第　4　回　定　期　研　究　会

平成 27 年度 SGST 第 4 回定期研究会　議事録

日時：平成 27 年 10 月 16 日　16:00～17:30
場所：名城大学　天白キャンパス　研究実験棟Ⅱ　多目的室
出席者：青嶌【中部復建】，泉野【玉野Ｃ】，井上【東骨】，入山【中日本Ｃ】，内山，野末，藤井，渕上【パルステック】，大平【日本ペイント】，岡本【パシフィックＣ】，加藤(正)，小塚【中日本Ｈ】，川瀬【日中Ｃ】，川西【豊田高専】，北根，舘石，判治【名古屋大】，鎌田，松村，村上【瀧上】，葛，渡辺【名城大】，黒崎【新日鐵住金】，清水(隆)【建設技術研究所】，竹内【福美建設】，土橋【横河】，長瀬，平野【日車】，永冨【八千代】，畑佐【興栄】，水谷【ＪＦＥ】，村瀬【愛知県】，山田【ヤマダインフラ】，姉川，石田【日本鉄塔】

以上　35 名(敬称略)

１．定期研究会（16：00～17：30）

講演者：日本鉄塔工業(株)　技術部　研究開発グループ　課長　本田　誠氏
講演項目：【送電用構造物の変遷，現況およびメンテナンスについて】

講演内容
講演【送電用構造物の変遷，現況およびメンテナンスについて】:

送電用鉄塔とは国家の重要な基幹インフラであり，災害発生などの非常時にこそ機能しなくてはならない。送電用鉄塔が過去にどのような被害を受け，それに対してどのような対策を講じてきたか，設計基準の変遷や構造形式・ディテールなどの基本を踏まえて紹介いただいた。

また，現在取り組んでいる高経年の鉄塔に対するメンテナンスに関する技術についても説明頂いた。講演後の質疑では、座屈耐荷力の検討結果や橋梁構造物との維持管理に関する考え方の違いなど、活発な議論が行われた。

以上

日本鉄塔工業株式会社

送電用構造物の変遷，現況 およびメンテナンスについて

東海構造研究グループ（SGST）定期研究会
2015年10月16日（金）16：00～17：30
於：名城大学天白キャンパス

日本鉄塔工業(株)　本田誠

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業（株）とは・・・

- 中空鋼管鉄塔のパイオニア
- 創業大正11年（93年目）

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業（株）とは・・・

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業（株）とは・・・

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業(株)とは・・・

太陽光架台

門型フレーム(九州新幹線)

国立国際美術館(大阪)

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業(株)とは・・・

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業(株)とは・・・

第一工場
容量 : 15,000t(鉄塔)
面積 : 47,880㎡

Steel Tower
manufacturing plant

Steel Bridge
manufacturing plant

第二工場
容量:24,000t(鋼橋)
(組立, 塗装, ブラスト)
面積:109,620㎡

発表内容

- 1. 送電用鉄塔の概要

(設計における外力)

- 2. 風荷重
- 3. 地震荷重
- 4. 雪氷

(維持メンテナンス)

- 5. 不同変位
- 6. 経年による腐食とその対策について
- 7.部材の補強、取替

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業株式会社

1. 送電用鉄塔の概要

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

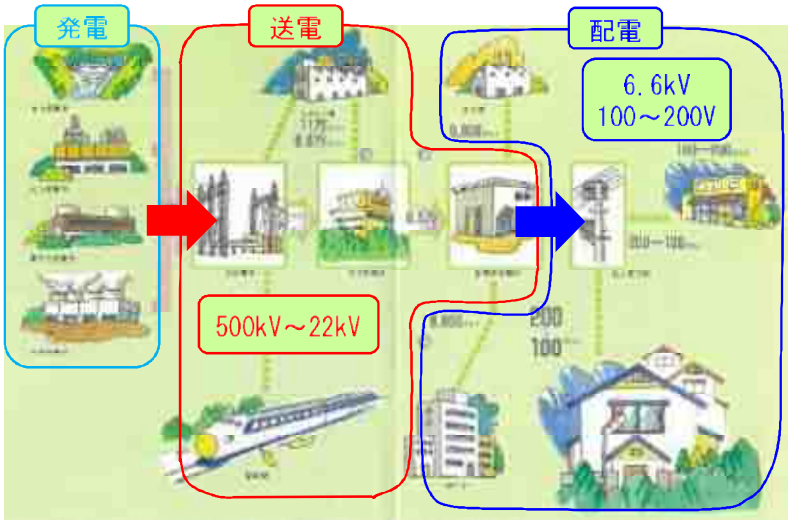
送電用鉄塔とは

送電線の役割とは，発電所と変電所，あるいは変電所同士の間に電気を送ること

送電用鉄塔は架空送電線の架線（電線）を支持するための構造物

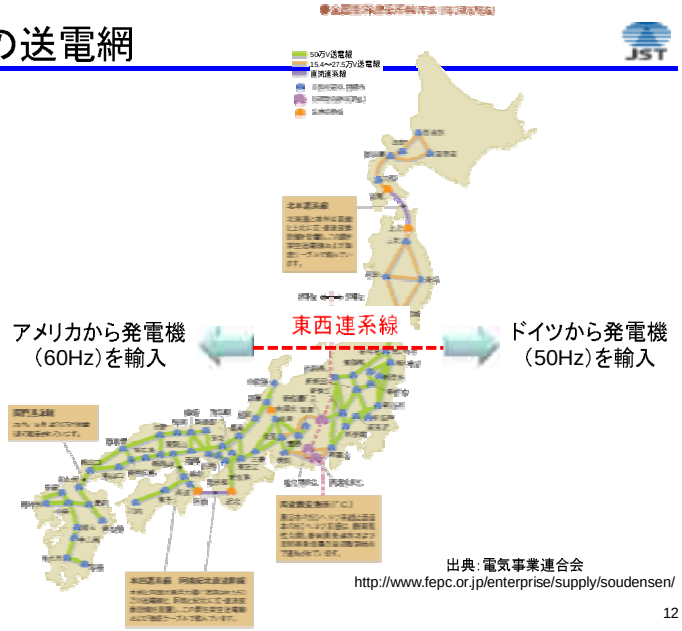
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

発電から配電までの流れ



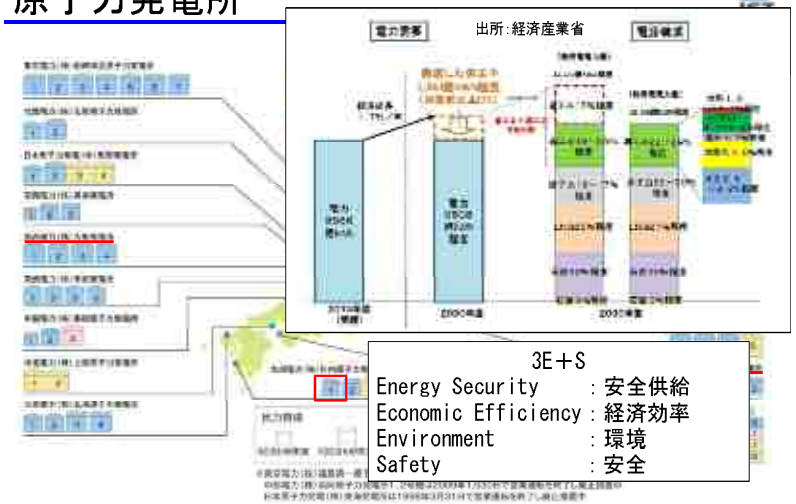
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

日本の送電網



出典：電気事業連合会
http://www.fepc.or.jp/enterprise/supply/soudensen/

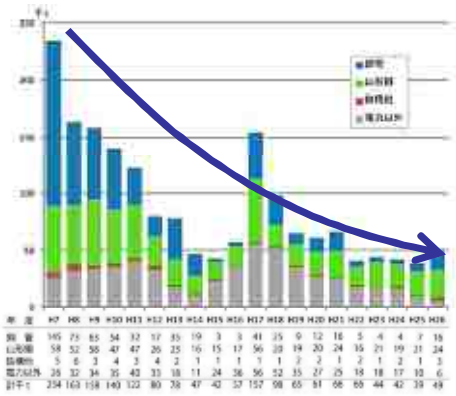
原子力発電所



出典:日本原子力発電株式会社 http://www.japc.co.jp/atom/atom_1-7.html

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔の受注実績推移

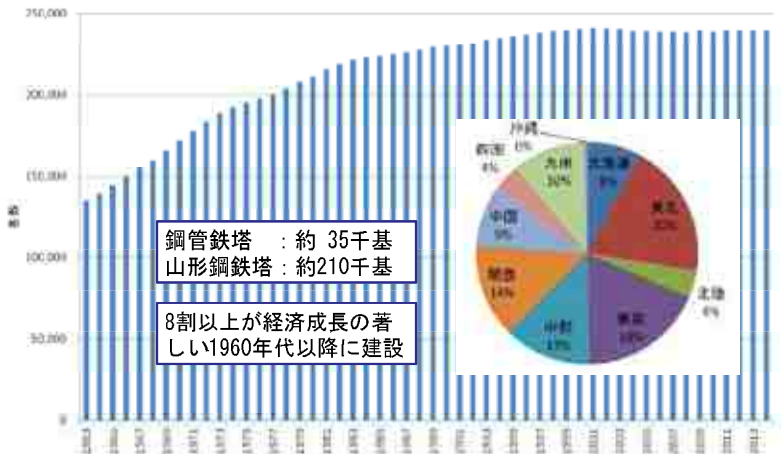


- ■低経済成長
- ■人口増加の鈍化
- ■省エネの発展
- ■幹線網の整備
- ➥新設鉄塔が減少
  維持メンテナンス
  が増加

出典:日本鉄塔協会 http://www.tettou-kyoukai.jp/

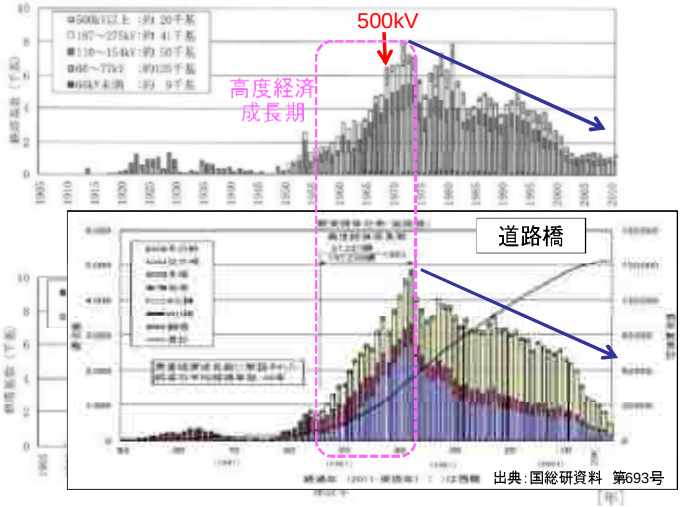
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔の設備量推移



