

論文 R C 柱曲げ降伏以後の経験部材角と残留変形角との関係

城戸 将江^{*1}・江崎 文也^{*2}・小野 正行^{*3}・田中 睦^{*4}

要旨：既往の実験資料に基づいて、曲げ降伏が先行したRC柱の経験部材角とその部材角から除荷したときの残留部材角との関係を分析した。分析した結果によれば、除荷後の残留変形角は、かなりばらつきがあるが、経験部材角が1～2%を超えると残留変形角が大きくなる傾向があること、コンクリート強度が高いほど残留変形角が小さくなる傾向があること、また、軸力比が大きくなると残留変形が大きくなる傾向があることなどがわかった。

キーワード：鉄筋コンクリート柱、曲げ破壊、経験部材角、残留変形角

1. 序

RC建築物の耐震設計では、梁や柱の主筋の降伏による曲げ降伏ヒンジの形成により地震エネルギーを吸収させる方法が採用されている。そのため、強地震を受けたRC建築物は、震災後に残留変形が生じ、崩壊は免れたが塑性変形による建物の傾斜のため、再利用ができずに取り壊しになるケースが多く見られる。このような問題点を解決するため、著者らは、塑性変形後も残留変形を小さくするRC構造の開発を目指し、これらに関するRC柱の実験的研究を行っている¹⁾。そこで、これらの研究を進めるにあたって、既往の実験資料を用いて、曲げ降伏が先行したRC柱について、ひび割れ発生から曲げ降伏が生じた以後の塑性時における経験部材角から除荷後の残留変形角がどの程度生じるかを検討することにした。これらを定量的に把握することができれば、柱が曲げ降伏を起こしたRC建物の震災後の残留変形の大きさにより、地震時の応答変形をおよそ予測できるものと考えられ、性能設計に関する貴重な資料にもなるものと考えている。

本論は、これらの資料を得るため、曲げ降伏が先行した既往のRC柱の実験資料を用いて、経

験制御変形角とそのときの除荷後の残留変形角の関係を明らかにしようとするものである。

2. 実験資料

実験資料は、以下の条件の下に収集した。

- 1) 日本建築学会大会学術講演梗概集 1994年から2003年までの過去10年分。
- 2) 柱断面寸法 (D : せい) が200mm以上のもの。
- 3) 荷重変形曲線の読み取りが可能なもの。
- 4) 主筋比 p_g および帯筋比 p_w が現行の日本建築学会規準²⁾の下限値以上のもの。

収集した実験資料の一覧を表-1に示す。表には D , p_g , p_w のほか、せん断スパン比 $M/(QD)$ (M : 柱に生じる最大曲げモーメント, Q : 柱に生じる最大せん断力), コンクリート圧縮強度 σ_c および軸力比 σ_0/σ_c (σ_0 : 柱軸応力度 [= $N/(bD)$, N : 柱軸方向力, b : 柱断面幅]) を示した。

3. 実験変動因子

収集したRC柱の断面形状、配筋および材料強度などの変動因子の分析結果を、図-1～図-6に示す。一般的なRC建築物に使用されている柱帯筋比の範囲に含まれる資料が多いが、被覆鋼管により補強された柱の実験資料も含まれて

*1 北九州市立大学大学院 国際環境工学研究科環境工学専攻学生 (正会員)

*2 福岡大学 工学部建築学科教授 工博 (正会員)

*3 近畿大学 産業理工学部建築・デザイン学科教授 博士(工学) (正会員)

*4 九州共立大学 工学部建築学科助手 修士(工学) (正会員)

