

Ⅲ－B 290 薬液注入時のp-t 曲線形による浸透状況の推定の可能性

早稲田大学 名誉会員 森 麟
大木建設（株） 正会員 江本佑橘
（財）電力中央研究所 正会員 小峯秀雄
J R 西日本 正会員○福井義弘

1. まえがき

現場における注入中に薬液の浸透状況がリアルタイムに把握できれば、それに応じて注入管理ができ、薬液注入工法の信頼性が格段に向上できる。この目的に最も利用できそうに思えるものは、注入時に1ステップ毎に必ず計測記録するp-q チャートのうち、注入圧pの時間的変化を示すp-t 曲線である。

p-t 曲線の形状から薬液浸透状況の推定の可能性を検討するには、注入地盤と薬液浸透状態に関する情報が相当に把握される試験注入や地盤の割裂状況の分かる q_{cr} 測定試験^{1), 2)}をかなり行う必要がある。本研究はこれらの試験などから収集した多数のデータを分析・検討した結果について報告する。

2. 検討データの注入工法と薬液および注入地盤

p-t チャートの形状を決める注入圧pの大きさは、薬液の粘性、注入速度q、地盤の透水性、割裂発生状況および注入孔付近の薬液注入面の大きさ A_0 に支配される。このうち A_0 が注入中に変化すると、それだけで浸透状況の分析は困難となるので、今回は2重管ダブルパッカー工法に限定した。薬液には注入中にゲル化しない水ガラス系の緩結性シリカライザーを用いた。検討したp-t 曲線は主に東京区部の洪積地盤に試験注入で得たものである。本注入に先立って行うセメント・ベントナイトの一次注入が周辺地盤を大きく変化させる場合や、本注入でシルグラウトを割る方法のものはp-t 曲線にかなり影響することがあるので、その判別を地盤との関連などで行う必要がある。

3. 得られたp-t 曲線形状の基本分類とその浸透状況

p-t 曲線の形状は一見かなり多様であるが、基本形状としては、ほとんど次の8種程度のタイプに分類できる（図1参照）。これらのタイプの浸透状況は割裂発生状況に主に支配されるので、この状況で推定した。割裂状態は q_{cr} 試験で得た多数のp-t 曲線形と割裂状態との関係および現場の固結調査結果から推定した。

①水平線型

この場合には次のa, b, cの3種類の割裂形態があることが分かった。すなわち、a. 割裂がほとんど生じない場合、b. 割裂が注入開始後、瞬時に完了してしまう場合。しかし、割裂の規模は、大きい場合も小さい場合もあり、その判別は困難。c. 粘性土地盤で注入量のほとんどが割裂となってしまう場合（これは今回のデータ中に無いが、数多くの事例から広く知られている）。この場合は地盤調査で分かるので区別できる。

②下り勾配型

注入中にも割裂が進行して行く場合、注入中に水平化すれば割裂はその時点で進行停止している。一般に勾配が大きいほど進行速度が大。割裂には①b. の分も加わり、割裂総量の大小は現状では不明。この下り勾配になるものが、洪積砂地盤ではかなり多い。

③上り勾配型

これは注入中に注入孔周辺地盤の間隙圧が上昇するもので、割裂は無い小さい。注入孔位置の上と下に透水性の小さい層が存在する場合やその他で、注入量の一部が滞留し易い場合。このタイプは①、②に比べ少ない。

④初期急低下・水平型

これは注入孔がかなり硬くて薄い透水性の小さい土層中にある場合や前のステップの注入液がまわりこんで注入孔周辺に固化した場合で、これらが割裂して水みちが透水性のやや大きい砂層中につながって注入圧が低下し、以後注入液は砂層中に入っていく。硬い粘性土と砂層などの互層の場合は薬液の注入されない砂層があり得る。

