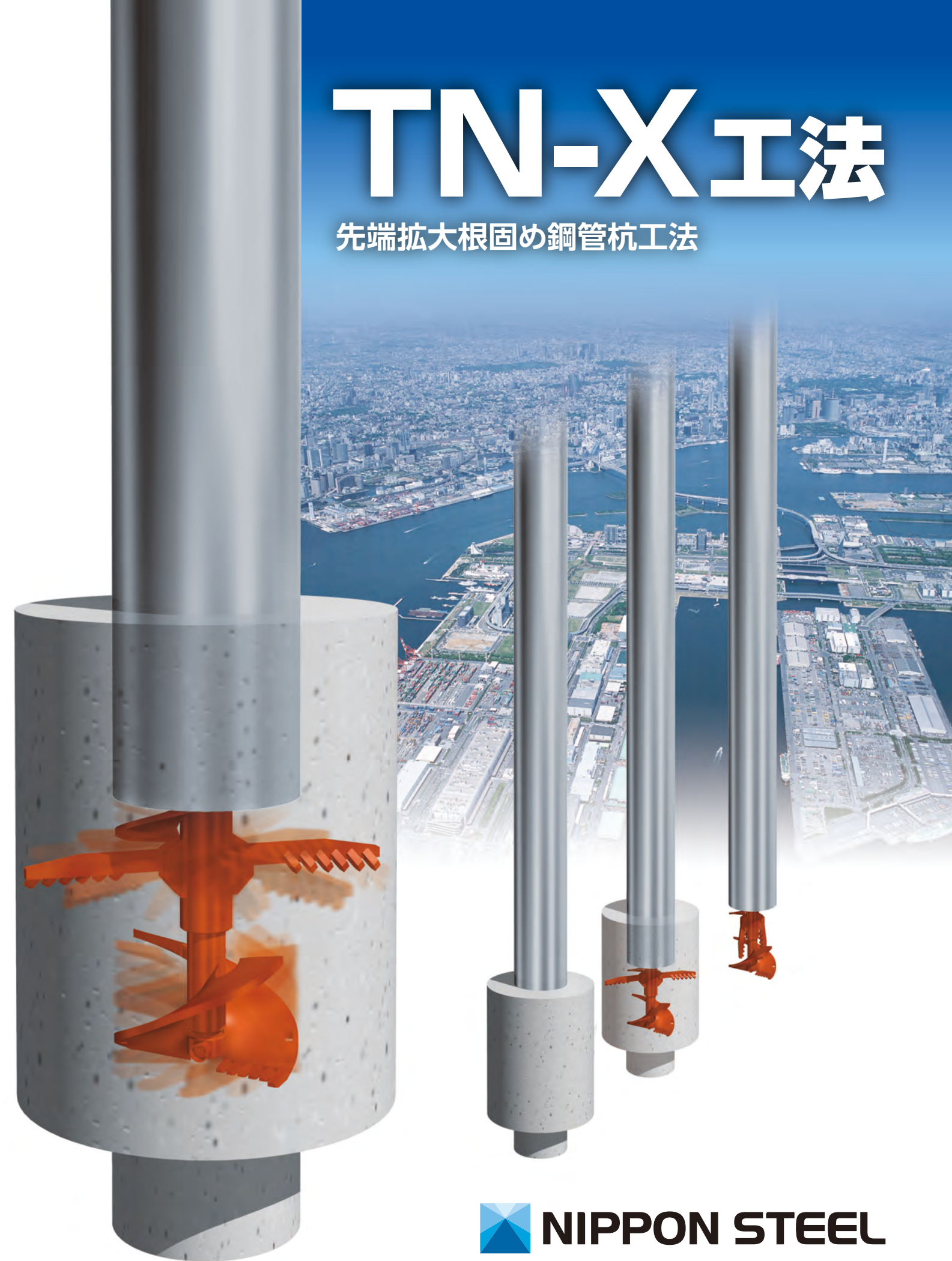


# TN-X工法

先端拡大根固め鋼管杭工法

 **NIPPON STEEL**  
株式会社 テノックス



 **NIPPON STEEL**  
株式会社 テノックス

TN-X工法  
K102\_03\_202208f

© 2010, 2020 NIPPON STEEL CORPORATION, Tenox Corporation 無断複写転載禁止





# 大地震に備えて 鋼管杭という選択を

TN-X工法は、高い信頼性を誇る鋼管と油圧式の  
拡縮掘削ヘッドにより確実に築造される拡大根固め  
部が一体となることで高い支持力性能を発揮する  
ことができる、低騒音・低振動・低排土の先端拡大  
根固め鋼管杭工法です。

建築分野において2005年6月付で国土交通大臣  
認定（鋼管径600～1200mm）を取得し、その後更  
なる開発により（一財）ベターリビングにおいて、  
2009年3月付で「最大くい径の追加（鋼管径  
1200mm超～1400mm）」、2010年8月付で「施工  
法の追加（鋼管径1200超～1400mm、最大施工  
深さ70m）」、2015年2月付で「先端ずれ止め仕様  
の追加」の一般評定を取得しました。

本工法は大臣認定取得以来、同時沈設方式（中掘り  
方式）を中心として、大型物流倉庫、ホテル・マンション、  
文教施設などに多数の実績を有します。

## Product Features

### ■ 支持力性能

#### 長期最大先端許容支持力17900kNの実現

杭先端に築造した拡大根固め部により、長期最大先端許容  
支持力17900kNを実現しました（拡大根固め部径2400mm、  
N=60の場合）。

### ■ 施工性

鋼管杭は材料強度が高く、薄肉中空断面での設計が可能である  
ため施工性に優れ、また同時沈設方式（中掘り方式）の施工を  
行うことで杭を精度よく建て込むことが可能です。

### ■ 環境性

薄肉中空断面の鋼管杭を使用し、同時沈設方式（中掘り方式）  
の施工を行うことで、発生残土量の抑制が可能です。

### ■ 品質管理

信頼性に優れる油圧式の拡縮掘削ヘッドを用いるため、拡大根  
固め部を確実に施工することが可能です。また、**センサ付** **拡張**  
を用いてリアルタイムに築造工程を管理することが可能です。

### ■ 耐震性能

#### 大口径（杭径1400mm）の実現と優れた変形性能

大口径である鋼管径1400mmの施工が可能であり、また鋼管  
杭は他材料と比べて優れた変形性能を有しているため、想定外  
の大地震時にも脆性破壊が起きにくい、「粘り強い」構造として  
高い耐震性能が発揮できます。

