

広島大学工学部 正員 工博 船越 総
 広島大学大学院 学生員 ○米倉 亜州夫

1. まえがき

本研究は、二種類の人工軽量骨材ならびに河川産普通骨材を用いて、腹鉄筋のない鉄筋コンクリートばりを製造し、破壊試験を行って、人工軽量骨材の種類、コンクリートの強度、養生方法などの相違がこの種ののはりのせん断強さにおよぼす影響を調べたものである。

2. 使用材料および試験方法

供試体の寸法および載荷の方法は、図-1に示すとおりである。断面は $15 \times 20 \text{ cm}$ の矩形で、有効高さ(d)は、 16.5 cm 、スパンは 100 cm 、せん断スパン(a)は 42.5 cm である。従って、せん断スパン有効高さ比(a/d)は 2.58 である。主引張鉄筋には、降伏点強度 $\sigma_{sy} = 41 \text{ kg/cm}^2$

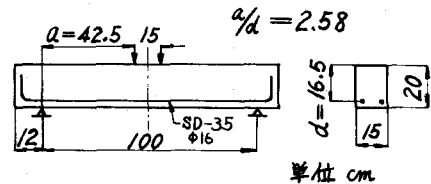


図-1 供試体 および 載荷方法

のSD-35($\phi 16 \text{ mm}$)を2本用いた。引張鉄筋比(ρ)は 1.6% である。試験時のコンクリートの圧縮強度は、約 150 kg/cm^2 、 300 kg/cm^2 、 400 kg/cm^2 の三段階に変化させた。供試体の本数は、22本である。

セメントは、普通ポルトランドセメントを用いた。普通重量の骨材は、太田川産のものを用い、人工軽量骨材は次のA、Bの二種類であって、これらの骨材の試験結果は表-1に示す通りである。

A: 膨張負荷を焼成したもの、非造粒型。

B: 焼成フライアッシュ、造粒型、粗骨材のみ。

軽量骨材の比重は、 $1.3 \sim 1.9$ で普通骨材の場合の約 $50 \sim 70\%$ である。人工軽量骨材は気乾状態のものを用い、24時間吸水を基準として、有効吸水量を加えて使用水量の調整を行った。河川産普通重量の骨材は表面乾燥飽水状態で使用した。

コンクリートの単位容積重量は、約 $1.6 \text{ t/m}^3 \sim 1.8 \text{ t/m}^3$ で普通骨材の場合の約 2.3 t/m^3 の $70 \sim 80\%$ となっている。

圧縮強度 300 kg/cm^2 付近のコンクリートの静的弾性係数は、軽量コンクリートAの場合約 $1.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、Bの場合 $1.9 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、普通コンクリートの場合約 $2.9 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ であった。

表-2にコンクリートの配合を示す。セメント分散剤としてポリリスNo.5を用いた。

供試体の養生方法は次の二通りで、全期間約 21°C の水中にて標準養生したもの(水中養生)および、7日間標準養生後、温度約 21°C 、湿度約 $60 \sim 80\%$ の室内で乾燥させたもの(空中養生)とがある。試験時の材令は26日～28日である。

3. 試験結果

表-2は、鉄筋コンクリートばりのせん断破壊試験結果をまとめたものであり、同時にコンクリートの配合、強度なども示したものである。表中のはりのせん断強さとして、はりの斜めびび割れ時の

表-1 骨材の試験結果およびコンクリートの単位容積重量

区 分	A 骨材		B 骨材		河川産普通骨材	
	粗骨材	細骨材	粗骨材	粗骨材	粗骨材	細骨材
粗骨材最大寸法(mm)	15	—	15	25	—	—
表 乾 比 重	1.59	1.66	1.34	2.64	2.56	—
吸水量(%)	11.3	16.3	3.0	1.0	1.2	—
粗 粒 率	6.30	2.96	6.55	7.19	3.02	—
コンクリートの単位容積重量	約 1.6 t/m^3 (70%)		約 1.8 t/m^3 (78%)		約 2.3 t/m^3 (100%)	

