集水暗渠에 依한 伏流水開發에 關한 硏究

——集水管 規格을 中心으로——

A study on the Development of Ground water by the Infiltration Gallery

——on Various Sizes of Catchment Conduits——

韓 旭 東*, 李 根 厚*

Wook Dong Han, Keun Who Lee

Summary

As a link in the chain of antidrought measure, our attempt is made to obtain basic informations on the construction of an infiltration gallary which can be supplied with irrigation water by catching of undergroun i water in small river beds, which is economical, permanent and efficient.

The experiment was made, concerning the structure of catchment conduits, by constructing a model sand tank 15m×5 m×1.5 m in dimension made of reinforced concrete.

Various kinds of measuring equipment were attached to the model tank which contains a set of catchment conduits. each of them was made 30cm in diameter and 60cm in length with the ratio of sectional area to total area of influx holes 10 : 1, 20 : 1, 30 : 1.

The average size of influx holes was fixed from 0 mm to 10 mm, 20 mm and 30 mm in diameter respectively.

Obtained results are as follow;

(a) In view of the water catchment capacity, manufacturing cost and the antipressure strength of the catchment conduits, it is the best method to decide the total number of influx holes 20 per sq. meter of each tile surface, and the size of influx holes 20mm in diameter, when the conduits have diameter less than 1m.

(b) The greatest factor of safety against external load is to arrange the influx holes in a zigzag manner on the tile surface. The most effective formula of arrangement is $S \geqq \sqrt{2}gd$

where : s : spacing of opening row.

g : spacing of opening line.

d : diameter of influs hole.

I. 序 論

伏流水는 旱魃時 農業用水源으로서 그 效用性이 매우 높다. 이는 우리나라 河川의 河床係數가 커서 大河川을 除外한 大部分의 中小河川은 若干의 旱魃에도 表流水가 거의 涸渴되기 때문에 河川取水施設은 거의다 그 機能을 잃게 되나 河床에는 相當量의 伏流水가 潛流하고 있어 이의 利用을 꾀할 수 있다.

伏流水 開發에 가장 適合한 施設은 集水暗渠이다. 이는 他 水源工에 比해 技術的으로 施工이 比較的 容易하다는 點과 1個所當 灌漑可能面積이 넓으며 經濟性이 좋기 때문이다. 卽, 管井의 境遇 1個所當 灌漑面積이 平均 2~5ha에 不過하나 集水暗渠는 거의 50ha에 가깝다는 有利한 面이 있는 것이다. 經濟性에 있어서도 管井의 境遇 B/C Ratio가 1.5정도이나 集水暗渠는 1.9 로서 相當히 좋은 實績을 보여주고 있다. [5]

1970年 現存 우리나라에는 約 5,619個所의 集水暗渠가 設置되어 있고 이에 따른 蒙利面積도 89,828 ha에 이르고 있다. 卽, 우리나라 總 水利安全畓의 9%가 集水暗渠에 依해 用水를 供給받고 있으며 앞으로도 伏流水開發을 爲한 集水暗渠가 繼續 施工될 展望이 크다. 그러나 이렇게 有利한 伏流水開發에 있어서도 많은 問題點이 있다. 地下水流動理論의 進

* 農村振興廳 農工利用硏究所

展과 各種 地下水 探査用 計測裝置의 開發에 힘입어 比較的 正確한 湧出量判斷, 地下水流向, 透水係數等 集水暗渠施工에 絕對 必要한 基礎資料를 獲得할 수 있음에도 不拘하고 過去의 集水暗渠 施工例를 보면 1~2年 使用後에는 물이 말라버리는 事例가 적지 않았던 것이다.[25] 이와 같은 失敗의 原因은 여러가지가 있겠으나 根本的인 原因中의 하나로서 不適合한 施工材料를 들 수 있다. 卽, 不合理한 集水管規格 不良한 管材料, 貧弱한 자갈 被覆等이 그것이다.

過去 河川伏流水를 取水하기 爲한 集水管의 構造로서는 매우 原始的인 形態의 것으로 河川을 파헤친 後 거기에 자갈, 나무가지, 나무상자, 돌 暗渠 等을 埋設하여 取水한 것을 들 수 있고[27,8] 近年에 이르러서는 concrete 製品의 普及과 더불어 漸次 有孔 concrete 管을 使用케 되었다.[8] 여기에서 有孔管이라 함은 普通의 管表面에 一定한 規格의 流入孔을 뚫어 놓은 것으로 바로 問題는 이 流入孔에 있는 것이다. 流入孔徑流入孔數等은 伏流水의 集水量에 크게 關係가 되며 流入孔의 配列狀은 集水管의 耐壓强度에 影響을 미치는 基本 要因이 된다. 따라서 集水暗渠의 能과 耐機久性을 左右하는 가장 重要하고 基本이 되는 것이 集水管의 流入孔 規格과 配列形狀이라고 볼 수 있다.

流入孔徑 및 流入孔數 等은 日本에서는 管徑1,000 mm 以下의 것은 孔徑 20mm, 1,000mm 以上의 것은 孔徑 30mm로 하고 孔數는 管表面積 1m²當 20~40個로 함을 標準으로 삼고 있다.[3,4] 한편 過去의 우리나라 土地改良組合聯合會에서는 集水管 流入孔의 設計基準은 모래알이 移動되는 限界流速의 槪念을 導入하여 孔數을 定하도록 規定하고 있다. 卽, 流速을 0.03m/sec로 假定 하였을 때 管徑 900mm 以上에서는 流入孔徑을 25mm, 900mm 以下에서는 19 mm로 定하고 있으며 孔數는 管表面積 1m² 當 27個이다.[29] 以上 集水管 流入孔 基準에 對한 旣存 事實들을 살펴보았으나 日本의 境遇건 우리나라 근간에 規格 設定의 뚜렷한 實際的 根據가 애매하다. 또한 上記 設計基準에 依해 製作施工된 集水暗渠가 失敗한 事例가 없지않은바 流入孔에 對한 보다 徹底하고 實際的인 再檢討를 要한다.

