

斜張橋の面内地震時終局挙動の解析

セントラルコンサルタント 正員 石川智浩 名古屋工業大学 正員 後藤芳顕 日本車輛 正員 小澤一誠

1 はじめに

斜張橋は、その力学的ならびに景観的優位性から中小スパンから大スパンに至るまで多くの橋梁に採用される橋梁形式である。しかしながら、斜張橋の極大地震動に対する終局挙動は必ずしも十分に明らかにはされていない。本研究では幾何学非線形性および材料非線形性を考慮するとともに、ケーブルのサグおよび塑性化も考慮した斜張橋の動的弾塑性有限変位解析を行い、その地震時終局挙動について検討する。また、従来、設計で用いられてきたサグを無視した簡易解析との比較も行う。なお、幾何学非線形解析については剛体変位除去の手法による有限ひずみ・有限変位解析に基づいている。¹⁾²⁾

2 初期形状の決定

斜張橋の解析においては、解析の前段階として所要のケーブル初期張力を導入して釣り合っている初期状態を求める必要がある。本研究では、橋梁に死荷重が作用した場合に桁に作用する曲げモーメントの分布が最小となるようケーブル初期張力を求める。そして、温度パラメータを用いることによってそれら所要の初期張力を導入することによって初期状態を得る。また、死荷重作用時において桁のたわみがゼロとなるようにカンバーの値を決定する。

3 解析モデルと地震波

解析モデルは図1に示す主塔が一つの斜張橋である。図中丸囲みの数字はケーブル番号を示している。このモデルは構造諸元が既知であるという理由で選んだもので必ずしも一般的な構造ではない。鋼材の材料定数を表1に示す。材料構成

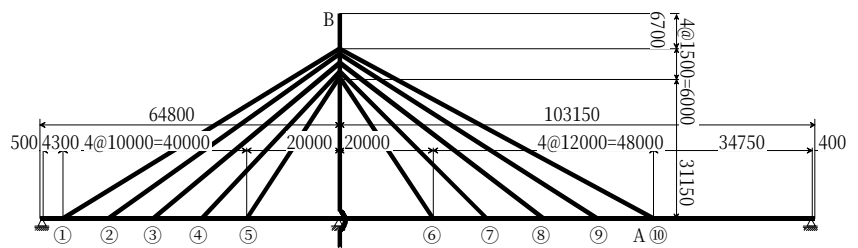


図1 解析モデル図 (mm)

表1 各部材の材料定数(MPa、t/m³)

	ヤング係数	密度	降伏応力
桁	205800	28.475	352.8
塔	205800	7.85	352.8
ケーブル	196000	7.85	1323.0

則としては2次勾配を弾性勾配の1/100としたBi-Linearモデルを用いる。桁、主塔ならびにケーブルについては局部座屈を考慮しないBernoulli-Eulerはり要素により離散化する。桁、主塔についてはいわゆる塑性領域理論により断面内ならびに要素内での塑性域の進展を考慮する。一方、ケーブルについては平均軸圧縮応力により断面全体の塑性化を判断する。なお、ケーブルにサグを考慮しない場合はトラス要素となる。桁にはコンクリート舗装・地覆などが存在するが、解析ではその質量のみ桁の鋼材の密度を割り増すことによって考慮する。地震波には兵庫県南部地震時に東神戸大橋で観測された鉛直と水平2成分の地震波を用いる。

