

固化材の飛散防止を目的とした不良土改良機械の開発

Development of unsuitable soil improvement machine that aims at dispersion prevention of soil stabilizer

北海道開発土木研究所 土質基礎研究室 佐藤厚子 (Atsuko Sato)
 北海道開発土木研究所 土質基礎研究室 西本 聡 (Satoshi Nishimoto)
 道路工業株式会社 地盤改良事業所 久保和朗 (Kazuaki Kubo)

1. はじめに

建設工事で発生する土砂の有効利用が進む中で、発生した土砂が盛土材料として適していない場合固化処理することが多くなっている。通常固化材の混合は周辺環境の制約がなければ、不良な材料に固化材を散布し混合している。固化材は乾燥しているため、散布、混合の際飛散し工事担当者の健康に影響を与える。

これまで、不良土改良における飛散防止を目的として、その方法およびこれを実現させることのできる機械の開発を検討してきた。その結果、飛散防止を目的とした機械により、飛散を抑制できることがわかった¹⁾²⁾。今回さらに試験施工箇所を増やし飛散抑制効果と混合精度について確認した。本報告は、飛散防止を目的とした方法の原理、この方法を実現するために開発した機械、飛散防止効果、固化材混合精度などをとりまとめ紹介するものである。

2. 固化材の散布・混合方法の現状

現在、不良な材料に固化材を混合して改良する方法として、大きく3つの方法があげられる。地山に固化材

を散布して、パワーショベルのバケットで不良土と固化材を混合する方法、地山に固化材を散布して自走式のスタビライザーにより混合する方法、プラントにより混合する方法である。の方法は、写真-1に示すようにタンクローリー車から散布機に空気圧送された所定量の固化材を散布機により散布(a)し、人力により敷き均し(b)て、パワーショベルにより固化材と不良土とを混合攪拌(c)するものである。の方法は、固化材の散布と敷き均しはの方法と同じであるが、(d)に示すフードのついた攪拌機を用いる。の方法は、(e)に示すように密閉された混合機の中に固化材サイロから固化材が圧送供給され、不良土と固化材を混合する。

各写真で明らかなように、の方法は固化材の散布、敷き均し、混合時に固化材が飛散する。の方法は、固化材の散布、敷き均し時に固化材が飛散するが、混合時にはほとんど固化材の飛散は生じない。の方法は、固化材による改良ではほとんど固化材は飛散しない。混合の精度は、が最も良好で、の順で混合精度は悪くなる。一方、混合のための費用は各機械設備の価格によることから、が最も安価で、の順で高価とな



(a)固化材の散布状況



(b)人力による固化材の混合



(c)回転式の混合機による混合



(d)自走式スタビライザーによる混合



(e)プラントによる混合

写真-1 固化材の混合方法

り、高価なほど不良土と固化材の混合による飛散が少ない。

不良土改良は、工事箇所環境にともなう飛散の許容条件から混合方法が決定されることが多く、人家や牧場の近くでは飛散のないの方法が多く採用され、山奥や原野での改良では、混合費用が安価なの方法が多く使用されている。

本開発では、安価で使用実績が多いの方法（以降従来法と称する）について改善する方法（以降新工法と称する）の検討を行った。

3. 開発の原理

従来法では、不良土と固化材の混合に際して、固化材の散布と固化材の敷き均し、固化材と不良土との混合時に固化材が飛散する。これらを抑制する方法として、図-1に示す方法を考えた。(a)に示すように、不良土の中に固化材の詰まった管を押し込む。所定の深さまで押し込んだ管を引き上げると同時に管の先端を解放することにより、固化材は管の下部より不良土中に投入される。管を引き抜いたあとは、固化材が不良土の中に柱状に配置される。固化材は、柱の上部のみ空気中にさらされるため、従来法と比較して散布と敷き均しによる固化材の飛散が抑制される。

不良土の中に、(b)に示すように、水分を含まない固化材の柱が投入されると、すぐに固化材の中へ不良土中の水分が移動する。このため、固化材の飛散がさらに抑制される。

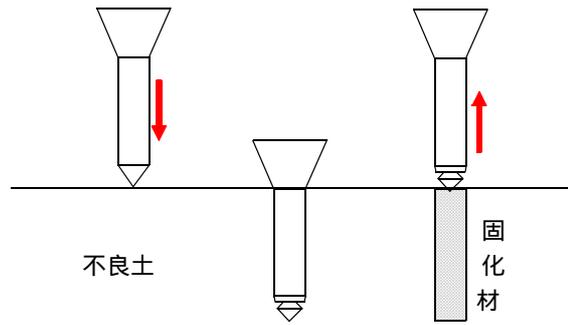
このあと、(c)に示すように不良土と固化材をパワーショベルで混合する。従来法では、固化材中には水分がないため、一連の混合作業にともない固化材の飛散が発生する。新工法では、固化材に不良土の水分が移動するため、混合作業による飛散が少ない。また、固化材の混合は空中ではなく不良土中で行われることから従来法よりも飛散が少ない。

