

日本コンクリート工業㈱ 正会員 小寺 満
日本コンクリート工業㈱ 正会員 丸山武彦
日本コンクリート工業㈱ 正会員 土田伸治

1. はじめに

海外におけるシリカフェームの利用は、コンクリートの耐久性改善や高強度化を目的として実用化されている。わが国では、シリカフェームに関する研究が盛んに行われているが、本格的な実用化には至っておらず、また、シリカフェームを用いたコンクリートの部材に関する研究報告も少ないのが現状である。筆者らも前報告¹⁾²⁾のように、超高強度コンクリートを得る要因実験および代表配合による諸性質実験を実施した。本報告は、シリカフェームを用いた超高強度コンクリートの実用化を目的として、超高強度コンクリートと高強度鉄筋とを組み合わせたRCはりを単純曲げ試験を通して評価したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料：コンクリートに使用した材料は、前報告²⁾と同じもの（シリカフェームのSiO₂含有率94%）を使用し、目標強度は、500, 800, 1100, 1400, 1700kgf/cm²の5種類とした。RCはりに使用した鋼材は、SD345, SD490, SD685, 異形PC鋼棒B種相当品の4種類とした。

2.2 試験体：試験体の種類は表-1に示すように、コンクリート強度と鋼材の組み合わせで合計8体とした。試験体の寸法は図-1に示すように、断面b×h＝

20×40cm、有効高さd＝34cm、全長L＝340cmとした。また、曲げスパンにスターラップを配置せず、せん断スパンにはφ6のスターラップを3cmピッチで配筋した。なお、試験体記号は、前3桁がコンクリート強度、後3桁が鋼材降伏強度を表している。

2.3 試験方法：試験方法は、単純曲げ試験とし、支持スパン3m、載荷スパン0.4mの2点載荷とした。載荷制御方法は、実My（コンクリートはりの主筋に貼付したゲージがあらかじめ主筋の引張試験により求めておいた主筋の降伏ひずみに達したときの耐力）まで荷重制御とし、以後は変位制御とした。

3. 実験結果および考察

3.1 材料試験結果：コンクリートおよび鋼材の試験結果を表-1に示す。コンクリートの圧縮強度は、目標強度をほぼ満足する結果となったが、目標強度1400kgf/cm²のコンクリートでは、1230, 1628 kgf/cm²とば

表-1 試験体の種類と試験結果

試験体 記号	コンクリートの試験結果			鋼材の試験結果				使用限界状態			鋼材降伏時			終局破壊時				靱性率 $\mu = \frac{\delta u}{\delta y}$			
	圧縮 強度 f _c kgf/cm ²	弾性 係数 ×10 ⁵ kgf/cm ²	圧縮 破壊 ひずみ [μ]	種類、本数、径	降伏 強度 kgf/cm ²	最大 強度 kgf/cm ²	弾性 係数 ×10 ⁶ kgf/cm ²	D _g %	設M _{wa} tf・m	実M _{wa} tf・m	M _{ud} tf・m	実M _y tf・m	変位		変位		ε _{cu} μ		実M _{wa} 設M _{wa}	実M _y M _{ud}	M _{max} M _{ud}
													δ _y mm	M _{max} tf・m	δ _u mm	M _{max} tf・m					
R05S35	545	2.54	2834	SD345 , 4-D22	3978	5485	1.85	43.0	5.40	6.15	18.89	18.90	9.46	20.33	36.99	2871	1.14	1.00	1.08	3.91	
R08S35	885	3.58	3077	SD345 , 6-D22	3978	5485	1.85	38.4	8.07	8.49	26.12	27.30	10.85	30.72	31.25	3758	1.05	1.05	1.18	2.88	
R08S50	904	3.79	2772	SD490 , 4-D22	4870	7466	1.83	35.3	5.53	6.47	23.78	24.29	11.74	30.11	45.94	4077	1.17	1.02	1.27	3.91	
R11S50	1091	3.87	3076	SD490 , 6-D22	4870	7466	1.83	41.8	8.22	8.13	31.98	30.98	11.93	40.28	33.01	4474	0.99	0.97	1.26	2.77	
R11S70	1108	3.69	3444	SD685 , 4-D22	6906	9152	1.90	43.0	5.51	6.73	33.33	34.22	17.07	37.88	34.46	4266	1.22	1.03	1.14	2.02	
R14S70	1230	3.40	3567	SD685 , 6-D22	6906	9152	1.90	57.0	8.03	9.66	43.96	44.61	16.63	54.73	37.51	4772	1.20	1.01	1.24	2.26	
R14S95	1628	4.30	3455	異形PC鋼棒, 4-D23	10353	11552	2.09	68.7	5.92	8.88	53.15	57.79	30.21	57.94	31.71	4316	1.50	1.09	1.09	1.05	
R17S95	1703	4.30	3966	異形PC鋼棒, 6-D23	10353	11552	2.09	90.4	8.66	10.96	66.02	—	—	74.15	27.66	4051	1.27	—	1.12	—	

