

東京都立大学 正員 富田嘉雄

1. まえがき 高強度コンクリートを鉄筋コンクリート構造物に用いる場合高強度鉄筋とを組合せて用いる必要がある。この鉄筋が活用できるのはひびわれの制限を考慮しなくともよい場合、たとえば橋脚のように常時の断面力はほとんど軸力のみで、大きい曲げモーメントは地震時に生ずる構造物である。よって高強度鉄筋コンクリート橋脚を対象として研究を進めた。この場合設計上弾性係数およびせん断応力の問題がある。本研究はこれらについて検討するとともにモデル柱の載荷試験を行ない繰返し曲げ性状を検討した。また高強度コンクリートのコンシステンシーについても検討した。本研究に際し東京都立大学村田二郎教授から御指導を賜った。また本研究に対し昭和51年度吉田研究奨励金を授与された。ここに厚く御礼申し上げる。

2. 高強度鉄筋コンクリート部材における弾性係数比(n)の検討

(1). 供試体および試験方法

供試体は単鉄筋長方形断面で幅を15cmとしコンクリートの圧縮強度を 64.4 kg/cm^2 とした場合(有効高さ23.5cm, 鉄筋比2.2%), 87.2 kg/cm^2 とした場合(有効高さ15.5cm, 鉄筋比3.3%)の2種類である。なお有効高さは釣合鉄筋により定めた。また設計には $n=15$ を用いた。鉄筋はD22(SD40, 降伏点 46.2 kg/mm^2)である。載荷試験はスパンを1.5m, 曲げスパンを50cmとして2点載荷による曲げ試験を行なった。

表-1 コンクリートの繰応力度

供試体	実測値 (kg/cm^2) (1)	計算値 ($n=15$) ($\text{kg/cm}^2 \times 2$) (2)	(1)/(2)	計算値 (円柱供試体) (kg/cm^2) (3)	(1)/(3)	n (実測値)
$f_c=64.4\text{ kg/cm}^2$ $\phi 10 \times 20\text{ cm}$ ($n=5$)	設計時 288	201	1.43	276	1.04	4.4
	地震時 423	301	1.41	413	1.02	4.7
$f_c=87.2\text{ kg/cm}^2$ $\phi 10 \times 20\text{ cm}$ ($n=4.9$)	設計時 374	269	1.39	358	1.05	4.2
	地震時 547	404	1.35	537	1.02	4.6

荷試験はスパンを1.5m, 曲げスパンを50cmとして2点載荷による曲げ試験を行なった。

(2) 試験結果 表-1に試験結果を示す。コンクリート繰応力度の実測値は $n=15$ による計算値より35~40%程度大きい。実測値から求めた n は4.5程度であって円柱供試体から求まる値とほぼ一致する。これらのことから実状に測した n の値を用いるべきで $n=15$ を用いると危険になる。しかし円柱供試体を用いて地震時に相当する圧縮応力度(0.7 f_c)で30回の繰返し載荷を行なった結果圧縮応力度におよぼす影響は試験誤差の範囲であって少ない。したがって $n=15$ でもよいものと思われる。

3. 高強度コンクリートのせん断応力度の検討

(1) 高強度コンクリートの許容せん断応力度 各種圧縮応力度($f_c=200 \sim 800\text{ kg/cm}^2$ 程度)のコンクリートを用いて腹鉄筋を有さないはり供試体を製作した。供試体は腹鉄筋正方形断面で幅17.5cm, 有効高さ15.0cm, 鉄筋比3.0%とした。鉄筋はD16(SD40, 降伏点 45 kg/mm^2)である。供試体のスパンは75.0cmである。 $a/d=2.5$ とし曲げ試験を行ない斜めひびわれ発生時および破壊時のせん断応力を求めた。結果を図-1に示す。この資料を用い土木学会コンクリート示方書のコンクリートの圧縮応力度と許容せん断応力度

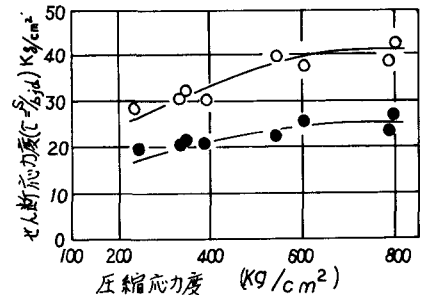


図-1. せん断応力度

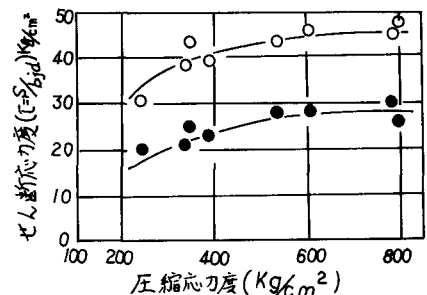


図-2. せん断応力度

との関係に基づいて 800 kg/cm^2 程度の許容せん断応力度を求めると $1/2 \text{ kg/cm}^2$ 程度となる。

(2) 側方鉄筋のせん断応力度におよぼす影響 鉄筋コンクリート柱では4周に軸方向鉄筋が配置されるので側方鉄筋のせん断応力度におよぼす影響を調べた。供試体は(1)の断面の両側に側方鉄筋をそれぞれ本設けたものである。その他の条件は(1)と同一である。結果を図-2に示す。これより圧縮応力度が 800 kg/cm^2 程度のせん断応力度は(1)の側方鉄筋のないものに対し 3.5 kg/cm^2 程度大きく側方鉄筋の影響が認められた。

