

大阪工業大学 学生会員 ○金居 雅俊 大阪工業大学 学生会員 和地 高弘

大阪工業大学 学生会員 三方 康弘 大阪工業大学 フェロー会員 小林 和夫

大阪工業大学 正会員 井上 晋 大阪工業大学 正会員 仁枝 保

1.まえがき

本研究は、PC 鋼材量と PC 鋼材付着の有無を要因とした軽量コンクリート PC 単純はり部材に対して静的載荷試験を実施し、最大耐力、変形特性、PC 鋼材応力やコンクリートひずみなどの基本的耐荷特性を普通コンクリート部材と比較するとともに、その定量化について検討することを目的としている。

2.試験概要

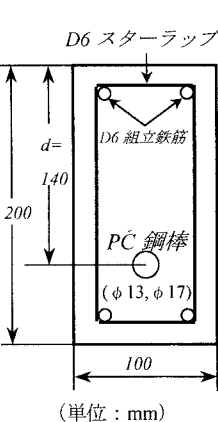
供試体は、図－1、図－2 に示すような幅×高さ×全長＝100×200×2000mm の長方形断面の PC 単純はりとし、以下の要因を選定した。

(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（真珠岩を主原料とした絶乾比重 1.2 の高性能軽量粗骨材と川砂を用いた W/C=32% の 1 種軽量コンクリート：高性能 AE 減水剤使用）および比較用の普通コンクリート（W/C=40%：高性能 AE 減水剤使用）の 2 種類とした。

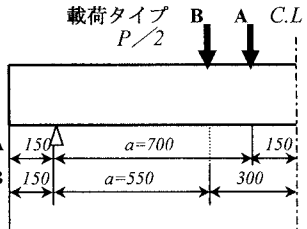
(2)PC 鋼材量：φ13、φ17 の PC 鋼棒（C 種 1 号）を用い、鋼材係数の設計値（2-D6 組立鉄筋 SD345 も考慮）を 0.21、0.34 の 2 種類とした。

(3) PC 鋼材付着の有無：シース内にセメントペーストグラウト（W/C=45%：注入用ノンブリーディングタイプ高性能混和剤使用）を注入したボンドタイプとグリース充填プラスチックシース被覆型 PC 鋼棒のアンボンドタイプの 2 種類とした。

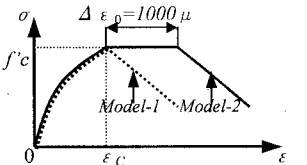
いずれの供試体も PC 鋼棒は実降伏点の 70% で緊張したが、プレストレス導入から載荷試験までの期間が短く有効プレストレスもほぼこの値に等しい。なお、供試体はいずれも土木学会示方書によりスターラップでせん断補強した。



図－1 供試体寸法



図－2 載荷位置（単位：mm）



図－3 コンクリート応力－ひずみ関係

合計 16 体のはり供試体の種類を表－1 に示す。

載荷試験は図－2 のような対称 2 点荷重（スパン 1700mm）、載荷位置を 2 タイプ（タイプ A：a/d=5.0、タイプ B：a/d=3.9）とし、スパン中央と両支点位置での鉛直変位、PC 鋼材応力（ボンドタイプ：スパン中央で鋼棒ひずみ測定、アンボンドタイプ：はり両端のロードセルで鋼棒引張力を測定）、スパン中央の上下縁コンクリートひずみを測定した。

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 鋼材は Blakeley モデル、鉄

表－1 供試体種類および最大耐力の実験値と計算値

供試体 番号	コンクリ ート種類 (強度 N/mm ²)	実験値 Pu (kN)	最大 荷重 比*1)	計算値(kN)*2)				PC 鋼棒	
				Model-1		Model-2		径 (mm)	付着
				Pu ₁	P _u /P _{u1}	Pu ₂	P _u /P _{u2}		
APC-1	軽量(60.0)	72.47	0.91	67.12	1.08	68.27	1.06	φ	有
APC-2	普通(72.1)	79.92	1.00	68.55	1.17	69.58	1.15	φ13	
APC-3	軽量(60.0)	98.07	0.91	95.77	1.02	99.89	0.98	φ	
APC-4	普通(72.1)	108.27	1.00	100.36	1.08	102.80	1.05	φ17	
APC-5	軽量(60.0)	68.74	0.89	61.15	1.12	64.60	1.06	φ	無
APC-6	普通(72.1)	77.08	1.00	62.44	1.23	66.60	1.16	φ13	
APC-7	軽量(60.0)	92.08	0.86	86.01	1.07	92.31	1.00	φ17	
APC-8	普通(72.1)	106.50	1.00	89.61	1.19	94.81	1.12	φ17	
BPC-1	軽量(58.4)	97.09	0.95	85.48	1.14	86.40	1.12	φ	有
BPC-2	普通(58.9)	101.99	1.00	85.49	1.19	86.59	1.18	φ13	
BPC-3	軽量(58.4)	129.94	0.94	120.86	1.08	126.33	1.03	φ	
BPC-4	普通(58.9)	138.27	1.00	121.63	1.14	126.74	1.09	φ17	
BPC-5	軽量(58.4)	90.71	0.98	81.95	1.11	85.10	1.07	φ	無
BPC-6	普通(58.9)	92.18	1.00	81.89	1.13	84.74	1.09	φ13	
BPC-7	軽量(58.4)	126.70	1.06	111.75	1.13	121.26	1.04	φ17	
BPC-8	普通(58.9)	119.64	1.00	113.61	1.05	121.18	0.99	φ17	

