

名古屋工業大学 正員 吉田弥智

1. 序 現在日本において、コンクリート曲げ部材の設計は弾性設計法によっている。しかしコンクリート部材が曲げ応力を受けるとき、破壊状態において、弾性設計は実際とはかなり異った設計方法となっている。そこで近年諸外国では鉄筋コンクリート梁の崩壊に實際の破壊状態の材料の特性を基にした方法、すなわち極限強度設計理論を導入することが行われている。本研究は人工軽量骨材を用いた鉄筋コンクリート梁が曲げを受けるとき、極限崩壊の基礎資料を得る目的で実験を行ったものである。

2. 使用材料および実験方法 (I) 材料 イ. セメント；日本セメントKKの平張ポルトランドセメント、ロ. 骨材；細骨材、粗骨材ともに三井金属鉱業KKのメサライトを使用した。

(II) 配合 配合はスランパ[®]が8~10 cm, 水が45.55%のS種になるように決定した。(III) 供試体 梁の断面は15cm x 25cm, 有効高20 cm, 長さ150 cmとし、17本作製した。No.1~9, No.21, 22はunder-Reinforced梁, No.11~16はOver-Reinforced梁になるような設計、配筋を行った。このうちNo.21, 22は天然骨材を用いた。圧縮試験用供試体は15 x 30 cmのシリンドラートを用い、圧縮試験および応力-歪曲線と求めた。

(IV) 試験方法 スパン120 cmとし、曲げ試験に最も一般的である等分荷重とし、それぞれの荷重時の供試体中央部コンクリート厚みのひずみ、鉄筋のひずみ、撓みと測定した。

3. 人工軽量コンクリートの応力-歪曲線について コンクリートの応力-歪曲線は一般に図-1に示されるような曲線である。又 $\sigma_c' = k_3 \sigma_c'$ (σ_c' ; コンクリート供試体圧縮強度)

$$k_1 = \frac{\int_0^{\epsilon_{cu}} \sigma_c' d\epsilon}{\sigma_c' \epsilon_{cu}} \quad k_2 = 1 - \frac{\int_0^{\epsilon_{cu}} \sigma_c' \epsilon d\epsilon}{\epsilon_{cu} \int_0^{\epsilon_{cu}} \sigma_c' d\epsilon} \quad \text{とおき } k_1, k_2, k_3 \text{ をコンクリートの応力-歪曲線}$$

の特性を表すものとする。

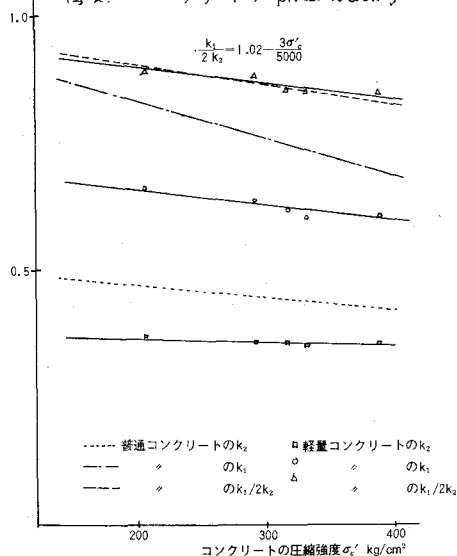
実験の結果によると、普通コン

図-1. コンクリートの応力-歪曲線

クリートが独端な曲線と插さ半塑性体であるのに対して、軽量コンクリートは極めて弾性体に近い。種々の圧縮強度 σ_c' に対して求めた軽量コンクリートの $k_1, k_2, k_1/2k_2$ の値を表-2に示す。 k_1, k_2 の値は普通コンクリートに比べて、はるかに小さい値を示す。しかしながら $k_1/2k_2$ は普通コンクリートとほとんど同じ値を示す。これは軽量コンクリートと普通コンクリートの圧縮強度が等しければ、 σ_{cu} (effective mean compressive stress) が等しいことで M_{cu} に重なり役割をもっている。軽量コンクリートの $k_1/2k_2$ (stress block factor) は次の式で表される。

$$k_1/2k_2 = 1.02 - 3\sigma_c' / 5000$$

図-2. コンクリートの stress block factor



4. 曲げ試験結果の解析 試験の

結果を弾性理論および極限強度理論と種々の観測より解析を行った。その一例を表-1～表-4に示す。

5. 本実験から次のことがえられる。(1) 軽量コンクリートの応力-歪の関係は、普通コンクリートの場合と大きな差があることが認められる。すなわち最大応力に達するまでは、軽量コンクリートの応力-歪曲線は直線に近い。強度が大きくなるにしたがって σ_{cu} と E_{cu} の差が小さくなっていく。すなわち塑性範囲がほとんどなくなる。(2) 軽量コンクリートの σ_{cu} は普通コンクリートと比較してかなり小さな値である。

しかし stress block factor k_1/z は普通コンクリートとほとんど同じ値を示している。(3) Under-Reinforced 梁において、梁の極限モーメント M_u は、普通コンクリートと軽量コンクリートについて圧縮強度が同じなら、ほとんど差がないことが実験により認められる。これは軽量コンクリートと普通コンクリートの σ_{cu}/E_{cu} が同じであるため Effective mean compressive stress $\bar{\sigma}_m$ が等しいのである。

