

溶液型注入薬液を対象とした pH 調整型作液システムの開発

東興ジオテック（株） 正会員 〇大野 喜代孝 岡田 宙
大成建設（株） 正会員 松井 秀岳 石井 裕泰

1. はじめに

薬液注入工法は、既存施設周りの狭隘部や空頭制限下での適用に適した工法として、液状化対策や止水対策で一般的に使用される技術となっている。施工を通じて良好な改良効果を確保するためには、注入管の建て込みから薬液の供給に至る「注入作業」に並び、現場プラントで薬液を混合製造する「作液作業」についても、適切な管理に努める必要がある。特に、作液から固化に至るまでのゲルタイムは改良品質を左右する主要因とされており¹⁾、実施工においてはゲルタイムとの相関²⁾が認められている薬液 pH を指標とし、作液ならびに注入管理にあたる³⁾ことが求められる。

以上を背景に著者らは、一般的な重量バッチ方式とは異なる pH 管理を重視した作液プラントの開発にあっている。室内試験で事前に特定した示方配合に基づく定量混合を基準にしつつ、施工時の構成材料状態や配合水性状に応じた pH の変動に対しては、調合量を微修正して目標 pH の確保にあたる。

本稿では、試作した「pH 調整型作液システム」について、システムの概要と機能確認結果について報告する。

2. pH 調整型作液プラントの概要

今回開発した作液システムを構成する機械の一覧表を表-1 に、大容量混合槽の平面および断面図を図-1 に示す。A 液および B 液を用いた作液には従来プラントを転用しつつ、両液を混合・攪拌させる部分を汎用型プラント ASM-M（混合槽：500L）をカスタマイズ利用した。混合槽には市販の 1,000L 角型ダライイトタンクを用いて、大容量化した混合槽の攪拌性能を確保するために 1.5kW-1/10 ギャードモーター駆動の攪拌翼を 3 基設置した。作液中の pH を検知・記録するために混合槽内に、図-2 に示すプロミネント製の樹脂製電極（測定範囲：0～50℃で pH 0～12）を用いた pH 計を最大 4 基装備した。

あわせて A 液および B 液の送液ラインには、流量計を設置した。以上の装備は制御盤を介して PC に接続し、先行投入した A 液に B 液を加えていく図-3 に従う作液を監視・制御するシステムに統合した。あらかじめ設定した混合槽 pH や投入量の指定値に

表-1 使用機械一覧表

機械名称	規格	寸法 L×W×H (m)	重量 (kg)	動力 (kW)	備考
ASM-A (大容量薬液混合装置)	300ℓ/min	2.10×1.43×2.44	1,400	12	A 液、B 液 作液プラント
ASM-K (大容量薬液混合装置)	計量容量：400ℓ 槽容量：500ℓ	1.30×0.70×0.90	37	0.75	造粒シリカ材料、 酸性反応剤計量用
ASM-M (改良型) (大容量混合槽)	攪拌容量：800ℓ 槽容量：1,000ℓ	2.00×1.50×1.50	800	15	AB 混合
YD-4003 (マグネットポンプ)	200ℓ/min	0.49×0.26×0.26	27.5	2.2	A 液投入用 AB 液移送用
TOS-G10 (送液ポンプ：B 液①)	130ℓ/min	0.75×0.50×0.60	570	11	B 液一次投入用
NPOT-30T (送液ポンプ：B 液②)	120ℓ/min×2	1.15×0.56×0.71	220	2.2	B 液一次、二次、 三次投入用
耐酸型 電磁流量計	400ℓ/min	0.60×0.40×0.40	30	—	A 液用流量計
MGR2000AJ-50 (流量計：B 液①)	300ℓ/min	0.31×0.23×0.20	20	—	B 液一次投入用
HRC-120K (流量計：B 液②)	600ℓ/min	0.30×0.22×0.32	16	—	B 液一次、二次、 三次投入用

