

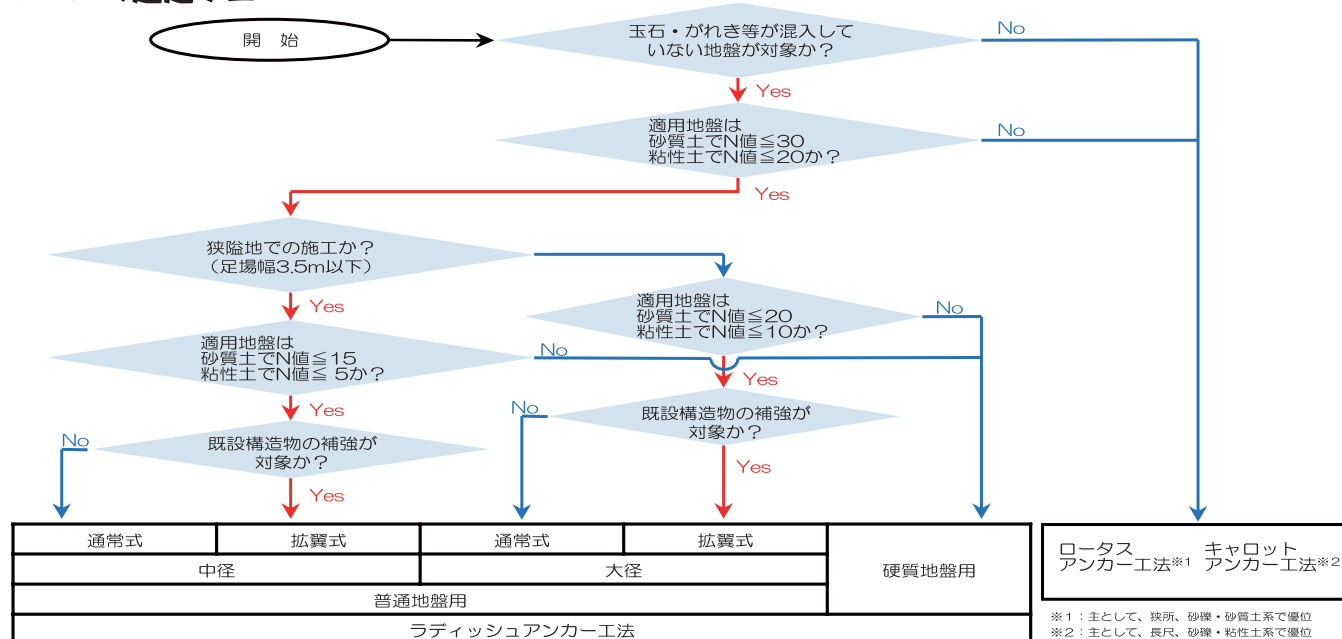
RRR CONSTRUCTION SYSTEM

自然斜面、切土のり面および盛土のり面の安定化を目的とした地山補強土工法に用いられる棒状補強体の一種で、中径～大径（標準径 200 ～ 400mm）の「ラディッシュアンカー」、「キャロットアンカー」、「ロータスアンカー」の3種類を総称してRRR-Nail（スリーアール・ネイル）と称します。スリーアール・ネイルは、「盛土のり面急勾配化工」、「切土補強土壁工」の他、「補強土式掘削土留め工」、「斜面補強工」、「既設擁壁補強工」など、様々な工法で用いられています。

● 各工法の概要

工法名	ラディッシュアンカー	キャロットアンカー	ロータスアンカー
概要	機械攪拌方式の深層混合処理工法の技術を応用し、地盤の斜め方向に円柱状のソイルセメント体を築造すると共に、その軸中心位置に引張り芯材を配置する棒状補強体です。普通地盤用、硬質地盤用のほか、既設構造物背面の施工を想定した拡翼式があります。	高出力のロータリーパーカッションドリルを用いて削孔することにより砂礫層、玉石を含む土層や障害物のある盛土内にφ170mmのアンカー体を築造すると共に、槍状の先端防護材を装着した引張り芯材を挿入する棒状補強体です。	ロータリーパーカッションドリルを用いた二重管式のケーシング削孔により細径(115mm)の削孔を行い、インジェクションパイプを利用した二重管ダブルパッカー注入を行い球根状の定着体を築造し、その後、引張り芯材を挿入する棒状補強体です。
補強体の構造			

● RRR-Nailの選定フロー



※1：主として、狭所、砂礫・砂質土系で優位
※2：主として、長尺、砂礫・粘性土系で優位

RRR-Nail(スリーアールネイル) ラディッシュアンカー工法

RRR CONSTRUCTION SYSTEM

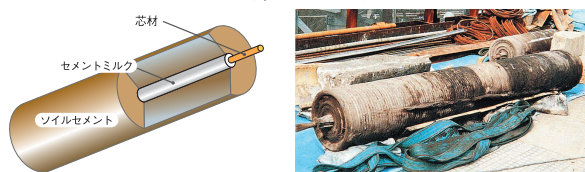
● ラディッシュアンカー工法とは？

原位置攪拌混合方式による円柱状のソイルセメント体を地盤の斜め方向に築造し、その軸中心位置に引張り芯材を配置した棒状補強体を築造する地山補強土工法です。RRR-Nail(スリーアール・ネイル)工法の一つであり、様々な用途に適用されています。ラディッシュアンカー工法には、**普通地盤用**、**硬質地盤用**があり、普通地盤用には攪拌混合装置の違いにより**通常式**と**拡翼式**があり、拡翼式は既設構造物背面等への施工を想定したものとなっています。

