

تأثیر عبور وسایل نظامی بر رفتار سازه‌های خاکی - فولادی

سیروس کاظمی

کارشناس ارشد مهندسی عمران - ژئوتکنیک، گروه مهندسی عمران، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی،

مراغه، ایران

روزبه دبیری*

استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

Rouzbeh_dabiri@iaut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۸/۰۶/۱۳

چکیده

هدف تحقیق مطالعه بررسی رفتار استاتیکی پل خاکی - فولادی در نظر گرفته شده به عنوان پایه پل جهت عبور ادوات سنگین نظامی است. به این منظور، یک نمونه سازه خاکی - فولادی به شکل نعل اسبی با حداکثر دهانه ۹/۸۸ متر تحت بار گذاری وزن تانک طبق نشریه ۱۳۹ سازمان برنامه و بودجه به صورت استاتیکی مورد مطالعه قرار گرفته است. ورق‌ها بر اساس استاندارد کانادا (CHBDC) انتخاب شده است. در تحقیق حاضر، سه حالت تحلیل براساس تغییر نوع مصالح خاکریز، خصوصیات ورق سازه خاکی - فولادی و موقعیت بار وارده انجام گرفت. مدلسازی با نرم‌افزار پلاکسیس براساس تئوری روش اجزاء محدود انجام شده است. نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر نشان می‌دهد در خاک با خصوصیات ژئوتکنیکی مناسب (یعنی، با افزایش پارامترهای مدول الاستیسیته و زاویه اصطحاک داخلی) پایداری سازه بیشتر شده و نشست کمتری مشاهده می‌شود. همچنین در انتخاب نوع ورق در سازه خاکی - فولادی مشاهده شد هرچه صفحه فولادی دارای ضخامت بیشتر و انعطاف‌پذیری بالاتر باشد جهت کاربرد مناسب‌تر می‌باشد.

کلید واژگان: تانک، سازه خاکی-فولادی، پایداری، نشست، پل.

۱- مقدمه

مقیاس کوچکتر و طول دهنده کمی کمتر بوده است، بسیار کم می‌باشد و در خارج از کشور نیز با وجود این که روش قدیمی محسوب می‌شود ولی از سال ۲۰۰۴ میلادی به بعد با تغییرات ایجاد شده در روند طراحی آن و افزایش کارایی که داشته است، علی‌الخصوص در کشورهای پیشرفته دنیا رونق بسیار پیدا کرده است. لازم به ذکر است که جنبه تحقیقاتی این موضوع در کشورمان حتی پایین‌تر از حالت اجرایی آن بوده، تا جایی که فقط می‌توان به تألیف یک کتاب در این مبحث اشاره کرد و موضوع این تحقیق تاکنون بررسی نگردیده است. آمر (۲۰۱۲) در مطالعه خود ثابت نمود این نوع سازه‌ها از نظر قابلیت اجرایی و امکان‌پذیری به خوبی می‌توانند با سایر پل‌ها رقابت کنند به همین منظور در پژوهش خود به مطالعه‌ی مقایسه‌ای جامع برای دو روش طراحی شناخته شده از کشور اتحاد جماهیر شوروی سابق پرداخت، که این دو روش عبارتند از طراحی پترسون ساند گیوسیت (توسعه سوید) و روش طراحی کلوپو گلاک (توسعه در آلمان). وی به کمک نرم‌افزار محدود پلاکسیس و اندازه‌گیری‌های میدانی این دو روش را در قسمت‌های مختلف طراحی و اجرا مورد مقایسه قرار داد. هدف وی از این پژوهش مطالعه است و در مورد هیچ کدام از روش‌ها انتقاد نمی‌کند و یا به نفع هیچ کدام نظر نمی‌دهد بلکه برای اولین بار شرایطی فراهم می‌کند که از مقایسه بر اساس استدلال‌های علمی بین این دو روش بتوان به فلسفه‌ی طراحی و محدودیت‌های این سازه‌ها پی برد [۶]. همچنین ملت (۲۰۱۴) در تحقیق خود اقدام به بررسی پاسخ دینامیکی پل‌های ترکیبی خاکی- فولادی برای خطوط راه‌آهن جهت عبور قطارهای با سرعت بالا و زمان کوتاه با اندازه‌گیری میدانی و اندازه‌گیری‌های FEM و آنالیز آن‌ها نمود، اندازه‌گیری‌های میدانی انجام یافته متشکل از گونه فولاد، با تغییر مکان تاج عمودی و شتاب در سطح فولادی است و خصوصیات مواد خاک از طریق اندازه‌گیری‌های میدانی تخمین زده می‌شود [۷]. روش ارائه شده برای مدل سازی روش عددی بوده که در هر دو مدل 2D و 3D به صورت پیوسته پاسخ‌های اندازه‌گیری با هم مقایسه شده و به تأثیر مدول یانگ برای مصالح پل سازی توجه شده و رفتار پل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مقایسه‌ی نتایج FEM و اندازه‌گیری‌های میدانی اختلاف چندانی وجود ندارد فقط اختلاف قابل ملاحظه مربوط به تنش ایجاد شده در قسمت الیاف بالای تاج می‌باشد. در ادامه، به روند تحلیل صورت گرفته و نتایج بدست آمده اشاره شده است.

