

第二西海橋（仮称）の地震応答特性に及ぼす非線形モデルの影響

長崎大学工学部 学生会員 ○藤田洋幸 長崎大学大学院 学生会員 呉 慶雄
 長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄 長崎県土木部 村里静則
 三菱重工業（株） 正会員 吉村光弘 長崎大学工学部 正会員 中村聖三

1. まえがき

建設中の第二西海橋（仮称）は日本で初めて採用されるコンクリート充填鋼管（CFT）アーチ橋（中路ブレースドリブアーチ橋）であるが、この形式の橋梁の耐震性については解析実績がほとんどなく不明な点が多い。既往の研究¹⁾により第二西海橋の固有振動特性、走行荷重による応答特性、非線形地震応答特性および耐震性が明らかにされている。

引き続き本研究では、第二西海橋の地震応答解析を①軸力変動を考慮した N-M- Φ モデルと②ファイバーモデルの2つの非線形モデルを用いて実施し、非線形モデルの相違が地震応答に及ぼす影響を評価する。

2. 第二西海橋の概要

第二西海橋は CFT を用いた鋼中路ブレースドリブアーチ橋である。橋長は 300m、アーチ支間長は 230m である。アーチリブは直径 812.8mm の鋼管に高流動コンクリートを充填した CFT であり、床版は合成床版である¹⁾。

3. 非線形モデルの検討

特性の異なる N-M- Φ モデルおよびファイバーモデルの2つの非線形モデルを用いる。N-M- Φ モデルの非線形特性は、加震方向の支配的な方向にのみ設定しており、これに直交した方向成分は独立した線形扱いである。一方、ファイバーモデルは、実際の断面に生じる2軸曲げ非線形性を評価している²⁾。

(1) 非線形モデル

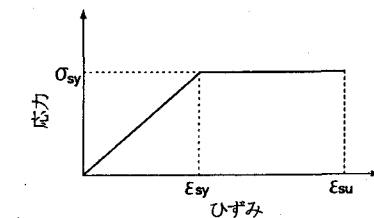
アーチリブの鋼管およびコンクリートの材料特性を図-1に示す³⁾。アーチリブの軸力変動を考慮した標準バイリニア M- Φ モデルと N-M 相関曲線を図-2、3に示す。ファイバーモデルの断面については、鋼管を半径方向に2分割、コンクリートを半径方向に10分割し、それぞれ周方向に16分割する（図-4）。また、他の部材は線形とする。

(2) 解析条件

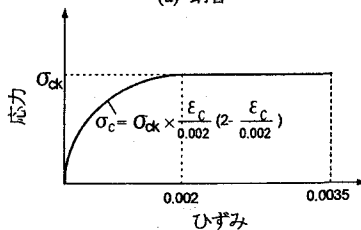
道路橋示方書に基づいて、橋軸方向、橋軸直角方向に地震波を入力して地震応答解析を行う。入力地震波は、タイプⅡのⅠ種地盤の標準波形で、積分時間間隔 0.0025sec、継続時間 20sec とする。減衰はレーリー減衰を用いる。解析ソフトは TDAPⅢを使用する。

(3) 橋軸方向の地震応答

外側上弦材クラウンの橋軸方向の変位時刻歴を図-5に示す。N-M- Φ モデルとファイバーモデルの周期はよく一致しているが、ファイバーモデルの方が若干大きな変位を生じている。外側上弦材スプリングの断



(a) 鋼管



(b) コンクリート

図-1 応力-ひずみ曲線

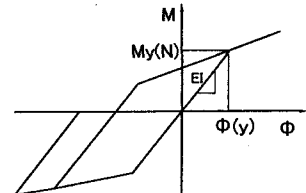
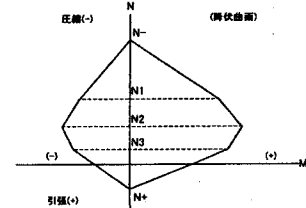
図-2 軸力変動を考慮したバイリニア M- Φ モデル

図-3 N-M 相関曲線

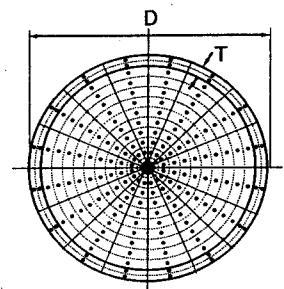


図-4 アーチリブのファイバー分割

面力の時刻歴を図-6に示す。図-6(a), (b)より N-M- Φ モデルとファイバーモデルの周期は概ね一致している。また、M- Φ 履歴曲線(図-7)より N-M- Φ モデルとファイバーモデルの剛性低下はよく一致している。図-8の下弦材の最大・最小軸力分布よりファイバーモデルの方が大きな値を示している。

