

射出水에 의한 帶水層의 粗度調整工法

A Grain - size Regulation Method in Aquifer by Jet Water

權 武 男* · 李 相 昊* · 申 庸 淳* · 李 賢 雨*
Kwon, Moo Nam · Lee, Sang Ho · Shin, Yong Soon · Lee, Hyun Woo

Summary

To suggest the fundamental data for development of the soil improvement method which increases the permeability in aquifer by jet water, laboratory tests were performed.

The results obtained are as follows :

1. The diameter of the improved section was maximum value when the time of water jetting was about 4 minutes, and it was not increased according as the time of water jetting was longer than 4 minutes.

2. It appeared that 2.78 mm in diameter of the nozzle was the most optimum size in the condition of using the 1/8 HP - pump and the diameter of improved section in that case was 15.9cm

3. According to removing fine - soil particles, the original soil was improved, suitable to the purpose of improving, and then the permeability of the improved soil was 100 times of that of the original soil.

4. As the improved soil was satisfied to the design criteria of filter materials, the improvement method in this study will be useful for constructing underground collecting channels or underground collecting drainage canals.

* 慶北大學校 農科大學

키워드 : 射出水, 노즐, 帶水層, 粒度調整, 粒度改良
透水係數, 地下集水路, 地下排水路, 地下
댐, 필터.

I. 緒 論

우리나라는年間 充分한 降雨量을 確保하고 있으나 그 效率的인 利用은 좁은 國土로 인한 Dam 建設適地의 不足과 水沒地域으로 인한 家屋 등의 流失, 自然景觀 및 生態系의 破壞 등 여러가지 問題를 隨伴함에 따라 여러가지 水資源利用과 洪水調整方法이 있지만, 특히 積極的이고 效率的인 地下水開發^{11, 16)}과 그에 따른 國土의 效率的인 利用方法이 要求되고 있다. 따라서 河川의 地下帶水層을 不透水性 材料로 遮斷^{1, 2, 3)}하여 上流側으로부터의 伏流水를 貯溜시키는 이른바 地下Dam^{5, 10, 13, 14, 15, 17, 18)}이 勸獎되고 있으며 우리나라에서는 1984年 慶北 尚州郡 利安面 芝山里와 咸昌面 校村里 사이의 利安川에 길이 230 m, 높이 5 m의 地下Dam이 最初로 施工된 바 있다.⁸⁾

地下Dam 建設의 經濟性을 높이기 위해서는 Dam 上流側 帶水層에 部分的으로 散在하는 低透水性 材料에 대하여 透水性을 向上시키고 同時에 土粒子間의 有效間隙을 增大시키는 粒度調整方法¹²⁾이 考慮되어야 할 것이다. 이러한 粒度調整方法을 發展시키면 地下集水路와 地下排水路의 施工 및 廣域에 及친 低濕地의 地下排水에도 適用시킬 수 있어 土地利用을 極大化 할 수 있을 것이다.

이에 本研究에서는 地下Dam 上流側 帶水層의 貯溜能力을 向上시키고 土地의 效率的 利用을 위한 地下集水路와 地下排水路¹²⁾의 施工을 할 수 있도록 地下帶水層의 透水性을 人工的으로 向上시킬수 있는 흙의 粒度調整工法의 開發을 위한 基礎資料를 提供하는데 그 目的을 두고 있다.

II. 粒度調整의 原理, 實驗材料 및 方法

1. 粒度調整의 原理

흙의 透水性은 間隙比, 間隙의 크기와 形象,

土粒子의 粒徑 및 構造, 浸透水의 性質, 土粒子 境界面의 性質 등 여러가지 因子에 의하여 支配되므로 土層의 透水性을 向上시키기 위해서는 이들 諸 要因들을 變化시켜야 할 것이다.

Hazen⁴⁾이 提示한 粗粒土에 대한 透水係數 算定의 經驗公式 $K=C(D_{10})^2$ 에서 흙의 透水性은 土粒子 有效徑의 제곱에 比例하므로 土粒子 粒徑의 變化에 따르는 透水性의 變化는 顯著하다. 따라서 本 研究에서 粗度調整의 原理는 Fig. 1 에서와 같이 土層內에 Nozzle을 附着한 管을 打込하고 壓力水를 射出하여 土層을 穿孔, 攪亂, 弛緩시키고 同時에 循環시켜 地表面으로 上昇하는 水流에 의하여 微細한 土粒子는 運搬除去하고 粗粒子는 殘留시켜 透水性의 向上을 圖謀하는 것이다.

