

# 『鉄筋コンクリート造垂壁・腰壁付柱の変形性状および耐力に影響を及ぼす構造因子に関する実験的研究』

徳広 育夫・久徳 琢磨  
(受理 昭和60年5月31日)

## EXPERIMENTAL STUDIES ON DEFLECTION AND ULTIMATE STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS WITH SPANDREL WALLS CAST SIMULTANEOUSLY

Ikuo TOKUHIRO and Takuma KYUTOKU

It has been thought that the strength of columns with spandrel walls can be calculated by neglecting the effects of the walls where the thickness is less than 10 cm and the thickness ratio is less than 1/6.

But it has been reported in some recent papers that the strength with spandrel walls is affected by the ratio of wall height to column height and the ratio of thickness of wall to that of column.

The shear force, required to fracture framed walls may differ due to concrete compressive strength and due to reinforcing volume in the wall.

As a column with spandrel walls is a kind of framed wall, structural elements of concrete compressive strength and reinforcing bar-volume have to be considered.

Accordingly, the authors performed the experimental studies on the effect of above-mentioned structural elements on the strength of columns with spandrel walls.

The results were as follows.

1. The strength of columns with spandrel walls must not be calculated by neglecting the effects of the walls where the thickness ratio is less than 1/6.
2. The reinforcing bar-volume in the wall and the transverse reinforcing bar-volume in the column have effects on the strength of column with spandrel walls.

### 1. 序

鉄筋コンクリート造垂壁・腰壁付柱の耐力は、壁厚  $t$  と柱幅  $b$  との比  $t/b$  が  $1/6$  以下、かつ  $t \leq 10$  cm の場合壁の影響を無視して求めてよいことが文献<sup>1)</sup>に示されている。また、武田の研究<sup>2), 3)</sup>によれば(大部分の試験体が  $t/b \geq 1/6$  である)垂壁・腰壁付柱の耐力に壁の高さ  $hw$  と柱全長  $h$  との比  $hw/h$  が関係することを、荒川らの研究<sup>4)</sup>によればさらに  $t/b$  も関係することが述べられている。

一方、耐震壁の壁板がスリップ破壊する場合、その耐力はコンクリート強度  $F_c$  と壁筋比  $P_s$  との関数で表されることが富井ら<sup>5)</sup>により示されている。

垂壁・腰壁付柱は有開口耐震壁の特殊な場合と考えられるので、垂壁・腰壁が柱を拘束する構造因子として  $F_c$ ,  $P_s$  も考慮する必要がある。

また、垂壁・腰壁付柱の耐力は壁板の耐力と柱部分の耐力との相対的大小関係により変化するものと考えられる。

したがって、本報では垂壁・腰壁付柱の耐力に影響を及ぼす因子として、壁板部では壁厚  $t$  と壁筋比  $P_s$  を、柱部分では帯筋比  $P_w$  を用い、他の因子は一定状態で実験を行い  $t/b$ ,  $P_s$ ,  $P_w$  が柱の耐力に及ぼす影響を検討した。

## 2. 実験概要

### 2-1 試験体

試験体形状は、実際の建物の外側構面中柱を想定したものであり、そのスケールは約 1/3 である。

試験体の種類を表-1 に示す。また、試験体の形状、寸法および配筋を図-1(a)~(e)に示す。同表および同図から分かるように、各試験体は壁厚比  $t/b$ 、壁筋比  $P_s$ 、および帯筋比  $P_w$  の組合せが異なる。これは序で述べたように、柱の強度に及ぼす  $t/b$ 、 $P_s$ 、および  $P_w$  の影響を検討するためである。

表-1 試験体種類

試験体名	CSS01	CSS02	CSS03	CSS04	CSS05	
柱せい D (cm)	20	20	20	20	20	
柱幅 b (cm)	20	20	20	20	21	
壁厚 t (cm)	3	3	3	4	4	
開口高 $h_o$ (cm)	30	30	30	30	30	
$t/b$	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	
柱	主筋 2-D13 引張鉄筋比 $P_t=0.635(\%)$					
	帯筋 6 $\phi$					
	間隔 (cm)	5.0	2.5	2.5	7.5	5.0
	帯筋比 (%)	0.56	1.12	1.12	0.375	0.56
壁	壁筋 6 $\phi$					
	間隔 (cm)	6	6	12	6	12
	壁筋比 (%)	1.56	1.56	0.78	0.78	0.58

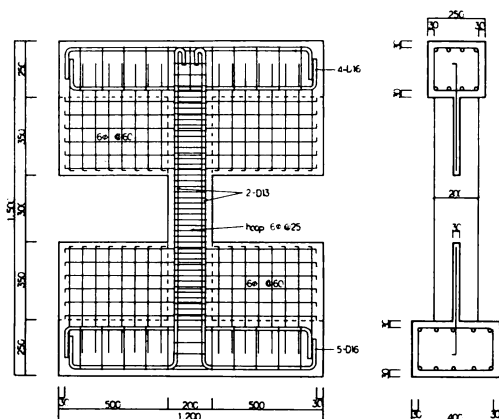


図-1(b) 試験体 CSS02 の配筋図 (寸法単位mm)

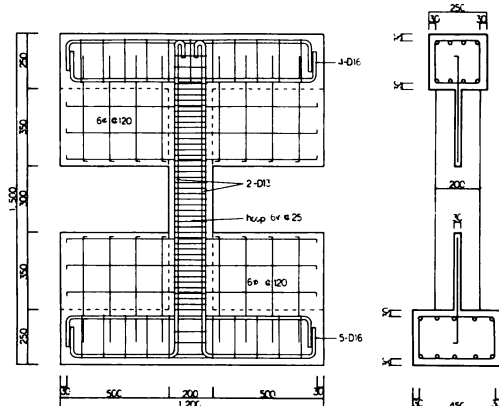


図-1(c) 試験体 CSS03 の配筋図 (寸法単位mm)

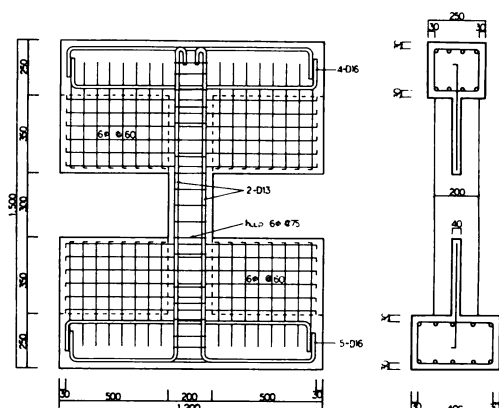


図-1(d) 試験体 CSS04 の配筋図 (寸法単位mm)

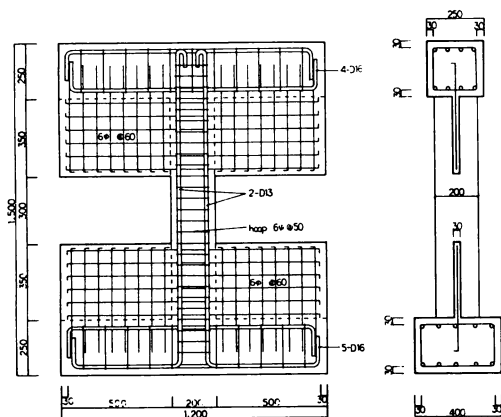


図-1(a) 試験体 CSS01 の配筋図 (寸法単位mm)

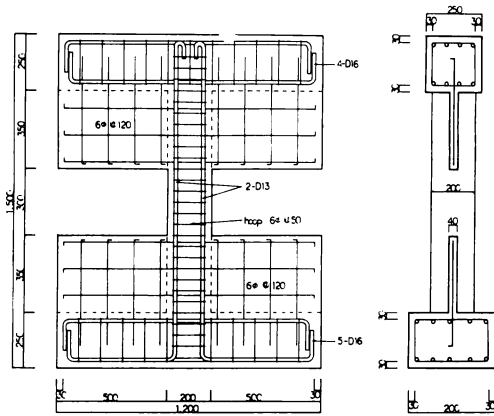


図-1(e) 試験体 CSS05 の配筋図 (寸法単位mm)

### 2-2 材料の性質

コンクリートは、砂、碎石を用いた普通コンクリートである。圧縮試験用のシリンダーテストピースは試験体と同一条件で養生した。

柱および壁板部に使用した鉄筋は、SR24 相当の 6φ (帯筋および壁筋に使用) と SD30 相当の D13 (柱主筋に使用) の 2 種類である。また、基礎ばりおよび頂部はりには、SD30 相当の D16 を主筋として、SR24 相当の 9φ を帯筋として用いた。