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

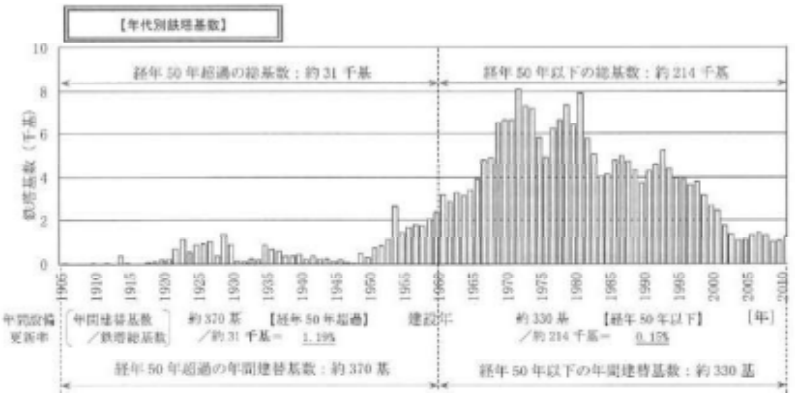
送電用鉄塔の建設年分布



第2-1-2図 主要架成材別鉄塔基数 出典:電気協同研究 第70巻 第3号

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔の建設年分布



経年50年を超過した送電用鉄塔は約13%（約31千基）
今後，約4千～8千基/年が経年50年を迎える

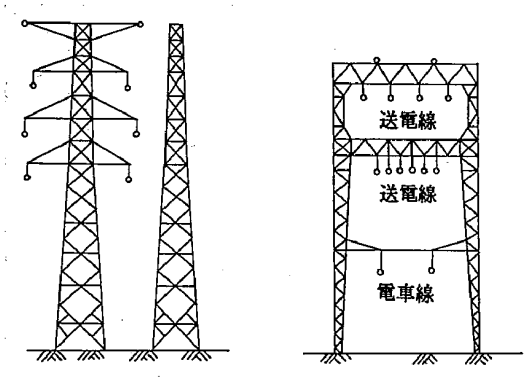
メンテナンスの時代に突入

出典：電気協同研究　第70巻　第3号

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔の形状

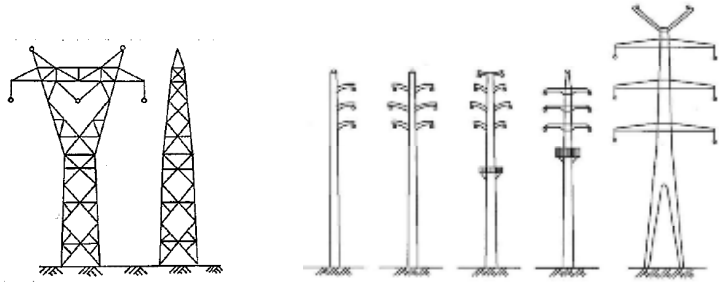
(1)四角鉄塔　　(2)門型鉄塔



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔の形状

(3)烏帽子(えぼし)鉄塔　　(4)環境調和鉄塔



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔の形状

四角鉄塔

烏帽子(えぼし)鉄塔

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔の形状

環境調和鉄塔

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

海外の特殊な送電用鉄塔

イギリス
出典:http://ascii.jp/elem/000/000/998/998117/
http://dailyfusion.net/2013/07/uk-adopts-innovative-t-pylon-transmission-tower-design-15319/

ハンガリー
出典:
http://www.amusingplanet.com/2015/02/playful-electrical-pylon-designs.html

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

海外の特殊な送電用鉄塔

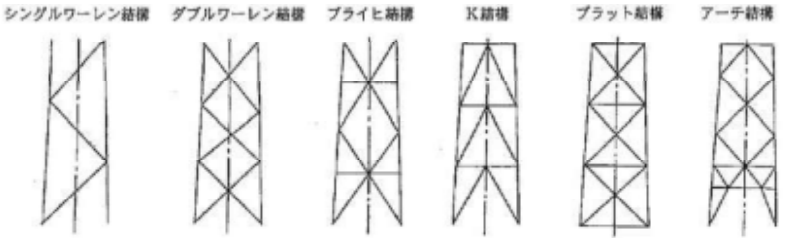
アメリカ

ドイツ

出典:http://www.amusingplanet.com/2015/02/playful-electrical-pylon-designs.html

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔の結構

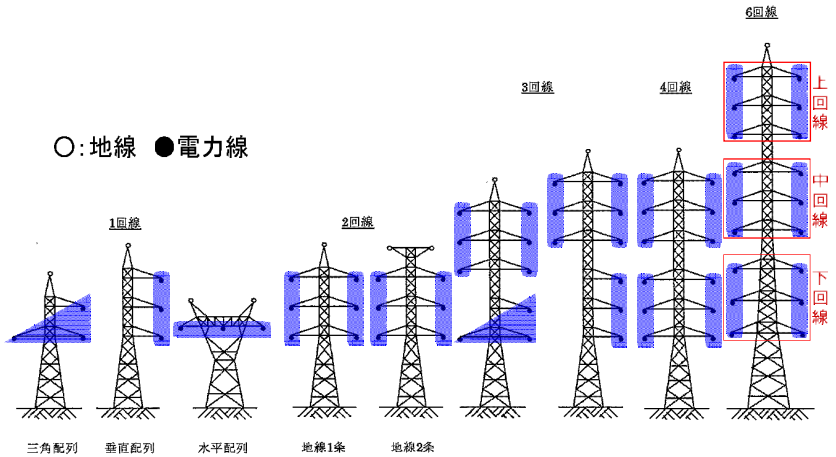


結構の種類

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

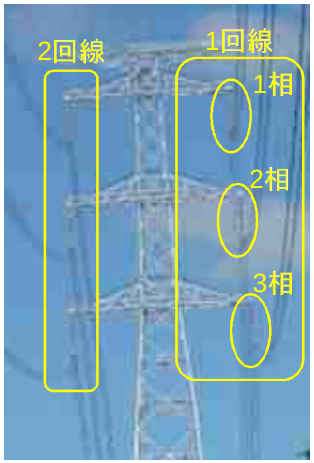
電力線の回線数

送電線は３相交流で送電されており、３相(腕金３つ)で１回線と言う。

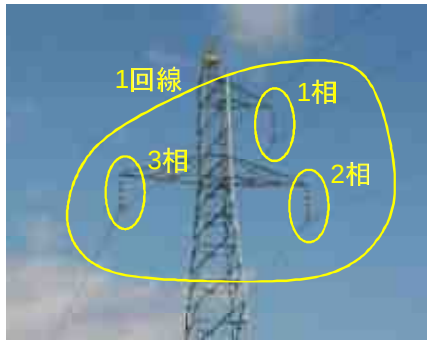


Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

電力線の回線数



2回線鉄塔



1回線鉄塔(三角配列)

