دانشکده فنی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثر ناهمگونی و ناهمسانی نفوذ پذیری نهشته های طبیعی در تراوش پی سدها

از

بهرو بهفر

استاد راهنما

دکتر رضا جمشیدی چناری

بهمن ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده فنی

گروه مهندسی عمران

(گرایش مکانیک خاک و پی)

بررسی اثر ناهمگونی و ناهمسانی نفوذ پذیری نهشته های طبیعی در تراوش پی سدها

از

بهرو بهفر

استاد راهنما

دکتر رضا جمشیدی چناری

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم به وجود آسمانی مادر مهربان و پدر عزیزم

این مجموعه مطالعاتی را مدیون همراهی بی دریغ استاد عزیزم جناب آقای **دکتر رضا جمشیدی چناری** و همچنین یاری صمیمانه دوستانم در مجموعه دانشگاه گیلان، هستم. با تمام وجودم سپاسگذار تک تک این عزیزانم و امیدوارم توانسته باشم مجموعه ای در خور زحماتشان گردآوری کرده باشم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

تقدیم **ب**

تقدیر **پ**

فهرست مطالب **ت**

فهرست جدول‌ها **ح**

فهرست شکل‌ها **خ**

چکیده (فارسی) **ر**

چکیده (انگلیسی) **ز**

فصل اول؛ مقدمه

۱-۱- اهداف مطالعه و بیان موضوع ۲

۱-۲- روش..... ۴

۱-۳- سازماندهی فصل‌ها ۴

فصل دوم؛ مروری بر مطالعات پیشین

۲-۱- ناهمگونی خاک ۸

۲-۱-۱- تغییرپذیری ذاتی(تصادفی) خاک ۹

۲-۱-۱-۱- انواع تحلیل های تصادفی ۱۲

۲-۲- ناهمسانی خاک ۱۴

۲-۳- نفوذپذیری ۱۴

۲-۳-۱- ناهمگونی و ناهمسانی نفوذپذیری ۱۷

۲-۳-۲- کاربرد تحلیل‌های تصادفی در بررسی جریان آب در خاک ۲۲

فصل سوم؛ مباحث آماری در ژئوتکنیک

۳-۱- مقدمه ۲۶

۳-۲- تئوری میدان تصادفی ۲۶

۳-۲-۱- فرآیندهای ایستا ۲۶

۳-۲-۱-۱- ایستایی ۲۷

۳-۲-۱-۲- ارگودیسیتی ۲۸

۳-۲-۱-۳- غیرایستایی ۳۰

۳-۳- انواع میدان‌های تصادفی ۳۱

۳-۴- توصیف فضای تصادفی ۳۳

۳-۴-۱- مقدمه ۳۳

۳-۴-۲- ضریب تغییرات ۳۴

۳-۴-۳- مقیاس نوسان ۳۴

۳-۴-۴- طول همبستگی ۳۵

۳-۵- تولید عددی میدان تصادفی همبسته ۳۶

۳-۵-۱- روش تجزیه ماتریس ۳۸

۳-۵-۱-۱- تولید میدان تصادفی ۳۸

۳-۵-۱-۲- نحوه محاسبه ماتریس کوواریانس ۳۹

۳-۵-۱-۳- تجزیه ماتریس ۴۰

۳-۵-۱-۳-۱- تجزیه چولسکی ۴۲

۳-۶- تابع توزیع احتمال ۴۳

۳-۶-۱- توزیع نرمال ۴۵

۳-۶-۲- توزیع لگاریتم نرمال ۴۵

فصل چهارم؛ مدلسازی عددی مسئله تراوش

۴-۱- معادلات تراوش ۴۹
۴-۲- روشهای تحلیل تراوش ۵۰
۴-۲-۱- روش تفاضلات متناهی ۵۱
۴-۳- نرم افزار FLAC 2D ۵۲
۴-۳-۱- مقدمه ۵۲
۴-۳-۲- روش محاسبات در FLAC ۵۴
۴-۳-۳- کاربرد FLAC در مسائل تراوش ۵۶