コンクリートの圧縮試験結果と鉄筋の引張試験結果とを図-2、図-3(a)、(b)および表-2 に示す。

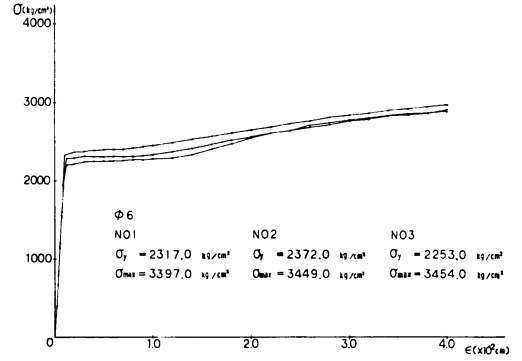


図-3(a) 鉄筋の引張試験結果

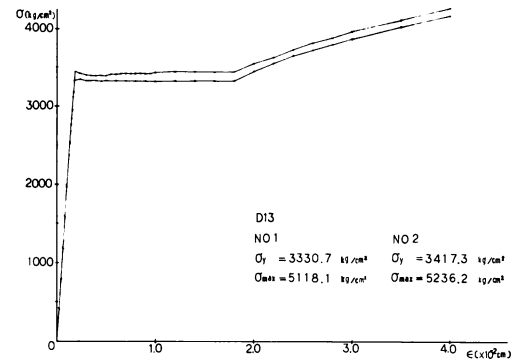


図-3(b) 鉄筋の引張試験結果

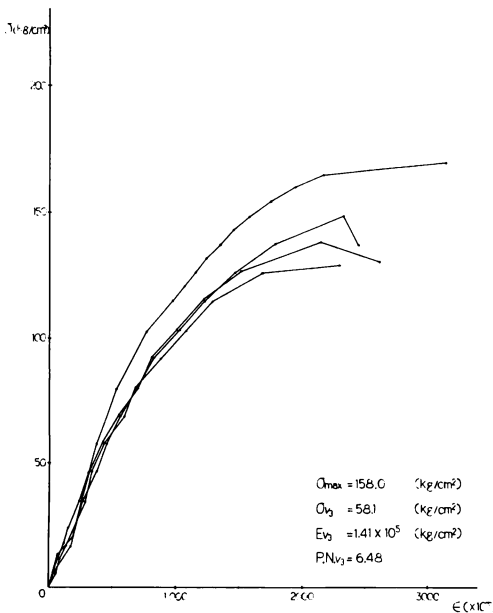


図-2 コンクリートの圧縮試験結果

表-2 材料の性質

コンクリート		
圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	158	
引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	19.7	
ヤング係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	$1.41 \times 10^5$	
ポアソン比	0.154	
鉄筋		
	$\sigma_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{max}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
6φ	2314	3433
D13	3374	5177

### 2-3 加力方法

加力装置の概要を図-4 に示す。水平加力は、柱の層間変位を柱の全長で割った部材角 R で制御する正負交番繰返し加力である。柱軸力は 21ton ( $N/bD=52.5$  kg/cm<sup>2</sup>) であり、実験中一定値を保つよう制御を行った。

加力サイクルは、 $R=\pm 1/1000$ ,  $R=\pm 1/500$ ,  $R=\pm 1/200$ ,  $R=\pm 1/100$ ,  $R=\pm 1/50$  を基本バタ-

ンとし、 $R = \pm 1/500$  で 5 回、 $R = \pm 1/200$  以降では 4 回の繰返し加力を行った。

加力プログラムを図-5(a), (b)に示す。

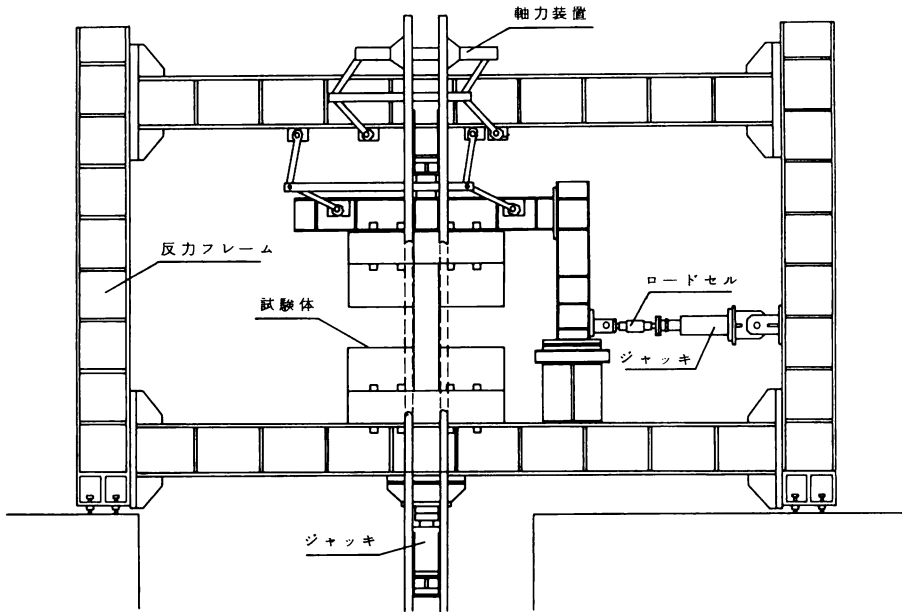


図-4 加力装置

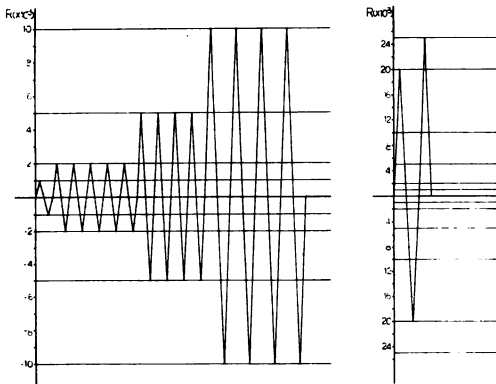


図-5(a) 加力プログラム (試験体 CSS01, 2, 3, 5)

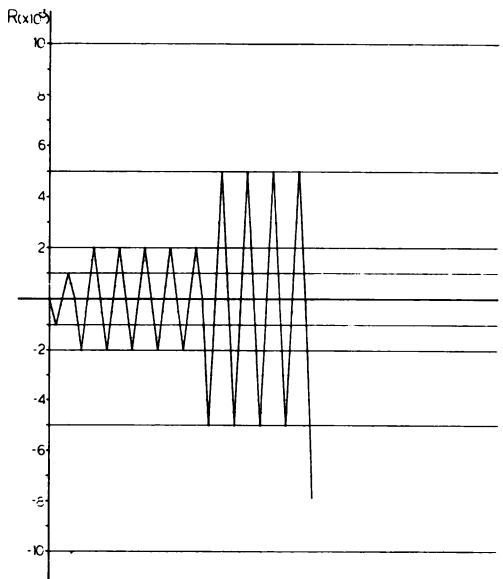


図-5(b) 加力プログラム (試験体 CSS04)

2-4 測定方法

実験中、水平荷重、鉛直荷重をロードセルにより検出し、柱各部の水平変位を変位計（感度  $200\mu\text{/mm}$ ）により図-6に示す測定位置で、柱主筋ひずみ・帯筋ひずみ測定を W.S.G. を用い図-7(a)~(c)に示す位置で、壁筋ひずみを図-8(a), (b)に示す位置で測定した。

