

## ارتفاع فشار در لایه های آزاد و سبک

دکتر ابوالفضل شمسایی

استادیار دانشگاه صنعتی شریف\*

### چکیده

برای بررسی ارتفاع فشار در لایه های آبدار آزاد و سبک در نقطه ای مناسب در روستای گلی لو چهار عدد چاهک در اعماق متفاوت حفر و در جوار آن ها چهار عدد پیرو متر نیز با طول های مختلف نصب گردید. خصوصیات از لایه منجمله بافت ساختمانی لایه در اعماق، جهت جریان قائم آب، نوع سفره، گرادیان هیدرولیکی و فاکتورهای هیدرولیکی لایه آبدار (ضریب آبداری، ضریب انتقال پذیری و ضریب ذخیره) تعیین گردید. زمان ظهور و رسیدن سطح آب در چاهک ها و پیرو مترها به سطح تعادل در اعماق مختلف تعیین و مورد بررسی قرار گرفت. ارتفاع و سرعت بالا آمدن آب در چاهک ها و پیرو مترها با زمان اندازه گیری شد. تغییرات سرعت بالا آمدن آب در پیرو متر شماره ۳ بسا زمان در کاغذ لگاریتمی کامل به صورت خطی ترسیم گردید.

### ۱- مقدمه:

این مقاله در مورد بررسی ارتفاع نمایش دهنده فشار در لایه های آبدار آزاد با بافت سبک می باشد. در عملیات پیرومتری کوبی که برای دروس مهندسی زهکشی و آب های زیر زمینی دانشجویان دانشگاه ارومیه در منطقه ای به نام گلی-لو واقع در ۹ کیلومتری ارومیه در جوار جاده ارومیه - دریاچه (این روستا در ۲ کیلومتری روستای کردلر واقع شده است)، صورت پذیرفت، مشاهده نمودیم که آب در اعماقی معین به سرعت به داخل پیرومترهای نصب شده وارد شده و بالا می آید. در وهله اول چنین به نظر می رسید که این امر به علت تحت فشار بودن لایه آبدار می باشد. برای بررسی چگونگی موضوع چهار عدد چاهک در اعماق مختلف در نقطه ای مناسب از منطقه حفر و در جوار آن ها چهار عدد پیرو متر نیز با طول های متفاوت نصب گردید. شکل شماره ۱- کسروکی محل چاهک ها و پیرو مترهای مورد آزمایش در منطقه را نشان می دهد. با تعیین خصوصیات لایه و بررسی تغییرات ارتفاع پیرومتریک در زمان در اعماق مختلف در چاهک ها و پیرو مترها به نتایج ارائه شده در مقاله دسترسی پیدا نمودیم.

### ۲- چگونگی آزمایش ها و مشاهدات:

برای بررسی ارتفاع نمایش دهنده فشار در لایه آبدار با بافت سبک واقع در روستای گلی لو از دو روش زیر استفاده به عمل آمد:

۱- روش حفر چاهک

### ۱- روش نصب پیرو متر (۲)

در زیر مشخصات هر کدام از روش های فوق الذکر بیان شده است:

### ۱-۲- مشخصات چاهک های آزمایشی:

#### الف- عمق چاهک ها:

برای تعیین ارتفاع نمایش دهنده فشار اعماق مختلف لایه آبدار، سه عدد چاهک با عمق های متفاوت در محل های انتخابی (شکل شماره ۱) حفر گردید.

بلافاصله پس از حفر چاهک ها آب به داخل چاهک های شماره ۱ و ۳ وارد شد. به همراه آب مقداری شن نیز از لایه آبدار به داخل چاهک ها وارد و این امر باعث کاسته شدن عمق آن ها گردید.

عمق اولیه و ثانویه چاهک ها در (جدول شماره ۱) ارائه شده است.

در چاهک شماره ۲ با عمق ۱۴۵ سانتی متر حتی پس از چندین ساعت که از حفر چاهک می گذشت به لحاظ نرسیدن عمق چاهک به سطح ایستایی ثابت، آب وارد نگردید.

برای تعیین پروفیل بافت ساختمانی لایه در اعماق مختلف، توسط یک مته از نوع Post Hole Auger از لایه تا عمق ۲۶۰ سانتی متری نمونه برداری به عمل آمد.

جدول شماره ۲ درصد ذرات تشکیل دهنده نمونه ها در اعماق متفاوت را مشخص می نماید.

شکل شماره ۲ نیز پروفیل بافت لایه را تا عمق ۲۶۰ سانتی

شماره چاهکها	عمق اولیه چاهک ها به سانتی متر	عمق ثانویه چاهک ها به سانتی متر	زمان خانه حفر چاهک ها	زمان ظاهر شدن آب
۱	۱۷۷	۱۷۲	ساعت ۲ و ۴۶ دقیقه	بلافاصله
۲	۱۴۵	۱۴۵	ساعت ۲ و ۵۶ دقیقه	-
۳	۲۷۰	۲۴۰	ساعت ۲ و ۲۰ دقیقه	بلافاصله
۴	۲۶۰	۲۴۶	از این چاهک برای نمونه برداری استفاده گردید.	

