

# 鉄筋コンクリート連続耐震壁に関する実験的研究

## —その1 強度と剛性—

武田 寿一  
小島 克朗

### 概 要

連続した鉄筋コンクリートプレキャスト板の両端を緊ぎ梁で固定した連続壁の耐震効果を検討するために、①プレキャスト板の連続した壁(以下スリット壁と呼ぶ)②プレキャスト板の継ぎ目にシャーコネクターとして無筋コンクリート製の栓を挿入した壁(以下キージョイント壁と呼ぶ)③一般的な一体打壁(以下一体壁と呼ぶ)の3種について比較実験を行なった。実験の際考慮した比較検討ファクターとしては、大きくは上記3種の壁であるがその他として①プレキャスト板の拘束条件、②壁筋比の大小と配筋形式、③キージョイントの数、④載荷形式等であるが、本報告は壁筋比が大で集中荷重一方向繰り返し載荷とした実験に関するものである。本実験によって上記3種の連続壁の構造的性質を明確にすることができた。

### 1. 供試体

#### 1.1. 供試体の形状寸法と配筋

供試体の形状としては図-1に示す通りで、壁厚5cmで40cm×70cmのプレキャスト板4枚が連続した $1/10$ 模型の鉄筋コンクリート連続壁であるが、その寸法と配筋を図-2に示す。比較検討のファクターとしては、大きくはスリット壁(記号A)キージョイント壁(記号AK)と一体壁(記号AW)の3種であるが、その他プレキャスト板の拘束条件の相違を検討するため、緊ぎ梁断面を10cm×25cmと10cm×15cmの2種類とすると共に、壁配筋では標準壁主筋比を2.75%とし配筋形式として①一般的な壁配筋(鉄筋を等間隔に配筋)②単位プレキャスト板を梁配筋(端部に集中して配筋)と③架構全体としての梁配筋(4枚の壁の内、両端2枚の壁筋比を内部2枚の壁筋比よりも高く配筋)の3種を考慮した。またキージョイント壁のキージョイントの数を2個と4個として2個の時3cm×9cm、4個の時3cm×6cmとした。これら比較検討のファクターを整理して供試体記号と共に表示したのが表-1である。なお実験の都合上、緊ぎ梁を中心にして対称な壁をつくり、90度回転して壁板を水平にして加力を行なうことにした。

#### 1.2. 使用材料の性質

鉄筋としては公称径6mm、9mm、13mmの普通丸鋼を使用した。その性質を表-2に示す。コンクリートとしては豆砂利コンクリートを使用した。調査は壁およびキージョイント部分共重量比で1(セメン

ト):2.9(砂):3.9(砂利)であった。コンクリート強度を各供試体ごとに表-3に示す。

#### 1.3. 製作と養生

型枠としては一般部には木製(耐水ベニヤ厚12mm)をスリット部分には側板として鉄板(厚2.3mm)を使用した。後打のキージョイント部分には発泡スチロー

| 壁の分類     | 供試体の記号 | 壁(単位プレキャスト板) |               |            |                       | 緊ぎ梁         |                 | キージョイントの数  |        |
|----------|--------|--------------|---------------|------------|-----------------------|-------------|-----------------|------------|--------|
|          |        | 壁厚<br>cm     | 配筋<br>主筋 助筋   | 配筋形式       | 断面<br>cm×cm           | 配筋<br>主筋 助筋 |                 |            |        |
| スリット壁    | A-1-1  | 5.0          | 4-13φ<br>1-6φ | 6φ<br>@150 | 壁型                    | 10×15       | 上端、下端共<br>2-13φ | —          |        |
|          | A-1-2  | 4.9          |               |            | 梁型                    | 10×15       | —               |            |        |
|          | A-2-1  | 4.9          |               |            | 壁型                    | 10×25       | —               |            |        |
|          | A-2-2  | 5.3          |               |            | 梁型                    | 10×25       | 4-13φ           |            |        |
| キージョイント壁 | AK-1-1 | 4.8          | 4-13φ<br>1-6φ | 6φ<br>@150 | 壁型                    | 10×15       | —               | 2(3×6)     |        |
|          | AK-1-2 | 5.4          |               |            | 壁型                    | 10×15       | —               |            |        |
|          | AK-1-3 | 4.9          |               |            | 両端2枚5-13φ<br>中央2枚5-6φ | 梁型として<br>梁型 | 10×15           | 6φ<br>@100 | 4(3×6) |
|          | AK-2-1 | 4.7          |               |            | 4-13φ<br>1-6φ         | 壁型          | 10×25           | —          | 2(3×6) |
|          | AK-2-2 | 5.0          |               |            | 4-13φ<br>1-6φ         | 梁型          | 10×25           | 4-13φ      | —      |
|          | AK-2-3 | 5.0          |               |            | 両端2枚5-13φ<br>中央2枚5-6φ | 梁型として<br>梁型 | 10×25           | —          | 4(3×6) |
| 一体壁      | AW-1-1 | 4.7          | 4-13φ<br>1-6φ | —          | 壁型                    | 10×15       | 2-13φ           | —          |        |
|          | AW-2-1 | 4.8          | 4-13φ<br>1-6φ |            | 壁型                    | 10×25       | 4-13φ           | —          |        |