薬液注入、浸透予測、p-t 曲線、緩結性薬液、ダブルパッカー工法

〒169-0072 東京都新宿区大久保3-4-1、TEL 03-5286-3135、FAX 03-3203-0108

⑤途中急低下・水平型

この場合は硬く透水性の小さい砂層中に注入孔があり、しばらくはこの砂層中に注入されるが、割裂が進んで、この土層から上または下のやや透水性のよい砂層などにつながった場合、④と同様に注入圧が急激に低下し、それ以後、注入液の多くがこの砂層の方に流れる。

⑥富士山降下型

注入孔が相当に厚く硬くて、透水性の小さい砂層中にあり、浸透しながら割裂が伸びて、透水性のやや大きい砂層につながる場合、以後は注入液の多くが、この砂層に入る。試験注入後、固結領域の中央で再注入するとp-t曲線がこの型になる場合が多い。

⑦上下隣接する注入ステップのp-t曲線連続型

これは注入しているステップで発生した割裂がすぐ下の注入済みのステップで生じていた大きい割裂脈につながり、注入液はすぐ下のステップの注入ゾーンに殆ど入るのでp-t曲線が連続する。このため、そのステップの分担ゾーンには殆ど注入されない。連続カーブが3～4ステップ続くこともある。

⑧上り勾配、急低下型

これは、③の場合に圧力が上がりすぎて浸透を妨げている土層が割裂して別の砂層に水みちがつながり、注入圧も間隙圧も急低下する。このタイプは今回のp-t曲線の中にはなかった。

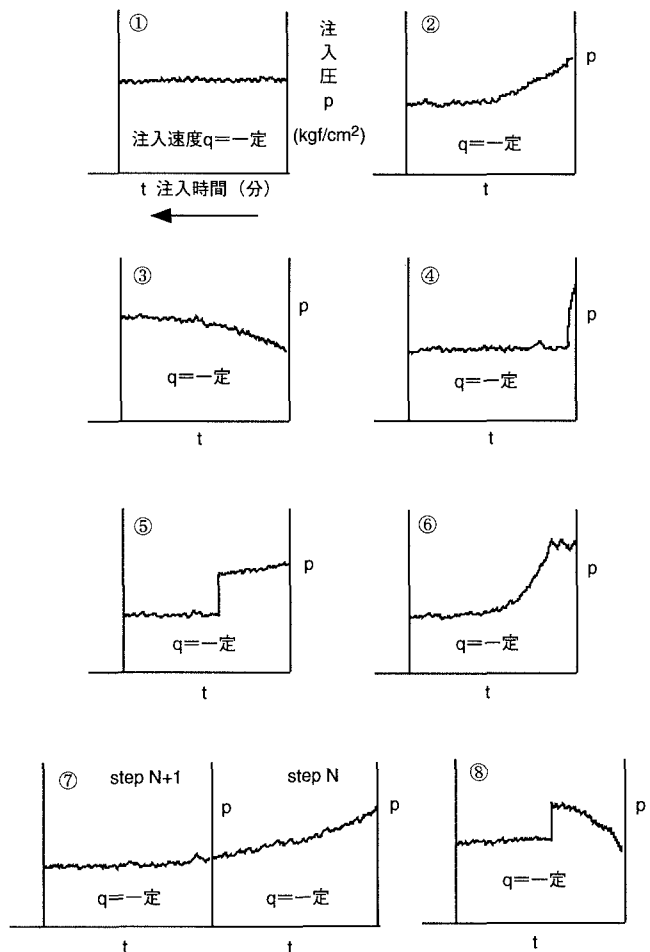


図1 p-t 曲線基本形状 8 タイプ

4. おわりに

以上の8タイプのp-t曲線型のうち④～⑧のものが多く現場では、良好な固結形になり難しく、未固結領域が残る可能性がある。また、①～③について割裂の大きさの推定が必要であるが、いままでの検討作業では、その判定はまだ不可能であり、今後の研究を必要とする。

参考文献

- 1) 土質工学会：薬液注入における効果の予測・確認に関する研究委員会報告、pp.4～20、1993年3月
- 2) 森、田村、小峯：薬液注入において浸透固結形を考慮した限界注入速度 q_c の決定法、土質工学会論文集、1993年9月