따라서 本 硏究에서는 各種 流入孔 規格에 따른 集水能과 配列形狀別 耐壓强度의 材料力學的 解析과 强度實驗을 通해 가장 效果的인 集水管의 流入孔 規格과 配列形狀을 究明하고저 한다.

Ⅱ. 材料 및 方法

1. 使用材料 및 實驗施設

가. 供試用 有孔集水管

本 硏究에 使用한 供試用 有孔集水管은 φ 300×600 mm, concrete 管으로서 그 基本 形狀은 그림1과 같다.

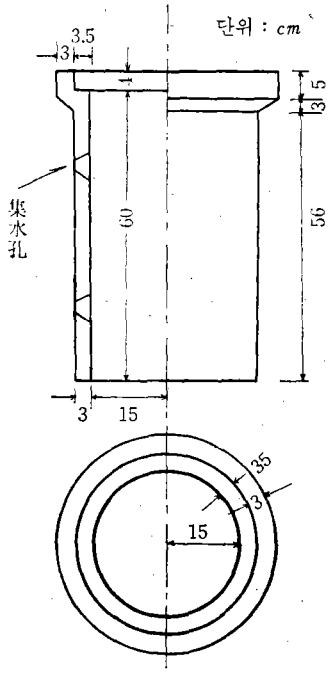


그림1. 供試用 콘크리트管 諸元

流入孔은 圓形으로서 그 斷面形狀은 그림 2와 같이 管外部側의 直徑이 內部側의 直徑보다 작게 만들었으며 本 硏究에서 流入孔徑이라 함은 管外部側의 流入孔直徑을 말한다.

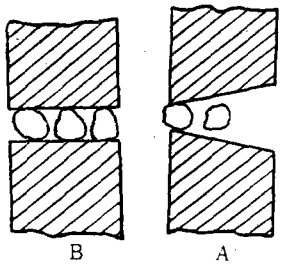


그림2. 流入孔 形狀

流入孔規格은 管斷面積 對 流入孔 延面積比 및 流入孔徑에 따라 表—1과 같이 處理하였으며 1處理當 23個씩 總 207個를 製作하였다.

表—1. 供試用 集水管 處理一覽表

直徑(mm) / 面積比	10	20	30
10 : 1	60孔	23	10
20 : 1	45	11	5
30 : 1	30	7	3

供試用 集水管의 製作은 市中 cement 製品 製作工場에서 注文 製作한 것으로 配合比 1 : 7(시멘트 : 모래), 16番 鐵線을 挿入하였으며 29日間 濕潤養生을 하였다.

나. 實驗用 sand tank

本 裝置는 그림3.과 같은 一種의 模型河川으로서 15×5×1.5m (112.5m³)의 鐵筋 concrete tank 製이다. tank 內部는 完全 防水하고 100m³의 川砂를 充塡하였다. 이 川砂는 京畿道 安城川產으로 細粒이었으며 粒度分析結果는 表 —2 및 그림4.와 같다.

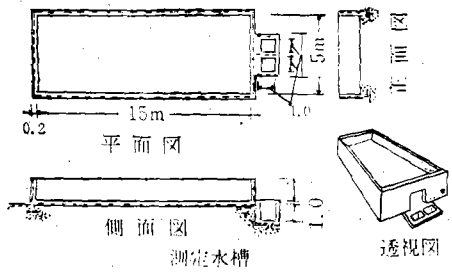


그림3. 模型河川 Sand Tank

表—2 粒 度 分 析 表

체 番 號	殘溜量 (g)	殘溜量百分率(%)	累加百分率 (%)
3/8'' No. 4	4.93	1.0	1.0
No. 8	27.07	5.5	6.5
No. 16	49.22	10.0	16.5
No. 30	140.28	28.5	45.0
No. 50	156.52	31.8	76.8
o. 100	50.20	10.2	87.0
No. 200	27.06	5.5	92.5
접 시	39.92	7.5	100.0
계	492.20	0	

2. 實驗方法

가. 處理別 集水量測定

그림5.와 같이 sand tank에 集水管을 埋設하고 (埋設깊이 1.2m) 集水管의 流入孔은 18mesh의 銅網주머니에 直徑10~20mm 程度의 자갈을 채운 자갈주머니로 流入孔을 모두 덮었다.

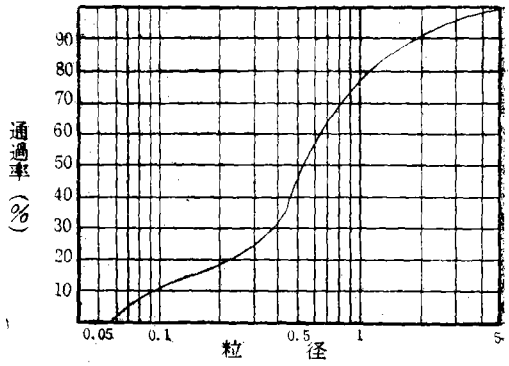
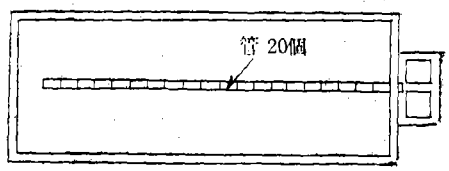
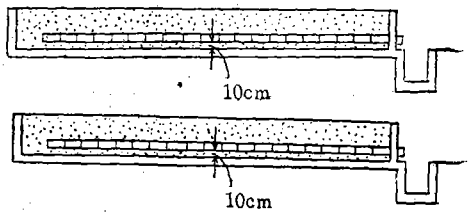


