



آشنایی با پل ها و نوآوری در پل سازی

تألیف:

دکتر سعید خاکی خطیبی

دکتر مجید برقیان

سرشناسه	خاکی خطیبی، سعید، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدیدآور	آشنایی با پل ها و نوآوری در پل سازی / تألیف سعید خاکی خطیبی، مجید برقیان.
مشخصات نشر	تهران: انتشارات پژوهش های دانشگاه، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	۳۰۲ ص: مصور (رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	978-600-483-007-2
وضعیت فهرست نویسی	فینا
موضوع	پل سازی
موضوع	Bridges -- Design and construction
موضوع	پل سازی -- نوآوری
موضوع	Bridges-- Design and construction -- Technological innovations
شناسه افزوده	برقیان، مجید، ۱۳۲۸ -
رده بندی کنگره	TG۳۳۵
رده بندی دیویی	۶۲۴/۲۹
شماره کتابشناسی ملی	۵۸۴۲۸۵۶

عنوان کتاب:	آشنایی با پل ها و نوآوری در پل سازی
تألیف:	سعید خاکی خطیبی و مجید برقیان
ناشر:	انتشارات پژوهش های دانشگاه
طراح روی جلد:	نصیمه مناف زاده
صفحه آرای:	نصیمه مناف زاده
چاپ و مصافح:	مدیران
تیراژ:	۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ:	اول/ ۱۳۹۸
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۴۸۳-۰۰۷-۲
قیمت:	۲۵۰۰۰ تومان



انتشارات پژوهش های دانشگاه

عضو رسمی انجمن ناشران دانشگاهی



آدرس دفتر مرکزی: آذربایجان شرقی، تبریز، آبرسان، مجتمع تجاری بلور، روبروی کلاتنری، داخل حیاط (ضلع شرقی)، پلاک ۳۹
 تلفن های تماس بخش مدیریت: ۰۹۱۴۶۱۴۳۳۴۶/۰۴۱۳۳۲۶۲۱۱۶
 بخش امور فنی: ۰۴۱۳۳۲۵۰۲۴۸
 دفتر اهر: شهرستان اهر - میدان معلم - روبروی دارایی - انتشارات پژوهش های دانشگاه / دفتر اهر تلفن: ۰۹۳۰۸۱۴۸۴۸۶
www.Unpb.org / Info@unpb.org www.Pajohesh-daneshgah.ir / Info@pajohesh-daneshgah.ir
 طبق قانون حمایت از حقوق ناشران و مولفان هر شخص حقیقی و حقوقی که تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف، نشر یا عرضه یا تکثیر یا تجدید چاپ نماید مورد پیگیری جدی قانونی خواهد گرفت و مطابق با جرائم قوانین اسلامی برخورد خواهد شد.

فهرست مطالب

۷	 مقدمه
	فصل اول
۹	 تعریف پل و طبقه‌بندی پل‌ها از جنبه‌های مختلف
۹	 تعریف پل
۱۲	 ۱- طبقه‌بندی پل از نقطه‌نظر وظیفه، کاربرد و استفاده (آن‌ها)
۱۴	 ۲- طبقه‌بندی پل‌ها از نقطه‌نظر مصالح
۱۵	 ۳- طبقه‌بندی پل‌ها از نظر تیرهای حامل
۱۸	 ۴- طبقه‌بندی پل از نظر شکل تقاطع با زمین
۱۹	 ۵- با توجه به زمان بهره‌برداری پل
۱۹	 ۶- طبقه‌بندی پل‌ها با توجه به قابل حرکت بودن یا ثابت بودن، عمود و نحوه‌ی رفع موانع
۲۰	 ۷- با توجه به طول و دهانه
۲۱	 ۸- طبقه‌بندی پل‌ها از نظر سیستم تحلیل سازه‌ای
۲۳	 انتخاب پل‌های تیر ساده، سراسری و طره‌ای
۳۰	 دکل‌های A شکل
۳۲	 دکل‌های H شکل
۳۲	 دکل‌های Y شکل
۳۳	 دکل‌های تک ستونی
۳۳	 عرشه
۳۳	 آرایش کابل‌های (CABLES ARRANGEMENT) پل‌های ترکه‌ای
۳۶	 مقایسه اجمالی از این آرایش‌ها
۳۶	 نحوه ساخت پل ترکه‌ای
۳۸	 سیستم صفحات کابل پل‌های ترکه‌ای
۳۹	 آرایش آویزها
۳۹	 مزایا و تفاوت‌های پل ترکه‌ای
۴۰	 پل‌های ترکیبی از کابل‌ها
۴۱	 ۹- با توجه به داشتن درز انبساط (معمولی) یا نداشتن درز انبساط (یکپارچه)

