

初期ひび割れを有する鉄筋コンクリート棒部材のせん断耐力

徳山高専 正会員○田村隆弘

徳山高専 正会員 重松恒美

徳山高専 正会員 原 隆

1. まえがき

鉄筋コンクリート不静定構造物における梁や柱部材では、コンクリートの乾燥収縮や温度変化に伴う部材軸方向への引張応力が存在する。部材のおかれた条件によっては、この引張応力は部材断面方向にひび割れを生じさせ、構造物の機能性や耐久性を低下させる。また、構造物が地震等の水平力あるいは鉛直力を受ける場合にも、柱部材や梁部材は軸方向の引張力を受ける場合がある。最近の研究では、海洋構造物の柱や高圧電線用のRC杭等が波動や風によっても軸方向の引張力とせん断を受ける場合があることが報告されている。著者らは、これまでRC部材が軸方向引張力とせん断を同時に受ける場合について、実験と有限要素法を用いた数値解析によりその破壊メカニズムを調査してきた。しかし、実存する構造物では、あらかじめ受けた軸方向引張力により部材にひび割れを有した状態から軸方向力が解除された状態、すなわち初期ひび割れを有した状態でせん断を受ける場合がある。本研究では、この初期ひび割れを有するRC棒部材のせん断耐力について実験的に調査した。

2. 実験概要

2.1 実験条件 実験はあらかじめひび割れを生じる程度の軸方向引張力を作用させ、これを解除した後、せん断載荷試験するものと、軸方向引張力を導入した状態のまま、せん断載荷試験するもの、そして、比較のために軸方向力を全く作用させずにせん断載荷試験するものの3種類について行った。各供試体の実験条件については表-1に示す。

2.2 供試体および実験装置 供試体の形状および配筋を図-1に示す。供試体の有効スパンは150cmである。鉄筋は主鉄筋としてD10 (SD295) を引張り側に6本、圧縮側に3本配置し、せん断補強筋としてのスターラップは配置しない。各供試体を使用したコンクリートの圧縮強度は表-1に示す。

実験装置の概略は図-2に示す。水平アクチュエータにより所定の軸方向力を導入し、鉛直アクチュエータにより曲げ載荷を行う。ここで、曲げ載荷は変位制御によって行い、各変位増分ステップにおいて、主鉄筋、およびコンクリート上縁ひずみ、そして、載荷点、およびスパン中央における変位を測定し、供試体表面におけるひび割れの進行状態を観察する。

3. 実験結果

3.1 斜めひび割れ発生荷重および終局耐力

表-1に示すように、斜めひび割れ発生荷重、終局耐力ともに軸方向引張力が大きくなるに従って、その値は小さくなる。この傾向は、軸方向引張力を作用させたまま曲げ載荷する場合も、軸方向力を解除した場合も同様である。4tfや6tfの軸方向引張力を作用させたまま曲げ載荷する場合と、これを解除した場合を比較すると、解除した場合の方が、斜めひび割れ発生荷重も終局耐力も大きい。しかし、いずれの場合も、軸方向引張力が作用しない場合に比べると、斜めひび割れ発生荷重、終局耐力が低下している。

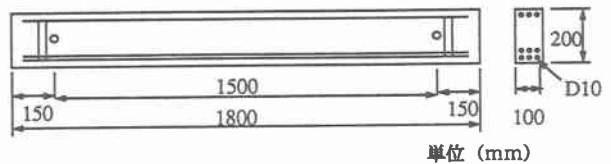


図-1 供試体形状および配筋

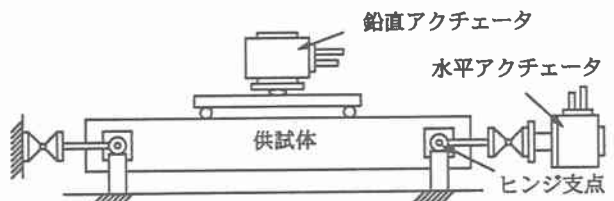


図-2 せん断載荷試験

表-1 実験条件および結果

No.	N(kgf)	f'c	a/d	Vb(kgf)	Vcr(kgf)	Vcd(kgf)		Vcr/Vcd	
						(①式)	(βn=1)	(①式)	(βn=1)
1	0	300	3.0	3645	3450	2812	—	1.22	—
2	4000	309	3.0	2553	2350	2256	—	1.04	—
3	6000	363	3.0	2283	2283	2017	—	1.14	—
4	4000 解除	297	3.0	3009	3000	1893	2378	1.58	1.26
5	6000 解除	349	3.0	2552	2552	2201	2865	1.15	0.88

