

大阪工業大学大学院 学生員 ○三方 康弘 大阪工業大学大学院 学生員 示 敬三
大阪工業大学工学部 正員 井上 晋 大阪工業大学工学部 正員 小林 和夫
大阪工業大学工学部 正員 仁枝 保

1. 研究目的

本研究では、断面下縁プレストレス量ならびにプレストレスの分布がせん断耐力に及ぼす影響を実験的に検討した。また、種々のせん断耐力式（コンクリート標準示方書、二羽式¹⁾、道路橋示方書、ACI CODE）等を用いてせん断耐力を算定し、実験値と比較検討した。

2. 実験概要

本実験で用いたPCはり部材の断面形状・寸法を図1に示す。PC鋼棒にはφ13 ($f_{pu}=14980\text{kgf/cm}^2$)を用い、軸方向鉄筋ならびにせん断補強筋は配置していない。なお、断面下縁のプレストレス量として、下側に配置したPC鋼棒の導入プレストレス力を $0.7f_{pu}$ 、 $0.5f_{pu}$ 、 $0.35f_{pu}$ の3種類に選定した。また、断面内のプレストレスの分布は、PC鋼棒導入応力を上側 $0f_{pu}$ 、下側 $0.7f_{pu}$ （三角形分布）と上側 $0.35f_{pu}$ 、下側 $0.7f_{pu}$ （台形分布）と上側 $0.7f_{pu}$ 、下側 $0.7f_{pu}$ （長方形分布）に選定した3種類とした。また、コンクリート強度として、 $f'_c=400\text{kgf/cm}^2$ 、 800kgf/cm^2 の2種類を選定した。これらの要因の組合せにより合計10体のひりを製作した。それらの詳細を表1に示す。なお、載荷時には荷重、スパン中央たわみのほか、コンクリートの主引張・主圧縮・軸方向ひずみ等を測定した。載荷方法は全長160cmに対し曲げスパン40cmせん断スパン45cmとした($a/d=3.21$)対称二点集中荷重方式とした。

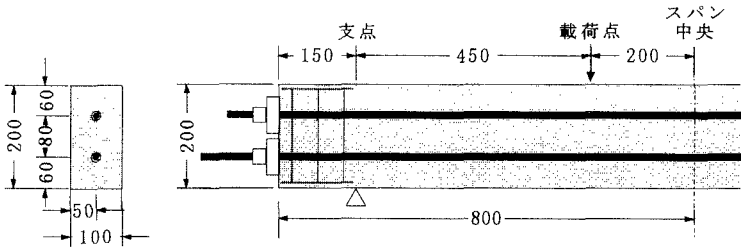


図1 供試体の断面図・寸法（単位mm）

3. 実験結果と考察

(1) 各種耐力式から算出したせん断破壊荷重（表1参照）

表1 最大荷重と各種耐力式から算出したせん断破壊荷重

供試体記号	実コンクリート 強度 f_c (kgf/cm^2)	コンクリートの応力 σ_p (kgf/cm^2) () 内はPC鋼棒の応力		せん断破壊荷重 (計算値) P_{us} (tf)					曲げ破 壊荷重 (計算値) P_{ub} (tf)	最大 荷重 (実測値) P_u (tf)	破壊形式
		上縁 (× f_{pu})	下縁 (× f_{pu})	コンクリート 標準 示方書	二羽式	道路橋 示方書	ACI CODE	ACI CODE 簡略式			
P-0-35	565	-6 (0)	71 (0.32)	4.30	5.32	2.54	5.30	5.32	10.58	9.20	曲げ
P-0-50	565	-9 (0)	102 (0.46)	4.82	5.98	2.86	6.22		10.58	9.70	曲げ
P-0-70	565	-13 (0)	141 (0.64)	5.50	6.80	3.26	7.38		10.59	10.93	曲げ
P-35-70	565	61 (0.34)	141 (0.67)	5.42	6.70	3.22	7.38		10.94	10.49	曲げ
P-70-70	565	140 (0.7)	140 (0.7)	5.36	6.64	3.18	7.36		11.11	10.75	曲げ
HP-0-35	932	-6 (0)	70 (0.32)	4.88	6.04	2.64	6.24	5.62	11.99	10.08	曲げせん断
HP-0-50	932	-9 (0)	101 (0.46)	5.44	6.74	2.94	7.16		12.00	11.63	曲げ
HP-0-70	932	-13 (0)	142 (0.64)	6.16	7.64	3.34	8.38		12.01	11.35	曲げ
HP-35-70	932	61 (0.34)	141 (0.67)	6.04	7.48	3.26	8.34		12.58	13.66	曲げ
HP-70-70	932	140 (0.7)	140 (0.7)	5.92	7.34	3.20	8.32		13.13	12.76	曲げ

