

広島大学工学部 正員 工博 船越 稔
 ○ 阿部 康 俱

(まえがき)

本研究は、二種の人工軽量骨材並びに河川産普通重量の骨材を用いて、帯鉄筋コンクリート柱を製造し、中心軸方向に加圧して破壊試験を行ない、その結果を比較検討し、この種の軽量コンクリート柱の強さにおよぼすコンクリートの強度、鉄筋比、鉄筋の降伏点、その他の影響を調べたものである。

(材料および試験の方法)

供試体の形状寸法は 図-1 に示すように、帯鉄筋柱は一辺 15 cm の正方形断面で、高さは 53 cm である。軸方向鉄筋には、直径 9 mm, 13 mm, および 16 mm のものを 4~8 本用いた。鉄筋比は、1.2%, 4.7% および 7.1% である。使用した軸方向鉄筋の種類は、異形鉄筋 SD-30, SD-40, SD-50 および普通丸鋼 SR-24 である。帯鉄筋は、直径 6 mm の普通丸鋼を用いた。本実験に用いた異形鉄筋の降伏点は、表-2 の試験結果一覧中に記入した通りである。その外形は、図-2 に示すようであって、いずれも JIS の規格に合うものである。

セメントは、小野田普通ポルトランドセメントおよび小野田早強ポルトランドセメントを用いた。人工軽量骨材は、A, B の二種類であって、A 骨材は、最大寸法 15 mm である造粒型焼成フライアッシュで、B 骨材は、最大寸法 15 mm の膨張頁岩を破碎焼成したものである。試験の結果、A 骨材の比重は、粗骨材 1.34 で、B 骨材では、粗骨材 1.30, 細骨材 1.85 であった。普通骨材は、太田川産のものをを用い、比重は粗骨材 2.64, 細骨材 2.53 で、粗骨材の最大寸法は 25 mm, 川砂の粗粒率は、2.95 である。コンクリートの配合は、表-1 に示す通りであって、軽量コンクリート、普通コンクリートとも、目標強度を $\sigma_c = 150, 300, 450 \text{ kg/cm}^2$ の三種とし、スランプは軽量コンクリートで、5 cm,

図-1 供試体

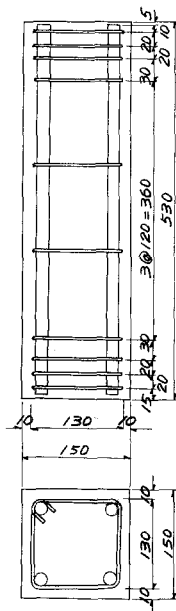
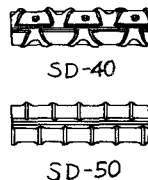


表-1 コンクリートの配合

区 分	A骨材コンクリート			B骨材コンクリート			普通コンクリート		
配 合	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
W (kg)	160	172	190	168	168	180	172	177	188
W/C (%)	70	50	38	67	50	39	70	54	40
S/a (%)	40	40	40	43	41	40	43	41	41
Slump (cm)	5	7	6	6	4	4	10	8	9
圧縮強度	150	300	450	150	300	450	150	300	450

図-2 異形鉄筋の外形



普通コンクリートで 9 cm を目標として決定した。軽量コンクリートの単位容積重量は、A 骨材コンクリートで $1.76 \sim 1.84 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$ 、B 骨材コンクリートで $1.55 \sim 1.63 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$ であった。

コンクリートは、可傾式重力ミキサを用いて 3 分間練り混ぜた後、内部振動機を用いて締め固めた。供試体は、 $20 \sim 22^\circ\text{C}$ の水中にて養生し、試験前日に水中より取り出して、実験室内で乾燥させ、コンクリートの表面にストレインゲージを貼った。試験時の材令は 7 日～14 日である。試験は、200 トン油圧式万能試験機を用い、静的に載荷を行なった。

(試験の結果)

骨材の種類、コンクリートの強度、軸方向鉄筋の降伏点と鉄筋比を変えて製造した帯鉄筋柱に関する破壊試験の結果は表-2 に示す通りである。表中の $(P_{\text{test}}/P_{\text{cal}})$ は、柱の破壊荷重の試験値と計

