

熊谷組技術研究所 正員 大久保 倭 雄

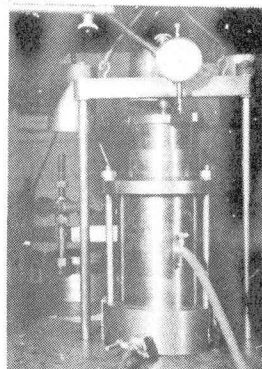
東大工学部土木教室 正員 吉田 喜 忠

東大工学部土木教室 〇学生 西 野 良 生

1. まえがき 圧縮空気を利用して掘削工事を行うシールド工事では、地盤の沈下と、圧縮空気の漏気現象が良く問題となる。従来まで、地盤の沈下と漏気現象とは別個の事柄と考えられてきたようである。そこで最上教授指導のもとに、土中に圧縮空気が流れる場合の、土中の水の移動の様子、およびそれに伴う土の圧縮等の諸現象について、室内実験を行って、両者の相関関係を調べた。

2. 試料の物理工学的性質 実験に使用した土は、東京都内の地下鉄東西線東陽町付近のシールド工事現場より採取した。その物理的試験結果は、 $G_s=2.69$, $w_L=73.7\%$, $w_p=35.7\%$, $I_p=38.0$ である。粒度分析結果は、砂分=7.5%, シルト分=77.5%, 粘土分=15.0%である。採取した土は、練り返し、 $36\text{cm} \times 36\text{cm} \times 30$ の試料成形箱にて先行荷重 1.0 kg/cm^2 で、7~10日間、沈下が静止するまで放置し、これより直径=7.95cm, 高さ=2.00cmの円形試料を成形して、実験に使用した。

3. 実験装置と実験方法 実験装置は空気噴出装置を備えた三軸試験機に似た構造を有する。鉛直方向より軸圧力が、円周方向よりゴムスリーブを介して側方空気圧が、下端より圧縮空気が試料全面に均等に作用する。試験機は圧密試験装置の試験台に上載して、鉛直方向より載荷装置によって軸圧力を、側方空気圧、噴射空気圧はコンプレッサーより、エアータンクに別々に貯えて試料に作用させた。側方空気圧は、噴射空気圧より高い圧力である。軸圧力、噴射空気圧、側方空気圧の大きさは表-1に示した。実験時間は、噴射空気圧の作用時間によって、30分~180分まで30分間隔に6段階について、同一条件のもとで繰返し行なった。また実験結果の見通しが立った後は実験時間は、1~10時間にあよぶものもあった。



実験装置写真

作用空気圧は、エアータンクの圧力計と、水銀マンオメーターによって調整し、軸方向圧縮量は、ダイヤルゲージにより測定した。実験終了後、試験機より取り出した試料は、亀裂状況をスケッチし、形状寸法重量を測定した後、円形試料を三層に輪切りにして、各層を噴射面層、中間層、噴出面層と名付けた。また各層毎に同心円状に3分割して、総計1回の試料を9分割して、含水量を測定した。

4. 実験結果

(1) 圧縮沈下量について。実測した沈下量のデータは、横軸に測定時間の $\sqrt{t}$ を、縦軸に圧縮量をプロットし、これより初期値補正を施した。補正沈下量と、 $\log t$ との関係を図-1に示す。軸圧 0.5 kg/cm^2 の場合は過圧密状態、 1.0 kg/cm^2 の場合は正規圧密状態、 1.5 kg/cm^2 の場合は一般圧密状態となる。これらのいずれの場合にも、作用空気圧の大きさに順に、沈下量が急激に増大して折れ下ることが認められた。軸圧 1.5 kg/cm^2 、空気圧 0.1 kg/cm^2 の場合は、いささか不明瞭であるが、その曲線の状態より数時間後には、急激に折れ曲る点は発見出来るであろう。いまこのような点を図上より求めて t_{cri} (critical time)とす

れば、 α_{ow} をすぎるまで噴射空気圧を作用させた試料では、その表面上に乾燥による収縮亀裂が、網状、樹枝状、に発生していた。 α_{ow} に達する以前に取り出した試料表面には、上記のような亀裂は認められなかった。

(2) 試料内部の水分の移動状況
初期含水比が、 $65 \pm 2\%$ で、ほぼ完全飽和状態にあった試料に、空気圧、軸圧を作用することにより、表-1に示すように含水比は変化した。表中の値は図-1の沈下曲線を得た際の含水比の変化を示す。含水比の変化は一般に、噴射面層>噴出面層>中間層の順に変化しているが、噴射面層と噴出面層との変化の差は微小である。また各層の面内では一般に、外>内>中の順に変化している。試料外周部の変化が最も大きくなったことの原因は、噴射空気が試料外周を伝わって上端面に流出したことによると思われる。いずれの場合にも、中間層の中央部が、含水比の変化は最も少ない。

