

# RRR工法協会だより

Reinforced-soil Railroad / Road structures with Rigid facing

No. 38 2016. 08

## スリーアール・ネイル (RRR-Nail) 工法について

RRR 工法協会 ネイル部会

### 1. はじめに

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工法に用いる補強材としては、当部会では、中径～大径の補強土工法である「ラディッシュアンカー工法」を基本としてきたが、本工法は、攪拌混合翼を用いて地山を改良しながら補強体を造成する工法であるために、地盤状況や施工環境等によっては適用が困難となる場合があった。このような課題を解決すべく、従来の「ラディッシュアンカー工法」に改善・改良を加えるとともに、新たに、「キャロットアンカー工法」および「ロータスアンカー工法」を開発した。

本稿ではこれら工法の概要について紹介する。

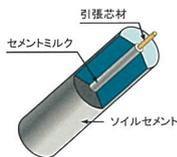
### 2. スリーアール・ネイル (RRR-Nail) とは？

当部会を対象とする中径～大径補強体は、「ラディッシュアンカー」、「キャロットアンカー」および「ロータスアンカー」の3種類であり、これらを総称して「スリーアール・ネイル (RRR-Nail)」称している。

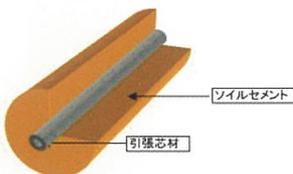
ここに、ラディッシュアンカーとは、機械式攪拌方式の深層混合処理工法の技術を応用し、地盤の斜め方向に円柱状のソイルセメント体を築造すると共に、その軸中心位置に引張り芯材を配置した棒状補強体である。

キャロットアンカーは、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、槍状の先端防護材を装着した引張り芯材を挿入した中径棒状補強体である。

ロータスアンカーは、ロータリーパーカッションドリルにより二重管式のケーシング削孔により細径の孔 (φ115mm) 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パッカー注入を行い、球根上の定着体を築造後に芯材を挿入して構築する中径棒状補強体である。



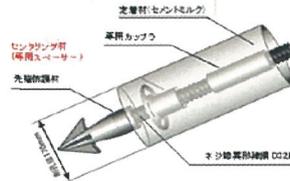
(a) 大径(標準径 400 mm)



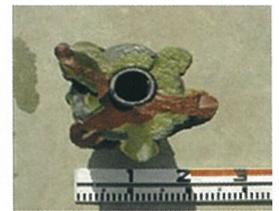
(b) 中径(標準径 200 mm)



(1) ラディッシュアンカー



(2) キャロットアンカー



(3) ロータスアンカー

図-2.1 スリーアール・ネイル(RRR-Nail)の概要

キャロットアンカーとロータスアンカーは、補強対象とする地山内に玉石や礫 (直径 100mm 程度以上)、コンクリートガラ等が多数点在する場合など、ラディッシュアンカーの施工が困難となる場合に採用する。図-2.1(1)～(3)にこれら3種類の補強体の概要を示す。

「ラディッシュアンカー」、「キャロットアンカー」および「ロータスアンカー」を選定するまでの手順は、図-2.2の通りである。一般的には、補強対象とする地山内に玉石やがれき等が混入していない地盤で「ラディッシュアンカー工法」を選定し、玉石や礫 (直径 100mm 程度以上)、コンクリートガラ等が多数点在する場合には、「ロータスアンカー工法」や「キャロットアンカー工法」を選定する。

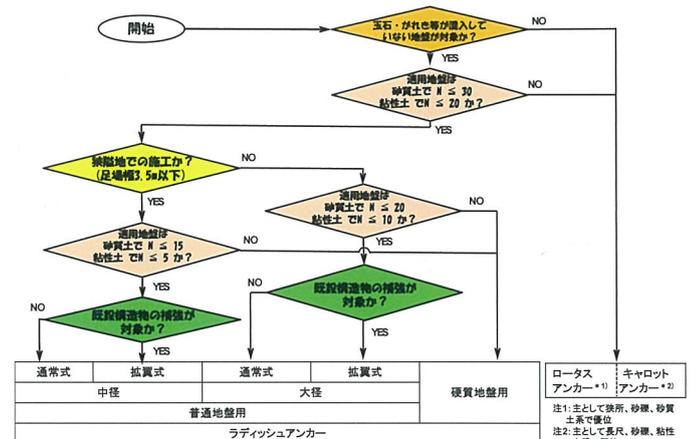


図-2.2 スリーアール・ネイル(RRR-Nail)選定のフローチャート

### 3. ラディッシュアンカー工法

ラディッシュアンカー工法は、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した棒状補強体を構築する地山補強土工法である。ラディッシュアンカー工法には、大別すると対象地盤によって「普通地盤用」

