

壁式プレキャスト鉄筋コンクリート構造の耐力性状に関する 研究 その3 ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$ 模型による実験法の検討)

東大教授

工博 坪 井 善 勝

横浜国大

工学部

助教授

工博 末 永 保 美

1. は し が き

本研究は住宅公団の現在の壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造4階建を5階建にする試作の設計図に基き、実施設計の検討をあわせて、この種壁式プレキャスト構法の一般的な問題を研究解明する一段階である。特にこれら総括的研究の一部として中小型構面実験による相似則究明の可能性、および層数の相違による影響の検討を行なったものである。

2. 実験計画

試験体は縮尺模型の相似則の検討を行なうべく縮尺 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$ とし、層数も水平せん断力のもっとも多い1階部と2階部をとり出し2層とした。1部縮尺 $\frac{1}{5}$ のものは5層の試験体を計画した。

3. 試験体形状および大きさ

試験体形状は日本住宅公団が設計を行なった「65-4N-2DK-PC型」4階建アパートの桁方向のA, B, C構面のうち、B構面(中構面)について1, 2階部分を縮尺 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$ に縮小した試験体である(第1図)。また、 $\frac{1}{5}$ 縮尺模型では前記2層の他に5層の試験体

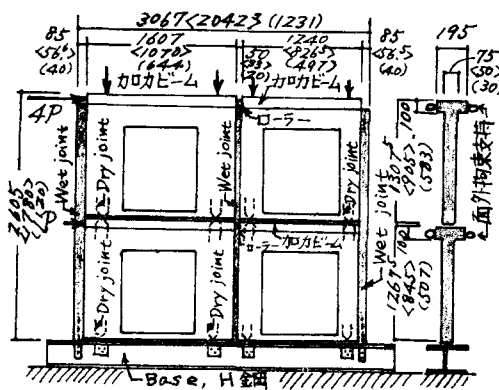


図-1 2層試験体形状寸法

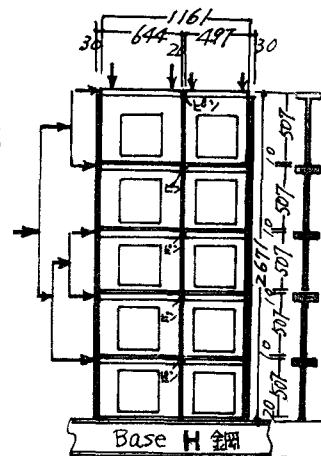
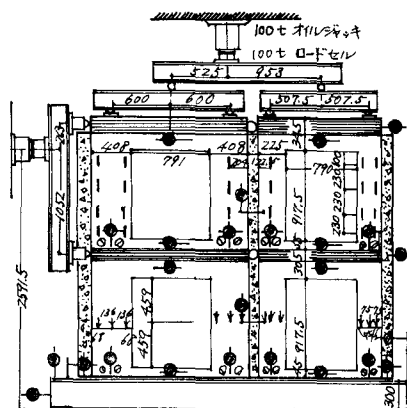


図-2 5層試験体形状寸法

試験体名	鉄筋の機械的性質				シロンダー 圧縮強度	
	呼び径 mm	断面積 cm ²	降伏点 Kg/cm ²	強度 Kg/cm ²	取用 Kg/cm ²	ジョイント用 Kg/cm ²
WF Dry	9φ 8.75	0.60	3285	4940	263	332
122 Wet	8φ 7.75	0.474	3160	3705		
WF Dry	6φ 5.76	0.260	3975	4325	290	360
232 Wet	6# 4.75	0.1785	4920	5240		
WF Dry	10# 295	0.0695	(4540)	4735	355	298
352 Wet	12# 2575	0.051	6520	6960		
WF Dry	10# 296	0.0689	-	4610	307	173
455 Wet	12# 24	0.0452	3170	4490		
WF Dry	10# 3.26	0.111	(2750)	4405	300	181
555 Wet	6φ 5.725	0.257	5880	6340		

第 1 表



☒ - 3

荷重	試験体の種別		
	1/2	1/3	1/5
鉛直荷重(t)	1.24	5.5	2.0
水平荷重(t)	2.67	1.2	0.43

第 2 表

筋コンクリート臥ばりを取付けて水平荷重がプレキャスト壁全体に伝達するようにした。なお、この臥ばりはプレキャスト壁板接合部の相対変位を可能ならしめるように構面中央部 Wet Joint 部分でローラ節点で接続させた。

