

揚水試験結果に基づく影響半径、透水係数の算出
(ディープウェル工法)

水中ポンプ仕様 : $\phi 100\text{mm} \times 7.5\text{KW} \times 200\text{V}$

【検討結果】

- 影響半径 $R = 1,230\text{m}$
- 透水係数 $K = 0.16\text{cm/sec}$

1. 基礎データ

観測井戸 (DW 8、DW 6) の水位変動が安定した時点を平衡状態と判定し、その時点の水位データおよび排水量データを基礎データとする。

■測定日時

平成20年1月23日 午後3時20分

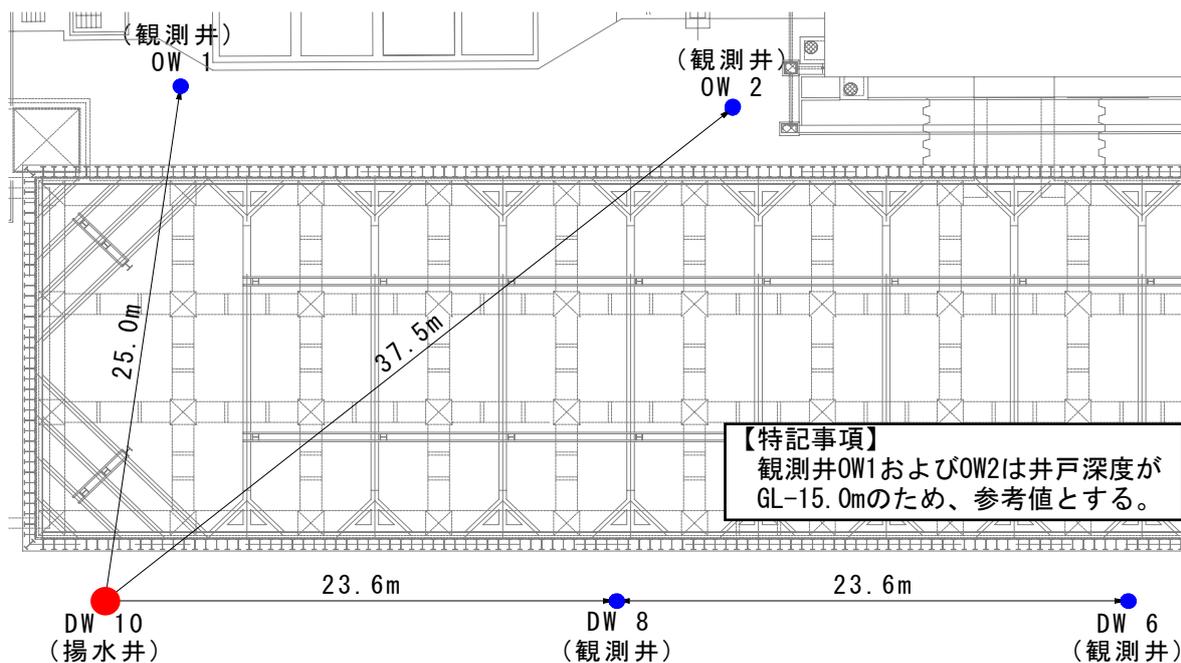
■水位低下量 (S) と揚水井～観測井離隔距離 (r)

井戸番号	初期水位	安定水位	水位低下量	揚水井戸からの 離隔距離 r (m)
	WL1 (GL-m)	WL2 (GL-m)	S (m)	
DW10	3.24	8.59	5.35	0
DW 8	3.20	4.17	0.97	23.60
DW 6	3.20	4.00	0.80	47.20
OW1	4.23	4.29	0.06	25.00
OW2	4.22	4.30	0.08	37.50

GL=TP+5.20m

(注) 初期水位は平成20年1月21日13:10分の測定データとする。

揚水井および観測井配置図



■揚水量

揚水井戸番号	揚水量 Q (m ³ /min)	水中ポンプ仕様
DW 10	1.32	φ100mm × 7.5KW × 200V

2. 解析方法

定常状態での解析（ティームの方法）を行う。
以下に、文献「地下水工学（河野伊一郎）」鹿島出版会を示す。

5.4.4 定常状態での解析

図 5.14 に示すように揚水井戸からの距離 r とその点での地下水位低下量 s の関係を片対数紙 ($s \sim \log r$) にプロットするとほぼ直線になる。この直線の勾配から透水係数を計算する。

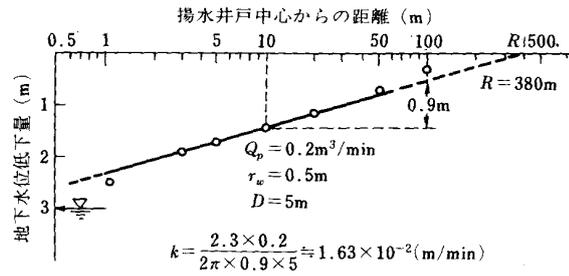
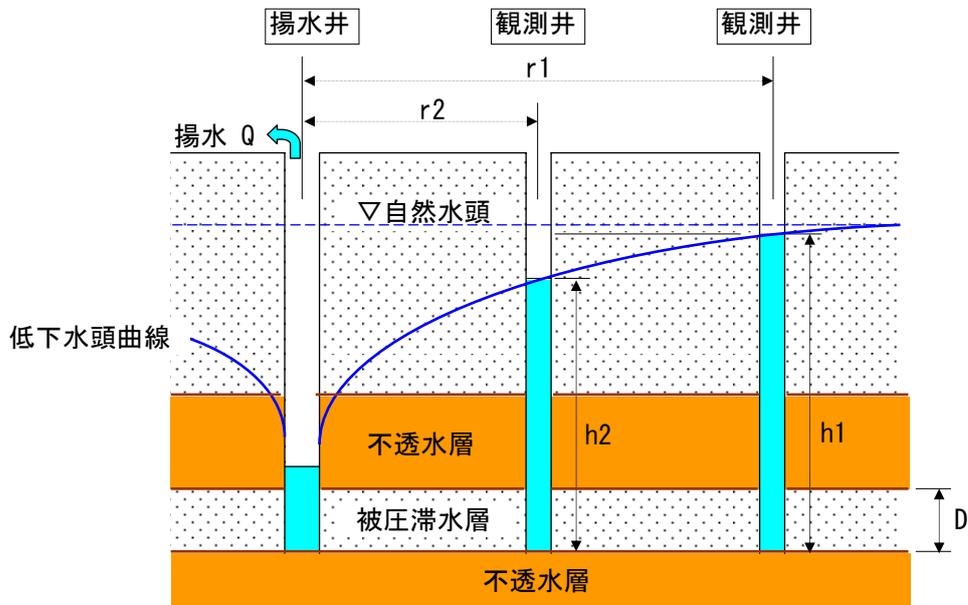


