

高機能鋼材を用いた風力発電タワー開口部構造の提案

JFE スチール(株) 正会員 村上 琢哉 JFE スチール(株) 正会員 中西 克佳
JFE スチール(株) 非会員 鈴木 伸一 JFE スチール(株) 正会員 宇佐美俊輔

1. 概要

近年、地球環境問題、エネルギー問題に対する関心が高まる中、風力発電が注目されており、洋上への展開とともに大型化の計画が進められている。風力発電機の支持物であるタワーは、通常、アクセスと整備のためのマンホールを基部に有しているが、台風来襲時の暴風により開口部で座屈してタワーが倒壊した事例もあったことから、暴風時の座屈耐力照査が構造設計における確認項目の一つになっており¹⁾、開口部の解析検討も行われている²⁾。ここでは、高機能鋼材利用によるマンホール部の合理化構造検討内容を報告する。具体的には、風力タワーの開口部対策として、LP (Longitudinally Profiled) 鋼板活用による合理化構造を提案し、その効果を解析的に検討した結果を報告する。

2. 提案構造の概要

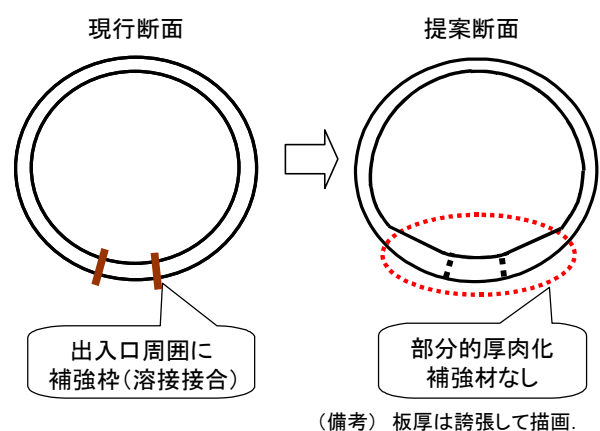
今回提案する構造を図-1に示す。タワー基部の開口部(マンホール)については、座屈防止のために、補強部材を溶接する補強対策がなされており、枠板嵌め込み形式、板厚アップまたはダブリングするコーミング形式が紹介されている¹⁾。ここでは、この部位にLP 鋼板を採用することを提案する。LP 鋼板とは、圧延技術によって鋼板の長さ方向に直線的に板厚を変化させた厚鋼板であり、船舶や橋梁で採用実績がある。同図(b)のように開口部周辺を厚肉化させてその周囲を直線的に板厚を変化させたLP 鋼板を用いれば、これを直接造管することで鋼管柱の製造が可能となる。本構造は、鋼板重量自体は増加となるものの、補強部材不要、溶接作業不要となることから、製作工数が削減されるメリットが生じる。また、溶接接合部を設けないことから疲労強度等級が向上することで、疲労が設計上クリティカルになった場合にもメリットが生じると判断される。

3. 解析検討

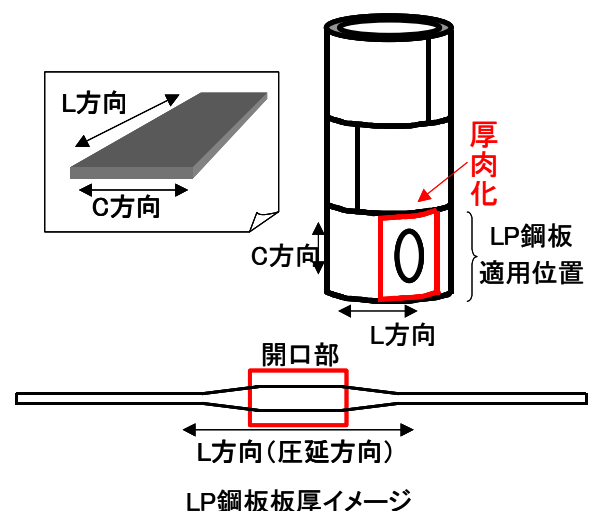
(1) 解析概要

風力発電タワーを模擬したプッシュオーバー解析を行った。解析対象は、文献2)を参考に、基部 $\phi 4000$, $t=38$, 高さ75mを有するタワーとした。解析メッシュを図-2に示す。ソリッド要素によるメッシュ分割を行い、1/2モデルとしてモデル化している。開口部はおよそ縦2.6m×横1mの大きさとした。鋼材の材料構成則はバイリニア型とし、降伏強度 355N/mm^2 、降伏後の勾配は $E/100$ とした。

解析ケースは、①開口に従来の補強枠を設けた場合(以



(a) 開口部の断面図比較



(b) 提案構造のイメージ

図-1 提案構造の説明図
(LP 鋼板を活用した鋼管柱開口部構造)

キーワード 風力発電, タワー, 高機能鋼材, LP 鋼板

連絡先 〒260-0835 千葉市中央区川崎町1番地 JFE スチール(株)スチール研究所研究企画部 TEL 043-262-2439

下, 現行モデル), ②補強しないケース (以下, 開口部補強なし), ③LP 鋼板を適用したケース (以下, LP 鋼板鋼管柱) の3 ケースを行なった. 補強枠の板厚は 150mm とし, LP 鋼板では, 開口部のその周辺 1m を 8mm 増厚 (一般部に比べて約 20%増厚), その周辺で 8mm/m の板厚変化として変化区間が 1m をとった構造を考え, その両者の座屈耐力を比較した. 載荷方向は開口部が圧縮側となるように設定した.

