中部電力グループ

AIKIN

AICHI KINZOKU KOGYO CO.,LTD

インフラ保全と
鉄構・架台設計システム

インフラ保全（鋼構造設備の腐食診断）

劣化度調査・診断，残存強度の算出から改修検討までのワンストップサービスをご提案します。

|鉄の腐食|

鉄を代表とする金属は，地球上には酸化物，硫黄化合物などの化合物として存在しています。我々が接する鉄は，鉄鉱石を還元して得られているため，熱力学的に不安定な状態であり，常に元の安定した化合物の状態へ戻ろうとしています。

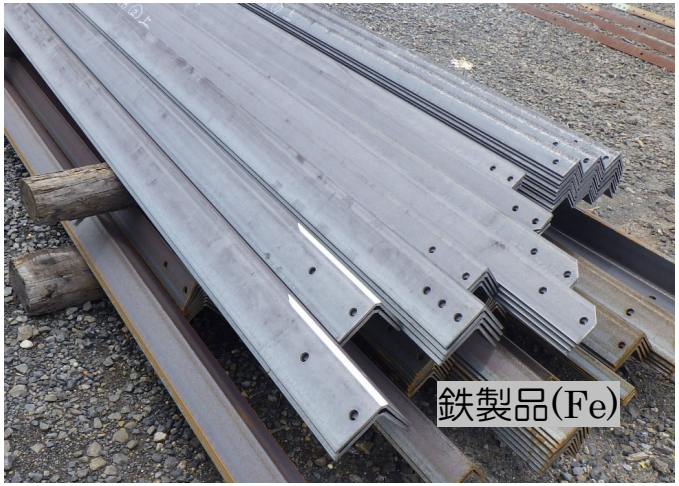
このように，金属が環境と化学的あるいは電気化学反応によって表面から減耗していく現象を腐食といいます。

安定状態（自然界に存在）

鉄だけを取り出す

製錬
製鋼

不安定状態（自然界には存在しない）



化学反応により大気中では安定した酸化物へ戻ろうとする(錆びる)

【主な腐食促進要因】

◇海塩粒子…高濃度なCl^-を含む電解質を形成　◇煤煙…排煙に含まれるSO_4^{2-}，NO^{3-}が強酸性電解質を形成

◇火山性ガス…主成分である水分とSO^{2-}が酸性雰囲気を形成　◇霧…部材表面のぬれ時間が長くなることで腐食反応の促進　◇異種金属接触…自然電位の異なる金属が接触することで電位差が生じて腐食反応が促進

インフラ保全（鋼構造設備の腐食診断）

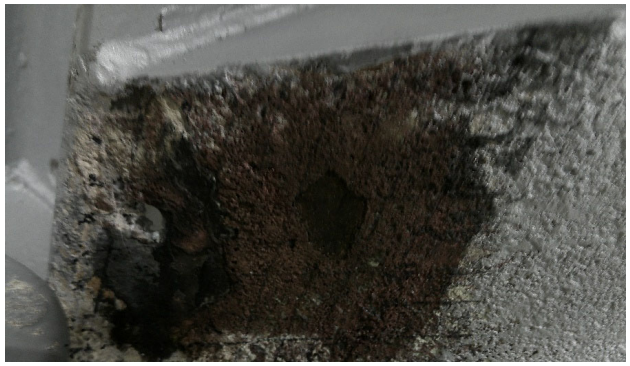
劣化度調査・診断、残存強度の算出から改修検討までのワンストップサービスをご提案します。

|劣化度調査|

鋼構造設備のさびは外観を損なうだけでなく、機材の信頼性や装置の安全性を低下させ、ときには災害を誘発したり、人体に悪影響を与えることもあります。

安全性の指標となる鋼材の強度は、引張力・圧縮力に対しては断面積、曲げモーメントに対しては断面係数に起因して強度が増減します。つまり、腐食による強度的な影響を確認するためには、腐食量を調査し、部材の残存性能を把握する必要があります。

