

ケーブルクレーン鉄塔の終局挙動に関する研究

建設構造 渡辺 郷
指導教員 岩崎 英治
長井 正嗣

1 はじめに

ケーブルクレーン鉄塔は橋梁上部工架設に用いられ、本体の計画設計から施工内容、安全性、経済性、工程等に至るまで大きな影響を及ぼす仮設構造物である。また、厳しい作業環境での施工が増大する中でその重要性がますます大きくなってきている。

仮設構造物は一時的な構造物でありながら、本体構造物を支える重要な役割を担っているため、一部分の強度不足や施工ミスで全体の崩壊という大事故に発展する恐れがある。安全確保のため、架設方法と架設中の本体構造物の状況を考慮して各架設段階における自重、架設機材、風、地震などの影響について必要な検討を行うことが求められる。

仮設構造物は小さな部材の集合体で構成されることが多く、また、鉄塔は細長比が大きな場合が多いため、その設計には十分な配慮が必要である。しかし、本体構造物に比べると、個々の鉄塔の力学挙動について詳細に検討することは少ない。

そこで、本研究ではケーブルクレーン鉄塔について、設計施工指針に規定されている荷重状態について、斜材や水平材の剛性の違い、支承部の支持条件の違いが、鉄塔の終局挙動に与える影響について考察する。なお、橋軸方向へはケーブルで十分支持されることから、本研究では、鉄塔の橋軸直角方向への2次元的な変形について検討する。

2 鉄塔のモデル化

本研究では、実際の架設工事で使用されている鉄塔に近い詳細モデル(図1(a))と、文献1)に掲載されている簡易なモデル(図1(b))を対象にする。

2.1 荷重条件

鉄塔のような架設構造物の安全性を確保する上で、荷重は架設期間内に想定される種々の要因を考慮して決める必要がある。架設設計施工指針では、主に以下のような荷重を想定する。

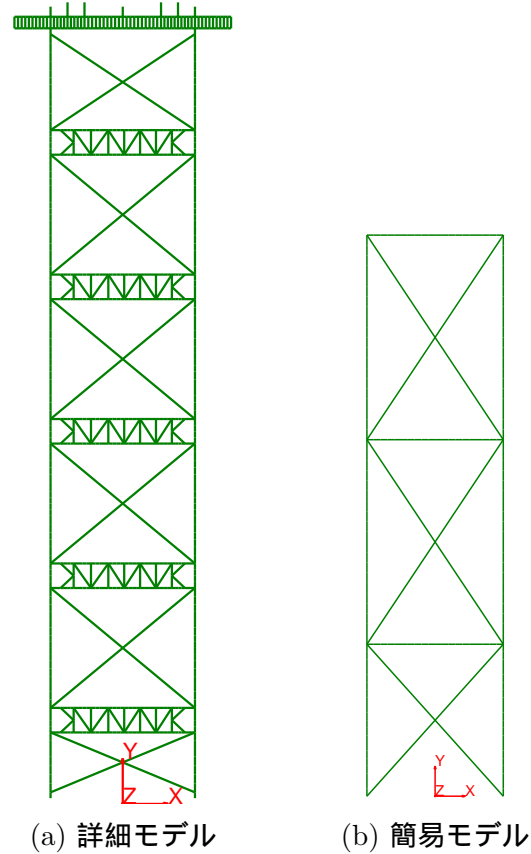


図 1: 鉄塔のモデル

- 基本鉛直荷重：本体構造物，架設構造物，架設機材等の重量
- 風荷重：水平荷重として，作業時風速と暴風時風速を元に算出
- 地震荷重：基本鉛直荷重に架設設計震度に応じた荷重を水平方向に載荷
- 照査水平荷重：架設中には不確定な要因が多いため，基本鉛直荷重に水平荷重係数(0.05)を乗じたものを水平方向に載荷

これらの荷重を組み合わせた以下の4種類の荷重について、安全性を照査することになる。

- 常時：基本鉛直荷重 + 照査水平荷重
- 作業時：基本鉛直荷重 + 作業時風荷重
- 暴風時：基本鉛直荷重 + 暴風時風荷重
- 地震時：基本鉛直荷重 + 地震荷重

2.2 支持条件

鉄塔は、橋軸方向に回転可能なローラ支承とすることが多い。この支承構造のために、橋軸直角方向へは回転が拘束された固定支持とみなすことができるが、実際には、支承構造の寸法の遊間により多少の回転が発生する。そこで、鉄塔の支持条件には、固定支持とした場合とピン支持とした場合について検討を行う。

