

斜張橋の地震応答に及ぼすケーブルの非抗圧縮性の影響

長崎大学大学院 学生会員 ○Wu Qing Xiong

長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄

長崎大学工学部 正 会 員 中村聖三

1. はじめに

斜張橋の耐震設計に際して、主桁、主塔および橋脚の非線形特性を考慮した斜張橋全体系の地震応答解析が一般に行われている¹⁾。しかし、レベル2の強地震を受ける場合には、ケーブルに大きな軸力が生じ、ケーブルが非線形化する場合も考えられるが、ケーブルの非線形性を考慮した斜張橋の地震応答に関する研究はきわめて少ない。斜張橋のケーブルの非線形性を考慮した研究として、河野ら²⁾は斜張橋の2次元骨組モデルを用いて、橋軸方向を対象としてケーブルの非線形性が斜張橋の地震応答に及ぼす影響を検討している。しかし、主桁は線形部材とし、初期断面力を考慮しない計算を行っている。

本研究では、斜張橋の3次元骨組モデルを用いて、1方向（橋軸方向、橋軸直角方向あるいは鉛直方向）加震および面内加震のときに初期断面力を考慮した斜張橋のケーブルに圧縮力が出現する可能性を検討し、ケーブルの非抗圧縮性が斜張橋の地震応答に及ぼす影響を明らかにするとともに、三波平均の方法を用いて、従来の設計で考慮されていないケーブルの非抗圧縮性を考慮した斜張橋の変位および断面力を評価する。

2. 解析モデル

本研究では3径間連続PC斜張橋を解析対象とする。本橋梁の橋長は426.0m（102.7m+219.0m+102.7m）である。解析に際しては、図-1に示すようなFEMモデルを用いる。ケーブルの番号は図-2のように側径間から主径間に向かって順番に付ける。図-2に示す着目点に限定して、斜張橋の地震応答解析結果を議論する。

主桁の非線形モデルは軸力変動を考慮しない武田型モデルとし、主塔および橋脚の非線形モデルは軸力変動を考慮した江戸型モデル³⁾とする。ケーブルの非抗圧縮性を考慮するケーブルの計算モデルを図-3に示している。降伏した後に除荷する場合のケーブルの履歴は、元のスケルトンカーブに従って戻るものと仮定する。ケーブルは非抗圧縮性の部材であるためケーブルの軸力が零より小さくなると、ケーブルの軸力および剛性は零となる。なお、減衰はレイリー減衰を用いて、減衰定数0.03とする。Newmarkの β 法($\beta=0.25$)を用い、時間間隔0.01sec、継続時間50secとして数値解析を行う。地震動が作用する前の初期断面力は死荷重状態としている。

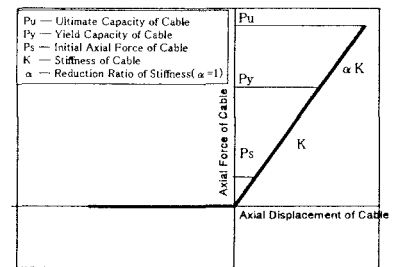


図-3 ケーブルの軸方向変位と軸力の関係図

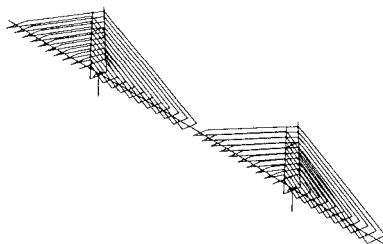


図-1 斜張橋のFEMモデル

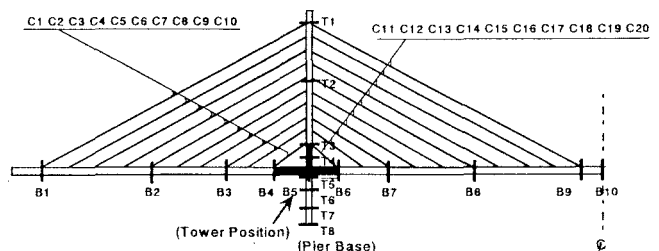


図-2 着目点

3. ケーブルに圧縮力が出現する可能性の検討

橋軸方向、橋軸直角方向および鉛直方向に地震波を独立に入力して、斜張橋の地震応答解析を行った。入力地震波には、JR 鷹取駅で観測された NS 成分および UD 成分の地震波を用いる。NS 成分の地震波は橋軸あるいは橋軸直角方向に入力し、UD 成分の地震波は鉛直方向に入力する。