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

碍子装置（絶縁装置）

送電線を鉄塔に直接取り付けると電気が鉄塔に流れてしまう。

鉄塔と電線の間には磁器製の絶縁体，碍子(がいし)装置が取り付けられている。

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

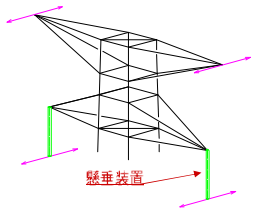
碍子装置

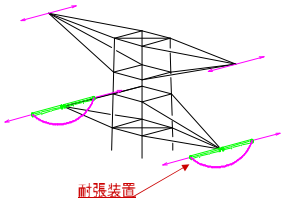
懸垂鉄塔

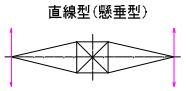
耐張鉄塔

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

懸垂鉄塔と耐張鉄塔の違い

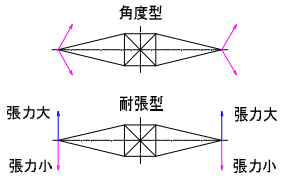






ほぼ直線ー直線の送電線路

懸垂鉄塔



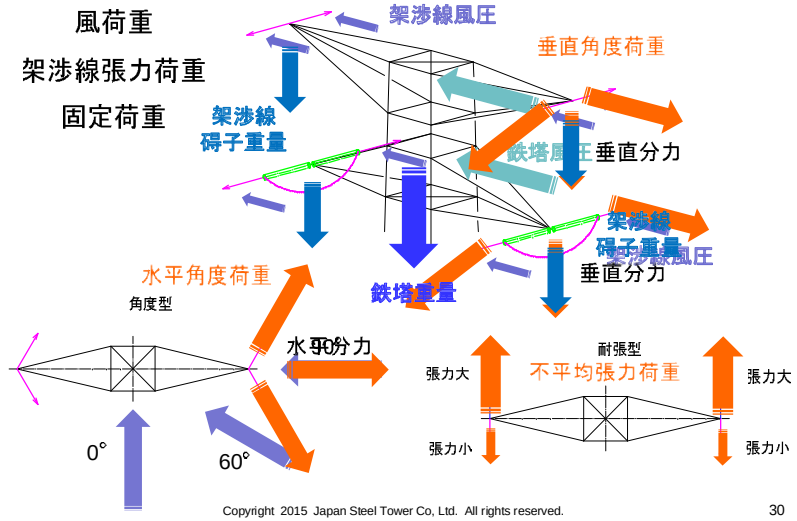
送電線が曲がる箇所など

耐張鉄塔

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

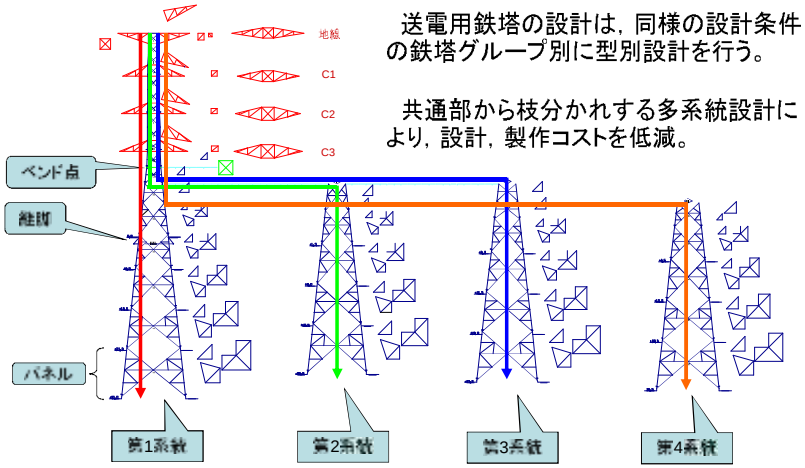
送電用鉄塔に作用する荷重

風荷重
架渉線張力荷重
固定荷重



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

型別多系統設計

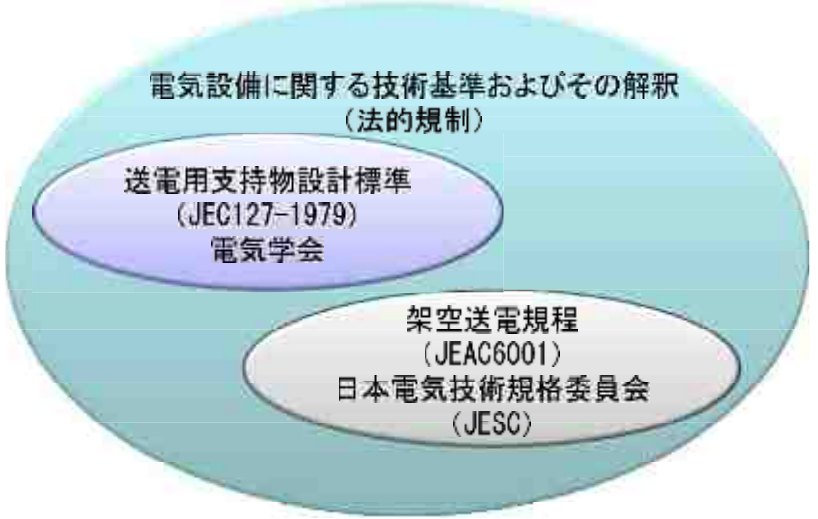


送電用鉄塔の設計は，同様の設計条件の鉄塔グループ別に型別設計を行う。

共通部から枝分かれする多系統設計により，設計，製作コストを低減。

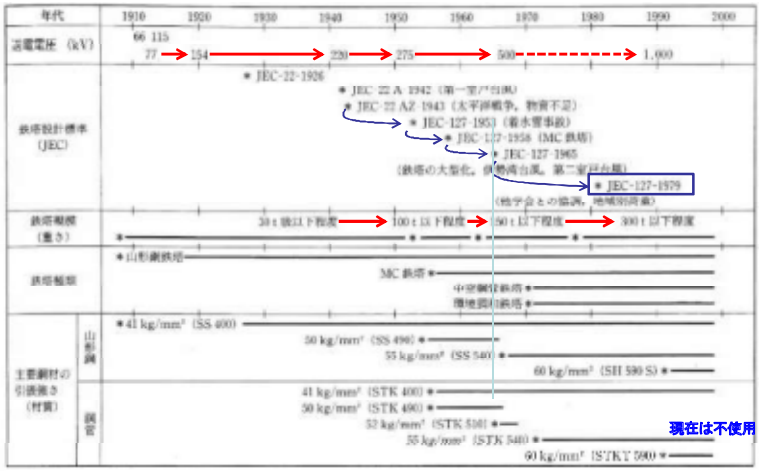
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co, Ltd. All rights reserved.

現在の基準類



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電鉄塔の変遷



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電鉄塔の構造材

主柱材　腹材
山形鋼鉄塔

主柱材 腹材
中空鋼管鉄塔

主柱材 腹材
MC鉄塔
（コンクリート充填鋼管鉄塔）

主柱材　腹材
十字材鉄塔

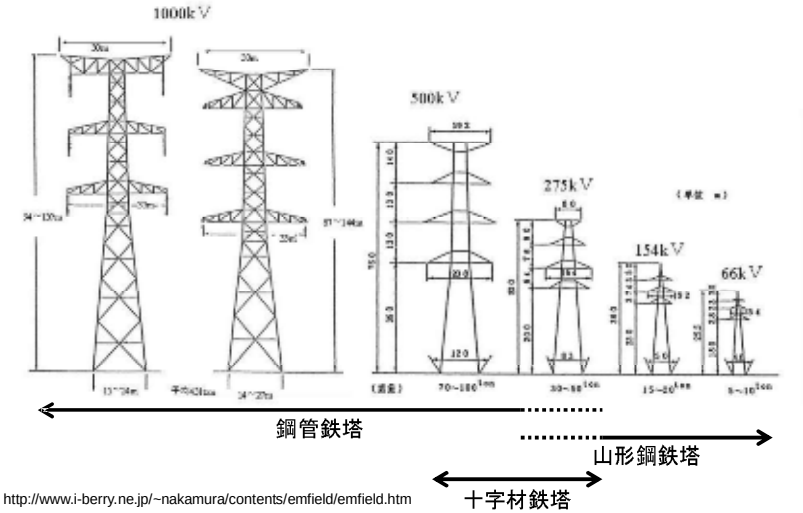
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

各構造材の長短

主柱材	L	○	◎	＋
長所	・加工が容易である。 ・開断面のため，維持メンテナンスが比較的容易である。	・風荷重を小さくできる。 ・重量を軽くできる。 ・上記より基礎を小さくできる。	・風荷重を小さくできる。 ・座屈強度を上昇できるため，部材を小さくできる。	・山形鋼サイズの組合せで強度を様々に調整できる。 ・開断面のため，維持メンテナンスが比較的容易である。
短所	・大型鉄塔では部材数が多くなる。 ・市販のサイズはL250×35が最大。 ・大型鉄塔では風荷重が大きくなり，鋼管鉄塔よりも不経済になる。	・部材数が多くなる。 ・継手部で溶接が必要なる。 ・上記に伴って加工工数が増加する。 ・閉断面のため，維持メンテナンスが難しい。	・中空鋼管鉄塔の短所に加えて，コンクリート充填費用と重量が増加する。 ・密閉されているため，維持メンテナンスが困難である。	・山形鋼同士を一体化するため，溶接量が増える。 ・重量と風荷重が大きくなるため，基礎が大きくなる。

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電鉄塔の電圧と規模



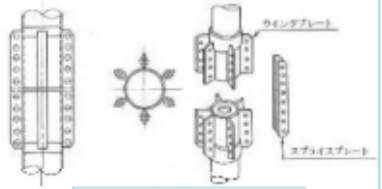
http://www.i-berry.ne.jp/~nakamura/contents/emfield/emfield.htm

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

鋼管鉄塔の継手（主柱材）

鍛造フランジ継手

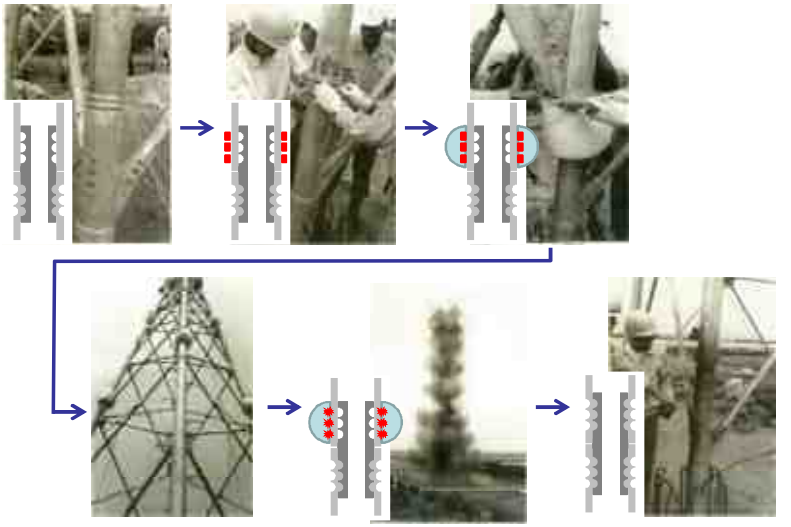
リブ付き板フランジ継手



ウイング継手

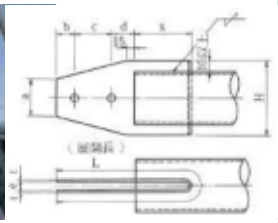
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