4. 飛散しない不良土改良機械

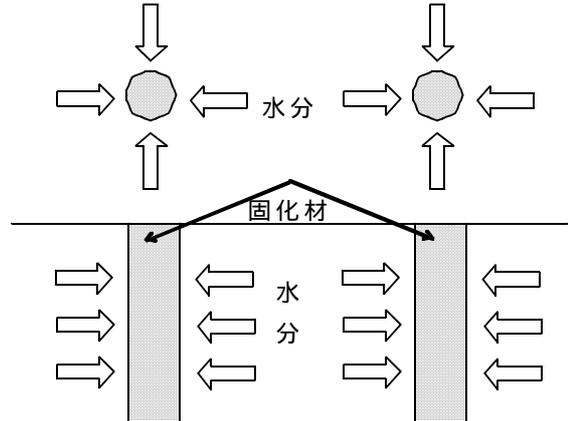
固化材の入った管を不良土中に押し込む作業、管を不良土から引き抜く作業、固化材と不良土を混合する作業など固化材と不良土を混合する一連の作業は、最も汎用性の高い建設機械であるパワーショベルを改良することとした。図-2に開発した機械の概略を示す。

タンクローリー車から圧送管により圧送された固化材は固化材投入口より供給される。不良土中に管を押し込むときには管の先端は閉じており、管が所定の深さまで達した時点で管の先端を開ける。管の先端を開けたままで、地表面にまで管を引き抜く。この時自然落下した固化材は、不良土中に管によって開けられた空間に柱状に投入される。管を不良土中に押し込む作業、引き抜く作業、管の開閉作業はすべてパワーショベルの操作室で行う。

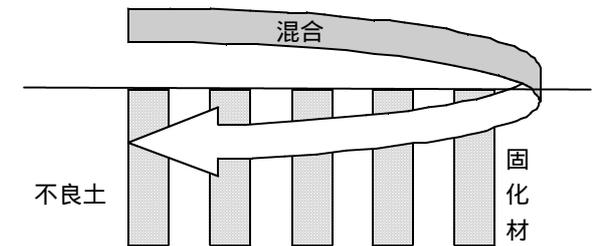
管の容積が一定であることから、混合する固化材の量は、管の投入回数により決めることができる。また、不良土はもともと軟らかい地盤であることから、管の挿入や引き抜きには大がかりな装置は不要で、パワーショベ



(a) 固化材の散布方法



(b) 不良土中の水分吸収



(c) 不良土と固化材の混合

図-1 不良土と固化材の混合の原理

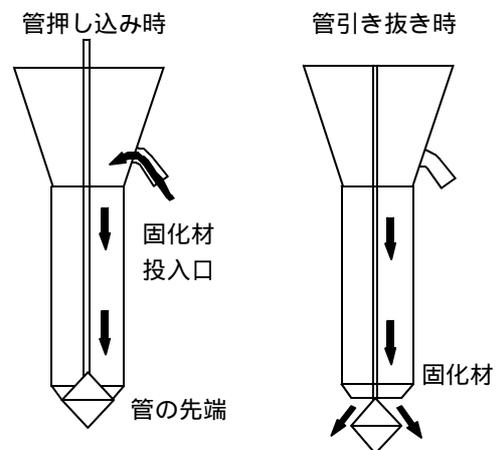


図-2 飛散しない不良土改良機械

ルなどの一般的な建設機械で十分である。

5. 飛散しない不良土改良機械による試験施工

5.1 試験施工の方法

従来法と新工法による試験施工を行い固化材の飛散状態を粉塵量で測定し比較した。両方法の手順を図-3に示す。固化材と不良土との混合は、バケツを用いた。従来法では、固化材を散布したあと人力で固化材を均等に敷き均すので、この作業でも粉塵量を測定した。

試験施工は、苫小牧市、江別市、稚内市、女満別町の4箇所で行った。固化材は高炉B種セメントを用いた。固化材と不良土との混合は地山または発生箇所とは別な場所に盛土を作製して実施した。この時の盛土の高さを1mとした。改良した材料の土質と固化材混合量、混合箇所、混合時間を表-1に示す。それぞれの試験箇所でも新工法と従来法により固化材を散布した。

