

انباری مقاومت جانبی تاورس بتنی با استفاده از دستگاه بارگذاری آونگی

م.ت. اسماعیلی*، دانشیار، دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران
 س.م. مجیدی، است. دانششناس ارشد مهندسی خطوط راه‌آهن، دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه
 علم و صنعت ایران، تهران

س.ا.ح. حسینی، کارشناس خط و سازه راه‌آهن، دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و
 صنعت ایران، تهران

E-mail: M_esmaeili@iust.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۰۲ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۰۱

چکیده

مقاومت جانبی تاورس بتنی یکی از پارامترهای کلیدی تضمین ایمنی مقاومت جانبی خط راه‌آهن در صفحه افقی می‌باشد. در این مقاله، نتایج آزمایش‌های مقاومت جانبی تاورس بتنی، تراورس تک، آزمایش استاتیک STPT با استفاده از دستگاه بارگذاری آونگی، در مقایسه با نتایج حاصل از روش‌های دیگر، بررسی شده است. برای رفع این نگرانی‌ها، تحقیقات آزمایشی انجام شده است. برای اعمال بار دینامیک بر تاورس بتنی استفاده شده است. برای بارگذاری آونگی، یک دستگاه بارگذاری آونگی با یک پد الاستومتریکی در وجه جانبی تاورس نصب شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که برای جرم‌های مختلف، تغییرات مقاومت جانبی در قالب نمودارهای طراحی متناظر با بارگذاری آونگی مشاهده شده است. همچنین، نتایج این آزمایش با نتایج تعدادی آزمایش STPT با استفاده از دستگاه بارگذاری آونگی مقایسه شده است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که مقاومت جانبی آونگی از مقاومت جانبی ثابت به نسبت ۶/۵ تا ۱۰/۳ در آزمایش STPT بیشتر است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که برای جرم‌های مختلف، تغییرات مقاومت جانبی در وجه جانبی تاورس بتنی، تراورس تک، تراورس دوگانه، در خط راه‌آهن، در مقایسه با نتایج حاصل از روش‌های دیگر، بررسی شده است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که مقاومت جانبی آونگی از مقاومت جانبی ثابت به نسبت ۶/۵ تا ۱۰/۳ در آزمایش STPT بیشتر است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که برای جرم‌های مختلف، تغییرات مقاومت جانبی در وجه جانبی تاورس بتنی، تراورس تک، تراورس دوگانه، در خط راه‌آهن، در مقایسه با نتایج حاصل از روش‌های دیگر، بررسی شده است.

کلمات کلیدی: بارگذاری جانبی تاورس بتنی، خط راه‌آهن، آزمایش بارگذاری آونگی، مقاومت جانبی تاورس بتنی، تراورس، نیروهای جانبی، در خط

۱. مقدمه

خط راه‌آهن یکی از وسایل نقلیه به واسطه‌ی وقوع کمانش و افزایش احتمال خسارت از خط قطار، به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. مقاومت جانبی خط ریلی به واسطه‌ی بارگذاری آونگی، در خط راه‌آهن، در مقایسه با نتایج حاصل از روش‌های دیگر، بررسی شده است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که مقاومت جانبی آونگی از مقاومت جانبی ثابت به نسبت ۶/۵ تا ۱۰/۳ در آزمایش STPT بیشتر است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که برای جرم‌های مختلف، تغییرات مقاومت جانبی در وجه جانبی تاورس بتنی، تراورس تک، تراورس دوگانه، در خط راه‌آهن، در مقایسه با نتایج حاصل از روش‌های دیگر، بررسی شده است.

اهمیت تعیین مقاومت جانبی خط راه‌آهن در هیچ‌یک از کشورهای جهان، در صنعت حمل و نقل ریلی، در نظر گرفته نشده است. در این مقاله، نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که مقاومت جانبی آونگی از مقاومت جانبی ثابت به نسبت ۶/۵ تا ۱۰/۳ در آزمایش STPT بیشتر است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که برای جرم‌های مختلف، تغییرات مقاومت جانبی در وجه جانبی تاورس بتنی، تراورس تک، تراورس دوگانه، در خط راه‌آهن، در مقایسه با نتایج حاصل از روش‌های دیگر، بررسی شده است.

توانایی مقاومت جانبی بتن در کف، بدنه و شانه
 است. در این مقاله، مدل هندسه خط در صفحه افق
 است. قوس پل ها، شرایط محیطی متفاوت مسیر
 (شرایط دمایی مختلف، حمل محیطی و ...)
 مقطع (میزان برابندی،
 عرض شانه و...) همچنین شرایط
 ناقله ریلی (شتاب گیری و
 مجموعه‌های پیچیده از نیروها جانبی) به
 لزوم تعیین متادیر آن‌ها را بسیار
 کارهای تحقیقاتی
 تلاش‌ها محققان در این حوزه
 تعیین نیروهای جانبی وارد
 جانبی خط تقسیم نمود.
 پیش‌های پیشنهادی در خصوص مقاومت
 ازای ماهیت استاتیکی می‌باشند. در
 نیروهای جانبی مانند به خط نسبتاً به
 است از این رو، با توجه به کاسته و
 در تحقیقات موجود در خصوص
 تعیین مقاومت جانبی تراورس نیاز به
 یک آزمایشگاهی ماهیت استاتیکی احساس
 در رفع نقص موجود، برای اندازه‌گیری
 تراورس، آزمایشی تحت عنوان
 "آزمایش آونگی" ایده‌ها از روش شمع‌کشی، در
 مهندسی راه‌آهن دانشگاه مام و صنعت ماریخی
 اعلی‌مک‌کاران، ۲۰۱۶) تئوری
 آونگی در طراحی
 قرار گرفته است. به بیان
 این دستگاه که آزمایش‌ها مختلف
 به آونگی که به آونگی می‌باشد.
 در محیط آزمایشگاه آزمایش‌های
 ازای وزنه‌ها و هاسازی مختلف
 انجام شده است. از آنجا که

مقاومت جانبی دینامیک تراورس با این
 آزمایش‌ها انجام شده است. از آزمایش استاتیکی STPT
 در این مقاله، مقاومت جانبی تراورس بتنی با دستگاه
 بارگذاری آونگی در کارشناسی ارشد دانشکده
 راه‌آهن تهران توسط مجیدی و همکاران (۱۳۹۳) ارائه
 شده است. لذا به دلیل آنکه نوآوری روش
 ارائه شده حاضر، برخلاف اکثر روش‌های
 اندازه‌گیری مقاومت جانبی خط ریلی به صورت
 تحت بار ضربه‌ای است؛ از آنجا که ماهیت
 تراورس بتنی تحت عمل عمده‌تاً به صورت دینامیک
 می‌باشد؛ لذا بویکرد پیشنهادی مقاله در جهت
 اندازه‌گیری مقاومت جانبی تطابق مناسبی با شرایط
 عملی ریلی دارد.

