بسم الله الرحمن الرحيم

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

دانشکده آب و خاک

گروه مهندسی آب

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

بررسی عوامل موثر بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در روش‌های مختلف اندازه‌گیری

استاد راهنما

دکتر پیمان افراسیاب

استاد مشاور

مهندس مهدی کیخا

مهندس محمد مهدی چاری

نگارش

سپهر خوش قدم

بهمن ۱۳۹۲

چکیده

هدایت هیدرولیکی اشباع یکی از مهمترین خصوصیات هیدرولیکی خاک است که بر جریان آب در داخل خاک موثر است. با توجه به کاربرد گسترده‌ی این پارامتر، به دست آوردن نتایج نزدیکتر نسبت به مقدار واقعی آن از اهمیت زیادی برخوردار است اما به دلیل نبودن یک روش معیار برای مقایسه‌ی مقادیر به دست آمده نسبت به آن، تنها سعی می‌شود عواملی که باعث کاهش جریان آب در خاک می‌شوند برطرف گردند. در این مطالعه هدایت هیدرولیکی با پنج روش بار ثابت، بار افتان، استوانه‌های مضاعف، نفوذسنج دیسک مکشی و پرامامتر گلف به دست آمده است. در روش بار افتان، هدایت هیدرولیکی اشباع با نمونه‌ای که برای برداشت آن از سیلندر آغشته به گریس سیلیکون استفاده شده بود به دست آمد و با مقدار به دست آمده از نمونه‌برداری بدون گریس سیلیکون مقایسه شد. در روش بار ثابت نیز مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع به دست آمده از نمونه‌برداری به دو صورت با استفاده از گریس سیلیکون و بدون استفاده از گریس سیلیکون نسبت به هم مورد مقایسه قرار گرفت. در روش استوانه‌های مضاعف مقادیر به دست آمده از چهار فرمول فیلیپ، کوتیلک-کرجگا، هورتن و میزنسو با هم مقایسه شدند. دستگاه دیگر نفوذسنج دیسک مکشی است که یک لایه‌ی شن ریز در زیر دیسک دستگاه قرار داده شد و مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع نسبت به حالت بدون شن مورد مقایسه قرار گرفت. پنجمین دستگاه، پرامامتر گلف است که مقادیر به دست آمده از چاهک با دیواره‌ی آغشته به گریس سیلیکون نسبت به چاهک بدون گریس مقایسه شد همچنین سه فرمول تک عمقی، لاپلاس و دو عمقی نسبت به هم مورد مقایسه قرار گرفتند. در روش‌های بار ثابت و بار افتان استفاده از گریس سبب افزایش مقدار هدایت هیدرولیکی به ویژه در خاک رسی شد. از مقایسه‌ی فرمول-های روش استوانه‌های مضاعف تنها می توان این نتیجه را گرفت که اعداد به دست آمده از معادله‌ی فیلیپ نسبت به سایر فرمول‌ها بیشتر است که می‌تواند ناشی از استفاده از اعداد دقایق اولیه‌ی آزمایش برای تخمین مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع باشد. استفاده از شن در زیر دیسک مکشی نیز سبب افزایش ارتباط دیسک با سطح خاک همچنین جلوگیری از تشکیل لایه‌ی رسی در زیر دیسک می‌شود که موجب افزایش مقدار هدایت هیدرولیکی شد. در روش پرامامتر گلف مقادیر به دست آمده از چاهک‌هایی که گریس سیلیکون در آن ها استفاده شده بود از چاهک‌هایی که از گریس سیلیکون استفاده نشده بود بیشتر شد زیرا گریس از ریزش دیواره‌ی چاهک جلوگیری می‌کرد و در مقایسه‌ی فرمول‌ها نتایج دو فرمول تک عمقی و لاپلاس تقریبا یکسان شد اما از فرمول دو عمقی در خاک رسی و لوم رسی سیلتی مقادیر کمتر و در خاک لوم رسی شنی مقادیر هدایت هیدرولیکی بیشتر ی به دست آمد.

