

第69回(2025年度) 北海道開発技術研究発表会論文

構造物背面盛土における不良土の活用について —不良土と碎石を混合した土砂を補強盛土へ利用—

網走開発建設部 北見道路事務所 第2工務課 ○池内 祐太
 網走開発建設部 道路施工保全官 本保 誠
 網走開発建設部 北見道路事務所 第2工務課 毛利 憲人

交通事故対策事業として工事着手している釧北峠の登坂車線整備事業において、補強盛土の盛土材として想定していた現場発生土が必要な土質条件を満たしていないことが分かった。当該現場の土質条件に適合する購入土が近傍に無かつたため、本稿では現場発生土と碎石を混合して利活用する方法について検討し、実施した取り組みについて報告する。

キーワード：不良土、補強盛土、構造物、背面盛土

1. はじめに

網走開発建設部では、事故ゼロプランの推進に向けて交通事故対策事業の推進を鋭意進めているところである。本事業の対象区間は、釧路市から網走郡美幌町を経由して網走市に至る一般国道240号のうち、標高594mの峠部である。急勾配とカーブ区間が連続する追越禁止区間となっており、路外逸脱事故や正面衝突事故が多発している。

このような状況から、平成28年の北海道交通事故対策検討委員会において、事故危険区間として選定されており、令和6年度より工事着手している。



図-1 事業箇所位置図

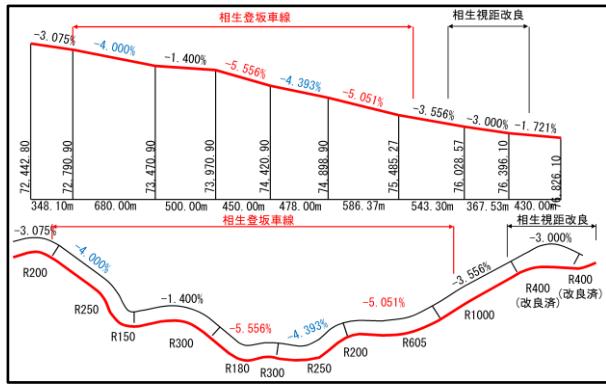


図-2 事業箇所付近の道路線形

2. 事業概要

(1) 事業目的

本事業の改良区間は、上り勾配となる津別町から釧路市方面に向かう上り車線で低速車両を先頭とする車群が形成され、無理な追越の発生が懸念されている。また、冬期にはスタック車両が発生し、1車線閉塞が発生している。さらに、下り勾配となる釧路市から津別町方面に向かう下り車線は、最急勾配が5.5%と大きく、速度超過となりやすいため、急勾配区間での正面衝突事故が多く発生しており、これらの危険事象の解消を目的として、中央分離帯の設置及び付加車線の設置を行うこととした。

(2) 事業内容

□設計交通量：3,200台/日

□道路区分：第3種第2級

□設計速度：50km/h（現況規制速度）

□幅員構成：以下の通り。

走行車線3.25m×2車線、登坂車線3.00m、路肩2.5m（登坂車線側は1.25m）、中央分離帯2.25m

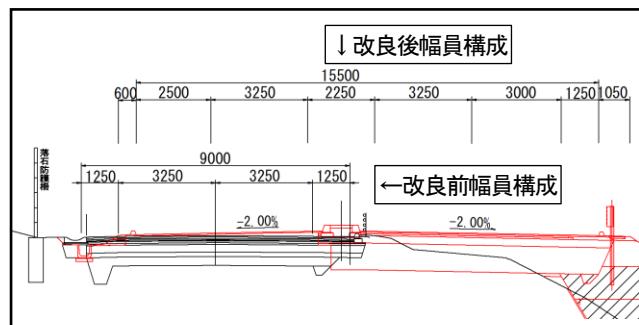


図-3 幅員設定根拠図

(3) 事業推進上の課題

中央分離帯及び付加車線の設置に伴い、現道拡幅が必要となるが、改良区間の道路構造は片切り・片盛りの土構造であり、現道交通を確保しながらの施工となるた

め、主に谷側への補強盛土により拡幅する不足土の事業である。

使用する盛土材料は、現場発生土及び津別町周辺の過年度事業で発生した町内の旧学校跡地の建設残土、及び過年度事業で発生した現場近傍の建設残土を流用する計画としていた。



写真-1 建設残土 (左: 旧学校跡地、右: 現場近傍)