鋼管鉄塔の継手（NAB継手　1960年代に開発）

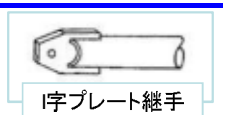


Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

鋼管鉄塔の継手（主柱材以外）



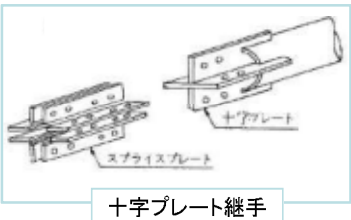
U字プレート継手



I字プレート継手

T字プレート継手

溝型継手

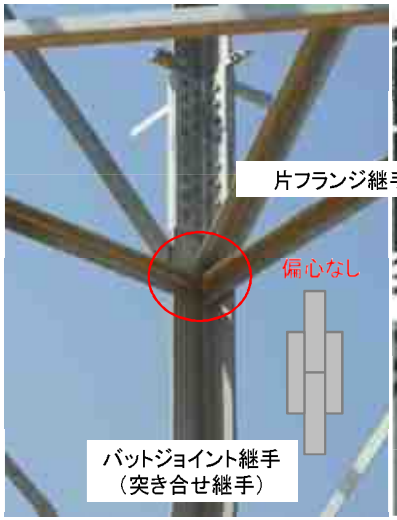


十字プレート継手

偏平つぶし継手

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

山形鋼鉄塔の継手



片フランジ継手

偏心なし

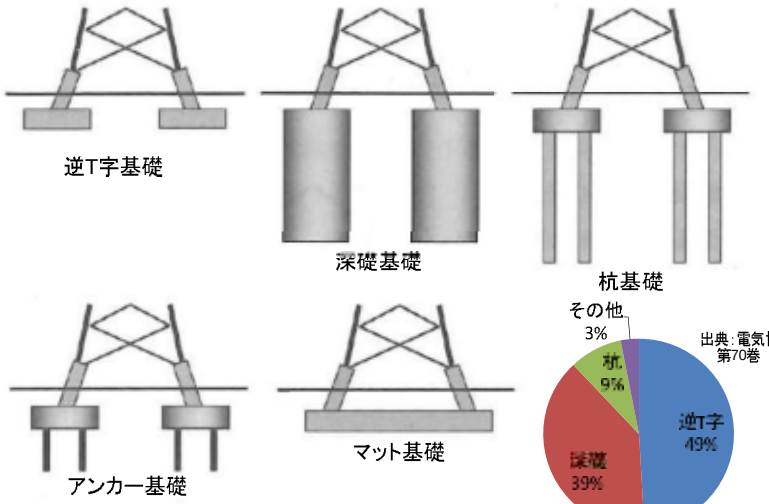
バットジョイント継手
（突き合せ継手）

偏心あり

ラップジョイント継手
（重ね継手）

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

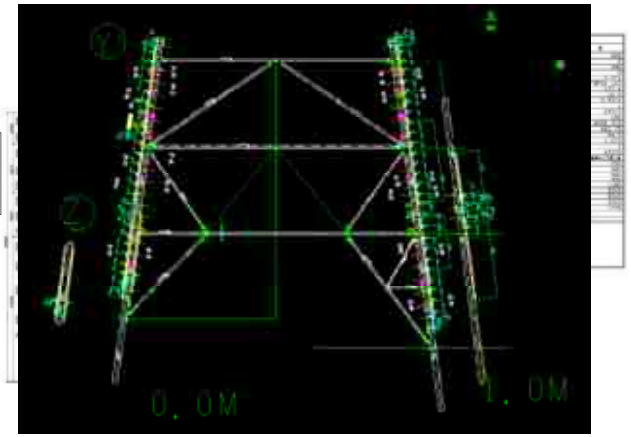
送電鉄塔の基礎種類



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights re

送電鉄塔の製作工程

設計
↓
図面・現寸
↓
加工
（切断，穴あけ，
火造り(曲げ)，溶接）
↓
仮組
↓
溶融亜鉛めっき
↓
梱包
↓
出荷



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電鉄塔の製

設計
↓
図面・現寸
↓
加工
（切断，穴あけ，
火造り(曲げ)，溶接）

山形鋼用NC機（穴あけ，切断，刻印）

鍛造フランジ自動溶接機

プラズマ切断機（鋼管）

送電鉄塔の製作工程

火造り(曲げ)，溶接）
↓
仮組
↓
溶融亜鉛めっき
↓
梱包
↓
出荷

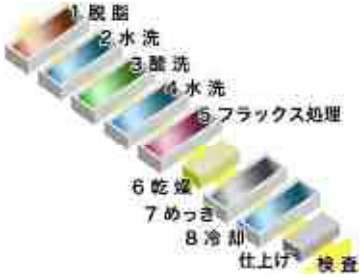
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電

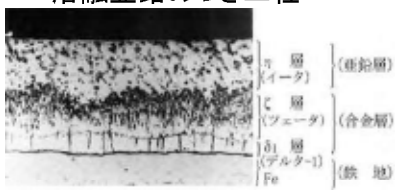
設
図面
加
(切断，
火造り(曲
仮組
溶融亜鉛めっき
梱包
出荷

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

溶融亜鉛めっき



溶融亜鉛めっき工程



溶融亜鉛めっき層

溶融亜鉛めっきの防食機能

・保護皮膜作用

表面に亜鉛の酸化皮膜を形成

・犠牲防食作用

亜鉛にきずが生じ，鉄素地が露出した場合は亜鉛が鉄よりも先に溶け出して電気化学的に鉄を防食(※きずは数mm程度)

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業株式会社

2. 風荷重

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

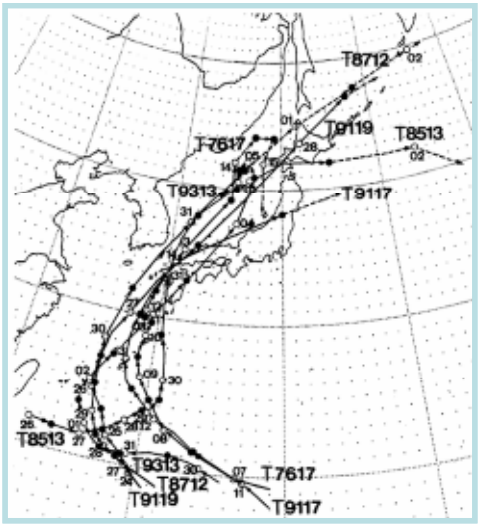
送電用鉄塔設計

- JEC-127-1965
  - 全国一律，平均風速40m/s設計。許容対応(長期許容強度)。
  - 現在適用中。
- JEC-127-1979
  - 速度圧マップ(風速マップに相当)による，地域別の最大瞬間風速設計。降伏点対応(短期許容強度)。
  - 現在適用中。
- 動的風応答解析
  - 鉄塔・電線連成系モデルの風応答解析。最も詳細な評価。
- JEC-127-201X?（次期JEC）
  - 風向別基本風速マップ(大規模地形の増速考慮)
  - 小地形増速率(数km単位の地形)
  - ガスト影響係数法(動的効果考慮)
  - 72風向別設計

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

九州に上陸，接近した大型台風進路図

1976年 17号台風
1985年 13号台風
1987年 12号台風
1991年 17号台風
1991年 19号台風
1993年 13号台風
1999年 18号台風



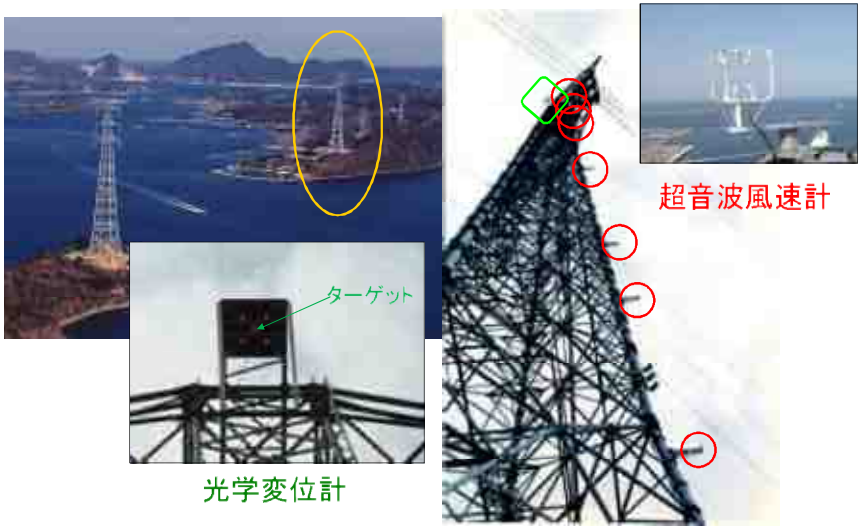
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

台風9918号の住宅被害率分布

- 主に台風進路右側で被害率大
- 鉄塔も大きな被害
- 設計風速を超える風速を観測

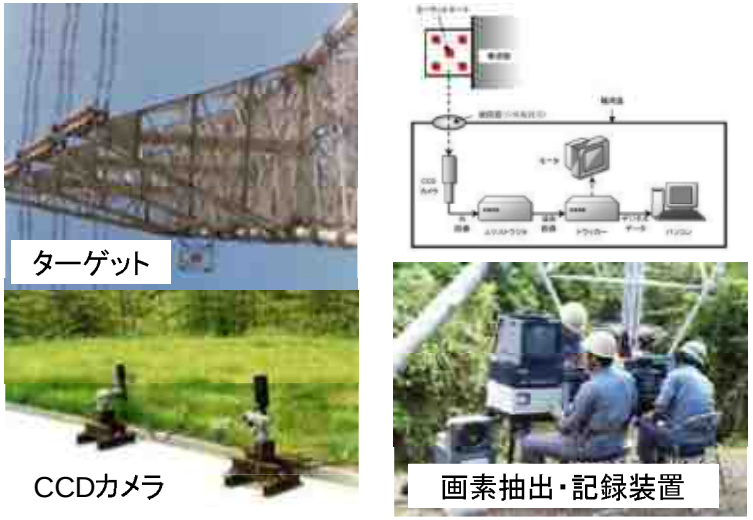
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

台風観測



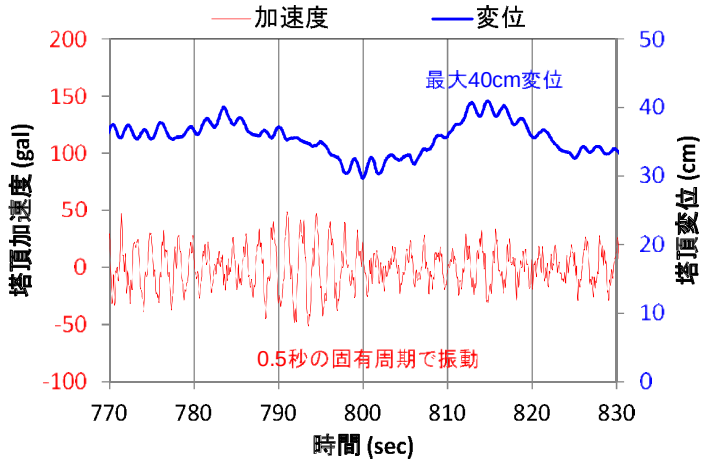
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

