

引張り軸力を受ける鉄筋コンクリート柱のせん断挙動

正会員○吉田 格英\*1  
同 高橋 裕幸\*1  
同 北山 和宏\*2  
同 西川 孝夫\*3

1. 研究の目的

地震時に骨組が地震入力によるエネルギーを消費するためには、梁降伏型の全体降伏機構を形成するべく計画することが望ましい。このとき外柱及び隅柱には水平力による転倒モーメントによって、引張りあるいは圧縮軸力が変動して作用する。変動軸力及び圧縮一定軸力下における鉄筋コンクリート柱部材の曲げせん断性状については、数多くの研究者により実験及び解析を用いた検討が行われているが、引張り軸力下における部材の挙動はあまり研究されておらず、殊に引張り軸力下における柱のせん断性状についてはほとんど検討されていない。そこで、本研究では引張り軸力を受ける柱のせん断挙動を静的実験により検討した。

2. 実験概要

2-1. 試験体： 試験体は実物の約1/3のスケールを持つ同一寸法の柱部材4体(A1~A4)で、全試験体とも曲げ降伏前にせん断破壊するように設計した。シアスパン比は1.0である。実験変数は柱軸力及び横補強筋量である。試験体の寸法及び配筋を図-1に、試験体諸元を表-1に示す。

2-2. 加力方法： 加力は図-2に示す逆対称曲げせん断加力装置を用いて、はじめに一定軸力を導入したのちに正負繰り返しの水平力を加えた。水平方向加力は変位制御で行い、部材変形角1/400を1サイクル、1/200、1/100、1/50、1/25をそれぞれ2サイクル行った後1/10まで加力した。

3. 実験結果

3-1. 破壊性状： 全試験体とも同様の破壊性状を示した。いずれも曲げひび割れ、せん断ひび割れ、横補強筋の降伏を経験後最大耐力に到達した。その後せん断変形角が急増し最終的には部材中央部のコンクリートが剥落しせん断破壊した。軸力なしの試験体A1では主筋の降伏は起こらなかった。試験体A2~A4におい

ても主筋降伏時期は最大耐力以降、部材角約1/30付近であった。なお、引張り軸力増大に伴い最大耐力到達時期およびコンクリート圧壊時期が遅れる傾向が見られた。主な試験体の変形角1/50終了時のひび割れ状況を図-3に示す。

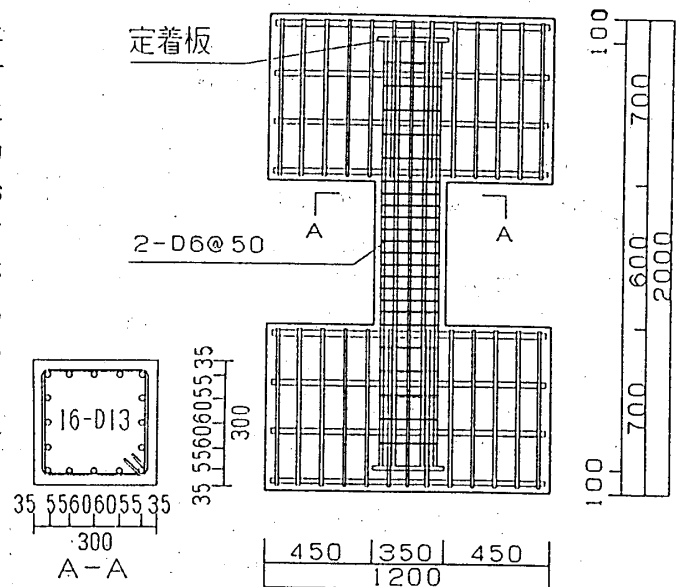


図-1. 試験体

表-1 試験体諸元

ID	M/QD	N	$\eta_0$	$\sigma_B$	ft	主筋	横補強筋		
							配筋	Pw	$\sigma_{wy}$
A1	1.0	0	0	247	25.8	16-D13 $\sigma_y=8850$	2-D6@50	0.427	4030
A2		22.5	0.1	247	25.8				
A3		45.0	0.2	222	21.8		2-D6@100	0.213	
A4		45.0	0.2	231	24.9				

