



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

بررسی آزمایشگاهی عملکرد ژئوتکستایل به عنوان لایه زیر

بالاست در خطوط راه آهن بالاستی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش ژئوتکنیک

نام دانشجو

شراره جهانگیری

استاد راهنما:

دکتر حسن قاسم زاده

دکتر مرتضی اسماعیلی

بهمن ماه ۱۳۹۵



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

بررسی آزمایشگاهی عملکرد ژئوتکستایل به عنوان لایه زیر بالاست در خطوط راه آهن بالاستی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش ژئوتکنیک

نام دانشجو

شراره جهانگیری

استاد راهنما:

دکتر حسن قاسم زاده

دکتر مرتضی اسماعیلی

بهمن ماه ۱۳۹۵

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تأییدیه‌ی هیأت داوران جلسه‌ی دفاع از پایان‌نامه /رساله

نام دانشکده: مهندسی عمران

نام دانشجو: شراره جهانگیری

عنوان پایان‌نامه یا رساله: بررسی آزمایشگاهی عملکرد ژئوتکستایل به عنوان لایه زیر بالاست در خطوط راه‌آهن بالاستی

تاریخ دفاع:

رشته: مهندسی عمران

گرایش: ژئوتکنیک

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما	دکتر حسن قاسم زاده	دانشیار	دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی	
۲	استاد راهنما	دکتر مرتضی اسماعیلی	دانشیار	دانشگاه علم و صنعت	
۳	استاد مدعو خارجی	دکتر قلندرزاده	دانشیار	دانشگاه تهران	
۴	استاد مدعو داخلی	دکتر ناصر مقدس تفرشی	استاد	دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی	

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

اینجانب شراره جهانگیری فامنین به شماره دانشجویی ۹۳۰۳۹۸۴ دانشجوی رشته مهندسی عمران-خاک و پی مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد تأیید می‌نمایم که کلیه‌ی نتایج این پایان‌نامه/رساله حاصل کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه برداری‌شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده‌ام. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی ...) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض درخصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذی‌صلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده‌ی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی: شراره جهانگیری

امضا و تاریخ:

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

تاریخ:

امضا:

تقدیم به:

عزیزترین، زیباترین‌های معنای عشق، دوستان بی توقع زندگی پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی:

از اساتید محترم و عزیز، جناب آقای دکتر حسن قاسم زاده و جناب آقای دکتر مرتضی اسماعیلی که بدون راهنمایی‌ها و کمک‌های دلسوزانه ایشان انجام این تحقیق شدنی نبود، سپاسگزارم. همچنین لازم از راهنمایی‌های دکتر کمال‌الدین فرزانه که دلسوزانه و مهربانانه تا پایان این تحقیق ما را یاری دادند سپاسگزاری کنم. همچنین از زحمات همکار عزیز آقای محمد سلاجقه که کمک شایانی در انجام این تحقیق کردند نیز، سپاسگزارم.

در پایان لازم است از تمامی دوستانی که هر کدام در بخشی از این پایان نامه مرا یاری کردند تشکر و قدردانی کنم. به امید آنکه این تحقیق بتواند باریکه‌ای کوچک از شریان علمی کشور باشد.

چکیده

هدف اصلی این پایان نامه بررسی عملکرد فیلتر ژئوتکستایلی استفاده شده به جای زیر بالاست در خطوط ریلی بالاستی می باشد. از آنجاییکه ژئوتکستایل در زیر سازی خط ریلی در برابر پدیده پمپاژ سیکلیک گل قرار می گیرد، بنابراین باید عمر و کفایت آن در برابر این پدیده مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا در تحقیق حاضر اقدام به ساخت دستگاه شبیه ساز پمپاژ گل در فیلتر ژئوتکستایلی شد. پس از ساخت دستگاه و کالیبراسیون آن به بررسی شرایط تاثیرگذار بر عمر فیلتر در خط ریلی پرداخته شد. این شرایط عبارتند از: غلظت دوغاب پمپ شونده ناشی از بارندگی در منطقه، فشار پمپاژ دوغاب ناشی از بار محوری وارد بر بستر و فرکانس پمپاژ که ناشی از سرعت عبور قطار است. نسبت دبی دوغاب عبوری از ژئوتکستایل به دبی آب عبوری از ژئوتکستایل (در حالت تمیز بودن ژئوتکستایل) به عنوان پارامتر تعیین کننده عمر باقی مانده ژئوتکستایل در نظر گرفته شد. هر کدام از این موارد با انجام چند تست مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده از انجام تست ها نشان داد که با افزایش غلظت دوغاب از $\frac{1}{15}$ به $\frac{1}{2}$ عمر نهایی فیلتر ژئوتکستایلی ۸۷ درصد کاهش یافته است. نتیجه بررسی بار محوری های مختلف در پایان عمر فیلتر ژئوتکستایلی نشان از بی اثر بودن این پارامتر دارد. با کاهش سرعت از ۳۰۰ به ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت، عمر پایانی فیلتر ژئوتکستایلی ۶۶ درصد کاهش یافته است. تاثیر این عوامل در یک رابطه ریاضی در برگیرنده متغیرهای تاثیرگذار، نشان داده شد. در نهایت بررسی عمر فیلتر ژئوتکستایل در قالب یک مثال ارائه گردید.