【定性的調査】　外観観察

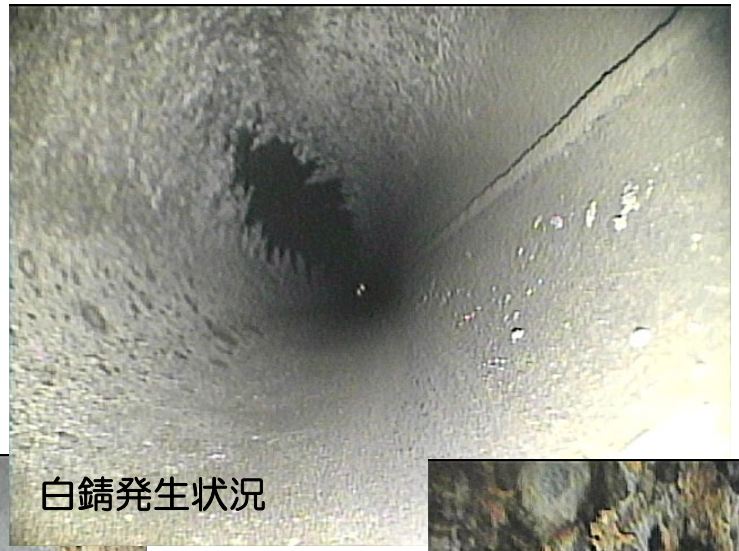


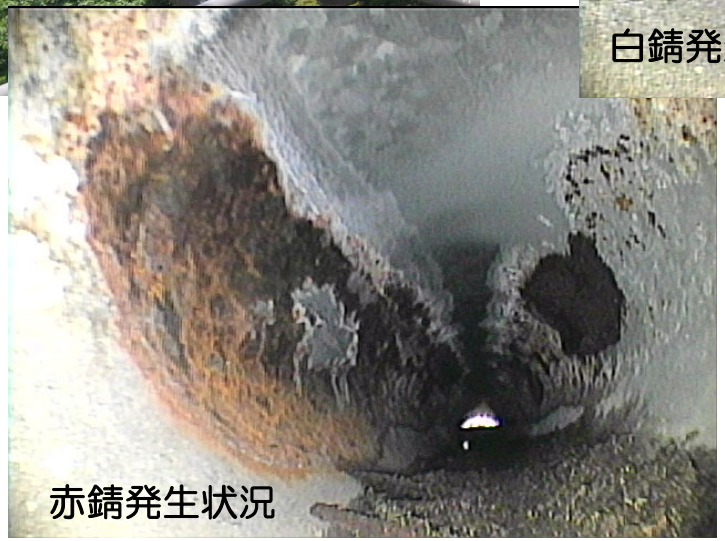
インフラ保全（鋼構造設備の腐食診断）

劣化度調査・診断，残存強度の算出から改修検討までのワンストップサービスをご提案します。

|劣化度調査|

内視鏡点検　腐食の状況(色，表面の凹凸など)で劣化状況を推定します。


白錆発生状況


赤錆発生状況

著しい赤錆

AIKIN
AICHI KINZOKU KOGYO CO.,LTD

中部電力グループ

インフラ保全（鋼構造設備の腐食診断）

劣化度調査・診断，残存強度の算出から改修検討までのワンストップサービスをご提案します。

|劣化度調査|

【定量的調査】

超音波厚さ計による板厚測定

デプスゲージによる腐食による凹み量の測定

キャリパーゲージによる板厚測定

隙間ゲージ　腐食により出来た隙間量の測定

一般的な残存板厚測定としてはこれらの手法があげられ、現地の設備環境や劣化状況から最適手法を選定し実施します。

愛知金属工業株式会社

インフラ保全（鋼構造設備の腐食診断）

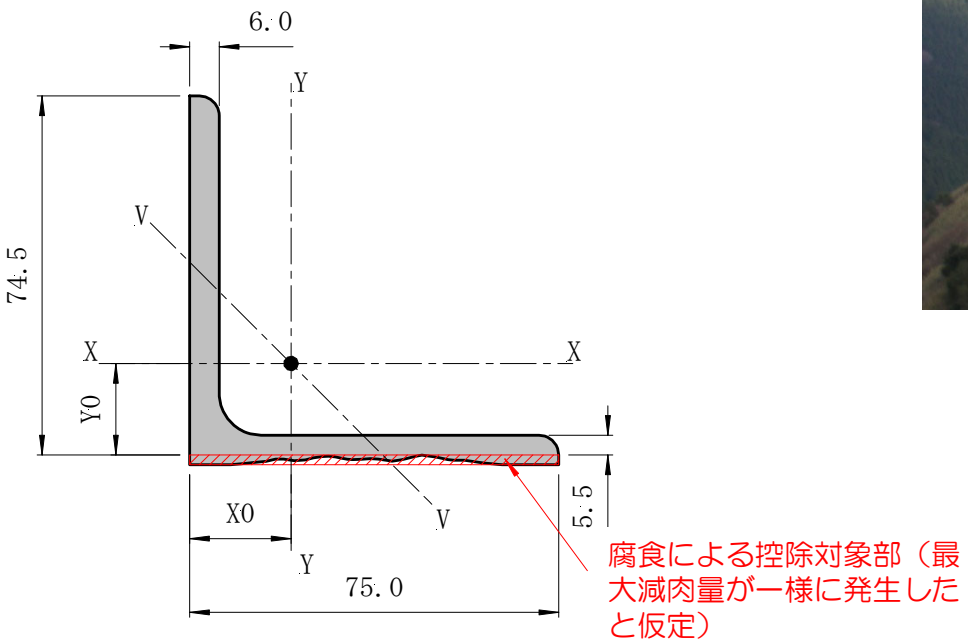
劣化度調査・診断，残存強度の算出から改修検討までのワンストップサービスをご提案します。

|残存強度の算出|

劣化度調査において減耗が確認された場合には，腐食状況に応じた部材の残存断面性能を導き，その断面性能を鉄塔基本設計値に反映して，部材の裕度を確認します。

なお，算出する断面は腐食により複雑な形状となっていることが多く，場合によっては局部的な腐食部位に応力集中し，著しく強度が低下することも考えられるため，測定された減肉量が片フランジ面に一様に発生していると仮定した安全側の断面性能にて残存強度を評価しています。

【L75×6の片フランジ面が0.5mm腐食した場合の断面性能】



断面性能への影響

	健全断面	腐食断面	欠損率
断面積 (cm^2)	8.727	8.352	4.3%
断面係数 (cm^3)	8.47	7.83	7.6%

インフラ保全（鋼構造設備の腐食診断）

劣化度調査・診断，残存強度の算出から改修検討までのワンストップサービスをご提案します。

|腐食による強度低下|

【腐食による部材強度への影響】

(1)断面積減少による引張強度の低下

部材本来の引張強度が保てなくなっており、部材が破断する。

(2)断面積減少による圧縮強度の低下

部材本来の圧縮強度が保てなくなっており、座屈破壊を起こす。

(3)板厚減少によるボルト支圧強度の低下

支圧強度が低下し、ボルト穴から部材が破断する。

(4)重心移動による座屈強度の低下

回転半径が変わり、断面積の減少と合わせて圧縮強度が下がってしまう。

※ 腐食欠損部応力集中により部材耐力が著しく低下することも！

台風などの悪条件により、部材への負荷が設計最大応力へ近づくと破壊する可能性があります。一箇所、破壊が起きてしまうと、その影響で他の部材の応力が増加し、健全な部材も損傷してしまう可能性があります。

そうならない為にも、
早期の発見と対策を取ることが重要です。

インフラ保全（鋼構造設備の腐食診断）

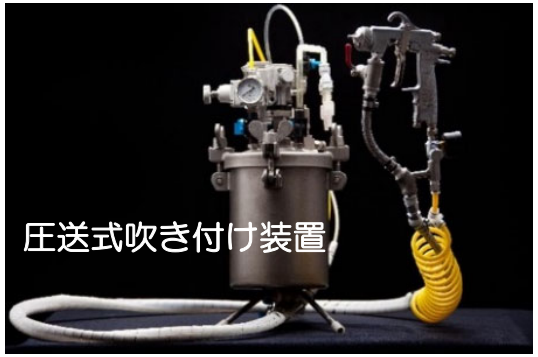
劣化度調査・診断，残存強度の算出から改修検討までのワンストップサービスをご提案します。

|改修方法のご提案|

腐食部材の劣化度合い，載荷応力，設備環境などを総合的に鑑みて，部材取替や部材補強、片側停電で建替えが可能な当社独自の「**2脚1/2面包み込み鉄塔建替工法**」などの大規模改修から、シリコーン塗料「fQcoon」による塗装補修まで、最適な改修方法をご提案いたします。

