

過補強コンクリートはり部材への
横拘束コンクリートの適用

京都大学工学部 正員 藤井 学 正員 小林 和夫 正員 宮川 豊章
正員 井上 晋 学生員○服部 篤史

1.はじめに 本研究では0.4程度のかかなり大きな鋼材指数を有する鉄筋コンクリート(RC)、 Π -シャルプレストコンクリート(PPC)、および Π -シャルプレストコンクリート(PC)はり部材に対し種々の体積比で横拘束筋を配置し、その塑性変形特性改善効果に及ぼす種々の要因の影響を一方向ならびに正負交番載荷試験を実施することにより検討した。さらに、昨年度報告した¹⁾横拘束コンクリートの応力~ひずみモデルを用いて断面の曲げモーメント~曲率関係の解析を行い実験値との比較を行った。

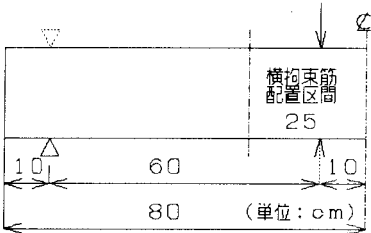


図1 供試体

2.試験概要 供試体は図1に示すような矩形断面のRC、PPCおよびPCはりとし、主要因として横拘束筋体積比 ρ_s 、鋼材指数 $q(=A_p \cdot f_{py} / (b \cdot d_p \cdot f_c') + A_s \cdot f_{sy} / (b \cdot d_s \cdot f_c'))$ 、横拘束筋のかぶりの有無を選定した。これらの組合せにより表1に示すように一方向繰返し載荷試験(Aシリーズ)で27体、正負交番載荷試験(Bシリーズ)で6体の供試体を作製した。載荷方法は、Aシリーズでは引張鉄筋降伏時の $\Delta \delta$ 中央変位 δ_y の奇数倍変位、Bシリーズでは1回の Π - π について正負両方向とも δ_y の整数倍の変位となるように各1回の繰返しを行い、最終的には供試体が破壊に至るまで載荷した。

表1 各要因の詳細および試験結果

供試体 (Aシリーズ)	鉄筋 断面積 A_s	PC鋼棒 断面積 A_p	鋼材 指数 q	横拘束筋 体積比 ρ_s (%)	最大耐力 の実験値 P_u (tonf)	最大耐力 の計算値 P_u (tonf)	じん性率 μ
RC1-1	2013	---	0.164	0.00	5.72	5.30	4.94
RC1-2				1.27	6.02		18.7
RC1-3				2.50	6.86		32.5
RC2-1	2016	---	0.218	0.00	8.15	7.50	2.85
RC2-2				1.27	8.40		13.2
RC2-3				2.50	10.1		19.7
RC3-1	2019	---	0.377	0.00	10.0	9.48	2.80
RC3-2				1.25	10.0		6.55
RC3-3				2.50	10.7		12.6
PPC1-1	2016	$\phi 13mm$	0.429	0.00	13.0	11.5	2.12
PPC1-2				1.25	12.3		3.73
PPC1-3				2.50	13.3		9.64
PPC1-3C*				2.50	12.2		6.23
PPC2-1	2013	$\phi 13mm$	0.388	0.00	11.9	9.61	2.27
PPC2-2				1.25	11.6		6.70
PPC2-3				2.50	12.5		14.2
PPC3-1	2010	$\phi 15mm$	0.422	0.00	10.3	9.53	3.55
PPC3-2				1.25	10.8		8.20
PPC3-3				2.50	11.4		15.4
PPC3-2C*				1.25	10.0	9.55	5.86
PPC3-3C*				2.50	10.7		11.7
PC1-1	206	$\phi 13mm$	0.288	0.00	8.19	6.90	2.24
PC1-2				1.27	7.53		4.20
PC1-3				2.50	8.20		6.30
PC2-1	206	$\phi 15mm$	0.380	0.00	8.85	8.26	4.08
PC2-2				1.25	8.99		12.0
PC2-3				2.50	9.93		17.0

3.載荷試験結果および考察 図2にAシリーズの荷重~たわみ曲線の包絡線の一部を示す。横拘束筋を配置したはりでは ρ_s の増加とともに耐力低下が緩やかになり、かなり大きな変形領域まで最大耐力に近い耐力を保持している。

特に $\rho_s=2.50\%$ では0.4程度のかかなり大きな q 値を有していても降伏荷重到達後も耐力が徐々に増大し、圧縮域コンクリートの有効な拘束により引張鉄筋ひずみがひずみ硬化領域まで達している様子がうかがえる。

また q の増大により最大曲げ耐力の増加は著しくなるが、 $\rho_s=0\%$ では最大耐力到達後急激に耐力が低下しより脆性的な破壊形式を示すようになり、横拘束筋による塑性変形能力改善効果は q が大きい場合ほど顕著となる。横拘束筋のかぶりを有する場合には最大耐力到達後コンクリートの圧縮ひずみが0.004程度に達するとその剥落による一時的な耐力低下を起

