

## 片側から施工可能なあと施工せん断補強工法の施工事例

|           |     |     |    |
|-----------|-----|-----|----|
| 前田建設工業(株) | 正会員 | ○山本 | 和範 |
| 前田建設工業(株) | 正会員 | 高畑  | 賢一 |
| 前田建設工業(株) | 正会員 | 鈴木  | 淳平 |
| 前田建設工業(株) | 正会員 | 増田  | 昌昭 |

### 1. はじめに

昨今の大地震を受けて耐震設計法が変化し、供用中のコンクリート構造物においては現行の耐震設計法におけるレベル2地震動に相当する地震力を受けた場合に部材のせん断耐力が不足することが懸念されている。また、背面が地盤に接する半地下・地下構造物に対し、構造物の内側から施工する補強方法として RC 増し厚工法があるが、この工法では補強後に部材の断面の大きさが増加するため、水路トンネルや貯水槽等では計画水量を確保できないといった問題がある。そこで、構造物の機能を損なわずに内空側から施工可能な補強工法を開発し、実構造物への適用を試みた。本文では、その実工事への適用事例について紹介する。

### 2. あと施工せん断補強工法の概要

#### 2. 1 工法概要

本工法は供用中のコンクリート構造物に対し、あと施工でせん断補強を行う工法である。図-1 に補強イメージを示す。既存構造物の表面から削孔した後、孔壁内面に目粗し処理を施し、その孔内に、両端に定着具を取り付けた補強用の鉄筋の挿入とグラウトの注入を行って既存構造物と一体化させ、構造物全体の鉄筋量を増やすことによって耐震性の向上を図るものである。本工法は「スパイラルアンカー」として建設技術審査証明を受けた工法である。本工法の主な特徴を以下に示す。

- ①コアドリルを用いることにより打撃破壊を伴わない削孔手法のため、孔壁周辺の微細ひび割れの発生がほとんどない等、既存躯体へのダメージが少ない。
- ②大型、特殊な施工機械を必要としないため、施工が容易で狭あいな場所でも施工が可能である。
- ③騒音や振動、粉じんの発生が少ないため施工環境が良く、近隣周辺への配慮が必要な場合は有効である。
- ④孔壁内面に目粗しを施すことにより孔壁面とグラウトの界面の付着強度が向上し、既存躯体との高い一体性が確保できる。
- ⑤補強用の鉄筋には、拡底形状をした小型の定着具を両端部に取り付けた鉄筋を用いることにより、短い定着長で大きな引抜耐力が得られる。

