

論文 X筋を有するプレキャスト分割耐震壁の力学性状に関する研究

青田晃治*¹・加藤慎司*²・一柳成幸*³・松崎育弘*⁴

要旨：著者らはX筋を内部に有する PCa 耐震壁を高力ボルトにより梁鉄骨に接合する工法を考案し、2層縮小試験体4体の架構実験によりその構造性能を確認した。最大耐力までに壁と梁の接合部で1~3mm程度のずれが生じたが、剛性や耐力等に及ぼす影響は見られなかった。U型定着筋とシアキーによる鉛直接合部は、最終破壊までずれや離間などは生じなかった。せん断抵抗機構を考慮した耐力算定式で耐力の評価を行い、一体型試験体は実験値が計算値の0.85~0.89倍に、スリット入り試験体はほぼ一致する値となった。

キーワード：プレキャスト, X型配筋, スリット, せん断耐力

1. はじめに

1.1 研究内容

鉄骨鉄筋コンクリート (SRC) 構造の建物にプレキャスト (PCa) 耐震壁を用いる場合、梁鉄骨へのスタッド溶接、壁主筋の定着の確保など、その接合方法が複雑になるという問題がある。著者らはこれらの解決と施工の合理化を目的として、壁パネルをその四隅に設けたガセットプレートにより、梁鉄骨に高力ボルト接合する工法を考案した。本報では考案した PCa 耐震壁の2層試験体を4体製作し、構造実験によってその破壊性状、せん断耐力等の確認と検討を行なったのでその結果を報告する。

1.2 PCa 分割耐震壁の概要

本工法はラーメン部材を SRC 構造とする PCa 分割耐震壁である。水平接合部 (壁と梁の接合部) は前述のボルト接合以外にシアキーや接合筋等による接合は行なわない。鉛直接合部 (壁と壁、柱と壁の接合部) は接合する場合としない場合の2通りを考え、接合する場合はU型接合筋とシアキーにより一体性を確保する。また、鉛直接合部を接合しない場合は部材の変形により接触しない程度のスリットを設ける。

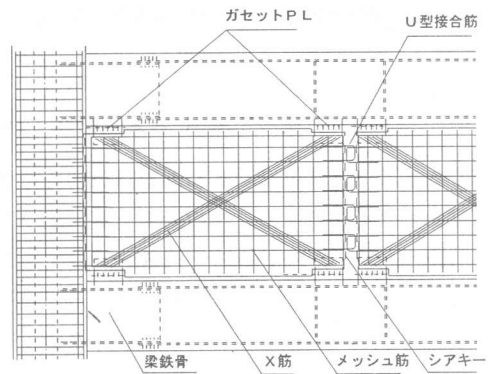


図-1 PCa 分割耐震壁の構成

壁パネル内の配筋は四隅のガセット PL を対角につなぐX型配筋で、ブレースとして層せん断力を負担させている。X筋とガセット PL の接合はフレア溶接による。X筋の採用により縦横筋は必要最小限のメッシュ筋とする。

2. 実験概要

2.1 試験体

試設計した建物は梁間方向スパン 11.5m の SRC 構造 14 階建て集合住宅で、PCa 壁部材は 3 分割である。試験体は試設計建物の下層 2 層、スパンの 2/3 を取り出し、各寸法を $S=1/3$ に縮

*1 前田建設工業(株) 技術研究所 工修 (正会員)

*2 前田建設工業(株) 建築部建築技術開発G主任

*3 前田建設工業(株) 建築部建築技術開発G 工修

*4 東京理科大学教授 工学部建築学科 工博 (正会員)

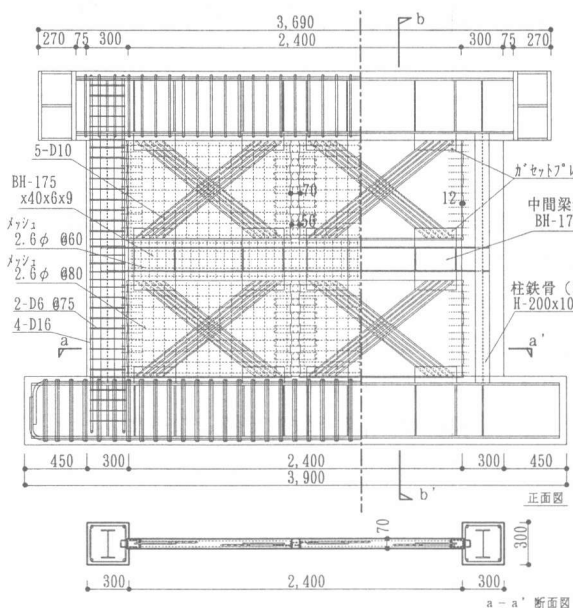


図-2 No. 1 基本試験体 (単位 mm)

