

柱部材のねじりの非線形性に関する解析的検討

北武コンサルタント（株） 正会員 ○阿部 淳一
 (公財)鉄道総合技術研究所 正会員 田所 敏弥

1. 目的

駅部に構築されるような鉄道 RC ラーメン高架橋は、用地境界による構造の非対称化や支持桁の反力差などにより、地震時に柱がねじれるような挙動を示す場合がある。大きなねじりを受ける RC 部材は、ねじりひび割れ発生後に非線形性が確認されるが、このようなねじりの非線形性に対してのモデル化が現状では明確とはなっていない。一方、筆者らのこれまでの経験では、ねじりによって配筋が変更になるなど、ねじりの照査は比較的厳しい設計条件となる場合があった。そのため、ねじりの非線形性を明確にすることにより、より合理的な設計が今後可能になると考えられる。本論文は、このようなねじりの非線形性を明確にすることを最終的な目的とし、そのための基礎的な検討として、既存の実験結果と FEM 解析結果の比較検討を試みるものである。実験結果を FEM 解析で精度良く再現できるのであれば、今後、解析を用いてねじりに対しての多くの検討が可能になると考えたためである。

2. 検討概要

検討モデルは、既に実験が行われている参考文献 1) を参考とし、図-1 に示す No.2, No.5 試験体に対して解析を試みる。試験体の諸元を表-1 に、解析モデルを図-2 に示す。モデルは柱上下にスタブを配置し、要素分割は鉄筋配置に合わせて行っている。柱部材は、非線形性を考慮するものとし、分散ひび割れモデルに基づく前川らのモデル^{2),3)}を用いた。要素は鉄筋の配置状況により RC 要素と無筋要素に分け、無筋要素は要素寸法に応じたパラメータの設定を行った^{2),3)}。なお、スタブは弾性としている。解析コードは FINAS/STAR を用いた。本検討では基礎的な検討として、まずねじりモーメントのみを載荷した実験結果に対して比較検討を試みる。荷重は実験と同様に、スタブを介してまず軸力を与える。その後、ねじりひび割れが発生する程度まで正負交番を一回行い、その後ねじり回転角を一方向に漸増載荷する。

3. 解析結果

図-3, 図-4 に本解析で得られたねじりモーメント-ねじり角関係を示す。図中の赤線が解析結果、黒線は既往の実験結果である。図のように、本解析はねじりひび割れ発生までの初期剛性は、実験と同様の剛性を有している。また、ねじりひび割れ発生回転角は No.2 試験体で 0.038deg./m, No.5 試験体で 0.050deg.

表-1 試験体諸元

項目	断面		部材長 L	コンクリート f'_c	軸方向鉄筋		帯鉄筋		
	B	H			径	f'_{sy}	径	ピッチ	f'_{wy}
	(mm)	(mm)							
No.2	900	900	3300	26.6	D32	381	D13	100	389
No.5	800	800	3000	30.7	D25	372	D13	80	346

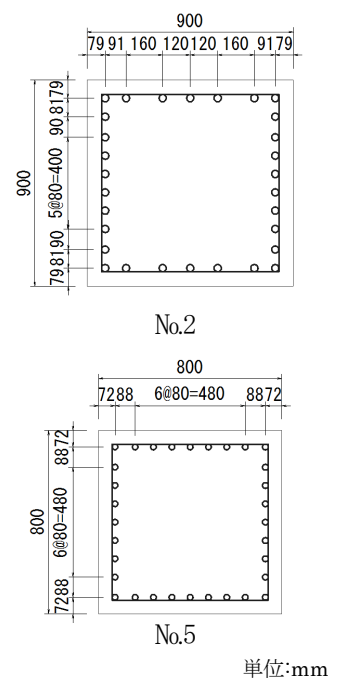


図-1 断面諸元

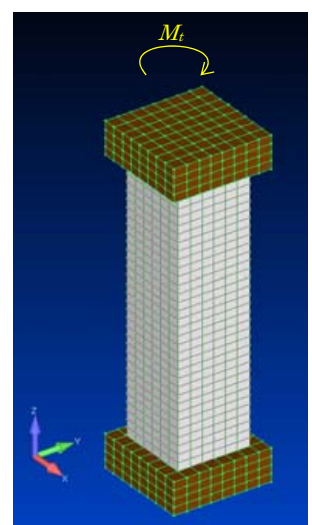


図-2 解析モデル (No.2)

キーワード ねじり, RC ラーメン高架橋, 非線形 FEM

連絡先 〒062-0020 札幌市豊平区月寒中央通 7 丁目北武第 2 ビル TEL 011-851-3181

/m となり、実験結果と同程度となった。ねじりひび割れ発生後の軟化挙動は、本検討ではねじりひび割れ発生程度で1回の正負交番であるものの、実験結果を概ね追従できており、比較的精度良く実験結果を再現できていると考えられる。

図-5 に解析で得られたひび割れ図を示す。図はNo.2 およびNo.5 のねじりひび割れ発生時のひび割れ図である。ひび割れは柱高さ中央から斜め方向に発生し、これは実験結果のひび割れ状況と同様である。