fQcoon

シリコーン塗料による吹付塗装



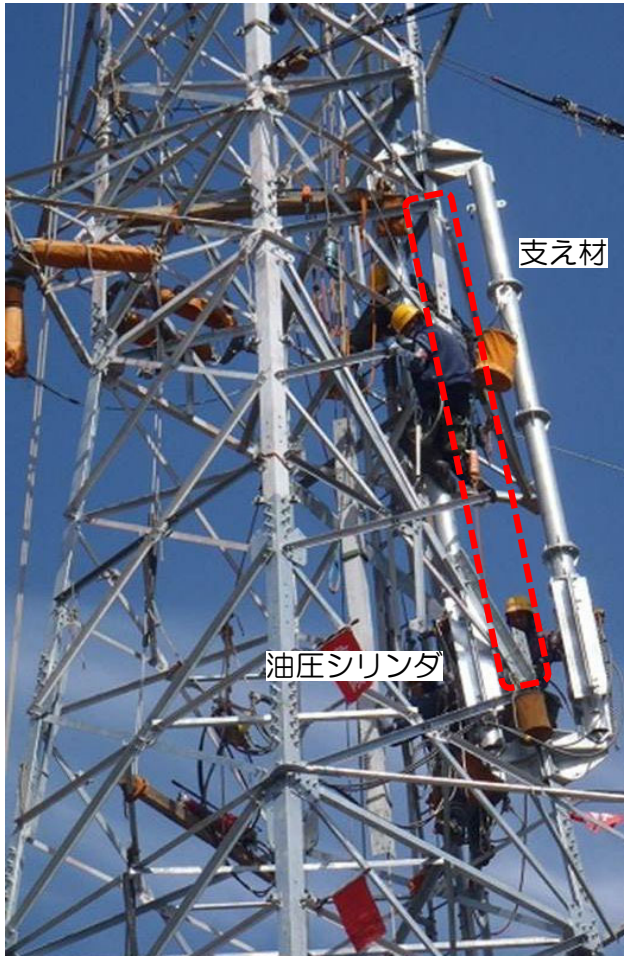
電源が無くても塗装可能

インフラ保全（鋼構造設備の腐食診断）

劣化度調査・診断，残存強度の算出から改修検討までのワンストップサービスをご提案します。

|改修方法のご提案|

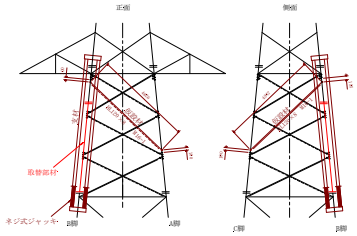
減肉により強度不足となった主柱材も取替えることは可能です。

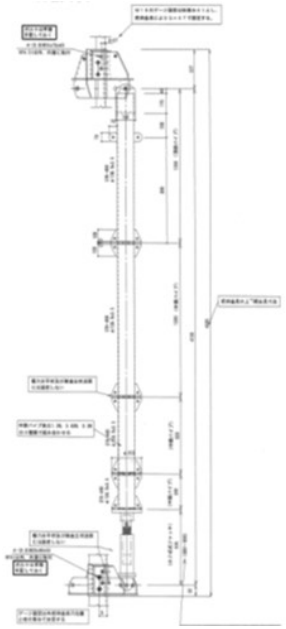


主柱材取替工法は，把持金具・支え材・伸縮装置で構成された主柱材支え治具により、主柱材軸力を伸縮装置の調整で治具へ移し替え、無負荷となった主柱材を取り替える工法です。

【部材取替手順】

①仮設材取付用の現場穴加工
②仮設腹材の取付け
③主柱材支え治具の取付け
④伸縮装置を調整し主柱材軸力を治具へ伝播
⑤主柱材に接続された腹材ボルトを取外す
⑥伸縮装置の調整により、ジョイントボルトを緩める
⑦取替主柱材を取外す
⑧新設主柱材、腹材を取付け
⑨伸縮装置の荷重を除荷
⑩主柱材、腹材ボルトの本締め
⑪仮設材を撤去して作業終了





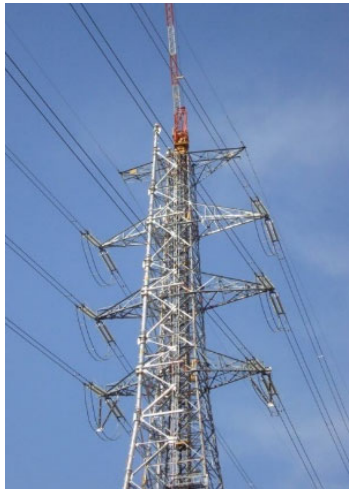
◆ 施工期間：1～3日/本
◆ 支え材：φ139.8×3.5，φ165.2×5.5
◆ 伸縮装置：ねじジャッキ，油圧シリンダ
◆ 適用範囲：ねじジャッキ 圧縮軸力150kN
油圧シリンダ 圧縮軸力350kN
（引張軸力は圧縮の50%）

インフラ保全（鋼構造設備の腐食診断）

劣化度調査・診断，残存強度の算出から改修検討までのワンストップサービスをご提案します。

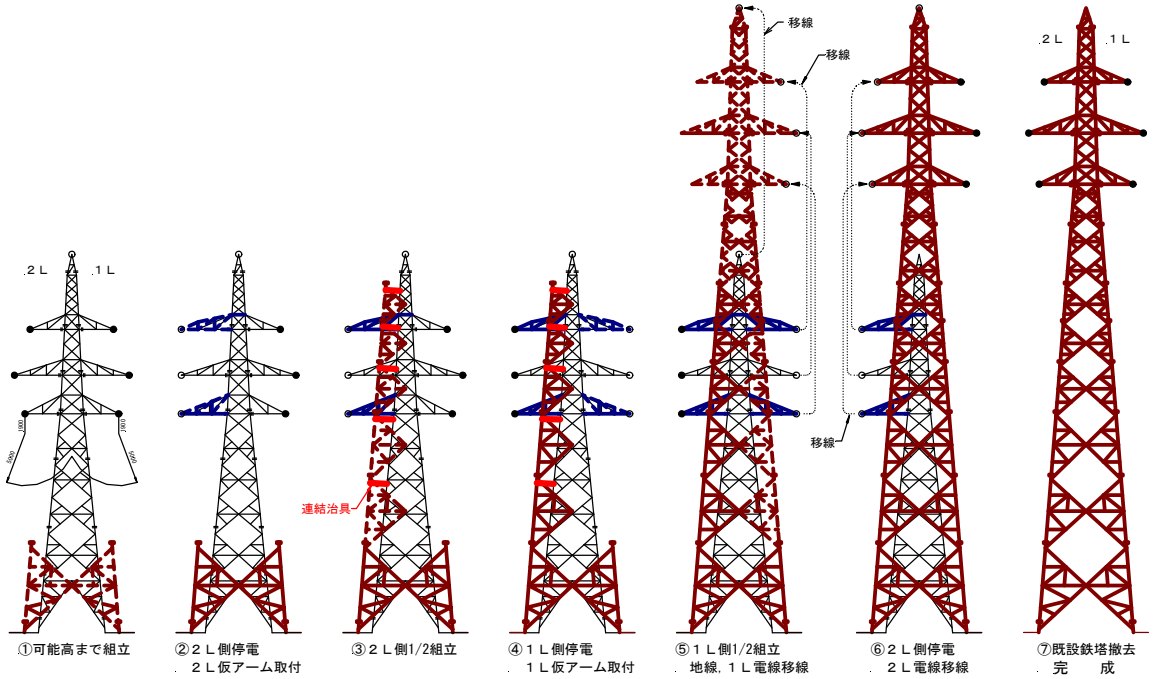
|改修方法のご提案|

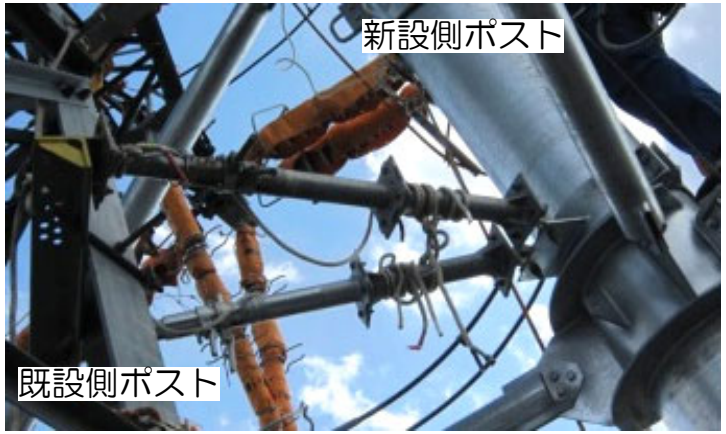
環境が厳しく、鉄塔全体の建替えが必要な場合も、**2脚1/2面包み込み鉄塔建替え工法**を使用すれば、**片側停電で高上げ建て替えが可能です。（中部電力様・関西電力様・中国電力様にて採用実績あり）**



