

11、薬液注入工について

(1) 薬液注入工の概要

- ・薬液注入工とは、地盤の強化や透水性の減少を目的として、地盤内に薬液を注入する工法です。近年では、鉄道路線に近接した工事をはじめ、ダム工事、河川工事、山岳トンネル工事、また大規模地震時に発生が懸念される地盤の液状化への対策など、様々な工事の場面で薬液注入工が用いられています。
- ・薬液注入工では、地盤内に注入材を注入していくのですが、地盤の状況により図11-1のように大きく4つの注入形態に分類されます。
- ・特に山岳トンネルは、主に岩盤内への注入となるため、注入箇所ので地盤状況に合わせて注入形態を選定し、施工する必要があります。

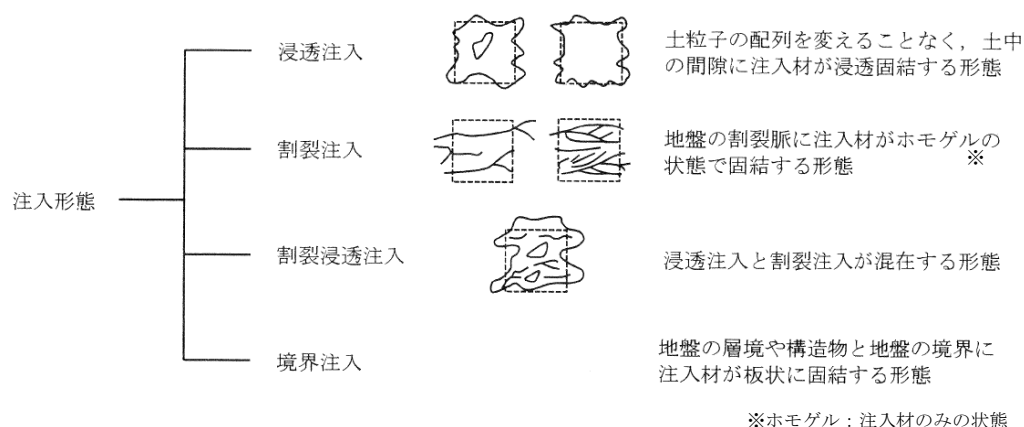


図 11-1 注入形態の分類

※注入の設計施工マニュアル 鉄道総合技術研究所

- ・薬液注入を計画するためには、注入を行う地盤が有する透水性や詳細な地質の状況把握が必要不可欠です。ボーリング調査により、コアボーリングから岩石試料を採取して直接確認することや、ボーリング孔を活用した注水試験で地盤の透水係数を把握して、湧水量の低減に必要な目標透水係数を設定するなどして、薬液注入の設計を行います。
- ・注入工法や注入材料の選定にあたっては、ボーリング調査の結果をもとに、トンネル工学や地下水学などに詳しい専門家のご意見を伺って、適切な方法を策定し丁寧に進めていきます。

- ・注入材は、大きな分類として溶液型か懸濁型で分類され、それぞれの材料によって、特徴や発揮される効果などの違いがあります。(図 1 1 - 2)

