

東北大学 学生員 辺藤哲臣

東北大学 正会員 佐藤孝志

東北大学 学生員 西尾孝志

1 まえがき

最近、各国で限界状態設計方法が提案されており、当研究室でも RC 曲げ部材の終局強度について基礎研究を続けている。本研究は、材料として人工軽量骨材コンクリートを取り上げて、円柱供試体の載荷試験と RC 梁の曲げ試験により、曲げ圧縮力を受けるコンクリートの力学的特性と RC 梁の終局における挙動を究明することを目的とした研究である。

2 実験概要

2・1 実験原理

RC 梁の終局時における圧縮域コンクリートの応力分布は以下のようにして求めた。圧縮線の歪速度が一定となるように破壊まで連続的に載荷することにより、任意の fiber の歪速度も、終局までほぼ一定となる。任意の fiber の歪速度で円柱供試体を載荷して得られる応力-歪曲線において、梁の終局時の歪と同じ歪に対する応力度が fiber の応力度を与える。本研究では、圧縮線の歪速度が $175 \times 10^{-6}/\text{min}$ となるように載荷し、歪速度が $90 \times 10^{-6}/\text{min}$, $120 \times 10^{-6}/\text{min}$, $150 \times 10^{-6}/\text{min}$, $175 \times 10^{-6}/\text{min}$ となるような 4 つの fiber の応力度を求めて応力分布状態を推定した。

2・2 供試体

試験梁の形状寸法及び歪測定位置を図-1に示す。試験梁の曲げ区間において、応力再分配による応力の乱れをなくするため及び鉄筋の歪を測定するために中央部 40 cm の鉄筋を露出した。梁はすべて幅 12 cm, 有効高さ 16 cm の同一断面とした。コンクリートの配合は、A 種 ($w/c = 65\%$), B 種 ($w/c = 50\%$), C 種 ($w/c = 40\%$) とした。それぞれの配合について、鉄筋比を 4 種類、計 12 本の梁について試験した。

2・3 試験装置

円柱供試体の載荷試験において、最大応力度以後の応力-歪曲線を得るために、本研究では、横出歪に対して送油量を自動的に制御できるようにし、みかけの剛性を高めた圧縮試験機を用いた。(図-2)

3 実験結果

3・1 RC 梁の曲げ試験結果

実験結果は表-1に示すとおりである。終局歪は 0.33~0.45(%) の間に分散し、コンクリートの圧縮強度や鉄筋比との相関はみられなかった。

3・2 円柱供試体の載荷試験による応力-歪曲線

本実験で得られた各種強度の軽量骨材コンクリートの応力-歪曲線を図-3に示す。また図中に、同程度の強度の普通コンクリートの応力-歪曲線を示した。軽量コンクリートは、普通コンクリート

図-1 RC 梁の形状寸法と歪測定位置

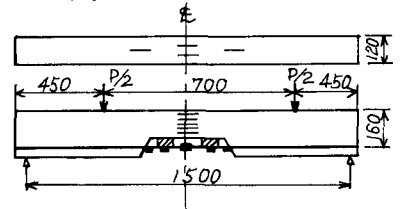


図-2 円柱供試体の載荷試験

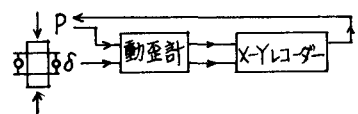


表-1 梁曲げ試験の要約

梁 番 号	圧 縮 強 度 kg/cm ²	鉄 筋 比 P(%)	降伏時		終局時		破 壊 形 式	
			荷 重 P _y (t)	曲 げ モー メント M _y (t-m)	荷 重 P _u (t)	曲 げ モー メント M _u (t-m)		終 局 歪 ε _u ×10 ⁻⁴
A-1	330	1.03	2.41	0.48	5.65	1.13	3350	T
A-2		1.54	3.62	0.72	8.20	1.64	3840	T
A-3		2.01	9.87	1.97	10.68	2.14	3650	T
A-4		4.15	—	16.41	3.28	4050	C	
B-1	440	1.50	6.70	1.38	9.42	1.88	4500	T
B-2		2.08	8.30	1.66	11.70	2.34	4100	T
B-3		3.98	15.04	3.01	17.60	3.52	4010	T
B-4		7.94	—	27.40	4.41	3530	C	
C-1	540	1.50	5.24	1.05	9.25	1.85	3500	T
C-2		3.03	13.40	2.68	16.96	3.39	3300	T
C-3		4.08	15.12	3.02	19.80	3.96	3460	T
C-4		8.14	—	28.62	5.72	3480	C	

と比較して、初期勾配は緩かど、応力下降域において応力の減少が急激であることがわかる。また、最大応力時の歪は約0.3(%)付近で一定しており、普通コンクリートよりも大きい値となることがわかる。実用化のために、得られた応力-歪曲線を上昇域を2次曲線、下降域を直線と近似・数式化した。〈表-2〉

