

砂防堰堤基礎の改良地盤構築にあたり支障となった地盤性状に対する対応について

青森県中南地域県民局 梅村 豪 齋藤 和希

高樋建設株式会社 古川 靖敏

○ 株式会社 本久 小布施 栄

株式会社建設技術研究所 溝口 裕也 岸根 泰三 小林 優太

1. はじめに

近年、居住区域の広域化や用地上の制約条件等もあり、砂防堰堤が地盤条件の良好でない箇所でも計画されるようになってきた。特に、火山地帯においては、ローム層などが広域にわたって分布していることもあり、その影響が大きい。このような箇所では、地盤の支持力が不足し、必然的に地盤改良が必要となってくる。その際、支持力度の不足する範囲を求め、所要の支持力を満足するように改良地盤の構築（以下、“地盤改良”と称す）をする。この方法には、砂防ソイルセメント工法に代表される置換工法や、浅層混合処理工法・中層混合処理工法といったセメントによる固化工法がある。一方、砂防堰堤の地盤改良においては、地盤の硬軟、地盤に含有される転石や有機物、土砂移動等に起因する地質の不均質さが地盤改良工事を実施するうえでの課題となる。また、一般に、砂防堰堤の地盤改良に要求される設計基準強度は大きいことが多く、対象となる土が火山灰質粘性土や有機成分を含む場合は強度発現が阻害され要求品質を満足しないことがある。さらに、地盤に起因する問題は土の品質だけでなく、地下水の湧出も工事を実施するうえでの課題となる。こうしたことは設計段階での地質調査では予見困難なことがあり、施工において問題となる。本報では砂防堰堤工事に先立ち実施した地盤改良工事において顕在化し支障となった二つの地盤性状の課題についてその状況と対応結果を報告する。

2. 現場概要

砂防堰堤の建設地は、青森県中南部の矢捨山山地内の小国沢に位置する。ここに堤長 58.0m、堤高 9.5m のコンクリート不透過型堰堤を設置する計画で、本報で報告する対象はその右岸側である。周辺は小起伏山地に分類される地形を呈し、安山岩を基盤として、その上位に第四系の未固結堆積物である八甲田火山の泥流堆積物が広く分布する地質状況である。現地では設計時に 4 本のボーリング調査が実施され当該堆積物の分布が確認された。設計時に示された地盤の層構成を図-1 に示す。下位が洪積礫質土層（Dg）、上位が洪積粘性土層（Dc）の層構成であり、沢部は沖積礫質層（Ag）からなる溪床堆積物で形成される。また、溪床部では被圧地下水が指摘される状況であった。

当該堰堤は、この地盤を条件とし、洪積礫質土層（Dg）に着底する計画であった。本層は玉石混じり砂礫または砂礫からなり、設計 N 値は 14（9～42）で、許容支持力が 98kN/m² の評価であった。これに対し砂防堰堤の最大地盤反力度は 368kN/m² であり支持力が不足するため、本層を対象として設計基準強度 1200kN/m²、深さ 1.8～5.8m の地盤改良工事が計画された。地盤改良工法は改良深の深さや地中内に含有する礫の影響等を考慮しブロック状地盤改良工法を選定し、ミキシングバケットを装着したバックホウによるスラリー攪拌工法で計画された。