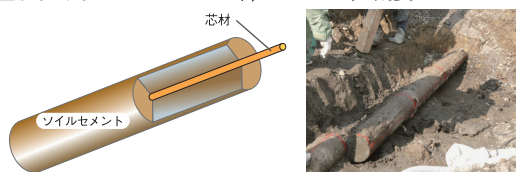
● ラディッシュアンカーの特徴

補強材の径が大きい(大径:φ400mm、中径:φ200mm)ことから、緩い盛土層でも短いアンカー長で十分な摩擦力が期待できます。

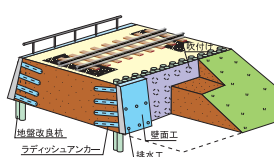
大径ラディッシュアンカー(φ400mm)概要



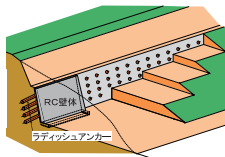
中径ラディッシュアンカー(φ200mm)概要



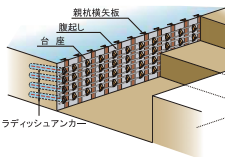
● ラディッシュアンカーの適用例



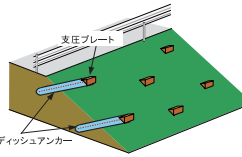
①盛土のり面急勾配化工



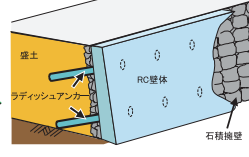
②切土のり面急勾配化工



③補強土式掘削土留め工



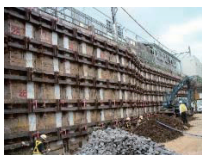
④斜面補強工



⑤既設擁壁補強工



①③盛土のり面急勾配化工(壁面打設前土留め状況)



④斜面補強工(道路盛土)



⑤既設石積補強工(鉄道盛土)



● 硬質地盤用ラディッシュアンカー

硬質地盤用ラディッシュアンカー工法は、従来のラディッシュアンカーでは適用が困難な硬質地盤に対応するために攪拌混合装置の改良を行い、かつ施工機械としてロータリーパーカッションを用いることにより、改良体径250mmのラディッシュアンカー体の築造を可能にしたものです。

攪拌混合装置



攪拌混合装置



試験施工状況

適用地盤の比較

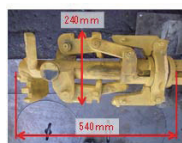
普通地盤用: 砂質土 $N \leq 20$ 、粘性土 $N \leq 10$ 程度
硬質地盤用: 砂質土 $N \leq 30$ 、粘性土 $N \leq 20$ 程度

※硬質地盤用ラディッシュアンカー、拡翼式ラディッシュアンカーの適用については、協会にお問い合わせください。

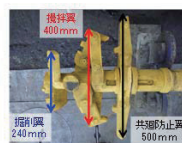
● 拡翼式ラディッシュアンカー

拡翼式ラディッシュアンカーは、石積擁壁やもたれ式擁壁の補強工事のように構造物背面にラディッシュアンカーを造成する際に、攪拌装置が構造物背面で拡翼する構造となっており、通常のラディッシュアンカーよりも構造物に対する事前のコア削孔径を小さくすることができます。

攪拌混合装置



攪拌混合装置(大径:左 閉翼時、右 開翼時)



攪拌混合装置(中径:開翼時)

事前コア削孔径の比較

通常式: 大径 φ600mm、中径 φ350mm
拡翼式: 大径 φ350mm、中径 φ300mm

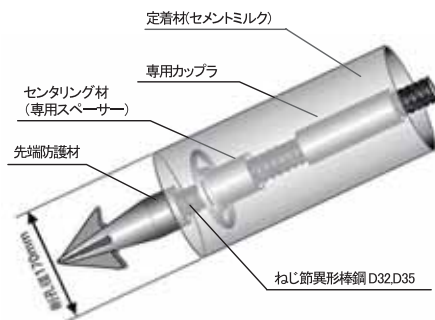
RRR-Nail(スリーアールネイル) キャロットアンカー工法

RRR CONSTRUCTION SYSTEM

工法概要

キャロットアンカー工法は、高出力のロータリーパーカッションドリルを用いて削孔することにより、砂礫層・玉石を含む土層や障害物のある盛土内に標準φ170mmのアンカー体を築造すると共に、その軸中心位置に槍状の先端防護材やセンタリング材(専用スペーサー)を装着した引張り芯材を貫入して、中径棒状補強体を構築する地山補強土工法です。