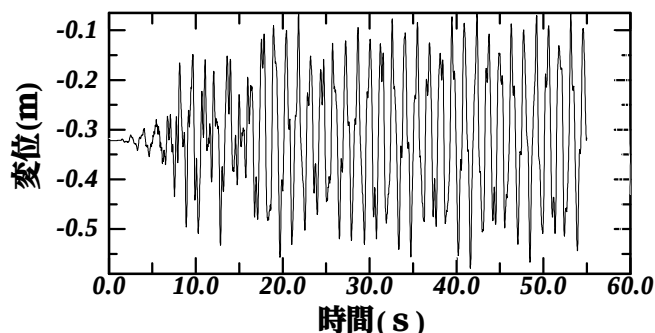
4 斜張橋の地震時終局挙動に関する解析結果と考察

1) ケーブルのサグの影響

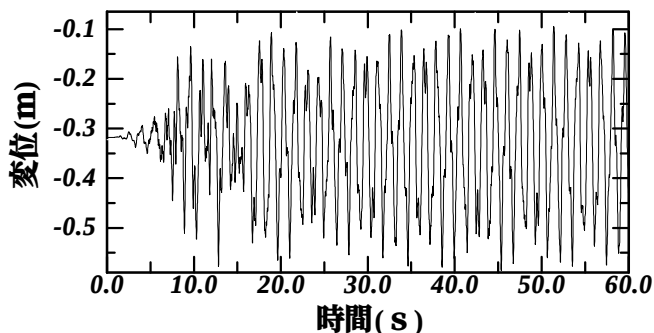
図2にケーブルのサグを考慮した解析モデル(以下サグ考慮)に、地震波を作用させた場合とケーブルのサグを考慮せず(以下サグ無視)に解析を行った場合の点Aの鉛直方向時刻歴応答変位を示す。また、図3には、サグ考慮の場合の解析終了時点での塑性化部分を白抜きで示す。なお、図3の縦横比は実際とは異なる。図2、3よりサグを考慮した場合にほうが、塑性化する箇所が多く、応答変位も最大応答変位をふくめ全般的に大きくなるのがわかる。サグ無視の場合、桁の右径間部分にはサグ考慮の場合と同様の塑性化が見られたが、そのほかには塑性化は見られなかった。これは、サグ考慮の場合、ケーブル下端で桁とケーブルのなす角度が小さいため、サグ無視の場合よりも大きな初期張力をケーブルに導入する必要がある。その結果、サグ考慮の場合のみケーブルが塑性化したものと考えられる。また、ケーブルの剛性低下にともなって、ケーブル③付近の桁部分に曲げによる塑性化が生じたと考えられる。このことから、サグを無視した解析モデルではケーブルの初期張力を過小に評価したり、ケーブルのプレストレスによる桁の曲げモーメントの平滑効果を過大に評価する可能性があるといえる。

