

変動軸力を受ける鉄筋コンクリート柱の
せん断強度に関する研究
(その1) 実験結果の概要

正会員 ○ 豊田 浩一*1
正会員 横尾 一知*1
正会員 北山 和宏*2
正会員 小山 明男*3

1. 研究の目的

鉄筋コンクリート (RC) 柱のせん断強度には軸力が大きく影響すると考えられるが、引張りから圧縮まで大幅に変動する軸力下でのせん断強度やせん断抵抗機構の変化については不明の点が多い。そこで本研究では圧縮軸力、引張り軸力および変動軸力がRC柱のせん断強度およびせん断抵抗機構に与える影響を実験によって解明することを目的とする。

2. 実験概要

2-1. 試験体

約1/3スケールで柱断面が250mm×250mm、せん断スパン比が1の同一寸法・配筋の試験体を4体製作した。4体ともせん断破壊を曲げ破壊より先行させ、付着割裂破壊しないように設計した。寸法および配筋を図1に、材料強度を表1に示す。

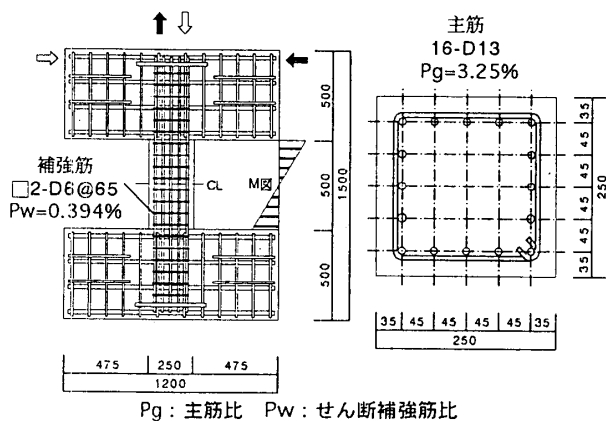


図1. 試験体配筋図

表1. 材料強度 (単位:kgf/cm²)

試験体	K1	K2	K3	K4
主筋降伏応力度	8455 (16-D13)			
補強筋降伏応力度	3532 (2-D6@65)			
コンクリート圧縮強度	275.4	291.0	298.3	
コンクリート割裂強度	23.3	23.0	24.0	

2-2. 加力方法

試験体の上下スタブをパンタグラフで平行に維持し逆対称曲げせん断加力を繰り返し行った。軸力は荷重制御し、水平力は変位制御した。軸力と部材角の履歴を表2に示す(以降、正:圧縮軸力、負:引張り軸力とする)。軸力比は引張りで-0.08~-0.3、圧縮で0.16~0.5である。なお釣り合い軸力比は0.37である。試験体K1,K2では軸

力を一定に保持した後水平力を加えた。試験体K3では層間変位を一定に保持して軸力を変動させる場合と、軸力を一定に保持して層間変位を与える場合との組み合わせとした。すなわち、層間変位-軸力平面上では図2(a)のように矩形となる。試験体K4では軸力と層間変位とを同時に変動させた(図2(b))。試験体K3,K4では柱部材の損傷の偏在を防ぐために同一部材角の1回目と2回目の載荷履歴を図2のように変えた。図2のA、B、C、Dは各領域の目標点で、例えばA1とは1サイクルめのA点(座標では(1.25mm,-15tonf))を意味する。

表2. 軸力と部材変形角 (単位:tonf)

変形角	1/400	1/200	1/100	1/50	1/25	大変形
cycle番号	1	2, 3	4, 5	6, 7	8, 9	10
K1	-50(引張り)					
K2	90(圧縮)					
K3	-15	-30	-50(引張り)			
K4	30	60	90(圧縮)			

