

Fill Dam의 機械 輾壓效果에 關한 研究

A Study on the Mechanical Compaction of Fill Dam

尹 忠 燮* · 金 周 範**

Choong Sup Yoon, Joo Bum Kim

Summary

The compaction of core zone of the fill dam is very important for increasing of the Strength of soil mass and reduction of permeability of the core.

The principal objects of this study are to give the construction criteria of tamping rollers and to find out the relationships between density and permeability of soil after compaction.

The results in this study are summarized as follows.

1. The core zone of fill dam should be compacted more than 8 passes because the compaction effects of clayey soil increase sharply in about 8 passes of roller.
2. The coefficient of permeability (K) increases with the thickness of compaction of soil even though the density is same.
3. The effect of compaction increases with the quantity of coarse materials such as coarse sand and gravel.
4. If D values change from 100 percent to 98 percent and from 100 percent to 95 percent, K values become 2 times and 5 times of initial K value respectively.
5. The coefficient of permeability in the field soil is very high comparing with the result of laboratory test at the same 100 percent compaction ratio, but the differences between both results decrease with the decrease of compaction ratio.
6. Thickness of soil layer for the compaction should be increased for heavier compaction machine.
7. In order to get the compaction ratio of 98 percent or more, 10 to 12 passes of roller is generally required with the thickness of soil from 20cm to 30cm.

I. 緒 言

흙댐이나防潮堤 및 道路와 같은 土工 構造物에서 흙의 다짐은 가장 重要한 土工作業의 하나로서 이의 良否는 構造物의 施工中이나 施工后에 있어서

土質構造物의 安定性, 壓密沈下 및 止水(遮水) 등에 직접 간접으로 큰 영향을 끼치게 된다.

더욱이 現在 우리나라에서 築造되고 있는 各種 댐의 높이가 높아짐에 따라서 흙의 다짐의 必要性을 더욱 強調되고 있고 이를 위한 다짐 裝備의 選

* 慶尙大學 農工學科

** 農業振興公社 試驗所

濕은 물론 施工中에도 철저한 施工管理가 要求되고 있다.

흙을 다져서 密度를 增加시키면 土粒子의 空隙이 적어지며 흙의 粘着力과 摩擦이 增加하고 물에 對한 感受性이 적어지므로서 흙의 強度增大, 壓縮率減少 透水性 減少 및 均等性의 向上으로 土質構造物은 外力에 對한 抵抗力이 크고 보다 높은 安定性을 갖음은 물론 經濟的인 構造物을 만들 수 있다.

흙의 다짐은 흙의 種類 및 使用 部位에 따라서 그리고 같은 흙이라도 그 含水 狀態에 따라서 다짐의 方法과 그 效果가 다르므로 室內試驗에서 標準 다짐 試驗 方法으로서 求한 最適含水 W_0 와 最大乾燥密度(γ_d)를 基準으로 하여 다짐의 限界基準을 定하게 된다. 이 한계기준은 構造物에 따라서 달라지며 美國開拓局에서 使用하고 있는 小規模 댐에 對한 限界規定을 보면 댐 높이 50ft以下에서는 $W_0 - 2\%$ 내지 $W_0 + 2\%$ 를, 그리고 50ft以上에서는 W_0 내지 $W_0 + 2\%$ 의 한계 含水비를 使用하고 있고 다짐을 (D) 限界는 4번체 (4.76mm) 通過率이 75%以上 되는 흙에 대하여 50ft以下에서는 95%, 그리고 50ft以上에서는 98%로 規定하고 있다.

現在 우리나라에서도 이와 같은 規定을 使用하고 있으며 重要한 大댐의 築造時는 이를 근거로한 現場 施工基準을 別途로 定하여 보다 完備한 施工을 하고 있다.

試驗室에서 흙을 다지고 이에 對한 各種 試驗(透水試驗, 壓密試驗, 剪斷試驗)을 하는것은 容易한 일이나 實際 構造物築造現場에서, 試驗室에서 求한 試驗値에 맞는 다짐(軋壓)效果를 얻기는 어려운 것으로서 可及的 실내 試驗値에 가까운 效果를 얻을 수 있는 軋壓方法을 擇해야 한다.

실제로 工事現場에서 흙을 軋壓함에 있어서는 施工前에 現場與件에 맞는 現場試驗을 하여 施工基準으로 삼아야 하며 이는 흙의 種類, 軋壓裝備, 盛土 部位에 따라서 적절할 기준을 정해야 한다. 그러나 이러한 施工基準 設定을 위한 現場試驗은 많은 裝備와 時間이 必要하므로 一般으로, 土質條件에 맞는 軋壓裝備를 選擇하여 使用할 수 있도록 概略的인 基準이 定해져 있다.

本 試驗에서는 우리나라의 大單位 農業用水 事業 地區에서 築造한 댐에 對한 現場 施工基準을 근거로 하여 各種 軋壓裝備의 기준을 정하고 軋壓된 土質의 性質을 究明하여 構造物의 設計, 施工, 및 安定度 檢討에 도움을 주고자 하는 것이며 本 研究는 埤 댐의 心壁用으로 가장 많이 사용되는 粘性土(CL,

SC) 6個 對하여 荷重條件이 相異한 4種의 軋壓裝備로 試驗했을 경우에 各 裝備別 施工基準(盛土 두께 및 軋壓回數)을 求하고 이에 따른 흙의 密度 및 透水性의 變化에 對하여 研究한 것이다.

II. 研究史

흙을 다짐에 있어 흙의 含水量을 調節하면서 흙의 強度를 增大시켜 構造物의 安定을 도모하는 것은 大端히 重要한것이나 다짐의 效果를 增大시키기 위하여 人爲的으로 흙을 적시거나 말리면서 다진 例가 19世紀 以前에는 別로 없었다⁽¹⁷⁾.

그러나 人類가 흙을 다져서 工事를 한것은, 1,800 年代 末期에 유럽 地中海 地方에서 흙댐 施工時 흙을 다짐 目的으로 소나, 山羊, 그리고 羊을 동원한 記錄이 있다⁽¹⁸⁾.

흙 쌓기에서 다짐의 重要性은 처음 英國에서 證明되어 소나 山羊을 다짐 目的으로 使用된 뒤 19世紀 中葉까지 콘크리트와 金屬으로 만든 두껍고 平滑한 로울러가 유럽에서 使用 되었으며 美國에서도 소개되었고⁽¹⁹⁾, 그 뒤 1907년에 美國에서 덱스프룻 로울러가 Drum 댐 築造時 使用된 것을 위해서 1950年代 까지로 많이 使用되어 왔다⁽²⁰⁾.

이와같이 다짐의 歷史는 매우 오래되었으나 이것이 學問的으로 體系가 잡히기 시작한것은 1920年代 後半期부터이고⁽⁶⁾, 1933년에 Proctor에 依해서 다짐에 대한 基礎的인 理論이 確立되어 그 뒤로 이에 대한 많은 研究가 활발히 始作되었다^{(6), (11)} 이러한 다짐 理論에 基礎를 두어 1937年以來 많은 土木 工事에서 다짐方法을 應用한 실제 이론적인 施工管理로 할수 있게 되어 美國 A.A.S.H.D (American Association of State Highway officials)에서는 1938 年에 道路工事에서 다짐에 對한 標準法을 設定하였고 그 뒤 미국 Ohio州 道路局에서는 1946년에 盛土材料에 對한 다짐率을 發表하였다⁽²⁾. 또 美國 Waterway Experiment Station에서는 各種 다짐 장비에 對한 效果를 研究하여 1954년에는 덱스프룻 로울러에 對한것이, 그리고 1956년에는 다이아 로울러에 對한 研究報告書가 나왔다^{(24), (25)}.

한편 軋壓土의 透水係數에 對한 研究는 1948年 Tayler가 土攘속의 透水係數를 求하는 方法을 發表한 뒤 Lambe, Michaels (1954), Hamsbo(1950), 및 Mitchell(1965) 등이 飽和粘土에 對한 透水試驗을 開發하였다⁽¹³⁾.

