

H鋼鉄塔の開発

H鋼を用いた環境融和型鉄塔の実用化

Development of H section steel tower

Developing environment-friendly steel towers

(工務部 技術開発G)

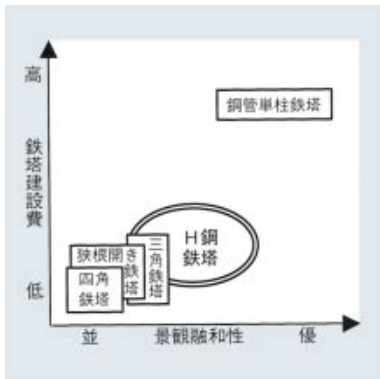
当社における環境融和型鉄塔は主に鋼管単柱鉄塔であるが、重量は山形鋼鉄塔と比較し非常に重いうえに、塔体にテーパを付けるため鋼板ごとにロール加工する手間を要し、材料単価のコストアップを招いている。

そこで、市場での流通量が多く安価なH鋼材に着目し、鋼管単柱鉄塔に代わる環境融和型鉄塔としてH鋼鉄塔の検討を進め、設計・解析および実規模座屈試験により定量的な耐力の把握と設計・解析の妥当性・有効性を確認し、H鋼鉄塔の実用化への目途を得た。

1 研究の背景

当社における環境融和型鉄塔は主に鋼管単柱鉄塔であるが、重量は山形鋼鉄塔と比較し非常に重いうえに、塔体にテーパを付けるため鋼板ごとにロール加工する手間を要し、材料単価のコストアップを招いている。

そこで、市街地など環境への配慮が必要な鉄塔の建設費削減を図るため、市場での流通量が多く安価なH鋼材に着目し、これを用いたH鋼鉄塔について、鉄塔形状、各部応力、建設費等、総合的な評価・検討を行った。

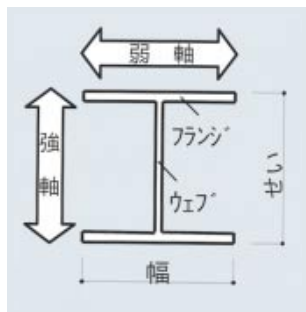


第1図 H鋼鉄塔開発イメージ

2 H鋼鉄塔の形状

H鋼は第2図のとおりウェブとフランジからなり、その強度・剛性には方向性(強軸・弱軸)がある。

そこで、強軸方向はH鋼の特徴を活かし、弱軸方向はトラス構造で強度確保を図った第3図に示す支柱材二脚による面状構造をH鋼鉄塔の基本形状とした。



第2図 H鋼材の断面図

この形状は、山形鋼鉄塔に比べ、部材点数が少なく、バンド点のないシンプルな構造で、威圧感が少ないとともに、従来、鋼管単柱鉄塔で採用されていたH鋼腕金を山形鋼腕金にすることで上部重量感を軽減した景観面に優れたものとなっている。

(R&D Group, Engineering Division)

Chubu Electric Power uses mono-pole steel towers as the environment-friendly type of transmission towers. However, in addition to this type of towers being unusually heavy compared to angle steel towers, the mono-pole steel towers must be rolled over with steel sheets to attach a taper to the tower body, driving the cost of materials up.

We are studying the possibilities of substituting the mono-pole steel towers with H section steel towers as much cheaper steel tower materials are widely available on the market. Quantitatively determining rigidity to confirm the design safety / efficiency by planning / analyzing the structure, as well as conducting real-world experiments, we developed such an H section steel tower applicable in actual conditions.

