

移動式土質改良機による改良工事事例について

鈴木 浩¹ ・ 福田 淳二²

¹東北地方整備局 能代河川国道事務所 工務第二課（〒016-0121 秋田県能代市鹹渚字一本柳 97-1）

²東北地方整備局 能代河川国道事務所 工務第二課（〒016-0121 秋田県能代市鹹渚字一本柳 97-1）

土質改良工事は、現場条件・周辺環境・土質条件の違いにより、改良工法の選定、固化材の選定など検討が多岐に渡る。これまでは、周辺環境に適さない場合に固化材の種類を検討したり、目標強度を満足させるため固化材量を増やすなどの対応をしてきたが、改良工法は従来工法のままであった。

本件は、改良工法自体を新技術となる移動式の土質改良機を活用した条件により見直すことで、周辺環境への対策を行い、さらに、効率よく固化材を混合し盛土材として利用した改良事例について紹介するものである。

キーワード 新技術、自走式土質改良機、地盤改良、土質改良

1. はじめに

秋田県北部に位置する大館西道路(延長8.8km)は、日本海沿岸東北自動車道に並行し、その機能を代替する一般国道7号の自動車専用道路として整備が進められている。平成10年に一部の区間大館南IC～釈迦内間(延長4.6km)を供用済であるが、引き続き大館南ICを含む2.6km区間及び大館市釈迦内～商人留(L=1.6km)を整備中である。

そのうちの大館南IC切土部では、含水比が高く保水性もあるため、そのままでは盛土材としての利用が困難な土砂が発生し、土砂の有効利用の観点から、土砂を改良し路体盛土として利用することを選定した。

従来の土質改良工法では、周辺環境に適さない場合に、固化材を粉塵抑制型として採用したり、改良効率がオペレータの技術に左右されるため、固化材の割増を行い目標強度を満足させるなどしていたが、改良工法自体は従来のバックホウ混合やスタビライザ工法のままであった。

本件は、改良工法自体を見直し、配合においても移動式の土質改良機を活用した条件により見直すことで、従来

よりも効率的な土質改良を行った改良工事事例を紹介するものである。

2. 施工上の問題・課題

本工事は、大館南ICの切土約90,000m³を本線まで運搬し、路体盛土を行うものである。

切土の土砂は土質改良が必要となるが、IC部では供用中の本線及び民家が近接し、路体盛土部では耕作中の水田が近接している。写真-1



図-1 位置図



写真-1 施工箇所図

従来の「バックホウ混合写真-2」では、地盤に直接固化材をまくため「固化材の風による飛散」で周辺環境への被害が懸念され、また、十分な混合がしづらい分「固化材を割増しして対応するコスト増」が施工上の問題となっている。

これらの問題に対応するため、効率的な土質改良が可能な移動式の土質改良機である「自走式土質改良機」を選定し工事を行うこととした。

3. 自走式土質改良機とは？

自走式土質改良機は、固定式のプラントのような構造をもっており、固化材と土砂を密閉した状態で効率よく混合するために安定した改良土が製作可能である。

図-2

仕組みとして、ホッパに投入された土砂量を機械内部で図-3のように直接計測できるため、土砂量に対する改良材の投入誤差が少なく、さらに、密閉状態で攪拌混合するため従来工法よりも混合効率が向上しており、「高い強度比（固化材の割増率が少ない）」を確保できる。

4. 土質改良の配合設計

土質改良に必要なとなる固化材添加率や割増率などの配



写真-2 1) バックホウ混合と改良材敷き均し状況

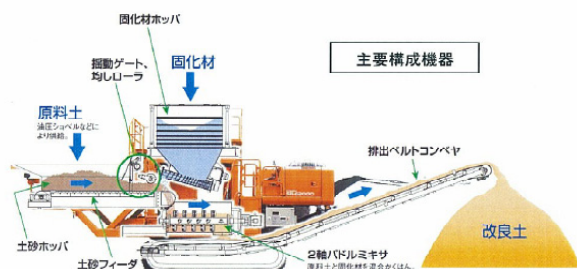


図-2 2) 土質改良機の構成

4. 土質改良の配合設計

土質改良に必要なとなる固化材添加率や割増率などの配合設計は、自走式土質改良機の配合特性を考慮し、最も効率的な配合となる設計を行った。

(1) 発生土の土質性状

大館南ICの土質は、火山灰質砂、シルト質細砂が互層し、大半が細粒分を混入する火山灰質砂である。火山灰質のため保水性があり、含水比も $w=44.3\%$ と高い。コーン指数は 63kN/m^2 と低く、施工時のトラフィカビリティ確保は困難である。表-1