と「硬質地盤用」の2種類がある。「普通地盤用」には、ソイルセメント体の築造径が標準径 400mm である「大径」と標準径 200mm の「中径」の2種類がある。

また、「大径」、「中径」共に、既設擁壁の耐震補強を目的とした補強体施工のために、擁壁に孔を設ける際に「通常式」よりも小さな孔径で補強体施工が可能な「拡翼式」がある。以下、各ラディッシュアンカー工法について概説する。

### 3.1 普通地盤用ラディッシュアンカー

#### (1) 「通常式ラディッシュアンカー（大径：標準径 400mm）」

「通常式ラディッシュアンカー（大径）」の構造は、図-2.1(1)の(a)に示すとおりである。

攪拌混合装置および施工手順の概要をそれぞれ図-3.1、図-3.2に示す。通常式ラディッシュアンカー(大径)は、共回り防止翼を装着した攪拌混合装置にて築造された均質なソイルセメント体と屈削ロッド内にセットした引張り芯材をソイルセメント体の築造と同時にセメントミルクを吐出しながら残置させることで、軸中心部から引張り芯材、セメントミルク層、ソイルセメント層の3層構造の棒状補強体となる。

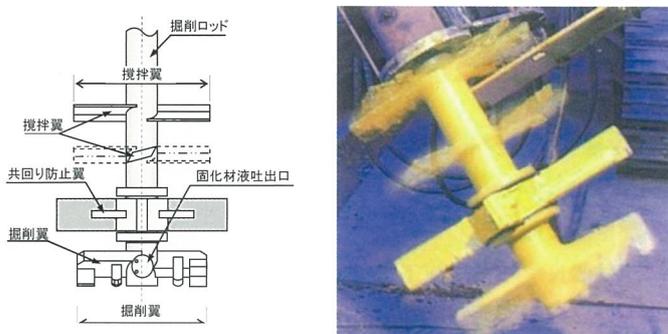


図-3.1 通常式ラディッシュアンカー(大径)の攪拌混合装置

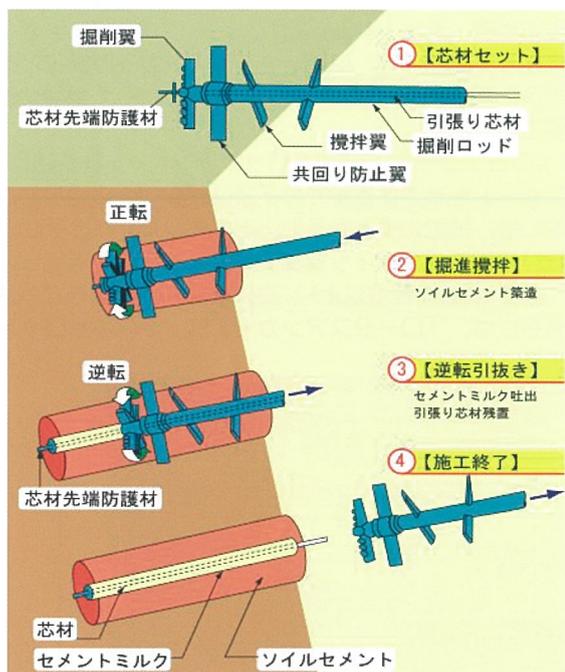


図-3.2 通常式ラディッシュアンカー(大径)の施工手順の概要

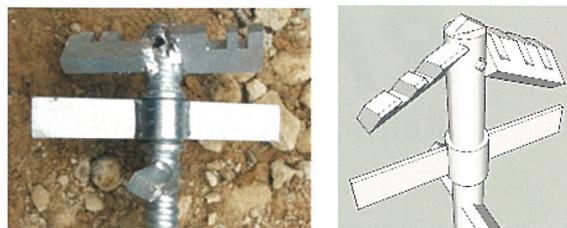
#### (2) 「通常式ラディッシュアンカー（中径：標準径 200mm）」

「通常式ラディッシュアンカー（中径）」の構造および施工手順の概要を図-3.3～図-3.4に示す。この「通常式ラディッシュアンカー（中径）」は、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均質なソイルセメント体を築造し、その中にそのまま引張り芯材を残置させることで、棒状補強体を築造するものである。

