

太陽光発電設備用架台・基礎杭に関する 引き抜き補強技術の開発 (PV用架台・基礎の引き抜け対策)

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の
助成事業 (JPNP20015) の結果得られたものです。



日本地工株式会社

1. 会社案内

【日本地工株式会社】 会社案内



会社設立：1956（昭和31）年10月27日

代表取締役社長：玄間 敏

本社・工場：埼玉県川口市江戸袋2-1-2

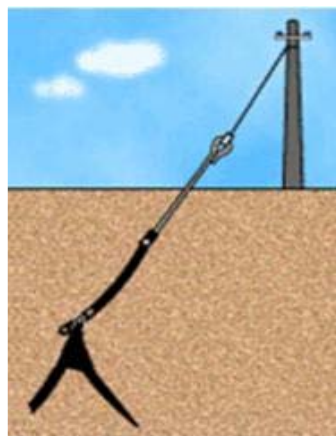
支社：北海道（札幌）、東北（仙台）、関西（大阪）、九州（福岡）

営業所・系列会社：全国に多数点在

売上高：90億2,700万円（令和4年度）

従業員数：350名

アンカー
事業



鋼製基礎
事業



アース（接地）
事業



緑化・農園芸
事業



【日本地工株式会社】 会社案内

FIT開始と同時に
メガソーラー建設事業へ参入
(基礎杭+ 架台ベース部分の施工)

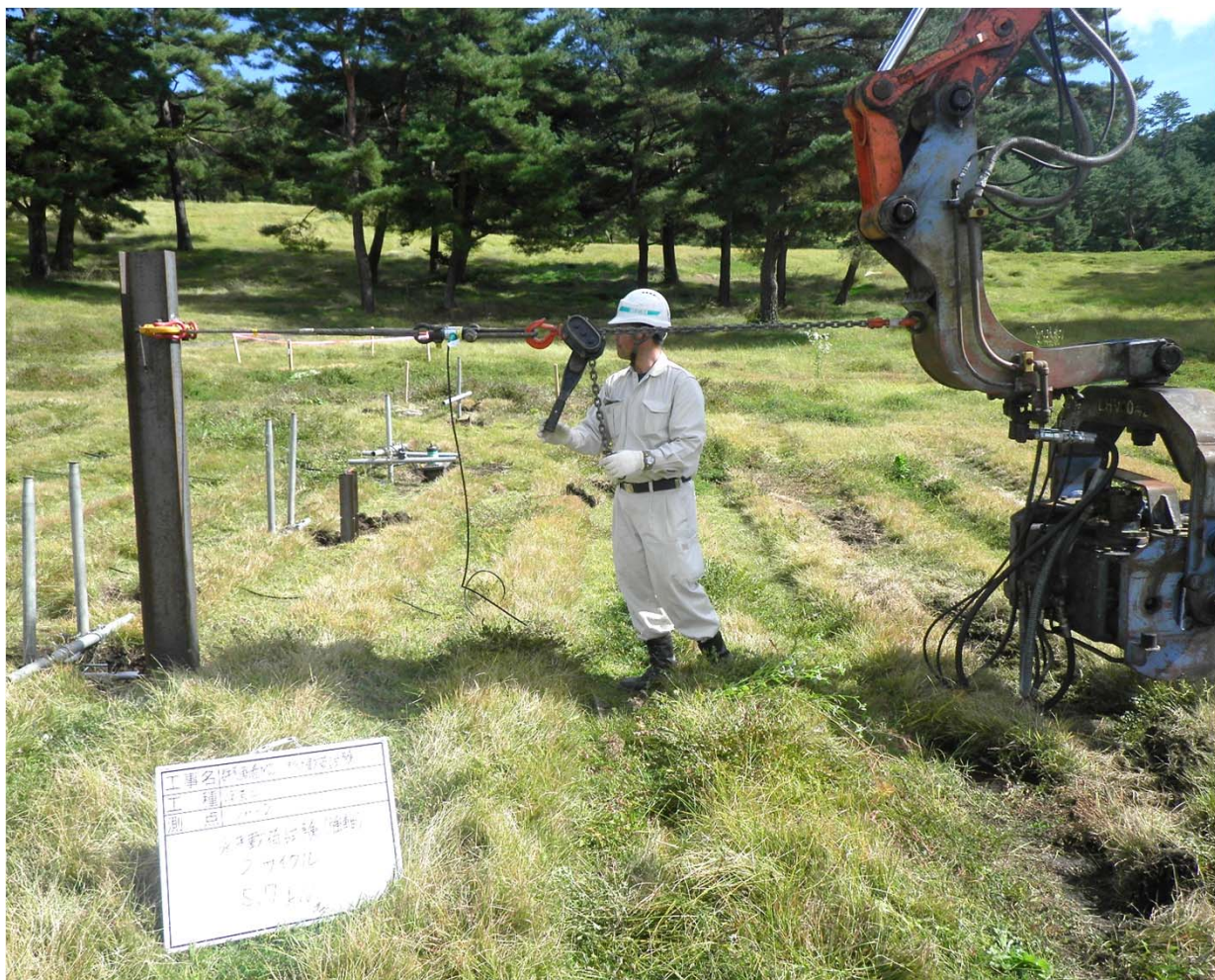


【日本地工株式会社】 会社案内

専用に開発した接続金具はクランプ式の固定で、杭基礎の施工時に必ず発生する施工誤差(高さ・位置・回転・傾き)を全て吸収可能。工期の短縮に加えて施工精度に大きく貢献。



【日本地工株式会社】 会社案内



【日本地工株式会社】 会社案内



2. 補強工法開発の背景

2. 補強工法開発の背景

2017年10月 台風21号(兵庫県姫路市)



(写真提供：一般社団法人 構造耐力評価機構)

2018年7月 台風12号(静岡県湖西市)



(SNSでの投稿)

風速が一番最大の時(気象庁HP)

最大瞬間風速 **33.7m/s**

10分間平均風速 **14.0m/s**

風速が一番最大の時(気象庁HP)