(4) Over-Reinforced 梁においては、軽量コンクリートと普通コンクリートの強度が同じであっても、軽量コンクリートの σ_{cu} が小さいため 極限モーメント M_u は軽量コンクリートを用いた方が小さくなる。(5) 梁の破壊におけるコンクリートの E_{cu} は、軽量コンクリートにおいては、 $2500 \times 10^6 \sim 2800 \times 10^6$ で普通コンクリートに比べてやや少ない。(6) stress block factor をより求め、それより、極限強度設計法による破壊モーメントを求めると、弾性設計法による破壊モーメントよりも、実験値と非常によく合致しており、その比は 1.02 ~ 1.12 の間、計算値の値がやや大きくなっている。

6. あとがき、以上の実験は主に曲げ試験を行ったが、軽量コンクリートは、ややもうまがあるように思われる。今後の研究の課題は、軽量コンクリートのせん断破壊に対する影響であろうと思われる。

表-1 Under-Reinforced 梁の極限解析

Beam No.	r	$1 - \frac{r}{2}$	C cm	r_0	p_s %	Relative ultimate moment K_u (kg/cm ²)	Calculated ultimate moment $M_{u,calc}$ (t-m)	Experimental ultimate moment $M_{u,exp}$ (t-m)	$\frac{M_{u,calc}}{M_{u,exp}}$
1	0.1445	0.9278	4.105	0.4420	4.060	41.44	2.486	2.806	1.129
2	0.1445	0.9278	4.105	0.4420	4.060	41.44	2.486	2.900	1.166
3	0.1539	0.9231	4.478	0.4405	3.707	40.22	2.536	2.800	1.025
4	0.1531	0.9234	4.478	0.4405	3.707	40.04	2.549	2.800	1.099
5	0.1539	0.9231	4.478	0.4405	3.707	40.22	2.536	2.740	1.080
6	0.1653	0.9174	4.821	0.4547	3.495	39.21	2.569	2.700	1.051
7	0.1685	0.9158	4.821	0.4547	3.495	39.90	2.515	2.480	0.986
8	0.1669	0.9166	4.821	0.4547	3.495	39.55	2.542	2.680	1.054
9	0.2502	0.8749	7.211	0.4287	2.235	43.71	2.769	3.060	1.105
21	0.1400	0.9300	3.526	0.5032	4.723	46.81	2.922	3.370	1.153
22	0.4143	0.7928	8.725	0.5341	5.297	121.38	6.164	6.360	1.032

表-2 Under-Reinforced 梁の弾性理論解析

Beam No.	$k = \sqrt{2pn + (pn)^2} - pn$	$\alpha = kd$ cm	$Z = d - \frac{\alpha}{3}$ cm	$M_{el} = \sigma_s A_s \left(d - \frac{\alpha}{3}\right)$ t-m	$M_{u,calc}$ t-m	$\frac{M_{u,calc}}{M_{u,exp}}$
1	0.4625	9.250	16.92	2.267	2.806	1.238
2	0.4625	9.250	16.92	2.267	2.900	1.279
3	0.4586	9.401	18.37	2.451	2.600	1.057
4	0.4578	9.431	18.46	2.473	2.800	1.132
5	0.4586	9.401	18.37	2.451	2.740	1.057
6	0.4555	9.520	17.73	2.375	2.700	1.137
7	0.4586	9.402	17.37	2.327	2.480	1.066
8	0.4570	9.461	17.55	2.351	2.680	1.140
9	0.4598	9.449	17.40	2.680	3.060	1.142
21	0.4610	9.404	17.27	2.659	3.370	1.267
22	0.6535	12.020	14.39	5.749	6.360	1.106

表-3 Over-Reinforced 梁の極限解析

Beam No.	P %	$\frac{E_s \epsilon_s}{\sigma_s} = \frac{1}{2} \sqrt{2pn + 1 + \frac{8k_1}{pn}}$	$1 - \frac{r}{2}$	Relative ultimate moment K_u (kg/cm ²)	Calculated ultimate moment $M_{u,calc}$ (t-m)	Experimental ultimate moment $M_{u,exp}$ (t-m)	$\frac{M_{u,calc}}{M_{u,exp}}$
No. 11	4.200	33.52	0.5575	0.7213	73.38	3.566	1.122
12	4.087	"	0.5345	0.7328	71.48	3.670	1.166
13	3.979	22.72	0.4663	0.7658	86.36	4.676	0.984
14	3.959	"	0.4657	0.7671	86.23	4.721	0.991
15	4.032	22.03	0.4642	0.7676	100.49	5.299	0.978
16	4.043	"	0.4643	0.7680	100.51	5.272	0.976

表-4 Over-Reinforced 梁の弾性理論解析

Beam No.	σ'_c (kg/cm ²)	P (%)	k	α (cm)	Z (cm)	$M_{el,calc}$ (t-m)	$M_{u,test}$ (t-m)	$\frac{M_{u,test}}{M_{u,calc}}$
No. 11	204.4	4.200	0.6572	11.83	14.06	2.555	4.000	1.566
12	"	4.087	0.6572	12.07	14.48	2.679	4.280	1.598
13	283.7	3.979	0.6480	12.31	14.90	3.985	4.600	1.154
14	"	3.959	0.6473	12.36	14.98	4.023	4.680	1.163
15	331.0	4.032	0.6503	12.19	14.69	4.445	5.180	1.165
16	"	4.043	0.6508	12.17	14.46	4.369	5.160	1.181