

鉄筋コンクリートはりの耐震補強に関する基礎的研究

鳥取大学 正会員 西林 新蔵
 鳥取大学 正会員 矢村 潔
 大阪セメント 正会員 水越 睦視
 鳥取大学 学生員 ○宮脇 泰一郎

1. まえがき

RC部材が破壊する場合、脆性的なせん断破壊より曲げ破壊が先行するように部材を設計することが原則である。しかし、一方向載荷では曲げ破壊し、そのじん性も大であるような部材であっても、正負の繰返し載荷により部材の多くはせん断破壊することが指摘されている。このような現象はRC部材の耐震性を評価する上で極めて重要な問題である。この点を考慮して土木学会コンクリート標準示方書でも耐震設計の場合には、せん断破壊に対する部材係数を通常の場合の1.2倍程度とすることを規定している。本研究ではこのような観点から、主鉄筋比、せん断スパン比(a/d)、せん断補強量を要因として、RCはりについて降伏点をはるかに越える大変形正負交番載荷試験を行い、せん断破壊に対する補強鉄筋の効果について検討した。

2. 実験概要

(1) 実験計画 本研究の要因は、主鉄筋比、a/d、せん断補強鉄筋比である。各要因をまとめて表1に、供試体寸法を図1に示す。なお、せん断補強量は、土木学会コンクリート標準示方書より算定し、これを通常のせん断補強量とし、さらにその1.2倍、1.4倍の3水準をとった。

(2) 試験方法 正負交番載荷試験では、たわみ制御試験とし、スパン中央たわみの大きさを $\pm \delta y, \pm 2\delta y, \dots, \pm n\delta y$ と順次増加させ、各繰返し水準で5回の載荷を行った(δy : 静的載荷におけるスパン中央の降伏たわみ)。なお、供試体の耐力が著しく低下した時点で破壊に至ったとみなし、載荷を打ち切った。但し、繰返し水準 $6\delta y$ での載荷を終えても耐力の著しい低下がみられない供試体については、それ以降、負方向に静的載荷することによって破壊に至らした。

3. 結果と考察

本研究における全ての供試体は、静的には曲げ破壊するものであるが、正負交番載荷試験においてはD13, a/d=3.0, $\alpha=1.4$ の供試体を除き、最終的に斜めひびわれの進展によるせん断破壊をした。

図2に各供試体における破壊時の繰返し回数と各種要因との関係を示す。主鉄筋比に着目すると、D13では、 $\alpha=1.2$ にすることよりかなりせん断抵抗性は向上される。D16では、 $\alpha=1.0$ と $\alpha=1.2$ とでせん断補強効果に変わりがなく、 $\alpha=1.4$ にすることでかなりの向上がうかがえる。さらにa/d=1.5では $\alpha=1.4$ でも $\alpha=1.0$ と同じ繰返し回数で破壊しており、せん断抵抗性を向上させるには、さらに多くのせん断補強が必要である。D19では、 $\alpha=1.2$ による補強効果の増加は見られるものの、 $\alpha=1.0$ と同一水準で破壊に至っている。また $\alpha=1.4$ にしてもさほど効果は増加していない。したがって本実験の範囲内ではD19使用のような主鉄筋比の大きい部材の場合、耐震性を向上させるためには $\alpha=1.4$ 以上にする必要があると思われる。以上より、主鉄筋比、a/d

表1 実験計画表

a/d	主鉄筋	鉄筋比 (%)	せん断補強鉄筋比 (%)	α
3.0	D13×4	1.23	0.36	1.0
			0.43	1.2
			0.50	1.4
	D16×4	1.92	0.61	1.0
			0.72	1.2
			0.84	1.4
D19×4	2.78	0.91	1.0	
		1.09	1.2	
		1.27	1.4	
2.5	D13×4	1.23	0.54	1.0
			0.65	1.2
			0.76	1.4
	D16×4	1.92	0.93	1.0
			1.11	1.2
			1.30	1.4
2.0	D13×4	1.23	0.73	1.0
			0.93	1.2
			1.09	1.4
	D16×4	1.92	1.29	1.0
			1.52	1.2
			1.78	1.4
1.5	D13×4	1.23	1.10	1.0
			1.59	1.4
			1.86	1.0
	D16×4	1.92	2.54	1.4