最大瞬間風速 **30.1m/s**

10分間平均風速 **16.9m/s**

2. 補強工法開発の背景

PV設備の強風被害の要因

- 近年の異常気象により想定外の風圧力が発生、頻度も多くなっている
- 基礎含む構造自体がコストを優先するばかりに強度不足である
- 同じくコスト優先により、不良施工時のリカバリーができていない
- 基礎の支持力に大きく影響する地盤強度の確認が不十分である
- そもそも構造設計自体も行われていないケースも多く見受けられる

2. 補強工法開発の背景

杭の引抜け事故は
甚大な被害に波及しやすい

- 架台やモジュール破損への被害拡大
- 近隣への二次被害
- SNS等での拡散、業界の信頼性低下

長期安定的な発電を維持するために
基礎部分の強度確保は不可欠

基礎の引抜き耐力の
補強方法について検討・開発



3. 補強に必要な荷重性能・条件

3. 補強に必要な荷重性能・条件

太陽光パネルの飛散や架台倒壊などの事故の頻発により JISが改定（JIS C 8955：2017）



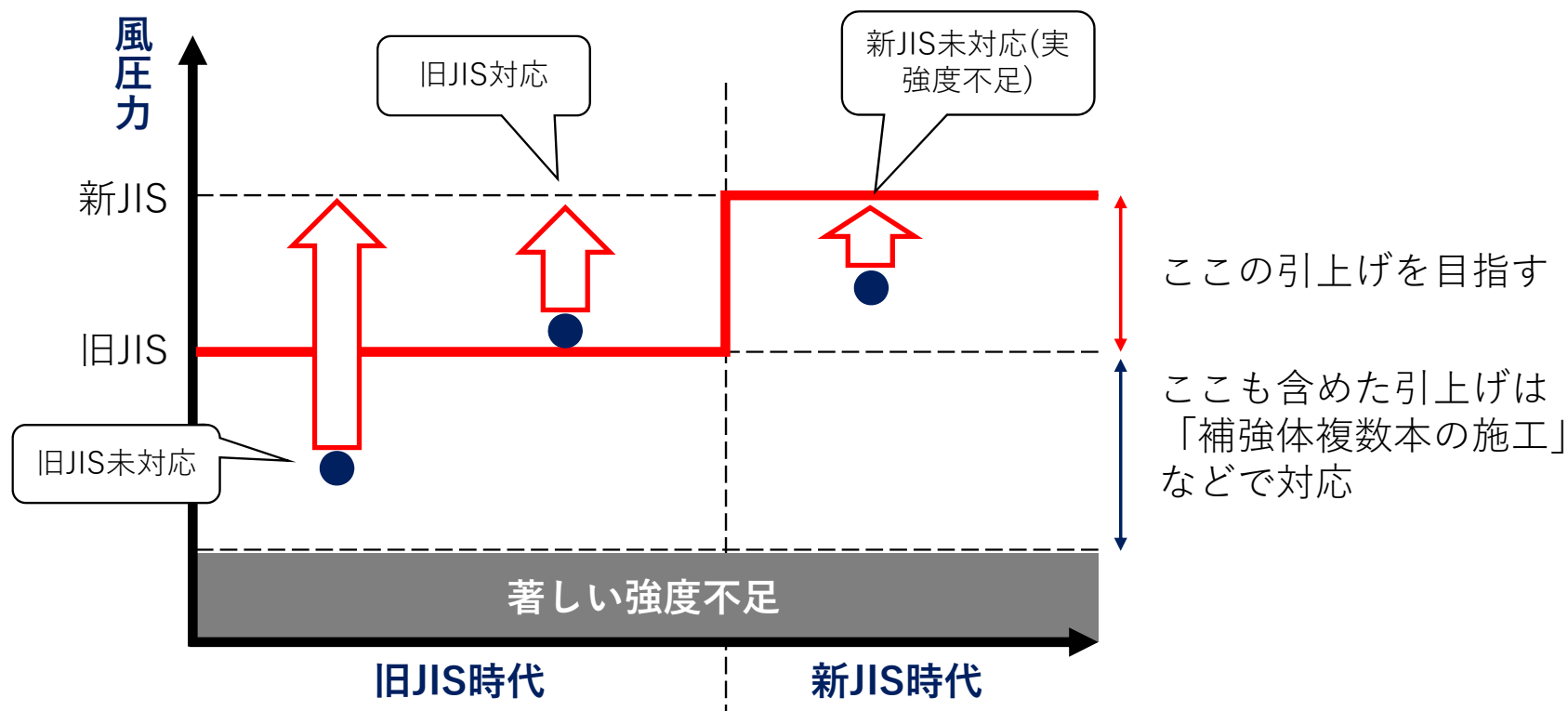
（JIS C 8955：2017）太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法

風関連の設計荷重が旧来(JIS C 8955:2004)から増加

- アレイ面の風力係数の荷重**増加**
- 地表面粗度区分の適用範囲の**拡大**

3. 補強に必要な荷重性能・条件

過度な要求性能はコストや施工性に直結するため、
旧JIS基準を満たす設備を新JIS基準へ引き上げ可能な耐荷重を目標とした

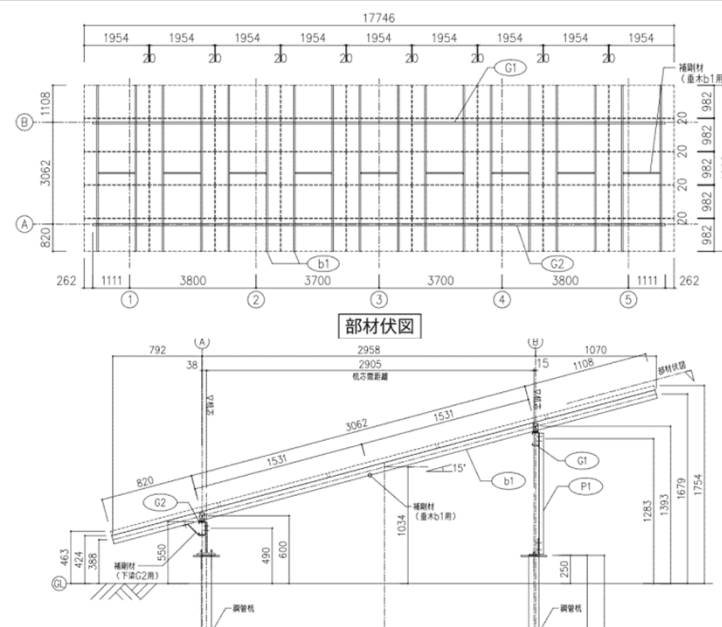


3. 補強に必要な荷重性能・条件

代表的な太陽光アレイとしての条件設定

旧JIS、新JISそれぞれで要求される引抜き力を計算

	旧JIS	新JIS
受圧面積	18×5m	
モジュール角度	15°	
杭基礎	10本	
基準風速	36m/s	
地表面粗度区分	III	II



(くずれない・つぶれない太陽光発電設備の架台と基礎, オーム社)

