論文 柱の軸力保持限界に関する影響因子の検討

岩本 純一^{*1}・OUSALEM Hassane^{*2}・田才 晃^{*3} 壁谷澤 寿海^{*4}

要旨: RC 柱が設定された軸力を保持できずに軸方向崩壊に至った試験体に関するデータベ ースを作成し軸力保持の限界に関して検討を行った。更に定軸力下で帯筋量と載荷履歴をパ ラメータとする曲げせん断実験を行い,定軸力支持限界部材角に及ぼすパラメータの影響を 検討した。データベースによる検討から,複数のパラメータが相互に影響しあっているが特 に破壊形式・軸力比・帯筋量の影響が大きかった。実験結果から載荷履歴による影響は,破 壊形式の違いにより変わってくること,帯筋量による定軸力支持能力喪失部材角は上昇傾向 があるが,その程度は繰返し履歴の影響を大きく受ける事が明らかになった。

キーワード:定軸力喪失部材角 R_{NL},載荷履歴,帯筋量

1. はじめに

大地震時の柱部材損傷により長期軸力を支持 できなくなるような致命的な損傷は避ける必要 がある。柱の損傷にともない軸方向の耐荷能力 がどのように低下していくのか,鉄筋コンクリ ート柱の軸方向耐荷能力の低下過程把握に関す る研究がおこなわれているが,さらに定軸力支 持能力の限界点を明確にしていく必要がある。 そこで本研究では,既往の独立柱に関する構造 実験において,柱が明確にその定軸力を支持で きなくなる軸力支持限界についてデータベース を作成し,帯筋量・コンクリート強度・せん断 スパン比・軸力比・載荷履歴等が,定軸力支持 能力喪失部材角(R_{NL})に及ぼす影響について検 討した。

2. データベースの範囲

本研究で作成したデータベースは過去十年間 の間に発表されたコンクリート工学年次論文集 及び建築学会学術講演梗概集から,具体的に定 軸力を保持できなくなったとの記述のある鉄筋 コンクリート柱試験体を収集した。ここで各試 験体において,定軸力を支持できなくなった時 点までに試験体が経験していた最大の部材角を 以って定軸力喪失部材角(R_{NL})とした。

収集した試験体は定軸力の下で単調載荷ある いは一方向及び二方向繰り返し載荷が行なわれ たものである。抽出した全データ数は101体で ある。試験体パラメータ範囲を表1に示す。

加えて本年度筆者らがおこなった,柱の軸力 保持限界把握を目的とした逆対称曲げ載荷によ る実験データを加える。実験対象とした柱断面 を図1に,試験体諸元を表2に示す。試験体は 全7体で,帯筋量と載荷履歴,せん断スパン比 をパラメータとした。せん断スパン比は1.5 と 2.0 の2 種類。載荷履歴は繰返し回数の多い C 型と少ないM型の2種類設定した。試験体No.11, No.13 の加力履歴は 部材角2%まで1/800 づつ, 以後 R_{NL}まで2/800 づつ正負漸増載荷を行なっ た。試験体 No.12,No.14,No.15 は部材角1%で正 負に1回繰り返し,あらかじめ実験を行なって

表1 データベース試験体の範囲

a/D		В	P _g	У	Pw	wy
1.0~3.7	0.125~0.7	18~190	1.17~3.87	285~734	289~1506	0.08~1.53
a/D.せん迷	辺心比 津	bbt ₀;⊐	ンクリート強度	(N/mm) p;全	主筋比(%)	
y:主筋维	度(N/nm²) p _w ;精	销洗比%) 、	w帯筋迫	/mm²)		

*1 横浜国立大学大学院 工学府社会空間システム学専攻 建築学コース (仮会員) *2 東京大学 地震研究所 (正会員) *3 横浜国立大学 工学研究院 システムの創作部門 助教授 博(工) (正会員) *4 東京大学 地震研究所 教授 工博 (正会員) いた C 型載荷試験体における R_{NL}において正負 に繰り返し載荷を行った後,押し切り載荷を行 なった。試験体 No.12,No.14,No.15 で計画したサ イクルは 800 分の 8,15,28rad である。せん断 スパン比 1.0 となる試験体 No.01 は,800 分の 2 を 1 サイクル,800 分の 4,6,8,12rad を各 2 サイクル,800 分の 16,24,32rad を各 1 サイク ル行なった。試験体 No.16 は,部材角 1%にて 正負に繰り返した後,あらかじめ行なっていた 試験体 No.01 R_{NL}にて再度繰返し,その後押し 切り載荷を計画した。試験体 No.16 において繰 り返したサイクルは 800 分の 8,32rad である。 この実験結果データを加え,計 108 体において R_{NL}に影響を及ぼす因子の検討を行なった。