واژگان کلیدی: بار ثابت، بار افتان، استوانه‌های مضاعف، نفوذسنج دیسک مکشی، پرامامتر گلف

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه : ۲

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام گرفته

۲-۱ هدایت هیدرولیکی ۸

۲-۱-۱هدایت هیدرولیکی اشباع ۸

۲-۱-۲ هدایت هیدرولیکی غیر اشباع ۹

۲-۲ عوامل موثر بر هدایت هیدرولیکی ۹

۲-۲-۱چگالی ذرات ۹

۲-۲-۲- شکل ذرات ۱۰

۲-۲-۳- توزیع اندازه‌ی ذرات (بافت خاک) ۱۱

۲-۲-۴- سطح ویژه ۱۲

۲-۲-۵- نوع رس ۱۳

۲-۲-۶- چگالی ظاهری و تخلخل ۱۴

۲-۲-۷- ساختمان خاک ۱۸

۲-۲-۸- درجه اشباع خاک ۱۹

۲-۲-۹- دمای آب و خاک ۲۰

۲-۲-۱۰- عمق خاک ۲۰

۲-۳- روش‌های اندازه‌گیری استفاده شده ۲۳

۲-۳-۱- روش بار افتان: ۲۳

۲-۳-۲- روش بار ثابت ۲۴

۲-۳-۳- روش استوانه‌های مضاعف ۲۵

۲-۳-۴- نفوذسنج دیسک مکشی ۲۷

۵-۳-۲- روش پرمامتر گلف ۳۰

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مشخصات منطقه‌ی مورد مطالعه ۳۶

۳-۱-۱- مشخصات جغرافیایی ۳۶

۳-۱-۲- شرایط آب و هوایی منطقه ۳۶

۳-۱-۳- منشا و مشخصات خاک‌های منطقه ۳۷

۳-۲- مراحل انجام تحقیق ۳۸

۳-۲-۱- انتخاب سه محل دارای بافت خاک متفاوت ۳۸

۳-۲-۲- تعیین بافت ۳۹

۳-۲-۳- اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ۳۹

۳-۲-۳-۱- روش بار افتان ۴۰

۳-۲-۳-۲- روش بار ثابت ۴۱

۳-۲-۳-۳- روش استوانه‌های مضاعف ۴۳

۳-۲-۳-۴- نفوذسنج دیسک مکشی ۴۵

۳-۲-۳-۵- روش پرمامتر گلف ۴۸

۳-۲-۳-۵-۱- روش تک عمقی: ۵۰

۳-۲-۳-۵-۲- روش لاپلاس ۵۲

۳-۲-۳-۵-۳- روش دو عمقی ۵۲

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- مقدمه: ۵۵

۴-۲- نتایج هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ۵۵

۱-۲-۴- بار افتان: ۵۷
۲-۲-۴- بار ثابت ۵۸
۳-۲-۴- استوانه‌های مضاعف ۶۰
۴-۲-۴- نفوذسنج دیسک مکشی ۶۲
۵-۲-۴- پرمامتر گلف..... ۶۴
۱-۵-۲-۴- روش تک عمقی:..... ۶۴
۲-۵-۲-۴- روش لاپلاس.....۶۶
۳-۵-۲-۴- روش دو عمقی..... ۶۷

فهرست منابع

منابع..... ۷۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۲- دستگاه بار افتان ۲۳

شکل ۲-۲- دستگاه بار ثابت ۲۵

شکل۳ -۲- ضریب C ۳۲

شکل ۱-۳- ضریب C ۳۲

شکل ۱-۴- مقادیر K_S از دستگاه بار افتان ۵۶

شکل ۲-۴- مقادیر K_S از دستگاه بار ثابت ۵۹

شکل۳-۴- مقادیر K_S از دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی ۶۳۶۵