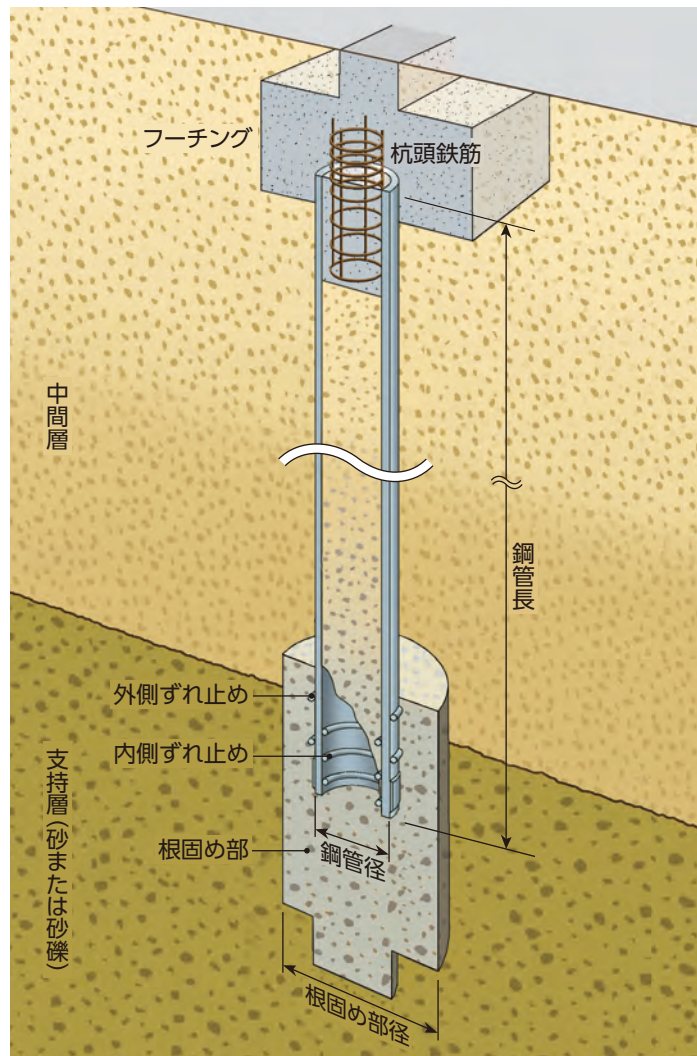
#### ご注意とお願い

本資料に記載された技術情報は、製品の代表的な特性や性能を説明するものであり、「規格」  
の規定事項として明記したもの以外は、保証を意味するものではありません。本資料に記載さ  
れている情報の誤った使用または不適切な使用等によって生じた損害につきましては責任を  
負いかねますので、ご了承ください。また、これらの情報は、今後予告なしに変更される場合が  
ありますので、最新の情報については、担当部署にお問い合わせください。本資料に記載された  
内容の無断転載や複製はご遠慮ください。本資料に記載された製品または役務の名称は、当  
社および当社の関連会社の商標または登録商標、或いは、当社および当社の関連会社が使用  
を許諾された第三者の商標または登録商標です。その他の製品または役務の名称は、それぞ  
れ保有者の商標または登録商標です。



# TN-X工法とは

鋼管と杭先端に築造した拡大根固め部が一体として鉛直荷重に抵抗し、長期最大先端許容支持力17900kNを発揮します。  
また、拡大根固め部径は、鋼管径に対して、1.25、1.50、1.75、2.00倍（根固め部径の上限 2400mm）の内から選択可能で、合理的な設計を実現します。



## 適用範囲

### 適用する地盤の種類

- 基礎ぐい先端付近の地盤の種類  
砂質地盤、礫質地盤
- 基礎ぐい周囲の地盤の種類  
砂質地盤、粘土質地盤

### 適用する杭仕様（P10参照）

- 規格 SKK400、SKK490 (JIS A 5525) および 高強度鋼管杭NSPP®540
- 鋼管径 600～1400mm
- 板厚 6～45mm

### 最大施工深さ

| 施工方法   | 鋼管径        |             |
|--------|------------|-------------|
|        | 600～1200mm | 1300、1400mm |
| 同時沈設方式 | 75m        | 70m         |
| 後沈設方式  | 50m        | —           |

# 支持力性能

## TN-X工法の支持力式

### 杭の許容鉛直支持力算定式

$$Ra=\frac{1}{3}\{a\cdot\bar{N}\cdot A_p+(\beta\cdot\bar{N}_s\cdot L_s+\gamma\cdot\bar{q}_u\cdot L_c)\Psi\}$$

Ra：長期に生ずる力に対する地盤の許容支持力(kN)

$a$ ：くい先端支持力係数  $a=198(D_c/D_p)^2$

$\beta$ ：砂質地盤におけるくい周面摩擦抵抗力係数

くい周固定液ありの場合  $\beta=3.74$

くい周固定液なしの場合

$D_p=0.6\sim1.2$ の場合  $\beta\cdot\bar{N}_s=15\text{ kN/m}^2$ を満たす $\beta$

$D_p=1.3, 1.4$ の場合  $\beta\cdot\bar{N}_s=12\text{ kN/m}^2$ を満たす $\beta$

$\gamma$ ：粘土質地盤におけるくい周面摩擦抵抗力係数

くい周固定液ありの場合  $\gamma=0.47$

くい周固定液なしの場合

$D_p=0.6\sim1.2$ の場合  $\gamma\cdot\bar{q}_u=15\text{ kN/m}^2$ を満たす $\gamma$

$D_p=1.3, 1.4$ の場合  $\gamma\cdot\bar{q}_u=12\text{ kN/m}^2$ を満たす $\gamma$

$\bar{N}$ ：基礎ぐいの先端より下方に $2D_p$ 、上方に $1D_p$ 間の地盤の標準貫入試験による打撃回数の平均値(回)  
ただし $\bar{N}\leq 60$ とする。

$A_p$ ：基礎ぐい先端の閉塞断面積( $\text{m}^2$ )

$\bar{N}_s$ ：基礎ぐいの周囲の地盤のうち砂質地盤の標準貫入試験による打撃回数の平均値(回)  
ただし $\bar{N}_s\leq 30$ とする。

$L_s$ ：基礎ぐいの周囲の地盤のうち砂質地盤に接する有効長さの合計(m)

$\bar{q}_u$ ：基礎ぐいの周囲の地盤のうち粘土質地盤の一軸圧縮強度の平均値( $\text{kN/m}^2$ )  
ただし $\bar{q}_u\leq 200(\text{kN/m}^2)$ とする。

$L_c$ ：基礎ぐいの周囲の地盤のうち粘土質地盤に接する有効長さの合計(m)

$\Psi$ ：基礎ぐいの周長(m)

$D_c$ ：拡大根固め部直径(m)

$D_p$ ：基礎ぐい直径(m)

