

論文

[2228] ダブルハーフプレキャスト板を用いた耐震壁の鉛直接合部に関する実験研究

市川昌和\*1・松崎育弘\*2・森本仁\*1・今津賀昭\*3

1. はじめに

建築物をプレキャスト（以下、P C aとする）化する場合、柱や梁等のP C a部材をできるだけ軽量化し揚重作業を容易にしつつ、後打ちコンクリートとの一体性を比較的図りやすい工法として、外殻P C a工法が挙げられる。その場合、予めせん断補強筋を埋め込んだロ型P C a柱、U型P C a梁を用い、型枠および構造体として活用する例が多い。筆者等は、継続的に外殻P C a部材を用いた柱と梁の構造性能について研究を行ってきた[1]。一方、耐震壁にP C a部材を用いる場合、片側をハーフP C a板とし、もう片側を在来型枠とするケースや、フルP C a壁とするケースがみられる。本工法で想定しているP C a耐震壁は、図1に示すように、予め壁筋を配したハーフP C a板を両側に置き、その中空部に後打ちコンクリートを打設して、一体化させることを意図としている（以下、DW壁とする）。しかし、本工法のような両側にハーフP C a板を用いた耐震壁の鉛直接合部の実験は過去に余り例がない。そこで本研究では、DW壁を用いた耐震壁の鉛直接合部について、各種要因の相違がその構造性能に及ぼす影響を把握し、基礎的資料を得ることを目的としている。

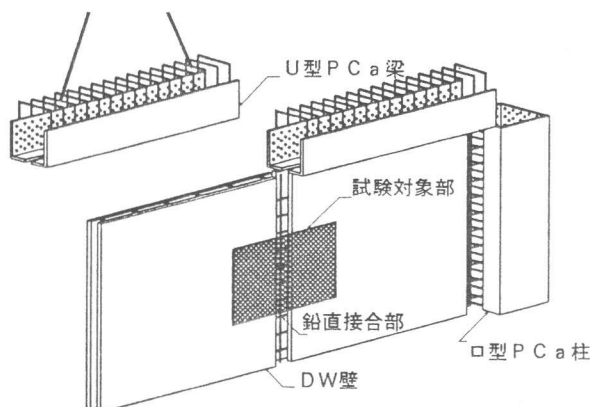


図1 外殻P C a工法概念図

表1 試験体一覧

No	試験体タイプ	接合部の有無	接合筋 av(cm <sup>2</sup> )	接合筋 定着長	シコターの有無	備考	配筋図
DW1	—	無	無	—	無	一体打ち	Aタイプ
DW2	A	無	無	—	無		
DW3	B	有	8-D10 (5.68)	25d	無	基本試験体	Bタイプ
DW4	C	有	8-D10 (5.68)	25d	有	シコターの影響	
DW5	B	有	8-D10 (5.68)	15d	無	定着長の影響	
DW6	B	有	8-D10 (5.68)	35d	無	定着長の影響	シコター Cタイプ
DW7	B	有	4-D13 (5.08)	25d	無	集中配筋の影響 真中配置	
DW8	B	有	4-D13 (5.08)	25d	無	集中配筋の影響 千鳥配置	Dタイプ
DW9	B	有	4-D13 (5.08)	25d	無	集中配筋の影響 片側配置	
DW10	D	有	8-D10 (5.68)	25d	無	P C a板配置の影響	
DW11	E	有	8-D10 (5.68)	25d	有	P C a板配置の影響 シコターの影響	シコター Eタイプ

2. 実験概要

2. 1 試験体

試験体は、図1に示す耐震壁のハッチング部分の鉛直接合部を対象としている。試験体数は一体打ちの試験体（DW1）、DW壁を用い鉛直接合部の無い試験体（DW2）を含めた計11体であり、その諸元を表1に示す。また試験体の配筋図の一