旧JIS $T_o = C_w \times q_{po} \times A_a \times \cos \theta / n \doteq 7.7 \text{ kN}$

新JIS $T_n = C_a \times q_{pn} \times A_a \times \cos \theta / n \doteq 17.5 \text{ kN}$

C_w : 風力係数(旧JIS) q_{po} : 設計用速度圧(旧JIS) A_a : 受圧面積
 C_a : 風力係数(新JIS) q_{pn} : 設計用速度圧(新JIS) n : 基礎杭数

杭1本あたり $T_n - T_o = 9.8 \text{ kN} \doteq 10 \text{ kN}$ 以上を負担できる補強工法を検討

3. 補強に必要な荷重性能・条件

補強に求められるのは荷重条件だけではない

狭隘箇所での施工



様々な基礎や架台に対応



施工性やコストが優秀



⇒ 荷重条件以外にも施工性・コストなども考慮して補強用部材を開発

4. 補強用部材の開発 (補強用アンカーの開発)

4. 補強用部材の開発（補強用アンカーの開発）

既設発電所での施工を考慮した引抜き補強工法の比較

	増し杭			アンカー		
	単管杭	スクリュー杭	形鋼杭	重量式	打込み式	ハイブリッド (掘削後に打込)
施工性	○	△	△	×	○	○
狭小箇所での施工	○	△	△	×	○	○
コスト	○	△	×	△	○	○
埋設・支障物対応	×	×	×	○	×	○
引抜き耐力	×～△	○	△～○	○	○	○