شکل ۴-۴- مقادیر K_S از روش تک عمقی ۶۵

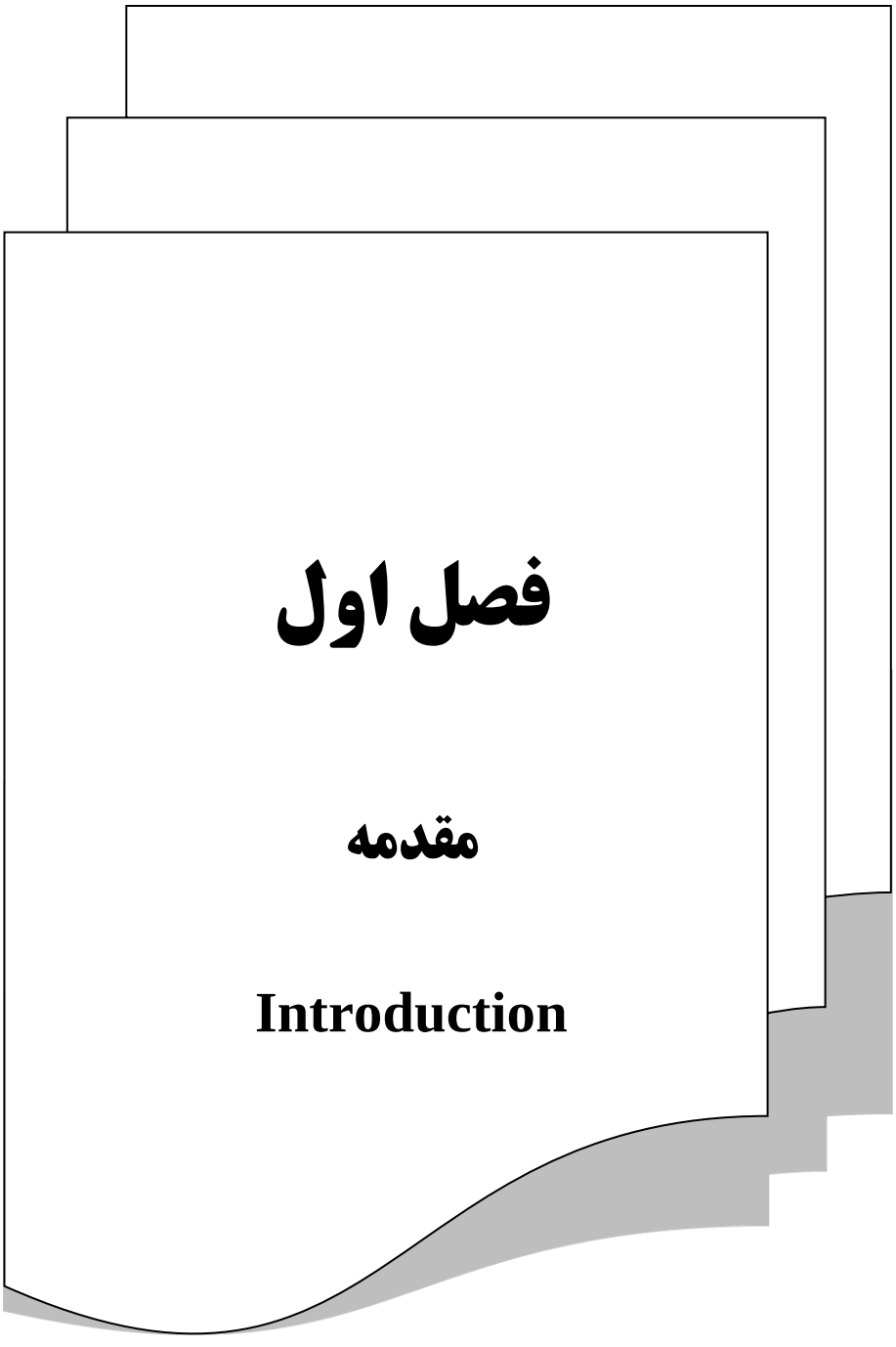
شکل ۵-۴- مقادیر K_S از روش لاپلاس ۶۷

شکل ۶-۴- مقادیر K_S از روش دو عمقی ۶۹

شکل ۷-۴- مقادیر K_S از روش‌های تک عمقی، لاپلاس و دو عمقی ۷۰

فهرست جداول

جدول ۱-۲- مقدار *a بر اساس بافت خاک ۳۲
جدول ۱-۳- درصد ذرات سه بافت مورد استفاده در مطالعه ۳۹
جدول ۲-۳- مقدار *a بر اساس بافت خاک ۳۲
جدول ۱-۴- مقادیر K_S از دستگاه بار افتان ۵۶
جدول ۲-۴- مقادیر K_S از دستگاه بار ثابت ۵۸
جدول ۳-۴- مقادیر K_S از دستگاه استوانه‌های مضاعف ۶۱
جدول ۴-۴- مقادیر K_S از دستگاه نفوذسنج دیسک مکشی ۳۲
جدول ۵-۴- مقادیر K_S از روش تک عمقی ۳۲
جدول ۶-۴- مقادیر K_S از روش لاپلاس ۶۶
جدول ۷-۴- مقادیر K_S از روش دو عمقی ۶۸



