

R C 造柱にとりつく面外袖壁の軸力負担性能の評価法 METHOD TO EVALUATE AXIAL LOAD CARRYING CAPACITY OF TRANSVERSE SIDE WALLS CONNECTING WITH R/C COLUMNS

加藤 大介* , 大塚 祐二**
Daisuke KATO, Yuji Otsuka

The objectives of this study were to propose a simplified method to evaluate axial load carrying capacity of transverse side walls connecting with reinforced concrete columns subjected to high axial load. Four column specimens were examined. Variables of those specimens were existence of side walls, location of side walls (centric or eccentric) and loading method of lateral force (bi-directional loading or uni-directional loading). Moment curvature relations of tested specimens were calculated by basic flexural theory under the assumption that plane remained plane after bending. Confinement from transverse reinforcement as well as rigid base stub of specimens was taken into account in the concrete model and feasibility of this concrete model was discussed in the paper. Furthermore parametric study using flexural analysis was conducted. Main variables of the study were sectional area of side walls, location of side wall and level of axial load ratio of columns. Methods to evaluate axial load carrying capacity of columns with side walls were proposed through parametric study using flexural analysis.

Keywords : *high axial load, side wall, eccentrically located side wall, column, deformation capacity, static load test bi-directional loading*

高軸力、袖壁、偏心袖壁、柱、変形能、静加力実験、二方向加力

1. はじめに

実際の建物には袖壁等の部材がとりつくことが多いが、想定している加力方向に対して面外に袖壁がとりついた場合には、一般的には設計上無視して計算される。しかしながら、この面外袖壁は軸力負担能力には寄与していることが認知されており、例えば既存鉄筋コンクリート造建物の耐震診断を行う場合などでも、面外袖壁を考慮して第2種構造要素の判定をする場合もある。

しかし、その手法は曖昧であり、本来部材とともに挙動する袖壁に対し、単純に軸力保有性能のみを期待するところに大きな問題がある。本研究の目的は現在曖昧のまま考慮されている面外袖壁の軸力負担能力を実験的に評価し、その定量的な評価法を検討することである。

この目的の下に、まず袖壁が中央にとりつく場合の静加力実験を行い、偏心の無い場合の面外袖壁の軸力負担能力を検討した。このとき、面内方向加力に対しては袖壁は最外端に位置するため、面内方向にも同時に地震力が作用する場合、袖壁の一部が圧壊し軸力負担能力が低減することが予想される。そこで、面内方向の加力による袖壁の損傷の影響を検討するために、面外方向に加力する本載荷の前に面内方向に加力（プレ載荷と呼ぶ）する実験も行った。

一方、袖壁が中央にとりつく場合は、袖壁による付加断面が繰り返し載荷による中央部分の軸歪度の蓄積を防止し、その結果、変形能が増すと期待される。したがって、袖壁が偏心してとりつく場

合には、袖壁が圧縮側になる場合の中立軸深さが小さくなるので、独立柱よりは変形能がよくなることが予想されるが、中央に付く場合より軸歪度の蓄積防止効果は減少すると考えられる。そこで、袖壁を偏心させた試験体の実験も計画した。これらの実験の詳細は文献 [1,2] に報告してある。

2. 実験概要

表1は本実験の実験計画を、表2に試験体諸元を、図1に試験体配筋図を示す。柱断面および一定軸力の大きさは共通とし、袖壁の有無、袖壁のとりつき位置、横力載荷法をパラメータに4体の試験体を計画した。4体とも曲げ降伏がせん断破壊に先行し、さらに、耐力が最大耐力の80%に低下するとして定義した変形能がせん断強度の劣化ではなく、曲げ圧縮領域のコンクリートの圧壊により決定するように設計した。

試験体 C-5 は一定の高軸力（全断面軸力比 0.62）を受ける独立柱である。試験体 CSWTR-1 は試験体 C-5 の直交方向の中心位置に袖壁を付けたものであり、袖壁による付加断面により、変形能が増すと期待される試験体である。試験体 CSWTR-2 は2方向加力により袖壁が損傷した状態を模擬した試験体で、形状と配筋は試験体 CSWTR-1 と同一であるが、面外方向の本載荷の前に面内方向のプレ載荷を行うものである。試験体 CSWTR-3 は袖壁が偏心してとりつく場合を模擬した試験体で、試験体 CSWTR-2 と同様に、本載荷の

* 新潟大学工学部建設学科 教授・工博.

Prof., Dept. of Architecture, faculty of Engineering, Niigata University, Dr. Eng.

** 新潟大学自然科学研究科博士課程前期大学院生

Graduate student, Dept. of Architecture, faculty of Engineering, Niigata University

前にプレ載荷を行った。なお、袖壁の配筋は壁筋による拘束効果を期待しないようにシングル配筋としている。表3に鉄筋強度を示しておく。

加力は、逆対称変形となる加力装置を用いた。図2に加力装置を示す。試験体上部の鉛直方向ジャッキにより軸力を、水平方向ジャッキにより水平力を載荷し、左右の鉛直ジャッキにより変形が逆対称変形になるように試験体上部のL型治具を平行に保った。柱試験体の載荷は、プレ載荷を行う場合には、面内方向に $\pm 1/150\text{rad}$ の部材角を2回繰り返した。この $1/150\text{rad}$ という部材角はその方向でメカニズムに達している程度の変形として設定した。その後、試験体を90度回転させ、本載荷として面外方向に $\pm 1/200$ 、 $\pm 2/200$ 、 $\pm 3/200$ 、 $\pm 4/200$ 、 $\pm 6/200$ 、 $\pm 8/200$ の部材角をそれぞれ2回ずつ繰り返し、所定の軸力を負担できなくなるまで載荷を続けた。