表1に最大荷重、各種耐力式より算出したせん断破壊荷重を示す。各種耐力式におけるせん断破壊荷重 P_{us} は曲げ破壊荷重 P_{ub} を大きく下回っており、計算上はすべてのひりがせん断破壊することになっていたが、

Yasuhiro MIKATA, Keizo SHIME, Susumu INOUE, Kazuo KOBAYASHI, Tamotsu NIEDA

本実験では、9体が曲げ破壊した。PCはり部材においては、せん断耐力に及ぼす軸方向圧縮力の効果が大きく、コンクリートのせん断耐力が大幅に増加し、結果的に曲げ破壊したものと考えられる。コンクリート標準示方書、二羽式、道路橋示方書においては、せん断耐力に及ぼす軸方向圧縮力の効果を β_n あるいは k というパラメータを用いている。この考え方はもともと CEB-FIP Model Code 1978 に採用されていたものであるが、Model Code 1990 においてはこの考え方は削除されている。また、この β_n あるいは k はディコンプレッションモーメント M_0 を用いており、断面下縁の応力のみを考慮している。したがって、断面内の応力分布が異なるはりにおいて、断面下縁の応力が同じであれば、全て同一のせん断耐力として評価することになり、断面内のプレストレス分布の影響を適切に評価できていないと考えられる。本研究においては、最終的にせん断破壊したものがほとんどなかったため、プレストレスの量やその分布がせん断耐力に与える影響は明らかにできなかったものの、現行の各種耐力式はプレストレスの効果を明らかに過小評価している傾向があり、プレストレス分布の影響と併せ今後さらなる検討が必要であると考えられる。

(2) 荷重-たわみ関係 (図2参照)

HP-0-35は曲げせん断破壊したが、曲げせん断ひび割れ発生後、タイドアーチの耐荷機構が形成され、最大荷重以降のたわみ量が増加し、脆性的な破壊をしなかった。一方、P-35-70、HP-35-70、HP-70-70は曲げ破壊したが、コンクリート上縁が圧壊したのちに曲げせん断ひび割れが発生したため、脆性的な破壊をした。また、導入プレストレス量が大きい程、脆性的な破壊をする傾向を示した。

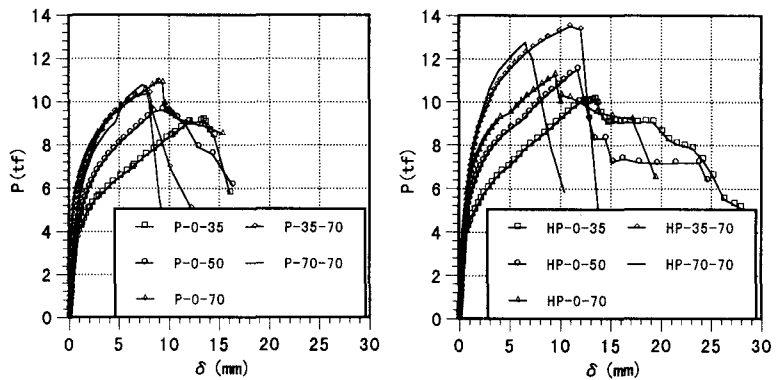


図2 荷重-たわみ関係

(3) 斜めひび割れの傾斜角

斜めひび割れの傾斜角は、HP-0-35(三角形分布)が約25度、HP-35-70(台形分布)が約20度、HP-70-70(長方形分布)が約10度となった。導入プレストレスが大きい程、また、応力分布が三角形分布、長方形分布、台形分布の順に斜めひび割れの傾斜角は減少する傾向を示した。

(4) 中立軸の位置

断面のプレストレス分布が三角形分布、台形分布、長方形分布の順に、曲げひび割れの進行が遅く、中立軸の位置が上昇し始める荷重が大きくなる。これにより、塑性ヒンジが形成される荷重が大きくなり、同一曲げモーメント作用時の曲率が減少し、塑性ヒンジの回転能が低下する傾向を示した。

4. まとめ

(1) 断面下縁の応力が等しい場合、断面内の応力分布が長方形分布のよりは三角形分布のよりと比較して、たわみ量は減少し、せん断ひび割れ傾斜角は小さくなり、塑性ヒンジの回転能が低下する傾向を示した。

(2) 曲げ破壊はせん断破壊より靱性を有するが、曲げ破壊とほぼ同時にせん断ひび割れが発生し、脆性的な破壊をする供試体がみられた。

(3) 本研究では、断面内の応力分布の変化による影響を含めて、せん断耐力に及ぼす軸方向圧縮力の効果については明確にすることができなかった。しかし、現行の各種耐力式はプレストレスの効果を過小評価する傾向があり、今後はプレストレス分布の影響と併せ、その整合性について検討していく必要がある。

参考文献 1) 二羽・山田・横沢・岡村：せん断補強筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価

土木学会論文報告集第372号 V-5, 1986. 8.