

鉄筋コンクリート部材の曲げ性状に関する実験的研究

東北大学 正員 尾坂 芳天
 東北大学 学生員 張 慧敏
 東北大学 学生員 小川 啓 昌

1. まえがき

この実験はRC桁の破壊形式の中で実際に起こり得る二種の破壊形式、つまり終局強度が鉄筋によつて支配されている場合と、終局強度がコンクリートに支配されている場合に関する実験的研究であつて、16本の試験桁について曲げ試験を行ない、部材の終局曲げ耐力、終局ひずみ、曲げ圧縮部へコンクリートの力学的特性などについて、実験調査したものである。特にこの実験では、構造物の大型化に対処するため、あるいは自重軽減の一方法として、最近よく用いられるようになってきている超高強度コンクリートの、曲げ部材への使用の適否を検討してゐる。

2. 実験装置および実験方法

曲げ試験装置は、容量200tのラムスロー一型万能試験機を使用、桁はスパン1.5m、載荷点距離も70cmとする二点載荷で行なつた。測定としては、桁のたわみ及び鉄筋とコンクリートのひずみの測定を行ない、たわみの測定は1/100mm電気式ダイヤルゲージにより、ひずみの測定はワイヤーストレインゲージにより、高速デジタルひずみ測定装置を用いて、自動測定、記録した。

3. 使用材料及びコンクリート配合

実験に使用したセメントは早強ポルトランドセメント、細骨材は宮城県白石川産(比重2.55)、および粗骨材は宮城県丸森町産碎石(比重2.86)である。コンクリートの配合は表-1に示すように三種のものを用いた。

表-1 コンクリート配合表

配合番号	粗骨材の最大寸法(mm)	スラングの範囲(cm)	空気量の範囲(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)				
						水(W)	セメント(C)	細骨材(S)	粗骨材(G)	混和剤
1	20	10±1.5	4±1	65	46	180	277	799	1052	110.5g No.56
2	20	7.5±1.5	4±1	53	45	172	325	785	1075	110.5g No.56
3	20	12±3	2±1	26	40	156	600	645	1084	110.5g No.56

4. 試験結果及び考察

(1) 終局曲げモーメント

試験結果の概要は表-2に示す通りである。同配合のコンクリートでSD35異形鉄筋を使用した試験桁については、図-1に示すように鉄筋比の増加に伴い、終局耐力が大となる。しかし、圧縮破壊を起こさせるために、高張力鋼棒を使用した試験桁(B-4, C-4, D-4)に関しては、表-2に示すように、SD35に換算した場合の力学的鉄筋比が、それを用いている桁の鉄筋比に比べて大きいにもかかわらず、終局耐力が著しく小となる。これは鋼棒の付着強度が異形鉄筋に比べて小さいため、コンクリートと鋼棒との間にすべりを生じているためと考えられる。

(2) コンクリートの終局ひずみ

図-2は終局ひずみに関する、主筋混率値と実験値とを比較したものである。提案値は普通強度(150~200kg/cm²)のコンクリートを対象としたものとなり、大部分は2.6~3.0%の間

表-2 試験結果の要約

桁番号	配合番号	鉄筋比P(%)	コンクリート圧縮強度f _c (kg/cm ²)	降伏時荷重P _y (kg)	降伏時たわみδ _y (cm)	終局時荷重P _u (kg)	終局時たわみδ _u (cm)	試験時材齢(日)	破壊形式
A-1	1	1.03	241	9.7	0.99	5.4	1.08	10	T
A-2		2.07	241	8.8	1.76	9.6	1.72	10	T
A-3		2.98	305	13.0	2.60	13.9	2.78	10	T
A-4		5.28	305	—	—	16.75	3.35	10	C
B-1	2	1.48	386	6.5	1.30	7.65	1.53	14	T
B-2		2.98	386	12.0	2.40	14.25	2.85	14	T
B-3		4.04	385	17.25	3.45	18.00	3.60	14	T
B-4		7.80*	385	—	—	13.25	2.65	14	C
C-1	3	2.05	878	8.70	1.78	11.0	2.20	32	T
C-2		3.87	878	18.50	3.70	21.9	4.38	32	T
C-3		7.93	826	33.50	6.70	34.2	6.84	32	T
C-4		12.90*	943	—	—	24.0	4.80	32	C
D-1	1	1.03	285	—	—	6.35	1.27	14	T
D-2		2.08	285	—	—	11.0	2.22	14	T
D-3		2.92	285	—	—	13.00	2.60	14	T
D-4		5.80*	285	—	—	9.30	1.86	14	C

