

## 論文 構造目地を設けた二次壁に関する研究

田中康公\*<sup>1</sup> 野村設郎\*<sup>2</sup> 衣笠秀行\*<sup>3</sup>

**要旨：**袖壁および無開口壁の付いたラーメンを対象に構造目地を設ける位置及び矩形目地と完全縁切り目地の違いをパラメータに比較、検討した。目地厚を壁厚の3/10にとり実験を行なった。その結果、1)袖壁と周辺部材の境界に設ける目地は、L形目地より上下部分に矩形目地を設ける方が梁部材に対して目地の効果がある。2)無開口壁に矩形目地を設けても目地の効果はみられた。

**キーワード：**鉄筋コンクリート造，二次壁，完全縁切り目地，矩形目地，梁

### 1. はじめに

二次壁は骨組の降伏メカニズムや剛性・保有水平耐力に大きな影響を及ぼし、その影響量の評価が困難である。この二次壁に対して構造目地を設けてその存在を無視することによって、設計上二次壁の扱いは非常に簡単になる。また、二次壁に構造目地を設けた場合、構造部材の破壊モードを変えない、骨組の靱性を損なわない、二次壁自身の破壊を調節しドアの開閉の防止、破片落下の回避、補修費の軽減を計ることを要求するには、適切で有効な構造目地を設けなければならない。本研究は、袖壁または無開口壁付きラーメンにおいて、目地形状の違いによる影響及び効果を比較し、評価することを目的として実験を行ない検討した。

### 2. 実験概要

#### 2. 1 試験体及び材料

試験体は、共同住宅構造物の約1/3モデルとして1スパンラーメンを取り出した。袖壁試験体の詳細について、試験体形状を図-1に示し、ここで目地詳細図は柱または梁と壁の接合部分を断面から見た図であり、壁厚5cm、目地厚1.5cm、目地幅を1.0cm（梁スパンの1/95）とした。ここで、矩形目地の目地部分には鉄筋を通さず、完全縁切り目地にはシーリング材等の弾性材を充填していない。パラメーターは、袖壁に関しては、1)構造目地の配置位置（袖壁の上下とL形）、2)構造目地の種類（矩形目地と完全縁切り目地）の2つとし、無開口壁に関しては、構造目地の種類（矩形目地と完全縁切り目地）である。試験体はフレームの標準試験体をFとし、これに袖壁を付けた試験体で上下部分に矩形目地を設けたものをS-P、L形に柱と袖壁の境界を完全縁切り目地に下の梁と袖壁の境界を矩形目地に設けたものをS-L-1、L形に矩形目地を設けたものをS-L-2とした。また、Fに無開口壁を付けた試験体は三辺に完全縁切り目地を設けたものをW-1、矩形目地にしたものをW-2として、計6体を作製した。代表的な試験体の寸法および配筋図を図-2に示す。使用材料の力学的特性を表-1、2に示す。配筋は、袖壁張出長さ40cmにして、構造目地を設けない袖壁が梁を完全に拘束しても梁の曲げ降伏が先行するように設計した。