#### 2. 2 施工手順

スパイラルアンカーの代表的な施工手順を図-2 に示す。スパイラルアンカーは上向き、下向き、横向きいずれの方向

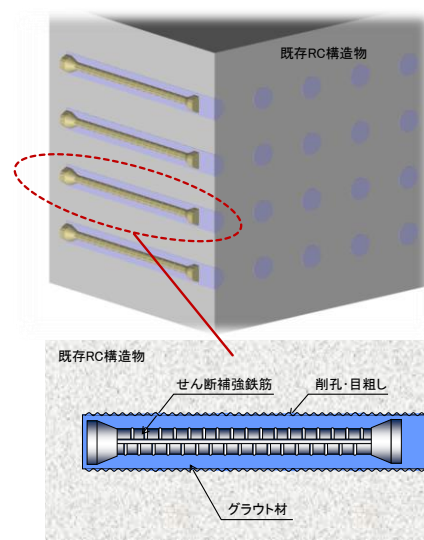


図-1 スパイラルアンカーの施工概要

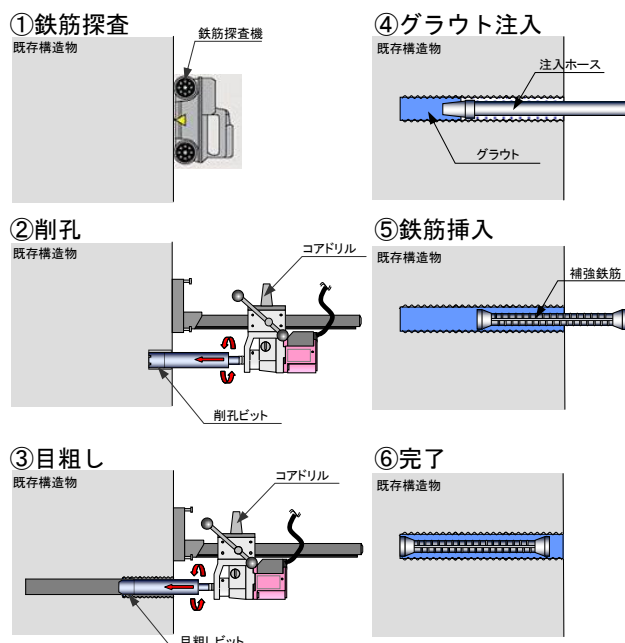


図-2 スパイラルアンカーの施工手順

でも施工可能であり、図-2 では横向きの施工状況で、グラウトを先に注入した後に鉄筋を挿入する手順を示す。施工手順における主な施工要素は、①削孔の位置出し、②削孔、③目粗し、④グラウト注入、⑤鉄筋挿入、⑥表面仕上げである。スパイラルアンカーは既存構造物において既に配置されている鉄筋の間に施工するため、本施工前に電磁波レーダ法等により既設の主鉄筋・配力筋の位置を探索し、それらを避けた場所に削孔位置を定める。削孔と目粗しはダイヤモンドコアドリルを用いて行う。削孔位置にコアドリルを固定して削孔を行った後、コアドリル先端のダイヤモンドコアビット（削孔ビット）を目粗し専用のビット（目粗しビット）に取り替え、ビット回転させながら孔内を押し込むことによって孔壁内面に凹凸をつける。その後、削孔内に可塑性グラウトを注入してから補強鉄筋を差込み、余分に漏れたグラウトを除去し、コテ等で表面仕上げを行って施工を完了する。

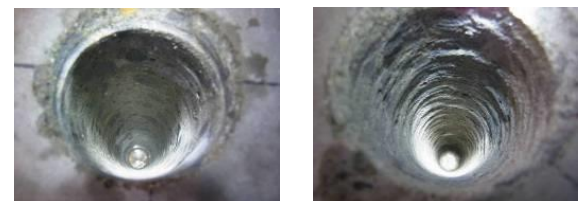
### 2. 3 目粗し

削孔ビットと目粗しビットおよび目粗し前後の孔壁内面の変化を図-3 に示す。目粗しは「プレキャストパネルによる橋脚の水中耐震補強工法（PRISM 工法）」に採用されている施工技術であり<sup>1)</sup>、目粗しビットによる孔壁面処理は次のような特長がある。①削孔内の壁面は凹凸の仕上がりとなるため、付着強度が向上し、補強鉄筋の引抜抵抗力が増強する。②目粗し作業にはコアドリルを使用するので特殊な専用機械が不要である。③削孔後専用の目粗しビットをコアビットと取り換えるだけなので、大掛かりな段取り換えが不要である。④作業要領は削孔とほぼ同様なので容易な施工が可能である。⑤チューブの継ぎ足しにより長尺目粗しが可能である。

目粗しが孔壁内面とグラウト界面の付着強度に及ぼす影響を図-4 に示す<sup>2)</sup>。この実験では補強鉄筋降伏前の孔壁内面とグラウトの付着性能を調べるために、試験に用いた鉄筋は直径 25mm の総ねじ PC 鋼棒を使用し、終局時にはコンクリートとグラウトの界面において破壊する仕様とした。また、拔出し変位は、母材コンクリートと補強鉄筋の相対的な変位を計測した。図より、目粗しありの場合では鉄筋が抜け出すことなく、鉄筋の実降伏荷重の 90%に達することで載荷を終了した。一方、目粗しなしの場合は SD345 の規格降伏強度に達する手前で削孔壁面とグラウト界面で付着が剥がれて鉄筋（+グラウト）が抜け出し、急激に変位が増加して荷重が低下した。目粗しを施すことにより界面の付着強度が改善されることを確認した。

### 2. 4 補強鉄筋

スパイラルアンカーに用いる補強鉄筋には、図-5 に示すように、拡底形状をした小型の定着具を両端部に取り付けた鉄筋を用いる。スパイラルアンカーはあと施工による補強工法であるため、標準フックによる定着は難しいことから、定着具を用いた機械式定着工法を採用した。これにより短い定着長で大きな引抜耐力を得ることが可能である。なお、鉄筋端部と定着具の接合には「～テーパネジを用いた機械式定着鉄筋～『TP ナット鉄筋』<sup>3)</sup>（建技審証 第 1010 号）」に用いられる技術が採用される。これは、鉄筋端部をネジ加工して雄ネジとし、それに螺合する定着具（雌ネジ）を締め付けることによって接合を行うものである。



