

論山地區 城東揚排水場 터파기

(Well Point 工法)

金 周 範* · 金 浩 一**

1. 概 要

論山郡 城東面 開拓里 一帶에 널리 있는 곳으로 蒙利面積은 3,852町步이고 流域面積은 實積 적은 1,073町步로서 排水量은 8.29m³/sec로서 特殊한 地域 이라 볼 수 있으며 排水펌프는 1,000mm가 4사이 며 이에 所要되는 馬力數는 275馬力이 4대로 揚程 은 그리 높지 않은 6.35m인 管개개선地區이다.

2. 地區現況

本地區는 錦江沿岸에 位置하며 廣闊한 平坦地가 防水堤로 圍繞되어 있어 雨期에는 適時에 排水가 되지 않아 浸水되는 地域으로 오래전부터 排水가 熱

望되어 오던 곳이다. 이를 解決하기 爲하여 設置되는 揚排水場의 位置는 江景北方의 佛光山과 玉女峰사이 錦江과 論山川 合流地點으로부터 錦江上流側에 位置 하며 防水堤를 境界로 河川高水敷地의 標高는 +3.80 m이고 地區內 耕地標高는 30cm 낮은 +3.50m로 現 今도 堆積이 이어나고 있음을 알 수 있으며 堆積土 는 非塑性인 실트質土 및 細砂가 大部分이다. (그림. 1-참조)

3. 地盤調査

보링調査 결과에서 보면 地表에서 約 2m까지는 실트質 모래로 되어있고 그 以下에서는 모래가 나 타나는데 18m에서 砂礫이 約 4m 두께로 介在되어 있으며 22m 깊이에서 風化帶가 나타났다.

表-1. 흙의 性質 表

구 분	흙의比重	함수 비	단위중량	점 착 력	마 찰 각	투 수 계 수	모 래 실 트 점 토
上 部 (1)	2.67	42.2%	t/m ³ 1,803	kg/cm ² 0.18	8°	3.73×10 ⁻⁶ cm/sec	2.5% 90.50%
下 部 (2)	2.66	18.0	1,599	0.08	40°	3.9×10 ⁻²	0.80 0.0

調査當時 地下水位는 +0.10m로 試錐時 湧出水 가 甚했다고 記錄되어 있다. 室內土質試驗에서도 表層部는 非塑性 실트이고 下層部는 不良粒度인 모래 로 이루어져 있다. (表-1 참조)

圖의 낮은 산들은 花崗岩 地帶가 大部分이다.

4. 地 形

이 地域은 錦江이 東南方向으로 거의 直流하다가 江景 玉女峰에서 論山川과 合流하면서 크게 彎曲되 는 部位로 河川과 江에서의 流砂가 流速減勢로 因 하여 集中堆積하는 곳으로 下層部에서는 깨끗한 모 래가 約 20m 깊이까지 堆積되어 있으며 平野部周

5. 基礎터파기

가. H 말뚝工法

터파기 作業을 爲하여 흙막이工으로 H말뚝을 使用하도록 되었는데 이 工法은 이 地域에 適合한 工 法이 못된다. 그 理由는 下層部에서의 透水係數가 4.0×10⁻²cm/sec로서 相當히 크며 이와같이 큰 透 水係數로서는 粘着力이 거의없는 砂質土에서 조그 만한 틈만 있어도 이곳으로 貫孔現象이 일어나는

* 正友엔지니어링(株)

