فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: بیان مساله و موضوع تحقیق

۱-۱- مقدمه..... ۲
۱-۲- تعریف مسئله..... ۲
۱-۳- روش تحقیق..... ۳
۱-۴- فرضیات تحقیق..... ۴
۱-۵- نتایج مورد انتظار..... ۴
۱-۶- ساختار پایان نامه..... ۴

فصل دوم: کلیات نشت و عوامل موثر در ایجاد مسیرهای تراوش

۲-۱- مقدمه..... ۷
۲-۲- عوامل ایجاد مسیرهای تراوش در سدهای خاکی، پی و تکیه گاه ها..... ۷
۲-۲-۱- ترک خوردگی خاکریز در اثر نشست، جمع شدگی و یا جابجایی پی و تکیه گاه ها..... ۷
۲-۲-۲- فیلترها و زهکش‌های غیر موثر..... ۸
۲-۲-۳- اتصال نامناسب خاکریز به پی و یا خاکریز به تکیه‌گاه..... ۸
۲-۲-۴-مصالح نفوذ پذیر و یا قابل حل در خاکریز..... ۸
۲-۲-۵- وجود لایه آبرفت یا نفوذپذیر در پی و تکیه گاه ها..... ۸
۲-۲-۶- وجود درزها و ترک‌ها در پی سنگی و تکیه گاه ها..... ۸
۲-۲-۷- کنترل ضعیف حین خاکریزی..... ۹
۲-۲-۸- سست شدن سنگ‌هادر پی وتکیه گاه ها دراثر عملیات انفجار وبوجود آمدن مسیر تراوش... ۹
۲-۳- اثرات نامطلوب تراوش ۹
۲-۳-۱- گرادیان خروجی بالا و کنترل نشده..... ۹
۲-۳-۲- پدیده رگاب..... ۱۱
۲-۳-۳- بلند شدگی و یا شکست شیب که ناشی از نیروهای تراوشی است..... ۱۱
۲-۳-۴- از دست رفتن مقدار زیادی آب..... ۱۱
۲-۳-۵- اثرات مکانیکی تراوش (درسنگ‌ها)..... ۱۱
۲-۴- روش‌های کنترل تراوش..... ۱۲
۲-۴-۱- استفاده از فیلترها و زهکش‌های عمودی و افقی..... ۱۳
۲-۴-۲- تزریق..... ۱۴
۲-۴-۳- دیوار جدا کننده بتنی..... ۱۵
۲-۴-۴- دیوار جدا کننده خاکی..... ۱۵

عنوان **صفحه**

۲-۴-۵- سپر کوبی..... ۱۶
۲-۴-۶- پوشش بالادست ۱۶
۲-۵- روش‌های آنالیز تراوش..... ۱۶
۲-۵-۱- روش سنتی(ترسیم شبکه جریان)..... ۱۷
۲-۵-۲- روش‌های حل تحلیلی..... ۱۷
۲-۵-۳- روش‌های آزمایشگاهی..... ۱۸
۲-۵-۴- روش‌های حل عددی..... ۱۸
۲-۶- روش اجزاء محدود..... ۱۹
۲-۶-۱- کاربرد روش اجزاء محدود..... ۱۹
۲-۶-۲- مزایای آنالیز به روش اجزاء محدود..... ۱۹
۲-۶-۳- کاربرد روش اجزاء محدود در حل مسائل نشت..... ۱۹
۲-۷- روش تفاضل محدود..... ۲۰
۲-۸- روش اجزاء مرزی..... ۲۰

فصل سوم: دستاوردهای جدید علم نشت

۳-۱- مقدمه..... ۲۲
۳-۲- تحلیل تراوش سه بعدی سد با در نظر گرفتن
اثرات شکل دره (جعفرزاده و همکاران ۱۳۸۱)..... ۲۲
۳-۳- آنالیز سه بعدی نشت سد پانزده خرداد بعد از آب گیری
(رخشنده رو و همکاران ۲۰۰۶)..... ۲۳
۳-۴- ارزیابی و برخورد با مسائل نشت در سد چپرآباد ایران (ارومیه ای و برزگری ۲۰۰۷)..... ۲۵
۳-۵- کاربرد روش المان مجزا (DEM) در برآورد میزان نشت و طراحی حد آبندی در ساختگاه
سدها (مطالعه موردی سد گتوند علیا) (ناطقی و همکاران ۸۷)..... ۲۸
۳-۶- کنترل سه بعدی نشت در سد اعلی دولت (استان فارس) با استفاده از روش عددی اجزاء
محدود (سیدی و همکاران ۱۳۸۷)..... ۳۰
۳-۷- ارزیابی عملکرد دیوار بتن پلاستیک در سد کرخه با استفاده از آنالیز سه بعدی نشت و
اندازه گیری های واقعی (پاکباز و همکاران ۲۰۰۹)..... ۳۳
۳-۸- آنالیز نشت ساختگاه سد ژاوه با استفاده از نرم افزار seep/w (علوی وهمکاران۱۳۸۹)... ۳۵
۳-۹- اثر پرده آب بند بر موقعیت خط نشت آزاد و دبی تراوش در سدهای خاکی با استفاده
از روش عددی حجمهای محدود(قبادیان و همکاران ۱۳۹۰)..... ۳۷
۳-۱۰- آنالیز نشت جریان حال پایدار و ناپایدار بر روی سد یانگتسه ناشی از ساخت و ساز پل
(کین ژانگ و همکاران ۲۰۱۲)..... ۳۹
۳-۱۱- تحلیل مسئله نشت سد خاکی حسنلو در حالت ناپایا(Transient)،

عنوان **صفحه**

با استفاده از نرم افزار Seep/w (صبا و همکاران ۱۳۹۱)..... ۴۱
۳-۱۲- دلایل توجیهی انجام تحقیق..... ۴۴