\*1 東京理科大学大学院 理工学研究科建築学専攻 （正会員）

\*2 東京理科大学教授 理工学部建築学科 工博 （正会員）

\*3 東京理科大学講師 理工学部建築学科 工博 （正会員）

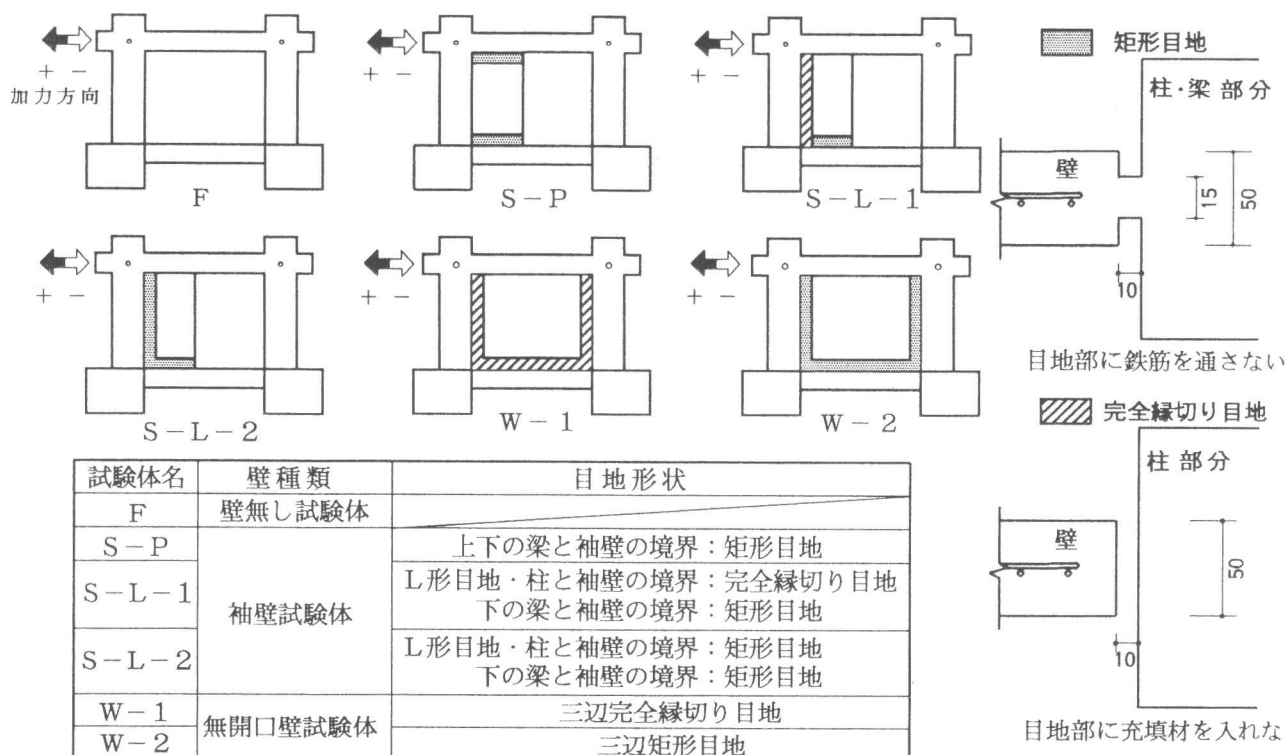


図-1 試験体形状

表-1 コンクリートの力学的特性

| 試験体   | 圧縮強度<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | ヤング係数<br>$E_s$ ( $\text{N/mm}^2$ ) |
|-------|-----------------------------|------------------------------------|
| F     | 27.5                        | $2.48 \times 10^4$                 |
| S-P   | 27.9                        | $2.48 \times 10^4$                 |
| S-L-1 | 28.4                        | $2.48 \times 10^4$                 |
| S-L-2 | 27.4                        | $2.19 \times 10^4$                 |
| W-1   | 27.4                        | $2.19 \times 10^4$                 |
| W-2   | 26.8                        | $2.18 \times 10^4$                 |

表-2 鉄筋の力学的特性

| 呼称       | 降伏強度<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | ヤング係数<br>$E_s$ ( $\text{N/mm}^2$ ) |
|----------|-----------------------------|------------------------------------|
| D10      | 354.3                       | $1.80 \times 10^5$                 |
| $\phi 6$ | 357.0                       | $1.85 \times 10^5$                 |
| $\phi 4$ | 557.9                       | $1.98 \times 10^5$                 |