光学式変位計



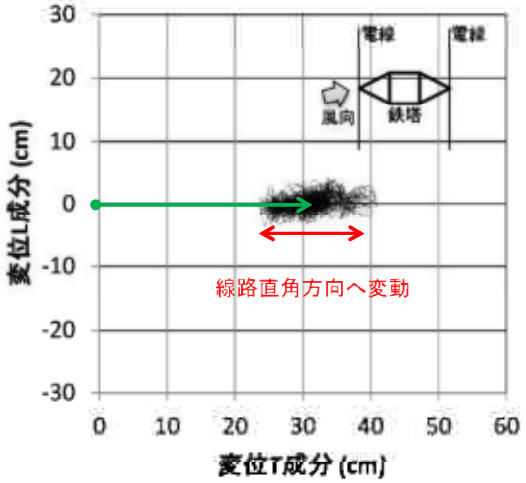
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

台風観測例（平均風速32m/s時）



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

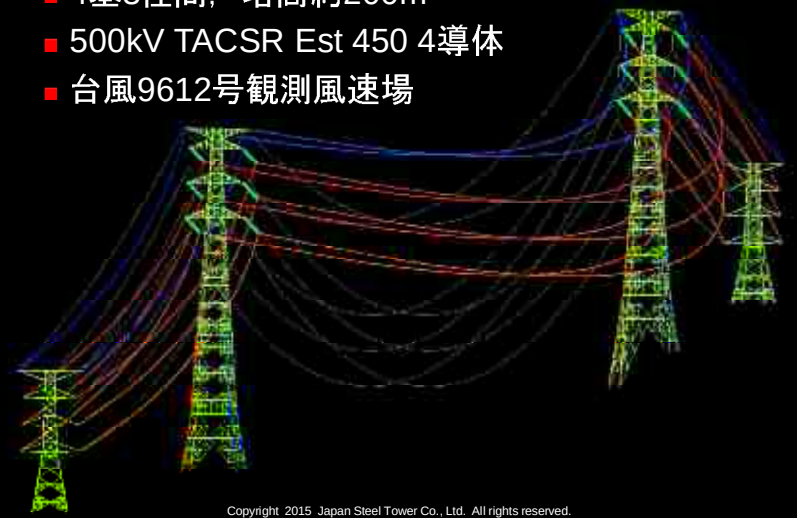
台風観測例（平均風速32m/s時）



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

風応答解析例

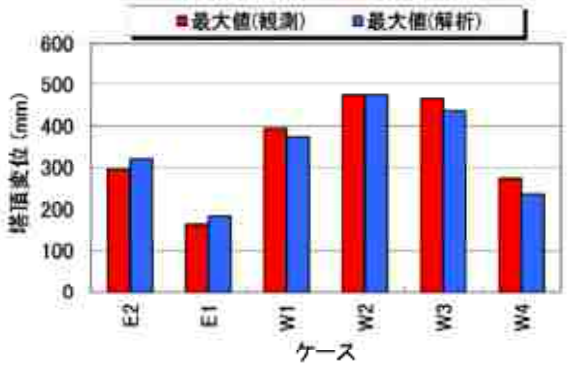
- 4基3径間，塔高約200m
- 500kV TACSR Est 450 4導体
- 台風9612号観測風速場



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

風応答解析結果の比較

- 塔頂の最大変位を比較
  - 光学変位計の観測値
  - 自社開発ソフトの風応答解析

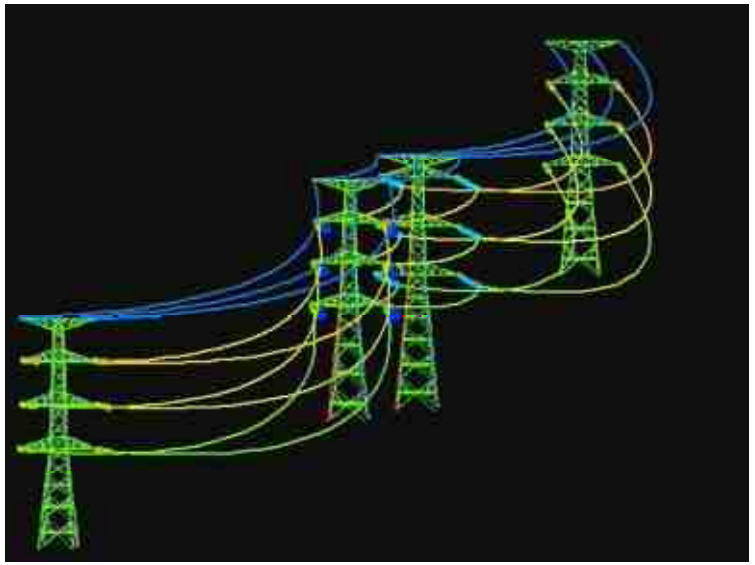


Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

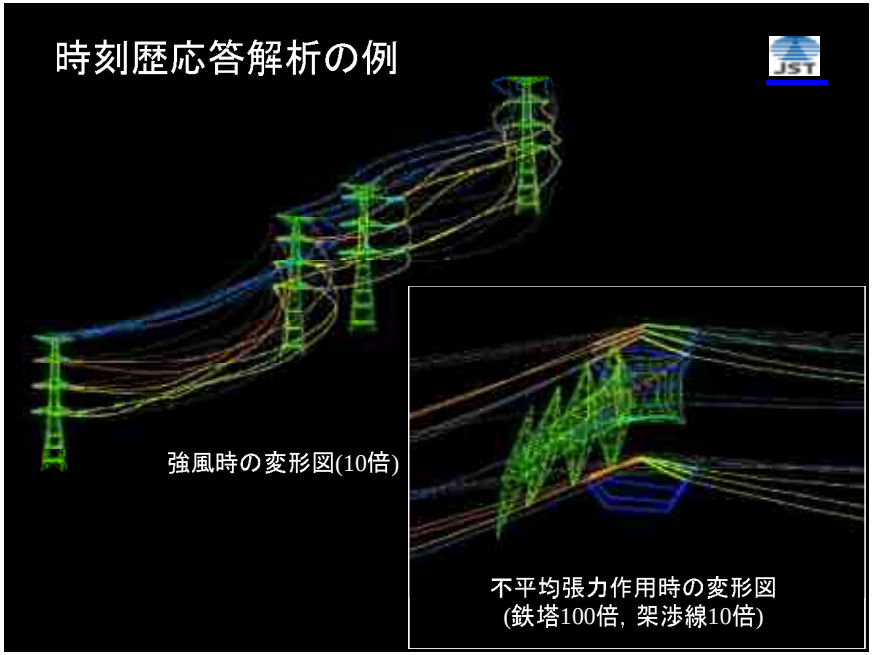
実際の強風時の電線振動

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

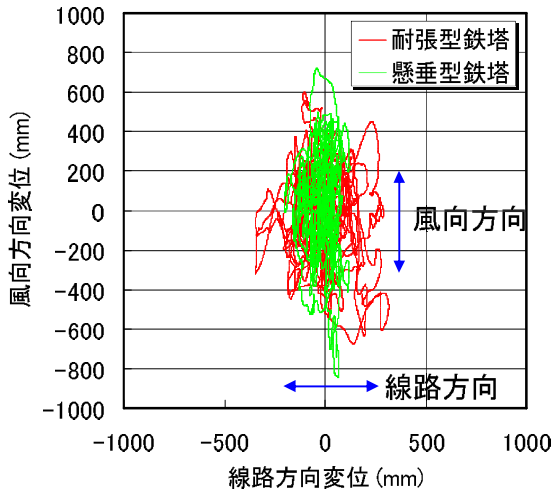
時刻歴応答解析結果の例



時刻歴応答解析の例



耐張支持と懸垂支持の塔頂変位



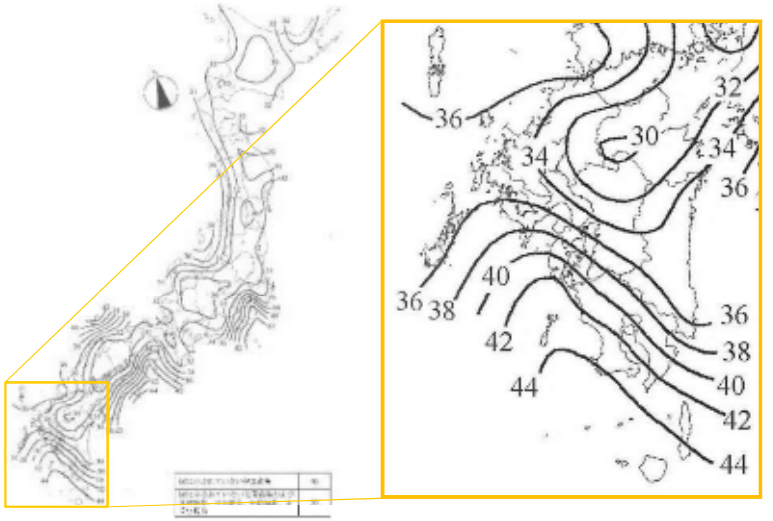
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔設計

- JEC-127-1965
  - 全国一律，平均風速40m/s設計。許容対応(長期許容強度)。
  - 現在適用中。
- JEC-127-1979
  - 速度圧マップ(風速マップに相当)による，地域別の最大瞬間風速設計。降伏点対応(短期許容強度)。
  - 現在適用中。
- 動的風応答解析
  - 鉄塔・電線連成系モデルの風応答解析。最も詳細な評価。
- JEC-127-201X? (次期JEC)
  - 風向別基本風速マップ (大規模地形の増速考慮)
  - 小地形増速率(数km単位の地形)
  - ガスト影響係数法(動的効果考慮)
  - 72風向別設計