فصل چهارم : معرفی مدل تحلیلی و آنالیزهای عددی

۴-۱- مقدمه..... ۴۶
۴-۲- معرفی سد گیوی..... ۴۶
۴-۲-۱- اهداف طرح..... ۴۶
۴-۲-۲- شرایط آب و هوایی حوضه آبریز..... ۴۶
۴-۲-۳- مشخصات حوضه آبریز..... ۴۶
۴-۲-۴- محل ساخت سد..... ۴۷
۴-۲-۵- مشخصات سد..... ۴۸
۴-۲-۶- مقطع تیپ بدنه سد ۴۹
۴-۲-۷- سیستم انحراف..... ۵۰
۴-۲-۸- زمین شناسی ساختگاه..... ۵۰
۴-۲-۹- نتایج آنالیز نشت دوبعدی سد گیوی..... ۵۱
۴-۳- معرفی نرم افزار Seep3D..... ۵۱
۴-۴- شرایط آنالیز..... ۵۲
۴-۵- مدل سازی با توپوگرافی ساده (کانال مانند)..... ۵۲
۴-۵-۱- مدل سازی..... ۵۲
۴-۵-۲- نتایج آنالیز تراوش..... ۵۴
۴-۶- مدل سازی با توپوگرافی واقعی ۶۱
۴-۶-۱- مدل سازی..... ۶۱
۴-۶-۲- نتایج آنالیز تراوش..... ۶۳
۴-۷- مدل سازی جناح چپ با عوارض نواحی گسله و لغزشی..... ۷۰
۴-۷-۱- مدل سازی..... ۷۰
۴-۷-۲- نتایج آنالیز تراوش..... ۷۳
۴-۸- مدل سازی دو بعدی با استفاده از نرم افزار Plaxis..... ۸۰

فصل پنجم : بررسی نتایج

۵-۱- تحلیل نتایج آنالیز مدل سازی با توپوگرافی ساده..... ۸۴
۵-۱-۱- حساسیت سنجی نسبت به ضریب نفوذپذیری ناحیه IV در حالت اجرای پرده تزریق..۸۴
۵-۱-۲- حساسیت سنجی نسبت به ضریب نفوذپذیری ناحیه IV
در حالت عدم اجرای پرده تزریق..... ۸۴
۵-۱-۳- حساسیت سنجی نسبت به پرده تزریق با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV....۸۵
۵-۱-۴- حساسیت سنجی نسبت به پرده تزریق با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV....۸۵

عنوان **صفحه**

۵-۱- ۵- مقایسه تحلیل نتایج تحلیل های تراوش در توپوگرافی ساده.....۸۶
۵-۲- تحلیل نتایج آنالیز مدل سازی با توپوگرافی واقعی.....۸۷
۵-۲-۱- حساسیت سنجی نسبت به ضریب نفوذپذیری ناحیه IV در حالت اجرای پرده تزریق..۸۷
۵-۲-۲- حساسیت سنجی نسبت به ضریب نفوذپذیری ناحیه IV
در حالت عدم اجرای پرده تزریق.....۸۷
۵-۲-۳- حساسیت سنجی نسبت به پرده تزریق با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV.....۸۸
۵-۲-۴- حساسیت سنجی نسبت به پرده تزریق با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV.....۸۹
۵-۲- ۵- مقایسه تحلیل نتایج تحلیل های تراوش در توپوگرافی واقعی.....۸۹
۵-۳- تحلیل نتایج آنالیز جناح چپ با عوارض نواحی گسله و لغزشی.....۹۰
۵-۳-۱- حساسیت سنجی نسبت به ضریب نفوذپذیری ناحیهIV در حالت اجرای پرده تزریق.... ۹۰
۵-۳-۲- حساسیت سنجی نسبت به ضریب نفوذپذیری ناحیه IV
در حالت عدم اجرای پرده تزریق.....۹۱
۵-۳-۳- حساسیت سنجی نسبت به پرده تزریق با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیهIV.....۹۱
۵-۳-۴- حساسیت سنجی نسبت به پرده تزریق با ضریب نفوذپذیری ۳-۱۰×۵ برای ناحیهIV....۹۲
۵-۳- ۵- مقایسه نتایج تحلیل های تراوش جناح چپ با عوارض نواحی گسله ولغزشی.....۹۳
۵-۴- مقایسه نتایج آنالیز تراوش توپوگرافی ساده و واقعی.....۹۳
۵-۴-۱- مقایسه نتایج آنالیز توپوگرافی ساده و واقعی در حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب
نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۹۳
۵-۴-۲- مقایسه نتایج آنالیز توپوگرافی ساده و واقعی در حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب
نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV.....۹۴
۵-۴-۳- مقایسه نتایج آنالیز توپوگرافی ساده و واقعی در حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب
نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV.....۹۵
۵-۴-۴- مقایسه نتایج آنالیز توپوگرافی ساده و واقعی در حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب
نفوذپذیری ۲-۱۰×۱ برای ناحیه IV.....۹۵
۵-۴-۵-مقایسه نتایج تحلیل های تراوش در توپوگرافی ساده و واقعی.....۹۶
۵-۵- مقایسه نتایج آنالیز تراوش توپوگرافی واقعی و جناح چپ.....۹۷
۵-۶- مقایسه نتایج آنالیز تراوش در توپوگرافی ساده و واقعی و جناح چپ.....۹۷

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه گیری ۱۰۰
۶-۲- پیشنهادات.....۱۰۰

