دانشگاه تربیت مدرس
معاونت فرهنگی و اجتماعی

پلار
PALAR

سالنامه علمی تخصصی
انجمن علمی - دانشجویی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس

شماره مجوز: ۱۹۳د/۳۲۶۸۷

سال چهارم/ شماره چهارم / فروردین ۹۹
Fourth year No.4 April 2020

۲۴
ظرفیت باربری اتصالات دال-ستون

۱۴
ترین های سد

۳۹
مصاحبه با دکتر سیاوش امیران

- سازه آبی شوشتر
- معرفی گروه‌های آب
- تفکر سیستمی چیست؟
- ارزیابی چرخه عمر و هزینه در ساختمان‌ها
- صفر تا یک در وصف آداب کلامی محیط‌زیست
- بررسی مبانی نظری توسعه حمل‌ونقل عمومی محور (TOD)

در شماره چهارم می خوانیم

#Thanks HEALTH HEROES

بسم الله الرحمن الرحیم

سالنامه علمی تخصصی پالار
سال چهارم / شماره چهارم / فروردین ۹۹
تیراژ ۴۰۰ نسخه / قیمت ۲۰۰۰۰ تومان
انجمن علمی - دانشجویی عمران و محیط زیست
دانشگاه تربیت مدرس

صاحب امتیاز
انجمن علمی - دانشجویی عمران و محیط زیست
دانشگاه تربیت مدرس (معاونت فرهنگی و اجتماعی)

مدیر مسئول
محمد یزدانی (دکتری سازه)

سردبیر
علی داودی (دکتری زلزله)

هیات تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)
سعید امانی (کارشناسی ارشد راه و ترابری)
مصطفی بنی نعیم (کارشناسی ارشد سازه)
شبنم پرویزی (کارشناسی ارشد سازه)
نوید جعفریان (دکتری سازه)
محمدرضا حاج بابایی (کارشناسی ارشد محیط زیست)
علی حقانی بائی (دکتری زلزله)
پوریا حیدری چراتی (دکتری سازه)
علی داودی (دکتری زلزله)
قربانعلی دزواره (دکتری محیط زیست)
آرش رساایزدی (دکتری برنامه ریزی حمل و نقل)
الهام شکوهی مهر (کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی)
سیده صدف مغیثی (کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب)
رضا مقدسی (کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل)
زهرا مهرابی (کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی)
محمد یزدانی (دکتری سازه)

اساتید همکار این شماره (به ترتیب حروف الفبا)
دکتر همایون استکانچی
دکتر امیر کاووسی
دکتر سمیه سیما
دکتر مسعود قدسیان
دکتر داود مستوفی نژاد
دکتر امیررضا ممدوحی

ویراستار
عباس حسن‌پور

طراح و صفحه آرا
شمال مصطفی نژاد
امیرحسین حسن‌پور

فهرست مطالب

بخش اول: عمومی
سخن مدیر مسئول ۴
معرفی گروه‌های آب تربیت مدرس ۶

بخش دوم: گزارش‌ها
ترین‌های سد ۱۴
ارگ دریایی ۳۰
آداب کلامی محیط‌زیست ۴۸
سازه‌های آبی شوشتر ۶۵

بخش سوم: مقالات
ارزیابی چرخه عمر و هزینه در ساختمان‌ها ۱۷
برآورد ظرفیت باربری اتصالات دال-ستون ۲۴
بررسی مبانی نظری توسعه حمل و نقل عمومی محور ... ۳۱
تحلیل غیرخطی با استفاده از روش زمان دوام ۴۴
فناوری‌های نوین در روسازی های آسفالتی ۵۰
بررسی نقش و رفتار اتصالات فولادی ۵۶

بخش چهارم: مصاحبه و ...
تفکر سیستمی چیست؟ ۲۱
مصاحبه ۳۹

کلیه علاقه مندان به فعالیت در زمینه مطبوعات تخصصی حوزه عمران، صاحب نظران، محققین و اساتید محترم می توانند با ارسال مطالب و پیشنهادات خود به آدرس این نشریه و یا ارسال از طریق فکس و ایمیل، نسبت به طرح مطالب خود در هیات تحریریه نشریه پالار اقدام نمایند.

آدرس: تهران، بزرگراه جلال آل احمد، پل نصر، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، بلوک ۶، طبقه دوم، دفتر انجمن علمی - دانشجویی عمران و محیط‌زیست
صندوق پستی: ۳۹۷-۱۴۱۱۵

تلفن: ۸۲۸۸۴۹۱۴
Email: civil.eng@modares.ac.ir
دورنگار: ۸۲۸۸۴۹۱۵
Website: civil.modares.ac.ir
شماره تماس: ۰۹۳۵۲۹۸۱۵۱۱ کانال ارتباطی: @TMU_CivilEngineering

این نشریه دارای مجوز شماره ۱۹۳د/۳۲۶۸۷ در تاریخ ۱۳۹۵/۱۰/۲۲ از معاونت فرهنگی و اجتماعی دانشگاه تربیت مدرس است.

سخن مدیر مسئول

بسمه تعالی

نشریات دانشگاهی یکی از ارکان اساسی فعالیت‌های فرهنگی و اجتماعی دانشجویان و عامل مهمی در توسعه فرهنگ گفت‌وگو و ایجاد فضای نقد، آگاهی بخشی، اطلاع‌رسانی و فرهنگ‌سازی در دانشگاه‌ها هستند. بنابراین توسعه این بخش از فعالیت‌های فرهنگی موجب ارتقای فرهنگ و افزایش روحیه مشارکت اجتماعی خواهد شد. از زمانی که پا به عرصه فعالیت‌های علمی، پژوهشی و فرهنگی گذاشتیم، تلاش کردیم تا گام‌هایی کوتاه در راستای ارتقای فرهنگ مطالعه و آگاهی‌بخشی جامعه دانشگاهیان برداریم. اگرچه در این راه با مشکلات و چالش‌های جدی روبرو شدیم، اما آنچه که انتشار نشریه پالار را تا به حال در اولویت انجمن علمی دانشجویی دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس قرار داده، این است که اصحاب فکر و قلم و دانشجویان، اینجا را محلی برای بیان نظرات و اندیشه‌های خود قرار دادند.

امروزه مطبوعات یکی از عرصه‌های ایجاد خودآگاهی و ارتقای فرهنگ مطالعه است که در اشکال مختلفی مانند مجله، روزنامه، نشریه و ... می‌توانند ایفای نقش کنند. ما سعی داریم تا نشریه پالار را به بستری مناسب برای بیان نظرات و تجربیات ارزنده شما عزیزان بدل کنیم. به همین دلیل سعی کردیم تا در هر شماره از مطالب به‌روز و متنوع در گرایش‌های مختلف رشته مهندسی عمران استفاده کنیم تا نشریه پالار را به یکی از خواندنی‌ترین نشریات تخصصی در حوزه فنی و مهندسی تبدیل کنیم.

اکنون که در حال نگارش چهارمین شماره نشریه پالار هستیم، مفتخریم اعلام کنیم که با نظر اهالی فن و قلم و بازخورد مناسب مخاطبان این نشریه، هر سه شماره قبلی نشریه پالار موفق به کسب ۵ عنوان مختلف در جشنواره‌های ملی حرکت، دانشگاهی حرکت و تیتر ۱۱ شده است. بر خود لازم می‌دانم تا از همه عزیزانی که در ۳ شماره آخر نشریه پالار ما را یاری کردند تا به یکی از موفق‌ترین نشریات دانشگاه تبدیل شویم، تشکر و قدردانی کنم؛ بی شک این افتخارات وظیفه ما را برای حفظ کیفیت و ارتقا جایگاه پالار سخت‌تر می‌کند.

در آخر اعلام می‌کنم که پالار با فراهم کردن بستری مناسب برای انجام فعالیت‌های علمی، پژوهشی برای دانشجویان عزیز، از علاقه‌مندان به نشریه دعوت به عمل می‌آورد تا در راستای نیل به اهداف متعالی، ما را یاری نمایند.

محمد یزدانی
بهار ۱۳۹۹

۱ پالار (Palar)، واژه‌ای فارسی است و در منابع و میراث مکتوب به معانی متعددی از جمله درخت، ستون بزرگ، ستون، شمع، دیرک، تیرک، تیر باربر و ... به کار رفته است.

سارا همانی

فروغ خادم

پرنده‌ها همه در باد تار و مار شدند
نگاه‌ها همه از اشک جویبار شدند
مرا ببخش اگر واژه‌های معصومم
خبررسان خبرهای ناگوار شدند
مرا ببخش اگر روزنامه‌ها امروز
گریستند و غریبانه سوگوار شدند
کسی مرا برساند به آخرین پرواز
رسیده‌ها همه رفتند و ماندگار شدند
رسیده و نرسیده هزار واژهٔ تلخ
برای مرثیه‌ای آتشین قطار شدند
«رسیده‌ها چه نجیب و نچیده افتادند»
هزار باغ در این باد بی انار شدند
کجاست مرثیه‌سازی که نوحه ساز کند
برای این‌همه مادر که داغدار شدند
بیا بنفشه بکاریم دسته دسته کبود
به یاد باغچه‌هایی که بی بهار شدند
خبر درشت، خبر سنگدل، خبر این بود:
«پرنده‌ها همه در آسمان غبار شدند»

سعید بیابانکی

معرفی گروه‌های آب دانشگاه تربیت مدرس

گروه مهندسی سازه‌های هیدرولیکی، زیرمجموعه دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست است که در سال ۱۳۶۸ با برگزاری دوره کارشناسی‌ارشد راه‌اندازی شده و از سال ۱۳۷۸ اقدام به پذیرش دانشجوی دکترا نموده است. از آنجا که سرنوشت کشور دقیقا با مساله آب و بهره‌برداری از آن گره خورده است و این مهم جز با احداث سازه‌هایی نظیر سدها، نیروگاه‌های آبی، شبکه‌های آب‌رسانی، بندرها، سازه‌های دریایی و دیگر تاسیسات آبی میسر نیست، گروه مهندسی سازه‌های هیدرولیکی رسالتی راهبردی در سطح ملی برای خود احساس می‌کند. این گروه با بهره‌گیری از توان تخصصی اساتید در زمینه‌های سازه‌های هیدرولیکی، سدسازی و نیروگاه‌های برقابی، اقدام به ارائه دروس و نیز هدایت پایان‌نامه‌ها، رساله‌های تخصصی و طرح‌های پژوهشی نموده است.

حوزه‌های اصلی پژوهشی اساتید گروه مهندسی سازه‌های هیدرولیکی عبارتند از:

- مهندسی هیدرولیک
- ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های هیدرولیکی
- هیدرولیک رسوب
- اندرکنش آب و سازه

گروه سازه‌های هیدرولیکی از اعضای هیات‌علمی برجسته و متعهدی تشکیل شده که بر اساس نیازهای اساسی جامعه پویای پس از انقلاب با اهداف برآمده از صنعت ساختمان و آب کشور در یک دانشگاه آرمانی تحصیلات تکمیلی گرد هم آمده‌اند. نتیجه فعالیت اساتید و دانشجویان در این سال‌ها در قالب مقالات علمی، گزارش‌های فنی و کتاب‌های گوناگون به چاپ رسیده است.

نقش حیاتی آب در جوامع بشری به‌خصوص در کشوری نظیر ایران که از جمله مناطق خشک محسوب می‌شود، ضرورت انجام تحقیقات جامع در این خصوص را آشکار می‌نماید و وجود توان بالای علمی در این زمینه در دانشگاه تربیت مدرس و نیاز به تحقیقات چند جانبه، منجر به ایجاد پژوهشکده مهندسی آب در دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۸۲ شد.

گروه مهندسی سازه‌های هیدرولیکی از آنجایی که درون یک دانشگاه با رسالت ویژه قرار دارد، به‌عنوان نقطه امید برتر ملی در شکستن موانع علمی و پژوهشی پیش پای ملت تلقی می‌گردد. در این راه قطعاً با بهره‌مندی از نخبگان علمی کشور بیشترین رشد و تعالی را در میان دانشگاه‌های کشور باید از این گروه انتظار داشت.

اهداف کلیدی گروه مهندسی سازه‌های هیدرولیکی برای فعالیت‌های آتی عبارتند از

بررسی، شناسایی و رفع نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی کشور
انجام طرح‌های پژوهشی بنیادی و توسعه‌ای
شناخت و ارائه فناوری‌های جدید در زمینه‌های مختلف مهندسی آب
تهیه و توسعه نرم افزارهای تخصصی
خدمات مشاوره علمی و فنی
ارتباط فعال و سازنده با سایر مؤسسات و دستگاه‌های اجرایی، جوامع علمی ـ پژوهشی در داخل و خارج از کشور
انجام فعالیت‌های ضروری برای به کارگیری نتایج مطالعات و تحقیقات
انتشار دستاوردهای علمی
برگزاری کارگاه، سمینار و دوره‌های تخصصی

اعضای هیأت علمی

* محمدتقی احمدی

سوابق تحصیلی

- کارشناسی مهندسی عمران از دانشگاه تهران
- کارشناسی ارشد مهندسی عمران از دانشگاه توهوکو، ژاپن
- دکتری مهندسی عمران از دانشگاه توهوکو، ژاپن

* سید علی‌اکبر صالحی نیشابوری

سوابق تحصیلی

-کارشناسی مهندسی عمران از دانشگاه صنعتی شریف
-کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های هیدرولیکی از دانشگاه نیوکاسل
-دکتری مهندسی سازه‌های هیدرولیکی از دانشگاه لیورپول

علایق پژوهشی

- هیدرودینامیک محاسباتی
- هیدرولیک زیست محیطی
- سیلاب شهری

* محمد عالم باقری

سوابق تحصیلی

-کارشناسی مهندسی عمران از دانشگاه صنعتی شریف
-کارشناسی ارشد مهندسی سازه از دانشگاه صنعتی شریف
-دکتری مهندسی سازه و زلزله از دانشگاه صنعتی شریف

علایق پژوهشی

- ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های هیدرولیکی
- پایش سلامت سازه
- تحلیل احتمالاتی سازه‌ها

معرفی گروه مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس

گروه مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس، در سال ۱۳۷۱ با دوره کارشناسی‌ارشد راه‌اندازی شده و از سال ۱۳۷۵ اقدام به پذیرش دانشجوی دکتری نموده است. همچنین از سال ۱۳۹۳، گرایش مهندسی و مدیریت منابع آب با برگزاری دوره کارشناسی ارشد و سپس دوره دکتری این گرایش توسط گروه مهندسی آب راه اندازی شده است. این گروه با بهره‌گیری از توان تخصصی اساتید در زمینه‌های مهندسی رودخانه، سازه‌های هیدرولیکی، نیروگاه‌های برقابی، مدل‌های عددی و فیزیکی، هیدرولوژی ایزوتوپی، هیدرودینامیک، مدیریت منابع آب سطحی و زیرزمینی و مدیریت کیفیت آب و جریان‌های زیست محیطی اقدام به ارائه دروس و نیز هدایت پایان‌نامه و رساله تخصصی نموده است. گروه با توجه به نیاز کشور به فعالیت‌های تخصصی در زمینه مهندسی آب، رسالت‌های اصلی خود را مشارکت در فعالیت‌های پژوهشی پایه و کاربردی در قالب هدایت پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و رساله‌های دکتری و نیز اجرای طرح‌های تحقیقاتی می‌داند. گروه مهندسی آب با برخورداری از اعضای هیات علمی برجسته و فارغ التحصیلان متعهد و دارا بودن زیرساخت‌های تحقیقاتی لازم، در تلاش است تا مسئولیت علمی و اجتماعی خود را در راهبری مسائل چند بعدی و پیچیده چالش‌های مربوط به تأمین، انتقال، صرفه‌جویی و مدیریت منابع آب در سطح ملی و منطقه ای ایفا نماید.

اهداف کلیدی گروه مهندسی آب عبارتند از

- آموزش و تربیت دانشجویان جهت تأمین نیروهای متعهد و متخصص در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری
- توسعه امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در زمینه مهندسی آب و مدیریت منابع آب
- انجام فعالیت‌های پژوهشی و کاربردی در خصوص معضلات خشکسالی و کمبود آب کشور
- ارائه خدمات تخصصی به دیگر مؤسسات و مراکز آموزشی و پژوهشی و صنعتی
- ایجاد زمینه‌های مناسب جهت تعاملات بین دانشگاهی و مراکز تحقیقاتی
- ایجاد ارتباط بین صنعت و دانشگاه با انجام پروژه‌ها، برگزاری کارگاه‌های آموزشی در سطوح مختلف
- ارتقای آگاهی عمومی در موضوعات مرتبط با آب
- انتشار مقالات، گزارشات و کتب علمی

اعضای هیأت علمی

❋ مسعود قدسیان

سوابق تحصیلی

- کارشناسی مهندسی عمران از دانشگاه پنجاب
- کارشناسی ارشد مهندسی عمران از دانشگاه رورکی هندوستان
- دکتری مهندسی هیدرولیک از دانشگاه رورکی هندوستان

علایق پژوهشی

- مهندسی رودخانه
- هیدرولیک رسوب و آبشستگی
- سازه‌های هیدرولیکی
- مدل‌های هیدرولیکی

❋ سمیه سیما

سوابق تحصیلی

- کارشناسی مهندسی عمران آب از دانشگاه علم و صنعت
- کارشناسی ارشد مهندسی محیطزیست از دانشگاه صنعتی شریف
- دکتری مهندسی منابع آب از دانشگاه صنعتی شریف
- پسا دکتری مهندسی منابع آب از دانشگاه صنعتی شریف

علایق پژوهشی

- هیدرومتئولوژی و کاربرد سنجش از دور در پایش متغیرهای هیدرولوژی و منابع آب
- برنامه‌ریزی و تحلیل سیستم‌های منابع آب با رویکرد محیط زیست
- حفاظت و احیای تالاب‌ها و دریاچه‌ها

❋ فرزین نصیری صالح

سوابق تحصیلی

- کارشناسی مهندسی عمران از دانشگاه تهران
- کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های هیدرولیکی از دانشگاه تربیت مدرس
- دکتری مهندسی عمران- هیدرولوژی از دانشگاه توکیو ژاپن

علایق پژوهشی

- هیدرولوژی ایزوتوپی
- هیدرولوژی اجتماعی
- توسعه مدل‌های هیدرولوژیکی
- مدلسازی آزمایشگاهی و عددی فرسایش

معرفی گروه سازه‌های دریایی دانشگاه تربیت مدرس

دانشگاه تربیت مدرس افتخار دارد که از سال ۱۳۷۹ و به‌عنوان دومین دانشگاه کشور (پس از دانشگاه تهران)، به تربیت دانشجو و تحقیق در رشته مهندسی سازه‌های دریایی پرداخته است. هم‌اکنون این گرایش به‌عنوان یکی از زیرمجموعه‌های دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست در مقطع کارشناسی‌ارشد و دکترا دانشجو می‌پذیرد.

با توجه به وجود خط ساحلی گسترده در شمال و جنوب کشور ایران (بیش از ۵۸۰۰ کیلومتر)، پتانسیل قابل توجهی جهت بهره‌برداری از مزیت‌های دریا در کشور وجود دارد. منابع انرژی نهفته در سطح، بستر و عمق دریا (نفت، گاز و انرژی‌های تجدیدپذیر) و تنوع فعالیت‌های ساحلی و فراساحلی (بنادر و بازرگانی، تفریحات آبی، ماهی‌گیری و شیلات و ...)، در کنار ملاحظات پدافندی و امنیت ملی، منجر به توجه بیشتر مسئولین کشور به دریا - به‌ویژه در سال‌های اخیر - به‌عنوان یکی از محورهای اقتصاد مقاومتی شده است. از این‌رو، گرایش مهندسی سازه‌های دریایی، به‌عنوان یک ضرورت جهت پرورش مهندسان کارا در حل مسائل اغلب چندوجهی مطرح در حوزه سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، مطرح شده است. این گروه با درک رسالت اصلی خود در رابطه با تربیت نیروهای متعهد و متخصص در زمینه مهندسی سازه‌های دریایی، حفظ و توسعه ارتباط مؤثر با صنعت و تولید و گسترش تولیدات علمی در زمینه مهندسی سواحل، مهندسی بنادر و سازه‌های دریایی، توسعه مقررات و دستورالعمل‌های اجرایی را نیز در اولویت تحقیقاتی خود قرار داده است. نتیجه فعالیت‌های دانشجویان و اعضای هیات علمی این گروه تاکنون در قالب کتاب‌های تالیفی، پژوهش‌های علمی و همچنین مقالات متعدد علمی در مراجع معتبر داخلی و خارجی به ثبت رسیده است.

اهداف کلیدی گروه سازه‌های دریایی عبارتند از

- آموزش و تربیت دانشجویان متعهد، متخصص، مسلط به علم روز و دارای توان تحقیقاتی کافی در مقاطع کارشناسی‌ارشد و دکترا در جهت رفع نیازهای کشور در مقوله سازه‌های دریایی
- دستیابی به ابزارها و نتایج پژوهش‌های روز دنیا در زمینه مهندسی سازه‌های دریایی و گسترش آن در سطوح کاربردی کشور
- افزایش توانمندی‌های بومی لازم جهت طراحی و نظارت بر اجرای پروژه‌های تخصصی مرتبط با گرایش سازه‌های دریایی
- ایجاد ارتباط بین صنعت و دانشگاه با انجام پروژه‌ها
- برگزاری کارگاه‌های آموزشی در سطوح مختلف
- ایجاد زمینه‌های مناسب جهت تعاملات بین دانشگاهی و مراکز تحقیقاتی

مهمترین دستاوردهای گروه عبارت است از: ساخت اولین دستگاه موج‌ساز پیستونی با قابلیت تولید امواج نامنظم در کشور، تدوین آیین‌نامه طراحی سکوهای دریایی کشور ،تدوین آیین‌نامه ملی طراحی موج‌شکن‌های سکویی، تدوین آیین‌نامه کاربرد سنگ در موج‌شکن‌ها و سازه‌های بندری، مشارکت در تدوین آیین‌نامه‌های مرتبط با سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، مطالعات امکان‌سنجی تقویت زنجیره تأمین تجهیزات دریایی در کشور.

حوزه‌های اصلی پژوهشی اساتید گروه عبارت است از: روش‌های نوین طراحی سازه‌های دریایی شامل انواع سکوها، اسکله‌ها، موج‌شکن‌ها، سازه‌های حفاظت و تأسیسات و تجهیزات بندری، مهندسی سواحل و روش‌های شناخت رفتار متقابل دریا و خط ساحلی، طراحی بنادر و مدیریت حمل و نقل دریایی، شناخت شرایط هیدرولیک و هیدرودینامیک دریا، روش‌های عددی در بازسازی شرایط عملکردی سازه‌های دریایی، ارزیابی رفتار سازه‌های دریایی با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی، تحلیل ایمنی و ریسک بنادر و آبراهه‌های دریایی.

اعضای هیأت علمی

* حسن اکبری

سوابق تحصیلی

- کارشناسی مهندسی عمران از دانشگاه تهران
- کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های دریایی از دانشگاه تهران
- دکتری مهندسی سازه‌های دریایی از دانشگاه تهران

علایق پژوهشی

- مدل عددی بدون المان و دینامیک سیالات محاسباتی
- آنالیز غیرخطی و طراحی سازه های دریایی و سازه های فراساحل
- آنالیز آماری و طراحی بر اساس عملکرد
- مهندسی سواحل و رسوب

* مهدی شفیعی‌فر

سوابق تحصیلی

- کارشناسی مهندسی عمران- راه و ساختمان از دانشگاه تبریز
- کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های هیدرولیکی از دانشگاه علم و صنعت
- کارشناسی ارشد مهندسی سواحل و فراساحل از دانشگاه IHE دلفت هلند
- دکتری مهندسی سازه‌های دریایی از دانشگاه صنعتی دلفت هلند

علایق پژوهشی

- هیدرودینامیک امواج و جریان‌های دریایی
- پایداری و واکنش‌های هیدرولیکی موج شکن‌ها و سازه‌های حفاظت سواحل
- طراحی بر مبنای عملکرد سازه‌های دریایی
- هیدرومکانیک سازه‌های شناور دریایی

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب

دانشگاه تربیت مدرس

۱. معرفی، تاریخچه و اهداف

پژوهشکده مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس به عنوان یکی از مراکز پژوهشی برجسته و فعال در امر پژوهش‌های بین رشته‌ای آب، از سال ۱۳۸۱ فعالیت داشته است. این پژوهشکده حل مشکلات واقعی صنعت آب، توسعه و تجاری‌سازی فناوری‌های مرتبط، هدایت پژوهش‌های بنیادین در مرزهای دانش و ارائه دستاوردهای پژوهشی به جامعه و ارتقای آگاهی‌های عمومی را رسالت خود قرار داده است. ارتباط قوی با صنعت و مراکز ملی و بین‌المللی در سرلوحه اهداف این پژوهشکده قرار دارد.

۲. ماموریت‌ها

۱- انجام طرح های پژوهشی بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای در زمینه‌های مختلف مهندسی آب و رشته‌های وابسته به آنها

۲- انجام خدمات مشاوره علمی و فنی درزمینه مهندسی آب

۳- ظرفیت‌سازی برای بکارگیری نتایج پژوهش‌های انجام شده

۴- ایجـــاد تعامل فعال وسازنده باسایر مؤسسات ونهادهای علمـــی و پژوهشـــی درداخل وخارج کشور

۵- ترویج وانتشار نتایج مطالعات وپژوهش‌های انجام شده به صورت مجلهٔ علمی، کتاب، مجله‌های الکترونیکی ونظایر آن برابر ضوابط ومقررات جاری کشور

۶- برنامه‌ریزی و برگزاری همـایش‌های علمی- تخصصی درزمینه های مرتبط درسطوح ملّی

۳. گروه‌ها و زمینه‌های کاری

پژوهشکده در چهار گروه پژوهشی با موضوعات محیط زیست، منابع آب، هیدروانفورماتیک و هیدرولیک، فعالیت می‌نماید.

زمینه‌های فعالیت اصلی پژوهشکده عبارتند از:

- مدیریت منابع آب
- دیپلماسی آب
- هیدرولیک جریان
- هیدرولیک رسوب
- مهندسی سیلاب
- مهندسی رودخانه
- مدل‌های هیدرولیکی
- هیدرولیک دریا
- مهندسی سواحل
- سازه‌های هیدرولیکی
- مهندسی و مدیریت منابع آب
- مهندسی حفاظت آب و خاک
- سیستم های آبیاری و زهکشی
- هیدرولوژی آب‌های سطحی
- محیط زیست
- کاربرد فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در مهندسی آب

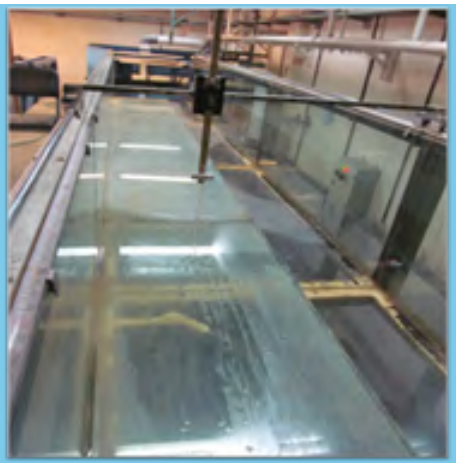
۴. سوابق طرح‌ها

این پژوهشکده در نزدیک به دو دهه فعالیت خود، بالغ بر ۱۵۰ طرح پژوهشی با کارفرمایان دولتی و خصوصی در موضوعات فوق منعقد کرده است.

۵. شبکه آزمایشگاه‌های پژوهشکده مهندسی و مدیریت منابع آب

این پژوهشکده از شبکه آزمایشگاهی شامل آزمایشگاه هیدرولیک و سازه‌های هیدرولیکی، آزمایشگاه سواحل و سازه‌های دریایی و آزمایشگاه محیط‌زیست برخوردار می‌باشد.

✓ آزمایشگاه سازه‌های دریایی - دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست



✓ آزمایشگاه هیدرولیک - دانشکده عمران و محیط زیست

✓ آزمایشگاه سازه‌های هیدرولیکی - دانشگده عمران و محیط زیست

✓ آزمایشگاه محیط زیست - دانشکده عمران و محیط زیست

✓ آزمایشگاه هیدرولیک - دانشکده کشاورزی

۶. انتشارات پژوهشکده

عناوین کتاب‌های منتشره توسط پژوهشکده

ردیف	نام کتاب	سال
۱	مقدمه‌ای بر اکوهیدرولیک و شبیه‌سازی زیستگاه‌های رودخانه‌ای	۱۳۹۷
۲	مدلسازی ریاضی رفتار رسوب در جریان آب‌های سطحی	۱۳۹۴
۳	راهنمایی بر مدیریت خشکسالی	۱۳۹۰
۴	هیدرومکانیک سازه‌های شناور	۱۳۸۹
۵	مبانی روش‌های شیرین‌سازی آب شور	۱۳۸۷
۶	مدل‌های آشفتگی و کاربرد آن‌ها در هیدرولیک	۱۳۸۷

۷.کمیته دانشجویان و فارغ التحصیلان

پژوهشکده مهندسی آب با همکاری اساتید و همچنین فراهم ساختن زیرساخت‌های مناسب تصمیم به تشکیل کمیته دانشجویان فارغ التحصیلان نمود. هدف از تشکیل این کمیته، ارتقای سطح علمی و پژوهشی دانشجویان با بهره‌مندی از دانش و تجارب اساتید است. بخشی از این اهداف و برنامه های کمیته دانشجویی به شرح زیر می‌باشد:

- ✓ برگزاری نشست‌های تخصصی با بهره‌مندی از دانش و تجربیات اساتید
- ✓ برگزاری نشست‌های هم‌اندیشی دانشجویی با کمک فارغ‌التحصیلان به منظور انتقال تجربیات و ارتقای سطح کیفی و علمی پایان‌نامه‌ها
- ✓ برگزاری مسابقات دانشجویی با هدف ایجاد فضای علمی و رقابتی
- ✓ تولید محتوا در زمینه آموزش‌های آبی به منظور افزایش آگاهی دانشجویان با دانستنی‌های مرتبط با علوم و مهندسی آب

جهت عضویت و همکاری با کمیته دانشجویان و فارغ التحصیلان می‌توانید با این کمیته تماس حاصل فرمایید:

	سمت	نام و نام خانوادگی	آدرس ایمیل
۱	مسئول کمیته دانشجویان	امیرحسین اولیاء	ahowlia@gmail.com
۲	مسئول کمیته فارغ التحصیلان	زانکو زندسلیمی	zandsalimi.zanko@gmail.com

تلفکس: ۸۲۸۸۴۳۴۲ -۸۲۸۸۳۹۹۸
ایمیل: weri@modares.ir
وبسایت: weri.modares.ac.ir

ترین‌های سد؛

تاریخ سدسازی در ایران، مصر و بین‌النهرین (میان رودان) قدمتی بسیار طولانی دارد و هنوز هم می‌توان نشانه‌هایی از آنها را در این سرزمین‌ها یافت. به طور کلی سدسازی و نیز لایروبی و مرمت آنها از دیر باز در ایران و دیگر سرزمین‌ها، مانند سایر کارهای عام‌المنفعه و پروژه‌های بزرگ معمولا به دست حکومت‌ها و پادشاهانی که به امور آبادانی و آبادی علاقه بیشتری داشتند انجام می‌شد و در این میان رونق اقتصادی و پیشرفت آبادی‌ها و شهرهای مرتبط با سیستم‌های آبیاری و آبرسانی نیز بستگی بسیار زیادی با مقوله سد و سدسازی و اهمیت حکمرانان به این مسایل داشته است.

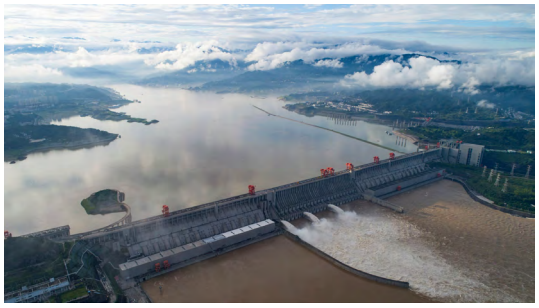
سدسازی یا بندسازی از فعالیت‌های مهندسی به شمار می‌رود که شرایط تاریخی و جغرافیایی خاص مناطق در پیدایش، شکل‌گیری و گسترش آن سهم به‌سزایی دارند. در گذشته و در هر منطقه خاص جغرافیایی بنابر ضرورت یا نیاز ساکنین آن‌جا نسبت به ایجاد سد، بند یا آبگیر اقدام می‌کردند تا نیازهای خود در زمینه آبیاری و آبرسانی را مرتفع سازند. در مناطقی نیز به خاطر پایین بودن سطح آب رودخانه‌ها یا جهت تغییر مسیر رود، سدسازی انجام می‌شد تا بتوانند سطح آب را بالا آورده و برای نیازهای کشاورزی و عمرانی از آن استفاده کنند.

در ایران نیز به جهت کمبود آب، شرایط اقلیمی خاص و نیازهای روزمره، آب ماده‌ای بسیار ارزشمند محسوب می‌شود که این امر را علاوه بر بندسازی، سدسازی و آثار به جا مانده، می‌توان در فرهنگ ایرانی و ارزشی که برای آب قایل می‌شدند و حافظه تاریخی مردم ایران به وضوح مشاهده و مطالعه کرد.

در سرزمین‌های ایران و مصر که از قدیم در معرض سیلاب و طغیان رودخانه‌ها قرار داشتند، ساخت بندهای متفاوت در طول مسیر رودخانه‌ها و یا مناطق سیل‌خیز به جلوگیری از خسارات این گونه طغیان‌ها کمک فراوانی می‌کرد.

تاریخ سدسازی در ایران، مصر و بین‌النهرین (میان رودان) قدمتی بسیار طولانی دارد و هنوز هم می‌توان نشانه‌هایی از آنها را در این سرزمین‌ها یافت. به طور کلی سدسازی و نیز لایروبی و مرمت آنها از دیر باز در ایران و دیگر سرزمین‌ها، مانند سایر کارهای عام‌المنفعه و پروژه‌های بزرگ معمولا به دست حکومت‌ها و پادشاهانی که به امور آبادانی و آبادی علاقه بیشتری داشتند انجام می‌شد و در این میان رونق اقتصادی و پیشرفت آبادی‌ها و شهرهای مرتبط با سیستم‌های آبیاری و آبرسانی نیز بستگی بسیار زیادی با مقوله سد و سدسازی و اهمیت حکمرانان به این مسایل داشته است.

ماجرای سدسازی در ایران از سال‌های پایانی دهه ۲۰ آغاز شد، اما پس از پیروزی انقلاب اسلامی، ظرفیت‌های بسیاری برای توسعه سدسازی به‌وجود آمد تا جایی‌که اکنون بر اساس آمار کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ (ICOLD)، ایران پس از ترکیه، رتبه دوم در منطقه و در جهان، رتبه هفدهم را در حوزه سدسازی دارد. به‌گزارش ایسنا، تاکنون ۱۷۲ سد ملی در سطح ایران به بهره‌برداری رسیده که از این تعداد، ۱۹ طرح مربوط به قبل از انقلاب اسلامی و مابقی به بعد از انقلاب مربوط می‌شود.



✓ سد نورک (Nurek) تاجیکستان

این سد بر روی رودخانه «وخش» در تاجیکستان ساخته شده و با ارتفاع ۳۰۰ متر، مرتفع‌ترین سد دنیا به شمار می‌رود. این سد از نوع خاکی بوده و یکی از بزرگترین ذخایر آبی در تاجیکستان محسوب می‌شود. ساخت این سد زمانی که تاجیکستان بخشی از اتحاد جماهیر شوروی بوده، صورت گرفته و ۱۹ سال طول کشیده است. ساخت این سد در سال ۱۹۶۱ آغاز و در نهایت در سال ۱۹۸۰ تکمیل شده است.

