

論文 断面と骨材の寸法を変化させたRC造柱の軸圧縮実験と最大耐力以降のモデル化

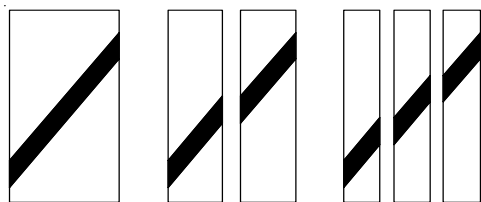
広瀬 裕三郎*1・伊井 宏樹*2・加藤 大介*3

要旨：単純軸圧縮力を受ける RC 造柱の最大軸耐力以降の負勾配挙動に及ぼす断面の寸法と骨材の寸法の影響を検討するため、これらをパラメータにした軸圧縮試験体を 4 体作成し実験を行った。特に、負勾配領域での特異点にあたる滑り開始時の軸力と軸変形に焦点をあて、軸応力度—軸変形関係で表示すればこれら 2 つの要因の影響は少ないことがわかった。一方、本実験結果と筆者らが過去に行った実験結果および他研究機関による結果を用いて、滑り開始時の軸力と軸変形の既往の評価式を再検討した。このとき、中子筋の効果、コンクリート強度および試験体寸法に着目している。これらの効果を取り入れた結果、既往の評価式の精度を改善することができた。

キーワード：RC 造柱、軸力負担能力、せん断破壊、寸法効果、骨材寸法

1. はじめに

筆者らは曲げせん断加力を受けるRC柱の軸力負担能力の研究を行い、柱の軸力負担能力喪失時の部材角が単純軸圧縮挙動のある特異点（後述する図—3のE点）により推定できることを示してきた¹⁾。その後、単純軸圧縮柱のE点により決定される負勾配領域の挙動の評価が重要であるという認識の下、そのモデル化に関する研究を改めて行った²⁾。図—1は文献2)で得られた滑り開始時軸変形（説明は後述）に関する結論を示す図であるが、破壊領域は寸法によらないというものであった。筆者らの行った過去の相似試験体同士の実験データでは、その負勾配挙動での軸変形に差が極めて小さいものがいくつかみられた。そのため骨材間での滑りの発生こそが最終的な破壊領域に影響するのではないかと予想した。そこで、本研究では単純軸圧縮力を受けるRC造柱の最大軸耐力以降の負勾配挙動に及ぼす断面の寸法と骨材の寸法の影響を検討するため、これらをパラメータにした軸圧縮試験体を4体作成し実験を行った。



図—1 破壊領域の概念

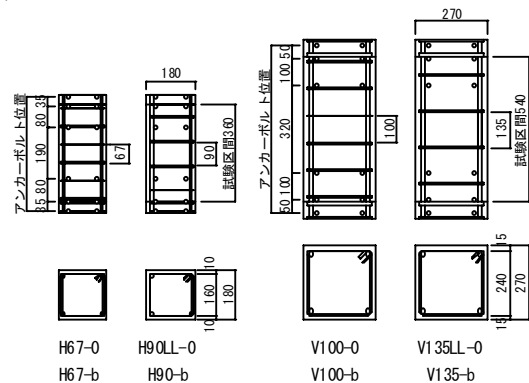
その後、本実験結果と筆者らが過去に行った実験結果および他研究機関による結果を用いて、文献2)で提案した滑り開始時の軸力と軸変形の評価式を再検討した。このとき、中子筋の効果、コンクリート強度および試験体

寸法に着目している。

2. 実験概要

文献2)では骨材寸法を10mmとした試験体を用い、断面寸法を変化させた実験を行っている。本論文ではその骨材寸法のみを25mmに変化させた試験体を作成した。表—1に文献2)の試験体と併せて試験体諸元を示す。また、図—2には試験体配筋図を示し、変位計取り付け用アンカーボルト位置も合わせて示す。加えて文献2)の試験体は表—2において上付きで*をつけ区別した。

試験体は、大きく分けると、断面寸法が180mm×180mmのHシリーズ、270mm×270mmのVシリーズの2種類の試験体に分けられる。試験区間高さとして試験体全長は、Hシリーズが区間高さ360mm、全長1200mm、Vシリーズが区間高さ540mm、全長1600mmである。またH,Vのシリーズ名の後の数字が帯筋間隔、その後の-0が骨材寸法10mm、-bが25mmを表す。加えて表—1の相似の列に同じ文字で表される試験体同士が、寸法以



図—2 配筋詳細図及びアンカーボルト位置(O)

*1 新潟大学大学院 自然科学研究科 (正会員)

*2 新潟大学大学院 自然科学研究科 (正会員)

*3 新潟大学 工学部建設学科教授 工博 (正会員)

