

웰포인트 (Well Point) 工法の 設計施工例

金 周 範* · 柳 基 松** · 金 範 元***

1. 序 論

웰 포인트 (Well Point) 工法은 地下水位 低下工法의 一種으로서 그림. 1과 같이 地中에 웰포인트를 設置하고 眞空펌프로 地盤内部를 眞空狀態로 만들어 土中の 間隙水を 眞空脫水 하는 工法인데 湧出水가 많은 모래層은 물론 透水性이 나쁜 실트地盤에서도 強制排水가 可能하다. 웰포인트工法의 理論上 揚水高는 10.3m이나 各種損失 때문에 實際로는 5 ~ 6m 程度이며, 多段式으로 設置하면 30m까지도 水位低下가 可能하다.

이 工法은 地下水位를 低下시키므로서 掘鑿斜面 및 底面의 湧出水를 防止, 作業性이 改善되며, 흙의 有効應力 增加로 剪斷強度가 커져 掘鑿斜面의 安定性이 增加된다. 또한 浸透壓이 減少되어 파이핑을 防止할 수 있는 長點을 가지고 있다. 따라서 本稿에서는 農業用

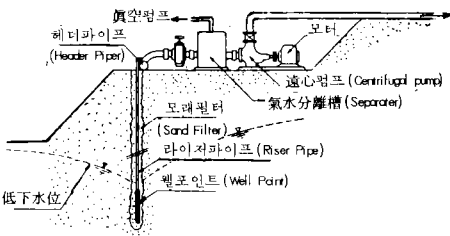


그림. 1. 웰포인트機構一般圖

水開發事業으로 施行된 錦江 河口дук 排水閘門工事로서 仮물막이内的 基礎터파기 및 排水閘門工事を 위한 仮물막이와 터파기한 斜面 및 底面으로부터의 湧出水를 防止하고자 地下水位를 低下시킬 目的으로 施工한 웰포인트 工法の 設計施工에 대하여 紹介하고자 한다.

2. 웰포인트工法の 設計

가. 設計條件

- 1) 헤더파이프 (Head Pipe) 길이;
 $L = 1542.8\text{m} \approx 1543\text{m}$
- 2) 地盤의 透水係數;
 $k = 2.25 \times 10^{-2}\text{m/min}$
- 3) 帶水層의 두께;
 $H = 18.0\text{m}$ (그림. 2 參照)
- 4) 低下水位面에서의 不透水層까지의 深度;
 $h = 12.0\text{m}$
- 5) 低下水位; $S = 6.0\text{m}$
- 6) 貯溜係數; $\lambda = 0.10$

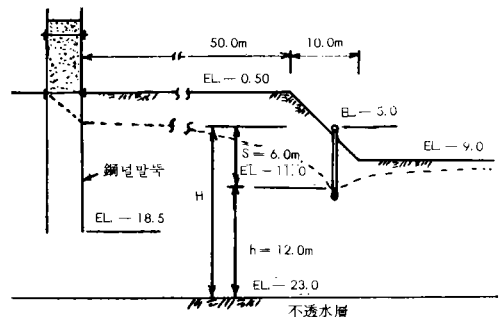


그림. 2. 웰포인트의 設置斷面圖

*南元建設엔지니어링(株)

**農業振興公社 農業土木試驗研究所

***農業振興公社 始華事業所

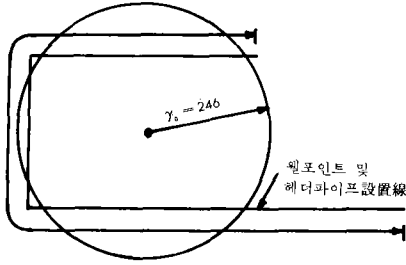


그림. 3. 假想井戸의 半徑

나. 揚水量

1) 假想井戸의 半徑

헤더파이프와 웰포인트를 그림. 3과 같이 ㄷ字形으로 設置해야 하므로 井戸의 半徑은 헤더파이프의 길이 (L)를 圓周로 假定하여 다음과 같이 구한다.

$$r_0 = \frac{L}{2\pi} = \frac{1,543}{2\pi} \approx 246m$$

여기서, r_0 ; 假想井戸의 半徑 (m)

L; 헤더파이프의 길이 (m)

2) Thiem의 平衡式에 의한 揚水量

가) 揚水量의 概算

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{2.3 \log(R/r_0)} = \frac{\pi \times 2.25 \times 10^{-2} (18^2 - 12^2)}{2.3 \log(500/246)} = 17.97 m^3/min$$