۴۳	.....	دلیل استفاده از پل‌های بدون درز (پل‌های یکپارچه)
۴۴	.....	ویژگی پل‌های با کوله یکپارچه
۴۵	.....	مزایای پل‌های با کوله یکپارچه نسبت به پل‌های متعارف
۴۷	.....	مشکلات و ابهامات موجود در پل‌های یکپارچه
		فصل دوم
۵۱	.....	معرفی پل‌های یکپارچه
		فصل سوم
۵۵	.....	رفتار خاک اطراف پل‌های یکپارچه
۵۵	.....	مقدمه
۵۶	.....	روش دو خطی
۵۷	.....	فشار خاک در حالت سکون
۵۷	.....	فشار خاک مرکب مقاوم به روش رانکین
۶۰	.....	فشار خاک محرک و مقاوم به روش کواص
		فصل چهارم
۶۵	.....	مسئله مهم در ساخت پل‌های یکپارچه
۶۵	.....	۱-۲- مقدمه
۶۵	.....	۱-۱-۲- مزایای پل‌های یکپارچه [۱]
۶۵	.....	۱-۱-۱-۲- ساختار بدون درز
۶۶	.....	۲-۱-۱-۲- طرح ساده
۶۶	.....	۳-۱-۱-۲- مقاومت فشاری
۶۶	.....	۴-۱-۱-۲- ساخت سریع
۶۷	.....	۵-۱-۱-۲- مقاومت در برابر زلزله
۶۷	.....	۶-۱-۱-۲- توزیع بار زنده
۶۷	.....	۲-۱-۲- اعضای پل‌های یکپارچه و اندرکنش بین آن‌ها
۶۸	.....	۳-۱-۲- بارهای وارده بر پل‌های یکپارچه
۶۸	.....	۴-۱-۲- رفتار پل‌های یکپارچه در اثر تغییرات دمایی
۶۸	.....	۲-۲- طرز کار ایجاد گوه در خاکریز پشت کوله‌های یکپارچه
۷۲	.....	۴-۲- هدف از تألیف کتاب حاضر
۷۵	.....	۵-۲- بررسی منابع
۷۵	.....	۱-۵-۲- مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی پل‌های یکپارچه
۱۰۶	.....	۲-۵-۲- نتیجه‌گیری از مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی پل‌های یکپارچه
۱۰۷	.....	۳-۵-۲- معرفی فولاد فنری، شمع، کابل و روش تحلیلی PIV
۱۰۷	.....	۱-۳-۵-۲- فولاد فنری (SPRING STEEL) [۵۹]
۱۰۷	.....	۱-۱-۳-۵-۲- انواع فولاد و کاربرد آن‌ها
۱۰۸	.....	۲-۱-۳-۵-۲- معرفی فولاد فنری
۱۰۸	.....	۳-۱-۳-۵-۲- خواص فولاد فنری