3. 現場発生土の土質試験方法と結果

各々の現場発生土について、補強盛土の盛土材としての適用可否判断を目的として、土質試験を行った結果を以下に示す。

(1) 盛土材料の試験内容、試験方法

盛土材料としての適否判定は、以下に示す土質試験を行い、判定する。

表-1 試験内容・試験方法一覧 (盛土材料試験資料より抜粋)

① 土粒子の密度試験	JIS A 1202
② 土の含水比試験	JIS A 1203
③ 土の粒度試験	JIS A 1204
④ 土の液性限界・塑性限界試験	JIS A 1205
⑤ 突固めによる土の締固め試験	JIS A 1210
⑥ 締め固めた土のコーン指數試験	開発土木研究所制定
⑦ 単位容積質量試験	JIS A 1104 準拠

(2) 盛土材料としての適否

盛土材料として要求される性質とは、必要とする土構造物の種類、盛土高、法勾配、施工場所および施工方法などによって変わるので、要求性能を定量的に示すのは困難である。しかし、定性的には一般に次の条件を満足しなければならない (以下「北海道における不良土対策マニュアル」(平成25年4月) より抜粋)。

- ① 施工機械のトラフィカビリティが確保できること
- ② 敷均し締固めの施工ができること
- ③ 盛土法面の安定に必要なせん断強さを有すること
- ④ 盛土の圧縮沈下が舗装などの上載諸施設に悪影響を及ぼさないこと
- ⑤ 完成後の交通荷重などを、舗装等の上載諸施設に大きな変形を起こさずに、十分支持できること
- ⑥ 河川堤防などでは、透水性が低くかつ均質で、施工後著しい漏水やパイピングなどを生ずる材料でないこと
- ⑦ 雨水などの浸食に対して強く、吸水による膨潤性が低いこと

これらの条件を満足しない材料を「不良土」として判定する。なお、良質土の条件を満足しない材料とは別に、

原則的に盛土材料として使用すべきでない土もあり、以下のものが挙げられ、これらも「不良土」と判定する。

- ① 蛇紋岩の粘土化したもの、ベントナイト、温泉余土、酸性白土、有機質土など、吸水による膨張が大きく圧縮性が大きい土
- ② 凍土および雪氷、草木、切株、その他腐食物を含んだ土

以上の事象を考慮、検討し、不良土を判定する。

なお、不良土の判定基準は、「北海道における不良土対策マニュアル」(平成25年4月)によるものとする。

(3) 試験結果① (現場発生土)

施工現場の発生土について、室内土質試験及び土質材料判定を実施した結果を以下に示す。なお土質材料の判定は、「北海道における不良土対策マニュアル」より、自然含水比が高くトラフィカビリティが規定値以下となる「不良土」と判定された。

表-2 室内土質試験結果

採取位置	現場発生土
自然含水比 W_n %	50.9
最適含水比 W_{opt} %	37.8
液性限界 W_L %	76.5
塑性限界 W_P %	55.2
室内トラフィカビリティ q_c kN/m ²	284
規定締固め度(95%)を得る許容含水比 W_a %	44.6
規定締固め度(90%)を得る許容含水比 W_a %	48.8
土質分類	細粒分質礫質砂(SFG)

表-3 土質材料判定結果

判定項目	結果	判定
(1) 室内トラフィカビリティによる判定 qc (kN/m ²) ≤ 300 不適(×) qc (kN/m ²) > 300 適(○)	$284 \leq 300$	×
(2) 自然含水比 (W_n) ≤ 1.35 不適(×) 最適含水比 (W_{opt}) > 1.35 適(○)	$1.35 < 1.35$	○
(3) スレーキングによる判定	—	—
(4) 盛土材として用いない土からの判定	細粒分質礫質砂	○
(5) ①、② 土質分類による判定 ③ 自然含水比 (W_n) $>$ 液性限界 (W_L) 不適(×) 自然含水比 (W_n) \leq 液性限界 (W_L) 適(○)	(SFG)	○
(6) 火山灰質土の判定 規程締固め度(95%)を得る許容含水比 $W_n > W_a$	$50.9 > 44.6$	×
規程締固め度(90%)を得る許容含水比 $W_n > W_a$	$50.9 > 48.8$	×
不良土判定	—	×

(4) 試験結果②(建設残土)