施工機械は、重量が約 500kg 程度と軽量な小さい定置式となるため、施工足場は軽微となり、狭隘地での施工が可能となる。適用地盤は普通地盤用の通常式（大径）と比較して狭くなるが、最近は先端ビットの改良によって、砂質土ではN値 ≤ 15 まで

適用が可能となった。粘性土ではN値 ≤ 5 である。

また、通常式（大径）と同様に、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ない。



(a)従来型(砂質土 N 値 ≤ 10) (b)改良型(砂質土 N 値 ≤ 15)  
図-3.3「通常式ラディッシュアンカー(中径)」の攪拌混合装置

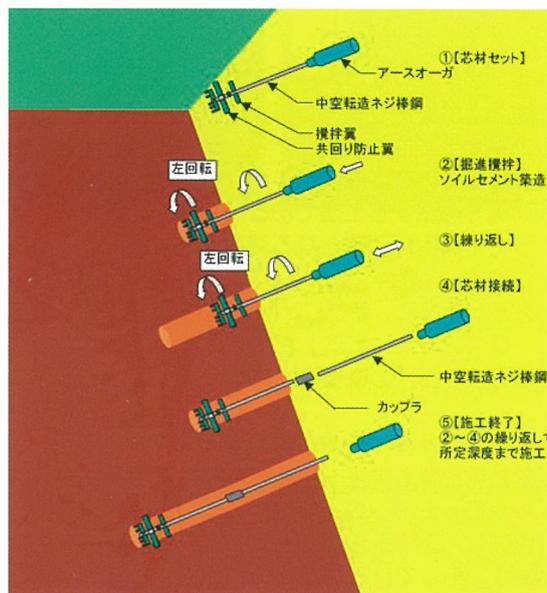


図-3.4 「通常式ラディッシュアンカー(中径)」の施工手順

(3) 「拡翼式ラディッシュアンカー（大径：標準径 400mm）」  
「拡翼式（大径）ラディッシュアンカー」の構造および施工手順の概要を図-3.5～図-3.7に示す。拡翼式ラディッシュアンカー（大径）は、通常式（大径）と同様の構造であるが、攪拌翼と共回り防止翼の開閉が可能であり、240mm～400mm の任意の径の補強体が築造できる。

したがって、既設擁壁の耐震補強の際には擁壁の削孔径を小さくすることが可能となる。

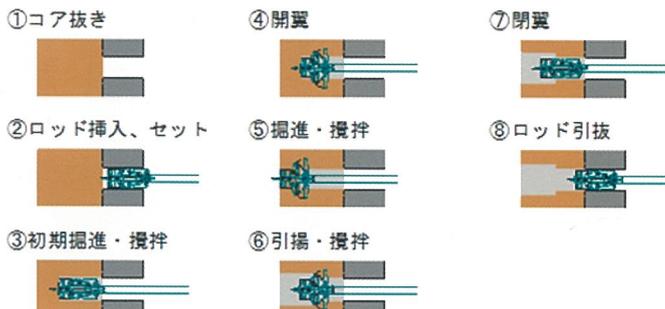


図-3.5 「拡翼式ラディッシュアンカー(大径)」の施工手順

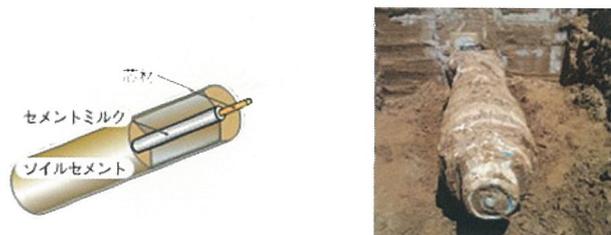


図-3.6 「拡翼式ラディッシュアンカー(大径)」の構造および掘起し状況

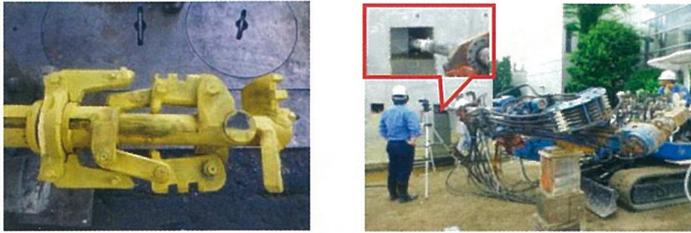


図-3.7 「拡翼式ラディッシュアンカー(大径)」の攪拌混合装置・施工機械の例

また、施工機械は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。適用地盤は、普通地盤用の通常型(大径)と同程度となり、砂質土でN値 $\leq 20$ 、粘性土でN値 $\leq 10$ である。

