

鉄筋補強鉄筋コンクリートはりのせん断特性 —せん断スパン比の影響—

徳島大学工学部

正員 水口裕之

鹿島建設株式会社

〃 檜垣和明

徳島大学大学院

学生員 〇中村定明

アイサイエンス株式会社

細石力彦

1. まえがき

鉄筋補強コンクリート（以下SFRCと書く）のすぐれた特性を生かした用途の一つとして、鉄筋コンクリートはりのせん断補強が考えられる。しかし、鉄筋の混入によりその効果が実用上どの程度有効であるかは、十分に明確にはされていない。とくに、部材寸法の大きい場合に力ける報告は少ない。そこで、本研究では、はりのせん断耐力を提案する基礎的な資料を得ることを目的とし、SFRCを比較的小さい断面のはり部材に用い、既往の研究結果⁽¹⁾から十分なせん断補強効果があると考えられる鉄筋混入率とした場合のせん断補強効果に及ぼすせん断スパン比の影響について検討を行った。

2. 実験概要

実験条件の組合せを表1に示す。実験に使用した鉄筋は、φ6×40mmのインデント加工による異形カットワイヤーとし、主鉄筋は、SD35D22を $f_y = 41.3 \text{ kgf/cm}^2$ のものを用いた。コンクリートは鉄筋を用いない普通コンクリートと鉄筋を混入したSFRCとを使用した。両配合ともスラングは12.2cm、空気量は16.5%、水セメント比 W/C は55%の同一とした。鉄筋の混入率は、体積百分率で15%とした。部材の最大寸法は、普通コンクリートでは25mmとし、SFRCでは既往の研究結果⁽¹⁾から鉄筋長40mmに対してせん断補強効果が入りいと報告されている20mmとした。役試体は室温で湿布養生し、実験日合は約28日とした。

実験に用いたはり役試体は、図1に示すような有効高さ25cmの単鉄筋コンクリートはりとした。せん断スパン比 a/d は1.0~3.0とし、鉄筋比 ρ は2.06%、載荷点間距離25cmの片端2点載荷とした。せん断補強筋としては、φ6mm、 $f_y = 72.8 \text{ kgf/cm}^2$ のひきねえ鉄棒を表1に示す間隔を入れた。

3. 実験結果および考察

実験結果および破壊耐力の算定値 V_{uad} を表2に示す。算定値は、普通コンクリートはりの場合は、土木学会の指針⁽²⁾に採用されている式、検目の式あるいは、ショートビームの破壊耐力を求める二つの式で求めた。また、鉄筋補強鉄筋コンクリートはりの破壊耐力の算定値は、原田・三羽らの次式⁽³⁾で求めた。

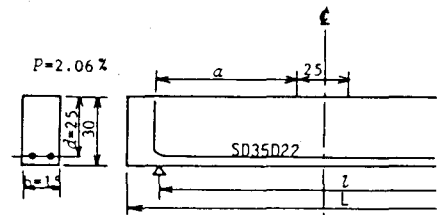
$$\begin{aligned} a/d \geq 2 \text{ かつ } V &= 0.94 b w d f_c^{2/3} (0.75 + 1.4/a) \cdot (\rho_t B_o + 1) \\ B_o &= (a/x)^{1/4} - 1, \quad B_o \leq (100\rho)^{1/4} (\leq 0.732) \end{aligned} \quad (1)$$

$$a/x < 0.2 \text{ かつ } a \text{ と } x \text{ の } \alpha = 1, \quad a/x \geq 0.2 \text{ のとき } \alpha = 1 + 7(1/a - 0.2)/(1 + 1/a)$$

表1 実験条件との組合せ

はりの種類	せん断補強筋 ρ_s	a/d	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
鉄筋補強RC	無	0	〇	〇	〇	〇	〇
鉄筋補強RC	有	0	〇	〇	〇	〇	〇
(断面寸法 $22 \times 25 \times 25$ cm)			(3)	(4.5)	(5)	(5)	(6)
鉄筋補強RC	無	1.5	〇	〇	〇	〇	〇

注) 〇印の条件については実験を行った。



単位, cm

図1 はりの寸法および載荷方法

表2 強度試験および鉄筋コンクリートはりの試験結果

試験体名	鉄筋混入率 V_f	圧縮強度 f'_c	引張強度 f'_t	斜めひびくずれ発生 V_o	試験値 V_u	算定値 V_{uad}	$C=1$	破壊形
FL-1.0	-1.0			9.5	20.01	23.61	5.00	せん断破壊
	-1.5			6.0	14.30	14.53	5.36	せん断破壊
	-2.0			6.0	7.63	9.44	3.81	斜めひびくずれ
	-2.5			6.0	6.67	6.51	4.14	斜めひびくずれ
	-3.0			5.0	6.67	5.54	3.85	斜めひびくずれ
ST-1.0	-1.0			10.0	26.95	53.93	6.75	せん断破壊
	-1.5			7.0	18.67	34.79	7.00	せん断破壊
	-2.0			6.5	13.33*	27.00	6.66	せん断破壊
	-2.5			5.0	10.97*	24.90	6.85	せん断破壊
	-3.0			6.0	10.07*	21.20	7.55	せん断破壊
SP-1.0	-1.0			12.5	27.15	24.71	6.79	せん断破壊
	-1.5			9.0	18.75	15.30	7.03	せん断破壊
	-2.0			8.0	13.34	9.48	6.52	せん断破壊
	-2.5			7.5	11.99*	6.82	7.49	せん断破壊
	-3.0			6.5	11.11*	7.70	8.33	せん断破壊