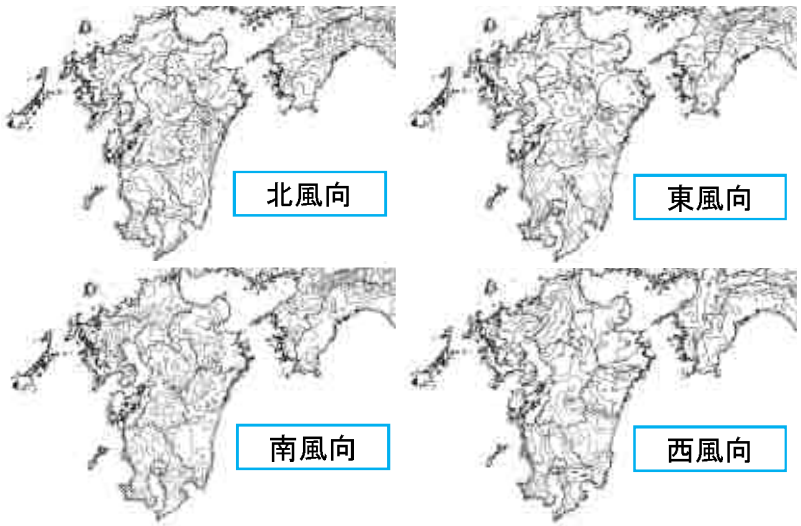
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

建築の基本風速マップ （ 建築物荷重指針(2004) ）



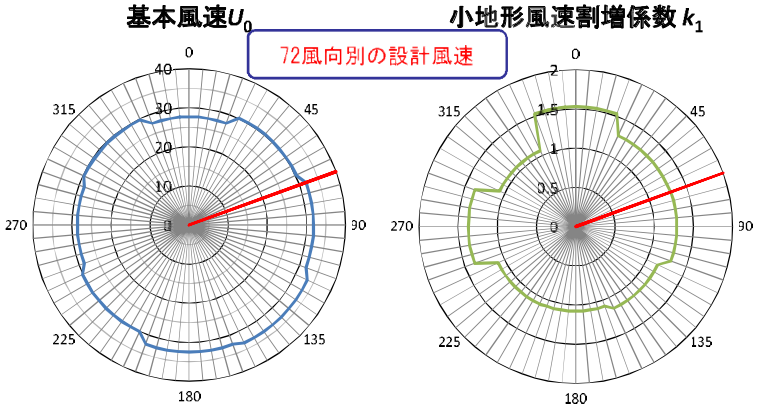
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

次期JECの風向別基本風速マップ



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

現在と次期JEC設計の考え方の相違



現在は静的風荷重で設計 → 風荷重は，構造物（鉄塔）の動的応答特性を考慮した等価静的荷重により算定

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業株式会社

3. 地震荷重

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

送電用鉄塔の耐震設計

- 兵庫県南部地震以前
  - 観測地震波(El Centro，Taft等)は300gal程度まで
  - 鉄塔は強度に比べて軽く，地震時の慣性力は相対的に小さく，耐風設計(JEC)を適用すれば耐震設計は不要という考え
- 兵庫県南部地震以降
  - 800galを越える地震波の観測
  - 耐風設計済みの一般鉄塔モデルに兵庫県南部地震クラスの時刻歴応答解析を実施し，安全であることを確認(耐震設計は不要)
  - 鉄塔の普通ボルトが大振幅時に滑る減衰効果の研究実施

	小振幅	大振幅
山形鋼鉄塔	2%	5%
鋼管鉄塔	1%	2%

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

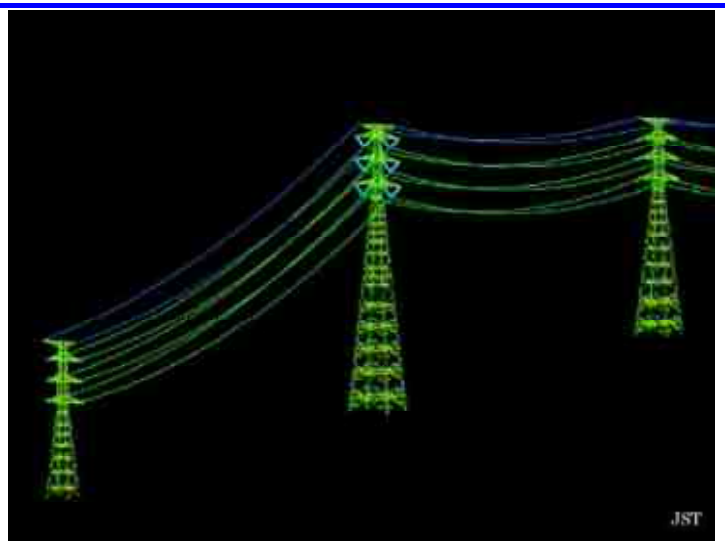
送電用鉄塔の耐震設計

- 東北地方太平洋沖地震以降
  - 800galを大きく超える地震波の観測
  - 福島第一原子力発電所の被害
  - 原子力発電所設備の鉄塔も耐震評価の対象に
- 原子力規制委員会による耐震計算審査
  - 川内原子力発電所　基準地震動を540gal→620galへ引き上げ
  - 玄海原子力発電所　基準地震動を540gal→620galへ引き上げ(審査継続)
  - 基準地震動は解放基盤表面に入力され，各設備の基礎までの地盤を伝達する中で増幅

「解放基盤表面」とは，基準地震動を策定するために，基盤面上の表層や構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって著しい高低差がなく，ほぼ水平で相当な拡がりを持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう「基盤」とは，概ねせん断波速度Vs=700m/s以上の硬質地盤であって，著しい風化を受けていないものとする。
【発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針平成18年9月19日原子力安全委員会決定】解説より

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

地震時の時刻歴応答解析の例



地震時の変形図(10倍)

日本鉄塔工業株式会社

4. 雪氷

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

ギャロッピング振動

電線への着氷

電線のギャロッピング振動

出典:菊池 他, 送電設備の着氷雪対策, 日本雪氷学会誌, 68巻5号, 2006年9月, pp457-466

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

ギャロッピング振動

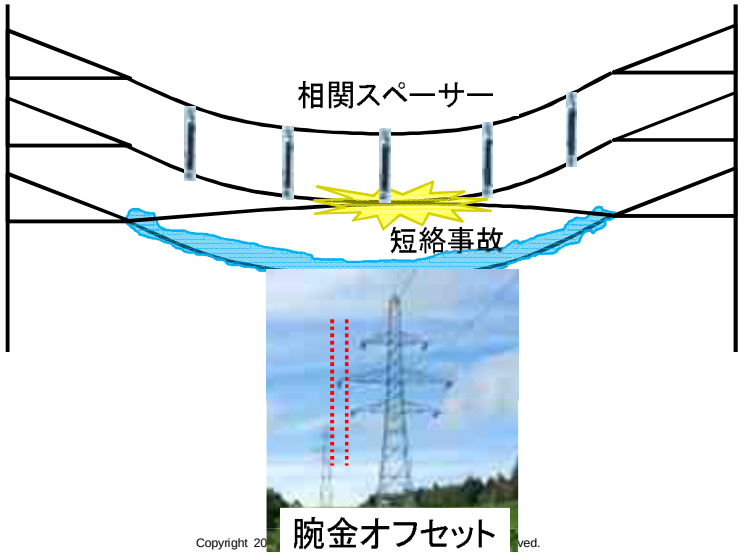
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

ギャロッピング振動対策

電線把持部を回転できるようにし，付着する雪や氷の向きを不均一にして，意図的に揚力をランダムにさせてギャロッピングを抑制

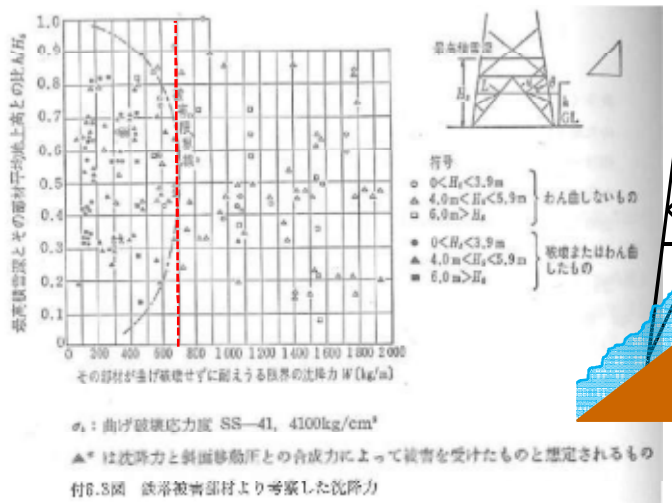
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

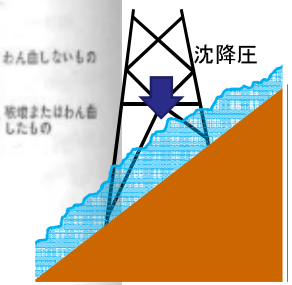
スリートジャンプ



Copyright 20 ved.

