

# 港湾護岸における大口徑・長尺アンカーの施工

岩崎 玄之<sup>1</sup>

<sup>1</sup>全国特定法面保護協会 日特建設(株) 技術本部 設計部

我が国で1960年代から採用され始めたグラウンドアンカー（以下、「アンカー」という）は、1976年に発刊された「アースアンカー工法」（土質工学会）を機に、実績が伸び始めた。近年、阪神淡路大震災をきっかけに、既存護岸の耐震補強にアンカーを用いるケースが増えてきたが、山岳地で施工するアンカーと比較すると効率的な施工を行うことが困難であった。そこで、港湾護岸におけるアンカーを、効率的でしかも精度のよい施工を可能とした削孔機での施工方法について報告する。

キーワード：港湾護岸，グラウンドアンカー，大口徑，長尺

## 1. はじめに

我が国で1964年頃から採用され始めたグラウンドアンカー（以下、「アンカー」という）は、1976年に発刊された「アースアンカー工法」（土質工学会）を機に、実績が伸び始めた。さらに、1988年に制定された「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説」（土質工学会）によって、防食を施した永久アンカーとして、地すべりや斜面崩壊対策に用いられるケースや、建築分野における山留支保工として用いられるケースが多かった。近年になり、阪神淡路大震災をきっかけに、既存護岸の耐震補強にアンカーを用いるケースが増えてきた。しかし、山岳地で施工するアンカーと比較すると既存護岸に適用するアンカーは、難工事になることが多く効率的な施工を行うことが困難であった。

本論文は、港湾護岸の耐震補強に用いるアンカーの、効率的でしかも精度のよい施工を可能とした削孔機の開発と、それを用いた施工方法について報告するものである。

## 2. 港湾アンカーの特徴

地すべりや斜面崩壊などに用いるアンカーと港湾に用いる耐震補強アンカーには、以下に記す相違点がある。

- ① テンドンの低減率の違いによりテンドン断面積が大きくなる。
- ② アンカー体設置可能な強固な地盤が深い位置に存在するために、アンカー長が長尺になる。
- ③ 護岸背面に裏込め石層などの人工地盤がある。

テンドンの極限引張り力（ $T_{us}$ ）に対する低減

率の違いを表-1に示す。この低減率の違いにより、設計アンカー力に対するテンドンの容量が変わり、それに伴いテンドン断面積が大きくなる。一例を示すと、設計アンカー力（常時）を900kNとした場合に、地盤工学会基準では970.9mm<sup>2</sup>の断面積を有するPC鋼より線が必要になる。一方、港湾の基準を適用すると、必要となるPC鋼より線の断面積は1875.5mm<sup>2</sup>となる。したがって、港湾で採用されるアンカーは、PC鋼より線の断面積が大きくなることで、削孔径が大口徑化する傾向にある。

また、港湾施設周辺においては、アンカー体を設置できる強固な地盤は、山岳地域と比較すると大深度に存在することが多い。したがって、アンカー長が長尺化する傾向にある。

さらに、既存護岸のケーソンや鋼管矢板などの構造物背面には、土圧を軽減するために裏込め石を設けていることが多い。このような裏込め石層は一般的に削孔が非常に困難であるため、施工効率が著しく低下することが多くなっている。

上記のように、港湾に使用するアンカーは大口徑で長尺化する傾向にあり、さらに削孔することが困難である裏込め石層が存在することが多く、従来の施工方法・削孔機械では多くの時間を費やすことや、トラブルが頻繁におこることが多かった。

表-1 テンドンの極限引張り力に対する低減率

(ランクA<sup>\*1</sup>)

分類	テンドン極限引張り力( $T_{us}$ )に対して	
	地盤工学会	港湾
常時	0.60	0.26
地震時	0.80	0.40

\*1 ランクAとは、一般構造物で供用期間が2年以上のアンカーの分類

### 3. 護岸の耐震補強アンカーの実績

護岸の耐震補強としてアンカーが採用されたのは、およそ15年ほど前である。このときの護岸およびアンカー工の概略断面を図-1に示す。当時は裏込め石層の削孔を避けるために、アンカー傾角を小さく設計していた。これは、当時の削孔機械では裏込め石層の削孔が困難と考えていたためである。このため、アンカー長が必要以上に長くなることや、裏込め石層の位置や背面勾配によってはアンカーを設置できないことから、アンカーが採用されることが少なかった。

ところが、削孔機械の能力が向上したことから、裏込め石層の削孔も可能と判断できるようになり、表-2に示すような耐震補強アンカーが計画されこの7年間で施工実績が増えてきた。