構面基礎ばりおよび基礎部分については完全剛体と考え1階接合部はコンクリート基礎の代りにH型鋼ビーム基礎としてこれに接合した。

試験体の配筋は幾何学的相似則にしたがい、また骨材についてもある程度考慮し、 $1/2$ 、 $1/3$ 模型は豆砂利コンクリート、 $1/5$ 模型はモルタルとした。

各パネル Dry Joint（パネル上下接合部および基礎への接合部）はアンカー鉄筋に溶接した鉄板を互いに現場溶接する方法を簡易化して1枚の鉄板に相互のアンカー鉄筋を溶接する方法を採用し、上下パネル空間にモルタル充填を行なった。

Wet Joint は各縮尺にあわせて縦鉄筋を、また、コッター部分には鉄筋1本を通してモルタル充填を行なった。

4. 試験体の製作および養生方法

各試験体の製作は Wet Joint を除き一体打ちとして行なった。したがって Dry Joint の金具および Wet Joint の鉄筋は所定の位置に配筋した状態で鉛直 Joint 部と水平 Joint

部分を除き、はじめに構面壁と加力ビーム部分のコンクリート打ちを横打ちにして行なった。

鉛直および水平 Joint部は1日蒸気養生後、横打ち状態にてモルタル充填を行なった。

使用した骨材は $1/2$ および $1/3$ 試験体は 10 mm 以下の豆砂利、 $1/5$ 試験体は 5 mm 以下の砂である。

5. 材料の性質

試験体コンクリート強度および鉄筋の機械的性質については第1表に一覧する。

6. 加力方法

加力は始め1階壁脚の鉛直圧縮応力度が設計値の鉛直応力度に等しくなるように鉛直荷重を各壁頂の中心に与えてから、水平荷重を各構面とも2, 3階床面に2点加力で行なった。なお、鉛直加力点にはローラを設置して水平荷重による試験体の頂部移動を可能にした(第3図)。縮尺 $1/5$, 5層試験体の水平加力は各階床面に5点载荷を行なった。

