

中心軸圧力を受ける軽量コンクリート柱の強さに関する基礎研究

広島大学工学部 正員 工博 船越 稔
同上 正員 ○ 阿部 康 俱

(まえがき)

本研究は、造粒型焼成フライアッシュの人工軽量骨材並びに河川産普通重量の骨材を用いて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、その結果と比較検討し、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15cmの正方形断面で、高さは53cmである。らせん鉄筋柱は直径15cmの円形断面で、高さは60cmである。

軸方向鉄筋には、直径9mm, 13mm, および16mmのものを4本〜8本用いた。鉄筋比は、帯鉄筋柱で、1.2%, 2.3%, および7.1%であり、らせん鉄筋柱で6.3%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。帯鉄筋およびらせん鉄筋は直径6mmの普通丸鋼を用いた。本実験に用いた異形鉄筋は何れもJISの規格に合うもので、その外形は図-2に示すようである。

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。軽量コンクリートは、比重1.48で最大寸法20mmである造粒型焼成フライアッシュと河川産の細骨材とを用いたものであって、単位容積重量は1.85〜1.95 t/m³である。普通骨材は太田川産のものをいい、比重は粗骨材2.64, 細骨材2.53で、粗骨材の最大寸法は25mm, 川砂の粗粒率は2.95である。比重は、何れも表面乾燥飽水状態の値である。

コンクリートの配合は、軽量コンクリート、普通コンクリートとも、目標強度と $\sigma_c = 150, 350, 450$ kg/cm²の三種とし、スランプは10cmと目標として決定した。コンクリートは、2切の可傾式重力ミキサを用いて3分間練り混ぜた後、内部振動棒を用いて締め固めた。