次に旧学校跡地の建設残土と現場近傍の建設残土について、室内土質試験及び土質材料判定を実施した結果を以下に示す。なお土質材料の判定は、「北海道における不良土対策マニュアル」より判定され、「旧学校跡地の建設残土」は「不良土」、「現場近傍の建設残土」は「良質土」となった。

表-4 室内土質試験結果

採取位置	旧学校跡地 (天端-0.5)	旧学校跡地 (天端-2.0)	現場近傍
自然含水比 W_n %	28.4	28.6	23.4
最適含水比 W_{opt} %	19.5	19.1	24.8
液性限界 W_L %	N P	N P	N P
塑性限界 W_P %	N P	N P	N P
室内トライカビリティー a_c kN/m ²	296	284	1698
規定締固め度(95%)を得る許容含水比 W_a %	24.0	23.9	29.8
規定締固め度(90%)を得る許容含水比 W_a %	27.7	27.5	33.6
単位体積重量 γ kN/m ³	—	—	14.7~15.6
土質分類	細粒分まじり砂質土 (GS-F)	細粒分質砂質土 (SF-G)	砂質土 (SF-G)

表-5 土質材料判定結果

採取位置		旧学校跡地 (天端-0.5)		旧学校跡地 (天端-2.0)		現場近傍	
判定項目	結果	判定	結果	判定	結果	判定	
(1) 室内トライカビリティーによる判定							
qc (kN/m ²) \leq 300 $>$ 300	不適(X) 適(O)	296 \leq 300 284 \leq 300	X X	1698 $>$ 300	○		
(2) 自然含水比(W_n) \leq A 最適含水比(W_{opt}) $>$ A	不適(X) 適(O)	1.46 \geq 1.20	X	1.50 \geq 1.20	X	0.94 $<$ 1.35	○
(3) スレーリングによる判定	—	—	—	—	—	—	—
(4) 盛土材として用いない土からの判定	細粒分まじり砂質土 (GS-F)	○	細粒分質砂質土 (GFS)	○	砂質土 (SF-G)	○	
(5) ①、② 土質分類による判定							
③ 自然含水比(W_n) $>$ 液性限界(W_L) 不適(X) ④ 自然含水比(W_n) \leq 液性限界(W_L) 適(O)	—	—	—	—	—	—	
(6) 火山灰質土の判定	—	—	—	—	—	—	
規程締固め度(95%)を得る許容含水比 W_a	28.4 $>$ 24.0	X	28.6 $>$ 23.9	X	23.4 \leq 29.8	○	
規程締固め度(90%)を得る許容含水比 W_a	28.4 $>$ 27.7	X	28.6 $>$ 27.5	X	23.4 \leq 33.6	○	
不 良 土 判 定		X		X		○	



写真-2 試験材料 (左・中央：旧学校跡地、右：現場近傍)

(5) まとめ

以上より、「旧学校跡地の建設残土」は「不良土」と判定されていることから、補強盛土の盛土材としての適用は「不可」となる。一方、「現場近傍の建設残土」は「良質土」と判定されているものの、補強盛土の盛土材の土質条件として、「土の単位体積重量： $\gamma = 19.0$ (kN/m³)」(表-6参照)を満足する必要がある。そこで土質試験結果を確認したところ、「現場近傍の建設残土」の土の単位体積重量は、 $\gamma = 14.7 \sim 15.6$ (kN/m³) (表-4参照)となつたことから、補強盛土の盛土材としての適用は「不可」となつた。

表-6 補強盛土設計条件

設計条件	
補強土壁高さ	Hmax = 12.50 m (6分勾配)
盛土材の性質 (内的安定・外的安定時)	土の単位体積重量 $\gamma = 19.00$ kN/m ³
	土の内部摩擦角 $\phi = 30.00^\circ$
	土の粘着力 $c = 0.00$ kN/m ²
盛土材の性質 (全体安定時)	土の単位体積重量 $\gamma = 19.00$ kN/m ³
	土の内部摩擦角 $\phi = 30.00^\circ$
	土の粘着力 $c = 10.00$ kN/m ²
雪荷重	SW = 6.650 kN/m ²
設計水平震度 (内的安定・外的安定時)	kh=0.17
設計水平震度 (全体安定時)	kh=0.17
ジオグリッドの 限界引張強度	HG - 36 TA = 22.0 kN/m HG - 50 TA = 30.0 kN/m HG - 60 TA = 37.0 kN/m HG - 80 TA = 49.0 kN/m HG-100 TA = 60.0 kN/m HG-120 TA = 72.0 kN/m HG-150 TA = 90.0 kN/m HG-200 TA = 120.0 kN/m