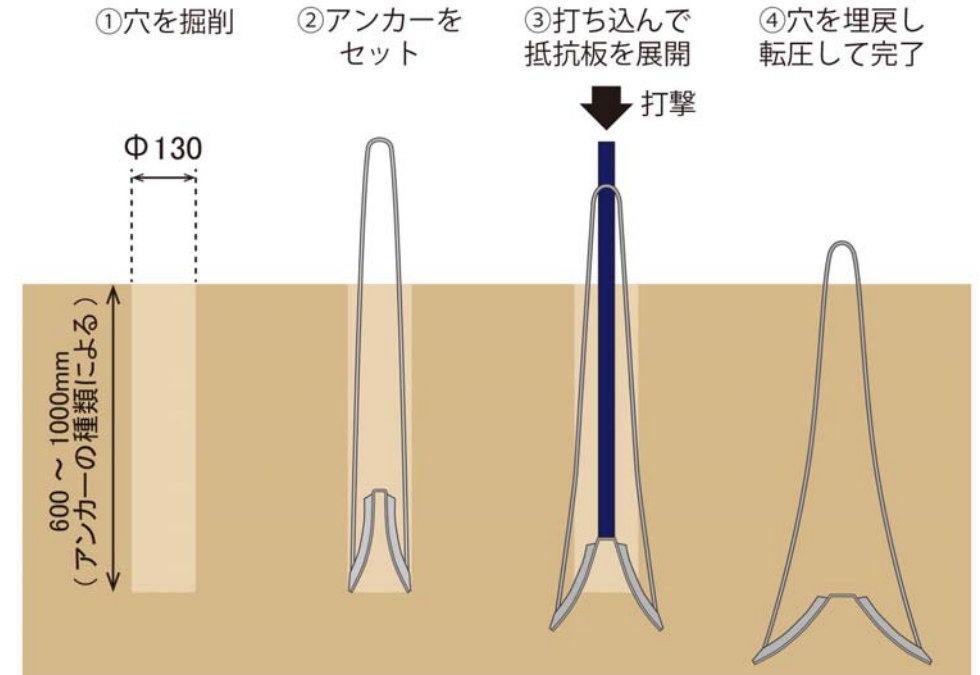


既設発電所の地盤強度や埋設・支障物状況が不明な事も多く想定されるため、
穴掘り掘削後に打込むハイブリッド型のアンカーが最適

4. 補強用部材の開発（補強用アンカーの開発）

ハイブリッド型（掘削+打込み式）補強用アンカーの開発

小径の穴を掘削後にアンカーを挿入し、土中底部で打撃を与えながら抵抗板を展開させることで、引抜き方向に強い耐力が発生



4. 補強用部材の開発（補強用アンカーの開発）

抵抗板の展開なし

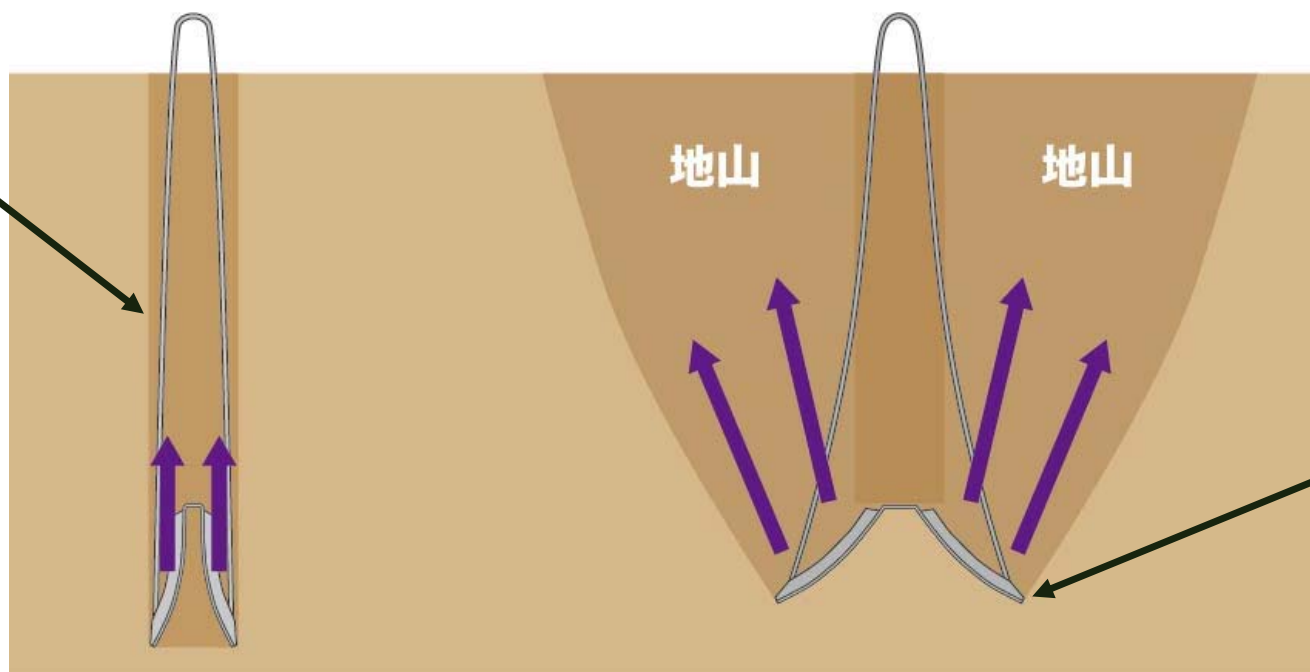
抵抗板の展開あり

引抜き時に大量の土を抱え込む

埋設のみでは
引抜き耐力が小さい

小さな構造でも
大きな引抜き耐力が期待できる

地山との縁が
切れている



抵抗板が地山に
食い込む

4. 補強用部材の開発（補強用アンカーの開発）

穴あけなし

穴あけあり

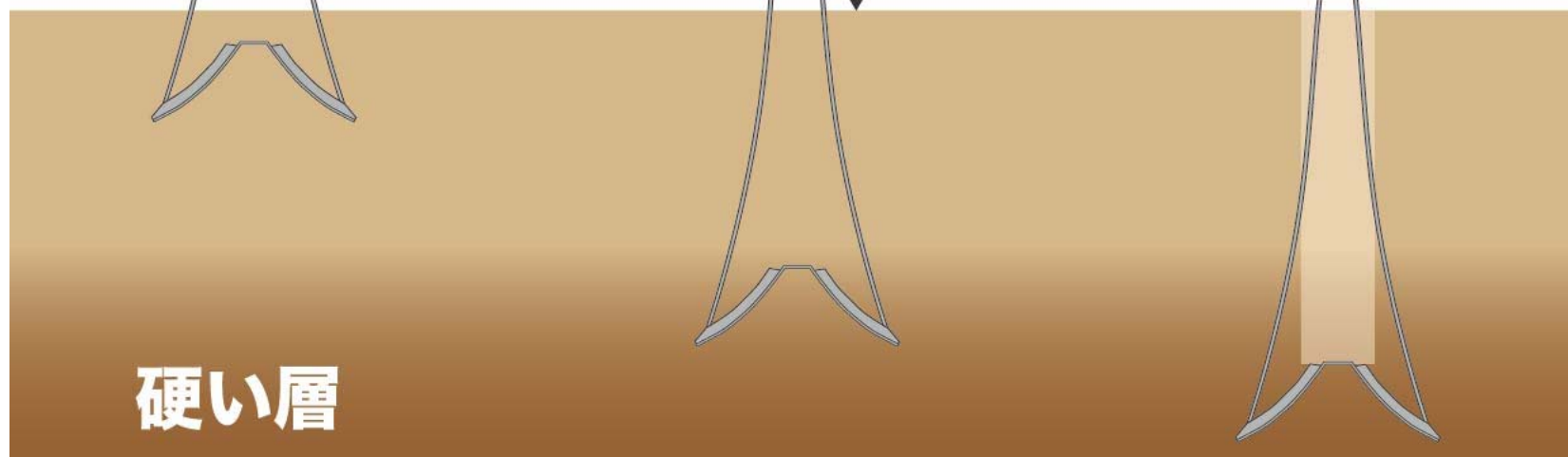
