

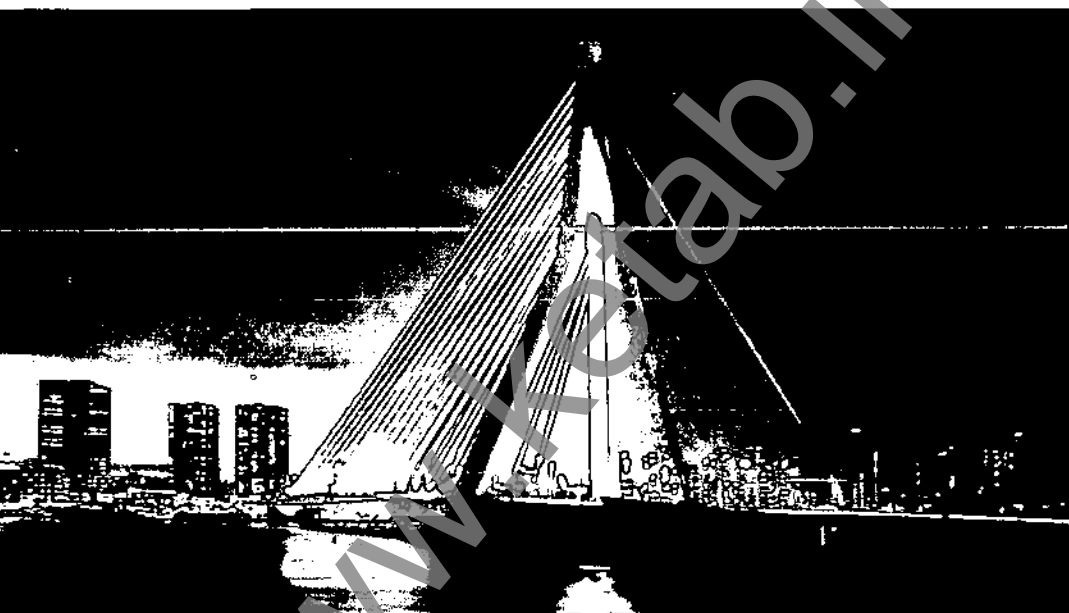
تحليل و طراحی پل‌های کابلی

مهندسين مشاور

راهب ———— رد طرح نوين



EAPCOE CO.
Consult Engineering



تأليف:

مهندس سعيد اميرى

مهندس مهدى خالقپان

مهندس محسن شيوخى

ويراستار علمى

مهندس غلامرضا مقيمى

سرشناسه	: امیری، سعید، ۱۳۶۴ -
عنوان و نام پدیدآور	: تحلیل و طراحی پل‌های کابلی / تألیف سعید امیری، مهدی خالقیان، محسن شیخی، ویراستار علمی غلامرضا مقیمی، [برای] مهندسين مشاور راهبرد طرح نوین.
مشخصات نشر	: تهران: فرهنگ روز، ۱۳۹۱ -
مشخصات ظاهری	: ۲ ج، مصور (بخشی رنگی)، جدول.
شابک	: ۱۸۰۰۰۰ ج ۱: ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۳۰-۱۴-۳
وضعیت فهرست نویسی	: فیها
پادداشت	: قسمتی از جلد اول کتاب حاضر شامل مباحث طراحی پل بر اساس کتاب "Analysis and design of bridge of cable stayed" تألیف Blesson Thomas و Sonai Thakkar بوده است.
پادداشت	: کتابخانه، ص: ۲۸۵.
موضوع	: پل‌های ترکیبی -- طرح و ساختمان
شناسه فزوده	: مهندسين مشاور راهبرد طرح نوین
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۱ ت ۳ / ۸۸۸ / ۵۰۴ GT
رده بندی دیویی	: ۶۲۴/۵۵
شماره کتابشناس ملی	: ۳۰۵۲/۱۷



خیابان انقلاب، خیابان اردیبهشت، بن بست توحید، پلاک ۴ طبقه دوم واحد ۴ تلفن: ۶۶۴۶۹۳۳۸

نام کتاب: تحلیل و طراحی پل های کابلی

تحقیق و پژوهش: شرکت مهندسين مشاور راهبرد طرح نوین

ناشر: فرهنگ روز

مولفان: مهندس سعید امیری، مهندس مهدی خالقیان، مهندس محسن شیخی

ویراستار علمی: مهندس غلامرضا مقیمی

عکس پشت جلد: فریده طالبان فرد

شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

نویت چاپ: اول - ۱۳۹۱

لینو گرافی: جاووش

قیمت: ۱۸۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۳-۱۴-۳

این کتاب با حمایت مادی و معنوی مهندسين مشاور راهبرد طرح نوین منتشر گردیده، لذا حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آن مهندسين مشاور می باشد.