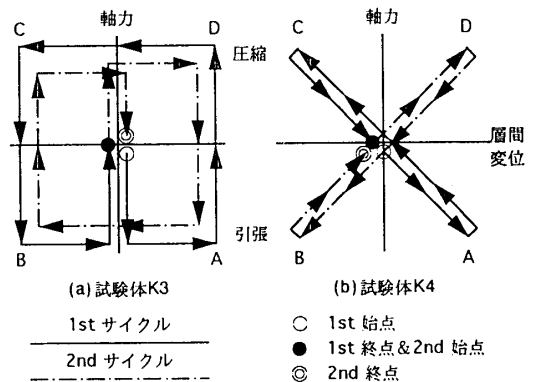


図2. 試験体K3,K4の加力履歴

3. 実験結果

3-1. 破壊性状

層間変位に占めるせん断変形と曲げ変形との割合の包絡線を図3に示す。試験体K3,K4では引張りおよび圧縮軸力を受ける場合を分離して示した。せん断強度時のせん断変形の割合は引張り軸力下では50~60%、圧縮軸力下では60~70%であり、以後増加している。4体ともせん断変形が卓越してせん断破壊したと判断した。一定軸力下、変動軸力下ともにせん断変形が層間変位に占める割合は引張り軸力下の方が小さくなった。7サイクル終了時のひびわれ状況を図4に示す。圧縮軸力下では引張り軸力下と比べると加力と直交する方向へのコンクリート膨張が著しく、危険断面の壊壊時期(目視

Shear Strength of Reinforced Concrete Columns Subjected to Varying Axial Load
Part 1: Outline of Test Results

TOYODA kouichi, YOKOO Kazutomo, KITAYAMA Kazuhiro and KOYAMA Akio

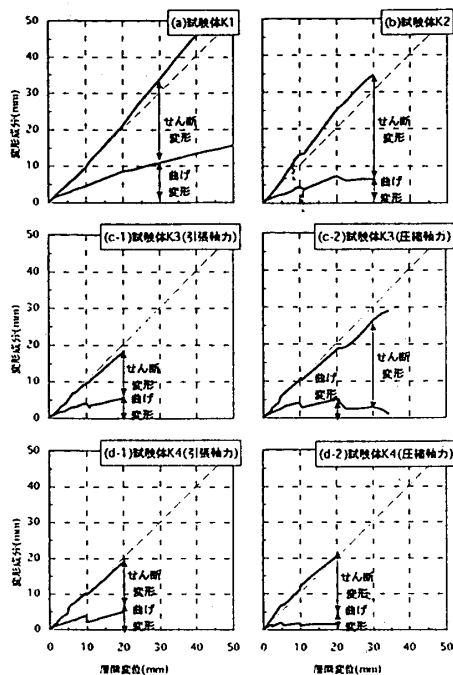


図3. 層間変位の変形成分

により判断)も早くせん断ひびわれの角度は急になった。変動軸力でも引張り軸力下と圧縮軸力下のひびわれには角度の違いが見られ、コンクリートの圧壊は圧縮軸力下で生じた。柱主筋はほとんど降伏せず、せん断補強筋は危険断面近くのものを除いて全て降伏した。

3-2. 荷重-変形曲線

P-δ効果を考慮し補正したせん断力-層間変位関係を図5に、せん断強度の実験値と計算値を表3に示す。引張り軸力を受ける試験体K1では部材角1/50(6サイクル)で最大強度に達したのちせん断力は緩やかに低下した。圧縮軸力を受ける試験体K2では部材角1/100(4サイクル)でせん断強度に達し、以降急激に耐力が低下した。変動軸力を受ける試験体K3、K4では図5の同一象限内

