

ارزیابی و تحلیل لایه های روسازی وضع موجود خطوط اتوبوس تندرو

آرمان صفا^۱، محمدرضا معماریان^۲

چکیده

با توجه به گسترش روزافزون تسهیلات حمل و نقل عمومی در شهر تهران در چند ساله ی اخیر و در صدر آن خطوط اتوبوس رانی تندرو که نقش بسزای آن در حمل و نقل عمومی غیر قابل انکار است و با توجه به تعداد افراد جا به جا شده توسط این نوع از اتوبوس ها نتیجتاً با ترافیکی بسیار سنگین که بر روسازی مسیرهای اختصاصی این خطوط وارد می شود ، مواجه هستیم. این موضوع همواره باعث بروز خرابی هایی در سطح روسازی می شود که علاوه بر هزینه های گزاف بهسازی مجدد ، موجب بوجود آمدن احساس عدم آرامش در افراد سوار بر اتوبوس و همچنین خرابی زودرس قطعات اتوبوس های تندرو می شود که با توجه به پرخرج بودن تعمیر و نگهداری این اتوبوس ها ، هزینه های تعمیر و نگهداری این وسائل نقلیه را نیز بایستی به فهرست هزینه های این موضوع اضافه کرد. به علاوه بستن مسیرهای اختصاصی برای عملیات ترمیم و بهسازی موجب بروز ترافیک سنگین و بروز عدم رضایت در مسیرهای اصلی می گردد. چنانچه مشاهده شده است اکثر خرابی های رخ داده در مدت زمان کوتاهی پس از اجرای روسازی بروز کرده است. خرابی هایی نظیر پدیده ی شیارشدگی ، ترکهای بلوکی و ... که همگی باعث کاهش دوره ی بهره برداری خطوط اتوبوس تندرو در تهران می شود. در این مقاله مقطعی از خطوط اتوبوس تندروی خط شماره ۱۰ تهران که یکی از خطوط پر ترافیک می باشد ، انتخاب شده است و پس از ارزیابی چشمی و استخراج مشخصات هندسی و مقاومتی لایه های روسازی و با در نظرگیری ۳ حالت از روسازی، با استفاده از روش تحلیل اجزای محدود ، ارزیابی ، تحلیل و نتایج آن تفسیر گردیده است. بدیهی است برای نواحی با شرایط متفاوت بایستی مدلسازی و تحلیلی مجزا صورت پذیرد.

کلمات کلیدی: تحلیل تنش کرنش ، روسازی بتن آسفالتی ، تحلیل اجزای محدود، اتوبوس تندرو

-
- ۱- کارشناس ارشد راه و ترابری، رئیس بخش روسازی راه مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران و مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، ابتدای بزرگراه جلال آل احمد، جنب ستاد مدیریت بحران، بخش روسازی راه، ۰۹۱۲۶۱۷۳۴۹۶.۴۴۲۶۱۳۱۶ و arman.engg@gmail.com
 - ۲- کارشناس ارشد خاک و پی، ریاست مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، بزرگراه یادگار امام، خروجی مرزداران خ شقایق مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، ۰۹۱۲۱۱۴۰۱۷۸.۴۴۲۷۳۸۸۲ و memarian_m@yahoo.com

۱- مقدمه

با توجه به توسعه ی روزافزون سفرهای درون شهری و در نتیجه استفاده ی بیشتر از ناوگان حمل و نقل شهری ، همواره بکارگیری تمهیداتی در جهت بهبود کارایی این ناوگان می تواند در جهت افزایش شاخص های مثبت عملکردی و در نتیجه افزایش بازدهی آن موثر باشد. ناوگان حمل و نقل عمومی تهران شامل اتوبوس های شهری ، تاکسی های شخصی و عمومی و مترو می باشد که در این بین با ورود اتوبوسهای تندرو در مناطق با جذب سفر بالا در شهر تهران ، که دارای مسیرهای اختصاصی هستند و زمان سفر را به شدت کاهش می دهند ، تاثیر بسزایی در رضایتمندی عمومی شهروندان تهرانی ، کاهش میزان تصادفات ، افزایش استفاده از ناوگان حمل و نقل عمومی ، کمک به حفظ محیط زیست و ... داشته است. که در نهایت بدین وسیله گام های مثبتی در جهت رفاه شهروندان ، کمک به کاهش آلودگی هوا ، کاهش مصرف بنزین و کمک به اقتصاد شهری برداشته می شود.