M/QD: シアスパン比

N: 引張り軸力 (tonf)     $\eta_0$ : 軸力比 (=  $\sigma_0 / \sigma_B$ )     $\sigma_0$ : 軸方向応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_B$ : コンクリート強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)    ft: 割裂引張り強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$ : 主筋降伏強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Pw: 横補強筋比 (%)     $\sigma_{wy}$ : 横補強筋降伏強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

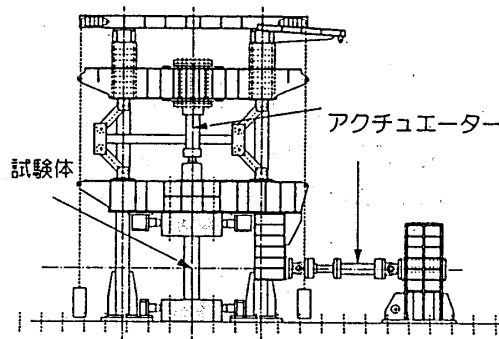


図-2. 加力装置

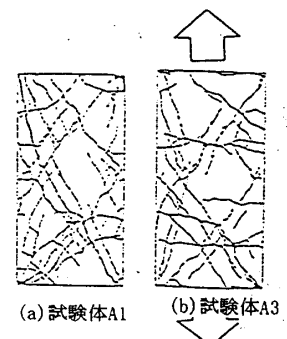


図-3. ひび割れ図

Reinforced Concrete Columns Subjected to Flexure, Shear and Axial Tension

YOSHIDA Kakuhide, TAKAHASHI Hiroyuki, KITAYAMA Kazuhiro and NISHIKAWA Takao

引張り軸力比0の試験体A1に対して引張り軸力比0.2の試験体A3の方がせん断ひび割れの角度が緩やかであることがわかる。

3-2. 荷重-変位関係： 各試験体のせん断力-層間変位関係を図-4に示す。せん断強度計算値と実験値を表-2に示す。柱のせん断強度の計算には文献[1]のせん断終局強度式(指針式)および文献[2]の修正荒川式を用いた。修正荒川式では引張り軸力は適用範囲外であるが、ここでは引張り軸応力の符号を便宜的に負としてせん断強度を計算した。実験結果から、引張り軸力増大に伴って最大耐力が低下する傾向が見られるが、その割合は引張り軸力比0.2の時に92%と小さかった。修正荒川式では引張り軸力比0.1までは対応は良好であるが、引張り軸力比0.2の時にはせん断強度を過小に評価した。終局強度指針式は引張り軸力時のせん断強度を過大に評価した。試験体A3とA4の比較から、横補強筋がせん断耐力上昇に効果があることが確認できる。また、最大耐力と最終サイクル時の耐力の比をとると、軸力比0の試験体A1では最終サイクルでの耐力は最大耐力の60%であるが、引張り軸力比0.1の試験体A2では76%、引張り軸力比0.2の試験体A3では88%と、引張り軸力の増大に伴い靱性が向上する傾向にあることがわかった。一方引張り軸力比が0.2でせん断補強筋量の少ない試験体A4では耐力比が85%となっており、横補強筋量が靱性に及ぼす影響はごくわずかであった。

3-3. 軸方向変位： 図-5に軸方向変位-層間変位関係の正サイクルの包絡線を示す。軸方向変位は全試験体とも危険断面でのコンクリートの圧壊時期を境に、伸びから縮みに転じるという点で定性的に一致した。また、引張り軸力増大に伴い軸方向変位量が増加し、部材が伸びる割合だけでなく縮む割合も高くなることがわかった。

4. まとめ

引張り一定軸力を保ち逆対称曲げせん断繰り返し載荷をするRC柱の実験を行い以下の結果を得た。①柱の引張り軸力の増加に伴い部材のせん断耐力が低下し靱性が向上する。②終局強度指針式は引張り軸力時のせん断強度を過大に評価した。③引張り軸力下においても、危険断面でのコンクリートの圧壊によって軸方向変位が伸びから縮みに転化した。引張り軸力増大に伴い軸方向変位量が増加し、部材が伸びる割合だけでなく縮む割合も高くなった。

5. 謝辞

本研究は文部省科学研究費(一般研究B、代表者：西川孝夫)によるものである。伊藤一男氏をはじめ大成建設技術研究所の諸氏および東京都立大学西川・北山研究室の諸兄の協力に感謝します。

参考文献

- [1] 日本建築学会「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針」1990.11
- [2] 広沢雅也ほか：軸力を受ける鉄筋コンクリート部材の強度と粘り、日本建築学会学術講演梗概集、Nov.、1971、pp817-818.

