

京都大学工学部

学生員 ○上村 信悟

京都大学防災研究所

正会員 高橋 良和

1. はじめに

UBRC 構造は、RC 構造に塑性ヒンジ部を挟むようにアンボンド芯材を配置した構造であり、大変形領域においても芯材が弾性挙動を示すことにより、水平変位—水平荷重関係において安定した正の二次剛性を発揮することができる¹⁾。従来の研究では曲げ挙動についてのみ着目され、ねじりに対する検討はされてこなかった。本構造の偏心橋脚等への適用に向け、ねじり挙動を検討する必要がある。

そこで、UBRC 構造の基本的ねじり特性を明らかにするとともに、単純ねじりを与える実験を行い芯材の影響を検討した。

2. UBRC 構造のねじり挙動

UBRC 構造では曲げ変形に伴う芯材の伸びにより RC 構造に付加的軸力が発生し、曲げ耐力を増加させることで二次剛性を発生させている。これに対して、ねじり変形においても図1のように変形に伴い芯材が伸ばされるため、曲げ変形と同様な現象が発生すると考えられる。ねじり変形によって得られる付加的軸力は図1において幾何学的に計算した芯材のひずみ ε に芯材の本数 n 、断面積 A_b とヤング係数 E_b を乗じて式(1)のように予想される。

$$\Delta N_b = n A_b E_b \left[\sqrt{\left(\frac{2d}{l} \right)^2 (1 - \cos \psi l) + 1} - 1 \right] \quad (1)$$

ここで回転角 θ はねじり率 ψ を用いて表している。

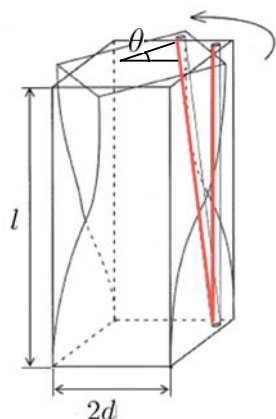


図1 芯材のねじりに対する伸び

3. コンクリート部材のねじり耐荷力算定式

ねじりひび割れ発生以降の鉄筋コンクリートの挙動を表すものとして、1929年に Rausch によって提案された立体トラス理論があり、土木学会ではコンクリート標準示方書にも採用されている。これによるとねじり耐荷力 T_{max} は、ねじり有効断面積 A_0 、帯筋のピッチ s_t 、帯筋の中心線の周囲の長さ p_0 を用いて式(2)のように表される。

$$T_{max} = 2A_0 \sqrt{\frac{A_t f_{ty}}{s_t} \cdot \frac{\sum (A_l f_{ly})}{p_0}} \quad (2)$$

ここで、 A 、 f_y はそれぞれ断面積、降伏強度を表しており、また添字 t 、 l はそれぞれ横方向鉄筋、軸方向鉄筋を表している。ここで $\sum (A_l f_{ly})$ は軸力の合計を表しているので、2. で述べた付加軸力をこれに加えた式(3)が UBRC 構造のねじり耐荷力算定式となり、ねじりに対しても二次剛性を発現する可能性があると言える。

$$T_{max} = 2A_0 \sqrt{\frac{A_t f_{ty}}{s_t} \cdot \frac{\sum (A_l f_{ly}) + \Delta N_b}{p_0}} \quad (3)$$