مراکز پخش:

مهندسين مشاور راهبرد طرح نوین: تهران، خ کریمخان، خ سنائی، بالاتر از میدان سنائی، پلاک ۶۷

طبقه دوم تلفن: ۸۸۳۱۲۰۱۸ - ۸۸۳۱۲۰۱۷ - ۸۸۳۱۲۰۱۳

تهران، خ انقلاب، خ اردیبهشت، بن بست توحید، پلاک ۴- طبقه دوم، واحد ۴ - نشر فرهنگ روز

تلفن: ۶۶۴۶۹۳۳۸ - ۶۶۴۸۲۸۰۴

سخن مشاور

پلها از جمله اختراعات بشر از گذشته‌های دور بوده است. توانایی ذاتی معدودی انسان براساس قوه تشخیص علیرغم نداشتن آموزش و کسب دانش و مهارت از یکسو ولی نیاز او برای دسترسی سریعتر به هدف از طریق کوتاه کردن مسیر و به حداقل رساندن خطر ناشی از غرق شدن در سیلابها یا سقوط به دره‌ها و پرتگاه‌ها سبب شد برای عبور خود راهکار مناسبی بیابد.

زندگی اجتماعی آنهم در اطراف رودخانه‌ها لزوم رفت و آمد مکرر و عبور از رودها و نهرها که بعضاً دارای شدت جریان بالا و عمق زیاد بوده بخصوص در مواقع بارندگی و بروز سیلاب سائین حاشیه را دچار مضيقه بسیار و در مواردی تلف شدن افراد و یا احشام و سرمایه‌های آنها را سبب می‌شد. لذا ایجاد پل از شکل اولیه آن مانند کشیدن طناب و قرار دادن سبد به منظور جابجایی افراد و دام شروع و تا به امروز نیز در برخی نقاط عشایری ایران و یا دیگر کشورها وجود دارد. در ایران ما سابقه پلسازی آنهم بر روی رودهای بزرگ و پر آب با جریانهای سیلابی همچون کارون، کرخه و دز و سرشاخه‌های آنها حداقل از دوران ساسانیان آثار گرانیهایی وجود دارد که بعد از اسلام بخصوص دوران صفویه پلهای با ارزش الهوردی‌خان (سی و سه پل) و خواجه نشانه از دانش مهندسی پلسازی در ایران است. با بروز انقلاب صنعتی و انتقال انبوه مواد خام به کارخانجات و ارسال مواد ساخته شده به بازارهای مصرف در نقاط دور و نزدیک و به دنبال آن از اوایل قرن بیستم تاکنون به دلیل اختراع اتومبیل و تغییر شگرف در زندگی اقتصادی و اجتماعی جوامع و حجم و سرعت جابجایی کالا و مسافر در تردد شهری و بین شهری پلها بعنوان یک سازه متداول و یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر در شبکه راه و راه‌آهن در همه نقاط جهان خودنمایی کرد.

گرچه پلها بخصوص پلهای بزرگ به دلیل عمر طولانی و ماندگاری آنها برای نسلها علاوه بر وظیفه اصلی که سهولت در عبور، کاهش زمان، بالا بردن ایمنی و است طراحی و اجرا می شود. لیکن به عنوان یک سرمایه ملی و فرهنگی، نمود دانش مهندسی هر دوره برای دورانهای دیگر نشانه و تجسمی از هنر معماری و زیبا شناختی آن دوران به حساب می آید.

با این توصیف چون همانند گذشتگان نمی توانیم و نمی خواهیم تنها یک یا دو پل را به عنوان نماد خیراندینی، قدرت و ... حکومت در یک زمان بدانیم و بسازیم، بلکه باید به دلیل ضرورت به تعداد فراوان و براساس نیاز حمل و نقل پل داشته باشیم. لذا مناسب بودن قیمت (اقتصادی بودن)، طراحی براساس آخرین دستاوردهای علمی بشر و کشور، توجه به ویژگی فرهنگ و همخوانی با معماری، زیبایی و چشم انداز، سرعت در اجرا، نگاه به آینده و پیش بینی توسعه محل و احتمال افزایش و تنوع تردد و امکان نگهداری از جمله ملاحظات در احداث پلها است.