【連結治具】

2脚1/2面組立時に新設鉄塔の倒れ込みを防止する治具です。載荷荷重に合わせ，2kN用（ねじ切りロッドタイプ）と4kN用（パイプサポートタイプ）の2種類から選定します。





連結治具設置状況

AIKIN

AICHI KINZOKU KOGYO CO.,LTD

変電所鉄構・機器架台設計システム

AIKIN
AICHI KINZOKU KOGYO CO.,LTD

中部電力グループ

鉄構・機器架台

鉄構・架台完成までの流れ

全て当社で一括対応可能

①強度設計

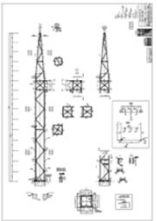
設計条件に基づき、塔体のパネル割り等を決定し、形状に基づいて部材サイズ・ボルト本数を算出するための強度設計を実施します。高温季・低温季・着雪時・地震時の各適用条件について設計する必要があります。

設計が完了すると・・・

②製作

設計結果に基づいた製作図面を作成し、原寸データから加工データを作成し、実際のものづくりを行います。

製作図面作成



加工1（切断・穴あけ）

加工2（曲げ）

めっき処理

自社工場にて製作（めっきは協力会社にて対応）

③建て方工事

アンカーセットから建て方まで対応可能（基礎工事は除きます）

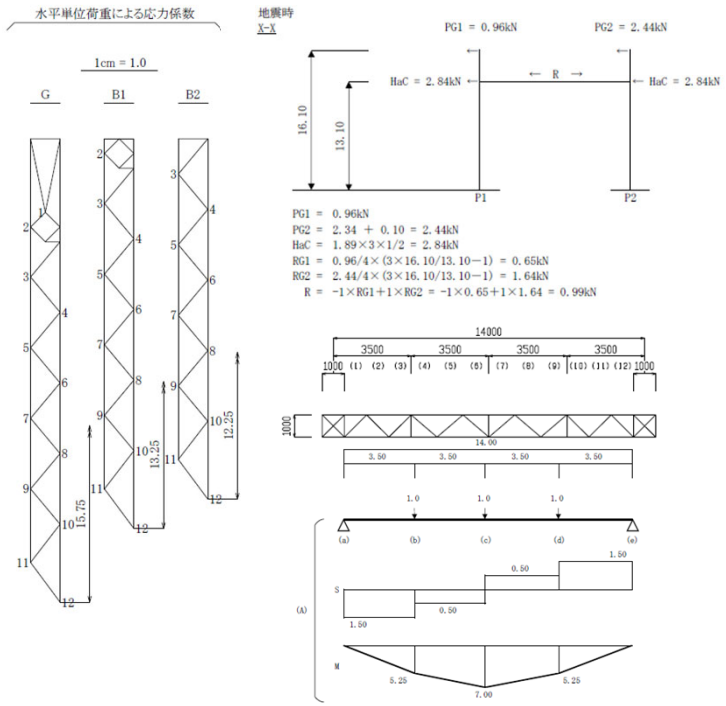
愛知金属工業株式会社

鉄構

強度設計手法の紹介

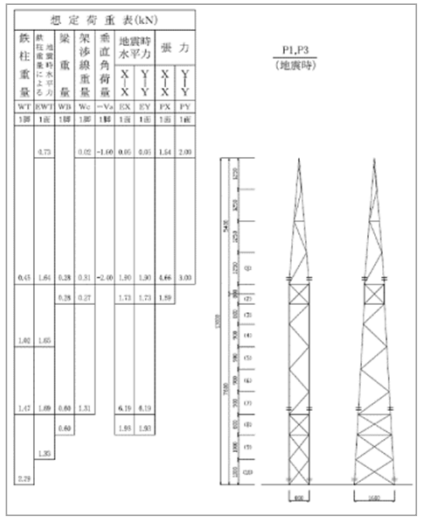
手計算（慣用手法）による設計からFEMによる設計まで対応。

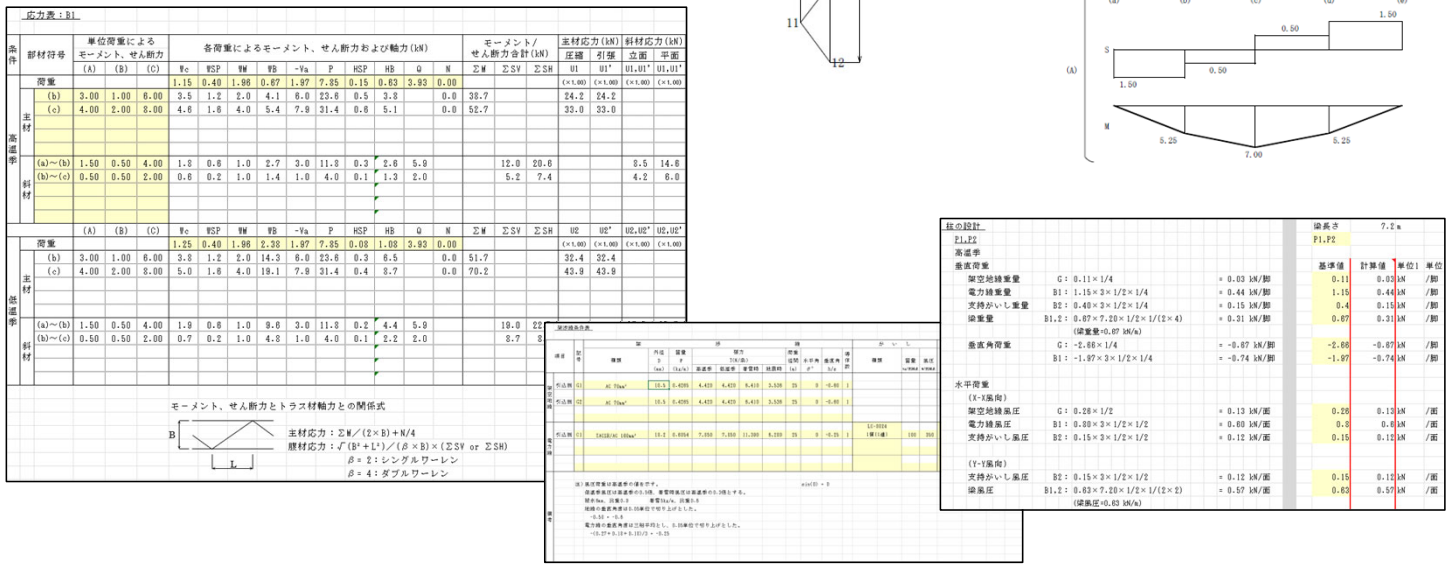
基礎根開き寸法と梁高さから基本形状をご提案。
根入れ方式、アンカーボルト方式に対応。
根入れ方式は基礎を浅くする浅基礎構造（特許共同出願）も可能です。