表-1 供試体一覧

| 公称径<br>mm | 実測径<br>mm | 降伏点<br>ton/cm <sup>2</sup> | 引張強度<br>ton/cm <sup>2</sup> | ヤング係数<br>×10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup> | 伸び<br>% |
|-----------|-----------|----------------------------|-----------------------------|--|---------|
| 6         | 5.51      | 4.88                       | 5.97                        | 2.04   | 29      |
| 9         | 8.35      | 3.37                       | 4.57                        | 2.04   | 33      |
| 13        | 12.75     | 3.34                       | 4.71                        | 2.10   | 35      |

表-2 鉄筋の性質

| 供試体記号  | 圧縮強度                  | 引張強度                  | ヤング係数                                |
|--------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
|        | Fc kg/cm <sup>2</sup> | Ft kg/cm <sup>2</sup> | E×10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> |
| A-1-1  | 175                   | 18.0                  | 1.83                                 |
| A-1-2  | 200                   | 20.3                  | 1.93                                 |
| A-2-1  | 164                   | 16.9                  | 1.77                                 |
| A-2-2  | 205                   | 20.8                  | 1.96                                 |
| AK-1-1 | 190(243)              | 18.7(26.4)            | 1.83(2.51)                           |
| AK-1-2 | 200(243)              | 19.7(26.4)            | 1.88(2.51)                           |
| AK-1-3 | 205(240)              | 20.8(22.2)            | 1.96(1.98)                           |
| AK-2-1 | 186(231)              | 18.3(23.5)            | 1.81(2.45)                           |
| AK-2-2 | 220(250)              | 19.6(27.1)            | 1.99(2.10)                           |
| AK-2-3 | 210(244)              | 21.3(22.6)            | 1.98(1.98)                           |
| AW-1-1 | 175                   | 18.0                  | 1.83                                 |
| AW-2-1 | 170                   | 17.5                  | 1.80                                 |

(注)

( ) はキージェoint部分を示す

Fc : シリンダーテストピース(φ150)圧縮強度

Ft : シリンダーテストピース(φ150)の割裂強度

E : 圧縮強度の $\frac{1}{2}$ におけるヤング係数

表-3 コンクリート強度

ルをスリット部分の型枠鉄板に固定して埋め込んだ。コンクリートの打設は平打とし、棒状バイブレーターを使用して振動打をした。コンクリート打設後1週間経過して型枠をはずし、キージェoint部分に埋め込んだ発泡スチロールを除去してその部分に後打コンクリートを打設した。打設後3日間覆いをして散水したが、それ以後は特別の養生は行わず試験まで屋外に放置した。ただし実験時材令は、壁部分が41~53日でキー部分が23~38日であった。