図 5.14 定常状態での揚水試験結果の整理図

$$\text{被圧地下水の場合} : T = \frac{2.3Q_w}{2\pi(h_1 - h_2)} \log_{10}(r_1/r_2)$$

$$\text{不圧地下水の場合} : k = \frac{2.3Q_w}{\pi(h_1^2 - h_2^2)} \log_{10}(r_1/r_2)$$

被圧地下水の場合



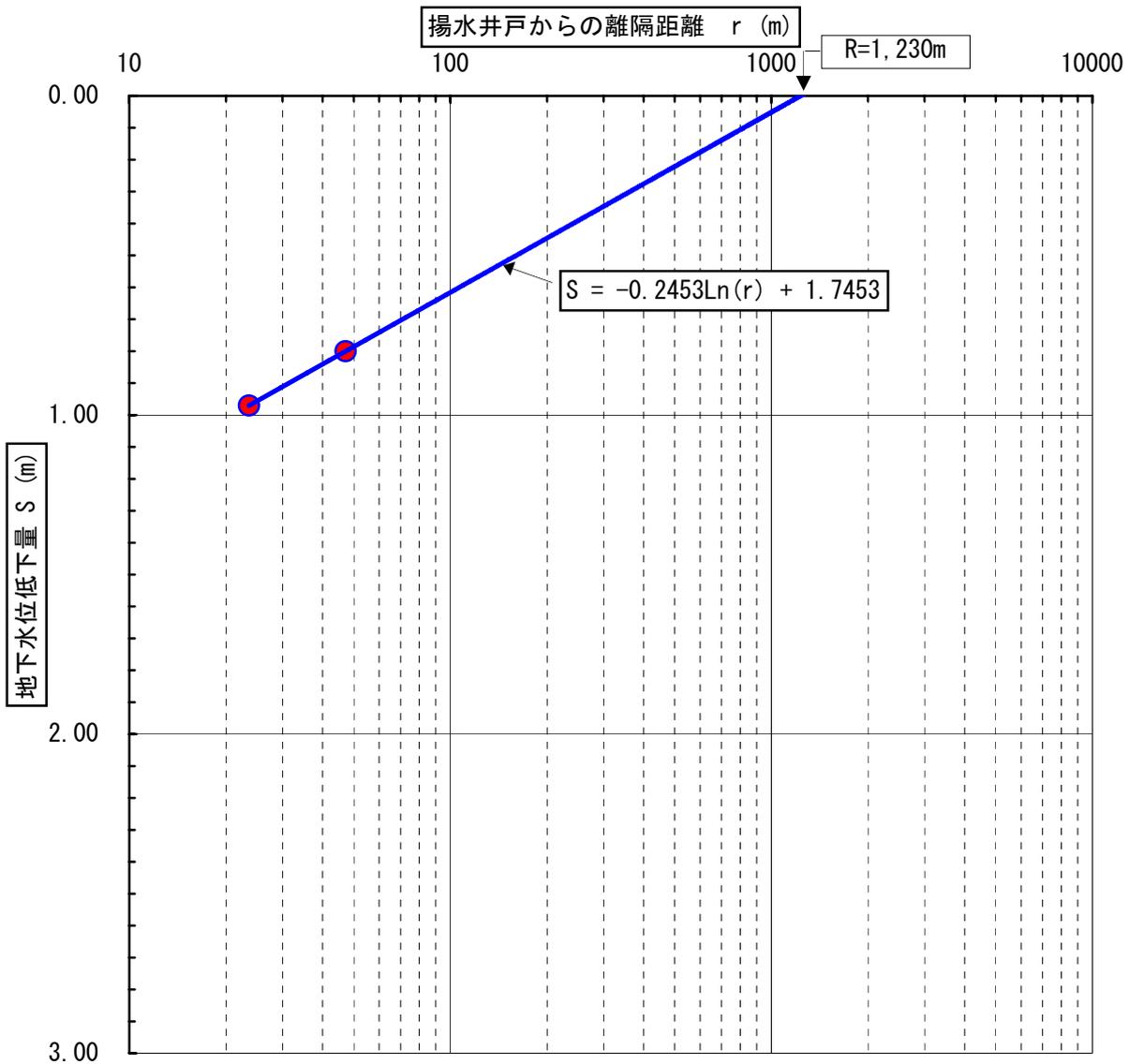
$$T = \frac{2.3 \times Q}{2\pi(h_1 - h_2)} \times \log_{10}(r_1 \div r_2)$$

$$K = \frac{2.3 \times Q}{2\pi(h_1 - h_2)} \times \log_{10}(r_1 \div r_2) \div D$$

T	: 透水量係数	m ² /min
K	: 透水係数	m/min
Q	: 揚水量	m ³ /min
h1	: 水位高 1	m
h2	: 水位高 2	m
r1	: 離隔距離 1	m
r2	: 離隔距離 2	m
D	: 層厚	m

