

軽量コンクリートを用いた PRC はり部材の曲げ耐荷特性に関する研究

大阪工業大学大学院 学生員 ○山内 梓
 大阪工業大学工学部 フェロー 小林 和夫
 大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋

1. まえがき

本研究は、軽量および普通コンクリートの PRC 単純はりの載荷試験を行い、両者の曲げ耐荷特性を比較するとともに、プレストレスの導入効果を検討し、併せて解析上の基礎資料を得ようとするものである。

2. 試験概要

供試体は、図-1、図-2 に示すような幅×高さ×全長=100×200×2000mm の長方形断面のポストテンション方式の単純はり部材とし、以下の要因を選定した。

1) コンクリートの種類: 目標強度 $f'_c=60\text{N/mm}^2$ の軽量コンクリート(絶乾比重 1.2 の高性能軽量粗骨材と川砂を用いた軽量 1 種, 高性能 AE 減水剤使用)と普通コンクリートの 2 種類とした。

2) PC 鋼材量: $\phi 9.2$ (D 種 1 号), $\phi 13$ (C 種 1 号)とし、グラウトを注入し付着を与えた。なお、プレストレスの導入効果を調べるため、PC 鋼棒を非緊張状態で用いた RC はり(軽量のみ)も作製した。

3) 主鉄筋量: PC 鋼棒と併用配置する主鉄筋量として、2-D10, 2-D13, 2-D16 の 3 種類を選定した。

以上により、計 18 体(表-1)の供試体を作製した。

PRC はりの PS 度 $\lambda = A_p f_{py} / (A_p f_{py} + A_s f_{sy})$ (A_p , f_{py} : PC 鋼材の断面積と降伏強度, A_s , f_{sy} : 主鉄筋の断面積と降伏強度)は、表-1 のように $\lambda = 0.42 \sim 0.77$ の範囲(RC はり: $\lambda = 0$)にある。いずれの供試体も土木学会示方書によりスターラップでせん断補強を行った。はり載荷試験時の軽量、普通コンクリートの圧縮強度 f'_c はともに 62N/mm^2 程度であった。

載荷試験は図-2 のような対称 2 点荷重とし、スパン中央のたわみ、主鉄筋ひずみ、PC 鋼棒ひずみ、上下縁コンクリートひずみを測定するとともに、検長 50mm の π 型ゲージで曲げスパンを含む中央域の主鉄筋位置の曲げひび割れ幅を測定した。

3. 解析方法

両コンクリートの最大応力 f'_c までの応力-ひずみ式には小阪等の式(1)を用い、それ以降は Park 等のモデル(Model-1)とそれに断面内のひずみ勾配の影響($\Delta \epsilon_0 = 1000 \mu$)を考慮したモデル(Model-2)の 2 種類で解析した。PC 鋼材には Blakeley モデル、鉄筋にはバイリニアモデルを用いた。

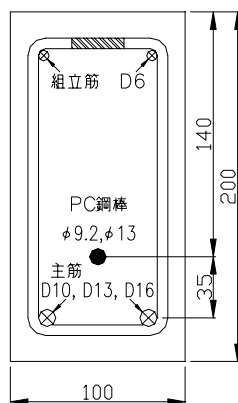


図-1 断面寸法 (mm)