4. 実験概要

図2に示すような UBRC 実験供試体を作成し、単純ねじりを与える実験を行った。

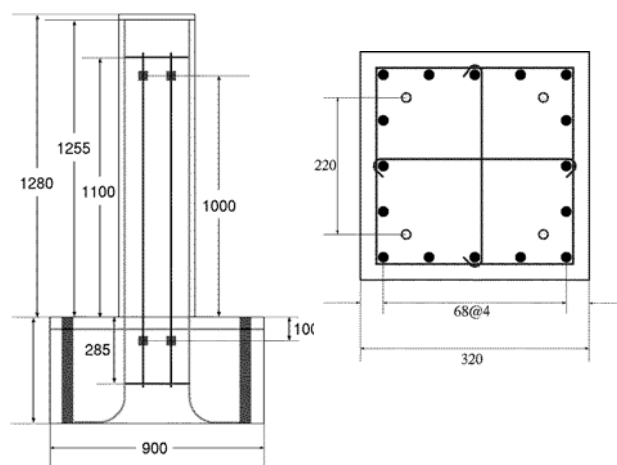


図2 実験供試体の立面図と断面図

本供試体は過去の研究において曲げ挙動を把握するために設計された供試体と同じである。

5. 実験結果

・芯材の影響

実験で得られた芯材のひずみから4本の芯材が発揮している付加的軸力を算出したものが図3である。

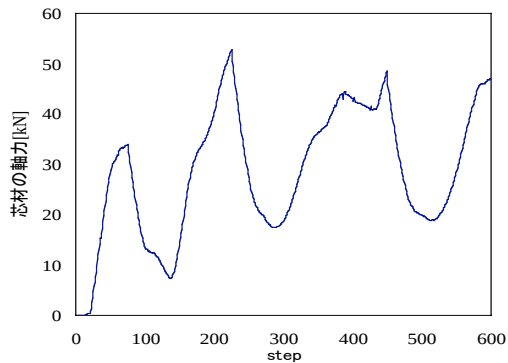


図3 芯材による付加的軸力

これより約 50kN の軸力が発生していることが分かるが、この付加的軸力を用いて、式(3)によりねじり耐荷力を計算すると、最大でねじりモーメントが約7%増加したことになる。

・ねじりモーメントーねじり率関係

供試体の変位量をねじり率に換算し、変位計位置でのねじりモーメントーねじり率関係を表したものが図4である。これよりねじり関係の非線形履歴が確認できる。

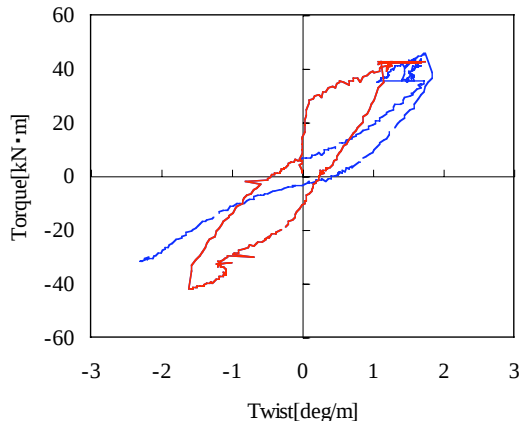


図4 ねじりモーメントーねじり率関係

図5は図4の処女載荷時の関係を拡大したものであり、図中の●, ■, ▲はそれぞれひび割れ時、帯筋降伏時、主筋降伏時を表している。初ひび割れ時までは線形弾性挙動を示し、コンクリートのみでねじりに抵抗している。そして、ひび割れ発生後立体トラスを形成し非線形となっている。図5の点線は立体トラス理論により算定したねじり耐荷力を示している。芯材は降伏していないが、次に示すように

斜めひび割れも確認できていることから、UBRC構造のねじり耐力式として、従来のRC構造の定義を用いることが適当であると考えられる。

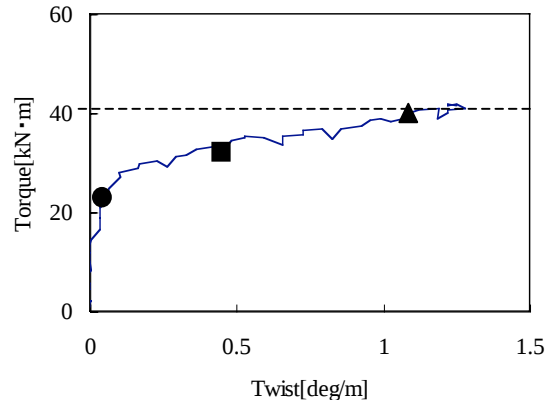


図5 ねじりモーメントーねじり率関係における各種限界状態

・ひび割れ状況

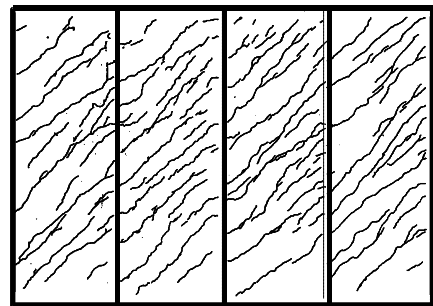


図6 ひび割れ図

ひび割れ図を図6に示す。従来のRC構造と同様、全面につながったねじりひび割れが見られる。曲げ破壊時には、塑性ヒンジ区間が大きく壊れるのに対して、ねじり挙動では高さ方向に広くひび割れが分布しているが、芯材は上下部でほぼ同じひずみを示しており、アンボンド化されていることを確認した。

6. 結論

- ・UBRC 供試体に対して純ねじり載荷試験を行い、ねじりモーメントの変化と、主筋および帯筋のひずみ分布を対応付け、ねじり挙動に関する基礎的なデータを収集した。
- ・UBRC 構造のねじり耐力限界状態として、RC 構造と同様、主筋と帯筋が降伏した状態を考える。この時点では芯材は降伏していない。またこの耐力はコンクリート標準示方書のねじり耐荷力算定式を適用することができることがわかった。

参考文献

- 1) 家村・高橋・曾我部：アンボンド芯材を活用した高耐震性能RC構造の開発，土木学会論文集，I-60/No.710 pp.283-296, 2002.