در این بین فراهم آوردن تسهیلات مورد نیاز حمل و نقل سریع السیر و در صدر آنها ساخت خطوط BRT کاری بس دشوار و پر هزینه می باشد. مواردی از قبیل تخصیص فضا به خطوط سریع السیر ، روسازی مسیر متناسب با بارهای ترافیکی وارده و تعمیر و نگهداری آن از جمله ی این دشواری ها می باشد. در سالهای اخیر با افزایش استفاده و توسعه ی خطوط اتوبوس تندرو شاهد بروز خرابی هایی در سطح روسازی این خطوط هستیم. علی رغم راهکارهای متعددی که برای حل این مشکلات ارائه شده است جای تحلیل دقیق تنش ، کرنش برای لایه های روسازی وضع موجود احساس می شود. از طرفی با عنایت به شرایط متفاوت اقلیمی و ترافیکی هر کدام از خطوط اتوبوس تندرو ، جهت ارزیابی و تحلیل وضع روسازی این خطوط می بایست در هر کدام از نواحی پس از پایش و جمع آوری اطلاعات اقدام به ارزیابی و تحلیل شود. در این مقاله پس از پایش مقطع موجود روسازی بتن آسفالتی خط ۱۰ شهر تهران و بررسی نتایج آزمایش سی بی آر بستر این خط ، مدل سازی و تحلیل اجزای محدود صورت گرفته است و در نهایت نتایج حاصل از تحلیل مدل ها با یکدیگر مقایسه و نتیجه گیری شده است.

۲- بیان مسئله

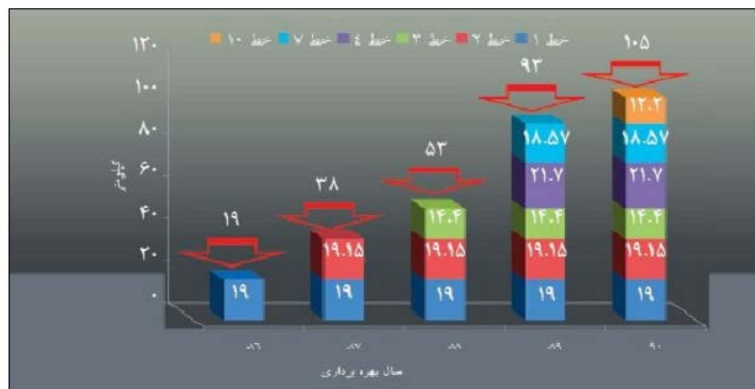
پس از بازگشایی مسیرهای BRT در سال ۱۳۸۷ و گذشت چند سال از بهره برداری از این خطوط، مشکلاتی از قبیل موج دار شدن روسازی این مسیرها ، شیارشدگی مسیر چرخ ها ، ایجاد چاله و جمع شدن آب در بعضی نقاط ، ایجاد ترکهای موزاییکی در بعضی نقاط ، ایجاد ترک های لغزشی و ... بروز کردند. در مواجهه با هر کدام از این مشکلات شهرداری تهران بعنوان متولی تعمیر و نگهداری این مسیرها اقدام به بازسازی این مسیرها و رفع عیوب آنها می کرد. عموم خرابی های ایجاد شده در مسیرهای BRT فارغ از بحث های مربوط به مواد مورد استفاده در روسازی ها و همچنین شرایط اقلیمی تهران ، بعلاوه بارگذاری سنگین ترافیکی ، خستگی ناشی از تکرار بسیار زیاد بارگذاری و در نتیجه خستگی بیش از حد لایه ی رویه آسفالتی در اثر بارهای وارده بر آن است. هزینه های بالای تعمیر و نگهداری ، انسداد مسیرها ، افزایش بار ترافیکی در زمان انسداد مسیر ، خرابی زودرس رویه آسفالتی پس از هر دوره ترمیم از جمله مشکلات این مسیرهاست.

با توجه روند رو به رشد سفرهای درون شهری در کلانشهری همچون تهران نیاز روز افزون به مسیرهای اتوبوس تندرو هر روزه احساس می گردد. بنابراین بحث نگهداری از این مسیرها بسیار پر اهمیت جلوه می کند. تجربه در ترمیم شتابزده ی این روسازی ها نشان داده است که نه تنها ترمیم بوسیله تراش و روکش اساسی جوابگوی بارهای وارده نیست بلکه باعث افزایش هزینه های تعمیر و نگهداری روسازی راه این خطوط می شود. وجود این گونه خرابی ها در سطح روسازی موجب نارضایتی سرنشینان اتوبوس ها و افزایش هزینه های نگهداری راه می شود. تجربه در شهر تهران نشان داده است پدیده ی شیار شدگی یکی از خرابی هایی است که در مدت زمان کوتاهی پس از اجرای روکش جدید در سطح آسفالت رخ می دهد. در شکل زیر این پدیده در یکی از خطوط اتوبوس تندرو نشان داده شده است.



