

気泡を利用した再利用可能な掘削安定液に関する研究

単位体積重量 テーブルフロー 分離含水比

早稲田大学 学生会員 ○石川 秀一
 早稲田大学 国際会員 赤木 寛一
 早稲田大学 学生会員 岩井 健人

1. 研究目的

地下掘削工法では、孔壁の安定を図り、掘削土砂の排泥を容易にするためにベントナイト安定液が使用されているが、排泥土量が多く、さらにベントナイトの混入した排泥土の再利用は困難でかつ処理費用が高額になることにより、それに代わるものが求められるようになった。そこで本研究では、入手が容易な山砂に気泡及び適量の水を加えた掘削安定液（以下、山砂気泡安定液と呼ぶ）の単位体積重量、テーブルフロー、消泡・分離条件などの物理的性状を調査した。また、これらの結果に基づいて、より安定した状態で施工を行うための山砂気泡安定液の管理限界値を明らかにし、山砂気泡安定液の単位体積重量～テーブルフロー値関係図（以下、管理図と呼ぶ）を作成し、地下掘削工法への適用を目的とした。

2. 使用材料および試験方法

本研究では、山砂気泡安定液(図2で示す)の物理的性状を調査するために下記のような試験を行った。また、気泡安定液の作成の際には、いずれも、起泡剤原液を水で20倍に希釈し、これをさらに25倍の体積になるようにハンドミキサーで泡立てた気泡(図1で示す)、適量の水、山砂(D₅₀=0.23mm)を使用した。

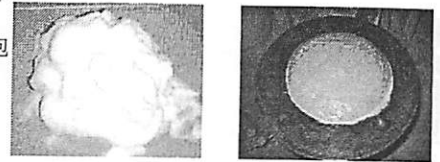


図1. 気泡 図2 山砂気泡安定液

(1) 単位体積重量測定

小型モールドに試料を詰め、重量を測定した後、重量を小型モールドの体積で除し、試料の単位体積重量を求める。

(2) テーブルフロー (TF) 試験

フローテーブルの上に台形型の容器を設置し、その中に試料を満たす。1秒に1回のペースでハンドルを計15回回転させ、テーブルに上下振動を与える。このようにして広がった資料の直径(mm)がテーブルフロー値であり、この値は試料の流動性の指標となる。

(3) 重量比、分離含水比測定

継ぎ手のあるプラスチック円筒を上下に組み合わせた容器に山砂気泡安定液を満たしてから重量を測った後に静置する。1時間経過後に上層の容器と下層の容器を注意深く分割してから、下層の重量を計測し、上下の単位体積重量を求めた後、容器下部の安定液の単位体積重量を容器上部の安定液の単位体積重量で除した重量比を求める。その値が1.02になったときの含水比を分離含水比という。

3. 試験結果および考察

今回はいずれの試験も、気泡添加率を0.25、0.5、0.8、1.2、1.5、2.0、2.5%にして行った。

(1) 単位体積重量測定

本来、単位体積重量の値は含水比が大きくなるに連れて、緩やかに減少する傾向があるが、今回の試験では図5より、単位体積重量にバラツキがみられた。その原因としては以下の3つが考えられる。1つ目は、土粒子、気泡、水以外に空気が存在すること、2つ目は、気泡の性状(主に発泡倍率)が一定ではないこと、3つ目は、山砂の吸水性が関係していることが考えられる。