これまで比較的柔らかい土層を対象にしてきた地山補強土工法の適用範囲を拡大することを可能にした工法です。本工法は、ラディッシュアンカー工法と同様に、永久(恒久)構造物としての機能を有する「RRR-Nail(スリーアールネイル)」の一つと位置づけられており、様々な用途に適用されています。



キャロットアンカー構造概要



掘り出したキャロット補強体

先端防護材と専用スペーサー

特許出願公開番号(特開 2014-177861)

キャロットアンカーは、定深度までケーシング削孔を行った後、槍状の先端防護材やセンタリング材(専用スペーサー)を装着した引張り芯材を挿入して、さらに 10 ~ 20cm 程度を地山へ圧入することにより、確実に軸中心に引張り芯材を設置できます。また、セメントミルク充填後にケーシングロッドを引き抜くことで、孔壁の崩壊を防止し、専用スペーサーによる芯材の共上がりを防止することができることから、長尺施工でも高品質の永久補強材を構築できます。



専用スペーサー



先端防護材

施工機械



ベースマシン(クローラ型)



ベースマシン(スキッド型)

キャロットアンカー施工機械の諸元

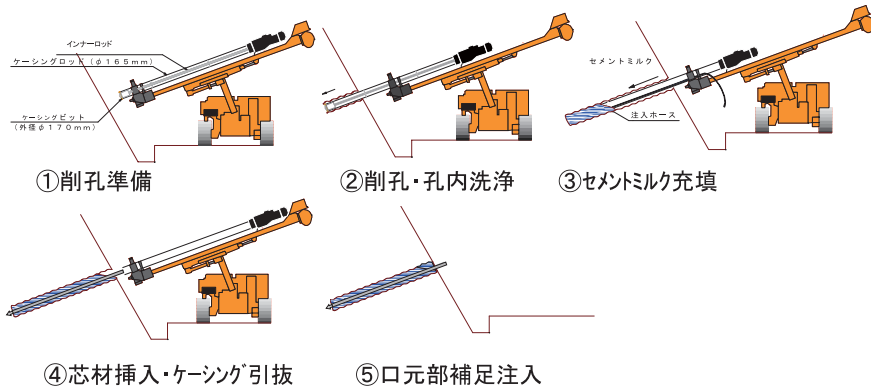
項目/機種	クローラ型施工機	スキッド型施工機
ベースマシン (寸法:長さ×幅×高さ)	機体:4.5m×2.4m×2.3m ガイドセル:約6.0m	機体:2.8m×1.9m×1.5m ガイドセル:約6.0m
施工適用地盤	基本的にすべての土質に適用可能 ^{※1}	
最大掘削長	約30.0m ^{※2}	
最大回転トルク	10.8kN・m	9.3kN・m
打撃エネルギー	750N・m	780N・m
重量	12.5t	2.8t(油圧ユニット別)
施工足場の目安	幅3.5m以上	幅3.5m以上

※1 鉄筋を有するコンクリートなど、ガラ・障害物については十分な検討が必要です。

※2 20m以上を超える長尺施工の場合には、十分な検討が必要です。

施工手順

- 100PS級の油圧式ロータリーパーカッションドリルにより削孔を行います。打撃機能も有するため、砂礫・玉石混じり土等の硬い土層や土中の障害物を貫いて削孔することもできます。
- 所定の深度まで削孔後に、ケーシングロッドで孔壁を保護しながら孔内を洗浄した後、膨張剤を添加したセメントミルクを孔内に充填します。
- セメントミルク充填後、槍状の先端部材と専用スペーサー装着した芯材を設計長まで挿入した後、先端部材を10cm ~ 20cm程度地山に圧入することで、芯材のセンタリングとケーシング引き抜き時の供上がり防止機構を備えます。(特許出願 2014-177861)
- ケーシングを引き抜き、補足注入を行い、口元処理を行います。



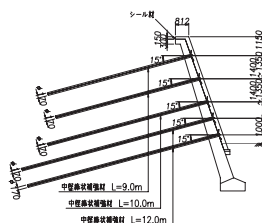
施工事例

事例 1

場 所: 岩手県

施工目的: 既設擁壁の耐震補強(永久仕様)

施工時期: 2012年

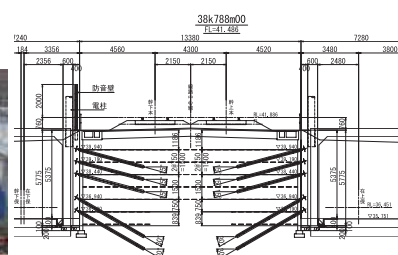


事例 2

場 所: 青森県

施工目的: 既設擁壁補強(永久仕様)

