

I-16

圧縮力を受ける部材の材料特性に関する実験的研究

苦小牧高専 ○正員 近藤 崇
苦小牧高専 正員 澤田 知之
フェロー 能町 純雄

1.はじめに

材料試験におけるコンクリートの見かけの強度を支配するものとして、載荷速度、ひずみ速度、供試体寸法、乾燥状態など様々な要因を挙げることができる。載荷速度およびひずみ速度に関する既往の研究結果によると¹⁾²⁾³⁾、破壊強度は速度の対数に比例するという考察が論ぜられている。これらの研究結果は、コンクリートなど単一材料を対象とした実験結果である。例えば RC 構造物のような複合部材の場合には、力学性状の異なる各材料に荷重が分担される事により、荷重分担率が変化することが考えられる。このことにより、部材が想定外の挙動を示す可能性があると考えられる。

これまでに筆者らが行った研究結果⁴⁾より、材料特性の異なる材料に荷重制御による軸圧縮力を載荷した場合には、荷重の分担は一定とはならず荷重の増加と共に変化するという結果が得られている。そこで本研究では、応力-ひずみ関係が線形および非線形材料を用いた圧縮実験を行い、断面積比による材料特性値の変化をまとめ考察したものである。

2.解析方法

コンクリートの応力-ひずみ関係は、式(1)、図-1 に示す 3 次の非線形構成式である Duffing 型応力-ひずみ関係を用いることとした。

(1)
$$\sigma = E \left(\varepsilon - \frac{\varepsilon^3}{3\varepsilon_0^2} \right)$$

ここで、E:初期接線弾性係数
ε₀:最大応力発生時のひずみ

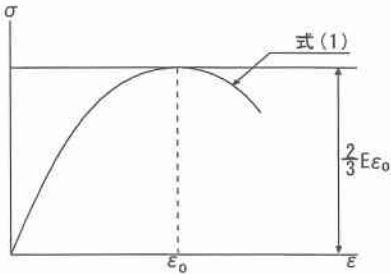


図-1 Duffing型応力-ひずみ関係

3.供試体および実験方法

本実験では、試験機からの載荷荷重を応力-ひずみ関係が線形関係である鋼材と非線形関係であるコンクリートに分担させるために図-2 に示す破壊緩和装置を用いて圧縮実験を行うこととした。使用した供試体は、w/c=0.4 のコンクリート円柱供試体 (φ 100 × H200mm) とし配合を表-1 に示す。使用材料は、普通ポルトランドセメント、細骨材 (鶴川産、比重=2.69, F.M.=2.69)、粗骨材 (静内産、比重=2.77, F.M.=7.03) とした。荷重載荷は載荷容量 2000kN の圧縮試験機を用い荷重制御により行った。破壊緩和装置は、上下面の鋼製載荷板および第 4 種 PC 鋼棒 4 本から成る檻状の装置である。本実験では、PC 鋼棒の径を φ 16, φ 21, φ 26,

表-1 コンクリートの配合

φ 31, φ 36 の 5mm 刻みに 5 種類を使用した。ここで、PC 鋼棒は基準を φ 36mm とし、その他の径は φ 36mm の

w/c	slump	air	s/a	unit weight (kg/m ³)				AE agent (cc/m ³)
				water	cement	S	G	
(%)	(cm)	(%)	(%)					
40	12.0	6.0	40.7	183	459	669	978	1180

Experimental Study on Characteristics Value of Compression Members on Compressive Load.
by Takashi KONDO, Tomoyuki SAWADA and Sumio G.NOMACHI

ものを削り作製した。破壊緩和装置内に、供試体、球座、ロードセルを図-2のように設置する。そして、圧縮試験機加圧板間に破壊緩和装置を挿入し荷重載荷を行う。試験機からの荷重増加速度は 4.0kN ± 0.2kN/sec とした。

3.実験結果および考察

図-3 (a)～(f)に本実験結果より得られたコンクリートの応力-ひずみ関係を示す。また、表-2 に各実験における断面積比および材料特性値、図-4 (a)～(c)に材料特性値の変化を示す。

