

公 開

PNC TR/GE 90-04

立坑掘削影響試験における地下水流动 影響予測解析

1991年3月

柳澤孝一
今井久章
斎藤昭誠
大澤英誠
中島誠

動力炉・核燃料開発事業団
中部事業所 環境地質課

岐阜県土岐市泉町定林寺園戸 959-31
TEL 0572-54-1271 FAX 0572-54-8940

立坑掘削影響試験における地下水流动影響予測解析^(*)

動力炉・核燃料開発事業団
中部事業所 環境地質課

柳澤 孝一
今井 久章^(**)
斎藤 大澤 英昭
中島 誠

要　　旨

立坑掘削影響試験において、立坑掘削の地下水流动への影響を定量的に評価するために立坑掘削位置を中心とした約300m四方の区域を調査対象領域として、地下水挙動を把握するための調査計測システムを設定し、気象観測や河川流量などの表層水収支観測、定期的な間隙水圧分布計測、詳細な透水試験などを実施している。

今回、この調査計測システムから得られた掘削前の生データ・知見を示し、そのデータ・知見の水理地質構造モデルおよび数値解析諸条件設定に反映させる考え方・プロセスを示し、その妥当性の検討をおこなった。またこのモデル・条件設定に基づく立坑掘削の地下水流动への影響予測解析を掘削開始より3年間を対象におこない、この結果以下のことが予測された。

- ① 立坑掘削位置から離れるにつれピエゾ水頭圧の低下量は小さく、低下の顕著な範囲は半径約100m以内であること。
- ② 掘削に伴う立坑内への湧水量は月吉断層を貫き、高透水性部に到ると急激に増加し最終掘削時に最大の約30ℓ/minとなること。
- ③ 既存坑道内への湧水量は立坑掘削に伴った顕著な低下は示さず、掘削終了近くなり緩やかな低下を示すこと。低下量は約2ℓ/min。

この予測解析結果は、今後掘削に伴い得られるデータとの比較検討を通じ、今回行った一連の地下水流动評価方法の妥当性の検討を行い、さらに精度の高い地下水流动評価システムの確立に反映させていくことが大切である。

(*) 本稿の内容の一部は土木学会主催の第23回岩盤力学に関するシンポジウム(1991.2.7-2.8)で報告した。

(**) 現 清水建設株式会社

ANALITICAL PREDICTION OF GROUNDWATER FLOW IN THE
SHAFT EXCAVATION EFFECT EXPERIMENT

K.YANAGIZAWA, H.IMAI, A.SAITO, H.OHSAWA and M.NAKAJIMA

ABSTRACT

A hydrogeological measurement system was set up in order to understand the shaft excavation effect on groundwater flow quantitatively in the area of 300 meters square at the center of which the shaft is to be located. The meteorological and hydrological investigations have been performed, based on the data obtained by the measurement of river discharge rate, permeability tests and periodical monitoring of distribution of pore pressure.

The present paper, first of all, describes the data and informations obtained from the measurement system before the excavation, secondly the handling of the data and the process for modelling of the hydrogeological structure and setting of some conditions for numerical simulation of the groundwater flow, and thirdly the examination of the model and the condition for calculation. Finally it referrs to the predictive simulation of the excavation effect on the groundwater flow for the period of the following three years. As the results of the simulated calculation based on the above model and conditions, estimations on the groundwater flow are summarized as follows:

- a)Degree of decrease of pore pressure is smaller in accordance with distance from the shaft. The remarkably effected area is restricted within 100 meters during the next three years after the excavation.
- b)When the excavated shaft passes through the Tsukiyoshi fault and reaches a highly permeable zone, the outflow into the shaft increases rapidly. The maximum outflow becomes up to about 30 L/min at the final stage of the excavation.
- c)Decrease of the outflow into the existing shaft and drift is not distinct. However, the outflow decreases so gradually, when the excavation gets near to the final stage. Decrease of the outflow is about 2L/min.

Method for the predictive analysis of groundwater flow developed in this study is required to be examined through a comparison between the results of prediction and the measurements during and after the excavation. It is essential to improve the evaluation method with more accuracy on system by the further examination.

目 次

1. はじめに	1
2. 立坑掘削影響試験概要	2
2.1 実施目的	2
2.2 実施期間	2
2.3 実施内容	2
3. 立坑周辺領域の地形地質	4
3.1 地形	4
3.2 地質状況	4
4. 地下水流動調査試験および結果	5
4.1 地下水流動調査・試験項目	5
4.2 表層水理調査・試験・結果	5
4.3 中深層水理調査試験データ	6
4.4 既存坑道内湧水量計測データ	6
5. 立坑周辺地下水水流動解析手法	8
5.1 解析手法の選択	8
5.2 基礎式	8
5.3 要素形状	9
6. 水理地質構造モデル	10
6.1 解析領域の設定	10
6.2 要素分割、透水係数区分の設定	10
6.3 不飽和特性の設定	13
7. 境界条件、初期条件	14
7.1 上部、下部、既存坑道部境界条件	14
7.2 側部境界条件	14
7.3 側部境界条件の影響	17
8. 事前現状解析	18
8.1 解析結果	18
8.2 解析モデル妥当性の検討	19

9.	立坑掘削に伴う予測解析	21
9.1	解析条件	21
9.2	解析結果	22
9.3	解析結果の考察	23
10.	まとめ	25
10.1	実施内容	25
10.2	結論	25
11.	今後の課題	26
12.	おわりに	27
13.	参考文献	28
	図表	29

1. はじめに

地層処分の安全性を保証する上で地下水の挙動を把握することはきわめて重要な項目であるとされ、諸外国でも地下水挙動を把握するための研究が盛んに行われている。我が国に於いても動力炉・核燃料開発事業団（以下動燃事業団）「地層処分研究開発の考え方と進め方について」（1989年9月）で地層処分を保証する多重バリアシステムでの地下水の持つ重要な役割を明記している。上記観点より動燃事業団では地下水流动を把握するための研究開発として、これまでに調査手法、計測機器の開発、気象・水収支データの収集、解析手法の開発、検証方法の検討などを一連の水理学的調査・解析評価システムとして数年にわたりシステムマティックに実施している。この一環として、1989年12月より動燃事業団東濃鉱山の堆積岩系地層中に仕上がり内径6m、深さ150mの立坑を新たに掘削し、立坑掘削の力学的・水理学的影響を定量的に把握、評価する計画（立坑掘削影響試験：Shaft Excavation Effect experiment (SEE)）を開始した。ここでは、水理学的影響を把握すべく、掘削の影響範囲を地形地質等の境界条件を勘案して、立坑掘削位置を中心とした約300m四方の区域を調査対象領域に設定し、そこでの気象観測や河川流量観測などの表層水理観測、間隙水圧分布の定期的計測、透水試験の詳細な実施など、領域内の水収支、地下水挙動を把握するための調査計測システムを整備している。さらに、立坑掘削の水理学的影響評価解析として、今までに進めてきた水理学的研究成果と、本試験に伴う調査観測データから、水理地質構造モデルの作成、境界条件・初期条件の検討を行い立坑掘削の地下水流动への影響を有限要素法三次元飽和不飽和地下水流动解析コードTAGSAC（今井・柳澤 1990）により予測解析を実施した。

本報告は、上記立坑掘削影響試験における地下水流动への影響予測解析を通じて、地下水の挙動を把握するひとつのアプローチ例を示すものである。この調査計測から予測解析という一連のケーススタディのプロセスを通し、地下水流动調査研究、天然バリアの性能評価についての留意点、課題等を提供し、今後の研究開発の一助となる報告を期すものである。

2. 立坑掘削影響試験概要

2.1 実施目的

岩盤における坑道の掘削は岩盤が有する力学的・水理学的特性に影響を与えるため坑道周辺水理環境の変化を促し、地下水流动に影響を及ぼす。当研究は、これらの現象を定量的に解明し、岩盤の長期挙動を評価することを目的とする。

2.2 実施期間

1989年6月～1991年9月（長期観測は1991年以降も継続する。）

2.3 実施内容

東濃鉱山鉱業用地内に仕上がり内径6m、深さ150mの立坑を建設し、立坑掘削が周辺の岩盤及び地下水流动へ与える影響に関する研究を行う（杉原・吉岡、1991）。

(1) 試験位置

動燃事業団中部事業所および東濃鉱山位置を図-2.1、立坑試験に伴う地下水流动調査施設配置図を図-2.2、立坑周辺をより詳細に示したものを図-2.3にそれぞれ示す。図-2.2、2.3で破線で囲まれた区域が主に本試験の調査試験対象となる範囲である。

(2) 試験施設

立坑及び坑道の試験施設は、図-2.4に示す5つにより構成される。

また、図-2.5に立坑施設の透視図を示す。東濃鉱山には既存の調査坑道が設けられている。

① 立坑（坑口上部、坑口下部、本体部、連接部）

仕上がり内径： 6.0m

立坑掘削深度（立坑長さ）： 150m

坑口部標高（以下ELで示す）： 287.0m

立坑には、第一計測坑道、第二計測坑道及び上・下盤連絡坑道を設ける。

② 第一計測坑道（比較的マッシブな泥質岩体部）

仕上がり内径（2R）： 4.5m

長さ： 20.0m（立坑坑壁内面より）

建設深度（底盤高）G.L - 45.5m

③ 第二計測坑道（月吉断層交差部）

仕上がり内径（2R）： 4.5m

長さ： 20.0m（立坑坑壁内面より）

建設深度（底盤高）G.L - 96.0m

④ 上盤連絡坑道（既設本延坑道との連絡用）

仕上がり内径（2 R）：3.0m

長さ：10.0m（立坑坑壁内面より）

建設深度（底盤高）G.L -126.0m

⑤ 下盤連絡坑道

仕上がり内径（R）：3.0m

長さ：10.0m（立坑坑壁内面より）

建設深度（底盤高）G.L -141.0m

(3) 試験内容

上記試験施設において以下の2項目に関する研究を行う。

① 立坑掘削による岩盤挙動の評価

② 立坑周辺地域の地下水流动の評価

3. 立坑周辺領域の地形地質

3.1 地形

土岐市北東部に位置する東濃鉱山周辺は、図-2.3に示すように標高250～400mを示す丘陵地となっている。丘陵地を刻む谷には所々比較的谷幅が広く、平坦地が広がり水田や畠地になっている部分がある。この地形は現地では「ホラ（洞）」と呼ばれている。東濃鉱山は賤洞（しづら）と正馬様洞（しょうまさまら）にはさまれた丘陵部に存在する。

3.2 地質状況

試験領域周辺の表層地質区分を図-3.1に示す。試験領域内の模式的な地質構造を図-3.2に示す。

(1) 地質概要

本地域の地質は図-3.2に示されるように、この地域の基盤である花崗岩およびその上に第三系中新統の瑞浪層群（固結岩）、鮮新統～更新統の瀬戸層群（未固結岩）の3つに大きく区分される。また、本地域には東西方向に走る月吉断層が存在する（図-2.1, 3.1）。月吉断層はほぼ東西走向、高角度、南傾斜を呈する逆断層で断層南側の岩盤（上盤）が北側の岩盤（下盤）に相対的にせり上がり、また緑色の厚さ10～30cmの断層粘土を伴っている。基盤花崗岩と瑞浪層群、瑞浪層群と瀬戸層群はそれぞれ不整合関係にあり、花崗岩と瑞浪層群の境界は東濃鉱山を凹部にして南北よりそれぞれ下りの傾斜をしており、瑞浪層群は盆状の底部で厚く堆積している。瀬戸層群はほぼ水平な境界面の上に瑞浪層群を覆って分布する。図-3.3に本調査地域内の各層を含む模式柱状図を示す。尚、地層の区分は吉田・武田（1990）による。

(a) 基盤花崗岩

基盤花崗岩は、上部に風化作用によるマサ部が存在し、その下にシーティングジョイント卓越部が存在している。これら風化部の下に新鮮な未風化の花崗岩基盤が存在している。またこの基盤花崗岩の上面形状は本領域では図-3.4に示すようなチャンネル構造を有して地下水盆を形成している。これは当地域での地下水流动を支配する大きな要因になっていると考えられる。

(b) 瑞浪層群

瑞浪層群は、下位よりアルコース質砂岩、礫岩、花崗岩の巨礫から構成される土岐夾炭累層、凝灰質中粒砂岩を主体とする明世累層、凝灰質細粒砂岩、シルト岩を主体とする生俵累層に大別される。また土岐夾炭累層は上部層と下部層に区分されている。

(c) 瀬戸層群

瀬戸層群は、砂礫層を主体とする未固結岩でチャート、流紋岩、花崗岩などの円礫を含む。その礫径は5cm～10cmである。また基質は石英・長石を大量に含む凝灰質で風化が進み粘土化している。この下位には陶土層や炭質物がみられる。

4. 地下水流動調査試験および結果

4.1 地下水流動調査試験項目

立坑周辺地下水水流動調査において行われる試験項目を表-4.1に示す。このうち試錐孔で行われる調査試験項目について表-4.2に示す。表-4.1の①～④の項目に相当する表層水理観測システムの概要を図-4.1に示す。また⑥のMPシステム（Multiple Piezometer System）とは図-4.2に示すように、試錐孔内に複数のパッカーと圧力計測用ポートを備えた特殊なケーシングを設置し、パッカーで区切られた各地層ごとの間隙水圧を測定するシステムのことである。この計測値を数値解析の境界条件や解の妥当性の検討に用いる。

各調査試験項目から得られるデータとその解析および立坑掘削の地下水水流動への影響評価との関連について図-4.3に示す。

4.2 表層水理調査試験結果

(1) 地下水位観測結果

図-2.3に示すG F - 1～G D - 3の三測線での地下水位変動の観測結果を図-4.4.1～4.4.3に示す。

地下水位は地表面下10m～20mの範囲にあることがわかる。

(2) 河川流出量・気象観測結果

東濃鉱山、正馬様洞に設置されている気象観測施設による蒸発散量および河川流量計による流出量の測定結果について表-4.3に示す。ここには降水量、流出量と降水量と流出量の差である損失量および正馬様洞と鉱山での蒸発散量に関する各月毎の累計値を示している。9月の流出量については流出量の測定限界を越えた豪雨を含んでいるため正確には、より大きな流出量であることを考慮する必要がある。

(3) 土壌物性試験結果

図-2.3に示す土壤水分計設置箇所D F - 1～D D - 3において各々深さ方向の透水係数、空隙率測定の試験を行った。

(a) 透水試験結果

D F - 1～D D - 3各々で深さ20cm, 40cm, 60cm, 100cm, 200cm, 300cm, 500cmで採取した試料についての室内定水位透水試験結果を表-4.4(a)～(c)に示す。この結果より各箇所に共通して言えるのは表層での深度方向の透水係数の分布として、深さ20cmは 10^{-3} cm/sオーダーが多く、40cm～150cmでは 10^{-5} cm/sオーダー、150cm以深では 10^{-4} cm/sオーダーという透水係数の分布傾向がみられることがある。

(b) 空隙率

土壤物性試験では、空隙比で空隙を定量的に表記しているが、これを空隙率で表-4.5

に示す。深さ 20 cm の空隙率は全体的に大きくなり、他は一様なばらつきを示している。

4.3 中深層水理調査試験データ

(1) 間隙水圧測定結果

MP計測孔 TH 1～8, SN-4 での間隙水圧測定結果をピエゾ水頭値としてその測定位置とともに図-4.5.1～4.5.9, 表-4.6.1～4.6.9に示す。断層をつらぬき、既存坑道に近い TH 1～4 では断層及び既存坑道の影響と考えられる間隙水圧の低下部がみられる。また全計測孔とも深度方向でのピエゾ水頭値分布にはばらつきが生じており、この領域内は立坑掘削前の時点でかなり複雑な間隙水圧分布をしていることが想定される。また基盤花崗岩深部の間隙水圧は TH 4～TH 8, SN 4 での計測結果よりほぼ静水圧分布をしていると想定される。

(2) 透水係数測定結果

各試錐孔で深さを変えて行った低圧ルジオン試験結果を表-4.7.1～4.7.3 に示す。ここにはコア観察結果として地層区分、岩相区分を併記した。図-4.6.1～4.6.5 にはMP 計測孔 TH 1～8, SN-4, AN-6 を結ぶ代表的な断面に於ける地層区分、透水試験値およびピエゾ水頭計測結果を示した。図-4.6を解析用の水理地質構造モデルを作成する際、主に参考とした。

図-4.6に示すとおり、透水係数は鉛直方向と水平方向の両方向で変化しており、透水係数の分布も複雑である。1つここで注目されるのは、図-4.6.2で顕著であるが基盤花崗岩と土岐夾炭累層の境界部で相対的に高い透水性 (10^{-5} cm/s オーダー) を示す部分が存在することである。この透水係数の高い部分は風化花崗岩と土岐夾炭累層の最下部の礫岩層で構成される部分であり、風化による空隙率の上昇、構成粒子の粗さによる空隙量の上昇により、透水性が高くなっていると考えられる部分である。

(3) 物性試験結果

(a) 花崗岩の有効空隙率

正馬様洞にある AN-1 試錐孔（尾方・大澤, 1990）から花崗岩の有効空隙率% の深度方向の分布値を表4.8.1～4.8.3に示す。有効空隙率は風化のため深さ 40 m 以深では 1% 台となっているが、深さ 20～30 m で 10% 弱から 2～3% へ遷移している。

(b) 瑞浪層群における有効空隙率

立坑位置でのボーリングコアより、有効空隙率を求める物性試験の結果を表-4.9に示す。

4.4 既存坑道内湧水量計測データ

既存坑道内では図-4.7に示す 20箇所で定期的に湧水量を計測している。1990年2月20日から4月24日迄の各箇所での湧水量計測結果を表-4.10 に示す。湧水量は坑道

内に設置されている側溝弁、集水弁、坑道から掘られた試錐孔などでの流量を計測したものである。これら湧水量計測値は、数値計算により算定される既存坑道内への湧水量と対比させることにより、解析コードおよび水理地質構造モデル設定の妥当性を検討する際の検証データとなる。

5. 立坑周辺地下水水流動解析手法

5.1 解析手法の選択

本解析では計算手法として、地下水水流動場を多孔質媒体とする有限要素法による三次元飽和-不飽和地下水水流動数値解析法を用いた。具体的には埼玉大学工学部 渡辺邦夫助教授により開発されたTAGSACコード(Three dimensional Analysis of Groundwater flow Saitama university Code)をベースに、連立一次方程式の解法にPCG法(Preconditioned Conjugate Gradient method)を導入して演算能力を高速化したプログラムを使用した。この解析手法によった主な理由は以下の通りである。

- ① 約300m×300mの地下水水流動解析対象域は、深さ135mの調査用坑道が存在し、さらに新しく深さ150mの試験立坑（新立坑）を掘削するという、地下水水流動に関して極めて三次元性の高い条件にあり、三次元解析をする必要がある。
- ② 地形地質構造の、三次元分布は地下水水流動に大きな影響を与えると考えられる。（例えば月吉断層、瀬戸層群、風化花崗岩・土岐夾炭累層最下部の高透水性部など）
- ③ 解析対象領域の多くが多孔質媒体と考えられる堆積岩であり、かつ花崗岩については特にそのキレツ系に関する情報も少ないため、ここでは地下水水流動場を多孔質媒体として取り扱うのが妥当と考えられる。
- ④ 地下水流動数値解析では有限要素法が一般的に多く使用されている。従って一般的に用いられる手法により解析しておくことはその結果について、解析法が一般的なため評価、比較が容易であると考えられる。
- ⑤ 地下水流動に大きく影響する断層や丘陵の起伏など複雑な形状や複雑な形状の物性値区分さらに境界条件の設定等において、有限要素法では、それらのモデル化が比較的容易である。

5.2 基礎式

地下水水流動の基礎式を以下に示す。

$$\{ C(\theta) + \alpha S_s \} \frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ K_i \cdot \gamma(\theta) \frac{\partial \phi}{\partial x_i} \right\} + q \quad (1)$$

ϕ : ピエゾ水頭(Piezo head)

Z : 位置水頭(potential head)

$\phi = Z + \Psi$

Ψ : 圧力水頭(pressure head)

$C(\theta)$: 比水分容量(specific moisture contents)

S_s : 比貯留率(specific storage) α : 1 (飽和領域内), 0 (不飽和領域内)

K_i : 透水係数(hydraulic conductivity)

γ (θ) : 相対透水係数(relative permeability) ($0 \leq \gamma \leq 1$)

θ : 飽和度(saturation) ($0 \leq \theta \leq 1$) q : 発生消失率

x_i : 直行座標系 ($i = 1, 2, 3$) (orthogonal coordinate) t : 時間 (time)

5.3 要素形状

今回の有限要素法解析で使用した要素形状は六面体 8 節点のアイソパラメトリック要素である。三次元での要素分割作業の容易さ、複雑な対象を少ない節点でモデル化しやすい利点よりこの要素を使用した。

6. 水理地質構造モデル

6.1 解析領域の設定

解析領域は地形から想定される水の動き、解析の境界条件としてMP計測孔での間隙水圧分布を反映させる目的から図-6.1に示す太い実線で囲まれた範囲を解析領域に設定した。

東側境界はTH 6, TH 4, TH 7を通る尾根筋に設定した。西側境界は賤洞に沿う小川とSN 4を含む谷筋に設定した。南側境界はSN 4とTH 7方向への尾根筋に設定した。北側境界はTH 6, TH 8を通る谷筋に設定した。

次に解析領域としての深さの設定は立坑深さの約2倍のEL 0mまでとした。上田・杉尾(1971)は下部不透水境界の影響のない深さとして円形暗渠の取水量に関し地表面と下部不透水境界面の距離が暗渠深さの2倍以上としており、今回の設定はこれに準じて、立坑深さの約2倍の位置を下部不透水境界とした。

図-6.1に示されるように既存横坑は解析領域内に約160m含まれ、それ以上は領域外に存在する。領域外坑道の影響はTH 6, TH 4, TH 7のMP計測孔の間隙水圧を解析に反映させることで考慮する。これについては後で詳しく述べる。

6.2 要素分割、透水係数区分の設定

(1) 要素分割

要素分割は地形形状、透水係数区分、既存坑道の位置、形状、新立坑の位置形状、TH 1～8, SN 4, MP計測孔位置などを反映させ行った。今回、解析対象とするモデルの要素分割形状を図-6.2, 6.3に示す。図-6.2は要素分割したモデルの立体図、図-6.3は二次元的要素分割形状における立坑、MP計測孔位置を示している。水平方向の一層が255要素ありモデル全体で15層より成る。上位から第1層(L1)～第15層(L15)と呼ぶことにする。また各要素のなす水平面内の節点は各々288節点あり、モデル全体で16面よりなる。全要素数が3133、全節点数が3924の一次の六面体アイソパラメトリック要素からなる解析モデル形状である。

既存坑道は3m×3mの正方形断面とし、立坑の深さは135mで横坑は立坑より東へ境界まで延びている。新立坑は5m×5mの正方形断面で深さ150mとしている。地形形状としては図-2.3の等高線が示すように解析領域内は、EL 250m～320mの範囲内で変化する起伏のある地形形状をしている。そこでこの標高差を255mから10m間隔で315mまで6層の重ね合わせにより地形形状をモデル化した。基本的要素分割要領としては上記地形形状(等高線形状)と既存坑道および新立坑の形状を平面上で組み込んだ二次元的要素分割(図-6.3)を鉛直方向に拡張し三次元モデルとした(図-6.2)。従ってこの要素分割は水平な平面で要素を層状に分割できる構造になっている。EL 255m以深の各要素層の層厚は、透水係数区分のモデル化に沿うよう決定した。ここで特に基盤花崗岩と土岐夾炭累層の間の形状に着目した。詳しくは次の(2)に述べる。

(2) 透水係数区分

地下水流动解析で最も重要な物性値、透水係数の要素分割に於ける設定について述べる。透水係数区分の設定、言い換えると水理地質構造モデルの設定が地下水流动を決定する。この水理地質構造モデルの作成が地下水流动解析の主要な部分を占める。

透水係数区分を設定するのに第一に参考にするのが透水試験結果である。透水試験結果の分布からそれぞれ透水性による区分の三次元的な広がりを想定し水理地質構造モデルを作成する。この時地質学的観点からの連續性等の評価からの想定、間隙水圧分布による透水性の相対的評価による想定、物理探査等による連続、不連続性の評価などにより行われ、最終的には技術者の経験、判断によることが大きいと言える。今回対象とする領域での透水試験結果、地質区分、間隙水圧測定結果を表-4.7、図-4.6に示したが、さらに図-6.4に透水試験結果として得られた各地点・深度における透水係数値を5倍づつ区分したシンボルにて三次元的な透水係数分布の透視図として示す。この透水係数の分布と本領域内に関し得られている地質学的知見を主な判断材料として水理地質構造モデルを作成した。始めに透水試験と地質学的知見に基づいた本領域の水理地質構造モデル構築上の基本概念を以下に示す。

- ① ほぼ水平に存在する瀬戸層群と固結した瑞浪層群の間の不整合面で区分する。これは瀬戸層群と瑞浪層群との固結度の違いの他に、本領域周辺で行われた河川の比流量及び電気伝導度測定結果より、瀬戸層群中の地下水流れは瑞浪層群の地下水流れより速くなっている計測結果から地下水流动形態上区分する必要性があることによる。
- ② 上記不整合面より下位は瑞浪層群、基盤花崗岩より成り、両者を切って東西系の月吉断層が存在する。
- ③ 基盤花崗岩と瑞浪層群の間の不整合面は、モデル南側面、北側面からモデル中央部に向かって傾斜している。さらに月吉断層を境に南側が北側より約30m上がっている。
- ④ 基盤花崗岩の最上部、土岐夾炭累層最下部からなる部分に高透水性を示す部分が存在する。

次に、具体的な透水係数値の設定について述べる。透水試験結果の有効性としてオーダー程度の区分が可能と考える。そこで設定した値は 1×10^{-8} , 1×10^{-7} , 1×10^{-6} , 5×10^{-6} , 1×10^{-5} , 1×10^{-4} cm/secの6区分とした。ここで透水試験結果として透水係数値が 10^{-6} cm/secのオーダーのものが多く、特に基盤花崗岩中で基本概念④で述べた高透水性部に準じる透水性の比較的高い部分が広域に想定できるので、 10^{-6} cm/secオーダーでの前半、後半で区分し、 5×10^{-6} cm/secも設定した。①～④の水理地質構造モデルの基本概念および図-4.6, 6.4の透水試験結果と地層区分に基づき、図-6.5に示す水理地質構造モデルを作成した。図-6.6.1～6.6.4

の(L1)～(L15)は第1層から第15層までの各層での水理地質構造を示している。この水理地質構造モデルでは、透水係数で6区分、空隙率で5区分、比貯留率S_sで2区分をし、これら3つの物性値区分の組み合わせにより図-6.5, 6.6に示すmat1～mat12の12種の水理地質構造区分を設定した。mat1～mat12各々の3物性値の組み合わせを表-6.1に示す。

この水理地質構造モデルの設定についてさらに説明を加える。

第1層～第6層は表土、瀬戸層群砂礫層より成る未固結層で、図-6.6(L1)～(L6)に各層での透水係数区分を示す。mat11が表土、mat10が瀬戸層群に相当する。第1層～第6層で最上端要素をmat11、それより下方に存在する要素をmat10とした。mat10は特に瀬戸層群に関する詳しい原位置試験データがないため深さ0.1m～5.0mの間で実施された土壤物性試験結果を基にmat10の物性値を設定した。また表層部はその下層に比べて風化作用等によりルーズである等の一般的傾向を考慮に入れmat11の物性値を設定した。表-4.4の透水試験結果より0.2m～5.0mの平均透水係数は 10^{-4} cm/secと考えられ、それより下方では1オーダー低い 10^{-5} cm/secとした。空隙率についても表-4.5の結果を参考にmat10, mat11それぞれ0.40, 0.50とした。比貯留率は岩盤での一般的な値 10^{-4} m⁻¹、及び沖積層等での一般的な値、 10^{-3} m⁻¹を設定した。

第7層～第15層で、のこぎり刃状に存在するmat12が月吉断層に相当する。月吉断層は断層粘土を伴い、かつ断層をはさみMP計測による間隙水圧が大きく変化している点より低透水性とし、モデル内で最も低い 10^{-8} cm/secの透水係数とした。また月吉断層の形状は地質断面図での月吉鉱床断層の位置より、月吉断層面を算定（走向N80°E 傾斜60°SE）し、この面が切る要素を断層とした。

第7層(EL210～255m)はTH4, 7, SN4を含む透水係数 10^{-7} cm/secのmat9およびTH1～3, 5, 6, 8を含む透水係数 5×10^{-6} cm/secのmat8に区分し透水係数値等を設定した。

第8層(EL180～210m)の透水係数は 10^{-6} cm/secとした。定常解析において2ケースについてこの層内のTH1～6, 8を含む北側の要素をmat7として 10^{-7} cm/secに設定した。

第9層(EL163～180m)は断層を境にして北側をmat4、南側をmat5として区分し、設定した。

第10層(EL160～163m)は図-6.6.3(L10)に示すように既存坑道を含む層である。断層の北側にmat4、南側にmat3, mat2を設定した。既存坑道は高透水性のmat3にはさまれて存在する。

ここで基盤花崗岩とそのチャンネル構造に規制されて堆積した土岐夾炭累層を対象に設定したmat1～mat4について説明しておく。

基盤花崗岩は3.2地質状況で述べたように上位からマサ化した部分、シーティングジョイント卓越部、未風化部（高角度傾斜割れ目を伴う）に3区分されるため、それぞれマサ化した部分を透水係数 10^{-5} cm/secを示すmat3、シーティングジョイント卓越部および弱風化部をmat3より小さいが、mat3に準じた高透水部が広く存在すると考えられるためこれをmat2として透水係数 5×10^{-6} cm/secに設定し、mat1

は断層の mat 1 2 以外では一番小さい透水係数値として 10^{-7} cm/secを設定した。

土岐夾炭累層でもその最下部の特に基盤花崗岩のチャンネル構造に規制され堆積した、土石流的堆積物を高透水性部として 10^{-5} cm/secを示す mat 3 に設定した。またこれより上位でやはり基盤花崗岩のチャンネル構造の影響でモデル中央部で厚く堆積している部分を透水係数 10^{-6} cm/secを示す mat 4 に設定した。

第11層 (EL 150～160m) は断層南側が、基盤花崗岩の mat 2, 3、北側は土岐夾炭累層の mat 4 を設定した。

第12層 (EL 135～150m) は断層南側に基盤花崗岩よりなる mat 3、北側が瑞浪層群よりなる mat 4 および風化した基盤花崗岩、土岐夾炭累層よりなる mat 3 を設定した。

第13層 (EL 115～135m) は断層および基盤花崗岩で風化程度により mat 1 mat 3, mat 3 を設定した。

第14層 (EL 80～115m) も断層および基盤花崗岩で断層の南側、北側でそれぞれ mat 1, mat 2 を設定した。

第15層 (EL 0～80m) は断層と未風化花崗岩 mat 1 を設定した。今回の解析対象とした地質は堆積岩や水平方向のシーティングジョイントのある花崗岩など水平方向の透水性が鉛直方向の透水性よりも大きいことが想定できる。また原位置透水試験からは水平方向の透水係数が求められている。そこで今回は便宜的に鉛直方向の透水係数は以上の各要素に対し設定した値の 1/2 とした。今後は透水異方性についても定量的に把握していく必要があると考える。

以上本解析で用いた水理地質構造モデルは透水試験結果と地質学的データに基づき水理地質的なゾーン区分を行い、各ゾーンにおける透水試験結果の相対的なオーダーの違いを反映させるよう作成した。

6.3 不飽和特性の設定

不飽和特性値として、計算に用いた飽和度と相対透水度および負の圧力水頭の関係を図-6.7に示した。これら不飽和特性に関するデータは、現在土壤水分計測データとして収集中であり、そのデータは検討中であるため今回の計算では図-6.7に示す曲線を不飽和特性として用いた。今後表層、瀬戸層群における不飽和特性および瑞浪層群などの固結岩に対する不飽和特性についても把握しておく必要があると思われる。

7. 境界条件、初期条件

解析対象領域には図-2.5、図-6.1に示す通り、月吉ウラン鉱床調査坑道が10数年前に建設されている。またこの坑道は解析領域内から領域外へと伸びている。従って立坑掘削影響試験の地下水流动場はこの既存坑道により既に影響を受けている。このため、新たに掘削する立坑の影響を評価するに先立ち、既存坑道の影響を把握しておく必要がある。そこで試験立坑掘削前の既存坑道の影響に関する解析を行い、そこで境界条件および立坑掘削予測計算の初期条件の設定に関する検討を行った。

7.1 上部下部既存坑道部境界条件

(1) 上部境界条件

上部境界条件としては降雨による涵養量 0.5 mm/day を考慮した。涵養量は表-4.3に示す河川流量、気象観測結果より算定した。

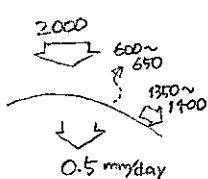


表-4.3に示すように1989年5月より1990年4月の1年間の降雨量が約2000mmである。河川からの流出量が9月における計測損失を考慮して約1350~1400mmに相当し、損失量とし年間約600~650mmが蒸発散、地下への浸透により流出しなかったものと考えられる。さらに蒸発散量としては既存の研究を参考に東濃鉱山におけるPenman式水面可能蒸発散量より、その年間水面可能蒸発散量に0.7を掛け（古藤田, 1980）植被面可能蒸発散として算定した。この植被面可能蒸発散量と先に述べた損失量の差より、地下涵養量として 0.5 mm/day を設定した。ここで、上面境界で飽和が生じた場合は、表面流出が生じるため飽和部に関して浸出面として取り扱うこととした。

(2) 下部境界条件

下部面については流入出のないno-flowの不透水境界条件とした。

(3) 既存坑道内部境界条件

既存坑道内については浸出面の条件とした。つまり飽和状態では圧力水頭=0で標高に等しいピエゾ水頭値を持ち、不飽和ではno-flowの条件となる。飽和状態となつた時に湧水を生じるという条件を設定した。

以上、上部、下部、坑道部境界条件をまとめると図-7.1のように示される。側面境界条件については次に述べる

7.2 側部境界条件

側部境界条件としてno-flowや一定水位など設定が容易な境界条件となるように解析領域境界を谷部、尾根部に設定したが（図-6.1）、本領域内の水理地質構造は、断層が存在するなど複雑な構造をしており単純な境界条件の設定は難しい。さらに先にも述べたように本領域では既存坑道が領域内より領域外に伸び、その影響を特に考慮する必要があると考えられる。そこで側部境界条件についての次の3ステップによる検討を行った。

各ステップにおける側部境界条件の種類とその設定箇所を図-7.2(a)～(c)に示す。(a)は境界条件のTH-4, 6, 7, 7', SN-4およびその他の境界上頂点で各々柱状に境界値を与えた場合、(b)は東側と西側の境界面に対し境界値を与えた場合、(c)は全境界側面に境界値を与えた場合である。図-7.2でnoflowは通常の不透水境界条件であり、固定境界条件とは境界値をピエゾ水頭として各境界節点に対して一定値を設定するものである。ここで境界値の設定は2つの方法によった。1つは境界値をすでに設定している

図-7.2 ○印で示す境界上のMP孔及びコーナーの2点での既設定境界値よりその2点間の境界値を線形に補間し設定した。もう1つは1ステップ前の計算値の結果を適用して境界値に設定したものである。

(1) 柱状境界条件 (Step 1)

解析領域は図-6.1に示すように平面的には五角形をしており、外周にはTH 4, 6, 7, 8、SN 4の5箇所にMP計測システムが設置されている。現在解析する上で、最も影響の大きい既存坑道は特に東側境界に影響を与えていていると考えられる。その影響は境界上に存在するMPシステムにも生じており、MP計測値を解析の境界条件に反映させることにより、既存坑道の影響を考慮することができる。

しかしMPシステムより得られる水頭分布は各MP孔における深さ方向への一次元的な分布であり、三次元解析に於ける境界条件とするには二次元的な分布を得る必要がある。そこでStep 1として各頂点、外周MP計測点における深度方向への柱状に得られる水頭分布を境界条件として三次元の定常解析を行い、特に東側界面上での水頭分布について検討を行った。

境界上の頂点およびMP計測位置で各々柱状に与えた境界条件について以下説明する。

TH 4, 6、SN 4は境界の頂点位置にあるが北西の頂点(TH8')および南東の頂点(TH7')には、MP計測孔システムが設置されていないためそれぞれ近くのMPシステム(北西頂点としてTH 8、南東頂点としてTH 7)の計測値を適用した。北西頂点TH 8' と TH 8 および南東頂点TH 7' と TH 7 の間は水理地質的に大きな変化はなく、間隙水圧の深度方向の分布には大きな差がないものと考えた。

各MPシステム計測孔での深さ方向の間隙水圧をピエゾ水頭値として解析モデルに反映させる場合、モデル上の相当位置に於けるピエゾ水頭値として計測値より、解析モデル上の節点位置のピエゾ水頭値を設定した。この時、計測深度と節点深度(標高にしてEL 0 m, 80 m, 115 m, 135 m, 150 m, 160 m, 163 m, 180 m, 210 m, 255 m, 265 m, 275 m, 285 m, 295 m, 305 m, 315 m)は必ずしも一致しているわけではないので、計測値の深度方向でのピエゾ水頭値の分布形状に近くなるよう各節点でのピエゾ水頭値を設定した。また計測されていない深度に相当する深度に対しては原位置に於ける状況、表層水理観測結果の地下水位を参考にして設定した。TH 4, 6, 7, 8、SN 4に設定した深度方向のピエゾ水頭値分布および計測値を図-7.3.1～7.3.5、表-7.1.1～7.1.5に示す。具体的に以下に説明しておく。計測されている位置より深部の節点に関しては計測された最深部より静水圧分布にあると仮定し、最深部計測値と同じピエゾ水頭値を与えた。T

H 4, 6, 7での計測されている位置より浅部の節点に関しては、図-4.4に示すに地下水位の観測結果を参考に設定した。ここでの地下水位は深さ10～20mに存在するため、地下水位が深さ15mにあるものとした。地下水位より上方の節点については地下水位と同じピエゾ水頭値とした。TH 8、SN 4については、谷部で湿润な所にあるため水位はほとんど地表まであるものとした。また各箇所で想定した地下水位と計測を実施した最上位の測点間は、測定したピエゾ水頭値の分布傾向を上方へ拡張させて、想定し節点位置に想定する水頭値を境界値とした。

柱状境界に概当しない節点に関してはno-flowの条件とした。

以上の条件の下で定常解析を行った。その結果として東、西側境界面におけるピエゾ水頭値区分をコンタで示したのが図-7.4(E)(W)である。コンタは水頭値10m間隔で表示している。

(2) 東西側面境界条件 (Step 2)

解析領域内の地形は東が高く西が低くなっている、標高差で約70mある。南北方向については南側より尾根→谷→尾根→谷→尾根→谷となっている。このため全体的な水の流れとして南北方向に規制され東西方向の流れが想定される。そこでStep 2として東西側面に境界条件を設定し、南北側面はno-flowの不透水境界条件として定常解析を行った。東西側面での境界条件は、以下に示す考え方により設定した。

- ① TH 4, TH 7にはさまれた区間でStep 1における定常予備解析結果で既存坑道の影響をうけていると考えられる範囲についてはStep 1の計算値を境界値として適用した。Step 1の結果、図-7.4(E)に示すように、既存坑道部は周囲より低いピエゾ水頭値の分布となって周囲より水が坑道に集まり排水されることを示している。またTH 4, TH 7以外では不透水境界となっているためStep 1の解析ではTH 4, TH 7にはさまれた境界面上では水の供給が少なく実際より低い水頭値となっていることが想定できる。このことはStep 1の結果を直接、東側面TH 4, TH 7間の境界値とすると、実際より低めの値となることを意味する。そこでTH 4, TH 7間の境界値としてStep 1の結果に坑道周辺に関して若干高めに修正を加えたものを境界値として設定した。
- ② TH 4 - TH 6, TH 7 - TH 7', SN 4 - TH - 8' 間に関してはそれぞれ既知の2点での境界値より線形に補間して境界値を設定した。
- ③ Step 1で想定した地下水位を東西側面に展開し、水位より上部の節点に関しては水位と同一値となる境界値を与えた。

以上3つの考え方に基づき東西側面上の各節点の境界値を設定した。この東西側面に与えた境界条件を図-7.5(E)(W)に示す。さらに、この条件によりStep 2とし定常解析した結果として南北境界側面内でのピエゾ水頭値の分布を図-7.6(S)(N)に示す。南側面では既存坑道の影響と考えられる低いピエゾ水頭値を示す部分がみられ、南側面

に関しても境界値を設定する必要が認められた。北側面に関しては坑道の影響は認められず、TH 4, TH 8, TH 8' の境界値の影響によるピエゾ水頭値の分布となっている。

(3) 南北側面境界条件 (Step 3)

Step 2の定常解析より既存坑道の影響が南側に生じていることが認められた。これに対し境界に関する計測値をより多くし南側面での境界値を設定するか、またはより広い領域で既存坑道の影響に関する解析を実施するのが理想的である。しかしこまではStep 1で坑道周辺の境界値を設定したのと同様に、Step 2での解析結果を高めに修正して境界値とした。

一方、北側面境界上の境界値未設定の節点については、同一標高におけるTH 4, TH 8, TH 8'（既に設定した境界値）間で線形に補間して境界値を設定した。

南北側面に設定した境界値をピエゾ水頭値のコンタ図として図-7.7(S)(N)に示す。

7.3 側部境界条件の影響

側部境界条件について、3ステップによる境界条件の検討を行った。最終的にStep 3で境界側面上の全節点に対して境界値を設定した。この3ステップの検討におけるその解析結果への影響について、TH 1, 2, 3, 5 MP計測孔でのピエゾ水頭実測値とStep 1～3での解析によるピエゾ水頭値の分布を示したのが図-7.8(a)～(d)である。縦軸に標高、横軸にピエゾ水頭値を示している。Step 1～Step 3を比較して、側部境界条件の影響として次のことが言える。

- ① 境界条件の影響としてのピエゾ水頭値の変化量は最大で10m程度であり、各MP計測孔内でのピエゾ水頭値分布形状の変化は小さい。したがって今回行った3ステップの計測値から考える側面境界条件の設定範囲内では解析結果への影響はあまり大きくないと言える。
- ② Step 1とStep 2の違いとStep 2とStep 3の違いを比較するとStep 2とStep 3の違いの方が大きく、全側部境界条件を規定することが、解析結果に対して影響を与えると言える。特にこの傾向は深部で認められる。
- ③ Step 1からStep 2, 3へと境界値の設定箇所を多くするにつれて、解析値が実測値に近づいていると言える。

以上①～③のことより、解析結果のピエゾ水頭値は実測値分布に必ずしも合っているとは言い難い。しかし境界条件による解析結果への影響はあまり大きくななく、実測値との差については境界条件の設定だけによる影響とは考えられない。さらに境界条件についてStep 1よりStep 3へと検討を重ねるに従って実測値と解析値の差は小さくなっている。そこでStep 3で設定した境界条件が、一応妥当な境界条件設定だと考え、境界条件としては、以後Step 3の全側面に境界値を設定した境界条件を用いることにする。

8. 事前現状解析

立坑掘削影響解析を実施するのに先立ち、以上述べてきた解析モデルの妥当性について前記Step 3 (Step3-1) の定常解析結果及び、その透水係数値を一部変更した定常解析結果 (Step3-2) について実測値と対比し検討した。実測値としてはMP計測孔TH 1, 2, 3, 5におけるピエゾ水頭と既存坑道内の湧水量を解析結果との対比に用いた。

8.1 解析結果

解析結果について述べる前にStep3-1 とStep3-2 の差について説明しておく。図-7.8(d)に示した深度方向のピエゾ水頭値の分布で特にTH 5について実測値と解析値に大きな差が生じている。この差は節点のEL 210mとEL 180m区間より始まっているため、この区間に相当する水理地質区分 mat 7の透水係数を 10^{-7} cm/secから 10^{-6} cm/secに変更した。これはEL 210mとEL 180mでピエゾ水頭値が約50m下がっているため、この下がりを小さくするよう透水係数を大きく設定してみたものである。Step3-1とStep3-2ではこのmat 7の透水係数を変更したのみで他の計算条件は同一である。

(1) ピエゾ水頭値分布

MP計測孔TH 1, 2, 3, 5における深度方向のピエゾ水頭値の計測値、Step3-1, -2での解析値の分布を図-8.1(a)～(d)に示す。

TH 1～5でいづれもEL 210mとEL 180mの区間でのピエゾ水頭値の差は小さくなりmat 7の透水係数を小さくした結果、圧力勾配が小さくなっていることが示されている。いづれもEL 210mではStep3-1よりStep3-2でピエゾ水頭値が10m～18m大きくなり、EL 180mではStep3-1とStep3-2で約5～10m程度大きくなっている。また、EL 210m, EL 180mより離れるにつれStep3-1, -2の差は小さくなっている。TH 1～3ではStep3-1, Step3-2でどちらが実測値に近くなったのかは判定し難いが、TH 5については、TH 1～3に比較して実測値の深度方向の変化は小さく、Step3-1よりStep3-2の解析結果が実測値の傾向に近くなっていると言える。

TH 1～5でいづれもEL 250m以上の位置の解析値は実測値より大きく、EL 150m～100m以下では解析値は実測値より小さな値となっている。またTH 1～3のEL 150m付近で見られる既存坑道の影響と考えられるピエゾ水頭値の一部低下について、解析では実測値にみられる60m程度の変化はみられない。

既存坑道を含む平面内でのピエゾ水頭値の分布をコンタ図として図-8.2(a)～(c)に示す。(a)は既存横坑、立坑を含む東西方向の鉛直断面内のピエゾ水頭値のコンタ図である。(b)は既存横坑を含む水平面内(第10層内)、(c)は既存立坑を含む南北方向の鉛直断面内でのピエゾ水頭値のコンタ図である。

立坑は同一標高に於いては他の場所よりピエゾ水頭値が小さく、周囲から水が流れ込んで来ることがわかる。また横坑も周囲よりピエゾ水頭値が小さく水が集まって来ることがわかる。また(b)では第10層の透水係数区分図を参照すると断層の影響と考えられる動水勾配の大きいコンタの密な部分及びコンタ形状の急変部がみられる。断層北部では北西から南東に向かう流向を示し、断層南側では西から東への流向を示すが、既存立坑より東へは徐々に流向は既存横坑へ向かっている。

(2) 既存坑道を含む面内の流速分布

既存坑道を含む平面内での流速分布をベクトル図で図-8.3(a)(b)に示す。(a)は既存立坑、横坑を含む東西方向の鉛直面内、(b)は既存横坑を含む水平面内に於けるそれぞれ地下水流速のベクトル図である。表層では地形形状に沿った流れがみられる。また、既存横坑には周辺より水が集まり、また坑道の近くほど地下水流速が大きくなっている。

(3) 既存坑道内湧水量として図-8.4、表-8.1に既存立坑、既存横坑に相当する各々モデル節点により構成される断面での湧水量の解析結果を示す。ここにはStep3-1, -2における解析結果を示している。立坑部への湧水量では両者の差は小さく最大で10%程度の差となっている。横坑内の湧水量については、両者の差は立坑における湧水量の差に比べて大きく10~20%となっている。既存立坑への湧水量は約9ℓ/min程度、既存横坑への湧水量は約20~23ℓ/min程度と算定される。

8.2 解析モデル妥当性の検討

上記解析結果を生じる解析モデルの妥当性を検討する主な検証データとしてはTH1, 2, 3, 5に於けるピエゾ水頭値の分布と既存坑道内の湧水量がある。

ここでは、これらの検証データを基に、解析モデルの妥当性を検討する。

(1) 全水頭値分布、流速からの検討

MP計測孔でのTH1, 2, 3, 5での実測値と解析値を対比させ図-8.1(a)(b)(c)(d)に示し、その相違について述べた。また鉛直方向のピエゾ水頭値の変化は透水係数値の設定により生じうることをStep3-1とStep3-2の解析結果の対比により示した。つまりTH1, 2, 3で計測されたピエゾ水頭値の鉛直方向の大きな変化は、既存坑道の影響とともに鉛直方向の透水係数の変化によるものだと考えられる。既存坑道の影響については、TH1, 2, 3でそれぞれ既存坑道が存在する標高でピエゾ水頭値の最低値を示し、低透水性断層をはさんだTH5ではその影響はみられず、実測値も同様の傾向を示している。このことは今回の水理地質構造モデルにより本解析領域の特徴である既存坑道、月吉断層を評価したと考える。

次に図-8.2(b)の既存横坑を含む水平面内でのピエゾ水頭値のコンタ図に注目する。この図より地下水の流向は、断層北側では北西より南東へ向かっており、断層南側では西から東への流向を示している。これは図-3.4に示した基盤花崗岩の形成する地下水盆により規制され生じると考えられる地下水流向と調和している。また、ピエゾ水頭値は断層北側では、北方ほど大きく、断層部に向けて小さくなる傾向はMP計測結果とも調和している。これは基盤花崗岩形状と月吉断層のモデルとしての評価が妥当なものであったと考えられる。また図-8.2(a)のコンタ図及び図-8.3(a)での流速分布から瀬戸層群、表土層としてモデル化したEL255m以上の部分では地形ポテンシャルによる流向がみられ、また透水係数値も大きいため流速も大きく、この瀬戸層群、表土層よりなる未固結部を1つの地下水流动系としての評価が必要であることを示すものとも考えられる。

(2) 湧水量からの検討

湧水量は透水係数値設定の妥当性を検討する上で重要な検討データとなる。湧水量の

計測値としては表-4.10に示すが、本解析領域既存立坑への湧水量として表-4.10のNo. 2, 3, 19, 20での合計が相当し、2月20日から4月24日にかけての平均値としては 7.2 ℓ/min となる。

既存横坑への湧水量は、本解析領域内の坑道延長が 163 mであり、それよりも東側からの湧水量は差し引かなくてはならない。表-10ではNo. 4側溝升での流量よりNo. 11側溝升での流量を差し引いた値が本解析領域内既存横坑に相当する湧水量の実測値として最も近い値を示すものと考えられ、その値としては 9.1 ℓ/min となる。これら実測値と解析値を比較すると既存立坑部で解析値は実測値の 1.2~1.3倍、既存横坑内で 2.2~2.5 倍となっている。今回与えた透水係数値は 5 倍又は 10 倍というオーダー的な区分で設定したが、湧水量としては解析値と実測値で 2 倍程度の差となり一応妥当な透水係数値の設定であると考える。また、既存横坑については図-6.6.3(L10) に示すように、基盤花崗岩風化部及び土岐夾炭累層下部の高透水性ゾーンmat 3 の中に存在している。このことは水理地質構造モデルの高透水性ゾーンの設定、及びそこでの透水係数値設定の妥当性を示しているものと考える。

以上、本解析領域における地下水流动調査からの知見、及び実測値と解析結果の対比により解析モデルの妥当性について検討した。ここで、今回の解析モデルでは全水頭値分布の細かな分布形状までは十分評価はできているとは言えない。しかし、今回の解析モデルは、水理地質構造モデルの 4 つの基本概念が地下水流动に十分反映され、その結果としての解析による地下水流动形態や湧水量などは、現場における知見、計測値ともかなり整合しており、本解析領域の地下水流动解析モデルとして細部においては若干の考慮の余地はあるもののほぼ妥当なモデルであると考える。

9. 立坑掘削に伴う予測解析

立坑掘削に伴う地下水流动への影響解析として、計画されている掘削工程にはほぼ準じるように解析モデル試験立坑部の境界条件を~~一定~~常に変化させて、地下水流动の非定常解析を行った。以下、その解析条件、解析結果について述べる。

9.1 解析条件

(1) 掘削工程

掘削工程を図-9.1に示す。太実線で示す折線が実際の工事における掘削工程を示す。また、段階状の折線は立坑部の要素除去の経過日数、深度を示す。これについては後で詳述する。図中縦軸は掘削深度及び標高を示し、横軸は掘削開始からの経過日数を示す。掘削は途中3度の大きな中断があり、各掘削段階での掘削中段の経過日数を図中〔 〕内に示す。また、解析モデルの試験立坑位置の要素の各深度での分割位置と掘削深度との一致した点の経過日数を〔 〕のない数字で示している。

(2) 掘削工程の境界条件によるモデル化

掘削工程のモデル化は立坑部境界条件の非定常な変化を与えることにより行った。掘削をモデル化するには基本的に掘削相当部の要素を計算領域から除去し、掘削壁面に対しては自由浸出面の条件を与える。図-9.1で①～⑨は立坑相当部の計算領域から除外される9つの要素を上位から示している。ここで、図-9.1に示すように単純な要素の除去による掘削モデル化では、非常に不連続な掘削をしたことになってしまい掘削工程の適切なモデル化とはならない。そこで図-9.1に段階状の折線で示すようなタイミングで掘削部要素の計算領域からの除外は行うが、掘削部底部の節点(4節点)の境界値を掘削工程に従い、徐々に下げるよう与えることで数値計算上の掘削工程のモデル化を行った。

この適切な掘削のモデル化のための非定常な掘削底部節点の境界値の設定について、要素④の深度範囲内での設定を例に示しておく。図-9.2に(a)立坑部要素分割 (b)掘削状況 (c)数値計算上の底部節点位置のイメージ位置の変化 (d)底部節点n-75の境界値の非定常設定、をそれぞれ示す。

要素④の深度範囲内での立坑底部は④-1, ④-2, ④-3 と図-9.1, -9.2 に示すように

3期間で掘削速度が異なる。そこでそれぞれの期間に応じて底部節点の境界値の非定常な変化するよう設定した。119日, 137日, 262日における境界値は、掘削底部は地下水の浸出面になっていると考えることで既知となりそれぞれ Φ_{119} , Φ_{137} , Φ_{262} と設定できる。これらの既知の境界値より線型な補間により各タイムステップ時の境界値は逐次図-9.2(d)に示すようにして与えられる。

同様にして①～⑨各要素区間の各タイムステップでの底部節点の境界値を設定した。

(3) 水理地質構造モデル、諸物性値

水理地質構造モデル及び、諸物性値の設定は現状事前解析Step3-2と同じにした。

(4) 初期条件、境界条件

初期条件はStep3-2での定常解析結果を試験立坑掘削前の状態を示すものとして初期

条件に設定した。また、境界条件についてもStep3-2と同じとした。

(5) 解析対象期間

解析対象期間としては立坑掘削開始より3年間とした。

9.2 解析結果

(1) ピエゾ水頭値分布、流速分布

TH 1, 2, 3, 5でのピエゾ水頭値の深度方向の分布を図-9.3(a)(b)(c)(d)に示す。ここには初期値と各掘削段階で一時中断する時点、及び3年目に相当する時点でのピエゾ水頭値を示した。TH 1, 2, 3と立坑に近い程、全水頭の低下が大きいことがわかる。また、上部と下部ではほとんどピエゾ水頭値の変化はみられないことがわかる。

次に解析領域の代表的断面内でのピエゾ水頭値と流速の分布を図-9.4～図-9.8に示す。図-9.4は解析初期の掘削直前における分布、図-9.5は掘削開始後137日経過した時点における分布、図-9.6は掘削開始後295日経過時点における分布、図-9.7は掘削開始後486日経過の掘削終了時点における分布、図-9.8は掘削開始後1095日(3年)経過時点における分布をそれぞれ示す。また図-9.4～9.8で(a)は試験立坑を含む東西方向の鉛直断面(S-S断面)内ピエゾ水頭値コンタ図、(b)は試験立坑を含む南北方向の鉛直断面(E-E断面)内ピエゾ水頭値コンタ図、(c)(d)はEL 239mにおける水平面内ピエゾ水頭値コンタ図と流速ベクトル図、(e)(f)はEL 190mにおける水平面内全水頭値コンタ図と流速ベクトル図、(g)(h)はEL 135mにおける水平面内ピエゾ水頭値コンタ図と流速ベクトル図をそれぞれ示す。(d)(f)の流速ベクトルは(h)の流速ベクトルの3倍の大きさに強調して表示している。

図-9.5～図-9.8(a)(b)に示すピエゾ水頭値のコンタ図では掘削の到達した立坑部には上に凸の形状を示し、同一水平内で周辺より低いピエゾ水頭値となっていることが分かる。また、(c)(g)の水平面内のピエゾ水頭値のコンタ図では掘削の到達した立坑部が同心円状に周囲より低いピエゾ水頭値となり周囲から水が集まっていることがわかる。さらに(d)(f)(h)の流速ベクトル図からもこのことが示されている。また、立坑近傍でコンタ線が密になり、動水勾配が大きくなっていて、立坑近傍で流速が大きくなることがわかる。

(2) 湧水量

試験立坑内に生じる湧水量の非定常変化及び既存坑道内への湧水量の非定常変化を図-9.9、図-9.10に示す。ここで横軸は掘削開始してからの経過日数であり、縦軸は湧水量(ℓ/min)を示す。図-9.9試験立坑内への湧水量としては解析モデルの各同一標高に於けるモデル節点からの湧水量の合計をnode-10～node-150としてそれぞれ示している。またそれらの合計値もTotalとして併記しており、掘削と掘削中断に対応した立坑内湧水量の増減を示している。地表部の節点は不飽和となっているため湧水はしていない。図-9.10には既存坑道内への湧水量として、立坑部、横坑部、及びその合計値を示している。この図より既存坑道への湧水量はあまり変化していないことがわかる。

9.3 解析結果の検討

(1) ピエゾ水頭値、流速分布からの検討

まず図-9.3に示したTH1, 2, 3, 5におけるピエゾ水頭値鉛直方向分布の経時変化について述べる。

新立坑TH1, 2, 3は同一直線上にあり、TH1, TH2, TH3の順に新立坑に近くなっている。ここでTH1ではEL135mで最大35m程度の水頭値の低下を示している。TH2では、やはりEL135mで約15mの低下、TH3ではEL135mで5m程度の低下となっている。また経過時間に対する低下の傾向について、TH1では最終掘削時の486日ではほぼ3年後のピエゾ水頭値に近くなり、ピエゾ水頭値の低下度合の速いことがわかる。このことから試験立坑より離れるにつれ、ピエゾ水頭値の変化の度合及びその速さが小さくなることがわかる。TH5についても、試験立坑からの距離に応じたピエゾ水頭値の低下傾向を示している。

