

横拘束筋を有するRCはりのせん断補強と靱性との関係について

岡山職業訓練短期大学校 正会員 宮内 克之

1. まえがき

RCはりに正負交番荷重が繰返し作用すると、一方向載荷の場合と異なり靱性の低いせん断破壊を生じることが多い。また、横拘束筋を配置して部材の靱性向上を行う場合、せん断破壊を生じさせないだけの十分なせん断補強を行う必要がある。そこで横拘束筋として角形スパイラル筋を有するRCはりに対し鉄筋比、コンクリート強度、せん断スパン比、せん断補強間隔を要因とした正負交番繰返し載荷試験を実施し、耐震せん断補強と靱性との関係についての検討を行った。

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。横拘束筋及びせん断補強用の閉合スターラップにはD6($f_{sy}=3370\text{kgf/cm}^2$)を、主鉄筋にはSD30(D13: $f_{sy}=3730\text{kgf/cm}^2$, D16: $f_{sy}=3240\text{kgf/cm}^2$, D19: $f_{sy}=3360\text{kgf/cm}^2$)を用いた。コンクリートは、W/C=60% (配合Ⅰ) と50% (配合Ⅱ) の2種類のものを使用した。

載荷試験は原則として材令28日において実施し、降伏点変位 δ_y 、及び $2\delta_y$, $3\delta_y$...においてそれぞれ5回の正負交番繰返し載荷とした。試験中は、スパン中央における変位と、せん断スパンにおける正負鉄筋位置間でのせん断変形量を測定した。

3. 結果及び考察

実験結果を表-1に示す。また図-2には荷重変位曲線の一例を示す。供試体は本来静的な載荷においては曲げ破壊を生じるはりも含め、全てのはりがせん断破壊を生じた。図-3に割増し係数 α と靱性率 μ との関係を、更に図-4には、割増し係数 α と塑性エネルギー吸収能 Q との関係を示す。ここで割増し係数 α は、コンクリート標準示方書より計算され

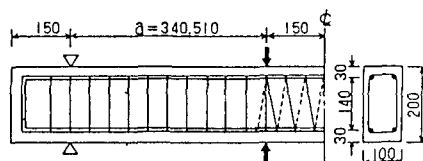


図-1 はりの形状寸法 (mm)

表-1 RCはり供試体の条件及び実験結果

供試体の 記号	鉄筋比 (%)	鉄筋強度 f_{sy} (kgf/cm^2)	コンクリ ート強度 f_c (kgf/cm^2)	終局曲げ耐力 P_u		終局せん 断耐力 V_d	割増し係 数 α	1/k	靱性率 μ	塑性エネ ルギー吸 収能 Q
				実験値	計算値					
I B100-3	2.34	3240	276	8.66	7.48	8.54	1.14	4.16	2.0	3.42
I B75-3	2.34	3240	249	9.22	7.44	10.26	1.38	4.53	2.0	1.74
I B60-3	2.34	3240	249	9.33	7.44	12.09	1.63	5.34	2.0	2.09
I C50-3	1.49	3730	289	6.52	5.61	13.63	2.43	12.63	4.0	11.12
II A75-3	3.37	3360	302	13.34	11.02	10.86	0.99	2.63	1.0	0.31
II A50-3	3.37	3360	365	11.08	11.12	14.75	1.33	4.28	3.0	4.72
II A40-3	3.37	3360	450	12.60	11.25	17.77	1.58	6.28	3.0	4.32
II B100-3	2.34	3240	365	8.70	7.61	8.83	1.16	5.59	2.0	2.90
II B75-3	2.34	3240	325	8.84	7.55	10.54	1.40	5.98	3.0	3.82
II B65-3	2.34	3240	383	9.30	7.63	11.84	1.55	7.84	4.0	6.43
II B50-3	2.34	3240	358	8.75	7.60	14.30	1.88	8.89	4.0	7.29
II C125-3	1.49	3730	336	6.40	5.68	7.19	1.27	7.65	4.0	5.54
II C100-3	1.49	3730	397	6.27	5.76	8.45	1.47	10.47	5.0	5.88
II C75-3	1.49	3730	336	6.14	5.68	10.12	1.76	10.62	4.0	8.75
II B50-2	2.34	3240	410	13.92	11.51	14.45	1.26	6.79	2.0	2.55
II B40-2	2.34	3240	386	14.32	11.46	17.12	1.50	7.61	3.0	1.89
II B35-2	2.34	3240	386	14.46	11.46	19.08	1.67	8.49	3.0	2.21
II C75-2	1.49	3730	302	10.50	8.45	10.02	1.19	6.44	3.0	2.73
II C60-2	1.49	3730	352	9.98	8.55	11.99	1.40	8.88	4.0	5.04
II C50-2	1.49	3730	352	9.84	8.55	13.82	1.62	10.24	5.0	4.78

* 供試体の記号: I B 100 - 3

せん断スパン比: 2: $a/d=2.0$, 3: $a/d=3.0$)
スターラップ間隔(mm)
鉄筋比(A: 3.37% B: 2.34% C: 1.49%)
コンクリートの配合(I: W/C=60% II: W/C=50%)