منابع.....۱۰۱

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱- روش‌های مختلف کنترل تراوش در سدهای خاکی ۱۲
شکل ۲-۲- انواع اصلی زهکش دربدنه سدهای خاکی(خرقانی،فخاری ۱۳۸۳) ۱۴
شکل۲-۳- دیوارآب بند cut-off(خرقانی،فخاری ۱۳۸۳) ۱۵
شکل ۳-۱- مدل هندسی و مدل اجزاء محدود سد (جعفرزاده و همکاران ۱۳۸۱) ۲۲
شکل ۳-۲- مدل دوبعدی سد(جعفرزاده و همکاران ۱۳۸۱) ۲۳
شکل ۳-۳- جزئیات مقطع مانیتورینگ در مقطع عرضی دره (رخشنده رو و همکاران ۲۰۰۶) ۲۴
شکل ۳-۴- جزئیات مقطع ابزار دقیق(رخشنده رو و همکاران ۲۰۰۶) ۲۴
شکل ۳-۵ – شبکه اجزاء محدود هسته رسی (رخشنده رو و همکاران ۲۰۰۶) ۲۵
شکل۳-۶- موقعیت سد و ویژگی های زمین شناسی محدوده ساختگاه(ارومیه ای و برزگری 2007) ۲۶
شکل ۳-۷- مدل سازی جریان نشت با استفاده از نرم افزار Plaxis در حالات مختلف (ارومیه ای و برزگری 2007) ۲۶
شکل ۳-۸- تخمین عمق بهینه دیوار آببند(ارومیه ای و برزگری 2007) ۲۷
شکل ۳-۹- تخمین عمق بهینه پرده آببند (ارومیه ای و برزگری 2007) ۲۷
شکل ۳-۱۰- تخمین هزینه روش های مختلف آببندی (ارومیه ای و برزگری 2007) ۲۸
شکل ۳-۱۱ – موقعیت جغرافیائی سد گتوند علیا(ناطقی و همکاران ۱۳۸۷) ۲۹
شکل ۳-۱۲ – هندسه و شرایط مرزی مدل(ناطقی و همکاران ۱۳۸۷) ۲۹
شکل ۳-۱۳- نرخ جریان نشت از بستر زیر سد در امتداد رودخانه(نمودار صرفا مربوط به محدوده زیر تاج است) (ناطقی و همکاران ۱۳۸۷) ۳۰
شکل ۳-۱۴- الگوی پیشنهادی اجرای پرده آببند(ناطقی و همکاران ۱۳۸۷) ۳۰
شکل ۳-۱۵- نمای مدل کامپیوتری سد اعلی دولت و مش استفاده شده(سیدی و همکاران ۱۳۸۷) ۳۱
شکل ۳-۱۶ - مقاطع پوشش آب بند کف و جناحین مخزن(سیدی و همکاران ۱۳۸۷) ۳۲
شکل ۳-۱۷- پلان سد کرخه(پاکباز و همکاران ۲۰۰۹) ۳۳
شکل ۳-۱۸- محدوده مدل سازی شده در نرم افزار SEEP 3D(پاکباز و همکاران ۲۰۰۹ ۳۳
شکل ۳-۱۹- مقایسه مقادیر دبی نشت اندازه گیری شده با نتایج تحلیل های سه بعدی و دو بعدی در جناح راست (پاکباز و همکاران ۲۰۰۹) ۳۴
شکل ۳-۲۰- مقایسه مقادیر دبی نشت اندازه گیری شده با نتایج تحلیل های سه بعدی و دو بعدی در جناح چپ (پاکباز و همکاران ۲۰۰۹) ۳۴
شکل ۳-۲۱- محل احداث سد ژاوه (علوی وهمکاران ۱۳۸۹) ۳۵
شکل ۳-۲۲- مدل سه بعدی مناطق هم لوژن در ساختگاه سد ژاوه (علوی وهمکاران ۱۳۸۹) ۳۶
شکل ۳-۲۳- آنالیز نشت در زیر پی سد با پرده آب بند با عمق ۷۴/۸ متر(علوی وهمکاران ۱۳۸۹) ۳۶
شکل۳-۲۴- آنالیز نشت در نیمه جناح راست با پرده آب بند با عمق ۸۳/۶ متر(علوی وهمکاران ۱۳۸۹) ۳۷

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۲۵- آنالیز نشت در نیمه جناح چپ با پرده آب بند با عمق ۸۲/۴ متر(علوی وهمکاران ۱۳۸۹) ۳۷
شکل ۳-۲۶- محدوده مورد مطالعه و شرایط مرزی مربوط به آن(قبادیان و همکاران۱۳۹۰) ۳۸
شکل ۳-۲۷- مشخصات هندسی تانک تراوش(قبادیان و همکاران۱۳۹۰) ۳۸
شکل ۳-۲۸- تاثیر طول دیوار آببند بر کاهش دبی نشت(قبادیان و همکاران۱۳۹۰) ۳۹
شکل ۳-۲۹- شبکه اجزاء محدود مورد استفاده در آنالیز نشت (کین ژانگ و همکاران ۲۰۱۲) ۴۰
شکل ۳-۳۰- کانتور هد کل قبل از ساخت پل(کین ژانگ و همکاران ۲۰۱۲) ۴۰
شکل ۳-۳۱- کانتور هد کل بعد از ساخت پل(کین ژانگ و همکاران ۲۰۱۲) ۴۱
شکل ۳-۳۲- مدل ساخته شده مقطع سد و مش بندی مثلثی (صبا و همکاران ۱۳۹۱) ۴۲
شکل ۳-۳۳- نمودار مربوط به تغییرات تراز آب در طول سال ۸۷ بر اساس اطلاعات واقعی(صبا و همکاران ۱۳۹۱) ۴۲
شکل ۳-۳۴- نمودار مقایسه ای داده های نرم افزار با داده های واقعی برای پیزومتر شماره ۳ واقع در ۲۲ متری محور سد (صبا و همکاران ۱۳۹۱) ۴۳
شکل ۴-۱-موقعیت سد گیوی از نگاه هوائی ۴۷
شکل ۴-۲-موقعیت سد گیوی از نگاه جغرافیائی ۴۷
شکل ۴-۳- شرایط ساختگاه قبل از ساخت ۴۸
شکل ۴-۴- شرایط ساختگاه در حین ساخت ۴۸
شکل ۴-۵- مقطع تیپ بدنه سد ۴۹
شکل ۴– ۶ – مقطع دره سد گیوی به همراه هندسه طراحی شده برای پرده تزریق ۵۰
شکل ۴-۷- پلان مدل سه بعدی مورد استفاده در تحلیل‌های تراوش با توپوگرافی ساده ۵۳
شکل ۴-۸-نمای پرسپکتیو از بالادست مدل سه بعدی مورد استفاده در تحلیل‌های تراوش با توپوگرافی ساده ۵۳
شکل ۴-۹- شبکه محاسباتی مورد استفاده در تحلیل‌های تراوش با توپوگرافی ساده ۵۴
شکل ۴-۱۰- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در توپوگرافی ساده برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۵۵
شکل ۴-۱۱- کنتورهای هد کل در توپوگرافی ساده برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۵۵
شکل ۴-۱۲- کنتورهای فشار آب در توپوگرافی ساده برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۵۶
شکل ۴-۱۳- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در توپوگرافی ساده برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۵۶
شکل ۴-۱۴- کنتورهای هد کل در توپوگرافی ساده برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۵۷
شکل ۴-۱۵- کنتورهای فشار آب در توپوگرافی ساده برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۵۷