✓ سد ژائووان (Xiaowan) چین

با در نظر گرفتن سرعت زیاد توسعه‌های زیرساختی در چین، جای هیچ تعجبی نیست که یکی از بلندترین سدهای دنیا در این کشور واقع شده است. این سد بر روی رودخانه مکونگ واقع شده و دارای ارتفاع ۲۹۲ متری است. هدف از ساخت این سد در درجه اول تولید برق بوده و دارای ظرفیت ۴۲۰۰ مگاواتی می‌باشد. این سد بین سال های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۰ ساخته شده و مرتفع‌ترین سد قوسی جهان است.

✓ سد سه دره (Three Gorges) چین

عظیم‌ترین نیروگاه برقابی جهان نیروگاه سد Three Gorges است که در کشور چین واقع شده است. این نیروگاه به تنهایی با ظرفیت ۲۲۵۰۰ مگاوات، تقریبا معادل دو برابر کل انرژی برقابی ایران، ظرفیت دارد. این سد علاوه بر تولید برق، ظرفیت کشتی‌رانی رودخانه یانگ‌تسه را افزایش داده و همچنین پتانسیل وقوع سیل در پایین‌دست را به کمک فراهم کردن فضای ذخیره سیل کاهش داده‌است. دولت چین به این پروژه به عنوان یک مهندسی تاریخی و همچنین یک موفقیت اجتماعی و اقتصادی نگاه می‌کند. توربین‌های بسیار بزرگ و در ضمن بسیار پیشرفته این نیروگاه برقابی گامی به سوی کاهش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای است. با این حال، با آب‌گیری این سد برخی از محوطه‌های باستان‌شناسی و فرهنگی منطقه به زیر آب رفت و سبب آواره شدن حدود ۱/۳ میلیون نفر شد. ضمن آنکه باعث تغییرات زیست‌محیطی قابل توجهی، از جمله افزایش خطر رانش زمین شد. به هر صورت این سد یک موضوع بحث‌برانگیز هم در داخل و هم در خارج از کشور چین بوده‌است.

از سمت راست: سد نورک مرتفع‌ترین سد خاکی جهان، سد سه دره بزرگترین نیروگاه برقابی جهان، سد ژائووان مرتفع‌ترین سد قوسی جهان

- سد کارون ۴ با ارتفاع ۲۳۰ متر از پی را می‌توان به عنوان بلندترین سد بتنی کشور یاد کرد؛ سد گتوند علیا با ارتفاع ۱۸۲ متر از پی بلندترین سد خاکی و سد جگین با ارتفاع ۸۰ متر از پی و حجم مخزن ۳۰۰ میلیون مترمکعب در رقوم نرمال، بلندترین سد بتن غلطکی در کشور است. همچنین سد در حال تاسیس بختیاری روی رودخانه بختیاری از سرشاخه رودخانه دز با ارتفاع ۳۲۵ متر در آینده بلندترین سد جهان خواهد بود.

از سمت راست: سد کارون ۴ مرتفع‌ترین سد بتنی ایران، سد گتوند علیا مرتفع‌ترین سد خاکی ایران، سد جگین مرتقع‌ترین سد بتن غلطکی ایران

- در ایران سد کرخه با حجم مخزن ۵,۹ میلیارد مترمکعب و بعد از آن نیز سد گتوند علیا با حجم مخزن ۴,۵ میلیارد مترمکعب بزرگترین دریاچه سدهای کشور از لحاظ حجم هستند.
- بلندترین طول تاج نیز مربوط به سد چاه‌نیمه ۴ با طول تاج بیش از ۱۵ کیلومتر و حجم مخزن ۸۲۰ میلیون مترمکعب در رقوم نرمال در مرز بین ایران و افغانستان و بیش‌ترین حجم مخزن نیز مربوط به سد کرخه با حجم مخزن ۵۳۴۷ میلیون مترمکعب در رقوم نرمال می‌شود.
- علاوه بر این بلندترین سد مرزی مشترک بین دو کشور، سد دوستی با ارتفاع ۷۹ متر از پی و حجم مخزن ۱۲۲۳ میلیون مترمکعب بین ایران و ترکمنستان و روی رودخانه مرزی هریرود و بیش‌ترین حجم مخزن سد مرزی مشترک بین دو کشور برای سد خداآفرین با حجم مخزن ۱۶۱۲ میلیون مترمکعب در رقوم نرمال بین ایران و آذربایجان هستند.
- اگر نگاهی به فهرست سدهای قدیمی جهان انداخته شود، نام دو سد ایرانی «کریت» و «کبار» که از نوع سدهای قوسی هستند در میان آنها به‌عنوان باریک‌ترین و قدیمی‌ترین سدهای جهان به چشم می‌خورد. «کریت» در طبس و «کبار» در قم، هر دو در فهرست میراث ملی به ثبت رسیده‌اند.
- نیروگاه برقابی کارون ۳ با توان تولید برق ۲۲۸۰ مگاوات و تولید انرژی سالانه ۴۱۷۰ گیگاوات ساعت، بزرگترین نیروگاه برقابی کشور است.

از سمت راست: سد کرخه دارای بزرگترین حجم دریاچه سد ، سد دوستی دارای بیشترین حجم مخزن سد مرزی ایران، نیروگاه برقابی کارون ۳ بزرگترین نیروگاه برقابی ایران

ارزیابی چرخه عمر و هزینه در ساختمان‌ها

قربانعلی دزواره
دکترای تخصصی مهندسی عمران- محیط زیست، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ، تهران

محمدرضا حاج بابایی
کارشناسی ارشد، مهندسی عمران محیط زیست، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران

چکیده

در سال‌های اخیر توجه عمومی نسبت به پیامدهای زیست‌محیطی تولید و استفاده از مواد و محصولات مختلف در حال افزایش است. این پیامدها در هر مرحله از چرخه عمر محصول، یعنی از زمان استخراج مواد خام از زمین از طریق عملیات مربوطه، تا فرآیندهای صنعتی، مراحل مختلف حمل و نقل، استفاده از محصول و در نهایت دفع و یا بازیافت آن مورد توجه قرار می‌گیرند. از روش‌هایی که امروزه به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد، ارزیابی چرخه عمر می‌باشد. این روش از مبانی مهندسی شیمی و آنالیز جرم و انرژی نشأت گرفته است و به عنوان یک روش استاندارد بین‌المللی که قادر است ورودی‌ها و انتشارات بالادستی و پایین‌دستی یک سیستم را متناسب با چرخه عمر محصولات یا فرآیندها، تجزیه و تحلیل کند، مورد توجه متخصصان زیست‌محیطی قرار گرفته است. با استفاده از این روش، اثرات مستقیم و غیرمستقیم فرآورده‌ها و فرآیندها به پارامترهای کمی تبدیل می‌شوند. امروزه آنالیز چرخه عمر در ساختمان‌ها هم مورد استفاده قرار می‌گیرد و به علت تعداد بالای ساختمان‌ها و هزینه بالای انرژی تبدیل به یکی از موضوعات مهم در آنالیز چرخه حیات گردیده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه عمر، آنالیز جرم، اثرات مستقیم، هزینه انرژی، ارزیابی ساختمان

۱-مقدمه

آنالیز چرخه عمر در ساختمان‌ها به علت گران بودن انرژی و کمبود منابع طبیعی برای ساخت ساختمان‌ها به یکی از موضوعات مهم و ضروری در سال‌های اخیر تبدیل شده است و آنالیز این ساختمان‌ها وابسته به پارامترهای مختلفی از قبیل شکل و نوع طراحی ساختمان، مصالح مصرفی و نوع کاربری ساختمان می‌تواند متفاوت باشد. به همین علت مجموعه استانداردها برای این آنالیزها طراحی شده است که مهمترین آن‌ها استاندارد SC17/ISO/TC59 و استاندارد اروپایی CEN/ TC350 می‌باشد که با این استانداردها سعی شده است هماهنگی کلی برای ساخت و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی چرخه زندگی ساختمان‌ها را فراهم کند ولی همانطور که می‌دانیم این کار به علت این‌که شرایط یک ساختمان با ساختمان دیگر کاملا متفاوت است، بسیار دشوار است. بعضی از این تفاوت‌ها به شرح ذیل است:

- ✓ نوع ساختمان (به عنوان مثال اداری، مسکونی، تجاری)
- ✓ الزامات خاص بودن ساختمان‌ها (به عنوان مثال بیمارستان‌ها، استادیوم‌های ورزشی، .....)
- ✓ الزامات فنی (به عنوان مثال نوع سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی ساختمان)
- ✓ الزامات طراحی (به عنوان مثال نوع نما، بام سبز، .....)
- ✓ نوع مصالح (اسکلت بتنی، اسکلت فلزی)

و با وجود این تفاوت‌ها این استانداردها تا حد زیادی به آنالیز ما کمک کرده‌اند و پیروی از آنها ضروری است [۱].

۲- مراحل چرخه عمر ساختمان‌ها

مراحل چرخه عمر ساختمان‌ها عموما به سه مرحله اصلی قبل از استفاده، استفاده و بعد از استفاده تقسیم می‌شوند. در این سه مرحله اصلی، زیرمراحل اضافی همانطور که در جدول۱ نشان داده شده است اغلب بسته به مطالعه مشخص می‌شوند.

مراحل فرعی مشاهده شده در چرخه عمر ساختمان‌ها	مراحل چرخه عمر ساختمان‌ها
استخراج مواد اولیه	قبل از استفاده
حمل و نقل مصالح به خرده فروشی‌ها	
حمل و نقل مصالح به محل ساخت پروژه	
حمل و نقل مصالح داخل خود مجموعه	
ساخت مجموعه	
فعالیت‌های ساخت و ساز سایت	
جابه‌جایی کارگران ساختمان	
نگهداری	هنگام استفاده
تعمیر	
جایگزینی	
نوسازی	
مصرف انرژی	
مصرف آب	
تخریب	بعد از استفاده
بازیابی زباله‌ها	
دفع زباله‌ها	
بازیافت	

جدول ۱: مراحل چرخه عمر ساختمان‌ها به همراه جزییات [۲]

در مرحله استفاده از ساختمان‌ها، سن سازه را اعداد متفاوت در نظر می‌گیرند ولی با توجه به استانداردها عددی بین ۵۰ تا ۸۰ سال را استفاده می‌کنند که با این حال سازه‌هایی هستند که ممکن است طبق نوع کاربری آنها و نوع مصالح مورد استفاده، حتی بیشتر از ۸۰ سال مورد استفاده قرار بگیرد. به عنوان مثال از بین مقالات بسیار می‌توان به دو نمونه محوطه دانشگاه میشیگان با یک عمر خدماتی ۷۵ ساله [۳] و یک ساختمان اداری عمومی با عمر خدماتی ۵۰ سال [۴] اشاره کرد.

در نسل‌های اولیه ارزیابی‌های زیست‌محیطی ساختمان‌ها، تمرکز غالب بر روی مصرف انرژی اولیه بود. ارتباط ذاتی بین مواد مورد استفاده در ساخت‌وساز ساختمان و قابلیت مصالح نصب‌شده برای کاهش انرژی مصرفی باعث شد تا توازن انرژی ساختمان‌ها به موضوع رایج در آنالیز چرخه حیات تبدیل شود ولی تمرکز انحصاری بر عملکرد انرژی، میزان استفاده کامل از منابع و انتشار گازهای گلخانه‌ای که توسط ساخت ساختمان نیز تولید می‌شود را در نظر نمی‌گیرد. از این رو، مجموعه‌ای کامل‌تر از شاخص‌ها باید برای اطمینان از جامعیت ارزیابی به کار گرفته شوند. علاوه بر این، همان‌طور که انرژی مصرف‌شده در مرحله استفاده از ساختمان جدید به دلیل پوشش‌های بهبود یافته ساختمان کاهش می‌یابد، اثرات زیست محیطی ساختمان‌ها آشکار می‌شود که در جدول ۲ اثرات زیست محیطی مهم و کم اهمیت را نام برده است.

جدول ۲: پارامترهای موثر در ارزیابی چرخه حیات در ساختمان‌ها [۲]

عوامل کم تاثیر	عوامل موثر	عوامل خیلی موثر
سمیت رادیواکتیوی	اسیدی شدن	انرژی مصرفی
اشغال زمین	تغذیه گرایی	
	تخلیه منابع	تولید گازهای گاخانه‌ای که موجب گرمایش زمین می‌گردد
	تخریب لایه اوزون	

همانطور که مشخص است یکی از پارامترهای موثر در ارزیابی چرخه حیات موضوع مقدار هزینه‌ها می‌باشد که اصطلاحا به آن ارزیابی چرخه هزینه می‌گویند که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

۳- ارزیابی چرخه هزینه

یکی از دلایل مهم که باعث بوجود آمدن ارزیابی چرخه هزینه در سازه‌ها گردید این است که حدود ۴۰ ٪ از مصرف انرژی و ۳۶٪ از انتشار گازهای گلخانه‌ای در اروپا ناشی از ساختمان‌ها می‌باشد [۵]. با توسعه سریع اقتصاد، چین از ایالات متحده به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی و ساطع کننده گاز گلخانه‌ای پیشی گرفت و حدود ۱.۶ تا ۲ میلیارد مترمربع ساختمان‌ها هر ساله در چین ساخته می‌شوند [۶]، که ۴۰ % کل ساختمان‌های جدید جهان را تشکیل می‌دهند [۷]. مقدار زیادی از گازهای گلخانه‌ای در طول چرخه عمر ساختمان‌ها، به ویژه در مراحل ساخت و بهره‌برداری، منتشر خواهد شد. به منظور دستیابی به توسعه پایدار ساخت و سازها، نیاز زیادی به شناخت دقیق هزینه‌ها و هزینه‌های محیطی ساختمان‌ها وجود دارد که در حال حاضر، هیچ شناخت مشترکی از مفهوم هزینه زیست‌محیطی در چرخه دانشگاهی وجود ندارد و هنوز هم تفاوت‌هایی میان حوزه‌های مختلف تحقیقاتی وجود دارد. تعریف‌های متفاوتی در این موضوع ارایه شده است که می‌توان به تعریف آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (USEPA) [۸] اشاره کرد. در این تعریف آمده است، چگونگی تعریف هزینه‌های زیست‌محیطی به چگونگی استفاده از اطلاعات بستگی دارد که آیا هزینه می‌تواند به عنوان هزینه زیست‌محیطی تعریف شود یا خیر. تعریف دیگر مربوط به سازمان هزینه‌های زیست‌محیطی در سیستم حسابداری اقتصادی و محیطی یکپارچه (SEAN) که توسط بخش آمار سازمان ملل متحد (UNSD) در سال ۱۹۹۳ منتشر شد، بیشتر نمایان است [۹]. طبق تعریف، هزینه‌های زیست‌محیطی شامل دو سطح هستند:

- ✓ ارزش استفاده و از دست دادن منابع طبیعی در خروجی و مصرف نهایی؛
- ✓ ارزش تاثیر آلودگی ایجاد شده توسط فعالیت‌های خروجی و مصرف بر محیط‌زیست.

علاوه بر این تعاریف شورای آمریکایی کیفیت محیط‌زیست نیز هزینه‌ها را به چهار دسته که شامل: هزینه‌های از دست دادن محیط‌زیست، هزینه‌های حفاظت از محیط‌زیست، هزینه‌های هوای آزاد و هزینه‌های حذف آلودگی محیط‌زیست تقسیم کرده است.

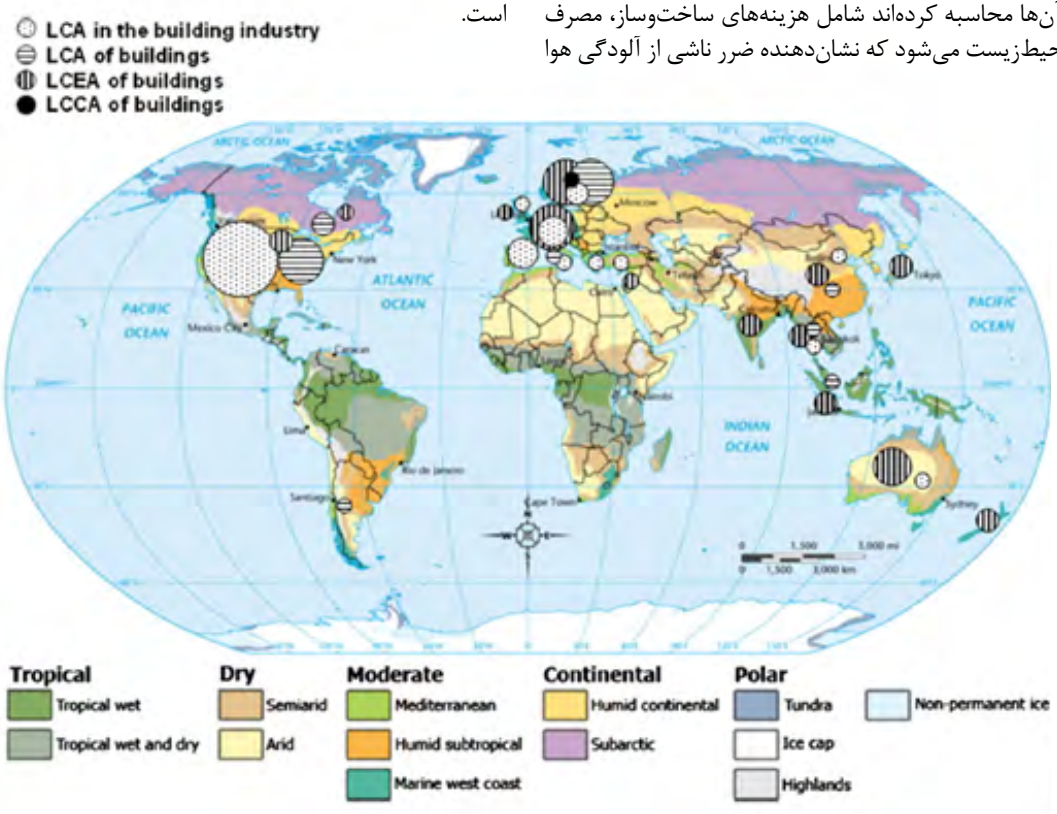
در چین، گروه تحقیقاتی در مورد حسابداری اقتصادی و زیست‌محیطی یکپارچه (GDP سبز) در راهنمای فنی خود پیشنهاد کرد که هزینه‌های زیست‌محیطی از هزینه‌های کنترل آلودگی و هزینه‌های تخریب محیط‌زیست تشکیل شود. در میان آن‌ها هزینه‌های کنترل آلودگی را می‌توان به هزینه‌های کنترل آلودگی واقعی و هزینه‌های مجازی کنترل آلودگی تقسیم کرد که براساس این تعریف، گروه تحقیقاتی مطالعه‌ای بر روی حساب‌های اقتصادی ملی سبز چین انجام داده و چندین مطالعه در مورد حساب‌های اقتصادی زیست‌محیطی را نیز در چین منتشر کرده‌است [۱۰ - ۱۲].

رابطه بین عملکرد زیست محیطی و عملکرد اقتصادی برای تحلیل هزینه زیست محیطی اهمیت بسیاری دارد به طوری که چندین روش برای

نشان دادن این رابطه پیشنهاد شده‌است: از جمله تحلیل هزینه چرخه زندگی (LCCA)، هزینه کل زندگی، هزینه اقتصادی و قابلیت اقتصادی.
معمولا عبارت LCCA نشان می‌دهد که هزینه‌های زیست محیطی درنظر گرفته نمی‌شوند، مانند مورد مشابه در کل هزینه زندگی. سازگاری به عنوان یکی از ابزارهای اصلی برای تسهیل تبدیل از توسعه‌های ناپایدار به توسعه‌های پایدار پیشنهاد شده‌است [۱۳]. این امر براساس مفهوم افزایش بهره‌وری و کاهش عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی به طور همزمان می‌باشد [۱۴- ۱۵]. دانش اقتصادی به نسبت بین ارزش افزوده یک محصول (به عنوان مثال، GDP) و اثرات زیست‌محیطی محصول یا خدمات (به عنوان مثال، انتشارات SO_2 اشاره دارد [۱۴، ۱۶]. این مدل مفاهیم مهمی برای سیستم حسابداری مدیریت زیست‌محیطی (EMA) و همچنین حسابداری زیست‌محیطی دارد [۱۵و ۱۷]. علاوه بر مطالب ذکر شده، از هزینه‌های زیست محیطی یا شاخص‌های هزینه زیست‌محیطی برای ارزیابی هزینه‌های زیست محیطی استفاده می‌شود.
هزینه‌های اقتصادی یک معیار برای جلوگیری از بار محصولات با بیان مقدار بار زیست‌محیطی است که در اینجا به چند مورد اشاره خواهیم کرد: وگتلندر و همکاران [۱۸] از "هزینه‌های زیست‌محیطی ۲۰۰۷"، شاخصی برای ارزیابی زوال اکو سیستم و مشکلات سلامت انسان، برای مقایسه تاثیر زیست‌محیطی مواد بامبو با مواد معمولا استفاده‌شده مانند چوب استفاده کردند. بائزا - بروتن و همکاران [۱۹] برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی سیمان با و بدون افزودن خاکستر لجن فاضلاب از هزینه‌های زیست‌محیطی استفاده کردند، کراوانجا و کچک [۱۶] شاخص جدیدی بنام سود محیط زیستی ارائه کردند که بصورت مجموع سود اقتصادی (تاثیر مثبت موانع زیست محیطی) و هزینه محیط زیستی (تاثیر منفی بار زیست محیطی) تعریف شد. برای کاربرد هزینه زیست‌محیطی در مهندسی عمران، تنها تعداد انگشت شماری از مطالعات یافت می‌شوند. کندال و همکارانش [۲۰] یک مدل یکپارچه ارزیابی چرخه عمر (LCA و LCCA برای ارزیابی و مقایسه پل‌های بتنی سنتی با پل‌های کامپوزیتی سیمان محور پیشنهاد کردند.
LCCA که آن‌ها محاسبه کرده‌اند شامل هزینه‌های ساخت‌وساز، مصرف کنندگان و محیط‌زیست می‌شود که نشان‌دهنده ضرر ناشی از آلودگی هوا است که از نمونه های آن می‌توان به یک سیستم شاخص تحلیل هزینه تاثیر محیطی چرخه عمر پل‌ها براساس LCCA اشاره کرد که محاسبه هزینه‌های زیست‌محیطی چرخه عمر پل‌ها در مراحل مختلف نشان می‌دهد که در میان تمام مراحل، هزینه زیست‌محیطی مرحله تولید مواد بالاتر از هر مرحله دیگری است. یک روش تبدیل تاثیر محیطی به واحدهای پولی توسط کارراس و سایرین ساخته شد [۲۲]. در این رویکرد از شاخص‌های هزینه - محیط زیست برای کمی کردن هزینه برای جلوگیری از مقدار معینی از بار زیست‌محیطی استفاده شده‌است. با این حال، هزینه‌های زیست‌محیطی تنها مصرف مواد و مصرف انرژی را در نظر گرفتند. چو و یه [۲۳] یک سیستم ارزیابی انتشار دی‌اکسید کربن و یک روش محاسبه هزینه زیست‌محیطی برای مقایسه تفاوت عملکرد زیست‌محیطی بین ساخت و ساز کاملا پیش‌ساخته و ساخت و ساز در جا را توسعه دادند که در مطالعه آن‌ها، انتشار CO_2 به سادگی با ارجاع به مالیات درآمد شرکت جویای سود در تایوان به هزینه‌های زیست‌محیطی تبدیل شد و نرخ مالیات فزاینده برای تبدیل کل انتشار CO_2 شبیه‌سازی شده به هزینه زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گرفت.

۴- جمع‌بندی و نتیجه گیری

با بررسی تاریخچه آنالیز چرخه عمر در ساختمان‌ها، مطالعات درباره هزینه‌های زیست محیطی ساخت، بویژه هزینه‌های زیست محیطی چرخه زندگی، هنوز نتایج بدست آمده با هم منطبق نیستند. در حال حاضر، مسایل متعددی در محاسبه هزینه‌ها تاثیر گذار هستند و همین مشکلات باعث پیچیده شدن ارزیابی می‌شودند برای مثال، هزینه‌های زیست محیطی همیشه دست‌کم گرفته می‌شوند. علاوه بر این، عدم وجود سیستم‌های اندازه‌گیری و مدیریت مناسب هزینه‌های زیست‌محیطی مانع دیگری است [۲۴].
شکل ۱ مطالعاتی را نشان می‌دهد که در حوزه‌ی ارزیابی چرخه عمر، هزینه و انرژی در دنیا شده است. همانطور که مشخص است به علت اجبارها و قوانین سخت‌تر در اروپا مقدار این مطالعات در اروپا بیشتر است.



شکل ۱: مطالعات انجام شده در دنیا در حوزه ارزیابی چرخه عمر، هزینه و انرژی [۲۵]

مراجع

۱. Pennington, D.W., Potting, J., Finnveden, G., Lindeijer, E., Jolliet, O., Rydberg, T., Rebitzer, G., “Life cycle assessment Part ۲: Current impact assessment practice” Environment International, ۲۰۰٤ ,۷۳۹–۷۲۱ ,(٥) ۳۰.

۲. oldstein, B., & Rasmussen, F. N. (۲۰۱۸). LCA of Buildings and the Built Environment. In Life Cycle Assessment (pp. -٦۹٥ ۷۲۲). Springer, Cham.

۳. Scheuer, C., Keoleian, G. A., & Reppe, P. (۲۰۰۳). Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. Energy and buildings, ۱۰٦٤-۱۰٤۹ ,(۱۰)۳٥.

٤. Cole, R. J., & Kernan, P. C. (۱۹۹٦). Life-cycle energy use in office buildings. Building and environment, ۳۱۷-۳۰۷ ,(٤)۳۱.

٥. European Parliament and European Council ۲۰۱۰ Directive ۳۱/۲۰۱۰/EU of the European Parliament and of the Council of ۱۹ May ۲۰۱۰ on the energy performance of buildings (recast) Off. J. Eur. Union ۳٥–۱۳.

٦. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China. Statistical Bulletin on Urban and Rural Construction in ۲۰۱٤; Ministry of Housing and Urban-rural Development: Beijing, China, ۲۰۱٥.

۷. Yearbook, C. S. (۲۰۱٤). National Bureau of Statistics PRC.

۸. United States; Environmental Protection Agency; O_ce of Pollution Prevention; ICF Incorporated. An Introduction to Environmental Accounting as a Business Management Tool: Key Concepts and Terms; O_ce of Pollution Prevention and Toxics Press: New York, NY, USA, ۱۹۹٥.

۹. United Kingdom (UK). System of National Accounts; China Statistics Press: Beijing, China, ۱۹۹٥.

۱۰. Yu, F. Wang, J.N.; Cao, D. Guidelines for Chinese Environmental and Economic Accounting; China Environmental Science Press: Beijing, China, ۲۰۰۹

۱۱. Yu, F.; Wang, J.N.; Cao, D. Chinese Environmental and Economic Accounting Report ۲۰۰٤; China EnvironmentalScience Press: Beijing, China, ۲۰۰۹.

۱۲. Yu, F. Wang, J.N.; Cao, D. Chinese Environmental and Economic Accounting Report ۲۰۰۸–۲۰۰۷; China Environmental Science Press: Beijing, China, ۲۰۱۲.

۱۳. Yu, Y.; Chen, D.; Zhu, B. Eco-e_ciency trends in China, –۱۹۷۸ ۲۰۱۰: Decoupling environmental pressure from economic growth. Ecol. Indic. ۱۸٤–۱۷۷ ,۲٤ ,۲۰۱۳.

۱٤. Lehman, G. Global accountability and sustainability: Research prospects. Account. Forum ۲۳۲–۲۱۹ ,۲٦ ,۲۰۰۲.

۱٥. Traverso, M.; Asdrubali, F.; Francia, A.; Finkbeiner, M. Towards life cycle sustainability assessment: An implementation to photovoltaic modules. Int. J. Life Cycle Assess. ,۱۷ ,۲۰۱۲ ۱۰۷۹–۱۰٦۸.

۱٦. Kravanja, Z.; C˘ uc˘ek, L. Multi-objective optimization for generating sustainable solutions considering total e_ects on the environment. Appl. Energy ۸۰–٦۷ ,۱۰۱ ,۲۰۱۳.

۱۷. Burnett, R.D.; Hansen, D.R. Ecoe_ciency: Defining a role for environmental cost management. Account. Org. Soc. ,۲۰۰۸ ٥۸۱–٥٥۱ ,۳۳.

۱۸. Vogtländer, J.; Van der Lugt, P.; Brezet, H. The sustainability of bamboo products for local and Western European applications. LCAs and land-use. J. Clean. Prod. ,۱۸ ,۲۰۱۰ ۱۲٦۹–۱۲٦۰.

۱۹. Baeza-Brotons, F.; Garcés, P.; Payá, J.; Saval, J.M. Portland cement systems with addition of sewage sludge ash. application in concretes for the manufacture of blocks. J. Clean. Prod. ۱۲٤–۱۱۲ ,۸۲ ,۲۰۱٤.

۲۰. Kendall, A.; Keoleian, G.A.; Helfand, G.E. Integrated life-cycle assessment and life-cycle cost analysis model for concrete bridge deck applications. J. Infrastruct. Syst. –۲۱٤ ,۱٤ ,۲۰۰۸ ۲۲۲.

۲۱. Chen, F.F. Life Cycle Environmental Costs of Bridge Engineering. Ph.D. Thesis, Wuhan University of Technology, Hubei, China, ۲۰۱۱.

۲۲. Carreras, J.; Boer, D.; Cabeza, L.F.; Jiménez, L.; Guillén-Gosálbez, G. Eco-costs evaluation for the optimal design of buildings with lower environmental impact. Energy Build. ۱۹۹–۱۸۹ ,۱۱۹ ,۲۰۱٦.

۲۳. Chou, J.S.; Yeh, K.C. Life cycle carbon dioxide emissions simulation and environmental cost analysis for building construction. J. Clean. Prod. ۱٤۷–۱۳۷ ,۱۰۱ ,۲۰۱٥.

۲٤. Epstein, M.; Flamholtz, E.; McDonough, J. Corporate social accounting in the United States of America: State of the art and future prospects. Account. Organ. Soc. ٤۲–۲۳ ,۱ ,۱۹۷٦.

۲٥. Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (۲۰۱٤). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. Renewable and sustainable energy reviews, ٤۱٦-۳۹٤ ,۲۹.

تفکر سیستمی چیست؟

علی حقانی
دانشجوی دکتری، مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

۱- مقدمه

سال‌ها قبل در هند تعداد مارها زیاد بود و زندگی مردم در کوچه و خیابان با مشکل مواجه شد. برای جلوگیری از افزایش تعداد مارها، دولت به مردم گفت که هر کسی که مار بیاورد و آن را به دولت بدهد، به او مبلغی پول داده خواهد شد. این تصمیم دولت موجب شد که پس از مدتی مردم مار پرورش داده و با تحویل آن پول دریافت کنند. سپس دولت به مردم گفت که دیگر بابت تحویل مارها پول نمی‌دهد. بنابراین پرورش‌دهندگان، مارها را در محله‌های مختلف رها کردند. نتیجه‌ی این عمل این شد که مارهای در کوچه و خیابان بیشتر از قبل شدند.

داستان بالا به خوبی تفکر سیستمی را توضیح می‌دهد. به زبان ساده و خودمانی، تفکر سیستمی یعنی فقط تا نوک دماغ‌مان را نبینیم و کمی بیشتر و بزرگتر به مسائل نگاه کنیم. به عبارت دیگر اگر تفکر سیستمی داشته باشیم، بجای اینکه به نتیجه‌ی کوتاه مدت و لحظه‌ای یک فعالیت توجه کنیم، به اثری که در دراز مدت و بر مجموعه‌ی افراد گذاشته می‌شود، تمرکز و توجه خواهیم کرد. همچنین در عوض اینکه فقط نفع شخصی خودمان را درنظر بگیریم، دقت می‌کنیم که رفتار و کارهایمان چه تأثیری بر روی کل مجموعه و سیستم می‌گذارد.

بیایید با یک مثال با توضیح بیشتری به این مسئله بپردازیم. به نظرتان برای ساکت کردن بچه‌ای که مدام گریه می‌کند و حسابی روی مغز دیگران رژه می‌رود، مناسب‌ترین رفتار چیست؟ برای ساکت کردن بچه راه‌های مختلفی هست که عبارتند از:

۱. کُشتن!: یکی از سریع‌ترین راه‌ها برای ساکت کردن یک بچه کشتن آن است! بلافاصله هم ساکت می‌شود. اما آیا تصمیم درستی است؟ به نظرم نیاز به توضیح بیشتر نیست.

۲. کتک زدن: روش دومی که خیلی‌ها هم از آن استفاده می‌کنند این است که بلافاصله با کتک زدن او سعی کنید ساکتش کنید، اما به نظرتان این روش چه مقدار او را ساکت می‌کند؟ ضمناً آن کودک بعد از مدتی دیگر به کتکی که می‌زنید عادت می‌کند و احتمالاً مجبور می‌شوید شدت خشونت‌تان را بالا ببرید. به نظرتان آیا این تصمیم درستی است؟

۳. باج دادن: این مورد از آن دسته کارهایی است که بسیاری از پدر و مادرها انجام می‌دهند. آنها برای اینکه فرزندشان بلافاصله ساکت شود و یا کار موردِ علاقه‌ی خودشان را انجام دهد او را باج‌گیر بار می‌آورند. مثلاً می‌گویند اگر گریه نکنی برات بستنی می‌خرم. کمی بعد وقتی که فرزند بزرگتر شد و دیگر بستنی برایش اهمیت چندانی نداشت، پدر و مادر برای ساکت کردن فرزندشان و به منظور رسیدن به خواسته‌شان با خرید خانه، ماشین و امثال اینها باج می‌دهند و در نهایت وقتی که دیگر نمی‌توانند بیش از این مقدار باج بدهند، فرزندشان آنها را ترک می‌کند چون می‌داند که نمی‌تواند باج‌های مورد علاقه‌اش را به‌وسیله‌ی پدر و مادرش بدست بیاورد. حال به نظرتان این تصمیم برای ساکت کردن یک کودک کار درستی است؟

۴. کم محلی: یک روش دیگر این است که در هر حالتی کم محلی کنید و هیچ اهمیتی به گریه‌های او ندهید. این روش هم شاید تا مدتی جواب دهد ولی از جایی به بعد اثرش را از دست خواهد داد.

۵. گاهی مدارا، گاهی کم‌محلی، گاهی تنبیه و...: این روش تربیتی برای پدر و مادرها و یا افرادی که کارهای تربیتی انجام می‌دهند سخت و پرچالش است اما نتیجه‌اش در دراز مدت ارزشمند بوده و حاصل تربیتیِ آن مفید خواهد بود.

در بین موارد فوق، روشِ آخر که نسبت به بقیه‌ی روش‌ها سخت‌تر است، در بلندمدت بهتر جواب می‌دهد و اگر پدر و مادری قصد دارند به درستی فرزندشان را تربیت کنند باید از این روش استفاده کنند که خودش ترکیبی از چند روش بوده و در ابتدا کمی دردسر دارد اما در نهایت اثر ارزشمندی دارد.