- くい周面摩擦抵抗力の算定において、根固め部内のくい周面摩擦力は考慮しないこととします。
- くい周固定液の適用範囲は、地盤条件等によって異なるため別途ご相談ください。

## 長期最大先端許容支持力( $\bar{N}=60$ の場合)

(単位：kN)

| 鋼管径<br>(mm) | 根固め倍率 |       |              |              |
|-------------|-------|-------|--------------|--------------|
|             | 1.25  | 1.50  | 1.75         | 2.00         |
| 600         | 1700  | 2500  | 3400         | 4400         |
| 700         | 2300  | 3400  | 4600         | 6000         |
| 800         | 3100  | 4400  | 6000         | 7900         |
| 900         | 3900  | 5600  | 7700         | 10000        |
| 1000        | 4800  | 6900  | 9500         | 12400        |
| 1100        | 5800  | 8400  | 11500        | 15000        |
| 1200        | 6900  | 10000 | 13700        | 17900        |
| 1300        | 8200  | 11800 | 16000        | 17900 (1.84) |
| 1400        | 9500  | 13700 | 17900 (1.71) | —            |

( )は根固め部径の上限 2400mmから決まる根固め倍率



# 施工

掘削と同時に鋼管を埋設する同時沈設方式（中掘り方式）では、鋼管径以上の削孔を行わないため、鋼管を精度良く建て込むことが可能です。  
また、鋼管自体がケーシングとなるため孔壁崩壊の心配はなく、安全かつ優れた品質の施工ができます。