表1 実験計画

試験体名	柱断面	直交袖壁	軸力載荷法	横力載荷法
C-5	共通	なし	共通	本載荷のみ
CSWTR-1		あり(中心)		プレ載荷
CSWTR-2		あり(偏心)		+本載荷
CSWTR-3				

表2 試験体諸元

試験体名	柱断面	直交袖壁断面、片側	高さ	柱部全主筋	柱部帯筋、帯筋比	袖壁部端部縦筋	袖壁部壁筋(縦・横)、壁筋比	コンクリート強度、MPa	作用軸力、kN		
C-5	220	なし	1100 mm	8-D10	3-D6@70 (0.62%)	なし	なし	26.1	778		
CSWTR-1	220 x 220 mm	50 x 150 mm							1-D6	1-D6@70 (0.91%)	784
CSWTR-2											
CSWTR-3											

表3 鉄筋強度

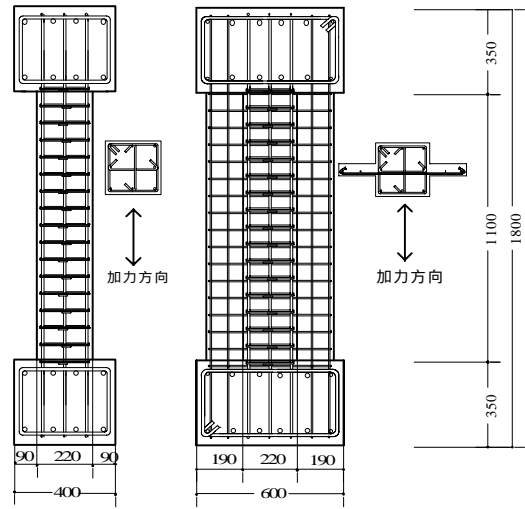
	C-5, CSWTR-1		CSWTR-2,3	
	D6	D10	D6	D10
降伏強度(MPa)	314	378	302	474
破綻強度(MPa)	483	517	389	543

3. 実験結果

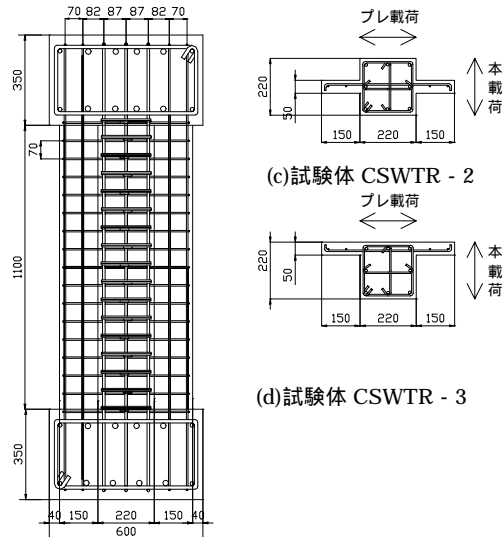
図3(a)~(d)に各試験体の水平力-水平部材角関係、及び、軸歪度-水平部材角関係を示す。同図の水平力はP-効果を考慮したものの(変形後の部材座標系におけるせん断力)で、水平変形角と軸歪度は上下の基礎間の水平変形と鉛直変形をその内法高さで除したものである(軸歪度は伸びを正)。図4にはプレ載荷を行った試験体のプレ載荷直後のひび割れ図を示す。

試験体は4体とも曲げ性状が卓越した挙動を示した。試験体C-5とCSWTR-1はいずれも $1/100\text{rad}$ のサイクルで最大耐力を示し、独立柱の試験体C-5は $1/50\text{rad}$ のサイクルの加力途中で、試験体が所定の軸力を保持できなくなり、加力は終了した。この時点で経験した最大部材角は 0.019rad であるので、この部材角が試験体C-5の軸力負担能力喪失点とした。袖壁付柱の試験体CSWTR-1は $1/20\text{rad}$ のサ

イクルの途中で壁縦筋の座屈とともに試験体が軸力を保持できなくなり、加力は終了した。軸力負担能力喪失点は 0.050rad であった。



(a)試験体 C - 5 (b)試験体 CSWTR - 1



(c)試験体 CSWTR - 2 (d)試験体 CSWTR - 3

図1 試験体配筋図

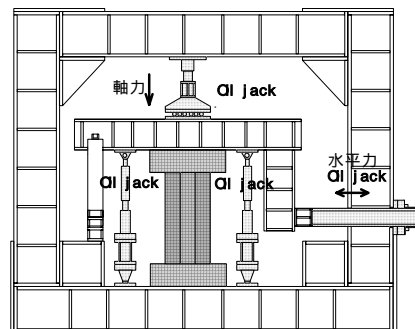
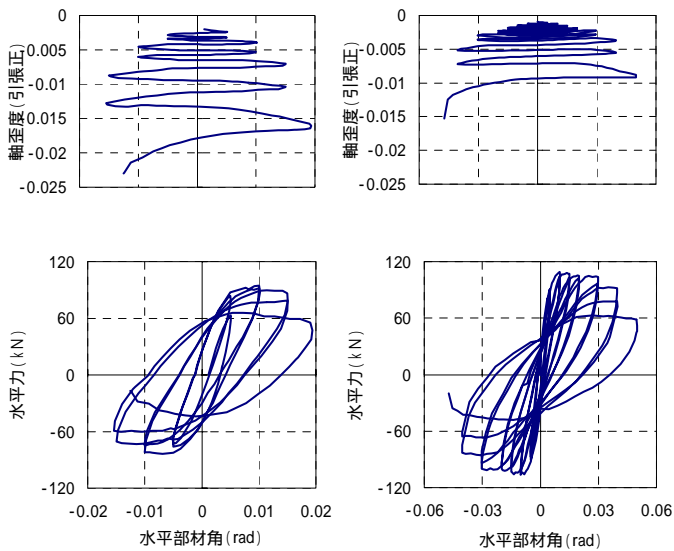
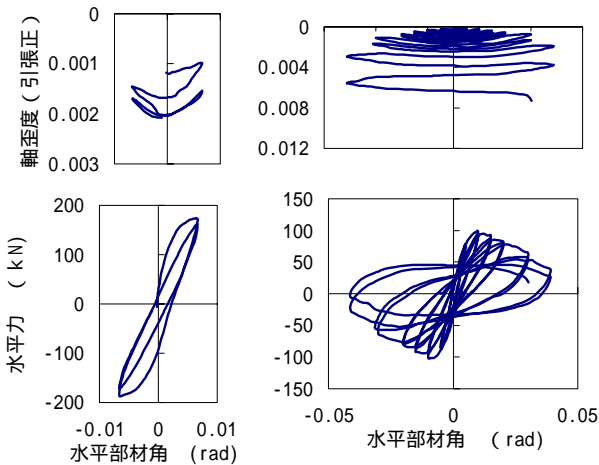