目粗し前 目粗し後  
図-3 目粗し前後の孔壁内面の比較

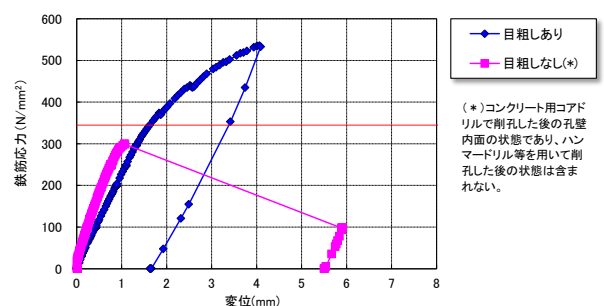


図-4 引抜荷重と拔出し変位の関係



図-5 補強鉄筋の形状

## 3. 実工事への適用

### 3. 1 補強概要

対象構造物はレベル 2 地震動に相当する地震力を受けた場合に、じん性を考慮した検討において曲げ耐力・せん断耐力ともに耐力不足は生じないが、破壊モードがせん断破壊先行型となり、構造物のじん性が確保できなかった。そのため、部材のせん断耐力のみを増強させるのに適したスパイラル

アンカーを適用して耐震性向上を図った。

構造物は2連の鉄筋コンクリート製ボックスカルバート状の地下水路構造物である。構造物の形状を図-6に示す。水路は1連当りの内空は幅5.0m、高さ4.45mの大きさである。

スパイラルアンカーはせん断力が大きく作用し耐震性能上鉄筋量が不足する箇所に施工した。スパイラルアンカーの配置位置を図-6および図-7に示す。水路では、側壁上部、頂版の中壁付近においては鉄筋D19を250mmピッチで、頂版、側壁の隅角部にはD16を250mmピッチで、底版はすべてD19を250mmピッチで配置した。すべて地盤側を掘削することなく構造物の内側から施工し、頂版および側壁(上部)は足場上からの作業となり上向き、横向きによる施工を行った。側壁(下部)は横向き施工、底版は下向き施工により行った。

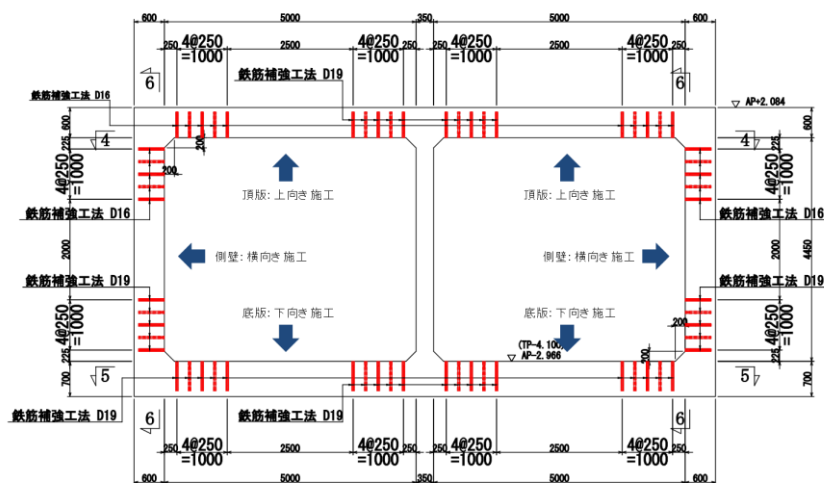


図-6 補強箇所(断面)  
(※赤色表示がスパイラルアンカー施工箇所)

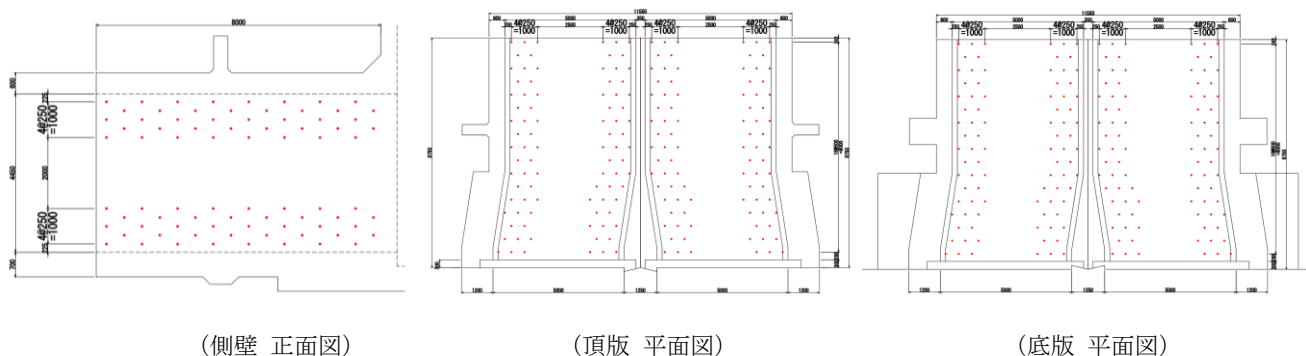


図-7 補強箇所(壁, 頂版, 底版)  
(※赤色表示がスパイラルアンカー施工箇所)