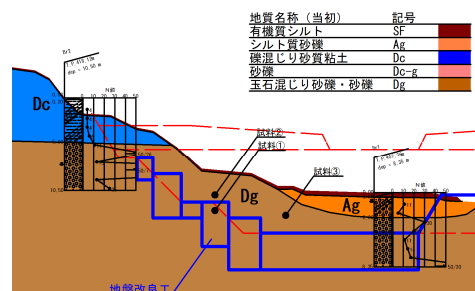
3. 地盤の土質構成の相違と施工に及ぼす影響

3.1 地盤の土質構成の相違

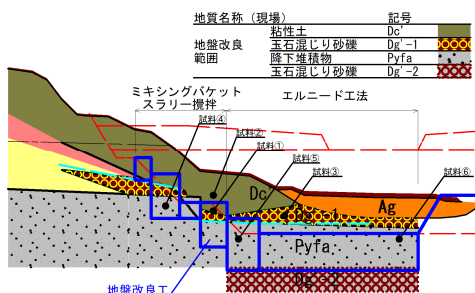
掘削および地盤改良工事の進捗に従い、設計で想定された洪積礫質土層（Dg）の地盤は複数の異なる層で構成されていることが明らかとなった。地盤の土質構成を図-2 に示す。上位から粘性土層、玉石混じりの砂礫層、降下堆積物層が堆積し、再び玉石混じりの砂礫層となる。これらの層を施工前の地質調査結果と区別し、それぞれ Dc'、Dg'-1、Pyfa、Dg'-2 とした。

3.2 硬質粘性土（Dc'）の出現と対応

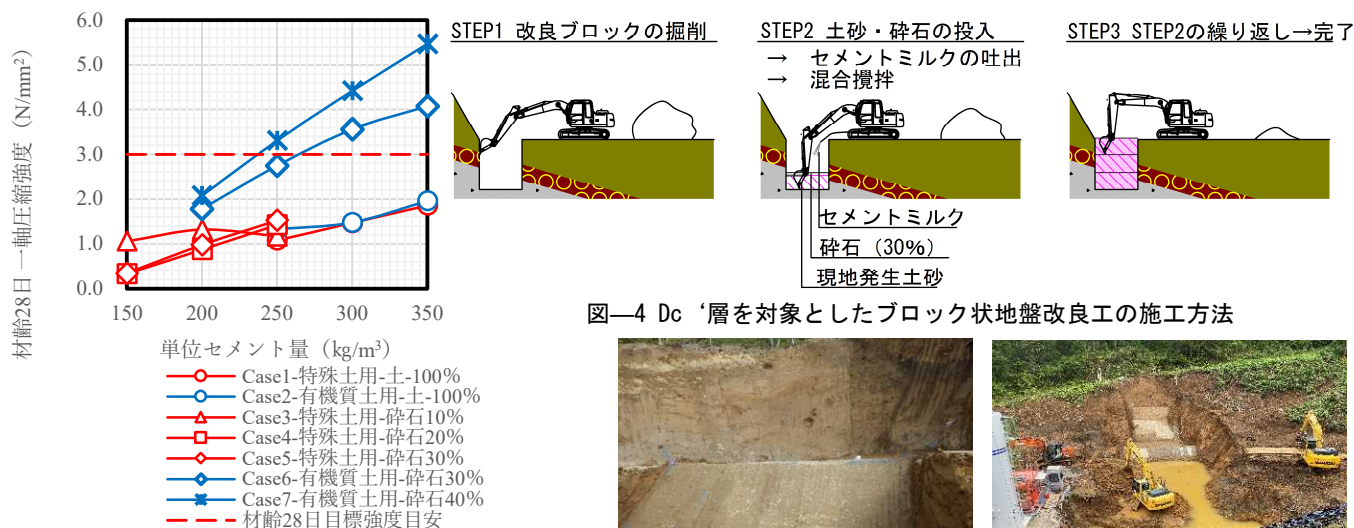
地盤改良の対象範囲の上位に出現した Dc' の粘性土は密な状態で、部分的に固結する状況であった。当該層の土砂の粒度は細粒分が 90% を占め、土粒子密度が 2.785 と大きく十和田・八甲田山に近いことや色調から火山灰起源の土砂であると推察された。このため、地盤改良にあたり土塊残留に伴う混合不良や火山灰成分に伴う固化阻害の影響が懸念された。これを踏まえ、配合試験は、特殊土用セメント系固化材および有機質土用セメント系固化材を用いて「JGS 0821-2020」に準拠して行い、練り混ぜにはソイルミキサーを用いて 10 分の練り混ぜを行った。配合目標強度は、現場・設計強度比 γ 、現場室内強度比 λ を考慮した割増係数 $k:2.5$ を採用し、 3.00N/m^2 ($1.20 \times 2.5 = 3.00$) とした^{※1)}。配合試験における材齢 28 日圧縮強度試験結果を図-3 に示す。なお、ここに示す試験結果は外割質量に対する添加^{※2)}で求めた試験結果である。土砂 100% で配合をしたケース (Case1,2) ではセメント系固化材の種類によらず目標強度に達せず、その増量に伴



