

2. 現場における課題・問題点

坑口補強盛土に使用する盛土材料は、当初設計では現地発生土を安定処理後に使用する計画であった。このため、現地発生土の補強盛土材料としての適性、および固化材の添加率、添加量について検討し決定する必要がある、また、現地発生土の固化材による安定処理方法は、補強盛土施工箇所での攪拌・混合方式で計画されていたが、起点坑口周辺が酪農業の放牧地であり、攪拌・混合時の粉じんが悪影響を及ぼす恐れがあるため、粉塵発生を抑制する安定処理方法を検討する必要がある。

3. 対応策・工夫・改良点

a) 補強盛土材料の選定

坑口補強盛土の施工に先立ち、現地発生土で、固化材および配合添加率・添加量の決定を目的として、室内配合試験及び六価クロム溶出試験を行った。また、現地発生土と比較検討するために、購入土による予備試験も同時に行った。

①目標強度及び安定材の種類

坑口補強盛土の現場目標強度は一軸圧縮強度 1.0N/mm^2 以上とし、現地発生土の室内目標強度は現場／室内強度比が0.5程度の傾向を示すと考え 2.0N/mm^2 とした。また、購入土の室内目標強度は品質が比較的均一であることから現場／室内強度比が0.8とし 1.25N/mm^2 とした。

固化材については、高炉セメント B 種及びセメント系固化剤の 2 種類について配合設計を行い、添加量における経済性の比較検討を行った。

②配合試験結果

図-2 および図-3 に現地発生土、購入土の固化材添加量及び一軸圧縮強度の結果を示す。安定材の添加量と一軸圧縮強度の関係より、室内目標強度を満足する固化材の決定添加量は、現地発生土において高炉セメント B 種で 290kg/m^3 、セメント系固化剤で 280kg/m^3 となり、購入土においては高炉セメント B 種で 100kg/m^3 、セメント系固

化剤で 110kg/m^3 となった。

その後、決定した添加量による安定処理後の供試体で六価クロム溶出試験を行った結果、現地発生土、購入土ともにセメント系固化剤を添加したものは六価クロム溶出量基準値 0.05mg/l 以下を満足できなかった。

したがって、固化材は高炉セメント B 種を採用した。表-1 に決定添加量及び六価クロム溶出試験結果を示す。

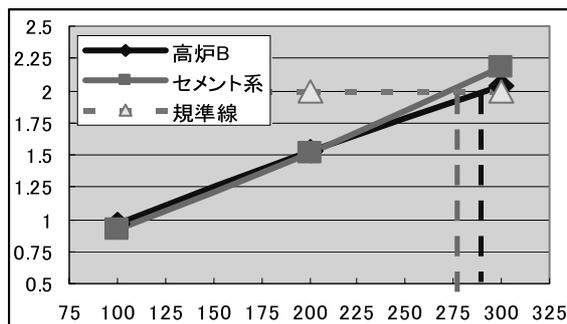


図-2 現地発生土—添加量と強度

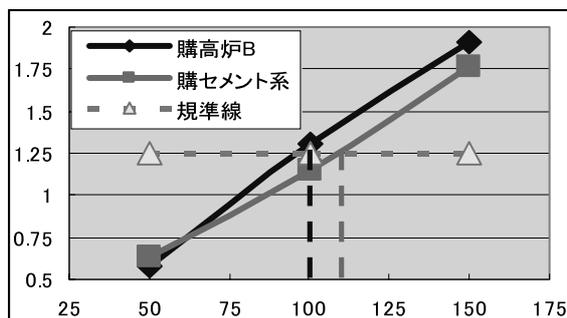


図-3 購入土—添加量と強度

表-1 決定添加量及び六価クロム溶出試験結果

試料名	添加材	決定添加量 (kg/m^3)	決定添加率 (%)	六価クロム 溶出試験 (mg/l)	判定
現地発生土	高炉セメント B 種	290	15.8	0.03	○
	セメント系 固化剤	280	16.3	0.13	×
購入土	高炉セメント B 種	100	5.3	0.01	○
	セメント系 固化剤	110	5.8	0.14	×

表-2 安定処理方法の検討結果

安定処理方法	安定材	盛土材料	添加量 (kg)	粉じん発生量	経済性	判定
バックホウ	高炉セメント B種	現地発生土	290	多量	○	△
		購入土	100	多量	○	△
専用混合機	高炉セメント B種	現地発生土	290	多量	△	△
		購入土	100	多量	△	△
レミコン	高炉セメント B種	購入土	100	なし	×	△
バッチャープラント	高炉セメント B種	購入土	100	なし	△	◎

b) 安定処理方法の検討

安定処理方法は、バックホウによる現地で土と固化材の攪拌・混合を計画しており、攪拌・混合時の粉じん発生についても低粉じん型のセメント固化剤を安定材として使用することにより粉じん発生量を抑制できると考えていた。

