［105］ 鉄筋コンクリート壁式構造における北側構面に関する実験的研究

正会員 ○ 遠藤 利根穂 （東京都立大学）
正会員 清水 泰 （東京都立大学）

1. まえがき

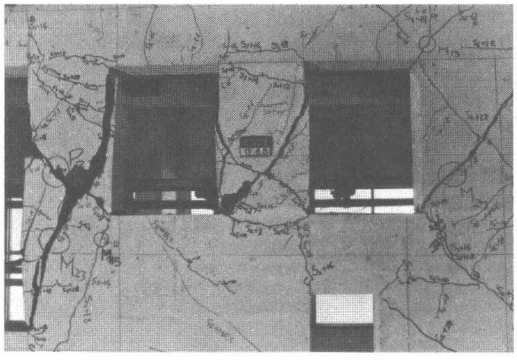
3～5層の共同住宅の多くは，柱のない平面形をした鉄筋コンクリート壁式構造が採用されている。同構造は日本建築学会の規準[*1]に従って設計されており，設計の際骨組の応力解析はほとんどの場合行われていない。一方同構造は複雑な形状をしているため応力の精解を得ることはきわめて困難である。

同構造に関して，壁単体の実験[*2][*3]，構面の実験[*4]，柱はり接合部の実験[*5]，実大建物の実験[*6][*7]等が報告されている。とくに，構面や実大建物に水平力を加えた実験の結果によると，北側の構面に水平力が集中し，他の構面に比して早期にせん断破壊し，建物全体の最大耐力時において破壊が著しい。（写真－1参照）これは，一般的に共同住宅の北側構面は便所，浴室等に接しているため，壁と小開口を必要とし，形状が通常のラーメン骨組とかなり異り，剛性が高くかつ脆いからである。

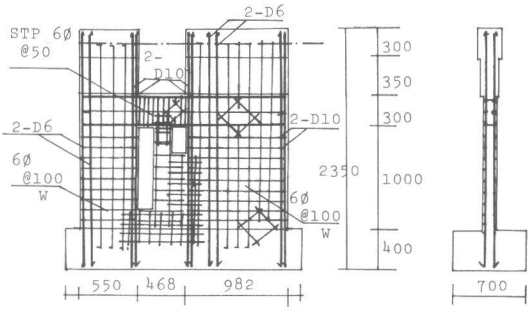
上記規準においては，5階建までを階数の限度としているが，より高層の上記構造が規準によらずに建てられており，またこのような場合においては，靱性を設計上の要因としてより重んずることも必要になる可能性が大きい。本研究は，8階建の上記構造の共同住宅の北側構面を対象としており，5階建の共同住宅に比してより厚い壁，縦長にまとめた開口部の中にさらに薄い2次壁を設け，2次壁に小開口を設けた構面の1／2模型試験体に関して，一定の鉛直力と正負繰返しを加えた実験を報告するものである。

2. 実験方法

試験体はNo.1，No.2，No.3の3体であり，図－1に形状寸法を示す。試験体は1層より2層の半分までとりだした1／2スケールの模型試験体であり，No.2がもっとも対象とする建物に近く，前述のごとく2次壁を有するものである。2次壁の詳細は図－2に示すが，壁厚は周辺の壁（構造壁）の1／2で両者の境に溝が設けられ，溶接金網のみが両者を結ぶ鋼材であり，他の鉄筋は連続していない。はり中央部にも円形の小開口が設けられている。No.1はNo.2より2次壁を除いたもの，No.3は2次壁も上記小開口も除いたものであり，構造計算上の想定骨組である。



写真－1 北側構面破壊例[*7]



図－1 試験体形状寸法

鉄筋は試験体部分の壁端部補強筋にはSD30のD6とD10を用い，はり主筋にはSD30のD13，壁筋およびはりのあばら筋にはSR24の6Øを用いた。コンクリートは調合強度210kg／cm²の普通コンクリートである。壁が立っている状態で打設が行われ，基礎部分が打設された数日後に試験体部分が打設された。材料の機械的性質を表－1に示す。