	No.01	No.16	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15
載荷履歴	C型	M型	C型	M型	C型	M型	M型
軸力比				0.3			
В				24			
長さ	600		900				
主筋	12-D13		16-D13				
у			436.6				
Pt		0.71					
wy				383.9			
p w	0.	43	0.	14	0.	43	0.85
_B =コンクリート強度(N/mm ⁻)		√=主筋	5強度(N/	'mm ²) P	t=引張鉄	筋比(%)	

	表 2	試験体諸元
--	-----	-------

3. データベースによる検討

R_{NL} に影響を及ぼす因子として,載荷履歴, 軸力比,コンクリート強度,せん断スパン比, 主筋量(pg y),帯筋量(pw wy)および破壊形式が 推定される。以下においてこれら因子が R_{NL} に 及ぼす影響について検討をおこなう。 3.1 全データ

抽出した全データを載荷履歴ごと(単調載 荷・一方向繰返し・二方向繰返し)に区別して 図 2 に示す。各載荷におけるデータ範囲を表 3 に示す。

表3 載荷履歴別データ範囲

	単調載荷	一方向載荷	二方向載荷
せん断スパン比 a/D	1.5 ~ 2.0	1.0~3.7	1.5~3.0
軸力比	0.18~0.6	0.125~0.7	0.2~0.6
コンクリート強度 _B (N/mm ²)	25~27	18~190	25~87
全主筋比 pg(%)	1.22~3.83	1.17~3.87	1.63~3.87
主筋強度 wy(N/mm2)	313~396	285~738	387~700
帯筋比 p _w (%)	0.21~0.8	0.08~1.53	0.2~1.53
帯筋強度 wy(N/mm2)	355~406	289~1506	355~980
データ数	7	96	5



図 2 全データの載荷履歴別 R_{NL}の分布

一方向繰返し試験体プロット中わずかにずれ た塗りつぶしプロットは今回行なった実験結果 である。同一載荷形式内で非常にばらつきが大 きいものの,載荷が複雑になると R_{NL}が低下し ていくおおよその傾向が見てとれる。

3.2 単調載荷試験体

単調載荷による試験体について横軸に軸力比 をとり,破壊形式に着目した R_{NL}をプロットし て図3に示す。データ範囲を表4に示す。

破壊形式は論文中の記載に従ったが,曲げ破 壊の分類は曲げ破壊後のせん断破壊を含む。全 体的に軸力比の増加に伴い R_{NL}が低下していく 傾向がわかる。直線で結ばれた試験体同士は軸 力比のみがパラメータとなった実験におけるプ ロットである。図3中黒塗りのプロットは主筋 量をパラメータとした軸力支持限界に関する実 験のデータであり,既往の研究において^[15]主筋 量の効果が報告されている。



図3 単調載荷試験体における R_{NL}- 関係

破壊形式	曲げ破壊	せん断破壊	
a/D	2	1.5 ~ 2.0	
В	25 ~ 27	25 ~ 27	
pg	1.22 ~ 3.83	1.69 ~ 2.65	
у	313 ~ 387	350 ~ 396	
p _{w wy}	3.25 ~ 2.24	0.79 ~ 0.82	
プロット数	2	5	

表4 単調載荷試験体の範囲

a/D: せん断スパン比 _B:コンクリート強度(N/mm²) p_g:主筋比(%) _y: 主筋応力度(N/mm2) p_w _{wy}:補強量(N/mm2)

曲げ破壊する試験体においては,軸力比の上 昇による R_{NL}低下の程度が緩やかであるのに対 し,せん断破壊型の試験体においては軸力比の 上昇による R_{NL}低下の割合が高くなる傾向が示 される。R_{NL}4%程度における点線上の試験体は 軸力比,主筋量のほかに帯筋量が異なり,曲げ 破壊型の試験体は主筋量が少ない。軸力比が高 く且つ主筋量が低い場合でも多くの帯筋量を確 保すれば大きな R_{NL}が得られる。

3.3 二方向繰り返し載荷試験体

二方向繰り返し載荷による試験体について, 横軸に軸力比をとり R_{NL}の分布を図4に示す。 データ範囲を表5示す。単調載荷試験体と比較 するとおおむね同じような R_{NL}低下の傾向が見 られるものの,全体的にその R_{NL}は低い値であ る。また,軸力比の増加に伴う R_{NL}の低下程度 は若干少なくなる。