小したもので、柱と壁のせん断力負担割合を想定建物とそろえるため、柱の断面を更に縮小した (図-2 No. 1 基本試験体)。柱鉄骨はH型鋼を弱軸使いとした。表-1 に各試験体諸元、表-2 に鋼材の機械的性質を示す。No. 2 はX筋量の違いによる破壊性状、耐力への影響を確認するため、No. 1 に対してX筋の量を 1.43 倍に増量した。No. 3 は中間梁鉄骨を No. 1 と同じ断面積の平鋼に置き換えて梁幅を壁厚と同じにし、梁型を無くした場合の破壊性状への影響を確認した。No. 4 では鉛直接合部を接合せずに壁-柱間に 10mm、壁-壁間に 20mm のスリットを入れて、剛性、耐力、破壊性状への影響を確認した。以後、鉛直接合部を接合しているか否かで試験体を区別し No. 1, 2, 3 を一体型試験体、No. 4 をスリット入り試験体と呼ぶ。

図-3 に中間梁断面を、図-4 に鉛直接合部の詳細を示す。柱幅分、No. 4 試験体は梁の座屈を防止するため柱幅分のスラブを設けた。No. 4 の中間梁は鉄骨造とした。試験体の製作は実際の施工手順に従い、壁パネルを平打ちし、ガセット PL をフレームに溶接して組み込んだ後、スラブ、柱、梁、接合部を同時に打設した。

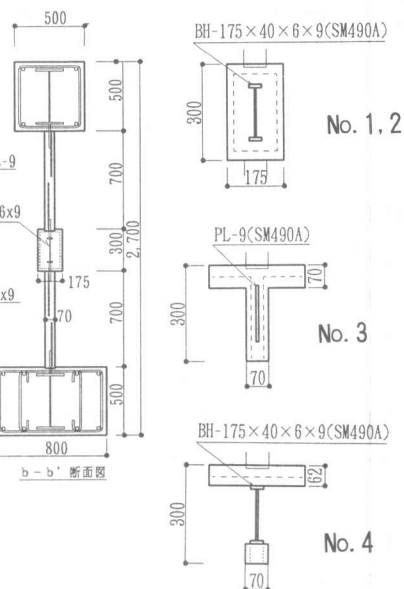


図-3 中間梁詳細 (単位 mm)

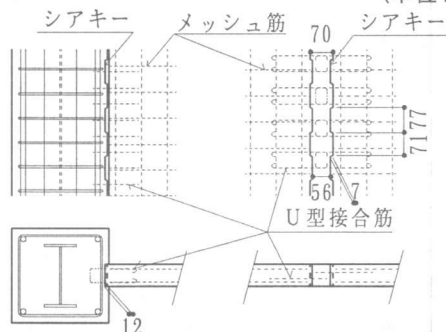


図-4 鉛直接合部詳細 (単位 mm)

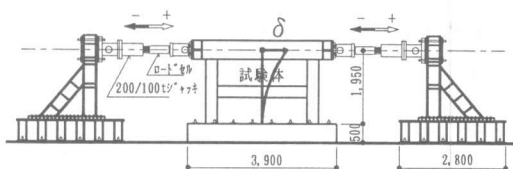


図-5 加力方法 (単位 mm)