واژه های کلیدی: فیلتر ژئوتکستایلی، پمپاژ سیکلیک گل، نسبت وزنی $\frac{\text{خاک}}{\text{آب}}$ ، فشار بار محوری، فرکانس بار.

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- اهمیت پژوهش	۳
۳-۱- اهداف پژوهش	۴
۴-۱- روش پژوهش	۴
۵-۱- مراحل پژوهش	۵
۶-۱- ساختار پایان نامه	۵

فصل ۲: مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص استفاده از ژئوتکستایل در خطوط راه آهن

۱-۲- مقدمه	۷
۲-۲- ژئوسنتتیک‌ها:	۷
۳-۲- کاربرد ژئوتکستایل در خطوط راه آهن	۱۱
۱-۳-۲- استفاده از ژئوتکستایل بین بالاست و بستر (نقش زیربالات)	۱۳
۲-۳-۲- استفاده از ژئوتکستایل بین زیربالات و بستر	۱۵
۳-۳-۲- استفاده از ژئوتکستایل بین بالاست و زیربالات	۱۵
۴-۳-۲- استفاده از ژئوتکستایل بین بالاست تعویض شده و به‌جامانده از قبل	۱۵
۵-۳-۲- استفاده از ژئوتکستایل بین لایه زیربالات و ایجاد زیربالات دولایه ای	۱۶
۶-۳-۲- استفاده از ژئوتکستایل در زهکش‌های خط	۱۶
۴-۲- طراحی ژئوتکستایل به‌عنوان فیلتر	۱۹
۱-۴-۲- حفاظت و نگهداری خاک	۲۱
۲-۴-۲- معیار نفوذ پذیری	۲۶
۳-۴-۲- شرایط مقاومت در برابر گرفتگی حفرات ژئوتکستایل	۲۷
۴-۴-۲- روابط ماندگاری و پایداری	۲۸
۵-۴-۲- عمق قرارگیری ژئوتکستایل	۳۱
۵-۲- مطالعات صورت گرفته در زمینه استفاده از ژئوتکستایل در خطوط راه آهن	۳۲
۱-۵-۲- مطالعات میدانی	۳۲
۲-۵-۲- مطالعات آزمایشگاهی	۳۷
۶-۲- جمع بندی	۵۱

فصل ۳: ساخت دستگاه شبیه‌ساز پمپاژ گل در فیلتر ژئوتکستایلی خطوط ریلی بالاستی

۱-۳- مقدمه	۵۳
------------	----

۵۳	۲-۳- مروری بر روش‌های آزمایشگاهی در زمینه‌ی مطالعه عملکرد فیلتر دینامیکی ژئوتکستایل:.....
۵۵	۱-۲-۳- جریان سیکلیک.....
۵۹	۲-۲-۳- جریان دینامیکی.....
۵۹	۳-۲-۳- آزمایشات نارجو و کرر ۱۹۸۲ (شرایط پالس جریان).....
۶۰	۳-۳- دستگاه شبیه‌ساز پمپاژ گل در فیلتر ژئوتکستایلی خطوط راه‌آهن بالاستی.....
۶۰	۱-۳-۳- مکانیزم عملکرد.....
۶۳	۲-۳-۳- معرفی اجزای دستگاه شبیه‌ساز پمپاژ گل در فیلتر ژئوتکستایلی خطوط راه‌آهنی بالاستی.....
۷۰	۴-۳- جمع‌بندی.....

فصل ۴: مراحل انجام آزمایش‌ها و نتایج ۷۲

۷۳	۱-۴- مقدمه.....
۷۳	۲-۴- برنامه آزمایش‌ها.....
۷۴	۱-۲-۴- مصالح مورد استفاده.....
۷۶	۲-۲-۴- روند انجام آزمایش شبیه‌ساز پمپاژ.....
۸۱	۳-۲-۴- نتایج و بحث:.....
۸۶	۳-۴- بررسی اثر غلظت دوغاب بر نتایج آزمایش پمپاژ دوغاب:.....
۹۰	۴-۴- بررسی اثر فشار بر نتایج آزمایش پمپاژ دوغاب:.....
۹۳	۵-۴- بررسی اثر فرکانس بر نتایج آزمایش پمپاژ دوغاب.....
۱۰۰	۶-۴- استخراج گراف‌ها متناسب با شرایط راه‌آهن.....
۱۰۰	۱-۶-۴- گراف‌های تغییر سرعت:.....
۱۰۳	۲-۶-۴- گراف‌های بررسی اثر غلظت.....
۱۰۴	۳-۶-۴- مثال عددی در راه‌آهن.....
۱۰۴	۴-۶-۴- مراحل حل مسئله.....
۱۱۳	۷-۴- جمع‌بندی.....

