

(V-15) 横方向拘束力を受けるコンクリートの強度に及ぼす骨材品質の影響

東京理科大学 学生会員 ○宮野 雄一朗 東京理科大学 正会員 辻 正哲
 東京理科大学 学生会員 澤本 武博 東京理科大学 学生会員 小倉 浩則
 東京理科大学 大塚 修平 東京理科大学 正会員 田中 秀明

1 はじめに

現行のコンクリート標準示方書では、らせん鉄筋による拘束応力の 2.5 倍がコンクリートの一軸強度に付加されるとしている。しかし、コンクリートの品質として、粗骨材の最大寸法を 20mm 以下とする場合や細骨材率を極端に大きくする場合には、現行の示方書によって算定したらせん鉄筋柱の終局耐力は、危険側となる可能性があるといった報告もある¹⁾。今後、再生骨材や高強度軽量骨材等の利用が盛んになる可能性や、高強度コンクリートや高流動コンクリートが多用される可能性も大きい。骨材の品質や配合条件別に、らせん鉄筋の拘束効果を確認しておく必要がある。

本研究では、骨材品質および配合が三軸圧縮応力下におけるコンクリートの終局強度に及ぼす影響について検討した。

2 実験概要

今回の実験では、水セメント比 55% の通常のコンクリート、水結合材比 17% の高強度コンクリートおよび水結合材比 30% の高流動コンクリートについて、表-1 に示した骨材の組み合わせを変化させた。使用した供試体は、 $\phi 150 \times 300 \text{mm}$ の円柱供試体であり、軸方向鉄筋およびらせん鉄筋にはそれぞれ D6 (降伏点強度: 363N/mm^2 、引張強度: 565N/mm^2) および $\phi 6$ (降伏点強度: 193N/mm^2 、引張強度: 336N/mm^2) を配置した。

三軸圧縮応力下におけるコンクリート強度 (f'_1) は、

一軸圧縮強度 (f'_c) にらせん鉄筋による拘束圧 (σ'_3) の k 倍の値が加算されるものとし、(1) 式を仮定した。

$$f'_1 = f'_c + k\sigma'_3 \quad (1)$$

また、 σ'_3 は軸方向に均一に作用するものと仮定し、 σ'_3 を (2) 式で仮定した。

$$\sigma'_3 = \frac{2 \cdot A_{sp} \cdot f_{py}}{d_{sp} \cdot s} \quad (2)$$

ただし、 A_{sp} はらせん鉄筋の断面積、 f_{py} はらせん鉄筋の降伏点強度、 d_{sp} はらせん鉄筋で囲まれた断面の直径、 s はらせん鉄筋のピッチである。

以上の仮定に加えて、らせん鉄筋柱の終局耐力 (N'_{ou}) は、らせん鉄筋で囲まれたコンクリートの受け持つ耐力に、軸方向鉄筋の降伏点耐力を加算した値となし、(3) 式を仮定した。

$$N'_{ou} = (f'_c + k\sigma'_3) A_c + f_y A_{st} \quad (3)$$

ここに、 A_c はらせん鉄筋で囲まれたコンクリートの断面積、 f_y は軸方向鉄筋の圧縮降伏点強度、 A_{st} は軸方向鉄筋の全断面積である。

表-1 骨材の物理的性質

骨材の種類	細骨材			粗骨材		
	川砂 (N)	再生 (R)	軽量 (L)	砕石 (N)	再生 (R)	軽量 (L)
表乾密度(g/cm^3)	2.59	2.24	1.84	2.69	2.32	1.64
吸水率(%)	2.50	11.64	12.31	0.82	8.42	26.32
粗粒率	2.60	3.71	3.05	6.35	6.72	6.23

表-2 コンクリートの種類およびらせん鉄筋のピッチが k 値に及ぼす影響

コンクリートの種類*		通常強度のコンクリート					高強度コンクリート					高流動コンクリート		
		C-NN	C-NR	C-RR	C-NL	C-LL	H-NN	H-NR	H-RR	H-NL	H-LL	S-NN	S-RR	S-LL
一軸圧縮強度 (N/mm^2)		38.6	33.8	27.2	36.2	32.0	128.8	88.0	69.4	84.6	80.7	64.4	47.8	59.7
k 値	15mm**	6.0	4.2	5.1	2.2	2.5	13.8	9.8	10.9	8.8	8.6	8.1	5.5	5.0
	20mm**	5.2	3.8	4.0	2.0	1.9	19.0	15.6	12.5	12.9	9.8	10.4	8.1	6.9
	30mm**	7.5	2.9	5.1	2.4	0.4	30.6	14.0	19.4	13.1	13.4	14.6	8.4	11.5