3. 影響半径の推定

横軸(対数目盛)に揚水井戸からの離隔距離(r)、縦軸(普通目盛)に観測井戸内の水位低下量(S)をプロットすると、ほぼ直線となる。
この直線部分を延長し、水位低下量(S)がゼロとなる離隔距離(r)が影響半径(R)となる。



【影響半径】

地下水水位低下量が $S=0$ となる距離が影響半径となる。

$$0 = -0.2453 \times \ln(R) + 1.7453$$

$$\ln(R) = 1.7453 \div 0.2453$$

$$= 7.115$$

$$R = e^{7.115}$$

$$= 1,230\text{m}$$

4. 透水係数の算出

(1) 算出条件

① 井戸モデル : 被圧井戸モデル

以下の理由により、被圧井戸モデルを適用する。

○玉石混じり砂礫層の透水係数は上部砂層の透水係数より大きいことが推定される。
○玉石混じり砂礫層の水頭はGL-3.2m、上部砂層の自然水位はGL-4.2mとなっており、玉石混じり砂礫層の地下水は被圧状態にある。

② 被圧滞水層厚 : $D = 9.1\text{m}$ (ディープウェル・ストレーナ長相当)

本工事地点では被圧滞水層(玉石混じり砂礫層)の下面深度がGL-50m~GL-60mとなっており、これを被圧滞水層下面深度とすると、過大設計となる可能性がある。
地下水は鉛直方向よりも、水平方向の流れ(浸透)が卓越することを考慮し、透水係数の算出に用いる被圧滞水層厚はディープウェル・ストレーナ長に相当する $D = 9.1\text{m}$ とする。

③ 被圧滞水層の下面深度

前②より、ディープウェル・ストレーナの下面深度(GL-35.5m)とする。

(2) 透水係数の算出

① 揚水量 Q (m³/min)

揚水試験結果より、 $Q = 1.32\text{m}^3/\text{min}$ とする。

② 水位高 1 h_1 (m)

$$\begin{aligned} h_1 &= 35.5\text{m} - 4.00\text{m} \\ &= 31.50\text{m} \end{aligned}$$

② 水位高 2 h_2 (m)

$$\begin{aligned} h_1 &= 35.5\text{m} - 4.17\text{m} \\ &= 31.33\text{m} \end{aligned}$$

③ 離隔距離 1

前 1. 基礎データより、 $r_1 = 47.2\text{m}$

④ 離隔距離 2

前 1. 基礎データより、 $r_2 = 23.6\text{m}$

⑤ 被圧滞水層

前(1)算出条件より、 $D = 9.1\text{m}$ とする。

⑥ 透水係数の算出

$$\begin{aligned} K &= \frac{2.3 \times Q}{2\pi (h_1 - h_2)} \times \log_{10}(r_1 \div r_2) \div D \\ &= \frac{2.3 \times 1.32}{2\pi (31.50 - 31.33)} \times \log_{10}(47.2 \div 23.6) \div 9.1 \\ &= 0.0941\text{m}/\text{min} \\ &= 0.16\text{cm}/\text{sec} (1.6\text{E}-1\text{cm}/\text{sec}) \end{aligned}$$

揚水試験結果に基づく地下水位低下量の算出 (ディープウェル工法)

水中ポンプ仕様 $\phi 100\text{mm} \times 7.5\text{KW} \times 200\text{V}$

【検討結果】

■着目地点の低下水位

A点	: GL-11.79m (一般部)	<	GL-14.6m (所要低下水位)	...	OUT
B点	: GL-11.80m (一般部)	<	GL-14.6m (所要低下水位)	...	OUT
C点	: GL-11.32m (一般部)	<	GL-14.6m (所要低下水位)	...	OUT
D点	: GL-11.61m (一般部)	<	GL-14.6m (所要低下水位)	...	OUT
E点	: GL-11.74m (ピット部)	<	GL-16.3m (所要低下水位)	...	OUT
F点	: GL-11.73m (ピット部)	<	GL-16.3m (所要低下水位)	...	OUT