여기서,

Q; 揚水量 (m^3/min)

k; 地盤의 透水係數 (m/min)

H; 帶水層의 두께 (m)

h; 地下水位面에서 不透水層까지의 深度 (m)

R; 影響圓의 半徑 (500m로 假定)

r_0 ; 假想井戸의 半徑 (m)

나) 影響圓半徑 (R)의 檢討

上記 計算의 影響圓半徑은 假定值이므로 井戸의 中心에서 水位低下量을 0.001m 地點까지의 距離 r을 다음과 같이 구한다.

$$W(u) = \frac{4\pi kHS}{Q} = \frac{4\pi \times 2.25 \times 10^{-2} \times 18 \times 0.001}{17.97} = 2.83 \times 10^{-4}$$

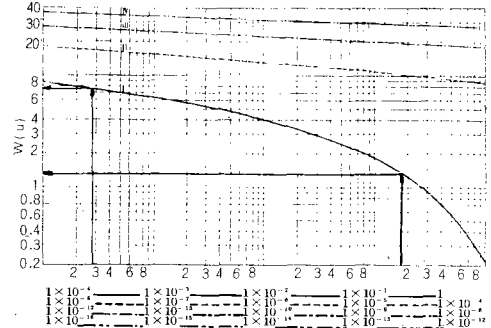


그림. 4. 井戸의 函數曲線 (山本에 의함)

여기서,

W(u); 井戸의 函數

k; 地盤의 透水係數 (m/min)

H; 帶水層의 두께 (m)

S; 水位低下量 (m)

Q; 揚水量 (m^3/min)

揚水時間을 $t = 15日 \times 24時間 \times 60分 = 21,600 (min)$ 으로 하면,

$$r = \sqrt{\frac{4kHtu}{\lambda}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.25 \times 10^{-2} \times 18 \times 21,600 \times 7.59}{0.1}} = 1,630m$$

여기서,

r; 井戸 中心에서 水位低下量이 0.001m 되는 地點까지의 距離 (m)

k; 地盤의 透水係數 (m/min)

H; 帶水層의 두께 (m)

t; 揚水時間 (min)

u; 井戸의 函數

(그림 4에서 $W(u) = 2.83 \times 10^{-4}$ 일 때

$$u = 7.59)$$

λ ; 貯溜係數

따라서 井戸 中心에서 距離 r 點은 水位低下量이 0.001m이므로 $R = r = 1,630m$ 로 한다. 本工法에서 假물막이 外側에 河水가 있으므로 水位低下에 대한 影響半徑은 約 250m가 되겠으나 이것은 假물막이에 의한 水位의 急激한 低下 때문이므로 本計算에서의 影響半徑은 理論式으로 計算하였다.

다) 修正 R值에 대한 揚水量

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{2.3 \log(R/r_0)}$$

$$= \frac{\pi \times 2.25 \times 10^{-2} (18^2 - 12^2)}{2.3 \log(1,630/246)} = 6.73 \text{ m}^3/\text{min}$$

上記의 揚水量은 定常流일 때의 揚水量이므로 이 값의 3 배를 初期揚水量으로 하면,

$$Q_1 = 3Q = 3 \times 6.73 = 20.19 \text{ m}^3/\text{min}$$

3) Thies의 非平衡式에 의한 揚水量

井戸 中心에서 가장 먼 地點에 있는 웰포인트의 水位低下가 $S = H - h = 6\text{m}$ 로 되는데 必要한 揚水量을 구하면 다음과 같다.

$$u = \frac{r^2 \lambda}{4kHt} = \frac{246^2 \times 0.1}{4 \times 2.25 \times 10^{-2} \times 18 \times 21,600}$$

$$= 1.73 \times 10^{-1}$$

여기서,

u ; 井戸의 函數

r ; 井戸 中心에서 가장 먼 웰포인트까지의 距離(本計算에서는 $r = r_0$ 로 함)

λ ; 貯溜係數

k ; 地盤의 透水係數 (m/min)

H ; 帶水層의 두께 (m)

t ; 揚水時間 (min)

$$Q_2 = \frac{4\pi kHS}{W(u)} = \frac{4 \times \pi \times 2.25 \times 10^{-2} \times 18 \times 6}{1.37}$$

$$= 22.29 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

여기서, Q : 揚水量 (m³/min)

k ; 地盤의 透水係數 (m/min)

H ; 帶水層의 두께 (m)

S ; 水位低下量 (m)

W(u) ; 井戸의 函數

(그림.4에서 $u = 1.73 \times 10^{-1}$ 일때 $W(u) = 1.37$)

4) 揚水量의 決定

揚水量은 Thiem의 平衡式과 Thies의 非平衡式으로 구한 揚水量 Q_1, Q_2 중에서 큰 값인 $Q = Q_2 = 22.29 \text{ m}^3/\text{min}$ 으로 決定한다.