図4 二方向繰返し載荷試験体のR_M- 関係

表5 二方向載繰返し載荷試験体の範囲

破壊形式	曲げ破壊	せん断破壊	不明
a/D	2~3	1.5	2.5 ~ 3.0
В	25 ~ 27	25	38 ~ 87
pg	3.83	3.87	1.63 ~ 2.44
у	387	547	461 ~ 700
p _{w wy}	223 ~ 224	71	568 ~ 744
プロット数	2	1	2
a/D:せん	断スパン比 Bコ	ンクリート強度(N/mr	n ⁻) p_:主筋比(%)

y:主筋応力度(N/mm²) p_{w wv}:補強量(N/mm²)

3.4 一方向繰り返し載荷試験体

定軸力の下で一方向繰り返し載荷を受けた試 験体について検討をおこなう。検討は破壊形式 に着目しながら軸力比,コンクリート強度,帯 筋量及び載荷履歴の順に行なう。



図5 一方向繰返し載荷試験体のR_M- 関係

横軸に軸力比をとり,定軸力下で一方向繰返 し載荷を受けた全試験体の R_{NL}を図 5 に示す。 図 5 中の黒丸のプロットは各軸力比において最 も R_{NL}の大きかった実験結果である。非常にば らつきが大きいものの単調載荷及び二方向載荷 試験体同様,軸力比の上昇に伴い R_{NL}が低下し ていく傾向が見られる。

RC 柱の軸方向力は大部分がコンクリートの 圧縮力で負担されるため,コンクリート強度に よる R_{NL}への影響が大きいと推定される。図 6 に横軸コンクリート強度を用いた一方向繰返し を受ける全試験体の R_{NL}の分布を示す。黒丸の プロットは図 5 中に黒丸で示した,軸力比の同 じ試験体中最も R_{NL}の大きかったものである。



図6 一方向繰返し載荷試験体の R_{ML}- _B関係

比較的コンクリート強度の低いデータが多いが,予想に反してコンクリート強度が上昇すると R_{NL}が低下する傾向が見られる。



表6 破壊形式ごとの分類の範囲

破壊形式	曲げ	せん断	曲げ圧縮	付着割裂	不明
a/D	1.25 ~ 2.5	1.0 ~ 2.0	1.33 ~ 2.0	1.5	2.5 ~ 3.7
	0.14 ~ 0.7	0.125 ~ 0.6	0.3 ~ 0.67	0.18 ~ 0.3	0.3 ~ 0.6
В	23~99	18~151	32~77	27~100	38~190
pg	1.17 ~ 3.83	1.22 ~ 3.87	1.63~2.65	2.25 ~ 2.65	1.26 ~ 2.44
у	285~711	321~709	350~722	380~738	366~700
p _{w wy}	1.11 ~ 12.1	0.23~11.5	1.94 ~ 10.1	0.79 ~ 15.54	3.13~7.44
プロット数	60	16	12	5	3
a/D·せん断	スパンド ・ 軸力比	- コンクリー	- h 始 度 (N/mm ²)	n·主筋比(%)	v 筋応力度

(N/mm²) p_{w wy}:補強量(N/mm²)

コンクリート強度が同程度の試験体ごとに検 討をおこなう。コンクリート強度 30MPa 未満・ 30~51MPa・60~80MPa・80MPa 以上と,4 種 に分けて図7に横軸に軸力比をもって示す。各 破壊形式におけるデータ範囲を表6に示す。

コンクリート強度が低い試験体において軸力 比が R_{NL} 低下に大きな影響を及ぼす傾向がみら れる。また,せん断破壊型の試験体は軸力比の 上昇に伴う R_{NL} の低下が著しいが,曲げによる 試験体においては R_{NL} の低下が緩やかである傾 向も見られる。際立って大きな R_{NL}を有する試 験体は付着割裂破壊によるものであった。また, コンクリート強度の上昇に伴い軸力比の及ぼす 影響が見られなくなる傾向がある。図には示さ れていないが,高強度コンクリートにおける試 験体に関しては補強量が大きい試験体が多い。 このことが R_{NL} 低下を防ぐ要因であることが推 定される。

