

V-266

PC箱桁ブロック接合部のねじり挙動解析

阪神高速道路公団 正員○山村 清
 神戸大学工学部 正員 宮本文穂
 鉄建建設(株) 正員 長尾達児
 京都大学工学部 正員 藤井 学

1. はじめに

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部材のような接合部を有する部材のねじり挙動を解析するために、終局時の抵抗機構をもとに組立てられる立体トラスモデルや斜め曲げモデル等の従来の解析法に比べて種々の利点を有すると考えられる剛体ばねモデル¹⁾の適用を試みたものである。剛体ばねモデルの適用が有利となる点は、①接合部を含む破壊を支配するひびわれの方向が比較的確定し易いこと、②面外変形を伴う3次元モデル化が容易であること、③ひびわれ発生から終局状態に至る挙動を統一的に解析可能なこと等であると考えられる。

2. 解析モデル

2.1 要素分割: 図1は、接合面を有する一様壁厚の中空箱桁断面部材が純ねじりを受ける場合の要素分割を一例として示したもので、主応力方向に沿ってねじり軸に対して45度方向の要素境界面と接合面を基準として分割した。剛体要素間は複数のばねで連結し、 X, Y, Z の各軸方向及び各軸回りの回転についての変形及び力の伝達を考慮した。剛体要素には、壁厚に等しい厚さを持つ三角形要素(図1中①)、四角形要素(同②)及び壁厚に等しい単辺を持つ断面隅角部の直方体要素(同③)を用いた。また、接合部は接着剤の特性が影響するため、そこに軸方向の厚みを持たない平面要素(同④)を配置して、隣接する要素間を連結するばねに接合部の特性を導入した。各剛体要素間の境界面には、境界面法線方向の伸縮に抵抗するばねと境界面接線方向のずれに抵抗するばねをそれぞれ分布させた。

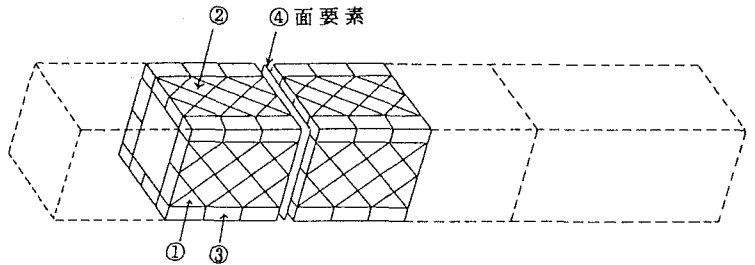
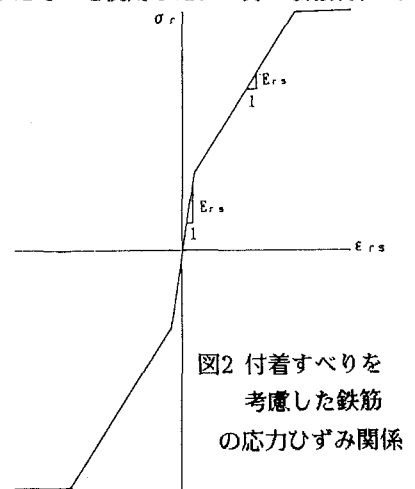


図1 接合面を有する中空箱桁断面部材の要素分割の一例

2.2 材料特性: コンクリートの応力状態はねじり荷重下では圧縮-引張状態となり、一軸圧縮特性が変化するため、これを考慮したVecchio and Collinsの軟化曲線²⁾を折線で近似したものを使用した。一方、引張特性は引張強度に達するまでヤング係数を一定とし、引張強度に達した場合はひびわれが発生したとしてその部分のばねを切断し、ひびわれ発生直前までにそのばねに蓄えられていた力を解放した。鉄筋は、軸方向筋と横方向筋を、それぞれ等価な直交異方性板と仮定して、各剛体要素境界面にそれらを表すばねを配置した。また、コンクリートと鉄筋の付着すべりの影響を考慮するため、付着すべりによるコンクリートと鉄筋の相対的な変位をみかけの鉄筋ひずみの増加に置き換えて、実際の鉄筋ひずみによる剛体要素間の変位と付着すべりによる変位の増加を合わせたものを、鉄筋を表すばねの見かけのひずみとして換算した。図2は付着すべりを加えた鉄筋ひずみと応力の関係のモデルの例を示したものである。接合部にはコンクリートだけではなく接着剤の特性が関与するため、その特性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り、軸方向プラスチック量をパラメータとした接合部の純せん断実験を別途実施³⁾、その結果を利用して接合部の剛体要素



