

鳥取大学 正員 矢村 潔
鳥取県庁 正員 村上 朗
鳥取大学 学生員 山内 政己

1. まえがき

コンクリート構造部材の破壊に至る変形能力の程度は、限界状態設計法を適用していく上で、また構造物の耐震問題を検討していく上で基本的な問題である。この塑性変形能力に関しては、鉄筋コンクリート(RC)の場合には、すでにある程度まで把握されているが、プレストレストコンクリート(PC)あるいは両者併用(PRC)の場合については未知な点も多い。本研究は、このような各種構造(RC, PC, PRC)のコンクリート構造部材が主として曲げモーメントを受けた場合の塑性領域での力学的挙動を実験で明らかにしていくと共に、塑性変形能力の推定を単純な仮定のもとに試み、実験結果と比較検討したものである。

2. 実験概要

本実験で採用した断面構造を図-1に示す。また各供試体での要因の組み合わせを表-1に示す。使用したコンクリートは載荷試験時時点でRC: 380 kg/cm^2 , PC: 500 kg/cm^2 , PRC: 650 kg/cm^2 程度である。補強用鋼材としては、SD35 異形構鋼, D種異形PC鋼棒を使用した。

表-1 実験計画

また各供試体共せん断スパン内には、せん断破壊を生じないように十分な量のスターラップを配した。載荷試験はスパン長150cmで3等分点載荷とし、スパン中央たわみ順次増加させていき、各たわみレベルで、荷重、はり上下縁の変形等を測定した。曲率の測定はモーメントスパン内でのはり上下縁の変形からモーメントスパン内の平均曲率として算定した。なおPC, PRCのプレストレスはポスランション方式で導入し、シーズとの間はセメントペーストでグラウトしてあった。

3. 実験結果および考察

得られた実験結果をまとめて表-2に示す。なお表中の ϕ_u は、はり最大耐力を示すときの曲率と、また ϕ_{y2} は、それ以降さらに変形が増加していくにつれて耐力が衰退し、降伏耐力になったときの曲率を示している。また各供試体のモーメント-曲率の関係を断面構造別に図-3に示す。

従来から鉄筋コンクリートのいん性の程度を示すパラメータとして終局曲率と降伏時の曲率で示したいん性率がよく用いられてきたが、PC構造の場合、降伏時の曲率が明確でなくまた各種の要因によって変動も大きい(図-3, 表-2)。したがって各種の断面構造間での変形能力を比較検討する場合には、いん性率をとることは必ずしも適切とはいえず、本研究では、終局曲率の値で検討した。各供試体の終局曲率と鋼材指数($P\sigma_{yk}/\sigma_c$, P : 鋼材比, σ_{yk} : 鋼材の降伏応力, σ_c : コンクリートの圧縮強度)の関係を図-4に示す。この図からPCの場合の変形能力が若干小さくまたとくにPCの場合には ϕ_u から ϕ_{y2} に至るまでの曲率の増加量が小さい傾向が認められる。しかし全体的な傾向は

供試体	補強材 鉄筋	鋼棒	プレストレス量 (%)	鋼材比 (%)	鋼材指数
RC-1	D13x2	—	—	1.2	0.124
RC-2	D19x2	—	—	2.8	0.250
PC-1	—	$\phi 13 \times 1$	12	0.74	0.212
PC-2	—	$\phi 13 \times 1$	8	0.74	0.214
PC-3	—	$\phi 11 \times 1$	8	0.53	0.139
PRC	D13x1	$\phi 11 \times 1$	8	1.15	0.147

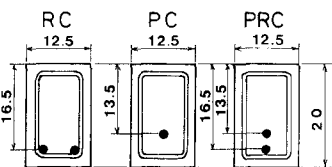


図-1 断面形状

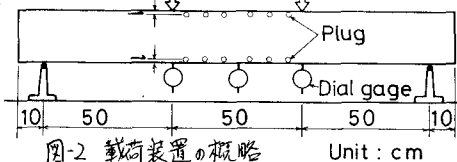


図-2 載荷装置の概略

表-2 実験結果

供試体	強度 ($\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$)		曲率 ($\times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$)			
	M_y	M_u	ϕ_y	ϕ_u	ϕ_{y2}	
RC-1	11.8	15.6	1.52	17.6	20.8	
RC-2	27.5	30.9	1.67	5.9	8.7	
PC-1	24.5	27.9	2.01	5.9	8.4	
PC-2	24.5	26.9	3.78	5.5	6.4	
PC-3	19.3	22.4	2.60	8.1	10.6	
PRC	15.6	27.3	0.94	12.4	18.2	

鉄筋コンクリート間で得られるものと比較的類似している。本実験では、RC、PC、PRC間ではコンクリート強度、有効高さ等が異なるため、これを一律に比較することには無理があるが、図-4から判断して、塑性変形能力に関して、断面構造の相異も含めた上で統一的な取扱いが可能であるものと考えられる。