図-1 供試体

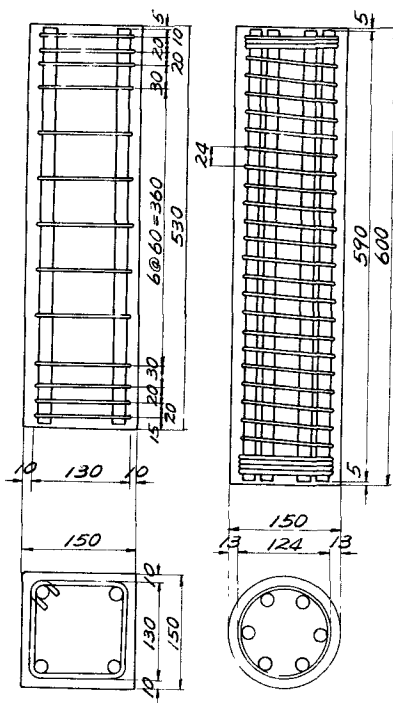


図-2 異形鉄筋の外形

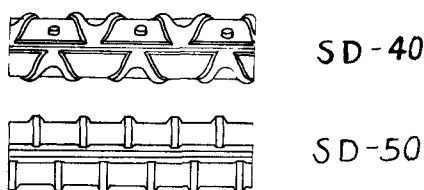


表-1 試験の結果

軸方向鉄筋の種類	鉄筋比P (%)	降伏強度 (kg/cm ²)	コンクリートの強度 (kg/cm ²)	コンクリート柱の最大荷重 (t)	$\frac{P_{test}}{P_{cal}}$	軸方向鉄筋の種類	鉄筋比P (%)	降伏強度 (kg/cm ²)	コンクリートの強度 (kg/cm ²)	柱の最大荷重 (t)	$\frac{P_{test}}{P_{cal}}$
帯鉄筋柱(普通骨材)						SR-24 8φ16	7.1	2870	198	70.2	0.817
						" "	"	"	394	140.1	1.129
SR-24 4φ9	1.2	3160	132	37.2	1.101	* " "	"	"	"	135.0	1.085
" "	"	"	366	90.0	1.136	* SD-30 4φ10	1.2	3440	410	109.0	1.227
" 4φ13	2.3	2970	386	84.7	0.936	" 4φ13	2.3	3220	176	57.4	1.148
" 8φ16	7.1	2870	132	70.1	0.985	SD-40 4φ10	1.2	5080	383	100.0	1.119
* " "	"	"	336	109.0	0.970	* " 4φ13	2.3	5140	411	114.8	1.089
" " "	"	"	364	117.4	0.989	" 8φ16	7.1	4500	394	150.2	1.005
* SD-30 4φ10	1.2	3440	336	78.5	1.054	* " "	"	"	"	148.8	0.998
" " "	"	"	366	90.0	1.114	SD-50 "	"	5720	198	104.4	0.815
" 4φ13	2.3	3220	132	41.2	0.995	" " "	"	"	411	165.0	0.975
" " "	"	"	386	87.1	0.966	らせん鉄筋柱(普通骨材)					
" 8φ16	7.1	3220	364	125.0	1.049	SR-24 6φ13	6.3	2970	146	66.8	0.977
SD-40 4φ10	1.2	5080	366	90.0	1.053	" " "	"	"	323	75.0	0.866
* " 4φ13	2.3	5140	336	89.2	0.990	SD-30 "	"	3220	"	76.2	0.883
" " "	"	"	386	90.0	0.899	SD-40 "	"	5140	146	70.0	0.843
* " 8φ16	7.1	4500	336	108.0	0.783	" " "	"	"	323	90.0	0.889
" " "	"	"	364	120.0	0.833	らせん鉄筋柱(軽量骨材)					
SD-50 8φ16	"	5720	132	85.0	0.736	SR-24 6φ13	6.3	2970	195	65.0	0.886
" " "	"	"	364	119.9	0.698	" " "	"	"	394	93.3	0.994
" " "	"	"	449	150.0	0.846	SD-30 "	"	3220	"	95.0	1.015
帯鉄筋柱(軽量骨材)						SD-40 "	"	5140	195	80.7	0.917
SR-24 4φ9	1.2	3160	176	46.7	1.101	※印は帯鉄筋間隔の狭い柱を示す。					
" 4φ13	2.3	2970	383	102.4	1.129						

供試体は、20~22℃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およびらせん鉄筋柱に関する破壊試験の結果は表-1に示す通りである。表中の($\frac{P_{test}}{P_{cal}}$)は、柱の破壊荷重の試験値と計算値の比で、 P_{test} は試験値と、 P_{cal} は計算値を示す。帯鉄筋柱では、 $P_{cal} =$

$0.85 \sigma_c A_c + \sigma_{sy} A_s$ と、らせん鉄筋柱では $P_{cal} = 0.85 \sigma_c A_c + \sigma_{sy}' A_s + 2.5 \sigma_{sy} A_a$ なる式で破壊荷重の計算値を求めた。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ほぼ等しいものであって、表-1中の P_{cal} の値は、示方書の式中の σ_{28} 、 σ_{sy}' および σ_{sy} に試験による得た値を代入して求めたものである。また、柱の断面積 A_c 、鉄筋の断面積 A_s も実測値

を用いた。表-1の試験結果より、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、 (P_{rest}/P_{cal}) の値は、帯鉄筋柱、らせん鉄筋柱いずれの場合に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い値を示した。これは、同程度の圧縮強度において軽量コンクリートのヤング係数の値が、普通骨材を用いたコンクリートの値よりも20~30%程度小さく、破壊時に軽量コンクリート柱の軸方向鉄筋の受け持つ荷重の割合が普通コンクリート柱の場合よりも大きいためと思われる。本実験では、短時間の静的載荷によるもので、長期持続荷重によるクリープの影響等は含まれていないので、同一条件の下では軽量コンクリート柱の方が大きな破壊荷重となったのであるが、実際の構造物においては、クリープなどの影響が大きくなり、軽量コンクリート柱が普通コンクリート柱よりも、安全度が一般に高いことを示すものではなく、普通コンクリート柱と同程度の強さのものであることが推定される。

