

PCa・PC 耐震壁の簡略最大強度式とその解析精度

ドーピー建設工業(株)技術部 正会員 ○鳥屋 隆志
 工学院大学 兼平 雄吉
 工学院大学建築都市デザイン学科 小野恵一
 正会員 望月 洵

1. はじめに

筆者らは、プレキャスト・プレストレストコンクリート (以後、PCa・PC という) 構造の耐震要素として、PCa・PC のフレームに PCa のパネルを組み込んだ PCa・PC 耐震壁を提案し、その破壊性状を捉えるための実験を実施してきた^{1), 2)}。また、筆者らは RC 耐震壁の最大強度を評価するための簡略最大強度式を提案し、これが 500 体余の RC 耐震壁の最大強度をよく評価できることを示した³⁾。PCa・PC 耐震壁と RC 耐震壁の破壊性状の基本的な相違は次の点にある。

- ① PCa・PC 耐震壁のパネルとフレームとの接合部に滑りが生じる。
- ② PCa・PC 耐震壁の圧縮側柱に滑りが生じる。この圧縮側柱の滑りが PCa・PC 耐震壁の最大強度を限界づける要因の一つとなる。

本研究は、RC 耐震壁の簡略最大強度式が基礎としたマクロモデルに、上にあげた基本的な相違点①、②を導入し、PCa・PC 耐震壁の簡略最大強度式を構築すること、およびこれを 52 体の PCa・PC 耐震壁に適用して、その解析精度を検討することを目的としている。

2. PCa・PC 耐震壁と接合の方法

図-1 は PCa・PC 耐震壁の試験体の例である。PCa・PC 耐震壁は両側柱、上下梁、およびパネルから構成される。両側柱は、せん断破壊が生じないように十分に補強、補剛された断面をもっている。上下梁は、連層耐震壁の基層または中間層の耐震壁、および剛強な上下梁をもつ単層耐震壁を模して、破壊が生じないように補強、補剛された断面をもっている。パネルは、単一または分割された PCa パネルである。パネルと上下梁との接合部は、共通して接合面が平滑で、目地に無収縮モルタルが注入される。これを補強、補剛するために、(1) PC 鋼棒による接合、(2) ホゾによる接合、(3) 接合筋による接合、(4) コッターによる接合、および (5) 鋼板溶接による接合が併用される。図-2 にその例を示す。分割されたパネルの鉛直接合は、コッターと水平接合筋または鋼板溶接による接合が用いられ、目地には無収

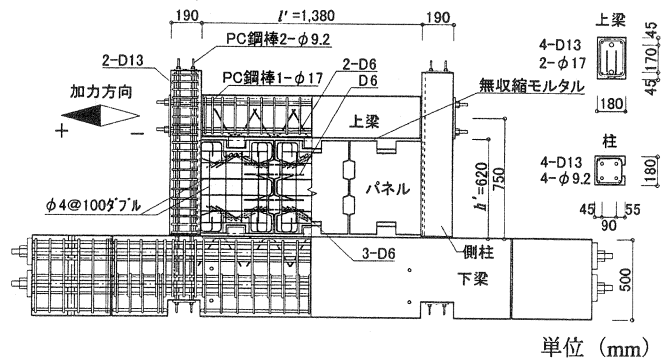
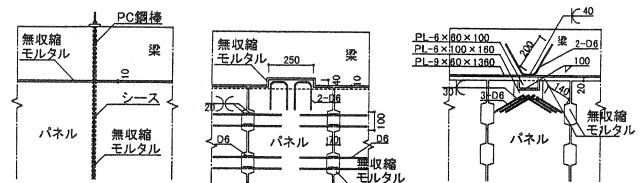


図-1 PCa・PC 耐震壁の試験体(98PCWW-1)