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱۶- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در توپوگرافی ساده برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۵۸

شکل ۴-۱۷-کنتورهای هد کل در توپوگرافی ساده برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۵۸

شکل ۴-۱۸- کنتورهای فشار آب در توپوگرافی ساده برای حالت عدم اجرای پرده تزریق وبا ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۵۹

شکل ۴-۱۹- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در توپوگرافی ساده برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۵۹

شکل ۴-۲۰- کنتورهای هد کل در توپوگرافی ساده برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۶۰

شکل ۴-۲۱- کنتورهای فشار آب در توپوگرافی ساده برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۶۰

شکل ۴-۲۲- پلان مدل سه بعدی مورد استفاده در تحلیل‌های تراوش با توپوگرافی واقعی ۶۱

شکل ۴-۲۳- نمای پرسپکتیو از بالادست مدل سه بعدی مورد استفاده در تحلیل‌های تراوش با توپوگرافی واقعی ۶۲

شکل ۴-۲۴- شبکه محاسباتی مورد استفاده در تحلیل‌های تراوش با توپوگرافی واقعی ۶۲

شکل ۴-۲۵- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در توپو گرافی واقعی برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۶۳

شکل ۴-۲۶- کنتورهای هد کل در توپو گرافی واقعی برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۶۴

شکل ۴-۲۷- کنتورهای فشار آب در توپو گرافی واقعی برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۶۴

شکل ۴-۲۸- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در توپو گرافی واقعی برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیهIV ۶۵

شکل ۴-۲۹- کنتورهای هد کل در توپو گرافی واقعی برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۶۵

شکل ۴-۳۰- کنتورهای فشار آب در توپو گرافی واقعی برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۶۵

شکل ۴-۳۱- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در توپو گرافی واقعی برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیهIV ۶۶

شکل ۴-۳۲-کنتورهای هد کل در توپو گرافی واقعی برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۶۷

شکل ۴-۳۴- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در توپو گرافی واقعی برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۶۸

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۳۵- کنتورهای هد کل در توپوگرافی واقعی برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۶۸

شکل ۴-۳۶- کنتورهای فشار آب در توپوگرافی واقعی برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۶۹

شکل ۴-۳۷- نمایی از جناح چپ و ناپایداری های روی داده در آن (گزارش زمین شناسی گیوی) ۷۰

شکل ۴-۳۸- نمایش لغزش های رخ داده در جناح چپ رودخانه در محدوده ساختگاه سد ۷۱

شکل ۴-۳۹- پلان مدل سه بعدی مورد استفاده در تحلیل‌های تراوش جناح چپ ۷۲

شکل ۴-۴۰- نمای پرسپکتیو از بالادست مدل سه بعدی مورد استفاده در تحلیل‌های تراوش جناح چپ ۷۲

شکل ۴-۴۱- شبکه محاسباتی مورد استفاده در تحلیل‌های تراوش جناح چپ ۷۳

شکل ۴-۴۲- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در جناح چپ برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۷۴

شکل ۴-۴۳- کنتورهای هد کل در جناح چپ برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۷۴

شکل ۴-۴۴- کنتورهای فشار آب در جناح چپ برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۷۵

شکل ۴-۴۵- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در جناح چپ برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۷۵

شکل ۴-۴۶- کنتورهای هد کل در جناح چپ برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۷۶

شکل ۴-۴۷- کنتورهای فشار آب در جناح چپ برای حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۷۶

شکل ۴-۴۸- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در جناح چپ برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیهIV ۷۷

شکل ۴-۴۹-کنتورهای هد کل در جناح چپ برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۷۷

شکل ۴-۵۰- کنتورهای فشار آب در جناح چپ برای حالت عدم اجرای پرده تزریق وبا ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۷۸

شکل ۴-۵۱- نمای پرسپکتیو از پایین دست از سطح آزاد آب در جناح چپ برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۷۸

شکل ۴-۵۲- کنتورهای هد کل در جناح چپ برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۷۹

شکل ۴-۵۳- کنتورهای فشار آب در جناح چپ برای حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۷۹

