

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

1. はじめに

本研究は、コンクリート構造物を製作する場合の現場工期の短縮、施工の簡略化、品質向上等の面から盛んな活用が期待されているプレキャストブロック工法を用いた中空箱桁断面のブロック接合部材を対象とし、ねじりを考慮した設計法の確立を念頭に置き、現在なお不明な点を多く残していると考えられる、ねじり荷重が作用した場合の挙動解析を行ったものである。ここでは、比較的大型の供試体を用いて行った純ねじり載荷実験結果¹⁾と、剛体ばねモデル²⁾による解析結果を比較することで、解析モデルの適用性の検証と考察を行った。

2. 解析の概要

2.1 解析モデル¹⁾: 実験および解析の対象とした部材は、中空箱桁断面のプレキャストブロック打継ぎ面に、ポリシ樹脂系接着剤を塗布した後、軸方向プレストリスを導入した接合部材である。解析の手法には、部材の終局限界状態が想定可能な場合、比較的精度良く解析可能な剛体ばねモデルを採用した。

2.2 材料特性: (1)コンクリートの特性: 圧縮特性には、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、軟化を考慮した応力~ひずみ関係を用いた³⁾。一方、引張特性は、ひびわれ発生後の引張応力が鉄筋の付着作用により、剛性を保持しながら低下することより、これを軸方向ひずみを変数とする減少関数で表した⁴⁾(図-1参照)。ただし、付着限界ひずみ ϵ_{BU} は、 $2\epsilon_{cr}$ とした。また、せん断剛性は、ひびわれ発生後急激に剛性が低下することから主引張ひずみを変数とする減少関数として表現可能な、Cedolin and Dei Poli の関係式を用いた¹⁾。(2)鉄筋の特性: 鉄筋コンクリート部材には、鉄筋とコンクリートの相互作用である付着が存在することから、付着に対するすべりと鉄筋の弾性ひずみから換算した見かけのヤング係数を用いた¹⁾。また、鉄筋のダウエル効果がひびわれ発生後に初めて作用するとし、ダウエル係数を導入して鉄筋のせん断剛性として与えた。

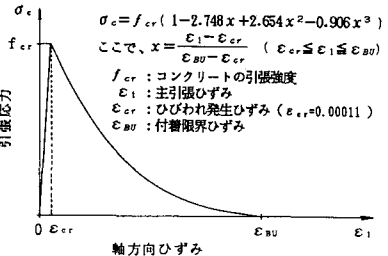


図-1 コンクリートの引張特性

3. 実験および解析の比較と検証

本研究室で過去に行った純ねじり載荷実験結果¹⁾に加えて、本年度新たに行った実験結果を対象に、剛体ばねモデルによる解析精度の検証を行った。コンクリート部材にねじり荷重が作用する場合、弾性範囲から塑性範囲への移行に際し、その剛性が急激に低下する。ここでは、剛性低下前後に分けて実験値と解析値の比較を行った。その結果の一例を、表-1および図-2,3に示す。まず初めに、剛性低下前の挙動を比較する。表-1より、ひびわれ発生モメントについては、やや解析値が実験値を下回るものの比較的よく一致していることがわかる。また、図-2,3の単位ねじり角とねじりモーメントの関係図から判断した、急激に剛性が低下したモメント値である $M_c - \theta$

表-1 実験値と解析値の比較

供試体		ひびわれモメント		M _c -θ第一変曲点モメント		第一耐力モメント		破壊モメント	
		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	0.95	20.10	0.79
BU20-8a*	実験値	10.37		10.78		12.95		16.70	
	解析値	8.70	1.19	10.70	1.01	13.90	0.92	17.90	0.93

例) BU10-6a* B:ブロック部材 U:グラウトの有無(G:あり, U:なし) 10:導入プレストレス量 (kgf/cm²) G:壁厚 (cm) a:PC鋼棒の直径 (a:21mm, b:23mm) *:本年度の実験供試体

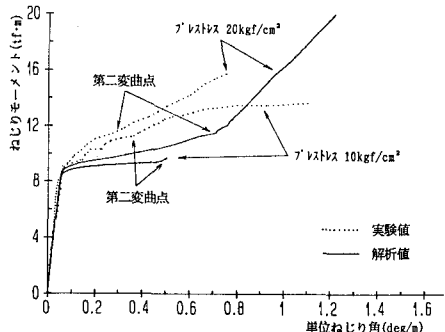


図-2 単位ねじり角とねじりモーメントの関係 (壁厚6cm)

第一変曲点モーメントについても、4供試体とも実験値と解析値に非常によい一致がみられる。なお図-2,3においても、その挙動がよく表現できており、両者は壁厚に関係なく非常に整合性がよいといえる。次に剛性低下後について比較検討する。図-2,3によると、解析値において第一変曲点以降に、特に大きく剛性が変化する変曲点が存在していることが確認される。一方、実験値においてもその変化の大きさに違いがあるものの、同様の変曲点が存在していることがわかる。この変曲点の存在は、コンクリートにひびわれが発生してねじり角がある程度進行した段階で、ひびわれ発生数が比較的小康状態となったとき、ねじりエ