** 農業振興公社

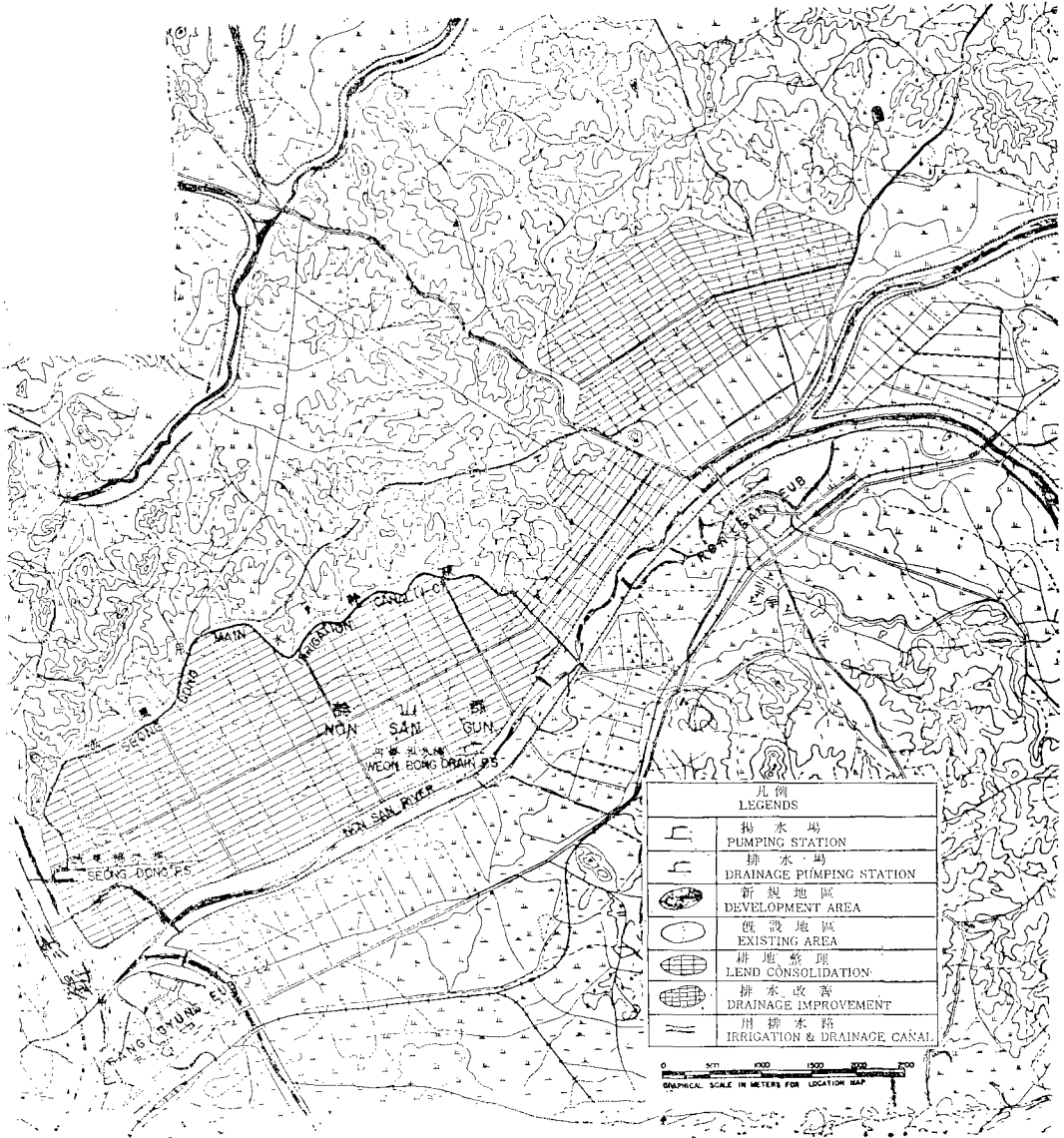


그림 1.

것을 制止할 수 없기 때문이다. 또한 H말뚝의 길이가 10m이고 그 間隔은 1.5m로 施工하도록 되어 있으나 길이 10m로는 不足하며 鋼矢板으로 한다 하더라도 施工길이 18m나 되는데 H말뚝 工法에서는 말뚝間隔이 1.5m이므로 더 긴 말뚝이 必要하게 된다. (그림 2 참조)

나. 鋼矢板工法

鋼矢板工法으로 土留壁을 設置할때의 矢板길이를 算定해보면 約 18m 길이의 矢板이 必要하게 된다. 이 工法은 地下水移動에는 效果가 優秀하나 工程上으로 볼때 18m 길이의 矢板을 求한다는 것은 심히 어려운 形便이다. (表-2 참조)

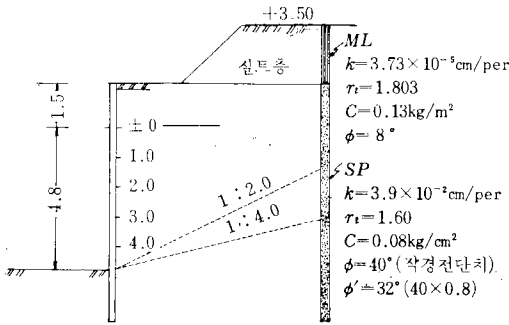


그림. 2.