せん断耐力 (τ_c) をとった⁽¹⁾

腹鉄筋のない軽量コンクリートばりのせん断強さに関して、実験の範囲内で次のような傾向が認められた。

- (1) ばりのせん断強さ (τ_c) とコンクリートの圧縮強度 (σ_c) との関係

図-2は、水中養生を行ったばりの $\tau_c - \sigma_c$ の関係を示したものである。この図から、 σ_c が約 350 kg/cm^2 付近までは、用いた骨材の種類に関係なく、 σ_c の増加に伴ないはりのせん断強さが増大する傾向はほぼ同じであった。 σ_c が約 350 kg/cm^2 以上になると、普通コンクリートでは、 τ_c の増加の割合が減少し、一方軽量コンクリートでは、 τ_c は、ほとんど増加していない。

図-3は、空中養生を行った場合の $\tau_c - \sigma_c$ の関係を示している。軽量コンクリートの場合、 τ_c は同じ圧縮強度において普通コンクリートの場合より0~15%低下する傾向が認められ、その低下の割合は骨材の種類

によ、て異なるが、高強度になるほど著しいことが認められた。また同種の軽量粗骨材を用いた場合、細骨材に川砂を用いた方が、 τ_c の低下の割合が小さくな、ている。普通骨材のばりの τ_c は、同一圧縮強度において、水中の場合も空中養生の場合も、ほぼ同じ値であった。

表-2 鉄筋コンクリートばりのせん断破壊試験結果

骨材	粗骨材	細骨材	コンクリートの配合	養生方法	鉄筋コンクリート梁			
					圧縮強度 σ_c (kg/cm ²)	引張強度 σ_t (kg/cm ²)	斜めびり荷重 P_u (t)	せん断強さ $\tau_c = \frac{P_u}{b \cdot d}$ (kg/cm ²)
川砂	川砂	川砂	W=143kg w/c=74% s/a=42%	水中	130	14.2	5.0	5.99
				空中	148	15.1	5.6	7.00
			W=145kg w/c=50% s/a=38%	水中	287	22.8	6.0	9.48
				空中	294	23.8	6.5	8.75
			W=151kg w/c=37% s/a=41%	水中	423	31.5	7.0	7.41
				空中	449	31.2	6.9	7.02
	川砂	川砂	W=153kg w/c=55% s/a=40%	水中	280	19.5	6.2	7.80
				空中	271	24.7	6.4	7.98
			W=161kg w/c=60% s/a=37%	水中	165	16.9	5.8	7.90
				空中	166	16.0	5.5	8.16
			W=165kg w/c=44% s/a=37%	水中	348	22.9	6.6	10.70
				空中	315	18.0	5.5	10.30
A	膨張頁岩	膨張頁岩	W=171kg w/c=38% s/a=37%	水中	392	24.6	6.4	11.16
				空中	403	20.0	6.0	12.59
			W=164kg w/c=46% s/a=38%	水中	350	22.4	6.3	7.74
				空中	468	24.9	6.5	6.52
			W=143kg w/c=62% s/a=42%	水中	143	17.5	5.2	6.41
				空中	156	14.2	4.8	6.80
	川砂	川砂	W=146kg w/c=42% s/a=41%	水中	278	21.6	6.2	9.82
				空中	313	21.5	5.5	8.62
			W=149kg w/c=38% s/a=40%	水中	407	18.8	5.5	8.62
				空中	370	21.6	6.0	6.97
			W=143kg w/c=62% s/a=42%	水中	143	17.5	5.2	6.41
				空中	156	14.2	4.8	6.80

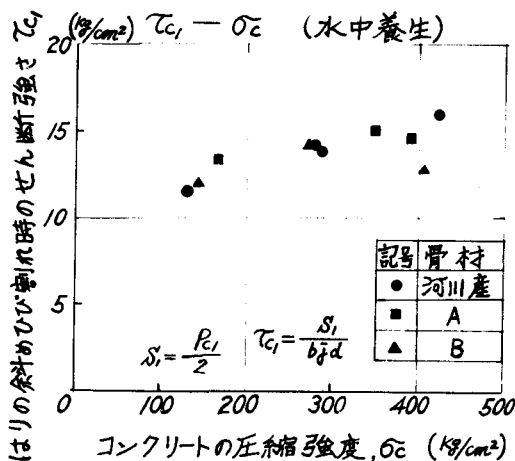


図-2 $\tau_c - \sigma_c$ の関係 (水中養生)