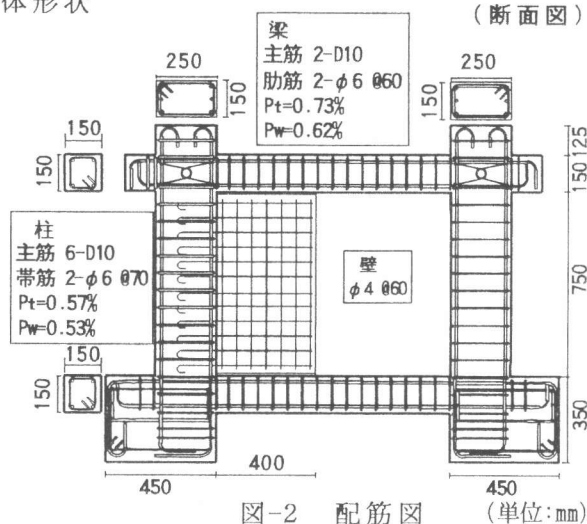


図-2 配筋図 (単位:mm)

## 2. 2 載荷方法

載荷方法は、梁柱接合部の直下をピン支持にし、図-3に示す載荷装置により上部から軸力比  $\eta$  ( $=N/bD\sigma_B$ )  $=0.2$  の定軸方向力に加え、変位制御による正負交番繰り返し載荷とした。

載荷履歴は、試験体F, S-P, S-L-1, S-L-2, W-1については、部材変形角  $R$  で  $\pm 5/1000\text{rad.}$ 、 $\pm 10/1000\text{rad.}$ 、 $\pm 20/1000\text{rad.}$ 、 $\pm 30/1000\text{rad.}$ 、 $\pm 40/1000\text{rad.}$  を2回ずつ行い、試験体W-1は無開口壁が周辺架構に接触した時点で終了とした。試験体W-2は、1サイクルは正負とも壁にせん断ひび割れが生じた時点で加力方向を転換し、サイクル2からは  $\pm 1/1000\text{rad.}$ 、 $\pm 2/1000\text{rad.}$ 、 $\pm 3/1000\text{rad.}$ 、 $\pm 4/1000\text{rad.}$ 、 $\pm 6/1000\text{rad.}$  を2回ずつ載荷した。さらに、サイクル12で  $\pm 10/1000\text{rad.}$  の正負1回の繰り返し載荷した。アクチュエーター側に引いて加力する方向（梁部材の上側が引張側になる方向）を正方向とし、逆を負方向とする。

## 2. 3 測定方法

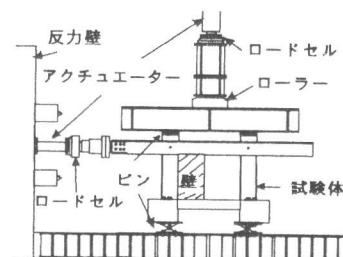


図-3 載荷装置

ロードセルにより試験体に作用する荷重を測定し、電気式変位計より上の梁に対する垂直変位と水平変位を測定した。鉄筋の歪みを箔歪みゲージにより測定した。鉄筋歪みの測定位置は、上の梁と下の梁の上端主筋と下端主筋の片側で図-4に示すように袖壁の付いた柱側の梁端から5cm間隔に50cmまでとした。

梁ゲージ部分図(下側梁も同じ位置)

■ : ゲージ貼付部分  $\phi 50$  (主筋 ● 側のみ)

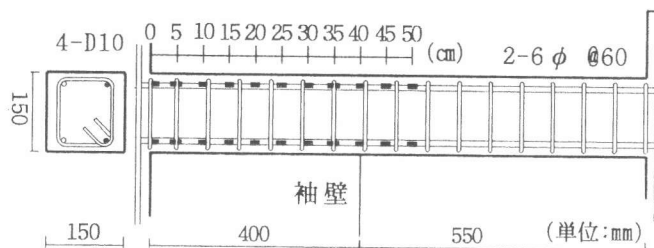


図-4 鉄筋歪みゲージ位置

### 3. 実験結果

#### 3. 1 耐力及び包絡線

実験結果を表-3に示す。包絡線を図-5,6に示す。袖壁付き試験体(S-P, S-L-1, S-L-2)は挙動に差はなく、最大耐力はFに対して正側で1.67~1.80倍、負側で1.86~1.91倍となった。