表-2. 水壓을 받는 自立矢板壁의 諸係數

흙의 內部摩擦角	25°	30°	35°	40°
主動土壓係數 Ka	0.34	0.28	0.23	0.18
受動土壓係數 Kp	3.9	5.8	9.2	16.8
極限 根入比 α	1.85	1.38	1.02	0.73
設計 根入比 β	3.7	2.8	2.0	1.5

※ 石黑健著 鋼矢板工法 p.129

다. Well Point 工法

鋼矢板工法이나 H말뚝工法은 앞에서와 같은 問題點이 있어 손쉬운 方法의 하나인 Well Point工法을 使用하게 되던 거의 다른作業을 하게 되며 이工法을 紹介하면 다음과 같다. (그림. 3 참조)

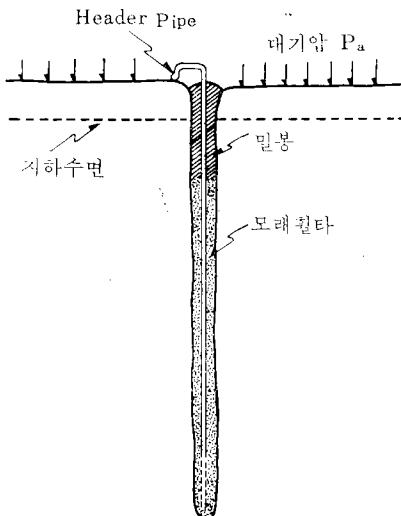


그림. 3. Well Point 설치도

1) Well Point 工法의 適用 範圍

Well Point工法은 透水係數가 $k=\alpha(10^{-1}\sim 10^{-4})$ cm/sec에서 有効하다.

Well Point 工法의 適用範圍와 粒度와의 關係는 그림. 4와 같다.

A區域: 排水가 容易한 領域

B區域: 排水가 多少 困難한 領域. 眞空이 必要하고 排水目的으로 보아도 Well Point가 有利하다.

C區域: 排水困難한 領域으로 強力한 眞空 Pump가 必要하다.

D區域: 排水不可能한 領域 (電氣浸透領域)

2) 調査

Well Point工法의 設計上 重要한 要素는 透水係數와 貯留係數이다. 透水係數를 求하는 方法에는 土粒子의 粒徑으로의 推定, 室內試驗, 揚水試驗等이 있으나 貯留係數는 揚水試驗에서 求하는 方法뿐이다. 따라서 透水係數 및 貯留係數를 보다 正確하게 求하여 經濟的인 設計를 하기 爲해서는 現場 揚水試驗을 하여야 한다.

土砂의 粒徑으로 透水係數를 求하는 公式에는 많은 것이 提案되어 있다.

Hazen의 式

$$k=c(0.7+0.03t)de^2 \text{ (cm/s)} \text{ (cm)}$$

여기서 de : 有効徑(cm) (10% 粒徑)

t : 溫度(°C)

c : 實驗常數 100~150, 일반으로 116

$$k=109 d_{10}^2 \text{ (m/sec)}$$

3) 貯留係數(S)의 概略值

貯留係數는 揚水試驗을 하지 않으면 決定할 수 없으나 그의 概略值를 나타내면 다음과 같다.

自由水; $S=0.01\sim 0.35$

被壓水; $S=1\times 10^{-3}\sim 1\times 10^{-4}$

4) Well Point의 設置깊이

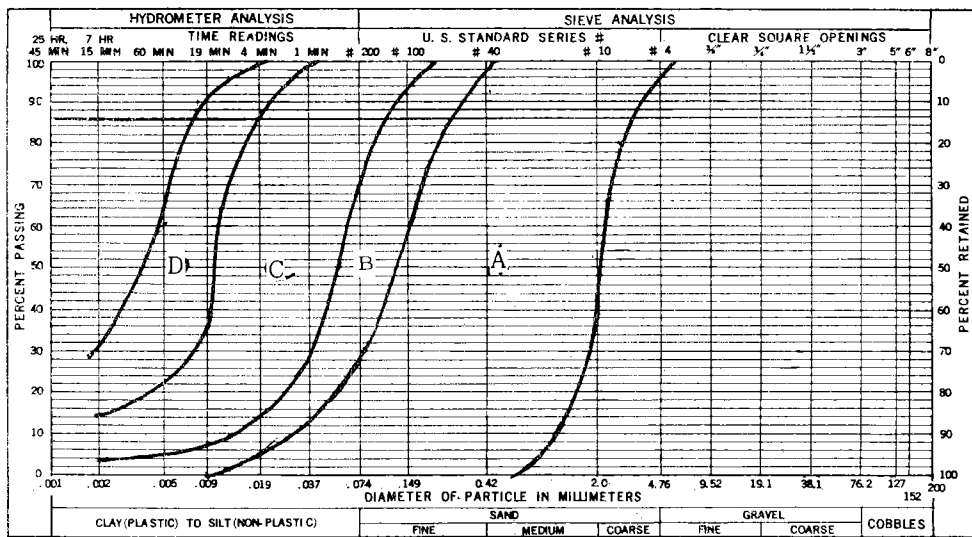
床掘現場에서 Well Point의 Screen 最高部の 깊이는 床掘底面에서 60~90cm 더 깊게 하는 것이 좋다.