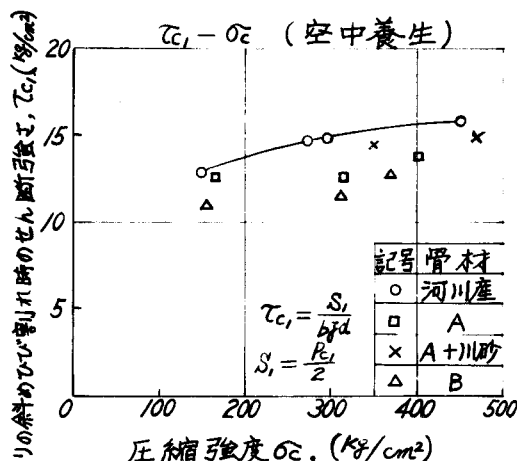


図-3 $\tau_c - \sigma_c$ の関係 (空中養生)

(2) はりのせん断強度(τ_c)とコンクリートの引張強度(σ_t)との関係

図-4は、 τ_c - σ_t の関係を示したものであって、水中および空中養生した場合の結果を同時に記入してある。この図から、普通ならびに軽量コンクリートの別には関係なく、はりの τ_c と σ_t との間には、ほぼ同じ直線的な関係があり、載荷条件、断面寸法が同じであれば、使用する骨材の種類、養生条件が異っても、コンクリートの引張強度が等しければ、はりのせん断強度は、ほぼ同じ値になること、すなわち、 τ_c は σ_t と密接な関係があることが認められた。⁽²⁾

(3) 乾燥がはりのせん断強度(τ_c)に及ぼす影響

τ_c は σ_t と密接な関係にあるので、はりのせん断強度に及ぼす乾燥の影響を、乾燥によるコンクリートの引張強度の低下の傾向より検討を加えると次のようである。

図-5は、各骨材コンクリートの水中および空中養生した場合の σ_t - σ_c の関係を示したものである。この図から、水中養生した場合、 σ_c が約350 kg/cm^2 付近までは、使用する骨材の種類に関係なく σ_t は同一圧縮強度において、ほぼ等しい値となっている。約350 kg/cm^2 以上では、普通コンクリートの σ_t はいくらか増大しているが軽量コンクリートの場合は、ほとんど増大していない。この傾向は水中養生した場合の τ_c - σ_c の関係とほぼ類似な関係にある。一方空中養生した場合は、軽量コンクリ

ートの σ_t は、同一圧縮強度において、普通コンクリートの場合より0~30%低下している。 σ_t の低下の割合は、高強度になるほど著しく、また、骨材の種類によっても異なり、同じ軽量粗骨材を用いても、軽量細骨材を用いた場合の方が、川砂を用いた場合よりも低下の割合が大々くなっている。これは、空中養生した場合の τ_c - σ_c の関係によく似ている。一方本実験においては、普通コンクリートの σ_t は、養生条件の相違に関係なく同一圧縮強度においてほぼ等しい値を示している。従って τ_c は、乾燥によりほとんど低下していない。乾燥による引張強度の低下とはりのせん断強度の低下との間には密接な関係がある。乾燥による軽量コンクリートの引張強度低下の原因は、骨材の吸水量が大々いた