手計算設計ツール

柱と梁はピン構造とし、クレモナにより設計を行う。データ入力により
高温季・低温季・着雪時・地震時設計結果を出力。





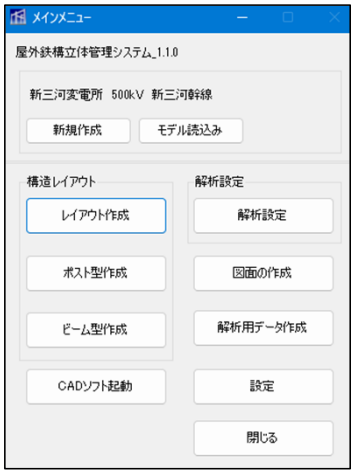
AIKIN
AICHI KINZOKU KOGYO CO.,LTD

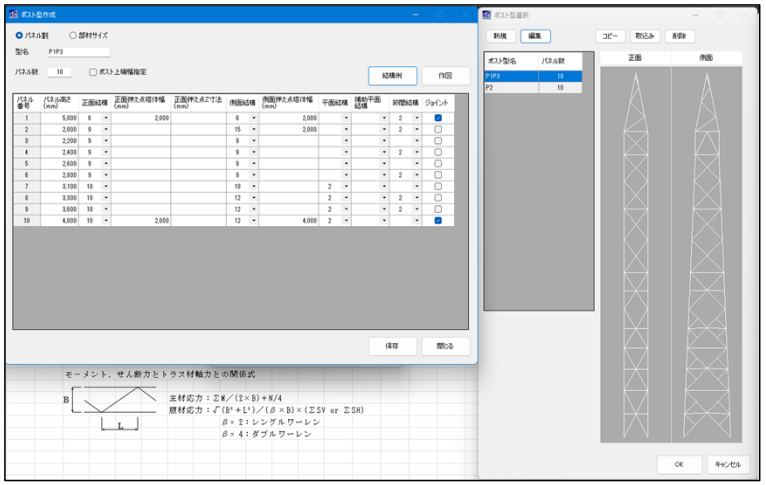
中部電力グループ

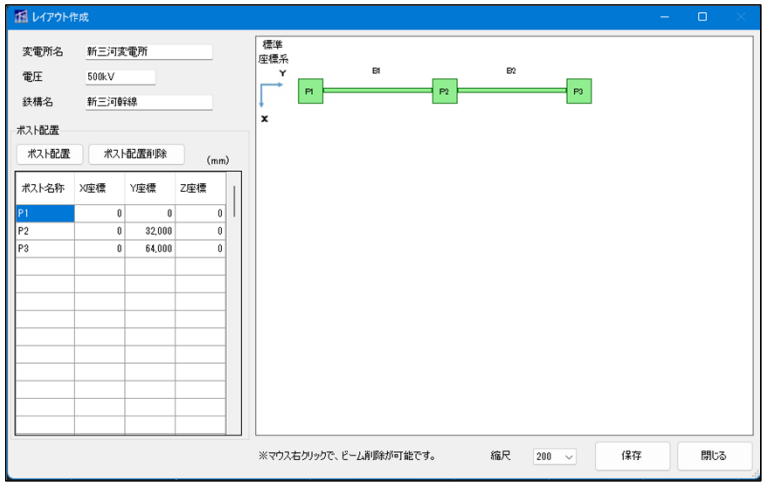
鉄構設計システム（等価ビームモデル）

等価ビーム要素を用いたFEM（有限要素法）による設計

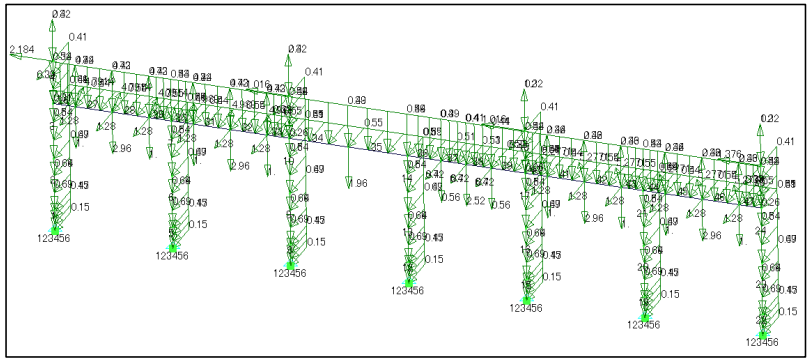
解析モデルは柱と梁は剛構造のラーメン構造としてNastranデータを自動作成。FEMにより応力を算出。
高温季・低温季・着雪時・地震時設計（地震は加速度分布水平力）に対応。