表-1 試験体諸元

試験体名	幅	せい	試験区間長さ h	試験体全長 l	主筋		帯筋			コンクリート強度 N/mm ²	骨材寸法 mm	実験年	相似	
	b	D			配筋	主筋降伏強度 N/mm ²	配筋	帯筋間隔 s	帯筋降伏強度 N/mm ²					帯筋比
	mm	mm												
H67-0*	180	180	360	1200	4-D10	330	2-D4	67	412	0.0021	13.5	10	2009	A
H90LL-0*						345		90	420	0.0016	15.6		2006	B
H67-b						350		67	412	0.0021	14.5	25	2010	A'
H90-b						350		90	412	0.0016	14.5			B'
V100-0*	270	270	540	1600	4-D16	341	2-D6	100	305	0.0023	13.5	10	2009	A
V135LL-0*						375		135	345	0.0017	14.1		2007	B
V100-b						323		100	348	0.0023	14.5	25	2010	A'
V135-b						323		135	348	0.0017	14.5			B'

外の要素を極力同じにした相似関係にあることを示す。なお、H,V シリーズ共に変位計は測定区間を試験区間として、試験体背面に左右 5 個ずつ測定区間が繋がるように図-2 に示したアンカーボルト位置に取り付ける。その他に、上下の剛な基礎の間の軸変形を測定している。本試験体では試験区間のみで破壊が生じており、本手法により試験体の軸変形は評価しうる。

3.実験結果

表-2 に中心軸圧縮試験結果、図-3 に試験の結果得られる基本的な関係図である軸力-軸変形関係のモデル化を示す。同図は縦軸に全軸力、横軸に軸変形をとっている。文献 1)では、式(1)で表される初期摩擦軸力計算値 P_{fro} を基準に、平均軸力-平均軸変形関係の下り勾配を 2 本の折れ線でモデル化している。すなわち、最大軸力点 (点A) と軸力が P_{fro} になるときの点B を結んだ線と、P_{fro} の点 (点C) と軸力が P_{fro} の半分になるときの点D を結んだ線である。文献 1)では、この交点E を滑り開始点と呼び、その軸力を滑り開始時摩擦軸力実験値 P_{fr} として曲げせん断試験と関連づけている。

$$P_{fro} = bD \cdot P_w \sigma_{wy} \cdot \frac{\sin\theta \cos\theta + \mu \sin^2\theta}{\sin\theta \cos\theta - \mu \cos^2\theta} + A_s \sigma_y \quad (1)$$

ここで、式(1)は、RC柱が角度θ (これまで行ってきた実験の平均的な値として 60° としている) の滑り面で摩擦係数 μ (=0.77 としている) により抵抗しているときの軸力のモデルを表しており、bD は断面の幅とせい、P_wσ_{wy} は帯筋比と降伏強度、A_sσ_y は主筋の全断面積と降伏応力度である。

図-4 (a) ~ (d) に試験の結果得られた 4 組の相似試験体同士を比較する。各図とも左側が横軸に平均軸歪度をとったもの、右側が軸変形をとったものである。ここで平均軸歪度とは、試験体に取り付けた各変位計から得られる測定区間の平均の軸歪であるが、いずれかの変位計がはずれた場合は、上下の基礎間で測定している軸変形を用いている。また、縦軸は全軸力を全断面積で除して無次元量にしてある。同図に○及び●で示す点は滑り開始点の実験値である。ここで、滑り開始点とは、試験

体内部で発生する摩擦面に生じる摩擦力が限界に達し、試験体の変形が著しく大きくなり始める点の事を指す。

まず図-4 の (a) ~ (d) において左右の図を比較する。最大応力度点をみると平均軸歪度を横軸にした場合 (各図左側) は一致しているが、この場合 (b) を除いた 3 組の相似試験体において、滑り開始点における平均軸歪度は著しくずれていることがわかる。すなわち、相似試験体における寸法の影響を最大応力度以降まで検証するには、平均軸歪度を横軸にとるのは不適切であり、図-1 で示した破壊領域の概念からも、各図右側に示した軸変形によって比較する方がより適切であると考えられる。改めて図-4 右図をみていく。まず骨材寸法 10mm を用いた図-4 (a) 及び (b) に注目する。滑り開始時摩擦軸力度はほぼ同じ値になっている。一方、骨材寸法 25mm の同図 (c) 及び (d) は、断面寸法の小さな H シリーズの方が大きな V シリーズと比べて高い値が得られた。また、滑り開始時軸変形は同図 (b) に示す H90LL-0 と V135LL-0 同士は多少離れているが、全体としては断面積や骨材寸法に関係なくほぼ同じ値であった。