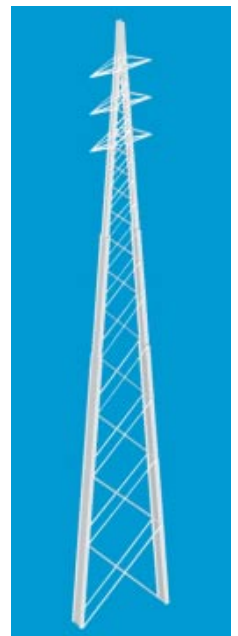
3 研究の概要

H鋼鉄塔は鉄塔構造物においてこれまでにない形状であることから、この開発にあたっては、使用鋼材・面状構造等を考慮し、下記について把握・確認する必要がある。

H鋼鉄塔全体の応力

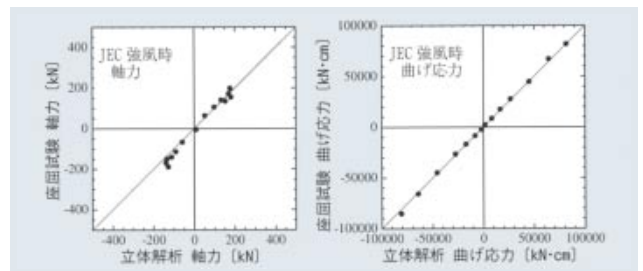
各接合部の詳細応力度分布
たわみによる座屈耐力低下

そこで、各種解析を用いて設計手法の検討を行うとともに、この妥当性・有効性を確認するため、塔高30mの実規模試験体に、JEC荷重を始めとする各荷重を、第5図のようにワイヤにより載荷し、座屈試験を実施した。



3.1 H鋼鉄塔全体の応力

立体解析により、JEC強風時、電技高温季を始めとする7荷重条件について、H鋼鉄塔全体の応力を算出し、これを座屈試験において、鉄塔各部のひずみゲージにより確認した。



第4図 立体解析一座屈試験応力比較(JEC強風時荷重)

第1表 各種鉄塔の構造と支配応力

鉄塔種類	使用鋼材	概略構造	支配応力
鋼管単柱鉄塔	鋼管	線状	曲げ応力
山形鋼鉄塔	山形鋼	四角錐	軸力
H鋼鉄塔	H鋼	面状	軸力+曲げ応力

これにより、H鋼鉄塔全体の応力を把握するとともに、第4図のとおり立体解析と座屈試験結果は良く対応しており、立体解析の妥当性・有効性を確認した。

H鋼鉄塔は面状構造のため、第1表のとおり従来の鉄塔とは支配荷重が異なる。

よって、この設計に際しては組合せ応力(軸力+曲げ応力)にて算定することとし、H鋼鉄塔における風荷重の算定法や座屈長さ係数等を取り決め、設計手法をとりまとめた。



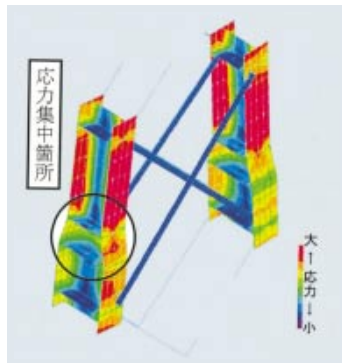
第5図 H鋼鉄塔 試験体全景

3.2 各接合部の詳細応力度分布

第6図に示す支柱材 - 腹材接合部と異サイズ支柱材接合部については、曲げ加工や溶接加工を施し構造が複雑なため、詳細な応力度分布を把握し、その安全性をFEM解析を用いて確認した。

その結果、支柱材 - 腹材接合部には応力集中がなく設計強度を確保できるものの、異サイズ支柱材接合部には応力集中が認められたことから、構造設計でしぼり部の勾配を緩やかにする等に対応することとした。

また、この解析結果を座屈試験において確認したところ、FEM解析と座屈試験結果は良く対応しており、FEM解析の妥当性・有効性を確認した。

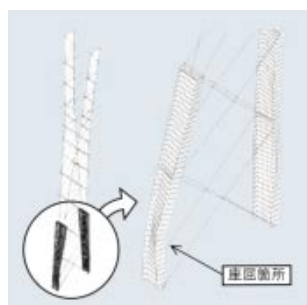


第6図 各接合部の詳細応力度分布

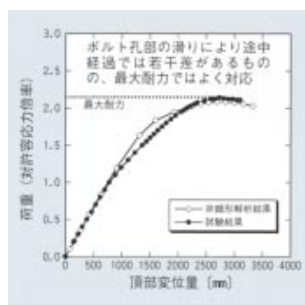
3.3 たわみによる座屈耐力低下

H鋼鉄塔は面状構造のため、たわみによる座屈耐力低下が懸念されることから、非線形解析および座屈試験により第7図のように座屈するまでの荷重と頂部変位量との関係を確認した。