らつきの大きい値となった。これは、試験時のR14S70試験体の強度が低かったため、R14S95試験体では養生度時を変更したことが原因である。一方、鋼材の引張試験より、降伏強度はほぼ規定値を満足しているが、SD490、SD685は試験的なサンプルであったため多少低い結果となった。

3.2 曲げ試験結果：曲げ試験結果の一覧を表-1に示す。

①使用限界状態について：設計上の使用限界状態（鉄筋応力 1200kgf/cm^2 のとき）から求める曲げ耐力（設 M_w ）と実験より求めた使用限界状態の曲げ耐力（実 M_w ）の結果より、設 M_w に対して実 M_w は $0.99\sim 1.50$ の範囲となった。コンクリート強度を上げ、鉄筋の強度を増加（計算上は曲げ耐力の増加はない）させても、使用限界状態における耐力の増加は比較的低く、RC構造のほりに超高強度コンクリートを用いても、使用限界状態における耐力増加には大きく寄与しないことが分かる。

②終局破壊曲げモーメントについて：超高強度RCはりの実破壊曲げモーメント（ M_{ud} ）は、コンクリートの圧縮応力度の分布を等価応力ブロックと仮定して、土木学会示方書の式（1）によって計算した。なお、コンクリートおよび鋼材の強度は、コンクリートの一軸圧縮試験および鋼材の引張試験の実測値を用いた。 $M_u = 0.80 \times 0.85 \cdot f_c' \cdot x \cdot b (d - 0.4 \cdot x)$ 、 $x = A_s \cdot f_y / (0.80 \times 0.85 \cdot f_c' \cdot b)$ (1)

表-1の結果から、土木学会計算式に対して実験値 M_{max} （最大曲げモーメント）は、 $1.08\sim 1.27$ の範囲であり、実 M_y は $0.97\sim 1.09$ となった。このことから、超高強度コンクリートと高強度鉄筋を組み合わせたRCはりの耐力は、学会式（1）で計算できることが分かった。

③靱性率について：本実験での靱性率の求め方は、はり中央点の変位量 δ を指標とし、 $\mu = \delta u / \delta y$ で評価した。ただし、最大変位（ δu ）は試験体が実 M_y から最大モーメント（ M_{max} ）を経たのち、再びモーメントが低下して実 M_y を下回る直前の変位とした。各試験体の靱性率（ μ ）と鉄筋比 p_t の釣合鉄筋比 p_b に対する割合の関係を図-2に示す。

p_t/p_b が大きくなるにしたがって靱性率（ μ ）が小さくなる傾向があり、鉄筋比が釣合鉄筋比に近づくにしたがって鋼材降伏後のはりの変形量が相対的に減少し、靱性を失い脆性的な破壊形態へと移行することが分かる。また、超高強度コンクリートとPC鋼棒のS～S曲線が従来と多少異なることが、図-3のようにはりの δu の減少（靱性率低下）の原因であるとも考えられるがここでは十分な検討ができなかった。本実験では等曲げ区間にはスターラップ筋を配置していないことも脆性的破壊形態となったが、この改善には、横拘束筋などが必要と考えられる。

4. まとめ

本実験の範囲での結果をまとめるとつぎのようになる。

- (1) 超高強度コンクリートをRCはりとして使用しても、使用限界状態の曲げ耐力の増加は少なく、有効に作用しない。
- (2) 超高強度コンクリートと高強度鉄筋を組み合わせたRCはりの曲げ耐力は土木学会式により求まる。
- (3) p_t/p_b が大きくなるにしたがって靱性率（ μ ）は、低下する傾向になる。

【参考文献】

- 1) 丸山、土田：オートクレーブ養生を施した高強度シカーム混入コンクリートの研究、第44回土木学会大会学術講演概要集
- 2) 土田、丸山、西山：超高強度シカームコンクリートの諸性質に関する研究、第45回土木学会大会学術講演概要集

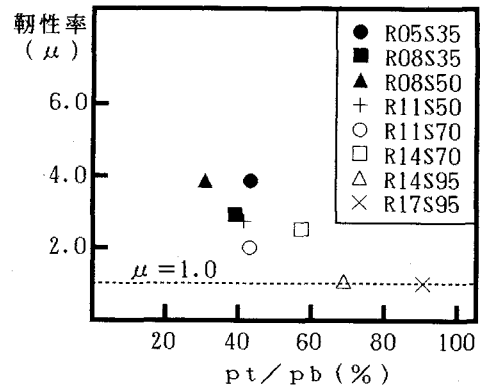


図-2 靱性率（ μ ）～ p_t/p_b

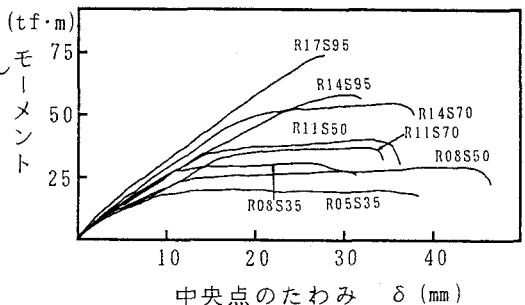


図-3 $M \sim \delta$