

15.2 性能規定化に対応した新形式道路構造の評価技術に関する研究②

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23

担当チーム：地質・地盤研究グループ（土質・振動）

研究担当者：佐々木哲也、加藤俊二

【要旨】

技術基準類の性能規定化に伴い、コスト縮減等の観点から連続カルバート等の橋梁構造と土工構造の境界的な構造や、橋梁構造等と土工構造の境界部等に人工材料を用いた構造体を有するなど新しい形式の道路構造が多く提案されてきており、今後も増加することが想定される。新形式の道路構造は、要求性能に基づき設計・照査する手法が確立されておらず、これまで独自の解釈による方法で性能を満足していることを検証している。このため、設計実務の現場に混乱が生じる可能性や、十分な検証がないまま採用されて供用後に不具合が生じる懸念、適切な安全性が確保されていない構造物が設計されている可能性があることが指摘されている。

平成 23 年度は、橋台との境界に気泡混合土および発泡ビーズ混合土を用いたものを事例として、東日本震災による被災実態調査を踏まえた保有性能に関する検討を行うとともに、調査結果を踏まえて実プラントにて気泡混合土を製造・打設し、施工時間による施工性・強度への影響に関する試験および補修による強度特性に関する試験を行った。

キーワード：性能規定、評価技術、構造物取付け部、土工構造物

1. はじめに

技術基準類の性能規定化に伴い、コスト縮減等の観点から連続カルバート等の橋梁構造と土工構造の境界的な構造や、橋梁構造等と土工構造の境界部等に人工材料を用いた構造体を有するなど新しい形式の道路構造が多く提案されてきており、今後も増加することが想定される。新形式の道路構造は、要求性能に基づき設計・照査する手法が確立されておらず、これまで独自の解釈による方法で性能を満足していることを検証している。このため、設計実務の現場に混乱が生じる可能性や、十分な検証がないまま採用されて供用後に不具合が生じる懸念、適切な安全性が確保されていない構造物が設計されている可能性があることが指摘されている。

土質・振動チームでは、本研究において、橋台と土工構造の境界部に人工材料を用いた構造体についての保有性能に関する検討を行っている。平成 23 年度は、橋台との境界に気泡混合土および発泡ビーズ混合土を用いた箇所について、東日本震災による被災実態調査を踏まえた保有性能に関する検討を行うとともに、調査結果を踏まえて実プラントにて気泡混合土を製造・打設し、施工時間による施工性・強度への影響に関する試験および補修による強度特性に関する試験を行った。

2. 気泡混合土等の軽量盛土の保有性能分析

2.1 東日本震災における被災実態分析

橋梁構造等と土工構造の境界部等に人工材料を用いた構造体の性能の評価を目的とし、東北地方および関東地方において気泡混合土および発泡ビーズ混合土を用いて施工された箇所について、東日本震災における被災実態調査を行い、地震に対する気泡混合土等の軽量盛土が有する性能について検討を行った。ここで、気泡混合土は固化材を用いて 300~1000 kN/m² の強度を任意に設定していることから固化材を用いた軽量盛土構造の代表例とし、発泡ビーズ混合土は路床部への適用において CBR 調整のため固化材を添加することがあるが、路体への適用に際しては一般に固化材の転化は行われなため、盛土の挙動としてはほとんど通常の土と変わらないものであることから、固化材を用いない軽量盛土構造の代表例として調査を行っている。

2.1.1 気泡混合土の被災実態

東北・関東地方において気泡混合土の施工が確認された 30 箇所について、被災状況および復旧状況について現地調査を行った。

30 箇所の県別の内訳は、青森県で 14 件、岩手県およ

び宮城県で5件、福島県、茨城県および東京都で2件である。これら30箇所のうち、橋台背面に施工されたものが20件であった。これらについて、現地調査を行った結果、橋台背面に施工された20件以外の箇所も含め、すべての箇所において道路交通機能に影響を与えるような変状は見られなかった。特に、宮城県南三陸町および岩手県山田町などの津波により甚大な被害を受けた地域に施工されていたものがあったが、津波による目立った損傷も見られなかった。代表的な箇所の状況を写真1に示す。ここでは、宮城県南三陸町戸倉地区で津波の被害を受けており、橋梁部分については津波で流失し仮設橋で供用しているが、橋台及び背面の気泡混合土部分には目立った損傷は見られなかった事例である。