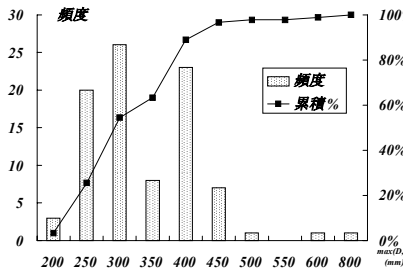


図 - 1 柱断面形状 ($D \times B$) の度数分布

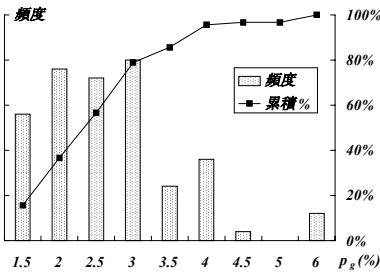


図 - 2 柱主筋比 p_g の度数分布

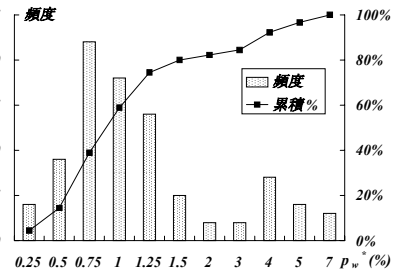


図 - 3 柱帯筋比 p_w^* の度数分布

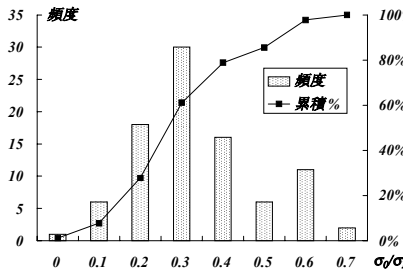


図 - 4 柱軸力比 σ_0/σ_B の度数分布

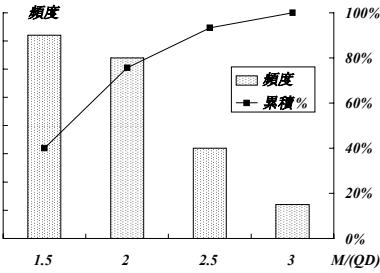


図 - 5 柱のせん断スパン比 $M/(QD)$ の度数分布

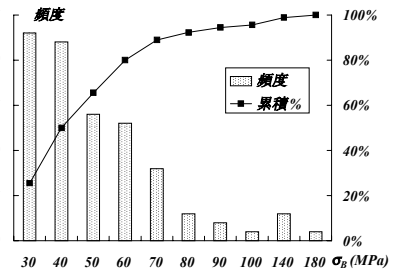


図 - 6 コンクリート強度 σ_B の度数分布

表 - 1 試験体一覧

文献番号	試験体名	D(mm)	M/(QD)	p_g (%)	p_w^* (%)	σ_B (MPa)	σ_0/σ_B
1	150-8	250	1.5	3.71	0.98	173.0	0.33
2	No.1-1	300	1.5	1.91	0.95	28.4	0.15
2	No.1-2	300	1.5	1.91	1.43	28.4	0.15
3	No.1	360	1.2	1.83	1.11	48.7	0.16
4	RC1	350	2.0	2.81	0.60	48.8	0.45
5	No.6	300	2.0	1.69	0.21	30.7	0.20
6	FS36NC	800	1.5	1.27	0.30	43.6	0.20
7	C01L-NC0	250	2.0	1.36	0.85	35.8	0.20
8	RC0-0.1-F	300	2.0	2.65	0.75	29.3	0.10
8	RC0-0.3-F	300	2.0	2.65	0.75	29.3	0.30
9	ϕ Weld	250	2.0	1.63	0.45	37.9	0.30
9	DWeld	250	2.0	1.63	0.51	37.9	0.30
10	No.1	350	2.2	2.81	0.76	92.7	0.40
11	23B-L30	400	1.5	2.15	1.56	27.4	0.30
11	45B-H30	400	1.5	2.87	2.55	55.4	0.30
11	60B-H45	400	1.5	2.87	3.21	56.7	0.45
12	No.1	360	1.5	2.65	2.85	33.1	0.60
12	No.2	360	1.5	2.65	3.20	33.8	0.60
12	No.3	360	1.5	2.65	3.68	33.6	0.60
12	No.4	360	1.5	2.65	3.20	34.7	0.60
13	UHRC07	300	2.0	3.10	3.99	101.4	0.29
13	UHRC09	300	2.0	3.10	3.12	74.8	0.31
14	PV06	400	1.8	3.17	0.71	68.4	0.13
15	F-75	500	1.5	1.43	0.75	23.8	0.20
15	H-75	250	1.5	1.43	0.75	23.6	0.20
16	C5W	450	2.0	2.29	0.63	36.6	0.25
16	C9W	450	2.0	2.29	0.27	40.2	0.15
17	C1W	450	2.0	1.70	0.63	27.7	0.15
17	C3W	450	2.0	1.70	0.36	24.1	0.15
18	No.1	350	1.5	1.95	0.90	67.0	0.15
19	60mm	250	1.8	2.54	0.80	25.6	0.10
20	135-3-0	250	2.0	1.60	0.45	32.0	0.30
21	No.1	350	2.0	1.95	1.08	59.5	0.30
22	H98M-33h'	250	1.5	5.11	3.84	48.8	0.33
23	MRC1	400	2.3	1.43	0.47	39.4	0.10
24	A4	300	2.5	1.77	0.79	46.2	0.35
25	RCC-NN-7	250	1.5	1.37	0.85	40.7	0.02
26	TC1	360	1.5	2.65	4.03	33.5	0.60
26	TC2	360	1.5	2.65	5.70	36.9	0.60
26	TC3	360	1.5	2.65	4.03	37.8	0.70
27	H-1.5	200	1.5	2.53	1.20	27.3	0.33
28	C308-3-5W-4	300	2.0	2.25	0.57	37.6	0.30
28	C308-3-11W-4	300	2.0	2.25	1.14	37.6	0.30
28	C308-6-11W-4	300	2.0	2.25	1.14	37.6	0.60
28	C608-3-5W-4	300	2.0	2.25	0.57	51.5	0.30
28	C608-3-11W-4	300	2.0	2.25	1.14	51.5	0.30