表-2 実験結果

試験体名	最大強度時		滑り開始時		初期摩擦軸力計算値 P _{fro} [kN]	骨材寸法 [mm]
	軸強度 [kN]	軸変形 [mm]	摩擦軸力 [kN]	軸変形 [mm]		
H67-0*	568	0.548	147	14.4	211	10
H90LL-0*	572	0.775	118	8.45	187	
H67-b	595	0.881	151	13.5	217	25
H90-b	641	0.824	149	14.3	187	
V100-0*	1248	0.652	266	13.1	490	10
V135LL-0*	1263	1.43	266	13.1	482	
V100-b	1223	1.21	346	11.0	507	25
V135-b	1294	1.31	319	12.4	443	

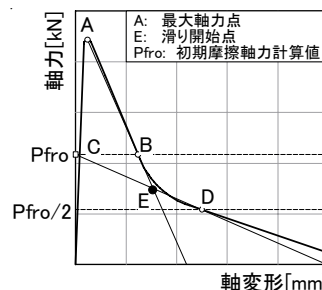


図-3 軸力-軸変形関係モデル化

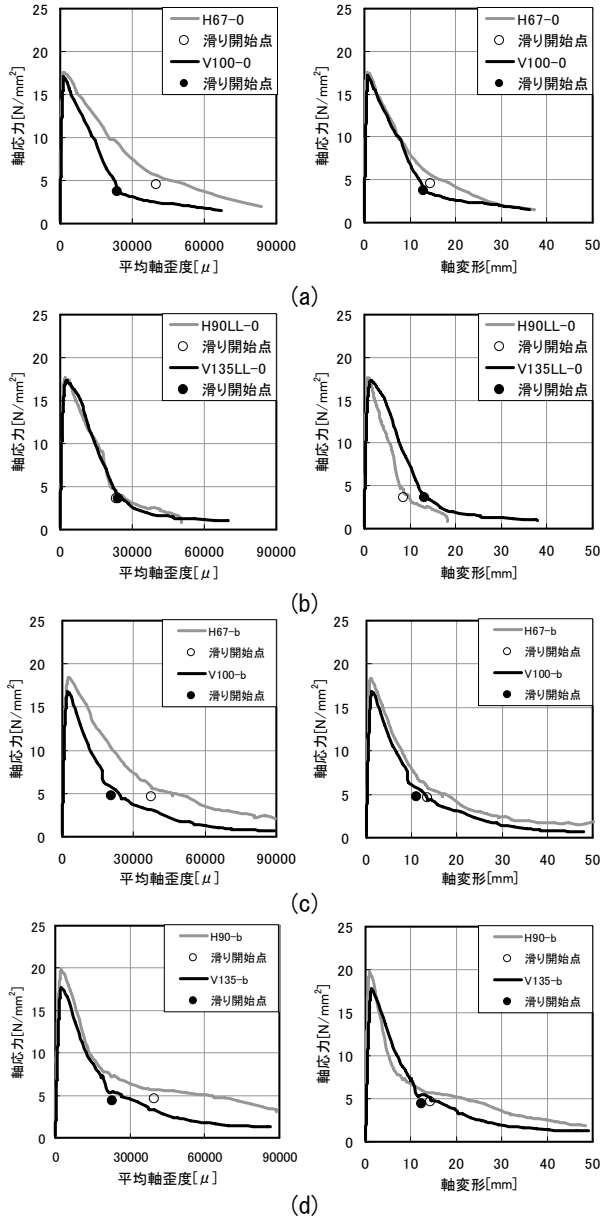


図-4 相似試験体における軸応力-平均軸歪度および軸応力-軸変形関係

4. 結果の考察

4.1 検討方針

本報告では、図-3に示したように、負勾配部分を2本の直線でモデル化する。最大点の点Aは既往の方法⁴⁾で評価可能である。点Cは式(1)で表されるので、点Eの軸力（すなわち滑り開始時摩擦軸力実験値 P_{fr} ）とそのときの軸変形が分かれば2つの直線が決定できる。そこで、実験で得られた点Eの値を評価する方法を検討していく。

なお、検討に用いた試験体は前記の表-1に加えて、表-3に示す。表-3(b)の最左列には記載される参考文献を示す。

4.2 最大軸応力とその時の軸歪度の検討

本論文の主要な目的ではないが、点Aの最大軸力点の検討を行う。図-5(a)~(c)は最大軸力の実験値と計算値を比較したものである。同左図群は縦軸に最大軸力実験値を、横軸に計算値をとっている。同右図群は、縦軸に実験値を計算値で除した値を、横軸に断面寸法をとり計算式の精度と断面寸法の関係を示す。なお骨材寸法25mmの試験体は図中口で表す。以降の図においても同様に表記する。

