

細粒土添加が気泡混合土の分離特性に及ぼす影響の検討

気泡混合土 分離 細粒土添加率

早稲田大学 学生会員 ○平田 光彦
 早稲田大学 国際会員 赤木 寛一
 早稲田大学 非会員 高野 颯平
 早稲田大学 非会員 吾妻 鈴子

1. 概要

気泡シールド工法は、土圧式シールド工法の添加剤として気泡を使用したものである¹⁾。地中連続壁の掘削用安定液に気泡を適用する工法では、気泡を吐出しながら地山を掘削混合することで、気泡安定液(気泡混合土)を造成する²⁾。気泡シールド工法では、掘削土、気泡及び水の混合比率を適切に調整することにより、気泡混合土が分離することなく懸濁状態を維持できる。環境負荷が少ない、施工品質が高い、施工費の低減、施工および施工管理が容易という効果も確認されている¹⁾。

気泡混合土は、土粒子と水および気泡が均一に混合された懸濁状態が保たれることで機能を発揮する。しかし、気泡の単位体積重量は土粒子のおよそ 1/70 であるなど、それぞれの単位体積重量が大きく異なることによって懸濁状態が不安定になり、混合条件によっては分離することが確認されている。この分離特性は、含水比と細粒分含有率に大きく依存する²⁾。気泡シールド工法においても、チャンパー内の気泡混合土の分離が生じないよう管理する必要がある。

本研究では、気泡混合土への細粒土の添加が分離抵抗性に及ぼす影響を分離特性確認試験により定量的に検証する。

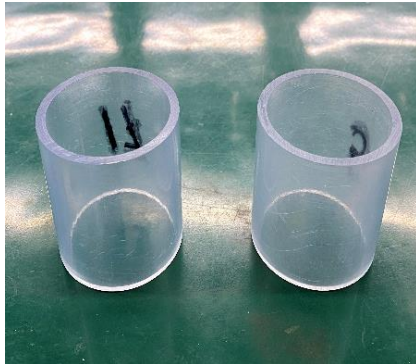


図-2.1 分離特性確認試験容器

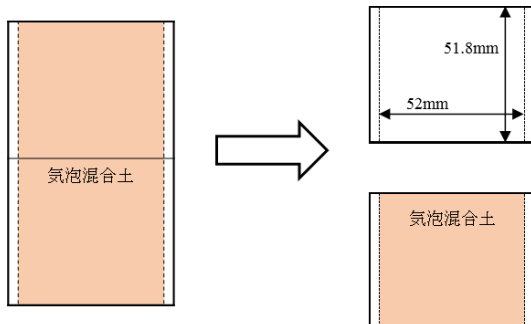


図-2.2 分離特性確認試験容器概要図

2. 分離特性確認試験概要

まず含水比調整した試料土に、同一の起泡剤を所定の希釈率、起泡倍率で起泡し添加する。その際、気泡添加率が30%となるように気泡を添加する。この気泡混合土を、図-2.1に示すような分離特性確認試験容器に充填し静置する。所定時間経過後、図-2.2のように容器の上下を注意深く分割し、それぞれの内部の気泡混合土を取り出してその重量を計測し、単位体積重量を算出する。容器上部試料に対する容器下部試料の単位体積重量比を式(1)より求め、重量比の大きさによって分離現象の進行度合を比較する。重量比が大きいほど、分離が進行しているといえる。

$$\text{重量比} = \frac{\text{容器下部の混合土の単位体積重量}}{\text{容器上部の混合土の単位体積重量}} \quad (1)$$

3. 細粒土添加による分離特性確認試験

砂質土に所定量の細粒土を添加した試料土に気泡を混合した気泡混合土の重量比を測定し、分離特性を確認した。分離特性に(a)経過時間が及ぼす影響、(b)細粒土添加率が及ぼす影響を定量的に検証した。試験ケースの一覧を表-3.1に示す。なお、各ケースの試料土含水比について、ケース1(細粒土添加率0%)では原地盤土の含水比としている。ケース2~6では、気泡混合土の流動性が分離特性に及ぼす影響を考慮するため、スランプ試験を行いケース1試料土と同程度のスランプ値を示す含水比に調整した。スランプ試験の結果を表-3.2に示す。

表-3.1 試験ケース一覧

ケース No.	細粒土添加率[%]	含水比[%]
1	0	12.9
2	3	12.9
3	5	12.9
4	10	12.9
5	20	15.0
6	30	20.0

表-3.2 スランプ試験結果

		含水比[%]		
		12.9	15	20
スランプ値 [mm]	細粒土添加率:0%	85	—	—
	細粒土添加率:10%	95	—	—
	細粒土添加率:20%	67	85	110
	細粒土添加率:30%	11	15	84