文献番号	試験体名	D(mm)	M/(QD)	p_g (%)	p_w^* (%)	σ_B (MPa)	σ_0/σ_B
28	C608-6-11W-4	300	2.0	2.25	1.14	51.5	0.60
29	No.1	300	1.5	2.65	1.00	85.3	0.31
29	No.3	300	1.5	3.53	1.00	85.3	0.23
30	CN-1	350	1.4	1.95	1.16	58.6	0.30
31	CC96H-S3	250	1.5	5.51	6.08	46.7	0.33
31	CC96H-DS	250	1.5	5.51	6.08	47.3	0.33
32	H-1.5	200	1.5	2.45	1.28	27.3	0.33
32	HT-1.5	200	1.5	2.45	1.28	25.7	0.33
33	CM-1-RC-D	450	2.8	1.18	0.84	25.8	0.30
34	C6-1	330	2.0	2.92	0.73	65.0	0.30
35	C41M	450	2.2	1.96	0.95	35.8	0.25
35	C43M	450	2.2	1.96	0.95	35.8	0.10
36	UHRC01	300	1.5	2.65	1.60	103.8	0.30
37	600-1/3-2	300	2.7	3.94	1.07	63.2	0.33
37	600-1/2-2	300	2.7	3.94	1.07	63.2	0.50
37	900-2/9	300	2.7	3.94	1.22	63.2	0.11
37	900-1/3	300	2.7	3.94	1.22	63.2	0.33
38	M00	300	2.0	1.70	4.53	50.9	0.00
38	M04	300	2.0	1.70	4.53	48.4	0.40
39	C4A	265	2.1	2.89	0.69	116.5	0.30
40	No.3	400	2.5	1.49	0.32	21.9	0.18
41	RC-F1	400	2.5	1.79	0.59	40.8	0.10
42	B-1	400	2.0	1.49	0.40	25.3	0.20
43	No.1	400	2.0	1.43	0.94	26.1	0.23
44	CFA	316	2.5	2.03	1.08	37.9	0.50
44	CFB	316	2.5	2.03	1.08	37.9	0.50
45	UNIT1	400	2.5	3.14	0.54	59.8	0.30
45	UNIT2	400	2.5	3.32	0.54	59.8	0.30
45	UNIT3	400	2.5	3.51	0.54	59.8	0.30
45	UNIT5	400	2.5	3.32	0.54	71.6	0.60
45	UNIT6	400	2.5	3.51	0.54	71.6	0.60
46	H4	220	2.7	4.19	0.97	33.3	0.43
47	C-1B	276	1.1	3.99	0.71	58.5	0.15
47	C-1C	276	1.1	2.66	0.71	58.5	0.21
48	S-033	250	2.0	2.44	0.23	44.8	0.33
48	Mu-033	250	2.0	2.44	0.23	44.8	0.33
48	Mu-067	250	2.0	2.44	0.23	40.5	0.67
49	RCC-SN-1	250	1.5	1.37	0.85	24.2	0.22
50	No.1	380	2.5	2.38	0.57	66.6	0.57
51	RIA	600	2.0	1.72	0.30	20.7	0.14
52	NFC-NN-1	250	1.5	1.37	0.85	29.2	0.22
52	NFC-NN-2	250	1.5	2.37	1.28	28.0	0.22
52	RCC-NN1	250	1.5	1.37	0.85	26.0	0.22
52	RCC-NN-2	250	1.5	1.37	1.28	26.0	0.22

p_w^* は被覆鋼管による補強を帯筋比として換算したものを加えた数値である。

いるので、帯筋比 p_w としてかなり大きい資料がある。また、高層RC建築物を想定した柱の実験に関する実験資料も含まれているので、軸力比 σ_0/σ_B が大きいものや高強度コンクリートの資料も40%程度存在している。