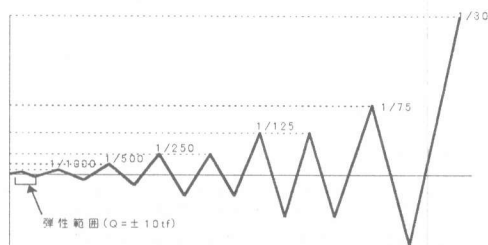


図-6 加力スケジュール

表-1 試験体諸元

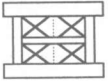
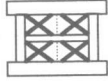
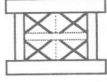
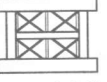
		試設計	一体型試験体			スリット入り試験体
			No.1	No.2	No.3	No.4
仕様		14F 集合住宅	 基本試験体	 X筋増量	 中間梁スリム化	 スリット入り
側柱	断面	1000x1200	300x300			
	鉄骨	H-700x300x14x28	H-200x100x5.5x8(SS400) <弱軸使い>			
	主筋	20-D29(SD345)	4-D16 (SD345)			
	フープ筋	□-D13@100 (SD295A)	□-D6@75 (SD295A)			
壁板	tw x lw x hw	200x10600x2155	70x2400x700			
	壁筋	メッシュ 6φ200W (pw=0.155%)	2.6φ@80W (pw=0.189%)			
柱	コンクリート	36N/mm ²	37.2N/mm ²	41.4N/mm ²	42.5N/mm ²	32.6N/mm ²
壁板	形式	3 枚一体型 PCa	2 枚一体型 PCa			スリット入り
	コンクリート	36N/mm ²	48.2N/mm ²	50.9N/mm ²	48.7N/mm ²	39.5N/mm ²
	X 筋	6-D25x6 (SD345)	5-D10x4 (SD345)	4-D13x4 (SD345)	5-D10x4 (SD345)	
接合部	シアキー W x H x D	200x200x20	70x71x7			なし
	接合筋 柱-壁 壁-壁	28-D6 14-D10	28-2.6φ 14-3.2φ			なし
中間梁	梁断面	950x500	300x175		300x70	300x175
	梁鉄骨断面	H-700x200x9(13)x16	BH-175x40x6x9(SM490A)		175x9(SM490A)	175x40x6x9(〃)

表-2 鋼材の力学的性質 (N/mm²)

			降伏強度 σ_y	引張強さ σ_u	ヤング率 E
中間梁 ウェブ フランジ	PL6		371.7	560.0	1.99E+07
	PL9		370.7	540.3	1.77E+07
柱 鉄骨			311.9	457.0	1.87E+07
	主筋	D16	409.7	579.4	1.91E+07
X筋	フープ	D6	301.0	491.4	1.67E+07
		D10	390.4	548.6	1.86E+07
		D13	367.6	532.6	1.90E+07
接合筋		2.6φ	508.2	629.1	1.24E+07
		3.2φ	621.9	690.6	1.58E+07

2.2 加力方法および測定方法

図-5 に加力方法、図-6 に加力スケジュールを示す。加力は試験体上部の加力スタブの両端に押引ジャッキを水平配置し、押し側と引き側が同じ荷重になる様に加力した。

荷重はジャッキに取付けたロードセルで測定した。変位は各層の水平、鉛直、面外の絶対変位と柱軸方向の相対変位、壁パネルのせん断変形、各接合部のずれと離間を計測した。歪は柱主筋、柱鉄骨、中間梁鉄骨、ガセット PL、X 筋、U 型接合筋に歪ゲージを貼付して計測した。