削孔径がφ216mmでアンカー長も最も長いA港での削孔速度は、裏込め石層で300min/m費やしているアンカーがあった。また、ドリルパイプの破断や削孔ビットの損耗(図-2)も激しいなど、多くのトラブルが生じることとなった。他の現場においても、同様の問題が生じることが多々あった。

上記の実績を重ねた後に、E港において、削孔径がφ216mmでアンカー長がL=100mを超える、護岸耐震補強アンカーが計画された。A港をはじめとするこれまでの施工実績を考慮すると、E港における大口径、長尺アンカーには、従来の削孔機械では施工が非常に困難なものになると予想された。そこで、新型の削孔機械の開発を含め、新たな検討を行って、E港の施工に対応することとした。

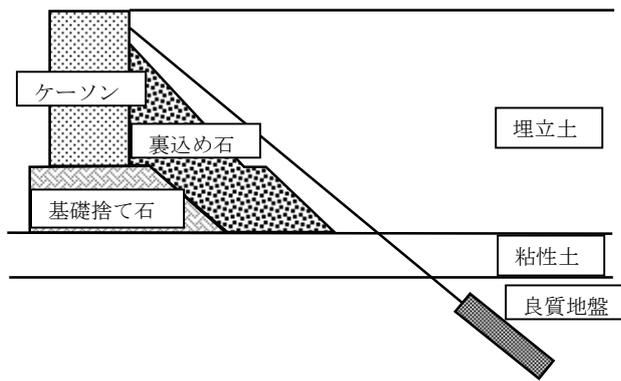


図-1 以前の耐震補強アンカーの配置

表-2 既存港湾の耐震補強アンカー

	削孔径	アンカー長	裏込め石層
A港	φ216mm	72.0m	42.0m
B港	φ216mm	50.0m	20.0m
C港	φ165mm	84.0m	25.0m
D漁港	φ216mm	60.0m	15.0m



図-2 ビット損耗状況

### 4. E港に向けての対応策

#### 4.1 削孔ツールの検討

削孔精度の向上を図るとともに、ドリルパイプの損傷・破断を防止するために、削孔ツール仕様の検討を行った。一つ目として、ドリルパイプの肉厚をt=17mmからt=19mmに変更する事で、ドリルパイプの剛性が高くなるようにした。二つ目は、インナーロッドの仕様変更である。一般的にはφ216mmの2重管削孔に使用するインナーロッドは、通常φ135mmを使用するが、ドリルパイプと同様の理由で、剛性の高いφ165mmの肉厚タイプを使用した。三つ目は、削孔精度と作業効率の向上を図るために、1本のドリルパイプ長を通常の1.5mから2.0mに変更して使用した。

以上三点の改良を削孔ツールに対して行った。

#### 4.2 削孔機械の開発

既存護岸の耐震補強アンカーに使用されてきた国内の大型削孔機の諸元を表-3に示す。4.1章で検討した2重管削孔ツールの100m当たりの質量はW=14.6tとなる。既存削孔機のフィード力は、最大でも11.0tであることから、既存の削孔機械では削孔することが不可能と判断した。また、3章で述べたA港での施工実績では、ドリルパイプが回転不能になる事態も度々あり、トルクに関しても不足していると判断された。そこで、表-3に示す新型削孔機(Ein Bandドリル)の設計・製作を行った。新型削孔機は、フィード力が18t、回転トルクが24kN-mの能力を有している。新型削孔機の写真を図-3に示す。写真右側が新型削孔機であり、写真左側にあるもう一台の削孔機は、地すべり工事などに使用される汎用機(ロータリーパーカッションドリル スキッド型 55kW級)である。

表-3 大型削孔機の仕様

	A型削孔機	B型削孔機	C型削孔機	D型削孔機	E型削孔機	新型削孔機 (En-Bandドリル)
フィード力	8.0t	9.0t	9.0t	11.0t	7.0t	18.0t
トルク	0.75t-m	1.6t-m	1.36t-m	1.3t-m	1.5t-m	2.4t-m
重量	10.5t クローラー	8.0t	8.5t	12.0t クローラー	6.0t	14.0t



図-3 大型削孔機

### 4.3 その他対策

施工されるグラウンドアンカーが大口径かつ長尺であるため、グラウトの注用量が $8\text{m}^3\sim 10\text{m}^3$ あり通常のアンカーと比較すると非常に大容量である。したがって、一般的な注入方法（ $20\text{L}/\text{min}$ ）で施工を行うと、8時間以上の注入時間が必要となる。そこで、注入時間短縮のため、注入ホースを大口径化（ $\phi 21.5\text{mm}\rightarrow \phi 27.0\text{mm}$ ）し、さらに本数を2本として施工を行った。また、グラウト混和材に遅延型の材料を混ぜることで、グラウトの硬化時間延長を図っている。