그림4. 粒 度 加 積 曲 線





集水孔被覆方法

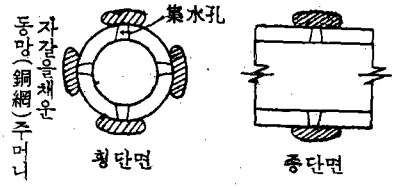


그림5. 集水管 埋設圖

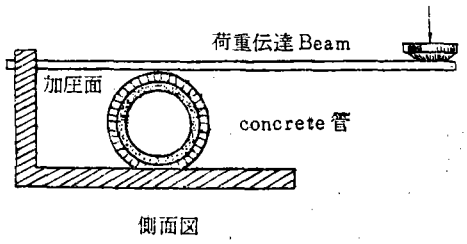
3'' centrifugal pump에 依해 물을 供給하다가 伏流水位 測定管의 水位가 測定管上端으로부터 40cm에 到達하면 물 供給을 中斷하고 則時 水門을 열어 每 10分마다 集水量을 測定하였다. (反復3回)

나. 集水管 强度試驗

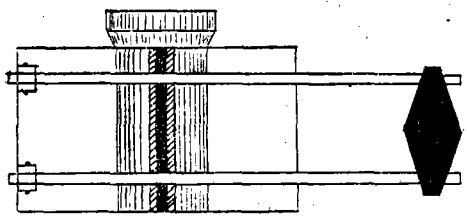
集水管의 强度試驗은 KSF 4401 6項의 規定에 依한 外壓强度試驗方法에 準하여 行하였다. 强度試驗機는 그림6.과 같은 簡易試驗機를 製作 使用했으며 供試體는 各處理別로 3個씩 標本을 抽出하여 使用하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 管斷面積 對 流入孔 延面積比와 流入孔徑이 集水



側面図



平面図

그림 6. Concrete 管 外壓 强度試驗機

能에 미치는 影響, 各 處理別 集水管의 集水能은 다음과 같이 求하였다. 卽, 各 處理別 集水量 測定値에 對해 時間을 x, 그때의 集水量(流出量)을 y로 놓고 x에 對應하는 y値를 log y로 變型하여 graph를 그려본 結果 大略 直線이 됨을 알았다. 卽, 半對數紙上에서 直線이 되는 것이다.

따라서 測定値 x, y의 關係는

$$y=k\ a^{mx} \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

임을 알 수 있었다.

이때 兩邊에 對數를 取하면

$$\log y=\log k+(m\cdot\log a)x \cdots\cdots\cdots (2)$$

가 되고 $\log y=Y$, $\log k=B$, $m\cdot\log a=A$ 로 놓으면

$$Y=Ax+B \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

가 된다.

方程式 (3)에서 B는 半對數紙上의 垂直軸의 切片이며 A는 直線의 기울기를 나타낸다. 結局 B는 供給水量의 相異에 對應하는 數値이며 集水管의 流出, 特性 다시말해서 集水能을 나타낸다고 볼 수 있다.

上記 理論에 基礎를 두고 各 處理別로 時間(x) 對 流出量에 對한 對數값과의 回歸係數 (B)를 求한후 이들 (B)에 對한 分散分析을 實施하여 表—3을 얻었다.

表—3에서 보는바와 같이 集區間에는 $n_1=2$, $n_2=8$ 일때 5% 水準에서 F値는 0.55이나 計算値는 0.527에 不過하므로 本 實驗의 反復間에 有意差가 없음을 알 수 있다. 따라서 本 實驗의 測定結果는 流出水量 自體의 比較없이 回歸係數만을 算出比較하여도 된다.

한편 回歸係數 卽, 流出特性値가 計算에 依해 求

表—3 分散分析表

區 分	DF	SS	MS	F
全 體	29	66.67		
集 區	2	0.002	0.001	$0.527 < F_{0.05}\binom{n_1=2}{n_2=8}$ 3.55
處 理	9	66.36	7.363	$3880 > F_{0.01}(n_1=9.\ n_2=18)$ 3.60
誤 差	18	0.34	0.0019	

해졌을 境遇 그 解析은 어떻게 할 것인가 하는 問題가 있다. 本 實驗에 있어서 實驗方法에서 論한바와 같이 一定量의 물을 供給後 集水管을 通하여 排出시켰으므로 單位時間當 排出量이 많은 것은 換言하여 回歸係數의 絶對値가 큰것은 集水能이 優秀하다고 볼 수 있다.

가. 流入孔徑과 集水能과의 關係

集水管 斷面積 對 流入孔 延面積比를 固定시키고 流入孔徑과 集水量과의 關係를 살펴보면 그림 7, 8, 9와 같다.

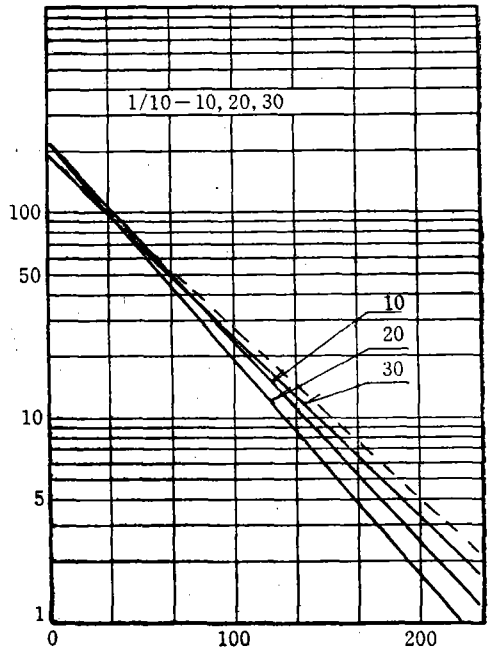


그림 7. 流入孔徑과 集水量과의 關係

延面積比10 : 1, 20 : 1의 境遇 流入孔徑이 30mm, 20mm, 10mm로 작아 질수록 集水能이 優秀하다. 그러나 孔徑이 20mm 以下로 되면 比例的으로 集水能이 優秀해지지는 않는다.

