

V-527

プレストレスがPRCはり部材のせん断耐荷挙動に及ぼす影響

中央復建コンサルタンツ 正 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 フェロー 小林 和夫 大阪工業大学工学部 正 員 仁枝 保

1. はじめに

せん断破壊先行型の T 形断面 PRC はり部材において、せん断補強筋量、コンクリート強度および断面下縁のプレストレスレベルがせん断耐荷挙動に及ぼす影響を実験的に検討するとともに、修正圧縮場理論¹⁾を用いた解析を行い、斜めひび割れの傾斜角やコンクリートの分担せん断力について、実験値と比較・検討した。

2. 実験概要

本実験で用いた PRC はり部材の断面形状を図 1 に示す。いずれの供試体も主鉄筋は 2-D16($f_{sy}=320\text{N/mm}^2$)、せん断補強筋には D6 スターラップ($f_{sy}=410\text{N/mm}^2$)を用いた。また、スターラップの配置間隔は ∞ (スターラップ無)、120mm(せん断補強筋比:0.59%)の 2 種類を選定した。コンクリートの設計圧縮強度は 40N/mm^2 、 80N/mm^2 の 2 種類とし、さらに $\phi 13\text{mm}$ PC 鋼棒($f_{py}=1490\text{N/mm}^2$)を用いて各々の断面下縁に 0, 2.0, 4.0N/mm^2 の有効プレストレスを導入した。これらの要因の組み合わせにより表 1 に示す合計 12 体のはりを作製した。なお、荷重方法は全長 2000mm に対し曲げスパン 300mm、せん断スパン 400mm とした($a/d=2.35$)対称 2 点集中荷重方式とし、荷重時には荷重、たわみのほかスターラップひずみ(図 2 中○印)を計測した。

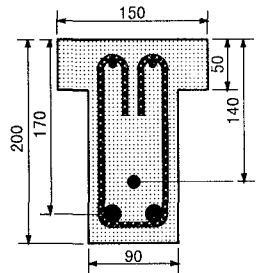


図1 断面図(単位: mm)

3. 解析方法

せん断耐荷挙動の解析方法として、斜めひび割れ間のコンクリートの引張応力とひび割れ後の圧縮強度の低下を考慮した修正圧縮場理論を用いた。同理論によるせん断耐力は式(1)より算出される。

$$V = V_c + V_s = f_t b_w j d \cot \theta + (A_w f_w / s) j d \cot \theta \quad (1)$$

ここに、 f_t : 主引張応力度、 A_w, f_w, s : スターラップの断面積、応力度および配置間隔、 θ : 圧縮斜材角である。なお、解析に用いる引張強度として、 $10\phi 20\text{cm}$ の円柱供試体による割裂強度を用いたものを解析値 1、Collins らが提案している式 ($f_t=0.33\sqrt{f'_c}\text{N/mm}^2$; $\lambda=1.00$, f'_c : 圧縮強度) で算出した引張強度を用いたものを解析値 2 とした。

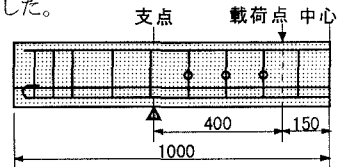


図2 荷重形式・配筋図(単位: mm)

表 1 供試体の詳細および実験結果

供試体	スターラップ 間隔 s (mm)	断面下縁 プレストレス σ_p (N/mm ²)	コンクリート 実圧縮強度 f_c (N/mm ²)	V_{cd} (KN)	V_{sd} (KN)	せん断破壊 荷重計算値 P_w (KN)		最大荷重 実測値 P_u (KN)	破壊 形式*
						修正圧縮 場理論	P_p/P_w		
T0-0	∞	0	41.1	21.1	—	55.2	1.07	59.1	STF
T12-0	120			21.1	31.7	144.2	0.92	133.3	STF
T0-20	∞			22.4	—	63.2	1.60	101.1	STF
T12-20	120	2.0	40.7	22.4	31.7	145.1	1.08	156.9	SCF
T0-40	∞			23.9	—	70.3	1.56	110.3	STF
T12-40	120	4.0		23.9	31.7	146.6	0.99	144.8	SCF
HT0-0	∞	0	79.8	26.3	—	77.5	1.98	153.7	STF
HT12-0	120			26.3	31.7	164.3	1.13	186.4	STF
HT0-20	∞			28.9	—	91.7	1.80	165.9	STF
HT12-20	120	2.0	90.4	28.9	31.7	169.1	1.06	180.2	SCF
HT0-40	∞			30.4	—	99.6	1.81	180.7	STF
HT12-40	120	4.0		30.4	31.7	173.6	1.13	196.6	FCF

* STF: せん断引張破壊、FSF: せん断圧縮破壊、FCF: 曲げ圧縮破壊

4. 考察

表 1 に実験結果を、また、図 3 に作用せん断力とひび割れ傾斜角の関係の一例を実測値、解析値 2 について示す。

最大荷重の実測値と修正圧縮場理論を用いたせん断破壊荷重計算値との比 P_u/P_w は、せん断補強筋を配置した場合には 0.92~1.13(曲げ破壊したものは除く)となり、プレストレス量、コンクリート強度に