شکل ۱: خرابی rutting یا شیارشدگی در خط BRT

ساخت و توسعه ی خطوط BRT تا سال ۱۳۹۰ با سرعت بالایی ادامه پیدا کرد. عموم این خطوط در مناطق با جذب بالای سفر احداث شده اند. در شکل زیر روند ساخت و توسعه ی خطوط BRT نشان داده شده است:



شکل ۲: روند توسعه ی خطوط BRT [۱]

در شکل زیر نقشه ی خطوط BRT شهر تهران آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود محل احداث خطوط BRT منطبق بر خطوط تمایل سفر مسافری شهر تهران در ساعت اوج ترافیک در شکل شماره ۴ است.

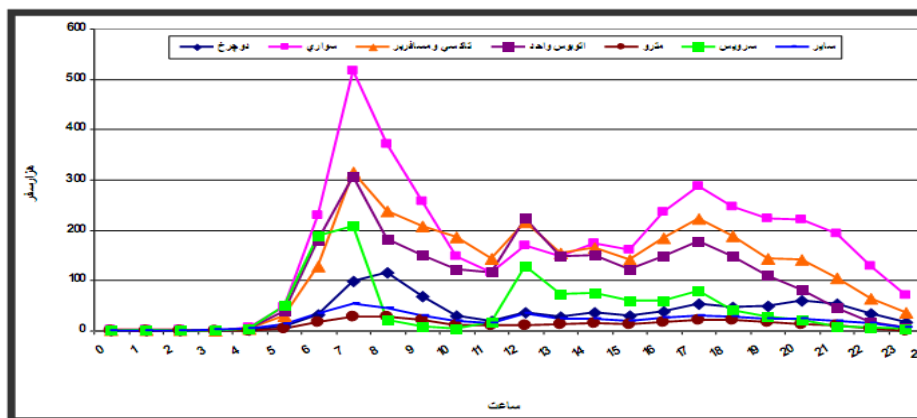


شکل ۳: نقشه خطوط BRT [۱]



شکل ۴: خطوط تمایل سفر مسافرین شهر تهران در ساعات اوج ترافیک [۱]

جالب آنکه براساس آمارهای رسمی، استفاده از خطوط اتوبوسرانی در شهر تهران در ساعات مختلف روز رتبه دوم و گاهی رتبه سوم را از بین دیگر تسهیلات موجود در شهر تهران را دارا می باشد. این موضوع در نمودار زیر کاملاً مشهود است. با توجه به آمار رسمی شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران سهم بخش اتوبوسرانی در جابجایی مسافر در سال ۱۳۹۲ حدود ۲۰٪ بوده است و این به معنی ۲ میلیون سفر در روز است. [۱]



شکل ۵: توزیع ساعتی سفرهای روزانه شهروندان تهرانی بر حسب وسیله سفر [۱]

حال با توجه به اهمیت خطوط BRT و نقش پررنگ آن در حمل و نقل عمومی شهر تهران، بحث نگهداری از روسازی این خطوط بیش از پیش اهمیت می یابد. خرابی های روسازی راه در این خطوط سالانه هزینه های هنگفتی به شهرداری تهران بعنوان متولی نگهداری این خطوط تحمیل می کند. در این بین جای خالی ارزیابی وضع موجود و تحلیل تنش های وارده به روسازی به طور دقیق مشاهده می شود.

۳- مدلسازی و تحلیل اجزای محدود

در این تحقیق، در سه حالت، روسازی یک خط BRT مدلسازی و تحلیل اجزای محدود شده است. در تعریف مشخصات مقاومتی مصالح و مشخصات هندسی بکار رفته در مدلسازی از مشخصات وضع موجود خط شماره ۱۰ BRT کمک گرفته شده است. سه مدل ساخته شده شامل: مدلسازی وضع موجود لایه های خاکی به همراه آسفالت قدیمی، مدلسازی وضع موجود لایه های خاکی و آسفالت قدیمی و تراش و روکش آسفالت جدید بر روی آسفالت قدیم و در نهایت مدلسازی وضع موجود لایه

های خاکی به همراه آسفالت جدید می باشد. در شکل زیر وضع موجود مقطع برش خورده ی خط ۱۰ BRT نشان داده شده است :