۱۰۸	۴-۱-۳-۵-۲ برجهندگی (RESILIENCE) برای فولاد فتری
۱۰۹	۲-۳-۵-۲ شمع [۶۰]
۱۰۹	۱-۲-۳-۵-۲ انواع شمع‌های تحت بار جانبی
۱۰۹	۲-۲-۳-۵-۲ صلبیت و انعطاف پذیری شمع‌ها
۱۱۱	۳-۲-۳-۵-۲ طرز کار رفتار شمع و خاک اطراف آن تحت اثر بار جانبی
۱۱۳	۳-۳-۵-۲ کابل [۶۳]
۱۱۳	۱-۳-۳-۵-۲ ساختمان کابل فولادی
۱۱۳	۲-۳-۳-۵-۲ مفتول‌های فولادی
۱۱۴	۳-۳-۳-۵-۲ رشته‌ها
۱۱۵	۴-۳-۳-۵-۲ ساختار کابل
۱۱۶	۵-۳-۳-۵-۲ برگی‌های کابل
۱۱۷	۳-۳-۳-۵-۲ اندازه‌گیری قطر کابل
۱۱۷	۷-۳-۳-۵-۲ لوازم و روش‌های اتصال کابل
۱۱۷	الف) چسبی فلزی قرار گرفته در کابل
۱۱۷	ب) بست‌های (کلیپس کنوسره) کابل
۱۱۸	ج) چفت‌های (CLAMPS) کابل
۱۱۸	د) سوکت‌ها (SOCKETS)
۱۱۹	ه) بست‌های پل
۱۱۹	خ) سوکت‌های مرحله‌ای (STEP SOCKET)
۱۱۹	۴-۳-۵-۲ روش تحلیلی سرعت سنجی تصویری (FAD) در مدل‌سازی ژئوتکنیک
	فصل پنجم
۱۲۳	انجام مدل‌سازی آزمایشگاهی در زمینه پل‌های یکپارچه
۱۲۳	۱-۳-۱ مقدمه
۱۲۴	۲-۳-۱ تحلیل ابعادی برای ساخت سیستم آزمایشگاهی
۱۳۰	۳-۳-۱ مصالح و تجهیزات استفاده شده
۱۳۰	۱-۳-۳ مشخصات سیستم آزمایشگاهی
۱۳۴	۲-۳-۳ خاک مورد آزمایش
۱۳۶	۳-۳-۳ ورق فولاد فتری (SPRING STEEL) استفاده شده در سیستم
۱۳۹	۵-۳-۳ کابل استفاده شده در آزمایش‌ها
۱۴۲	۶-۳-۳ LVDT مورد استفاده
۱۴۳	۷-۳-۳ الکتروموتور
۱۴۳	۸-۳-۳ اهرم انتقال نیرو و سنسور نیروی (LOAD CELL) وصل شده به آن
۱۴۵	۹-۳-۳ ترازوی مورد استفاده و جعبه متحرک نگهداری خاک مورد آزمایش
۱۴۵	۱۰-۳-۳ نحوه کالیبراسیون سنسورها (LVDT، LOAD CELL و STRAIN GAGE)
۱۴۵	۱-۱۰-۳-۳ نحوه کالیبراسیون LOAD CELL
۱۴۷	۲-۱۰-۳-۳ نحوه کالیبراسیون LVDT