4. 残留変形

図-7に、水平力 Q と部材角 R との関係の模式図を示す。実験では特定の制御変形で正負繰返し水平力載荷実験を行っているので、図中に示す各制御変位に相当する経験部材角 R_0 とその制御変位から除荷後の残留部材角 R_r との関係について検討した。分析に用いた R_0 と R_r の値は、文献に示されている荷重変形関係図が正しく表示されているものと仮定し、これらの図を拡大して読み取った。

図-8~図-10に、せん断スパン比 $M/(QD)$ 、コンクリート圧縮強度 σ_B および軸力比 σ_0/σ_B をパラメータとして、それぞれ R_0 と R_r との関係を示した。これらの図によれば、各パラメータの変動にかかわらず、ほぼ同様の傾向である。図中に示す $R_r(\%)$ を $R_0(\%)$ で表す回帰曲線を求めると、式(1)で表される。

$$R_r = 0.0125R_0^3 - 0.0046R_0^2 + 0.28R_0 \quad (1)$$

経験部材角が1~2%を超えると残留部材角が増加する傾向がみられるが、これは、この程度の変形を超えると鉄筋の一部はひずみ硬化域に達するとともに、圧縮域のカバーコンクリートの圧壊や剥落が生じる現象がみられ、その結果、復元力の低下が生じて残留変形が大きくなるものと考えられる。図-8~図-10では残留変形角 R_r に及ぼす各パラメータの影響はよくわからないので、各パラメータが残留変形角 R_r に及ぼす影響を詳細に検討するため、 R_r/R_0 と各パラメータとの関係について検討した。図-11~図-15は、 R_r/R_0 と各パラメータとの関係を示したものである。図中には回帰直線を示した。これらによれば、経験部材角が1%を超えない場合、

