

耐震壁に取り付くフラットスラブのパンチング破壊に関する研究

Study on Punching Shear Behavior of a Flat Slab Connected to a Shear Wall

西岡 聖雅 別所 佐登志
丸田 誠 鈴木 紀雄
田才 晃¹⁾ 宮岡 ちさと²⁾

1. はじめに

超高層鉄筋コンクリート造建物においてセンターコア耐震壁と大型フラットスラブによる構造形式を用いると、自由な平面計画が可能となる。この構造形式では地震時にコア耐震壁とフラットスラブの接合部周辺の曲げ及びせん断応力が大きく、フラットスラブのパンチング（せん断）に対する検討が設計時の重要な検討項目となる。本研究は、壁－スラブ接合部の地震時を想定した静的逆対称加力実験を行い、加力方向やスラブ開口の有無による破壊形式と耐力及び変形状の違いを把握するとともに、建築学会RC標準パンチング耐力式M0（以下、パンチング耐力式）の適用性を検討した。

II. 実験概要

試験体形状及び加力方法をFig. 1に、構造諸元をTable 1に示す。試験体の縮尺は実建物の約1/3で、400cm角・厚さ12cmのスラブの中央に幅200cm・厚さ30cmの一文字形壁を設けた形状である。試験体はTable 1に示すスラブ配筋等の違いによって想定されるパンチング破壊型5体と曲げ破壊型1体で、パンチング破壊型のパラメータは①加力方向（壁に対して強軸、弱軸、斜め45°の3パターン）と②スラブ開口（コア耐震壁部のエレベータシャフト等）の有無である。加力方法は、スラブ端部の変位制御で正負繰返し漸増逆対称加

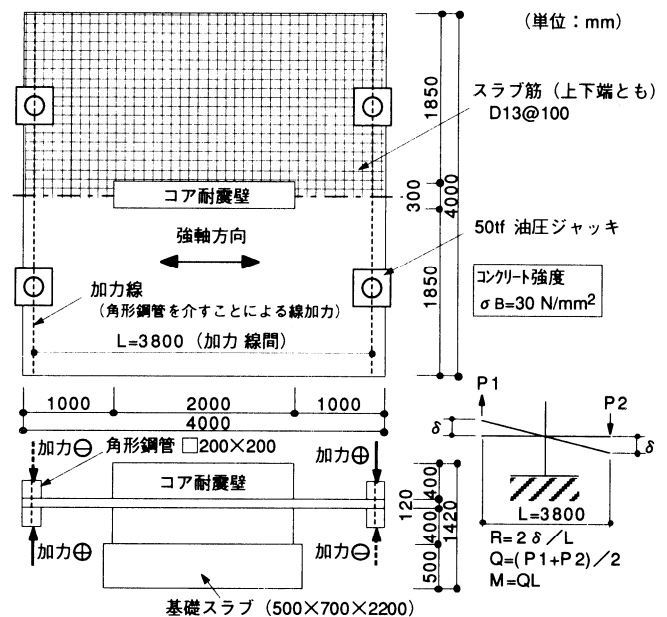
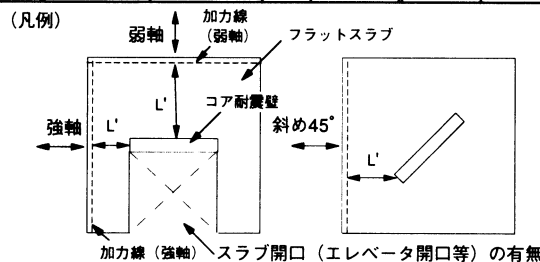


Fig. 1 試験体No.1形状図・加力方法
(Details of No.1 Specimen and Loading Method)

Table 1 構造諸元及び実験結果

(List of Test Parameters and Test Results)

試験体	構造諸元				初期剛性			初期びり割れ荷重			最大耐力 (kN・m)				破壊形式
	スラブ配筋 (上下端とも)	加力方向	スラブ開口	スラブ筋種	算定値*1	実験値*2	実/算	算定値*4	実験値*6	実/算	パンチング 算定値*7	曲げ降伏 算定値*7	実験値	実/算	
No.1	D13@100	強軸	なし	SD345	62.4	17.3	0.28	33.0	-30.1	0.91	403	696	462	1.15	スラブのパンチング破壊
No.2	D13@50	弱軸	なし	SD345	11.1	4.75	0.43	37.8	45.0	1.19	556	716	496	0.89	特定できず
No.3	D13@100	強軸	あり	SD345	39.9	10.5	0.26	18.5	-21.1	1.14	279	348	291	1.04	スラブのパンチング破壊
No.4	D13@50	弱軸	あり	SD345	11.1*3 5.54	5.03*3 1.08	0.45 0.19	28.6*5	41.3	1.44	296	535	219	0.74	壁裏面のねじり破壊
No.5	D13@100	斜め (45°)	なし	SD345	32.7	12.5	0.38	36.1	-33.5	0.93	390*8	696	370	0.95	スラブのパンチング破壊
No.6	D10@120	強軸	なし	SD295A	64.1	12.5	0.19	31.9	-37.1	1.16	395	321	314	0.98	スラブ全体の曲げ破壊