図2 加力装置図

一方、面内方向にプレ載荷を行った試験体は、図4のひび割れ図からもわかるようにプレ載荷時に袖壁の圧壊を確認した。その後面外方向に本載荷をはじめると、試験体CSWTR-2は $1/100\text{rad}$ のサイクルで、試験体CSWTR-3は $1/67\text{rad}$ のサイクルで、それぞれ最大耐

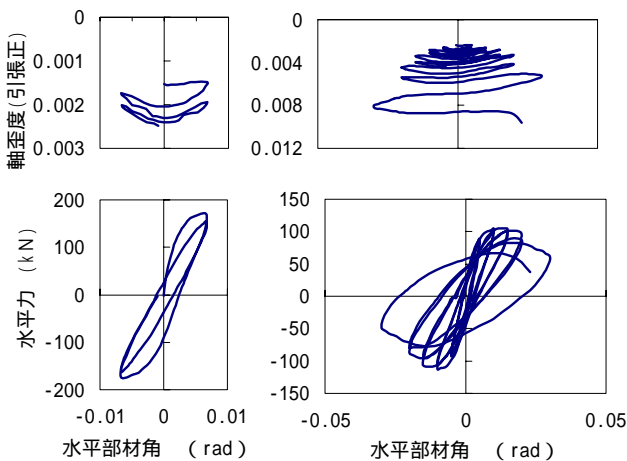


(a)C-5 (b)CSWTR - 1



プレ載荷 本載荷

(c)CSWTR - 2

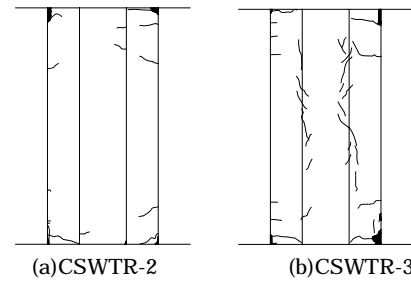


プレ載荷 本載荷

(d)CSWTR - 3

図3 水平力 - 水平部材角、軸歪度 - 水平部材角関係

力を示した。最終的には、試験体 CSWTR-2 が 1/25rad のサイクルで、試験体 CSWTR-3 が 1/33rad のサイクルの途中で軸力が保持できなくなり加力を終了した。軸力負担能力喪失点は、試験体 CSWTR-2 が 0.039rad、試験体 CSWTR-3 が 0.030rad であった。



(a)CSWTR-2 (b)CSWTR-3
図4 プレ載荷を行った試験体におけるプレ載荷直後(±1/150)のひび割れ図

4. 実験結果の考察

4.1 変形能の比較

図5は4体の試験体の正方向の包絡線を比較したものである。図中の黒丸はその方向の加力で最大強度の80%に低下したとして定義した靱性限界点、白丸が軸力負担能力喪失点である。同図より試験体 C-5 が最も変形能が悪く、試験体 CSWTR-1 が最も変形能が良いことが分かる。プレ載荷を行った CSWTR-2、CSWTR-3 はその中間に位置し、最大耐力の80%に低下した点は2体がほぼ同じだったのに対し、軸力負担能力喪失時変形は袖壁が中央にある CSWTR-2 が大きかった。

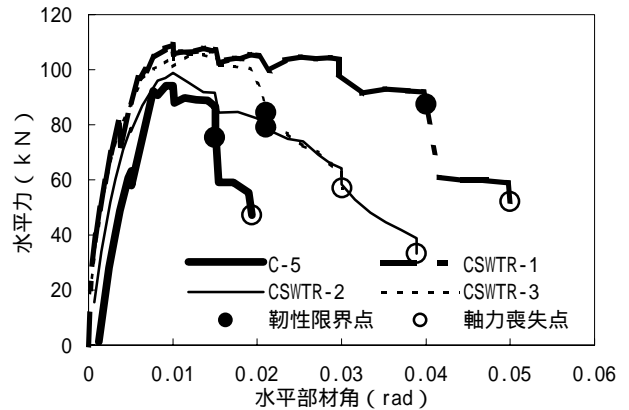


図5 実験値の包絡線の比較

4.2 曲げ解析による実験結果の評価

(1) 概要

本節では平面保持を仮定した曲げ解析により袖壁の効果を検討する。平面保持解析は断面をセクションに分割する一般的なもの (fiber model) であるが、コンクリートモデルに剛強な基礎スタブからの拘束を考慮する文献 [3] の手法を用いた。同文献では、同じ配筋であっても純曲げ部材と曲げせん断部材の挙動を同じコンクリートモデルでは説明できないことが示されている。これは基礎および部材内の非破壊領域から破壊領域へ拘束が働くからと説明し、この拘束力($t b_1$)をシアスパン比の関数で評価する式を提案している。なお、基礎からの拘束応力度とは、かぶりコンクリートとコアコン