(a)PC 鋼棒

(b)コッター

(c)鋼板溶接

図-2 水平接合の例

縮モルタルが圧入される。パネルと柱との鉛直接合部は、施工性を考慮して平滑またはザグリをもつ形状である。後者の場合、パネルは板厚に応じて柱に10~50mm程度組み込まれる。いずれの場合も、原則として水平接合筋は用いないが目地には無収縮モルタルが圧入される。柱脚の接合部は、平滑な目地のままか、または下梁に根入れされる。いずれの場合も目地に無収縮モルタルを圧入した後にPC鋼棒で圧着接合される。

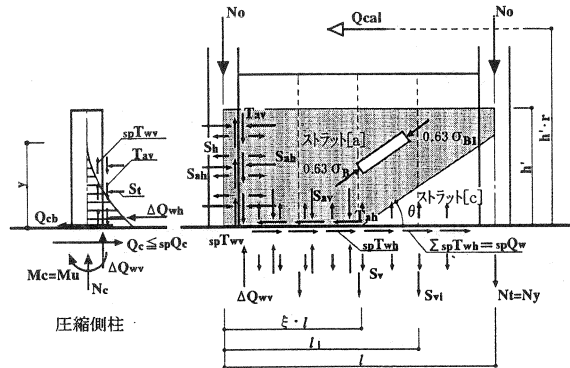
3. PCa・PC 耐震壁の簡略最大強度式

3.1 マクロモデルの設定と応力状態の仮定

ここでは、PCa・PC耐震壁の破壊性状に基づき、最大強度時のマクロモデルを設定し、その応力状態を仮定する。マクロモデルは、図-3に示すように、上下梁、両側柱、傾斜角 θ をもつ圧縮ストラット[a], [c], 縦横補強筋、および接合部より構成される。上下梁を剛強としているのは、上下層のパネルの拘束効果または基礎梁が剛強であることを考慮したものである。圧縮ストラットは、斜めひびわれが十分伸展して1軸応力状態になったパネルを表したものである。圧縮ストラットの傾斜角は未知量であるため、RC耐震壁について得られた式³⁾から求める。

最大強度は、静的許容応力場につりあう荷重が真なる最大強度より大きくないとする極限解析法の下界定理に基づいて、力のつりあい条件だけから求められる。本研究の簡略最大強度式は、側柱下端、圧縮ストラット、および縦横補強筋の応力が降伏条件および接合部の滑り強度を超えないとする制約条件を考慮した、最も簡単な静的許容応力場に基づいている。マクロモデルの構成部材は、最大強度時において次の応力状態にあると仮定される。

- 1) 上下梁は剛強で、破壊しない。
 - 2) 圧縮側柱は下端で曲げ降伏し、圧縮側柱下端のせん断力は滑り強度より大きくない。
 - 3) 引張側柱は脚部で引張降伏している。このため、引張側柱下端に曲げモーメントとせん断力は生じない。
 - 4) 柱のせん断破壊は生じない。
 - 5) 圧縮ストラット[a]は有効圧縮強度 $0.63\sigma_{B1}$ で降伏している。圧縮ストラット[c]は交差する引張側柱脚部の引張降伏のために、力のつりあいが形成できず、抵抗力が消失した状態にある。
 - 6) 水平接合部に働く圧縮ストラットのせん断力の総和 Q_w と水平接合部の滑り強度 spQ_w との差 ΔQ_{wh} は圧縮側柱に伝わる。
 - 7) 鉛直接合部に働く圧縮ストラットのせん断力 T_{av} と鉛直接合部の滑り強度 spT_{wv} との差は、下梁に伝わる。
 - 8) パネルの縦横補強筋、接合筋、PC鋼棒、および鋼板接合の定着筋は引張降伏している。
- 以上の応力状態の仮定は、滑り強度を考慮している点を除けば、RC耐震壁のマクロモデルでの仮定と基



