

ディープウェル設計計算書

管理記号 : DW0001 作成年月日 : 2019.11.11
工事名称 : 仮設計画ガイドブックのディープウェル設計計算例を検証する。
工区名称 : page215 ~ page219

■設計条件

①自然水位 GL-2.00m
②所要低下水位 GL-12.30m(計算例のGL-13.0mまで低下させることは困難である)
③滞水層下面深度 GL-25.00m
④透水係数 $K=0.045\text{cm/sec}$ (4.5E-2cm/sec)
⑤ストレナ下面深度 GL-25.00m
⑥ディープウェル口径 0.8m(φ800mm)

■設計結果

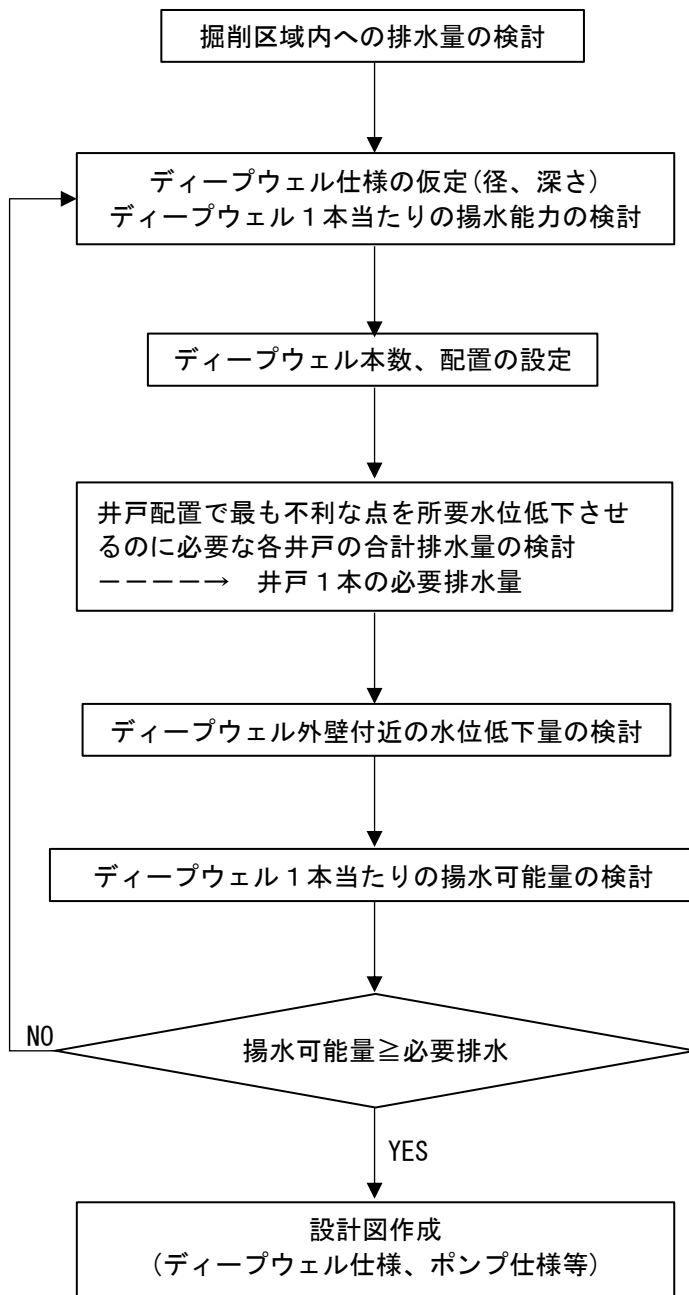
①推定総排水量 $Q=11.97\text{m}^3/\text{min}$ (計算例のB地点ではなくD地点である)
②ディープウェル仕様 φ800mm×25.0m
③ディープウェル本数 7本
④ディープウェル揚水能力 $q=1.72\text{m}^3/\text{min}$
⑤ウェル揚水能力の余裕安全率 $F_s=1.00$
⑥影響半径 $R=655\text{m}$

■特記事項

ガイドブックの設計例は掘削区域内で最も低下しにくい地点を工区中央と設定しているが、これは間違いである。
最も低下しにくい地点はディープウェルの配置位置によって変動するため、複数地点について所要排水量を算定し、所要排水量が最大となる地点で設計を行わなければならない。