그리고 Bierrium과 Hunder(1957)는 三軸試驗을

을 사용하여 輾壓粘土의 透水試驗을 實施하여 “같은 狀態의 試料라도 飽和度가 높으면 透水係數도 높다”고 하였으며 이는 1967年 Matyas의 研究에서도 立證되었다⁽¹⁴⁾. 또 久野 (1962)는 輾壓土에 對한 透水係數와 最適含水量과의 關係는 $K=ae^{-bW}$ 라고 發表했으며 이는 1971년에 發表한 尹의 研究에서도 같은 結果를 얻었다⁽¹¹⁾⁽²⁶⁾.

그런데 均一한 상태로 輾壓되지 않을 경우는 물의 흐름의 方向에 따라서 달라져 sherard (1963)는 전압토에 對한 透水試驗을 하여 垂直透水係數와 水平透水係數의 關係를 發表하였다⁽²⁰⁾. 그리고 우리나라에서 흙의 다짐과 輾壓土에 對한 透水性에 關한 研究는 1969年의 申의 “Fill Dam 心壁의 浸透量에 關한 實驗的 研究”를 비롯하여 姜(1969) 秦(1969) 尹(1971)등 많은 研究를 하였으나 이는 大部分 室內試驗에 依한것이고 實際 現場施工과 關聯된 試驗結果를 토대로 研究된것은 秦(1971)의 “Earth and Rock-fill Dam의 心壁材料에 關한 實驗的 研究”가 처음인것 같다⁽⁹⁾⁽¹⁸⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾.

특히 1975년에 發表한 “월댐의 機械化 다짐 施工에 關한 研究”는 大댐의 設計 및 施工에 많은 資料를 提供하였다.

現在 우리나라에서 築造中인 大部分의 大댐은 土工填댐 (Earth Fill Type Dam)으로서 이는 力學的으로나 經濟的으로 有利하여 美國에서는 1911년에 竣工된 Belle Fourche댐을 始初로 하여 그 뒤 많은 댐이 築造되었으며 우리나라에서도 昭陽江댐 및 安東댐을 爲始해서 榮山江 4個댐과 德同댐이 이미 竣工되고 現在도 많은數의 大댐이 築造中에 있다⁽⁸⁾⁽¹⁶⁾.

우리나라에서는 1964년에 KSF 2312로서 흙의 다짐에 關한 規定이 만들어졌고 土聯 農業土木 研究所에서는 貯水池 築造時 다짐의 規定을 만들어서 많은 貯水池가 築造되었으나 本格的인 現場試驗과 關聯된 機械化 施工을 실시한것은 앞의 大댐의 施工에서 부터라고 할수 있겠다⁽⁸⁾⁽¹⁸⁾.

그런데 輾壓機械에 依한 다짐結果가 試驗室 結果와 一致하는것은 아니므로 施工現場에서 輾壓裝備로 다진 土質의 狀態를 研究하여 室內 試驗結果와 比較研究하여 機械化 施工의 基準을 定하는 것이 앞으로 우리나라의 댐 設計 및 施工을 爲하여 더욱 必要한것이다.

Ⅲ. 材料, 裝備 및 試驗

1. 使用材料

本 試驗에 使用한 材料는 實제로 댐 心壁 材料로 使用된 3個의 粘質土(CL)와 3個의 砂質粘土(SC)로서 이들 試料는 不透水性 材料로 그의 物理的 性質이 大體로 비슷하였다.

2. 現場 盛土基準 試驗 裝備

盛土基準 다짐(輾壓)試驗은 工事 施工 現場에서 築造工事以前에 實施하여 댐 施工管理에 基準을 定하기 爲한것이므로 土工 盛土作業에서는 大端히 重要한 現場試驗으로서 本 試驗은 盛土材料의 種類 및 輾壓裝備의 種類에 따라서 施行해야 하며 施工基準은 設計值 및 示方에 맞도록 定해야 한다.

本 試驗을 爲해서는 實제 施工에 使用한 장비(Roller)로서 使用하여야 하며 이는 現場 條件에 따라 다소 다르나 1回 試驗을 위해서 다음과 같은 장비가 所要된다.

- ① 盛土採集; Bulldozer 또는 Rakedozer 1臺
- ② 積 載; Tractor Shovel 또는 Back Hoe 1臺
- ③ 運 搬; Dump Truck 3~4臺
- ④ 壓 機; Bulldozer 또는 Grader 1臺
- ⑤ 다 지 기; Tamping Roller 1臺

上記 裝備中에서 가장 重要한것은 탬핑 로울러로서 本 試驗에는 Table-1과 같이 4種의 로울러를 使用하였다.

Table-1. Tamping Roller의 규격

Roller 구 분	총중량	바퀴수	바퀴 배열		바퀴폭	다 짐 폭	지 압 력	지 압 력
			전열	후열				
자주식 Compactor	10 ton	4 개	2 개	2 개	0.98 m	0.98×2≒2.0 m	10/2×2=2.5 t/m ²	t/wheel 2.50
견인식 Sheeps foot.R.	10	2	1	1	1.5	1.5×2=3.0	10/3.0=3.3	5.00
자주식 Compactor	19	4	2	2	1.0	1.0×2=2.0	19/2.0×2=4.75	4.75
" "	30	4	2	2	1.13	1.13×2=2.26	30/2.26×2=6.64	7.50

3. 試驗 方法

가. 盛土 基準다짐(輾壓) 試驗

필댐의 盛土 輾壓 試驗은 盛土 材料와 輾壓裝備 가 부합되는 가장 效率的인 方法을 擇하는것으로서 本 試驗의 目的은 다음과 같다.

① 現場에서 實際로 施工할수있는 含水比와 密度의 關係를 求하고

② 輾壓機械의 效率를 最大로 發揮하기 위한 퍼기 두께 (spreading Thickness)와 다짐 회수 (Passing Number)를 決定하며

③ 실제 施工을 위한 知識 및 經驗을 얻는데 있다.

1) 試驗場所 및 試驗區

本 輾壓試驗을 하기 爲하여는 500m² 以上の 넓은 場所로서 平坦한곳이어야 하므로 一般으로 댐을 施工코저하는 敷地나 施工面, 또는 土取場에서 實施하는것이 좋다. 그리고 本 試驗場所는 地盤이 단단하여 盛土輾壓時 沈下되는 일이 없어야 한다.

試驗區는 水平으로 整地하고 불도자나 로울러로 충분히 전압한곳으로서 Fig. 1과 같이 1個區域(plot)의 크기가 5m×5m인 9個區域으로 나눈다.

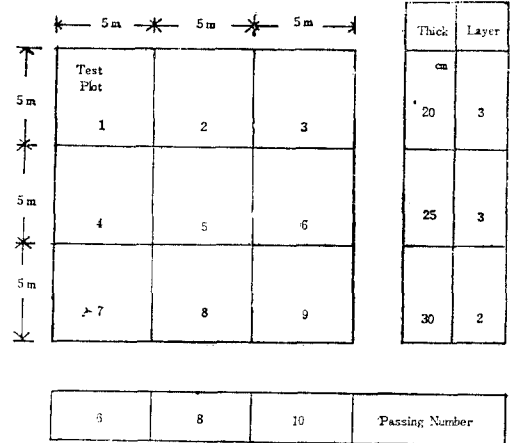


Fig.-1. Banking Test Area

區域의 境界線을 처음에는 白灰로서 標示하나 흙을 퍼면 境界線이 없어지므로 區域에서 다소 떨어져 各 境界마다 標識柱(Pole)을 세워서 區域을 區別하였다. 그리고 各區域은 地盤高를 正確하게 測量하여 퍼기두께의 基準으로 定하였다.