すべての着目地点において、所要低下水位を確保することができない。
対策としては以下のものがある。

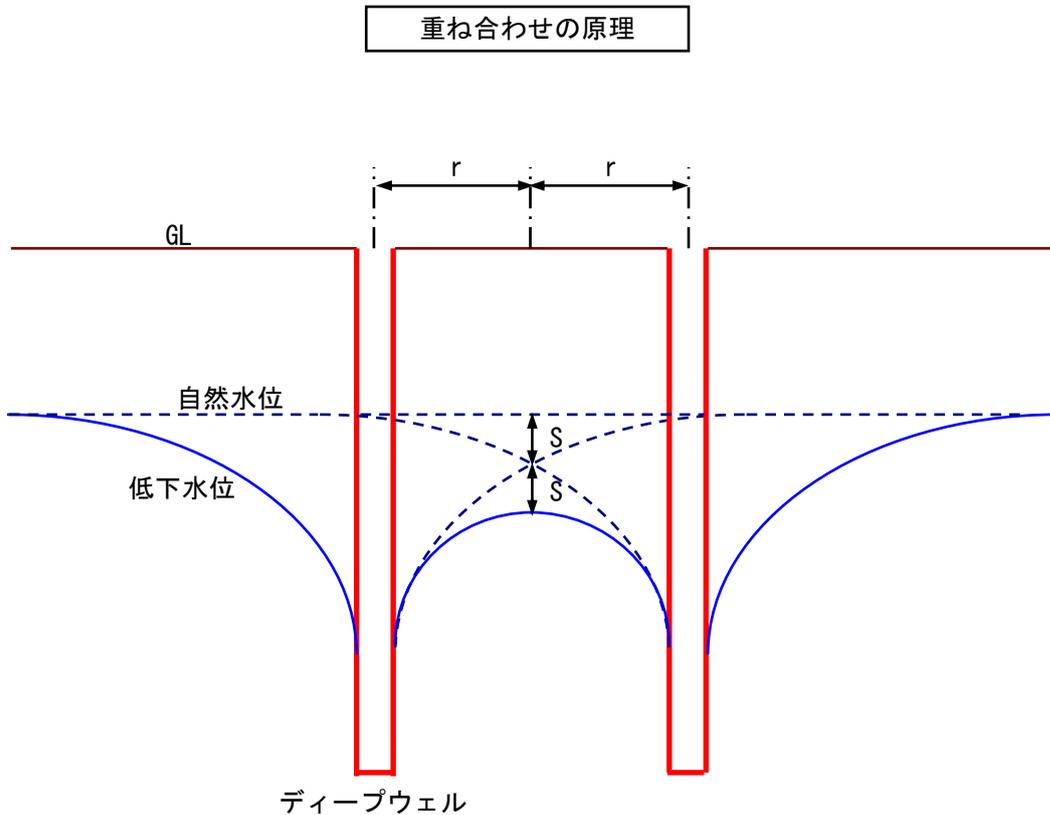
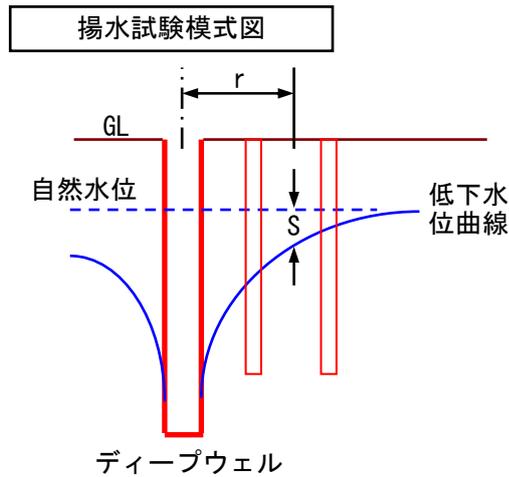
対策1 : 水中ポンプ仕様の変更 . . . $\phi 150\text{mm} \times 19\text{KW} \sim 22\text{KW} \times 200\text{V}$
対策2 : ディープウェルの増設

本件においては対策1を行い、その結果によって以降の対策を検討する。

1 設計方法

揚水試験によって確認されたディープウェルの地下水位低下能力を基に、重ね合わせの原理を用いて低下水位の評価を行う。

水位低下量算定式 $S = -0.2453\ln(r) + 1.7453 \dots$ (揚水試験により決定されたもの)



2 検討条件

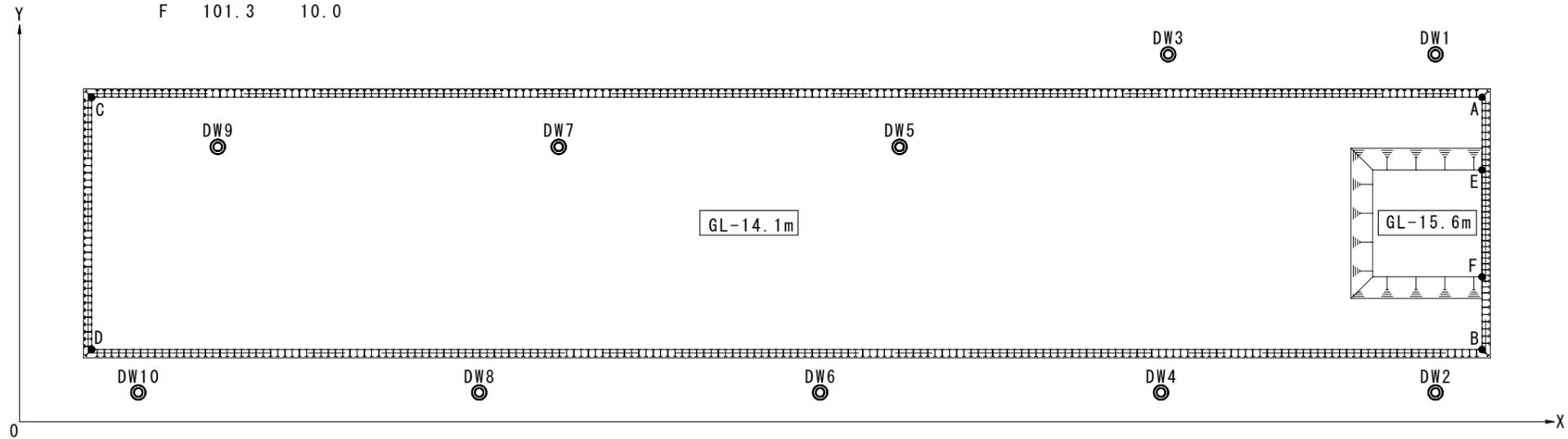
項目名	記号	単位	数値	記事
自然水位	WL1	GL m	-3.20	
水位低下曲線第1項	α	----	-0.2453	
水位低下曲線第2項	β	----	1.7453	

3 ディープウェルおよび着目地点の配置図

次ページに示す。

ディープウェル、着目地点の座標

NO.	X (m)	Y (m)
DW 1	98.0	25.4
DW 2	98.0	2.0
DW 3	79.5	25.4
DW 4	79.0	2.0
DW 5	60.9	19.0
DW 6	55.4	2.0
DW 7	37.3	19.0
DW 8	31.8	2.0
DW 9	13.7	19.0
DW10	8.2	2.0
A	101.3	22.5
B	101.3	5.0
C	5.0	22.5
D	5.0	5.0
E	101.3	17.4
F	101.3	10.0