【記号】

Qcal : 最大強度 (せん断力), **No** : 定軸力, **h'·r** : 曲げモーメント分布の反曲点高さ, **l** : 柱中心間距離, **ε** : 圧縮ストラットの水平有効係数, **σ_{B1}** : パネルのコンクリートの圧縮強度, **Qcb** : 水平接合部に滑りが生じる前の圧縮側柱下端のせん断力, **Qc** : 水平接合部に滑りが生じた後の圧縮側柱下端の全せん断力, **Nc**, **Mc** : 圧縮側柱下端の軸力および曲げモーメント, **Nt** : 引張側柱下端の軸力, **Ny** : 側柱下端の引張降伏強度, **Tah**, **Tav** : 水平および鉛直接合部に働く圧縮ストラットのせん断力, **Sah**, **Sav** : 鉛直および水平接合部に働く圧縮ストラットの圧縮力, **Sv**, **Sh** : 鉛直および水平接合筋の平均化降伏強度, **Svi** : PC鋼棒の降伏強度, **spQc** : 圧縮側柱下端の滑り強度, **spTvw** : 鉛直接合部の滑り強度, **spTwh** : 水平接合部の滑り強度, **spQw** : 水平接合部の滑り強度の総和 ($\Sigma spTwh$), **ΔQ_{vw}** : $\Sigma(Tav-spTvw)$, **ΔQ_{wh}** : Q_w-spQ_w

図-3 PCa・PC耐震壁のマクロモデル

本的に同じである。

3.2 滑り強度

各接合部の滑り強度として、次の諸式を採用する。

- (1) 圧縮側柱下端接合部の滑り強度

$$spQc = 0.6\{Nc + (1 + \alpha)Ny / 2\} + 0.4Ny / 2 + b \cdot ho \cdot \sigma_{B2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 Nc : 圧縮側柱下端の軸力、 b : 柱の幅、 ho : 根入れ深さ、 σ_{B2} : 目地モルタルの圧縮強度、 Ny : 側柱下端の引張降伏強度、 α : Ny に対する PC 鋼棒の全有効圧着力 ($=0.85Np$, Np : 全導入圧着力) の比。式 (1) の第 1 項が平滑目地の摩擦抵抗、第 2 項が PC 鋼棒の dowel 作用によるせん断抵抗、および第 3 項が根入れによる受圧抵抗を表しており、圧縮側柱下端の滑り強度はこれらの累加とする。ただし、シースにグラウトしない場合、第 2 項は省略される。

- (2) パネル接合部の滑り強度⁴⁾

- 1) 鉛直接合部

平滑目地 $spTv1 = 0.7Sah \quad \dots\dots\dots (2)$, 水平接合筋 $spTv2 = 0.7Sh \quad \dots\dots\dots (3)$

- 2) 水平接合部

平滑目地 $\Sigma spTh1 = 0.7Sav \cdot \xi \cdot \ell \quad \dots\dots\dots (4)$, PC 鋼棒 $\Sigma spTh2 = \Sigma 0.7Svi \quad \dots\dots\dots (5)$

ホゾ筋 $\Sigma spTh3 = \Sigma 0.7Svj \quad \dots\dots\dots (6)$, 鉛直接合筋 $\Sigma spTh4 = 0.7Sv \cdot \xi \cdot \ell \quad \dots\dots\dots (7)$

コッター $\Sigma spTh5 = 0.1 \Sigma Asc \cdot \sigma_{B3} + \Sigma As \cdot \sigma_{y2} \quad \dots\dots\dots (8)$