各試験体の設計用鉛直荷重および水平荷重は第2表に示した。

次に各試験体の構面外の移動防止は第1図および写真に示すように、構面の両側面よりローラ支持を行なった。

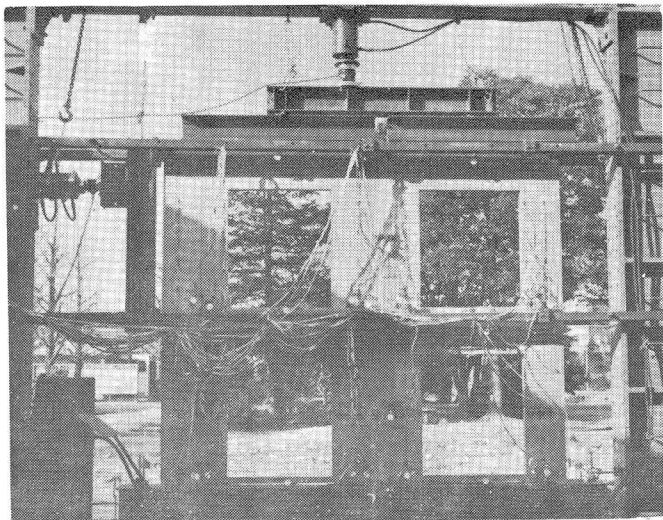


写真 1

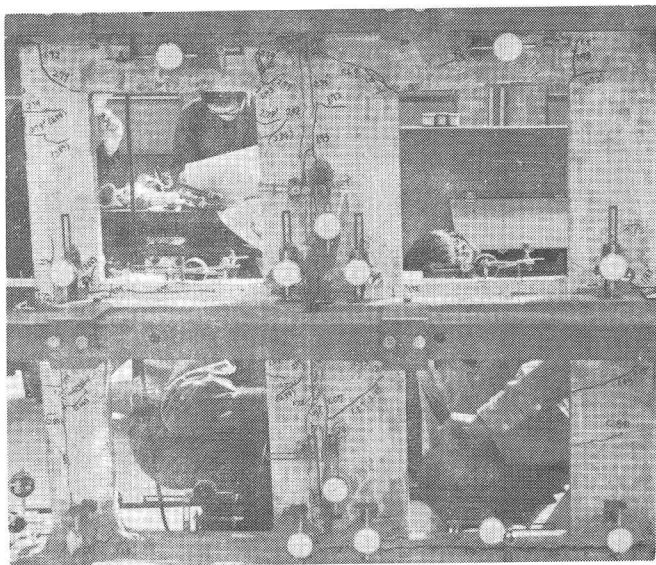


写真 2

7. 測定方法および装置

測定は Dial Gage により、(1) 基礎より上端および各階床位置水平変位、(2) 各プレキャスト壁板上下端の水平変位、(3) Dry Joint 部の水平および鉛直変位、(4) Wet Joint 部の鉛直目地の鉛直ずれおよび Dry Joint 部の水平目地の水平変位、(5) 試験体全体の回転変形等を測定した。

Wire Strain Gage による測定は(1) 一層壁中央部のせん断歪分布、(2) 二層壁の曲げモーメント分布、(3) Wet および Dry Joint 鉄筋の垂直歪度分布等の測定をした。

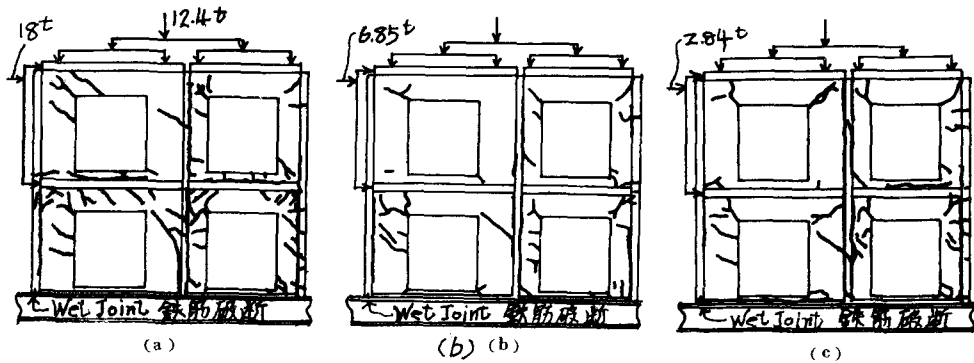


図 - 4

8. 実験結果および考察

8.1 ひびわれおよび破壊状況

8.1.1 ひびわれ状況

2層模型試験体のひびわれ状況は第4図に示した。また、5層試験体は第5図に示した。

各試験体とも設計水平荷重時においてはひびわれ発生現象は認められなかった。初期ひびわれは早いものでも荷重階2で発生し、これらのひびわれは開口部隅角部分に発見された。また縮尺 1/2, 1/3 試験体では1階の真中 Wet Joint 部にも鉛直 Joint に沿って発生した

縮尺 1/5 試験体は鉛直 Joint 部の鉛直ひびわれ発生は多少おくれ、特に2層および5層の試験体は荷重階3～4で発生した。

その後、各試験体 Wet Joint 部の鉛直ひびわれは除々に伸展し、2階部分にも発生する。さらに荷重を増すと2層および5層試験体では荷重階4～5の範囲で1階真中の壁にせん断亀裂が発生する。