## 2. 加力方法および変形測定方法

加力は図-1に示すごとく、単純梁形式により曲げと剪断が同時に加わる方式で、大林組技研内300tonアマスラー試験機で行なった。荷重の加え方は、一方向

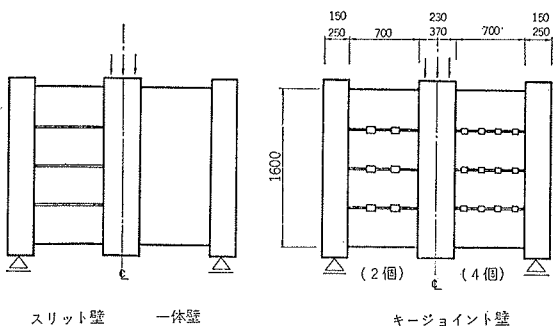


図-1 供試体の形状

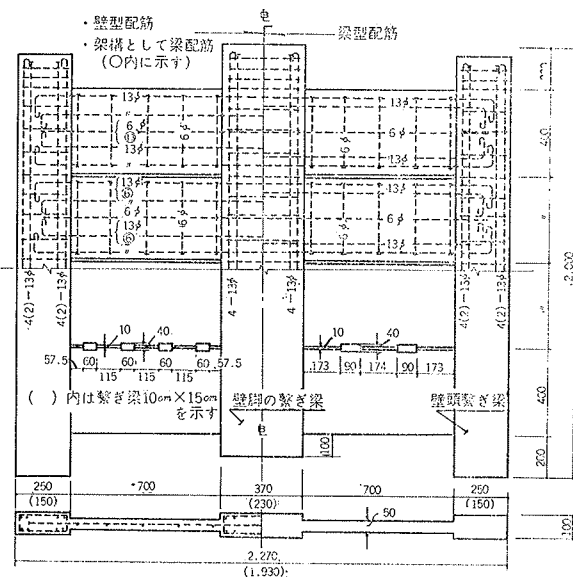


図-2 供試体寸法と配筋

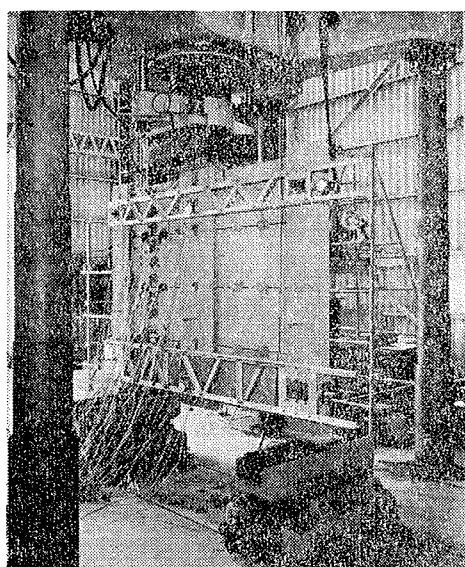


図-3 実験状況

繰り返し荷重で弾性範囲内と短期許容応力度 ( $\tau=12$  kg/cm<sup>2</sup>)に相当する荷重 (P=20ton) で荷重をもどし、その後2~3回の繰り返し載荷を行なって最大耐力まで加力した。最大荷重以後の耐力低下の状況を検討するために最大荷重に達して後2~4回の繰り返し載荷をした。実験状況を図-3に示す。

撓みとしては、図-3からもわかるように4枚のプレキャスト板の内外端2枚の中心線上の位置で壁頭の壁脚部に対する相対変位と壁の軸方向変形をゲージホルダーを利用してダイヤルゲージで測定した。また壁内の力の流れと応力分布を検討するためにワイヤーストーンゲージを貼り付けて歪を測定した。

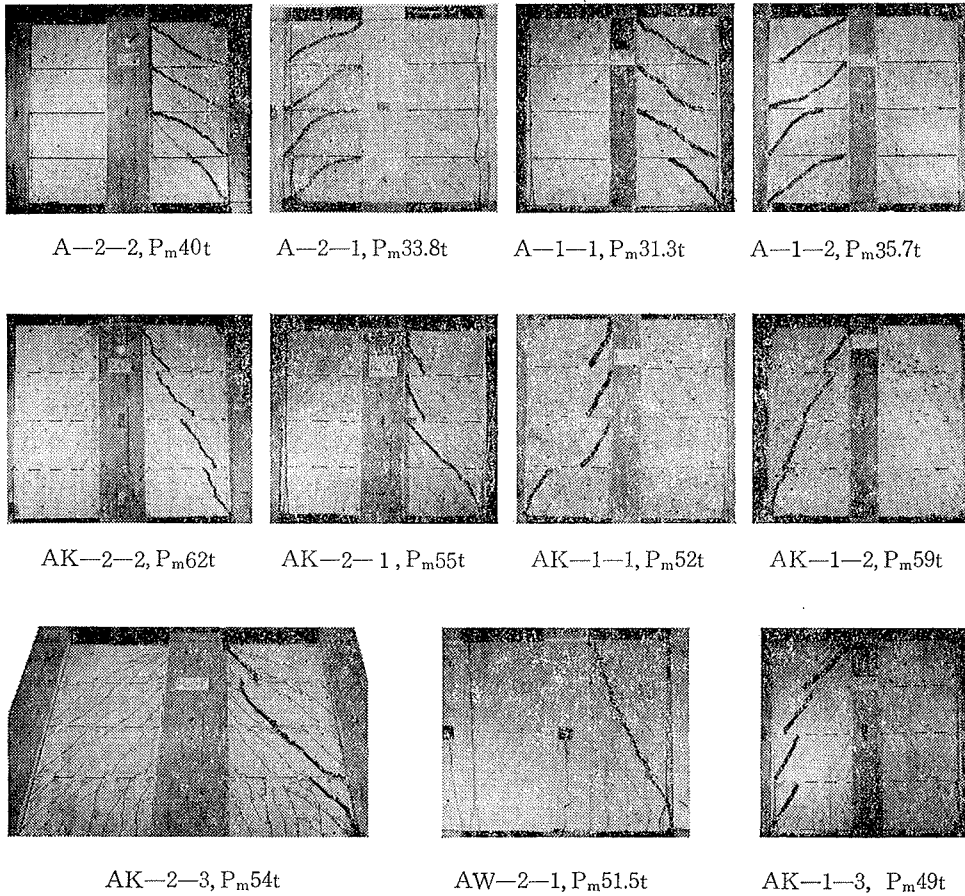


図-5 亀裂発生と破壊状況

### 3. 実験結果とその検討

#### 3.1. 亀裂発生と破壊状況

各供試体の亀裂発生と破壊状況を図-5に示す。亀裂発生と破壊状況は同じ種類の連続壁であっても多少の差異が認められるが、スリット壁、キージョイント壁および一体壁それぞれの破壊経過の傾向を示したのが図-4である。これを要約すると次のようである。

**3.1.1. スリット壁** 各単位プレキャスト板はラーメン変形して、まず全体曲げによる引張亀裂が  $P=6\sim 10t$  で①に発生する。荷重が増大して  $P=12\sim 16t$  になると、単位壁の端部に曲げ亀裂②が発生して①と②共荷重の増大と共に伸びる。次いで  $P=20t$  で剪断初亀裂③が内部2枚の壁に発生すると共に他の2枚についても次々に数を増して  $P=31\sim 40t$  で単位壁が剪断破壊した。最大荷重時に単位壁の引張鉄筋の内降伏している点が、数点認められたが降伏していない点が大多数であった。

