

軽量コンクリート PC はりの曲げ耐荷挙動に関する研究

大阪工業大学 学生会員 金居 雅俊 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 正会員 井上 晋 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 単純はり部材の曲げ耐荷試験を実施し、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曲げ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 1.15 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： 13、 17 の PC 鋼棒（C 種 1 号）を用い、鋼材係数の設計値（2D6 組立鉄筋 SD295A も考慮）を 0.20、0.35 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荷重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。

合計 8 体のはり供試体の種類を表 - 1 に示す。

荷重試験は図 - 2 のような対称 2 点荷重（スパン 170cm）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を考慮（ $\sigma_0 = 1000 \mu$ ）したモデル（Model-2）の 2 種類で解析した。PC 鋼材は Blakeley モデル、鉄筋（組立用）はバイリニアモデルとした。

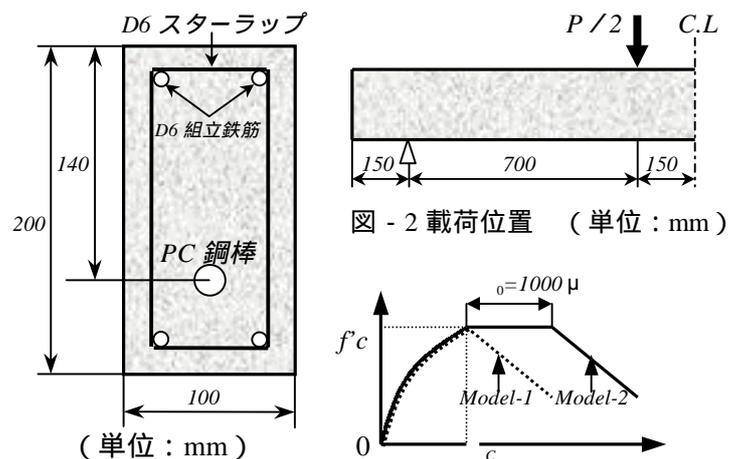


図 - 1 供試体寸法 図 - 3 コンクリート応力 - ひずみ関係

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	PC 鋼棒 径	コンク リート 種類	実験値 P_u (kN)	計算値(kN)			
				Model-1		Model-2	
				P_{u1}	P_u/P_{u1}	P_{u2}	P_u/P_{u2}
SPC-1	13	軽量	72.47	67.47	1.07	68.30	1.06
SPC-2	17	普通	78.45	68.24	1.15	69.14	1.13
SPC-3	13	軽量	98.07	95.84	1.02	100.41	0.98
SPC-4	17	普通	107.87	99.21	1.09	102.28	1.05
SPC-5	13	軽量	68.65	61.49	1.12	64.75	1.06
SPC-6	17	普通	76.00	63.09	1.20	66.03	1.15
SPC-7	13	軽量	90.71	85.98	1.06	90.16	1.01
SPC-8	17	普通	105.32	88.00	1.20	91.71	1.15

高性能軽量コンクリート、終局曲げ耐力、PC 鋼材応力、アンボンド PC、非線形解析

〒535-8585 大阪市旭区大宮 5 丁目 16-1 TEL(06) 6954-4182 FAX(06) 6957-2131

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

$$= \frac{1}{f'_c} = \frac{1}{f'_c} \left(f'_c : f'_c \text{ 時のひずみ} \right)$$

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

A、B、C は次の3条件を満足するように定める。

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

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

なお、 C_0 は $C = 1/3$ での値で次式で与えられる。

$$C_0 = f'_c \cdot C^{0.5} / \{1.35(34.3 - 6.67)k \cdot 1.5\} \quad (3)$$

ここに、 f'_c : コンクリートの圧縮強度(kgf/cm²)、
比重(本実験では軽量 : 1.83、普通 : 2.41)、 k : 骨材特性の補正係数で $k = 1.0 \sim 1.15$ (ここでは、 $k = 1.0$ に設定)

以上の応力 - ひずみ関係を用いて、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

土木学会示方書によりスターラップでせん断補強した本供試体は全て曲げ破壊を呈した。両コンクリートの実強度に差がある(平均で軽量 : 61N/mm²、普通 : 69N/mm²) ので、表 - 1 に示す最大耐力の実験値と計算値の比 (P_u / P_{u1} 、 P_u / P_{u2}) で比較すると、軽量部材は普通部材よりその比が若干小さい。アンボンド部材のボンド部材に対する耐力低下率は軽量 : 約 6%、普通 : 約 3% で本供試体ではともに非常に小さい。