۲. روش‌ها و تحقیقات

در این مقاله، مقاومت جانبی خط بالاستی، فعالیت-
 ها در حقیقت، اما محققان انجام گرفته است. مکانیزم
 ایجاد مقاومت جانبی در قوس‌ها مدین‌گانه است که
 سهم زیادی از نیروی جانبی از طریق چرخ
 قطار به ریل بیرونی می‌شود. سختی جانبی ریل
 این نیروها به اتصال آن نیز به وسیله
 سختی جانبی دورانی نیروی جانبی تراورس‌ها
 متقل می‌گردد. بعد از آن، تفاوت در وزن خود و

همچنین اندازه‌های مختلف بالاست در سه ناحیه کف، آخوری و شانه‌ها هم قابل توجهی در تأمین مقاومت جانبی خط بالاست مقاومت جانبی عمده پارامترهای نوع تاندن (کشش چوبی، فلزی) وزن تاندن، اجزای و فاصله بین تاندن‌ها ترکیب آینه‌ندی بالاست، مقاومت بالاست بستر بالاست در بین انتهای تاندن‌ها (شانه‌ها) تراکم بستر بالاست بستگی دارد (سلی و تورر، ۲۰۰۷).

تاندن‌ها در عمل از طرف چرخ به تاندن‌ها متصل می‌شوند و باعث چالش برانگیز در حوزه‌های مختلف خطوط می‌شود زیرا این تاندن‌ها پارامترهای مختلفی از جمله فاصله بین تاندن‌ها، شرایط خط، بالاست، طریقه آرگیری جری‌های انرژی، نوع تاندن‌ها، جوری ناوگان و نحوه اتصالات ریل به تاندن می‌شود. در نتیجه که توسط لوپن (۲۰۰۸) انجام گرفته است نیروی جانبی رسیده به تاندن‌ها را کاهش داده است. اما آما (۲۰۰۶) توزیع نیروی جانبی بین تاندن‌ها را از نظر توزیع نیروی قائم به آن‌ها در نظر گرفت البته چنین توزیعی برای نیروی جانبی از این جهت که طبیعت واقعی آن‌ها در نظر نمی‌گیرد غیر محافظه‌کارانه به نظر می‌رسد.

در اولین مرحله اندازه‌گیری مقاومت جانبی تاندن‌ها STPT می‌شود که یک تاندن تک‌بالاست را در ابر جابجایی جانبی سیج می‌کنند رفتار نیرو در حالت استاتیک در شرکت پلاسر و تورر (۲۰۰۷)، اغلب اوقات، مقدار نیروی متناظر با جابجایی تا مقدار ۲ ملی‌تون در زمان مقاومت جانبی تاندن منفرد یاد می‌شود اما در این مقدار این است که عملاً از ۲ ملی‌تون به کمتر از آن است. جانبی تراورس تک تقریباً ثابت می‌شود.

در آزمایش‌ها انجام شده در خصوص مقاومت جانبی تاندن‌ها استفاده از روش STPT انجام گرفته است. راه‌آهن فرانسه (که از آنجا عملیات انجام شده است) مقاومت جانبی تراورس‌ها را در سال ۱۹۶۷ انجام داد که منجر به آن فرمولی برای مقدار بار جانبی تاندن بود (هانت، ۱۹۸۶). مؤسسه ERI در سال ۱۹۹۲ آزمایش‌ها را در این زمینه در تراورس‌ها انجام داد لازم به ذکر است که مقاومت جانبی تاندن در این آزمایش‌ها حدود ۵ ملی‌تون است. این نتیجه در حالی است که در قالب نمودارهای تاندن‌ها در حالت خط قوی (بعد از حذف تاندن‌ها)، متوسط (فقط زیر کف) شده است. این نتیجه منجر به حذف تاندن‌ها از زیرکوبی/رلوژ می‌شود (ERRI DT 360-361، ۱۹۹۷) راه‌آهن آلمان در سال ۱۹۹۸ آزمایش میدانی STPT را به دست آورد. مقاومت جانبی مختلف خط، در خطوط کابلهای ساخته شده انجام داد. آزمایش‌ها در تراورس‌های تاندن‌ها در سه قوس کابلهای در دمای حدود ۶۰ درجه سانتیگراد انجام گرفت. هدف از انجام این آزمایش‌ها در تاندن‌ها از برای محدود برای مسئله کابلهای تاندن‌ها بود (گالگو و گومز، ۱۹۹۸).

راه‌آهن آلمان در سال ۱۹۹۸ تا ۱۹۹۸ بود ۱۲۸ آزمایش STPT در شرایط قبل از تیرک‌ها انجام داد. قبل از پایدارسازی، بعد از پایدارسازی و بعد از ترافیک انجام داد. به طور متوسط بعد از هر ۱۰ آزمایش‌ها تغییرات در اندازه‌های تاندن‌ها بررسی نیاز به آزمایش‌ها اضافی منجر به می‌شود. نتایج آزمایش‌ها در قالب نمودارهای تاندن‌ها - رو-تاندن‌ها شرایط بهره برداری تاندن‌ها منجر به درآمد (ساسمن و کیش، ۱۹۹۸).