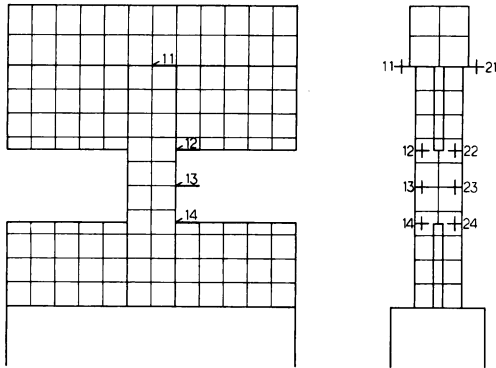


図-6 変位計による水平変位測定位置

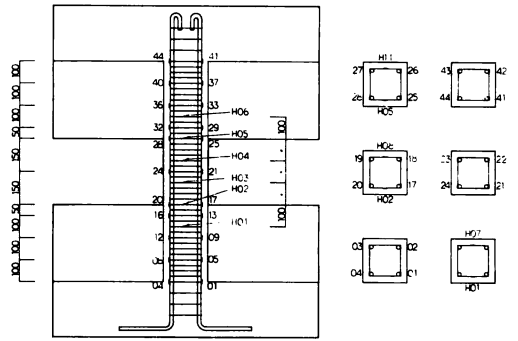


図-7(b) 試験体 CSS02,3の主筋ひずみおよび帯筋ひずみ測定位置

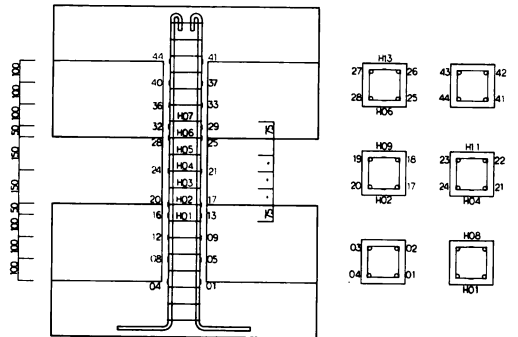


図-7(c) 試験体 CSS04の主筋ひずみおよび帯筋ひずみ測定位置

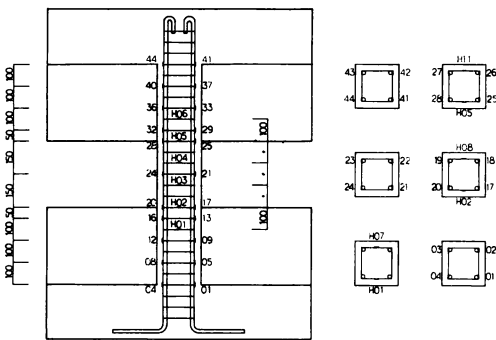


図-7(a) 試験体 CSS01,5の主筋ひずみおよび帯筋ひずみ測定位置

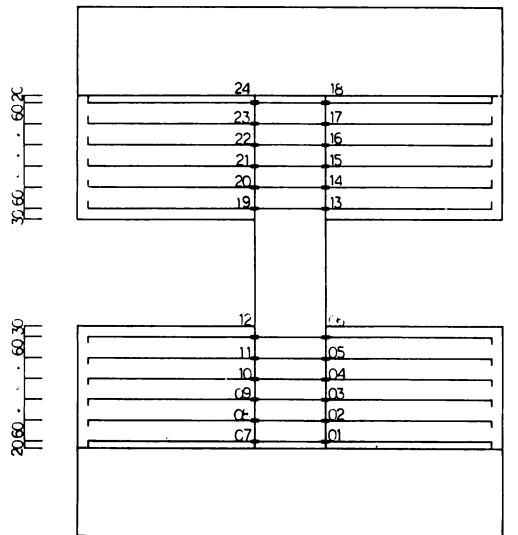


図-8(a) 試験体 CSS01,2,4の壁筋ひずみ測定位置

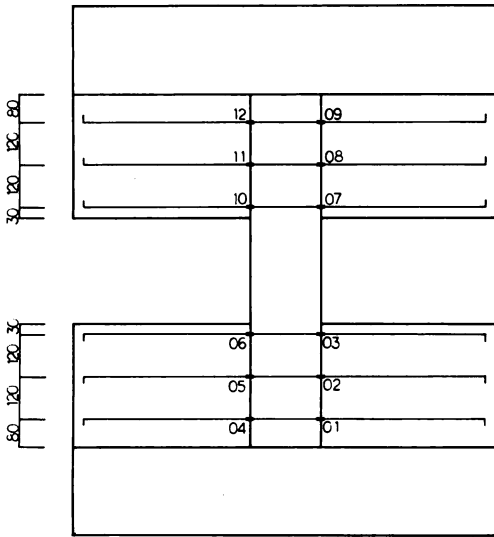


図-8(b) 試験体 CSS03,5 の壁筋ひずみ測定位置

### 3. 実験結果

#### 3-1 荷重-変形曲線

実験より得られた荷重-変形曲線を図-9(a)~(e)に示す。せん断破壊した試験体 CSS04 を除き、全ての試験体は最大耐力後の負勾配が緩慢であり比較的安定した挙動を示した。

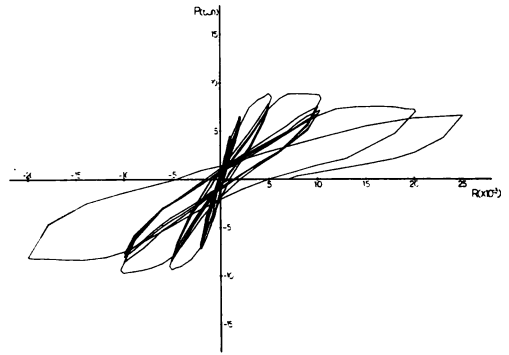


図-9(b) 試験体 CSS02 の荷重-一部材角関係

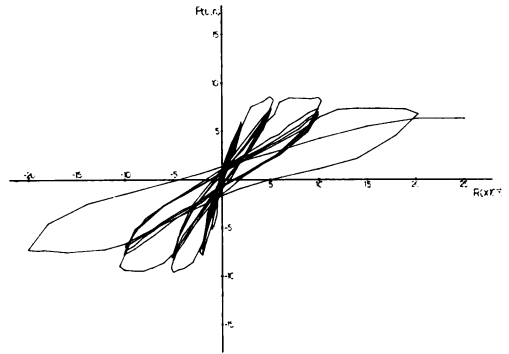


図-9(c) 試験体 CSS03 の荷重-一部材角関係

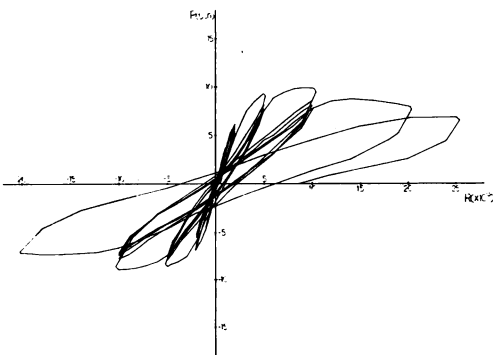


図-9(a) 試験体 CSS01 の荷重-一部材角関係

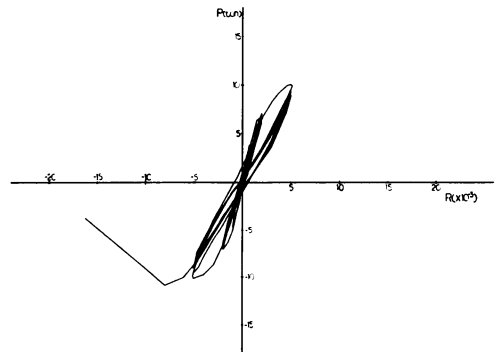


図-9(d) 試験体 CSS04 の荷重-一部材角関係

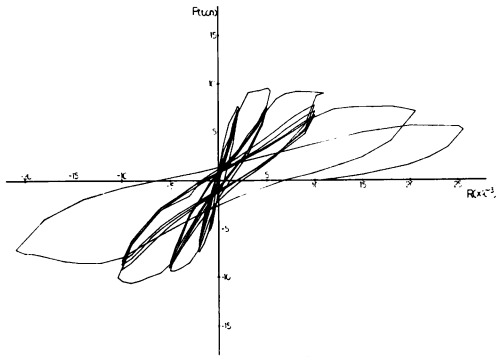


図-9(e) 試験体 CSS05 の荷重-部材角関係

### 3-2 ひび割れ性状

各試験体について、初期ひび割れ発生時から崩壊に至るまでの部材の状態を示す。また、初期ひび割れ時、最大耐力時および実験終了時のひび割れ図を図-10(a)~(e)に示す。

〔CSS01〕：部材角  $R=1.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$  (荷重  $P=3.72 \text{t}$ ) のとき開口端近くの壁板にせん断初ひび割れが発生した。 $R=2.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$  ( $P=6.17 \text{t}$ ) のとき開口端より壁へ 5 cm 程入った所で柱に初曲げひび割れが発生した。 $R=5.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$  ( $P=9.28 \text{t}$ ) のとき壁が圧壊を始め、変位増加に伴い壁の圧壊部が増大した。また、柱の曲げひび割れも基礎ばりおよび頂部ばりの方へと発生伸展した。最大耐力は、正方向で  $9.83 \text{t}$  ( $R=10.2 \times 10^{-3} \text{rad.}$ )、負方向で  $8.88 \text{t}$  ( $R=-10.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$ ) であった。

