

# 拡径型アンカー工法の開発

澤松俊寿\* 宇田川義夫\*\* 小橋秀俊\*\*\* 林 豪人\*\*\*\*

## 1. はじめに

一般に、掘削構造部を施工する際には、山留め壁を構築して切梁やグラウンドアンカー（以下、アンカーという）などの支保工を併用する。しかし、切梁工法では仮設の規模が大きくなりがちである。また、アンカー工法ではアンカー体を支持層に定着させる必要があるため、支持層が深い場合にはアンカー長が極端に長くなり、特に都心部では用地境界内での施工が困難な場合が多い。そのため、従来のアンカーに比べて、短いアンカー長で土砂地盤等の比較的軟弱な地盤においても確実に支保できるアンカー工法の必要性は大きい。

拡径型アンカーは、図-1に示すように自由長部に比べて先端のアンカー体部を拡大させたアンカーである。従来の摩擦型アンカーに比べて、単位長さあたりのアンカー体周面の摩擦面積が増大するとともに、拡径部の支圧による抵抗が付加され、強度の小さい土砂地盤等においても大きな引抜き抵抗を期待できる。著者らはこれまでに、拡径型アンカーの引抜き特性の解明<sup>例えば1)</sup>や拡径型アンカー工法の開発を行ってきた。本報では、民間3グループと共同で開発した拡径型アンカー工法について報告する。

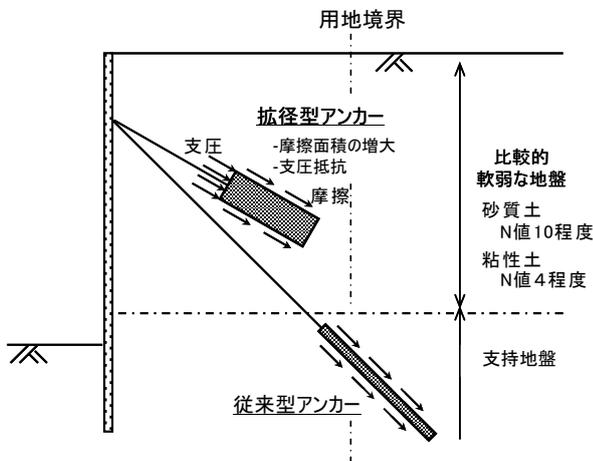


図-1 従来型アンカーと拡径型アンカー

## 2. 拡径型アンカー工法の開発

### 2.1 共同研究の概要と目標

短いアンカー長で大きな引抜き抵抗力を有するアンカー工法を開発を目的として、民間5社からなる3グループと共同研究を実施し、3種類の拡径型アンカー工法を開発した（表-1）。本共同研究においては、以下を目標に拡径型アンカーの開発を行った。

- (1) N値4程度（粘性土）、10程度（砂質）、地下水（自由水）あり
- (2) 設計アンカー力 400kN程度（極限引抜き力 600kN以上）
- (3) 仮設アンカー

次節に、開発した拡径型アンカー工法を示す。

表-1 開発した拡径型アンカー工法

	アンカー体		工法概要
	直径*	長さ	
拡径削孔方式の拡径型アンカー	0.8m	2m	・開閉可能なハサミ型の削孔ビットを用いてアンカー体部を拡径削孔 ・袋材を用いたアンカー体
コンパクショングラウチングを用いた拡径型アンカー	0.5~0.7m	2m	・コンパクショングラウチングを用いて、地盤中でアンカー体を圧入造成
袋状の薄い鋼板を用いた拡径型アンカー	0.5~0.8m	1~2.1m	・鋼製の袋材を用いたアンカー体 ・袋材の内部にグラウトを圧入して拡径

※従来型アンカーの直径は0.2m程度

### 2.2 拡径削孔方式の拡径型アンカー工法<sup>2)</sup>

#### 2.2.1 工法概要

本工法は、開閉可能なハサミ型の削孔ビットにより機械的に拡径削孔してアンカー体部を造成することが特長で、アンカー体は直径が0.8m、長さが2mである。

図-2に施工方法を示す。アンカーの軸部（非拡径部）は閉じた状態で、拡径部は開いた状態で削孔する。また拡径部の削孔後はビットを閉じて回

収できるため、ビットは繰り返し使用可能である。その後、拡径した孔内にポリエステル製の袋体とテンドンを挿入する。袋体の中にセメントミルクを注入し、袋体を膨らませてアンカー体を作製する。袋体は地盤との付着を高めるために、セメントミルクがにじみ出しやすい材質のものを用いている。また、袋体を用いることにより、確実なアンカー体の造成、地下水があってもセメントペーストが稀釈されないなどの利点がある。

