

Ⅱ-9 土中の気体透過について

広島工業大学 正員 鈴木健夫

1. まえがき

土中を気体が透過する場合にどのような現象を生じるかについては、従来比較的関心が低かったが、都市土木のシールド工法に関連してその重要性が認識されるようになってきた。すなわち、圧入、漏気、発熱などの現象を現場条件にもとづいて制御せねば施工は進まない。

そこで、先づ調査し易い条件を設定して室内実験を行なった。適当な気体透過装置を製作し、まさ土を試験土とし、その中に解析し易いように消石灰を混入し、それと反応しかつ比較的安価で安全に使用可能な炭酸ガスを選定しての実験および空気のみまさ土中の透過性について実験した。

2. 試料

土試料には大学周辺のまさ土を使用した。その締固め試験(JIS A1210)では最大乾燥密度 1.89 g/cm^3 、最適含水比12.3

%を得た。

消石灰は工業用消石灰を使用し、比重は2.190であった。又炭酸ガスはボンベ封入圧力2.5 kg/cm^2 の市販品を使用し、空気はコンプレッサーを使用した。

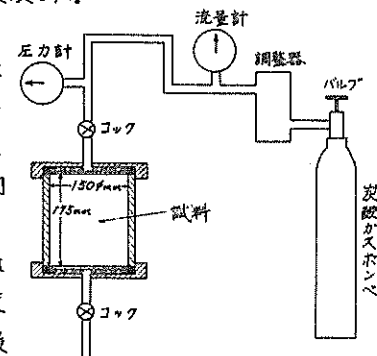


図-1 透気試験装置

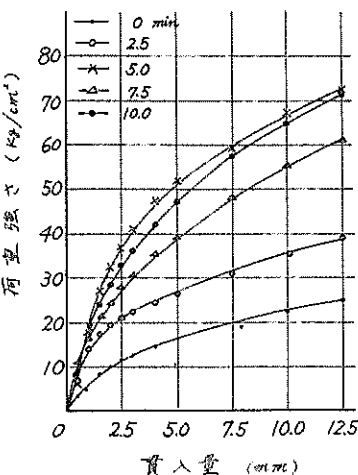


図-2 配合はまさ土:石灰=10:1、透気流速5.0 cm^3/min で透気時間を変化させた時の透気係数

表-1 試料配合一定、締固め回数20回、透気流速5.0 cm^3/min で透気時間を変化させた場合の試験結果

配合比 まさ土:石灰	間隔比	含水比 (%)		透気時間 (min)	平均透気係数 (kg/cm^2)	温度 (°C)	
		試験前	試験後			試験前	試験後
10:1	0.740	12.3	12.1	2.5	0.10	10.5	31.0
•	0.720	12.1	12.3	5.0	0.20	10.5	31.0
•	0.736	12.0	13.1	7.5	0.30	10.5	31.0
•	0.737	12.1	12.6	10.0	0.30	10.5	33.0
10:2	0.798	11.5	12.4	2.5	0.20	10.5	37.5
•	0.814	11.4	12.3	5.0	0.30	10.5	40.5
•	0.821	11.4	12.2	7.5	0.40	10.5	45.0
•	0.811	11.4	12.2	10.0	0.50	10.5	55.0

表-2 透気量(5.0 $\text{cm}^3/\text{min} \times 5 \text{ min}$)一定、試料配合、締固め回数を変化した場合の試験結果

配合比 まさ土:石灰	締固め回数	間隔比	含水比 (%)		平均透気係数 (kg/cm^2)	温度 (°C)	
			試験前	試験後		試験前	試験後
20:1	10	0.772	12.0	13.3	0.10	10.5	24.5
20:2	10	0.867	12.4	12.8	0.15	11.0	36.5
20:3	10	0.948	13.4	12.3	0.15	11.0	40.0
20:4	10	1.017	14.1	13.0	0.20	11.0	38.0
20:6	10	1.154	13.3	14.1	0.25	11.0	47.0
20:1	15	0.747	13.6	13.3	0.15	11.0	28.0
20:2	15	0.788	13.3	12.7	0.15	11.0	33.0
20:3	15	0.808	12.5	12.8	0.15	11.0	37.0
20:4	15	0.868	12.8	14.4	0.25	11.0	36.0
20:6	15	1.001	12.5	11.8	0.35	10.5	42.0
20:1	20	0.748	15.1	15.2	0.20	11.5	27.0
20:2	20	0.750	14.1	14.1	0.20	11.5	35.0
20:3	20	0.827	13.9	13.5	0.30	9.5	37.0
20:4	20	0.846	13.3	14.1	0.30	11.0	35.0
20:6	20	0.929	13.3	13.3	0.40	10.5	39.0
20:1	25	0.682	13.3	12.4	0.20	11.5	28.5
20:2	25	0.694	11.3	12.9	0.20	11.0	28.0
20:3	25	0.785	11.5	12.2	0.25	11.5	35.0
20:4	25	0.710	10.9	13.4	0.20	12.0	32.0
20:6	25	0.868	12.5	14.1	0.30	11.5	35.0
20:1	30	0.637	11.9	12.4	0.20	12.0	30.0
20:2	30	0.675	12.3	12.4	0.35	12.0	35.0
20:3	30	0.713	12.0	12.6	0.40	12.0	40.5
20:4	30	0.731	11.7	12.3	0.45	12.0	34.5
20:6	30	0.846	11.2	12.1	0.50	12.0	36.0

3. 実験方法

図-1の型枠にまき土と消石灰の混合物を入れて締め固め、炭酸ガスを通せば化学的反応により炭酸石灰を生成し固結する。その際の気体の透過状態を温度、含水比および貫入試験によって測定する。空気による透気試験は図-1の試料槽の前後にマノメーターを取り付け、水置換で流量を測定する。

4. 実験結果および考察

炭酸ガスの透気量を変えた場合の状況は表-1、図-2、3であり、ガス量の増加と共に貫入抵抗は増加した。透気量を一定にした配合、締め固めなどを変えた場合は表-2、図-4であり、貫入抵抗を大にするには締め固めのエネルギーを大にすると共に適当な石灰配合比の選定が必要なることを示している。試験前後の温度差は透気量、石灰配合比の増加するにつれて上昇している。又含水比も同様に作用の際水を生じて増加する。透気の場合、だんだん透過が困難になるので、流量一定で試験するには表-3、図-5のように圧力を変化させる必要がある。空気の透気試験は表-4、図-6であり、透気前後の含水比の変化はなく、透気係数は $Q \cdot l / A \cdot t \cdot \Delta p$ で算出した。ここに Q は流量、 l は試料の長さ、 A は断面積、 t は時間、 Δp は試料の上下面にかかる空気圧の差である。表-3 透気流量一定、圧力変化の場合の試験状況

5. むすび

本研究は始めたばかり

であり、また気体の操作、作用がその気体の無色である点よりみても把握が困難なので決定的なことは出来ないが、土中を気体が透過することにより種々の現象が生じ、それが土質安定にも有用となり得ることを見出した。

終りに臨み、本研究に協力して戴いた本学卒業生石神邦昭君、橋本 泉君に深く謝意を表します。

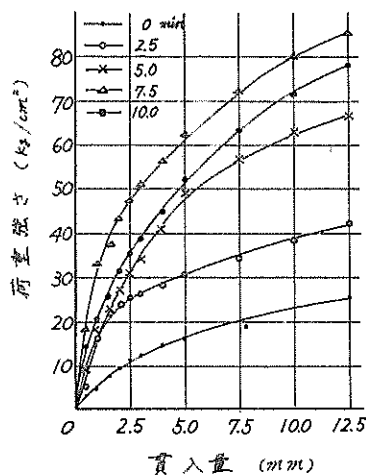


図-3 配合はまき土：石灰=10：2、透気流量5.4/minで透気時間を変化させた場合の試験状況

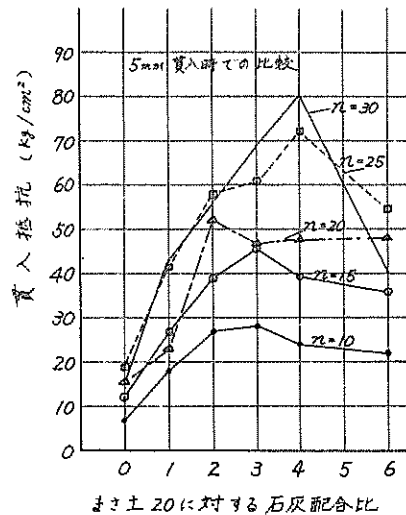


図-4 透気量一定、締め固めの回数、配合比を変化させた時の貫入抵抗

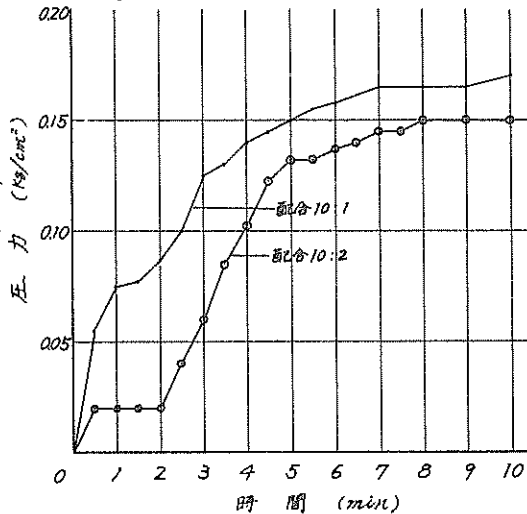


図-5 透気圧力の時間的変化測定

配合比 まき土：石灰	締め固めの回数	乾燥密度 γ_d (g/cm³)	間隙比 e	試験前 含水比 (%)	試験後 含水比 (%) (上部)	試験後 含水比 (%) (下部)
10:1	20	1.677	0.630	12.8	12.95	13.8
10:2	20	1.590	0.716	12.6	13.0	13.7

表-4 まき土のみの透気試験状況

締め固めの回数 (2.5kg/cm²)	乾燥密度 (g/cm³)	間隙比	含水比 (%)	
			試験前	試験後
10	1.624	0.668	12.0	12.0
20	1.749	0.560	13.0	13.0
30	1.820	0.499	12.0	12.0
40	1.827	0.493	13.0	13.0
50	1.861	0.466	12.0	12.0

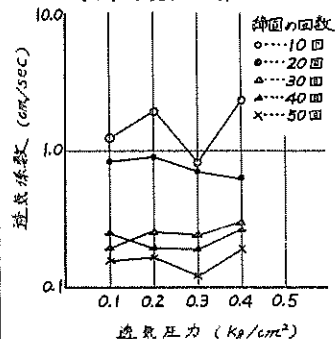


図-6 まき土の締め固めを変えた場合の透気圧と透気係数の関係