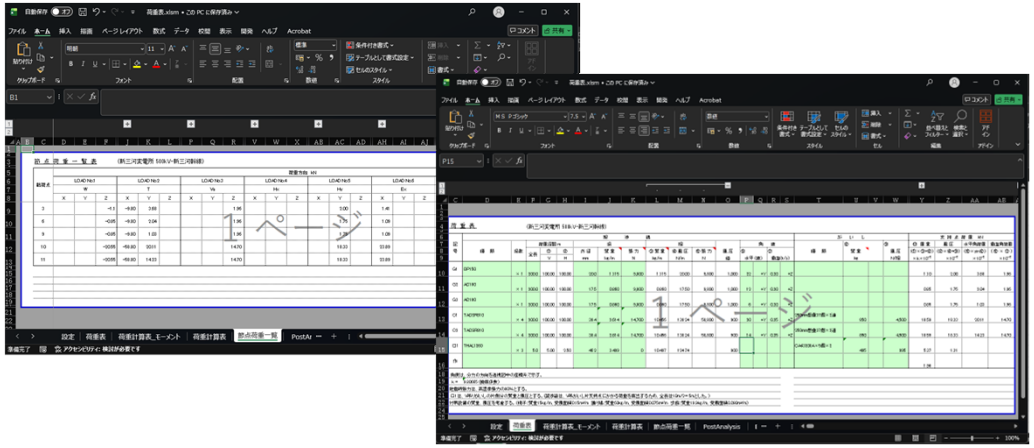






ユーザーインターフェイスにより、各種データ、パラメータを入力。
入力データをもとに、荷重表、構造図（CADデータ）、解析モデルデータ（荷重設定済）を自動作成。



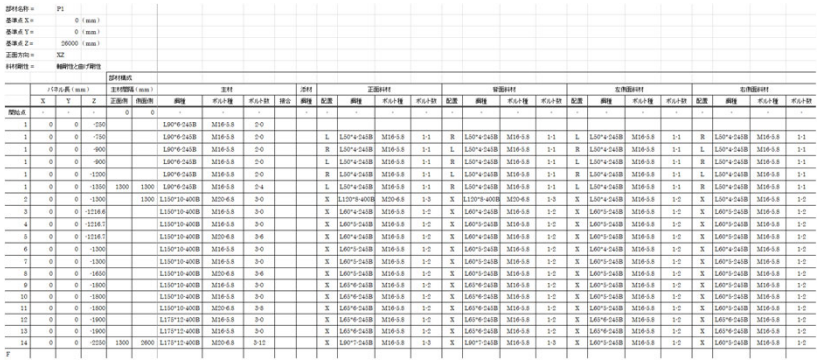


愛知金属工業株式会社

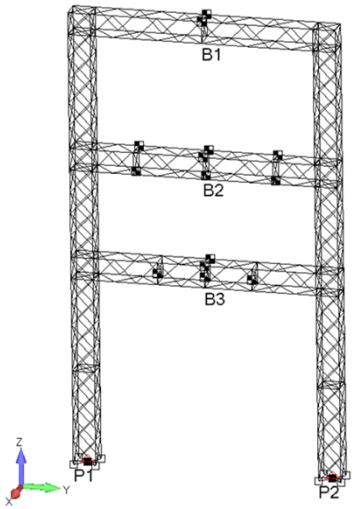
鉄構設計システム（骨組みビームモデル）

ビーム要素で構築した骨組みモデルを用いたFEMによる設計

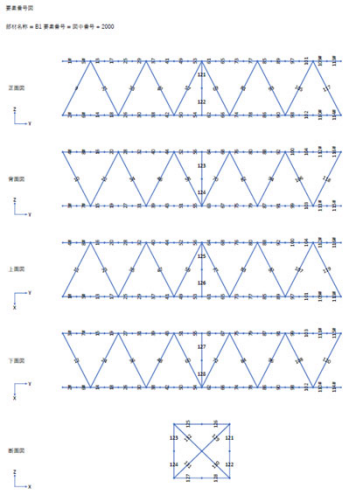
部材1本1本をモデル化し、ビーム要素により実形状をNASTRANデータで作成。FEMにより応力を算出。
高温季・低温季・着雪時・地震時設計（地震は加速度分布水平力、スペクトル応答解析、時刻歴応答解析の3種類）に対応。



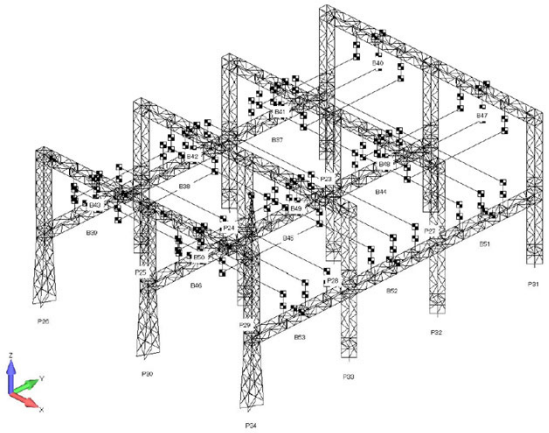
各種データ、パラメータを入力



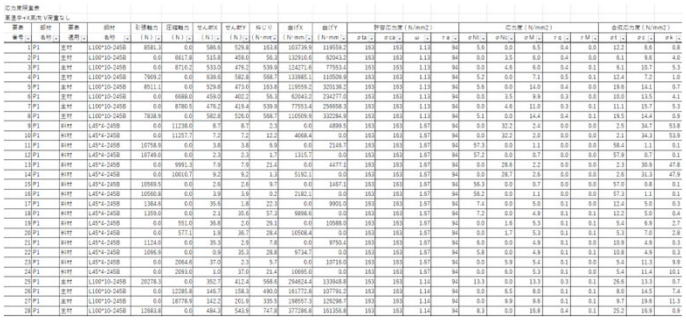
骨組みモデルデータ自動作成



要素番号図



区画全体の一体モデルも対応可能
（柱・梁本数に制限なし）



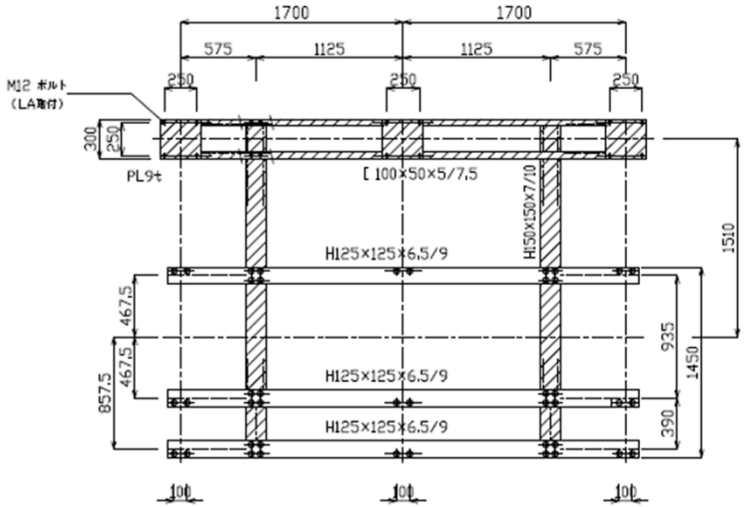
応力照査表

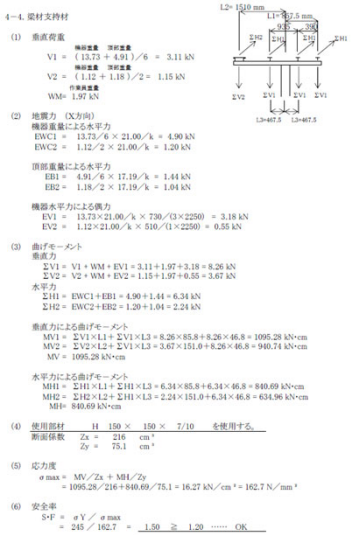
エクセルベースのインターフェイスにより、各種データ、パラメータを入力。入力データをもとに、要素番号図、応力照査表、解析モデルデータ（荷重設定済）を自動作成。