Well Point로서 低下시킬 수 있는 最高水位는 5.5~6.1m를 標準으로 한다.

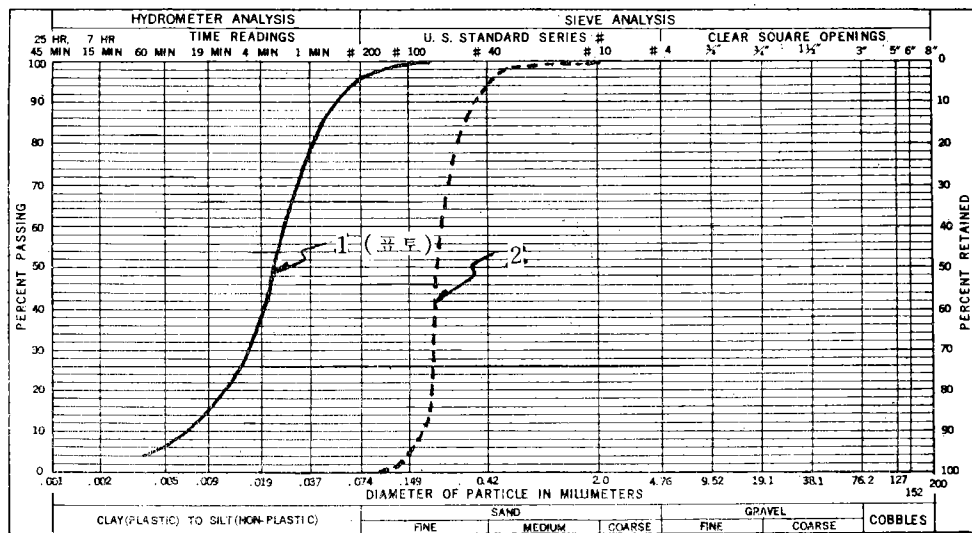
(理論적으로는 10.3m)

5) filter sand와 strainer

filter sand의 粒徑과 strainer 눈금의 크기는 다



Well Point 通用範圍外粒度



상동 상배수장 지반토

그림. 4. 배수공법의 적용범위와 입도

表-3. 粒徑과 透水係數의 概略值

粒 徑(mm)	0.01以下	0.01~0.05	0.05~0.10	0.1~0.25	0.25~0.50	0.50~1.0	1.0~5.0
k (cm/sec)	3×10^{-6} 以下	4.5×10^{-4}	3.5×10^{-3}	0.015	0.085	0.35	3.0

음식을 滿足하는 것이라야 한다.

$$D_0 < D_{85(f)}/2$$

$$(4 \sim 5) \times D_{15(s)} \leq D_{15(f)} \leq (4 \sim 5) \times D_{85(s)}$$

여기서

$$D_{90(s)} < D_0 < D_{75(s)}$$

D_n : 粒度曲線에서 n% 該當粒徑(mm)

- $D_{n(s)}$: 自然土의 D_n (mm)
- $D_{n(f)}$: filter sand D_n (mm)
- D_0 : strainer의 눈금의 크기(mm)

filter sand의 直徑은 粘土土에서 25cm 程度로 하고 砂質土에서는 이보다 적게하여도 좋으며 특히 粒度가 均一한 砂層에서는 filter sand를 敷設하지 않아도 좋을때도 있다. 그런데 透水層사이 에 不透水層이 介入하여 있을때는 上下透水層間의 連結이 不完全하게 되기 쉬우므로 施工에 注意하여야 한다.

6) 排水量의 算定

排水量算定에는 Thiem의 式을 쓰는것이 좋다.

