

## 純曲げを受ける供試体寸法の異なるRC梁の 塑性変形性能とその変動に及ぼす主筋比の影響

小池狭千朗・大石健次・奥谷伸幸

### Size Effect on Flexural Plastic Deformation Capacity and its variation of RC Beams without Transverse Reinforcement under Uniform Flexural Moment

Sachio KOIKE, Kenji OHISHI and Nobuyuki OKUYA

This study examined the variations of moment-curvature relationships of reinforced concrete beams without transverse reinforcement under uniform flexural moment and size effect on the flexural plastic deformation capacity of reinforced concrete beams. Concrete compressive strength and the inelastic stress-strain behaviors were examined in terms of the size of specimen by using a stiff compressive testing machine.

Considering the probability distribution of materials, the computer simulation was done by the Monte Carlo Method, and the results were compared with ones of the moment-curvature relationships of reinforced concrete simple beams obtained by the experiment.

The moment-curvature relationships of reinforced concrete beams are remarkably affected by the size of beam and the percentage of tension reinforcement ratio. Especially, for the beams with large percentage of tension reinforcement the following results were obtained: the moment-curvature relationships obtained from the experiment are not similar with the analysis using the stress-strain relations tested under uniaxial compressive loading.

#### 1. まえがき

応力下降域を含むコンクリートの応力度-ひずみ度曲線(以下,  $\sigma$ - $\epsilon$  曲線と略記)は, コンクリート供試体の形状・寸法やコンクリート中の骨材の粒度分布や粒径によって大きな影響を受ける。また, 鉄筋コンクリート梁(以下, RC梁と略記)の等曲げモーメント区間の塑性域のモーメント-曲率関係は, 曲げ圧縮域のコンクリートの $\sigma$ - $\epsilon$  曲線の影響を受けるため, 供試体寸法が相違するRC梁のモーメント-曲率関係の解析にはこれらの影響を考慮したコンクリートの $\sigma$ - $\epsilon$  曲線を適用する必要がある。また, RC梁のモーメント-曲率関係のばらつきは曲げ圧縮域のコンクリートと鉄筋の寸法や力学特性のばらつき, 供試体の製作誤差, 裁荷実験に伴

う各種の誤差等に起因すると考えられる。今回, 供試体寸法と引張鉄筋比を変えたRC単筋単純梁の曲げ載荷実験を実施し, 等曲げモーメント区間における塑性域のモーメント-曲率関係とそのばらつきに及ぼす供試体寸法と引張鉄筋比の影響を実験的に調べるとともに, 先に報告したコンクリートの $\sigma$ - $\epsilon$  曲線の表示式をRC梁の曲げ圧縮域のコンクリートに適用して, RC梁の曲げ解析を実施し, 実験結果と比較検討するとともに, モンテカルロ・シミュレーションによって求めたRC梁のモーメント-曲率関係のばらつきを実験結果のそれと比較検討した。

供試体寸法の小さなコンクリートでは, 寸法の大きなものに比べて圧縮強度が低く塑性変形挙動は延性的であることは, 筆者らがすでに報告した。供試

表1 RC梁の実験の概要

シリーズ	寸法 (cm)			曲げスパン 3 h (cm)	せん断スパン 3 h (cm)	使用鉄筋 (本数-径)	引張鉄筋比 $p_t$ (%)	
	幅	高さ	有効せい					
試験体 I	a	4.46	8.92	8.03	26.76	26.76	2-D 6	1.4
	b						3-D 6	2.1
	c						4-D 6	2.8
試験体 II	a	7.25	14.5	13.05	43.50	43.50	2-D 10	1.4
	b						3-D 10	2.1
	c						4-D 10	2.8
試験体 III	a	9.68	19.36	17.42	58.08	58.08	2-D 13	1.4
	b						3-D 13	2.1
	c						4-D 13	2.8
試験体 IV	a	12.45	24.90	22.41	74.70	74.70	2-D 16	1.4
	b						3-D 16	2.1
	c						4-D 16	2.8

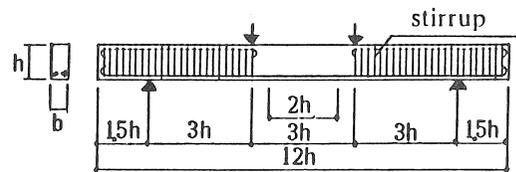
表-2 コンクリート角柱供試体の概要と圧縮強度

梁試験体名	角柱供試体の寸法 (cm)	コンクリートの圧縮強度				圧縮強度時の ひずみ(平均値) ( $\times 10^{-6}$ )
		個数	平均値(kg/cm <sup>2</sup> )	標準偏差	変動係数(%)	
試験体 I	4.46×4.46×13.38	15	182	18.9	10.4	1420
試験体 II	7.25×7.25×21.75	15	204	11.2	5.5	1200
試験体 III	9.68×9.68×29.04	15	220	10.2	4.6	1430
試験体 IV	12.45×12.45×37.75	15	224	8.2	3.7	1600

体寸法の小さな梁では、梁の中立軸から圧縮縁までの距離が小さく応力勾配が大きく、圧縮部のコンクリートが延性的であるため曲げ強度がやや向上するものと考えられる。引張鉄筋比の大きな梁では、圧縮部のコンクリートの力学特性の影響がさらにおおくなるため、鉄筋比の低い梁よりこの影響がさらに大きくなるものと考えられる。一方、中心軸圧縮を受ける寸法の小さなコンクリートの圧縮強度は低く、 $\sigma-\epsilon$  関係の延性的性質を考慮したRC梁の断面解析による曲げ強度は低く、延性的であることが考えられる。本実験では、 $P_t=2.8\%$ で梁幅  $b$  が4.46と7.25cmの梁供試体も計画に含まれているため、これらの梁の実験結果と解析結果を比較検討し、RC梁の曲げ変形性能に及ぼす供試体寸法の影響について考察する。