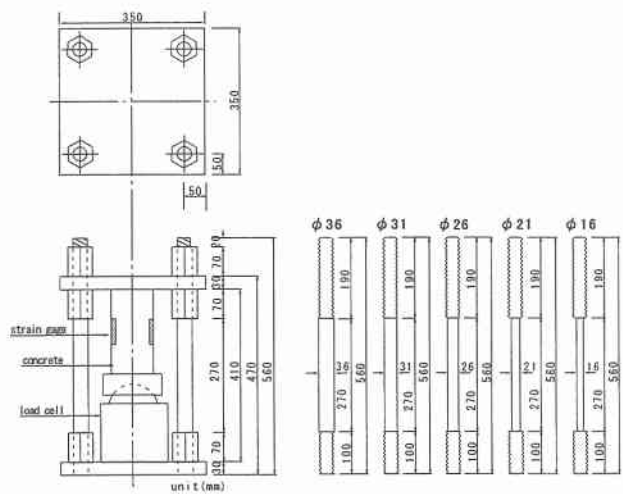


図-2 破壊緩和装置およびPC鋼棒の種類

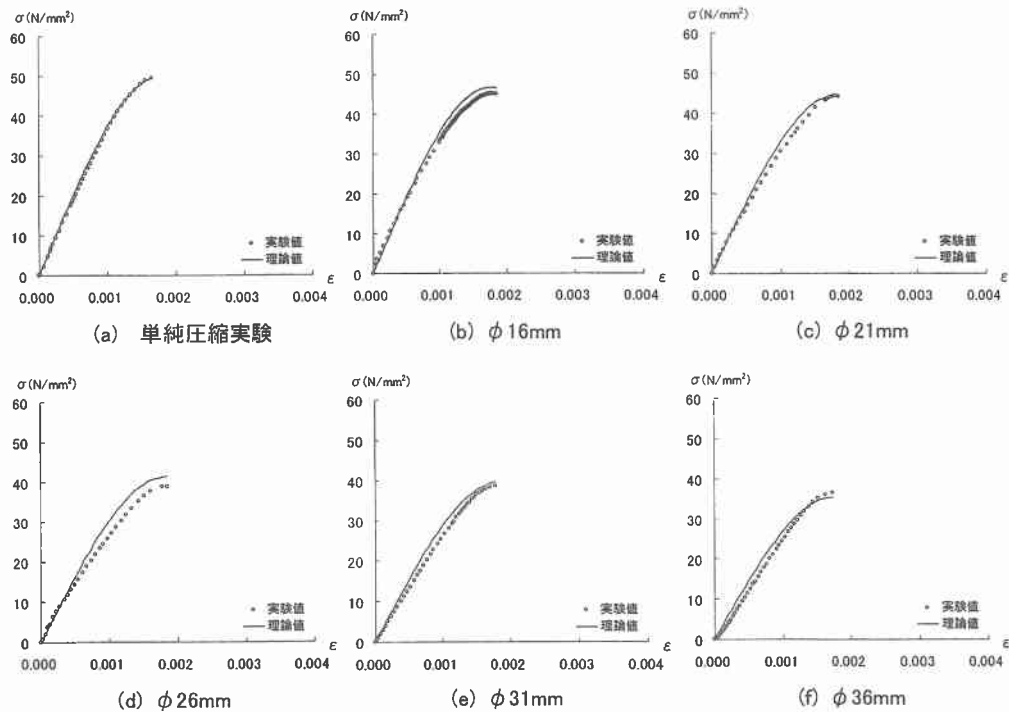


図-3 コンクリートの応力-ひずみ関係

表-2 各断面積およびコンクリートの材料特性値

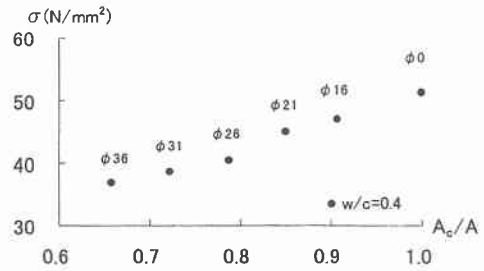
PC鋼棒の径	concrete						
	$A_c(\text{mm}^2)$	$A_s(\text{mm}^2)$	$A(\text{mm}^2)$	A_c/A	$\sigma(\text{N/mm}^2)$	ϵ_0	$E(\text{N/mm}^2)$
φ 0	7854	0	7854	1.000	51.3	0.001736	42354
φ 16	7854	804	8658	0.907	47.0	0.001793	39635
φ 21	7854	1385	9239	0.850	45.0	0.001829	36573
φ 26	7854	2124	9978	0.787	40.3	0.001957	33527
φ 31	7854	3019	10873	0.722	38.5	0.002026	31507
φ 36	7854	4072	11925	0.659	36.7	0.002142	30473