注) *印の破壊強度はせん断比とせん断比を示す。

$$q/d \geq V = 0.53 \cdot b \cdot d \cdot f_c^{0.5} \cdot (1 + \sqrt{100P}) \cdot (1 + 3.33r/d) / [1 + (d/d)^2] \quad (2)$$

ここに、 V :せん断耐力, kg r :支圧根長, cm d :有効高さ, cm P :鉄筋比 q/d :せん断スパン比

3.1 鉄筋補強鉄筋コンクリートはりのせん断特性

図2および図3は、それぞれ鉄筋を15%混入した鉄筋コンクリートはり、スターラップアせん断補強したはりおよび鉄筋をスターラップアせん断補強をしていない無補強はりの破壊耐力および破壊モーメントと q/d との関係を示したものである。図2に見られるように、SFRCのRCはり、無補強RCはりの約1.3~1.8倍の破壊耐力を示し、 $q/d=2.0$ の場合を除くとスターラップア補強したRCはりの破壊耐力より大きく、 $q/d=2.0$ もほぼ同じであり、十分なせん断補強効果が認められる。

また、図3に示されているように、無補強はりでは、 $q/d=2.0 \sim 3.0$ 付近で破壊モーメントが小さくなっている。SFRCのRCはりの場合は、 $q/d=2.0$ で破壊モーメントが小さく、 $q/d=2.5$ では、 $q/d=1.5$ の破壊モーメントより大きく、スターラップア補強したはりよりも大きな値となっている。このように本実験結果では、 $q/d=2.0 \sim 3.0$ の範囲において、鉄筋による曲げに対する補強効果があることが示されている。

3.2 破壊耐力推定に関する検討

図4および図5は、原田・二羽らの式(1)、(2)による破壊耐力算定値と本実験値との関係およびその推定精度を表したものである。これらの図から、 $q/d=1.0$ および1.5では、算定値は、安全側でそれほど精度よく表れていると考えられるが、 $q/d=2.0 \sim 3.0$ の範囲では式(1)および式(2)が精度よくその破壊耐力を示しているとはいえない。この原因としては、式(1)および式(2)の仮定において $q/d < 3$ の場合は、鉄筋によるせん断や曲げに対する補強効果は無視できるものとしているが、本実験結果では、 $q/d=2.0 \sim 3.0$ において破壊耐力が無補強はりの約1.8倍に鉄筋によるこれらの補強効果があることが考えられる。これは、本実験においては、比較的長い鉄筋を用いたこと、鉄筋混入率および比較的大きな断面としたことなどの影響とも考えられるので今後の研究課題としたい。

4. まとめ

鉄筋混入率15%程度の鉄筋補強コンクリートを用いると、鉄筋コンクリートはりのせん断耐力は、無補強コンクリートはりの1.3倍以上となり、特にせん断スパン比が2.0以上では、1.8倍程度の耐力増大がみられスターラップと同程度のせん断補強が期待できる。破壊耐力式を求めためには、今後、鉄筋長さ・断面の寸法効果などを考えた研究が必要である。

参考文献

- (1) 増田他; 第36回土木学会中国四国支部研究発表会講演要録集, 1984, pp.299-300.
- (2) 土木学会; コンクリート構造の限界状態設計法指針(案), 1983, pp.240-249.
- (3) 原田他; 土木学会論文集, 第348号/V-1, 1984, pp.87-93.

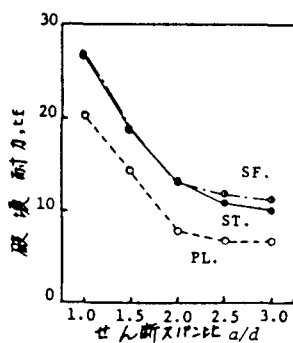


図2 鉄筋コンクリートはりの q/d と破壊耐力 V の関係

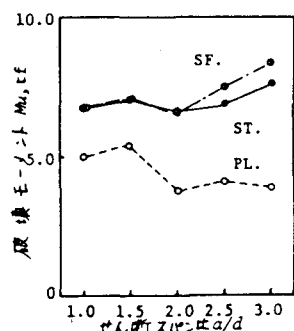


図3 鉄筋コンクリートはりの q/d と破壊モーメント M_u の関係

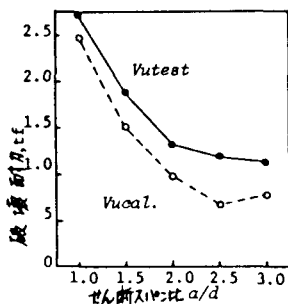


図4 破壊耐力実験値と式(1)、(2)による算定値との関係

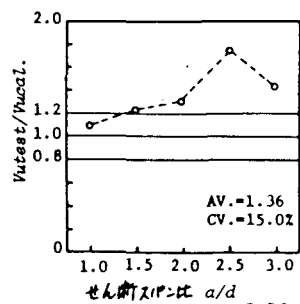


図5 式(1)、(2)による推定精度