次に図-9.4～9.8に示すピエゾ水頭値コンタ図および流速ベクトル図に関して述べる。またコンタ図、ベクトル図を理解するために図-9.11.1, -9.11.2に試験立坑を含む1東西方向、2南北方向、の鉛直断面内で水理地質構造を示す。

鉛直断面内のピエゾ水頭値の変化については、図-9.4～9.8(a)(b)に示されるように掘削が進むにつれ試験立坑部で上に凸なコンタが下方に増加しており、掘削進行に伴う水頭値の低下を生じていることがわかる。また、最終掘削時図-9.7(a)(b)では立坑底部でピエゾ水頭コンタが密になり大きな動水勾配となっていることがわかる。一方図-9.7(b)は既存坑道を切断した断面内のピエゾ水頭値のコンタ図、また図-8.2は既存立坑を含む鉛直面内のピエゾ水頭値コンタ図を示しているが、既存立坑までのピエゾ水頭値コンタ密度は試験立坑底部での密度より粗く、試験立坑底部では、既存坑道に比べ大きな動水勾配を持つことがわかる。これには図-9.7(a)(b)、図-9.8(a)(b)の比較で全水頭値低下範囲が時間の経過につれ広がっていることからわかるように試験立坑掘削影響が、周囲にまだ十分伝播していないことが1つに考えられる。さらに断層の南側、北側の違いも考えられる。断層北側ではピエゾ水頭値が大きくなっているため、(図-9.4～9.8(b))試験立坑が断層をつらぬき断層北側に達した段階で試験立坑底部では大きな動水勾配をもつに到ったと考えらる。

また非定常性、断層に関連して、やはり図-9.7(a)(b)と図-9.8(a)(b)での比較より断層部の低透水性部が、立坑掘削影響の伝播を遅らせていることがわかる。つまりEL160m付近でピエゾ水頭値が、図-9.7と図-9.8で変化している。

掘削影響範囲としては、掘削を開始して3年間の予測解析結果からは図-9.4と図-9.8の対比より、立坑より半径約100m以内と考えられる。また、立坑より離れるにつれその影響は小さく、今回設定した側方境界条件は定常に与えていたが、少なくとも3年間という時間スケールでは解析結果にあまり影響を与えたかったものと考える。

(2) 湧水量からの検討

既存坑道内湧水量については図-9.9に示すように掘削に伴う顕著な低下はみられず、長期にわたりゆっくり低下している。これはピエゾ水頭値コンタ図の徐々に動水勾配が小さくなっていることから示される。図-9.4(b)～図-9.6(b)では既存坑道周辺のピエゾ水

頭コンタはあまり変化していない。しかし図-9.7(b), 図-9.8(b)で試験立坑側（北側）での動水勾配がほとんどなくなっている。つまり、試験立坑に近い所で最終掘削に近くなった時点より動水勾配の低下がみられ、図-9.9に示される湧水量変化を示したことがわかる。試験立坑内湧水量に関しては掘削により生じる動水勾配、浸出面の出現と湧水による動水勾配の低減、さらに掘削対象の水理地質特性(透水性)の違いにより図-9.10に示す湧水量変化を示している。

67日～119日、137日～213日、295日～366日は掘削が中断しているため掘削による立坑近傍での動水勾配、浸出面の増加がなく、逆に動水勾配が小さくなるため湧水量は低減する。また 213日から 295日にかけては掘削をしているが、262日から 295日にかけては掘削しているにかかわらず湧水量の減少がみられる。これは掘削部が図-9.6(e) (f)にみられるように動水勾配の小さな、従って流速の小さい区間に相当しており、掘削に伴う湧水量増加より他の部分での湧水量の減少が大きいために生じた減少だと考えられる。一方、453日より急激な湧水量の増加がみられる。これは図-9.11 (b)の水理地質構造モデル断面図及び図-9.1掘削工程図より 453日より立坑は月吉断層をつらぬき断層北側に到ったため北方からの大きな動水勾配と底版部が mat 3 の高透水性部となつたために湧水量の増加を生じたものと考えられる。実際の立坑掘削に於いても月吉断層をつらぬき高透水性部に到った段階で、今回の解析にみられるような急激な湧水量の増加が認められるかどうかがその絶対量と共に今回の水理地質構造モデルの妥当性が検証される 1 つの判断基準になると言える。さらに付け加えると図-8.1に示すように解析モデル深部で実測値と解析値を比較した場合、実測値のピエゾ水頭値の方が解析値に比べて大きな値となっている。従って、実際の立坑掘削の場合には立坑底部で解析値よりも大きな動水勾配が生じることも考えられる。これは、底部での透水係数値がどうなっているかにも依るが、実際の立坑掘削では、解析より多くの湧水量が計測されることも考えられる。

10.まとめ

10.1 実施内容

立坑掘削の地下水流动影響評価予測解析として大きく分けて以下の項目順に議論を進め、解析を実施した。

- ① 地下水流動調査・試験結果に基づく水理地質構造モデルの作成
- ② 定常解析による水理地質構造モデル、境界条件、初期条件の検討
- ③ 掘削工程を考慮した非定常地下水流动予測解析の実施とその解析結果検討

10.2 結論

今回の予測解析より言えること、つまり予測解析結果と今後立坑掘削に伴い得られる実測値で対比すべき項目を予測解析の結論として以下に述べる。

- ① 試験立坑より離れるに従いピエゾ水頭値の低下量は小さくなる。
- ② 掘削開始より3年間に関しては立坑掘削影響の顕著な範囲は、半径約100m以内と考えられる。
- ③ 既存坑道内への湧水量は立坑掘削に伴った顕著な低下は示さず、掘削終了近くより緩やかな低下を示す。
- ④ 新立坑への湧水量は掘削工程、掘削深度の水理地質条件に応じ増加、低減を示す。
- ⑤ 新立坑への湧水量は掘削終了時点で最大となりその量は30ℓ/minと算定される。しかし実際には30ℓ/minより大きくなる可能性も考えられる。
- ⑥ 月吉断層をつらぬき高透水性部に到ると急激な湧水量の増加がみられる。

1.1. 今後の課題

現在立坑は掘削中であり、連続的に各種データを集録中である。このデータと今回の予測解析結果を対比し、水理地質構造モデルの検証、解析諸条件、解析手法の検証を行うことになる。のことと、今回の解析に当たっての問題点を今後の課題として以下に示す。

- ① 試験立坑周辺で実施している岩盤の間隙水圧計測や新立坑部の湧水量計測を継続し、予測解析結果の妥当性を検証する。
- ② 上記検証において問題点が生じたらその検討を行い、今後の予測解析に資する知見を抽出する。
- ③ 現状の解析コードでは直交異方性に限られている。そこで断層部の透水性を取り扱う場合など一般的な透水異方性を取り扱えるよう解析コードを改良するとともに特に堆積岩の透水異方性の定量把握を行う。
- ④ 表層部、未固結岩層を対象にした飽和不飽和浸透流解析を行い、表層部の地下水流れを明らかにする。

12. おわりに

今回行った立坑周辺地下水流动調査からの水理地質構造モデル作成、計算諸条件の決定、数値解析に関しては、調査結果の1つの見方、考え方、解析手法の一例であるにすぎず、よりシンプルで適切なモデル化解析手法が他にあることも十二分に考えられる。これは始めに述べたように調査計測から予測解析という一連のアプローチ例を報告するもので、このプロセスの妥当性は今後も継続される計測値との対比により明らかになる。そして重要なことは、この対比により、今回のアプローチプロセスの中で何が正しくまた誤りであったかを明らかにし、より正しい調査計測結果に対する考え方、取扱方を取得し、さらにより正確な予測解析には何が他に必要なかを明らかにし今後の地下水流动解析に生かしていくことだと考える。

最後に、今回の数値解析を行うに当たり、計算を効率よく行う上で重要な連立一次方程式解法について、岡山大学工学部 西垣 誠助教授、(株)間組 小林 晃氏から大変貴重なアドバイスをいただいたことに感謝申しあげる。また、水理地質構造モデル、計算諸条件の設定を行うに当たり、貴重な基礎データを原位置計測、各種試験により取得、整理していただいた清水建設(株)、鹿島建設(株)、大成建設(株)、(株)大林組およびアジア航測(株)の担当者の方々に末筆ながら謝意を表す次第である。

1 3 . 参考文献

- ① 今井 久・柳澤 孝一(1990) : 三次元飽和不飽和浸透解析プログラム
TAGSACの概要, PNC Technical Report GE-90-01
- ② 上田 年比古・杉尾 哲(1971) : 被圧水で満たされた円形暗渠の取水量について, 土木学会論文報告集第 194 号, pp91~101, 1971
- ③ 例えば、尾方 信久・大澤 秀昭(1990) : 地下水特性調査技術開発の現状、検層技術 (1), PNC Technical Report GE-89-04
- ④ 古藤田 一雄(1980) : ライシメーター蒸発散量とエネルギー収支法による蒸発散量の比較, 筑波大学水理実験センター報告 No. 4, pp. 1 ~9
- ⑤ 杉原 弘造・吉岡 尚也 (1991) : 立坑掘削影響試験計画, PNC Technical Report GE-90-03
- ⑥ 吉田 英一・武田 精悦(1991) : ファーフィールド性能評価におけるナチュラルアナログ研究, PNC Technical Report GE-89-09(準備中)

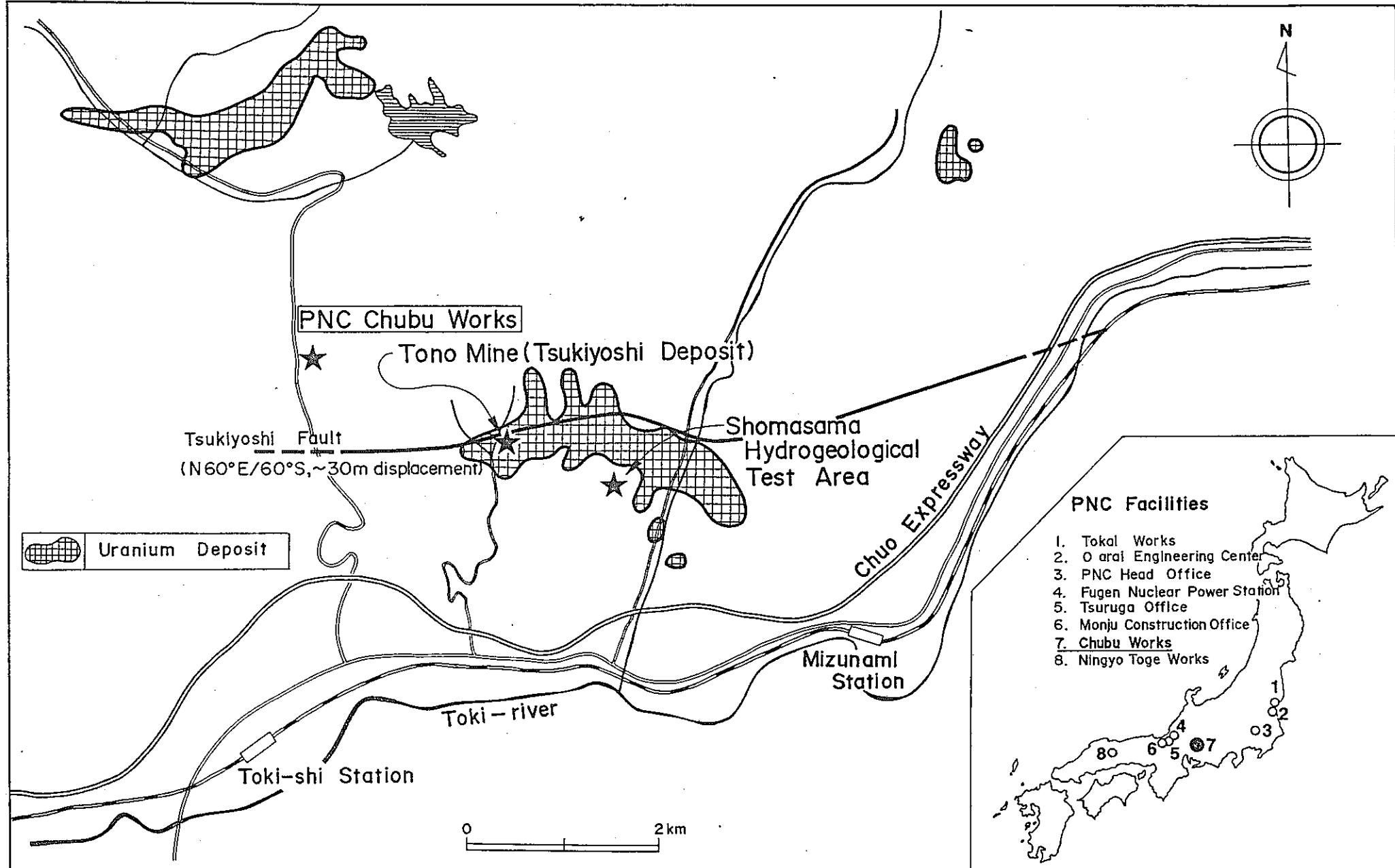


Fig - 2.1 Location Map of SEE Experiment Area in Tono Mine and Ajacent Area



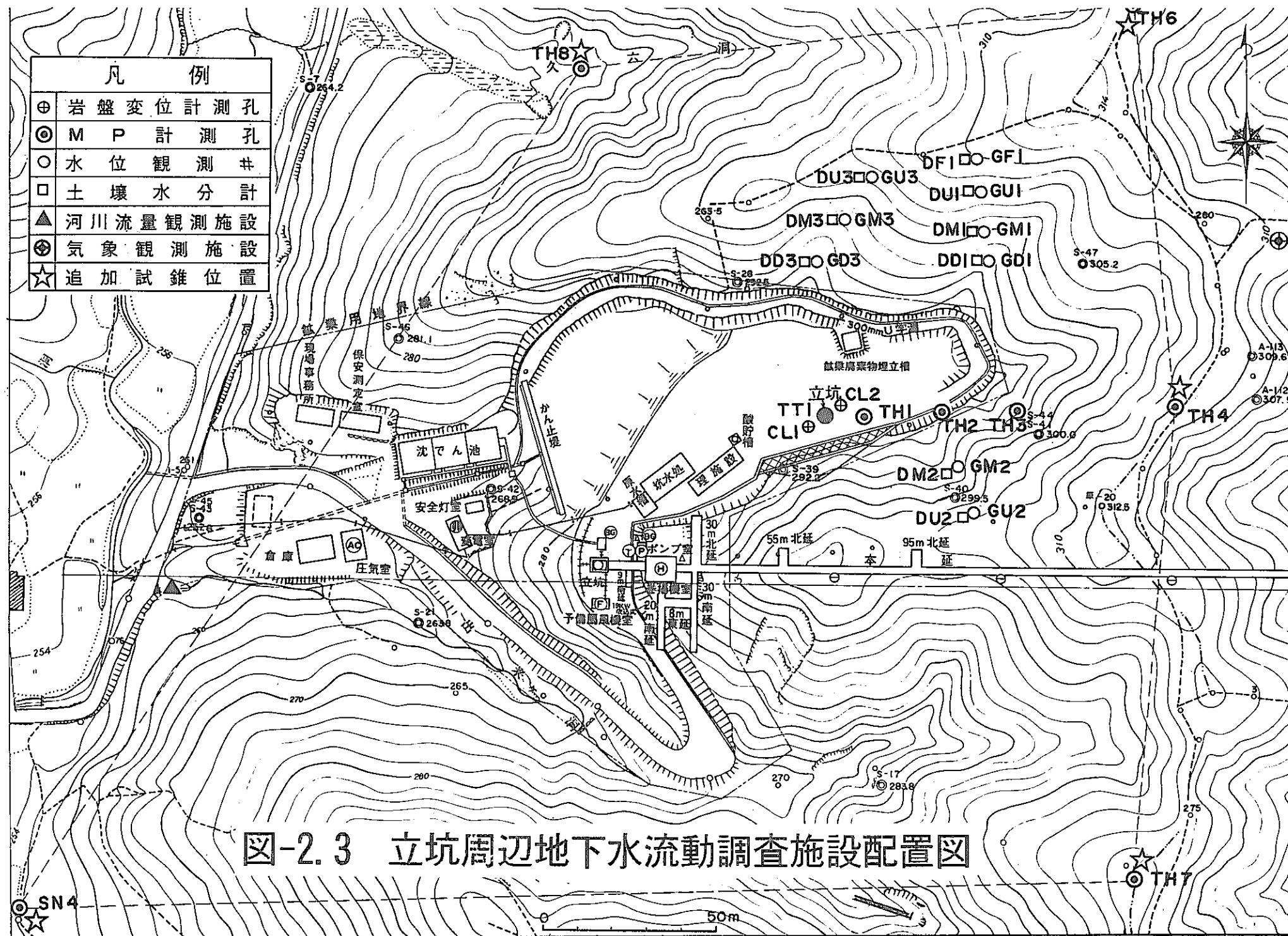


図-2.3 立坑周辺地下水流动調査施設配置図

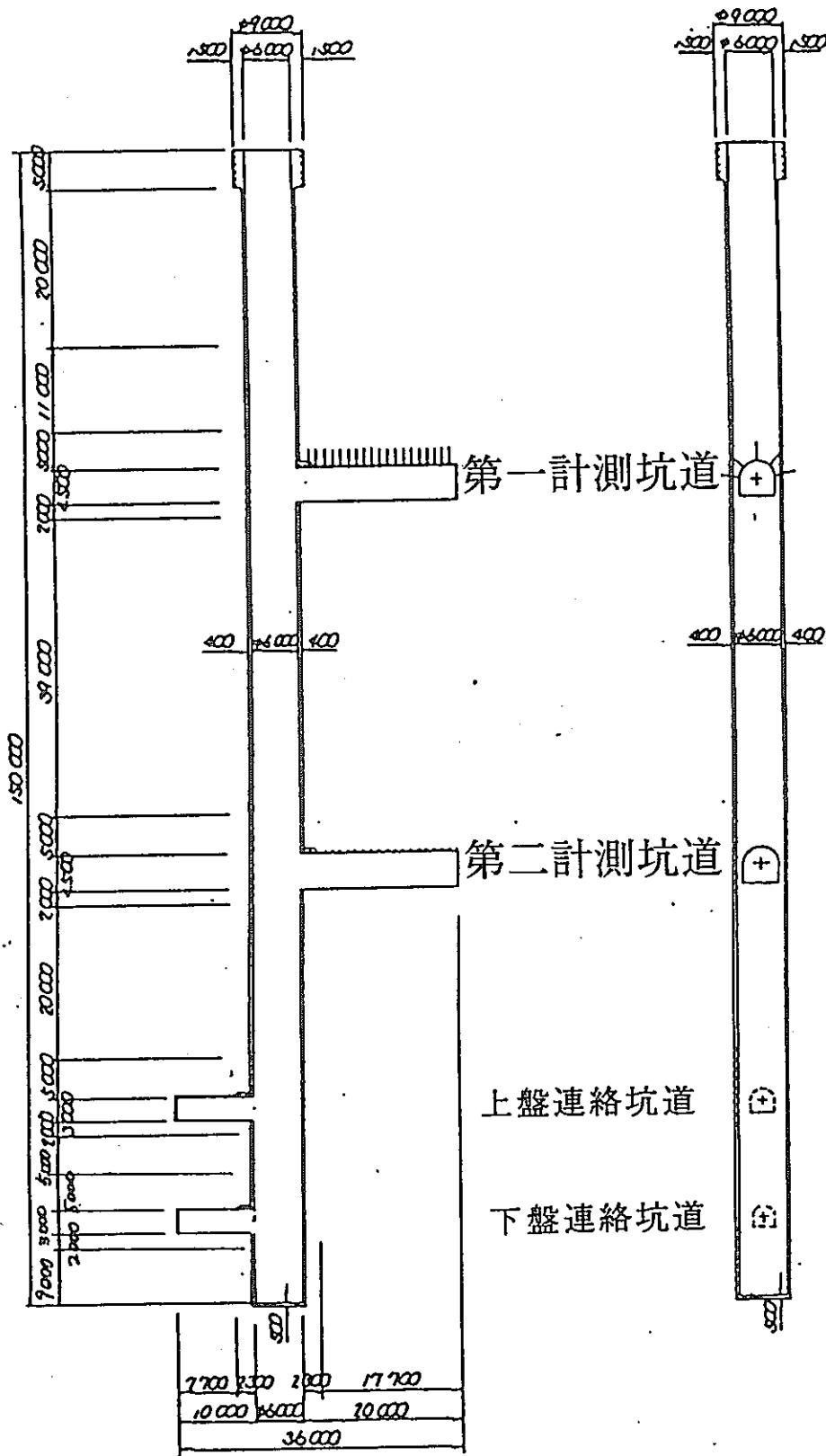


図-2.4 立坑構造図

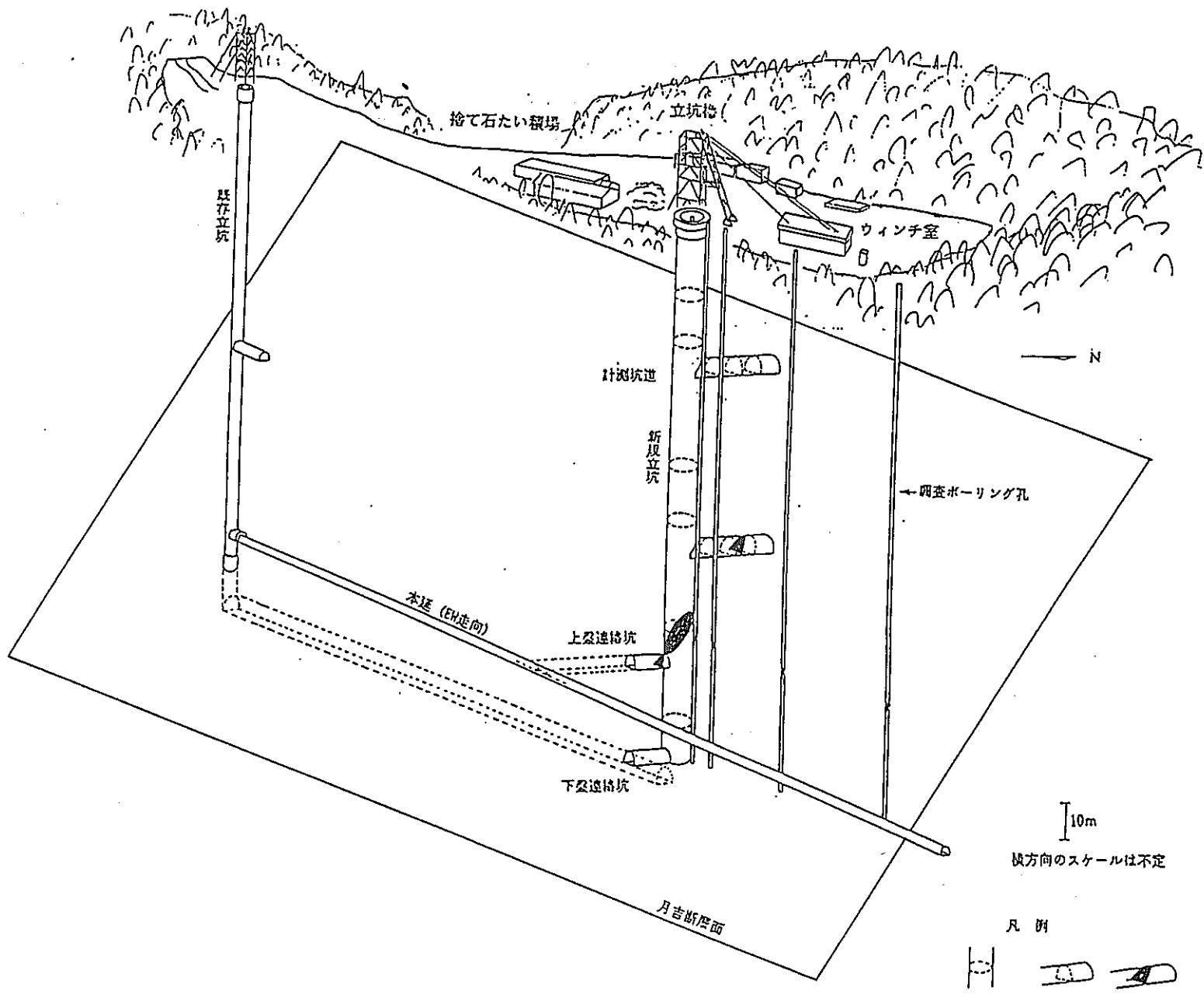


図-2.5 立坑施設透視図



図-3.1 調査地域の表層地質

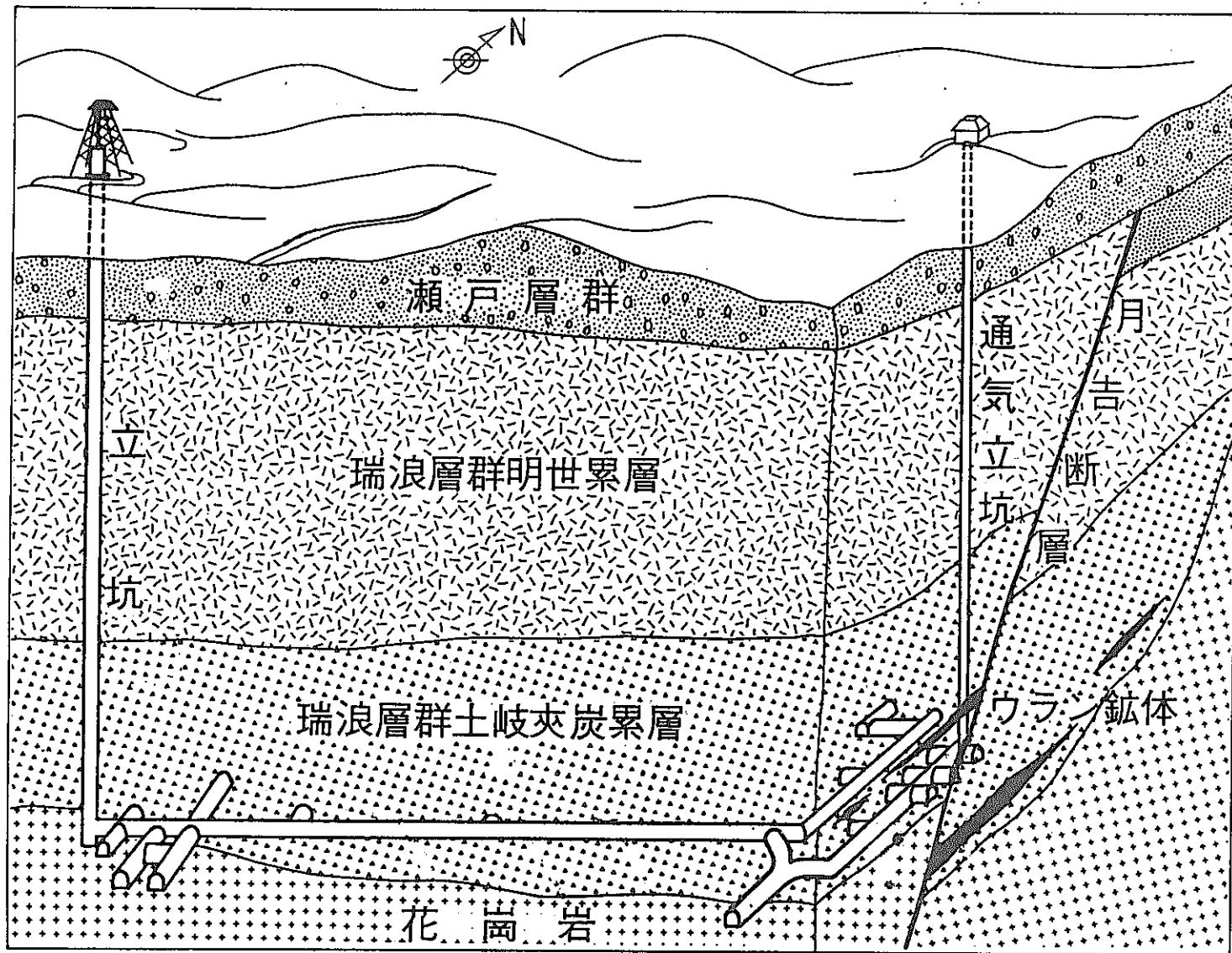


図-3.2 地質構造模式透視図

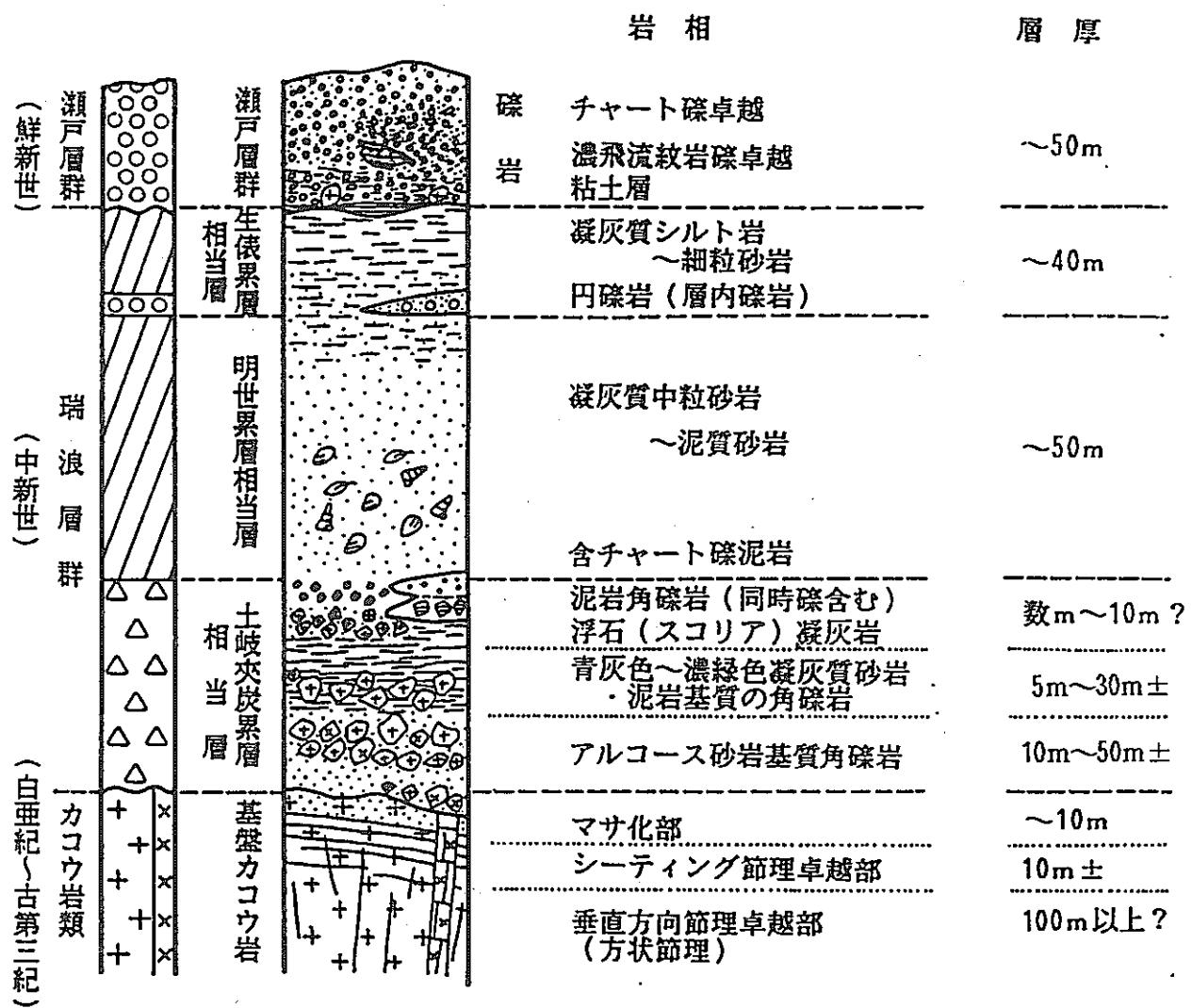


図-3.3 調査地域模式地質柱状図

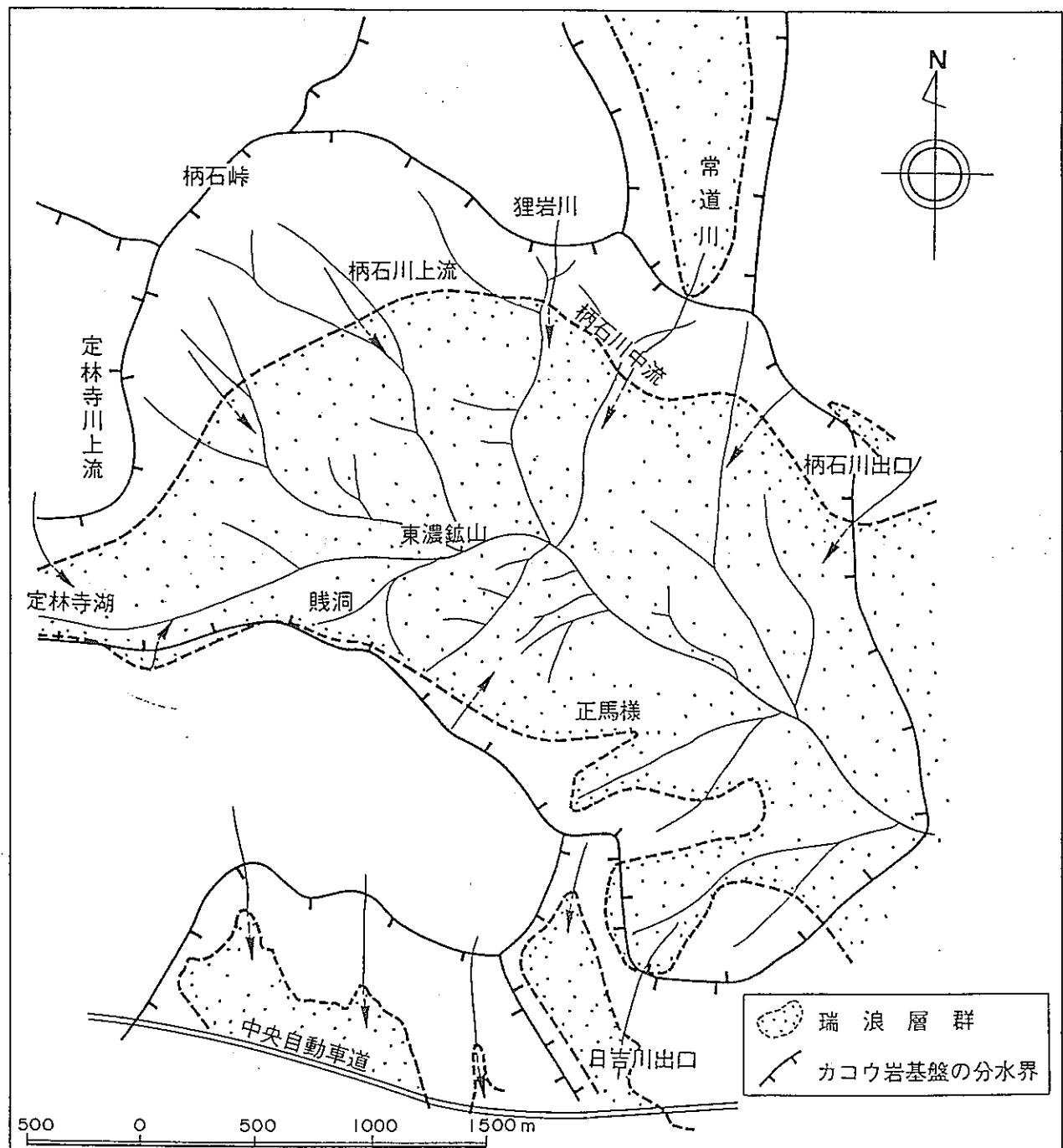


図-3.4 調査地域の基盤分水界から推定される地下水盆地と瑞浪層群の堆積範囲

表-4.1 立坑周辺地下水水流動調査試験項目

項目	数量
①土壤水分調査	
イ) 土壤水分計設置 ロ) 土壤水分測定	9ヶ所
②表層地下水調査	
イ) 試錐, 検層 ロ) 地下水位観測システム設置 ハ) 地下水位観測	30m×9孔 9孔
③河川流量調査	
イ) 流量計測設備設置 ロ) 流量計測	2ヶ所
④気象観測	
イ) 気象観測設備設置 ロ) 気象観測	1ヶ所
⑤多孔式現場透水試験	
イ) 試錐, 検層 ロ) 多孔式透水試験 ハ) 地下水位観測システム設置 ニ) 地下水位観測	30m×2孔 2孔
⑥孔内間隙水圧計測及び採水	
イ) 試錐, 検層 ロ) コア観察 ハ) ボアホールTV観察 ニ) 透水試験 ホ) PS検層 ヘ) MPシステム設置 ト) MP計測	130m×1孔, 180m×1孔, 200m×7孔 130m×1孔, 180m×1孔, 200m×7孔 130m×1孔, 150m×1孔, 180m×1孔, 200m×7孔 9孔 200m×2孔 10孔 1回／月
⑦湧水量調査	
イ) 既設坑道湧水量測定 ロ) 新立坑湧水量測定	1回／月 1回／月
⑧地下水水流動解析	
イ) 3次元地下水水流動解析	

表-4.2 試錐調査試験項目一覧表

孔名	孔長	試錐	CPT観察	検層	BTW	透水	MP	水位
TH-1	181.0m	○	○	○	○	○	○	○
2	177.3	○	○	○	○	○	○	○
3	200.5	○	○	○	○	○	○	○
4	201.0	○	○	○	○	○	○	○
4-2	82.0	○	○	○	○	○	○	○
5	203.4	○	○	○	○	○	○	○
5-2	83.6	○	○	○	○	○	○	○
6	203.4	○	○	○	○	○	○	○
7	200.6	○	○	○	○	○	○	○
7-2	82.0	○	○	○	○	○	○	○
8	200.4	○	○	○	○	○	○	○
8-2	60.0	○	○	○	○	○	○	○
SN-4	130.0	○	○	○	○	○	○	○
AN-6	132.0	○	○	○	○	○	○	○
GU1	31.0	○						○
GM1	27.0	○						○
GD1	24.3	○						○
GF1	32.7	○						○
GM2	26.3	○						○
GU2	28.3	○						○
GU3	30.7	○						○
GM3	25.7	○						○
GD3	23.0	○						○

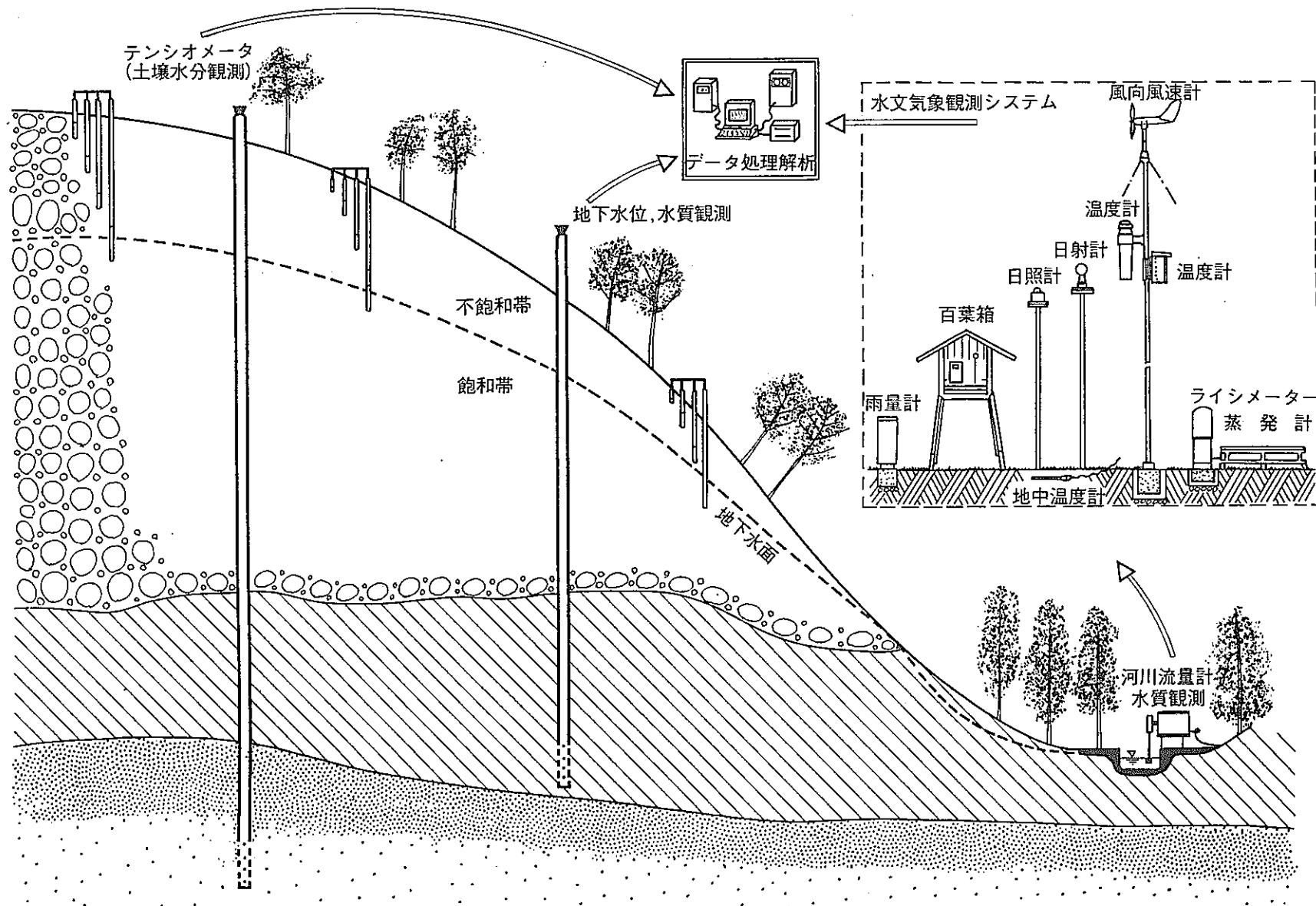


図-4.1 表層水理観測システム

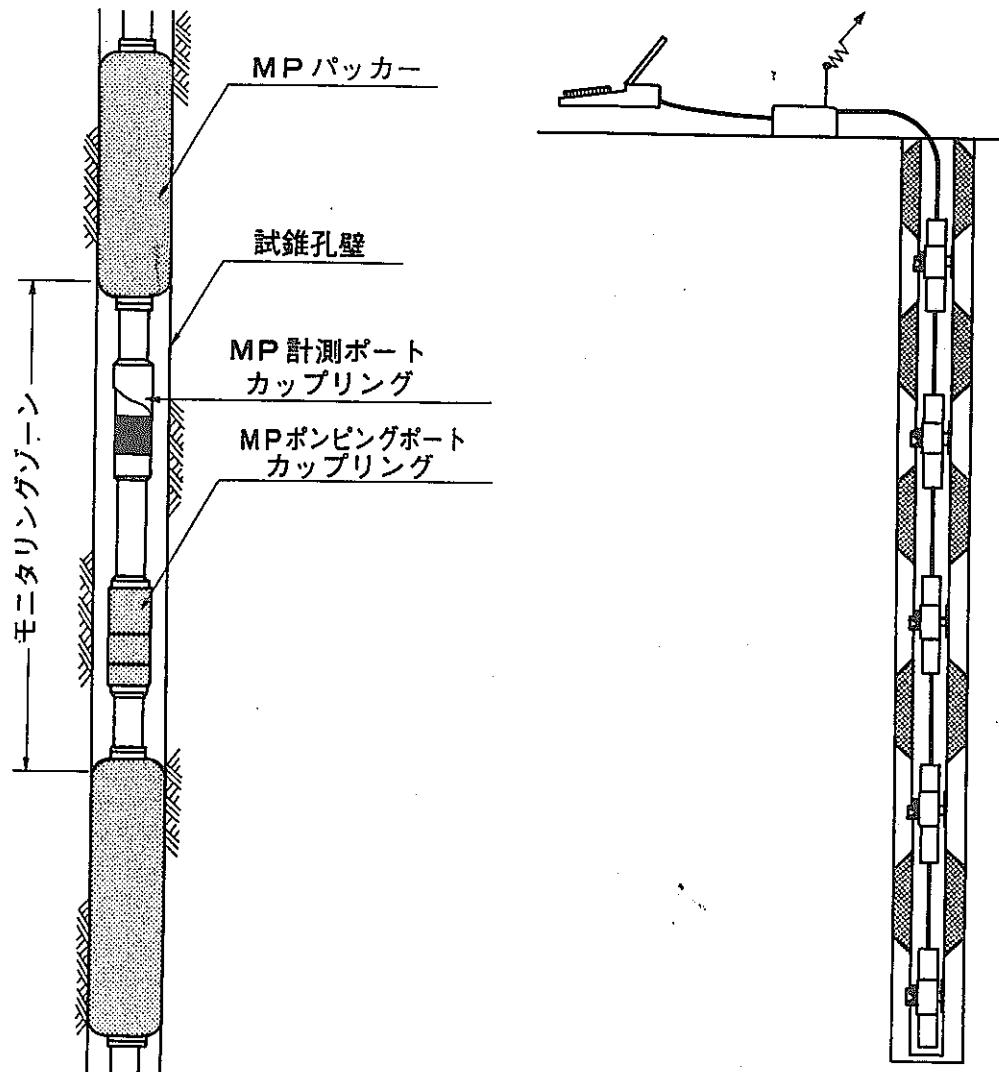


図-4.2 MPシステム概要図

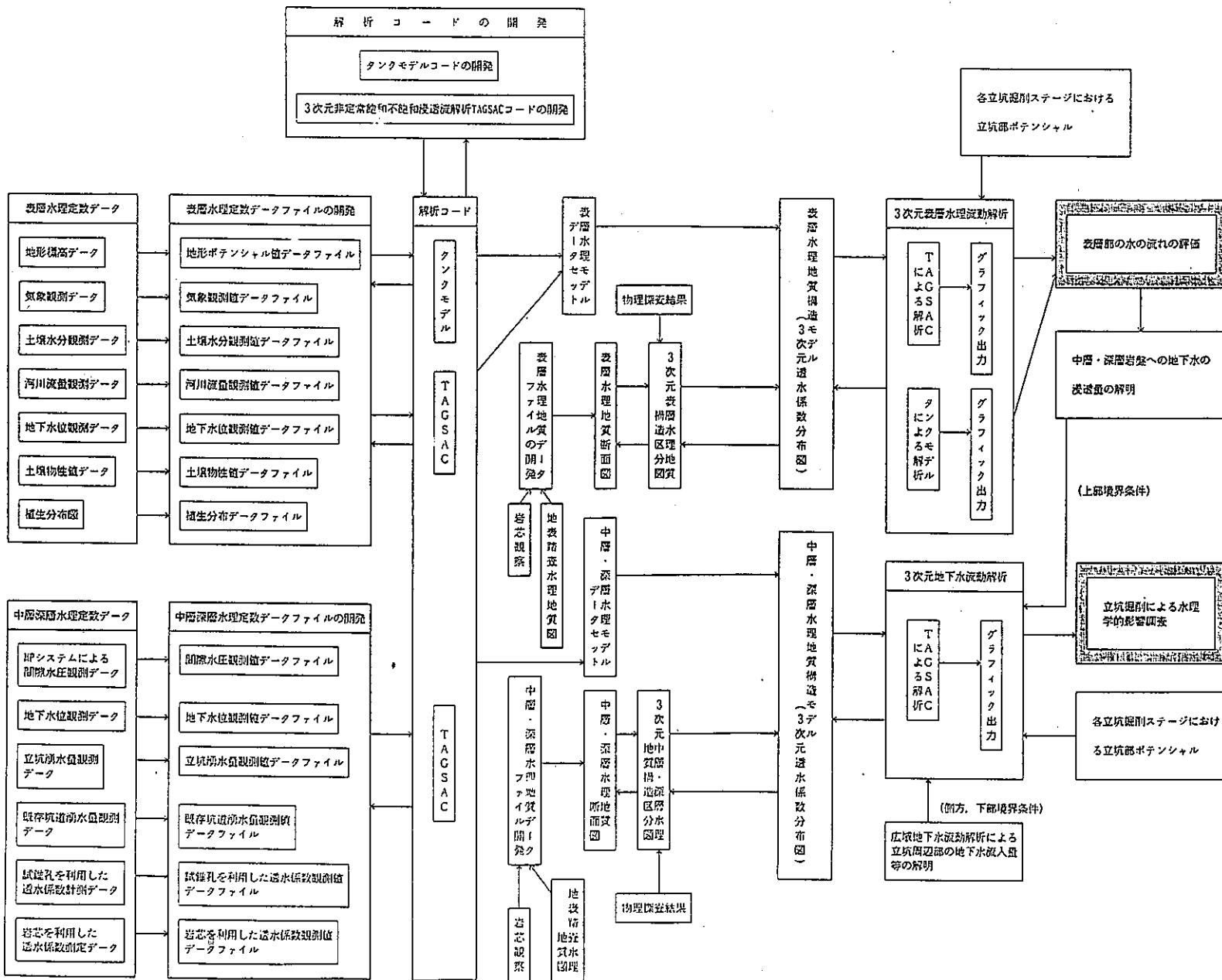


図-4.3 立坑掘削による水理学的影响解析フロー図

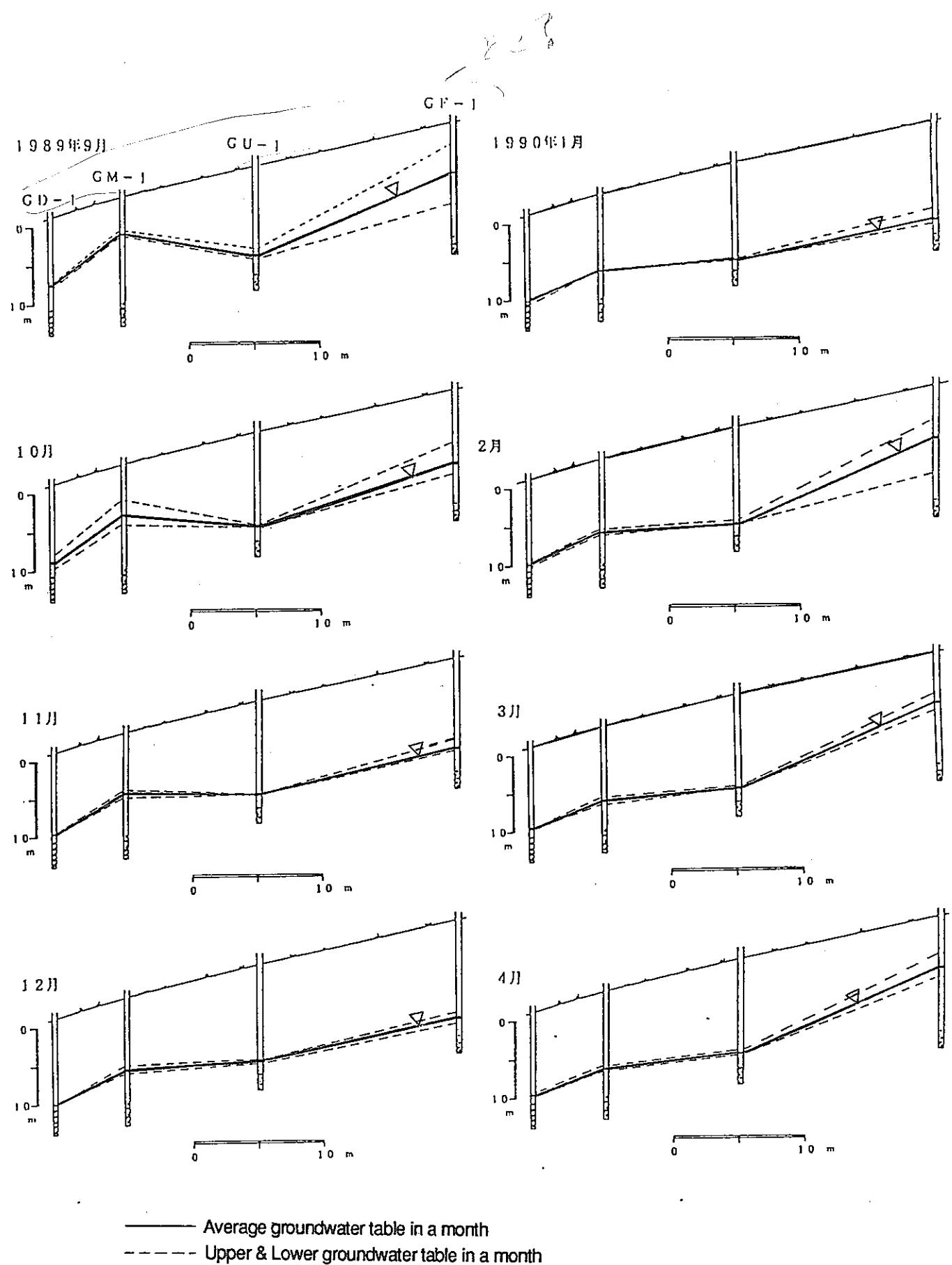
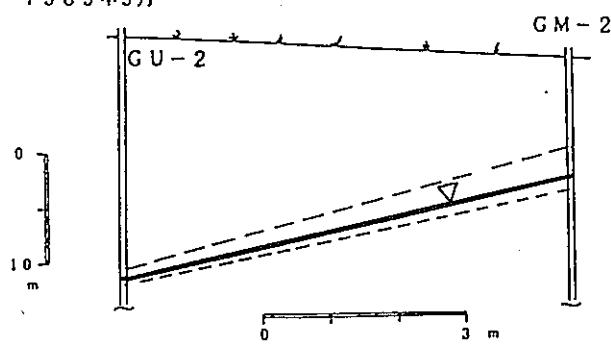
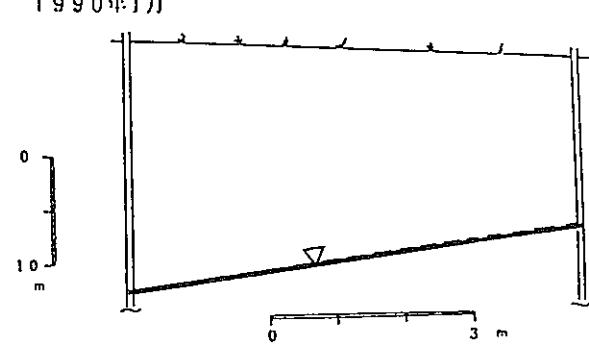


図-4.4.1 地下水位観測結果断面図（測線1）

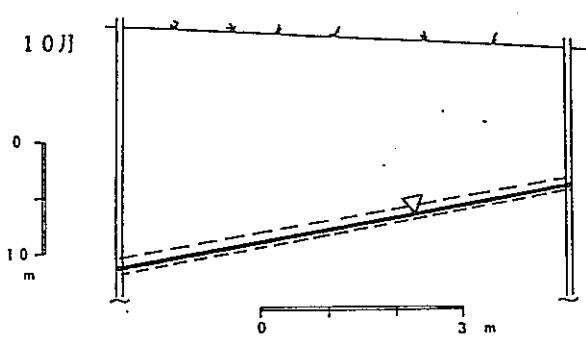
1989年9月



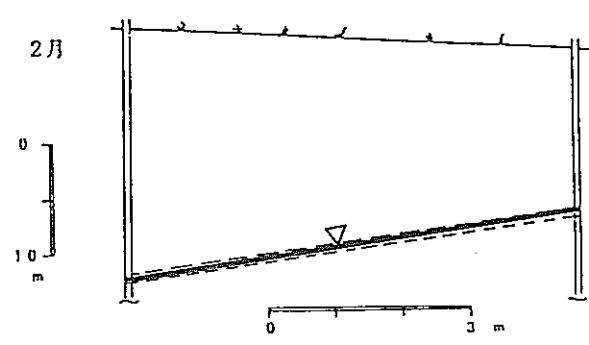
1990年1月



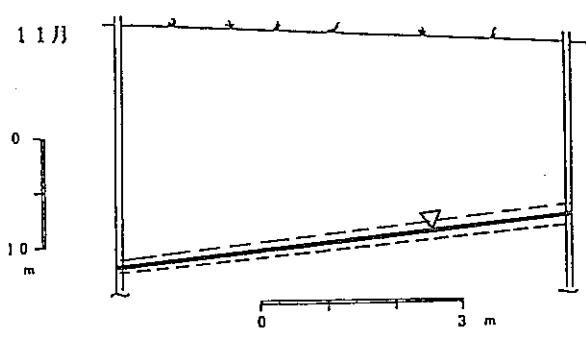
10月



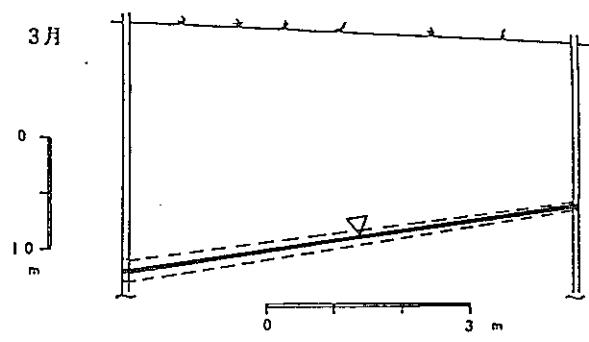
2月



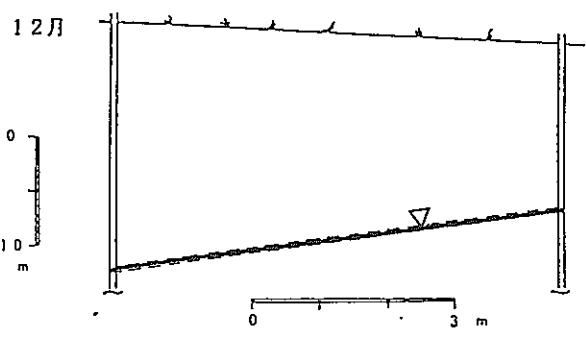
11月



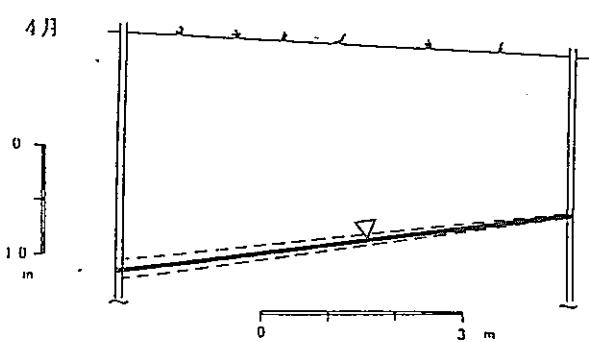
3月



12月



4月



— Average groundwater table in a month
- - - Upper & Lower groundwater table in a month