2.3 斜材、水平材

ケーブルクレーン鉄塔は、図1(a)のように、柱材に水平材と斜材が連結した構造となっている。したがって、鉄塔全体の挙動は柱材だけでなく、水平材、斜材の剛性の影響を受けることとなる。そこで、簡易モデル、詳細モデル、それぞれ、以下のようなモデル化を行う。

詳細モデル 斜材を取り付けない場合、最下段以外に斜材を取り付けた場合、全段に斜材を取り付けた場合について検討する。また、水平材はトラス部材とし、柱材との連結部の剛性を上げた場合と、上げない場合について検討する。

簡易モデル 詳細モデルと同様に、斜材を取り付けない場合、最下段以外に斜材を取り付けた場合、全段に斜材を取り付けた場合について検討する。さらに、斜材の剛性を変えた3ケース(斜材1, 斜材2, 斜材3)の検討も行う。水平材は、剛性を変えた2ケース(水平材1, 水平材2)の検討を行う。

3 解析結果

3.1 簡易モデルの解析結果

図2に、水平材1, 斜材2を用いた場合の鉄塔塔頂変位と荷重倍率の関係を示している。この荷重変位曲線は、荷重の最大値までを示している。図中のModel-1P, Model-2P, Model-3Pは、それぞれピン支持され、斜材なし、最下段のみ斜材なし、全段斜材ありのモデルを表している。また、'P'に代わり'F'の付いているものは、固定支持されたモデルを表している。

図より、作業時荷重の場合には、どのモデルにおいても荷重倍率2以上で終局にいたっている。一方、他の荷重の場合には、斜材の無いモデルが終局時の荷重が最も低い。全段に斜材のあるモデル

が、最下段のみ斜材のないモデルよりも終局時の荷重が大きいことから、最下段に斜材を取り付けることで耐荷力が向上することが分かる。

図3は、全段に斜材を取り付け、ピン支持されたモデルについて、水平材と斜材の剛性を変えたときの荷重変位曲線を示している。斜材の断面積が非常に大きい場合には、他のケースに比べて荷重倍率が大きくなっているが、塔頂変位が非常に小さく、荷重変位曲線にほとんど非線形性が表れないまま終局に至っている。

3.2 詳細モデルの解析結果

図6, 7に詳細モデルの結果を示している。

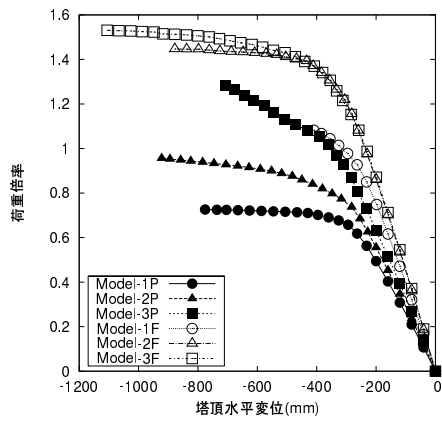
これらの図より、常時荷重と暴風時荷重が他の荷重状態に比べて、終局時の荷重が小さいことがわかる。また、図6と7を比べると、作業時以外のすべての荷重状態で、水平材と柱材の結合部の剛性を上げたことによる耐力の向上が見られる。また、結合部の剛性を上げると、斜材の有無、下端の支持条件の違いによる影響は少なくなっている。これより、水平材と柱材の結合部の設計が重要なことがわかる。

4 結論

- 水平材や斜材が鉄塔の耐荷力に与える影響は大きく、荷重倍率1以下や1付近の荷重で降伏してしまう場合や、わずかな変位により終局に至るケースもある。
- 水平部材と柱部材の接続部で降伏が起こるケースが多かったが、そこを補強することで耐荷力が向上する。
- 設計する水平部材の構造によっては、斜材の影響をほとんど受けないケースもあり、その場合は斜材を省略することで経費の削減が可能となる。
- 様々な組合せで解析を行い、現場条件に最も適したモデルを採用することが望ましい。

参考文献

- [1] 土木学会鋼構造委員会：鋼構造架設設計指針 [2001年版]，丸善，2001.