اگر به تصمیم‌هایی که در جوامع و یا توسط دولت‌ها گرفته می‌شود توجه کنید، خواهید دید که در بسیاری از مسائل توجه چندانی به تفکر سیستمی نمی‌شود. مثلاً برای کاهش تخلفات

رانندگی، جرایم را افزایش می‌دهند و جالب است بدانید که پس از چند سال مسئول بخش مربوطه گزارش می‌دهد که تصمیم افزایش مبلغ جریمه‌ها نتیجه‌ی عکس داشته و تعداد تخلفات نسبت به گذشته بیشتر هم شده است زیرا تصمیم‌گیرنده‌ها به اثرِ تصمیم‌شان در بلندمدت توجهی نکرده‌اند. بیایید با هم یکی از جنبه‌های تصمیم افزایش نرخ جرایم راهنمایی و رانندگی را ببینیم:

وقتی جریمه‌ها بالا می‌رود، مردم باور می‌کنند که جریمه‌ها فقط برای این است که راهنمایی و رانندگی جیبش را پر کند. بنابراین وقتی که دوربین و یا مأمور نباشد و رانندگان امکان تخلف‌های مانند سرعت و یا سبقت غیرمجاز را داشته باشند، تخلف خواهند کرد چون باور دارند که جریمه‌ها زیاد از حد است و اگر قرار است با یک بار اشتباه کلی جریمه شوند، پس همان بهتر که چندین بار تخلف کرده باشند که لااقل زمانی که دارند جریمه می‌شوند، کمتر دل‌شان بسوزد و کمتر احساس ضرر کنند. در ضمن اگر هم هرگز جریمه نشوند این حس به آنها القا می‌شوند که پول زیادی را جیب زده‌اند. به همین سادگی با افزایش جریمه‌ها، تخلفات افزایش پیدا می‌کند زیرا به اثرات این تصمیم در بلندمدت توجه نشد. البته فقط از یک زاویه‌ی خاص به موضوع نگاه شد هر چند اثرات معکوس دیگری هم وجود دارد، مثلاً اینکه با افزایش جرائم فساد مأمورین هم می‌تواند افزایش پیدا کند، زیرا دزدانی که در لباس پلیس هستند بجای جریمه کردن، مبلغ کمتری را به عنوان رشوه می‌گیرند و از جریمه راننده صرف نظر می‌کنند. بنابراین شاید هدف اولیه این بود که تخلف‌های رانندگی کاهش یابد، اما در نهایت نه تنها کاهش تخلف‌ها رخ نداد، بلکه در کنارش تخلف‌های بیشتری هم پیدا شد.

۲- آیا من تفکر سیستمی دارم؟

اگر می‌خواهید بدانید که در انجام کارهایتان تفکر سیستمی دارید یا خیر، ساده‌ترین راه حل این است که در هر کار یا فعالیتی از خودتان بپرسید که:

افق دید من چقدر است؟ اثر کارم در دراز مدت چه خواهد بود؟

همچنین برای اینکه با دقت بیشتری به کارهای روزانه‌تان دقت کنید و میزان تفکر سیستمی در زندگی‌تان را تشخیص دهید، می‌توانید به سوال‌های زیر پاسخ دهید. در صورتی که پاسخ‌تان به هر یک از سوال‌های زیر مثبت بود یعنی در آن مورد تفکر سیستمی ندارید:

- ✓ آیا خودتان را از میانگین سیستم مهمتر می‌دانید و می‌خواهید برای شما نسبت به دیگران سهم بیشتری قائل شوند؟
- ✓ اگر در جایی دیگران به صف ایستاده‌اند، سعی می‌کنید از صف عبور کنید چون خودتان را مهمتر می‌دانید؟
- ✓ در هنگام رانندگی از جاده‌ی خاکی عبور می‌کنید تا از دیگران زودتر برسید؟
- ✓ در صورتی که اتومبیلتان در سربالایی‌ها نمی‌کشد و مجبورید سرعت کمی داشته باشید، به دیگران هم اجازه نمی‌دهید که از شما سبقت بگیرند؟
- ✓ وقتی چراغ راهنمایی قرمز است، برای خودتان این حق را قائل هستید که عبور کنید؟
- ✓ در خیابان آشغال می‌ریزید چون افرادی هستند که آن را جمع کنند؟
- ✓ از اینکه به شما دروغ بگویند متنفرید ولی جایی که به نفع‌تان باشد دروغ می‌گویید؟
- ✓ اگر در کلاسی هستید و مدرس بگوید: «سوالات را در انتهای جلسه بپرسید تا پیوستگی مطالب از بین نرود» باز هم خودتان را مهمتر از بقیه می‌دانید و در حین تدریس سوال می‌پرسید؟
- ✓ اگر آشنایی در یک اداره‌ی دولتی دارید، حتی اگر فردی شایسته‌تر از شما وجود دارد، باز هم از او می‌خواهید که کاری کند که شما استخدام شوید؟ و اگر مطابق میل‌تان عمل نکرد، از دست او ناراحت می‌شوید و با او قطع رابطه می‌کنید؟
- ✓ اگر با شخصی در ساعت مشخصی قرار گذاشتید، برای‌تان اهمیتی ندارد که سر ساعت به قرار بروید؟

- ✓ اگر از کسی عصبانی هستید، قبل از اینکه از او سوال بپرسید و اجازه بدهید در آرامش دلایلش را بگوید، بلافاصله شروع به دعوا یا دشنام دادن می‌کنید؟
- ✓ آیا اغلب اوقات تا چیزی می‌بینید و چیزی می‌شنوید ابتدا بدون آنکه فکر کنید و سوال بپرسید، عکس‌العمل نشان می‌دهید و بعداً از کارتان پشیمان می‌شوید؟
- ✓ آیا بجای اینکه ایراد دوست‌تان را در تنهایی و با احترام و بدون تخریب به او بگویید، او را در جمع خرد می‌کنید؟
- ✓ آیا زمانی که اشتباه می‌کنید، بجای عذرخواهی توجیه می‌کنید که نباید از افرادی که از شما کوچکترند عذرخواهی کنید؟
- ✓ اگر دانشجو هستید، آیا از اساتیدتان می‌خواهید که به شما نمره‌ی بیشتری بدهند که شاگرد اول بشوید؟
- ✓ آیا با افرادی که به تازگی با آنها آشنا شده‌اید انتظار دارید که برای‌تان حتماً زمان صرف کنند و کاری برای‌تان انجام دهند؟
- ✓ ...

به هر کدام از سوال‌های فوق پاسخ مثبت داده باشید، آنگاه یعنی در آن مورد تفکر سیستمی ندارید و باید نوع نگاه‌تان را اصلاح کنید وگرنه در درجه‌ی اول خودتان و پس از شما دیگران از این تصمیم‌ها متضرر می‌شوند. البته گاهی ممکن است شما در کوتاه مدت به نتیجه‌ی قابل قبولی برسید، اما ضررهایی که به دیگران می‌رسد به کل سیستم و جامعه انتقال پیدا می‌کند و درنهایت شما آسیبی که به سیستم وارد می‌شود، دامن شما را هم خواهد گرفت.

۳- تفکر سیستمی و انتقاد

یکی از مهمترین مواردی که روابط افراد مختلف را به نابودی می‌کشاند، انتقاد کردن است. فرقی هم ندارد تیغ انتقادهای شما مدام روی همکار، شریک و یا زیردستان‌تان باشد یا اینکه مدام به اعمال و رفتار خانواده و عزیزانتان انتقاد کنید. در هر صورت انتقاد شنیدن برای هر انسانی آزاردهنده است و فرقی ندارد که با دیگران روابط صمیمی، عاطفی، دوستانه و یا بسیار معمولی داشته باشید. کمی با تفکر سیستمی به موضوع نگاه کنید و توجه کنید که با گیر دادن، غر زدن و یا انتقاد کردن در دراز مدت چه به روز روابط‌تان با اطرافیان‌تان می‌آید؟ دقت کنید که در بلندمدت، آیا دوست دارند در کنارتان باشند و یا اینکه از سر اجبار و ناچاری با شما ارتباط دارند و تحمل‌تان می‌کنند؟ آیا در روابط‌تان با دیگران سیستمی فکر می‌کنید و به دراز مدت توجه دارید؟ افق دیدتان در روابط با دیگران چقدر است؟

به طور خلاصه تفکر سیستمی باعث می‌شود که ما عملی را انتخاب کنیم که بهترین تأثیر را بر کل سیستم می‌گذارد؛ هر چند ممکن است در کوتاه مدت خودمان نفعی نبریم ولی وقتی به اثر بلندمدت و تأثیری که به کل جامعه گذاشته می‌شود توجه کنیم، خواهیم دید که ما هم نفع می‌بریم. به عنوان مثال یکی از ویژگی‌های افرادی که تفکر سیستمی دارند، صداقت است. وقتی شما سعی کنید همیشه صادق باشید، حتی در مواردی که برای‌تان ضرر داشته باشد، در دراز مدت نتایج بهتری را تجربه خواهید کرد. فرض کنید در یک مصاحبه‌ی شغلی شرکت کنید و از شما بپرسند که در رشته‌ی کار با نرم‌افزار اکسل چقدر مهارت دارید؟ یک راه این است که شما صادقانه بگویید: «مهارت چندانی ندارم، ولی اگر نیاز باشد، حتماً سعی می‌کنم یاد بگیرم»، ولی اگر بجای آن که صداقت داشته باشید، برای تصاحب آن شغل به دروغ بگویید: «ماهر هستم!»؛ در آن صورت وقتی کاری از شما بخواهند و مشخص شود که دروغ گفته‌اید، اعتبارتان و ارزشی که در چشم همکارانتان خواهید داشت به چه اندازه‌ای کم می‌شود؟ آیا پس از اینکه عدم صداقت شما را می‌فهمند، به راحتی روی حرف‌هایتان حساب باز کنند؟ به نظرتان ارزشش را دارد برای اینکه در یک لحظه ضایع نشوید، سال‌ها نگاه تحقیرآمیز را تجربه کنید؟ شخصی که تفکر سیستمی دارد، بجای اینکه فقط در آن یک لحظه خودش را نجات دهد، به اثر کارش و یا حرفش در بلندمدت توجه می‌کند.

اگر می‌خواهید در زندگی و شغل‌تان حرفه‌ای باشید، خیلی از اوقات باید از خودتان بپرسید: «آیا من سیستمی فکر می‌کنم و تصمیم می‌گیرم؟»

برآورد ظرفیت باربری اتصالات دال-ستون:
بررسی تکنیکی آیین‌نامه‌های معتبر

نوید جعفریان دانشجوی دکتری، عمران سازه، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
داود مستوفی‌نژاد پروفسور، عمران سازه، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
محمد یزدانی دانشجوی دکتری، عمران سازه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
مصطفی بنی نعیم کارشناسی‌ارشد، عمران سازه، دانشگاه صنعتی شریف، جزیره کیش، ایران

۱- مقدمه

به منظور محاسبه‌ی ظرفیت برشی منگنه‌ای مقطع دال و لنگر خمشی نامتعادل قابل تحمل که با عملکرد برشی از ستون به دال انتقال یافته است، از آیین نامه‌های ACI 318-19 [۱]، Euro Code 2 [۲] و Model Code 2010 [۳] استفاده می‌گردد. از طرف دیگر، از تئوری خط تسلیم در جهت محاسبه‌ی مقاومت خمشی نهایی و ظرفیت خمشی نامتعادل دال‌های تخت استفاده می‌شود. از آن جا که هدف این مقاله، بررسی رفتار برشی اتصالات دال-ستون تقویت شده با عناصر قائم برشی تحت بارهای قائم و جانبی چرخه‌ای است، نمونه‌ها بایستی به گونه‌ای طراحی شوند که مود گسیختگی حاکم بر آن‌ها از نوع برشی باشد و از رفتار شکل‌پذیر خمشی آن‌ها جلوگیری شود. مود شکست حاکم بر نمونه‌ها وابسته به نسبت میلگرد گذاری خمشی و عناصر قائم برشی است؛ از این رو، نسبت میلگرد گذاری خمشی و میزان عناصر تقویت کننده‌ی قائم به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که ظرفیت باربری به دست آمده از آیین‌نامه‌های مذکور [۱-۳] بر اساس کنترل برش، در مقایسه با ظرفیت باربری به دست آمده از تئوری خط تسلیم بر اساس کنترل خمش، با ضریب اطمینان کافی، کم‌تر باشد.

۲- مشخصات نمونه‌های تحت بررسی

به طور کلی، نمونه‌ها دارای هندسه‌ی مربعی به بعد ۱۹۰۰ میلی‌متر و ضخامت ۱۵۰ میلی‌متر همراه با ستون‌های مربعی به بعد ۲۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۵۰۰ میلی‌متر هستند؛ در نمونه‌ی با بازشو، چهار بازشوی مربعی به بعد ۱۰۵ میلی‌متر در مجاورت نزدیک چهار طرف ستون تعبیه شده‌اند. فاصله‌ی هر یک از خطوط تکیه‌گاهی از لبه‌ی آزاد نمونه به میزان ۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است؛ به این ترتیب، طول دهانه‌ی خمشی دال برابر با ۱۷۰۰ میلی‌متر است. مقاومت فشاری بتن مصرفی برابر با ۲۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. عمق مؤثر دال به مقدار ۱۲۰ میلی‌متر تعیین شده است. مقاومت تسلیم میلگردهای خمشی و مدول الاستیسیته‌ی آن‌ها به ترتیب برابر با ۴۰۰ و ۲۰۰۰۰۰ مگاپاسکال هستند. هم‌چنین، بار محوری ثابت به میزان ۴۰ درصد ظرفیت برشی بتن مقطع دال در نظر گرفته شده است.

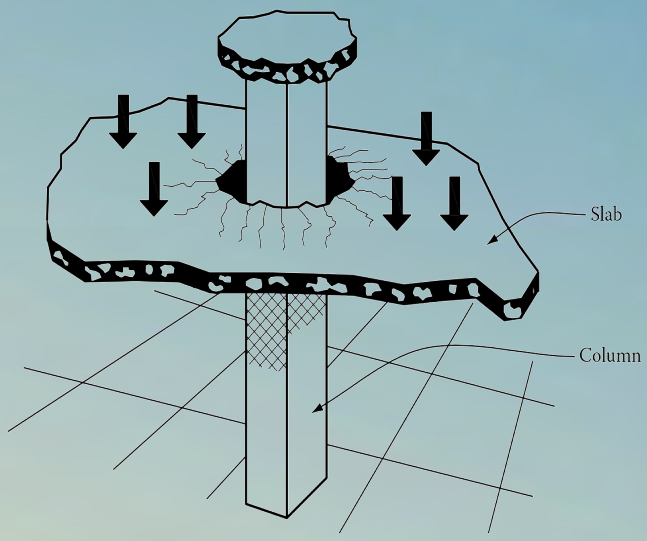
۳- برآورد ظرفیت باربری نمونه‌های تحت بررسی با استفاده از روابط آیین‌نامه‌ای

۳-۱- بر اساس آیین‌نامه ACI 318-19

طبق آیین‌نامه ACI 318-19 [۱]، ظرفیت برشی اسمی منگنه‌ای بتن و ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در دال بدون فولاد برشی به صورت زیر بازنویسی شده‌اند [۱]:

$$V_c = min\left\{\frac{1}{3}\lambda_s\lambda\sqrt{f_c'}b_0d.\left(\frac{\alpha_s d}{b_0}+2\right)\lambda_s\lambda\frac{\sqrt{f_c'}b_0d}{12}\right\} \quad (۱\text{- الف})$$

$$M_c = (V_c - V_u)\frac{J_c}{\gamma_v b_0 dc} \quad (۱\text{- ب})$$



در روابط فوق، f'_c و d به ترتیب مقاومت فشاری بتن و عمق مؤثر دال می‌باشند؛ λ ضریب اصلاح نوع بتن است که برای بتن با وزن معمولی برابر با ۱ می‌باشد؛ λ_s ضریب اصلاح اثر اندازه نام دارد که به منظور اصلاح مقاومت برشی بتن بر اساس اثرات عمق عضو مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ b_0 محیط مقطع بحرانی کنترل برش منگنه‌ای است؛ V_u نیروی برشی منگنه‌ای در اطراف ستون است؛ ضریب γ_v، ضریبی است که سهم برش از انتقال لنگر نامتعادل از ستون به دال را در محل اتصال مشخص می‌کند؛ J_c خصوصیتی از مقطع بحرانی برش دو طرفه است که مشابه ممان اینرسی قطبی اجزای تشکیل دهنده نسبت به محور مرکزی مقطع بحرانی برش (هم‌راستا با بردار لنگر) در نظر گرفته می‌شود؛ و c فاصله‌ی محور مرکزی مقطع بحرانی از خطوط محیطی مقطع بحرانی (موازی با بردار لنگر) می‌باشد [۱].

ظرفیت برشی اسمی منگنه‌ای بتن و ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در نمونه‌های تحت بررسی به همراه کمیت‌های تأثیر گذار در آن‌ها طبق آیین نامه‌ی ACI 318-19 [۱] در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱ ظرفیت برشی اسمی منگنه‌ای بتن و ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در نمونه‌های تحت بررسی طبق آیین نامه‌ی ACI 318-19 [۱]

نمونه	ℓ_o	f_c'	d	b_0	λ_s	λ	α_s	c	γ_v	J_c	V_u	V_c	M_c
	(mm)	(MPa)	(mm)	(mm)				(mm)		(m4)	(kN)	(kN)	(kN.m)
CS	-	25	120	1480/00	1	1	40	185	0/4	0/0042	118/40	296/00	56/20
CS-O	105	25	120	858/40	1	1	40	146/15	0/4	0/0021	118/40	171/68	18/42

۳-۲- بر اساس آیین‌نامه EuroCode2

طبق آیین‌نامه Euro Code 2 [۲]، ظرفیت برشی منگنه‌ای بتن و ظرفیت لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در دال بدون فولاد برشی به صورت زیر بازنویسی شده‌اند [۲]:

(۲- الف)

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3}u_1 d \geq V_{min}$$

(۲- ب)

$$M_{Rd,c} = \left(V_{Rd,c} - V_{Ed}\right)\frac{W}{uk}$$

در روابط فوق، f_{ck} و d به ترتیب مقاومت فشاری بتن و متوسط عمق‌های مؤثر دال در دو جهت متعامد هستند؛ k (جهت محاسبه‌ی $V_{Rd,c}$)، $C_{Rd,c}$ و ρ_l کمیت‌های عددی هستند؛ V_{min} حداقل ظرفیت برشی منگنه‌ای بتن می‌باشد؛ u_1 محیط کنترل برش منگنه‌ای پایه می‌باشد؛ V_{Ed} نیروی برشی دو طرفه‌ی طراحی در مقطع بحرانی می‌باشد؛ W خصوصیتی از مقطع بحرانی برش دو طرفه است که با توجه به محیط کنترل برش منگنه‌ای مورد بررسی، u، به دست می آید؛ k (جهت محاسبه‌ی $M_{Rd,c}$) برابر با ۱/۵ تعیین شده است [۲].

ظرفیت برشی اسمی منگنه‌ای بتن و ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در نمونه‌های تحت بررسی به همراه کمیت‌های تأثیر گذار در آن‌ها طبق آیین نامه‌ی Euro Code 2 [۲] در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۲ ظرفیت برشی اسمی منگنه‌ای بتن و ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در نمونه‌های تحت بررسی طبق آیین نامه‌ی Euro Code 2 [۲]

نمونه	ℓ_o	f'_c	d	$u_1(u)$	ρ_l	$k(V_{Rd,c})$	$k(M_{Rd,cs})$	W	V_{Ed}	$V_{Rd,c}$	$M_{Rd,c}$
	(mm)	(MPa)	(mm)	(mm)				(m2)	(kN)	(kN)	(kN.m)
CS	-	25	120	2507/96	0/02	2	0/6	0/6326	159/66	399/14	100/69
CS-O	105	25	120	1894/76	0/02	2	0/6	0/3638	159/66	301/55	45/40

۳-۳- بر اساس آیین نامه‌ی Model Code 2010

طبق آیین نامه‌ی Model Code 2010 [۳]، ظرفیت برشی منگنه‌ای بتن و ظرفیت لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در دال بدون فولاد برشی به صورت رابطه‌ی زیر بازنویسی شده‌اند [۳]:

$$V_{Rd.c} = k_\Psi \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} b_0 d_v = \left\{ 1.5 + 0.9 k_{dg} \left[1.5 \frac{r_s}{d} \frac{f_{yd}}{E_s} \left(\frac{V_{Ed}(\frac{1}{8} + \frac{M_{Ed}}{2 b_s V_{Ed}})}{m_{Rd}} \right)^{1.5} \right] \right\}^{-1} \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} \left(1 + \frac{M_{Ed}}{b_u V_{Ed}} \right)^{-1} b_1^{-1} d_v \quad (۳)$$

در رابطه‌ی فوق، f_{ck} و γ_c به ترتیب مقاومت فشاری بتن و ضریب جزئی ایمنی بتن است؛ عمق مؤثر دال جهت محاسبه‌ی مقاومت برشی منگنه‌ای می‌باشد؛ k_ψ کمیتی است که وابسته به تغییر شکل و یا به عبارت دیگر، دوران دال می‌باشد؛ b_0 محیط کنترل برش منگنه‌ای است [۳]. از آن جا که بار محوری ثابت برابر با ۴۰ درصد ظرفیت برشی بتن مقطع دال در نظر گرفته شده است؛ از این رو، $V_{Ed} = 0.4\, V_{Rd,c}$ می‌باشد. از طرف دیگر، $V_{Rd,c}$ نیز با توجه به رابطه‌ی (۳) وابسته به مقدار V_{Ed} و M_{Ed} است. بنابراین، حد بالای V_{Ed} (برابر با $V_{Rd,c}$) و حد بالای M_{Ed} (معادل با $M_{Rd,c}$) در جهت برقراری دو رابطه‌ی $V_{Ed} = 0.4\, V_{Rd,c}$ و (۳) با سعی و خطای مکرر به دست می‌آیند؛ جهت جلوگیری از خطای انسانی و تسریع در انجام محاسبات، برنامه‌ای در(Macro Excel) نوشته شده است.

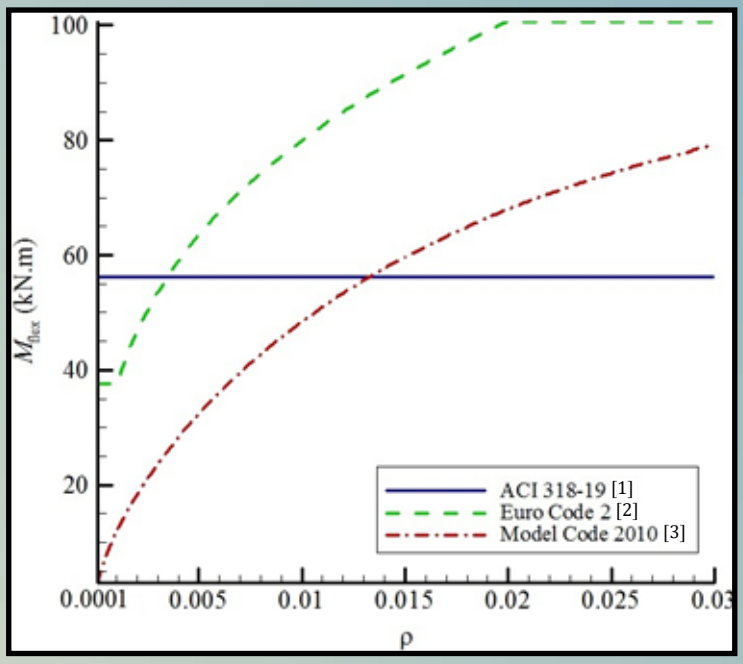
ظرفیت برشی اسمی منگنه‌ای بتن و ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در نمونه‌های تحت بررسی به همراه کمیت‌های تأثیر گذار در آن‌ها طبق آیین نامه‌ی Model Code 2010 [۳] در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

جدول ۳ ظرفیت برشی اسمی منگنه‌ای بتن و ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در نمونه‌های تحت بررسی طبق آیین نامه‌ی Model Code 2010 [۳]

نمونه	ℓ_o	f'_c	d	b_0	k_ψ	V_{Ed}	$V_{Rd,c}$	$M_{Rd,c}$
	(mm)	(MPa)	(mm)	(mm)		(kN)	(kN)	(kN.m)
CS	-	25	120	722/48	0/4363	75/65	189/13	70/72
CS-O	105	25	120	536/65	0/4730	60/93	152/32	62/01

مطابق با شکل ۱، جهت مقایسه‌ی آیین نامه‌های ACI 318-19 [۱]، Euro Code 2 [۲] و Model Code 2010 [۳] با یک دیگر، نمودار ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در نمونه‌های تحت بررسی به ازای نسبت میلگردهای خمشی در وجه کششی، ρ ، رسم شده است؛ مقدار ρ در بازه‌ی ۰/۰۱ درصد تا ۰/۰۳ درصد به صورت متغیر در نظر

گرفته شده است. ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی که از آیین نامه‌های ACI 318-19 [۱]، Euro Code 2 [۲] و Model Code 2010 [۳] محاسبه گردیده است، به ترتیب با M_{EC} ، M_{ACI} و M_{MC} نشان داده شده است.



شکل ۱ مقایسه‌ی ظرفیت لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی به دست آمده از آیین نامه‌های ACI 318-19 [۱]، Euro Code 2 [۲] و Model Code 2010 [۳]

M_{ACI} با تغییر ρ ثابت باقی مانده است؛ این بدان علت است که طبق رابطه‌ی (۱) اقتباس شده از آیین نامه ACI 318-19 [۱]، ظرفیت لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی وابسته به ρ نیست. بنابراین طبق آیین‌نامه‌ی مذکور، نسبت‌های میلگرد گذاری خمشی کششی مختلف تأثیری در ظرفیت لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی ندارد.

M_{EC} با افزایش ρ در حال تغییر است. زمانی که $0.0001 \le \rho \le 0.0010$ باشد، دارای مقدار ثابت است؛ این بدان علت است که در نسبت‌های میلگرد گذاری خمشی مذکور طبق رابطه‌ی (۲- الف)، ظرفیت برشی منگنه‌ای بتن، $V_{Rd,c}$ ، کم‌تر از حداقل ظرفیت برشی منگنه‌ای بتن، $V_{\min}$، می‌باشد. بنا بر این در این بازه، $V_{Rd,c}$ برابر با مقدار ثابت $V_{\min}$ در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه طبق رابطه‌ی (۲- ب)، M_{EC} نیز ثابت است. M_{EC} زمانی که $0.001 \le \rho < 0.02$ باشد، طبق رابطه‌ی (۲) با $\rho^{1/3}$ ، رابطه‌ی مستقیم دارد. هم‌چنین زمانی که $0.0200 \le \rho \le 0.0300$ باشد، M_{EC} مجدداً به مقدار ثابتی می‌رسد؛ این بدان علت است که حداکثر میزان ρ تأثیر گذار در $V_{Rd,c}$ و متعاقباً در M_{EC}، طبق رابطه‌ی (۲) به مقدار ۲ درصد محدود شده است، و بیش‌تر از این مقدار M_{EC} ، ρ بدون تغییر، ثابت خواهد ماند.

M_{ACI} وابسته به نسبت میلگرد گذاری خمشی کششی نیست. هم‌چنین، M_{EC} به غیر از بازه‌های مشخصی از نسبت میلگرد گذاری خمشی در وجه کششی که دارای مقدار ثابتی است، به طور کلی با افزایش ρ در حال افزایش است. اما M_{MC} با افزایش مقدار ρ همواره در حال افزایش می‌باشد؛ با توجه به شیب نمودار، این افزایش در مقادیر اولیه‌ی ρ با شدت بیش‌تری نسبت به مقادیر بالاتر آن رخ می‌دهد.

در بازه‌ی $0.0001 \le \rho \le 0.0133$، مقدار M_{MC} نسبت به M_{ACI} و M_{MC} کم‌تر است؛ در این بازه، آیین نامه‌ی Model Code 2010 [۳] نسبت به دو آیین نامه‌ی ACI 318-19 [۱] و Euro Code 2 [۲]، محافظه کارانه‌تر عمل کرده است. هم‌چنین در بازه‌ی $0.0133 \le \rho < 0.03$ ، مقدار M_{ACI} نسبت به M_{EC} و M_{MC} کم‌تر است؛ در این بازه، آیین نامه‌ی ACI 318-19 [۱] نسبت به دو آیین نامه‌ی Euro Code 2 [۲] و Model Code 2010 [۳]، محافظه کارانه‌تر عمل کرده است.

از آن جا که در این پژوهش، نسبت میلگرد گذاری خمشی در وجه کششی برابر با ۲/۲ درصد است؛ بنابراین، نسبت میلگردهای خمشی نمونه‌های تحت بررسی در بازه‌ی $0.0133 \le \rho < 0.03$ قرار می‌گیرد و در نتیجه، آیین نامه‌ی ACI 318-19 [۱] جهت محاسبه‌ی ظرفیت لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی حاکم می‌گردد.

۴- برآورد ظرفیت باربری نمونه‌های تحت بررسی با استفاده از تئوری خط تسلیم

السنتر و هاگنستاد [۴] در سال ۱۹۵۶ جهت برآورد مقاومت خمشی نهایی یک دال مربعی بدون بازشو با تکیه‌گاه ساده در چهار لبه و بارگذاری قائم در ناحیه‌ی مرکزی، رابطه‌ی (۴-الف) را ارائه کردند؛ این رابطه زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که از حرکت گوشه‌های دال به سمت بالا جلوگیری نشده باشد و در سراسر دال از میلگردهای خمشی به طور یک‌نواخت استفاده شده باشد. هم‌چنین، با اقتباس از الگوی خط تسلیم ارائه شده توسط السنتر و هاگنستاد [۴] در سال ۱۹۵۶، مقاومت خمشی نهایی دال مربعی که دارای چهار بازشوی مربعی به بعد ℓ_o در مجاورت نزدیک ستون با شرایط مشابه با دال بدون بازشو است، از رابطه‌ی (۴-ب)

به دست می‌آید؛ این روابط به صورت زیر باز نویسی شده‌اند:

(۴- الف)

$$P_{flex} = 8m\left(\frac{1}{1-\frac{c}{a}} - 3 + 2\sqrt{2}\right)$$

(۴- ب)

$$P_{flex} = 8m\left(\frac{1-\frac{\ell_o}{a}}{1-\frac{c}{a}} - 3 + 2\sqrt{2}\right)$$

در روابط فوق، a فاصله‌ی بین خطوط تکیه‌گاهی دال و c بعد ستون مربعی می‌باشد؛ m ظرفیت خمشی مثبت در همه‌ی جهات می‌باشد [۴].

دیلگر و کاو [۵] در سال ۱۹۹۴ جهت برآورد ظرفیت خمشی نامتعادل برای دال‌های تخت بدون بازشو که تحت بار جانبی هستند، رابطه‌ی (۵-الف) را ارائه کردند. هم‌چنین، با اقتباس از الگوی خط تسلیم ارائه شده توسط دیلگر و کاو [۵] در سال ۱۹۹۴، ظرفیت خمشی نامتعادل برای دالی که دارای چهار بازشوی مربعی به بعد ℓ_o در مجاورت نزدیک ستون با شرایط مشابه با دال بدون بازشو است، از رابطه‌ی (۵-ب) به دست می‌آید؛ این روابط به صورت زیر بازنویسی شده‌اند:

(۵- الف)

$$M_{flex} = 2(1+\pi)(m+m')c - 0.5V_u c$$

(۵- ب)

$$M_{flex} = \left[2(1+\pi)c - 3\ell_o\right](m+m') - 0.5V_u c$$

در روابط فوق، m و m' به ترتیب ظرفیت خمشی مثبت و منفی دال در همه‌ی جهات می‌باشند؛ c و V_u به ترتیب بعد ستون مربعی و نیروی برشی وارد بر دال هستند [۵].

مقاومت خمشی نهایی و ظرفیت خمشی نامتعادل نمونه‌های تحت بررسی به همراه کمیت‌های تأثیر گذار در آن‌ها به ترتیب با استفاده از تئوری خط تسلیم الستنر و هاگنستاد [۴] در سال ۱۹۵۶، و تئوری خط تسلیم دیلگر و کاو [۵] در سال ۱۹۹۴ در جدول ۴ ارائه شده‌اند.

همان طور که از جداول (۱)، (۲) و (۳) مشخص است، ظرفیت برشی اسمی منگنه‌ای بتن و لنگر خمشی نامتعادل قابل تحمل که با عملکرد برشی از ستون به دال انتقال یافته است، برای نمونه‌های تحت بررسی با استفاده از آیین نامه‌های ACI 318-19 [۱]، Euro Code 2 [۲] و Model Code 2010 [۳] به دست آمده‌اند. از طرف دیگر، مقاومت خمشی نهایی و ظرفیت خمشی نامتعادل برای نمونه‌های نظیر از تئوری خط تسلیم محاسبه شده‌اند (جدول ۴). ظرفیت لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی که از آیین نامه‌های مذکور [۱-۳] به دست آمده است، در مقایسه با ظرفیت خمشی نامتعادل محاسبه شده از تئوری خط تسلیم، با ضریب اطمینان مناسب، کم‌تر می‌باشد. مقدار این ضریب اطمینان برای نمونه‌ی بدون بازشو با توجه به آیین نامه‌های ACI 318-19 [۱]، Euro Code 2 [۲] و Model Code 2010 [۳] در مقایسه با تئوری خط تسلیم به ترتیب برابر با ۴/۵۴، ۲/۵۴ و ۳/۶۱ برآورد شده است؛ هم‌چنین، مقدار این ضریب برای نمونه‌ی نظیر با بازشو در مقایسه‌ی مذکور به ترتیب برابر با ۱۱/۶۲، ۴/۷۲ و ۳/۴۵ تخمین زده شده است. بنا بر این نمونه‌های تحت بررسی دارای رفتار خمشی نرم نخواهند بود، و مود گسیختگی حاکم بر آن‌ها از نوع برشی پیش بینی می‌شود.

جدول ۴ مقاومت خمشی نهایی و ظرفیت خمشی نامتعادل نمونه‌های تحت بررسی به همراه کمیت‌های تأثیر گذار در آن‌ها به ترتیب با استفاده از تئوری خط تسلیم الستنر و هاگنستاد [۴] در سال ۱۹۵۶، و تئوری خط تسلیم دیلگر و کاو [۵] در سال ۱۹۹۴

نمونه	ℓ_o	f'_c	d	c	a	m	m'	P_{flex}	M_{flex}
	(mm)	(MPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN.m/m)	(kN.m/m)	(kN)	(kN.m)
CS	-	25	120	250	1700	100/40	30/03	803/90	255/31
CS-O	105	25	120	250	1700	100/40	30/03	745/73	214/22

۵- خلاصه و نتیجه گیری

با توجه به هدف پژوهش که بررسی رفتار برشی دال‌های تخت بدون بازشو و با بازشو تحت بارهای قائم و جانبی چرخه‌ای است، نمونه‌های تحت بررسی طراحی می‌شوند. در این راستا، نسبت میلگرد گذاری خمشی به نحوی انتخاب شده‌اند که ظرفیت باربری به دست آمده از آیین نامه‌های ACI 318-19 [۱]، Euro Code 2 [۲] و Model Code 2010 [۳] کم‌تر از ظرفیت باربری به دست آمده از تئوری خط تسلیم باشد؛ بدین صورت، از وقوع گسیختگی نرم خمشی جلوگیری شده است، و مود شکست حاکم بر نمونه‌ها از نوع برشی خواهد بود.