2) 盛土의 퍼기 및 輾壓

Table-2. Banking Test 내역

Sample Number	Rolle 구분	전압속도	Banking Test			Layer. No.	
			Thick.	Passing	No.		
c-1	자주식 (10t) Compactor. R	2.0	15	6.	8.	10	4
			20	"	"	"	3
			30	"	"	"	3
c-2	견인식 (10t) Sheeps foot. R	2.0	15	8.	10.	12	4
			20	"	"	"	3
			30	"	"	"	3
c-3	자주식 (19 ton) Compactor. R	2.0	20	8.	10.	12	3
			25	"	"	"	3
			30	"	"	"	2
c-4	"	2.0	20	6.	8.	10	3
			25	"	"	"	3
			30	"	"	"	2
c-5	자주식 (30ton) Compactor. R	2.0	25	8.	10.	12	3
			30	"	"	"	3
			35	"	"	"	2
c-6	"	2.0	20	4.	8.	12	3
			25	"	"	"	3
			30	"	"	"	2

試驗용이다 흙을 떠는 두께는 15~35cm로 트올러가 큰 경우는 두겹게 하였다. 그리고 흙을 떠는 층수는 3층이 될층이나 30~35cm의 경우에는 2개의 층으로 할것도 있다.

정토의 輾壓回數는 4~12회中에서 3個의 種類를 擇하고 이때 轉壓속도는 대체로 2.0km/hr로 하였다.

各 盛土輾壓 試驗에 使用한 트올러, 흙의 두께, 다짐回數 및 盛土層數는 Table-2와 같다.

나. 現場土質試驗

規定回數의 輾壓이 完了되던 每試驗區마다 密度試驗 및 透水試驗을 實施하였다.

1) 密度試驗

現場密度試驗은 各 區域마다 3個所씩 모래 置換法(Sand Cone Method)으로 實施하였으며 이때 密度試驗用 試驗孔의 크기는 直徑 16.5cm, 深度 15~30cm로 하였다.

2) 透水試驗

密度試驗이 끝나면 各 區域마다 1個所씩 密度試驗孔에서 透水試驗을 하였으며 이때 試驗孔의 側壁은 垂直으로, 그리고 바닥은 水平으로 다들은 다음 試驗孔에 물을 채워서 주위를 완전히 飽和시킨뒤, 一定水位를 維持시키면서 注入시킨 水量을 測定하여 透水係數를 求하였다. 本 透水試驗을 할때는 孔이 무너지는것을 防止하기 爲하여 깨끗한 자갈로 채웠다.

透水係數는 다음公式를 利用하여 求하였다.

$$K = \frac{Q}{2\pi H^2} \left[H \log e \left\{ \frac{H}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{M}{r} \right)^2} \right\} - \sqrt{r^2 + H^2 + r} \right]$$

여기서 Q; 注入水量 (cm³/sec)

H; 孔의 깊이(水深) (cm)

r; 孔의 半徑(cm)

6個의 盛土輾壓 試驗結果에서 求한 密度試驗 및 透水試驗 結果는 Table-3과 같다.

Table-3. Banking Test (밀도, 투수계수) 성과표

시점 시료	시험 과수 회 수	현장 건조 밀도 (rd) (gr/cm ³)					다 짐 울 (D) (%)					투수계수(K×10 ⁻⁸)(m/sec)				
		4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
c-1	15	—	1,630	1,667	1,687	—	—	95.8	98.0	99.2	—	—	6.7	5.1	3.6	—
	20	—	1,611	1,650	1,670	—	—	94.7	97.0	98.2	—	—	9.1	6.5	4.6	—
	30	—	1,596	1,638	1,658	—	—	93.8	96.3	97.5	—	—	12.0	8.3	5.5	—
c-2	15	—	—	1,747	1,780	1,797	—	—	98.6	100.5	101.4	—	—	3.6	2.0	1.6
	20	—	—	1,733	1,747	1,761	—	—	97.8	98.6	99.4	—	—	4.5	3.3	2.9
	30	—	—	1,712	1,729	1,744	—	—	96.6	97.6	98.4	—	—	6.5	5.1	3.5
c-3	20	—	—	1,741	1,774	1,783	—	—	97.7	99.6	100.6	—	—	3.6	2.7	2.3
	25	—	—	1,730	1,751	1,762	—	—	97.1	98.3	98.9	—	—	4.3	3.2	2.8
	30	—	—	1,707	1,717	1,730	—	—	95.8	96.4	97.1	—	—	5.0	4.2	3.6
c-4	20	—	1,671	1,691	1,704	—	—	96.8	98.0	98.7	—	—	6.3	5.3	4.6	—
	25	—	1,657	1,681	1,659	—	—	96.0	97.4	98.3	—	—	8.2	6.2	5.0	—
	30	—	1,647	1,670	1,678	—	—	95.3	96.7	97.2	—	—	11.0	8.2	6.3	—
c-5	25	—	—	1,656	1,679	1,691	—	—	96.3	97.8	98.3	—	—	6.4	5.5	4.0
	30	—	—	1,649	1,670	1,686	—	—	95.9	97.4	98.0	—	—	7.5	6.3	5.6
	35	—	—	1,643	1,668	1,677	—	—	95.5	97.0	97.5	—	—	8.5	7.4	6.8
c-6	20	1,594	—	1,622	—	1,635	96.6	—	98.3	—	99.1	4.3	—	2.9	—	2.6
	25	1,584	—	1,615	—	1,625	96.2	—	97.9	—	98.5	5.8	—	3.5	—	2.8
	30	1,564	—	1,604	—	1,619	94.8	—	97.2	—	98.1	7.2	—	4.5	—	3.7

다. 室內 土質試驗

室內試驗은 密度試驗이 끝난 代表的인 試料 1~5點을 採取하여 實施하였다. 이때 含水比 測定用 試料은 每 試驗孔마다 採取하여 이를 밀폐된 容器에

넣어서 水分의 蒸發을 막은 다음 시험실에서 現場含水比를 測定하였다.

1) 土質, 分類試驗

모든 試料은 比重試驗, 粒度分析 液性限界 및

Table-4. 토질 물리성 시험 성과표

시료 번호	입도 (%)				조도 (%)			비중	분류
	Clay	Silt	Sand	Gravel	L_L	P_L	P_I		
c-1	18.00	35.50	44.50	2.00	27.90	18.80	9.10	2.64	CL
c-2	13.00	34.05	39.55	13.40	38.50	15.21	23.39	2.67	SC
c-3	22.00	53.00	27.00	18.00	37.30	18.46	18.84	2.67	CL
c-4	25.00	16.80	43.70	14.50	25.40	17.25	8.15	2.63	
c-5	25.00	22.74	51.76	1.50	38.80	21.71	17.09	2.69	
c-6	27.10	41.20	31.70	—	33.80	17.13	16.67	2.68	

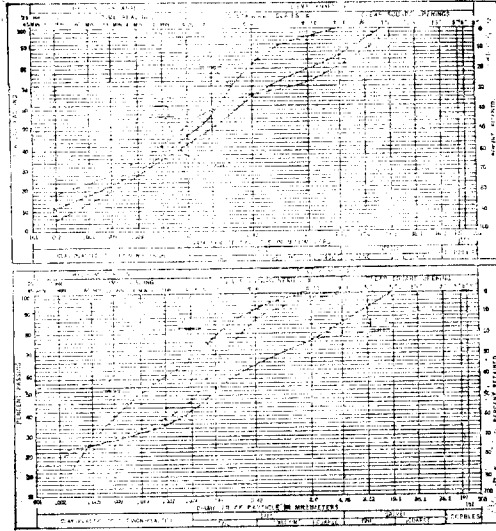


Fig. 2. 입도곡선

Table-5. Compaction Test 성과표

시료 No.	c-1	c-2	c-3	c-4	c-5	c-6
시험구분						
최대 건조 밀도 (r_d) (g/cm^3)	1,701	1,772	1,782	1,726	1,720	1,650
최적 함수비 (W_0) (%)	18.74	15.00	14.00	18.20	17.90	21.60