فصل پنجم؛ آبگذری از پی سدها

۵-۱- مقدمه ۵۹
۵-۲- مدلسازی ۵۹
۵-۲-۱- هندسه مدل ۶۱
۵-۲-۲- روند مشخصه ۶۲
۵-۲-۳- مدل تصادفی ۶۵
۵-۲-۴- شبیه‌سازی مونت‌کارلو ۷۰
۵-۳- بررسی نتایج ۷۱
۵-۳-۱- حالت غیر همبسته ۷۲
۵-۳-۱-۱- اثر ناهمگونی ۷۲
۵-۳-۱-۲- اثر ناهمسانی ۷۴
۵-۳-۲- حالت همبسته ۷۸

۵-۳-۲-۱- اثر ناهمگونی ۷۸

۵-۳-۲-۲- اثر ناهمسانی ۸۲

۵-۳-۳- اثر ساختار همبستگی ۸۹

فصل ششم؛ نتیجه گیری

۶-۱- جمع‌بندی..... ۹۲

۶-۲- محدودیت‌ها..... ۹۳

۶-۳- پیشنهادات برای کارهای آتی..... ۹۳

فهرست مراجع ۹۵

فهرست جدول ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۲-۱- مقایسه میان مقادیر مختلف حدود فضایی پیوسته[۱] ۱۲

جدول ۲-۲- طبقه‌بندی خاک‌ها براساس میزان نفوذپذیری [۱۴]..... ۱۶

جدول ۲-۳- میزان فواصل همبستگی پیشنهادی در راستای افق برای ضریب هدایت آبی چند نوع خاک [۲۴-۲۳]..... ۱۹

جدول ۲-۴- نسبت های نفوذپذیری برای رس‌های نرم [۲۵]..... ۲۰

جدول ۲-۵- نتایج آزمایشات و مشاهدات میدانی برای مطالعه توزیع احتمال نفوذپذیری خاک رس متراکم در لندفیل‌ها [۲۶].... ۲۱

جدول ۳-۱- مشخصه‌های اختصاری میدان‌های تصادفی[۲۶]..... ۲۹

جدول ۳-۲- توابع خودهمبستگی و مقیاس متناظر با آنها [۳۳] ۳۶

جدول ۳-۳- مدل های رایج توزیع متغیرهای تصادفی پیوسته بکار رفته در ژئوتکنیک ۴۴

جدول ۵-۱- نتایج تحلیل روند خطی مشخصه برای شیب‌های مختلف..... ۶۵

جدول۵-۲- نتایج تحلیل مشخصه برای شرایط همگن و ناهمسان..... ۷۴

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۲-۱- نمونه‌ای از ناهمگونی لایه‌بندی[۱] ۸

شکل ۲-۲- تغییرات فضایی پارامتر نفوذپذیری در توده خاک..... ۱۳

شکل ۲-۳- مقادیر ضریب نفوذپذیری (m/s) [۱۳]..... ۱۶

شکل ۲-۴- نفوذپذیری، زهکشی، نوع خاک و روشهای تعیین ضریب نفوذپذیری؛ Cassagrande۱۹۳۸ [۱۶]..... ۱۷

شکل ۲-۵- تغییرات نفوذپذیری با عمق برای یک چاه نفت در ایران[۱۷] ۱۸

شکل۲-۶- ناهمگونی ذاتی نفوذپذیری خاک بهمراه مولفه های مختلف آن ۱۸

شکل ۳-۱- انواع میدان تصادفی؛ الف) سری تصادفی، ب) روند شبکه ای، پ) روند زمان مکان، ج) تفکیک تصادفی فضا و د) الگوی تصادفی نقاط [۳۱] ۳۲

شکل ۳-۲- الف: پروفیل تغییرپذیری خاک[۳۳]؛ ب: تخمین مقیاس نوسان قائم[۴]..... ۳۳

شکل ۳-۳- نمونه ای از فضای تصادفی ساخته شده با روش تجزیه ماتریس[۳۴]..... ۳۷

شکل ۳-۴- توزیع احتمال نرمال ۴۶

شکل ۳-۵- نمونه ای از توزیع احتمال لوگنرمال ۴۷

شکل ۴-۱- چرخه محاسباتی FLAC ۵۵

شکل ۵-۱- نحوه المان‌بندی مدل ۶۱

شکل ۵-۲- هندسه مدل و شرایط مرزی ۶۲

شکل ۵-۳- تغییرات مشخصه ضریب نفوذپذیری با عمق ۶۳

شکل ۵-۴- مدلسازی شرایط همگن و همسان با ضریب نفوذپذیری 10^{-4} cm/s الف) شبکه جریان؛ ب) بردارهای سرعت..... ۶۴