工事名称		縮尺	1:400	単位	mm	特記事項	更新履歴	H19.12.16 新規作図
図面名称	ディープウェル設計書 (配置座標)	図面番号	1/1	用紙規格	A3			

揚水試験結果に基づく影響半径、透水係数の算出
(ディープウェル工法)

水中ポンプ仕様 : $\phi 150\text{mm} \times 22\text{KW} \times 200\text{V}$

【検討結果】

■影響半径 $R = 1,799\text{m}$
■透水係数 $K = 0.16\text{cm/sec}$

1. 基礎データ

観測井戸 (DW 8、DW 6) の水位変動が下降から上昇に転じた時点を平衡状態と判定し、その時点の水位データおよび排水量データを基礎データとする。

■測定日時

平成20年1月26日 午前8時20分

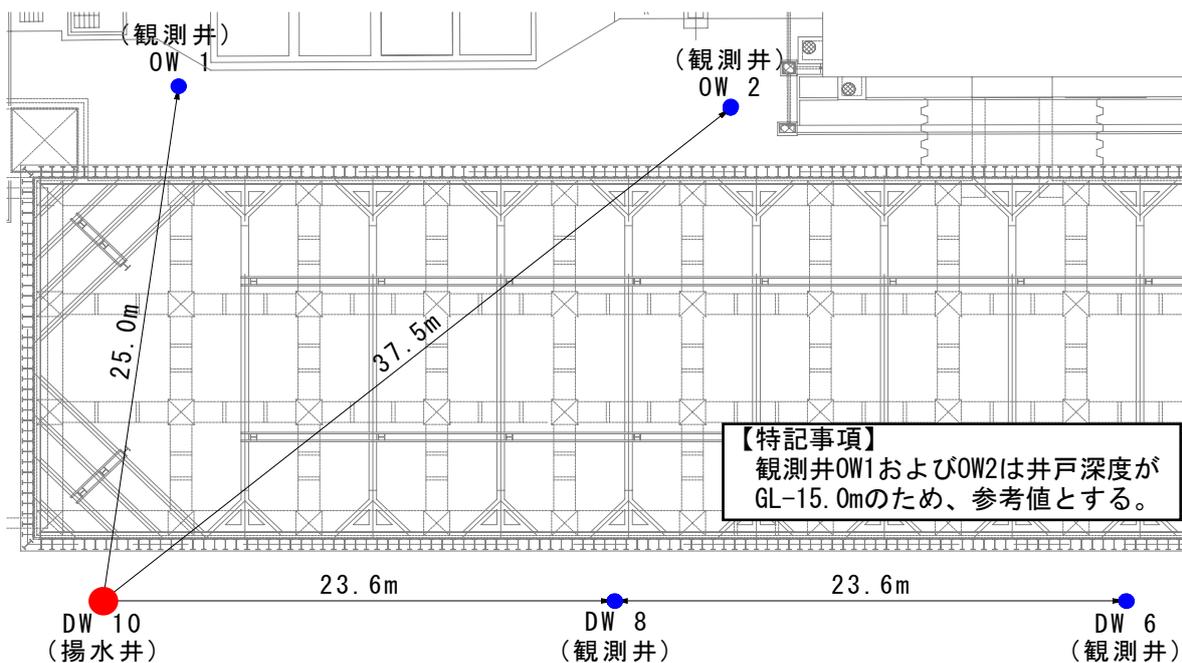
■水位低下量 (S) と揚水井～観測井離隔距離 (r)

井戸番号	初期水位	安定水位	水位低下量	揚水井戸からの 離隔距離 r (m)
	WL1 (GL-m)	WL2 (GL-m)	S (m)	
DW10	3.24	13.84	10.60	0
DW 8	3.20	4.70	1.50	23.60
DW 6	3.20	4.46	1.26	47.20
OW1	4.23	4.39	0.16	25.00
OW2	4.22	4.40	0.18	37.50

GL=TP+5.20m

(注) 初期水位は平成20年1月21日13:10分の測定データとする。

揚水井および観測井配置図



■揚水量

揚水井戸番号	揚水量 Q (m ³ /min)	水中ポンプ仕様
DW 10	1.91	φ 150mm × 22KW × 200V

2. 解析方法

定常状態での解析（ティームの方法）を行う。
以下に、文献「地下水工学（河野伊一郎）」鹿島出版会を示す。

5.4.4 定常状態での解析

図 5.14 に示すように揚水井戸からの距離 r とその点での地下水位低下量 s の関係を片対数紙 ($s \sim \log r$) にプロットするとほぼ直線になる。この直線の勾配から透水係数を計算する。

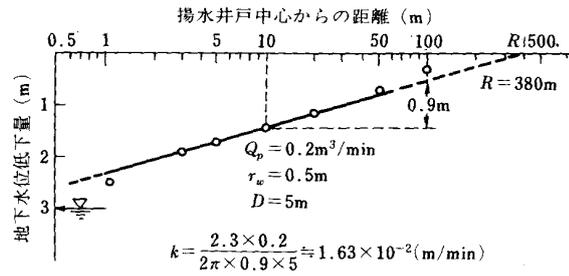
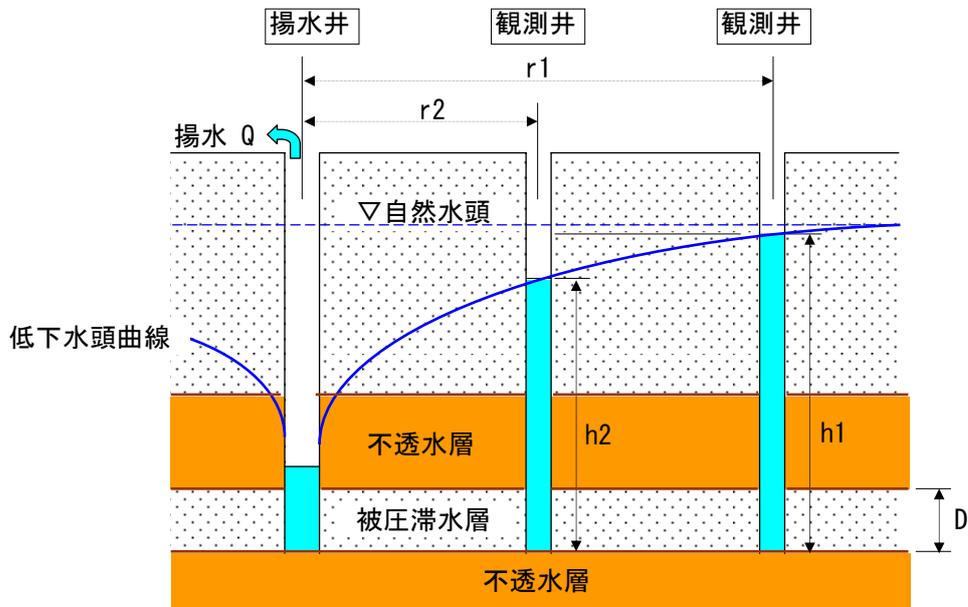