فصل اول

مقدمه

Introduction

۱-۱- مقدمه :

هدایت هیدرولیکی، میزان توانایی خاک جهت انتقال آب را بیان می‌کند. داشتن اطلاع کافی از مقادیر هدایت هیدرولیکی خاک، برای برخی کاربری‌های کشاورزی و غیرکشاورزی ضروری می-باشد. هدایت هیدرولیکی یکی از پارامترهای مهم برای برآورد فاصله‌ی لوله‌های زهکش، اندازه‌ی لوله‌ها، حجم آب ورودی به لوله و مقدار تخلیه‌ی آب از زهکش‌ها است (Bhawan, 1999)، همچنین پارامتر اساسی برای فهمیدن نحوه‌ی حرکت آب در خاک و سطح زمین می‌باشد و یک عامل بنیادی ورودی برای مدل کردن رواناب، زهکشی و حرکت املاح در خاک است (Mallants *et al.*, 1997).

روش‌های اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی، به دو گروه آزمایشگاهی و صحرایی تقسیم می‌شوند که اساس اندازه‌گیری در تمام روش‌ها این است که جریانی از آب از داخل خاک عبور داده می‌شود و به طور مرتب میزان جریان و افت ارتفاع ناشی از آن ثبت می‌گردد (علیزاده، ۱۳۸۸). بنابراین برطرف کردن عواملی که باعث کاهش عبور جریان از نمونه یا محدوده‌ی مورد آزمایش می‌شوند باعث نزدیکتر شدن شرایط آزمایش به شرایط طبیعی عبور آب می‌شود و افزایش عبور آب باعث به دست آمدن نتایج نزدیکتری نسبت به مقدار واقعی آن خواهد شد.

با توجه به کاربرد گسترده‌ی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و اهمیت مقدار آن، روش‌های به دست آوردن آن نیز از اهمیت بسیاری برخوردار خواهند بود و برطرف کردن عواملی که آزمایش را از شرایط طبیعی دور می‌کنند بسیار حائز اهمیت است.

در این تحقیق تعدادی از وسایل اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بالای سطح ایستابی که کاربرد بیشتری داشته‌اند برای بررسی انتخاب شده‌اند که شامل روش‌های بارافتان، بارثابت، استوانه‌های مضاعف، نفوذسنج دیسک مکشی و پرامتر گلف هستند. بار افتان و بار ثابت از روش‌های آزمایشگاهی و استوانه‌های مضاعف، نفوذسنج دیسک مکشی و پرامتر گلف از روش‌های صحرائی می‌باشند.

روش بار افتان یکی از روش‌های آزمایشگاهی است که در آن هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به وسیله‌ی دستگاه بار افتان اندازه‌گیری می‌شود. عملکرد دستگاه بار افتان به این صورت است که یک نمونه‌ی استوانه‌ای دست نخورده از خاک مورد مطالعه، درون دستگاه قرار می‌گیرد و با عبور آب از نمونه‌ی خاک، مقدار افت ارتفاع سطح آب درون لوله (مخزن آب دستگاه) در زمان معینی اندازه‌گیری می‌شود، سپس با استفاده از فرمول مربوطه، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به دست می‌آید. ارتفاع نمونه‌ی خاک در این مطالعه ۱۰ سانتیمتر و قطر آن ۸/۲ سانتیمتر است. بعد از اینکه نمونه‌برداری به وسیله سیلندر انجام شد دیواره‌ی داخلی سیلندر به گریس سیلیکون آغشته می‌شود و بار دیگر نمونه‌برداری انجام می‌شود تا مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با حالتی که بدون گریس، نمونه‌برداری شده است مقایسه شود.

