

住友金属(株) 正員○菅原敬介 神戸大学工学部 正員 宮本文穂  
 神戸大学工学部 正員 森川英典 神戸大学大学院 学生員 藤田達也

1. まえがき

近年の構造物の大型化、複雑化あるいは非対称構造の採用、さらに終局強度設計法の導入などにより、構造部材の設計においてねじりモーメントの影響を考慮しなければならない場合が多くなってきている。また一方で、コンクリート構造物の製作に際し、現場工期の短縮、品質向上等の面からあらかじめ工場等でブロックを製作し、現場で接合するといったプレキャストPCブロック工法の活用が盛んになってきている。そこで本研究では、接合部を有するプレキャストPCブロック部材にねじりモーメントが作用する場合の挙動解明を、解析モデルとして剛体ばねモデル(RBSM)<sup>1)</sup>を適用して解析的に試み、接合部および接合部近傍の破壊機構に注目して考察を行ったものである。

2. 解析の概要

2.1 解析モデル：解析の対象とする部材は、接合面に接着剤を塗布したPC中空箱桁ブロック部材(50x50x320cm)<sup>2)</sup>である。対象部材の要素分割は、図-1に示すようにねじり軸と45度方向の境界面を有する三角形および四角形要素、PC鋼棒が存在する隅角部要素および接着剤を表現する平面要素とし、各要素境界面にコンクリートを表現するばねを9個、鉄筋を表現するばねを、軸方向鉄筋、スラップ各1個ずつの合計2個配置した。さらにこれらの各点には、軸鉄筋方向の軸ばねが1つと、それに直交するせん断ばねを2つ配置し、このせん断ばねによって鉄筋のゲリル効果によるせん断剛性も表現させている。

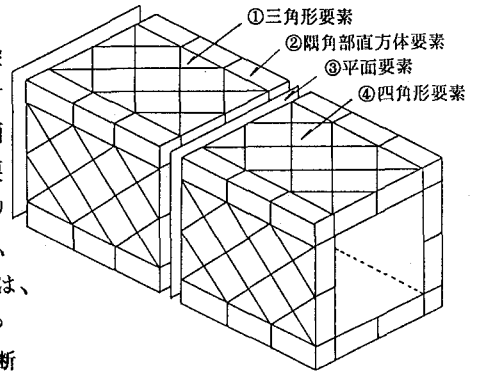


図-1 要素分割

2.2 降伏条件<sup>3)</sup>：①コンクリートばね：コンクリートの引張、圧縮特性およびひびわれ面のせん断特性をモデル化するもので、圧縮に対しては、斜めひびわれ間のコンクリートストラットが2軸の圧縮・引張状態となり軟化することから、Vecchio and Collinsの軟化曲線を使用し、コンクリートの限界圧縮ひずみに達したときにばね剛性を0とした。また引張に対しては、コンクリートばねひずみが最大引張応力時のひずみに達したとき、ひびわれが発生するとした。なお、ひびわれ面でのせん断による降伏は、Cedolin and Poliの関係式を用いた。

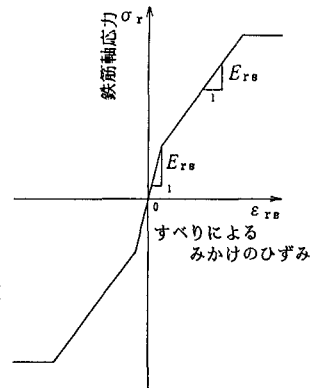


図-2 鉄筋の応力～みかけひずみ関係

②鉄筋ばね：鉄筋の引張・せん断特性をモデル化するもので、鉄筋ばねが降伏強度に達した場合と、鉄筋とコンクリートの付着すべり応力がモデル化<sup>4)</sup>(図-2参照)した最大引張強度を越えた場合の二つの条件を設定し、このどちらかの条件を満たしたときを降伏とみなした。

③接着剤ばね：接着剤ばね特性は、別途実施した接合部の純せん断試験<sup>2)</sup>より得られた最大せん断応力と軸方向有効プレストレスの関係式<sup>4)</sup>を利用した。

3. 解析結果および考察

表-1は本解析結果と、過去に実施したPC箱桁ブロック接合部材の純ねじり実験結果<sup>2)</sup>を、一例としてひびわれ発生モーメント、 $M_t-\theta$ 第1変曲点モーメント、破壊モーメントについて比較したものである。これにより、ひびわれ発生モーメントは、全供試体において解析値が実験値を上回る結果となった。これは、解析においてはねじりモーメントが作用する事により部材が変形するが、その変形エネルギーが接合面のずれにより吸収され、その結果、内部応力状態に変化が生じて、見かけ上ひびわれ発生モーメントが大きくなったためと考えられる。また、 $M_t-\theta$ 第1変曲点モーメントとは、ねじりモーメント～単位ねじり角の関係から判断したもので、内部のつり合いが全断面有効状態