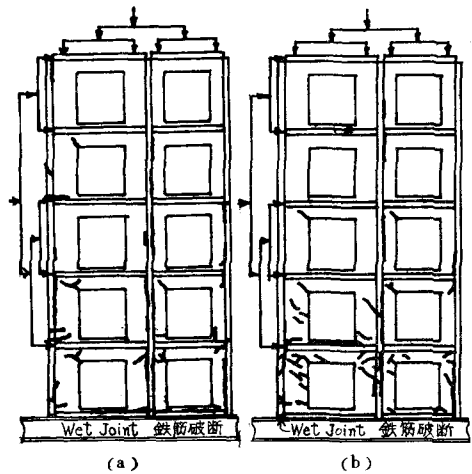


図 - 5

試験体名	Scale	層数	2771+2321 2層試験体			初期き裂発生荷重		せん断き裂発生荷重		終局耐力	
			Fe (%)	$\Sigma A (cm^2)$	$\Sigma A \cdot Fe$	$Q (ton)$	$R = \frac{Q}{\Sigma A \cdot Fe}$	$Q (ton)$	$R = \frac{Q}{\Sigma A \cdot Fe}$	$Q_u (ton)$	$Q_u / \Sigma A \cdot Fe$
KPCWF122	1/2	2	MR 263	949.5	249.7	5.34	0.0214	12.0	0.0481	18.0	6.74
KPCWF232	1/3	2	MR 290	424.0	123.0	1.20	0.0098	5.1	0.0415	6.85	5.71
KPCWF352	1/5	2	MR 355	151.8	53.9	0.64	0.0119	1.5	0.0278	2.84	6.60
KPCWF455	1/5	5	MR 307	151.8	46.6	0.55	0.0118			1.79	4.16
KPCWF555	1/5	5	MR 300	151.8	45.5	1.40	0.0308	2.36	0.0519	2.53	5.88
丸太実験 (R=107)	2/3	2	290	2900	489.5	14.00	0.0286	18.00	0.0368	18.00	4.00

第 3 表

8.1.2. 破壊状況

各試験体は第 4, 5 図に示す如くせん断き裂の伸展および圧縮側コンクリートの局部破壊（圧壊）にかかわらず最終耐力はどの試験体も引張側 Wet 鉄筋の破断が要因となって決まる。その後は荷重の増大はほとんどなく変形のみが進行，剛性および耐力の低下となる。

8.2. 初き裂荷重および最終耐力

各試験体について初き裂荷重およびせん断き裂荷重，最終荷重とコンクリート強度の関係を第 3 表に示す。

せん断き裂発生時の平均せん断応力とコンクリート強度の比 R_s を 2 層試験体について比較すると第 6 図のようになる。2/3 模型一点加力の場合を除いて Scale とともに漸減の傾向を示している。

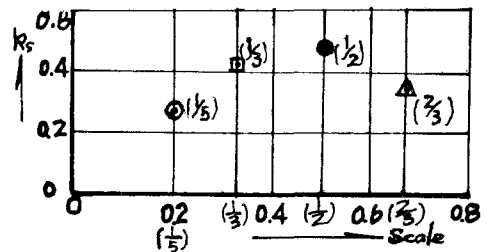


図 6

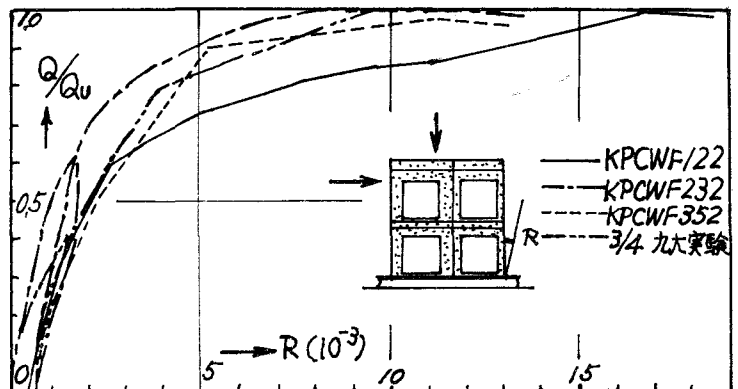


図 7

また，2 層と 5 層の試験体では初期き裂発生荷重時の R にほとんど相違が見られない。

8.3. Scale effect について

8.3. 2 層試験体変形角について

2層試験体の1層の変形角と荷重比の関係を第7図に示す。各試験体とも変形の性状はやや相似していると見られる。特に最終回加力の初期から荷重比0.5附近まではかなりよい一致を呈している。

