試験の経過 荷重の増大に伴つて先ず曲げキレツが発生し、次いで剪断キレツを生ずるが前実験と異なつて、数本の剪断キレツが同時に発生する傾向がある。ドリゾールの附着した面では一般に剪断キレツの発見がおくれ、且つ次の写真に示すように、ドリゾール板とリブとの剝離キレツを伴ふ。



第 13 図



第 14 図



第 15 図

これら剪断キレツの発達の状況は、肋筋をもつ鉄筋コンクリート梁の剪断キレツの様相と類似の傾向にあつて、リブの鉄筋が恰も肋筋のような役割を演ずると思われる。試験体は何れも剪断による斜キレツによつて最大荷重を示し、以後キレツ幅の増大に伴なつて耐力が次第に低下した。

6. キレツ応力度と耐力 第 8 表に曲げキレツ時の曲げモーメント、剪断キレツ時の剪

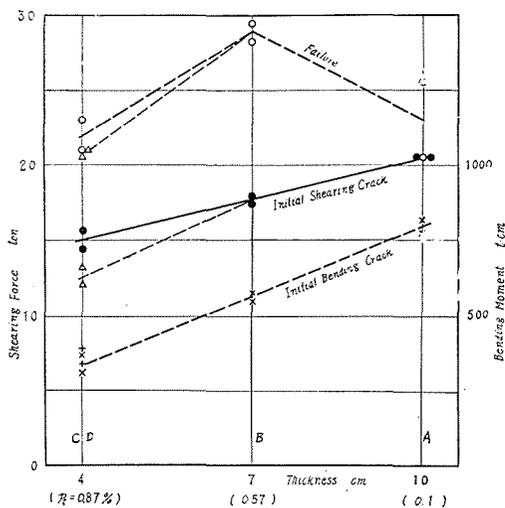
第 8 表

| 種 別 | コンクリート厚さ<br>cm | コンクリート強度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 曲げキレツ           |                                 | 剪断キレツ          |                                 | 剪断破壊         |                                 |
|-----|----------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|
|     |                |                                | 曲げモーメント<br>t·cm | 曲 げ 応 力 度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 剪 断 力<br>ton   | 剪 断 応 力 度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 剪 断 力<br>ton | 剪 断 応 力 度<br>kg/cm <sup>2</sup> |
| B   | 7              | 300                            | 576<br>(528)    | 45.5                            | 18.0<br>(19.2) | 32.2                            | 29.4         | 50.8                            |
|     |                | 299                            | 552<br>(552)    | 47.6                            | 17.4<br>(17.4) | 31.1                            | 28.2         | 50.4                            |
| C   | 4              | 297                            | 372<br>(432)    | 40.5                            | 15.6<br>(16.2) | 48.8                            | 23.1         | 72.3                            |
|     |                | 292                            | 312<br>(360)    | 32.2                            | 14.4<br>(14.4) | 45.0                            | 21.0         | 65.7                            |
| D   | 4              | 298                            | 334<br>(600)    | 39.6                            | 12.0<br>(18.0) | 37.5                            | 21.0         | 65.6                            |
|     |                | 292                            | 336<br>(602)    | 34.7                            | 13.2<br>(18.0) | 41.3                            | 20.7         | 64.7                            |

(註) 剪断キレツ欄の括弧内はドリゾール板のある側から見たキレツ荷重を示す。

断力及び破壊時の剪断力，これらの曲げモーメント及び剪断力から計算した見掛けの曲げ応力度 ( $M/Z$ ，但し  $Z$  は I 型断面の断面係数) 及び剪断応力度 (リブを無視して荷重を (板厚)  $\times j$  で割った値) を記載した。

上表の最大荷重時の載荷点の圧縮荷重は 39.2 ton を最高とし，この場合の柱形部分コンクリートの平均圧縮応力度は最大  $131 \text{ kg/cm}^2$  であつてコンクリート強度の約 45% に相当している。



第 16 図

これらのキレツ曲げモーメント及び剪断力を実験第一の結果 (第 3 表) と共に図示すれば，第 16 図のようになつて，キレツ曲げモーメントもキレツ剪断力も，鉄筋コンクリートの厚さが減少すれば，略直線的に比例して減少する。但しキレツ曲げモーメントが板厚に略正比例するに対し，キレツ剪断力は低下率が稍少なく，次表のような比率となつて，板厚を 1/2 に減じても剪断力は 30% 程度減少するに過ぎない。尚板厚の等しい C と D (厚さ 4 cm) について，リブが上下の周辺材を補剛するように配置された C の方が D より稍高い剪断力を示したことは，前節で触れた周辺材の剛性の影響を示すものとする。