۱۴۸	 نحوه کالیبراسیون کرنش‌سنج‌های (STRAIN GAGE) نصب شده بر روی شمع
۱۵۰	 ۳-۴- نحوه
۱۵۱	 ۳-۵- نرم افزارهای مورد استفاده
۱۵۴	 ۳-۶- تحلیل عکس‌ها به روش PIV(PARTICLE IMAGE VELOCIMETERY)
۱۵۴	 ۳-۶-۱- نحوه به دست آوردن داده‌های ورودی برای انجام تحلیل
۱۵۶	 ۳-۶-۲- چگونگی تحلیل با استفاده از نرم افزار GEOPIV
۱۵۶	 ۳-۶-۱- مش‌بندی تصاویر گرفته شده از آزمایش‌ها
۱۵۸	 ۳-۶-۲- تحلیل عکس‌های گرفته شده
۱۵۸	 ۳-۶-۳- بردارهای خطا، حد،
۱۵۹	 ۳-۶-۴- استخراج بردارهای جا به جایی نهایی خاک
۱۵۹	 ۳-۶-۵- محاسبه کرنش‌های برشی ایجاد شده در خاک
۱۵۹	 ۳-۷- نحوه انجام آزمایش‌ها
۱۵۹	 ۳-۷-۱- روش انجام آزمایش‌ها
۱۶۱	 ۳-۷-۲- دسته‌بندی آزمایش‌ها
۱۷۱	 ۳-۸- جمع‌بندی دسته‌های مختلف آزمایش‌ها
۱۷۲	 ۳-۹- اشکالات و خطاهای ایجاد شده در آزمایش‌ها
۱۷۵	 ۳-۱۰- تکرارپذیری آزمایش‌ها
۱۷۶	 ۳-۱۱- محدوده دمایی آزمایش‌ها
	فصل ششم
۱۷۹	 نتیجه‌گیری از کاربرد نوآوری خاص در زمینه پل یکپارچه
۱۷۹	 ۴-۱- مقدمه
۱۸۳	 پیوست
۱۹۴	 مراجع

مقدمه

بدون تردید یکی از مهمترین عوامل گسترش و پیشرفت شهرها و کشورها، ارتباط بین آنها از طریق صنعت راهسازی می‌باشد. صنعت راهسازی از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است. یکی از مهمترین و پرهزینه‌ترین بخش‌های راهسازی، صنعت پل‌سازی می‌باشد. پل یک ساختار مهندسی است که دو نقطه بریده شده در طبیعت را به هم متصل می‌کند و امکان عبور از یک سو به سوی دیگر را فراهم می‌کند. این دو نقطه می‌تواند در طرفین یک رودخانه یا آبراه یا دو سوی یک دره تنگ باشد که غرض از آن بدون وجود پل مقدور نیست. پل‌سازی یک حرفه کهنسال است و می‌توان گفت عمری برابر با هبوط انسان دارد. در تمام چند هزار سالی که از شکل‌گیری جوامع بشری روی کره خاکی می‌گذرد، صنعتی اروپا در قرن نوزدهم، مهندسی و معماری پل هرگز از هم جدا نبوده‌اند. هوش و خلاقیت انسان و انباشت تجربه او به تولید شاهکارهای توأم مهندسی و معماری در بناهای عمومی و خصوصاً از جمله پل‌سازی انجامیده است. جدا از ذوق زیبا شناختی مهندسان معمار، خلاقیت آنها در ترکیب اجزای مختلف و مواد طبیعی چون خاک و سنگ برای ساختن قطعات و حجم‌های بزرگ شگفت‌انگیز بوده است. به‌ترین و زیباترین پل‌های قدیمی در سراسر دنیا حاصل این خلاقیت است. دردنیای کهن ایرانیان رومیان و چینی‌ها در پل‌سازی سرآمد اقوام دیگر بوده‌اند. در کتاب حاضر ابتدا انواع پل‌ها معرفی و مواد مورد استفاده در آنها معرفی شده است. سپس به معرفی یک نوع جدید و پیشرفته پل به نام پل‌های یکپارچه پرداخته شده است. با اینکه این نوع از پل‌ها مزایای زیادی نسبت به پل‌های متعارف دارند اما با یکسری پیچیدگی‌های رفتاری مواجه هستند که مشکلاتی را برای این نوع از پل‌ها ایجاد می‌کنند. در کتاب حاضر برای حل این مشکل، ایده جدیدی مطرح و مورد تحقیق و ارزیابی قرار گرفته است. به طور کلی با توجه به اینکه نیروی در پل خاص مورد تحقیق بود و برای آشنایی خوانندگان با این نوع پل و جزئیات آن، ابتدا کلیاتی در مورد انواع پل‌ها آورده شده و سپس در مورد پل خاص مورد نظر و ایده جدید بحث و بررسی ارائه گردیده است. امید است این اثر برای خوانندگان مفید واقع شود.