فصل ۵: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۱۵

۱۱۶	۱-۵- مقدمه.....
۱۱۷	۲-۵- اهم نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر.....
۱۱۸	۳-۵- پیشنهادات جهت ادامه پژوهش.....

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲) ژئوتکستایل‌های (الف) بافته، (ب) نبافته، (ج) کشباف ۹
- شکل (۲-۲) الیاف پلیمری سازنده ژئوتکستایل [۶] ۱۰
- شکل (۳-۲) نحوه قرارگیری الیاف در ژئوتکستایل‌های بافته‌شده و نبافته در مقیاس میکروسکوپی [۵] ۱۱
- شکل (۴-۲) استفاده از ژئوتکستایل در زهکش‌ها و زیر بالاست [۶] ۱۲
- شکل (۵-۲) استفاده از ژئوتکستایل در لایه‌های مختلف زیرسازی [2] ۱۳
- شکل (۶-۲) انواع زهکش فرانسوی و محل قرارگیری ژئوتکستایل در این نوع زهکش ۱۷
- شکل (۷-۲) زهکش‌های لوله‌ای و محل قرارگیری ژئوتکستایل‌ها ۱۸
- شکل (۸-۲) زهکش کناری ژئوکامپوزیت یا زهکش پره‌ای ۱۸
- شکل (۹-۲) نحوه گسترش پل فیلتری در پشت ژئوتکستایل [۸] ۲۰
- شکل (۱۰-۲) نمایی از (الف) انسداد سطح ژئوتکستایل، (ب) گرفتگی حفرات خاک، (ج) گرفتگی حفرات ژئوتکستایل [۶] ۲۱
- شکل (۱۱-۲) نمودار طراحی ژئوتکستایل برای معیارهای حفاظت خاک در مقابل جریان غیریکنواخت Luetlich et al 1992 ۲۴
- شکل (۱۲-۲) شرایط نگهداری خاک برای جریان دینامیکی (Mylmarek (2000) [۱۱] ۲۵
- شکل (۱۳-۲) نمودار مقدار فرسودگی یا سایش ژئوتکستایل در برابر عمق قرار گیری در زیر تراورس [1] ... ۳۲
- شکل (۱۴-۲) نحوه نصب ژئوتکستایل بین بالاست قدیمی و جدید [۱۵] ۳۵
- شکل (۱۵-۲) نمونه ژئوتکستایل موجود در خط و ژئوتکستایل بیرون آورده شده از خط [۱۵] ۳۶
- شکل (۱۶-۲) دستگاه آزمایش نفوذپذیری ژئوتکستایل تحت بار دینامیکی راه‌آهن ارائه شده توسط ساسنکا و هسو (۱۹۸۶) ۳۹
- شکل (۱۷-۲) دستگاه آزمایشات انجام شده توسط بیرنه ۱۹۸۹ [۲] ۴۰
- شکل (۱۸-۲) نمودار دانه بندی خاک‌های استفاده شده توسط بیرنه [۲] ۴۱
- شکل (۱۹-۲) جعبه و جک بارگذاری شبیه‌ساز خط ریلی جهت سنجش پتانسیل جداکنندگی ژئوتکستایل [۱۸] ۴۴
- شکل (۲۰-۲) دوغاب بالا آمده از ژئوتکستایل در حالت استفاده از یک لایه ژئوتکستایل جداساز [۱۸] ۴۵
- شکل (۲۱-۲) اختلاط مرز بالاست و ماسه در حالت استفاده از ماسه به عنوان جداساز [۱۸] ۴۶