しかし、六価クロム溶出試験結果よりセメント系固化剤が使用できないことから、粉じん発生量を抑制できる攪拌・混合方法を再度検討する必要があった。

攪拌・混合方法の検討は、専用の混合機械により現地で攪拌・混合する方法、購入土を使用したレミコン工場による練り混ぜ・運搬等いくつかの候補をあげて、施工性、粉じん発生量、経済性を比較検討した。

また、庶路トンネル工事において使用する仮設備として吹付コンクリート用バッチャープラントが工事敷地内に建設されており、レミコン工場と同様に練り混ぜが可能かどうか検討したところ、その能力は十分であり問題はなかった。したがって、吹付コンクリート用バッチャープラントによる練り混ぜ混合も検討した。表-2に安定処理方法の比較検討結果を示す。

バックホウ及び、スタビライザー等専用混合機を使用した場合は、現地発生土、購入土ともに使用できるが、攪拌、混合の作業で粉じんが多量に発生することが予想され、制約条件から不採用とした。

また、レミコン工場による練り混ぜ運搬は、品

質管理上利点は多いが、経済性が悪く、施工性確保のためには、運搬時の車輻が多く必要となる。

バッチャープラントによる練り混ぜ運搬は、購入土しか使用できないが、粉じん発生はほとんど無く、運搬距離も短いため運搬車輻も3台程度で済むことから経済性、品質確保の确实性を考慮し採用することとした。

c) 坑口補強盛土の施工

①配合

実施したソイルセメントの配合を表-3に示す。

表-3 ソイルセメント配合

セメント添加量 (C)	砂 (S)	砂利 (G)
100kg	380kg	1,150kg
比重 (3.05)	単位体積重量 1.25	単位体積重量 1.64
3.05	体積比 0.3	体積比 0.7

現場目標強度は材令7日で1.0N/mm²とし、購入土を使用するため、配合試験結果より高炉セメントB種の添加量は100kg/m³とした。

②バッチャープラントによる練り混ぜ

バッチャープラントでの練り混ぜは、1バッチ当たり0.3m³とし練り混ぜ時間は45秒とした。

表-7にバッチャープラント能力及び性能を示す。

表-4 バッチャープラント能力

名称	規格・型式	仕様	備考
バッチャープラント	KBC-HBN-500R-1	15.75m ³ /h	乾式
ミキサ	KBHS-500D(S)	2軸強制練 ミキサ0.35m ³	

③坑口補強盛土の施工

吹付コンクリート用バッチャープラントでの練り混ぜ、混合によるソイルセメントの現場強度を確認するための試験練り実施後、坑口補強盛土の施工を行った。

ソイルセメントの運搬は10t ダンプトラックを使用し1台の積載量は6.0m³ (9.8t) とした。バッチャープラントの時間当りの練り混ぜ量が15m³程度であるため、運搬用ダンプトラックは2台とした。

練り混ぜ、混合時の粉じんの発生はほとんど見られなかった。購入土は屋内骨材ヤードで保管されるため、練り混ぜ後のソイルセメントの性状にもばらつきはなかった。

1日当りの施工量は120m³程度で、坑口補強盛土540m³の施工には5日間要した。

写真-1、写真-2に練り混ぜ状況、盛土状況を示す。表-5に強度試験結果、及び六価クロム溶出試験結果を示す。

表-5 品質管理結果

強度試験	圧縮強度(平均) 1.0N/mm ² 以上
試験練り	1.4N/mm ²
本施工 (試験回数8回)	1.8N/mm ²
六価クロム 溶出試験	溶出量 0.05mg/l以下
施工後	0.02mg/l
掘削発生後	0.02mg/l



写真-1 ソイルセメント練り混ぜ状況



写真-2 坑口補強盛土施工状況

4. おわりに

吹付コンクリート用バッチャープラントでのソイルセメントの混合処理は、粉じん発生量を抑制する目的として十分な効果があったと考える。また、施工時期が12月と冬季施工であったが、盛土材料等の凍結も無く品質も均一で安定していた。

バッチャープラント能力より、時間練り混ぜ量が15m³と少量であったため施工日が当初予定より2日ほど伸びたが、全体工程に支障なく坑口補強盛土の施工ができた。

今回は特異な条件下での施工であったが、今後トンネル工事におけるバッチャープラントの有効利用方法の一つとして提案できると考える。