## 2. 実験方法

表-1にRC梁供試体の実験の概要を示す。実験要因として、供試体寸法の相違と引張鉄筋比の相違を取り上げた。供試体の寸法は、表-1に示すよう

図-1 RC梁の配筋図の一例( $p_t=1.4\%$ )

に梁幅  $b$  が4.46cm, 7.25cm, 9.68cm および12.45 cmの4種類とした。引張鉄筋比は  $p_t=1.4\%$ , 2.1% および2.8%の3種類とした。はり供試体の全せい(高さ)は幅の2倍とした。図-1にRC梁の配筋図の一例を示す。引張側主筋にはSD30異形鉄筋D10, D13 およびD16を各鉄筋比に応じて2~4本、それぞれ使用した。純曲げスパン3hの全区間とも、圧縮筋およびあばら筋は無筋とした。梁供試体の個数は同一要因の供試体を各10体、合計120体とした。

表-2にコンクリート角柱供試体の概要を示す。コンクリート角柱供試体は高さが幅の3倍とし、供試体の断面の一边( $s$ )は梁の幅( $b$ )と等しくし

表-3 コンクリートの調合表

W/C (%)	粗骨材粒径 (mm)	単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	セメント (kg)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	S/a (%)	空気量 (%)	スランプ (cm)
60	25以下	185	308	645	1204	35	1.0	15

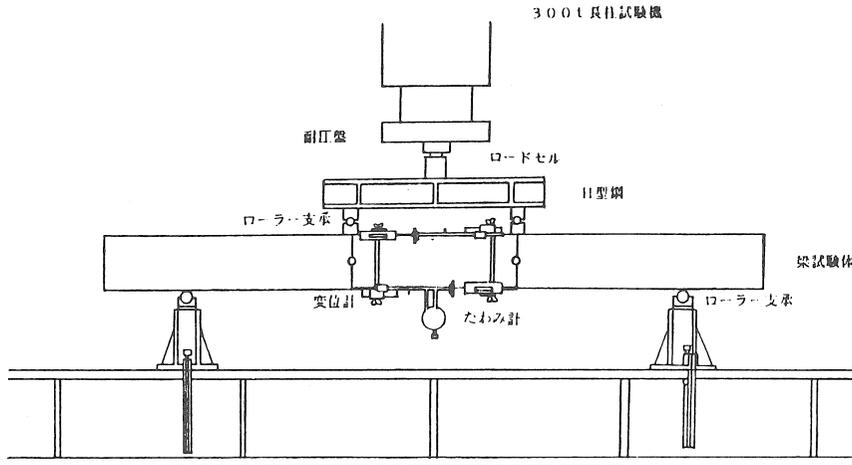


図-2 RC梁の載荷方法の概要

た。角柱供試体は同一要因のものを各15個、合計180個作成した。コンクリートの製作には、普通ポルトランドセメントを使用した。細・粗骨材には天竜川産の川砂(5 mm未満)および川砂利(5 mm以上、25mm以下)を使用した。表-3に使用コンクリートの調合表を示す。水セメント比は60%、コンクリートのスランプは15cmとした。

梁試験体のコンクリートの打設には、同一引張鉄筋比を有し、供試体寸法の異なる4種類の梁試験体(各10)、合計40体を1グループとして3種類の各引張鉄筋比別に3回に分けて打設した。試験体はすべて材令6週まで実験室内で空中養生した。図-2にRC梁供試体の載荷方法の概要を示す。載荷は3等分載荷単筋単純梁とし、等曲げ区間の長さは3h、せん断スパンの長さは3hとした。曲率の測定長は2hとし、スパンの中央部で計測した。コンクリート角柱供試体の圧縮ひずみの測定長は2s(一辺の長さsの2倍、2s=2b=h)とし、剛性試験機で圧縮試験を実施し、圧縮ひずみを $10000 \times 10^{-6}$ まで求めた。

### 3. 実験結果とその考察

表-2中にコンクリートの圧縮強度の平均値とその変動係数、および圧縮強度時の平均圧縮ひずみの実験結果を示す。表-4にRC梁に使用した主筋の力学的性質を示す。表-5にRC梁の実験結果の一例を示す。

#### 3.1 コンクリートの圧縮強度と $\sigma$ - $\epsilon$ 曲線に及ぼす供試体寸法の影響

図-3にコンクリート角柱供試体の圧縮強度の平均値と供試体寸法の関係を示す。供試体寸法が大きくなるほど圧縮強度は急激に増加しているが、寸法が約10cmを超えると強度の増加率が頭打ちとなる。寸法の最も小さなコンクリートの圧縮強度は大きなものの0.8倍の強度しか示していない。

図-4にコンクリート角柱供試体の $\sigma$ - $\epsilon$ 曲線のばらつきと平均曲線を示す。寸法の小さなs=4.46cmのコンクリートでは、非常に大きなばらつきがみられる。図-5にコンクリート角柱供試体の $\sigma$ -

表-4 使用鉄筋の力学的性質

鉄筋の種類	断面積 (cm <sup>2</sup> )	降伏点		引張強度		伸び率の平均 (%)	試験体の個数
		平均値 (kg/cm <sup>2</sup> )	変動係数 (%)	平均値 (kg/cm <sup>2</sup> )	変動係数 (%)		
D 6	0.277	4970	3.56	6630	2.88	20.4	10
D10	0.680	4240	1.20	6020	1.08	23.5	
D13	1.185	4310	0.93	6330	0.71	23.8	
D16	1.980	3820	1.36	5650	0.77	24.0	

