

柱部材の斜め引張破壊に関する基礎的実験

九州産業大学大学院 学生会員 朝生 行寿
九州産業大学工学部 正会員 宮川 邦彦
九州産業大学工学部 正会員 佐藤 武夫

1. はじめに

都市部では、交通事情等による高架橋の柱断面削減により、軸方向鉄筋や帯鉄筋が多量に配筋されている。これにより柱部断面内では、コンクリートの時間依存現象に伴い、鉄筋の圧縮応力度が増加し、コンクリートのそれが大幅に減少している。しかし、現行の設計法は、コンクリートの時間依存現象が柱部材の耐力に及ぼす影響を無視して設計している。

そこで本研究では、寸法効果を考慮して細径鉄筋を用いたモルタル柱部材で、かつ柱中間部に帯鉄筋を有しない各種の小型試験体を作製し、軸力持続の有無、すなわち、コンクリートの時間依存現象が柱部材の水平載荷試験時におけるひび割れ性状や破壊耐力などに及ぼす影響を比較検討した。

2. 実験概要

本実験は、地震時の柱部材に見られるぜい性的な斜め引張破壊を再現することにより、部材断面で分担できる同耐力を調べた。そのため、図-1に示す柱中間部に帯鉄筋を有しないモルタル柱部材（以下、RM柱と呼ぶ）を用いた。

実験Ⅰは、軸方向鉄筋量の違いおよび繰返し載荷による影響を調べるため、表-1に示す配合を用いて、28-D6と36-D6の軸方向鉄筋を配筋したRM柱を各2体作製し、各1体は7日間湿潤養生した後、中心軸圧縮力100kNを110日間持続載荷し、その間の時間依存ひずみを測定した。残りの各1体は、シート内で湿潤養生を継続し、破壊試験直前に中心軸圧縮力100kNを載荷した。破壊試験は、40、50および60kNの正負交番載荷を各2回繰返した後、最大荷重に達するまで載荷をした。

実験Ⅱは、軸圧縮力の違いが破壊性状に及ぼす影響を検討するため、表-1の配合を用いて、36-D6の軸方向鉄筋を配置したRM柱を8体作製し、4体は7日間湿潤養生した後、25、50、75および100kNの中心軸圧縮力を60日間持続載荷した。残りの4体は、シート内で湿潤養生を継続し、破壊試験直前に25、50、75および100kNの中心軸圧縮力を載荷した。破壊試験は、ひび割れ発生状況を調べながら、部材が破壊するまで単調水平載荷した。表-2にモルタルの力学特性を、表-3に実験計画概要を示す。

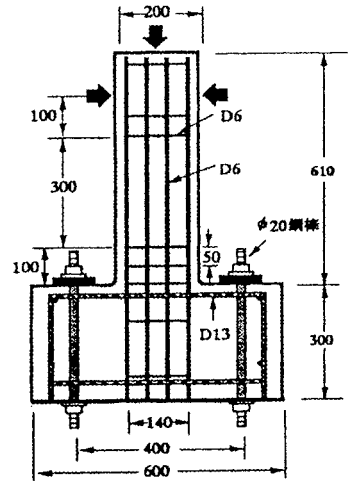


図-1 部材の形状寸法

表-1 モルタルの配合

空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				
	W	C	S	F	AE剤
4.0	258	409	1360	60	0.082

F:炭酸カルシウム微粉末

表-2 モルタルの力学特性

養生 条件	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
湿潤	34.9~37.0	22.9~26.4	2.47~2.98
空中	30.9~37.5	19.8~22.3	2.86~3.10

表-3 実験計画概要

実験	部材 番号	固定要因	変動要因
Ⅰ	RM-1	40、50、60 kNの正負 交番載荷 軸力100kN	持続載荷110日
	RM-2		直前載荷
	RM-3		持続載荷110日
	RM-4		直前載荷
Ⅱ	RM-5	単調水平 載荷	持続載荷60日
	RM-6		直前載荷
	RM-7		持続載荷60日
	RM-8		直前載荷
	RM-9		持続載荷60日
	RM-10		直前載荷
	RM-11		持続載荷60日
	RM-12		直前載荷

3. 実験結果および考察

表－4に全部材の破壊試験結果および計算結果を示す。表中の $\sigma'm$ は時間依存現象を考慮して求めた破壊試験時におけるモルタル断面の推定圧縮応力度、Huは最大水平荷重、 δu は最大荷重時の載荷点における水平変位、Vmは $\sigma'm$ を考慮してコンクリート標準示方書のせん断耐力算定式から求めたモルタル断面の分担せん断耐力である。図－2と図－8に、正負交番載荷時の荷重－変位曲線を示す。