延面積比가 작은 30 : 1의 境遇도 流入孔徑이 작을수록 集水能이 優秀하다. 그림10.은 流入孔徑을 固

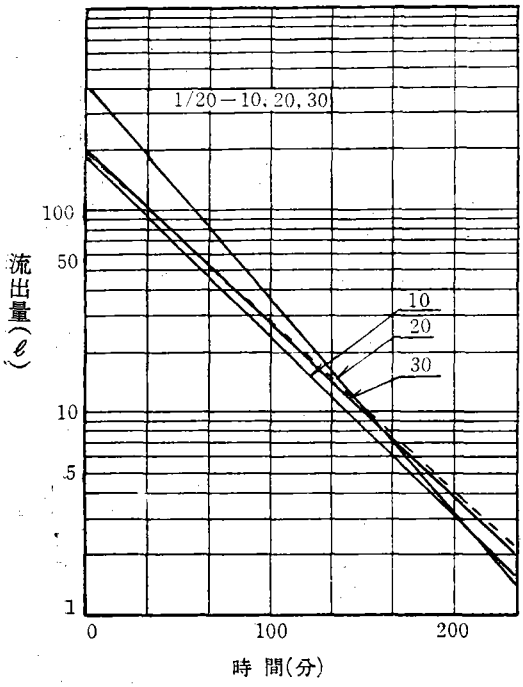


그림 8. 流入孔徑과 集水量과의 關係

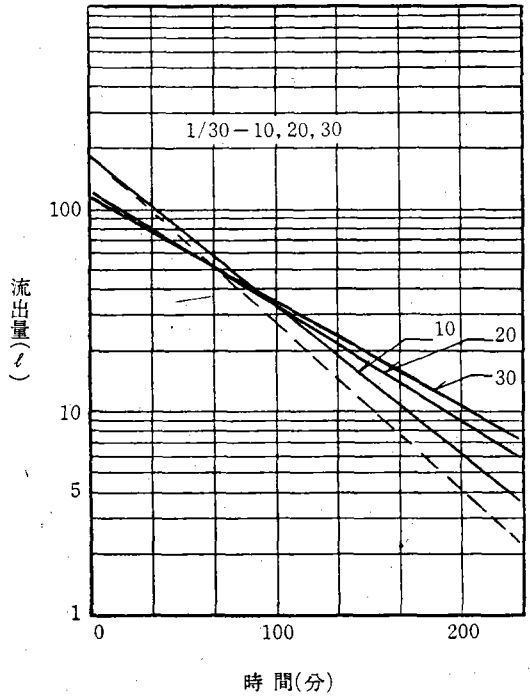


그림 9. 流入孔徑과 集水量과의 關係

定시키고 延面積比를 反復으로 보았을 境遇로서 孔徑 10mm 및 20mm의 水能은 相互 近似하며 30mm 孔徑의 集水能보다 優秀하다.