から立体トラスのつりあい状態に移行する時点のモーメント値と解釈できるが、実験値と解析値はほぼ一致していることがわかる。さらに破壊モーメントは、プレストレス量および壁厚によって、解析値と実験値との大小関係に差異が生ずる結果となった。これは、実験では比較的低いねじりモーメントでひびわれが発生した後、ある程度ねじりモーメントが増加してから剛性が低下するのにに対し、解析ではひびわれ発生後ほとんど同時に剛性が低下しはじめており、接合部のずれによる壁厚方向の内部応力状態の変化による破壊形式の差異が原因ではないかと考えられる<sup>3)</sup>。このような接合部のずれ挙動については、導入プレストレスの大きさに影響を受けるが、部材に作用するねじりモーメントが小さい载荷初期段階では、軸方向プレストレスが全断面に一樣に作用していないと考えられ、ひびわれ発生前の荷重段階において局部的に接合部のずれが発生すると考えられる。このことは解析においても見られ、その比較の一例を表-2に示す。この表は、壁厚8cmの解析モデルについてのずれ発生モーメントとひびわれ発生モーメントの比較であるが、いずれの供試体においてもひびわれ発生モーメントより以前に初期ずれが発生していることがわかる。ここで、接合部断面の軸方向圧縮応力の変化について、断面中央部と隅角部の比較をしたものを図-3、4に示す。これらの図によると、軸方向圧縮応力はねじり荷重の増大にともない、両者とも壁厚内側では減少するが、壁厚外側においては増加していることがわかる。さらにその傾向は、断面中央部より隅角部で著しく、隅角部の壁厚外側に軸方向圧縮応力が集中すると考えられる。また、壁厚内側ではひびわれ発生後、その変化は急激に進み、軸方向圧縮応力は引張状態に転じるようになることがわかる(図-5参照)。すなわち、前述の軸方向プレストレスが全断面一樣状態でないことと、プレストレス量増加にともなう壁厚内側の軸方向圧縮応力の減少とが相まって、局部的な接合部の初期ずれにつながるものと考えられる。さらに、この局部的なずれの発生は、軸方向圧縮応力が減少する壁厚内側から始まり、それが部材表面へと進展し、軸方向圧縮応力が急激に減少しはじめるひびわれ発生後に多く発生すると考えられる。

4. まとめ

今回作成した解析モデルにより、PC箱桁のトラス接合部材のねじり挙動の内、①ひびわれ発生後、断面剛性の低下とともに接合部において急激なすべりが発生する破壊形式および②接合部における局部的ずれの発生後、最終的に接合部近傍の隅角部コンクリートが圧壊する破壊形式を概ね解析することができた。

【参考文献】1)都井、他：日本造船学会論文集、1982.5 2)藤井、他：土木学会年講、1988.10 3)宮本、他：平成3年土木学会関西支部年講、1991.6 4)宮本、他：土木学会論文集、1990.2

表-1 実験値と剛体ばねモデルによる解析値の比較

供試体	ひびわれ発生モーメント			$M_r-\theta$ 第1変曲点モーメント			破壊モーメント		
	実験値 (t·m)	RBSM (t·m)	実験値 RBSM	実験値 (t·m)	RBSM (t·m)	実験値 RBSM	実験値 (t·m)	RBSM (t·m)	実験値 RBSM
BU10-6	8.64	7.65	0.87	8.24	8.40	0.98	15.24	9.42	1.72
BG10-8	7.61	8.48	0.90	8.31	8.75	0.95	15.91	18.32	0.97
BU30-6	7.04	9.30	0.76	9.44	9.55	0.99	14.24	10.63	1.34
BU30-8	7.20	10.10	0.71	10.71	11.70	0.92	15.11	19.97	0.76

表-2 解析モデルによるずれ発生モーメントとひびわれ発生モーメントの比較

供試体	ずれ発生モーメント (t·m)	ひびわれ発生モーメント (t·m)
BG10-8	6.32	8.46
BU30-8	8.87	10.10

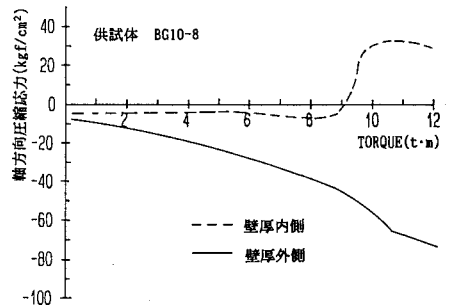


図-3 軸方向圧縮応力の変化(断面中央部)

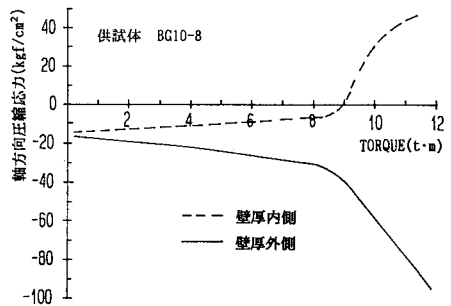


図-4 軸方向圧縮応力の変化(隅角部)

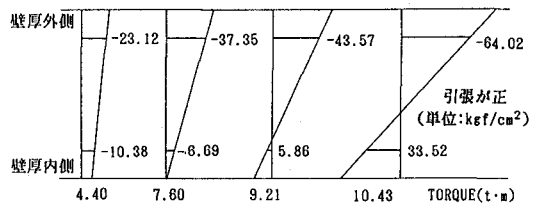


図-5 軸方向圧縮応力分布の変化(隅角部)