

圧縮応力下におけるコンクリートのせん断伝達挙動に関する基礎的研究

関西大学環境都市工学部 学生会員 ○ 青木 梓

関西大学環境都市工学部 正会員 上田 尚史

1. はじめに

RC 構造物は大地震時には損傷を伴う非線形挙動を呈するため、安全で合理的な設計を行うためには終局挙動の把握と適切な評価が望まれる。RC はりのせん断破壊時には、載荷点近傍の圧縮縁コンクリートにおけるひび割れ進展ならびにずれ変形が卓越することが知られているが、そのような圧縮応力下のせん断伝達機構は必ずしも明らかになっていない。

本研究では、圧縮応力下でのせん断伝達挙動を把握するため、ひび割れ面に圧縮応力を与えた状態で直接せん断実験を行い、最大せん断応力や破壊進展挙動について検討した。また既往のせん断伝達モデルとの比較を行い、その適用性について考察した。

2. 実験概要

本研究では、圧縮応力を一定とした条件（以下一定軸力載荷）と、圧縮応力とせん断応力の比（以下応力比）を一定とした条件（以下応力比一定載荷）でそれぞれ直接せん断載荷試験を行った。供試体は寸法 $150 \times 200 \times 400 \text{ mm}$ の直方体とし、中央の上下にそれぞれ深さ 23 mm のノッチを有するものである。後述するようにひび割れ面に圧縮応力を導入するため、断面に PC 鋼棒を通すための孔が二つある。

せん断載荷試験の概略図を図-1 に示す。一定軸力載荷は、初期ひび割れを導入し、ひび割れ面に作用する圧縮応力が一定 ($\sigma=1.0, 2.5, 5.0, 10.0 \text{ MPa}$) となるよう制御して行った。応力比一定載荷は、初期ひび割れを導入せず、ひび割れ面に作用する圧縮応力とせん断応力の比が一定 ($\tau/\sigma=1.0, 1.2, 1.6$) となるよう制御して行った。それぞれ、せん断変形

に伴うひび割れの開口は許容した。初期ひび割れは、せん断載荷試験に先立ち割裂載荷により導入した。せん断載荷試験は、供試体端部に設置した二台のセンターホールジャッキにより所定の圧縮力を導入し、逆対称二点載荷によりせん断力を与えることで行った。圧縮力は一定軸力載荷では圧縮応力の $\pm 5\%$ 、応力比一定載荷では応力比の $\pm 10\%$ で制御した。

せん断載荷試験においては、図-1 に示すように、ひび割れ幅およびせん断変位をそれぞれ供試体側面の上下に取り付けた PI 型変位計および中央高さに取り付けた二軸変位計によって計測した。また、圧縮力は、供試体の両側に設置したセンターホールロードセルによって計測した。なお、コンクリートの圧縮強度は $30 \sim 37 \text{ N/mm}^2$ であった。

3. 実験結果

(1) 一定軸力載荷

実験により得られたせん断応力—せん断変位関係を図-2(a)に示す。圧縮応力が大きくなると初期のせん断剛性と最大せん断応力（以後せん断強度）が大きくなる結果となった。また、いずれの供試体もせん断強度以降はゆるやかにせん断応力が減少する傾向にあった。なお、せん断強度に至る前にせん断応力の増加に対してせん断変位が減少する挙動が見られたが、これは初期ひび割れとは異なる斜め方向のひび割れが入ったためと考えられる。

終局時のひび割れ図を図-3(a)に示す。図において初期ひび割れを点線、終局時のひび割れを実線で表す。 $\sigma=1.0, 2.5 \text{ MPa}$ では、載荷点付近に斜めひび割れが入るものの、せん断変形に対しては初期ひび割れが支配的となり、一面せん断状態であった。一方、 $\sigma=5.0, 10 \text{ MPa}$ では、せん断強度以降において載荷点を結ぶように入った複数の斜め方向のひび割れが卓越し、圧縮力の作用により領域をもった破壊形態が観察された。