1. 設計手順

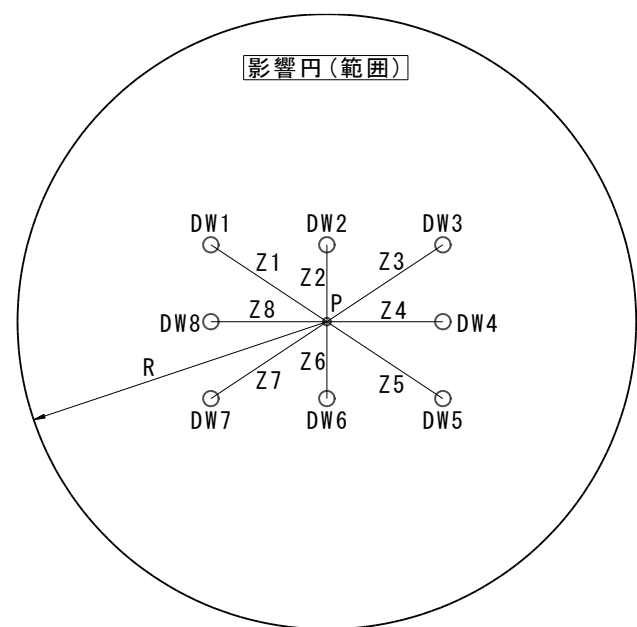
ディープウェル工事の設計は、下記に示す手順で実施する。



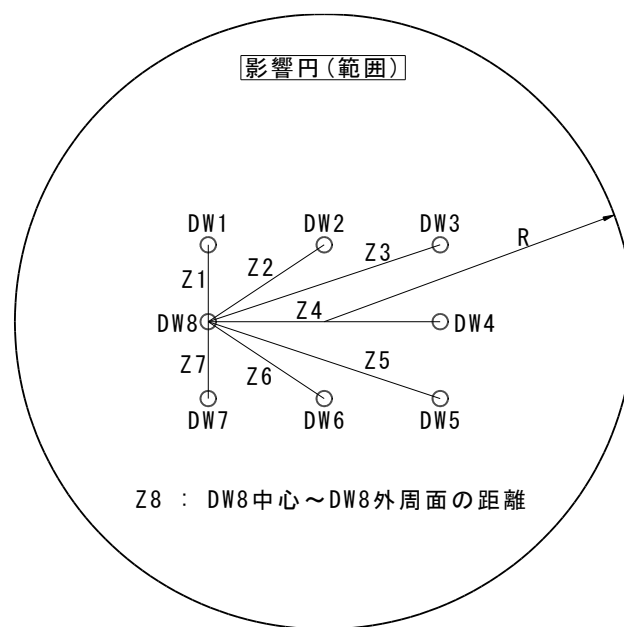
引用文献 1 : 土木工事仮設計画ガイドブック(全日本建設技術協会)

引用文献 2 : 根切工事と地下水(地盤工学会)

