

Ⅲ－B205 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（その2）

早稲田大学 名誉会員 森 麟
大木建設 正会員 江本佑橘
J R西日本 正会員○福井義弘
電力中央研究所 正会員 小峰秀雄

1. はじめに

前回報告した（その1）において、緩結性薬液を用いる2重管ダブルパッカー工法に限定して、現場で得た注入時の圧力 p と経過時間 t の p - t 曲線の形状を8種のタイプに分類した。そして、8種の p - t 曲線が意味する地盤への浸透状況の特徴について説明をした。がまだ不十分な点があり、①特に頻度の高い「水平型」と「下り勾配型」は割裂の大きさや浸透状況の良否を推定ができなかった。②薬液注入に先立って行う1次CB注入が p - t 曲線に与える影響はCBの浸透しない細砂層以下を選んだとして言及しなかった。今回は前回で説明していない上記の2点と今後の問題点について述べる。

2. p - t 曲線の「水平型」と1次CB注入の影響

今回、直径4mの円の中心の1点と円周上の6点の計7ヶ所の注入孔で、深度34mの洪積江戸川層に当たるN値>50のほぼ均一な細中砂層に注入し、図-1のような7つの p - t 曲線を調査した。この地層はほぼ均一であるにも拘わらず、 p - t 曲線形はかなりの相違がある。これを前回（その1）の8種の p - t 曲線の形式で分類すると、 A_1 、 B_3 、 B_5 、 B_6 の4箇所は「水平型」になっている。ただし p はかなり異なる。また B_1 は「途中急降下・水平型」、 B_2 は「初期急降下・水平型」であり、 B_4 のみが「下り勾配型」になっている。

この土層で測定した限界注入速度 q_{cr} は5.7 l/minであった。上記7箇所の注入速度8～9 l/minで行っている。この注入で発生した割裂面積は6000～7000 cm²と概算される。これは限界注入速度5.7 l/minの割裂面積3000～5000 cm²と比べそれほど大きくはない。

以前行った室内実験の p - t 曲線は割裂の小さい場合は水平型、割裂が大きければ下り勾配で、形状はスムーズで割裂の大小と浸透状況の概略推定は可能であった。現場の p - t 曲線は形状がスムーズでないものが多く、室内実験と相違がある。上記7箇所の p - t 曲線で目立つのは同一土層でも注入孔毎の p の違いと、注入中の圧力の段差の発生である。

その後の調査で次の2つのことが明らかになった。①細砂層以下では図-2 aのように二重ダブルパッカー工法で用いる1次CB注入の殆どは割裂して地盤に入り、薄い一枚の箔状になるが、なかにはCBの一部がシールグラウトの外面に薄く回り込み、薬液吐出口の面積を小さくし、 p を大きくすることが分かった。これらの1次注入の影響は注入孔や深度などで差があるので、同一の深度、土層でも p が違ってくる。②細砂層以下でも中砂、粗砂が混じっていれば図-2 bのように1次注入のCBがある程度、土層に浸透しシールグラウト外周部にCBの浸透ゾーンが形成される。薬液はこのゾーンを通過して外側の土層に浸透して行くので、ここの通過抵抗が注入圧を上げる。注入中にゾーンの固結度の弱いところが一度に割裂すれば、注入圧が急降下するし、徐々に割裂が続けば下り勾配になる。固結ゾーンの割裂の状況の違いで p - t 曲線はかなり変化する。

以上の観点より図-1で A_1 と B_4 の p がとくに高いのは、上記の①に述べた現象に基づくものと思われる。また B_1 が途中急降下して、その後水平型になるのは②に述べた1次CB注入の固結層の割裂に数分を要したこと薬液注入、浸透状況、 p - t 曲線

