

V-305

せん断補強筋のないP Cはり部材のせん断耐力に及ぼすプレストレスの影響

大阪工業大学大学院 学生員 三方 康弘 大阪工業大学工学部 正員 井上 晋
大阪工業大学工学部 フェロー会員 小林 和夫 大阪工業大学工学部 正員 仁枝 保

1. 研究概要

本研究ではP Cはり部材のせん断耐力に及ぼすプレストレスの効果を評価する手法を提案し、せん断補強筋のないP Cはり部材の載荷試験結果を用いて、その整合性について検討を行った。

2. 試験概要

載荷試験で用いたP Cはり供試体の断面形状・寸法を図-1に示す。P C鋼材には $\phi 19$ ($f_{pu}=1277\text{N/mm}^2$) P C鋼棒を用いた。試験要因として、①プレストレスによる断面下縁の応力 (0N/mm^2 , 2.0N/mm^2 , 3.0N/mm^2 , 4.0N/mm^2 の4種類) ②断面内のプレストレスの分布形状 (上縁 0N/mm^2 、下縁 4.0N/mm^2 の三角形分布、上縁 2.0N/mm^2 、下縁 4.0N/mm^2 の台形分布、上縁 4.0N/mm^2 、下縁 4.0N/mm^2 の長方形分布の3種類) ③コンクリート強度 ($f'_c=40\text{N/mm}^2$, 80N/mm^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12体のはり供試体を作製した。それらの詳細を表-1に示す。なお、軸方向鉄筋ならびにせん断補強筋は配置しておらず、計算上はすべてのはりがせん断破壊するようにP C鋼材量を選定している。載荷方法は全長 1750mm に対し曲げスパン 400mm 、せん断スパン 450mm とした ($a/d=3.21$) 対称二点集中荷重方式とした。載荷時には荷重、スパン中央たわみ、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。

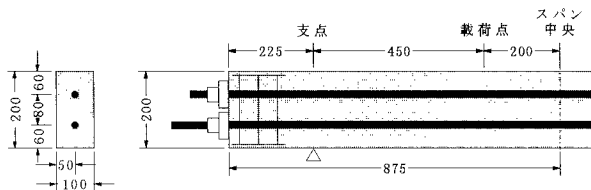


図-1 供試体の断面図・寸法 (単位mm)

3. 解析方法

Collins らが提唱した修正圧縮場理論¹⁾ による純せん断耐力はせん断補強筋のない場合(1)式より算出される。なお、解析に用いるコンクリートの引張強度として、 $f_t = 0.33\lambda\sqrt{f'_c}$ ($\lambda=1.00$: N/mm^2) を用いた。

$$V = V_c = f_1 b_w j d \cot \theta \quad (f_1: \text{主引張応力}, \theta: \text{ひび割れ傾斜角}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

4. せん断耐力に及ぼす軸方向圧縮力の定量化手法

修正圧縮場理論においては、コンクリート負担せん断力に及ぼす軸方向圧縮力の効果を、軸力の釣り合い関係から収束計算を行い、圧縮斜材角 θ を算出し、 $\cot \theta$ により評価している。すなわち、コンクリート負担せん断力に及ぼす軸方向圧縮力の効果は圧縮斜材角 θ の値に反映されていると考えられる。したがって、収束計算を行わずに圧縮斜材角 θ を算出し、コンクリート負担せん断力に及ぼす軸方向圧縮力の効果を、 $\cot \theta$ により評価することを試みた。

Mohr の応力円 (図-2) より、(2)式が得られる。

$$v \cot \theta = f_1 + f_{cx} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$v = \frac{V}{b_w j d} \text{ ならびに (1) 式より}$$

$$\cot \theta = \sqrt{1 + \frac{f_{cx}}{f_1}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

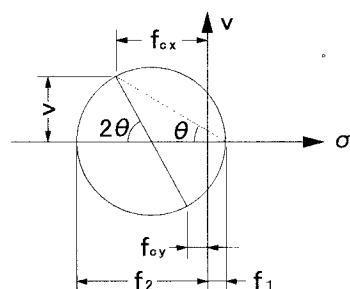


図-2 Mohr の応力円

軸方向応力 f_{cx} として、せん断領域の図心軸位置におけるプレストレスによる軸方向応力 σ_c 、また、主引張応

key words : P Cはり、せん断耐力、修正圧縮場理論、プレストレス分布

〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1 TEL (06)-6954-4742 FAX (06)-6957-2131