浅い位置で
展開してしまう

引棒の突出が
不適切

所定の深度で
確実に展開させる

地盤状態に応じて
別の長さのアンカーを使う

硬い層

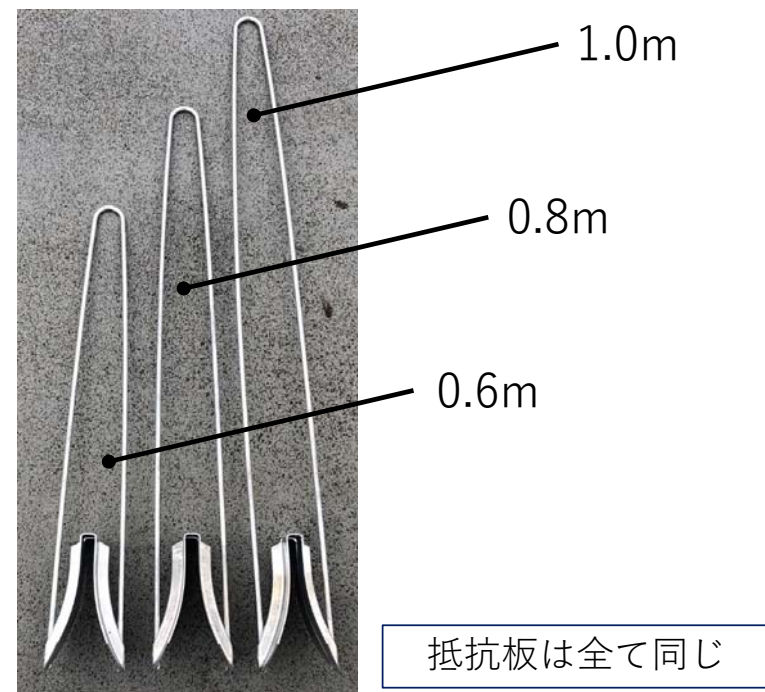


4. 補強用部材の開発（補強用アンカーの開発）

実際の展開の様子



3パターン試作

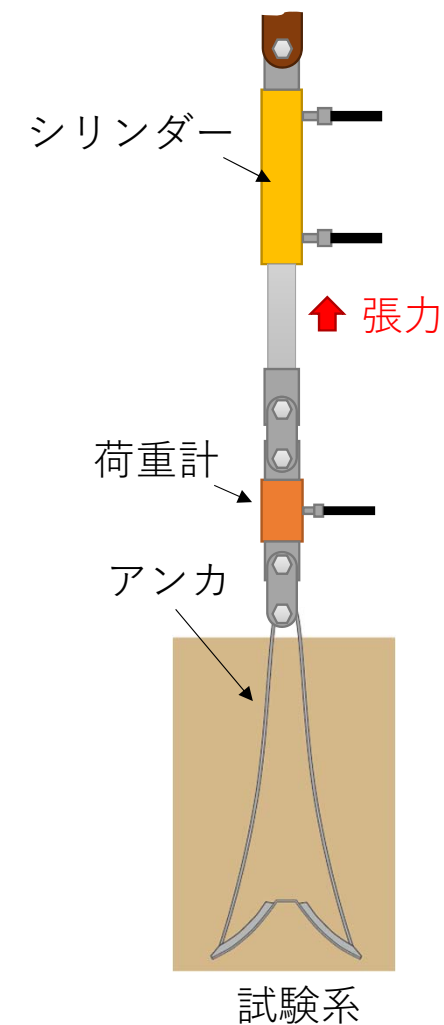
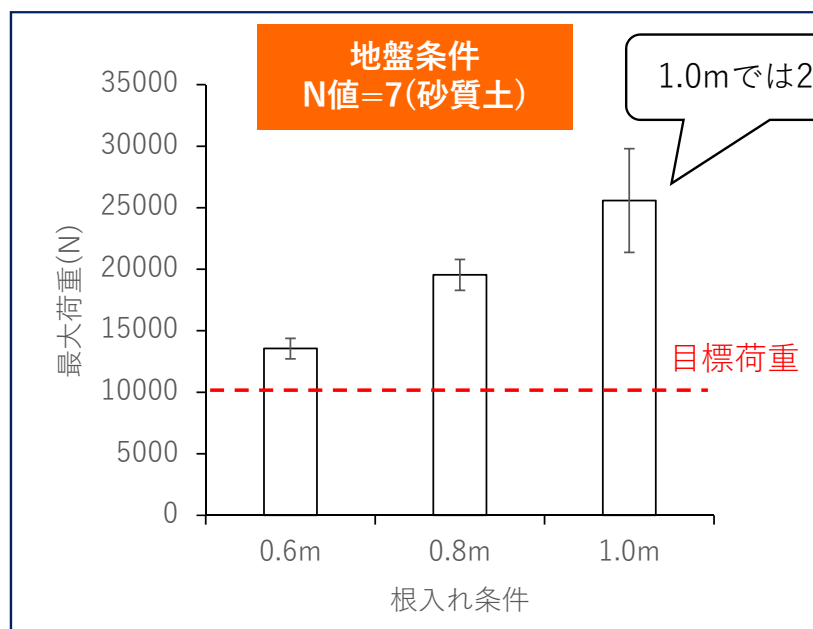


様々な地盤や要求荷重に
対応することを想定

5. 補強用アンカーの引抜き試験

5. 補強用アンカーの引抜き試験

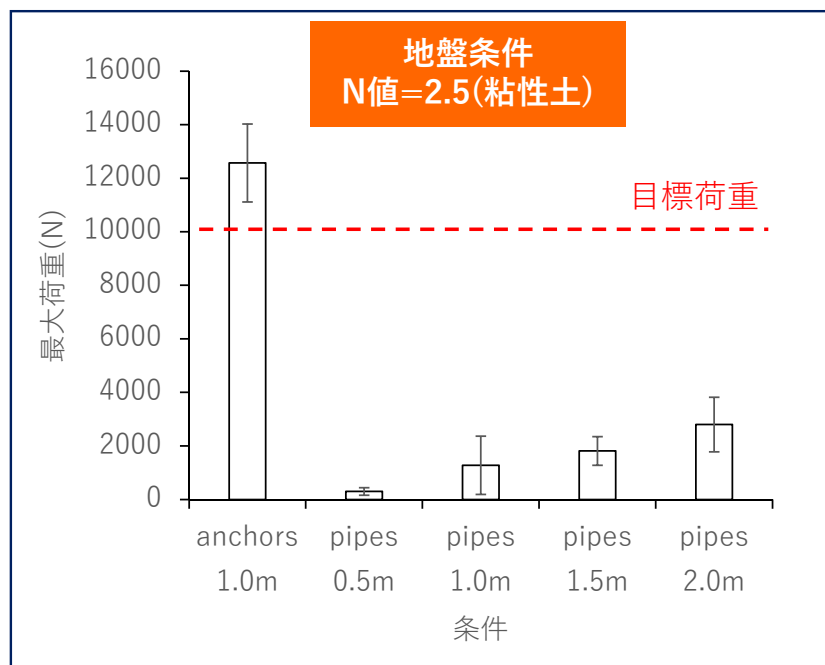
引抜き耐力試験(アンカー種類別の比較)



浅い深度の0.6mでも目標荷重(10kN)を安定して上回る結果となった。

5. 補強用アンカーの引抜き試験

他の補強方法(単管杭の増し杭)との比較



試験実施状況 (左：アンカー、右：単管杭)