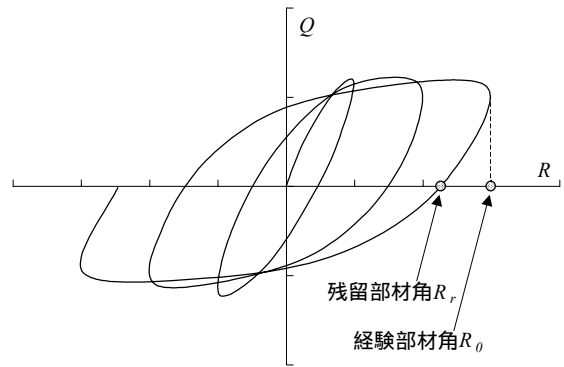


図-7 水平力 Q と部材角 R との関係の模式図

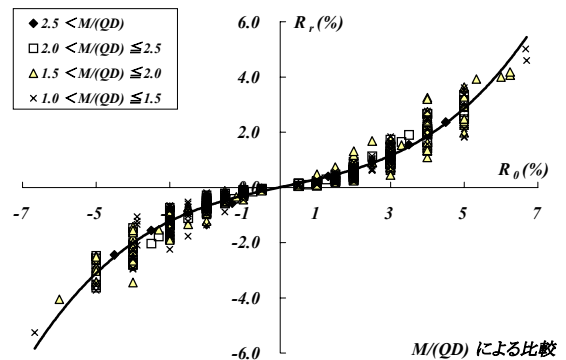


図-8 せん断スパン比 $M/(QD)$ で分類した経験部材角 R_0 と残留部材角 R_r との関係

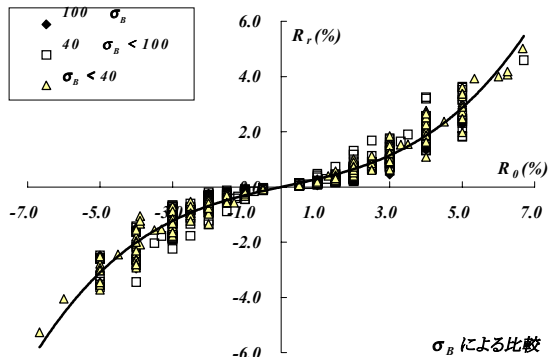


図-9 コンクリート強度 σ_B で分類した経験部材角 R_0 と残留部材角 R_r との関係

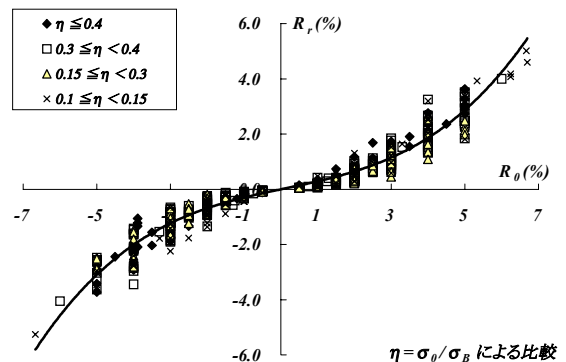


図-10 軸力比 σ_0/σ_B で分類した経験部材角 R_0 と残留部材角 R_r との関係

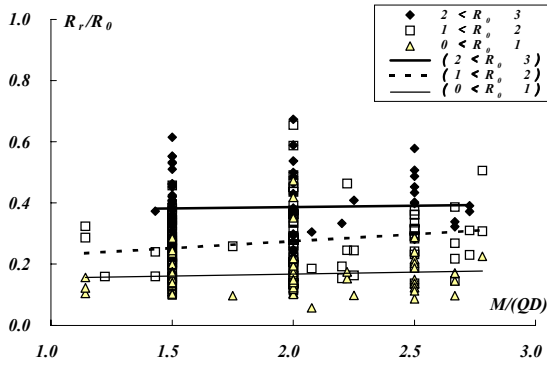


図 - 11 せん断スパン比 $M/(QD)$ と R_r/R_0 との関係

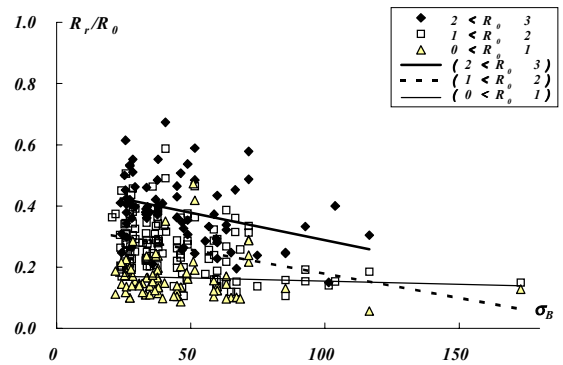


図 - 12 コンクリート強度 σ_B と R_r/R_0 との関係

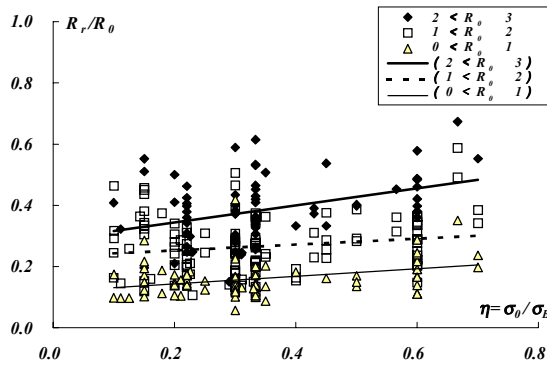


図 - 13 軸力比 σ_0/σ_B と R_r/R_0 との関係

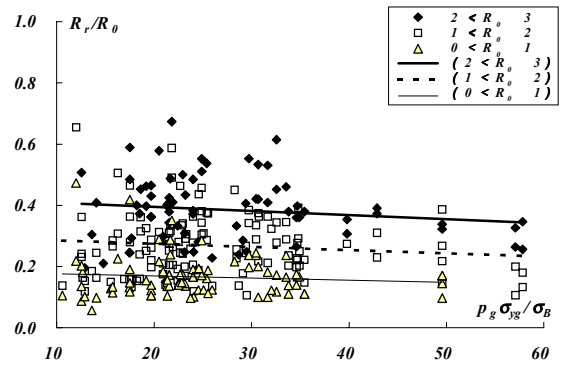


図 - 14 主筋強度係数 $p_g \sigma_{yg}/\sigma_B$ と R_r/R_0 との関係

種々のパラメータの変化にかかわらず経験部材角の15%程度の残留変形が生じている。しかし、経験部材角が2%を超えると、残留変形は、いくつかのパラメータに多少影響を受けているようである。各パラメータの影響について検討した結果を以下に述べる。図 - 11によれば、せん断スパン比 $M/(QD)$ による影響はほとんどないことがわかった。1% ~ 2%程度の部材角を経験すると、経験部材角の25%程度の残留変形角が、また、2%を超える部材角を経験すると、その40%程度の残留変形角が生じている。図 - 12によれば、一般的に使用されている30MPa程度以下のコンクリート圧縮強度の範囲ではばらつきが大きい。高強度の範囲を含めた全体の傾向としては、コンクリート強度が高くなると残留変形が多少小さくなっている。これは、コンクリート圧縮強度が高いと曲げ圧縮域での耐力劣化までの余裕が大きいためではないかと考えられる。図 - 13によれば、軸心力度がコンクリート長期許容圧縮応力度の上限値となる軸力比 $1/3$ 以下

