

高圧条件下および減圧条件下における気泡混合土の性状について

(株)大林組 正会員 ○荒井 総一郎 正会員 林 成卓
 正会員 松原 健太 正会員 武田 厚
 香川 敦 吉本 和哲
 菊池 常次

1. はじめに

気泡シールド工法では、掘削土に微細な気泡を注入することで、掘削土の塑性流動性と止水性を向上させて、切羽の安定とスムーズな排土を保つ。本工法は、砂礫層から粘性土層までの広い範囲の地層に適用できることや、消泡することで排出土が地山の土砂に近い性状に復元するため、発生土の処理・処分が容易であることから、多くの現場で適用されている。しかし、本工法は高圧条件下での施工実績が少なく、今後見込まれる大深度におけるシールド工事を考慮すると、適用性に関する知見を実験等で事前に収集しておくことが重要である。これまでは、基本性状の確認として、最大 2MPa の高圧条件下における気泡単体の消泡率の経時変化を確認し、起泡材の発泡性能が確保できることを確認している¹⁾。実施工では図1に示すように、チャンバー内で掘削土と気泡は攪拌・混合した状態となり、スクリーコンベヤー内で大気圧まで減圧される。そのため、高圧条件下においても、この気泡混合土が適切な塑性流動性を確保することと、減圧される過程において、消泡などにより流動性がなくなり閉塞することがないことを確認する必要がある。そこで今回は、気泡混合土を用いて、高圧条件下のチャンバー内を模擬した定圧試験と、チャンバー内からスクリーコンベヤーを通して徐々に減圧する状況を模擬した減圧試験を行った。本稿では、これらの試験結果について報告する。

2. 試験方法

高圧条件下における掘削土と気泡の攪拌・混合状態を模擬するため、図2に示す攪拌羽根を装備した耐圧容器（内径φ390mm、高さH645mm）に、試料土砂を入れて攪拌しながら、底部の吐出口より気泡を注入した。試料土砂は砂質土とし、配合および気泡混合率は、事前試験において実施工の気泡混合土性状に近い設定とした（表1）。表2に試験ケースを示す。耐圧容器内の圧力は、実施工にて適用実績のある 0.25MPa を基準とし、高圧条件として 1.0MPa、2.0MPa のケースを設定した。試験のステップは、図3に示すように、耐圧容器内の土砂を攪拌羽根にて攪拌しながらエアで所定圧力まで加圧し、気泡を注入してトルク値の経時変化を確認した。減圧試験においては、その後さらに攪拌しながら減圧し、減圧過程におけるトルク値の変化を確認した。

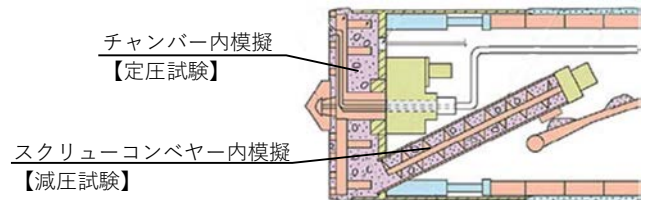


図1 気泡シールド工法掘削土イメージ

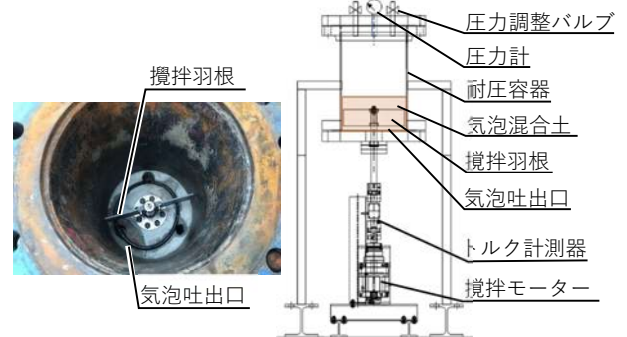


図2 試験装置

表1 試料配合

項目	条件
試料土砂	ケイ砂 5号+7号+水=22.5+22.5+9(kg)
含水比	20%
起泡剤	OL-10(Aタイプ)
溶液濃度	0.4%
発泡倍率	10倍
気泡混合率	18%

表2 試験ケース

ケースNo.	1	2	3	4	5	6
試験	定圧試験			減圧試験		
容器内圧力 (MPa)	0.25	1.0	2.0	0.25 →0	1.0 →0.2*	2.0 →0.4*

※減圧により膨張した気泡混合土が圧力調整バルブより噴出ししない圧力とした

キーワード シールドトンネル, 気泡, 高圧条件, 減圧

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB棟 (株)大林組 TEL 03-5769-1318

3. 結果

(1) 定圧試験結果

図4に定圧試験における気泡混合土の攪拌トルク値および回転数の経時グラフを示す。攪拌羽根の回転数は1rpmとし、網掛け部の時間に気泡を注入している。いずれのケースにおいても、①気泡を注入することで攪拌羽根のトルク値が下がり、②その後トルク値が上昇し、③さらに経過するとトルク値が平衡状態になることを確認した。これは、気泡が攪拌で緩んだ箇所に集中することで、一時的にトルク値が下がるが、攪拌を続けることで耐圧容器内全体の土砂と気泡が混ざり、平衡状態へ推移していると考えられる。気泡注入前から気泡注入後の平衡状態へのトルク値変化量は146~165Nmであり、気泡注入後、0.25MPaのケースと比較して1.0MPa、2.0MPaのケースにおいても、トルク値の急激な変動は見られず同様の傾向を示していることから、圧力による気泡混合土の性状への影響が少ないことを確認した。