表-5 RC梁の実験結果の一例

試験体		モーメント (t・m)		
		初曲げ ひび割れ	降伏 荷重時	最大 荷重時
試験体 I	a	0.051	0.380	0.385
	b	0.080	—	0.497
	c	0.112	—	0.559
試験体 II	a	0.268	1.344	1.400
	b	0.375	1.906	1.906
	c	0.496	—	2.399
試験体 III	a	0.414	3.283	3.349
	b	0.689	4.513	4.563
	c	0.743	—	5.572
試験体 IV	a	0.584	6.208	6.505
	b	0.875	8.669	9.015
	c	1.108	—	10.70

※：a… $p_t=1.4\%$ ， b… $p_t=2.1\%$ ， c… $p_t=2.8\%$

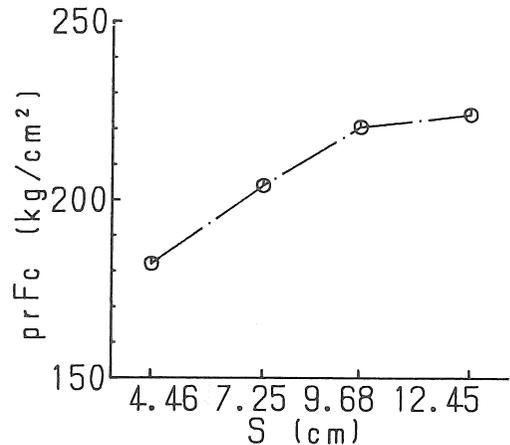


図-3 コンクリート圧縮強度と供試体寸法の関係 (平均値)

$\epsilon$  曲線の平均値を供試体寸法別に示す。供試体寸法が大きくなるほど強度は増加するが、応力下降域の形状はぜい性的である。

### 3.2 RC梁の曲げ終局耐力に及ぼす供試体寸法の影響

図-6 に無次元化された曲げ終局モーメント指標 ( $M/bd^2$ ) の実験値と供試体寸法の関係を、主筋比別に□印で示す。 $p_t=1.4\%$  の梁は、梁に使用した鉄筋の降伏点が表-4 に示すように他の梁よりもかなり高い。 $p_t=1.4\%$  で  $b=4.46$  及び  $7.25$  cm の梁の耐力はやや高い値を示しているが、これは使用した主筋の降伏点が高いため、供試体寸法の相違による耐力の差は認められない。一方、 $p_t=2.8\%$  で  $b=4.46$  cm の梁では、鉄筋が降伏する前に圧縮部のコンクリートの強度で梁の曲げ耐力が決まる。寸法の小さな梁ほど圧縮部のコンクリートの強度が低いため、

曲げ耐力は降伏点の高さほどには上がらないはずである。この梁の曲げ終局耐力の実験値は頭打ちとなっており、圧縮部のコンクリートの強度が寸法の影響を受けて低いことを裏付けている。図-6 中の○印は、表-2、図-3 および図-5 に示す中心圧縮を受ける同じ寸法 ( $b=s$ ) をもつコンクリート角柱の実験値を梁の圧縮部のコンクリートに適用して断面解析した結果を示したものである。梁の寸法が小さくなるにつれて、曲げ耐力の計算値は低下する傾向を示している。梁の寸法が小さくなるほど、実験値と計算値の差は大きくなる傾向を示している。この傾向は、引張鉄筋比  $p_t$  の大きな梁ほど著しい。引張鉄筋比が大きく寸法の小さな梁では、梁の幅と同じ寸法をもつコンクリート角柱の圧縮強度の実験値を用いると、低すぎる曲げ終局耐力を与えることを示している。