(2) 解析結果

頂部の水平変位, 基部の抵抗モーメントの関係を図-3 に示す. これより, 開口部補強なしのケースは, 現行モデルと比較して基部の抵抗曲げモーメントは約 10%低くなっていることがわかる. 一方で, LP 鋼板鋼管柱のケースは基部の抵抗曲げモーメントの最大値は同等であることから, LP 鋼板を適用する本構造は座屈対策として有効であると判断される. 最大耐力付近の応力コンターを比較して図-4 に示す. これより, 開口部側面では LP 鋼板鋼管柱の応力値が 10%程度高くなるものの, 開口部上下部では板厚増加の影響で応力が小さくなっていることがわかる. 別途, 線形解析を実施し, 開口部側面の応力集中を比較したところ, 応力集中の増加は 10%程度であった. LP 鋼板を活用した場合には溶接が不要となり, 疲労強度等級は現構造より高くなるため, 疲労に対しても有利となる可能性が高いと判断される.

4. まとめ

風車タワー基部のマンホール部分に LP 鋼板を適用する構造を提案し, 解析的にその効果を実証した. 本構造は, 補強部材が不要になること, 溶接不要となることで, コスト削減効果が期待できる. さらに, 溶接接合が不要となることから疲労強度等級も向上する効果も期待される. 本検討の結果, 応力集中も大きくないことが示唆されたことから, 疲労が問題となる場合でも有効であると判断される. なお, 造管方法についても, 実証実験を実施済みであるが, 別の機会で報告する.

洋上風力発電に伴い大型化する風力発電タワーでは, 鋼管柱の径, 厚さの増大に伴い, 補強対策に要する費用が増えることが予想される. 本構造が, 洋上風力発電構造の合理化の一助になれば幸いである.

参考文献

- 1) 土木学会, 風力発電設備支持物構造設計指針・同解説, [2010 年版], 2010.
- 2) レアントゥアン, 勝地弘, 山田均, 佐々木栄一: 大きな開口比を有する風力発電設備鋼製タワーの座屈耐力解析, 第 32 回風力エネルギー利用シンポジウム, pp.199-202, 平成 22 年 11 月.

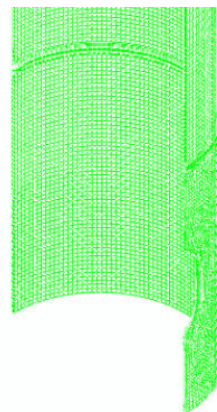


図-2 開口部付近の解析メッシュ

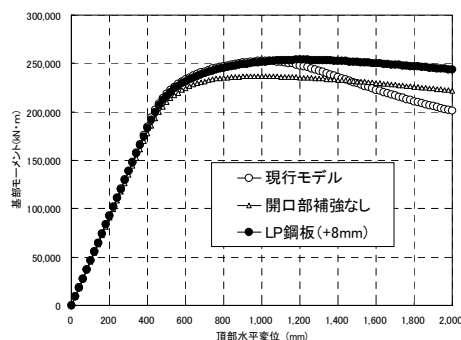
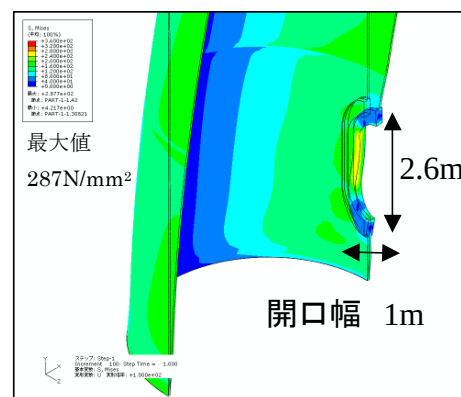
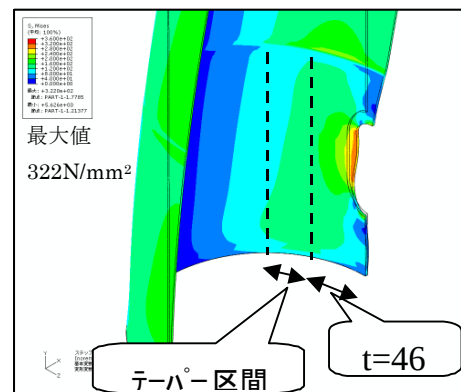


図-3 プッシュオーバー解析結果



(a) 現行モデル



(b) 提案構造 (LP 鋼板鋼管柱)

図-4 ミーゼス応力分布