(a) 常時

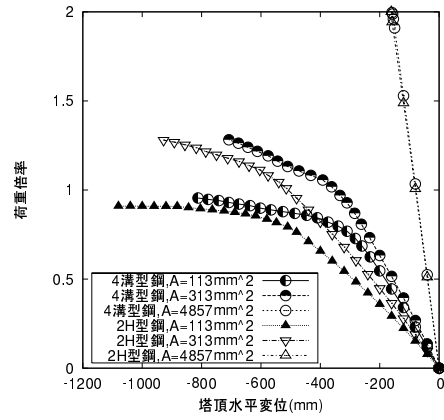
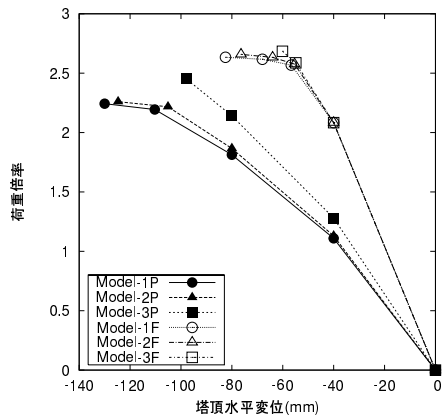
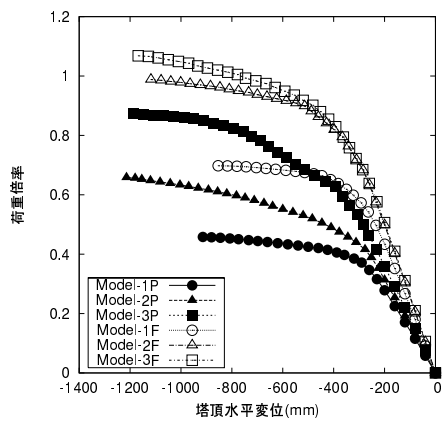


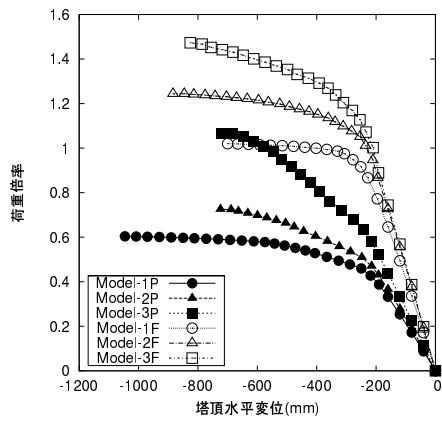
図 3: 常時, Model-3P



(b) 作業時



(c) 地震時



(d) 暴風時

図 2: 水平材 1, 斜材 2

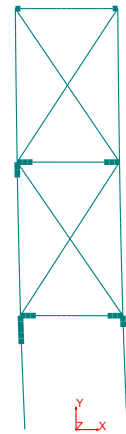


図 4: ピン支持モデル

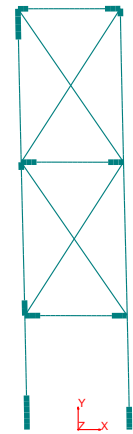


図 5: 固定支持モデル

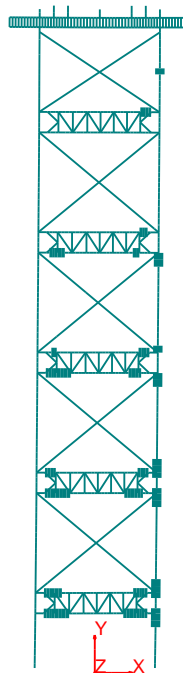


図 8: Model-2P 変形図

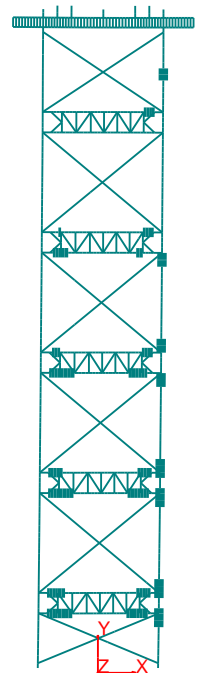
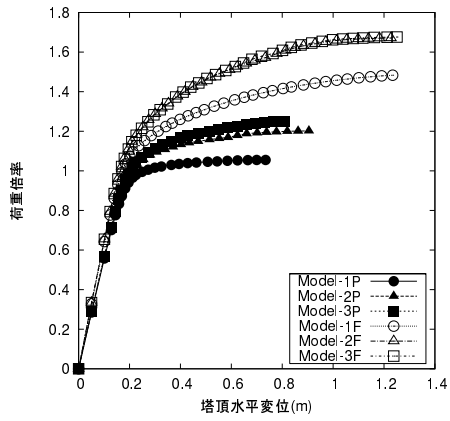
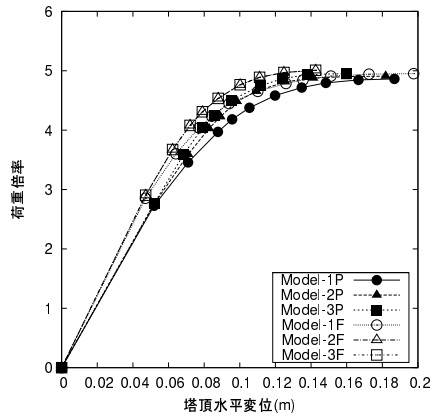


