

Drain 内の水頭損失を考慮すべき場合の Vertical Drain 工法の設計法について

広島大学 正員 網 千 寿 夫
広島大学 正員 ○ 吉 国 洋

1. まえがき

近年軟弱地盤の改良工法としてサンドドレーン工法やペーパードレーン工法が広く用いられている。これらバーチカルドレーン工法による地盤改良の結果に於いて深部の強度が増加しにくい即ち圧密におくれのある事がしばしば指摘される。この圧密の遅れの原因は主としてドレーン内の水頭損失の影響によるものと考えられ現在採用されている R.A. Barron の理論にもとづいた二次元的なバーチカルドレーン工法の設計法では深度方向に変化する圧密過程の問題を解決する事は出来ない。著者らはバーチカルドレーン中の損失水頭の挙動及びそれが圧密過程に及ぼす影響について理論的に検討すると共に電氣的シミュレートモデルを用いて模型実験を行い定量的に把握し先の学令に於いて発表した。今回はバーチカルドレーン工法の設計にあたりこれら結果を直接利用出来る形で示すと共に利用方法及びドレーンが保有すべき寸法及び透水性の限界を明示するものである。

2. バーチカルドレーン中の損失水頭を規定する素因

バーチカルドレーン中の水頭損失は軟弱層が軟かければ軟かい程又軟弱層が深ければ深い程大きく圧密過程に影響を与える。これら幾つかの素因がどのような形で圧密過程に影響を与えるかを知る事は重要な事であり著者らはバーチカルドレーン中の損失水頭に関する基礎方程式を導きその解を検討した結果バーチカルドレーン中の損失水頭は次の素因 (R) と圧密度によって規定される事を示した。

$$R = \frac{n^2 - 1}{F(n)n^2} \cdot \frac{R_c}{R_w} \left(\frac{L}{dw} \right)^2$$

ここに $n = ds/dw$, $F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \log_e n - \frac{\pi R_c^2}{4n^2}$
 L : ドレーンの長さ, R_c : 軟弱層の透水係数,
 R_w : ドレーンの透水係数,

R.A. Barron も水頭損失とスミヤークを考慮した圧密過程について述べておりその解を変形して検討すればバーチカルドレーン中の損失水頭を規定するものは先に示した R である事が見出される。然しなごう Barron の解によれば圧密の遅れは各圧密段階に於いて一定であるのに対しシミュレートモデルによる解は圧密度によっても異なる事を示している。即ち圧密初期の段階に於いては圧密排水量も多く損失水頭の影響を受けて圧密の遅れは著しい。圧密の進行と共に排水量も減少し圧密の遅れも幾分回復する。従って損失水頭の影響を受けた圧密曲線は水平圧密係数 C_h を単純に割引して得られた圧密曲線ではない事が知れる。

3. シミュレートモデルによる結果及びその利用法

シミュレートモデルによる結果は $T/\bar{h}$ と圧密度 (w) との関係に於いて R をパラメーターにして示されている。ここに T は損失水頭が存在する場合の或る圧密度に達する時間係数であり $\bar{h}$ は損失水頭が存在しない ($R=0$) 理想的な場合或る圧密度に対する時間係数である。Fig. 1 及び Fig. 2 は夫々ドレーンの先端部 ($z=L$) 及びドレーンの中間部 ($z=\frac{L}{2}$) に於ける損失水頭の影響を示したものである。Fig. 3 はバーチカルドレーン全体の平均圧密度に対する損失水頭の影響を示したものである。Fig. 1~3 を利用するにあたり先づ夫々の条件にもとづいて R の値を計算し Barron の解より各圧密度の $T/\bar{h}$ を求