実験は建設省建築研究所実大構造物実験棟において行われた。水平力は同実験棟の反力壁を反力として，70

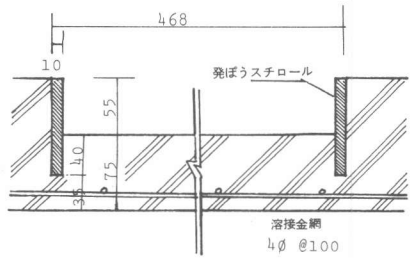
t 複動オイルジャッキを用いて正負繰返し力を加え，試験体における2つの壁に，壁断面積に比例するよう水平力を分配するため，2つの壁の間の水平加力線上に30tオイルジャッキ，ロードセルおよび球座を設置した。鉛直力は試験上方に組んだ鉄骨にとりつけた30tオイルジャッキの力を鉄骨はりとローラを用いて4点に分配した。加力装置を図－3に示す。鉛直力は28tで一定である。

基礎部分にゲージホルダーを固定し，壁とはりの中心線の交点（節点）の水平，鉛直変位および水平加力線と壁中心線の交点の水平変位を摺動抵抗型変位計を用いて測定した。さらに，壁の端部補強筋および壁筋のひずみを箔ひずみゲージを用いて測定した。

3．実験結果

各部材のひびわれ発生荷重，曲げ補強筋降伏荷重およびコンクリート圧潰荷重，最大荷重を表－2に示す。壁の曲げ補強筋の脚部は降伏しているが，はり主筋のうちNo.1およびNo.3の一端は降伏していない。No.1～No.3における最大荷重の比はおよそ0.9：1：0.95となっており，2次壁の影響でNo.2が多少高くなっている。最大荷重時において各試験体ともはりがせん断破壊しており，No.2においては2次壁頂部も破壊されている。

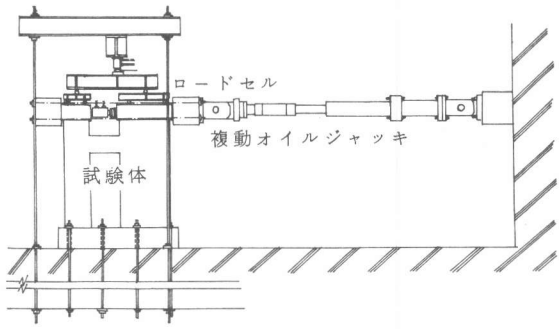
水平荷重に対して壁とはりの中心線の交点の水平変位の平均値（以上単に水平変位と略す。）をプロットして図－4に示す。各試験体とも3サイクル目の荷重階で，水平変位を基礎面からのはり中心線の高さで除した値（以下部材角と称する）がほぼ1／200のときに水平荷重が最大となっており，以後水平変位の増加や正負繰返しによって除々に荷重が低下している。なお，No.1は加力装置の都合により部材角1／100以上の変形をさせることが不可能であった。



図－2　2次壁詳細

表－1　材料の機械的性質

コンクリート		鉄筋	D10	D6	6Ø
圧縮強度	217 kg/cm²	降伏時 kg/cm²	3520	3320	3570
		最大強度 kg/cm²	5370	5580	4990
		o/o	17.9	27.7	31.6



図－3　加力装置

表－2　実験結果一覧

（単位：ton）

試験体	梁 BC	梁 SC	大壁 BC	大壁 SC	小壁 BC	小壁 SC	小壁 SC	最大耐力	梁 上端降伏	梁 下端降伏	梁 右端圧壊	梁 左端圧壊	大壁 降伏	大壁 圧壊	小壁 降伏	小壁 圧壊
No1	7.1	10.2	14.5	24.9	9.1	-	-	27.2	24.9	-	25.0	-	24.1	-	24.1	
No2	8.4	18.6	-	20.3	16.4	-	-	30.3	29.1	29.1	30.3	25.5	30.3	9.9 (13c)	25.8	
No3	5.2	14.3	10.3	20.3	6.2	-	-	28.7	26.4	-	26.4	26.4	23.2	20.7 (12c)	26.4	13.5 (16c)

