ウォータージェット併用バイブロハンマ工法で打設する先端根固め鋼管杭

大口径杭 RSプラス®

PARI 独立行政法人 港湾空港技術研究所

新日鐵住金株式会社

調和工業株式会社

ウォータージェット併用バイブロハンマ工法で打設する先端根固め鋼管杭

大口径杭 RSプラス®

近年、港湾地域においても騒音・振動等の環境問題に対して配慮が必要になってきております。なかでも杭打ち工事では、騒音と振動の両者について低減を図った工法が要求されるようになってきました。

このような社会的趨勢に対して、独立行政法人港湾空港技術研究所、新日鐵住金株式会社、調和工業株式会社の3者は、低騒音・低振動で鋼管杭の施工が行える「RSプラス®」を開発しました。

RSプラスは、施工性に優れ、高い支持力特性を有しており、皆様にご推奨をいただけるものと確信しております。

ここに、RSプラスの概要を取りまとめましたので、ご利用くださるようお願いいたします。

工法概要

RSプラスとは、杭先端の鋼管内面あるいは鋼管外周部に数枚のリブプレートを事前に工場で取り付けた鋼管杭を用いて、この鋼管杭の先端に取り付けたノズルから、高圧で水を噴射（ウォータージェット）し、バイブロハンマで所定の深度まで打設します。その後、ウォータージェットをセメントミルクに切り替えて高圧噴射を行い、杭先端部に根固め球根を築造します。

さらに、ジェット用配管を回収する際に杭周面部にもセメントミルクを充填することで、杭と周辺地盤との一体化を図り大きな支持力が得られる工法です。

工法の特長

1 低騒音・低振動の杭施工法

ウォータージェット併用バイブロハンマで杭を打設することにより、打撃工法より大幅な低騒音・低振動施工が可能です。

2 高い支持力特性

鋼管杭先端部の根固め部と杭周面部に充填されたセメントミルクにより打撃工法以上の高支持力特性を発揮します。

3 優れた施工性

打撃工法と同程度の優れた施工性を発揮します。

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ためのものであり、「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。

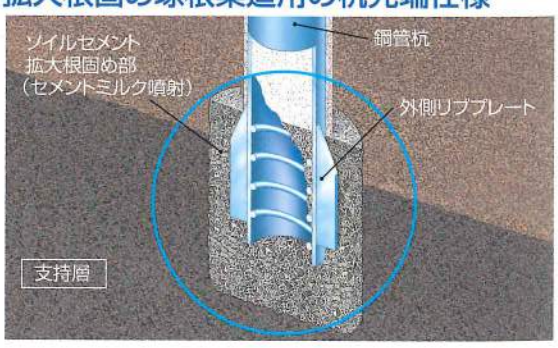
本資料に記載された製品または役務の名称は、当社および当社の関連会社の商標または登録商標、或いは、当社および当社の関連会社が使用を許諾された第三者の商標または登録商標です。その他の製品または役務の名称は、それぞれ保有者の商標または登録商標です。

目次

工法概要 …… 1
工法の特長 …… 1
杭先端仕様 …… 2
施工法 …… 2
施工設備 …… 3
施工試験 …… 4
支持力 …… 5
騒音・振動の程度 …… 5
適用範囲（地盤種別） …… 6
用　途 …… 6

杭のイメージ

拡大根固め球根築造用の杭先端仕様



杭先端仕様

地盤掘削時のウォータージェットおよびセメントミルク注入用の配管および噴射ノズルを設置します。また、鋼管内面には鋼管杭と根固め球根の一体化のため、ずれ止め鉄筋を取りつけます。