これら

剪断力を示したことは，前節で触れた周辺材の剛性の影響を示すものとする。

第 9 表 (括弧内の数字は比率を示す)

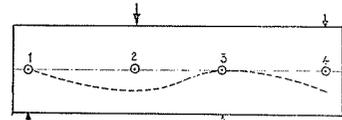
| 種類 | コンクリート厚<br>cm | 曲げキレツ時          |                             | 剪断キレツ時      |                           | 破壊時         |                           |
|----|---------------|-----------------|-----------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
|    |               | 曲げモーメント<br>t·cm | 曲げ応力度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 剪断力<br>ton  | 応力度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 剪断力<br>ton  | 応力度<br>kg/cm <sup>2</sup> |
| A  | 10 (1.0)      | 696 (1.0)       | 51.5 (1.0)                  | 20.4 (1.0)  | 25.5 (1.0)                | 22.9 (1.0)  | 26.6 (1.0)                |
| B  | 7 (0.7)       | 540 (0.78)      | 46.6 (0.91)                 | 17.7 (0.87) | 31.7 (1.24)               | 28.8 (1.26) | 50.6 (2.1)                |
| C  | 4 (0.4)       | 342 (0.49)      | 36.4 (0.71)                 | 15.0 (0.73) | 46.9 (1.84)               | 22.1 (0.97) | 69.0 (2.9)                |
| D  | 4 (0.4)       | 360 (0.52)      | 37.2 (0.72)                 | 12.6 (0.62) | 39.4 (1.55)               | 20.9 (0.92) | 65.2 (2.7)                |

次に最大荷重については B, C, D の間では板厚の薄いものが弱い結果を示しているが，B は厚さ 10 cm の場合よりも高い耐力を示した。これは薄板が 2 本の間リブ及びその補強筋を有するためであつて，若しこの 10 cm 厚さの試験体にも薄板の時と同様なリブ補強筋を入れれば，最大荷重ももつと上昇したものと思われる。今回はかような比較試験を行なかつたが，上記の集中配筋の効果は，板の剪断補強の方法に対して示唆に富むものと見たい。

尚応力度について言えば，板厚と曲げキレツ時の曲げ応力度の関係は上記の板厚とキレツ曲げモーメントの関係に近似しているがキレツ剪断応力度と最大剪断応力度は板厚の薄いもの程大きな値となつて第 16 図とは異なつた傾向を示している。

### 7. 剪断変形 次に板の変形について考察してみよう。

本実験では試験体を梁のようにして逆対称荷重を加えているので、先ずこの梁としての撓みの性状について述べることにする。第17図の①②③④各点の鉛直変位計測値から、①点と③点を結ぶ直線に対する②点及び④点の撓みを計算すると第10表が得られる。単位は1/100 mm、各欄の上段は②点の撓み、下段は④点の撓みを示す。



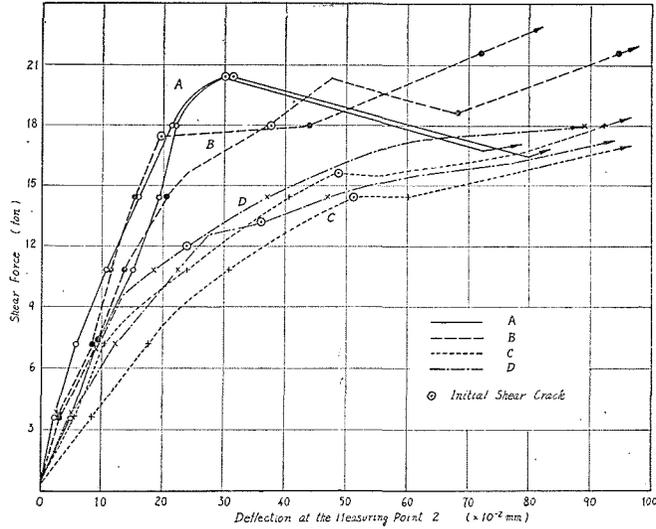
第17図

第10表 ②, ④点の撓み 1/100 mm (剪断力 0.6 t を基準とする)