BC：曲げひびわれ発生，　SC：せん断ひびわれ，

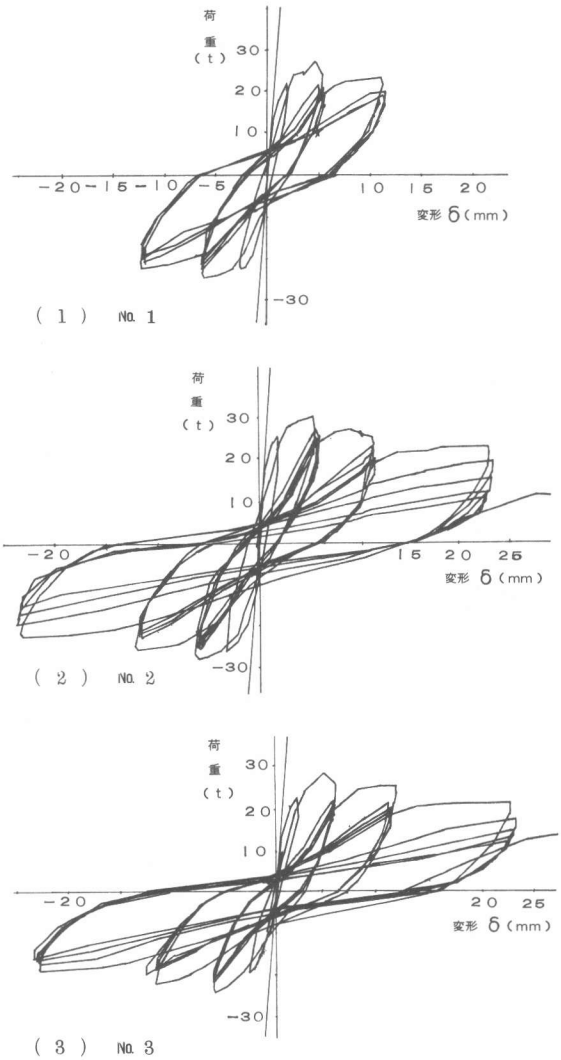
図－５に最終破壊状況を示す。どの試験体もはりが著しく破壊し，コンクリートがかなり脱落している。No.２およびNo.３においては壁長が大なる方の壁脚部がかなり破壊しており，No.２において２次壁の端部のコンクリートが圧潰や脱落を起し，周辺材と遊離し，力が伝わらない状況となっている。

4. 実験結果の検討

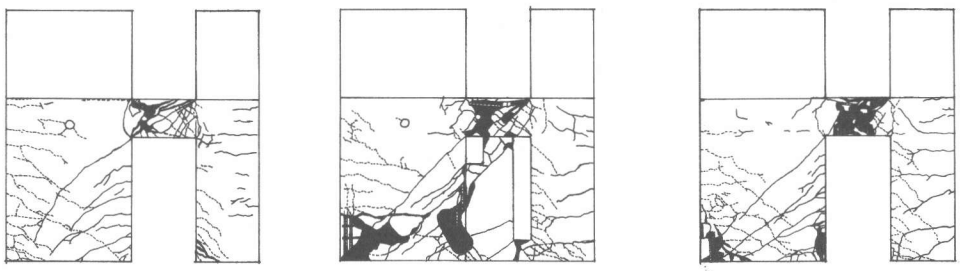
図－６に曲げせん断剛域を考慮した骨組の解法[*8]をNo.３試験体に適用して得られたモーメント図を示す。鉛直部材の反曲点位置は高くほぼ節点位置まで上昇しているが，はりの反曲点はほぼ中央である。同解法によって得られた水平変位の値を図－４に示したが，各試験体の初期の剛性と比較的良く一致している。

はり，壁が曲げ降伏するとして日本建築学会「鉄筋コンクリート計算規準・同解説」[*9]に示された方法を適用して終局耐力を求めると２５.５ｔであり，３体の実験値をこの理論値で除した値は１.０６，１.１９，１.１２であった。はりの一端の鉄筋が降伏していないことを前に述べたが，上記弾性骨組解析結果によるはり反曲点が中央に近いこと等を考慮すると，はりの応力もほぼ降伏点応力に近く，骨組の曲げ崩壊機構に近いといえよう。各試験体ともはりがせん断破壊したことを述べたが上記の終局耐力によればはりの両端曲げ降伏時のせん断力は９.５ｔである，せん断耐力を以下に示す大野・荒川式[*10]によって計算する。（記号は文献による。）

$$\tau_u = \frac{0.23 k_u \cdot k_p (180 + F_c)}{a/d + 0.23} + 2.7\sqrt{\gamma_s \cdot \sigma_y}$$



