

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で、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	η	σ_B	ρ_k	σ_y	ρ_w	σ_{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: せん断スパン比 η : 軸力比 σ_B : コンクリート強度(N/mm²) ρ_k : 全筋率(%)
 σ_y : 主筋強度(N/mm²) ρ_w : 帯筋率(%) σ_{wy} : 帯筋強度(N/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型荷試験体における R_{NL} において正負に繰り返し荷を行った後、押し切り荷を行った。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。

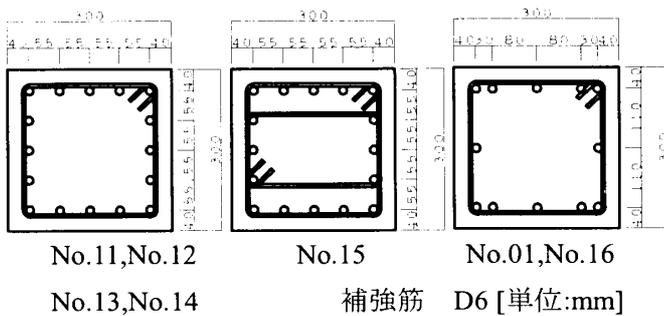


図1 試験体断面図

表2 試験体諸元

	No.01	No.16	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15
荷履歴	C型	M型	C型	M型	C型	M型	M型
軸力比	0.3						
σ_B	24						
長さ	600		900				
主筋	12-D13		16-D13				
σ_y	436.6						
P_t	0.71						
σ_{wy}	383.9						
p_w	0.43		0.14		0.43		0.85

σ_B =コンクリート強度(N/mm²) σ_y =主筋強度(N/mm²) P_t =引張鉄筋比(%)
 p_w =補強筋比(%) σ_{wy} =補強筋強度(N/mm²)

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、荷履歴、軸力比、コンクリート強度、せん断スパン比、主筋量($p_g \sigma_y$)、帯筋量($p_w \sigma_{wy}$)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荷履歴ごと(単調荷・一方向繰返し・二方向繰返し)に区別して図2に示す。各荷におけるデータ範囲を表3に示す。

表3 荷履歴別データ範囲

	単調荷	一方向荷	二方向荷
せん断スパン比 a/D	1.5~2.0	1.0~3.7	1.5~3.0
軸力比 η	0.18~0.6	0.125~0.7	0.2~0.6
コンクリート強度 σ_B (N/mm ²)	25~27	18~190	25~87
全主筋比 p_g (%)	1.22~3.83	1.17~3.87	1.63~3.87
主筋強度 σ_{wy} (N/mm ²)	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 σ_{wy} (N/mm ²)	355~406	289~1506	355~980
データ数	7	96	5

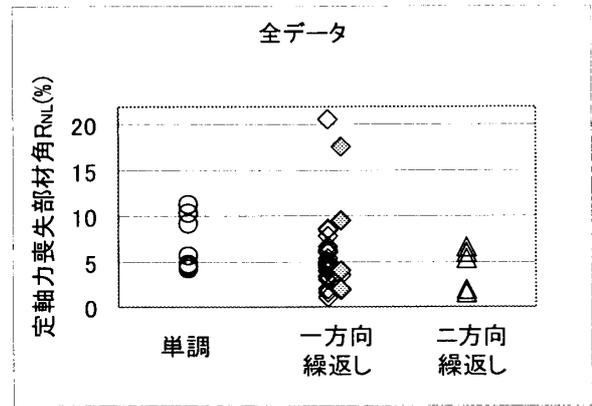


図2 全データの荷履歴別 R_{NL} の分布

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。同一荷形式内で非常にばらつきが大きいものの、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 単調荷試験体

単調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。

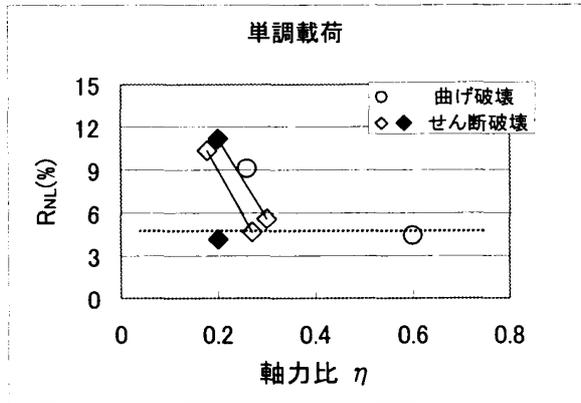


図3 単調荷重試験体における $R_{NL}-\eta$ 関係

表4 単調荷重試験体の範囲

破壊形式	曲げ破壊	せん断破壊
a/D	2	1.5~2.0
σ_B	25~27	25~27
p_g	1.22~3.83	1.69~2.65
σ_y	313~387	350~396
$p_w \sigma_{wy}$	3.25~2.24	0.79~0.82
プロット数	2	5

a/D:せん断スパン比 σ_B :コンクリート強度(N/mm²) p_g :主筋比(%)
 σ_y :主筋応力度(N/mm²) $p_w \sigma_{wy}$: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 二方向繰返し荷重試験体

