

1. まえがき

近年、コンクリート2次製品や急速施工用あるいは補修用材料として使用されているレジンコンクリートは強度が高くかつ化学抵抗性に優れている。本研究では、その高強度に着目し、柱材に不飽和ポリエステルレジンコンクリートを使用した場合の補強方法並びに力学的性質について実験的検討を行なってみた。

不飽和ポリエステルレジンコンクリートの圧縮強度は 800 Kg f/cm^2 以上もありながら、その弾性係数は $2.5 \times 10^4 \text{ Kg f/cm}^2$ 程度であることから、圧縮破壊時のひずみが大きく、鉄筋で補強した場合には、コンクリートの破壊よりも鉄筋の降伏が先行する。この傾向は、レジンコンクリートの硬化収縮やクリープによる鉄筋への応力移行によって更に促進される。本実験では、これらの性質を調べるため、種々の軸方向鉄筋量および帯鉄筋間隔の柱部材を作製し、鉄筋およびコンクリートのひずみを実測するとともにその耐力や破壊性状を観察した。

2. 実験概要

使用材料はリゴラック不飽和ポリエステル 2260N を全重量の10%、炭酸カルシウムをレジン重量の1.2倍とし、添加剤の配合比は20℃での可使時間が40分程度となるように定めた。

骨材には角せん安山岩(最大粒径20 mm、 $F.M=6.67$ 、比重2.96)および海砂($F.M=2.75$ 、比重2.56)を絶乾して使用した。

供試体には図-1のように配筋した断面 $10 \times 10 \text{ cm}$ 長さ50 cmの短柱を用いることにした。供試体の中央3分の1の範囲内にはひずみ測定のため、鉄筋には8 mm、コンクリートには30 mmのワイヤーストレインゲージを貼付している。

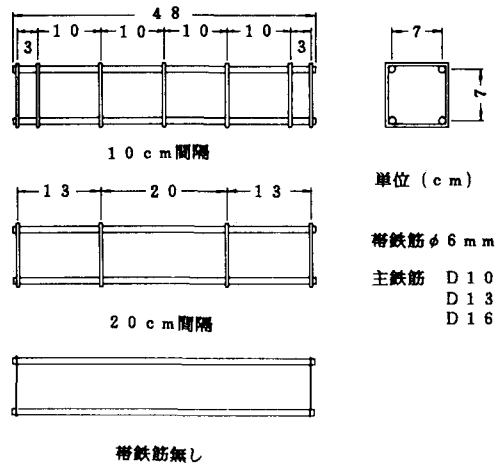


図-1 供試体の配筋状態

試験の順序は、1) 鉄筋力とゲージ値との関係を求める。2) 打設後鉄筋が受ける硬化収縮ひずみを測定し、これより硬化収縮応力を求める。3) 材令1週で円柱供試体の強度および弾性係数を求める。4) クリープ荷重を載荷する。5) 材令2週でクリープ荷重を除荷した供試体および全柱の圧縮試験を行なう。

以上の要領で測定した結果の概略を以下に述べる。

3. 硬化収縮に伴う拘束応力について

レジンコンクリートの硬化収縮ひずみを鉄筋が拘束することによって鉄筋には圧縮力、コンクリートには引張力が生ずる。これらの力は鉄筋の実測ひずみから算出でき、これをコンクリートの断面積で除せばコンクリートに生ずる硬化収縮応力を求めることができる。その結果を図-2に示す。図-2中に斜線で示す部分は部材の長さが十分に長い場合に生じる硬化収縮応力であり、本実験で用いた50 cmの柱では鉄筋量5.5%および2.9%での値がやや低下する結果となった。このほか、帯鉄筋の使用による硬化収縮応力への影響は本実験では認められなかった。

4. クリープによる鉄筋への応力移行

クリープ載荷時に円柱供試体から求めた圧縮強度は 924 Kg f/cm^2 、

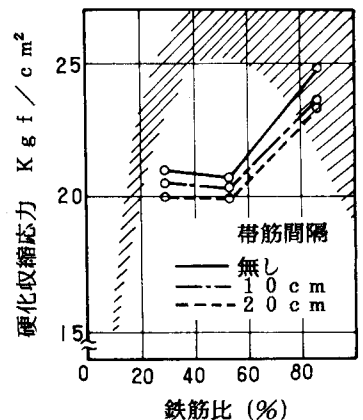


図-2 硬化収縮応力

弾性係数は $2.6 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$ であった。載荷応力は圧縮強度の10%を目標としたが、フラットジャッキの設置状態によって表-1に示す荷重が作用し、結局、コンクリートに作用する応力はその強度に対して