対象の地盤条件に応じて、ノズル配置用の杭内面リブプレートや、根固め球根径の拡大を目的とした杭外周リブプレートを工場で設置することが可能です。

鋼管内面リブプレートの設置例

鋼管外周リブプレートの設置例

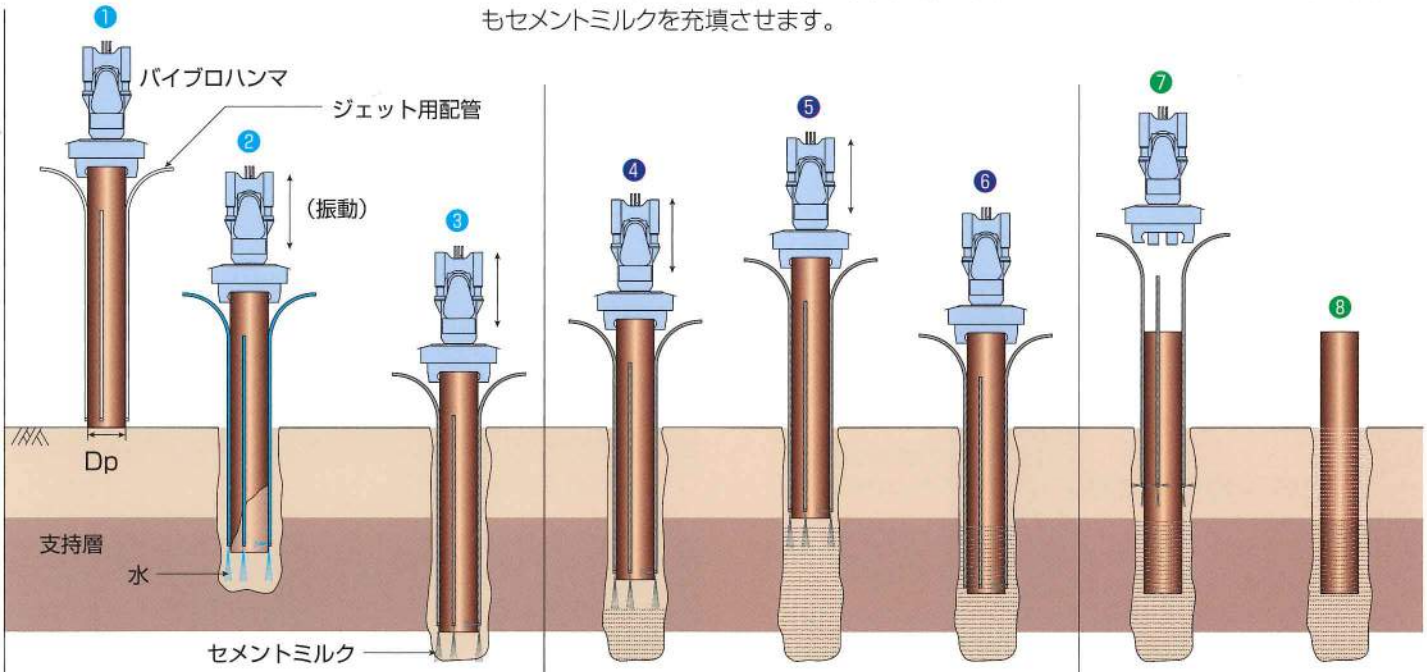
施工法

本工法は、杭先端を閉塞させるとともに拡大根固め部を築造することが重要です。そのため、注入するセメントミルク量、打設速度、打設深度、圧送流量、圧送圧力、ウォータージェットとセメントミルクの切り替えのタイミングをリアルタイムで管理する管理プログラムを用いて、ばらつきの少ない根固め部が築造できるようにしています。

また、杭施工はクレーン船にバイブロハンマおよび水とセメントミルク送出装置を装備して行います。

施工手順

施工手順は、ウォータージェット併用バイブロハンマにより所定深度まで打設後、セメントミルクに切り替え、杭先端部に拡大根固め部を築造するとともに、必要に応じて杭周面部にもセメントミルクを充填させます。



①杭建込み後バイブロハンマ装着

②バイブロハンマによる振動･高圧ジェット水噴射の併用にて杭を打設

③支持層に貫入(セメントミルクに切替え準備)