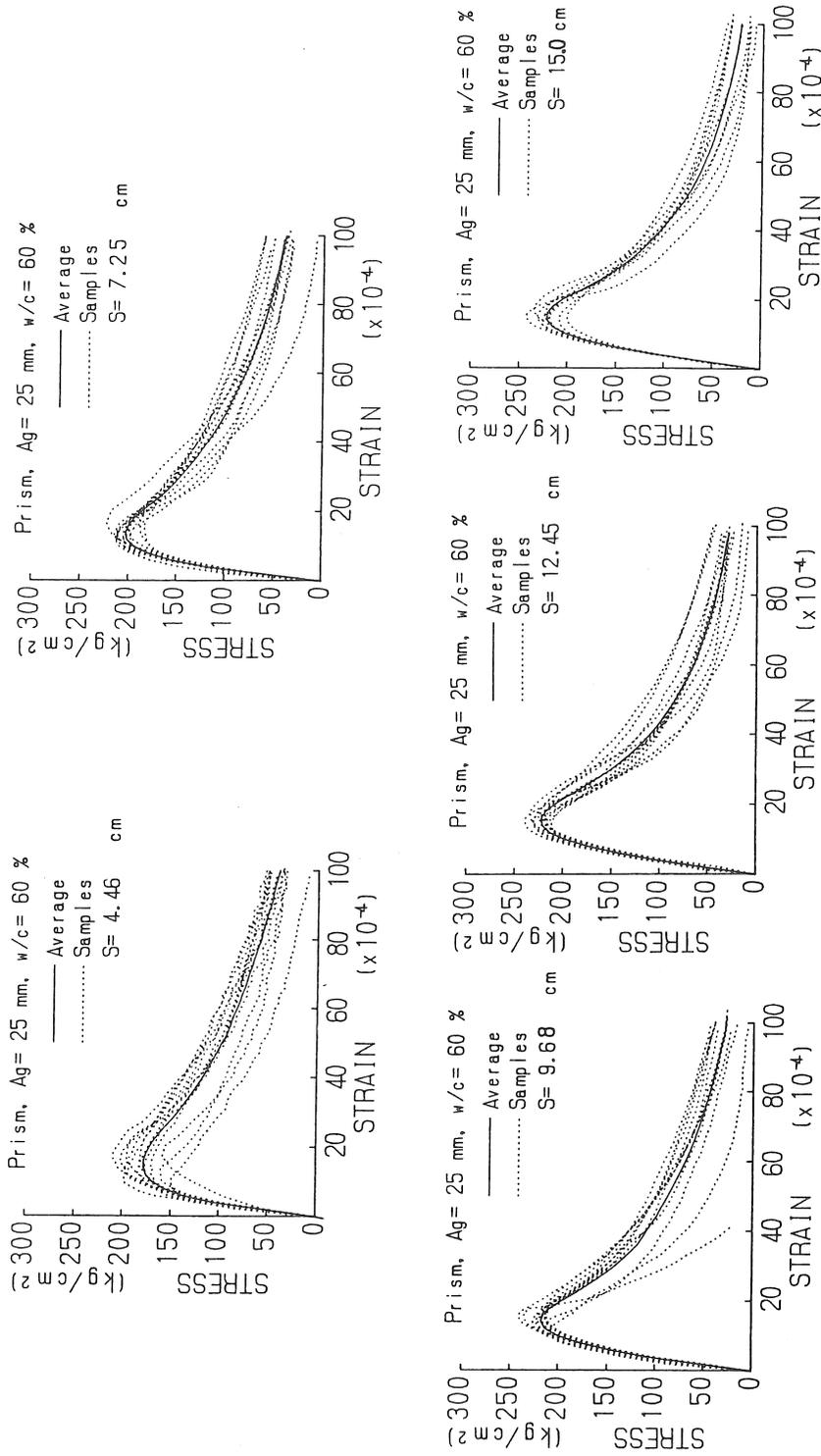


図-4 コンクリート角柱供試体の $\sigma - \epsilon$  曲線の実験結果と平均値

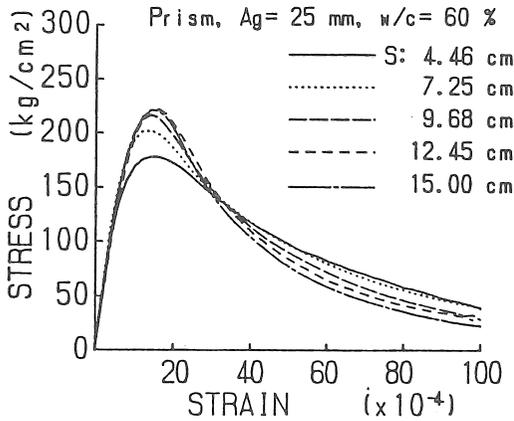


図-5 コンクリート角柱供試体の $\sigma$ - $\epsilon$  曲線に及ぼす供試体寸法の影響(平均値)

### 3.3 RC梁のM- $\phi$ 曲線の変動とモンテカルロ・シミュレーション

図-7にRC梁のモーメント ( $M/bd^2$ ) - 曲率 ( $\phi \cdot d$ ) (以下M- $\phi$  曲線と略記) 関係の実験結果のばらつきと曲線の平均値を示す。(a), (b)および(c)はそれぞれ  $p_t=1.4\%$ ,  $2.1\%$ および $2.8\%$ の梁の結果である。いずれの梁のM- $\phi$  曲線も、曲線の上昇域では大きなばらつきはみられないが、下降域では大きなばらつきを示している。さらに引張鉄筋比が大きな梁では、引張鉄筋比が大きく最大耐力がコンクリートで決まるために、最大耐力時のばらつきも大きな値を示している。図-8に  $s=9.68\text{cm}$  (梁幅  $b$  と角柱供試体の一辺  $S$  が同じとなるコンクリート) のコンクリート角柱供試体の $\sigma$ - $\epsilon$  曲線のばらつきおよび平均曲線を示す。コンクリートの $\sigma$ - $\epsilon$  曲線は応力下降域において大きなばらつきを示している。

図-8に  $b=9.68\text{cm}$  のRC梁のM- $\phi$  曲線に関するモンテカルロ・シミュレーションの結果の一例を示す。解析に用いたD13鉄筋の降伏点の平均値は  $4310\text{kg/cm}^2$ 、変動計数は0.93%である。引張鉄筋の降伏点の確率分布は、平均値  $4310\text{kg/cm}^2$ 、 $\sigma=40.1\text{kg/cm}^2$  の正規分布とみなし、鉄筋の降伏点の類似乱数を発生させた。コンクリートの $\sigma$ - $\epsilon$  曲線は、実験によって得られたデータを連続曲線に置換して、乱数を用いて発生順序を乱に発生させ、前述の鉄筋の疑似乱数と組合せ、断面解析を行った。シミュレーションに用いた  $s=9.68\text{cm}$  の寸法のコンクリートの $\sigma$ - $\epsilon$  曲線を図-9に示す。図-8(a)は  $p_t=1.4$

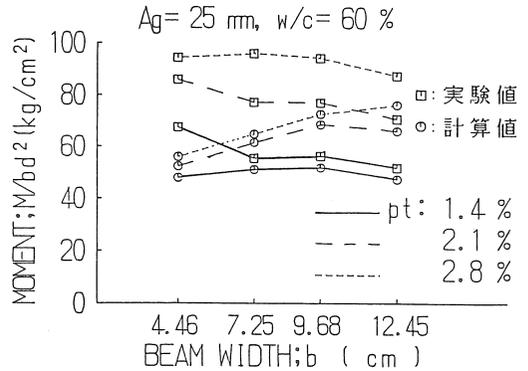


図-6 曲げ終局モーメントの実験値と計算値に及ぼす供試体寸法の影響

%, 図-8(b)は  $p_t=2.8\%$  のRC梁のシミュレーション結果とその平均値を示したものである。図-10に  $b=9.68\text{cm}$  の梁のM- $\phi$  曲線の実験結果を再掲する。M- $\phi$  曲線の実験値は、平均曲率の測定長を2hとして求めたものであり、断面解析の結果と直接比較することはできないが、M- $\phi$  曲線の上昇域ではばらつきが少なく、下降域ではばらつきが大きくなっている点、および  $p_t=2.8\%$  のはりの最大耐力時のばらつきが大きくなっている点など、図-10の実験結果の傾向を比較的よく表示している。