| 種別 | コンクリート厚さ<br>cm | コンクリート板の剪断力 ton |      |      |       |        |                 |                 |
|----|----------------|-----------------|------|------|-------|--------|-----------------|-----------------|
|    |                | 3.6             | 7.2  | 10.8 | 14.4  | 18.0   | 21.6            |                 |
| A  | 10             | ②               | 2.3  | 5.6  | 10.9  | 15.9   | 21.3            | *142.5          |
|    |                | ④               | 2.9  | 9.6  | 15.4  | 23.7   | 52.5            | *157.5          |
|    | ②              | 5.1             | 10.5 | 15.0 | 19.2  | 21.9   | (20.4 t) 31.5   |                 |
|    | ④              | 4.3             | 7.6  | 15.6 | 21.4  | 26.1   | *36.6           |                 |
| B  | 7              | ②               | 3.0  | 9.7  | 13.4  | 20.4   | *37.3           | *94.5           |
|    |                | ④               | 3.7  | 10.2 | 11.4  | 22.3   | *75.0           | *149.2          |
|    | ②              | 3.1             | 8.7  | 11.1 | 15.0  | *43.8  | *71.9           |                 |
|    | ④              | 0.6             | 9.8  | 10.5 | 17.3  | *84.6  | *126.9          |                 |
| C  | 4              | ②               | 5.8  | 10.5 | 24.1  | 40.5   | *92.2           | *158.0          |
|    |                | ④               | 7.0  | 14.7 | 32.3  | 53.9   | *113.3          | *180.4          |
|    | ②              | 8.9             | 17.7 | 30.8 | *51.1 | *111.2 | *(21.0 t) 165.0 |                 |
|    | ④              | 7.3             | 19.4 | 37.4 | *65.3 | *152.2 | *239.5          |                 |
| D  | 4              | ②               | 3.1  | 9.6  | 18.7  | *37.0  | *89.1           | *(21.0 t) 193.0 |
|    |                | ④               | 5.2  | 15.3 | 25.9  | *49.9  | *98.5           | *238.2          |
|    | ②              | 5.4             | 12.5 | 22.6 | *46.9 | *100.0 | *(21.0 t) 160.7 |                 |
|    | ④              | 8.5             | 19.7 | 32.7 | *59.0 | *113.3 | *162.3          |                 |

\* 印は剪断キレツ後の撓みを示す。

第18図は上表を図示したものである。これによれば剪断キレツ発生までの範囲では10 cm板と7 cm板は大差がないが、4 cm板はC, D共撓みが相当大きい。又10 cm板と7 cm板では剪断キレツ発生の前後に顕著な撓みの増大を示すのに4 cm板ではそれが不明瞭であつた。



第 18 図

上記は試験体の剪断撓みと曲げ撓みの和を示すものであるが、特に中央部分の剪断変形を見るために、②点及び③点間の対角線方向の伸び及び縮みから中央部のコンクリート板の変形角を下の式によつて計算した結果を第 11 表及び第 19 図に掲げた。但し式中の  $j$  は試験体の

$$\Delta\theta = \frac{\sqrt{2} \cdot \Delta c - \Delta j - \Delta a}{j + \Delta j + \Delta a}$$

上下両縁から 5 cm ずつ内側へ入つた点の距離、 $a$  は剪断スパンの長さであつて何れも 80 cm  $c$  は対角線の原長、 $\Delta j$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta c$  は夫々の伸縮量を表わす。

第 11 表 各剪断力に対応する剪断歪角 rad.  $\times 10^{-4}$

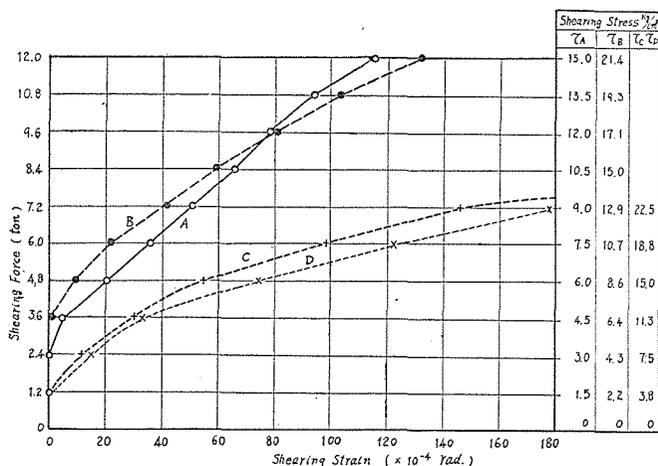
| 剪断力ton<br>種 別 | 1.2 | 2.4 | 3.6 | 4.8 | 6.0 | 7.2 | 8.4 | 9.6 | 10.8 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| A             | 0?  | 0?  | 5   | 20  | 36  | 50  | 65  | 78  | 94   |
| B             | 0?  | 0?  | 1?  | 9   | 21  | 41  | 59  | 80  | 103  |
| C             | 0?  | 12  | 29  | 54  | 99  | 145 | 193 |     |      |
| D             | 0?  | 14  | 32  | 74  | 122 | 177 | 233 | 294 | 361  |