\*1 鉄建建設（株） 技術研究所 （正会員）

\*2 東京理科大学教授 工学部第1部建築学科、工博 （正会員）

\*3 大木建設（株） 技術本部

例 (DW4) を図 2 に示す。試験体の寸法は 180×900×1300mm で、壁厚は実大を想定し P C a 板をそれぞれ 50mm、後打ちコンクリート部分を 80mm とした。壁筋は全試験体共通で D10@200 ダブル (ps=0.39%) とした。主な変動因子は、P C a 板の配置方法、シアコッターの有無、接合筋の定着長、および接合筋の配筋法である。P C a 板の配置方法については、図 3 に示すように

P C a 板をずらして配置した場合 (B、C タイプ) と平行に揃えて配置した場合 (D、E タイプ) の 2 種類を設定した。この理由としては、割裂線が P C a 板と後打ちコンクリートの境界面より生じ、後打ちコンクリート部へ伸展すると思われ、後打ちコンクリート部での割裂線をできるだけ長くすることで、より大きなせん断強度を確保できると考えたためである。また、接合筋の配筋法に関しては、分散配筋 (D10@200 ダブル) と集中配筋 (D13@200 シングル) の違いによる影響、および集中配筋とした場合の配筋位置による影響 (図 2 参照) について考察した。

使用した鉄筋の材料試験結果を表 2 に、また、コンクリートの材料試験結果を表 3 にそれぞれ示す。コンクリートは全て普通コンクリートとし、その設計基準強度は P C a 板で 360kgf/cm<sup>2</sup>、後打ち部は 240kgf/cm<sup>2</sup> とした。

## 2. 2 加力および測定方法

図 4 に加力装置の概要を示す。载荷は、試験体下部の反力ジャッキにより、両側の反力架台を介して左右より均等に反力を導入した状態で、接合面延長上に取付けた 100tonf ジャッキにより正負交番繰り返し载荷を行った。加力サイクルは、最大耐力を

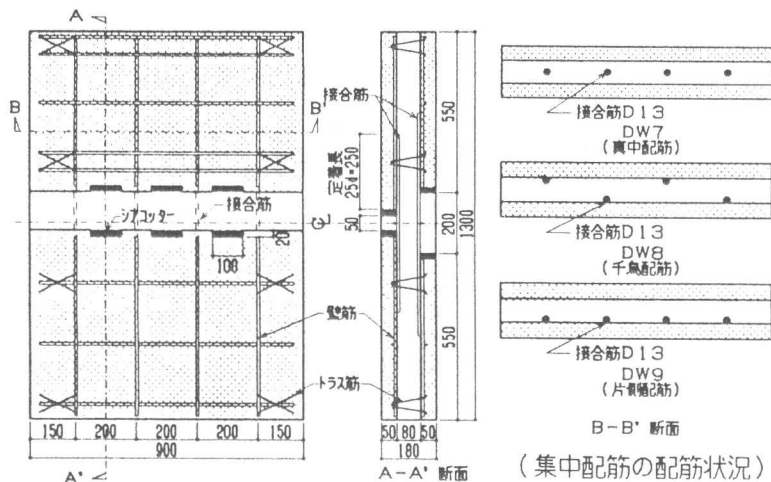


図 2 試験体配筋例 (DW4)

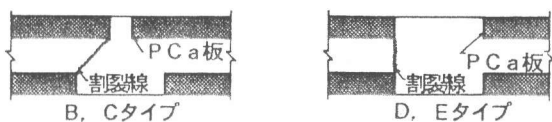


図 3 割裂線の想定

表 2 鉄筋試験結果

径	降伏強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	伸び量 (%)	用途
D13	3.630	1.91x10 <sup>6</sup>	5.260	17.5	接合筋
D10	3.610	1.79x10 <sup>6</sup>	5.080	15.9	壁筋 接合筋
D10	3.210	1.80x10 <sup>6</sup>	5.310	15.1	トラス筋
φ6	6.070	2.02x10 <sup>6</sup>	6.280	7.35	トラス筋

表 3 コンクリート試験結果

試験体名	部位	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	割裂強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )
DW1	一体打ち	343	26.3	3.35x10 <sup>5</sup>
DW2	P C a 板	352	27.7	3.15x10 <sup>5</sup>
	後打ち部	343	26.3	3.35x10 <sup>5</sup>
DW5, DW6	P C a 板	369	—	3.28x10 <sup>5</sup>
	後打ち部	342	—	3.46x10 <sup>5</sup>
DW7, DW8	P C a 板	378	—	3.49x10 <sup>5</sup>
	後打ち部	373	—	3.55x10 <sup>5</sup>
DW9	P C a 板	390	24.8	3.41x10 <sup>5</sup>
	後打ち部	373	25.0	3.24x10 <sup>5</sup>

