

固化・破碎を伴う泥炭セメント安定処理土の強度特性

秋田大学 学 ○今田茄奈子 正 田口岳志 正 荻野俊寛
学 鳥山 哲 学 角田隆行

1. 研究背景および目的

泥炭性軟弱地盤は、高含水比・高有機質ゆえに盛土材料としての流用が難しく、廃棄処分せざるを得ないのである¹⁾。本研究では、泥炭の良質化に有効な手法の一つであるセメント安定処理工法に着目し、実際の施工サイトを想定した“固化・破碎”の応力履歴を受けた泥炭セメント安定処理の強度特性を明らかにすることを目的とし、一軸圧縮強さとその微視的構造について検討した。

2. 実験概要

土試料は、北海道江別市で採取した江別泥炭と、北海道北村遊水地で採取した北村泥炭の2種類を用いた。表-1に各試料の物理化学的性質を示す。固化材は高有機質特殊土用固化材（以下、特殊固化材と称す）を用いた。

土試料と固化材の配合手順は、破碎しない処理土（以下、初期固化土と称す）については、地盤工学会基準「安定処理土の締固めをしない供試体製作方法(JGS0821-2000)²⁾」に準じて処理した後、所定の日数で養生した。破碎した処理土（以下、固化破碎土と称す）は、前述のものを破碎し10mmふるいで裏ごしして $D/H=100/200$ (mm)のサミットモールドに三層に分けて突固め作成した。その際、標準の突固めエネルギーを E とすると $0.5E$ で突固めて作成した。その後、所定の養生日数に達したものを切り出し供試体とした。なお、供試体寸法は $D/H=50/100$ (mm)である。一軸圧縮試験は、地盤工学会基準「土の一軸圧縮試験方法(JIS A 1216:2009)²⁾」に準じている。

テストケースは以下の3種類とした。ケース(1)北村泥炭に特殊固化材を配合：固化材添加量 $C=200,300,400\text{ kg/m}^3$ 、初期養生日数 $t_s=7,14,28$ 日に設定した。転圧後養生日数は $t_{cc}=7,14,28$ 日と設定した。ケース(2)江別泥炭に特殊固化材を配合： $C=300,400,500\text{ kg/m}^3$ 、 $t_s=7,14,28$ 日に設定した。破碎・転圧後は $t_{cc}=7$ 日と設定した。ケース(3)北村泥炭に特殊固化材を段階的に配合： $C=200\text{ kg/m}^3$ 、 $t_s=7$ 日に設定した。さらに、破碎・突固めの際にもう一度特殊固化材を添加した。このとき、固化材再添加量 $C'=100\text{ kg/m}^3$ 、 $t_{cc}=7,14,28$ 日と設定した。

3. 実験結果および考察

図-1にケース(1) $t_s=14$ 日における初期固化土の応力-ひずみ曲線を、図-2にケース(1)および(2)の $t_s=14$ 日に

表-1 土試料の物理化学的性質

土試料	含水比 ω (%)	土粒子密度 ρ_s (Mg/m ³)	強熱減量 L (%)	分解度 H (%)
江別泥炭	785.3	1.555	90.34	75.50
北村泥炭	535.4	1.851	54.78	84.42