در سال ۲۰۱۰ همکاران (۲۰۱۰) با انجام چندین آزمایش STPT در شرایط مختلف آزمایشگاهی، به بررسی

۱- Prud'homme

مقاومت جانبی تراورس با استفاده از تراورس‌های مختلف در نما ساخته شدند. همچنین، آن‌ها در سال ۲۰۱۲ آزمایش‌های پانندولی با استفاده از تراورس بتنی در نما ساخته شده با استفاده از تراورس‌های مختلف با شعاع ۲۵۰ میلی‌متر انجام شد. نتایج این آزمایش‌ها در تراورس‌های مختلف را بررسی کرده‌اند. نتایج کاران (۲۰۱۴) و اوپن (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های مختلف، شامل تصویربرداری و محاسبات تعادل محاد، اثبات شده‌اند. نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از تراورس‌ها با استفاده از روش STPT می‌تواند به بهبود رفتار پانندولی و اثر بالاست شانه‌ها منجر شود. همچنین، محاسبات انجام شده در تراورس مورد آزمایش اندازه‌های مختلف در آزمایش‌های تجربی دیگر، کویک کاران (۲۰۱۴) آزمایش‌های پانندولی را روی تراورس‌های مختلف انجام دادند. همچنین، نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که فاصله بین تراورس‌ها در مقاومت جانبی تراورس‌ها تأثیر دارد. آن‌ها همچنین نتایج این آزمایش‌ها را با استفاده از روش‌های مختلف، شامل تصویربرداری و محاسبات تعادل محاد، اثبات کرده‌اند. نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از تراورس‌ها با استفاده از روش STPT می‌تواند به بهبود رفتار پانندولی و اثر بالاست شانه‌ها منجر شود.

۳-۱- آزمایش‌ها روی تراورس

هدف از تهیه از دستگاه بارگذاری آونگی پانندولی، اعمال بار جانبی ضربه‌ای به تراورس و سنجیدن رفتار آن است. در این آزمایش‌ها، دستگاه بارگذاری در خط ریلی تراورس‌ها نصب شده است. منظور، با نصب شتاب‌سنج‌هایی در تراورس‌ها، مقاومت جانبی تراورس‌ها پس از ضربه ثابت و با نصب LVDT در تراورس‌ها، جابجایی جانبی آن‌ها اندازه‌گیری شده است. همچنین، با اتصال یک شتاب‌سنج به تراورس‌ها، ضربه زنده، امکان اندازه‌گیری ضربه تراورس‌ها فراهم شده است. با این سیستم آزمایشگاهی، آزمایش‌های پانندولی تراورس بتنی B70 انجام شد. نتایج این آزمایش‌ها با دانه‌های مطابق شماره ۳ (آ.ما، ۲۰۰۶) انجام شده و به نتایج آن‌ها آزمایش استاتیک STPT نیز شباهت مشاهده صورت گرفته است.

در ادامه، سازی مقطع، ابتدا بالاست شانه یک طرف مقطع بالاست برداشته می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که تا آنجایی که ممکن است سعی شود، بالاست ناحیه کف و آخری به صورت کامل باقی بماند. بعد از آن، بت به حمل دستگاه نگاه به کنار مقطع الاستی می‌سازد. دستگاه باید مابری در کنار تراورس قرار گیرد که کشش بر سطح جانبی آن احساس شود.

مقاومت جانبی تراورس‌ها با استفاده از تراورس‌های مختلف در نما ساخته شدند. همچنین، آن‌ها در سال ۲۰۱۲ آزمایش‌های پانندولی با استفاده از تراورس بتنی در نما ساخته شده با استفاده از تراورس‌های مختلف با شعاع ۲۵۰ میلی‌متر انجام شد. نتایج این آزمایش‌ها در تراورس‌های مختلف را بررسی کرده‌اند. نتایج کاران (۲۰۱۴) و اوپن (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های مختلف، شامل تصویربرداری و محاسبات تعادل محاد، اثبات شده‌اند. نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از تراورس‌ها با استفاده از روش STPT می‌تواند به بهبود رفتار پانندولی و اثر بالاست شانه‌ها منجر شود.

STPT می‌تواند به بهبود رفتار پانندولی و اثر بالاست شانه‌ها منجر شود. همچنین، محاسبات انجام شده در تراورس مورد آزمایش اندازه‌های مختلف در آزمایش‌های تجربی دیگر، کویک کاران (۲۰۱۴) آزمایش‌های پانندولی را روی تراورس‌های مختلف انجام دادند. همچنین، نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که فاصله بین تراورس‌ها در مقاومت جانبی تراورس‌ها تأثیر دارد. آن‌ها همچنین نتایج این آزمایش‌ها را با استفاده از روش‌های مختلف، شامل تصویربرداری و محاسبات تعادل محاد، اثبات کرده‌اند. نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از تراورس‌ها با استفاده از روش STPT می‌تواند به بهبود رفتار پانندولی و اثر بالاست شانه‌ها منجر شود.

۳-۲- دستگاه بارگذاری پانندولی و

آزمون‌های آزمایشگاهی

ایده اصلی کلیدی این دستگاه پانندولی برای اندازه‌گیری مقاومت جانبی تراورس از آزمایش میله‌ها تکه‌هاپکی نون گرفته شده است (اکسنسون، ۱۹۱۴). آزمایش میله‌ها تکه‌هاپکی نون اولاً بین

شماره ۱۰۰، جلد ۱، و بعد از دیدن به
تعمیرات، نیاز به اصلاحات، کشش، ضربه اعمال نمی-
گردد.

س، با توجه به نامه آذایش، ای دیدن به حرم
نظر، داخل کشش، با زنده ای ابره ای شکل
فابری (لک) برمی شود ای دیدن به توریه انخواه،
با استفاده از ستم حرم، به میله آچار

۲-۳-۱۰-۱۰-۱۰ بارگذاری پاندولی

شکل ۱۰-۱۰-۱۰-۱۰ بارگذاری پاندولی نشان داده شده است.



- ۱- قرقره فلزی
- ۲- قاب فلزی
- ۳- کابل
- ۴- چرخ های متحرک
- ۵- چرخ های ثابت
- ۶- صفحه فلزی برای وزنه های
تعادل
- ۷- سیستم winch
- ۸- آچار
- ۹- میله ی مرکزی چکش
- ۱۰- چکش فولادی
- ۱۱- سیستم اتصال چکش و
کابل
- ۱۲- اتصال میله آونگ و چکش
- ۱۳- میله آونگ
- ۱۴- حفره های تنظیم ارتفاع
- ۱۵- مهره ۶ ضلعی
- ۱۶- میله ی ضربه گیر
- ۱۷- بلبرینگ
- ۱۸- سیستم درجه بندی

شکل ۱۰-۱۰-۱۰-۱۰ بارگذاری پاندولی

۳-۳. نام آزمایشگاه

نام آزمایشگاه: کف تراورس ۱۸ برابر ۵۰. انتی-تعرض
 شانه الاستی ۵۰. انتی-تعرض شانه ۱:۱٫۸ ده
 بارگذاری جانبی، آزمایش، بارگذاری جانبی
 دینامیک تراورس تک می-تباط میان
 تراورس با مقاومت تراورس میانی مورد
 آزمایش گرفته است.