روش آزمایشگاهی دیگری که در این تحقیق استفاده شده است روش بار ثابت است. عملکرد این دستگاه مشابه دستگاه بار افتان است با این تفاوت که بار آبی روی نمونه‌ی خاک ثابت نگه داشته می‌شود و حجم نمونه بیشتر است. در این تحقیق ارتفاع نمونه‌ی خاک ۱۷ سانتیمتر و قطر

آن ۱۰/۵۶ سانتیمتر است. برای به دست آوردن هدایت هیدرولیکی اشباع، حجم آب خروجی از نمونه‌ی خاک در زمان معینی اندازه‌گیری می‌شود و با استفاده از سایر پارامترها از فرمول مربوطه به دست می‌آید. در این روش نیز مقدار هدایت هیدرولیکی در دو حالت نمونه‌برداری بدون استفاده از گریس سیلیکون و با استفاده از آن مقایسه می‌شود.

دستگاه استوانه‌های مضاعف شامل دو استوانه با قطرهای مختلف است که به صورت هم مرکز درون هم قرار می‌گیرند، سپس هر دو استوانه از آب پر می‌شوند و ارتفاع آب در زمان‌های مختلف در استوانه‌ی مرکزی یادداشت می‌شود. برای به دست آوردن هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، داده-های برداشت شده از آزمایش، درون معادله‌هایی قرار می‌گیرند. در اینجا چهار فرمول فیلیپ، کوتیلک-کرجگا، هورتن و میزنسو از نظر مقدار به دست آمده با هم مقایسه می‌شوند.

اساس کار دستگاه دیسک مکشی بر خلاف روش‌های دیگر که فشار مثبت آب در آن‌ها نقش دارد بر اساس مکش است. در استفاده از دستگاه دیسک مکشی، دیسک دستگاه، روی سطح خاک قرار می‌گیرد و خاک با غلبه بر مکشی که بر دستگاه اعمال شده است آب را از دیسک خارج می-کند و بر اساس حجم آب خروجی می‌توان با استفاده از فرمول مربوطه، مقدار هدایت هیدرولیکی را به دست آورد. با توجه به اینکه خاک باید آب را از سطح دیسک مکش کند، در این مطالعه آزمایش‌ها در تکرار دیگری و با تفاوت اینکه بین دیسک دستگاه و سطح خاک یک لایه‌ی نازک شن (سه میلیمتر) قرار گیرد انجام گرفته است. تا اثر لایه شن بر مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع خاک مشخص گردد.

روش بعدی پرمامتر گلف است که از روش‌های صحرایی است. دستگاه پرمامتر گلف که وسیله-ی عملی و کم خرجی است توسط رینولدز و همکارانش ساخته شده است. پرمامتر گلف یک سیستم ماریوت ساده است و با استفاده از آن می‌توان هدایت هیدرولیکی اشباع و پتانسیل ماتریک

خاک را در هر عمقی در بالای سطح ایستابی محاسبه کرد. روش مذکور از مبنای تئوری قوی برخوردار است. تسریع در زمان انجام آزمایش، کاهش مصرف آب و کاهش نیروی انسانی به یک نفر در انجام آزمایش از جمله مزایای دیگر روش گلف است (قبادیان و محمدی، ۱۳۸۹).

طرز کار دستگاه پرمامتر گلف به این صورت است که قسمت انتهایی دستگاه درون چاله‌ای استوانه‌ای شکل که در محل مورد نظر حفر می‌شود قرار می‌گیرد. در این مطالعه ارتفاع چاهک ۳۰ سانتیمتر و قطر آن ۵ سانتیمتر است. ارتفاع آب درون چاهک با دستگاه، قابل تنظیم است. با شروع آزمایش و عبور آب از انتهای دستگاه، ارتفاع آب درون مخزن دستگاه کاهش می‌یابد. با اندازه‌گیری ارتفاع آب مخزن در فاصله‌های معین، سرعت افت آب به دست می‌آید و آزمایش تا زمانی ادامه می‌یابد که افت ارتفاع به نرخ ثابتی برسد.

در این مطالعه، برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با پرمامتر گلف، ابتدا چاهک-هایی به قطر ۵ سانتیمتر با استفاده از مته حفر می‌شود و اندازه‌گیری‌ها انجام می‌شود و بار دوم در فاصله‌ی کمی از چاهک‌های اولیه، چاهک‌ها با مته‌ی کوچکتر (۲/۵ سانتیمتر) حفر می‌گردند و با استوانه‌ای که قطر خارجی آن ۵ سانتیمتر و آغشته به گریس سیلیکون است قطر چاهک به ۵ سانتیمتر افزایش داده می‌شود. با مقایسه‌ی نتایج آزمایش در دو حالت، تاثیر استفاده از گریس سیلیکون مشخص می‌شود.