実験Ⅰでは、表－4のように持続載荷のRM－1とRM－3部材は、最初の60kNの載荷途中で破壊に至り、それらのHuが直前載荷のそれと比較すると、28－D6部材では2割強、36－D6部材では3割強減少している。この結果は、持続載荷期間中にモルタルの時間依存現象に伴って軸方向鉄筋に圧縮応力が移行されたためと考えられる。例えば、鉄筋量を増したRM－3部材では、モルタルに引張応力が生じており、これが斜め引張破壊に対する抵抗性を減少させている。また、破壊形式も持続載荷の有無で若干相違している。ここに、表中に示す斜め引張破壊は、破壊直前に水平載荷点とフーチング上面を結ぶ斜めひび割れが急激に拡大して破壊したが、せん断付着破壊は、曲げせん断ひび割れが徐々に拡大した後、軸方向鉄筋に沿うひび割れを生じて破壊に至った。なお、軸方向鉄筋量が増すとHuは若干大きくなることがわかる。HuはVmと比較すると1.5から2倍になり、コンクリート標準示方書のせん断耐力算定式は明らかに柱部材のせん断耐力を過小評価しているといえる。

実験Ⅱの持続載荷と直前載荷のHuを比較すると、RM－5とRM－6部材を除けば、実験Ⅰと同様な傾向が見られるが、持続期間が短いためにその差は2割程度である。また、直前載荷した部材のHuは、軸圧縮力にほぼ比例して増大しているのに対して、持続載荷した部材のそれは軸圧縮力が大きくなっても、あまり差異が見られない。このように、持続載荷がHuに及ぼす影響は、軸圧縮力が大きくなるほど顕著になることがわかる。

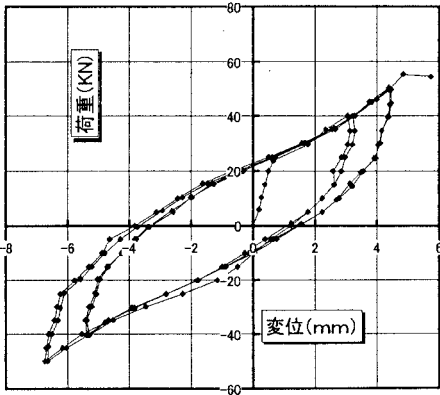
4. まとめ

本研究では、柱中間部に帯鉄筋を有しないRM柱部材を用いて、地震力を想定した水平載荷時の破壊性状を調べた。以下にその結果を要約する。

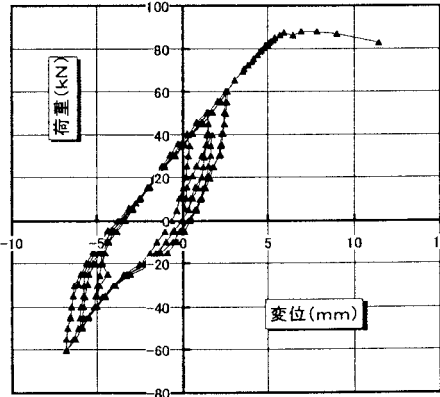
- (1) 持続載荷した部材の最大水平荷重は、直前載荷のそれに比べ3割程度低減する。
- (2) 変形性能の高い部材は破壊耐力も大きい。
- (3) 直前載荷した部材の最大水平荷重は、軸圧縮力が大きくなるほど増大するが、持続載荷した部材のそれは顕著な差が見られない。

表－4 全部材の破壊試験および計算結果

実験	部材記号	$\sigma'm$ N/mm ²	Hu kN	δu mm	破壊形式	Vm kN
Ⅰ	RM-1	0.21	55.2	4.8	斜め引張	33.3
	RM-2	2.18	74.0	16.6	せん断付着	42.2
	RM-3	-0.23	57.2	4.5	斜め引張	33.7
	RM-4	2.11	87.9	7.9	せん断付着	43.5
Ⅱ	RM-5	-0.79	62.1	10.2	斜め引張	32.2
	RM-6	0.52	52.3	6.2	斜め引張	38.1
	RM-7	-0.43	61.3	9.0	せん断付着	33.9
	RM-8	1.04	67.3	10.0	斜め引張	40.0
	RM-9	-0.32	61.1	7.6	斜め引張	35.2
	RM-10	1.54	84.5	14.2	せん断付着	42.5
	RM-11	0.07	64.5	9.6	斜め引張	36.7
	RM-12	2.05	78.5	10.7	斜め引張	44.0



図－2 RM－3部材の荷重－変位曲線



図－3 RM－4部材の荷重－変位曲線