3.3 曲げ解析

求められた応力分布形から計算した梁の曲げ解析、終局曲げモーメントの計算結果を図-4、表-3に示す。応力分布係数については、引張破壊に対しては k_2/k_3 が最小となる時、圧縮破壊に対しては、 k_1/k_3 が最大となる時の値を採用した。

4 結言

- (1) 人工軽量骨材コンクリートの応力-歪曲線は上昇域においては、強度の高いほど曲線の初期勾配が大きく、下降域では、強度の高いものほど最大応力以後の応力減少が急激である。
- (2) 人工軽量骨材コンクリート梁の終局歪は、引張破壊の場合は0.33~0.35(%)、圧縮破壊の場合は0.36~0.46(%)の範囲にあり、コンクリートの強度には関係しない。
- (3) 本研究で得られた結果から実用上安全であると思われる応力分布係数の値を表-4に示す。
- (4) 人工軽量骨材コンクリートは普通コンクリートに比べて脆性的であるが、鉄筋コンクリート部材とした場合の変形能力は、同程度である。

<参考文献>

Rüsch; Researches Toward a General Flexural Theory for Structural Concrete, ACI Journal, July, 1960.

図-3 応力-歪曲線

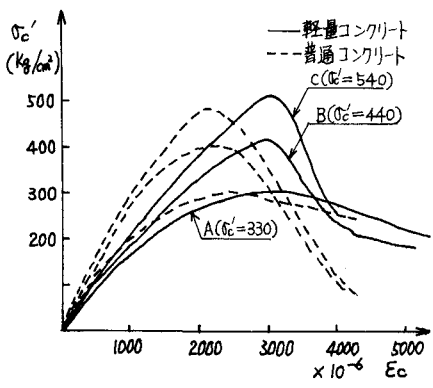


表-2 応力-歪曲線式

配合	圧縮強度 σ_c'	上 昇 部	下 降 部
A	300~400	$\sigma_c = 0.203 \epsilon_c - (3.37 \times 10^{-5}) \epsilon_c^2$	$\sigma_c = 460 - 0.0516 \epsilon_c$
B	400~500	$\sigma_c = 0.222 \epsilon_c - (2.30 \times 10^{-5}) \epsilon_c^2$	$\sigma_c = 741 - 0.1196 \epsilon_c$
C	500~600	$\sigma_c = 0.234 \epsilon_c - (1.79 \times 10^{-5}) \epsilon_c^2$	$\sigma_c = 1470 - 0.3170 \epsilon_c$

単位 σ_c ; kg/cm² ϵ_c ; $\times 10^{-6}$

図-4 $k_2/k_1, k_3$ が最小となるときの応力分布形の係数

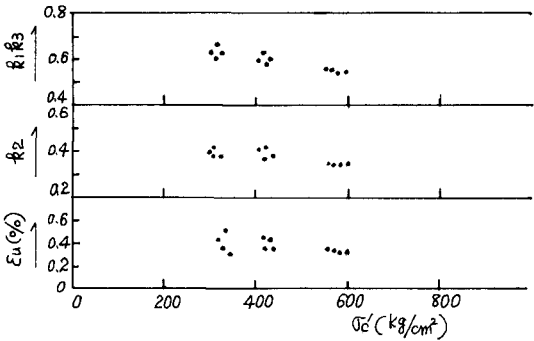


表-3 終局曲げモーメントの実測値と計算値

梁 番号	圧縮 強度 (kg/cm^2)	k_1/k_3 又は k_2	実測値 ($\text{kg}\cdot\text{test}$ ($\text{t}\cdot\text{m}$))	計算値 ($\text{kg}\cdot\text{calc}$ ($\text{t}\cdot\text{m}$))	(kg)calc (kg)test	誤差 (%)
A-1	330	0.59	1.13	1.10	0.97	-3
A-2		0.59	1.64	1.69	1.03	+3
A-3		0.59	2.14	2.05	0.96	-4
A-4		0.68	3.28	3.30	1.01	+1
B-1	440	0.63	1.88	1.73	0.92	-8
B-2		0.63	2.34	2.12	0.91	-9
B-3		0.63	3.52	3.65	1.04	+4
B-4		0.61	4.41	4.22	0.96	-4
C-1	540	0.62	1.85	1.77	0.96	-4
C-2		0.62	3.39	3.29	0.97	-3
C-3		0.62	3.96	3.87	0.98	-2
C-4		0.59	5.72	5.02	0.88	-12
				平均	0.97	4.8

表-4 $k_1/k_3, k_2, \epsilon_u$ の推せん値

σ_c' (kg/cm ²)	300~ 400	400~ 500	500~ 600
k_1/k_3	0.66	0.59	0.58
k_2	0.39	0.37	0.36
ϵ_u (%)	0.35	0.33	0.33