۲- روند طراحی سازه‌های خاکی- فولادی بر اساس استاندارد CHBDC

برخی از جزئیات استاندارد CHBDC (Canadian Highway Bridge Design Code) [۳] به دلیل آن‌که تنها آیین‌نامه‌ای است که محاسبات دینامیکی را در بارگذاری سازه‌های خاکی- فولادی در نظر گرفته است و برای طراحی سازه‌های بزرگ دهانه با پوشش خاکی کم، نسبت به سایر

با توجه به اهمیت ویژه‌ی پدافند غیرعامل در کشورهای مختلف دنیا و ضرورت توجه به آن در ایران، تلاش این تحقیق بر آن است که با استفاده از تکنولوژی روز دنیا گامی مثبت در جهت تحقق اهداف این سازمان پدافند غیر عامل کشور ایران بردارد و با پیشنهاد استفاده از سازه‌های فولادی- خاکی در ساخت جان‌پناه‌ها، زاغه مهمات و انبار ادوات نظامی و غیره که می‌توان در کمترین زمان ممکن و پایین‌ترین سطح هزینه به نتیجه مطلوب رسید. از آن جایی که در سازه‌های مد نظر سازمان پدافند غیرعامل بحث استتار و اختفا امری الزامی است، خاک متراکم روی سازه‌های فولادی- خاکی بدون ایجاد هزینه‌ی مضاعف می‌تواند کمک شایانی به این مسأله بکند. سازه‌های خاکی- فولادی سازه‌هایی هستند که شامل دو جزء اصلی فولاد و خاک می‌باشند. جزء فولادی به صورت صفحات موج‌دار می‌باشد که معمولاً به شکل حلقه و به عنوان اسکلت سازه عمل می‌نمایند. اندرکنش خاک و فولاد باعث پایداری و توزیع مناسب بارها در اطراف حلقه فولادی می‌گردد [۱ و ۲]. در سازه‌های خاکی- فولادی جز خاکی نقش عمده برابری را داشته و حلقه‌های فولادی باعث توزیع مناسب بارهای وارده به صورت شعاعی می‌گردد. تحت بارگذاری حلقه فولادی تمایل به تغییر شکل در جهت عرضی دارد لذا نیروهای جانبی خاک فعال شده و باعث جلوگیری از تغییر شکل حلقه فولادی می‌گردد. در نتیجه مجموعه در برابر بارهای قائم مقاومت می‌نماید [۳]. هومن و اسماعیلی (۲۰۱۹) رفتارهای پل‌های دینامیکی فولادی-خاکی با تحلیل دینامیکی به روش اجزاء محدود را با استفاده از نرم‌افزار آباکوس انجام دادند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که نیروهای داخلی قوس فولادی در حالت سه بعدی کوچکتر از وضعیت دوبعدی هستند [۴]. سمنا و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی تاثیر بافت سطحی بر روی پاسخ مقاومت خط اتصال ماسه-فولاد پرداختند. نتایج نشان دادند که الگوی بافتی مقاطع فولادی به طور قابل توجهی بر مقاومت برشی ماسه-فولاد اثر می‌گذارد [۵]. در ایران قدمت سازه‌های خاکی- فولادی به سال ۱۳۵۳ برمی‌گردد که در محورهایی چون تهران- گرمسار- شاهرود بعنوان آبروهای کوچک اجرا شده است. از آن سال، صفحات فولادی موج‌دار برای کاربردهای مختلفی چون سیلوها، سنگرها و آبروهای راه و راه‌آهن استفاده شده است. صفحات فولادی موج‌دار به لحاظ کاربرد، به سه دسته عمده تقسیم می‌شوند: ۱) صفحات فولادی CSP صفحاتی که عمدتاً برای سازه‌های کوچک تا دهانه ۸ متر کاربرد دارد. ۲) صفحات فولادی CSMP، صفحاتی هستند که برای سازه‌های با دهانه‌ی متوسط و بزرگ کاربرد دارند. ۳) صفحات فولادی DCSMP، صفحاتی هستند که برای سازه‌های با دهانه‌های متوسط و بزرگ کاربرد دارند. ۴) صفحات پوششی، صفحاتی هستند که جهت مقاوم‌سازی پل‌ها، احداث تونل و یا احداث زیرگذر درحال بهره‌برداری استفاده می‌شوند. تعداد پروژه‌های اجرا شده با ورق‌های فلزی موج‌دار در داخل کشور که با