図 5.14 定常状態での揚水試験結果の整理図

$$\text{被圧地下水の場合} : T = \frac{2.3Q_w}{2\pi(h_1 - h_2)} \log_{10}(r_1/r_2)$$

$$\text{不圧地下水の場合} : k = \frac{2.3Q_w}{\pi(h_1^2 - h_2^2)} \log_{10}(r_1/r_2)$$

被圧地下水の場合



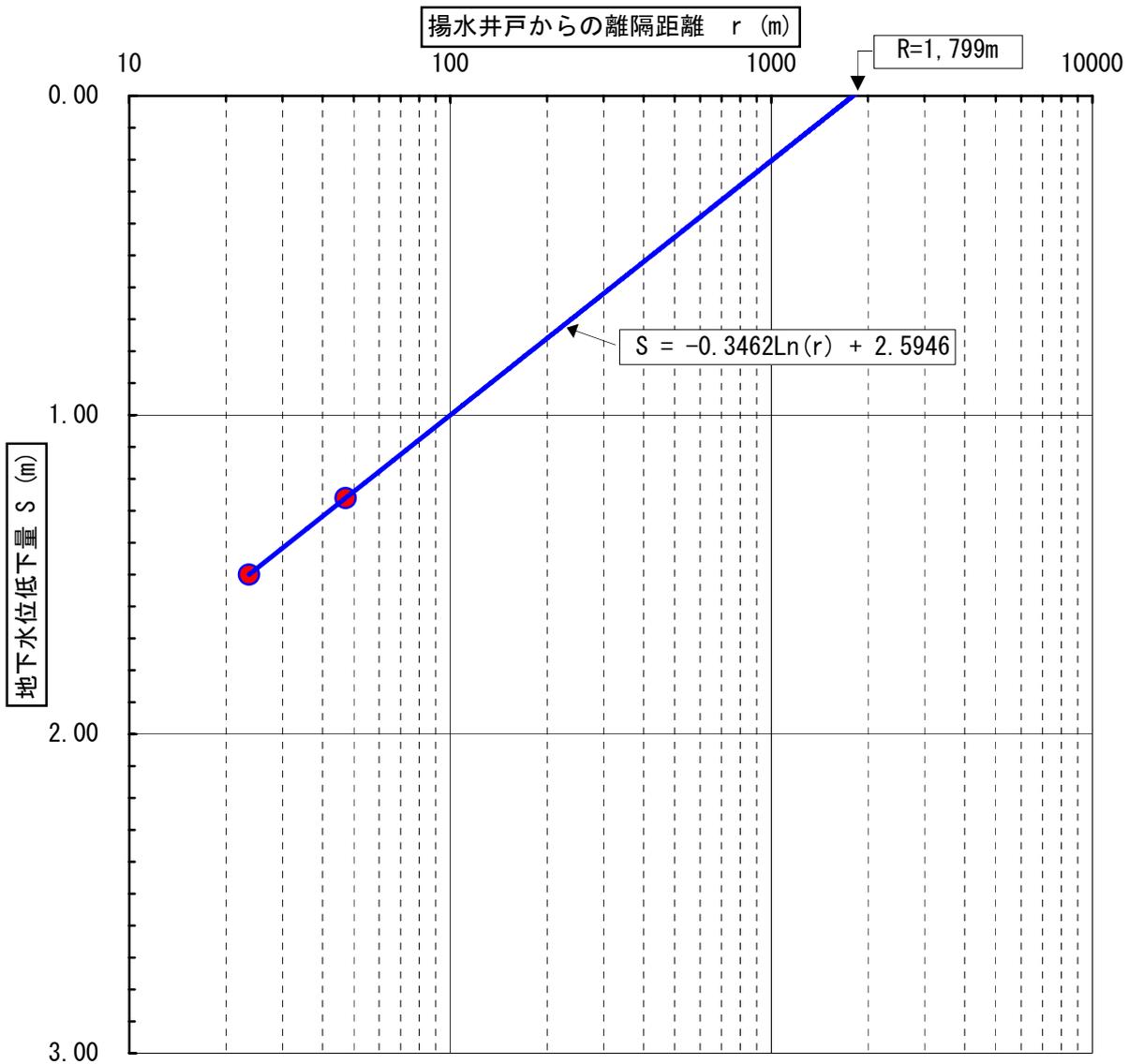
$$T = \frac{2.3 \times Q}{2\pi(h_1 - h_2)} \times \log_{10}(r_1 \div r_2)$$

$$K = \frac{2.3 \times Q}{2\pi(h_1 - h_2)} \times \log_{10}(r_1 \div r_2) \div D$$