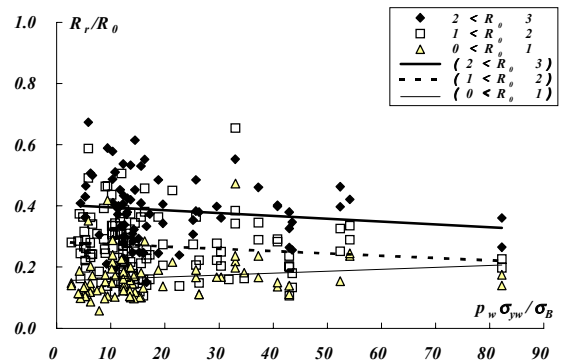


図 - 15 帯筋強度係数 $p_w \sigma_{yw}/\sigma_B$ と R_r/R_0 との関係

では、軸力比の影響はほとんどないようである。しかし、軸心力度が長期許容圧縮応力度の上限値を超えるような軸力比になると、残留変形が多少大きくなる傾向がある。軸力比が大きくなると曲げ降伏後の圧縮側コンクリートの損傷が大きくなり、結果として復元力の低下が大きくなることによるものと考えられる。図 - 14によれば、主筋強度 $p_g \sigma_{yg}$ のコンクリート圧縮強度 σ_B に対する比で示す主筋強度係数は、残留変形に

はあまり影響を与えていない。一方，帯筋強度 $p_w \sigma_{yw}$ の σ_B に対する比で示す帯筋強度係数が大きくなると，残留変形が多少小さくなる傾向がある。これは，帯筋の拘束効果によりコンクリートの損傷が押さえられ，その結果，復元力の低下が少なくなったためではないかと思われる。しかし，いずれのパラメータとも残留変形に及ぼす影響はあまり大きくないので，経験部材角がわかれば，その時のおおよその残留変形は，式(1)で予測できるものと思われる。

5. 結論

RC柱の一定軸力下の正負繰返し水平力載荷実験に関する既往の資料を用いて，曲げ降伏が先行したRC柱の応答履歴曲線から，残留変形について分析した。その結果，以下のことがわかった。

- 1) 経験部材角が1～2%を超えると，残留変形が増大する傾向がある。
- 2) 経験部材角が1%を超えなければ，種々のパラメータの変化にかかわらずおおよそ経験部材角の15%程度の残留変形角が生じる。
- 3) せん断スパン比の残留変形に及ぼす影響は見られなかった。
- 4) 経験部材角が1%を超えると，コンクリート強度が高いほど残留変形が多少小さくなる傾向がある。
- 5) 経験部材角が1%を超えると，軸力比が大きいほど残留変形が多少大きくなる傾向がある。
- 6) 経験部材角が1%を超えると，帯筋強度係数が大きいほど残留変形が多少小さくなる傾向がある。

今後は，これらの実験結果を予測できる残留変形の算定モデルを検討する予定である。

謝辞

本研究は，平成15年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))，課題番号15560509，研究代表者：江崎文也)の援助を受けた。ここに，関係各位に感謝します。

