

[2071] スラブ付き鉄筋コンクリート造耐震壁の弾塑性性状に関する実験的研究

正会員 遠藤 利根穂 (東京都立大学工学部)

正会員 磯 健一 (東京都立大学工学部)

飽津 福秀 (長谷川工務店技術開発部)

正会員○蜂須賀 裕嗣 (長谷川工務店技術開発部)

1. はじめに

鉄筋コンクリート造建物内には、周囲にはり、柱のないエレベーターコア、設備コア、吹抜けコア等の壁が存在することが多い。コア壁周辺のスラブはフラットスラブとして働くと考えられ、連立する壁の間で境界はりとしての効果が期待できる。本研究は、コア内スラブ、周辺スラブの有無及び耐震壁の形状をパラメーターとした4種類のコア耐震壁の水平加力実験を行ない、スラブの境界はり効果、コア内スラブの拘束効果及び直交壁の有無の効果について検討する。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体は、表1に示す1/5縮尺モデルの4体とした。各試験体の形状を図1に示し、試験体(CB)の壁およびスラブの寸法・配筋状況を図2に示す。各試験体ともに壁の縦筋・横筋及びスラブ筋は同様で、 $\phi 4\text{-@}75$ ダブル配筋とした。開口部上部のはり主筋はD10とし、スターラップは $\phi 4\text{-@}100$ とした。又、直交壁を有する耐震壁の端部には曲げ補強筋としてD10を4本配筋し、直交壁のない耐震壁の端部曲げ補強筋にはD10を2本配筋した。表2、3に使用した材料強度試験結果を示す。

表1. 試験体の種類

試験体	直交壁	スラブ	
		コア内	周辺
CB	有	有	有
CO	有	無	有
CI	有	有	無
IO	無	無	有

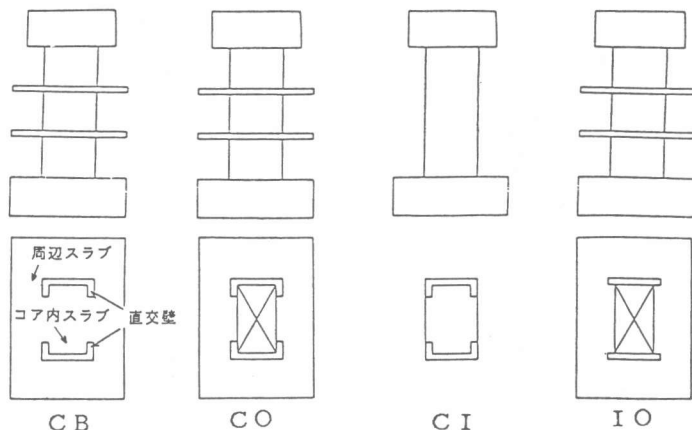


図1. 試験体の形状

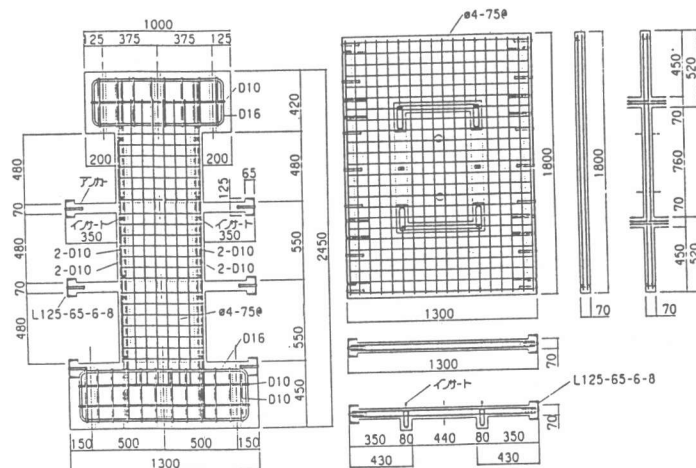


図2. 試験体の各部寸法及び配筋状況

2.2 試験方法

図3に試験装置を示す。水平加力用ジャッキを、試験体上部に取り付けた加力治具上端にピン接合し、正負交番水平荷重を加えた。軸力は、試験体基礎部分に埋め込んだP C鋼棒に、前述の加力治具に取り付けたジャッキで張力を与えることにより加えた。コア周辺にスラブを有する試験体は、曲げモーメントの反曲点が連立する耐震壁の中心にくるように、スラブ端部に溝型鋼を配置し、ピン支持した。軸力は、実験中一定($\sigma_0=0.1F_c$)とした。