شکل ۶: وضع موجود برش خورده ی روسازی خط ۱۰ BRT

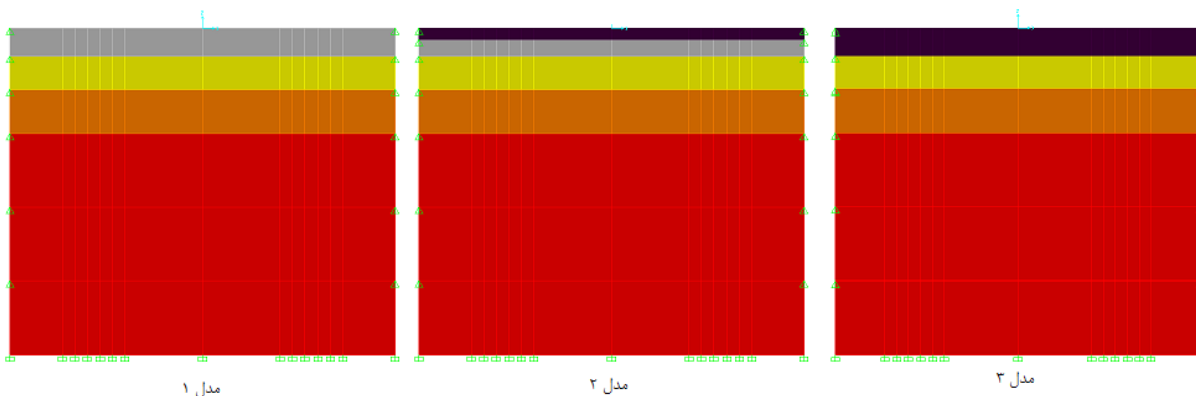
از مقطع برش خورده ی روسازی ، مشخصات ضخامتی لایه های روسازی استخراج می گردد. مشخصات هندسی در نظر گرفته شده برای مدل سازی اجزای محدود با توجه به وضع موجود در جدول زیر ذکر شده است. با توجه به داده های آزمایش سی بی آر در رطوبت اشباع خاک بستر در ۳ ناحیه و استفاده از نمودار ۱۱-۲ نشریه ی ۲۳۴ آیین نامه ی روسازی آسفالتی راههای ایران ، جدول برجهندگی بستر راه وضع موجود محاسبه گردید. در خصوص لایه های اساس و زیر اساس بر طبق توصیه ی بندهای ۱۱-۴-۲ و ۱۱-۴-۳ نشریه ۲۳۴ روسازی راههای ایران مقادیر حداقل قابل قبول ضریب ارتجاعی استخراج گردید. در نهایت در خصوص آسفالت قدیم و جدید با توجه به ضریب قشر $a1 = 0.28$ (برای آسفالت قدیم) و $a2 = 0.36$ (برای آسفالت جدید) و با فرض ۳۳٪ بهبود جنس مخلوط آسفالتی) مشخصات مقاومتی لایه های مختلف روسازی استخراج گردید. [۲] ضرایب پواسون مصالح روسازی نیز با توجه به توصیه ی پروفیسور هوانگ در کتاب تحلیل و طراحی روسازی خود در جدول ۱۰-۷ استخراج گردید. [۳]

لازم به ذکر است از این پس به جهت اختصار به جای نام مدل " وضع موجود لایه های خاکی به همراه آسفالت قدیمی " به مدل ۱ ، نام مدل " وضع موجود لایه های خاکی و آسفالت قدیمی و تراش و روکش آسفالت جدید بر روی آسفالت قدیم " به مدل ۲ و مدل " وضع موجود لایه های خاکی به همراه آسفالت جدید " به مدل ۳ ذکر می گردد. در جدول زیر مشخصات هندسی و مقاومتی ذکر گردیده است :

جدول ۱: مشخصات مقاومتی لایه های روسازی مدل شده

مشخصات مدل روسازی		
نام لایه	مدول الاستیسیته (kg/cm ²)	ضریب پواسون
بتن آسفالتی قدیمی	۲۱۰۰۰	۰/۳۵
بتن آسفالتی قدیمی	۱۴۰۰۰	۰/۳۵
اساس	۱۹۶۰	۰/۳۵
زیر اساس	۱۰۵۰	۰/۳
بستر	۱۷۵۰	۰/۴

ضخامت های لایه های روسازی مدل شده با توجه به وضع موجود و همچنین جزئیات اجرایی متداول در تهران برای بتن آسفالتی قدیمی در مدل ۱ برابر ۲۵ سانتی متر ، برای بتن آسفالتی روکش جدید در مدل ۲ برابر ۱۰ سانتی متر ، برای بتن آسفالتی قدیم در مدل ۲ برابر ۱۵ سانتی متر و برای بتن آسفالتی جدید در مدل ۳ نیز برابر ۲۵ سانتی متر در نظر گرفته شده است. ضخامت لایه ی اساس وضع موجود برابر ۳۰ سانتی متر ، لایه زیر اساس ۴۰ سانتی متر و برای لایه ی بستر ضخامت بی نهایت در نظر گرفته شده است. شایان ذکر است با توجه به نظریه ی سیستم چند لایه ای الاستیک مطرح شده توسط تیموشنکو و گودی در سال ۱۹۵۲ [۲] بایستی لایه ی بستر به صورت یک لایه با عمق بی نهایت در نظر گرفته شود که البته در نرم افزار با عمق زیاد برابر ۲۰۰ سانتی متر مدل شده است. در شکل های زیر هندسه مدل ساخته شده در نرم افزار نشان داده شده است :