- شکل (۲-۲۲) استفاده از ژئوتکستایل و ماسه جهت جداسازی لایه بستر و بالاست [۱۸] ۴۶
- شکل (۲-۲۳) نفوذ دوغاب تا ۵۰ میلیمتر بالاتر از ژئوتکستایل [۱۸] ۴۸
- شکل (۲-۲۴) نمودار دانه‌بندی خاک استفاده شده توسط فتاحی و همکاران [۱۹] ۴۹
- شکل (۲-۲۵) مدل ساده شبیه‌ساز فیلتر [۱۹] ۴۹
- شکل (۲-۲۶) مقدار ریز دانه عبور کرده به ازای ضخامت فیلتر [۱۹] ۵۰
- شکل (۲-۲۷) (الف) نفوذپذیری سیستم دارای ژئوتکستایل (ب) نفوذپذیری سیستم بدون ژئوتکستایل [۱۹] ۵۰
- شکل (۳-۱) دستگاه آزمایش گرا دیان هیدرولیکی برای جریان سیکلیک [۲۱] ۵۶
- شکل (۳-۲) دستگاه اصلاح شده توسط چو و همکاران ۲۰۰۰ [۲۳] ۵۸
- شکل (۳-۳) دستگاه جریان سیکلیک استفاده شده توسط چن و همکاران ۲۰۰۸ [۲۳] ۵۸
- شکل (۳-۴) آزمایش جریان پالسی [۲۰] ۶۰
- شکل (۳-۵) دستگاه شبیه ساز پمپاژ سیکلیک دوغاب ۶۱
- شکل (۳-۶) عملکرد سیستم فشار هوا ۶۲
- شکل (۳-۷) اجزای دستگاه شبیه‌ساز پمپاژ گل ۶۳
- شکل (۳-۸) محفظه بالاست و فیلتر ژئوتکستایل ۶۴
- شکل (۳-۹) سنسور دیافراگمی ۶۴
- شکل (۳-۱۰) محفظه دوغاب و همزن ۶۵
- شکل (۳-۱۱) وضعیت قرارگیری پره‌های همزن ۶۶
- شکل (۳-۱۲) شیر تناسبی ۶۷
- شکل (۳-۱۳) دبی شیر تناسبی برحسب ولتاژ ورودی به آن ۶۷
- شکل (۳-۱۴) مسدودی کانال خروجی شماره ۴ ۶۸
- شکل (۳-۱۵) دستگاه مولد تابع فشار و فرکانس ۶۸
- شکل (۳-۱۶) تابع موج مربعی تعریف شده برای شیر تناسبی ۶۹
- شکل (۳-۱۷) (الف) کنترل کننده فشار کمپرسور (ب) نمایشگر و شیر کنترل دبی هوا ۶۹
- شکل (۳-۱۸) دستگاه ثبت داده ۷۰
- شکل (۴-۱) نمودار دانه بندی خاک SC استفاده شده در آزمایش ۷۴
- شکل (۴-۲) نمودار هیدرومتری خاک بنتونیت ۷۵

- شکل (۳-۴) الف) خاک رسی کائولینیت (ب) دوغاب تهیه شده برای انجام آزمایش ۷۵
- شکل (۴-۴) نمودار هیدرومتری خاک رس کائولینیت ۷۶
- شکل (۵-۴) توزیع بار قائم چرخ بر روی تراورس (پیشنهاد این نامه AREMA) ۷۸
- شکل (۶-۴) محفظه حجم‌بندی شده ۸۰
- شکل (۷-۴) الف) ارتفاع فاز آب و خاک (شروع مرحله ته‌نشینی دوغاب) (ب) تشکیل پل فیلتری زیر ژئوتکستایل ۸۰
- شکل (۸-۴) باز کردن قسمت بالایی محفظه و تخلیه‌ی پل فیلتری ۸۱
- شکل (۹-۴) نمودار فشار سنسور زیر ژئوتکستایل- تعداد سیکل ($c=1/4, f=7 \text{ Hz}, P=1.17 \text{ bar}$) ۸۲
- شکل (۱۰-۴) نمودار فشار سنسور بالای ژئوتکستایل- تعداد سیکل ($c=1/4, f=7, p=1.17$) ۸۲
- شکل (۱۱-۴) نمودار فشار دوغاب- تعداد سیکل **Error! Bookmark not defined.**
- شکل (۱۲-۴) نمودار تعداد سیکل- دبی برای سه آزمایش متوالی با غلظت ثابت ۸۴
- شکل (۱۳-۴) نمودار برازش داده شده به داده‌های شکل (۱۲-۴) ۸۴
- شکل (۱۴-۴) الف) ژئوتکستایل پیش از آزمایش (ب) سطح زیرین ژئوتکستایل در تماس با پل فیلتری (ج) سطح رویی ژئوتکستایل در تماس با بالاست ۸۵
- شکل (۱۵-۴) نمودار دبی دوغاب-تعداد سیکل برای غلظت‌های مختلف ۸۷
- شکل (۱۶-۴) نمودار دبی دوغاب-تعداد سیکل پس از ۱۰۰۰۰ سیکل بارگذاری ۸۸
- شکل (۱۷-۴) نمودار فشار-زمان تابع موج (الف) فشارسیکلیک ثبت شده توسط سنسور زیر ژئوتکستایل (ب) موج مربعی اعمالی به محفظه دوغاب ۹۱
- شکل (۱۸-۴) نمودار دبی- تعداد سیکل برای بررسی اثر فشار ۹۲
- شکل (۱۹-۴) تصویر شماتیک واگن و فاصله محورهای مختلف ۹۳
- شکل (۲۰-۴) نمودار دبی- تعداد سیکل برای فرکانس‌های مختلف ۹۴
- شکل (۲۱-۴) نمودار رابطه دبی حداکثر- فرکانس ۹۵
- شکل (۲۲-۴) شکل نمودار تابع گاوسی ۹۵
- شکل (۲۳-۴) فرکانس غالب بر حسب فرکانس اعمالی (الف) فرکانس اعمالی ۳ هرتز (ب) فرکانس اعمالی ۶ هرتز ۹۶
- شکل (۲۴-۴) نمودار فرکانس اعمال شده- فرکانس غالب و فرکانس اعمال شده- دبی حداکثر ۹۷
- شکل (۲۵-۴) نمودار فرکانس غالب-دبی برای فرکانس ۳-۷ هرتز ۹۸