図-3 P_{rest}/P_{cal} と σ_c の関係

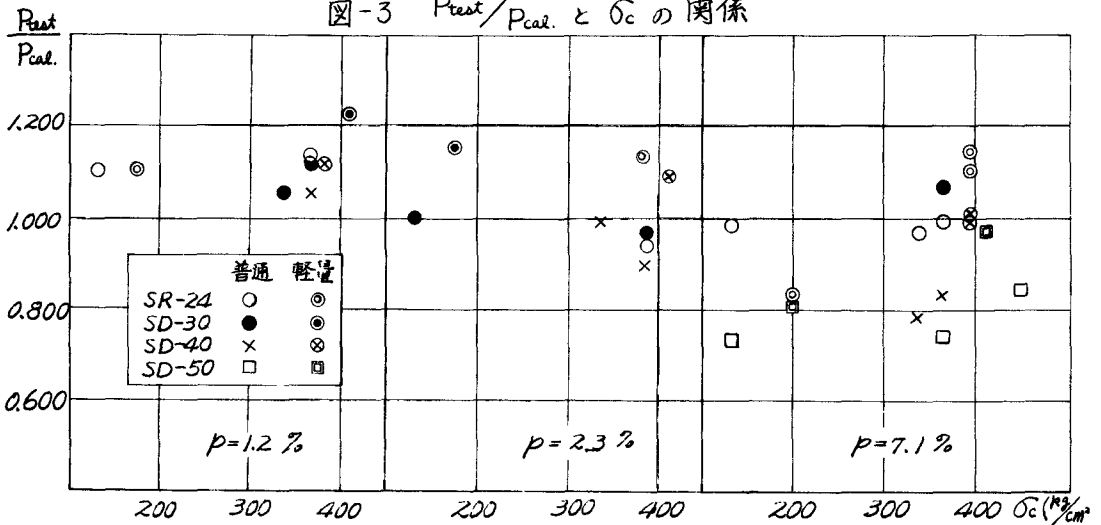


図-3に、試験値と計算値の比 (P_{rest}/P_{cal}) とコンクリートの圧縮強度 σ_c との関係と、鉄筋の種別および骨材の種類をパラメーターとして、鉄筋比別に表わした。図-3より次のような傾向が認められる。軽量骨材を用いた鉄筋コンクリート柱も、普通骨材を用いた鉄筋コンクリート柱も鉄筋比が大きくなると (P_{rest}/P_{cal}) の値は小さくなる。また軸方向鉄筋の降伏点強度が 4000 kg/cm^2 以上で、鉄筋比が大なるとき、軽量コンクリート柱も普通コンクリート柱も (P_{rest}/P_{cal}) の値が1を下まわる割合が多い。これは、鉄筋コンクリート柱において、軸方向鉄筋の量が多く、降伏点が高い場合、破壊時に軸方向鉄筋の応力度がその降伏点に達していないためと思われる。また、この傾向は、コンクリートの強度が 150 kg/cm^2 程度の、低い値のときに顕著であり、これは帯鉄筋柱において降伏点の高い鉄筋を大量に用いる場合、普通コンクリート、および軽量コンクリートとも、品質の良い高強度のコンクリートを用いなければならないことを示しているものと思われる。しかし、鉄筋の降伏点強度が 5700 kg/cm^2 程度になると、コンクリートの強度が 350 kg/cm^2 程度であっても柱

の破壊荷重は計算値と約25%下まわることもあった。すなわち、SD-40を用いた柱の試験も参照すると、降伏英が 4000 kg/cm^2 以上の鉄筋を用いる場合、極限設計の計算式における規格降伏英 σ_{sy} の値は実際の計算では、幾分割引いて用いなければならないと思われる。

図-4に、試験値と計算値の比(P_{test}/P_{calc})と鉄筋の降伏英強度 σ_{sy} との関係を示す。この図では、鉄筋比をパラメータとして表わし、コンクリートの強度の影響は考慮していない。図-3より次のようなことが認められた。軸方向鉄筋にSD-30を用いた場合、コンクリートの強度が同一のとき、SR-24を軸方向鉄筋に用いた場合よりも(P_{test}/P_{calc})の値が大きい。これは、普通コンクリート、軽量コンクリート

図-4 鉄筋の降伏英と P_{test}/P_{calc} の関係

