

アルカリ骨材反応を生じた鉄筋コンクリート柱の力学的特性

呉工業高等専門学校 正員 竹村 和夫 広島大学工学部 正員 米倉重州夫
フジタ工業(株) 坂田 拓司 広島大学工学部 ○学員 谷村 充

1. まえがき

近年、アルカリ骨材反応、特にアルカリシリカ反応(以下ASRと略記)による構造物の損傷例が報告されているが、ASRを生じた部材に関する研究は主として曲げを受けるはり部材についてであり、軸方向力の卓越する柱部材に関する研究は殆んど行われていない。本研究では、軸方向鉄筋量、らせん鉄筋量、コンクリート強度等を変えて、自由膨張量1500マイクロ程度のASRを生じたコンクリートを用いたらせん鉄筋柱について、ASRを生じない普通コンクリートの場合と、その耐力や変形特性について比較検討を行った。

2. 実験概要

セメントは普通ポル

トランドセメント(アルカリ量=0.62%)、粗骨材には反応性の碎石(チャート)および非反応性の碎石、細骨

表-1. 実験計画

シリーズ	水セメント比 (%)	軸方向鉄筋		らせん鉄筋	
		直径 (mm)	本数	直径 (mm)	ピッチ s (cm)
A	59	D10	0, 4, 6, 8	φ6	3
		D13	6	φ6	3
B	59	D10	6	φ6	∞, 5, 3, 2
C	40, 50, 59, 65	D10	6	φ6	3
D	59	φ6	4	φ6	5
		D16	8	φ9	3

材には風化花崗岩系山砂および川砂、一部反応性の細骨材(チャート)を用いた。鉄筋は表-1に示すような種類のものを用いた。コンクリートの配合は水セメント比を4種類に変え、ASRコンクリートおよび一部の普通コンクリートにはNaOHを添加して、アルカリ量を Na_2O 等量で 7 kg/m^3 とした。らせん鉄筋柱は図-1に示す断面諸元のものを表-1に示す計画にしたがって作成した。圧縮強度測定用には $\Phi 10 \times 20\text{ cm}$ の円柱供試体を用いた。膨張量の測定用には $10 \times 10 \times 40\text{ cm}$ の直方供試体を用いた。なお、らせん鉄筋内部の膨張量の測定のため、図-1に示す柱供試体と等断面で高さ30cmとし、供試体中心の軸方向および横方向に埋込ゲージを埋込んだ供試体も作成した。普通コンクリートを用いたものは主として20℃の水中で養生を行なった。ASRコンクリートを用いたものは38℃、100 %R. H. の雰囲気中で促進養生を行なった。

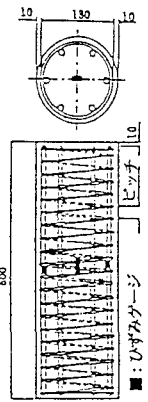


図-1. 供試体寸法

3. 結果と考察

図-2にらせん鉄筋柱の養生中の内部コンクリートに生じるひずみを示す。軸方向のひずみは、らせん鉄筋量(以下らせん鉄筋の換算断面積 $Aspe\text{ cm}^2$ で表す)を一定として軸方向鉄筋量(以下軸方向鉄筋比 $p\%$ で表す)を増すと減少するが、2.0 %以上では拘束される量がほぼ一定となっている。横方向のひずみは、 p が増加するとともに減少する傾向はあるが、軸方向鉄筋による横方向の拘束は少ないといえる。

また、 p を一定として $Aspe$ を増すと、軸方向の

ひずみは、 $Aspe$ が 3 cm^2 程度からはほぼ一定となっている。横方向のひずみは、 $Aspe$ の増加とともに直線的に減少しており、横方向のひずみに対しては、らせん鉄筋が有効に作用していることがわかる。

図-3は、らせん鉄筋量が変化する場合の荷重-変位曲線である。ASRコンクリートおよび普通コンクリートともに、柱のダクチリティーは $Aspe$ が増すと大になるが、らせん鉄筋を用いない場合を除いては、同一

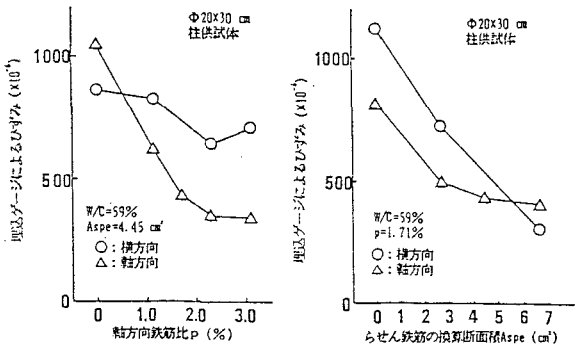


図-2. 鉄筋量とらせん鉄筋柱の中心部のひずみ

AspeではASRコンクリートの場合が柱のダクチリチーは大きい傾向がある。

図-4～6は、柱の耐力の実測値と計算値を示してある。耐力の実測値は試験機が示す最大値とした。計算値は土木学会標準示方書に示されている算定式に従い、部材係数 γ を1.0として算出した。ASRコンクリートでは、 p が増す場合、 p が1.71%までは耐力の増加があるが、さらに増すと耐力はほぼ一定となっている(図-4)。Aspeが増すと耐力が増加しているが、普通コンクリートと比較すると、増加割合はASRコンクリートの方が大となっている