3. 実験結果

3.1 破壊経過および荷重-変形関係

図-7 に荷

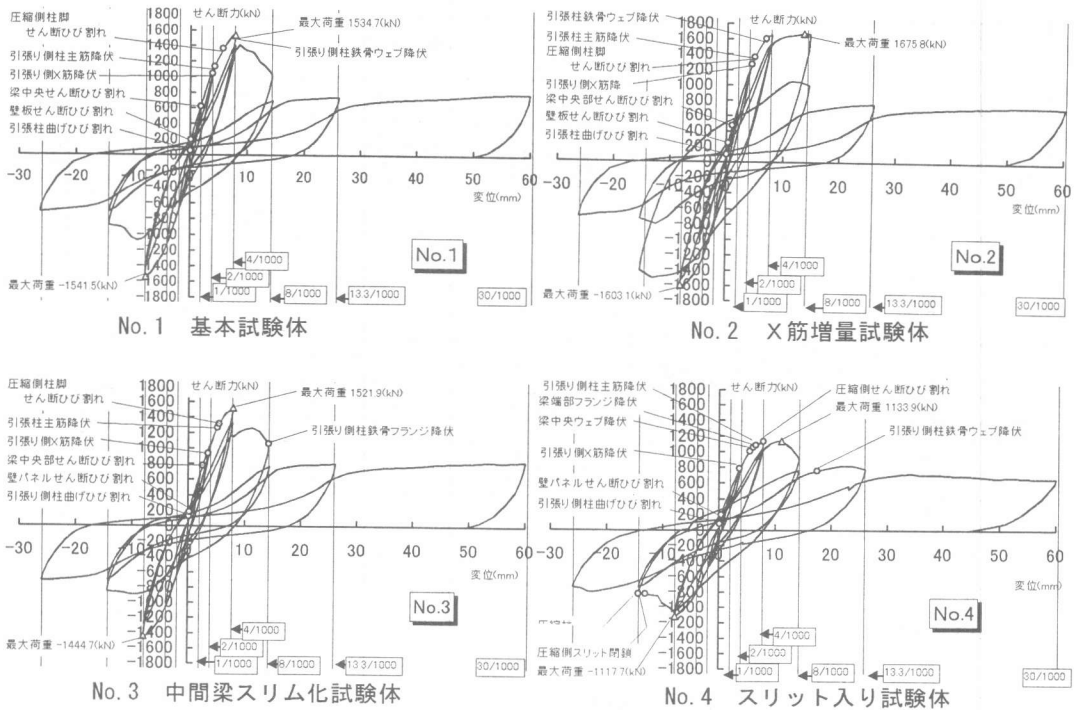


図-7 荷重-変形関係

3.2 初期剛性およびひび割れ発生後の剛性

図-8、表-3 に各試験体の初期剛性と I 形梁の初等曲げ理論による、曲げ、せん断変形を考慮した初期剛性の計算値のグラフと計算値を示す。ここで鉄筋および鉄骨は考慮していない。No. 4 の理論値の算定には全体曲げおよび全体せん断剛性に加えて各層が逆 S 型に変形する場合の曲げ剛性を考慮している。実験でのひび割れ発生後の剛性は No. 1 と No. 3 がほぼ同じであり、No. 2 が No. 1 の約 1.17 倍となった。No. 4 の初期剛性は No. 1 の 0.69 倍となった。各試験体とも理論値よりも低い値となっている。

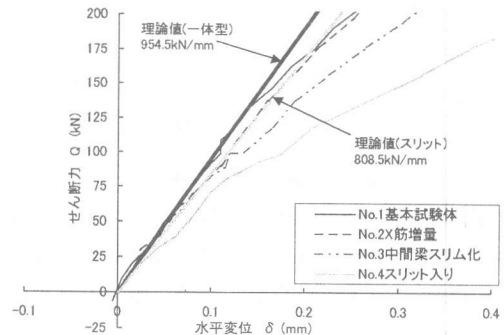


図-8 初期剛性

表-3 実験結果と計算値の比較一覧

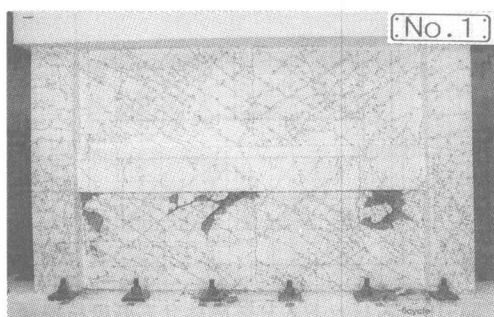
No.	初期剛性 (kN/mm)		せん断耐力 (kN)	
	実験値	計算値	実験値	計算値
1	886.9	954.5 (0.93)	1534.7	1716.0 ^{*1} (0.89)
2	818.3	954.5 (0.86)	1675.8	1938.4 ^{*1} (0.86)
3	826.1	954.5 (0.87)	1521.9	1783.6 ^{*1} (0.85)
4	670.3	808.5 (0.83)	1133.9	1130.9 ^{*2} (1.00)

() は [実験値]/[計算値]

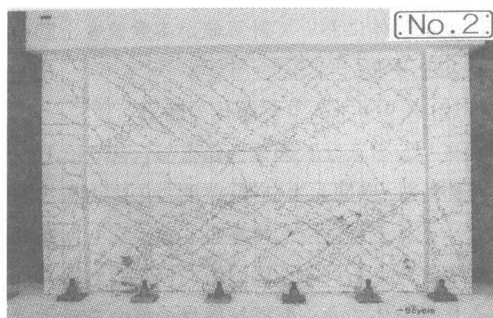
*1 は式 (1), *2 は式 (8) による

3.3 耐力の検討

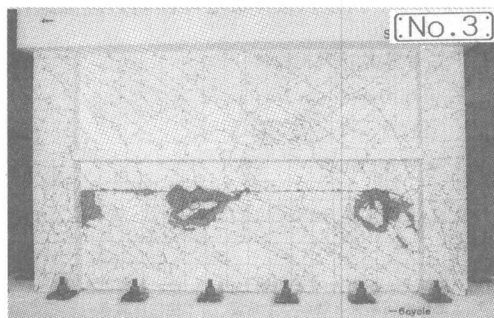
表-3 にせん断耐力と計算値の比較を示す。No. 1, No. 3 は繰り返しの影響で $R=+8/1000\text{rad}$ のサイクル途中で壁パネルが破壊し耐力低下した。No. 1 と No. 2 の耐力差は 141.2 kN であり、X 筋の増量による耐力差とほぼ同じ値となっている。No. 1, No. 3 の最大耐力はほぼ同じで、梁形状の違いによる耐力への影響は無いといえる。