←ジェット水による掘削工程→

④⑤先端からセメントミルクを噴射開始、セメントミルクを噴射しながら杭を引き上げ

⑥再打設後、定着深度で打ち止め

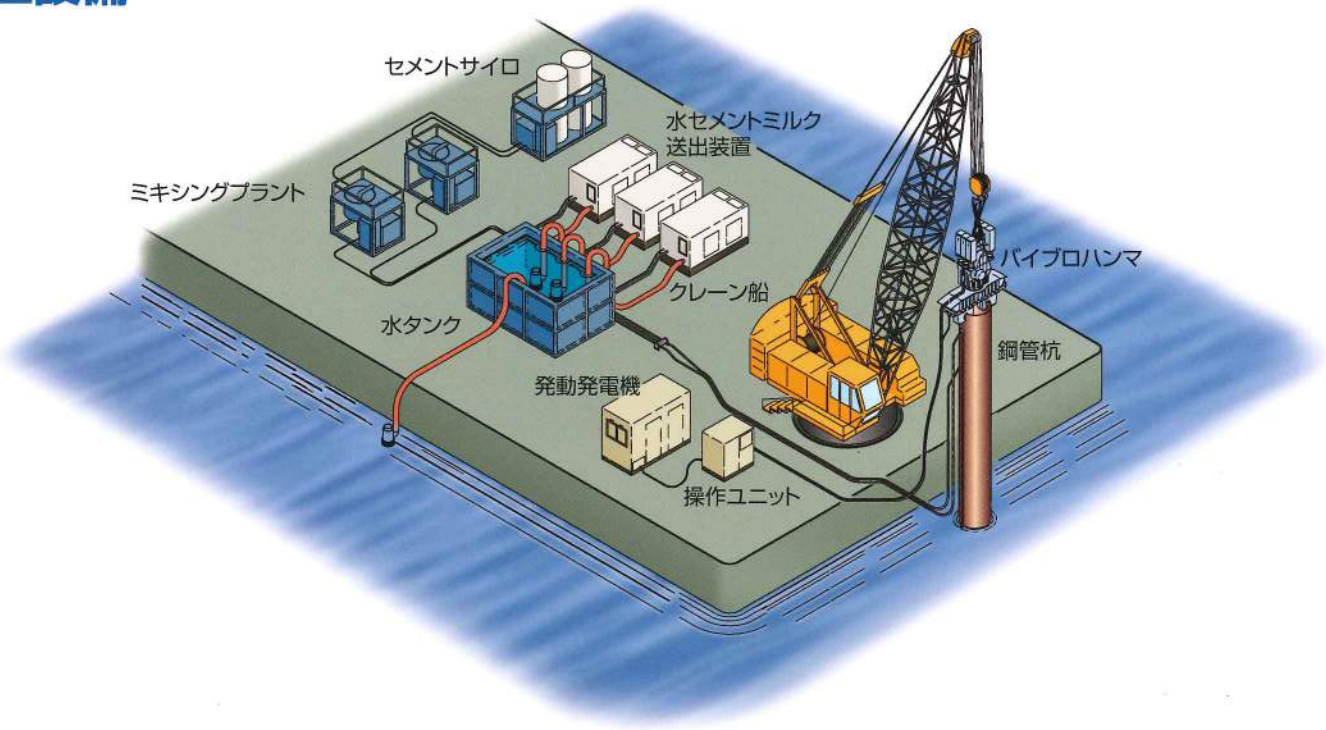
←先端セメントミルク注入工程→

⑦ジェット用配管を引き上げながら杭周面にセメントミルクを充填

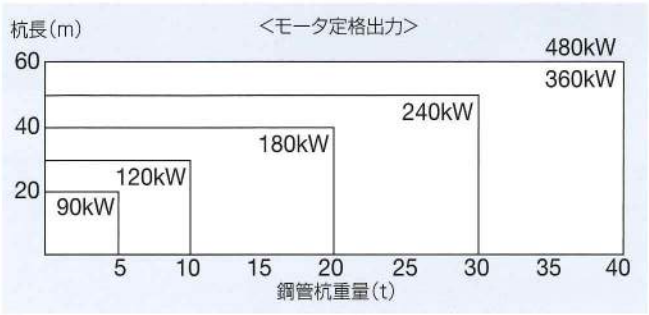
⑧配管回収･打設完了

←周面セメントミルク注入工程→

施工設備



バイブロハンマの選定



水とセメントミルクの送出装置

圧送流量0.895m³/min/台の送出装置を使用します。台数は杭径によって決定します。

水とセメントミルク送出装置(4台の例)