鋼板接合 $\Sigma spTh6 = \Sigma Qs \quad \dots\dots\dots (9)$

ここで、 $spTv1$: 鉛直接合部の平滑目地の摩擦抵抗に基づく滑り強度、 $spTv2$: 水平接合筋の dowel 作用に基づく滑り強度、 $\Sigma spTh1$: 水平接合部の平滑目地の摩擦抵抗に基づく滑り強度の総和、 $\Sigma spTh2$: PC 鋼棒の dowel 作用に基づく滑り強度の総和、 $\Sigma spTh3$: ホゾ筋の dowel 作用に基づく滑り強度の総和、 $\Sigma spTh4$: 鉛直接合筋の dowel 作用に基づく滑り強度の総和、 $\Sigma spTh5$: コッターのせん断抵抗に基づく滑り強度の総和、 $\Sigma spTh6$: 鋼板接合のせん断抵抗に基づく滑り強度の総和、 Sah および Sav : 圧縮ストラット[a]から鉛直接合部および水平接合部に働く圧縮力、 Sh : 水平接合筋の平均化降伏強度、 ξ : 圧縮ストラット[a]の水平有効幅係数、 ℓ : 柱の中心間距離、 Svi : PC 鋼棒の降伏強度、 Svj : ホゾ筋の降伏強度、 Sv : 鉛直接合筋の平均化降伏強度、 ΣAsc : コッターの水平断面積の総和、 ΣAs : コッターの上下方向補強筋の断面積の総和、 σ_{B3} : コッターのコンクリートの圧縮強度、 σ_{y2} : コッターの補強筋の降伏強度、 Qs : 鋼板接合の滑り強度である。

PCa パネルの接合部の滑り強度については、その接合方法に応じて多くの提案がなされている。ここでは、日本建築学会編「プレキャスト鉄筋コンクリート構造の設計と施工⁴⁾」に規定されている設計強度式を準用している。複数の接合方法が併用される場合は、その滑り強度は累加強度で表されるとする。これから鉛直接合部および水平接合部の滑り強度は、それぞれ式 (10) および (11) で表される。

$$spTv = spTv1 + spTv2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$spQw = \Sigma spTh1 + \Sigma spTh2 + \Sigma spTh3 + \Sigma spTh4 + \Sigma spTh5 + \Sigma spTh6 \quad \dots\dots\dots (11)$$

ここで、 $spTv$ は平滑目地と水平接合筋を併用した鉛直接合部の滑り強度で、鉛直接合部に沿う単位長さあたりの値である。 $spQw$ は水平接合部の滑り強度で、平滑目地と鉛直接合筋の場合を除いて、和をとる水平接合部の範囲をパネルの辺長とする。これは、圧縮ストラット[c]が形成された場合でも、これらの接合はパネルの辺長の全域で滑り抵抗を保持していると、実験で観察されたことに基づいている。

3.3 簡略最大強度式

図-3において、マクロモデルの反曲点高さに作用するせん断力 $Qcal$ と常時荷重による柱の定軸力 No を、上梁中央下端に働く力 M , N , および $Qcal$ として移すと、これらの間に次の関係が成り立つ。

$$\left. \begin{aligned}
 N &= 2N_0 \\
 M &= (1-r)h'Q_{cal} \\
 Q_{cal} &= Q_w + Q_{cb} \\
 Q_w &= Tah \cdot \xi \cdot \ell \\
 Tah &= 0.63\sigma_{B1} \cdot t \cdot \cos\theta \cdot \sin\theta
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

$$\left. \begin{aligned}
 Q_w &= Tah \cdot \xi \cdot \ell \\
 Tah &= 0.63\sigma_{B1} \cdot t \cdot \cos\theta \cdot \sin\theta
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

Q_{cal} を求める式 (12), (13) の未知量は, 圧縮ストラット[a]の水平有効幅係数 ξ と圧縮側柱下端のせん断力 Q_{cb} である。 ξ は, 図-3 で設定したマクロモデルの応力状態を用いて, 圧縮側柱下端まわりのモーメントのつりあいから求められる。また Q_{cb} は, 圧縮側柱を圧縮ストラット[a]からの Sah と水平接合筋の平均化引張力 Sh の差 $St=Sah-Sh$ をうけて, 圧縮側柱下端が曲げ降伏している片持柱と扱うことで求められる。このとき, 曲げ降伏強度算定に必要な圧縮側柱下端の軸力は, マクロモデルの引張側柱下端まわりのモーメントまたはマクロモデルの上下方向のつりあいから算定される。これらから, 簡略最大強度式は表-1 のようにまとめられる。