(註) 低応力状態の歪角は計測誤差以内で不明である。

伸縮量の計測の精度が充分でないために、載荷当初の微小変形についてはデータが不明瞭であるが、この結果と第 10 表、第 18 図とを対比して次のように見ることが出来る。

(イ) 剪断キレツ発生までの範囲で、剪断力を等しく押えた場合、A (板厚 10 cm)、B (板厚 7 cm) は変形角が小さいが、C と D (共に板厚 4 cm) は大きな変形角を示す。剪断力 6 t (A 試験体につき  $\tau = 7.5 \text{ kg/cm}^2$ ) の時、C 及び D は A 及び B の約 3~4 倍の変形角となる。

(ロ) 夫々の試験体について  $\tau = Q/bj$  (但し  $b$  をコンクリート板厚、 $j = 80 \text{ cm}$  にとる) で計算



第 19 図

した剪断応力度を考察してみると、この剪断応力度が 5 kg/cm<sup>2</sup> 程度以下である間は変形角が著しく小さい。

(ハ) 上記の  $\tau$  が 10 kg/cm<sup>2</sup> (約  $F_c/30$  に相当する) の場合について変形角を求めると、10 cm 板の変形角約  $60 \times 10^{-4}$  rad であるのに対し、7 cm 板は約  $20 \times 10^{-4}$  rad、C 及び D (何れも 4 cm 板) は約  $25 \times 10^{-4}$  となり、又  $\tau$  が 15 kg/cm<sup>2</sup> (約  $F_c/20$ ) の場合については夫々  $110 \times 10^{-4}$  rad,  $60 \times 10^{-4}$  rad,  $70 \times 10^{-4}$  rad となつて、補強リブ及びその鉄筋の効果が明かである。但し  $\tau$  が 20 kg/cm<sup>2</sup> (約  $F_c/15$ ) の場合には 7 cm 板も 4 cm 板もその変形角が  $100 \times 10^{-4}$  rad を超過する。尚上記の変形角の数値において 4 cm 板が常に 7 cm 板より僅か乍ら大きな値を示していることは注意を要する。

(ニ) 次に前項に掲げた剪断キレツ荷重の比率に従つて薄板の剪断応力度を増大せしめた場合について同様な比較を行つて見ると次表のようになって、薄板のキレツ荷重の低下率よりは

第 12 表

|   | 板厚比 | 剪断キレツ荷重の比率 | 左によせて増大せしめた $\tau$<br>kg/cm <sup>2</sup> | 変形角<br>rad            | 増大せしめた $\tau$<br>kg/cm <sup>2</sup> | 変形角<br>rad             |
|---|-----|------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|
| B | 0.7 | 0.87       | 12.5                                     | 約 $40 \times 10^{-4}$ | 18.7                                | 約 $100 \times 10^{-4}$ |
| C | 0.4 | 0.73       | 18.4                                     | 約 $90 \times 10^{-4}$ | 27.4                                | 約 $260 \times 10^{-4}$ |
| D | 0.4 | 0.62       | 15.5                                     | 約 $80 \times 10^{-4}$ | 23.2                                | 約 $180 \times 10^{-4}$ |
| A | 1.0 | 1.0        | 10                                       | 約 $60 \times 10^{-4}$ | 15                                  | 約 $110 \times 10^{-4}$ |

変形角の増大率の方が上廻つていることを知る。特に 4 cm 板の場合には、剪断キレツ荷重に比例した剪断応力度を加えた場合、10 cm 板や 7 cm 板にくらべて著しくも大きい変形角を示す。

(ホ) 本実験の 10 cm 板は鉄筋比が特に少ないので、これを考慮に入れると、板の補強鉄筋

比が等しい場合は、剪断剛性は板厚に略比例して低下すると考えるのが安全であり、同一の剪断剛性を確保しようとするれば、負担剪断力を板厚に比例して減少するのがよいと思われる。

#### IV. 要 約

上記の各項を要約すれば次の通りである。

(1) 幅 90 cm, 長さ 340 cm, 総厚 10 cm の試験体に逆対称荷重を加えて中央部に剪断破壊を起させ、そのキレツの発生状況, 強度, 剪断変形等を観察した。