پلهای کابلی که موضوع ترجمه و تالیف کتاب حاضر است به دلایل مختلف چون امکان احداث دهانه های بزرگ، زیبایی، آماده سازی قابل توجه اجزاء قبل از نصب در کارگاه، امکان و رویکرد به تولید رشته های فولادی مقاوم و ... در سالهای اخیر جذاب و مورد توجه قرار گرفته است و چون در مقدمه کتاب فلسفه آن را به تفصیل آورده اند لذا از توضیح بیشتر در اینجا پرهیز می شود.

گروه «طراحی سازه، پل، تونل و ابنیه فنی» مهندسین مشاور راهبرد طرح نوین نیز در راستای فعالیت ذاتی و به کمک بضاعت علمی و مطالعات دانشگاهی و تجربیات کارشناسی و مدیریتی و حضور میدانی و دفتری مهندسین جوان و

فرهیخته خود، سازه‌های بسیار از جمله پل‌های بزرگی را با مشخصات متفاوت از مرحله برداشت اطلاعات، طراحی و محاسبه، پردازش و پایش کرده‌اند که اغلب به اجرا درآمده و در حال بهره‌برداری است. در کنار این تلاش‌ها انگیزه گروه و تشویق مدیران مشاور در نهادینه کردن پژوهش، انتقال اندیشه به دیگران، فرصت برای شکوفایی استعدادها و مستند کردن اطلاعات بوده و هست.

از اینرو جا دارد از همکاران در گروه تخصصی "طراحی سازه، پل، تونل و ابنیه- فنی" آقایان مهندس سعید امیری، مهندس مهدی خالقیان و مهندس محسن شیخی که با دانش نوام با بنش بالایی اقدام به ترجمه کتاب و تبیین و نشر یافته و دستاوردهای خود کرده‌اند قدردانی نمایم. همچنین از قائم مقام محترم شرکت جناب آقای مهندس غلامرضا مقیمی که علاوه بر تشویق و راهنمایی ایجاد این اثر ارزنده در بازنگری و ویرایش فنی کتاب نقش موثری داشتند تشکر نمایم. همچنین از سرکار خانم مهندس طالبان فرد و سرکار خانم مهندس داورزنی که در ترسیم و تهیه نقشه‌های فنی زحمات بسزایی کشیدند سپاسگزارم.

امید است با رهنمود و نقد تذکرات صاحب نظران و صاحبان دانش و تجربه در صنعت پل‌سازی در عین برطرف کردن ضعف‌ها، جلد دوم کتاب با رویکرد تکیه بیشتر بر دستاوردهای مهندسان ایرانی و آخرین فناوری‌ها تدوین و تقدیم شود. انشاء...

عبدالله نوروزی

مدیرعامل مهندسین مشاور راهبرد طرح نوین

پیشگفتار مولفین

باتوجه به پیچیدگی‌های خاص طراحی پل‌های کابلی و عدم در دسترس بودن منابع کافی جهت طراحی این‌گونه پلها، گروه مولفین تصمیم به ترجمه و تالیف کتاب حاضر در دو جلد نموده است. جلد اول کتاب شامل مباحث طراحی پل براساس کتاب "Analysis and Design of Cable Stayed Bridge" نوشته Sonal Thakkar و Blessen Thomas بوده و روش اجرای پل‌های کابلی باتوجه به تجربه گروه مولفین نیز به مباحث فوق اضافه گردیده است. در ترجمه بخش‌های مختلف کتاب تلاش شده است تا با رعایت امانت‌داری، اصطلاحات تخصصی بکار برده شده در کتاب با ادبیات علمی و فنی رایج کشور تطبیق داده شده و کاربرد مطالب ترجمه شده را تا حد ممکن تسهیل نماید.

همچنین در جلد دوم کتاب که در دست تالیف می‌باشد بطور دقیق‌تر به طراحی اجزای خاص پل‌های کابلی باتوجه به آیین‌نامه‌های رایج طراحی در ایران پرداخته خواهد شد که شامل مثال‌های متنوعی از طراحی پل‌های کابلی می‌باشد.

امید است کتاب حاضر بتواند به عنوان راهنمایی مناسب جهت طراحی پل‌های کابلی مورد توجه مهندسين طراح و دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری جهت ارتقای دانش طراحی پل قرار گیرد.

در پایان راهنمایی‌های عزیزان صاحب‌نظر در زمینه‌های طراحی و اجرای پل‌های خاص جهت اعمال اصلاحات در ویرایش‌های آتی کتاب موجب مزید امتنان خواهد بود.

