

# コンクリートの応力-歪曲線に関する研究

東北大学 正員 石田 博樹  
 東北大学 学生員 張 毅薇  
 東北大学 学生員 内田 康文

## 1. まえがき

現在我國の鉄筋コンクリート構造物の設計に用いられている弾性理論では、曲げを受ける部材の破壊に対する安全度が正確にわからない欠点をもっている。すなわち部材の曲げ変形及び極限耐力を求めるためには塑性域を含めたコンクリートの応力-歪関係を明らかにしなければならないからである。本研究は中心軸方向載荷によって求めた塑性域を含むコンクリートの応力-歪曲線を基にし、曲げ圧縮域におけるコンクリートの応力分布を推定しようとするものである。

## 2. 実験方法

コンクリートの円柱供試体を圧縮試験する場合、最大荷重付近で試験機の圧縮力を除々に供試体以外の弾性体に移動させることにより供試体を最大荷重付近で急激に破壊させることなく最大荷重以後の変形を測定することが可能となる。本実験はこの考え方に基ずいて行ったものである。

載荷装置は図1に示す。なお鋼管頂部には高さ調整可能な支圧球座を設けてある。荷重は200tのラムスラ油圧試験機を用い、供試体の最大荷重の約1/2まで直接供試体に載荷し、その後支圧球座をセットして荷重を供試体と鋼管の両方に分担させる。このようにしてコンクリートの最大

応力以後の応力減退域においても試験機の剛性を高めることにより供試体変形の急増を抑制し、コンクリートの弾塑性性全域のカー変形の挙動を調査した。なお変形の測定は供試体、支圧鋼管共にワイヤーストレインゲージを、さらに前者に対しては変位計を使用し、高速デジタル歪測定装置によって自動測定記録した。

## 3. 使用材料及びコンクリートの配合

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)及び粗骨材は同県丸森町産碎石(比重2.86)である。コンクリートの配合は表1に示す。

表1 コンクリート配合表

種類	粗骨材最大寸法(mm)	スランジ(%)	空気量(%)	W/C	s/a	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				混和剤
						W	C	S	G	
1	20	10 ± 1.5	4 ± 1	65	46	180	277	799	1052	ポゾリス N.S.LA.051
2	20	7.5 ± 1.5	4 ± 1	53	45	172	325	785	1075	ポゾリス N.S.LA.051
3	20	4 ± 1.5	4 ± 1	40	42	160	400	742	1148	ポゾリス N.S.LA.100
4	20	12 ± 3	2 ± 1	26	40	156	600	645	1034	マイテール150 C量の0.5%

図1 試験装置

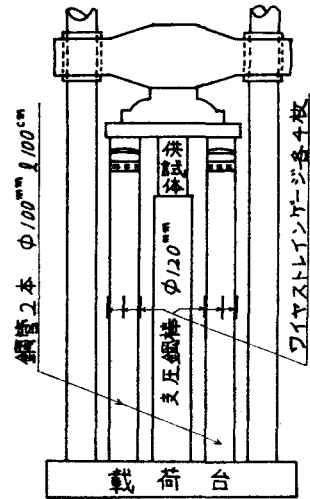
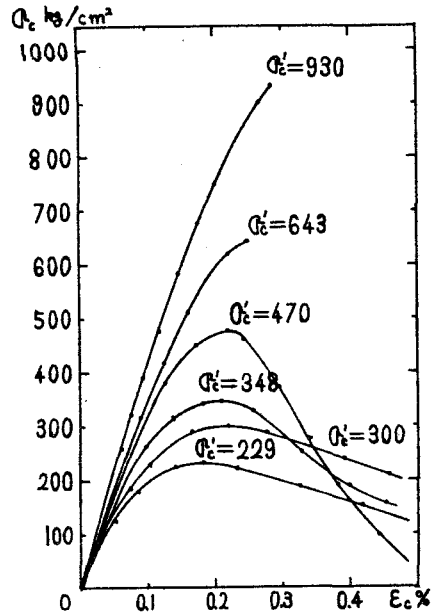