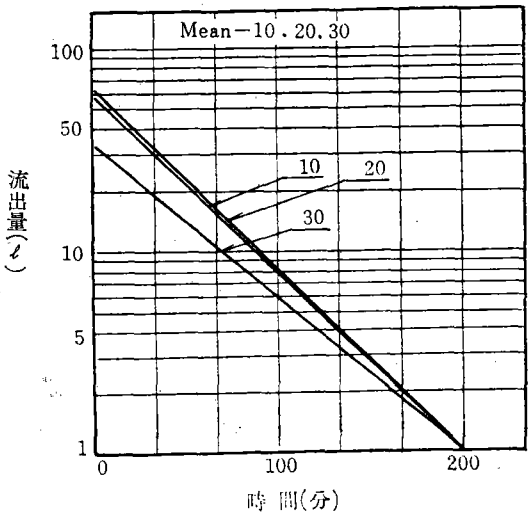


그림 10. 流入孔徑과 延面積比와의 關係

나. 集水管 斷面積 對 流入孔 延面積比와 集水能과의 關係

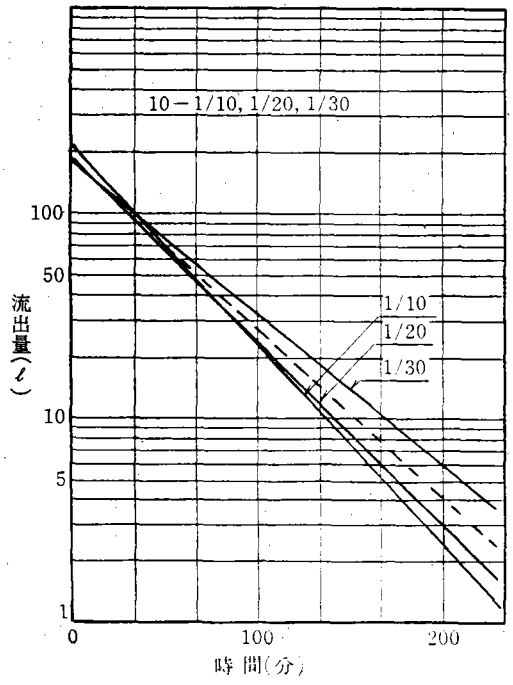


그림 11. 集水管斷面積 對 流入孔延面積比와 集水能과의 關係

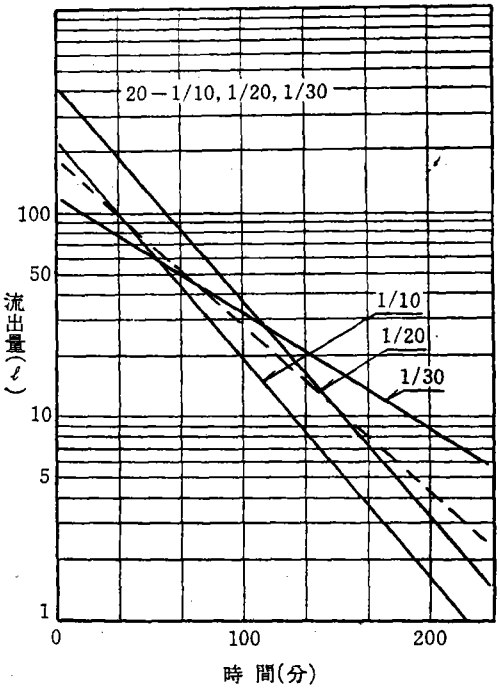


그림 12. 集水管斷面 積 對 流入孔延面積比와 集水能과의 關係

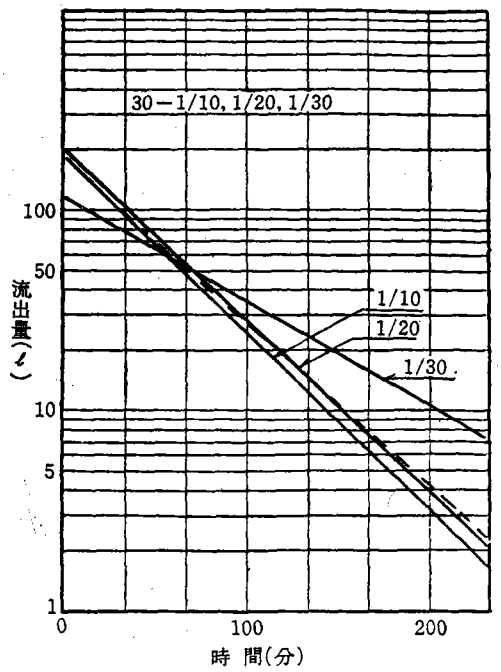


그림 13. 集水管斷面積對流入孔延面積比와 集水能과의 關係

그림11, 12, 13 에서 다음과 같은 事實을 알 수가 있다.

孔徑 10mm의 境遇 Q를 集水能이라 할 때 $Q_{(10:1)} \fallingdotseq Q_{(20:1)} > Q_{(30:1)}$ 이고 20mm 때 $Q_{(10:1)} \fallingdotseq Q_{(20:1)} > Q_{(30:1)}$ 로서 10mm의 경우와 비슷한 傾向이며 孔徑 30mm의 경우도 역시 $Q_{(10:1)} \fallingdotseq Q_{(20:1)} > Q_{(30:1)}$ 이다. 이것은 延面積比가 增加하면 集水能은 優秀해 지지만 延面積比가 20 : 1을 넘으면 集水能이 比例的으로 좋아지지 않음을 말해주고 있다.

그림14 는 延積比를 固定시키고 孔徑 10mm, 20 mm, 30mm를 各己 1, 2, 3回의 反復으로 보아 그 集水能 平均値를 求하여 半對數紙에 그려본 것이다.

延面積比 10 : 1 및 20 : 1의 傾斜度는 相互 近似하며 30 : 1의 境遇보다는 優秀하다.

다. 集水能에 對한 綜合考察

前節에서 流入孔徑 및 集水管 斷面積 對 流入孔延面積比와 集比能과의 關係를 살펴 보았다. 이제 孔徑과 流入孔延面積를 함께 考慮하여 集水能이 優秀한 處理부터 順序別로 羅列해 보면 表—4 와 같다.

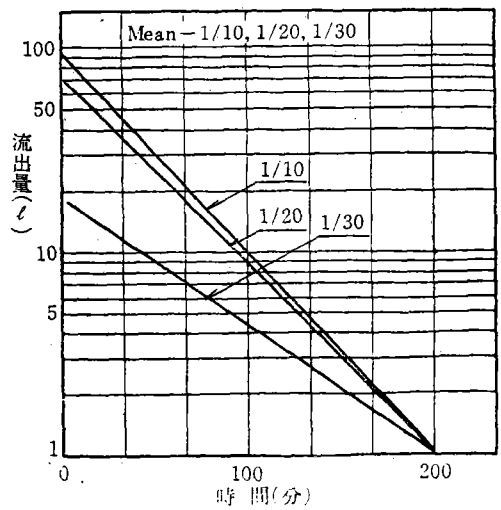


그림 14. 延面積比와 集水能과의 關係

表—4 處 理 別 優 秀 順 位

處理別 孔徑(mm)	處理別 面積比	順位	回歸方程式	孔數/1m²	開孔率
20	10 : 1	1	$y=0.01080x+2.36678$	41個	1.275%
20	20 : 1	2	$y=0.01004x+2.5608$	20	0.6099
10	10 : 1	3	$y=0.00997x+2.35033$	106	0.84
10	20 : 1	4	$y=0.00909x+2.28166$	80	0.624
30	10 : 1	5	$y=0.00888x+2.27839$	18	1.24
30	20 : 1	6	$y=0.00874x+2.30635$	9	0.624
無孔	—	7	$y=00.00822x+2.26377$	—	—
10	30 : 1	8	$x=0.00752x+2.26867$	53	0.416
20	30 : 1	9	$y=0.00602x+2.11816$	13	0.338
30	30 : 1	10	$y=0.00525x+2.07301$	6	0.344

表—5 Duncan's new multiple-range test 에 依한處理間 平均差檢定

處理	30, 1/30	20, 1/30	10, 1/30	理	30, 1/20	30, 1/10	10, 1/20	10, 1/10	20, 1/20	20, 1/10
集水能平均値	5.25	6.02	7.5	8.22	8.74	8.88	9.09	9.97	10.04	10.80

註 : 集水能平均値의 數値는 實際의 計算에 1000을곱한 變形値임.

處理間 集水能(處理別 回歸方程式의 回歸係數)에 對한 平均差를 檢定한 結果가 表—5이다,

表-5에서 보는바와 같이 集水能이 가장 優秀했던 處理는 流入孔徑 20mm, 延面積比 10 : 1인 境遇이었고 가장 劣等한 것은 孔徑 30mm, 延面積比 30 : 1인 處理였다.

1m²當(管表面積) 孔數로 換算하여 比較해보면 一般的으로 孔數가 많으면 集水能이 優秀했으나 過度하게 많으면 오히려 集水能이 떨어지는 傾向이 있었다. 以上의 結果를 綜合해보면 다음과 같다.

(1) 延面積比가 같으면 孔徑이 작을수록 集水能은 우수하다.

(2) 同一한 孔徑에서는 延面積比가 增加하면 集水能이 좋아진다.

