

مقدمه ای بر سازه های خاکی - فولادی

تالیف و تدوین:

دکتر جبار علی ذاکری (عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)
دکتر مرتضی اسماعیلی (عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)
مهندس پریسا حاجی عبدالرزاق (کارشناس ارشد خط و سازه های ریلی)

سرشناسه	ذاکری سردرودی، جبارعلی، ۱۳۴۹ -
عنوان و نام پدیدآور	مقدمه‌ای بر سازه‌های خاکی- فولادی / تالیف و تدوین جبارعلی ذاکری، مرتضی اسماعیلی، پریسا حاجی‌عبدالرزاق.
مشخصات نشر	تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری	۳۹۸ ص. : مصور، جدول، نمودار.
فروست	انتشارات خواجه نصیرالدین طوسی : ۲۵۲.
شابک	۵۷۵۰۰ ریال : 978-964-8703-66-5
وضعیت فهرست نویسی: فیبا	
یادداشت	یادداشت
یادداشت	یادداشت
موضوع	موضوع
موضوع	موضوع
موضوع	موضوع
شناسه ورود	شناسه ورود
شناسه افزوده	شناسه افزوده
شناسه ورود	شناسه ورود
رده بندی کنگره	رده بندی کنگره
رده بندی دیویی	رده بندی دیویی
شماره کتابشناسی	شماره کتابشناسی
ملی	ملی

نام کتاب: مقدمه‌ای بر سازه‌های خاکی- فولادی

تالیف و تدوین: جبارعلی ذاکری، مرتضی اسماعیلی، اعضاء هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران،

پریسا حاجی‌عبدالرزاق، کارشناس ارشد خصلت و سازه‌های ریلی.

ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: بهمن ۱۳۸۸

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۵۷۵۰ تومان

کد کتاب: ۲۵۲

ISBN: 978-964-8703-66-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۷۰۳-۶۶-۵

لیتوگرافی چاپ و صحافی: امیر نقش

تلفن مرکز پخش: ۸۸۷۷۲۲۷۷ (۰۲۱)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

پیشگفتار

تجربه ارزنده کشور در سال های اخیر در راستای اجرای انواع مختلف پل های فلزی و بتنی راه و آهن نشانگر توانایی بالایی متخصصین داخلی در ارائه خدمات مهندسی در این زمینه می باشد. در تردید توسعه ایجاد شده در این زمینه مرهون تلاشهای انجام شده توسط متخصصین مختلف در انتقال تکنولوژی اجرا و در تعیین ابزار و روشهای طراحی برای جامعه مهندسان کشور بوده است. این مساله درخصوص پل های متعارف اجرا شده در کشور به خوبی صورت گرفته است چراکه وجود منابع متعدد فارسی در زمینه طراحی پل های بتنی و فلزی نهد ماهدن بر این مدعا است.

در این میان ابداع و توسعه نسل جدیدی از پلها تحت عنوان پل های خاکی- فولادی از دهه ۹۰ قرن نوزدهم میلادی، باب تازه ای درخصوص پلها، به سیستم جدیدی از پلها را فرا راه جامعه مهندسی قرار داده است. پل های خاکی- فولادی عملاً ضمن سازگاری با محیط زیست با استفاده از اندرکنش ورق های فولادی موبدار با خاک متراکم اطراف، شرایط باربری را فراهم آورده و قابلیت استفاده به عنوان پل های راه و راه آهن را ایجاد نموده است. این پلها هم اکنون به طور وسیعی در کانادا، آمریکای شمالی، برزیل، اروپا، آفریقای جنوبی و خاور دور بکار می رود و استانداردهای متعددی همچون آستو، BS، CALTRANS، CHBDC (Canadian Highway Bridge Design Code) جهت طراحی و اجرا و نیز ASTM برای مشخصات نورد پروفیل های پل های خاکی- فولادی ارائه گردیده است.