## 施工方法分類

### TN-X工法

#### 同時沈設方式 （中掘り方式）

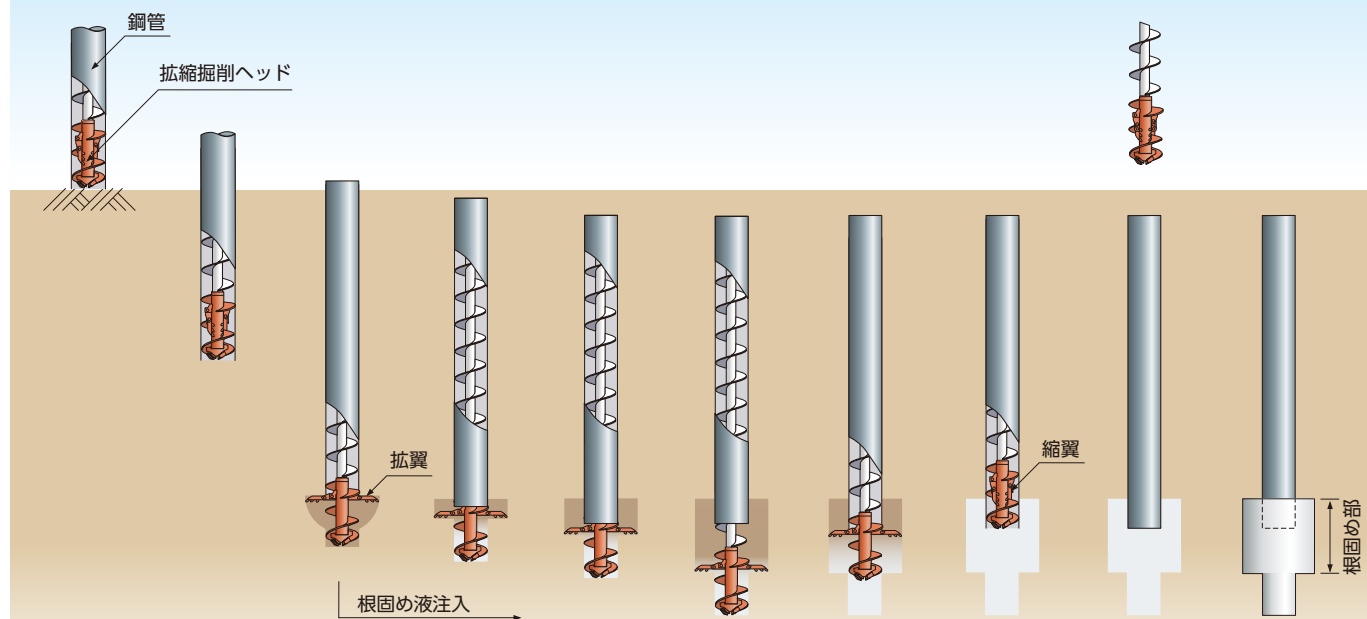
杭周面固定液なし  
杭周面固定液あり

#### 後沈設方式

杭周面固定液あり

※施工可能な条件についてはお問い合わせください。

## 同時沈設方式施工手順例



※上記は施工手順の一例であり、拡大根固め部の築造は杭径、杭長、地盤等の設計条件に応じた方法にて行います。

## 施工状況写真



杭心セット状況



杭鉛直精度確認および圧入沈設状況

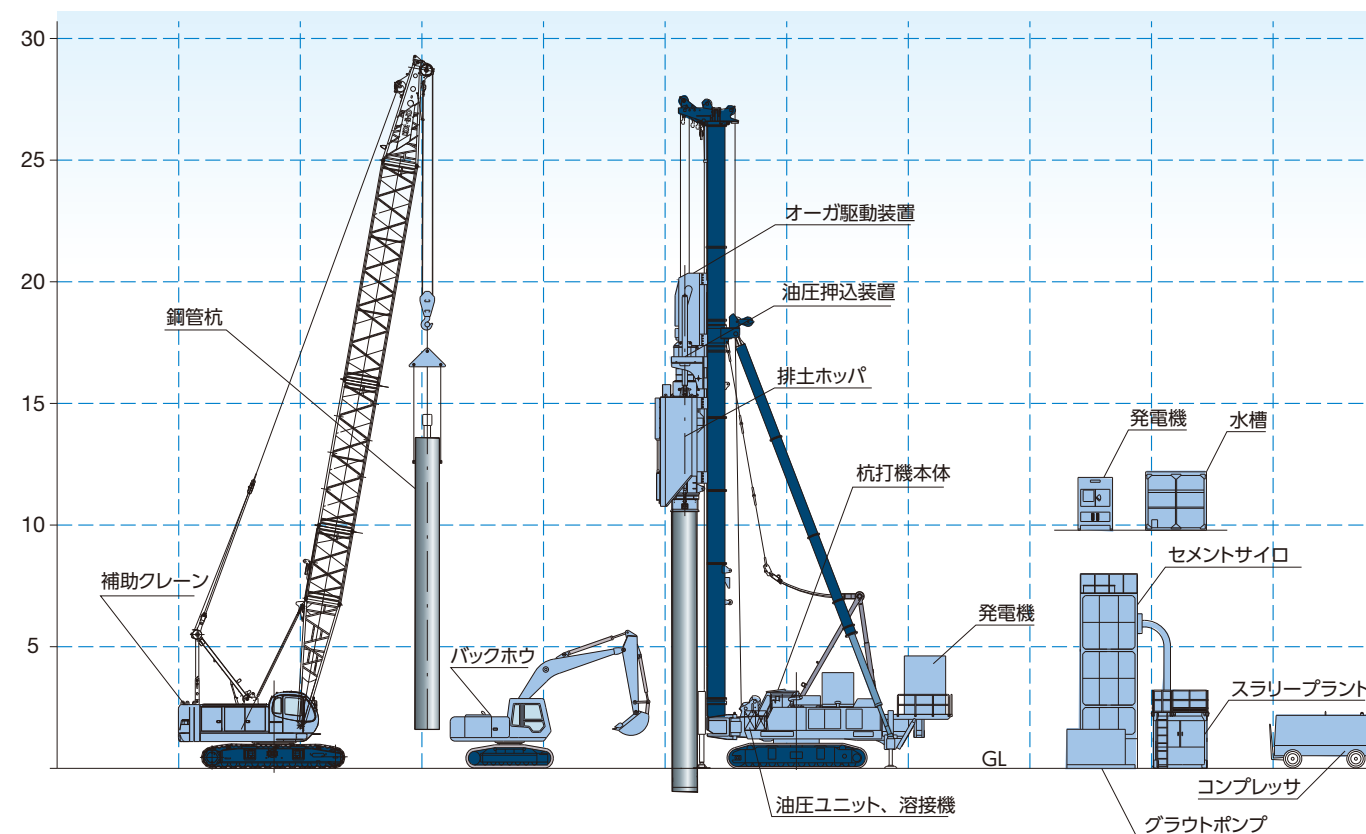
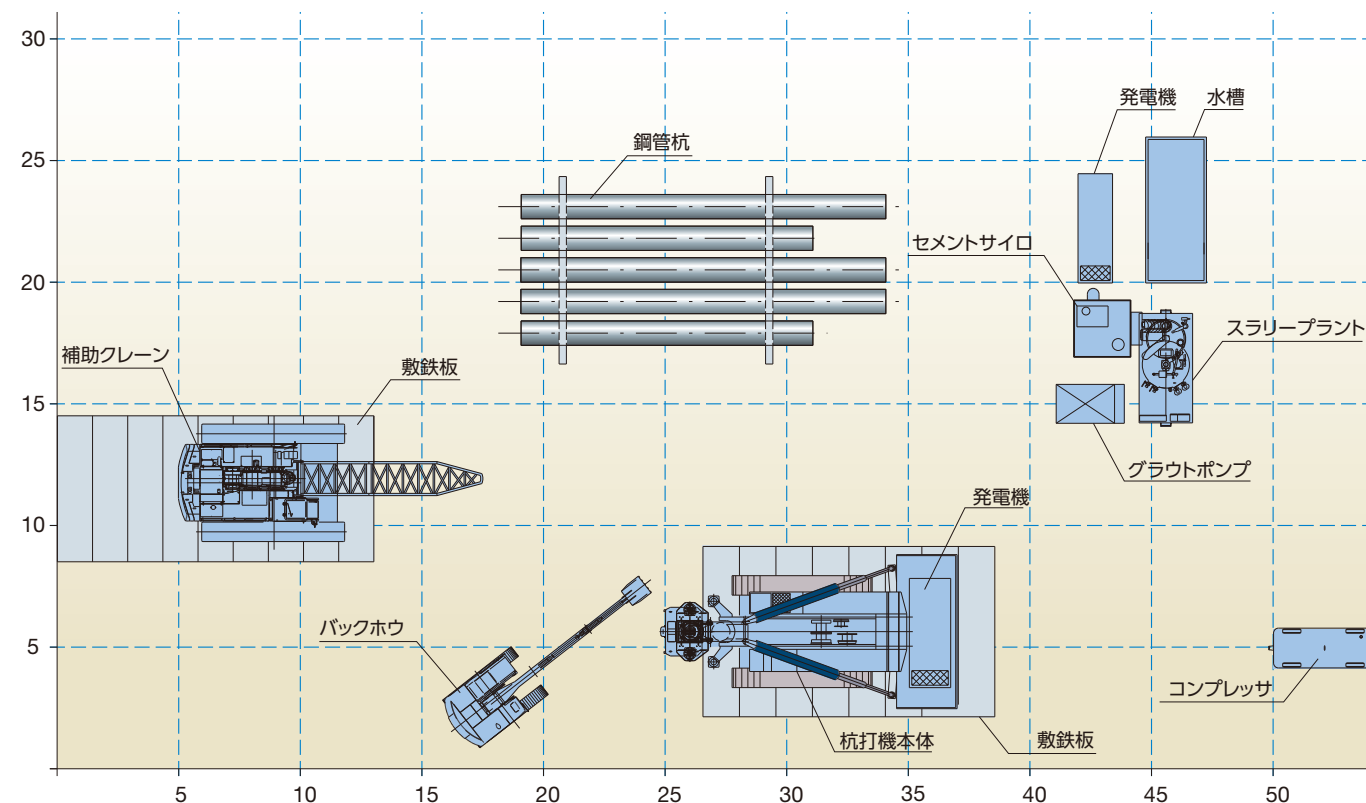