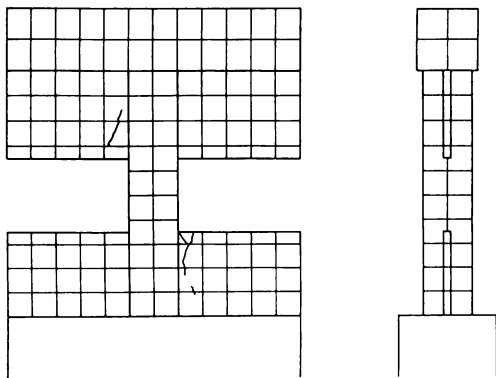


図-10(a) 試験体 CSS01 の初ひび割れ図  
( $P_{cr}=3.72 \text{t}$ ,  $R=1.0 \times 10^{-3}$ )

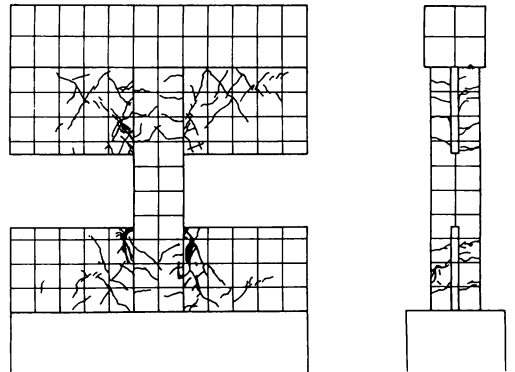


図-10(a) 試験体 CSS01 の最大耐力時のひび割れ図  
( $P_{max}=-8.88 \text{t}$ ,  $R=-10.0 \times 10^{-3}$ )

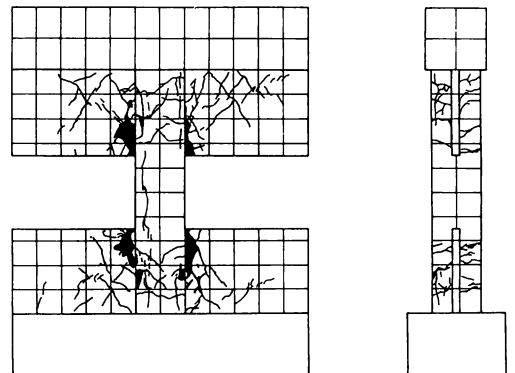


図-10(a) 試験体 CSS01 の実験終了時のひび割れ図  
( $P=6.75 \text{t}$ ,  $R=25.0 \times 10^{-3}$ )

〔CSS02〕： $R=1.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$  ( $P=4.48 \text{t}$ ) のとき壁板にせん断ひび割れが、柱の開口端近くに初曲げひび割れが発生した。 $R=5.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$  ( $P=8.88 \text{t}$ ) のとき壁が圧壊を始めた。柱の曲げひび割れは CSS01 よりも幾分早い時期から基礎ばり、頂部ばりの方へと発生し、変位増加に伴いひび割れ本数が増加していった。最大耐力は、正方向で  $8.88 \text{t}$  ( $R=5.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$ )、負方向で  $9.70 \text{t}$  ( $R=-10.1 \times 10^{-3} \text{rad.}$ ) であった。

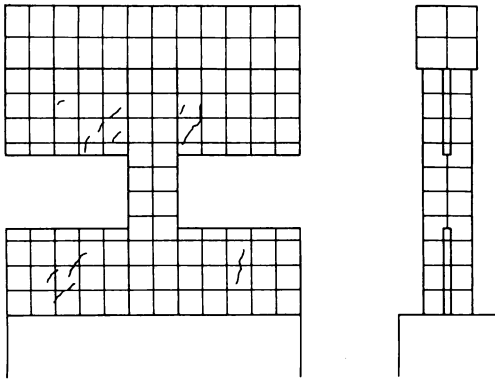


図-10(b) 試験体 CSS02 の初ひび割れ図  
( $P_{cr}=4.48t$ ,  $R=1.0\times 10^{-3}$ )

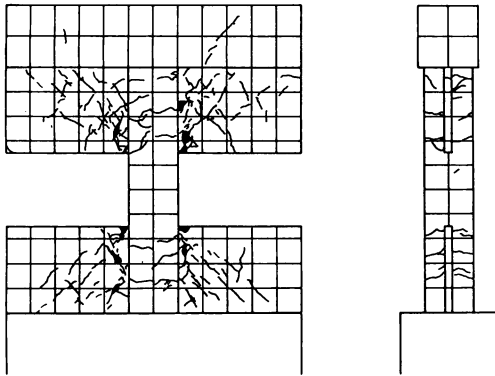


図-10(b) 試験体 CSS02 の最大耐力時のひび割れ図  
( $P_{max}=-9.70t$ ,  $R=-10.1\times 10^{-3}$ )

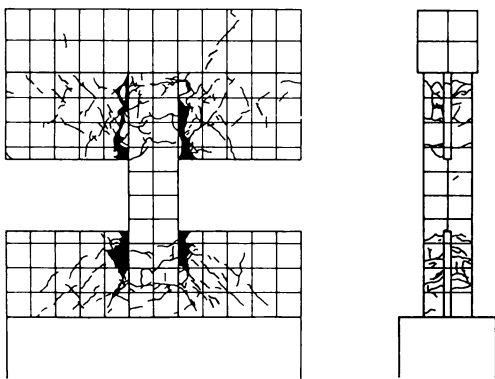


図-10(b) 試験体 CSS02 の実験終了時のひび割れ図  
( $P=6.60t$ ,  $R=25.0\times 10^{-3}$ )

[CSS03] :  $R=1.0\times 10^{-3}rad.$  ( $P=3.63t$ ) のとき壁板にせん断初ひび割れが発生し,  $R=2.0\times 10^{-3}rad.$  ( $P=5.81t$ ) のとき開口端より壁へ5cm程入った所で柱に初曲げひび割れが発生した.  $R=-8.11\times 10^{-3}rad.$  ( $P=-8.11t$ ) のとき壁が圧壊を始めた. 壁が圧壊するにつれ柱のひび割れは基礎ばり, 頂部はり近くにも発生しひび割れ幅も増大した. 最大耐力は, 正方向で  $8.60t$  ( $R=5.0\times 10^{-3}rad.$ ), 負方向で  $9.60t$  ( $R=-5.0\times 10^{-3}rad.$ ) であった.

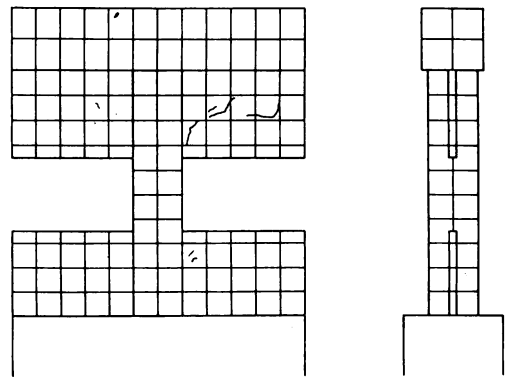


図-10(c) 試験体 CSS03 の初ひび割れ図  
( $P_{cr}=3.63t$ ,  $R=1.0\times 10^{-3}$ )

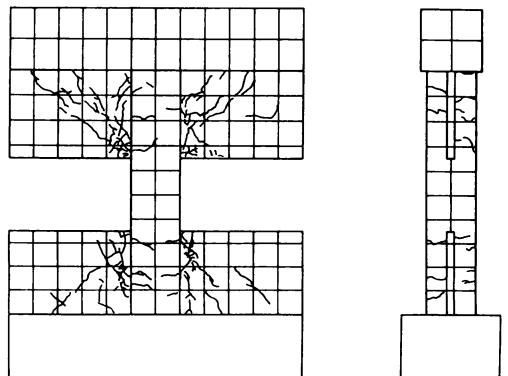


図-10(c) 試験体 CSS03 の最大耐力時のひび割れ図  
( $P_{max}=-9.60t$ ,  $R=-5.0\times 10^{-3}$ )