سابقه بکارگیری این پلها در ایران به ۴۰ سال پیش بر می گردد که در آن زمان از این سیستم برای اجرای آبروها مورد استفاده قرار گرفته است. در سالهای اخیر این سیستم

به عنوان پل راه در شهرهای مختلف کشور در حال اجرا می باشد. در این راستا عدم وجود مجموعه یکپارچه ای که بتواند در سطح قابل قبولی نیازهای جامعه مهندسی کشور را به اصول طراحی، اجرا، پایش و تعمیر و نگهداری این نوع سازه ها برآورده سازد، انگیزه اصلی را برای ترجمه و تالیف کتاب حاضر فراهم آورده است.

کتاب حاضر مجموعه ای از استانداردهای طراحی، کتابهای راهنما و مقالات معتبر علمی در خصوص تحلیل، طراحی و اجرای سازه های خاکی- فولادی و همچنین مثالهای تحلیل و طراحی تدوین شده توسط مولفین می باشد. این کتاب شامل سه بخش اصلی و مشتمل بر نه فصل است. در بخش اول به معرفی سازه های خاکی- فولادی پرداخته شده است. بخش دوم حاوی مفاهیم تحلیل، طراحی و اجرای سازه های خاکی- فولادی بوده و در بخش سوم، اصول مبتنی بر مسائل و مشکلات مهندسی خاص این سازه و راهکارهای آن ارائه شده است. در نگارش این کتاب با تکیه بر تجربه علمی و اجرایی مولفین، با تبیین فصل بندی فنی الزامات و ارائه مثالهای تحلیل و طراحی یک نمونه پل خاکی- فولادی تلاش شده است تا روند آموزشی آن، این کتاب را به مجموعه ای کاربردی برای مهندسین مشاور و دانشجو، مقطع کارشناسی ارشد مهندسی عمران در زمینه تحلیل و طراحی پل ها تبدیل نماید. در ترجمه بخش های مختلف کتاب تلاش شده است تا با رعایت امانت داری، اصطلاحات تخصصی بکار برده شده در زمینه سازه های خاکی- فولادی با ادبیات رایج موجود در کشور تطبیق داده شود.

در پایان لازم است از همکاری جناب آقای دکتر نیکخواه سرپرست محترم انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، همکاران دانشگاه علم و صنعت ایران و نیز همکاری شرکت اطلس سابط که اطلاعات فنی آن شرکت اولین سنگ های بنای این کتاب را تشکیل داده است، تشکر و قدردانی شود. از آنجا که کتاب حاضر اولین کتاب فارسی در زمینه سازه های خاکی- فولادی می باشد، بدیهی است از خطا و لغزش مبرا نبوده از این رو، راهنمایی صاحب نظران عزیز جهت اعمال اصلاحات در ویرایش های

آتی این کتاب مزید امتنان خواهد بود. در پایان امید است این تلاش کوچک مقبول
طبع دانشگاهیان و مهندسين مشاور واقع گردد.

و من ا... توفیق

دکتر جبار علی ذاکری

دکتر مرتضی اسماعیلی

مهندس پریسا حاجی عبدالرزاق

تهران - دانشگاه علم و صنعت ایران

زمستان ۱۳۸۸

www.ketab.ir

فهرست مطالب

۱	بخش اول: مقدمه ای بر سازه های خاکی- فولادی
۳	۱- تاریخچه و معرفی سازه های خاکی- فولادی
۳	۱-۱- مقدمه
۶	۱-۲- تاریخچه
۸	۱-۳- انواع صفحات فولادی موجدار
۱۸	۱-۴- انواع اسکال و ابعاد سازه های خاکی- فولادی
۲۰	۱-۵- انواع اتصال صفحات
۲۰	۱-۵-۱- اتصال صفحه به صفحه
۲۲	۱-۵-۲- اتصال حلقه های متوالی
۲۳	۱-۶- تمهیدات محافظت از دهانه های سازه
۲۷	۱-۷- مزایا و محدودیت های سازه های خاکی فولادی
۲۸	۱-۷-۱- مقایسه کلی پلهای خاکی- فولادی و سازه- های صلب بتنی
۲۸	۱-۷-۲- مقایسه مصالح و ماشین آلات مورد نیاز
۲۹	۱-۷-۳- مقایسه زمان اجرای پلهای خاکی- فولادی و پلهای بتنی
۳۰	۱-۷-۴- مقایسه رفتار پلهای خاکی- فولادی و پلهای بتنی در برابر زلزله
۳۱	۱-۷-۵- سازه های خاکی فولادی از دیدگاه زیست- محیطی

