

横拘束筋を有するRCはりの変形挙動について

岡山職業訓練短期大学校 正員 宮内 克之

1. まえがき

耐震設計上あるいは材料の有効利用の面から靱性設計が望まれる。この際曲げ部材の靱性改善の一方案として圧縮側コンクリートの横拘束筋が挙げられ、既に一部は実用化されている。今後益々横拘束筋を有する部材の利用が増すものと考えられ、その変形性状の把握が必要となってくるものと思われる。そこで要因として、鉄筋比、横拘束筋量、横拘束筋間隔を取り上げ、繰返し試験を行い横拘束筋を有するRCはりの変形挙動について検討を加え、エネルギー吸収能により靱性を評価し、これら要因との関係を調べた。

2. 実験概要

実験に用いたはりの形状寸法を図-1に、各はりの条件を表-1に示す。F、Gはりはスパン190cm、それ以外のはりはスパン132cmである。横拘束筋として、D6(一部φ6) 5cmピッチ、D10 5cm, 7.5cm, 10cmピッチの4種類の角形スパイラルを用い、

表-1 RCはり供試体の条件及び実験結果

a/d=3.0とした。せん断スパン及び載荷点付近にはφ6の閉合スターラップを5cmピッチで配置し、せん断に対して十分に補強した。引張鉄筋にはSD30を使用し、コンクリートの配合は表-2に示すものであり、試験時における圧縮強度は $\sigma_c = 203 \sim 252 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

載荷試験は原則として材令28日において一部を除き変位制御方式で行った。即ち、はり降伏点までは変位速度一定とし、一度除荷した後、降伏点変位 δ_y 及び1.5 δ_y , 2.2 δ_y , 3.3 δ_y ...においてそれぞれ10回の繰返し載荷とした。試験中は載荷点における変位量を変位計により、両載荷点とスパン中央における支点との相対変位をダイヤルゲージにより測定した。

3. 実験結果及び考察

実験結果を表-1に、実験より得られた荷重変位関係の一例を図-2に示す。図中の曲線は繰返し回数1回目における包絡線で示してある。

各はりの降伏時における曲率を横拘束筋量 $\rho_c / (\rho / \rho_0)$ との関係で示すと図-3のようになる。Bシリーズでは ρ_c の増加に伴い曲率が減少しているのに対し、Dシリーズでは逆に曲率が増加した。これはBシリーズの様に比較的過多鉄筋を有するはりにおいては、横拘束筋によって圧

はりの種類	鉄筋比		横拘束筋		降伏モーメント $M_y(\text{tfm})$	降伏点変位 $\delta_y(\text{mm})$	降伏時の曲率 $\phi_y(1/\text{m})$	塑性吸収 エネルギー W_p/W_e
	$\rho(\%)$	ρ/ρ_0	径-間隔	$\rho_c(\%)$				
A-1	4.55	1.111	φ6-5	1.14	3.162	77.20	—	1.43
B-1	3.37	0.898	D6-5	1.27	2.675	5.81	0.0436	5.14
B-2	3.37	0.927	D10-5	2.85	2.749	5.81	0.0284	6.05
B-3	3.37	0.968	D10-7.5	1.90	2.711	6.25	0.0342	1.87
B-4	3.37	0.968	D10-10	1.43	2.675	6.16	0.0464	1.05
C-1	2.98	1.006	D6-5	1.27	2.632	6.39	0.0360	7.34
C-2	2.98	1.006	D10-5	2.85	2.323	5.30	0.0320	6.89
C-3	2.98	1.040	D10-7.5	1.90	2.519	5.86	0.0440	1.51
C-4	2.98	1.040	D10-10	1.43	2.581	6.87	0.0324	1.19
D-1	2.34	0.640	D6-5	1.27	2.101	4.87	0.0196	8.46
D-2	2.34	0.578	D10-5	2.85	1.907	4.78	0.0329	8.38
D-3	2.34	0.602	D10-7.5	1.90	1.969	4.00	0.0240	7.14
D-4	2.34	0.564	D10-10	1.43	1.935	4.42	0.0240	8.12
D-5	2.34	0.675	φ6-5	1.14	2.035	44.41	—	7.37
E-1	1.49	0.492	φ6-5	1.14	1.520	44.01	—	9.39
F-1	1.69	0.512	D6-5	0.84	6.885	5.00	0.0143	8.63
G-1	2.12	0.614	D6-5	0.84	6.998	5.66	0.0179	8.04

注：*：スパン中央での変位、**：載荷点での変位
 ρ_0 ：終局状態でのつり合鉄筋比

表-2 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランパの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
20	8±2	2.0	60	47	195	325	830	1062

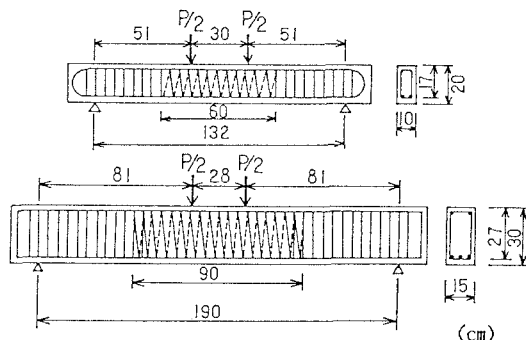


図-1 はりの形状寸法

縮側コンクリートの変形が拘束されることにより、断面の回転よりもむしろ部材の回転による変形の割合が大きくなるためと考えられる。

繰返し載荷による影響を見るために、各変位での $N=10$ 回における耐力の変化の様子を図-4に示す。これより全般に鉄筋比の大きい（B, Cシリーズ）は、低鉄筋比の（Dシリーズ）よりも繰返しによる耐力の低下が著しく、特に $s=7.5, 10\text{cm}$ のはりでは $1.5\delta_y$ で急激な耐力低下を示した。