شکل (۴-۲۶) نمودار نسبت دبی نهایی بر حسب تناژ عبوری برای غلظت‌های مختلف دوغاب ۱۰۳

فهرست جداول

جدول (۱-۱) مناطق دارای مشکل پمپاژ گل ناشی از بستر در خطوط راه آهن جمهوری اسلامی ایران.....	۴
جدول (۱-۲) روابط ارائه شده برای نگهداری خاک در حالت جریان غیر یکنواخت و دینامیکی [۷].....	۲۳
جدول (۲-۲) روابط ارائه شده برای نفوذپذیری در شرایط جریان سیکلیک.....	۲۶
جدول (۳-۲) الزامات خصوصیت های مقاومتی ژئوتکستایل ها AASHTO M288.....	۲۹
جدول (۴-۲) خصوصیات ژئوتکستایل های استفاده شده در راه آهن AREA [۱۴].....	۳۰
جدول (۵-۲) پیشنهاد های ریموند بر اساس ژئوتکستایل های استفاده شده در راه آهن [۸].....	۳۰
جدول (۶-۲) آزمایشات میدانی در زمینه استفاده از ژئوتکستایل به عنوان فیلتر و لایه جداساز در خطوط راه آهن.....	۳۳
جدول (۷-۲) مطالعات آزمایشگاهی در زمینه ژئوتکستایل جداساز و فیلتر.....	۳۷
جدول (۸-۲) تغییرات مقاومت و میزان سوراخ های ژئوتکستایل های مختلف پس از آزمایش.....	۴۳
جدول (۹-۲) مقادیر نشست لایه های مختلف جداساز پس از ۱ میلیون سیکل بارگذاری.....	۴۷
جدول (۱۰-۲) دانه بندی سنگ استفاده شده زیر ژئوتکستایل.....	۴۷
جدول (۱-۳) مقایسه آزمایشات دینامیکی فیلتر ژئوتکستایلی.....	۵۴
جدول (۲-۳) مشخصات سنسور اندازه گیری فشار دوغاب.....	۶۵
جدول (۳-۳) مشخصات اجزای هم زن.....	۶۶
جدول (۴-۳) مشخصات کنترل کننده های فشار و جریان.....	۷۰
جدول (۱-۴) مشخصات ژئوتکستایل GMH-400 استفاده شده در آزمایش ها.....	۷۶
جدول (۲-۴) غلظت دوغاب های استفاده شده در آزمایش.....	۷۷
جدول (۳-۴) مقادیر پارامترهای مختلف برای بررسی تاثیر فرکانس.....	۹۴
جدول (۴-۴) تعداد سیکل پایانی نظیر هر فرکانس.....	۹۵
جدول (۵-۴) مقادیر فرکانس پاسخ به ازای فرکانس وارده.....	۹۶
جدول (۶-۴) پارامترهای مورد نیاز جهت رسم گراف تغییر فرکانس.....	۱۰۰
جدول (۷-۴) مقادیر فرکانس متناظر با سرعت های ناوگان ریلی [۲۶].....	۱۰۱
جدول (۸-۴) خصوصیات خاک بستر ایستگاه لو شان.....	۱۰۸
جدول (۹-۴) میزان بارندگی و نفوذ آب در خط برای یک ماه.....	۱۰۹

- جدول (۱۰-۴) تعداد سیکل بارگذاری خط آهن برای یک ماه..... ۱۱۱
- جدول (۱۱-۴) عمر باقیمانده فیلتر ژئوتکستایلی پس از ۳۰ روز پمپاژ گل با غلظت‌های مختلف..... ۱۱۲
- جدول (۱۲-۴) تناژ نهایی با توجه به غلظت دوغاب بر اساس رابطه (۱۰-۴)..... ۱۱۳

فصل ۱:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

پیشرفت مسیرهای ارتباطی درون و برون شهری از شاخصه‌های مهم توسعه یافتگی کشورهاست. در این میان صنعت حمل‌ونقل ریلی با خصوصیتی چون ایمنی و سازگاری با محیط‌زیست نسبت به سایر روش‌های حمل‌ونقل دارای جایگاه ویژه و منحصربه‌فرد است. سیستم راه‌آهن بخش مهمی از زیرساخت حمل‌ونقل کشورهاست. رقابت بین صنایع حمل‌ونقلی فشار بر صنعت راه‌آهن را برای بهبود اثر و کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری افزایش داده است.