(3) 孔數가 많으면 集水能이 우수했으나 過度하게 많으면 集水能이 떨어지는 傾向이 있다.

(4) 集水能이 가장 좋은 處理는 孔徑 20mm 에 延面積比 10 : 1 로 製作한 處理이나 同一 孔徑에 延面積比 20 : 1 일때의 集水能과는 그 差에 有意性이 없었다.

2. 有孔 concrete管 等의 耐壓强度分析

가. 集水管에 作用하는 外壓

集水管에 作用하는 **外壓中** 가장 重要한 것이 土壓이다. 土壓은 集水管이 埋設되어 있는 土壤性質, 埋設方法, 埋設後의 狀態에 依하여 相違하다.

表—6 은 土壤의 物理的 性質에 따라 單位土壤重量이 變하는 것을 보여준다.

表—6 埋 設 土 壤 의 性 質

土質	土壤의 單位重(kg/m³)	垂直土壤에 對한 水平土壓比
濕 한 表 土	1,500	0.33
물로포화된表土	1,800	0.37
濕 한 黃 色 粘 土	1,600	0.33
물로포화된黃色粘土	2,100	0.37
乾 燥 한 모 래	1,600	0.33
濕 한 모 래	2,000	0.33

따라서 集水暗渠의 埋設場所가 河川이므로 土壤의 重量은 2,000kg/m³를 取하면 될 것이다.

3. 集水管規格 決定

以上 集水能 및 耐壓强度에 對한 理論과 試驗結果를 分析, 檢討하였다. 이제 本 硏究에 使用했던 9個 處理中 集水能이 優秀했던 第3位까지의 處理를 選拔하여 그 中에서 集水能, 耐壓强度, 製作上의 難易等을 考慮, 가장 有利한 處理를 가려 내므로서 集水管徑 1m 以下인 境遇의 流入孔 基準을 定하고저 한다.

表—7은 集水能 優秀順位 第3位까지의 各 處理別 集水能에 對한 諸 分析表이다.

表—7 集水能에 對한 分析結果

集水能 優秀順位	流入孔規格 延面積比	流入孔徑	管表面積 1m²當數	開孔率	集水能 (回歸係數)	理論上破壞應力	實際破壞强度
		mm	개	%		(kg/m²)	(kg/m²)
1	10 : 1	20	41	1.2750	0.01080	0.0647P	1450
2	20 : 1	20	20	0.6099	0.01004	0.0624P	1550
3	10 : 1	10	106	0.840	0.00997	0.0614P	1350

… p:, 重荷,

表—7에서 다음과 같은 事項을 알 수 있다.

(1) 集水能은 表—7에서 알 수 있는바와 같이 1, 2, 3位間의 差에 統計的 有意性이 認定되지 않는다.

(2) 實驗破壞强度는 流入孔徑 20mm, 延積比 20 : 1의 境遇가 優秀하다.

(3) 管 製作上 流入孔徑 20mm, 延面積比20 : 1의 處理가 가장 有利하다. 이것은 管表面積 1m²當 流入孔數가 20個로 가장 적기 때문에 製作所要勞力面에서 有利할뿐 아니라 孔數過多에서 오는 實際强度低下의 憂慮가 他 處理에 比해 가장 적다.

따라서 集水管徑 1m 以下의 境遇 集水管 流入孔의 標準으로서는 孔徑 20mm, 延面積比 20 : 1로 하는 것이 가장 效果的이라고 할 수 있다.

한편 集水管에 作用하는 土壓計算은 다음과 같이 할 수 있다. (4)

(1) 集水管의 埋設깊이가 얕고 埋設直後 豪雨等으로 土壤이 물로 飽和되어 있는 경우는 土壤의 摩擦力이 弱化되기 때문에 集水管上의 土壓은

$$p = wh \cdots\cdots (1)$$

p:單位面積當의 垂直壓力(kg/m²)

w:土壤의 單位重量(kg/m³)

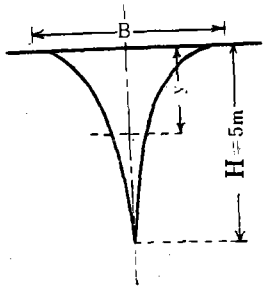


그림15. Frühling의 土壓

h:埋設 깊이(m)

에 依해 計算할 수 있다.

(2) 集水管이 埋設된 後 相當한 日數가 經過하면 흙의 摩擦力이 增加하므로 土壓의 增加率이 減少하게 된다. 埋設흙이 固着된 後의 土壓計算은 Frühling 公式에 依한다. Frühling은 土壤깊이 5m 지까는 土壓이 漸次 增加되나 土壓 增加曲線의 形狀은 그림15와 같으며 2個의 曲線으로 表示된 面積에 比例하며 5m 以上의 깊이에서는 土壓의 變化가 없다고 하였다.

그러므로

$$p = \frac{w}{3}\left\{5 - \frac{(5-h)^3}{25}\right\} \cdots\cdots (2)$$

但 p, w:公式 (1)에서와 同一

h:集水管 埋設깊이(m)

따라서 集水暗渠 最大의 埋設깊이인 5m 까지의 土壓을 算出하면 表—8과 같다.

表—8 集水管의 埋設깊이別 土壓

埋設 깊이(m)	土 壓 (kg/m²)
1	2,053
2	2,613
3	3,210
4	3,306
5	3,333

가. 集水管 應力分析

集水管, 集水能을 增加시키기 爲해서는 有孔管을 使用함이 效果的이다. 그러나 有孔管은 普通管에 比해 强度가 低下되기 마련이다.

여기에서는 集水管規格을 決定키 위해 使用한 供

試驗를 基準으로 有孔에 依한 强度低下에 對하여 論述키로 한다.

集水管에 鉛直集中荷重이 作用하고 있는 境遇 集水管에 생기는 應力은 [4,33]

$$\sigma=\frac{M}{Z}=\frac{M}{\frac{lt^2}{6}}=\frac{6}{lt^2}\times 0.318P\frac{D}{2}=0.954\frac{pD}{lt^2} \quad \cdots\cdots(3)$$

이다.