۲- شکل های خاص سازه های خاکی - فولادی ۳۵

۳۵ ۱-۲ مقدمه

۳۶ ۲-۲ تمهیدات خاص برای کاهش نیروهای وارد بر دیواره سازه

۳۸ ۱-۲-۲ سوراخ های لوبیایی پیچ

۴۴ ۲-۲-۲ قطعات فشاری

۴۸ ۳-۲-۲ دالهای کمکی

۵۰ ۳-۲ تمهیدات ویژه برای مسلح کردن دیوارهای سازه

۵۰ ۱-۳-۲ تقویت کننده های عرضی

۵۷ ۲-۳-۲ سیستم آبرو تیر - قوسی (ABC)

۵۹ ۳-۲-۲ سیستم پل مدفون قوسی بتنی (CABB)

۶۴ ۴-۳-۲ تقویت کننده های طولی

۶۶ ۴-۲ تمهیدات ویژه تقویت کننده های

۶۶ ۱-۴-۲ بتن ریزی پست بخش پایینی دیواره ها

۶۹ ۲-۴-۲ مصالح کم مقاومت کنترل شده (CLSM)

۷۷ ۳-۴-۲ تقویت خاک با ورق های فولادی

۸۰ مراجع

۸۳ بخش دوم: روش های تحلیل، طراحی و اجرای سازه های خاکی - فولادی

فولادی

۳- روش های تحلیل سازه های خاکی - فولادی ۸۵

۸۵ ۱-۳ مقدمه

۸۵ ۲-۳ روش های حل به فرم بسته

۸۶ ۱-۲-۳ تئوری یاز مارستون

۸۹ ۲-۲-۳ روش تغییر شکل حلقه

۸۹	۳-۲-۳- روش فشار حلقه
۹۳	۳-۲-۴- قاب صفحه ای روی تکیه گاه الاستیک
۹۶	۳-۳- روشهای تحلیل عددی
۹۶	۳-۳-۱- روش اجزاء محدود
۱۰۱	مراجع
۱۰۳	۴- روش ها و استانداردهای طراحی سازه های خاکی- فولادی
۱۰۳	۱-۱- مقدمه
۱۰۵	۲-۶- روش AISI
۱۰۶	۲-۴- محدودیت های طراحی
۱۰۷	۲-۱- روش طراحی
۱۱۱	۳-۴- روش استاندارد CHBDC
۱۱۱	۴-۳-۱- محدودیت های طراحی
۱۱۲	۴-۳-۲- روش طراحی
۱۱۶	۴-۴- روند مقایسه
۱۱۷	۴-۵- ضرایب مؤثر بر نتایج
۱۱۹	۴-۶- نتایج
۱۲۷	۴-۷- نتیجه مقایسه استاندارد AISI و CHBDC
۱۲۸	مراجع
۱۳۱	۵- روند طراحی سازه های خاکی- فولادی
۱۳۱	۵-۱- مقدمه
۱۳۲	۵-۲- روند طراحی سازه های خاکی- فولادی گروه قوسی
۱۳۳	۵-۲-۱- محاسبه ضخامت مؤثر
۱۳۴	۵-۲-۲- بارگذاری
۱۳۹	۵-۲-۳- ضرایب مقاومت