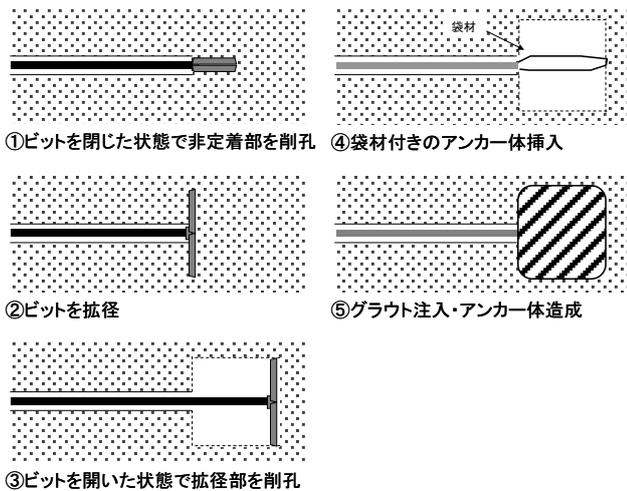


図-2 拡径削孔方式の拡径型アンカー工法の施工方法

### 2.2.2 施工実験

開閉可能なビットによる施工性と施工後のアンカー体の出来形を確認するために、コンクリートピット内（6×6×12m）に作製した地盤において施工実験を実施した。地盤は山砂を締め固めて作製した N=10～15 程度のもので、アンカーは鉛直方向に打設した。アンカー体は直径 0.8m、アンカー体長 2.0m、土被りは 5.0m とした。

削孔後、アンカー体（袋体とテンドン）を挿入し、セメントペーストの注入を行った。

アンカー体を養生した後、アンカー体を掘り出



図-3 アンカー体の出来型

して出来形を確認した。アンカー体の出来形を図-3 に示す。アンカー体の頭部付近は肩部もしっかりできており、直径 0.8m を確保できている。またアンカー体表面に袋体からにじみ出たセメントペーストが固結しており、地盤とアンカー体との摩擦力も期待できる。

### 2.2.3 引抜き実験

施工実験で造成したアンカーの引抜き実験を実施した。図-4に引抜き荷重-引抜き変位関係を示す。極限引抜き力は800kNを超えており、N値10程度の砂地盤において共同研究の目標値600kNを満足している。

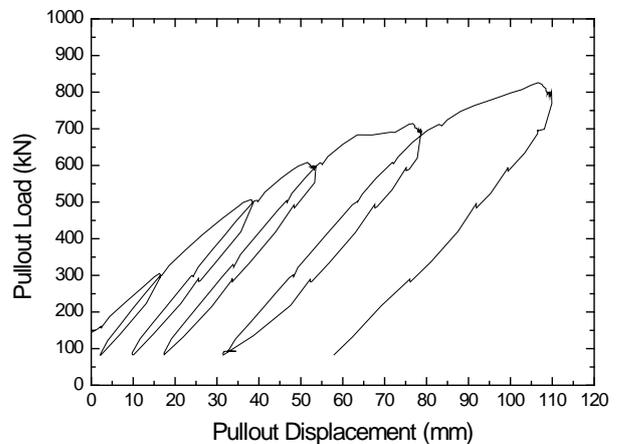


図-4 引抜き実験結果

## 2.3 コンパクショングラウチングを用いた拡径型アンカー工法<sup>3),4)</sup>

### 2.3.1 工法概要

本工法は、図-5の④に示すように、コンパクショングラウチング工法（CPG）により地盤中に加圧注入することで造成されるグラウト体（地盤との摩擦抵抗を担う）と、その奥部に同様の手法により削孔径以上の径に膨張させることができる袋材を有した耐荷体（引張り材からグラウト体