る終局曲げ耐力 M_u 、終局せん断耐力 V_d 、及びせん断スパン長 a を用いて、 $\alpha = a \cdot V_d / M_u$ で表される係数。また塑性エネルギー吸収能 Q は終局変位における5回目の履歴吸収エネルギーを変位 δ_y の1回目の履歴吸収エネルギーで除した値である。ここで靱性を評価する方法として、履歴吸収エネルギーの比を用いた理由は、靱性率

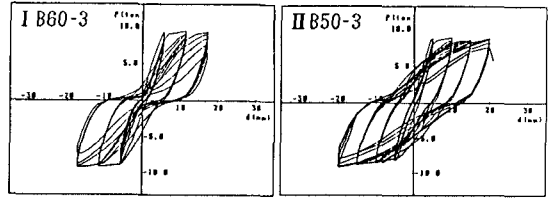


図-2 荷重変位曲線

よりも吸収エネルギーのような二次元的扱いをしたほうがより適切と思われること、更にその比を用いることにより、部材間の比較検討が容易に行えること等による。また同一の終局変位であっても、履歴ループが紡錘型のものとS型のものとで靱性が異なるので、履歴ループとしては5回目のものを用いた。図-3、4より割増し係数 α が増大すると、靱性(μ , Q)が大きくなる傾向にあるものの、鉄筋比、コンクリート強度、せん断スパン比等により大きくバラつくことがわかる。従って横拘束筋を有するRCはりの場合には、示方書が示すように一概に $\alpha=1.2$ 程度を確保しても十分な靱性が得られない場合があるものと考えられる。そこで鉄筋比、コンクリート強度等を考慮した割増し係数 α の決め方を提案する。

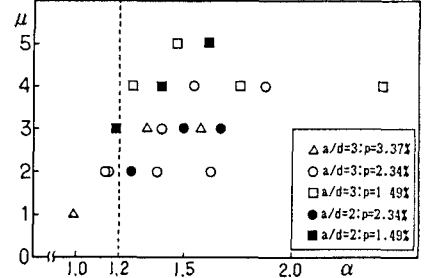
図-3 $\mu \sim \alpha$ 関係

図-5は係数 $1/K$ ($K=(p \cdot f_{sy}/f'_c)/\alpha$) と塑性エネルギー吸収能 Q との関係を示したものであるが、両者には強い相関関係が存在する。

$$a/d=3.0 \text{ のとき } Q = 0.1426x(1/K)^{1.773} \quad (r=0.866)$$

$$a/d=2.0 \text{ のとき } Q = 0.1445x(1/K)^{1.458} \quad (r=0.623)$$

実験結果より靱性率 $\mu=3.4$ に相当する塑性エネルギー吸収能 Q はそれぞれ $Q=4.12, 5.85$ 程度である。そこでこれらの値を回帰線に代入して係数 $1/K$ を求めるとそれぞれ、

$$a/d=3.0 \text{ のとき } 1/K = 6.66, 8.12$$

$$a/d=2.0 \text{ のとき } 1/K = 9.95, 12.66$$

となる。従って $\mu=3$ 程度の確保を目的とする場合には、割増し係数 α は次のようになる。

$$a/d=3.0 \text{ のとき } \alpha = 6.7xp \cdot f_{sy}/f'_c$$

$$a/d=2.0 \text{ のとき } \alpha = 10xp \cdot f_{sy}/f'_c$$

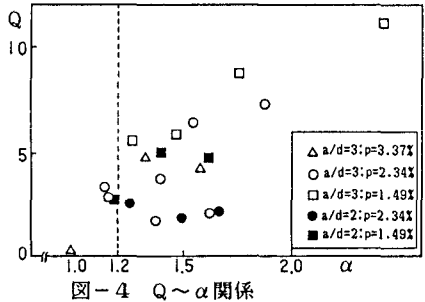
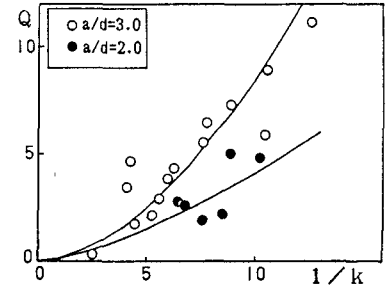
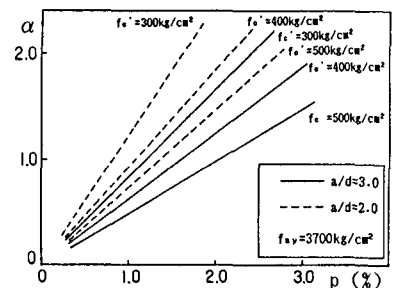
一例として、 $f_{sy}=3700 \text{ kgf/cm}^2$ の場合について割増し係数 α を求めたものを図-6に示す。

4. まとめ

鉄筋比、コンクリート強度等を考慮した $p \cdot f_{sy}/f'_c$ を介して

$$\alpha = 1/K \cdot p \cdot f_{sy}/f'_c$$

の形で a/d 毎に割増し係数を決定するのがより適切であるものと考えられる。

図-4 $Q \sim \alpha$ 関係図-5 $Q \sim 1/K$ 関係図-6 α の計算例