دو جزء اساسی خط ریلی روسازی و زیرسازی می‌باشد، زیرسازی از نظر عملیات اجرا و بازسازی از اهمیت بیشتری برخوردار است، چرا که خرابی‌های زیرسازی منجر به خرابی روسازی نیز می‌گردد. یکی از عمده‌ترین خرابی‌ها در خطوط راه‌آهن قدیمی، آلودگی بالاست و نقص در سیستم زهکشی می‌باشد. رفع این مشکل نیاز به یک لایه جداساز، فیلتر و همچنین سیستم زهکش مناسب را اهمیت می‌بخشد. برای حل این مشکلات روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از آنها استفاده از لایه زیربلاست است. اما گاهی اجرای این لایه بنا به دلایلی چون زمان کم مسدودی، عدم وجود منابع قرضه مناسب، وجود محدودیت‌های اجرایی و... نادیده گرفته می‌شود. لذا استفاده از ژئوتکستایل که از خانواده ژئوسنتتیک‌ها می‌باشد، در این موارد می‌تواند انجام دهنده بخشی از وظایف زیربلاست باشد. ژئوتکستایل استفاده شده به جای زیربلاست قادر است نقش‌های جداکنندگی و فیلتراسیون را به خوبی انجام دهد. نقش جداکنندگی ژئوتکستایل عموماً ارتباط مستقیمی با پارامترهای مقاومتی این مصالح دارد و با اجرای تمهیدات خاص به هنگام استفاده از این مصالح در خطوط ریلی می‌توان این نقش را به خوبی برآورده کرد [۱]. در عمل به هنگام بارندگی روی خط و یا نفوذ آب به درون خط ریلی و همچنین عبور قطار و سایش بستر توسط بالاست، دوغاب گل‌آلودی ایجاد می‌شود که قابلیت پمپ‌شدن به درون بالاست را به هنگام عبور قطار پیدا می‌کند. این پدیده اصطلاحاً گل‌زدگی نامیده می‌شود که می‌تواند باعث اختلال در عملکرد بالاست و فیلتر ژئوتکستایلی جایگزین زیربلاست در خط ریلی شود. لذا لازم است عمرو کفایت فیلتر ژئوتکستایلی در برابر پمپاژ گل مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۲- اهمیت پژوهش

لایه بالاست یکی از اجزای تاثیرگذار روسازی خطوط سنتی است که مهم‌ترین وظیفه آن تامین برجهندگی و جذب انرژی خط و پخش و انتقال بارها به لایه‌های تحتانی می‌باشد. این لایه با گذشت زمان بهره‌برداری، دچار عیوب مختلفی می‌شود. این عیوب موجب کاهش کیفیت عبور، افزایش نیروهای دینامیکی، افزایش مشکلات محیطی، خرابی سریعتر سایر اجزا نظیر ریل و تراورس و در نهایت زوال سریعتر خط می‌شود. عوامل ایجاد آلودگی بالاست به ۵ دسته زیر تقسیم می‌شوند [۲]:

✓ خردشدن بالاست

✓ نفوذ تدریجی از سطح بالاست

✓ ساییدگی تراورس

✓ تراوش از زیر بالاست

✓ تراوش از بستر

در خطوط بدون لایه جداکننده بین بالاست و بستر، سایش بستر در محل تماس بستر و بالاست به دلیل افزایش تنش در این مکان اتفاق می‌افتد. در مناطق ساحلی که بستر بطور کلی اشباع است، حضور آب می‌تواند منجر به شکل‌گیری دوغاب در محل برخورد بالاست و بستر شود. دوغاب حاصل در اثر عبور ترافیک به درون بالاست پمپاژ می‌شود. ذرات ریزی که از پمپاژ دوغاب یا تخریب بالاست ایجاد می‌شوند یک لایه نازک به دور ذرات بزرگتر ایجاد کرده و با خشک شدن این دوغاب باعث افزایش تراکم خط می‌شوند. ذرات ریز همچنان حفرات بین ذرات بزرگتر را پر کرده و به کاهش قابلیت زهکشی بالاست می‌انجامند. همچنین ذرات پمپاژ شده بالاست را مسدود کرده و احتمال شکست برشی زهکشی نشده را نیز افزایش می‌دهند [۳]. لذا استفاده از لایه‌ی فیلتر و جداساز بین بالاست و بستر از اهمیت زیادی برخوردار است.

در کشور ما مناطقی وجود دارد که دارای بارندگی زیاد و خاک بستر نامناسب و عمدتاً رسی می‌باشند. وجود این عوامل با هم در خط ریلی موجب پدیده پمپاژ گل از بستر می‌شوند. با بررسی گزارشات گرفته شده از اداره کل راه آهن، مناطق بیان شده در جدول (۱-۱)، از جمله مناطقی هستند که مشکل پمپاژ گل ناشی از بستر در آنها مشاهده می‌شود. با توجه به عدم حضور زیربالات در این مناطق و مشکل ذکر شده، یکی از راه‌کارهای عملی جهت جلوگیری از پمپاژ گل استفاده از فیلتر ژئوتکستایلی بین بالاست و بستر می‌باشد. لذا لازم است کفایت این مصالح در مقابل پمپاژ گل مورد ارزیابی قرار گیرد.