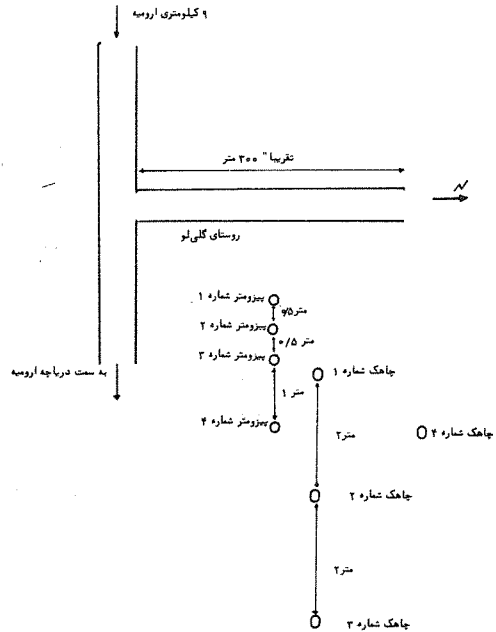
### جدول شماره (۱) مشخصات چاهک های حفر شده

متری نشان می دهد . از عمق ۲۶۰ سانتی متری به بعد امکان ادامه حفر چاهک به علت ریزش شن در کف چاهک میسر نشد . برای ادامه حفر چاهک ، چندین بار مته (۳) را به داخل چاهک وارد نموده و در هر بار اگر چه مقداری شن با بافت اشاره شده در جدول شماره ۱ از چاهک خارج می نمودیم ولی عمق چاهک مجدداً " در همان حد قبلی ثابت باقی می ماند .

نتیجه این که در لایه ای با بافت سبک و با فشار مربوطه امکان ادامه حفاری توسط مته از نوع Post Hole Auger وجود ندارد .

### ب - قطر و فاصله چاهک ها :

برای حفر چاهک ها از مته حفاری با موتور بنزینی (۴) که طول مته های آن یک متر و قطر مته های آن ۱۵ سانتی متر بود استفاده به عمل آمد ، چون در موقع حفر چاهک حرکات جانبی به مته وارد می شد ، قطر چاهک ها کمی بیشتر از قطر مته و برابر ۱۷ سانتی متر تعیین گردید .



شکل شماره (۱) کروکی محل چاهک ها و پیزو متر های مورد آزمایش در منطقه مورد مطالعه .

عمق نمونه برداری	درصد رس Clay	درصد سیلیت Silt	درصد شن Sand	بافت نمونه
۲۰	۴۴/۵۶	۳۰	۲۵/۴۴	رسی Clay
۴۰	۴۶/۵۶	۱۶	۳۷/۴۴	رسی Clay
۶۰	۶۲/۵۶	۳۰	۷/۴۴	رسی Clay
۸۰	۶۶/۵۶	۳۰/۵۶	۲/۸۸	رسی Clay
۱۰۰	۵۸/۵۶	۴	۳۷/۴۴	رسی Clay
۱۲۰	۴۶/۵۶	۱۸	۳۵/۲۸	رسی Clay
۱۴۰	۶۰/۵۶	۲۲	۱۷/۴۴	رسی Clay
۱۶۰	۴۰/۵۶	۲۴	۳۵/۴۴	رسی Clay Loam
۱۸۰	۸/۵۶	۳/۴۴	۸۸	شنی Sand
۲۰۰	۱۸/۵۶	۳۰	۵۱/۴۴	لومی Loam
۲۲۰	۱۸/۵۶	۳۶	۵۵/۴۴	لومی Sand Loam
۲۴۰	۱۸/۵۶	۳	۷۸/۴۴	لومی Sand Loam
۲۶۰	۴/۵۶	۶	۸۹/۴۴	شنی Sand

جدول شماره (۲) درصد ذرات تشکیل دهنده نمونه ها در اعماق مختلف

چاهک شماره ۳		چاهک شماره ۱	
فاصله سطح آب از سر چاهک به حسب سانتی متر	زمان از شروع آزمایش بر حسب دقیقه	فاصله سطح آب از سر چاهک به حسب سانتی متر	زمان از شروع آزمایش بر حسب دقیقه
۱۹۰	شروع آزمایش : ساعت ۳ و ۲۰ دقیقه	۱۷۷	شروع آزمایش : ساعت ۴ و ۸۲ دقیقه
۱۷۵	۹	۱۶۱	۱۶
۱۶۲	۲۴	۱۵۷	۲۶
۱۵۸	۴۱		

جدول شماره (۳) تغییرات سطح آب در چاهک ها بازمان

قطر مته ای Post Hole Auger که برای نمونه برداری و تعیین پروفیل بافت لایه مورد استفاده واقع شد ، تقریباً برابر ۵/۵ سانتی متر بود ولی قطر چاهک حاصله به علت حرکات جانبی برابر ۶/۵ سانتی متر مشخص گردید .

فاصله چاهک ها همان طوری که در شکل شماره ۱ نشان داده شده است برابر ۲ متر انتخاب شد ، برای این که فشار آب در لایه آبدار زیاد بوده و بررسی ارتفاع نمایش دهنده فشار به طور واضح تری صورت پذیرد کلیه چاهک ها در گودال وسیعی که به عمق تقریبی ۱۳۰ سانتی متر بود حفر گردید . انتخاب فاصله چاهک ها ( ۲ متر ) با توجه به سطح مسطح گودال صورت پذیرفت . تغییرات سطح آب با زمان در چاهک ها اندازه گیری و نتایج حاصله در جدول شماره ۳ درج شده است .

