

R C 柱の斜め引張破壊に関する基礎実験

九州産業大学工学部 学生会員 池田 勇人
 同 学生会員 朝生 行寿
 同 正会員 佐藤 武夫
 同 正会員 宮川 邦彦

1. はじめに

平成7年の兵庫県南部地震をはじめ、昨年もトルコや台湾で大地震が発生し、人的・物的両面で甚大な被害をもたらした。わが国では、兵庫県南部地震以後、コンクリート標準示方書や道路橋示方書の耐震設計編が大幅に改訂されたが、柱部材のせん断耐力の算定には、従来と同様により部材の実験結果に基づいた経験式が用いられており、その適合性に関しては、問題点が残されていることも指摘されている。

本実験では、柱部材のせん断破壊機構を解明するための一環として、特に構造物の崩壊原因に繋がる斜め引張破壊の機構や耐力を調べるため、柱中間部に帯鉄筋を有しない RC 柱を作製し、地震力を想定した水平載荷時における各部材の変形挙動や破壊性状などを検討した。

2. 実験概要

本実験に用いたコンクリートの配合および物性を表-1に、作製した柱部材の形状寸法を図-1に示す。軸方向鉄筋には、SD 295A の D6、D10 および D13 を用いた。まず、実験 I では、破壊試験以前の荷重履歴の影響を調べるため、表-1に示す配合 I のコンクリートを用いて、12-D10 と 36-D6 (3本ずつの束ね鉄筋として配筋) の軸方向鉄筋を配置した部材を各2体作製し、シート内で湿潤養生した後、各1体 (RC2 と RC4) は、材齢7日から中心軸圧縮力 100 kN を 110 日間持続載荷した。

残りの各1体 (RC1 と RC3) は、破壊試験までシート養生を継続し、破壊試験直前に中心軸圧縮力 100 kN を載荷した。破壊試験は、40、50 および 60 kN の正負交番水平載荷を各2回繰返した後、最大荷重に達するまで水平載荷を行った。次に実験 II では、軸圧縮力の影響を調べるため、配合 I' で 12-D13 の軸方向鉄筋を配置した部材を4体作製し、シート養生した後、材齢7日から恒温室内 (温度 20℃、湿度 65%) の空气中に 60 日間静置し、破壊試験直前に 25、50、75 および 100 kN の中心軸圧縮力を載荷した後、単調水平載荷を行った。更に実験 III では、コンクリート強度および軸圧縮力の影響を調べるため、配合 II と配合 III を使い、12-D13 の軸方向鉄筋を配置した部材を各2体作製し、実験 II と同様な養生を行い、破壊試験直前に 50 および 100 kN の中心軸圧縮力を載荷した後、単調水平載荷を行った。

表-1 コンクリートの力学特性

配合	養生方法	破壊試験時		
		f'_c (N/mm ²)	E_c (kN/mm ²)	f_t (N/mm ²)
I	湿潤	27.1	28.7	2.63
	空中	23.7	21.6	2.45
I'	空中	26.7	23.8	2.54
II		41.6	32.1	3.17
III		48.5	34.5	3.49

注) 配合 I、I' : $W=200\text{kg/m}^3$ $C=300\text{kg/m}^3$ $s/a=44\%$

配合 II : $W=180\text{kg/m}^3$ $C=360\text{kg/m}^3$ $s/a=43\%$

配合 III : $W=200\text{kg/m}^3$ $C=420\text{kg/m}^3$ $s/a=43\%$

使用材料: 普通セメント、海砂、輝緑岩碎石 (最大寸法 20mm)

f'_c : 圧縮強度、 E_c : ヤング係数、 f_t : 引張強度

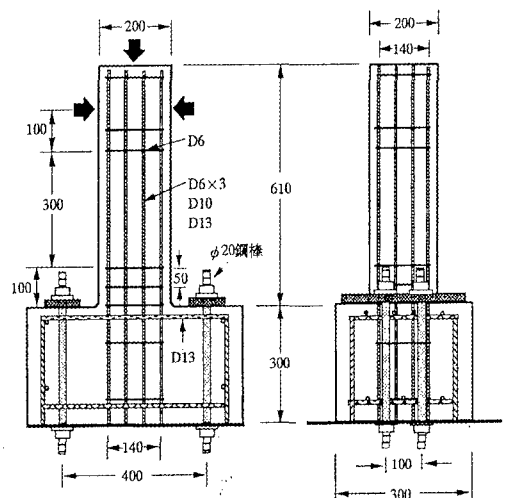


図-1 部材の形状寸法

3. 実験結果および考察

表一2 各部材の実験および計算結果

表一2 に各部材の破壊試験および計算結果の一覧を示す。表中の $\sigma'c$ は、荷重履歴を考慮して求めた破壊試験時におけるコンクリート断面の圧縮応力度、Huは最大値、 δu は水平荷重の最大荷重時の変位量、また、Hmuaは全軸方向鉄筋を考慮して、コンクリート標準示方書の曲げ耐力算定式から求めた各部材の曲げ引張破壊時における計算値、Hvcaは荷重履歴の影響を考慮して、同示方書のせん断耐力算定式から求めたコンクリート分担せん断耐力の計算値を示している。