(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 : 26kN/mm²、普通 : 43kN/mm²) 部材剛性が小さい。

一方、最大荷重以降の P - δ 曲線の低下勾配には両部材で明瞭な差はなく、同等の変形性能を有する。アンボンド部材はボンド部材に比べ剛性が若干低下するが変形挙動に顕著な差がなく、また PC 鋼材付着の有無による影響は両コンクリート間で差はみられない。

(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 曲線の増加勾配に関しては両コンクリート間で殆ど差はみられない。最大荷重時の PC 鋼材応力に関しては、ボンドタイプではコンクリートの種類による差はみられないが、アンボンドタイプでは軽量コンクリートの場合は 100N/mm² 程度(鋼材降伏点 : 13、17 とほぼ 1200N/mm²) 小さい。

以上の図 - 4~6 の実験値と計算値との比較から、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 関係をかなりよく算定でき、また最大曲げ耐力の計算値も実験値とかなり一致している。

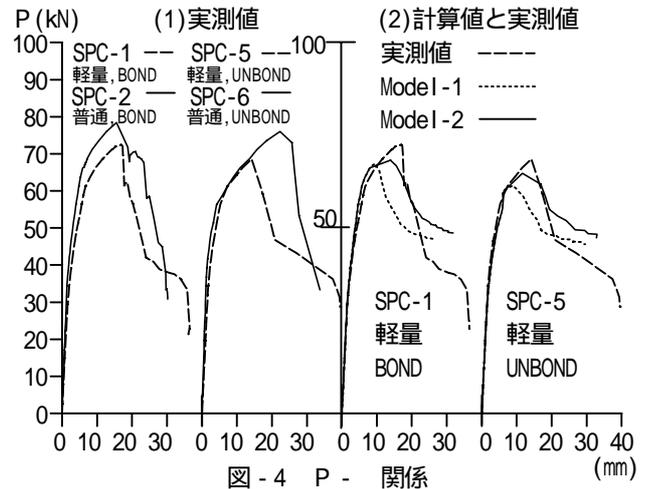


図 - 4 P - δ 関係

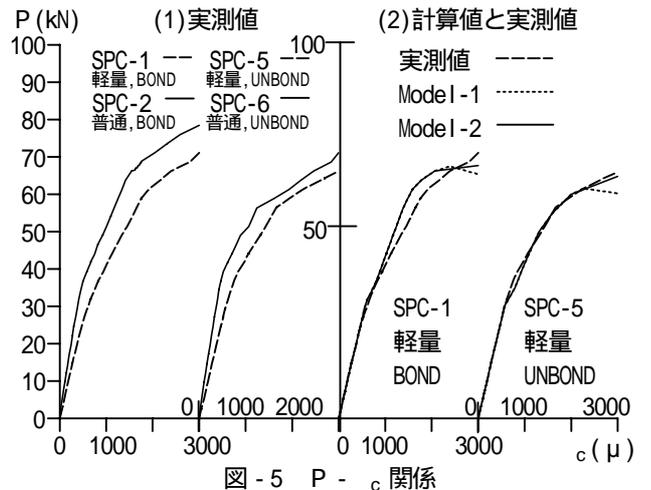


図 - 5 P - ϵ_c 関係

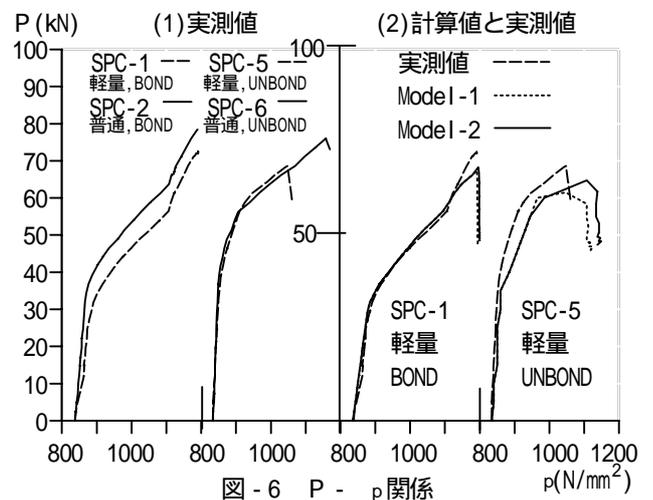


図 - 6 P - σ_p 関係