

シールド工事における添加材自動制御システムの開発

(株)大林組 正会員 ○岩田 朋也
正会員 河口 琢哉

正会員 林 成卓
正会員 相馬 佳奈美

1.はじめに

近年、建設業界において人口減少や高齢化が進んでおり、シールド工事においても高い技術力を持ったマシンオペレーターや坑内作業員等の不足が課題となっている。これらへの対応として、弊社ではシールド自動化システム「OGENTS(図-1)」の開発に取り組んでいる。OGENTSとは、シールド掘進に関わる6つの作業の自動化要素技術を個別に開発し、それらを統合することで、シールド掘進作業の全体を自動化するシステムである。本稿では、6つの要素技術のうち「シールド自動運転(OGENTS/DRIVE)」に係る技術の1つである、添加材の注入を自動で制御する「添加材自動制御システム」について、システムの概要と実現場で実施した予測精度の検証結果を報告する。

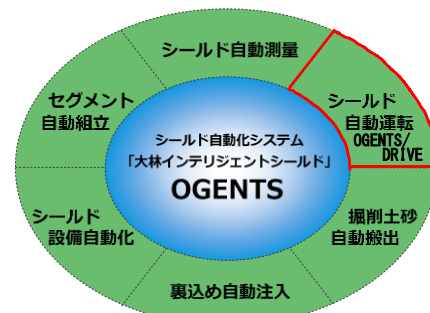


図-1 シールド自動化システム

2.添加材自動制御システムの概要

添加材自動制御システムは、弊社で開発した掘削土砂の流動性を把握できる「チャンパー内の土砂流動管理技術²⁾」を応用している。この技術は、図-2に示すフラッパーをシールド機の隔壁に設置して、掘進中に得られるフラッパーの回転トルク値を用いた3次元流体解析で得られる粘度から、チャンパー内の土砂の流動性を把握するものである。これまでは、得られた粘度を参考にしながらマシンオペレーターが手で添加材の注入率を設定していたが、添加材自動制御システムを追加することで、粘度に応じた最適な注入率を自動で設定できる(図-3)。

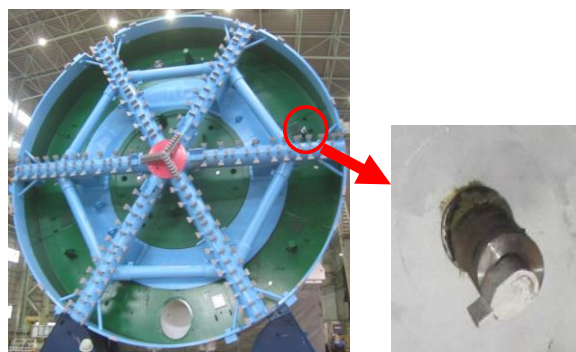


図-2 フラッパー

3.添加材自動制御システムの検証

(1)概要

気泡シールド工法を用いたシールド工事に添加材自動制御システムを適用した。はじめに、マシンオペレーターが設定した実注入率と指標とする粘度の関係を分析し、注入率の算定方法を設定した。その後、実注入率と算定した予測注入率を比較して、システムの妥当性を検証した。さらに、同じ土質でも添加材の種類によって塑性流動状態が異なり、最適な注入率が変わることとを考慮して、気泡発泡倍率を変えた場合に対しても検証を行った。

(2)粘度と実注入率の関係

気泡発泡倍率を6～8倍として、粘性土層を掘進した際の実注入率と粘度の関係を図-4に示す。粘度が大きくなるとマシンオペレーターの注入率も大きくなっており、実注入率と粘度に正の相関があることが確認さ

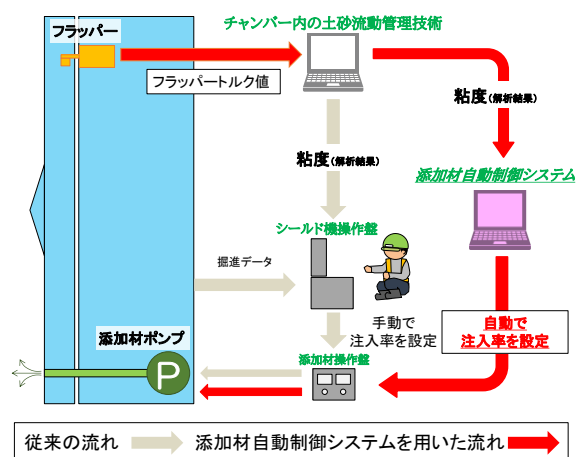


図-3 添加材の注入率の制御方法

キーワード シールド, 自動運転, 添加材, 気泡

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

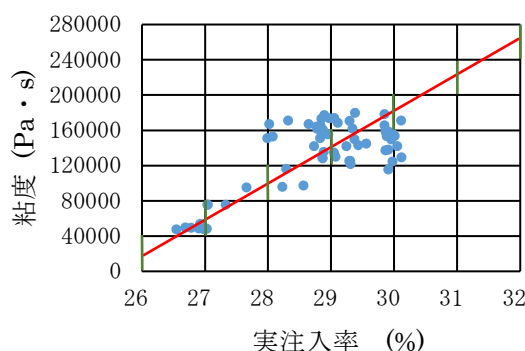


図-4 実注入率と粘度の関係

れた。この関係を用いて、粘度の値から注入率を予測することを試みることにした。予測注入率を設定する際には、粘度について注入率に対する閾値を設定し、マシンオペレーターと同様、注入率を1%刻みで制御できるようにシステムを構築した。