مطالعه بصورت موهر- کولمب در نظر گرفته شد. همچنین ضریب اندرکنش بین سازه خاکی- فولادی و خاکریز اطراف آن برابر ۰/۳ فرض شده است. همچنین بار تانک وارده در تحلیل طبق نشریه شمار ۱۳۹ سازمان برنامه و بودجه [۹] بصورت گسترده با شدت ۷۰۰ کیلو نیوتن و به ابعاد ۳/۵ متر در ۲/۶ متر در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- مشخصات لایه‌های خاکی مورد مطالعه

نوع خاک	E (kN/m ²)	φ°	C (kN/Cm ²)	γ (kN/m ³)
A	۱۰۰۰۰۰	۳۰	۳۰	۱۶
B	۵۰۰۰۰۰	۴۰	۱۰	۱۸
C	۳۰۰۰۰۰	۳۵	۲۰	۱۷

جدول ۲- مشخصات هندسی صفحات سازه خاکی- فولادی مورد مطالعه طبق استاندارد CHBDC

نام صفحه	نوع	ابعاد (میلیمتر)	سطح مقطع (Cm ²)	ضخامت (mm)
Plate A	DCSMP	۳۸۱ × ۱۴۱	۳/۷۲	۲/۶۶
Plate B	DCSMP	۳۸۱ × ۱۴۱	۹/۸۱	۷/۰۱
Plate C	DCSMP	۴۰۰ × ۱۵۰	۹/۶۴۰	۷

۱-۳- صحت‌سنجی

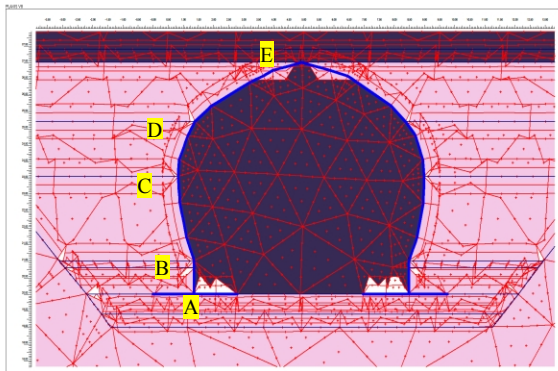
در تحقیق حاضر، از مدل هندسی ارائه شده توسط جبار علی ذاکری در سال ۲۰۰۹ جهت صحت‌سنجی استفاده گردید (شکل ۱) [۸] و با کمک نرم‌افزار پلاکسیس در فضای دو بعدی مدل‌سازی شده و نتایج خروجی بدست آمده با مقادیر موجود در مقاله مقایسه شد. لازم بذکر است که در این مدل وزن قطار بصورت یک بار متمرکز به میزان ۲۵ تن در مرکز قوس سازه خاکی- فولادی اثر داده شده است و مقادیر تغییر مکان‌های قائم در نقاط A، B، C، D، E و F اندازه‌گیری شد و نتایج بدست آمده طبق اشکال زیر بیان‌کننده دقت نرم‌افزار مورد استفاده می‌باشد.