نام آزمایشگاه: تست آزمایشگاهی مورد
 استفاده در آزمایشگاه استاتیک در شکل ۲
 نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود،
 ضخامت کف تراورس بتنی B70 با فاصله
 ۶۰ تا مرکز انتی-تعرض می‌باشد که به طور کامل در
 ضخامت مقطع بالاستی از



شکل ۲. مقطع بالاستی آزمایش

از ضربه ثابت و از ضربه جرم تراورس، که
 در آن آزمایش برابر ۳۲۰ کیلوگرم است، مقدار
 زمان استخراج گردیده
 با نصب LVDT در انتهای
 تراورس پس از ضربه بر
 تراورس با توجه به آن که امکان
 اثر ضربه چکش فلزی
 پد الاستومر Sylomer SR18 (۲۰۱۲) کش با تراورس روی
 نصب شده است. این موضوع
 مقاومت تراورس و کش و مقدار منتقل شده آن

انجام آزمایش بارگذاری
 رفتار تراورس تحت
 ضربه ناشی از عبور چرخ
 به توانمندی دستگاه ساخته
 محدود و زنی بین ۳۰
 ۱۱۰ کیلوگرم برای رها سازی بین ۳۰ ال ۹۰
 اما آزمایشگاهی مدنظر قرار داده شده
 با آزمایش مقاومت جانبی
 ات نیروی جانبی بر حسب
 لذا با نصب سه شتاب سنج در
 مطابق شکل ۳ تراورس

فاز ۱-۱۰۰ است. جدول ۱ مشخصات ابزار دقیق و مشخصات دستگاه‌ها که همگی ساخت شرکت Tokyo Sokki Kenkyujo می‌باشند. این ابزارها استفاده شده‌اند. نشان می‌دهد.

به منظور تعیین بارگذاری خواهد بود. لذا، به منظور تعیین بارگذاری متوسط چکش، یک شتاب‌سنج نیز در محل چکش‌زنی با مقادیر شتاب و ضرب آن در زمان چکش امکان اندازه‌گیری ضربه‌ها نیز

جدول ۱ مشخصات ابزارها و مشخصات دستگاه‌ها دیتالاگر استفاده شده در آزمایش‌ها

نوع	نوع	مقاومت	مقاومت	مقاومت	مقاومت	مقاومت
دیتالاگر	نوع	مقاومت	مقاومت	مقاومت	مقاومت	مقاومت
دیتالاگر	TMR-7200	-	-	-	-	۱۰ KHz
شتاب‌سنج تراورس	ARH-500A	0-520	0.452 (m/s ²)	500 (m/s ²)	-	-
شتاب‌سنج تراورس	ARH-500A	0-520	0.439 (m/s ²)	500 (m/s ²)	-	-
شتاب‌سنج تراورس	ARH-500A	0-520	0.448 (m/s ²)	500 (m/s ²)	-	-
شتاب‌سنج چکش	ARE-2000A	0-2100	1.77 (m/s ²)	2000 (m/s ²)	-	-
جابجایی‌سنج تراورس	CDP-50	-	0.005 (mm)	50 (mm)	-	-



شکل ۳: نصب سه شتاب‌سنج و LVDT جهت آزمایش

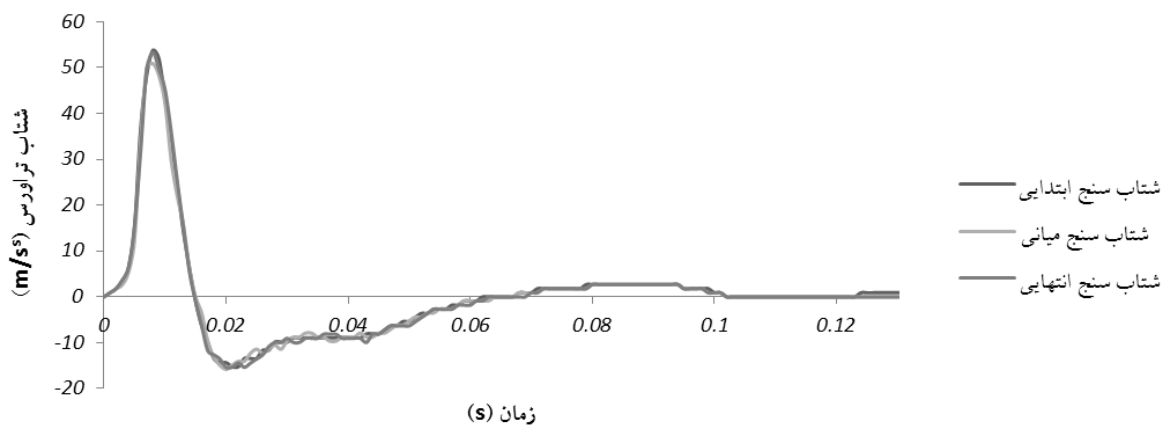


شکل ۴ دستگاه دیتالاگر TMR-7200 با قابلیت بوت قابل حمل

۳-۴ تفسیر نتایج محاسبه

نتایج محاسبه شده از آزمایش‌ها دینامیک مقاومت جانبی تراورس بتنی به سه فرم نیرو-جابجایی، نیرو-زمان و نیرو-جابجایی-زمان قابل ارائه می‌باشد. نتایج محاسبه شده از آزمایش‌ها در ابتدا، انتها و میانه تراورس بتنی به سه فرم به علت صلبیت تراورس بتنی و اختلاف ناچیزی با یکدیگر ارائه شده و لذا از میانگین آن‌ها در محاسبه تراورس بتنی به تبع آن نتایج محاسبه شده استفاده شده است. در شکل ۵ نتایج محاسبه شده از مقادیر شتاب بتنی در مختلف تراورس بتنی ارائه شده است

نتایج محاسبه شده از آزمایش‌ها در نام‌گذاری‌های مختلف تراورس بتنی را مشخص می‌کنند (CS= تراورس بتنی، SS= تراورس فلزی، WS= تراورس فولادی) و وزن چکش (که بین ۳۰ تا ۱۱۰ کیلوگرم متغیر است) و ناویه رهاسازی (از صفر تا ۹۰ سانتی‌متر) ذکر می‌شود. در محاسبه تراورس بتنی با چکش CS7045 و ناویه رهاسازی ۴۵ سانتی‌متر، می‌باشد.



