

信州大学工学部 正員 〇川 上 浩

鉄建建設K.K. 正員 堀松 和夫

1. 概要 近年都市交通の激化から都市内の地下鉄・地下埋設管工事にシールド工法を採用することが多くなっているが、地表面下浅い所のシールド工法にも多くの問題点がある。この問題点の一つである地下水面下の砂質土地盤における切羽の不安定性の問題をとりあげ基礎的実験を行なった。

砂質土切羽の安定化のためには、水板き工法、圧気工法、注入工法などが採用されているが、今回は圧気工法をとりあげ、特に

圧気が切羽におよぼす効果、圧気圧力の分布、圧気中の透気量、空気噴出点の影響などを中心に実験を行なっている。

2. 実験装置 実験装置は写真-1に示すような実験槽・ピエゾメーター・空気圧測定用マノメーター・コンプレッサーよりなる。実験槽は長さ180cm、高さ90cm、奥行15cmでこの中にシールド相当の部分を下隅に固定して設けてある。実験槽の両面は透明アクリル板で囲んで実験の観察に便するため、2次元実験を行なっている。切羽面には多孔性保護板を設け、これを実験槽の外側より操作している。砂層設置時には保護板によりシールド部に砂が流入するのを防ぎ、実験開始時に保護板を後退させて、砂層直立面を露出せしめる(写真-2参照)。実験槽前面のアクリル板下部には底面より5cm高さにピエゾメーターを10cm間隔にとりつけ、アクリル板上部には空気圧測定用の孔を設けてある。またコンプレッサーよりシールド部に送りこまれる空気量をローターメーターで測定する。実験槽内の砂層はできるだけ均一になるよう、砂表面が常にわずかに水中にあるように水位を調節して砂を投入する。砂層設置後必要なときに水位を下げてから保護板を後退させ準備を完了する。

3. 試料 実験に供した砂は厚川産砂の1.2mmフルイ通過分で $D_{60}=0.52\text{mm}$ 、 $D_{10}=0.18\text{mm}$ 、均等係数 $=3$ 、真比重 $=2.657$ で比較的小くばった粒子のものである。実験槽につめたのと同じ状態で透水試験を行なった結果では $e=0.71$ で $k=2.2 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ であり、また自然乾燥状態の安息角は 35° である。