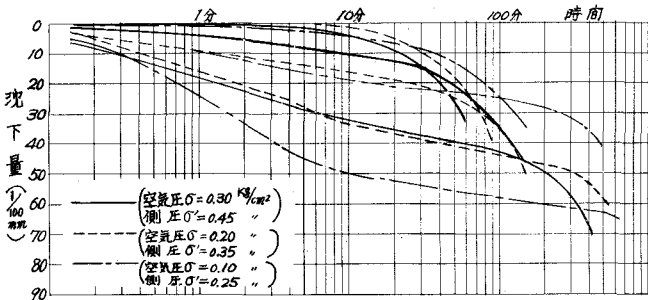


図-1

図-1の沈下曲線を得た際の含水比の変化を示す。含水比の変化は一般に、噴射面層>噴出面層>中間層の順に変化しているが、噴射面層と噴出面層との変化の差は微小である。また各層の面内では一般に、外>内>中の順に変化している。試料外周部の変化が最も大きくなったことの原因は、噴射空気が試料外周を伝わって上端面に流出したことによると思われる。いずれの場合にも、中間層の中央部が、含水比の変化は最も少ない。

軸圧 (P) kg/cm ²	空気圧 (σ') kg/cm ²	側圧 (σ'') kg/cm ²	初期 含水比 W_0 (%)	初期 飽和度 S_0 (%)	試験後の含水比の相対変化 $W\% \times 100$ (%)									t_{cr} (分)
					オ1層(空気噴射面)			オ2層(中間)			オ3層(噴出面)			
					外	中	内	外	中	内	外	中	内	
0.5	0.1	0.25	65.01	99.14	90.31	92.00	92.31	92.00	93.54	94.31	91.28	92.79	92.54	12分
	0.2	0.35	65.45	100.49	89.35	90.32	88.61	90.32	90.93	90.78	89.82	90.87	90.22	15分
	0.3	0.45	65.06	100.55	88.04	90.55	90.42	89.73	91.62	91.99	87.66	89.95	89.98	20分
1.0	0.1	0.25	65.64	100.21	94.55	97.00	96.18	97.46	98.05	97.12	94.97	95.99	98.20	20分
	0.2	0.35	64.95	99.10	92.24	94.34	93.96	94.77	95.80	95.73	93.79	94.71	95.62	30分
	0.3	0.45	65.48	98.96	93.05	94.23	93.77	94.87	95.85	95.34	93.19	94.41	94.23	200分
1.5	0.1	0.25	66.38	99.42	95.43	93.90	91.75	97.11	94.25	91.75	95.34	92.47	89.78	150分
	0.2	0.35	63.20	100.12	94.70	93.39	92.41	96.68	96.08	94.73	94.49	94.78	93.42	300分
	0.3	0.45	65.84	100.00	89.72	88.94	88.93	91.48	91.56	89.95	91.18	91.07	90.43	600分

表-1

5. 考察 (1) 完全飽和試料に空気圧を作用することによる乾燥プロセスは、主として飽和蒸気圧差による蒸発機構が、主となる。試料表面に認められた亀裂の発生は、メニスカス周辺部の引張力の作用によるものであり、亀裂が十分に発達すると、試料上下端面を貫く空気通が形成され、このときには蒸発乾燥は極めて激しくなる。空気圧力が高ければ、これらの蒸発乾燥作用はより活発となる。

(2) 軸圧力作用後しばらくの間は、一般の圧密試験の沈下曲線と同一の沈下性状を示している。しかし、空気圧の作用により、試料中より蒸発による排水が進むと共に、沈下曲線は一般の圧密曲線より次第に離れ、試料内部に亀裂が発生する段階に達すれば、排水による沈下、空気間げきの圧縮による沈下が統合されて、沈下量は極度に大きくなる。このような段階が α_{ow} に対応する。

(3) 軸圧縮により発生する間げき水圧は、空気圧の作用によって水圧低下は促進される。その間げき水圧分布の時間的变化は、含水比の変化とも関係があるものと考えられる。

6. まとめ シールド切端周辺部には、すでにシールドジャッキングによる亀裂、掘削による地下応力状態の乱れによるせん断変形、地層の潜在的な方向性、といった空気道の原因となる弱奥が存在している。このために圧縮空気を作用した場合、これらの初期の弱奥を中心として乾燥が進行し、長時間圧縮空気を作用すれば、実験に於けると同様、 α_{ow} なる時間以降の地盤沈下は、急激に大きなものとなることが予想される。最後に、本研究を当初より取り組んでいられました熊谷毅技研、大久保倭雄氏は突然病に倒れ御逝去なされました。ここに慎しんで御冥福を祈ります。