**3.1.2. キージョイント壁** キージョイント4個のものについてのべると、剪断初亀裂発生後迄はスリット壁とほぼ同じ経過をたどるが、スリット壁と比較して単位壁の曲げ亀裂①はあまり伸びず、全体曲げによ

る新しい引張亀裂①'が発生する。剪断初亀裂③は  $P=22\sim 26t$  で内部2枚の壁内に発生するが、荷重軸に対してその角度はスリット壁よりも小さい。荷重の増大と共に4枚の壁の内、下端の壁には曲げ亀裂が、また他の3枚の壁には剪断亀裂が新しく次々に発生して、図-5で濃い線で示す部分の亀裂が大きく開き  $P=49\sim 62t$  で、各単位壁があたかも一体であるかのごとき剪断ひびわれのパターンによって最大荷重に達した。最大荷重時に壁脚の最下部亀裂、①部分の引張鉄筋は

WSGによれば降伏寸前ではあったが、まだ降伏していなかった。キージョイントの数が2個の場合と4個の場合とでは、第2段階までは4個の場合とほぼ同じ経過であるが、キージョイントの位置の影響で破壊状況が多少異なる。

#### 3.1.3. 一体壁 曲げ亀裂①が $P=4\sim 6t$ で発生

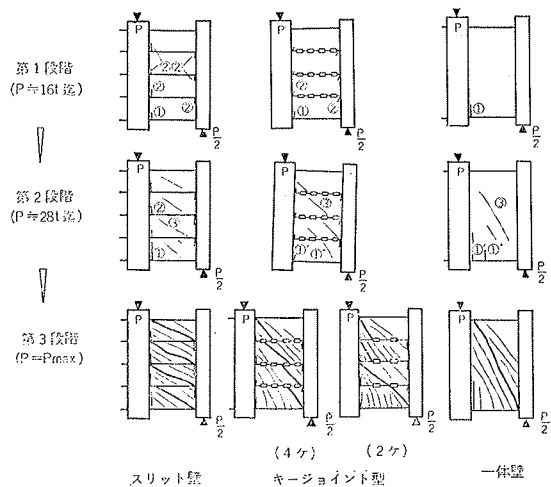


図-4 破壊状況

してどんどん伸びると共に、その内側に新しい曲げ亀裂①が発生する。P=22~24tonで剪断初亀裂③が発生してその数を増しP=51.5tonで剪断破壊した。最大荷重時に壁脚の最下部亀裂①部分の引張鉄筋は降伏していたが、圧縮側コンクリートが圧壊した様子は認められなかった。

以上の結果よりスリット壁は単位プレキャスト板がラーメン変形し、それぞれが剪断破壊するが、キージョイント壁はスリット壁と一体壁の中間的な経過をへて一体壁的な剪断破壊をすることが分った。

3.2. 剛性と変形 (荷重～撓み曲線)

各供試体の荷重 (壁の平均剪断応力度) と撓みの関係をまとめて図-6に示す。図中の弾性剛性線はスリット壁についてはフレームをラーメン置換して解いた値 (詳細は3.2.1.参照) であり、キージョイント壁 (AK-2-1) は Finite Element Methodでまた一体壁は変断面単純梁として解いた値である。

スリット壁は一体壁と比較して強度、初期剛性共低く、また亀裂発生後の剛性低下も大きい非常に靱性に富んでいる。またキージョイント壁は一体壁と比較して初期剛性がやや低いが強度的にもまた亀裂発生後の剛性低下もほとんど差がなく、靱性に富んでいる。スリット壁がそれぞれスリットのない一体壁であると仮定して変断面単純梁として略算した弾性剛性計算結果を弾性剛性と部材角の実験値と共に表-6に示す。ただし弾性剛性を計算するに当って使用した撓み(δ)は4枚のプレキャスト板の内最下端プレキャスト板の中心線上の位置で壁頭の壁脚部に対する相対変位である。(1.3.参照)

3.2.1. スリット壁の弾性剛性

スリット壁の弾性剛性(Q/δ)を表-4に示す。表中の精算値はこのフレームをラーメン置換して、曲げ変形(剛域考慮)、剪断変形および軸方向変形を含めて計算機により解いたものである。また略算値は4枚の単位壁に剪断力が等分に作用し、両端固定として計算した曲げ変形、剪断変形および軸力による変形を加えて求めた結果である。ここに軸方向変形はスリットを無視した壁全体の曲げ変形である。精算では梁の軸方向変形を考慮すると5~10%程度剛性が下がるが、学会規準の剛域を取り繋ぎ梁の軸方向変形を無視した計算結果が実験結果に近い値を示している。また略算によっても十分な精度で計算できることが分る。一方実験結果を見ると、スリット壁の弾性剛性は梁の拘束が大きい時、一体壁の約1/2に低下し、梁の拘束が小さくなるとさらに低下して一体壁の約1/3になる。また、スリット壁の単位壁を梁配筋すると壁配筋に比して剛性が増すことが認めら