図—1 地盤の層構成（地質調査時）



図—2 地盤の層構成（施工時）



図—4 Dc ‘層を対象としたブロック状地盤改良工の施工方法

図—3 Dc ‘を対象とした配合試験結果

う発現強度の伸びも期待できない結果となった。この原因として、土自体の強度発現のしにくさに加えて、供試体内部に認められた未混合土塊の混入が発現強度の伸びを阻害する要因になったと考えられた。この結果を踏まえ、土の改質効果と土塊の裁断効果を期待して砕石の一部置換による対策を検討した。砕石の置換率は10～40%で検討した。まず、Case3～5の特殊土用セメント系固化材を用いたケースでは、土100%のCase1と同程度の発現強度であり、砕石置換による改質効果が認められない結果となった。次に、Case6と7の有機質土用セメント系固化材を用いたケースでは、発現強度に違いが表れ、砕石混入による改質効果が認められた。この結果より、有機質土用セメント系固化材と置換率30%の組合せを採用した。最終的な現場の配合仕様は、内割質量に対する添加方法で配合の補正を行い、191 kg/m³、W/C=157%以下とする仕様とした。

現場では、図-4に示す方法で施工を行った。現場で練り混ぜた改良土で作製したφ50×100 mmの供試体の材齢28日圧縮強度試験は、平均3.67N/mm² (3.14～4.20N/mm²)を示し要求品質を満足した。写真-1に示すように、改良体に土塊混入が認められず、設計や配合試験で期待した土塊裁断の効果が得られたものと判断できる。

3.3 多量の湧水への対応

堤底部では、Dc ‘層およびDg’-1層はなくなり、Pyfa層が地盤改良対象層となった。Pyfa層は上部の斜面も含めて付近一帯に分布し帯水していると考えられた。施工箇所に絶えず地下水が供給されて施工基面は写真-2に示すように湧水により冠水する状態となり、ポンプ排水のみでの対応は不可能となった。このため、セメントミルクと土を混合攪拌する前出の工法は、セメントミルクの希釈や材料分離といった品質影響が生じ適用できない。そこで、湧水下で対応が可能な工法としてスラリー系機械攪拌式ブロック状地盤改良工「エルニード工法」を採用し工法変更をした。なお、本工法は、設計段階において著しい湧水が生じた際の対策として検討されていた。ブロック状の改良地盤を構築してゆく点では前出工法と施工方法が同じであるが、粉体のセメント系固化材と水を別々に添加し、改良ブロック内でセメントスラリーを生成する点が異なる。施工時に生ずる湧水をその場で活用することができ、湧水量や土質の含水状態に応じて水量調整可能なことが特徴である。改良体は写真-4に示すシリンダーフロー試験により8.5～10 cmのコンシステンシーとなるよう確認をしたうえで一様の状態に仕上げる。こうして多量の湧水が生じた当該現場でも対応可能となった。改良ブロック造成完了後にφ100 mmの塩ビ管を改良体に挿入して採取した供試体による9回の材齢28日圧縮強度試験は、平均4.96N/mm² (2.96～10.1N/mm²)であった。ばらつきが大きくなった原因は、土質の風化の差異や溪床部における土質の不均質さに起因するものと考えられる。

4. おわりに

本報では、単にセメントや固化材の増量では対応できない強度発現上の問題となる地盤性状と湧水による施工への支障について対応事例を紹介した。こうした問題や課題は、砂防堰堤の施工時に顕在化し工程に大きな影響を及ぼす。その一方、明確な対応方法がないことが実状である。本現場においても上記の問題や課題を解決するために多くの試行錯誤と時間を要した。その点で本事例が今後の類似課題における解決策として一共有事例になれば幸いである。

【参考文献】1) (一財) 土木研究センター；陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 増補版 令和4年4月 2) (一社) セメント協会；セメント系固化材による地盤改良マニュアル第5版 2021年10月