

V-26

連続繊維補強プレストレストコンクリートはりのせん断耐荷性状

北海道大学大学院 学生員 佐藤 靖彦
 北海道大学工学部 正 員 上田 多門
 北海道大学工学部 正 員 角田與史雄
 ドーピー建設工業 正 員 今村 晃久

1 はじめに

連続繊維補強材は、鋼材に比べ引張強度が大きく弾性係数が小さいといった特徴を有することより、プレストレストコンクリート部材の緊張材としての利用に大きな期待がよせられている。

現在までの研究は、連続繊維プレストレストコンクリートはりの曲げ性状の把握に重点が置かれており、その曲げ耐力の算定にあたっては、RCはりと同様に従来のはり理論を適用できることが報告されている¹⁾。しかし、連続繊維プレストレストコンクリートはりのせん断性状およびその耐力に関する検討は、あまりなされていない。そこで本研究は、プレストレス力が作用することにより、はりのせん断耐荷性状にどのような影響が現れるものであるか、また、緊張材の弾性係数の大きさにより、プレストレストコンクリートはりのせん断耐荷性状が如何に異なるものであるか有限要素法により解析的に評価することを目的として行った。

2 解析の概要

2.1 解析プログラム

本研究で用いた解析プログラム²⁾は、鉄筋コンクリートはり部材のせん断問題に対し開発されたものである。本プログラムは、ひび割れの影響を平均的に捉え連続体に置き換えられるよう鉄筋コンクリート要素の平均応力-平均ひずみ関係を採用した分散ひび割れモデルを用いている。

2.2 解析供試体

本研究における解析供試体の諸元を表-1に示す。また、要素分割図を図-1に示す。供試体PP-Pは、その諸元が供試体PPと同一であるが、プレストレス力が作用するものである。また、供試体AP-PとPP-Pは、緊張材の弾性係数の大きさのみ異なるものである。これら3体の解析供試体は、せん断スパン比を2.4とし、緊張材比が4.0%、せん断補強筋比が0.42%と等しい。また、コンクリート強度は、39MPaとして解析した。解析においてプレストレス力は、図-1の斜線で示される鋼要素に外力として作用させた。また、載荷は、はり供試体に直接強制変位を与えることにより行った。

表-1 解析供試体諸元

Analyzed specimen	P_{eff} (kN)	Tendon		Shear reinforcement		V_u (kN)
		E_s (GPa)	f_{st} (MPa)	E_w (GPa)	f_{wt} (MPa)	
AP-P	196	69	1255	206	1255	213
PP-P	196	206	1255	206	1255	260
PP	0	206	1255	206	1255	240

P_{eff} : Prestressing force
 E : Young's modulus
 f_t : Tensile strength
 V_u : Ultimate shear force

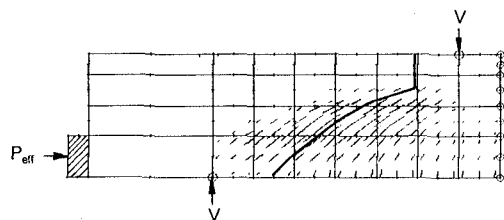


図-1 ひび割れ性状

3 セン断耐荷性状

3.1 セン断耐荷モデル

一般に、斜めひび割れを持つはり部材の作用せん断力に対する力の釣合は、図-2に示すように、せん断ひび割れが進展していないせん断ひび割れ上部のコンクリート圧縮域でのせん断抵抗力 (V_{ucz})、骨材の噛み合わせ作用によるせん断抵抗力 (V_{agr}) と補強筋のダウエル作用によるせん断抵抗力 (V_{dow})、さらにせん断補強筋によるせん断抵抗力 (V_{web}) により考えることができる。そこで本研究では、次式で表されるせん断耐荷モデルを仮定した³⁾。

$$V = V_{total} = V_{ucz} + V_{dcz}$$

V_{ucz} : 斜めひび割れより上部のコンクリート圧縮域 (以下「非ひび割れ圧縮域」) で受け持つせん断力

V_{dcz} : 斜めひび割れ域で受け持つせん断力 ($=V_{web}+V_{str}$)

V_{web} : 斜めひび割れ域でのせん断補強筋が受け持つせん断力

V_{str} : 斜めひび割れ域でのせん断補強筋以外が受け持つせん断力 ($=V_{agr}+V_{dow}$)

3.2 力の釣合を考える抵抗断面の仮定

先に示した図-1には、供試体PP-Pの解析より得られたひび割れパターンを考慮し設定した力の釣合を考える抵抗断面をも示してある。プレストレス力の有無、緊張材の弾性係数の大きさによりひび割れ性状が異なるため、それぞれの解析供試体において仮定した抵抗断面が異なる。各供試体の抵抗断面は、終局時において斜めひび割れ域での抵抗力が最も大きかった経路を抽出したものである。