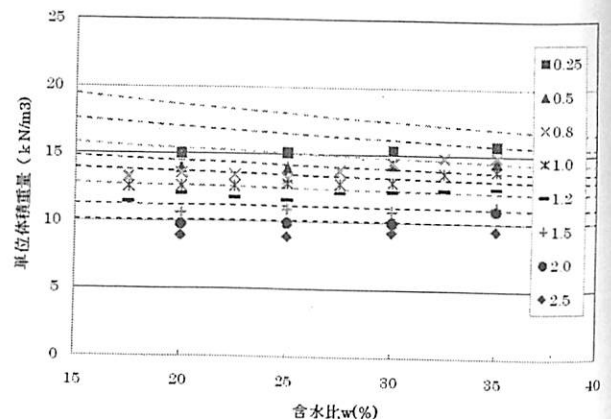


図3. 単位体積重量と含水比の関係

(2) テーブルフロー試験

テーブルフロー値は含水比が上がるに連れて一次関数的に増加する。今回の試験では図4より、同じ傾向がみられた。

テーブルフロー値は試料の流動性の指標となるので、今回の結果より、その値が大きい程、試料土の流動性が高いということがわかった。

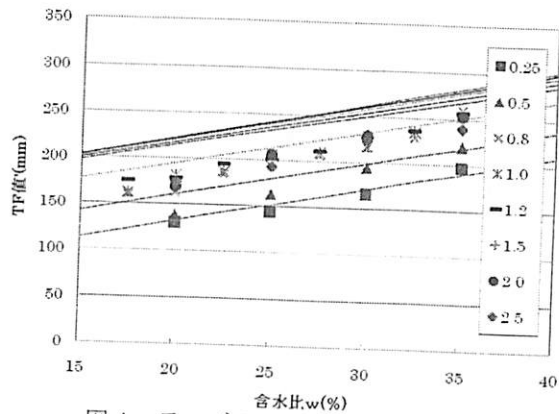


図4. テーブルフロー値と含水比の関係

(3) 重量比、分離含水比測定

重量比は含水比が上がるに連れて徐々に大きくなり、含水比が分離含水比を越えると重量比は急激に増加する。今回の試験では図5より、多少のバラツキはあるが同じ傾向がみられ、分離含水比はおよそ30%前後であることがわかった。このことから、含水比が30%前後で気泡安定液内で土粒子の分離、沈降が発生することがわかった。

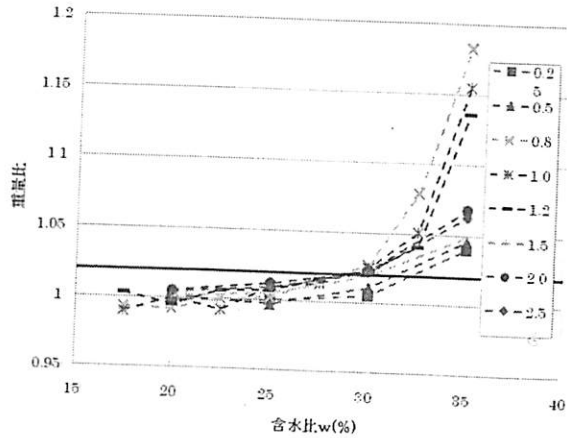


図5. 重量比と含水比の関係

4. まとめ

単位体積重量、テーブルフロー (TF)、重量比、分離含水比を測定した結果をまとめ、気泡安定液の現場適用における管理項目として、以下の性能指標に着目し管理図の作成を行った。

(1) 掘削に関わる山砂気泡安定液の流動性

掘削性能を支配する山砂気泡安定液の流動性は、テーブルフロー値で $TF \geq 150\text{mm}$ を管理目標とした。

(2) 山砂気泡安定液の懸濁安定性に関わる最小、分離含水比

山砂気泡安定液の含水比は気泡の消泡限界を表す最小含水比 w_{min} より大きく、分離限界である分離含水比 w_{sep} より小さく保たなければならない。最小含水比 w_{min} は表面乾燥含水比を採用し、昨年の試験結果より $w_{min}=4.32(\%)$ とする。

(3) 溝壁の安定に関わる単位体積重量性能

溝壁安定性に関しては、山砂気泡安定液の単位体積重量によって管理する。管理限界値は地下水圧に対抗するため、山砂気泡安定液の単位体積重量を 10.3kN/m^3 以上にするを目標とする。

なお、山砂の吸水性の影響については改めて検討する予定である。

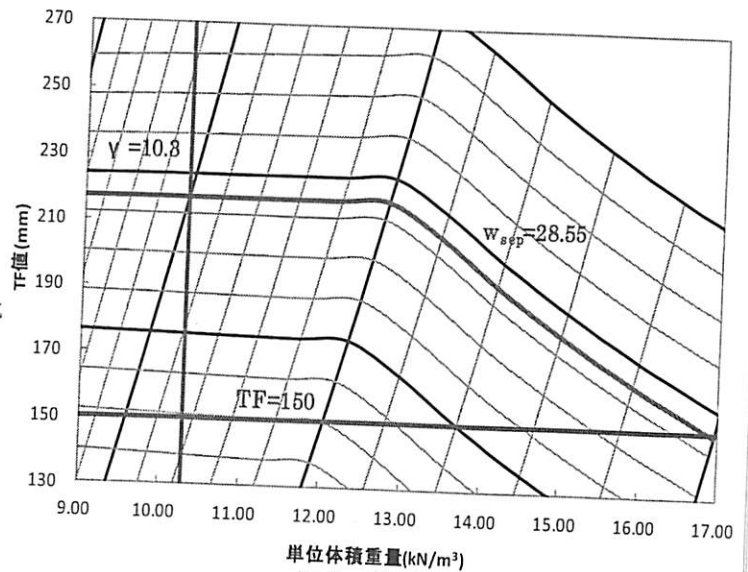


図6. 管理図