

12. 短繊維補強した超軽量鉄筋コンクリートはりの力学特性

坂田 健一郎

1. 目的

近年、コンクリートの高強度化とともに、構造上および施工上の合理化から、軽量化が求められている。その軽量化の一手法として、超軽量コンクリートの開発が挙げられるが、普通コンクリートに比べ引張、せん断強度が劣ることが分かっている。また、超軽量コンクリートの鋼・コンクリート合成構造へのせん断補強筋の併用が、現場での施工簡略化、合理化へと期待されている。そこで本研究では、短繊維補強した超軽量 RC はりの曲げ耐力、せん断耐力および破壊に至る性状の究明を目的とした一連の静的載荷試験を行い、既往の RC はりの曲げおよびせん断耐力算定法の有用性を検討するとともに、曲げ特性およびせん断特性に関して考察した。

2. 内容

(1) 試験方法

本研究で用いた超軽量コンクリートは、目標値として比重 1.45 とし、繊維補強材としてビニロン繊維、鋼繊維の 2 種類を用いた。なお、繊維混入率は既往の研究に基づき、それぞれ体積比で 1.0% とした。また、本供試体では支間長 1750mm、幅 200mm、高さ 300mm、の RC はりとし、載荷方法は 2 点線載荷とした。パラメーターは、スターラップ間隔（無し：000，120mm：120，100mm：100）と短繊維種別（無し：N，ビニロン：V，鋼：S）とし、計 9 体の供試体を製作した。図-1 に供試体構造一般図、表-1 に供試体概要、表-2 に短繊維の諸元を示す。

(2) 試験結果

a. 終局耐力

表-3 に試験結果を示す。曲げ耐力は等価応力ブロック法を用いて算出した。また、せん断耐力は V_c （コンクリートが受け持つせん断耐力）と V_s （スターラップが受け持つせん断耐力）の和によって算出した。

まず V_c に関しては、コンクリート標準示方書に従い計算したが、超軽量コンクリートを考慮した低減係数 η について

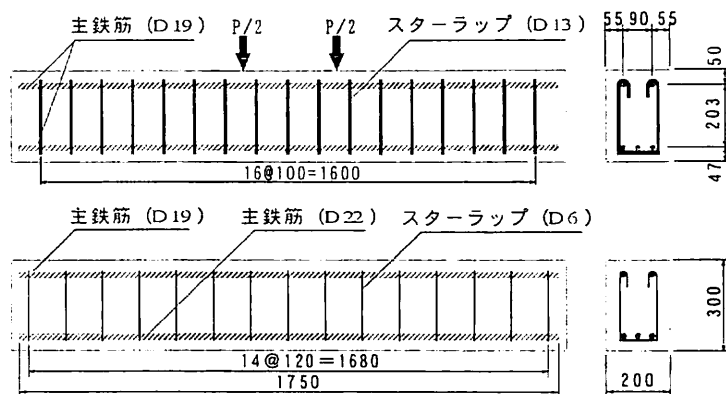


図-1 供試体構造一般図（上：RC100，下：RC120）

表-1 供試体概要

Type	スターラップ間隔(mm)	短繊維種別	圧縮鉄筋(mm)	引張鉄筋(mm)	
RC000N	無し	無し	D19	D22	
RC000V		ビニロン			
RC000S		鋼			
RC120N	120	無し			D19
RC120V		ビニロン			
RC120S		鋼			
RC100N	100	無し		D19	
RC100V		ビニロン			
RC100S		鋼			

表-2 短繊維諸元

	直径(mm)	繊維長(mm)	比重	引張強度(N/mm ²)	ヤング係数(N/mm ²)	繊維形状
鋼繊維	φ0.60	30.00	7.85	9.8 × 10 ²	2.10 × 10 ⁵	インデント
ビニロン繊維	φ0.66	30.00	1.30	9.0 × 10 ²	3.00 × 10 ⁴	ストレート

表-3 試験結果

Type	破壊形式	試験値(kN)	脆度	曲げ耐力(kN)	P/P _u	せん断耐力(kN)			P/(V _c +V _s)
		P		P _u		V _c	V _s	V _c +V _s	
RC000N	せん断	93	17.2	276	-	99	0	99	0.94
RC000V		157	10.9	278	-	133	0	133	1.18
RC000S		208	8.9	275	-	146	0	146	1.42
RC120N		196	15.3	278	-	106	85	191	1.03
RC120V		298	10.0	276	-	137	85	222	1.34
RC120S		286	8.1	270	-	148	85	233	1.23
RC100N	曲げ	242	15.8	210	1.15	99	434	533	-
RC100V		253	9.9	207	1.22	133	429	562	-
RC100S		277	8.9	207	1.34	146	427	573	-