杭圧入沈設完了

施工状況の動画は  
こちらのQRコード  
からアクセス



## 施工設備



※杭の仕様、施工条件により設備が変わる場合があります。

# 優れた施工精度

定規鉄板を使用し杭心を合わせ、鋼管中空部にスパイラルオーガを通して地盤を掘削しながら鋼管杭を打設する工法なので、高い杭心精度を有します。

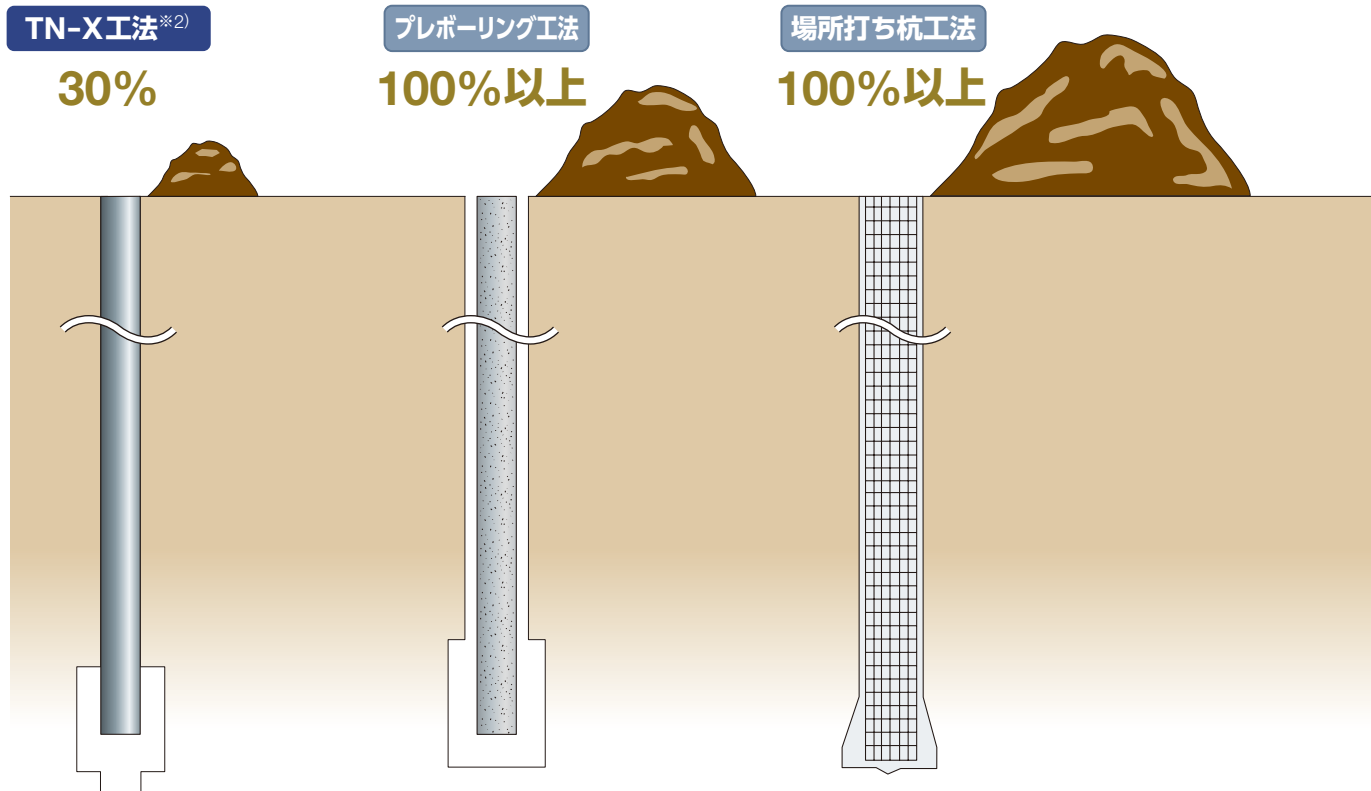
また、鋼管杭が孔壁保護の役割を果たすため、長尺の場合でも優れた施工精度を保ちます。



# 環境性

TN-X工法は、環境に配慮した鋼管杭工法であり、低騒音・低振動・低排土を実現しました。

特に、プレボーリング工法、場所打ち杭工法と比べて発生残土を低減した施工を行うことが可能であり、発生残土量は杭体積の30%程度※<sup>1)</sup>となります。建設発生残土量が抑制されることにより、残土処理に伴う残土搬出車両等からのCO2排出量も削減され、環境負荷を低減することができます。



※<sup>1)</sup> 地盤条件によって排土量が増加することがあります。  
 ※<sup>2)</sup> 同時沈設方式(中掘り方式)の場合。

# 品質管理

- 独自に開発したセンタンアイシステムにより、リアルタイムでの施工管理を実現しました。
- 拡翼径、掘削深度、掘削速度、セメントミルク注入量などをリアルタイムにモニタリングし、オペレータが運転席においてこれらを一元的に管理します。
- 油圧制御により拡縮掘削ヘッドの拡翼/縮翼を確実にコントロールし、設計通りに拡大根固め部を築造します。
- 施工管理データは、施工記録帳票として施工後提出します。

杭番号022

日付18/11/05

時刻15:23:59

スリット状態

締足OFF

ヘッド状態開

ヘッド縮小OFF

ヘッド開回数0

ミルク積算中立

圧抜きOFF

クリーニングOFF

故障

油圧ポンプ

逆転防止リレー

循環ポンプ

支持層

定速

L

センサ信号

現在深度(m)39.9

深度速度(m/min)0.00

オーガ伝流(A)108

Vf電力(%)48

杭周固定液量(L)0

根固め液量(L)0

瞬時液量(L/min)0

ユニット圧力1(MPa)5.6

ユニット圧力2(MPa)0.2

ヘッド油量(L)0.69

ヘッド径(cm)130

エア圧力(MPa)0.0

オーガ回転(min<sup>-1</sup>)0.0

計測中 - 定速度制御ナビゲート

掘削ナビゲート

掘削速度(m/min)⇒0.070

一回の掘削深度(cm)10

引上ナビゲート

引上速度(m/min)⇒0.190

一回の引上深度(cm)10

掘削してください。あと10 cm

残り時間: 29秒

定速状況

現在深度(m)39.90

定速掘削深度(m)0.00

定速掘削時間0:00:57

定速度平均(m/min)

