

I-21

RC 柱部材の軸圧縮耐荷力に及ぼす載荷速度の影響について

苫小牧高専	正員	近藤 崇
苫小牧高専	正員	澤田 知之
北大名誉教授	正員	能町 純雄
日本大学	正員	木田 哲量

1. はじめに

コンクリートに関する圧縮強度試験を行う際に、コンクリートの圧縮強度に影響を及ぼす要因として、供試体の細長比、寸法、試験機および供試体の加圧面の摩擦や載荷速度などを挙げることができる。また、コンクリートの応力-ひずみ関係の挙動には、弾性・塑性挙動および粘性流動が関係することも広く知られている。したがってこれまでに、コンクリートの圧縮強度と載荷速度または、寸法効果の関係や剛性試験機を用いたコンクリートの最大応力発生後の応力-ひずみ関係など単純圧縮試験とは異なる方法による実験研究が、様々な形で行われている。

これまでの載荷速度に関する研究結果は、何れも実験中はの終始単一の載荷速度でコンクリートの圧縮実験を行い、その速度を変化させて行ったものが主である。しかし、RC 柱部材や RC 梁の様に性質の異なる材料からなる複合材料は、設計当初から予め外力を受け持つ役割を考慮して作成した部材では、荷重は各材料に様に分担されず、時間・荷重の増減によって変化することが明らかにされている。

そこで、本研究では RC 柱部材における圧縮強度と載荷速度の関係を解析する基礎実験として、鋼材およびコンクリートを独立した状態で、同時に圧縮力を与えた場合の挙動を把握するために破壊緩和装置を用いた圧縮実験を行うこととした。

2. Duffing型応力-ひずみ関係およびRC柱部材解析の基礎構成式

まず、非線形な力学特性を有する材料に外力が作用した場合の応力 σ とひずみ ε の関係を式(1)に示す連続関数として表すこととする。

$$\sigma = f(\varepsilon) \quad (1)$$

ここで、ひずみ ε は微小変形であると仮定すると、式(1)をマクローリン展開し、さらに構成材料の初期接線弾性係数 E を正負応力に対して等しいと仮定し、第3項までをとれば、式(2)として表すことができる

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

ここで、 ε_0 ：最大応力発生時のひずみ値、 E ：初期接線弾性係数

式(2)は Duffing の振動方程式の復元力と同様に 3 次の奇数べきで表されるので、Duffing 型応力-ひずみ関係と称した。

また、RC 柱部材の基礎構成式は、鋼材の応力-ひずみ関係をフックの法則に従う線形関係とし、コンクリートの応力-ひずみ関係を上記の Duffing 型応力-ひずみ関係として整理すると式(3)として表される。

$$P = A_s E_s (1 + \rho n) \left(\varepsilon - \frac{\varepsilon^3}{3\varepsilon_0^2 (1 + \rho n)} \right) \quad (3)$$

Study on influence of the Compressive Strength of Reinforced-concrete columns on the Loading-rate.
by Takashi KONDO, Tomoyuki SAWADA, Sumio G.NOMACHI and Tetsukazu KIDA

$$\text{ここで、} \rho n = \frac{A_s}{A_c} \cdot \frac{E_s}{E_c}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_c = \varepsilon_s$$

ε_s : 鋼材のひずみ

ε_c : コンクリートのひずみ

A_s : 鋼材の断面積

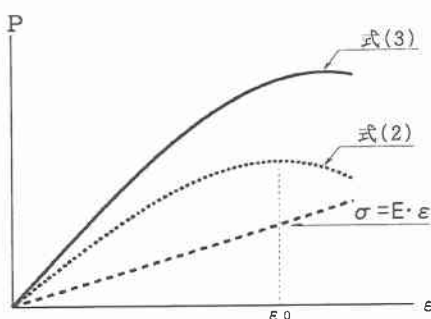
A_c : コンクリートの断面積

E_s : 鋼材の弾性係数

E_c : コンクリートの弾性係数

ε_o : コンクリートの最大応力発生時のひずみ

式(3)は基本となる式であり、付着応力や拘束されたコンクリートの圧縮挙動等の種々の問題は考慮していない。今後、式(3)を基にして、種々の問題を考慮したものへと発展させる予定である。また、図-1に、荷重-ひずみ関係(φ150mm×H300mmの場合)を示す。



柱部材(d=15cm)において

柱の断面積 ($A_c = 176.71 \text{ cm}^2$)
 コンクリートの有効断面積 ($A_e = 84.95 \text{ cm}^2$)
 鉄筋(6-D10)の有効断面積 ($A_{st} = 4.28 \text{ cm}^2$)
 の場合

図-1 荷重-ひずみ関係

3. 実験方法

3-1 供試体

コンクリート供試体はJIS R 1132に基づいて作成したφ100mm×H200mmの円柱とした。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2.70、F.M.=2.66)、粗骨材(沙流川産、 $G_{max}=25\text{mm}$ 、比重2.71、F.M.=7.03)、混和剤(AE剤:ピンソルW)とし、配合は表-1に示す。また、養生日数は28日間とした。