## ۲-۲- مشخصات پیزو مترها

### الف - طول پیزو مترها

طول لوله ها با توجه به ارتفاع سطح آب های زیر زمینی محل و ضخامت لایه آبدار انتخاب گردید ، چون آب در چاهک های شماره (۱) و (۳) ظاهر و مشاهده شده بود ، لذا دو عدد پیزو متر به طول های ۲ و ۳ متر برای مقایسه سطح آب و سرعت بالا آمدن آن در چاهک ها و پیزو مترها نصب گردید ، جدول شماره ۴ مشخصات این پیزو مترها را نشان می دهد .

برای مشخص نمودن وضع لایه آبدار و تعیین محل لایه غیر قابل نفوذ دو عدد پیزو متر دیگر نیز به طول های ۳/۵ و ۵/۵ متر در جوار پیزو مترهای ۱ و ۲ نصب گردید . شکل شماره ۳ ب مقطع عمودی پیزو مترها را مشخص می نماید .

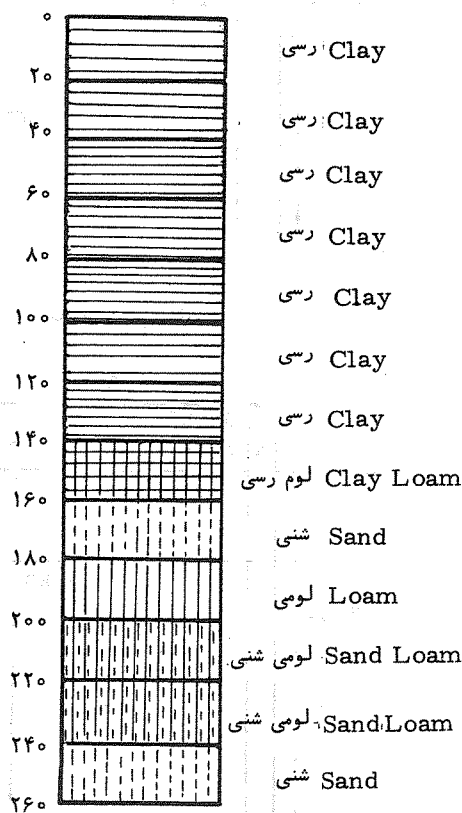
در پیزو متر شماره (۴) به عمق ۵/۵ متر تا پایان آزمایش آب ظاهر نگردید ، دلیل این امر احتمالاً " برخورد انتهای پیزو متر مزبور با لایه ای با نفوذ پذیری بسیار کم ( لایه غیر قابل نفوذ ) می باشد . از اینجا مشخص می شود که در شرایطی که حفر چاهک و یا پروفیل برای تعیین محل لایه غیر قابل نفوذ در محلی مشکل و یا پرخارج می باشد ، می توان از نصب پیزو مترهایی با طول های متفاوت در این رابطه استفاده نمود .

### ب - قطر ، جنس و فاصله پیزو مترها

پیزو مترها از لوله هایی به قطر ۵/۵ اینچ و از جنس آهن گالوانیزه انتخاب شدند . عمل کوبیدن لوله ها به داخل زمین توسط چکش پیزو متر صورت پذیرفت . برای سهولت عمل قطر پیزو مترها کم انتخاب گردید . فاصله پیزو مترها نیز برابر ۵/۵ متر در نظر گرفته شد . شکل شماره ۱ کروکی محل پیزو مترهای نصب شده را نشان می دهد . جدول شماره ۵ تغییرات سطح آب پیزو مترها بازمان را مشخص می نماید .