二方向繰返し荷重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。単調荷重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。

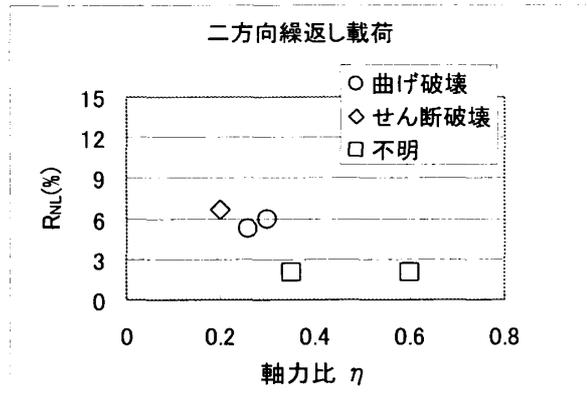


図4 二方向繰返し荷重試験体の $R_{NL}-\eta$ 関係

表5 二方向繰返し荷重試験体の範囲

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
σ_B	25~27	25	38~87
p_g	3.83	3.87	1.63~2.44
σ_y	387	547	461~700
$p_w \sigma_{wy}$	223~224	71	568~744
プロット数	2	1	2

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

3.4 一方向繰返し荷重試験体

定軸力の下で一方向繰返し荷重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、帯筋量及び荷重履歴の順に行なう。