(3) 予測注入率と実注入率の比較

表-1 に予測注入率閾値表を示す。閾値の設定は注入率と粘度の相関に合うように、図-4 に図示した赤線に倣って値を定めた。図-5 に実注入率と予測注入率の比較図を示す。実注入率と予測注入率は概ね一致しており、実注入率が上昇している280R から290R にかけて予測注入率も同様に上昇しており、マシンオペレーターの操作を上手く表現できていることが分かる。

(4) 異なる気泡発泡倍率に対するシステムの適用

図-6 に気泡発泡倍率を2倍に下げて掘進した箇所における、実注入率と予測注入率の比較図を示す。

表-1 の閾値表を用いた予測注入率(A)では実注入率を大きく上回っており、気泡発泡倍率を変更すると、注入率の算定手法を変更する必要があることを示す結果となった。そこで表-2 に示すように、粘度の閾値に対する予測注入率の値を変更し、再検討を行った。その結果、表-2 の閾値表による予測注入率(B)は実注入率に対しやや誤差があるもの、実注入率の平均値が10.97%、予測注入率の平均値が10.85%と概ね一致した。以上のように、粘度を用いた注入率の予測システムの有効性が検証され、気泡発泡倍率が変わった場合には、閾値を変更する必要があることが確認できた。

4. 今後の展望

今回、チャンバー内の土砂流動管理技術より得られる粘度をもとに注入率の予測を行い、実注入率を精度よく再現できることを確認した。また、異なる添加材で掘進する際は、閾値を変更する必要があることが分かった。今後は異なる土質条件やマシン条件等での検証を行い、更なるデータの蓄積とシステム精度の向上を図り、添加材自動制御システムの実用化を目指す。

【参考文献】

- 1) 林成卓：シールド自動化システム「OGENTS」におけるシールド機方向制御の自動化，2022年度「新技術・新工法に関する講習会」，2022
- 2) 香川敦他：チャンバー内土砂流動性可視化システムの開発，土木学会論文集，2017

表-1 予測注入率閾値表

粘度 (Pa・s)		予測注入率 (%)
～	40000	26
40000	～ 80000	27
80000	～ 120000	28
120000	～ 160000	29
160000	～ 200000	30
200000	～ 240000	31
240000	～	32

表-2 予測注入率閾値表 (変更後)

粘度 (Pa・s)		予測注入率 (%)
～	40000	8
40000	～ 80000	9
80000	～ 120000	10
120000	～ 160000	11
160000	～ 200000	12
200000	～ 240000	13
240000	～	14

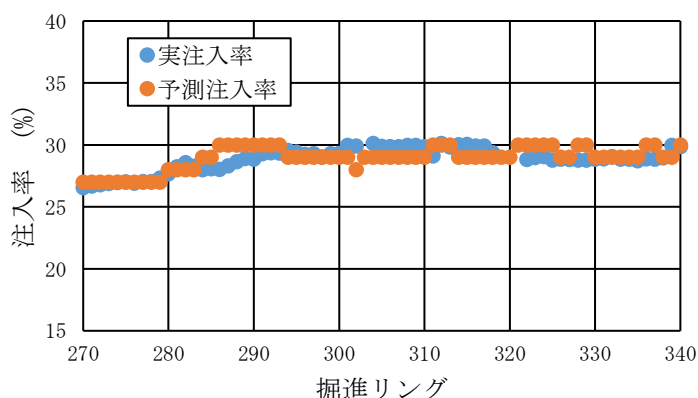


図-5 実注入率と予測注入率の比較

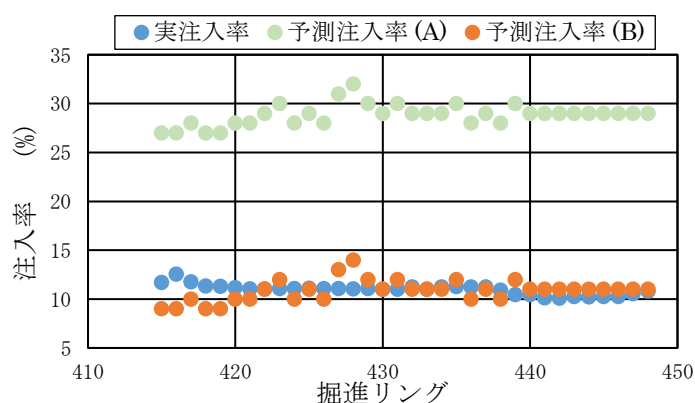


図-6 実注入率と予測注入率の比較(気泡発泡倍率:2倍)