## عمق بر حسب سانتی متر

## ماده

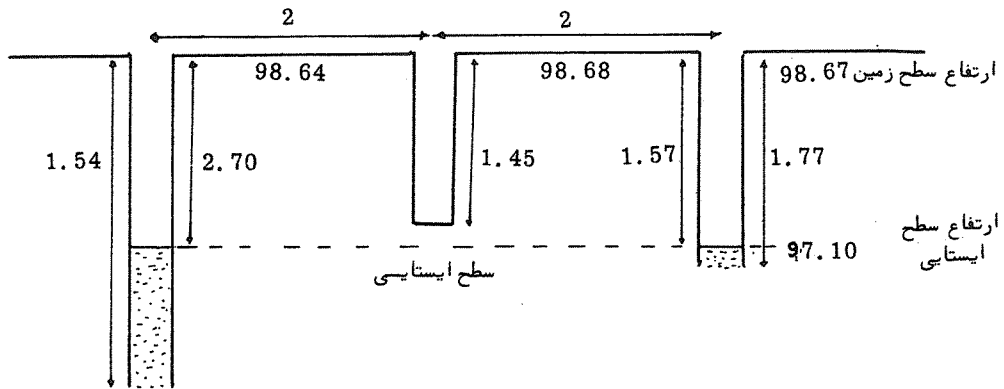


شکل شماره (۲) پروفیل بافت ساختمانی لایه مورد آزمایش تا عمق ۲۶۰

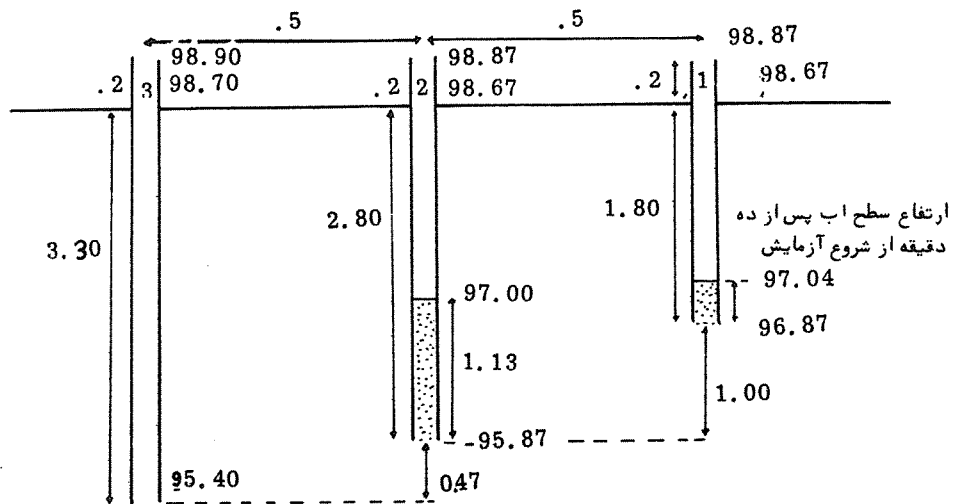
سانتی متر، مقیاس  $\frac{1}{40}$

شماره پیزومتر	طول پیزومترها به سانتی متر	فاصله سرلوله تا سطح زمین به سانتی متر	عمق پیزومترها در زیرزمین به سانتی متر
۱	۲۰۰	۲۰	۱۸۰
۲	۳۰۰	۲۰	۲۸۰
۳	۳۵۰	۲۰	۳۳۰
۴	۵۵۰	۲۰	۵۳۰

جدول شماره (۴) مشخصات پیزومترهای نصب شده



شکل شماره (۳ الف) - مقطع عمودی چاهک ها (ارقام به متر می باشد) .



شکل شماره (۳ ب) (مقطع عمودی پیزومترها (ارقام همه به متر می باشد) .

پیزو متر ۱		پیزو متر ۲		پیزو متر ۳	
زمان از شروع آزمایش به دقیقه	فاصله سطح آب از سر لوله به سانتی متر	زمان از شروع آزمایش به دقیقه	فاصله سطح آب از سر لوله به سانتی متر	زمان از شروع آزمایش به دقیقه	فاصله سطح آب از سر لوله به سانتی متر
شروع آزمایش : ساعت ۳ و ۲۴ دقیقه	۱۹۲	شروع آزمایش : ساعت ۳ و ۲۲ دقیقه	۱۹۸	شروع آزمایش : ساعت ۳ و ۳۵ دقیقه	۱۹۸
۵	۱۸۴	۵	۱۸۸	۱۷	آب نبود آب ظاهر شد
۱۰	۱۸۳	۱۱	۱۸۶	۲۴	۳۶۱
۱۵	۱۸۱/۵	۱۷	۱۸۶	۳۰	۲۹۲
۲۲	۱۸۰	۲۲	۱۸۶	۴۸	۲۴۴
۲۷	۱۸۰	۳۲	۱۸۶	۵۷	۲۲۱
۳۲	۱۷۹	۳۹	۱۸۵	۷۳	۲۱۰
۳۸	۱۷۸	۴۲	۱۸۵	۷۹	۱۹۴
۴۵	۱۷۷/۵	۵۰	۱۸۵	۱۰۸	۱۹۱
		۷۱	۱۸۵	۱۳۲	۱۸۶
		۸۱	۱۸۴	۱۴۳	۱۸۳
		۹۰	۱۸۴	۱۴۳	۱۸۲
		۱۱۰	۱۸۴		
		۱۲۲	۱۸۴		
		۱۴۳	۱۸۳/۵		
		۱۵۹	۱۸۳/۵		

جدول شماره (۵) تغییرات سطح آب در پیزو مترها با زمان

### ۳- محاسبات و نتیجه گیری :

#### ۳-۱- تعیین جهت جریان قائم آب در لایه آبدار و تعیین

نوع سفره :

برای تعیین جهت جریان قائم آب در لایه آبدار ابتدا دو پیزومتر ۱ و ۲ که دارای طول های غیر یکسان بودند در نظر گرفته شد . جدول شماره ۴ مشخصات این پیزو مترها را نشان می دهد .