다. 웰포인트의 數量 및 間隔

1) 웰포인트數의 概算

$$n = \frac{Q}{q_w} = \frac{22.29}{0.02} = 1,115 \text{ 個}$$

여기서, n ; 웰포인트의 所要個數(個)

Q ; 揚水量 (m³/min)

q_w ; 웰포인트 1個當 吸水量 (0.02m³/min)

2) 웰포인트의 間隔

$$a = \frac{L}{n} = \frac{1,543}{1,115} = 1.38 \text{ m} \rightarrow 1.20 \text{ m}$$

여기서,

a ; 웰포인트의 間隔 (m)

L ; 헤더파이프의 길이 (m)

n ; 웰포인트의 個數(個)

計算上의 웰포인트間隔은 約 1.4m이나 井戸의 커튼(curtain)機能을 完璧하게 하기 위하여 그 間隔을 1.2m로 한다.

3) 웰포인트의 個數

$$n = \frac{L}{a} = \frac{1,543}{1.2} = 1,286 \text{ 個}$$

여기서,

n ; 웰포인트의 個數(個)

L ; 헤더파이프의 길이 (m)

a ; 웰포인트의 間隔 (m)

라. 펌프容量 및 所要台數

1台當 揚水量 $Q_p = 2.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 펌프를 利用하면 펌프所要台數는,

$$N = \frac{Q}{\mu Q_p} = \frac{22.29}{0.75 \times 2} = 14.8 \text{ 台} \rightarrow 15 \text{ 台}$$

여기서,

N ; 펌프의 所要台數

Q ; 揚水量 (m³/min)

μ ; 펌프의 效率 (0.7~0.8)

Q_p ; 펌프의 公稱揚水量 (m³/min)

上記의 펌프 15台를 헤더파이프 約 100m當 1台씩 配置한다.

3. 施 工

가. 假물막이의 施工

웰포인트의 施工에 앞서 流域面積 9,828km²에서 流出되는 13,000m³/sec의 洪水量 排除를 위한 排水閘門(延長 714m)을 陸上作業으로 施工코자 그림.5와 같이 總延長 2,126m의 假물막이(假물막이內 面積 : 9ha)를 施工하였

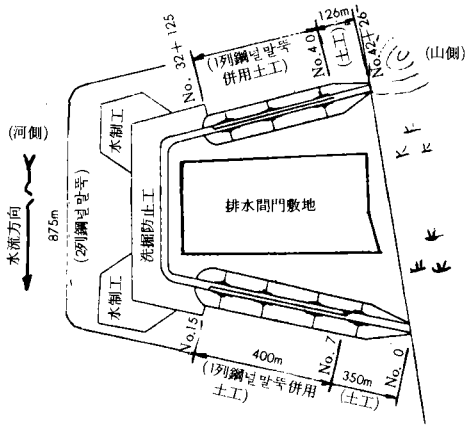


그림 5. 反물막이 平面圖.

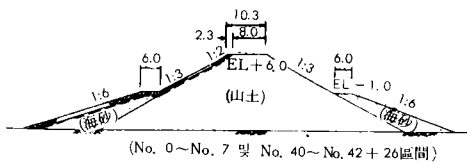


그림 6. 盛土標準斷面圖.

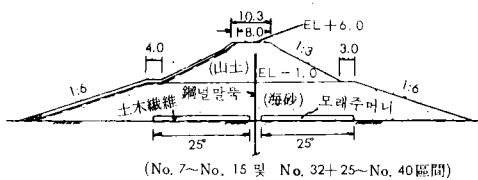


그림 7. 一列鋼널막둑併用盛土標準斷面圖.

는데 그림 5 에서 No.0~No.7 (L=350m) 및 No.42+26 (L=126m) 區間은 그림 6 과 같이 土工斷面으로, No.7~No.15 (L=400m) 및 No.32+25~No.40 (L=375m) 區間은 그림 7 과 같이 1列鋼널막둑併用 土工斷面, No.15~No.32+25 (L=875m) 區間은 그림 8 과 같이 2列鋼널막둑斷面으로 施工하였다.

