

気泡安定液の CB 材料による固化遮水特性

早稲田大学 学生会員 ○内田 俊

早稲田大学 学生会員 岸上 太樹

早稲田大学 正会員 赤木 寛一

(有) アドセラミックス研究所 正会員 近藤 義正

1. はじめに

本研究は、気泡安定液とセメントベントナイト系固化剤（以下CB材料）を混合し、低コストで確実に地中遮水壁を構築することを目的とする。その性能・基準については、旧総理府・旧厚生省令より「厚さ 50cm 以上、透水係数 k が 10^{-6} cm/s以下である連続壁が不透水性地層まで設けられていること」という条件を満たすことが目標となる。また、強度に関しては、周辺地盤を保持するとともに、且つ周辺地盤に悪影響を及ぼさない安定した遮水壁である必要がある。ここでは、想定した周辺地盤が持つ強度と同等の値として、 N 値と一軸圧縮強さ q_u の関係をもとに $q_u=100$ kN/m²を目標値とした。同時に、地震力等による外力が遮水壁に及ぼす影響を考慮して、応力-ひずみ曲線から決まる変形係数つまりヤング係数については極力小さな値を有する材料性能を目標とした。

2. 実験概要

実験手順は以下の通りである。

- 1) 気泡安定液（以下、Air と呼ぶ）を作成する。一方、セメントとベントナイトを混合し、CB 材料（以下、CB と呼ぶ）を作成する。
- 2) 上記 Air と CB を、質量比 CB/Air= x （CB 混合比）の割合で混合する。なお、今回は、 $x=1, 1.5, 2$ で混合した。
- 3) プラモールド($\phi=5$ cm, $L=10$ cm)に、(Air+CB) 混合物を余分な空気を含まないように投入した。
- 4) 出来上がった試料を 1 日空気養生し、その後、28 日間水中養生する。
- 5) 養生後、試料を脱型し、一軸圧縮試験により強度を測定する。
- 6) 同様に作成・養生した供試体で三軸セルを利用した透水試験を行い、透水係数を求める。

2. 1 気泡安定液の作成方法

気泡安定液は、気泡剤を純水で 20 倍に希釈し、さらにそれを泡立てて体積を 25 倍にしたものと豊浦砂を下記の気泡添加率 $Q=1\%$ で混合し、テーブルフロー値(TF値)が 200 程度になるように含水比 w を 17.5%とした。

これは、気泡安定液がその安定性能を満足する値であり、その適用範囲は従来の研究より明らかにされている

^{1), 2)}。また、このとき、気泡安定液の単位体積重量 $\gamma = 13$ kN/m³となる。

$$\text{気泡添加率 } Q = \frac{20\text{倍希釈起泡剤の質量 (g)}}{\text{土砂の乾燥質量 (g)}} \times 100$$

2. 2 CB 材料の作成方法

CB 材料はセメントベントナイト系固化剤で、セメント(C)、ベントナイト(B)および水(W)の混合材料である。今回、この CB 材料を気泡安定液に加えることにより気泡安定液がその安定性能を保持する範囲である TF 値 200~250 を逸脱しては、気泡安定液+CB 材の機能に及ぼす影響が懸念される。実験の結果、 $B:W=2.75:10$ のとき TF 値が 200~250 に収まることが確認された。また、セメントとベントナイトの混合比を $B/C=y$ (ベントナイトセメント比) $=3, 4, 5, 6$ と変化させた。なお、今回使用したベントナイトは、クニゲル-FS (クニミネ工業株式会社)、またセメントは高炉セメント B である。

キーワード： 気泡安定液, CB 材料, 強度・変形特性, 透水性

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部 58-205

TEL 03-5286-3405

3. 気泡安定液のCB材料による固化遮水特性

実験結果をまとめたものを表1に、図1に $x=1.5$ のときの応力-ひずみ曲線を示す。

CB 固化した気泡安定液の強度・変形特性は、CB 混合比(x)とベントナイトセメント比(y)に支配されていることがわかる。図2に示すように、 x が大きくなると、CB 材の量が増えるので強度、変形係数は増加する。また、 y が大きくなるとセメント量が少なくなることから、強度が低下し、同時に変形係数も小さくなることわかる。

以上の結果より、 $q_u=100\text{kN/m}^2$ 程度でかつ変形係数 E_{50} が小さく、 $k=10^{-6}\text{cm/s}$ 以下を満足するような配合は $x=1.5$, $y=4$ と判断される。