れる。

3.2.2. キージョイント壁の弾性剛性

キージョイント壁の内キージョイントが2個のものについて実験値と各種計算結果を表-5に示す。表中の計算値の内(Q/δ)<sub>E1</sub>はスリットのない一体壁と仮定して変断面単純梁として略算した結果で、(Q/δ)<sub>E2</sub>はFinite Element Methodによって精算した値である。また(Q/δ)<sub>E3</sub>はフレームをラーメンにまたキージョイント部分をピンに置換して、曲げ変形(学会規準の剛域考慮)、剪断変形および軸方向変形を含めて計算機によって解いた値である。AK-2-1の実験値はどの計算値よりも剛性が低く、一体壁と仮定して解いた略算値の0.75倍、Finiteで精算した値の0.81倍、また、キージョイントをピンと仮定して解いた値の0.82倍となっている。

| 供試体<br>記号 | コンクリート<br>強度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 実験値<br>(Q/δ) | 精算値 (Q/δ) |        | 略算値 (Q/δ) |        |
|-----------|------------------------------------|--------------|-----------|--------|-----------|--------|
|           |                                    |              | 剛域(学会規準)  | 剛域(梁面) | 剛域(学会規準)  | 剛域(梁面) |
| A-1-1     | 175                                | 1.52         | *1.98     | *3.02  | 2.23      | 3.91   |
| A-1-2     | 200                                | 2.08         | —         | —      | 2.29      | 4.03   |
| A-2-1     | 164                                | 2.47         | 2.09      | 3.36   | 2.14      | 3.76   |
| A-2-2     | 205                                | 2.90         | —         | —      | 2.50      | 4.38   |

(注) (1) 単位×10<sup>5</sup>kg/cm (2) \*印は壁の軸方向変形を考慮した計算結果

表-4 スリット壁の弾性剛性

| 供試体<br>記号 | コンクリート<br>強度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 実験値<br>(Q/δ) | 計算値 (Q/δ) <sub>E</sub> |                     |                     |
|-----------|------------------------------------|--------------|------------------------|---------------------|---------------------|
|           |                                    |              | (Q/δ) <sub>E1</sub>    | (Q/δ) <sub>E2</sub> | (Q/δ) <sub>E3</sub> |
| AK-1-1    | 190                                | 2.86         | 5.41                   | —                   | 2.70                |
| AK-2-1    | 186                                | 3.40         | 4.54                   | 4.22                | 4.16                |

(注) 単位×10<sup>5</sup>kg/cm

表-5 キージョイント壁の弾性剛性

| 壁の<br>分類                 | 供試体<br>の<br>記号 | 主筋比<br>P <sub>w1</sub><br>% | 弾性剛性 (Q/δ) |      |      | 部材角 (R)                                   |   |
|--------------------------|----------------|-----------------------------|------------|------|------|---|---|
|                          |                |                             | 実験値        | 理論値  | 実/理  | 剪断亀裂時<br>R <sub>c</sub> ×10 <sup>-3</sup> | 終局荷重時<br>R <sub>m</sub> ×10 <sup>-3</sup> |
| スリット<br>壁                | A-1-1          | 2.75                        | 1.52       | 5.63 | 0.27 | 1.40                                      | 5.7                                       |
|                          | A-1-2          | 2.80                        | 2.08       | 5.82 | 0.36 | 0.90                                      | 4.4                                       |
|                          | A-2-1          | 2.80                        | 2.47       | 4.61 | 0.54 | 1.20                                      | 5.6                                       |
|                          | A-2-2          | 2.60                        | 2.90       | 5.51 | 0.53 | 0.83                                      | 4.6                                       |
| キー<br>ジョ<br>イン<br>ト<br>壁 | AK-1-1         | 2.86                        | 2.86       | 5.41 | 0.53 | 0.76                                      | 3.8                                       |
|                          | AK-1-2         | 2.55                        | 3.33       | 6.23 | 0.53 | 0.54                                      | 4.2                                       |
|                          | AK-1-3         | 1.97                        | —          | —    | —    | 0.65                                      | 5.2                                       |
|                          | AK-2-1         | 2.93                        | 3.40       | 4.54 | 0.75 | 0.67                                      | 4.6                                       |
|                          | AK-2-2         | 2.75                        | 3.33       | 5.25 | 0.63 | 0.67                                      | 4.7                                       |
| 一<br>壁<br>体              | AK-2-3         | 1.94                        | 3.13       | 5.27 | 0.59 | 0.72                                      | 4.8                                       |
|                          | AW-1-1         | 2.85                        | 4.54       | 5.79 | 0.79 | 0.45                                      | —   |
|                          | AW-2-1         | 2.79                        | 5.00       | 4.60 | 1.09 | 0.45                                      | 2.4                                       |