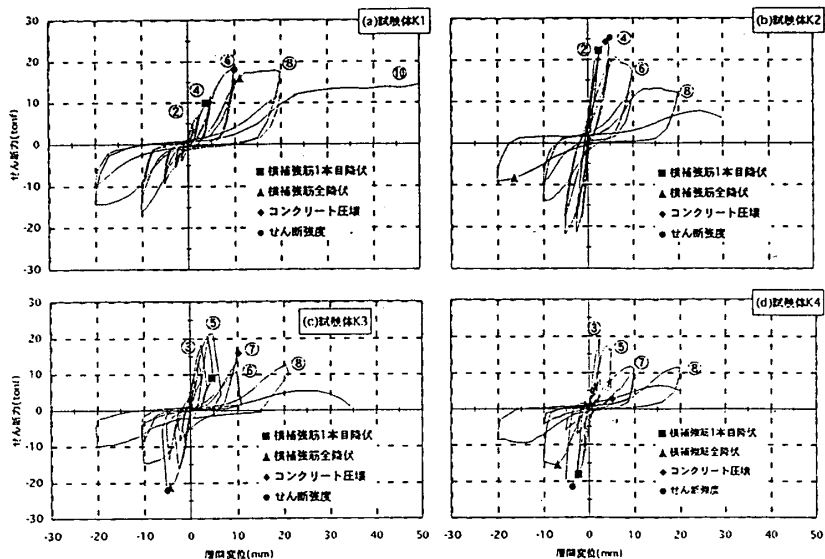


図5. せん断力-層間変位関係

表3. せん断強度

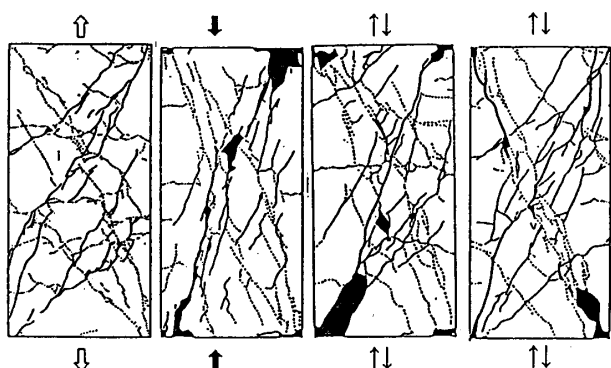
試験体	軸力 tonf	せん断強度 tonf	層間変位 mm	発生時期	荒川mean式 tonf	AIJ指針式 ^[1] tonf
K1	-49.7(引張)	17.9	10.0	+6peak	17.7	18.8
K2	90.0(圧縮)	25.2	5.0	+4peak	21.7	19.3
K3	-48.8(引張)	13.4	10.0	A6peak	18.1	19.3
	90.0(圧縮)	-22.4	-5.0	C4peak	21.7	19.3
K4	-50.0(引張)	11.2	20.0	A8peak	18.3	19.5
	67.6(圧縮)	-21.6	-3.7	C4peak前	19.5	19.5

で引張りおよび圧縮軸力が交互に現出するため複雑な履歴形状となったが、引張り軸力下でのせん断耐力の低下は緩やかで、圧縮軸力下では急激であったことは一定軸力の試験体K1およびK2と同様であった。一定圧縮軸力時のせん断強度は一定引張り軸力時よりも41%増大した変動軸力を受ける柱の引張り軸力時のせん断強度は一定軸力下のその62~75%であり、同様に圧縮軸力時のせん断強度は一定軸力下の86~89%であった。大きく変動する軸力を受ける柱ではこのように圧縮、引張り軸力時ともにせん断強度が低下するが、引張り軸力時に特に顕著でありAIJ終局強度指針式^[1]、荒川mean式とも実験値を過大評価した。変動軸力を受ける柱では、軸力とせん断力とを同時に載荷する試験体K4のせん断強度が軸力とせん断力とを交互に載荷する試験体K3よりも17%小さかった。

4. まとめ

引張りから圧縮まで大きく変動する軸力を受けるRC柱のせん断強度は、一定軸力下の場合よりも10~40%低下した。特に引張り軸力時のせん断強度の劣化が顕著であり、既存のせん断強度式では危険側の評価となった。軸力とせん断力との載荷経路が異なるとせん断強度が最大で17%変化した。

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・同解説、1990年。



(a)試験体K1 (b)試験体K2 (c)試験体K3 (d)試験体K4

図4. 7cycle終了時ひび割れ図

*1 東京都立大学大学院修士課程

*2 東京都立大学大学院工学研究科助教授・工博

*3 東京都立大学大学院工学研究科助手・工修

Graduate student, Tokyo Metropolitan University

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Graduate school of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ.

Research Assoc., Dept. of Architecture, Graduate school of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ.