

東京都立大学 正員 村田二郎

東京都立大学 正員 越川茂雄

東京都立大学 正員 富田嘉雄

1. まえがき

近年、種々の減水剤やシリカ灰混和材を用いてコンクリートの圧縮強度が1000%程度まで容易に得られるようになりPC杭などに使用されているが、高強度コンクリートの変形性状について検討したものは比較的不多い。特に高強度コンクリートの最大応力を越えた塑性域の部分はエネルギーの吸収能を左右するもので重要な問題となる。本研究はオートクレーブ養生した高強度コンクリートの変形性状に関する研究の一部として円柱状試体の圧縮強度が200～1000%程度のコンクリートの塑性域の範囲までの応力ひずみ曲線式の終局ひずみ等について検討したものである。

2. 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料；セメント（普通ポルトランドセメント $G_{28} = 408 \text{ kg/m}^3$ 、シリカ混入セメント AC $G_{28hr} = 865 \text{ kg/m}^3$ ）、細骨材（富士川産 比重2.58, FM 2.63）、粗骨材（富士川産 $G_{\text{max}} = 20 \text{ mm}$ 比重2.65、鬼怒川産 $G_{\text{max}} = 20 \text{ mm}$ 比重2.63）、混和剤（マイテ

表-1 コンクリートの配合

セメント 種類	項目	粗骨材 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	単位量 (kg/m ³)	単位 セメント量 (kg/m ³)	減水剤 (kg)	W/C (%)	S/A (%)	圧縮 強度 (kg/cm ²)
普通ポルトランド セメント	430M	20	14.5	160	430	6.45	37.2	48.0	520
	700M	20	10.0	180	700	5.25	25.7	30.0	847
	325N	20	11.0	192	325	—	59.0	45.2	210
シリカ混入 セメント	430SiM	20	14.6	146	430	2.58	34.0	46.0	688
	430SiMS	20	11.0	156	430	2.58	36.2	45.0	408

イ150、NL-1400 使用量＝普通ポルトランドセメントの場合 $C \times 15\%$ および $C \times 0.75\%$ 、シリカ混入セメントの場合 $C \times 0.6\%$ とした（表-1）

3. 養生方法

供試体の養生は一般に一次養生と二次養生から成り一次養生は常圧蒸気養生であって前置き時間を2時間とし温度上昇および下降速度を20℃/時、最高温度を60℃5時間とした。二次養生はオートクレーブ養生であって一次養生終了後の供試体を脱型してオートクレーブに入れ、10気圧180℃で養生した。温度プログラムは2時間で、180℃に上昇、180℃を5時間維持し以後自然冷却した。

4. 載荷方法およびひずみ測定方法

供試体は $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の円柱形である。載荷装置は上下2枚の鉄板を連結する $\phi 33 \text{ mm}$ PC 鋼棒4本および100tロードセルからなり上部鋼板のナットをゆるめて載荷し、荷重を直接供試体へ伝達する。さらに最大荷重の約50%に達したときにナットを締結し荷重を供試体とPC鋼棒の両者に分担させ最大荷重後も供試体は急激に破壊することなく載荷できる。圧縮ひずみの測定には塑性域の測定が可能な差動トランス型ひずみ型を用い荷重-変形曲線をX-Yレコーダーに記録させた。

5. 実験結果および考察

(1) 塑性域までの変形性状について 各種コンクリートの応力ひずみ曲線を図-1に示し無次元表示としたものを図-2に示す。これらの図から低強度のコンクリートは最大応力までの応力ひずみ曲線は曲率が大となっているが、高強度の場合は小となり最大応力を越えると急激に応力が減少する傾向にある。これらの応力ひずみ曲線を数値的に近似するために表-2に示すような種々の曲線式を設定した応力ひずみ曲線に対する適合性を検討した。

(2) 曲線式の吟味 表-2において

(1)式は曲線の原点での初期弾性係数が無限大となること $\frac{d\lambda}{d\epsilon} = \infty$ 最大にならないうことなどのため不適当である。(2)および(3)式は相対圧縮ひずみ図の原点および $(\epsilon=1, \eta=1)$ 点を通過するとともにこの点の勾配 $\frac{d\lambda}{d\epsilon}$ の条件を満たすもので(2)式は圧縮強度が200%程度のものに適している。(3)式は400%以上のものに適しているが塑性域の部分が表わされない。(4)式はE係数式であるといわれ、これば(i) $(\epsilon=0, \eta=0)$ 、(ii) $(\epsilon=1, \eta=1)$ および(iii) $\frac{d\lambda}{d\epsilon} = 0$ の3条件より $\lambda = f_c$ と置くことにより $\eta = (e^{\lambda - \lambda_c} - e^{-\lambda_c}) / (e^{\lambda - \lambda_c} - e^{-\lambda_c})$ と表わされる。種々の λ の値に対する η および η の関係を図-3に示す。図-3においてコンクリートの圧縮強度が200%程度の場合 η - λ 曲線上の諸点に対応する λ が決定できるが400%以上になると λ が定まらない。すなわち(4)式は圧縮強度が200%程度の場合に適用できるが高強度コンクリートには適用できない。なお強度が200%のコンクリートの場合を(4)式で表わすと $K=1.21, f_c=0.146$ および $f_c=3.247$ となる。

