

V-389

P R C連続はりの基本的曲げ耐荷特性に関する研究

大阪工業大学 学生会員 小野 由博 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

本研究では、ポストテンション方式の2スパン PRC 連続はりに対して曲げ載荷試験を実施し、終局最大曲げ耐力、たわみ、鋼材応力、曲げひび割れ幅、曲げひび割れ発生以降から始まる曲げモーメントの再分配挙動を同一鋼材配置とした RC 連続はりと比較検討するとともに、非線形解析を実施して実験値と比較した。

2. 試験概要

供試体は図-1、2 の幅×高さ×全長=100×160×3300mm の2スパン連続はりとし、PC 鋼棒(φ9.2)と主鉄筋(2-D13)を断面上下に対称に配置し、シーす内にセメントグラウト(W/C=35%、NMB 社の注入用高性能混和剤ポゾリス GF-700 使用)を注入した。PC 鋼材の緊張応力には、非緊張としたもの(これを RC 部材と呼ぶ)と実降伏点強度($f_{py}=1420\text{N/mm}^2$)の30%(プレストレス: 3N/mm^2)で緊張したもの(これを PRC 部材と呼ぶ)の2種類を選定した。コンクリート強度の設計値は 40N/mm^2 (実強度 $40.7\sim 41.1\text{N/mm}^2$)とした。載荷は左右スパン各1点の対称2点荷重とし、図-1での端支点～載荷点間の距離を $a=95\text{cm}$ (タイプ A)、 72.5cm (タイプ B)、 50cm (タイプ C)の3種類とした。タイプ A、B、C の弾性式(全断面有効)による中間支点と載荷点モーメントとの比は $M_A/M_B=1.81$ 、 1.20 、 0.88 である。なお、本供試体は上下対称配筋であるため中間支点と載荷点の終局抵抗モーメントの計算値 M_{UA} と M_{UB} は等しい。これらの要因の組み合わせにより合計6体の供試体を製作した。それらの詳細を表-1に示す。曲げひび割れ発生以降の曲げモーメント再分配挙動を検討するため3支点位置にロードセルを設置して支点反力を計測し、またスパン中央たわみを測定するとともに、上側の PC 鋼棒・主鉄筋は中間支点位置、下側の PC 鋼棒・主鉄筋は載荷点位置に防水ゲージを貼付してひずみを測定した。

さらに、 π 型ゲージで中間支点領域の引張主鉄筋位置でのひび割れ幅を測定した。

3. 解析方法

応力-ひずみ関係として、コンクリートには Kent&Park モデル(Model-1)と、それに断面内におけるひずみ勾配の影響を考慮($\Delta\epsilon_0=1500\mu$)したモデル(Model-2)の2種類を用いた(図-3)。また、PC 鋼材は Blakeley モデル、主鉄筋にはバイリニアモデルを用いた。

これらより、まず断面解析を行って曲げモーメント-曲率($M-\phi$)関係などを算定した。次に、中間支点で切断した単純はりを静定基本系とし、荷重Pに対して中間支点モーメント M_A を仮定して曲げモーメント分布 M_x を与え、 $M-\phi$ 関係から対応する曲率 ϕ_x を定め、弾性荷重法で中間支点位置のたわみ角を求めた。計算は左右スパンの連続条件が満足されるまで M_A を変化させ、繰返し行なった。P に対する所定の M_x が定まると、断面解析結果から P と諸量の関係が求まる。

PRC 連続はり 曲げ耐荷特性 ひび割れ幅 非線形解析

〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 TEL 06-954-4182 FAX 06-957-2131

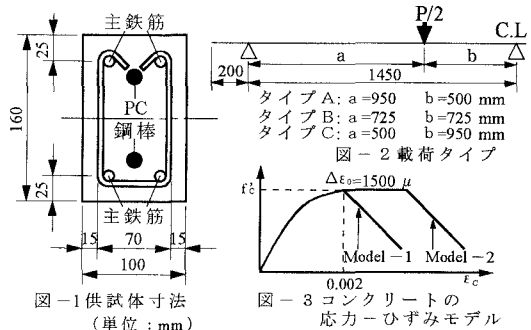


表-1 供試体種類と最大耐力の実験値と計算値

供試体 番号	PC 鋼材の 緊張応力	載荷 位置	実験値 P_U (kN)	計算値 (kN)			
				Model-1		Model-2	
				P_{U1}	P_{U1}	P_{U2}	P_{U2}
No.1	有	タイプ	204.9	189.9	1.08	200.9	1.02
No.2	無	A	185.0	184.8	1.00	197.0	0.94
No.3	有	タイプ	155.8	155.3	1.00	164.5	0.95
No.4	無	B	149.9	151.3	0.99	161.2	0.93
No.5	有	タイプ	158.4	154.3	1.03	163.2	0.97
No.6	無	C	147.7	150.1	0.98	160.1	0.92

*1) 有: PC 鋼棒を実降伏点強度の30%で緊張 (PRC 部材)

無: PC 鋼棒は非緊張とし、グラウトのみ実施 (RC 部材)

4. 結果と考察

(1) 最大耐力

最大耐力の実験値 P_U を計算値と併せて表-1 に示す。

計算値 P_{U1} 、 P_{U2} は、中間支点と載荷点位置に塑性ヒンジを仮定した極限解析法による次式から算定した値である。

$$P_{U1}, P_{U2} = 2 \times \{ M_{UA} (l/b) + M_{UB} (l/a + l/b) \}$$

P_{U1} 、 P_{U2} はコンクリートの応力-ひずみ関係をそれぞれ Model-1、Model-2 として中間支点と載荷点断面の終局抵抗モーメント M_{UA} 、 M_{UB} を算定した場合の値を示す。ただし、 a 、 b は載荷点から端点、中間支点までの距離を示す。