استانداردها ارجحیت دارد، در این بخش ارائه شده است. در طراحی سازه‌های خاکی - فولادی گروه قوسی (انواع اشکال سازه‌های خاکی - فولادی به غیر از شکل جعبه‌ای) با دانستن مشخصات هندسی سازه و شرایط پروژه موارد ذیل بایستی محاسبه و کنترل گردد:

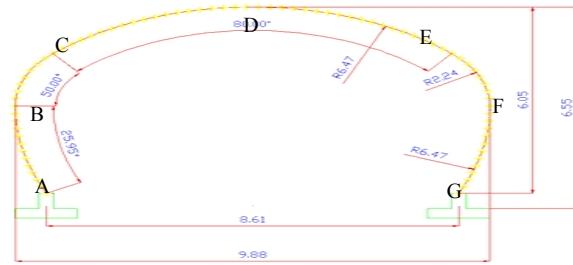
(۱) فرض اولیه برای پروفیل و ضخامت پروفیل، (۲) محاسبه ضخامت مؤثر، (۳) کنترل حداقل پوشش خاکی مورد نیاز روی تاج سازه، (۴) بارگذاری و محاسبه بار کل ناشی از ترکیب بار مرده و بار زنده، (۵) محاسبه تنش فشاری وارد بر سازه، (۶) محاسبه مقاومت فشاری جزء فولادی سازه، (۷) کنترل مقاومت درزها، (۸) کنترل مقاومت سازه در برابر بارهای ناشی از عملیات اجرایی و (۹) تکرار مراحل فوق با ضخامت و پروفیل جدید در صورتی که سازه در هر یک از کنترل‌ها از مقاومت کافی برخوردار نباشد [۸].

۳- مدلسازی

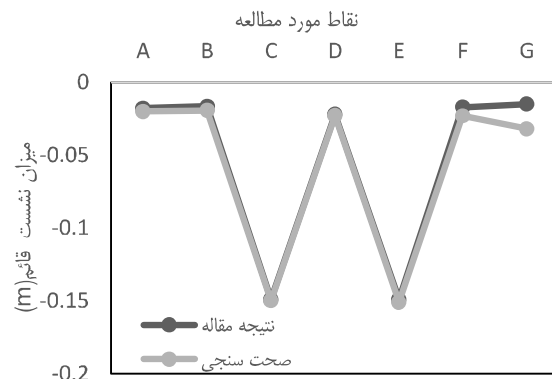
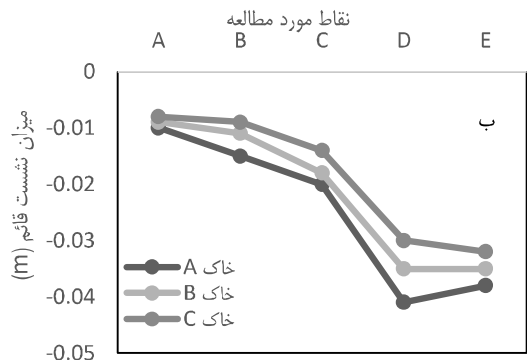
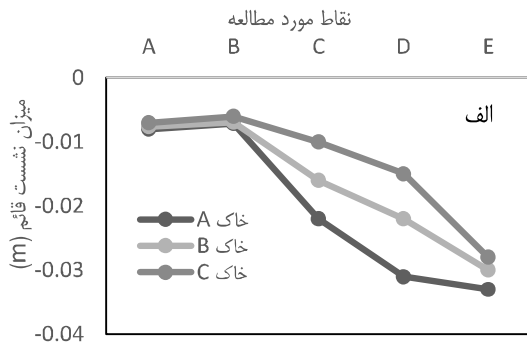
در تحقیق حاضر، یک سازه خاکی- فولادی در عمق ۱/۵ متر در زیر سطح زمین در نظر گرفته شده است. نوع سازه، از گروه سازه‌های فولادی- خاکی با پروفیل‌های پیش ساخته است. مشخصات هندسی مدل مورد نظر متشکل از صفحات فولادی موج‌دار به شکل نعل اسبی است که دهانه آن در پایین ۸/۶۱ متر و حداکثر دهانه آن ۹/۸۸ متر می‌باشد. ارتفاع سازه از پای صفحات تا زیر تاج سازه ۶/۰۵ متر است. ارتفاع دیواره پی ۳/۳۲ متر و ضخامت پی ۰/۷۵ متر است. حداقل ارتفاع خاکریز لازم جهت بهره‌برداری ۱/۵ متر می‌باشد. سازه خاکی - فولادی بر اساس استاندارد CHBDC طراحی شده و مشخصات فوق بر مبنای طراحی انجام شده محاسبه گردیده است. در این پژوهش، سه مرحله تحلیل انجام گرفته است. در حالت اول، با متغیر قرار دادن نوع خاک منتخب به بررسی رفتار سازه در حالت استاتیکی در هنگام عبور یک تانک مطالعه شده است. سازه خاکی - فولادی مورد نظر با هندسه و مشخصات مشخص شده در جدول (۲) با شرایطی برابر و فقط با ایجاد تغییرات در نوع خاک با توجه به جدول (۱) در سه قسمت از نقاط بحرانی کل سیستم و البته به خاطر تقارن آن فقط در سمت چپ سیستم بررسی شده است و نشست قائم، تنش کل و جابجایی کل ارزیابی شده است. در حالت دوم، همین بررسی را با متغیر قرار دادن نوع ورق‌های سازه فولادی- خاکی مدل‌سازی گردیده است. در این بخش رفتار استاتیکی سازه را با ایجاد تغییر در نوع ورق‌ها و ثابت نگه داشتن بقیه فاکتورها و با در نظر گرفتن پوشش خاکی از جنس رس بر روی قوس فلزی آن مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که سازه‌ی نمونه جزء سازه‌های متوسط و بزرگ می‌باشد به اجبار پروفیل‌ها از گروه صفحات فولادی DCSMP انتخاب شده است که سه نوع ورق با ضخامت‌های مختلف به عنوان نمونه انتخاب و مدل‌سازی شدند. در حالت سوم که به طور مقایسه‌ای سه نوع خاک منتخب را به ترتیب با هر سه نوع ورق مورد مطالعه قرار گرفت. لازم بذکر است، نوع رفتار خاک‌های مورد