α : 通常のせん断補強に対する割増し係数

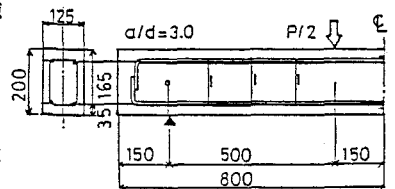


図1 供試体寸法

が腹鉄筋比のせん断補強効果に影響を与える重要な要因であることは明らかであり、主鉄筋比が大きいほど、 a/d が小さいほど、腹鉄筋のせん断補強効果は減少する。

本実験の範囲(断面一定)では、主鉄筋比の増大、 a/d の減少にともない、最大振幅時のせん断力が大きくなっている。そこで、これら2つの要因による影響をせん断力に置換し、せん断力の大きさによってせん断補強効果がどのように変化するかを見てみる。但し、ここでのせん断力は静的曲げ耐力より求めた値を用いた。図3は、縦軸に破壊時の繰返し回数を横軸にせん断力を取り、せん断補強に対する割増しごとと同帰直線を引いたものである。図3より、せん断力が大きくなるほど腹鉄筋のせん断補強効果が低下することは明らかであり、耐震性向上のためのせん断補強量の割増しも多くする必要があるといえる。

次に、斜めひびわれ幅の推移の一例を図4に示す。これより、せん断補強量を割増すことによりせん断破壊の原因となる斜めひびわれ幅の進行を抑制できることがわかる。また、斜めひびわれ幅が一旦増加し出すと不安定となり、以後あまり多くない繰返し载荷によって破壊に至っていることもわかる。そこで図3と同じ要領で、縦軸に斜めひびわれ幅が増加し始めた回数をとったものを図5に示す。図5より、せん断力が小さい範囲では $\alpha=1.0$ に比べ $\alpha=1.2$ の効果が大きく、 $\alpha=1.2$ とすることでかなりのせん断補強効果の増大が期待できる。しかし、せん断力の増加に伴い $\alpha=1.2$ の値は $\alpha=1.4$ の値よりも急激に減少し、 $\alpha=1.0$ と $\alpha=1.2$ の回帰直線は交わっている。この交点は $\alpha=1.0$ と $\alpha=1.2$ の補強効果が等しくなる点と考えられ、これはある値よりせん断力が大きくなると $\alpha=1.2$ では十分に腹鉄筋のせん断補強効果の増大を期待できなくなり、それ以上の割増しの必要性を示唆している。さらに $\alpha=1.0$ と $\alpha=1.4$ の回帰直線を延長すれば最終的に交わることで、せん断力が本実験範囲よりさらに大きくなる部材に対しては、せん断補強量を通常の場合の1.4倍に割増しても効果がなくなることを示すものである。

4. まとめ

主鉄筋比の増大、せん断スパン比の減少、すなわちせん断力の増加に伴い腹鉄筋のせん断補強効果は低下し、せん断補強量が通常の場合の1.2倍程度であっても有効でない場合もある。したがって、RC部材の耐震設計においては、部材に応じたせん断補強量の割増しを考える必要がある。

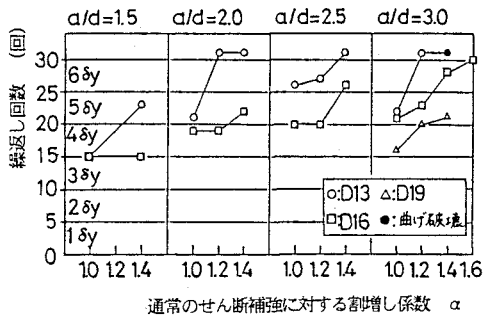


図2 破壊状況

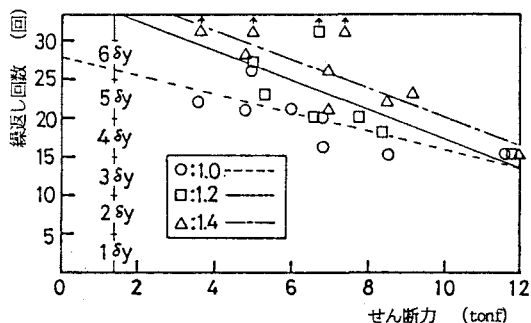


図3 破壊時繰返し回数とせん断力の関係

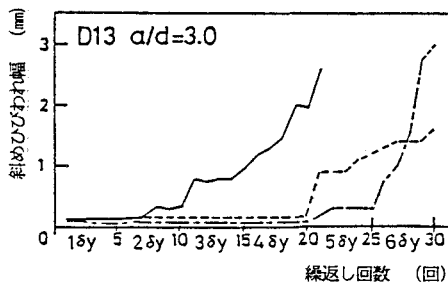


図4 斜めひびわれ幅の推移図

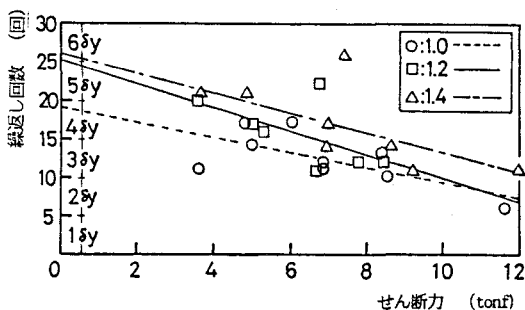


図5 斜めひびわれ幅が増加し始めた回数とせん断力の関係