

北海道の土質とセメント系固化材の選定

北海道土質試験協同組合 ○宇山 哲司, 中川 範彦

1. はじめに

北海道の低地帯では、低温多湿の条件下で植物遺体が分解不十分のまま堆積した泥炭が多く分布している。また、火山活動由来のアロフェンを多く含んだ黒ボク土(アロフェン質黒ボク土)などの特殊土も分布している。そのため、地盤改良の際には、適切な固化材の選定や添加量の決定が重要になる。本論文では、これまで当組合で蓄積した北海道各地の室内配合のデータを纏め、各土質に対しての固化材や添加量の傾向、含水比と一軸圧縮強さとの関係を整理した結果を報告する。

2. 土質と固化材

対象土質は、北海道の各地に分布している有機質土(泥炭を含む)及び砂質土、粘性土等を対象とした一般軟弱土、また、低強度になりやすいアロフェン質黒ボク土の3土質とした。各土質の湿潤密度及び含水を表-1に示す。

表-1 各土質の物性値

土質	湿潤密度 (g/cm ³)	含水比 (%)
泥炭	0.985~1.350	110~580
一般軟弱土	1.550~1.850	29.0~82.5
アロフェン質黒ボク土	1.58	56.5

固化材は標準製品である高炉B種セメントと、一般軟弱土用セメント系固化材、特殊土用セメント系固化材、高有機質土用セメント系固化材を選定し、北海道で使用例の多い各1製品の結果を整理した。この時の配合条件は、スラリー添加方法(W/C=100%)のものを選別した。各セメント系固化材の成分表を表-2に示す。

表-2 セメント系固化材の成分表

固化材種	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	SO ₃ (%)	SAC 含有比率
一般軟弱土用	3.12	4520	20.8	6.2	60.3	7.0	0.22
特殊土用	3.05	6450	23.9	8.0	55.3	5.5	0.24
高有機質土用	2.98	6150	23.4	8.7	49.8	12.1	0.42

3. 有機質土

(1) 高炉B種セメント・一般軟弱土用セメント系固化材

含水比と一軸圧縮強さの関係を図-1に示す。高炉B種セメント300kg/m³添加では、含水と一軸圧縮強さの関に著しい強度増加の傾向は確認できないが、500kg/m³添加まで固化材を増加させると含水比200%を境に強度増加の傾向が確認できる。一般軟弱土用セメント系固化材も高炉B種セメントと同じく含水比200%以上を境に強度増加の傾向が確認できる。しかし、含水比200%以上の高有機質土になると添加量を500kg/m³まで増加させても、固化作用が乏しく、強度増加の傾向は確認できなかった。これは高有機質土に含まれるフミン酸、フルボ酸、ピチ

ューメン等がセメントの固化作用を阻害している作用に起因する強度低下¹⁾と考えられる。

(2) 高有機質土用セメント系固化材

含水比と一軸圧縮強さの関係を図-2に示す。150kg/m³添加では、含水と一軸圧縮強さの関に強度増加の傾向は確認できないが、250, 350kg/m³添加では含水の低下に伴う強度増加の傾向が顕著に確認できる。含水比500%でも一軸圧縮強さが概ね500kN/m²を上回り、350kg/m³添加においては、含水比500%以上でも十分に固化効果が確認できた。また、含水比200%程度では一軸圧縮強さ3000kN/m²を上回る結果が確認でき、高有機質土用セメント系固化材は北海道の泥炭に対し固化効果を満足していると考えられる。

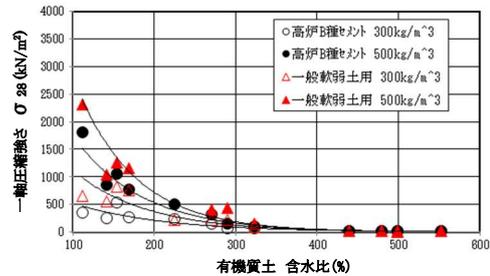


図-1 有機質土含水比と一軸圧縮強度の関係 (高炉B種セメント・一般軟弱土用固化材)

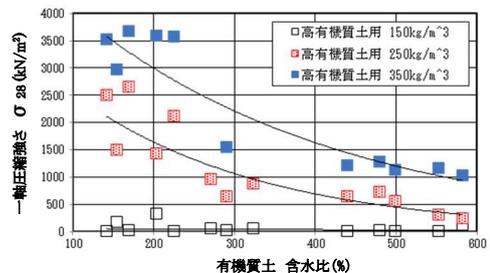


図-2 有機質土含水比と一軸圧縮強度の関係 (高有機質土用セメント系固化材)

4. 一般軟弱土

(1) 高炉B種セメント・一般軟弱土用セメント系固化材

各固化材の含水比と一軸圧縮強さの関係を図-3, 4に示す。どちらの固化材も70, 100kg/m³の低添加量では、含水低下による著しい強度増加の傾向が確認できないが、高炉B種セメント200kg/m³以上、一般軟弱土用セメント系固化材150kg/m³以上の添加量で含水低下による強度増加の傾向が確認できる。しかし、含水比50%程度以上になると強度増加の割合が小さく、同程度の含水比に対しても、若干ばらつきのある結果となっている。また、火山灰質粘性土等の一部の土質では添加量を上げて低強度を示す結果も確認された。

