

V-54

せん断伝達モデルについての実験的検討

北海道大学工学部	○ 学生員	中川 健司
北海道大学大学院	学生員	田所 敏弥
北海道大学大学院	正 員	上田 多門
北海道大学大学院	正 員	佐藤 靖彦

1. はじめに

コンクリートに導入されたひび割れ面に沿ってせん断すべり変形を与えると、ひび割れ平行方向にせん断応力が伝達されるとともに、ひび割れ面に直交方向にも圧縮応力が伝達される。

ひび割れ面における伝達応力に関する実験は過去に多く報告されており、せん断伝達構成則も多くの研究者によって提案されている^{1), 2)}。しかし、任意の履歴に対して高い適用能力を有する構成方程式は開発途上であると言えよう。既往の構成モデルはひび割れ幅を一定に保ち、ずれ量とせん断応力の関係を述べているものが多い。しかし実際は、棒部材の斜めひびわれにおいてはひび割れ幅とずれ量はともに大きくなる。図-1は既往の実験結果である³⁾。この場合、ひび割れ幅 w とずれ量 δ は一定の割合、つまり $w/\delta = 2.0$ 程度の割合で増加していることが分かる。それ故にひび割れ幅を一定に保つという条件でおこなった実験結果は実際の現象とは異なることが分かる。

以上を考慮に入れ、筆者らは、実際のせん断伝達を解明するために以下の実験を行った。すなわち、コンクリートのひび割れ面における応力伝達挙動を的確に表現できるようにひび割れ幅 w とずれ量 δ をある一定の比に保ってそのときのせん断応力と拘束応力の値を計測し、軟化するまで荷重をかけ続けるといった実験を行った。

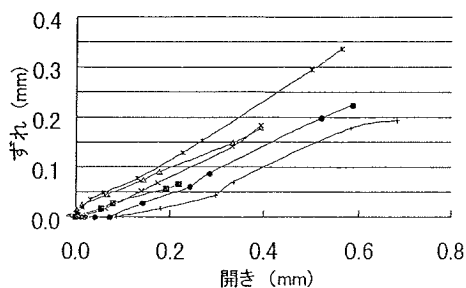


図-1 開きとずれの関係

2. 実験概要

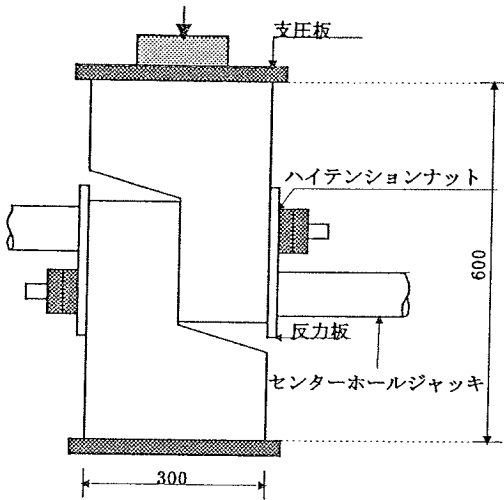
2.1 実験供試体

実験供試体を図-2のようにした。サイズは $300 \times 600 \times 108\text{mm}$ とした。実験は1体のみおこなっており圧縮強度は $f_c' = 23.8\text{MPa}$ であった。供試体中央にひび割れをあらかじめ導入して、ひび割れ面に平行方

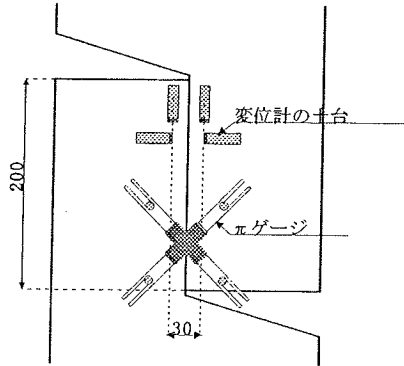
Experimental Investigation on shear transfer mode.