ظرفیت اسمی برشی منگنه‌ای و ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد برشی در نمونه‌های آزمایشگاهی با استفاده از آیین نامه‌های ACI 318-19 [۱]، Euro Code 2 [۲] و Model Code 2010 [۳] محاسبه شدند. هم‌چنین، به محاسبه‌ی مقاومت خمشی نهایی و ظرفیت خمشی نامتعادل نمونه‌های تحت بررسی با استفاده از تئوری خط تسلیم پرداخته شد. با مقایسه‌ی نتایج حاصل از آیین نامه‌های مذکور [۱-۳] و تئوری خط تسلیم به این مهم می‌توان رسید که نمونه‌های تحت بررسی با ضریب اطمینان کافی در جهت وقوع شکست ترد برش منگنه‌ای طراحی شده‌اند؛ هم‌چنین، آیین نامه‌ی ACI 318-19 [۱] در محاسبه‌ی ظرفیت برشی اسمی منگنه‌ای و ظرفیت اسمی لنگر نامتعادل انتقال یافته از ستون به دال با عملکرد

برشی مربوط به نمونه‌های تحت بررسی این پژوهش که دارای نسبت میلگرد گذاری خمشی در وجه کششی معادل با ۲/۲ درصد هستند، محافظه کارانه‌تر از سایر آیین نامه‌ها [۲، ۳] عمل کرده است. در این راستا، میزان افزایش ظرفیت باربری ناشی از عناصر تقویت کننده‌ی قائم در نمونه‌های آزمایشگاهی به دست آمد.

۶- مراجع

[1] ACI 318-19, Building Code Requirements for Structural Concrete and Comentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA, 2019.

[2] Euro Code 2 , BS EN 1:2004-1-1992: Design of Concrete Structures - Part 1-1: General ruels and rules for buildings, British Standards Institution, Brussels, Belgium, 2004.

[3] FIB, fib Model Code for Concrete Structures, Ernst & Sohn publishing house, Berlin, Germany, 2010.

[4] Elstner, R.C., and Hognestad, E., “Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs”, ACI Journal Proceedings, Vol. 53, No. 7, pp. 1956 ,29-58.

[5] Dilger, W.H., and Cao, H., “Behavior of Slab-Column Connections Under Reversed Cyclic Loading”, Proceedings of the 5th International Colloquium on Concrete, Cairo, Egypt, 1994.

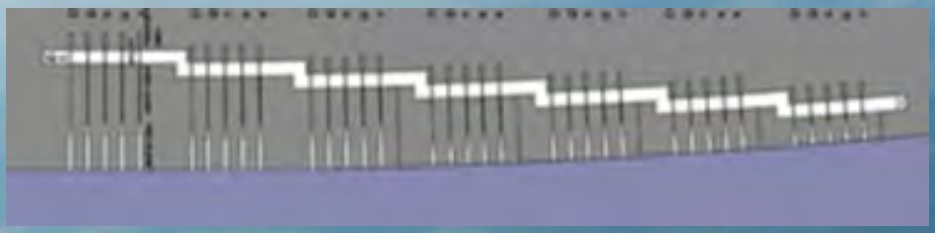
اُرگ دریایی

در ساحل زادار در کرواسی ابزار موسیقی عجیبی قرار دارد که نوازنده‌اش کسی نیست جز امواج دریا!

شهر زادار با قدمتی نزدیک به ۳۰۰۰ سال، پنجمین شهر بزرگ کرواسی است که برای جذب گردشگر از روش عجیبی استفاده کرده و آن هم ارگ دریایی است. این سازه عجیب که توسط آرشیتکتی به نام نیکلا باسیچ ساخته شده است، ساختار ساده‌ای دارد.

لوله‌های این ارگ در زیر پلکان بتنی قرار گرفته و امواج دریا، هوای داخل ۳۵ لوله‌ای که در زیر پلکانی بتونی قرار دارند را فشرده کرده و مانند یک ارگ واقعی عمل می‌کنند. امواج، با برخورد به این لوله‌ها اصوات تصادفی ولیکن هارمونیک ایجاد می‌کنند.

در واقع جزر و مد آب و شدت باد و امواج دریا، یک کنسرت موسیقی همیشگی را به وجود آورده‌اند که در هر زمان آهنگ متفاوتی را می‌نوازند. بازدید و شنیدن صدای این ارگ دریایی، از آوریل ۲۰۰۵ برای عموم ممکن شده است.



بررسی مبانی نظری توسعه حمل‌ونقل عمومی محور (TOD)

Transit Oriented Development

آرش رساءایزدی
دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه تربیت مدرس

رضا مقدسی
دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه تربیت مدرس

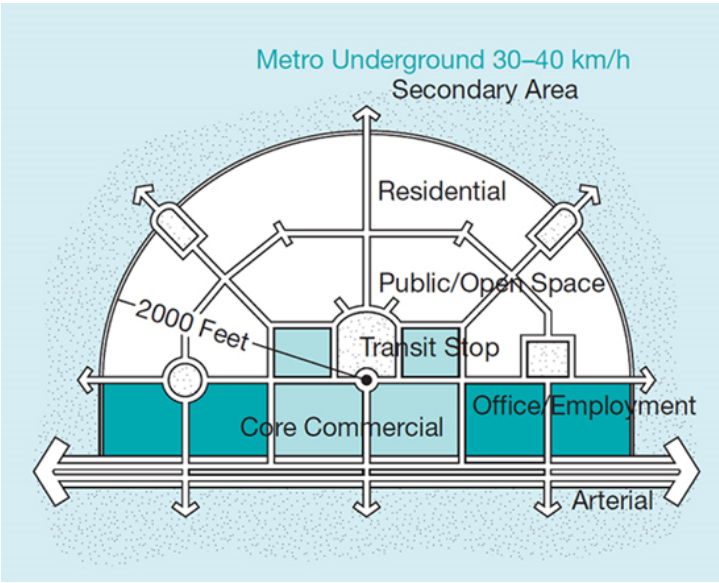
۱-مقدمه

در متون علمی تعاریف گوناگونی از توسعه حمل‌ونقل عمومی محور ارائه شده است. کلتورپ از کسانی است که به تدوین و تدارک راهبردهای قابل سنجش توسعه حمل‌ونقل محور پرداخته است. او جزئیات این الگوی توسعه را چنین بیان می‌کند:

توسعه حمل‌ونقل محور به‌عنوان مرکزی با آمیزه‌های متراکم از کاربری‌های مسکونی، تجاری، اداری و عمومی و فضای باز است که در آن مغازه‌های خرده‌فروشی و خدماتی در یک هسته تجاری با دسترسی آسان نسبت به خانه‌ها قرارگرفته‌اند (حدود ۶۰۰ متر یا ۱۰ دقیقه پیاده‌روی). یک ایستگاه حمل‌ونقل عمومی در هسته این مرکز قرار دارد. استفاده‌ها در مرکز به‌صورت عمومی بوده و ادارات در طبقات بالاتر از سطح زمین قرار می‌گیرند. محدوده‌ای برای استفاده‌های کم تراکم‌تر، هسته مرکزی را با فاصله‌ای حدود ۱۶۰۰ متر احاطه می‌کند.

چهار عنصر اساسی در طرح کلتورپ از یک واحد توسعه حمل‌ونقل محور شامل محدودهٔ تجاری، محدوده مسکونی، فضای عمومی و نواحی جانبی است که در شکل شماره یک به روشنی قابل تشخیص است.

همچنین این نوع توسعه باعث افزایش پیاده‌روی و سفر از راه حمل‌ونقل عمومی خواهد شد؛ ضمن اینکه موجب کاهش تعداد و طول سفرها با اتومبیل می‌شود و می‌تواند به ایجاد سرزندگی در شهرها به‌عنوان یکی از احساسات گمشده در توسعه حومه‌های مدرن کمک کند. عمده این تعاریف به شرایط توسعه در مجاورت ایستگاه‌های حمل‌ونقل به‌منظور بیشینه‌سازی استفاده از سامانه حمل‌ونقل عمومی، پیاده‌رو و دوچرخه‌سازی و کاهش سهم استفاده از خودروهای شخصی در سفرهای شهری پرداخته‌اند؛ اما شاید جامع‌ترین تعریف برای توسعه حمل‌ونقل عمومی محور، برنامه‌ریزی یکپارچه و هماهنگ حمل‌ونقل و شهرسازی باشد؛ بنابراین تعریف توسعه حمل‌ونقل عمومی محور عبارت است از: تجمع و تمرکز توسعه شهری حول ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی به‌منظور پشتیبانی از استفاده از سامانه حمل‌ونقل عمومی و توسعه سامانه حمل‌ونقل عمومی به‌منظور اتصال توسعه‌های موجود و برنامه‌ریزی‌شده. هدف نهایی از توسعه حمل‌ونقل عمومی محور افزایش سهم سامانه حمل‌ونقل عمومی، پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری و کاهش سهم خودروهای شخصی و به‌ویژه خودروهای شخصی تک‌سرنشین از سفرهای شهری است. برای این منظور محققین و اهل فن مجموعه‌ای از اصول و قواعد حاکم بر توسعه در مجاورت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی را پیشنهاد کرده‌اند. مطالعه ادبیات علمی و کاربردی



شکل ۱ ایده‌های کلتورپ در مورد توسعه حمل‌ونقل محور

مرتبط با توسعه حمل‌ونقل عمومی محور، نمایانگر اتفاق نظر بسیاری از پژوهشگران، اهل فن و سازمان‌های متولی بر هشت اصل زیر به‌عنوان اصول کلی حاکم بر توسعه حمل‌ونقل عمومی محور است:

– **پیاده مداری:** پیاده‌روی طبیعی‌ترین، ارزان‌ترین، سالم‌ترین و پاک‌ترین نحوه سفر در فواصل کوتاه و مؤلفه‌ای حیاتی از سفر و حمل‌ونقل شهری است. ازاین‌رو پیاده‌روی یکی از مؤلفه‌های بنیادی حمل‌ونقل پایدار به شمار می‌آید. درصورتی‌که امکان دسترسی به خدمات و منابع مورد نیاز به‌راحتی فراهم باشد، پیاده‌روی می‌تواند به لذت‌بخش‌ترین و بهره‌ورترین شیوه حمل‌ونقل شهری تبدیل شود. همچنین ازآنجایی‌که پیاده‌روی مستلزم تلاش فیزیکی است، به‌شدت به شرایط محیطی حساس است. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر جذابیت پیاده‌روی عبارت‌اند از: ایمنی، فعالیت و سرزندگی و راحتی.

– **دوچرخه‌سواری:** دوچرخه‌سواری گزینه‌ای سالم، بدون آلاینده، ارزان قیمت و بسیار کارآمد برای سفرهای شهری است که به فضا و منابع محدودی نیاز دارد. این روش هم از راحتی سفر یکسره از مبدأ به مقصد برخوردار است و هم از انعطاف‌پذیری زمان سفر مانند پیاده‌روی. به‌علاوه از گستره و سرعت سفری مشابه با بسیاری از سامانه‌های حمل‌ونقل عمومی نیز برخوردار است. این شیوه سفر موجب سرزندگی معابر و گسترش حوزه پوشش ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی می‌گردد. باوجود تمامی این مزایا دوچرخه‌سواران در زمره آسیب‌پذیرترین استفاده‌کنندگان معابر قرار دارند و همچنین در معرض سرقت و حمله اوباش نیز می‌باشند. ازاین‌رو برای افزایش جذابیت این شیوه سفر شهری می‌بایست امنیت و ایمنی دوچرخه‌سواری و پارکینگ و نگهداری دوچرخه‌ها افزایش یابد.

– **اتصال:** مسیرهای کوتاه و مستقیم پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری مستلزم وجود شبکه‌ای کاملاً متصل از معابر و مسیرها حول بلوک‌ها است. این مسئله به‌ویژه برای پیاده‌روی و دسترسی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی دارای اهمیت است چرا که وجود مسیرهای طولانی و غیرمستقیم می‌تواند به‌سادگی موجب تغییر عقیده افراد و جایگزینی پیاده‌روی با استفاده از اتومبیل شخصی گردد. وجود شبکه معابری به‌هم‌پیوسته که برای دستیابی به هر مقصد، راه‌ها و مسیرهای گوناگونی دارد می‌تواند سفرهای پیاده و دوچرخه را لذت‌بخش کند. وجود تقاطع‌های متعدد، خیابان‌های باریک و محدودیت سرعت خودروها در معابر می‌تواند موجب رونق فعالیت، سرزندگی و تجارت محلی گردد. در چنین شبکه‌ای اولویت با افراد پیاده و دوچرخه‌سواران است نه وسایل نقلیه موتوری.

– **حمل‌ونقل عمومی:** سامانه حمل‌ونقل عمومی نقاط مختلف شهر را به هم متصل و یکپارچه می‌کند. دسترسی و مجاورت خدمات حمل‌ونقل عمومی با ظرفیت بالا ازجمله شبکه اتوبوس‌رانی تندرو و حمل‌ونقل ریلی ازجمله الزامات استاندارد TOD به شمار می‌رود. چنین شبکه‌های با فراهم آوردن فرصت برابر برای حمل‌ونقل شهری کارآمد نقشی کلیدی در پشتیبانی از الگوهای توسعه فشرده و متراکم ایفا می‌کند. همچنین حمل‌ونقل عمومی برای پاسخگویی به طیف گسترده نیازهای حمل‌ونقلی شهروندان، در قالب‌های دیگری چون وسایل نقلیه با ظرفیت زیاد و کم، اتوبوس، تاکسی و غیره نیز ظاهر می‌شود.

– **اختلاط کاربری‌ها:** وجود ترکیبی متعادل از کاربری‌ها و فعالیت‌های مکمل در یک ناحیه (مثلاً ترکیب کاربری‌های مسکونی و مشاغل) می‌تواند به کوتاه و قابل پیاده‌روی شدن بسیاری از سفرهای روزمره منجر شود. کاربری‌های متنوع با ساعات اوج متفاوت می‌توانند موجب سرزندگی و ایمنی معابر، تشویق پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری و حفظ محیط انسانی پویا، فعال و سرزنده و مطلوب زندگی گردد. همچنین چنین محیطی احتمال برقراری تعادل میان سفرهای ورودی و خروجی و درنتیجه کارایی عملیات

سامانه حمل‌ونقل عمومی را افزایش می‌دهد. وجود واحدهای مسکونی با قیمت‌های متنوع موجب می‌شود بخشی از شاغلان در مجاورت محل کار خود ساکن شوند و درنتیجه از احتمال استقرار آن‌ها (به‌ویژه شاغلان کم‌درآمد) در نواحی پیرامونی و حومه‌ها و درنتیجه وابستگی آن‌ها به وسایل نقلیه موتوری کاسته شود. بنا بر آنچه گفته شد دو عنصر تشکیل‌دهنده این اصل عبارت‌اند از: اختلاط کاربری‌ها و تنوع و تعادل در عرضه مسکن برای اقشار و گروه‌های درآمدی متفاوت.

– **تراکم:** رشد شهری فشرده و متراکم مستلزم جایگزینی رشد افقی شهر با رشد عمودی و متراکم است. توسعه متراکم شهری در مجاورت سامانه حمل‌ونقل عمومی از خدمات حمل‌ونقل عمومی باکیفیت، سرعت و اتصال بالا پشتیبانی می‌کند و به تولید منابع جهت سرمایه‌گذاری در بهبود و گسترش این سامانه کمک می‌کند. توسعه متراکم به فعالیت، سرزندگی و ایمنی ایستگاه‌ها و معابر و رونق کسب‌وکار خرده‌فروشی‌ها و ارائه‌دهندگان خدمات محلی کمک می‌کند. همان‌طور که نمونه‌های متعدد اجرای سیاست توسعه متراکم در جهان نشان می‌دهد، این نوع از توسعه درصورتی‌که محدودیت‌ها و اصولی چون دسترسی به نور خورشید، اجتناب از مسدودسازی گردش هوای تازه، دسترسی به پارک‌ها و فضاهای عمومی و محافظت از منابع طبیعی، تاریخی و فرهنگی را در طراحی مدنظر قرار دهد، محیطی جذاب برای زندگی انسانی فراهم می‌کند.

– **توسعه فشرده:** توسعه فشرده یکی از اصول بنیادی توسعه متراکم شهری است. منظور از توسعه فشرده تجمیع مناسب گستره متنوعی از فعالیت‌ها در مجاورت یکدیگر به‌منظور کمینه‌سازی زمان و انرژی لازم برای دسترسی به آن‌ها و بیشینه‌سازی ظرفیت‌های بالقوه تعامل میان آن‌ها است. شهرهای فشرده با فواصل کوتاه‌تر نیازمند زیرساخت‌های با هزینه کمتر هستند و همچنین موجب حفظ اراضی روستایی مجاور شهرها و اولویت توسعه متراکم و بلندمرتبه و باز توسعه در نواحی شهری موجود می‌شوند.

– **تغییر مد سفر:** درصورتی‌که شهر بر اساس اصول هفت‌گانه فوق طراحی شده باشد، استفاده از وسایل نقلیه موتوری شخصی برای فعالیت‌های روزمره تا حدود زیادی غیرضروری می‌شود. پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و استفاده از سامانه حمل‌ونقل عمومی پرظرفیت (انبوه بر) ساده و راحت هستند و می‌توانند با مجموعه‌ای از مدهای سفر میانی (واسط) شامل استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی و اجاره خودرو که به فضای کمتری نیاز دارند، تکمیل گردند تا فضای شهری کمیاب و ارزشمند به‌جای تبدیل شدن به خیابان‌ها و پارکینگ‌های غیرضروری به کاربری‌هایی با بهره‌وری اقتصادی و اجتماعی بالاتر تخصیص یابد.

مجموعه این اصول وجه تمایز توسعه حمل‌ونقل عمومی محور با توسعه مجاور سامانه حمل‌ونقل عمومی به‌حساب می‌آیند. بر مبنای این اصول استانداردهایی برای ارزیابی میزان انطباق پروژه‌های توسعه نواحی مجاور ایستگاه‌ها با اصول توسعه حمل‌ونقل عمومی محور طراحی و تدوین شده است. ازجمله این استانداردها می‌توان به استاندارد TDM سازمان غیردولتی و غیرانتفاعی سیاست‌های حمل‌ونقل و توسعه اشاره کرد که بر مبنای ۸ اصل فوق و در قالب ۱۴ هدف به شرح زیر تدوین شده است.

جدول ۱- اصول و اهداف استاندارد TOD (منبع: 2014,TTDP)

ردیف	اصل	هدف
۱	پیاده مداری	فضای پیاده‌روی امن و کامل است.
		فضای پیاده‌روی فعال و سرزنده است.
		فضای پیاده‌روی دارای دمای مناسب و راحت است.
۲	دوچرخه‌سواری	شبکه دوچرخه‌سواری امن و کامل است.
		فضای کافی و امن برای پارک دوچرخه وجود دارد.
۳	اتصال	مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، کوتاه، مستقیم و متنوع هستند.
		مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری از مسیرهای وسایل نقلیه موتوری کوتاه‌تر هستند.
۴	حمل‌ونقل عمومی	امکان دسترسی پیاده به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی باکیفیت فراهم است.
۵	اختلاط کاربری‌ها	طول سفرها از طریق تأمین کاربری‌های متنوع و مکمل کاهش یافته است.
		خانوارهای کم درآمدتر مسافت کمتری را از/ به مسیر کار می‌پیمایند.
۶	تراکم (بلندمرتبه‌سازی)	تراکم مسکونی و مشاغل از سامانه حمل‌ونقل عمومی باکیفیت و خدمات‌رسانی محلی پشتیبانی می‌کند.
۷	توسعه فشرده	توسعه در مناطق شهری موجود صورت می‌پذیرد.
		سفر درون‌شهری راحت است.
۸	تغییر مد سفر	حداقل اراضی ممکن به حمل‌ونقل موتوری تخصیص یافته است.

پژوهشگران و سازمان‌های فعال در حوزه TOD موانع، محدودیت‌ها و الزامات متعددی را برای توسعه حمل‌ونقل عمومی محور برشمرده‌اند. برخی از موانع و مشکلات موجود پیش روی توسعه حمل‌ونقل عمومی محور در ایالات‌متحده آمریکا عبارت‌اند از:

- تشریک مساعی، همکاری و هماهنگی میان ذی‌نفعان گوناگون دولتی، عمومی و خصوصی برای غلبه بر موانع سیاسی و اقتصادی پیش روی توسعه حمل‌ونقل عمومی محور
- اطلاع‌رسانی و همراه سازی افکاری عمومی و رفع ابهامات و دغدغه‌های آنان به‌منظور جلوگیری از مقاومت اجتماعی در برابر اجرای طرح‌ها
- طراحی سازوکارهایی برای تشویق و جذب سازندگان و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی به ورود و سرمایه گاری در این بخش
- هماهنگی و همکاری میان دولت‌ها در سطوح گوناگون مرکزی، استانی و محلی و تعریف دقیق نقش و مسئولیت هر یک از آن‌ها در تأمین مالی، تنظیم مقررات و اجرای طرح‌ها

شکل ۲ محیط سرزنده یک شهر پس از توسعه حمل‌ونقل عمومی محور

۲-مزایا، منافع و تبعات TOD

پیاده‌سازی اصول TOD برای بخش‌های دولتی و خصوصی و عمومی منافع و تبعات بالقوه متعددی دارد. منافع و مزایای توسعه حمل‌ونقل عمومی محور برای بخش‌های یا شده در ادامه آمده است:

بخش خصوصی: مطالعات گوناگون نشان‌دهنده سطح اثرگذاری متفاوت و بعضاً متضاد توسعه حمل‌ونقل عمومی محور بر بخش خصوصی است. به‌طورکلی مهم‌ترین مزایا و معایب توسعه حمل‌ونقل عمومی محور بر بخش خصوصی عبارت‌اند از:

- مهم‌ترین تأثیر توسعه حمل‌ونقل عمومی محور بر بخش خصوصی اثرگذاری بر ارزش اراضی، املاک، واحدهای مسکونی و تجاری مجاور ایستگاه‌ها است.
- از سوی دیگر مجاورت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی (به‌ویژه در شعاع‌های کم) تبعات منفی چون آلودگی صوتی، لرزش و افزایش ترافیک را نیز در پی دارد که می‌توانند به‌صورت بالقوه موجب افت قیمت اراضی مجاور گردد. این کاهش قیمت در بسیاری از موارد از افزایش قیمت ناشی از بهبود دسترس‌پذیری کمتر بوده و با این افزایش قیمت جبران شده است.
- معدود مطالعات صورت گرفته در زمینه مقایسه عملکرد پروژه‌های توسعه مشترک با پروژه‌های مشابه محلی نشان‌دهنده تفاوت ۷ تا ۹ درصدی در اجاره‌بها و همچنین نرخ اشغال بالاتر پروژه‌های توسعه مشترک در آتلانتا و واشنگتن دی.سی نسبت به پروژه‌های مشابه است. این مطالعه همچنین نشان‌دهنده بهتر بودن معماری و طراحی و همچنین کارایی استفاده از زیربنا و سایر منابع در پروژه‌های توسعه مشترک است و این ویژگی‌ها ازجمله علل تفاوت نرخ اجاره‌بهای آن‌ها با سایر پروژه‌های مشابه به شمار می‌روند.

بخش‌های دولتی و عمومی: مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته درزمینه منافع و تبعات توسعه حمل‌ونقل عمومی محور در سه بخش افزایش استفاده از سامانه حمل‌ونقل عمومی، مزایای اجتماعی و مزایای مالی به شرح زیر قابل طبقه‌بندی است:

- نخستین مزیت توسعه حمل‌ونقل عمومی محور برای بخش‌های دولتی و عمومی، تغییر الگوی سفر ساکنان و شاغلان مجاور ایستگاه‌ها و استفاده بیشتر آنان از سامانه حمل‌ونقل عمومی برای سفرهای درون‌شهری است. مطالعات گوناگون همگی نمایانگر این اثر در سطوح و مقیاس‌های گوناگون بوده‌اند. همچنین برخی مطالعات نشان‌دهنده وجود رابطه‌ای دوطرفه میان این دو متغیر می‌باشند به‌عبارت‌دیگر توسعه فضاهای اداری و تجاری و مسکونی در مجاورت ایستگاه استفاده از سامانه حمل‌ونقل عمومی را افزایش می‌دهد و افزایش استفاده از این سامانه موجب افزایش توسعه فضاهای اداری، تجاری و مسکونی در مجاورت ایستگاه‌ها می‌گردد. ازجمله دیگر مزایای توسعه حمل‌ونقل عمومی محور که در برخی مطالعات موردتوجه قرارگرفته، اثر آن بر افزایش سفر در ساعات غیر اوج و همچنین در جهت عکس مسیرهای غالب و درنتیجه

افزایش استفاده از ظرفیت وسایل حمل‌ونقل عمومی در تمامی ساعات، روزها و مسیرها به‌منظور استفاده از مجتمع‌های تفریحی، فروشگاه‌ها و سایر کاربری‌های مختلط است. درنتیجه TOD موجب افزایش اثربخشی هزینه‌ای و کارایی سرمایه‌گذاری پروژه‌های پرهزینه توسعه سامانه حمل‌ونقل عمومی (به‌ویژه حمل‌ونقل ریلی) می‌شود.

- سایر منافع اجتماعی TOD ازجمله کاهش ترافیک، بهبود کیفیت هوا و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی نیز اکثراً حاصل و نتیجه افزایش استفاده از سامانه حمل‌ونقل عمومی می‌باشند.

معدود مطالعات صورت گرفته در این بخش نمایانگر اثرگذاری TOD بر زمان و طول سفر و همچنین ترافیک معابر بوده است.

- ازجمله دیگر مزایای بالقوه TOD برای سازمان‌های دولتی، کسب درآمد یا کاهش هزینه از طریق تسهیم آن با بخش خصوصی است. مطالعات انجام‌شده در این زمینه نیز عمدتاً بر پروژه‌های توسعه مشترک متمرکز بوده‌اند و نتایج آن‌ها نمایانگر تأثیرگذاری ناچیز توسعه مشترک بر موارد فوق است. برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مهم‌ترین اثر مالی پروژه‌های توسعه مشترک به‌صورت غیرمستقیم و از طریق افزایش درآمد حاصل از بلیت‌فروشی بوده است.

شکل ۳ اختصاص فضا به عابرین پیاده و دوچرخه‌سواران

۳-مقایسه تطبیقی اصول توسعه حمل‌ونقل عمومی محور با سایر رویکردهای توسعه پایدار شهری

مفهوم توسعه حمل‌ونقل عمومی محور همپوشانی‌ها و افتراقاتی با دیگر رویکردهای توسعه پایدار شهری ازجمله رشد هوشمند و نوشهرگرایی و توسعه محلات سنتی دارد. ازآنجاکه رویکردهای موردبررسی در بندهای پیشین همگی در یک بازه زمانی و تقریباً به‌طور هم‌زمان (از دهه ۱۹۸۰ تا نیمه دهه‌ی ۱۹۹۰) مطرح‌شده و توسعه‌یافته‌اند، دارای اشتراکات و هم‌پوشانی‌های قابل‌توجهی با یکدیگر و همچنین با توسعه حمل‌ونقل عمومی محور هستند. به عبارتی می‌توان گفت مهم‌ترین تفاوت میان این رویکردها نه در اصول و اهداف که در میزان تأکید و اولویت هر یک از این اهداف و اصول است. نوشهرگرایی و رشد هوشمند دارای بیشترین میزان همپوشانی در اصول و اهداف هستند. مهم‌ترین تفاوت این دو رویکرد از خاستگاه هر یک ناشی می‌شود. رشد هوشمند که برای نخستین بار در اجلاس اتحادیه ملی فرمانداران ایالات‌متحده مطرح شد، با تأکید بر اجتناب‌ناپذیر بودن رشد شهری، سعی در برقراری تعادل میان ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی توسعه دارد و برای هر سه این ابعاد وزن و اولویتی نسبتاً یکسان قائل است. حال‌آنکه در نوشهرگرایی عمده تأکید بر بعد اجتماعی (منشور نوشهرگرایی،۱۹۹۶) و زیست‌محیطی (متمم منشور نوشهرگرایی،۲۰۰۹) است. توسعه حمل‌ونقل عمومی محور جزئی جدایی‌ناپذیر و یکی از مؤلفه‌های اساسی در هردوی این رویکردها به‌حساب می‌آید. تمامی اصول هشت‌گانه استاندارد TOD به‌عنوان فصل مشترک تعاریف ارائه‌شده از توسعه حمل‌ونقل عمومی محور به نحوی از انحا در اصول نوشهرگرایی و رشد هوشمند بازتاب یافته‌اند. هر سه رویکرد نوشهرگرایی، رشد هوشمند و توسعه حمل‌ونقل عمومی محور برای موفقیت در دستیابی به اهداف خود درزمینه کاهش تعداد و طول سفر و تغییر مد سفر به جایگزین‌های پایدار استفاده از خودروی شخصی نیازمند توسعه محلاتی با کاربری‌های مختلط و تناسب میان فرصت‌های شغلی و نیروی کار ساکن در محله هستند. توسعه نوسنتی (توسعه محلات سنتی) از یک منظر با دیگر رویکردها متفاوت بوده و آن تمرکز عمده آن بر طراحی شهری و توسعه فضاهای عمومی سنتی است.

۴-بررسی کلی تجارب جهانی درزمینه سیاست‌ها، راهبردها، ضوابط و چالش‌های پیش روی اجرای اصول و ضوابط توسعه حمل‌ونقل عمومی محور

اصول توسعه حمل‌ونقل عمومی محور در گستره‌ای از شهرهای بزرگ و کلان‌شهرها در قالب راهبردها، سیاست‌ها، مشوق‌ها و ضوابط و مقررات به اجرا گذاشته شده است. رویکردهای مورد استفاده در هر یک از این شهرها با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، الگوهای توسعه شهری و حمل‌ونقل موجود و همچنین اولویت‌های برنامه‌ریزی متفاوت بوده است و نتایج متفاوتی

را نیز در پی داشته است. در انتخاب نمونه‌های مطالعات موردی تلاش شده تا علاوه بر انتخاب مهم‌ترین و موفق‌ترین نمونه‌های موجود در جهان، به‌منظور شناخت ویژگی‌های گونه‌های مختلف توسعه حمل‌ونقل عمومی محور، نمونه‌ها دارای حداکثر تنوع ممکن باشند که به‌اختصار سه نمونه از این شهرها که مربوط به آمریکای شمالی، اروپا و آسیا می‌باشند آورده شده است.

۴-۱-پورتلند (ایالات‌متحده آمریکا)

سابقه برنامه‌های توسعه حمل‌ونقل عمومی محور در پورتلند به بیش از ۳ دهه پیش بازمی‌گردد و این شهر دارای فعال‌ترین و شدیدترین برنامه توسعه حمل‌ونقل عمومی محور در ایالات‌متحده آمریکا بوده است. تقریباً تمامی ایستگاه‌های قطار شهری و تراموای پورتلند شاهد فعالیت‌های توسعه حمل‌ونقل عمومی محور بوده‌اند. بنا بر برنامه راهبردی توسعه پورتلند با چشم‌انداز (توسعه عمودی جایگزین توسعه افقی شهر) در افق سال ۲۰۴۰ میلادی می‌بایست دو سوم کل مشاغل و چهل درصد واحدهای مسکونی شهر در مجاورت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی واقع شده باشند. نخستین تلاش‌ها برای برنامه‌ریزی یکپارچه کاربری‌های شهری و سامانه حمل‌ونقل در این شهر به سال ۱۹۷۲ و ساخت یک مرکز خرید ایستگاهی با استفاده از بودجه تخصیص‌یافته به توسعه حمل‌ونقل عمومی و به‌منظور باز زنده سازی نواحی مرکزی شهر بازمی‌گردد. موفقیت این پروژه به‌عنوان نخستین نمونه بهره‌گیری از منابع مالی توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی به‌منظور دستیابی به اهداف گسترده‌تر و کلان‌تر شهری به الگویی برای پروژه‌های مشابه و عاملی برای تبدیل TOD به بخشی جدایی‌ناپذیر از برنامه‌های شهری و حمل‌ونقل در این شهر تبدیل شد. در طول بیش از ۴ دهه گذشته تغییر و تحولاتی در سیاست‌ها، راهبردها و رویکردهای توسعه حمل‌ونقل عمومی محور پورتلند ایجادشده است، اما اصول و اهداف هفت‌گانه زیر تقریباً بدون تغییر همواره ملاک عمل تصمیم گیران و برنامه ریزان بوده است:

- تقویت سرمایه‌گذاری در خطوط راه‌آهن شهری از طریق تضمین توسعه سازگار با حمل‌ونقل در نواحی مجاور ایستگاه‌ها؛
- شناسایی نواحی مجاور ایستگاه‌ها به‌عنوان مناطق خاص با ضوابط و مقررات توسعه خاص و تأمین امکان توسعه سنتی در سایر نواحی شهر؛
- استفاده از فرصت‌های حمل‌ونقل ریلی برای تشویق و ترویج TOD به‌عنوان بخشی از راهبردهای مدیریت رشد شهری در سطح کلان؛
- پهنه‌بندی مجدد نواحی تحت تأثیر ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی و انحصار اعطای مجوز به کاربری‌های سازگار و پشتیبان سامانه حمل‌ونقل عمومی؛
- تمرکز برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری عمومی بر ایستگاه‌های دارای بیشترین ظرفیت و فرصت‌های بالقوه توسعه؛
- تشکیل یک هسته پشتیبان TOD متشکل از مسئولین شهری، نمایندگان محلات، کارکنان شهرداری و مالکین اراضی؛
- طراحی و تنظیم چارچوبی پایدار به‌منظور ترویج TOD پس از تکمیل فاز برنامه‌ریزی.

۴-۲-ناپل (ایتالیا)

در چهار دهه گذشته باوجود توسعه قابل‌توجه شبکه جاده‌ای، شبکه راه‌آهن شهری ناپل و منطقه کامپانیا شاهد تحول قابل‌توجهی نبوده است. این وضعیت منجر به الگوی توسعه شهری پراکنده

شکل ۴ TOD در پرتلند

(پراکند رویی)، افزایش استفاده از خودروی شخصی و بروز گره‌های ترافیکی شدید شده است؛ اما این وضعیت در یک دهه گذشته و با آغاز به کار سامانه متروی منطقه‌ای کامپانیا و تغییر رویکردهای سیاست‌گذاری بر مبنای آن تا حدود زیادی متحول شده است. رویکرد اخیر نمونه‌ای از تدوین و اجرای راهبردهای یکپارچه و تلفیقی متشکل از سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی، توسعه شهری در مجاورت خطوط حمل‌ونقل عمومی و سیاست‌های مدیریت یکپارچه تقاضای سفر به شمار می‌رود.

پروژه سامانه متروی منطقه‌ای رویکردی کاملاً متفاوت را نسبت به رویکرد توسعه پراکنده و خودرو محور پیشین در پیش‌گرفته است. این پروژه بر مبنای این دیدگاه که یکپارچه‌سازی و انسجام سامانه‌های ریلی تنها راه تأمین امکان تحرک پذیری پایدار در مناطق دارای تراکم جمعیت بالا است، یکپارچه‌سازی خطوط موجود از طریق احداث خطوط متصل‌کننده، ایستگاه‌های جدید و تسهیلات جدید تعویض مد سفر را هدف قرار داد. علاوه بر آنچه گفته شد، این پروژه دیگر جنبه‌های سامانه حمل‌ونقل - از زیرساخت‌ها و خدمات تا قیمت و ضوابط و مقررات - را نیز مدنظر قرار داده است. اهداف این سامانه مواردی چون افزایش سطح سرویس سامانه خدمات عمومی، تبدیل مالکیت و استفاده از خودروی شخصی از یک الزام به یک گزینه، بهبود دسترس‌پذیری فعالیت‌های شهری، افزایش سرزندگی شهری و ترویج توسعه پایدار شهری (توسعه سازگار با شبکه ریلی) را در برمی‌گیرد. ویژگی‌های اصلی سامانه متروی منطقه‌ای کامپانیا عبارت‌اند از:

- تواتر (بسامد) بالای خدمات حمل‌ونقل ریلی
- برنامه زمان‌بندی ساده و قابل به خاطر سپاری حرکت قطارها
- برقراری اتصال میان خطوط مختلف
- عملکرد همگن و با استاندارد کیفی بالا در تمامی شبکه
- سامانه بلیت یکپارچه خطوط ریلی و اتوبوس‌رانی
- یکپارچگی با سایر مدهای حمل‌ونقل (خودروی شخصی و اتوبوس)
- استاندارد بالای کیفیت معماری و نوسازی شهری ایستگاه‌های جدید

نتایج اجرای پروژه سامانه متروی منطق‌های کامپانیا نشان می‌دهد که در صورت وجود شرایط مناسب، ایجاد تغییرات رادیکال و روندشکن در شهرها و مناطق امکان‌پذیر است. ازجمله مهم‌ترین ویژگی‌ها و شرایط منجر به این موفقیت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) رویکرد یکپارچه: پروژه سامانه متروی منطقه‌ای به‌عنوان پروژه‌ای یکپارچه شامل زیرساخت‌ها، فناوری‌ها، قیمت‌گذاری و زمان‌بندی خدمات سامانه حمل‌ونقل عمومی است. همچنین این پروژه به‌عنوان پروژه‌ای تلفیقی متشکل از توسعه حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی کاربری‌ها تعریف شده است.