(2) 特殊土用セメント系固化材

含水比と一軸圧縮強さの関係を図-5に示す。70kg/m³の低添加量でも含水比と一軸圧縮強さの関係に顕著な強度増加の傾向がみられ、各添加量に対する一軸圧縮強さも高炉B種セメントや一般軟弱土用セメント系固化材に比べ、概ね高い強度を得られていることが確認された。含水比に対して強度のばらつきが小さく、一部の低強度を示す土質でも一定の固化作用の効果が確認された。

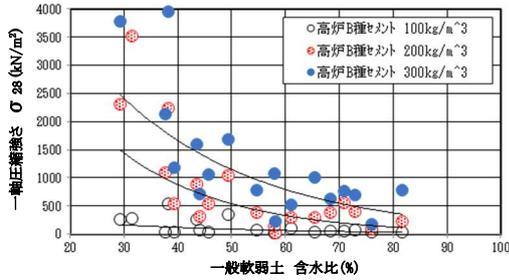


図-3 一般軟弱土含水比と一軸圧縮強度の関係 (高炉B種セメント)

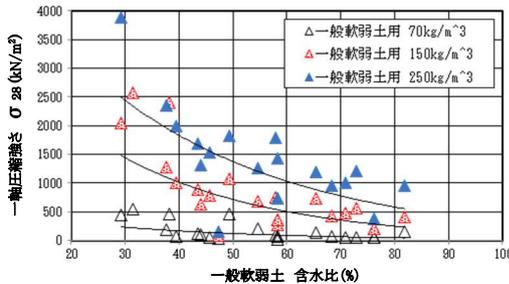


図-4 一般軟弱土含水比と一軸圧縮強度の関係 (一般軟弱土用セメント系固化材)

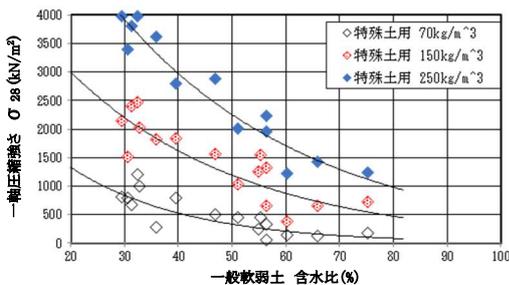


図-5 一般軟弱土含水比と一軸圧縮強度の関係 (特殊土用セメント系固化材)

5. アロフェン質黒ボク土

各固化材添加量と一軸圧縮強さの関係を図-6に示す。対象土は、事前試験より低強度を示していた黒ボク土でセメントの固化作用を阻害²⁾するアロフェン量も52%と多く、目標強度を満足させることが困難であった。高炉B種セメント及び一般軟弱土用セメント系固化材では、添加量500kg/m³以上においても、一軸圧縮強さが200kN/m²以下になり強度増加の傾向は見られず、特殊土用セメント系固化材においても、添加量500kg/m³では一軸圧縮強さが500kN/m²以下と強度増加の傾向は小さかつ

た。このため SAC 含有比率³⁾の高く、高有機質土に有効である高有機質土用セメント系固化材を使用することで、特殊土用より2.0~1.8倍程度の強度増進の効果が確認された。

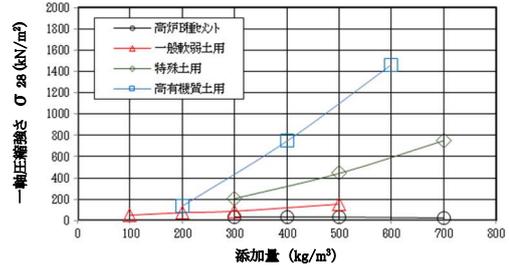


図-6 アロフェン質黒ボク土と一軸圧縮強度の関係

6. まとめ

(1) 有機質土

- 含水比200%以上となる場合、高炉B種セメントや、一般軟弱土用固化材では固化作用が小さく、目標強度を求めるときは添加量を高めにして検討を行う。
- 高有機質土用セメント固化材では、高含水の有機質土においても十分に固化作用の効果がある。しかし、添加量150kg/m³以下では、固化作用に低い。

(2) 一般軟弱土

- 含水比50%程度以下の場合、高炉B種セメントや一般軟弱土用セメント系固化材にて効果が期待できる。
- 含水比50%程度以上の場合、高炉B種セメント・一般軟弱土用セメント系固化材では、固化作用の効果のばらつきがあるため、事前の配合試験等を行い、強度傾向を検証し、添加量の検討を行うことが重要である。
- 含水比50%程度以上の一般土の場合、特殊土用セメント系固化材は、固化作用の効果のばらつきが少ないため、含水と固化作用の相関性から、ある程度の強度推定の参考になりえる。

(3) アロフェン質黒ボク土

- アロフェンを多く含んだ黒ボク土の場合、特殊土用セメント系固化材でも固化作用の効果が小さいときがある。その場合、SAC 含有比率の高い高有機質土用セメント系固化材にて固化効果がみられるケースがある。

《引用・参考文献》

- 1) 能登繁幸: 泥炭地盤工学, p.129, 1991.4
- 2) 清田正人: 土のアロフェン量と固化材の強度発現性に関する検討, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010.9
- 3) 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所: 泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル, pp.148, 2017.3