شکل ۳- مقطع هندسی مدل و نقاط مورد مطالعه در تحقیق حاضر.



شکل ۱- مشخصات هندسی مقطع مورد استفاده جهت صحت سنجی



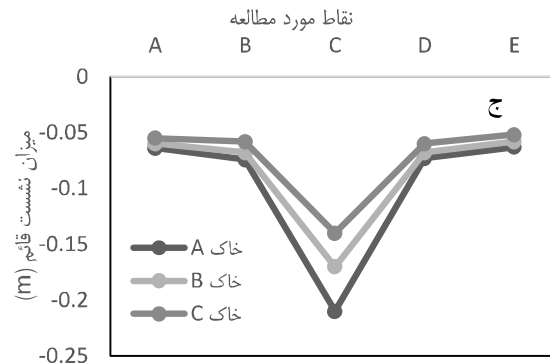
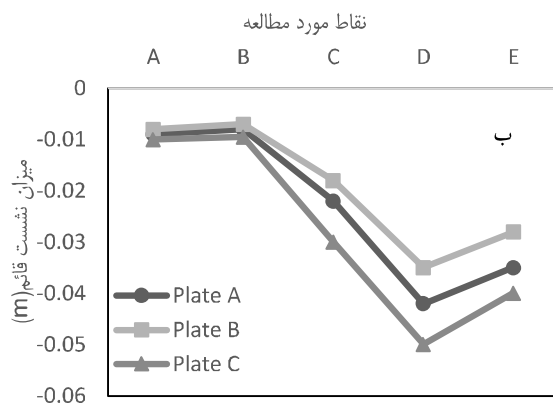
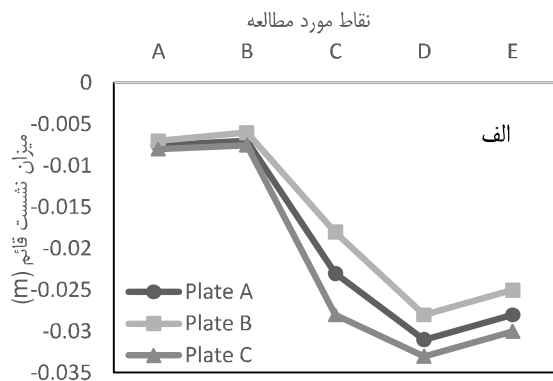
شکل ۲- مقایسه مقادیر حاصل از مقاله مورد استفاده جهت صحت سنجی با نتایج بدست آمده از نرم افزار مورد استفاده.