図5に減圧試験の結果を示す。減圧速度は、実工事における気泡混合土のスクリーコンベヤー内通過時間を想定して0.1MPa/分とした。減圧過程においても0.25MPaのケースと比較して各ケースともトルク値が同様に低減していることを確認した。図6に減圧時における圧力率（減圧開始時の圧力を100%とした時の圧力の率。圧力が半分になった時50%）とトルク値を示す。減圧前のトルク値が同じ場合、圧力率によってトルク値が同程度となり、減圧前の圧力による影響が少ないことを確認した。

(2) 減圧試験結果

図4に定圧試験の結果を示す。減圧速度は、実工事における気泡混合土のスクリーコンベヤー内通過時間を想定して0.1MPa/分とした。減圧過程においても0.25MPaのケースと比較して各ケースともトルク値が同様に低減していることを確認した。図6に減圧時における圧力率（減圧開始時の圧力を100%とした時の圧力の率。圧力が半分になった時50%）とトルク値を示す。減圧前のトルク値が同じ場合、圧力率によってトルク値が同程度となり、減圧前の圧力による影響が少ないことを確認した。

4. まとめ

最大2.0MPaの高圧条件で定圧状態における気泡混合土が、適用実績のある0.25MPaの性状と同程度であることを確認した。また、高圧条件下からの減圧過程においても気泡混合土が、0.25MPaの性状と同様であることを確認した。

今後は、減圧時間の変化や、土砂や気泡の配合を変化させる等、高圧条件下における気泡シールド工法の知見を増やしていく予定である。

参考文献

1) 荒井総一郎他：気泡シールド工法の高水圧下における気泡性状，第76回年次学術講演会，VI-398，2021

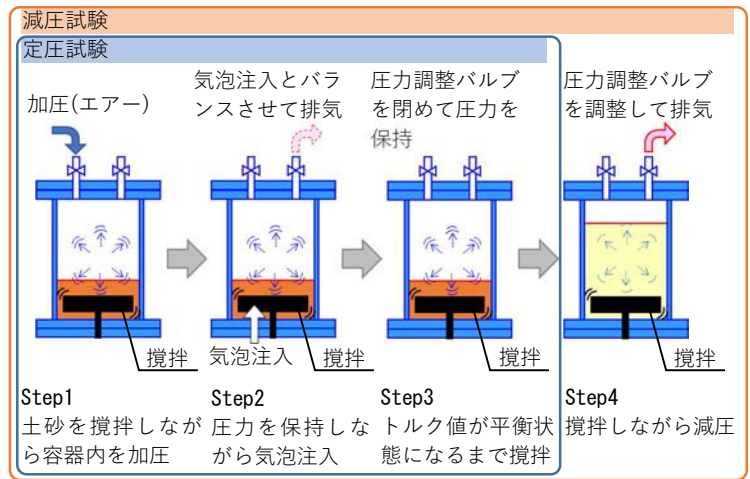


図3 試験ステップ

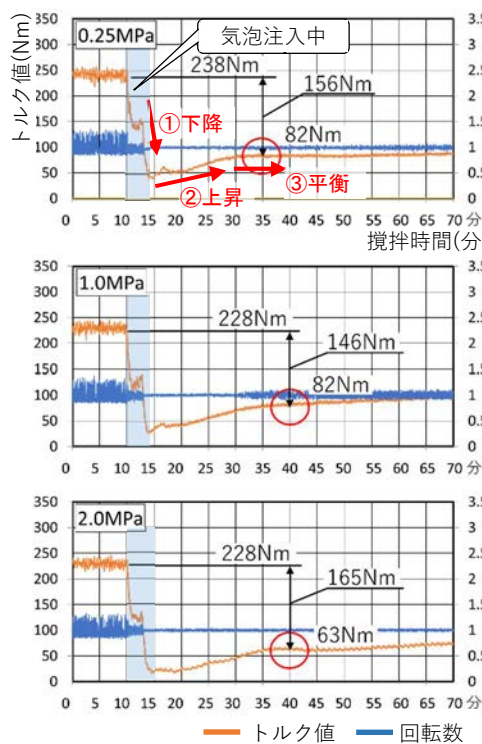


図4 定圧試験結果

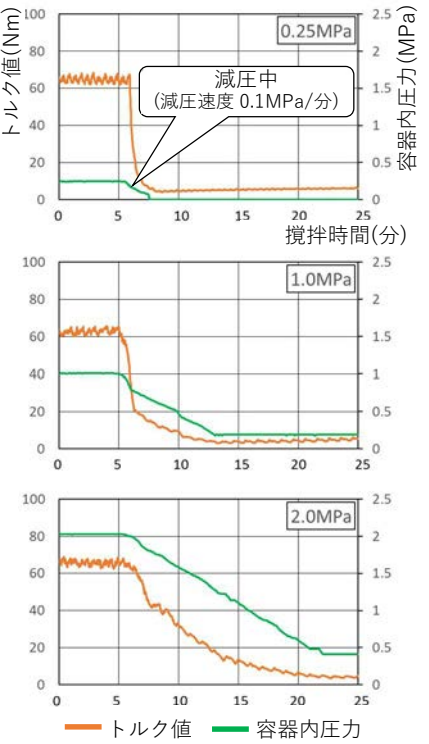


図5 減圧試験結果

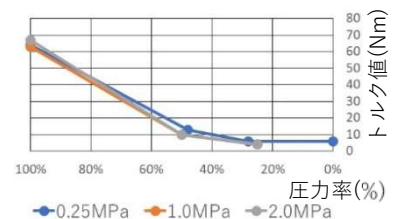


図6 圧力率とトルク値