施工時期: 2013年



RRR-Nail (スリーアールネイル) ロータスアンカー工法

RRR CONSTRUCTION SYSTEM

● 概 要

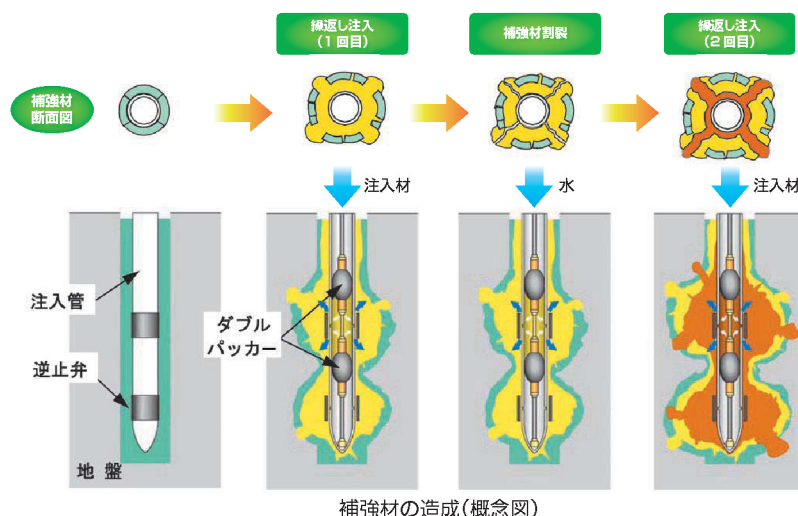
ロータスアンカー工法は、ラディッシュアンカー工法の施工が難しい地盤（礫質土でも礫径が大きい地盤および硬質な地盤）において効率的な施工を実現するために開発された、鉄道盛土斜面の耐震補強技術です。

二重管ダブルパッカー工法の注入方式を取り入れ、削孔径よりも大きい径の補強材の造成を可能にしました。硬質地盤にも対応できる削孔機で細径の孔（ $\phi 115\text{mm}$ ）を削孔したのち、通常よりも高い圧力（ 1.5MPa ）で注入材を繰返し注入することにより地盤中で補強材を球根状に拡大させます。

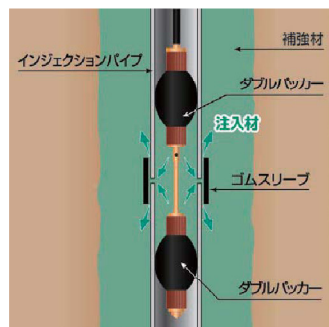
繰返し注入方式は、通常の注入方式に対して周面摩擦抵抗が $1.5\sim 2.0$ 倍増加する効果が確認されており、大きな引抜き抵抗力を得ることができます。

● 特 長

- 1 繰返し注入により補強材を拡大
→ **大きな引抜き抵抗**
- 2 小型で打撃機能を有する削孔機を使用
→ **硬質地盤／狭い場所での施工が可能**
- 3 削孔工程と注入工程を分割可能
→ **作業時間の短い現場でも効率的な施工**



● 繰返し注入のメカニズム



二重管ダブルパッカーの注入メカニズム



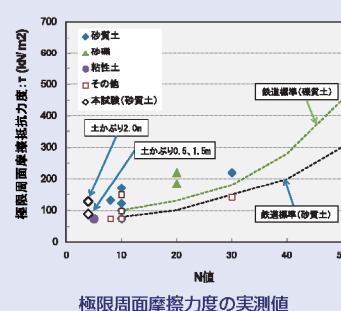
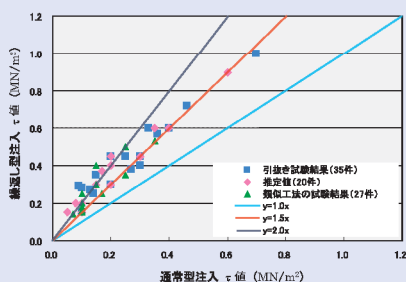
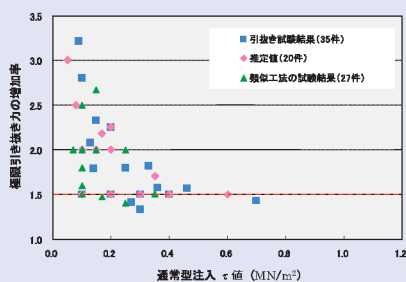
加圧注入状況(清水にて噴射)