め図表より各圧密度に対する T/T_h を読みとればドレーン中の損失水頭を考慮した圧密曲線が得られる。

Fig. 1 バーチカルドレーンの先端部 ($z=L$) に於ける水頭損失の影響

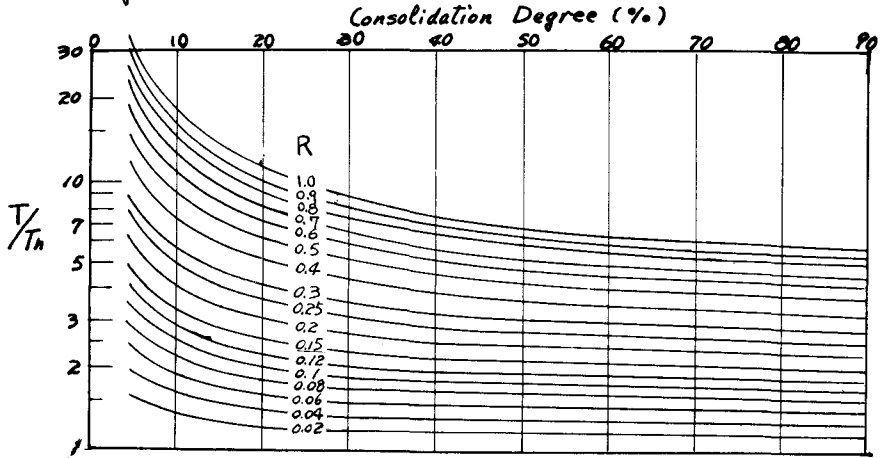


Fig. 2 バーチカルドレーンの中央部 ($z=L/2$) に於ける水頭損失の影響

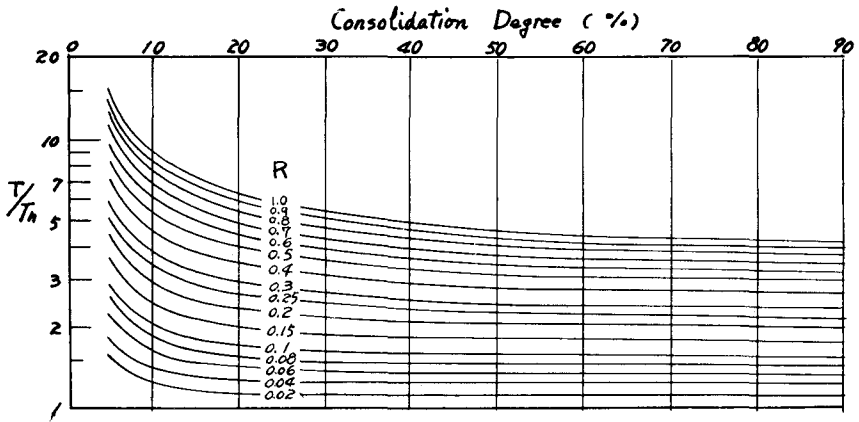


Fig. 3 バーチカルドレーン全体の平均圧密度に対する水頭損失の影響

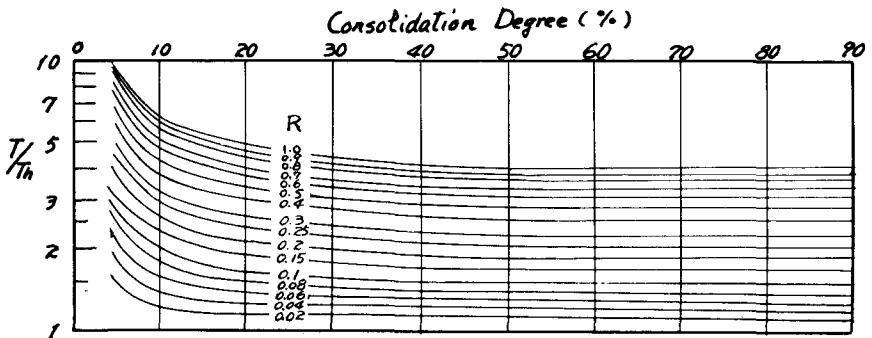
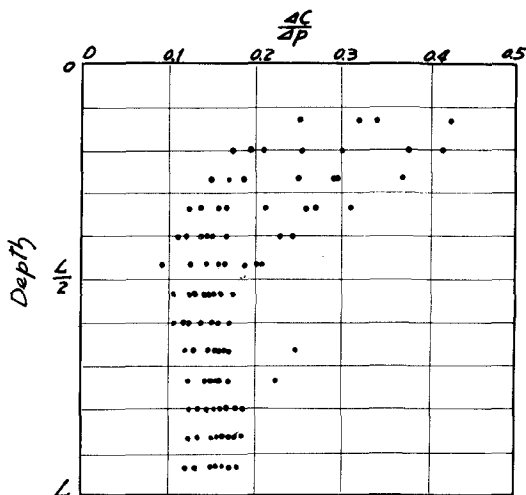
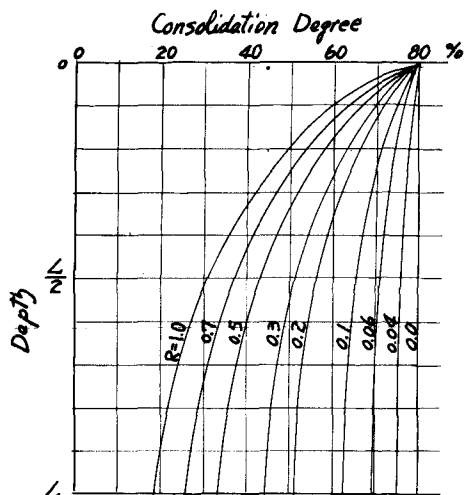