※コンクリート圧縮強度：28.7～34.5N/mm² コンクリート弾性係数：2.23～2.74×10⁴N/mm²
※鉄筋の降伏点 D10：350N/mm², D13：361N/mm²
*1：K=3E_cI_c/L³（但し、E：コンクリート弾性係数 I_c：等価断面2次モーメント
L：左記の凡例に示す加力線から壁外面までの長さ）
*2：初期ひび割れ発生直前ステップの割線剛性と定義した。
*3：No.4の剛性は、上段を無開口側、下段を有開口側の値を示す。
*4：M_c=cσ_t・Z_e（ただし、cσ_t=1.8√9.8σ_B Z_e：等価断面係数）
*5：No.4のZ_eは開口側と無開口側のZ_eの平均値とした。
*6：左記の凡例に示す加力線から壁外面までの長さL'でのモーメント
*7：RC標準11条「フラットスラブ」の耐力式による。
*8：M₀No.5=√(M₀No.1²+M₀No.2²)/√2（但しM₀No.2はD13@100とした場合）
*9：No.6のみ算定値は曲げ降伏強度で実験値と比較した。

本報は、日本コンクリート工学協会年次論文報告集（1998.7）掲載論文の要約である。

1) 大阪工業大学 助教授
2) 大阪工業大学 大学院

キーワード：フラットスラブ、耐震壁、接合部、
パンチング破壊、曲げ破壊、地震荷重、斜め加力、
スラブ開口

力を行い、スラブ自重はカウンターウエイトにてキャンセルした。

III. 実験結果

試験体 (No.1～No.4) のひび割れ状況をFig. 2に示す。また実験結果をTable 1に、曲げモーメント-部材角関係をFig. 3に示す。初期剛性は、スラブ巾に対して壁巾が小さい強軸方向加力の試験体No.1, 3の実験値では全幅有効 (ただし、No.3は215cm) とした算定値の27%程度となり、壁巾が大きい弱軸方向加力のNo.2, 4 (無開口側) の実験値では算定値の45%程度となった。また、初期ひび割れ荷重は算定値とよく一致した。以下、壁の幅200cm側を壁側面、厚さ30cm側を壁裏面と称す。No.1, 3は最大耐力時に壁隅角部から放射状に進展したひび割れがスラブ端部まで達し、壁側面の接合部境界に沿ったひび割れは壁側面の中央付近まで達した。加力方向のスラブ筋 (以下、スラブ主筋) の降伏は壁裏面近傍に集中し、壁側面から20cm離れた位置では確認されなかった。最終サイクルで壁裏面から扇状にコンクリートが剥離し、スラブ開口の有無にかかわらず、いずれの試験体もパンチング破壊した。最大耐力はTable 1に示すパンチング耐力式による算定値と同等以上であった。No.6の破壊状況はNo.1に類似しているが、No.1で生じたパンチング破壊のような壁周辺部に集中した剥離は見られず、スラブ主筋もスラブ全域ではほぼ同程度のひずみを示していることから、スラブ全体の曲げ破壊と判断され、曲げ降伏算定値とほぼ同等の耐力を示した。No.2, 4はひび割れが壁隅角部より放射状に発生し、その後壁側面に平行なひび割れが進展した。No.2では加力時のトラブルより実験を終了した部材角 $R=+1/25$ radまで破壊及びスラブ主筋の降伏が確認されず、パンチング耐力式で想定した破壊形式とはならず、実験値はパンチング耐力式による算定値を下回った。No.4は側面のスラブ主筋が降伏したが、せん断破壊は生じず、裏面にねじりによるひび割れと剥離が集中したことから、パンチング破壊の一種であるねじり破壊と判断される。最大耐力はパンチング耐力式による算定値を下回った。斜め45°方向加力のNo.5は、最大耐力に達する前に壁隅角部近傍から放射状のひび割れと壁側面に平行なひび割れがほぼスラブ全面に広がり、最大耐力後は壁裏面のコンクリートが剥離しパンチング破壊した。スラブ主筋の降伏はNo.1と同様に壁裏面近傍に集中した。