発動発電機

発動発電機の規格は、バイブロハンマの出力に3.3kVA/kWを乗じて選定します。

クレーン(船)の選定

クレーン(船)の選定は、クレーン作用荷重と根固め時の引き上げ地盤抵抗の合計で決定することを標準とします。

クレーン作用荷重は、杭と選定したバイブロハンマの型式の質量、起振力より、以下の式を用いて算出します。

$$F=Wc+Wv+Wp+(P_0/g\times\alpha)+Fc$$

ここに、F　：クレーン作用荷重(t)
Wc：クレーンのフック質量(t)
Wv：バイブロハンマの質量(t)
Wp：鋼管杭質量(t)
P_0：バイブロハンマの最大起振力(kN)
g　：9.81(m/sec²)
α　：0.15~0.25
Fc：根固め時の引き上げ地盤抵抗

セメントミルクプラント

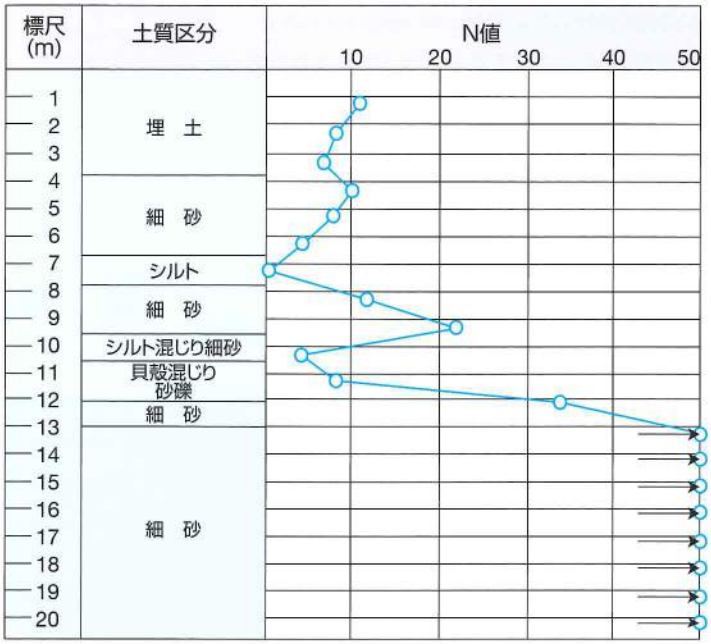
セメントミルクプラントは、ミキシングプラント(練り量1.2m³/回)とセメントサイロ(30t級)により構成され、杭径によりミキシングプラントの台数が決まります。

ミキシングプラント
(1.2m³/回)

セメントサイロ(30t級)

施工試験

地盤条件

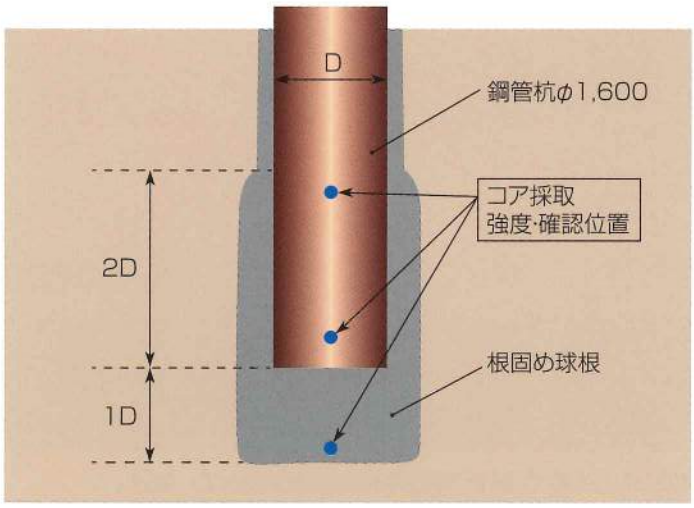


打設状況(φ1,600)