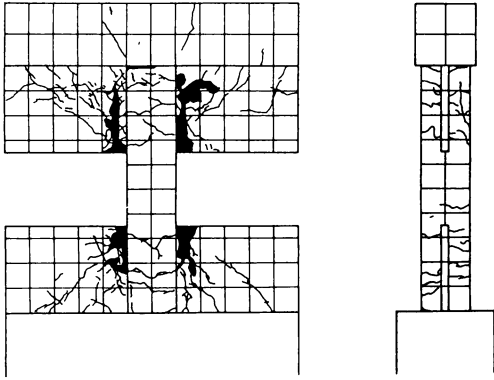


図-10(c) 試験体 CSS03 の実験終了時のひび割れ図  
( $P=6.16t$ ,  $R=30.0 \times 10^{-3}$ )

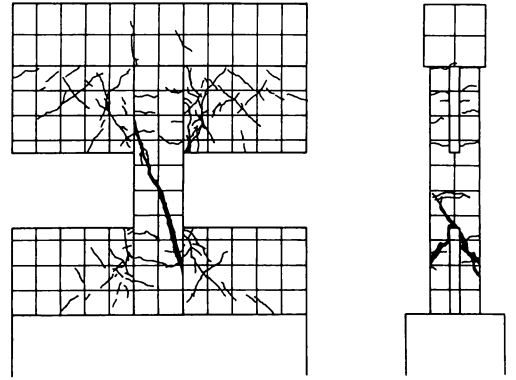


図-10(d) 試験体 CSS04 の最大耐力時のひび割れ図  
( $P_{max}=-10.88t$ ,  $R=-7.9 \times 10^{-3}$ )

〔CSS04〕： $R=-1.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$  ( $P=-4.60t$ ) のとき壁板にせん断初ひび割れが発生し、柱の開口端近くに初曲げひび割れが発生した。変位増加に伴い柱の曲げひび割れは基礎ばり、頂部ばりの方へと発生伸展した。 $R=-5.1 \times 10^{-3} \text{rad.}$  ( $P=-9.10t$ ) のときには壁の圧壊もみられたが、 $R=-7.90 \times 10^{-3} \text{rad.}$  ( $P=-10.88t$ ) のとき突然に大きな音を伴ってせん断爆裂破壊を生じ軸力を保持できなくなった。

〔CSS05〕： $R=1.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$  ( $P=4.23t$ ) のとき壁板にせん断初ひび割れが、柱の開口端近くに初曲げひび割れが発生した。 $R=5.2 \times 10^{-3} \text{rad.}$  ( $P=9.49t$ ) のとき壁が圧壊を始めた。変位増加と共に柱の曲げひび割れは基礎ばり、頂部ばりの方へと発生した。最大耐力は、正方向で  $9.49t$  ( $R=5.2 \times 10^{-3} \text{rad.}$ )、負方向で  $10.39t$  ( $R=-10.0 \times 10^{-3} \text{rad.}$ ) であった。最大耐力後の柱の曲げひび割れ幅は、開口端より  $5 \sim 15 \text{ cm}$  入った所が著しく大きい。また、 $R=20.6 \times 10^{-3} \text{rad.}$  より主筋に沿って付着破壊が見られた。

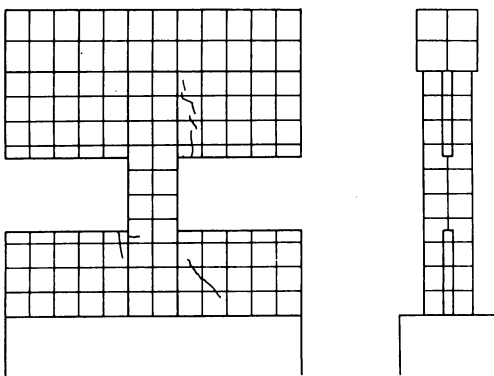


図-10(d) 試験体 CSS04 の初ひび割れ図  
( $P_{cr}=-4.60t$ ,  $R=-1.0 \times 10^{-3}$ )

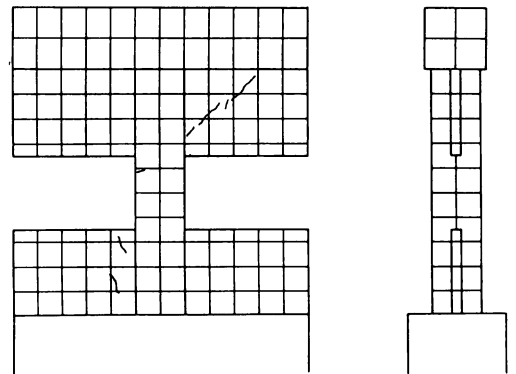


図-10(e) 試験体 CSS05 の初ひび割れ図  
( $P_{cr}=4.23t$ ,  $R=1.0 \times 10^{-3}$ )

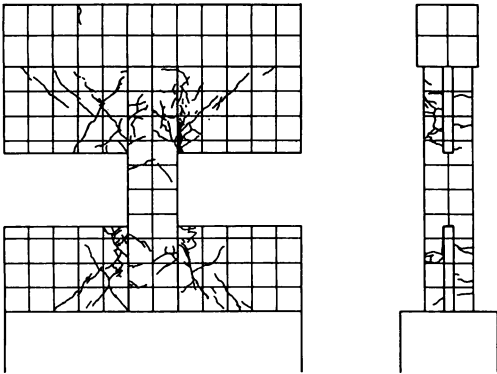


図-10(e) 試験体 CSS05 最大耐力時のひび割れ図  
( $P_{max} = -10.39t$ ,  $R = -10.0 \times 10^{-3}$ )

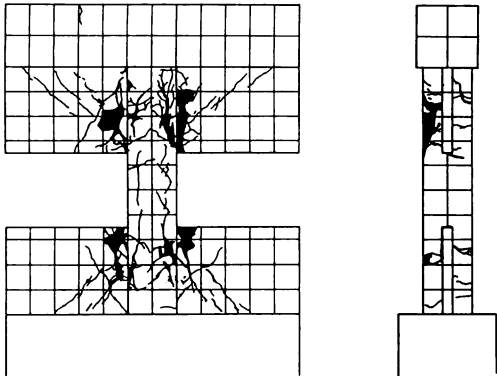


図-10(e) 試験体 CSS05 の実験終了後のひび割れ図  
( $P = 5.44t$ ,  $R = 25.1 \times 10^{-3}$ )

### 3-3 柱の曲率分布

主筋に貼付したストレインゲージより得たデータを用いて柱の曲率を求める。柱主筋に貼付した4枚のゲージ(図-7参照)のうち圧縮側および引張側のひずみの平均をそれぞれ  $\epsilon_c$ ,  $\epsilon_t$  とし、ゲージ間距離を  $j_s$  とすると柱の曲率は、 $\phi = (\epsilon_c - \epsilon_t) / j_s$  で求められる。

荷重-変形曲線の各ループの正負最大変位時における柱の曲率分布を図-11(a)~(e)に示す。

CSS01, 02, 04, 05の4体は開口端より壁の方へ5~15cm(すなわち、0.25D~0.75D)入った所に曲率の最大点が現れている。CSS03は、前記4体より幾分基礎ばりあるいは頂部ばりに近い所で最大点を示している。この原因は、壁厚が同一の試験体CSS01, 02と比べると試験体CSS03は壁筋比が小さいため