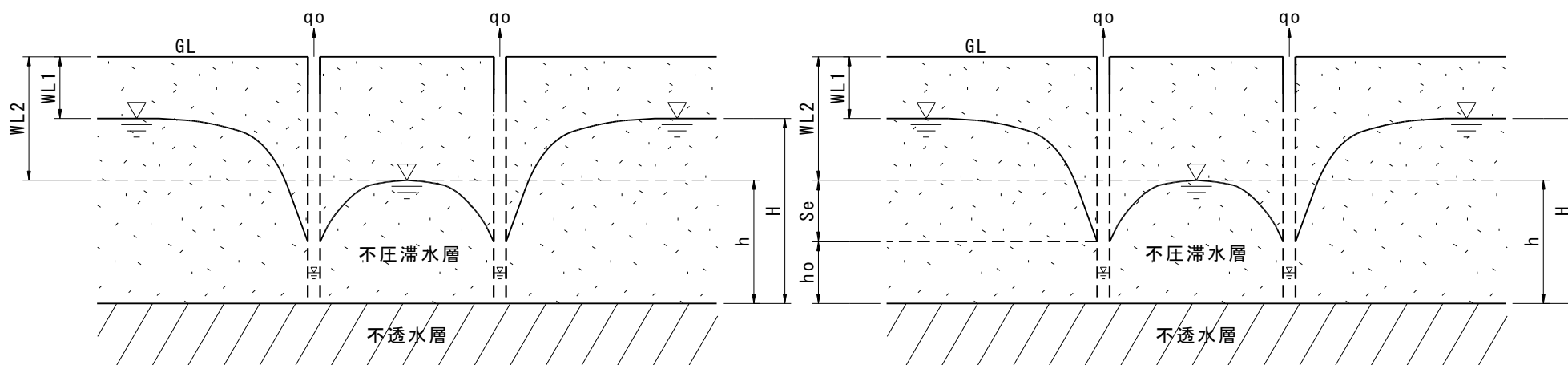
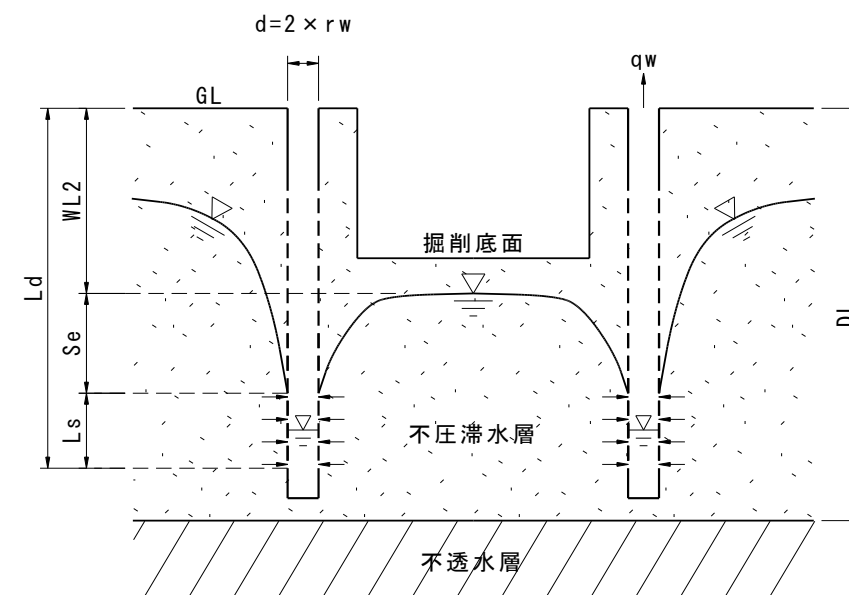
所要総排水量およびディープウェル1本あたり所要排水量の算出



ディープウェル外壁付近低下水位高の算出方法



ディープウェル揚水能力の算出方法



$$q_w = 2 \times \pi \times r_w \times L_s \times \sqrt{(K \div 100)} \div 15 \times 60 \times \beta$$

- qw: ディープウェル揚水能力 (m³/min)
- rw: ディープウェル半径 (m)
- Ls: 有効スクリーナ長 (m)
- K: 透水係数 (cm/sec)
- β: ウェル揚水能力算定式の補正係数(透水係数による)
- Se: 相互干渉作用による有効スクリーナ長減少量 (m)

$$Q_0 = \frac{\pi \times K \div 100 \times (H \times H - h \times h)}{\ln R - \sum \ln(Z_n) \div n} \times 60 \times \alpha$$

$$q_0 = Q_0 \div n$$

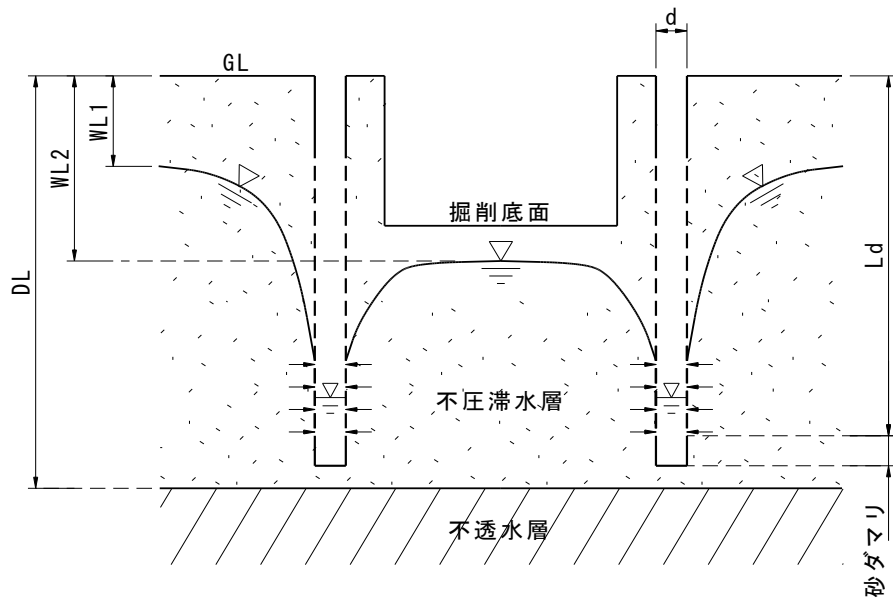
$$h_o = \sqrt{H \times H - \frac{Q_0 \div 60 \times \{ \ln R - \sum \ln(Z_n) \div n \}}{\pi \times K \div 100 \times \alpha}}$$