### 3.4 M- $\phi$ 曲線と供試体寸法

図-11にRC梁のM- $\phi$  関係に及ぼす供試体寸法の影響を主筋別別に示す。図-11(a)は  $p_t=1.4\%$ 、図-11(b)は  $p_t=2.1\%$ 、および図-11(c)は  $p_t=2.8\%$  のRC梁のM- $\phi$  曲線である。図-11(a)に示す  $p_t=1.4\%$  の梁では、曲げ降伏時の耐力は鉄筋の降伏点に大きな影響を受けばらついているようにみえるが、実験結果は鉄筋の降伏点の相違を反映した値を示している。すなわち、降伏点の低い鉄筋をもつ梁ほど低い曲げ降伏耐力を示している。 $b=4.46\text{cm}$  のD6鉄筋をもつ梁は、鉄筋の降伏点が  $4970\text{kg/cm}^2$  と高く、曲げ降伏耐力が上昇している。鉄筋の降伏点が高すぎるために、ぜい性的な下降域を示しているが、他のシリーズの鉄筋と同じ程度の降伏点であれば、延性的な性状を示すものと考えられる。一方、一点鎖線の  $b=12.45\text{cm}$  のD16梁は、鉄筋の降伏点が  $3820\text{kg/cm}^2$  と低いために、鉄筋の降伏点の相違の差が出て、曲げ降伏耐力が低く、 $b=4.46\text{cm}$  梁と値が逆に出ており、鉄筋の降伏点が低いわりにM- $\phi$  曲