機器架台

手計算設計ツール

エクセルベースのユーザーインターフェイスに各種パラメータ入力後、断面力により設計を行う。地震時設計に対応。





4−4. 梁材支持材

(1) 垂直荷重

機器荷重　浮遊荷重

V1 = （13.73 + 4.91）/6 = 3.11 kN

機器荷重　浮遊荷重

V2 = （1.12 + 1.18）/2 = 1.15 kN

作業員荷重

WM= 1.97 kN

(2) 地震力 （X方向）

機器重量による水平力

EWC1 = 13.73／6 × 21.00／k = 4.90 kN

EWC2 = 1.12／2 × 21.00／k = 1.20 kN

頂部重量による水平力

EB1 = 4.91／6 × 17.19／k = 1.44 kN

EB2 = 1.18／2 × 17.19／k = 1.04 kN

機器水平力による偶力

EV1 = 13.73×21.00／k × 730／(3×2250) = 3.18 kN

EV2 = 1.12×21.00／k × 510／(1×2250) = 0.55 kN

(3) 曲げモーメント

垂直力

ΣV1 = V1 + WM + EV1 = 3.11 + 1.97 + 3.18 = 8.26 kN

ΣV2 = V2 + WM + EV2 = 1.15 + 1.97 + 0.55 = 3.67 kN

水平力

ΣH1 = EWC1 + EB1 = 4.90 + 1.44 = 6.34 kN

ΣH2 = EWC2 + EB2 = 1.20 + 1.04 = 2.24 kN

垂直力による曲げモーメント

MV1 = ΣV1×L1 + ΣV1×L3 = 8.26×85.8 + 8.26×46.8 = 1095.28 kN·cm

MV2 = ΣV2×L2 + ΣV1×L3 = 3.67×151.0 + 8.26×46.8 = 940.74 kN·cm

MV = 1095.28 kN·cm

水平力による曲げモーメント

MH1 = ΣH1×L1 + ΣH1×L3 = 6.34×85.8 + 6.34×46.8 = 840.69 kN·cm

MH2 = ΣH2×L2 + ΣH1×L3 = 2.24×151.0 + 6.34×46.8 = 634.96 kN·cm

MH= 840.69 kN·cm

(4) 使用部材　H 150 × 150 × 7/10 を使用する。

断面係数　Zx = 216 cm³

Zy = 75.1 cm³

(5) 応力度

σ max = MV／Zx + MH／Zy

= 1095.28／216 + 840.69／75.1 = 16.27 kN／cm² = 162.7 N／mm²

(6) 安全率

S·F = σY／σ max

= 245／162.7 = 1.50 ≧ 1.20 …… OK

L2= 1510 mm

L1= 857.5 mm

935

390

ΣH2

ΣV2

ΣV1

ΣV1

ΣV1

ΣV1

ΣH1

L3=467.5

L3=467.5

5. 基礎部の設計

(1) 基礎応力

曲げモーメント　M = 6141.72 kN·cm

軸力（N = V−W_M）　N = 13.86 kN

(2) ボルト1本当りの引抜力

P = (2×M − N×B)／(n×B)

= (2×6141.72 − 13.86×40.0)／(6×40.0) = 48.87 kN = 48870 N

(3) アンカーボルトの検討

a 使用ボルト　M24−8本 (SS 400)