شکل ۵-۵- نحوه تغییرات مشخصه نفوذپذیری با عمق ۶۴

شکل ۵-۶- تغییرپذیری ضریب نفودپذیری با ضریب تغییرات ۱۰۰٪ الف: حالت غیر همبسته؛ ب: حالت همبسته با طول همبستگی ۱۰ متر..... ۶۶

شکل ۵-۷- مدلسازی احتمالاتی آبگذری با توزیع لگاریتم نرمال برای ضریب نفوذپذیری غیر همبسته و ضریب تغییرات۱۰۰٪ : الف) شبکه جریان؛ ب) بردارهای سرعت ۶۷

شکل ۵-۸- مدلسازی احتمالاتی آبگذری با توزیع لگاریتم نرمال برای ضریب نفوذپذیری با طول همبستگی ۱۰متر و ضریب تغییرات۱۰۰٪ : الف) شبکه جریان؛ ب) بردارهای سرعت ۶۷

شکل ۵-۹- مش بندی شبکه تفاضلات متناهی در مدلسازی میدان تصادفی ۶۹

شکل ۵-۱۰- تغییرات میانگین دبی آب نشتی با تعداد واقعی سازی ها برای میانگین ضریب نفوذپذیری 10^{-4} cm/s و ضرایب مختلف تغییرات..... ۷۱

شکل ۵-۱۱- مقدار خروجی دبی‌ها در طول ۵۰۰ تحلیل برای مقدارضریب تغییرات ۲۰٪ ۷۲

شکل ۵-۱۲- تغییرات میانگین متحرک دبی خروجی برحسب تعداد واقعی سازی ها برای ضرایب مختلف تغییرات در شرایط میانگین خطی کاهشی..... ۷۳

شکل ۵-۱۳- نتایج حاصل از تحلیل مشخصه و تحلیل تصادفی در شرایط همسان و تغییرات خطی کاهشی برای میانگین..... ۷۳

شکل ۵-۱۴- نحوه تغییرات ضریب تغییرات دبی خروجی با ضریب تغییرات نفوذپذیری در شرایط همسان و تغییرات خطی کاهشی میانگین..... ۷۴

شکل ۵-۱۵- شبکه جریان در یک توده خاک ناهمسان: الف) AR=۱۰ ؛ ب) AR=۱۰۰ ..... ۷۵

شکل ۵-۱۶- تغییرپذیری غیرهمبسته ضریب نفودپذیری در خاک ناهمسان با ضریب ناهمسانی۱۰و با فرض $k_0=10^{-4}$ cm/s، $\lambda=0$ و ضرایب مختلف تغییرات نفوذپذیری..... ۷۶

شکل ۵-۱۷- تغییرات میانگین متحرک دبی با تعداد واقعی سازی ها برای میانگین ضریب نفوذپذیری 10^{-4} cm/s و ضرایب ناهمسانی مختلف: الف)AR=۱۰ ؛ ب)AR=۱۰۰ ..... ۷۷

شکل ۵-۱۸- نتایج حاصل از تحلیل مشخصه و تحلیل تصادفی برای مدلهای خاک ناهمسان..... ۷۸

شکل ۵-۱۹- مقدار خروجی دبی‌ها در طول ۵۰۰ تحلیل برای فاصله همبستگی ۳۰ متر و مقدارضریب تغییرات ۲۰٪ ۷۹

شکل ۵-۲۰- تغییرات میانگین متحرک دبی خروجی برحسب تعداد واقعی سازی‌ها در ضرایب تغییرات مختلف در شرایط میانگین خطی کاهشی برای فواصل همبستگی مختلف..... ۸۱

شکل ۵-۲۱- تغییرات میانگین دبی خروجی برحسب مقادیر مختلف ضریب تغییرات ضریب نفوذپذیری برای فواصل همبستگی مختلف..... ۸۲

شکل ۵-۲۲- نحوه تغییرات ضریب تغییرات دبی خروجی با ضریب تغییرات ضریب نفوذپذیری در شرایط همسان و تغییرات خطی کاهشی برای میانگین..... ۸۳

شکل ۵-۲۳- تغییرات میانگین متحرک دبی در خاک ناهمگن و ناهمسان با ضریب ناهمسانی ۱۰، برای ضرایب تغییرات و فواصل همبستگی مختلف..... ۸۵