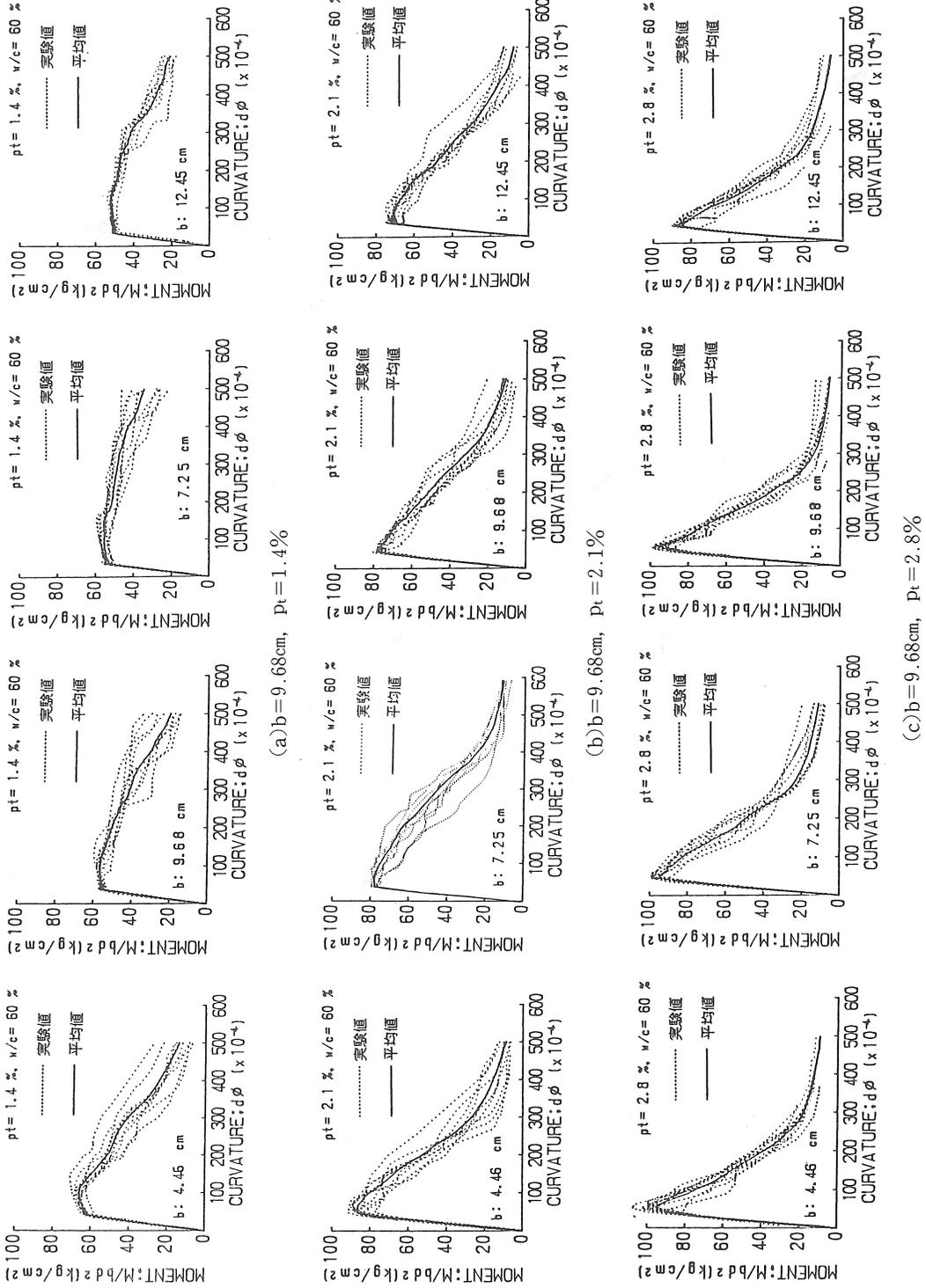


図-7 RC梁のM- $\phi$ 曲線の実験値とその平均値

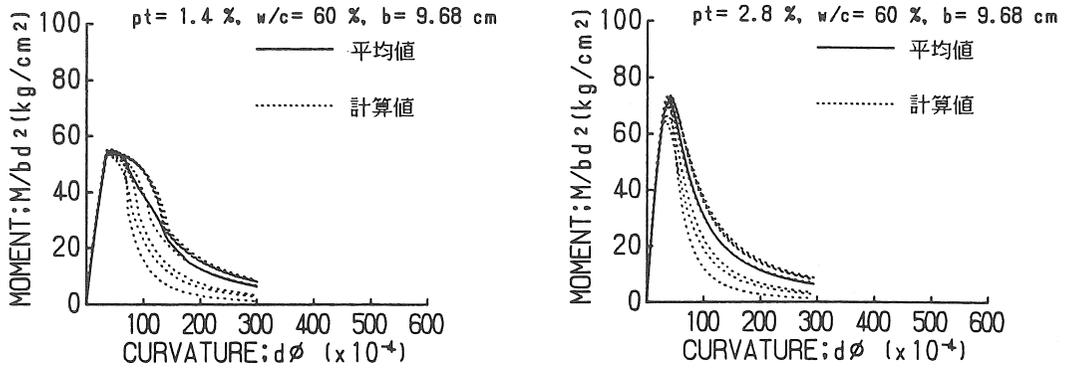


図-8 モンテカルロ・シミュレーションによるRC梁のM- $\phi$ 曲線のばらつきの一例

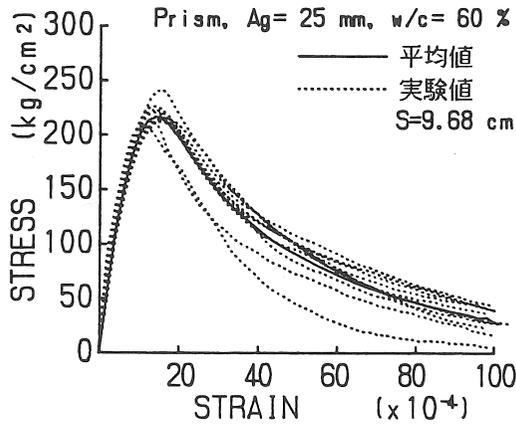


図-9  $S = b = 9.68\text{cm}$ のコンクリート角柱供試体の $\sigma - \epsilon$  曲線

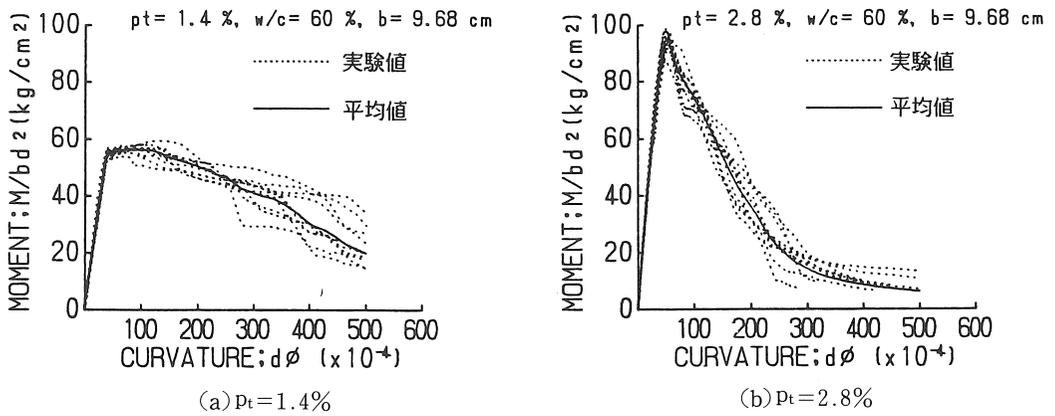


図-10  $b = 9.68\text{cm}$ RC梁のM- $\phi$ 曲線の実験値

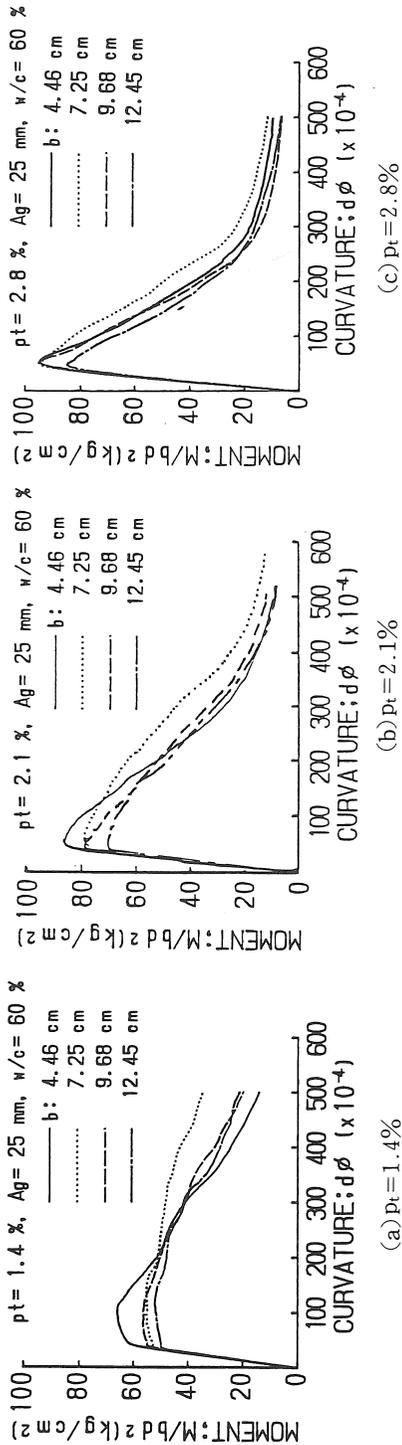


図-11 RC梁のM-φ関係に及ぼす供試体寸法の影響 (平均値)

線の下降域がぜい性的な性状を示している。 $p_t = 1.4\%$ の梁では、鉄筋の降伏点の影響を除くと降伏曲げ耐力に差はみられず、寸法の小さな梁ほどやや延性的な性状を示している。