4. 不良土の利活用方法

本事業の現場発生土及び旧学校跡地の建設残土は不良土と判定され、現場近傍の建設残土は良質土ではあるが単位体積重量が補強盛土の盛土材の土質条件を満足しないため不適合と判定された。これらの土砂を盛土材料として使用する場合は何らかの土質改良が必要となる。そこで、盛土材料の調達方法として、①購入土による調達、②不良土の改良による調達、の2ケースを設定し、検討する。

なお、本事業では以下の3つの条件を満たした上で検討する。

- ① 不良土判定をクリアする土砂へ改良すること
- ② 土砂の仮置き場が不足していることから、土砂を購入する場合は購入した土量分、建設残土を捨土処分すること
- ③ 土砂の仮置き場として、最も敷地が広く、工事現場からの距離が近い旧学校跡地の建設残土を優先して使用すること

このことにより、旧学校跡地の建設残土を利活用もしくは処分しながら仮置き場を空けつつ、現場発生土を受け入れることが出来るようにならなければならないことがわかる。

(1) 購入土による盛土材料の調達について

網走開発建設部管内の盛土材採取地及び単価一覧表の最新版(R8.1現在)より、補強盛土の盛土材料として必要な単位体積重量 ($\gamma = 19.0$ (kN/m³))を満足する採取地を抽出し、本事業箇所までの運搬費を合算する。

なお購入土の場合、本線掘削に伴う現場発生土の仮置

きが必要となることから旧学校跡地の建設残土の処分が必要となるため、処分費も計上する。

【土砂を購入し、建設残土を処分する場合】

- ・購入土 ($\gamma=19.0\text{kN/m}^3$ 以上) : 1,500(円/ m^3) (紋別市)
 - ・購入場所～現地までの運搬費：運搬距離約 120km より、11,360(円/ m^3)
 - ・処分費 : $(1.9(\text{t}/\text{m}^3) \times 1,000(\text{円}/\text{t})) = 1,900(\text{円}/\text{m}^3)$
 - ・処分土の運搬費 : 3,666(円/ m^3)
- 以上より購入土の費用は、以下の通りとなる。
 $1,500(\text{円}/\text{m}^3) + 11,360(\text{円}/\text{m}^3) + 1,900(\text{円}/\text{m}^3) + 3,666(\text{円}/\text{m}^3) = 18,426(\text{円}/\text{m}^3)$

また、単位体積重量 (19kN/ m^3 以上) を満足する購入土の選択肢として、切込碎石 0~40mm を代用する場合を想定し、費用を算出すると以下の通りとなる。なお、この場合についても、建設残土の処分が必要となるため、処分費も計上した上で比較検討を行う。

【碎石を購入し、建設残土を処分する場合】

- ・碎石 (切込碎石 0~40mm 運搬費含む) : 5,700(円/ m^3)
 - ・処分費 : $(1.9(\text{t}/\text{m}^3) \times 1,000(\text{円}/\text{t})) = 1,900(\text{円}/\text{m}^3)$
 - ・処分土の運搬費 : 3,666(円/ m^3)
- 以上より購入土の費用は、以下の通りとなる。
 $5,700(\text{円}/\text{m}^3) + 1,900(\text{円}/\text{m}^3) + 3,666(\text{円}/\text{m}^3) = 11,266(\text{円}/\text{m}^3)$

(2) 切込碎石と建設残土を混合した材料の検討について

「旧学校跡地の建設残土」の活用方法として、本事業箇所において入手の可能な切込碎石 0~40mm との混合による改良を検討する。

改良方法は、仮置き土のある旧学校跡地の校庭を活用し、ロータリースタビライザー (0.8 m^3 級バックホウ) を用いて切込碎石 0~40mm と建設残土を攪拌する。改良の手順を写真-5に示す。