表-2 試験の結果

軸方向鉄筋の種類	鉄筋比P (%)	降伏点強度 σ_{sy} (kg/cm^2)	コンクリートの強度 σ_c (kg/cm^2)	コンクリート柱の最大荷重Rest (t)	Prest Pcal.	$\frac{1}{3} \frac{P_{\text{rest}}}{P_{\text{cal}}}$ (%)	軸方向鉄筋の種類	鉄筋比P (%)	降伏点強度 σ_{sy} (kg/cm^2)	コンクリートの強度 σ_c (kg/cm^2)	コンクリート柱の最大荷重Rest (t)	Prest Pcal.	$\frac{1}{3} \frac{P_{\text{rest}}}{P_{\text{cal}}}$ (%)
普通コンクリート柱							SD-40 4φ10	1.2	5130	152	45.0	1.014	11.3
							"	"	"	"	290	93.4	1.310 11.9
SR-24 4φ9	1.2	3160	132	37.2	1.101	11.3	"	"	"	"	456	115.0	1.106 10.4
"	"	2970	317	70.0	1.020	7.3	SR-24 8φ13	4.7	3120	342	110.2	1.114	36.0
"	"	"	479	105.0	1.046	6.9	"	"	"	"	464	135.0	1.105 34.2
SD-30 4φ10	"	3510	143	42.0	1.128	12.8	SD-30	"	3700	152	60.2	0.909	34.3
"	"	"	436	108.7	1.156	6.6	SD-40	"	5280	342	123.6	1.040	28.9
SD-40	"	5130	243	64.1	1.039	9.3	"	"	"	"	456	135.7	0.958 25.0
"	"	"	296	77.3	1.062	8.1	SR-24 8φ16	7.1	2980	152	65.2	0.839	48.4
"	"	"	479	106.1	0.981	7.3	"	"	"	"	290	115.0	1.103 38.1
SR-24 8φ13	4.7	3120	317	90.0	0.958	29.7	"	"	"	"	464	145.0	1.050 43.5
"	"	"	473	130.0	1.045	21.5	SD-30	"	3380	486	155.0	1.062	38.5
SD-30	"	3700	143	64.0	1.002	35.7	SD-40	"	4710	152	82.6	0.780	46.2
SD-40	"	5280	317	100.0	0.874	19.2	"	"	"	"	290	117.3	0.884 41.2
"	"	"	479	144.0	0.984	19.4	"	"	"	"	464	170.0	1.022 40.4
SR-24 8φ16	7.1	2980	243	98.2	1.029	30.0	SD-50	"	5810	152	83.0	0.689	46.6
"	"	"	296	104.3	0.991	34.2	"	"	"	"	486	188.0	1.016 40.8
"	"	"	473	148.3	1.057	28.5	B 骨材コンクリート柱						
SD-30	"	3380	436	132.0	0.972	34.3	SR-24 4φ9	1.2	2970	160	47.1	1.233	15.9
SD-40	"	4710	243	111.7	0.904	37.1	"	"	"	"	308	80.0	1.199 13.1
"	"	"	296	115.0	0.861	33.2	"	"	"	"	457	109.2	1.142 12.4
"	"	"	473	160.0	0.951	32.1	SD-50	"	5810	143	98.2	0.828	38.5
SD-50	"	5810	143	98.2	0.828	38.5	SD-40 4φ10	"	5130	160	52.1	1.133	16.1
"	"	"	436	158.1	0.905	28.7	"	"	"	"	308	88.9	1.197 15.2
A 骨材コンクリート柱							"	"	"	"	457	115.0	1.117 13.8
							SD-30 8φ13	4.7	3700	155	66.1	0.992	42.3
SR-24 4φ9	1.2	2970	176	46.7	1.101	7.7	"	"	"	"	303	98.7	1.039 38.9
"	"	"	342	87.6	1.185	10.6	"	"	"	"	449	135.0	1.091 35.1
"	"	"	456	110.0	1.145	9.3	SD-50 8φ16	7.1	5810	155	70.0	0.579	52.8
SD-30 4φ10	"	3510	152	44.5	1.132	14.2	"	"	"	"	303	109.2	0.731 49.5
"	"	"	486	116.3	1.124	10.3	"	"	"	"	449	153.4	0.861 44.0

算値の比で、 P_{test} は試験値を示し、計算値は、 $P_{cal} = 0.85 \sigma_c A_c + \sigma_{sy} A_s$ なる式で算出した。この計算式は、土木学会鉄筋コンクリート標準示方書に記載されている式と同じ形のものであって、表-2中の P_{cal} の値は、示方書の式中の σ_{28} 、 σ_{sy} 、 A_c および A_s に実測値を用いて算出したものである。また、表中の $(R/3)/(P_{test}/3)$ は、試験値 (P_{test}) の $1/3$ の荷重における軸方向鉄筋の分担荷重と $P_{test}/3$ との比を百分率で表わしたものである。

表-2の試験結果から次のようなことが認められた。

軸方向鉄筋の降伏点、鉄筋比およびコンクリートの強度が同一であれば、軽量コンクリート柱の (P_{test}/P_{cal}) の値は、普通コンクリート柱の値と比較して、同等以上であることが認められた。このことは、破壊時において、コンクリートの分担荷重は、軽量も普通も同程度の値を示し、軸方向鉄筋の歪測定値が、軽量コンクリート柱の方が普通コンクリート柱よりも大きく、軸方向鉄筋の受け持つ荷重の割合も、軽量コンクリート柱の方が普通コンクリート柱よりも幾分大きかったと云う事実からも説明できる。表-2から設計荷重時 ($R_d/P_{test,3}$) における軸方向鉄筋の分担荷重は、普通骨材を用いた場合に比較して、A骨材コンクリート柱で 20~40%、B骨材コンクリート柱で 40~90% 増している。このことは、軽量コンクリートのヤング係数の値が普通コンクリートの値よりもA骨材コンクリートで、30~40%、B骨材コンクリートで 40~50%小さいためと思われる。従って、設計荷重のもとでは、軽量コンクリート柱の鉄筋の受ける応力は大きく、実際の構造物では、長期持続荷重によるクリープ、動的載荷などの影響を受ける場合が多く、この点についての考慮が必要と思われる。