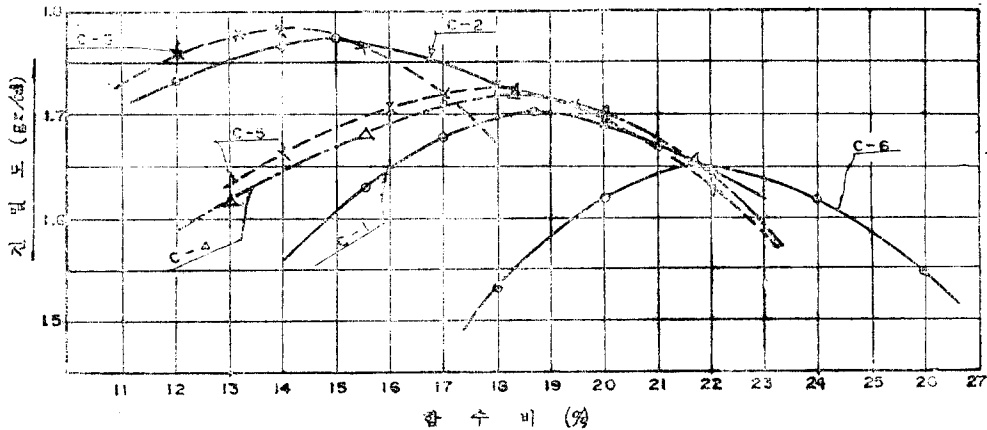


Fig. 3. 건조 밀도 곡선

塑性限界試驗을 KS 規定에 依하여 施行하고 그 結果를 기초로 하여 統一분類法에 依해 分類하였으 며 土質試驗 結果는 Table-4 및 Fig.2와 같다.

本 試驗結果를 볼때 6個試料의 比重은 2.63~ 2.69의 範圍이고 200번체 通過量이 시료 C-6를 除 外하고는 42~55%, 그리고 液性限界가 28~39%로 不透水性의 粘質土로서 그 性質이 비슷하였다.

2) 다짐시험

다짐시험은 KSF 2312의 A-1 方法으로 Proctor 標準 다짐試驗方法과 같으며 몰드의 容積은 944cm³ 래미의 重量 2.5kg, 落下高 30cm이며 每層 25回씩 3層으로 다짐으로서 다짐 에너지는 5.96cm·kg/cm³ 이었다. 各 試料의 最大乾燥密度 및 最適含水比는 Table-5와 같으며 乾燥密度曲線은 Fig. 3과 같다.

3. 다짐을 計算

標準다짐試驗에서 求한 最大乾燥密度와 現場試驗에서 求한 乾燥密度로서 各 區域마다 다짐율을 求하였으며 그 結果는 Table-3과 같다.

$$\text{다짐율 (D)} = \frac{\text{現場乾燥密度}}{\text{最大乾燥密度}} \times 100$$

IV. 試驗結果 및 考察

1. 輾壓回數와 密度와의 關係

各 試料에 對한 輾壓回數와 畝의 乾燥密度와의 關係는 Fig. 4와 같다.

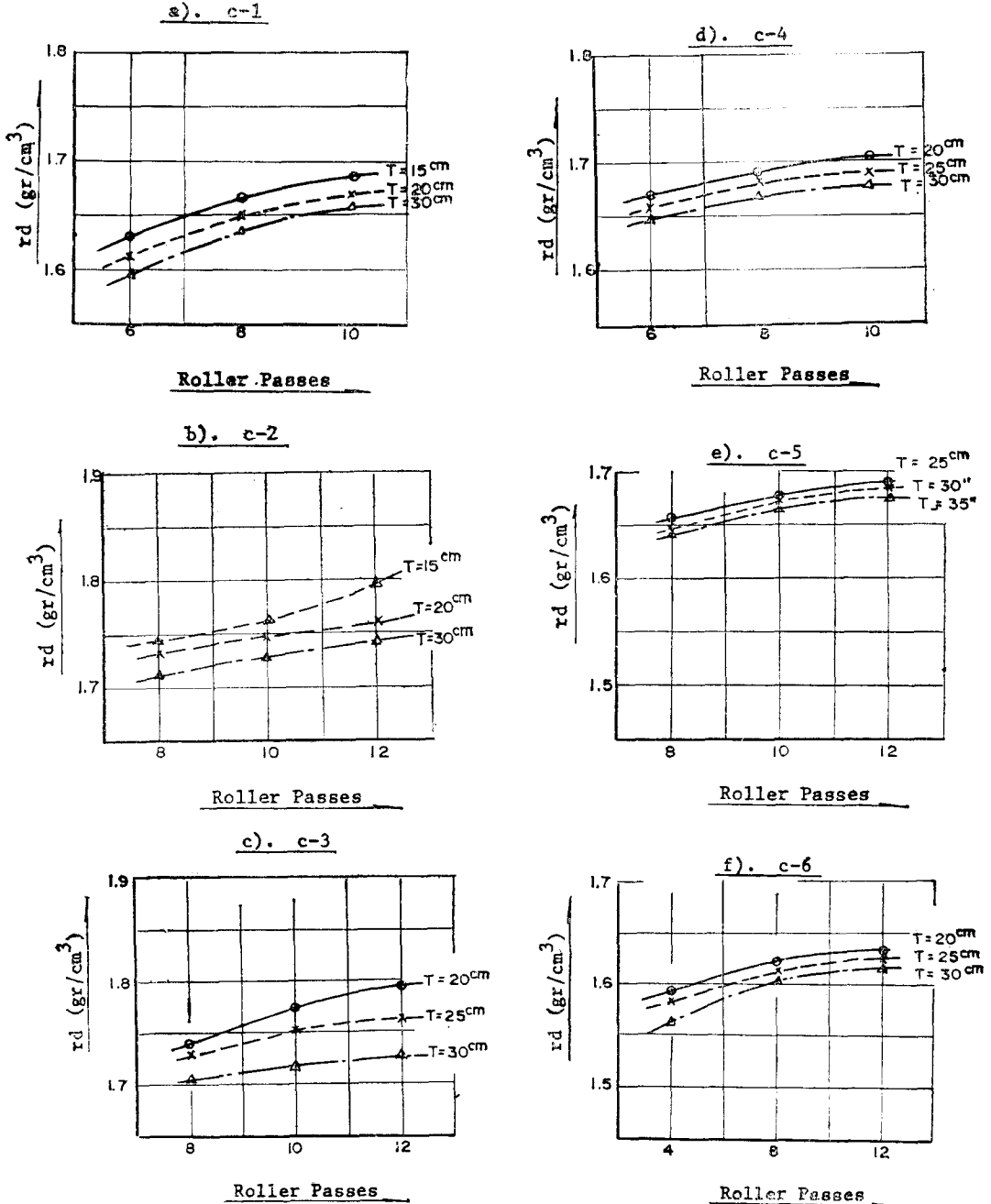


Fig. 4. 전압회수와 밀도와의 관계

輾壓回數와 密度와의 關係를 보면 輾壓回數가 增加하면 흙의 密度가 增加한다. 그러나 이러한 現象은 전압회수가 어느정도 增加하면 밀도의 증가현상은 鈍化하며 어느 限界에서는 密度가 오히려 減少됨을 알수있다⁽⁷⁾.

본 試驗에서 알수 있는것은 輾壓回數가 增加하던 初期에는 密度增加現象이 크나 전압회수가 8회 以上에서는 密度 增加 現象이 鈍化되므로 탬핑 로울러로 粘土材料를 輾壓時는 적어도 8회 以上 전압해야 됨을 알수 있으며 이는 久野⁽¹¹⁾ 및 秦의 研究 結果와도 一致되고 있다⁽⁸⁾.

2. 輾壓回收와 透水係數와의 關係

輾壓回數가 增加하면 密度가 커지고 空隙이 적어 지므로서 透水係數는 적어진다. 그러나 詣壓回數가 어느 정도 增加하면 透水係數는 크게 減少하지 않는다.

各 輾壓回數에 對한 透水係數의 變化現象은 Fig-5와 같다.

Fig. 5에서 보면 같은 密度의 輾壓土에서는 盛土 두께가 두꺼우면 透水係數가 큰을 알수 있으며 이 런 現象은 전압회수가 적은 경우 일수록 현저하다.