は同書に示す 0.7 でなく、以下の式を基に算出した。同式は、コンクリートの圧縮強度を引張強度で除した脆度を用い、多様な軽量コンクリートに対してそれぞれの引張特性を反映した低減係数 η が得られることから、本研究で採用した。

$$\eta = 0.84 \times \zeta / \zeta_N + 0.32$$

ここに、 ζ : 超軽量コンクリートの脆度の逆数、 ζ_N : 普通コンクリートの脆度の逆数

V_s に関しては、修正トラス理論を用いた。

RC000N, RC120N はせん断耐力計算値が概ね試験値と一致したが、短繊維補強した RC000V, RC000S および RC120V, RC120S では試験値が計算値の 1.3 倍以上を示した。これは上式の低減係数 η では短繊維補強を過小評価しているということがわかる。また、曲げ破壊した供試体についても同様に、RC100N では試験値が曲げ耐力計算値の 1.15 倍を示したが、RC100V, RC100S では計算値の 1.2~1.4 倍となった。

以上より、短繊維補強した場合、コンクリートのせん断耐力計算式での低減係数、曲げ耐力計算式での圧縮域のコンクリートが負担する圧縮評価についての検討が必要であると考えられる。

b. 変形性状

図-2 にせん断破壊した RC120, 図-3 に曲げ破壊した RC100 の荷重-たわみ曲線を示す。せん断破壊した RC120 ではスターラップを配置し、短繊維補強することによる終局耐力の大幅な増加がみられた。また、曲げ破壊した RC100 では短繊維混入により靱性の向上につながったことがわかる。また、図-4 に示す RC120 のスターラップの荷重-ひずみ曲線では、ひび割れ発生荷重超過後にひずみが増加し始めており、その後の増加勾配が緩やかであった。これより、スターラップがせん断補強筋として効果的に作用していることがわかる。

短繊維補強した超軽量コンクリートの引張強度の増加、ならびに短繊維によるひび割れ発生後のせん断抵抗の存在が、結果としてはりのせん断耐力の向上に寄与したものと考えられる。

3. 結論

RC はりに短繊維補強を行った場合、曲げ破壊を想定した設計ではその靱性が大幅に向上し、計算値の 1.3 倍程度の耐荷力を有することがわかった。また、せん断破壊する場合でも、短繊維補強が引張強度の増加とせん断耐力の負担をもたらし、耐荷力の向上が期待できることが示された。今後、コンクリートのせん断耐力計算式での低減係数、曲げ耐力計算式での圧縮域のコンクリートが負担する圧縮評価式についての検討が必要である。

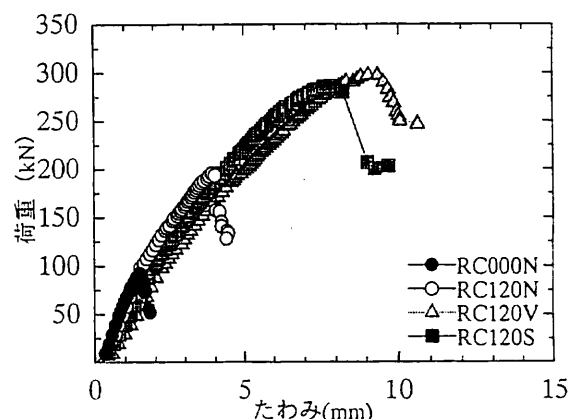


図-2 荷重-たわみ曲線 (RC120)

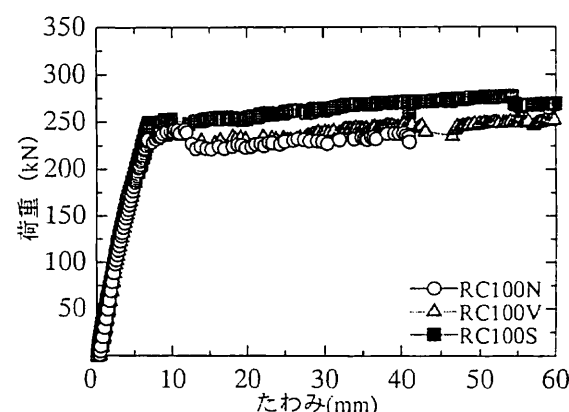


図-3 荷重-たわみ曲線 (RC100)

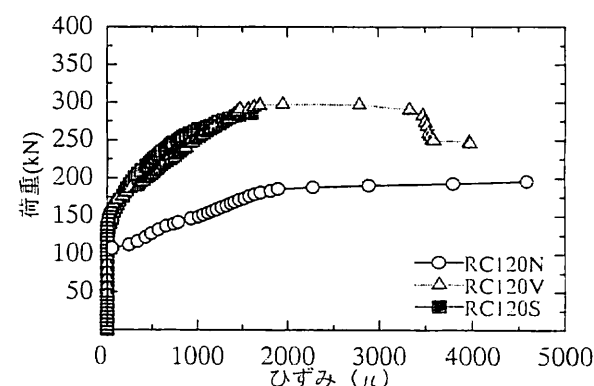


図-4 荷重-ひずみ曲線
(スターラップ: RC120)