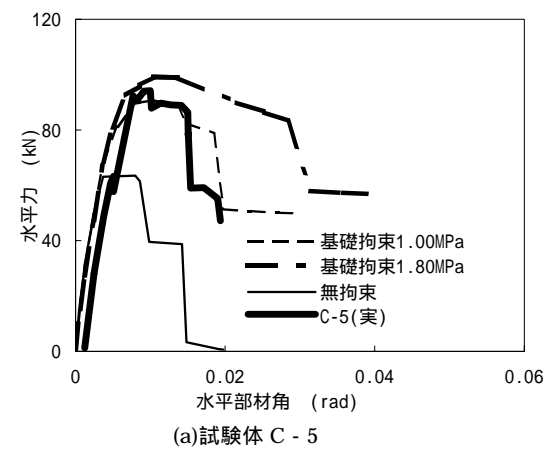
クリートの双方に作用し、コンクリートの応力度 - 歪度関係を求めるときに、帯筋による拘束応力度に加えて考慮するものである。

次に、軸力負担能力喪失点であるが、実験での定義はすでに述べたように、所定の軸力を保持できなくなったときに経験していた最大部材角としたが、平面保持解析でも同様とした。すなわち、与えられた曲率の増分に対し、軸方向力の釣りが成り立たなくなる点での最大経験部材角とした。以降の変面保持解析は全て軸力負担能力喪失点まで解析を行っており、図示した最後の点が軸力負担能力喪失点となる。

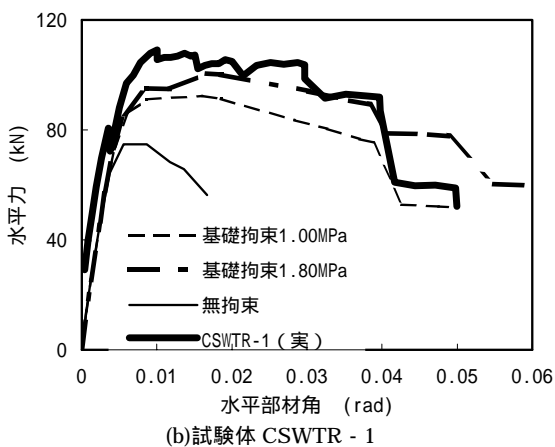
(2) 偏心のない試験体の平面保持解析

図 6 (a)(b)は、独立柱試験体 C-5 とプレ載荷を行っていない(すなわち袖壁が健全な)試験体 CSWTR-1 の荷重 - 変形関係の実験値と計算値を正方向の包絡線をとって比較したものである。図 6 では基礎からの拘束応力度(tb_1)を変化させて 3 通りの解析例を示した。すなわち、無拘束のもの、文献 [3] で提案されている $tb_1=1.80\text{MPa}$ のもの、および、 $tb_1=1.00\text{MPa}$ のものである。

図から分かるように、無拘束(帯筋による拘束は考慮)のものはいずれの実験結果を著しく過小評価した。文献 [3] の提案式($tb_1=1.80\text{MPa}$)は試験体 CSWTR-1 は精度良く評価されているものの、試験体 C-5 では軸力負担能力喪失点をかなり過大評価した。その中間程度の拘束力 1.00MPa を与えた計算例は、試験体 C-5 は精度良く評価し、試験体 CSWTR-1 では水平力は若干低く評価しているが、軸力負担能力喪失点は精度良く評価されている。



(a) 試験体 C - 5



(b) 試験体 CSWTR - 1

図 6 平面保持解析(基礎の拘束をパラメータ)

図 7 はプレ載荷を行った(すなわち袖壁が損傷している)試験体 CSWTR-2 の袖壁の有効な長さを求めることを目的に行った平面保持解析の結果である。図には比較のため袖壁のない試験体 C-5 と 30cm の袖壁が全て健全な試験体 CSWTR-1 の包絡線も示し、解析は袖壁の長さを 5, 15, 25cm の 3 通りに変化させた。基礎からの拘束は試験体 C-5 と CSWTR-1 を同程度に評価する $tb_1=1.00\text{MPa}$ を用いた(以降の平面保持解析はすべてこのモデルである)。図より、袖壁長さは総長さ 30cm のうち 10cm 程度が有効と判断できる。

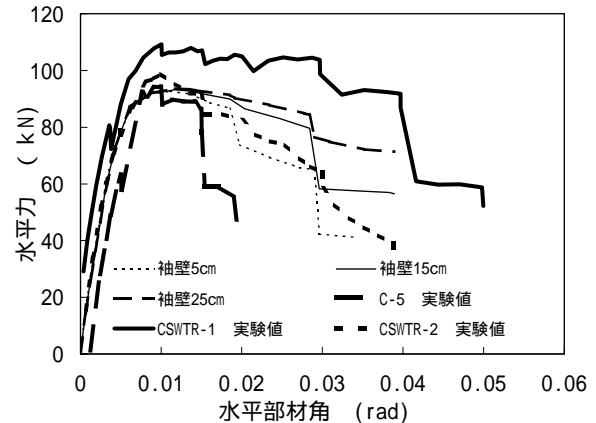


図 7 CSWTR-2 平面保持解析(有効袖壁長さを変更)