積雪沈降圧





Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

積雪移動圧

ヘフリーの雪圧式

$$S_N = \gamma \cdot \frac{H^2}{2} \cdot K \cdot N(t/m)$$

γ:積雪密度(t/m^3)　K:クリープ係数(表1)

H:設計積雪深(m)　N:グライド係数(表2)

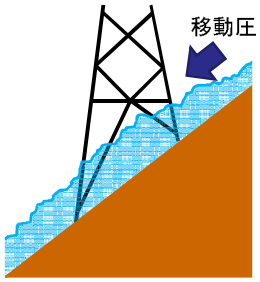


表1 クリープ係数K

積雪密度：γ	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6
k/sin φ	0.70	0.76	0.83	0.92	1.05

γ：斜面の傾斜角

表2 グライド係数N

	グライド係数（N）の値	
基 盤 の 状 態	N 北向斜面	N 南向斜面
Ⅰ 平行（30cm以上）の斜面、大部の凹凸斜面	1.2	1.3
Ⅱ 腕（30cm以下）の斜面、大1m以上のかん木地、50cm以上の凹凸地面	1.4	1.5
Ⅲ 小さいかん木地、50cm以下の凹凸地面、草地	2.0	2.4
Ⅳ 平面、相撃、葉の長い草地風地	2.6	3.2

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

霧氷

霧氷：氷点下の霧のとき，樹木や露出した地物につく白色または半透明の氷。寒地や冬山でみられ，水蒸気の昇華によって生じる樹霜，過冷却した霧粒によってできる樹氷，気温が−2〜−10℃の間で過冷却の霧粒が地物に吹きつけられてできる粗氷の 3種がある。

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業株式会社

5. 不同変位

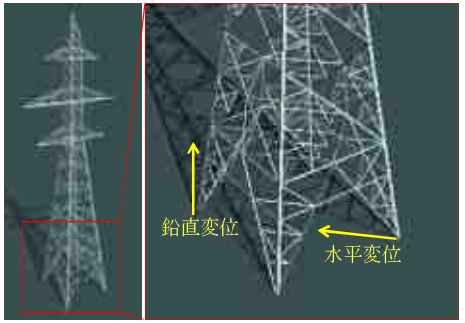
（維持メンテナンス）

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

不同変位

- 地盤沈下や地滑りにより基礎が移動
- 鉄塔部材に過大な応力発生

地滑り



基礎の強制変位

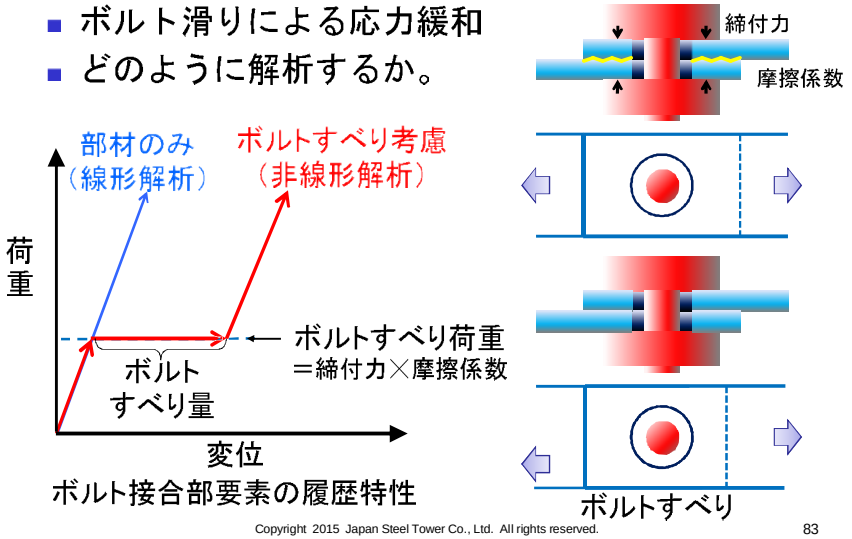
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

不同変位による被害

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

ボルト滑りを考慮した不同変位解析

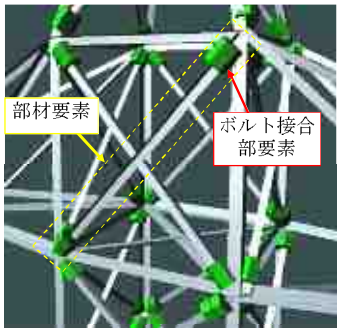
- ボルト滑りによる応力緩和
- どのように解析するか。



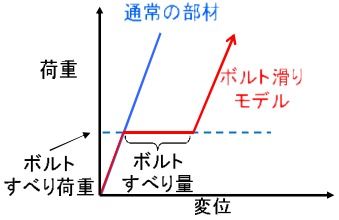
ボルト接合部要素の履歴特性

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

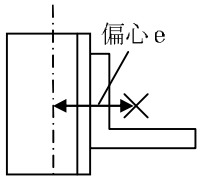
ボルト滑りモデル



部材要素および
ボルト接合部要素



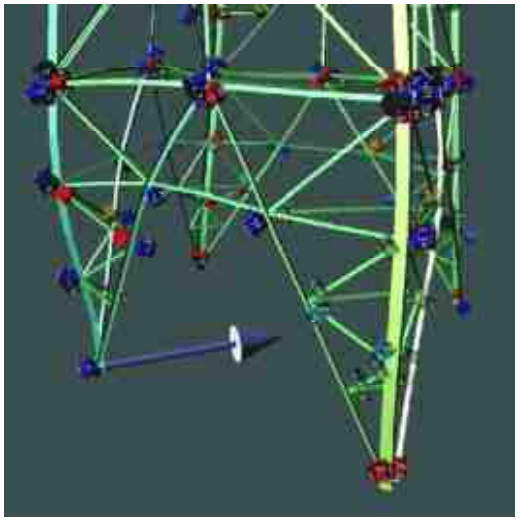
ボルト接合部要素の
履歴特性



接合部偏心

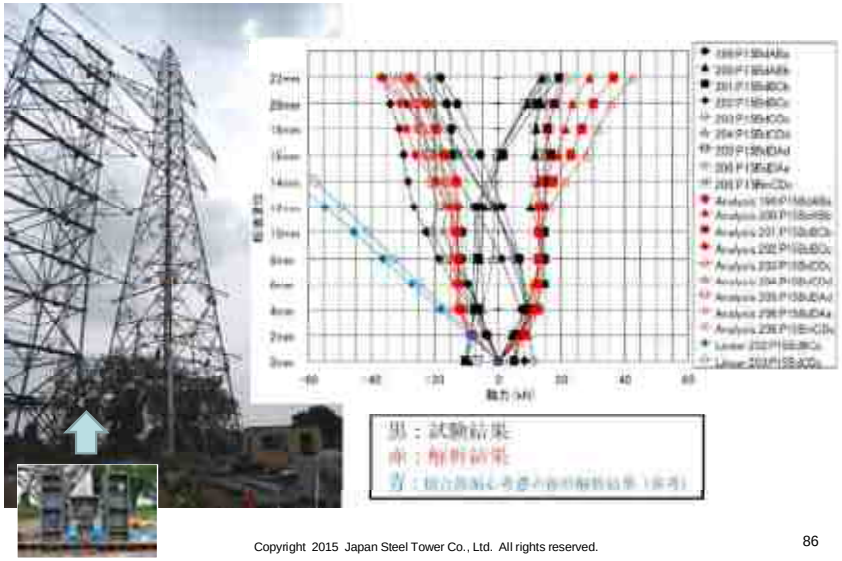
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

不同変位の強制変位解析



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

不同変位解析と実験との比較



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業株式会社

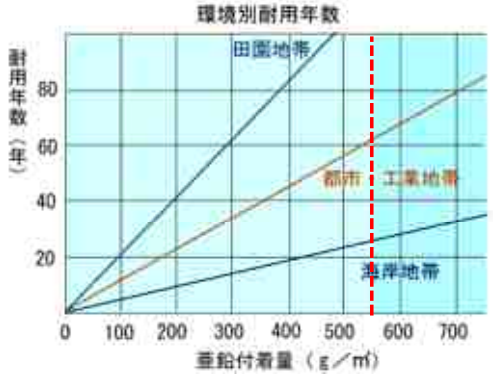
6. 経年による腐食とその対策について

（維持メンテナンス）

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

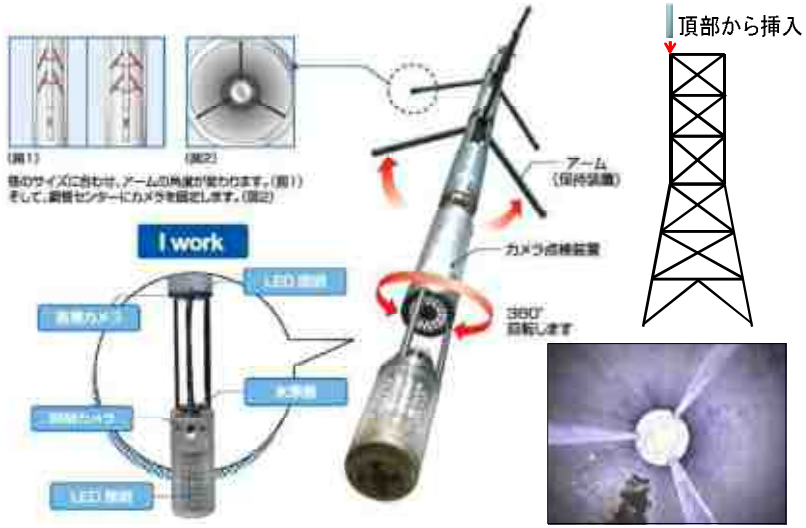
溶融亜鉛めっきの耐用年数

- 通常の送電用鉄塔は溶融亜鉛めっき鋼材を使用
- 経年により想定耐用年数を超過
- 建設地周辺の環境が大きく影響



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

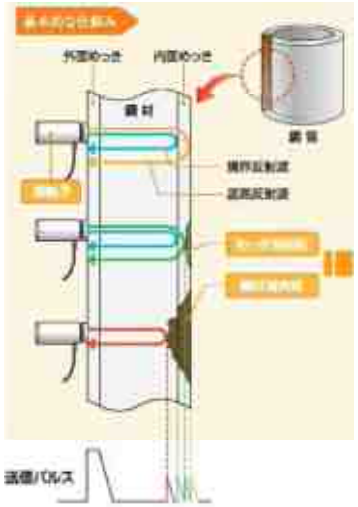
鋼管内面カメラ点検

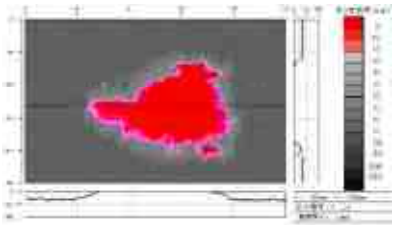


点検画像例

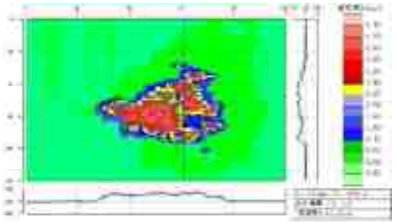
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