気泡混合土については、被災調査を踏まえると今回の地震に対して道路盛土としての十分な性能を有していたと考えられる。

2.1.2 発泡ビーズ混合土の被災実態

東北・関東地方において発泡ビーズ混合土の施工が確認された21箇所について、被災状況および被災による復旧状況について現地調査を行った。

21箇所の県別の内訳は、宮城県で12件、東京都で4件、青森県で2件、山形県、茨城県、群馬県で各1件であった。これらの21箇所のうち、橋台背面に施工されたものが12件であった。このうちの宮城県内の4箇所では橋梁と間に段差が発生しており、アスファルトでのすり付けによる応急復旧が行われていた。これらの箇所では発泡ビーズ混合土を施工した橋台背面以外の橋台周辺部も20～30cm程度沈下が生じていた。橋台との取付け部の状況は、踏掛版が施工されていた箇所では数cm程度の段差であったが、踏掛版がなかったと考えられる箇所では20cm程度の段差が発生しており、段差対策として設けられている踏掛版の効果が確認された。

2.1.3 気泡混合土等の保有性能における課題

気泡混合土のような固化構造については、これまでの地震においても道路交通機能に影響を与えるような橋台取付け部の段差の発生は見られず、また橋台も含めて気泡混合土施工箇所では特段の変状は見られなかったことから、今回の地震に対しては、安全性・修復性・供用性の観点から盛土に要求される性能について満足していたと考えられる。ただし、万が一亀裂等の損傷が発生した場合に有する性能や、補修方法については未解明な点があるため、これらについての検討が必要と考える。

一方、発泡ビーズ混合土の様な固化材を用いない軽量盛土構造については、土と同様の挙動を示すため、橋台



写真1 気泡混合土施工箇所の事例
(国道398号 宮城県南三陸町戸倉)



①踏掛版なしの事例 (段差20cm程度)



②踏掛版ありの事例 (段差数cm程度)



①と②との位置関係

写真2 発泡ビーズ混合土施工箇所の被災例

取付け部の段差が問題となる場合が多いが、今回の地震に対しては踏掛版を設置することで沈下による段差について対応可能であったことが確認された。また、周辺地盤も含む全体安定に関しては、気泡混合土も含めて、基礎地盤が軟弱である箇所での荷重軽減対策として施工していることが多く、基礎地盤の沈下・側方流動等の対策について別途検討することが必要であると考え。

3. 気泡混合土の施工特性および補修に関する検討

前述のように、気泡混合土等の固化構造のものについては、万が一亀裂等の損傷が発生した場合の補修についての検討とともに、できるだけ均質な施工ができることの確認が必要と考えることから、気泡混合土を製造・打設し、時間経過に伴う施工特性を検討するとともに、補修による強度特性に関する試験を行った。

3.1 試験概要

表1に、今回の試験における気泡混合土の配合表を示す。気泡混合土の製造効率を高めるために流動化処理土を用いることが考えられており、表1に示す気泡量を除いたプラント製造した流動化処理土を準備し、それに対して製造直後および2時間経過後に気泡をミキサーにより混合することで気泡混合土を製造し(写真3)、それぞれに大型コンテナ2槽に打設して試験地盤を作製した(写真4)。大型コンテナに打設した試験地盤では、図1に示すように経過時間別に各1槽ずつ7日材令および28日材令において、サウンディング試験およびサンプリング試験による強度試験を行い、打設時間および打設深度における強度および密度のばらつきに関する検討を行う。また、大型コンテナへの打設時に気泡混合土を採取し、 $\phi 5\text{cm} \times \text{H}10\text{cm}$ および $10 \times 10 \times 30\text{cm}$ の強度試験用供試体を作製し、補修に関する検討を行う。 $\phi 5\text{cm} \times \text{H}10\text{cm}$ 供試体では、材令7日、材令28日、材令56日で一軸圧縮強度試験を、また材令28日、材令56日において繰り返し載荷試験を行うこととし、材令28日で試験を行った供試体については、破断位置に気泡モルタルにて注入を施し、28日間養生して再試験を行う。 $10 \times 10 \times 30\text{cm}$ 供試体では、材令28日、材令56日に曲げ強度試験を行うこととし、材令28日で試験を行った供試体については、破断位置に気泡モルタルにて注入を施し、28日間養生して再試験を行う。

ここでは施工特性について検討した7日材令の試験結果を報告する。

3.2 試験結果

表2は、供試体作製時に行った密度試験およびフロー試験結果、モールド供試体の7日材令の一軸圧縮強度試験

表1 気泡混合土の配合表

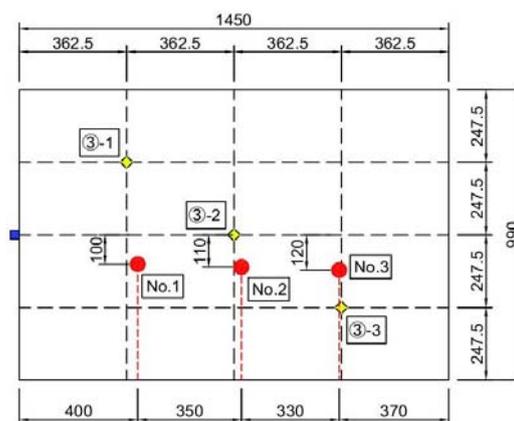
目標密度 (g/cm ³)	調整泥土 密度 (g/cm ³)	1 m ³ 配合		
		調整泥土 (kg)	固化材 (kg)	気泡 (L)
0.8	1.3	524	250	514



