

接合部を有するPC部材のねじり挙動解析に関する基礎的研究

神戸大学工学部 正員 宮本 文穂 神戸大学大学院 学生員○山村 清
神戸大学工学部 学生員 長尾 達児

1. まえがき PC構造物の大型化、複雑化に伴う設計・施工法の合理化によって、従来二次的な取扱いに留まっていたねじりに対する検討が必要になっている。すなわち、設計においては限界状態設計法の導入、また、施工においてはプレキャストブロック工法の採用が多くなるにおよんで、接合部を有するPC部材のねじり挙動に関する研究及び設計法の確立が今後の同種構造の普及には必要不可欠となる。

本研究は、プレキャストブロック工法によって施工されるPC構造物のねじりに対する設計手法を確立するために、終局時の抵抗機構をもとに組み立てられた従来の解析法に比べ、ねじり挙動解析に関しては全く新しい手法の適用を試みるとともに、比較的大型の供試体を使用したコンクリート接合部材の純ねじり載荷実験を行い、その両者の結果の比較・検討から力学的挙動の解明及び設計への反映を目指している。

2. 純ねじり実験の概要¹⁾ 供試体は図-1の様

に、3分割のRCブロックをエポキシ樹脂系接着剤を使用して接合し、ポストテンション方式で一樣な軸方向プレストレスを与えたものである。接合面は、鋼板を挟んで打設した平面を突き合わせたものであり、機械的な噛み合わせ等は配置していない。供試体の種類は表-1に示す通りであり、軸方向プレストレス量及び壁厚をパラメータとした純ねじり実験を行った。なお、壁厚8cmについては、比較のため一体打ちRC供試体の実験を行った。

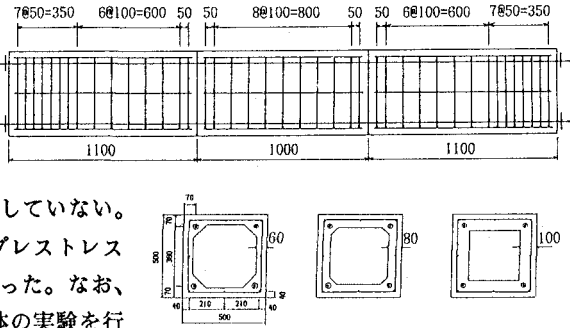


図-1 純ねじり実験供試体(単位mm)

3. 解析モデル 本研究で適用した解析モデルは、従来の立体トラスモデルと異なり、有限な剛体要素を複数のばねで連結し、X,Y,Z方向の変形及び力の伝達を表現する剛体ばねモデル²⁾である。

純ねじり実験の供試体をモデル化した要素分割は、図-2の様に45度方向を基準とし、接合部には軸方向の厚みを持たない要素を配置して、それと隣接する要素間に配置されるばねに接着面の特性を導入した。コンクリートの材料特性は、圧縮-引張による軟化を考慮した

表-1 純ねじり実験供試体一覧

供試体名	軸方向 プレストレス 応力(kgf/cm ²)	壁厚 (cm)	軸方向鉄筋	横方向鉄筋	PC鋼棒	備考
RC-1		8	D19		—	RC一体打ち
BU10-6	10	6	D13	D13	φ23	
BG10-8a		8			φ21	グラウト
BG10-8b		8			φ9.2	グラウト
BU20-6		6			φ23	
BU20-8.1	20	8	D13	D13	φ21	
BU20-8.2		8			φ23	
BU20-10		10			φ23	
BU30-6	30	6	D13	D13	φ23	
BU30-8		8			φ21	

Vecchio and Collinsの軟化曲線³⁾を折線で近似した。鉄筋は、軸方向と横方向をそれぞれ等価な直交異方性板と仮定し、付着すべりを考慮してモデル化した。接合部には接着剤の特性が関与するため、その特性