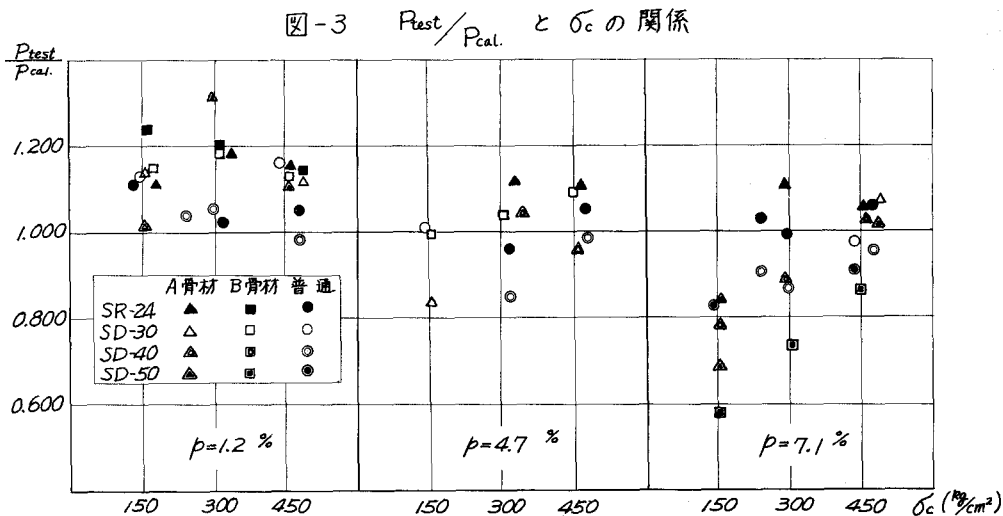


図-3は、試験値と計算値の比 (P_{test}/P_{cal}) とコンクリートの圧縮強度 σ_c との関係と、鉄筋の種類および骨材の種類をパラメーターとして鉄筋比別に表わしたものである。図-3より次のような傾向が認められる。

軽量骨材を用いたコンクリート柱も、普通骨材を用いたコンクリート柱と共に、鉄筋比が 1.2%

で $(P_{test}/P_{cal.})$ の値は 1 よりも大きく、鉄筋比 7.1% になると 1 と下まわる率が多くなる。すなわち、鉄筋比が大きく、軸方向鉄筋の降伏点が高い場合、 $(P_{test}/P_{cal.})$ の値は、1 よりも小さくなることが多く、特に、コンクリートの強度が低い場合にこの傾向が著しい。従って、帯鉄筋柱に、降伏点の高い鉄筋を大量に用いる場合は、普通コンクリート柱も軽量コンクリート柱もともに、品質のよい高強度のコンクリートを用いることが望ましい。

(結び)

本研究の範囲内で、帯鉄筋軽量コンクリート柱の強さに関して、次のようなことがええると思われる。

(1) 軽量コンクリートを用いた、帯鉄筋柱の強さは、試験の結果より、コンクリートの強度、軸方向鉄筋の降伏点、鉄筋比、等が同じであれば、普通コンクリート柱の強さと同等以上であった。しかし、設計荷重時における軸方向鉄筋の分担荷重は、普通コンクリート柱の値に比べ、A 骨材コンクリート柱の場合で 20~50%、B 骨材コンクリート柱では 40~90% 大きい値を示した。このことは、軽量コンクリートにおいて、破壊荷重が同じであれば、普通コンクリート柱にくらべて、設計荷重時に、軸方向鉄筋の応力は大きく、実際の部材では、クリープ、動的載荷などを受ける場合が多くこれらを含めて、軽量コンクリート柱の強さを考慮することが必要と思われる。

(2) 軸方向鉄筋比、降伏英が大きくなると、軽量コンクリート柱も、普通コンクリート柱も共に $(P_{test}/P_{cal.})$ の値が 1 と下まわる率が多くなり、特にコンクリートの強度が小さい場合に著しい。すなわち、鉄筋の降伏英が高く、鉄筋比の大きい柱では、圧縮強度の大きい品質のよいコンクリートを用いると、前記計算式より設計された柱の安全度を高めるのに有効であると思われた。

また、コンクリートの強度が異なる場合においても、軸方向鉄筋の降伏英が非常に高いとき、 $(P_{test}/P_{cal.})$ の値は相対に低下する場合がある。すなわち、土木学会鉄筋コンクリート標準示方書に記されている計算式にて設計を行なう場合、現行の規定の SD-30 程度の鉄筋を用いる場合は、鉄筋比 6% 程度までは、軽量コンクリート柱においても、安全な計算結果を与えるが、現行の規定に記されていない SD-40 以上の降伏英を有するものを用いる場合、計算式中の σ_{sy}' には、規格降伏英を多少割引いた値を用いるのがよいと思われた。

《 以 上 》