また、改良した材料の固化材混合程度を確認するため、10m×10m×0.3mの盛土を施工し1か月後に、盛土の強度として衝撃加速度³⁾を測定した。新工法の施工状況を写真-2に示す。

粉塵量の測定は、光散乱式デジタル粉塵機を用い、計測時間は1分間とした。光散乱式デジタル粉塵機は、散乱光の強弱が粉塵濃度に比例することを利用した粉塵相対濃度計である。粉塵量の測定範囲は、0～99.99mg/m³で、粉塵量の単位はCPM(1CPM=0.01mg/m³)である。

固化材による改良時の粉塵量は、混合地盤より1mの高さで作業地点から3m程度離れた箇所でも測定した。

5.2 固化材の粉塵量

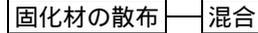
不良土の改良作業にともなう固化材の粉塵量を表-2に示す。固化材量が少なく粉塵量は少なくなる傾向にある。いずれの箇所でも固化材の散布時、混合時に新工法は従来法の半分以下粉塵量であった。延床面積3000m²以上の事務所などを対象とした空気中の浮遊粉塵の量は0.15mg/m³(15CPM)以下⁴⁾、ずい道などの建設工事における粉塵濃度の目標レベルは3mg/m³(300CPM)以下⁵⁾という基準がある。従来法では、固化材の散布、敷き均し、混合作業で、ずい道建設の目標値を超えた粉塵量が見られた箇所があり、かなりの粉塵があった。

また、散布時と混合時について新工法、従来法による粉塵量を図-4に示す。散布、混合作業では、新工法の粉塵量は従来法の1/3程度であり、新工法の粉塵抑制効果は大きい。

次に、不良土と固化材がある程度混合されると粉塵量が少なくなるので、固化材の混合時間と粉塵量の関係を求めた。図-5に江別の例を示す。従来法では、固化材混合直後から粉塵量が大きくなり混合し始めてから3分後には430CPMに達している。その後粉塵量は小さくなり、6分後にはテフロン加工セメントの粉塵量⁶⁾である31CPM以下になった。ある程度混合されると不良土の水分が固化材に吸収され直接固化材が空気にさらされなくなり粉塵量が大幅に抑制される。従来法では混合されるまでの5分近くがずい道建設の目標値を超えた粉塵量である。

これに対し、新工法の粉塵量は少なく、混合から2分

新工法



従来法



図-2 試験施工のフロー

表-1 試験施工概要

施工箇所	土質	含水比 (%)	固化材量 (kg/m ³)	混合箇所	混合時間 (分)
苫小牧	泥炭	500	200	盛土	13
	粘土	-	50		7
江別	泥炭	300	200	盛土	15
稚内	砂質土	-	45	地山	13
女満別	粘性土	104	159	盛土	5、3.5、2



写真-2 新工法による散布状態(女満別)

表-2 作業と粉塵量

作業	施工箇所	粉塵量 (CPM)				
		苫小牧		江別	稚内	女満別
		泥炭	粘土			
固化材の散布	新工法	-	-	91	28	14
	従来法	731	-	321	54	63
敷き均し	従来法	182	-	-	4	116
混合	新工法	132	65	93	32	58
	従来法	302	525	426	98	166

- は実施しなかった項目

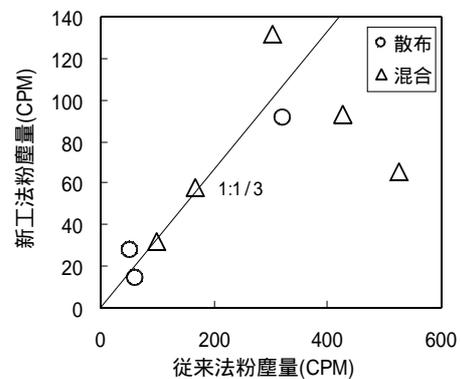


図-4 従来工法と新工法の粉塵量

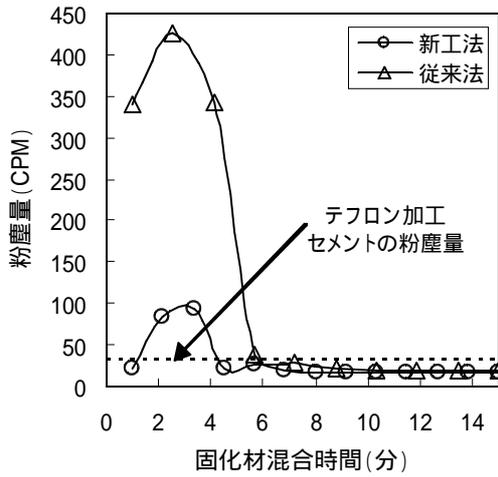


図 - 5 固化材混合時間と粉塵量(江別)