図-4.4.2 地下水位観測結果断面図（測線2）

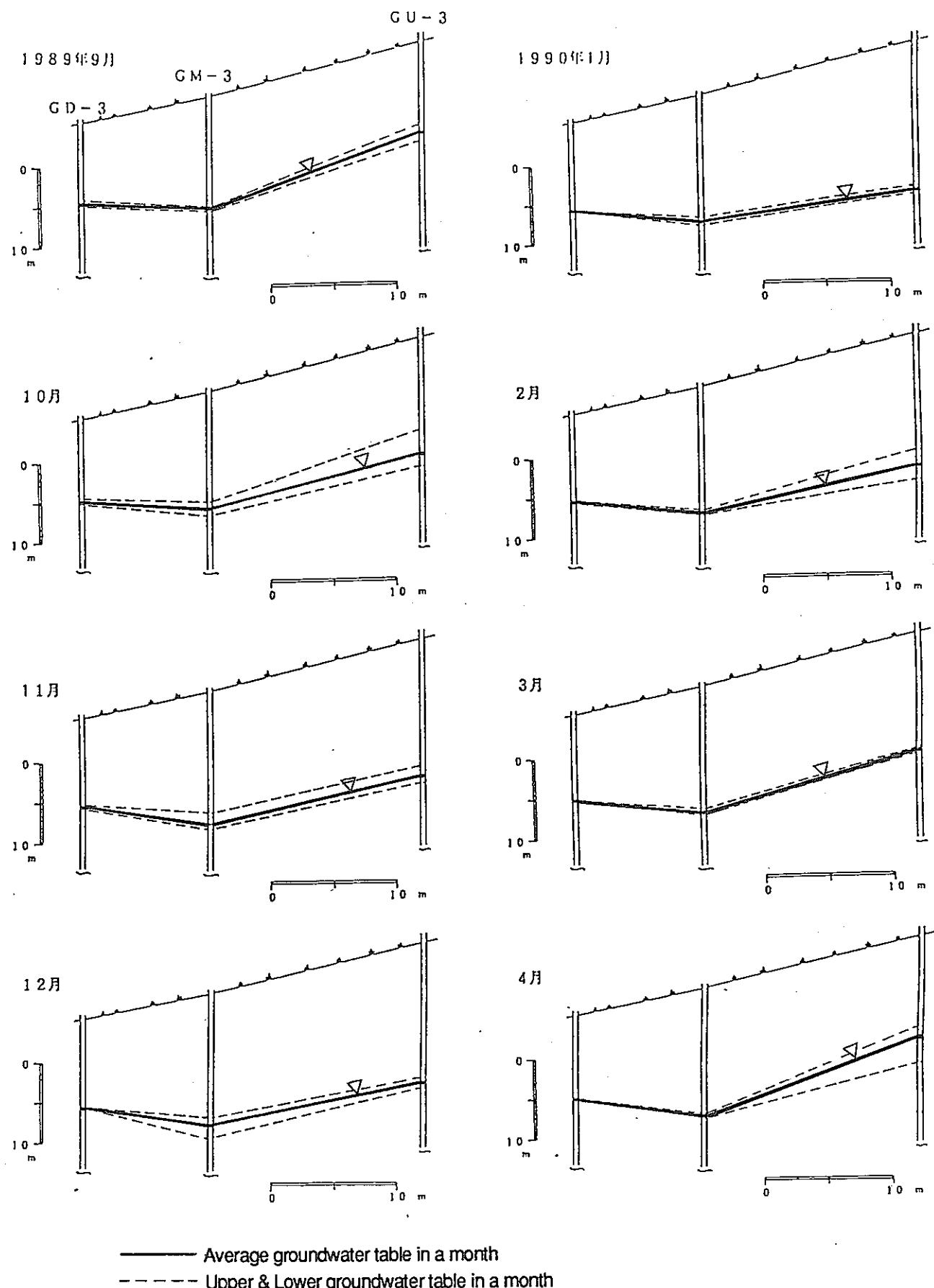


図-4.4.3 地下水位観測結果断面図（測線3）

表-4.3 河川流量、蒸発量計測結果

		降水量 (mm)	S P D 流出量 (mm)	損失量 (mm)	正馬様 蒸発計 蒸発量 (mm)	Penman 可能蒸発散量 (鉱山) (mm)	Thornthwaite 可能蒸発散量 (正馬様) (mm)	Brutsaert -Stricker 実蒸発散量 (mm)
年	月							
1989	5	171	117.8	53.2	41	66.2	77.7	57
	6	241	150.7	90.3	59	71	103.7	66.5
	7	191	139	52	60	70.9	132	76.6
	8	100.5	40.3	60.2	72	86.4	134.5	78.5
	9	656	343.5	312.5	43	52.1	103.2	54.6
	10	72.5	45.1	27.4	31.5	59.1	54.7	44.9
	11	65.5	38.2	27.3	16.7	27.8	28.5	9.4
	12	40.5	31.8	8.7	17.5	21.8	5.3	1.3
1990	1	70.5	45.1	25.4	-	20	0	2
	2	140	121.5	18.5	23.4	30.3	12.7	13.6
	3	118.5	92.3	26.2	35.5	53	19	20.3
	4	136.5	129.6	6.9	39.8	72.2	44.2	41.9
合計		2003.5	1294.9	708.6	439.4	630.8	715.5	466.6

表-4.4 土壤透水試験結果一覧表

(a) 測線 1

深度	D F - 1	D U - 1	D M - 1
20cm	1.52×10^{-3}	2.69×10^{-3}	3.52×10^{-4}
40cm	1.42×10^{-5}	3.86×10^{-6}	4.99×10^{-6}
60cm	2.99×10^{-5}	3.23×10^{-6}	1.57×10^{-6}
100cm	1.81×10^{-5}	5.04×10^{-5}	6.75×10^{-6}
150cm	8.95×10^{-5}	2.99×10^{-6}	2.69×10^{-5}
200cm	3.13×10^{-4}	1.13×10^{-5}	3.28×10^{-5}
300cm	1.87×10^{-4}	1.32×10^{-6}	2.54×10^{-4}
500cm	4.40×10^{-4}	4.21×10^{-5}	1.32×10^{-4}

(cm/sec)

(b) 測線 2

深度	D D - 1	D U - 2	D M - 2
20cm	2.69×10^{-3}	1.86×10^{-4}	5.63×10^{-5}
40cm	1.32×10^{-4}	6.65×10^{-6}	3.38×10^{-6}
60cm	2.11×10^{-4}	4.60×10^{-6}	1.37×10^{-6}
100cm	5.73×10^{-6}	3.13×10^{-6}	7.19×10^{-4}
150cm	6.31×10^{-6}	2.59×10^{-4}	4.11×10^{-4}
200cm	2.06×10^{-6}	5.57×10^{-6}	4.26×10^{-4}
300cm	7.73×10^{-5}	4.89×10^{-7}	4.45×10^{-7}
500cm	1.06×10^{-3}	9.90×10^{-6}	3.62×10^{-4}

(cm/sec)

(c) 測線 3

深度	D U - 3	D M - 3	D D - 3
20cm	2.15×10^{-3}	3.77×10^{-4}	1.17×10^{-3}
40cm	6.79×10^{-6}	8.99×10^{-6}	1.13×10^{-4}
60cm	2.25×10^{-6}	8.56×10^{-6}	8.31×10^{-6}
100cm	1.18×10^{-6}	2.59×10^{-6}	2.40×10^{-5}
150cm	3.96×10^{-4}	1.22×10^{-4}	5.63×10^{-4}
200cm	9.26×10^{-4}	4.55×10^{-5}	7.73×10^{-5}
300cm	2.40×10^{-3}	3.77×10^{-6}	1.32×10^{-4}
500cm	1.38×10^{-4}	2.69×10^{-4}	2.30×10^{-4}

(cm/sec)

表4.5 地表部における空隙率一覧表

深さ (cm)	DF-1 %	DU-1 %	DM-1 %	DO-1 %	DU-2 %	DM-3 %	DU-3 %	DM-3 %	DD-3 %
20	53	60	42	49	56	42	53	46	57
40	47	47	43	39	50	40	41	41	47
60	45	44	43	37	43	38	47	40	42
100	48	45	43	40	44	48	47	43	48
150	44	39	44	39	45	45	50	50	49
200	45	46	49	40	53	49	53	45	50
300	43	45	47	38	57	57	48	42	46
500	48	49	42	51	45	50	44	44	47

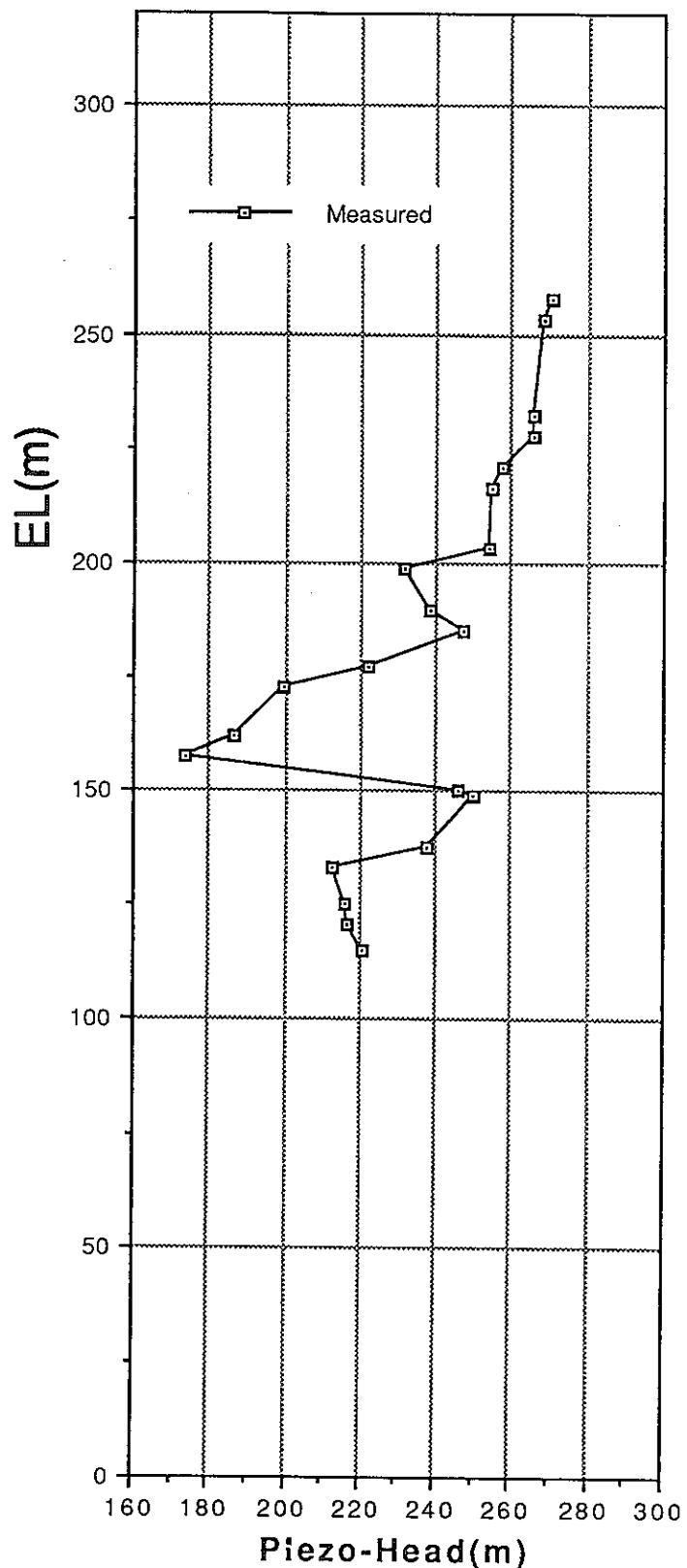


Table-4.6.1 Measured Piezohead
in TH1 (Jan., 8, '90)

EL (m)	Measured (m)
257.70	270.90
253.20	268.90
232.20	266.00
227.70	265.70
220.70	257.70
216.20	254.60
203.20	254.10
198.70	231.90
189.70	238.40
185.20	247.70
177.20	222.20
172.70	199.90
161.70	186.60
157.20	173.90
150.20	246.10
148.70	250.30
137.70	238.10
133.20	212.40
125.20	216.10
120.70	216.90
114.70	220.60

Fig-4.5.1 Measured Piezohead in TH1

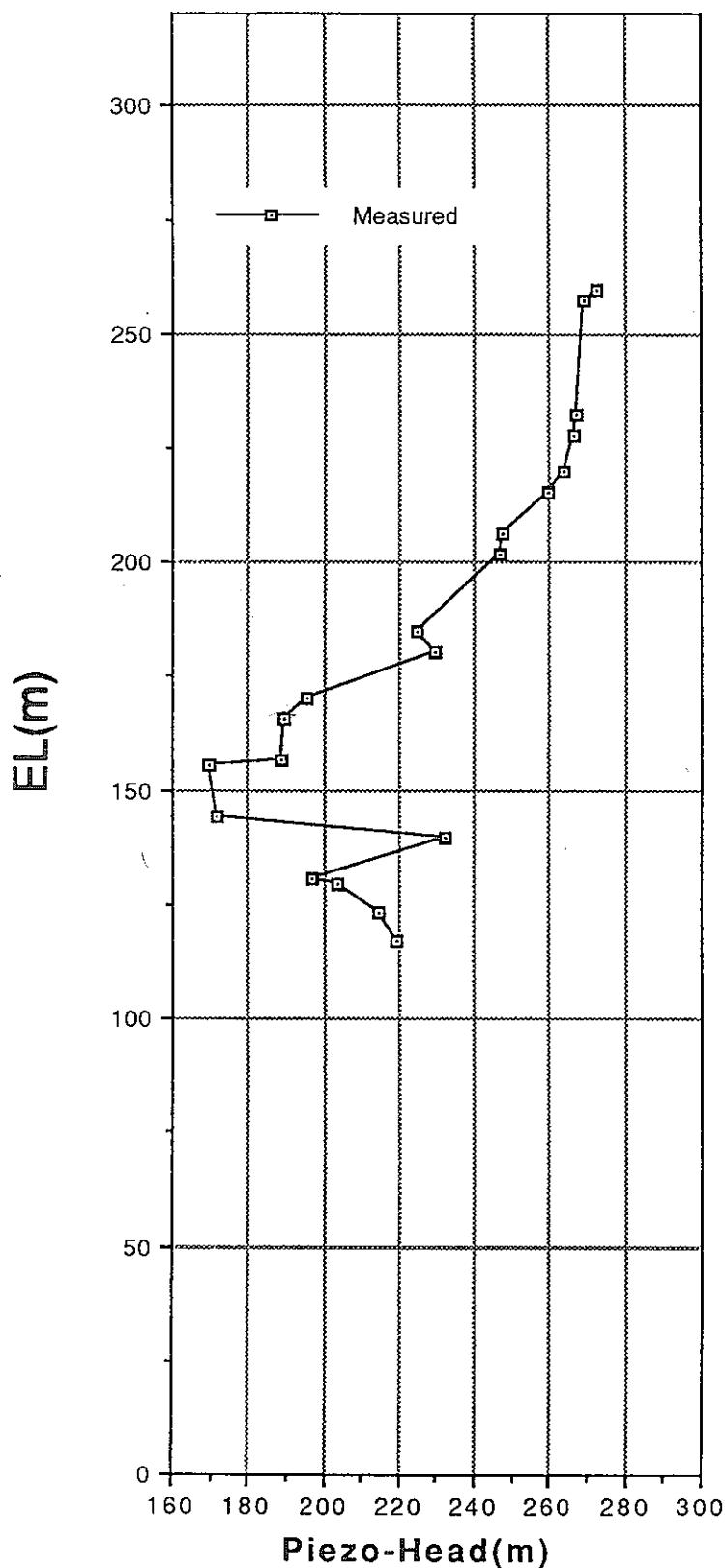


Table-4.6.2 Measured Piezohead
in TH2 (Jan., 25, '90)

EL (m)	Measured (m)
259.70	272.60
257.20	269.60
232.20	267.00
227.70	266.70
219.70	263.60
215.20	259.50
206.20	247.40
201.70	247.00
184.70	224.90
180.20	230.00
170.20	195.60
165.70	189.40
156.70	188.40
155.20	169.80
144.20	171.30
139.70	232.30
130.70	196.60
129.20	203.70
123.20	214.50
117.20	219.50

Fig-4.5.2 Measured Piezohead in TH2

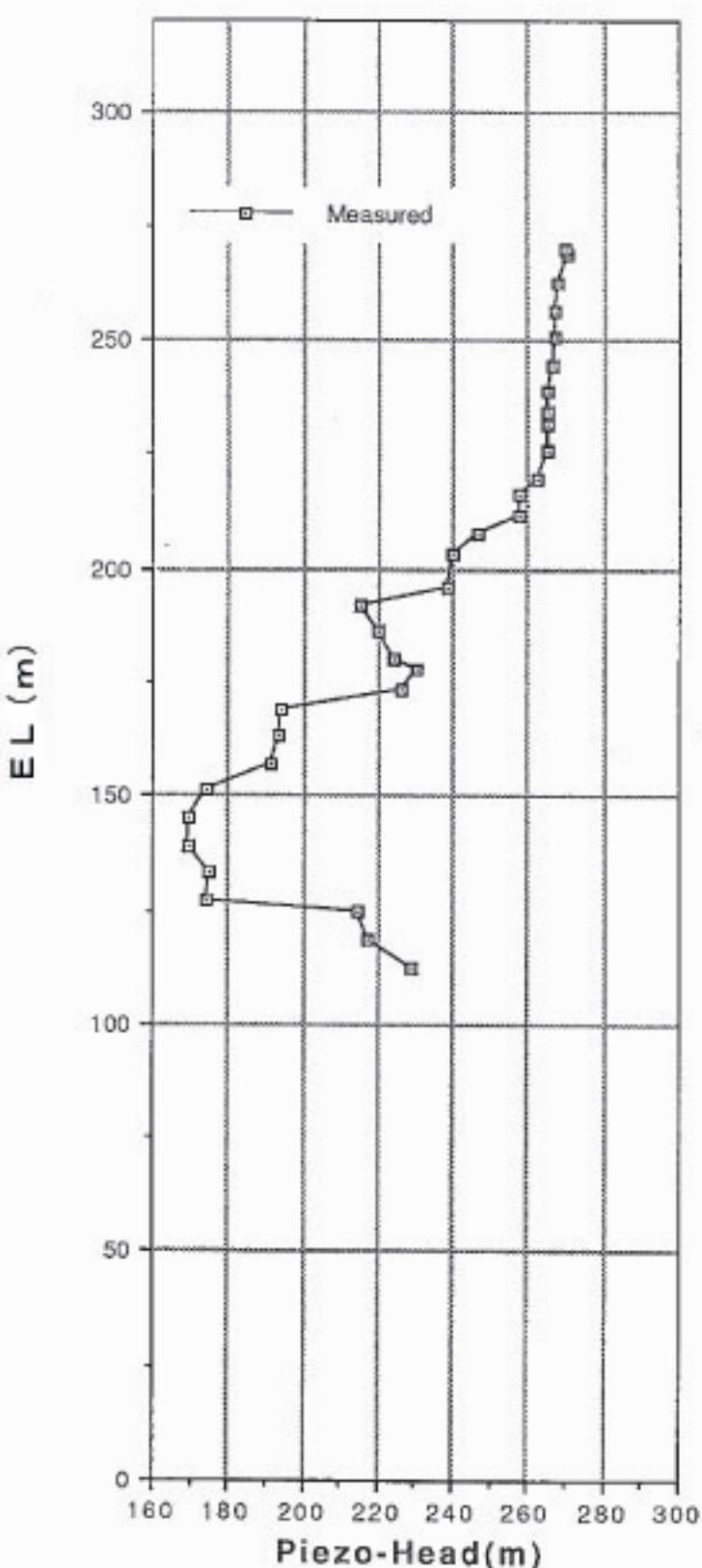


Fig-4.5.3 Measured Piezohead in TH3

Table-4.6.3 Measured Piezohead in TH1 (Jan., 10, '90)

EL (m)	Measured (m)
270.00	270.20
268.50	270.50
262.50	268.20
256.50	267.30
250.50	266.90
244.50	266.70
238.50	265.10
234.00	265.00
231.50	265.30
225.50	265.10
219.50	262.20
216.00	257.90
211.50	257.70
207.50	246.50
203.00	239.90
196.00	238.30
192.00	215.20
186.00	219.90
180.00	224.30
177.50	230.10
173.00	226.00
169.00	193.90
163.00	193.70
157.00	191.60
151.00	174.30
145.00	169.40
139.00	169.40
133.00	174.70
127.00	174.60
124.50	214.60
118.50	217.60
112.50	228.90

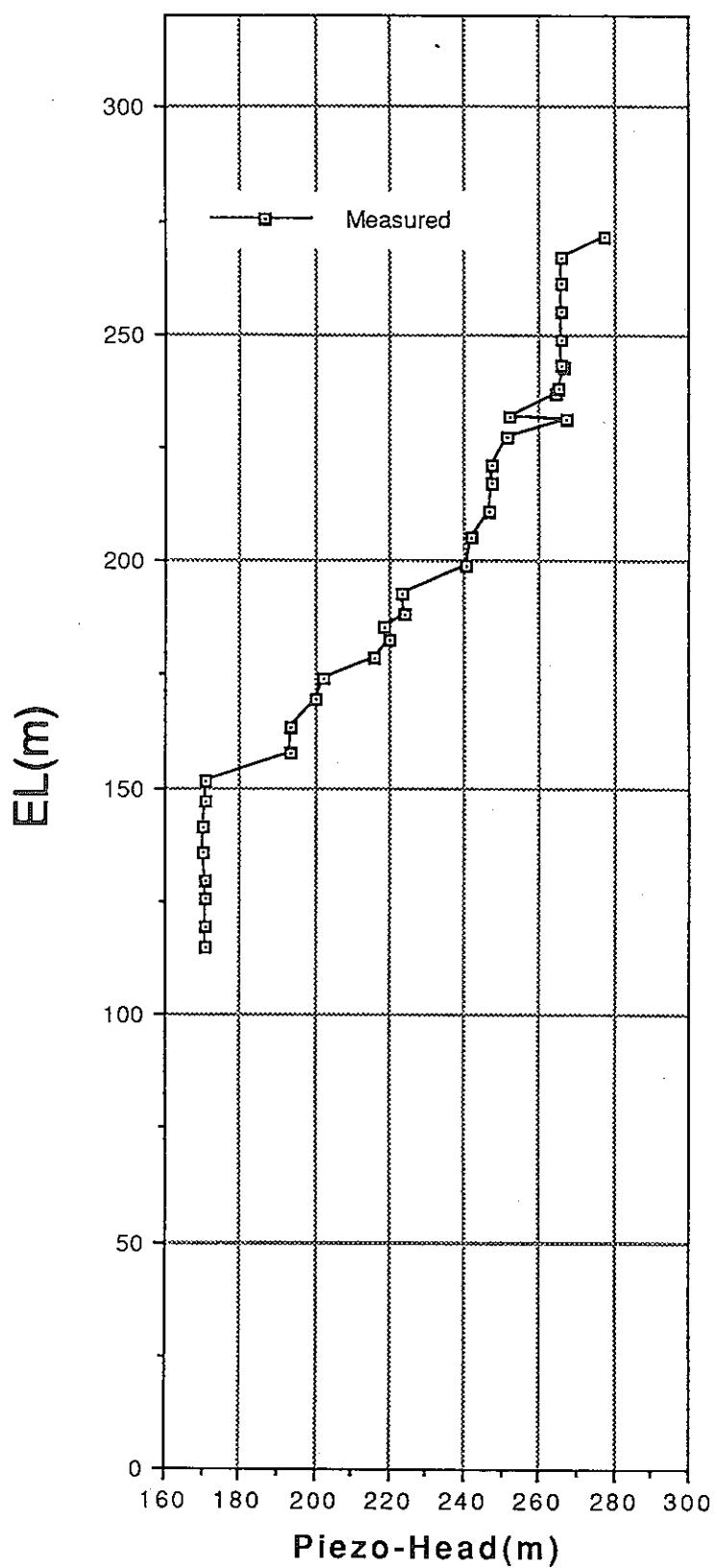


Table-4.6.4 Measured Piezohead
in TH4 (Jan., 11&12, '90)

EL (m)	Measured (m)
242.50	266.30
238.00	265.40
232.00	252.30
227.00	251.60
221.00	247.10
217.00	247.10
211.00	246.90
205.00	241.70
199.00	240.90
193.00	223.40
188.50	224.40
185.50	219.00
182.50	220.40
178.50	216.10
174.00	202.50
169.50	200.40
163.50	193.20
157.50	193.50
151.50	171.20
147.00	170.60
141.50	170.50
135.50	170.50
129.50	170.80
125.50	170.80
119.50	170.80
115.00	170.80

Fig-4.5.4 Measured Piezohead in TH4

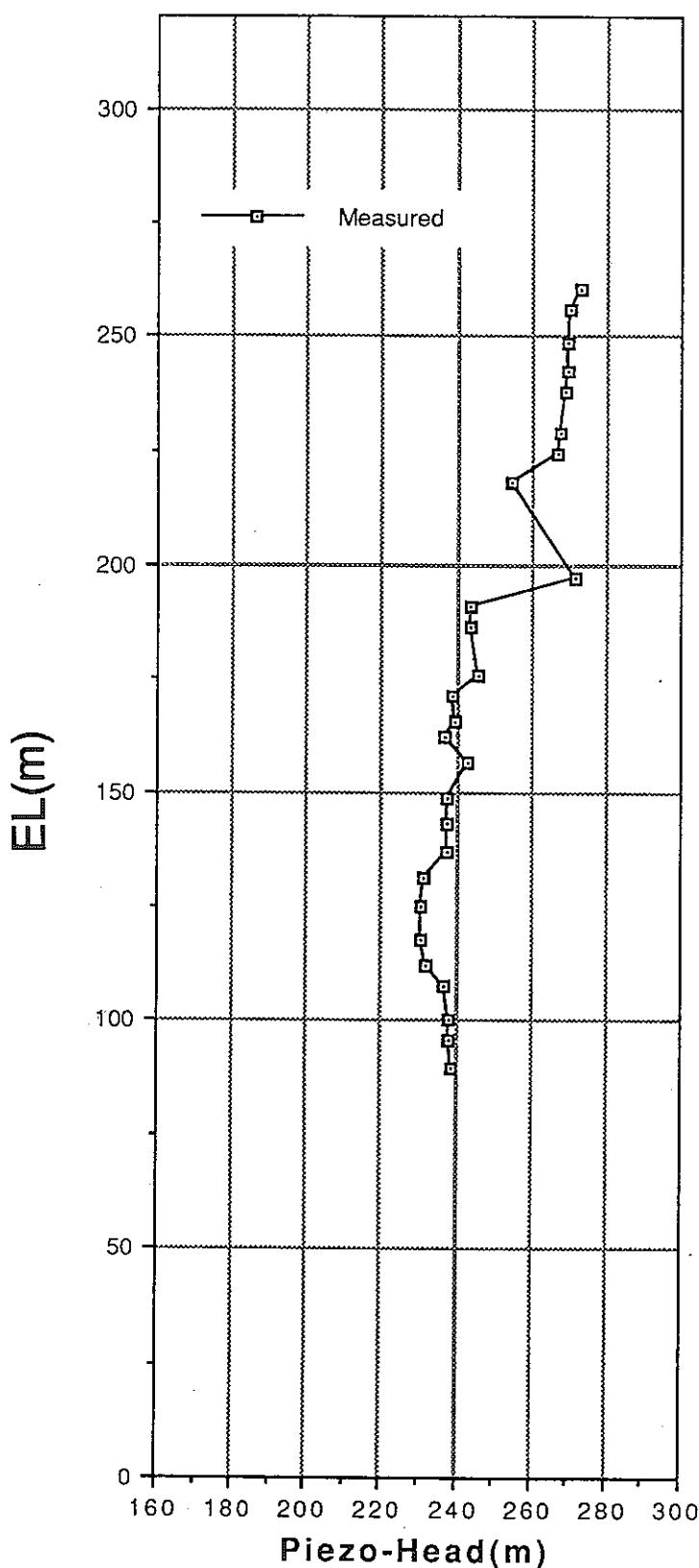


Table-4.6.5 Measured Piezohead
in TH5 (Jan., 17, '90)

EL (m)	Measured (m)
197.00	271.70
191.00	243.90
186.50	243.50
176.00	245.60
171.50	239.20
165.50	239.60
162.50	236.70
156.50	243.00
149.00	237.80
143.00	237.70
137.00	237.70
131.00	231.60
125.00	231.00
118.00	231.00
112.00	232.20
107.50	236.60
100.00	238.40
95.50	238.50
89.50	239.00
260.50	273.10
256.00	270.30
248.50	270.10
242.50	269.60
238.00	268.90
228.50	267.90
224.00	267.40
218.00	255.00

Fig-4.5.5 Measured Piezohead in TH5

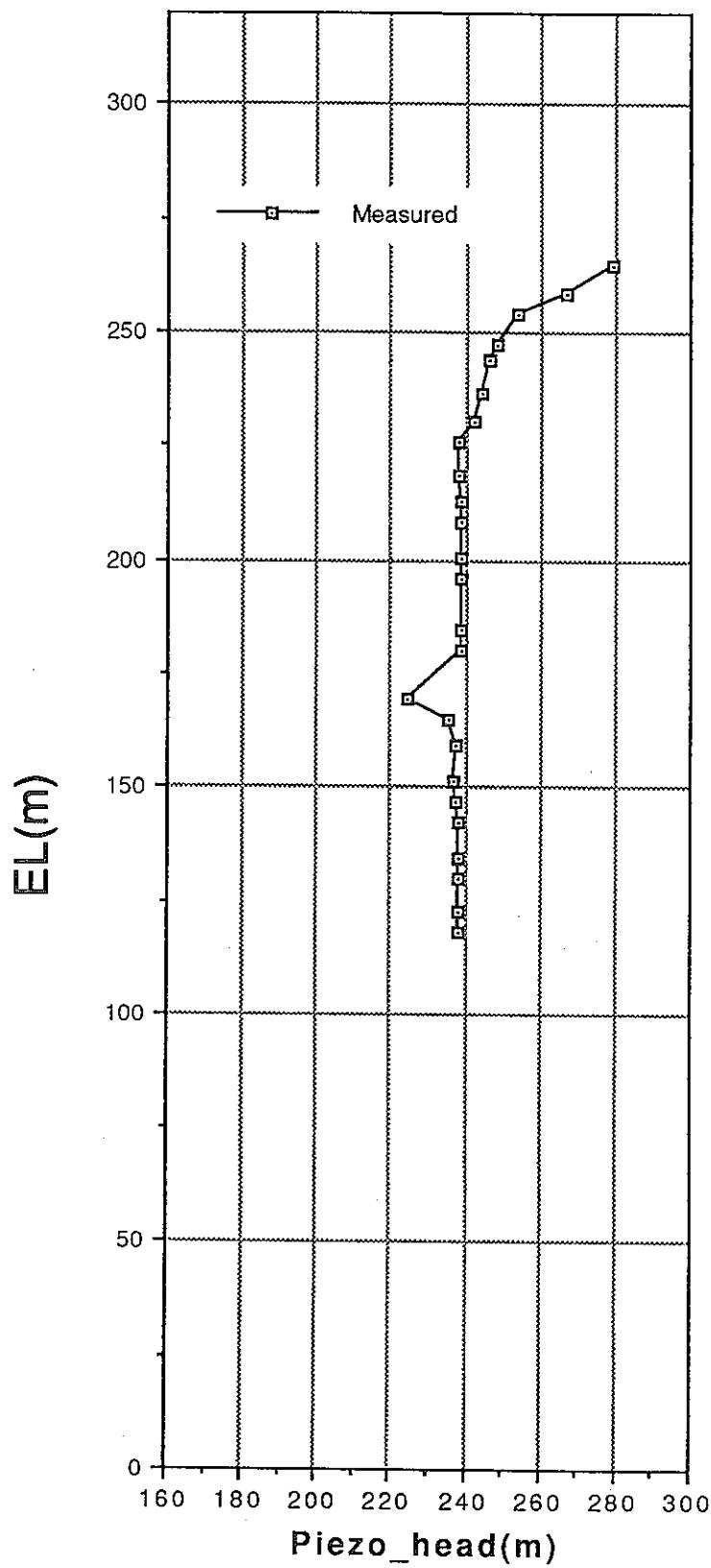


Table-4.6.6 Measured Piezohead
in TH6 (Jan., 18, '90)

EL (m)	Measured (m)
264.50	279.50
258.50	267.20
254.00	254.20
247.00	248.70
244.00	246.20
236.50	244.10
230.50	242.60
226.00	238.30
218.50	238.40
212.50	238.80
208.00	238.70
200.50	238.70
196.00	238.90
184.50	238.60
180.00	238.60
169.50	224.30
165.00	235.20
159.00	237.30
151.00	237.20
146.50	237.80
142.00	237.90
134.50	237.90
130.00	238.00
122.50	238.10
118.00	238.10

Fig-4.5.6 Measured Piezohead in TH6

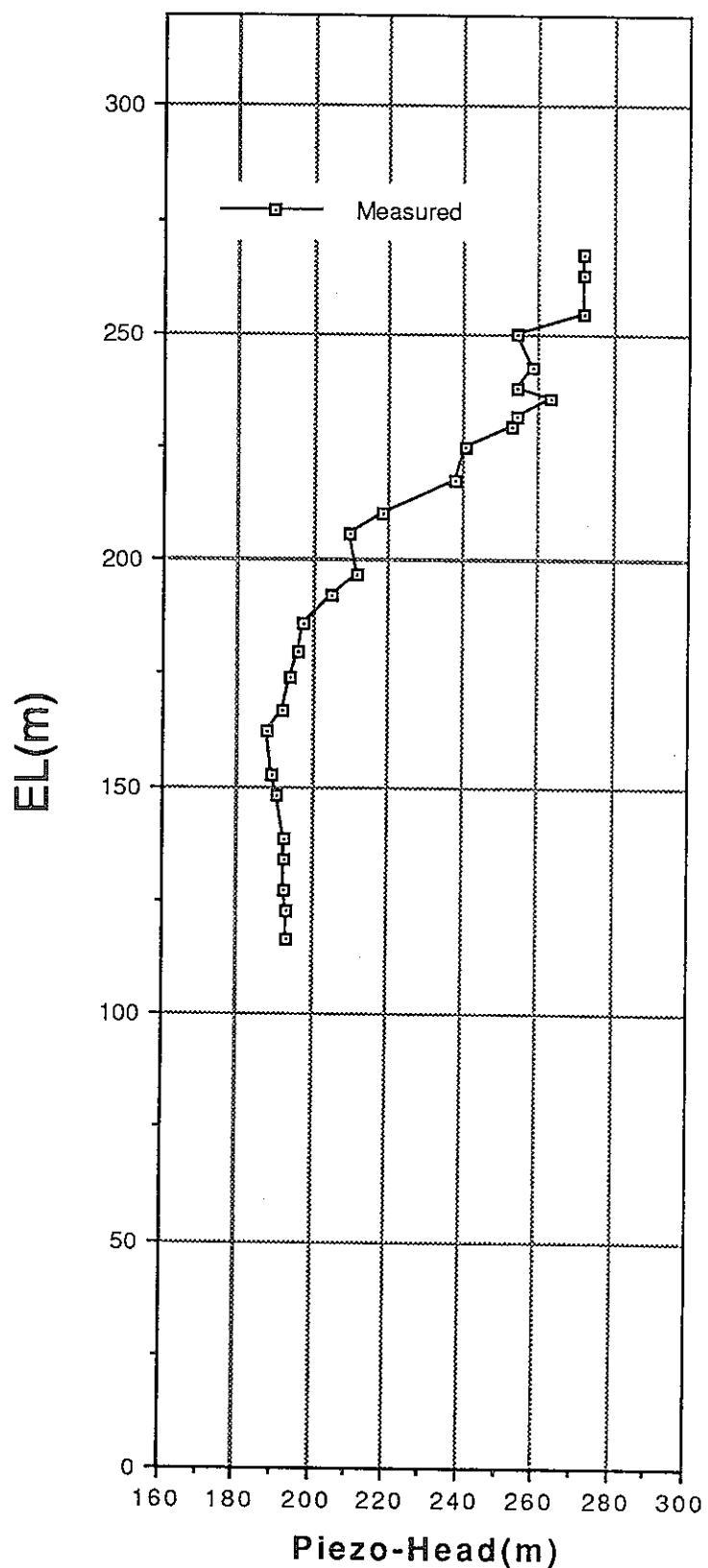


Fig-4.5.7 Measured Piezohead in TH7

Table-4.6.7 Measured Piezohead in TH7 (Jan., 23&24, '90)

EL (m)	Measured (m)
235.50	263.30
229.50	252.70
225.00	240.30
217.50	237.90
210.50	218.80
206.00	210.00
196.50	212.20
192.00	204.80
186.00	197.30
180.00	196.00
174.00	194.10
167.00	191.90
162.50	188.30
152.50	189.10
148.00	190.40
138.50	192.70
134.00	192.70
127.00	192.80
122.50	193.60
116.50	193.60
267.50	272.10
263.00	272.10
254.50	271.90
250.00	254.10
242.50	258.40
238.00	254.30
232.00	254.00

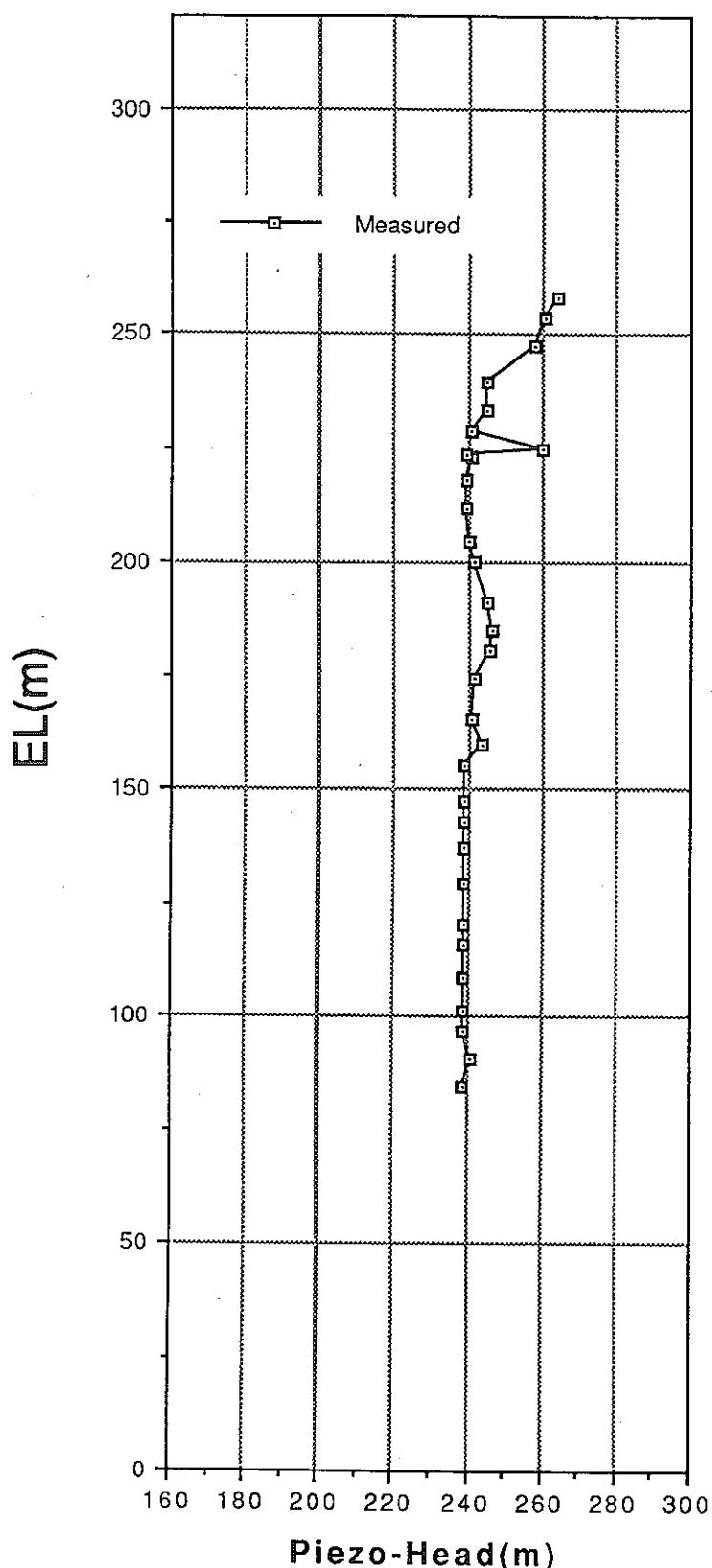


Fig-4.5.8 Measured Piezohead in TH8

Table-4.6, 8 Measured Piezohead
in TH8 (Jan., 22&23, '90)

EL (m)	Measured (m)
225.20	260.30
224.00	239.50
218.00	239.70
212.00	239.80
204.50	240.10
200.00	241.40
191.00	244.80
185.00	246.60
180.50	245.90
174.50	241.40
165.50	240.80
159.50	243.80
155.00	238.80
147.50	238.80
143.00	238.90
137.00	239.00
129.50	239.00
120.50	239.00
116.00	239.00
108.50	239.00
101.00	238.90
96.50	238.90
90.80	241.20
84.50	238.90
258.00	264.50
253.50	261.00
247.50	257.90
239.50	245.20
233.50	244.90
229.00	241.00
223.00	241.10

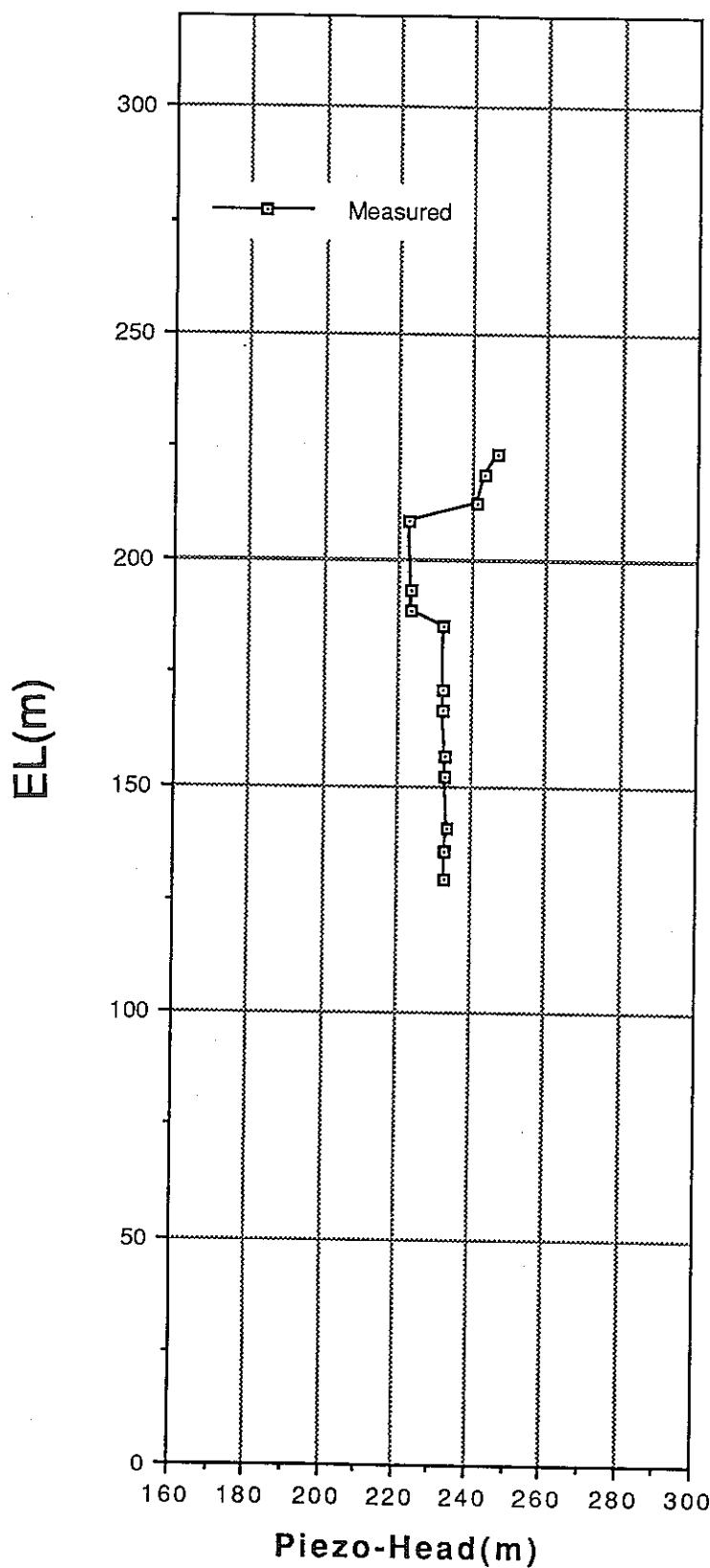


Table-4.6.9 Measured Piezohead
in SN4 (Jan., 19, '90)

EL (m)	Measured (m)
223.30	246.90
218.80	243.40
212.80	241.10
208.90	223.10
193.40	223.60
188.90	223.60
185.40	232.40
171.40	232.50
167.00	232.60
156.70	232.90
152.20	232.80
141.00	233.70
135.70	232.90
129.70	232.90

Fig-4.5.9 Measured Piezohead in SN4

表-4.7.1 原位置透水試験結果一覧表

試錐孔名	孔口標高 (m)	測定方法	測 定 区 間		区間長 (m)	間 隙	水 壓 cm/sec	透水係数	
			GL- (m)	GL- (m)					
TT-3 (TH-1)	286.41	低圧ルジオン	33.0	38.0	253.41	248.41	5.0	20.95	265.46 2.6E-6 明世累層細粒砂岩
		低圧ルジオン	58.3	63.3	228.11	223.11	5.0	23.25	263.16 3.1E-6 明世累層細粒~中粒砂岩
		低圧ルジオン	80.0	85.0	206.41	201.41	5.0	1.95	284.46 4.5E-8 土岐夾炭累層細粒砂岩
		低圧ルジオン	88.0	95.0	198.41	191.41	7.0	16.95	269.46 6.9E-8 土岐夾炭累層礫岩
		低圧ルジオン	111.0	116.0	175.41	170.41	5.0	31.95	254.46 2.5E-7 土岐夾炭累層細粒砂岩、礫岩
		低圧ルジオン	126.0	133.5	160.41	152.91	7.5	99.95	186.46 1.3E-7 土岐夾炭累層礫岩(断層)
		低圧ルジオン	154.5	159.5	131.91	126.91	5.0	30.45	255.96 9.7E-7 土岐夾炭礫岩
		低圧ルジオン	162.0	181.0	124.41	105.41	19.0	72.95	213.46 1.2E-7 花崗岩(断層)
TH-2	289.32	低圧ルジオン	32.0	37.1	257.32	252.22	5.1	22.15	267.17 2.18E-6 明世累層、亀裂部
		低圧ルジオン	62.0	67.1	227.32	222.22	5.1	3.95	285.37 1.52E-7 明世累層/土岐
		低圧ルジオン	74.0	79.1	215.32	210.22	5.1	25.95	263.37 1.84E-8 明世累層/土岐夾炭累層境界部
		低圧ルジオン	88.0	93.1	201.32	196.22	5.1	12.95	276.37 1.13E-7 土岐夾炭累層上部下部境界部
		低圧ルジオン	110.0	115.1	179.32	174.22	5.1	21.95	267.37 1.63E-7 土岐夾炭累層下部層砂岩泥岩
		低圧ルジオン	124.0	129.1	165.32	160.22	5.1	76.95	212.37 1.00E-7 土岐夾炭累層下部層礫岩層
		低圧ルジオン	134.0	139.1	155.32	150.22	5.1	100.45	188.87 8.68E-8 断層部
		低圧ルジオン	149.5	154.6	139.82	134.72	5.1	20.55	268.77 3.35E-5 土岐夾炭累層下部層砂岩泥岩
		低圧ルジオン	160.8	165.9	128.52	123.42	5.1	18.85	270.47 4.30E-5 土岐夾炭累層下部層礫岩
		低圧ルジオン	166.5	177.3	122.82	112.02	10.8	22.50	266.82 4.76E-6 花崗岩風化部
TH-3	297.55	低圧ルジオン	51.0	56.1	246.55	241.45	5.1	34.15	263.40 2.29E-6 明世累層、中粒砂岩
		低圧ルジオン	57.0	62.1	240.55	235.45	5.1	38.15	259.40 1.54E-6 明世累層、 中粒砂岩
		低圧ルジオン	62.0	67.1	235.55	230.45	5.1	36.15	261.40 8.23E-6 明世累層、 泥岩
		低圧ルジオン	69.0	74.1	228.55	223.45	5.1	33.15	264.40 4.39E-7 明世累層、 土岐夾炭累層境界
		低圧ルジオン	85.0	90.1	212.55	207.45	5.1	41.15	256.40 3.69E-8 土岐夾炭累層、 上部層、 砂岩
		低圧ルジオン	97.0	102.1	200.55	195.45	5.1	34.15	263.40 3.87E-8 土岐夾炭累層上部/下部境界
		低圧ルジオン	119.0	124.1	178.55	173.45	5.1	40.15	257.40 8.21E-8 土岐夾炭累層下部、 砂岩
		低圧ルジオン	162.0	167.1	135.55	130.45	5.1	88.15	209.40 2.73E-7 花崗岩風化部
		低圧ルジオン	168.0	173.1	129.55	124.45	5.1	70.15	227.40 3.76E-6 断層
		低圧ルジオン	178.0	183.1	119.55	114.45	5.1	50.15	247.40 6.54E-6 土岐夾炭累層下部層、 紫岩
TH-4(2)	309.48	低圧ルジオン	66.5	71.6	242.98	237.88	5.1	49.65	259.83 5.26E-8 明世累層、凝灰岩
		低圧ルジオン	74.0	79.1	235.48	230.38	5.1	7.15	302.33 5.15E-8 明世累層 / 土岐夾炭累層境界、凝灰岩
TH-4	310.07	低圧ルジオン	80.0	85.1	230.07	224.97	5.1	55.95	254.12 2.11E-8 明世累層 / 土岐夾炭累層境界、砂質凝灰岩
		低圧ルジオン	91.0	96.1	219.07	213.97	5.1	58.95	251.12 7.41E-6 土岐夾炭累層、礫岩
		低圧ルジオン	105.0	110.1	205.07	199.97	5.1	44.95	265.12 3.24E-8 土岐夾炭累層上部層
		低圧ルジオン	116.0	121.1	194.07	188.97	5.1	53.95	256.12 2.49E-8 土岐夾炭累層上部、礫岩
		低圧ルジオン	122.0	127.1	188.07	182.97	5.1	45.95	264.12 4.96E-8 土岐夾炭累層上部/下部境界
		低圧ルジオン	140.0	145.1	170.07	164.97	5.1	95.95	214.12 3.60E-8 土岐夾炭累層下部層、砂岩
		低圧ルジオン	162.0	167.1	148.07	142.97	5.1	122.95	187.12 1.17E-5 土岐夾炭累層下部層
		低圧ルジオン	176.0	181.1	134.07	128.97	5.1	123.95	186.12 1.77E-5 花崗岩不整合直下
		低圧ルジオン	189.0	194.1	121.07	115.97	5.1	121.95	188.12 1.77E-5 花崗岩風化層
		低圧ルジオン	197.0	201.1	113.07	108.97	4.1	127.95	182.12 2.07E-5 花崗岩
TH-5(2)	288.44	低圧ルジオン	34.0	39.1	254.44	249.34	5.1	28.15	260.29 6.28E-7 明世累層、亀裂部

表-4.7.2 原位置透水試験結果一覧表

		低圧ルジオン	65.0	70.1	223.44	218.34	5.1	6.15	282.29	4.18E-8	明世累層／土岐夾炭累層境界
		低圧ルジオン	77.0	83.6	211.44	204.84	6.6	75.15	213.29	1.39E-7	土岐夾炭累層上部層、凝灰岩
TH-5	287.42	低圧ルジオン	96.0	101.1	191.42	186.32	5.1	21.15	266.27	3.44E-8	土岐夾炭累層上部層、砂質泥岩
		低圧ルジオン	119.0	124.1	168.42	163.32	5.1	50.15	237.27	1.28E-7	土岐夾炭累層上部層／下部層境界
		低圧ルジオン	144.0	149.1	143.42	138.32	5.1	56.15	231.27	9.38E-6	土岐夾炭累層下部層、礫岩
		低圧ルジオン	151.0	156.1	136.42	131.32	5.1	38.15	249.27	1.74E-5	土岐夾炭累層下部層、礫岩
		低圧ルジオン	160.0	165.1	127.42	122.32	5.1	69.15	218.27	5.64E-7	土岐夾炭累層不整合直
		低圧ルジオン	170.0	175.1	117.42	112.32	5.1	73.15	214.27	2.52E-7	花崗岩
		低圧ルジオン	182.0	187.1	105.42	100.32	5.1	51.15	236.27	5.44E-7	花崗岩、亀裂部
		低圧ルジオン	55.0	60.1	257.78	252.68	5.1	52.15	260.63	3.20E-8	生俵累層、シルト岩
TH-6	312.78	低圧ルジオン	66.0	71.1	246.78	241.68	5.1	59.15	253.63	3.16E-6	生俵累層、細粒砂岩
		低圧ルジオン	79.0	84.1	233.78	228.68	5.1	74.15	238.63	2.81E-6	生俵累層基底礫岩
		低圧ルジオン	85.0	90.1	227.78	222.68	5.1	79.15	233.63	6.81E-6	生俵累層／明世累層、基底礫岩
		低圧ルジオン	110.0	115.1	202.78	197.68	5.1	89.15	223.63	4.60E-8	明世累層／土岐夾炭累層境界、凝灰質砂岩
		低圧ルジオン	127.0	132.1	185.78	180.68	5.1	86.15	226.63	2.08E-8	土岐夾炭累層、割れ目帶
		低圧ルジオン	133.0	138.1	179.78	174.68	5.1	90.15	222.63	2.23E-7	土岐夾炭累層、割れ目帶
		低圧ルジオン	157.0	162.1	155.78	150.68	5.1	97.15	215.63	1.80E-7	土岐夾炭累層不整合直下
		低圧ルジオン	175.0	180.1	137.78	132.68	5.1	87.15	225.63	2.24E-6	花崗岩
TH-7(2)	306.7	低圧ルジオン	187.0	192.1	125.78	120.68	5.1	85.15	227.63	1.61E-6	花崗岩、割れ目部
		低圧ルジオン	65.0	70.1	241.70	236.60	5.1	56.15	250.55	4.24E-8	明世累層細~中粒砂岩
TH-7	306.83	低圧ルジオン	74.5	79.6	232.20	227.10	5.1	64.65	242.05	2.73E-7	明よ累層中粒砂岩,礫岩
		低圧ルジオン	86.0	91.1	220.83	215.73	5.1	70.15	236.68	4.17E-6	明世累層／土岐夾炭累層境界
		低圧ルジオン	104.0	109.1	202.83	197.73	5.1	97.15	209.68	1.31E-7	土岐夾炭累層上部層、礫岩
		低圧ルジオン	115.0	120.1	191.83	186.73	5.1	90.15	216.68	4.78E-7	土岐夾炭累層上部層／下部層境界
		低圧ルジオン	126.0	131.1	180.83	175.73	5.1	112.15	194.68	5.78E-7	土岐夾炭累層下部層、礫岩
		低圧ルジオン	131.0	136.1	175.83	170.73	5.1	104.15	202.68	1.73E-6	土岐夾炭累層不整合直上、割れ目部
		低圧ルジオン	140.0	145.1	166.83	161.73	5.1	97.15	209.68	1.84E-6	花崗岩不整合直下、風化花崗岩
		低圧ルジオン	162.0	167.1	144.83	139.73	5.1	107.15	199.68	5.69E-8	花崗岩
TH-8(2)	274.7	低圧ルジオン	175.0	180.1	131.83	126.73	5.1	108.15	198.68	8.79E-7	花崗岩
		低圧ルジオン	175.0	187.0	131.83	119.83	12.0	110.10	196.73	6.11E-7	花崗岩
		低圧ルジオン	32.0	37.1	252.70	237.60	5.1	10.15	264.55	1.02E-8	生俵累層、凝灰質砂岩
		低圧ルジオン	46.0	51.1	228.70	223.60	5.1	41.15	233.55	3.67E-6	生俵累層基底礫
TH-8	276.12	低圧ルジオン	60.0	65.1	216.12	211.02	5.1	19.75	256.37	1.59E-7	明世累層、砂岩
		低圧ルジオン	74.0	79.1	202.12	197.02	5.1	6.75	269.37	8.18E-8	明世累層／土岐夾炭累層境界
		低圧ルジオン	104.00	109.10	172.12	167.02	5.1	27.75	248.37	5.28E-7	土岐夾炭累層上部層／下部層境界
		低圧ルジオン	119.75	124.85	156.37	151.27	5.1	30.50	245.62	7.06E-7	土岐夾炭累層下部層、砂泥互層
		低圧ルジオン	128.75	133.85	147.37	142.27	5.1	16.50	259.62	1.50E-5	土岐夾炭累層不整合直上
		低圧ルジオン	134.75	139.85	141.37	136.27	5.1	32.50	243.62	3.30E-5	花崗岩不整合直下、風化花崗岩
		低圧ルジオン	158.75	163.85	117.37	112.27	5.1	32.50	243.62	3.01E-5	花崗岩、亀裂部
		低圧ルジオン	170.75	175.85	105.37	100.27	5.1	31.50	244.62	3.63E-5	花崗岩
SN-4	254.17	低圧ルジオン	5.1	10.1	249.07	244.07	5.0	0.20	253.97	1.56E-7	明世累層細~中粒砂岩
		低圧ルジオン	15.0	20.0	239.17	234.17	5.0	5.20	248.97	1.18E-7	明世累層細~中粒砂岩
		低圧ルジオン	31.0	36.0	223.17	218.17	5.0	9.75	244.42	8.39E-8	明世累層細~粗粒砂岩