(3) 試験体 CSWTR-2 の袖壁無効領域の損傷の推定

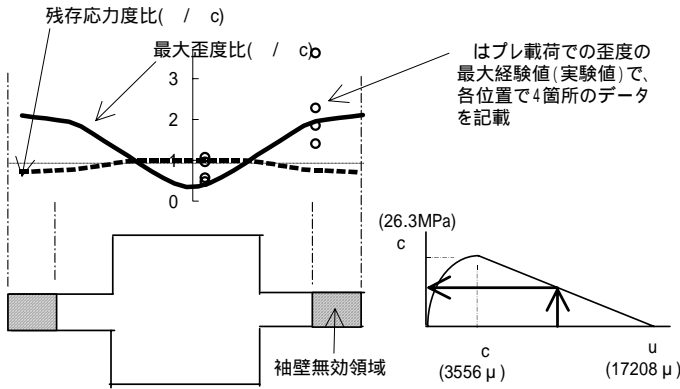
図 8 は、袖壁のうち無効と判断された部分がプレ載荷によりどの程度損傷を受けていたのかを、面内方向の平面保持解析により推定してみたものである。解析は全断面かぶりコンクリートとして扱った。ただし基礎の拘束があるので、文献 [3] のコンクリートモデルを適用した結果、そのコンクリートの応力度 - 歪度関係は図 8 (b) のようになった。図 8 (a) はプレ載荷直後の断面各部分の最大経験歪(図 8 (b) の)とそのときの残存応力度(同図の)の分布を示したものである。いずれもコンクリートの最大応力 c あるいはそのときの歪度 c で基準化して示してある。

また、図中にはプレ載荷中に測定された最大経験歪度実験値も示した。この実験値は、柱の中央付近と袖壁の中央付近において、電気式変位形により測定した基礎面から 110mm の高さまでの軸方向変形を高さで除して求めた軸方向歪である。それぞれ 4 箇所測定しており、図には 4 つとも示した。実験値はばらついてはいるが、解析による最大経験歪(図中実線)と平均的に合っている。これらの解析値と実験値より、本試験体の場合袖壁のほとんどの領域でコンクリートの最大応力度点を越え、また、袖壁端部では最大応力度点の 2 倍以上の歪度を経験していることが推測できる。また、実際に、図 4 に示したひび割れ図からわかるように、プレ載荷中に袖壁端部は圧壊している。

同図には、例として無効領域が袖壁の約半分(15cm)とした場合の無効領域を斜線で示してあるが、この場合は、無効領域は最大時歪度の 1.9 倍以上進んだ領域であることが分かる。また、同様に、有効領域を 10cm と考えると、無効領域は最大時歪度の 1.7 倍以上進んだ領域となる。

今回は軸力が高く、さらに、プレ載荷でも 1/150 と大きな変形ま

で載荷したので、袖壁には大きな損傷があった。それでも最大時歪度の1.7倍以内のコンクリートは有効に働いたことを考えると、実際の設計や耐震診断等においては、より簡便で安全側の方法として、最大時歪を超えない部分を有効とするなどの方法が考えられる。ただし、曲げ挙動が卓越する試験体を対象にし、平面保持解析により検討しているので、シアスパン比が小さくなりせん断破壊する場合などには適用できない。



(a)断面の最大経験歪度 (b)かぶりコンクリートの - 関係
図8 プレ載荷終了直後の断面の応力状態計算値

(4) 偏心試験体 CSWTR-3 の解析

図9は袖壁が偏心してとりつく試験体CSWTR-3の解析結果である。袖壁が全部有効としたもの(30cm)と半分が有効(15cm)の2ケースについて示す。この試験体は上下で非対称なので、実験結果の荷重変形関係は袖壁部分が曲げ圧縮になる場合と引張になる場合の平均的な挙動が示されていることになる。そこで、解析も袖壁が圧縮になる場合と引張になる場合の平均で示した。袖壁が半分有効としたモデルは、最大強度前は実験に合っているが、軸力保持性能喪失点は実験を過小評価した。一方、袖壁が全部有効としたモデルは、最大強度前は実験を過大評価したが、軸力保持性能喪失点は実験と同程度であった。

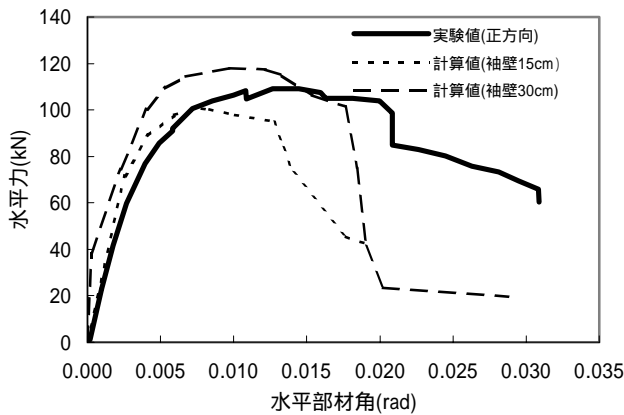


図9 CSWTR-3の実験値と曲げ解析の比較

4.3 実験における袖壁の軸力負担効果

本節では袖壁による軸力負担効果を検討する。軸力負担効果とは

柱の軸力保持性能に寄与する袖壁の効果を意味する。これを定量的に把握するために、文献[4]で提案した軸力保持性能喪失点の実験式を適用してみる。同文献では軸力を保持できなくなる変形を、試験体のコア断面の軸力比(コア断面の帯筋の拘束効果を考慮した軸耐力に対する作用軸力の比)の関数として評価しており、図10はこの関数を図示したものである。ただし、拘束コンクリートのモデルは4.2(1)で示したのではなく、NewRCの成果[5]が使われている。太い実線が一定軸力試験体の挙動を平均的に評価する式、細い実線が20%下限式である。縦軸は変形を表すが、軸力保持性能喪失時の変形を曲率に換算し、さらに p/Dc で除して無次元化したものである(p は拘束コンクリートの最大応力度時軸歪度、 Dc は柱断面のコア幅)。