جدول (۱-۱) مناطق دارای مشکل پمپاژ گل ناشی از بستر در خطوط راه آهن جمهوری اسلامی ایران

محور	محدوده‌ی دارای مشکل
هرمزگان	در نزدیکی تونل ۲۰
اراک	بلاک سمیه- نورآباد کیلومترهای ۳۸۲ الی ۳۸۵ بلاک سمیه- مومن آباد کیلومترهای ۱۹۰۹ و ۱۹۹۱
شمال غرب	بلاک آتش بر-مراغه به صورت پراکنده
آذربایجان	بلاک های تبریز- جلفا و بلاک سلماس-رازی
شمال شرق ۲	به صورت گسترده
تهران	ایستگاه بهرام

۱-۳- اهداف پژوهش

هدف از انجام این پروژه بررسی کفایت و تعیین عمر فیلتر ژئوتکستایلی بکار برده شده در خطوط راه آهن به جای لایه زیربلاست تحت شرایط مختلف پمپاژ گل می باشد. شرایط مختلف پمپاژ گل ناشی از شرایط مختلف ترافیک عبوری و شرایط محیطی از نظر مقدار بارندگی می باشد. لذا لازم است در تعیین عمر فیلتر ژئوتکستایلی اثر پارامترهای زیر مورد توجه قرار گیرد.

۱. غلظت دوغاب پمپ شده که متأثر از میزان بارندگی منطقه می باشد.
۲. فرکانس پمپاژ دوغاب که معرف سرعت بارگذاری تراورس بر بستر و یا همان سرعت عبور قطار است.
۳. فشار پمپاژ دوغاب که تابعی از بار وارد بر بستر می باشد.
۴. نوع ژئوتکستایل که متأثر از دانه بندی خاک بستر است.

۱-۴- روش پژوهش

در این پژوهش اثر پارامترهای ذکر شده بر عمر ژئوتکستایل در قالب پروژه ای آزمایشگاهی با استفاده از دستگاه؛ شبیه ساز پمپاژ گل در فیلتر ژئوتکستایلی خطوط ریلی بالاستی مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۵- مراحل پژوهش

مراحل پژوهش شامل موارد زیر می‌باشند:

- ✓ جمع آوری اطلاعات و مروری بر منابع و مطالعات فنی موجود در خصوص کاربرد ژئوتکستایل در خطوط راه‌آهن
- ✓ مطالعه روش‌های موجود جهت شبیه‌سازی آزمایشگاهی فیلتر دینامیکی ژئوتکستایل
- ✓ ساخت و توسعه دستگاه شبیه‌ساز پمپاژ گل در فیلتر ژئوتکستایلی خطوط ریلی بالاستی
- ✓ کالیبراسیون دستگاه توسعه داده شده و مصالح شناسی جهت انجام آزمایشات
- ✓ طراحی برنامه‌ی آزمایشات
- ✓ انجام آزمایشات فیلتر ژئوتکستایلی تحت شرایط مختلف
- ✓ تحلیل نتایج و تفسیر نتایج

۱-۶- ساختار پایان نامه

این پایان‌نامه در ۵ فصل تدوین شده است. فصل اول مقدمه‌ای بر موضوع مورد بحث، اهمیت و اهداف پژوهش را بیان می‌کند. فصل دوم مروری بر ادبیات فنی موضوع می‌باشد. در فصل سوم پس از مروری بر دستگاه‌های ساخته شده در گذشته، ساختار دستگاه مورد بحث در این پژوهش بیان می‌گردد. فصل چهارم روش انجام آزمایش و نتایج حاصل از آزمایشات را بیان می‌کند و در نهایت در فصل پنجم خلاصه‌ای از کلیه مباحث بیان شده مطرح گردیده و پیشنهادات جهت ادامه مسیر ارائه می‌گردد.

فصل ۲:

مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص استفاده از ژئوتکستایل در
خطوط راه آهن

۲-۱- مقدمه

ژئوتکستایل‌ها مصالحی پلیمری هستند که بسته به روش ساخت به سه دسته بافته، نبافته و گردبافت تقسیم می‌شوند. از این مصالح در راه‌آهن عموماً در لایه‌های مختلف زیرسازی، زهکش‌های خط و به صورت ویژه به عنوان جایگزینی برای لایه زیربالاست استفاده می‌شود. ژئوتکستایل‌های استفاده شده در راه‌آهن‌های مختلف عموماً بر اساس معیارهای مقاومتی این مصالح انتخاب شده‌اند و کمتر به نقش فیلتراسیون آن پرداخته شده است. در ادامه این فصل ابتدا به معرفی ژئوتکستایل‌ها و کاربرد این مصالح در راه‌آهن پرداخته خواهد شد، سپس روش طراحی فیلتر ژئوتکستایلی بیان می‌شود و در انتها مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه استفاده از این مصالح در راه‌آهن بیان خواهد شد.