表-1 コンクリートの配合1

w/c (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m³)				AE剤 (cc/m³)
				水	セメント	細骨材	粗骨材	
35	7.6	7.6	39.5	175	500	646	972	1250
45	19.5	10.0	41.4	175	389	718	997	973

3-2 実験装置

荷重載荷は載荷容量 200tfのアムスラー型万能試験機を使用し、荷重制御により行った。

破壊緩和装置は図-2に示した形状である。

ここで、破壊緩和装置の上面の鋼製載荷板はナットで挟み上下に可動させることができ、下面の鋼製載荷板はφ36mmの第4種PC鋼棒4本で支持固定したものである。

3-3 実験方法

破壊緩和装置内には、両側面に軸方向および軸直角方向に1枚ずつひずみゲージを貼付した供試体、球座、ロードセルを図-2のように設置する。そして、万能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。また、載荷速度は荷重の増加が毎秒2400±200Nとなるようにする。

測定結果より、コンクリートの圧縮応力は圧縮実験中に加えられた荷重を供試体の元の最小断面積で除して求める。ここで、求められた応力を縦軸、荷重に対するひずみ値を横軸

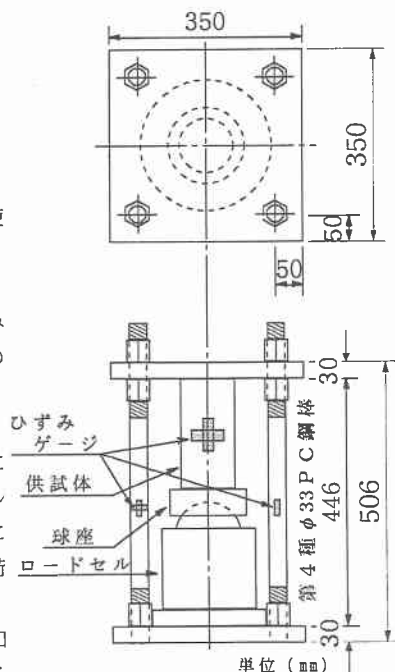


図-2 破壊緩和装置

にプロットして応力-ひずみ曲線を描くために、4 自由度の多項式による最小二乗法により整理し Duffing 型応力-ひずみ関係において必要なパラメータである弾性係数 E、最大応力発生時のひずみ ε_0 を得ることとし、得られた曲線を実験値とした。ここで、E は圧縮初期接線弾性係数と定義できるので、圧縮応力-ひずみ曲線の初めの接線こう配とする。すなわち、式 (4) によって求める。

$$E=\frac{d\sigma}{d\varepsilon}\Big|_{\varepsilon=0} \tag{4}$$

ここで、E：初期接線弾性係数(N/mm²)

4. 実験結果および考察

まず、水セメント比の異なる 2 種類の供試体について、破壊緩和装置を用いて行った圧縮実験の結果を図-3、4 に、材料係数を表-2、3 に示す。この結果より、理論値より測定値が低強度を示していることが分かる。このことは、前回¹⁾の報告と同様に実験中のコンクリートに対する載荷速度の低下が要因となっている。ここで、w/c=0.35 のコンクリートより、w/c=0.45 の最大応力発生時のひずみが大きくなっている。このことは、実験方法の不具合によるものではなくコンクリート作製時におけるスランプや骨材量、コンクリート中の含水量などに起因しているものであると考えられる。

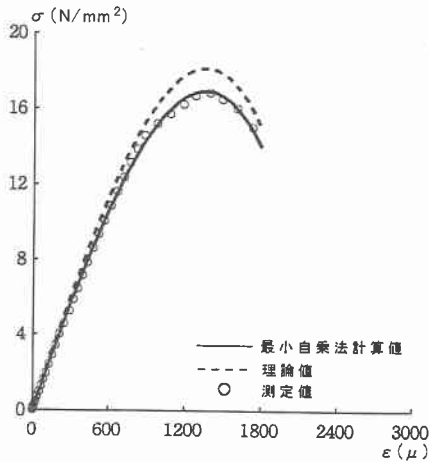


図-3 応力-ひずみ関係 (No.1)

表-2 材料係数 (No.1)

供試体	w/c=0.35	28days cured
弾性係数 E (N/mm ²)	2.8401×10 ⁴	
最大応力発生時のひずみ ε_0	0.0136	

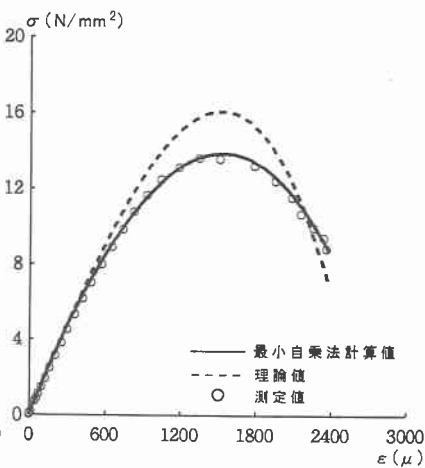


図-4 応力-ひずみ関係 (No.2)

表-3 材料係数 (No.2)

