

黒ボク分布地域における地盤改良の検討

島原振興局 建設部 道路第二課 ◎吉田 祐成
○高橋 士

1. はじめに

1-1. 島原道路の概要

高規格道路「島原道路」は、南島原市深江町と諫早ICとを結ぶ延長約50 Kmの自動車専用道路です(図1-1)。全線が完成すれば、南島原深江町から諫早ICまでの所要時間が90分から40分になり、約50分の時間短縮となる見込みです。「島原道路」を整備することにより、交流人口の拡大・物流の効率化、第3次救急医療施設への搬送時間の短縮や災害時の緊急輸送道路としての貢献が見込まれています。

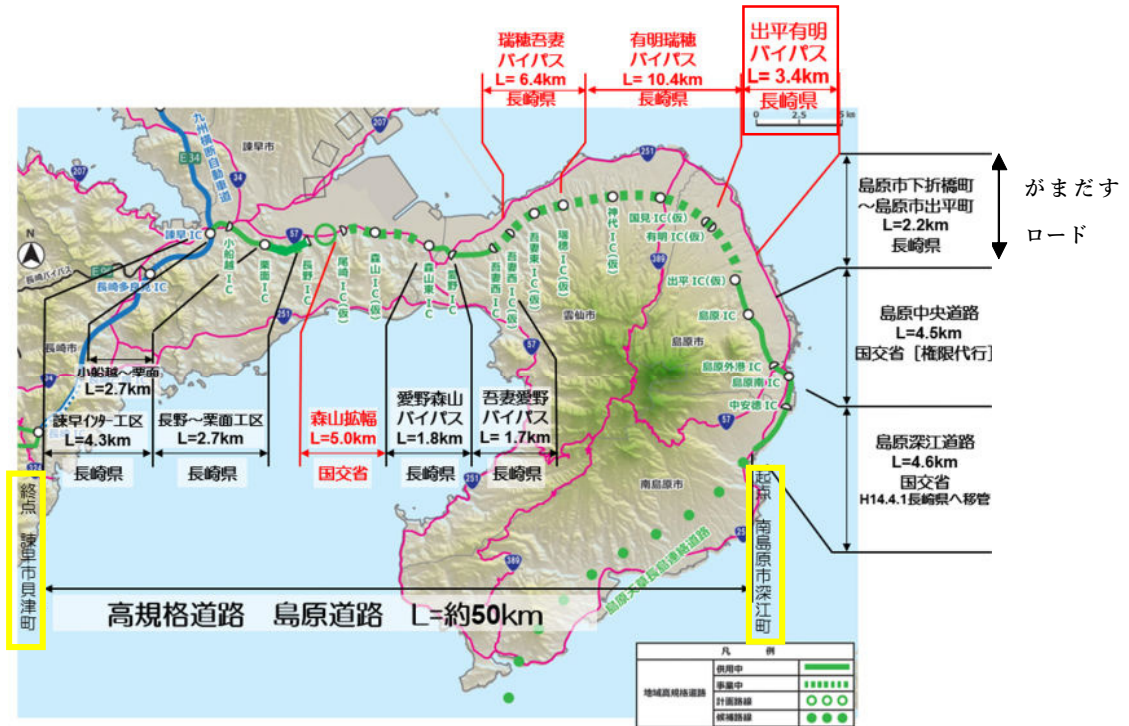


図1-1 高規格道路「島原道路」概略図

1-2. 出平有明BPの概要

出平有明BPは、がまだすロードの延伸区間であり、島原市出平町から有明町までの延長3.4 Kmの区間です。広域農道に並走する形で計画されており、島原市を代表する農業地域に新たな高規格道路を形成します(図1-2 次頁)。

平成25年度事業に着手し、令和4年10月末時点で用地進捗率は、面積ベースで91.9%となっており、残用地の取得が課題となっております。予算ベースでは全体事業費130億円の約80%となっており、これまで出平ICのランプ部の橋梁やボックスカルバートのほか、擁壁工などの工事を進めています。

