

剛体ばねモデルによるPC箱桁ブロック接合部のねじり挙動に関する研究

神戸大学大学院 学生員○加藤宏司 鹿島建設(株) 正員 藤田達也
神戸大学工学部 正員 森川英典 神戸大学工学部 正員 宮本文穂

1. まえがき

近年、構造物の大型化、複雑化あるいは非対称構造の採用、さらには地震や風荷重に対する考え方の進歩から、面外に変形する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、コンクリート構造物を施工する際に、現場工期の短縮、製品の品質向上などの利点からプレキャストPCブロック工法が活用される傾向にある。そこで本研究では、接合部を有するプレキャストPC部材のねじりに対する設計法を確立するために、純ねじり載荷実験と新たな改良を加えた剛体ばねモデル¹⁾による挙動解析を行い、両者を比較することで解析モデルの適用性の検証を行い、種々の考察を加えた。

2. 解析の概要

2.1 解析モデル：本研究における解析手法として、3次元のモデル化が容易で、要素間のすべり・分離といった塑性域も表現可能な剛体ばねモデルを採用した。解析の対象とする部材は、接合面にエポキシ樹脂系の接着剤を塗布したのち、軸方向プレストリスを導入して接合した中空箱桁ブロック接合部材である²⁾。

2.2 材料特性：①コンクリートの圧縮特性：斜めひびわれ間のコンクリートストラットは、斜め圧縮コンクリートと鉄筋の引張力により、二軸の圧縮・引張状態となり、コンクリートの圧縮応力は一軸圧縮状態に比べて著しく軟化することが知られている。ここでは、Vecchio and Collinsの軟化を考慮した応力～ひずみ曲線を3直線近似した特性を用いた³⁾ (図1参照)。②鉄筋のダウエル効果：鉄筋のせん断剛性として、コンクリートにひびひびわれが発生した時にはじめてダウエル効果が現れるとし、曲げによるダウエル効果が支配的であると考えた⁴⁾。そこで、鉄筋のせん断剛性としてコンクリートにひびひわれが発生した時にはじめてダウエル効果が現れるとした。③接合部のせん断特性：接合部を表現するすべりばねの特性は、過去に本研究室で行われた接合面のせん断試験²⁾結果から得られている破壊時せん断応力と軸方向プレストリスの関係で表現した。

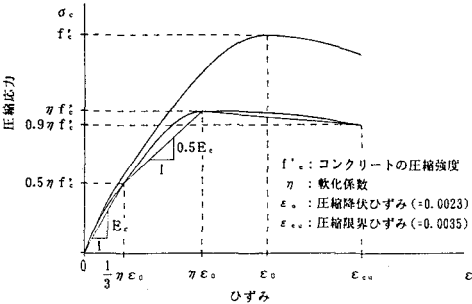


図1 コンクリートの応力～ひずみ曲線

3. 解析結果および考察 ここでは、過去に行われた純ねじり載荷実験²⁾と本年度追加的に行った実験結果を対象に、本解析モデルの検証を行った。コンクリート部材にねじりモーメントが作用した場合、剛性低下前後でねじり挙動が大きく異なる。この挙動を解析で再現できることを確認するため、剛性低下前の挙動としてひびわれ発生モーメントとM₁-θ第一変曲点モーメントを取り上げ、実験値と解析値

表1 実験値と解析値の比較

供試体	ひびわれモーメント		M ₁ -θ第一変曲点モーメント		第一耐力モーメント		破壊モーメント	
	実験値 (tf・m)	解析値	実験値 (tf・m)	解析値	実験値 (tf・m)	解析値	実験値 (tf・m)	解析値
BU10-6a*	実験値 8.11		9.07		11.26		13.66	
	解析値 6.90	1.18	8.70	1.03	9.70	1.16	9.70	1.41
BG10-8a	実験値 7.61		8.31		10.31		15.91	
	解析値 7.70	0.99	9.10	0.91	11.70	0.88	20.10	0.79
BU20-6b	実験値 8.24		9.04		11.04		15.84	
	解析値 7.70	1.07	8.70	1.04	11.50	0.96	20.10	0.79
BU20-8a*	実験値 10.37		10.78		12.35		16.70	
	解析値 8.70	1.19	10.70	1.01	13.90	0.92	17.90	0.93

を比較した。その結果の一例を表1にまとめて示す。ここで、M₁-θ第一変曲点モーメントとは、ひびわれ発生後、急激に剛性が低下した変曲点のモーメント値である。表1によると、ひびわれ発生モーメントおよびM₁-θ第一変曲点モーメントは実験値と解析値がほぼ等しく、これらに対する解析精度は非常に良いと言える。また、図2、3に示すねじりモーメントと単位ねじり角の関係より、剛性低下前までは、全体的に解析が実験の挙動をほぼ正確に再現していることがわかる。次に、剛性低下後の挙動について検討する。図2、3によると、解析値

