

ねじりを受けるPC箱桁ブロック接合部の挙動解析に対する剛体ばねモデルの適用

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

1. まえがき

コンクリート構造物の製作にあたって、現場工期の短縮、品質の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。また一方で、構造物の大型化、複雑化等により、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。そこで本研究では、接合部材に対するねじり設計の確立を念頭に置き、純ねじりモーメントを受けるコンクリート接合部の挙動解明を解析に試みたものである。ここでは解析手法として、弾性範囲外の挙動(要素間のすべり・分離等)などの塑性現象の表現が可能であり、また、部材の不連続な接合面をもモデル化しやすい、剛体ばねモデル(RBSM)¹⁾を適用した。

2. 解析の概要

2.1 モデルの対象：解析の対象とする部材は、平面形状のブロック部材接合面にエポキシ樹脂系接着剤を塗布し、PC鋼棒によってプレストレスを与えた、PC中空箱桁ブロック部材(50 50 320)²⁾である。

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、2軸の圧縮・引張状態となり一軸圧縮状態に比べ軟化が著しくなることから、Vecchio and Collinsの軟化曲線³⁾を用いた。この軟化曲線でのコンクリートの主圧縮応力 σ_c は、主圧縮ひずみ ε_c と主引張ひずみ ε_t の関数となり、次式で表される。

$$\sigma_c = -\lambda f'_c \left[2 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_o} \right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_o} \right)^2 \right] \quad (1)$$

ここで、 $\lambda = 1/[0.8 - 0.34(\varepsilon_t/\varepsilon_o)]$ ；軟化係数、

f'_c ：コンクリートの圧縮強度、 ε_o ：コンクリートの最大圧縮応力時のひずみ(=-0.002)

②コンクリートひびわれ面でのせん断特性：コンクリートにひびわれが発生すると、そのひびわれ面でのせん断剛性は急激に低下する。ここでは、図-1に示すCedolin and Dei Poli⁴⁾のせん断剛性低下率に準拠してモデル化した。

③接合面のせん断特性：剛体ばねモデルでは、接合面にあたる境界に軸方向に厚さを持たない平面要素を配置しており、その特性には接合面せん断実験結果⁵⁾から、軸方向プレストレス量をパラメーターとする次式を用いた。

$$\tau_u = 1.60 \cdot \sigma_{pe} + 49.09 \quad (2)$$

ここで、 τ_u ：最大平均せん断強度(kgf/cm²)、 σ_{pe} ：破壊時の有効軸方向プレストレス(kgf/cm²)

3. 解析結果および考察

PC箱桁ブロック接合部材の純ねじり実験結果²⁾と、本解析結果を比較したものの一例を、表-1および図-2、3に示す。ここで比較の対象とした各荷重値は、ひびわれ発生モーメント、 $M_t-\theta$ 第1変曲点モーメント、破壊モーメントである。まず、ひびわれ発生モーメントは、全般的にみれば解析値が実験値を上回る結果となった。これは解析では、ねじりモーメントが作用することにより部材が変形するが、その変形エネルギーを接合面でのずれの発生によって吸収することによって、内部応力状態に変化が生じ、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。 $M_t-\theta$ 第1変曲点モーメントとは、ねじ