表-3 初ひび割れと耐力の実験結果

| 試験体   | 初ひび割れ   |                                 |         |                                 | 最大耐力    |                                 |         |                                 | 実験終了時   |                                 |
|-------|---------|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|---------------------------------|---------|---------------------------------|
|       | 梁       |                                 | 目地部     |                                 | 正       |                                 | 負       |                                 | 耐力 (kN) | 変形角 $\times 10^{-3} \text{rad}$ |
|       | 荷重 (kN) | 変形角 $\times 10^{-3} \text{rad}$ | 荷重 (kN) | 変形角 $\times 10^{-3} \text{rad}$ | 耐力 (kN) | 変形角 $\times 10^{-3} \text{rad}$ | 耐力 (kN) | 変形角 $\times 10^{-3} \text{rad}$ |         |                                 |
| F     | 8.8     | 0.5                             | —       | —                               | 31.4    | 7.0                             | 36.3    | 20.9                            | 22.3    | 40.0                            |
| S-P   | 18.6    | 1.0                             | 26.5    | 1.0                             | 52.4    | 7.1                             | 67.4    | 9.0                             | 32.9    | 40.0                            |
| S-L-1 | 23.5    | 1.0                             | 17.6    | 0.5                             | 55.9    | 18.1                            | 67.4    | 18.0                            | 32.6    | 40.0                            |
| S-L-2 | 20.6    | 0.5                             | 39.2    | 3.0                             | 56.6    | 14.0                            | 69.2    | 7.0                             | 22.0    | 40.0                            |
| W-1   | 7.8     | 0.5                             | —       | —                               | 97.2    | 13.5                            | 72.2    | 10.2                            | 57.7    | 10.0                            |
| W-2   | 39.2    | 0.1                             | 117.6   | 0.05                            | 132.9   | 2.1                             | 156.7   | 0.8                             | 76.5    | 7.1                             |

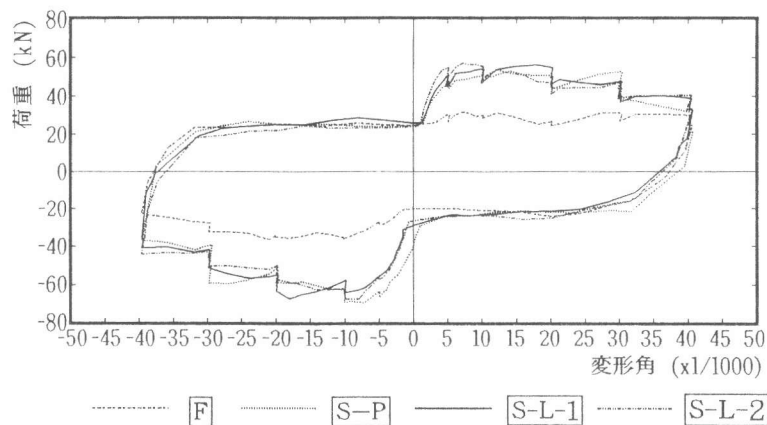


図-5 包絡線(袖壁試験体)