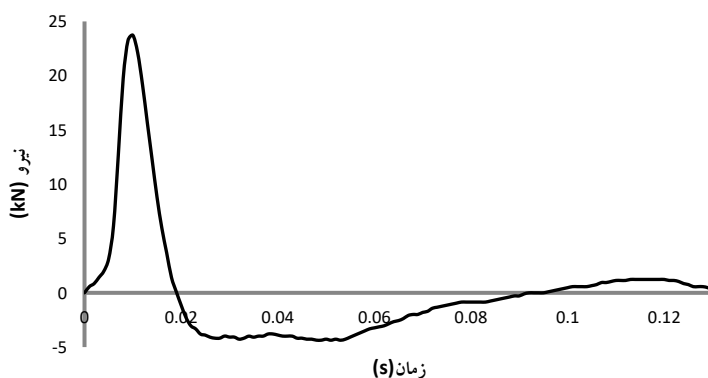
شکل ۵: نتیجه زمانی شتاب‌ها تراورس بتنی در ژبره CS3090

۱-۴-۳: نمودارهای نیرو-زمان، جابجایی-زمان و

نیرو-جابجایی

در این بخش به بررسی رفتار سازه در سه قسمت مختلف آن پرداخته می‌شود. در ابتدا به بررسی نتایج آزمایش می‌پردازیم. در این بخش به بررسی رفتار سازه در سه قسمت مختلف آن پرداخته می‌شود. در ابتدا به بررسی نتایج آزمایش می‌پردازیم. در این بخش به بررسی رفتار سازه در سه قسمت مختلف آن پرداخته می‌شود. در ابتدا به بررسی نتایج آزمایش می‌پردازیم.

در این بخش به بررسی رفتار سازه در سه قسمت مختلف آن پرداخته می‌شود. در ابتدا به بررسی نتایج آزمایش می‌پردازیم. در این بخش به بررسی رفتار سازه در سه قسمت مختلف آن پرداخته می‌شود. در ابتدا به بررسی نتایج آزمایش می‌پردازیم.



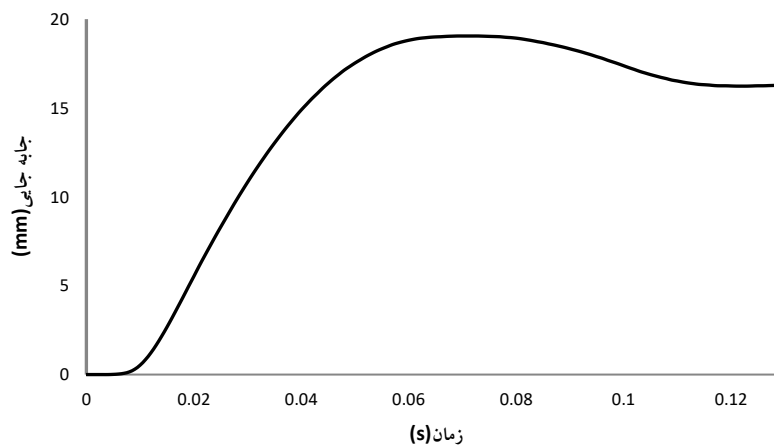
شکل ۶: نتیجه زمان: نیرو وارد به تراورس بتنی (CS9045)

در این بخش به بررسی رفتار سازه در سه قسمت مختلف آن پرداخته می‌شود. در ابتدا به بررسی نتایج آزمایش می‌پردازیم. در این بخش به بررسی رفتار سازه در سه قسمت مختلف آن پرداخته می‌شود. در ابتدا به بررسی نتایج آزمایش می‌پردازیم.

در این بخش به بررسی رفتار سازه در سه قسمت مختلف آن پرداخته می‌شود. در ابتدا به بررسی نتایج آزمایش می‌پردازیم. در این بخش به بررسی رفتار سازه در سه قسمت مختلف آن پرداخته می‌شود. در ابتدا به بررسی نتایج آزمایش می‌پردازیم.

می‌کند. قسمت‌ها از آن انتقال و بازتاب می‌دهد. این
 در پی موج‌ها فشارها کششی باعث
 در جهت جانبی می‌گردد. آنجا که
 آزمایش‌ها آزمایش مقاومت جانبی استاتیک
 مقاومت‌ها را از فاز فشاری نیروی اعمالی
 در جهت جانبی مدنظر قرار داده می‌شود. در
 شکل ۷ نتایج جابجایی-زمان در همین آزمایش
 نشان داده شده است.