次に横拘束筋を有するはりの靱性について図-5で定義される弾性吸収エネルギー (W_e) と塑性吸収エネルギー (W_p) との比率 (W_p/W_e) によって検討する。なお変位が $6\delta_y$ に達する前に耐力が $0.8P_y$ 以下に低下した場合には、その時点までの面積を W_p とした。横拘束筋を有するはりの靱性を検討する場合には、鉄筋比 ρ と横拘束筋間隔 s 及び横拘束筋量 p_c とを考慮にいれる必要があると思われる。更に圧縮側コンクリートの特性によっても影響を受けることを考慮し、指標として $k=(1/p_c)^l \times (s/d)^m \times (p/p_o)^n$ を用いた。図-6は、 W_p/W_e と k との関係を示したものであるが、両者はほぼ直線関係にあるといえる。なお図中には文献1)による検例も示す。これより本実験に関する限り、降伏変位の6倍程度の大変形域においても靱性を確保するためには、少なくとも $k=0.2$ 以下でなくてはならないものと思われる。

4. あとがき

本実験より次の事が明かとなった。

(1) 横拘束筋量が増すことにより低鉄筋比を有するはりと、過多鉄筋を有するはりとでは逆の挙動を示すことがある。(2) 鉄筋比が大きくなると繰返し載荷による耐力の低下が大きく、特に $s=7.5, 10\text{cm}$ ピッチのもので耐力低下が著しかった。(3) エネルギー吸収能 W_p/W_e を用いて横拘束筋を有するはりの靱性を評価する場合、指標として $k=(1/p_c)^l \times (s/d)^m \times (p/p_o)^n$ を用いれば、両者の間にはほぼ直線関係が得られる。更に大変形域においても十分な靱性を確保するためには、少なくとも $k=0.2$ 以下でなくてはならないものと考えられる。

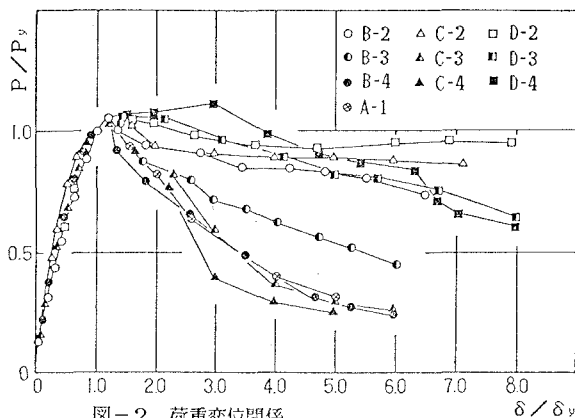


図-2 荷重変位関係

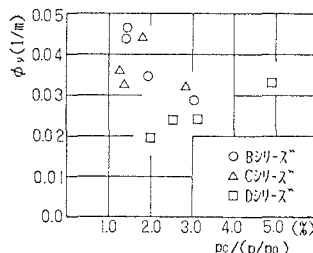


図-3 横拘束筋量と曲率との関係

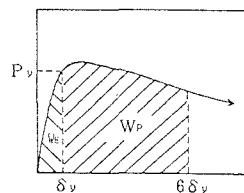


図-5 エネルギー吸収能の定義

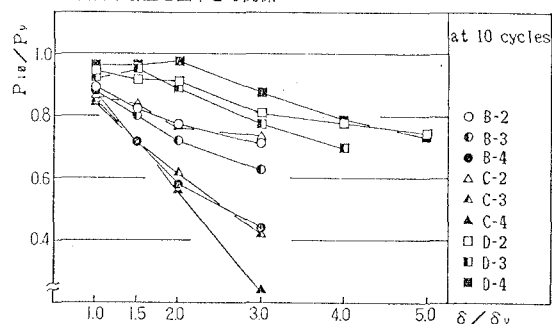


図-4 繰返し載荷の影響

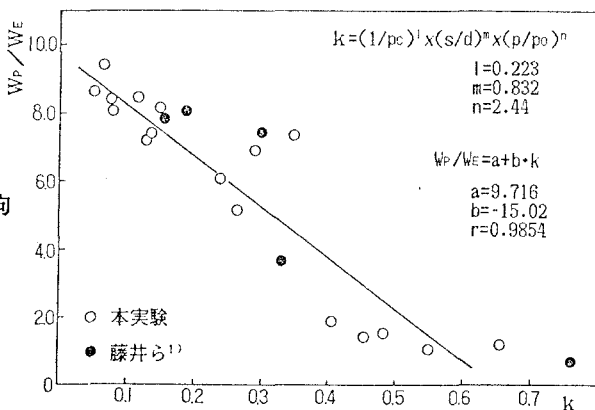


図-6 $W_p/W_e \sim k$ 関係