図2. コンクリートの応力-歪関係



#### 4. 実験結果及び考察

##### ① 応力-歪関係について

実験によって得た応力-歪関係を図2に示す。図より圧縮強度の増大と共にピーク後の応力減退が大きくなることわかる。またコンクリートの強度が高くなると初期勾配が大きくなる。

##### ② 圧縮強度( $\sigma_c$ )と最大応力時の歪( $\epsilon_c$ )との関係

実験値を図3に示す。図より $\epsilon_c$ は $\sigma_c$ の増加に伴いほぼ直線的に増加していることわかる。さらに本実験結果と他の提案値と比較してみた。実験式は藤田・横道式とほぼ同一勾配となる。

##### ③ 曲げ解析に用いる応力-歪曲線式について

実験データをコンクリートの強度レベルによって $\sigma_c = 200 \sim 300, 300 \sim 500, 500 \sim 700, 800 \sim 1000$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) の4種類に分類しそれぞれの応力-歪曲線式を求めた。なお実用上取り扱いの便利を考慮して曲線の前半を2次曲線で後半を直線で表わすことにした。(表2)

##### ④ 応力分布係数について

応力分布係数 $k_1, k_2, k_3$ を図4に示す。③で得た式に基づいて、曲げ圧縮域におけるコンクリートの応力分布を推定してみた。応力分布係数 $k_1, k_2, k_3$ 及び終局歪 $\epsilon_u$ の計算値を図5に示す。図より $k_1, k_2, k_3$ の諸値はHognestadの提案値と同じような傾向をもっていることわかる。また $\epsilon_u$ は0.3~0.4%の範囲に分布し、ACI規準とほぼ一致していることがわかった。

##### ⑤ 曲げ部材に対する適用性

梁が曲げ圧縮を受ける場合には断面内の各部で歪速度が異なり、曲げ圧縮部の応力分布は必ずしも中心軸方向載荷による応力-歪曲線と一致しないのであるが、筆者等はこれらの計算値が、RC部材の曲げ試験の実測値と一致していることを確認した。

図4 応力分布係数  $k_1, k_2, k_3$

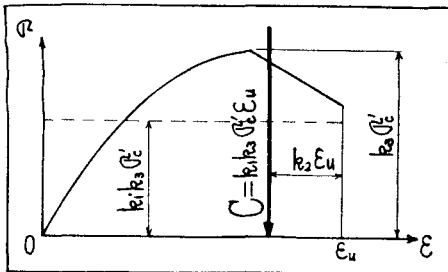


図3 コンクリートの最大応力時の歪( $\epsilon_c$ )の提案値

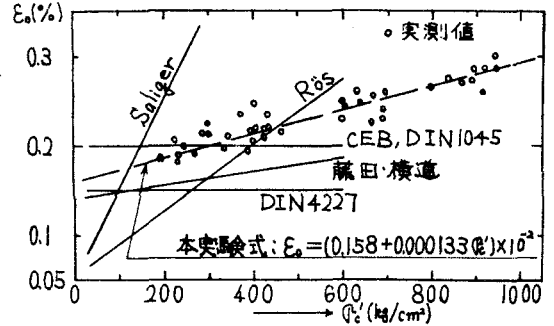


表2 コンクリートの応力-歪曲線式

強度別	圧縮強度	上昇部2次曲線式	下降域直線式
S	200~300	$Y = 2.206X - 1.206X^2$	$Y = 1.240 - 0.240X$
M	300~500	$Y = 2.007X - 1.007X^2$	$Y = 1.530 - 0.530X$
H	500~700	$Y = 1.493X - 0.493X^2$	$Y = 1.862 - 0.862X$
V.H	800~1000	$Y = 1.357X - 0.357X^2$	$Y = 2.146 - 1.146X$

注釈:  $Y = \sigma_c / \sigma'_c, X = \epsilon_c / \epsilon_c$

図5 応力分布係数及び極限圧縮歪