ほぼ同様の軸力比とコンクリート強度の試験 体においても R_{NL} に関してはばらつきが大きい ことから,図7における同一軸力比中のばらつ きに関して,帯筋量(pwwy)に注目し,図8に示 す。検討は図5においてプロット数の多かった 軸力比0.3,0.45程度および0.6の試験体におい て行なった。軸力比0.3の試験体をコンクリー ト強度で分類して図8(a)~(c)に示す。軸力比 0.45程度の場合を同図(d)。軸力比0.6の場合を 同図(e)にそれぞれ示す。同図(a)~(c)中の直線は 最小二乗法による回帰を示す。(a)~(e)における 全試験体のデータ範囲を表7に示す。

どの場合においても補強量の増加による R_{NL} 向上の傾向が見られる。また,軸力比 0.3 の場 合をみると,コンクリート強度が上昇すると帯



	0.3	0.42 ~ 0.45	0.6
a/D	1.33 ~ 3.7	1.5 ~ 2.0	1.5 ~ 3.0
В	18~190	26~99	26 ~ 151
pg	1.22 ~ 3.54	1.22 ~ 2.26	1.22 ~ 2.44
у	313 ~ 738	313 ~ 711	313 ~ 709
プロット数	47	9	8

a/D:せん断スパン比 _{B:}コンクリート強度(N/mm²) p_g:主筋比(%) y:主筋応力度(N/mm²)

筋量による R_{NL}の上昇が低くなる傾向が見られ る。コンクリート強度・帯筋量が同程度であれ ば軸力比の高い試験体ほど R_{NL}が低くなる傾向 も伺える。図 8(a)中における点線内で補強量 3.4 付近の R_{NL}の違いは繰返し回数をパラメータと した実験によるものである。このように繰返し 回数による R_{NL} への影響は先に述べた単調載 荷・二方向繰返し載荷との比較同様大きいもの と思われる。

データベース中,補強量以外のパラメータが ほぼ同程度となる実験ごとに,横軸に帯筋量を とり載荷履歴が比較的近いものにて分類し図 9(a),(b)に示す。図中のプロット諸元を表8に, 載荷履歴を表9に示す。また,2で述べた筆者 らの実験結果を図10に示す。



表8 載荷履歴による分類の諸元

	a/D		В	pg	у	破壊形式	ブロット数
Plot:A	1.5	0.43-0.44	92-96	2.26	423	曲げ	2
Plot:B	2.0	0.33	35	1.63	367	曲げ	2
Plot:C	1.5	0.15	67	1.95	443	曲げ	2
Plot:D	1.5	0.45	67	1.95	443	曲げ圧縮	2
Plot:E	2.0	0.3	26	1.22	313	曲げ	6
Plot:F	2.0	0.3	31-37	1.63	338-350	曲げ	7
Plot:G	2.0	0.3	38	1.63	366	曲げ	8
Plot:H	2.0	0.6	26	1.22	313	曲げ	3
Plot:I	2.0	0.4	31-32	1.63	338-350	曲げ	3
Plot:J	2.0	0.3	33	1.72	360	曲げ-曲げ圧縮	5

y:主筋応力度N/mm²

表9 載荷履歴による分類の載荷履歴

	繰返し履歴
Plot:A	400分の 1 , 2 , 4 , 8 , 16 各2回載荷 後R _{NL}
Plot:B	400分の 2 , 4 , 8 各2回 12 , 20 各1回
Plot:C	400分の 0.5 , 1 各1回 2 , 4 各2回 6 1回 8 2回 12 , 20 各1回
Plot:D	400分の 0.5 , 1 各1回 2 , 4 各2回 6 1回 8 2回 12 , 20 各1回
Plot:E	400分の 2 , 4 , 8 , 13 , 20 , 26.6 各3回
Plot:F	400分の 2 , 4 , 8 , 13 , 20 各3回
Plot:G	400分の 2 , 4 , 8 , 13 , 20 各3回
Plot:H	400分の 2 , 4 , 8 , 13 , 20 各3回
Plot:I	400分の 2 , 4 , 8 , 13 , 20 各3回
Plot:J	400分の 2 1回 4 , 8 , 13 各5回

図9において、Plot:Jは同一振幅において繰返し 回数が5回と多く、Plot:Aの繰返しはやや少な い試験体である。図9より、載荷履歴が同一の 試験体においてはおおむね補強量の増加に伴い R_{NL}が上昇していく傾向が見られる。また、繰 返し回数の少ない試験体ほど補強量による R_{NL} への影響が大きかった。