- Q₀: 所要総排水量 (m³/min) Q₀ = q₀ × n
- K: 透水係数 (cm/sec)
- H: 自然水位高 (m)
- h: 所要低下水位高 (m)
- R: 影響半径 (m)
- n: ディープウェル本数 (本)
- Z_n: 着目地点 (P点) から各ディープウェルまでの距離 (m)
- α: 所要総排水量の割増率
- q₀: 所要ディープウェル排水量 (m³/min)

- h_o: 着目ディープウェル外壁付近の低下水位高 (m)
- H: 自然水位高 (m)
- Q₀: 所要総排水量 (m³/min) Q₀ = q₀ × n
- q₀: 所要ディープウェル排水量 (m³/min)
- R: 影響半径 (m)
- Z_n: 各ディープウェルから着目ウェルまでの距離 (m)
- n: ディープウェル本数 (本)
- K: 透水係数 (cm/sec)
- Se: 相互干渉作用による有効スクリーナ長減少量 (m)
- α: 所要総排水量の割増率

2. 設計条件

(1) 解説図



(2) 土質定数

項目名	記号	単位	数値
自然水位(初期水位)	WL1	GL-m	2.00
所要低下水位	WL2	GL-m	12.30
滞水層下面深度(不透水層上面深度)	DL	GL-m	25.00
透水係数	K	cm/sec	4.50E-02
影響半径算定式(シーハルトの式)の定数	C	---	3000
影響半径(揚水試験結果等の数値を採用する場合)	Rj	m	0

(3) ディープウェル仕様

項目名	記号	単位	数値
ディープウェル口径	d	m	0.80
ディープウェルストレナーの下端深度	Ld	GL-m	25.00

(4) 割増率、補正係数等

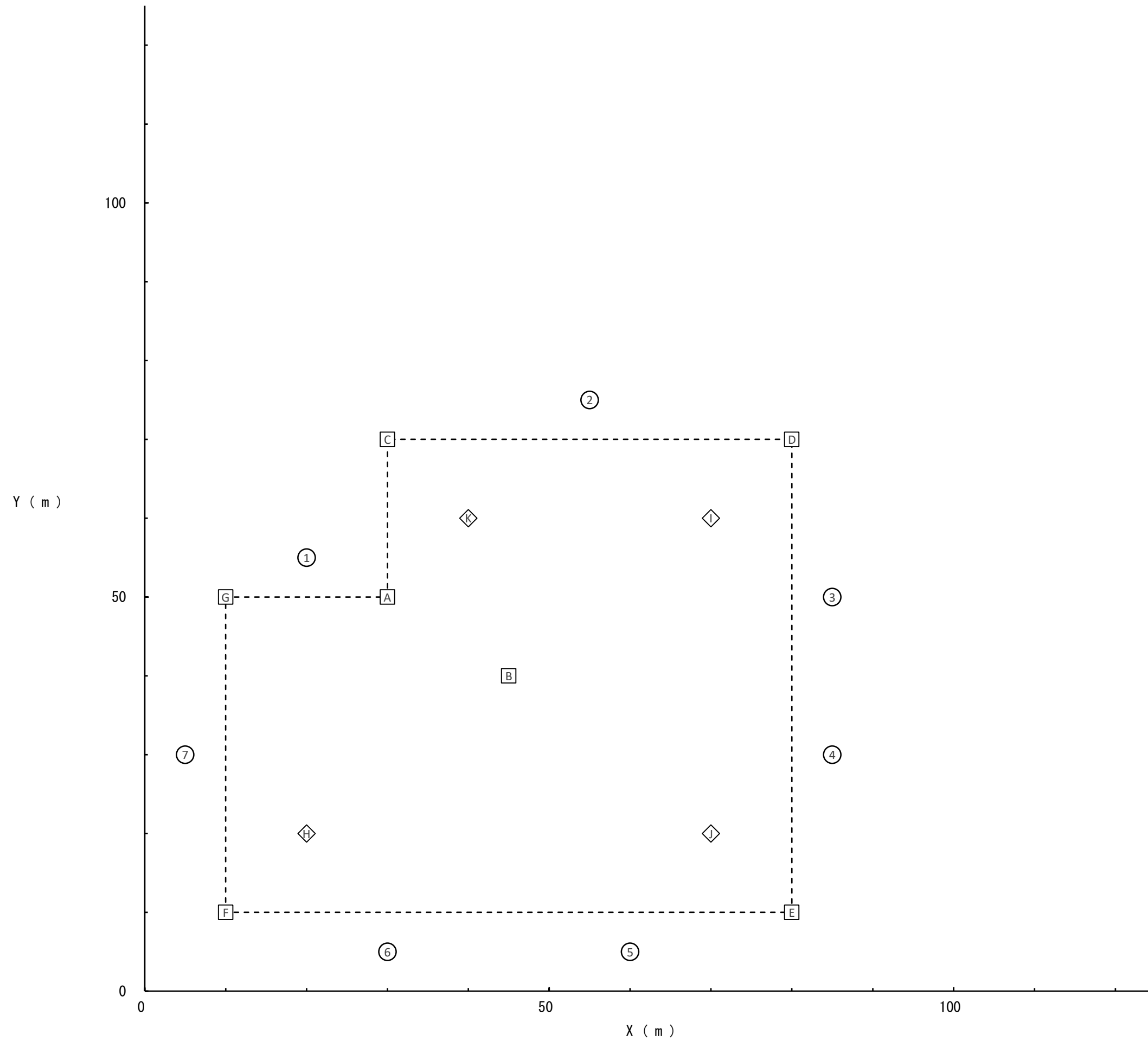
項目名	記号	単位	数値
所要総排水量の割増率	α	---	1.00
ウェル揚水能力算定式の補正係数(透水係数による)	β	---	1.00
ウェル揚水能力の余裕安全率	Fs	---	1.00