۲) طراحی و بازاریابی نوآورانه: ترکیب زیرساخت‌های حمل‌ونقل، معماری، هنر معاصر و آثار باستانی ویژگی کلیدی رویکرد جدید به بازاریابی حمل‌ونقل عمومی است. این سامانه به‌جای ارائه خدمات عمومی ارزان قیمت نمایانگر کیفیت و نوآوری است. برخی از ایستگاه‌هایی که اخیراً و توسط معماران مشهور ایتالیایی و بین‌المللی ساخته شده‌اند واجد ویژگی‌های معماری برجسته‌ای هستند و شاهدی بر کیفیت معماری منطقه به شمار می‌روند. در این رویکرد حتی هنر معاصر نیز به‌جای محبوس شدن در موزه‌ها در معرض دید عموم قرارگرفته است.

۳) تداوم سیاست‌ها: این واقعیت که دولت حاکم بر کامپانیا به مدت ۱۴ سال بر سر کار بوده است، یکی از عوامل اساسی مؤثر بر موفقیت این پروژه بوده است. رهبری قدرتمند آنتونیو باسولینی که نخست در سال ۱۹۹۳ به‌عنوان شهردار ناپل و سپس در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ به‌عنوان ریاست منطقه کامپانیا برگزیده شد، فرصت را برای آغاز برنامه‌های بلندمدت با چشم‌انداز سیاسی فراهم کرد.

۴) نظام فدرالی ایتالیا: ایتالیا در ۱۵ سال اخیر شاهد تغییرات نهادی قابل‌توجهی ازجمله انتخاب مستقیم شهرداران و روسای مناطق بوده است، که این امر قدرت سیاسی این دولت‌ها را افزایش داده است. همچنین این کشور شاهد تحولی عمیق در حوزه حمل‌ونقل بوده است که بخش عمده آن مرهون نقش جدید مناطق در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری است. در اصلاح قانون اساسی و قانون فدرالیسم اداری بخش عمده قدرت و منابع مرتبط با خطوط راه‌آهن و بندرها به مناطق واگذار شده است. به دنبال آن، قوانین و مقررات مربوط به حمل‌ونقل عمومی نیز دچار تحولاتی شده است. درنتیجه این تغییر و تحولات اثرگذاری سیاسی شهروندان افزایش یافته و ابزارهای بیشتری برای دستیابی به اهداف در اختیار شهروندان قرار گرفته است.

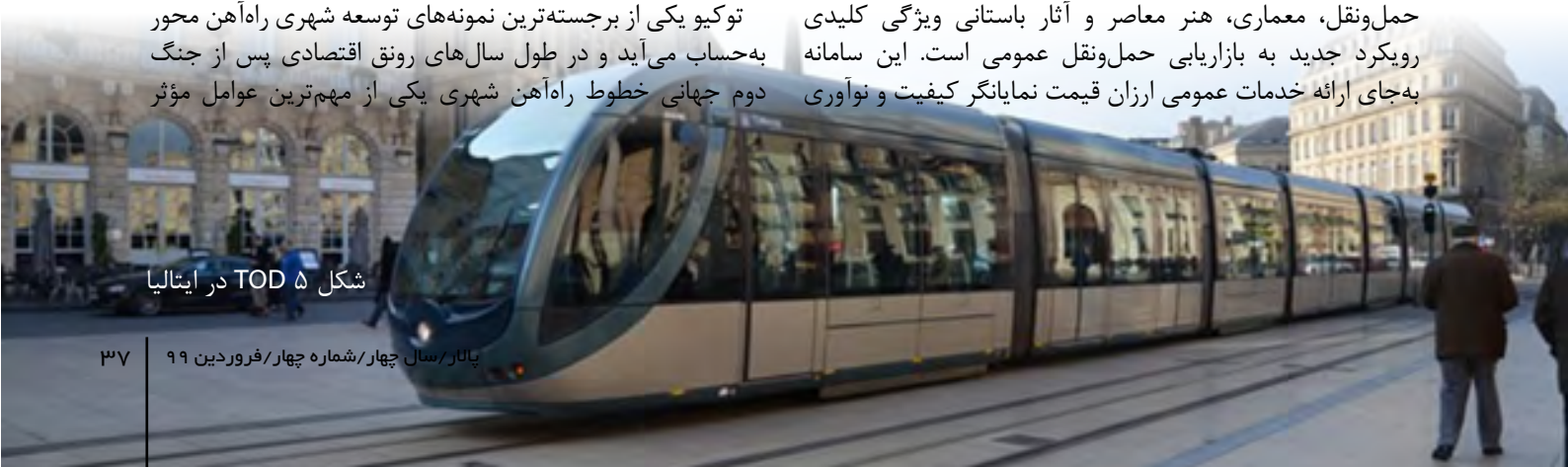
۵) مشارکت تمامی سطوح سیاسی: قانون منطقه‌ای (تحول حمل‌ونقل عمومی و سامانه‌های حمل‌ونقل در منطقه کامپانیا) سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی در بخش حمل‌ونقل را متحول کرده است. بنابراین قانون مزایا و شایستگی‌های مناطق، شهرها و استان‌ها شناسایی، منابع و دانش فنی به دولت‌های محلی انتقال و درنهایت در عین حفاظت از منافع عمومی، شرایط بازار خدمات حمل‌ونقل تعریف می‌شود. جوامع محلی در تصمیم‌گیری درزمینه خطوط و ایستگاه‌ها و سرمایه‌گذاری در حوزه توسعه شهری مشارکت داشته و درنتیجه اتفاق‌نظر عمومی و انتظارات بالایی نسبت به پروژه وجود دارد.

۶) استفاده از ترکیبی از منابع مالی اروپایی، ملی و منطقه‌ای: امکان استفاده از مجموعه‌ای از منابع مالی اروپایی، ملی و منطقه‌ای فرصت تعریف و اجرای برنامه‌هایی کامل و منسجم را فراهم آورده است.

۷) مشارکت بخش‌های عمومی و خصوصی: استفاده از منابع مالی خصوصی برای بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل (مانند ایستگاه‌ها) در ازای فروش فضاهای تجاری ازجمله دیگر رویکردهای مورد استفاده در این پروژه بوده است.

۴-۳-توکیو (ژاپن)

توکیو یکی از برجسته‌ترین نمونه‌های توسعه شهری راه‌آهن محور به‌حساب می‌آید و در طول سال‌های رونق اقتصادی پس از جنگ دوم جهانی خطوط راه‌آهن شهری یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر



شکل ۵ TOD در ایتالیا

بر جهت‌دهی توسعه شهر بوده‌اند. درنتیجه مقدار زیادی از اراضی مجاور کریدورهای حمل‌ونقل که از مرکز شهر به سمت بیرون امتداد داشتند توسعه‌یافته‌اند. یکی از مهم‌ترین محرک‌ها و مشوق‌های توسعه یکپارچه خطوط راه‌آهن شهری و اراضی مجاور آن‌ها در توکیو این بوده است که سازندگان خصوصی این خطوط علاوه بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل قطعات بزرگی از اراضی مجاور آن‌ها را در مالکیت خود داشتند. آن‌ها این اراضی را توسعه داده و پس از قطعه‌بندی به قطعات کوچک‌تر به‌عنوان اراضی مسکونی فروختند. علاوه به راین شبکه قطار شهری توکیو نیز ساختاری سازگار و پشتیبان توسعه شهری به‌ویژه در قالب شکل‌گیری مراکز فرعی را داشت. شبکه قطار شهری توکیو متشکل از چندین خط شعاعی خصوصی بود که از مرکز شهر توکیو شروع و تا حومه‌های شهر امتداد می‌یافت. مرکز توکیو به‌وسیله خط آهنی حلقوی تحت عنوان خط یامانوت پوشش داده می‌شود که تمامی خطوط راه‌آهن خصوصی به‌غیراز یک خط به آن ختم می‌شوند. این ساختار موجب پدید آمدن نقاط رشدی طبیعی در قالب مراکز فرعی شهر در تقاطع خطوط راه‌آهن خصوصی با خط یامانوت گردیده است. روزانه میلیون‌ها نفر به این مراکز فرعی وارد می‌شوند که این امر نشان‌دهنده اهمیت این مراکز در شبکه حمل‌ونقل عمومی و همچنین توسعه شهری توکیو است. توسعه مراکز فرعی توسط بخش خصوصی مدت‌ها پیش از اینکه طرحی دولتی برای تشویق و ترغیب این الگوی توسعه تدوین شود، شروع شده بود. این روند در دهه‌های اخیر با الگوهای توسعه چندهسته‌ای و اقماری تدوین شده در طرح‌های جامع شهری توکیو تقویت شده است. در آغاز دهه ۱۹۹۰ ترکیدن حباب مسکن موجب ورود توکیو به یک دوره طولانی رکود گردید. این مسئله موجب توجه و علاقه‌مندی مجدد به مرکز شهر و درنتیجه آغاز پروژه‌های باز توسعه شهری متعدد در این منطقه از شهر گردید. اکثر این پروژه‌ها در نواحی مجاور ایستگاه‌های راه‌آهن و به‌طور در مجاورت مراکز فرعی شهر متمرکزند. دولت نیز ابزارهای متعددی را به‌منظور تشویق و ترغیب بخش خصوصی به مشارکت در این پروژه‌ها مورد استفاده قرار داده است. جدیدترین برنامه توکیو، (برنامه توکیو ۲۰۰۰) نام دارد. در این برنامه ساختاری جدید برای توسعه توکیو در قالب الگوی (شهر حلقوی) پیشنهاد شده است که بر چارچوبی متشکل از محورهای شهری و شهرهای هسته‌ای مبتنی است. شهرهای هسته‌ای مکان‌هایی هستند که کارکردهای شهری در آن‌ها تجمیع شده‌اند و محورهای شهری نیز وظیفه فراهم آوری امکان تبادل میان این هسته‌ها را بر عهده دارند. در این الگو یک شهر هسته‌ای از چندین مرکز فرعی تشکیل شده است. به‌عنوان نمونه کل ناحیه تحت پوشش خط یامانوت یک شهر هسته‌ای به شمار می‌رود. ویژگی اصلی برنامه‌های شهری در ژاپن مسئله کمبود دائمی فضای شهری است. این مسئله از دهه ۱۹۶۰ میلادی و با رشد سریع اقتصاد شهر و درنتیجه افزایش روزافزون فشار بخش خصوصی برای استفاده کاراتر، فشرده‌تر و متراکم‌تر از اراضی شهری آغاز شد. تا آن زمان ظرفیت توسعه نواحی شهری از طریق قوانین و مقررات محدودکننده ساخت‌وساز و همچنین به دلیل کوچک بودن قطعات اراضی شهری محدود و باز توسعه کارآمد آن‌ها برای بخش خصوصی امری دشوار بود. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، این روند از دهه ۱۹۷۰ میلادی و با استقرار نظام FAR تغییر کرد و به ناگاه ساختمان‌های میان مرتبه و بلندمرتبه متعدد از گوشه و کنار شهر سر برآوردند. FAR ظرف مدت کوتاهی به ابزار اصلی دولت در تشویق توسعه کاراتر و ایمن‌تر کاربری‌ها تبدیل شد. در زمان‌های مواجهه دولت با کسری بودجه، سیاست‌گذاری‌هایی به‌منظور تشویق سرمایه‌گذاری بخش خصوصی صورت می‌گرفته است که مهم‌ترین ابزار تشویقی در این سیاست‌ها نیز FAR بوده است. با وجودی که FAR در قانون مشخص‌شده است، اما ابزارهای متعددی برای استثناگذاری و تسهیل مقادیر موجود FAR وجود دارد. از این ابزارها برای تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در نواحی خاص استفاده می‌شود. به‌طورکلی استثنائات قانون FAR عمدتاً در مواردی شامل سازندگان می‌شود که سایت توسعه شامل بافت حفاظت شده تاریخی باشد یا سازنده متعهد با ساخت تسهیلات عمومی یا تأمین میزان مشخصی از فضای بازمی‌گردد. FAR تشویقی به نسبت سهم هر یک از سرمایه‌گذاران به آن‌ها تعلق می‌گیرد. همچنین این امکان وجود دارد که سازنده بخشی از FAR بلااستفاده خود را از یک ساختمان به ساختمانی دیگر منتقل کند یا در صورت عدم نیاز آن را به مالکی دیگر در همان منطقه بفروشد. این ابزارها در تمامی نواحی دارای اراضی فاقد استفاده بهینه قابل‌استفاده هستند. به‌طورکلی این ابزارها در یک ویژگی مشترک‌اند: هدف از آن‌ها سودآور سازی سرمایه‌گذاری در یک توسعه غیر سودآور برای بخش خصوصی است. میزان FAR تشویقی متناسب با میزان منافعی است که سازنده از دست می‌دهد. دولت توکیو شرایطی را برای استفاده از مزایای هر یک از این ابزارها تعیین کرده است.

شکل ۶ TOD در توکیو

منابع:

۱. Calthorpe, P. (۱۹۹۳). The Next American Metropolis: Ecology, Community, and thevAmerican Dream. New York Princeton Architectural Press.

۲. Barker, J. Barry. (۲۰۰٤). “Transit-Oriented Development in the United States: Experiences, Challenges, and Prospects”. Transit Cooperative Research Program (TCRP), Report No. ۱۰۲۱, Washington, D. C: National Academy Press.

Dr. Siavash Zamiran earned a Bachelor of Science in Civil Engineering in 2009 from Azad University, followed by a Master of Science in Civil/ Geotechnical Engineering in 2012. He then went on to earn his Ph.D. in Engineering Science – Civil/Geotechnical Engineering from Southern Illinois University Carbondale

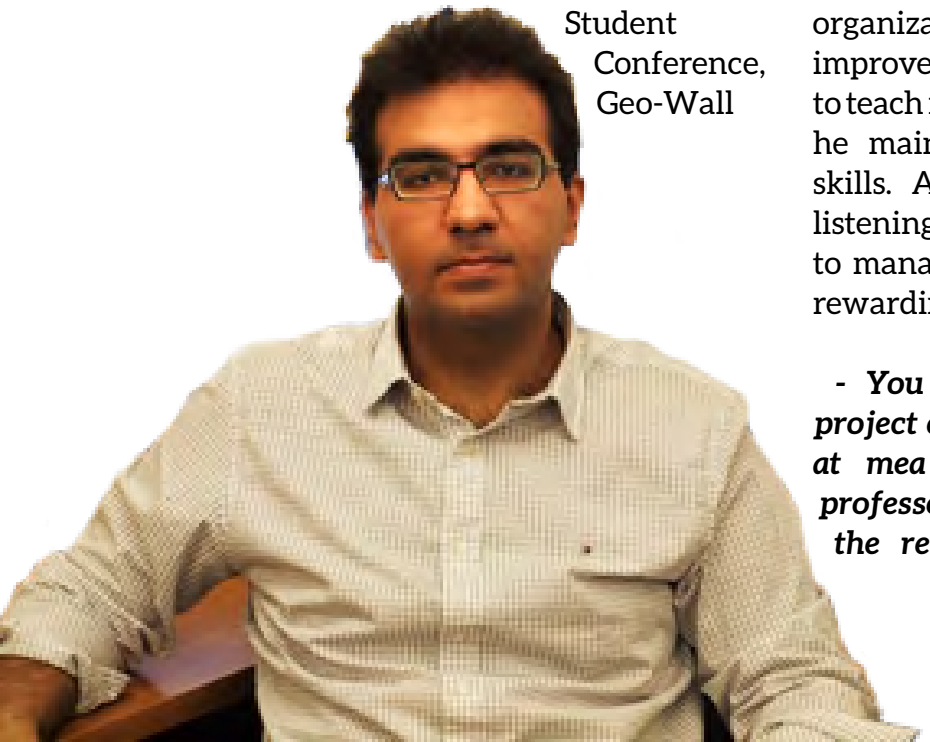
Interview with ASCE

Civil Engineering Magazine, December 2019

Since 2015, Dr. Zamiran has worked with Marino Engineering Associates, where he performs stability analyses of reinforced slopes and retaining walls, subsidence investigations, and computational structural analysis of high-pressure natural gas and petroleum pipelines affected by ground subsidence. He is also teaching as an adjunct professor at Southern Illinois University Edwardsville and St. Louis University.

Academically, Dr. Zamiran has worked as a Research Assistant and collaborative researcher at Southern Illinois University, Carbondale and Edwardsville and Azad University, with research topics including seismic investigation of cantilever retaining walls, investigation of deep foundations in swelling weathered rock, subsidence investigation of Illinois coal mines, investigation of the behavior of soil nail walls in seismic and static conditions and liquefaction studying of monopile foundations in wind turbines.

Dr. Zamiran has been active with different civil engineering organizations including being a member of being an ASCE Key Contacts, Chair of ASCE St. Louis Sustainability Committee, Committee Member with Geo-Institute Rock Mechanics Committee, Deep Foundations Committee, Computational Geotechnics Committee, and Geophysical Committee; Head of Judges at Mid-Continent Student Conference, Geo-Wall Competition, and founder and former president of SIUE ASCE Geo-Institute Graduate Student Organization where he was the instructor of 4 free public workshops in geotechnical engineering. Other highlights include author and co/author of more than 30 conference and journal articles, one book in numerical modeling in geotechnical engineering, and reviewer of more than five journals.



During his academic and professional career, he has received ASCE St. Louis Young Engineer Award for Professional Achievement, ADSC International Association of Foundation Drilling Award, GeoConfluence Research Scholarship, and Itasca Education Partnership Award. Upon his graduation with a Ph.D. in Civil Engineering from Southern Illinois University Carbondale, he was awarded the Outstanding Graduate Student award.

It would be easy to assume that Siavash Zamiran, Ph.D., P.E., M. ASCE, doesn't get much sleep. Zamiran, who was presented with the ASCE Edmund Friedman Young Engineer Award in 2019, works full time as a geotechnical engineer for St. Louis-based Marino Engineering Associates Inc. (MEA), teaches geotechnical engineering on an adjunct basis at Missouri University of Science and Technology (Missouri S&T), and serves as the chair of the Sustainability Committee for the St. Louis Section. But he says his enthusiasm, optimism, organizational skills, and devotion to self-improvement keep him going. By continuing to teach in the subjects in which he practices, he maintains up-to-date knowledge and skills. And by reading, networking, and listening to podcasts, he has learned how to manage his time and tasks to achieve a rewarding balance of work, school, and life.

- You have just been promoted from project engineer to senior project engineer at mea and taken on a new adjunct professorship. How are you managing all the responsibilities of both?

What helps is that the courses I teach are in the areas in which I work. There is a saying that if you want to learn something perfectly, teach it. When I had the opportunity to teach geotechnical engineering, I took it so that I could better learn and understand all the rules, formulas, and principles. On a daily basis, I use those same principles in my consulting, analysis, and design.

- How did the opportunity at Missouri S&T present itself?

I am very involved in civil engineering organizations, especially ASCE. My ASCE experiences have helped me to increase my network and connect to other professionals in my area. Also, being in contact with my coworkers who practice in other specialties and with professors in other areas of academics helped.

- How does your job as a senior project engineer differ from that of a project engineer?

When I was a project engineer, I was involved almost entirely in the technical parts of the work—the design and analysis. Now that I am a senior project engineer, I have more responsibilities for project management, relationships with clients, and supervising staff.

The good thing about working for a small-sized company, which mea is, is that it gives me the opportunity to be involved not just in my own work but also other disciplines and areas, including business development, marketing, and client relationships.

- What are the chief skills and abilities that you developed in your previous positions that help you in these new positions?

Being in a more senior position and managing projects and relationships require lots of 'softer' skills in parallel with the technical skills. And you really don't learn those softer skills in school. So I try to increase those skills myself. I read and study about project management, time

management, self-organization, and other nontechnical topics. This is useful not only for my work but also for other parts of my life.

Also, when I was working on my dissertation, I had to start something from scratch, come up with the idea, do the research, collect the information, conduct the analysis, develop a procedure, and create an output of my study. Finally, I had to put all that together into a two-hundred-page dissertation and defend it in front of committee members. I worked on it for two years, and it taught me how to handle a long-term, multiple-part project from start to finish. That was a very helpful, practical experience.

- What personal traits or characteristics do you believe help you in these new positions?

I am generally enthusiastic and optimistic about things. And I am consistent about what I want and pursuing it. There is a compound-effect rule that says if you want to reach a goal, you have to be consistent in doing small steps each day, and those steps will compound and accumulate until you reach that result. So, you might not see big results in the short term, but in the long term, you will. It's all about persistence.

I also try not to fear rejection. That

gives me the ability to take risks and seek opportunities and adventures; fear can be a barrier to all that. So, for example, when I wanted to apply for a research position to pursue my ph.d., I got rejected a couple of times, but that didn't discourage me. If you interview with one professor, you have a low probability of success. But if you interview with one hundred, you can get rejected ninety-nine times and still succeed that one time.

- What technical skills helped you achieve these positions?

The skills I gained from courses in the principles of geotechnical engineering, like soil mechanics, foundations, and the strengths of materials. I have a fair understanding of them, and as I said, when I teach them, that improves my own knowledge. I am also developing my skills in specific computer programs related to my area. Those programs and computational skills are not taught in traditional school curricula, so I have learned about those programs and how to do specialized analyses on my own.

- How have nontechnical skills helped you in your achievements?

The softer skills sound easy because they are not technical, but it's hard to learn them and use them in practice. And once you learn them, it's very easy to use them just for a short period of time and then forget them. But when I keep myself updated and read about them on a day-to-day basis, which improves my learning curve and keeps me motivated.

I have a list of books and articles to read, and of course magazine articles are more motivating because you can read and finish them quicker. There is also something called a mastermind group- a small group of peers who get together to talk about these skills. I have a group of friends, something like a mastermind group, which I keep in contact with. I get more motivated when chatting with them.

- What role did mentors, advisers, or your network play in your achievement?

Being surrounded by friends who are skilled is very motivating. Again, working in a small company gives me an advantage. I can work directly with officers, such as the president of the company. And I also work with faculty at the school where I teach, and they always try to be the top in their fields. That motivates me to follow their path.

- What do you hope to accomplish in these new positions?

I'd really like to learn more about my area of expertise; I read technical materials to increase my knowledge and stay updated. When I do that, I have more confidence about what I am doing.

And right now, I want to learn more about the growing areas of programming, data science, and machine learning. I also want to learn more about automation and statistics and incorporate them into the areas of my interest.

- What types of positions do you see yourself moving toward over the next few years?

I'd like to remain working in the industry and being involved in academics. I'd like to go toward more managerial positions like project manager, where I'd be working more

independently on projects from the start and then developing and finalizing them.

- What advice would you give to other young engineers who would seek positions similar to yours?

Continuing your learning is important; when you finish school, that shouldn't be the last time you open a textbook or read technical material.

Also, keep your life–work balance by being more organized and by learning personal development skills. People might think working full time and teaching would be overwhelming, but learning those personal skills teaches you how to balance everything in your life: work, education, health, and relationships.

—LAURIE A. SHUSTER

Affiliations

- Committee Member, ASCE GI Geophysics Committee, -2017Present
- Committee Member, ASCE GI Deep Foundations Committee,-2017Present
- Committee Member, ASCE GI Rock Mechanics Committee, -2016Present
- Member, American Society of Civil Engineering, -2015Present
- Committee Member, Geomate Technical Program, -2015Present
- Councilor-at-Large, Illinois State Academy of Science, 2019-2017
- Individual Member, Deep Foundation Institute, 2016-2015
- Member, St. Louis Engineer Club, 2017-2015
- President & Founder, Geo-Institute SIUE Student Chapter, 2017-2015
- Member, Chi Epsilon National Civil Engineering Honor Society in the US, -2015Present

Ref:
http://www.zamiran.net/news/next-step-interview-with-asce-civil-engineering-magazine-december2019-

تحلیل غیر خطی و تعیین پاسخ لرزه ای پل ها با استفاده از روش زمان دوام

علی حقانی بایی
دانشجوی دکتری، مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

در شماره‌های قبلی، روش تحلیلی زمان دوام توضیح داده شد و نحوه‌ی استفاده از آن بیان گردید. در صورت لزوم می‌توانید به مقالات زمان دوام در شماره‌های قبلی این مجله مراجعه کنید. پیرو مقالات قبلی، در این نوشته قرار است به تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی در پل‌ها با استفاده از روشِ زمان دوام پرداخته شود. در تحلیل‌های تاریخچه زمانی، معمولاً تعدادی از شتاب‌نگاشت‌های واقعی انتخاب و سازه تحت این شتاب‌نگاشت‌ها تحلیل می‌شود و در نهایت نتایج موردنظر به‌دست می‌آید. یکی از مزیت‌های روش زمان دوام در این است که بجای بکارگیری از تعداد زیادی شتاب‌نگاشت واقعی، می‌توان از شتاب‌نگاشت‌های فزاینده‌ی مصنوعی زمان دوام استفاده کرده و با هزینه‌ی محاسباتی کمتر و دقت مناسب، تحلیل را انجام داد. در ادامه، این روند برای یک پل سه دهانه‌ی بتنی با عرشه‌ی تیر-دال، با مدلسازی سه بعدی و در حوزه‌ی غیرخطی توضیح داده خواهد شد.

واژگان کلیدی

تحلیل غیرخطی لرزه‌ای، روش زمان‌دوام، تحلیل تاریخچه زمانی، پل

۱- مقدمه

حرکات ایجاد شده توسط زمین‌لرزه را می‌توان به سه بخش متعامد شامل دو مؤلفه افقی و یک مؤلفه قائم تجزیه نمود. در آیین‌نامه‌های مدرن طراحی لرزه‌ای، اثرات شتاب قائم معمولاً فقط برای پل در مجاورت گسل‌های فعال در نظر گرفته شده [۱] و یا به طور غیر مستقیم با استفاده از اصلاح ضریب بارهای مرده محاسبه می‌شود. در بسیاری از دستورالعمل‌های طراحی بطور صریح و روشن استفاده از اثرات دو مؤلفه متعامد حرکت افقی زمین مورد نیاز است [۲].

برای پیش‌بینی دقیق‌تر تقاضا در ستون پل تحت مؤلفه‌های زلزله چند جهته، بهتر است پاسخ سازه را با استفاده از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی که کامل‌ترین و دقیق‌ترین روش تحلیل می‌باشد، به‌دست آورد. معمولاً در تحلیل تاریخچه زمانی در صورت وجود شتاب‌نگاشت سه مؤلفه‌ای زلزله، مؤلفه‌های افقی شتاب‌نگاشت را هم‌راستا با جهات اصلی سازه وارد می‌کنند و پاسخ را دریافت می‌کنند. در حالت کلی برای تحلیل تاریخچه زمانی یک پل نیاز به انتخاب مجموعه‌ای از شتاب‌نگاشت‌های واقعی می‌باشد. در ادامه باید این شتاب‌نگاشت‌ها مقیاس‌سازی شود و شتاب‌نگاشت‌های مقیاس‌سازی شده به سازه اعمال گشته و پل موردنظر تحلیل گردد. واضح است که این روند مستلزم صرف زمان تحلیل زیادی می‌باشد. به این ترتیب بکارگیری روشی با حجم

محاسباتی کم‌تر و دقتی مناسب، منطقی به نظر می‌رسد. روش تحلیل زمان دوام، روشی است که در این پژوهش به دلایل ذکر شده در بالا از آن استفاده شده است. در ادامه توضیحاتی راجع به این روش آمده و به نحوه‌ی بکارگیری آن در پل‌ها پرداخته می‌شود.

۲- روش زمان دوام

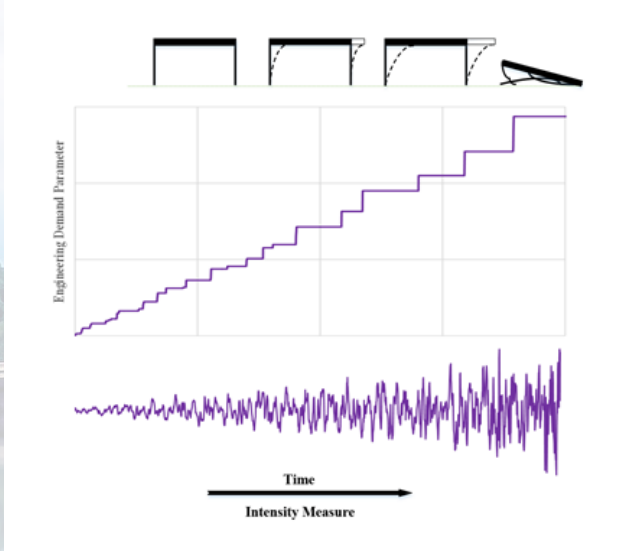
تحلیل تاریخچه زمانی دقیق‌ترین روش تحلیل سازه با درنظرگیری رفتار غیرخطی اعضای سازه‌ای است. مهم‌ترین نکته در این روش انتخاب شتاب‌نگاشت مناسب و مقیاس‌سازی آن‌هاست. اگر چه تعداد کل شتاب‌نگاشت‌های قوی موجود در سطح جهان در حال حاضر به ده‌ها هزار مورد می‌رسد، اما توزیع جغرافیایی آن‌ها بسیار ناهموار است [۳]. در حالی که زمین لرزه‌های قوی در منطقه‌ی ساحلی کالیفرنیا و ژاپن فراوان است، برای سایر بخش‌های جهان، زلزله‌های قوی کمیاب می‌باشند. شرق و غرب کانادا که در آن سوابق محدودی از زلزله‌های قوی در دسترس است مثالی در این زمینه می‌باشد [۴].

برای انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها همچنین باید به نوع منشأ ایجاد زلزله (نحوه‌ی گسلش)، شرایط خاک سایت، فاصله از منشأ زلزله، تعداد شتاب‌نگاشت‌های انتخابی از یک زلزله، شدت شتاب‌نگاشت‌های انتخابی و موقعیت شتاب‌نگار توجه شود [۲].

همانطور که پیشتر گفته شد، پس از انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها باید آن‌ها را مقیاس‌سازی نمود. روش‌های متعددی برای مقیاس‌سازی شتاب‌نگاشت‌ها وجود دارد. مطابق با روش دستورالعمل FHWA [۵]، ابتدا PGA مؤلفه‌ی اصلی هر یک از این شتاب‌نگاشت‌ها به 1 g نرمال می‌شود. سپس با میانگین‌گیری طیف شتاب‌نگاشت‌های نرمال شده برای هر یک از پل‌ها در محدوده‌ی 0.2 T تا 1.5 T، میانگین حاصل می‌تواند حداکثر تا 15% کمتر از طیف پاسخ طرح با میرایی 5% برای زلزله‌ی با دوره بازگشت ۱۰۳۳ سال باشد. همچنین در این بازه، باید میانگین نسبت طیف پاسخ به طیف پاسخ طرح، همواره بزرگتر یا مساوی یک باشد. لازم به ذکر است که T دوره‌ی تناوب طبیعی مد اول ارتعاشی هر یک از پل‌هاست. با توجه به توضیحات فوق، استفاده از روش تحلیلی که بتواند از مسائل انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها و مقیاس‌سازی آن‌ها در هر تحلیل مجزا جلوگیری کند و در عین حال دارای دقت کافی باشد، روش مناسبی در تحلیل‌ها خواهد بود.

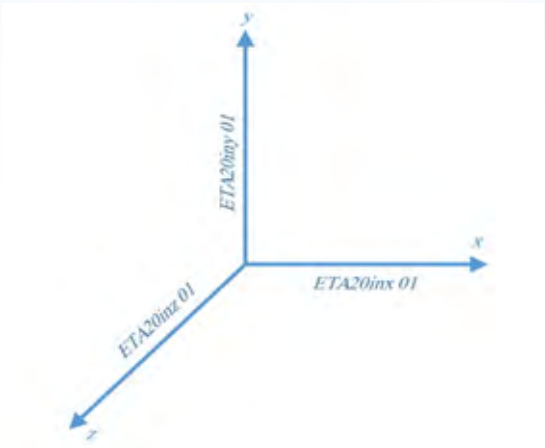
روش زمان دوام یک روش تحلیلی بر مبنای تحلیل تاریخچه زمانی با شتاب‌نگاشت‌های مصنوعی فزاینده‌ی دینامیکی برای ارزیابی لرزه‌ای سازه‌هاست. این روش نخستین بار توسط استکانچی و همکاران با الهام از آزمون ورزش ابداع شد [۶]. با استفاده از این ایده و بکارگیری از یک آزمایش فرضی روی یک میز لرزه، در صورتی که سازه تحت یک تهییج دینامیکی از پیش تعیین شده به وسیله تابع شتاب قرار گیرد و به تدریج دامنه‌ی نوسان‌ها افزایش یابد، در لحظه‌ای که سازه از حالت حدی مورد نظر طراح فراتر رود، زمانِ دوامِ آن سازه تعریف خواهد شد [۷]. به این ترتیب سازه‌ای که تحت تحریک فزاینده‌ی اعمال شده، مدت زمان بیشتری دوام بیاورد و دیرتر به حد نهایی مورد نظر طراح برسد عملکرد بهتری خواهد داشت. در شکل ۱ نمایش شماتیکی از روش تحلیلی زمان دوام آمده است.

از بین توابع شتاب زمان دوام که تا به امروز توسعه‌یافته‌اند، دو مجموعه‌ی توابع شتاب i و in مجموعه‌هایی هستند که طیف هدف آن‌ها در فرآیند تولید، طیف حاصل از ۲۰ زلزله‌ی واقعی بکار رفته در FEMA440 [۸] بوده و برای تحلیل سه‌بعدی تهیه شده‌اند، یعنی هر یک از این دو سری شتاب‌نگاشت زمان دوام شامل ۳ تابع شتاب می‌باشند که هرکدام، سه مؤلفه -شامل دو راستای افقی و یک راستای قائم- دارند. در این میان، سری in به گونه‌ای تولید شده که در محدوده‌ی غیرخطی پاسخ مناسب‌تری ارائه می‌کند [۹]. به این ترتیب بجای انتخاب ۲۰ شتاب‌نگاشت واقعی زلزله و مقیاس‌سازی آن‌ها و اعمال هر رکورد در زوایای مختلف، می‌توان از سری شتاب‌نگاشت in زمان دوام استفاده کرده و با حجم محاسبات بسیار کمتری به نتایج مورد نظر دست یافت [۸].



