

長大吊橋 RC 主塔のプッシュオーバー解析による耐震性検討

国土交通省土木研究所 正会員 河藤千尋
国土交通省土木研究所 正会員 運上茂樹

1. はじめに

長大吊橋に対しては、経済性の観点から鉄筋コンクリート主塔（以下、RC主塔という）の採用も検討されつつある。本文は、RC主塔の耐震性について静的プッシュオーバー解析を用いて検討した結果をまとめたものである。

2. RC主塔のプッシュオーバー解析

解析対象としたRC主塔は中央支間長 2300m程度の長大吊橋とし、高さ約 290m、4段の水平梁を有するラーメン構造のRC主塔である¹⁾。塔柱断面は主塔自重軽減のため中空の2室断面とし、設計基準強度 80N/mm²の高強度コンクリートと、SD490の高強度鉄筋を用いた。なお、水平梁は施工性を考慮しPC構造とした。

解析対象としたRC主塔の一般図ならびにモデル図を図-1に示す。解析モデルには、塔柱の軸力変動を考慮するために、材料非線形を考慮したファイバーモデルを用いた。コンクリート断面はフランジ10分割、ウェブ40分割とし、鉄筋、PC鋼材はそれぞれの断面の中心位置に配置した。なお、比較のため軸力変動を無視した解析を行ったが、この場合には、材料非線形性をMモデルに反映させたはり骨組モデルを用いた。また主ケーブルによる塔頂の橋軸方向に対する拘束効果は線形バネとしてモデル化するとともに、塔柱基部には線形の地盤バネを考慮した。

解析は、静的なプッシュオーバー解析とし、橋軸方向および橋軸直角方向の2方向の解析をそれぞれ行った。解析では、大変形解析、線形化有限変位解析、および微小変位解析の3つについて行った。プッシュオーバー解析に用いる載荷荷重としては、図-2に示す1次の固有振動モードの形状に比例させた慣性力を漸増させた。

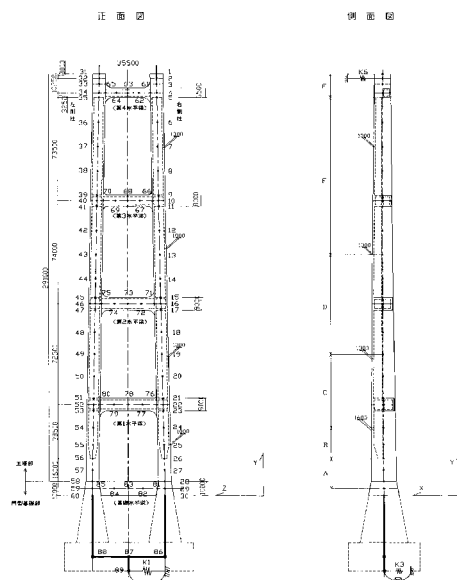


図-1 RC主塔一般図およびモデル

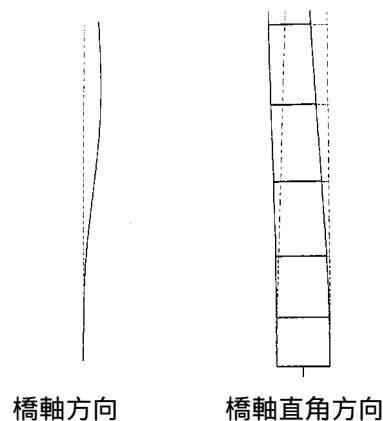


図-2 慣性力分布図

3. 解析結果

図3はファイバーモデルを用いた大変形解析による荷重-変位関係を示したものである。橋軸方向による解析では塔基部降伏後、最大耐力に達する前に解が収束しなくなったため、解析が可能となった段階まで示している。橋軸直角方向に対する解析では、水平耐力が最大となった以降も耐力の低下は緩やかであり、本RC主塔は良好な耐荷力特性を有していることがわかる。また、ひび割れおよび降伏は第2水平梁 第3水平梁 第1水平梁 第4水平梁の

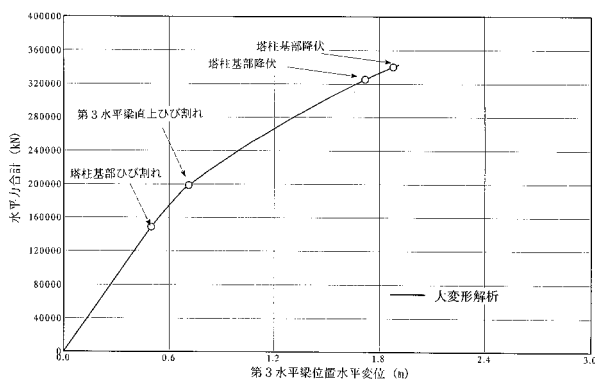
順番に生じており、最大耐力時点でも主塔基部は降伏に至っていない。損傷モードとしては、橋軸方向では塔柱が主塔基部および第3水平梁位置で降伏し、水平力が低下し始める。橋軸直角方向に関しては、全ての水平梁に降伏が生じると耐荷力が低下し始める。なお、この時主塔基部は降伏に至っていないことがわかる。

図4は軸力変動が荷重-変位特性に及ぼす影響を示したものである。橋軸方向に対する解析では、当然ながら塔柱の軸力変動がほとんど無いため、軸力変動の影響は見られない。橋軸直角方向に対する解析では、水平梁が降伏するまでは、両者の差はほとんど無い。しかし最大耐力については軸力変動を考慮しない場合には、考慮した場合に比べ8%ほど小さく評価された。