4. 実験 実験は次の5種類に分けて行うものとした。

実験-1 実験槽に砂を50cm深さつめ、切羽面を露出させた後、水位を少しずつあげて切羽に崩壊を生ぜしめる。

実験-2 砂の深さを70cmとして実験-1同様水位の上昇による切羽の崩壊を観察する。

実験-3 砂層表面に不透気層を設けて、圧気と作用させる。一定圧気のもとで水位を上昇させて切羽の崩壊を観

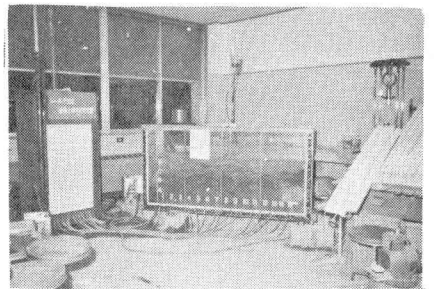


写真-1 実験装置全景

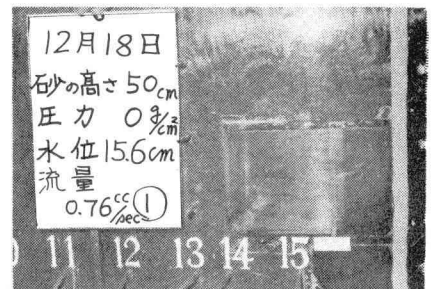


写真-2 実験槽シールド切羽部

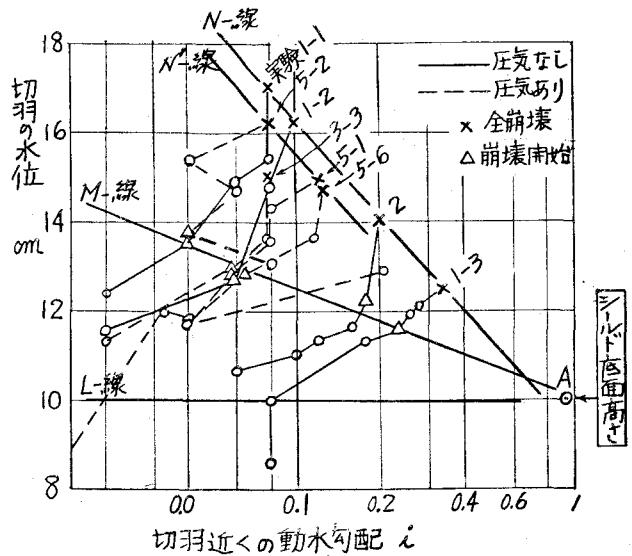
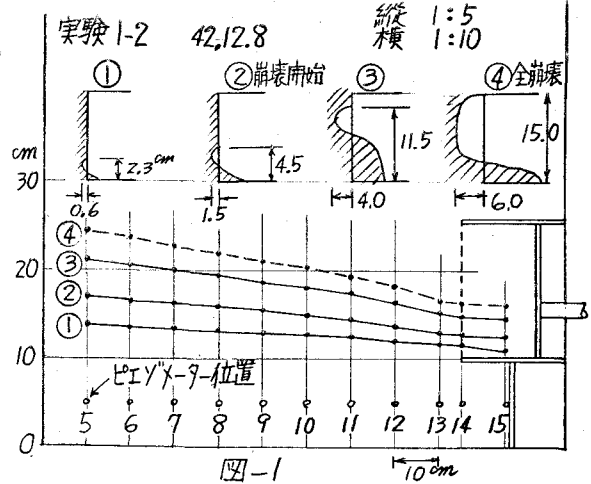
察する。

実験-4 砂層表面の不圧気層に3箇所、空気噴出開口部を設け、開口部位置の差による空気圧分布、圧力水頭への影響を調べる。噴出部位置はシールド部直上、実験槽中央、シールドより遠端の位置の3箇所とする。

実験-5 水位を一定にして圧気を作用せしめ、後圧気を除々に減じて崩壊させる。

5. 切羽の崩壊 圧気を加えないで野水部の水位を上げてゆくと、砂中の浸潤線もなくなってくる。それにともない切羽も次第に大きく崩壊してゆく。この状態を図-1に示したが、切羽の全高15cm中下の5cmほど崩壊した状態を崩壊開始、崩壊が切羽の全高におよんだ時を全崩壊と呼んで区別した。実験槽左側より5cm高い点で圧力水頭を測定しているが、これより切羽の水頭と切羽直傍の動水勾配の関係を調べてみると図-2の関係がある。すなわち野水部の水位の増大と共に切羽の水位と動水勾配は増大し、一連の実験の結果は崩壊開始・全崩壊ともに、これらの点から1つの直線(M線、N線)上に並ぶことがわかる。切羽がわずかでも崩壊するという条件で考えると、水位がシールド座面以上に上らないことは要であり、水位10cmの水平線(L線)で表わされる。これら3直線はある1点のまわりに回転してその崩壊の程度を示すように思われる。3直線の交点はアインツァントと生ずる限界動水勾配の点(図中A点)と関連するものと推察される。圧気をかけた実験では切羽の水位は切羽の圧力水頭より圧気圧力を差し引いて表わさるものと仮定して表わした。圧気実験の場合限界線(N'線)が圧気なしのN線と多少ずれているが、数度に切羽の水位を測定できないので、この程度のずれが生じたものと考えられ、基本的に両者は一致すべきものと考えらる。

6. 圧気の効果 圧気を作用させると圧力水頭は増大するが、その変化の様子を図-3に示した。圧気を作用させる前後の水頭線を比較してみると、野水部水位に比し、圧気圧力が小さい時は水頭上昇量は圧気圧力にほぼ等しい。圧力水頭は野水部水位以上には増大しないので、圧気圧力に近づく



8. 結論

- 砂質土切羽の安定には切羽の水位と動水勾配の影響が大きい。崩壊の形態で定義すれば、安定限界線は半対数紙上で直線となる。
- 崩壊形態の限界線はある一点を通る放射線になるものと推察されるが、その点は限界動水勾配とシールド圧面の勾配に関連すると思われる。
- 圧気と作用させた場合、圧力が小さい場合は動水勾配を小さくする効果が大きく水位を下げることは少ないが、圧力がシールド圧面貯水圧の80%以上に近づくと水位を下げる効果が大きくなる。
- 空気噴出地点の位置により、土中の空気圧分布、透気量は変化するが、圧力水頭曲線には相違がない。したがって噴出地点の存在は充分な圧気の送入さえできれば直接切羽の安定には影響を与えない。