۲-۳- نتایج بدست آمده از تحلیل

۱- در مرحله اول، سازه خاکی- فولادی مورد نظر با هندسه و مشخصات مشخص شده در جدول (۲) با شرایطی برابر و فقط با ایجاد تغییرات در نوع خاک در سه حالت (طبق جدول ۱)، میزان نشست قائم در پنج نقطه A, B, C, D, و E که در شکل (۳) مشخص شده است در اثر عبور یک تانک در سه مرحله شامل: الف- در اول مسیر و قبل از رسیدن به ترانشه، ب- در اول ترانشه، ج- قرارگیری تانک بر روی تاج سازه اندازه گیری شده است. با توجه به تقارن، نتایج بدست آمده از بخش سمت چپ مدل استخراج گردیده است. لازم بذکر است در این مرحله، با توجه به نتایج تحلیل مشاهده شد سازه های خاکی- فولادی با ورق های نوع A و C، در اثر عبور بار تانک دچار گسیختگی و ناپایداری گردیدند. بنابراین نتایج بدست آمده براساس کاربرد ورق B که جوابگو بوده است. مقادیر نشست قائم سازه خاکی- فولادی در شکل (۴) ارائه شده است.

بایستی خاکریز نزدیک به نقطه C مقاوم‌سازی و تقویت گردد تا بتواند تغییر شکل ایجاد شده را محدود نماید.

۳- در مرحله سوم، مطابق شکل (۶)، بار تانک بر روی تاج سازه خاکی- فولادی در نظر گرفته شده و رفتار سازه خاکی- فولادی با انواع ورق‌ها (براساس جدول (۲)) در شرایطی که نوع مصالح خاکریز (طبق جدول (۱)) تغییر می‌یابد ارزیابی شده است. نتایج بدست آمده در ۵ نقطه A, B, C, D, E مشابه حالت‌های قبل ارزیابی شده و در نمودارهای شکل (۷) ارائه شده است.

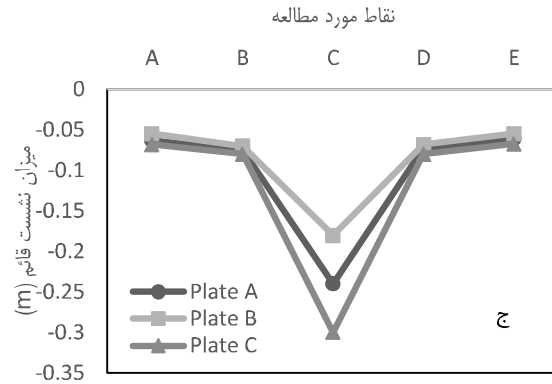
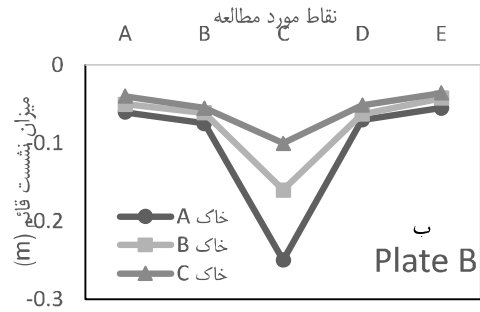


شکل ۴- نمودار مقایسه‌ای تغییرات نشست قائم سازه خاکی- فولادی، الف- بار تانک در اول مسیر قبل از ترانشه، ب- بار تانک در اول ترانشه، ج- بار تانک بر روی تاج.

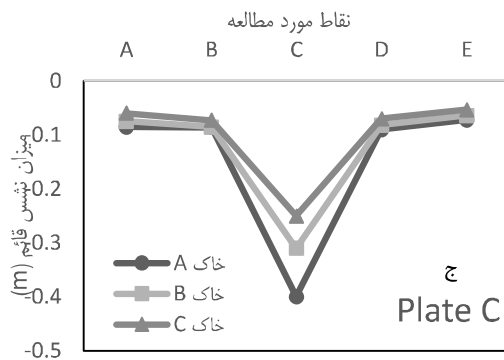
با توجه به نمودارهای بدست آمده می‌توان دریافت بدلیل آنکه خاک نوع C دارای پارامترهای ژئوتکنیکی بالایی می‌باشد، بنابراین در اثر عبور تانک از روی سازه خاکی- فولادی باعث شده است که تغییر مکان‌های قائم کمتری در نقاط مورد مطالعه در سازه خاکی- فولادی بوجود آید. از سوی دیگر، می‌توان براساس نتایج بدست آمده بیان نمود هرچه موقعیت تانک به سازه خاکی- فولادی نزدیک می‌شود، مقدار تغییر شکل‌های قائم بیشتری بوقوع می‌پیوندد. همچنین، هنگامیکه تانک بر روی تاج سازه خاکی- فولادی قرار دارد، مشاهده می‌شود بیشترین تغییر مکان در نقطه C بوقوع می‌پیوندد که این شرایط ناشی از انعطاف‌پذیری سازه مورد نظر می‌تواند باشد. اگرچه در این زمینه بایستی مطالعات گسترده‌تری صورت گیرد.

