

軸方向力が作用するRCはり部材のせん断耐力評価における可変角トラス理論の適用

大阪工業大学工学部 正員 ○三方 康弘
大阪工業大学工学部 正員 井上 晋

1. はじめに

2012年制定の土木学会コンクリート標準示方書（設計編）では、PCはり部材の設計せん断耐力評価において可変角トラス理論が適用されたが、軸方向引張力を受けるRCはり部材については、十分な知見が得られていないことや、軸方向引張力が大きい場合には $\cot\theta$ の値として解を持たない場合が生じることから、RCはり部材には適用されていない。しかしながら、RCはり部材の合理的な設計手法を確立する観点から、可変角トラス理論の適用が望まれている。そこで、本研究では軸方向引張力がRCはり部材のせん断耐力に及ぼす影響を把握することを目的として、主鉄筋比、軸方向引張応力を要因としたRCはり部材の載荷試験を実施した。

2. 実験概要

載荷試験に用いたRCはり供試体の断面形状・寸法を図-1に示す。実験要因として、①軸方向引張応力 (0 N/mm^2 , 0.5 N/mm^2 , 1.0 N/mm^2 の3種類) ②主鉄筋の径 (D16($p=2.3\%$), D19($p=3.4\%$) の2種類) を選定した。これらの要因の組合せにより合計6体のはり供試体を作製した。それらの詳細を表-1に示す。載荷方法は全長 1330 mm に対し曲げスパン 300 mm 、せん断スパン 425 mm とした ($a/d=2.5$) 対称二点集中荷重方式とした。また、図-1、写真-1のように、供試体端部に鉄筋を埋込み、引張軸力用の治具を取り付け、支点の回転変形を拘束せずに引張軸力を作用させた。載荷時には引張軸力をロードセルにて管理し、所定の引張応力を保持しながら載荷試験を実施した。

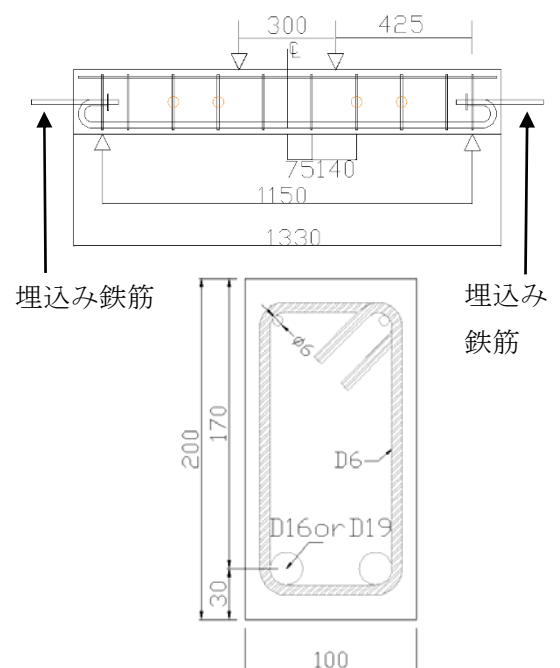


図-1 供試体の断面形状・寸法 (mm)

3. 各種せん断耐力式

せん断破壊荷重の計算値はコンクリート標準示方書式、 $\cot\theta$ 法を用いたせん断耐力式、田村らの式¹⁾を用いて算定した。 $\cot\theta$ 法を用いたせん断耐力式(式(1))、田村らの式(式(4))を下記に示す。

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (1)$$

$$\beta_n = \cot\theta = \sqrt{1 + \sigma_{cg} / f_{vtd}} \quad (2)$$

σ_{cg} : 断面高さの $1/2$ の高さにおける平均プレストレスであり、ここでは軸方向引張応力を用いる

f_{vtd} : コンクリートの引張強度

$$V_{sd} = A_w \cdot f_{wyd} (\sin\alpha_s \cdot \cot\theta + \cos\alpha_s) / S_s \cdot Z / \gamma_b \quad (3)$$

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_{pw-n} \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (4)$$

$$\beta_{pw-n} = 1 + 2 M_0 / M_u \quad (5)$$



写真-1 軸方向引張力の導入状況

4. 実験結果

コンクリート標準示方書式で算定されたものを β_n 法とし、 $\cot\theta$ 法、田村らの式による計算結果を表-1に、図-2にひび割れ状況、図-3にD19を用いた供試体における最大作用せん断力の実測値およびせん断耐力のキーワード：可変角トラス理論、軸方向引張力、せん断、 $\cot\theta$ 法、RCはり