(注) (1) (Q/δ) : Q=壁に作用する剪断力=P/2  
δ=壁の相対変位

(2) R : δ/a, a=ℓ/2=スパンで101cm又は89cm

表-6 弾性剛性と部材角

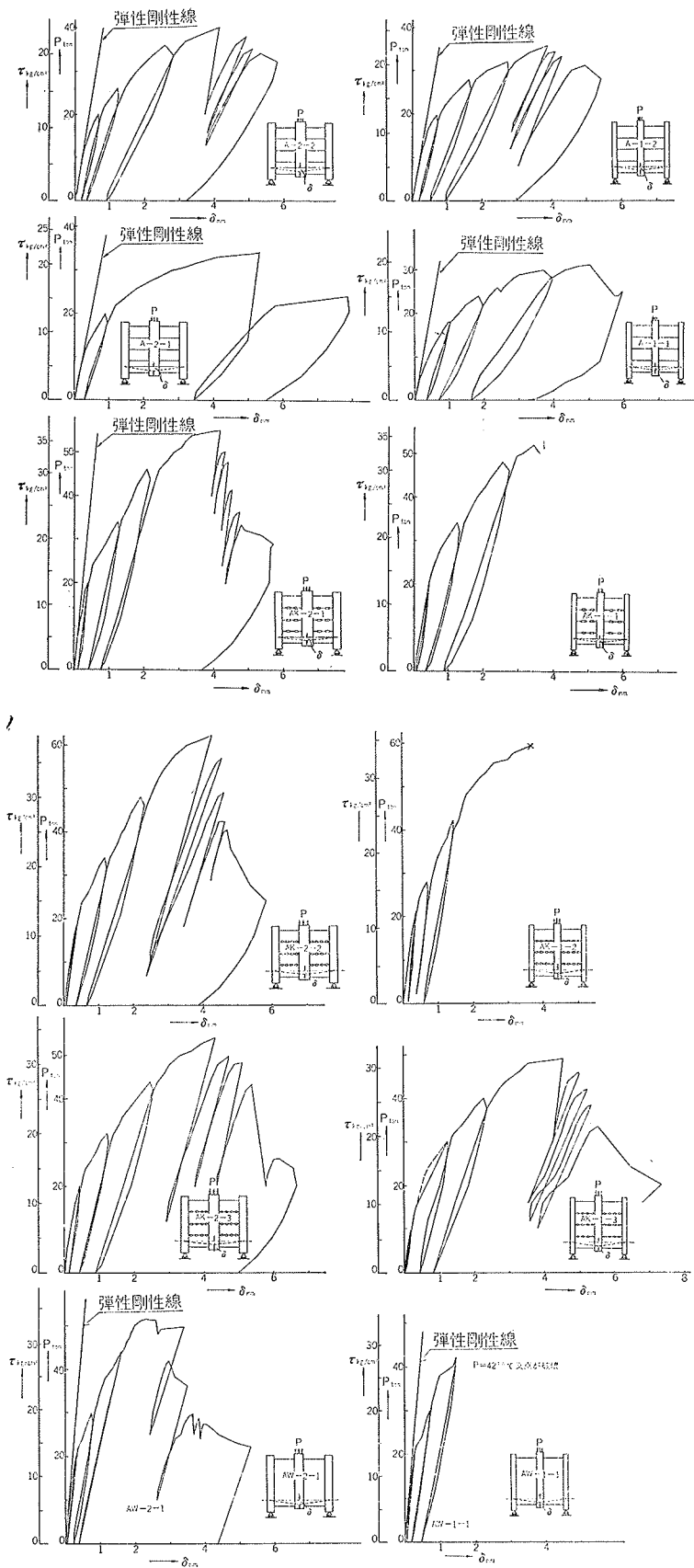


図-6 荷重～撓み曲線

一方AK-1-1の実験値は一体壁として解いた略算値の0.53倍、キージョイントをピンとして解いた値の1.06倍である。AK-2-1においてFiniteで精算した値が一体壁として解いた値とあまり差がなく(0.93倍)、実験値よりも剛性が高く(1.24倍)なった原因としては、Finiteはキージョイントとプレキャスト板とを一体と考えているためと思われる。一方実験結果より、キージョイント壁の弾性剛性は梁の拘束が大きい時、一体壁の約 $\frac{2}{3}$ に低下し、梁の拘束が小さくなるとさらに低下して一体壁の約 $\frac{1}{2}$ になる。また梁の拘束条件が大きい時、キージョイント2個のものは4個のものよりも約2割剛性が高い。これはキージョイントの施工の良否も多分に影響すると考えられるが注目すべき点である。次に中の2枚の壁の鉄筋を少くして架構全体として梁配筋したものは、キージョイントの数と同じで普通配筋のものと比較してやや剛性が低いのが認められる。

**3.2.3. 最大荷重時部材角 ( $R_m$ )** 一体壁の  $R_m$  は  $2.4 \times 10^{-3}$  で周囲に拘束のある今までに発表されているものよりもやや小さいがスリット壁では、 $4.4 \sim 5.7 \times 10^{-3}$  で一体壁の約2.5倍で、梁配筋の方が壁配筋よりも約20%小さい。キージョイント壁では  $3.8 \sim 5.2 \times 10^{-3}$  で平均して一体壁の約1.9倍程度である。キージョイント壁において、梁の拘束条件の大小および配筋形式による差異は明確ではないが、キージョイントの数が2個と4個とでは4個のものが約20%大きい。

### 3.3. 剪断初亀裂強度

剪断初亀裂としては単位壁の端部隅角部で局部応力によって生じたと考えられる亀裂は剪断亀裂としなくて単位壁の内部に約45°の角度で発生する斜め亀裂と定義し、その亀裂を発見した荷重を剪断初亀裂荷重とした。各供試体の剪断初亀裂荷重( $P_c$ )、その時の壁の平均剪断応力度( $\tau_c$ )および $\tau_c$ とコンクリート強度( $F_c$ )との比を表-7に示す。スリット壁とキージョイント壁の剪断初亀裂強度をまとめると次の様になる。