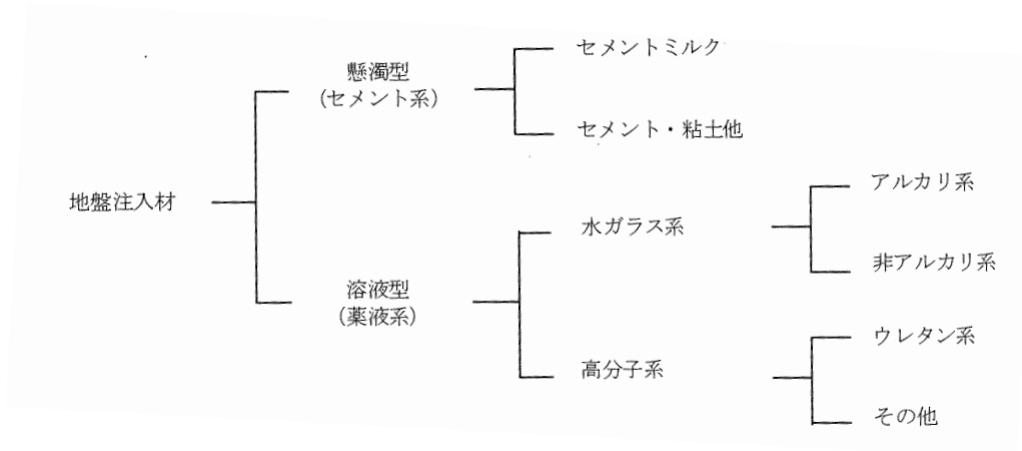


図 1 1 - 2 注入材の種類

※山岳トンネルの補助工法 土木学会

- ・注入材は種類により、ゲルタイムと呼ばれる、注入材と湧水が触れてから固化するまでの反応時間を設定できます。
- ・水ガラス系（水ガラスとは、ケイ酸ナトリウムが溶け込んだ液体であり、注入後、化学反応により固化する物質）は、ゲルタイムをコントロールしやすく、早期の湧水低減や岩盤でクラック部に注入材を浸透させる必要があるような場合に適用していきます。
- ・懸濁型（セメント系）は、セメントを主材料とした注入材であり、ゲルタイムは水ガラス系よりも長いため、固化するまでの時間は長くかかりますが、固化強度は大きく、長期的にも安定した改良体を構築できます。割裂注入により、クラック部を補強できる効果が得られます。
- ・注入材は、さまざまな性質や特徴を有しており、注入を行なう施工状況に応じて適切な材料選定を行っていきます。

(2) 山岳トンネルにおける薬液注入工

1) 薬液注入工の計画と施工フロー

・(1) で紹介したとおり、山岳トンネルにおいても、薬液注入を行うことがあります。山岳トンネルにおける薬液注入は、注入を行う目的や期待する効果によって、実施方法等は多岐に亘ります。