図-5(a)が拘束効果を見逃したもので、すなわち、コンクリート強度 σ_B に全断面積を乗じたものに鉄筋の負

表-3 全試験諸元及び実験結果

(a) 本学の既往の試験体

年度	試験体名	寸法		最大軸力点		初期摩擦軸力点		滑り開始点	
		断面 [mm×mm]	試験区間 [mm]	軸変形 [mm]	軸力 [kN]	P_{fr} [kN]	軸変形 [mm]	摩擦軸力 [kN]	
2009	H167-0	180×180	360	1.09	622	252	15.4	201	
	H1100-0			0.67	592	194	16.7	147	
	V1100-0	270×270	540	1.16	1170	517	14.4	422	
	V1150-0			1.36	1203	407	13.7	265	
2008	L52LL-0'	180×180	540	1.62	491	267	17.3	137	
	VH78LL-0	180×270	540	1.11	851	529	18.2	181	
	V78LL-0'	270×270	540	1.63	1091	640	20.0	300	
	L90LL-0	180×180	540	1.64	625	262	11.7	181	
2007	L90LL-0	180×180	540	1.57	613	195	6.2	141	
	V78LL-0	270×270	540	0.59	1224	615	10.0	330	
	H52LL-0	180×180	360	1.03	589	242	12.8	172	
	H52L-0			1.32	615	242	8.52	182	
S52L-0	1.20			646	242	9.18	125		
I52L-0	4.83			590	315	18.8	178		
2005	D10SH-0	180×180	360	1.01	1018	322	7.88	214	
	D10SL-0			1.37	618	322	9.54	252	
	D10WH-0			0.82	1002	322	9.87	285	
	D10WL-0			0.96	607	322	11.7	265	
2004	D13S-0	180×180	360	0.66	901	399	7.10	214	
	D13W-0			1.14	920	399	14.1	319	
	φ4W-0			1.08	764	254	11.4	169	
	W52-0			1.37	916	419	-	-	
2003	W90-0	180×180	360	0.94	834	288	10.2	233	
	S-0			1.56	911	342	7.73	222	
	W-0			1.20	805	342	-	-	
	H-0			1.11	1092	325	9.44	222	
1992	P-0	180×180	360	0.91	1098	325	6.16	248	
	F6S30	150×150	530	0.87	1373	336	7.79	222	
	F6S45			0.94	1383	234	8.59	165	
	F6S30T			1.10	1531	520	6.84	296	
	F6S45T			1.22	1544	366	8.19	219	
	F6S60T			1.04	1400	289	7.09	180	
	F6S45T2			1.44	1564	498	6.41	231	
	F6S60T2			1.13	1498	396	9.79	227	
	F3S30			0.91	685	336	6.76	231	
	F3S45			1.08	743	234	8.69	149	
	F3S30T			3.31	861	520	20.4	125	
	F3S45T			2.29	770	366	10.4	196	
	F3S60T			1.39	768	289	6.62	154	
	F3S45T2			3.37	870	498	11.9	273	
	F3S60T2			1.43	808	396	9.60	173	
	F4Y4S30			1.25	1016	396	-	-	
	F4Y4S60			0.92	926	213	-	-	
	F4Y8S30			1.50	1044	692	-	-	
	F4Y8S60			0.90	916	361	-	-	
	F4Y12S60			1.02	942	466	-	-	
F6Y4S30	1.12			1537	396	-	-		
F6Y4S60	3.15	1461	213	-	-				
F6Y8S30	1.55	1569	692	-	-				
F6Y8S60	1.31	1522	361	-	-				
F6Y12S30	1.20	1571	902	-	-				
F6Y12S60	1.10	1508	466	-	-				
F8Y4S30	1.05	1743	396	-	-				
F8Y4S60	1.09	1548	213	-	-				
F8Y8S30	1.36	1752	692	-	-				
F8Y8S60	0.95	1647	361	-	-				
F8Y12S30	1.39	1779	902	-	-				
F8Y12S60	1.16	1667	466	-	-				
F8SP30	1.30	1695	1148	-	-				
F8SP60	0.96	1626	589	-	-				
1989	2D10S140	150×150	530	0.58	511	235	2.64	161	
	2D10S93			0.78	601	343	5.81	214	
	2D10S70			1.90	581	449	-	-	
	2D6S93			1.25	493	183	6.58	107	
	2D6S70			1.09	555	236	6.84	131	
	2D6S47			1.28	570	341	-	-	
	3D6S70			1.84	587	364	7.14	214	
	2φ4S47			0.80	497	171	6.92	103	
	2φ4S35			1.50	541	222	6.65	147	
	2φ4S23			1.45	571	327	-	-	
	3φ4S70			1.11	552	193	7.98	104	
	3φ4S35			3.36	644	344	10.1	188	