(4) 「拡翼式ラディッシュアンカー(中径:標準径200mm)」基本的には通常式(中径)と同様の構造および施工手順であるが、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廻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削孔が通常式(中径)と比べて小さくなる。「拡翼式ラディッシュアンカー(中径)」の構造および施工状況を図-3.8に示す。

適用地盤は通常式(中径)と同様で、砂質土でN値 $\leq 15$ 、粘性土でN値 $\leq 5$ となる。

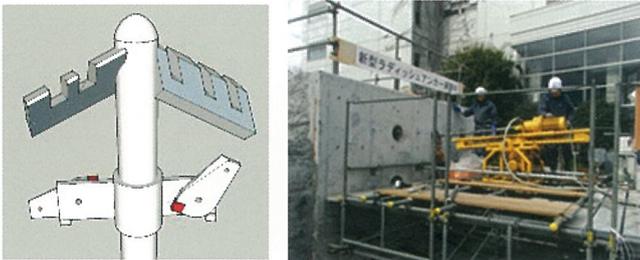


図-3.8 「拡翼式ラディッシュアンカー(中径)」の攪拌混合装置の例および施工状況

(5) 「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」の施工機械および先端ビットの概要を図-3.9~図-3.10に示す。基本的には、普通地盤用の通常型と同様の構造および施工手順となる。硬質地盤掘削用にロータリーパーカッションドリル、共廻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。

適用地盤は、普通地盤用の通常式と比較して広くなり、砂質



図-3.9 「硬質地盤用ラディッシュアンカー」の施工機械

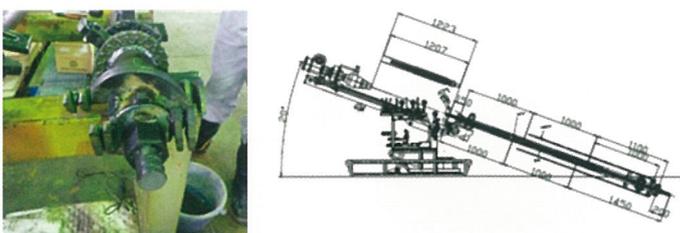


図-3.10 硬質地盤用の先端ビットおよび硬質地盤用の施工機械

土でN値 $\leq 30$ 、粘性土でN値 $\leq 10$ となる。また、削孔時に圧縮空気やセメントミルク等の定着材の高圧噴射は行わず、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ない。

4. キャロットアンカー工法

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 $\phi 170\text{mm}$ のアンカー体を築造すると共に、その軸中心位置に、槍状の先端防護材を装着した引張り芯材を挿入し、中径棒状補強体を構築する地山補強土工法である。

キャロットアンカーの構造および施工手順の概要を図-4.1~図-4.3に示す。キャロットアンカーは、所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を装着した引張り芯材を挿入し、10~20cm程度圧入することにより、確実に軸中心に引っ張り芯材を設置する。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、孔壁の崩壊や芯材の共上がりを防止することができる。