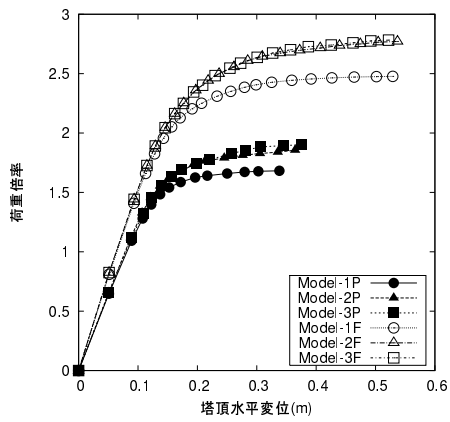
図 9: Model-3P 変形図



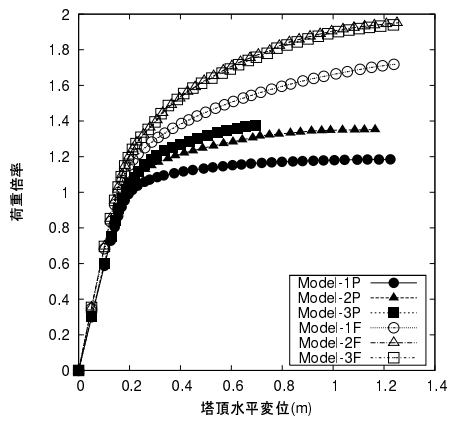
(a) 常時



(b) 作業時

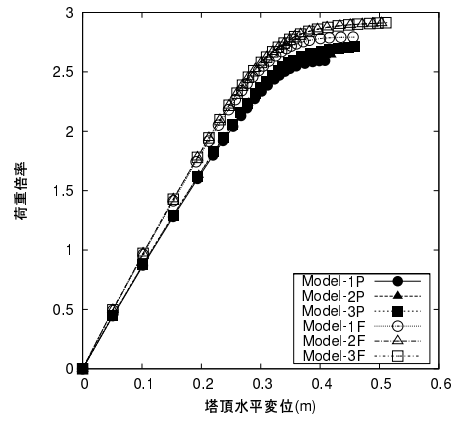


(c) 地震時

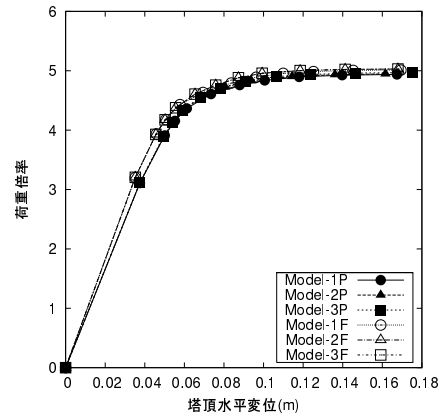


(d) 暴風時

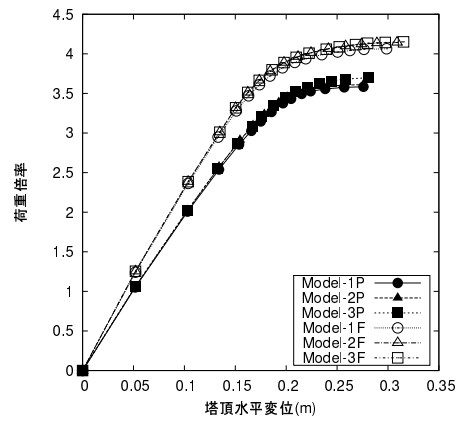
図 6: 水平材補強なし



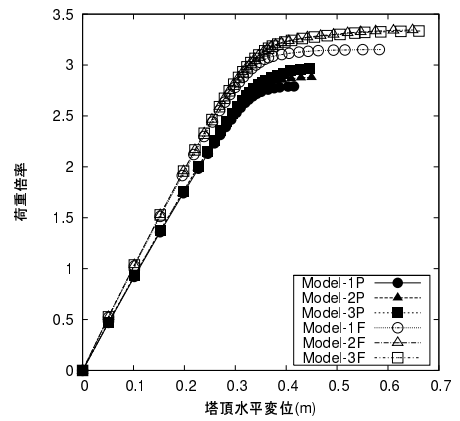
(a) 常時



(b) 作業時



(c) 地震時



(d) 暴風時

図 7: 水平材補強あり