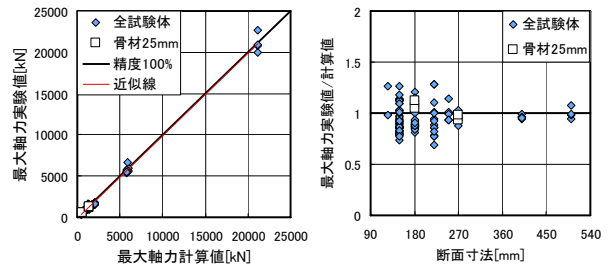
(b) 他学の試験体

参考文献	試験体名	寸法		最大軸力点		初期摩擦軸力点		滑り開始点	
		断面 [mm×mm]	試験区間 [mm]	軸変形 [mm]	軸力 [kN]	軸変形 [mm]	軸力 [kN]	軸変形 [mm]	摩擦軸力 [kN]
文献 4)	4L9718	125×125	325	1.53	1275	638	-	-	-
	4L17210			3.63	1638	754	-	-	-
	2L9508			2.80	5884	3120	15.3	1903	-
	2S9508			2.40	5992	3120	9.7	1733	-
	2L9522			3.05	5472	2869	19.1	1780	-
	2S9522	2.60	5629	2869	13.8	1736	-		
	2L17112	3.75	8688	3755	16.0	2535	-		
	1L7012	3.00	19937	9194	-	-	-		
	1L9708	3.50	20761	11333	27.5	5858	-		
	1L9712	3.90	20967	12025	23.2	7218	-		
1L17212	4.20	22693	11096	-	-	-			
文献 5)	No.1	400×400	520	1.46	5521	1801	-	-	-
	No.2			1.40	5403	1873	-	-	-
	No.3			1.51	5698	1873	-	-	-
	No.4			1.61	5492	1873	10.3	985	-
	No.5			1.51	5472	1873	13.3	934	-
文献 6)	LN30-NM	220×220	300	3.11	342	250	-	-	-
	LN60-NM			6.08	391	500	-	-	-
	LN90-NM			9.7	488	750	-	-	-
	HN30-NM			1.03	937	250	-	-	-
	HN60-NM			1.43	1057	500	-	-	-
	HN90-NM			1.83	1162	750	9.84	635	-
	LR60-NM			7.19	574	670	-	-	-
	HR60-NM			1.72	1180	670	14.9	358	-
	LN30-RMa			2.40	377	250	13.0	178	-
	LN30-RMb			6.89	408	250	11.1	181	-
	LN60-RM			4.82	445	500	-	-	-
	LN90-RMa			14.28	565	750	-	-	-
	LN90-RMb			9.95	566	750	-	-	-
	LR60-RM			6.54	609	670	-	-	-
HR60-RM	1.76	1247	670	8.0	412	-			

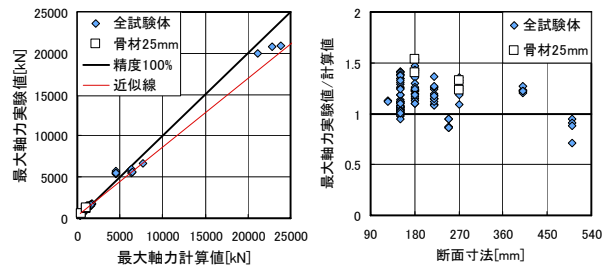
担分を加えて求める。図-5 (b)は文献 3)により求め、カバーコンクリートの負担分を考慮していない。図-5 (c)はいわゆるNewRCモデル⁷⁾によるものである。この場合もコアと鉄筋の和で評価し、カバーを考慮していない。結果をみると、図-5 (a)では最大軸力は拘束を無視してもあまり影響がないようである。図-5 (b), (c)からは、文献 3)による軸力計算値は断面寸法の大きな試験体において精度が低下している。この試験体は同左図の最も軸力の高い試験体と一致する。図-5 (c)に注目すると、NewRCによる最大軸力計算値は全体に精度よいものと確認できた。

図-6 (a) (b)は最大軸応力度時の平均軸歪度を2種の計算値と比較したものである。図-6 (a)は文献 3)を、図-6 (b)はNewRCモデル⁷⁾を用いて平均軸歪度を求めた。ここで、実験値は試験体軸変形を軸変形測定間隔で除して歪度としている。図-6の左図は例によって実験値と計算値の比較、右図は計算値の精度と断面寸法の比較である。加えて、中子筋を有する試験体は図中*として表す。まず図-6 (a)に注目する。同図において中子筋を有した試験体(図中*)のばらつきが顕著である。中子筋による試験体断面の分割数を筆者らは N_{BUN} と表し考慮しているが、文献 3)の計算式の精度に対して大きく影響したと思われる。しかしながら、全体としては(a), (b)ともに寸法による影響は顕著にはみられなかった。次に同図(a)に注目すると、計算値が実験値に比べて非常に小さく計算されている試験体が目立つ。右側の図から断面寸法 220mmの試験体にその多くがあることがわかる。その試験体群は表-3 (b)に示した文献 7)の試験体の内、コンクリート強度が 9.1 N/mm^2 と低強度である。(b)においても同様の結果が見られる。そもそも