برای مطالعه‌ی جامع‌تر و بررسی این نکته که اعمال کارهای فوق در خاک‌های مختلف چه اثری بر مقدار هدایت هیدرولیکی دارد کلیه‌ی آزمایش‌ها در سه خاک با بافت متفاوت شامل خاک رسی (بافت سنگین)، لوم رسی سیلتی (بافت متوسط) و لوم رسی شنی (بافت سبک) انجام می‌گیرد.

عواملی همچون دمای هوا، دمای آب، تغییرات بافت خاک، دمای خاک و بسیاری عوامل دیگر بر مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع نقش دارند، از این رو در این مطالعه سعی بر آن شده است که کلیه‌ی آزمایش‌ها در شرایط یکسان انجام شود.

برای جلوگیری از خطای تغییر بافت خاک در هر زمین، آزمایش‌ها در یک محدوده‌ی ۱۰ متر مربعی انجام شدند و همچنین سعی بر آن شد که در ساعات مشخصی از روز آزمایش‌ها انجام شوند که اختلاف دما و آب و هوا موجب بروز تغییر در مقدار هدایت هیدرولیکی نشود.

در طی سال‌های گذشته مطالعات بسیاری بر روی روش‌های اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی انجام شده است، اما متاسفانه بیشتر این مطالعه‌ها تنها به مقایسه‌ی دستگاه‌ها نسبت به هم پرداخته‌اند و تعداد بسیار کمی شرایط استفاده از هر روش را مورد بررسی قرار داده‌اند. با توجه به کاربرد گسترده‌ی مقدار هدایت هیدرولیکی در پروژه‌ها و مطالعات داخل کشور، همچنین تفاوت بسیار در شرایط موثر بر مقدار هدایت هیدرولیکی با کشورهای ابداع کننده‌ی این روش‌ها، مطالعه بر روی روش‌های به دست آوردن مقدار هدایت هیدرولیکی جای کار فراوان دارد تا بتوان در شرایط مورد نظر ما بهترین نتیجه را به دست آورد.

فصل دوم

مروری بر تحقیقات انجام شده

Literature review

۱-۲- هدایت هیدرولیکی

هدایت هیدرولیکی، میزان توانایی خاک جهت انتقال آب را بیان می‌کند. داشتن اطلاع کافی از مقادیر هدایت هیدرولیکی خاک، برای برخی کاربری‌های کشاورزی و غیرکشاورزی ضروری می-باشد. هدایت هیدرولیکی یکی از پارامترهای مهم برای برآورد فاصله‌ی لوله‌های زهکش، اندازه‌ی لوله‌ها، حجم آب ورودی به لوله و مقدار تخلیه‌ی آب از زهکش‌ها است (Bhawan, 1999)، همچنین پارامتر اساسی برای فهمیدن نحوه‌ی حرکت آب در خاک و سطح زمین می‌باشد و یک عامل بنیادی ورودی برای مدل کردن رواناب، زهکشی و حرکت املاح در خاک است (Mallants *et al.*, 1997).

۱-۱-۲- هدایت هیدرولیکی اشباع

دانش حرکت آب در شرایط اشباع درون خاک برای مهندسان، دانشمندان علوم آب و خاک و کشاورزان اهمیت ویژه‌ای دارد. سرعت و میزان جریان آب در خاک برای مدیریت خاک‌ها و رشد گیاه ضروری است. حرکت آب در خاک روی میزان مواد غذایی در دسترس گیاه، هوادهی و دمای خاک و حرکت املاح تاثیر می‌گذارد. کاربرد مهم جریان اشباع در زمین‌های زراعی شامل طراحی-های زهکشی سطحی و زیر سطحی در زمین‌های کشاورزی می‌باشد، اغلب، طراحی‌های انواع زهکش بر اساس سرعت حرکت آب در محیط‌های اشباع صورت می‌گیرد. سرعت حرکت آب در محیط‌های اشباع توسط هدایت هیدرولیکی اشباع تعریف می‌شود. هدایت هیدرولیکی اشباع به