壁板の柱への拘束力が小さいことにある。

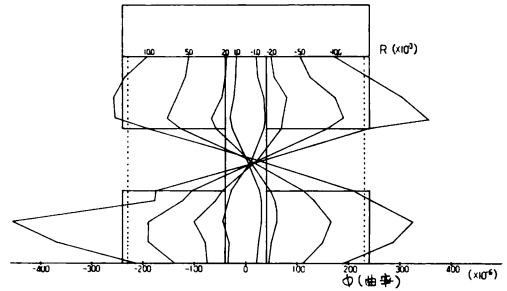


図-11(a) 試験体 CSS01 の種々な部材角 R における曲率  $\phi$  分布

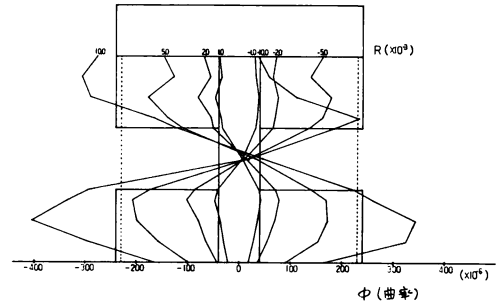


図-11(b) 試験体 CSS02 の種々な部材角 R における曲率  $\phi$  分布

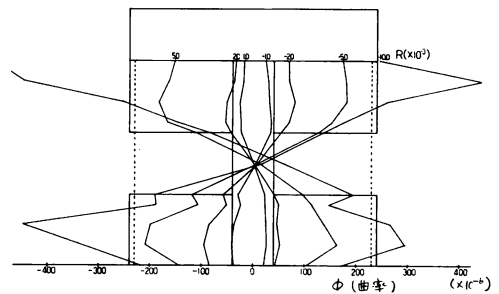


図-11(c) 試験体 CSS03 の種々な部材角 R における曲率  $\phi$  分布

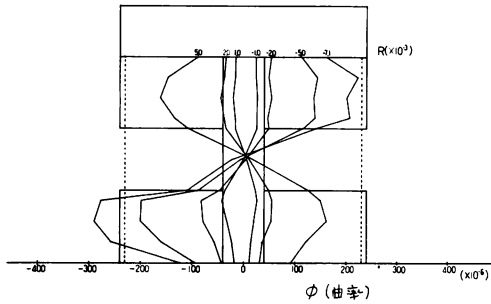


図-11(d) 試験体 CSS04 の種々な部材角 R における曲率  $\phi$  分布

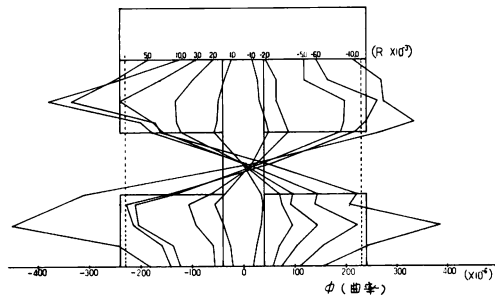


図-11(e) 試験体 CSS05 の種々な部材角 R における曲率  $\phi$  分布

### 3-4 壁筋および帯筋の降伏状況

壁・柱境界部の壁筋と開口部間の柱の帯筋にストレインゲージを貼付し（図-7, 8 参照）鉄筋のひずみを測定した。

壁筋のひずみを図-12(a)~(e)に、帯筋のひずみを図-13(a)~(e)に示す。なお図中の破線は鉄筋の降伏時ひずみを表す。

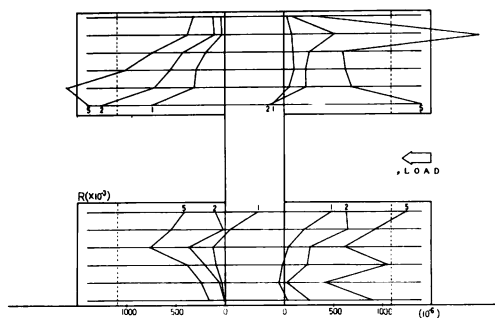


図-12(a)-1 試験体 CSS01 の壁筋の歪み  
(正加力時)

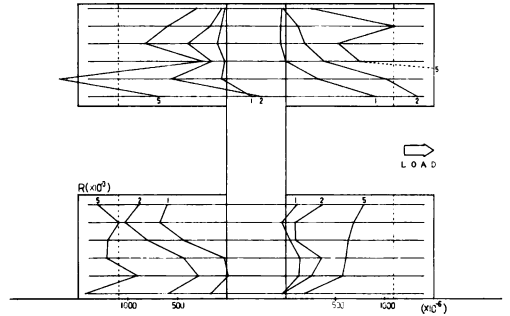


図-12(a)-2 試験体 CSS01 の壁筋の歪み  
(負加力時)

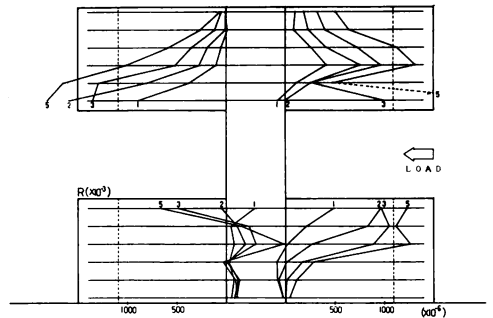


図-12(b)-1 試験体 CSS02 の壁筋の歪み  
(正加力時)

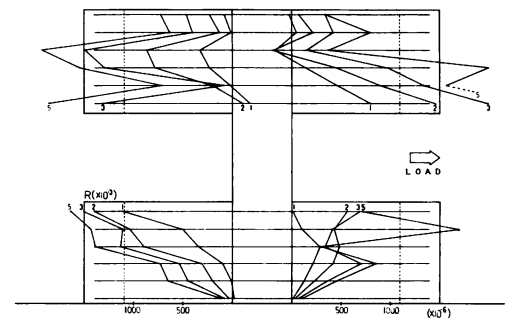


図-12(b)-2 試験体 CSS02 の壁筋の歪み  
(負加力時)

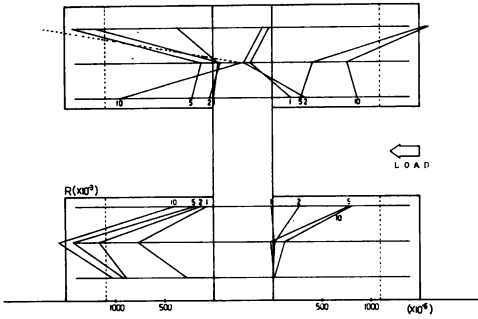


図-12(c)-1 試験体 CSS03 の壁筋の歪み (正加力時)

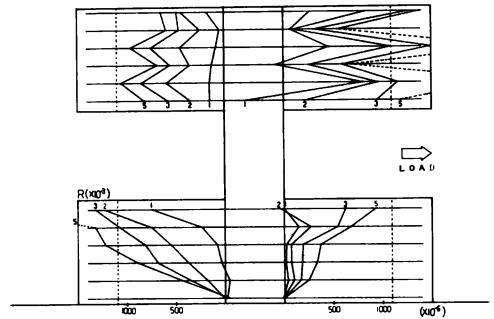


図-12(d)-2 試験体 CSS04 の壁筋の歪み (負加力時)

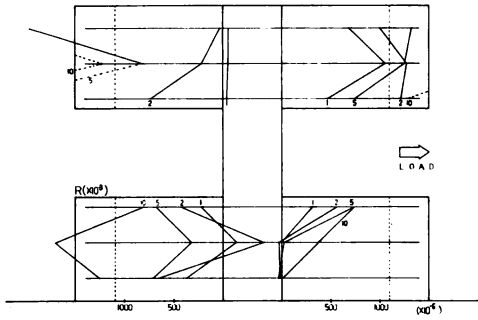


図-12(c)-2 試験体 CSS03 の壁筋の歪み (負加力時)

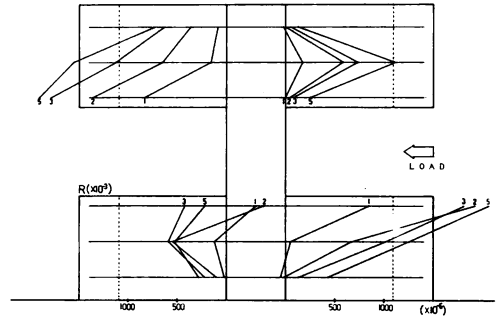


図-12(e)-1 試験体 CSS05 の壁筋の歪み (正加力時)

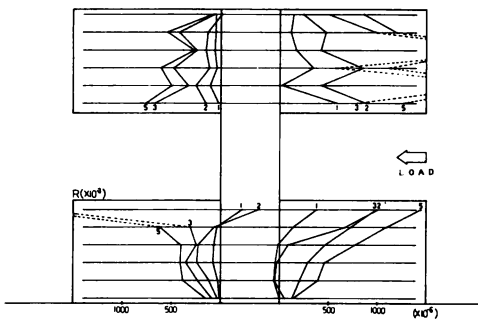


図-12(d)-1 試験体 CSS04 の壁筋の歪み (正加力時)

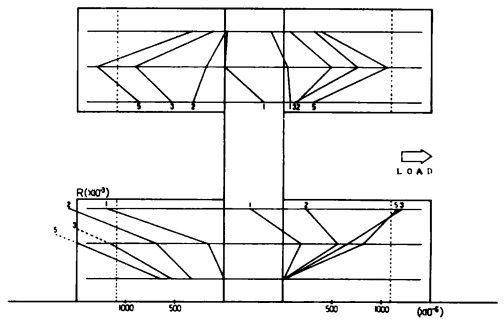


図-12(e)-2 試験体 CSS05 の壁筋の歪み (負加力時)