(1) 自由水인때
$$Q = \frac{1.36k(H^2 - h_0^2)}{\log \frac{R}{r_0}}$$

(2) 被壓水인때
$$Q = \frac{2.72kb(H - h_0)}{\log \frac{R}{r_0}}$$

여기서

- Q : 排水量 (m^3/min)
- k : 帶水層의 透水係數 (m/min)
- H : 帶水層의 自然水位 (m)
- h_0 : 井戶의 低下水位 (m)
- r_0 : 井戶의 半徑 (m)
- R : 影響圈의 半徑 (m)
- b : 帶水層의 두께 (m)

影響圈의 半徑을 求하는 方法에 여러가지가 있으나 絶對인 것은 없고 一例로서 水位低下時間으로 하는 Theis의 非平衡式에서 算出할 수 있다.

影響圈의 半徑을 算出하는 概略值의 式은

$$R = (100 + r_0) \sim (500 + r_0)$$

여기서 r_0 : 井戶의 半徑 (m)

r_0 의 값은 透水係數가 큰때는 크게 取하고 작을때는 작게 取하면 좋다.

R 는 揚水量 算定式에서 對數이므로 R 의 誤差에 依한 揚水量의 誤差는 透水係數의 誤差에 依한 Q 의 誤差에 比하여 적으므로 R 의 값은 概略值를 써도 實用上 支障이 없는 境遇가 많다.

7) Well Point의 數

Well Point의 數는 다음式으로 計算한다.

$$n = \frac{Q}{q}$$

여기서

- n : Well Point의 數

Q : 全揚水量(l/min)

q : Well Point 1個當의 揚水量 (l/min)

여기서 Well Point 1個의 揚水量은 狀況에 따라서 다르나 普通 $q=20l/min \sim 50l/min$ 으로 하는것이 좋다. n 가 求하여지면 Well Point의 間隔이 決定되고 이 間隔의 最大는 3m程度이나 너무 멀면 水位低下의 時間이 걸린다.

8) Pump 軸의 所要馬力計算

Pump의 所要馬力 (P_0)은 다음式으로 求한다.

$$P_0 = \frac{QH}{4.5E}$$

여기서

- H : 總揚程(實揚程 + 損失水頭) (m)
- E : Pump의 效率

粘土가 섞인 흙의 流水의 損失水頭는 20~30% 加算하여 計算하는 것이 좋다.

그리고 揚水量 算定誤差 또는 降雨等を 生覺하여 計算值의 1.5~2.0의 安全率을 보는것이 좋다. 眞空 Pump는 排氣量 $3m^3/min$ 程度의 것을 Header pipe 延長 100m에 1臺程度로 配置하면 좋다.

全所要動力은 揚水 Pump 所要動力에 眞空 Pump 所要動力을 加한것이 된다.

表-4. (1) 휴갈펌프

口 徑	排 水 量	所 要 動 力
3m	0.5m ³ /min	5.0HP
4m	1.0m ³ /min	7.5HP
6m	2.0m ³ /min	15.0HP

(2) 眞空펌프

型 式	排 氣 量	所 要 動 力
乾 氣	2.0m ³ /min	5.0HP
	3.0m ³ /min	7.5HP
濕 氣	2.0m ³ /min	10.0HP
	3.0m ³ /min	15.0HP

6. Well Point 施工

가. 設 置

1次設置

1980年 3月1日~3月15日 사이에 EL+0~-1.5m 까지 床掘하면서 74m 區間에 對하여 施工하여 眞空

Pump 20HP 1臺와 揚水機 15HP 1臺(6")로 揚水-1.50 m까지 水位가 下降하였는데 그 以下에서는 能力이 不足하였음.

2次設置

3月16日~3月20日 사이에 EL-1.50~-3.50m까지 床掘하면서 69m 區間에 設置하여 眞空 Pump 20 HP 2臺와 揚水機 15HP 2臺(6"), 수중펌프 15HP 1臺等 85HP을 使用하여 EL-3.50m까지는 能力에 適合하였으나 그 以下의 물에 對하여서는 能力이 不足하였음.

3次設置

3月21日에 EL-3.50~-5.0m까지의 床掘을 爲하여 特殊眞空 Pump (YOKOTA) 10HP 1臺와 50HP 揚水機를 追加하여 總 145HP으로 排水하였으며 이 중 휴갈펌프 1臺는 滿潮時에만 可動하도록 하였다.