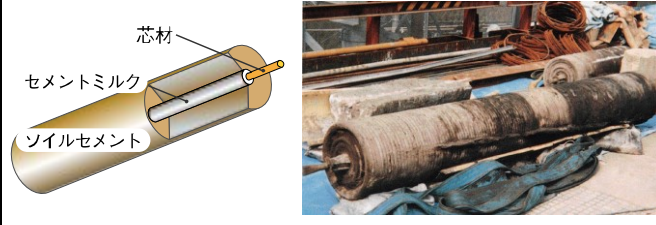
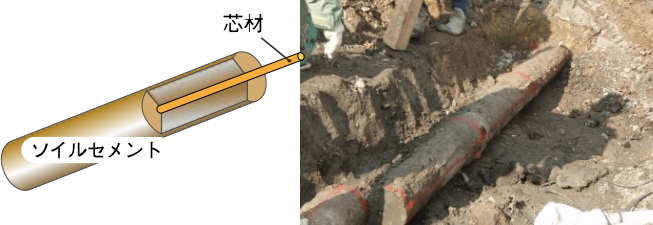
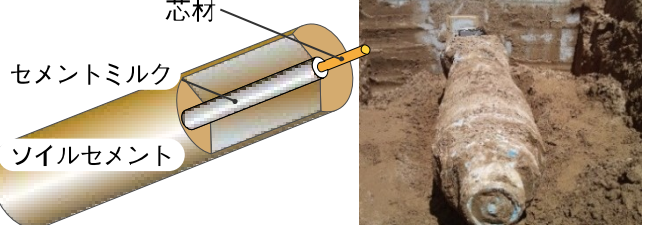
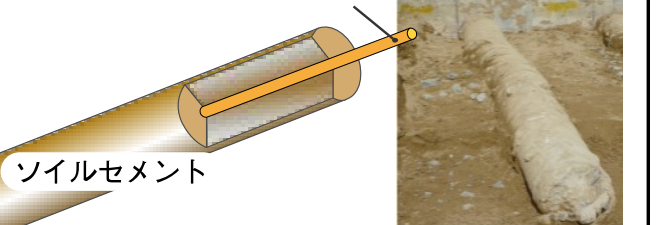
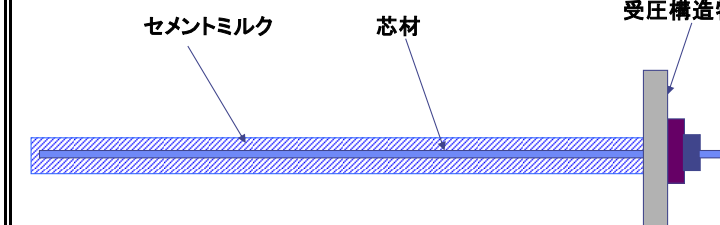
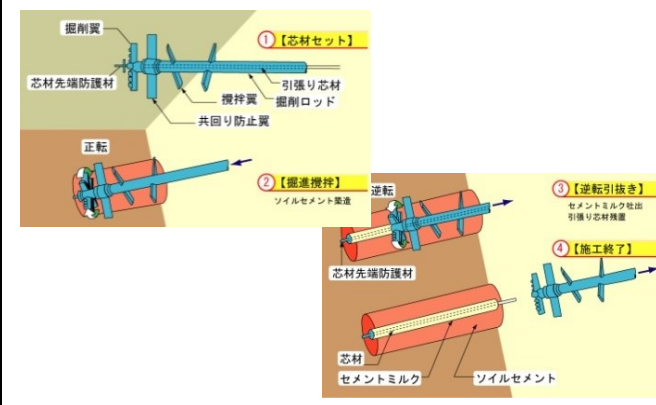
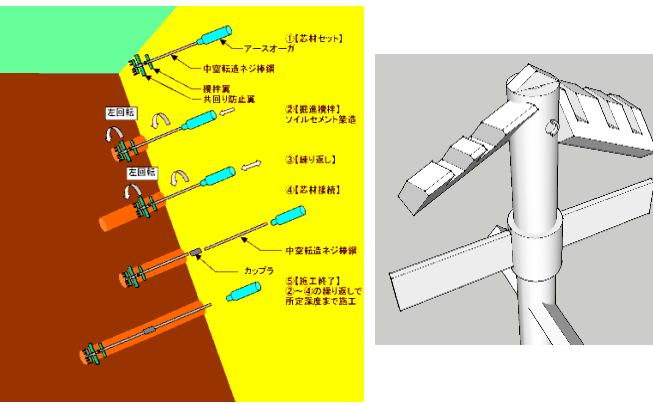