参考文献

- 1) 黒原貴彦，江崎文也，小野正行：塑性時での残留変形を少なくするRC柱の履歴性状に関する研究，日本建築学会九州支部研究報告第42号，pp.493-496,2003.3
 - 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説1999
- 実験資料に用いた文献
- 1) 渡辺英義ほか：超高強度コンクリートを用いたRC柱の高軸力下における構造性能(その1),(その2)，日本建築学会大会学術講演梗概集(以下梗概集と略す)(東海)，pp.151-154，2003.9
 - 2) 勅使川原正臣ほか：鉄筋コンクリート構造の接合技術に関する研究(その1),(その2)，梗概集(東海)，pp.193-196，2003.9
 - 3) 鈴木学ほか：部材端及び固定部の一部で付着を切ったRC柱の弾塑性性状に関する研究 その1，梗概集(東海)，pp.197-198，2003.9
 - 4) 村上秀夫ほか：高軸力下における繊維補強コンクリートを用いた鉄筋コンクリート柱の実験(その1),(その2)，梗概集(東海)，pp.211-214，2003.9
 - 5) 石神誠一ほか：鉄筋コンクリート柱の軸力保持能力に関する研究 その1，その2，梗概集(東海)，pp.215-218，2003.9
 - 6) 小林正和ほか：石炭灰を利用した実大RC柱の耐震性能に関する実験的研究 その1,その2，梗概集(東海)，pp.249-252，2003.9
 - 7) 中程陽香ほか：自然暴露により損傷したRC柱の耐震性能に関する実験的研究，梗概集(東海)，pp.263-264，2003.9
 - 8) 鳥山隆文ほか：再生骨材コンクリート柱部材の構造性能に関する実験的研究(その1),(その2)，梗概集(北陸)，pp.345-348，2002.8
 - 9) 立松伸博ほか：鉄筋コンクリート柱の曲げ破壊性状に及ぼす帯筋端部加工形状の影響 その2，梗概集(北陸)，pp.375-376，2002.8
 - 10) 堀伸輔ほか：超高強度鉄筋コンクリート構造の柱部材実験 その1，その2，梗概集(北陸)，pp.415-418，2002.8
 - 11) 鈴木英之，西原寛：鋼板等により横拘束された鉄筋コンクリート造柱の構造性能 その2，梗概集(北陸)，pp.443-444，2002.8
 - 12) 古川淳ほか：鋼板と帯筋で二重補強したRC柱の変形能に関する実験的研究 その1，梗概集(北陸)，pp.445-446，2002.8
 - 13) 岡本守ほか：超高強度材料を用いた鉄筋コンクリート造の柱部材に関する実験(その5)，梗概集(関東)，pp.423-424，2001.9
 - 14) 宮崎憲久ほか：外殻プレキャスト部材を用いた高強度鉄筋コンクリート柱部材の実験研究(その1),(その2)，梗概集(関東)，pp.435-438，2001.9
 - 15) 鄭文淑ほか：柱部材の損傷状態に基づく震災RC造建築物の残余耐震性能評価 その1,その2，梗概集(関東)，pp.451-454，2001.9