By Takeshi Nakagawa, Toshiya Tadokoro, Tamon Ueda and Haruhiko Sato

向にせん断力と垂直方向に拘束力を作用させた。あらかじめ導入したひび割れは割裂破壊によって入れたものである。供試体と支圧板には摩擦力が働かないようにテフロンシートを敷いた。



図－2 実験供試体



図－3 変位計の配置

2. 2 荷重及び測定方法

荷重方法は逆対称2点荷重方法を採用した。ひび割れ面に作用する拘束力は、供試体に埋められたシーースにPC鋼を通して、2台のセンターホールジャッキで制御した。上からの荷重は単調荷重である。

測定は図－3に示すように裏表に変位計を4つずつ、 π ゲージを2つずつ配置した。変位計、 π ゲージは2つ1組で、変位計は2つの変位の差から開きとずれを計測した。変位計は独立した固定点に固定した。 π ゲージはひび割れ面に対して45度、135度の傾きを与えて配置した。つまり π ゲージはお互い直角となって配置されている。それぞれの伸縮から開きとずれを計測した。計測する点はひび割れから1.5cm離れた点でおこなった。最大荷重後の軟化領域の測定を行うため、荷重は変位制御によって行った。

3. 実験結果および考察

3. 1 実験結果

ひび割れ幅とずれ幅の比を一定に保って荷重を加えたときの開きと拘束応力、ずれとせん断応力、開きとずれの関係をそれぞれ図－4、図－5、図－6に示した。拘束応力とせん断応力との関係は図－7に示す。軟化を確認することが出来たが最大荷重を記録したときにほとんどすべての計測器（変位計と π ゲージ）がはずれてしまったので軟化後の開きとずれは計測できていないがせん断強度は計測できた。

3. 2 実験結果と考察

実験供試体が軟化したときのせん断応力と拘束応力はそれぞれ6.4MPa、6.7MPaであった。前川が発案した式⁴⁾によると軟化するときの応力はコンクリートの圧縮強度によってのみ依存されることが述べられ