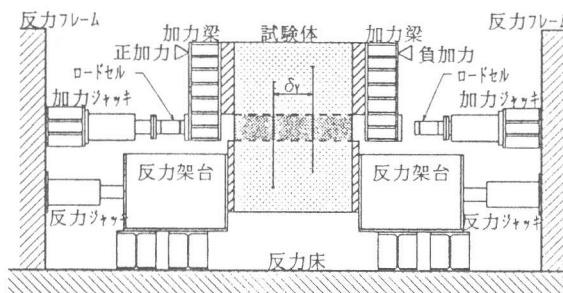


図 4 加力装置図

迎えた後変位により制御

し、接合部相対変位( $\delta v$ )

1.0mm、3.0mm、6.0mmをそれぞれ1回正負で繰り返した後、+10.0mmまで加力した。接合部相対変位( $\delta v$ )の測定は、図4中に示す位置に変位計を取付け測定した。また、接合筋ならびに壁筋各部の歪度を測定した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 実験経過

表4に実験結果の一覧を示す。また、図5に代表的な試験体の最終ひびわれ状況を示す。いずれの試験体も最大耐力に達するとほぼ同時にせん断ひびわれが生じ、変位が急激に進行した。P C a板のひびわれ状況を大きく分けると2つのパターンがみられた。パターンIはDW3およびDW10に代表されるようにP C a部材と後打ち部の境界線に沿ったひびわれが卓越し、ひびわれが伸展したものである。パターンIIはシアコッターがあるDW4、DW11でみられたひびわれ状況で、後打ちコンクリート部にせん断ひびわれが顕著に生じたものである。パターンIIのせん断ひびわれは明らかにシアコッターの影響と考えられる。実験終了後、試験区間をはつた結果、P C a板をずらしたDW3(Bタイプ)の試験体の割裂線は、図6に示すように一つの試験体でも何種類かみられ、必ずしも明確ではなかった。また、DW10(Dタイプ)の試験体の割裂線は当初想定した通りであった。

表4 実験結果一覧

試験体	実験因子	最大耐力時					接合筋降伏時 <sup>*3</sup>	
		$\sigma_B$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	eQu (tonf)	$\delta v$ (mm)	$e\tau u$ <sup>**2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\frac{e\tau u}{\sigma_B}$	eQ (tonf)	$\delta v$ (mm)
DW1	一体打ち	343	52.6	0.16	32.5	0.095	49.2	0.38
DW2	接合部無し	348 <sup>*1</sup>	56.9	0.08	35.1	0.100	51.4	0.44
DW3	基本試験体 定着長25d	373	53.1	0.51	32.8	0.088	53.1	0.51
DW4	DW3+ シヤコッター付	373	59.8	0.77	36.9	0.099	59.6	0.83
DW5	定着長15d	342	53.9	0.06	33.3	0.097	50.6	0.60
DW6	定着長35d	342	49.5	0.66	30.6	0.089	49.5	0.66
DW7	集中配筋 真中配筋	342	53.0	0.01	32.7	0.096	46.7	0.10
DW8	集中配筋 千鳥配筋	342	52.1	0.01	32.2	0.094	44.5	0.76
DW9	集中配筋 片側配筋	373	55.1	0.01	34.0	0.091	—	—
DW10	P C a板 平行配筋	373	50.6	0.56	31.2	0.084	47.3	0.91
DW11	DW10+ シヤコッター付	373	57.1	0.27	35.2	0.094	56.3	0.52

注) 共通事項: 実験値は正荷重時の値を示す。

- \*1 :  $\sigma_B$ について、特記なきものは後打ち部を示す。
- \*2 : コンクリート強度はP C a板と後打ち部の平均値とする。
- \*3 :  $e\tau u$ は全断面積(t×L)で除し求めた値。
- \*3 : DW1、DW2については、壁筋降伏時の値を示す。