شکل ۵-۲۴- تغییرات میانگین متحرک دبی در خاک ناهمگن و ناهمسان با ضریب ناهمسانی ۱۰۰، برای ضرایب تغییرات و فواصل همبستگی مختلف..... ۸۷

شکل ۵-۲۵- تغییرات میانگین دبی برحسب ضرایب تغییرات مختلف نفوذپذیری برای فواصل همبستگی مختلف (AR=10)..... ۸۸

شکل ۵-۲۶- تغییرات میانگین دبی برحسب ضرایب تغییرات مختلف نفوذپذیری برای فواصل همبستگی مختلف (AR=100)... ۸۸

شکل ۵-۲۷- جمع‌بندی مقادیر دبی خروجی در حالات مشخصه، غیرهمبسته و همبسته برای ضرایب تغییرات مختلف و در فواصل همبستگی متفاوت..... ۸۹

شکل ۵-۲۸- جمع‌بندی مقادیر دبی خروجی در حالات مشخصه، غیرهمبسته و همبسته برای فواصل همبستگی متفاوت و در ضرایب تغییرات مختلف ۹۰

چکیده

بررسی اثر ناهمگونی و ناهمسانی نفوذ پذیری نهشته های طبیعی در تراوش پی سدها

بهرو بهفر

خاک توده‌ای ناهمگون و ناهمسان می‌باشد. هدایت هیدرولیکی بعنوان یک ویژگی ذاتی نهشته‌های رسوبی طبیعی به صورت مشخصه و تصادفی در فضای خاک تغییر می‌کند. در مطالعه حاضر ناهمگونی و ناهمسانی نفوذپذیری نهشته های طبیعی و تاثیر آن بر میزان جریان آب عبوری از پی یک سد نفوذناپذیر با ابعاد مشخص بررسی شده است. بدین منظور از نرم‌افزار تفاضل محدود دوبعدی FLAC 5.0 برای واقعی‌سازی پارامتر نفوذپذیری بعنوان یک متغیر تصادفی با توزیع احتمال لگاریتم‌نرمال و با ساختار همبستگی مشخص در فضای دو بعدی و بررسی تاثیر آن بر دبی خروجی از خاک مورد نظر استفاده شده است. مقایسه نتایج حاصل از تحلیل‌های مشخصه و تصادفی بیانگر این موضوع است که میزان دبی خروجی حاصل از تحلیل‌های تصادفی، کمتر از میزان آن در تحلیل مشخصه است و به ضریب تغییرات پارامتر ضریب نفوذپذیری و فاصله همبستگی میان داده‌های ورودی وابسته است که این امر حاکی از لزوم دقت به تحلیل ها و محاسبات احتمالاتی است. علاوه بر این مشاهده گردید بالا رفتن نسبت ناهمسانی ضریب نفوذپذیری منجر به شکل گیری کانالهای جریان افقی و در نتیجه افزایش دبی آب نشتی از این سد می‌گردد.

کلید واژه: ناهمگونی، ناهمسانی، نفوذپذیری، تئوری فضای تصادفی

Abstract

Evaluation of Heterogeneity and Anisotropy in Permeability of Natural Deposits in Seepage through Dams Foundation

Behroo Behfar

Soil is a heterogeneous and anisotropic medium. Hydraulic conductivity, an intrinsic property of natural alluvial deposits varies both deterministically and randomly in space and has different values in various directions. In present study, permeability of natural deposits and its influence on the seepage flow through a typical dam foundation is studied. The 2D finite difference code, FLAC 5.0, is used for modeling permeability as a random variable with lognormal distribution with correlated structure. Effect of spatially varying permeability on the seepage flow through foundation is investigated. Results show that the mean value of seepage discharge in stochastic analyses is less than the equivalent value in deterministic condition and this deviation depends on the coefficient of variation, COV of permeability and the correlation length. Increasing the anisotropy ratio of permeability leads to the formation of horizontal flow chanals and increasing the seepage flow consequently.