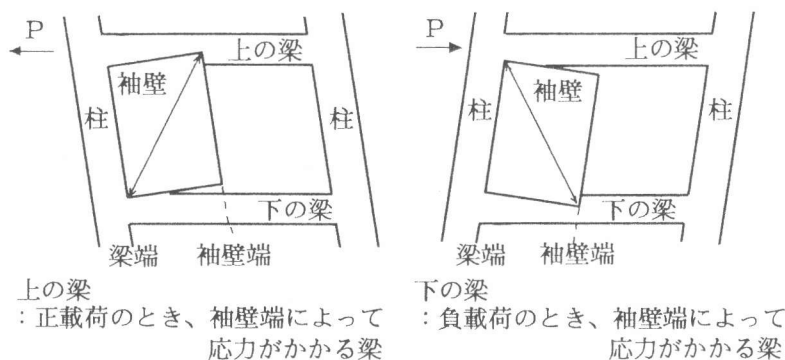


図-7 上の梁・下の梁と袖壁の状況

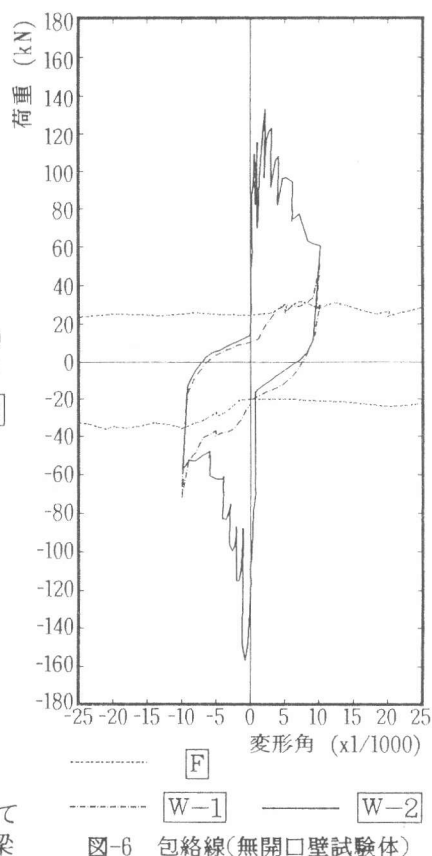


図-6 包絡線(無開口壁試験体)

正載荷時と負載荷時の袖壁と周辺部材の状況を図-7に示す。正載荷時には図-7の左に示すように袖壁が上の梁に当たる。ここで、S-Pは袖壁と上の梁の境界に目地を設けていたため、正側の最大耐力でし形に目地を設けるより最大耐力が小さくなったと考えられる。このことから、目地の効果があったと考えられる。これに対して、負載荷時には図-7の右に示すように袖壁が下の梁に当たる。ここでは、S-P、S-L-1、S-L-2 3体とも袖壁と下の梁の境界に目地を設けていることから負側の最大耐力はほとんど変わらなかった。実験終了時の変形角 $40/1000\text{rad}$ の耐力をみると、最大耐力に対してFは0.61倍に低下しているのに対してS-P、S-L-1は0.49, 0.48倍であるが、S-L-2は0.32倍となり荷重が大きく低下している。一方、無開口壁試験体(W-1, W-2)には、大きな差が見られた。W-1は、包絡線から $10/1000$ で荷重が上昇するのが見られ、完全縁切り目地にすれば壁が梁に接触するまではフレームに近い挙動をすると考えられる。W-2は、フレームの挙動と違うが、目地を設けない無開口壁の計算による最大耐力は $431.2\text{kN}$ になるのに対し、実験値は $156.6\text{kN}$ と $1/3$ 程度に軽減されており目地による効果はあったと考えられる。これは、履歴の仕方により目地の圧壊状況が左右されるので、一概に最大耐力については評価できないと思われる。

### 3. 2 破壊性状

最終破壊性状図を図-8に示す。梁・目地部の初ひび割れの荷重と変形角は表-3に示した。F:梁端にひび割れが集中して生じた。

S-P:上の梁にはひび割れは少なく、コンクリートが剥落するようなことはなかった。下の梁は梁端から $17\text{cm}$ ,  $30\text{cm}$ ,  $35\text{cm}$ を中心にひび割れが進展した。目地部は最終的に梁端まで完全に圧壊せず、袖壁端から $29.0\text{cm}$ までにとどまった。袖壁にひび割れが生じ、上下目地部分の側面は、支圧によるような三角錐のひび割れが生じたが、壁の剥落には至らなかった。