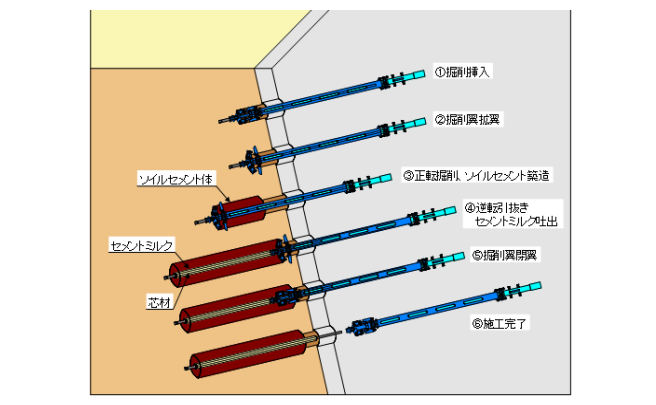
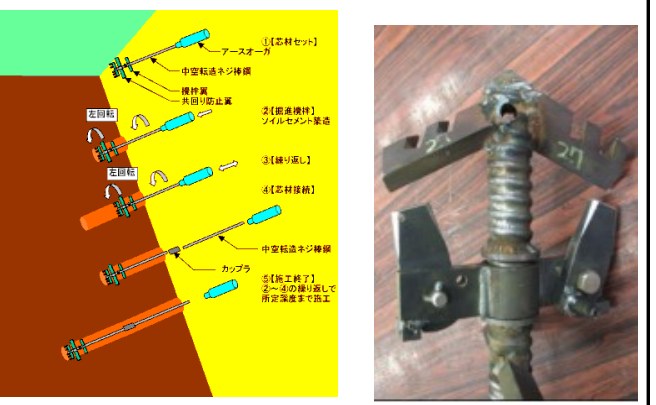
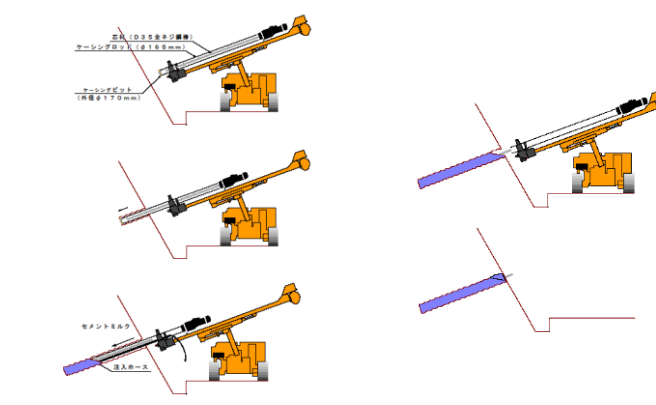
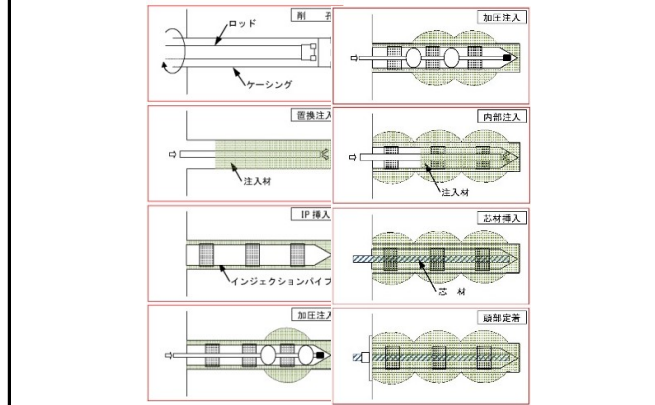
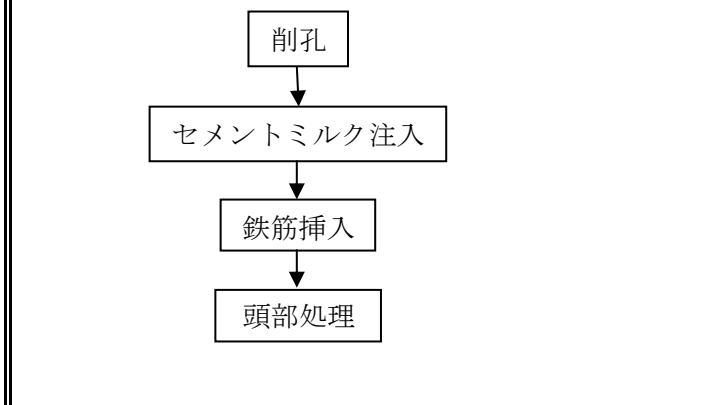
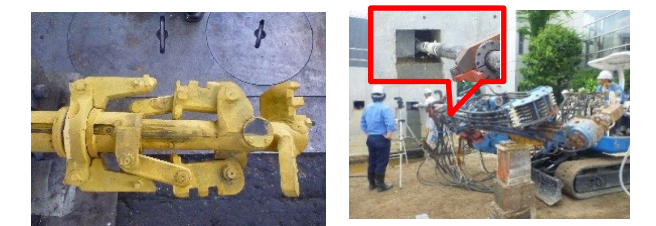
模擬地盤で造成した補強材断面