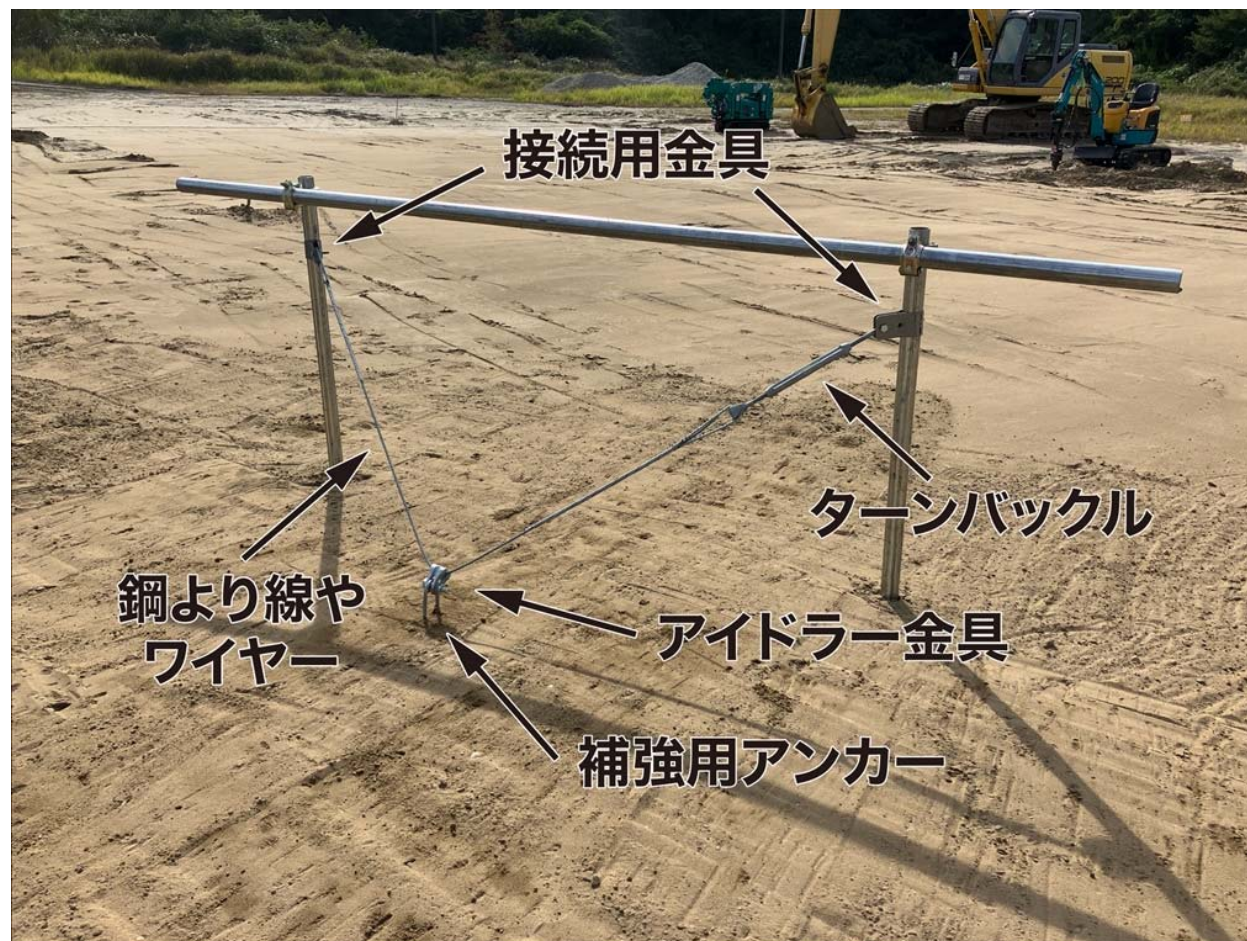
**単管杭は2.0mの根入れ長でも十分な引抜き耐力を発揮しなかった。
アンカーは目標荷重をクリアし、補強の有効性を確認することができた。**