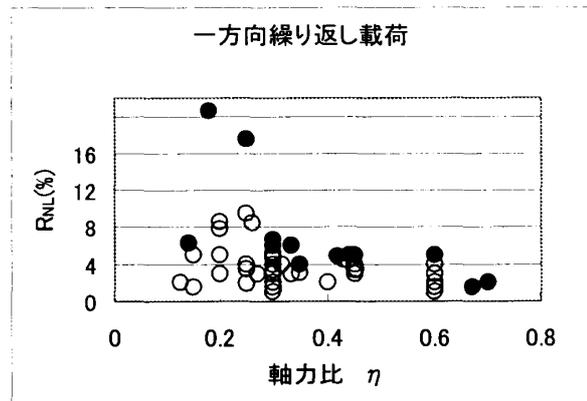


図5 一方向繰返し荷重試験体の $R_{NL}-\eta$ 関係

横軸に軸力比をとり、定軸力下で一方向繰返し荷重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。

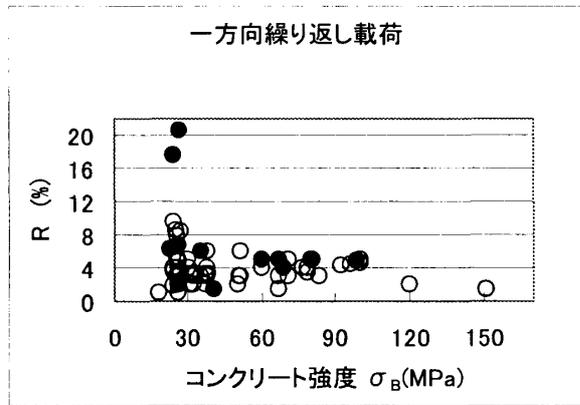


図 6 一方向繰返し載荷試験体の R_{NL} - σ_B 関係

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。

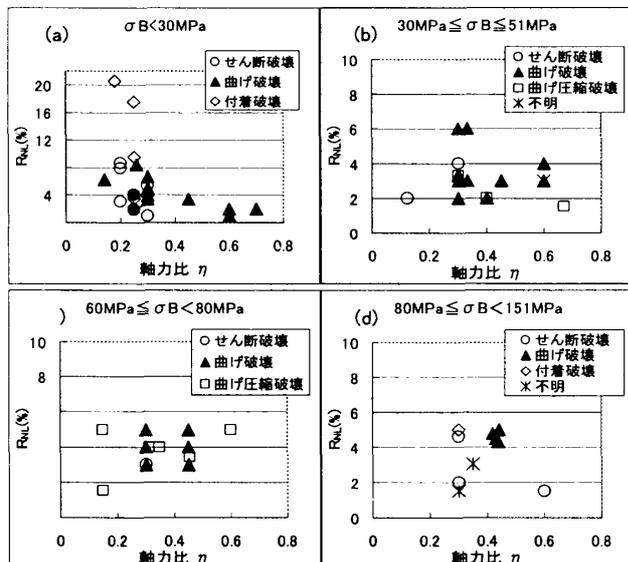


図 7 σ_B 毎の R_{NL} - η 関係

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
η	0.14~0.7	0.125~0.6	0.3~0.67	0.18~0.3	0.3~0.6
σ_B	23~99	18~151	32~77	27~100	38~190
p_f	1.17~3.83	1.22~3.87	1.63~2.65	2.25~2.65	1.26~2.44
σ_y	285~711	321~709	350~722	380~738	366~700
$p_w \sigma_{wy}$	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: せん断スパン比 η : 軸力比 σ_B : コンクリート強度(N/mm²) p_f : 主筋比(%) σ_y : 筋応力度(N/mm²) $p_w \sigma_{wy}$: 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($p_w \sigma_{wy}$)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

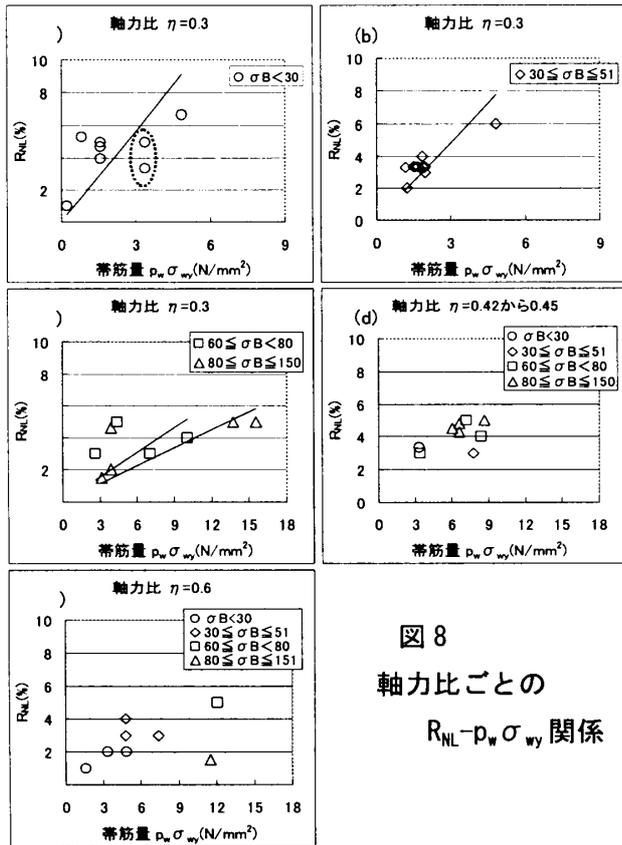


図 8
軸力比ごとの
 $R_{NL}-p_w \sigma_{wy}$ 関係

表 7 軸力比ごとの分類の範囲

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

a/D: セン断スパン比 σ_B : コンクリート強度(N/mm²) p_k : 主筋比(%)
 σ_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、横軸に帯筋量を取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。