● 繰返し注入の効果



スリーアール・ネイルによる地山補強土工法 比較表

工法名等	スリーアール・ネイル(RRR - Nail) ： ラディッシュアンカー、ロータスアンカー、キャロットアンカーの総称									鉄筋補強土工法 (ロックボルト)
	ラディッシュアンカー工法					硬質地盤用	キャロットアンカー工法	ロータスアンカー工法		
	普通地盤用									
	通常式		拡翼式 (既設構造物の背面盛土が対象)							
	大径	中径(狭隘地用)	大径	中径 (狭隘地用)						
種類	ダウアリング	マイクロバイリング	ダウアリング	マイクロバイリング	マイクロバイリング	マイクロバイリング			ネイリング	
補強体径 (標準)	400mm	200mm	400mm	200mm	250mm	170mm	砂質土 230mm	粘性土170mm	40～90mm	
構造物への開口径	550～600mm	350mm	300～350mm	300mm	350mm	250mm	150～200mm			
補強体周面積比 *1	1. 000	0. 500	1. 000	0. 500	0. 625	0. 425	0. 575	0. 425	0. 100～0. 225	
周面摩擦力比 *2	8. 000	4. 000	8. 000	4. 000	5. 000	3. 400	4. 600	3. 400	1. 000	
削孔方式	機械攪拌方式					二重管式のケーシング削孔型の先行削孔方式			孔壁が自立する場合には、ロッドやオーガー削孔型の先行削孔方式を選定し、孔壁の自立が困難な場合には、二重管式のケーシング削孔型の先行削孔方式や自穿孔方式、削孔同時注入方式が選定される。	
定着方式	共回り防止翼を装着した攪拌混合装置により築造されるセメントミルクと原位置土との均質なソイルセメント					定着材にセメントミルク (膨張材添加) を用いた充填方式	定着材にセメントミルクを用いた二重管ダブルバックー注入方式		定着材にセメントミルクを用いた充填方式または注入方式	
芯材	F R P ロッド、ネジ節異形棒鋼	中空転造ネジ棒鋼	F R P ロッド、ネジ節異形棒鋼	中空転造ネジ棒鋼	ネジ節異形棒鋼	ネジ節異形棒鋼	ネジ節異形棒鋼		ネジ節異形棒鋼、中空転造ネジ棒鋼等	
施工機械	クローラ駆動による自走式 (アーム型およびアンカー型)	定置式ロータリードリル	クローラ駆動による自走式 (アーム型およびアンカー型)	定置式ロータリードリル	定置式ロータリーパーカッションドリル	定置式およびクローラ駆動による自走式 (アンカー型) のロータリーパーカッションドリル	定置式ロータリーパーカッションドリル		レックドリル、定置式およびクローラ駆動による自走式 (アンカー型) のロータリーパーカッションドリル等	
足場幅 (m)	3. 5～4. 5m	2. 5～3. 5m	3. 5～4. 5m	2. 5～3. 5m	3. 5m以上	3. 5～5. 5m	2. 5～3. 5m		2. 5～5. 0m	
適用地盤	玉石 (最大径10cm) ・がれきを除く土砂 (砂質土はN値≦20、粘性土はN値≦10)	玉石 (最大径10cm) ・がれきを除く土砂 (砂質土はN値≦15、粘性土はN値≦5)	玉石 (最大径10cm) ・がれきを除く土砂 (砂質土はN値≦20、粘性土はN値≦10)	玉石 (最大径10cm) ・がれきを除く土砂 (砂質土はN値≦15、粘性土はN値≦5)	玉石 (最大径10cm) ・がれきを除く土砂 (砂質土はN値≦30、粘性土はN値≦20)	玉石 ・ がれき等が混入する地盤やラディッシュアンカーでの施工が困難となる地盤			一般土砂～岩盤	
最大施工長	10m	8m	8m	8m	10m	30m	15m		5m程度	
補強体の構成										
工法概要 (標準)	機械攪拌方式の深層混合処理工法の技術を応用し、共回り防止翼を装着した攪拌混合装置を用いて、円柱状のソイルセメント体を築造すると共に、その軸中心位置に引張り芯材を配置した大径棒状補強体を構築する。	機械攪拌方式の深層混合処理工法の技術を応用し、引張り芯材兼用の中空転造ネジ棒鋼の先端に共回り防止翼を装着した攪拌混合装置を用いて、円柱状のソイルセメント体を築造すると共に、その中にそのまま引張り芯材を残置させることで中径棒状補強体を構築する。	基本的には通常式 (大径) と同様であるが、拡翼可能な共回り防止翼と攪拌翼とを装着した攪拌混合装置を用いることにより、既設擁壁などの構造物に行う穿孔が通常式 (大径) と比較して小さくなる。	基本的には通常式 (中径) と同様であるが、引張り芯材兼用の中空転造ネジ棒鋼の先端に拡翼可能な共回り防止翼を装着した攪拌混合装置を用いることにより、既設擁壁などの構造物に行う穿孔が通常式 (中径) と比較して小さくなる。	基本的には普通地盤用の通常式と同様であるが、硬質地盤掘削用にロータリーパーカッションドリル、共回り防止翼を装着した攪拌混合装置の先端に硬質地盤用ビットを用いて中径棒状補強体を構築する。	ロータリーパーカッションドリルによる二重管式のケーシング削孔によりφ170mmの削孔を行い、セメントミルクでケーシング内を充填後に芯材を挿入して中径棒状補強体を構築する。	ロータリーパーカッションドリルによる二重管式のケーシング削孔によりφ90～115mmの削孔を行い、セメントミルクでケーシング内を置換充填後にインジェクションパイプを挿入し、置換充填材の固化後にインジェクションパイプを利用した二重管ダブルバックー注入を行い、球根状の定着体を築造後に芯材を挿入して中径棒状補強体を構築する。	地盤性状に適した削孔方式によりφ40～90mmの削孔を行ない、セメントミルクの充填または注入により小径棒状補強体を構築する。		