図 10 筆者らによる実験結果

図 10 の Plot: はせん断スパン比 1.5 の C 型 載荷, Plot: はせん断スパン比 1.5 の M 型載荷 である。Plot: はせん断スパン比 1.0 の試験体 であり,繰返し履歴による R_{NL}への変化がみら れなかった。履歴の影響がみられなかった試験 体はせん断破壊。履歴の影響が表れた試験体は 付着割裂破壊 Pwが 0.85 となる No.15 試験体は、 曲げ降伏後のせん断破壊であった。

図9,図10より,曲げ破壊・付着割裂破壊す る試験体において,繰返し回数の少ない試験体 ほど補強量による R_{NL}への影響が大きかったが, せん断破壊する試験体に関しては履歴の影響は ほとんどみられない。

4. まとめ

柱が定軸力を支持できなくなる限界変形 R_{NL} に関してデータベースを作成し 検討を行った。

- R_{NL}には複数のパラメータが相互に影響し あっているが破壊形式,軸力比,帯筋量の影 響が大きい。
- 2) 帯筋量の増加にともない、R_{NL}は増加する 傾向が見られるが、増加の程度は軸力比が高 い場合およびコンクリート強度が高い場合に おいて低くなる傾向がある。
- 3) 繰返し履歴の R_{NL} に及ぼす影響は柱の破壊 形式により左右され, 脆性的な部材において は繰返し履歴の影響はほとんどないが, 靭性 的な部材においては大きな影響がみられる。

