

気泡シールド工法の高水圧下における気泡性状

(株)大林組

正会員

○荒井 総一郎

正会員

小澤 勇介

正会員

林 成卓

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、掘削された土砂内に微細な気泡を添加することで、掘削土の塑性流動性と止水性を向上させ、切羽の安定とスムーズな排土を保つことができる。最近では限られた土地を有効に活用するため、ライフラインの地下化、地下鉄の整備、水害対策、景観の保全対策など、多目的で複層的に地下利用が進んでおり、今後はさらに深層化し、高水圧下での施工が増加することが考えられる。しかし、当工法はこれまでの施工実績は多いものの、1MPa 以上での使用実績はなく、高水圧下においても気泡が消泡することなく必要な性状を維持できるのかについては知見が少ないのが実状である。そこで本稿では、最大 2MPa の耐圧性を有する耐圧容器を用いることで、高水圧条件下で起泡材が発泡する状況を再現し、その後の気泡の経時的な状況を確認したので、その結果を報告する。

2. 試験方法

図 1 に試験装置を示す。耐圧容器のサイズは、内径 φ390mm、内空高さ H645mm とした。耐圧容器には、圧力計、注入ライン、排出ラインを設置して、発泡装置で発泡した気泡を一定圧力に保持した状態で容器内に充填することができる。容器上面には確認窓を設置し、内部の気泡充填状況を目視確認できるようにした。また、容器内にフロート式液面レベルセンサを装備することで、消泡して溶液になり、容器底面に溜まった起泡材の液面高さの経時変化を計測することができるようにした。

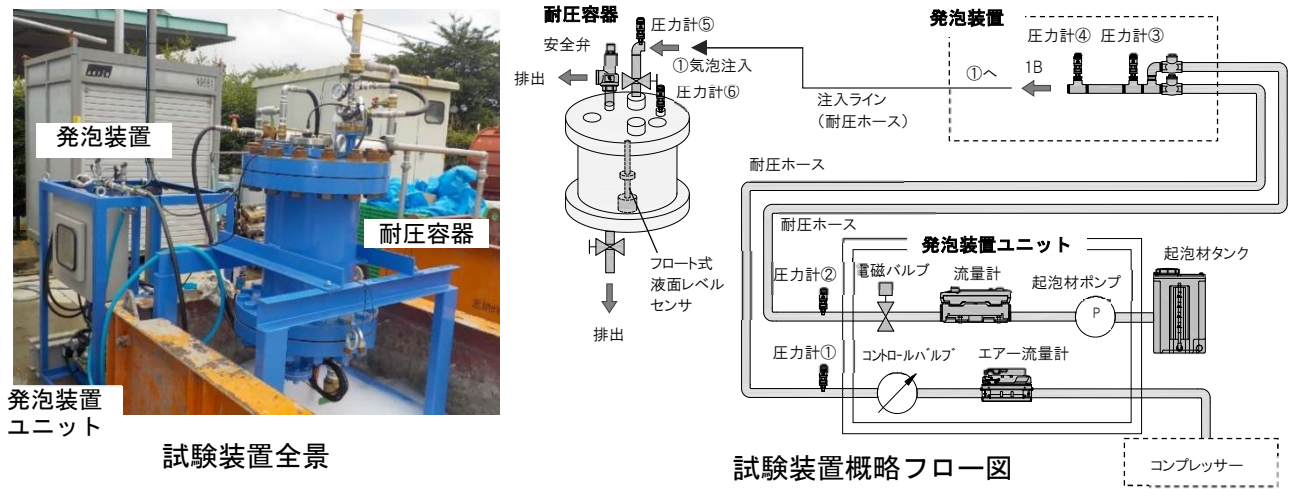


図 1 試験装置

本試験装置を用いて、表 1 に示す各試験ケースに対して、図 2 の試験ステップで、容器内に気泡を充填し、時間経過とともに容器底面に溜まっていく起泡材の液面高さの推移を計測した。

使用する起泡剤は、市販されている『OK-1』と『OL-10』の 2 種類とし、それぞれ起泡剤の水溶液である A タイプと、起泡添加剤を添加して気泡を安定強化させた B タイプの 2 タイプを使用し、合計 4 種類

表 1 試験ケース

ケースNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
起泡材タイプ	Aタイプ						Bタイプ					
起泡剤	OK-1			OL-10			OK-1			OL-10		
溶液濃度	1.0%			0.4%			1.0%			0.5%		
発泡倍率	10倍			10倍			6倍			6倍		
容器内圧力 (MPa)	0.25	1.0	2.0	0.25	1.0	2.0	0.25	1.0	2.0	0.25	1.0	2.0

キーワード シールドトンネル, 気泡, 高水圧, 消泡

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部シールド技術部 TEL03-5769-1318

の起泡材を用いた。また、圧力の違いによる消泡状況の傾向を確認するために、容器内の圧力は、0.25MPa、1.0MPa、2.0MPaの3ケースを設定した。OL-10の溶液濃度は、実証実験等を通し、OK-1と同程度以上の発泡性・気泡性能を有することを確認している配合とした。