گروه مولفین

زمستان ۱۳۹۱

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۴	فصل اول - مقدمه
۱۴	۱-۱- مشخصات عمومی
۱۵	۱-۲- تاریخچه
۲۴	۱-۳- رفتار پل کابلی
۲۶	۱-۴- اهداف اصلی کتاب
۲۶	۱-۵- رئوس مطالب
۲۹	فصل دوم - تاریخچه تحقیقات
۲۹	۱-۲- مقدمه
۲۹	۲-۲- بررسی تحقیقات انجام شده
۲۹	۱-۲-۲- اثرات آیرودینامیک و غیرخطی بودن هندسی بر پل‌های کابلی
۳۲	۲-۲-۲- اثرات لرزه‌ای
۳۳	۲-۲-۳- اثرات دینامیکی بار زنده
۳۷	فصل سوم - جزئیات عمومی پل‌های کابلی
۳۷	۱-۳- پیکربندی پل‌های کابلی
۳۷	۲-۳- اجزای پل کابلی ترکه‌ای
۳۸	۱-۳-۱- تیرهای اصلی یا سیستم عرشه
۴۱	۲-۳-۲- سیستم کابلها
۴۱	۱-۳-۲-۲- الگوی پروانه‌ای
۴۳	۲-۳-۲-۲- الگوی چنگ
۴۴	۳-۳-۲-۲- الگوی مختلط یا شبه‌چنگ

۴۵	۴-۲-۲-۳-الگوی ستاره‌ای
۴۶	۴-۲-۲-۳-انواع کابل‌ها
۵۲	۳-۲-۳-شکل پایلون
۵۶	۴-۲-۳-مزایا و معایب پل‌های کابلی
۵۷	۳-۳-مهارهای سازه‌ای
۵۸	۱-۳-۳-سیستم خود مهار
۵۸	۲-۳-۳-سیستم با مهار کامل
۵۸	۳-۳-۳-سیستم با مهار جزئی
۵۹	۴-۳-مثال اعتبارسنجی
۶۵	فصل چهارم-تحلیل پل‌های کابلی
۶۵	۱-۴-مقدمه
۶۵	۲-۴-مدل اجزاء محدود
۶۵	۱-۲-۴-عرشه
۶۷	۲-۲-۴-کابل
۶۷	۱-۲-۲-۴-پیش کشیدگی کابل‌ها
۶۸	۲-۲-۲-۴-کشش داخلی کابل
۷۰	۳-۲-۲-۴-نیروهای داخلی کابل
۷۰	۴-۲-۲-۴-بارگذاری و طراحی کابل بر اساس آیین‌نامه <i>AASHTO LRFD</i>
۷۷	۳-۲-۴-پایلون
۷۷	۴-۲-۴-شرایط نقاط اتصالی
۷۷	۵-۲-۴-شرایط بارگذاری
۷۸	۱-۵-۲-۴-بار زنده
۹۱	۳-۴-اطلاعات سازه

۹۳	۴-۳-۱- مشخصات پل کابلی مورد بررسی
۹۶	فصل پنجم- بارگذاری دینامیکی و آبرواستاتیکی
۹۶	۵-۱- تحلیل پل تحت اثر باد
۹۶	۵-۲- بارهای آبرواستاتیکی
۱۰۳	۵-۳- تحلیل دینامیکی پل‌های کابلی
۱۰۳	۵-۳-۱- کلیات
۱۰۴	۵-۳-۲- عوامل مؤثر بر پاسخ دینامیکی
۱۰۷	۵-۳-۳- روش‌های تحلیل دینامیکی
۱۰۸	۵-۳-۴- بارهای زلزله وارد بر پل‌های کابلی
۱۱۲	۵-۴- پارامترهای تحلیل و ترکیب‌های بارگذاری
۱۱۵	۵-۵- نتایج حاصل از تحلیل پل کابلی با دهانه ۲۰۰ متری و پایلون H شکل
۱۱۹	فصل ششم- مطالعات پارامتری
۱۱۹	۶-۱- کلیات
۱۲۰	۶-۲- پارامترها و داده‌های سازه‌ای
۱۲۱	۶-۳- نتایج مطالعات پارامتری
۱۲۲	۶-۳-۱- کابل‌ها
۱۲۴	۶-۳-۲- باکس بتنی عرشه
۱۳۲	۶-۳-۲- پایلون
۱۴۰	۶-۴- خلاصه فصل
۱۴۲	۶-۵- نتیجه‌گیری
۱۴۴	فصل هفتم- طراحی پل کابلی
۱۴۴	۷-۱- کلیات