شکل ۷: نمای دوبعدی مدل های ساخته شده

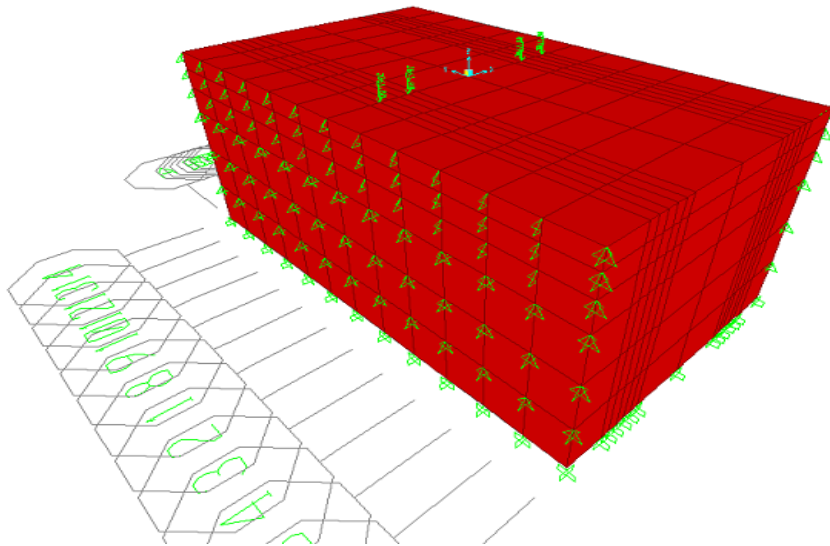
با توجه به تحقیقات صورت گرفته در مدلسازی اجزای محدود مقاطع روسازی بتن آسفالتی و همسان سازی آن با شرایط واقعی و آزمایشگاهی و همچنین مشخصات هندسی و فنی اتوبوس های مورد استفاده در خطوط BRT که در جدول زیر ذکر گردیده است، ابعاد مدل های ساخته شده برای محور عقب اتوبوس شامل یک محور منفرد با ۴ چرخ در نظر گرفته شده است. ابعاد مدل در جهت محور Xها برابر ۳۵۰ سانتی متر ، در جهت محور Yها برابر ضخامت لایه ها و در جهت محور Zها برابر نصف فاصله ی محور به محور اتوبوس معادل ۶۰۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است. در شکل ۹ علاوه بر شمای کلی مدل های ساخته شده ، محل نیروهای اعمال شده نیز نشان داده شده است.

جدول ۲: مشخصات اتوبوس های BRT اخذ شده از شرکت سازنده [۴]

مشخصات اتوبوس های BRT										
طول (cm)	عرض (cm)	ارتفاع (cm)	اندازه چرخ	تعداد صندلی	تعداد ایستاده	جرم خالص	جرم کل (kg)	فاصله محوری (cm)	بار محوری محور جلو (kg)	بار محوری محور عقب (kg)
۱۷۹۰	۲۵۵	۳۱۵	275/70R22/5	۳۵	۱۰۰-۱۲۰	۱۷۱۸۰	-۳۱۰۰۰ ۲۸۰۰۰	۶۰۰۰	۷۰۰۰	۱۲۰۰۰

برای مدلسازی از محور عقب و وسط اتوبوس استفاده گردیده است که بحرانی ترین میزان بار را دارا است. با توجه به ظرفیت بار محوری اعلام شده توسط کارخانه ی سازنده ، مقدار بار محوری برابر ۲۷۰۰۰ پوند در نظر گرفته شده است که پس از تبدیل به بار نقطه ای سهم هر چرخ ۳۰۶۱/۸ کیلوگرم می باشد. در طراحی به روش مکانیستی اطلاع از سطح تماس چرخ و روسازی ضروری است و فرض می شود که بار محور به صورت یکنواخت روی سطح تماس پخش شده است. اندازه ی سطح

تماس به فشار تماسی بستگی دارد. واقعی ترین سطح تماس در روسازی عبارتست از یک مستطیل و دو نیم دایره در دو انتهای آن، در تحلیل اجزای محدود بعلت ایجاد ناهمگونی در تحلیل المان ها معمولا به صورت یک مستطیل با مساحت برابر فرض می گردد. در سال ۱۹۷۸ فرضیه ی سطح دایره ای تماس توسط موسسه ی آسفالت مطرح گردید که در نرم افزار تحلیل روسازی VESYS مورد استفاده قرار گرفت. [۳] در این تحقیق به جهت کاهش ناهمگونی در نتایج و تسریع در کار از بار نقطه ای معادل برای هر چرخ استفاده شد. [۵] مختصات محل وارد شدن بار چرخ با توجه به فاصله ی زوج چرخ از یکدیگر برابر ۱۲ سانتی متر در نظر گرفته شد. در شکل زیر محل بارگذاری و هندسه ی کلی مدل نشان داده شده است.