表-4.7.3 原位置透水試験結果一覧表

	低圧ルジョン	36.0	41.0	218.17	213.17	5.0	5.05	249.12	2.56E-7	明世累層中礫岩
	低圧ルジョン	51.0	56.0	203.17	198.17	5.0	31.00	223.17	6.54E-6	土岐夾炭累層礫岩?(コアロス部)
	低圧ルジョン	56.0	61.0	198.17	193.17	5.0	33.50	220.67	1.16E-6	土岐夾炭累層泥岩細礫岩互層
	低圧ルジョン	61.0	66.0	193.17	188.17	5.0	21.60	232.57	2.90E-6	土岐夾炭累層礫岩
	低圧ルジョン	69.0	74.0	185.17	180.17	5.0	27.40	226.77	7.80E-7	土岐夾炭累層コアロス部
	低圧ルジョン	74.0	79.0	180.17	175.17	5.0	18.75	235.42	5.08E-6	花崗岩風化部
	低圧ルジョン	80.0	85.0	174.17	169.17	5.0	27.30	226.87	1.66E-6	花崗岩
	低圧ルジョン	89.0	94.0	165.17	160.17	5.0	27.30	226.87	1.55E-6	花崗岩
	低圧ルジョン	94.5	99.5	159.67	154.67	5.0	28.80	225.37	1.77E-7	花崗岩
	低圧ルジョン	103.9	109.0	150.27	145.17	5.1	25.25	228.92	8.34E-7	花崗岩、割れ目
	低圧ルジョン	116.4	121.5	137.77	132.67	5.1	6.55	247.62	8.05E-8	花崗岩
	低圧ルジョン	121.4	126.5	132.77	127.67	5.1	24.65	229.52	1.14E-6	花崗岩、割れ目
AN-6	254.08	低圧ルジョン	14.0	19.1	240.08	234.98	5.1	8.15	245.93	1.94E-5 明世累層／土岐夾炭累層境界
		低圧ルジョン	34.0	39.1	220.08	214.98	5.1	9.15	244.93	1.35E-6 土岐夾炭累層上部層、泥岩、割れ目
		低圧ルジョン	50.0	55.1	204.08	198.98	5.1	10.15	243.93	5.06E-8 土岐夾炭累層、泥岩
		低圧ルジョン	64.0	69.1	190.08	184.98	5.1	7.15	246.93	5.90E-8 土岐夾炭累層上部層／下部層境界
		低圧ルジョン	74.0	79.1	180.08	174.98	5.1	4.15	249.93	8.24E-9 土岐夾炭累層下部層、泥岩、割れ目
		低圧ルジョン	94.0	99.1	160.08	154.98	5.1	52.15	201.93	5.65E-8 土岐夾炭累層下部層、礫岩
		低圧ルジョン	104.0	109.1	150.08	144.98	5.1	51.15	202.93	1.35E-7 土岐夾炭累層不整合直上、礫岩
		低圧ルジョン	110.0	115.1	144.08	138.98	5.1	51.15	202.93	2.09E-7 花崗岩不整合直下、風化花崗岩
		低圧ルジョン	120.0	125.1	134.08	128.98	5.1	52.15	201.93	2.27E-7 花崗岩、割れ目
		低圧ルジョン	129.0	132.0	125.08	122.08	3.0	53.15	200.93	2.19E-7 花崗岩、断層？

6

測定標高
(m)

GL-(m)
SL-(m)

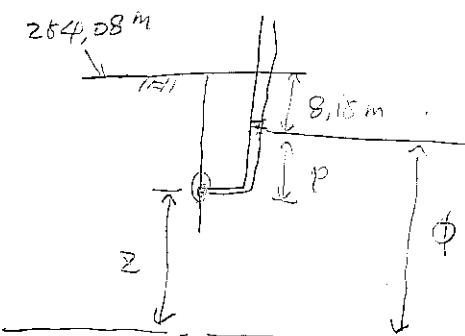
SL-(m)
SL-(m)

(m)
GL-(m)

SL-(m)
cm/sec

測定区間 区間長 間隙水压 透水係数

AN-6



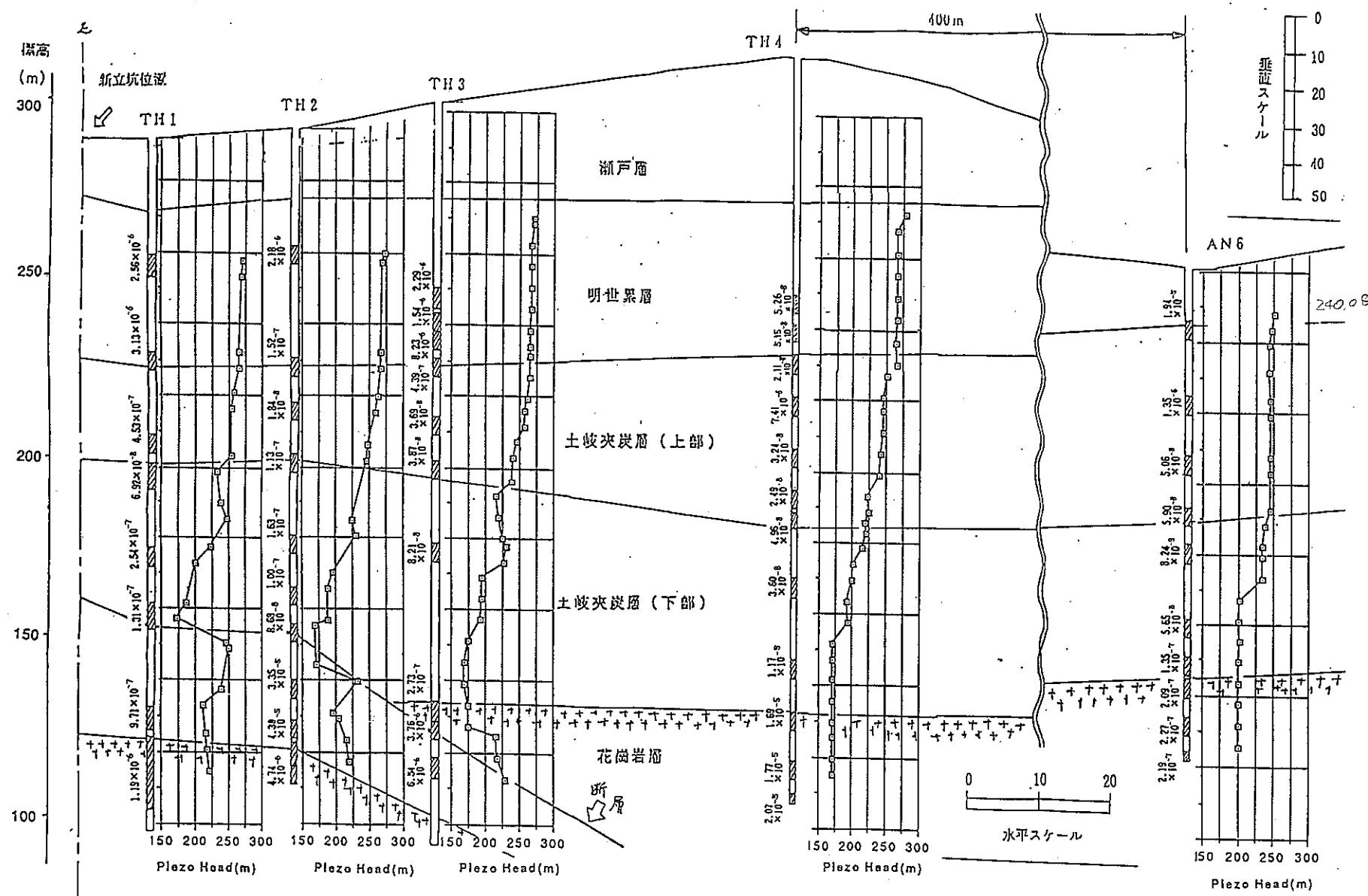


図-4.6.1 TH1～TH4 断面内水理地質調査結果

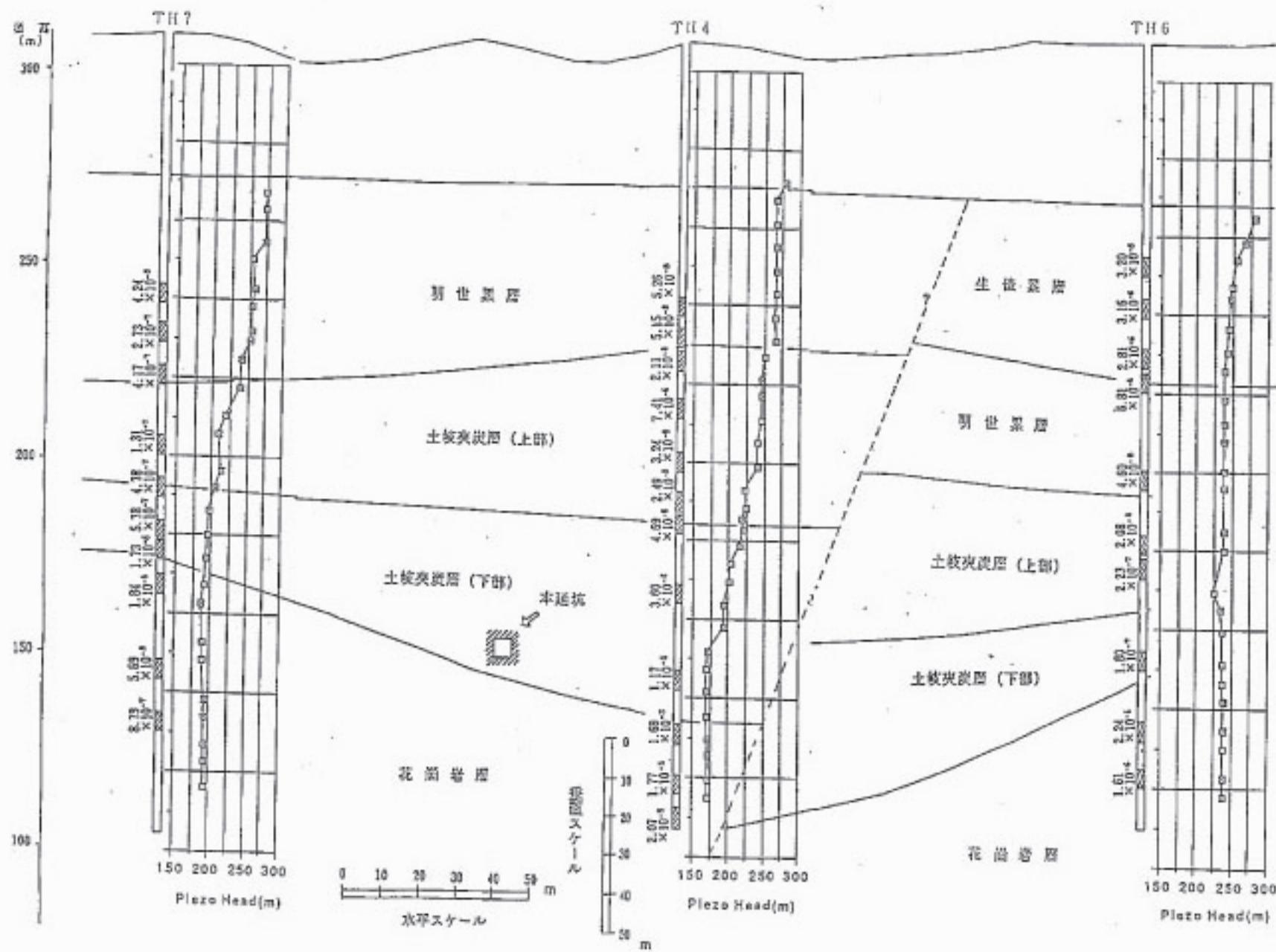


図-4.6.2 TH7, TH4, TH6 断面内水理地質調査結果

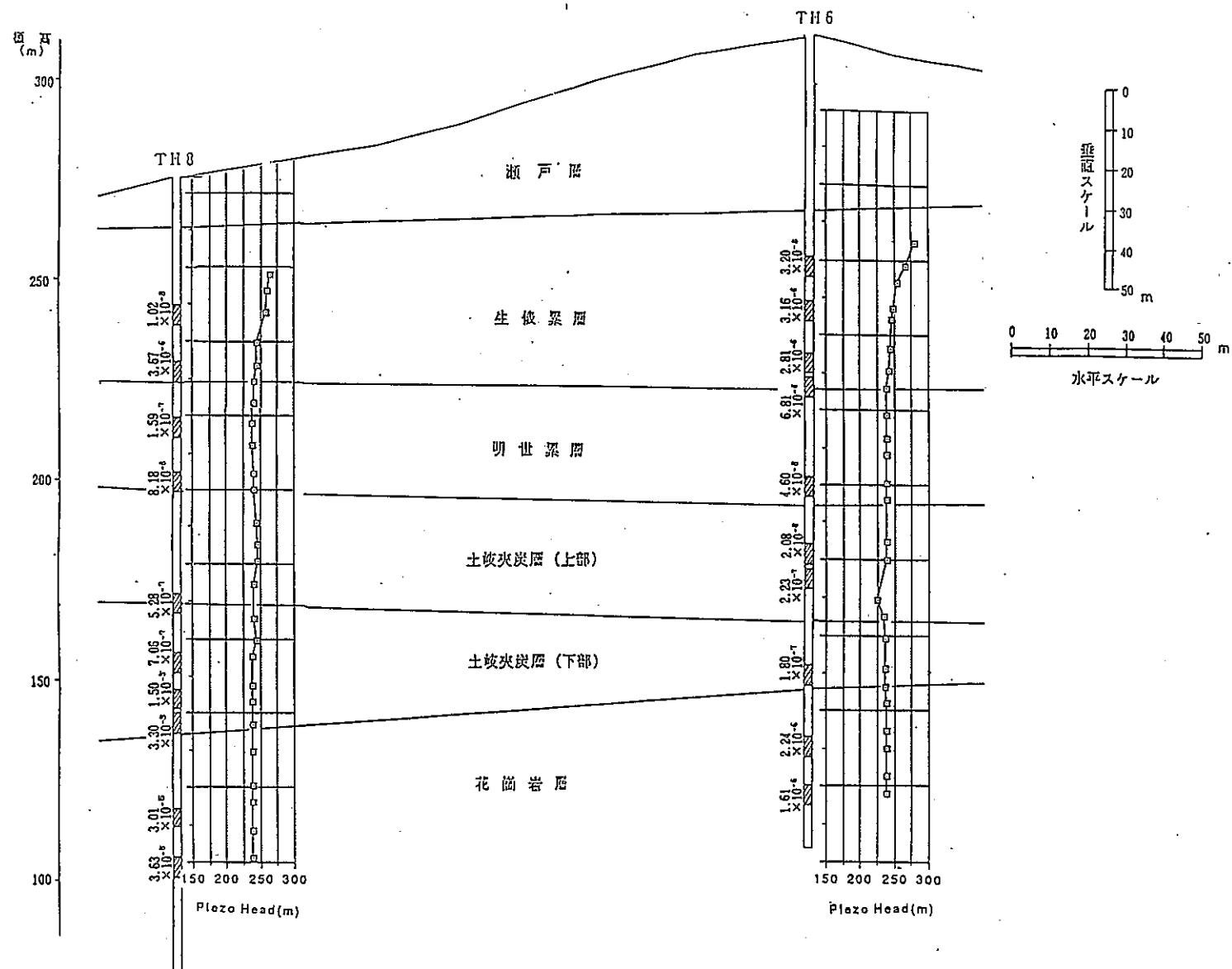


図-4.6.3 TH8, TH7 断面内水理地質調査結果

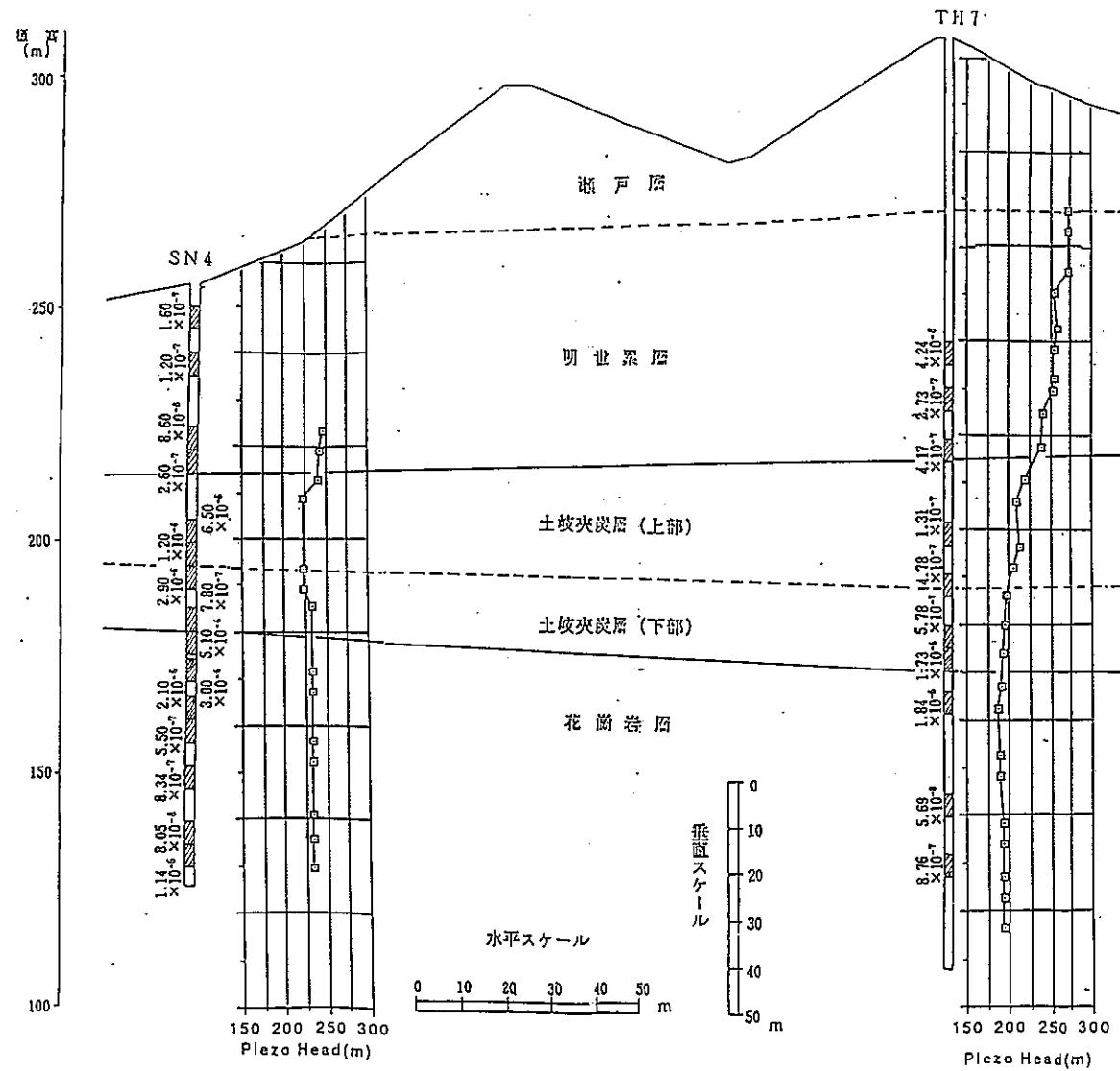


図-4.6.4 SN4, TH7 断面内水理地質調査結果

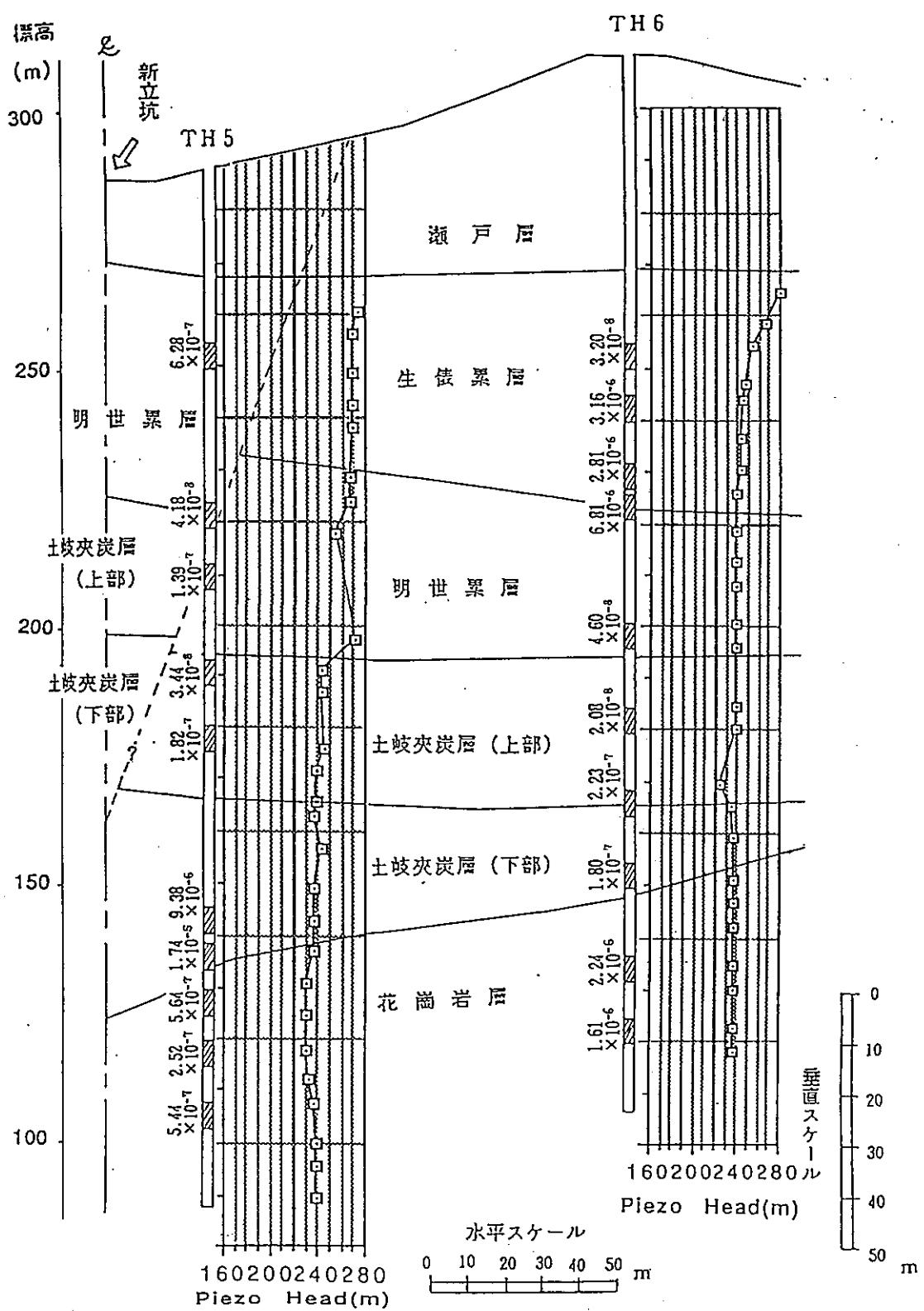


図-4.6.5 TH5, TH6 断面内水理地質調査結果

表-4.8.1 AN1における花崗岩の有効空隙率一覧表

Depth Upper(m)	Depth Lower(m)	Effective Porosity %	Depth Upper(m)	Depth Lower(m)	Effective Porosity %	Depth Upper(m)	Depth Lower(m)	Effective Porosity %
17.15	17.40	9.38	54.15	54.00	1.69	116.40	116.55	1.60
17.30	17.45		55.10	55.30	1.35	120.30	120.40	2.27
17.80	18.85	9.29	55.70	55.85	1.67	121.90	122.10	2.80
17.85	18.85	8.97	55.85	56.05	1.66	124.25	124.40	1.77
18.25	18.35	8.90	56.95	57.10	1.88	126.50	126.60	2.79
19.10	19.30	4.91	57.25	57.40	1.85	128.75	128.85	1.47
20.10	20.30	4.58	58.30	58.50	1.72	130.75	130.90	2.11
20.65	20.85	8.04	59.45	59.60	1.41	132.30	132.40	1.60
21.25	21.65	5.47	59.60	59.70	1.52	134.05	134.15	2.42
21.25	21.65	5.52	60.00	60.20	3.79	136.85	137.00	2.13
21.65	21.95	4.57	60.55	60.70	2.05	138.45	138.60	2.09
22.45	22.55	5.81	64.30	64.45	2.71	142.55	142.65	4.21
22.65	23.00	16.16	64.85	65.00	1.85	144.35	144.45	2.43
23.50	23.60	3.81	65.00	65.15	1.93	145.90	146.00	2.25
23.62	23.75	4.19	66.25	66.15	2.08	149.85	150.00	2.25
23.90	24.05	4.27	67.05	67.20	2.05	150.15	150.25	6.11
24.35	24.55	4.13	68.10	68.00	1.20	150.40	150.50	6.18
24.70	24.85	5.69	68.70	68.85	18.34	150.65	150.80	1.68
25.40	25.60	3.31	69.65	69.80	1.59	153.25	153.40	2.51
26.00	26.30	3.27	70.35	70.55	1.71	154.95	155.10	2.51
27.30	27.50	2.64	71.30	71.45	2.36	157.90	158.00	2.51
27.85	28.00	3.53	71.45	71.60	2.21	162.00	162.50	6.06
28.30	28.50	3.39	72.30	72.40	1.75	165.00	165.15	1.66
29.00	29.20	2.06	73.20	73.40	1.53	166.55	166.65	2.05
29.65	29.80	4.75	74.15	74.30	1.44	174.25	174.40	1.81
30.45	30.60	2.88	75.35	75.45	1.44	177.70	177.85	1.70
31.00	31.10	1.14	76.10	76.30	1.50	187.85	188.00	1.54
31.10	31.25	1.48	77.50	77.60	1.78	188.00	188.15	1.58
33.15	33.35	2.74	78.20	78.35	2.28	195.05	200.20	1.61
34.20	34.35	1.70	80.60	80.75	1.39	200.20	201.30	1.65
35.15	35.45	1.53	82.45	82.65	2.51	202.00	202.20	1.58
35.15	35.45	1.43	83.20	83.35	2.58	206.90	207.05	1.76
36.45	36.80	38.33	84.90	85.05	1.64	208.70	208.95	1.77
36.45	36.80	1.05	85.90	86.10	1.48	210.70	210.80	1.66
37.05	37.70	2.44	87.30	87.45	0.90	212.40	212.55	1.55
39.25	39.50	1.98	88.20	88.30	2.41	214.20	214.40	1.19
39.25	39.50	2.07	88.80	88.95	1.98	215.85	216.00	1.16
40.85	41.10	1.53	89.60	89.75	1.77	216.70	216.85	2.81
41.55	41.80	1.81	90.80	90.95	1.03	215.85	216.70	3.09
42.40	42.70	1.90	91.40	91.60	1.06	219.60	219.70	2.67
42.40	42.70	2.03	92.40	92.50	1.01	223.95	224.05	2.40
43.20	43.35	2.58	93.30	93.50	1.32	224.05	224.20	2.70
43.95	44.15	1.25	94.80	94.90	1.35	225.85	226.00	1.21
44.65	44.80	1.92	95.60	95.80	1.24	227.40	227.50	16.36
44.80	44.90	1.73	96.55	96.65	0.93	229.50	229.60	1.43
45.05	45.20	1.27	97.25	97.40	1.02	232.30	232.50	1.45
45.40	45.60	1.37	98.05	98.15	1.15	235.40	235.40	1.51
45.80	45.95	1.71	99.15	99.35	0.87	237.70	237.90	1.67
46.60	46.80	1.57	101.20	101.45	3.68	240.45	240.55	1.61
47.55	47.80	2.12	104.70	104.90	2.18	243.10	243.30	1.70
47.90	48.05	1.42	106.40	106.55	2.47	245.25	245.40	1.91
48.05	48.20	36.97	107.65	107.75	2.53	247.55	247.65	1.58
49.65	49.85	1.83	109.70	109.90	2.09	250.20	250.30	1.48
51.45	51.65	2.66	112.60	112.70	2.09	252.20	252.30	2.19
53.00	53.15	1.82	114.30	114.45	2.09	252.85	252.95	27.56

表-4.8.2 AN1における花崗岩の有効空隙率一覧表

Depth Upper(m)	Depth Lower(m)	Effective Porosity %	Depth Upper(m)	Depth Lower(m)	Effective Porosity %	Depth Upper(m)	Depth Lower(m)	Effective Porosity %
254.25	254.45	1.64	375.35	375.45	1.30	582.70	582.90	1.12
255.30	255.40	1.41	378.40	378.50	1.11	586.10	586.29	1.36
257.65	257.80	1.26	381.20	381.30	1.06	587.82	588.00	1.34
259.10	259.20	1.01	384.30	384.40	1.17	590.20	590.38	1.30
262.60	262.75	1.61	388.35	388.45	1.18	595.63	595.80	1.39
263.80	263.90	1.72	391.45	391.55	1.66	596.75	596.95	1.43
265.55	265.65	2.58	394.15	394.25	1.51	600.52	600.70	1.38
266.60	266.70	2.15	396.60	396.70	1.28	600.70	600.90	1.41
267.90	268.05	1.32	399.10	399.25	1.28	605.45	605.65	1.22
268.05	268.15	1.30	401.00	401.20	1.00	605.55	605.75	1.28
269.15	269.25	1.75	405.00	405.20	44.08	608.00	608.05	1.43
270.20	270.30	1.55	410.00	410.20	0.98	608.07	608.20	1.35
272.40	272.55	20.63	415.15	415.35	1.03	610.65	610.85	1.44
274.35	275.35	1.10	420.00	420.20	1.15	612.50	612.70	1.49
275.90	276.05	1.48	425.00	425.20	1.03	616.10	616.30	1.42
283.00	283.15	1.10	429.00	429.20	0.98	617.25	617.45	1.49
284.05	284.20	1.26	435.20	435.40	0.84	617.75	617.95	1.33
286.00	286.85	1.10	439.00	439.20	0.89	618.80	618.98	1.20
288.85	289.00	1.06	445.85	446.05	1.41	621.55	621.74	1.35
291.00	291.15	1.27	453.80	454.00	1.60	623.90	624.08	1.17
293.25	293.35	1.18	459.80	460.00	1.16	658.90	659.10	1.42
295.10	295.25	2.01	464.80	465.00	1.52	660.80	660.95	1.30
295.25	295.40	2.04	469.80	470.00	1.69	662.95	663.20	1.33
298.00	298.15	6.93	470.20	470.40	1.57	665.50	556.69	1.52
299.05	299.15	6.95	481.10	481.30	1.24	667.42	667.50	1.61
299.45	299.60	1.69	484.40	484.60	1.62	671.65	671.80	1.56
301.70	301.90	1.87	489.40	489.60	1.34	672.85	683.05	1.18
301.70	301.90	1.75	492.60	492.70	1.26	675.30	675.43	1.34
305.20	305.20	2.07	498.00	498.20	1.32	676.55	676.65	1.64
307.15	307.60	1.36	501.65	501.80	1.79	680.35	680.50	1.47
311.15	311.30	1.25	506.80	507.00	1.16	680.85	680.95	1.60
315.15	315.30	2.30	510.23	510.43	1.45	683.45	683.60	1.35
316.60	316.75	1.32	515.50	515.65	1.28	683.90	684.10	1.06
318.40	318.55	1.28	518.70	518.85	1.32	685.85	686.00	1.62
320.50	320.70	1.21	521.30	521.50	1.53	688.00	688.15	1.24
321.10	321.95	1.83	524.20	524.40	1.46	690.50	690.70	1.24
324.55	324.65	1.41	528.31	528.50	1.59	693.00	693.20	1.43
327.50	327.60	1.18	530.55	530.75	1.39	694.85	695.00	1.47
331.40	331.50	1.22	537.95	538.10	1.26	697.70	697.85	1.28
334.05	334.15	1.41	541.20	541.30	1.46	698.90	699.10	1.31
337.10	337.25	1.51	544.36	544.50	1.80	702.30	702.45	1.30
340.05	340.20	1.14	549.10	549.30	1.55	703.60	703.80	1.27
341.60	341.70	1.33	552.40	552.50	1.98	707.02	707.17	1.28
343.60	343.70	1.26	556.10	556.20	1.80	708.75	708.95	1.26
345.70	345.80	1.41	559.05	559.15	1.57	711.60	711.75	1.32
348.30	348.40	1.32	563.85	564.00	1.72	713.80	714.00	1.11
351.30	351.40	1.33	567.70	567.88	1.41	716.50	716.70	1.42
354.05	354.85	1.28	569.35	569.55	1.17	719.00	719.20	1.22
354.05	354.85	1.24	570.92	571.10	1.49	720.50	720.70	1.42
356.60	356.70	1.17	573.47	573.65	1.41	723.00	723.20	1.19
359.90	360.00	1.37	573.72	573.88	1.41	724.90	725.10	1.37
361.80	361.90	1.39	576.92	577.08	1.21	726.20	726.40	1.21
364.80	364.80	1.15	579.10	579.22	1.42	729.00	729.20	1.23
369.00	369.10	1.15	579.24	579.30	1.44	730.90	731.10	1.24
370.80	370.90	1.14	581.70	581.80	1.25	733.40	733.60	1.41

表-4.8.3 AN1における花崗岩の有効空隙率一覧表

Depth Upper(m)	Depth Lower(m)	Effective Porosity %	Depth Upper(m)	Depth Lower(m)	Effective Porosity %	Depth Upper(m)	Depth Lower(m)	Effective Porosity %
735.90	736.10	1.18	818.20	818.40	1.12	913.45	913.60	0.99
737.10	737.30	1.24	821.80	822.00	3.64	913.55	913.75	1.09
739.00	739.20	1.20	823.60	823.78	1.31	917.05	917.30	1.91
741.70	741.90	1.30	825.57	825.77	1.43	919.25	919.45	1.17
744.20	744.40	1.13	827.25	827.41	3.42	920.75	921.00	1.15
746.60	746.85	1.20	829.15	829.35	0.92	922.80	923.05	1.27
747.90	748.10	1.34	832.00	832.20	1.37	924.45	924.60	1.02
750.90	751.10	0.97	834.25	834.45	2.16	934.00	934.30	1.05
752.20	752.40	0.98	837.40	837.60	0.78	937.20	937.50	1.02
755.00	755.20	1.03	840.70	840.90	1.09	940.80	940.90	1.15
758.00	758.20	1.17	842.80	843.00	0.96	943.80	944.00	1.27
760.80	761.00	1.16	844.46	844.65	1.49	946.60	946.80	0.98
763.80	764.00	1.16	846.80	847.00	1.47	954.55	954.70	1.09
765.10	765.30	1.11	848.80	849.00	1.09	958.05	958.15	1.19
767.90	768.10	1.10	852.80	853.00	1.13	960.50	960.65	2.07
770.00	770.25	1.30	853.95	854.15	1.27	962.90	962.95	1.44
772.00	772.30	1.23	855.70	855.90	1.13	964.15	964.35	1.03
774.20	774.40	1.18	858.95	859.15	3.28	966.30	966.35	1.20
776.90	777.10	1.61	859.90	860.10	1.05	972.75	972.95	1.35
781.65	781.90	0.96	863.60	863.80	1.27	975.55	975.75	1.27
782.90	783.10	0.92	864.25	864.45	1.30	976.20	976.45	1.20
785.00	785.20	1.13	866.01	866.20	1.21	978.40	978.70	1.12
787.20	787.40	1.06	868.25	868.45	1.21	982.95	983.05	1.17
789.50	789.70	1.12	871.25	871.40	1.24	986.30	986.50	1.29
792.50	792.70	2.34	873.05	873.25	1.14	992.00	992.25	0.97
795.75	795.90	2.70	877.75	877.95	1.00	994.80	994.95	1.23
796.30	796.50	2.04	881.00	881.20	1.39	995.35	995.50	1.16
799.75	799.90	1.60	884.00	884.20	1.15	999.35	1000.10	0.96
800.60	800.80	1.21	902.95	903.15	1.19	1000.35	1000.60	0.96
802.60	802.80	1.69	904.00	904.15	1.24	1002.15	1002.50	1.15
807.00	807.20	1.21	905.05	905.20	1.16	1005.40	1005.55	1.38
807.90	808.10	1.14	907.35	907.55	1.28	1007.90	1008.10	1.35
809.80	810.00	1.09	908.15	908.35	1.28	1008.35	1008.55	1.35
812.40	812.60	1.10	910.80	910.95	1.26	1009.80	1010.00	1.17
813.80	814.00	1.01	913.15	913.35	1.11			

表-4.9 試験立坑位置における空隙率一覧表

地表名	岩 石 名	試 験 深 度 m	自 然 密 度 g/cm^3	湿 潤 密 度 g/cm^3	乾 燥 密 度 g/cm^3	自 然 含水率 %	土粒子の比重	飽和度 %	空隙率 %
明世層	砂 岩 A 1	22 ～ 25	1.98	2.00	1.61	22.7	2.63	94.1	39
	泥 岩 A 2	41 ～ 44	1.64	1.68	1.14	44.5	2.49	93.0	54
土岐夾炭層	緑灰質泥岩 T 1	68 ～ 73	1.79	1.83	1.32	35.7	2.68	92.4	51
	含礫砂岩 T 2	90 ～ 96	1.84	1.84	1.32	39.6	2.75	99.9	52
	砂 岩 T 3	108 ～ 111	1.87	1.92	1.47	27.3	2.66	89.3	45
	砂 岩 T 4	132 ～ 137	1.95	1.99	1.59	22.7	2.66	89.2	40

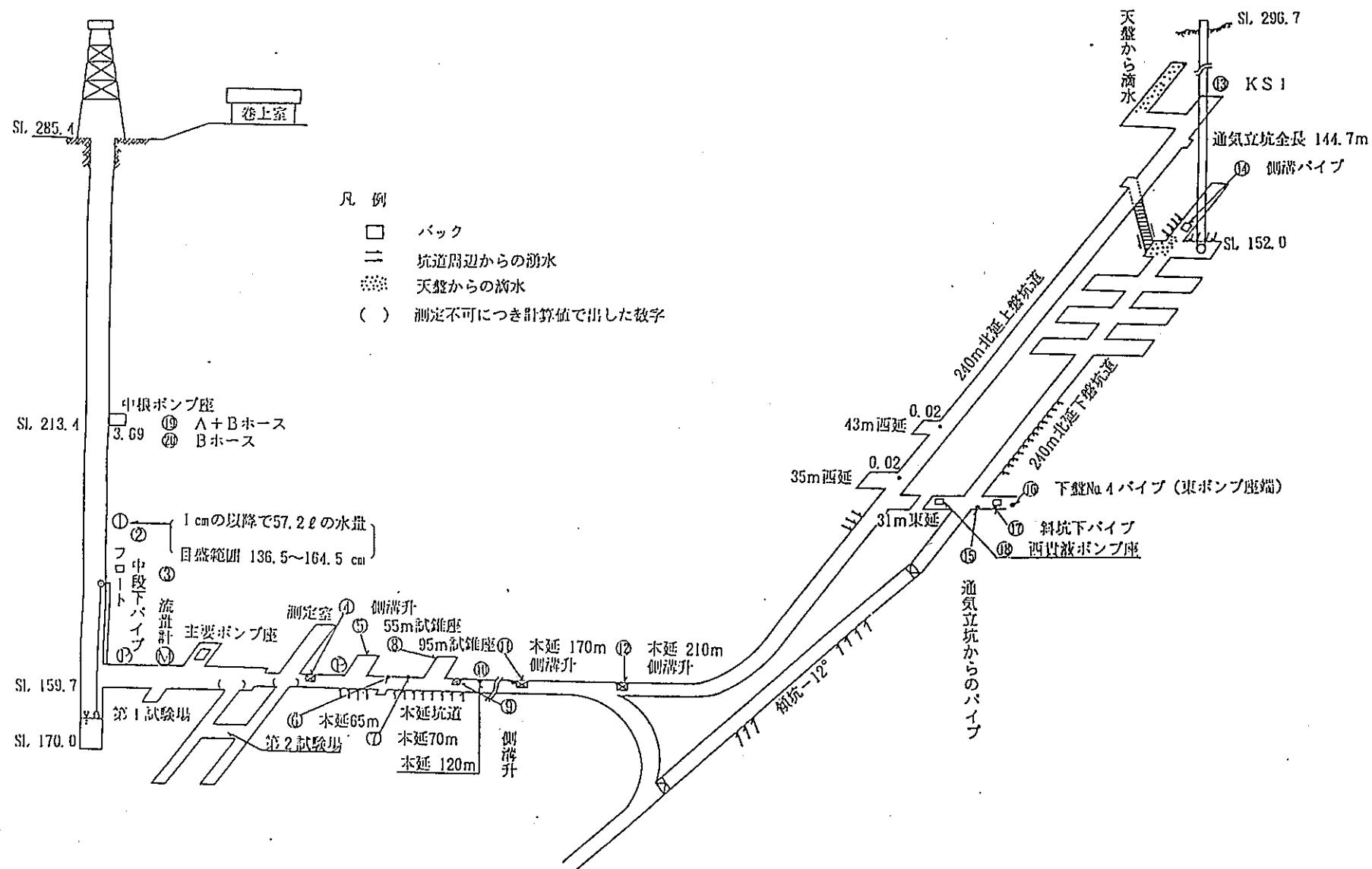


図-4.7 湧水量計測配置図

表-4.10 坑内湧水量計測データ集計

(l/min)

No.	測定点	測定値										A.V.	コメント
		2/20	2/27	3/6	3/13	3/20	3/27	4/3	4/10	4/17	4/24		
1	フロート	06.9	0.78	1.12	0.39	0.21	0.173	0.13	0.10	0.10	0.20	0.39	立坑側壁からの流量 (立坑下タンクで計測)
2	中段下パイプ	1.12	1.10	0.98	0.95	1.05	0.96	1.14	1.74	0.90	0.90	1.08	E.L. 213 m以下に設置されたパイプからの流量 (土岐層)
3	流量計	0.60	0.60	0.61	0.61	0.75	0.64	0.56	0.91	0.68	1.50	0.75	
4	倒溝升(測定室東)	14.10	12.00	12.78	12.60	9.00	9.72	9.18	3.72	27.60	14.28	12.50	
5	5.5m試験座	1.85	1.77	2.96	1.78	1.66	1.68	1.74	1.83	1.80	1.83	1.89	下向き 40° 全長 50m
6	本延6.5m	0.94	0.94	0.92	0.86	0.90	0.90	0.96	0.93	0.90	0.96	0.92	下向き 40° 全長 30.1m
7	本延7.0m	1.73	1.70	2.03	2.20	2.40	2.19	2.14	2.25	2.10	2.04	2.08	下向き 40° 全長 88.5m
8	9.5m試験座	2.04	1.89	2.04	2.10	2.04	2.01	1.98	1.95	2.10	2.04	2.02	下向き 40° 全長 82m
9	倒溝升(9.5m東)	6.32	7.40	6.80	6.60	7.14	6.72	8.34	7.20	6.40	7.86	7.08	
10	本延12.0m	1.42	1.42	1.63	1.40	1.50	1.44	1.44	1.50	1.50	1.38	1.46	下向き 30° 全長 27.5m
11	倒溝升(17.0m)	3.15	2.88	3.15	3.12	3.90	3.30	3.24	3.60	3.36	4.74	3.44	
12	倒溝升(21.0m)	2.38	2.42	2.60	2.40	2.46	2.46	2.43	2.58	2.43	2.44	2.46	
13	KS1	1.08	1.06	0.88	0.82	0.97	1.00	0.88	0.90	0.97	0.80	0.94	
14	通気坑前集水升	0.66	0.60	0.45	0.60	0.64	0.70	0.64	0.69	0.69	0.66	0.63	
15	通気立坑パイプ	0.19	0.14	0.57	0.50	0.60	0.57	0.59	0.60	0.32	0.58	0.47	
16	下盤 No.4	0.15	0.14	0.15	0.18	0.18	0.18	0.15	0.15	0.12	0.15	0.16	
17	斜坑下パイプ	1.84	1.74	2.32	1.95	3.21	3.06	2.22	2.19	2.55	2.82	2.39	
18	西ポンプ座パイプ	4.14	4.20	5.25	4.08	4.20	4.50	4.32	3.84	4.20	4.00	4.27	
19	中段A+Cホース	3.68	5.60	5.04	4.20	3.60	2.70	2.19	3.24	5.10	4.32	3.97	瀬戸層に設置されたパイプ
20	中段Bホース	0.96	1.29	1.04	1.08	1.22	1.02	2.49	3.60	0.60	0.57	1.39	明世層上部に設置されたパイプ

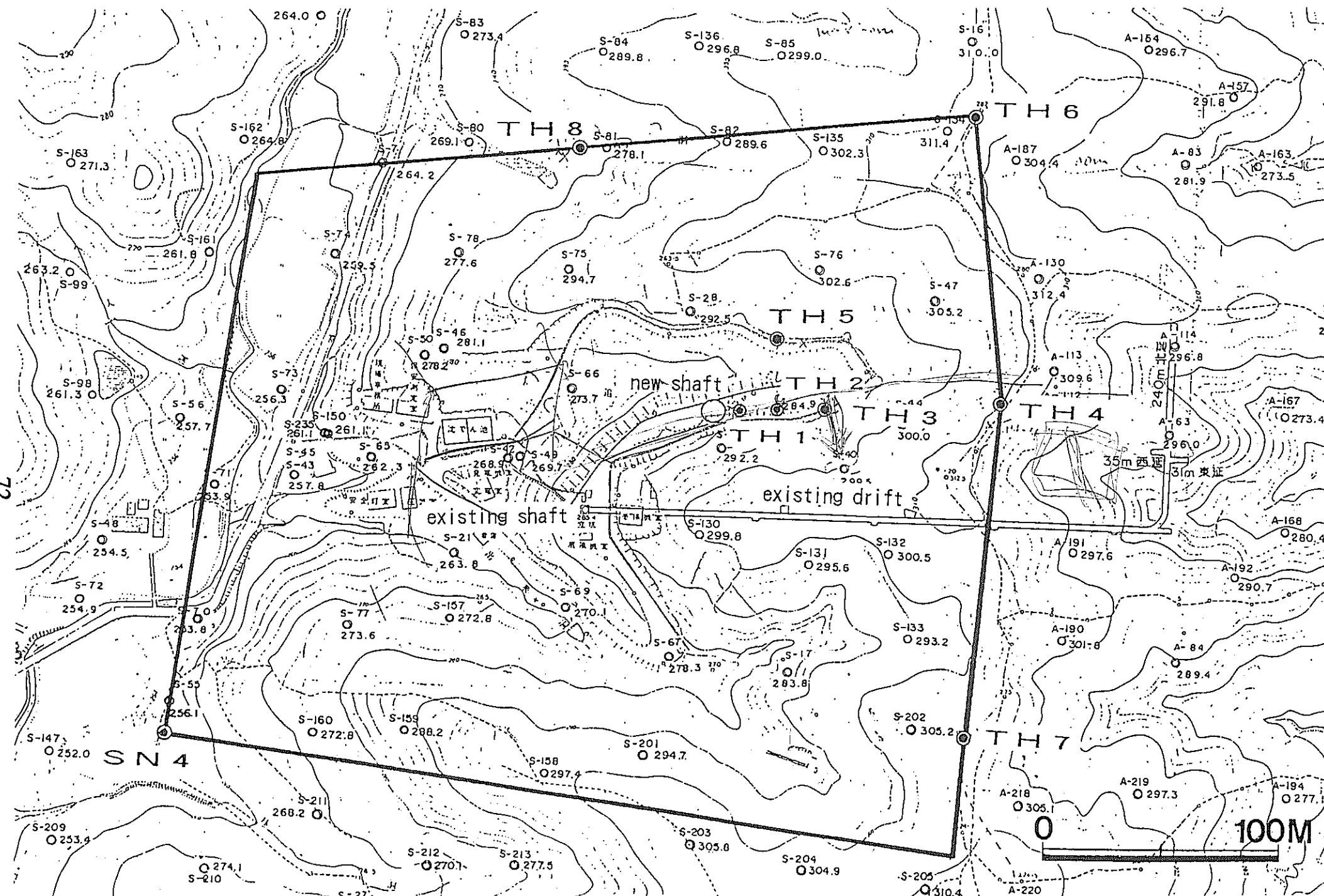


図-6.1 解析領域平面図

ELEMENT : 3133

N O D E : 3924

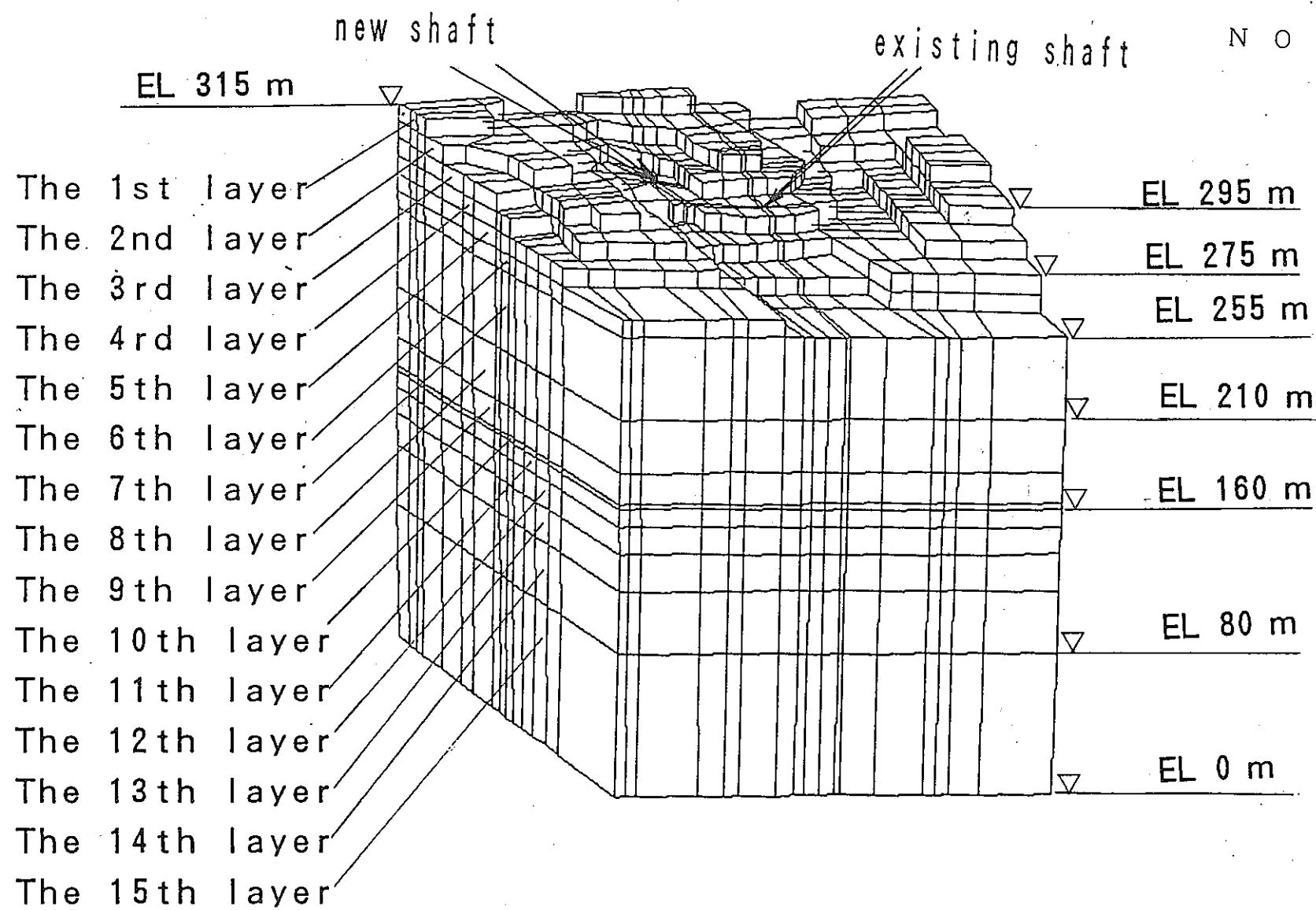


図-6.2.要素分割図

SEE Project Groundwater flow Analysis TAGSAC(Excavation)