(2) 実験第 1 では 10 cm 板について、主としてキレツ発生までの板内の歪度分布を計測したが、載荷部分のコンクリートの圧縮歪度分布は、荷重の約 1/2 がトラスのような支持作用によつて伝達され、残りの応力が剪断応力として負担されることを示唆している。

(3) 剪断キレツ時における中央板部分の 45° 方向歪度から計算した斜引張強度は中立軸部分で 22 kg/cm<sup>2</sup> 程度に達し、斜圧縮応力度は載荷点から 17.5 cm 離れた点で約 36 kg/cm<sup>2</sup> 程度と計算された。板内の応力度分布については更に研究を要する。

(4) 実験値を著者等の鉄筋コンクリート梁の剪断実験値, 国内諸家の壁試験体の実験値と対比すると、板の剪断性状は周辺補強の影響を受けることが大きいことが推定される。

(5) 実験第 2 では上記の中央 10 cm 厚さのコンクリート板の部分で、ドリゾール板を使用して揚げ底式とし、厚さ 7 cm 及び厚さ 4 cm に減少した場合の強度並びに変形状況を観察した。この場合 70×70 cm<sup>2</sup> の板に 2 本の鉄筋入り補強リブ (幅 5 cm) を設けたが、この補強リブの効果によつて剪断キレツ荷重及び最大剪断荷重は次表の如くコンクリート板厚が減少しても比較的大きな値を示す。同表の括弧内の数字は 10 cm 厚板に対する比率を示す。

第 13 表

| コンクリート厚さ cm      | 10            | 7              | 4              | 4*             |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 剪断キレツ発生時の剪断力 ton | 20.4<br>(1.0) | 17.7<br>(0.87) | 15.0<br>(0.73) | 12.6<br>(0.62) |
| 最大剪断力 ton        | 22.9<br>(1.0) | 28.8<br>(1.26) | 22.1<br>(0.97) | 20.9<br>(0.92) |

(註) \* 印は補強リブの方向が試験体長手に平行。他の試験体は補強リブの方向が長手に直角に  
いれてある。

(6) コンクリート板の剪断変形角は、剪断キレツ発生までの範囲で、同一剪断力に対しては 10 cm 板, 7 cm 板は大差なく、且つ小さいが、4 cm 板は変形角が大きい。然し同一剪断応力度 ( $\tau=Q/bj$  で  $b$  を板厚,  $j$  を応力中心間距離にとる) について言えば、7 cm 板, 4 cm 板の何れもが 10 cm 板より剪断剛性が大きいことになった。これは 10 cm 板の補強鉄筋比が他よりもリブ補強筋だけ少ないことにもよると思われるが、上記のキレツ荷重の比で剪断応力度を増した場合について比較すると、特に 4 cm 板の変形角が大きくなり過ぎるので、一般には剪

断応力度が等しい場合剪断変形角は大差ないと見るのが安全であろう。

## V. 結 語

以上面内剪断力をうける鉄筋コンクリート板の剪断性状について新載荷法によつて極めて初歩的な実験を行つたのであるが、この実験の前半の結果から、剪断試験の場合、周辺補強部材の大きさが剪断性状に大きな影響をもつこと、又著者が以前から唱導している応力のトラス的な伝達作用の概略の比率、面内歪度分布の概況等について一応の資料を得た。上記のうち周辺補強の影響については既に指摘され、この影響を一定にするために、周辺補強を極めて剛にする方法も考えられているが、実在壁や床の場合を考えると、むしろ実際に近い周辺補強の程度で実験を行うべきであると考ええる。

この実験の後半では補強リブを入れてコンクリート厚を薄くした場合について実験し、板厚が薄くなつても補強リブの効果によつて、強度性状は余り低下しないことを知つたが、このことは同時に板の剪断補強鉄筋配置法について一つのヒントを与えるものである。又同一剪断応力度についての剪断剛性率  $G$  は、板厚が薄くなつても大差がないが、同一剪断荷重に対しては板厚が薄い場合  $G$  の低下する傾向が特に強い。

終りに本実験に多大の援助を与えられた北海道寒地建築研究所、北海道ドリゾール株式会社並びに実験を担当した当研究室柴田拓二、小幡守、佐藤州建、新井健一、谷内勝之の諸氏、本研究を北大工学部建築工学科昭和32年度卒業論文として努力された学生米沢惇、源正之の諸君に深甚の謹意を表する次第である。