

I - A42

自碇式上路P C吊橋の変形挙動の非線形解析

金沢大学大学院	学生員	○ 長谷川孝一
オリエンタル建設（株）	正会員	角本 周
横河工事（株）	正会員	南部 敏行
金沢大学工学部	正会員	堀川 康男

1.はじめに

自碇式上路P C吊橋とは、鉛直材を介して主桁を支持する吊ケーブルを主桁両端に定着し、吊ケーブルに作用する張力の水平反力を主桁軸方向に負担させ、かつ、その軸力によりコンクリート製の主桁にプレストレスを導入するという、構造特性を生かした合理的な形式の橋梁である。この形式の構造は、主桁に曲げ剛性と比較して大きな軸力が作用し、コンクリート部材では、降伏モーメント以下においてもひび割れの進展等により曲げ剛性が非線形性を示すことから、終局挙動は幾何学的非線形と材料非線形が複合した挙動を示すものと考えられる¹⁾。そこで本研究では、従来の材料非線形問題による解析だけではなく、幾何学的非線形性を考慮した解析を行った。

2.自碇式上路P C吊橋の模型供試体

解析の対象とした自碇式上路P C吊橋（図-1）は、供試体長8.0m、支間長7.8mとし、吊ケーブルのサグ量は520mmとしている。主桁部材は部材厚70mmの矩形断面（図-2）となっており、桁内ケーブル用として2本のP C鋼より線（S12.7mm）用のシース孔、異形鉄筋D6（SD295）8本（鉄筋比1%）、比較のために16本（鉄筋比2%）を配筋した。また、プレストレス量は6MPaまたは3MPaとした。また、吊ケーブル（S12.7mm、2本）の張力は、鉛直材支持点が仮想支点となるように、6.5kN/本としている。載荷は、荷重に対する吊ケーブル張力の増分が最大となる1/2点または最低次の座屈モードに変形形状が類似する1/4点に集中載荷した。

3.有限要素解析

幾何学的非線形問題では、変形による形状変化を考慮するものなので、本研究では基礎方程式の記述の方法を変形前の状態を基準にする更新Lagrange形とした。材料非線形問題では、材料のモデル化が必要になる。コンクリートはその1軸挙動特性を、圧縮領域では1次降伏および2次降伏を示す3直線で近似した。各降伏強度は、材料試験結果より1次降伏および2次降伏を1軸圧縮強度の80%および55%とした。また、引張領域では引張強度で脆性破壊を示すモデルとした。破壊条件は引張側を引張強度で切断したMohr-Coulombの基準を用いた。破壊後のコンクリートは圧縮破壊とクラック破壊に分け、各ひずみレベルに応じて応力を解放した。クラック破壊については、ひび割れ方向の剛性およびクラック幅に応じたせん断剛性に対して剛性を持つため、構成則は以下のようになる。

$$\begin{bmatrix} d\sigma_a \\ d\sigma_i \\ dr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & E & 0 \\ 0 & 0 & \beta G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} de_a \\ de_i \\ dy \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで β はせん断伝達係数であり、ひび割れ発生ひずみを ϵ_0 として、 $\beta = \epsilon_0/\epsilon$ としている。

コンクリート中の鉄筋やスターラップは1次元的な応力状態にあるため、多軸の構成則を導入して複雑にする必要はない。そこで本研究では金属材料の要素形状を棒要素とし、完全塑性材料とした。

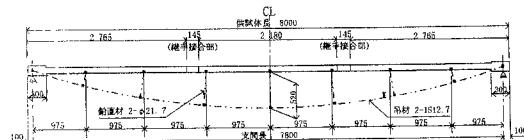


図-1 模型供試体

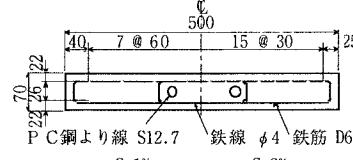


図-2 主桁部材断面

Key Words : self-anchored suspended bridge, prestressed concrete, buckling failure

連絡先 : 〒920-0942 石川県金沢市小立野 2-40-20 TEL 076-234-4603 FAX 076-234-4632

4. 解析結果

解析結果の一例を示す。荷重-変位関係を見ると、幾何学的非線形性の影響が顕著に現れていることが分かる。圧壊が生じる変位は両者ともほぼ実験値と同じであるが、幾何学的非線形性を考慮しない場合では荷重が約1.3～2.5倍となっている。特に1/4点載荷の場合は大きく異なる。これは自碇式上路P C吊橋の座屈モードは1/4点載荷において最低次となるため、幾何学的非線形性の影響、つまり床版に作用する軸力の影響が大きく現れたものと考えられる。また、1/4点載荷では終局変位が実験値の約70%と小さく評価されている。これは鉛直材の支持効果がひび割れの進展に大きく影響していると考えられる。これらはひび割れ発生後の剛性を厳密に表現することで改善されると考えられる。