8.3.2. 1層パネルせん断変形角について
2層試験体の1層パ

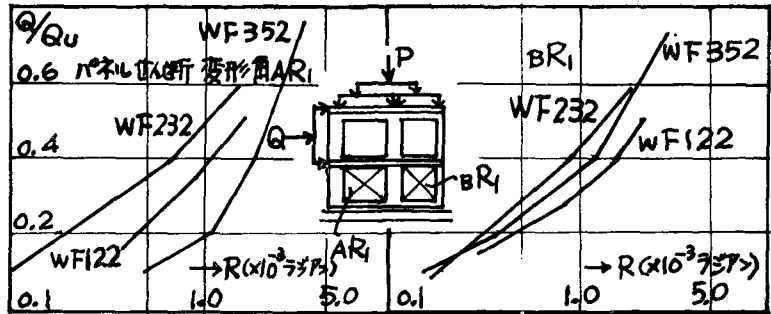
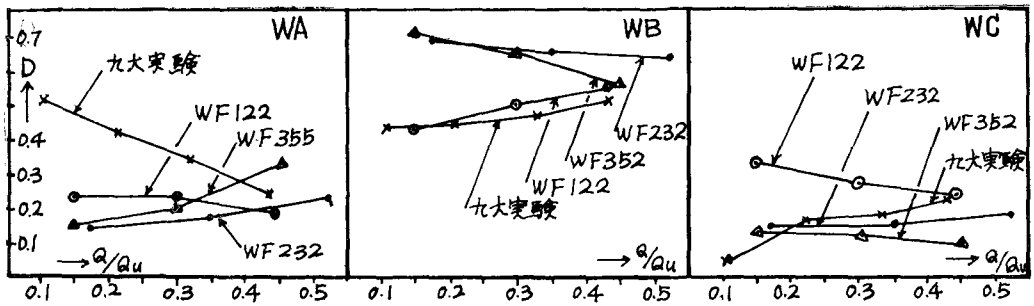


図 8



第 9 図

ネルせん断変形角 AR_1 , BR_1 について第 8 図に示す。 AR_1 の変形角では $WF352$ が変形角の大きさの点で不一致であるが、 BR_1 では $Q/Qu = 0.6$ の範囲では比較的よい一致を示している。しかし各試験体とも比較的相似の傾向であるが完全な模型実験としての相似則を得ることができない。

8.3.3. 各壁のせん断力分担率について

WA 壁の分担率は $WF122$, 232 , 352 とも傾向、値とも比較的よく一致しているが、 $2/3$

試験体名	設計荷重 (Ton)	Wei 鉄筋降伏時 荷重 (Q ₀₁)	Wei 鉄筋降伏時 荷重比 (Q ₀₁ /Q _u)	Wei 鉄筋破断時 荷重 (Q _u)	Wei 鉄筋破断時 荷重比 (Q _u /Q ₀₁)		
KPCWF122	2.67	9.34	3.5	0.52	14.0	5.2	0.78
KPCWF232	1.20	4.8	4.0	0.7	6.85	5.7	1.00
KPCWF352	0.43	1.28	3.0	0.45	1.72	4.0	0.61
KPCWF455	0.43	0.95	2.2	0.53	1.79	4.2	1.00
KPCWF555	0.43	1.93	4.5	0.76	2.53	5.9	1.00

第 4 表

模型試験体九大実験の場合は3者に比べ異なり、WB壁ではWF 122と2/3 模型試験体のものがよく一致している。また、WC壁ではWF 122のみが他の3者と異なった傾向にある。

8.3.4 WetおよびDry Jointの挙動について(第4表)

Jointの挙動はWet Jointが降伏する以前ではScaleによる差はほとんど見られない。また、降伏後流れによるDry Jointへの影響はScaleが小さいほど著しい。しかし、Wet Joineの破断時期および最終耐力に至るまでの間ではWetおよびDry Joineの挙動、コンクリートのボンダ破壊の状況は試験体によって異なる点が多く、この点に対してはScaleの違いによる影響を観察することはできなかった。

8.4 2層および5層試験体実験における相違

第10図は荷重比 Q/Q_u —変形角 R の関係を示す。第1回、第2回加力時の荷重比 $Q/Q_u < 0.4$ 以下では剛性の差はほとんど見られない。また、第1回加力による残留変形は3者ともほぼ一致し、 $Q/Q_u - R$ 図にもほとんど差が見られない。しかし、5層試験体はWet 鉄筋破断後急激に耐力が低下する傾向を示すが、2層試験体にはこのような現象は見られない。