Key words: Permeability, Random Field Theory, Spatial Variability, Heterogeneity, Anisotropy

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱- اهداف مطالعه و اهمیت موضوع

نهشته‌های طبیعی به دلیل ماهیت شکل‌گیری آنها و تنش‌های اعمالی متوالی در جهات و نقاط مختلف ممکن است رفتار متفاوتی از خود نشان دهند. ناهمسانگردی و ناهمگونی به عنوان دو خاصیت جدایی ناپذیر این نوع خاکها همواره مورد توجه محققین علم مکانیک خاک بوده است. در عمده روشهای تحلیلی کلاسیک و همچنین روشهای تحلیل عددی پیشرفته ژئوتکنیکی، خاک بصورت توده‌ای همگن و همسان در نظر گرفته شده و برای مشخصه‌های آن معمولا مقداری میانگین در محاسبات لحاظ می‌شود. اما با پذیرش ناهمسانی و ناهمگونی به عنوان دو خاصیت جدایی ناپذیر نهشته‌های طبیعی، اعمال این ملاحظات بر پارامترهای خواص خاک در محاسبات ژئوتکنیکی ضروری به‌نظر می‌رسد.

تقریبا همه نهشته‌های طبیعی دارای پارامترهای فیزیکی و مکانیکی متغیر و ناهمگون می‌باشند. نفوذپذیری نیز به عنوان یک خاصیت فیزیکی خاک، تغییرپذیری بسیار بالایی دارد و مقدار آن در جهات قائم و افقی متفاوت است. در تحلیل آبگذری سدها، تخمین نشت آب از پی سد در شرایط مختلف امری ضروری است. از اینرو لزوم در نظر گرفتن پارامتر نفوذپذیری، به عنوان یک کمیت ناهمگن و ناهمسان و بررسی تاثیر آن بر آبگذری و آبدهی نهشته‌های رسوبی طبیعی در پی سدها باید مورد توجه قرار گیرد. برآورد و تخمین دبی آب نشتی در سازه‌های نگهدارنده آب اعم از سد خاکی و غیره به طور متعارف به کمک پارامترهای طراحی که در فضای مسئله ثابت در نظر گرفته می‌شوند مرسوم است. این روش نه تنها در مکانیک خاک کلاسیک بلکه در محاسبات پیشرفته عددی مکانیک خاک نیز بکار رفته است. از آنجایی که پارامترهای رفتاری خاک دارای تغییر پذیری فضایی می‌باشند لذا مدلسازی تصادفی به کمک تئوری حوزه تصادفی به عنوان ابزاری سودمند مدنظر می‌باشد. از آنجایی که نهشته‌های طبیعی رسوبی به شدت ناهمگون بوده و همچنین در راستاهای مختلف دارای نفوذپذیری نابرابر می‌باشند، لذا در بررسی مسائل مختلف مربوط به پدیده تراوش لازم است با اتخاذ توزیع مناسب آماری برای این پارامتر و انتخاب پارامترهای مربوط به آن توزیع مبتنی بر داده‌های آزمایشات برجا به مدلسازی صحیح خواص هیدرولیکی نهشته‌های طبیعی پرداخته شود. در سالهای اخیر با پیشرفت در تکنولوژی محاسبات سریع و توسعه الگوریتم‌های محاسباتی پیشرفته، محققین توجه خاصی به مدلسازی مصالح ناهمگون به کمک تئوری فضای تصادفی داشته‌اند. مشابه سایر پارامترهای رفتاری اعم از تغییر شکل پذیری و مقاومت, پیش بینی می‌شود ضریب نفوذپذیری در راستای قائم تابع سطح تنش موثر و نسبت پیش تحکیمی بوده و لکن در در راستای افقی دارای توزیع تصادفی با ساختار همبستگی مشخص باشد. قابل ذکر است ناهمگونی ذاتی نفوذپذیری در راستای قائم علاوه بر روند مشخصه دارای مولفه پسماند

تصادفی نیز می‌باشد که باید مد نظر قرارگیرد. در مقوله احتمالاتی پارامترهای مورد مطالعه به عنوان یک متغیر تصادفی پیوسته با توزیع احتمالاتی مشخص و پارامترهای مربوط به آن توزیع در نظر گرفته می‌شوند. در مهندسی ژئوتکنیک بطور متعارف توزیع‌های نرمال و یا لگاریتم نرمال مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما برای ضریب نفوذپذیری بطور معمول از توزیع لگاریتم نرمال استفاده می-شود.

علاوه بر ناهمگونی، از آنجایی که معمولاً در نهشته‌های طبیعی لایه‌بندی وجود دارد لذا ناهمسانی نیز به عنوان خاصیت جدایی ناپذیر آنها تلقی شده و ممکن است ضریب نفوذپذیری در راستای افقی گاهی تا یک مرتبه بزرگی از مقدار متناظر آن در راستای قائم بزرگتر باشد. لذا بایستی علاوه بر ناهمگونی مقادیر مناسبی برای نسبت ناهمسانی و همچنین توزیع چندبعدی آن در فضای مسئله مورد مطالعه در نظر گرفته شود.