4. 地震応答解析

CB固化壁の地震動に対する安全性を評価するため、地震時応答解析ソフト(PLAXIS)を用いた解析を行った。想定地盤の地層構成から判断し、図3のようにモデル化した。図3は、最大応答加速度発生時における地盤の変形挙動解析結果の一部である。なお、表1の(Air+CB)混合供試体の変形係数 E_{50} を解析に用いるCB固化壁のヤング係数 E_{CB} として採用した。

E_{50} に対応する一軸圧縮強さ q_u に対する地震応答解析で得られたCB固化壁要素の最大主応力差 q_{max} に対する比を用いて安全率 α を定義し、 E_{CB} に対して整理したものを図4に示した。これより、 $x=1.5$, $y=4$ のとき地震動に対して安全であることが分かる。

5. まとめ

ここでは、気泡安定液のCB材による固化遮水特性について、実験と解析により検討した。強度、変形特性、透水性に関する検討結果から、CB混合比 $x=1.5$ 、ベントナイトセメント比 $y=4$ となる配合で所要の性能を満足することがわかった。

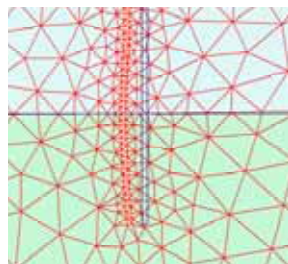


図3 地盤の変形の様子

(謝辞)本研究の実施に当たり、太陽基礎株式会社のご援助をいただいた。記して謝意を表する。

表1 一軸圧縮試験と透水試験結果

x	y	q_u (kN/m ²)	E_{50} (kN/m ²)	k ($\times 10^{-7}$ (cm/s))
1.0	3	95.84	10753	107.01
1.5	3	152.00	14047	1.19
2.0	3	174.01	16640	7.00
1.0	4	54.96	6107	184.79
1.5	4	99.71	9984	1.63
2.0	4	126.26	11847	4.56
1.0	5	40.05	2846	166.34
1.5	5	70.65	5627	2.44
2.0	5	83.18	6299	0.59
1.0	6	21.51	1772	103.42
1.5	6	43.42	3501	8.53
2.0	6	56.60	3473	2.87

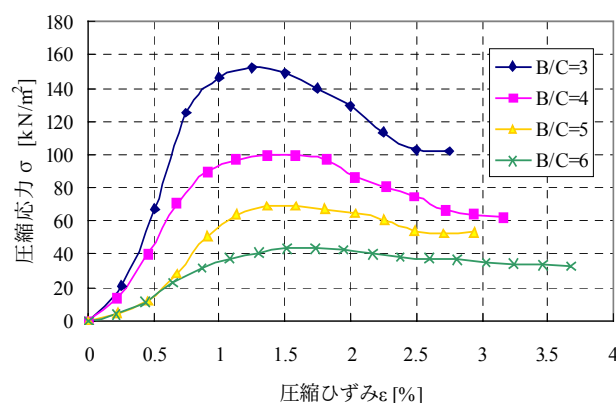


図1 応力-ひずみ曲線($x=1.5$ のとき)

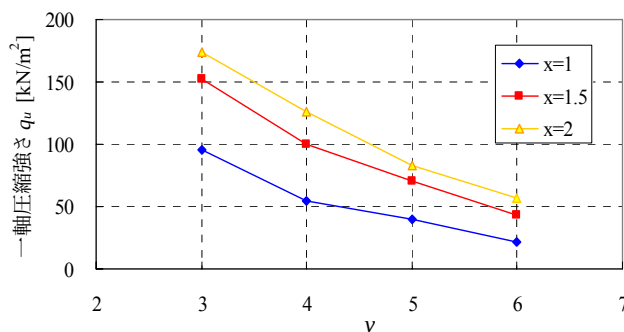


図2 一軸強度と x , y との関係

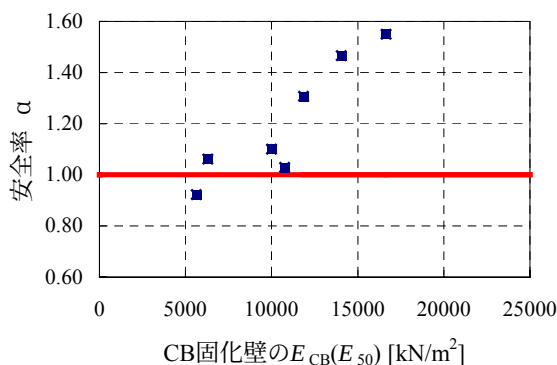


図4 CB 固化壁のヤング係数と安全率との関係

【参考文献】 1)赤木他, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 3-503, 2004 年 9 月

2)赤木他, 第 38 回地盤工学研究発表会, No.764, 2003 年 7 月