表-1 クリープ荷重載荷時のコンクリート応力

供試体の種類 記号	ひずみ $\times 10$	載荷力 ton	硬化収縮応力 Kg/cm^2	コンクリート応力 Kg/cm^2	
				硬化収縮無視	硬化収縮考慮
D16-S10	360	13	24.5	94	69.5
D13-S10	460	15	20.4	119	99.5
D10-S10	481	14	20.5	124	103.5
D0-S0	561	14	0	146	146

硬化収縮を考慮しない場合10%~13%、硬化収縮応力を差し引いた場合7.5%~11%となった。ただし、無筋供試体は15.8%の応力比であった。以上の荷重を載荷して柱の見掛けクリープひずみを測定した。その結果を載荷後5日のクリープ係数で示せば図-3のようになる。ここで、コンクリートと鉄筋の実測ひずみは完全に一致するので、図-3の結果はクリープによって鉄筋へ移行したコンクリート応力の鉄筋応力に対する割合となる。ちなみに、最荷後5日までに鉄筋へ移行する力はD16で2.0ton、D13で1.7ton、D10で1.4tonとなる。

5. 主鉄筋の降伏ならびに柱の最大荷重

柱の圧縮試験時に測定した鉄筋およびコンクリートのひずみと荷重との関係の一例を図-4に示す。主鉄筋の降伏荷重を図-4に見られる鉄筋ひずみの急増点から求めた結果を表-2に示す。表-2には柱の最大荷重およびそれに対する降伏荷重の割合も示している。その結果、鉄筋は柱の耐力の平均4.4%で既に降伏していることが判り、低いものについてはD10のように2.6%で降伏した例も見られた。

柱の最大耐力はD10、D13、D16を使用した場合、それぞれ90、93、98tonとなった。このとき、従来の計算方法で求めた最大耐力はそれぞれ86、95、102tonであり、両者の値を比較すればレジンコンクリート柱の最大耐力は $P = 0.85 \sigma_{ck} A_c + \sigma_{sy} A_s$ からほぼ推定できることが判る。

6. 柱の破壊状態と帯鉄筋量

柱の破壊は無筋および帯鉄筋の無い場合では爆裂を生じたが、帯鉄筋が増えるにつれて穏やかな破壊となることが確認された。しかし、その横方向の拘束力の増加に伴う耐力の増大は認められなかった。

7. まとめ

レジンコンクリートの補強に通常の鉄筋を用いた場合、鉄筋の降伏が最大耐力に比べて著しく小さくなり、使用限界が極めて低い値となるので、補強に際しては強度の高い鉄筋を使用することが有効であると考えられる。しかし、そのことによる補強効果とその必要性や経済性等を考慮すれば、レジンコンクリート柱は急激な破壊を防止する程度に補強することが望ましい。

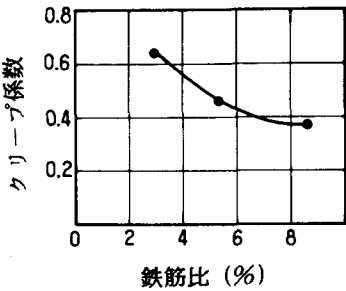


図-3 クリープ係数と鉄筋比

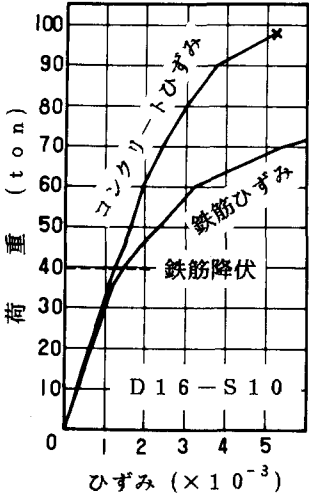


図-4 柱の荷重とひずみの関係

表-2 柱の圧縮試験結果

供試体の種類	鉄筋降伏荷重 ton	硬化収縮力 ton	最大荷重 ton	降伏荷重 レベル%	算定最大荷重 ton
D10S10*	25.0	1.94	94.6	2.6	85.5
D13S10*	45.0	1.98	93.1	4.8	95.3
D16S10*	50.0	2.25	103	4.8	102
D10S00	25.0	1.99	86.2	2.9	
D10S10	40.0	1.53	86.8	4.6	85.5
D10S20	30.0	1.89	92.7	3.2	
D13S00	50.0	2.01	94.8	5.3	
D13S10	45.0	1.68	95.5	4.7	95.3
D13S20	50.0	1.85	87.8	5.7	
D16S00	50.0	2.29	91.0	5.5	
D16S10	40.0	2.16	97.8	4.1	102
D16S20	50.0	2.26	100	5.0	

注) *印はクリープ試験使用供試体