・例えば、山岳トンネルで注入により対策を行う必要性が考えられる場合としては、

①トンネル切羽の安定性を確保しつつ、湧水量を抑制する場合

②予期せぬ切羽の崩壊が起こった場合

③大量の湧水が生じた場合

などが挙げられ、対応を要する事象に合わせて、計画、設計していく必要があります。

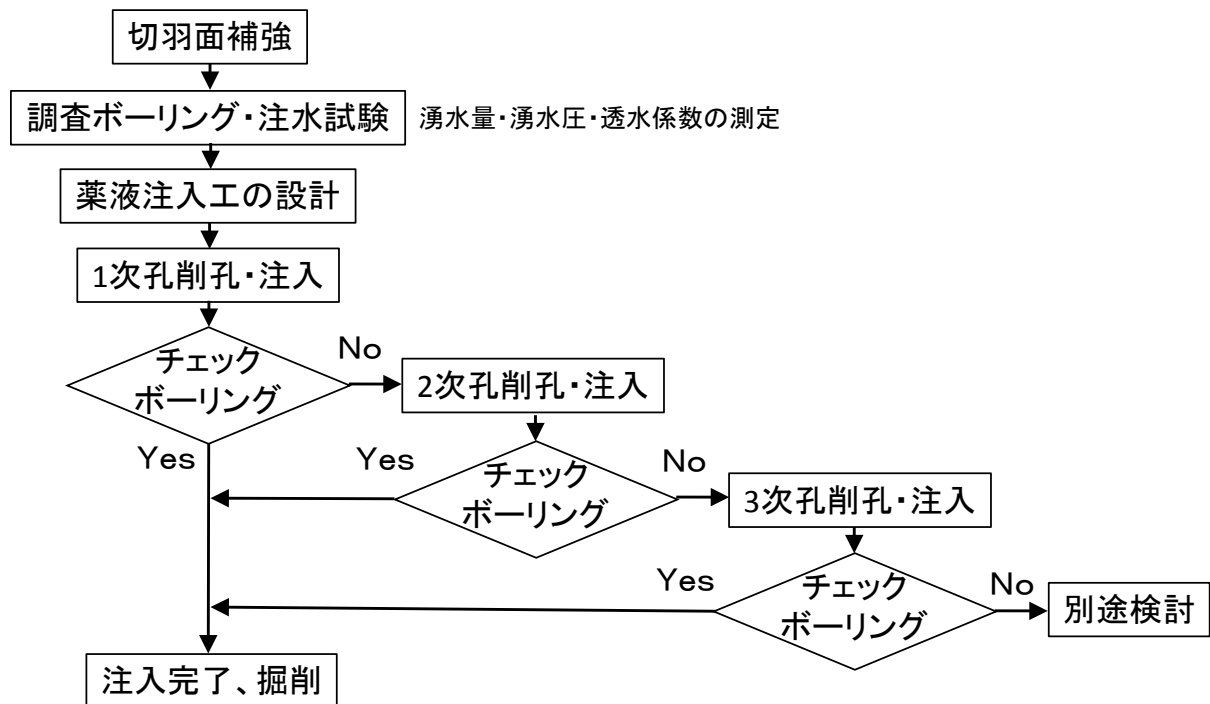


図 1 1 - 3 薬液注入工の施工フロー

- ・山岳トンネルにおける一般的な薬液注入工の施工フローを図 1 1 - 3 に示します。
- ・注入に先立ち、切羽面を吹付けコンクリートで補強します。この目的は、トンネル切羽付近で作業する作業員の安全確保や、注入材を地盤内へ注入する際、トンネル内に注入材が逆流しないよう補強するためのものです。
- ・次に、事前の調査ボーリングにより、トンネル前方の湧水量や湧水圧、注水試験により、注入を行う前の透水係数を測定します。
- ・その結果を踏まえて、注入工法、注入材、注入範囲、注入圧等に関する設計を行います。
- ・その後、1次孔削孔を行い、注入を行います。注入材は、対策の内容や規模、注入箇所状況等を勘案して設定します。
- ・注入後は、チェックボーリングにて注水試験により透水係数を確認します。透水係数が目標を達成していれば、注入は完了としてトンネル掘削を進めます。目標に達していない場合は、2次孔削孔・注入を行い、再度、透水係数を確認します。
- ・このように、改良目標として設定した透水係数となるまで注入を繰り返し施工していきます。

2) 南アルプストンネルにおける対応

- ・南アルプストンネルでは、高速長尺先進ボーリングを活用してトンネル前方の状況を慎重に確認し、トンネル掘削を進めて行きます。
- ・高速長尺先進ボーリングにて、地質の悪い区間や湧水が急激に増加する区間、断層や破碎帯などが確認された場合は、トンネル湧水量がさらに多く発生するリスクがあるため、状況により追加のボーリング調査を行なったうえで、必要に応じて、薬液注入を施工し湧水量を低減していきます。

なお、追加のボーリング調査は、地表部から実施可能な調査箇所を選定は難しいため、トンネル坑内から実施していくことで考えています。

- ・モニタリングの状況を踏まえ、更なる湧水低減対策等が必要な場合は、薬液注入工の範囲の変更や、異なる種類の薬材を使用するなど、注入工法や注入材を含め追加の対策を行うことで、湧水量を低減していきます。

- ・山梨県境付近の断層帯のように、特に土被りが大きい箇所等では、高圧の大量湧水が発生するリスクがあります。

高圧の大量湧水区間では、薬液を注入しようとしても水圧に押され、うまく地盤内に注入されず、トンネル内へ薬材が流れ出てしまうことも考えられるため、必要により、追加のボーリング等で一時的にトンネルのごく周辺の水圧を下げたうえで、薬液注入の施工を行います。

- ・薬液注入の計画は、地盤状況に応じた設計を行っていくことが肝要であるため、事前に実施する高速長尺先進ボーリング・コアボーリング等の調査結果や、過去に薬液注入を行いトンネル掘削した事例を参考にしながら、進めてまいります。