図には実験値も示した。この4体はコアコンクリートという観点では同じ試験体なので、横軸はほぼ同じ値になる。実験値をみると、独立柱試験体C-5は平均評価式のやや上に位置しているが、袖壁がとりつくと変形能が上昇していく。図中の破線は試験体C-5の実験結果を通る評価式を逆算したものである。この評価式を用い、袖壁が負担している軸力を推定し表4に示した。すなわち、独立柱試験体の実験結果を通る評価式を用いた場合、袖壁つき試験体3体の変形能(縦軸)と一致する変形能が得られるコア軸力比を算出し、それを表4の(3)欄に示した(試験体CSWTR-1の場合は図10の点線の矢印参照)。この軸力比は計算上柱断面が負担しているはずの軸力比を意味し、従って、実際にかかる軸力との差(表4の(4)欄)が袖壁が負担していると考えて良い軸力となる。この袖壁が負担していると考えられる軸力を袖壁部分だけで軸力比にしたものが(5)欄である。すなわち、袖壁が健全である試験体CSWTR-1では、袖壁面積×コンクリート強度の81%の軸力を袖壁が負担していたと考えて良いことになる。

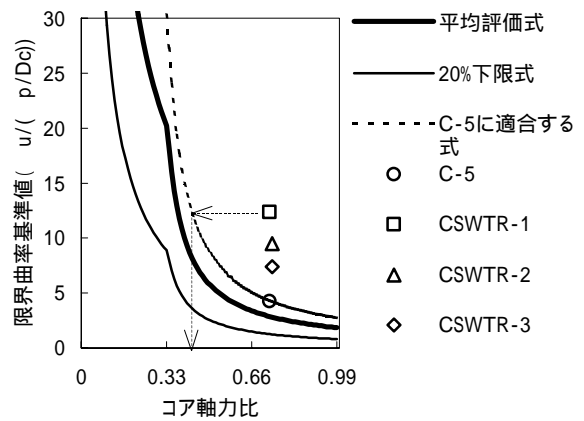


図10 コア軸力比と軸力負担能力喪失点の変形の関係

表4 袖壁が負担している軸力の推定

	(1) 袖壁全断面面積(cm ²)	(2) コア軸力比	(3) 評価式に適合するコア軸力比	(4) 袖壁が負担した軸力(kN)	(5) 袖壁の軸力比(CSWTR-1に対する比)
CSWTR-1	150	0.73	0.43	317	0.81 (1.00)
CSWTR-2	150	0.74	0.48	274	0.70 (0.86)
CSWTR-3	150	0.74	0.54	211	0.54 (0.67)

一方、表4の(5)欄の()内には試験体 CSWTR-1 に対する比が示してあるが、面内加力より袖壁が損傷していた場合にはその効果が低下することがわかる。袖壁が中央にある試験体 CSWTR-2 では試験体 CSWTR-1 に比べ 86%に低下した。しかしながら、4.2節の曲げ解析から推定された袖壁長さの有効な係数 0.33 (袖壁総長さ 30cm 中 10cm 程度有効)よりは効果があり、4.2節で示した方法を用いて低減率を求め、有効な袖壁長さを用いて袖壁が負担する軸力比を求めれば安全側となる。袖壁が偏心してとりつく場合にはさらにその効果が低減し、試験体 CSWTR-3 は試験体 CSWTR-1 の 67%となった。しかし、それでも袖壁は 0.54 の軸力比を負担している。

5. 袖壁の軸力負担能力に関するパラメトリックな検討

5.1 袖壁の偏心の影響

本節では、袖壁が偏心してとりつく場合の軸力負担能力に対する影響を、袖壁量と偏心の度合いを変化させたパラメトリックな平面保持解析により検討する。解析モデルは 4.2(1)で示したものと同一である。解析に用いる載荷履歴であるが、実験で与えたものとは異なり、 $\pm 4/400$ 、 $\pm 5/400$ 、 $\pm 6/400$ 、 $\pm 7/400$ 、 $\pm 8/400$ rad、……のように、1/100rad から開始し、変形角の増分を 1/400rad とし、さらに、同じ変形角のサイクルを 1 回ずつとした。これは、実験では前述したように軸力負担能力喪失点付近で 1/100rad ずつ変形角を増加させていたが、このような載荷履歴は、結果が変数に対してあるところで急激に不連続になり、パラメトリックな解析には不適であるからである。なお、この履歴の違いが荷重 - 変形関係に与える影響を検討しておく。図 1 1 は、実験で与えた履歴とパラメトリックな解析で与えた履歴を用いて試験体 CSWTR-1 を解析した結果の包絡線を比較したものである。軸力負担能力喪失点付近ではパラメトリック解析で与えたものがやや小さめの結果となった。このように、載荷履歴は最大耐力後の変形能の影響し、その説明は非常に重要であるが、現状では適切に評価する手法はなく、本論文では今後の検討課題としたい。