(5) 着目地点、任意地点(低下水位算出地点)およびディープウェル配置位置の座標

次ページに示す。

ディープウェル配置位置、着目地点、低下水位算出地点の座標

- ディープウェル
- 着目地点
- ◇低下水位算出地点



3 所要総排水量とディープウェル1本あたり所要排水量

(1) 自然水位高 H (m)

$$\begin{aligned} H &= DL - WL1 \\ &= 25.00\text{m} - 2.00\text{m} \\ &= 23.00\text{m} \end{aligned}$$

(2) 所要低下水位高 h (m)

$$\begin{aligned} h &= DL - WL2 \\ &= 25.00\text{m} - 12.30\text{m} \\ &= 12.70\text{m} \end{aligned}$$

(3) 影響半径 R (m)

① シーハルトの式で算出する場合

$$\begin{aligned} R &= \alpha \times (H - h) \times \sqrt{ (K \div 100) } \quad \text{----- シーハルトの式} \\ &= 3000 \times (23.00\text{m} - 12.70\text{m}) \times \sqrt{ (4.50\text{E-}02\text{cm/sec} \div 100\text{cm/m}) } \\ &= 655\text{m} \end{aligned}$$

② クサキンの式で算出する場合

$$\begin{aligned} R &= 575 \times (H - h) \times \sqrt{ (H \times K \div 100) } \quad \text{----- クサキンの式} \\ &= 575 \times (23.00\text{m} - 12.70\text{m}) \times \sqrt{ ((25.00\text{m} - 2.00\text{m}) \times 4.50\text{E-}02\text{cm/sec} \div 100\text{cm/m}) } \\ &= 603\text{m} \end{aligned}$$

