

実 RC アーチ橋に対するねじりと曲げの相関曲線を考慮した地震応答解析

九州大学大学院 学生会員 ○服部 匡洋 九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲
 オリエンタル白石株式会社 非会員 脇坂 英男 九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀
 九州大学大学院 学生会員 新田 直也

1. 目的

一般的に地震応答解析では、ねじりひび割れが想定される場合でも、ねじりの非線形性やねじりと曲げの相関特性を考慮せず、ねじり剛性を初期剛性 GJ の $1/10$ とした等価線形解析が実施されている。本研究では、実 RC アーチ橋解析モデルに対し、ねじりと曲げの相関曲線を考慮した非線形動的解析を実施し、ねじり線形解析及びねじり等価線形解析の応答と比較することで、ねじりと曲げの相関曲線及びねじり非線形を考慮することによる各部材の応答の変化について明らかにすることを目的とする。

2. 解析条件及び解析ケース

本解析では、ねじり非線形を考慮することができる汎用解析ソフト RESP-T (version5.1.0) を用いた。また、数値積分法は Newmark β 法 ($\beta=0.25$) を使用した。入力地震動は、道示標準波¹⁾の Type II-I-1 とし、橋軸直角方向に加震した。積分時間間隔は 0.002 秒とした。減衰条件には、部材別 Rayleigh 減衰を使用した。

解析モデル全体図を図-1 に示す。アーチリング、補剛桁、鉛直材、橋脚及びエンドポストには、非線形梁要素を使用

した。また、支承部は VP1, VP10 のみ補剛桁と剛結されており、その他の鉛直材及び橋脚については、ゴム支承及び変位制限装置をそれぞれ線形バネ要素でモデル化した。

解析ケースを表-1 に示す。また、各ケースの固有周期の比較を図-2 に、各ケースにおけるねじり骨格曲線及び曲げ骨格曲線の比較を図-3 に示す。表-1 より、解析ケースは、ねじりと曲げの相関曲線を考慮した非線形動的解析を No.1、ねじりと曲げの相関曲線及びねじり非線形を考慮した影響を把握するため、ねじり剛性を初期剛性 GJ としたねじり線形解析を No.2、従来の解析手法を想定し、ねじり剛性を初期剛性 GJ の $1/10$ としたねじり等価線形解析を No.3 とする。図-3 に示すように、ねじり骨格曲線は、既往実験結果²⁾に基づいてバイリニアとし、履歴モデルは武田モデル($\alpha=0.75$)を使用した。曲げ骨格曲線については、トリリニアとし、履歴モデルは武田モデル($\alpha=0.50$)を使用した。なお、ねじりと曲げの相関曲線及びねじり非線形は、アーチリング及び補剛桁についてのみ考慮した。ねじり等価線形解析である No.3 についても、同部材のねじり剛性のみを初期剛性の $1/10$ に変化させた。また、図-2 より、No.1 と No.2 は、ね