**3.3.1. スリット壁** ①剪断初亀裂時の壁の平均剪断応力度( $\tau_c$ )は12.1~13.4kg/cm<sup>2</sup>で0.06~0.08 $F_c$ である。梁配筋した供試体と壁配筋した供試体の相違はごく僅かであり、また梁断面の大小による拘束条件の相違による影響も認められない。②スリット壁の $\tau_c$ は一体壁の $\tau_c$ の約80%である。

**3.3.2. キージョイント壁** ①剪断初亀裂時の壁の平均剪断応力度( $\tau_c$ )は14.0~18.5kg/cm<sup>2</sup>で0.07~0.10 $F_c$ である。壁配筋であるAK-1-1と2, AK-2-1と2を見ると、まずキージョイント2個のものでは $\tau_c$ は18.5と17.7kg/cm<sup>2</sup>で $\tau_c/F_c$ は0.095と0.098であり、キージョイント4個のものでは $\tau_c$ は14.2と16.7kg/cm<sup>2</sup>で $\tau_c/F_c$ は0.072と0.078であった。 $\tau_c, \tau_c/F_c$ 共キージョイント2個のものが高い。一方梁の拘束条件の大きい場合 $\tau_c$ は17.7と16.7kg/cm<sup>2</sup>,  $\tau_c/F_c$ は0.095と0.078で小さい場合 $\tau_c$ は18.5と14.2kg/cm<sup>2</sup>,  $\tau_c/F_c$ は0.098と0.072であった。 $\tau_c$ で見ると梁の拘束の大きい方がやや高いことが認められるが、 $\tau_c/F_c$ ではほとんど差はない。②中の2枚の鉄筋を少なくして架構全体として梁配筋した壁AK-1-3とAK-2-3について見ると壁配筋のAK-1-2とAK-2-2と比較してもまた梁の拘束の大小の比較においても、 $\tau_c, \tau_c/F_c$ 共両者には差は認められない。③一体壁AW-1-1, AW-2-1とキージョイント壁AK-1-1, AK-2-1について配筋と梁の拘束が同じもので比較すると $\tau_c$ では梁の拘束が大きいものでは差はないが小さい場合、約1割キージョイント壁の $\tau_c$ が大きい。一方 $\tau_c/F_c$ で見ると、梁の拘束が小さいものでは差はないが、大きい場合、約1割一体壁の $\tau_c/F_c$ が大きい。このことから剪断初亀裂荷重については一体壁とキージョイント壁の間には差はないと考えられる。

### 3.4. 終局強度

終局強度としては加力試験機の最大の読みとしたが各供試体の終局強度( $P_m$ )その時の壁の平均剪断応力度( $\tau_m$ )および $\tau_m$ とコンクリート強度( $F_c$ )との比を表-7に示す。スリット壁とキージョイント壁の終局強度をまとめると次のようになる。

**3.4.1. スリット壁** ①最大荷重時の壁の平均剪断応力度 $\tau_m$ は20と24kg/cm<sup>2</sup>で0.12と0.13 $F_c$ である。 $\tau_m$ で見ると梁配筋の方が壁配筋よりやや大きい、 $F_c$ が異なるので、配筋による差は僅かである。また梁の断面の大きい方が $\tau_m, \tau_m/F_c$ 共やや大きい、この程度の梁の拘束では結果にあまり影響を及ぼさないとと思われる。②A-2-1の $\tau_m$ は一体壁のAW-2-1の約60%である。これは破壊のパターンが両者では異なり、スリット壁では各壁が端部の曲げにより剪断分離破壊的に、また一体壁ではやや剪断圧縮的に破壊したためと思われる。

**3.4.2. キージョイント壁** ①壁配筋をしたAK-1-1と2, AK-2-1と2を見ると、まずキージョイント2個のものでは $\tau_m$ は34.8と37.6kg/cm<sup>2</sup>,  $\tau_m/F_c$ は0.183と0.202であり、キージョイント4個のものについては、 $\tau_m$ は35と39.8kg/cm<sup>2</sup>,  $\tau_m/F_c$ は0.175と0.183であった。 $\tau_m$ と $\tau_m/F_c$ から見ると両者には明確なキージョイントの数による差は見られない。一方梁の拘束条件の大きい場合 $\tau_m$ は37.6と39.8kg/cm<sup>2</sup>,  $\tau_m/F_c$ は0.185と0.202で、小さい場合 $\tau_m$ は34.8と35kg/cm<sup>2</sup>,  $\tau_m/F_c$ は0.175と0.183で約1割程梁の拘束が大きい場合耐力が高い。②中の2枚の鉄筋を少なくした壁AK-1-3, AK-2-3についてみると、 $\tau_m, \tau_m/F_c$ 共梁の拘束効果の大きいAK-2-3の方がやや大きい。しかしながら壁配筋のAK-1-2, AK-2-2の場合よりも約10%耐力が低い。このことは終局強度が壁筋比の大小に影響されることを示していると考えられる。③配筋と梁の拘束条件が全く同じ一体壁よりも $\tau_m$ はやや大きい、 $\tau_m/F_c$ はほぼ同じである。しかしながら一体壁よりも大きな耐力を保ち得たことは注目に値する。