۲- در مرحله دوم تحلیل، مشخصات هندسی سازه خاکی- فولادی با توجه به جدول (۲) در سه حالت انتخاب شده و نوع خاک C با توجه به اینکه دارای مشخصات ژئوتکنیکی مناسب تری است در تحلیل سازه مورد نظر اختیار گردید. در این مرحله نیز میزان نشست قائم در اثر عبور تانک در سه مرحله مشابه حالت قبل در ۵ نقطه A, B, C, D, E ارزیابی گردید و تغییرات نشست قائم در سازه خاکی- فولادی تحت اثر بار وارده طبق نمودارهای شکل (۵) قابل مشاهده می‌باشد.

با مشاهده نمودارهای شکل (۵) می‌توان دریافت، در تمامی مراحل بارگذاری ورق B مناسب‌ترین رفتار را ارائه نموده و کمترین میزان نشست قائم در نقاط مورد مطالعه در سازه خاکی- فولادی بوقوع پیوسته است. همچنین، با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود طبق نمودار شکل (۵-ج) هنگامیکه تانک بر روی تاج سازه قرار می‌گیرد، بیشترین نشست قائم در نقطه C بوجود می‌آید. این شرایط بیان‌کننده آن است که



شکل ۵- نمودار مقایسه‌ای تغییرات نشست قائم سازه خاکی- فولادی، الف- بار تانک در اول مسیر قبل از ترانشه، ب- بار تانک در اول ترانشه، ج- بار تانک بر روی تاج.

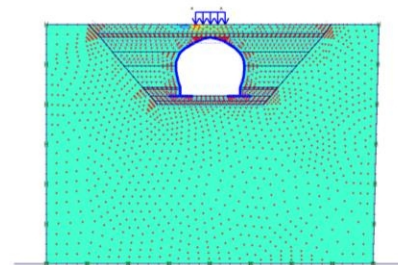


شکل ۷- نمودار مقایسه‌ای تغییرات نشست قائم سازه خاکی- فولادی در اثر قرارگیری تانک بر روی تاج، الف- Plate A، ب- Plate B، ج- Plate C.

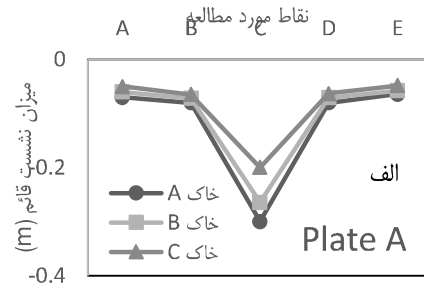
با مشاهده نمودارهای شکل (۷) می‌توان دریافت، ورق B در مقایسه با ورقهای دیگر دارای مقاومت و توانایی باربری بالایی می‌باشد. همچنین، خاک A با توجه به اینکه از نظر خصوصیات ژئوتکنیکی دارای شرایط ضعیف می‌باشد، بیشترین میزان تنش قائم در آن بوقوع می‌پیوندد. از سوی دیگر، همانطور که دیده می‌شود در بین نقاط مورد مطالعه، مشابه نتایج قبل بیشترین میزان نشست قائم در نقطه C دیده می‌شود که به احتمال زیاد ناشی از انعطاف‌پذیری سازه خاکی- فولادی است که در این وضعیت ورق B بدلیل خصوصیات مکانیکی آن باعث ایجاد کمترین مقدار نشست قائم گردیده است.

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

سازه‌های خاکی-فولادی، سازه‌هایی هستند که شامل دو جزء اصلی فولاد و خاک می‌باشند. جزء فولادی بصورت صفحات موجدار بوده که معمولاً شکل حلقه و بعنوان اسکلت سازه عمل می‌نماید. اندرکنش بین خاک و فولاد باعث پایداری و توزیع مناسب بارها در اطراف حلقه فولادی می‌گردد. در این تحقیق سعی شده است امکان کاربرد سازه خاکی-فولادی به عنوان پایه پل در هنگام عبور ادوات نظامی همچون تانک مورد بررسی قرار گیرد. نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر را می‌توان بشرح ذیل بیان نمود:



شکل ۶- تصویر مدل عددی مورد استفاده در مرحله سوم تحلیل در تحقیق حاضر.