شکل ۸: مدل ساخته شده به همراه بارگذاری و شرایط مرزی

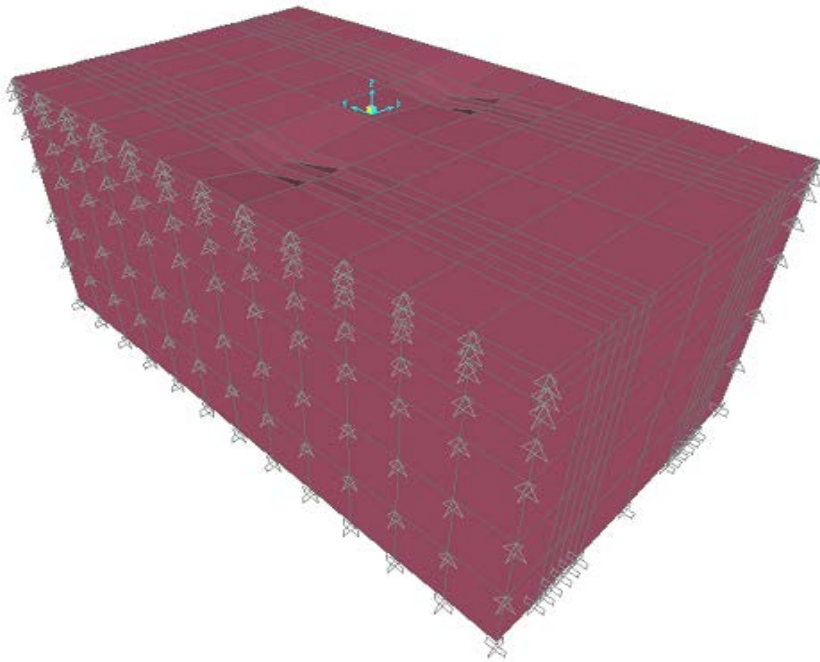
در خصوص شرایط مرزی نیز در این تحقیق برای سطوح موازی با مسیر حرکت اتوبوس از تکیه گاه های مفصلی، برای سطوح عمود بر مسیر اتوبوس و رویه ی روسازی از شرایط گره آزاد و برای سطوح زیرین روسازی از شرایط گیرداری استفاده شده است. [۵] برای مش بندی مدل و افزایش دقت تحلیل در تمامی نواحی از مش های مستطیلی با ابعاد متغیر بسته به موقعیت مدل استفاده گردیده است. طبیعتا در زیر بار چرخ از مش های ریزتری استفاده گردیده است. مرز شکل دایره ای تماس چرخ با سطح روسازی نیز بعنوان یکی از مرزهای مش بندی در نظر گرفته شده است. در باقی نقاط به جهت کاهش تنش در آن نقاط از مش با فواصل بزرگتر یعنی ۵۰ سانتی متر استفاده گردیده است. [۵]

برای تحلیل اجزای محدود مدل فوق از نرم افزار قدرتمند تحلیل سازه ها SAP2000 نسخه ی ۱۴ استفاده گردیده است. این نرم افزار با داشتن قابلیت های منحصر به فرد تحلیلی و گرافیکی بعنوان یک نرم افزار بسیار دقیق تحقیقاتی و کاربردی در صنعت و دانشگاه شناخته شده است. این نرم افزار محصول کار تحقیقاتی دانشگاه برکلی آمریکا و با قدمتی در حدود ۴۰ سال است که هر سال بروز شده و قدرت عملیاتی آن بهبود پیدا می کند. [۶]