شکل ۴-۵۴- مدل دوبعدی ساخته شده از پی و بدنه ۸۱

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۵۵- شرایط مرزی سطوح غیر قابل نفوذ ۸۱
شکل ۴-۵۶- شبکه بندی ۸۱
شکل ۴-۵۷- خط فریاتیک جریان ۸۲
شکل ۵-۱- مقایسه دبی تراوش با دو ضریب نفوذپذیری متفاوت برای ناحیه IV در حالت اجرای پرده تزریق در توپوگرافی ساده ۸۴
شکل ۵-۲- مقایسه دبی تراوش با دو ضریب نفوذپذیری متفاوت برای ناحیه IV در حالت عدم اجرای پرده تزریق در توپوگرافی ساده ۸۵
شکل ۵-۳- مقایسه دبی تراوش با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV در حالت اجرا و عدم اجرای پرده تزریق در توپوگرافی ساده ۸۵
شکل ۵-۴- مقایسه دبی تراوش با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV در حالت اجرا و عدم اجرای پرده تزریق در توپوگرافی ساده ۸۶
شکل ۵-۵- مقایسه نتایج تحلیل های تراوش در مدل سازی از نوع توپوگرافی ساده ۸۶
شکل ۵-۶- مقایسه دبی تراوش با دو ضریب نفوذپذیری متفاوت برای ناحیه IV در حالت اجرای پرده تزریق در توپوگرافی واقعی ۸۷
شکل ۵-۷- مقایسه دبی تراوش با دو ضریب نفوذپذیری متفاوت برای ناحیه IV در حالت عدم اجرای پرده تزریق در توپوگرافی واقعی ۸۸
شکل ۵-۸- مقایسه دبی تراوش با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV در حالت اجرا و عدم اجرای پرده تزریق در توپوگرافی واقعی ۸۸
شکل ۵-۹- مقایسه دبی تراوش با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV در حالت اجرا و عدم اجرای پرده تزریق در توپوگرافی واقعی ۸۹
شکل ۵-۱۰- مقایسه نتایج تحلیل های تراوش در مدل سازی از نوع توپوگرافی واقعی ۹۰
شکل ۵-۱۱- مقایسه دبی تراوش با دو ضریب نفوذپذیری متفاوت برای ناحیه IV در حالت اجرای پرده تزریق در جناح چپ با عوارض نواحی گسله و لغزشی ۹۰
شکل ۵-۱۲- مقایسه دبی تراوش با دو ضریب نفوذپذیری متفاوت برای ناحیه IV در حالت عدم اجرای پرده تزریق در جناح چپ با عوارض نواحی گسله و لغزشی ۹۱
شکل ۵-۱۳- مقایسه دبی تراوش با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV در حالت اجرا و عدم اجرای پرده تزریق در جناح چپ با عوارض نواحی گسله و لغزشی ۹۲
شکل ۵-۱۴- مقایسه دبی تراوش با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV در حالت اجرا و عدم اجرای پرده تزریق در جناح چپ با عوارض نواحی گسله و لغزشی ۹۲
شکل ۵-۱۵- مقایسه نتایج تحلیل های تراوش در مدل سازی جناح چپ همراه با عوارض نواحی گسله و لغزشی ۹۳
شکل ۵-۱۶- مقایسه نتایج آنالیز توپوگرافی ساده و واقعی در حالت اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۹۴
شکل ۵-۱۷- مقایسه نتایج آنالیز توپوگرافی ساده و واقعی در حالت اجرای پرده تزریق

عنوان **صفحه**

و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۹۴
شکل ۵-۱۸- مقایسه نتایج آنالیز توپوگرافی ساده و واقعی در حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۵×۱۰^{-۳} برای ناحیه IV ۹۵
شکل ۵-۱۹- مقایسه نتایج آنالیز توپوگرافی ساده و واقعی در حالت عدم اجرای پرده تزریق و با ضریب نفوذپذیری ۱×۱۰^{-۲} برای ناحیه IV ۹۶
۵-۲۰- مقایسه نتایج تحلیل های تراوش در توپوگرافی ساده و واقعی ۹۶
۵-۲۱- مقایسه نتایج تحلیل های تراوش در توپوگرافی واقعی و جناح چپ ۹۷
۵-۲۲- مقایسه نتایج تحلیل های تراوش در توپوگرافی ساده و واقعی و جناح چپ ۹۸

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱- درصد عوامل خرابی سدها ۷
جدول ۳-۱- شرایط مرزی(کین ژانگ و همکاران ۲۰۱۲) ۴۰
جدول ۳-۲- گرادیان هیدرولیکی ماکزیمم قبل و بعد از ساخت پل(کین ژانگ و همکاران ۲۰۱۲) ۴۱
جدول ۴-۱- مشخصات سد گیوی(مشخصات فنی طرح گیوی) ۴۹
جدول ۴-۲- ضرایب نفوذپذیری نواحی مختلف پی و تکیه گاه ها ۵۱
جدول ۴-۳- مقادیر تراوشی از پی و تکیه گاهها برای ۴ تحلیل انجام شده در توپوگرافی ساده برای عرض واحد ناحیه مدل سازی شده ۶۱
جدول ۴-۴- مقادیر دبی از پی و تکیه گاهها برای ۴ تحلیل انجام شده در توپوگرافی واقعی برای عرض واحد ناحیه مدل سازی شده ۶۹
جدول ۴-۵- مقادیر دبی از پی و تکیه گاه در جناح چپ برای ۴ تحلیل انجام شده برای عرض واحد ناحیه مدل سازی شده ۸۰
جدول ۴-۶- ضرایب نفوذپذیری نواحی مختلف بدنه و پی ۸۰

فصل اول

بیان مساله و موضوع تحقیق

۱-۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مسائل در سدهای خاکی مسئله تراوش آب در بدنه سد، شالوده و تکیه گاه های آن است. تراوش[1] غیرمجاز می‌تواند برای سد و مناطق مسکونی پایین دست ایجاد خطر کند. در صورت آبگذری زیاد از پی و تکیه گاه های سد، ممکن است توجیهات اقتصادی ساخت سد زیر سوال رود. بطور کلی همه خاک‌ها کم و بیش آب را از خود عبور می‌دهند و نفوذپذیرند و لذا جریان آب به داخل سدهای خاکی، پی و تکیه گاه های آن‌ها اجتناب ناپذیر است. بنابراین همواره تراوش در سد به عنوان مشکل تلقی نمی‌شود، بلکه مشکل تراوش بیش از حد و اثرات سوء ناشی از تراوش غیر مجاز می‌باشد.