6. 接続方法の検討

6. 接続方法の検討

2本の杭を補強する例

- ①補強用アンカーを2本の杭間に打ち込む
- ②ワイヤーと接続するための金具をアンカーや杭(あるいは架台)に取付ける
- ③ワイヤーで接続し張力かける

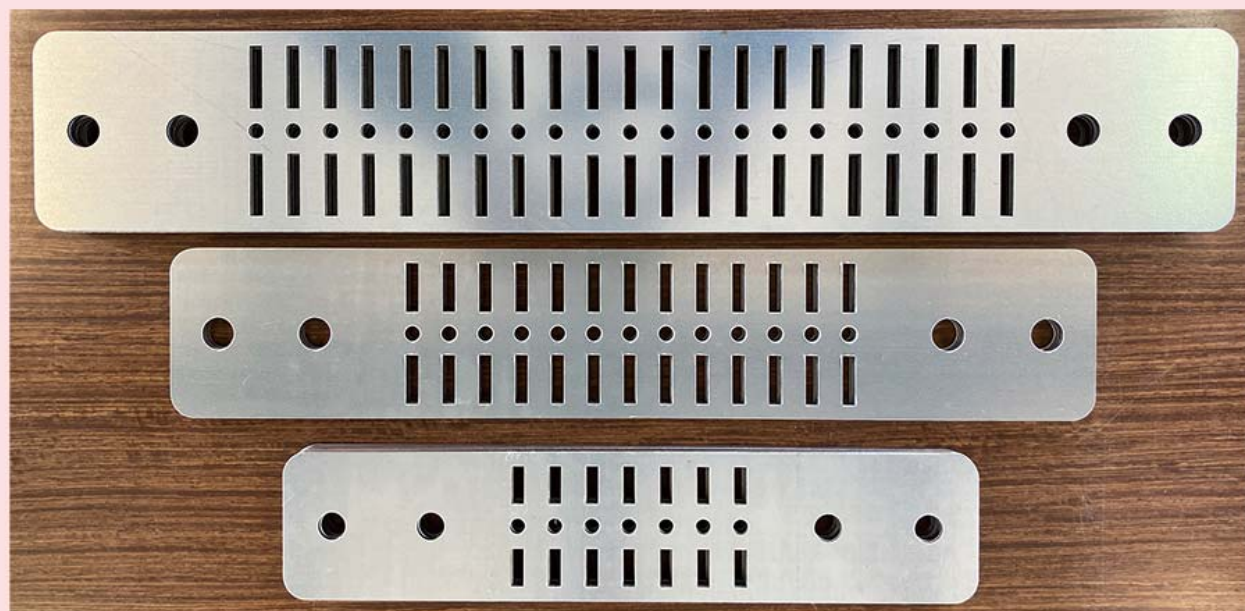


6. 接続方法の検討

【接続金具】

手で簡単に曲げられるため様々な形状の杭・梁・その他部材にフィット可能。

既設発電所の設備自体への加工は必要なく、ドリルねじで部材へ固定する事により強固に接続が可能。



スクリュー杭



単管杭



梁材など



7. 模擬架台を使用した引抜き試験

7. 模擬架台を使用した引抜き試験

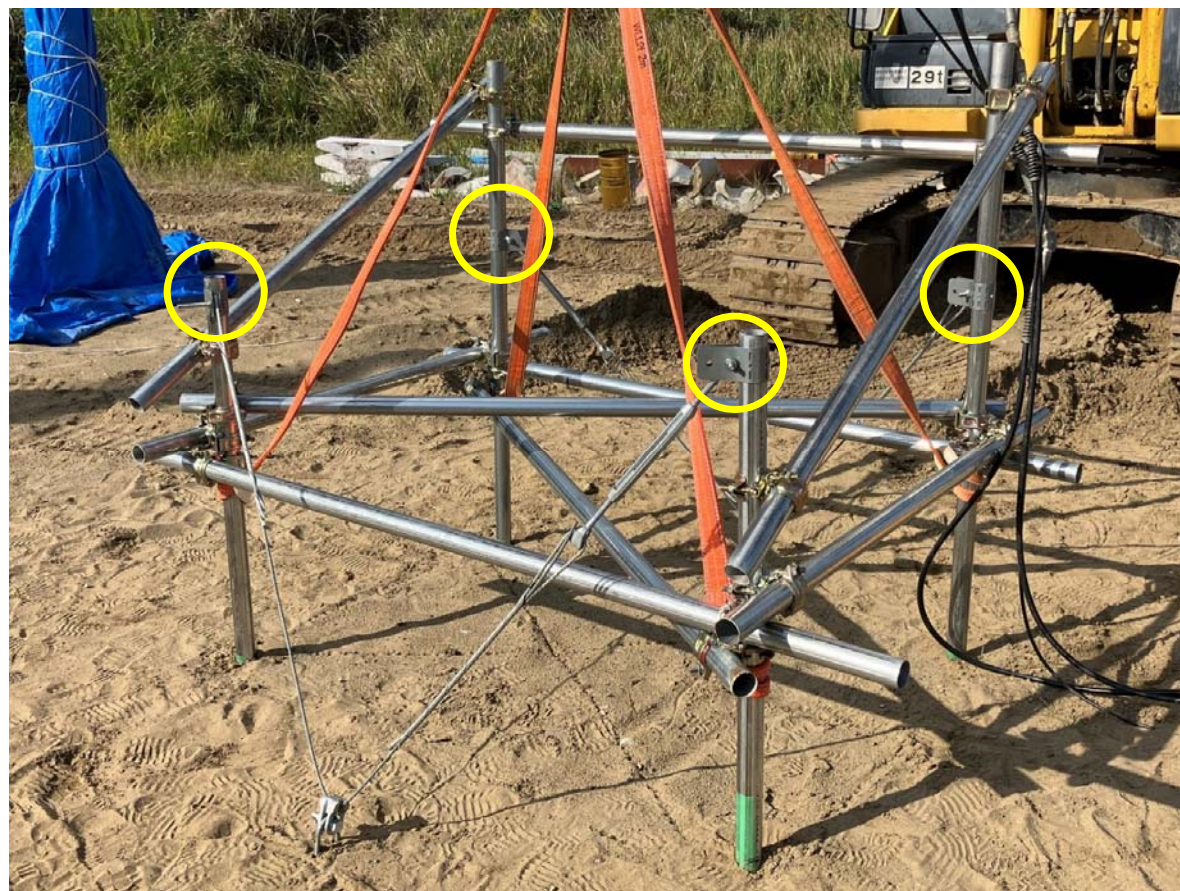
模擬架台を用いた補強能力の確認

構成

- ・ 受圧面積 2×3 m、モジュール角度 30° を想定
- ・ 単管パイプ($\phi 48.6$)で構成
- ・ 杭の根入れは0.5m
- ・ 架台前後に各1体のアンカーを施工
- ・ 杭2本を1体のアンカーで補強
(鋼より線接続高さはGL上1.0m)

試験内容

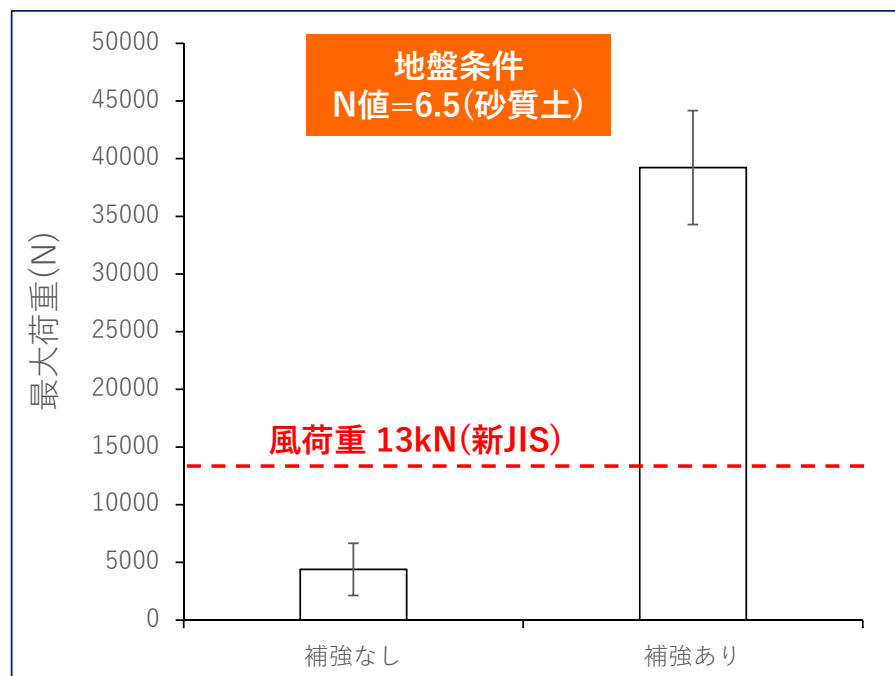
- 試験①：補強なしの状態です鉛直上方向に引抜き
試験②：試験①実施後、杭を設定根入れまで戻し
引抜き耐力がほぼない状態にしたうえで
補強を施し鉛直上方向に引抜き