図-6 にはNo.5 試験体のねじり角 0.2deg./m における、帯鉄筋のひずみコンターを4面で展開したものを示す。実験結果では、く体基部から0.5Dの位置の断面幅中央位置でひずみを計測している。同様の位置での解析結果は、 0° , 180° 面で 400μ 程度、 90° , 270° 面で 500μ 程度となった。実験結果の4面の平均ひずみは 450μ 程度であり、同程度の値となっている。しかし、解析は表裏2面の帯鉄筋のひずみが同程度であり、隣り合う面とはひずみに差が生じている。一方、実験はある1面の帯鉄筋のひずみが大きくなっている。このような実験と解析結果のひずみ分布の違いに、荷重作用の違いなどの誤差が考えられる。解析においては変位制御により、忠実に純ねじりが作用するように解析を行っている。しかし、実験では試験体の製作誤差や、正負交番载荷における荷重作用の誤差が当然発生し、忠実に純ねじりを再現することは難しいと考えられる。このような荷重作用の違い等の誤差が実験と本解析の帯鉄筋のひずみ分布が異なった一要因と想定される。

4. まとめ

本検討では柱部材のねじりの非線形性について、FEM と既往の実験結果との比較を試みた。ねじりモーメント-ねじり角関係や、ひび割れ状況、帯鉄筋のひずみについて比較したが、いずれも実験結果と同様の結果が得られていた。本検討はいずれも純ねじりに対してであったが、今後は、曲げやせん断との同時性を考慮したねじりに対する検討を行いたいと考える。

参考文献

- 1) 田所敏弥, 谷村幸裕, 中田祐喜: ねじりと曲げを受けるラーメン高架橋柱の変形性能と地震被害, 土木学会論文集 E2, Vol. 68, No. 3, 166-177, 2012.
- 2) 岡村甫, 前川宏一: 鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則, 技報堂出版, 1991.
- 3) Maekawa, K., Pimanmas, A. and Okamura, H.: Nonlinear mechanics of reinforced concrete, Spon Press, London, 2003.

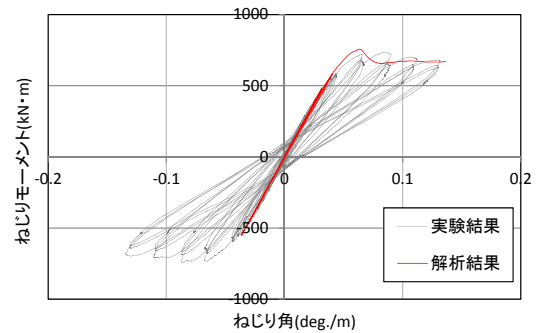


図-3 ねじりモーメント-ねじり角関係 (No.2)

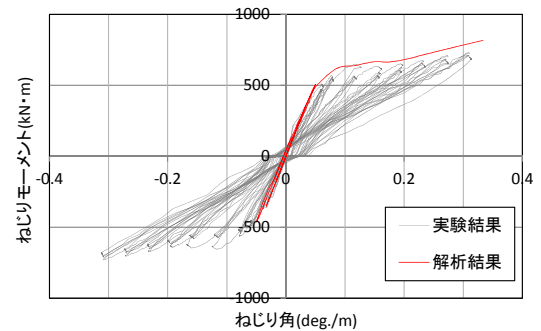
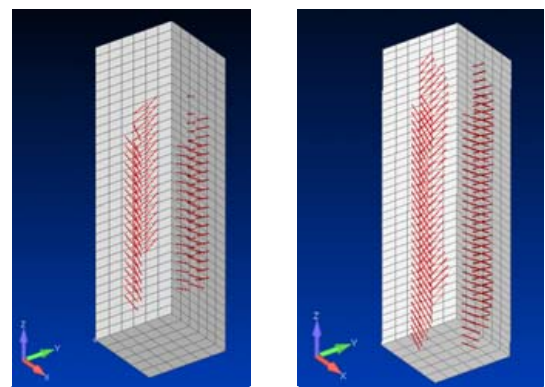


図-4 ねじりモーメント-ねじり角関係 (No.5)



No.2 (0.038deg./m) No.5 (0.050deg./m)

図-5 ひび割れ図

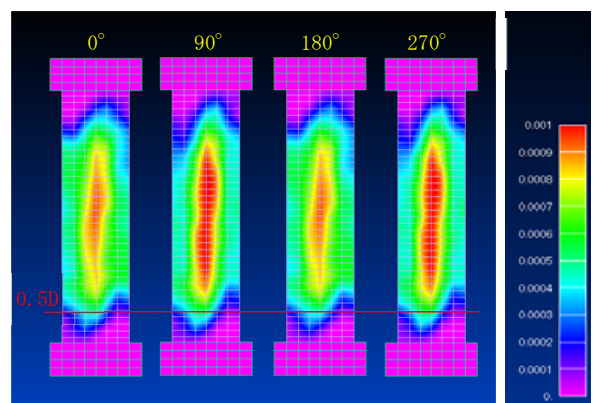


図-6 帯鉄筋のひずみコンター (No.5)