나. 웰포인트의 施工 및 運營

웰포인트는 遠心펌프로 水壓을 높혀 웰포인트先端의 노즐로 물을 地盤에 噴射 시키면서 地中에 貫入, 設置하였으며, 또한 웰포인트 및 라이저파이프周圍에 필터용 모래를 注入하였는데 그 位置平面圖는 그림 9 와 같다.

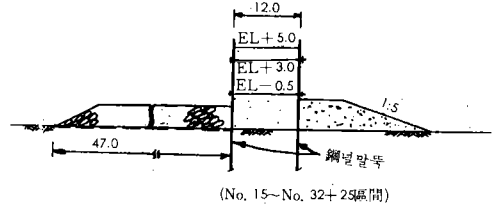


그림 8. 二列鋼널막둑 標準斷面圖.

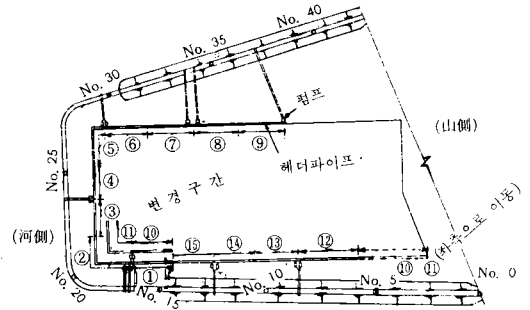


그림 9. 웰포인트 및 헤더파이프設置平面圖.

한편 眞空펌프는 헤더파이프를 15組로 나누어 1組(헤더파이프 길이 約 100m)에 1台씩 15臺를 配置하였으며, 遠心펌프 10臺는 헤더파이프 2組에 1台씩 5臺를, 나머지 5臺는 1組에 1台씩 配置하였다. 따라서 이를 可動한바, 그림 9 의 下端左側모서리 部分에서 湧出量이 他區間보다 많아서 1列의 웰포인트로서 모두 排除가 되지 않아 湧出수가 터파기面으로 流入되었다. 한편 그림 9 의 右側下端에 設置된 헤더파이프 10組 및 11組 區間은 排出量이 計劃量보다 적고 점차 減少 現狀을 나타내어 이를 湧出量이 많은 區間으로 移動시켜 部分的으로 2列 配置하고 排水를 하여 排水閘門 터파기 區域內의 地下水位를 低下시켰다. 그 結果 웰포인트設置前은 泥土除去를 위한 重裝備의 投入이 不可能하였으나 웰포인트可動後 時間이 經過됨에 따라 排水效果가 나타나 重裝備의 投入이 可能하여 泥土除去, 모래置換, 鋼管막둑막기 및 基礎 콘크리트의 作業順으로 工事を 進行할 수 있었다. 웰포인트可動中 初期에는 揚水量이 많았으나 라이저파이프 및 헤더파이프內의 細砂堆積,

表 - 1. 各組別 平均揚水量

헤더사이프의 組番号	헤더사이프길이 (m)	웰포인트-數 (個)	펌프의 揚水能力 (m ³ /day)	平均揚水量 (m ³ /day)
1	116.4	97	2,471	2,160
2	98.0	82	"	2,156
3	96.0	80	"	2,153
4	92.4	77	"	2,153
5	108.0	90	"	1,711
6	102.0	85	"	1,692
7	96.0	80	"	1,029
8	90.0	75	"	1,228
9	106.8	89	239	506
10	108.0	90	2,471	1,501
11	105.6	88	"	1,490
12	138.0	115	239	549
13	105.6	88	"	610
14	84.0	70	2,471	1,604
15	96.0	80	"	1,612
計	1,542.8	1,286	30,369	22,214

웰포인트慮過膜의 腐蝕, 發電機 및 眞空·遠心펌프의 故障으로 인한 運休 등으로 揚水能力이 減少되는 問題點이 發生되었으며, 파이프內의 細砂堆積은 웰포인트를 引拔, 清掃를 해서 다시 設置하는 結果를 가져왔다. 웰포인트可動時 各組別로 測定한 平均揚水量은 表-1과 같으며, 여기서 平均揚水量 21,214 m³/day는 15.4m³/min이므로 設計揚水量에 若干 未達되었으나 이는 地下水가 定常流로 되어 初期의 揚水量보다 적어졌기 때문이라고 생각된다.

4. 結 言

以上으로서 錦江河口둑 假물막이後 基礎터파기時 地下水位低下工法의 一種인 웰포인트工法의 設計施工에 대하여 記述하였다. 本工法의 設計施工經驗으로 보아서 本工法 適用時는 可及的 充分한 土質調査와 웰포인트 運營期間設定時는 與件變化에 따른 充分한 檢討를 해야 좋을 것으로 본다.