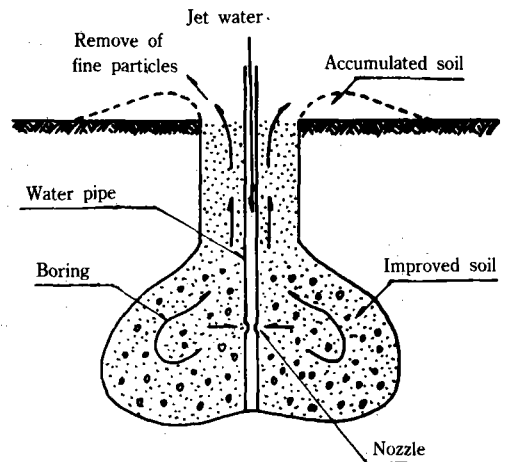


Fig. 1. Type of soil improvement.

2. 實驗材料

實驗에 使用된 흙을 sand 33%, silt 66%, clay 1% 比率로 配合하였고 Fig. 6(Original soil)의 粒度分布曲線에서와 같이 粒度分布狀態는 比較의 良好하였으며 그 物理的 性質은 Table-1과 같다.

3. 實驗方法

가. 實驗裝置

Table-1. Physical properties of the original soil.

Items	W(%)	e	G	$\gamma_d(g/cm^3)$	K(cm/sec)	d_{60}	d_{10}	Cu
Original soil	13.3	1.045	2.70	1.32	2.076×10^{-3}	0.0625	0.0098	6.38

W : Water content e : Void ratio

G : Specific gravity

r_d : Dry unit weight K : Coefficient of permeability

Cu : Coefficient of uniformity

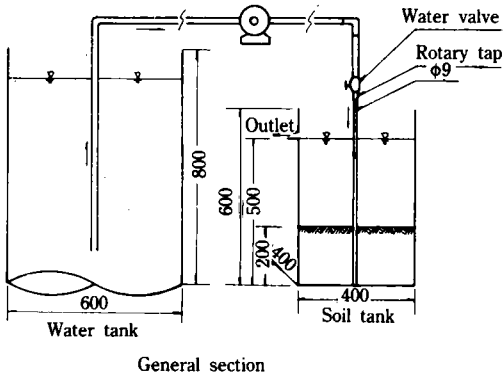


Fig. 2. Experimental set up.

Fig. 2는 實驗裝置의 斷面을 所定의 縮尺으로 圖示한 것이다.

水槽는 市販되는 直徑 60 mm의 Plastic 圓筒을 사용하였고 土槽는 透明 Acryle 板을 使用하여 40×40×60 cm 크기로 製作하고 그 上部에 一定水位以上の 물을 越流시킬 수 있도록 排水口를 設置하여 流量測定용으로 利用하였다.

Fig. 3은 흙을 穿孔하기 위한 穿孔用 pipe(A)와 土質改良을 위한 噴射用 pipe(B)를 圖示한 것이다. 穿孔用 pipe는 下端을 密閉한 直徑 9 mm의 銅 pipe를 利用하였고 噴射用 pipe는 直徑 9 mm의 銅 pipe 下端을 密閉하고 그 下端으로부터 水平 4方向으로 4개의 구멍을 뚫어 Nozzle로 使用하였으며 그 直徑은 Table-2와 같이 5種으로 하였다.

물은 水槽-Pump-送水管-噴射用 pipe-Nozzle의 順序로 送水되어 물이 Nozzle를 통하여 噴射될때 pump의 送水壓力에 의하여 高速의 射出水를 얻도록 하였다.

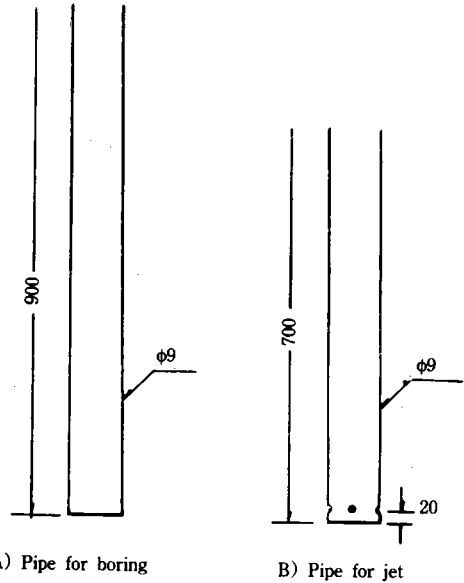


Fig. 3. Type of pipe.(Unit : mm)

Table-2. Diameter of nozzle(mm).