定速状況

現在深度(m)114

杭周固定液量(L)0

根固め液量(L)535

瞬時液量(L/min)302

ヘッド径(cm)210.0

画面切替

開始

一時停止

再開

終了

モニタリング状況

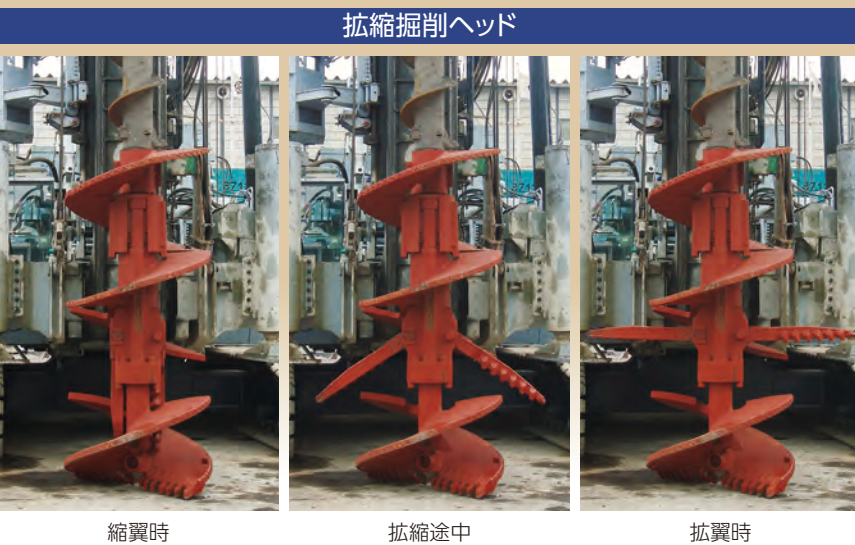
根固め築造時の画面



センタンアイシステム／モニタリング状況



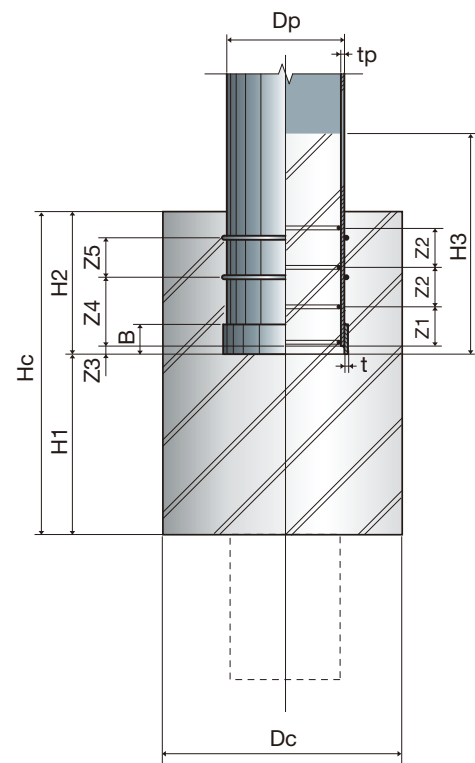
センタンアイシステムとは、直接目で見ることでできない地中における拡縮掘削ヘッドの拡翼/縮翼径を1cm単位で監視できるシステムです。





## 杭先端仕様

杭先端仕様は荷重条件・地盤条件に応じて設定します。



TN-X工法の先端部仕様概要

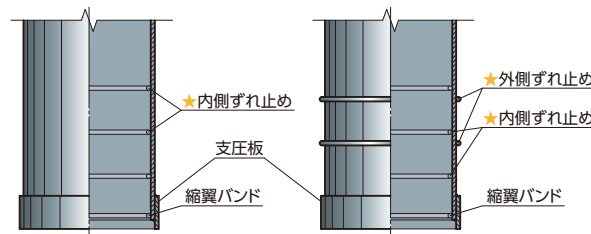
| 項目           | 記号 | 範囲(mm)      |
|--------------|----|-------------|
| 杭径           | Dp | 600～1400    |
| 鋼管厚          | tp | 6～45        |
| 支圧板厚         | t  | 9～25        |
| 支圧板幅         | B  | 100～300     |
| 支圧板位置        | Z3 | 9～100       |
| 内側ずれ止め高さ※1)  | di | 13～22       |
| 内側ずれ止め段数※1)  | ni | 3～9         |
| 内側ずれ止め位置※1)  | Z1 | 18～350      |
| 内側ずれ止め間隔※1)  | Z2 | 200～350     |
| 外側ずれ止め高さ     | d0 | 13～22       |
| 外側ずれ止め段数     | n0 | 0～9         |
| 外側ずれ止め位置     | Z4 | 100～518     |
| 外側ずれ止め間隔     | Z5 | 200～350     |
| 根固め部径        | Dc | 1.25Dp～2400 |
| 根固め部高さ       | Hc | 2.0Dp～3.5Dp |
| 余裕長          | H1 | 1.5Dp       |
| 埋込長          | H2 | 0.5Dp～2.0Dp |
| 中詰長          | H3 | 1.5Dp～2.0Dp |
| 内面突起付き鋼管長※2) | Hr | 600～2000    |

※1) Aタイプのみ ※2) Bタイプのみ

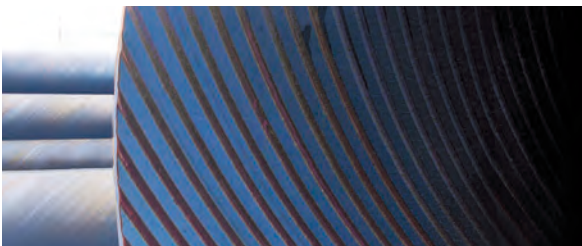
### Aタイプ



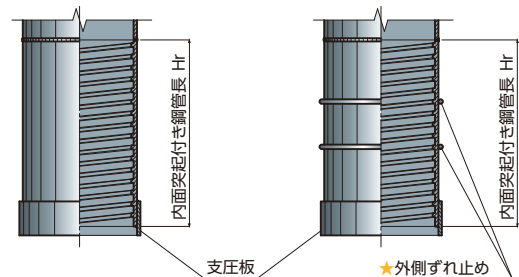
鋼管先端部標準仕様 (Aタイプ)



### Bタイプ



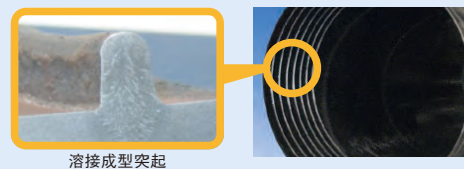
鋼管先端部標準仕様 (Bタイプ)



★Aタイプの内外面ずれ止め並びにBタイプの外側ずれ止めについては、棒鋼・平鋼に加え、「溶接成型突起」の採用も可能です。

#### 溶接成型突起とは？

鋼管に、溶接ワイヤを成型しながら溶かし込むことで突起を形成し、突起を通じて鋼管と根固めコンクリートとの荷重伝達を行います。 ※採用にあたっては事前にご相談下さい。