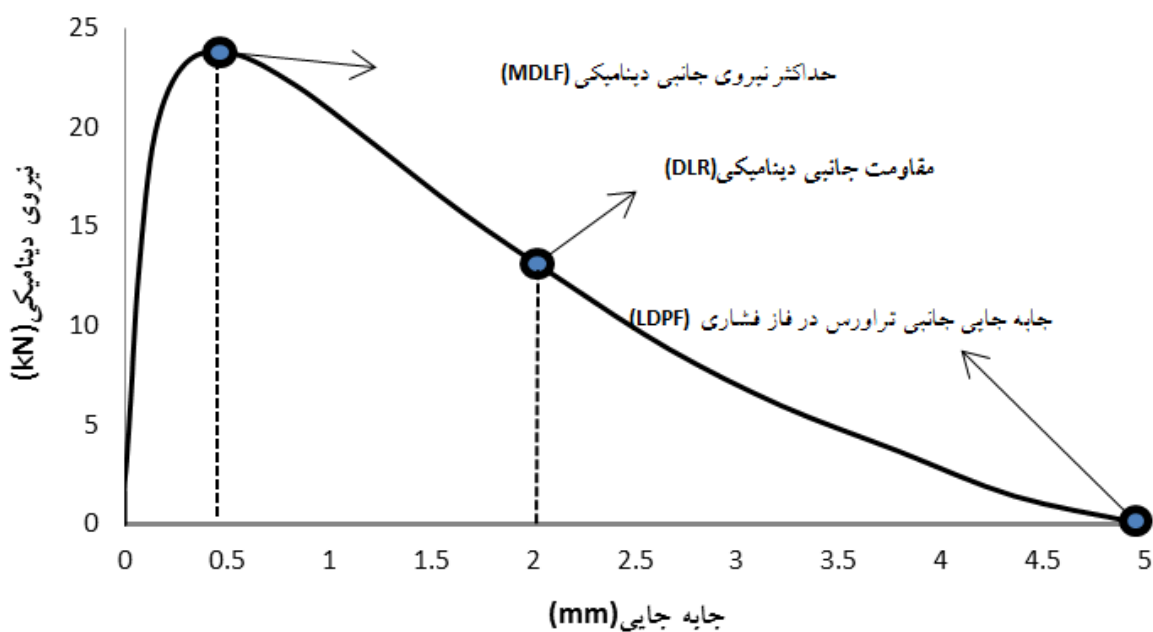
موج فشاری باعث جابجایی
 در جهت ضربه‌ای می‌گردد. پس از
 انتهای تراورس، قسمت عمده-
 (حدود ۸۰٪) شانه انتقال می‌دهد اما
 (حدود ۲۰٪) موج کششی
 نمودار شکل ۶-۱ این موج
 حدود ۵ سانتی‌متر می‌گردد. باعث حرکت
 ضربه‌ای می‌گردد. این
 جهت‌های دیگر تراورس برخورد



شکل ۷ - نتایج جابجایی-زمان در آزمایش CS9045

در جهت‌های دیگر تراورس برخورد
 ۱۶ میلی‌متر تا زمان تأثیر بارگذاری ضربه‌ای ادامه
 نمودار نیرو-جابجایی تراورس در فاز
 فشاری آزمایش‌ها شده همانند نمودار شکل ۸
 نشان داده شد.

شکل ۷-۱ زمانی حدود ۰/۰۱ ثانیه که
 حداکثر مقدار خود رسیده
 در تراورس اتفاق نیفتاده
 در صورت خطی تا ۰/۰۴ ثانیه
 غیر خطی تا مدت زمان
 جابجایی خود (برابر ۱۹ میلی‌متر)



شکل ۸: نمودار نیرو-جابجایی برای آزمایش CS9045

در این مقاله مقایسه با آزمایش مقاومت جانبی انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که در نظر جابجایی دو میلی-متر به حداکثر مقاومت جانبی تراورس در نظر گرفته می‌شود. این مقایسه مقاومت جانبی ایجاد شده در تراورس را نشان خواهد داد. به طور مثال، در شکل ۸، حداکثر برابر ۲۴ کیلو نیوتن بوده، در حالی که در نظر جابجایی دو میلی-متر برابر ۱۳ کیلو نیوتن است. در جدول ۲-تأثیر جابجایی حداکثر جانبی دینامیک^۱ (MDLF) - جابجایی تراورس دو میلی-متر^۲ (DLR) و جابجایی تراورس در فاز فشاری^۳ (LDPF) به ازای وزن‌های مختلف سازه‌های مختلف به دست آمده از آزمایش ارائه گردیده است.

1- Maximum Dynamic Lateral Force

2- Dynamic Lateral Resistance

3- Lateral Displacement Due to Pressure Force

جدول ۲- مقادیر MDLF، DLR و LDPF

m θ	30			50			70			90			110		
	MDLF	DLR	LDPF	MDLF	DLR	LDPF	MDLF	DLR	LDPF	MDLF	DLR	LDPF	MDLF	DLR	LDPF
30	1.7	*	0.7	4	*	1.9	5.5	1.2	2.5	8	4.5	3.55	14	9.2	4.7
45	3	*	0.95	9	2.2	2.5	13	4.8	2.9	24	13.3	5	28	17	5.2
60	8.5	*	1.55	14.5	2.9	2.5	27	17.6	6.3	35	23.8	7.1	40	31.4	9.3
75	15.5	0.7	2.2	24	10.4	3.5	33	23.8	7.7	-	-	-	-	-	-
90	17	1.7	2.3	25	12	3.7	38	29.5	8.5	-	-	-	-	-	-

مقادیر MDLF و DLR بر حسب کیلونیوتن و LDPF بر حسب میلی‌متر می‌باشند.

مقادیر جرم بر حسب کیلوگرم و زوایا بر حسب درجه می‌باشند.

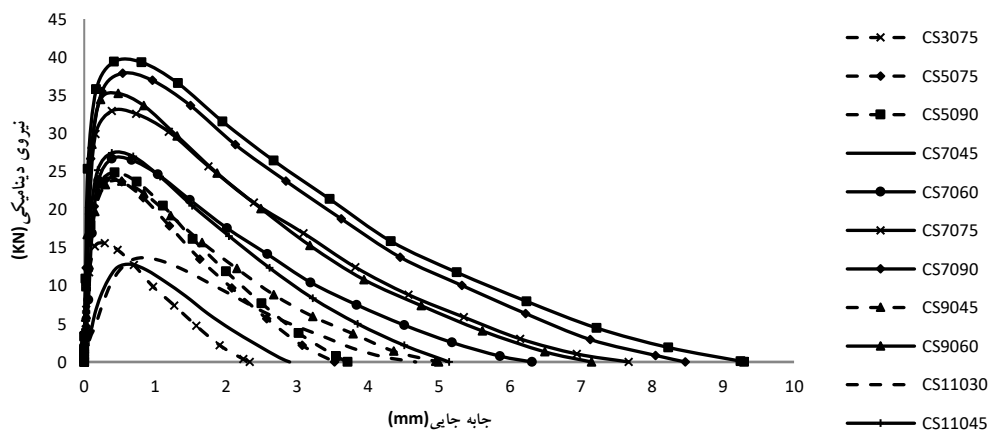
* در این آزمایش‌ها، یا جابجایی دو میلی‌متر اصلاً رخ نداده و یا در فاز کششی نیرو قرار داشته است.