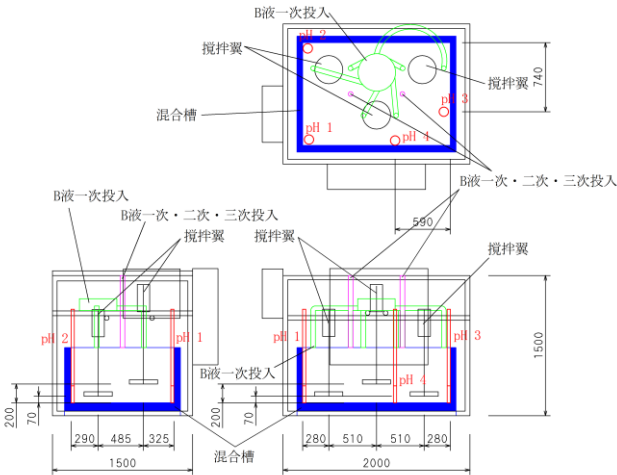


図-1 混合槽平面・断面図

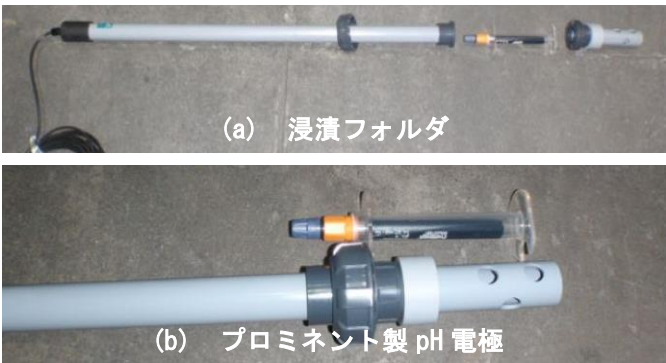


図-2 pH 計測装置写真

応じて、各送液ポンプの流量をインバーター制御により自動切り替え、停止する機能を装備した。

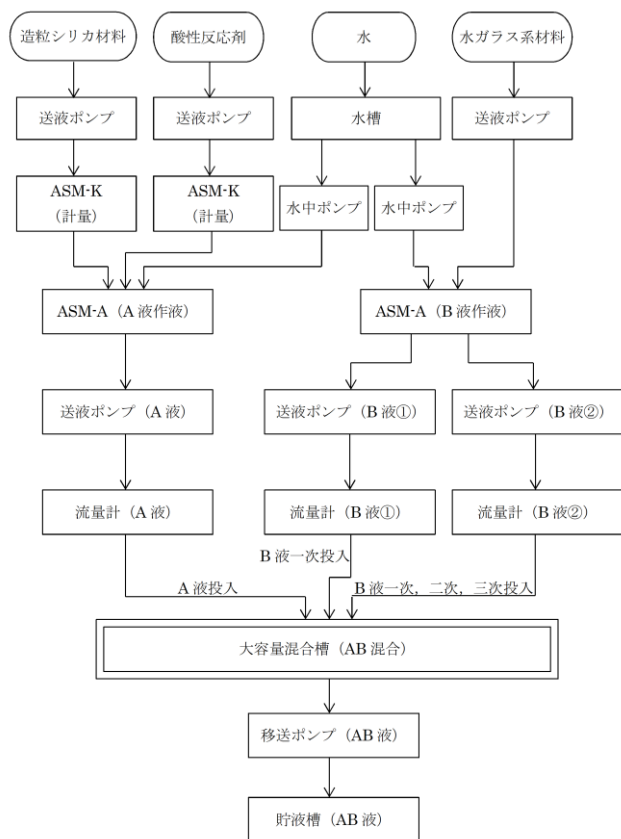


図-3 作液手順フロー

3. 検証実験

作液実験時のプラント全景写真を図-4 に示す。検証実験における 1 バッチ作液量は、混合槽容量の 8 割にあたる 800L とした。混合槽への投入に先立ち A 液および B 液は、それぞれ 1 バッチ：400L、作液能力：300L/min にて作液した。