هدف این مطالعه، بررسی اثر ناهمگونی مشخصه و تصادفی و همچنین ناهمسانی پارامتر نفوذپذیری بر آبگذری نهشته‌های طبیعی در پی سدها می‌باشد. بدین منظور:

- ✓ چگونگی تغییرات نفوذپذیری در محیط‌های نا همگن و ناهمسان بررسی خواهد شد.
- ✓ مدل ناهمگونی و ناهمسانی آبگذری نهشته های طبیعی ارائه خواهد گردید.
- ✓ به کمک روش تفاضل متناهی مدلسازی عددی مسئله انجام خواهد شد.
- ✓ به منظور حصول نتایج واقعی‌تر از شبیه‌سازی مونت‌کارلو استفاده خواهد شد.
- ✓ با مقایسه و تحلیل نتایج بدست آمده نحوه تغییرات تراوش پی سدها و عوامل مؤثر بر آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

تغییرپذیری در خاک موجب عدم قطعیت در پاسخ سیستم‌های مهندسی می شود. در دهه‌های اخیر تلاش بسیاری جهت اتخاذ روش‌های تحلیل و طراحی منطقی برای درنظرگرفتن عدم قطعیت در طراحی‌های مهندسی صورت گرفته است. یک طراحی مهندسی در کنار تامین سطح امنیت مورد نظر باید کارایی رضایت بخشی داشته باشد. تعیین میزان خطرات وابسته به طرح و ارزیابی هزینه‌های احتمالی از نتایج وثمرات یک طراحی منطقی بشمار می‌آید. روش‌های طراحی فعلی در مهندسی ژئوتکنیک بر اساس تجربه مهندسی بوده و از نظر مباحث نظری با فقدان قابل توجهی روبرو می‌باشد. در مهندسی ژئوتکنیک، عدم قطعیت از منابع مختلفی از قبیل تغییرپذیری ذاتی طبیعی ویژگی های خاک، اشتباهات اندازه گیری، اطلاعات محدود در مورد شرایط زیر

سطحی، خطاهای انتقالی، عدم قطعیت مدل و غیره ناشی می‌شود. اما منشاء اصلی عدم قطعیت در سیستم‌های ژئوتکنیکی ناهمگونی طبیعی ویژگی‌های خاک است. توصیف فیزیکی این عدم قطعیت به علت هزینه زیاد نمونه‌گیری‌های پرشمار و عدم قطعیت موجود در سیستمهای اندازه‌گیری، امکانپذیر نیست. برای نمایش این عدم قطعیت‌ها اغلب روش‌های احتمالاتی بکار گرفته می‌شوند. در فصول بعدی مطالعه پارامتریک گسترده‌ای که شامل میانگین پارامترنفوذپذیری خاک، وجود روند مشخصه خطی، طول همبستگی و نسبت ناهمسانی ناهمگونی می‌باشد، برای ارزیابی و مشخص‌کردن اثرات ناهمگونی و ناهمسانی ناهمگونی انجام خواهد گرفت.

۱-۲- روش

در مطالعه حاضر با تلفیق تئوری تفاضلات متناهی و تئوری فضای تصادفی در چهارچوب شبیه‌سازی مونت‌کارلو به محاسبه دبی آب نشتی از پی سد پرداخته خواهد شد. برای مدلسازی ژئوتکنیکی و تحلیل مسئله تراوش، همچنین برای تولید میدان تصادفی دوبعدی با توزیع لگاریتم نرمال از زبان برنامه نویسی FISH در نرم افزار مهندسی FLAC 2D V.5 استفاده می‌شود. نرم افزار FLAC برنامه‌ای تفاضل محدود چندهدفه با قابلیت‌های گوناگون می‌باشد. در تولید میدان تصادفی همبسته نیز از تکنیک تجزیه چولسکی استفاده خواهد شد. شبیه‌سازی مونت‌کارلو و سایر محاسبات نیز با Microsoft Excel انجام می‌شوند.