S-L-1:上の梁は袖壁端付近に集中し、下の梁は梁端から $10\text{cm}$ ,  $25\text{cm}$ ,  $35\text{cm}$ に入ったひび割れを中心に進展した。最終的に袖壁下部の矩形目地は袖壁端から $34\text{cm}$ まで圧壊し、袖壁上部と上の梁の境界は袖壁端から $28\text{cm}$ のところまでコンクリートが壊れた。壁には全くひび割れが

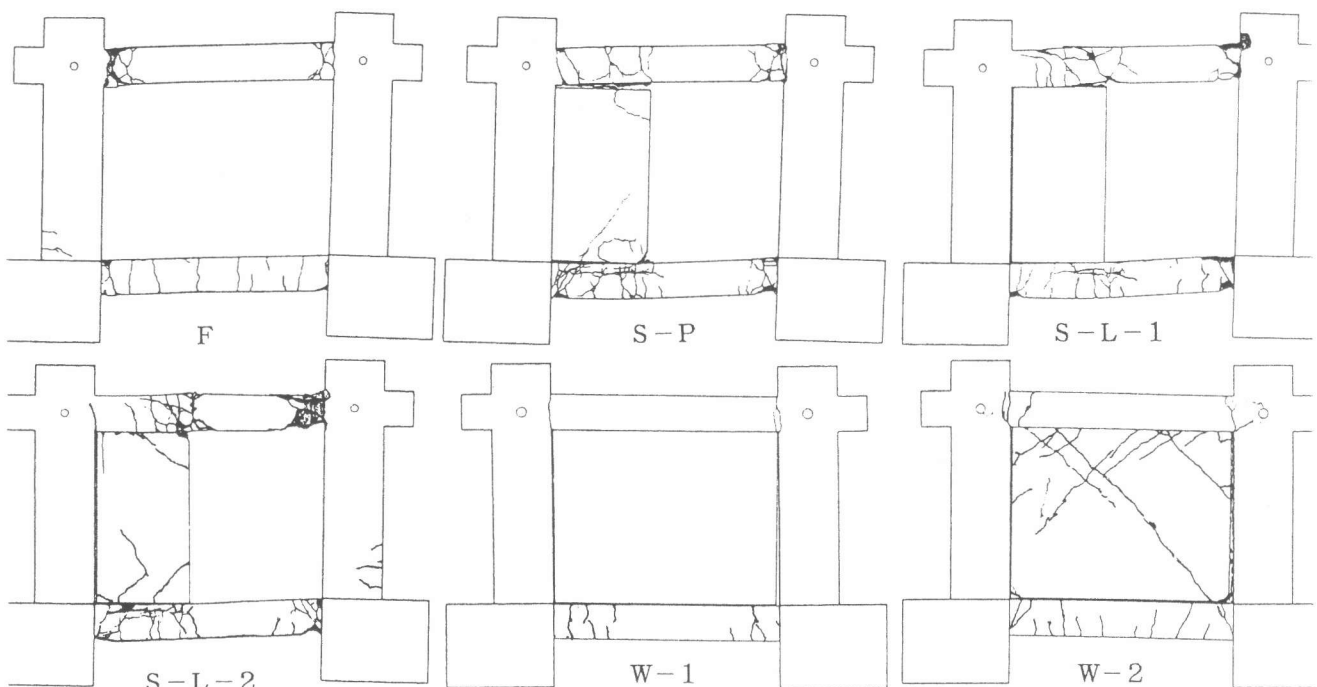


図-8 最終破壊性状図

生じなかった。

S-L-2: 上の梁には袖壁端のところにひび割れが集中して大きくコンクリートが剥落し、下の梁は27cm, 37cm, 43cmに入ったひび割れを中心に進展した。最終的に水平目地は袖壁端から19cmまで圧壊し、袖壁上部と上の梁の境界は袖壁端から12.5cmのところまでコンクリートが壊れた。柱と袖壁の境界に設けた目地のひび割れは上部にまで達した。袖壁にひび割れが生じ水平下部の目地の側面は、支圧によるような三角錐のひび割れが大きく生じ、最終的に割裂し袖壁が剥落した。