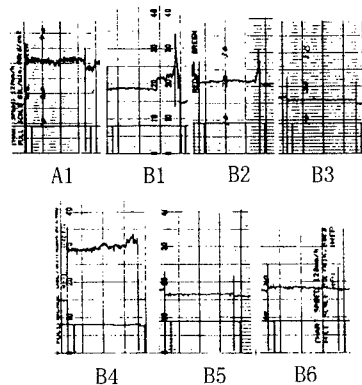


図-1 深度34mの p - t 曲線

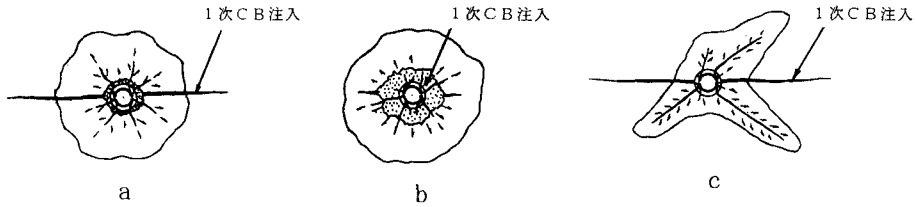


図-2 薬液の浸透状況

を示す。B₂の場合も②が要因であるが固結層が薄く、注入開始直後に割裂初期急降下し水平型に移行したと考えられる。従って、A₁とB₁に1次CB注入の浸透固結層がなければ「水平型」になると思われ、B₄を除く7中の6コが「水平型」である。B₄だけ「下り勾配型」なのは②の1次CB注入の固結層が徐々に割裂した結果とすると、これがなければ「水平型」になるが、ここでは確認できない。しかし全体的に見て、この土層のp-t曲線は「水平型」とみなすことが出来る。

以上のことから、よく締まった洪積砂層では割裂面積が6000～7000cm²程度は割裂が瞬時に完了し、p-t曲線は「水平型」になることを示している。この深度34mの土層は隣接注入孔の中間位置で調査した効果判定では注入効果は良好であった。以上から「水平型」は良好な注入状況を示すと言うことが出来ると考えられる。

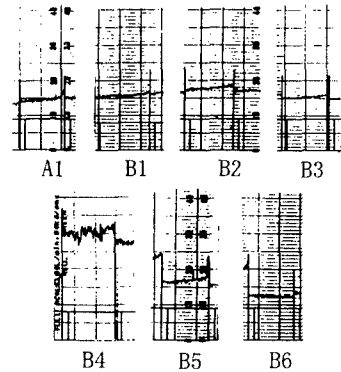


図-3 深度44mのp-t曲線

3. p-t曲線の「下り勾配型」と1次CB注入の影響

2. と同一な注入孔で深さ44m、N値>50のほぼ均一な微砂層に注入した場合の7コのp-t曲線を図-3に示す。この土層の限界注入速度 q_{cr} は3.11/minで2. の深度34mの土層の q_{cr} 5.71/minの約半分である。この土層の注入速度 q は深度34mと同様に8～9 l/minである。図-3の7コのp-t曲線のうち、A₁、B₁、B₂、B₃は「下り勾配型」である。B₅は「初期急降下・下り勾配型」であり、①の要因で初期急降下したと思われるが、その後も下り勾配が続くので、B₅は「下り勾配型」と言える。B₄は1次CB注入の影響で注入圧が大きく、上下の変動もあるが、全体的には下り勾配である。1次注入の影響が大きいため、p-t曲線の形状分類は図-1のB₄と同様には「下り勾配型」とは確定し難い。B₆のみは「水平型」であるが、全体的に見て深度44mの微砂層は「下り勾配型」とみなすことができよう。この土層で発生した割裂面積は12,000～14,000cm²と推定され、このような場合は割裂が注入中も継続し「下り勾配型」になると考えられる。大きな割裂が発生すると固結形はまともらず、不定な崩れた形状となる。その1例は図-2cのようなものである。このような薬液注入では未固結部が多く残り、注入効果が出ない。注入後の調査でも注入効果は低いものであった。従って、「下り勾配型」は不良な浸透状況を示すと言える。

4. p-t曲線による注入状況の判定と今後の問題点

p-t曲線の「水平型」と「下り勾配型」について浸透をある程度明らかに出来た。しかし、1次CB注入の影響がp-t曲線に大きく出る場合が多い上に、薬液の浸透面積も同一でなく、その上注入中に変化も生じうる。従って現場で得られたp-t曲線は、これらの影響のない本来の土層の有効注入圧 p' による p' -t曲線とは異なってくる。従って p' -t曲線の形状分類は現場のものと変わることが相当にありうる。 p' -tへの修正は現行注入方法については不可能である。

従って本来の土層の有効注入圧 p' が得られる注入工法を開発すれば、その p' -t曲線から浸透状況の判定は十分可能であろう。