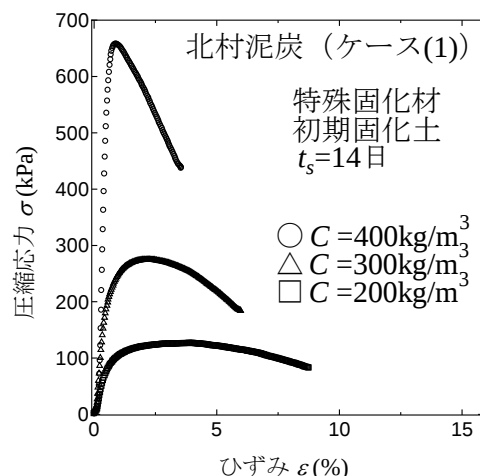


図-1 応力ひずみ曲線

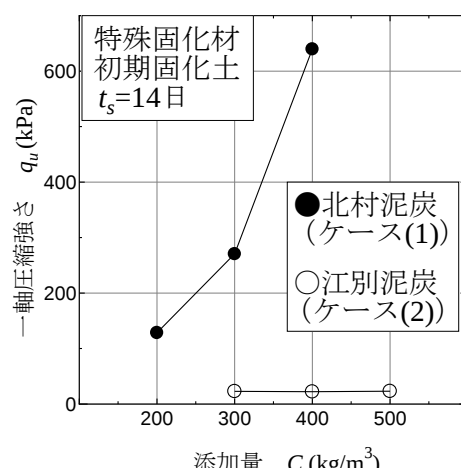


図-2 初期固化土の一軸圧縮強さ q_u と固化材添加量 C の関係

キーワード：泥炭 固化材 セメント安定処理 固化・破碎 一軸圧縮強さ

連絡先 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2364

おける初期固化土の q_u と C の関係を、図-3 にケース(1)および(2)の t (t_s+t_{cc}) = 7+7 日における固化破碎土の q_u と C の関係を示す。図-1 および図-2 より、ケース(1)の初期固化土は C の増加に伴い q_u が増加し、 $C=200 \text{ kg/m}^3$ と $C=400 \text{ kg/m}^3$ を比べると約 5.2 倍になっていることが分かる。図-3 より、ケース(1)の固化破碎土も C の増加に伴い q_u が増加し、 $C=200 \text{ kg/m}^3$ と $C=400 \text{ kg/m}^3$ を比べると約 5.4 倍になっていることが分かる。これは固化材が増えたことでエトリンガイトなどの水和生成物がより多く生成されるためと考えられる。しかし、図-2 および図-3 より、ケース(2)の江別泥炭は初期固化土・固化破碎土ともに C の増加に関係なく北村泥炭と比べて q_u が著しく低い。図-4 はケース(1)および(2)の $t_s=14$ 日、 $t=7+7$ 日における間隙比 e と固化材添加量 C の関係である。両者ともに、 C の増加に伴って e が減少し、各添加量において e はほぼ一定となっている。本稿では割愛したが、湿潤密度 ρ_t と C の関係でも同様の傾向を確認した。このことから、図-2 と図-3 でみられたケース(1)とケース(2)の強度差は e や ρ_t 等の物理量に対する依存性は比較的小さく、強熱減量から推定される腐植物の含有量など化学的性質に依存するものと考えられる。

図-5 はケース(1) $C=300 \text{ kg/m}^3$ 、 $t_s=7$ 日の固化破碎土と、ケース(3)における q_u と t_{cc} の関係である。ここで、図中のデータは全て同量($C=300 \text{ kg/m}^3$)の固化材添加量であるが、その添加タイミングが異なっている。ケース(3)の q_u はケース(1)と比べて約 3.2~7.8 倍となっている。写真-1 と写真-2 は走査型電子顕微鏡 (SEM) による写真である。撮影倍率は 1500 倍³⁾のものである。写真-2 は白い大きな塊の周りに明瞭な針状結晶がみられるが、写真-1 では白い部分はあるものの長い針状結晶がみられない。図-5 と SEM 写真より、ケース(3)では固化材添加のタイミングの違いにより反応段階の異なる水和生成物が存在し、これらが混在することで安定処理土の強度特性に寄与したものと考えられる。

4. 結論 本研究で得られた知見は、以下の通りである。

(1)本研究で用いた泥炭安定処理土は添加量 C の増加に伴い q_u が増加し、 $C=200 \text{ kg/m}^3$ と $C=400 \text{ kg/m}^3$ を比べると 5 倍以上となる。しかし、泥炭の種類によっては著しく強度が低いものもある。(2)泥炭安定処理土の強度発現は泥炭の化学的性質に対する依存が大きい。(3)固化破碎土に対して段階的に固化材を添加することで、反応段階の異なる 2 種類の水和生成物ができ、最初の配合で固化材を全て添加する場合と比べて q_u は約 3.2~7.8 倍となる。

【参考文献】 1)一般社団法人 セメント協会:セメント系固化材による地盤改良マニュアル第 4 版 2)地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説, 地盤工学会 3) 田口ら:養生時に上載圧の影響を受けたセメント安定処理土の微細構造, 土木学会論文集 C, Vol.64, No.1, pp.67-78, 2008.