注) *はSBPK 110.5kg/cm² PC鋼棒と変わり

(*)はSD35の異形鉄筋に換算した端部の鉄筋比の略値

T:引張破壊 C:圧縮破壊

にある。これに対して、実験値は超高強度コンクリートを用いた広範囲の強度をもちコンクリートについて得られたものであり、終局ひずみ ϵ_{cu} の値は、かなりのばらつきを示したが大体的に25~35%の間に分散し、コンクリートの圧縮強度とはあまり関係しないようである。

(3) 圧縮域におけるコンクリートの圧縮力作用位置の推移

図-3は曲げモーメントと圧縮力作用位置との関係とAグループについて示したものであり、他のグループもこれと同じような傾向を示す。引張破壊の桁については、その値は鉄筋降伏前後に最小値を示し、それ以後、急激に大きくなっていく。圧縮破壊の桁については、曲げモーメントの増加につれて、その値は小さくなり、破壊時に最小となる。以上の結果より、引張破壊の場合には、鉄筋の降伏以後も、ひずみ増加することにより、曲げ耐力が大きくなることが可能であり、圧縮破壊の場合には鉄筋比を大きくしても、曲げ耐力は大きくなるまいことがわかる。

(4) 超高強度コンクリートの曲げ性状

超高強度コンクリートと普通強度コンクリートを用いたRC桁の曲げ耐力を無次元化して、 $\frac{M_{ult}}{b d^2 \rho_c}$ のように表わし、さらに鉄筋比 ρ と釣合い鉄筋比 ρ_b の比、 $\frac{\rho}{\rho_b}$ を求め、それら二つの間に関係を調べると、図-4に示すように超高強度コンクリートを用いた桁の曲げ耐力は、普通強度コンクリート桁と同程度の能力を持つことを示す。しかも、普通強度コンクリート桁と同じように、引張破壊に関する終局曲げモーメントの算定式、(A C I - A S C E 合同委員会の提案式) $M_{ult, bal} = \rho b d^2 f_y (1 - 2.078 \rho)$ とよく一致していることがわかる。また超高強度コンクリートを用いたRC桁の曲げ耐力は、鉄筋比の増加につれて、ほぼ線形的に増えていく傾向を示す。この性質は普通強度コンクリート桁と変れるところがない。よってコンクリートは高強度になるにつれて、より脆性的となるが、RC桁とした場合には、軸方向鉄筋、スタッドアップおなどの拘束鉄筋があるので、かなりのじん性を持つことを示す。したがって、高強度コンクリートは圧縮材としてだけでなく、曲げ材としても有効に利用できると思われる。

図-3 圧縮力作用位置の推移

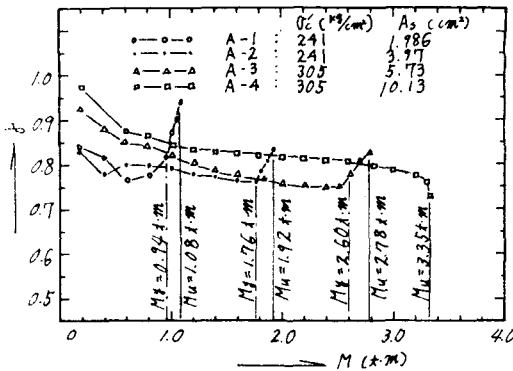


図-1 終局曲げモーメントと鉄筋比の関係

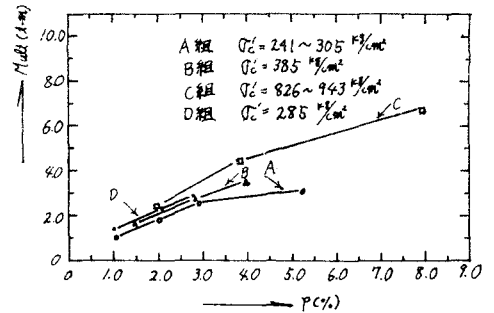


図-2 コンクリートの終局ひずみの提案値

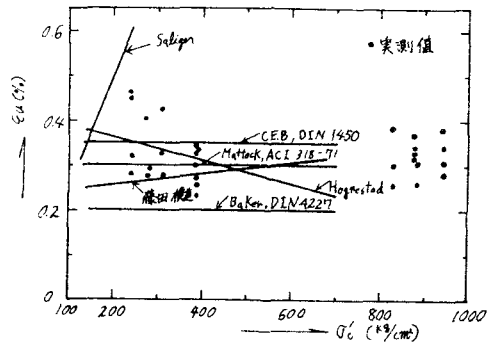


図-4 ρ と終局曲げモーメント $\frac{M_{ult}}{b d^2 \rho_c}$ の関係