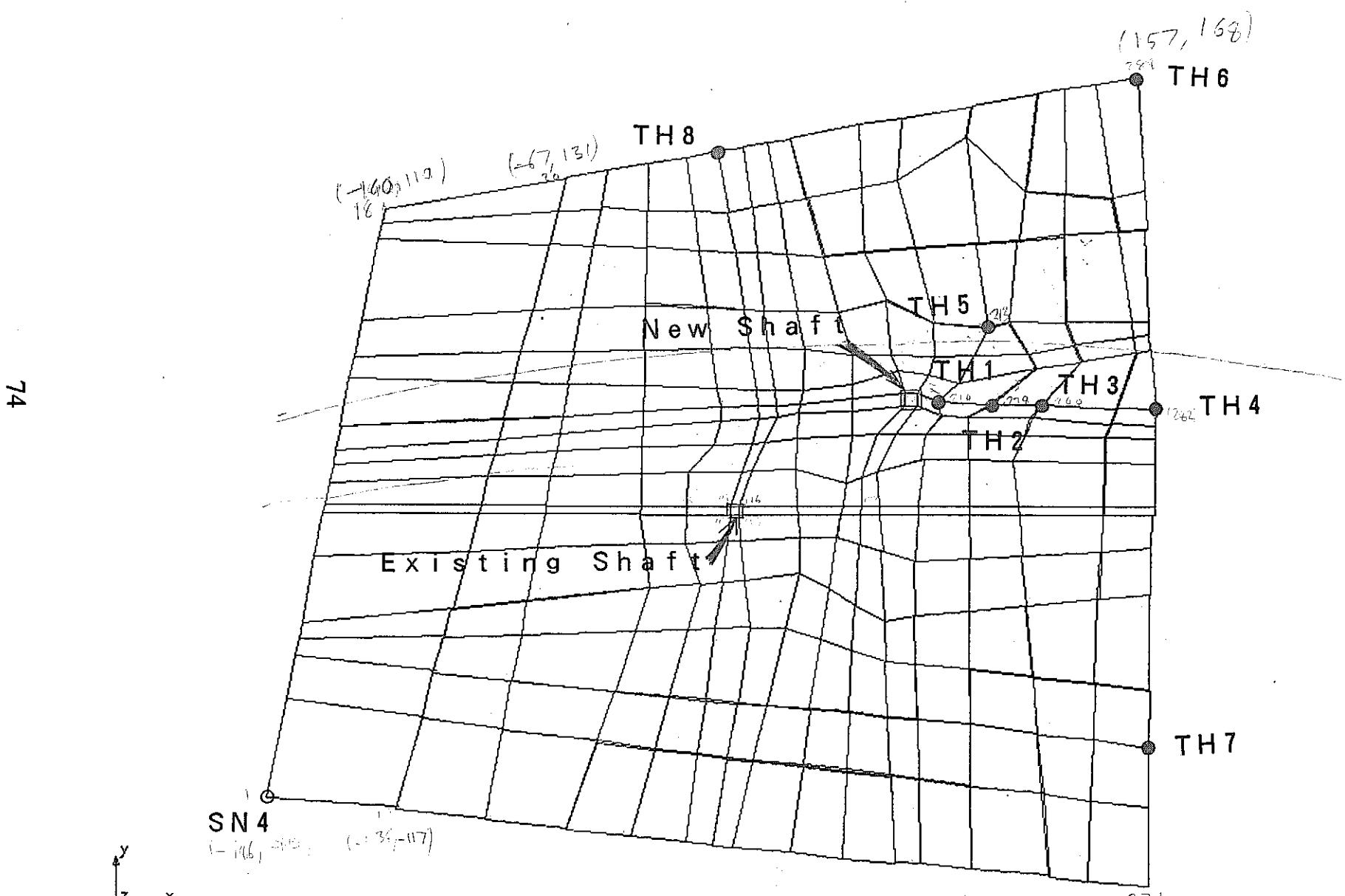


図-6.3 要素分割平面図

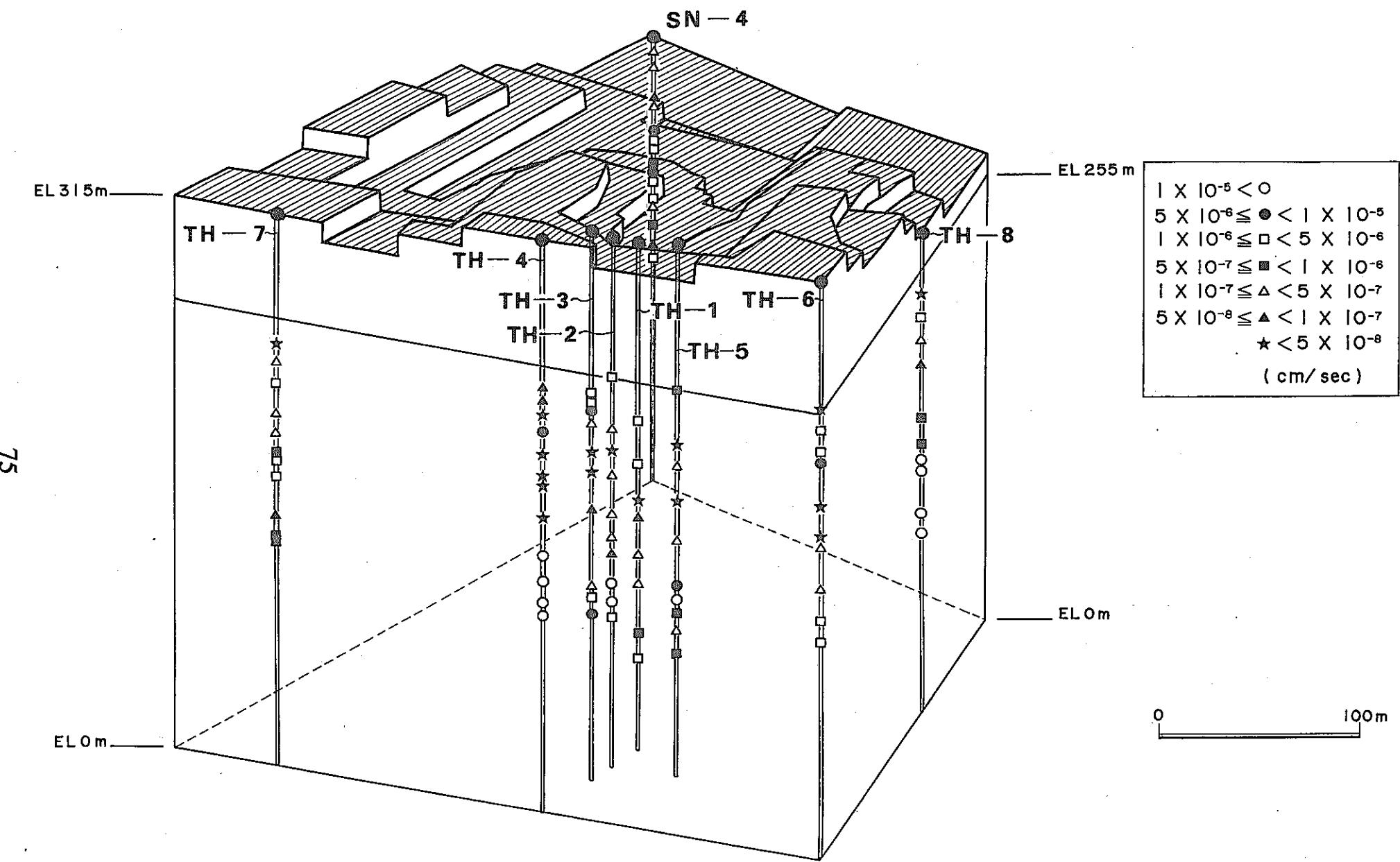


Fig -6.4 Perspective view of Measured Permeability Distribution

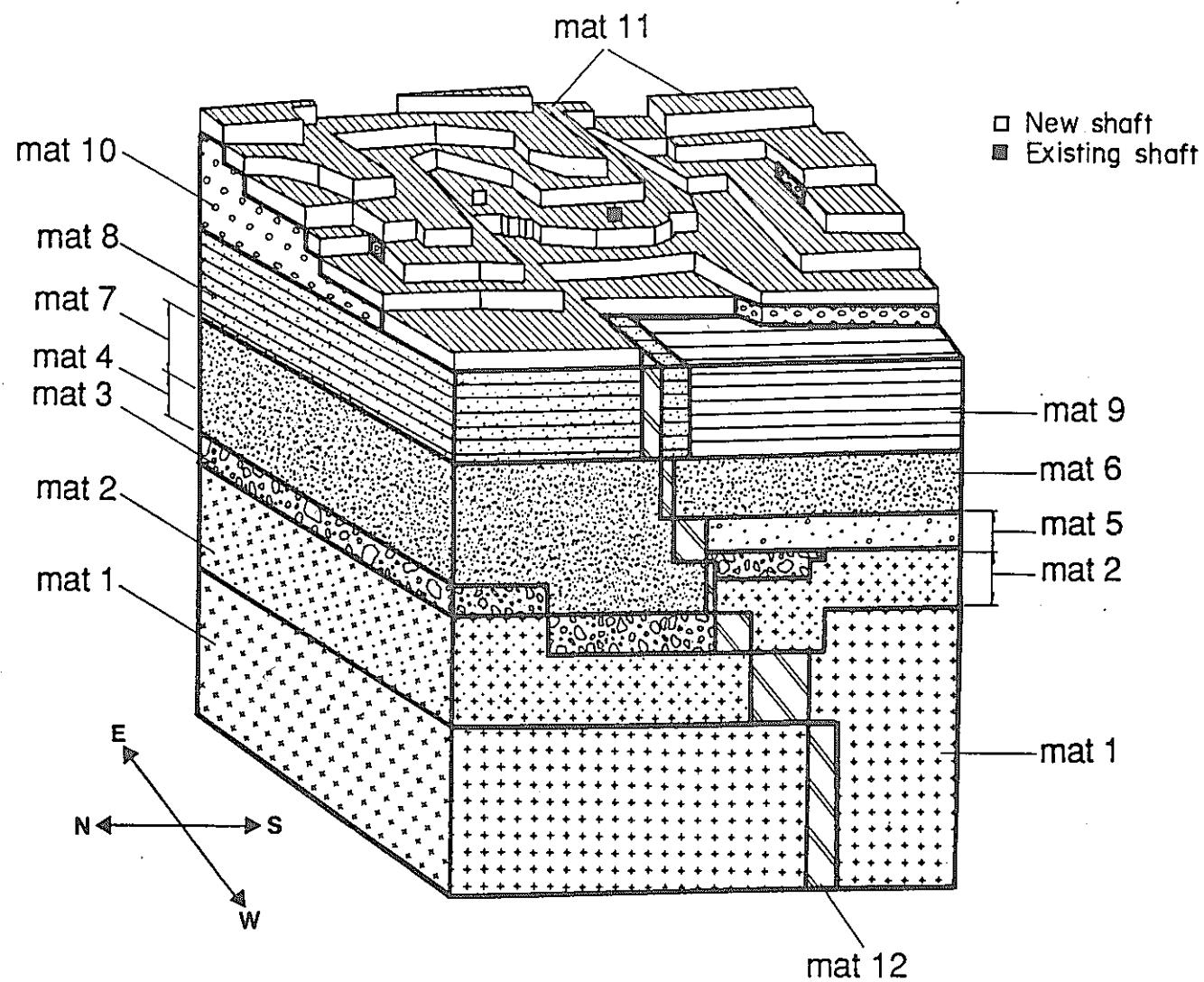
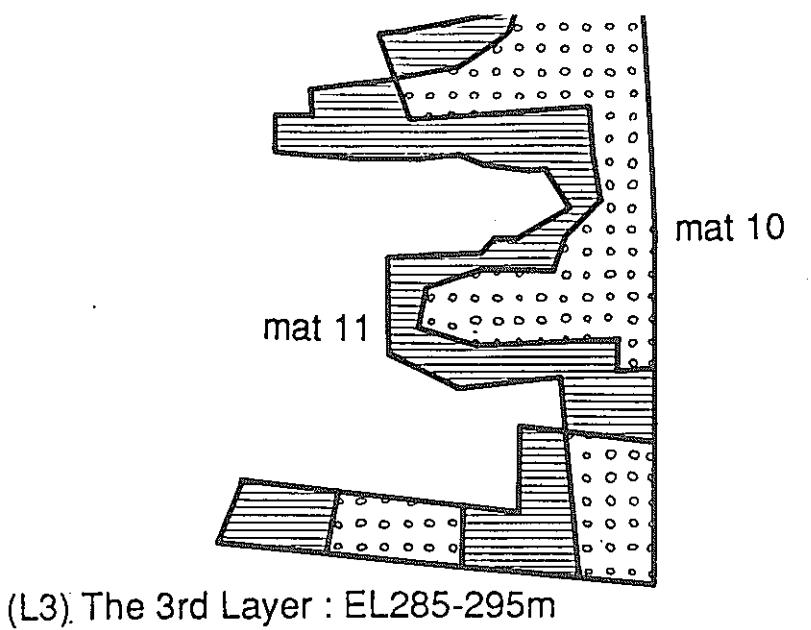
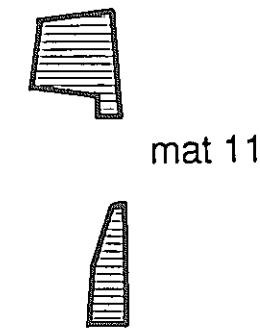


図-6.5 水理地質構造モデル

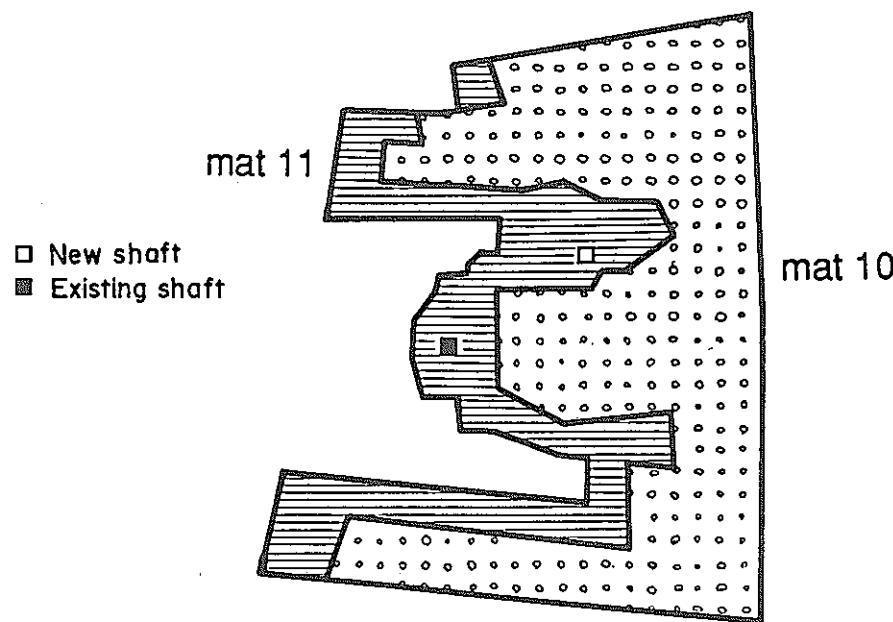


(L3) The 3rd Layer : EL285-295m

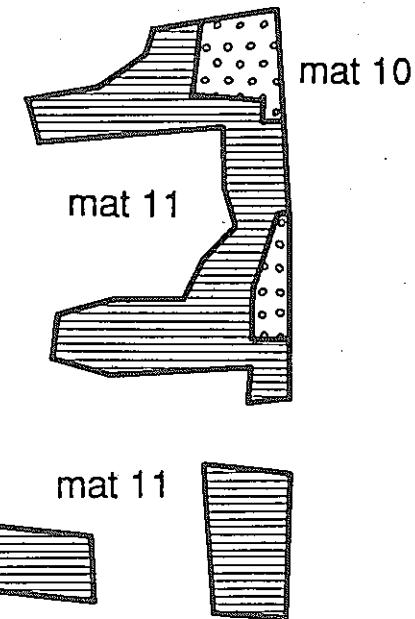


(L1) The 1st Layer : EL305-315m

77



(L4) The 4th Layer : EL 275-285m



(L2) The 2nd Layer : EL295-305m

Fig-6.6.1 Hydrogeological division in each layer

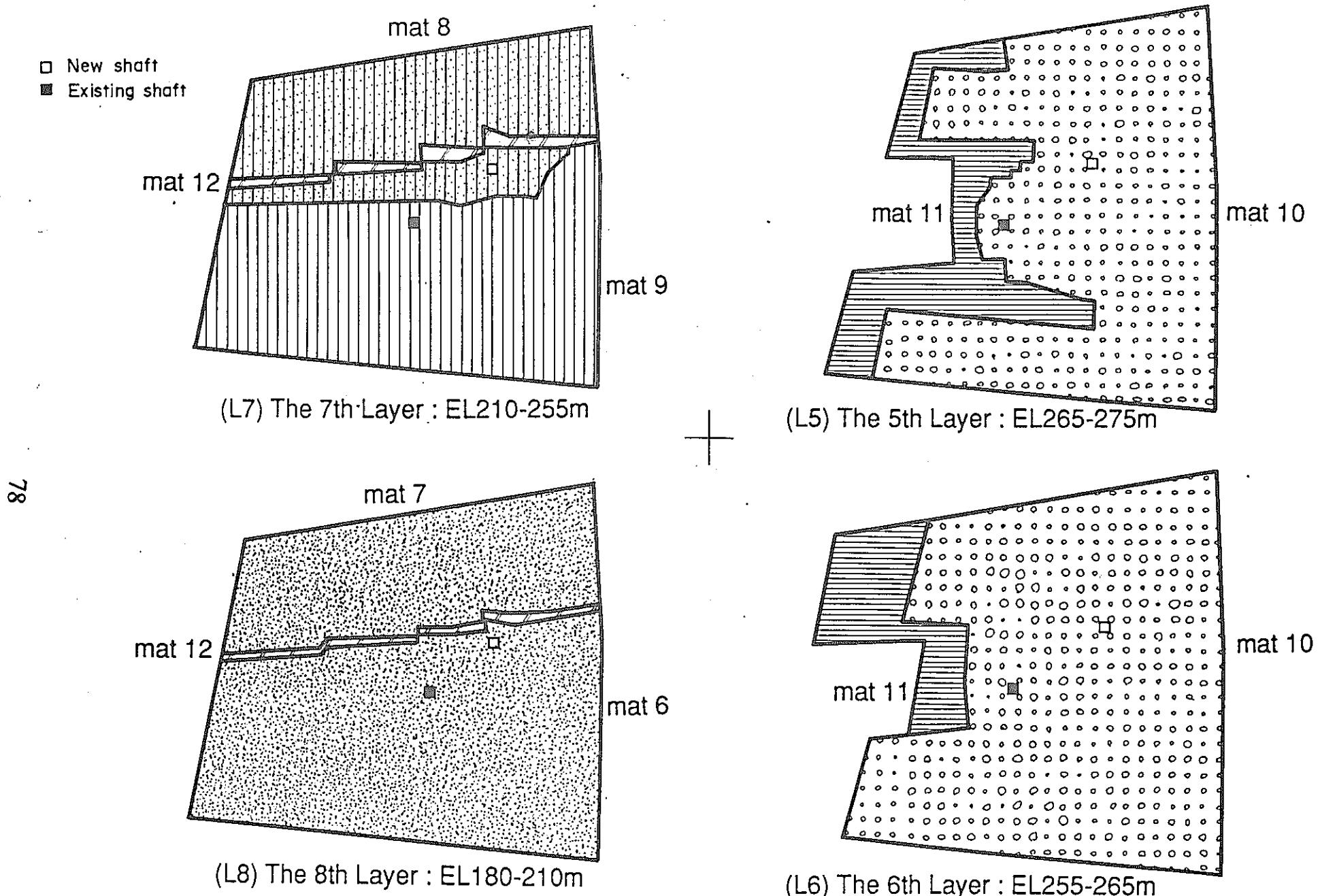


Fig-6.6.2 Hydrogeological division in each layer

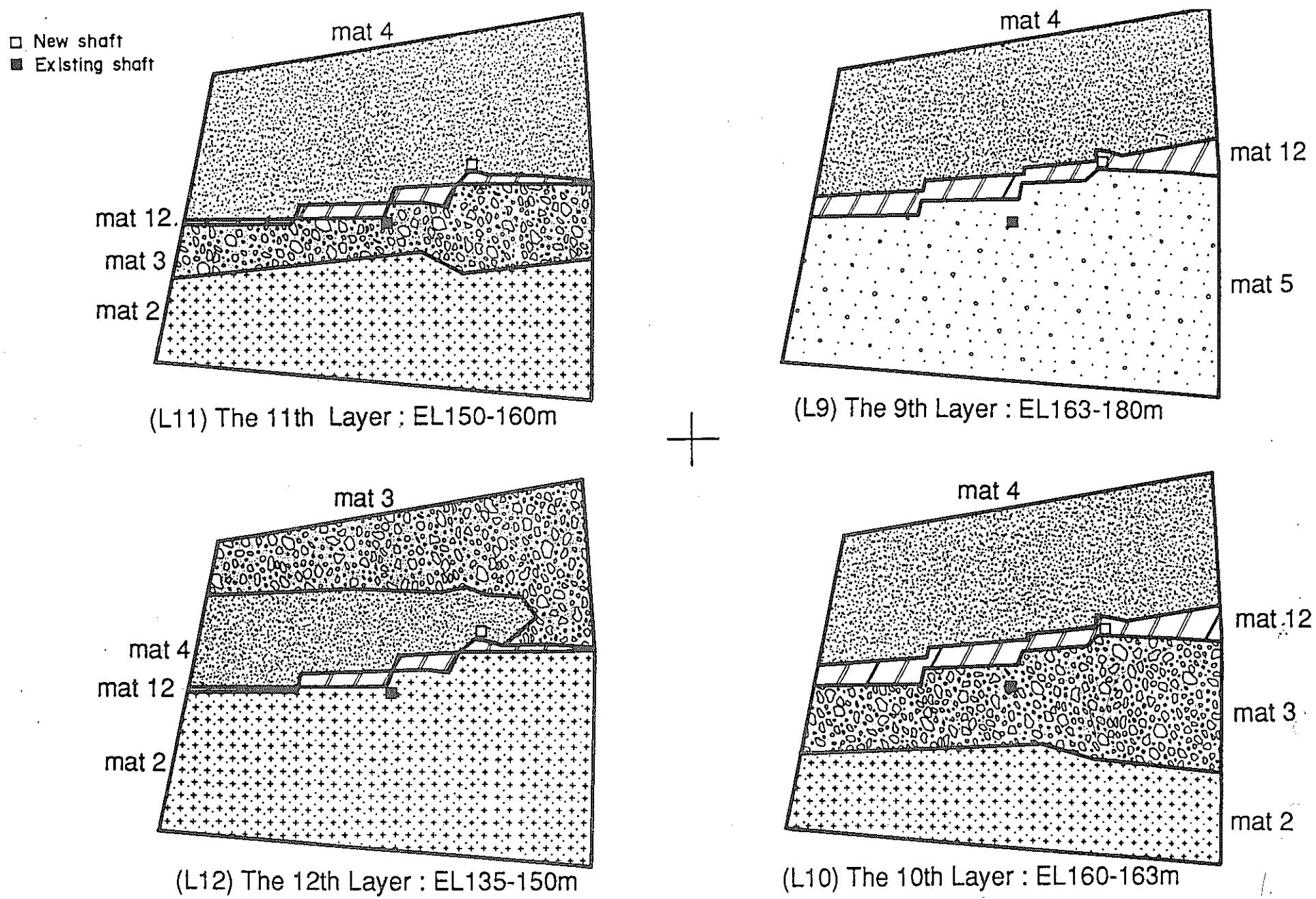
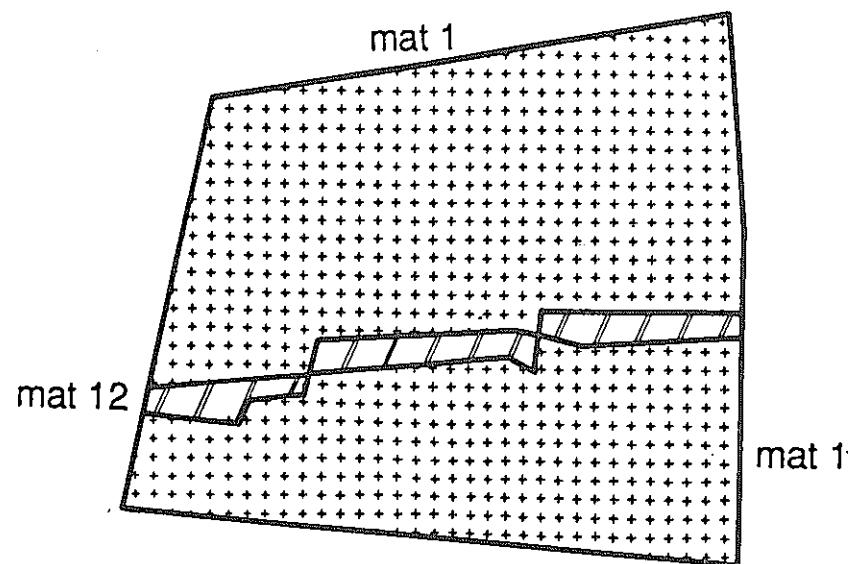
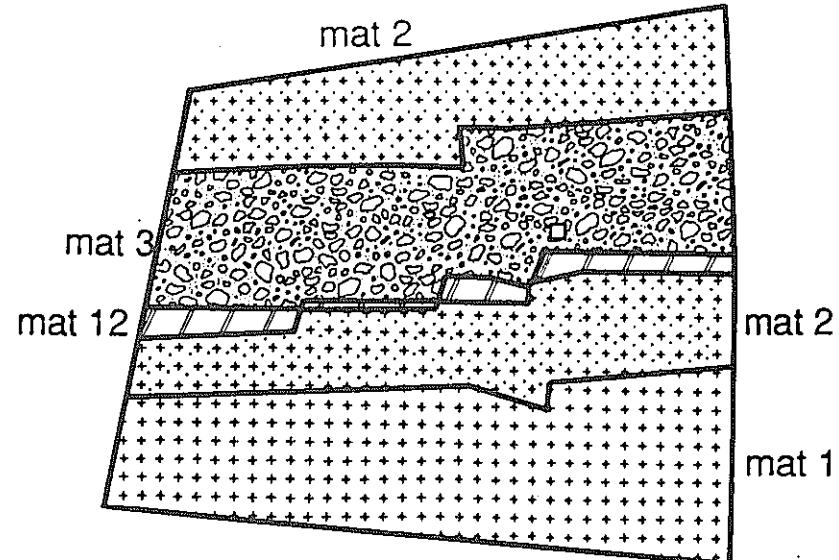


Fig-6.6.3 Hydrogeological division in each layer

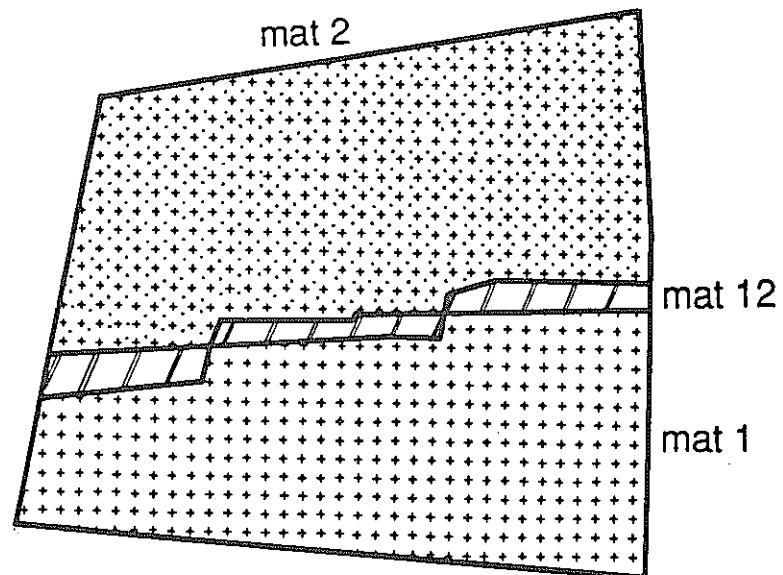
□ New shaft
■ Existing shaft



(L15) The 15th Layer : EL0-80m



(L13) The 13th Layer : EL115-135m

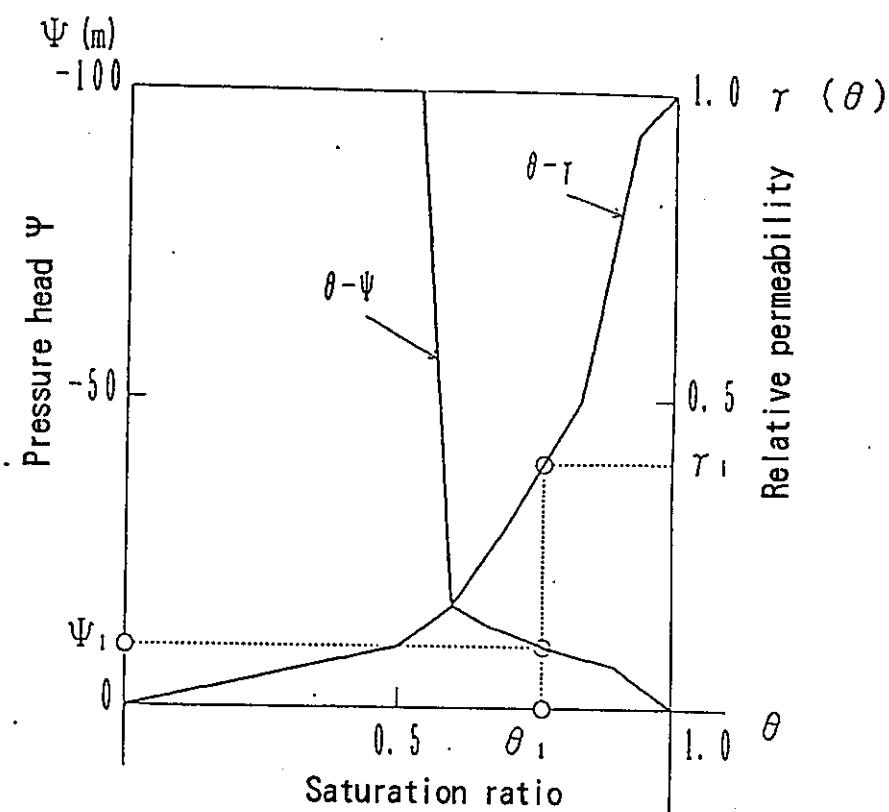


(L14) The 14th Layer : EL80-115m

Fig-6.6.4 Hydrogeological division in each layer

Table-6.1 Material Properties in each Hydrogeological division

Part	Permeability (cm/sec)	Porosity %	S.Storage (1/m)	Geo-formation
mat1	1.00E-07	2	1.00E-04	granite
mat2	5.00E-06	10	1.00E-04	weathered-granite
mat3	1.00E-05	30	1.00E-04	weathered-gr./mizunami
mat4	1.00E-06	30	1.00E-04	mizunami
mat5	5.00E-06	30	1.00E-04	mizunami
mat6	1.00E-06	30	1.00E-04	mizunami
mat7	1.00E-06	40	1.00E-04	mizunami
(mat7)	1.00E-07	40	1.00E-04	(Step1,2,3-1)
mat8	5.00E-06	40	1.00E-04	mizunami
mat9	1.00E-07	40	1.00E-04	mizunami
mat10	1.00E-05	40	1.00E-04	Seto
mat11	1.00E-04	50	1.00E-03	Seto/surface
mat12	1.00E-08	30	1.00E-04	fault



$$\Psi = \phi - Z$$

$\theta - \Psi$: Moisture characteristic curve

$\theta - r$: Relative permeability characteristic curve

Fig-6.7 Moisture & Relative permeability Characteristic curve

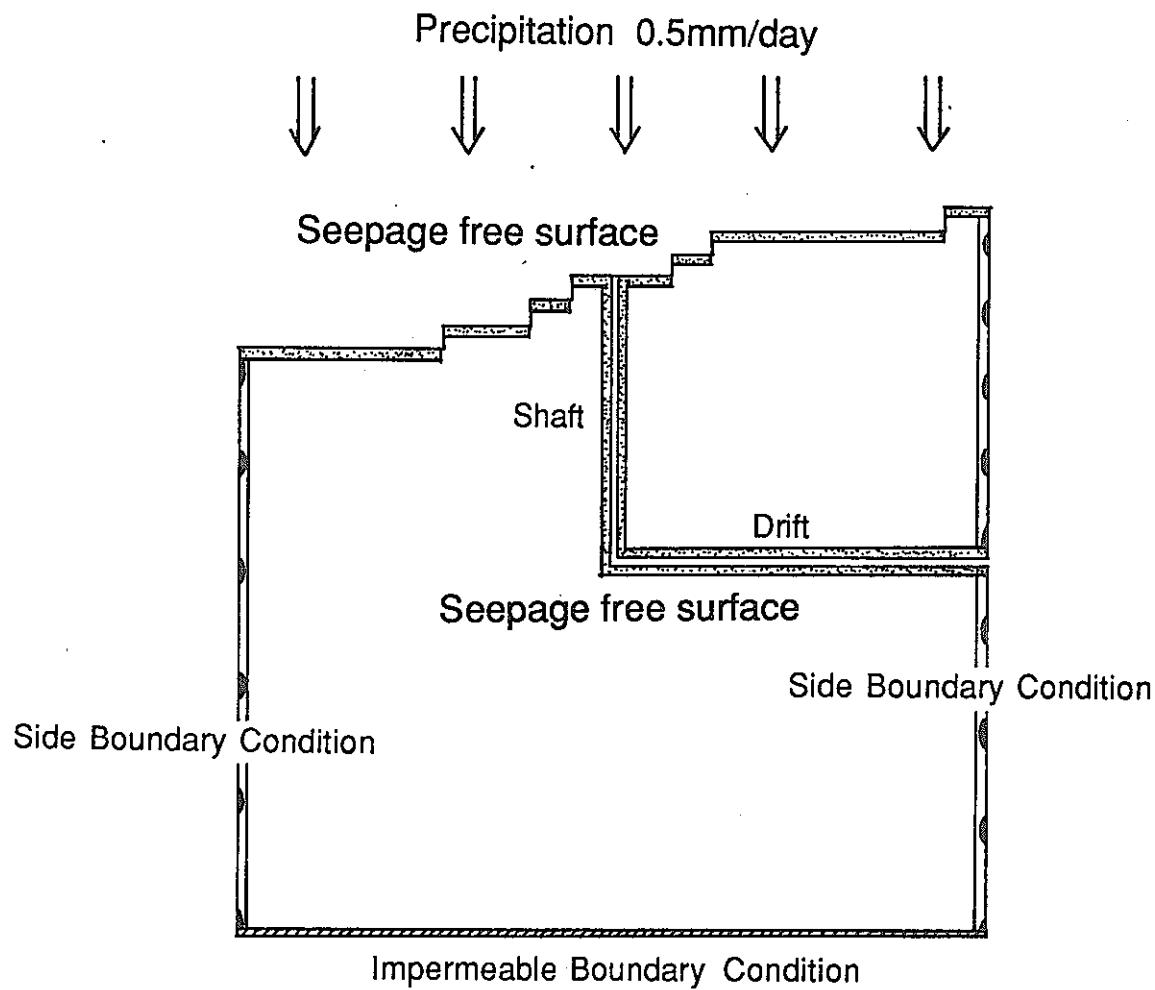


Fig-7.1 Upper & Lower Boundary Condition

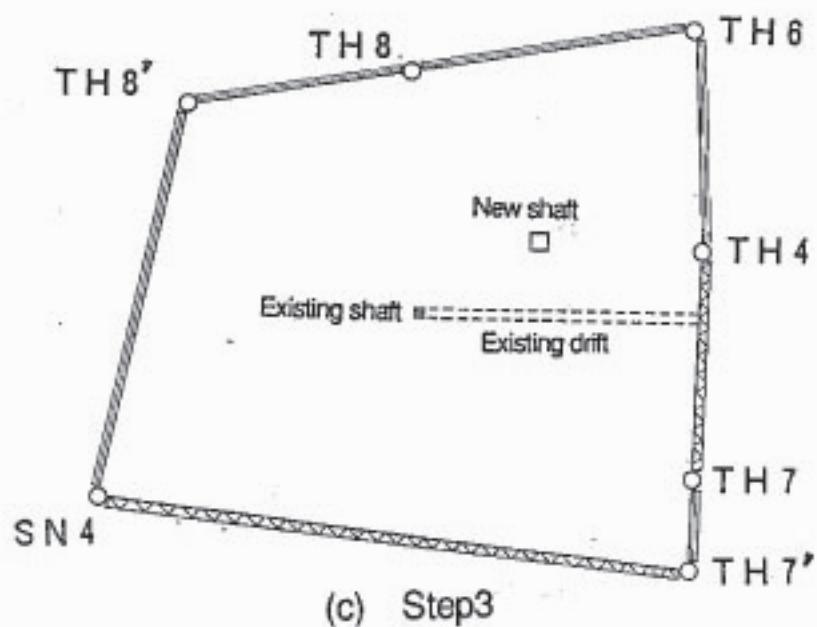
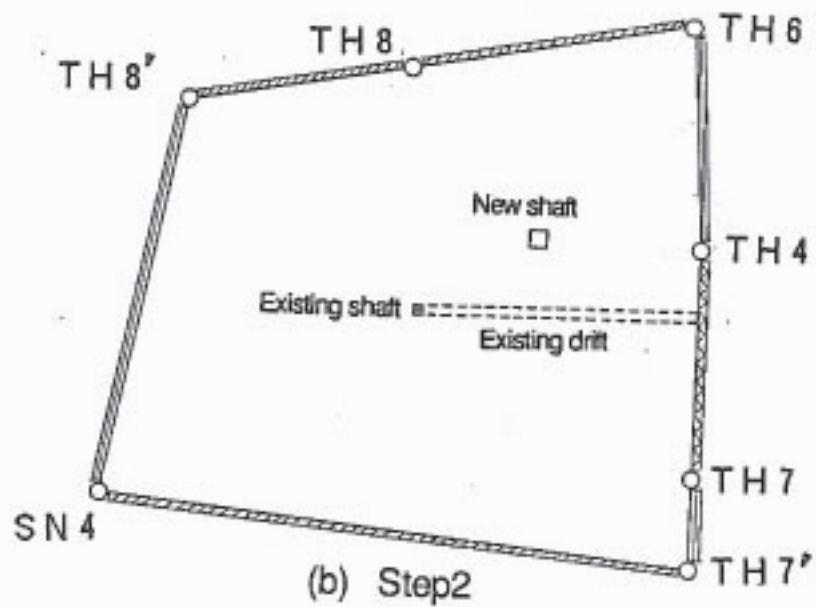
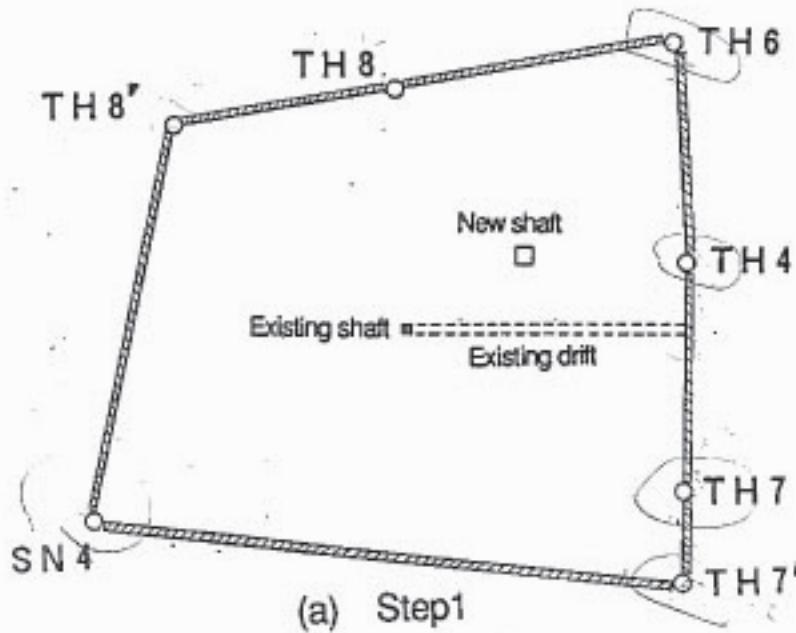


Fig-7.2 Side Boundary Condition (Step1,Step2,Step3)

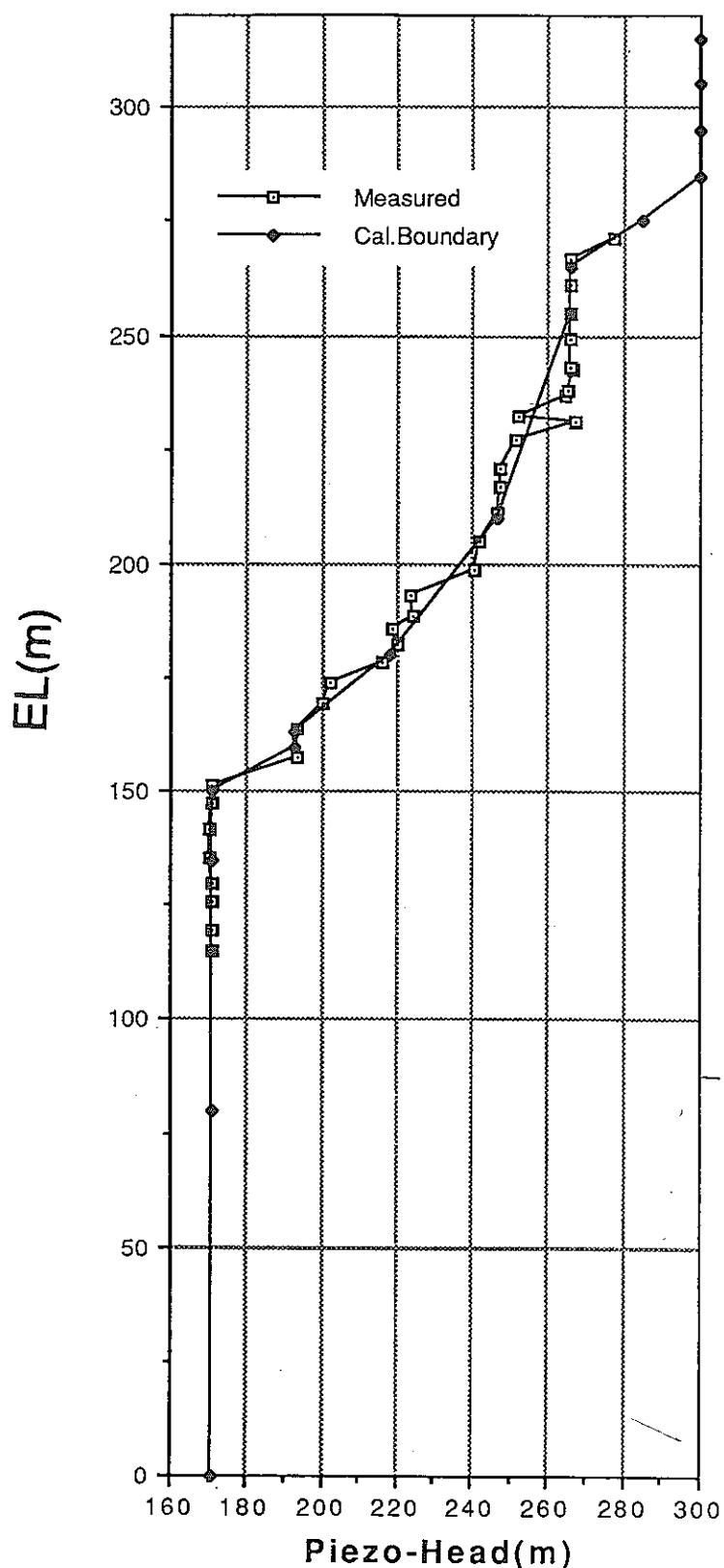


Table-7.1.1 Boundary Piezohead
in TH4

EL (m)	Cal. Boundary (m)
0.00	171.00
80.00	171.00
115.00	171.00
135.00	171.00
150.00	171.00
160.00	193.00
163.00	193.00
180.00	218.00
210.00	247.00
255.00	266.00
265.00	266.00
275.00	285.00
285.00	300.00
295.00	300.00
305.00	300.00
315.00	300.00

Fig-7.3.1 Boundary Piezohead in TH4

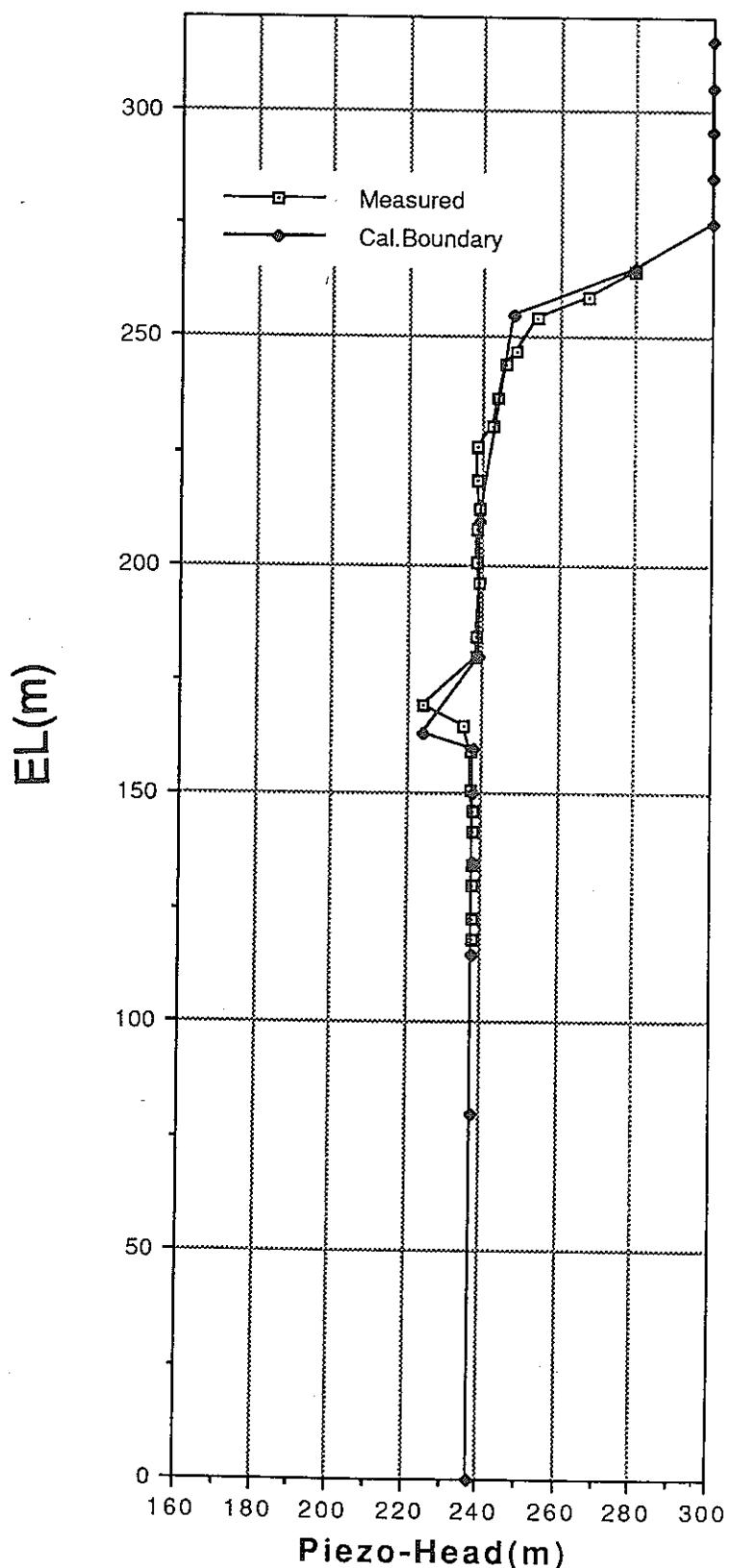


Table-7.1.2 Boundary Piezohead
in TH6

EL (m)	Cal. Boundary (m)
0.00	238.00
80.00	238.00
115.00	238.00
135.00	238.00
150.00	238.00
160.00	238.00
163.00	224.00
180.00	239.00
210.00	239.00
255.00	248.00
265.00	280.00
275.00	300.00
285.00	300.00
295.00	300.00
305.00	300.00
315.00	300.00

Fig-7.3.2 Boundary Piezohead in TH6

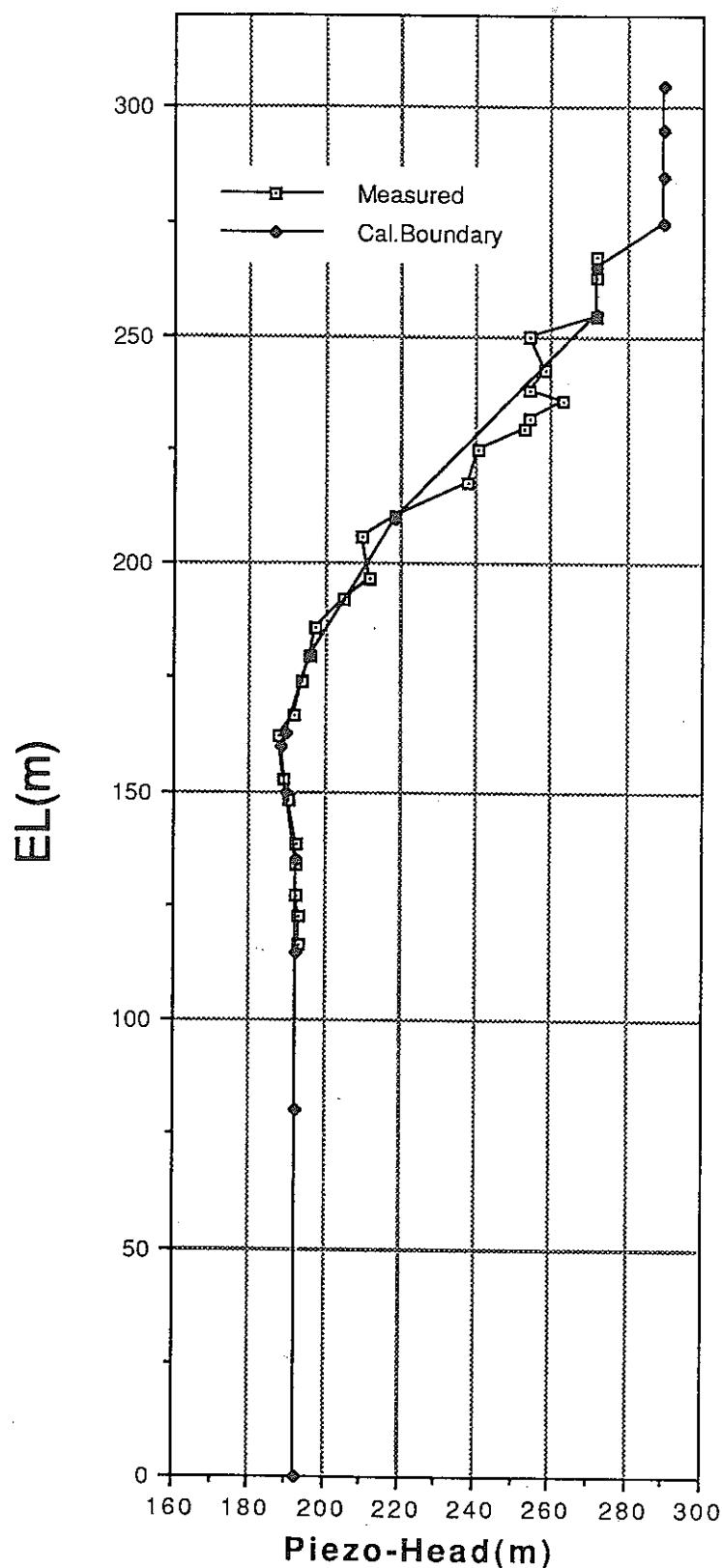


Table-7.1.3 Boundary Piezohead
in TH7

EL (m)	Cal.Boundary (m)
0.00	193.00
80.00	193.00
115.00	193.00
135.00	193.00
150.00	190.00
160.00	189.00
163.00	190.00
180.00	196.00
210.00	219.00
255.00	272.00
265.00	272.00
275.00	290.00
285.00	290.00
295.00	290.00
305.00	290.00

Fig-7.3.3 Boundary Piezohead in TH7

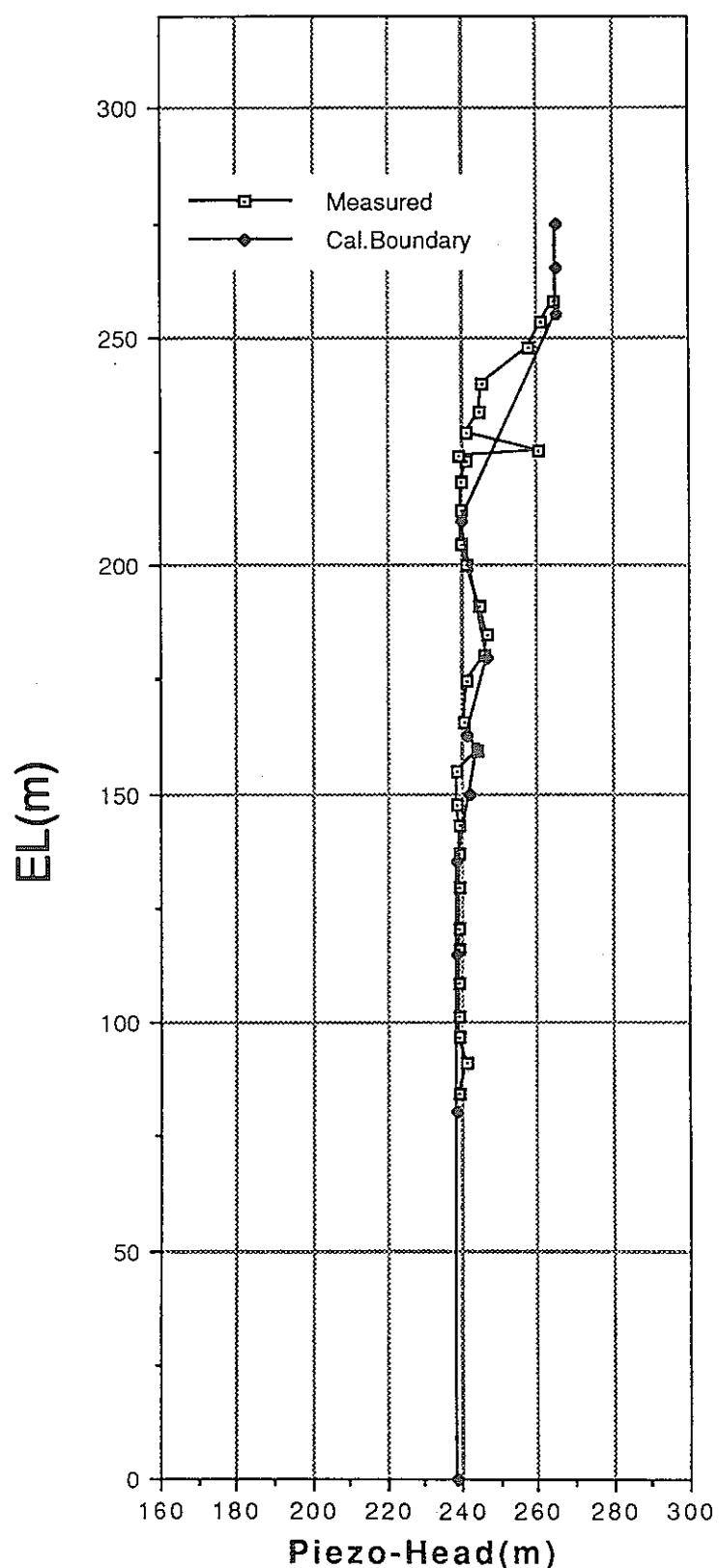


Table-7.1.4 Boundary Piezohead
in TH8

EL (m)	Cal.Boundary (m)
0.00	238.50
80.00	238.50
115.00	238.50
135.00	238.50
150.00	242.00
160.00	244.00
163.00	241.00
180.00	247.00
210.00	240.00
255.00	265.00
265.00	265.00
275.00	265.00

Fig-7.3.4 Boundary Piezohead in TH8

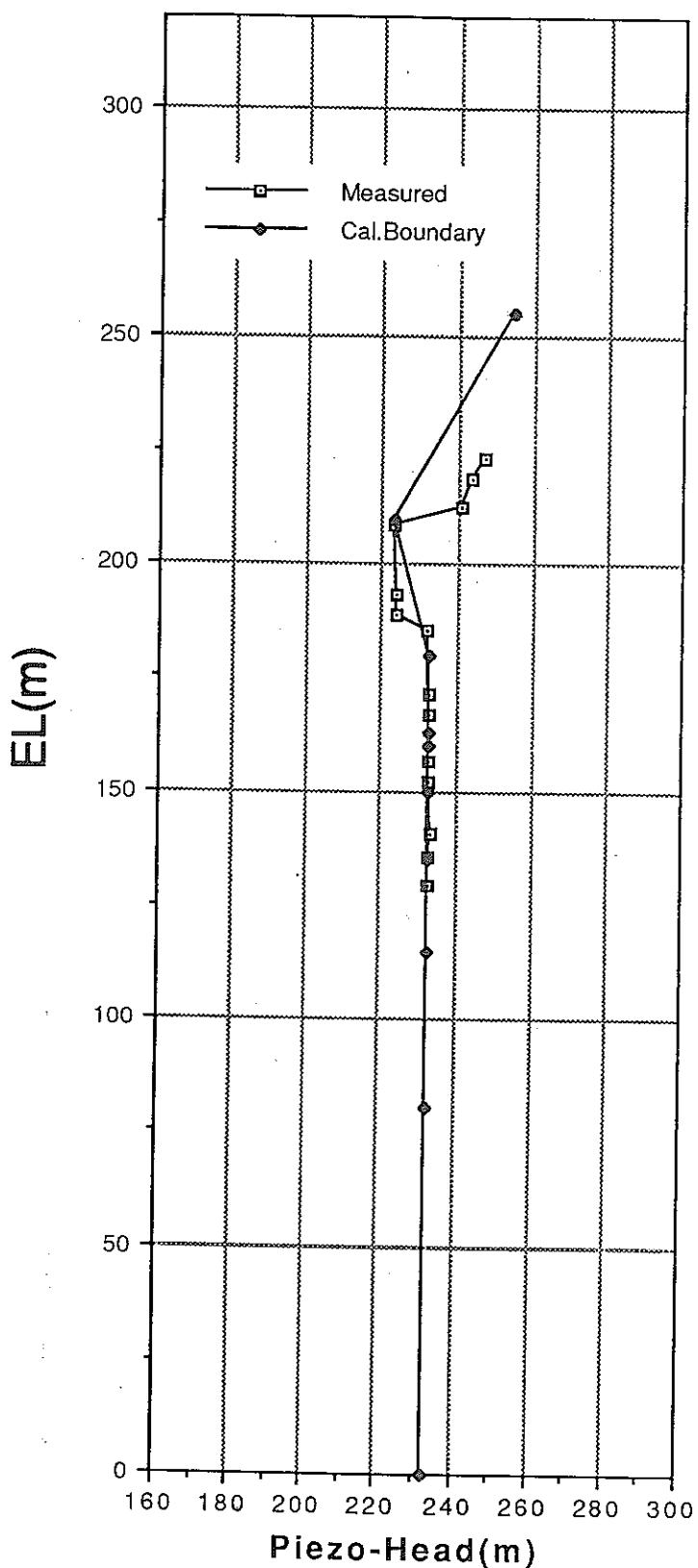
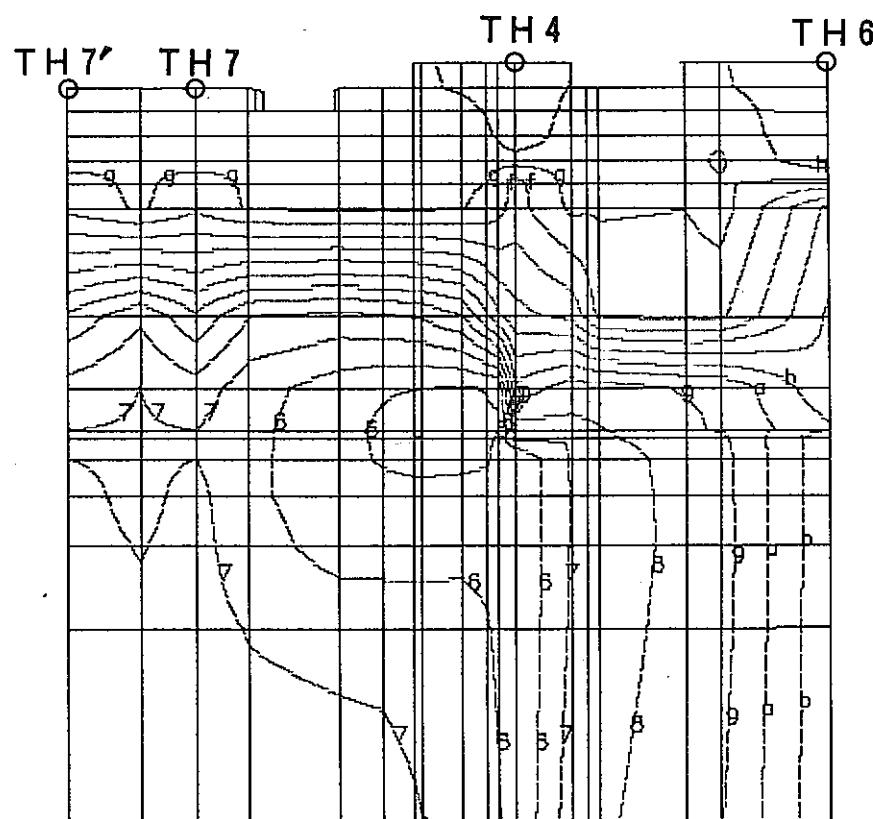