### 3. 2 施工状況

#### (1) 削孔・目粗し

水路の施工状況のうち、削孔・目粗し施工状況を図-8に示す。水路では内空側から頂版、側壁、底版を施工するため、施工向きは底版は下向き、側壁は横向き、頂版は上向きに施工した。削孔、目粗しはコアドリルを用いて行っており、いずれも施工向きに応じてコアドリルをセットして削孔・目粗しを行った。削孔深さはおよそ500mm~600mm程度である。削孔位置のナンバリングにより施工本数を管理し、削孔長、削孔径を測定して出来形管理を行った。



(下向き)



(横向き)



(上向き)

図-8 施工状況(削孔・目粗し)

## (2) グラウト注入・鉄筋挿入

グラウト注入・鉄筋挿入状況を図-9 に示す。グラウト注入・鉄筋挿入の施工向きはすべて削孔・目粗しの施工向きと同じである。削孔・目粗し後に孔内の清掃を行った後、スパイラルアンカー専用のグラウトを注入する。下向きの施工には流動性を有するグラウトを手つきビーカー等を用いて孔内に流し込み、鉄筋を挿入した。横向き、上向きの施工には可塑性を有するグラウトを小型のモルタルポンプを用いて注入し、グラウト注入後、速やかに鉄筋を挿入した。グラウトはプレミックス材料であり、現場で所定の水の量を練り混ぜて作製する。グラウトのフロー試験、使用量、硬化後の圧縮強度等により品質管理を行った。

図-10 に頂版、側壁（下部）の施工完了後の状況を示す。鉄筋挿入後はコテ等を用いて表面仕上げを行って施工を完了した。



図-9 施工状況（グラウト注入・鉄筋挿入）

## 4. まとめ

片側から施工可能なあと施工型せん断補強工法を実構造物に適用した結果、構造物の内側からの施工で、上向き、下向き、横向きいずれの施工方向においても極めて順調に施工を行うことができ、既設構造物の確実なせん断補強を達成できたとともに、本工法の施工手順や方法、施工に用いる資機材等の有効性を確認できた。また、削孔時に粉じんが発生せず、騒音や振動も小さく作業環境が非常に良好であり、作業時の安全性向上に寄与するものであった。

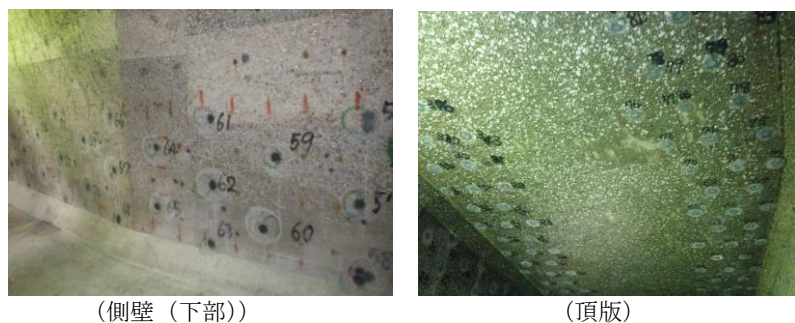


図-10 施工状況（表面仕上げ）

## 参考文献

- 1) 鈴木顕彰，小原孝之，三島徹也，田畑稔，西川浩二，中原勝一：PRISM 工法（プレキャストパネルによる橋脚の耐震補強工法）の開発と水中橋脚への適用，前田建設技術研究所報，Vol.41，2000
- 2) 伊藤始，渡部正，竹内秀聡，山下賢司，鈴木理人：後施工アンカーの定着性能に及ぼす孔壁面粗度の影響，前田建設技術研究所報，Vol.48，2007
- 3) 米田大樹，竹内秀聡，吉良拓人，舟橋政司，伊藤始，島弘：鉄筋端部にネジ加工を施して取り付けけた機械式定着工法の開発，前田建設技術研究所報，Vol.50，2009
- 4) 土木研究センター：孔壁内面に目粗し処理を施したあと施工せん断補強鉄筋「スパイラルアンカー」，建設技術審査証明報告書，2014.3