写真3 気泡混合土の製造プラント



写真4 打設した試験体



● : サウンディング箇所 (単位:mm)
 ◆ : サンプルング箇所
 ■ : 打設箇所

図1 サンプルング及びサウンディング位置

表2 試験結果

流動化処理土経過時間 (分)	気泡混合土 作製時		モールド試料 材令7日		大型コンテナ(塩ビ管カブリング) 材令7日			
	密度	フロー値	密度	一軸強度	番号	下からの深度	密度	一軸強度
	(g/cm ³)	(mm)	(g/cm ³)	(kN/m ²)		(cm)	(g/cm ³)	(kN/m ²)
0	0.761	161	0.782	110.6	①-1	25~35	0.793	834.5
						50~60		
			0.772	102.0	①-2	25~35	0.783	673.8
						50~60		
			0.763	120.8	①-3	25~35	0.794	614.3
						50~60		
120	0.763	163	0.753	204.6	③-1	25~35	0.799	749.0
						50~60		
			0.750	195.4	③-2	25~35	0.794	820.1
						50~60		
			0.757	224.6	③-3	25~35	0.796	870.7
						50~60		

験および供試体密度、大型コンテナからのサンプリング試料による7日材令の一軸圧縮強度試験および供試体密度を示したものである。強度試験を行うサンプリング試料は、底面より1/4および1/2の位置から切り出して整形を行った。

気泡混合土作製に、プラント製造された流動化処理土を用いる場合、流動化処理土中には固化材が添加されているため、生コンと同様に流動化処理土製造後からの経過時間の影響が想定される。このため流動化処理土製造から2時間までのフローおよび密度の変化を確認した結果、密度については特に問題となる変化は無く、フロー値についても2時間経過時点でも打設時の管理値である180±20mmの範囲内にあった。密度および強度については、モールド試料および大型コンテナに打設したサンプリング試料において、打設時間での特段の差異は見られなかった。また、打設位置からの距離に応じた深度方向の強度の連続性についてサウンディングにより確認しているが、位置および深度方向での大きな変化は見られなかった。したがって、これらの結果から、生コンと同様の経過時間管理を行うことで、流動化処理土を用いて気泡混合土を製造・打設しても施工ムラが生じることは無いものと考えられる。

なお、モールド供試体とサンプリング供試体で強度に

大きく差が見られるが、大型コンテナに打設したものはマスコンクリートと同様に発熱の影響により初期強度が大きくなったものと考えられる。

4. まとめ

構造物取付け部と土工境界部の人工材料を用いた構造物について、東日本震災における被災調査結果を踏まえると、以下のように考えられる。

- 1) 固化構造のものについては、今回の地震動に対して、実現象からは、安全性、供用性、修復性を全て満足していたと考えられるが、万が一損傷した場合の補修の考え方の検討が必要。
- 2) 非固化構造のものについて、土と同様の挙動を示すものであれば、既存の技術基準類を踏まえ、段差および基礎地盤の沈下に関する検討が必要。

また、前述のように気泡混合土を実プラントで製造・打設し、施工段階の強度等への影響や補修等に関する実験検討を進めているところであるが、7日材令の試験結果を見ると、時間経過による施工性への影響および打設による強度ムラ等の影響はないものと考えられる。今後、28日以降の強度試験および補修抑制試験の結果を取りまとめて、補修に関する考え方について整理する予定である。

イル気泡混合土工法技術資料 (改訂版)、平成 22 年 3 月

参考文献

1) ハイグレードソイル研究コンソーシアム：ハイグレードソ

**RESEARCH ON THE PERFORMANCE VERIFICATION FOR NEW TYPE ROAD
STRUCTURES (2)**

Budgeted : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Geology and Geotechnical
Engineering Research Group
(Soil Mechanics and Dynamics)

Author : Tetsuya SASAKI
Shunji KATO

Abstract : This study is carried out for clarity on performance requirement of the earthwork region using artificial materials at the border parts of bridge structure and the earthwork structure. In 2011FY, it was carried out the suffering fact-finding of road embankments using air formed mixed soil or Styrofoam beads mixed soil due to the Pacific Cost of Tohoku Earthquake occurred on March 11, 2011. By the results, it was examined on performance requirement about of the earthwork region using artificial materials. In addition, it was carried out the tests about the influence to the strength characteristic on air formed mixed soil due to the construction time and the repair.

Key words : road embankment, artificial materials, seismic design