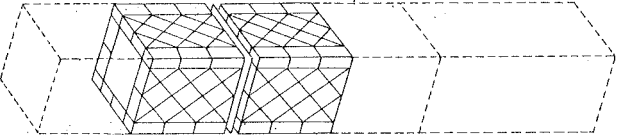


図-2 解析モデルの要素分割の例

を決定するために、小型のコンクリートブロックを接着した供試体によって、軸方向プレストレス量をパラメータとして接合部の純せん断実験を行った。その結果、接合部の特性として、破壊するまでのせん断剛性は一体打ちのものとはほぼ等しくなったため、せん断強度だけを図-3の様に軸方向プレストレスの1次式として回帰したものを使用した。軸方向プレストレス力と純ねじり荷重は外力として解析モデル端部の要素に載荷した。

Ayaho MIYAMOTO, Kiyoshi YAMAMURA, Tatuji NAGAO

4. 結果及び考察 実験及び解析の結果を、ねじりによる

初ひびわれ発生荷重、急激に剛性が低下した荷重及び最大荷重(ねじり耐力)で比較し、表-2にまとめて示す。これよりひびわれ発生荷重について実験値と解析値を比較するとほぼ対応しており、1割程度の範囲で解析可能である。一方、剛性低下荷重については、実験値と解析値が全供試体に対して概ね近い値になっており、どちらも軸方向プレストレス量が増加すると、ねじりひびわれによる剛性低下を生じる荷重が大きくなる傾向が現れている。また、最大荷重(ねじり耐力)については、一体打ち供試体RC-1、接合面のすべりによって破壊した供試体BU20-8.1及び供試体BU20-8.2の実験値と解析値がほぼ一致した以外は、解析値が実験値を大きく下回った。これは、他の接合供試体については実験ではひびわれ発生による剛性低下後に再び剛性が回復した後に破壊したが、解析ではひびわれ発生による剛性低下直後に破壊する結果となったためである。一例として一体打ち供試体RC-1について、最大荷重に至るまでのねじり荷重～ねじり角の関係を実験、解析で比較すると図-4のようになる。これより、立体トラス理論では表現することが難しいとされていたひびわれによる剛性低下直後から再び剛性が回復した直後の荷重～変位の関係が解析可能なことがわかる。次に、ひびわれ発生直後に接合面のすべりによって破壊した供試体BU20-8.1と供試体BU20-8.2について、解析結果からそのすべり発生機構について考察すると次のようになる：

①接合部に到達する斜めひびわれの成長によって、ひびわれ間のコンクリートの主圧縮方向の曲げ変形が大きくなり、②一様に分布していた軸方向プレストレスによる接合面圧縮力の分布に偏りが生じる、③そして、これによる軸方向圧縮力の低下のためにそのせん断強度が低下した部分において、ねじり荷重によって生じるせん断応力がせん断強度より大きくなりすべりが発生する。解析モデルにおいて、接合面にすべりが発生していく様子を図-5に示す。図-5は断面の1/4を抜き出したものであり、斜線の部分がすべり発生を表している。この結果から、接合面のすべりによる破壊は、ひびわれの成長をきっかけとする軸方向圧縮応力の偏りによってせん断強度が低下し発生することがわかる。

①接合部に到達する斜めひびわれの成長によって、ひびわれ間のコンクリートの主圧縮方向の曲げ変形が大きくなり、②一様に分布していた軸方向プレストレスによる接合面圧縮力の分布に偏りが生じる、③そして、これによる軸方向圧縮力の低下のためにそのせん断強度が低下した部分において、ねじり荷重によって生じるせん断応力がせん断強度より大きくなりすべりが発生する。解析モデルにおいて、接合面にすべりが発生していく様子を図-5に示す。図-5は断面の1/4を抜き出したものであり、斜線の部分がすべり発生を表している。この結果から、接合面のすべりによる破壊は、ひびわれの成長をきっかけとする軸方向圧縮応力の偏りによってせん断強度が低下し発生することがわかる。

①接合部に到達する斜めひびわれの成長によって、ひびわれ間のコンクリートの主圧縮方向の曲げ変形が大きくなり、②一様に分布していた軸方向プレストレスによる接合面圧縮力の分布に偏りが生じる、③そして、これによる軸方向圧縮力の低下のためにそのせん断強度が低下した部分において、ねじり荷重によって生じるせん断応力がせん断強度より大きくなりすべりが発生する。解析モデルにおいて、接合面にすべりが発生していく様子を図-5に示す。図-5は断面の1/4を抜き出したものであり、斜線の部分がすべり発生を表している。この結果から、接合面のすべりによる破壊は、ひびわれの成長をきっかけとする軸方向圧縮応力の偏りによってせん断強度が低下し発生することがわかる。

