

圧力環境下での気泡性状の比較

(株)大林組 正会員 ○木村志照, 三浦俊彦

1. はじめに

泥土圧シールドの内、気泡シールドは切羽あるいはチャンバに気泡を注入し掘進する工法で、注入される微細なシェービングクリーム状の気泡が掘削土の流動性と止水性を保持しつつスムーズな掘進が可能となる工法である。近年の気泡シールド工事は大断面・長距離化が進み、さらに掘削深度も深くなり土圧が大きい条件も多くなっている。気泡は一般的に圧縮弾性があるため、多少の圧力変化では、変形追随し、その機能は維持されるものと考えられている。一方で、高水压下での気泡性状や気泡混合土の塑性流動性などまだよく解明されていない。最近ではこの課題に対し、荒井ら¹⁾は、最大 2MPa の高水压下での気泡の消泡性を比較し、圧力が高いほど消泡が遅くなったと報告している。また、三池ら²⁾は、圧力下での気泡混合土の流動性を検討し、気泡注入圧とチャンバ内の差圧比と塑性流動性に関係があること、注入率が高い場合は、その影響が小さくなることを報告している。このように様々なアプローチで検討が行われている。

本検討では、圧力下での気泡混合土性状に資する基本情報として、大気圧下での気泡性状と、圧力下での気泡性状の違いを、「圧力、起泡剤種類、起泡剤濃度、発泡倍率」をパラメータとして消泡性を比較検討した結果を報告する。

2. 気泡の消泡性試験

性状を目視確認するため、アクリル製容器へ気泡を注入し、圧力等の条件を変え、消泡性を評価した。

2. 1 試験方法 図1に試験系を示す。設定圧力に調整した模擬チャンバに気泡を注入している。溶液は圧縮空気を送液し、調整弁で流量を調整、空気量も同様に流量を調整し設定発泡倍率で発泡させた。発泡倍率は、気泡体積（アクリル容器内に充填された気泡高さ）と、模擬チャンバの重量変化の実測から算出した。表1に試験ケースを示す。起泡剤は「レオフォーム®OL-10」を用い、比較剤として「OK-1」を用いた。起泡剤濃度は0.5%～3.0%とし、発泡倍率は10倍および25倍とした。圧力条件は「大気圧」「0.2MPa」「0.3MPa」の3水準としている。なお、圧力設定は、使用しているベビーコンプレッサーの吐出圧力と気泡注入時に必要な差圧から、上限を0.3MPaとした。また、圧力下への気泡時の空気流量は、式(1)で算出される大気圧での発泡倍率（ FER_0 ）として換算した発泡倍率となるよう流量調整している。

$$FER_0 = 1 + (FER_p - 1) \{ (P + P_{atm}) / P_{atm} \} \quad \text{— 式(1)}$$

ここで、

- FER_0 : 大気圧下での発泡倍率
- FER_p : 所定の圧力下における発泡倍率
- P : 所定の圧力 (kPa)
- P_{atm} : 標準大気圧 (kPa)

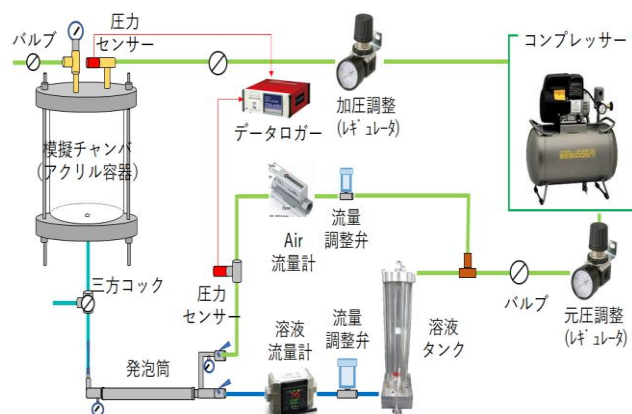


図1 試験系の模式図

模擬チャンバに所定の気泡を注入し、消泡の経時変化（最大 150 分）を消泡率として計測した。消泡率の測定は、消泡し溶液となった液量（液高さ）と、注入気泡液量（＝気泡体積／発泡倍率）の割合で求めている。

キーワード 気泡シールド, 気泡, 消泡

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 TEL 050-3828-7695

表 1 消泡性試験ケース

Case No.	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	4-1	5-1	5-2
起泡剤	レオフォーム OL-10						OK-1	
濃度	0.5%		1.0%		3.0%	1.0%	3.0%	3.0%
発泡倍率	10 倍		10 倍		25 倍	10 倍	10 倍	10 倍
圧力	0.3MP	0.2MPa	0.3MP	0.2MPa	0.3MPa	大気圧	0.3MP	0.2MPa