(5)式は(4)式同様3つの条件より最小2乗法を用いて図-2の各種コンクリートのA,BおよびCを決定すると表-3のようになる。これらの3次曲線式は強度レベルで表わしたもので低強度から高強度のコンクリートまで広範囲に適用でき塑性域の部分でも近似できる。

(3) 終局ひずみの決定について 終局設計に塑性域までの応力-ひずみ曲線図を用いる場合、終局ひずみの決定は重要な問題である。本実験は供試体に載荷すると最高荷重後に急激な荷重の減少が見られる。これはコンクリートの組成に内部き裂の進行があったためと考えこの点より求めたひずみを終局ひずみとした。これによると圧縮強度が約500, 700および800%の場合の終局ひずみは図-1に示すように0.34, 0.33および0.31%となっている。これはACI Codeにおける設計の際の曲げ応力による最大コンクリートひずみ0.3%よりも同程度以上である。以上のことにより実RC構造物の終局設計への適用を考え現在小型はりによる実験を検討中である。

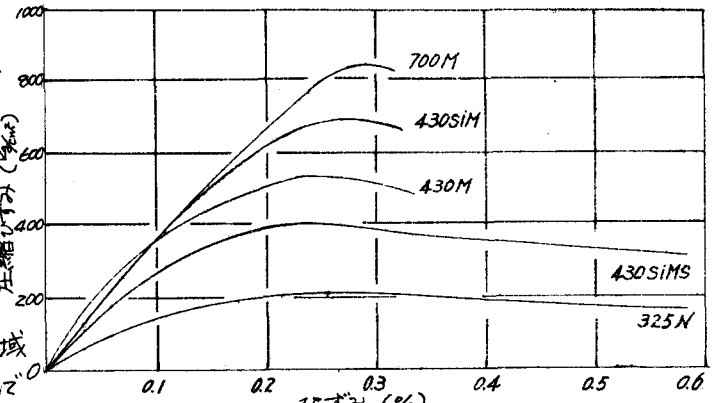


図-1 応力-ひずみ曲線

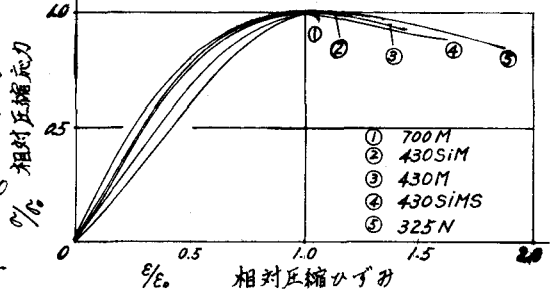


図-2 相対応力-ひずみ曲線

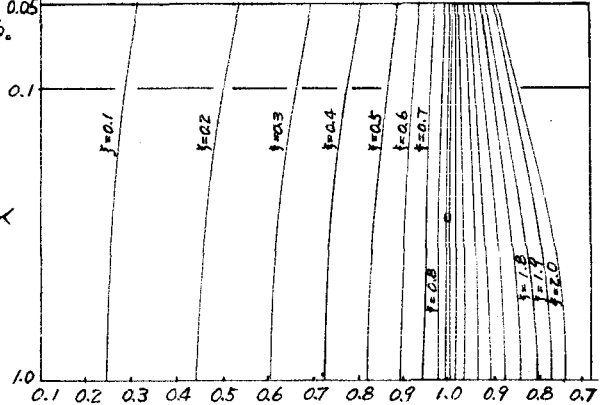


図-3 λ, η の関係

表-2 設定式

式	η
(1)	$\frac{\lambda}{f_c}$
(2)	$\frac{\lambda - \lambda_c}{1 + \lambda_c}$
(3)	$\frac{\lambda - \lambda_c}{2 + \lambda_c}$
(4)	$K(e^{\lambda - \lambda_c} - e^{-\lambda_c})$
(5)	$A\eta + B\eta^2 + C\eta^3$

表-3 諸係数

係数	A	B	C
700M	0.70	1.60	1.30
430SiM	1.31	0.38	0.69
430M	2.17	-1.34	0.17
430SiMS	1.78	-0.56	0.22
325N	2.42	-1.84	0.42