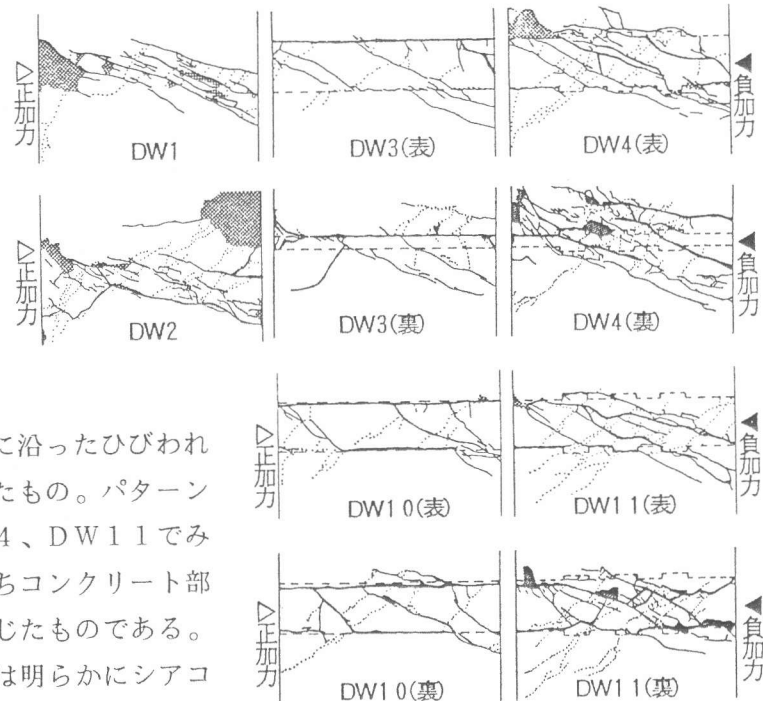
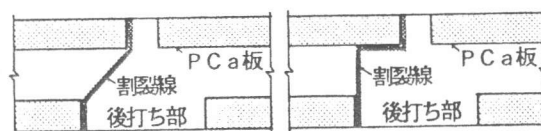


図5 最終ひびわれ状況



B, Cタイプ  
図6 割裂線の状況

### 3. 2せん断力 (Q) - 接合部相対変位 ( $\delta v$ ) 関係の比較

図7に基本試験体のDW3、一体打ちのDW1および鉛直接合部が無いDW2のQ- $\delta v$  関係を示す。正加力ではいずれの試験体もほぼ同じ最大耐力を示した。最大耐力以降の耐力低下は、DW1、DW2、DW3の順にやや大きくなっているが、接合部の有無等が履歴に及ぼす影響は明確ではなかった。

図8にPCa板の配置方法だけを変えた試験体のQ- $\delta v$  関係を示す。シアコッターが無いDW3とDW10を比較すると、最大耐力についてはPCa板をずらして配置(Bタイプ)したDW3の方が約5%高いが、最大耐力以降の耐力低下をみるとPCa板を平行に配置(Dタイプ)したDW10の方が耐力低下が小さかった。また、シアコッターを有するDW4とDW11を比較すると、最大耐力についてはDW3とDW10の実験結果と同様な傾向を示したが、最大耐力以降の耐力低下は一致しておらず、PCa板をずらして配置(Cタイプ)したDW4の方が耐力低下が小さかった。以上より、本実験では実験結果、特に最大耐力以降の履歴にバラツキがみられ、PCa板の配置が及ぼす影響は明確ではなかった。

図9にシアコッターの有無だけが異なる試験体のQ- $\delta v$  関係を示す。DW3とDW4、およびDW10とDW11をそれぞれ比較すると、最大耐力はシアコッターを設けたことにより両ケースとも約13%上昇した。また、

最大耐力以降の履歴については、シアコッターを設けたことによりエネルギー吸収能が一般的に大きくなっている。特にPCa板をずらして配置した試験体(DW4)の場合に、その効果がより大きくみられた。