Koji KATO, Tatsuya FUJITA, Hidenori MORIKAWA, Ayaho MIYAMOTO

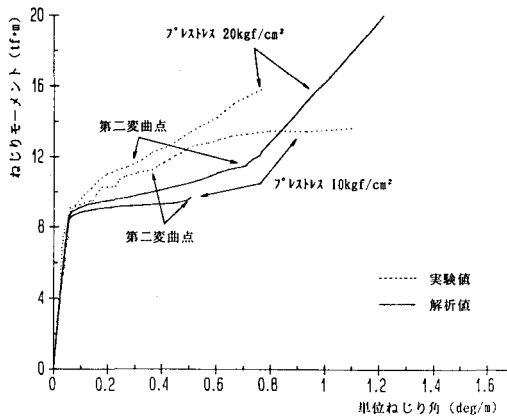


図2 単位ねじり角とねじりモーメントの関係(壁厚6 cm)

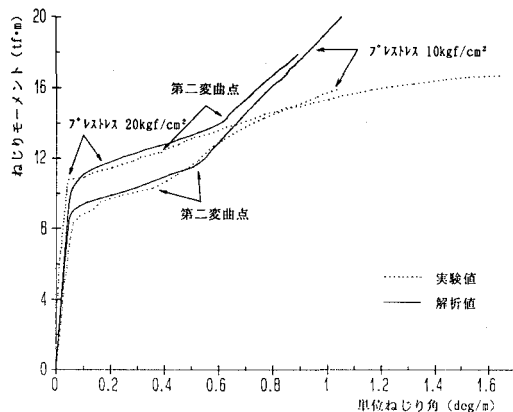
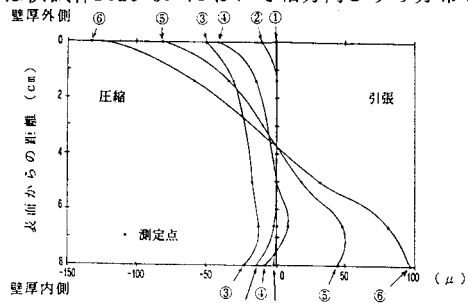


図3 単位ねじり角とねじりモーメントの関係(壁厚8 cm)

において $M_t-\theta$ 第一変曲点後の荷重段階で、剛性が急速に回復する変曲点が存在することがわかる。一方、実験値においても剛性低下後、全体的に剛性が回復する変曲点が存在していることが確認できる。この変曲点の存在は、コンクリートのひびわれ発生数が増大し小康状態となった時、ねじりエネルギーが鉄筋へ移行することによって、剛性が回復したものと考えられる。このように考えると、剛性回復の程度は異なるものの、実験と解析の両者で第二変曲点の存在が明らかとなる。そこで、この変曲点を新たに第二変曲点と称し、この第二変曲点でのねじりモーメントを第一耐力モーメントと定義する。

この値と破壊モーメントを実験値と解析値で比較したものを表1に併記した。表1および図3によると、壁厚が8cmの供試体(BG10-8a, BU20-8a*)に関しては、第一耐力モーメントまでの解析値と実験値はよく一致していると言える。これに対し、第一耐力モーメント後から破壊モーメントに至る解析値と実験値は、第一耐力モーメントまでの整合性よりかなり劣ることがわかる。次に、従来の解析結果⁵⁾では、ひびわれ発生後の接合部付近の軸方向圧縮応力は、壁厚外側に集中し、壁厚内側では軸方向圧縮応力は引張状態に転じることが確認されている。この解析における挙動を検証するために、本年度の実験では供試体BU20-8a*において軸方向ひずみ分布を求めた。この結果を図4に示す。これによると、初期の荷重段階において、軸方向ひずみは壁厚外側、壁厚内側ともに圧縮を受けているが、ねじりモーメントが増大するにつれて、壁厚外側の圧縮ひずみは増加するのに対し、壁厚内側ではひずみが引張に転じていることがわかる。このことから、接合部のすべり発生のメカニズムとして、解析で確認されていた様に壁厚内側が引張に転じることにより軸方向圧縮応力を失い、接合部のせん断応力が破壊時せん断応力を越えた時、すべりが発生するものと考えられる。



① 2.73tf・m ② 6.33tf・m ③ 10.37tf・m
④ 10.78tf・m ⑤ 10.93tf・m ⑥ 11.86tf・m
図4 接合部付近の軸方向ひずみ分布(BU20-8a*)

4. まとめ ①剛性低下前の挙動に関しては、すべての供試体において、解析と実験の整合性が非常によく解析による追跡が可能である。②壁厚が8cm以上の供試体については、解析が実験の挙動をよく再現していると言える。③接合部付近の軸方向ひずみ分布が実験で確認されたことより、解析によるすべり発生のメカニズムが検証された。

【参考文献】 1)都井、他：日本造船学会論文集、1982.5 2)宮本、他：土木学会論文集、1990.2 3)川井、他：RC構造の有限要素解析に関する研究論文集、1984 4)上田、他：構造工学論文集、1990 5)宮本、他：土木学会第46回年次学術講演会、1991.6