برای جلوگیری از عبور و نشت آب از پی و جناحین سدها روش های مختلفی وجود دارد که از جمله آن ها می توان به ایجاد پوشش آببند[2]، ایجاد پرده های آببند[3] و دیوارهای آببند ریخته شده درجا[4] اشاره نمود. روش های فوق در طی سال های اخیر بطور گسترده ای معمول و تدریجاً تکامل یافته است. لذا در صورت استفاده از هرکدام از روش های فوق باید میزان کارآئی آن سنجیده شود.

۱-۲- تعریف مسئله

در سدهای خاکی بعد از آبگیری و در طول بهره برداری سد، جریان حالت پایدار[5] در بدنه سد ایجاد می گردد و تا زمانی که سطح مخزن در یک تراز ثابت بماند، مسیرهای جریان نیز ثابت بوده و در صورتیکه تراز آب در مخزن سد به حداکثر مقدار خود برسد بیشترین دبی خروجی از بدنه سد، تکیه گاه ها و پی آن اتفاق خواهد افتاد. روش های مختلفی برای آنالیز میزان نشت از پی و بدنه سدهای خاکی وجود دارد و روش مرسوم، استفاده از نتایج آنالیز دو بعدی بزرگترین مقطع سد واستفاده از نتایج آن جهت بدست آوردن میزان دبی نشتی می باشد. با توجه به عرف طراحی که آنالیز همزمان پی و بدنه سد می باشد و همچنین مشخصات فنی طراحی سد گیوی در جلد آنالیز نشت، مقدار دبی نشت ۰/۴۱ لیتر بر ثانیه بر واحد عرض سد گیوی اشاره شده است که این مقدار با توجه به نشت ناچیز بدنه به نشت پی اختصاص دارد. بنابراین مقدار نشت از پی سد گیوی و با صرفنظر از آنالیز نشت جناحین می باشد. با توجه به موقعیت سد گیوی و توپوگرافی[6] تند و خشن

---

1 -Seepage

2- Imprevious Blanket

3- Water Proof Curtain

4- Cast-in-place Diaphragm Wall

5 -Steady State Seepage

6- Topography

منطقه و همچنین نسبت ارتفاع به طول تاج و مسیر رودخانه در محل سد گیوی بنظر می رسد که استفاده از نتایج آنالیز دو بعدی دقت کافی نداشته باشد. هندسه دره سد و تکیه گاه های آن و توپوگرافی منطقه در میزان دبی نشت تاثیر خواهد داشت. در این تحقیق سعی می شود با انجام آنالیزهای سه بعدی نشت سد، تاثیر توپوگرافی، ویژگی های زمین شناسی تکیه گاه ها و همچنین وجود و تاثیر نواحی گسله و لغزشی ساختگاه بررسی شود. در این خصوص ضروری بنظر می رسد که علاوه بر آنالیز های انجام شده بصورت دو بعدی در مطالعات طراحی، آنالیز سه بعدی نشت انجام و اثر شرایط مدل سازی بر روی میزان دبی نشت مورد مطالعه قرار گرفته و با نتایج بدست آمده در مطالعات طراحی مقایسه شود تا در صورت لزوم پیش بینی های مناسب جهت کاهش نشت در نظر گرفته شود.

۱-۳- روش تحقیق

در این پایان نامه، با استفاده از روش اجزاء محدود[1] آنالیز نشت انجام خواهد شد و مقدار دبی تراوش محاسبه می شود. در مورد اثر شرایط مدلسازی با توپوگرافی ساده شده (کانال مانند) و واقعی و ضریب نفوذ پذیری نواحی مختلف و حساسیت سنجی نسبت به ناحیه دارای ضریب نفوذپذیری بالا و اثر وجود نواحی گسله و لغزشی و تاثیر اجرا و عدم اجرای پرده تزریق[2] در هر یک از حالات فوق بحث و بررسی خواهد شد.

سعی می شود تا شرایط توپوگرافی واقعی ساختگاه سد با در نظر گرفتن گسله ها و ضرایب نفوذپذیری واقعی اندازه گیری شده در محل در محیط یک برنامه اجزاء محدود به نام Seep 3D که توسط شرکت نرم افزاری GeoSlope ارائه شده، انجام شود. نرم افزار فوق یکی از قویترین نرم افزارهای موجود برای آنالیزهای ژئوتکنیکی می باشد و دقت آن در مجامع علمی به اثبات رسیده است.

در این تحقیق پی و تکیه گاه های راست و چپ در سد مورد مطالعه (سد گیوی) با استفاده از نرم افزار فوق مدل سازی شده و از آنالیز غیرخطی و بصورت جریان حالت پایدار جهت محاسبه دبی تراوش استفاده می شود.

1- Finite Element

2 -Grout Curtain

۱-٤- فرضیات تحقیق

۱- پارامترها و مشخصات مورد استفاده در این تحقیق همگی بر اساس مشخصات سد گیوی می باشد.