管理・制御システムとしての機能を確認する検証実験として、B 液を以下のように 3 段階投入に設定し作液を行った。

A 液投入：供給速度 400L/min

B 液一次投入：混合槽 pH が 1.5 になるまで 120L/min

二次投入：同 pH が 2.5 になるまで 20L/min

三次投入：同 pH が 3.0 になるまで 1L/min

作液制御の結果を図-5 に示す。上段に示す各液の投入量と投入速度の時刻歴から、3 段階投入が機能したことを、下段に示す混合槽 pH、B 液流量の時刻歴から、各閾値 pH に合わせて B 液供給が切り替わったことが確認できる。以上は指示設定に従った制御が意図したとおり行われたことを示す。

作液中の状況は図-6 のように PC 画面に表示され、データが適切に記憶媒体に収録されたことを含めて、目的とした監視・制御機能の実現を確認した。

4. おわりに

設定した目標 pH にあわせた現場作液を可能とする pH 調整型作液システムを開発し、混合槽内 pH に基づく制御が意図した通り機能することを確認した。pH 調整精度と作液時間短縮を両立する本システム



図-4 プラント全景写真

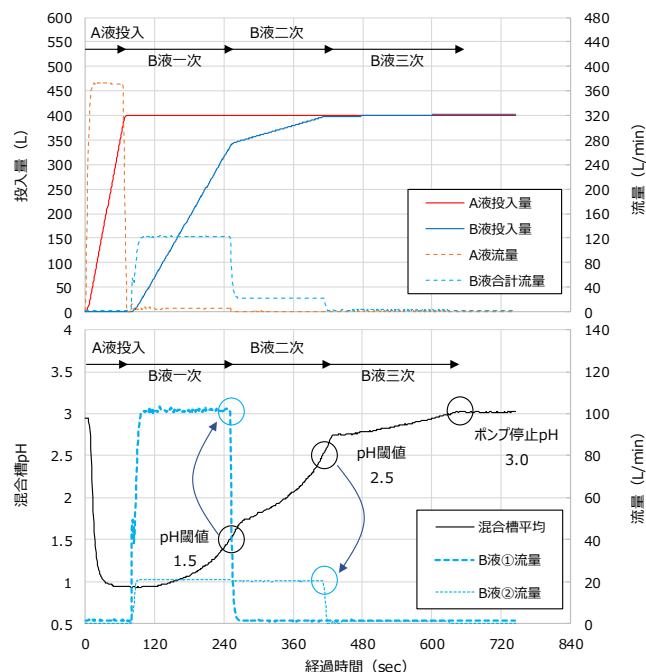
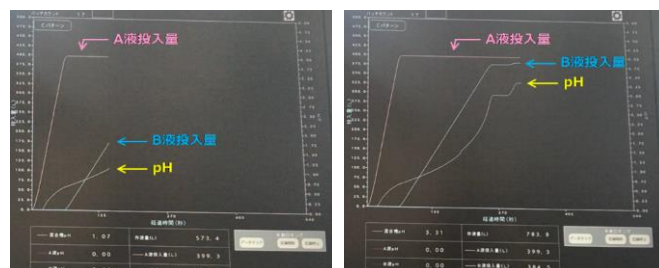


図-5 作液制御の結果

図-6 作液過程の時刻歴表示
(上記実験とは異なるケースの例)

の運用方法については、別報 4) の検討を参照されたい。

<参考文献>

- 1) 林他：溶液型薬液注入工法の施工管理方法に起因する改良土の強度低下のメカニズム，土木学会 C (地圏工学)，Vol.70，No.4，pp.387-394，2014。
- 2) 佐々木他：薬液注入工法における非アルカリ系注入材の主剤が固化特性に及ぼす影響，土木学会論文集 C (地圏工学)，Vol.74，No.1，pp.92-105，2018。
- 3) 国土交通省：薬液注入工法による地盤改良工事に係る適切な施工管理等について，国技第 27 号・国空技第 111 号，2017。
- 4) 松井他：溶液型注入薬液を対象とした pH 調整型作液システムの制御法の検討，第 75 回土木学会年次学術講演会，2020 (投稿中)。