

RC 部材のひびわれ面におけるせん断伝達挙動について

The shear transferring behavior on a crack of RC members

北海道大学工学部土木工学科 学生員○ 山火 智洋 (Tomohiro Yamabi)
北海道大学大学院工学研究科 学生員 田所 敏弥 (Toshiya Tadokoro)
北海道大学大学院工学研究科 正会員 上田 多門 (Tamon Ueda)
北海道大学大学院工学研究科 正会員 佐藤 靖彦 (Yasuhiko Sato)

1. まえがき

せん断破壊する RC 部材の挙動を数値解析により予測、再現するには、ひび割れ面におけるせん断伝達挙動を精度良く表現できる構成則が必要不可欠である。せん断破壊する RC 部材では、斜めひび割れ発生後もひび割れ面において応力伝達が生じ耐力が増加する。斜めひび割れの発生後、荷重の増加に従って主応力の方向がひび割れ直角方向から徐々にずれていくことによりせん断変位が増し、ひび割れ面の骨材のかみ合わせ効果により圧縮応力とせん断応力が増加する。これが RC 部材のせん断伝達現象である。さらに、せん断変位とひび割れ幅がある大きさになるとせん断伝達応力が徐々に低下することが知られている。しかし、このせん断軟化領域まで検証されたモデルはない。

本研究は、せん断破壊する RC 部材の斜めひび割れ部の変形挙動を詳細に測定し、既往のモデルを用いてひび割れ部の応力状態を調べ、そのせん断伝達挙動を明らかにする。

2. 実験概要

2.1 実験方法

供試体の形状及び材料緒元を図1から3および表1に示す。実験は、 a (せん断スパン) / d (有効高), せん断補強筋比をパラメータとした3体の供試体に1点静的荷重を行った。測定は、斜めひび割れ発生後コンタクトゲージによりひび割れ幅とずれ (せん断変位) を詳細に終局時まで測定した。

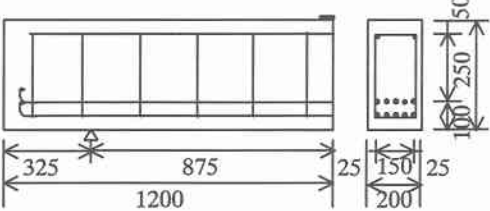


図1 S1 供試体

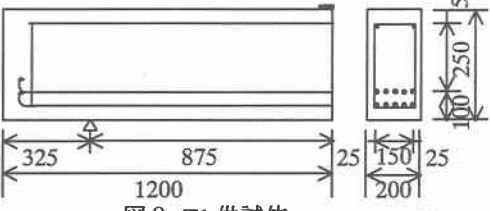


図2 T1 供試体

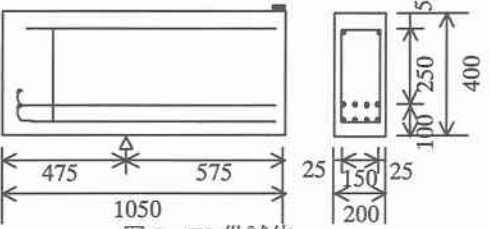


図3 T2 供試体

表1 供試体諸元および実験結果

	a/d	せん断補強筋比	コンクリート強度(MPa)	ひび割れ発生荷重(kN)	耐力(kN)
S1	2.69	0.0014	21.0	180	310
T1	2.69	—	21.0	180	290
T2	1.78	—	25.0	210	410

2.2 実験結果および考察

実験により得られた荷重変位関係を図4に示す。図4より斜めひび割れ発生後、剛性の低下が確認できる。また、S1,T1を比較すると斜めひび割れ発生までは、荷重変位関係が一致し、その後せん断補強されてないT1では剛性の低下が大きくなる。これはせん断補強効果だけでなく、ひび割れ面での変形挙動が異なり応力伝達が異なるからと説明できる。また、ひび割れ図を図5,6,7に示す。各図に示した●の位置でのひび割れ幅とずれを測定し、測定結果

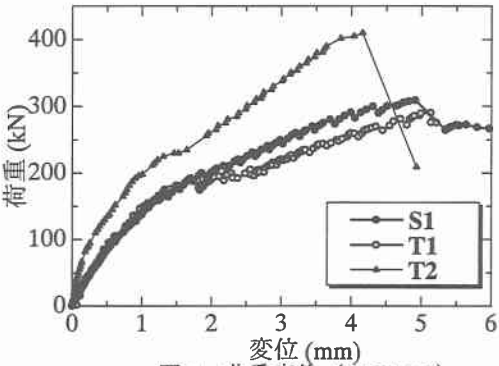


図4 荷重変位 (S1,T1,T2)