T : 透水量係数	m ² /min
K : 透水係数	m/min
Q : 揚水量	m ³ /min
h1 : 水位高 1	m
h2 : 水位高 2	m
r1 : 離隔距離 1	m
r2 : 離隔距離 2	m
D : 層厚	m

3. 影響半径の推定

横軸(対数目盛)に揚水井戸からの離隔距離(r)、縦軸(普通目盛)に観測井戸内の水位低下量(S)をプロットすると、ほぼ直線となる。
この直線部分を延長し、水位低下量(S)がゼロとなる離隔距離(r)が影響半径(R)となる。



【影響半径】

地下水水位低下量が $S=0$ となる距離が影響半径となる。

$$0 = -0.3462 \times \text{Ln}(R) + 2.5946$$

$$\text{Ln}(R) = 2.5946 \div 0.3462$$

$$= 7.495$$

$$R = e^{7.495}$$

$$= 1,799\text{m}$$

4. 透水係数の算出

(1) 算出条件

① 井戸モデル : 被圧井戸モデル

以下の理由により、被圧井戸モデルを適用する。

○玉石混じり砂礫層の透水係数は上部砂層の透水係数より大きいことが推定される。
○玉石混じり砂礫層の水頭はGL-3.2m、上部砂層の自然水位はGL-4.2mとなっており、玉石混じり砂礫層の地下水は被圧状態にある。

② 被圧滞水層厚 : $D = 9.1\text{m}$ (ディープウェル・ストレーナ長相当)

本工事地点では被圧滞水層(玉石混じり砂礫層)の下面深度がGL-50m~GL-60mとなっており、これを被圧滞水層下面深度とすると、過大設計となる可能性がある。
地下水は鉛直方向よりも、水平方向の流れ(浸透)が卓越することを考慮し、透水係数の算出に用いる被圧滞水層厚はディープウェル・ストレーナ長に相当する $D = 9.1\text{m}$ とする。

③ 被圧滞水層の下面深度

前②より、ディープウェル・ストレーナの下面深度(GL-35.5m)とする。

(2) 透水係数の算出

① 揚水量 Q (m³/min)

揚水試験結果より、 $Q = 1.91\text{m}^3/\text{min}$ とする。

② 水位高 1 h_1 (m)

$$\begin{aligned} h_1 &= 35.5\text{m} - 4.46\text{m} \\ &= 31.04\text{m} \end{aligned}$$

② 水位高 2 h_2 (m)

$$\begin{aligned} h_2 &= 35.5\text{m} - 4.70\text{m} \\ &= 30.80\text{m} \end{aligned}$$

③ 離隔距離 1

前 1. 基礎データより、 $r_1 = 47.2\text{m}$

④ 離隔距離 2

前 1. 基礎データより、 $r_2 = 23.6\text{m}$

⑤ 被圧滞水層

前(1)算出条件より、 $D = 9.1\text{m}$ とする。

⑥ 透水係数の算出

$$\begin{aligned} K &= \frac{2.3 \times Q}{2\pi (h_1 - h_2)} \times \log_{10}(r_1 \div r_2) \div D \\ &= \frac{2.3 \times 1.91}{2\pi (31.04 - 30.80)} \times \log_{10}(47.2 \div 23.6) \div 9.1 \\ &= 0.0964\text{m/min} \\ &= 0.16\text{cm/sec} (1.6\text{E-}1\text{cm/sec}) \end{aligned}$$

揚水試験結果に基づく地下水位低下量の算出 (ディープウェル工法)

水中ポンプ仕様 $\phi 150\text{mm} \times 22\text{KW} \times 200\text{V}$

【検討結果】

■着目地点の低下水位

A点	: GL-16.63m (一般部)	>	GL-14.6m (所要低下水位)	・・・	OK
B点	: GL-16.67m (一般部)	>	GL-14.6m (所要低下水位)	・・・	OK
C点	: GL-15.98m (一般部)	>	GL-14.6m (所要低下水位)	・・・	OK
D点	: GL-16.38m (一般部)	>	GL-14.6m (所要低下水位)	・・・	OK
E点	: GL-16.55m (ピット部)	>	GL-16.3m (所要低下水位)	・・・	OK
F点	: GL-16.55m (ピット部)	>	GL-16.3m (所要低下水位)	・・・	OK

雨期の自然水頭をGL-2.35m(TP+2.85m)とすると、雨期の低下水位は、上記計算値より H=0.85m上昇することが予想される。
この場合、ピット部の低下水位はGL-15.7mとなり、掘削床付深度GL-15.8mより0.1m高い位置となる。

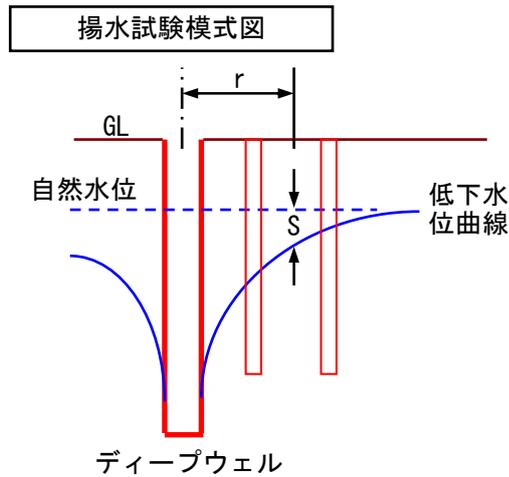
■ディープウェル内水位

ディープウェル内水位は GL-25.1m~GL-26.4m となる。
したがって、水中ポンプは 全揚程H=30m、吐出量Q=2.0m³/min程度のものを選定しなければならない。 $\Phi 150\text{mm} \times 22\text{KW} \times 200\text{V}$