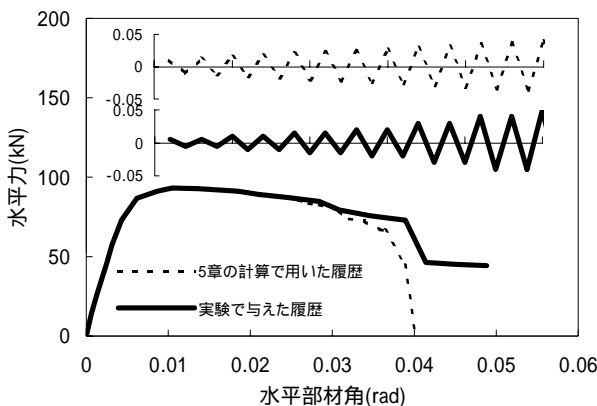
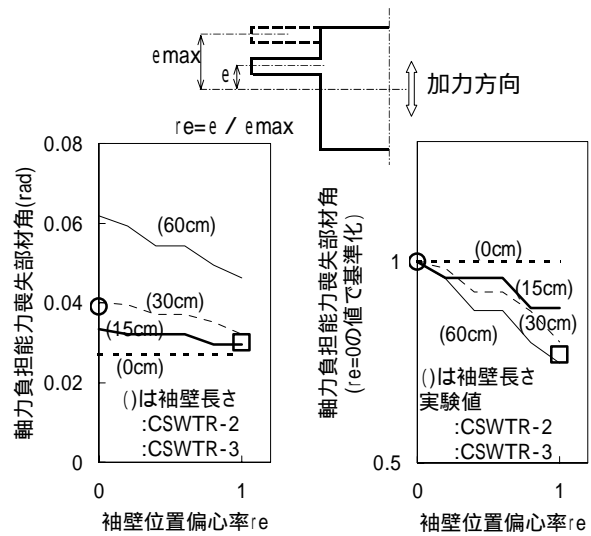


図 1 1 加力履歴の差が試験体 CSWTR-1 の水平力 - 部材角関係に及ぼす影響の検討(実験で与えた履歴と 5 章の計算で与えた履歴による平面保持解析結果の包絡線の比較)

図 1 2 はパラメトリックな平面保持解析の結果をまとめたものである。図 1 2 (a)は、試験体 C-5 を原型として、それにとりつく袖

壁長さを 0, 15, 30, 60cm の 4 通りに、袖壁の偏心率 re を 0 から 1 ままで変化させた場合の、軸力負担能力喪失点部材角と偏心率 re との関係である。偏心率 re は図上部に定義したが、中央にとりつく場合に $re = 0$ となり、最外端にとりつく場合に $re = 1$ となる指標である。一方、図 1 2 (b)は、図 1 2 (a)の縦軸を $re=0$ の値で基準化したものである。

図より、偏心が大きくなると、軸力喪失点が小さくなる傾向がみとれる。図中には試験体 CSWTR-2 ($re=0$) と試験体 CSWTR-3 ($re=1$) の結果も示した。両試験体の袖壁長さは 30cm であるが、面内加力により既に損傷しており、4.2 節では約 10cm 程度が有効であると推定されている。この 2 体の実験結果は袖壁長さが 15cm と 30cm の解析結果の中間程度に位置した。



(a) 軸力負担能力への影響 (b) 縦軸を $re=0$ の値で基準化

図 1 2 袖壁位置偏心率 (re) の軸力負担能力喪失点部材角への影響 (試験体 CSWTR - 2 と 3 の差異の検討)

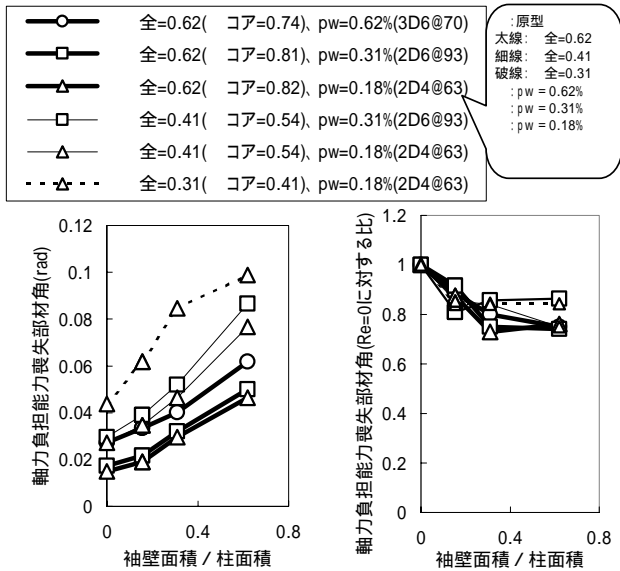
5.2 袖壁量の影響

本節では、袖壁の面積が軸力負担能力に対する影響を、袖壁量だけではなく、軸力比と横補強筋をも変化させてパラメトリックに平面保持解析により検討する。

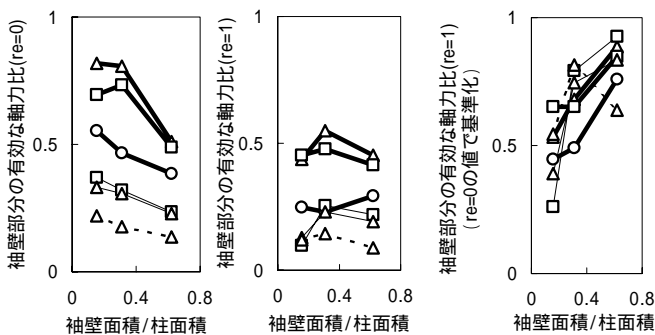
図 1 3 (a)は袖壁の偏心がない場合 ($re=0$) の袖壁面積比と平面保持解析より得られた軸力負担能力喪失点との関係を示したものである。図中ケース 1 と示したものが、図 1 2 (a)で示した原型モデルである。軸力比は柱全断面 \times コンクリート強度に対するもの (図中で全と表記) を 0.62, 0.41, 0.31 の 3 種類 (図中の線種で太線、細線、破線がそれぞれ対応) に、横補強筋比を 0.62%, 0.31%, 0.18% (図中の記号で \square 、 \circ 、 \triangle がそれぞれ対応) の 3 種類に変化させた。なお、軸力比は柱のコア断面 \times 帯筋による拘束効果を考慮したコンクリート強度に対するもの (図中で コアと表記) も示した。図より袖壁量が増えれば軸力喪失点が大きくなる傾向がわかる。また、当然であるが、作用軸力比が大きくなれば、軸力負担能力喪失点は小さくなる。