(2) 現場条件

自走式土質改良機は、積み込み用のバックホウ及び改良土の仮置きのため「幅20m×延長50mのヤード」が必要となる。「路体盛土位置」となる本線での改良は、施工範囲が狭くなるほか、ストックヤードを確保することが困難であるため、「ヤードが確保可能なIC部」で改良を行い盛土箇所まで搬入するものとした。

表-1 発生土の物理特性

含水比 w_n (%)	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm^3)	最適含水比 (%)	コーン指数 q_c (kN/m^2)
44.3	1.715	1.189	1.359	28.2	63



写真-3 移動式の土質改良機

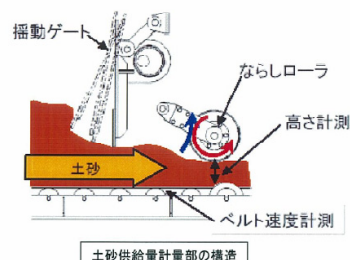


図-3 2) 土砂計量部構造

(3) 固化材種類

セメント系・石灰系2種類の固化材の特性を考慮し、セメントでは短期に強度が増加するため早急に運搬し、生石灰では「ばっき」のため、1日程度養生後に運搬するといった施工条件を踏まえた配合で検討を行った。表-2

(4) 配合試験範囲の設定

設計強度は、路体盛土として適用可能な第3種建設発生土「コーン指数400kN/m²」を目標とした。

配合設計は、室内配合試験の結果をもとに実際の現場で使用する配合量を決定するが、室内での配合は効率的に混合できるぶんコーン指数が高く出るため、現場の混合機に対する差が生じる。この差を経験的に埋めるのが強度比と呼ばれる固化材の割増率である。

目安となる「割増率＝強度比(現場配合試験/室内配合試験)」の範囲は、¹⁾従来工法のスタビライザに準拠した0.8～0.5に設定した。(1.0に近いほど添加量が少ない)

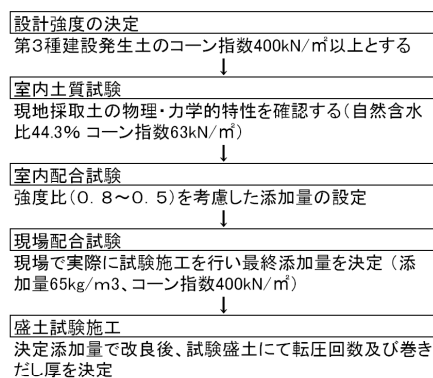


図-4 配合設計フロー

表-2 固化材の特性

種類	セメント系固化材	石灰系固化材
材料	a)高炉セメントB種 b)一般土質用セメント(六価クロム対策品)	生石灰
特徴	発生土に混合し、接着(セメントの水和、ボゾラン反応)により硬化させる。	発生土に混合し、吸水発熱により「ばっき」(のちにボゾラン反応)し土を改良(固化)する。
施工条件	改良後、早期に強度増加するため、盛土施工箇所へ早急に運搬・敷き均しする必要がある。(そのまま放置すると強度が増加しすぎ運搬が困難となる)	吸水発熱による「ばっき」のため、転圧を行わずに(空隙を大きくしたまま)1日程度放置。
備考	改良土のストックヤードは必要ないが、整形できる状態までの固化材添加が必要	「ばっき」のため放置しておくストックヤードが必要

表-3 固化材の経済比較

固化材名	生石灰	セメント (六価対策)	高炉B
目標室内強度(kN/m ²)	571	571	571
添加量(kg)	69	155.8	167.6
強度比	0.7	0.7	0.7
養生	1日	0日	0日
固化材費(円/m ³)	1,277	2,617	2,229
判定	1	3	2

(5) 固化材の種類の決定

1m³当りの添加量と固化材費及び現場条件を比較検討した結果、当工事では、生石灰により改良し1日養生したのちに路体盛土を行うことが最も経済的である結果が得られた。表-3

(6) 固化材添加量の決定(現場配合試験)

決定した生石灰を用い、「強度比を考慮した数種類の配合量」で、実際に現場で試験を行った。固化材の添加量69kg/m³(強度比0.7)で改良した場合は、目標強度400kN/m²を上回る結果(平均qc=498kN/m²)となり、添加量63kg/m³(強度比0.8)では、目標強度を下回る結果(平均qc=368kN/m²)であった。