①接合部に到達する斜めひびわれの成長によって、ひびわれ間のコンクリートの主圧縮方向の曲げ変形が大きくなり、②一様に分布していた軸方向プレストレスによる接合面圧縮力の分布に偏りが生じる、③そして、これによる軸方向圧縮力の低下のためにそのせん断強度が低下した部分において、ねじり荷重によって生じるせん断応力がせん断強度より大きくなりすべりが発生する。解析モデルにおいて、接合面にすべりが発生していく様子を図-5に示す。図-5は断面の1/4を抜き出したものであり、斜線の部分がすべり発生を表している。この結果から、接合面のすべりによる破壊は、ひびわれの成長をきっかけとする軸方向圧縮応力の偏りによってせん断強度が低下し発生することがわかる。

5. まとめ ①剛体ばねモデルの適用によって、一体打ちRC部材及び接合面のすべりが破壊を支配する部材のねじり挙動を概ね解析することができた。特に、ひびわれ発生による剛性低下直後の挙動を表すことが可能である。 ②接着剤と軸方向プレストレスによって接合されたコンクリートブロック接合部材が純ねじり荷重によるひびわれ発生直後に接合部にすべりを生じて破壊する挙動が解明できた。

参考文献:1)藤井他:土木学会第43回年講,1988.10 2)都井他:日本造船学会論文集,1982.5 3)Vecchio F. et al.:Stress-Strain Char. of Reinf. Conc. in Pure Shear, IABSE,1981

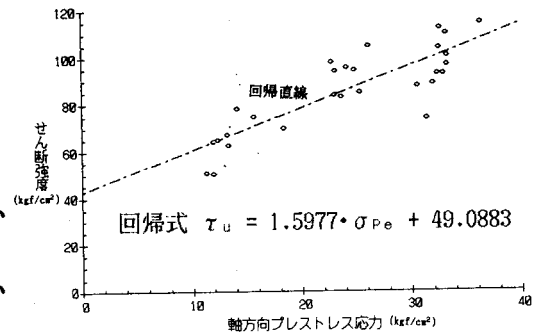


図-3 接合部純せん断強度の回帰

表-2 実験及び解析結果の比較

供試体名	ひびわれ発生荷重		剛性低下荷重		最大荷重(ねじり耐力)	
	実験値(t·m)	計算値(t·m)	実験値(t·m)	計算値(t·m)	実験値(t·m)	計算値(t·m)
RC-1	7.23	7.55	7.43	8.10	17.43	16.35
BU10-6	6.64	7.40	8.24	8.05	16.54	8.30
BU20-6	8.24	8.00	9.04	8.28	15.84	8.68
BU20-8.1	9.52	9.00	9.52	9.88	9.52	10.15
BU20-8.2	7.89	9.00	9.89	9.88	10.69	10.15
BU20-10	9.95	10.08	11.15	10.75	18.45	11.05
BU30-6	7.04	8.43	9.44	9.15	14.24	9.48
BU30-8	7.20	9.63	10.04	10.55	15.20	10.78

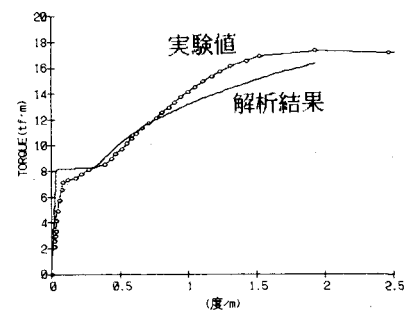


図-4 供試体RC-1荷重～回転角関係

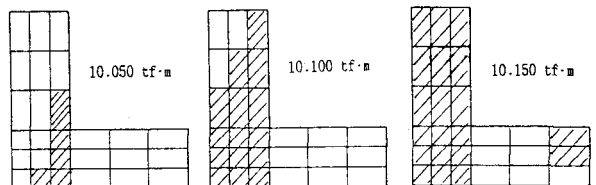


図-5 接合部すべり発生図