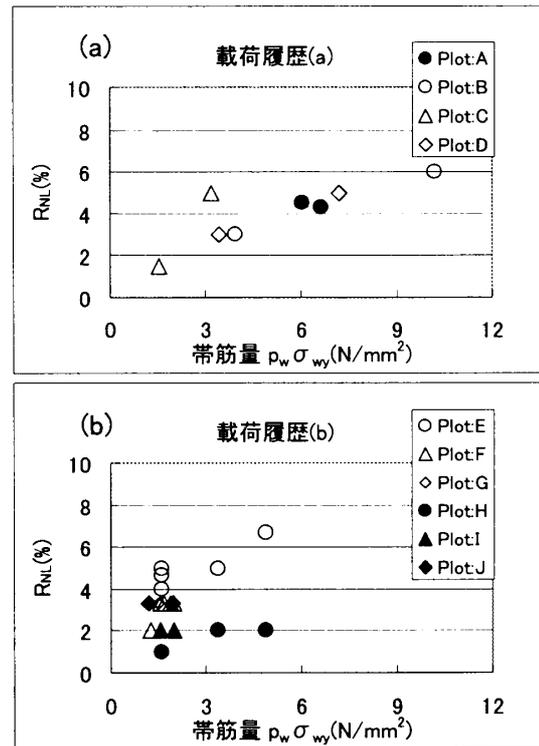


図 9 載荷履歴による分類 $R_{NL}-p_w \sigma_{wy}$ 関係

表 8 載荷履歴による分類の諸元

	a/D	η	σ_B	p_k	σ_y	破壊形式	プロット数
PlotA	1.5	0.43-0.44	92-96	2.26	423	曲げ	2
PlotB	2.0	0.33	35	1.63	367	曲げ	2
PlotC	1.5	0.15	67	1.95	443	曲げ	2
PlotD	1.5	0.45	67	1.95	443	曲げ圧縮	2
PlotE	2.0	0.3	26	1.22	313	曲げ	6
PlotF	2.0	0.3	31-37	1.63	338-350	曲げ	7
PlotG	2.0	0.3	38	1.63	366	曲げ	8
PlotH	2.0	0.6	26	1.22	313	曲げ	3
PlotI	2.0	0.4	31-32	1.63	338-350	曲げ	3
PlotJ	2.0	0.3	33	1.72	360	曲げ-曲げ圧縮	5

a/D: セン断スパン比 η : 軸力比 σ_B : コンクリート強度(N/mm²) p_k : 主筋比
 σ_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
PlotA	400分の 1, 2, 4, 8, 16 各2回載荷後 R_{NL}
PlotB	400分の 2, 4, 8 各2回 12, 20 各1回
PlotC	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
PlotD	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
PlotE	400分の 2, 4, 8, 13, 20, 26.6 各3回
PlotF	400分の 2, 4, 8, 13, 20 各3回
PlotG	400分の 2, 4, 8, 13, 20 各3回
PlotH	400分の 2, 4, 8, 13, 20 各3回
PlotI	400分の 2, 4, 8, 13, 20 各3回
PlotJ	400分の 2 1回 4, 8, 13 各5回

図 9 において、PlotJ は同一振幅において繰返し回数が 5 回と多く、PlotA 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。

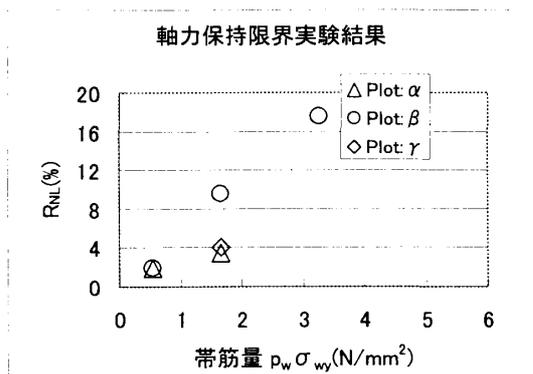


図10 筆者らによる実験結果

図10のPlot:αはせん断スパン比1.5のC型載荷, Plot:βはせん断スパン比1.5のM型載荷である。Plot:γ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, p_w 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。

- 1) 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, 靱性的な部材においては大きな影響がみられる。

参考文献

- (1)加藤大介, 大西幸一, 大塚祐二, 上井希祐: 一定高軸力を受ける面外軸壁つき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状の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.3, 2001, pp.241-246
- (5)山中憲行, 芳村学: 低軸力下での曲げせん断型及びせん断破壊型RC柱の崩壊に関する研究, 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, 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, 岸本一藏, 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)堀野輔, 岩岡信一, 渡邊朋之, 青田見治, 山本憲一郎: 超高強度鉄筋コンクリー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軸壁つき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, 田才見, 小泉洋, 壁谷澤寿海, 五十嵐俊一, 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, 千葉裕, 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 実験概要), 日本建築学会学術講演梗概集(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柱の軸端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($F_c=200\text{N/mm}^2$)を用いたRC柱の曲げせん断実験, 日本建築学会学術講演梗概集(九州), 1998, pp.319,320
- (27)森直哉, 大野義照, 宮本芳樹: 鉄筋コンクリート柱部材の靱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, 益尾深, 南宏一: 8000kgf/cm^2 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, 孫主平, 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, 黒瀬信信, 山野辺宏治, 金本清臣: 超高強度鉄筋コンクリート造架橋の構造特性(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
- (32)中村佳史, 園部泰寿, 藤沢正視, 広沢雅也, 金久保利之, 米九啓介: 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部材の耐震性能に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集(北陸), 1992, pp.529,530
- (33)舟山勇司, 岡田恒男, 細矢博, 北川良和, 安井健治, 安倍勇, 中江晃彦: RC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: 変形設計の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) 積み重ねたブロックの内部にコンクリートを充填させる形式, 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, 上之藤隆志, 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