後 100CPM になったものの 4.5 分後には 31CPM 以下になった。新工法では不良土中に固化材を挿入したときに不良土中の水分が固化材に吸収され、粉塵量が少なかったものと思われる。

また、新工法では混合作業により広い範囲への固化材の飛散がほとんど見られなかったが、従来法では混合作業により、固化材は図-6に示すように風下側に飛散し混合箇所から 10m 程度までは厚さ 5mm 程度に広がった。さらに風下に 10m 程度まで、固化材が飛散した状況が見られ、従来法は広い範囲に飛散する。

5.3 混合精度

不良土と固化材との混合精度を確認する目的で改良した材料による盛土の強度を測定した。図-7は粘土を改良し1か月経過した盛土の衝撃加速度のばらつきとして女満別の例を示したものである。新工法は従来法と同じようなばらつきを示し同程度の混合ができた。また、新工法では2分の混合時間でも従来法5分と同じようなばらつきを示すことから新工法では混合時間を短くでき、コスト縮減が可能であると考えられる。

6. まとめ

今回、飛散しない固化材散布方法を実施するための機械を開発し、その機械により試験施工を実施できた。その結果をまとめると次のことがいえる。

新工法では、従来法に比較して固化材の散布、敷き均し、混合時などの固化材散布に関する粉塵発生量を大幅に抑制できる。

新工法の実施は、汎用性があるパワーショベルのアタッチメントを変えるだけであり簡単、安価にできる。新工法は従来法よりも短い混合時間で同程度の精度の混合ができる。

7. あとがき

今回の現場実験により、新工法で施工すると固化材の粉塵を抑制できることがわかった。今後、混合時間をどの程度短縮できるかについて確認したいと考える。

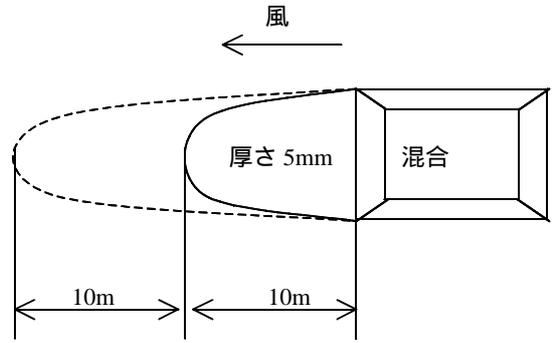


図 - 6 固化材の飛散状況(江別)

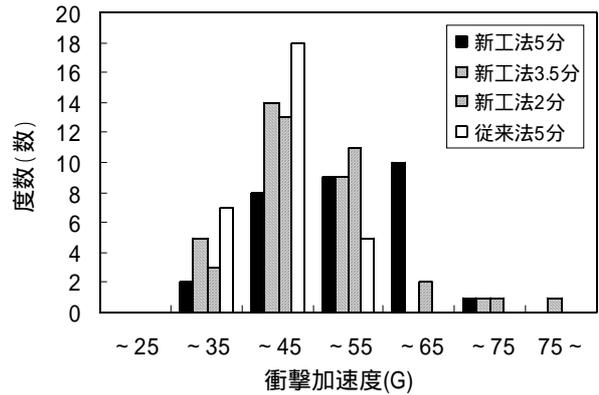


図 - 7 改良土した材料による盛土の1か月後の衝撃加速度(女満別)

謝辞：本現場施工に当たり、札幌開発建設部千歳道路事務所、稚内開発建設部稚内開発事務所、網走開発建設部北見河川事務所の皆様には、試験施工の現場を提供していただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤厚子、西本聡、久保和朗：飛散しない固化材散布方法および機械の開発、第48回北海道開発局技術研究発表会、2005.2
- 2) 佐藤厚子、西本聡、久保和朗：飛散しない固化材散布機の開発、第17回日本道路会議、2005.10
- 3) 北海道開発局：道路河川工事仕様書、付表、2005.
- 4) 厚生労働省：建築物における衛生的環境に関する法律、2003.4
- 5) 厚生労働省：ずい道等建設工事における粉塵対策に関するガイドライン、2000.12
- 6) 松田正大、西本聡、佐藤厚子、五十嵐由一：加水した石炭灰の有効利用に関する研究、地盤工学会北海道支部技術報告集第44号、2004.2