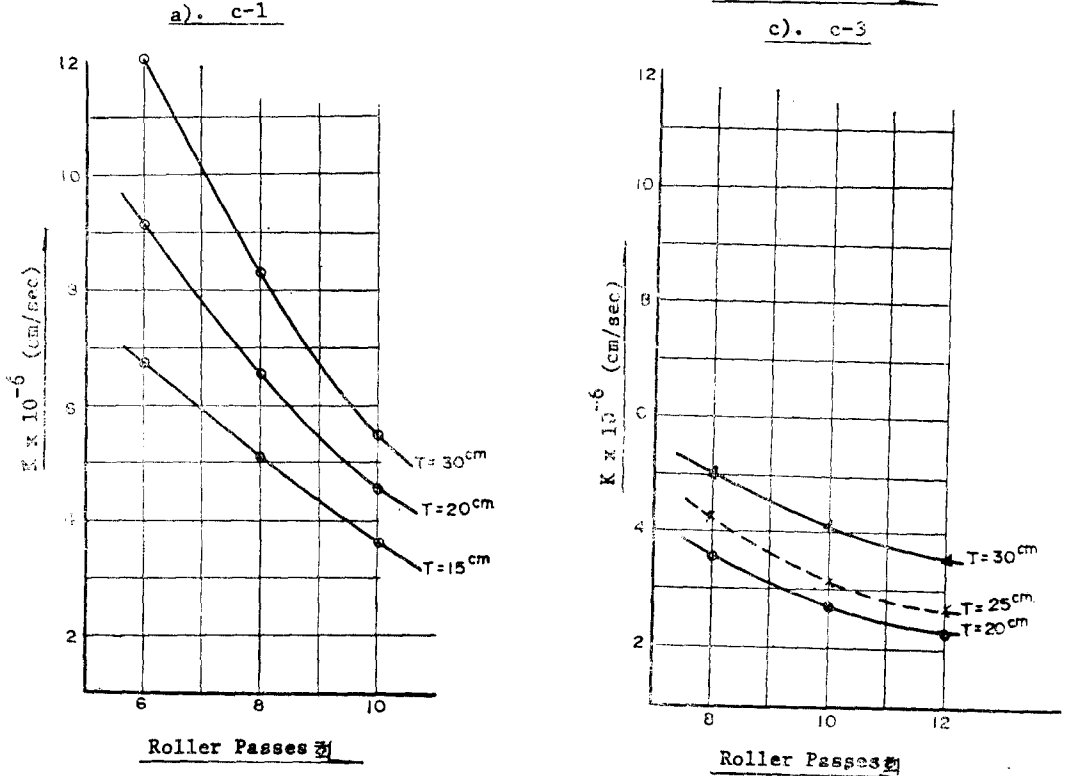
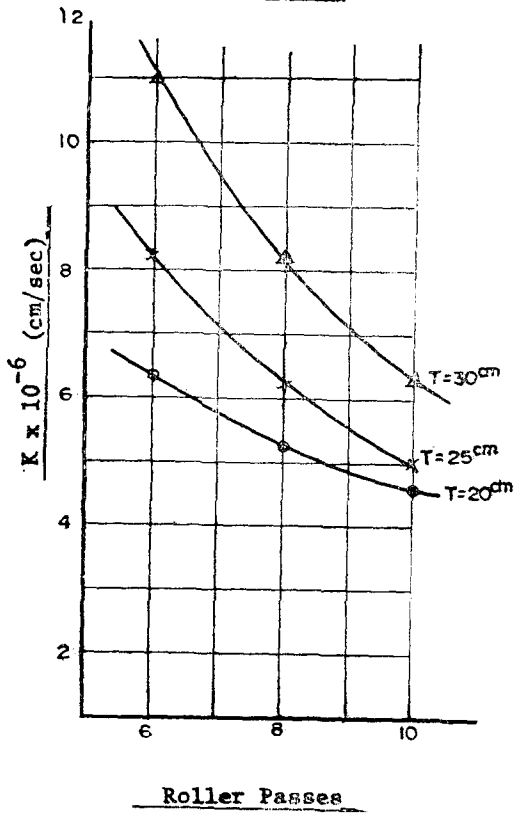
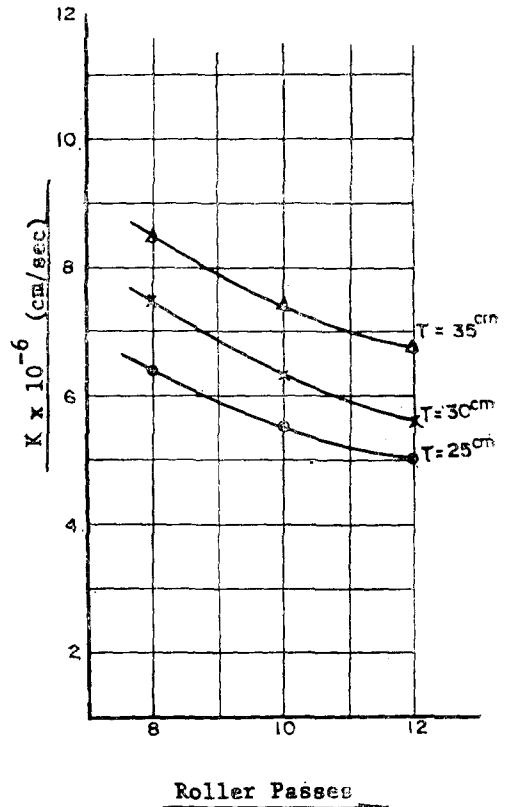


Fig. 5-1. 전압 회수와 투수계수 관계



e). c-5



f). c-6

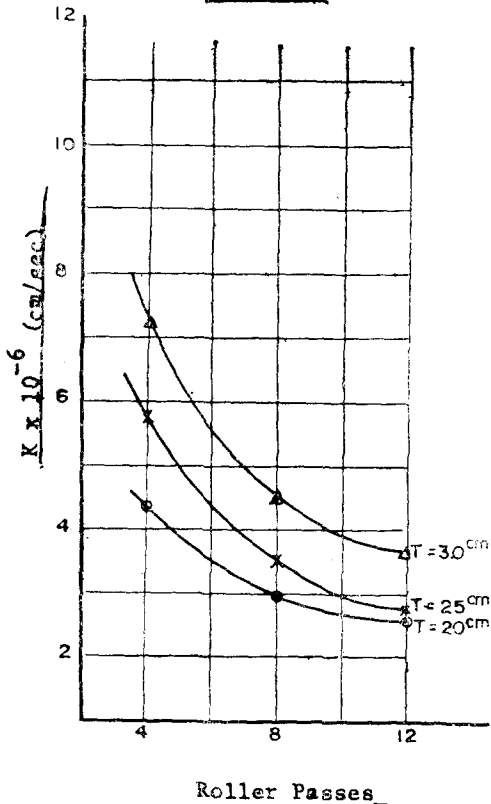


Fig. 5-2. 다짐율과 투수계수의 관계

그리고 軋歷回數가 8回 以上되면 透水係數는 크게 變하지 않음을 알수 없다.

그러므로 止水를 目的으로 하는 軋歷의 心壁部 施工에서는 可及의 얇은 狀態로 軋歷하여 透水係數를 적게함이 좋을 것이다.