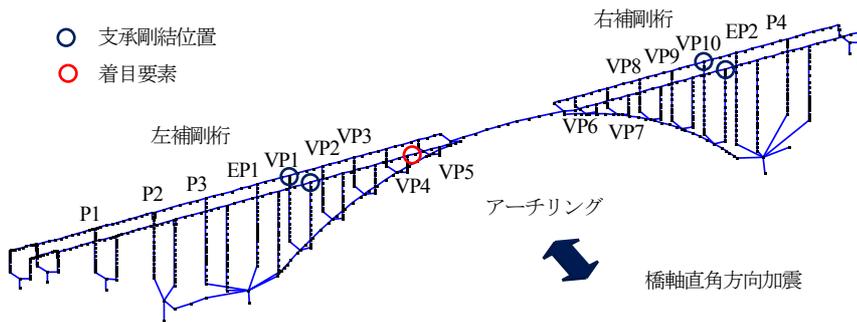


図-1 解析モデル全体図

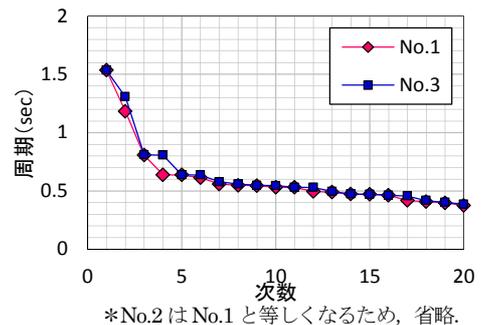


図-2 固有周期の比較

ねじりと曲げの相関曲線の考慮	ねじり骨格曲線	曲げ骨格曲線
No.1 ○	相関曲線により変化 (バイリニア)	相関曲線により変化 (トリリニア)
No.2 ×	初期剛性 GJ (線形)	純荷重時 (トリリニア)
No.3 ×	等価剛性 ($1/10$) GJ (線形)	

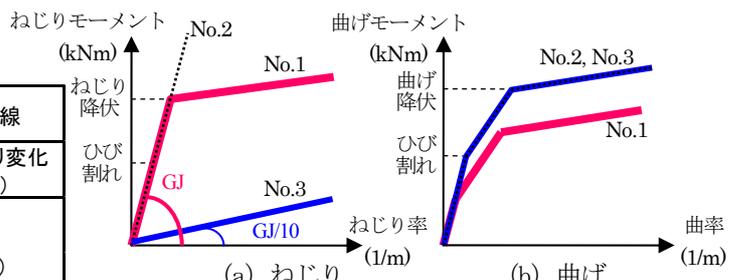


図-3 各ケースの骨格曲線のイメージ

キーワード ねじりと曲げの相関曲線, 非線形動的解析, 等価線形解析, RC アーチ橋

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 W2-1101 TEL092-802-3374

じり初期剛性がともに GJ であり、固有周期が等しくなるが、ねじり等価線形解析の No.3 では、ねじり剛性を 1/10 (GJ) と小さく設定するため、No.1, No.2 に比べて、固有周期がわずかに長くなることがわかる。

3. 地震時応答の比較

3.1 No. 1 の応答

図-1 に示した VP4-VP5 間の補剛桁の 1 要素におけるねじりと曲げの相関曲線とねじり履歴曲線及び曲げ履歴曲線を図-4 に示す。ここで、断面力経路とは、着目要素の各時刻におけるねじりモーメント及び曲げモーメントをプロットし、結んだものを指す。この要素では、断面力経路がひび割れ相関曲線を超えており、ひび割れへの到達が確認される。このため、曲げ履歴曲線では、ねじりと曲げの相関曲線を考慮することによって、純荷重時のひび割れ耐力よりも小さな曲げモーメントでひび割れが発生し、曲げ剛性が早く低下することがわかる。なお、今回の検討において、左右の補剛桁、アーチスプリングングにおいて、ひび割れが発生した要素が多数確認されたが、ねじり降伏及び曲げ降伏が発生した要素は確認されなかった。

3.2 No. 2, No. 3 の応答との比較

左補剛桁に生じた最大応答の比較を図-5 に示す。図-5 (a) より、No.1 では、No.2, No.3 と比べて、EP1-VP2 間や VP4-VP5 間の部材において、最大曲げモーメントが小さくなっている。これらの部材では、図-1 に示したように、ねじりと曲げの相関曲線を考慮することによって、純荷重時のひび割れ耐力よりも小さな曲げモーメントでひび割れに到達したことが確認されており、その結果最大曲げモーメントが低

減されたと考えられる。また、No.1 と No.3 を比較すると、最大曲げモーメントの分布が異なることがわかる。これは、ねじり剛性が異なることから、振動特性が変化したためと考えられる。

