

複合吊構造形式コンクリート橋の大変形破壊解析

名古屋大学大学院 学生会員 安田 明人
 名古屋大学大学院 正会員 中村 光
 名古屋大学大学院 フェロ-会員 田邊 忠顕

1. はじめに

橋梁は、一般的に鋼橋とコンクリート橋に分けられているが、近年、コンクリートと鋼の利点を生かして、経済性や構造特性を向上させた複合構造橋梁が数多く建設されている。今後、複合構造橋梁の研究が進歩し、鋼、コンクリートの複合挙動がより明確になれば、さらなる長大スパンの橋梁の実現を可能にし、新たな構造形式も生まれると考えられる。そこで、本研究では、材料非線形性、幾何学的非線形性を考慮に入れた3次元12自由度を有する有限変形はり理論を用いて複合吊構造形式コンクリート橋の耐荷力解析を行い、その終局挙動を明らかにし、構造上の問題点、設計上の留意点を検討することを目的とした。

2. 解析理論

複合吊構造形式コンクリート橋の終局時までの挙動を明らかにするには、材料非線形性のみならず、幾何学的非線形要因をも慎重かつできるだけ正確に考慮する必要がある。そこで本研究では、ファイバーモデルによりモデル化した3次元12自由度を有するはり要素の非線形有限変形理論に基づく解析手法を用いた。

はり要素の仮想仕事方程式より、本研究で用いる剛性方程式は次式で与えられる。

$$([K] + [K_g])\{\delta d\} = \{\delta F\} + \{F_r\} \quad (1)$$

ここで、 $[K]$ は構造物の剛性マトリクス、 $[K_g]$ は幾何剛性マトリクス、 $\{F_r\}$ は不平衡力である。解析はupdated Lagrange法に基づき逐次座標変換を行いながら、多点荷重を考慮できる変位増分法により行った。

斜張橋は、斜ケーブルで桁を支持することにより桁に働く曲げモーメントを低減できるので、桁のたわみも桁橋と比較して小さくなる。一般的に、斜ケーブルを引っ張ることによってその効果はより有効に得られるため、現場で温度変化等の影響を考慮しながらケーブル張力を調整している。解析ではこの状態を完全に反映するのは困難であり、影響も無視されるのが通例であった。しかし、本研究では実際の構造物の状態をより正確に表現するためにケーブル張力の影響を近似的ながら考慮した。

3. 解析対象及びモデル化

解析対象とした複合吊構造形式コンクリート橋の一般図及びモデル化を図-1に示す。主塔はRC構造、桁はコンクリートと鋼の複合構造である。コンクリート桁部は斜ケーブル、鋼桁部はハンガーロープによって支持されており、構造的にも斜張橋と吊橋を併用した複合構造となっている。解析は、主塔、桁、ケーブルをはり要素を用いて63要素50節点に分割しファイバーモデルを用いて断面の剛性を評価した。また、荷重は、各節点の鉛直方向に自重の比を保持したまま、作用させた。境界条件は、橋脚は完全に固定し、アンカレッジ部は回転のみを許すこととした。主塔と桁の接合部は、左側が剛結、右側がゴム支承となっている。

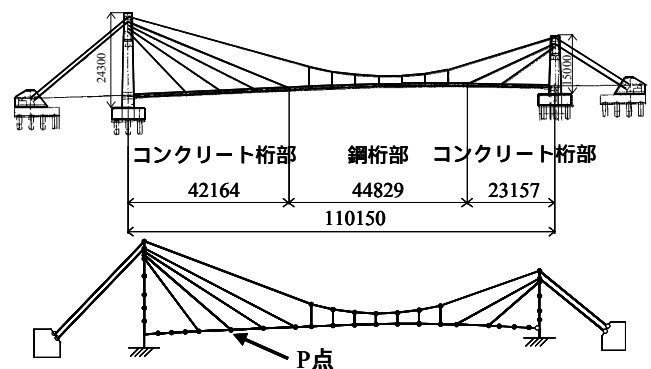


図 1 一般図及びモデル化

キーワード 複合構造橋梁, 幾何学的非線形, 有限変形はり理論, ファイバーモデル, ケーブル張力

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町1 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL 052-789-5478

4. 解析結果

図 2 に図 1 中の P 点の鉛直変位と、自重に対する荷重倍率の関係，図 3 に変形図を示す．図 2 より，鉛直荷重が自重の 3.5 倍程度になると，剛性が徐々に低下し始め，P 点にかかる荷重が約 3.75 倍の 2540(kN)で最大耐荷力に到達することがわかり，対象とした複合吊構造形式コンクリート橋は鉛直荷重に対し十分な安全余裕度を有していることがわかる．

構造物の挙動としては，荷重が増すにつれて主塔近傍及び鋼桁境界部のコンクリート桁にひび割れが生じた．その後，A 点で左側コンクリート桁を支持している斜ケーブルが降伏すると剛性が徐々に低下した．B 点では主塔近傍コンクリート桁の引張側鉄筋の降伏，D 点では鋼桁に隣接したコンクリート桁の全断面において鉄筋の降伏が見られ，最終的に E 点で右側コンクリート桁を支持している斜ケーブルが降伏し破壊に至るものと思われる．