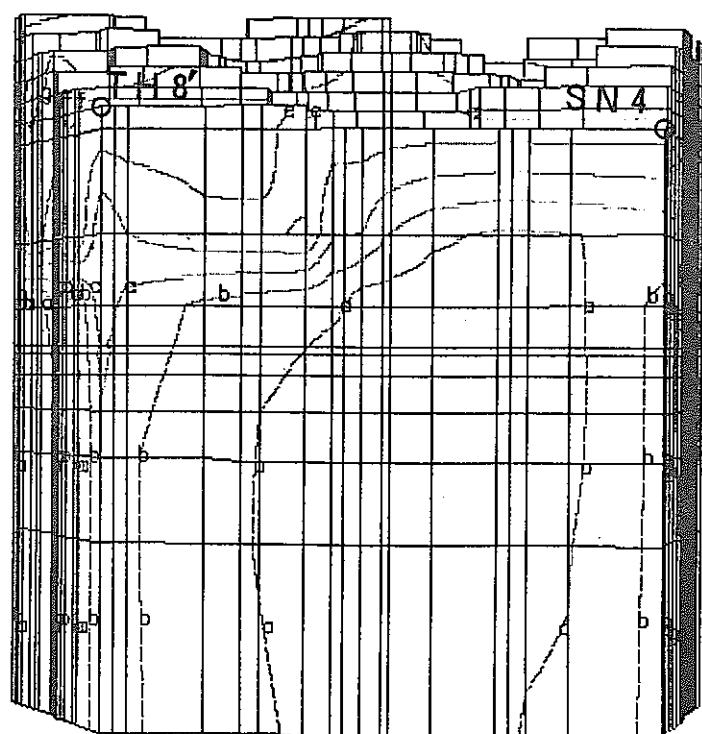
Table-7. 1.5 Boundary Piezohead
in SN4

EL (m)	Cal.Boundary (m)
0.00	233.00
80.00	233.00
115.00	233.00
135.00	233.00
150.00	233.00
160.00	233.00
163.00	233.00
180.00	233.00
210.00	223.00
255.00	255.00

Fig-7. 3.5 Boundary Piezohead in SN4



(E) East side boundary

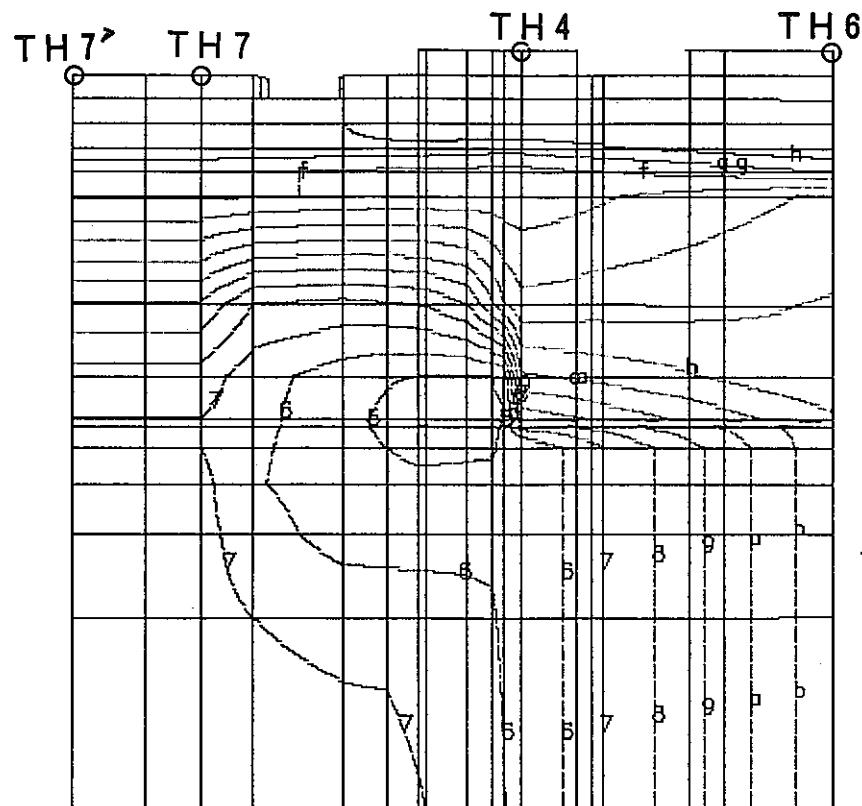


(W) West side boundary

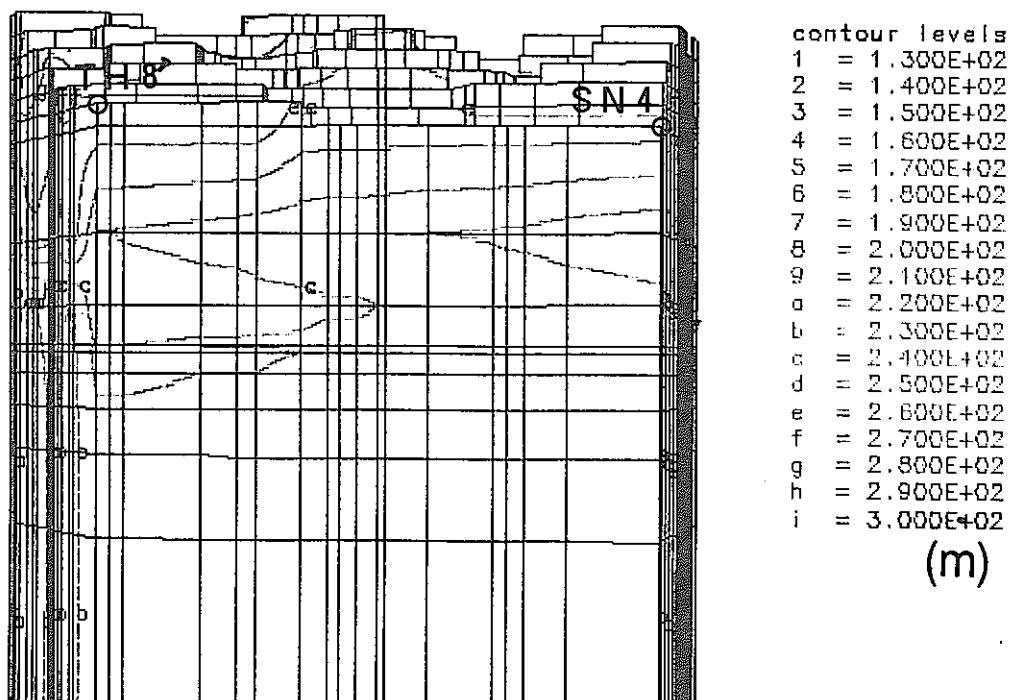
contour levels	
1	= 1.300E+02
2	= 1.400E+02
3	= 1.500E+02
4	= 1.600E+02
5	= 1.700E+02
6	= 1.800E+02
7	= 1.900E+02
8	= 2.000E+02
9	= 2.100E+02
a	= 2.200E+02
b	= 2.300E+02
c	= 2.400E+02
d	= 2.500E+02
e	= 2.600E+02
f	= 2.700E+02
g	= 2.800E+02
h	= 2.900E+02
i	= 3.000E+02

(m)

Fig-7.4 Calculated Piezohead contour in Side boundaries

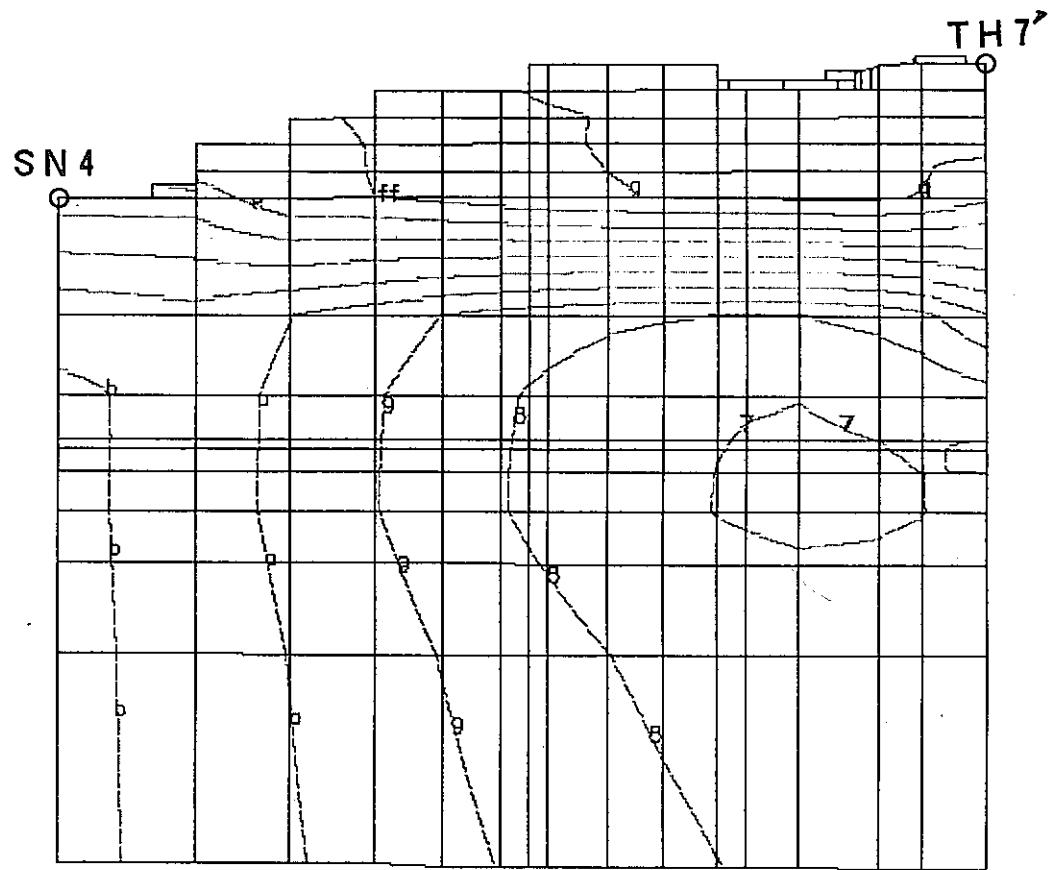


(E) East side boundary

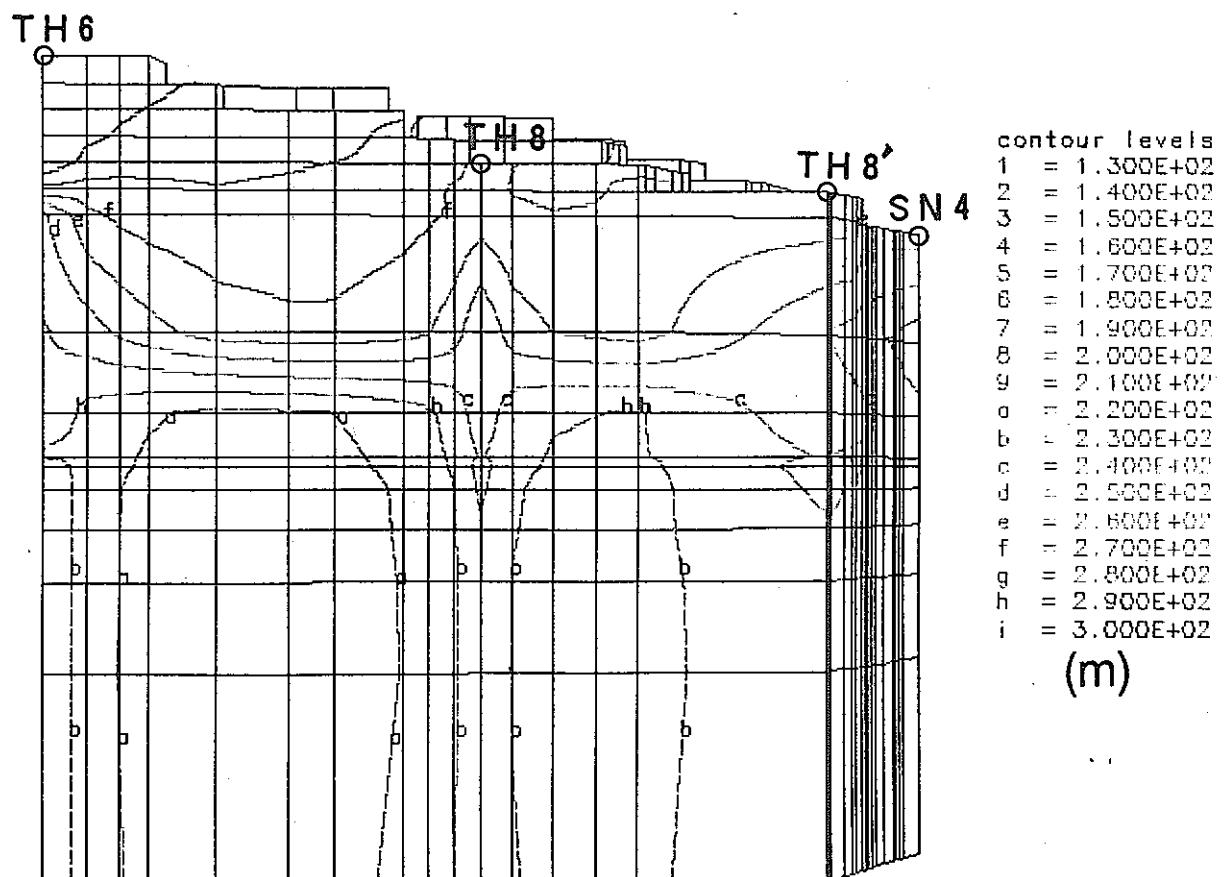


(W) West side boundary

Fig-7.5 Fixed Piezohead contour in Side boundaries

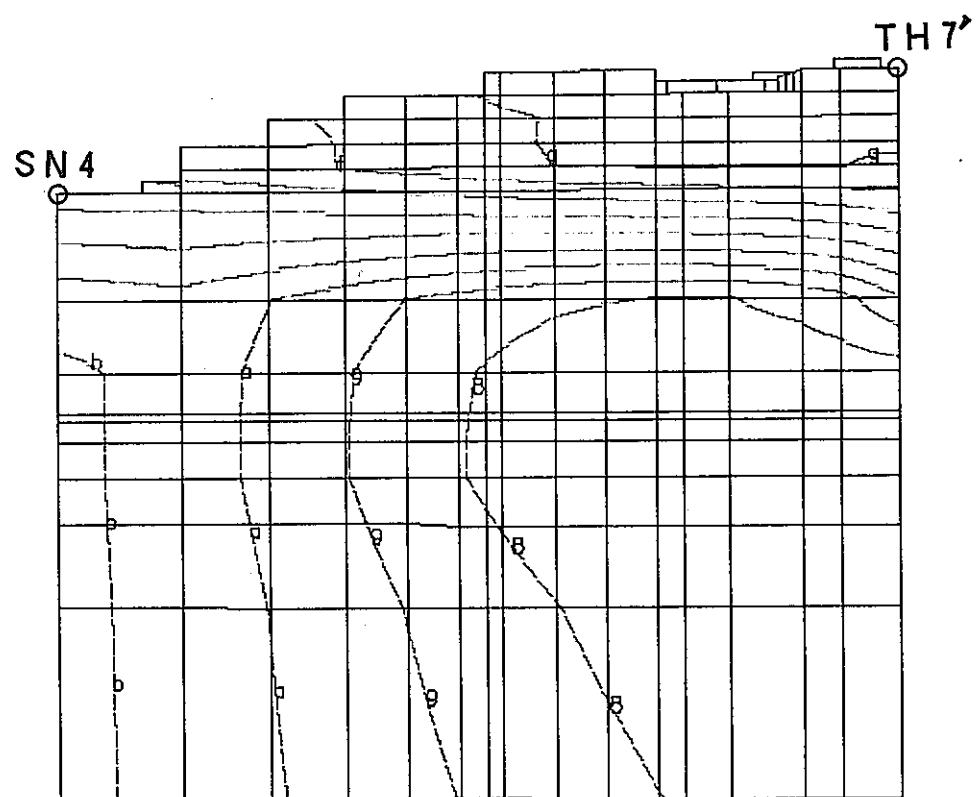


(S) South side boundary

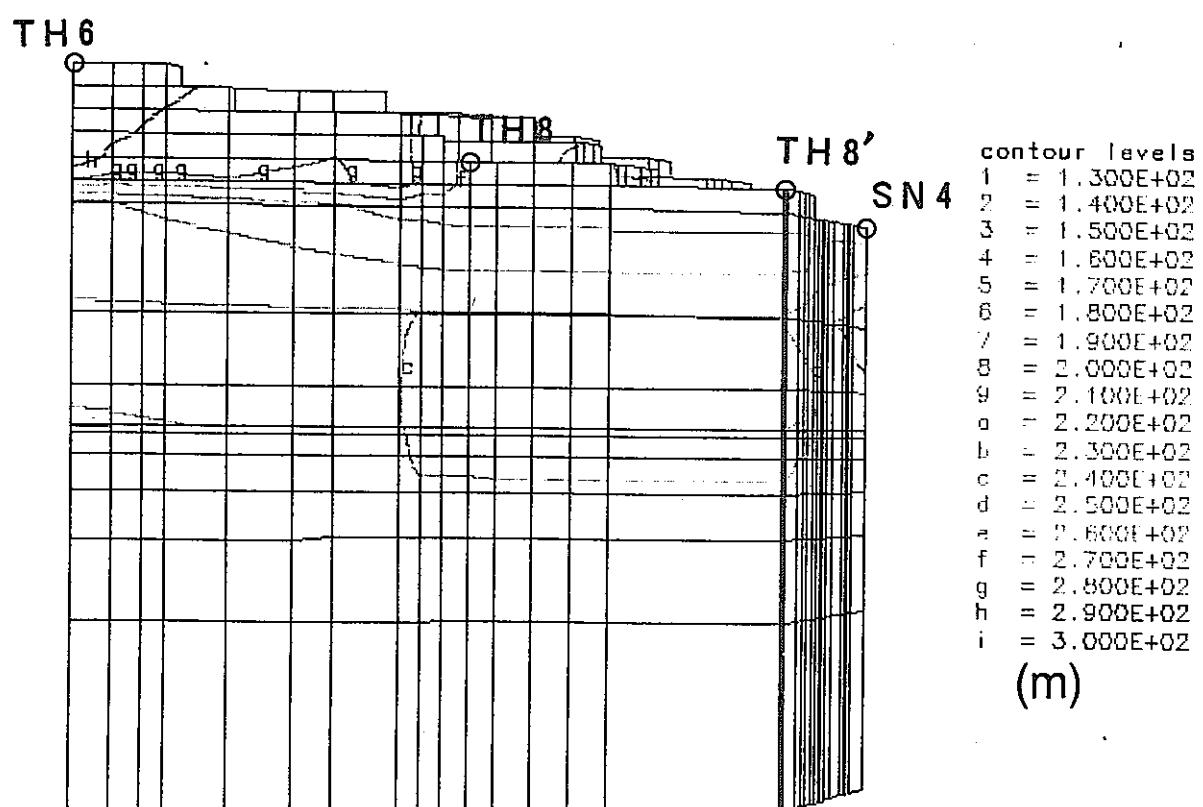


(N) North side Boundary

Fig-7.6 Calculated Piezohead contour in Side boundaries



(S) South side boundary



(N) North side Boundary

Fig-7.7 Fixed Piezohead contour in Side boundaries

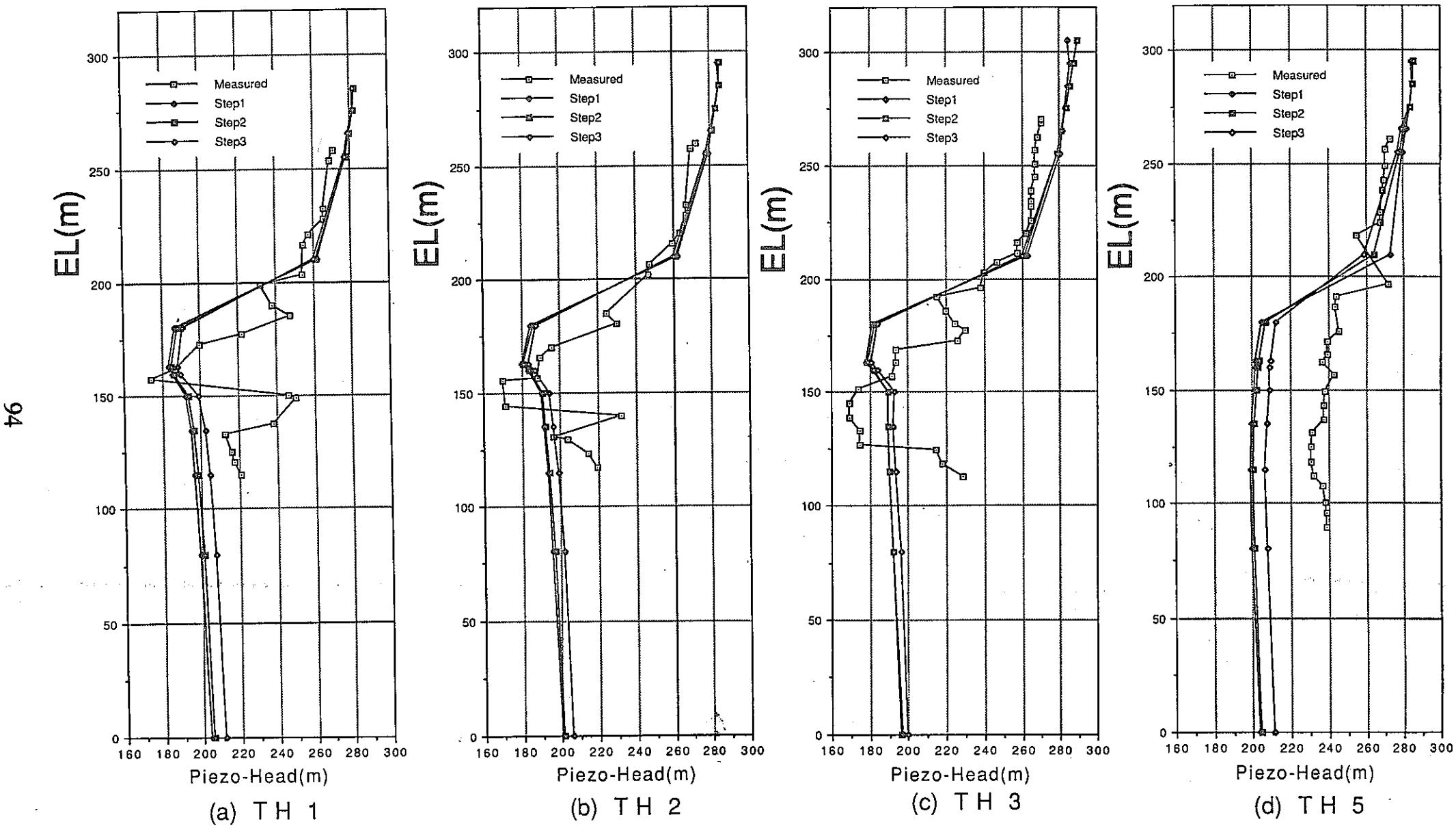


Fig-7.8 Calculated & Measured Piezohead in TH1,2,3,5

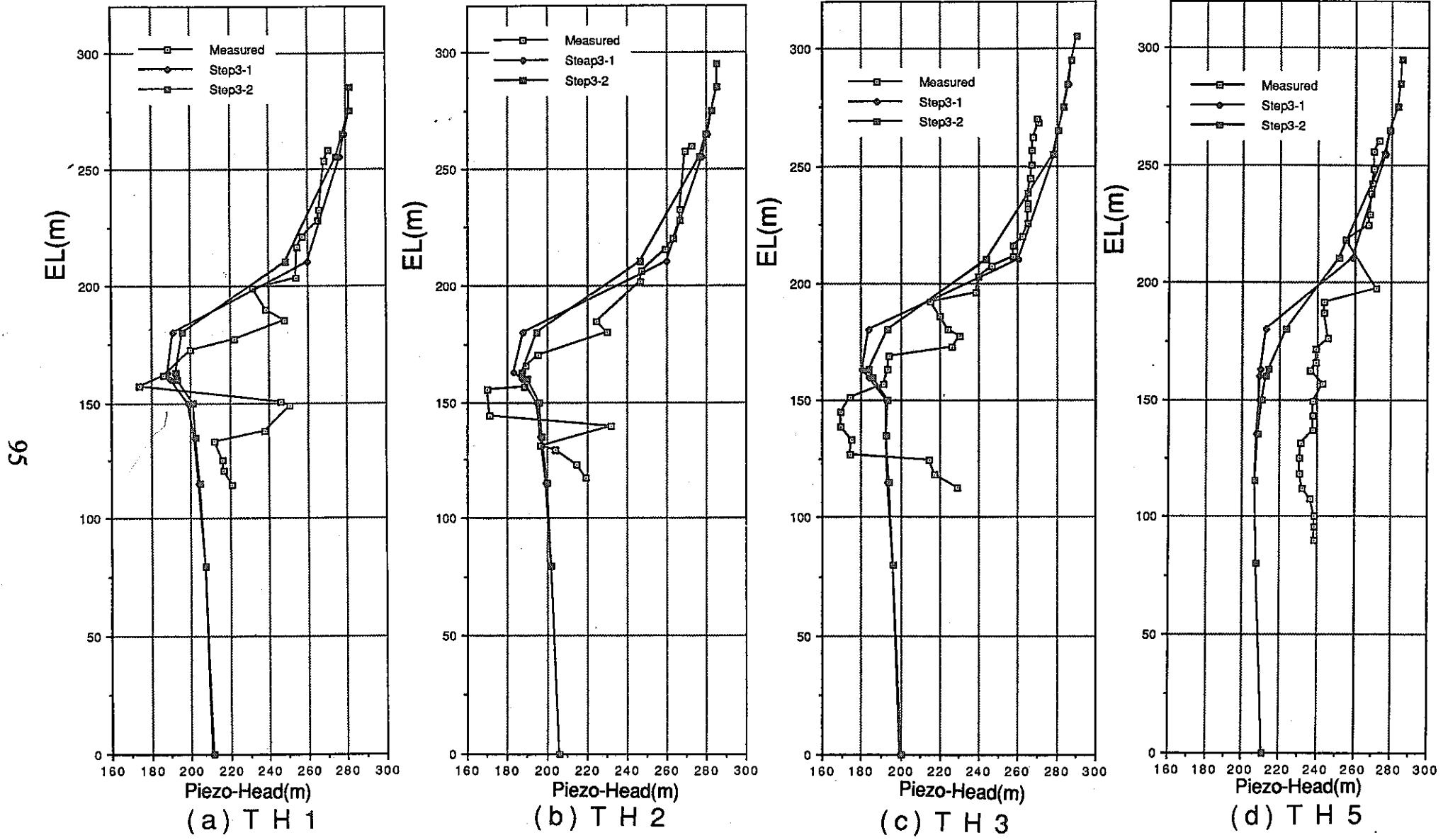
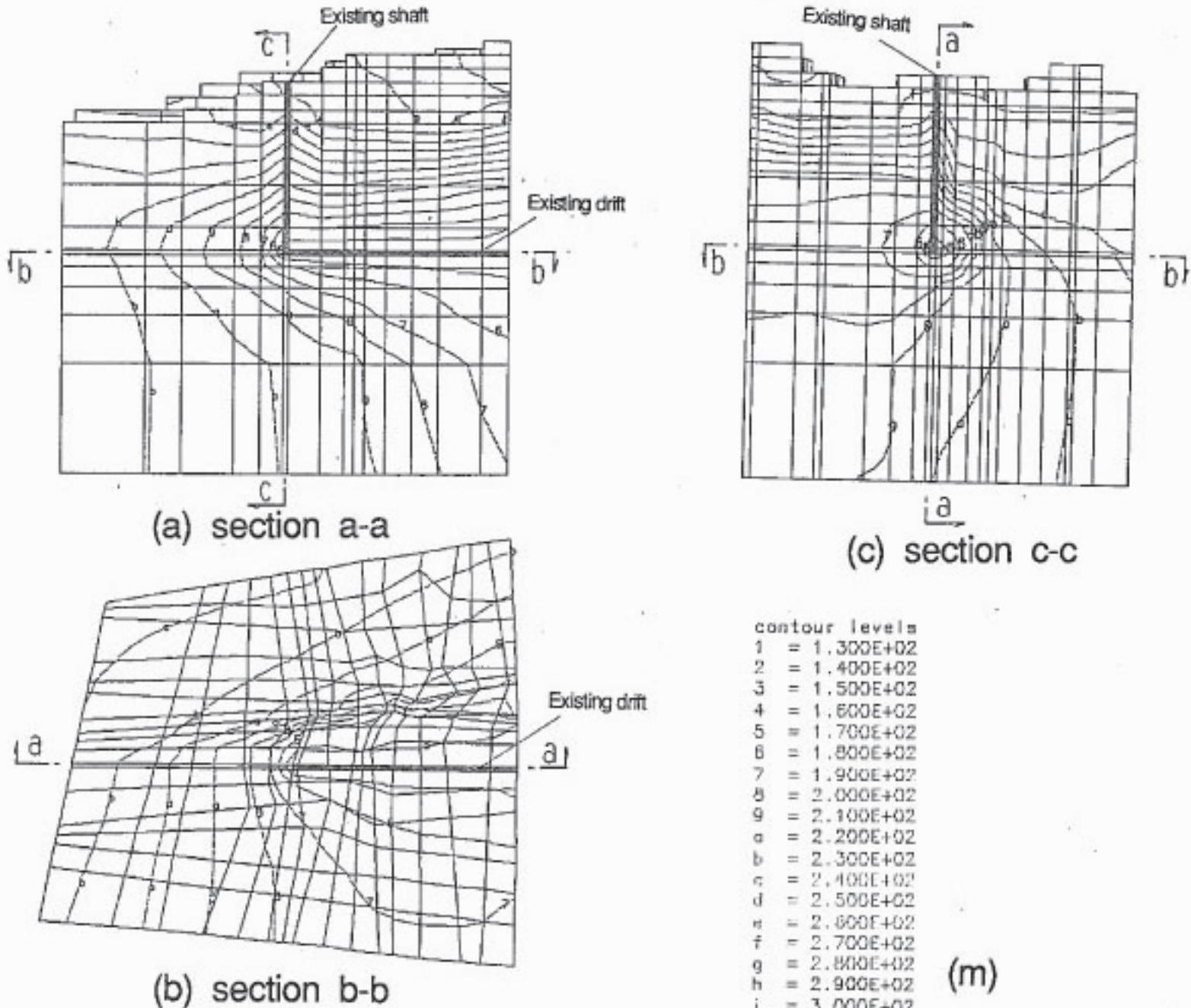


Fig-8.1 Measured & Calculated Piezohead in TH1,2,3,5



Eig-8.2 Calculated Piezohead contour (Step3-2)

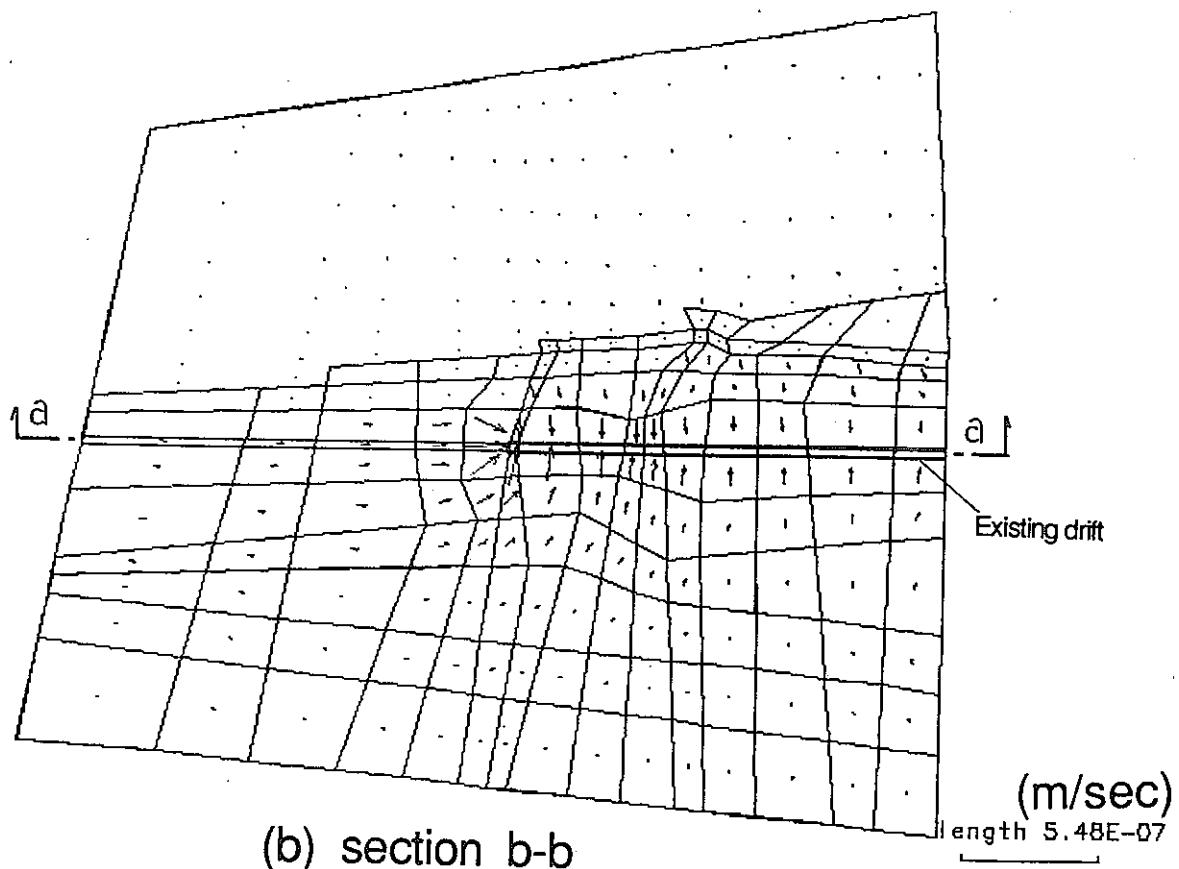
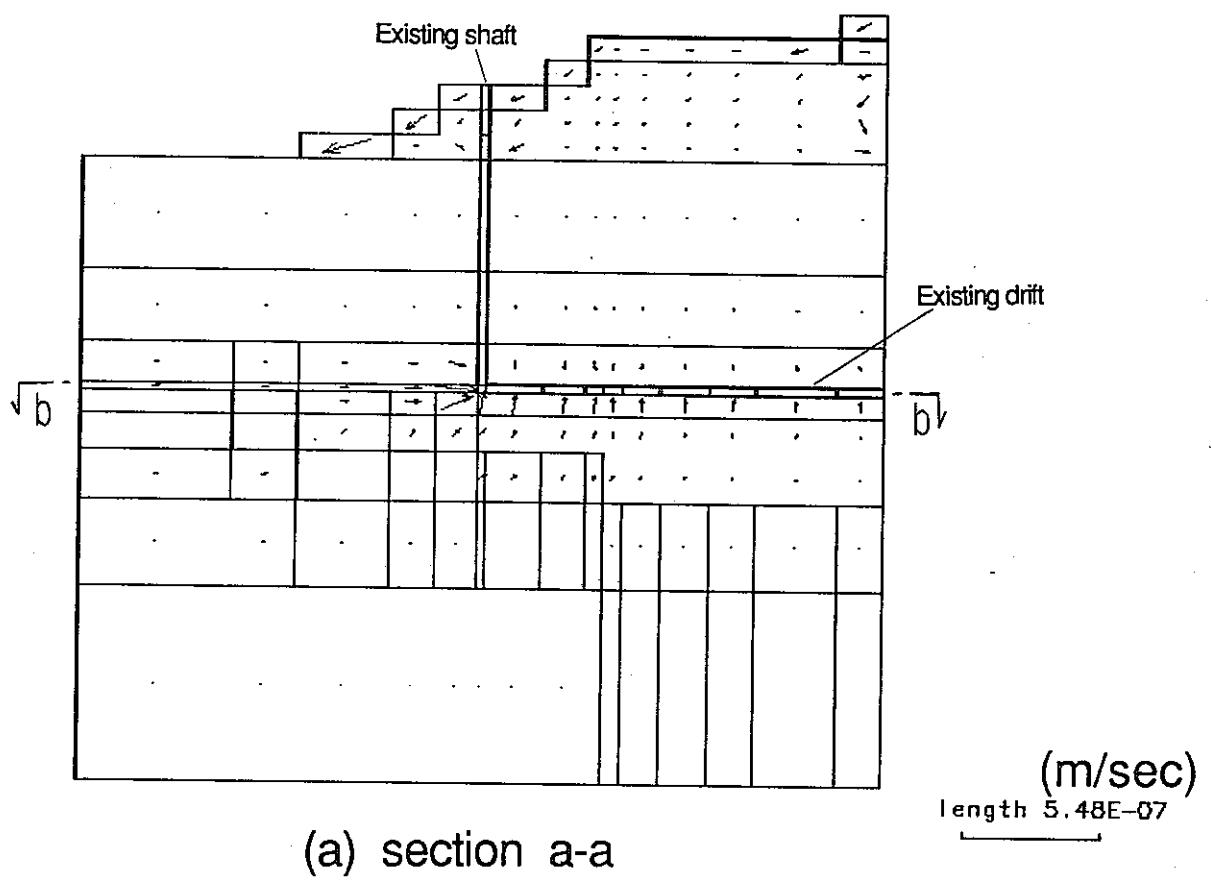


Fig-8.3 Calculated Velocity vector distribution (Step3-2)

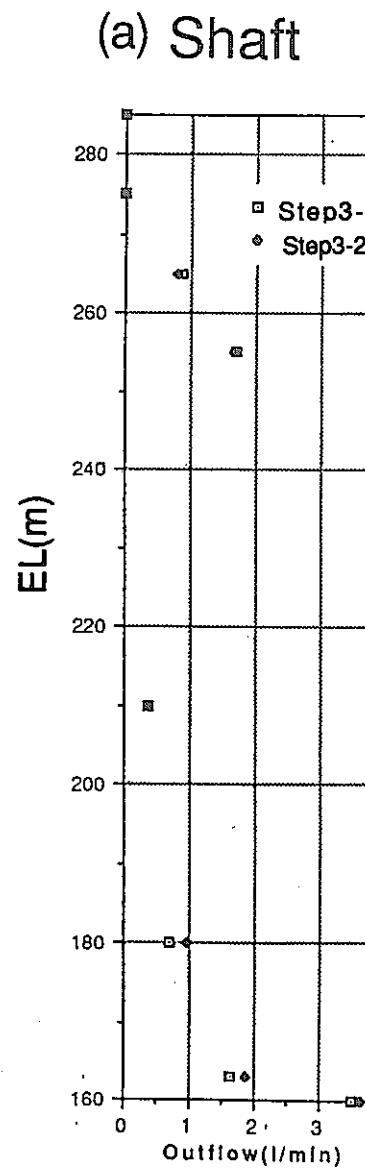
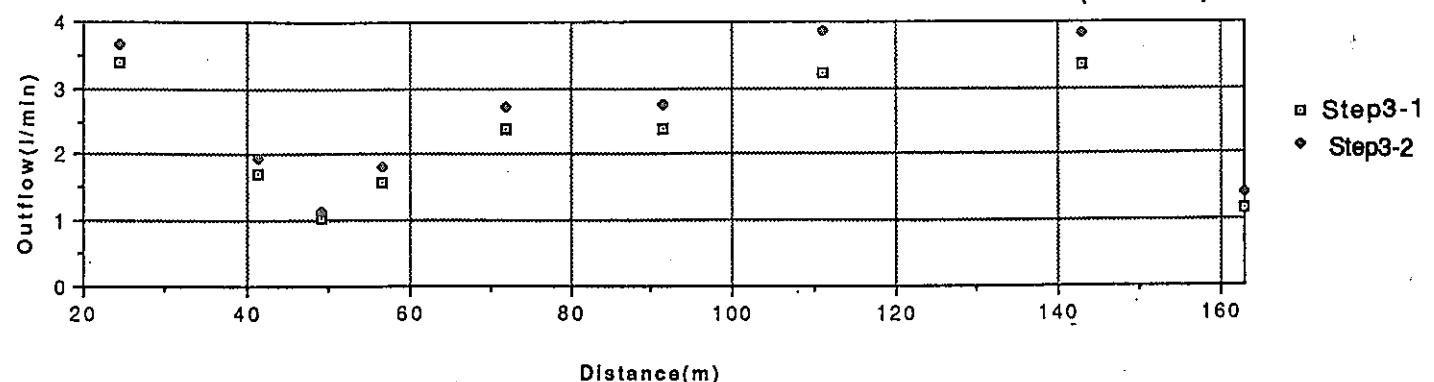


Table 8-1(a) Outflow in shaft

Shaft	Step3-1	Step3-2
EL(m)	Step3-1	Step3-2
285.0	0.0	0.0
275.0	0.0	0.0
265.0	0.9	0.8
255.0	1.7	1.7
210.0	0.4	0.4
180.0	0.7	1.0
163.0	1.6	1.9
160.0	3.5	3.6
TOTAL	8.8	9.3

(l/min)

(b) Drift



(l/min)

■ Step3-1
◆ Step3-2

Fig-8.4 Calculated Outflow in the Existing shaft & drift

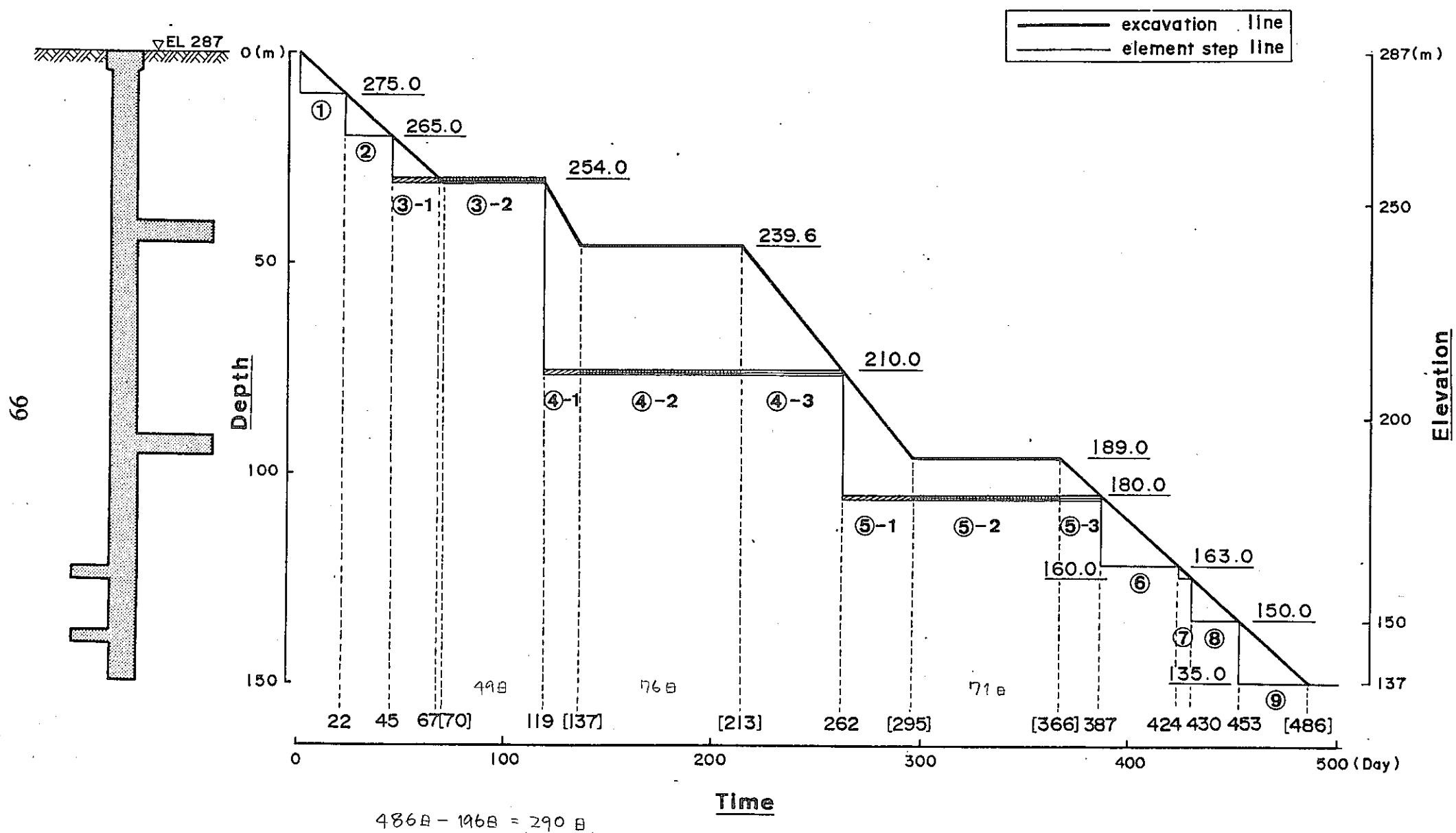
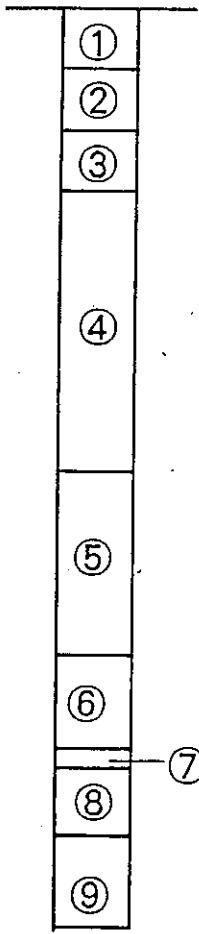
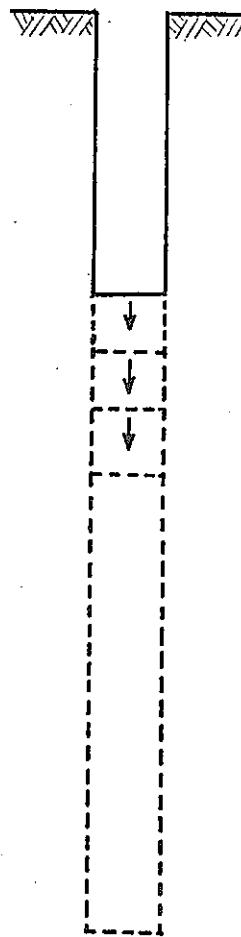


Fig-9.1 Excavation Schedule

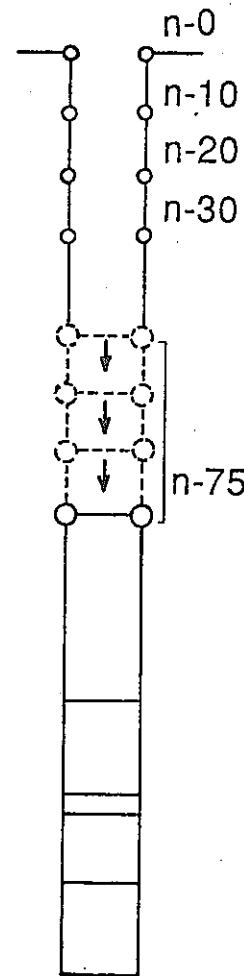
100



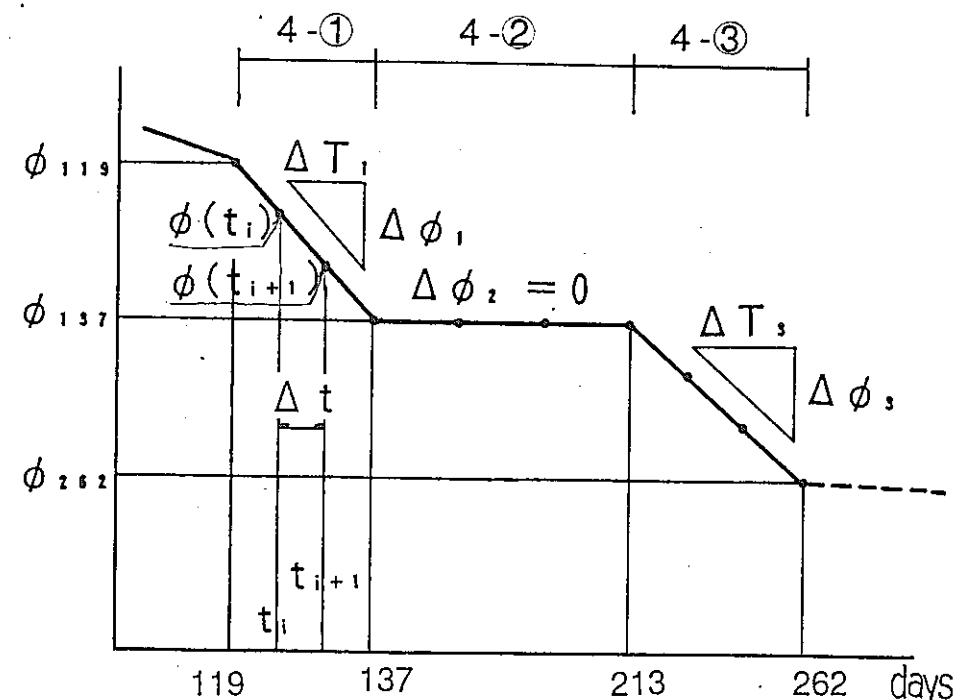
(a) Element division



(b) Real excavation



(c) Simulated excavation



(d) Setting of bottom head value

Fig-9.2 Modeling of shaft excavation in calculation

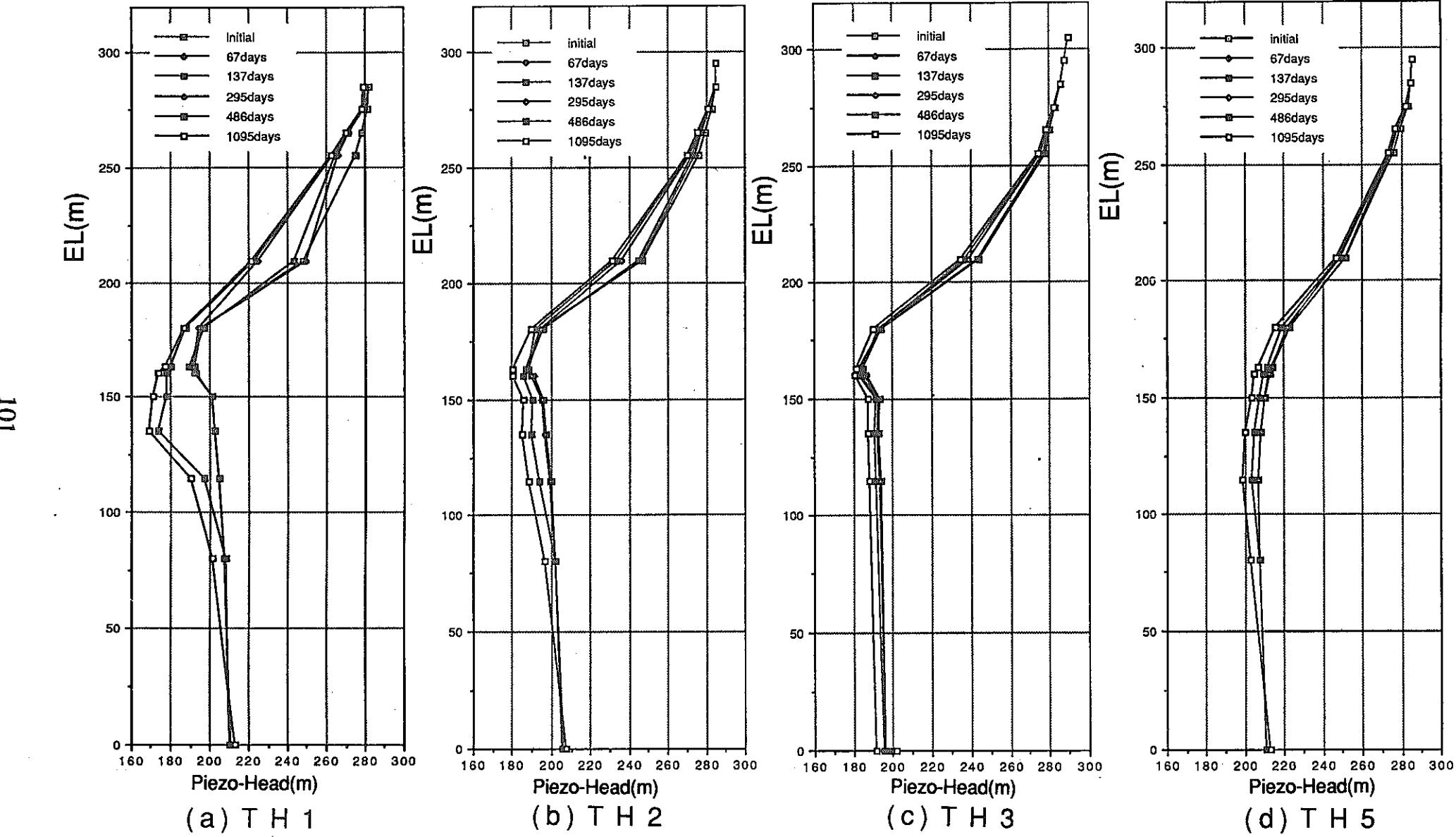
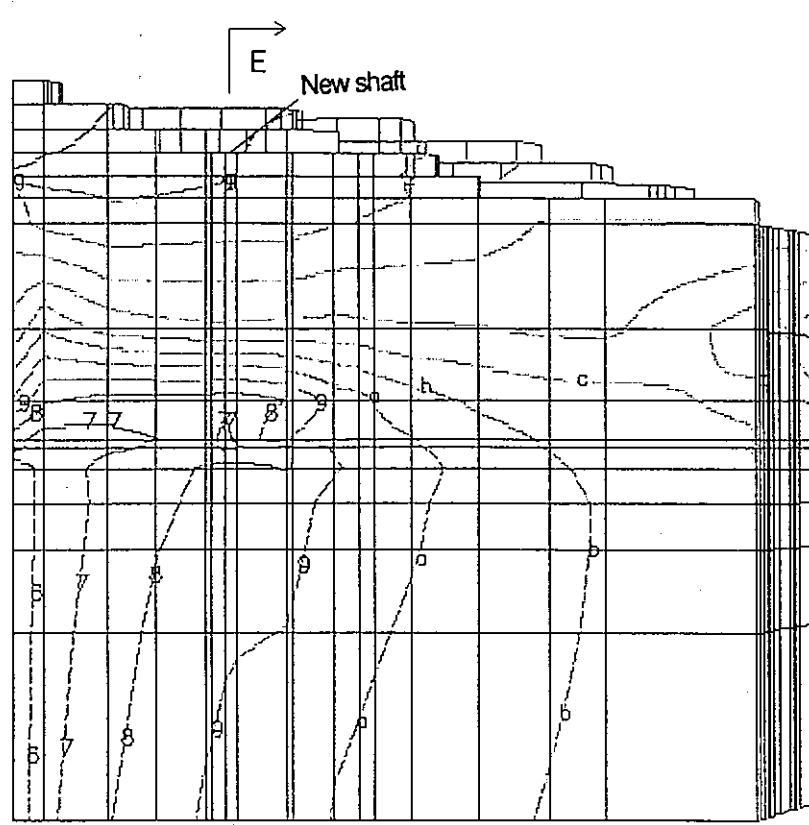
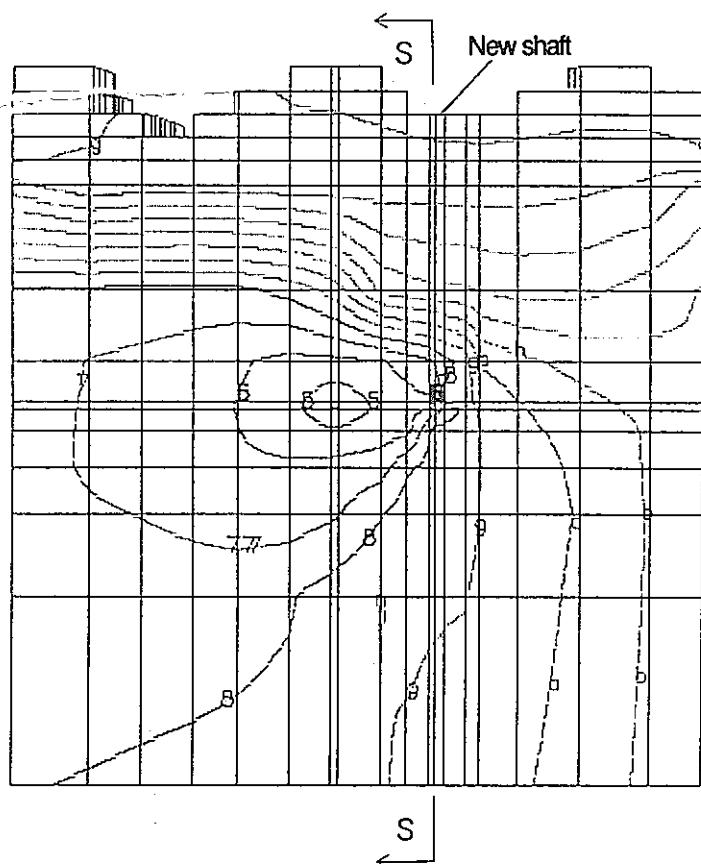