図-5 (b) より、No.1 の最大ねじりモーメントは、No.2 と同程度であった。これは、本検討において、ねじり降伏を超える部材が確認されず、ねじりについては全ての部材で弾性領域内であったためと考えられる。一方、No.3 と比較すると、ほぼ全ての部材において、No.1 が No.3 に比べて大きかった。このため、ねじり剛性を 1/10 とした等価線形解析を実施すると、ねじりモーメントを小さく評価する恐れがあるといえる。

4. 結論

ねじりと曲げの相関曲線及びねじり非線形を考慮した動的解析を実施し、一般的に実施されるねじり等価線形解析やねじり線形解析の応答と比較することで、ねじり等価線形解析では、アーチリングや補剛桁に生じるねじりモーメントを小さく評価する恐れがあることを示した。また、ねじり等価線形解析の場合、ねじり剛性を変化させるため、振動特性も変化し、各部材のねじりモーメント以外の応答にも影響が表れることを明らかにした。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編, 2012.
- 2) 箴島隆司, 大塚久哲, 福永靖雄, 山崎智彦: 曲げとねじりを受ける 3 室中空断面 RC 部材の力学特性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, pp.691-696, 2010.

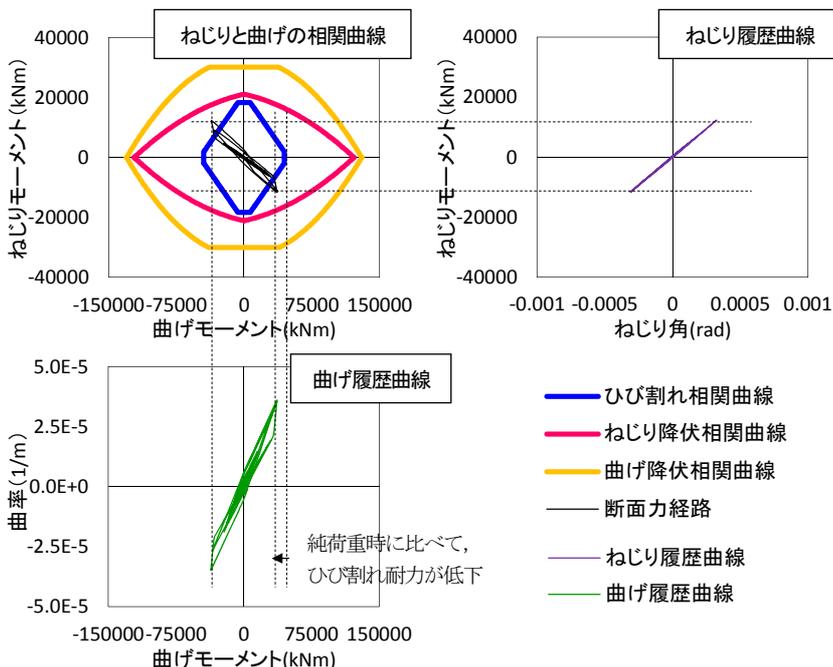
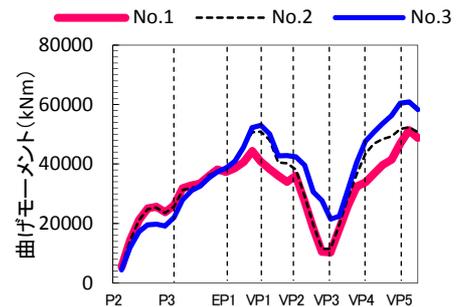
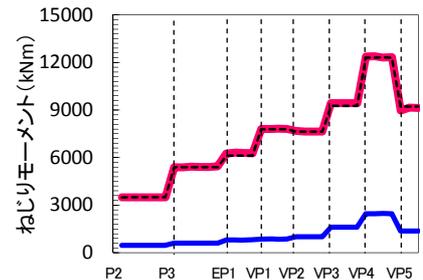


図-4 ねじりと曲げの相関曲線及び履歴曲線の一例 (No.1)



(a) 最大曲げモーメント



(b) 最大ねじりモーメント
図-5 左補剛桁の最大応答