図10に接合筋の定着長を変えた試験体のQ- $\delta v$  関係を示す。図からわかるように定着長を15d(DW5)、25d(DW

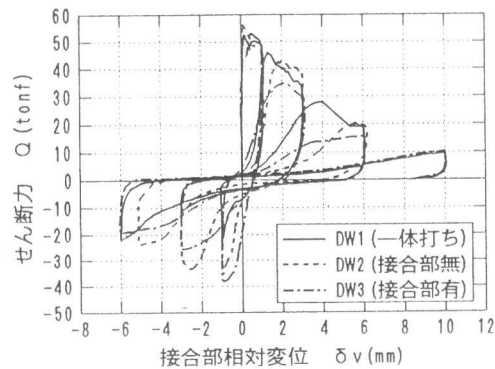


図7 Q- $\delta v$ 関係の比較  
(一体打ちとの比較)

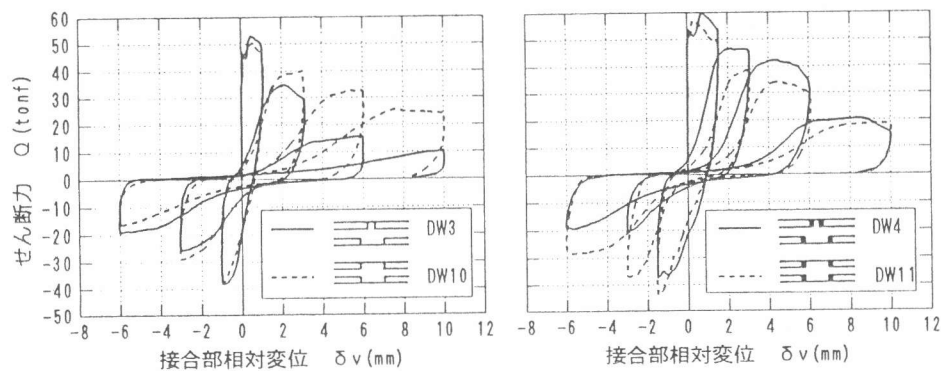


図8 Q- $\delta v$ 関係の比較 (PCa板配置の違い)

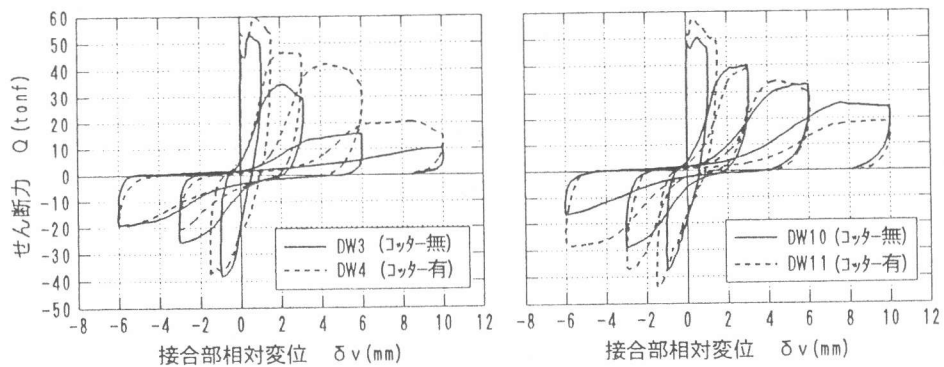


図9 Q- $\delta v$ 関係の比較 (シアコッターの有無)

3)、35d (DW6) と変えたことが最大耐力に及ぼす影響は本実験では特にみられなかった。また、最大耐力以降の履歴性状については定着長を25dとしたDW3試験体が最も大きな耐力低下を起こしているが全般的に実験結果にバラツキがみられ、この結果が必ずしも定着長の影響であるかどうかは明確ではなかった。また、定着長を15dとした場合においても鉄筋の抜け出しはみられなかった。以上より、本実験では定着長の違いによる顕著な差はみられなかった。

図11に接合筋を集中配筋 (D13@200 シングル) とし、それぞれ配筋法を変えた試験体、DW7 (真中配筋)、DW8 (千鳥配筋)、DW9 (片側配筋) の $Q-\delta v$  関係を示す。最大耐力およびその後の履歴性状とも、片側配筋としたDW9が優れた性能を示している。また、分散配筋 (D10@200ダブル) とした基本試験体のDW3と比較しても、集中配筋としたことによる最大耐力、履歴性状への影響は本実験では、特にみられなかった。