3. 結果

全ての試験ケースにおいて、気泡充填時の容器上面にある確認窓からの目視確認により、良好な発泡状態が確保できていることが確認できた。気泡を容器に充填するために必要な起泡材の量は発泡倍率が大きいほど少ないため、最終的に容器底面に溜まる起泡材の量も異なる。そこで評価を揃えるために、消泡率（＝容器底面に溜まった起泡材の溶液量 / 充填に必要な起泡材の総溶液量）を計算し、各実験ケースを比較することとした。ひとつのケースに対して計測は複数回実施し、ケース毎の消泡率の平均値を比較に用いることで、データの信頼性が確保できるように配慮した。

図3にAタイプの消泡率の経時変化を示す。工事への適応実績のある0.25MPaのケースと比較して、1.0MPa、2.0MPaのケースでも急激な消泡率の上昇傾向はみられず、高水压下でも発泡した気泡状態を維持できることを確認した。同じ起泡剤では、圧力が大きいほど消泡率は小さく、30分経過後の消泡率は0.25MPaで76～84%に対して、2MPaでは47～48%に留まった。

図4にBタイプの消泡率の経時変化を示す。Aタイプと同様にどのケースにおいても急激な上昇傾向は見られず、1.0MPaを上回る高水压下でも発泡した状態を維持できることを確認した。消泡率が50%となる時間は、Aタイプでは14～33分であったのに対して、Bタイプでは5時間以上となっており、起泡添加剤の添加により気泡が安定強化され、消泡の進行が極めて遅くなることが確認された。

4. まとめ

耐圧容器を用いた装置により、最大2MPaの高水压条件下においても起泡材の発泡性能は確保され、また、圧力が大きいほど気泡として保持される時間が長いことが確認できた。さらに、起泡添加剤を加えることで気泡が安定強化され、消泡の進行が極めて遅くなることも確認できた。

今後は、より実際の排土状況を模した状況へと検討幅を広げるため、高水压状態で攪拌されている土砂に気泡を添加して、土砂および気泡の状態を確認する。さらにはチャンバー内の高水压状態からスクリーゲートでの大気圧状態へと徐々に減圧しながら排土していくことを再現した実験を行うことで、高水压下における気泡シールド工法の適用性を確認していく予定である。

参考文献

1)木村志照他：高発泡性能を有するシールドトンネル工事用気泡剤レオフォーム OL-10の現場適用，土木学会第71回年次学術講演会，VI-828，2016

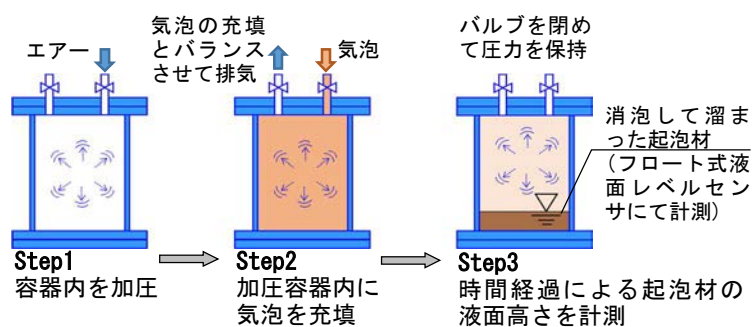


図2 試験ステップ

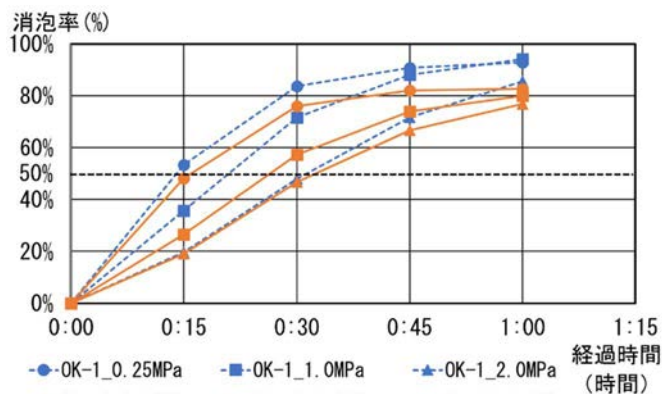


図3 Aタイプの消泡率経時変化

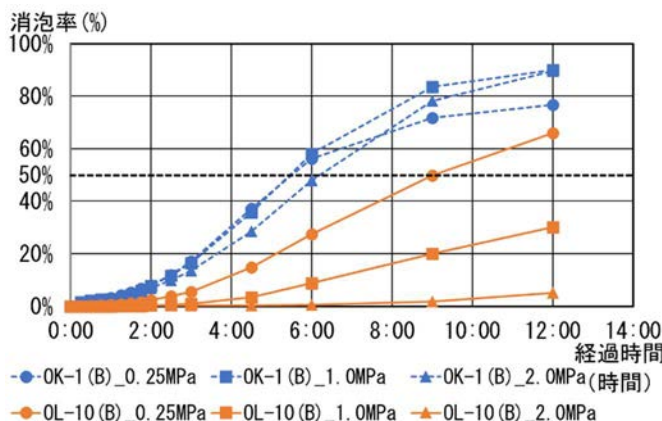


図4 Bタイプの消泡率経時変化