但 M: A, B 點에서의 moment

l: 集水管 길이

t: 集水管 두께

D: 集水管 直徑

Z: 斷面係數

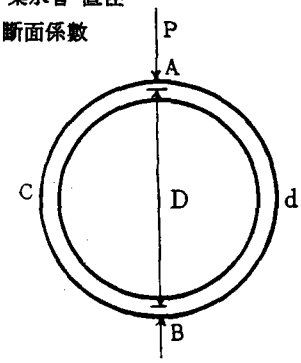


그림16. 集水管에 미치는 荷重

$M_A=M_B=0.318P$

$M_C=M_D=-0.182P$

$S_A=S_B$

$S_C=S_D=0$

$N_A=N_B=0$

$N_C=N_D=P/2$

但N; 軸力, S; 剪斷力

어떤 一定한 規格의 有孔 concrete 集水管에 集中荷重을 加할 경우

$\sigma=0.954\frac{PD}{lt^2}$에서

供試 concrete 集水管의 P, D, t는 一定하나 流入孔으로 因하여 管長 l가 줄어들어 σ의 값이 增加하므로서 破壞의 危險度가 커지게 된다.

流入孔이 方形으로 管表面에 配列되는 경우는

$$l_f=l_a-nd \quad \cdots\cdots(4)$$

但 l: 管長

b: 管의 實際 길이

n: 孔數(列間)

d: 流入孔徑

本 硏究에 使用된 供試體와 같이 Zig Zag式으로 配列된 경우는 그림 17에서 斷面 ①—①에 따라 破壞될 경우 ……ⓐ

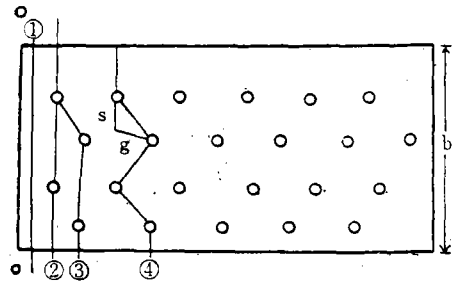


그림17. 集水管 破壞形狀

斷面 ①—②에 따라 파괴될 경우—ⓑ

〃 ①—③ 〃 —ⓒ

〃 ③—④ 〃 —ⓓ

가 있고

各己

$$\begin{cases} l_{ⓐ}=b \\ l_{ⓑ}=b-2d \\ l_{ⓒ}=b-3d+\frac{s^2}{4g} \\ l_{ⓓ}=b-4d+\frac{s^2}{4g}\times 3 \end{cases} \quad \cdots\cdots⑤$$

但 s: 流入孔行間間隔

g: 〃 列間 〃

이므로 이中 가장 最小의 길이를 取하게 된다.

$l_{ⓐ}=b$인 경우는 無孔 集水管과 같으므로 가장 安全하며 $l_{ⓑ}, l_{ⓒ}, l_{ⓓ}$를 比較하여 가장 짧은 l을 찾고 이를 公式 (3)에 代入하여 σ를 求한다.

表—9는 本 硏究에 使用한 9個處理 各各에 對한 l를 求하여 이를 公式 (3)에 代入 計算한 結果와 KSF 4401, 6項의 强度試驗方法에 準하여 試驗한 結果이다.

表—9 供試管 理論應力値와 耐壓强度比較

區分 / 流入孔別 集水管	理論値 應力 (kg)	指數	試驗値 콘크리트의 强度(kg/cm²)	指數	孔數
無孔	0.0583 P	100	1,900	100	0
10—1/10	0.0614 P	105	1,350	71	60
10—1/20	0.0614 P	105	1,400	74	45
10—1/30	0.0614 P	105	1,050	55	30
20—1/10	0.0647 P	111	1,450	76	22
20—1/20	0.0624 P	107	1,550	82	11
20—1/30	0.0602 P	103	1,750	92	7
30—1/10	0.0647 P	111	1,600	84	10
30—1/20	0.0614 P	105	1,840	97	5
30—1/30	0.0624 P	107	1,300	68	3

(註) P : 荷重

表 -9에 依하면 理論的으로는 流入孔으로 因한 破壞應力이 無孔에 比하여 3~11%의 增加를 보였을 뿐이다. 그러나 實際强度試驗結果의 强度差를 보이고 있으므로 理論値와 많은 差를 나타냈다. 大體로 보아 試驗値에서는 孔數가 增加하면 强度가 낮아지는 傾向이 있었다. 그러나 理論的인 解析으로는 孔徑이 작은 3~45%의 경우 破壞應力이 적게 誘發된다. 이러한 差異는 流入孔數가 많아지면 콘크리트치기, 다지기 等 製作上의 困難때문에 强度가 低下된 것으로 생각된다.

나. 集水管 流入孔 配列形狀에 대한 考察

集水管 流入孔은 管의 强度를 低下시키는 要因의 하나임을 알았다. 그러나 流入孔의 配列形狀에 따라 强度가 變化되므로 最小의 强度低下를 誘發시키는 流入孔의 配列形狀에 對해 考察코져 한다.

集水管 流入孔配列은 方形의 平行配列과 마름모꼴의 Zig Zag 記列 2種으로 大別할 수 있다.

同一 集水管에 同一 直徑의 流入孔을 形狀만 다르게 記列할 경우

$$\sigma=0.954\frac{PD}{lt^2}$$ 에서

P, D, t 는 一定하고 다만 流入孔의 記列形狀에 따라 l 이 달라질 뿐이다.

平行配列時의 l 를 l_p, Zig Zag 配列時를 l_z 라 하면 同一한 孔數를 配列할 경우 行數가 一定하면 언제나

$l_p<l_z$ 가 成立한다.