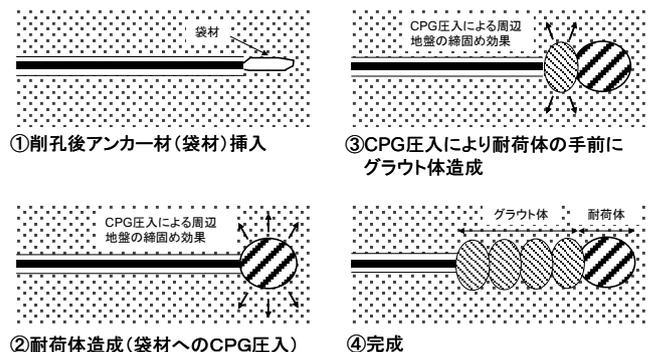


図-5 コンパクショングラウチングを用いた拡径型アンカー工法の施工方法

への力の伝達を担う)で構成される。グラウト体は直径0.7m程度であり、長さは状況に応じて調節可能である。また、グラウト体は加圧注入によって地盤を押し拡げて造成されるため、周辺地盤が締固められて、地盤との摩擦抵抗力が強化される。耐荷体はポリエステル製の袋材を用いることで出来形を安定化しつつ大径化できるため、耐荷体からグラウト体へ広い受圧面積で引張り力が伝達可能である。

### 2.3.2 施工実験

削孔機を用いての施工性の確認、土被りの大きい状態での袋体の拡径状況とグラウト体の出来形の確認、実機を用いて打設したアンカーの引抜き耐力の確認を目的として、施工実験を実施した。

土木研究所構内の原地盤を対象とし、鉛直方向にアンカーを造成した。アンカー体の定着地盤は、N値5程度のシルト層であった。アンカー体部は、直径が0.5m、長さは袋材を用いた耐荷体部分が0.8m、グラウト体が2m、土被りは6.7mを目標に施工した。

図-6にアンカー体の出来形を示す。袋材を有した耐荷体が十分に拡径しており、またグラウト体も想定した形状になっていることを確認した。



図-6 アンカーの出来形 (左: アンカー体、右: 耐荷体)

### 2.3.3 引抜き実験

施工実験で造成した拡径型アンカーの引抜き実験を実施した。図-7に引抜き荷重-引抜き変位関係を示す。図より、大きな荷重レベルまで弾性的な挙動を示していることがわかる。780kNで鋼線の破断により終局状態に至っており、アンカー体の引抜き抵抗力はこれ以上であったと考えられる。

N値5程度のシルト地盤において、2.0mと短いアンカー定着長で目標値600kNを満足しており、共同研究の目標を達成できていると考えられる。

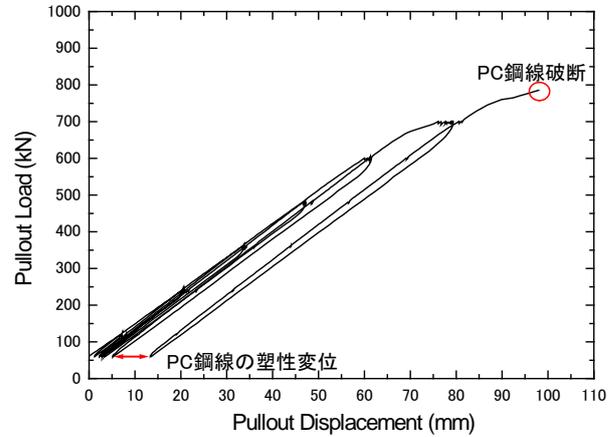


図-7 引抜き実験結果

## 2.4 袋状の薄い鋼板を用いた拡径型アンカー

### 2.4.1 工法概要

本工法は、図-8に示すように袋状の薄い鋼板を折り畳んで作られたアンカー体を土中に設置し、グラウトを加圧注入することにより、膨張させて球根状のアンカー体を造成し、その内部にテンドンを定着させるものである。スウェーデンで開発され、日本に導入されてから約20年間、軟弱地盤での開削工事における山留め支保工として用いられている。