供試体	w/c=0.45	28days cured
弾性係数 E (N/mm ²)	1.9144×10 ⁴	
最大応力発生時のひずみ ε_0	0.00154	

図-5、6 に荷重-時間図を示す。この図より、PC 鋼棒およびコンクリートに分担される荷重は、試験機からの荷重の増加(実験の進行)に伴い変化している。また、試験機からの荷重は、ほぼ線形を示しているが、それぞれに対する載荷速度は何れも線形とはなっていない。PC 鋼棒に対する荷重は、増加傾向を示し、その増加する割合は、時間と共に大きくなっている。コンクリートに対する荷重は、増加するが最大応力発生後に低下傾向を示している。図-7、8 にひずみ-時間図を示す。通常、結合部材に荷重載荷を行った場合、弾性係数や荷重分担率に関わらず、同量のひずみを生じる。しかし、本実験においてはそのような結果が得られなかった。これについては、それぞれの高さが異なること、ロードセルの縮みを考慮していないなどによるもので、今後の解析において考慮する必要があると思われる。

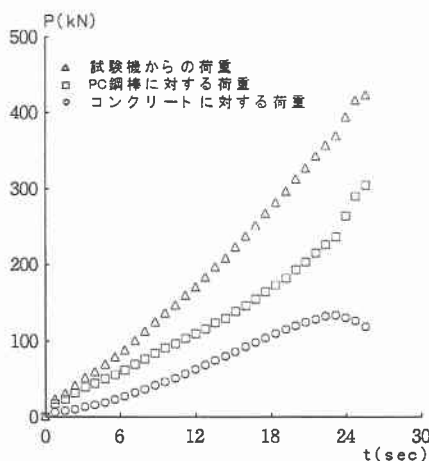


図-5 荷重-時間図 ($w/c=0.35$)

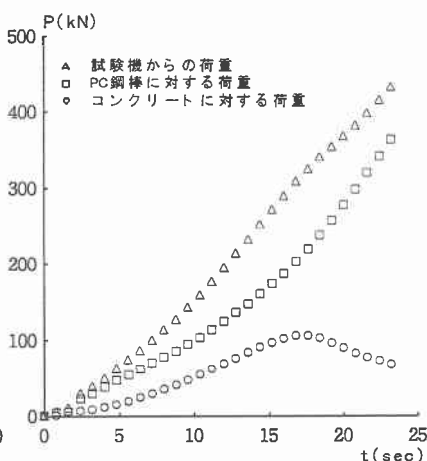


図-6 荷重-時間図 ($w/c=0.45$)

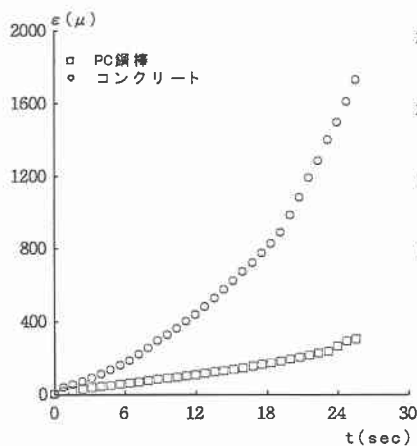


図-7 ひずみ-時間図 ($w/c=0.35$)

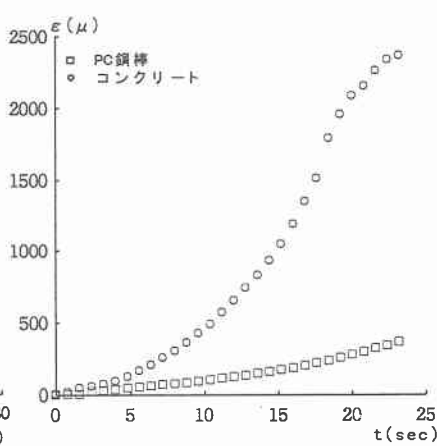


図-8 ひずみ-時間図 ($w/c=0.45$)

5. まとめ

本実験方法により、性質の異なる部材が同時に圧縮力を受ける時の分担過程を計測することが可能であることが判明した。また、実験において荷重制御は、荷重制御により行うこととしたが、結果においてコンクリートの挙動はひずみ制御的な動きをすることが確認された。

以上より、今後の課題として、コンクリートの配合やPC鋼棒の径を変化させた実験を行い双方の挙動を調査し、これらの影響による荷重分担率の変化の調査を行う。また、荷重分担率の定式化および、式(3)を基礎構成式とした載荷速度の変化による圧縮荷重への影響を考慮した構成式の構築も順次行う予定である。

<参考文献>1)近藤崇・澤田知之・木田哲量・能町純雄, Duffing 型応力-ひずみ関係を有する非線形材料に関する実験的研究, 土木学会北海道支部論文報告集第53号(A), pp262-265, 1997

2)村田二郎・岩崎訓明, 新土木実験指導書, 技報堂出版, pp131-146, 1994

3)村田二郎・越川茂雄・富田嘉雄, コンクリートの応力-ひずみ曲線について, 土木学会第30回年次学術講演会講演概要集(V), pp195-196, 1975