実験	部材 記号	軸力 (kN)	$\sigma'c$ (N/mm ²)	Hu (kN)	δu (mm)	破壊形式	計算値(kN)	
							Hmua	Hvca
I	RC1	100	2.18	68	17.8	曲げ引張	58.4	36.9
	RC2		0.52	68	17.2		56.8	30.4
	RC3		2.10	82	9.3	斜め引張	81.6	38.6
	RC4		0.28	67	7.1		79.8	32.2
II	RC5	25	-0.73	69	10.9	斜め引張	76.6	34.0
	RC6	50	-0.24	83	12.2		79.9	35.4
	RC7	75	0.24	81	13.3		81.2	36.9
	RC8	100	0.73	77	14.5		83.8	38.3
III	RC9	50	-0.42	68	9.9	斜め引張	83.3	39.2
	RC10	100	0.63	100	14.8		88.3	43.4
	RC11	50	-0.72	93	15.0		89.3	42.0
	RC12	100	0.33	101	16.6		94.5	45.0

実験Ⅰの12-D10の軸方向鉄筋を配置したRC1とRC2部材は、荷重履歴の有無に関係なく、引張鉄筋が降伏して最大水平荷重に達した後、変位量の増加に伴って水平荷重が若干低下する程度で、本実験の測定範囲内（最大変位量30mm）では、部材が崩壊するまでには至らなかった。Hu/Hmuaの値は1.15程度で、同示方書の曲げ耐力算定式では若干安全すぎるようである。一方、36-D6の軸方向鉄筋を配置したRC3とRC4部材は、破壊直前に水平載荷点と柱付け根部との間に斜め引張りひび割れが発生し、更に水平荷重が5～10kN増加した後、急激に軸圧縮力が失われ、柱部材が崩壊する斜め引張破壊を生じた。ただし、破壊試験以前の荷重履歴の違いで、軸圧縮力を持続載荷したRC4部材の最大荷重が、直前載荷したRC3部材のそれより2割程度低下していることがわかる。

次に実験Ⅱでは、全部材とも前述の斜め引張破壊を生じたが、水平荷重の最大値は軸圧縮力が50kNのRC6部材であり、それ以上軸圧縮力が大きくなると、逆に水平荷重が若干低下する結果が得られた。これは、後述する実験Ⅲの結果から判断すると、実験Ⅱのコンクリート強度が小さかったことに起因しているように思われる。なお、最大荷重時の変位量は軸圧縮力の増加に伴って増大している。実験Ⅲの部材でも、実験Ⅱと同様に全て斜め引張破壊を生じた。表一1に示すように本実験の場合、配合Ⅱと配合Ⅲのコンクリート強度にあまり差がなかった関係上、水平荷重の最大値にもあまり差異がみられない。同じ実験条件の実験ⅡのRC6とRC8部材も含めて考えると、コンクリート強度が大きくなるほど、水平荷重の最大値も若干増大するようである。なお、実験Ⅲでは、軸圧縮の増加に伴い、水平荷重の最大値やその変位量が大きくなっているが、その増大割合が一定していないことから、斜め引張破壊耐力は内部の骨材分布や軸方向鉄筋の配筋誤差などで、相当大的なばらつきがあるように思われる。したがって、コンクリート断面が分担できる斜め引張破壊耐力を確定するためには、更に多くの実験を行い、ばらつきの原因やその変動幅などを検討すべきである。

4. まとめ

本研究では、特にRC柱の崩壊原因に繋がる斜め引張破壊の機構と耐力を究明するため、柱中間部に帯鉄筋を有しないRC柱に関する基礎的実験を行った。以下にその結果を要約する。

- (1). 軸方向鉄筋量が多くなると、柱部材の崩壊原因に繋がる斜め引張破壊を生じやすくなる。
- (2). 軸方向鉄筋径が小さくなるほど、軸方向鉄筋が分担できる座屈耐力の低下により、特に軸圧縮力を持続載荷した部材は、斜め引張破壊耐力が低下する。
- (3). コンクリート強度や軸圧縮力が大きくなるほど、最大荷重時の水平変位量が大きくなる。ただし、コンクリート断面が分担できる斜め引張破壊耐力は、僅かな実験誤差で大きなばらつきを生じるようである。