| 壁の分類     | 供試体の記号 | 壁筋比        |            | 剪断初亀裂荷重            |          |                    |       | 終局荷重            |                    |       |
|----------|--------|------------|------------|--------------------|----------|--------------------|-------|-----------------|--------------------|-------|
|          |        | 主筋         | 助筋         | $P_c$              | $\tau_c$ | $\tau_c/F_c$       | $P_m$ | $\tau_m$        | $\tau_m/F_c$       |       |
|          |        | $P_{s1}\%$ | $P_{s2}\%$ | kg/cm <sup>2</sup> | ton      | kg/cm <sup>2</sup> | —     | ton             | kg/cm <sup>2</sup> | —     |
| スリット壁    | A-1-1  | 2.75       | 0.32       | 175                | 20       | 13.1               | 0.075 | 31.3            | 20.1               | 0.115 |
|          | A-1-2  | 2.80       | 0.33       | 200                | 20       | 13.0               | 0.065 | 35.7            | 23.3               | 0.117 |
|          | A-2-1  | 2.80       | 0.33       | 164                | 20       | 13.4               | 0.082 | 33.8            | 22.0               | 0.134 |
|          | A-2-2  | 2.60       | 0.31       | 205                | 20       | 12.1               | 0.059 | 40.0            | 24.1               | 0.117 |
| キージョイント壁 | AK-1-1 | 2.86       | 0.33       | 190                | 20       | 18.5               | 0.098 | 52.0            | 34.8               | 0.183 |
|          | AK-1-2 | 2.55       | 0.30       | 200                | 24       | 14.2               | 0.072 | 59.0            | 35.0               | 0.175 |
|          | AK-1-3 | 1.97       | 0.33       | 205                | 22       | 14.0               | 0.069 | 49.0            | 31.9               | 0.156 |
|          | AK-2-1 | 2.93       | 0.34       | 186                | 26       | 17.7               | 0.095 | 55.0            | 37.6               | 0.202 |
|          | AK-2-2 | 2.75       | 0.32       | 220                | 26       | 16.7               | 0.078 | 62.0            | 39.8               | 0.185 |
|          | AK-2-3 | 1.94       | 0.32       | 210                | 26       | 16.2               | 0.077 | 54.0            | 34.6               | 0.165 |
| 一体壁      | AK-1-1 | 2.85       | 0.34       | 175                | 24       | 16.7               | 0.096 | (P=42tonで支点が破壊) | —                  | —     |
|          | AW-2-1 | 2.79       | 0.33       | 170                | 22       | 17.5               | 0.106 | 51.5            | 33.5               | 0.197 |

(注) (1)  $P_{s1}, P_{s2}$ : 壁筋比 =  $\frac{\text{壁筋全断面積}}{\text{コンクリートの断面積}}$   
 (2)  $P_c, P_m$ : 全荷重 =  $Q_{c(m)} (= \text{片側の連続壁に作用する剪断力}) \times 2$   
 (3)  $\tau_c, \tau_m$ : 平均剪断応力度 =  $\frac{Q_{c(m)}}{\text{壁の面積}}$

表-7 剪断初亀裂と終局強度

#### 4. まとめ

本実験の範囲では、スリット壁は耐力、初期剛性共低いが靱性の高い耐震壁に、またキージョイント壁はキージョイントの大きさや配置を適正なものにすれば、一体壁と比較して耐力、初期剛性共やや低いが靱性のある耐震壁になり得よう。本実験結果をスリット壁とキージョイント壁について要約すると次の様になる。

##### 4.1. スリット壁

イ) 単位壁はラーメン変形し、最大耐力は単位壁の剪断破壊によって決まった。

ロ) 弾性剛性はフレームをラーメン置換して、曲げ変形(学会規準の剛域考慮)、剪断変形および軸方向変形を含めて計算機で精算することも出来るが略算によっても十分な精度で求めることができる。

ハ) 剪断初亀裂時の壁の平均剪断応力度は  $12.1 \sim 13.4 \text{ kg/cm}^2$  で  $0.06 \sim 0.08 F_C$  である。また最大荷重時の壁の平均剪断応力度は  $20 \sim 24 \text{ kg/cm}^2$  で  $0.12 \sim 0.13 F_C$  である。

##### 4.2. キージョイント壁

イ) 低荷重においては単位壁はラーメン変形するが最大耐力はあたかも一体壁であるかの如き破壊のパターンで剪断破壊して決定した。

ロ) 弾性剛性は Finite Element Method によって精算することもできるが本実験で行なった供試体のプロポーションでは一体壁の  $2/3 \sim 1/2$  と考えればよい。

ハ) 剪断初亀裂時の壁の平均剪断応力度は  $14.0 \sim 18.5 \text{ kg/cm}^2$  で  $0.07 \sim 0.10 F_C$  である。また最大荷重時の壁の平均剪断応力度は  $32 \sim 40 \text{ kg/cm}^2$  で  $0.16 \sim 0.20 F_C$  である。