表-1 PCa・PC 耐震壁の簡略最大強度式

$Q_{cal} = Q_w + Q_{cb}$	$Tah = Tav = 0.63 \sigma_{B1} \cdot t \cdot \cos\theta \cdot \sin\theta$
$Q_w = Tah \cdot \xi \cdot \ell$	$Sah = 0.63 \sigma_{B1} \cdot t \cdot \sin\theta \cdot \sin\theta$
$\xi = \eta \left(\frac{Tah}{Sav} \right) + \sqrt{\eta^2 \left(\frac{Tah}{Sav} \right)^2 + x}$ (14)	$Sav = 0.63 \sigma_{B1} \cdot t \cdot \cos\theta \cdot \cos\theta$
ここで, $\eta = -\frac{r \cdot h'}{\ell}$,	θ : 圧縮ストラットの傾斜角
$x = \frac{2}{Sav \cdot \ell} \left[\left(\eta - \frac{(Tav - spT_{wv})D}{2St \cdot \ell} \right) \sqrt{Ny \cdot D \cdot St} + N_0 + Ny \left(1 + \frac{D}{2\ell} \right) + \frac{Sv \cdot \ell}{2} + \frac{\sum Svi \cdot li}{\ell} \right]$ (15)	ξ : 圧縮ストラットの水平有効幅係数
ただし, $\xi > 1.0$ のとき, $\xi = 1.0$ とする。	$St = Sah - Sh$,
$Q_{cb} = \sqrt{2Mc \cdot St}$ (16)	Sh : 水平接合筋の平均化引張強度
$Mc = Mu(Nc)$ (17)	$r \cdot h'$: 曲げモーメント分布の反曲点高さ
$Nc = 2N_0 + Ny - Sav \cdot \xi \cdot \ell + Sv \cdot \ell + \sum Svi - \frac{(Tav - spT_{wv})}{St} \sqrt{Ny \cdot D \cdot St}$ (18)	Sv : 鉛直接合筋の平均化引張強度
	Svi : PC鋼棒の降伏強度
	spT_{wh} : 水平接合部の滑り強度
	spT_{wv} : 鉛直接合部の滑り強度
	Mu : 圧縮側柱下端の曲げ降伏強度 ⁵⁾
	Nc : 圧縮側柱下端の軸力
	Ny : 側柱下端の引張降伏強度

3.4 制約条件

圧縮側柱下端および圧縮ストラットの水平接合部に働くせん断力が, 滑り強度を超えないとする制約条件は次のように表される。

$$Q_c \leq spQ_c, \quad Q_w \leq spQ_w + \Delta Q_{wh} \quad \dots\dots\dots (19-a, b)$$

Q_w と spQ_w の差である ΔQ_{wh} は, 3.1 の応力状態の仮定により圧縮側柱下端に伝わる。これから式 (19-a) は次のようになる。

$$Q_c = \Delta Q_{wh} + Q_{cb} \leq spQ_c \quad \dots\dots\dots (20)$$

表-1 の簡略最大強度式には, 式 (19) と (20) の制約条件が適用されていない。圧縮側柱下端および圧縮ストラットの水平接合部に働くせん断力と滑り強度の大小関係は次の4つのCaseにわけることができ, Caseに応じて, 制約条件を満たす最大強度は式 (21) のように決まる。

$$\left. \begin{aligned}
 \text{Case1} : Q_w \leq spQ_w \cap Q_c = Q_{cb} \leq spQ_c &\rightarrow Q_{cal} = Q_w + Q_{cb} \\
 \text{Case2} : Q_w > spQ_w \cap Q_c = Q_{cb} + \Delta Q_{wh} \leq spQ_c &\rightarrow Q_{cal} = spQ_w + Q_{cb} + \Delta Q_{wh} = Q_w + Q_{cb} \\
 \text{Case3} : Q_w \leq spQ_w \cap Q_c = Q_{cb} > spQ_c &\rightarrow Q_{cal} = Q_w + spQ_c \\
 \text{Case4} : Q_w > spQ_w \cap Q_c = Q_{cb} + \Delta Q_{wh} > spQ_c &\rightarrow Q_{cal} = spQ_w + spQ_c
 \end{aligned} \right\} \dots(21)$$