図5 S1 ひび割れ図



図6 T1 ひび割れ図



図7 T2 ひび割れ図

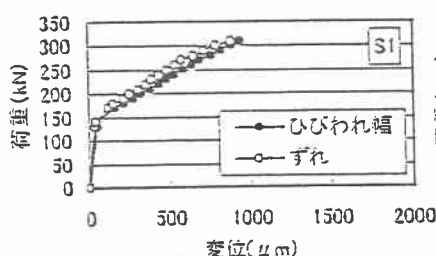


図8 S1 荷重—斜め変位

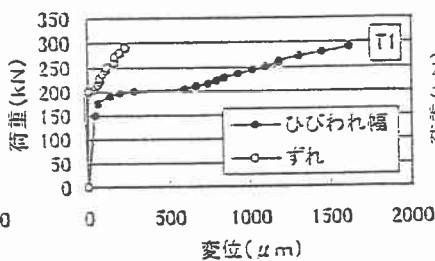


図9 T1 荷重—斜め変位

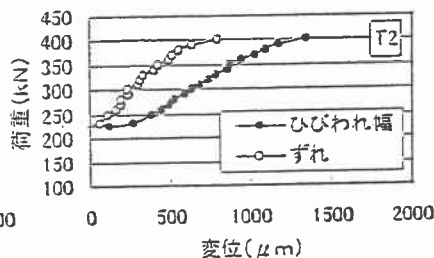


図10 T2 荷重—斜め変位

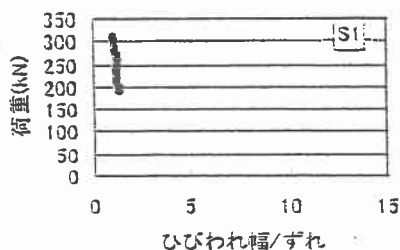


図11 S1 荷重— ω/δ

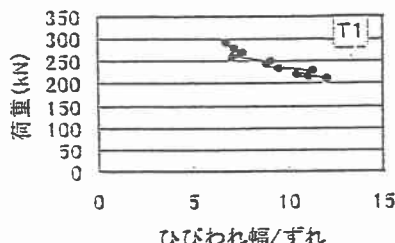


図12 T1 荷重— ω/δ

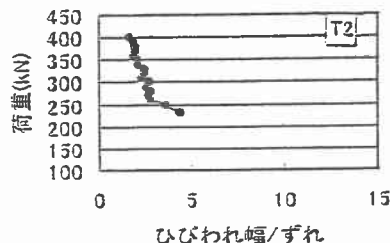


図13 T2 荷重— ω/δ

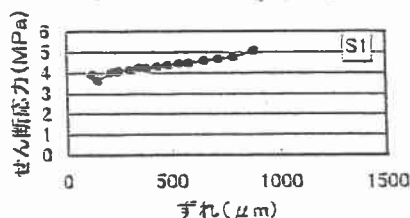


図14 S1 $\tau-\delta$

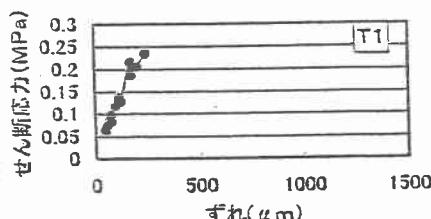


図15 T1 $\tau-\delta$

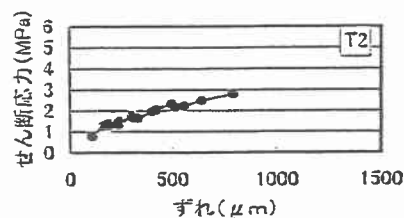


図16 T2 $\tau-\delta$

を図8から10に、ひび割れ幅とずれの比を図11から13に示す。S1では、斜めひび割れ発生後、ひび割れ幅とずれが同じ割合で増加する。これは、せん断補強筋の拘束効果によると考えることができる。T1では、斜めひび割れ発生後、ひび割れ幅が急激に増加し、その後、ずれが増加する。また、ずれはひび割れ幅に対し増加量が小さい。T2では、T1と同様の挙動を示す。このように、せん断破壊するRC部材の斜めひび割れ面では、せん断補強筋の有無そして、 a/d の大きさによって、ひび割れ幅とずれの関係が大きく異なることがわかった。

3. 既往のモデルによる検討

李・前川の提案した接触密度関数によるせん断伝達モデルを用いることによってひび割れ面の応力を算出した。李・前川の提案式を以下に示す。実験により測定したずれと算出したせん断伝達応力図14から16に示す。S1では、ずれの増加に従って、せん断伝達応力が増加する。そして、伝達されるせん断応力も大きい。これは、せん断補強筋によってひび割れ面が拘束されるため、骨材のかみ合わせ効果が十分発揮されていると考えられる。このことがこのモデルからも説明できる。T1ではひび割れ幅が大きいので、ひび割れ面でのせん断伝達応力が非常に小さい。また a/d の小さいT2においては、徐々にせん断伝達応力が大きく

なる。この結果、せん断補強されていない a/d の小さいRC部材においてはひび割れ面において伝達されるせん断応力がほとんどないことがわかる。

$$\tau = m \delta^2 / (\omega^2 + \delta^2) \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

$$\sigma = -m \left(0.5\pi - \tan^{-1} \left(\frac{\omega}{\delta} \right) - \frac{\omega\delta}{\omega^2 + \delta^2} \right) \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

$$m = 18 \cdot f_c^{1/3} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

4. まとめ

せん断破壊するRC部材のせん断ひび割れ挙動をある程度明らかにすることができた。すなわち、せん断補強筋がある場合とない場合とでは、ひび割れ部の変形挙動が大きく異なり、せん断補強筋が無く比較的スレンダーな場合には、せん断伝達応力は極めて小さい。

参考文献

- 1) 李宝禄・前川宏一：せん断密度関数に基づくコンクリートひび割れ面の応力伝達構成式，日本コンクリート工学，V26, No.1, pp123-137, 1988-