表－1 供試体の詳細および実験結果

供試体	コンクリート 強度 f'_c (N/mm ²)	プレストレス量 (N/mm ²)		せん断破壊荷重 (計算値) P_{us} (K N)				曲げ 破壊 荷重 (計算値) P_{ub} (K N)	せん断 ひび割れ 発生荷重 (実測値) P_{cs} (K N)	最大 荷重 (実測値) P_u (K N)	破壊形式	斜めひび割れ の傾斜角	
		上縁 σ'_a	下縁 σ'_s	(7)式	(8)式	コンクリート 標準 示方書	修正 圧縮場 理論					(4)式	(実測値)
P-0-0	41.9	0.0	0.0	43.8	43.8	35.3	52.0	117.5	52.0	87.4	せん断圧縮	45°	37°
P-0-20		0.0	2.0	52.5	48.2	38.9	61.0	120.9	55.4	98.3	せん断圧縮	40°	38°
P-0-30		0.0	3.0	56.5	50.6	40.8	65.4	124.4	54.8	105.2	せん断圧縮	38°	34°
P-0-40	43.0	0.0	4.0	59.6	52.6	42.4	68.8	126.0	64.1	96.3	せん断圧縮	37°	35°
P-20-40		2.0	4.0	68.4	52.8	42.5	77.8	123.1	73.7	103.0	せん断圧縮	33°	35°
P-40-40		4.0	4.0	74.6	53.1	42.7	84.6	120.4	81.7	96.4	せん断圧縮	31°	30°
HP-0-0	82.8	0.0	0.0	54.9	54.9	44.3	73.8	171.7	65.8	150.1	せん断圧縮	45°	40°
HP-0-20		0.0	2.0	62.6	58.8	47.5	83.6	172.9	80.0	148.8	曲げ	41°	38°
HP-0-30		0.0	3.0	65.6	59.9	48.4	87.2	170.9	82.9	148.2	せん断圧縮	40°	40°
HP-0-40	79.6	0.0	4.0	68.8	61.8	49.8	91.4	171.5	88.9	159.9	せん断圧縮	38°	35°
HP-20-40		2.0	4.0	77.0	61.8	49.8	101.6	171.4	92.2	168.5	せん断圧縮	35°	34°
HP-40-40		4.0	4.0	83.5	61.9	49.8	109.2	171.3	109.9	181.5	せん断圧縮	33°	30°

力 f_t として、せん断ひび割れ発生以前における主引張応力 f_t の最大値を用いることとし、コンクリートの引張強度 f_t を適用する。なお、引張強度には、Collins らが推奨する引張強度算定式(5)から算出した値を用いる。

$$\cot \theta = \sqrt{1 + \frac{\sigma'_c}{f_t}} \cdots \cdots \cdots (4)$$

$$f_t = 0.33\lambda \sqrt{f'_c} \quad (\lambda = 1.00 : \text{N/mm}^2) \cdots \cdots \cdots (5)$$

二羽らの式²⁾ (6)式を(4)式ならびに、コンクリート標準示方書に規定されている軸方向圧縮力の効果を表すパラメータ β_n により補正を行い、P C はり部材のせん断耐力を算出することを試みた。(6)式を(4)式で補正したものを(7)式、 β_n で補正したものを(8)式に示す。

$$V_{cd} = 0.94(f'_c)^{1/3} \beta_d \beta_p \{0.75 + 1.4/(a/d)\} b_w d \cdots \cdots \cdots (6)$$

$$V_{cd} = 0.94(f'_c)^{1/3} \beta_d \beta_p \cot \theta \{0.75 + 1.4/(a/d)\} b_w d \cdots \cdots \cdots (7)$$

$$V_{cd} = 0.94(f'_c)^{1/3} \beta_d \beta_p \beta_n \{0.75 + 1.4/(a/d)\} b_w d \cdots \cdots \cdots (8)$$

5. 結果および考察

表－1 に供試体の詳細および実験結果を示す。ほとんどののはりは最終的にせん断圧縮破壊したが、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、せん断補強筋を配置していないにもかかわらず、せん断ひび割れ発生後、さらに大きな荷重に抵抗する傾向を示し、なかには最終的に曲げ破壊に至る供試体 (HP-0-20) もみられた。したがって、せん断ひび割れ発生荷重と各種耐力式および修正圧縮場理論から算出したせん断破壊荷重を比較することとした。長方形分布のはりは三角形分布のはりと比較して、せん断ひび割れ発生荷重が増加する傾向を示した。しかし、コンクリート標準示方書においては、せん断耐力に及ぼす軸方向圧縮力の効果をディコンプレッションモーメント M_0 により評価しているため、断面下縁の応力のみを考慮しており、断面内のプレストレス分布の影響を考慮していない。一方、(7)式ならびに修正圧縮場理論による解析値は、断面内のプレストレス分布の影響を適切に評価しており、せん断ひび割れ発生荷重の実測値をほどよく推定している。また、(4)式から算出した斜めひび割れ傾斜角は斜めひび割れ傾斜角の実測値を程良く推測している。

6. まとめ

(4)式は断面内のプレストレス分布の影響を適切に評価しており、また、二羽式((6)式)を(4)式で補正したせん断耐力式((7)式)はせん断ひび割れ発生荷重の実測値をほどよく推定している。

参考文献 1) M.P.Collins and D.Mitchell : Prestressed Concrete Structures, PRENTICE HALL, 1991

2) 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