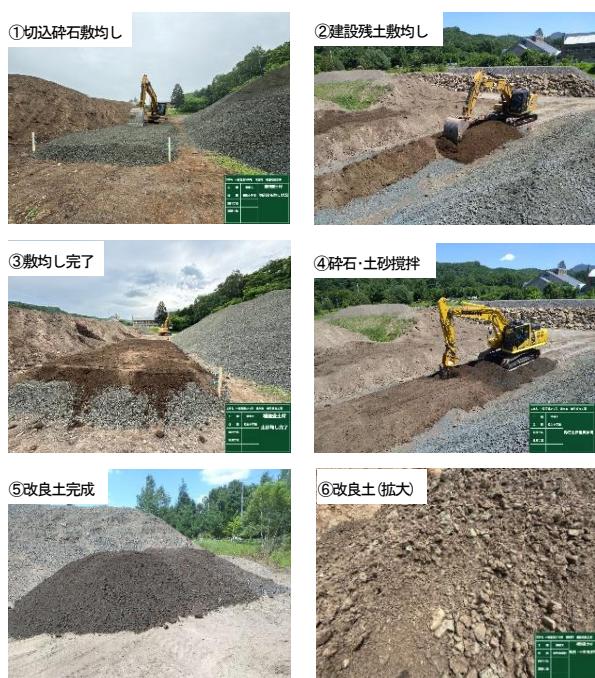


写真-5 スタビライザーによる盛土材料の改良手順

切込碎石と土砂の混合比の設定は、補強盛土材として必要な土質条件を満足する混合比を算定するため、複数の混合比を検討する。

混合比試験の結果を下記に示す。設計条件は、単位体積重量 19kN/ m^3 以上である。建設残土と切込碎石の混合比が 1 : 1 は設計条件を満足しているが自然含水比が規格締固め度 9.5 %を得る許容含水比より高く、規定締固め度 9.5 % 以上で締固めが出来ないため使用することが出来ないと判断される。混合比が 1 : 2 又は 1 : 3 の場合に必要な強度を満足する結果となり、1 : 2 の混合比を採用することとなった。

表-7 混合比試験結果

設計条件 kN/ m^3	混合比	最大乾燥密度		自然含水比 %	単位体積重量 kN/ m^3	95%許容含水比 %	判定
		Mg/ m^3	%				
19	旧学校跡地 1 : 切込碎石 1	1.856	14.8	19.8	13.4	×	
	旧学校跡地 1 : 切込碎石 2	1.942	8.1	19.5	13.0	◎	
	旧学校跡地 1 : 切込碎石 3	2.06	6.4	20.4	10.3	○	

これらを踏まえ、建設残土の改良費用を算出する。

【不良土と碎石を混合した場合】

- ・不良土と切込碎石の混合費 : 1,169(円/ m^3)
 - ・切込碎石 (0~40mm) : 5,700(円/ m^3)
 - ・改良土の運搬費 : 運搬距離 7.5km より、1,400(円/ m^3)
- 以上より、現場発生土を改良して再利用した場合の費用は、以下の通りとなる。
 $(1,169(\text{円}/\text{m}^3) \times 3) + (5,700(\text{円}/\text{m}^3) \times 2) + (1,400(\text{円}/\text{m}^3) \times 3) \div 3 = 6,369(\text{円}/\text{m}^3)$

5.まとめ

不良土の利活用として選定された改良方法を以下の通りまとめる。

表-8 補強盛土材料の判定比較表

補強盛土の盛土材料	円/ m^3	採用の可否
土砂を購入し補強盛土材料に利用	18,426	
碎石を購入し補強盛土材料に利用	11,266	
不良土と碎石を混合し補強盛土材料に利用	6,369	○

※、仮置きヤードのスペースが不足しているため、土砂・碎石を購入した土量分を捨土処分を計上。

以上のことから、当該工事の条件において最も安価で、かつ不良土を有効活用する方法として、不良土と碎石を混合して利用する方法が最も有効であることが分かった。また、土砂と碎石を混合する方法について、スタビライザーを使用した混合方法により確実な混合が可能であることも証明出来た。

6. 今後に向けて

本検討により、不良土の活用方法として、現場内での改良方法の一例を示すことが出来た。適用に際して採用する工法やヤードの制約条件、土砂・碎石の入手状況や捨土処分の必要性など様々な条件により留意が必要であるが、不良土の利活用の一助になれば幸いである。

謝辞：本稿の作成に際し、各種土質試験や施工方法の検討に尽力頂いた株式会社宮田建設様に感謝致します。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所
寒地基礎技術研究グループ 寒地地盤チーム：北海道における不良土対策マニュアル（平成25年改訂版）