たわみ図を見ると、幾何学的非線形性を考慮した場合には、圧壊による載荷点の塑性ヒンジと鉛直材の支持により、床版に大きな逆たわみが生じていることがよく再現されている。幾何学的非線形性を考慮しない場合には、鉛直材の支持効果による影響が少なく、全体的に鉛直下方向へ変位しているものと考えられる。

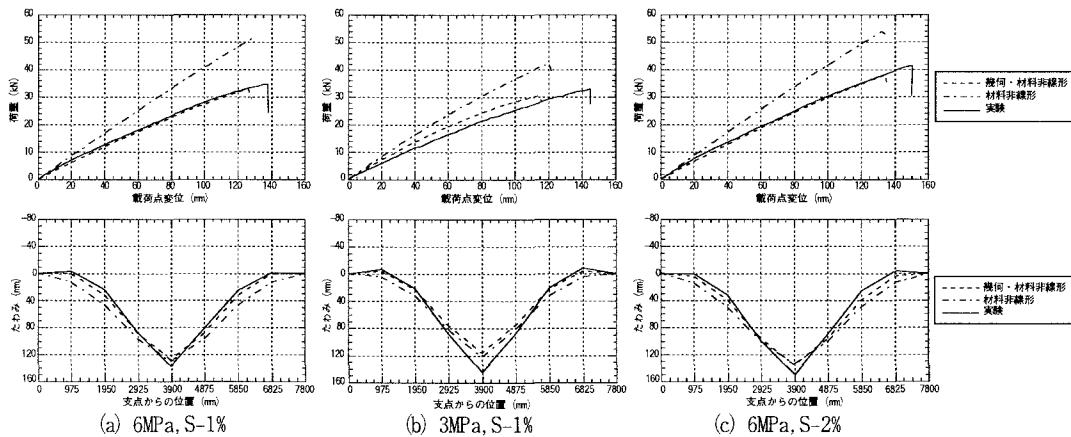


図-3 1/2点載荷(上:載荷点変位, 下:たわみ図)

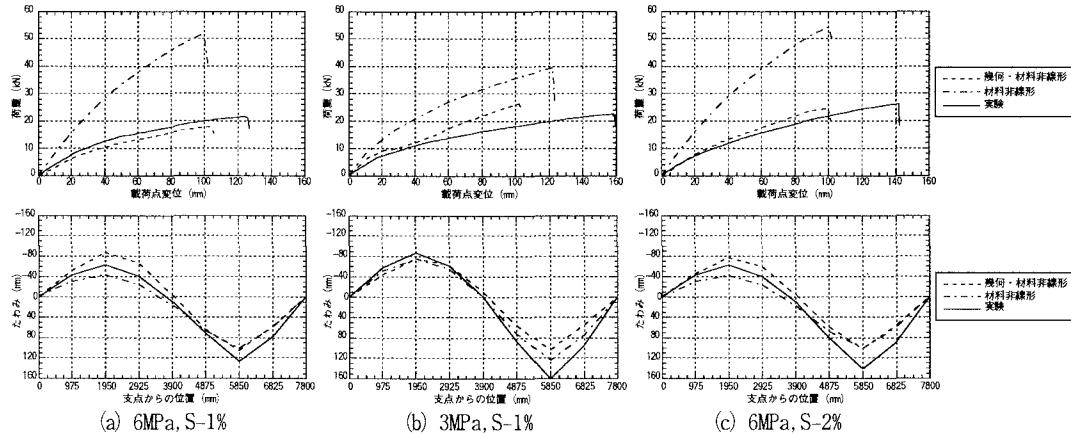


図-4 1/4点載荷(上:載荷点変位, 下:たわみ図)

5. おわりに

本研究では、幾何学的非線形および材料非線形の複合した影響を解析的に表現できた。今後は構造に対する要素分割の影響や厳密なコンクリートのモデル化が必要とされる。

参考文献

- 角本周, 大信田秀治, 梶川康男, 南部敏行:自碇式上路P C吊橋の終局挙動に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.44A, pp.1341-1348, 1998.