キャロットアンカーの施工機械の結元は表-4.1に示すとおりである。

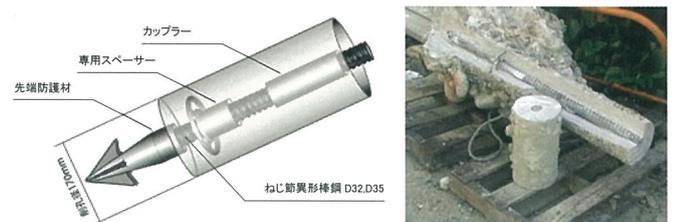


図-4.1 キャロットアンカーの構造および掘起し状況



図-4.2 引張り芯材、先端防護材および専用スペーサー

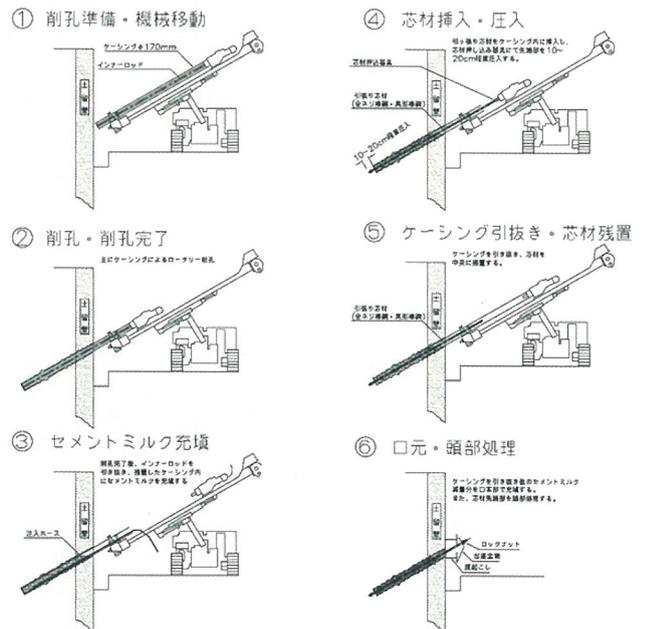


図-4.3 キャロットアンカーの施工工程



図-4.3 キャロットアンカーの施工状況

表-4.1 キャロットアンカーの施工機械の緒元

項目/機種	クローラー型施工機	スキッド型施工機
ベースマシン (寸法:長さ×幅×高さ)	機体4.9m×2.4m×2.3m ガイドセル約6.0m	機体3.8m×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 <sup>※1</sup>	
最大掘削長	約30.0m <sup>※2</sup>	
最大回転トルク	10.8kN・m	9.3kN・m
打撃エネルギー	750N・m	780N・m
質量	12.5t	2.8(油圧ユニット別)
施工足場の目安	幅3.5m以上	幅3.9m以上
打設位置の目安	GL+0m-1.0m	GL+0m-0.5m

※1 掘削する土質の状況により、掘削機への圧力に十分余裕が必要である。

※2 3m以上の掘削を繰り返す場合には、十分な検討が必要である。



図-5.3 ロータスアンカーの施工手順

## 5. ロータスアンカー工法

ロータスアンカー工法は、削孔径 $\phi 90\sim 146\text{mm}$ 程度のケーシングを用いて削孔し、ケーシング内をセメントミルクで充填した後インジェクションパイプを挿入し、通常よりも高い圧力(最大1.5MPa)での繰返し注入を行い、地盤中で補強体を球根状に拡大させる。繰返し注入方式は、通常の注入方式に対して極限周面摩擦抵抗力が1.5~2.0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る。小型の削孔機で硬質地盤、狭隘な場所等様々な地盤条件においても効率的な施工が可能であるロータスアンカーの構造、および施工手順の概要を図-5.1~図-5.3に示す。

