

気泡を利用した深層混合処理工法の高度化の試み

早稲田大学	正会員 赤木 寛一	前田建設工業(株)	正会員	安井 利彰
早稲田大学	学生会員 ○石川 秀一	ハザマ	正会員	佐久間 誠也
戸田建設(株)	請川 誠	太洋基礎工業(株)		俵 豊光
(有)マグマ	正会員 近藤 義正			

1. 研究目的

深層地盤改良工法の一つである従来の CDM 工法では、改良対象の軟弱土とセメントスラリーを混練・固化し、盛土のすべり破壊や上部構造物の沈下を防いでいる。本研究では、工事中に発生する排泥土量を削減するために、セメントスラリーの水セメント比 W/C を減少させるための検討、実験を行った。そこで、セメントスラリーの代わりに改良材として用いたセメント粉体と地盤との混合性能を向上するために、改良材添加前に地盤中に $W/C \leq 0.8$ に相当する水と気泡を添加することとした。なお、気泡は、改良材添加時に消泡剤により消泡した。ここでは、室内実験により、気泡添加による流動性向上、強度発現効果および消泡性能について確認し、実施工への適用性について検討した結果を報告する^{1),2),3)}。

2. 試験手順および試験ケース

2.1 試験手順

- ①地山材料に相当する砂質土の配合は東北珪砂7号，東北珪砂5号，木節粘土の配合割合を5：4：1、粘性土の配合は3：2：5 として、それぞれホバートミキサーに加え、1分間攪拌し、これを試料土とした。
- ②表2.1、2.2に示す配合に従って、試料土に地山含水量 $W_0(g)$ 、添加水量 $W_1(g)$ をホバートミキサーに加え、1分間攪拌する。(ケース11は地山含水量 $W_0(g)$ のみ加える。)
- ③【気泡混合土の作製】所定量の気泡を添加し、ホバートミキサーで1分間攪拌して気泡混合土を作製する。
- ④【気泡混合土の初期性状の確認】湿潤密度 (g/cm^3) ,TF値(mm),ペーンセン断抵抗値(kN/m^2)を測定する。
- ⑤【固化材/セメント改良土の作製】③のホバートミキサー内の気泡混合土を再計量し、所定の配合に基づいて、固化材(従来CDMを模擬したケース11では添加量 $W_c(g)$ のセメントに添加水量 $W_1(g)$ の水を加えて作製したセメントスラリー)ならびにケースによっては消泡剤を添加し、2分間混合攪拌する。
- ⑥【セメント改良土の性状確認】湿潤密度,TF値,ペーンセン断抵抗値を測定する。
- ⑦【一軸圧縮試験】 $\phi 5 \times 10cm$ モールドにセメント改良土を詰め、強度試験 σ_7 (kN/m^2)用供試体を3個作製する。供試体を作製後、水中養生する。7日間養生後、一軸圧縮試験を実施する。

2.2 試験ケース一覧

表 2.1 砂質土における試験ケース一覧

地山	ケース	試験ケース						合計 水量 W_0+W_1 (g)
		初期試料土 含水比 (%)	W_1/W_c	気泡 添加率 (%)	添加量 W_c (g)	$(W_0+W_1)/W_c$	消泡剤 添加率 (%)	
砂質土	1	10	0.0	0	260.2	1.15	0	300.0
	2	10	0.0	0.5	259.0	1.16	0.025	300.0
	3	10	0.3	0	260.2	1.45	0	378.0
	4	10	0.3	0.5	259.0	1.46	0.025	378.0
	5	10	0.4	0	260.2	1.55	0	405.0
	6	10	0.4	0.5	259.0	1.56	0.025	405.0
	7	10	0.5	0	260.2	1.65	0	429.0
	8	10	0.5	0.5	259.0	1.66	0.025	429.0
	9	10	0.6	0	260.2	1.75	0	456.0
	10	10	0.6	0.5	259.0	1.76	0.025	456.0
	11	10	0.8	0	260.2	1.95	0	508.2

表 2.2 粘性土における試験ケース一覧

地山	ケース	試験ケース						合計 水量 W_0+W_1 (g)
		初期試料土 含水比 (%)	W_1/W_c	気泡 添加率 (%)	添加量 W_c (g)	$(W_0+W_1)/W_c$	消泡剤 添加率 (%)	
粘性土	1	15	0.0	0.0	274.8	1.64	0	450.0
	2	15	0.0	1.0	272.4	1.65	0.05	450.0
	3	15	0.3	0.0	274.8	1.94	0	531.0
	4	15	0.3	1.0	272.4	1.95	0.05	531.0
	5	15	0.4	0.0	274.8	2.04	0	561.0
	6	15	0.4	1.0	272.4	2.05	0.05	558.0
	7	15	0.5	0.0	274.8	2.14	0	588.0
	8	15	0.5	1.0	272.4	2.15	0.05	585.0
	9	15	0.6	0.0	274.8	2.24	0	615.0
	10	15	0.6	1.0	272.4	2.25	0.05	612.0
	11	15	0.0	0.0	274.8	2.44	0	669.8

※砂質土、粘性土ともに、ケース 11 は従来 CDM を模擬したものであり、セメント混合土の水セメント比 $(W_0 + W_1)/W_c$ はそれぞれ、1.95、2.44 である。

キーワード 気泡、消泡剤、W/C、一軸圧縮強度、変動係数

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58 号館 205 号室 TEL 03-5286-3405