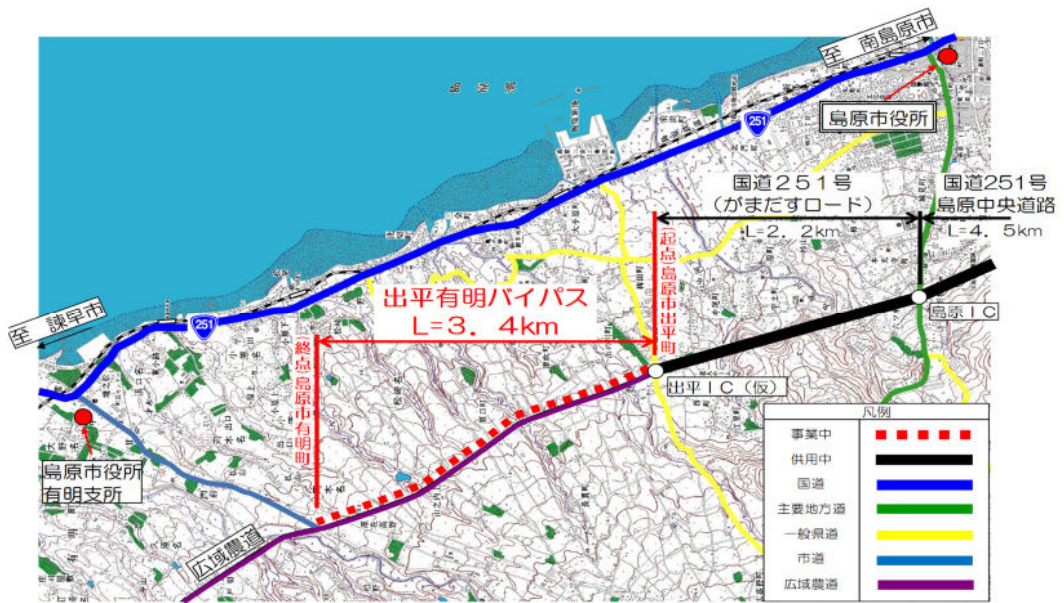


図 1-2 出平有明 B P 位置図

2. 島原半島の地質概要

島原半島は中央部に雲仙火山が位置し、計画路線の周辺には「火山麓扇状地堆積物」や「火砕流及び岩屑なだれ堆積物」が分布しています（図 2）。

主な地質構成としては農業地帯であるため耕作土、いわゆる表土と呼ばれる被覆層の下に火砕流や土石流を起源とする砂礫層と火山灰を起源とする火山灰層、支持層となる火山砕屑岩層で形成されています。

この火山灰層内のいわゆる『黒ボク』と呼ばれている粘性土層はN値が低く、構造物を構築した場合基礎地盤の支持力不足が懸念されるため、道路構造物の基盤として脆弱なものとなります。