## 5. E港における施工結果

### 5.1 E港の計画概要

E港の模式断面図を図-4に示す。グラウンドアンカーは、地震時における鋼管矢板の変位量低減の目的で設置されるものであり、アンカーテンドンの断面積は $1765.1\text{mm}^2$ で削孔径は $\phi 216\text{mm}$ である。削孔長は、約20mの裏込め石層と約80mの粘性土・礫層を削孔する全長約100mである。アンカーの総数は $N=136$ 本となっている。

また、削孔の途中には、既存建物の基礎杭が存在しており、この基礎杭との接触を防止するために高い削孔精度が求められた。

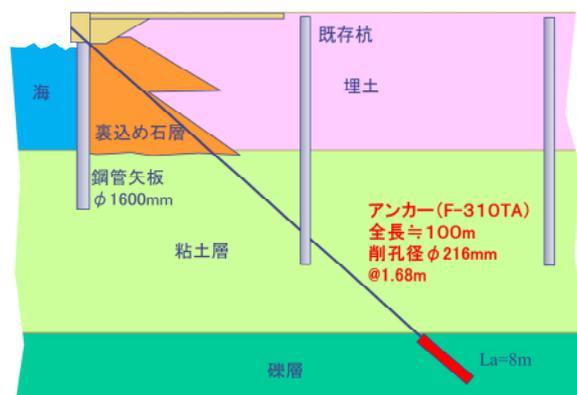


図-4 E港グラウンドアンカー断面模式図

### 5.2 施工結果

実際の施工状況を図-5に示す。裏込め石層の削孔実績は、計画していた削孔時間同等、もしくは短い時間で削孔を進めることができた。最大で100mを超えるアンカーの削孔も、トラブルが発生することなくすべて削孔を完了することができ、当初の工期をまもることができた。

削孔精度については、削孔精度の低下が懸念される裏込め石層を完了した時点、既設基礎杭手前付近と削孔完了時の3箇所において、ジャイロ測定器による穴曲がり計測を行った。計測の結果を表-4に示す。測定結果の最大値は、削孔延長に対して $1/250$ （25m付近）から、 $1/200$ （100m付近）となり、平均の削孔精度は $1/500$ 程度を確保することができた。

また、3時間を超える注入時間に対応するため、遅延材を使用しグラウト硬化時間を延長することで、ケーシング抜管完了前に注入したグラウト材が固化してしまうトラブルを回避することができた。また、夏季施工期間においては、グラウト練り混ぜ水の冷却と注入ホースへの散水冷却等の対応策を用い、トラブルなく注入を完了することができた。図-6に練り混ぜ水冷却状況を示す。



図-5 施工状況

表-4 測定結果の最大値

測定箇所	削孔延長	水平方向	鉛直方向
裏込め石通過後	20m	100mm程度	100mm程度
基礎杭手前	25m	100mm程度	100mm程度
削孔完了時	100m	500mm程度	1500mm程度

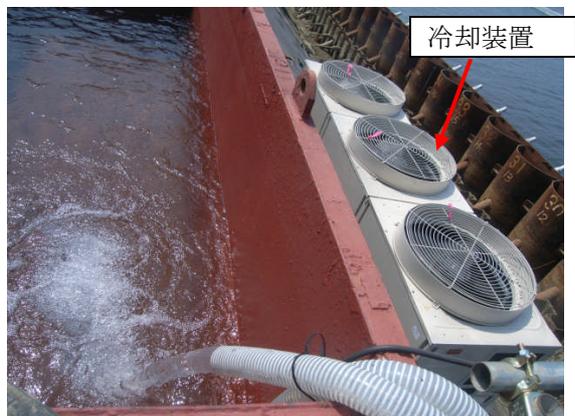


図-6 練り混ぜ水冷却状況

## 6. おわりに

新型削孔機（Ein Bandドリル）を設計・製作することで、既存護岸の耐震補強対策工事に長さ100mを超える大口径・長尺アンカーを採用することが可能となった。既存護岸補強工事には、タイロッド工法、薬液注入工法あるいは良質土置換工法などがあるが、条件によっては、アンカー工法が優位となる。今後も、過酷な条件下でもグラウンドアンカー工法で対応できるように、さらなる工夫を加えていきたいと考えている。

今後は、今回開発した新型削孔機を港湾護岸耐震補強だけでなく、「ダムの耐震補強」、「地中熱利用設備」、「防潮堤などへのマイクロパイル」などにも適用していく予定である。

### 参考文献

- 1) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工指針、同解説（2012.5）