۱-۳- سازماندهی فصل‌ها

به طورکلی این پایان‌نامه به سه بخش اصلی قابل تفکیک می‌باشد. در بخش نخست به مرور ادبیات فنی مرتبط با ناهمگونی و ناهمسانی خاک و مطالعات پیشین در رابطه با ضریب نفوذپذیری و مسئله تراوش و سایر مباحث مرتبط با این مطالعه پرداخته خواهد شد. بخش دوم شامل توضیح روش بکار برده شده و شرح مباحث آماری و ریاضی به کار رفته در توزیع تصادفی پارامتر ضریب نفوذپذیری برای ارزیابی و تعیین اثرات ناهمگونی خاک در مسئله تراوش خواهد بود. در بخش سوم نیز به ارائه نتایج مطالعه پارامتریک و توصیه‌هایی برای تحلیل و کاربرد روشهای احتمالاتی پرداخته خواهد شد.

این پایان نامه مشتمل بر شش فصل خواهد بود:

۱- فصل اول مقدمه‌ای بر موضوع، اهمیت و اهداف بررسی آن، و همچنین روش‌ها و ترتیب ارائه آنها در این مطالعه می‌باشد.

۲- فصل دوم به مرور بر ادبیات فنی خواهد پرداخت. ابتدا انواع ناهمگونی و ناهمسانی خاکها به همراه عوامل ایجاد آنها معرفی خواهند شد. سپس روش تحلیل تصادفی که برای مدل کردن تغییرپذیری تصادفی خاک بکار رفته می‌شود به اختصار بیان می‌شود و مطالعاتی که در گذشته در زمینه مدلسازی ناهمگونی تصادفی پارامتر ضریب تفوذپذیری خاک صورت گرفته است ارائه خواهد شد. در نهایت نفوذپذیری به‌عنوان پارامتر مورد بررسی اصلی در این مطالعه توصیف و نحوه تغییرات و عوامل دخیل در آن بیان خواهد شد.

۳- فصل سوم به تشریح مباحث آماری به کار رفته در این پایان‌نامه خواهد پرداخت. با توجه به استفاده از روش تحلیل تصادفی برای مدل کردن ناهمگونی تصادفی خاک و توضیح مختصر آن در فصل دوم، در این فصل کلیه مفاهیم آماری و روش‌های ریاضی به کار رفته در تحلیل تصادفی که در این مطالعه به نحوی مورد استفاده قرار خواهند گرفت تشریح خواهد شد. در ابتدا تئوری میدان تصادفی بیان می‌شود و انواع آن معرفی می‌گردد. سپس به توصیف فضای تصادفی و پارامترهای به کار رفته در آن از قبیل ضریب تغییرات، مقیاس نوسان و طول همبستگی پرداخته خواهد شد. چگونگی تولید عددی میدان تصادفی همبسته و روش تجزیه ماتریس که در این مطالعه برای تولید آن به کار رفته، همچنین تکنیک تجزیه چولسکی شرح داده می‌شود و در پایان توابع توزیع احتمال و کاربرد آنها معرفی و تابع توزیع احتمال نرمال و لگاریتم نرمال ارائه خواهد شد.

۴- فصل چهارم به تئوری تراوش و روش‌های عددی به کار رفته در تحلیل آن اشاره خواهد کرد. در انتهای این فصل نیز به معرفی نرم افزار به کار رفته برای مدلسازی عددی و نحوه مدسازی مسئله تراوش در آن پرداخته می‌شود.

۵- در فصل پنجم تحلیل‌های صورت گرفته به صورت مرحله به مرحله شرح داده خواهد شد. مطالعه گسترده‌ای برای مشخص کردن تأثیرات درجه تغییرپذیری ضریب نفوذپذیری خاک، میانگین پارامتر ضریب نفوذپذیری خاک، وجود روند مشخصه خطی و نسبت ناهمسانی ناهمگونی صورت خواهد گرفت. پس از معرفی مدل مورد بررسی و نحوه مدلسازی هندسی و عددی، نتایج بررسی اثر ناهمگونی در دو بخش ارائه می‌شود. در بخش اول نتایج مربوط به مدلسازی تصادفی بدون در نظر گرفتن ساختار همبستگی و در بخش دوم با در نظر گرفتن یک ساختار همبستگی معین با طول‌های همبستگی مشخص ارائه خواهد شد. نتایج تحلیل‌های آماری و نتایج شبیه‌سازی‌های مونت‌کارلو مربوط نیز در هر بخش ارائه می‌شود. در کنار این ها اثر ناهمسانی ناهمگونی و نسبت آن بر نتایج نیز دیده خواهد شد.