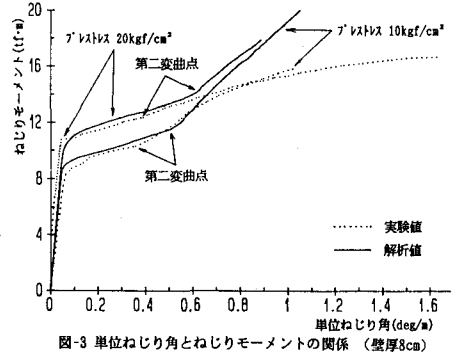


図-3 単位ねじり角とねじりモーメントの関係(壁厚8cm)

ルが鉄筋へ移行することによって剛性が回復したものであると考えられ、変曲点の存在が実験と解析で明らかになる。そこで、この変曲点を第二変曲点と呼び、その時のモーメント値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併せて実験値と解析値を比較したものを表-1に併記する。図-2,3によると、壁厚8cmの供試体BG10-8a, BU20-8a*については、両者の第一耐力モーメントまでの挙動はほぼ一致しており、解析結果の整合性が非常によいことがわかる。ところが、第一変曲点以降の挙動および壁厚6cmの挙動に関しては、解析値が実験値をよく表現していないことがわかる。次に、本研究の最終目標であるねじりを考慮した設計法の確立に向けて、本解析モデルを用いてねじり剛性に影響を及ぼすパラメータを選定し、その挙動を考察した。ここでは、実験値との整合性が比較的良好であった供試体BU20-8a*を基本とし、スタラップ間隔とコンクリートの圧縮強度を変化させた解析を行った。なお、供試体BU20-8a*はスタラップ間隔10cm、コンクリートの圧縮強度712kgf/cm²であり、ここでは第一耐力モーメントまでの比較とした。その結果の一例を図-4,5に示す。図-4のスタラップ間隔の変化に対しては、第一変曲点以降の挙動に大きな変化がみられず、この範囲ではねじり剛性に影響を与えないことがわかる。これに対して、図-5のコンクリートの圧縮強度の変化に対しては、M₁-θ第一変曲点モーメントに関しては、圧縮強度が増加するほど大きくなる傾向にあるものの、第一耐力モーメントに関しては、ほとんど変化がないことがわかる。このことより、圧縮強度が増大すると、ひびわれ発生モーメントが増大することによって結果的にM₁-θ第一変曲点モーメントが増大し、その後急激なねじり変形を生じるねじり挙動を示すことがわかる。

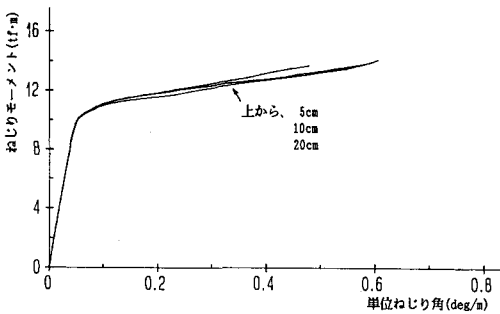


図-4 スタラップ間隔を変化させた場合の単位ねじり角とねじりモーメントの関係

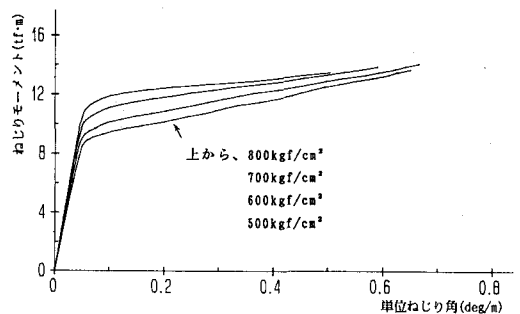


図-5 圧縮強度を変化させた場合の単位ねじり角とねじりモーメントの関係

4. まとめ

①剛性低下前までの挙動に関しては、すべての供試体において実験値と解析値の整合性がよく、解析による挙動表現が可能である。②壁厚8cm以上の供試体については、第二変曲点までは非常に整合性がよく、解析による挙動評価が可能である。③コンクリートの圧縮強度の増加は、ひびわれ発生モーメントを増大させることによって、結果的にM₁-θ第一変曲点モーメントを増大させるが、第一耐力モーメントに影響を与えず、急激なねじり変形を生じる挙動を示すことが推測された。

【参考文献】 1)宮本、他：土木学会論文集、1990.2 2)都井、他：日本造船学会論文集、1982.5 3)宮本、他：平成4年度土木学会関西支部年講、1992.5 4)佐藤、他：ACI大会概論集、1978