(a)では、表-3.1に示すケース1, 4および6の3ケースについて、それぞれ静置時間 60, 120, 180[min]の計9ケースの重量比を測定した。

(b)では、表-3.1に示すケース1~6について、それぞれ60分静置重量比を測定した。

本試験では、試料土として現場より採取した砂、および砂質細粒土の2種類を使用した。砂は乾燥状態のものを使用している。砂質細粒土の基本物性を表-3.3に示す。

表-3.3 試料土の基本物性

試料土の種類	自然含水比 w_n [%]	液性限界 w_L [%]	塑性限界 w_P [%]
砂質細粒土	28.4	42.28	30.68

4. 試験結果と考察

分離特性確認試験について、(a)経過時間による影響の検討結果を表-4.1および図-4.1に、(b)細粒土添加率による影響の検討結果を表-4.2および図-4.2に示す。

表-4.1および図-4.1より、ばらつきはあるが経過時間が進むに伴い、気泡混合土の分離が進行する傾向を確認できた。

表-4.2および図-4.2より、細粒土添加率が大きいほど重量比が小さくなることが確認された。したがって、細粒土を添加することで気泡混合土の分離が抑制されることが分かる。また、細粒土添加率 10%を超えると、重量比はほぼ一定値に収斂した。これにより、細粒土添加による分離抑制効果は、一定の添加率を超えると収束すると考えられる。

5. まとめ

本研究では、気泡混合土の分離現象に着目し、経過時間、および細粒土添加率が分離に及ぼす影響を実験的に検討した。得られた結果は以下に示す。

- 1) 経過時間が進むに伴い、気泡混合土の分離が進行することを確認した。
- 2) 砂質土に細粒土を添加することで分離が抑制できる傾向にある。その効果はある一定の添加量を超えると収束することを確認した。

前述のとおり、分離現象が発生する要因は、気泡混合土を構成する土粒子と水および気泡の単位体積重量の差異によって生じる。今回は、砂質土に細粒土を添加する量によって分離特性への影響を確認し、その定量的な検討を行ったが、今後は添加率という指標ではなく細粒分含有率による検討を行うことで、より実用的なものにする必要がある。さらには、砂質土や細粒土の粒径、粒度特性なども分離特性に影響することが考えられるため、それらも考慮した検討を行う。

また、気泡シールド工法において、スクリーコンベアでの排土をはじめとする施工性向上のためには、流動性が特定の範囲内に収まることが望ましい。そのため、気泡混合土の流動性を指標として、分離特性を考慮した工法適用範囲の検討が必要と考える。

表-4.1 分離特性確認試験結果(a)

		細粒土添加率[%]		
		0	10	30
経過時間 [min]	60	1.128	1.199	1.168
	120	1.279	1.193	1.217
	180	1.261	1.219	1.221

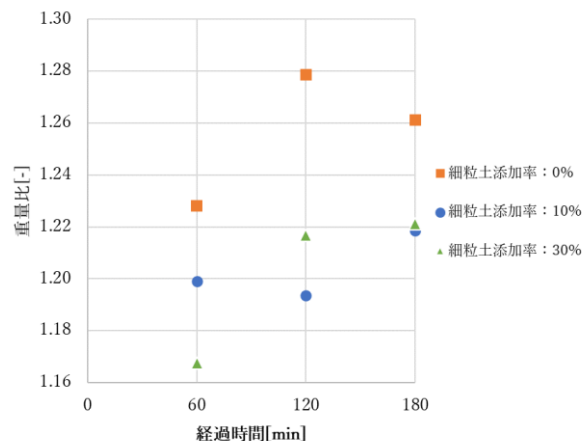


図-4.1 経過時間と重量比の関係

表-4.2 分離特性確認試験結果(b)

ケース No.	重量比 ①[-]	重量比 ②[-]	重量比 ③[-]	平均重量比 [-]
1	-	-	-	1.228
2	1.22	1.23	1.21	1.221
3	1.20	1.20	1.19	1.198
4	1.18	1.20	1.18	1.190
5	1.19	1.17	1.19	1.182
6	1.19	1.19	1.18	1.185

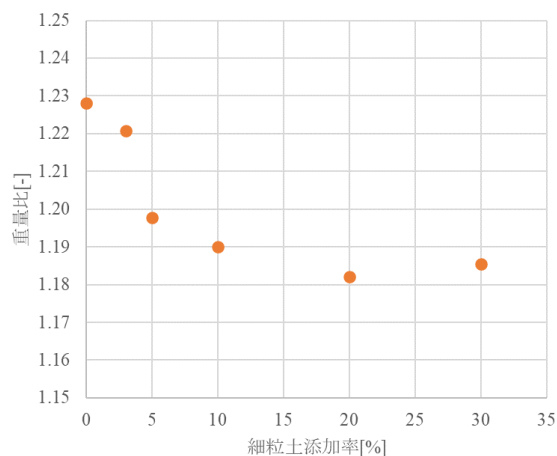


図-4.2 細粒土添加率と重量比の関係

5. 参考文献

- 1) 気泡シールド工法-技術資料-, シールド工法技術協会, 2011, 8
- 2) 近藤義正, 仲山貴司, 赤木寛一: 掘削土砂に気泡と水を添加した地盤掘削用安定液の開発と適用, 土木学会論文集 Vol.64 No.3, pp505-518, 2008, 7