キーワード: 斜張橋、地震時終局挙動、サグ、地震波成分

連絡先: 〒466-8555 愛知県名古屋市中区御器所 TEL: 052-735-5486

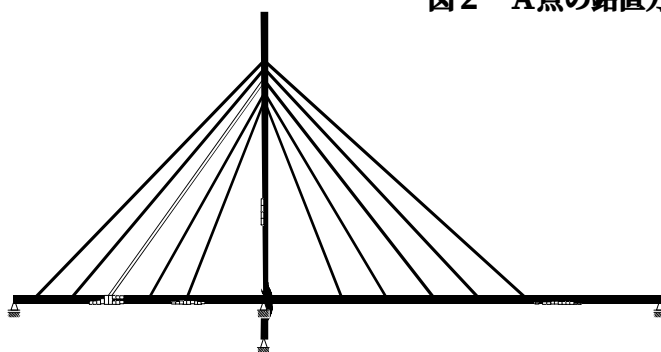


(a) サグを考慮した場合

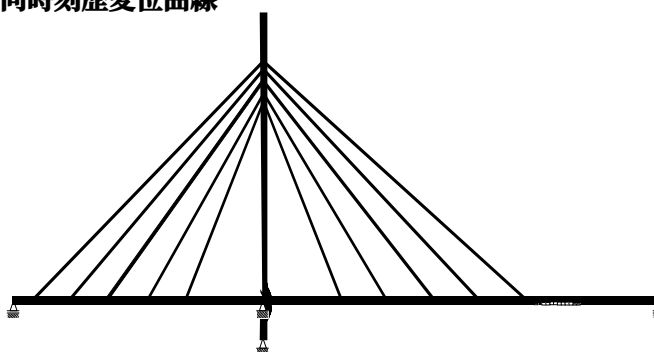


(b) サグを考慮しなかった場合

図2 A点の鉛直方向時刻歴変位曲線



(a) サグを考慮した場合

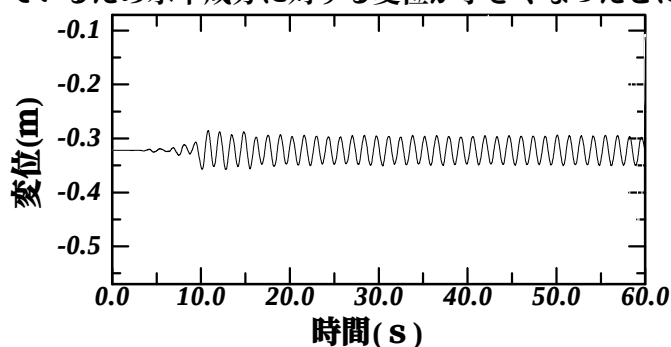


(b) サグを考慮しない場合

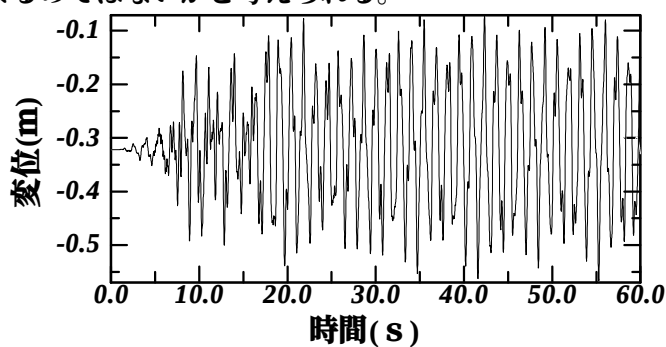
図3 塑性化状態

2) 水平・鉛直地震動の影響

ケーブルのサグを考慮したモデルに対して、地震波の水平成分と鉛直成分を独立に作用させた場合の点 A における時刻歴応答鉛直変位曲線をそれぞれ図 4 (a) と (b) に示す。地震波の鉛直成分のみが作用した場合時刻歴応答鉛直変位曲線(図 4 (b))は鉛直・水平 2 成分が作用した場合(図 2 (a))とほぼ同様になる。鉛直成分のみが作用した場合の塑性化の状態も鉛直・水平 2 成分が作用した図 3 (a)と同様である。一方、水平成分のみが作用した場合は図 4 (a)のように変位が非常に小さく、塑性化は全く見られない。このような挙動は従来の知見とかなり異なったものである。理由としては、今回用いた解析モデルでは桁の中央点で桁が水平方向に拘束されているため水平成分に対する変位が小さくなったとによるのではないかと考えられる。



(a) 水平成分のみ作用させた場合



(b) 鉛直成分のみを作用させた場合

図4 A点の鉛直方向時刻歴変位曲線

5 まとめ

今回の解析モデルを用いた地震時終局挙動の解析から、(1)サグを無視した解析モデルではケーブルの初期張力を過小に評価したり、ケーブルの初期張力による桁の曲げモーメントの平滑効果を過大に評価する可能性があること、(2)斜張橋モデルの終局挙動には水平地震動より鉛直地震動が支配的であることが判明した。(2)については今回の斜張橋の構造に起因すると考えられるが、今後さらなる検討が必要と考える。最後に斜張橋のデータをご提供頂いた三菱重工業(株)の吉光友雄氏に謝意を表す。

参考文献 1)後藤芳顕,吉光友雄,小畑誠,西野文雄:平面骨組みの有限ひずみ・有限変位理論に収束する2種類の数値解析法と制度特性:土木学会論文集 No428/I-15,pp67-76,1991 年 2)後藤芳顕,宮下敏:アンカー部を考慮した1柱式鋼製橋脚の地震時終局挙動特性:土木学会論文集 No598/I-44,pp413-426,1998 年