4. 高強度鉄筋コンクリート柱のモデル試験

(1) 鉄筋およびコンクリートの応力度の試算 実物のラーメン橋脚について鉄筋およびコンクリートの応力度を試算した結果を表-2に示す。これよりSD30程度の鉄筋を用いる場合鉄筋の配置上から断面が決定されコンクリートの所要強度は 250 kg/cm^2 以上あればよい。しかしSD40, SD50の鉄筋を用いれば断面の一边は30~40%減少でき所要強度は $450 \sim 1000 \text{ kg/cm}^2$ 程度である。

表-2 試算結果

コンクリート断面 (cm×cm)	鉄筋種類呼称	n	応力度(地震時) (kg/cm^2)		コンクリートの所要強度 (kg/cm^2)
			コンクリート σ_c	鉄筋 σ_s	
200×200	SD30 D32	15	98	1610	200
175×175	SD30 D32	15	127	1961	250
140×140	SD50 D51	15	225	2976	450
140×140	SD50 D51	7.5	338	2917	680
120×120	SD50 D51	15	317	3815	640
120×120	SD50 D51	7.5	488	3726	980

注 (1) 地震時の断面力 $N=665 \text{ t}$, $M=1829 \text{ t·m}$
 (2) $A_s=A'_s=507 \text{ cm}^2$ (D32×64本, D51×25本)
 (3) 地震時の許容応力度は常時の1.5倍とする

(2) 柱のモデル試験

1) 供試体および試験方法 (1)の試算結果に基づいて鉄筋量を減少させ鉄筋の地震時における許容応力度程度になるように $1/8$ の供試体とした(表-3)。供試体はブロック部(45cm×45cm)と柱部(175cm)からなる。SD50の降伏点は 58.0 kg/mm^2 である。軸力の導入は供試体中心にアンボンドPC鋼棒φ17を用いて行った。載荷試験はブロック部を固定し片持ち式によって正負の繰返し載荷を行なった。柱の試験部長さとは 160 cm である。

表-3 供試体の種類

供試体 (cm×cm)	n	鉄筋種類呼称	鉄筋量 $A_s=A'_s$ (cm^2)	有効高さ (cm)	軸力 (kg/cm^2)
150×150	15	SD50 D16	794	12.5	46.2
175×175	7.5	SD50 D16	596	15.0	34.0
21.5×21.5	15	SD30 D16	596	19.5	22.5
250×250	7.5	SD30 D13	507	23.0	16.6

II) 試験結果

破壊はすべて曲げ破壊である。たわみは高強度コンクリートを用いたものはかなり大きい回復元性はよい(図-3)。これは軸力によるとの

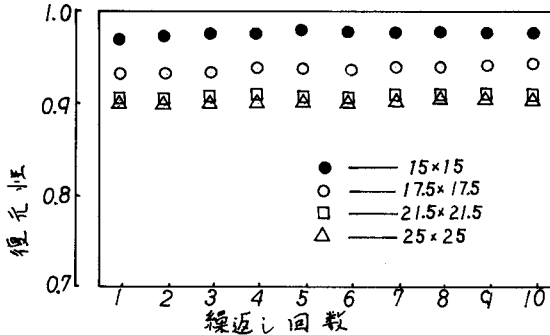


図-3. 復元性(地震時)

思われる。集荷残性減衰定数は2回目の繰返し時よりかなり低下するが以後ほぼ一定であって供試体間の差異は認められない。これらのことから高強度鉄筋コンクリートを柱部材に適用できると考えられる。

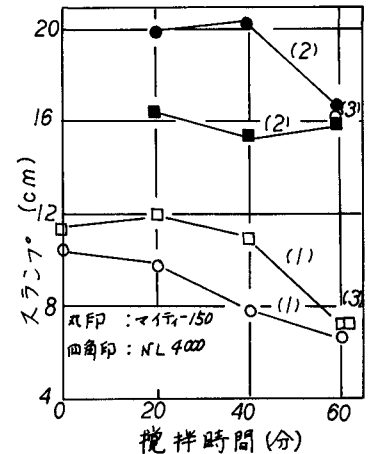


図-4. スランプ

5. 高強度コンクリートのコンシステンシーの検討

NL4000およびマイタイ150を用いて0~60分後のスランプの試験を行なった。減水剤の添加方法は(1)練り混ぜ時に規定量を混入, (2)練り混ぜ時に $1/2$ を添加し3分強制攪拌して直後に残り $1/2$ を添加, (3)練り混ぜ時に $1/2$ を添加し排出時に $1/2$ を添加とした。結果は図-4のようであって(1)の方法は経過時間によって低下するか、(2)および(3)の方法はスランプ低下の防止策になる。ただしNL4000は(2)の方法がよい。