図-11(b)と(c)は、 $p_t = 2.1\%$ および $2.8\%$ の梁のM-φ曲線の実験結果である。図-11(b)で、 $b = 12.45\text{cm}$ の梁の曲げ降伏耐力が低くやや延性的な性状を示している。この梁の鉄筋の降伏点は、 $3820\text{kg/cm}^2$ と他のシリーズのものに比較してかなり低い。本来の降伏点の鉄筋が使われていれば、この梁の曲げ強度は他の梁のそれに近ずき、最大耐力以降の下降域の曲線は最もぜい性的になるものと考えられる。 $b = 4.46\text{cm}$ の梁の鉄筋は $4970\text{kg/cm}^2$ の降伏点をもつため、これも本来の降伏点の鉄筋が使われていれば、終局耐力がもっと低くなり、下降域の形状は $7.25\text{cm}$ の梁よりも延性的になるものと考えられる。 $p_t = 1.4\%$ の場合と同様に、ここでも降伏点の相違の影響を除いて考察すれば、供試体寸法の小さな梁ほどやや延性的な塑性変形性状を示している。

図-11(c)は $p_t = 2.8\%$ の梁のM-φ曲線の実験結果である。引張鉄筋比が高くなるにつれて圧縮部のコンクリートの強度が曲げ終局耐力に与える影響が大きくなることが知られている。図-6で考察したように、本シリーズの梁の引張鉄筋比は $2.8\%$ と高いため、曲げ終局耐力は使用鉄筋の降伏点の相違を考慮して修正すると、寸法の小さな梁ではやや強度が低下している。しかしながら、中心圧縮を受けるコンクリートの強度の低下の割には、梁の曲げ耐力は低下していないと考えられる。最大耐力後のM-φ曲線の下降域は、 $p_t = 2.1\%$ の梁と同様に使用鉄筋の降伏点の相違を考慮して修正すると、供試体寸法の小さな梁ほどやや延性的な塑性変形性状を示している。

図-12は図-5に示す中心圧縮を受けるコンクリートのσ-ε曲線を用いて $p_t = 2.8\%$ の梁について、鉄筋の降伏点を $4000\text{kg/cm}^2$ と仮定して断面解析したRC梁のM-φ曲線の計算値である。 $p_t = 2.8\%$ の梁では、圧縮域のコンクリートのσ-ε関係がRC梁の曲げ耐力に大きな影響を与えている。本解析では圧縮域のコンクリートのσ-ε曲線として梁の幅と同寸法のコンクリート角柱供試体のσ-ε曲線を使用しているため、最大曲げ耐力は図に示すように、コンクリートの圧縮強度の相違の傾向と同じ傾向を示している。 $p_t = 2.8\%$ の梁の実験結果である図-11

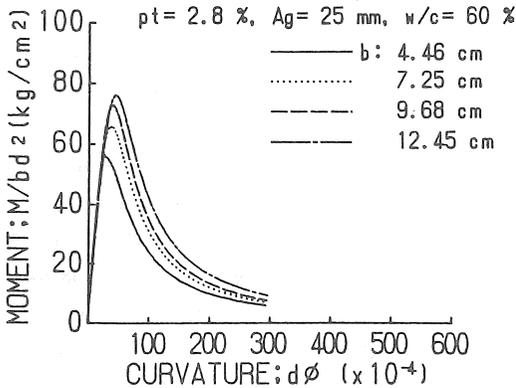


図-12 中心圧縮を受けるコンクリート角柱供試体の  $\sigma$ - $\epsilon$  曲線を用いて解析した  $p_t = 2.8\%$  の RC 梁の  $M$ - $\phi$  関係

(c)と図-12の解析結果を比較すると大きな相違がみられる。すなわち、曲げ終局耐力の計算値は実験値をかなり大きく下回っており、この差は供試体寸法が小さくなるほど大きくなっている。RC梁の実験値はコンクリート強度から予想した値よりもかなり大きい。計算値と実験値が大きく異なる理由の一つは、RC梁の圧縮域のコンクリートは偏心圧縮を受けているのに対し、コンクリート角柱は中心圧縮を受けていることである。引張鉄筋比が高く、供試体寸法の小さな梁では中立軸から梁の圧縮縁までの寸法が低く、応力勾配が大きくなる。このような梁では、供試体寸法の相違を考慮した中心圧縮を受けるコンクリートのデータに、偏心圧縮による応力勾配の影響を考慮して解析する必要がある。

### 3. 5 M- $\phi$ 曲線と引張鉄筋比

図-13に  $b = 9.68\text{cm}$  の RC 梁の  $M$ - $\phi$  関係の実験値を引張鉄筋比別に点線で示す。なお、図中実線は梁幅  $b$  と同じ寸法をもつコンクリート角柱の  $\sigma$ - $\epsilon$  関係を曲げ圧縮域に適用して断面解析した結果である。今回の実験値は、 $p_t$  が大きくなるにつれて曲げ最大耐力は増加するが  $M$ - $\phi$  曲線の下降域はぜい性的傾向を示す。 $p_t$  の小さな梁では、コンクリートで耐力が決まらず鉄筋の降伏点で耐力が決まるために、曲げ降伏耐力の解析値と実験値はよく一致している。しかし、 $p_t$  が大きくなると計算から求めた曲げ降伏耐力は実験値よりもかなり小さくなっている。また、 $M$ - $\phi$  曲線の下降域の解析値の形状は、実験値の傾向をあまり適切には示していない。解析値の精度を向上させるには、梁の圧縮域のコンクリート