- به علت جابجایی جانبی زیاد در آزمایش‌های آخر و کافی بودن دامنه حداکثر نیروی جانبی دینامیک (MDLF) از انجام این آزمایش‌ها خودداری گردیده است.

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سازه، مقدار مقاومت جانبی کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش ارتفاع سازه، مقدار جابجایی جانبی در زمان وقوع زلزله افزایش می‌یابد. این امر نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سازه، مقدار مقاومت جانبی در زمان وقوع زلزله کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش ارتفاع سازه، مقدار جابجایی جانبی در زمان وقوع زلزله افزایش می‌یابد.

۳-۴-۲- گراف مقادیر مایحی مقاومت جانبی

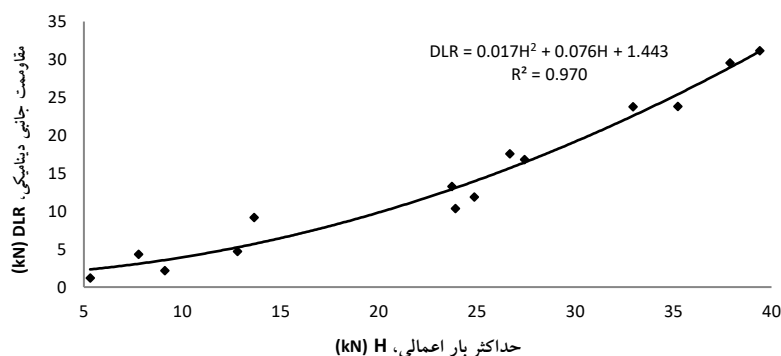
نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سازه، مقدار مقاومت جانبی کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش ارتفاع سازه، مقدار جابجایی جانبی در زمان وقوع زلزله افزایش می‌یابد. این امر نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سازه، مقدار مقاومت جانبی در زمان وقوع زلزله کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش ارتفاع سازه، مقدار جابجایی جانبی در زمان وقوع زلزله افزایش می‌یابد.



شکل ۹- مقادیر مقاومت جانبی دینامیک در زمان وقوع زلزله

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سازه، مقدار مقاومت جانبی کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش ارتفاع سازه، مقدار جابجایی جانبی در زمان وقوع زلزله افزایش می‌یابد. این امر نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سازه، مقدار مقاومت جانبی در زمان وقوع زلزله کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش ارتفاع سازه، مقدار جابجایی جانبی در زمان وقوع زلزله افزایش می‌یابد.

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سازه، مقدار مقاومت جانبی کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش ارتفاع سازه، مقدار جابجایی جانبی در زمان وقوع زلزله افزایش می‌یابد. این امر نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سازه، مقدار مقاومت جانبی در زمان وقوع زلزله کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش ارتفاع سازه، مقدار جابجایی جانبی در زمان وقوع زلزله افزایش می‌یابد.



شکل ۱۰ مقایسه مقاومت جانبی دینامیک اعمالی به تراورس

در اندازه‌گیری گرفته شده است. مطابق شکل ۱۱، قطعه مقاوم را در یک دستگاه تست پاندربول به تراورس ای‌سی‌اس ۳۰۰۰ آبی‌رنگ نصب کرده شده است. سپس یک سنسور ولژیکی و LVDT در دستگاه تست لاکر مدل KS625N نصب شده است. این تکیه داده شده و با استفاده از سیم‌ها به دستگاه تست خود به دستگاه تست متصل شده است. این دستگاه تست به دستگاه تست فشار هیدرولیکی جک تست با دستگاه صورت می‌گیرد. تراورس در شرایط تست قرار می‌گیرد. این جک شروع به جابجا شدن می‌کند و این کار را تا زمانی که تراورس مورد آزمون به دستگاه تست متصل به ریل ندارد.

در این روش، در بدنه مقاوم جانبی تراورس یک سنسور ولژیکی در امتداد محور آن است که بارهای مختلف را می‌تواند تشخیص دهد. دینامیک جانبی مقاومت جانبی تراورس در خط ایجاد کند و لذا مشاهده می‌شود که مقاومت جانبی در شرایط تست کمتر از مقاومت ثابتی نیست.

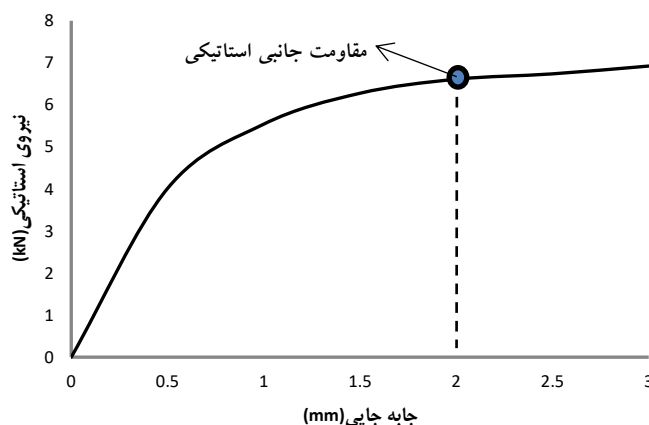
۳-۴-۳ مقایسه نتایج آزمایش‌های استاتیک و استاتیک

برای تعیین به این هدف، چندین آزمایش استاتیکی در همان مقطع بالاستی در شرایط مشابه انجام گرفت که میانگین نتایج ۸ آزمایش STPT برای مقایسه با نتایج آزمایش‌های استاتیکی مورد



شکل ۱۱ انجام آزمایش استاتیک STPT

شکل ۱۲ تنش استاتیکی در امتداد محور طولی را بر حسب جابجایی جانبی نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ تنش استاتیکی در امتداد محور طولی - جانمایی

تا ۹۰ درصد اعمال بار ضربه‌ای تراورس فاصله گام‌ها را با استخراج نیروی دینامیک تراورس در جانمایی آن‌ها استفاده از ابزاربندی سنجش گام‌ها را در نظر جانمایی دو میلی‌متر به جانمایی مقاومت تراورس دینامیک تراورس بتنی B70 در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده از آزمایش‌ها را با نتایج مختلفه‌ها که و مقایسه آن با نتایج آزمایش‌ها را با نتایج معمول STPT در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده است:

- ۱- فاصله جانمایی تراورس در فاز فشاری در مقایسه مقادیر مقاومت جانبی تراورس در فاز فشاری در نظر گرفته شده است. فاصله جانمایی دینامیک و زمان رسیدن به آن به ترتیب محدودده ۲ الی ۴۰٪ ارتتن و ۰/۰۰۶ الی ۰/۰۱۶٪ را دارد.
- ۲- فاصله جانمایی تراورس در فاز فشاری و مدت زمان رسیدن به آن (مدت زمان برخورد) به ترتیب محدودده ۰/۷ تا ۹/۳ میلی‌متر و ۰/۰۱۴ الی ۰/۰۲۷٪ را دارند.