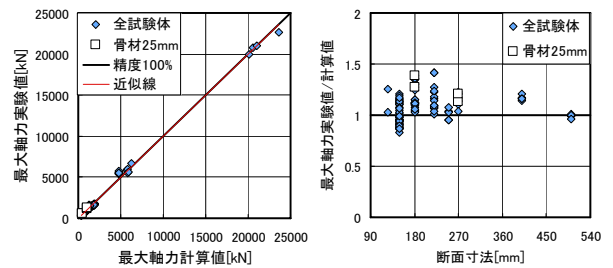
NewRCモデルの適用範囲は $30 \sim 120 \text{ N/mm}^2$ のため、そのような結果となった可能性がある。文献 3)の計算式においても同様の結果となった。しかしながらコンクリート強度が 30 N/mm^2 以下の試験体においても概ね精度よく評価できている。中子筋を有する試験体においてはほとんどが危険側にあるため、今後も検討が必要である。



(a) 拘束無視

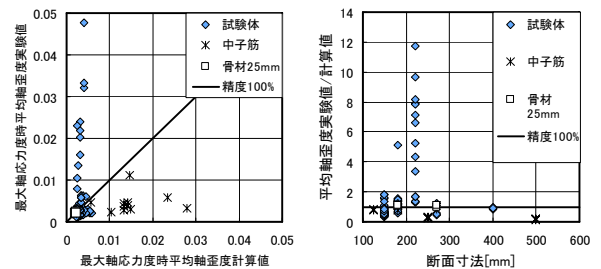


(b) 文献 3) カバー無視

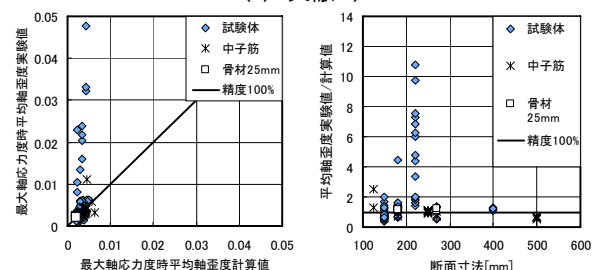


(c) NewRC カバー無視

図-5 最大軸力計算値の精度と寸法の関係



(a) 文献 3)



(b) NewRC

図-6 最大軸応力度時平均軸歪度計算値の比較

4.3 滑り開始時摩擦軸力の再検討

文献2)では滑り開始時摩擦軸力(図-3のE点の縦軸)として式(2)を提案している。特徴は式(3)で配筋詳細を考慮していることと、式(5)で荒川式の寸法効果を取り入れている点である。

$$P_{fr,cal} = P_{fro} \times \beta \times R_d \times k_u \quad (2)$$

$$\beta = \left(1 - 0.5 \frac{S}{D}\right) \times \frac{2 + (N_{BUN} - 1) \cdot (1 + C_0)}{N_{BUN} + 1} \quad (3)$$

$$C_0 = \frac{1}{20} \left(\frac{D_c}{\phi_w}\right) \gamma \quad (\gamma = 0.0005 \sigma_{wy} [N/mm^2] \leq 2) \quad (4)$$

$$k_u = -0.0012 \times D [mm] + 1.2 \quad (0.72 < k_u < 1) \quad (5)$$

ここで、式(2)において配筋詳細の有効係数 R_d (溶接帯筋で1, 135° フックは0.9, 90° フックで0.8), 式(3)において S は帯筋間隔, D は断面せい, N_{BUN} は中子筋による試験体断面の分割数を表し, 中子筋の効果を考慮する補正係数である。式(4)における D_c はコア幅, ϕ_w は帯筋径, σ_{wy} は帯筋降伏強度である。

本節では式(5)による寸法効果と式(3)による配筋詳細の効果を検討する。まず寸法効果であるが、式(2)において k_u を1として寸法効果を考えない場合の $P_{fr,cal}$ と実験値の比較を図-7に示す。左図は計算値と実験値の比較, 右図は精度と断面寸法の比較である。なお, 図中の○は中子筋を有する試験体を示す。同図をみると右下がりの傾向が顕著で, 寸法の効果が認められる。図中の実線は式(5)であるが, これは点線で示した全データの近似線とほぼ同じ傾向となっていた。一方, 式(5)を考慮した場合を図-8に示す。図-8をみると, 全体として寸法の大きな試験体は式(5)の影響から1に近づいたことがわかる。図中□で示す骨材寸法25mmの試験体は他の試験体に比べても精度よく評価できている。しかし, ばらつきはあるものの多くの試験体において依然として精度が1以下となっている。

次に配筋詳細の効果を再検討する。文献2)では式(3)の問題点として中子筋の効果を過小評価することを示している。本論文では式(3)の代わりに式(3')を提案する。

$$\beta = \begin{cases} 1 - 0.5 \frac{S}{D} & N_{BUN} = 1 \text{ の場合} \\ \left(1 - 0.5 \frac{S}{D}\right) \times (1 + C_0) & N_{BUN} \geq 2 \text{ の場合} \end{cases} \quad (3')$$