۱۴۴	۲-۷- طراحی روسازه.....
۱۴۴	۱-۲-۷- کابل ها.....
۱۴۶	۲-۲-۷- پایلون ها.....
۱۵۴	۳-۲-۷- مشخصات باکس بتنی.....
۱۹۳	۳-۷- طراحی زیرسازه پل.....
۱۹۳	۱-۳-۷- طراحی شمع.....
۲۱۱	فصل هشتم- نتیجه گیری.....
۲۱۱	۱-۸- خلاصه فصول.....
۲۱۳	۲-۸- نتیجه گیری.....
۲۱۵	فصل نهم- روش اجرای پلهای کابلی.....
۲۱۵	۱-۹- مقدمه.....
۲۱۵	۲-۹- خلاصه ای از اجرای پل های کابلی.....
۲۱۸	۳-۹- تحکیم و مهاربندی (انکراژ).....
۲۱۹	۱-۳-۹- آزمایش آبخوری.....
۲۱۹	۲-۳-۹- آماده سازی میل مهارها.....
۲۲۰	۳-۳-۹- نصب <i>CASING</i> ، <i>END GAP</i> و <i>SPACER</i>
۲۲۱	۴-۳-۹- ساخت دوغاب و تزریق.....
۲۲۱	۵-۳-۹- تزریق اولیه.....
۲۲۲	۶-۳-۹- نصب میل مهار.....
۲۲۲	۷-۳-۹- ایجاد گیرداری در انتهای میل مهار.....
۲۲۳	۴-۹- استقرار تجهیزات.....
۲۲۳	۱-۴-۹- آزمایش کنترل کیفیت میل مهار.....
۲۲۴	۲-۴-۹- آزمایش های قبل از اجرا.....

- ۲۲۷..... ۳-۴-۹- ملاک‌های تایید
- ۲۲۷..... ۱-۳-۴-۹- خزش
- ۲۲۸..... ۵-۹- حفاری شمع‌ها و اجرای شمع‌ها و سرشمع‌ها
- ۲۲۸..... ۱-۵-۹- حفاری محل شمع‌ها
- ۲۳۰..... ۲-۵-۹- لوله‌کشی با کیسینگ
- ۲۳۲..... ۳-۵-۹- آرماتورگذاری
- ۲۳۵..... ۴-۵-۹- بتن‌ریزی
- ۲۳۹..... ۵-۵-۹- بالا کشیدن لوله‌ها
- ۲۴۰..... ۵-۹-۶- تخریب بتن اضافی بالای شمع
- ۲۴۲..... ۵-۹-۷- قالب‌بندی
- ۲۴۳..... ۵-۹-۸- اجرای بتن مگر (محافظ)
- ۲۴۵..... ۵-۹-۹- اجرای آرماتورهای ریشه پیلون
- ۲۴۵..... ۵-۹-۱۰- بتن‌ریزی سرشمع
- ۲۴۷..... ۵-۹-۶- اجرای پیلون و کوله‌های بتنی
- ۲۵۰..... ۶-۹-۱- انواع قالب
- ۲۵۰..... ۶-۹-۱-۱- قالب‌های معمولی
- ۲۵۰..... ۶-۹-۲-۱- قالب‌های دقیق
- ۲۵۱..... ۶-۹-۳-۱- قالب لغزنده
- ۲۶۲..... ۷-۹- اجرای عرشه و کابل‌گذاری
- ۲۶۵..... ۸-۹- روش اجرای پیلون فلزی
- ۲۶۶..... ۸-۹-۱- ساخت قطعات در کارخانه و حمل
- ۲۶۷..... ۸-۹-۲- بریدن و سوراخ کردن فلز
- ۲۶۸..... ۸-۹-۳- ساخت و آماده کردن قطعات قبل از مونتاژ

پیوست ۲۶۹

۱- پل کابلی و نیار بر روی دریاچه سد مخزنی شهید مدنی ۲۷۰

۲- پل کابلی خطوط انتقال نفت و گاز بر روی دریاچه سد کارون چهار ۲۷۲

۳- پل کابلی میدان امام حسین (ع) مشهد ۲۷۴

۴- پل دسترسی غربی برج میلاد تهران ۲۷۵

۵- پل بزرگ کابلی شهید بهرامی شوشتر ۲۷۶

۶- پل کابلی تیزین ۲۷۸

۷- پل کابلی لالی ۲۷۹

۸- پل کابلی جوادیه ۲۸۱

۹- پل کابلی هشتم اهواز (پل غدیر) ۲۸۲

۱۰- پل کابلی جزیره مینو ۲۸۳

۱۱- طرح پل کابلی میدان مصلی شهر رست ۲۸۴

مراجع و منابع ۲۸۵