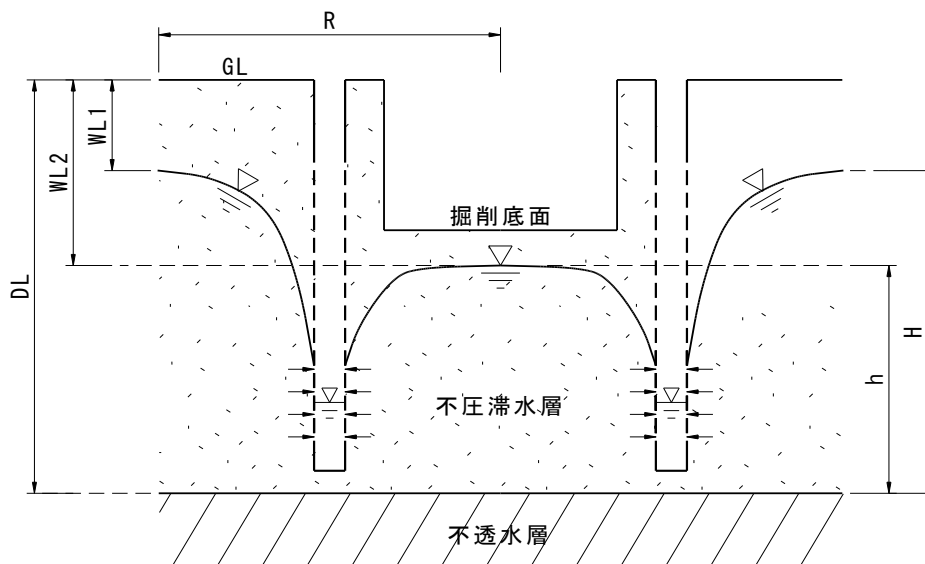
③ 揚水試験結果、施工実績値等を採用する場合

現場揚水試験結果、施工実績値等の数値指定は無い。

④ 設計用影響半径

シーハルトの式による算定値とクサキンの式による算定値の大きい方を採用する。
ただし、揚水試験結果、施工実績値等を使用する場合は、これを採用する。

$$R = 655\text{m}$$



WL1: 自然水位
 WL2: 所要低下水位
 DL: 滞水層下面深度
 H: 自然水位高
 h: 所要低下水位高
 R: 影響半径
 ※単位は(m)とする。

(6) 所要総排水量と所要ディープウェル排水量

	着目地点						
	A	B	C	D	E	F	G
K(cm/sec)	4.50E-02						
H(m)	23.00						
h(m)	12.70						
R(m)	655						
$\sum \ln Z$	25.3200	25.4041	26.7190	27.1555	26.5788	26.9651	26.1563
n(本)	7	7	7	7	7	7	7
$1/n \sum \ln Z$	3.6171	3.6292	3.8170	3.8794	3.7970	3.8522	3.7366
Q_n (m ³ /min)	10.877	10.923	11.692	11.972	11.605	11.848	11.350
q_n (m ³ /min)	1.554	1.560	1.670	1.710	1.658	1.693	1.621
Q_o (m ³ /min)	Qn max = 11.972 (D 地点)						
q_o (m ³ /min)	qn max = 1.710 (D 地点)						

$$Q_n = \frac{\pi \times K \div 100 \times (H \times H - h \times h)}{\ln R - \sum \ln(Z_n) \div n} \times 60 \times \alpha$$

$$q_n = Q_n \div n$$

- K : 透水係数 (cm/sec)
 H : 自然水位高 (m)
 h : 所要低下水位高 (m)
 R : 影響半径 (m)
 $\sum \ln Z$: 着目地点～ディープウェル間離隔距離の自然対数の合計
 n : ディープウェル本数 (本)
 α : 所要総排水量の割増率
 Q_n : 着目地点で所要低下水位を確保するのに必要な総排水量 (m³/min)
 q_n : 着目地点で所要低下水位を確保するのに必要なウェル排水量 (m³/min)
 Q_o : 所要総排水量 (m³/min) $Q_o = Q_n \text{ max}$
 q_o : 所要ディープウェル排水量 (m³/min) $q_o = Q_o \div n$

<計算結果>

- | | |
|----------------------|--------------------------------|
| ① 最も不利となる着目地点 | D 地点 |
| ② 所要総排水量 Q_o | 11.972 (m ³ /min) |
| ③ 所要ディープウェル排水量 q_o | 1.710 (m ³ /min) |

4 ディープウェル外壁付近における水位低下量の算出

(1) ディープウェルとディープウェルの離隔距離

DW NO.	Z (m)																		
	1	2	3	4	5	6	7												
1	0.40	40.31	65.19	69.64	64.03	50.99	29.15												
2	40.31	0.40	39.05	54.08	70.18	74.33	67.27												
3	65.19	39.05	0.40	20.00	51.48	71.06	82.46												
4	69.64	54.08	20.00	0.40	35.36	60.42	80.00												
5	64.03	70.18	51.48	35.36	0.40	30.00	60.42												
6	50.99	74.33	71.06	60.42	30.00	0.40	35.36												
7	29.15	67.27	82.46	80.00	60.42	35.36	0.40												

$$Z = \sqrt{\{(X_d - X_p)^2 + (Y_d - Y_p)^2\}}$$
 Z : 離隔距離 X_d, Y_d : ディープウェル配置位置の座標 (m) X_p, Y_p : ディープウェル配置位置の座標 (m)