Ayaho MIYAMOTO, Hidenori MORIKAWA, Keisuke SUGAHARA, Tatsuya FUJITA

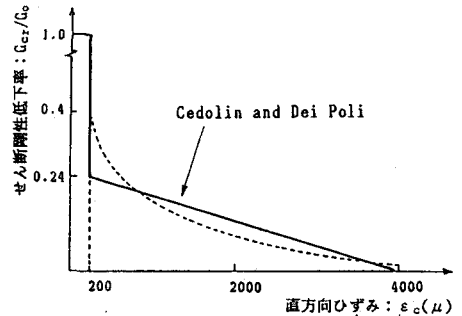


図-1 ひびわれ面せん断特性

りモーメント～単位ねじり角の関係から判断したもので、内部のつりあい在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点の荷重値と解釈できるが、実験値と解析値はほぼ一致していることがわかる。次に、実験と解析の破壊形式を比較したものを表-2に示す。ここで破壊形式が両者でほぼ一致したものは、供試体BG10-8および供試体BU30-8である。供試体BG10-8は、実験では鉄筋が引張力を受け持つこと等により剛性が回復した後、スターラップが降伏し、最終的には隅角部コンクリートのかぶりがかはく離して破壊に至った。また解析でも同様に、剛性回復後スターラップが降伏し、最終的には接合部付近の隅角部コンクリートの圧壊により破壊した。一方、供試体BU30-8は、実験および解析ともに接合部においてずれが発生し、破壊に至っている。これらの解析結果は、実験での挙動をよく表現していると言える。そこで表-1より、破壊形式の一致した供試体BG10-8および供試体BU30-8について破壊モーメントの比較を行うと、供試体BG10-8は、実験値と解析値はほぼ一致した。一方、供試体BU30-8は、解析値が実験値を下回る結果となった。これは実験では、ずれによる剛性低下後ある程度の剛性を保持しながら最大モーメントに達しているのに対し、解析では接合面での剛性低下直後のずれが原因となって、急激な変形を伴って破壊したためであると考えられる。また図-2、3より、全体的に解析値が実験値を上回っているが、破壊形式が一致したものについては、実験での挙動をよく表現していると言える。

4. まとめ

今回作成した解析モデルによって、次の2つの破壊形式を得ることができた。：①ひびわれ発生後、剛性が低下するとともに接合部において急激なずれが発生する形式。②接合部に局部的なずれが発生するが、ある程度剛性を保ち最終的には接合部付近の隅角部コンクリートが圧壊する形式。

以上の様に、剛体ばねモデルを適用することにより、弾性範囲から破壊に至るまでのねじり挙動をほぼ表現できた。さらにねじり耐力を推定する場合、破壊形式を限定することにより、概ね適用が可能であると考えられる。

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			$M_t-\theta$ 第1変曲モーメント			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
BU10-8	8.84	7.85	0.87	8.24	8.40	0.98	18.24	9.42	1.72
BG10-8	7.81	8.48	0.90	8.31	8.75	0.95	15.91	16.32	0.97
BU30-8	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

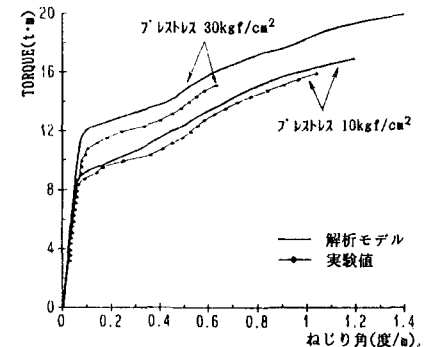
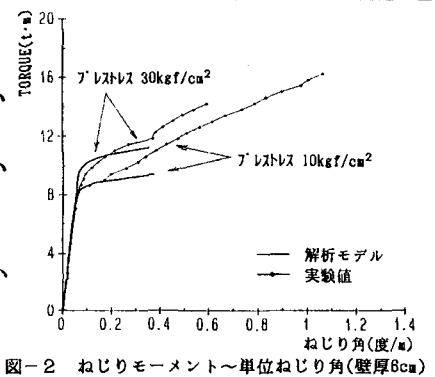


表-2 実験結果と解析結果の破壊形式の比較

供試体		接合部のずれ	軸方向鉄筋	スターラップ	コンクリートの圧壊 (はく離)
BU10-8	実験	—	降伏	降伏	はく離
	解析	急激なずれ	—	—	—
BG10-8	実験	—	降伏	降伏	はく離
	解析	—	降伏	降伏	圧壊
BU30-8	実験	ずれ	—	—	—
	解析	急激なずれ	—	—	—
BU30-8	実験	局部的なずれ	降伏	降伏	—
	解析	—	降伏	降伏	圧壊

【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)Frank J.Vecchio,Michael P.Collins:The Modified Compression-Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear,ACI Journal,1986.3-4 4)Cedolin,L.and Dei Poli,S.:Finite Element Studies of Shear-Critical R/C Beams,ASCE,EM3,June 1977 5)宮本 他：関西支部年講、1989.5