今、終局時の断面のひずみおよび応力分布を図-5のように仮定すれば、圧縮力と引張力のつり合い条件から、曲率 ϕ は

$$\phi = \beta_1 \epsilon_c \rho_c b \epsilon_c / A_s \sigma_{sy} \quad \dots (1)$$

$$(\beta_1 = a/c, \rho_c = f/\sigma_c, b: \text{はりの幅})$$

で表わされる。すなわち、鋼材指数をパラメータにとった場合には、有効高さの相異が処理されていないことになる。これは断面構造の相異を同時に処理する上では、きやめて不都合（例えばPRCの場合には有効高さがない）である。そこで、式(1)から考えて、 $b \rho_c / A_s \sigma_{sy}$ をパラメータとして各試体の終局曲率をプロットしたのが図-6である。図中の実線は坂氏のストレスブロックの仮定（ $\beta_1 = 1, \rho_c = 1$ ）にもとづいて計算した値である。また一点破線はACI（ $\rho_c = 0.85, \beta_1 = 0.85 (\rho_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2), \beta_1 = 0.85 - (\rho_c - 280) \cdot 0.05 / 70$ （ $\rho_c > 280 \text{ kg/cm}^2$ ）, $\epsilon_u = 0.003$ ）にもとづいて計算した値である。この図から、PC構造の場合は、RC、PRC構造と比較して終局時の変形能力がかなり小さいことが認められる。この原因としては、鉄筋は変形が大きくなるとひずみ硬化領域に入り、応力が高くなるのに対して、PC鋼筋は降伏応力とほとんど変わらないこと、鉄筋はPC鋼筋と比較してコンクリートとの付着が良好であること等が考えられる。

またコンクリート強度が高くなるとコンクリートの終局ひずみは小さくなることが知られており、このことを考慮すれば、本実験に関する限り、ストレスブロックを、RC、PRCに対しては坂のように、またPCについてはACIのように仮定して終局曲率を算定してはばさしつかえないものと思われる。

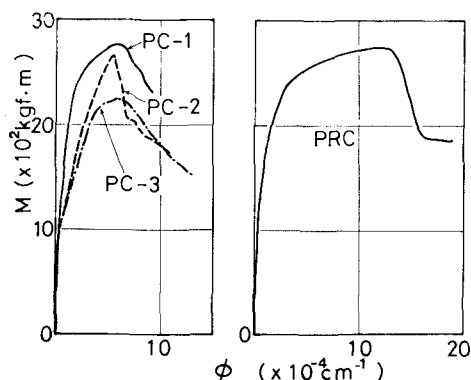
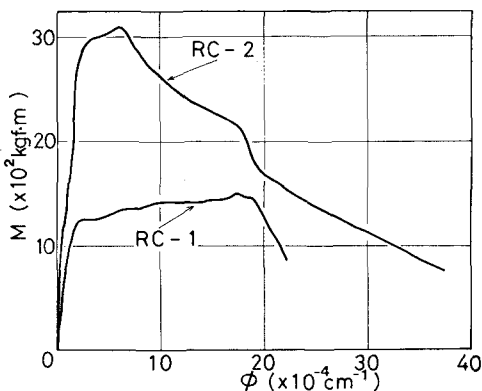


図-3 モーメント～曲率曲線

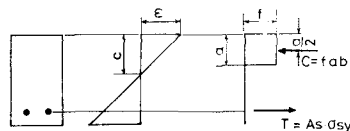


図-4 断面のストレスブロックの仮定

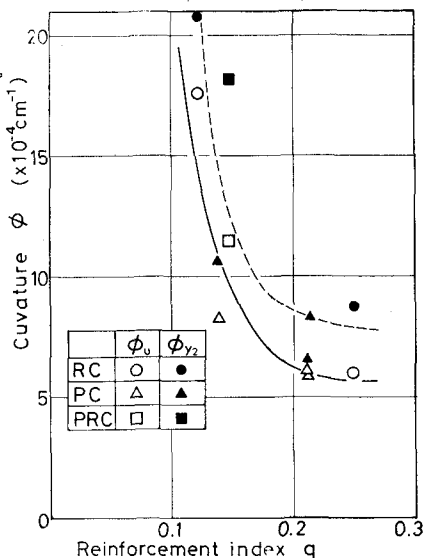


図-5 終局曲率と鋼材指数

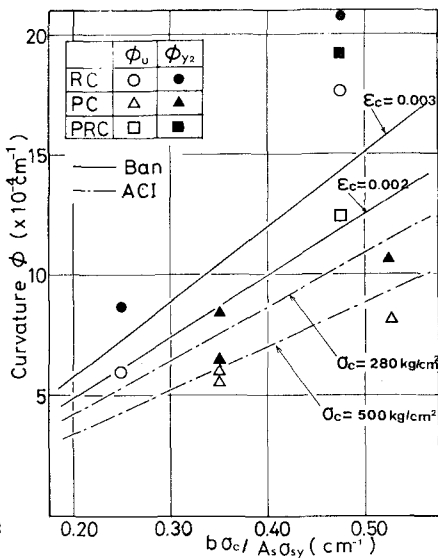


図-6 終局曲率の比較