۱۴۰ ۴-۲-۵ محاسبه تنش فشاری کل وارد بر صفحات

فولادی موجدار

۱۴۱ ۵-۲-۵ محاسبه مقاومت فشاری

۱۴۳ ۶-۲-۵ محاسبه مقاومت درز

۱۴۶ ۷-۲-۵ محاسبه مقاومت مورد نیاز حین اجرا

۱۴۸ ۳-۲-۵ روند طراحی سازه های خاکی - فولادی جعبه ای

۱۴۹ ۱-۳-۵ محاسبه ضخامت موثر

۱۴۹ ۲-۳-۵ بارگذاری

۱۵۳ ۳-۳-۵ ضرایب مقاومت

۱۵۴ ۲-۳-۵ محاسبه ظرفیت خمشی پلاستیک صفحات

۱۵۴ ۵-۳-۵ محاسبه مقاومت درز

۱۵۵ ۴-۵ مثال عملی طراحی و تحلیل یک نمونه پل خاکی -

فولادی راه آهن

۱۵۵ ۱-۴-۵ طراحی آیین نامه ای

۱۷۶ ۲-۴-۵ تحلیل پل به روش اجزاء محدود

۱۸۹ ۵-۵ مثال عملی طراحی و تحلیل یک نمونه پل خاکی -

فولادی راه

۱۸۹ ۱-۵-۵ طراحی آیین نامه ای

۱۹۸ ۲-۵-۵ تحلیل پل به روش اجزاء محدود

۲۱۰ مراجع

۲۱۳ ۶- اجرای سازه های خاکی - فولادی

۲۱۳ ۱-۶ مقدمه

۲۱۳ ۲-۶ آماده سازی بستر

۲۱۴ ۱-۲-۶ آماده سازی بستر لوله های خاکی - فولادی

- ۲۲۰- ۳-۶ اجرای فونداسیون سازه های قوسی
- ۲۲۱- ۴-۶ جا بجایی و نصب صفحات
- ۲۲۱- ۱-۴-۶ جابه جایی
- ۲۲۲- ۲-۴-۶ نصب صفحات
- ۲۲۵- ۳-۴-۶ نیروی انسانی مورد نیاز
- ۲۲۵- ۴-۴-۶ ابزار مورد نیاز نصب صفحات
- ۲۲۷- ۱-۶ خاکریزی
- ۲۲۷- ۱-۵-۶ مشخصات مصالح خاکریز
- ۲۲۹- ۲-۵-۶ روش صحیح پخش مصالح خاکریز
- ۲۳۲- ۳-۱-۶ خاکریزی تاج سازه
- ۲۳۳- ۴-۵-۶ خاکریزی بین سازه های چند دهانه
- ۲۳۵- ۵-۵-۶ خاکریزی نهال
- ۲۳۵- ۶-۶ تراکم
- ۲۳۶- ۱-۶-۶ روش های تراکم
- ۲۳۷- ۲-۶-۶ وسایل تراکم دستی
- ۲۳۷- ۷-۶ کنترل شکل سازه حین اجرا
- ۲۳۹- ۸-۶ اجرای دیوارهای پیشانی
- ۲۳۹- ۹-۶ زهکشی خاک اطراف سازه
- ۲۴۱- ۱۰-۶ بازسازی و تقویت پلها با استفاده از صفحات فولادی
موجدار
- ۲۴۲- ۱-۱۰-۶ روش اجرا
- ۲۴۴- ۱۱-۶ روش احداث زیرگذر زیر خطوط در حال بهره برداری
- ۲۴۶- مراجع