施工方法										
施工状況										
施工実績	総施工長約22km (H24. 3月時点)	総施工長約2. 3km (H24. 3月時点)	拡翼機構および出来形確認のための試験施工	拡翼機構および出来形確認のための試験施工	出来形確認のための試験施工	全国で鉄道近接の実績多数あり	鉄道・道路の盛土斜面で耐震補強の実績あり		全国で自然斜面、のり面の実績多数あり	
特 長	・ 施工機械がクローラ駆動による自走式のため、機動性は高いが、狭隘地での施工が困難となる。 ・ 施工機械の重量が約10～20 t 程度のため、施工足場は十分に安定した土足場や構台が必要となる。 ・ 削孔に圧縮空気やセメントミルク等の定着材の噴射を行わず、無排土での原位置攪拌混合を行うため、周辺地盤への影響はほとんど無い。	・ 施工機械が小さい定置式のため、狭隘地での施工が可能となる。 ・ 施工機械の重量が約500kg程度と軽量なため、施工足場は軽微となる。 ・ 削孔に圧縮空気やセメントミルク等の定着材の噴射を行わず、無排土での原位置攪拌混合を行うため、周辺地盤への影響はほとんど無い。	・ 施工機械は、基本的には通常式 (大径) と同様である。 ・ 拡翼可能な共回り防止翼と攪拌翼とを装着した攪拌混合装置を用いることにより、既設擁壁などの構造物に行う穿孔が通常型の普通地盤用と比較して小さくなる。 ・ 削孔に圧縮空気やセメントミルク等の定着材の噴射を行わず、無排土での原位置攪拌混合を行うため、周辺地盤への影響はほとんど無い。	・ 施工機械が小さい定置式のため、狭隘地での施工が可能となる。 ・ 施工機械の重量が約500kg程度と軽量なため、施工足場は軽微となる。 ・ 拡翼可能な共回り防止翼を装着した攪拌混合装置を用いることにより、既設擁壁などの構造物に行う穿孔が狭隘型と比較して小さくなる。	・ 施工機械が比較的大きい定置式のため、狭隘地での施工が困難となる。 ・ 施工機械の重量が約1～2 t 程度のため、施工足場は安定した土足場や構台が必要となる。 ・ 削孔に圧縮空気やセメントミルク等の定着材の噴射を行わず、無排土での原位置攪拌混合を行うため、周辺地盤への影響はほとんど無い。	・ 施工機械は機動性の高いクローラ駆動による自走式と定置式があり、現場環境に合わせて選択可能である。 ・ 施工機械の重量はクローラ駆動による自走式が約10 t 程度、定置式が最軽量で2t程度のため、使用する施工機械に合わせて足場を設定する必要がある。 ・ 削孔時には孔壁保護を目的とした二重管式のケーシング削孔を行うため、周辺地盤への影響はほとんど無い。 ・ 楕状の先端防護材や共上がりを防止できるセンタリング材により、長尺施工でも高品質な補強材を構築できる。	・ 施工機械は機動性の高いクローラ駆動による自走式と定置式があり、現場環境に合わせて選択可能である。 ・ 施工機械の重量はクローラ駆動による自走式が約10 t 程度、定置式が最軽量で2t程度のため、使用する施工機械に合わせて足場を設定する必要がある。 ・ 削孔時には孔壁保護を目的とした二重管式のケーシング削孔を行うため、周辺地盤への影響はほとんど無い。 ・ 楕状の先端防護材や共上がりを防止できるセンタリング材により、長尺施工でも高品質な補強材を構築できる。	・ 施工機械が小さい定置式のため、狭隘地での施工が可能となる。 ・ 施工機械の重量が約500kg程度と軽量なため、施工足場は軽微となる。 ・ 適用地盤はラディッシュアンカーでの施工が困難となる地盤が対象となる。 ・ 繰返し注入技術を応用し、削孔径に拘束されない補強体径の構築を可能とし、削孔径の1. 5～2. 0倍の補強体径が構築可能である。 ・ 注入方式により補強体を構築するため、出来形確認のための引抜き試験を補強体全本数に対して行う必要がある。	・ 施工機械の重量はクローラ駆動による自走式以外は一般的に軽量となるため、施工足場は軽微となる。 ・ 適用地盤は地盤性状に適した削孔方式を選択することにより制限はないが、構築長さに限界が生じることがある。 ・ 一部の自穿孔方式、削孔同時注入方式以外および二重管式のケーシング削孔型の先行削孔方式以外は仮設での適用となることが多い。 ・ 削孔に圧縮空気やセメントミルク等の定着材の噴射を行う場合には、周辺地盤への影響が懸念される。	

*1:ラディッシュアンカー工法における通常型の普通地盤用(補強体径400mm)の補強体周面積を1.000とした場合の面積比

*2:鉄筋補強土工法における補強体径50mmの補強体周面摩擦力を1.000とした場合の摩擦力比