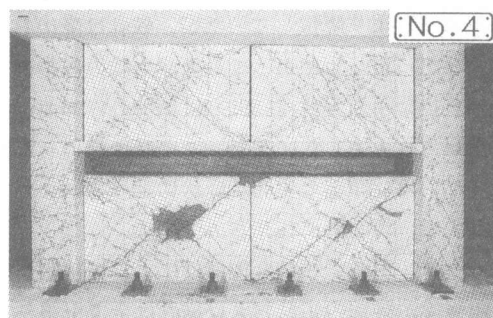
No. 1 基本試験体



No. 2 X筋増量試験体



No. 3 中間梁スリム化試験体



No. 4 スリット入り試験体

写真-1 試験体ひび割れ図 (R=7.3/1000rad.)

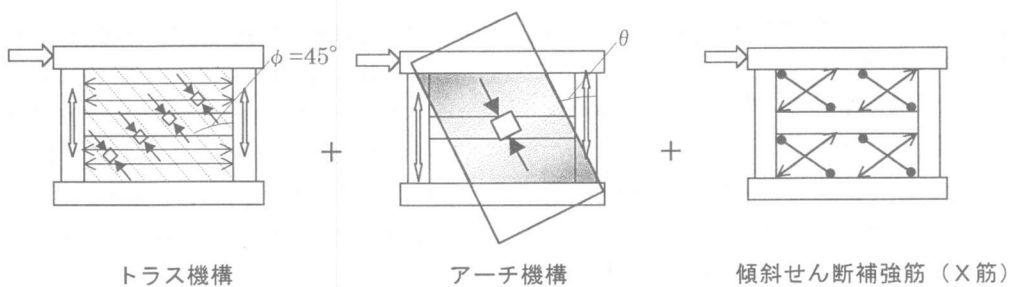


図-9 一体型試験体のせん断抵抗機構

(1) 一体型試験体の耐力

一体型試験体は「鉄筋コンクリート構造物の終局強度型耐震設計指針・同解説¹⁾」のアーチ・トラス機構理論に基づくせん断強度評価方法を用いた。図-9に一体型試験体のせん断抵抗機構の概念を示す。トラス機構にはせん断補強筋比 p_s としてメッシュ筋を算入しており、中間梁鉄骨は算入していない。加力方式を考慮しアーチ機構の圧縮束は加力点から中間梁を貫通し反力点に至ると仮定した。文献1)に従いX筋は傾斜せん断補強筋として算入し、圧縮側、引張り側とも最大耐力前に降伏していることから全て降伏強度を採用できるとした。表-3に示すよう

《一体型試験体のせん断耐力評価式》

$$V_{ucal} = V_t + V_a + V_x \quad (1)$$

$$V_t = t_w \ell_{wb} p_s \sigma_{sy} \cot \phi \quad (2)$$

$$V_a = \tan \theta (1 - \beta) t_w \ell_{wa} v \sigma_B / 2 \quad (3)$$

$$V_x = A_x \sigma_{xy} \sin \theta_x \quad (4)$$

$$\tan \theta = \left[\sqrt{(h_w / \ell_{wa})^2 + 1} - h_w / \ell_{wa} \right] \quad (5)$$

$$\beta = \left(1 + \cot^2 \phi \right) p_{sy} \sigma_{sy} / (v \sigma_B) \quad (6)$$

$$v = v_0 = 0.7 - \sigma_B / 200 \quad (7)$$

V_{ucal} : 全体せん断耐力 V_t, V_a : トラス機構及びアーチ機構負担せん断力

V_x : 傾斜せん断補強筋 (X筋) 負担せん断力 t_w : 壁板厚

ℓ_{wa} : アーチ機構等価壁長さ ℓ_{wb} : トラス機構等価壁長さ

p_s : 壁板せん断補強筋比 (メッシュ筋) σ_{sy} : 壁板せん断補強筋の強度

ϕ : トラス機構の圧縮束の角度 ($\cot \phi = 1.0$) h_w : 階高 (ここでは2層分)

σ_B : コンクリート圧縮強度 (N/mm²) A_x : 傾斜せん断補強筋の全断面積

σ_{xy} : 傾斜せん断補強筋強度 θ_x : 傾斜せん断補強筋が柱となす角度

v : 試験体のコンクリート強度の有効係数