بلافاصله پس از پائین راندن میخ پرچ ها از انتهای دو پیزو متر مشاهده گردید که ارتفاع آب در پیزومتر ۲ که طویل تر می باشد اندکی پائین تر از سطح آب در پیزومتر ۱ می گردد . نتیجه می گیریم که جهت جریان در لایه مربوطه از بالا به پائین بوده و در نتیجه نوع سفره آزاد می باشد . چنانچه فرمول برنولی را بین نقاط انتهائی دو پیزو متر ۱ و ۲ بنویسیم ، خواهیم داشت :

$$\frac{P_1}{W} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{W} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_L$$

از ارتفاع نمایش دهنده سرعت به علت کوچکی آن صرف نظر می نمائیم ، زیرا حتی چنانچه سرعت ماکزیم را نیز در نظر بگیریم رقم حاصله

$\left(\frac{V^2}{2g}\right)$  بسیار کوچک خواهد بود . پس از ده دقیقه از شروع آزمایش داریم .

$$\frac{P_2}{W} = 113 \text{ سانتی متر} \quad (\text{به شکل شماره ۳ مراجعه فرمایند} )$$

$$\frac{P_1}{W} = 17 \text{ سانتی متر}$$

چنانچه بار هیدرولیکی (Hydraulic head) در نقطه (۱) را به  $H_1$  و بار هیدرولیکی در نقطه ۲ را به  $H_2$  نشان دهیم خواهیم داشت :

$$H_1 = \frac{P_1}{W} + Z_1 = 17 + 100 = 117 \text{ سانتی متر}$$

## ۲-۳- اندازه گیری ضریب آبگذری

### Hydraulic Conductivity لایه :

از چاهک شماره (۴) با مشخصات زیر برای اندازه گیری ضریب آبگذری لایه (K) استفاده به عمل آمد.

فاصله کف چاهک از سطح زمین برابر ۲۴۶ سانتی متر و سطح ایستایی اولیه در ۱۵۴ سانتی متری از سطح زمین قرار داشت. برای پائین انداختن سطح آب از استوانه Bailer استفاده به عمل آمد. به علت فشار زیاد آب  $Y_0 = 10$  سانتی متر انتخاب گردید، پس از مدت زمان  $\Delta t = 1$  دقیقه سطح آب به اندازه  $\Delta y = 5$  سانتی متر بالا آمد.

برای اندازه گیری K از فرمول تجربی زیر استفاده گردید :

$$K = \frac{4000 r^2}{(H + 20r) \left( 2 - \frac{y}{H} \right) y} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

کلیه پارامترها در فرمول بالا برحسب سانتی متر و ثانیه و K برحسب متر در روز می باشد. شرایط قابل استفاده بودن فرمول بالا موارد زیر است :

$$\text{سانتی متر } 3 > r > 7$$

$$\text{سانتی متر } 20 > H > 200$$

$$S > H$$

$$y > 0.2H$$

$$y \leq \frac{1}{4} y_0$$

به غیر از دو شرط اخیر بقیه شرایط در اینجا صادق بوده و لذا مقدار K به طور تقریب از فرمول بالا محاسبه گردید :

$$K = \frac{4000 (3.25)^2}{(92 + 20 \times 3.25) \left( 2 - \frac{7.5}{92} \right) 7.5} \times \frac{5}{60}$$

$$K = 1.558 \approx 1.6 \text{ متر در روز}$$

عمق لایه غیر قابل نفوذ در محل مورد آزمایش با توجه به عدم ظهور آب در پیزو متر ۴، در عمق ۵ متری از سطح زمین در نظر گرفته شد. فاصله لایه غیر قابل نفوذ تا سطح ایستایی (h) تعیین گردید.

$$h = 500 - 154 = 346 \text{ سانتی متر}$$

بافرض یک نواختی ساختمان لایه در عمق مورد نظر، مقدار ضریب انتقال پذیری (۶) لایه سطحی مورد آزمایش (T) از فرمول زیر به دست آمد :

$$T = Kh = 1/6 \times 2/46 = 5/534$$

متر مربع در روز با داشتن K و با استفاده از گرافی که توسط اداره آبادانی آمریکا (۷) تهیه شده است مقدار آبدهی ویژه (۸) لایه نیز تعیین

$$H_2 = \frac{P_2}{W} + Z_2 = 113 + 0 = 113 \text{ سانتی متر}$$

حال با استفاده از فرمول برنولی می توان مقدار  $H_L$  (افت بار بین دو نقطه ۱ و ۲) را محاسبه نمود.

$$H_L = \left( \frac{P_1}{W} + Z_1 \right) - \left( \frac{P_2}{W} + Z_2 \right)$$

$$H_L = H_1 - H_2 = 117 - 113 = 4 \text{ سانتی متر}$$

سرعت در داخل لایه در شرایط جریان ورقه ای از فرمول دارسی به دست می آید.

$$V = -K \frac{h_L}{L} = -KI_{12}$$

K ضریب آبگذری لایه و فرض می شود که قشر آبده یک نواخت و دارای ضریب آبگذری یکسانی در عمق می باشد چون  $h_L$  موجود است پس سرعت نیز در بین دو نقطه وجود دارد. گرادیان هیدرولیکی در بین نقاط ۱ و ۲ ( $I_{12}$ ) عبارت است از

$$I_{12} = \frac{H_1 - H_2}{Z_1 - Z_2} = \frac{117 - 113}{100} = \frac{4}{100} = 0.04$$

علت یکسان نبودن سطح آب در دو لوله اختلاف انرژی یک ملکول آب در فشار  $P_1$  و  $P_2$  است. انرژی آب در پیزو متر ۲ به علت اصطکاک بامولکول های خاک کم شده و لذا آب در پیزو متر ۲ پائین تر می باشد.