(1)加藤大介,大西幸一,大塚祐二,十井希祐: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,コンクリート工学年次論文集,Vol.23,No.3,2001, pp.163~168 (2)木村秀樹,石川祐次:鋼繊維混入高強度コンクリート RC 柱の曲げせん断実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.3, 2001, pp.211~216 (3) 竜泰之, 中村孝也, 芳村学: 鉄筋コンクリート柱の軸力保持限界に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.3, 2001, pp.217~222 (4) 立松伸博,大野義照:鉄筋コンクリート柱の曲げ破壊性状に及ぼす帯筋端部形 に関する研究,コンクリート工学年次論文集,Vol.22,No.3,2000,pp.325~330 (6)加藤大介,保坂敦史,中村友紀子,土井希祐:RC造偏在戸型開口壁の独立柱を 想定した柱の静加力実験,コンクリート工学年次論文集,Vol.22,No.3,2000 pp.415~420 (7)大野義照,宮本芳樹:鉄筋コンクリート柱の力学的性状におよぼす帯筋フック 形状の影響,コンクリート工学年次論文集,Vol.20,No.3,1998,pp.493~498 (8)濱田真,吉松賢二,石橋久義,堀江啓:超高強度材料を使用した RC 柱に関す る実験研究,コンクリート工学年次論文集,Vol.18,No.2,1996,pp.893~898 (9)磯雅人,山本俊彦,大滝健:載荷履歴を受けた鉄筋コンクリート柱の曲げせん 断性状に関する実験研究,コンクリート工学年次論文集, Vol.15, No.2, 1993, pp.525~530 (10)安達洋,中西三和,北嶋圭二,小泉達也:2方向入力を受ける鉄筋コンクリー ト造柱の実験的研究,コンクリート工学年次論文集,Vol.13,No.2,1991,pp.345~350 (11)加藤大介:高強度材料を用いた RC 柱の曲げ性能の評価に関する実験的研究, (コンクリート工学年次論文集, Vol.13, No.2, 1991, pp.415-420 (12)日比純一,美原義徳,小谷俊介,青山博之:高強度コンクリートを用いた RC 柱の曲げ降伏後のせん断変形能に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文 集, Vol.13, No.2, 1991, pp.427~432 (13)藤原敏夫,狩野芳一,寺岡勝,佐々木聡:高強度コンクリートを用いた RC 柱 短柱の力学性状に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.13、No.2、 1991, pp.433~438 (14)立松伸博,大野義照,中川隆夫,岸本一蔵,仁科誠治: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 鉄筋コンクリート柱の 曲げせん断試験,日本建築学会学術講演梗概集(北陸),2002,pp.375,376 (15)石神誠一,大和征良,中村孝也,芳村学:せん断破壊型鉄筋コンクリート短柱 の軸力保持能力に関する研究(その1 実験概要及び鉛直変形 - 水平変形関係と 崩壊性状),日本建築学会学術講演梗概集(北陸),2002, pp.391,392 (16)堀伸輔,岩岡信一,渡邊朋之,青田晃治,山本憲一郎:超高強度鉄筋コンクリ - ト構造の柱部材実験,その1 実験概要,日本建築学会学術講演梗概集(北陸), 2002, pp.415,416 (17)鹿野仁史,前田博之,中野克彦,松崎育弘,太田勤,許斐光生:高強度せん断 補強筋を用いた RC 柱部材構造性能に関する実験的研究(その1:実験概要及び結 果),日本建築学会学術講演梗概集(北陸),2002, pp.419,420 (18)松本至,中野克彦,前田博之,松崎育弘:超軽量コンクリートと高強度材料を 用いた柱部材の構造性能に関する実験的研究,日本建築学会学術講演梗概集(関 東), 2001, pp.417,418 (19)大塚祐二,加藤大介: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(その1 実験概要),日本建築学会学術講演梗概集(関東),2001,pp.499,500 (20)田村玲,大杉泰子,田才晃,小泉洋,壁谷澤寿海,五十嵐俊-.田辺大地:鉄 筋コンクリート柱の地震時軸圧縮破壊に対するシート補強に関する研究,その3 柱実験概要および破壊性状,日本建築学会学術講演梗概集(関東),2001,pp.523,524 (21)和久井俊,保坂敦史,加藤大介:RC 造偏在戸型開口壁の独立柱を想定した柱 の静加力実験,日本建築学会学術講演梗概集(東北),2000,pp.121,122 (22)山内茂一,大井貴之,千葉脩,石川勝美,菊田繁美,和泉信之,竹中啓之: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研究,(その3) 周辺度物料を用いた新加コンプリード温の任和物に関サる美歌研れ、(その3 実験概要)、日本建築学会学術講英模概集(東北)、2000, pp.191,192 (23)松本至,中野克彦,熊澤敬輔,松崎育弘,清水弥一: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:実験 概要及び実験結果),日本建築学会学術講演梗概集(東北),2000, pp.195,196 (24)森直哉,大野義照: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,日本建築学会学術講演梗概集(中国),1999,pp.793,794 (25)山中憲行,芳村学,竜泰之:曲げせん断型 RC 柱もの軸崩壊過程に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集(中国), 1999, pp.813,814 (26)木村秀樹: 超高強度コンクリート (Fc=200N/mm²)を用いた RC 柱の曲げせん (27)森直哉,大野義照,宮本芳樹:鉄筋コンクリート柱部材の靭性と横補強筋量に ついて,(その1)実験結果,日本建築学会学術講演梗概集(九州),1998,pp.365,366 (28)池内敏浩,黒山哲也,渡辺史夫:残存性能インデックスによる RC 柱の損傷評 価法の提案,(その1 実験と塑性ヒンジ長さの決定法),日本建築学会学術講演 梗概集(九州), 1998, pp.413,414 (29)中澤淳,宮腰昌平,桑田祐次,益尾潔,南宏一:8000kgf/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),日本建築学会学 術講演梗概集 (関東), 1997, pp.33,34 (30)渡辺慶一,孫玉平,崎野健治,池田崇: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3)繰り返し曲げせん断実験結果,日本建築学会学術講演 梗概集(東海), 1994, pp.441,442 (31)香田伸次,黒瀬行信,山野辺宏治,金本清臣:超高強度鉄筋コンクリート造架 構の構造特性(その2 柱実験),日本建築学会学術講演梗概集(東海),1994 pp.467,568 132)中村住史,園部泰寿,藤沢正視,広沢雅也,金久保利之,米丸啓介:高強度軽 量コンクリートおよび 13000kgf/cm ²級の高強度せん断補強筋を用いた RC 部材の 配合 1,000 mm (1,000 mm (1 部材の耐力と破壊モードに及ぼすひずみ速度の影響(その2 実験概要および実 験結果),日本建築学会学術講演梗概集(北陸),1992, pp.591,592 (34)青木浩司,鈴木敏郎,佐竹明,宮良光一郎:変形設計的考えに基づく新形式の 鉄筋コンクリート柱の開発研究,(その1)積み重ねたプロックの内部にコンクリ ートを充鎮させる形式,日本建築学会学術講演梗概集(北陸),1992,pp.661,662 (35)栗原雅之,村田義行,薬研地彰,今西達也,上之薗隆志,平石久廣: 二方向の

変形を受ける柱の曲げ性能に関する研究,(その1)一定軸力を受ける柱の実験概

要,日本建築学会学術講演梗概集(東北),1991, pp.187,188

参考文献