بخش سوم: مشکلات و راهکارها ۲۴۷

۷- محاسبات دوام و خوردگی سازه های هیدرو لیک خاکی - ۲۴۹

فولادی

۷-۱- مقدمه ۲۴۹

۷-۲- تعیین میزان سایش و خوردگی ۲۵۰

۷-۲-۱- سایش ۲۵۰

۷-۲-۲- خوردگی ۲۵۰

۷-۳- اثر آب و خاک بر عمر سازه ۲۵۱

۷-۳-۱- رابطه موثر خاک بر عمر سازه ۲۵۱

۷-۳-۲- رابطه موثر آب بر عمر سازه ۲۵۳

۷-۴- محاسبه عمر سازه ۲۵۴

۷-۴-۱- تاثیر پوسته نری اولیه بر عمر سازه های

خاکی- فولادی

۷-۴-۲- گامهای استفاده از دیالکس A.S.I ۲۵۴

۷-۴-۳- انواع پوشش ها ۲۵۶

۷-۴-۴- انتخاب پوشش مناسب ۲۶۲

۷-۴-۵- استانداردهای پوشش ها ۲۶۴

۷-۴-۶- مثالهایی از تعیین پوشش صفحات ۲۶۵

مراجع ۲۶۸

۸- بررسی انواع شکلهای گسیختگی و تحلیل مقاومت سازه های

خاکی- فولادی

۸-۱- مقدمه ۲۷۱

۸-۲- تسلیم دیوارهای سازه ۲۷۲

۸-۳- کماتش دیوارهای سازه ۲۷۳

- ۲۷۴ ۴-۸- گسیختگی درزها
- ۲۷۵ ۵-۸- گسیختگی خاک روی سازه
- ۲۷۶ ۱-۵-۸- لغزش گوه ای خاک
- ۲۷۷ ۲-۵-۸- گسیختگی کششی
- ۲۷۸ ۶-۸- گسیختگی باربری خاک
- ۲۷۹ ۷-۸- تحلیل مقاومت دیواره های سازه در برابر کمانش
- ۲۷۹ ۱-۷-۸- روش تجربی کنترل تغییرشکل
- ۲۸۱ ۲-۷-۸- تحلیل پایداری سازه مدفون در محیط الاستیک
- ۲۸۲ ۳-۷-۸- تحلیل پایداری سازه با تکیه گاههای الاستیک
- ۲۸۲ ۴-۷-۸- سبیه ازای بین خمش ستون ها و دیوارهای سازه
- ۲۸۴ ۵-۷-۸- کنترل ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی
- ۲۸۵ مراجع
- ۲۸۹ ۹- پایش و تعمیر سازه های خاکی- فولادی
- ۲۸۹ ۱-۹- مقدمه
- ۲۹۰ ۲-۹- انواع آسیب ها
- ۲۹۱ ۱-۲-۹- چین خوردگی دیواره سازه
- ۲۹۲ ۲-۲-۹- پارگی سوراخ های پیچ
- ۲۹۸ ۳-۲-۹- گسیختگی باربری درزهای طولی
- ۲۹۸ ۴-۲-۹- تغییرشکل بیش از اندازه مقطع عرضی سازه
- ۳۰۱ ۵-۲-۹- بلند شدگی کف
- ۳۰۳ ۶-۲-۹- بلندشدگی دو انتهای لوله
- ۳۰۷ ۷-۲-۹- اعوجاج در دهانه های مورب

- ۳۰۸ ۷-۲-۹ گسیختگی کامل
- ۳۰۹ ۳-۹ اقدامات اصلاحی
- ۳۱۰ ۱-۳-۹ پایه های موقت
- ۳۱۲ ۲-۳-۹ بتن ریزی موضعی در داخل سازه
- ۳۱۵ ۳-۳-۹ ملات ریزی بین دو لوله
- ۳۱۸ ۴-۳-۹ اجرای بتن پاشی
- ۳۲۱ ۵-۳-۹ بتن ریزی موضعی بیرون سازه
- ۳۲۲ ۴-۹ پایش شکل سازه به روش فتوگرامتری
- ۳۲۳ ۱-۱-۹ روش های مرسوم پایش
- ۳۲۵ ۲-۴-۱ پایش به روش فتوگرامتری
- ۳۲۵ ۳-۴-۹ اساس روش فتوگرامتری
- ۳۳۰ ۴-۴-۹ اجزاء سازه با س
- ۳۳۹ ۵-۴-۹ تحلیل فتوگرامتری
- ۳۴۳ ۶-۴-۹ دقت فتوگرامتری
- ۳۴۵ ۵-۹ پایش شکل سازه به روش فتوگرامتری با استفاده از
پیمایشگر فتولیزری سه بعدی
- ۳۴۵ ۱-۵-۹ اساس کار پیمایشگر فتولیزری
- ۳۴۶ ۲-۵-۹ فتوگرامتری با استفاده از پیمایشگر فتولیزری
- ۳۴۶ ۳-۵-۹ مزایای فتوگرامتری با استفاده از پیمایشگر
فتولیزری

۳۴۷

مراجع

۳۴۹

واژه نامه