شکل ۱- نمایش شماتیک روش تحلیل زمان دوام[۱۰]

با توجه به اینکه توابع شتاب سری ETA20in همچون شتاب‌نگاشت‌های واقعی، ۳ مؤلفه x، y و z دارند (شکل ۲)، این مجموعه همانند زلزله‌ی واقعی خواهد بود و به منظور یافتن پاسخ بیشینه سازه در تحلیل، مؤلفه‌های افقی توابع شتاب زمان دوام همانند شتاب‌نگاشت‌های طبیعی باید در زوایای مختلف نسبت به محورهای اصلی به سازه اعمال شوند.



شکل ۲- نحوه‌ی اعمال تابع شتاب ETA20in01

۳- مشخصات پل مورد مطالعه و نحوه‌ی مدل‌سازی آن

پل استفاده شده در این پژوهش برگرفته از مرجع [۱۱] می‌باشد. این پل از نوع بتنی تیر-دال بوده و دارای سه دهانه‌ی ۱۵ متری با

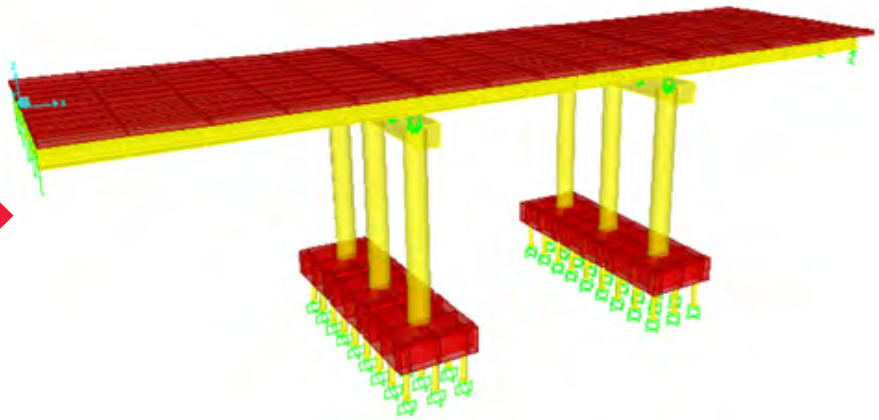
ارتفاع پایه‌های ۹ متر می‌باشد. بارگذاری پل‌ها بر اساس آیین‌نامه‌ی بارگذاری پل‌های ایران [۱۲] و طراحی آن‌ها بر اساس آیین‌نامه طرح و محاسبه پل‌های بتن آرمه [۱۳] و آیین‌نامه AASHTO [۱۴] انجام شده است. این پل متشکل از ۳ دهانه به طول ۱۵ متر با ۵ تیر بتن مسلح پیش‌ساخته و عرشه‌ی با دال بتنی با ضخامت ۲۰ سانتیمتر است (شکل ۳).

به منظور ایجاد یکپارچگی در شاه‌تیرها از تیر انتهایی بتن مسلح به عرض ۴۰ سانتیمتر بر روی کوله‌ها و پایه‌ها استفاده شده است. همچنین در وسط دهانه‌ها، دیافراگم‌های میانی به عرض ۳۰ سانتیمتر بکار گرفته شده و بر روی سرستون پایه‌ها، دو برش‌گیر برای مهار عرضی عرشه در مقابل نیروهای زلزله تعبیه شده است.

برای تحلیل غیرخطی پل‌ها، رفتار مورد انتظار مصالح و رابطه‌ی تنش-کرنش بتن محصور، بتن نامحصور و آرماتورهای مصرفی در مدل تعریف شد. همچنین خصوصیات میلگردهای طولی و عرضی مطابق مشخصات رفتار الاستیک و غیرالاستیک مدل‌سازی شد که در ادامه توضیحات مختصری در مورد نحوه‌ی مدل‌سازی اجزای مختلف پل بیان می‌شود.

به منظور بیان رفتار غیرخطی پایه‌ها در مدل‌سازی رفتار فولاد و بتن، از مدل رفتاری Mander و همکاران [۱۵] استفاده شده است. میلگردهای عرضی موجود در پایه پل‌ها به دلیل محصوریت در هسته‌ی مقطع موجب افزایش مقاومت فشاری و کرنش نهایی بتن می‌شوند. به این ترتیب برای تعیین ظرفیت شکل‌پذیری اعضای بتنی از مدل تنش-کرنش غیرخطی برای بتن محصور و نامحصور استفاده می‌شود.

در طراحی لرزه‌ای پل طبق آیین‌نامه AASHTO، طراحی عرشه بر اساس ظرفیت با فرض رفتار الاستیک در اثر زلزله انجام می‌شود. به این ترتیب نیازی به استفاده از رفتار غیرخطی اجزای عرشه در تحلیل‌ها نیست [۱۶].

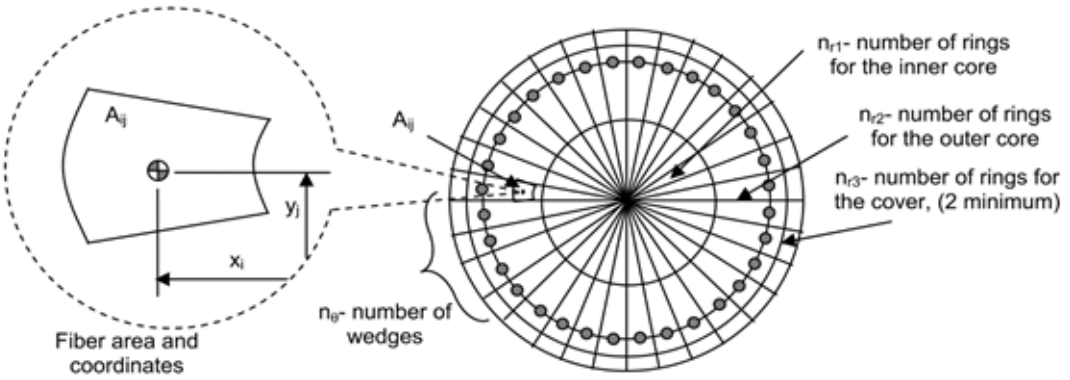


شکل ۳- نمای سه‌بعدی پل مدلسازی شده در نرم‌افزار CSi Bridge

در دو انتهای پل بین کوله و نشیمن تیرها، تکیه‌گاه‌های الاستومری قرار داده می‌شود. همچنین مابین سر ستون پایه‌های میانی و نشیمن تیرهای عرشه هم از این تکیه‌گاه‌های الاستومری استفاده می‌گردد. رفتار این اعضا غیرخطی بوده و شامل لایه‌های الاستومر و فولاد می‌باشد. مدول برشی و سختی الاستیک موثر هر بالشتک طبق مدل غیرخطی [۱۷] و با استفاده از المان‌های پیوندی غیرخطی مدل‌سازی شده‌اند.

برای مدل‌سازی کوله‌های پل در این پژوهش، مجموعه‌ای از المان‌های پیوند غیرخطی در جهت طولی و عرضی و علاوه بر آن در راستای طولی، از المان پیوند Gap برای درز انبساط ۵ سانتیمتری بین عرشه و کوله استفاده شده است [۱۸]. با فرض رفتار سری بالشتک الاستومر و کوله (همچون دو فنر متوالی) [۱۹]، می‌توان از اثر کوله به دلیل سختی خیلی زیاد نسبت به بالشتک الاستومری صرف نظر کرد و تنها فنر با سختی کمتر که بیانگر رفتار بالشتک الاستومری می‌باشد را مدل‌سازی نمود. مشخصات فنرهای بالشتک مورد استفاده در این بخش برگرفته از مشخصات نئوپرن گومبا با ابعاد ۳۷*۲۰۰*۴۰۰ میلیمتر می‌باشد.

به منظور تعریف رفتار غیرخطی پایه‌ها، باید به نواحی محتمل در ستون‌ها، رفتار غیرخطی و مفصل پلاستیک اختصاص داده شود. برای مدل‌سازی مفاصل پلاستیک حالات مختلفی نظیر مفصل غیرمزدوج، مفصل اندرکنشی نیرو-لنگر (PMM) و مفصل فایبر وجود دارد. در اینجا به دلیل دقت بالاتر، از مفصل فایبر برای بیان شکل‌پذیری ستون‌ها در نواحی فوقانی و تحتانی استفاده شده است [۱۸] (شکل ۴).



شکل ۴- شماتیک مفصل فایبر در مقطع عرضی ستون دایروی [۲۰]

۴- تحلیل و ارزیابی لرزه‌ای پل مورد مطالعه

ارزیابی لرزه‌ای سازه تحت یک زلزله به روش‌های مختلفی بررسی می‌شود. ارزیابی عملکرد لرزه‌ای شامل مراحل مختلفی نظیر تعیین سطوح خطر لرزه‌ای، آنالیز سازه برای تعیین پاسخ آن و غیره می‌باشد [۲۱]. در ATC-58، سه روش برای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه بیان شده که این روش‌ها عبارتند از: ارزیابی مبتنی بر شدت لرزه‌ای، ارزیابی مبتنی بر یک سناریوی لرزه‌ای و ارزیابی مبتنی بر زمان. در ارزیابی مبتنی بر زمان، عملکرد لرزه‌ای سازه در یک دوره زمانی مشخص (به عنوان مثال یک سال، ۵۰ سال یا ۷۵ سال) با در نظر گرفتن وقوع تمامی زلزله‌های ممکن در آن دوره‌ی زمانی تخمین زده می‌شود [۲۲].

در این پژوهش از روش مبتنی بر زمان برای محاسبه‌ی پاسخ سازه با بکارگیری روش زمان دوام استفاده می‌شود. سطح خطر انتخاب شده در این پژوهش در طول عمر مفید سازه معادل دوره‌ی بازگشت ۱۰۳۳ سال در نظر گرفته شده است. به این ترتیب برای پل مورد نظر که پریود طبیعی آن برابر با ۰/۷۱ ثانیه است، زمان هدف معادل در پاسخ شتاب‌نگاشتِ زمان دوام تقریباً برابر با ۱۴ ثانیه می‌باشد [۲۳]. در نهایت پاسخ حاصل از تحلیل تا زمان هدف ذکر شده (۱۴ ثانیه)، از نرم‌افزار تحلیل پل اخذ می‌شود. بدین ترتیب پاسخ پل مورد نظر در سطح خطر مربوطه، با استفاده از یک تحلیل تاریخچه زمانی محاسبه شده و می‌توان آن را با توجه عملکرد لرزه‌ای مطابق جداول مربوطه تعیین کرد. در صورت نیاز به توضیحات بیشتر در زمینه‌ی ارزیابی عملکرد لرزه‌ای، می‌توانید به مقاله‌ی «ارزیابی عملکرد و هزینه‌های لرزه‌ای سازه‌ها با استفاده از روش زمان دوام» در شماره‌ی قبلی این مجله مراجعه کنید.

۵- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

با توجه به توضیحاتی که در بالا آمده است، می‌توان به طور خلاصه نکات زیر را بیان نمود:

- تحلیل تاریخچه زمانی به خودی خود یکی از روش‌های پیچیده و زمان‌بر محسوب می‌شود. زمانی که بخواهید سازه را در حوزه‌ی غیرخطی تحلیل کنید، پیچیدگی و حجم محاسباتی بیشتر هم خواهد شد.

- روش زمان دوام با حجم محاسباتی بسیار کمتر و روش ساده‌تری که دارد، تحلیل تاریخچه‌زمانی غیرخطی پل‌ها را با دقتی مناسب انجام می‌دهد. به همین دلیل در این مقاله نحوه‌ی استفاده از روش زمان دوام به طور مختصر بیان گردید.

- در تحلیل زمان دوام، می‌توان بدون توجه به دوره‌ی بازگشت زلزله، تحلیل را انجام داده و با یک تحلیل، پاسخ در تمامی سطوح خطر را بدست آورد. این مورد برخلاف روش‌هایی مانند IDA می‌باشد که در ابتدا باید سطح خطر مورد نظر را انتخاب کرده و پس از مقیاس‌سازی شتاب‌نگاشت، سازه را تحت شتاب‌نگاشت‌های مقیاس‌سازی شده، تحلیل نموده و در نهایت برای آن سطح خطر مشخص پاسخ را بدست آورد. واضح است که برای هر سطح خطر دیگر، باید این روند مجدداً تکرار شود که هزینه‌ی محاسباتی را افزایش خواهد داد. این مورد مزیت روش زمان دوام را به خوبی نشان می‌دهد.

- توجه داشته باشید که در طراحی لرزه‌ای پل‌ها، ترجیحاً پل باید به گونه‌ای طراحی شود که ستون‌ها نقش فیوز را داشته باشند و زودتر از سایر اعضای سازه‌ای وارد حوزه‌ی غیرخطی شوند. بنابراین در تحلیل غیرخطی پل‌ها باید مفاصل پلاستیک در نقاط انتهایی ستون‌ها تعریف گردد و این بخش از ستون‌ها قبل از سایر بخش‌های سازه‌ای رفتار غیرالاستیک را تجربه کنند. این مورد در پل‌ها، برخلاف روند متداول در ساختمان‌های معمولی است که بر اساس قاعده‌ی ستون قوی، تیر ضعیف تحلیل و طراحی می‌گردند و ابتدا تیرها وارد حوزه‌ی غیرخطی می‌شوند.

۶- مراجع

[۱] T. R. C. Company, “Task ٦ Report for Updating‘ Recommended LRFD Guidelines for the Seismic Design of Highway Bridges ,’” vol. ٧, no. ١٩٣.

[۲] A. Khaled, R. Tremblay, and B. Massicotte, “Effectiveness of the -٪٣٠rule at predicting the elastic seismic demand on bridge columns subjected to bi-directional earthquake motions,” Eng. Struct., vol. ٣٣, no. ٨, pp. ٢٠١١ ,٢٣٧٠–٢٣٥٧.

[۳] D. J. Bommer JJ, Acevedo AB, “The selection and scaling of real earthquake accelerograms for use in seismic design and assessment.,” in ACI international Conference, American Concrete Institute., ٢٠٠٣.

[٤] G. M. Atkinson and I. a Beresnev, “Compatible ground-motion time histories for new national seismic hazard maps,” Can. J. Civ. Eng., vol. ٢٥, no. ٢, pp. ١٩٩٨ ,٣١٨–٣٠٥.

[٥] I. G. Buckle, I. Friedland, J. B. Mander, G. Martin, R. Nutt, and M. Power, “Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures : Part ١ – Bridges,” no. January, pp. ٢٠٠٦ ,٦٥٨–١.

[٦] H. E. Estekanchi, a. Vafai, and M. Sadeghazar, “Endurance time method for seismic analysis and design of structures,” Sci. Iran., vol. ١١, no. ٤, pp. ٢٠٠٤ ,٣٧٠–٣٦١.

[۷] ا. ع. بزمونه، “کاربرد روش زمان دوام در ارزیابی لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی موجود،“ صنعتی شریف، ۱۳۸۷.

[٨] FEMA٤٤٠-, “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures,” FEMA ٤٤٠, Fed. Emerg. Manag. Agency, Washingt. DC, no. June, ٢٠٠٥.

[۹] E. Ghaffari, “Application of Endurance Time Method in Seismic Analysis of Bridges,” Sharif University of Technology, ٢٠١٠.

[۱۰] H. E. Estekanchi, H. T. Riahi, and A. Vafai, “Endurance Time Method : Exercise Test for Seismic Assessment of Structures,” ٢٠٠٨.

[۱۱] دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ”نقشه‌های همسان پل‌ها و عرشه پل‌های راه- نشریه ۲۹۴.“ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۸۶.

[۱۲] دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ”آیین نامه بارگذاری پلها «تجدید نظر اول»- نشریه ۱۳۹.“ دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.۱۳۷۹.

[۱۳] دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ”آیین‌نامه طرح و محاسبه پل‌های بتنی- نشریه ۳۸۹.“ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی، تهران، ۱۳۸۷.

[۱٤] A. A. of S. Highway and T. Officials, Standard specifications for highway bridges. AASHTO, ٢٠٠٢.

[۱۵] J. B. Mander, M. J. N. Priestley, and R. Park, “Theoretical stress-strain model for confined concrete,” J. Struct. Eng., vol. ١١٤, no. ٨, pp. ١٩٨٨ ,١٨٢٦–١٨٠٤.

[۱٦] “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, ٤th Edition,” ٢٠٠٧.

[۱۷] N. Makris and J. Zhang, “Seismic response analysis of a highway overcrossing equipped with elastomeric bearings and fluid dampers,” J. Struct. Eng., vol. ١٣٠, no. June, pp. ٢٠٠٤ ,٨٤٥–٨٣٠.

[۱۸] ا. مسعود، ق. غلامرضا، ر. حمیدرضا، م. خدابخشی، ”اثرات مدل سازی کوله ها و مفاصل پلاستیک پایه ها در رفتار ارزه ای پلهای بتنی،“ نشریه مهندسی حمل و نقل ۱، ۱۳۹۲.

[۱۹] S. Maleki, “Effect of Side Retainers on Seismic Response of Bridges with Elastomeric Bearings,” J. Bridg. Eng., vol. ٩, no. ١, pp. ٢٠٠٤ ,١٠٠–٩٥.

[۲۰] A. Aviram, K. Mackie, and B. Stojadinovic, “Guidelines of Nonlinear Analysis of Bridge Structures in California,” PEER Rep., no. August, ٢٠٠٨.

[۲۱] Applied Technology Council, “Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines,” no. August, ٢٠٠٦.

[۲۲] A. Mirzaee, “Application of Endurance Time Method in Performance-Based Design,” Sharif University of Technology, ٢٠١٣.

[۲۳] Amin Mirzaee, H. E. Estekanchi, and A. Vafai, “Improved methodology for endurance time analysis: From time to seismic hazard return period,” Sci. Iran., vol. ١٩, no. ٥, pp. ٢٠١٢ ,١١٨٧–١١٨٠.

صفر تا یک در وصف آداب کلامی محیط‌زیست

به قلم مشترک
دکتر قربانعلی دزواره و
مهندس حسین کمیلیان

در این روزهایی که به برکت #در_خانه_بمانیم، سرانه اوقات فراغت در کشور فزونی چشمگیری پیدا کرده بود، برخی دوستان محبت نمودند و از بنده خواستند که درباره محیط‌زیست برای ایشان بنویسم. البته خدا را شاکرم که علی‌رغم کم لطفی محیط زیست در انجام وظیفه خودپلایی و حذف آلاینده‌های محیطی (بالاخص آلودگی هوا) و عدم تحقق عبارت "ما ز باران چشم یاری داشتیم!" از یک سو و نامرغوب بودن باد و باران چینی و ترکیه‌ای و تلاش بی‌ثمر بارورکنندگان ابرها! از سوی دیگر، این ویروس کرونا بدون کری خواندن و تخصیص بودجه و ... چنان خدمتی به این محیط زیست لاجون کرد که دیگه هی گله نکنه که منو آلوده نکنید. بفرمایید جناب محیط زیست، دلتان خنک شد؟ هایپر قصابی انقراض رو که تعطیل کردن، مسافرت و آتش بازی در جنگل که دلخوشی فرزندانمان بود از بین رفت، صنایع سبز خیلی تیره به تعطیلی کشیده شد و ... حالا بفرمایید یک نفس راحت بکشید، انگار ما رقیب عشقی شما بودیم که ۶ ماه گذشته با وارونه کردن هوا داشتید مارو خفه می‌کردید! البته شما هم گناهی ندارید. دست تنهایید، پیر شدید دیگه، تا می‌آیید چهارتا دونه درخت پرورش بدید اون طرف‌تر یه جنگل آتش می‌گیرد و فس... بگذریم... اصلا شما را با نو رفیق ویروستان تنها می‌گذارم.

داشتم درباره شناخت بیشتر مخاطبان فهیم از محیط زیست مطلب می‌نوشتم. هرچه نباشد من تحصیلاتم مرتبط با محیط ذیشط، ببخشید محیط زیست است! از آن جایی که ما انسان‌های فرهیخته، بدون مرور به ادبیات موضوع نمی-توانیم، قلم‌پراکنی یا سخنوری کنیم، لازم دیدم در این مجال، از عبارات پایه‌ای محیط‌زیست شرح مختصری ارایه کنم تا در این موقعیت حساس کنونی، اندکی از حساسیت‌ها بزدایم و در جهت ترویج دوستی و صلاح و صفا و برادری و مفاهیمی از این دست، بکوشم.

۱- کارشناس محیط‌زیست: یک ترکیب مزخرف! اگر منظور «کار» همان اقدام است که اقدامی درباره محیط‌زیست وجود ندارد که نیاز به شناخت آن باشد؛ در واقع همه اقدامات پیش‌تر انجام شده است و حالا فقط باید این اقدامات را نظاره کرد و حظ برد. اگر هم منظور از بخش «کار»، شغل و موقعیت شغلی است، همان طور که بیان شد، از آن جایی که کلیه اقدامات مربوط به محیط‌زیست پیش‌تر انجام شده است، نباید توقع موقعیت شغلی در محیط‌زیست داشت که قرار باشد، به شناخت این موقعیت‌های شغلی بپردازیم. پس بر شما هم عیان شد که ترکیب « کارشناس محیط‌زیست» را، هر گونه که بخوانیم، بی‌پایه و بی‌اساس است.

۲- فاضلاب صنعتی: یکی از موهبت‌های ما برای طبیعت! بخش «صنعتی» را که می‌شنوید، یاد مفاهیمی مثل لبنیات صنعتی بیفتید؛ این ترکیب آبکی را، از فضل خود و طی فرایندها و ترکیبات نظارت شده و بهداشتی، در مقیاس گسترده تولید می‌کنیم و به طبیعت هدیه می‌دهیم.

۳- گونه مهاجم: یک نامگذاری مغلوط که اطلاق آن ریشه در حسادت برخی از ما انسان‌ها دارد؛ آیا ما مسوولیم که گونه-های بومی ما در برابر توان تطبیق‌پذیری بالای این گونه‌ها کم می‌آورند؟ ابتدا کیفیت گونه‌های بومی را بالا ببریم و پس از آن از مردم و مسوولین بخواهیم که گونه‌های مهاجم را به کار نگیرند. در ضمن، توصیه می‌کنیم برای ایجاد یک قبح تصنعی، از عبارت‌هایی مانند «گونه متجاوز» استفاده نکنید؛ تاریخ ثابت کرده است که ناموسی کردن بحث نزد ما ایرانی-ها، بازی دو سر باخت خواهد بود و خطر انقراض طرفین وجود دارد.

۴- گونه نادر: یکی از اعضای بدن نادر شاه افشار است که چندین سال پیش، به همت برخی از پژوهشگران بیکار و فاقد سرگرمی از دانشگاه تربیت مدرس، کشف شد.

۵- فعال محیط‌زیستی: یک ترکیب پر از ابهام و موارد خاص! اگر شخصی حقیقتاً اول محیط‌زیستی است و سپس فعال مثل نگارنده- ابتدا باید دست‌های خودش را با دقت شستشو دهد، آب پرتقال خودش را بسازد و به عشق محیط‌زیست قلم بفرساید یا مثلا اسکرول کند؛ منتهی اگر اول فعال هستید و در مرتبه بعد، گرایش فعالیت شما محیط‌زیستی است، بروید در پارک بدوید و به گربه‌ها غذا بدهید؛ وگرنه هر کار دیگری بکنید و به تبع آن هر کار دیگری بکنند، هم حق شما است و هم حق آن‌ها!

با توجه به روند این واژه‌شناسی و ترجیح نگارنده به این که یک محیط‌زیستی فعال بماند، در همین جا و البته در اوج، شما را به خدای بزرگ و منان می‌سپارم و توجهتان را به شعری زیبا از رضا احسان پور جلب می‌کنم که حق مطلب را ادا کرده است:

به لطف اینکه مدیران قابلی داریم
محیطِ زیستِ یکتا و خوشگلی داریم
چقدر روزِ طبیعت حواسمان جمع است
چقدر ملت آگاه و عاقلی داریم
همیشه فکر درختان و سبزه‌ها هستیم
اگرچه ظاهراً اعمال مسهلی داریم
و از رعایت پاکیزگی جنگل‌ها
شمال کشورمان باغ بابِلی داریم
برای درک عمیق از طبیعت است اگر
به قلب و در دل هر کوه، تونلی داریم
محیط زیست، محیطی برای زیستن است
به هر کجا بشود پس منازلی داریم
چقدر ساختمان روی شیب دامنه‌هاست
ببین چه مردم مشتاق و مایلی داریم
زمین نخورده کسی بالاخص لبِ دریا
به طول و عرض دو تا کفش، ساحلی داریم
غبار و خشکی دریاچه چیز خاصی نیست
کجا شرایط داغان و مشکلی داریم؟!
اگر که یوزپلنگان ما نمی‌زایند
به ما چه؟ یوزپلنگان کاهلی داریم!
برای حل تمامِ مسائلِ فرضی
هم‌اینکه لایحه و طرح کاملی داریم،
هم‌اینکه باز هم از شنبه‌ای که می‌آید
شفا و چاره و درمان عاجلی داریم
کلاس و شهرت و دعوای حزبی اصلاً نیست
برای حفظ طبیعت، دلایلی داریم:
رضای خلق خدا و رسانه‌ها و خدا!
مدیر و ملت یکدست و فاضلی داریم
عجیب نیست به چشم کسی نمی‌آید
چراکه منتقدانِ خل و چلی داریم!

پی‌نوشت: روایت می‌شود که سر مرحوم «گلسرخی» هم، نام محیط‌زیستی‌اش -و نه لزوماً سرِ سرخش- به باد داد. البته به علت نبودن منابع معتبر در این زمینه، شما این نکته را جایی نقل نکنید.

استفاده از فناوری‌های نوین به منظور ترمیم ترک در روسازی‌های آسفالتی

سعید امانی
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گروه راه و ترابری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

چکیده

تحقیقات اخیر، اهمیت توسعه روسازی‌های با عمر طولانی یا روسازی‌های دائمی را مد نظر قرار داده و خواستار نوآوری برای طولانی کردن عمر روسازی و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری آن است. توسعه آسفالت خودترمیم و استفاده آن در روسازی یک نوآوری است که می‌تواند به صورت بالقوه طول عمر روسازی را افزایش دهد و به‌طور قابل‌توجهی فعالیت‌های تعمیر و نگهداری راه‌ها را کاهش دهد. با توجه به اهمیت کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای آلوده مانند کربن دی‌اکسید، صنعت روسازی در حال تمرکز در توسعه استفاده از مواد بادوام و قابلیت‌های جدید همچون حفاظت از محیط زیست است. مخلوط آسفالتی ماده‌ای است که به‌طور عمده در صنعت روسازی و عمدتاً برای زیرساخت‌های حمل و نقل استفاده می‌شود. خرابی‌های مخلوط آسفالتی از ترک‌های ریز از همان لحظات ابتدایی در روسازی شروع می‌شود. در طول بارگذاری و بهره‌برداری از روسازی، در اثر شرایط آب و هوایی همچون تغییرات دما، رطوبت و اکسیژن در مخلوط‌های آسفالتی ترک‌های ریزی ایجاد می‌شود که می‌تواند رشد کرده و به خرابی‌های بزرگ‌تری تبدیل شوند. به منظور حفظ روسازی در یک سطح قابل قبول، ریزترک‌های ایجادشده در روسازی می‌بایست در سال‌های اولیه ترمیم شوند. در غیر این صورت، ریز ترک‌ها رشد کرده و موجب افزایش ترک‌خوردگی و کاهش مقاومت روسازی می‌گردند. پژوهشگران برای کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، کاهش اختلال در ترافیک، کاهش آلودگی و افزایش ایمنی هنگام تعمیرات به روش‌های ترمیم توجه زیادی دارند. مخلوط آسفالتی یک ماده‌ی خودترمیم با قابلیت ترمیم ترک‌هایش است. افزایش قابلیت ترمیم مخلوط‌های آسفالتی می‌تواند موجب افزایش عمر بهره‌برداری از روسازی گردد. در سال‌های اخیر، تلاش‌های زیادی برای توسعه فناوری‌های نوین برای بهبود قابلیت ترمیم مخلوط‌های آسفالتی انجام شده است. به منظور افزایش قابلیت خود ترمیمی در مخلوط‌های آسفالتی از روش‌هایی همچون افزودن نانو ذرات، کپسول‌های حاوی مواد جوانساز و گرمایش القایی استفاده شده است. هدف از این تحقیق، بررسی یک فناوری نوین در خود ترمیمی مخلوط‌های آسفالتی است. گرمایش القایی یکی از روش‌های نوین در ترمیم مخلوط‌های آسفالتی است که در این تحقیق به طور کامل شرح داده شده است. پس از معرفی روش‌های خود ترمیمی، مزایا و معایب هر یک از این روش‌ها از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

واژگان کلیدی

خود ترمیمی، ترمیم القایی، گرمایش القایی، کپسول‌های حاوی مواد جوانساز، نانو ذرات.

مقدمه

با توجه به اهمیت راه و هزینه‌های بالای احداث آن، در سال‌های اخیر توسعه روسازی آسفالتی با عمر زیاد مورد توجه قرارگرفته است. جاده‌هایی که برای ترافیک و زمان سرویس‌دهی مشخصی طراحی شده‌اند با افزایش تعداد وسایل نقلیه، تمایل به استفاده از بارهای محوری سنگین و تغییرات آب و هوایی با چالش‌هایی همچون فرسایش، استهلاک زودرس و غیره روبه‌رو شده‌اند. طراحی و ساخت مطلوب روسازی با توجه به میزان بارهای ترافیکی و شرایط آب و هوایی هر منطقه موجب ایمنی بیشتر جاده‌ها و رضایت خاطر استفاده‌کنندگان از راه می‌گردد. ایجاد هرگونه خرابی در سطح روسازی سبب اختلال در عملکرد وسایل نقلیه شده و در پی آن ایمنی رانندگی کاهش می‌یابد. اعتقاد بر این است که یک روسازی با قابلیت خودترمیمی برای این منظور بسیار مفید است [۱]. خودترمیمی مخلوط آسفالتی دارای مزایای فراوانی است که ازجمله می‌توان به افزایش طول عمر روسازی، به حداقل رساندن مشکلات ترافیکی ناشی از انجام عملیات تعمیرات، کاهش هزینه‌های نگهداری راه‌ها و همچنین مزایای زیست محیطی و اقتصادی این نوع روسازی اشاره نمود [۲]. پارامترهای اصلی و تاثیرگذار بر دوام مخلوط‌های آسفالتی پیرشدگی، آسیب‌های رطوبتی و ترک-خوردگی هستند. ترک خوردگی ناشی از پیرشدگی یکی از شایع‌ترین علل خرابی در روسازی‌های آسفالتی است. عدم ترمیم به موقع روسازی ترک خورده می‌تواند باعث گسترش ترک در لایه آسفالت گردد [۳]. عدم ترمیم ترک‌ها موجب می‌گردد که این ترک‌ها رفته رفته تبدیل به خرابی‌های بزرگ‌تری نظیر چاله‌های کوچک و بزرگ، ترک‌های بلوکی و هلالی و غیره تبدیل

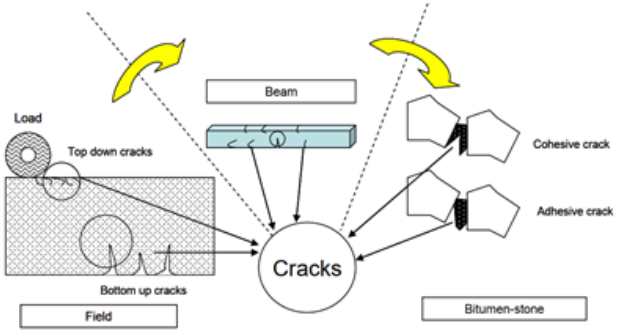
شوند که بر سرویس‌دهی روسازی تاثیر می‌گذارند. در سال‌های اخیر، تلاش‌های زیادی برای توسعه فناوری‌های نوین برای بهبود توانایی ترمیم ترک‌های ایجاد شده در مخلوط‌های آسفالتی انجام شده است. استفاده از نانو ذرات [۴]، کپسول‌های حاوی جوانساز [۵] و گرمایش القایی [۶] از جمله روش‌هایی است که تاکنون معرفی شده‌اند.

ترک خوردگی در روسازی

شکل ۱ تصویری از انواع مختلف ترک‌ها را در مقیاس‌های مختلف مخلوط‌های آسفالتی نشان می‌دهد [۷]. در سطح روسازی به صورت کلی دو نوع ترک خوردگی که شامل ترک‌های پائین رو به بالا و ترک‌های بالا رو به پایین (سطح روسازی) است، مشاهده می‌شود. در سطح روسازی علت ترک‌خوردگی افزایش بارگذاری ترافیکی و شرایط آب و هوایی می‌باشد. در سطح ماستیک ترک خوردگی از نوع پیوستگی و چسبندگی است. ترمیم در سطوح مختلف مخلوط آسفالتی می‌تواند اتفاق بیفتد. در سطح ماکرو ترمیم به دو روش امکان دارد اتفاق بیفتد. یک راه این است که تعدادی از ریز ترک‌ها در طول دوره‌های استراحت بین عبور دو بار بتوانند ترمیم شوند و یک روش دیگر این است که ریز ترک‌ها در طول تابستان‌های گرم ترمیم شوند. این موضوع دلالت بر این دارد که ریز ترک‌های گسترش یافته در طول زمستان، در طول تابستان‌های گرم ترمیم یابد. در سطح مزو ترمیم در هر دو منطقه‌ی پیوستگی و چسبندگی مخلوط‌های آسفالتی مشاهده می‌گردد. زمانی که در قیر یا ماستیک ترمیم صورت می‌گیرد، ترمیم از نوع پیوستگی در نظر گرفته شده و زمانی که ترمیم در سطح مشترک قیر و سنگدانه صورت گیرد از نوع چسبندگی است.

مفهوم ترمیم در مخلوط‌های آسفالتی

آسفالت یک ماده خودترمیم است. مخلوط آسفالتی توانایی ترمیم ترک‌های خود را در حین عمر سرویس‌دهی دارا است که به آن خودترمیمی گفته می‌شود. خودترمیمی به عنوان توانایی موجود در یک ماده برای ترمیم خودکار خرابی‌های به وجود آمده در طول عمر بهره‌برداری آن تعریف می‌شود. این فرایند ترمیم توسط دو عامل دما و زمان استراحت محدود می‌گردد. این بدان معناست که با افزایش دمای روسازی و افزایش زمان استراحت آن موجب افزایش میزان خود ترمیمی مخلوط آسفالتی می‌گردد. به منظور افزایش قابلیت خود ترمیمی در مخلوط‌های آسفالتی از روش‌هایی همچون افزودن نانو ذرات، کپسول‌های حاوی مواد جوانساز و گرمایش القایی استفاده می‌گردد، که در ادامه هریک از این روش‌ها بطور کامل شرح داده می‌شود.