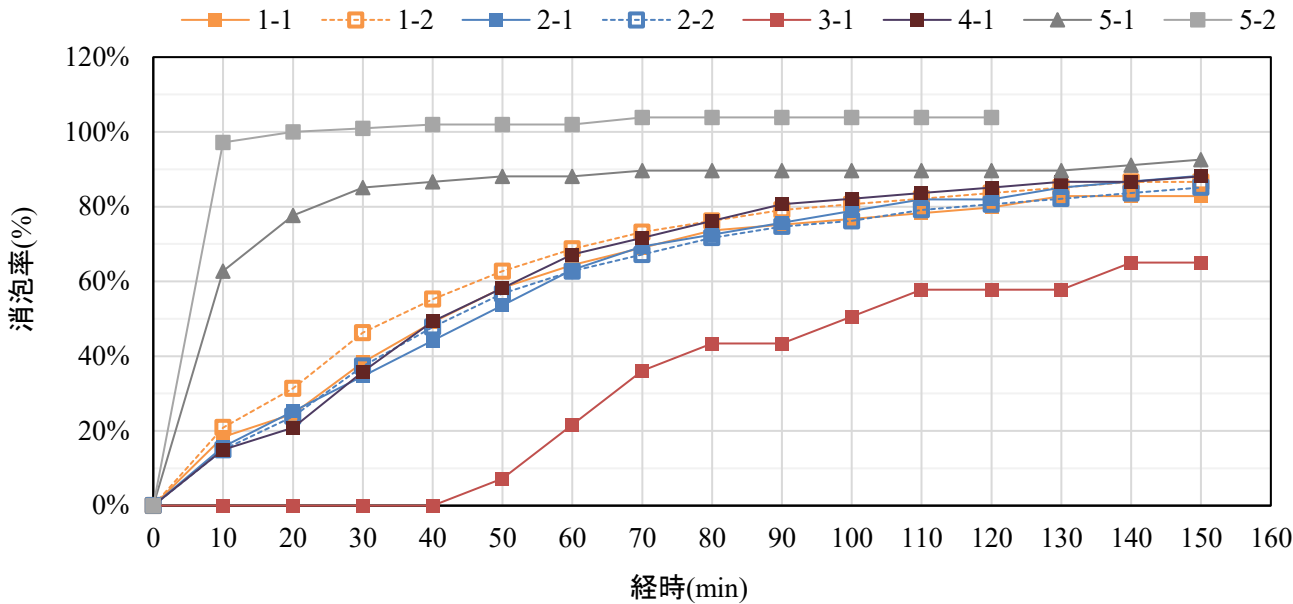


図 2 消泡性試験結果

2.2 試験結果 図2に消泡性試験結果を示す.レオフォーム®OL-10の推奨配合である起泡剤濃度1.0%,10倍発泡の結果を比較する.60分経過時点で圧力環境下のNo.2-1およびNo.2-2では約63%,大気圧下の約67%,90分経過時点でNo.2-1およびNo.2-2では約75%,大気圧下の約80%となり,最終150分経過時点では約85~88%と相違はなかった.一方,濃度0.5%と下げた条件であるNo.1-1およびNo.1-2では開始30分でやや消泡が進んでいるように見えるが,その後同程度の消泡となった.また,高濃度高発泡条件であるNo.3-1では消泡が遅く,150分後でも消泡率が約65%となった.さらに起泡剤種類の比較としてOK-1濃度3%のNo.5-1およびNo.5-2も実施したが,消泡が早く,開始30分後には85%以上とほぼ消泡していた.どちらのケースもメスシリンダーを用いた大気圧環境下での通常の消泡試験と同様な傾向であった.

以上より,圧力環境下においても気泡の消泡性は変わらない結果となった.これは,注入圧力と周辺圧力とのバランスで気泡が生成し,その圧力バランスが変化しない環境においては大気圧環境下と同様な気泡性状を有することを示してるものと考えられる.

3. まとめ

圧力環境下における気泡性状として消泡性を比較検討した.結果,圧力環境下にも大気圧環境下でも発泡時の圧力バランスを保持した状態であれば,その気泡性状に違いがないことがわかった.

参考文献

1) 荒井他:気泡シールド工法の高水压下における気泡性状,土木学会第76回年次学術講演会,VI-398,2020
2) 三池他:シールド工法に適用される気泡混合土の流動性とその影響要因,土木学会第77回年次学術講演会,III-99,2021