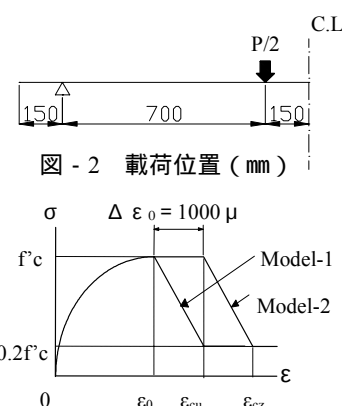


図-3 コンクリート応力-ひずみ関係

表-1 供試体の種類および試験結果

供試体 記号	コン クリート 種類	PC鋼棒	主鉄筋	λ *2)	l (mm) *3)	最大耐力		
						実験値 P_u (kN)	Model-1 P_{u1} (kN)	Model-2 P_{u2} (kN)
PRC-L1	軽量	$\phi 9.2$ *1)	2-D10	0.66	59	44.3	57.3	58.0
PRC-N1	普通				54	54.6	57.3	57.8
RC-L1	軽量				52	47.1	55.3	57.5
PRC-L2	軽量		2-D13	0.53	54	69.6	71.9	74.0
PRC-N2	普通				45	69.1	71.9	74.0
RC-L2	軽量				55	55.6	68.1	73.1
PRC-L3	軽量		2-D16	0.42	57	85.5	88.1	92.5
PRC-N3	普通				55	94.8	88.1	92.2
RC-L3	軽量				53	76.0	81.3	89.4
PRC-L4	軽量	$\phi 13$ *1)	2-D10	0.77	63	69.6	75.2	79.6
PRC-N4	普通				71	76.7	76.5	80.1
RC-L4	軽量				63	56.9	71.7	79.4
PRC-L5	軽量		2-D13	0.66	75	79.1	87.1	93.7
PRC-N5	普通				57	92.1	88.7	94.7
RC-L5	軽量				61	73.1	81.8	92.1
PRC-L6	軽量		2-D16	0.55	58	104.9	102.9	110.4
PRC-N6	普通				60	110.5	102.9	109.8
RC-L6	軽量				52	85.0	91.0	103.4

*1) PRC断面下縁の導入プレストレス(目標値 $\phi 9.2$: 2.5N/mm^2 , $\phi 13$: 5.0N/mm^2 程度)

*2) λ : PS度 *3) l: 平均ひび割れ間隔

キーワード 軽量コンクリート, PRC, 曲げ耐荷特性, プレストレス効果, 実験, 解析

連絡先 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科 TEL(06) 6954-4182

$$\eta = A\xi + B\xi^2 + C\xi^3 \quad (1)$$

$$\eta = \sigma / f_c', \quad \xi = \varepsilon / \varepsilon_0 \quad (\varepsilon_0: f_c' \text{ 時のひずみ})$$

$$\varepsilon_0 = (34.3 - 6.67\rho) \times 10^{-4} \quad (2)$$

A, B, C は次の3式を満足するように定める.

$$A + B + C = 1, \quad A + 2B + 3C = 0$$

$$A\xi_0 + B\xi_0^2 + C\xi_0^3 = 1/3$$

ξ_0 は $\eta = 1/3$ での ξ 値で次式により与えられる.

$$\xi_0 = (10.2f_c')^{0.5} / \{1.35(34.3 - 6.67\rho)k \cdot \rho^{1.5}\} \quad (3)$$

f_c' , ρ : コンクリートの圧縮強度(N/mm²), 比重
(本実験では軽量:1.87, 普通:2.40), k : 骨材形状係数
で $k=1.0 \sim 1.15$ (ここで, 造粒型骨材 $k=1.15$ に設定)

以上の応力 - ひずみ関係を用いて曲げ挙動を解析した. また, 本解析による鉄筋ひずみから, 土木学会示方書式で曲げひび割れ幅を算定した.

4. 結果と考察

(1) 最大耐力

供試体は最終的に全て曲げスパン内での圧壊により曲げ破壊した. 表-1 から, コンクリート強度は同等であるが, 軽量コンクリートを用いた PRC 部材の最大耐力は普通コンクリート PRC 部材より平均で 7% 小さい. また, PRC 部材は同一配筋の RC 部材に比べて最大耐力が平均で 14% 大きい.

(2) 曲げひび割れ

表-1 より, 軽量コンクリート PRC 部材のひび割れ間隔は普通コンクリート部材と同等もしくは若干大きく, PRC 供試体の全平均で, 両者の差は 8% である. 図-4(1)に荷重-曲げひび割れ幅($P-\omega$)関係の例を示すが, 鉄筋降伏まで両コンクリートの PRC 部材で明確な差はみられない. また, PRC 部材と RC 部材を比べると, 前者ではプレストレス導入によるひび割れ幅の制御効果が認められる.

(3) 荷重 - たわみ($P-\delta$)関係

図-5(1)より, 軽量コンクリートは普通コンクリートに比べヤング係数 (前者:26.6 kN/mm², 後者:41.5 kN/mm²) が小さいため部材剛性が低下している. 最大荷重以降の $P-\delta$ の低下勾配は, 両 PRC 部材で顕著な差はみられない. 曲げひび割れ後, PRC は RC 部材よりたわみが小さく, プレストレス効果がみられる.