Fig-9.3 Calculated Piezohead transition in TH1,2,3,5

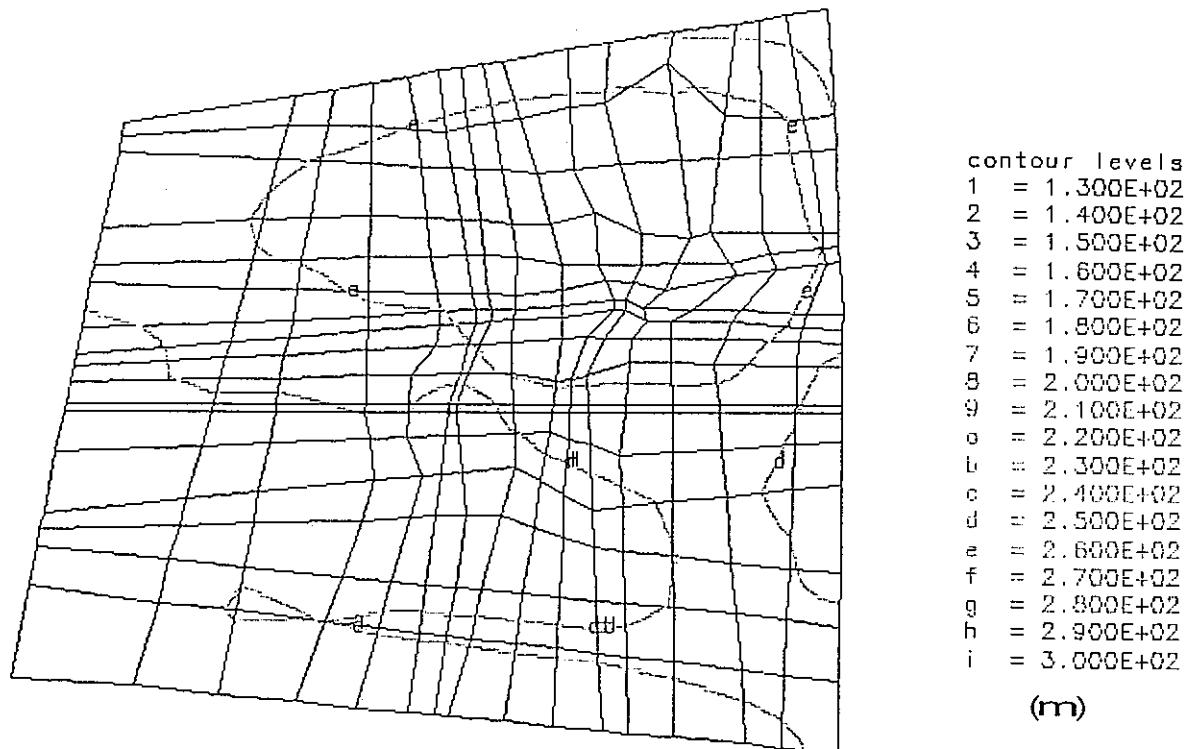


(a) S-S断面内 ピエゾ水頭コンタ図

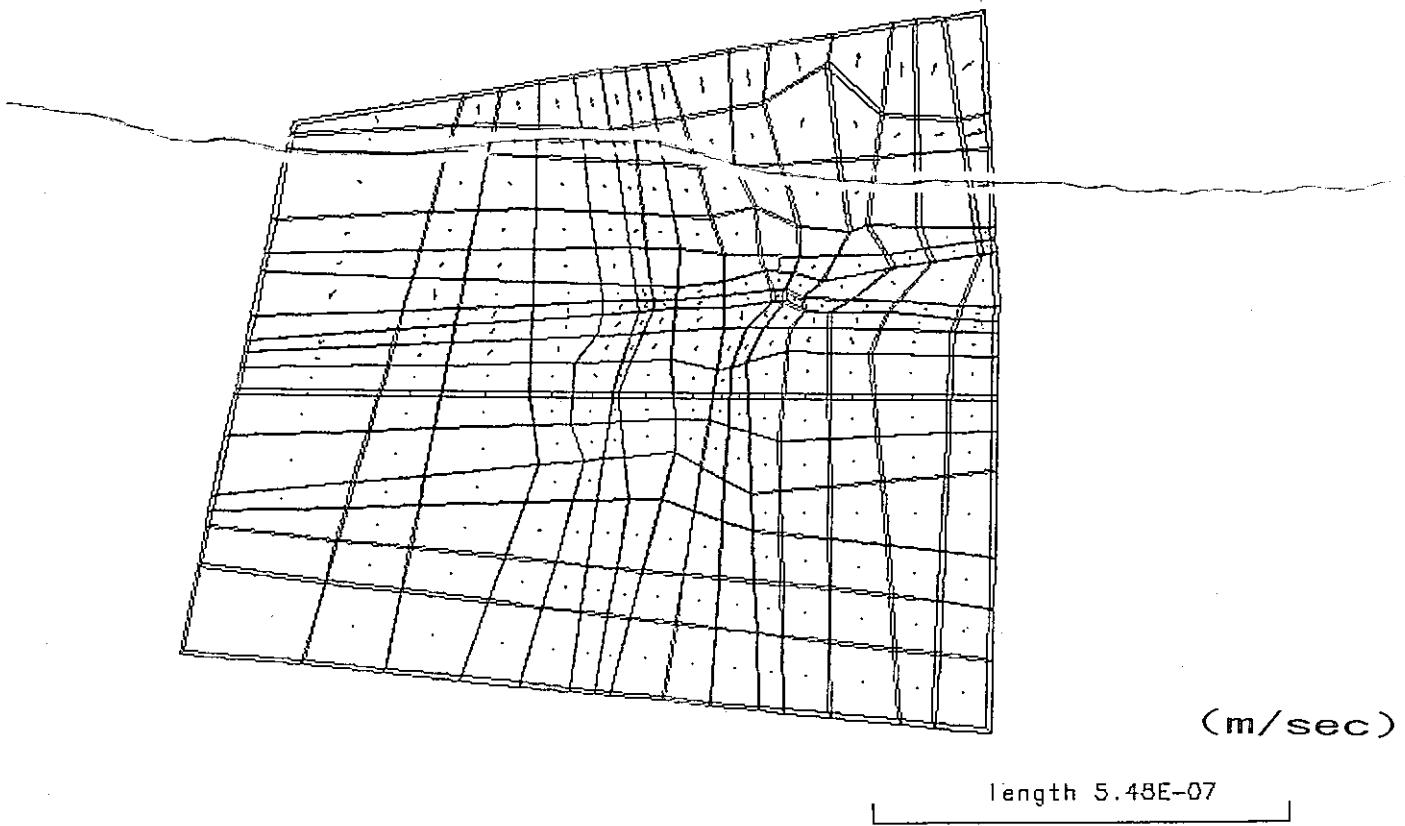


(b) E-E断面内 ピエゾ水頭コンタ図

図-9.4.1 掘削開始前

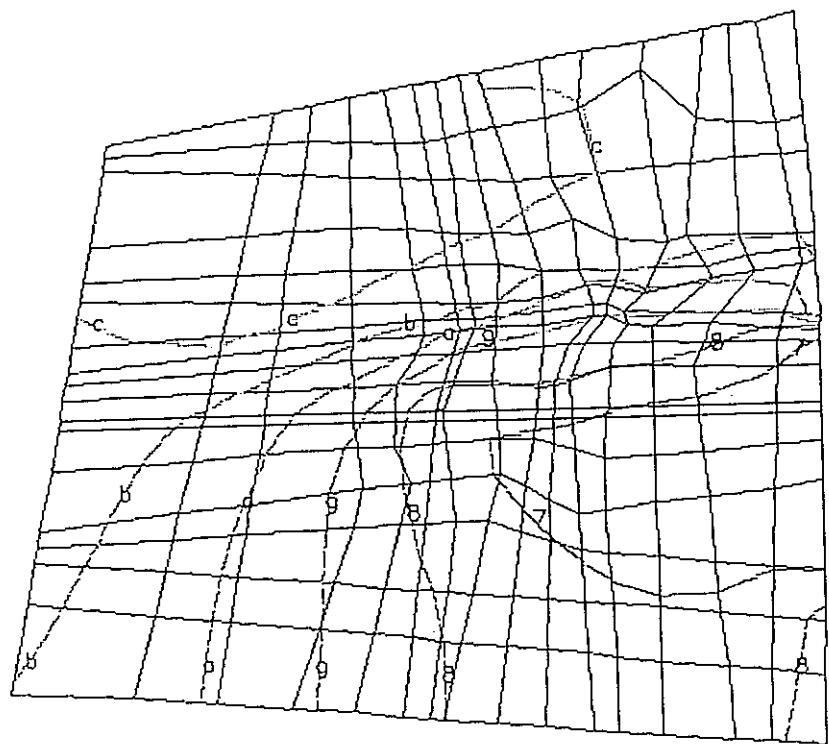


(c) E-L 239m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

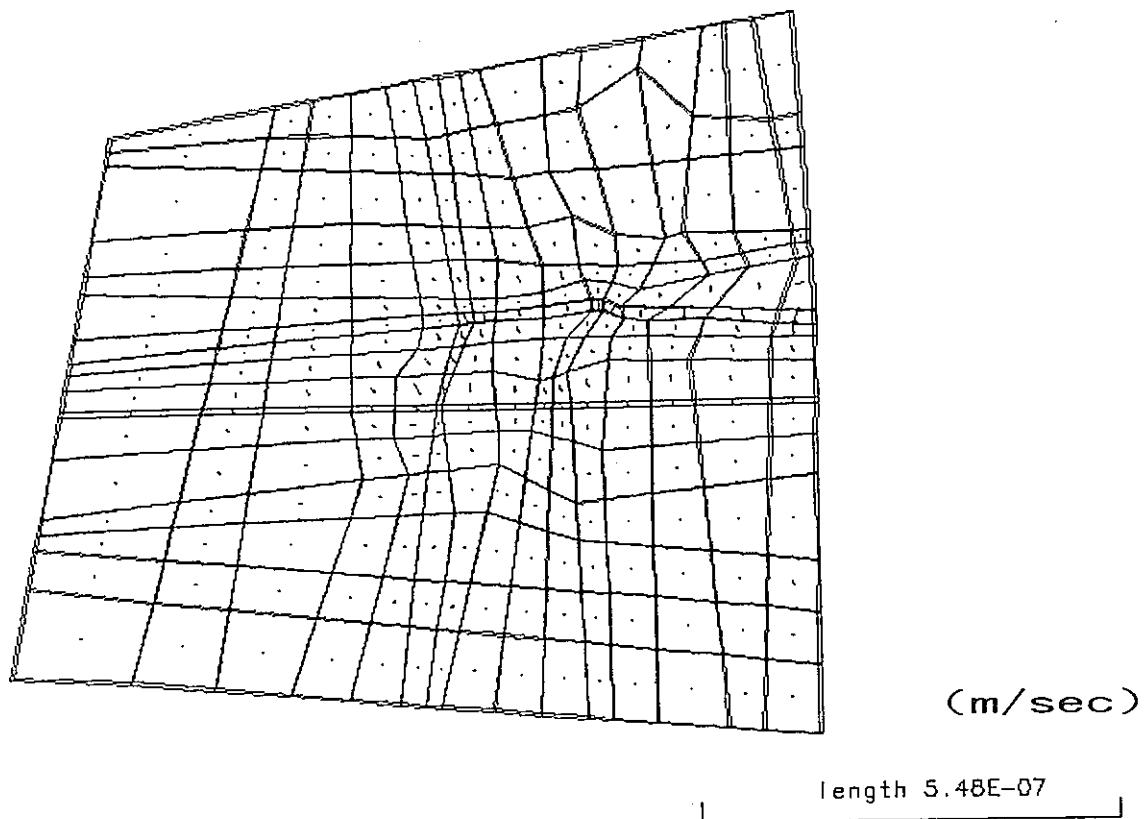


(d) E-L 239m水平面内流速ベクトル図

図-9.4.2 掘削開始前

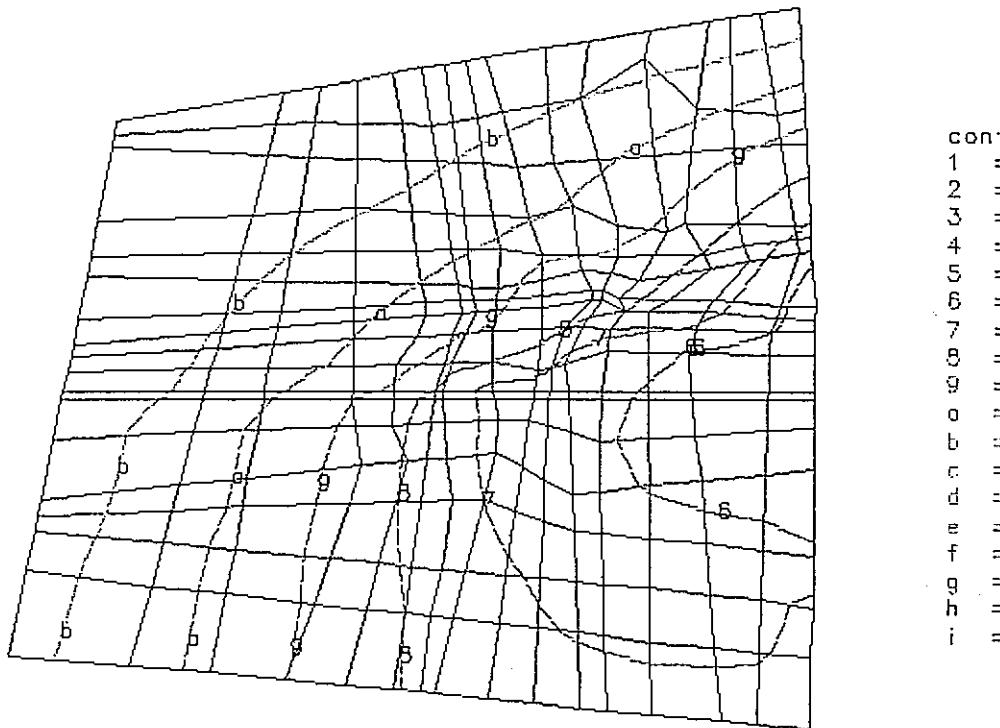


(e) E-L 190m水平面内 ピエゾ水頭コンタ図

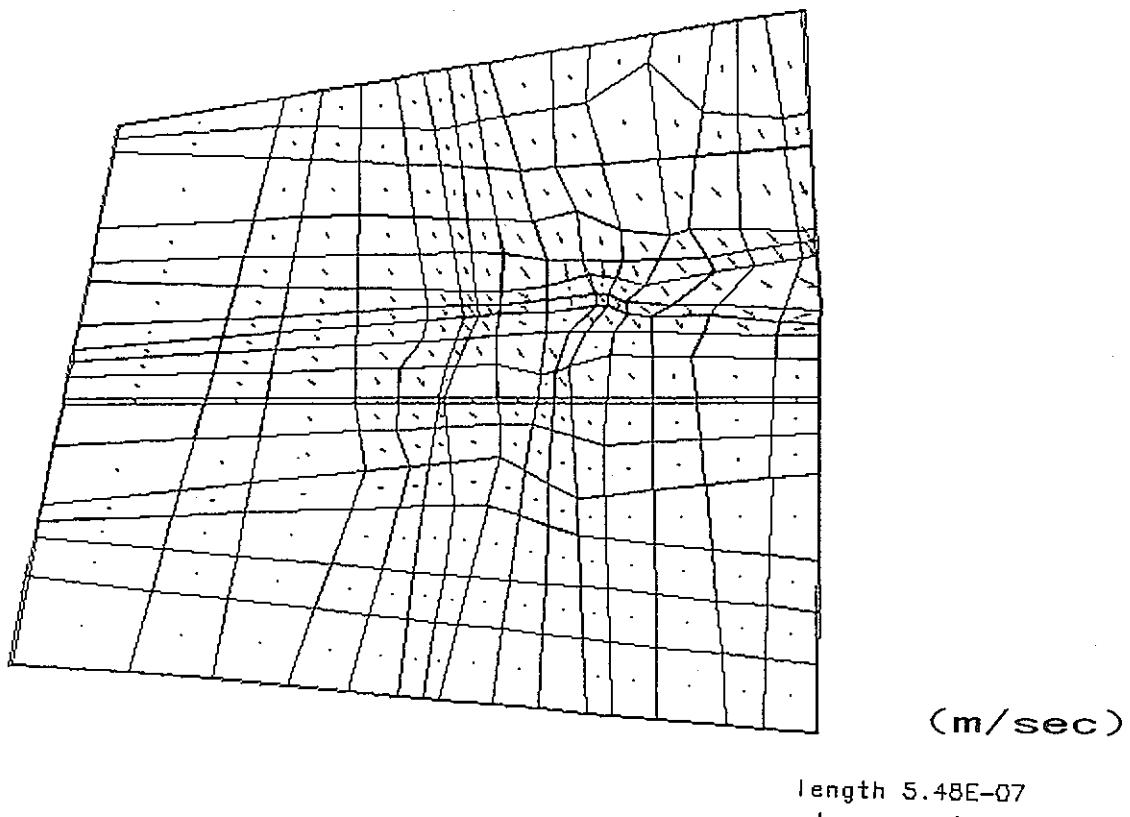


(f) E-L 190m水平面内流速ベクトル図

図-9.4.3 掘削開始前
104

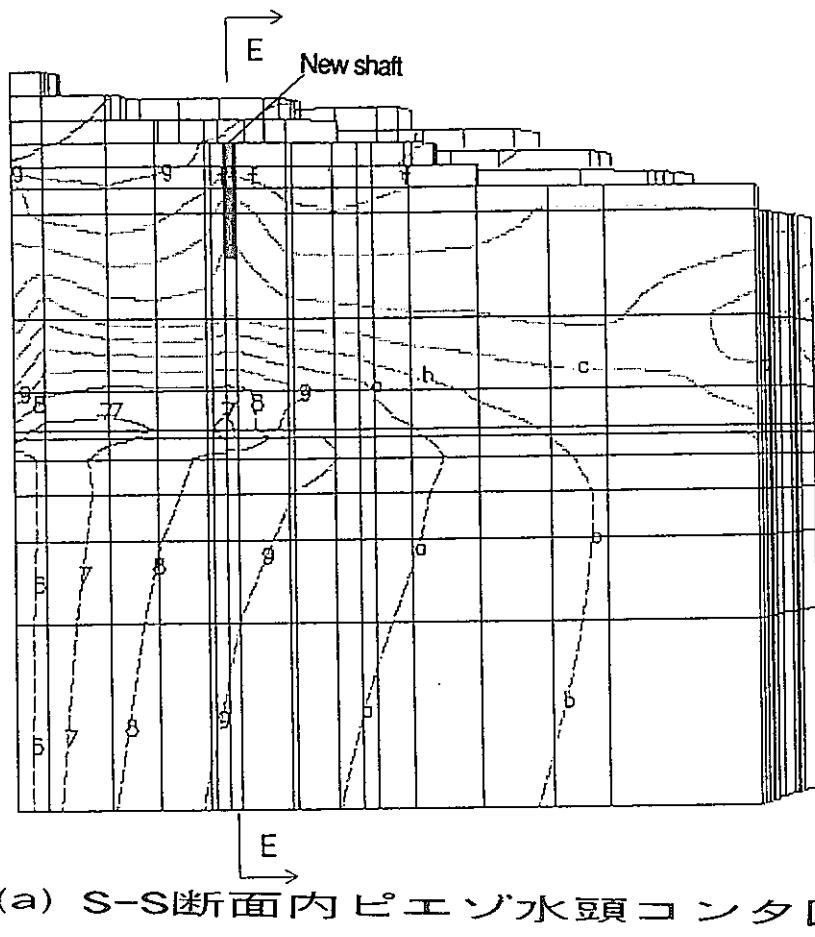


(g) E L 135m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

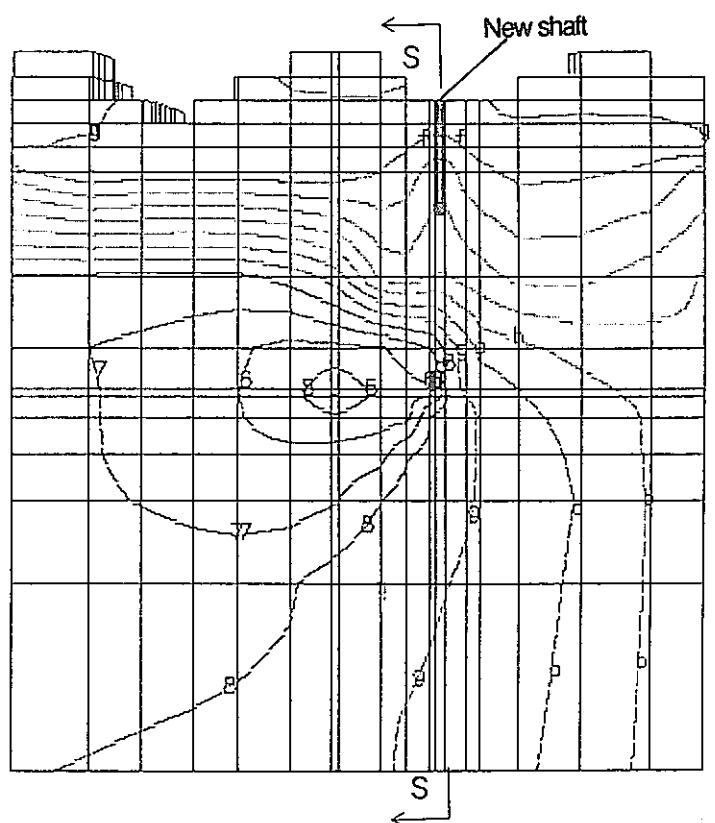


(h) E L 135m水平面内流速ベクトル図

図-9.4.4 掘削開始前

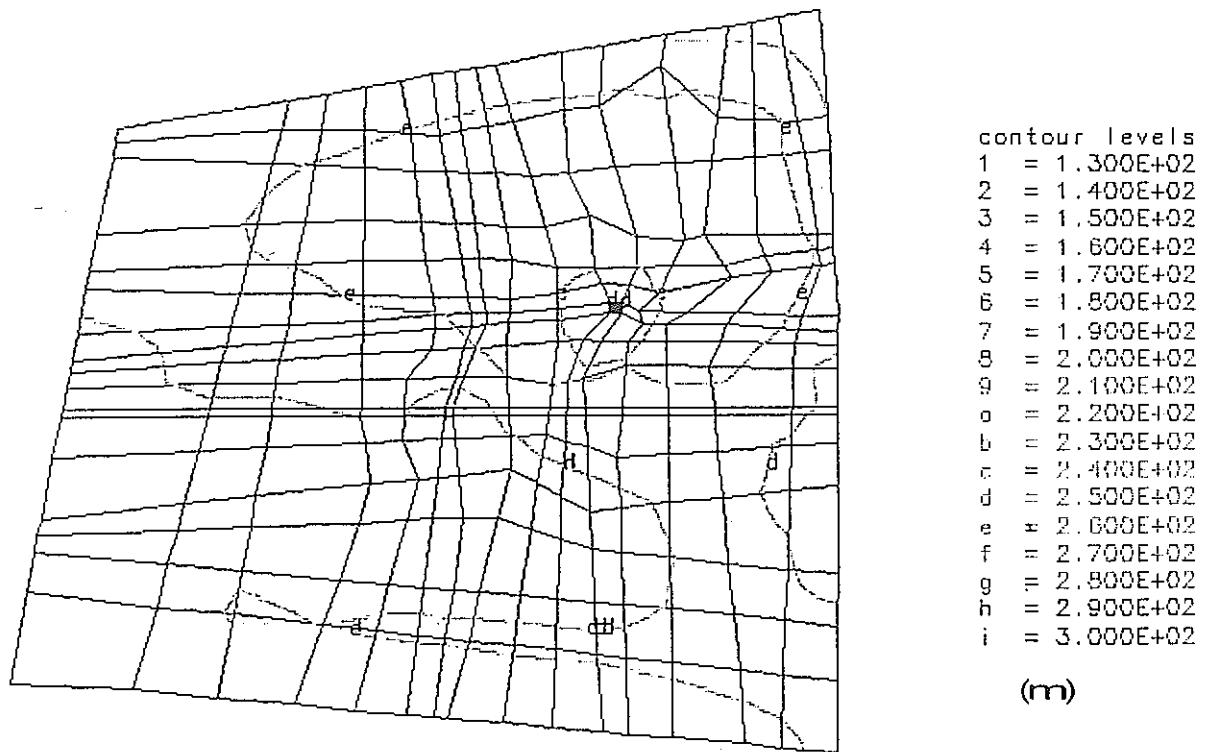


(a) S-S断面内 ピエゾ水頭コンタ図

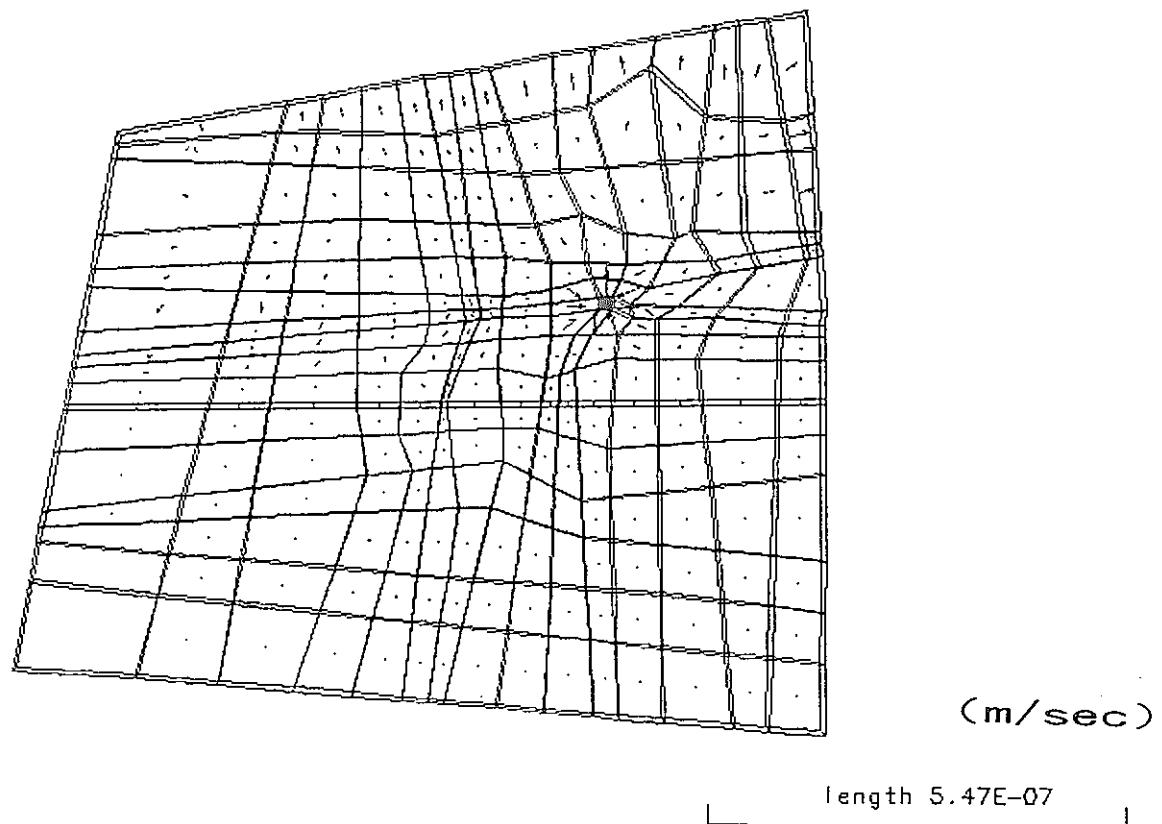


(b) E-E断面内 ピエゾ水頭コンタ図

図-9.5.1 掘削開始後 137日

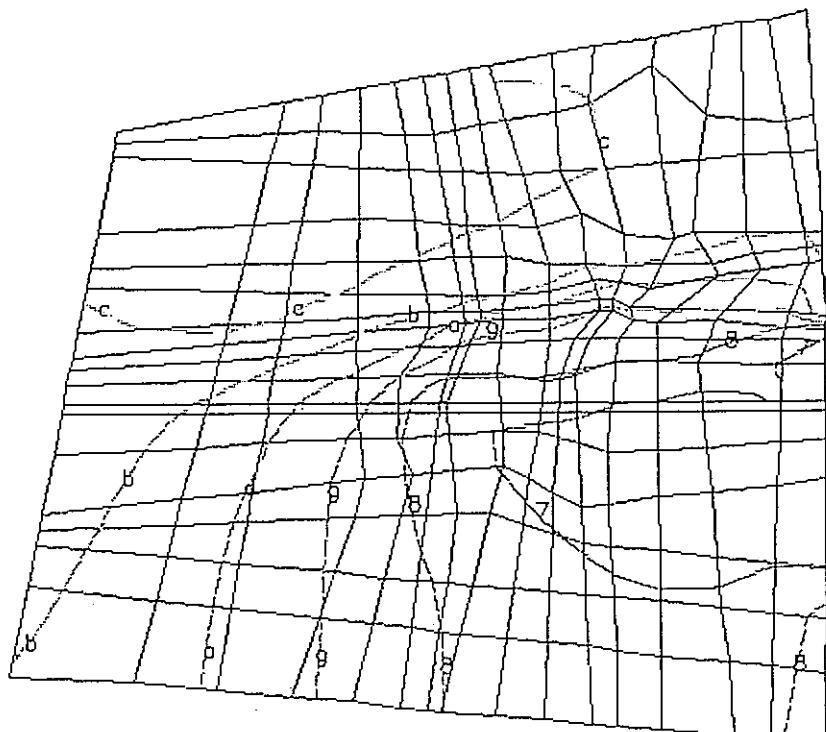


(c) E-L 239m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

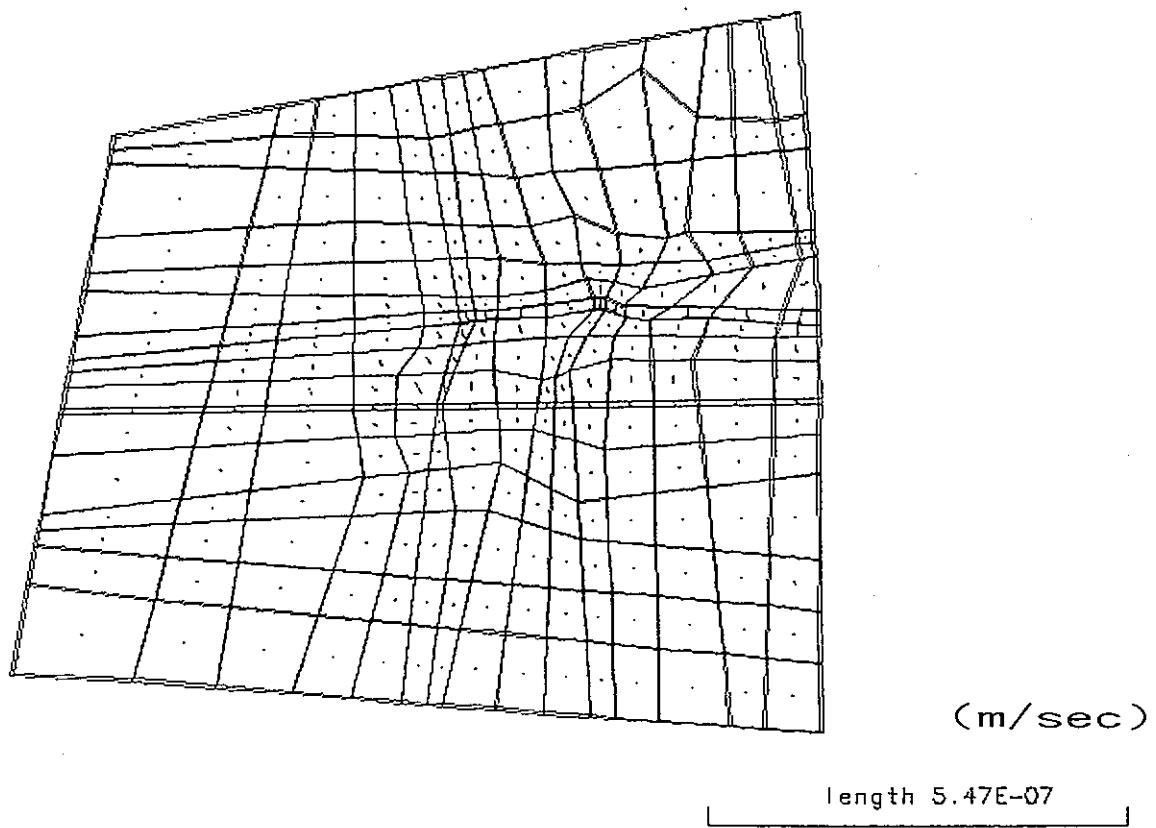


(d) E-L 239m水平面内流速ベクトル図

図-9.5.2 掘削開始後 137日

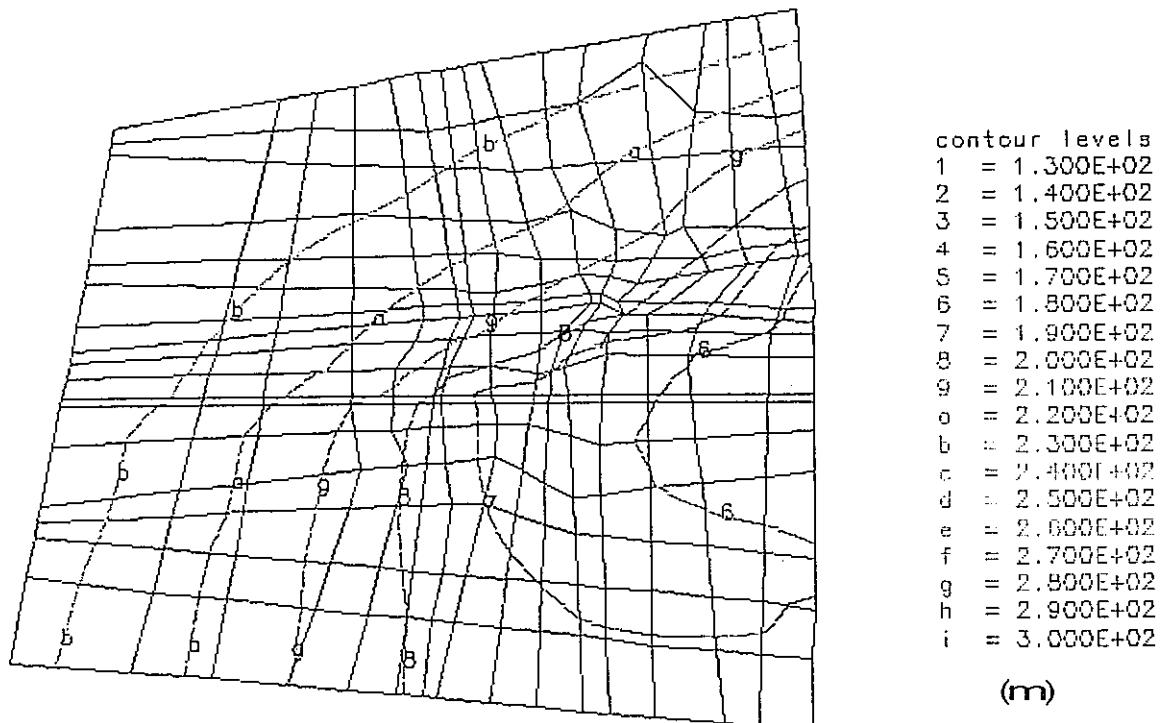


(e) E L 190m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

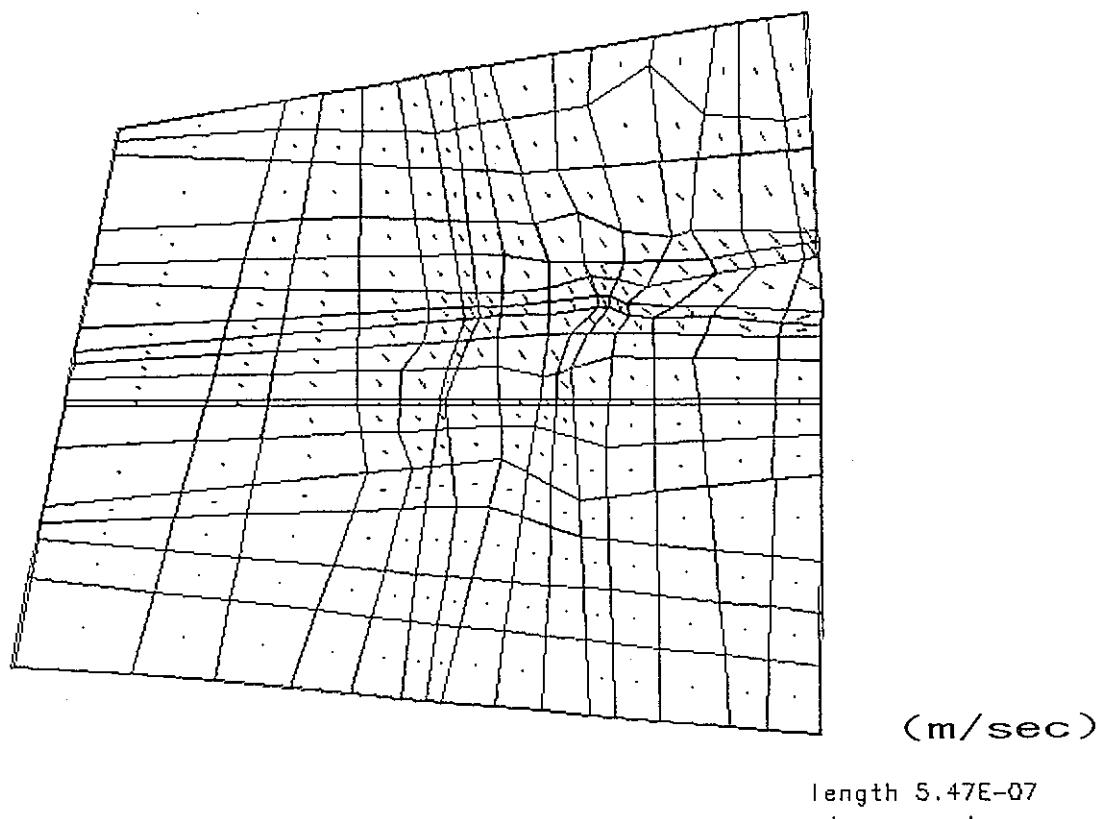


(f) E L 190m水平面内流速ベクトル図

図-9.5.3 掘削開始後 137日

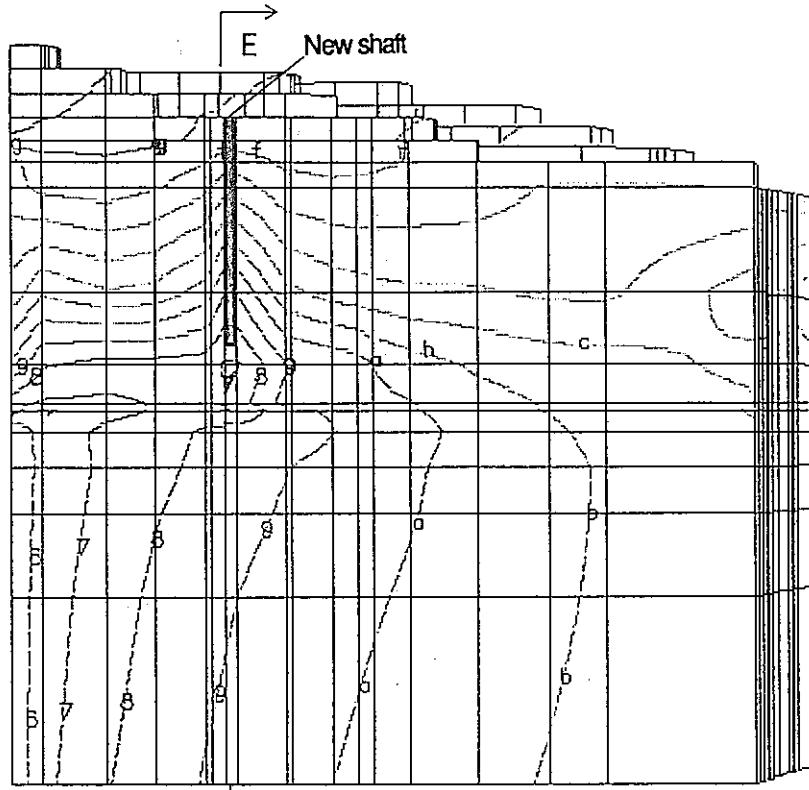


(g) E-L 135m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

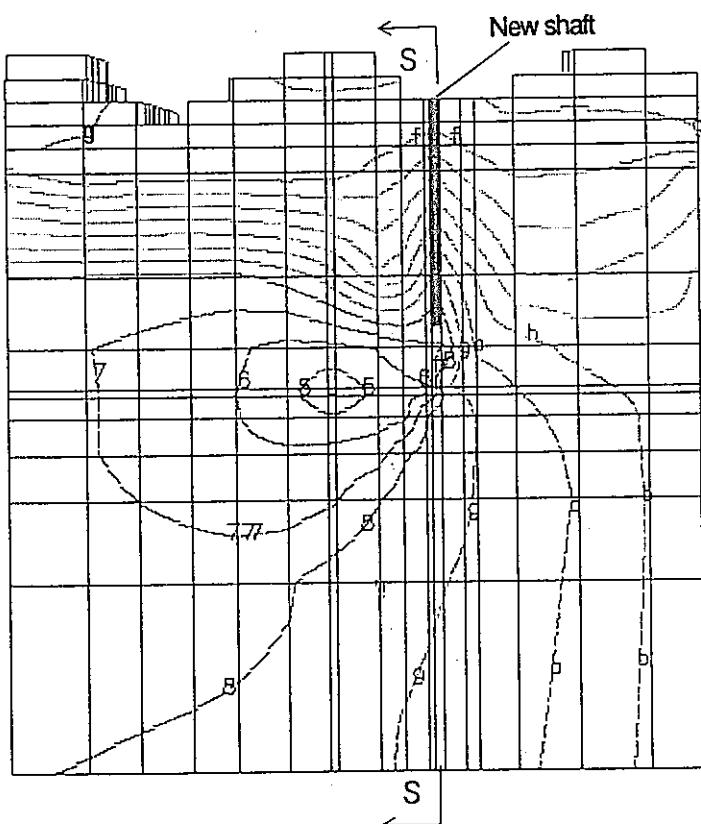


(h) E-L 135m水平面内流速ベクトル図

図-9.5.4 掘削開始後 137日

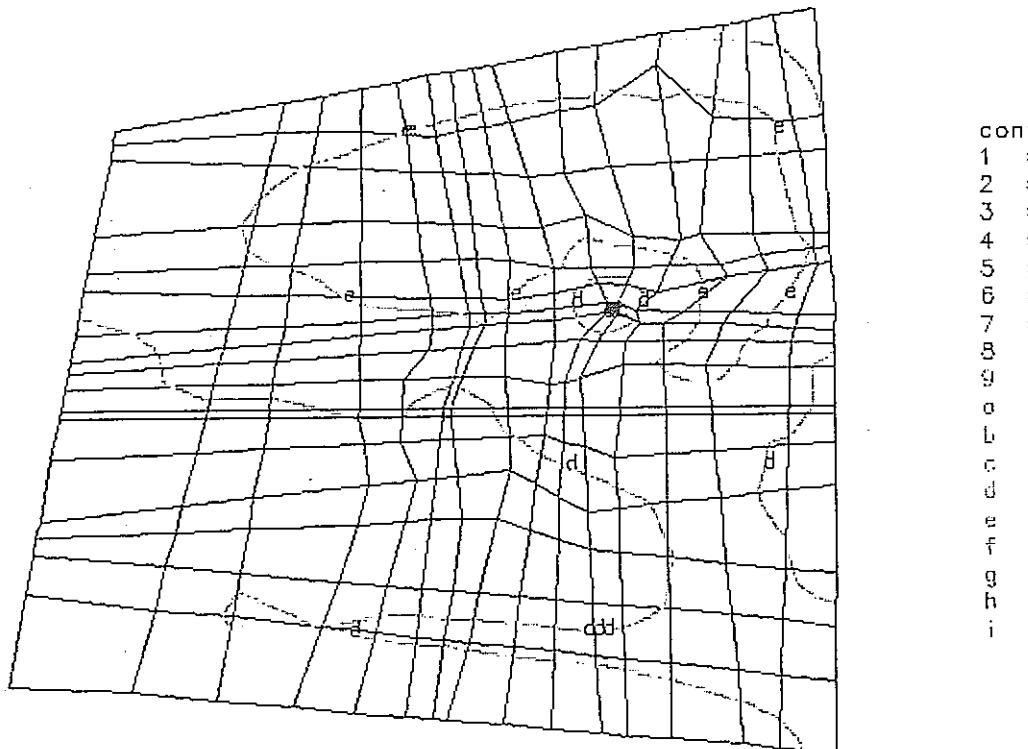


(a) S-S断面内 ピエゾ水頭コンタ図

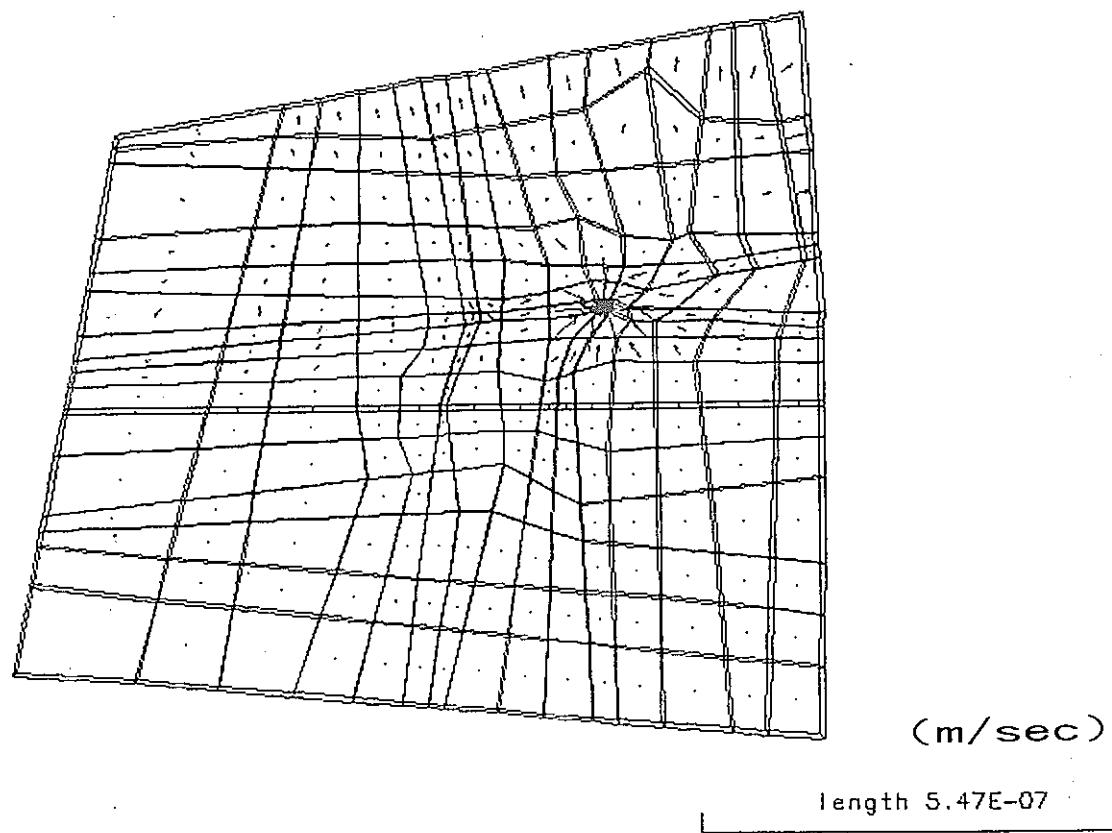


(b) E-E断面内 ピエゾ水頭コンタ図

図-9.6.1 掘削開始後 295日

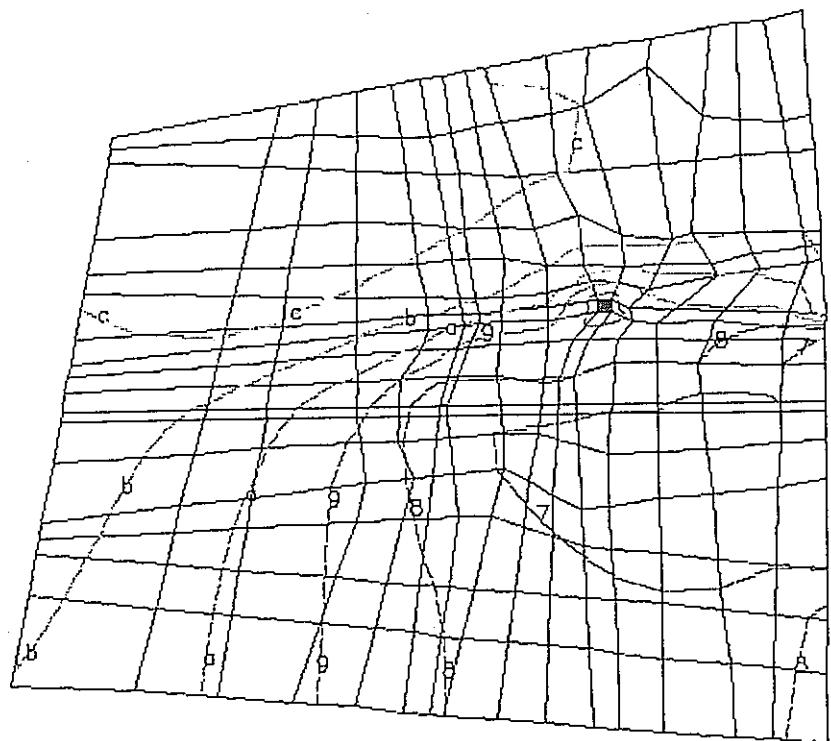


(c) EL 239m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

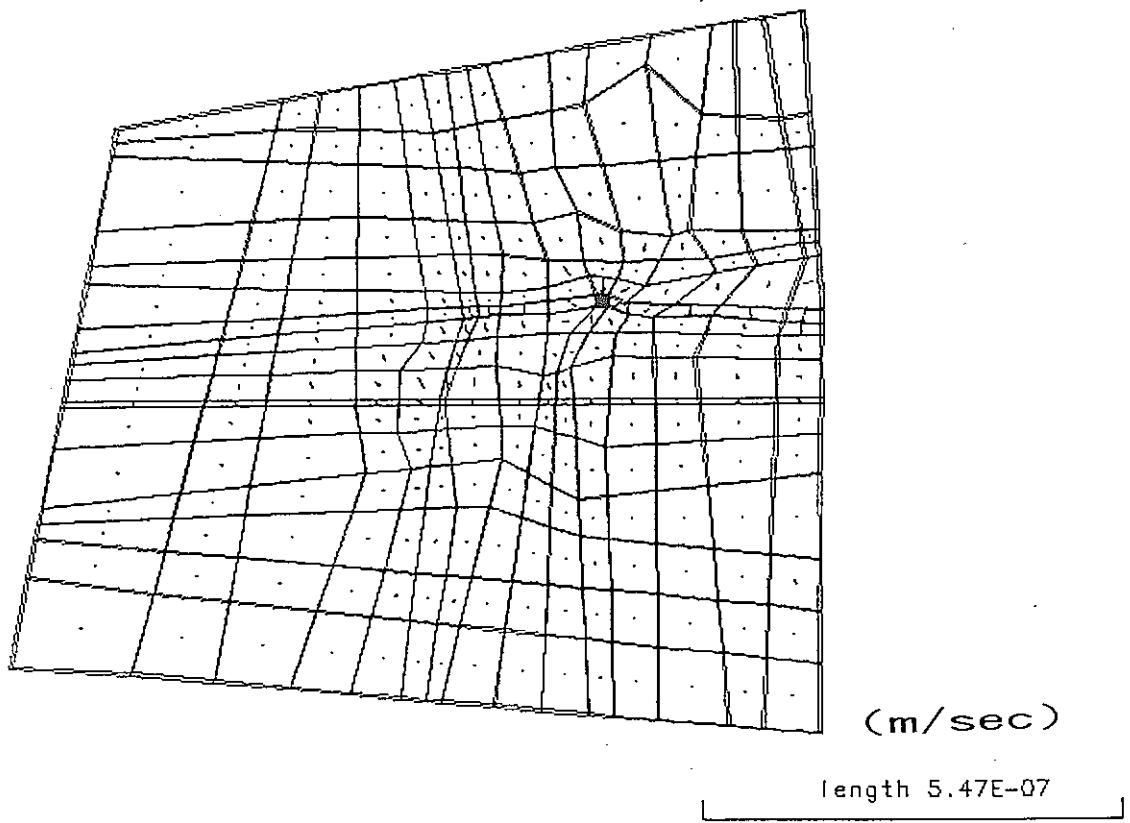


(d) EL 239m水平面内流速ベクトル図

図-9.6.2 掘削開始後 295日

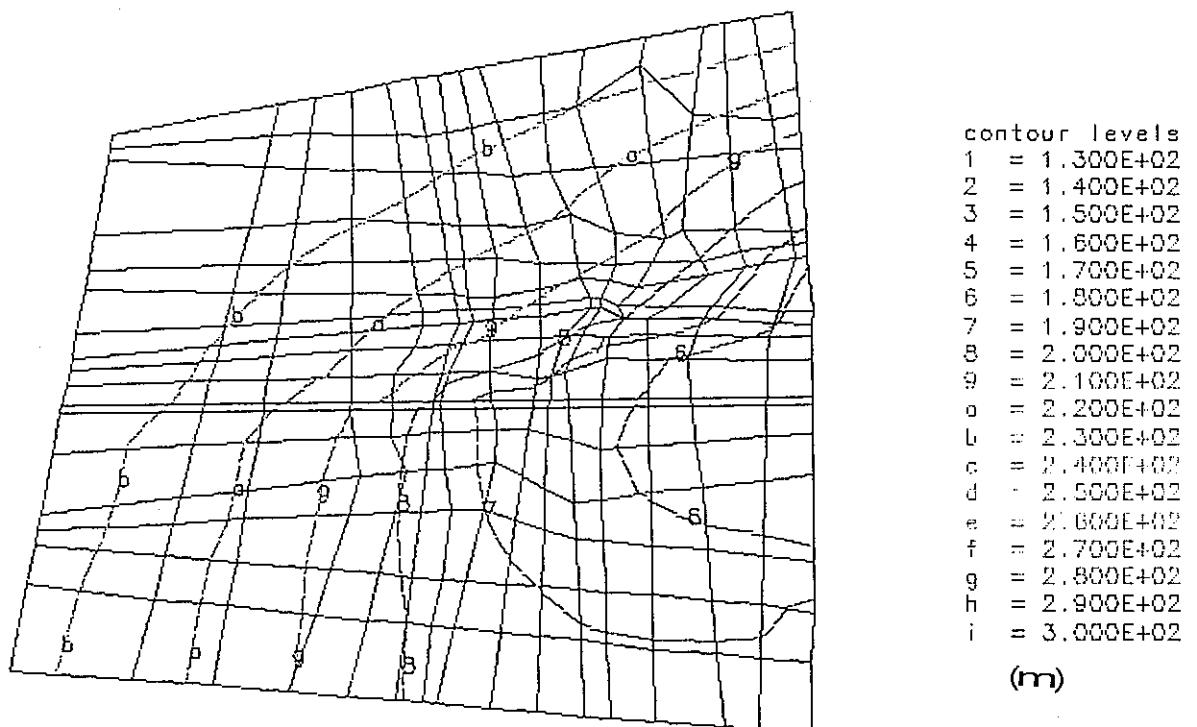


(e) E-L 190m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

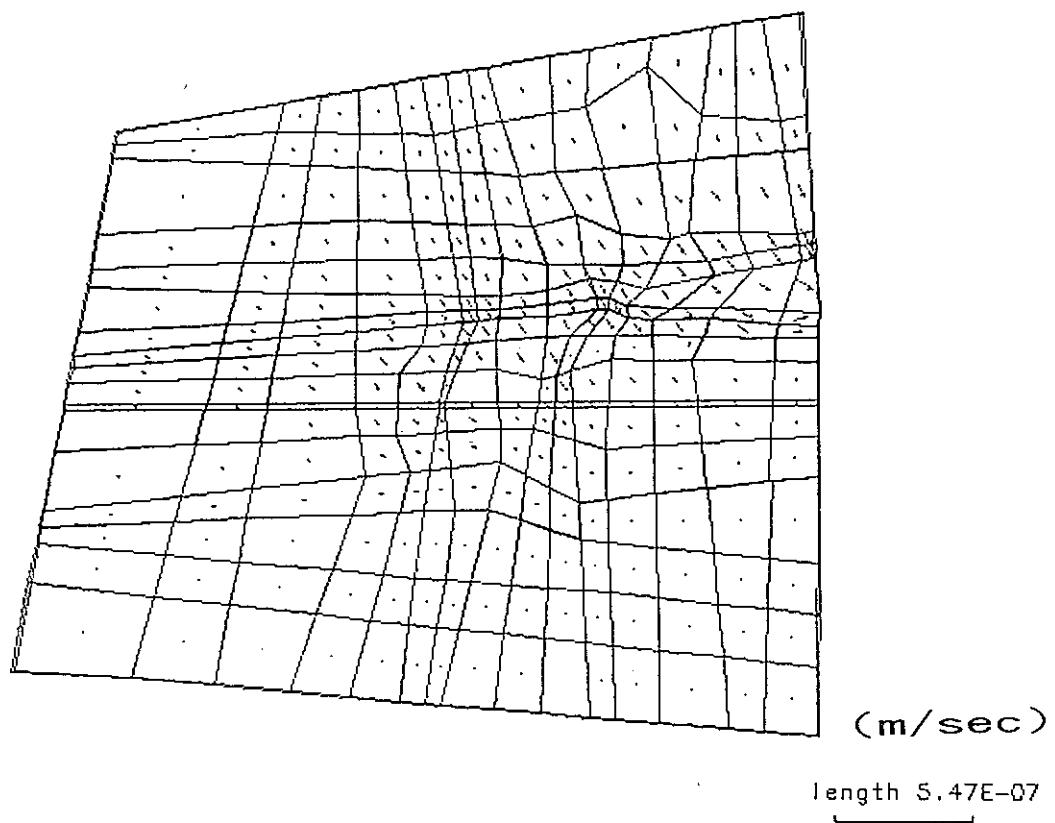


(f) E-L 190m水平面内流速ベクトル図

図-9.6.3 掘削開始後 295日

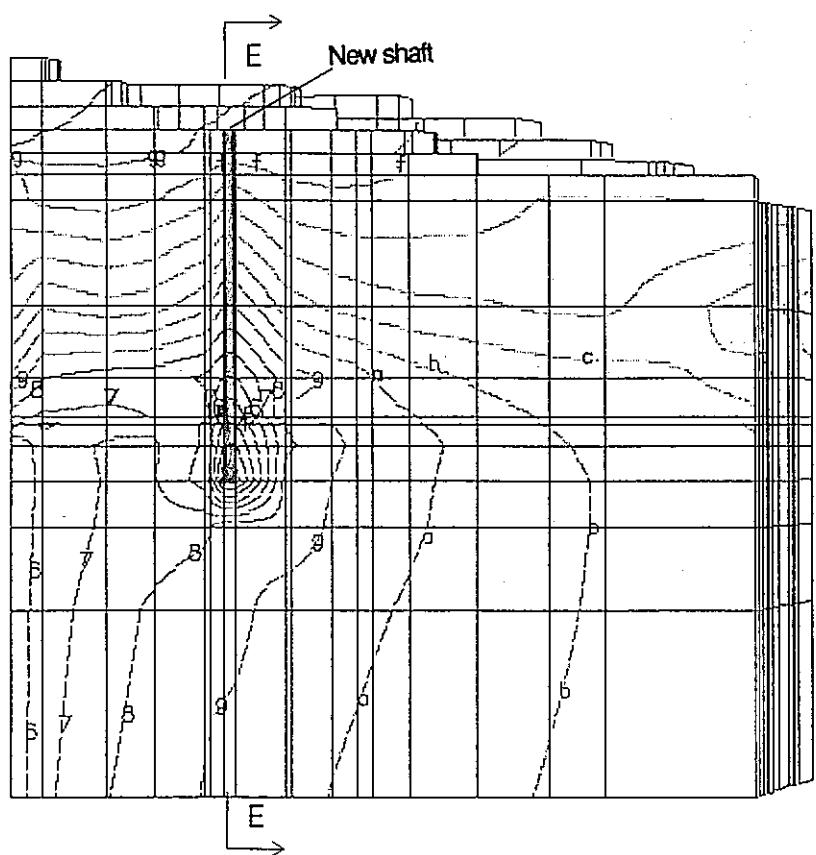


(g) EL 135m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

