

複合非線形解析による長大吊橋 RC 主塔の耐震性に関する検討

鹿島土木技術本部 フェロー 藤田 良一^{*1}鹿島技術研究所 正会員 日紫喜剛啓^{*2} 正会員 山野辺 慎一^{*2} 正会員 河野 哲也^{*2}

1. はじめに

長大吊橋の主塔は、諸外国では経済性の面から RC 構造が採用されている．一方、我が国においては耐震性等の面から鋼製主塔が採用されている．

長大吊橋 RC 主塔の大規模地震時には変形による幾何学的非線形性を考慮する必要があることから、材料非線形性および幾何学的非線形性を考慮した時刻歴解析により、耐震性の検討を行った．また、橋軸直角方向の地震時には主塔に軸力変動が生じることから、断面の構成則にはファイバーモデルを適用した．

2. 検討対象と解析方法

解析対象は、図-1 に示す支間 1,400m 級吊橋の RC 主塔（高さ 210m）で、3 段の水平梁を持つ構造である．

断面は、接合部を除いて、塔柱・水平梁とも中空断面で、コンクリートの設計基準強度は 60N/mm^2 、鉄筋は SD490 とした．支持地盤は岩盤を想定し、ここでは主塔下端を固定としてモデル化した．

解析モデルは図-2 に示す質点-フレーム系とし、橋軸方向の解析では塔頂に主ケーブルによる拘束を線形バネで考慮した．材料非線形性は、M- モデルおよびファイバーモデルの両方により解析し、結果を比較した．減衰は Rayleigh 型減衰を仮定し、減衰定数を 0.02 とした．入力地震動は、道路橋示方書 V 耐震設計編の I 種地盤のタイプ I 地震動とした．図-3 に、主要な固有振動モードを示す．

3. 解析結果と耐震性

橋軸方向地震に対しては、図-4 に示すように、M- モデルでは塔基部で降伏モーメントをわずかに超えたが、ファイバーモデルによる結果は M- モデルの結果より全体でほぼ 10～20% 小さく、降伏に達していない．発生せん断力はせん断耐力の半分以下であった．塔頂の変位はファイバーモデルで 1.18m であるが、これと主ケーブルから作用している死荷重時鉛直荷重による偏心曲げモーメントは、発生断面力の 1% 程度と小さかった．ファイバーモデルの応答が M- モデルによるものより小さくなるのは、ファイバーモデルでは

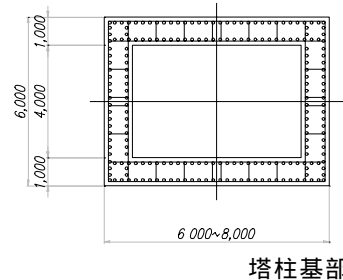
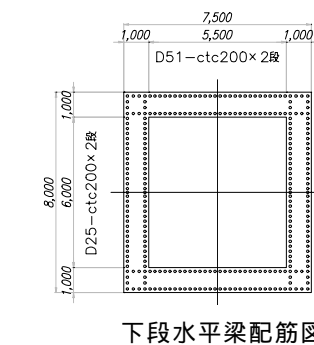
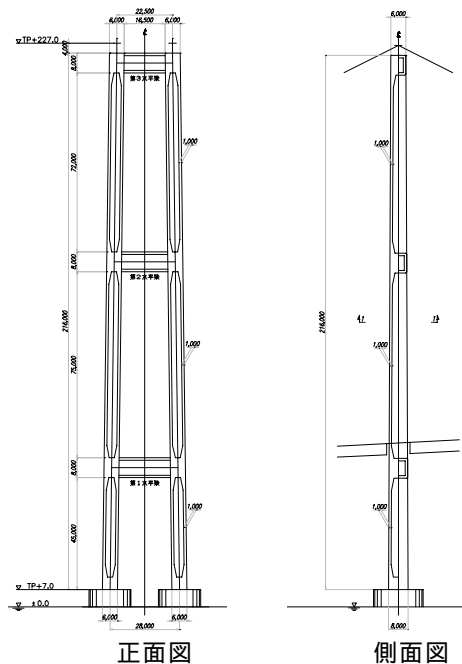


図-1 検討対象

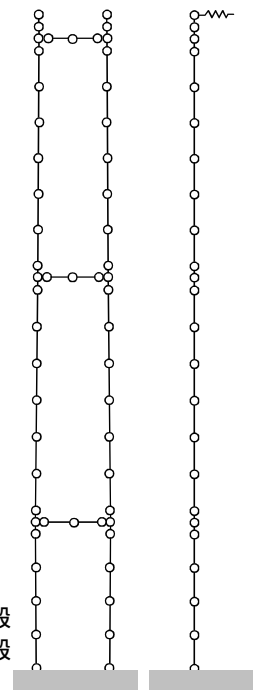
主鉄筋：D51-ctc250
帯鉄筋：D25-ctc150主鉄筋：D51-ctc200 x 2 段
帯鉄筋：D25-ctc200 x 2 段

図-2 解析モデル

キーワード：長大吊橋，RC 主塔，耐震性，ファイバーモデル

連絡先 *1〒107-8388 港区元赤坂 1-2-7 TEL 03-5474-9125 FAX 03-5474-9110

*2〒182-0036 調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7062 FAX 0424-89-7078