7. 模擬架台を使用した引抜き試験

模擬架台を用いた補強能力の確認

※モジュール角度30度で、2 m×3 mの受圧面積を想定



- ・ 補強無し : 平均引抜き耐力 5 kN
- ・ 補強有り : 最小引抜き耐力 35 kN



架台の引抜き耐力が期待できない状態であっても十分な補強能力を確認

8. 施工方法の検討

8. 施工方法の検討 ～ 先行穴掘削

① 穴掘り用の複式スコップを用いた施工



動力不要で場所を問わず
施工可能
ただし人力のためそれなりに
労力を要する

標準地盤での所要時間
(0.8m・1穴) 約10分

② 手動オーガーを用いた施工



動力不要だが、①と同じく
人力のためそれなりに労力
を要する

標準地盤での所要時間
(0.8m・1穴) 約8分

③ 電動(または油圧)オーガーを用いた施工



動力はポータブル電源程度
で可能、労力・所要時間は
①や②に比べ軽減

標準地盤での所要時間
(0.8m・1穴) 約3分

④ オーガー搭載型小型重機を用いた施工



③よりさらに労力が軽減
されるため大規模発電所
では有効

標準地盤での所要時間
(0.8m・1穴) 約3分

8. 施工方法の検討 ～ 打ち込み

① 手打ち工具による打撃



動力不要で場所を問わず施工可能だが、連続作業時には労力がかかる。

標準地盤での所要時間
(0.8m・1穴) 約1分

② 電動または油圧打撃機を用いた打撃



動力が必要だが連続作業時の施工性は良好。

標準地盤での所要時間
(0.8m・1穴) 約1分

8. 施工方法の検討 ～ 専用マシンの開発

【超小型オーガマシン】

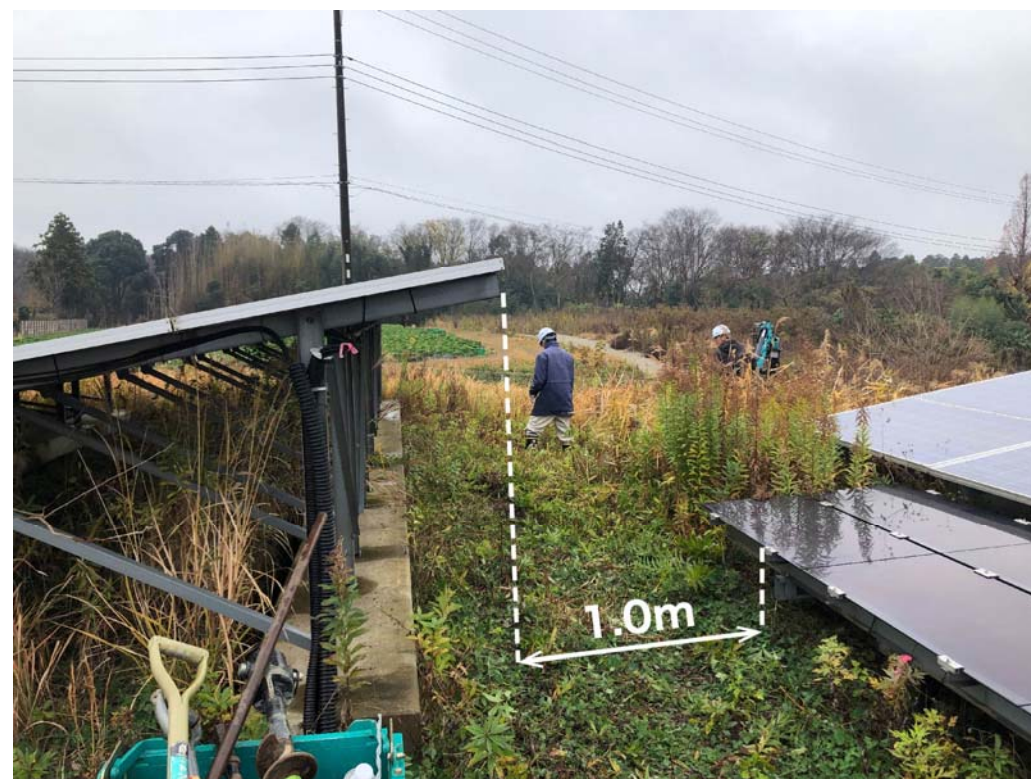
油圧回路を改良し、超小型ながらも
オーガ掘削等、マルチな作業を実現



9. 実設備を使用した施工検証

9. 実設備を使用した施工検証

実際のPV設備を使用したモックアップ検証を実施、アレイ間通路などの狭隘な場所における施工性や、その他さまざまな接続方法を検証



9. 実設備を使用した施工検証

小型重機による掘削および油圧打撃機によるアンカー施工



9. 実設備を使用した施工検証

接続性の検証
(接続プレートを使用)



接続性の検証
(既設ボルトにアイナットを接続)



9. 実設備を使用した施工検証

検証結果

- 狭隘な場所でも施工が可能
- 直接基礎であっても架台フレームに接続することで補強が可能で、杭基礎で杭に直接接続できない場合でも同様の方法で補強が可能
- 接続プレートを使わなくても既設ボルトにアイナットやアイボルトを取り付ける事でも接続が可能



⇒ 今後も様々な設備で検証予定

ご清聴ありがとうございました。

なお、モニター施工・お試し施工や
現地でのデモンストレーションを募集しています。

お気軽にお問い合わせください。



こちらのQRコード・URLからもお問い合わせ可能です

URL : <https://forms.gle/Cyoztz6DMefzmNTL8>