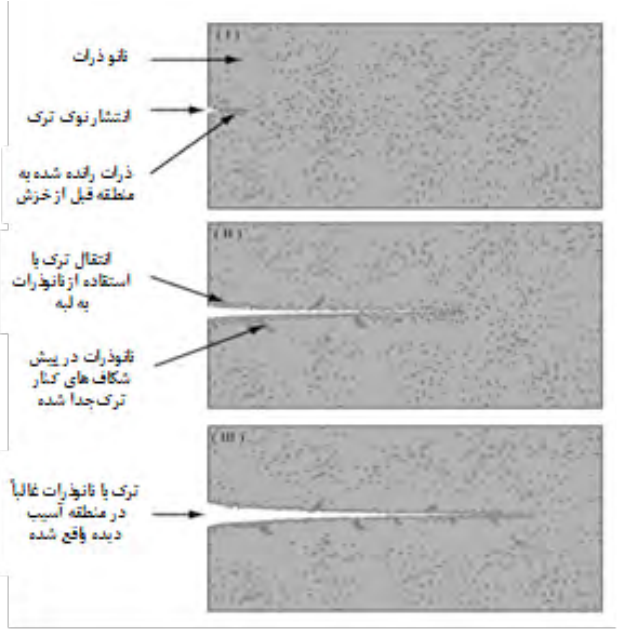
شکل ۱ تصویری از انواع مختلف ترک‌ها در مقیاس‌های مختلف مخلوط‌های آسفالتی [۷]

ترمیم با استفاده از نانو ذرات

محققین معتقدند افزودن نانو ذراتی همچون نانو سیلیکا، نانو رس و نانو لاستیک و پلیمر به قیر موجب افزایش قابلیت خود ترمیمی مخلوط‌های آسفالتی می‌گردد. نانو ذرات می‌توانند در دمای محیط موجب ترمیم ریز ترک‌ها در مخلوط‌های آسفالتی گردند. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، تمرکز تنش در نوک یک بریدگی (شکاف) به طور قابل توجهی با افزودن نانو ذرات کاهش می‌یابد. با توجه به شکل نشان داده شده، زنجیرهای پلیمری به هم نزدیک شده تا نانو ذرات امتداد یافته و گسترش یابند. سپس تفکیک نانو ذرات در ترک‌ها و نواحی ترک به وسیله‌ای تمایل به کاهش برهم کنش پلیمر و نانو ذرات در جهت فراهم نمودن قابلیت خودترمیمی رانده می‌شود. انتقال و تجمع نانو ذرات جداسازی شده اطراف ترک‌ها در مخلوط‌های آسفالتی (یا در یک سازه چند لایه-ای) متناسب با فرایند آنتروپی رانده شده را نشان می‌دهد. سرعت انتشار یافتن نانو ذرات به واسطه‌ی اندازه‌ی ریز آن‌ها زیاد است. بنابراین با انتشار سریع آن می‌تواند ریز ترک‌ها در روسازی را ترمیم کند.

ترمیم با استفاده از کپسول‌های حاوی مواد جوانساز

محققین معتقدند که کپسول‌های حاوی مواد ترمیم کننده آسفالت (جوانساز)، روشی مناسب برای ترمیم مخلوط‌های آسفالتی آسیب‌دیده است. استفاده از کپسول‌های حاوی مواد جوانساز موجب افزایش میزان خود ترمیمی مخلوط آسفالتی می‌شود. هدف اصلی کپسول‌های حاوی مواد جوانساز، انتشار آن در مخلوط آسفالتی و بازسازی ساختار مولکولی اولیه قیرهای پیرشده به منظور افزایش طول عمر مخلوط آسفالتی است. با استفاده از مواد جوانساز ویژگی‌های قیر پیرشده را می‌توان بهبود داد. استفاده مواد جوانساز می‌تواند اجزای مالتین قیر را افزایش و اجزای آسفالتین آن را کاهش دهد، که این امر منجر به کاهش ویسکوزیته قیر شده و در نتیجه افزایش قابلیت خود ترمیمی مخلوط آسفالتی می‌گردد. مکانیسم خود ترمیمی مخلوط آسفالتی با استفاده از کپسول‌ها

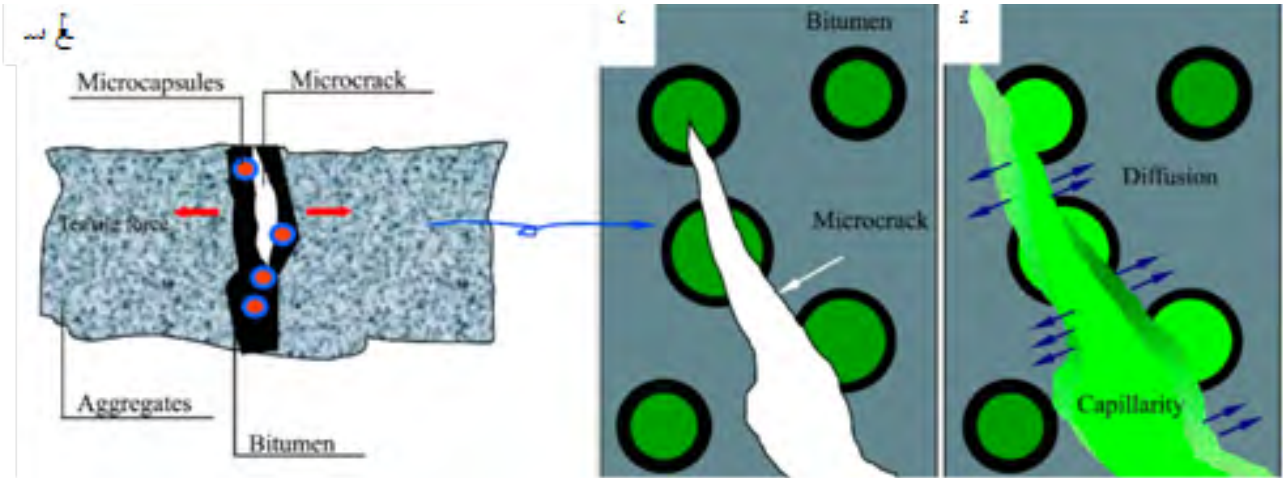


شکل ۲ شماتیک اجمالی از انتقال نانو ذرات در طول رشد ترک [۸]

شامل چهار مرحله است: گسترش ترک و یا ریزترک، کپسول‌های حاوی جوان ساز تحت تأثیر بارگذاری ترافیکی شکسته شده، آزاد شدن مواد جوانساز و پر کردن ترک ها و ریز ترکها از طریق جریان موئینگی و پخش شدن مواد جوانساز در مخلوط آسفالتی، که این امر منجر به نوسازی ترکیب شیمیایی قیر و در نتیجه ترمیم مخلوط می‌گردد. بطور کلی، مواد حاوی جوانساز که درون کپسول‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل روغن‌های پخت‌و پز، روغن‌های پالایشگاهی، روغن‌های گیاهی می‌باشند. شکل ۳ تصویر فرایند ترمیم در روسازی پیرشده را با استفاده از میکروکپسول های حاوی جوان ساز نشان می‌دهد: (الف) ساختار مخلوط آسفالتی متشکل از قیر و سنگدانه‌ها. (ب) گسترش ریز ترک در مخلوط آسفالتی و شکسته شدن میکروکپسول (ج) ترمیم ترک در روسازی پیر شده با استفاده از مواد جوانساز با کمک جریان موئینگی و انتشار مواد از درون میکروکپسول ها.

ترمیم القایی

مخلوط آسفالتی یک ماده‌ی خودترمیم با قابلیت ترمیم ترک‌هایش است. ترک‌ها و میکرو ترک‌های روسازی می‌توانند از طریق فرایند گرمایش القایی ترمیم شوند. مکانیزم ترمیم القایی با مکانیزم خودترمیمی متفاوت است. هنگامی که انرژی خارجی برای گرم کردن مخلوط آسفالتی استفاده می‌شود، فرایند ترمیم میکرو ترک‌های تشکیل شده ناشی از بارگذاری ترافیکی و شرایط محیطی می‌تواند تسریع پیدا کند. در مهندسی روسازی این رفتار ترمیم القایی نامیده می‌شود که می‌تواند فرایند خودترمیمی را سرعت ببخشد [۱۱]. اعمال جریان موئینه به وسیله گرم کردن قیر برای رسیدن به دمایی بالاتر از دمای سیال نیوتنی، باعث می‌گردد بعضی از ترک‌ها و میکرو ترک‌های آن بسته شوند. دمای سیال نیوتنی قیر در محدوده‌ی ۷۰-۳۰ درجه سانتی گراد گزارش شده است. رسیدن به این حالت رئولوژیکی، باعث ترمیم ترک‌ها شده زیرا موجب حرکت کردن قیر در میان ترک‌ها شده و منجر به پر شدن آن‌ها می‌شود. یک میدان الکترومغناطیسی به عنوان یک منبع انرژی خارجی می‌تواند گرمایی که قیر برای روان شدن نیاز دارد را ایجاد کند. شکل ۴ نشان دهنده شماتیکی از دستگاه گرمایش القایی که به منظور ترمیم القایی در روسازی آسفالتی است.



شکل ۳ فرایند ترمیم ترک در روسازی با استفاده از کپسول‌های حاوی مواد جوانساز [۹]

شکل ۴ شماتیکی از دستگاه گرمایش القایی در روسازی آسفالتی

اصول بنیادین انتقال گرما

طرح شماتیک گرمایش القایی توسط میدان مغناطیسی در یک مخلوط آسفالتی رسانا در شکل ۵ نشان داده شده است. اصول این روش گرمایش، القای مغناطیسی و گرمایش ژول است. با توجه به قانون القای مغناطیسی فارادی، هنگامی که یک جسم غیر مغناطیسی رسانای الکتریکی در معرض یک میدان مغناطیسی متناوب قرار گیرد، یک نیروی الکتریکی القایی در جسم ایجاد می‌گردد. نیروی الکتریکی تولید شده در جسم متناسب با توان القا شده بر روی آن است. نیروی الکتریکی القا شده وابسته به شدت میدان مغناطیسی و نرخ تغییر شار میدان مغناطیسی است. برای یک سیستم گرمایشی فرکانس و شدت جریان ثابت در تجهیزات القایی، یک میدان مغناطیسی و نیروی الکتریکی ثابت تولید می‌کند [۱۰]. در عمل این بدان معناست که در هنگام رسیدن شار مغناطیسی به مواد رسانای الکتریکی، جریان الکتریکی از طریق آن ایجاد می‌شود. جریان الکتریکی هنگامی که از طریق مواد رسانا گردش می‌کند، تولید گرما می‌نماید که همان گرمایش ژول است. میزان حرارت القا شده توسط گرمایش ژول با معکوس مقاومت الکتریکی نمونه متناسب است. در مقاومت پایین‌تر، میزان حرارت بالاتر است. برای درک اینکه چگونه مواد حساس به میدان مغناطیسی (مواد رسانای الکتریکی) باعث ایجاد رسانایی

الکتریکی در مخلوط آسفالتی می‌گردد، این مواد حساس به میدان مغناطیس به عنوان مسیرهای کوچک برای عبور الکترون در نظر گرفته می‌شوند. در ابتدا، هنگامی که مقدار کمی مواد حساس به میدان مغناطیس به مخلوط آسفالتی اضافه می‌گردد، اگر این مواد به خوبی پخش شده باشند، کاملاً از هم جدا هستند. چنانچه پس از آن مقاومت الکتریکی نمونه اندازه‌گیری شود، مشخص می‌گردد که این مقاومت کمی کمتر و یا بسیار نزدیک به ماستیک یا مخلوط آسفالتی معمولی است. الکترون‌ها در هنگام عبور از قیر مقاومت الکتریکی بالایی پیدا می‌کنند، اما به‌طور ناگهانی یک مواد رسانای الکتریکی را می‌یابند که مسیر آن‌ها را ساده‌تر کند. اگر مواد رسانای الکتریکی بیشتری به مخلوط آسفالتی اضافه گردد، الکترون‌ها مسیرهای بیشتری خواهند داشت و کاهش مقاومت الکتریکی ادامه خواهد یافت. درنهایت، مواد رسانای الکتریکی بسیاری وجود خواهد داشت که دو انتهای نمونه را به هم متصل می‌کند و الکترون‌ها دیگر نیازی به عبور از طریق قیر ندارند و تنها از طریق مسیر رسانای مواد رسانای الکتریکی عبور می‌کنند [۱۱]. اولین مسیر رسانای الکتریکی بسیار پر پیچ‌وخم است (همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است). اضافه کردن مواد رسانای بیشتر به مخلوط آسفالتی باعث کوتاه و صاف‌تر شدن مسیر می‌گردد. این کار باعث افزایش بسیار زیاد رسانایی الکتریکی می‌شود. پس از آنکه مسیر رسانا به کوتاه‌ترین طول خود برسد، اضافه کردن مواد رسانای الکتریکی بیشتری به مخلوط آسفالتی مقاومت الکتریکی آن را کاهش نخواهد داد.

انتقال گرما در سه حالت مختلف رسانایی، انتقال و تابش رخ می‌دهد. با توجه به حالت رسانایی گرما، رابطه (۱) اصول بنیادین گرما را مطابق با قانون فوریه ارائه می‌دهد.

$$q_{cond} = -k\nabla T \qquad (۱)$$

که در رابطه (۱) k تنسور رسانایی گرمایی مخلوط آسفالتی (W/m°C) دما (°C) و q_{cond} مقدار شار گرمایی ایجاد شده به واسطه رسانایی است.

انتقال گرما از سطح مخلوط به محیط مایع یا گاز می‌تواند از طریق تعریف شود.

$$q_{conv} = A_r h_c (T_s - T_\infty) \qquad (۲)$$

که در رابطه (۲) h_c ضریب انتقال گرما از سطح (W/m²°C)، A_r مساحت سطح تابش (m²)، T_s دمای سطح (°C)، T_∞ دمای محیط (°C) و q_{conv} مقدار شار گرمایی از طریق انتقال است. علاوه بر این، گرما از دست رفته از مخلوط آسفالتی رسانا، که به علت تابش میدان الکترومغناطیسی انتقال پیدا کرده، به عنوان تابش حرارتی شناخته می‌شود و از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

$$q_{rad} = sigma \cdot em[(T_s)^4 - (T_\infty)^4] \qquad (۳)$$

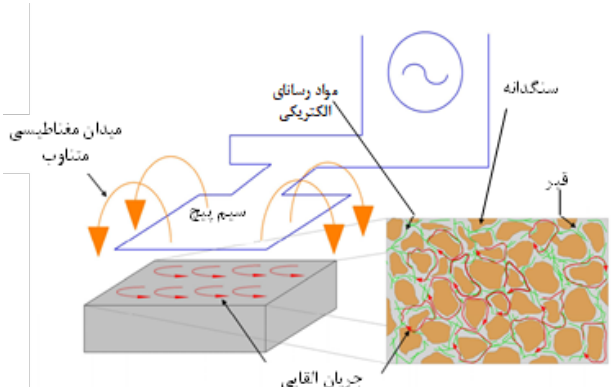
که در معادله فوق، sigma عدد ثابت Stefan-Boltzmann $\left(sigma = 5.67 \times 10^{-8}\ {}^{W}/_{m^2k^4}\right)$ و em تابش سطح است.

توزیع دما در حالت معمول از طریق رابطه رسانای گرما از طریق رابطه (۴) به دست می‌آید.

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k\nabla T) = Q \qquad (۴)$$

که در رابطه ۴، ρ چگالی، C ظرفیت گرمایی ویژه، K رسانایی گرمایی و Q گرمای ایجاد شده در مصالح در واحد حجم و زمان است. پارامترهای عددی مصالح تعیین کننده نرخ تغییر دما، چگالی وزنی و گرمای ویژه هستند.

شکل ۵ طرح شماتیک گرمایش القایی توسط القای مغناطیسی [۱۰]



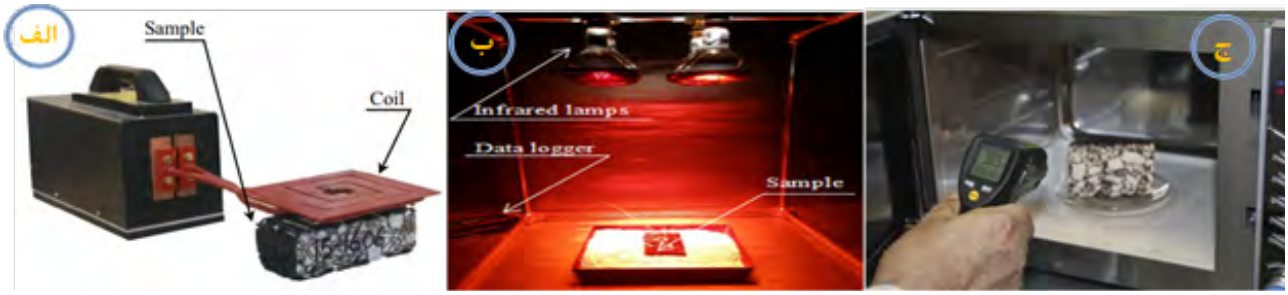
منابع گرمایشی مختلف به منظور ترمیم ترک

منابع گرمایشی مختلف می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر میزان ترمیم القایی مخلوط‌های آسفالتی داشته باشد. با توجه به اینکه گرما دادن به آسفالت باعث روان شدن قیر و در نتیجه باعث ترمیم ترک‌ها می‌شود باید به این موضوع دقت کرد که این حرارت تا چه حدی باشد که باعث پیرشدگی قیر و تغییر در خواص رئولوژی قیر نشود. این نکته به حدی مهم است که در انتخاب منبع انرژی گرمایی و حتی مواد افزودنی می‌توان آن را معیار انتخاب قرار داد. علاوه براین، انتخاب منبع گرمایش باید به گونه‌ای باشد که تمام نمونه به صورت یکسان گرم شود. همان‌طور که در بخش‌های قبل گفته شد، نرخ ترمیم مخلوط‌های آسفالتی با افزایش دما افزایش می‌یابد [۱]. این فرایند در دمای محیط با نرخ کمتر و با کارایی و بهره‌وری پایین‌تری رخ می‌دهد. علاوه براین، اعمال گرما به صورت مستقیم به مصالح برای گرم کردن قیر به منظور پر کردن ترک‌ها نیازمند زمان و انرژی قابل‌توجهی است. به همین منظور، این موضوع در طی یک دهه گذشته با توسعه فناوری‌های پیشرفته که می‌تواند روند گرمایش را تسریع بخشیده و زمان را به حداقل برساند، موردتوجه پژوهشگران قرارگرفته است. امروزه با توجه به تاثیر دما در نرخ ترمیم القایی، منابع انرژی گرمایی مختلفی همچون مایکروویو (امواج الکترومغناطیس)، گرمایش القایی (میدان مغناطیسی) و لامپ‌های اشعه مادون‌قرمز به منظور تسریع فرایند ترمیم مورد استفاده قرارگرفته است (شکل ۶). مایکروویو و گرمایش القایی از پیشرفته‌ترین تجهیزاتی است که برای گرمایش مخلوط‌های آسفالتی مورد استفاده قرارگرفته است. اما اشعه مادون‌قرمز بیشتر به منظور شبیه سازی تابش آفتاب مورد استفاده

قرارگرفته است. زیرا لامپ‌های اشعه مادون قرمز نرخ گرمایش و کارایی خیلی کمتری نسبت به مایکروویو و گرمایش القایی دارند. استفاده از این روش‌ها، نیازمند افزودن مواد رسانای الکتریکی به آسفالت و گرم کردن آن با اعمال یک میدان الکترومغناطیسی به‌وسیله یک انرژی خارجی است. هنگامی که ذرات رسانای الکتریکی گرم می‌شوند، قیر موجود در مخلوط آسفالتی گرم شده و ویسکوزیته آن کاهش می‌یابد، و درنتیجه منجر به جاری شدن قیر به درون ترک‌ها شده و آن‌ها را پر می‌کند. پژوهشگران مختلفی اذعان کرده‌اند که با استفاده از این فناوری می‌توان ریزترک‌ها و ترک‌های روسازی را به صورت جزئی و یا کامل با استفاده از منابع گرمایشی مختلف ترمیم کرد. جدول ۱ مزایا و معایب هر یک از منابع گرمایشی را ارائه می‌دهد.

افزودنی‌های مورد استفاده در روش ترمیم القایی

اولین مرحله در جهت استفاده از گرمایش القایی توسط القای الکترومغناطیسی در مخلوط آسفالتی، ایجاد رسانایی الکتریکی در آن است. زیرا تنها مواد رسانای الکتریکی توانایی گرم شدن بر اثر انرژی القایی را دارا می‌باشند. برای این منظور، افزودنی‌های مورد استفاده در مخلوط‌های آسفالتی برای استفاده در روش گرمایش القایی به سه دسته الف) افزودنی‌های فلزی، ب) افزودنی‌های بر پایه الیاف و ج) افزودنی‌های پودری تقسیم می‌شود [۱۱]. برای درک اینکه چگونه مواد رسانای الکتریکی باعث ایجاد رسانایی الکتریکی در مخلوط آسفالتی می‌گردد؛ باید توجه داشت که این



شکل ۶ انواع منابع گرمایشی: الف) گرمایش القایی؛ ب) اشعه مادون قرمز؛ ج) امواج مایکروویو

جدول ۱- مزایا و معایت انواع منابع گرمایش [۲]

فناوری گرمایشی	مزایا	معایب
گرمایش القایی	۱-گرم کردن مصالح با رسانایی حرارتی پایین ۲- گرم کردن یکنواخت نسبت به اشعه مادون‌قرمز ۳- متناسب با مسائل زیست محیطی	۱- هزینه ساخت بالا ۲- نسبت محدود ترمیم در مقایسه با مایکروویو ۳- مکانیزم گرمایشی پیچیده در مقایسه با سایر روش‌ها
مایکروویو	۱- گرمایش سریع، انتخابی و یکنواخت ۲- تکرارپذیری بالا و عملکرد بهتر ۳- بهبود چند زمانه ۴-جابجایی آسان از یک مکان به مکان دیگر	۱-مشکل در کنترل عمق نفوذ، که عمدتاً به فرکانس و خاصیت دی‌الکتریک مصالح بستگی دارد. ۲- وابسته به رسانایی الکتریکی مصالح ۳- می‌تواند بر روی اعضای بدن به ویژه در فرکانس بالا تأثیر بگذارد ۴- نیاز به دانش بیشتر برای جلوگیری از تداخل با سایر تجهیزات
اشعه مادون‌قرمز	کاهش تورم	۱- کارایی پایین ۲- تنها تابش نور خورشید را شبیه سازی می‌کند. ۳- انتقال گرما در سطوح عمیق‌تر به سختی انجام می‌شود.

مواد رسانا به عنوان مسیرهای کوچک برای عبور الکترون در نظر گرفته می‌شوند. در مواد جامد غنی از الکترون مانند مواد جامد پایه کربنی که هیچ دو قطبی حرکت چرخشی آزادانه‌ای ندارند حرکت الکترون‌ها از طریق گرمایش ژول یا تولید جرقه سبب ایجاد گرما می‌شود. نمونه‌ای از افزودنی‌های رسانای الکتریکی مورد استفاده در مخلوط‌های آسفالتی در زیر اشاره شده است. علاوه براین، شکل ۶ انواع مختلفی از افزودنی‌ها را نشان می‌دهد.

الف) افزودنی‌های بر پایه الیاف مانند: الیاف پشم فولادی، الیاف فلز، الیاف کربن و الیاف آلومینوم.

ب) افزودنی‌های پودری مانند: کربن فعال، کربن سیاه، گرافیت، نانو لوله‌های کربن و خاکستر زغال سنگ .

ج) افزودنی‌های فلزی مانند: ذرات آهن، براده‌های تراشکاری، مگنتیت، ذرات خاکستر بادی، ضایعات فلزی و سنگریزه‌های فلزی .

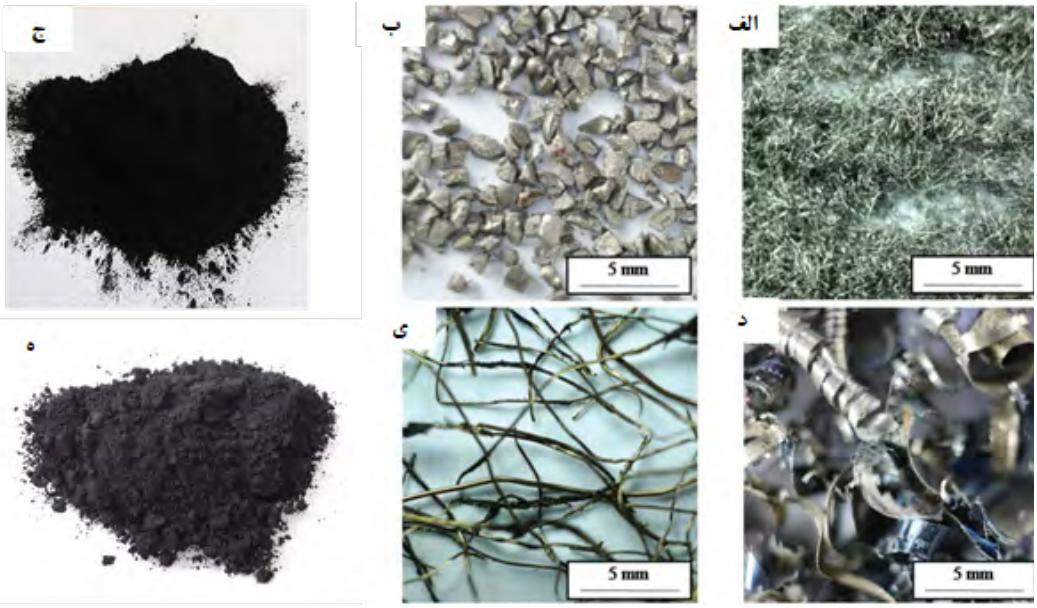
افزودنی‌های مورد استفاده در مخلوط‌های آسفالتی باید به گونه‌ای باشد که به خصوصیات مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی آسیب نزده و باعث بهبود گرمایش آن شود. افزودنی‌های بر پایه الیاف و فلزی

مرسوم‌ترین افزودنی مورد استفاده در میان محققین بوده است. با افزایش مطالعات در ارتباط با فرایند گرمایش القایی، استفاده از این نوع افزودنی به دلیل مشکلات آن کمتر توصیه می‌گردد.

افزودنی‌های پایه الیاف و فلزی معمولاً جایگزین بخشی از فیلر در مخلوط آسفالتی می‌شوند. این افزودنی‌ها دارای معایب زیادی هستند که استفاده از آن‌ها را محدود کرده است. ازجمله معایب آن‌ها توزیع غیر یکنواخت آن‌ها در مخلوط است. بطوریکه در قسمتی از مخلوط مقداری زیادی از آن‌ها کنار هم قرار می‌گیرند و به اصطلاح کلوخه می‌شوند که موجب توزیع ناهمسان دما در مخلوط شده و منجر به افزایش دمای زیاد آن ناحیه شده و موجب پیرشدگی قیر و تغییر در خواص رئولوژیکی در آن ناحیه شده می‌شود. افزودنی‌های پایه پودر معمولاً با قیر ترکیب می‌شوند. استفاده از این نوع افزودنی به علت توزیع یکنواخت آن در مخلوط می‌تواند هنگام القای گرما، مخلوط را به صورت همگن گرم کند، به گونه‌ای که کلوخه شدن در مخلوط اتفاق نمی‌افتد و خرابی‌های مربوط به پیرشدگی در قیر به حداقل می‌رسد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مخلوط آسفالتی یک ماده خودترمیم است. میزان ترمیم مخلوط آسفالتی متأثر از عواملی چون ویسکوزیته قیر، ترکیبات شیمیایی قیر، عمر روسازی، سنگدانه‌ی مورد استفاده و دانه‌بندی آن است. در سال‌های اخیر فناوری‌های مختلفی ازجمله نانو ذرات، مواد جوانساز و گرمایش القایی به منظور ترمیم ترک در روسازی استفاده شده است. از میان این روش‌ها، روش گرمایش القایی پیشرفته‌ترین فناوری خودترمیمی برای روسازی آسفالتی است که تا به امروز گزارش شده است. امواج الکترومغناطیس به دلیل توانایی آن در انتقال مستقیم تابش به ماده، توجه زیادی را به عنوان مکانیزم گرمایشی برای غلبه بر محدودیت‌های روش‌های دیگر (گرمایش القایی و اشعه مادون‌قرمز) به دست آورده است. مزیت اصلی روش گرمایش القایی نسبت به نانو ذرات و جوانساز تکرار پذیری آن است، بطوری که با استفاده از این روش می‌توان ترک‌های روسازی را در سال‌های مختلف عمر روسازی ترمیم کرد.



شکل ۶ انواع مواد افزودنی به منظور افزایش جذب امواج الکترومغناطیسی: الف) الیاف پشم فولادی؛ ب) سنگریزه‌های فلزی؛ ج) کربن فعال؛ د) ضایعات فلزی؛ ی) الیاف فلزی؛ ه) کربن سیاه.

مراجع

[۱] S. Xu, A. García, J. Su, Q. Liu, A. Tabaković, and E. Schlangen, Self-Healing Asphalt Review: From Idea to Practice. Advanced Materials Interfaces, ۱۷)٥ .۲۰۱۸): p. ۱۸۰۰٥۳٦.

[۲] Y. Agzenai, J. Pozuelo, J. Sanz, I. Perez, and J. Baselga, Advanced self-healing asphalt composites in the pavement performance field: mechanisms at the nano level and new repairing methodologies. Recent patents on nanotechnology, ۱)۹ .۲۰۱٥): p. ٥۰-٤۳.

[۳] A.B. Tam, D.-W. Park, T.H.M. Le, and J.-S. Kim, Evaluation on fatigue cracking resistance of fiber grid reinforced asphalt concrete with reflection cracking rate computation. Construction and Building Materials, ۲۳۹ .۲۰۲۰: pp. ۱۱۷۸۷۳.

[٤] S.K. Badroodi, M.R. Keymanesh, and G. Shafabakhsh, Experimental investigation of the fatigue phenomenon in nano silica-modified warm mix asphalt containing recycled asphalt considering self-healing behavior. Construction and Building Materials, ۲٤٦ .۲۰۲۰: pp. ۱۱۷٥٥۸.

[٥] T. Al-Mansoori, R. Micaelo, I. Artamendi, J. Norambuena-Contreras, and A. Garcia, Microcapsules for self-healing of asphalt mixture without compromising mechanical performance. Construction and Building Materials, ۱٥٥ .۲۰۱۷: pp. ۱۰۰-۱۰۹۱.

[٦] J. Norambuena-Contreras and A. Garcia, Self-healing of asphalt mixture by microwave and induction heating. Materials & Design, ۱۰٦.۲۰۱٦: pp. ۱٤-٤۰٤.

[۷] A. Tabaković and E. Schlangen, Self-healing technology for asphalt pavements, in Self-healing Materials. ۲۰۱٥, Springer. pp. ۳۰٦-۲۸٥.

[۸] S. Gupta, Q. Zhang, T. Emrick, A.C. Balazs, and T.P. Russell, Entropy-driven segregation of nanoparticles to cracks in multilayered composite polymer structures. Nature Materials, ۳)٥ .۲۰۰٦): pp. ۳۳-۲۲۹.

[۹] J.-F. Su, P. Yang, Y.-Y. Wang, S. Han, N.-X. Han, and W. Li, Investigation of the self-healing behaviors of microcapsules/bitumen composites by a repetitive direct tension test. Materials, ۷)۹ .۲۰۱٦): pp. ٦۰۰.

[۱۰] Á. García, E. Schlangen, M. van de Ven, and Q. Liu, A simple model to define induction heating in asphalt mastic Construction and Building Materials. ۳۱,۲۰۱۲: pp. ٤٦-۳۸.

[۱۱] امانی، س، کاوسی، ا، محمدکریمی، م. (۱۳۹۸)، "ارزیابی تاثیر کربن فعال در ترمیم القایی مخلوط‌های آسفالتی پیر شده تحت امواج مایکروویو". فصلنامه مهندسی حمل و نقل، شماره اول بهار۱۳۹۸، ص. ۲-۲۲.

بررسی نقش و رفتار اتصالات فولادی با مقاطع کاهش جان و کاهش بال در تخـریب پیـش رونـــده

پوریا حیدری چراتی
دانشجوی دکتری، عمران سازه، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

داود مستوفی نژاد
پروفسور، عمران سازه، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

خرابی پیش رونده می‌تواند در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی رخ دهد. این پدیده زمانی اتفاق می‌افتد که خرابی یک عضو سازه‌ای منجر به خرابی بخش قابل توجهی از سازه و یا حتی کل سازه گردد. در این نوع خرابی اتصالات نقش بسیار مهمی دارند. بهترین ایده برای مقاوم سازی سازه در برابر این پدیده مقاوم کردن اتصالات می باشد. از طرفی با توجه به این‌که بسیاری از تحقیقات پیشین، بر روی قاب‌های با اتصالات نیمه صلب و ساده صورت گرفته است؛ در حالی که ساختمان های زیادی دارای قاب‌های با اتصالات خمشی می‌باشند. لذا بررسی رفتار اتصالات این گونه قاب‌ها ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور عمل‌کرد سه نوع اتصال ساده خمشی، RBS اتصال کاهش مقطع بال تیر به صورت شعاعی و AW-RBS اتصال کاهش مقطع جان تیر با نبشی به صورت موج دار، در خرابی پیش رونده با سناریوی حذف یک ستون با نرم افزار ABAQUS مدل‌سازی شده و مورد مقایسه قرار گرفته است. پارامترهای مختلف به وسیله تحلیل دینامیکی غیر خطی صریح مورد بررسی قرار گرفته شد؛ و مشاهده شد که در اتصالات RBS با تغییر پارامتر a تغییر خاصی در رونده عمل‌کرد زنجیروار، ظرفیت مقاومتی، شکل پذیری، حالت شکست اتصال و توزیع تنش به وجود نخواهد آمد و با تغییر پارامترb بر خلاف پارامتر a تغییرات اندک نمی باشد و حاصل آن با افزایش b، افزایش ظرفیت مقاومتی و شکل پذیری اتصال می باشد. به طور کلی اتصالات RBS شعاعی منجر به کاهش مقاومت و تضعیف اتصال شده و رفتار اتصال را در خرابی پیش رونده نسبت به دو اتصال مورد بررسی دیگر ضعیف تر می‌کند. عمل‌کرد اتصالات با کاهش جان بسیار موثرتر از اتصالات با کاهش بال بوده و پارامتر تغییر ضخامت در اتصالات AW-RBS اثر چندانی بر رفتار سازه ندارد ولی پارامتر تعداد نبشی یک پارامتر اثر گذار در رفتار اتصال خواهد بود؛ به طوری که با افزایش تعداد آن به سه عدد نبشی، رفتار اتصال به طور چشم‌گیری بهتر شده است.