### 3. 3 鉄筋の歪状況

図12にDW1の壁筋と、DW3、DW4、およびDW11の代表的な接合筋の歪分布を示す。歪の値は、1サイクル ( $\delta v=1.0$  mm) までの正加力時の値である。

各試験体ともせん断ひびわれが生じた後、急激に歪が増大し、その後、加力位置より試験体中央にかけて最大歪を示し降伏した。接合筋および壁筋の歪状況については、PCA板の配置法やシアコッターの有無等の相違が及ぼす顕著な差は特にみられなかった。

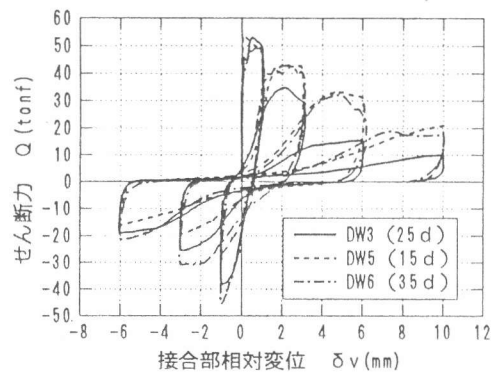


図10 Q- $\delta v$ 関係の比較  
(定着長の違い)

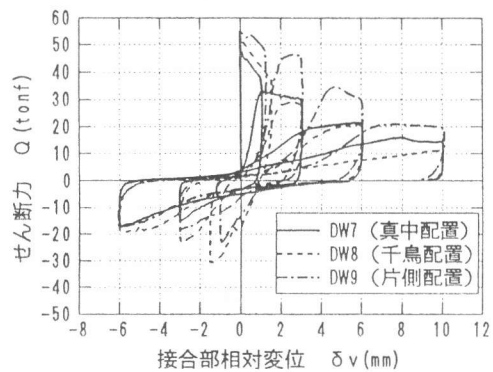


図11 Q- $\delta v$ 関係の比較  
(配筋法の違い)

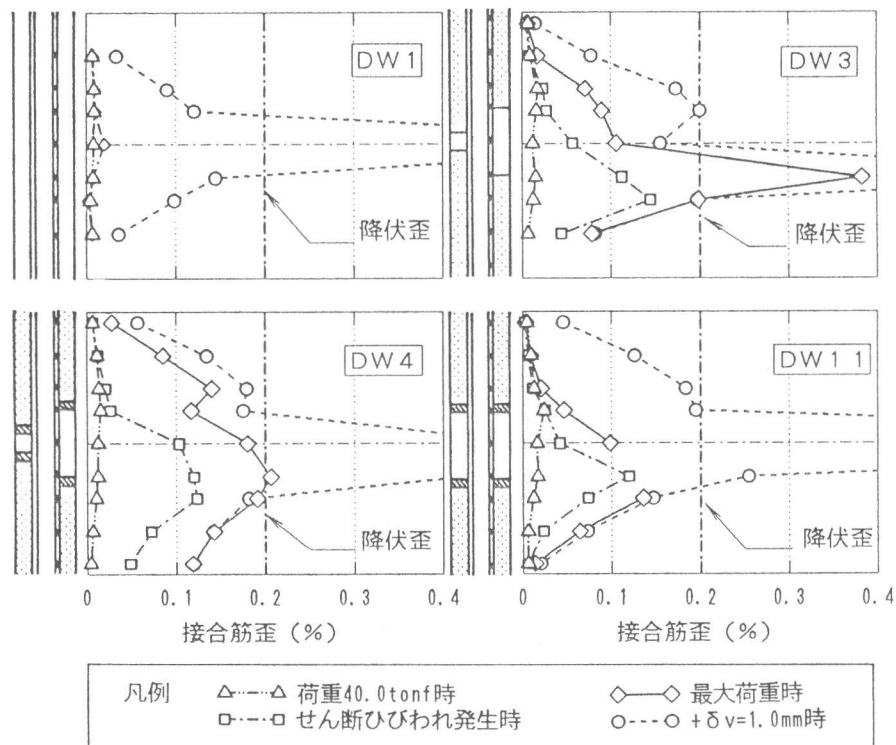


図12 鉄筋の歪分布

#### 4. 実験結果の検討

図13、図14に最大耐力の実験値と計算値の関係を示す。計算値には、学会規準式〔2〕を用いた。

$$cQ_u = 0.1 \cdot A_{sc} \cdot \sigma_B + \Sigma av \cdot \sigma_y$$

ここに、 $A_{sc}$ ：コッター全せん断面積( $\text{cm}^2$ )