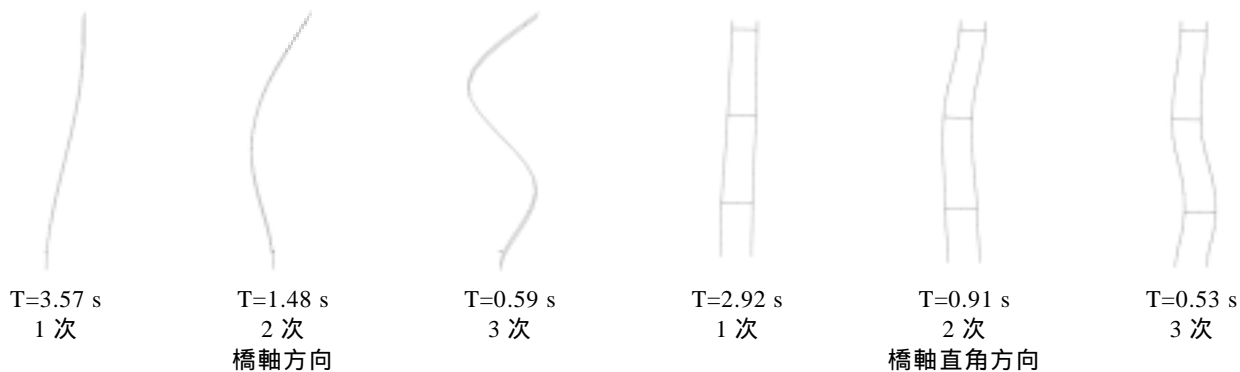
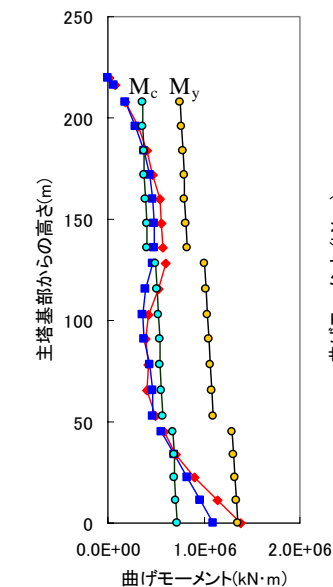
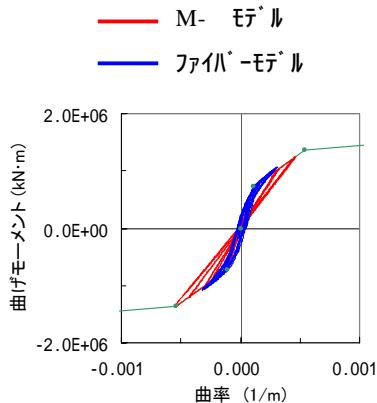


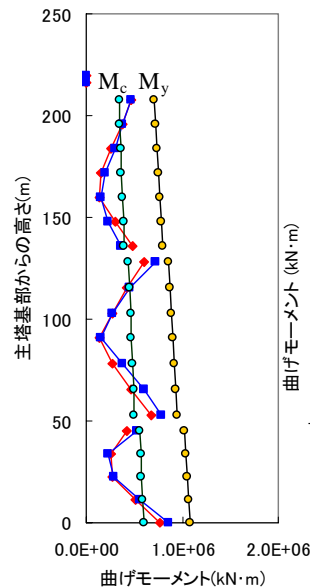
図-2 固有振動モード



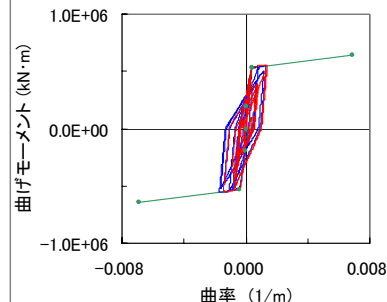
塔柱の曲げモーメント分布



主塔基部の
曲げモーメント-曲率



塔柱の曲げモーメント分布



中段水平梁の
曲げモーメント-曲率

図-4 橋軸方向地震の結果

図-5 橋軸直角方向地震の結果

ひび割れ後も履歴ループを描き若干の履歴減衰が生じるのに対し、M-モデルではひび割れ後から降伏までは原点指向となり減衰を持たないためと考えられる。また、ファイバーモデルとM-モデルの、ひび割れ後の剛性の評価方法の違いも、関係していると思われる。

橋軸直角方向の地震に対しては、図-5に示すように、塔柱にはひび割れが発生するが、降伏には達しておらず、発生せん断力もせん断耐力の最大で80%程度であった。なお、変動軸力は、死荷重時軸力(29.3 MN)の±53%であり、これによるひび割れ・降伏モーメントの変動は30%程度あるので、ファイバーモデルにより解析する必要があると思われる。一方、中段および下段水平梁では、いずれのモデルでも降伏モーメントを超えたが、タイプI地震動に対する許容曲率以下であった。発生せん断力はせん断耐力を若干超過したが、配筋の変更を行い許容値を満足することが可能であった。

参考までに、ファイバーモデルについて減衰定数を0.01とした場合の解析を行った。減衰定数0.01の結果は、0.02の場合に比べ10~20%増加したものの、十分な耐震性を確保できることが分かった。

4. まとめ

支間1,400m級吊橋のRC主塔について検討した結果、塔柱には大きな塑性化は発生せず、水平梁は曲げ降伏を超えるものの、塔全体としては十分な耐震性を確保できることがわかった。

今後は、橋の重要性や海上での環境条件に配慮した地震後の耐久性を検討しながら、水平梁の合理的な構造について検討するとともに、施工時の耐震性についても検討を進める必要がある。

[参考文献] 1)林他：長大吊橋のPC主塔の耐震性検討，土木学会第55回年次学術講演会，2000.9 2)河藤他：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，土木学会第56回年次学術講演会，2001.10