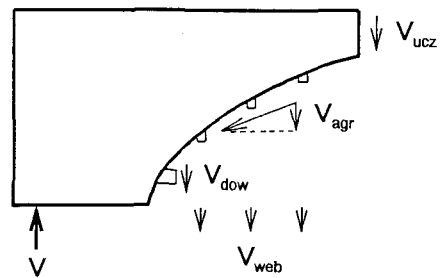


図-2 作用せん断力に対する力の釣合

3.3 セン断耐荷性状

(1)プレストレス力の影響

図-3は、非ひび割れ圧縮域と斜めひび割れ域よりなる抵抗断面における各分担せん断力の作用せん断力に対する推移を示すものである。プレストレス力が作用する供試体PP-Pにおいて、非ひび割れ圧縮域での分担力 V_{ucz} が大きく、斜めひび割れ域での分担力 V_{dcz} が小さいことが明かである。これは、プレストレス力が作用する供試体PP-Pにおいて、プレストレス力が作用しない供試体PPに比べ、斜めひび割れの上部への進展が遅く、分担力 V_{ucz} を負担する領域が大きいためである。

図-4は、仮定した抵抗断面でのせん断補強筋の荷重-ひずみ曲線を示すものであるが、プレストレス力が作用する供試体PP-Pにおいて、同荷重に対するひずみが小さいことが明かである。プレストレス力が作用する場合には、斜めひび割れでの変形が小さいことを示している。これは、プレストレス力が作用する場合の方が、作用せん断力に対するせん断補強筋の応力が小さいことを意味する。よって、せん断補強筋の受け持つ分担力は、プレストレス力が作用する場合の方が小さくなるものと考えやすい。しかし、実際には、図-4より明らかなようにせん断補強筋の受け持つせん断力は、プレストレス力を受けるものの方が大きい傾向にある。

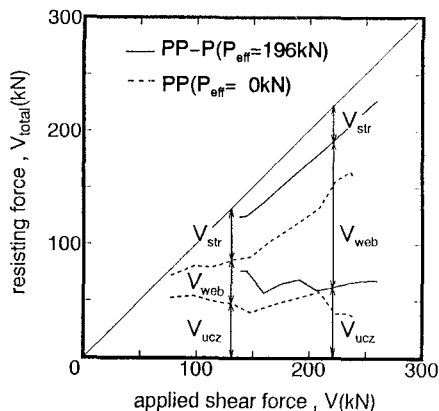


図-3 作用せん断力と各分担せん断力との関係

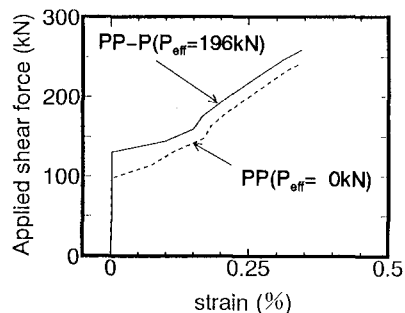


図-4 荷重-せん断補強筋ひずみ曲線

図-5および図-6は、作用せん断力が180kNである時の供試体PP-PとPPのひび割れ性状と抵抗断面を示すものである。プレストレス力が作用する供試体PP-Pは、プレストレス力の作用しない供試体PPに比べ、斜めひび割れ角度が小さいことが明かである。したがって、供試体PP-Pの方が供試体PPよりも、せん断補強筋を跨ぐ斜めひび割れ領域が大きくなるために、せん断補強筋による抵抗力 V_{web} が大きくなるのである。