۲-۲- ژئوسنتتیک‌ها:

ژئوتکستایل‌ها معمولاً از پلیمرهای پلی اتیلن (PE)، پلی پروپیلن (PP)، نایلون یا پلی آمید (PA)، پلی اتیلن ترفتالات (PET)، (که به طور معمول، با نام کلی پلی استر شناخته می‌شوند) ساخته می‌شوند [۴]. اولین تحقیقات در زمینه محصولات ژئوسنتتیک به اواخر سال ۱۹۵۰ و اوایل سال ۱۹۶۰ باز می‌گردد. این تحقیقات توسط آقای بارت که او را پدر ژئوتکستایل می‌نامند بر روی موضوع استفاده از ژئوتکستایل‌ها به عنوان مصالح فیلتر در شهر ایلینویز آمریکا به انجام رسید [۵]. در تجربیات وی از نوع خاصی ژئوتکستایل در پشت دیوارهای بتنی پیش‌ساخته در کنار ساحل که در معرض فرسایش قرار داشت استفاده گردید. ژئوتکستایل‌های مورد استفاده از الیاف تکرش‌شده‌ای بافته‌شده بودند و نسبت منافذ آن‌ها به سطح کل ژئوتکستایل، بین ۶ تا ۳۰ درصد بود. معیارهای طراحی او در این تجربیات نفوذپذیری کافی ژئوتکستایل و درعین حال قابلیت نگهداری خاک به همراه مقاومت کافی الیاف در مقابل پاره شدگی بود. بر مبنای همین تجربه تا مدت‌ها بعد، از این محصولات فقط به عنوان فیلترهای مصنوعی یاد می‌کردند، درحالی که بعدها مشخص شد تنها یکی از عملکردهای اصلی ژئوتکستایل‌ها خاصیت فیلتر بودن آن‌هاست. در اواخر دهه ۱۹۶۰ در فرانسه نیز کار بر روی عملکردی دیگر از ژئوتکستایل‌ها یعنی تسلیح لایه‌های خاک شکل گرفت. هدف آن‌ها تقویت لایه‌های خاکریز در راه‌های شوسه و راه‌آهن و همچنین تقویت پی سدهای خاکی بود. البته تا آن زمان مجزا کردن عملکرد جداسازی ژئوتکستایل‌ها از عملکرد تسلیح تقریباً امری ناشناخته بود و

در اغلب موارد از ژئوتکستایل‌ها به منظور برآوردن هر دو منظور استفاده می‌شد. استفاده از لایه‌های ضخیم نمد مانند در بین لایه‌های خاکریز جهت کاهش فشار منفذی و هدایت جریان آب در صفحه آن از دیگر موارد استفاده اولیه ژئوتکستایل‌ها به شمار می‌رود. آلمان و انگلستان اولین تولیدکنندگان این محصول بودند [۵]. در دهه ۹۰ بسیاری از استانداردهای ژئوسنتتیک‌ها در انجمن آزمایش مصالح آمریکا (ASTM)^۱، سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۲ واقع در سوئیس، انستیتو استاندارد انگلستان (BSI)^۳ و اداره استاندارد هند (BIS)^۴ به چاپ رسیدند [۵].

استفاده از ژئوتکستایل‌ها در خطوط راه‌آهن به دهه هفتاد میلادی برمی‌گردد. این موضوع بیانگر تجربه‌ی تقریباً ۴۰ ساله‌ی استفاده از این مصالح در راه‌آهن دنیا به منظور استفاده از مزایای فنی اقتصادی این محصول است. در ابتدای به کارگیری این محصول، تقریباً فقط از ژئوتکستایل نبافته در ساخت راه‌آهن استفاده می‌شد. این لایه‌ی نبافته به عنوان یک المان مسطح بین سطح زمین و سطح زیرسازی (زیر بالاست، بالاست و ...) مورد استفاده قرار گرفته و دو وظیفه‌ی زهکشی و جداسازی را انجام می‌داد. در این بازه‌ی زمانی ضرورت ساخت ژئوتکستایلی که بتواند در کرنش‌های کم، تنش‌های کششی بالایی را مانند آرماتور در بتن مسلح تحمل نماید به وجود آمد. با ابداع ژئوتکستایل‌ها با مقاومت بالا فصل جدیدی از کاربرد این محصولات در خطوط راه‌آهن گشوده شد.

ژئوتکستایل‌ها را می‌توان به سه گروه کلی بافته‌شده^۵ (تک‌رشته‌ای و چند رشته‌ای)، بافته نشده^۶ و کشباف یا گردباف^۷ تقسیم کرد [۶] (شکل (۲-۱)).

1 American Society for Testing and Materials

2 International Standard Organizations

3 British Standards Institution

4 Bureau of Indian Standards

5 Woven

6 Nonwoven

7 Knitted