(3) ディープウェル外壁付近における水位低下量

DW NO.	1	2	3	4	5	6	7											
K (cm/sec)	4.50E-02																	
H (m)	23.00																	
R (m)	655																	
$\sum \ln Z$	22.6644	23.2039	22.5385	22.3621	22.5035	22.6554	23.1261											
n(本)	7	7	7	7	7	7	7											
1/n $\sum \ln Z$	3.2378	3.3148	3.2198	3.1946	3.2148	3.2365	3.3037											
DL (m)	25.00																	
ho (m)	8.41	9.03	8.26	8.04	8.22	8.40	8.95											
WL3 (GL-m)	16.59	15.97	16.74	16.96	16.78	16.60	16.05											

DW NO.																		
K (cm/sec)																		
H (m)																		
R (m)																		
$\sum \ln Z$																		
n(本)																		
1/n $\sum \ln Z$																		
DL (m)																		
ho (m)																		
WL3 (GL-m)																		

DW NO.																		
K (cm/sec)																		
H (m)																		
R (m)																		
$\sum \ln Z$																		
n(本)																		
1/n $\sum \ln Z$																		
DL (m)																		
ho (m)																		
WL3 (GL-m)																		

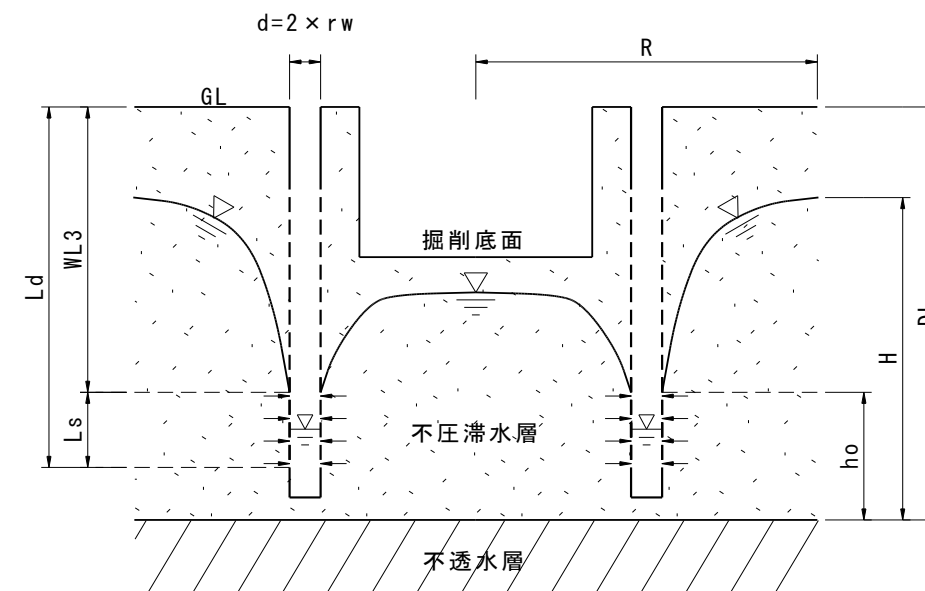
ho (最小値)	8.04 m
WL3 (最大値)	GL- 16.96 m

$$ho = \sqrt{[H \times H - \frac{Qo \div 60 \times \{ \ln R - \sum \ln(Zn) \div n \}}{\pi \times K \div 100 \times \alpha}]}$$

$$WL3 = DL - ho$$

- ho : 着目ウェル外周面の低下水位高 (m)
- H : 自然水位高 (m)
- Qo : 所要総排水量 (m3/min) Qo = qo × n
- qo : 所要ディープウェル排水量 (m3/min)
- R : 影響半径 (m)
- Zn : 各ディープウェルから着目ウェルまでの距離 (m)
- n : ディープウェル本数 (本)
- K : 透水係数 (cm/sec)
- α : 所要総排水量の割増率
- DL : 滞水層下面深度 (GL-m)
- WL3 : 着目ディープウェル外壁付近の低下水位 (GL-m)

【 参考図 】



5 ディープウェル揚水能力の算出

ディープウェル外壁付近における低下水位の最大値 (WL3max) を基にディープウェル揚水能力を算出する。

(1) 有効ストレーナ長 L_s (m)

$$\begin{aligned} L_s &= L_d - WL3_{max} \\ &= 25.00\text{m} - 16.96\text{m} \\ &= 8.04\text{m} \end{aligned}$$