境界面に配置するばね特性を決定した。

2.3 荷重及び計算手順：軸方向プレストレスは、外力として解析モデル端部の要素に応力が一様になるようにそれぞれの横断面積に応じて載荷した。純ねじり荷重は、解析モデル端部の要素にねじりモーメントと等価な隅力として載荷した。計算方法には荷重増分法を適用し、各荷重増分段階ごとに各剛体要素境界面の応力ひずみ状態に応じて材料特性を決定し、1ステップの荷重増分段階の間はその特性を一定とした。また、各増分段階ごとの要素変位は微小であるとして線形的に計算し、各剛体要素の変位及び各剛体要素境界のばねの応力とひずみを計算した。

3. 解析結果及び考察

表1 純ねじり実験供試体一覧

を別途実施した3分割のRC7ブロック供試体による純ねじり実験結果⁴⁾（供試体の種類は表1参照）と比較したものの一例を、表2及び図3に示す。表2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する結果が得られており、また、剛性低下荷重については、実験値と解析値が

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		6			φ23	
BG10-8a	10	8	D13		φ21	グラウト
BG10-8b		8	D19		φ9.2	グラウト
BU20-6		6			φ23	
BU20-8.1	20	8		D13	φ21	
BU20-8.2		8			φ23	
BU20-10		10			φ23	
BU30-6	30	6			φ23	
BU30-8		8			φ21	

全供試体に対して概ね近い値になっており、軸方向プレストレス量の増加とともに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。そして、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の実験値と解析値はほぼ一致した。それ以外のものについては、解析値が実験値を大きく下回る結果となった。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、ねじり荷重が増加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荷重が増加しないままに変形が進行し破壊する結果となったためである。また、図3は一例として一体打ち供試体RC-1についての最大荷重に至るまでのねじり荷重～ねじり角関係を実験及び解析で比較したものであるが、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～変位の関係をほぼ精度良く解析可能なことがわかる。

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

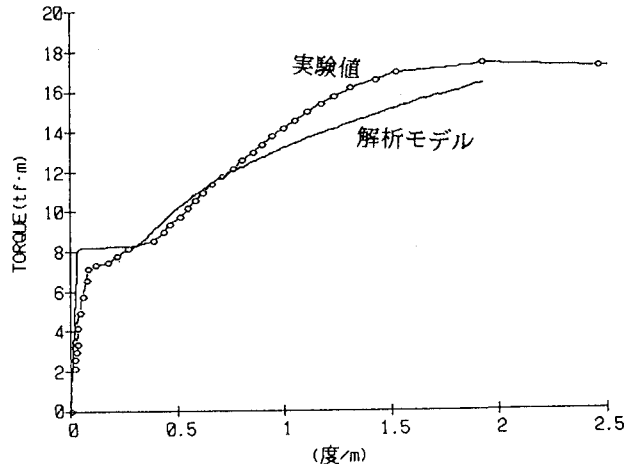


図3 ねじり荷重～ねじり角関係の比較の例(RC-1)

4. あとがき 本研究は、剛体ばねモデルをねじり問題に適用することによって接合面を有するPC部材のねじり挙動解析を試みたものであり、今後の検討課題は多いが、種々の有用な知見が得られたものとする。今後さらに検討を加えねじり挙動の解明を進めて行くつもりである。

参考文献 1) 都井 他、造船学会論文集、1982.5 2) Vecchio, F. et al., IABSE, 1981 3) 宮本 他、関西支部年講、1989.5 4) 藤井 他、土木学会年講、1988.10