地震が橋軸方向に作用する場合、ケーブルの軸力が零に達した。しかし、橋軸直角方向および鉛直方向については、ケーブルは軸力が零まで達しない。

橋軸方向および鉛直方向に同時に地震波を入力して、地震応答を求めたところ、橋軸方向のみ入力した場合と違いはほとんど見られない。

4. ケーブルの非抗圧縮性の影響の検討

平成 8 年版の道路橋示方書・同解説（V 耐震設計編）に準じて、3 波形の入力地震動に対する動的解析結果の平均値を用いてケーブルの非抗圧縮性の影響を評価する。用いる地震波は地盤種別ごとに用意されている標準波それぞれ 3 波である。

図-4 は主桁の最大モーメント、図-5 は主塔の最大軸力である。図-4 の縦軸および図-5 の横軸は非線形モデルの断面力と線形モデルの断面力の比である。図-4 に示すように、主桁の最大曲げモーメントはⅢ種地盤の場合が大きくなる傾向をもつ。ケーブルの非抗圧縮性を考慮すると、主桁の B4 と B6 の間その影響が大きい。図-5 より、Ⅲ種地盤の場合の主塔の最大軸力は、Ⅰ種およびⅡ種地盤の場合より大きくなる。ケーブルの非抗圧縮性を考慮すると、主塔の T3 と T4 の間においてその影響が大きい。つまり、ケーブルの非抗圧縮性を考慮すると、主桁および主塔の黒の実線の部分（図-2 参照）の断面力に与える影響が大きい。

しかし、ケーブルの非抗圧縮性を考慮した斜張橋の断面力は、ケーブルの非抗圧縮性を考慮しない場合より最大でも 4% 程度である。

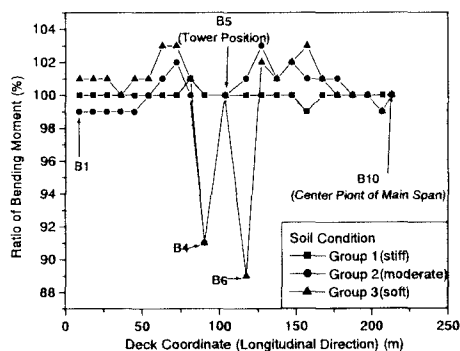


図-4 主桁の最大曲げモーメント

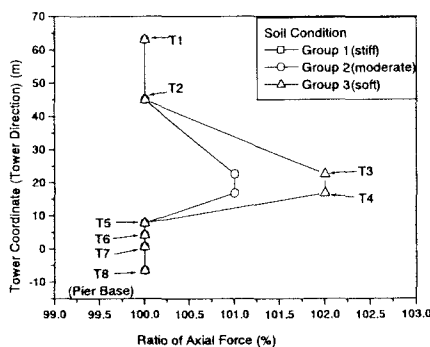


図-5 主塔の最大軸力

5. まとめ

本研究の成果をまとめると、

- 1) ケーブルの非抗圧縮性を考慮すると、ケーブルの圧縮側の剛性が零になるため、ケーブルの軸変位が増加する。これに伴って、主桁および主塔の特定部分の断面力に影響を与える。これらの部分は最下段ケーブルの塔側の定着点から最下段ケーブルの桁側の定着点で囲まれる範囲の主塔および主桁の部分である。
- 2) ケーブルの非抗圧縮性が斜張橋全体の動的応答に与える影響は小さい。

参考文献

- 1) 大塚久哲編：中径間橋梁の動的耐震設計，九州大学出版会，pp.93-152，2000 年 5 月。
- 2) 河野哲也，川島一彦：斜材ケーブルの非線形が PC 斜張橋の地震応答に及ぼす影響，土木学会第 53 回学術講演会講演概要集，第 I 部，pp.286-287，1998 年 10 月。