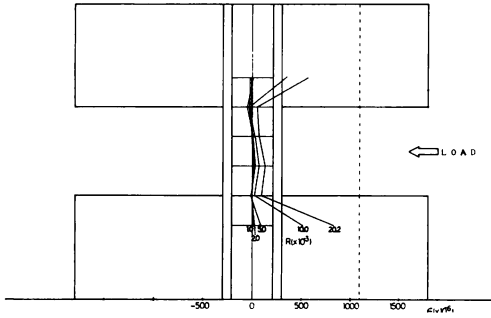


図-13(a)-1 試験体 CSS01 の帯筋の歪み  
(正加力時)

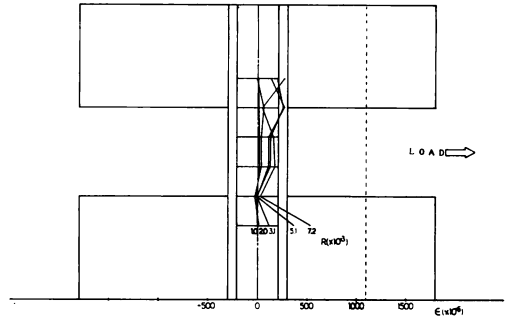


図-13(b)-2 試験体 CSS02 の帯筋の歪み  
(負加力時)

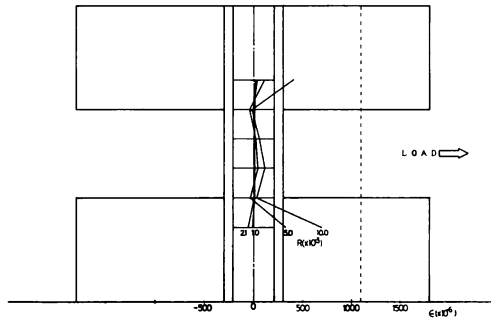


図-13(a)-2 試験体 CSS01 の帯筋の歪み  
(負加力時)

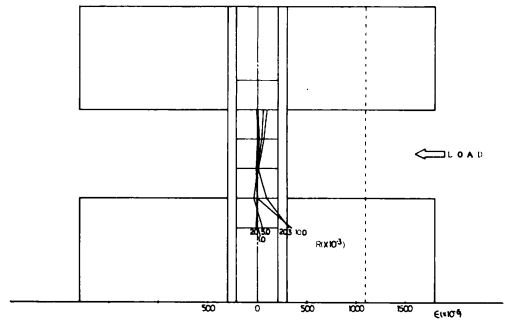


図-13(c)-1 試験体 CSS03 の帯筋の歪み  
(正加力時)

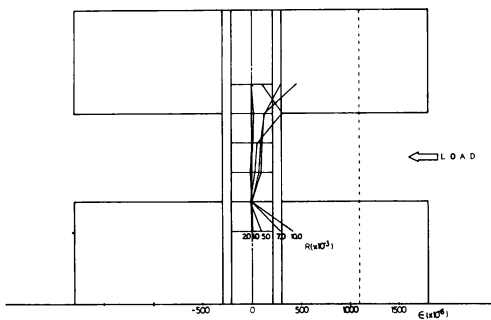


図-13(b)-1 試験体 CSS02 の帯筋の歪み  
(正加力時)

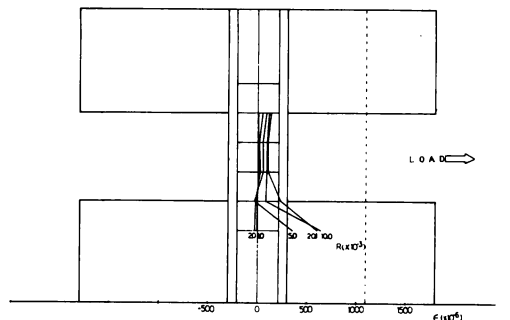


図-13(c)-2 試験体 CSS03 の帯筋の歪み  
(負加力時)

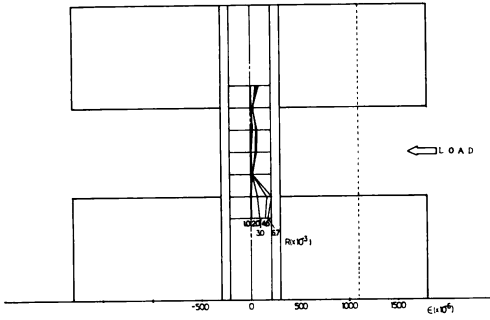


図-13(d)-1 試験体 CSS04 の帯筋の歪み (正加力時)

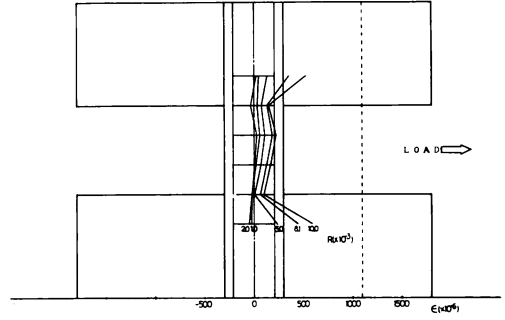


図-13(e)-2 試験体 CSS05 の帯筋の歪み (負加力時)

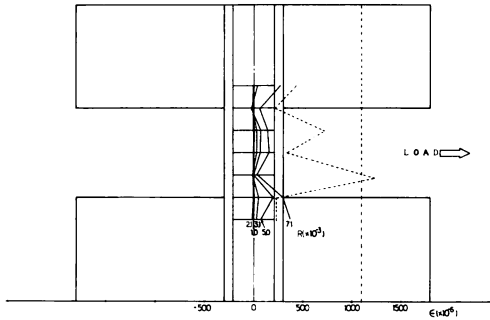


図-13(d)-2 試験体 CSS04 の帯筋の歪み (負加力時)

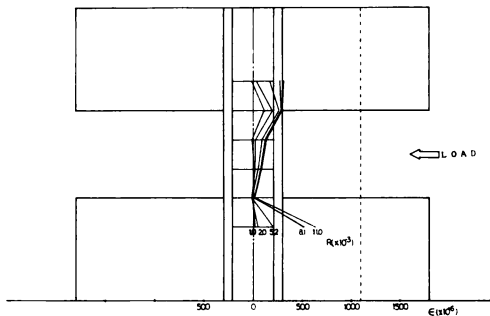


図-13(e)-1 試験体 CSS05 の帯筋の歪み (正加力時)

試験体 CSS01 は、 $R=2.0 \times 10^{-3} \text{rad}$ . ( $P=6.17t$ ) の時に垂壁の開口部近傍の壁筋 No.19 が降伏した。その後、繰返し荷重を加えていくにつれ引張側の鉄筋が開口部に近い部分から壁内部(頂部ばりあるいは基礎ばりに近い部分)へと降伏部分が広がっていった。試験体 CSS02 は、 $R=2.0 \times 10^{-3} \text{rad}$ . ( $P=6.54t$ ) の時に壁筋 No.19 が初めて降伏を起した。その後の挙動は CSS01 とほぼ同じであった。CSS03 は、 $R=2.0 \times 10^{-3} \text{rad}$ . ( $P=5.81t$ ) のとき壁筋 No.12 が、CSS04 は  $R=-2.0 \times 10^{-3} \text{rad}$ . ( $P=-7.09t$ ) のとき壁筋 No.12 が、CSS05 では  $R=2.0 \times 10^{-3} \text{rad}$ . ( $P=7.67t$ ) のとき壁筋 No.10 がそれぞれ最初に降伏した。

5体の試験体全てが早い段階 ( $R=2.0 \times 10^{-3} \text{rad}$ .) で壁筋の降伏を生じたのは、壁厚が薄かったことにより壁板の抵抗力の大部分を鉄筋が負担したためであろう。また、圧縮側鉄筋が引張となっているのは柱断面内で壁筋の付着すべりが生じたためと思われる。

帯筋については、CSS01, 02, 03, 05 の4体は壁が圧壊し柱の曲げ破壊となったため歪みの変化は小さかった。CSS04 では帯筋 No.3 および No.10 が降伏しているが、これは  $R=-7.9 \times 10^{-3} \text{rad}$ . ( $P=-10.88t$ ) で柱がせん断破壊を起したときにせん断力の大部分を急激に負担したため降伏が急に現れたものである。