- \*1 東京都立大学大学院修士課程
- \*2 東京都立大学工学部建築学科 助教授・工博
- \*3 東京都立大学工学部建築学科 教授・工博

表-2 せん断強度の計算値と実験値

I D	計算値		実験値	最終サイクルでの耐力	耐力比
	指針式*1	荒川式*2			
A 1	29.39	25.71	26.65	15.95	60%
A 2	29.39	23.74	25.51	18.42	76%
A 3	28.49	20.78	24.50	20.44	88%
A 4	21.63	18.54	19.02	15.66	85%

\*1：終局せん断強度式(終局強度指針式)(単位:tonf)

\*2：修正荒川式(広沢式)

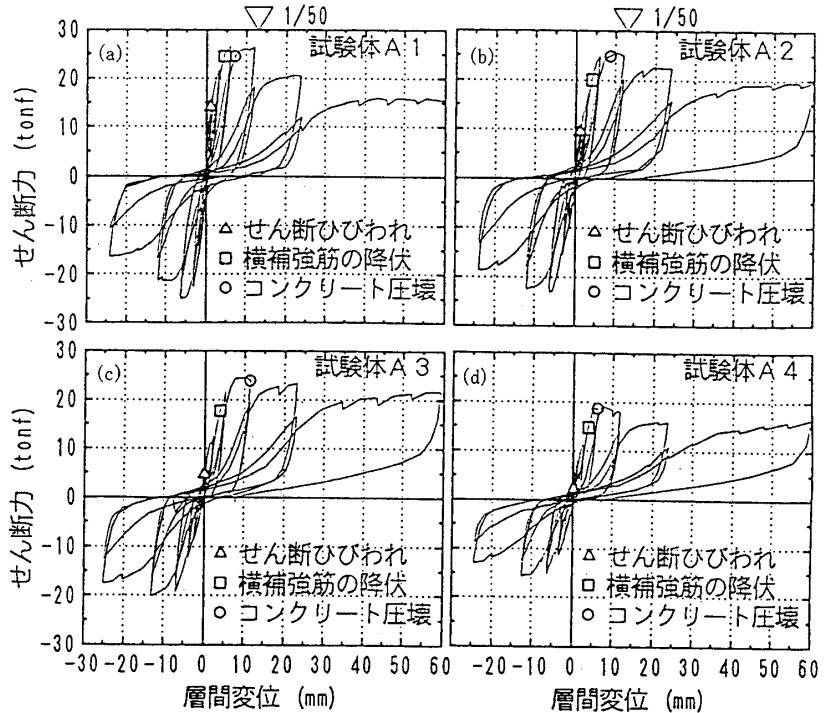


図-4. せん断力-層間変位関係

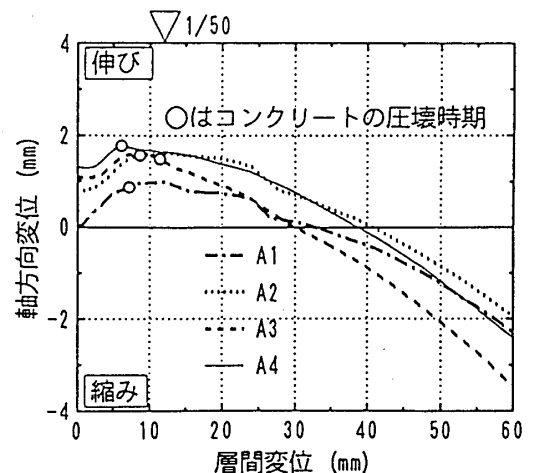


図-5. 軸方向変位-層間変位関係

- \*1 Graduate School, Tokyo Metropolitan University
- \*2 Assoc. Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng
- \*3 Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng