

築堤用 흙의 密度變化에 의한 透水係數에 關한 研究

A Study on Permeability of Soil with Different Density

尹 忠 燮* · 金 周 範**
Choong Sup Yoon · Joo Bum Kim

Summary

The density of soil is one of the most important of its engineering properties, and many soil-engineering operations directed toward improving the density characteristics of material

This report is a study on relationship between density, permeability and other physical properties of compacted soil in various density grades.

The results of the study can be summarized as follows:

1. The optimum moisture content of soil increases with increasing of fine particles and a relationship between both parameter is $w_o = 0.1765 \cdot n$ Where, n is passing percentage from #200 sieve.

2. The porosity of soil increases with increasing of optimum water content as $e = a w_o + b$ without having relation to compaction ratio.

3. The increment of permeability of soil is high when the compaction ratio is increased and the phenomenon is conspicuous in case of coarse soil and non-plastic soil.

4. The permeability of soil decreases with increasing of optimum water content and the phenomenon is conspicuous when compaction ratio decreases. And the permeability is almost constant when optimum water content is more than 25 percent, even though compaction ratio changes.

5. The permeability of soil increases when the amount of fine particles is very few, the permeability is almost constant as being impervious condition without having relation to compaction ratio when there is more than 90 percent of fine particles (less than #200 sieve).

I. 서 론

토언제(Earth Dam)나 방조제, 하천제방 및 도로 등과 같은 흙을 주로하는 구조물의 토목공사에서 흙의 역학적 성질은 그의 물리적 성질과함께 대단히 중요한것이다. 이러한 흙은 물리적 성질이 같은 동일한 종류의 흙이라도 여러가지로 상이한 물리적 상태에 따라서 그 역학적 성질이 무수하게 변화한다. 이러한 역학적 성질의 변화를 이끄는 가장 큰 요인은 흙 입자사이에 함유되어있는 수분(含水 44)과 이 흙이 가지는 밀도(단위 체적중량)인 것이다.

흙을 축제 재료로서 사요할때는 그 흙을 다져서 흙의 역학적 성질을 증가시켜 구조물의 소기의 안정도(安定度)를 얻고 있다. 즉 흙을 다지면 흙입자의 공극(空隙)이 적어져 흙의 마찰력과 점착력(粘着力)이 증가하고 물에 대한 감수성이 적어져 토질 구조물의 경우 압축성(壓縮性)의 감소, 전단강도(剪斷強度)의 증가, 용적변화의 감소, 투수성(透水性)의 감소 및 동해(凍害)의 방지등 많은 이점을 가져올수 있다. 그러므로 흙을 소요의 밀도로 다진다는 것은 토질 구조물에서는 가장 중요한 문제라고 생각된다.

흙의 다짐의 효과는 동일종류의 흙이라도 그 흙의 함유상태(含水狀態)와 다짐 방법에 따라서 달라

* 農業振興公社 農工試驗所

**

" "

지며 다짐의 방법이 일정할때 각각의 흙은 어느 일정한 함수상태(最適含水比)하에서 최대밀도(最大乾燥密度)를 가지며 이때의 최적 함수비와 최대밀도는 다짐의 효과를 판정하는데 기준이 되는것이다.

흙의 다짐의 정도는 구조물의 사용목적에 따라서

달라지며 시험실 표준 다짐시험 방법으로서 구한 최적함수비(w_o)와 최대건조밀도(γ_d)를 기준으로하여 상대적으로 다짐의 기준을 정하게 된다. 따라서 다짐의 한계 기준은 함수비와 다짐율(D)에 대해서 정해지며 이 한계는 흙의 입도상태를 고려하여 다음

재 료	N64체(4.76mm)보다 큰 입자의 함 유율	Nq4체 통과분 시험기준					
		성토 높이 50ft(15m)미만			성토 높이 50ft(15m)이상		
		허용현장 최저밀도	소요현장 평균밀도	현장함수비 한계 $w_o - w_f$	허용현장 최저밀도	소요현장 평균밀도	현장함수비 한계 $w_o - w_f$
접성 흙	0~25% 26~50 50이상	D=95 D=92.5 D=90	D=98 D=95 D=93	-2~+2 " "	D=98% D=95% D=93%	D=100% D=98% D=95%	+2~0% " "

과 같이 정하고 있다.

여기서 D는 최대밀도(시험실)에 대한 현장밀도의 백분율이고 w_o 는 최적함수비, 그리고 w_f 는 현장함수비이다.

상기 기준표는 미국 개척국에서 사용하고 있는것으로서 현재 우리나라에서도 사용하고 있다. 따라서 이 기준에 의거 제방의 설계와 시공을 실시하고 있으나 다짐을 변화에 주요 인자인 함수비와 다짐율(밀도)이 변화할때 제방 역학적 성질의 변화상태를 정확히 알지 못함으로서 구조물 안전설계에 많은 어려움을 겪고 있는 바이다.

구주물 축조용 흙을 최적 함수상태하에서 최대건조밀도로 다졌을 경우(D=100%)에 각종 역학적 성질의값은 많은 시험및 연구결과가 발표되어 있어 실제 설계및 구조물 안정도 계산에 응용되고 있으나 다짐율이 100%미만인 저밀도의 경우에는 정확한 역학적 성질의 값이 발표된것이 없으므로 이에 대한 일부 시험연구를 실시하여 구주물 설계 및 안정도 검토에 기여코저 하는바이다.

본 시험에서는 일반적으로 많이 사용되는 축제용 몇가지 흙에 대한것으로 최적함수상태의흙을 100% 97%, 94%및 91%의 각종 다짐율(D)로 다졌을 경우 흙의 투수계수의 변화를 연구한 것이다.

II. 연구사

흙을 축제재료로하는 토목공사에서 흙의 함수비를 맞추고 적절한 방법으로 다지는것은 가장 중요한 것이며 이의 중요성이 영국에서 처음 증명된뒤 1820년까지 축력을 이용하여 흙의 다짐을 실시한뒤로 19세기 중엽까지는 콘크리트나 금속 제품의 Roller가 미국과 유럽에서 소개 되어사용 되었다.

1970년에 Steel Sheepsfoot Roller가 Drum Dam 축조시 사용된것을 위시해서 1950년대 까지도 많이 이용되어 왔다⁽⁷⁾.

그러나 도로나 저수지 제방과 같은 토공에 있어서 흙의 다짐이론에 대한 기초적인 원리는 1933년에 Proctor에 의해서 발표되었으며 그뒤로 이에대한 많은 연구가 [활발히] 시작되었다⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾. 이러한 다짐이론에 기초를 두어 1937년이래 많은 토목공사에서 실지 이론적인 시공관리를 다짐 방법에 응용하여 시공할 수 있게 되었다. 미국 A.A.S.H.O(American Association of State Highway Officials)에서는 1938년에 도로공사에서 다짐에 대한 표준법을 설정 하였다⁽¹¹⁾. 그뒤 미국 오하이오주 도로국에서는 1946년에 성토재료에 대한 다짐율을 발표하였다⁽¹²⁾.

그뒤 미국 개척국에서는 1953년 현장에서 시공성토의 함수비와 다짐율을 조절하는 방법을 발표한뒤로 1960년 미국공병단에서도 흙의 함수비와 밀도에 대한 관계및 다짐율에 대한 기록을 발표했다.

한편 전압토(鎮壓土)의 투수계수에 대한 연구는 1848년 Talyer가 Darcy법측에 근거를 둔 정수위(定水位) 투수시험에 의해서 토양속에 투수계수를 구하는 방법을 발표한 뒤 Lambe도 이 방법을 응용하여 전압점토의 투수계수를 구하는 방법을 개발하였고 계속하여 Michaels(1954), Hamsbo(1960) 및 Mitchell(1965) 등이 포화점토에 대한 투수시험법을 개발하였다⁽¹³⁾.

久野(1962)는 전압토에 대한 시험 결과에서 투수계수와 최적함수비와의 관계는 $k=ae^{bw}$ 라고 발표하였으며⁽¹⁴⁾ Sherard(1963)는 다짐 및 투수시험에 대한 연구를하여 수직 투수계수와 수평 투수계수의 관계를 발표했고⁽¹⁵⁾ Matyas(1967)는 전압토에서 공기

와 물의 투수계수에 대한 연구를 하고 같은 함수비 및 밀도의 흙이라도 포화도에 따라서 투수계수가 달라진다고 발표했다⁽¹⁾.

1969년 Lambe와 Whitman은 다짐시료에 대한 투수시험결과에서 함수비 변화에 따른 밀도변화와 투수계수의 변화를 발표했다. 동 발표에는 표준 다짐하에서 최소의 투수계수는 최적함수비를 기준으로 해서 약간 습윤상태에서 얻을수 있다하였다. 또 최적 함수비보다 건조시에 투수계수는 급격히 증가하고 과습시의 투수계수 증가는 건조시보다 월등하게 적었다고 하였다. 이러한 결과는 윤(1971)⁽¹⁰⁾의 결과에서도 증명되었다.

또 松尾(1969)가 흙의 투수성에 관한 연구에서 투수계수와 토립자(土粒子)의 관계를 발표한 뒤로 우리나라에서도 1970년 강⁽¹⁸⁾과, 1971년 윤⁽¹⁹⁾도 이에 대한 연구 발표가 있었다.

Ⅲ. 시험재료 및 방법

1. 사용재료

본 연구시험에 사용한 시료는 토언제(土壤堤) 시공에 가장 많이 사용되는 토질시료로서 "통일흙분류방법"에 의한 분류에서 SC군에 속하는 시료 1개, SM군에 속하는 시료 2개, CL가 4개, 그리고 ML에서 3개를 택하였다. 모든 시료의 최대입径의 크기는 4.76mm로서 18%~68%의 모래와 4%~32%의 점토를 포함하고 균등계수는 13~67, 그리고 아타바그하계에 있어서는 32~45%의 액성한계와 20~27%의 소성한계를 갖고 있는 시료를 택하였다.

2. 시험방법 및 결과

가. 비중시험

비중시험은 KSF230g에 의거 100ml용량의 피크노미터를 사용하여 실시 하였으며 사용한 시료는 4번체(4.76mm)를 통과한 것으로서 시험중 토입자 사이의 기포를 제거하기 위해서 30분간 진공을 시키면서 시험을 행하였으며 10개 시료에대한 비중시험치는 2.65~2.73이었다.

표-1.

흙의 물리성 성질

시 료 명		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
시 험 구 분											
비 중 시 험		2.66	2.65	2.65	2.65	2.68	2.68	2.72	2.65	2.73	2.68
입 도 분 과 (%)	N _q 4체%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	N _q 200체%	82.00	74.32	74.5	70.46	65.50	50.24	63.76	35.60	34.00	32.32
	0.005mm%	31.50	25.00	28.00	24.30	17.00	10.00	21.00	5.60	4.00	5.00

나. 입도분석시험

입도분석시험은 KSF2302 및 미국 개척국에서 사용하는 시험법을 채택 하였다. 입도분석시험은 4번체를 통과한 시료로서 실시하고 200번체(0.074mm)미만의 세입자는 비중계시험으로서, 그리고 0.074mm 이상의 조립자는 체가름 시험을 행하였으며 그 결과는 그림1. 과 같다.

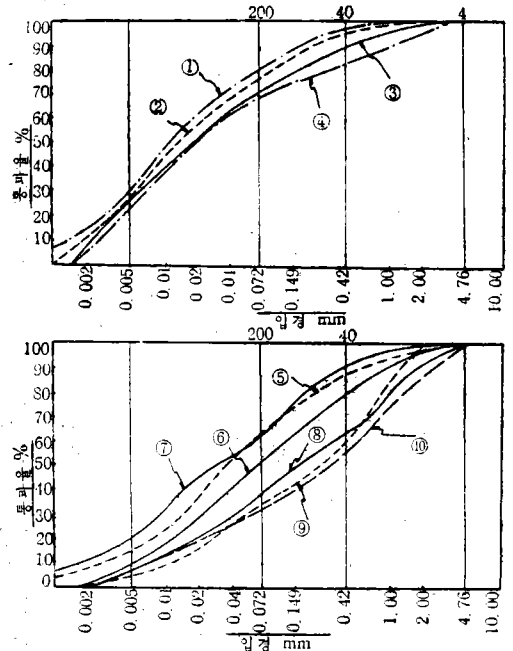


그림 1. 도입곡선

다. 소성시험(塑性試驗)

소성시험은 KSF2303 및 KSF2304에 의거 액성한계시험과 소성한계시험을 실시하였으며 시험결과 시료 1~4는 비교적 높은 소성을 그리고 시료 5~10은 적은 소성을 나타내고 있다.

라. 분류

본 시험에 사용된 10개 시료에 대한 분류는 앞에서 설명한 입도분석 시험과 아타바그한계 시험을 기준으로 해서 통일 흙분류법에 의거 분류하였으며 분류 시험결과와 종합은 다음표와 같다.

시료명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
시험구분											
균 등 계 수	13.28	13.69	14.29	14.00	20.00	21.20	30.00	41.30	30.00	67.40	
소성시험	액성한계 %	45.20	43.00	40.90	43.30	34.80	33.50	33.10	32.50	36.10	33.20
	소성한계 %	25.70	21.74	23.32	22.86	26.90	23.55	26.03	19.50	31.75	24.94
	소성지수 %	19.50	21.26	17.58	20.44	7.90	9.95	7.07	14.00	4.85	8.26
분 류	CL	CL	CL	CL	ML	ML	ML	SC	SM	SM	

마. 다짐시험

표준다짐시험 방법은 KSF1312의 4-1방법으로서 proctor의 표준다짐시험 방법과 같으며 Mold의 용적은 944cc, Ramm의 중량은 2.5kg, Rammer와 의 낙하고는 30cm로 하여 25회씩 3층으로 다졌다.

표준다짐시험 결과(100%)의 97%, 94%, 91%의 다짐은 최대 건조밀도의 Energy의 97% 94% 및 91%로서 Mold내의 흙의 밀도가 균일하게 다졌다.

각 시료에 대한 표준다짐시험 결과와 다짐을 변화 할때의 밀도는 표-2 및 그림 2. 와 같다.

표-2. 다짐 시험 결과표

시료명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
시험구분											
최적함수비(%) ω_o	23.30	19.60	2.100	2.040	1.880	1.875	2.080	1.300	1.645	1.511	
습윤밀도 γ_w / gr/cm ³	100	1.942	2.010	1.942	2.005	2.034	2.012	2.017	2.100	2.085	2.100
	97	1.883	1.949	1.883	1.946	1.973	1.951	1.956	2.038	2.022	2.038
	94	1.825	1.889	1.825	1.885	1.991	1.891	1.895	1.975	1.959	1.975
	91	1.767	1.829	1.767	1.825	1.851	1.830	1.835	1.913	1.897	1.913
건조밀도 γ_d / gr/cm ³	100	1.575	1.681	1.607	1.665	1.712	1.695	1.670	1.858	1.789	1.824
	97	1.527	1.630	1.558	1.616	1.660	1.643	1.620	1.801	1.735	1.769
	94	1.480	1.580	1.510	1.567	1.609	1.593	1.570	1.746	1.681	1.714
	91	1.433	1.530	1.462	1.516	1.558	1.541	1.520	1.690	1.627	1.660

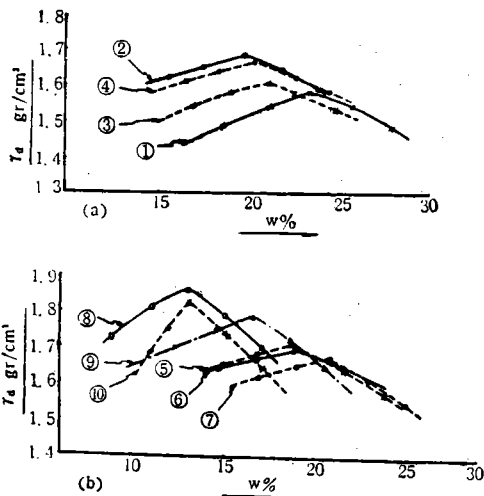


그림 2-1. 건조밀도 곡선

바. 투수시험

투수시험은 KSF2322에 의거 정수위(定水位)투수 시험과 변수위(變水位)투수시험을 실시하였다. 투

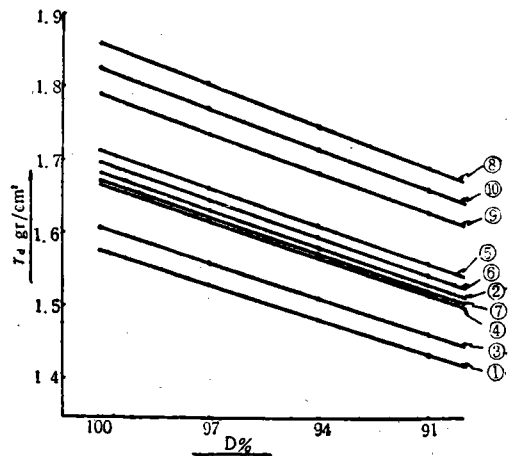


그림 2-2. 다짐율과 건조밀도

수시험에 사용한 시료는 4번체를 통과한 것으로 표준다짐시험에서 구한 최적함수비로 함수비를 조절 한 다음 100% 다짐율(표준 다짐시험에서 최대밀도) 과 97% 94% 그리고 91%의 다짐율로 흙을 다져서

표-3. 투수계수 및 투수계수 증가율

시료명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
다짐율										
투수계수 (%)	1.10 × 10 ⁻⁷	1.30 × 10 ⁻⁷	1.65 × 10 ⁻⁷	1.65 × 10 ⁻⁷	1.88 × 10 ⁻⁷	2.39 × 10 ⁻⁷	2.60 × 10 ⁻⁷	2.07 × 10 ⁻⁷	2.17 × 10 ⁻⁷	3.84 × 10 ⁻⁷
투수계수 (cm/sec)	1.53 × 10 ⁻⁷	1.80 × 10 ⁻⁷	2.44 × 10 ⁻⁷	2.66 × 10 ⁻⁷	7.18 × 10 ⁻⁷	1.21 × 10 ⁻⁶	8.89 × 10 ⁻⁷	1.60 × 10 ⁻⁶	1.30 × 10 ⁻⁶	2.43 × 10 ⁻⁶
투수계수 증가율 (%)	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
투수계수 증가율 (배)	97	1.39	1.56	1.48	1.61	4.15	5.06	3.42	7.71	5.99
	94	2.23	3.50	3.57	5.07	10.10	11.59	9.00	39.50	46.02
	91	3.78	5.44	5.52	10.18	23.20	24.70	21.60	338.0	250.4

본 투수시험을 실시 하였다.

1) 정수위 투수시험

정수위 투수시험기는 표준다짐시험 Mold와 같은 것으로서 단면적은 80.86cm²이고 시료의 길이는 8cm로하고 수위차는 280cm내외로 하였다.

2) 변수위 투수시험

변수위 투수시험기의 단면적은 19.64cm²(직경 = 5cm)이고 시료높이는 8cm로서 정수위와 같았으며 시험초기의 수두(水頭)는 대략 60cm, 시험후기의 수두는 20~30cm였다.

위의 두가지 방법으로 구한 투수계수는 온도 15°C 때의 투수계수로서 환산하고 2가지의 투수계수를 평균하여 구하였다.

각 시료의 다짐율이 적어짐으로서 다시말해서 시

료의 밀도가 저하함으로써 투수계수는 증가하여 다짐율이 97%로 될때는 다짐율 100%에 비해서 투수계수는 1.4~7.7배나 증가 하고 94%때는 2.2~40% 그리고 91%때는 3.8~432배나 증가 되었다.

각 시료의 밀도가 변화 할때의 [투수계수와 그의 증가율은 표-3 및 그림3. 과 같다.

IV. 시험결과 및 고찰

1. 점토의 함수율(0.005mm미만) 및 200번체 (0.074mm) 통과율과 최적함수비와의 관계

입도분석 결과에서 구한 입자의 통과율과 표준다짐 시험에서 구한 최적함수비의 값은 표-4 및 그림 4. 와 같다.

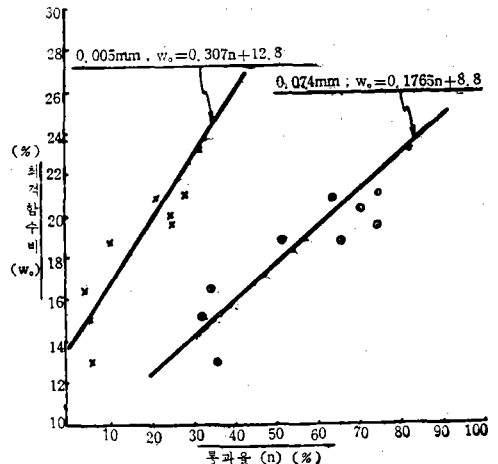


그림 4. 입자의 통과율과 최적함수비

그림 4에서 보는 바와 같이 입자의 통과율이 클 경우, 다시 말해서 세입자의 함유량이 많은 경우는 최적함수비가 커지며 200번체 통과율(량)과 최적함

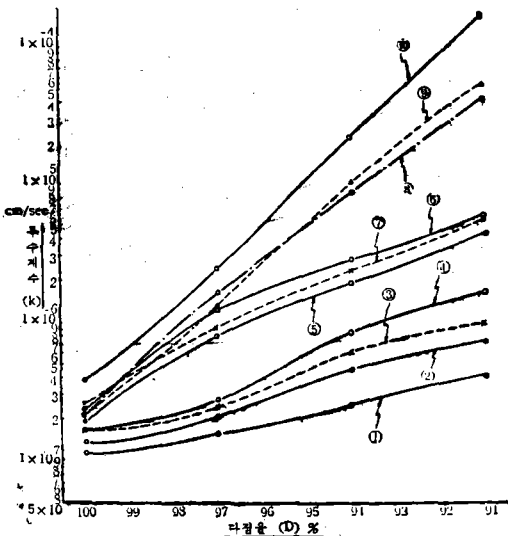


그림 3. 다짐율과 투수계수

표-4. 입자의 크기와 최적함수비

시료명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
시험구분										
200번체 통과율%	82.00	74.32	74.50	70.46	65.50	50.24	63.76	35.61	34.00	32.32
0.005mm 통과율%	31.50	25.00	28.00	24.30	17.00	10.00	21.00	5.60	9.00	5.00
최적함수비%	23.30	19.60	21.00	20.40	18.80	18.75	20.80	13.00	16.45	15.11

수비와의 관계는 $w_o = 0.1765n + 8.8$ 의 직선변화가, 그리고 점토의 함수량(0.005mm 미만)과의 관계는 $w_o = 0.307n + 12.8$ 의 직선적인 관계식이 성립됨을 알 수 있다. 위 식에서 w_o 는 최적함수비(%)이고 n 은 통과율(%)이다.

이 현상은 200번체 통과량이 많을 경우 건조밀도는 감소되는 현상⁽²⁾⁽¹²⁾⁽¹⁴⁾과도 일연의 상관관계가 있음을 알 수 있다.

2. 다짐율 변화에 따른 최적함수비(w_o)와 공극비(e)와의 관계

표-5. 공극비 및 공극율 종합표

시험구분	시료명 다짐율	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		%									
공극비	100	0.698	0.575	0.647	0.591	0.567	0.570	0.630	0.429	0.524	0.469
	97	0.745	0.622	0.703	0.640	0.616	0.630	0.680	0.472	0.591	0.517
	94	0.800	0.675	0.753	0.691	0.670	0.681	0.732	0.520	0.622	0.564
	91	0.857	0.730	0.813	0.748	0.723	0.738	0.709	0.570	0.676	0.615
공극율 (%)	100	41.80	36.50	39.40	37.15	36.25	36.30	38.70	30.00	34.40	31.90
	97	42.80	38.40	41.30	39.00	38.30	38.67	40.47	32.10	36.40	34.10
	94	44.50	40.80	42.90	40.85	40.10	40.50	41.94	34.20	38.40	36.05
	91	46.15	42.20	44.75	42.80	42.00	42.50	44.15	36.30	40.40	38.10
최적함수비%		23.30	19.60	29.00	20.40	18.80	18.75	20.80	13.00	16.45	15.11

다짐율이 감소됨으로서 밀도는 다짐율에 비례하여 감소되고 따라서 공극비 및 공극율은 증가된다. 그러나 이 증가량은 다짐율과 정확한 비례로서 증

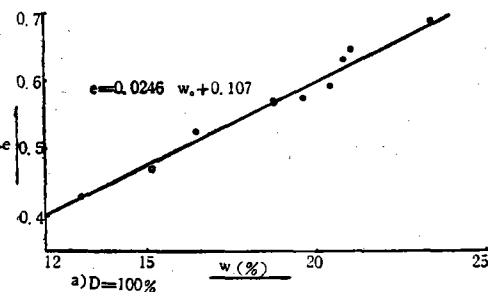
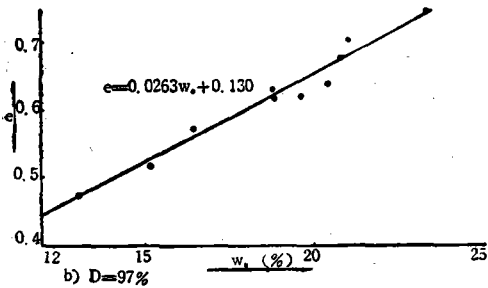


그림 5-1. 최적함수비와 공극비

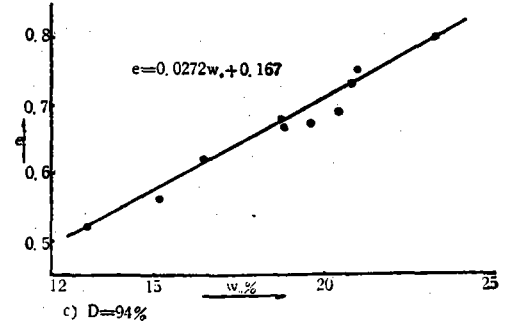
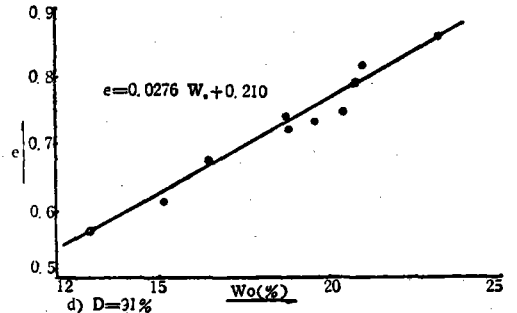


그림 5-2. 최적함수비와 공극비

가 되는것은 아니다. 이러한 공극비 증가의 현상은 흙에 따라서 달르며 최적함수비와 공극율의 변화는

표-5 및 그림 5. 와 같다.

위의 결과로부터, 다짐율이 변화할때 최적함수비

관 계 식	$e=aw_0+b$									
	e; 공극비 w ₀ ; 최적함수비(%)									
다 짐 율%	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
a	0.0276	0.0275	0.0274	0.0272	0.0269	0.0266	0.0263	0.0258	0.0252	0.0246
b	0.210	0.195	0.180	0.167	0.154	0.142	0.130	0.121	0.112	0.109

와 공극비와는 $e=aw_0+b$ 의 관계식이 성립되며 다짐율 변화에 따른 관계식은 다음과 같다.

이는 다짐율에 관계없이 최적함수비가 증가하면

공극비도 증가함을 알 수 있다. 그런데 이러한 증가 현상은 다짐율이 감소할수록 현저하게 나타난다.

그리고 다짐율이 100%일때의 공극비에 비하여 다

표-6. 공극율 증가율(배)

시료명 \ 다짐율	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
97	1.024	1.052	1.048	1.050	1.056	1.064	1.045	1.069	1.061	1.069
94	1.064	1.103	1.088	1.100	1.130	1.116	1.083	1.140	1.119	1.130
91	1.104	1.158	1.135	1.152	1.158	1.170	1.141	1.210	1.177	1.195

짐율이 감소되므로서 공극비가 증가되는 현상은 최적함수비가 적은시료, 다시 말해서 조립의 시료일 수록 현저하다. 이의 관계는 표-6 및 그림 6. 과 같다.

그리고 투수계수 증가율로서 볼때 다짐율이 94%로 떨어지면 100% 다짐때의 투수계수에 비해서 세입점질토는 2~5배, 세입 쉘트질토는 10~11배, 그리고 조립토는 40~55배로 투수계수가 증가되고 있다.

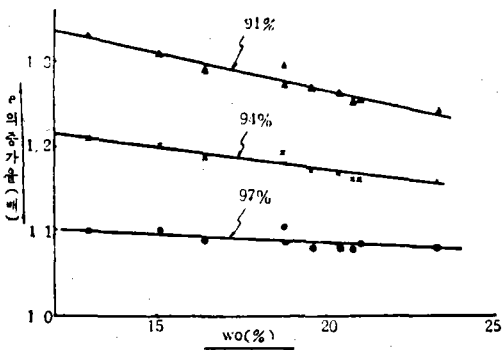


그림 6. 다짐율과 공극비의 증가율

3. 다짐율과 투수계수의 변화

흙의 다짐율이 변화할 때(감소시) 투수계수는 증가되는데 그 관계는 그림 3과 같다.

그림 3에서 볼때 조입재(粗粒材-N₀ 8~10)는 다짐율이 감소하므로서 투수계수는 크게 증가되고 세립재료에서는 쉘트질토가 점질토보다 투수계수가 크게 증가되며 이러한 현상은 다짐율이 적게 변화할 때(97%) 더욱 현저하다. 그러나 다짐율이 94% 이하로 감소하면 투수계수는 쉘트질토(ML)와 점질토(CL)가 비슷한 현상으로 증가되고 있다.

4. 최적함수비와 투수계수의 관계

흙의 다짐율이 변화할때 자시료의 최적함수비와

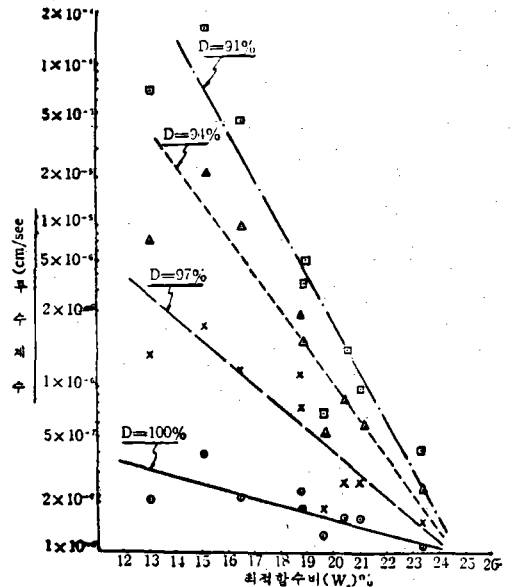


그림 7. 최적함수비와 투수계수

투수계수와와의 관계는 그림 7과 같다.

그림 7에서 알수있는 바와같이 흙의 최적함수량이 감소하므로서 투수계수는 증가된다. 이는 흙의 입자가 크므로서 최적함수량은 감소되는 현상과 비교점토할때 흙의 입자가 커지므로서 투수계수도 증가하는 현상이라고 하겠다. 이와같은 현상은 다짐율이 감소할수록 더욱 현저하게 나타나고 있다.

久野⁽¹⁴⁾는 최적함수량, w_0 와 투수계수 k 와는 $k = ae^{-\delta w_0}$ 의 관계가 성립된다고 발표했는데 본 연구시험에서도 같은 결과를 나타내고 있음을 알수있다.

그런데 그림 7에서 보면 최적함수비가 25% 이상인 시료에서는 다짐율 변화에 관계없이 투수계수는 거의 일정함을 알수있다.

5. 200번체 통과율과 투수계수의 관계

다짐율이 변화할때 세립자(200번체 통과율)의 함유량과 투수계수의 관계는 그림 8과 같다.

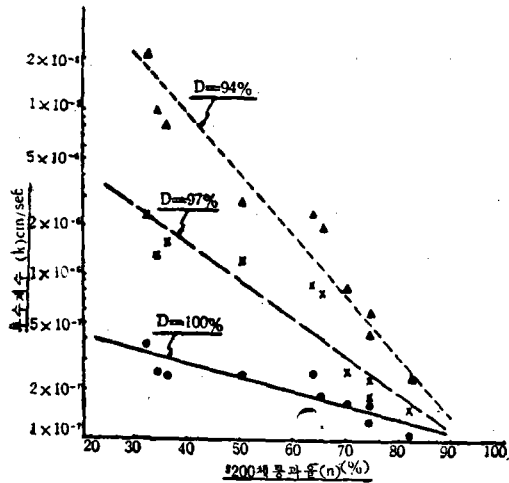


그림 8. 200번체 통과율과 투수계수

그림 8에서 볼때 흙에 세립자가 적을수록 투수계수는 증가되며⁽¹⁵⁾ $k = ae^{-\delta n}$ 의 관계를 나타내며 이는 松屋⁽¹⁵⁾의 연구에서 점토함량이 적을수록 투수계수가 증가되는 현상과 일치됨을 알수있다. 이런 현상은 다짐율이 적을경우 일수록 더욱 현저하며 200번체 통과율이 100%에 가까울수록 투수계수는 별로 증가되지 않음을 알수있다. 그러므로 200번체 통과율이 50% 미만인 토질에서는 97%이상 전압을 해야만 $10^{-7} \text{cm}^2/\text{sec}$ 의 투수계수를 얻을수 있다.

6. 흙의 소성(塑性)과 투수계수의 관계

흙의 소성을 나타내는 액성한계(L_L)와 투수계수

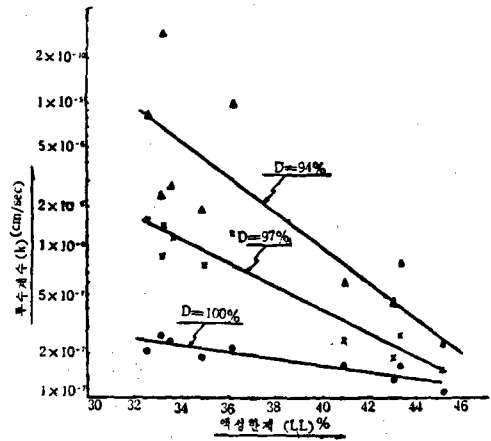


그림 9. 액성한계와 투수계수

(K)의 관계를 보면 그림 9와 같다.

흙의 소성(액성한계)가 적어지면 투수계수는 커지며 그 관계는 $k = ae^{-\delta LL}$ 를 나타내고 있다. 여기서는 액성한계이다. 이러한 현상은 다짐율이 감소되므로서 더욱 현저하다. 이는 세입재 감소에 따른 투수계수의 증가현상과 일치한다. 그러므로 저소성의 조입재(粗粒材)일수록 투수계수는 더욱 크게 증가되는 것으로 생각된다.

V. 결 론

성토용 흙의 밀도변화(다짐율 감소)에 따른 공극비와 투수계수 변화에 대하여 본 시험에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 세립자의 함유량이 많을수록 흙의 최적함수비는 증가한다. 여기서 최적함수비와 200번체 통과율 n 와는 $w_0 = 0.1765n + 8.8$ 의 직선적인 관계가 있다.
2. 최적함수비가 증가되므로서 밀도변화(다짐율 감소)에 관계없이 다짐흙의 공극비는 $e = aw_0 + b$ 의 직선변화로 증가되고 있다.
3. 다짐율이 감소되므로서 투수계수는 증가된다. 이 현상은 세입재보다 조입재가, 그리고 같은 입도의 재료에서는 비 점성토가 점성토보다 현저하다.
4. 최적함수비가 큰 시료일수록 투수계수는 적어진다. 이러한 투수계수의 감소현상은 다짐율이 저울일수록 급격히 나타나며 최적함수비가 25% 이상인 시료에서는 다짐율에 관계없이 투수계수는 거의 일정한 범위내에 있다.
5. 세입자가 적을수록 투수계수는 커진다. 이러한 투수계수의 증가현상은 밀도가 적어질수록 더욱 현저하다. 200번체 통과율이 100%에 가까우면 다

집울에 관계없이 투수계수는 거의 일정하다.

6. 흙의 소성이 증가되면 투수계수는 감소하여 역성한계가 50%정도이면 투수계수는 비슷하다.

인용문헌

1. Burmister. D.M, 1964; "Enviromental Factors in Soil Compaction", A.S.T.M, Special Technical Publication No377, A.S.T.M
2. "Compaction of Soil", 1964, A.S.T.M. Special Tech. Pub, NO. 377: p 80 101,
3. "Design of Small Dams"; 1960, U.S. Govern ment Printing Office, Washington
4. Hilf. J.W, 1966; "A Rapid Method of Constru ction Control for Embankment of Cohesivet Soil" A water resources Tech. Pub. Burean of Roclamation U.S.A.
5. Matyas. E.L, 1967, "Air and water permeability of Compacted Soils" A.S.T.M. Spec. Pub, No. 417. A.S.T.M, U.S.A.
6. Mitchell. J.K, andD.R. Hooper, 1965, "Perm- eability of Compacted Clay "Journal of the Soil Mech. and Foundation Div. A.S.C.E. Vol 91, No. SM 4.
7. Shevard. J.L, R.J. Woodward, S.F. Gijienski and W.A. Clevenger, 1963, "Earthand Earth-

- Rock Dams" John Wiley and Sons, Inc. New York. p. 201~207, . 563~577
8. Taylor. D.W. 1948, "Fundamental, of Soil Mechanics John Wiley and Sons, Inc. p. 97~ 123.
9. Terzagh:. K. and. R.B. Peck 1968; "Soil Me- chanics in Engineering Practice John Wiley and Sons, Inc. p. 440~459
10. Turn bull. W.J, J.R. Compton and R.G. AHt- lvin 1966 "Quality Control of Compacted Earth Work John ASCE Vol 92 No SMI
11. U.S. Dept. ofthe Interior, 1968. "Earth Manual Bureau Reclamation, Denver Colorado, U.S.A.
12. 강예묵, 1969, "흙 다짐에 관한 연구 1", 농공 학회지 Vol. 11 No. 4.
13. _____, 1970, "흙 다짐에 관한 연구 IV" 농 공학회지 Vol.12. No.3.
14. 久野悟郎, 1962, 土の締圍め 技報堂全書 57, 技 報堂, p. 1~3, 44~100.
15. 松尾新一郎, 木暮敬二, 1919. "土の透水性仁 關 する 一考察" 土と 基礎 Vol. 17. No.5.
16. 윤충섭 1971 "축제용 흙의 함수비 변화에 의한 다짐을 및 투수계수 변화에 관한 연구" 농공학회 지 Vol. 13 No. 4.