A_c : コンクリートの断面積
 A_s : PC鋼棒の断面積
 A : 総断面積
 σ : 最大応力
 ϵ_0 : 最大応力発生時のひずみ
 E : 弾性係数

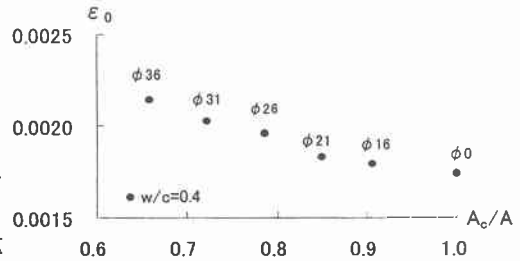
図-3(a)より、単純圧縮実験より得られたコンクリートの応力-ひずみ関係は、理論式として用いた Duffing 型応力-ひずみ関係と相似した関係を示しており、単純圧縮実験における適合性を検証することができた。図-3(b)～(f)に示した破壊緩和装置を用いて行った圧縮実験結果より、実験値と理論値に差異が生じていることが確認できる。単純圧縮実験結果において、実験値と理論値は相似した関係を示していることから、この差異の原因は供試体のばらつきなどに起因するものではなく、実験の過程で生じるものであると考えられる。また、破壊緩和装置の PC 鋼棒の径により異なるが、最大応力点の約 30%～50%付近より差異が生じ始める傾向を示している。これは、コンクリートの応力-ひずみ関係が載荷初期段階においては、線形に近い挙動を示すため PC 鋼棒と荷重を分担しても分担率がほぼ一定の割合で荷重が増加し、その後コンクリートの応力-ひずみ曲線の勾配は緩やかになり、線形に近い関係から多大きく逸脱して行くが PC 鋼棒の応力-ひずみ関係は線形関係であるため荷重の分担率に変化が生じ、コンクリートに対する載荷速度が低下するため差異が生じるものと思われる。また、各実験結果により得られた材料特性値は、単純圧縮実験結果と異なるものとなっている。

図-4(a)～(c)において、横軸は（コンクリートの断面積／総断面積）とした。ここで、総断面積は軸圧縮を受ける全断面積として考え、破壊緩和装置の PC 鋼棒 4 本の断面積とコンクリートの断面積の合計とした。何れの実験においても、コンクリートの断面積は同一のものを使用した。PC 鋼棒の径が変化することから、実験において総断面積に占めるコンクリートの断面積が変化することとなる。また、単純圧縮実験においては、PC 鋼棒の径を 0 として総断面積を考えることとした。

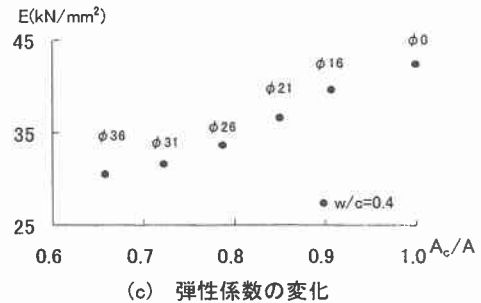
図-4(a)より最大応力は、 A_c/A の低下と共に低下する傾向を示している。これは、前報⁴⁾で示したように試験機からの荷重増加に伴い荷重分担率に変化が生じ、コンクリートに対する荷重増加速度が減少（載荷速度の低下）するためであると考えられる。実験結果より、最小自乗法によ



(a) 最大応力の変化



(b) 最大応力発生時のひずみの変化



(c) 弾性係数の変化

図-4 コンクリートの材料特性値の変化

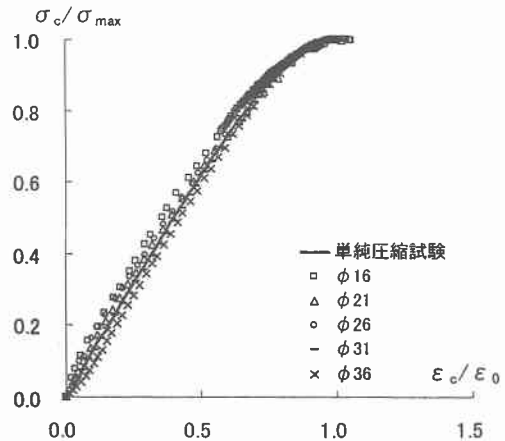


図-5 応力比-ひずみ比関係

る直線近似と試みたところ相関的な関係を得ることができたが、パラメータに関する解析および、セメントペーストの強度や骨材の種類などの要因によって変化すると考えられるため詳細については、今後の課題とする。また、(b)、(c)についても同様とする。

