

廃石こうと高炉スラグ微粉末をベースとした地盤改良材の開発に関する基礎研究

鹿児島大学大学院 学生会員 ○高崎 大介 鹿児島大学工学部 正会員 武若 耕司
 鹿児島大学工学部 学生会員 福留 祐一 鹿児島大学工学部 正会員 山口 明伸
 鹿児島大学大学院 学生会員 松元 淳一

1.はじめに

近年、地球環境の悪化に伴い、土木分野においても産業廃棄物等の再生材料を使用することが推奨されている。高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの副産物は、コンクリート用混和材料として最近利用が進められているものの、廃石こうボードなどの建設廃棄物は、リサイクル率が10%程度に過ぎず、早急に有効活用方法を見出す必要があると考えられる。一方、わが国は世界的にみても軟弱地盤が多く存在する国であり、このような地盤が存在する場所に構造物を建設する場合には、事前に地盤改良を行う必要がある。そこで本研究では、廃石こうと高炉スラグ微粉末を用いた新たな地盤改良材の開発・実用化を目的として、強度などの基礎的特性について実験的に検討を行ったものである。

2.実験概要

実験に用いた供試体は、 $\phi 5 \times 10 \text{ cm}$ の一軸圧縮強度試験用円柱供試体である。使用材料を表-1に示す。改良材は、普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末および廃石こうを混合したものとし、試料土としては、鹿児島県内に堆積している泥炭、黒ボクならびに川内川風化シラス（以下、風化シラスと称す）の3種類を使用した。供試体の配合は、出来るだけ従来の改良材使用の場合と同様となるように、泥炭および黒ボクについては、試料土 1 m^3 に対して試作した地盤改良材（以下、改良材と称す）を200kgあるいは300kg添加することを基本とし、風化シラスについては、100あるいは 150 kg/m^3 の添加量とした。表-2に供試体の要因と水準を示す。まず、改良材中の各材料の混合比（以下、材料混合比と称す）として改良材中のセメント比率を2%および8%として検討を行った。次に、改良材中の石こうに着目し、改良材中の石こう比率を28%～100%の8水準に変化させ、石こう量の違いが強度発現性に及ぼす影響について検討を試みた。

作製にあたっては、JIS A 1210「突き固めによる土の締め固め試験方法」に準拠し、3層に分け、ランマーを自由落下させることで締め固めを行った。なお、初期養生については湿度95%以上の環境で密封養生を行い、材齢3日、7日および28日経過した時点で一軸圧縮強度試験を実施した。また、一軸圧縮強度試験は、JIS A 1216(JSF T 501)に規定する方法に準じて行い、施工現場と同様の 0.2 N/mm^2 (200 kN/m^2) を目標値とした。

3.試験結果および考察

地盤改良材中のセメント比率を2%および8%として作製した供試体の一軸圧縮強度を図-1に示す。いずれの試料土（泥炭、黒ボクおよび風化シラス）においても、材齢の経過に伴う圧縮強度の増加は認められないものの、材料混合比の如何に拘わらず、改良材の添加量が多いほど、圧縮強度は大きくなる傾向を示した。ただし、強度発現性は試料土によって異なり、風化シラスを用いた場合には、改良材中のセメント比率が大きい方が、一軸圧縮強度は大きくなる傾向を示し、目標値 (0.2 N/mm^2) も上回っていたことから、鹿児島県内に多く堆積している風化シラスについては、本地盤改良材中のセメント比率を8%以上によって十分に改良できるものと考えられた。これに対して、泥炭および黒ボクについては、セメント量を増加させた方が、かえって一軸圧縮強度は小さくなる結果を示し、これらの中

表-1 使用材料

地盤改良材 (改良材)	普通ポルトランドセメント:密度 3.15 g/cm^3
	高炉スラグ微粉末:密度 2.91 g/cm^3
	廃石こう:密度 2.49 g/cm^3
試料土	泥炭,黒ボク,風化シラス (いずれも鹿児島県内にて採取)

表-2 供試体の要因と水準

要因	水準		
試料土	泥炭	黒ボク	シラス
試料土の含水比	54.43% 74.80%	84.25% 79.32%	28.01%
改良材添加量 (kg/m^3)	200,300		100,150
材料混合比 (セメント比率の変化)	セメント:高炉スラグ:廃石こう (2:23:75), (8:46:46)		
材料混合比 (石こう比率の変化)	セメント:高炉スラグ:廃石こう (2:43:55) (2:33:65) (2:23:76) (2:13:85) (2:3:95) (廃石こうのみ)		
養生材齢	3, 7, 28日		

に含まれる有機物などがセメントの水和反応を阻害している可能性が示唆された。図-2 には、泥炭あるいは黒ボクに添加した改良材中の石こう比率を変化させた供試体の材齢 3 日における一軸圧縮強度試験結果を示した。いずれの試料土においても一軸圧縮強度が最大となる、いわゆる最適石こう比率が存在することが確認でき、多少ばらつきはあるものの、その比率は泥炭の場合で 75%，黒ボクについては 85%であった。ただし、今回の検討では、両試料土の最大強度とも目標値 (0.2N/mm^2) を下回る結果となった。

これまでの検討結果より、試料土の含水比が小さい風化シラスは目標強度を上回ったのに対し、含水比が大きい泥炭および黒ボクは、セメント量あるいは石こう量を増加させたにも拘らず、一軸圧縮強度は極めて小さな値を示したことから、強度発現性には土の含水比が影響を及ぼしているのではないかと考えられた。図-3 には、実験供試体の作製に用いた試料土の含水比と一軸圧縮強度の関係を取り纏めて示した。これより、試料土の含水比が大きくなると圧縮強度の低下は顕著となる傾向を示した。そこで、ペーパースラッジ灰を原料として開発された高吸水性セラミック系材料（以下、PS 灰と称す）を補助的に用い、試料土（泥炭、黒ボク）の含水比を低下させことを試みた。