۴- تحلیل و نتایج حاصل از آن

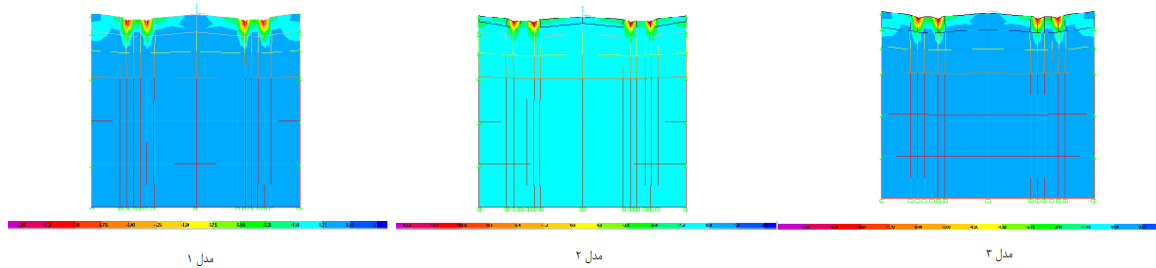
پس از اتمام مدلسازی، مش بندی و بارگذاری اقدام به تحلیل مدل ها گردید. در تحلیل نرم افزاری از وزن مصالح به جهت ایجاد پاسخ های مجزا از وزن مواد روسازی، صرفنظر گردیده است. تمامی لایه ها در اتصال کامل با یکدیگر تحلیل می شوند که البته این موضوع نسبت به واقعیت کمی از دقت تحلیل می کاهد. تمامی مصالح در تحلیل به صورت خطی فرض شده

اند و تحلیل به صورت الاستیک خطی انجام گردیده است. پس از تحلیل شکل تغییر یافته ی مدل تحت بارگذاری به شرح زیر خواهد بود که البته ایجاد این شکل نشان از صحت مدلسازی دارد.

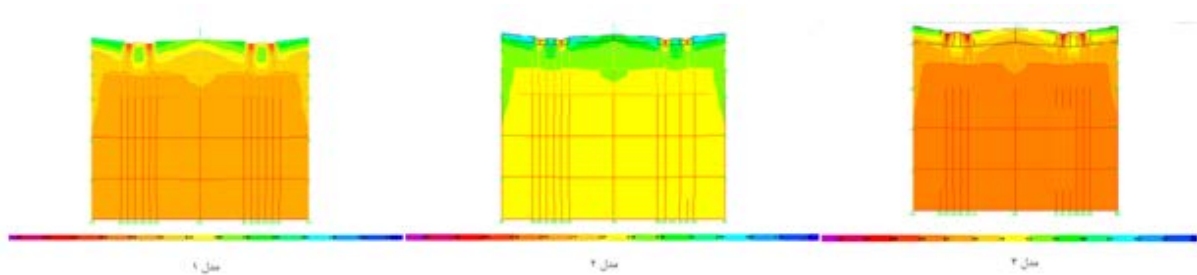


شکل ۹: مدل تغییر شکل یافته پس از تحلیل

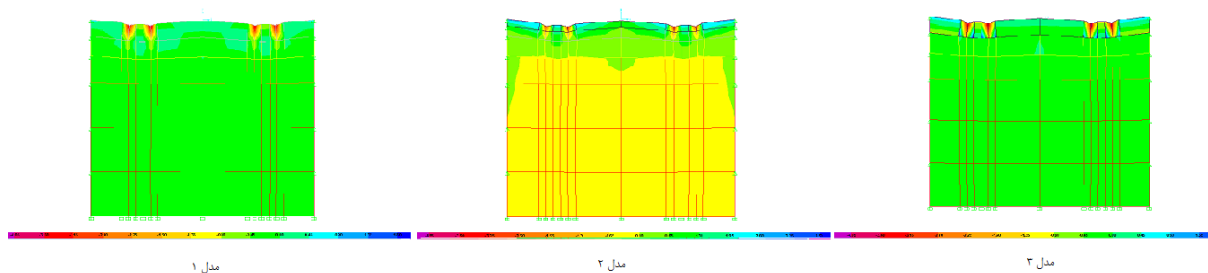
برای مقایسه ی نتایج تحلیل، ۴ پارامتر تنشهای ماکزیمم (از لحاظ جبری)، تنش های مینیمم (از لحاظ جبری) ، تنش صفحه ای S22 و S33 مد نظر قرار گرفته است. در شکل زیر مقایسه ی مدل های ۱ ، ۲ و ۳ نشان داده شده است.