- 16)根本和之ほか:定着方法の異なる横補強筋を持つRC柱の耐震性能に関する研究(その1),(その2)直角フック二重定着法に関する研究(No.9),(No.10),梗概集(関東), pp.463-466, 2001.9
- 17)加納直樹ほか:定着方法の異なる横補強筋を持つRC柱の耐震性能に関する研究(その1)(その2)直角フック二重定着法に関する研究(No.6),(No.7),梗概集(東北), pp.173-176, 2000.9
- 18)松本至ほか:高強度コンクリートと高強度せん断補強筋を用いた柱部材の構造性能に関する実験的研究(その1),梗概集(東北), pp.195-196, 2000.9
- 19)岡野忠司ほか:RC柱の繰返しせん断性状と内部ひび割れ(その1),梗概集(中国), pp.777-778, 1999.9
- 20)森直哉,大野義昭:鉄筋コンクリート柱の曲げ破壊性状に及ぼす帯筋端部折曲げ角度の影響,梗概集(中国), pp.793-794, 1999.9
- 21)古川淳ほか:600kgf/cm²級のコンクリートを用いた鉄筋コンクリート造柱に関する研究(その1),梗概集(中国), pp.833-834, 1999.9
- 22)小川克幸,山川哲雄:鋼管とPC鋼棒の併用で高横拘束した合成RC柱の耐震性能,梗概集(中国),pp.851-852, 1999.9
- 23)鈴木敏夫ほか:高強度・高流動コンクリートを用いた外殻プレキャストRC柱に関する研究(その1),梗概集(九州), pp.381-382, 1998.9
- 24)北田朋子ほか:曲げ柱の地震後の残存軸耐力率と損傷修復性に関する研究 その1,その2,梗概集(九州), pp.409-412, 1998.9
- 25)与古田牧子ほか:沖縄で自然暴露したRC柱の損傷と耐震性能の相互関係に関する実験的研究(その1),(その2),梗概集(九州), pp.417-420, 1998.9
- 26)澁川正四郎ほか:高軸力を受ける鋼板拘束RC柱の構造性能に関する実験的研究(その1),梗概集(九州), pp.455-456, 1998.9
- 27)真境名正彦,江崎文也:プレート帯筋で補強したRC正方形断面柱の弾塑性性状に関する実験的研究 その7,梗概集(九州), pp.459-460, 1998.9
- 28)中澤淳ほか:8000kgf/cm²級の高強度せん断補強筋を用いた鉄筋コンクリート柱の曲げ変形性能(その1),梗概集(関東), pp.33-34, 1997.9
- 29)小室努ほか:超高強度材料を用いたRC柱の構造性能(その1),梗概集(関東), pp.37-38, 1997.9
- 30)小杉一正ほか:高強度RC造柱の曲げせん断性状 その1,梗概集(関東), pp.69-70, 1997.9
- 31)村中圭介,山川哲雄:正方形鋼管と帯筋で全面または局部的に二重に横補強したRC柱の弾塑性挙動に関する実験的研究,梗概集(関東), pp.75-76, 1997.9
- 32)真境名正彦,江崎文也:プレート帯筋で補強したRC正方形断面柱の弾塑性性状に関する実験的研究 -M/QD=1および1.5の場合の補強効果-,梗概集(関東), pp.99-100, 1997.9
- 33)久保倉拓ほか:外殻PCa工法による部材の力学的挙動に関する研究(その1),梗概集(関東), pp.139-140, 1997.9
- 34)塩川真ほか:超高層RCプレキャストコンクリート工法の開発(その5),梗概集(関東), pp.141-142, 1997.9
- 35)荒木康隆ほか:曲げ降伏型のPCa柱の耐震性能に関する研究(その1),(その2)コンクリートと鉄筋の各接合位置が異なるPCa構造の研究(No.38),(No.39),梗概集(近畿), pp.1-4, 1996.9
- 36)竹中啓之ほか:超高強度材料を用いた鉄筋コンクリート造の柱部材に関する実験的研究(その1),(その2),梗概集(近畿), pp.171-174, 1996.9
- 37)但木幸男ほか:HHRC構造に関する研究(その15),梗概集(近畿), pp.175-176, 1996.9
- 38)吉川秀章ほか:鋼板巻きRC柱の開発(その2),(その3),梗概集(北海道), pp.323-326, 1995.8
- 39)村上秀夫ほか:超高強度コンクリートを用いたRC柱部材の構造特性に関する実験研究,梗概集(北海道), pp.379-380, 1995.8
- 40)松岡忠生ほか:柱脚ヒンジ領域に機械式鉄筋継手を設けたRC柱の曲げ降伏後の強度変形性状に関する研究,梗概集(北海道), pp.429-430, 1995.8
- 41)中田浩之ほか:鋼管スリーブを用いたグラウト充填式継手を有するプレキャスト柱の力学特性,梗概集(北海道), pp.431-432, 1995.8
- 42)松本智夫ほか:外殻薄肉プレキャストRC柱部材の耐力および変形性能に関する実験,梗概集(北海道), pp.449-450, 1995.8
- 43)入澤郁雄ほか:中空プレキャスト柱の力学的性状に関する実験的研究,梗概集(北海道), pp.451-452, 1995.8
- 44)福本昇,佐藤尚隆:高強度横補強筋を用いた鉄筋コンクリート造角柱の中心圧縮性状および曲げせん断性状に関する実験研究,梗概集(東海), pp.357-358, 1994.9
- 45)佐藤啓治ほか:強度の異なる軸鉄筋を持つ高強度コンクリート柱,梗概集(東海), pp.383-384, 1994.9
- 46)加藤大介ほか:主筋の座屈挙動に着目した変動軸力を受けるRC柱の静加力実験(その1),(その2),梗概集(東海), pp.405-408, 1994.9
- 47)迫田文志ほか:高層鉄筋コンクリート造建物の柱部材に関する実験的研究 その1,その2,梗概集(東海), pp.429-432, 1994.9
- 48)川口晃ほか:横補強筋の配筋形式がRC柱の変形性状に及ぼす影響(その1),(その3),梗概集(東海), pp.437-438, pp.441-442, 1994.9
- 49)山川哲雄ほか:電食試験により腐食したRC柱の耐震性能に関する実験的研究,梗概集(東海), pp.455-456, 1994.9
- 50)香田伸次ほか:超高強度鉄筋コンクリート造架構の構造特性(その2),梗概集(東海), pp.467-468, 1994.9
- 51)斎藤千紀ほか:1方向及び2方向水平力を受ける外殻PCa柱に関する実験(その1),(その2),梗概集(東海), pp.475-478, 1994.9
- 52)枇杷田篤ほか:格子状の連続繊維補強筋を帯筋に用いたRC柱の耐震性能に関する実験的研究,梗概集(東海), pp.605-606, 1994.9