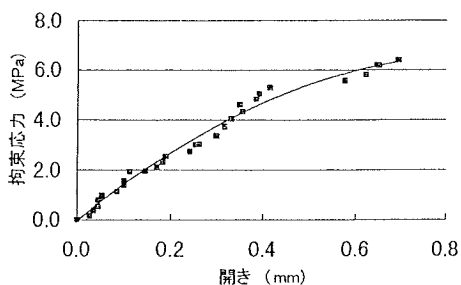


図-4 開きと拘束応力との関係

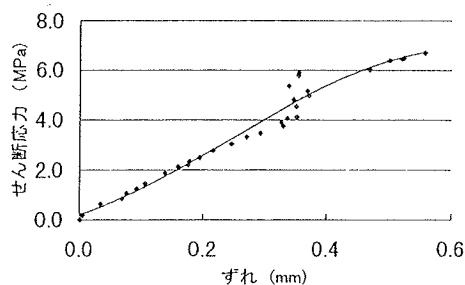


図-5 ずれとせん断応力との関係

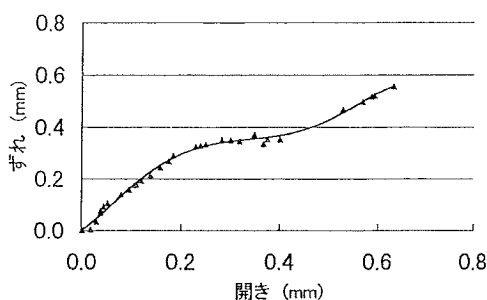


図-6 開きとずれの関係

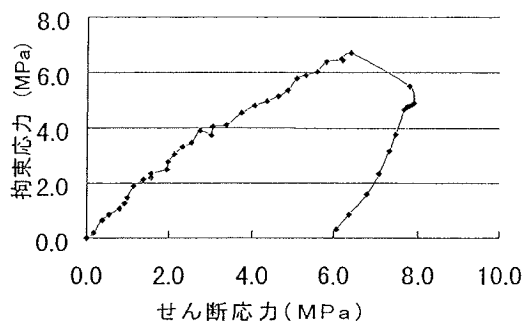


図-7 せん断応力と拘束応力との関係

ている。つまり、せん断強度はひび割れ幅に依存しないとし、ほぼ一定になると考えている。その式を下に示す。

$$\begin{aligned} M &= 18 \cdot f_c'^{1/3} && (\text{kgf/cm}^2) \\ \tau_{\max} &= 18 \cdot f_c'^{1/3} && (\text{kgf/cm}^2) \\ \sigma_{\max} &= -18 \cdot f_c'^{1/3} \cdot \pi/2 && (\text{kgf/cm}^2) \end{aligned}$$

ここで、この実験の圧縮強度は $f_c' = 23.8 \text{ MPa} (233 \text{ kgf/cm}^2)$ であったのでこの式に代入すると、 $\tau_{\max} = 11.3 \text{ MPa} (111 \text{ kgf/cm}^2)$ 、 $\sigma_{\max} = 17.7 \text{ MPa} (174 \text{ kgf/cm}^2)$ となるので実際の値はこの式から計算される値よりも小さいことが分かった。

また、前川は単調載荷でひび割れ幅一定としてずれ量とせん断応力の関係も表している。その関係をグラフに表したのが、図-8と図-9である。図-8と図-9との違いはコンクリートの圧縮強度が異なる。図-8は $f_c' = 24.3 \text{ MPa}$ であり、図-9は $f_c' = 51.0 \text{ MPa}$ である。それと今回の実験を比較すると我々の実験はせん断荷重が大きい領域では、荷重の増加量に較べずれの増加量が大きくなる。つまり、グラフの傾きが荷重増加に従い緩やかなるのが分かる。これはひび割れ幅を増加させずに実験をおこなっているからだと思われる。

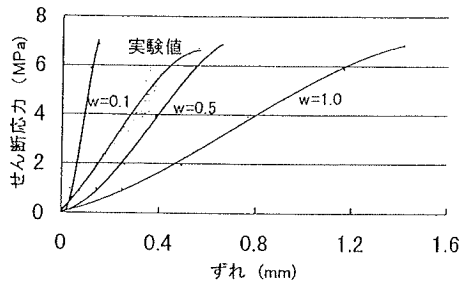


図-8 ずれとせん断応力の関係

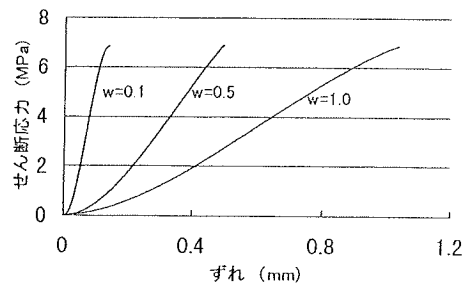


図-9 ずれとせん断応力の関係 (高強度)

4. まとめ

今回の実験で分かったことを以下にまとめる。

- ① せん断強度はひび割れ幅とずれ量を同時に大きくした条件では、既往の計算式よりも小さな値をとることが分かった。
 - ② ひび割れ幅とずれ量を同時に大きくさせるとある程度までいくとせん断応力があまり増加しなくなりせん断変位が増えていく。つまり、せん断剛性の低下が大きくなることが分かった。
- また今後の課題として、軟化後の開き、ずれを計測しその挙動も明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) State-of-the-Art Report on Finite Element Analysis of Reinforced Concrete, ASCE Publication, 1984.
- 2) 椿 龍哉：ひび割れ面におけるせん断伝達のモデル化、RC構造のせん断問題に関する解析的研究に関するコロキウム論文集、日本コンクリート工学協会、1983, pp.157～162.
- 3) 真田 修：せん断補強筋の無い RC はりの斜め引張耐力と変形に関する解析的研究、1993 年度修士論文
- 4) 前川 宏一：接触面密度関数に基づくコンクリートひびわれ面の応力伝達構成式、コンクリート工学、Vol.26, No.1, Jan.1988