

北海道大学大学院工学研究科	正 員	志村和紀
阪神高速道路公団	正 員	野崎 悟
北海道大学大学院工学研究科	フェロー	佐伯 昇

1. はじめに

純ねじりを受ける RC 部材の耐力および変形挙動についてはほぼ妥当な精度で評価することが可能となっているが¹⁾²⁾、実際の構造物でねじりが単独で作用する場合は少なく、ねじり－曲げあるいはねじり－曲げ－せん断といった組合せ断面力が作用する場合が多い。組合せ断面力下の挙動についての既往の研究は主に各断面力に対する耐力を基に相関関係を求めているものが多く、任意の荷重段階における変形挙動については未解明といえる。本報告は、純ねじりと純曲げ解析を合成することによりねじり－曲げ荷重下の RC 部材の変形挙動を捉えることを目的とした。

2. 解析の概要

(1)純ねじり解析

純ねじり解析は RC 平板モデルを用いた手法によった²⁾。これは、中実断面の RC 部材を中空の箱型断面に置換え、断面の壁に一定のせん断流が生ずると仮定し、壁を構成する RC 平板の力の釣合い並びに変形の適合条件および薄肉閉断面のねじり理論より解析を行なうものである。また、圧縮主応力方向コンクリートの応力の低減³⁾、*tension-stiffening*⁴⁾および有効かぶり²⁾を考慮した。

(2)純曲げ解析

純曲げ解析は通常の曲げ理論に基づいて行なったが、*tension-stiffening* を考慮するため、鉄筋の応力－ひずみ関係としてコンクリートに埋込まれた鉄筋の最大応力－平均ひずみ関係⁵⁾を用いた。

(3)ねじり－曲げの組合せ解析

ねじり－曲げの組合せ断面力下の解析は、まず純ねじり解析を行い、それによって生じたひずみに曲げによるひずみを加え、各部の軸方向の応力を求め、ねじりによる応力を減ずることにより曲げ成分を求めた。以下にその手順を述べる。

- ① ねじりモーメントと曲げモーメントの比を与える。
- ② 純ねじりの主応力方向に生ずるひずみを与える。
- ③ 純ねじり解析を行なう。
- ④ ねじりによって生じた軸方向ひずみおよび軸方向の曲率を求める。
- ⑤ 曲げによる軸方向ひずみを仮定し、④で求めたひずみに加える。
- ⑥ コンクリートおよび鉄筋の応力を⑤で求めたひずみより算出する。
- ⑦ ⑥で算出した応力よりねじりによって生じた軸方向応力を減じ、曲げによる応力とする。
- ⑧ 曲げモーメントを算出し、ねじり／曲げモーメント比を求め、①で与えた値と比較し、異なっていれば⑤に戻り曲げによる軸方向ひずみを仮定し直す。
- ⑨ ねじり解析におけるコンクリートの圧縮主応力あるいは曲げ解析における圧縮縁コンクリートの軸方向ひずみが終局ひずみになるまで②～⑧を繰り返す。

keywords: ねじり 曲げ

〒060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 TEL 011-706-6180 FAX 011-726-2296

3. 解析結果

T/M（トルク／曲げモーメント比）を5種に変化させた場合の耐力の解析結果を実験値と共に表-1に示す。これによれば、ねじり耐力の解析値の実験値に対する比 T_{cal}/T_{test} は 0.926 ～ 1.183 の範囲にあり、曲げ耐力については M_{cal}/M_{test} は 0.884

～ 1.175 の範囲にあった。ここで *印で示した No.2 試験体は曲げ変形が過大となったため最大荷重前に載荷を終了したものであり、実際には解析値／実験値の範囲はより 1 に近づくと考えられ、ほぼ妥当な精度で評価できると思われる。

変形状態については、曲げモーメント－曲率関係についてまとめたものを図-1に示す。これによれば、いずれの試験体についても塑性開始点は実験と解析はほぼ一致しており、本解析法で曲げ変形の評価が可能であると考えられる。また、弾性範囲内の解析値の剛性が実験値に比べ小さいが、

これは *tension-stiffening* の評価モデルがひび割れ発生後の剛性を基に構築されたためである。トルク－ねじり角関係については解析では塑性的な性状はほとんど現れなかった。これは解析の手順としてまず純ねじり解析を行なった後に曲げを作用させるためである。従って、ねじりと曲げを交互に作用させる手法を用いることが望ましいが、曲げを作用させた後にねじりを付加させる場合、軸方向鉄筋のひずみがそれぞれ異なるため力の釣合いが複雑になることから、組合せ断面力下のねじり変形の評価を行なうことは難しく、軸方向鉄筋のひずみがそれぞれ異なる場合のねじり解析手法を検討する必要がある。

また、実際の構造物ではさらにせん断力が作用する場合が多いと考えられるが、本解析法を拡張することも可能と考えられる。

4. まとめ

- (1) RC 部材の純ねじり解析と純曲げ解析を組み合わせることによりねじり－曲げ組合せ断面力下の耐力の算定が可能である。
- (2) ねじり－曲げの組合せ断面力下の変形は、曲げ変形については評価できる。

参考文献

- 1) 二羽、檜貝、守屋：ねじりを受ける RC 棒部材に関する解析的研究、土木学会論文集、No.420/V13, 1990
- 2) 志村、佐伯：純ねじりを受ける RC 部材の有効かぶりの評価、土木学会第 50 回年次学術講演会 V, 1995
- 3) Vecchio, Collins: The Modified Compression-Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear, ACI Jour. 83-2, 1986
- 4) 岡村、前川：鉄筋コンクリートにおける非線形有限要素解析、土木学会論文集 360/V-3, 1986
- 5) 志村、佐伯、藤田：剛性効果を考慮した鉄筋コンクリート桁の変形、セメント技術年報 42, 1988

表-1 解析と実験の耐力の比較

試験体	T/M	T_{cal} kN・m	T_{test} kN・m	M_{cal} kN・m	M_{test} kN・m	T_{cal}/T_{test}	M_{cal}/M_{test}
No.1	0	—	—	0.160	0.181	—	0.884
No.2	0.5	0.084	0.071*	0.168	0.143*	1.183*	1.175*
No.3	1.0	0.096	0.089	0.096	0.090	1.079	1.067
No.4	1.5	0.104	0.099	0.069	0.066	1.051	1.045
No.5	2.0	0.118	0.111	0.059	0.056	1.063	1.054
No.6	∞	0.113	0.122	—	—	0.926	—

*最大荷重前に載荷を終了

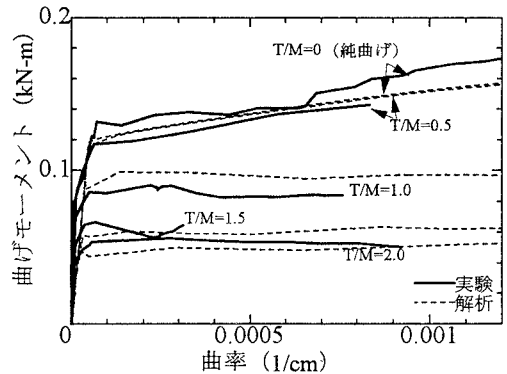


図-1 ねじり－曲げ組合せ断面力下の曲げ性状