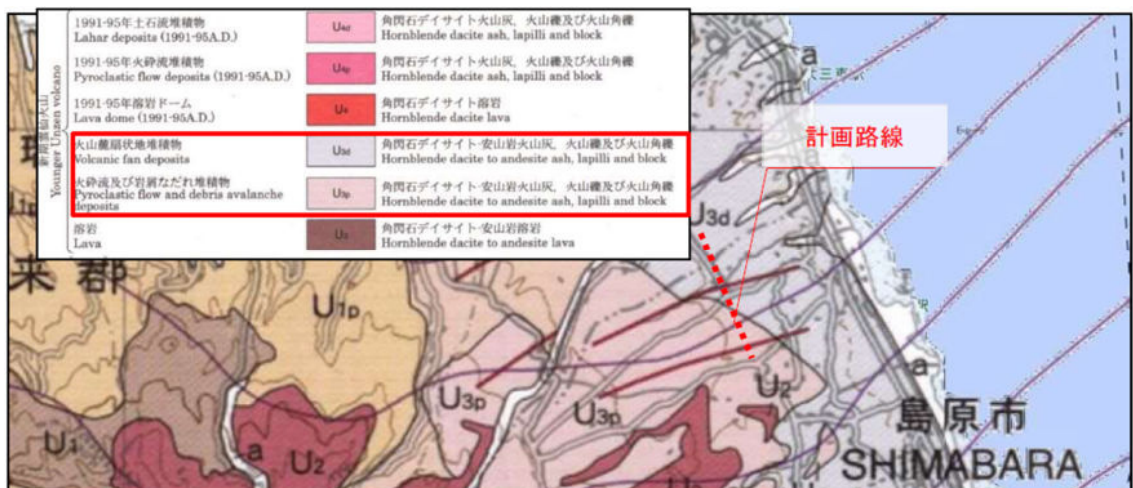


図 2 計画路線周辺の広域地形図

3. 地盤改良

3-1. 地盤改良の必要性

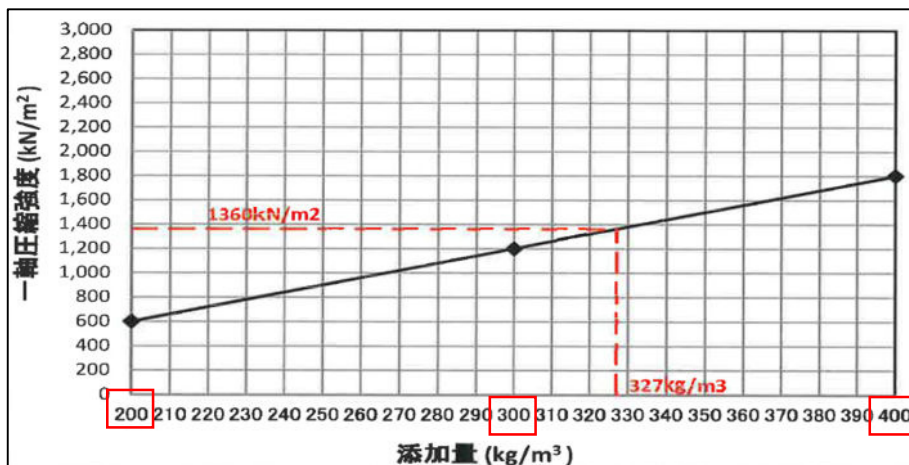
黒ボクは火山灰が積もって出来た火山灰質粘性土で、見た目は黒く排水性や保水性が良好であり農地としては使いやすい条件が揃っています。しかし、コーン指数は300kN/m²程度と第4種建設発生土に分類され、道路用盛土として使用するには適切な土質改良を行う必要があります。更に地質調査やCBR試験の結果、N値が3、CBRが1未満と非常に低い値となっています。支持地盤と考えられる地盤の設計N値は粘性土で10から15程度以上(図3-1)であるため、当該区間で地盤改良の検討を行っていました。

- ・砂質土層の場合は、N値が20程度以上であれば支持層と考えてよいが、N値が20以下のときは、土質調査結果等を総合的に検討し地盤の諸定数を適切に定める必要がある。また、砂礫層では礫の影響を受けN値が過大に出る傾向があるので注意が必要である。
- ・粘性土層の場合は、N値が10～15程度以上、あるいは一軸圧縮強さ q_u が100～200kN/m²程度以上あれば支持層と考えてよい。
- ・岩盤の場合は、一般に支持層としてよい。しかし、岩盤には不連続面やスレーキング等の影響により均質な岩盤に比べて十分な支持力が得られないことがあるので、これらの影響について事前に検討を行っておく必要がある。

図3-1 道路土工 擁壁工指針 (平成24年度版)

3-2. 室内配合試験

地盤改良の際は、設計基準強度を満足する固化材の種類と添加量を決定するため室内配合試験を事前に行います。固化材の添加量は目標となる強度が得られるおおよその添加量を想定し、その添加量を中心に3パターン以上の添加量を設定して試験を行います(グラフ1)。試験の結果から得た固化材の添加量で六価クロムの溶出試験を行い、基準値(0.05mg/L)未満となれば添加量の決定となります。



グラフ1 固化材添加量と一軸圧縮強度の関係(参考)

板等による締切りを行うとコストが高くなるため、改良部分全体を置換えるパターンについては不採用としました。

次に部分的に置換える置換材を砂防ダムに堆砂している良質土と市販の再生土砂の2材料について検討しました。それぞれの材料で固化材を混合した結果、2材料とも六価クロムの溶出量が基準値（0.05mg/L）を超える結果となりました（表1）。良質土は黒ボクと同じの火山灰質土であるため、基準値を超える確率が高いことが原因と言えます。再生土砂は瓦礫とコンクリート殻を粉砕して粒度調整したもので、セメントコンクリート塊から製造される再生砂や再生骨材に含まれるセメント成分からの六価クロムの溶出が原因と言えます。以上により置換案は不採用となり、添加量を少なくすることと六価クロムを抑制することが次なる課題となりました。