よって、双方の値から目標値の400kN/m²となる生石灰の添加量を算出し、最終添加量を65kg/m³(強度比0.78)とした。図-5

5. 自走式土質改良機での施工

決定添加量をもとに現場では、1m³に対し生石灰65kgを混合し施工を行った。図-6

フローに示すように、まず発生土への固化材添加量を

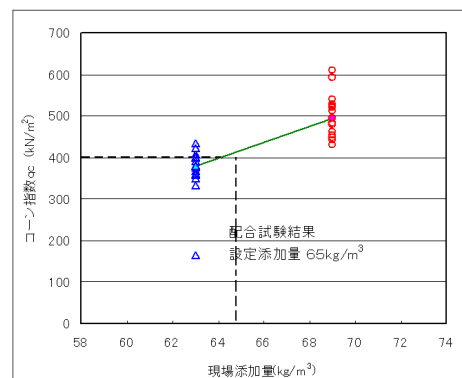


図-5 固化材添加量の決定

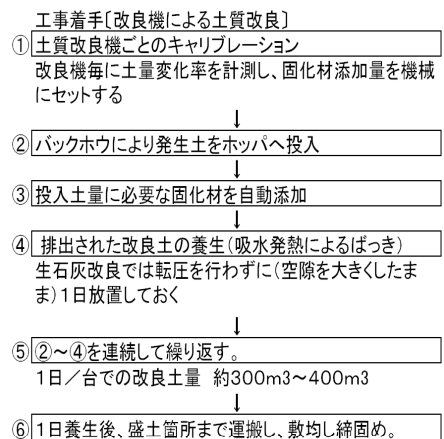


図-6 施工フロー

セットするために、「キャリブレーション(自走式土質改良機から排出される土砂の体積と、機械に表示された処理土量を比較し調整すること)」を行う。

その後固化材を改良機に投入し、背面のホップへ発生土を投入することで改良土が製作される。この改良土を1日「ばっき」し、RI計器での測定により室内配合試験時の含水比に近いことを確認したうえで盛土を行う。

なお、改良後(養生後)の土砂取り扱いについては通常の路体盛土と同様である。

6. 問題・課題への対応

(1) 固化材の飛散防止について

自走式土質改良機では、密閉された混合機内部での攪拌に加え、固化材の投入ホップ内部にトンパック(フレコンパック)を切り裂く装備があるため、固化材の投入時にも飛散が生じない。写真-4

(2) コスト縮減

バックホウ混合との比較を行った結果、固化材の割増量が減ったこと及び混合攪拌作業効率の向上により作業日数も短縮されたため、工程で約30%の短縮効果、コストについても約9%の縮減を図ることが出来た。



写真-4 固化材の飛散防止対策

表-4 各工法の特徴

	新技術 自走式土質改良機	従来技術 バックホウ混合	従来技術 スタビライザ工法
経済性	攪拌ムラが少なく改良品質が安定している為、固化材使用量を軽減できる。	十分な混合ができない為、固化材を多量に必要とする。	バックホウ混合よりは混合性能が高いため固化材使用量が低減できる。
工程・工期	パドルミキサによる連続混合攪拌の為、多量に処理ができ工期が短縮。	混合工程の他に、固化材散布・地山整形(土量計測)工程が必要。	混合工程の他に、固化材散布・地山整形(土量計測)工程が必要。
品質	攪拌混合効率の高さにより安定した品質。オペレータの技量に左右されない。	十分な混合が難しく、またオペレータの技量により品質が変化する。	十分な混合工程が無く、定量固化材添加量制御ではないため品質が安定しにくい。
現場条件	本機・積込み用ショベル・固化材置場を設置できる水平な地盤。	バックホウが設置でき混合作業ができる範囲。但し、粉塵による周辺環境への影響を許容できる現場。	本体が稼働走行できる地盤・広さを有し、粉塵による周辺環境への影響を許容できる現場。

7. まとめ

今回、自走式土質改良機を使用した土質改良を行ったが、本現場のような粉塵を許容できない現場条件の中では、非常に高い効果を発揮した。

ただし、工程については粘性土混じりの土質の場合、土砂ホップと攪拌ミキサの間で目詰まりを起こし、混合効率が著しく低下し工程に影響することがあり、施工上の工夫(攪拌バケットでの補助攪拌など)を行うなど対策が必要となる場合があることも確認された。

環境対策を重視した工法の選定ではあったが、高い攪拌能力により安定した盛土材の品質が確保され、コストも下げることができた。さらに、盛土の品質に関する事後確認のために、昨年度の施工終了から、冬を越した6ヶ月後にCBR試験を行ったところ十分な強度が確認された。

このことから、今回の自走式土質改良機を使用した土質改良については、盛土転圧整形後の降雨及び冬期間を含めても、土砂の流出等が非常に少なく耐久性に優れた改良土を製作可能なことがわかった。

最後に、今回の現場条件では、従来技術との比較で「環境」「品質」「コスト面」において自走式土質改良機が有利であった。しかし、今回の現場条件・土質条件での効果であり、自走式土質改良機が適応不可能な土質(玉石まじり土など)もあるため、今後の土質改良工事においては、現場の条件を把握した上で比較検討の一つに加えることとし、より低コストで品質の良い施工を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本石灰協会:石灰安定処理工法設計施工の手引き
- 2) 日立建機株式会社:自走式土質改良機SR-G2000 土質安定処理工法における技術資料