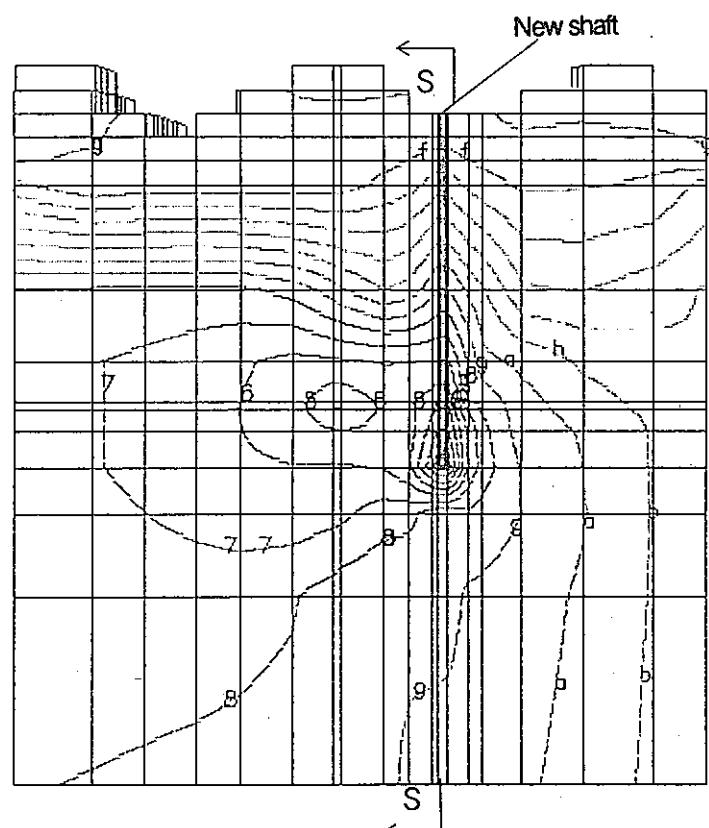


(h) EL 135m水平面内流速ベクトル図

図-9.6.4 掘削開始後 295日



(a) S-S断面内ピエゾ水頭コンタ図

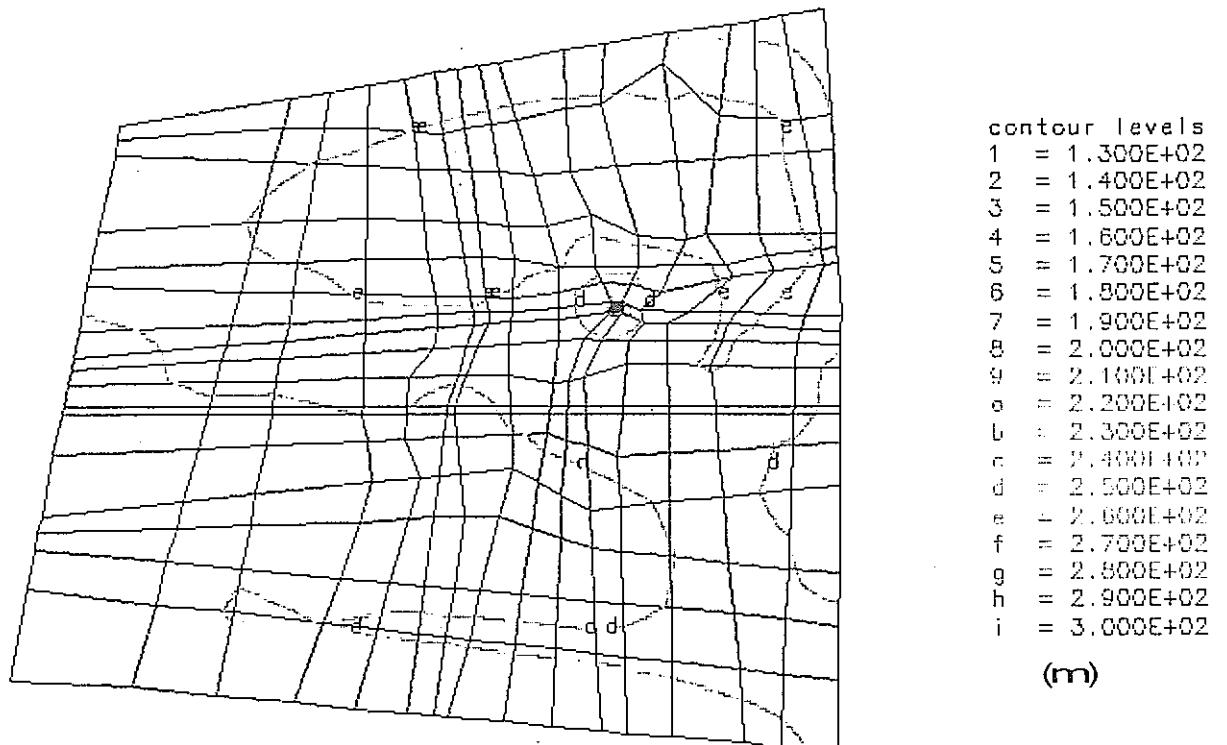


(b) E-E断面内ピエゾ水頭コンタ図

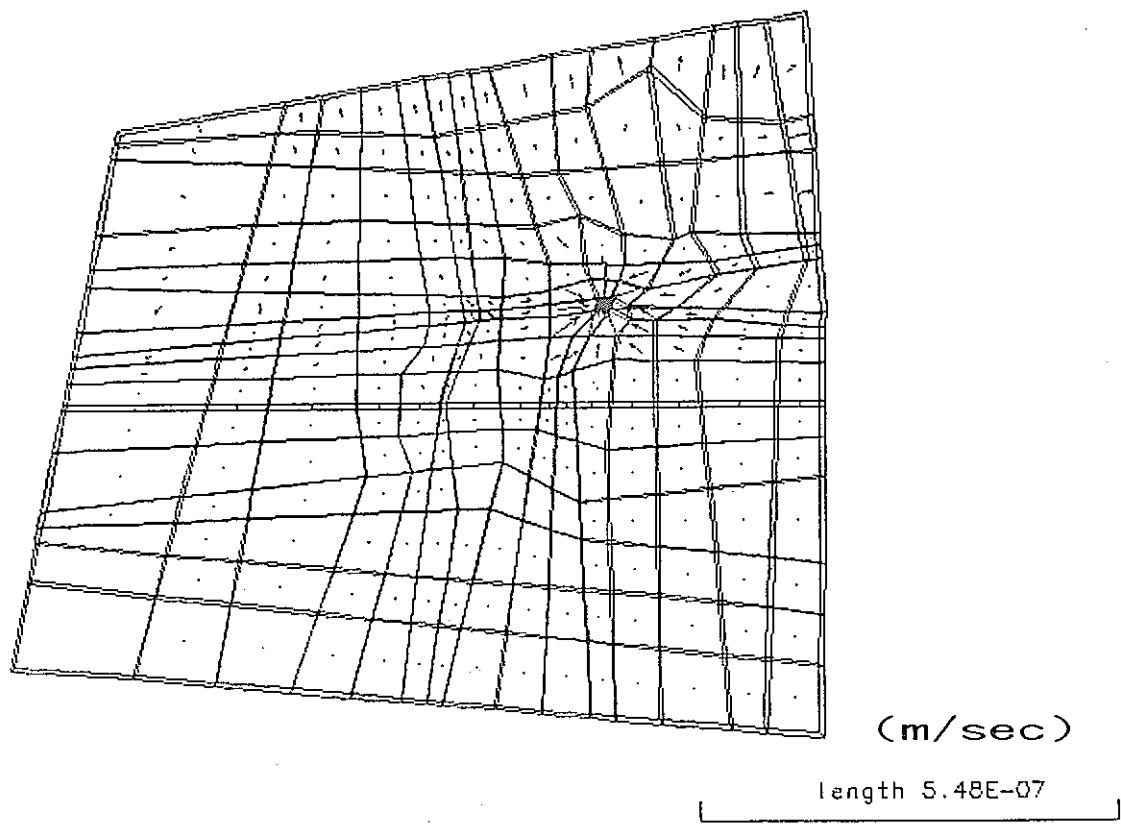
contour levels	
1	= 1.300E+02
2	= 1.400E+02
3	= 1.500E+02
4	= 1.600E+02
5	= 1.700E+02
6	= 1.800E+02
7	= 1.900E+02
8	= 2.000E+02
9	= 2.100E+02
0	= 2.200E+02
b	= 2.300E+02
c	= 2.400E+02
d	= 2.500E+02
e	= 2.600E+02
f	= 2.700E+02
g	= 2.800E+02
h	= 2.900E+02
i	= 3.000E+02

(m)

図-9.7.1 掘削開始後 486日（掘削終了時）

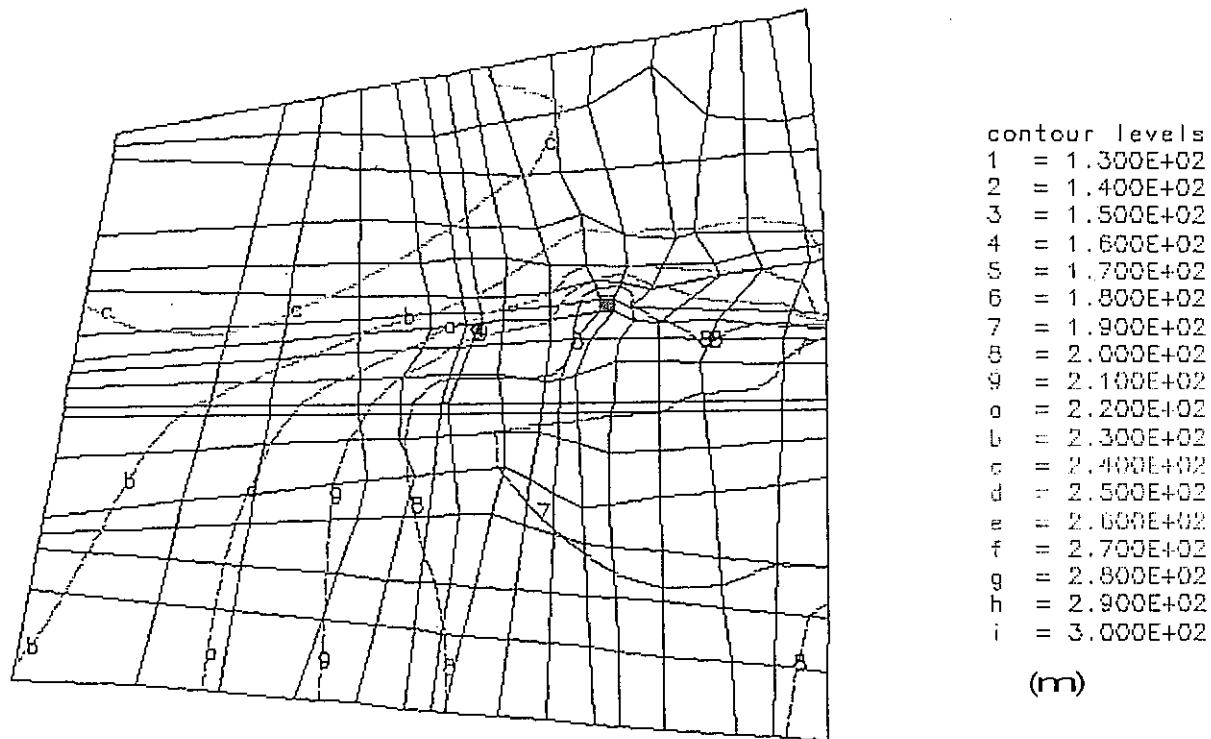


(c) EL 239m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

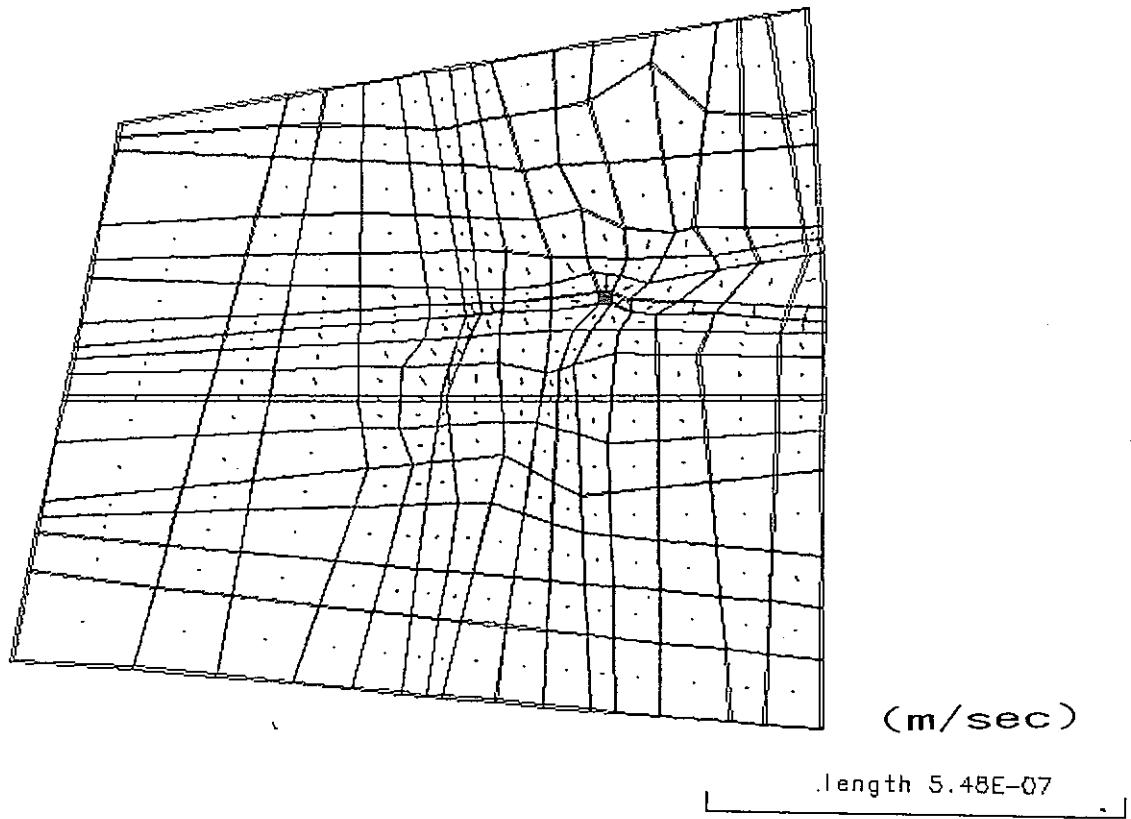


(d) EL 239m水平面内流速ベクトル図

図-9.7.2 掘削開始後 486日（掘削終了時）

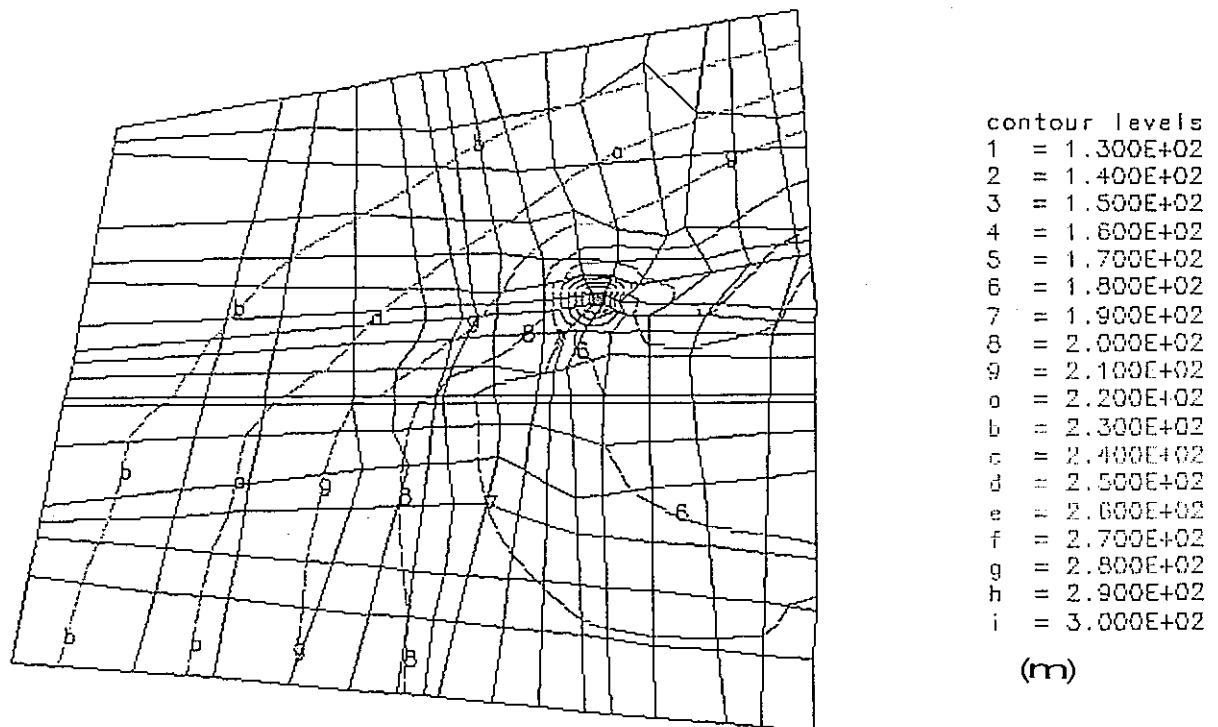


(e) E L 190m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

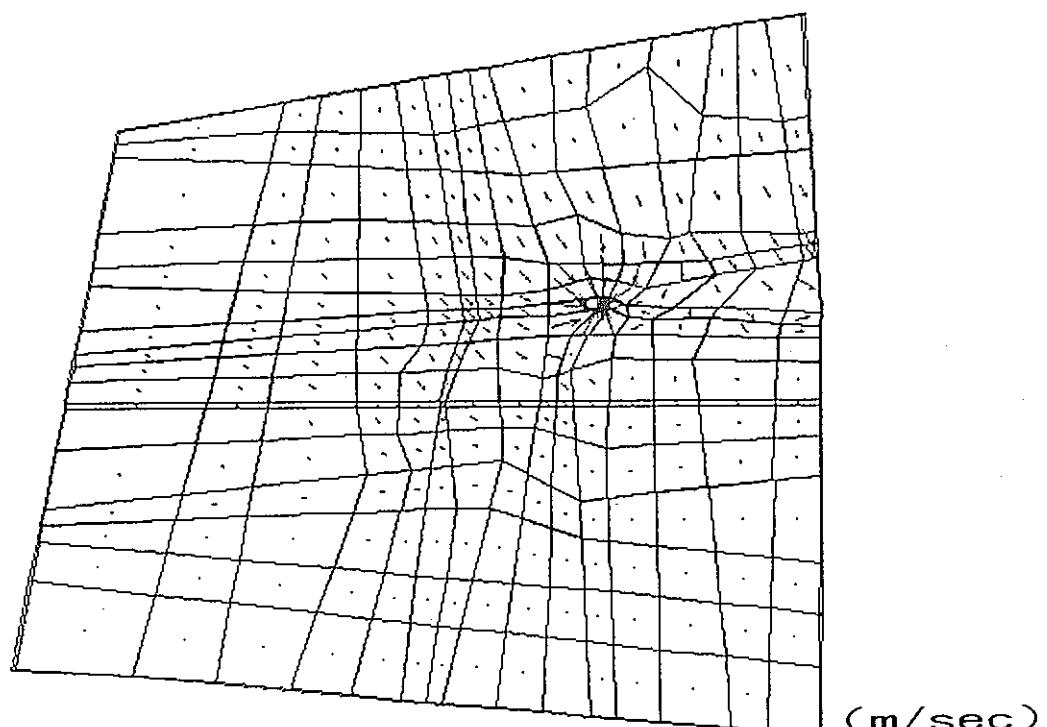


(f) E L 190m水平面内流速ベクトル図

図-9.7.3 掘削開始後 486日（掘削終了時）

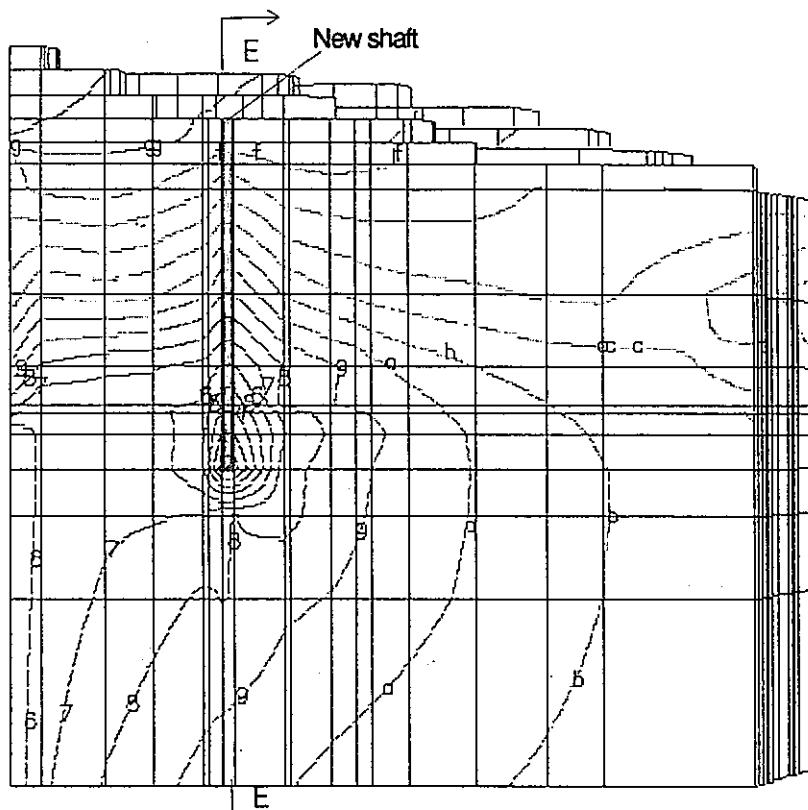


(g) E-L 135m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

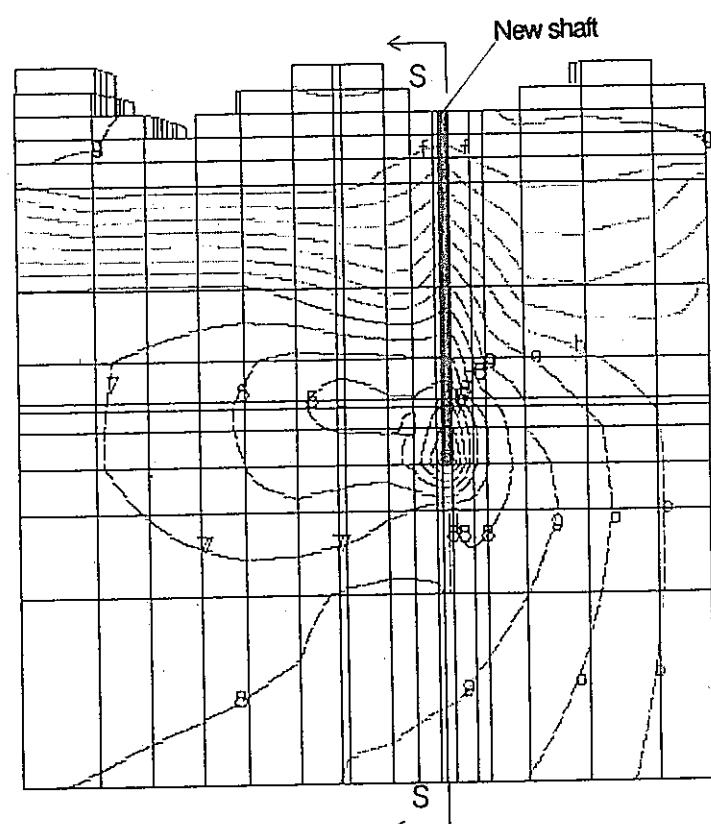


(h) E-L 135m水平面内流速ベクトル図

図-9.7.4 掘削開始後 486日（掘削終了時）

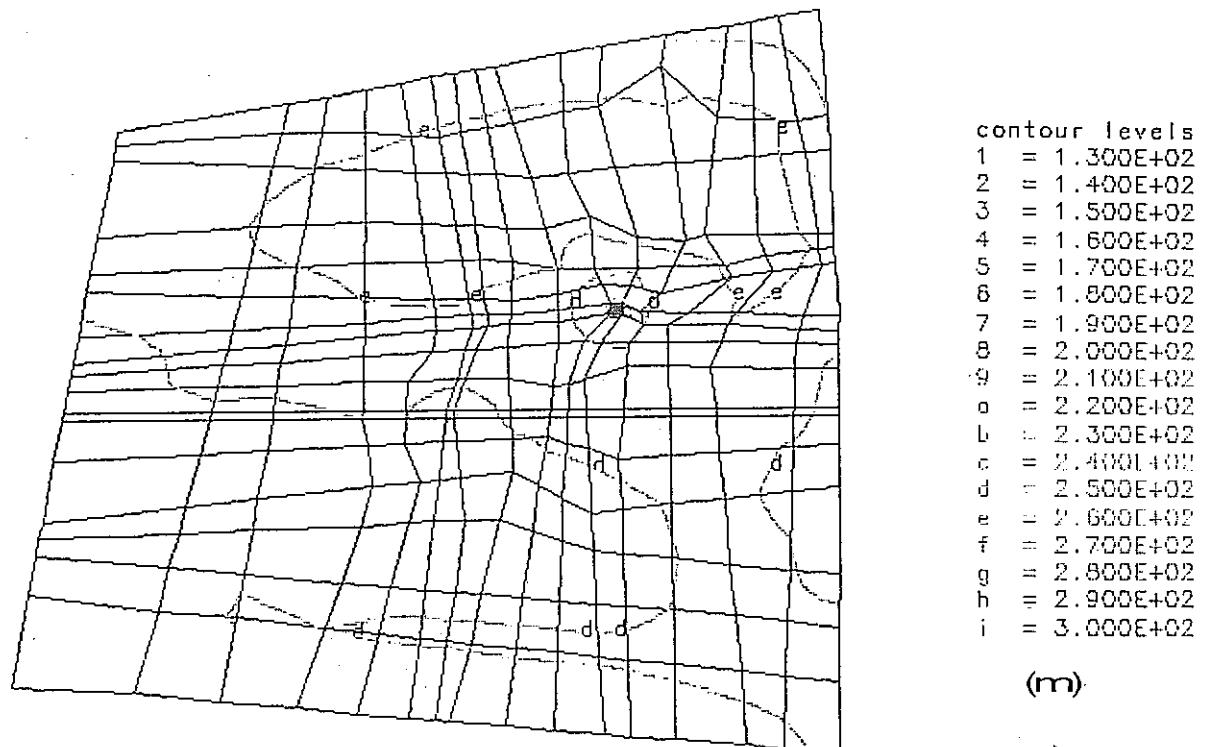


(a) S-S断面内 ピエゾ水頭コンタ図

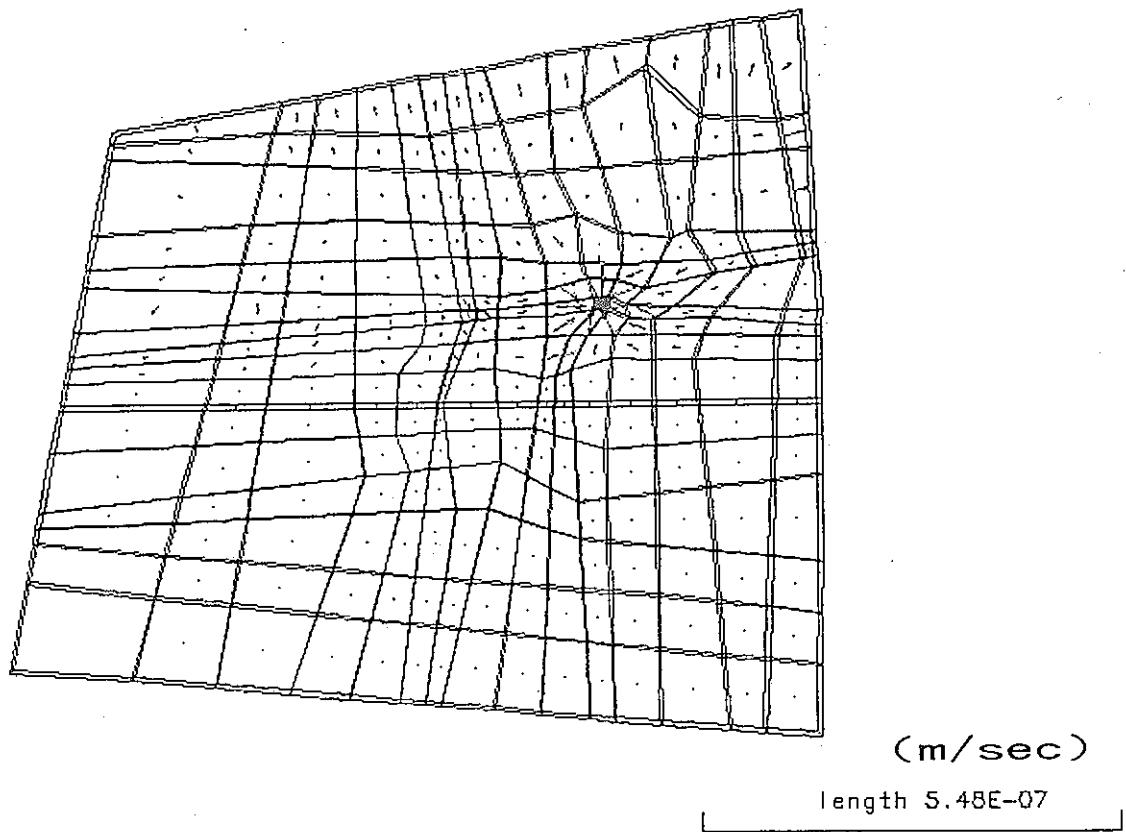


(b) E-E断面内 ピエゾ水頭コンタ図

図-9.8.1 掘削開始後1095日(3年)

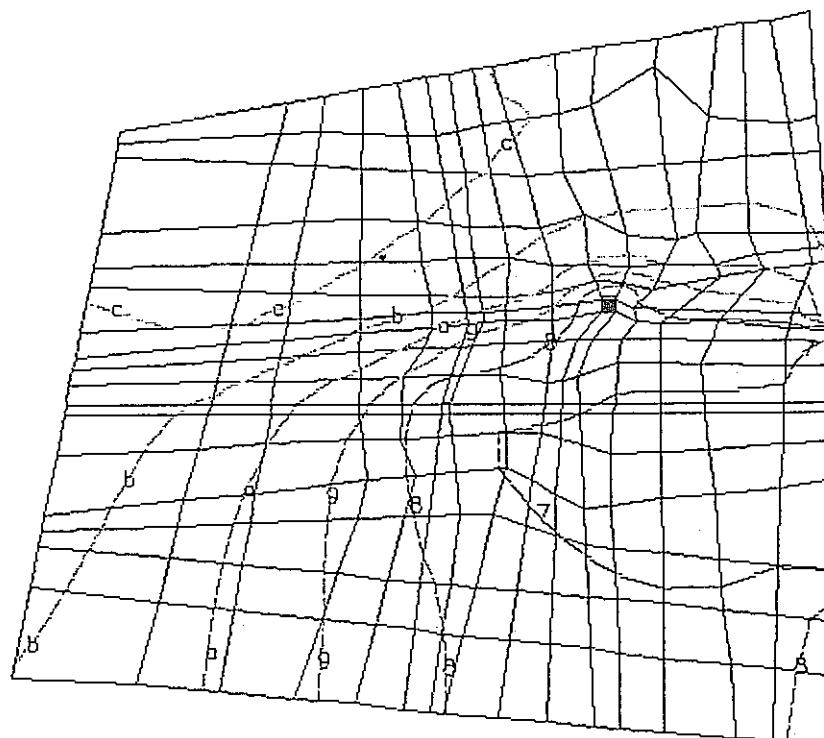


(c) E-L 239m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

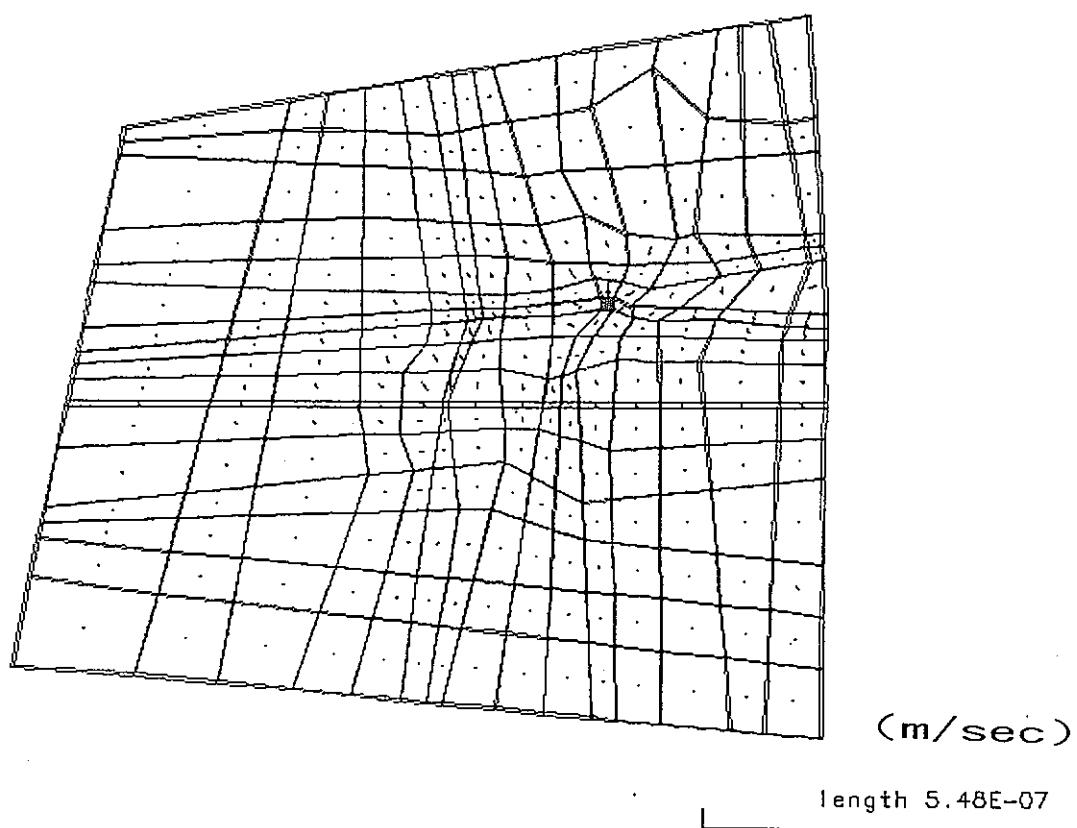


(d) E-L 239m水平面内流速ベクトル図

図-9.8.2 掘削開始後1095日(3年)

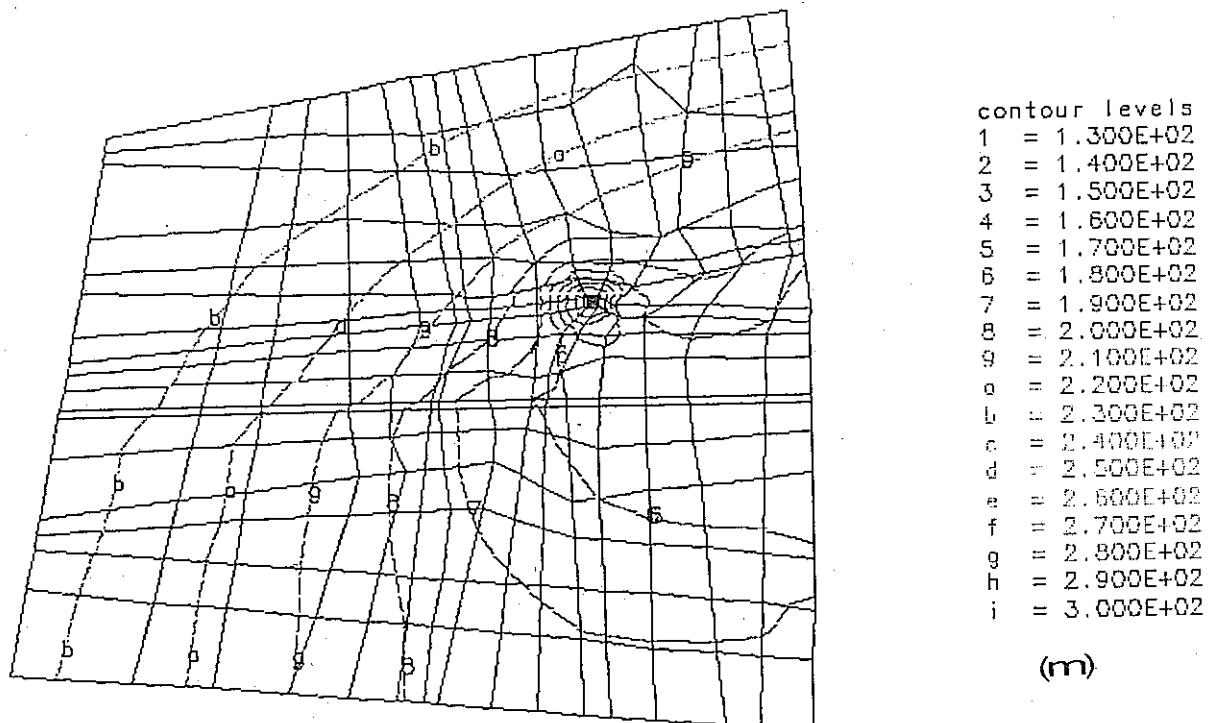


(e) E-L 190m水平面内ピエゾ水頭コンタ図

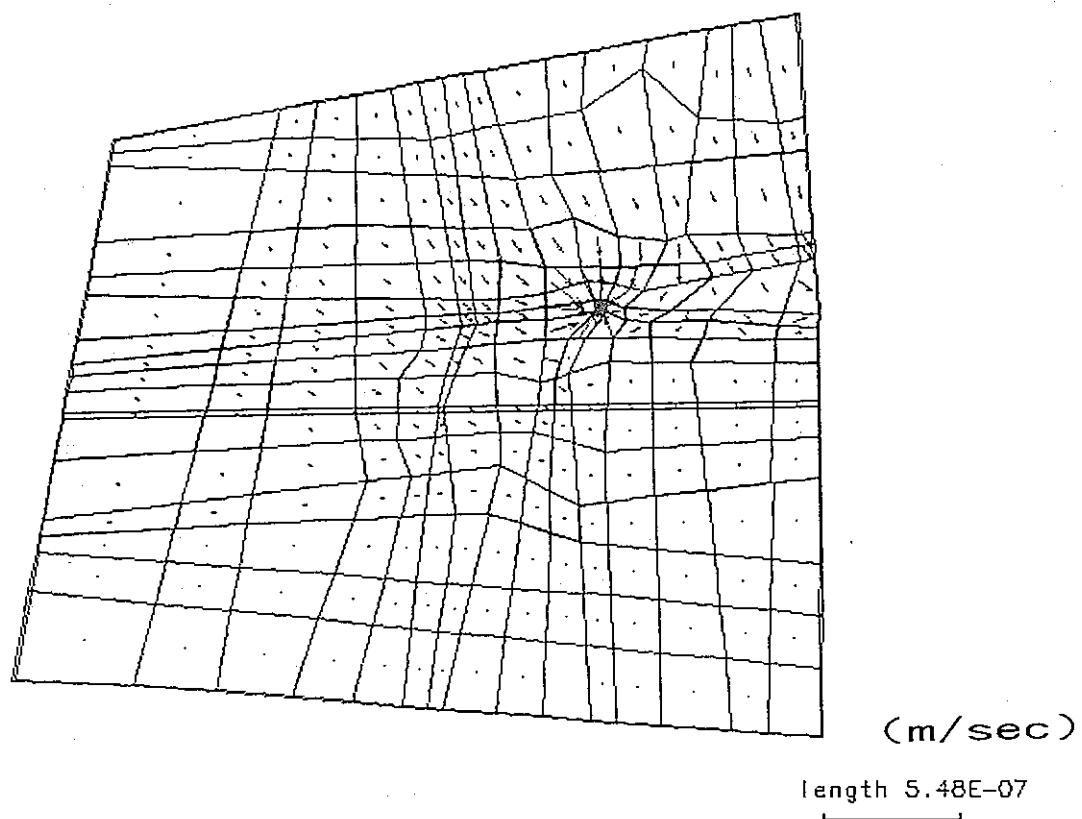


(f) E-L 190m水平面内流速ベクトル図

図-9.8.3 掘削開始後1095日(3年)



(g) E-L 135m水平面内ピエゾ水頭コンタ図



(h) E-L 135m水平面内流速ベクトル図

図-9.8.4 掘削開始後1095日(3年)

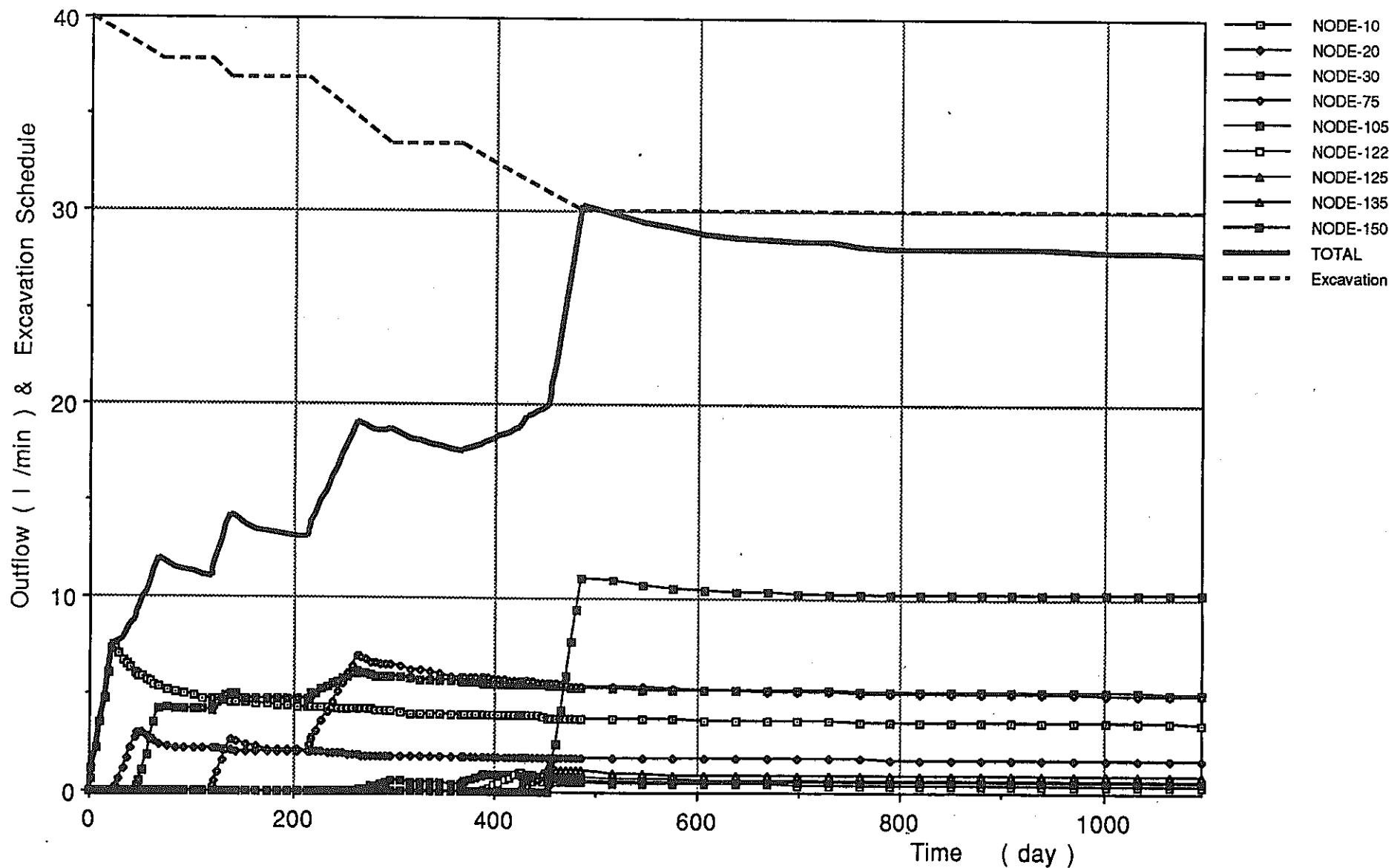


Fig-9.9 Calculated Outflow Profile in the Newshaft

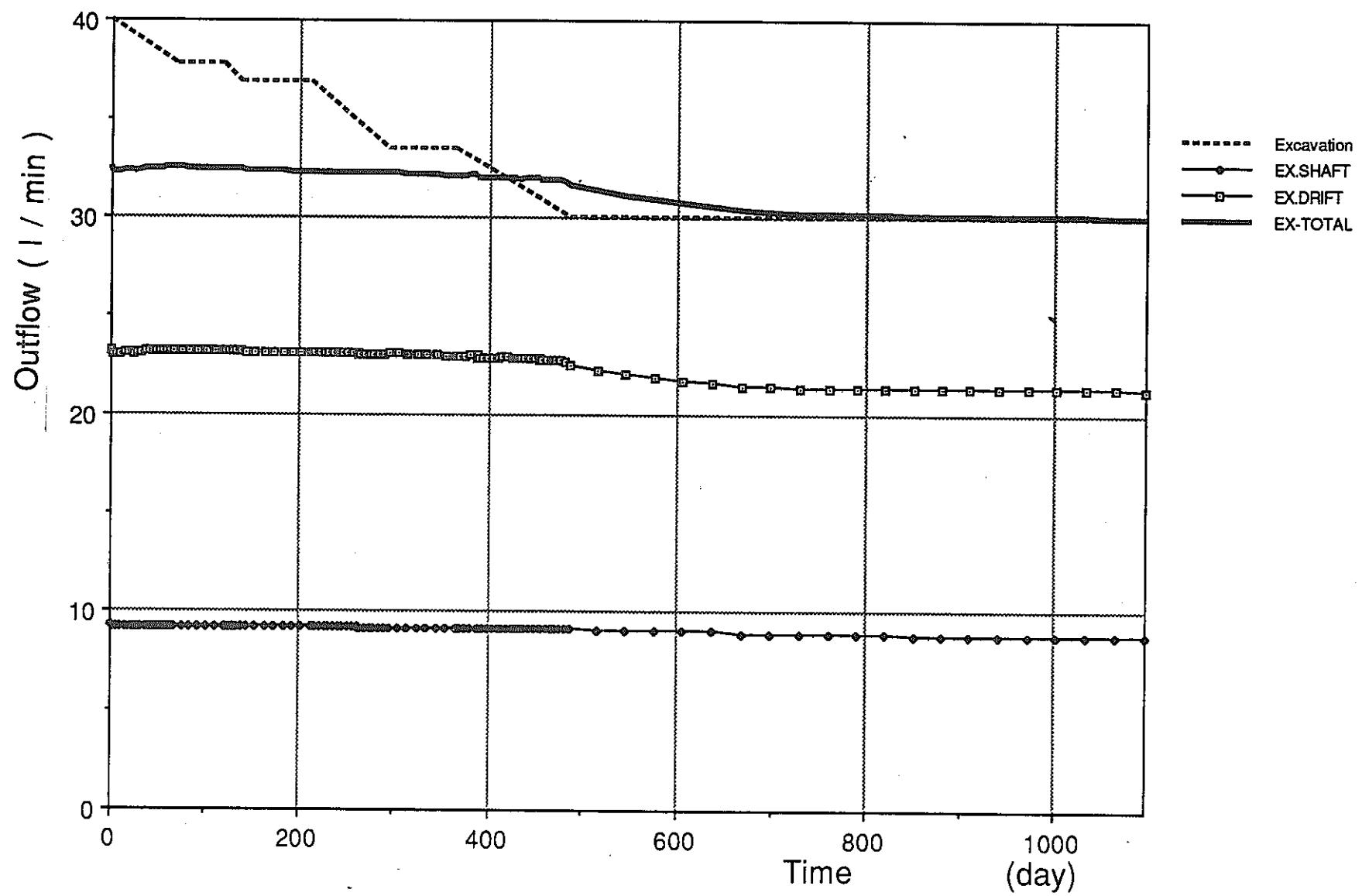


Fig-9.10 Calculated Outflow Profile in the Existing Shaft & Drift

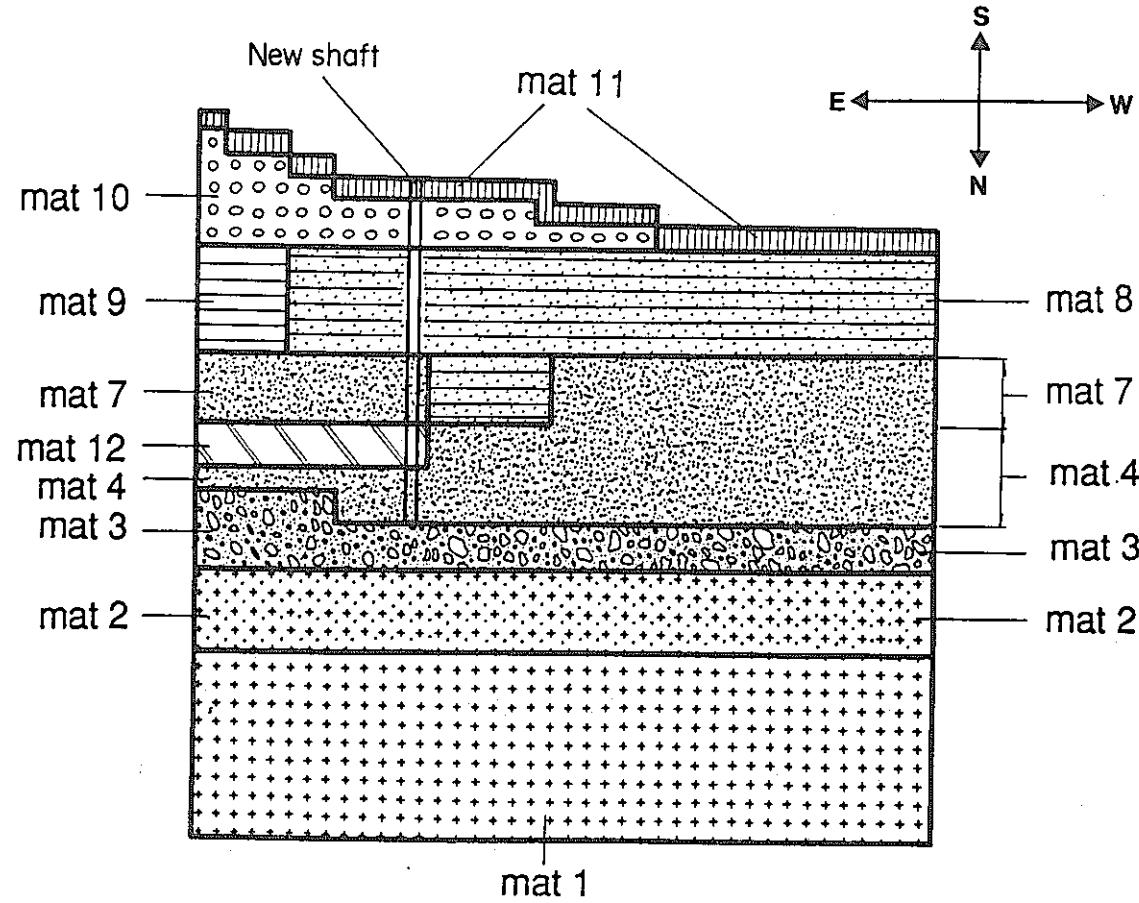


Fig-9.11.1 Vertical section of Hydrogeological model in E-W direction

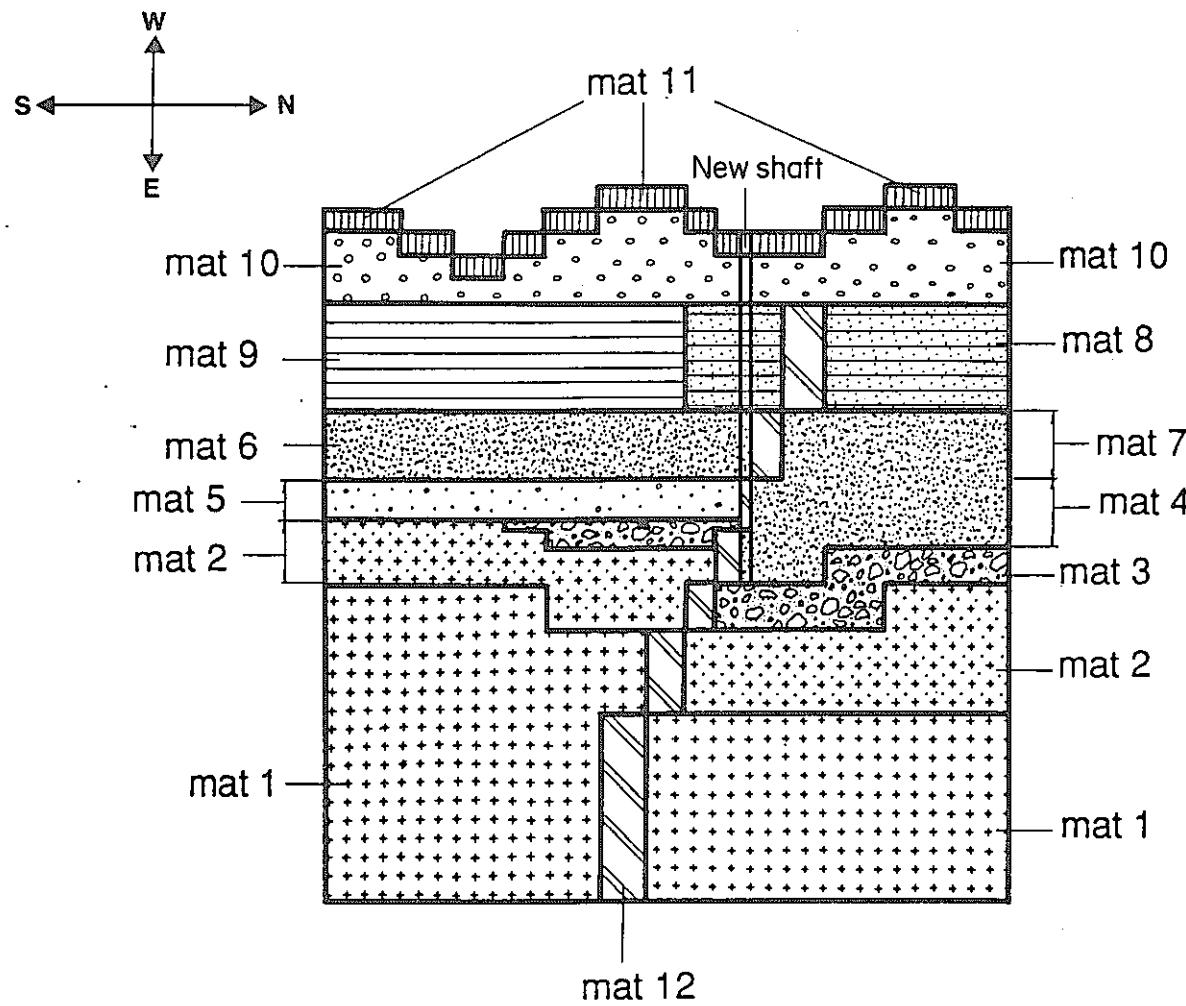


Fig-9.11.2 Vertical section of Hydrogeological model in S-N direction