配合案の概要	固化材		置換材		六価クロム溶出試験結果	
	US50（六価クロム抑制型）		良質土	再生土砂	室内σ7(0.05mg/L以上でNG)	
	添加量（kg/m ³ ）		置換率（%）	置換率（%）	測定値	判定
良質土 置換率20%	313		20	-	0.052	NG
良質土 置換率30%	244		30	-	0.089	NG
良質土 置換率40%	222		40	-	0.072	NG
再生土砂 置換率20%	337		-	20	0.082	NG
再生土砂 置換率30%	305		-	30	0.140	NG
再生土砂 置換率40%	237		-	40	0.110	NG

表1 部分置換六価クロム溶出試験結果

6. 六価クロム還元材の使用

これまで六価クロムの溶出量を低減させるため、六価クロム抑制型の特殊な固化材の使用を検討してきました。しかし、一般的な軟弱土用の固化材と比較してコストが高いため改良費も高くなっていました。

近年新技術として固化材（一般軟弱土用）と併用する低コストな六価クロム還元材（参考1）が技術登録されており、この六価クロム還元材を含めて以下の①～④の組み合わせで比較検討を行いました。

- ①『固化材（一般軟弱土用）』
- ②『固化材（一般軟弱土用）＋還元材』
- ③『固化材（特殊土用）』
- ④『固化材（特殊土用）＋還元材』

参考1 六価クロム還元材

7. 地盤改良時の経済比較

7-1. 一般軟弱土用と特殊土用の特性

一般軟弱土用と特殊土用には以下の特性があります。

- ①特殊土用が一般軟弱土用と比較してコストが高いこと（2,000 円/t 増）。
 - ②強度を発現させる能力は一般軟弱土用のほうが優れていること。
- 以上の2点を踏まえ経済比較を行いました。

7-2. 室内配合試験

室内配合試験の結果、目標強度を達成するための固化材の添加量で、六価クロムの溶出量が基準値未満となったのは、『固化材（一般軟弱土用）+還元材（2%）』と『固化材（特殊土用）+還元材（2%）』になりました。この2パターンを経済比較すると、『固化材（一般軟弱土用）+還元材（2%）』が経済的にも安価となりました（表2）。これは一般軟弱土用のほうが特殊土用に比べ単価が安く、強度発現能力が高いため、固化材の添加量が少なく抑えられたことが安価になった要因と言えます。しかし、今回複数箇所での検討を行いました。場所によっては還元材（2%）を使用しても六価クロムの溶出量が基準値（0.05 mg/L）を超える箇所もありました。そういった箇所については還元材を3%、4%、5%と上げていき六価クロムの溶出量が基準値未満になるよう配合を行っております。

改良材の種類	目標強度（室内） (kN/m ²)	還元材 添加率(%)	固化材 添加量(kg/m ³)	固化材 単価(円/t)	改良材単価(円/m ³)			六価クロム 溶出試験
					固化材	還元材	合計	
一般軟弱土用 (US-10)	1,140	0.0	258	14,000	3,612	-	3,612	×
一般軟弱土用 (US-10)	1,140	1.0	261	14,000	3,654	783	4,437	×
一般軟弱土用 (US-10)	1,140	2.0	257	14,000	3,598	1,542	5,140	○
特殊土用(US-50)	1,140	0.0	315	16,000	5,040	-	5,040	×
特殊土用(US-50)	1,140	1.0	320	16,000	5,120	960	6,080	×
特殊土用(US-50)	1,140	2.0	320	16,000	5,120	1,920	7,040	○

表2 経済比較表

8. 終わりに

当該区間において、初めて還元材を含めた室内配合試験を行い、『固化材（一般軟弱土用）+還元材（2%）』が六価クロムの溶出量も基準値未満で、経済的にも安価となりました。これまで六価クロムの抑制を『固化材（特殊土用）』で対応してきましたが、『固化材（一般軟弱土用）+還元材』を使用することで六価クロムも抑制し、目標強度を達成出来る適切な配合決定をすることが出来ました。今回の検討では当初の室内配合試験から固化材の添加量が500 kg/m³を超える可能性があったため、置換の検討や還元材を含めた追加の室内配合試験をしたことで、最終的な配合決定までに通常1ヶ月程度のところを約2ヶ月要してしまいました。

今回、還元材を含めた検討を行うことで、経済的かつ六価クロムを確実に抑制する配合を決定出来ることが判明しました。今後、本稿が黒ボク分布地域のような特殊土壌下における配合検討の一助になれば幸いです。