PRC はり部材, 修正圧縮場理論, コンクリートの分担せん断力, せん断ひび割れ傾斜角

〒532-0004 大阪市淀川区西宮原 1-8-29 MB30 TEL 06-393-1121 FAX 06-393-1127

〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1

TEL 06-954-4742 FAX 06-957-2131

関係なく終局せん断耐力を程良く推測しているのに対し、せん断補強筋無配置の場合の比は T0-0 を除き 1.56～1.98 となり、修正圧縮場理論によるせん断耐力の推定精度には、せん断補強筋量による差異が顕著に認められた。

図 3 に示すように導入プレストレス $\sigma_p = 0 \sim 4.0 \text{ N/mm}^2$ の範囲においては、プレストレスレベルの大きいほどひび割れ傾斜角が若干小さくなる傾向が認められた。また、終局時のひび割れ傾斜角の実測値は $28 \sim 35^\circ$ 程度となり、 45° よりかなり小さくなること、また、この傾向を修正圧縮場理論による解析は十分な精度で推定していることがうかがえる。

図 4-(1)～(3)に作用せん断力とコンクリートおよびせん断補強筋の分担せん断力の関係の一例を実験値、解析値ともに示す(図中には参考として土木学会コンクリート標準示方書による値を示した)。なお、ここではスターラップひずみが明瞭に発生した位置、支点から 220mm に着目して以下の考察を進める。

斜めひび割れ発生直後、普通強度はりではプレストレスレベルが大きいほど部材ほどコンクリートの分担せん断力の一時的な減少が顕著に現れるものの、高強度はりでの減少率はプレストレスレベルに関係なく約 20% となった。また、コンクリートの分担せん断力の実測値は、斜めひび割れ発生後、一旦減少傾向を示すものの、いずれの供試体においてもコンクリート標準示方書による設計せん断耐力に対して、ほぼ安全側の値を与えることが示された。

また、修正圧縮場理論による解析値 1, 2 とも、せん断ひび割れ発生時におけるコンクリート分担せん断力の低下現象や、せん断補強筋の分担せん断力の増加という全般的な現象を程良くとらえており、特に、普通強度はりでの解析結果および高強度はりでの解析値 2 は、斜めひび割れ発生前後の挙動を非常によくとらえていることが認められた。しかしながら、高強度はりのコンクリート分担せん断力の実測値は解析値 1 より約 25% 程小さく、解析値 1 は実測値を危険側に評価をする傾向が認められた。この一因としては、高強度はりのコンクリートの引張強度が、応力状態の違い等の影響により円柱供試体より求めた値に比べ低くなっていることが考えられ、この値を用いて算出した解析値 1 がコンクリートの分担せん断力を過大評価したためと考えられる。

5. まとめ

修正圧縮場理論による解析結果は、実験結果と多少差異があるものの、はり部材のコンクリートの引張強度を適切に評価すれば、せん断補強筋を有する PRC はり部材の载荷の進行に伴うせん断抵抗挙動を逐一追跡できると考えられる。

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

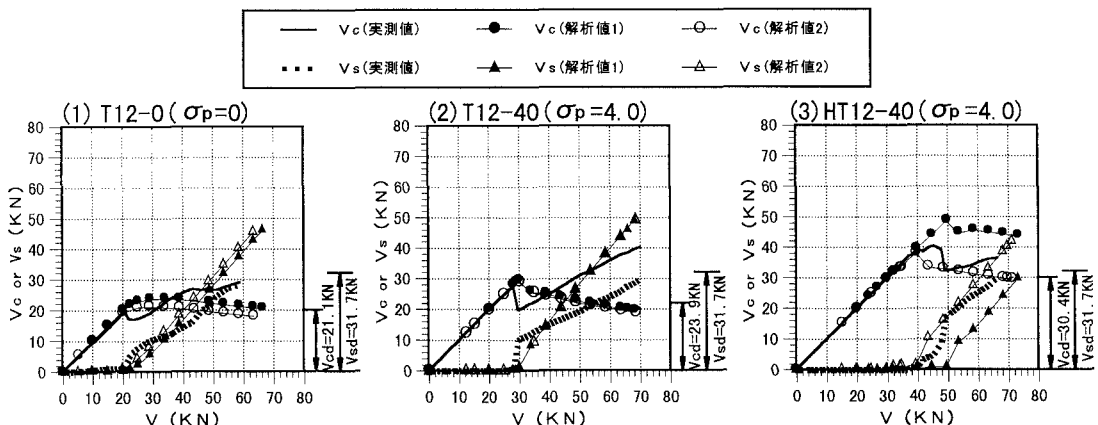


図 4 作用せん断力-コンクリート・せん断補強筋の分担せん断力の関係

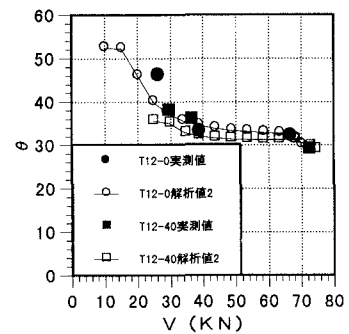


図 3 作用せん断力-ひび割れ傾斜角関係