## 鋼管杭について

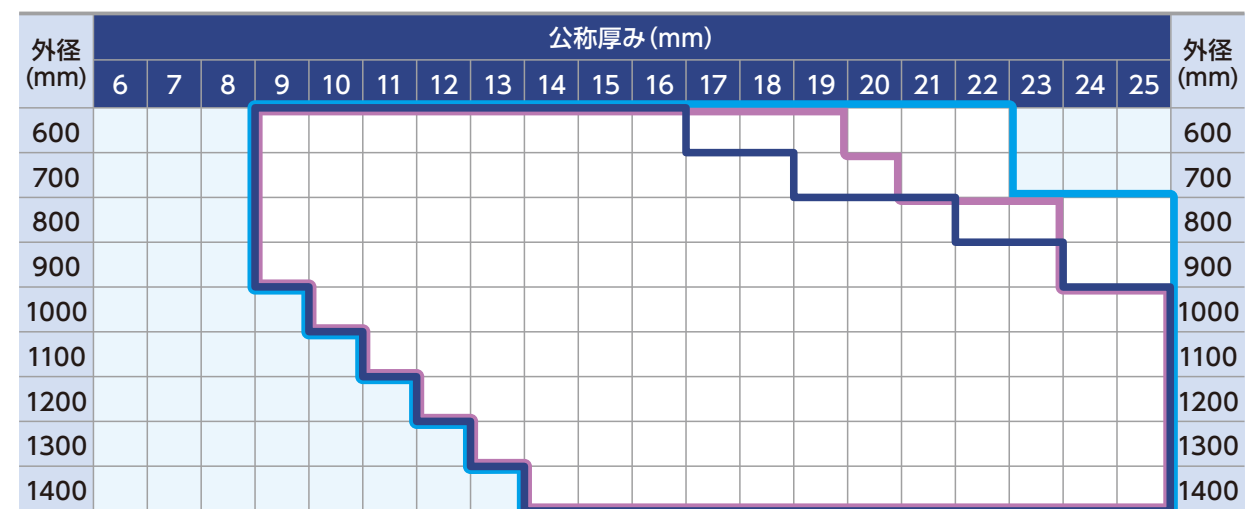
### TN-X工法に利用する鋼管杭

SKK400材、SKK490材に加えて、設計基準強度F値400N/mm<sup>2</sup>の高強度鋼管NSPP®540を利用できます。

| 鋼種       | 設計基準強度<br>F(N/mm <sup>2</sup> ) | 化学的性質   |         |         |          |          |
|----------|---------------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
|          |                                 | C       | Si      | Mn      | P        | S        |
| SKK400   | 235                             | 0.25%以下 | —       | —       | 0.040%以下 | 0.040%以下 |
| SKK490   | 325                             | 0.18%以下 | 0.55%以下 | 1.65%以下 | 0.035%以下 | 0.035%以下 |
| NSPP®540 | 400                             | 0.18%以下 | 0.55%以下 | 1.65%以下 | 0.035%以下 | 0.035%以下 |

国土交通大臣認定(認定番号MSTL-0356, 0411, 0412)を取得しております。

### 鋼管杭の製造範囲 (TN-X工法適用範囲中)

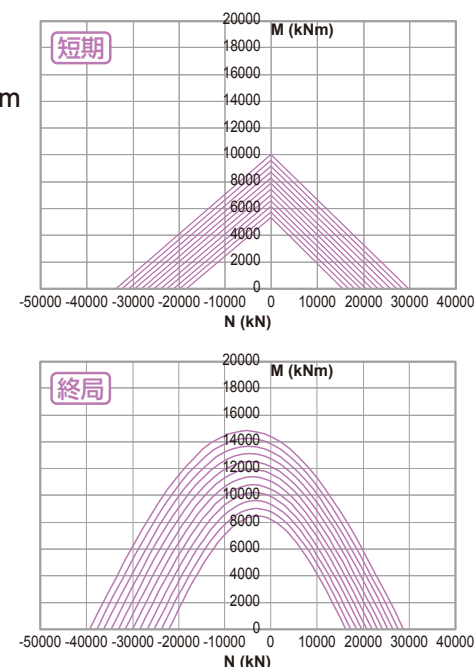


SKK400 製造範囲 SKK490 製造範囲 NSPP®540 製造範囲

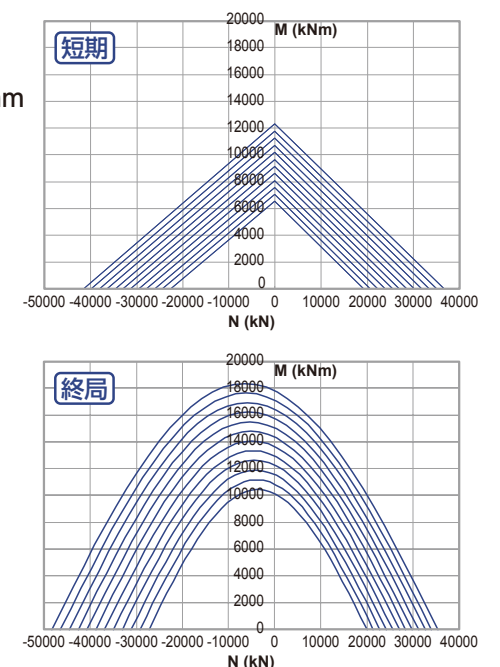
※上記サイズ以外をご要望の場合は別途お問い合わせください。

### 鋼管のMN耐力図 (例)

杭径φ1400mm  
SKK490材  
板厚t=14～25mm



杭径φ1400mm  
NSPP®540材  
板厚t=14～25mm





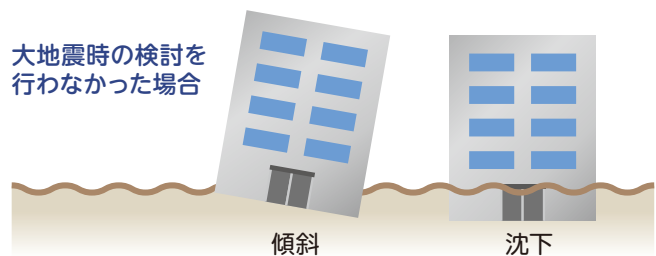
# 大地震に備えて、基礎構造にも「2次設計」を

## 従来の設計方法

現在の建築基礎の設計においては、1次設計(長期・短期の許容応力度設計法)のみの適用が主流です。上部構造においては大規模地震(震度6強～7程度で、建物の耐用年中に一度遭遇するかどうかというめったに起こらない大きな地震)に対する「人命の保護」を目的として設計が確立されています。一方で基礎に対しては「基礎の被害で人命に危害を及ぼすことがない」という理由から、大地震時の設計である「2次設計」が適用されることが少なく、また適用を義務とする法律もありませんでした。

## 2次設計の必要性

一方、近年の大地震の経験から、基礎の被害により人命被害の危険性や、建物の機能維持が困難になることによる被害も確認されています。また基礎被害により利用できなくなった建物は修復に膨大な費用がかかることから、資産の喪失にふさわしいという考えもあります。こうした考えを受け、基礎への2次設計(大地震時設計)の関心が高まり、各種指針やガイドラインにも反映され始めています。



## 大地震後にも継続使用が必要な建物



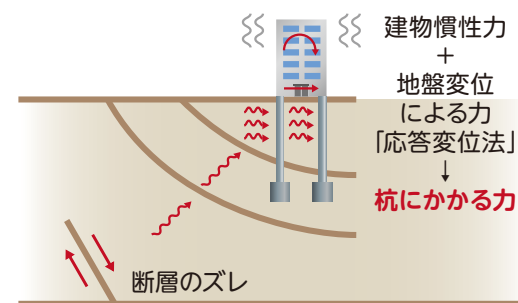
## 2次設計に関する指針・基準類

2次設計に関する指針や基準には以下のようなものがあります。

- 建築基礎構造設計指針(2001年)：日本建築学会
- 防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン：国土交通省住宅局建築指導課
- 災害拠点建築物の設計ガイドライン：国土交通省国土技術政策総合研究所
- 建築構造設計基準 平成30年版
- 官庁施設の総合耐震・対津波計画基準：国土交通省大臣官房官庁営繕部
- 建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計：日本建築学会 等

