

徳山高専 正会員○田村隆弘
 徳山高専 正会員 重松恒美
 九建設計 正会員 仲数憲一

1. まえがき

不静定構造物における鉄筋コンクリート(RC)梁部材では、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、この引張応力は梁部材断面方向にひび割れを生じさせ構造物の耐久性を低下させる。また、構造物が地震等の外力を受ける場合には、ラーメン構造の柱部材においても軸方向引張力とせん断を受ける場合がある。最近の研究では、地震時の衝撃的な鉛直振動により鉄筋コンクリート橋脚に輪切り状ひび割れが生じることや、海洋構造物の柱や高压電線用のRC杭等が、波動や風によっても軸方向引張力とせん断を受ける場合があること等が報告されている。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、実際の構造物では、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、すなわち部材が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梁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、これを解除した後に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。また、せん断スパン比については、曲げ耐力に対するせん断耐力の低下が著しい領域にある($a/d=2.5$ と 3.0 について試験した。各供試体の実験条件については表1に示す。

2.2 供試体、実験装置および実験手順 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。各供試体に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。実験は、まず水平アクチュエータにより所定の軸方向力を導入し、その後、実験条件に従い軸力を加えたまま、あるいは解除した状態で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、いずれのせん断スパン比においても斜めひび割れ発生荷重、終局耐力ともに軸方向引張力が作用することによって、軸方向力を受けない場合より低下する。

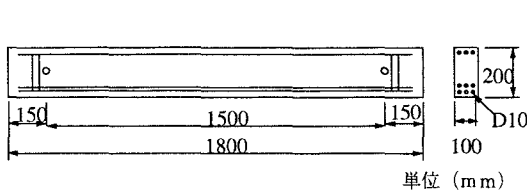


図1 供試体形状および配筋

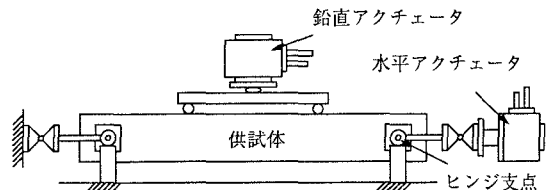


図2 せん断載荷試験

キーワード：軸方向引張力、せん断、初期ひび割れ

〒745 徳山市久米高城3538 TEL 0834-29-6324 FAX 0834-28-7605

〒745 徳山市久米高城3538 TEL 0834-29-6331 FAX 0834-28-7605

〒812 福岡市博多区博多駅前3丁目30番1号 TEL 092-481-5060 FAX 092-481-5044

表1 実験条件および結果

No.	a/d	N	f _c	p _w	M _b	M _u	M _b /M _u	V _b	V _{cr}	V _{cd}		V _{cr} /V _{cd}	
										(①式)	(β _n =1)	(①式)	(β _n =1)
1	2.5	0	30.9	3.19	22.1	20.5	1.07	49.0	30.0	28.5	—	1.05	—
2	2.5	60.0	31.8	3.13	13.8	20.7	0.67	30.7	25.0	20.3	—	1.23	—
3	2.5	60.0(解除)	30.9	3.22	15.5	20.9	0.74	34.5	23.5	20.6	28.4	1.14	0.83
4	3.0	0	30.0	3.21	19.7	19.9	0.99	36.5	34.5	28.1	—	1.23	—
5	3.0	60.0	36.3	3.19	12.3	19.7	0.63	22.8	22.0	20.2	—	1.09	—
6	3.0	60.0(解除)	34.9	3.11	13.8	23.3	0.59	25.5	25.1	22.0	28.7	1.14	0.88

a/d:せん断スパン比、N:軸方向引張力(kN)、f_c:コンクリート強度(N/mm²)、p_w:鉄筋比(%)、M_b:破壊モーメント(kNm)、M_u:終局モーメント(kNm)、V_b:せん断耐力(kN)、V_{cr}:斜めひび割れ発生荷重(kN)、V_{cd} = 0.20β_dβ_pβ_n³f_cb d --① ここで、β_d = $\sqrt[4]{100/d}$ β_p = $\sqrt[3]{100p_w}$ β_n = 1 + M_o / M_u、d:有効高さ、M_o:デコンプレッションモーメント、β_n = 1:軸力解除の場合

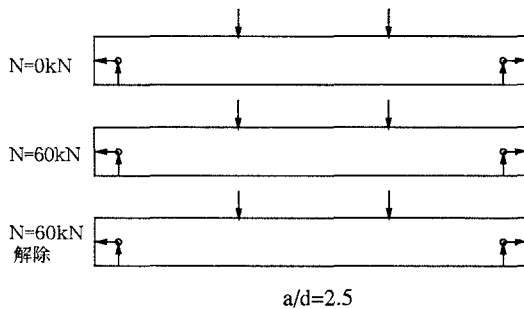


図3 終局時のひび割れ状態

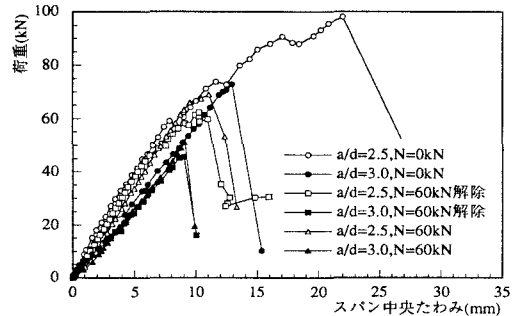


図4 荷重—変位の関係

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。60kN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、いずれのせん断スパン比においても解除した場合の方が終局耐力は大きい。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較すると、斜めひび割れ発生荷重、終局耐力は低下している。

3.2 ひび割れ性状 図3は、a/d=2.5の供試体の各軸方向力における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、ひび割れは軸力の解除と同時にほとんど消える。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、斜めひび割れが発生するまでの過程において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、全ての供試体のスパン中央の変位と荷重の関係を示す。図より先に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、そこではひとたび部材が軸方向引張力によるダメージを受けた場合にも、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ことは考慮されていない。また、作用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、軸方向力によるダメージが、部材内部におけるマイクロクラックや鉄筋とコンクリートの間のずれといった形で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。しかしながら、軸方向引張力を解除した場合のせん断耐力は、軸方向力をかけたままの場合に比較して高いことから、軸方向引張力を受ける部材のせん断問題は、このような機械的性質と力学的な問題の組み合わせを考慮して解く必要があると思われる。