その結果、第8図のとおり非線形解析と座屈試験結果は良く対応しており、非線形解析の妥当性・有効性を確認するとともに、

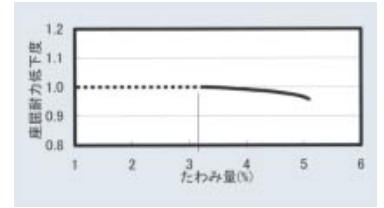


第7図 座屈状況図



第8図 荷重-頂部変位量の関係

を確認するとともに、第9図のとおり、たわみ量が3%を越えると座屈耐力が低下することから、H鋼鉄塔の変形制限をたわみ量3%以下とした。



第9図 たわみによる座屈耐力低下

4 研究の成果

H鋼鉄塔について、設計・解析および実規模座屈試験を実施するとともに、77kV・2cct標準鉄塔設計範囲で、塔高・荷重径間・水平角・電線サイズをパラメータに適用範囲を検討した結果、以下のような成果が得られた。

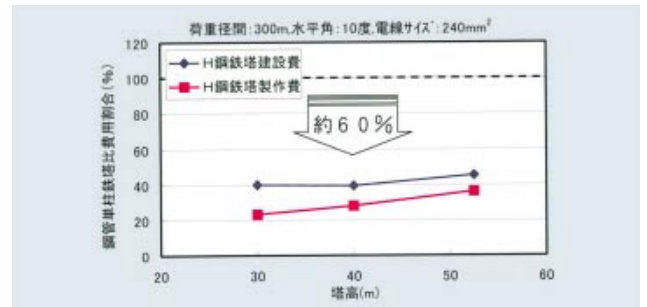
組合せ応力による設計の妥当性・有効性を確認。

構造・設計仕様として、異サイズ支柱材接合部の構造設計およびたわみ量3%以下の変形制限が必要。

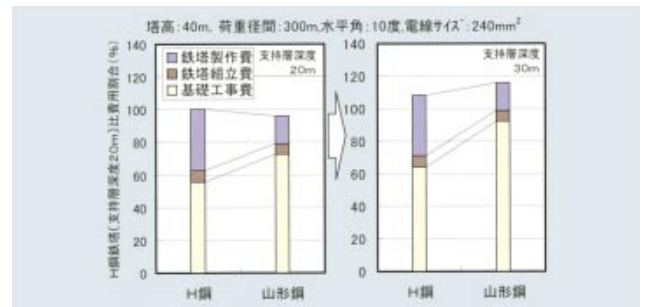
鋼管単柱鉄塔に対し、建設費を約60%削減可能。

(第10図)

山形鋼鉄塔では建設が困難な狭隘な敷地箇所への適用が可能。また、軟弱地盤で支持層の深い杭基礎を適用する塔高50m程度までの鉄塔や用地単価が高額な箇所では、第11図のようにH鋼鉄塔の建設費が山形鋼鉄塔と同等以下となる場合がある。



第10図 H鋼鉄塔の建設費比較(杭基礎:深度20mの場合)



第11図 H鋼鉄塔の経済性が高まる例: 支持層深度の増

5 今後の展開

今後、鋼管単柱鉄塔に代わる環境融和型鉄塔として、市街地など環境への配慮が必要な鉄塔の建設費削減を図っていく。

また、H鋼鉄塔の特長を活かし、山形鋼鉄塔では建設が困難な狭隘な敷地や基礎工事費のかさむ軟弱地盤への適用について、コスト比較のうえ適用を図っていく。



執筆/水谷仁志
Mizutani.Hitoshi2@chuden.co.jp