3. 実験結果

3.1 破壊性状

各試験体の最終破壊状況を図4～7に、荷重－水平変位曲線を図8～11に示す。C B及びC O試験体は、 $P=2.5\sim 3.0$ tでスラブ付け根及び張り出し部分に曲げひびわれが発生した後、 $4.5\sim 5.0$ tで1階及び2階の壁脚部に曲げひびわれが発生した。更に、 $5.8\sim 6.6$ tで壁脚部のひびわれ幅の増大とともに引張鉄筋が降伏した。以後、図8、9に示すように、剛性が低下し、 $\delta=100$ mm(rad=1/30)で壁脚部の圧壊が見られた。

C I試験体は、周辺スラブが無いので、 $P=4.0\sim 5.0$ tで初めて1階及び2階の壁脚部に曲げひびわれが発生した。以後は、C B、C O両試験体と同様にひびわれが進展し、 $\delta=100$ mmで壁脚部が圧壊した。

I O試験体は、 $P=2.5\sim 3.0$ tで、スラブ付け根と同時に、耐震壁にも曲げひびわれの発生が見られた。以後のひびわれ進展は、他と比較して水平に近い。 $P=3.5$ t前後で引張鉄筋が降伏し、図11に示すように、剛性が急激に低下した。 $\delta=100$ mmでは、他と同様に、壁脚部が圧壊した。

図4～7に示すように、各試験体とも、同様の破壊性状を示している。

3.2 初期剛性

表2に、初期剛性の計算値を示したが、C B試験体では実/計=0.66、C O試験体では、実/計=0.48、C I試験体では、実/計=0.48、I O試験体では、実/計=0.45で、実験値が計算値よ

表2. コンクリートの材料特性

部 位	圧縮強度 kg/cm ²	割裂強度 kg/cm ²	ヤング係数 x10 ⁵ kg/cm ²
基 礎	291	25.0	1.86
1 階	276	22.9	1.91
2 階	332	28.8	1.97
3 階	297	26.9	1.93

表3. 鋼材の材料特性

種 類	降伏強度 kg/cm ²	引張強度 kg/cm ²	伸び率 %
φ 4	3993	4467	22.4
D10	4041	5814	18.8

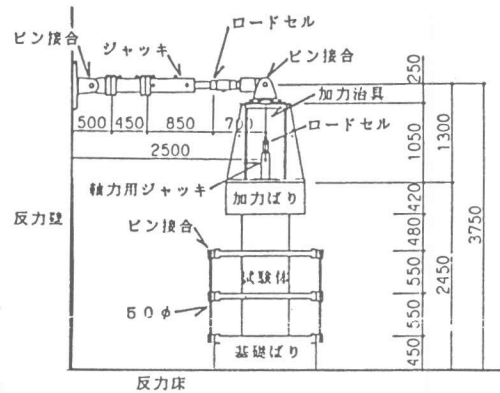


図3. 試験装置

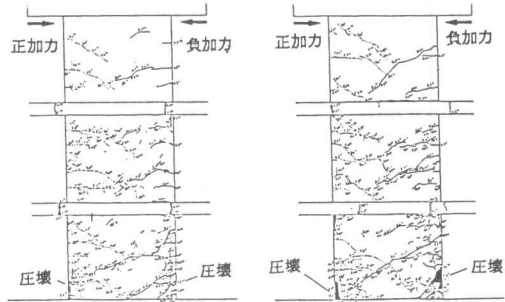


図4. C B試験体破壊状況

図5. C O試験体破壊状況

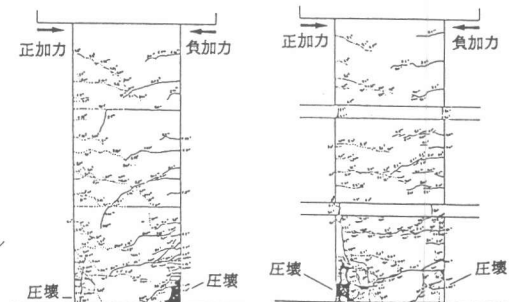


図6. C I試験体破壊状況

図7. I O試験体破壊状況

りも低い。

3.3 変形モード

$\delta=33\text{mm}(\text{rad}=1/100)$ 時のCB及びCI試験体の変形モードを図12、13に示す。外スラブによる拘束のないCI試験体の鉛直方向の伸びがわずかに大きい、両試験体ともに同様の変形モードを示している。