実験の要因と水準を表-2 に示す。PS 灰は、 $100\sim 500\text{kg/m}^3$ の範囲内で試料土に予め加え、その後、改良材を添加した。なお、材料混合比については、図-2 を参考に改良材中のセメント比率を 2%，石こう比率を 75%とした。図-4 には、泥炭あるいは黒ボクに PS 灰を予め加えた供試体の材齢 3 日の一軸圧縮強度を示した。なお、改良材の添加量はいずれも 300kg/m^3 である。試料土の如何に拘らず、PS 灰を添加することにより強度発現が認められ、一部供試体では目標値 (0.2N/mm^2) を上回るものもあった。これは、含水比の低下により、水改良材比が見かけ上小さくなることに起因していると考えられ、土の含水比と強度発現性には密接な関係があることが、あらためて確認された¹⁾。ただし、今回の結果では、PS 灰の添加量と強度発現性の間にもピークが存在し、強度発現有効に発揮する最適量が存在することも確認され、改良材の強度発現に及ぼす含水比の影響とともにさらに検討を行う必要がある。

謝辞：本研究は（株）環境科学との共同研究であり、また、試料採取や実験の遂行にあたって北村教授、城本技術職員、新屋敷氏をはじめとする鹿児島大学地盤工学研究グループの助力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献：1) 宮崎良彦ほか：固化処理した浚渫土の一軸圧縮強度とセメント含有量および含水比の相関関係、九州大学工学集報、Vol.74, No.1(2001), pp.1-8

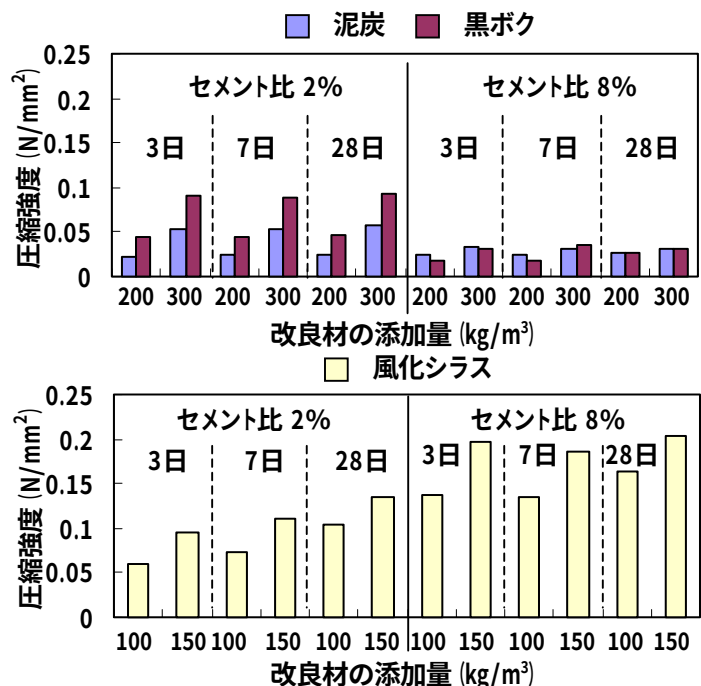


図-1 セメント比率 2%および 8%供試体の一軸圧縮強度

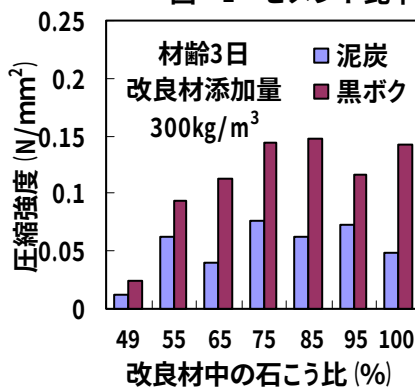


図-2 石こう比率を変化させた供試体の一軸圧縮強度

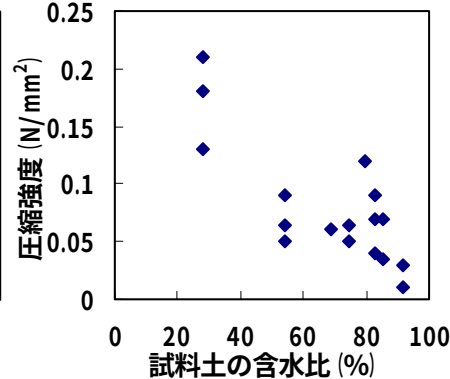


図-3 試料土の含水比と一軸圧縮強度の関係

表-2 PS 灰混入供試体の要因と水準

要因	水準	
試料土	泥炭	黒ボク
試料土の含水比	平均: 69.33%	平均: 81.33%
改良材添加量 (kg/m^3)	300	
材料混合比	セメント: 高炉スラグ: 廃石こう (2: 23: 75)	
PS 灰添加量 (kg/m^3)	100, 200, 300, 400, 500	

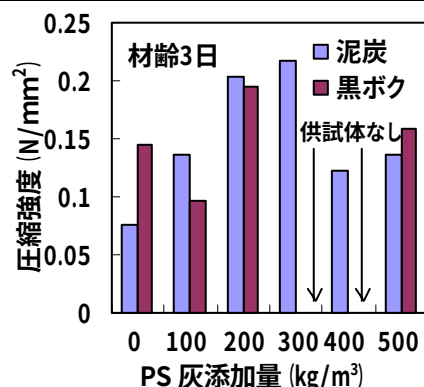


図-4 PS 灰を予め加えた供試体の一軸圧縮強度