上部の梁・壁境界は袖壁の隅が剥落した。

W-1: 梁に曲げひび割れが発生し、壁は全くひび割れが生じなかった。

W-2: 上の梁の端部に最終的なひび割れが生じていた。水平目地は圧壊した部分が多く、縦目地のひび割れは上部に達した。壁のせん断ひび割れは大きく入り、壁が裂けた。

S-P, S-L-1, S-L-2については、袖壁の付いていない梁端にひび割れが集中しているのは上の梁も下の梁も同様であるが、梁の袖壁の付いている部分では上の梁でS-Pは大きなひび割れが生じたのに対して、S-L-1, S-L-2では剥落するような大きく複雑なひび割れが袖壁端付近で生じた。下の梁は若干のひび割れの集中した位置に違いがあったが、大きな違いはみられなかった。また、下の梁の上端筋側に水平にひび割れが見られた。

### 3. 3 梁の降伏位置

正側・負側に载荷したときの袖壁によって、応力を受ける梁の引張側で降伏する。このことから図-7にも示したように、正载荷したとき袖壁が上の梁に当たり上端主筋が引張側に、また負载荷したとき下の梁に当たり下端主筋が引張側になる。したがって、正载荷したときの上の梁の上端主筋と負载荷したときの下梁の下端主筋に着眼した。鉄筋降伏については、測定した鉄筋ゲージから荷重-