Nozzle	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
Diameter	1.59	2.78	3.18	3.57	3.97

나. 實驗方法

土槽內的 흙은 全 實驗을 通하여 一定한 다짐을 주기 위하여 5 cm 두께로 層다짐하여 20 cm 높이로 하였다.

實驗은 우선 穿孔用 pipe를 利用하여 土層을 垂直으로 穿孔하고 이 垂直孔에 噴射用 pipe를 挿入하여 壓力水를 射出하면서 遂行하였다. 噴射用 pipe는 물을 射出하는 동안 Nozzle 周邊이 平等하게 改良될수 있도록 30rpm 程度로 回轉시켰으며 1種의 Nozzle에 대하여 射出時間은 2, 3, 4, 5분으로 달리하여 實驗하였다.

이와같은 方法으로 土中에 壓力水を 射出하므로써 土層이 攪亂, 弛緩되고 射出水는 粗度調整 後 地表面으로 流出되어 土槽上部的 排水口로 排水되고 이때의 排水流量을 測定하여 Nozzle의 流出速度를 算定하였다. 土質改良 後 改良部の 直徑을 測定하고 試料를 採取하여 分析에 必要한 土性實驗⁹⁾을 遂行하였다.

III. 結果 및 考察

5種의 Nozzle에 對한 時間別 改良部直徑은 Table-3과 같다.

Table-3. Results of experiment.

Nozzle	D(cm) Time(min)	Diameter of improved section			
		2	3	4	5
B-1		7.5	8.5	10.0	10.3
B-2		13.1	14.5	15.7	15.9
B-3		13.0	14.0	15.5	15.5
B-4		13.0	13.5	15.0	15.0
B-5		11.5	13.5	14.0	14.0

1. 射出時間과 改良部 直徑과의 關係

Fig. 4는 5種의 Nozzle에 對하여 射出時間과 改良部 直徑의 關係를 나타낸 것으로 射出時間이 길어질수록 改良部의 直徑은 增加하는 現象을 보이고 있으나 4分 以上の 射出時間에서는 改良部 直徑의 變化가 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 Pump의 馬力이 制限되어 있기 때문인 것으로 思料되며 보다 큰 馬力의 Pump를 利用하므로써 改良部의 直徑을 다소 增加시킬수 있는 것으로 判斷되어지나 本實驗에 使用된 Pump(1/8HP)로서는 射出時間 4分 前後가 改良部 直徑을 最大로 하는 最適時間인 것으로 나타났다.

2. Nozzle의 直徑과 改良部 直徑의 關係

Fig. 5는 Nozzle의 直徑과 改良部 直徑의 關

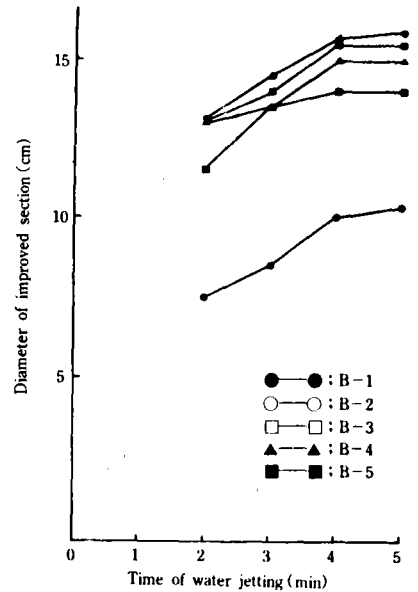


Fig. 4. Relationship between time of water jetting and diameter of improved section.

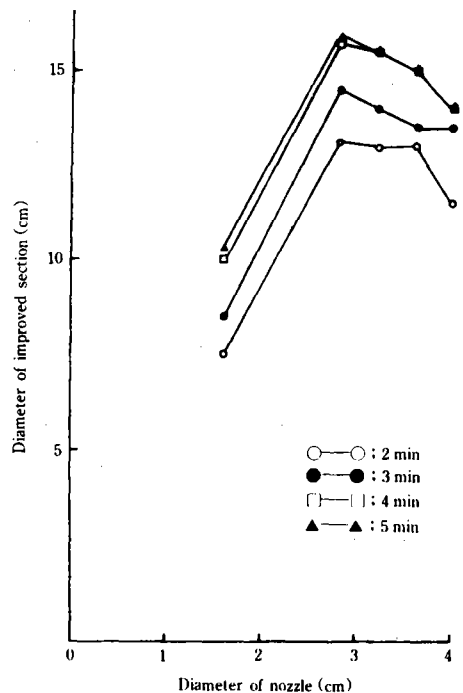


Fig. 5. Relationship between diameter of nozzle and diameter of improved section.