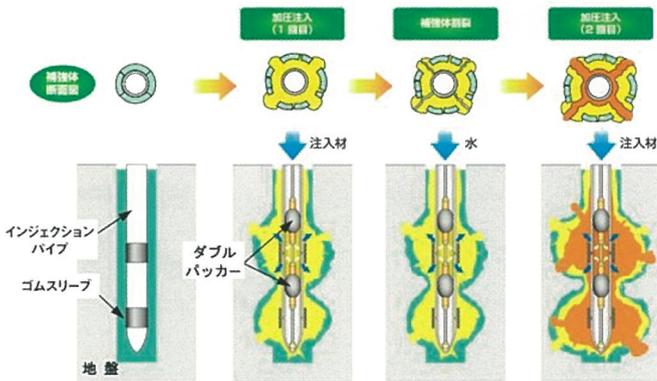


図-5.1 ロータスアンカーの構造

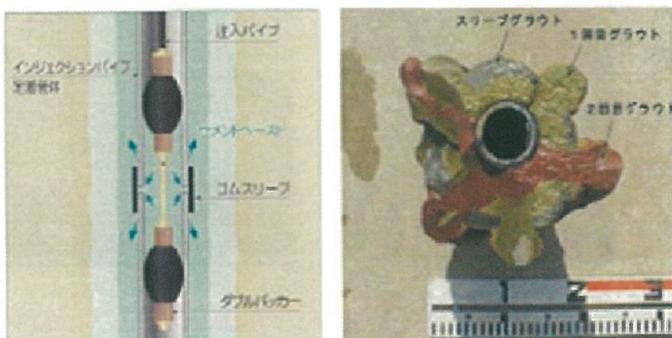
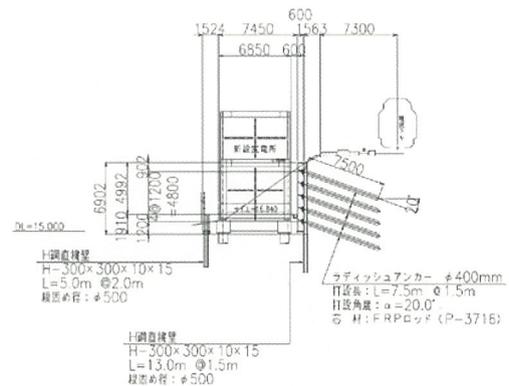


図-5.2 二重管ダブルパッカーの注入メカニズム  
および補強体断面

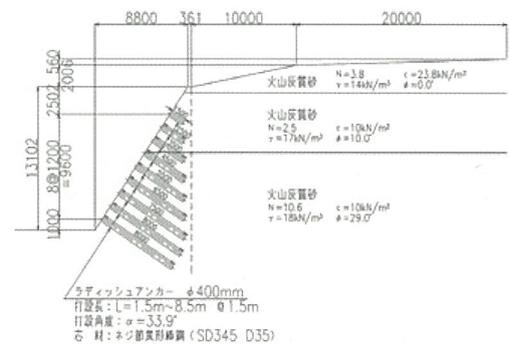
## 6. 施工事例

### 6.1 ラディッシュアンカー工法

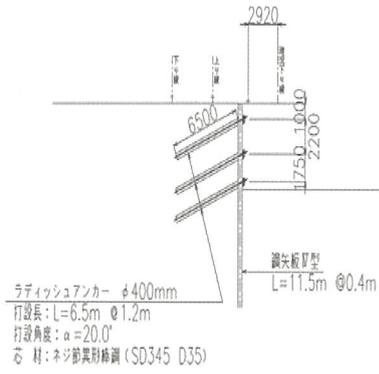
#### (1) 切土補強土壁



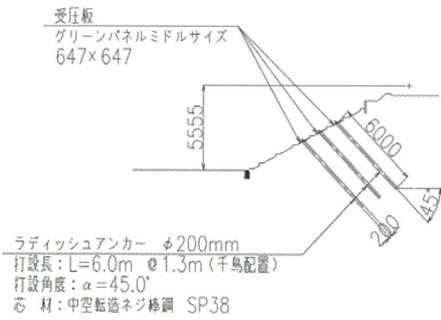
#### (2) 斜面補強



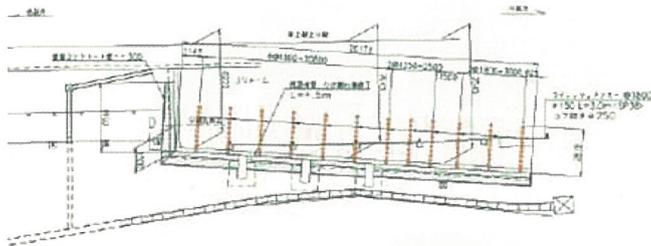
(3) 仮土留め



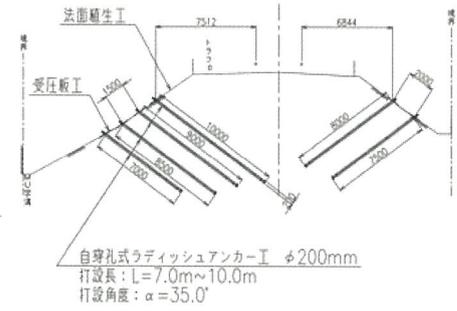
(4) 災害復旧対策



(5) 既設建造物の耐震対策

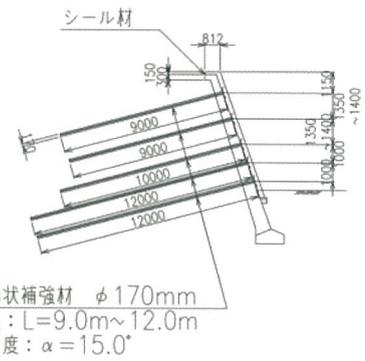


(6) 既設建造物の耐震対策



6.2 キャロットアンカー工法

(1) 既設擁壁の耐震補強



(2) 既設擁壁の耐震補強