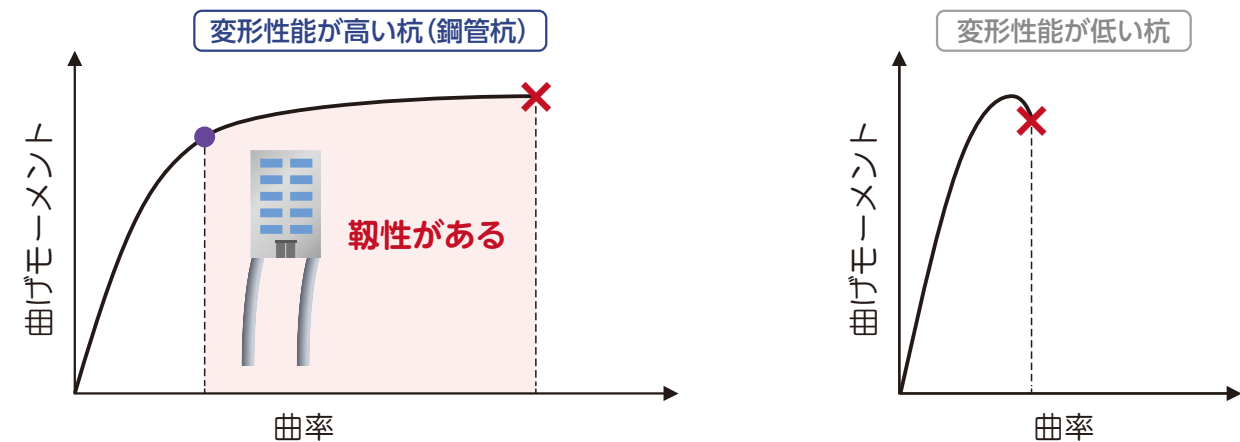
## 地震時の地盤変位を考慮する「応答変位法」

杭基礎の2次設計手法の中でも、より高度な2次設計方法である「応答変位法」は、地震波を入力した地層の応力解析により、地震時の地層の変位を算出します。大地震時の建物慣性力に加えて地盤の変位による力を基礎杭に足し合わせる手法としてより大地震時の挙動に近い結果が得られます。



## なぜ鋼管杭なのか

鋼管杭は、高い強度と靱性を有します。大地震時に変形することで地震のエネルギーを吸収し、想定外の大きな曲げモーメントが加わっても脆性破壊が起きにくい材料です。



## 2次設計のTN-X工法適用事例

近年、基礎杭への2次設計の適用によりTN-X工法を採用いただく案件が増えております。



■ 京浜トラックターミナル(施工:2014年、2017年)

■ 豊洲新市場水産卸売り場他(施工:2014年)

■ 袋井消防署・袋井市防災センター(施工:2018年)

■ 東京国際空港国際線旅客ターミナルビル(施工:2008年、2018年)

■ 東北医科薬科大学新大学病院(施工:2017年)

■ 大崎広域消防本部・古川消防署(施工:2017年)

■ 東京国際展示場増築(施工:2017年)

■ ホテルエミオン東京ベイ(施工:2016年)



■ がん研有明病院新棟(施工:2014年)



大臣認定・一般評定

国土交通大臣認定 2005年6月(鋼管径600~1200mm)



認定書

国土交通大臣 認定

認定書(先端地盤:砂質地盤)  
認定番号TACP-0171



認定書

国土交通大臣 認定

認定書(先端地盤:礫質地盤)  
認定番号TACP-0172

(一般財団法人)ベターリビング 一般評定



評定書

日本製鉄株式会社

評定書(最大くい径の追加)  
認定番号CBL FP003-08号



評定書

一般財団法人 ベターリビング

理事長 井上 倫之

評定書(施工法の追加)  
認定番号CBL FP002-10号



評定書

一般財団法人 ベターリビング

理事長 那 珂 正

評定書(先端ずれ止め仕様の追加)  
認定番号CBL SS001-14号



NIPPON STEEL

www.nipponsteel.com/

|       |                                           |                  |
|-------|-------------------------------------------|------------------|
| 本社    | 〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 丸の内パークビルディング  | TEL 03-6867-6861 |
| 大阪支社  | 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友ビル        | TEL 06-6220-5111 |
| 北海道支店 | 〒060-0042 北海道札幌市中央区大通西5丁目11番1 6階          | TEL 011-222-8260 |
| 東北支店  | 〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町3-6-1 一番町平和ビル10階    | TEL 022-227-2661 |
| 新潟支店  | 〒950-0087 新潟県新潟市中央区東大通1-3-10 大樹生命新潟ビル     | TEL 025-246-3111 |
| 名古屋支店 | 〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-13-18 NSビル8階     | TEL 052-856-2351 |
| 中国支店  | 〒730-0017 広島県広島市中区鉄砲町10-12 広島鉄砲町ビルディング14階 | TEL 082-225-5212 |
| 九州支店  | 〒812-8522 福岡県福岡市博多区店屋町5-18 博多NSビル3階       | TEL 092-273-7001 |



株式会社 テノックス

www.tenox.co.jp/

|          |                                                 |                  |
|----------|-------------------------------------------------|------------------|
| 本社       | 〒108-8380 東京都港区芝5-25-11(ヒューリック三田ビル4F)           | TEL 03-3455-7790 |
| 北海道営業所   | 〒060-0061 北海道札幌市中央区南一条西9-1-15(井門札幌S109ビル6F)     | TEL 011-522-6181 |
| 東北営業所    | 〒980-0022 宮城県仙台市青葉区五橋1-4-30(五橋ビジネスセンタービル4F)     | TEL 022-748-5082 |
| 北東北出張所   | 〒020-0021 岩手県盛岡市中央通2-2-5(甲南アセット盛岡ビル9F)          | TEL 019-613-2551 |
| 郡山出張所    | 〒963-8002 福島県郡山市駅前1-15-6(明治安田生命郡山ビル5F)          | TEL 024-955-6282 |
| 名古屋営業所   | 〒460-0026 愛知県名古屋市中区伊勢山2-8-21(NKCビル2F)           | TEL 052-684-7191 |
| 北陸出張所    | 〒920-0362 石川県金沢市古府3-60-1(K2ビル4F)                | TEL 076-240-9552 |
| 大阪営業所    | 〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町1-7-19(ワイダ本町ビル5F)          | TEL 06-6531-2150 |
| 中四国営業所   | 〒730-0051 広島県広島市中区大手町5-2-22(山陽ビル2号館8F)          | TEL 082-247-2044 |
| 九州営業所    | 〒810-0001 福岡県福岡市中央区天神4-1-11(久原本家天神ビル(新ナックス九州内)) | TEL 092-722-1790 |
| 東京機材センター | 〒270-1471 千葉県船橋市小室町2459-1                       | TEL 047-457-2415 |