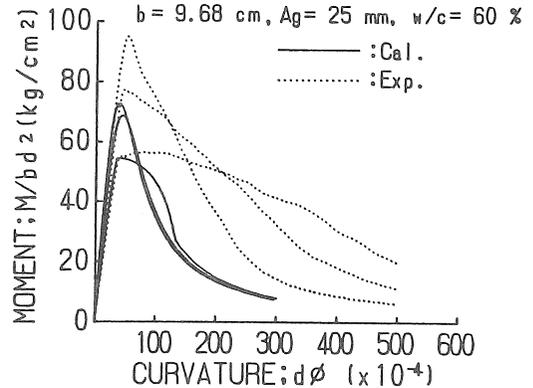


図-13 RC梁の  $M$ - $\phi$  曲線に及ぼす引張鉄筋比の影響

の破壊領域長さの影響や応力勾配の影響、コンクリートの乾湿の影響、鉄筋の付着の影響など不明な点が多く、これらの点についても今後さらに検討する必要がある。

### 4. まとめ

供試体寸法と引張鉄筋比を変えた RC 単筋単純梁の曲げ載荷実験を実施し、塑性域の  $M$ - $\phi$  関係とそのばらつきに及ぼすこれらの要因の影響を実験的に調べるとともに、梁と同時に作成したコンクリート角柱供試体の  $\sigma$ - $\epsilon$  曲線を用いて断面解析を実施し  $M$ - $\phi$  曲線のばらつき、および  $M$ - $\phi$  曲線に及ぼす供試体寸法の影響について検討した。結果を以下に要約する。

- (1) 供試体寸法が小さくなるにつれて、コンクリート角柱供試体の圧縮強度は低下するが、最大応力後の塑性変形挙動は延性的になる傾向がある。すなわち、寸法が大きくなるほどぜい性的な塑性変形挙動を示す。
- (2) 引張鉄筋比が小さい梁では、曲げ終局耐力は引張鉄筋の降伏で決まるため、供試体寸法の相違による耐力の差は認められない。引張鉄筋比が大きな梁、とくに  $p_t = 2.8\%$  の梁では、寸法の小さな梁ほど圧縮部のコンクリートの強度の影響を大きく受ける。寸法の小さな  $b = 4.46\text{cm}$  の梁のみ、曲げ終局耐力の値は寸法の影響を受けてやや低下する。コンクリート強度は供試体寸法の相違によって大きな強度差を示すが、RC梁では供試体寸法の相違による曲げ終局耐力の差はあまりみられな

い。

- (3) 梁と同じ寸法をもつコンクリート角柱供試体の $\sigma-\epsilon$ 曲線の実験値を梁の圧縮域に適用して断面解析した曲げ終局耐力の計算値は、引張鉄筋比が大きくなるほど、供試体寸法が小さくなるほど実験値より小さくなり、その耐力差が大きくなる傾向が認められた。引張鉄筋比が大きくなるほど、寸法の小さな梁の解析値は寸法の小さなコンクリートの圧縮強度をそのまま使用して計算したために、低い耐力を示した。一方、これに対応する梁の実験値が大ききな値を示しているのは、梁の圧縮域のコンクリートでは偏心圧縮を受けてコンクリートの応力勾配が大きくなり、強度と変形性能が向上するためと考えられる。
- (4) RC梁の $M-\phi$ 曲線は、曲線の上昇域ではあまりばらつきがみられないが、下降域では大きなばらつきを示している。引張鉄筋比の大きな梁の終局耐力は、耐力がコンクリートで決まるために、鉄筋の降伏点で決まる梁のそれよりも大きなばらつきを示す。実験から求めたコンクリートと鉄筋の $\sigma-\epsilon$ 関係を用いてモンテカルロ・シミュレーションを実施して得られたRC梁の $M-\phi$ 曲線のばらつきの傾向は、実験結果のばらつきの傾向をよく示している。
- (5) RC梁の最大耐力以降の塑性変形性能は、どの引張鉄筋比の梁の実験からも供試体寸法の小さな梁ほどやや延性的である。梁幅と同じ寸法を断面の一辺にもつコンクリート角柱供試体の $\sigma-\epsilon$ 曲線の実験値を用いて解析した曲げ終局耐力の計算値は、引張鉄筋比が大きくなるほど、供試体寸法が小さくなるほど実験値よりもかなり小さな値を示した。これらの梁では、圧縮域のコンクリートの応力勾配の影響などをさらに検討する必要がある。
- (6) 梁の最大耐力以降の塑性変形性能の解析値の形

状は、実験値の傾向をあまり適切には示していない。解析値の精度を向上させるには、梁の圧縮域のコンクリートの破壊領域長さの算定方法や圧縮域のコンクリートの応力勾配の影響、養生条件の相違によるコンクリートの乾湿の影響、鉄筋の付着の影響など、不明な点が多い。

## 謝 辞

本実験に際し、高剛性試験機を使用させていただいた名古屋大学工学部建築学科・小阪義夫教授、本学の卒研究生が高剛性試験機を使用する際に実験を指導していただいた本学の山田和夫講師（当時、名大助手）、並びに実験を担当していただいた本学の卒研究生に深謝いたします。

## 参考文献

- 1) Koike, S.: CAJ Review of the General Meeting, 1981, pp. 77-80.
- 2) 小阪・森田：鉄筋コンクリート構造，丸善，昭50年，p.21.
- 3) 小池：愛知工業大学研究報告，No.21B(1986)，pp.179-188.
- 4) 小阪・谷川・畑中・三輪：日本建築学会東海支部研究報告，昭61年2月，pp.113-116.
- 5) Koike, S. Okufuji, K. and Okuya, N.: Transactions of the Japan Concrete Institute 1987, pp. 249-256.
- 6) 小池：愛知工業大学研究報告，No.23(1988)，pp.219-225.
- 7) 小池・奥谷：日本建築学会東海支部研究報告，昭63年2月，pp.149-152.
- 8) 小池・奥谷：日本建築学会大会学術講演梗概集，昭63年10月，pp.255-256.

(受理 平成元年1月25日)