全ての試験体について見ると、帯筋の歪みは曲げ降伏ヒンジに近い位置が最も大きいことが分かる。

#### 4. 柱の耐力についての検討

##### 4-1 柱の耐力に及ぼす $t/b$ , $P_w$ , および $P_s$ の影響

垂壁・腰壁の壁厚  $t$  が厚くなると柱の耐力は増大

することが徳広らの研究<sup>6)</sup>および荒川らの研究<sup>4)</sup>により実験的に確認されている。したがって、本報では柱の耐力に及ぼす  $P_w$  および  $P_s$  の影響について検討を行う。

壁厚が同一の試験体 CSS01, 02, 03 の3体についての比較より次のことが分かる。

1) CSS01 と CSS02 との比較より、 $P_s$  が同一の場合、 $P_w$  の小さい方が耐力が幾分高い (CSS01 :  $Q_u=9.36t$  [正負最大耐力の平均。以下同様に平均値で示す], CSS02 :  $Q_u=9.29t$ )。

2) CSS02 と CSS03 との比較より、 $P_w$  が同一の場合、 $P_s$  が大きい方が幾分耐力が高い (CSS03 :  $Q_u=9.1t$ )。

以上の事だけでは耐力に及ぼす  $P_s$ ,  $P_w$  の影響ははっきりと分らないので、いまここで  $P_s$  と  $P_w$  との比  $P_s/P_w$  をパラメータとして導入し、上記3体の試験体について柱の耐力の大小関係を検討する。

CSS01 では  $P_s/P_w=2.79$ , CSS02 では  $P_s/P_w=1.39$ , CSS03 では  $P_s/P_w=0.69$  である。上記各試験体の耐力と  $P_s/P_w$  の比較より、 $P_s/P_w$  が大きくなるに伴い柱の耐力が幾分増加していることが分かる。このことは壁厚が4cmの試験体 CSS04, CSS05 についても当てはまる。したがって、垂壁・腰壁付柱の耐力には  $P_s/P_w$  が関係していると言えよう。

また、文献1)によると垂壁・腰壁付柱の耐力算定に際し、壁厚  $t$  が  $t/b \leq 1/6$ , かつ  $t \leq 10$  cm の場合には壁の存在による影響を無視してよいことが示されている

表-3 柱の終局強度および有効柱長さ

試験体名	破壊形式	実験耐力( $t$ ) <sup>1)</sup>	柱長さ $h_0$ の場合 <sup>2)</sup>		柱長さ $h$ の場合 <sup>2)</sup>		有効柱長さ(cm)	
			$Q_{bu}(t)$	$Q_{su}(t)$	$Q_{bu}(t)$	$Q_{su}(t)$	$Q_{bu}$ 式より <sup>3)</sup>	$Q_{su}$ 式より <sup>3)</sup>
CSS01	壁圧壊	9.36	17.35 (1.85)	12.85 (1.37)	5.20 (0.56)	7.19 (0.77)	55.6 [1.85]	54.1 [1.80]
CSS02	壁圧壊	9.29	17.35 (1.87)	14.04 (1.51)	5.20 (0.56)	8.39 (0.90)	56.0 [1.87]	74.3 [2.48]
CSS03	壁圧壊	9.10	17.35 (1.91)	14.04 (1.54)	5.20 (0.57)	8.39 (0.92)	57.2 [1.91]	78.6 [2.62]
CSS04	柱せん断	10.47	17.35 (1.66)	12.32 (1.18)	5.20 (0.50)	6.67 (0.64)	49.7 [1.66]	34.6 [1.32]
CSS05	壁圧壊	9.94	17.35 (1.75)	12.85 (1.29)	5.20 (0.52)	7.19 (0.72)	52.4 [1.75]	48.0 [1.60]

注：1) 正負最大耐力の平均値

2) ( ) 内は、計算耐力/実験耐力を示す。

3) [ ] 内は、有効柱長さ/開口高さを示す。但し、開口高さ  $h_0=30$  (cm)

る。

本実験の場合、壁厚が3cmの試験体 CSS01, 02, 03 では  $t/b=1/6.67 < 1/6$  である。したがって、文献1)に従うと本実験の上記3体の耐力は壁を無視して求めてよいことになる。CSS01の最大耐力実験値(正負平均)は9.36tである。また、CSS01と柱が同一配筋を持ち、垂壁・腰壁が付設されていない柱の耐力は文献6)より5.1tである。両試験体の耐力の比をとると  $9.36/5.1=1.84$  となり、 $t/b < 1/6$  であっても壁の存在を無視できないことが分かる。また、これは垂壁・腰壁付柱の耐力が  $t/b$  だけでは決まらないことを示している。

以上の事から、垂壁・腰壁付柱の耐力には  $t/b$  だけでなく  $P_s$ ,  $P_w$  も影響を及ぼしていると言えよう。

#### 4-2 垂壁・腰壁付柱の有効柱長さ

柱の部材長として、開口高さ  $h_0$ , 柱全長  $h$  を用い各試験体についての柱の耐力を算定した。その結果を表-3に示す。なお柱の耐力算定に用いた式を以下に示す。

(曲げ終局強度)

$$Q_{bu} = 2 \{ j_s \cdot a_1 \cdot \sigma_y + 0.5ND(1 - N/(b \cdot D \cdot Fc)) \} / h'$$

(せん断終局強度)

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.115k_u \cdot k_p(180 + Fc)}{M/(Q \cdot d) + 0.115} + 2.7\sqrt{P_w \sigma_{wy}} + 0.1\sigma_b \right\} b_j$$

ここに、 $h'$  = 柱の終局強度算定時柱長さ  
他の記号については文献7)を参照。

また、表-3の欄末には、実験耐力と計算耐力とを等しいものとして  $Q_{bu}$  および  $Q_{su}$  より有効柱長さ  $h_e$  を算定したものを示す。なお、 $Q_{su}$  から  $h_e$  を求めるとき  $M/Q=h_e/2$  とした。

同表から分かるように、柱長さを開口高さ  $h_0$  にとると柱の耐力を著しく大きく評価する。また、壁厚が  $3\text{ cm}$  ( $t/b < 1/6$ ) の試験体 CSS01, 02, 03 の3体についてみると、文献1)に従い壁の影響を無視した場合には前節で述べたように柱の耐力を過小評価しすぎる(実際の柱の耐力の約60%)ことがわかる。

前節で述べたように、垂壁・腰壁付柱の耐力には  $t/b$ ,  $P_w$ ,  $P_s$  が関係するが、壁厚の変化だけについてみると、 $t/b=3/20=0.15$  の場合には  $h_e=(1.85\sim 1.91)h_0$  であり、 $t/b=4/20=0.2$  の場合には  $h_e=(1.32\sim 1.75)h_0$  である。

## 5. 結 び

垂壁・腰壁付柱の耐力に及ぼす  $t/b$ ,  $P_s$ ,  $P_w$  の影響を実験的に検討した。その結果、 $t/b \leq 1/6$  であっても壁の存在は無視できなく、 $P_s$ ,  $P_w$  が柱の耐力に関係することが分った。

## 文 献

- 1) 日本建築センター：“改正建築基準法施行令新耐震基準に基づく構造計算指針・同解説”，昭和57年9月，pp. 22~25
- 2) 武田 寛：“鉄筋コンクリート造腰壁・垂壁付きラーメンの耐力及び変形性状に関する実験的研究（その6 壁が偏心する場合及び壁厚が変化する場合）”，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和58年9月，pp. 1939~1940
- 3) 武田 寛：“鉄筋コンクリート造雑壁付き柱の耐力及び変形性状に関する実験的研究”，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和59年10月，pp. 1753~1754
- 4) 荒川 卓他5名：“RC柱の繰返し挙動に及ぼす腰壁・たれ壁の厚さと偏心付加の影響（その1：実験概要と破壊状況），（その2：耐力と変形性状）”，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和59年10月，pp. 1755~1758
- 5) 富井政英，江崎文也：“鉄筋コンクリート耐震壁の水平耐力に関する研究（その1：壁板のスリップ破壊によって支配される水平耐力）”，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和56年9月，pp. 1587~1588
- 6) 徳広育夫，久徳琢磨：“鉄筋コンクリート造腰壁付柱の弾塑性性状に関する実験的研究”，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和58年9月，pp. 1937~1938
- 7) 山口育雄：“鉄筋コンクリート終局強度設計に関する資料 シリーズ18”，建築雑誌，昭和55年10月，pp. 69~70