واسطه‌ی تاثیر مستقیم و زیاد روی فواصل لوله‌های زهکش، اهمیت ویژه‌ای در زهکشی پیدا کرده است (Lal and Shukla, 2004). از دیگر کاربردهای هدایت هیدرولیکی اشباع می‌توان به تاثیر آن در طراحی سیستم‌های آبیاری و تعیین سرعت نفوذ آب در خاک اشاره کرد (Gülser and Candemir, 2008). همچنین تاثیر ویژه‌ی آن در انتقال آلودگی آب‌های زیرزمینی و آبشویی آفات و امراض زمین‌های کشاورزی را نمی‌توان نادیده گرفت (Bagarello and Sgroi, 2007). اطلاع از هدایت هیدرولیکی اشباع خاک منطقه، حتی برای مهندسان سد ضروری است، زیرا شکست سد به دلیل سرعت بیش از حد جریان اشباع زیر سد به پایین دست اتفاق می‌افتد.

۲-۱-۲ -هدایت هیدرولیکی غیر اشباع

ناحیه‌ی خاک یا ناحیه‌ی آبیاری شونده، با گذشت مدت زمانی بعد از آبیاری به منطقه‌ی غیر اشباع تبدیل می‌شود، که در آن یک زنجیره‌ی جریان غیراشباع در محیط متخلخل به وجود می‌آید. شرایط جریان غیر اشباع بسیار پیچیده می‌باشد زیرا با تغییر درجه‌ی رطوبت خاک و خارج شدن از حالت اشباع، تمامی خصوصیات هیدرولیکی خاک بصورت تابعی از درجه‌ی رطوبت خاک تغییر می‌کند.

۲-۲- عوامل موثر بر هدایت هیدرولیکی

۲-۲-۱- چگالی ذرات

چگالی ذرات، یکی از مهمترین خصوصیات پایه‌ای فیزیک خاک را بیان می‌کند. چگالی ذرات، مقدار جرم ذرات خاک تقسیم بر حجم اشغال شده توسط آن‌ها را تعریف می‌کند و مقادیر آن در محدوده‌ی ۲/۵ Mg/m^3 و برای اکثر خاک‌ها حدود ۲/۸-۲/۶۵ Mg/m^3 می‌باشد.

۲-۲-۲- شکل ذرات

شکل ذرات همانند اندازه‌ی ذرات روی سطح ویژه تاثیر می‌گذارد. انتظار می‌رود که شکل ذرات روی دانه‌بندی ذرات، استحکام خاک و همچنین خصوصیات انتقال آب تاثیر زیادی داشته باشد. علیرغم وجود چند روش در تعیین شکل ذرات، متاسفانه اندازه‌گیری این فاکتور مشکل است.

شکل ذرات یکی از عواملی هست که قطعا هدایت هیدرولیکی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد، زیرا با خروج شکل ذرات از حالت صافی و کرویت نه تنها سطح ویژه‌ی ذرات افزایش خواهد یافت، بلکه به دنبال آن مقاومت در برابر عبور جریان نیز افزایش خواهد یافت. از طرف دیگر ذرات کشیده و یا بدون شکل محل‌های عبور باریک‌تری نسبت به ذرات کروی ایجاد می‌کنند که قدرت انتقال خاک را کاهش می‌دهد (Head and Epps, 1980).

در مطالعه‌ای دیگر بیان شده که فاکتور شکل ذرات می‌تواند بر عدد رینولدز و از این طریق بر نوع جریان (آرام یا آشفته) تاثیر گذار باشد (Kane and Sternheim, 1988). مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده که نشان می‌دهد فاکتور شکل ذرات، روی خصوصیاتی از قبیل: تخلخل (Kolbuszewski, 1948)، نسبت تخلخل (Santamarina and Cho, 2004)، هدایت هیدرولیکی (نفوذ پذیری) (Witt and Brauns, 1983)، زاویه اصطکاک داخلی (Chan and Page, 1997 , Cheshomi *et al.*, 2009) و چگالی (Holubec and D'Appolonia, 1973) تاثیر می‌گذارد.

۳-۲-۲- توزیع اندازه‌ی ذرات (بافت خاک)

توزیع اندازه‌ی ذرات، اساسی‌ترین خصوصیت پایه‌ای فیزیکی خاک می‌باشد که بافت خاک را تعریف می‌کند. اندازه‌ی ذرات خاک یا قطر موثر یک مبنا برای طبقه بندی خاک‌ها به حساب می‌آید (برای مثال محدوده‌ی ۲-۱ میلیمتر را بافت خیلی درشت شنی می‌نامند).