چنانچه ارتفاع سطح آب در پیزو متر های شماره ۲ و ۳ نیز به همان نحو که در بالا اشاره شد محاسبه شود، مشخص می گردد که پس از مدت زمان معین از پائین راندن میخ پرچ ها، سطح آب در پیزو متر شماره ۲ بالا تر از سطح آب در پیزو متر شماره ۳ می باشد. نتیجه می گیریم که در اینجانب جهت جریان از بالا به پائین بوده و در نتیجه لایه از نوع آزاد (۵) می باشد. از محاسبات ارائه شده در این قسمت نتیجه می گیریم که،

۱- گرادیان هیدرولیکی در بین نقاط انتهایی پیزو متر های ۱ و ۲ کم می باشد. پس از ده دقیقه از پائین راندن میخ پرچ ها از انتهای پیزو متر ها  $I_{12} = 0.04$  می گردد. علت کم بودن  $I_{12}$  این است که آب در اثر زیاد بودن ضریب انتقال پذیری لایه خیلی سریع و به ارتفاع متناسبی در پیزو متر طولی تر بالا آمده و این امر باعث کم شدن می گردد.

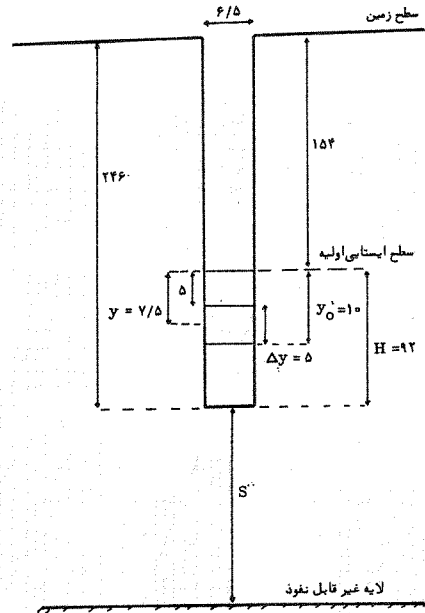
۲- اگر چه ارتفاع نمایش دهنده فشار در پیزو متر ۱ پس از پائین راندن میخ پرچ ها خیلی کمتر از پیزو متر ۲ (که طولی تر است) می گردد ولی جهت جریان از بالا به پائین بوده و لایه از نوع آزاد می باشد.

گردید.  $S_y = 15\%$  حجمی  
 از آنجائی که لایه از نوع آزاد می باشد ضریب ذخیره (۹) لایه  
 $S = 15\%$  برابر آبدهی ویژه در نظر گرفته شد.  
 با توجه به مقادیر نسبتاً زیاد پارامترهای هیدرولیکی لایه سطحی  
 مورد آزمایش (S, T, K) نتیجه می گیریم که نفوذ پذیری لایه  
 نسبتاً زیاد می باشد.

فاصله سرلوله تا سطح زمین ( محاسبه گردید ( جدول شماره ۶) . باتوجه  
 به ارقام بالا و ارتفاعات ارائه شده در جدول شماره ۲ و ۵ زمان رسیدن  
 سطح آب به سطح تعادل در چاهک ها و پیزو مترها مشخص و در جدول  
 شماره ۶ وارد گردید .

شماره چاهک ها	شماره پیزو مترها		
	۱	۲	۳
ارتفاع سطح زمین	۹۸/۶۷	۹۸/۶۸	۹۸/۶۴
فاصله بین سطح ایستایی تا سطح زمین در چاهک ها به سانتی متر	۱۵۷	۱۵۸	۱۵۴
فاصله بین سطح ایستایی تا سرلوله در پیزو مترها به سانتی متر	۱۷۷	۱۷۷	۱۸۰
زمان رسیدن به سطح تعادل به دقیقه	۴۵	۴۱	-
	آب پس از ۱۵ دقیقه ۲ سانتی متری سطح تعادل رسید	آب پس از ۱۵ دقیقه ۸/۵ سانتی متری سطح تعادل رسید	آب پس از ۱۴ دقیقه ۳ سانتی متری سطح تعادل رسید

جدول شماره (۶) زمان رسیدن سطح آب در چاهک ها و پیزو مترها به  
 سطح تعادل .



شکل شماره (۴) چاهک شماره ۴ جهت اندازه گیری ضریب آبدگری لایه  
 ( تمام ارقام به سانتی متر است ) .

### ۳-۳- زمان رسیدن سطح آب در چاهک ها و پیزو مترها به سطح تعادل :

تغییرات سطح آب در پیزو مترها با زمان در جدول شماره ۵  
 وارد شده است . در بررسی این تغییرات مشاهده گردید که اگرچه میخ  
 برچ انتهائی لوله ها در دو پیزو متر ۱ و ۲ تقریباً همزمان ( با اختلاف  
 ۲ دقیقه) به پایین رانده شده اند ولی آب در پیزو متر ۲ با ارتفاع  
 بیشتری بالا می آید .

ارتفاع آب بالا آمده در پیزو متر ۱ سانتی متر = ۱۹۲ - ۲۰۰  
 ارتفاع آب بالا آمده در پیزو متر ۲ سانتی متر = ۱۹۸ - ۳۰۰  
 سطح آب در چاهک شماره ۳ در فاصله ۱۵۴ سانتی متری از سطح  
 زمین تثبیت گردید . با توجه به رقم ارتفاع سطح زمین در محل چاهک  
 شماره ۳ ، ارتفاع سطح آب تثبیت شده در محل تعیین شد .