連絡先：〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1 TEL 06-6954-4182

表-1 供試体の詳細および試験結果

供試体	主鉄筋の種類	引張応力 (N/mm^2)	曲げ破壊荷重 計算値 P_{ub} (kN)	せん断破壊荷重の計算値 P_{ub} (kN) ()内は V_c の計算値			最大荷重 (実測値) P_u (kN)	破壊形式
				β_n 法	$\cot\theta$ 法	田村らの式		
D16-0	D16	0.0	100.2	104.4 (21.7)	104.4 (21.7)	104.4 (21.7)	108.3	曲げ引張
D16-0.5	D16	0.5	100.1	100.8 (19.9)	92.6 (19.2)	102.6 (20.8)	108.3	曲げ引張
D16-1.0	D16	1.0	100.1	97.4 (18.2)	79.0 (16.4)	100.8 (19.9)	107.6	曲げ引張
D19-0	D19	0.0	135.5	110.0 (24.5)	110.0 (24.5)	110.0 (24.5)	145.2	斜め引張
D19-0.5	D19	0.5	135.4	107.0 (23.0)	97.6 (21.7)	108.6 (23.8)	145.2	斜め引張
D19-1.0	D19	1.0	135.4	104.2 (21.6)	83.4 (18.6)	107.0 (23.0)	134.2	斜め引張

算値と軸方向引張応力関係を示す。主鉄筋に D16 を用いた供試体はいずれも曲げ引張破壊に至り、最大荷重はほぼ同程度であった。一方、主鉄筋に D19 を用いた供試体はせん断ひび割れが顕著に発生し、斜め引張破壊に至った。D19-1.0 は D19-0、D19-0.5 と比較して最大荷重が低下した。

図-3 において、 β_n 法、田村らの式を用いた場合は軸方向引張応力の増加に伴って、せん断耐力の計算値が若干低下しているものの、最大作用せん断力の実測値と比較して、低下割合は小さい。一方、 $\cot\theta$ 法を用いた場合は軸方向引張応力の増加に伴ってせん断耐力の計算値が低下しており、最大作用せん断力の実測値の低下挙動を安全側に評価している。 $\cot\theta$ 法はコンクリート負担せん断力の低下だけでなく、式(3)で算定される可変角トラス理論を用いているため、せん断補強筋負担せん断力も低下していることから、 β_n 法、田村らの式を用いた場合と比較して、せん断耐力の計算値が低下した。

しかしながら、図-2 のひび割れ状況からは軸方向引張応力の増加に伴って、斜めひび割れの傾斜角が大きくなる挙動は確認されず、本実験からは 1.0N/mm^2 程度の軸方向引張応力では、可変角トラス理論の適用性は確認できなかった。

このことから、 1.0N/mm^2 程度の軸方向引張応力によりせん断破壊荷重が低下した主要因は、軸方向引張応力の増加に伴ってせん断ひび割れの開口幅が大きくなり、骨材のかみ合わせ作用が低下したことによるコンクリート負担せん断力の低下であると考えられる。

5. 結論

本実験の結果から、 $\cot\theta$ 法を用いたせん断耐力式は軸方向引張応力の増加に伴う最大作用せん断力の実測値の低下挙動を安全側に評価した。しかし、 1.0N/mm^2 程度の軸方向引張応力では、せん断ひび割れの傾斜角には変化が確認されず、可変角トラス理論の適用性は確認できなかった。

謝辞

本研究は吉田研究奨励賞の研究課題として実施した。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 田村, 重松, 原, 丸山: 軸方向引張力を受ける RC 梁のせん断耐力算定式に関する一考察, 土木学会論文集, No. 520, V-28, pp225-234, 1995. 8

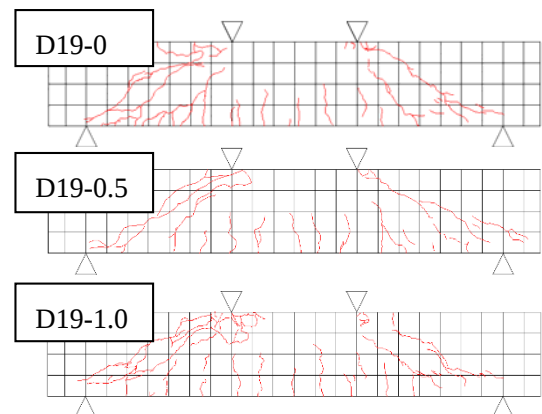
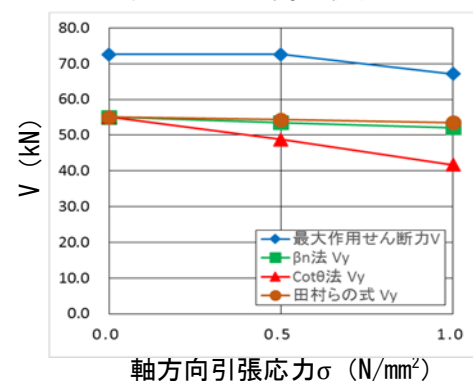


図-2 ひび割れ状況

図-3 $V-\sigma$ 関係 (D19)