図 4 に死荷重時及び，荷重変位関係中の C 点における断面力，曲率分布を示す．死荷重時は，軸力分布によると，コンクリート桁には圧縮力，鋼桁には引張力が作用していることがわかる．また，曲げモーメント分布によると，コンクリート桁は曲げモーメントが低減されていることがわかる．これらは，斜ケーブルの支持によって桁にプレストレスが働いたこと，鉛直上向きの力が働いたことによる効果である．斜ケーブル降伏後は，軸力分布によると，コンクリート桁にまで引張力が生じていることがわかる．さらに，左側主塔近傍，鋼桁境界部の鉄筋の降伏により，左側コンクリート桁が大きくたわんだことが曲率分布からわかる．また，鋼桁部については降伏した箇所は存在せず，その変形が小さかったことがわかる．

5. まとめ

複合吊構造形式コンクリート橋の破壊解析を行った結果，斜ケーブルの降伏により構造物の挙動が大きく変化したことがわかった．耐荷力向上のためには斜ケーブルの増量が考えられるが，その分主塔にかかる負担が大きくなるため，そのバランスを熟慮する必要がある．

参考文献

- ・中村光 (1992)：コンクリート構造のポストピーク挙動に関する解析的研究，名古屋大学博士論文．
- ・日本道路協会 (1997)：道路橋示方書・同解説 共通編 鋼橋編 コンクリート橋編，丸善．

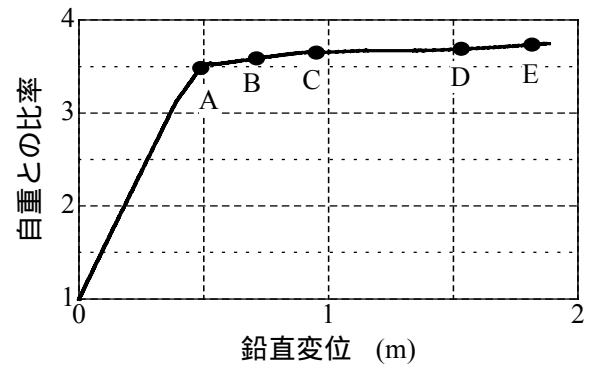


図 2 荷重 変位関係

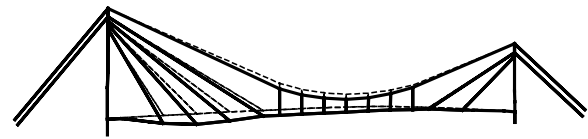


図 3 変形図(終局時)

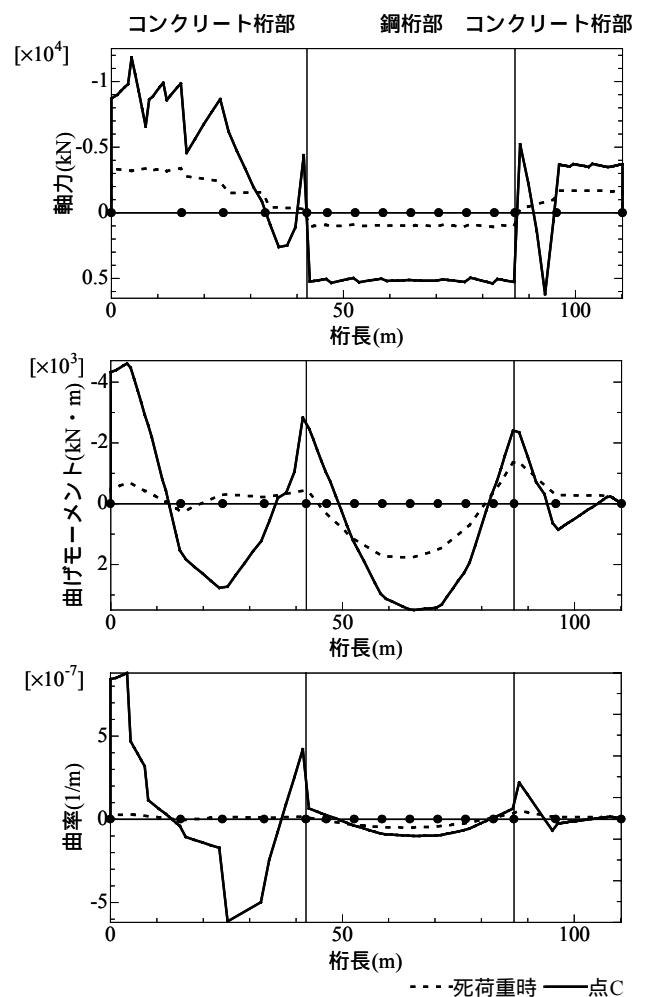


図 4 断面力，曲率分布