따라서 $\sigma_p>\sigma_z$ 가 同時에 成立하게 되어 平行配列이 Zig Zag 配列에 比해 耐壓强度面에서 不利하다는 結論이 可能하다. Zig Zag 配列에 있어서도 破壞되는 形狀이 여러가지 이다 여기서 가장 代表的인 것이 平行方向으로 破壞되는 경우와 Zig Zag 로 破壞되는 경우인데 이때의 管長을 各己 l_{zp}, l_{zz} 라고 하면

$$\begin{cases} l_{zp}=b-nd \\ l_{zz}=b-(2n-1)d+\dfrac{s^2}{2g}(n-1) \end{cases} \quad \cdots\cdots(6)$$

(6)에서 $l_{zp}>l_{zz}$ 면 l_{zz} 를 取하게 되고 $l_{zp}<l_{zz}$ 이면 l_{zp} 를 取하게 되는바 l_{zz} 는 s 와 g 에 따라 그 길이가 變하고 l_{zp} 는 一定한 길이를 가진 定數이다. 따라서 $l_{zz}<l_{zp}$ 條件은 l_{zz} 에 依해 誘發되는 應力이 l_{zp} 에 依한것보다 크게되는 條件이 되므로 $l_{zz}\geqq l_{zp}$ 되는 條件 卽, l_{zp} 를 恒時 取할 수 있는 境遇를 算出할 必要가 생긴다.

$l_{zz}\geqq l_{zp}$ 가 되기 爲해서는

$$b-(2n-1)d+\frac{s^2}{2g}(n-1)\geqq b-nd$$

$$-2nd+d+\frac{s^2}{2g}(n-1)\geqq -nd$$

$$\therefore s^2\geqq 2gd \qquad s\geqq\sqrt{2gd} \quad \cdots\cdots(7)$$

卽, $l_{zz}\geqq l_{zp}$ 를 爲해서는 $s\geqq\sqrt{2gd}$ 로 s 와 g 를 定하면 된다.

不等式 (7)은 流入孔의 Zig Zag 式 配列에 있어 集水管의 破壞應力을 最小로 하기 爲한 基本條件이 된다.

Ⅳ. 結 論

管徑 30cm 의 集水管에서 管斷面積 對 流入孔延面積比를 10 : 1, 20 : 1, 30 : 1 로 하고 流入孔徑을 10 mm, 20mm, 30mm 로 하여 總 9個處理로서 그 集水能과 耐壓强度에 對한 實驗과 分析을 通하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 集水能 및 耐壓强度, 그리고 製作上의 諸 問題點들을 考慮하여 가장 效果的인 流入孔의 規格은 集水管 斷面積 對 流入孔 延面積比가 20 : 1, 流入孔徑 20mm 인 境遇이다. 이때 管表面積 1m² 當 流入孔數는 20個이다.

2. 流入孔의 配列은 엇갈리게 (Zig Zag) 하되 $s\geqq\sqrt{2gd}$ 의 條件을 滿足시키도록 함이 좋다.

但 s: 流入孔의 行間 間隔
g: 〃 列間 間隔
d: 流入孔徑

參 考 文 獻

1. 金子良 (1951) :
揚水試驗による K の檢討, 農土研 Vol. 18. No. 4
2. 君島八郎 : 地下水(改版)
3. 農業土木學會 (1965) :
水資源 ハンドブック
4. 農業土木學會 (1966)
農業土木 ハンドブック
5. 農林部 (1967) :
地下水調査試驗報告書
6. 農林部 (1968) :
農業土木設計便覽
7. 農林省 農地局 (1959) : 地下水工
8. 農村振興廳 (1967) :
農工技術指導要綱
9. 大板益賢外 2 人 (1951) :

伏流水量算定に おける 滲透係數の 測定に つ いて. 農土研. Vol. 19. No. 4
10. 渡邊潔 (1961)：
不透水層上に 設計した 暗渠の 定流滲透に つ いて. 農業土研究. Vol. 29. No. 9
11. 牧 隆泰 (1956)：農業土木 詳論
12. 閔 丙燮 (1964)：農業水利
13. 石橋 豊 (1950)：
栃木縣における集水キヨついての調査
農業土木研究. Vol. 17, No. 2, 3
14. 狩野德太郎：濕灌排水
15. 手塚槇確 (1961)：
集水渠 周邊の 地下水の 流動について. 土地 改良. Vol. 11. No. 5
16. 李 昌九 (1962)：農業工學
17. 李 台現 (1963)：實驗生物統計學
18. 張 權烈外 1 人(1967)：實驗統計分析法
19. 鏑川 農業水利事務所：
伏流水取水と揚水試驗. 農業土木學會誌. Vol. 32.
20. 前川 章 (1952)：
等角寫像法に よる 地下水流量の 解析(Ⅰ)農 土研. Vol. 21. No. 4
21. 前川 章 (1956)：
集水渠, 集水管の 湧水量の 一解法. 農土研. Vol. 19. No. 4
22. 前川 章 (1953)：
等角寫像法に よる 地下水流量の 解析(Ⅱ) 農土研. Vol. 21. No. 4
23. 前川 章 (1956)：
集水渠の 湧水量計算に ついて 土地改良 Vol. 12.
24. 前川 章 (1956)：
地下水 賦存量との 採水量決定の 一つつ 試み 土地改良. Vol. 9.
25. 前川 章 (1950)：
横走式 縱走式 暗渠配列法의 比較研究. 農土 研. Vol. 17. No. 23
26. 田中貞次：潅漑排水
27. 中村 總七郎 (1940)：
集水盲暗渠に よる 河川伏流水の 利用に ついて. 農土研. Vol. 12. No. 2
28. 崔榮博外 1 人 (1961)：水理學
29. 土聯 (1968)：
Fy'68. 集水暗渠調査設計要領
30. 後藤定年 (1962);
掘井の湧水量試驗. 農業土木學會誌. Vol. 34 No. 8
31. Frevert, et al (1957)：
Soil and Water Conservation Engineering
32. Israelson (1935)：
Drainage andIrrigation
33. Timoshenko (1960)··
Strengh of Materials Part I Elementary Theory and Problems