式(3')の意味であるが, もともと式(3)の係数 $(1+C_0)$ は文献3)で提案されたものである。外周の帯筋は図-9に示すようにコンクリートが膨張することにより中間荷重を受けている状態となり, 引っ張り降伏応力度 σ_{wy} は発揮し得ない。文献3)ではこの効果を定式化し, 外周の帯筋の降伏強度の低減率として $1/(1+C_0)$ を用いている。式(3)ではこの逆数 $(1+C_0)$ を中子筋の優遇率として定式化されている。以上の背景の下, 本論文では中子筋があ

る場合は外側の帯筋も膨張せず, 中子筋と同様に $(1+C_0)$ による優遇を受けると考えて式(3')を得る。

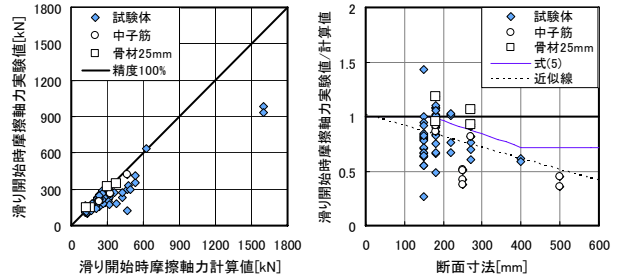


図-7 滑り開始時摩擦軸力と既往計算値の比較

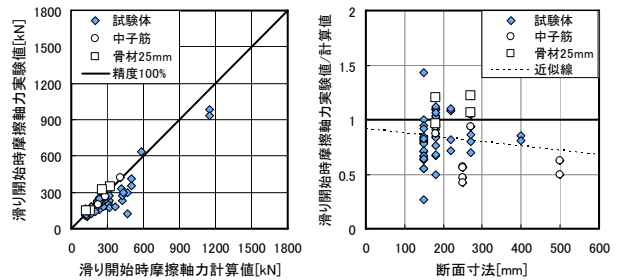


図-8 k_u を用いた場合の式(2)の精度

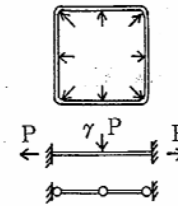


図-9 文献3)での中子筋が無い場合の効果の低減

ここで式(3')による β を使用した場合において式(2)で示した滑り開始時摩擦軸力評価式と断面寸法およびコンクリート強度との関係を図-10にみておく。左図は評価式の精度と断面寸法を, 右図はコンクリート強度との比較に用いる。まず左図をみると点線で表す近似線の傾きから式(5)を用いて寸法の影響を緩和できたことがわかる。一方, 右図にはコンクリート強度が高いほど計算値が過大になる傾向がみられた。よって滑り開始時摩擦軸力とコンクリート強度に相関性があると予想される。そこで図-10の近似直線の式がそのまま両者の低減係数といえる。滑り開始時摩擦軸力に対するコンクリート強度による低減係数を式(6)として示す。

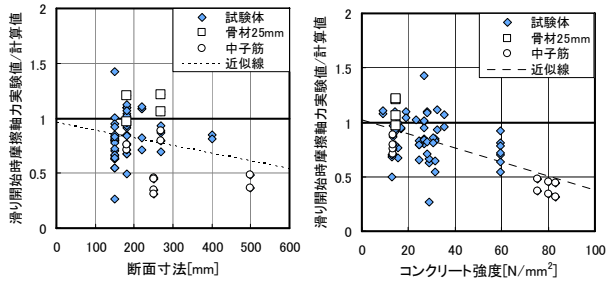
$$\alpha_1 = 1 - 0.007 \times \sigma_B \quad (\sigma_B \text{ N/mm}^2) \quad (6)$$

この摩擦軸力に対するコンクリート強度の低減係数 α_1 を, 式(2)に示した滑り開始時摩擦軸力評価式(中子筋の補正係数は式(3')の β を用いる)に乗じた式(2')を新たな摩擦開始軸力評価式として提案する。

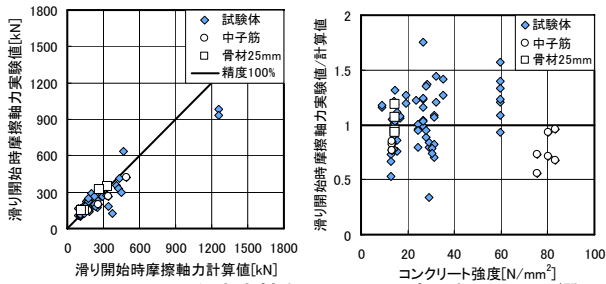
$$P_{fr,cal} = P_{fro} \times \beta \times R_d \times k_u \times \alpha_1 \quad (2')$$