根固め球根

実大鋼管杭での施工性の確認および施工後に杭を掘起すことで根固め球根築造状況の確認を行いました。

また、鋼管杭内部のコアボーリングを行い、強固な根固め球根が築造されていることを確認しました。



●ソイルセメント改良体のコアボーリング供試体

根固め球根のコア供試体の一軸圧縮試験の結果、セメント改良体が最大で38.5MPaという高い強度を有していることを確認しました。

根固め球根の掘起し事例 ①：φ1,600杭
(杭内面リブプレートあり)

根固め球根内部のソイルセメント充填性を確認するため、鋼管杭下端位置で切り離しを行い、健全で密実な球根が築造されていることを確認しました。

根固め球根の掘起し事例 ②：φ1,000杭
(杭外周リブプレートによる拡大根固め球根)

支持力

実大杭での載荷試験結果より、以下の設計式により支持力を算定します。

$R = 300 \cdot \alpha N \cdot \beta A_p + \Sigma(r_{fi} \cdot A_{si})$

R ：杭の支持力(kN)

α ：支持層の地盤強度の低減係数(載荷試験等を実施しない場合 α=0.5)

β ：杭先端形状による補正係数(外側リブプレート付きの場合 β=2、それ以外 β=1)

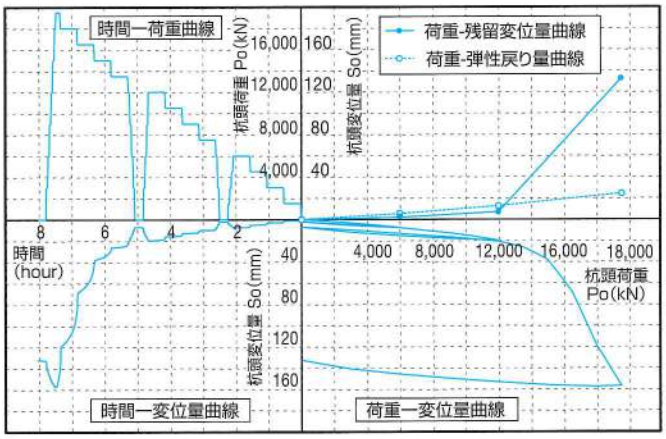
N ：杭先端地盤のN 値(N≦50)

A_p：鋼管先端閉塞面積(m^2)

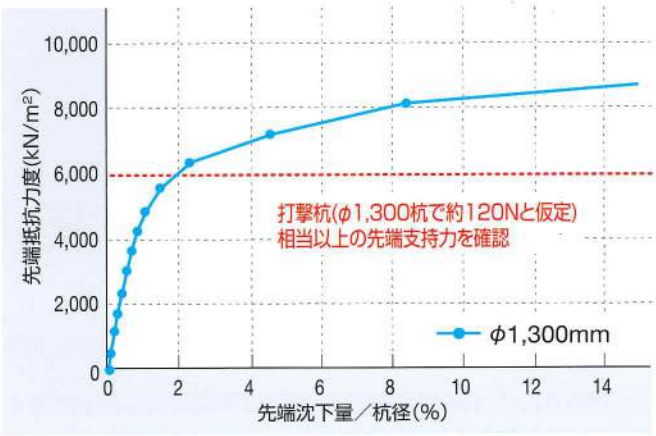
r_{fi} ：i層の杭周面抵抗力度(kN/m^2)[砂質土=5N,粘性土=C または10N]

A_{si}：i層において地盤と接している鋼管周面積(m^2)

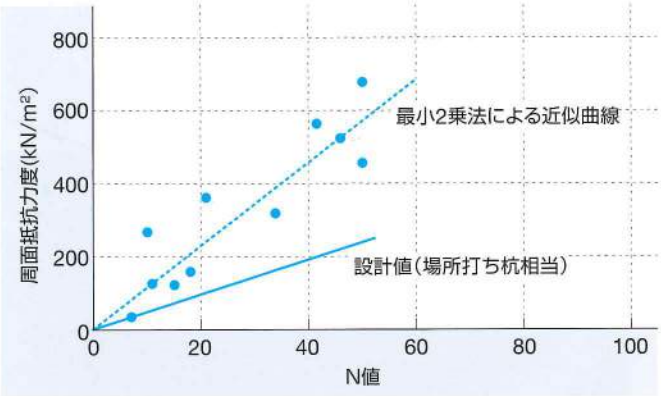
載荷試験結果の一例
(φ1,300mmの場合)