Fig. 4 表層部($z=0$)の圧度が80%に達した時の深度方向の圧密度分布 Fig. 5 サンドドレーン工法による地盤改良に於ける強度増加率と深度の関係



又一方 Fig. 1~3 からバーチカルドレーン中の水頭損失が圧密過程に及ぼす影響を無視して二次元的取扱いが出来るのは R の値が 0.1 以下であると考えられる。軟弱地盤の改良に於いて地盤条件より粘土の透水係数 k_c 及びバーチカルドレーンの長さ L が自動的に決り $F(n)$ の値は別の条件から決定されるので水頭損失の影響を所定の大きさ以下にするためにはそれに対応する R の値を満たすようにバーチカルドレーンの直径 d_w と透水係数 k_{w0} が適当に選択されねばならない。Fig. 4 は放射流による圧密だけを考えた場合バーチカルドレーンの上端部($z=0$)の圧密度が 80% に達した時の深度方向の圧密度分布である。分布形は大略放物線型でありバーチカルドレーン下半部の圧密の遅れが著しい事が分る。Fig. 5 は広島市宇品地先丹那に於いてサンドドレーン工法を採用した地盤改良に於ける強度増加率と深度の関係を示したものである。数秒直下と深部の強度増加率の違ひが対称的である。このように我国に於いては極く通常の地盤改良に於いてもかなり大きい影響を受けている事が分る。尚サンドドレーン工法の各ディメンションは $d_e = 315\text{cm}$, $d_w = 40\text{cm}$, $n = 7$, $k_c \approx 3 \times 10^{-7}\text{cm/sec}$, $L = 15.0\text{m}$, $k_{w0} \approx 1 \times 10^{-3}\text{cm/sec}$ であり $R \approx 0.3$ と推定される。

4. あとがき

我国の軟弱地盤は極めて軟弱であり且つ非常に深いその上地盤改良工事を急ぐため外国のそれに比べて比較的小さい $n (= \frac{L}{d_w})$ の値を採用する事が多い。このような場合にはバーチカルドレーン内の水頭損失を考慮に入れたバーチカルドレーン工法の設計がなされるべきである。バーチカルドレーン工法に於いてはドレーン周辺のスミヤークの問題、ドレーンの透水性の問題或いは応力集中の影響等が綜合されて一つの圧密過程が形成されるのであるがこの度の研究によりドレーンの透水性が圧密過程に及ぼす影響については一応の結論を得る事が出来たと考えている。

参考文献) 網干 吉国 Vertical Drain 工法に於ける水頭損失に関する模型実験 昭42.土木学会年次講演会

2) R.A. Barron Consolidation of Fine-Grained Soils by Drain Wells. Trans. A.S.C.E., 1948

3) 網干 吉国 A Study on the Consolidation Process Affected by Well Resistance Soil and Found. (投稿中)
in the Vertical Drain Method.