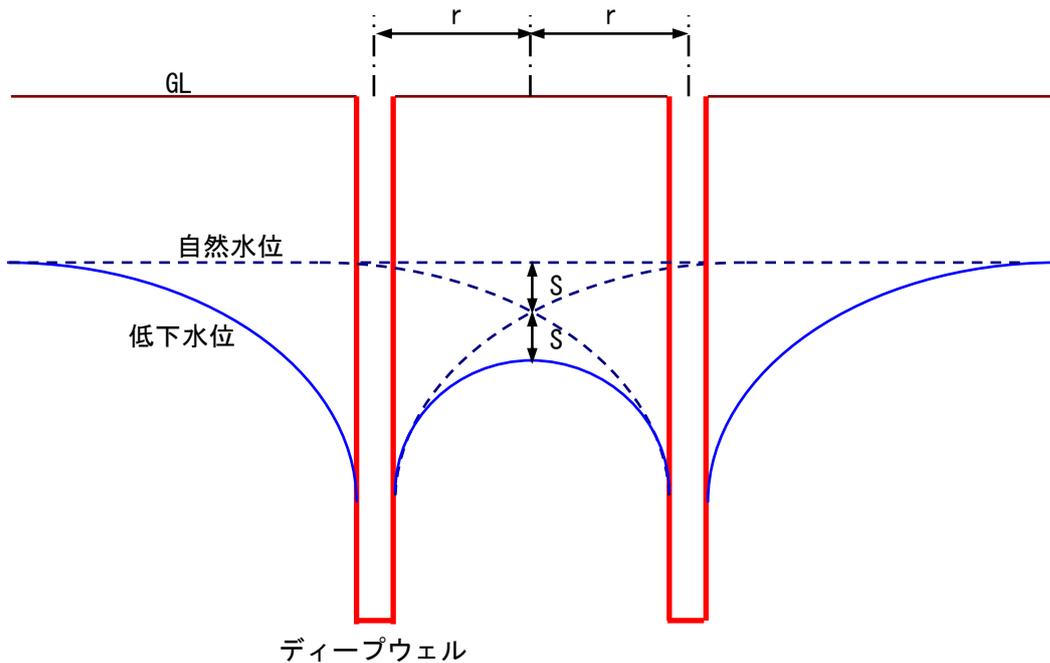
1 設計方法

揚水試験によって確認されたディープウェルの地下水位低下能力を基に、重ね合わせの原理を用いて低下水位の評価を行う。

水位低下量算定式 $S = -0.3462\ln(r) + 2.5946 \dots$ (揚水試験により決定されたもの)



重ね合わせの原理



2 検討条件

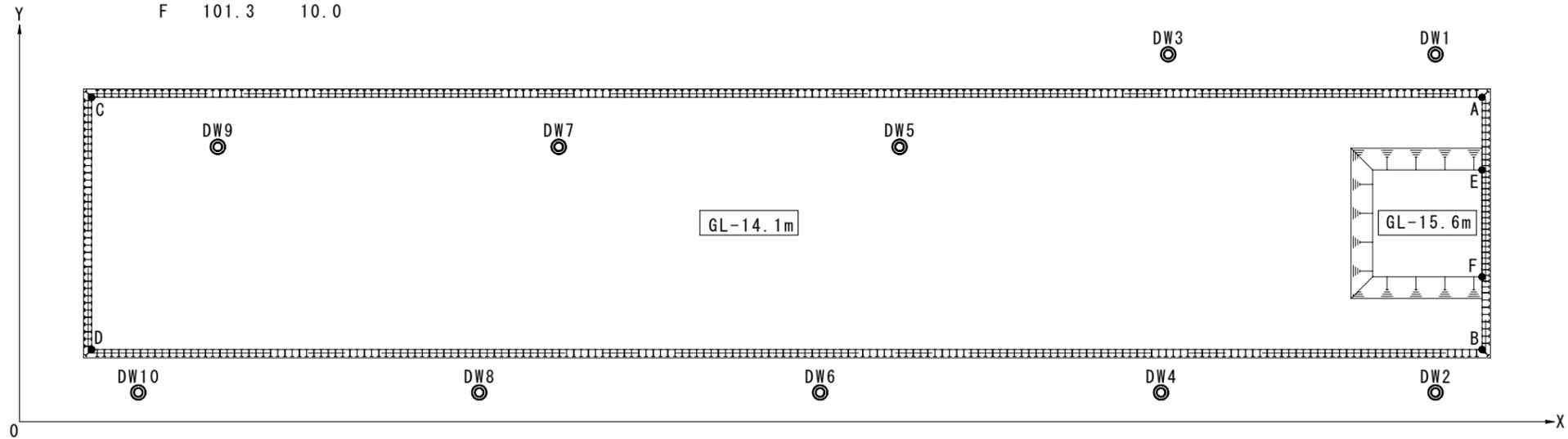
項目名	記号	単位	数値	記事
自然水位	WL1	GL m	-3.20	
水位低下曲線第1項	α	----	-0.3462	
水位低下曲線第2項	β	----	2.5946	

3 ディープウェルおよび着目地点の配置図

次ページに示す。

ディープウェル、着目地点の座標

NO.	X (m)	Y (m)
DW 1	98.0	25.4
DW 2	98.0	2.0
DW 3	79.5	25.4
DW 4	79.0	2.0
DW 5	60.9	19.0
DW 6	55.4	2.0
DW 7	37.3	19.0
DW 8	31.8	2.0
DW 9	13.7	19.0
DW10	8.2	2.0
A	101.3	22.5
B	101.3	5.0
C	5.0	22.5
D	5.0	5.0
E	101.3	17.4
F	101.3	10.0



工事名称		縮尺	1:400	単位	mm	特記事項	更新履歴	H19.12.16 新規作図
図面名称	ディープウェル設計書 (配置座標)	図面番号	1/1	用紙規格	A3			