N: 軸方向引張力 f'c: コンクリート強度 a/d: せん断スパン比 Vb: せん断耐力 Vcr: 斜めひび割れ発生荷重
 $Vcd = 0.9\beta d \cdot \beta p \cdot \beta n \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$ --① ここで、 $\beta d = \sqrt[3]{100/d}$ $\beta p = \sqrt[3]{100pw}$ $\beta n = 1 + Mo / Mu$
d: 有効高さ pw: 鉄筋比 Mo: デコンプレッションモーメント Mu: 終局モーメント $\beta n = 1$: 軸力解除の場合

3.2 ひび割れ性状 図-3は、各供試体の破壊時のひび割れの状態である。図中の破線は、軸方向引張力によるひび割れを示す。軸方向引張力をかけたままの供試体では、この軸力によるひび割れが梁の破壊まで確認されるのに対し、軸方向引張力を解除した供試体では軸力の解除と同時にほとんど消えてしまう。また、軸方向引張力を全く受けない供試体に比較し、軸方向引張力を受けた供試体は、その引張力が大きい程、曲げひび割れが高くまで成長し、斜めひび割れの角度が立ち上がってきている。この傾向は、軸方向引張力をかけたままの場合も、解除した場合も同様である。

3.3 たわみ性状 図-4に、各供試体のスパン中央の変位と荷重の関係を示す。いずれも、その勾配はほぼ等しいが、先に3.1で述べた軸方向引張力がせん断耐力に及ぼす影響がよく確認できる。また、いずれの梁も斜めひび割れ発生荷重から破壊までの間にねばりがなく、斜めひび割れの形成とほぼ同時に急激に破壊している。

4 あとがき

軸方向引張力を受けることによって、部材がせん断耐荷力を低下させることについては、土木学会の示方書算定式でもすでに評価されている。しかし、ひとたび部材がひび割れを発生する程度の軸方向引張力を受けた場合には、これが解除された場合にも、軸力を全く受けない場合に比較して、せん断耐力が低下する。また、導入した軸方向力が大きい程、せん断耐力も低下して行く傾向がある。このことは、軸方向引張力が解除された場合にも、部材内部におけるインターロックのずれや、鉄筋とコンクリートの間のずれによって、マイクロクラックが残留するといった鉄筋コンクリート部材特有の機械的性質に起因するものと考えらる。しかし、軸方向引張力をかけたままの場合に比較して、せん断耐力が高いことから、軸方向引張力が部材の斜めひび割れ発生荷重やせん断耐力に及ぼす影響は、この様な機械的性質と力学的な問題の組み合わせであると考えられる。

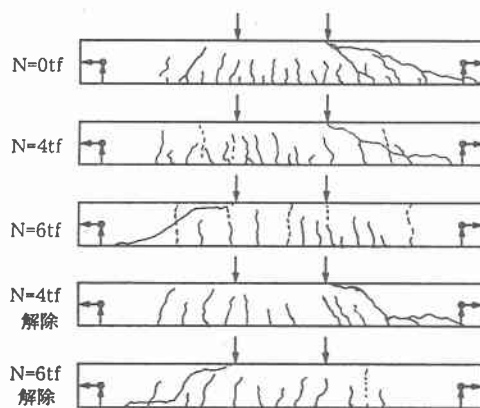


図-3 終局時のひび割れ状態

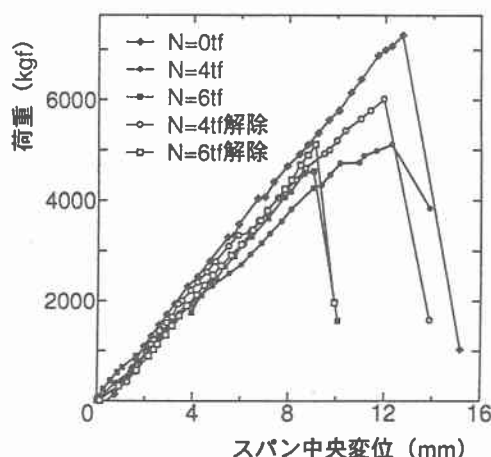


図-4 荷重-スパン中央変位の関係