(4) 橋軸直角方向の地震応答

外側上弦材クラウンの橋軸直角方向の変位時刻歴を図-9に示す。ファイバーモデルは N-M- Φ モデルに比べて長い周期で振動している。この変位の位相のずれは、8秒前後から生じており、入力地震動の最大加速度と一致していることから、部材の塑性化に伴って生じたものと考えられる。外側上弦材スプリングの断面力の時刻歴(図-10)よりファイバーモデルは N-M- Φ モデルに比べ長い周期で振動している。また、M- Φ 履歴曲線(図-11)よりファイバーモデルの剛性低下は N-M- Φ モデルに比べて小さい。図-12の下弦材の最大・最小軸力分布よりファイバーモデルは N-M- Φ モデルよりも大きな値を示している。

4. まとめ

解析結果から橋軸方向の地震応答では、変位および断面力の時刻歴において、両者の非線形モデルによる差異は小さいが、最大・最小軸力値に差が見られる。一方、橋軸直角方向の地震応答では、N-M- Φ モデルはファイバーモデルと比較して変位および断面力の最大値、最大・最小軸力値とも小さな応答値を示している。よって、N-M- Φ モデルは簡単ではあるが地震応答を過小に見積もるおそれがある。以上のことから、本橋の地震応答では厳密なファイバーモデルを使用すべきである。

<参考文献>

1) 呉、高橋、保手浜、吉村、中村、村里：コンクリート充填鋼管アーチ橋の動特性に関する研究，土木学会第57回年次学術講演会講演概要集，第1部門，pp.1115-1116，2002。2) 大塚久哲：中径間橋梁の動的耐震設計，九州大学出版会，2000。3) 土木学会：鋼構造設計指針，PART B 合成構造，1997。

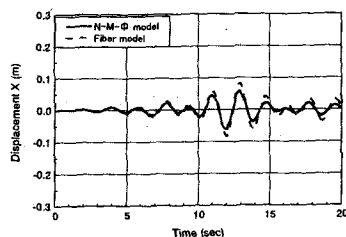
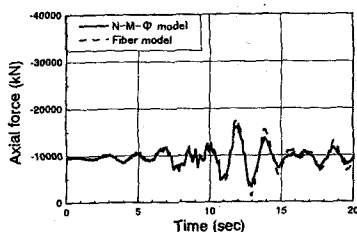
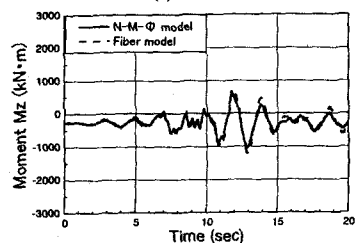


図-5 外側上弦材クラウンの変位時刻歴(橋軸方向)



(a) 軸力



(b) 曲げモーメント

図-6 外側上弦材スプリングの断面力時刻歴(橋軸方向)

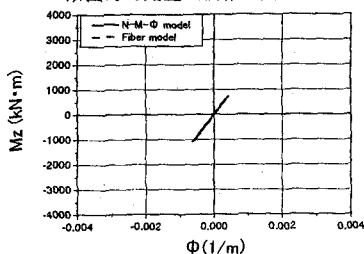


図-7 外側上弦材スプリングの M- Φ 履歴曲線(橋軸方向)

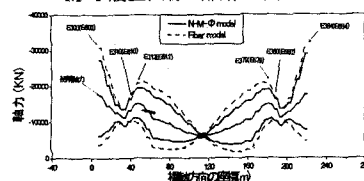


図-8 下弦材の最大・最小軸力分布(橋軸方向)

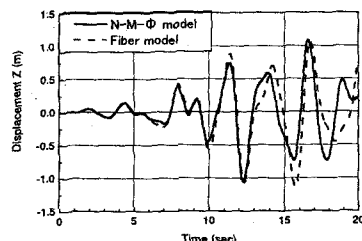
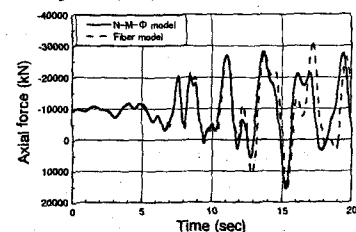
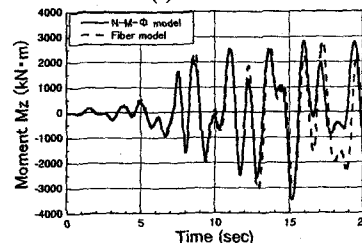


図-9 外側上弦材クラウンの変位時刻歴(橋軸直角方向)



(a) 軸力



(b) 曲げモーメント

図-10 外側上弦材スプリングの断面力時刻歴(橋軸直角方向)

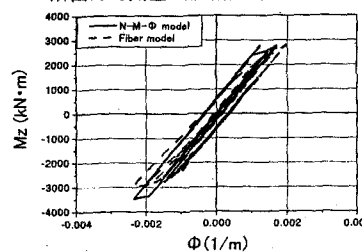


図-11 外側上弦材スプリングの M- Φ 履歴曲線(橋軸直角方向)

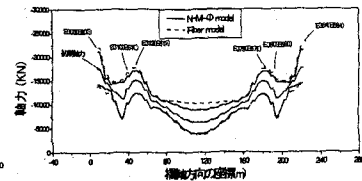


図-12 下弦材の最大・最小軸力分布(橋軸直角方向)