Riser pipe는 1.5인치 徑에 길이 6m인 것을 1.2 m間隔으로 120本을 打入하여 設置하였으며 最大排水量은 1分當 4.20m³나 되었다. (143m÷1.2m=120 本, 120×0.035=4.2m³)

나. 粒徑으로 透水係數算定

有効粒徑은 粒度曲線表에서 試料2가 0.16mm이다. 粒徑과 透水係數表에서 算定하면

$$k=0.015\text{cm/sec임 } (k=1.5 \times 10^{-2}\text{cm/sec})$$

Hazen에 式에서

$$\begin{aligned} k &= c(0.7 + 0.03t)de^2 \\ &= 116(0.7 + 0.03 \times 15) \times (0.016)^2 \\ &= 3.41 \times 10^{-2}\text{cm/sec} \end{aligned}$$

$$k=100de^2=100 \times (0.016)^2=2.56 \times 10^{-2}\text{cm/sec}$$

上記 여러가지 計算에서 얻은 數值들은 實測值인 $k=3.9 \times 10^{-2}\text{cm/sec}$ 와 큰 差異가 없음을 알수 있다.

다. 排水量 算定

自由水인 것으로 보고 다음式으로 計算한다.

$$Q = \frac{1.36k(H^2 - h_0^2)}{\log \frac{R}{r_0}}$$

여기서 $k=3.9 \times 10^{-2}\text{cm/sec}$ ($2.34 \times 10^{-2}\text{m/min}$)

$$R=100+r_0=125\text{m}$$

$$r_0=25\text{cm (床掘面積을 圓으로 換算)}$$

床掘時 實際로 排水되는 流量을 實測한 量은 4.2 m³/min이었고 計算値는 不過 1.14m³/min로 相當한 差異를 나타내고 있다.

1) Will Point의數

1個當 揚水量을 35l/min로 하면

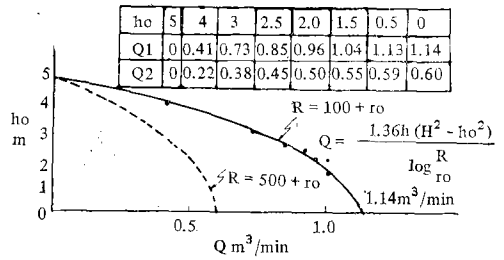


그림. 5.

$$n = \frac{4200}{35} = 120\text{個}$$

2) Pump의 所要馬力

$$P_0 = \frac{4.2 \times 7.8}{4.5 \times 0.7} = 10.4\text{HP}$$

安全率 2로 보아 所要馬力은 21HP이다.

眞空 Pump는 排氣量 3m³/min의 것을 100m當에 1臺 設置하므로 이 地區에서는 143m 連長이므로 2臺가 必要하다.

濕氣 3m³/min 排氣量은 15HP이므로 2臺分 30HP 이 所要된다. 故로 이곳에서의 正常所要馬力은 50 馬力이 좀 넘는다. 이곳은 感潮河川邊이고 推積狀態가 均一치 못하여 河川水의 影響을 直接받는 特殊한 곳으로 (때때로 噴砂現象이 나타남)

實際로 約 3倍인 145HP의 所要된것으로 나타났 다.



그림. 6. Well Point 施工光景

7. 結 言

河川이나 江邊에서 床掘作業을 할때는 地盤이 거 이 모래인 境遇가 많으므로 이러한 곳에서는 무엇 보다도 Well Point 工法이 相當히 有效하며 效果가 있다. 그러나 앞에서도 比較된 바와같이 所要動

力에는 相當한 差異가 있었음을 보여준다.

1) 床掘地盤材料의 粒度는 Well Point工法 適用 範圍 A區域에 該當하여 排水가 容易한 領域에 든다.

2) 透水係數는 有效徑으로 計算한바 다 같이 $k = \alpha \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 로 實測值와는 크게 差가 나지 않았다.

3) 排水量算定에서 影響半徑을 $R = 100 + r_0$ 로 하

여 $1.14 \text{m}^3/\text{min}$ 이고 實排水量은 $4.2 \text{m}^3/\text{min}$ 이었다. 이는 潮位에 依한 影響이 敏感한 것으로 보아 얕은 모래層이 介在되어 있는것으로 看做된다.

4) Well Point의 數는 120個를 設置했고 間隔은 1.2m로 하였다.

5) Pump의 所要馬力은 計算上 21HP이나 實際로 95HP이 使用되었고 眞空 Pump는 50HP이 使用되었다.