次にWet およびDry Jointの挙動は、2層と5層試験体では水平力による曲げモーメントの違いにより、2層と5層試験体でDry Jointの応力の分担状況が異なる。1層壁脚と基礎との接合Dry Jointの挙動は2層試験体ではWet 鉄筋破断まで左右の鉄筋のひずみ状況がそれぞれ圧縮、引張に向うが5層試験体では荷重の初期の段階から左右の鉄筋がともに引張方向に向っていく、したがって、2層と5層試験体のDry Jointの挙動は全く異なった測定値を得ることになる。

1層壁のせん断変形角については第11図に示す。最終回加力時の2層と5層試験体の比較を行なったが2層試験体と5層試験体WF555とは非常によく対応していることがわかる。WF555試験体はWet 鉄筋を補強したものであるがせん断力分布の状況も2層試験体とかなりよく類似した

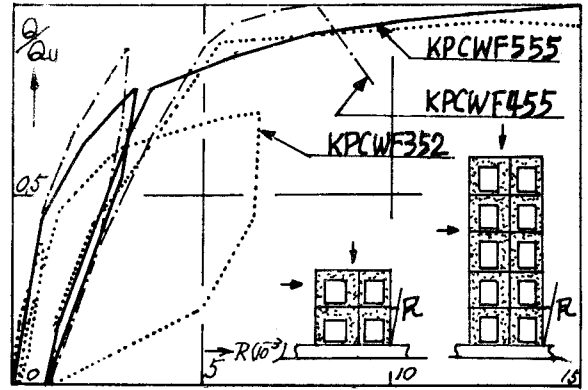


図 10

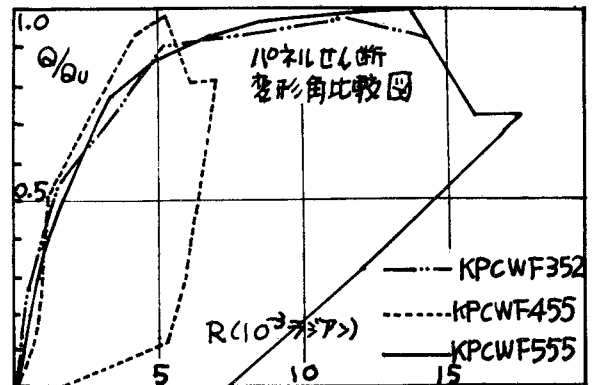


図 11

分布となっており、すなわちこのことは2層試験体による実験に曲げ補強を施した実験となることを示している。

9. む す び

9.1. Scale effect について

Scale effect を変形の面から見た場合には一定の荷重の範囲内では Scale の幾何学的相似に対応するが、一般的にはその状況は異なる。コンクリート、鉄筋等の応力面から見るとせん断ひずみ分布では(コンクリートのひずみ測定の精度、信頼性の問題も含むが) Scale effect の考察に対する方針が見出できない。鉄筋については Wet 鉄筋が弾性域から塑性域に向う間の他の鉄筋(Dry Joint)の応力や試験体の変形に対する影響の現われ方にある関係が存在すると思われるが今回の実験では定量的なことがらはほとんどつかめず定性的にもかなりあいまいな点を点を残しており、ただ、この種の実験研究によって Scale effect に対する研究が可能か否かが若干判明したに過ぎない。したがって、前述の鉄筋の応力歪状態の他の部分の応力、変形に対する影響および鉄筋とコンクリートのボンドと相似則等の問題を中心として今後の研究方針を考慮する必要がある。また、試験体の大きさとしては試験体の製作、実験中の取り扱い、実験装置の点等から考えてこのシリーズの実験では1/3 程度の試験体が適当であると思われるので今後の実験はこの程度の縮尺の試験体を中心に行なうのがよいと思われる。

9.2. 層数の相違による影響について

2層と5層実験による相違はすべて曲げによる相違と考えることができ、幾何学的相似のままで2層実験を行なうと曲げモーメントが小さいため曲げ補強した意味があり、5層実験の状況を再現するには2層実験では曲げによる影響を大きくするために曲げ強度を曲げのみによる鉄筋の応力状態が同程度になるまで小さくしなければならないと思われる。しかしこの種構法に対する実験のみに限って見ても曲げによる応力を Wet 鉄筋のみについて考慮すればよいか、Dry Joint まで含めるべきかが問題となるが、後者の場合はせん断応力への影響もあるのでその変換は非常に困難であろう。

参 考 文 献 : 省 略