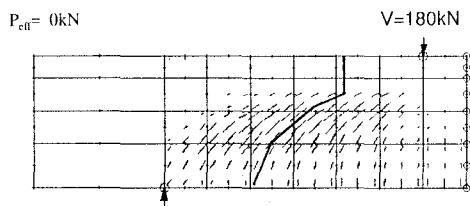


図-5 ひび割れ性状と抵抗断面（供試体PP）

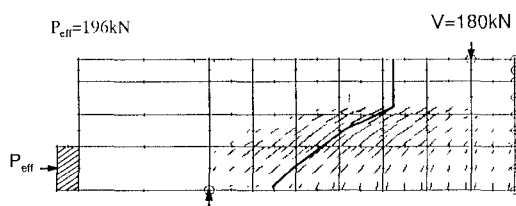


図-6 ひび割れ性状と抵抗断面（供試体PP-P）

一方、図-3より斜めひび割れ域でのせん断補強筋以外が受け持つ分担力 V_{str} は、供試体PP-Pの方が小さいことが明かである。図-7は、せん断スパン中央部におけるせん断補強筋の引張ひずみ（ ϵ_{web} ）とひび割れ方向のせん断ひずみとひび割れ直角方向の引張ひずみの比（ $\gamma_{cr}/\epsilon_{cr}$ ）との関係を示す。プレストレス力が作用する場合には、同じせん断補強筋のひずみにおいてひび割れでの引張ひずみに対するせん断ひずみが小さくなっていることが明かである。これは、プレストレス力が作用する場合には、せん断補強筋の引張応力が等しい時に、骨材の噛み合わせによる伝達応力が小さいことを意味する。また、作用せん断力に対する抵抗力は、ひび割れに沿う伝達応力の垂直成分であるから、ひび割れ角度が小さくなることによりその応力は小さくなる。よって、プレストレス力が作用する場合、斜めひび割れ角度が小さくなるために斜めひび割れ域でのせん断抵抗力 V_{str} は小さくなるものと言える。

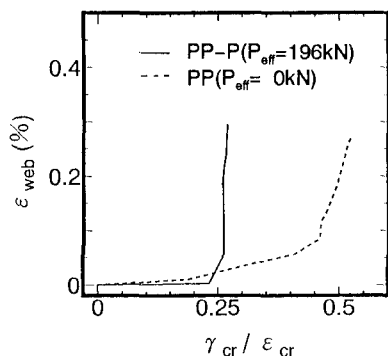


図-7 せん断補強筋ひずみと引張ひずみ／せん断ひずみとの関係

(2)緊張材の弾性係数の影響

図-8は、供試体PP-Pと供試体AP-Pの作用せん断力に対する各分担せん断力の推移を示す。緊張材の弾性係数が小さい供試体AP-Pにおいて、非ひび割れ圧縮域での分担力 V_{ucz} が小さく、斜めひび割れ域での分担力 V_{dcz} が大きい。これは、弾性係数が小さい供試体AP-Pの方が、斜めひび割れの上部への進展が早く、分担力 V_{ucz} を負担する領域が供試体PP-Pに比べ狭いためである。

図-9は、斜めひび割れ域でのせん断補強筋の荷重-ひずみ曲線を示すものであるが、供試体AP-Pにおいて同荷重に対するひずみが大きいことが明かである。RCはりと同様に³⁾、PCはりにおいても緊張材の弾性係数が小さい場合には斜めひび割れでの変形が大きくなるのである。

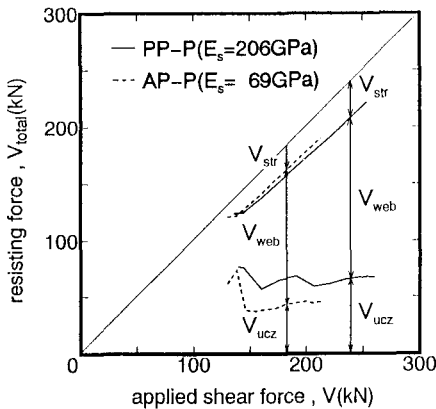


図-8 作用せん断力と分担せん断力との関係

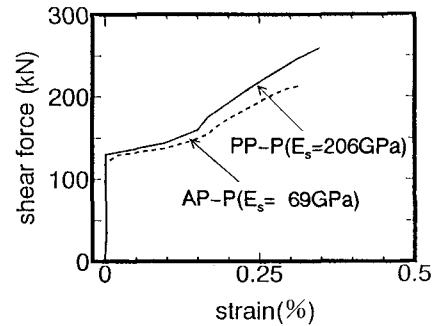


図-9 荷重-せん断補強筋ひずみ曲線

4 まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) はりにプレストレス力が作用する場合には、プレストレス力が作用しない場合に比べ、非ひび割れ圧縮域での分担せん断力が大きく、斜めひび割れ域での分担せん断力が小さい。
- (2) 斜めひび割れ域での分担せん断力は、主として骨材の噛み合わせ作用によるせん断補強筋以外による分担力とせん断補強筋による分担力により構成されるものであるが、プレストレス力が作用する場合には、プレストレス力が作用しない場合に比べ、せん断補強筋が受け持つ分担せん断力が大きく、骨材の噛み合わせ作用による分担せん断力が小さい。これは、プレストレス力が作用する場合には、斜めひび割れ角度が緩くなることによる。
- (3) 緊張材の弾性係数が小さい場合には、弾性係数が大きいものに比べ、非ひび割れ圧縮域での分担せん断力が小さく、斜めひび割れ域での分担せん断力が大きい。

参考文献

- 1) 土木学会：連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用，コンクリートライブラリー72（1992）
- 2) ナレス パンタラトーン：鉄筋コンクリート梁におけるせん断抵抗機構の有限要素解析，
東京大学博士論文（1991）
- 3) 佐藤靖彦，上田多門，角田興史雄：有限要素解析による連続繊維補強コンクリートはりのせん断耐荷性状の定性的評価，土木学会論文集，第484号（1994）