3. 다짐율과 透水係數와의 關係

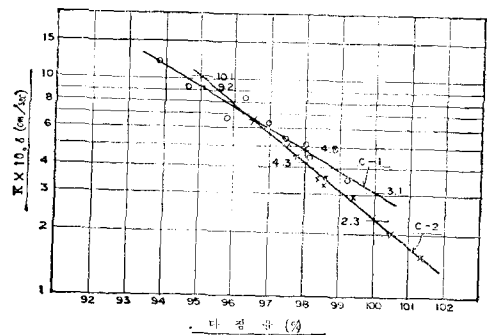


Fig. 6-1. 다짐율과 투수계수

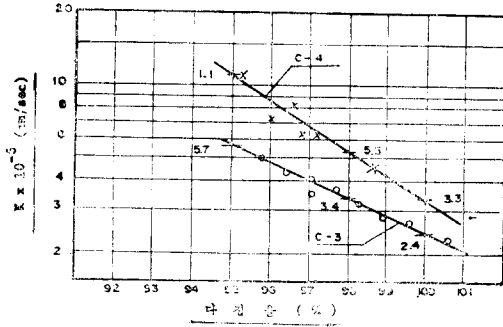


Fig. 6-2. 다짐율과 투수계수

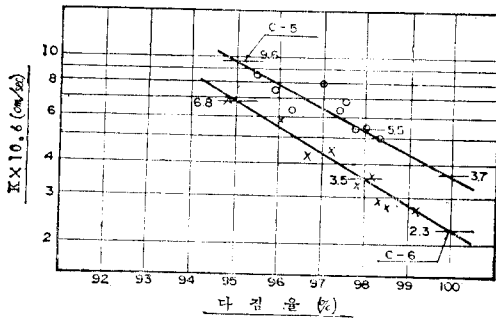


Fig. 6-3. 다짐율과 투수계수

Fig. 6-1은 試料 c-1과 c-2에 대하여, Fig. 6-2는 c-3 및 c-4에 대하여 그리고 Fig. 6-3은 c-5, c-6 試料의 다짐율이 增加됨으로서 透水係數가 減少되는 現象을 나타낸 것이다. 이로서 다짐율이 增加되면 透水係數는 減少하여 透水係數 K 와 다짐율 D 와는 $K=ae^{-bD}$ 의 관계가 成立됨을 알수 있다. 이러한 現象은 粗粒자의 含有量과 透水係數의 關係, 그리고 最適含水比와 透水係數와의 關係등과 同一한 現象으로 變化됨을 알수 있다.

即 透水係數는 細粒材가 적을수록, 最適含水比가 적을수록, 그리고 같은 土質 이라도 다짐율이 적을수록 투수계수는 $K=ae^{-bx}$ (여기서 x 는 細粒子, 최적함수비 또는 다짐율)의 관계로 크게 증가됨을 알수 있다.

4. 다짐율 變化에 따른 흙의 粒度和 透水係數와의 關係

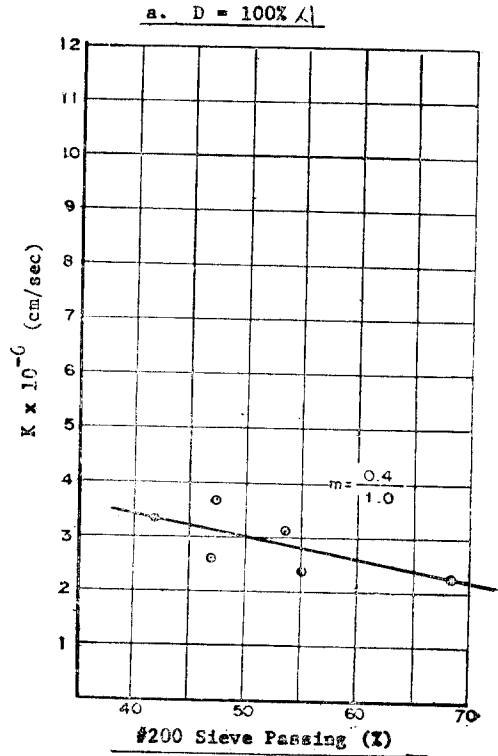
다짐율 100%, 98% 및 95% 때의 各試料의 透水係數는 Fig. 6으로부터 Table-6과 같이 求하였으 며 이 값을 各試料의 200번체 통과량 (-0.074mm)과 關係를 나타내면 Fig. 7과 같다.

Table-6. 다짐율 變化에 따른 입도와 투수계수 관계표

시료명	투수계수 다짐율 (%) 200 sieve 통과량 (%)	$K \times 10^{-6}$ (m/sce)		
		100	98	95
c-1	53.50	3.1	4.8	9.2
c-2	47.05	2.6	4.3	10.1
c-3	55.00	2.4	3.4	5.7
c-4	41.80	3.3	5.3	11.0
c-5	47.74	3.7	5.5	9.6
c-6	68.30	2.3	3.5	6.8

Fig. 7에서 알수 있는것은 細粒子가 많을수록 透水係數는 적어지며 다짐율이 100%에서 98%로 2% 減少하면 透水係數는 약 2배, 그리고 다짐율이 5% 減少하면 透水係數는 약 5배 增加됨을 알수 있다. 그러나 이러한 투수계수의 增加 現象은 1975년에 發表된 金과 尹의 研究⁽¹⁰⁾의 室內試驗 結果보다는 적게됨을 알수 있다.

本 試驗結果와 金의 실내시험 결과 (다짐율과 透水係數)를 比較하여 불매 粘性土에서 다짐율이 100%일때 室內透水係數 K_L 와 現場透水係數 K_f 는 K_f



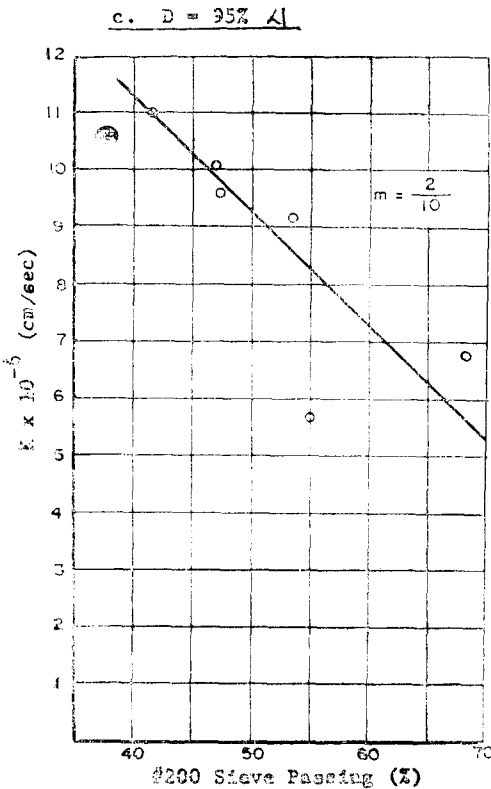
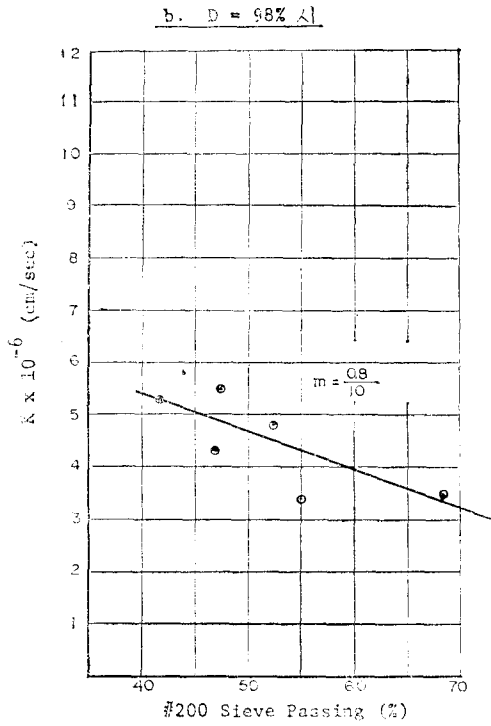


Fig. 7. 다짐율 변화에 따른 입도 (-200계)와 투수 계수와의 관계

가 K_L 보다 약 20배 컸으나 다짐율이 98%정도되면 K_f 가 K_L 에 약 10배, 그리고 95%로 다짐율이 떨어지면 K_f 는 K_L 에 대략 3~4배로서 다짐율이 떨어짐으로서 K_f 와 K_L 의 값은 가까워짐을 알수 있다.

여기서 K_L 는 垂直透水係數이며 K_f 는 水平및 수직투수시험의 종합투수계수로서 不透水性으로 鞭壓한 粘土($D=98\%$ 以上)에서 水平및 垂直透水係數의 關係는 濾膜의 設計基準에서 규정된것과 같이 $K_H = 10 \sim 20K_V$ 가 됨을 알수 있다⁽¹⁵⁾.

앞에서 언급한 K_L 와 K_f 의 값은 同一試料에 對한 것이 아니므로 그 關係가 正確한것은 아니나 이들 試驗值의 比較로서 室內透水係數와 現場透水係數의 關係는 알수가 있다.