【謝辞】 本研究は(財)土科学センター財団の 2018 年(第二期)研究助成を受けたものです。また、固化材は宇部興産(株)より提供頂いたものです。ここに記して謝意を表します。

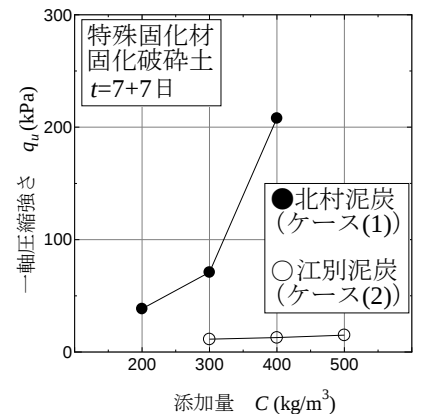


図-3 固化破碎土の q_u - C 関係

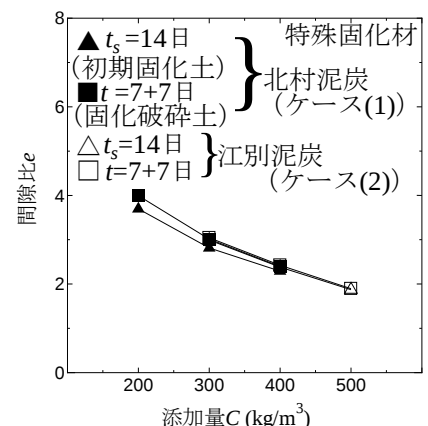


図-4 間隙比 e と固化材添加量 C の関係

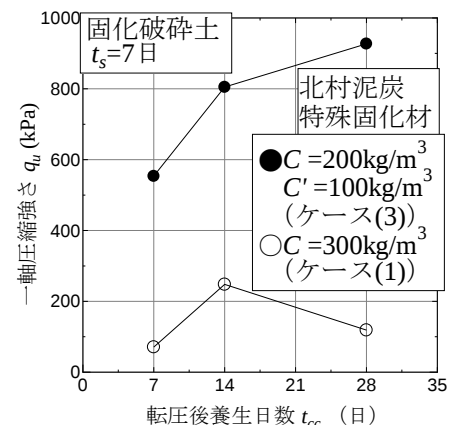


図-5 一軸圧縮強度 q_u と転圧後養生日数 t_{cc} の関係

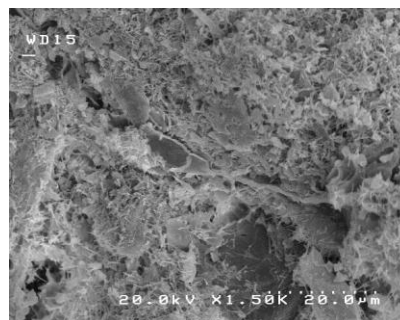


写真-1 SEM 写真 (ケース(1))

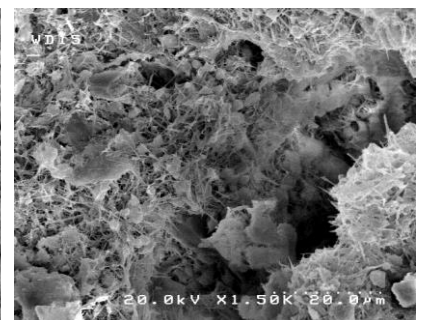


写真-2 SEM 写真 (ケース(3))