最大耐力はTable 1の脚注*7に示す式によって推定した算定値とほぼ同等であった。全試験体とも、最大耐力はいずれも大変形時 ($R=1/50$ radもしくは $R=1/25$ rad) で生じた。その後の耐力低下は緩やかで、パンチング破壊を生じても復元力特性は紡錘形の安定した履歴性状を示した。

IV. まとめ

- 1) 強軸方向に加力を行った試験体は、それぞれ想定どおりパンチング破壊またはスラブ全体の曲げ破壊となり、パンチング耐力式と曲げ耐力式で実験値を評価できた。
- 2) 弱軸方向に加力を行った試験体では実験値は算定値を下回り破壊メカニズム及び耐力に関しては今後の検討課題である。
- 3) 全試験体とも変形能力が大きく、復元力特性は紡錘形の安定した履歴性状を示した。

参考文献

- 1) 日本建築学会, 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説。

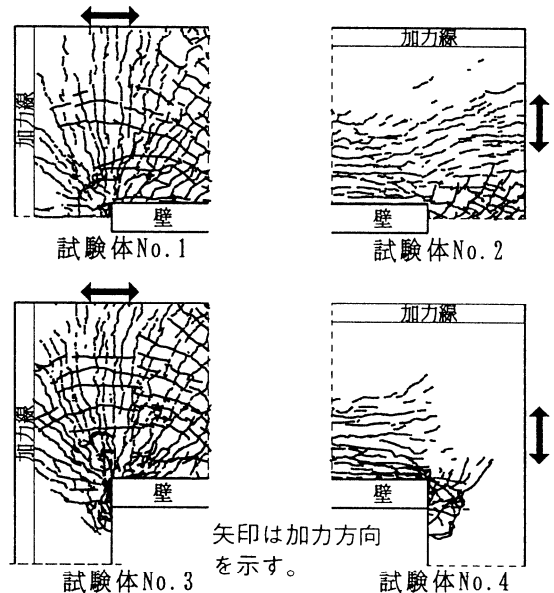


Fig. 2 ひび割れ状況

(Crack Patterns)

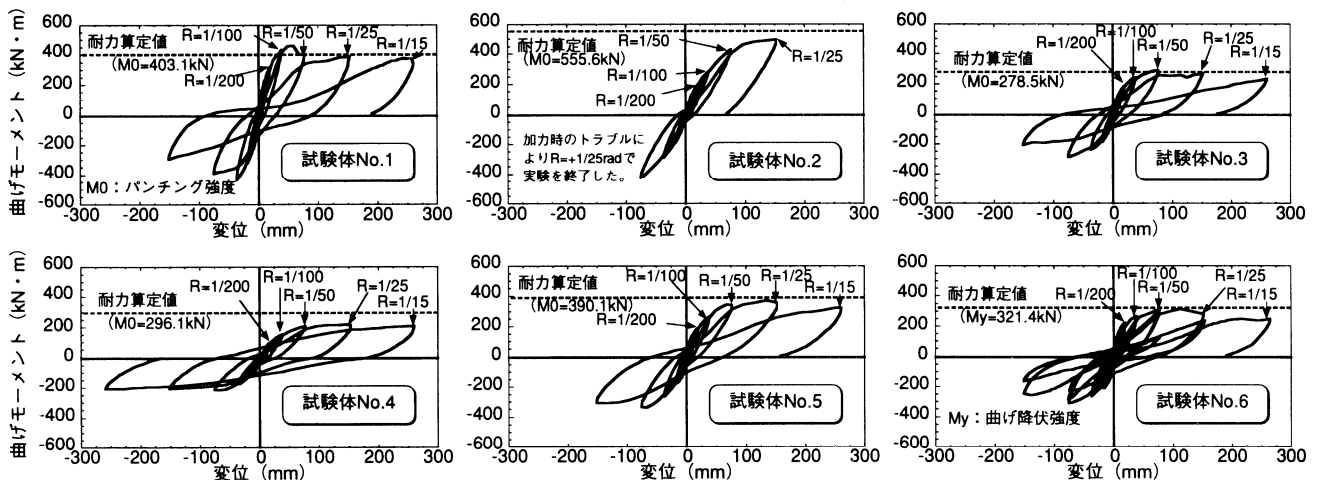


Fig. 3 曲げモーメント-部材角関係

(Relationship between Bending Moment and Deflection Curves)