表-1 から、PRC はりは、RC はりに比べて最大耐力が3～10%大きい。実験値と計算値の比(各3体の平均値)は、PRC はりでは $P_U/P_{U1} = 1.04$ 、 $P_U/P_{U2} = 0.98$ 、また RC はりでは $P_U/P_{U1} = 0.99$ 、 $P_U/P_{U2} = 0.93$ である。したがって、コンクリートの応力-ひずみモデルとしては、Model-2 は若干危険側になるが、Model-1、Model-2 のいずれを適用しても、RC 連続はりと同様に PRC 連続はりの最大曲げ耐力をかなり精度よく推定できる。

(2) 荷重-たわみ ($P-\delta$) 関係

$P-\delta$ 関係の例を図-4 に示す。曲げひび割れ発生以降、PRC はりは RC はりに比べてたわみが小さく、剛性が向上している。また、前者における $P-\delta$ 関係の急激な折れ曲がり点(主鉄筋降伏)の荷重は後者よりかなり大きくなることが明瞭に認められる。

(3) 荷重-PC 鋼材引張応力 ($P-\sigma_p$) 関係

$P-\sigma_p$ 関係の例を図-5 に示す。PC 鋼材緊張応力の有無に係わらず同様の挙動を示すが、非緊張の RC はりでは終局域での PC 鋼材引張応力の増加量がかなり大きい。しかし、最大荷重時の PC 鋼材応力に関しては、初期緊張を与えた PRC はりの方が大きい。

(4) 荷重-ひび割れ幅 ($P-w$) 関係

$P-w$ 関係の例を図-6 に示す。PRC はりでは RC はりに比べ、プレストレス効果によって曲げひび割れ発生荷重が大きく、同一荷重に対するひび割れ幅がかなり減少している。同図(1)は非線形解析による主鉄筋ひずみにもとづき、土木学会示方書のひび割れ幅設計式を適用して算出した曲げひび割れ幅の計算を併記したが、PRC、RC はりのいずれも実験値と同様の傾向を示している。

(5) 荷重-曲げモーメント ($P-M$) 関係

荷重-中間支点、載荷点モーメント関係の例を図-7 に示す。同図(1)のように、曲げひび割れ発生後の荷重レベルになると $P-M$ 関係が直線関係(弾性解析値)を示さず曲げモーメントの再分配挙動を生じ始めるが、その傾向は PRC より RC はりの方が顕著である。

なお、図-4～7 の実験値と計算値(Model-2 の場合を例示)の比較から、前述の非線形解析法により、荷重とたわみ、鋼材応力、ひび割れ幅、曲げモーメントの関係をかなりよく推定できる。

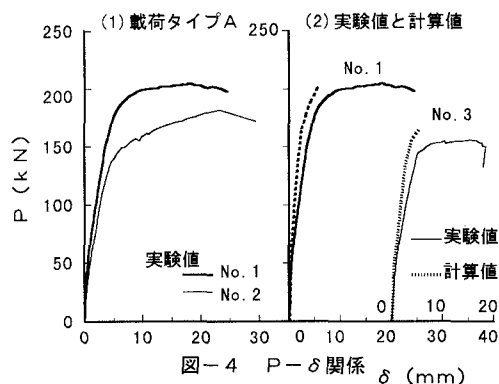


図-4 $P-\delta$ 関係

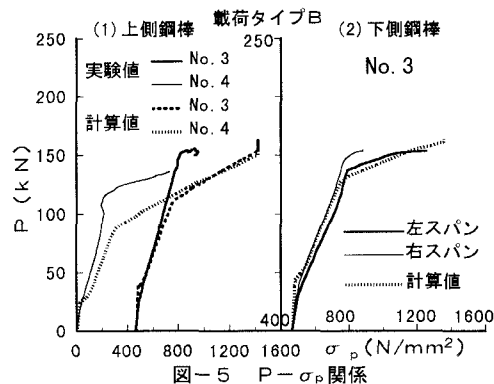


図-5 $P-\sigma_p$ 関係

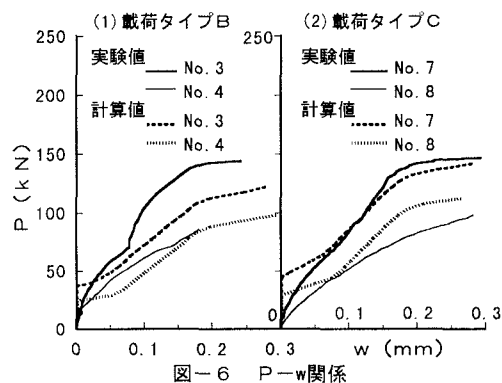


図-6 $P-w$ 関係

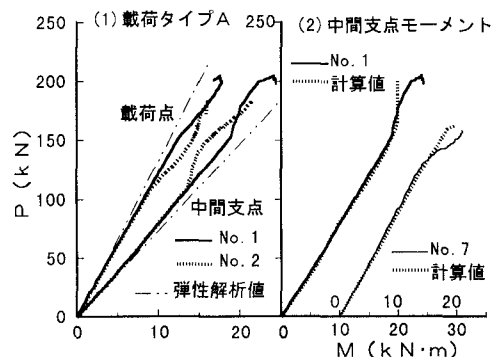


図-7 $P-M$ 関係