アンカー体は直径が0.5~0.8m、長さが1.0~2.0mである。



図-8 袋状の薄い鋼板を用いた拡径型アンカー工法の施工方法<sup>5)</sup>

### 2.4.2 テンドンとグラウトの必要付着強度の合理化

通常のアンカーは、グラウトに削孔した土砂が混入し、フレッシュなグラウトと比較してテンド

ンとグラウトの付着強度が低下すると考えられる。これに対し本工法は、鋼製の袋状のアンカー体に土砂の混入がないため、フレッシュなグラウトとテンドンとの付着強度を期待できることから、従来のアンカーと比較しグラウトの強度を小さくすることができると考えられる。そこで、土砂混入のないグラウトとテンドンの付着強度を把握するために、図-9に示すような装置を用いてテンドンの引抜き実験を行った。グラウトの圧縮強度は17および23N/mm<sup>2</sup>とし、テンドンにはエポキシPC鋼より線（直径12.7mm）を用いた。図-10に引抜き実験から得られたグラウトの圧縮強度と付着応力度の関係を示す。図より、従来型アンカーを対象とした地盤工学会基準<sup>6)</sup>と比較して大きな付着強度が得られている。この結果をもとに、本工法におけるテンドンとグラウトの付着強度の目安値を提案した。

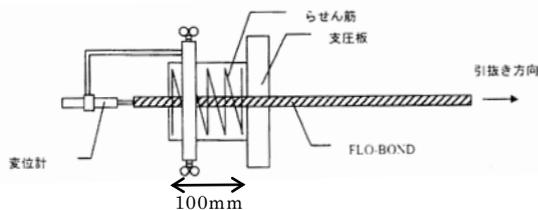


図-9 テンドンの引抜き実験装置

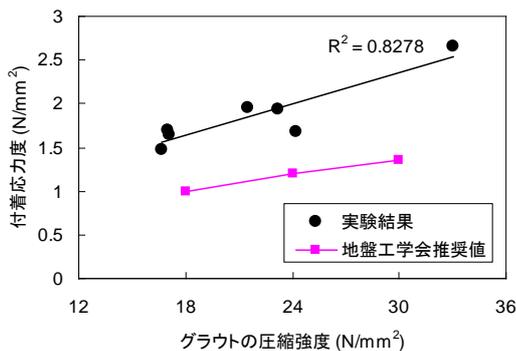


図-10 圧縮強度と付着強度の関係

### 3. おわりに

本研究では、N値10程度の土砂地盤において極限引抜き力600kNを発揮できる3種類の拡径型アンカー工法の開発・合理化を行い、施工実験および引抜き実験を通してその有効性を確認した。

現在、東京外環道等のプロジェクトが進行しているが、このような現場での掘割部におけるコスト縮減、工期短縮に貢献できれば幸いである。

### 謝 辞

本研究は、日特建設(株)、三信建設工業(株)、大日本土木(株)、岡三リビック(株)、ケミカルグラウト(株)と共同で実施した「土砂地盤を対象とした高耐力アンカーの開発に関する研究(その1)～(その3)」における成果の一部であり、関係各位に多大なるご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を示す。

### 参考文献

- 1) 林 豪人、澤松俊寿、宇田川義夫、小橋秀俊：傾角の違いによる支圧型アンカーの引抜き強度特性、第44回地盤工学研究発表会、CD-ROM、2009.8
- 2) 岡崎賢治、三上 登、菅 浩一、外崎 亘、澤松俊寿：実物大モデルを用いた拡径型アンカーの引抜き試験、第44回地盤工学研究発表会、CD-ROM、2009.8
- 3) 森脇光洋、小浪岳治、伊藤秀行、宇田川義夫：圧入型拡径アンカー工法の開発(その1)―工法概要と施工試験―、第64回土木学会年次学術講演会、CD-ROM、2009
- 4) 小林悟史、和田宏幸、伊藤秀行、澤松俊寿：圧入型拡径アンカー工法の開発(その2)―引抜き試験―、第64回土木学会年次学術講演会、CD-ROM、2009
- 5) 日本エキスパンダ・ボディ協会：Expander Body Anchor技術資料、2002
- 6) (社)地盤工学会：地盤工学会基準 グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説、2000.3

澤松俊寿\*



独立行政法人土木研究所  
つくば中央研究所技術推進本部施工技術チーム  
研究員  
Toshikazu SAWAMATSU

宇田川義夫\*\*



株式会社フジタ建設本部  
主席コンサルタント(前  
独立行政法人土木研究所)  
博士(理学、工学)  
Dr. Yoshio UDAGAWA

小橋秀俊\*\*\*



独立行政法人土木研究所  
つくば中央研究所技術推進本部  
施工技術チーム  
主席研究員、博士(工学)  
Dr. Hidetoshi KOHASHI

林 豪人\*\*\*\*



独立行政法人土木研究所  
つくば中央研究所技術推進本部  
施工技術チーム  
交流研究員  
Taketo HAYASHI