図－４　荷重－水平変位曲線



(１) No.１　(２) No.２　(３) No.３

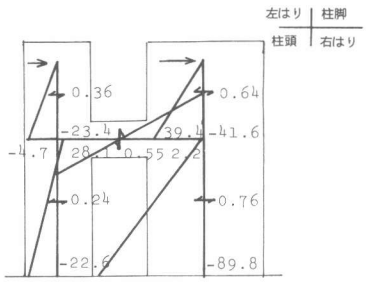
図－５　最終破壊状況

計算結果は１３.７ｔであり，せん断耐力の方が高く実験結果と異っている。

はり中にある小円孔に関して，前述の大野・荒川式を修正した下式によって計算する。（記号は文献による。）[*11]

$$cQ_H = \left\{ \frac{0.092 k_u \cdot k_P (180 + F_c)(1 - 1.61 \frac{H}{D})}{M/Q \cdot d + 0.12} + 2.7\sqrt{\Sigma P_{wo} \cdot w\sigma_y} \right\} b_j$$

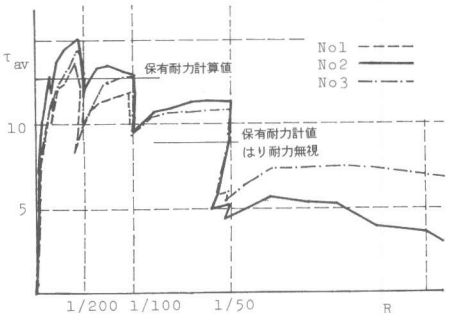
計算結果は9.７ｔになり，曲げ終局理論値とほぼ等しいせん断耐力の値となっている。



図－６　骨組弾性応力

はりの耐力を０とした計算によって得られた荷重は１７.８ｔであり，部材角が１／５０まではこの値より２～３割高いが１／５０を越えるとこの値より水平荷重が低下している。

図－７に全試験体の荷重－水平変位曲線の包絡線を示す。No.２はNo.３に比して部材角１／５０まではより高い水平耐力を保っているが，１／５０を越えるとNo.３よりも低下する。



図－７　包絡線

No.２の２次壁の頂部を短いはりとみなして，前述の大野・荒川式で計算すると4.８ｔとなり，No.１とNo.２の最大耐力の差3.１ｔより多少大きいが，２次壁の影響を大略予測するものといえよう。

5. 結論

（１）３試験体の最大耐力の比は0.９：１：0.９５であり，２次壁を持つ試験体の耐力は多少高いが，３者の差はほとんどないといえよう。

（２）２次壁のある試験体の水平荷重は部材角１／５０までは，構造計算上想定した骨組を上廻っており，２次壁による悪影響はこの範囲では認められない。ただし，より影響力の大きい２次壁の形状も考えられる。

6. 謝辞

本研究は日本住宅公団の委託によるものであり，財団法人日本建築センター８ＦＷ委員会（坪井善勝委員長，広沢雅也幹事長）によって企画，実施が行われた。委員各位に深く謝意を表する。

7. 参考文献

（１）日本建築学会「特殊コンクリート造関係設計規準・同解説」１９７９，１５Ｐ～１９Ｐ

（２）黒正清治「耐震壁の研究－その７実験的考察No.２」建築学会研究報告No.３０

（３）広沢雅也他「現場打ち壁式構造の高層化のための部材実験」４５年度建築研究所年報

（４）富井政英他「壁式ＲＣ構造の再検討（その７）」建築学会論文報告集号外，１９６５

（５）矢代秀雄他「壁式ＲＣ構造の再検討（その６）」建築学会論文報告集号外，１９６５

（６）松島豊「実大５階建壁式ＲＣ造アパートの実験的研究」４３年度建築研究所年報

（７）品川多美二，遠藤利根穂　「上下および水平ずれ壁式構造実大実験」４５年度建築研究所年報

（８）武藤清「耐震設計シリーズ１耐震計算法」丸善，１９７３，１４０Ｐ～１５２Ｐ

（９）日本建築学会「鉄筋コンクリート造計算規準・同解説」１９７１，５６３Ｐ～５７９Ｐ

（10）荒川卓「鉄筋コンクリートはりのせん断抵抗に関する研究」建築学会論文報告集No.６６，１９６０

（11）広沢雅也，清水泰他「鉄筋コンクリート造有孔ばりのせん断強度とじん性」建築技術No.３３３，１９７９