Case1 は圧縮側柱，圧縮ストラットのせん断力がともに滑り強度を超えない場合で，Case2 は圧縮ストラットのせん断力が滑り強度を超えているが，圧縮側柱が十分な拘束を与えている場合である。Case3 は圧縮ストラットのせん断力が滑り強度を超えていないが，圧縮側柱のせん断力が滑り強度を超えている場合で，Case4 は圧縮ストラットと圧縮側柱のせん断力がともに滑り強度を超えている場合である。Case3 と Case4 では，PCa・PC 耐震壁の最大強度を， Q_w と spQ_w

のうちの小さい値と Q_c と spQ_c のうちの小さい値の和として定義することで，制約条件を成立させている。

3.5 解の修正

式(21)の Case1 と Case2 の応力状態はつりあい条件と制約条件を満たしており，仮定された静的許容応力場に相応した解である。一方，Case3 と Case4 の応力状態は強制的に制約条件を満たすようにしたため，逆につりあい条件が乱されている。一般的に，つりあい条件を満たす PCa・PC 耐震壁の応力状態が制約条件を満たさないのは，主に引張側柱脚部の引張降伏の仮定，圧縮ストラットの傾斜角の設定，およびコンクリートの有効圧縮強度の設定などが適切でないことに起因している。このうち，後二者は実験に基づいている。引張側柱脚部の引張降伏の仮定は，柱の PC 鋼棒の主筋比が大きい場合， Q_w と Q_{cb} を大きめに評価し，制約条件が乱される要因となる。このため，制約条件 $Q_c \leq spQ_c$ を満たすための修正方法として，引張側柱下端の引張軸力を N_y ， $0.9N_y$ ， $0.8N_y$ と段階的に減じ，制約条件が成り立つまで表-1 の計算を繰り返す方法が適切といえる。このとき，引張側柱下端に生じるせん断力は省略されるが，その応力状態はつりあい条件と制約条件をともに満たしたものになる。