*ハイフン以下の記号は、使用した細骨材および粗骨材の記号

**らせん鉄筋のピッチ

キーワード：鉄筋コンクリート らせん鉄筋 横方向拘束力 高強度コンクリート 高流動コンクリート 再生骨材 軽量骨材
 連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学理工学部土木工学科

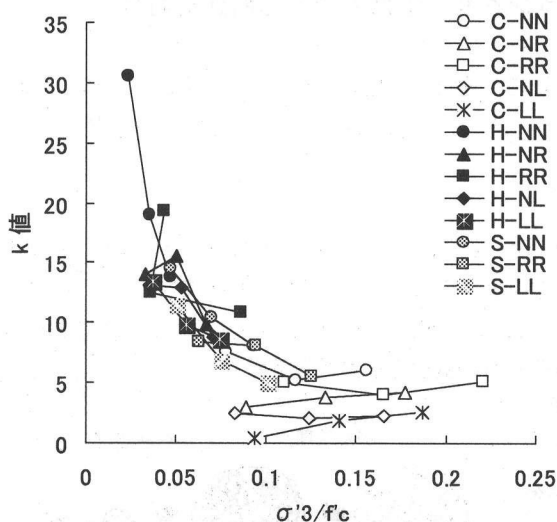


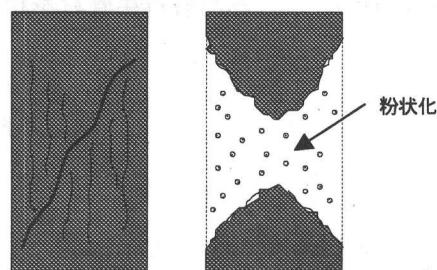
図-1 σ'_3/f_c と k 値の関係

3 実験結果および考察

表-2は、 k 値を示したものである。通常強度のコンクリートで、川砂・碎石を用いた時の k 値は5.2~7.5程度であり、現行の示方書で採用されている算定式と比較して妥当な値となっている。しかし、再生骨材を使用した場合の k 値は、現行の示方書の算定方法に対する k 値すなわち5と比べ、小さくなっており、また人工軽量骨材を使用した場合では約2.5以下と極端に危険側の値を示している。これは、再生骨材中に含まれる岩石分が少なく、岩石分の最大寸法が小さいことから、あたかも最大寸法が小さくかつ細骨材率の大きいコンクリートに近づいたことや、軽量骨材の場合には骨材が弱くせん断鉄筋による拘束効果が顕著になるひずみ領域では死石となるため、モルタルの挙動に近づいたことによると考えられる。

図-1は、らせん鉄筋による横方向拘束応力とコンクリートの一軸圧縮強度との比が k 値に及ぼす影響を示したものである。高強度コンクリートおよび高流動コンクリートでは、一軸圧縮強度に比べて横方向拘束力が小さくなると、 k 値が大きくなる傾向を示している。しかし、通常強度のコンクリートで、再生骨材または人工軽量骨材を用いた場合には、異なった傾向を示している。

図-2は、載荷試験後の供試体のひび割れ状況をスケッチした例である。通常強度のコンクリートでは、上下部に一軸圧縮試験後に残るようなコーン状の塊が残っており、その他の部分が粉状していく過程でらせん鉄筋が



高強度コンクリート 通常強度のコンクリート
図-2 載荷試験後の供試体のひび割れ状況

破断しており、高強度コンクリートの場合には、上下部のコーンが接触したまま、すなわち鼓状の塊の外側に鉛直方向に近いひび割れが進展し、粉状化する以前に最大耐力に至りらせん鉄筋が破断していた。これらの破壊性状を観察した結果、通常強度のコンクリートでは、粗骨材のクラックアレスト効果の期待できるもの程、終局状態に至る原因となる破壊面が鉛直に近づくようであった。一方、高強度コンクリートになると、かぶりコンクリートが剥落し始める時のひずみが大きくなることに加えて、内部コンクリートに鉛直方向のひび割れが進展していく過程でらせん鉄筋が破断することから、かぶり剥落後から最大耐力に達するまでの変形量は小さくなる傾向にあった。こうした傾向から、最大耐力時にコンクリートが粉状化しにくい程、また終局に至る破壊面の方向が載荷方向に近くなる程、 k 値は大きくなるが最大耐力時の変形量は小さくなるように推定された。

4 まとめ

現状では、土木構造物のらせん鉄筋柱に軽量骨材コンクリートを使用することはほとんどないと考えられる。しかし、軽量骨材や再生骨材を使用した場合には、示方書に規定されている式によって算出したらせん鉄筋柱の設計耐力は、危険側の値となる可能性が大きい。高強度コンクリートや高流動コンクリートの場合には、逆に極端に安全側の値を算出することになる可能性が大きい。

参考文献

- 1) 辻正哲、伊藤幸広、今木俊弥：三軸圧縮応力下におけるコンクリートの力学的挙動に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.12 No.2, pp747-752 (1990)