ارتفاع سطح آب تثبیت شده =  $97/10 = 1/54 - 98/64$   
 با داشتن ارتفاع سطح آب و سطح زمین در محل حفر چاهک ها و  
 پیزو مترها ، فاصله بین سطح ایستایی تا سطح زمین در چاهک ها و فاصله  
 بین سطح ایستایی تا سرلوله در پیزو مترها ( با احتساب ۲۰ سانتی متر

از محاسبات ارائه شده در این قسمت نتیجه می گیریم که :  
 ۱- با بافت سبک ، پارامترهای هیدرولیکی و فشار آبی که لایه  
 در اعماق مربوط به چاهک های شماره ۲ و ۳ دارد ، آب در این چاهک ها  
 بلافاصله پس از حفر ظاهر می گردد .

۲- در لایه های اشباع شده سبک با خصوصیتی که در بالا ذکر  
 شد پس از پایین راندن میخ برچ انتهائی پیزو مترهای ۱ و ۲ آب  
 بلافاصله به ارتفاع متناهی بالا می آید با شرایط یکسان هرچه عمق  
 لایه بیشتر شود این ارتفاع نیز بیشتر می گردد . علت این امر زیاد  
 بودن نسبی پارامترهای هیدرولیکی لایه آبدار ( S, T, K ) و وجود  
 گرا دیان هیدرولیکی زیاد بین سطح آب و نقاط انتهائی پیزو مترها در  
 شروع آزمایش می باشد .

۳- زمان رسیدن سطح آب به سطح تعادل در روش چاهک کمتر  
 از زمان رسیدن سطح آب به سطح تعادل در پیزو متر هم عمیقتر می باشد  
 علت این امر این است که آب در چاهک از فضای بیشتری وارد آن می  
 گردد .

۴- چنانچه عمق چاهک با پیزو متر بیشتر شود در شرایط یکسان  
 زمان رسیدن سطح آب به سطح تعادل نیز بیشتر می شود .

۳-۴- سرعت بالا آمدن آب در چاهک ها و پیزو مترها :  
 سرعت بالا آمدن آب در چاهک های شماره ۱ و ۳ و پیزو مترهای  
 شماره ۱ و ۲ در دقایق اولیه آزمایش ( پس از ۱۰ تا ۱۶ دقیقه از شروع  
 اندازه گیری ) محاسبه و در جدول شماره ۷ وارد گردید .

می باشد .

۴- در شرایطی که مدتی طول می کشد تا آب در پیزو متر ظاهر شود ( ۱۷ دقیقه ) سرعت اولیه بالا آمدن آب در پیزو متر مربوطه بیشتر می گردد .

۵- تغییرات سرعت بالا آمدن آب در پیزو متر شماره ۳ ( $\frac{\Delta h}{\Delta t}$ ) با زمان در کاغذ لگاریتمی کامل مطابق خط ارائه شده در ( شکل شماره ۵ ) می باشد .

چاهک ۱	چاهک ۱۲	پیزو متر ۱	پیزو متر ۲
۱۶	۹	۱۰	۱۱
۱۶	۱۵	۹	۱۲
۱	۱/۶۶۷	۰/۹	۱/۰۹۱

جدول شماره (۷) سرعت بالا آمدن آب در چاهک ها و پیزو متر ها در دقایق اولیه آزمایش .

در پیزو متر شماره ۳ همان طوری که در جدول شماره ۵ مشاهده می شود اگر چه در ساعت ۳ و ۳۵ دقیقه میخ پرچ انتهائی لوله به کنار زده شد ، ولی آب در ساعت ۳ و ۵۲ دقیقه یعنی ۱۷ دقیقه پس از پایین بردن میخ پرچ در ۱۱ سانتی متری ( $11 = 3/50 - 3/61$ ) از ته لوله ظاهر گردید .

علت عدم پیدایش آب در ۱۷ دقیقه اول آزمایش احتمالاً " به علت سنگین تر بودن بافت لایه در عمق مربوط و / یا گرفتگی انتهائی پیزو متر توسط گل و لای می باشد .

شکل شماره ۵ با توجه به ارقام ارائه شده در جدول شماره ۸ ترسیم شده است سرعت بالا آمدن آب در پیزو متر شماره ۳ در زمان های مختلف پس از پایین راندن میخ پرچ را نشان می دهد .

زمان از شروع آزمایش به دقیقه	زمان بالا آمدن آب ( $\Delta t$ ) به دقیقه	ارتفاع بالا آمدن آب ( $\Delta h$ ) به سانتی متر	ساعت بالا آمدن آب ( $\Delta h / \Delta t$ ) به سانتی متر در دقیقه
۱۷	۷	۶۹	۹/۸۶
۲۲	۶	۲۸	۸
۳۰	۱۸	۲۲	۱/۲۷
۴۸	۹	۱۱	۱/۲۲
۵۷	۱۶	۱۶	۱
۷۳	۶	۳	۰/۵
۷۹	۲۹	۵	۰/۱۷
۱۰۸	۲۴	۳	۰/۲۲
۱۳۲	۱۱	۱	۰/۰۹