۲- نرم افزار مورد استفاده در آنالیزها، Seep 3D متعلق به شرکت نرم افزاری Geo Slope می باشد.

۳- آنالیز نشت بصورت غیرخطی انجام شده است.

۴- نوع آنالیز به صورت جریان حالت پایدار می باشد.

۵- ضخامت پرده آببند بر اساس ضخامت موثر اجرائی آن برابر با دو متر در نظر گرفته شده است.

۶- جهت مدل سازی پرده آببند از سه ردیف المان (عمود بر پرده) و ازالمان های کوچکتری نسبت به سایر نقاط استفاده شده است.

۷- در تمامی مسائل نشت شرایط مرزی بصورت Up Stream- h=1556 m و Down Steram-Potential Seepage در نظر گرفته شده است.

۸- در تمامی تحلیل های انجام شده از ناحیه بندی های شش وجهی[1]، منشوری[2] و چهاروجهی[3] که در امکانات نرم افزار Seep 3D برای ساختن شبکه اجزاء محدود موجود می باشد، استفاده شده است.

۱-۵- نتایج مورد انتظار

با توجه به رویکرد تحقیق و بررسی متون موجود، انتظار می رود که احداث پرده آببند و همچنین وجود نواحی گسله و لغزشی بر روی میزان دبی تراوش تاثیر گذار باشند. بنابراین توجه به محل ساختگاه و ویژگی زمین شناسی محل احداث سد از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

۱-٦- ساختار پایان نامه

در فصل اول پایان نامه به بیان مسئله ، موضوع، فرضیات و روش تحقیق پرداخته شده است.

در فصل دوم کلیات نشت، عوامل ایجاد مسیرهای تراوش و خلاصه ای از روش های آنالیز تراوش بحث و بررسی می شود.

فصل سوم به بررسی سدهای آسیب دیده بر اثر پدیده نشت اختصاص یافته است.

1- Hexahedron

2 - Prism

3 - Tetrahedron

در فصل چهارم در مورد دستاوردهای جدید علم نشت و تحقیقات اخیر در این مورد بحث و بررسی می شود.

در فصل پنجم به معرفی سد گیوی و مشخصات و خصوصیات آن اشاره شده و به معرفی مدل های تحلیلی، شرایط آنالیز، فرضیات آنالیز و انواع آنالیز های انجام شده و نتایج آن ها پرداخته شده است.

فصل ششم به بحث و بررسی نتایج اختصاص یافته است.

در فصل هفتم نتیجه گیری و پیشنهادات ارائه شده است.

و فصل هشتم به منابع مورد استفاده در نگارش این تحقیق اختصاص یافته است.

فصل دوم

کلیات نشت و عوامل موثر در ایجاد مسیرهای تراوش

۲-۱- مقدمه

تراوش، به لحاظ محاسبه مقدار تلفات آب که ممکن است درصد مهمی را تشکیل دهد، پایداری سد، محاسبه فشار بالابرنده[1]، محاسبه ضخامت و طول زهکش‌ها، بررسی لزوم تزریق در پی و تکیه گاه ها، طرح دیواره آب بند و موارد دیگر حائز اهمیت می‌باشد. تا قبل از سال ۱۹۶۵ بیش از ۲۰۰ سد خاکی با شکست روبرو شده‌اند که بعضی از آن‌ها تلفات جانی نیز داشته‌اند، بعضی از این سدها حتی قبل از شروع به کار و بهره‌برداری شکسته شده و برخی پس از پر شدن مخزن و یا در زمان‌های بعد تخریب گردیده‌اند، بر طبق گزارشات واصله علت خرابی این ۲۰۰ سد بصورت زیرطبقه‌بندی شده‌اند :

جدول۲-۱- درصد عوامل خرابی سدها[۱]

عامل خرابی	درصد	عامل خرابی	درصد
لبریز شدن	۳۰	خرابی در پوشش غیر قابل نفوذ بالادست	۵
شسته شدن	۲۵	دلایل متفرقه	۷
لغزش	۱۵	غیر مشخص	۵

۲۵ درصد از این خرابی‌ها به علت وجود زهاب غیر مجاز و شسته شدن خاک در اثر زه‌آب بوده است، بنابراین لازم است تا به منظور جلوگیری از خرابی‌های حاصل از زهاب مقدار جریان ناشی از نشت در بدنه و شالوده سد خاکی و جناحین به طور دقیق تعیین و محدود گردد[۱].

۲-۲- عوامل ایجاد مسیرهای تراوش در سدهای خاکی، پی و تکیه گاه ها

عوامل مهم در ایجاد مسیرهای جریان در خاکریزهای بدنه اصلی، پی و تکیه گاه های سدها را می‌توان به صورت زیرخلاصه نمود:

۲-۲-۱- ترک خوردگی خاکریز در اثر نشست، جمع شدگی و یا جابجایی پی و تکیه گاه ها

نشست نامساوی می‌تواند سبب ترک خوردگی گردد که در بسیاری از حالات ناشی از آماده سازی غیر مطلوب پی نظیر تمیز کاری ضعیف و یا آب‌بندی نامناسب مناطق ترک خورده می‌باشد. از جمله عواملی که باعث نشست نامساوی می شود می توان به شکل و فرم ساختگاه سد، نظیر تفاوت در عمق رسیدن به بستر سنگی در طول محور سد اشاره نمود که می تواند سبب ترک خوردگی هسته گردد. همچنین تراکم خاکریز در رطوبتی کمتر از رطوبت بهینه نیز باعث جمع شدگی و ترک خوردگی در خاکریز می‌شود.[۲]

1- Uplift

۲-۲-۲- فیلترها و زهکش‌های غیر موثر

فیلترها و زهکش‌ها می‌بایست دارای دانه‌بندی مطلوب در محدوده‌های توصیه شده باشند بطوریکه اولاً نفوذپذیری را تضمین کنند، ثانیاً مانع از شسته شدن ریز دانه‌ها به درون خود گردند. درغیر این صورت نمی-توانند نقش خود را در هدایت و کنترل جریان تراوش از هسته سد ایفا کنند.

۲-۲-۳- اتصال نامناسب خاکریز به پی و یا خاکریز به تکیه‌گاه

مشکلی که سدهای خاکی بیشتر با آن مواجه هستند، فرسایش داخلی می‌باشد و ناحیه بحرانی از این نقطه نظر، فصل مشترک بین خاکریز و پی در کف ناحیه حفاری شده می‌باشد. باید توجه زیادی به ناحیه بین تماس هسته و پی سنگی گردد و قبل از ریختن خاکریز، تمامی ناصافی‌های روی سطح حفاری شده مسطح گردد. خصوصاً در پروژه‌هایی که ممکن است با عدم تماس درست بین هسته و سنگ، خطر فرسایش افزایش یابد. بهترین وسیله برای آببند کردن سطح تماس بین هسته و بستر سنگی، بستن سطح بستر سنگی به وسیله بتن پرکننده یا ترجیحاً شاتکریت می‌باشد. بر حسب شکل و فرم تکیه‌گاه‌ها ممکن است تماس خاکریز با آن بخوبی انجام نشود مثلا وجود سطوح پر شیب در تکیه گاه‌ها بطور موثر درجه تراکم مورد نیاز رامحدود می‌کند[۱۸].

۲-۲-٤-مصالح نفوذ پذیر و یا قابل حل در خاکریز

مصالح نفوذ پذیر و یا قابل حل در خاکریز نظیرمصالح آهکی حتی در خاک‌های با نفوذ پذیری کم سبب تراوش کنترل نشده می‌گردد.

۲-۲-۵- وجود لایه آبرفت یا نفوذپذیر در پی و تکیه گاه ها

لایه‌های آبرفتی از نفوذپذیری بالایی برخوردارند و بر اثر جریان آب در لایه آبرفتی به مرور زمان پدیده روباه یا فرار آب از پی اتفاق می‌افتد .

۲-۲-٦- وجود درزها و ترک‌ها در پی سنگی و تکیه گاه ها

نکته ظریفی که باید مورد توجه قرار گیرد هنگامی است که یک سد خاکی و خصوصاً هسته آن بر روی یک بستر سنگی ترک خورده قرار گرفته است. با توجه به اینکه آب عبوری از میان ترک‌ها و شکاف-های پی سد خاکی تحت اثر فشار آب ناشی از ارتفاع مخزن است لذا می‌تواند به راحتی راهی از میان شکاف‌های نزدیک به سطح پیدا کرده و با سرعت زیاد حرکت کند که باعث شسته شدن هسته می شود.

نکته دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد وجود گسل ها و ناپیوستگی های ناشی از زمین لغزش ها در پی و تکیه گاه های سد می باشد که ممکن است باعث افزایش چشم گیری در میزان دبی نشت شود.

۲-۲-۷- کنترل ضعیف حین خاکریزی

عدم کنترل مناسب از نظر مشخصات خمیری رس هسته، وجود اشیاء خارجی در حین تراکم، تراکم کم در نزدیکی لوله‌های بتنی و همچنین خشک شدن خاکریز در حین عملیات اجرایی به سبب توقف موقت کار می‌توانند سبب ایجاد مسیرهایی برای تراوش در خاکریز در مرحله آبگیری اولیه گردد.

۲-۲-۸- سست شدن سنگ‌ها در پی و تکیه گاه ها در اثر عملیات انفجار و بوجود آمدن مسیر تراوش

هنگام انفجار ممکن است سنگ‌های پی و تکیه گاه ها ترک بردارند، در این صورت آب به راحتی از میان ترک‌ها عبور می‌کند.

۲-۳- اثرات نامطلوب تراوش

برای تحت نظر داشتن جریان تراوش، و در نتیجه امکان ارزیابی فرسایش در زیر خاکریز، ساختن گالری (تونل بازدید) بسیار مفید است که در عمق کم در بستر سنگی و در امتداد هسته اجرا می‌شود. گالری، مهندسین را قادر می‌سازد تا به درستی شرایط پی را تشخیص دهند و اندازه‌گیری‌های قابل اعتمادی (از مقدار نشت و فشار پیزومتری) داشته باشند و درصورت نیاز هر گونه اصلاحی که لازم است با حداکثر کارائی انجام دهند. حالت‌های مختلفی از خرابی و شکست در سدها و پی زیر آن بوجود می‌آید که ناشی از مشکلات و اثرات نامطلوب تراوش می‌باشد، این اثرات عبارتند از:

۲-۳-۱- گرادیان خروجی بالا و کنترل نشده

گرادیان خروجی بالا و کنترل نشده سبب خواهد شد ذرات خاک در پنجه سد به حالت شناور درآیند که بسته به ترکیبات خاکی که تراوش در آن رخ می‌دهد به یکی از صورت‌های زیر بروز می‌کند :

الف) درپی‌های خاکی که شامل درصد زیادی از ذرات با اندازه‌های بزرگ هستند ذرات ریزدانه ماسه‌ای ممکن است حرکت کرده و جابجا شوند و در سطح بصورت جوشش ماسه‌ای بروز کند. در حالی که ذرات درشت درون خاک ثابت باقی می‌مانند. این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که شیب آبی برابر و یا بزرگتر از شیب بحرانی شود. در این صورت تنش موثر قائم در هر سطحی برابر با صفر می باشد و نیروی ثقل بوسیله نیروی تراوش قائم از پایین به بالا خنثی خواهد شد. در این حالت ماسه‌ها در اثر جریان آب به سمت