同様に、図 1 3 (b)は図 1 3 (a)と同じケースを偏心のある場合

($r_e=1$)について示したものである。図は縦軸を $r_e=0$ のときの値で基準化したもので、偏心のあるものはないものに比べどの程度効果が低下するかを示している。袖壁量が増すと効果がやや低下することがわかるが、この低下に対する各パラメータの影響は少ない。



(a) $r_e=0$ の場合 (b) $r_e=1$ の場合 ($r_e=0$ の値で基準化)
図 1-3 袖壁面積比(袖壁面積/柱面積)の軸力負担能力喪失点への影響



(a) $r_e=0$ の場合 (b) $r_e=1$ の場合 (c) $r_e=1$ の場合
($r_e=0$ の値で基準化)

図 1-4 袖壁面積比(袖壁面積/柱面積)の袖壁部分の有効な軸力比への影響に関するケーススタディ

図 1-4 (a)は図 1-3 (a)で示した各ケースの軸力喪失点計算値を用いて、4.3 節の方法で求めた袖壁の負担軸力比(表 4 の(5)欄に相当)を示したものである。縦軸が袖壁の軸力比で横軸が袖壁の柱断面に対する面積比となっている。図をみると、袖壁の負担軸力比の計算値は袖壁量とともに減少していき、一律に実験結果から得られた例えば 0.81 等とはいかないことがわかる。また、袖壁の有効な軸力比は、袖壁面積比の増加により低下するだけでなく、軸力比が低くなると低下することがわかる。また、軸力比も全断面軸力比(

全)よりコア軸力比(コア)の方が低下の度合いをよく表現する指標となりうるということがわかる。すなわち、同図より、コアの軸力比がわかれば袖壁の面積比より袖壁の負担軸力比を概略推定しうる。

図 1-4 (b)は偏心のある場合($r_e=1$)の結果を用いて求めた袖壁の負担軸力比を示したものである。偏心のある場合は、ない場合と同様にコア軸力比が低くなると袖壁の有効な軸力比は低下するが、袖壁面積比にはあまり影響されないことがわかる。一方、図 1-4 (c)は図(b)の縦軸を $r_e=0$ のときの値で基準化したもので、偏心のあるものはないものに比べどの程度効果が低下するかを示している。袖壁が偏心する場合、実用的な袖壁、すなわち、袖壁面積比が 0.3 程度以上を想定すると、偏心の無い場合の 50%程度が有効であると考えて良い。

6. まとめ

(1)直交方向の中央にシングル配筋の袖壁を有する場合 軸力負担能力喪失部材角は改善された。ただし、面内加力により袖壁が損傷している場合、健全な場合に比べ低下した。また袖壁が偏心してとりつく場合には、さらに軸力負担能力喪失部材角が低下した。

(2)試験体の荷重 - 変位関係は平面保持を仮定した曲げ解析により概ね評価できた。また、解析より、面内加力による袖壁無効領域は最大時歪度の 1.7 倍程度以上進んだ領域と推定された。実際の設計や耐震診断では、より簡便で安全側の方法として、最大時歪を超えない部分を有効とするなどの方法が考えられる。

(3)既往の軸力負担能力喪失部材角の実験式を用いて検討した結果、袖壁が健全な試験体では、袖壁は軸力比で 0.81 を負担していたと推定できた。袖壁に損傷がある場合は 0.70 となり、さらに、袖壁が偏心する場合は 0.54 となった。しかし、平面保持解析より、これらの値は袖壁量やコアの軸力比により影響を受けることが分かった。

(4)袖壁が負担する軸力比は、袖壁面積比の増加により低下するだけでなく、コア軸力比が低くなると低下していく(図 1-4 (a))。この関係より、コアの軸力比がわかれば袖壁の面積比より袖壁の負担軸力比を概略推定しうる。また、袖壁が偏心する場合には、袖壁面積比が 0.3 程度以上なら、偏心の無い場合の 50%程度が有効であると考えて良い。

参考文献

- [1] 加藤大介、大西幸一、大塚祐二、土井希祐：一定高軸力を受ける面外袖壁つき RC 造柱の変形能評価実験、第 23 回コンクリート工学年次論文報告集 23-3, pp.163-168、2001
- [2] 大塚祐二、加藤大介：一定高軸力と二方向加力を受ける面外袖壁つき RC 造柱の軸力負担性能評価実験、第 24 回コンクリート工学年次論文報告集 24-2, pp.259-264、2002
- [3] 加藤大介：配筋法を考慮した鉄筋コンクリート柱の変形能の評価法、日本建築学会構造系論文報告集、第 450 号、pp.81-88、1993.8
- [4] 佐々木潤一郎、加藤大介：RC 造柱のひび割れ幅、圧壊領域長さおよび軸力負担性能の評価法、第 24 回コンクリート工学年次論文報告集 24-2, pp.253-258、2002
- [5] 平成 4 年度 New Rc 研究開発概要報告書 C-7)コリアイドコンクリートの力学特性に関する資料のとりまとめ、国土開発技術センター