(4) 荷重 - コンクリート圧縮ひずみ($P-\varepsilon_c$)関係

図-6(1)で軽量と普通コンクリートの PRC 部材を比べると, 同一荷重時のコンクリートひずみ ε_c は前者の方が大きく, また終局時には両者とも 3000 μ 程度に達している. $P-\delta$ と同様, PRC の ε_c は RC より小さい.

図-4~6 の計算値と実験値の比較から, さらに精度の向上が必要であるが, 本解析法で普通コンクリートと同様に軽量コンクリートの PRC はり部材についても終局時までの $P-\omega$, δ , ε_c 関係を比較的よく算定できる. 最大曲げ耐力に関しては, Model-2 の計算値は Model-1 より若干大きい. 後者と比較した場合, 実験値は, 普通コンクリート PRC 部材では平均 2% 上回り, 軽量コンクリート PRC 部材では逆に 7% 下回った(表-1).

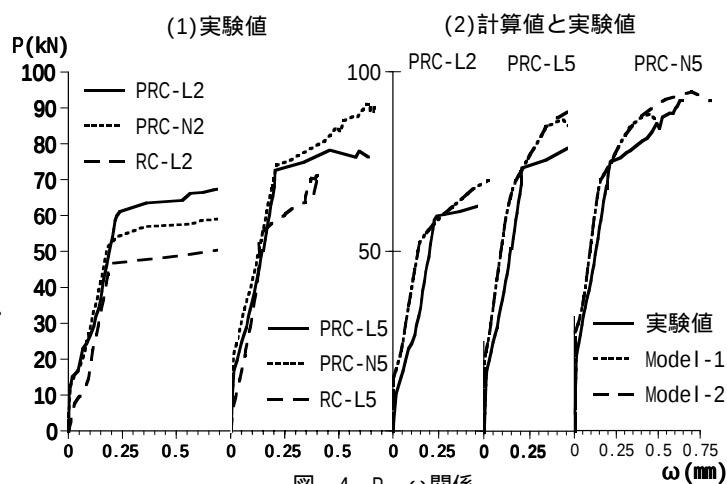


図-4 $P-\omega$ 関係

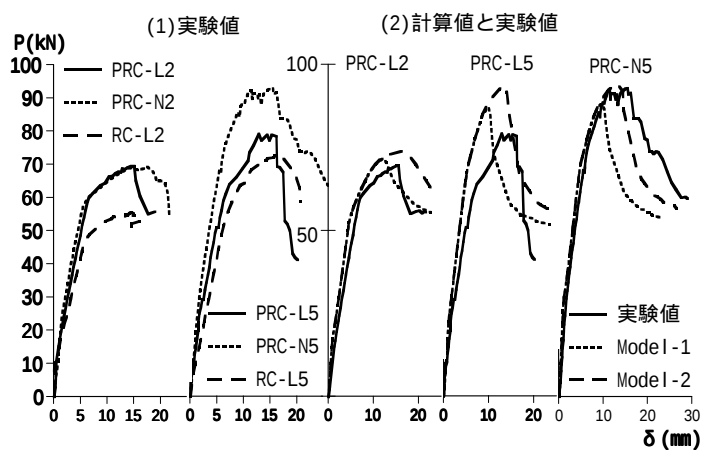


図-5 $P-\delta$ 関係

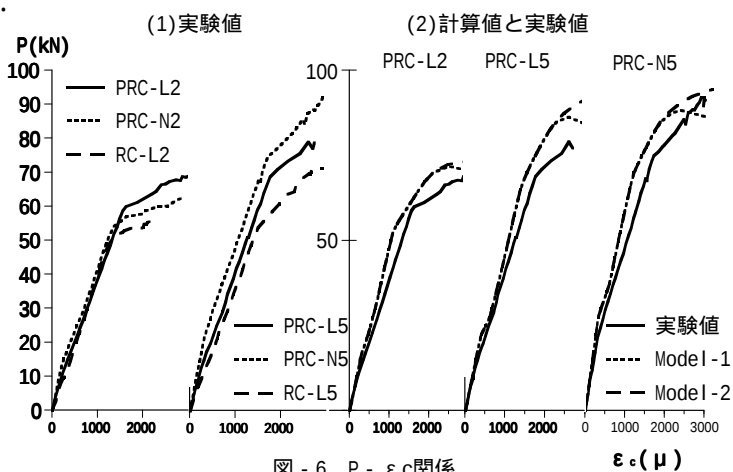


図-6 $P-\varepsilon_c$ 関係