*横拘束筋のかぶりコンクリートを有するはり

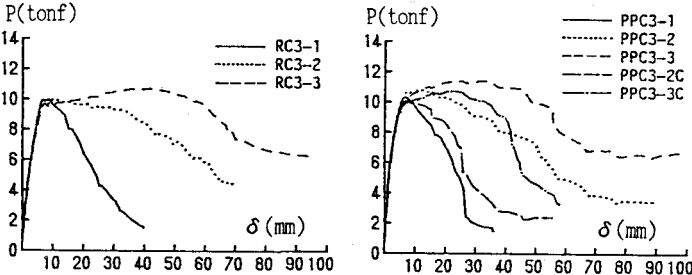


図2 荷重~たわみ曲線の包絡線

こすものが多くみられ、またそれ以降の領域において同じ ρ_s でも耐力低下が始まる変位レベルが小さくなる。これはかぶりコンクリート剥落の際にアコンクリートの一部も同時に損傷を受け、有効な拘束が得られにくくなったことによるものと考えられる。

図3にじん性率(μ)と ρ_s 、図4に消散エネルギー(E_d :履歴ループに囲まれる面積)と各ループの最大変位(δ)の関係の一例を示す。各指標によれば、 ρ_s の増加にともない塑性変形能力が大幅に改善され、

また q が大きいものほど改善効果が顕著となる傾向が認められる。横拘束筋のかぶりを有する場合にはその剥落の影響で塑性変形能力が低下することがわかる。

4. 曲げモーメント～曲率関係の解析 $q=0.4$ 程度の大きな鋼材指数を有する場合にはコンクリートそのものの圧縮じん性が断面の変形特性に寄与する割合が大きいと考えられる。ここでは、このような場合に昨年度報告した横拘束コンクリートの応力～ひずみモデルを用いてはり部材の曲げモーメント～曲率関係を計算し実験値と比較するとともに、Sheikhらの提案による²⁾コンクリートの応力～ひずみ関係における断面内のひずみ勾配の影響を当提案¹⁾に付加した場合についても同様の計算を行い¹⁾の適用性を検討した。

図5にAシリーズの曲げモーメント～曲率関係の実験値およびひずみ勾配の影響を考慮した場合としない場合の計算値を比較したものを示す。降伏変位を超えたフォリングプラシ領域において、ひずみ勾配の影響を考慮しない場合の計算値は耐力が低下し始めるときの曲率が実験値と較べ極めて小さく、そ

れ以降の領域での耐力を過小評価するのにに対し、ひずみ勾配の影響を考慮することにより $\rho_s=1.25\%$ の場合で $2 \times 10^{-3}/\text{cm}$ (降伏時曲率の約6倍)、 $\rho_s=2.50\%$ の場合で $4 \times 10^{-3}/\text{cm}$ (約12倍)程度の領域まで実験値とかなりよく合致するようになる。このことからはり部材の曲げモーメント～曲率関係を大変形下まで精度良く推定するためには断面内のひずみ勾配の影響を無視することはできないことがわかる。しかし、ひずみ勾配を考慮した場合でも、耐力が著しく低下し始めるときの曲率を小さく評価する傾向が認められ、さらに検討が必要である。

[参考文献]

- 1) 藤井学他; 横拘束コンクリートの応力～ひずみ関係に関する研究, 昭和63年土木学会関西支部年講概要集V-4
- 2) Sheikh, Shamim A.; Confined Concrete Subjected to Axial and Bending Loads, Proc. of the 8th World Conference on Earthquake Engineering, Vol. 5, pp. 869-876, (1984)

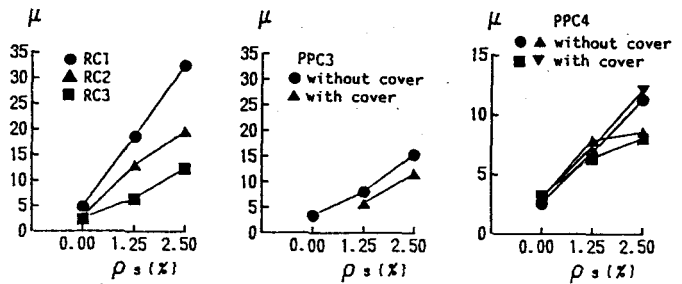


図3 じん性率

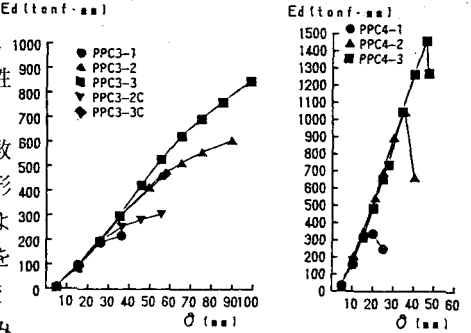


図4 消散エネルギー

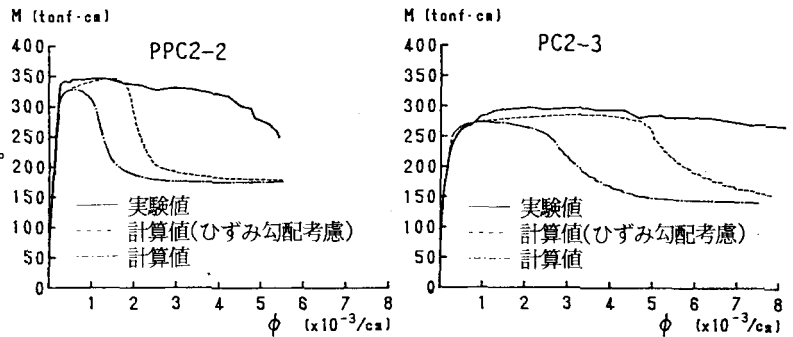


図5 曲げモーメント～曲率関係