鋼管内面超音波診断





内面めっき膜厚測定結果



鋼管厚さ測定結果

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

鋼管内面部分ジンク補修

（除錆装置）

（塗装装置）

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

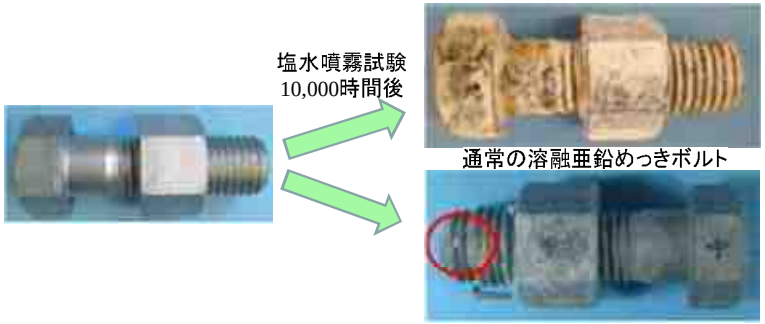
鋼管内面部分ジンク補修

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

高耐食性ボルト（NT-DECボルト）

■ボルトとナットは他部材に比べてめっき厚さが薄い。
ボルト・ナット　HDZ35（350g/㎡以上）
その他部材　HDZ55（550g/㎡以上）

■ボルトとナットが先行して腐食し始める。



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

腐食部材強度の数値解析

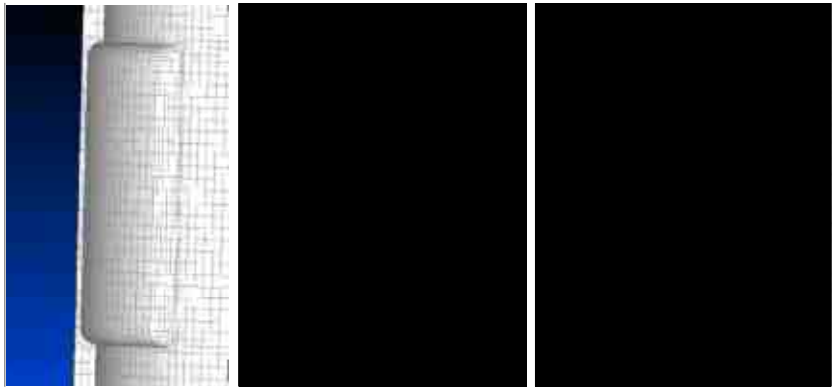
- 有限要素モデル
  ソリッド要素
- 解析方法
  大変形および材料塑性を考慮した複合非線形解析

開孔部メッシュ
・厚さ方向3分割
・要素長1.8mm以下

解析モデル例

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

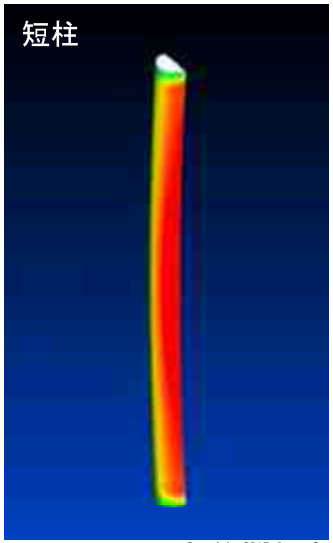
断面欠損部材のモデル

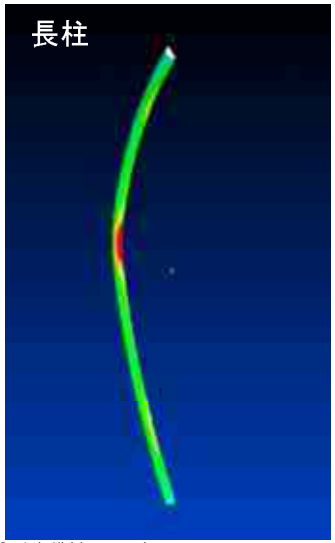


減厚①（矩形）　減厚②（すり鉢）　開孔モデル

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

健全体の短柱と長柱の解析

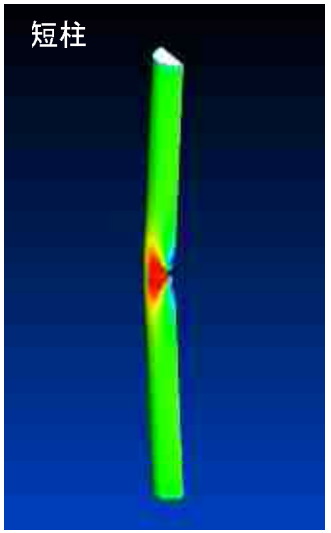




Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

97

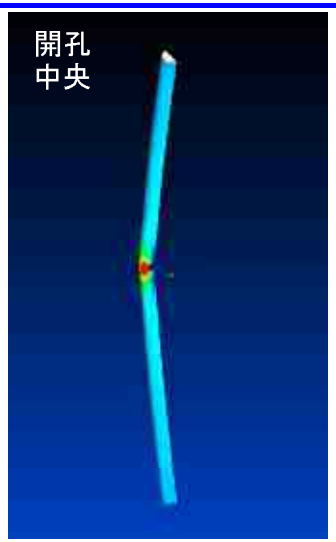
開孔モデルの短柱と長柱の解析

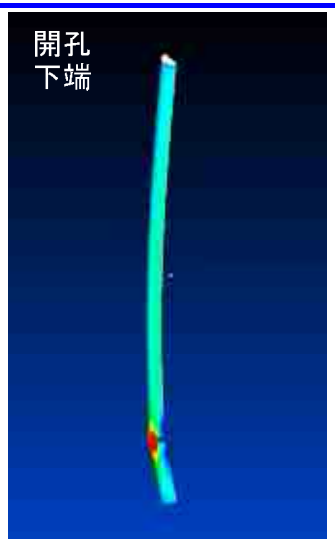


Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

98

開孔位置の異なるモデルの解析





Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

99

試験体 開孔部

欠損率α=10%　欠損率α=20%　欠損率α=30%

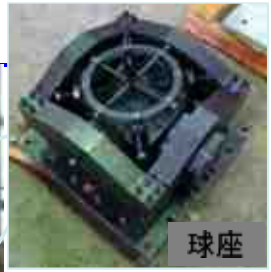
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

100

試験機および試験体設置状況

3000kN 長柱試験機

試験体設置状況

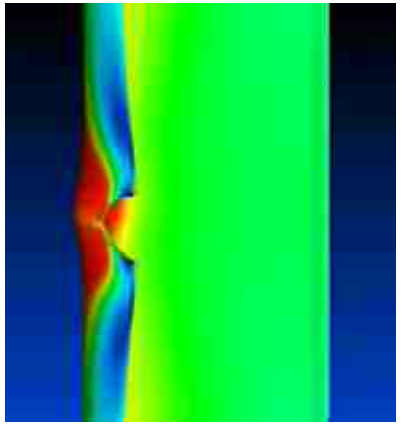


歪みゲージ
貼付状況

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

試験結果と解析結果の比較

試験結果



解析結果

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

日本鉄塔工業株式会社

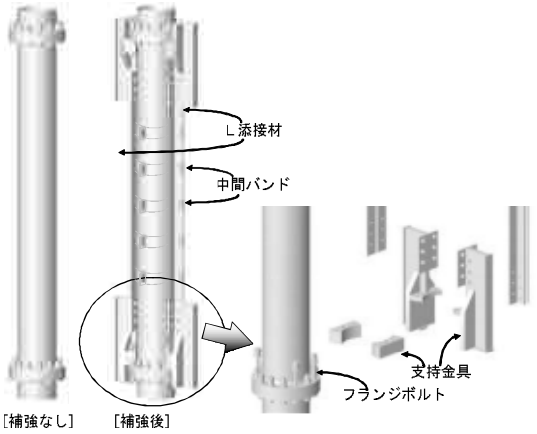
7. 部材の補強，取替

（維持メンテナンス）

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

主柱材L添接材工法

施工状況



取付部材

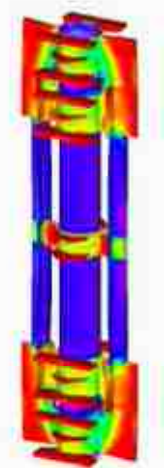
Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

L添接材工法の検証

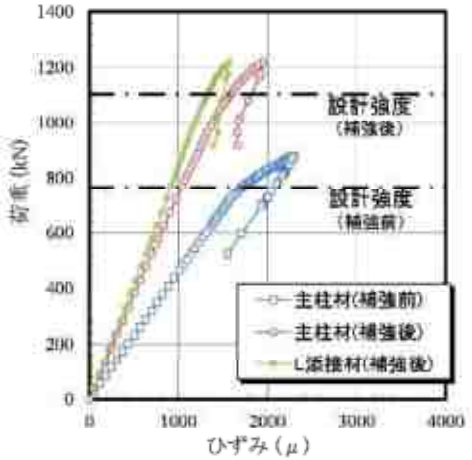
荷重載荷試験

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

L添接材工法の検証



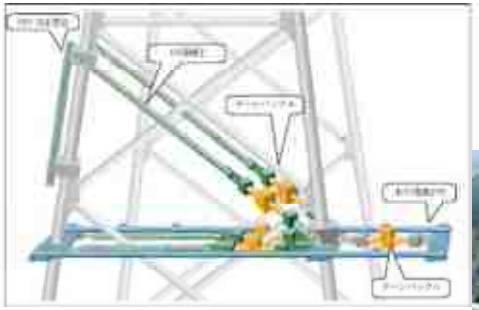
解析モデル



荷重ーひずみ曲線

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

鉄塔腹材取替工法

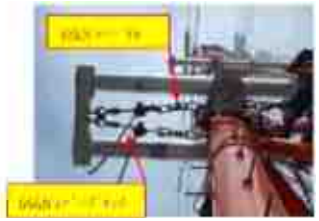


治具補強イメージ
（ギヤターンバックル方式）

治具取り付け状況

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

不同変位への適用例



Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

不同変位への適用例

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.

ご清聴ありがとうございました。

Copyright 2015 Japan Steel Tower Co., Ltd. All rights reserved.