5. 盛土두께와 透水係數와의 關係

Fig. 8은 다짐율에 對한 透水係數의 變化를 示토

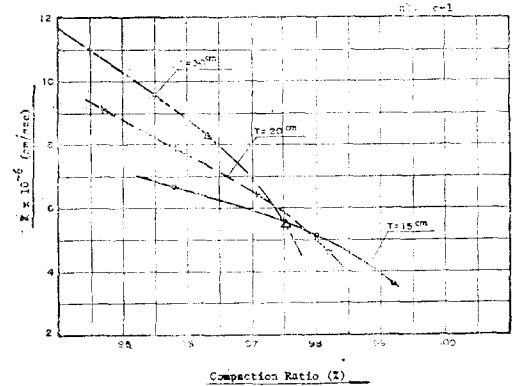


Fig. 8-1.

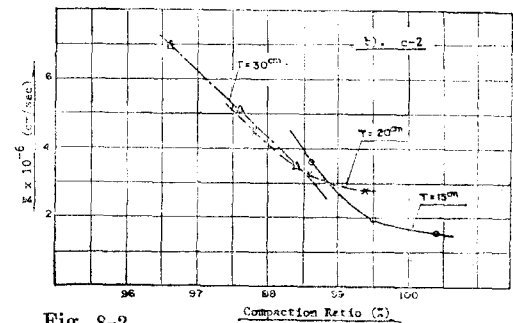


Fig. 8-2.

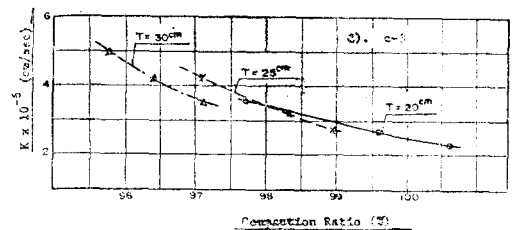


Fig. 8-3.

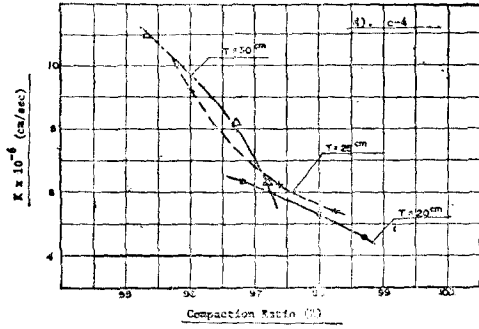


Fig. 8-4.

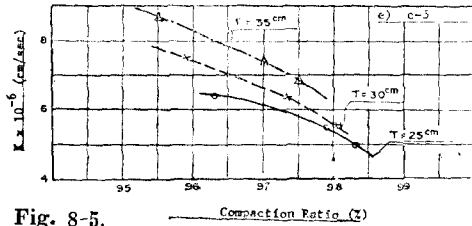


Fig. 8-5.

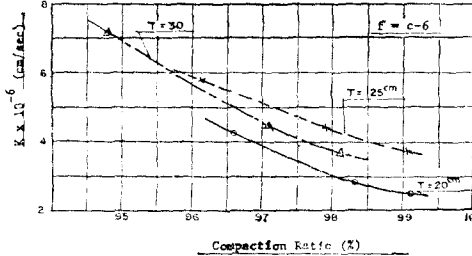


Fig. 8-6.

Fig. 8. 성토두께와 투수계수의 관계

두께별로 나타낸 것이다. 여기서 알 수 있는 것은 다짐율이 같은境遇 即 密度가 같은 경우라도 透水係數는 盛土두께에 따라서 달라서 성토두께가 클수록 透水係數는 크다. 이러한 現象은 粗粒材(粗砂~자갈)가 적을수록, 그리고 전압회수가 적을수록 현저하였으며 이는 粗粒材가 많을수록 輾壓의 效果가 큼을 立證해 주고 있다.

6. 다짐율(D)과 盛土두께(T) 및 輾壓回數(N)와의 關係

各 로울러에 대한 盛土두께와 輾壓回數와의 關係는 Fig. 9와 같다.

Fig. 9로부터 다짐율 98%와 95%의 건조밀도를 만족시켜 줄수있는 성토두께와 전압회수는 Table-7과 같다.

그런데 Table-7의 結果는 密度의 試驗結果만을 고려한것으로서 現場 施工時는 密度, 透水係數, 및

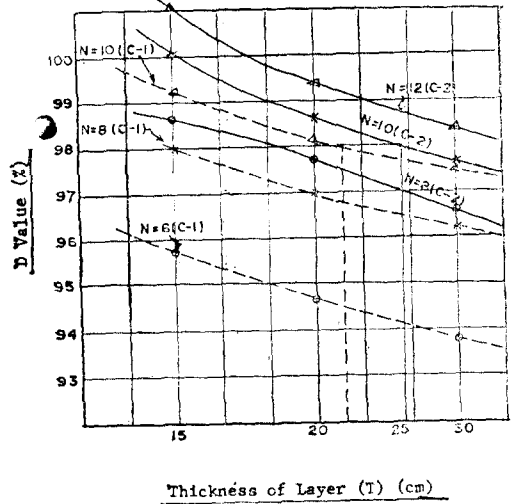
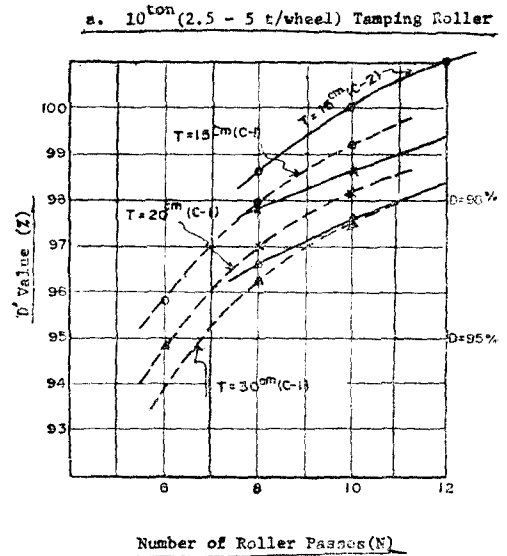


Fig. 9-1. The Relationship Between D, N and T

工程上의 有利한點들을 고려하여 施工基準를 定해야 한다.

本 試驗結果 TV-1 및 TV-2에서 보던 ① 輾壓回數는 8回以上 이어야하고, TV-5에서는 ② 성토두께가 얇은 경우일수록 透水係數가 적으며, ③ 施工面에서는 같은 密度에서 얇게 깔고 전압회수를 줄이는것 보다는 두껍게 깔고 전압회수를 늘이는 것이 有利한點 들을 고려하여 各 로울러別 盛土두께와 輾壓回數를 Table-8과 같이 定함이 타당하며, 이는 設計施工基準(日本)⁽¹⁰⁾ 및 秦의 研究報告書⁽⁹⁾에서도 유사한 結果로서 填填의 粘土施工에 많은 참고가되리라 생각된다.