(図-5)。図-4および図-5において、ASRコンクリートの耐力が普通コンクリートの耐力と比べ相当低下しているのは、ASRによ

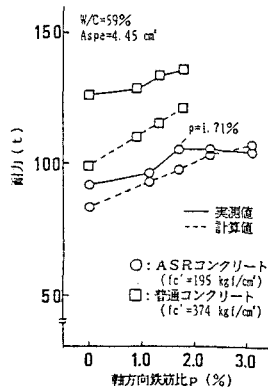


図-4. 軸方向鉄筋量と耐力の関係

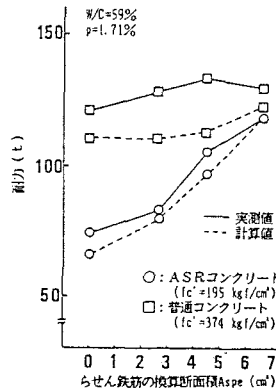


図-5. らせん鉄筋量と耐力の関係

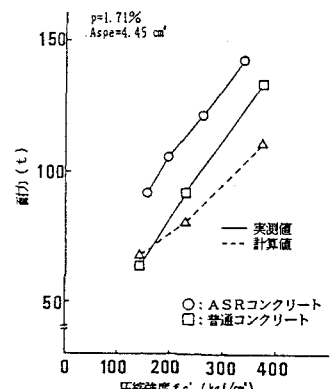


図-6. コンクリート強度と耐力の関係

びひびわれやアルカリの添加によってコンクリートの圧縮強度が低下したこと(表-2参照)に起因していると考えられ、同一鉄筋量同一圧縮強度では図-6に示すようにASRコンクリートの場合が、柱の耐力は大となる。これは、ASRコンクリートの場合が、内部コンクリートの三次元的拘束効果が大いいためと考えられるが、それ以外に前述した柱の変形特性とも関係があると考えられる。つまり、普通コンクリートと比べASRコンクリートでは、コンクリートが健全でないために軸方向荷重に対して変形しやすく、また柱のダクチリチーが大となるために、らせん鉄筋全体の荷重負担分が大となり、らせん鉄筋の補強効率が増すため耐力が増加すると考えられる。

軸方向鉄筋とらせん鉄筋の組合せ効果を検討するために

図-4および図-5の横軸を $f_y A_{st}$ および $f_{py} A_{spe}$ としても傾向には変わらないので、耐力との関係を線形と仮定し

て回帰式を求めると表-3のようになる。回帰式からASRコンクリートの場合は、軸方向鉄筋およびらせん鉄筋の荷重負担分が普通コンクリートの場合の0.9倍および3.8倍となっており、本研究の範囲内では軸方向鉄筋とらせん鉄筋のバランスが良ければ、同一コンクリート強度の場合、ASRコンクリート

の場合が耐力が大となる。図-7は、ASRコンクリートにおける軸方向鉄筋とらせん鉄筋の荷重負担分を重ね合せ、本研究で試験を行なった柱の耐力との関係をプロットしたものであり、良い相関を示している。〈謝辞〉反応性骨材の紹介と資料を提供して頂いた愛知工業大学の森野教授に厚く御礼申し上げます。

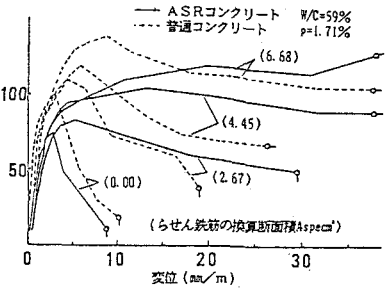


図-3. 荷重-変位曲線

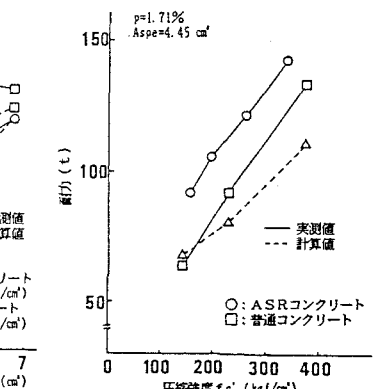


表-2. コンクリートの力学的特性

	水セメント比 (%)	圧縮強度 (kgf/cm²)	動弾性係数 (x10 kgf/cm²)
ASRコンクリート	5.9	195	23.4
普通コンクリート	5.9	374	34.8

表-3. 耐力と $f_y A_{st}$ および $f_{py} A_{spe}$ の相関関係

	回帰式	相関係数 r
ASRコンクリート	$N_{ou} = 0.590 f_y A_{st} + 92.7$ $N_{ou} = 1.809 f_{py} A_{spe} + 71.6$	0.891 0.974
非反応性コンクリート	$N_{ou} = 0.676 f_y A_{st} + 125.2$ $N_{ou} = 0.480 f_{py} A_{spe} + 123.1$	0.958 0.801

f_y : 実測による軸方向鉄筋の圧縮降伏強度 (kgf/cm²)
 A_{st} : 軸方向鉄筋の全断面積 (cm²)
 f_{py} : 実測によるらせん鉄筋の引張降伏強度 (kgf/cm²)
 A_{spe} : らせん鉄筋の換算断面積 (cm²)

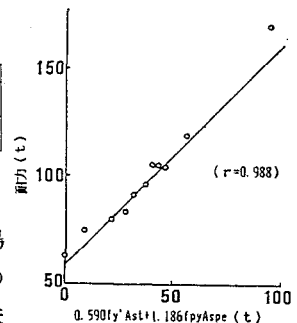


図-7. $0.590 f_y A_{st} + 1.186 f_{py} A_{spe}$ と耐力の関係