b 引張強度　（許容引張応力度 ft = 156 N/mm²）

T = A×ft×1.5　（A = 引張対象断面積 cm²）

= 3.597×156×100×1.5 = 84169 N

安全率 SF = 84169 ／ 48870

= 1.72 ≧ 1.20 …… OK

c 付着強度　（許容付着応力度 fa = 8.4 kg/cm²）

P = π×D×L×fa×k×1.5　ボルト径D = 2.4 cm, k = 9.80665

= 3.1416×2.4×77.1×8.4×k×1.5 = 71830 N

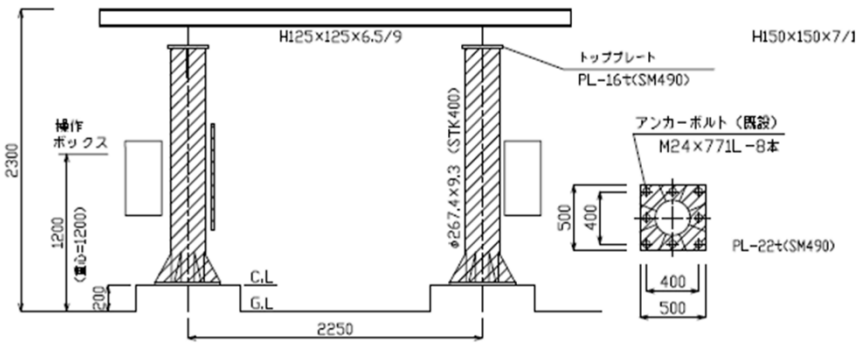
安全率 SF = 71830 ／ 48870

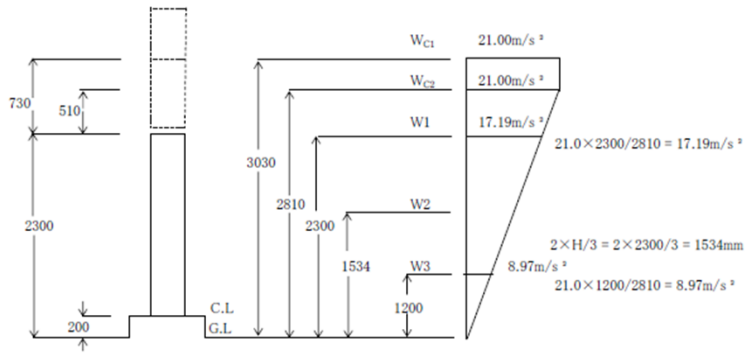
= 1.46 ≧ 1.20 …… OK

B= 400 mm

B= 400 mm

M24×771L − 8本 (SS400)
アンカーボルト





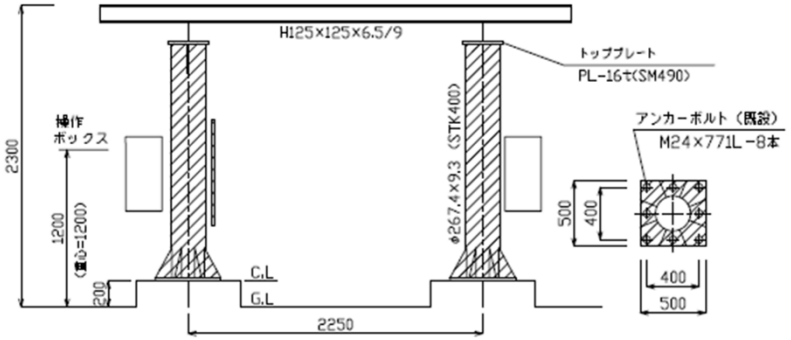
AIKIN
AICHI KINZOKU KOGYO CO.,LTD

中部電力グループ

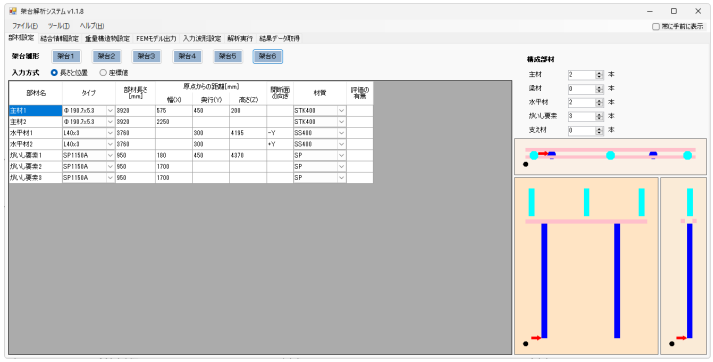
架台設計システム（骨組みビームモデル）

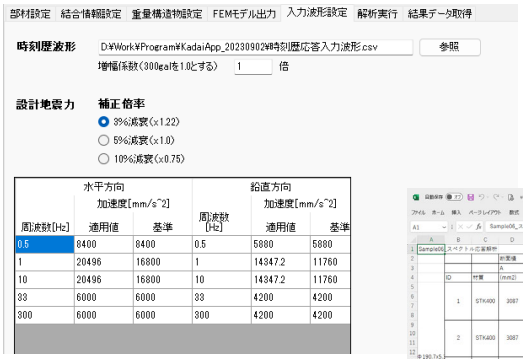
ビーム要素で構築した骨組みモデルを用いたFEMによる設計

ユーザーインターフェイスに各種パラメータ入力後、スペクトル応答解析による断面力判定を行う。
時刻歴応答解析にも対応。

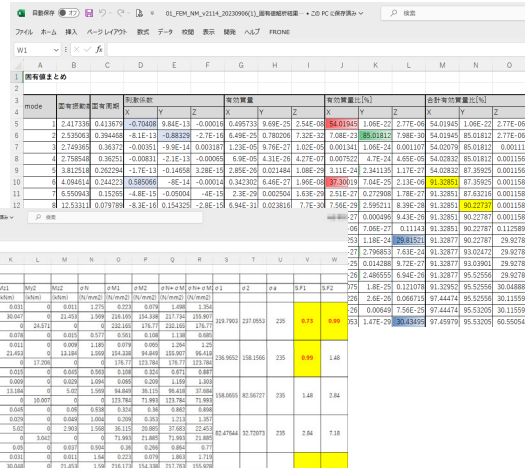


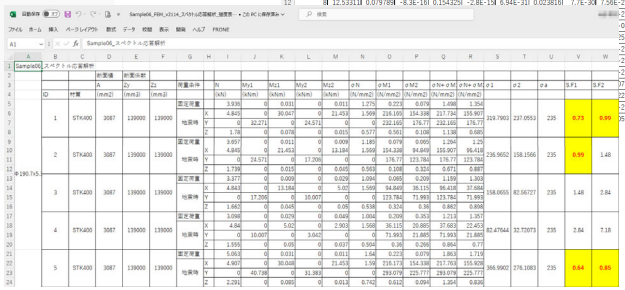
ユーザーインターフェイスにより、各種データ、パラメータを入力。形状入力データは視覚により形状確認可能。固有値解析、スペクトル応答解析、時刻歴応答解析の自動解析が可能。応力照査表も自動出力。





	水平方向			鉛直方向		
	加速度[mm/s^2]			加速度[mm/s^2]		
周波数[Hz]	適用値	基準	周波数[Hz]	適用値	基準
0.5	8400	8400	0.5	5880	5880
1	20496	16800	1	14347.2	11760
10	20496	16800	10	14347.2	11760
33	6000	6000	33	4200	4200
300	6000	6000	300	4200	4200





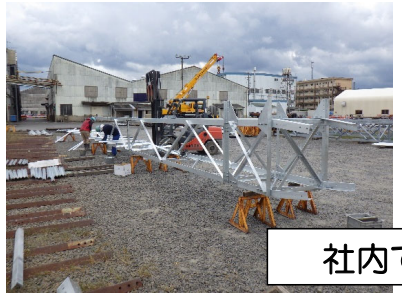
入力方式 ◉ 長さと位置 ○ 座標値

部材名	タイプ	部材長さ[mm]	原点からの距離[mm] 幅(X)	奥行(Y)	高さ(Z)	開断面の向き	材質	評価の有無
主材1	Φ 190.7x5.3	3920	575	450	200		STK400	Y
主材2	Φ 190.7x5.3	3920	2250				STK400	Y
水平材1	L40x3	3760		300	4195	-Y	SS400	Y
水平材2	L40x3	3760		300		+Y	SS400	Y
がいし要素1	SP1150A	950	180	450	4370		SP	
がいし要素2	SP1150A	950	1700				SP	
がいし要素3	SP1150A	950	1700				SP	

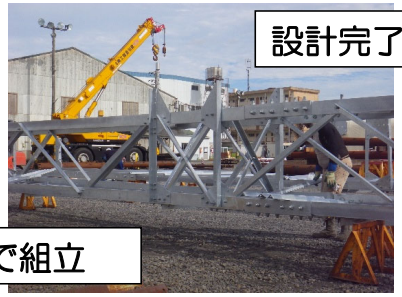
愛知金属工業株式会社

鉄構・架台の設計・製作から建て方まで

愛知金属では、設計から製作・アンカーセット・組立てまで、お客様のご要望にお応えします。

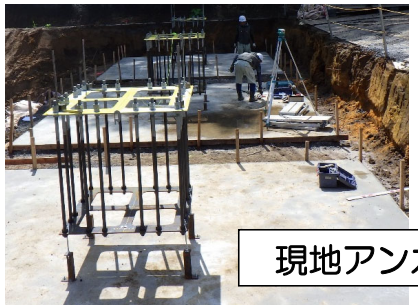


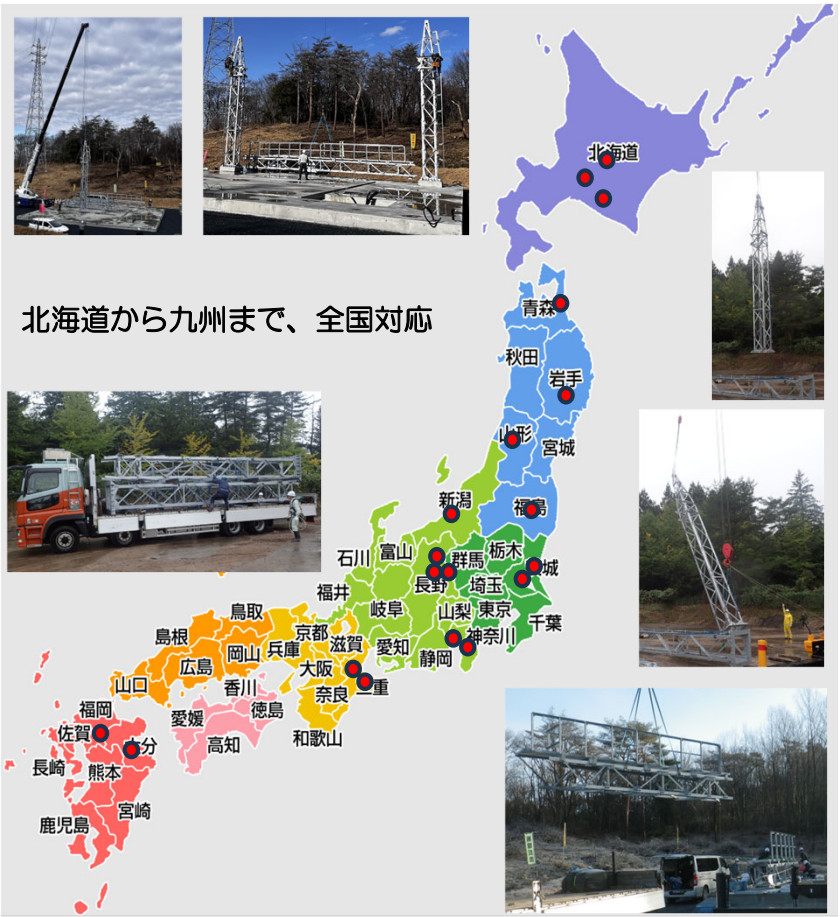
社内で組立



設計完了したものを自社で製作

組立た状態で出荷



現地アンカーセット

組立出荷された鉄構を現地で据え付け