係를 時間別로 나타낸 것으로 改良部 直徑은 B-2(2.78 cm) Nozzle을 사용했을 때 가장 크게 나타났다. 이것은 Nozzle B-2가 本 實驗에 사용한 pump 馬力에 가장 適合한 크기이기 때문인 것으로 思料되나 Nozzle의 最適의 直徑을 決定하는데는 pump 馬力과의 相關性에 대하여 追後 보다 깊은 研究가 要望된다.

3. 射出수에 의한 粒度調整效果

Fig. 6은 原土와 改良土(Nozzle : B-2, 射出時間 : 4分)의 粒度分布曲線을 圖示한 것이다. 그림에서와 같이 原土 및 改良土에서 0.074 mm 以下の 細粒土 含有率은 各各 63%, 19%로서 射出수에 의한 粒度調整 後 細粒土가 40% 以上 除去되었으며 0.42 mm 以上 粗粒土의 含有率도 各各 32%, 80% 以上으로 增加되었음을 알 수 있다. 이와 같이 射出수에 의한 粒度調整에 의하여 細粒土는 充分히 除去되어 土層의 間隙이 增加되었으므로 射出수에 의한 粒度調整 效果가 立證되었다.

4. 原土와 改良土의 透水係數 比較

Table-4는 各 Nozzle別 原土와 改良土의 透水係數를 表示한 것이다. Table-4에서와 같이 改良土의 透水係數는 原土에서 보다 거의 100倍 以上 增加한 것으로 나타났으며 이 透水係數의 增加는 帶水層 貯溜量의 增加를 意味하므로 地下Dam上流側에 部分的으로 散在하고 있는 低透水性帶의 低溜能力을 劃期的으로 向上시킬 수 있을 것이며 나아가서는 地下集水路, 地下排水路, 地下導水路 等 地下水路의 施工 可能性을 期待할 수 있으며 低濕地 排水를 效果的으로 遂行할 수 있어 좁은 國土를 效率的으로 利用하는데 相當한 役割을 할 수 있을 것으로 思料된다.

5. 改良土의 Filter材로서의 適合性 檢討

改良土層이 地下Dam集水路나 地下排水路 等に 利用되기 위하여서는 改良土가 原土에 대하여 Filter材로서의 條件을 갖추어야 할 것이다. Filter로서의 適合性 與否에 대하여 Table-5에서와

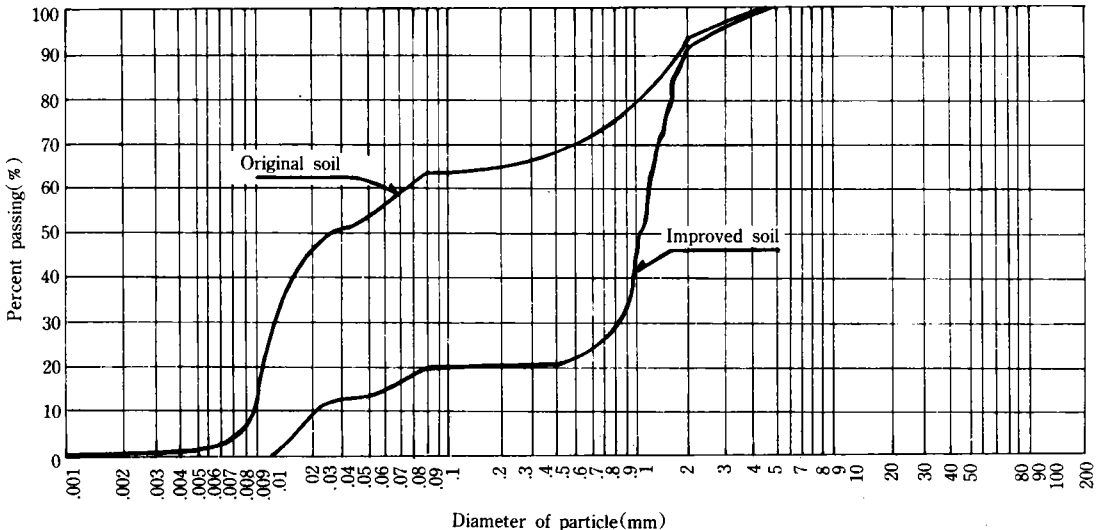


Fig. 6. Particle size distribution curve of soils.