最大応力発生時のひずみは、 A_c/A の低下と共に増加する傾向を示している。実験時の供試体の状態は、単純圧縮実験では大きなせん断ひび割れを生じ、最大応力発生後瞬時に上下の円錐形を残し側面のコンクリートが破壊する形となる。しかし、破壊緩衝装置を用いた実験では多数の細かい縦ひび割れを生じ最大応力発生後、荷重が減少する過程で上下の円錐形を残し側面が崩壊する挙動を示した。このことから、単純圧縮実験の場合には、コンクリートの変形は縦ひずみの増加が大きく、横ひずみが小さいため圧縮変形に耐えられなくなり最大応力発生後瞬時に供試体が破壊する。しかし、破壊緩衝装置を用いた実験では、最大応力と同様に PC 鋼棒の径が大きくなると荷重の分担率が低下することにより荷重増加の勾配が緩やかになることから、縦ひずみが増加し圧縮変形に耐えられなくなる前に横ひずみが増加する時間的余裕、コンクリート内の水分の移動が可能となる等により、最大応力発生時のひずみが増加する傾向を示すと考えられる。

弾性係数は、 A_c/A の低下と共に低下する傾向を示している。まず、最大応力が低下し、最大応力発生時のひずみが大きくなることから、応力-ひずみ曲線の勾配が低下することが一因としてあげられる。そして、破壊緩衝装置を用いた実験では、表面に多くの縦ひび割れが発生していることから、コンクリート内部にも同様に微小なひび割れが多数発生し、単純圧縮実験と比較すると同載荷重時における変形量は大きくなるが耐荷力は低下するためであると考えられる。

図-5 に各実験結果から得られた応力-ひずみ関係を応力比-ひずみ比関係として示す。既往の実験結果⁹⁾において、同一のコンクリートにおける一軸圧縮実験時の応力比-ひずみ比の関係は、ひずみ速度に関わらずほぼ同様の経路を示す結果示されているが、本実験方法においても単純圧縮実験、破壊緩衝装置を用いた実験に関わらず応力比-ひずみ比の関係は、ほぼ同様の経路により破壊または、崩壊に至る結果が得られた。

4.まとめ

本実験結果より、次に示すことが確認された。

- 1) 総断面積に対する A_c/A の減少と共に最大応力は低下、最大応力発生時のひずみは増加、弾性係数は低下する傾向を示す。
- 2) 実験の状態により、同一のコンクリートにおける応力-ひずみ曲線は異なる挙動を示すが、応力比-ひずみ比関係は同様の傾向を示す。

以上から、RC 部材において軸方向鉄筋の変化によりコンクリートの挙動が変化する可能性が考えられる。今後、軸方向鉄筋比を変化させた RC 柱部材による実験を行い解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 畑野正：コンクリートの静的圧縮変形、破壊に対する時間効果，土木学会論文集第 70 号，pp32-39，1960
- 2) 細谷博，安部勇，岡田恒男，北川良和：鉄筋コンクリート部材の耐力と破壊性状に及ぼすひずみ速度の影響に関する研究，コンクリート工学論文集第 4 巻第 2 号，pp43-55，1993
- 3) 細谷博，岡田恒男，北川良和，中埜良昭，隈澤文俊：ひずみ速度を考慮したファイバーモデルによる鉄筋コンクリート部材の断面解析，日本建築学会構造系論文集第 482 号，pp83-92，1996
- 4) 近藤崇，澤田知之，能町純雄： $\sigma - \epsilon$ 関係の異なる非結合部材の圧縮時の挙動について，土木学会北海道支部論文報告集第 55 号(A)，pp172-175
- 5) 岩井哲，吉田望，中村武，若林實：構造部材の挙動に及ぼす載荷速度の影響に関する実験的研究，日本建築学会論文報告集第 314 号，pp102-110，1982