4. 考察

4.1 ひびわれ強度及び終局強度の比較

図8～11及び表4に、各耐震壁の曲げひびわれ強度、降伏強度及び終局強度の実験値と計算値を示す。各強度の実／計の値は、ひびわれ強度で0.92～1.20(平均1.01)、降伏強度で0.70～0.96(平均0.81)、終局強度で0.79～1.04(平均0.91)と、実験値と計算値とは比較的よく一致した。又、試験体の強度を比較すると、CB/COの強度比は、ひびわれ強度で1.00、降伏強度で1.12、終局強度で1.01となり、強度の差はなかった。

CB/CIの強度比は、ひびわれ強度で1.27、降伏強度で1.12、終局強度で1.07であった。IO試験体は直交壁が無く、曲げ補強筋量も1/2であるので強度が低く、IO/COの比は、ひびわれ強度、降伏強度、終局強度とも、0.60であった。

4.2 破壊性状及び包絡線の比較

図14に各試験体の荷重－変形包絡線の比較を示す。

CB及びCO試験体については、破壊性状、最大耐力及び包絡線ともほとんど一致した。コア内スラブによる影響は少なかった。

CB及びCI試験体については、ほぼ同様の傾向を示したが、最大耐力でCB/CIが1.10となった。本実験の限りでは、スラブの境界ばりとしての効果は10%程度であった。

直交壁のないIO試験体は壁脚部の圧壊が著しかったが、直交壁のあるCO試験体は圧縮負担域が増加したため著しい圧壊は見られなかった。最大耐力の比はCO/IOで1.5となり、直交壁による、耐力の増加が見られた。

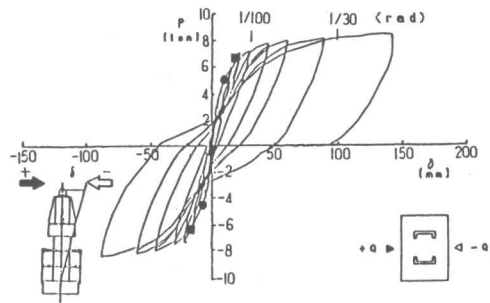


図8. CB試験体荷重－変位曲線

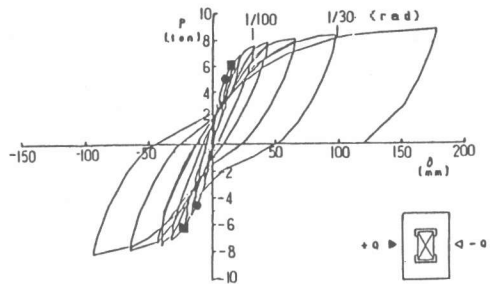


図9. CO試験体荷重－変位曲線

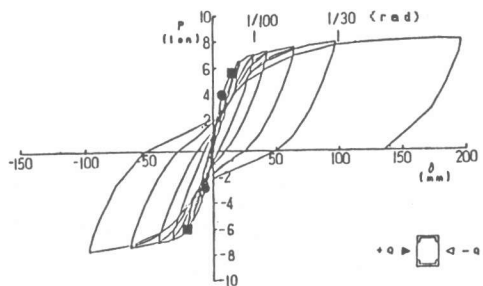


図10. CI試験体荷重－変位曲線

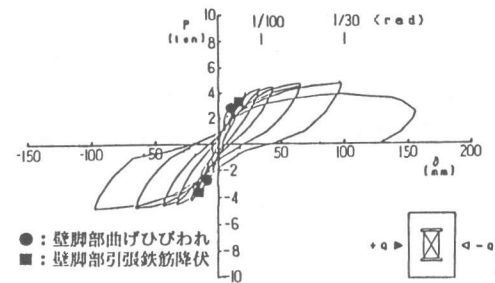


図11. IO試験体荷重－変位曲線

表3. 実験結果一覧

試験体	初期剛性 ^{*1} (t/mm)			曲げひび割れ強度 ^{*2} (t)			降伏強度 ^{*3} (t)			曲げ終局強度 ^{*4} (t)		
	実験値	計算値	実/計	実験値	計算値	実/計	実験値	計算値	実/計	実験値	計算値	実/計
CB	0.98	1.49	0.66	5.00 -4.50	4.84	1.03 0.93	6.63 -6.63	7.98	0.83	8.00 -8.03	8.79	0.91 0.91
CO	0.72	1.49	0.48	5.00 -4.73	4.84	1.03 0.98	5.88 -6.52	7.98	0.74	8.12 -7.85	8.79	0.92 0.89
CI	0.75	0.90	0.83	4.00 -3.50	3.34	1.20 1.05	5.68 -6.20	6.45	0.88	7.58 -7.38	7.26	1.04 1.02
IO	0.48	1.05	0.45	2.90 -2.90	3.14	0.92 0.92	3.70 -3.80	5.31	0.70	4.75 -4.80	6.05	0.79 0.79