Bridges Affected by Trains. Journal of Civil and Environmental Engineering, Vol. 39(1), pp.69-74.

[۹]- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، آئین‌نامه بارگذاری پلها، نشریه شماره ۱۳۹، ۱۳۷۹.

۱- هرچه خاک اطراف سازه خاکی- فولادی بصورت دانه‌ای و متراکم تر (یعنی با تراکم نسبی بالا) در نظر گرفته شود، میزان نشست و تغییر شکل سازه ناشی از عبور تانک کاهش می یابد.

۲- هرچه صفحات و ورق‌های مورد استفاده در سیستم سازه‌ای خاکی- فولادی دارای ضخامت بیشتر و انعطاف‌پذیری بالایی باشد سبب پایداری بیشتر می‌گردد.

۳- در تمام نتایج حاصل از مدلسازی مشاهده شد، در هنگام عبور تانک بیشترین تغییر مکان در نقطه C سازه خاکی- فولادی یعنی بخش میانی آن بوقوع پیوسته است. بنابراین در هنگام اجرای سازه خاکی- فولادی حتماً بایستی تمهیداتی همچون متراکم نمودن بیشتر خاک اطراف و یا افزایش ضخامت صفحات در آن منطقه خاص مدنظر قرار گیرد.

نتیجتاً در تحقیق حاضر، رفتار سازه خاکی- فولادی بصورت استاتیکی در نظر گرفته شد و بار وارده ناشی از وزن تانک بصورت گسترده خطی وارد شد. پیشنهاد می‌گردد، در تحقیقات آینده رفتار دینامیکی مورد ارزیابی قرار گرفته و اثر بار انفجار در سازه‌های خاکی- فولادی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

۵- مراجع

- [1]- Abdel-Sayed, G. and Bakht, B. (1993). Soil-Steel Bridges, Design and Construction, Chapter 4, McGraw-Hill Pub. Co., New York.
- [2]- Bakht, B., Jaeger, L.G. (1993). Soil-steel Bridges, Design and construction, McGraw-Hill Pub, New York.
- [3]- Moser, P. (1993). Buried Pipe Design. McGraw-Hill, 2nd English edition.
- [4]-Hoomaan, E., Esmaili, M. (2019). Numerical Seismic Analysis of Railway Soil-Steel Bridges. arXiv preprint arXiv:1901.00940.
- [5]-Samanta, M., Punetha, P., & Sharma, M. (2018). Influence of surface texture on sand-steel interface strength response. Géotechnique Letters, 8(1), pp.40-48.
- [6]- Amer, W. (2012). Soil Steel Composite Bridges: A comparison between the Pettersson-Sundquist design method and the Klöppel & Glock design method including finite element modelling, Master of Science Thesis Stockholm.
- [7]- Mellat, P., Andersson, A., Pettersson, L., and Karoumi, R. (2014). Dynamic behaviour of a short span soil-steel composite bridge for high-speed railways-Field measurements and FE- analysis. Engineering Structures, Vol.69, pp.49-61.
- [8]. Zakeri Jabbar, A., Esmaili, M., Haji Abdul Razzaq, P. (2009). Static Analysis of Steel Pavement

Effects of Military Vehicles on the Behavior of Soil-Steel Structures

Sirous Kazemy

M.Sc. of Geotechnical Engineering, Department of Civil Engineering, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran

Rouzbeh Dabiri

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Abstract:

Main idea of present research is evaluation of statically behavior of soil -steel structures under military vehicles loading. For this purpose, a soil-steel structure with horseshoe shape profile with maximum span equal to 9.88 meters considered. According to Code No.139 Tank weight affected on numerical model. Plates dimensions based on CHBDC code were selected. In present study, analyses in three position were performed. These positions are based on variations of earth fill, types of soil-steel structure plates and location of loading. Numerical analysis was carried out by Plaxis program in 2D condition and according to finite element method. Results of this study showed that, in soil with suitable geotechnical properties (i.e. increasing elastic modulus and internal friction angle), stability of soil-steel structure go up and settlement values decreases. Also, types of plate in soil-steel structure can be effective in behavior. So that, plates with high thickness and more flexibility is useful for application in soil-steel structure.

Keywords: Tank, Soil-steel structure, Stability, Settlement, Bridge.