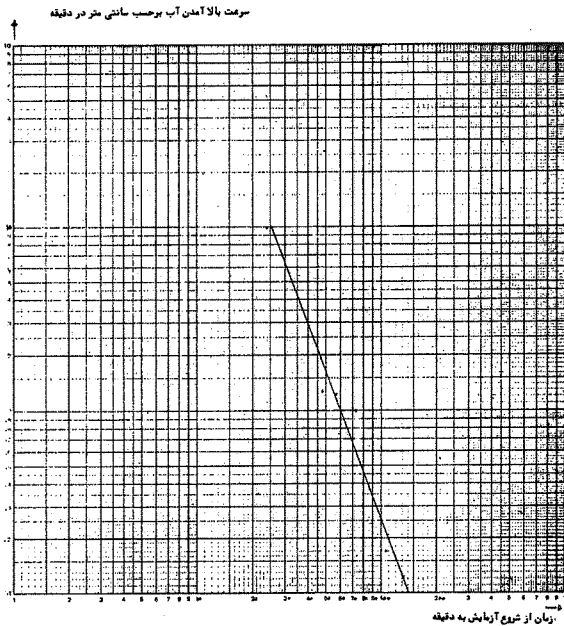
جدول شماره (۸) سرعت بالا آمدن آب در پیزو متر شماره ۳ در زمان های مختلف پس از ظاهر شدن آب در لوله .

از محاسبات ارائه شده در این قسمت نتیجه می گیریم که در لایه های آبدار با بافت سبک :

۱- سرعت بالا آمدن آب در چاهک ها بیشتر از سرعت بالا آمدن آب در پیزو متر های هم عمقشان می باشد .

۲- چنانچه ضخامت لایه آبدار زیاد شود در شرایط یکسان سرعت بالا آمدن آب نیز بیشتر می گردد .

۳- سرعت بالا آمدن آب در ابتدای آزمایش بیشتر از انتهای آن



شکل شماره (۵) تغییرات خطی سرعت بالا آمدن آب در پیزو متر شماره ۳ با زمان ( در کاغذ لگاریتمی کامل ) .

۴- نتایج :

نتایجی که این تحقیق به آن دسترسی پیدا نموده است عبارت است از :

۱-۴- در لایه های آبدار آزاد با بافت سبک ( شکل شماره ۲) که پارامترهای هیدرولیکی نسبتاً " زیادی دارند ارتفاع نمایش دهنده فشار در پیزو متر های نصب شده در اعماق زیاد بوده و این امر باعث کم شدن گرادیان هیدرولیکی در بین نقاط مختلف عمق می گردد .

۲-۴- سرعت بالا آمدن آب در چاهک های حفر شده در لایه آبدار آزاد با بافت سبک ( با خصوصیات مشخص شده ) بیشتر از سرعت بالا آمدن آب در پیزو متر های نصب شده در همان عمق می باشد .

- چنانچه ضخامت لایه اشباع شده زیاد شود ، در شرایط یکسان سرعت بالا آمدن آب نیز بیشتر می گردد . این سرعت در ابتدای آزمایش خیلی بیشتر از سرعت در نزدیکی سطح ایستابی ( سطح تعادل ) است .



۲) و عمق آب در بالای مته یک متر می باشد ، امکان ادامه حفاری با مته نوع | Post Hole Auger ( با قطر ۵/۵ سانتی متر) مقدور نمی باشد ،

۴-۴- در لایه های آبدار آزاد با بافت سبک ( جدول شماره ۲) با پارامترهای هیدرولیکی نسبتاً زیاد ، آب بلافاصله پس از حفر چاهک ها ( چاهک های شماره ۱ و ۳ ) و یا نصب پیرو مترها ( پیرومتر های شماره ۱ و ۲ ) در آن ها ظاهر و بالا می آید .

- در شرایطی که مدتی طول می کشد تا آب در پیرو متر ظاهر شود ( پیرو متر شماره ۳ ) سرعت اولیه بالا آمدن آب در پیرو متر مربوطه زیاد تر می گردد .

- تغییرات سرعت بالا آمدن آب با زمان  $(\frac{\Delta h}{\Delta t})$  در پیرو متر شماره ۳ در کاغذ لگاریتمی کامل به صورت خطی می باشد . ( شکل شماره ۵ )

۳-۴- در شرایطی که بافت لایه مورد حفاری سبک ( شکل شماره

#### پاورقی

- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Auger Hole method   | 6. Transmissivity        |
| 2. Piezometric method  | 7. Bureau of Reclamation |
| 3. Auger               | 8. Specific Yield        |
| 4. General Hole Digger | 9. Storage Coefficient   |
| 5. Free Aquifer        |                          |

#### منابع

1. Aravin, V.I. and S. N. Numerov, Theory of Fluid in Undeformable Porous Media. ( Translated from Russian ). Jerusalem:Israel Program for Scientific Translation, 1965.
2. Bear, J. , Dynamics of Fluids in Porous Media. New York: Amer. Elsevier Publishing Company, Inc. 1972.
3. Bear, J. , Hydraulic of Groundwater. New York:McGraw-Hill Book Campany, 1979.
4. Luthin , J. N. Civil Engineering 272 Notes. University of California, Davis, 1979.
5. Marino, M. A. and J. N. Luthin, Seepage and Groundwater. New Yourk: Elsevier Scientific publishing Company, 1982.

\* تهیه شده در دانشگاه ارومیه