- *1 スラブは全幅有効として曲げせん断剛性を考慮した解法による計算値。
- *2 スラブが曲げ降伏し、壁の曲げひびわれ発生時の計算値。
- *3 スラブが曲げ降伏し、壁の曲げ降伏時の計算値。実験値は、壁脚部の引張鉄筋降伏時。
- *4 スラブ、壁ともに曲げ終局時の計算値。
- ** スラブの曲げ降伏強度: $sM_y = at \sigma_{y,j}$, 終局強度: $sM_u = 0.9at \sigma_{y,d}$
- *** 壁の曲げひびわれ強度: $vM_c = 1.8/FcZ_e + NZ_e/A_c$
 曲げ降伏強度: $vM_y = 0.8at \sigma_{y,l} + 0.2av \sigma_{y,l} + 0.5Nl \cdot (1-N/tLFC) [1]$
 曲げ終局強度: $vM_u = at \sigma_{y,l}' + 0.5av \sigma_{y,l}' + 0.5Nl'$

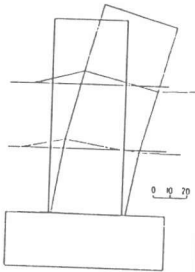


図12. CB試験体
変位モード図

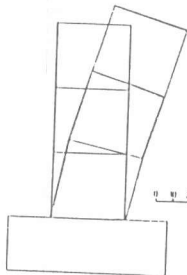


図13. CI試験体
変位モード図

4. 3 壁鉄筋歪分布

図19~22に $P=4t$ 時の試験体各層の耐震壁脚部の曲げ補強筋及び壁の縦筋の歪分布を示す。直交壁内の鉄筋の歪は、耐震壁両端部の歪とほぼ同様の値を示しているの、直交壁内の鉄筋は曲げ補強筋として有効に働いていると考えられる。直交壁のないIO試験体は、曲げ補強筋量も少なく、同じ水平荷重時の鉄筋の歪が他の試験体よりも大きい。

5. まとめ

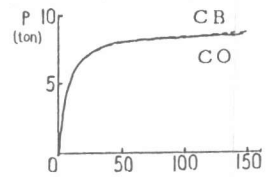
1) コア外スラブは、境界ばり効果が確認され、耐震壁と外スラブを考慮した計算値と比較的よく一致したが、コア内スラブの拘束効果について顕著な差が見られなかった。

2) 直交壁の有無は、試験体の耐力に大きく影響し、ひびわれ性状にも違いが見られた。

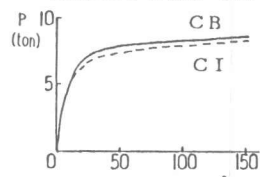
〔謝辞〕本実験の実施に当たって、東京都立大学大学院生原田公明君の協力を得た、ここに謝意を表する。

〔参考文献〕[1]広沢雅也：既往の鉄筋コンクリート造耐震壁に関する実験資料とその解析、建築研究資料 No.6, 1975

コア内スラブの有無



周辺スラブの有無



直交壁の有無

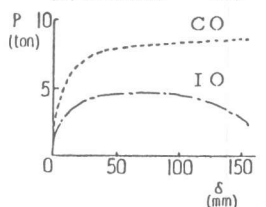


図14. 荷重-変形包絡線の比較

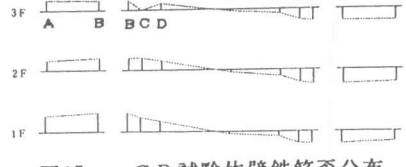
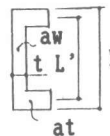


図15. CB試験体壁鉄筋歪分布

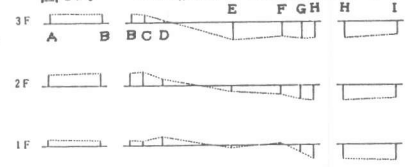


図16. CO試験体壁鉄筋歪分布

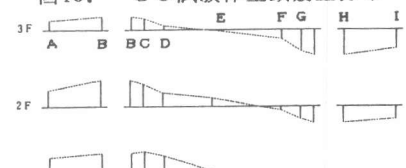


図17. CI試験体壁鉄筋歪分布

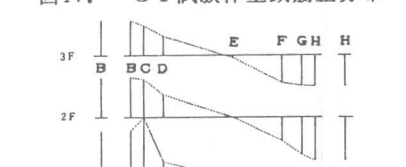


図18. IO試験体壁鉄筋歪分布