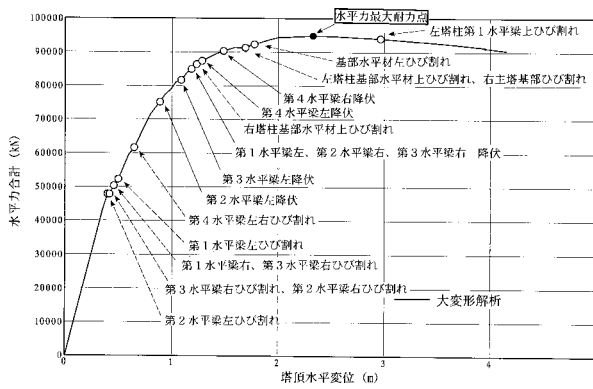
図5は大変形解析、微小変位解析（線形解析）、線形化有限変位解析の3つの解析方法による荷重-変位関係を比較したものである。

キーワード：長大吊橋、RC主塔、プッシュオーバー解析、ファイバーモデル

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 0298-64-4966 Fax0298-64-4424

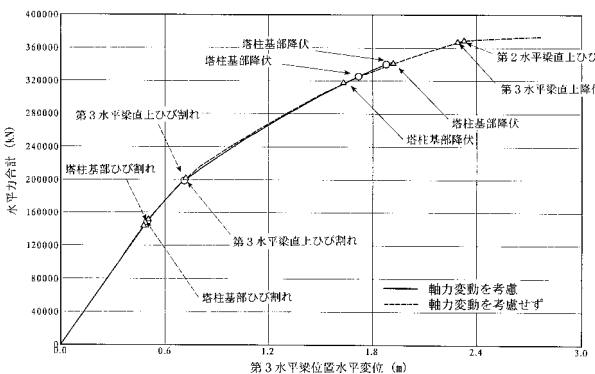


(1) 橋軸方向

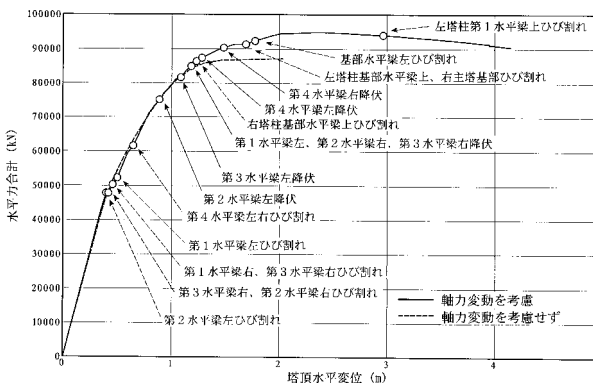


(2) 橋軸直角方向

図-3 プッシュオーバー解析結果

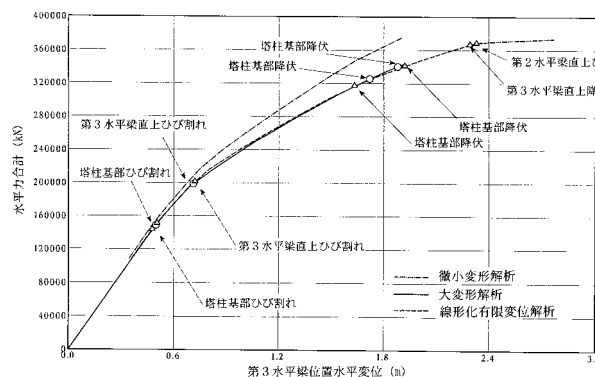


(1) 橋軸方向

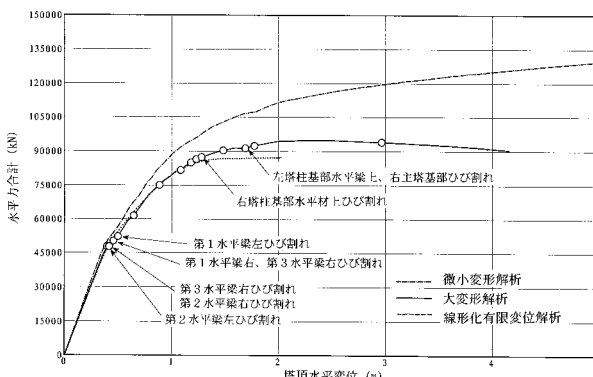


(2) 橋軸直角方向

図-4 軸力変動が荷重 - 変位特性に及ぼす影響



(1) 橋軸方向



(2) 橋軸直角方向

図-5 解析方法の違いによる最大耐力の差

これによると、橋軸、橋軸直角方向ともに微小変位解析結果が3者の中で大きな値を算出している。橋軸直角方向の微小変位解析結果は大変形解析における最大水平耐力時において約20%大きな値となった。

4. まとめ

RC主塔の耐震性能に影響を及ぼす耐荷力特性についてプッシュオーバー解析を行い、以下の結論を得た。

- (1) 橋軸方向に関しては、主塔基部および第3水平梁位置で降伏し、水平耐力が低下し始める。橋軸直角方向に関しては、全ての水平梁に降伏が生じると耐荷力が低下し始める。なお、この時に主塔基部は降伏に至っていない。
- (2) 橋軸直角方向の解析で塔柱に軸力変動がある場合、これを考慮した解析を行わないと最大水平耐力は約8%小さく評価された。
- (3) 幾何学的非線形を無視した解析では、最大水平耐力は約20%大きい値が算出された。
- (4) 今回の解析では、荷重として1次振動モードに比例させた荷重を作用させたが、これについては今後動的解析との比較検討を行いたいと考えている。

参考文献 1) 林昌弘、運上茂樹：長大吊橋のRC主塔の耐震性検討：土木学会第55回年次学術講演会講演集、平成12年9月