$\sigma_B$ ：鉛直接合部コンクリート  
圧縮強度( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

$\Sigma av$ ：接合筋全断面積( $\text{cm}^2$ )

$\sigma_y$ ：接合筋降伏強度( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

ただし、上式を適用する場合、後打ちコンクリート部の面積を、コッター全せん断面積  $A_{sc}$  と考え、図13では後打ちコンクリート部全断面積を、図14ではPCa板部分を除く中空部の後打ちコンクリート部のみの面積を採用し、C、Eタイプではその面積にPCa板のシアコッター面積を加えた。また、DW1、DW2については図13と同様に全断面積とした。

図13より、後打ちコンクリート部全断面積を有効とした場合では、実験値が計算値をかなり下回る結果となった（最大=0.74、最小=0.63、平均=0.69）。一方、図14より、中空部の後打ちコンクリート部の面積を有効とした場合では、DW1とDW2を除いて比較すると、実験値と計算値の対応は良い（最大=1.08、最小=0.91、平均=0.99）。しかし、DW1とDW2については、計算値を大きく評価する傾向がみられ、今後一体打ちの試験体も含めて検討する必要があると思われる。

#### 5. まとめ

DW壁を用いた耐震壁の鉛直接合部に関する実験を行った結果、以下のことが明らかになった。

- ① 全ての試験体において最大耐力はほぼ同じ値を示したことにより、鉛直接合部を用いたDW壁でも、一体打ちの壁とほぼ同等な性能を有していると思われる。
- ② PCa板の配置法、接合筋の定着長および集中配筋と分散配筋による違いが、鉛直接合部の構造性能に及ぼす影響は特にみられなかった。
- ③ PCa板にシアコッターを設けることにより最大耐力が上昇し、履歴性状が向上した。
- ④ 割裂線を適切に仮定することにより既往の式で鉛直接合部のせん断耐力を評価できる。

#### 参考文献

- [1] 森本、松崎、市川、平山、林、石渡：薄肉中空プレキャスト工法開発に関する実験的研究（その1～その3） 日本建築学会学術講演梗概集 pp.827～832 1992.8
- [2] 日本建築学会：壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造設計規準・同解説 pp.73 1982

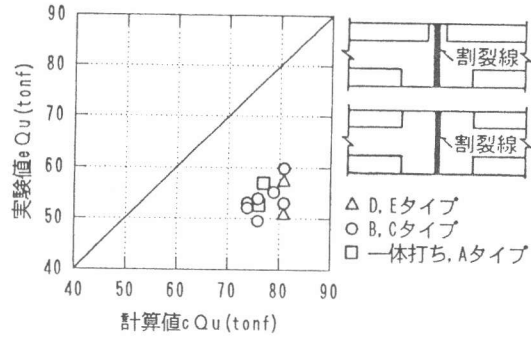


図13 実験値と計算値の比較（1）

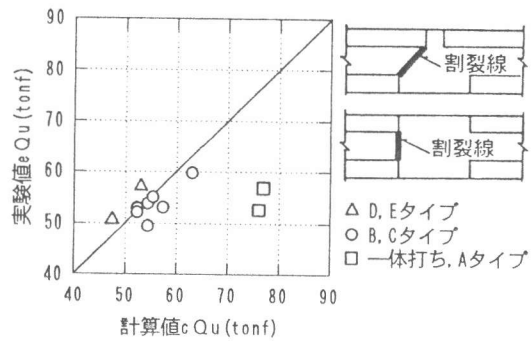


図14 実験値と計算値の比較（2）