結果は図-11に示す。同左図は実験値と計算値の比較, 右図は評価式の精度とコンクリート強度の比較となる。

ばらつきはあるもののコンクリート強度の高低に関係なく滑り開始時摩擦軸力を精度よく評価できている。



図一10 滑り開始時摩擦軸力とコンクリート強度



図一11 滑り開始時摩擦軸力への低減係数 α_1 の影響

4.4 滑り開始時軸変形の再検討

文献2)では文献1)で提案した帯筋による有効な拘束応力度 σ_{tp} (詳細は省略) を用いて滑り開始点の軸変形の評価法を提案している。その際、コンクリートが低強度であるほど軸変形が大きくなるという傾向があることを示し、その結果得られたコンクリート強度による低減係数を式(7)として提案している。

$$\alpha_2 = \frac{\sigma_0}{\sigma_B} \quad (\sigma_0 = 21 \text{ N/mm}^2) \quad (7)$$

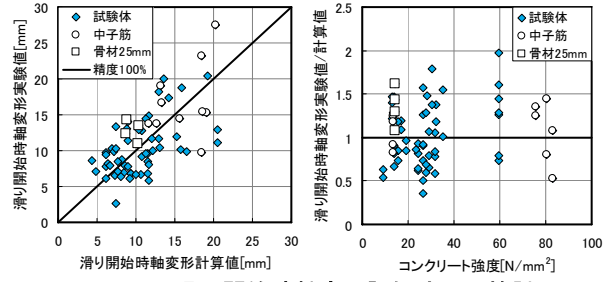
本論文では文献2)の主旨を活かし、式の簡略化を試みた。具体的には σ_{tp} の算出が複雑で、帯筋による有効な拘束応力度を式(8)で定義し直し、あらためて実験式を作成した。式(8)は帯筋が降伏した際の拘束応力度に式(3')に示した中子筋の効果の補正值 β を乗じたものである。

$$\sigma_{tp} = \frac{a_w \cdot \sigma_{wy}}{D_c \cdot S} \times \beta \quad (8)$$

滑り開始時軸変形実験値を式(7)に示す α_2 で除したものを縦軸に、横軸に σ_{tp} をとり直線近似を行い両者の関係式を求める。さらに式(7)に示す α_2 を乗じて新たな滑り開始時軸変形評価式を式(9)として以下に示す。

$$\delta_{fr,cal} = \alpha \cdot (3.7 + 4.9 \times \sigma_{tp} \cdot Rd) \quad (9)$$

この式(9)から得られる滑り開始時軸変形計算値の結果を図一12に示す。例によって左側は実験値と計算値の比較、右側は計算値の精度とコンクリート強度の比較である。同図をみると、全体にばらつきはみられるがコンクリート強度の高低によらず概ね精度よく評価できる評価式となった。



図一12 滑り開始時軸変形評価式の再検討

まとめ

(1)単純軸圧縮力を受ける RC 造柱の最大軸耐力以降の負勾配挙動に及ぼす断面の寸法と骨材の寸法の影響を検討するために、これらをパラメータにした軸圧縮試験を行った。その結果、軸応力度—軸変形関係で表示すればこれらの2つの要因の影響は少ないことがわかった。

(2)本実験結果と筆者らが過去に行った実験結果および他研究機関による結果を用いて、滑り開始時の軸力と軸変形の既往の評価式を再検討した(式(2')と式(9))。このとき、中子筋の効果、コンクリート強度および試験体寸法に着目している。これらの効果を取り入れた結果、既往の評価式の精度を改善することができた。

参考文献

- 1) 加藤大介, 李柱振, 中村友紀子, 本多良政: 配筋詳細に着目した RC 造せん断破壊柱の軸力保持性能に関する実験, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 610 号, pp153-159, 2006.12
- 2) 伊井宏樹, 広瀬裕三郎, 飯田宏樹, 加藤大介: 寸法と中子筋の有無を変化させた RC 柱のせん断破壊後の軸力負担能力評価実験 その 2 軸圧縮試験の挙動の評価, 日本建築学会北陸支部研究報告集, 第 53 号, pp199-202, 2010.7
- 3) 加藤大介: 角形補強筋で拘束されたコンクリート柱の軸応力度—歪度関係に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第422号, pp65-74, 1991.4
- 4) 堀栄真他: 横補強された高強度鉄筋コンクリート造柱の中心軸圧縮性状に及ぼす寸法効果(その1~その2), 日本建築学会大会学術論文梗概集, pp365-368, 1994.9
- 5) 石川裕次他: 帯筋端部のフック形状を変数とした柱の中心圧縮試験, 日本建築学会大会学術論文梗概集, pp43-44, 1996.9
- 6) 荒木秀夫他: 低強度コンクリートを用いたRC柱の中心圧縮性状, コンクリート工学年次論文集, vol129, No3, pp103-108, 2007
- 7) 平成4年度 New RC 研究開発概要報告書 C-7) コンファイン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, 1993