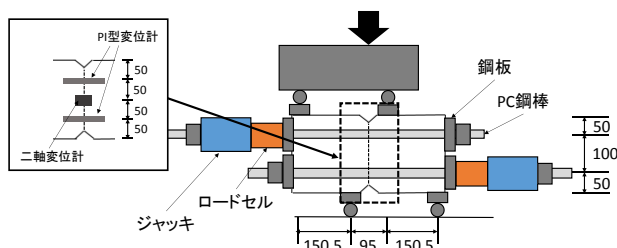


図-1 載荷方法

キーワード 圧縮応力下のせん断、せん断伝達モデル、一定軸力、応力比一定

連絡先 564-8680 吹田市山手町 3-3-35 関西大学 複合材料構造研究室 TEL:06-6368-1121

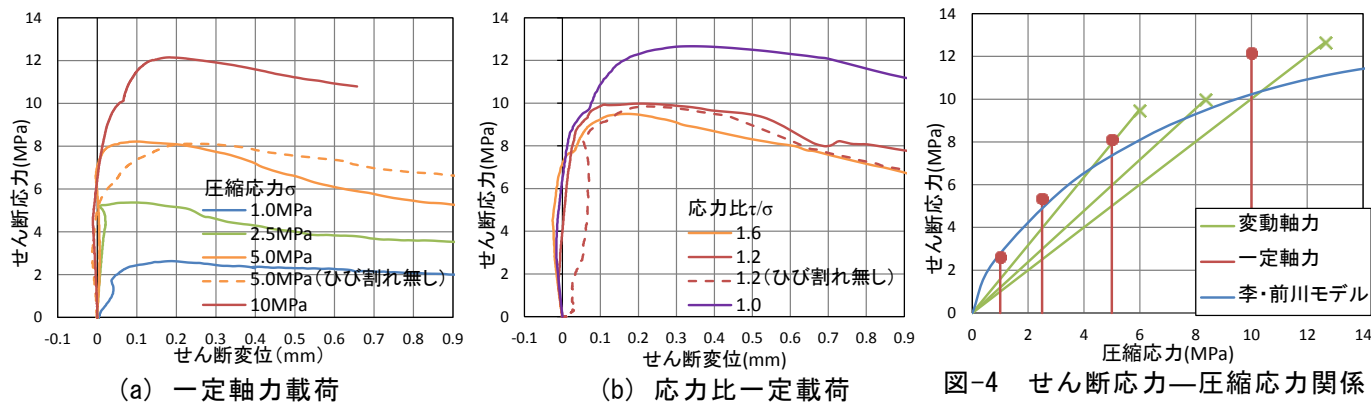


図-2 実験結果

図-4 せん断応力—圧縮応力関係

(2) 応力比一定载荷

実験により得られたせん断応力—せん断変位関係を図-2(b)に示す。応力比が小さくなるとせん断強度が大きくなる結果となった。

また一定軸力载荷と同様に、せん断強度以降はゆるやかにせん断応力が減少する傾向にあった。

終局時のひび割れ図を図-3(b)に示す。全ての供試体において、複数の斜め方向のひび割れが卓越し、領域をもった破壊形態が観察された。

(3) 初期ひび割れの有無による影響

$\sigma=5.0\text{MPa}$ と $\tau/\sigma=1.2$ を対象として、初期ひび割れの有無がせん断伝達挙動に及ぼす影響について検討した。図-2より、初期ひび割れを入れずにせん断载荷したものと比較すると、 $\sigma=5.0\text{MPa}$ では、強度時のせん断変位は異なるがせん断強度はほぼ同程度であった。 $\tau/\sigma=1.2$ では、最大せん断応力およびせん断変位はほぼ同程度となった。

図-3より、 $\sigma=5.0\text{MPa}$ では初期ひび割れの有無にかかわらず同様の破壊形態を示していた。 $\tau/\sigma=1.2$ では、初期ひび割れが有る場合にはひび割れの分散は見られなかったが、供試体内部ではひび割れが無い場合と同様に領域を持って圧壊していた。

4. 既往のせん断伝達モデルによる評価

図-4に、実験から得られたせん断応力—圧縮応力関係を示す。図中には既往のせん断伝達モデルとして李・前川モデル¹⁾を併せて示す。図より、実験結果は圧縮応力の増加に伴いせん断強度は非線形的に増加する傾向が見られた。また、最大せん断応力時の圧縮応力は一定軸力载荷と応力比一

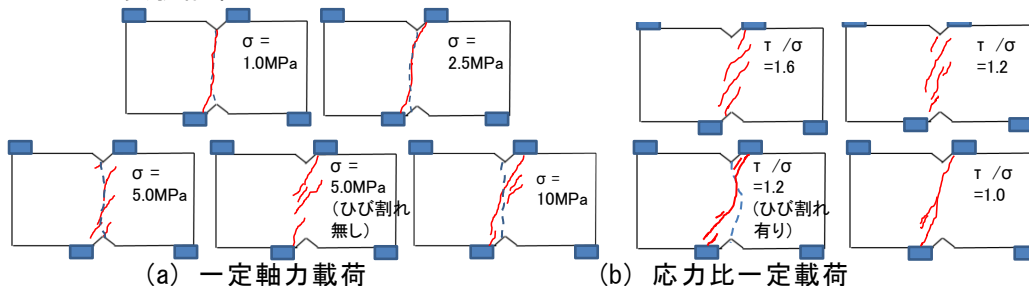


図-3 ひび割れ図

定载荷の場合で異なっており、载荷経路に依存する可能性があることが確認された。李・前川モデルは圧縮応力が 5MPa を超えると実験結果を過小評価する傾向が見られた。李・前川モデルはひび割れ面に沿ったせん断変形に対するせん断伝達モデルであり、高い圧縮力の影響により領域を伴わずれ変形に対しては適用範囲外であるためと考えられる。RC はりのせん断破壊における終局挙動を把握するためには、高圧縮応力下のせん断伝達挙動を評価出来ることが望ましく、そのようなせん断伝達モデルの検討が必要であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、圧縮応力下のせん断伝達挙動の把握を目的として、ひび割れ面に圧縮応力を与えた状態で直接せん断载荷試験を行った。限られた範囲内での検討ではあるものの、以下の知見が得られた。

- (1) ひび割れ面に作用する圧縮応力の大きさにより、初期のせん断剛性やせん断強度は増加する。
- (2) 初期ひび割れの有無により、せん断強度や破壊形態は大きく変化しない。
- (3) せん断強度は载荷経路に依存する可能性がある。
- (4) 既往のせん断伝達モデルは、高圧縮応力下のせん断強度を評価出来ない可能性がある。

参考文献

- (1) 李宝禄, 前川宏一: 接触面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, コンクリート工学, Vol.26, No1, pp.123-137, 1988.1