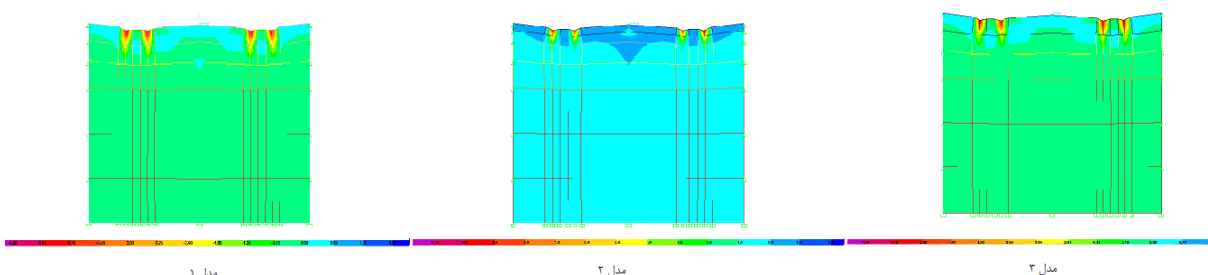
شکل ۱۰: تنش های S_{min} در سه مدل



شکل ۱۱: تنش های S_{max} در سه مدل



شکل ۱۲: تنش های S22 در سه مدل



شکل ۱۳: تنش های S33 در سه مدل

مقادیر تنش در سه مدل به طور خلاصه در جدول زیر ذکر گردیده است: (تمامی واحد ها kg/cm^2 است).

جدول ۳: مقادیر تنش محاسبه شده توسط نرم افزار در سه مدل

نوع تنش	Smin	Smin	Smax	Smax	S22	S22	S33	S33
نام مدل								
مدل ۱	-۹/۵۸۴	۰/۸۱۹	-۲/۲۸۳	۳/۶۱۶	-۴/۱۹۵	۱/۷۷۴	-۷/۰۵۵	۱/۸۳۷
مدل ۲	-۱۴/۳۷۷	۱/۱۹۰	-۴/۶۳۶	۴/۲۴۹	-۶/۷۳۵	۲/۰۶۵	-۱۱/۲۱۷	۲/۹۹۲
مدل ۳	-۹/۸۱۹	۱/۰۰۸	-۲/۲۴۲	۴/۰۶۵	-۴/۳۴۱	۲/۰۳۱	-۷/۱۹۰	۲/۱۲۶

۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج تحلیل اجزای محدود سه مدل مشاهده می شود مقادیر تنش S33 ، S22 ، Smax ، Smin در مدل ۲ از دو مدل دیگر حدود ۳۳٪ بیشتر است از طرفی نتایج دو مدل ۱ و ۳ بسیار به هم نزدیک می باشد که این موضوع مبین این است که در صورت استفاده از روش ترمیم تراش و روکش بر روی آسفالت قدیم بعلت بالاتر رفتن مدول برجهندگی میزان تنش های زیر چرخ و فصل مشترک لایه آسفالتی افزایش خواهد داشت. جالب توجه اینکه این موضوع تنها با فرض بار استاتیکی و تحلیل الاستیک با مصالح خطی بدست آمده است و چنانچه اثر دمای سطح روسازی، بار دینامیکی ترافیک به همراه مصالح غیر خطی نیز لحاظ گردد مطمئناً پاسخ روسازی بحرانی تر خواهد شد. مقایسه ی کانتور تنش در سه مدل نشان می دهد عمق موثر تنش در مدل ۱ و ۳ از عمق موثر تنش در مدل ۲ حدود ۱۵٪ بیشتر است ولی شدت تنش در مدل ۳ از دو مدل دیگر بیشتر می باشد. در نهایت با توجه به پاسخ های بدست آمده از تحلیل نرم افزار درمی یابیم استفاده از روش ترمیمی تراش و روکش آسفالت جدید بر روی آسفالت قدیم نه تنها مشکل کاهش تنش را حل نمی کند بلکه موجب افزایش شدت آن نیز می گردد. برای حل این مشکل استفاده از لایه های جاذب تنش در بین لایه های جدید و قدیم روسازی پیشنهاد می گردد.

طرفی چنانچه از روش برداشت کل لایه ی قدیم و اجرای لایه ی آسفالتی جدید استفاده گردد نیز تنش های بوجود آمده دارای اختلاف کمی با حالت آسفالت قدیم خواهد داشت که این موضوع مبین این است که این راهکار نیز مشکل روسازی خط BRT را حل نخواهد کرد و بایستی به دنبال راهکار دیگری همچون استفاده از روسازی مختلط به همراه لایه های جاذب تنش بود.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر ابراهیم صفا به دلیل راهنمایی های ارزنده ی ایشان در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می گردد.

مراجع

[1]Website: www.tctts.com

[۲] آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران (تجدید نظر اول)، نشریه ۲۳۴

[3] Huang, Y.H. (2004). "Pavement Analysis and Design". Pearson/Prentice Hall.

[4]Website: www.kinglong-bus.ir

[5]Al-qadi, I. scarpas,T. loizos,A. (2008). "pavement cracking". Crc press .

[۶] سرداری، ه. (۱۳۸۸). "کلید مدلسازی پیشرفته در sap2000". چاپ اول. انتشارات نشر علم عمران.