Table-4. Coefficient of permeability (k) (cm/sec).

Nozzle Soil	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
Original soil	2.076×10^{-3}	2.076×10^{-3}	2.076×10^{-3}	2.076×10^{-3}	2.076×10^{-3}
Improved soil	3.1×10^{-1}	3.6×10^{-1}	2.9×10^{-1}	3.4×10^{-1}	1.4×10^{-1}

Table-5. Examination for condition of filter material.

Bertram's equation	Value	Remarks
$\frac{(D_{15})_f}{(D_{85})_s} \leq 4-5$	0.0415	Contentment
$\frac{(D_{15})_f}{(D_{15})_s} \geq 4-5$	4.6	Contentment

f ; Filter

s ; Protected soil

같이 Bertram(1940)⁸⁾이 提案한 式을 利用하여 檢討한 結果 改良土는 Filter材로서 適合한 것으로 判斷된다.

IV. 結 論

地下Dam 帶水層의 貯溜能力을 向上시키고 地下水路 및 低濕地 排水를 위하여 土層의 透水性을 射出水에 의하여 人工的으로 向上시키는 一種의 粒度調整工法에 대하여 基礎實驗을 遂行한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 4分 前後의 射出時間으로 改良部直徑은 거의 最大값에 達하였고 그 以上の 射出은 改良效果에 거의 影響을 주지 않았다.

2. 1/8 馬力 pump에서는 Nozzle 直徑 D=2.78 mm가 改良部 直徑 15.9 cm로 가장 效果的인 Nozzle인 것으로 나타났다.

3. 改良土는 透水性을 沮害하는 細粒子가 除去되어 改良目的에 適合한 粗度調整이 되었으며 透水係數는 原土보다 100 以上 增加되었다.

4. 改良土는 Filter材로서의 條件을 滿足하였으므로 地下Dam 集水路, 地下排水路, 等の 施

工에 本 工法이 利用可能한 것으로 期待된다.

參 考 文 獻

1. Johnson Division, UOP Inc : 1975, Groundwater and Wells, 4th Printing, pp. 295 - 312.
2. Todd, D. K. : 1980, Groundwater Hydrology, 2nd Edition, John Wiley & Sons. Inc. pp. 458 - 493.
3. USDI : 1981, Groundwater Manual, Revised Printing, A Water Resources Technical Publication, pp. 368 - 370.
4. 姜义默, 朴春洙 : 1981, 土質工學, 螢雪出版社, p. 31, pp. 61 - 72, pp. 91 - 96.
5. 古賀忠臣他 : 1978, 地下ダムによる水資源開發について, 日本土木學會 第33回年次學術講演集 第2部.
6. 金英默 : 1984, 土質 및 基礎, 省安堂, pp. 4 - 8, pp. 29 - 39, pp. 91 - 94, p. 102.
7. 金八圭外 : 1986, 最新土質力學詳論, 學研社, pp. 82 - 32.
8. 農業振興公社 : 1984, 農業振興, 42(2) : 3 - 14.
9. 林炳祚, 金泳壽 : 1987, 土質試驗法, 螢雪出版社, pp. 33 - 34, pp. 57 - 69, pp. 103 - 110.
10. 北川明 : 1976, 長崎 縣野母崎地下 ダムについて, 日本建設用報, 8月號.
11. 日本建設産業調査會 : 1980, 地下水 핸드ブック 編集委員會, 1279 - 1310, 1375 - 1384.
12. 松尾新一郎, 木暮敬二 : 1968, 射出水による土質改良に 關する 基礎的 實驗, 日本土質

工學會, 土と基礎, 16(7): 29 - 36.

13. 松尾新一郎, 河野伊一郎: 1968, 地下水規制のための 地中ダムの 構想, 日本土木學會誌, 53(3): 9 - 13.
14. 松尾新一郎, 河野伊一郎: 1967, 細管網モデルにする 地中ダム化の 實驗, 日本土木學會誌 第22回年次學術講演概要, 80 - 1 - 4.
15. 松尾新一郎, 河野伊一郎: 1964, 地中ダム化による 地下規制日本土木學會關西支部年次學術講演概要, 105 - 106.
16. 松尾新一郎, 河野伊一郎, 木暮敬二: 1970, 地下水開發の 構想とそれに 伴う土質改良, 日本土木施工, 11(2): 43 - 51.
17. 松尾重康他: 1976, 止水壁構築による地下ダム, 地下ダム夏期研修會.
18. 仲繩綜合事務局農林水産部: 1978, 宮古島地下ダム開發計劃.