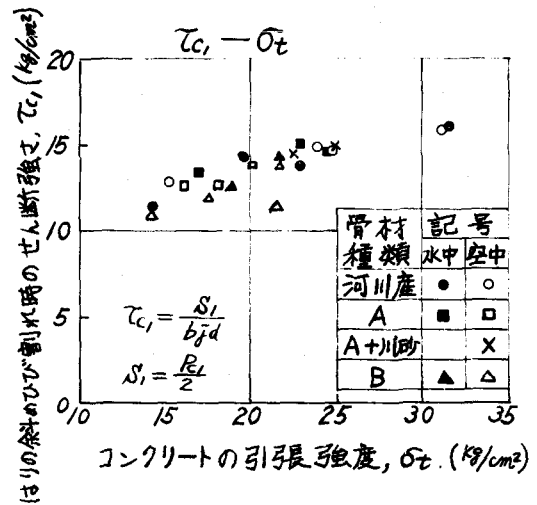


図-4 τ_c - σ_t 関係

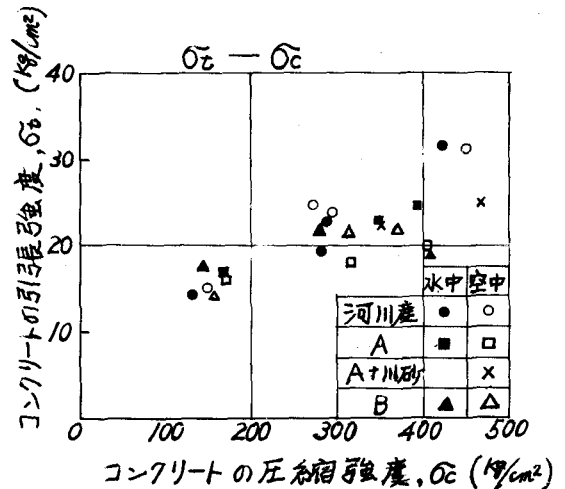
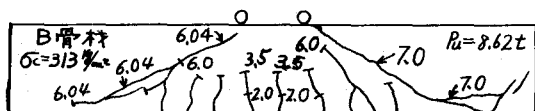


図-5 σ_t - σ_c 関係

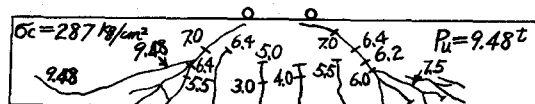
め、内部のコンクリートがなかなか乾燥しにくく、乾燥に伴って表面部に発生する引張応力が、普通コンクリートの場合より大きくなるためといわれている⁽³⁾。従って、軽量コンクリートばりの乾燥によるせん断強度の低下にも、ほぼ同じ理由が成り立つと思われる。しかし、はりのせん断強度の低下の割合は、載荷条件の相違、その他によっても多少異なると考えられるが、引張強度における場合より小さいである。

(4) 軽量コンクリートばりにおけるせん断破壊の特徴

図-6に示すように、軽量コンクリートのはりにおいては、普通コンクリートの場合より斜めひび割れが急激に、かつ直線状に発生するものが多く、このひび割れにそって骨材の破壊が認められた。すなわち、軽量コンクリートばりのせん断破壊は、普通コンクリートばりにくらべて、予知が困難であり、一層危険なものと思われる。従って、計算上腹鉄筋を必要としない場合において、最小腹鉄筋量の値は、普通コンクリートの場合より幾分多くするのが安全であると思われる。



(a) 軽量鉄筋コンクリートはり



(b) 普通鉄筋コンクリートはり

図-6 はりのひび割れ図

4. むすび

本研究の範囲内で腹鉄筋のない軽量鉄筋コンクリートばりのせん断強度に關し次のようなことがいえると思われる。

- (1) 水中養生を行なつた腹鉄筋のない軽量鉄筋コンクリートばりの斜めひび割れ時のせん断強度は、圧縮強度が350 kg/cm²付近までは、普通コンクリートの場合とほぼ同じであつた。圧縮強度が350 kg/cm²程度以上になると、軽量コンクリートではせん断強度は、ほとんど増大せず、普通コンクリートではその増加の割合は低下した。空中養生した場合は、軽量コンクリートばりのせん断強度は同一圧縮強度において、普通コンクリートの場合より0~15%低下した。普通コンクリートの場合のはりのせん断強度は、湿度約60~80%の室内で約2日間乾燥させてもほとんど低下しなかつた。
- (2) はりのせん断強度は、コンクリートの引張強度と密接な關係があり、載荷条件、断面寸法が同じであれば、骨材の種類、養生方法に關係なく、同一引張強度において同じ値を示した。
- (3) 乾燥によるはりのせん断強度の低下は、骨材の種類、載荷条件などによつても異なるが、乾燥によるコンクリートの引張強度の低下ほどには、低下しなかつた。
- (4) 腹鉄筋のない軽量鉄筋コンクリートばりの斜めひび割れは、普通コンクリートの場合よりも急激に、直線状に生じることが多く、予知が困難であり、危険な印象を受けた。従つて、腹部の補強には、十分留意すべきである。 <以上>

参考文献

- (1) Report of ACI-ASCE Committee 326, "Shear and Diagonal Tension," Part I, II, III, Jour. of ACI, 1962.
- (2) J.A. HANSON: "Tensile Strength and Diagonal Tension Resistance of Structural Lightweight Concrete" Jour. of ACI, July, 1961.
- (3) 国分正胤: 軽量骨材を用いるコンクリートにおける問題点, 土木学会コンクリートライブラリー第10号 1964年5月