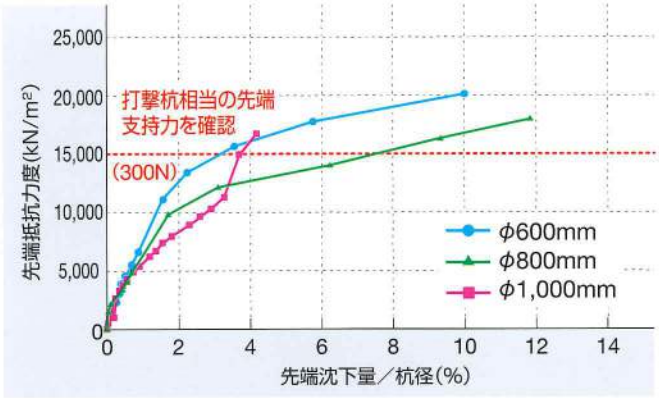
載荷試験の「先端沈下量～先端抵抗力度」関係
(内側リブプレート仕様)



3ケースの載荷試験の「N値～周面抵抗力度」関係
(砂質土)



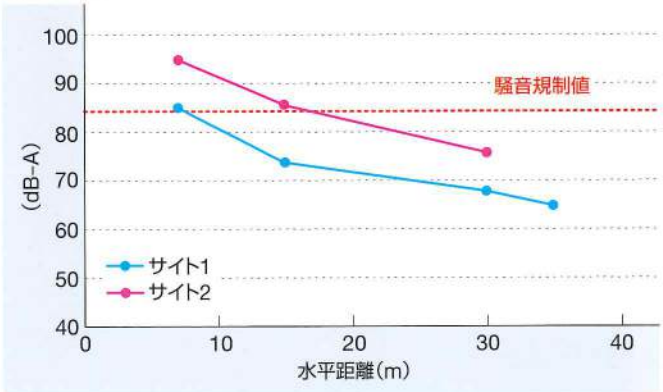
3ケースの載荷試験の「先端沈下量～先端抵抗力度」関係
(外側リブプレート仕様)



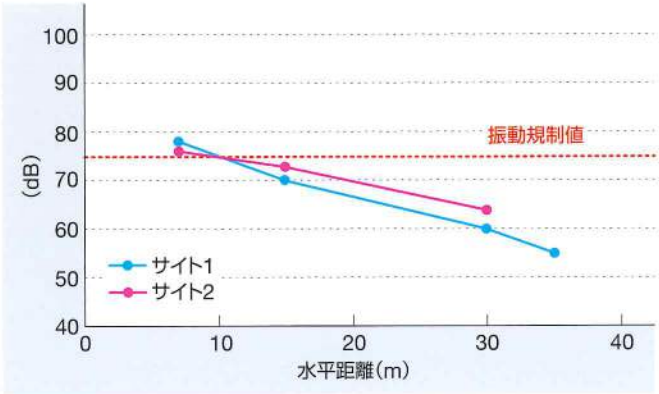
騒音・振動の程度

杭打設位置から15m程度離れた地点で、騒音・振動の規制値を下回っています。

騒音レベル



振動レベル



適用範囲（地盤種別）

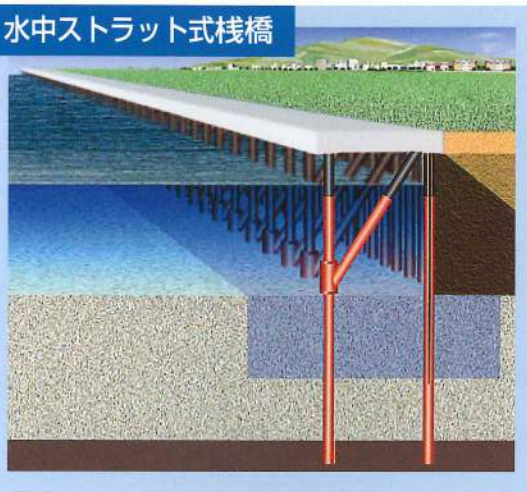
地盤種別	中間層	支持層
砂　層	○	○
粘土層（N値≦10）	○	○
礫　層	○	○
硬質粘土層（10<N値≦50）	△	○
軟岩層（qu≦20N/mm²）	×	△
中硬岩、硬岩層	×	△