*1)普通コンクリートの最大荷重を 1.00 とした場合の比
*2)*1)コンクリート別の平均値(軽、普)=*1)0.94/1.00 *2) Model-1=1.09/1.15, Model-2=1.05/1.10

筋（組立用）はバイリニアモデルとした。

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

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

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

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 値で次式で与えられる。

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

ここに、 f'_c 、 ρ ：コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)、比重（本実験では軽量：1.82~1.83、普通：2.33~2.41）、 k ：骨材の形状係数で $k=1.0\sim1.15$ （ここで、造粒骨材 $k=1.15$ に設定）

以上の応力-ひずみ関係を用い、ボンド部材では断面の平面保持則、アンボンド部材でははり全長に対する変形の適合条件にもとづいて非線形解析を行った。

4. 結果と考察

(1) 最大耐力

供試体は最終的に全て曲げ破壊した。両コンクリートの圧縮強度が同等の場合、軽量コンクリートは、普通コンクリートはりとほぼ同等の最大曲げ耐力を有する。アンボンド部材のボンド部材に対する耐力低下率(平均値)は軽量：約5%、普通：約7%で、両者で顕著な差はみられない。

(2) 荷重-たわみ (P- δ) 関係

P- δ 関係の例を図-4 に示すが、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が小さく（軽量：27kN/mm²、普通：40kN/mm²）、部材剛性が小さい。一方、最大耐力以降の P- δ 曲線の低下勾配には両部材で明瞭な差はみられない。アンボンド部材はボンド部材に比べ剛性が低下するものの全体的な変形挙動に顕著な差はみられない。

(3) 荷重-コンクリート圧縮ひずみ (P- ε_c) 関係

P- ε_c 関係の例を図-5 に示すが、上記の荷重-たわみ(P- δ) 関係の場合とほぼ同様のことが認められる。

(4) 荷重-PC 鋼材引張応力 (P- σ_p) 関係

図-6 から、P- σ_p 曲線の増加挙動に関しては軽量、普通コンクリート間で殆ど差はみられない。最大荷重時の PC 鋼材応力は、ボンドタイプではコンクリート種類で差はみられない。また、アンボンドタイプについて荷重タイプ A では軽量コンクリートの場合は 100N/mm² 程度小さく、荷重タイプ B では逆に 50N/mm² 程度大きい値を示し（鋼材降伏点： $\phi 13$ 、 $\phi 17$ とともに 1200N/mm²）、一定した傾向はみられなかった。

図-4～図-6 の実験値と計算値の比較から、コンクリートの応力-ひずみ関係として Model-2（または Model-1）のような適当なモデルを設定し、PC 鋼材付着の有無を考慮した本解析法によって普通コンクリートと同様に軽量コンクリートを用いた PC はりの終局時までの P- δ 、 ε_c 、 σ_p 関係や最大曲げ耐力（表-1）などを、かなりよく算定できる。

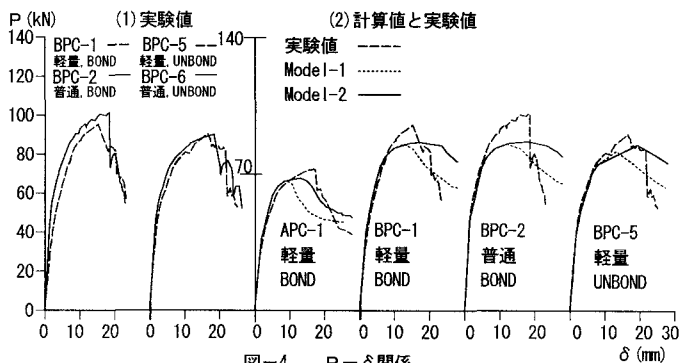


図-4 P- δ 関係

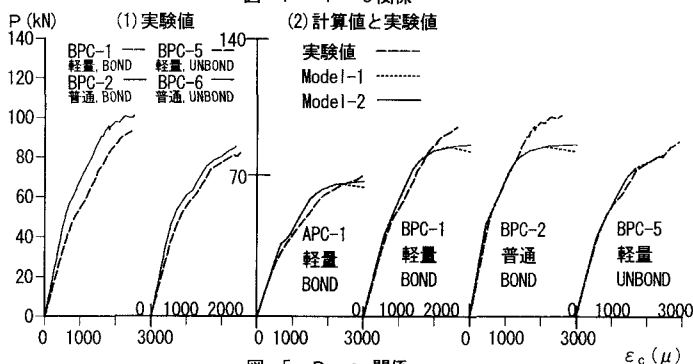


図-5 P- ε_c 関係

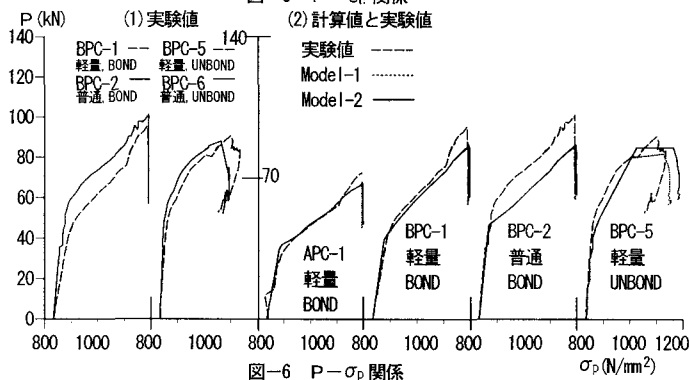


図-6 P- σ_p 関係