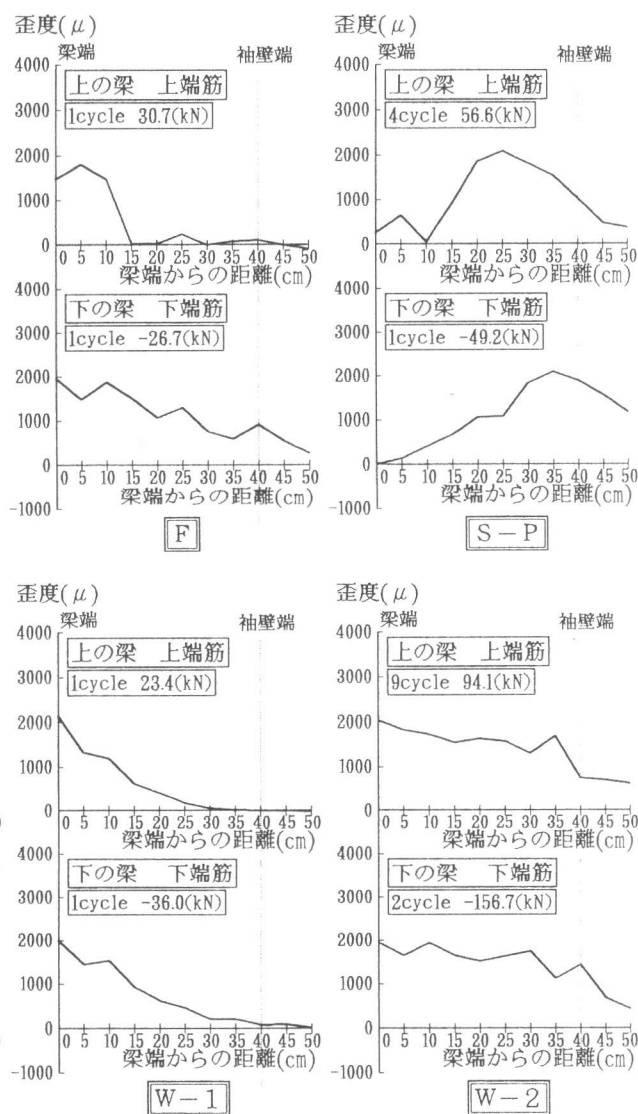


図-9 歪み分布

歪み曲線を描き、1)歪みが降伏歪みに達する、2)荷重一定のままで歪みが増す、3)荷重を0kNに戻しても残留歪み(700 $\mu$ 以上)が残る等の条件から判断した。その降伏した時の前後で鉄筋降伏位置が顕著に見られる歪み分布を図-9に示す。歪み分布により応力の分布としてみる事ができ、モーメントの分布が類推できる。S-P, S-L-1, S-L-2について、上の梁は鉄筋降伏位置付近に応力が集中していく傾向にあるが、Fほど偏ってはいなかった。下の梁は測定した梁端から0~50cmの範囲では全体に広がっていることがわかる。したがって、S-P, S-L-1, S-L-2はどれもFと同様な応力分布がされてはいないと考えられる。W-1, W-2について、図-9から上の梁の上端主筋を見ると、Fは梁端部に応力が集中するのに対して、W-1は梁端に向かって徐々に応力が大きくなる事がわかる。W-2は、応力が全体に大きく広がりF、W-1とも違う傾向がみられた。

鉄筋の降伏位置と破壊性状でひび割れが大きくなり集中した位置で総合的に判断して、梁の降伏ヒンジ位置を決めて表-4に示す。上の梁と下の梁で、S-Pは大きな差が出ているが、S-L-1, S-L-2では差はなかった。S-P, S-L-1, S-L-2を比較すると、上の梁・下の梁両方ともS-P, S-L-1, S-L-2の順で梁端に近くなった。また、上の梁については、S-PとS-L-1を比較すると大きな差があり、S-L-1とS-L-2を比較すると若干の差がある。下の梁については、S-PとS-L-1に大きな差はないが、S-PとS-L-2を比べると差があった。W-1, W-2は、ともに降伏ヒンジ位置は梁端から0cmとなった。

表-4 曲げ降伏位置結果

| 試験体   |     | 梁端から曲げ降伏位置結果 |
|-------|-----|--------------|
| F     | 上の梁 | 0~5cm        |
|       | 下の梁 | 0~5cm        |
| S-P   | 上の梁 | 20~21cm      |
|       | 下の梁 | 30~35cm      |
| S-L-1 | 上の梁 | 34~35cm      |
|       | 下の梁 | 35cm         |
| S-L-2 | 上の梁 | 38~40cm      |
|       | 下の梁 | 35~40cm      |

#### 4. まとめ

目地厚を壁厚に対して3/10程度にとった場合、目地形状の違いによる梁の影響を比較した実験の結果により考えられることを以下にまとめる。

(1) フレームと比較して、袖壁にL形の矩形目地を設けても梁降伏型である限り、縦目地部の効果はあまりないと考えられる。梁降伏型である場合、柱と袖壁の間の目地は、それが完全縁切り目地または矩形目地であっても梁降伏位置に与える影響は少なく、L形目地では袖壁と下の梁に設けた目地のみが有効となる。これに比べ袖壁の上下に目地を設けたものは上・下両方の梁に有効であると考えられる。

(2) この程度の壁厚に対する目地厚では、無開口壁で三辺に矩形目地を設けたものをフレームと同一の復元力特性を有するとは言えないが、目地を設けない場合に比べれば、目地による効果はある。

(3) 無開口壁で三辺に完全縁切り目地を設ければ、フレームと同様な挙動を示す。ただし、目地幅を十分に設定しないと、壁が梁に接触し耐力は上昇し、壁としての復元力特性となるので注意する必要があると考えられる。

(4) 結論として、袖壁と周辺部材の境界に設ける目地は、L形目地より上下部分に矩形目地を設ける方が梁部材に対して目地の効果がある。梁降伏形の場合は袖壁と柱の境界に目地を設けても効果は見られないと考えられる。無開口壁と周辺部材の境界に設ける目地は、三辺に完全縁切り目地の場合目地幅を十分に設定すれば目地の効果は大きく、矩形目地の場合目地による効果は若干あると考えられる。