4. 最大強度の解析

4.1 解析の対象とした試験体

解析の対象とした表-2 の PCa・PC 耐震壁の試験体は，筆者らが実験した 52 体で

表-2 解析結果

No	試験体名	Q _{exp} (kN)		Q _{cal} (kN)	Q _{exp} / Q _{cal}		鉛直接合の方法	水平接合の方法	文献
		+	-		+	-			
1	PCWA-1	503	-	574	0.88	-	T _{v1} , T _{v2}	T _{h1} , T _{h2}	6)
2	PCWA-2	522	-	554	0.94	-	T _{v1} , T _{v2}	T _{h1} , T _{h2}	
3	PCWB-1	734	-	696	1.05	-	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
4	PCWB-2	683	-	696	0.98	-	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	7)
5	PCWC-1	683	-	686	1.00	-	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
6	PCWC-2	709	-	688	1.03	-	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
7	92PCWB-1	561	590	698	0.80	0.85	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	8)
8	92PCWB-2	580	584	691	0.84	0.84	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
9	92PCWC-1	522	610	714	0.73	0.85	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
10	92PCWC-2	558	582	710	0.79	0.82	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	9)
11	93PCWA-1	454	474	470	0.97	1.01	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
12	93PCWA-2	496	499	470	1.06	1.06	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
13	93PCWA-3	560	565	629	0.89	0.90	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	10)
14	93PCWA-4	539	510	630	0.86	0.81	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
15	93PCWA-5	-	672	756	-	0.89	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
16	93PCWB-1	266	281	267	1.00	1.06	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	11)
17	93PCWB-2	255	281	267	0.95	1.05	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
18	93PCWB-3	329	342	355	0.93	0.97	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
19	93PCWB-4	344	358	354	0.97	1.01	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	12)
20	93PCWB-5	416	426	425	0.98	1.00	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
21	94PCWA-1	447	428	429	1.04	1.00	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
22	94PCWA-2	398	421	425	0.94	0.99	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	13)
23	94PCWA-3	483	484	574	0.84	0.84	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
24	94PCWA-4	459	482	567	0.81	0.85	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
25	94PCWB-1	292	317	300	0.98	1.06	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	14)
26	94PCWB-2	297	324	296	1.00	1.09	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
27	94PCWB-3	366	316	397	0.92	0.80	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
28	94PCWB-4	399	419	393	1.01	1.06	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	15)
29	94PCWF-1	486	506	487	1.00	1.04	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2}	
30	95PCWA-1	469	457	363	1.29	1.26	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
31	95PCWA-2	508	496	446	1.14	1.11	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	16)
32	95PCWA-3	573	572	587	0.98	0.97	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
33	95PCWB-1	334	351	337	0.99	1.04	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
34	96PCWA-1	498	513	415	1.20	1.24	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	17)
35	96PCWA-2	586	570	552	1.06	1.03	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
36	96PCWA-3	530	535	526	1.01	1.02	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
37	96PCWC-1	441	435	523	0.84	0.83	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	18)
38	96PCWB-1	317	313	277	1.14	1.13	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
39	96PCWB-2	345	337	368	0.94	0.92	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
40	96PCWB-3	380	367	467	0.81	0.79	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	19)
41	96PCWB-4	419	386	580	0.72	0.67	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
42	97PCWA	449	447	455	0.99	0.98	T _{v1}	T _{h1} , T _{h3}	
43	97PCWD	415	428	435	0.95	0.98	T _{v1}	T _{h1} , T _{h3}	20)
44	97PCWE-1	346	357	323	1.07	1.10	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
45	97PCWE-2	454	440	510	0.89	0.86	T _{v1}	T _{h1} , T _{h2} , T _{h3}	
46	98PCWW-1*	504	496	473	1.06	1.05	T _{v1}	T _{h1} , T _{h3}	21)
47	98PCWW-2*	469	451	473	0.99	0.95	T _{v1}	T _{h1} , T _{h3}	
48	98PCWC-1	564	591	579	0.97	1.02	T _{v1}	T _{h1} , T _{h3}	
49	98PCWC-2	551	623	579	0.95	1.08	T _{v1}	T _{h1} , T _{h3}	22)
50	98PCWP*	441	452	521	0.85	0.87	T _{v1}	T _{h1} , T _{h3}	
51	98PCWWO-1	359	-	395	0.91	-	T _{v1}	T _{h1} , T _{h3}	
		-	363	442	-	0.82	-	-	23)
52	98PCWWO-2	360	-	383	0.94	-	T _{v1}	T _{h1} , T _{h3}	
		-	392	356	-	1.10	-	-	

平均値: 0.963, 標準偏差: 0.118, 変動係数: 0.123

ある。試験体 No.29 を除いて 1 スパン 1 層の耐震壁で、上下梁は剛強な断面をもっている。両側柱は 150×150~180×180 mm の断面寸法で、上下梁に圧着接合されている。パネルは厚さ 50~60 mm で、その鉛直接合部には試験体 No.1, 2 を除いていずれの試験体も水平接合筋がない。水平接合部は多様な方法で接合され

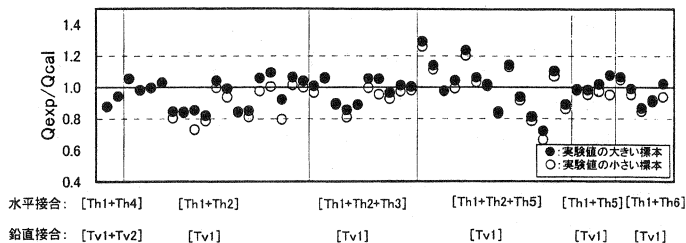


図-6 接合方法と解析精度の関係

ている。表-2 の接合方法の記号は、鉛直接合部：Tv1=平滑目地、Tv2=水平接合筋、水平接合部：Th1=平滑目地、Th2=PC 鋼棒、Th3=ホゾ筋、Th4=鉛直接合筋、Th5=コッター、および Th6=鋼板による接合を示す。試験体の荷重は上梁中心高さに作用する水平交番力で、両側柱に定軸力は与えていない。解析では、形状寸法は設計寸法を、材料強度には実験値を用いた。