نتایج آزمایش STPT در مقایسه با نتایج ساخته شده از جانمایی تراورس با یکدیگر نشان دادند و نتایج مقاومت تراورس استاتیکی برای ۲ میلی‌متر جانمایی، ۶/۸٪ ارتتن به دست آمده مانگونه که از جدول ۲ مشخص است. مقاومت تراورس جانبی دینامیک محدودده از ۲ تا ۳۲٪ را شامل می‌شود. این نتایج در مقایسه با نتایج دینامیک به استاتیک محدودده از ۰/۳ تا ۰/۴/۹٪ را شامل می‌آید.

۴ نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که جانمایی تراورس در فاز فشاری در مقایسه مقادیر مقاومت تراورس جانبی خط به صورت تراورس انجام می‌شود. نتایج این پژوهش در مقایسه مقادیر مقاومت تراورس جانبی تراورس در فاز فشاری در مقایسه مقادیر مقاومت تراورس جانبی تراورس در فاز فشاری در نظر گرفته شده است. با استفاده از نتایج این پژوهش پانندولی، امکان رهاسازی بتن‌های ۳۰ تا ۱۱۰٪ محدودده زوایای ۳۰

۳. اسماعیلی، مجیدی پرست، سیدحسینی. "بررسی آزمایشگاهی مقاومت جانبی تیرهای بتنی در آزمایشگاه دینامیک". پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۵. شماره ۳۱، فصل ۲، صفحه ۱۱۲ تا ۱۳۱. قرار دارد.
۴. اسماعیلی، مجیدی پرست، سیدحسینی. "بررسی آزمایشگاهی مقاومت جانبی تیرهای بتنی در آزمایشگاه دینامیک". پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۵. شماره ۳۱، فصل ۲، صفحه ۱۱۲ تا ۱۳۱. قرار دارد.

۵. اجماع

- سیدحسینی، س. ا. ۱۳۹۲. "بررسی آزمایشگاهی مقاومت جانبی تیرهای بتنی در آزمایشگاه دینامیک". پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۲. شماره ۳۱، فصل ۲، صفحه ۱۱۲ تا ۱۳۱. قرار دارد.
- سیدحسینی، س. ا. ۱۳۹۳. "بررسی آزمایشگاهی مقاومت جانبی تیرهای بتنی در آزمایشگاه دینامیک". پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۳. شماره ۳۱، فصل ۲، صفحه ۱۱۲ تا ۱۳۱. قرار دارد.

- AREMA. 2006. "Manual for Railway Engineering". Vol. 1, Track.
- ERRI DT 360: Reinicke, Herrmann and Parmentier. 1997. ERRI D202 424/WG 3 Lateral Resistance Tests Report 50548, Deutsche Bahn, Germany.
- ERRI DT 361: Hunt, G. A. and Yu, Z. M. 1997. "Measurement of Lateral Resistance Characteristics for Ballasted Track". BR Research Report RR-TCE-81.
- Esmaeili, M., S. Hosseini, S. A. and Sharavi, M. 2016. "Experimental assessment of dynamic lateral resistance of railway concrete sleeper". Soil Dyn. Earthq. Eng., 82: 40-54.
- Gallego, J. and Gomez-Rey, D. 1995. "A Finite Element Solution for the Lateral Track Buckling Problem". Department of Railways System Technology, TIFSA-RENFE Group.
- Getzner Company. 2012. "Sylomer SR18". Copyright by Getzner Material GmbH103, Germany.
- Hunt, G. A. 1986. "Dynamic analysis of railway vehicle/track interaction forces". PHD theses, Loughborough University, England.
- Hopkinson, B.F.R.S. 1914. "A method of measuring the pressure produced in the detonation of explosives or by the impact of bullets". Phil. Mag. Trans. Roy. Soc. London, 213: 437-456.
- Kish, A. 2011. "On the Fundamentals of Track Lateral Resistance". AREMA Annual Conference, September 18-21, Minneapolis, MN.
- Koike, Y., Nakamura, T., Hayano, K. and Momoya, Y. 2014. "Numerical method for evaluating the lateral resistance of sleepers in ballasted tracks". J. Jap. Geotech. Soc.: Soils Found. 54(3): 502-514.
- Le Pen, L. 2008. "Track behaviour: The importance of the tie to ballast interface". PhD Thesis, University of Southampton, UK.
- Le Pen, L., Bhandari, A. R. and Powrie, W. 2014. "Sleeper end resistance of ballasted railway tracks". ASCE, J. Geotech. Geoenviron. Eng. 140(5): 04014004.
- Plasser and Theurer Publications. 2007. "The Lateral Resistance of the Track". Technical Report.
- Sussmann, T., Kish, A. and Trosino, M. 1998. "Investigation of the Influence of Track Maintenance on the Lateral Resistance of Concrete Tie Track". U.S. DOT/Volpe Center, Amtrak.
- Zakeri, J. A., Mirfattahi, B. and Fakhari, M. 2010. "Field and Laboratory Investigation on the Lateral Resistance of Sleepers by Employing STPT Test". Proceedings of the First International Conference on Road and Rail Infrastructure (CETRA 2010), 17-18 May, Croatia.
- Zakeri, J. A., Mirfattahi B. and Fakhari, M. 2012. "Lateral resistance of railway track with frictional ties". Proc. Inst. Civil Eng.- Transport J., 165: 151-155.
- Zakeri, J. A., Esmaeili, M., Kasraei, A. and Bakhtiary, A. 2014. "A numerical investigation on the lateral resistance of frictional sleepers in ballasted railway tracks". Proc. Inst. Mech. Eng., Part F: J. Rail and Rapid Transit, doi: 10.1177/0954409714543507.