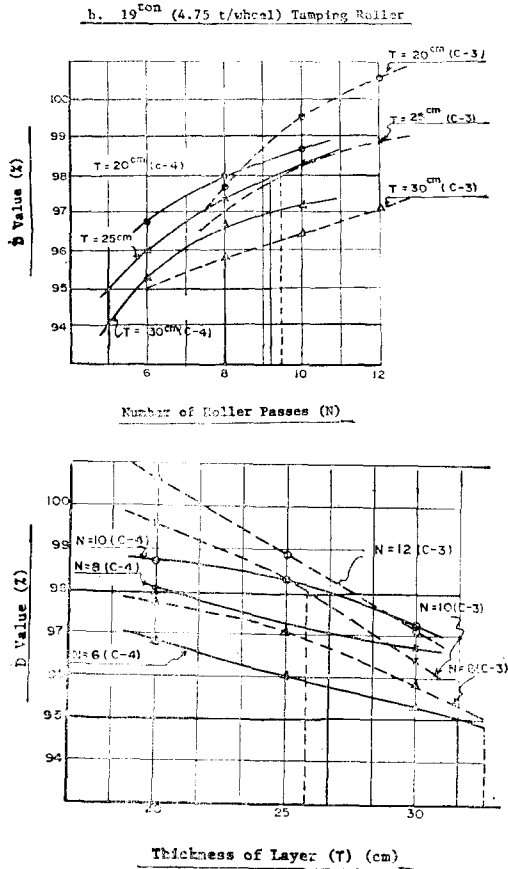


Fig. 9-2. The Relationship Between D , N and T

Table-7. 전압시험 (T and N)의 성과표

시료구분	$D=95$ (%)				$D=98$ (%)			
	Case 1		Case 2		Case 1		Case 2	
	T	N	T	N	T	N	T	N
c-1	cm 20	회 6	cm 30	회 8	cm 20	회 10	cm 30	회 12
c-2	30	6	35	8	25	10	30	12
c-3	30	6	35	8	25	10	30	12
c-4	30	6	35	8	25	10	30	12
c-5	30	6	35	8	30	12	35	14
c-6	30	6	35	8	30	12	35	14

※ T =성토 두께
 N =전압 회수

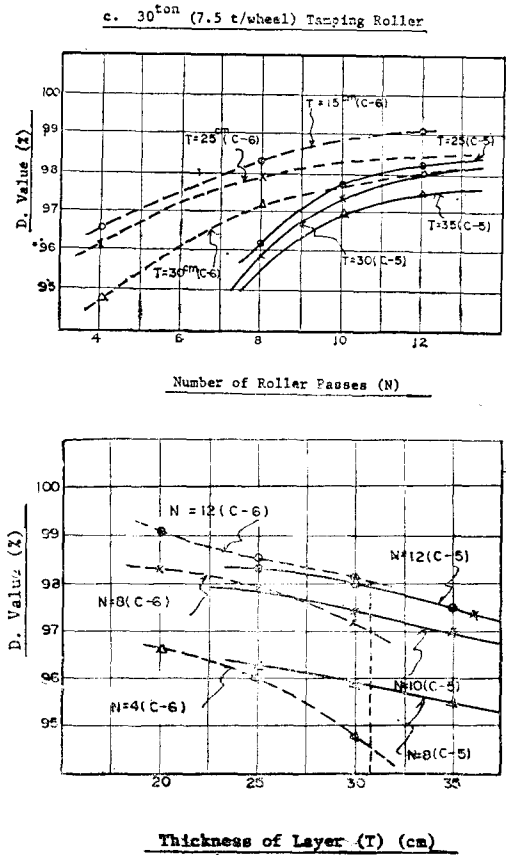


Fig. 9-3. The Relationship Between D , N and T

Table-8. 전압장비별 시공기준표

Roller	Speed	$D=95$ %		$D=98$ %	
		T	N	T	N
10ton 4 wheel R. (2.5t/wheel)	km/hr 2.0	cm 25	회 8	cm 20	회 10
10 ton2 wheel R. (5t/wheel)	"	30	8	25	10
19 ton 4 wheel R. (4.75t/wheel)	"	30	8	25	10
30 ton 4wheel R. (7.5t/wheel)	"	30	8	30	12

V. 結 論

本 研究試驗은 埤塹의 心壁部 施工의 輾壓裝備로 使用되는 輾壓롤러의 施工基準를 提示함과 同時에 輾壓機械로 다져진 粘土의 密度와 透水係數의 變化를 說明키 위한것으로서 그 結果는 다음과 같다.

1. 粘土 輾壓의 效果는 輾壓回數 8회까지는 크게 增加하므로 그以上 전압함이 좋다.
2. 같은 密度라도 盛土두께가 두꺼우면 투수계수는 증가한다.
3. 粗砂나 자갈과 같은 粗粒材가 많을수록 輾壓效果가 크다.
4. 다짐율이 100%에서 2% 감소하면 투수계수는 약 2배, 5% 감소하면 透水係數는 약 5배가 되었다
5. 다짐율이 100%때의 透水係數는 室內透水係數가 現場透水係數보다 越等하게 작으나 다짐율이 減少할수록 室內와 現場 透水係數와의 差는 작아지고 있다.
6. 輾壓裝備가 무거울수록 盛土두께를 두겹제한이 좋다.
7. 댐의 心壁部를 98%以上 輾壓하기 爲해서는 20~30cm의 두께로서 10~12회 輾壓해야한다.

引 用 文 獻

1. A.S.T.M (1964) "Compaction of soil" special Tech. Publication No. 377 pp 80~101
2. Burmister. D.M. (1964) "Environmental Factors in Soil Compaction" A.S.T.M. Special Tech. Publication No. 377
3. Hilf. J.W, (1957) "Compacting Earth Dams with Heavy Tamping Rollers" Pro. Paper 1205, Jour. of the SM Proceeding A.S.C.E
4. " " (1966) "A Rapid Method of Construction Control for Embankment of Cohesive Soils" U.S. Bureau of Reclamation
5. Johnson, A.W. and J.R. Salberg (1960) "Factors that Influences Field Compaction of Soil" H.R.B Vol 272 pp 1~16
6. 秦柄益 (1969) "中央 心壁型 輾壓의 浸透에 關한 實驗的 研究" 대한토목학회지 16권 2호,
7. " " (1965) "Earth and Rock-Fill Dam의 心壁材料에 關한 實驗的 研究" 대한토목학회지 13권 3호
8. " " (1975) "Fill Dam의 기계화 다짐 施工에 關한 研究" 대한토목학회지 23권 2호.
9. 姜入默, 趙成燮, 金成完 (1969) "흙의 다짐에 關한 研究" 한국농공학회지 11권 4호
10. 金周範, 尹忠燮 (1975) "흙의 工學的 性質에 關한 研究" 한국농공학회지 17권 3호
11. 久野悟郎 (1962) "土の縮固め" 技報堂全書 57 pp 1~3, 101~234
12. 河上房義 (1969) "新編土質力學" 森北出版株式公社 pp 210~233
13. Mitchell. J.K. and D.R. Hooper (1965) "Permeability of Compacted Clay" Journal of the Soil Mechanics and Foundation Div. A.S.C.E. Vol. 91, No. SM 4
14. Matyas E.L (1967) "Air and Water Permeability of Compacted Soils" Spec pub. No. 417 A.S.T.M.
15. 농림부 (1968) "설계기준 (휠덤편)"
16. 농업진흥공사 (1973) "영산강 4개댐 지방서"
17. Schwab. G.O, R.K. Frevert, T.W. Edminser and K.K. Barness (1966) "Soil and water Conservation Engineering" John & Sons, pp 119~121, 296~325
18. 申芳雄(1969) "Fill Dam 心壁의 浸透流量에 關한 實驗的 研究" 대한토목학회지 16권 4호.
19. 土質工學會 (1976) 設計 施工 基準集 (施工編 一土工) pp 2-14~2-22, 5-138~5-171
20. Shevard. J.L., RT Wood ward, S.F. Giziensk and W.A. Clevenger (1963) "Earth and Earth Rock Fill Dams" Johol Wiley and Sons Inc. pp 201~207, 563~577
21. Terzaghi. K. and R.B Peck (1968) "Soil Mechanics in Engineering Practice" John Wiley & Sons, Inc. pp 440~459
22. U.S. Government Printing Office (1960) "Design of Small Dams" Washington D.C. U.S.A.
23. U.S. Bereau of Reclamation (1968) "Earth Manual" Denver Colorado U.S.A.
24. Waterway Experiment Station (1954) "Effect of size of feet on sheepsfoot Roller" Tech. Memorandum No. 3-271, Visksburg Mississippi
25. " " (1961) "Effect on Soil Compaction of Tire Pressure" Uisksburg Mississippi.
26. 尹忠燮 (1971) "築堤用 흙의 含水比 變化에 의한 다짐율 및 透水係數變化에 關한 研究" 한국농공학회지 13권 4호
27. " " 金周範, (1973) "築堤用 흙의 密度 變化에 의한 透水係數에 關한 研究" 한국농공학회지 15권 1호