(2) ディープウェル揚水能力 q_w (m³/min)

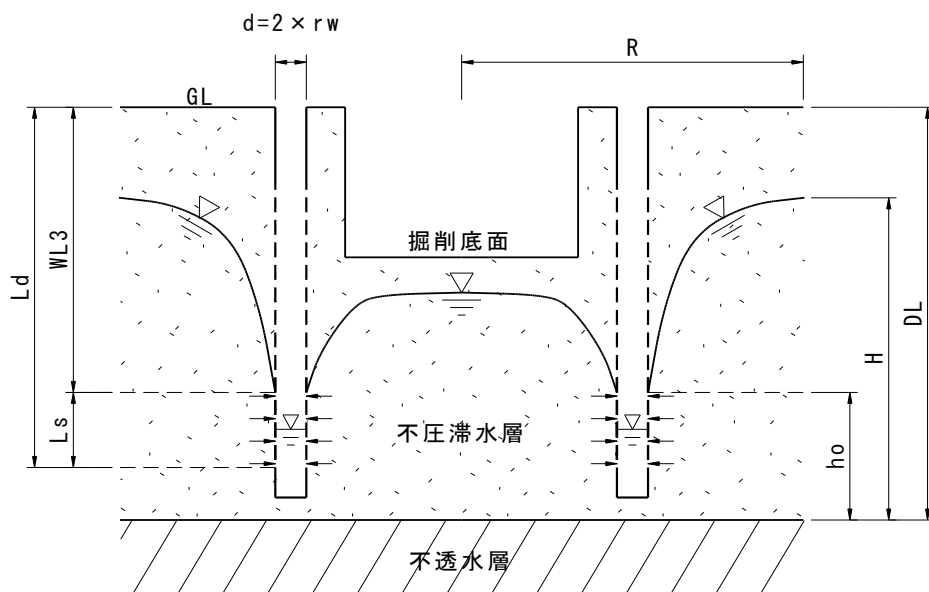
$$\begin{aligned} q_w &= 2 \times \pi \times r_w \times L_s \times \sqrt{(K \div 100)} \div 15 \times 60 \times \beta \\ &= 2 \times \pi \times 0.40\text{m} \times 8.04\text{m} \times \sqrt{(4.50\text{E-}02\text{cm/sec} \div 100\text{cm/m})} \div 15 \times 60\text{sec/min} \times 1.00 \\ &= 1.715\text{m}^3/\text{min} \end{aligned}$$

6 ディープウェル揚水能力余裕安全率の算出

$$\begin{aligned} F_s &= q_w \div q_o \\ &= 1.715\text{m}^3/\text{min} \div 1.710\text{m}^3/\text{min} \\ &= 1.00 \geq 1.00 \text{ ----- 所要余裕安全率を確保できる。} \end{aligned}$$

Fs: 余裕安全率
 q_w : ディープウェル揚水能力 (m³/min)
 q_o : 所要ディープウェル排水量 (m³/min)

【 参考図 】



(3) 任意地点の低下水位

Point	H	I	J	K			
K (cm/sec)	4.50E-02						
H (m)	23.00						
h (m)	12.70						
R (m)	655						
$\sum \ln Z$	25.7283	25.8905	25.3920	25.8259			
n (本)	7	7	7	7			
$1/n \sum \ln Z$	3.6755	3.6986	3.6274	3.6894			
ho (m)	11.51	11.65	11.21	11.60			
DL (GL-m)	25.00						
WL4 (GL-m)	13.49	13.35	13.79	13.40			

$$h_o = \sqrt{ \left[H \times H - \frac{Q_o \div 60 \times \{ \ln R - \sum \ln(Z_n) \div n \}}{\pi \times K \div 100 \times \alpha} \right] }$$

$$WL4 = DL - h_o$$

- ho : 着目地点の低下水位高 (m)
 H : 自然水位高 (m)
 Qo : 所要総排水量 (m³/min)
 qo : 所要ディープウエル排水量 (m³/min)
 R : 影響半径 (m)
 Zn : 各ディープウエルから着目地点までの距離 (m)
 n : ディープウエル本数 (本)
 K : 透水係数 (cm/sec)
 α : 所要総排水量の割増率
 WL4 : 任意地点の低下水位 (GL-m)
 DL : 滞水層下面深度 (GL-m)

【 低下水位等高線 】