○：適用可、△：要検討、×：適用不可

用　途

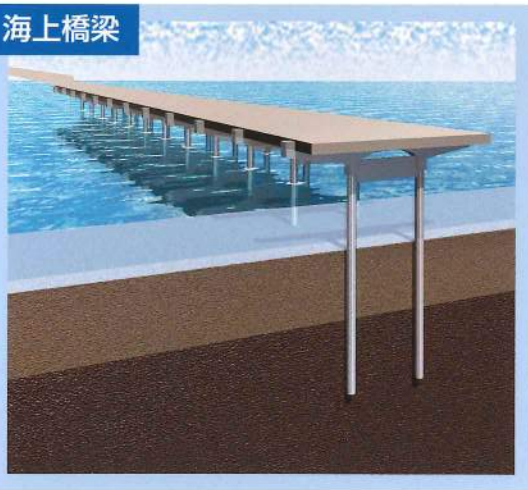
RSプラスは、騒音･振動対策が必要な港湾分野での護岸、岸壁工事（桟橋用杭）等に適用が可能です。また、軟弱地盤が厚い地域で特にコスト競争力を発揮します。

水中ストラット式桟橋



唐津港岸壁

海上橋梁

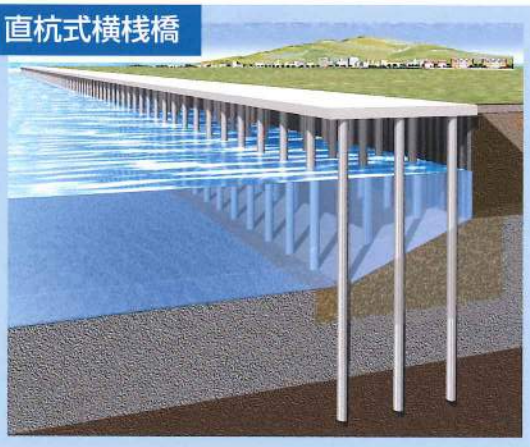


伏木富山港
新湊大橋エレベーター塔

岩国港臨港道路

ジャケット式桟橋

直杭式横桟橋



お問い合わせは

独立行政法人 港湾空港技術研究所

研究所本館　〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1　Tel: 046-844-5040

新日鐵住金株式会社

東京本社	〒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: 03-6867-4111(代)
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(代)
北海道支店	〒060-0002 北海道札幌市中央区北二条西4丁目 北海道ビル8階	Tel: 011-222-8260(代)
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(代)
新潟支店	〒950-0087 新潟県新潟市中央区東大通1-3-10 三井生命新潟ビル	Tel: 025-246-3111(代)
北陸支店	〒930-0004 富山県富山市桜橋通1番18号 住友生命富山ビル	Tel: 076-441-4751(代)
茨城支店	〒310-0852 茨城県水戸市笠原町978番25 茨城県開発公社ビル	Tel: 029-301-7300(代)
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(代)
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(代)
四国支店	〒760-0017 香川県高松市番町1丁目6番1号 住友生命高松ビル	Tel: 087-851-5919(代)
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(代)

調和工業株式会社

本社	〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4(新大崎勧業ビル)	Tel: 03-3779-7871 Fax: 03-3779-7870
大阪支店	〒555-0041 大阪府大阪市西淀川区中島2-5-5	Tel: 06-6478-7411 Fax: 06-6478-7413
名古屋支店	〒497-0052 愛知県海部郡蟹江町西之森2-21-1	Tel: 056-794-5251 Fax: 056-794-5255

RSプラス®
K118_01_201401p

© 2009, 2014 Port and Airport Research Institute 無断複写転載禁止
© 2009, 2014 NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION 無断複写転載禁止
© 2009, 2014 CHOWA KOGYO CO., LTD 無断複写転載禁止