3. 試験結果と考察

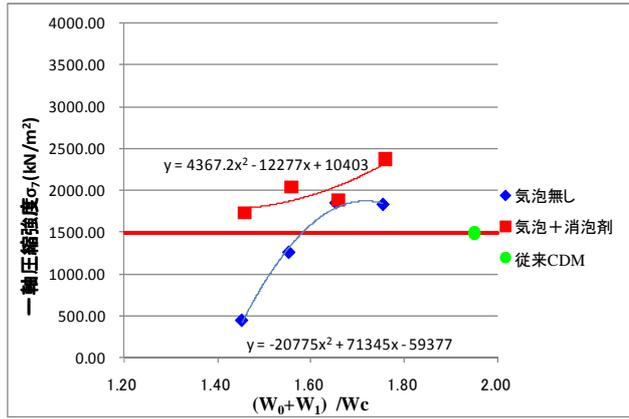


図 3.1 水セメント比と一軸圧縮強度の関係(砂質土)

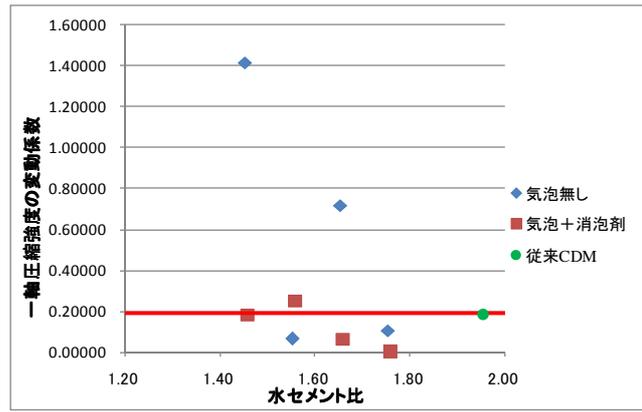


図 3.2 水セメント比と一軸圧縮強度の変動係数の関係(砂質土)

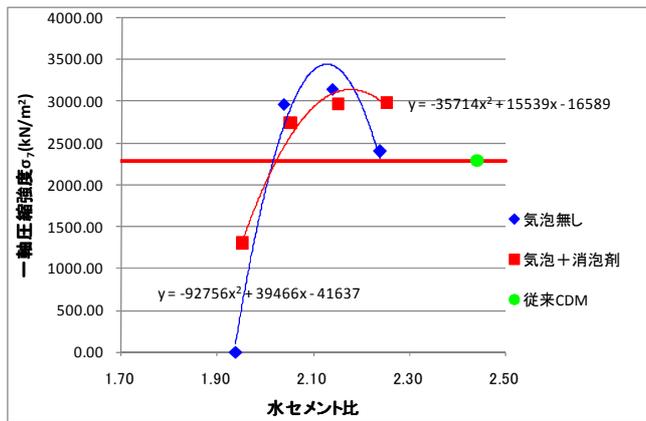


図 3.3 水セメント比と一軸圧縮強度の関係(粘性土)

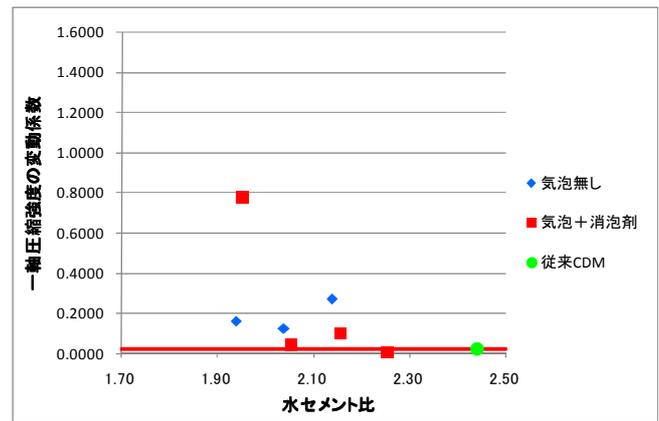


図 3.4 水セメント比と一軸圧縮強度の変動係数の関係(粘性土)

図3.1、3.2は砂質土について水セメント比に対する一軸圧縮強度とその変動係数の関係である。なお、図中の赤線は、従来CDMの基準値である。図3.1より、気泡+消泡剤のケースは全てにおいて、従来CDM工法や気泡なしの場合に比べて、加水量が少ない上に、一軸圧縮強度の値が高い。水セメント比の値によらず、一軸圧縮強度の値はほぼ一定なので安定した施工が可能であると考えられる。

図3.2より、気泡+消泡剤のケースは全てにおいて、従来CDMのケースに比べて一軸圧縮強度の変動係数の値がほぼ同等か小さくなるのがわかる。これは、気泡を添加すると攪拌性能が向上し、セメント固化材と気泡混合土が均一に混ざることが原因であると考えられる。一方、気泡なしのケースでは水セメント比によっては、ばらつきが大きくなる結果となっている。

図3.3、図3.4は、粘性土について、同様の関係を表したものである。図3.3、3.4に示すように、粘性土の場合は砂質土の場合と違って、気泡の有無によらず、一軸圧縮強度は水セメント比によりほぼ一義的に決まっており、水セメント比によっては変動係数が気泡の添加により大きくなる場合が見られた。このような場合には、気泡添加率を増加させることにより、混合性を増加させることが可能と考えられる。

参考文献

- 1)赤木 寛一、内山 史基(2012):「気泡を利用した地盤掘削, 改良技術の開発」『第 9 回地盤工学会関東支部発表会』
- 2)請川 誠、赤木 寛一、近藤 義正、佐久間 誠也、安井 利彰、俵 豊光(2012):「AWARD-Demi 工法の開発(その 1 : 工法概要)」『土木学会第 67 回年次学術講演会, 2012.9』
- 3) 赤木 寛一、近藤 義正(2012):「気泡掘削工法、技術手帳」『地盤工学会誌, Vol60,No.11,2012.11』