4.2 解析結果

表-2 に PCa・PC 耐震壁の最大強度の実験値 Q_{exp} 、簡略最大強度式による解析値 Q_{cal} 、および解析値に対する実験値の比を示した。表中の試験体名に*印の付した解析値は 3.5 の解の修正をおこなった値である。この比の平均、標準偏差、および変動係数は、それぞれ 0.963、0.118、および 0.123 である。ここでは、正負加力域における最大強度をそれぞれ 1 つの標本とし、全標本数が 97 として求めている。解析値に対する実験値の比が 0.8 を下回った標本数は 5、1.2 を上回った標本数は 3 である。

図-6 に接合部の接合方法と解析精度の関係を示している。図-6 と表-2 の結果は、二三の例を除けば、いずれの接合方法も同じ程度の解析精度を示しており、簡略最大強度式が汎用で、かつ工学的に十分なものであることを示している。

5. まとめ

本研究では、PCa・PC 耐震壁のマクロモデルと簡略最大強度式を構築し、52 体の試験体について解析を試みた。その結果は、PCa・PC 耐震壁の最大強度式が多様な接合方法に対応して、その最大強度を工学的に十分な精度で評価でき、マクロモデルと最大強度式が妥当であることを示している。

参考文献

- 1) 望月洵 他：プレキャストプレストレストコンクリート耐震壁の滑りを考慮した簡略化最大強度式、プレストレストコンクリート、Vol.35, No.4, pp.71-79, 1993.7
- 2) 望月洵 他：側柱の滑りを完全に拘束したプレキャストプレストレストコンクリート耐震壁の破壊性状と強度評価、プレストレストコンクリート、Vol.37, No.4, pp.68-77, 1995.7
- 3) 望月洵 他：修正簡略化モデルによる耐震壁 573 体の解析精度、日本建築学会学術講演梗概集、構造IV, pp.205-206, 1997.9
- 4) 日本建築学会：プレキャスト鉄筋コンクリート構造の設計と施工、1986
- 5) 日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工基準・同解説、pp.190-193, 1998
- 6) 中村勝 他：PC+PCa 耐震壁の破壊性状、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.869-870, 1992.8
- 7) 中居純一 他：プレキャスト・プレストレスト耐震壁とその修復耐震壁の破壊性状、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.653-654, 1993.9
- 8) 鳥屋隆志 他：滑りを拘束したプレキャスト・プレストレスト耐震壁の破壊性状、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.319-320, 1994.9
- 9) 鳥屋隆志 他：側柱の滑りを完全に拘束した PC・PCa 単独耐震壁の破壊性状と最大強度の評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.169-170, 1995.8
- 10) 高見徹也 他：側柱の滑りを完全に拘束した PC・PCa 連層耐震壁の破壊性状と最大強度の評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.171-172, 1995.8
- 11) 藤野一郎 他：滑りを完全に拘束したプレキャスト・プレストレストコンクリート耐震壁の破壊性状、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.519-520, 1996.9
- 12) 奈良純 他：滑りを完全に拘束したプレキャスト・プレストレストコンクリート耐震壁の破壊性状、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.221-222, 1997.9
- 13) 鳥屋隆志 他：超軽量コンクリート PCa パネルを用いた PCa・PC 耐震壁の破壊性状、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.893-894, 1998.9
- 14) 鳥屋隆志 他：無開口および有開口 PCa・PC 耐震壁の破壊性状、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV, pp.407-408, 1999.9