اندازه‌ی ذرات و فراوانی نسبی آن‌ها بیشترین تاثیر را در خصوصیات فیزیکی خاک دارد.

همانطور که گفته شد توزیع اندازه‌ی ذرات اساسی‌ترین خصوصیت پایه‌ای فیزیک خاک می-باشد، بنابراین بیشترین تاثیر را نسبت به دیگر عوامل خواهد داشت، چرا که در اکثر مدل‌های به دست آمده برای منحنی هدایت هیدرولیکی و منحنی رطوبتی از مقادیر توزیع اندازه‌ی ذرات استفاده شده است (Mualem, 1976; Van Genuchten, 1980).

در معادله‌ی دارسی نیز اثر اندازه‌ی ذرات به طور نامحسوسی مشهود است زیرا اندازه‌ی ذرات روی سرعت حرکت آب در خاک (V) و سطح مقطع جریان (A) به دلیل تاثیر روی میزان تخلخل خاک اثر گذار است. در نتیجه دبی عبوری جریان را کاملا تحت تاثیر خود قرار خواهد داد. معادلات زیر هر سه فورمولاسیون‌های معادله‌ی دارسی می‌باشد، که در آن‌ها Q، A، V به ترتیب دبی جریان عبوری، سطح مقطع جریان و سرعت جریان در خاک می‌باشد، $i=\Delta H/L$ شیب هیدرولیکی بین دو نقطه با فاصله‌ی L و اختلاف ارتفاع آب به اندازه ΔH می‌باشد (Arya *et al.*, 1999).

$$Q = A \times V \qquad ۲-۱$$

$$Q = AKi \qquad ۲-۲$$

$$K = \frac{L}{(A \times \Delta H)} \sum_i^n Qi \qquad ۲-۳$$

در گزارشی Clapp و Hornberger جدولی برای میزان هدایت هیدرولیکی اشباع و اندازه‌ی ذرات خاک ارائه کردند که در آن با افزایش قطر ذرات، هدایت هیدرولیکی کم می‌شود (Clapp and Hornberger, 1978). پژوهشگران و محققان زیادی در مورد رابطه‌ی هدایت هیدرولیکی و توزیع اندازه‌ی ذرات مطالعاتی انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیدند که درصد ذرات تشکیل دهنده‌ی خاک، یکی از مهم‌ترین پارامترهای ورودی مدل‌های هدایت هیدرولیکی می‌باشد (Tyler and Wheatcraft, 1989; Boadu, 2000).

۴-۲-۲- سطح ویژه

سطح ویژه‌ی ذرات، یک خصوصیت مهم در جذب آفت کش‌ها، مواد غذایی و آب می‌باشد، همچنین تاثیر بسزایی در انتقال و استحکام خاک دارد. مساحت سطح ذرات یک خاک شامل مساحت سطح ذرات اولیه، پوشش‌های نامنظم معدنی و مواد آلی می‌باشد. این بخش‌های منحصر به فرد ممکن است روی یکدیگر اثرگذار باشند. در ادامه نیز ممکن است مساحت سطح بعضی ذرات معدنی با جذب آب و ترکیبات شیمیایی توسط محلول خاک تغییر کند.

سطح ویژه یک مقدار گسترده می‌باشد بنابراین در واحد جرم و یا در واحد حجم خاک تعریف می‌شود و با کاهش قطر ذرات افزایش می‌یابد، بنابراین طبق مطالب گفته شده در همین بخش انتظار می‌رود با کاهش قطر ذرات و یا ریز بافت شدن خاک، خصوصیات جذبی خاک افزایش و خصوصیات انتقالی آن کاهش یابد. همچنین لازم به ذکر است که با افزودن ماده‌ی آلی به خاک با توجه به سطح ویژه‌ی بالای آن انتظار می‌رود که قدرت جذب خاک افزایش یابد.

از موثرترین عوامل در تغییر سطح ویژه، شکل ذرات می‌باشد (Lowell and Shields, 1984). بنابراین هر گونه تغییر در شکل، مقدار سطح ویژه را تغییر داده و هدایت هیدرولیکی تغییر خواهد کرد.