واژه‌های کلیدی: خرابی پیش رونده، اتصال ساده خمشی، اتصال RBS شعاعی ، اتصال AW-RBS (اتصال کاهش مقطع جان تیر با نبشی به صورت موج دار) ، تحلیل دینامیکی غیر خطی صریح.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر با افزایش فعالیت‌های تروریستی در ساختمان‌های مهم، محافظت کردن از جان ساکنین و ایجاد ایمنی در هنگام وقوع این پدیده‌ها اهمیت خاصی پیدا کرده است. وقوع خرابی پیش رونده در سازه‌ها در هنگام زلزله و حتی در یک انفجار نزدیک به سازه به چالشی مهم تبدیل شده است. خرابی پیش رونده وضعیتی است که در آن بروز یک خرابی موضعی در یک عضو سازه‌ای منجر به شکست اعضای مجاور آن و فروریزش‌های اضافی در ساختمان می‌گردد. به‌طور کلی ساختمان‌ها برای شرایط بارگذاری با احتساب انفجارهای گاز، انفجارهای بمب، برخوردهای وسایل نقلیه، طوفان، گردباد و از این قبیل بارها طراحی نمی‌شوند. از این رو زمانی که ساختمان‌ها در معرض چنین بارهای غیرمعمولی قرار می‌گیرند، ممکن است متحمل آسیب‌های بزرگی شوند. مثال‌ها از سازه‌هایی که خرابی پیش رونده به صورت جزیی یا کامل در آن‌ها اتفاق افتاده است، اندک و کم سابقه است و درواقع توجه جامعه مهندسی بعد از انهدام بخشی از ساختمان مشهور آپارتمانی رونان پینت در لندن در سال ۱۹۶۸ به این موضوع معطوف شد و بعد از حادثه‌ی انهدام ساختمان‌های تجارت جهانی در ۱۱ سپتامبر سال ۲۰۰۱ بود که چندین کمیته استاندارد سازی برای بهبود استانداردهای روش‌های طراحی در برابر خرابی پیش رونده شروع به کار کردند و توجه ویژه‌ای به بحث خرابی پیش رونده در ساختمان های با اهمیت زیاد، صورت گرفت و از آن تاریخ به بعد بارگذاری ویژه‌ی خرابی پیش رونده در طراحی‌ها لحاظ گردید و لازم دانسته شد که ساختمان‌ها باید طوری طراحی شوند که بتوانند خرابی موضعی را با یکپارچه‌کردن اعضای سازه‌ای، بهبود بازپخش انرژی و توزیع مجدد بارها (با ایجاد مسیرهای جایگزین انتقال بار) محدود نموده و در مقابله با بارهای غیرمعمول مقاومت کنند [1]. مرور کوتاهی از پژوهش های انجام شده بدین صورت می باشد؛ مین لیو در سال ۲۰۱۱ به طراحی قاب های فولادی باربر لرزه‌ای در برابر خرابی پیش رونده با استفاده از روش APM، راهنمای UFC2009 پرداخت. تحلیل‌های استاتیکی خطی، استاتیکی غیر خطی و دینامیکی غیر خطی انجام گرفت. مشخص شد که استفاده از روش استاتیکی خطی منجر به پاسخ‌های محافظه کارانه

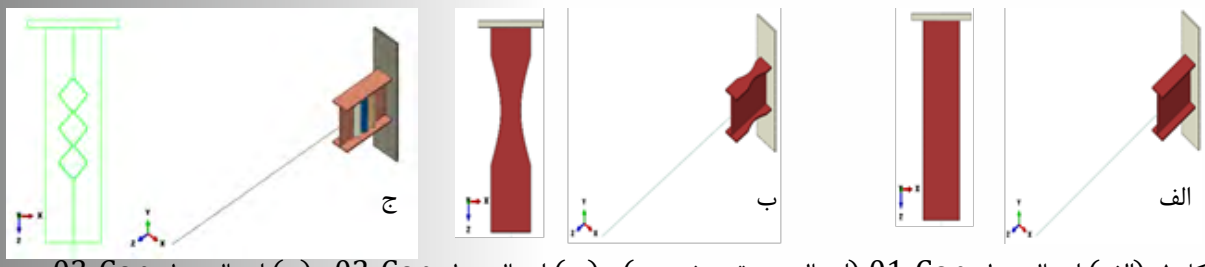
می‌شود. ولی بیان شد اگر چه استفاده از روش‌های استاتیکی و دینامیکی غیر خطی منجر به پاسخ‌های اقتصادی‌تری می‌شوند ولی محاسبات پیچیده‌تری دارند. این تحقیق برای قاب‌های دو بعدی انجام گرفت ولی بنا به نظر محقق برای رسیدن به نتایج واقعی تر باید از مدل‌های سه بعدی استفاده نمود [2].

هادیان فرد و واثق در سال ۲۰۱۲، در پژوهشی سازه‌های فولادی طراحی شده به صورت قاب خمشی متوسط با سطوح ارتفاعی متفاوت، در مناطق با لرزه خیزی متوسط و خیلی زیاد در شرایط ساخت‌گاهی ایران را مطالعه کرده‌اند. برای ارزیابی پتانسیل خرابی پیش رونده، روش مسیر جای‌گزین بار مطابق با آیین نامه‌ها UFC و GSA و هم‌چنین از دو روش استاتیکی خطی و غیرخطی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهند که به طور کلی برای سازه‌های طراحی شده با خطر لرزه خیزی بالاتر، ظرفیت مقاومت در برابر خرابی پیش رونده بیش‌تر است و در سازه‌های با ارتفاع کوتاه، ظرفیت باز توزیع نیروهای اعضای منهدم شده به اندازه کافی وجود ندارد. بنابراین، پتانسیل خرابی پیش رونده با کاهش ارتفاع سازه افزایش می‌یابد[3]. هم‌چنین واثق و همکاران در بررسی دیگری، مشاهده کردند که جهت تیرریزی و الگوی بار ثقلی دو پارامتر موثر هستند و بهتر است از الگوهای بار ثقلی یکنواخت پرهیز شود [4].

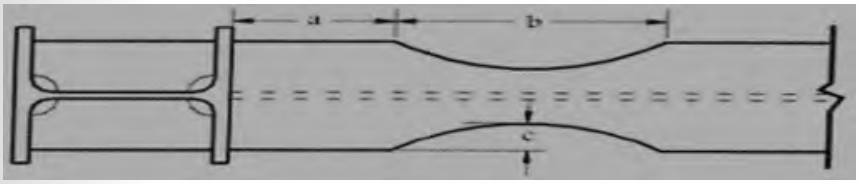
۲- شبیه سازی مدل اتصالات

در ابتدا یک ساختمان هشت طبقه با کاربری مسکونی در ETABS جهت بدست آوردن مقاطع اجرایی تیر و ستون به شکل معمول مدل شد. سپس توسط مقاطع بدست آموده، اتصالات مطابق آئین نامه FAMA350 [5] طراحی و در نرم افزار ABAQUS مدل‌سازی شدند. که مدل های مورد بررسی به صورت زیر خواهد بود.

- ✓ مدل۱: این مدل Con-01 نام‌گذاری شده که در آن اتصال تیر به ستون بدون هیچ کاهش مقطعی و به صورت اتصال صلب مقاوم خمشی با جوش می‌باشد. هم‌چنین در این مدل، از ورق‌های پیوستگی استفاده شده است (شکل۱-الف).
- ✓ مدل۲: نمونه‌های Con-02 تا Con-07 اتصال تیر به ستون با کاهش مقطع بال و ظرفیت خمشی و به صورت اتصال صلب مقاوم خمشی با جوش می‌باشد. در این مدل از ورق‌های پیوستگی استفاده شده است (شکل۱-ب).
- ✓ مدل۳: نمونه‌های Con-08 تا Con-10 اتصال تیر به ستون با برش AW-RBS از نوع برش در جان می‌باشد و به صورت اتصال صلب مقاوم خمشی با جوش می‌باشد. برش ایجاد شده در جان در این حالت ظرفیت سه جفت نیشی را باید دارا باشد.



شکل۱ (الف) اتصال مدل Con-01 (اتصال مستقیم خمشی)؛ (ب) اتصال مدل Con-02؛ (ج) اتصال مدل Con-03



شکل ۲ هندسه اتصال RBS با برش شعاعی[5]

جدول ۱ جزییات نمونه‌ها

نمونه	تیر	ستون	نوع RBS	پارامترهای RBS		
				a	b	c
Con-01	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	ندارد	۰	۰	۰
Con-02	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	برش شعاعی	$۴۵/۰b_{fb}$	$۸/۰d_{fb}$	$۲۵/۰b_{fb}$
Con-03	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	برش شعاعی	$۷۵/۰b_{fb}$	$۸/۰d_{fb}$	$۲۵/۰b_{fb}$
Con-04	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	برش شعاعی	$۰۵/۱b_{fb}$	$۸/۰d_{fb}$	$۲۵/۰b_{fb}$
Con-05	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	برش شعاعی	$۷۵/۰b_{fb}$	$۵/۰d_{fb}$	$۲۵/۰b_{fb}$
Con-06	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	برش شعاعی	$۷۵/۰b_{fb}$	$۸/۰d_{fb}$	$۲۵/۰b_{fb}$
Con-07	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	برش شعاعی	$۷۵/۰b_{fb}$	$۱/۱d_{fb}$	$۲۵/۰b_{fb}$
Con-08	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	۲ورق موج دار(مثلثی)	$۷۵/۰b_{fb}$	$۵/۰d_{fb}$	$۲۵/۰b_{fb}$
Con-09	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	۴ورق موج دار(مثلثی)	$۷۵/۰b_{fb}$	$۸/۰d_{fb}$	$۲۵/۰b_{fb}$
Con-10	IPE۳۶۰	IPB۲۸۰	۶ ورق موج دار(مثلثی)	$۷۵/۰b_{fb}$	$۱/۱d_{fb}$	$۲۵/۰b_{fb}$

در این مدل از ورق‌های پیوستگی و شش ورق موج دار استفاده شده است. ورق‌های موج دار مورد استفاده نبشی می‌باشد که به صورت کامل به بال و جان تیر در ناحیه کاهش جان تیر جوش می‌شود. (شکل۱-ج)

شکل (۲) هندسه یک مقطع RBS را نشان می‌دهد. a فاصله از بر ستون تا ابتدای برش RBS، b طول ناحیه RBS، C حداکثر عمق برش بال و R شعاع برش ناحیه RBS می‌باشد. در تعیین این مقادیر ابعاد a و b، باید از طرفی آنقدر کوچک باشند تا رشد ممان را در بر ستون به حداقل برسانند و از طرفی دیگر نیز، باید آنقدر بزرگ باشند تا اولاً در بعد a جریان تنش بتواند تا رسیدن به بر ستون یکنواخت گردد و ثانیاً در بعد b، ناحیه‌ای کافی برای رفتار پلاستیک وجود داشته باشد. مقدار C، حداکثر ممان تولید شده در بر ستون را کنترل می‌کند و مقدار R هم باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند از تمرکز تنش در RBS جلوگیری کند. همان طوری که در جدول (۱)

نشان داده شده است انواع اتصالات مدل‌سازیشده با مقادیر متفاوت a، b و هم‌چنین نوع مقاطع تیر و ستون آورده شده است.

۲-۱ بررسی صحت مدل سازی

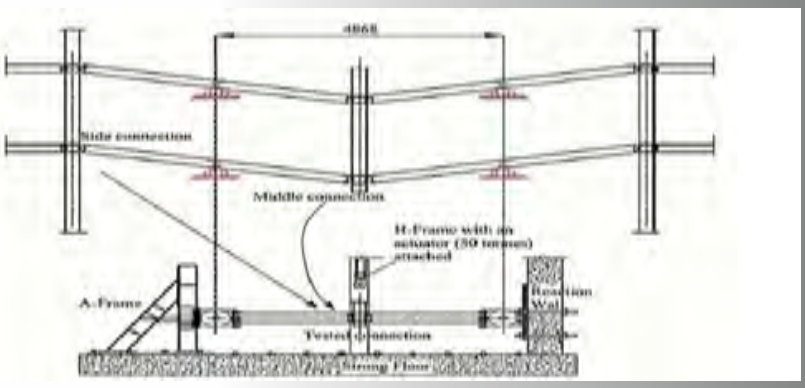
برای کنترل و اطمینان از صحت نتایج، نمونه آزمایشگاهی یانگ و تان [6]، در نرم افزار اجزای محدود ABAQUS مدل‌سازی شد. تحلیل انجام شده در آزمایشگاه توسط یانگ و تان، به شکل صلیبی، از دو تیر در دو طرف یک ستون ساخته شده‌اند، که نمونه‌ای از اتصال داخلی قاب ها است. تیرها در انتهای آزاد دارای تکیه گاه مفصلی و ستون در پایین آزاد و در بالا به جک اعمال نیرو بسته شده است تا تغییر مکان عمودی به آن وارد شود. این شرایط تکیه گاهی منطبق بر نقاط عطف تیرها و ستون ها (در وسط طول اعضا) در قاب، زیر بار عمودی است. یک مهار افقی، به منظور در نظر گرفتن مهار ناشی از سختی عناصر سازهای مجاور در نظر گرفته شده است، به همین منظور انتهای تیرها از یک طرف به یک قاب فولادی و یک دیوار بتنی مستحکم متصل شده‌اند. طول کل نمونه ها، شامل دو تیر و ارتفاع مقطع ستون، برابر ۴۲۰۸ میلیمتر و با در نظر گرفتن طول وسایل اتصال تیرها به قاب فولادی و دیوار بتنی، طول کلی سیستم برابر ۴۸۶۸ میلیمتر می‌باشد. طرح کلی نمونه‌های ساخته شده در آزمایشگاه، در شکل (۳) مشاهده می شود. تیرها در فواصل ۹۷۶ میلیمتری طولشان (از بال ستون) و ستون‌ها در قسمت پایین، دارای تکیه گاه جانبی هستند، تا از جا به جایی خارج از صفحه نمونه ها، در حین تحلیل، جلوگیری شود. تیر و ستون از فولاد S355 و به ترتیب از مقاطع اروپایی UB305*165*40 و UC203*203*71 برای اتصالات مفصلی و از مقاطع UB254*146*37 UC203*203*71 برای اتصالات نیمه گیردار ساخته شده اند. اجزای اتصال شامل نبشی‌ها و ورق‌های انتهایی از فولاد S275 ساخته شده و همچنین در تمامی اتصالات از پیچ M20,8.8 استفاده شده است. جهت محدود کردن اثر تغییر شکل تیرها و ستون‌ها بر روی رفتار اتصال، از سخت کننده ها یا ورق‌های ضخیم جوش شده، برای تقویت نمونه ها استفاده شده است. برای طراحی اتصالات از آیین نامه های اروپایی UK استفاده شده است. مشخصات کامل نمونه ی مورد آزمایش به همراه نیروهای طراحی آن‌ها در جدول(۲) آورده شده است. مشخصات هندسی تیر و ستون‌ها در جدول(۳) آورده شده است.

جدول ۲ مشخصات و نیروهای طراحی اتصالات بررسی شده توسط یانگ و تان [6]

نمونه ها	نوع اتصال	مقطع تیر	مقطع نبشی	نیروی برشی	نیروی محوری
نمونه ۱	نبشی جان	305*165*40 UB S355	L90*8 S275	۱۲۴(کیلونیوتن)	۱۷۷(کیلونیوتن)

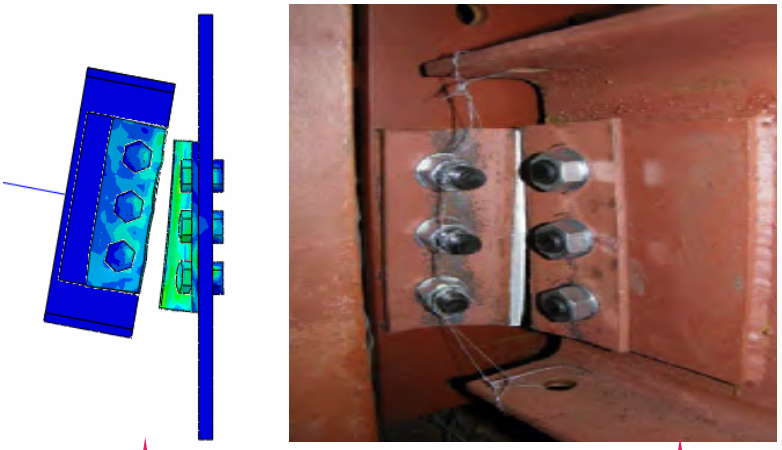
جدول ۳ مشخصات هندسی مقاطه مورد استفاده در تحقیقات یانگ و تان [6]

نوع مقطع	عرض بال	ضخامت بال	ارتفاع مقطع	ضخامت جان
UB305*165*40	۱۶۵	۱۰/۲	۳۰۳/۴	۶

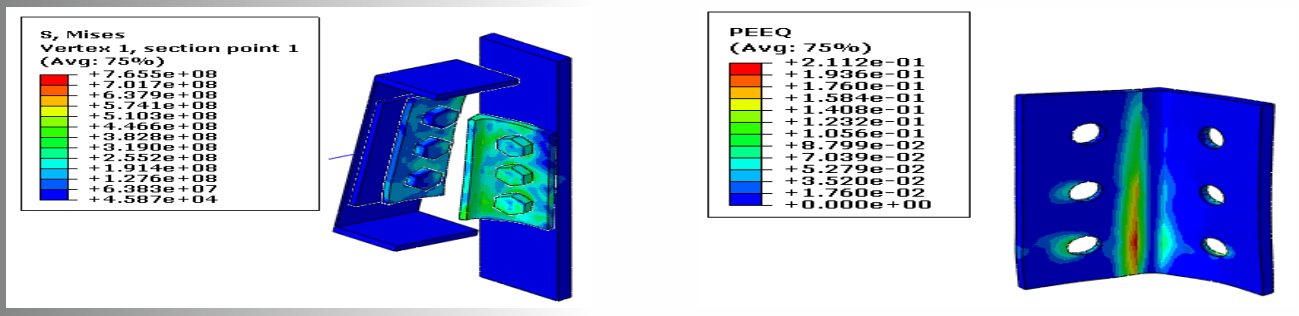


شکل ۳ طرحبندی کلی اتصال و فرضیات انجام شده توسط یانگ و تان [۶]

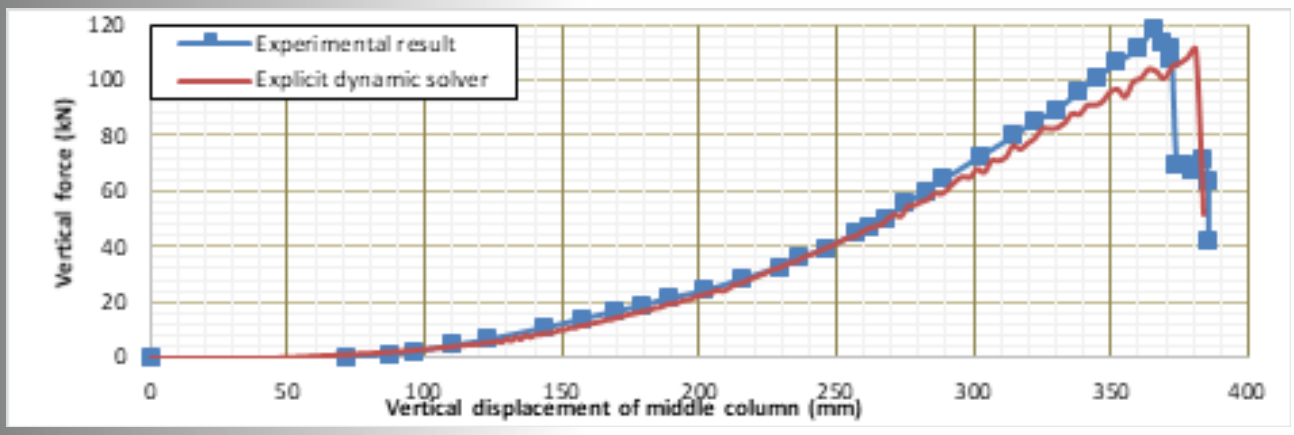
حالت شکست نمونه آزمایشگاهی این اتصال، گسیختگی نبشی در نزدیکی ماهیچه است. در تحلیل نمونه شبیه سازی شده این اتصال، از تحلیل گر Explicit نرم افزار ABAQUS استفاده شده است. با توجه به شکل(۴) این تحلیل گر، حالت شکست اتصال که شامل شروع خرابی و تکامل آن می‌باشد، را به درستی تخمین زده است و نتایج حاصل از اجزا محدود مطابقت خوبی با مدل آزمایشگاهی دارد. در آزمایش اتصال نبشی جان، مطابق شکل (۵) مود گسیختگی اتصال، شکست نبشی در نزدیکی ماهیچه می‌باشد. یک مود گسیختگی شکل پذیر در این آزمایش مشاهده می‌شود و به علت ظرفیت دورانی بالا، عمل زنجیروار به خوبی می تواند در تیر توسعه یابد.



شکل ۴ مود شکست اتصال با نبشی جان؛ (الف) حالت آزمایشگاهی؛ (ب) حالت شبیه سازی با آباکوس



شکل۵ مشخصات تنش و کرنش اتصال نبشی جان در لحظه گسیختگی



شکل ۶ مقایسه پاسخ نیرو-جا به جایی عمودی نمونه آزمایشگاهی و شبیه‌سازی عددی اتصال نبشی جا

جدول ۴ مقایسه بین نتایج حاصل از شبیه سازی عددی و تحلیل آزمایشگاهی

نوع اتصال	نبشی جان		
	آزمایشگاهی	شبیه‌سازی	خطا %
بار قائم بیشنیه ستون (کیلو نیوتن)	۱۱۹	۱۲۰/۱	۱/۳۴
جا به جایی ستون میانی (میلیمتر)	۳۶۷	۳۸۲	۴/۰۹
زاویه چرخش تیر (درجه)	۸/۹۷	۹/۳۴	۰/۲۵
بیشینه عکس‌العمل افقی تیر (کیلونیوتن)	۳۴۹	۳۴۳	۱/۷۴
حالت شکست	گسیختگی نبشی	گسیختگی نبشی	

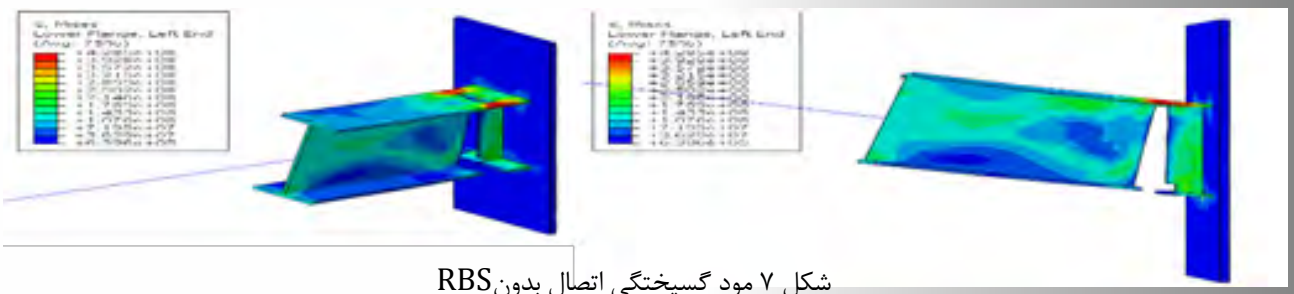
منحنی پاسخ نمونه شبیه سازی شده با تحلیل آزمایشگاهی آن، درشکل (۶) مقایسه شده است. نتایج حاصل از شبیه سازی عددی شامل مولفه‌های نیرویی، مانند حداکثر بار قائم ستون و حداکثر عکس العمل افقی تیر در تکیه گاه و مولفه های جا به جایی مانند حداکثر جا به جایی قائم ستون و چرخش تیر با نمونه اتصال تحلیل شده در آزمایشگاه، به صورت عددی در جدول(۴) مقایسه شده‌اند.

۳- بررسی پاسخ نمونه‌های شبیه سازی شده

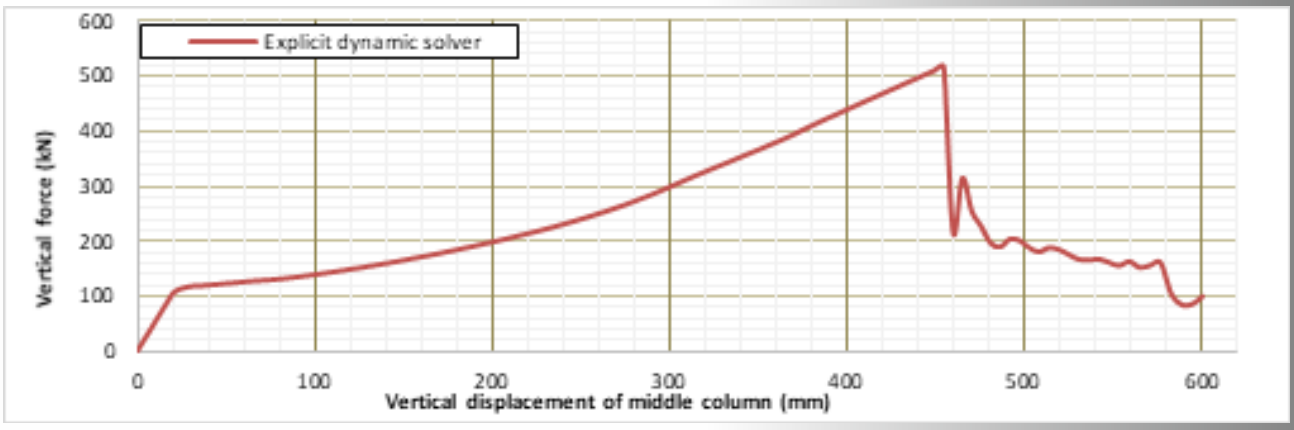
۳-۱ اتصال تیر به ستون با جوش سرتاسری بدون RBS

در شبیه سازی اتصال تیر به ستون بدون RBS، تیر بدون هیچ نوع برش و تضعیف به ستون جوش شده و تحت سناریوی خرابی پیش رونده قرار گرفته شده است. حالت شکست این اتصال از محل تیر به ستون و از بال زیرین تیرشروع شده و در کل بال پایین رشد کرده و پس از شکست بال، جان تیر شکسته می‌شود و این شکست در عمق تیر رشد می‌کند تا شکست کامل رخ می‌دهد. با توجه به شکل (۷) حالت شکست نمونه شبیه سازی شده اتصال، گسیختگی در بال پایین تیر و پس از آن گسیختگی جان تیر نشان داده شده است. منحنی پاسخ نمونه شبیه سازی شده، در شکل (۸) آورده شده است. با توجه به شکل این اتصال، دارای مقاومت خمشی زیادی است و هیچ کاهش ظرفیتی ندارد و به دلیل سختی خمشی، مقاومت بیشتری در جا به جایی های کم از خود نشان می‌دهد اما در نهایت با گسیختگی کامل تیر در نزدیکی اتصال، مقاومت آن کاهش شدیدی پیدا می‌کند. این گسیختگی به سرعت در جان تیر رشد می کند و باعث گسیختگی تیر به صورت ترد می‌شود. با توجه به این موضوع، دریافت می‌شود که مقاومت اتصال بالاست و مقاومت نهایی این اتصال در بیشینه جا به جایی زیاد است اما رفتار پایدار و مقاومی در برابر سناریوی خرابی پیش رونده ندارد و بعد از شکست هیچ مقاومت باقیمانده‌ای برای جلوگیری از شکست کامل و خرابی در اتصال وجود ندارد. دوران این اتصال در برابر بار گذاری خرابی پیش رونده ۱۰/۱۲

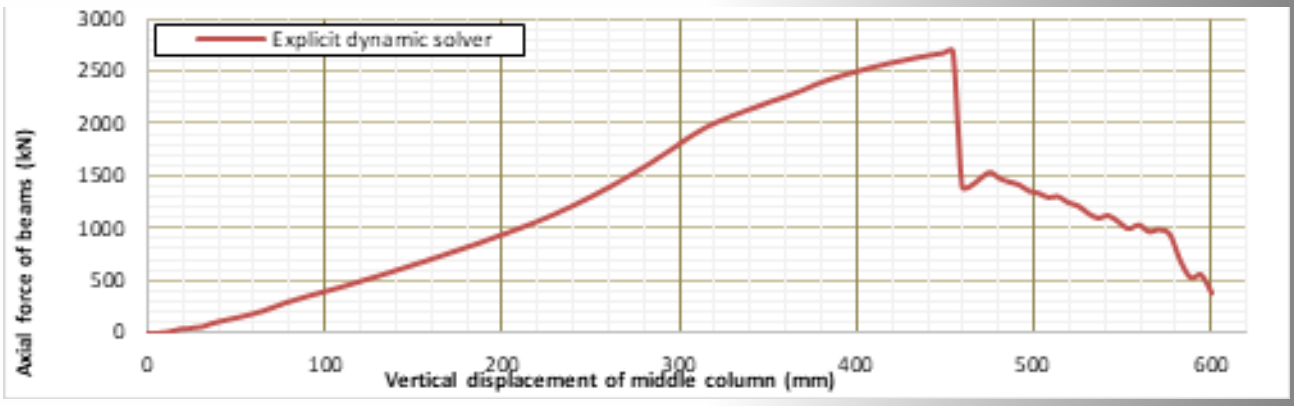
درجه می‌باشد و در برابر خرابی پیش رونده دوران خوبی دارد اما از پایداری و ثبات اتصال در مودت زمان بارگذاری برخوردار نمی‌باشد. هم‌چنین به دلیل رفتار ترد این اتصال در پژوهش‌های انجام شده توسط محققین در بارگذاری‌های چرخه‌ای و آسیب به اتصال، چشمه اتصال و ستون از دیدگاه لرزه‌ای رد شده می‌باشد. جهت بررسی اثر این اتصال در نحوه توسعه عمل‌کرد زنجیروار، منحنی نیروی محوری تیر در برابر جا به جایی عمودی ستون در شکل (۹) نشان داده شده است. با توجه به این شکل، عمل‌کرد زنجیروار در جا به جایی‌های کم در تیر با شیب کمی توسعه پیدا کرده است که علت آن سختی خمشی بالای تیر می‌باشد و به همین علت در جا به جایی بین ۰ تا ۵۰ میلیمتر رشد نیروی کششی با شیب کمتر می‌باشد که در تیر ایجاد شده است. با افزایش تغییر مکان ستون و شکست بال پایین تیر، مکانیزم کششی بر سختی خمشی تیر غلبه کرده و به دلیل ظرفیت دورانی بالای این اتصال، باعث گسترش عمل‌کرد زنجیروار و ایجاد نیروی محوری کششی زیادی در تیر شده است.



شکل ۷ مود گسیختگی اتصال بدونRBS



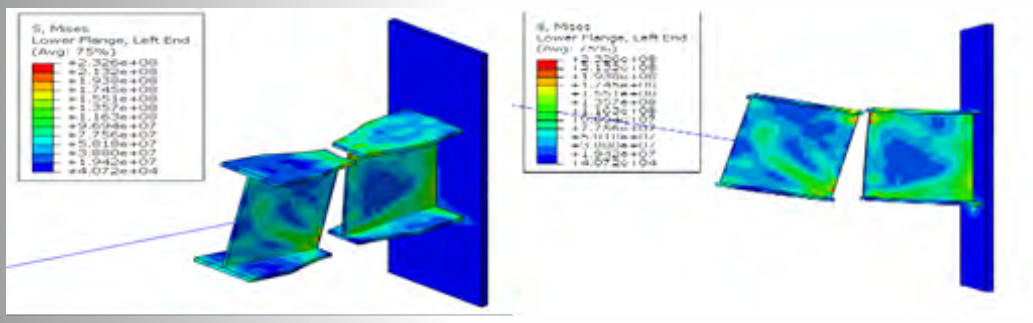
شکل ۸ منحنی نیروی برشی تیر در مقابل جا به جایی عمودی ستون در اتصال بدون RBS



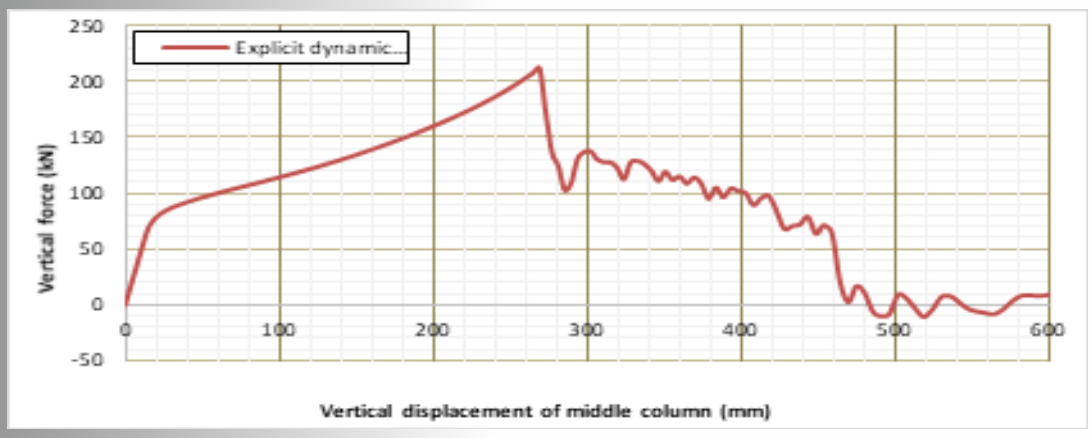
شکل ۹ منحنی نیروی محوری تیر در مقابل جا به جایی عمودی ستون در اتصال بدون RBS

۳-۲ اتصال تیر به ستون با جوش سرتاسری با RBS شعاعی

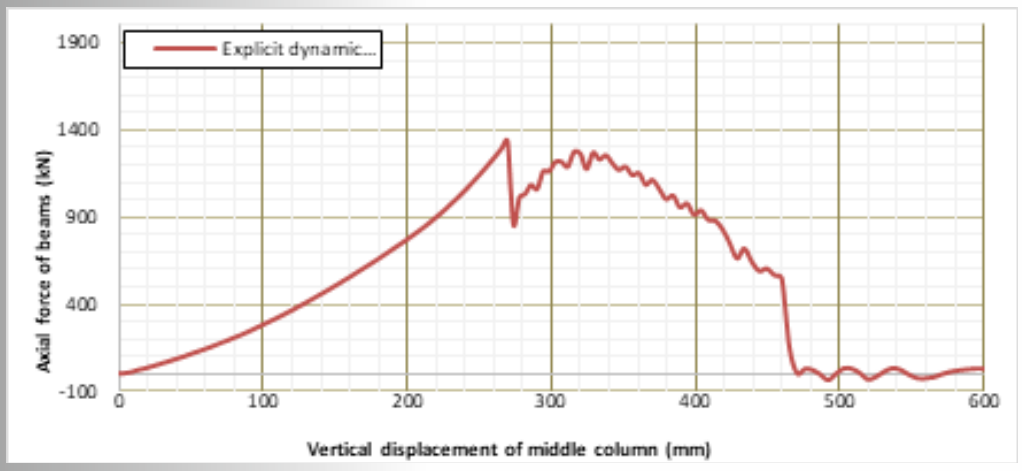
با توجه به شکل های (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) این اتصال، دارای مقاومت خمشی کاهش یافته است و به دلیل کاهش سختی خمشی، مقاومت خوبی در جا به جایی های کم از خود نشان می دهد اما در نهایت با گسیختگی کامل در ناحیه تضعیف شده تیر در نزدیکی اتصال، مقاومت آن کاهش شدیدی پیدا می کند. با توجه به این موضوع، دریافت می‌شود که مقاومت اتصال نسبت به حالت اول (اتصال بدون RBS) که کاهش بال نداریم پایین است و مقاومت نهایی این اتصال در بیشینه جا به جایی بطور نسبی خوب است. دوران این اتصال در بارگذاری انجام گرفته در این نوع اتصال به ۶/۰۷ می رسد. این کاهش دوران نسبت به حالت اول به دلیل کاهش ظرفیت خمشی در بال اتصال می باشد که با کاهش مقاومت و تضعیف اتصال رفتار آن در خرابی پیش رونده ضعیف تر می شود.



شکل ۱۰ مود گسیختگی اتصال RBS شعاعی



شکل ۱۱ منحنی نیروی برشی تیر در مقابل جا به جایی عمودی ستون دراتصال RBS شعاعی



شکل ۱۲ منحنی نیروی محوری تیر در مقابل جا به جایی عمودی ستون در اتصال RBS شعاعی

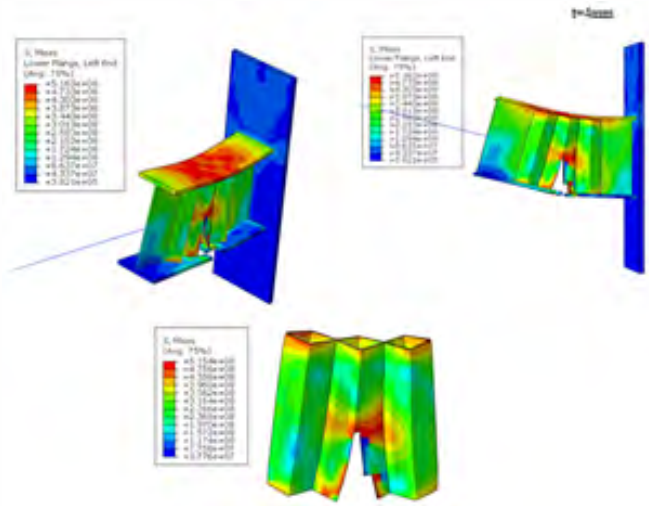
۳-۳ اتصال تیر به ستون با جوش سر تا سری با AW-RBS (سه نبشی جان)

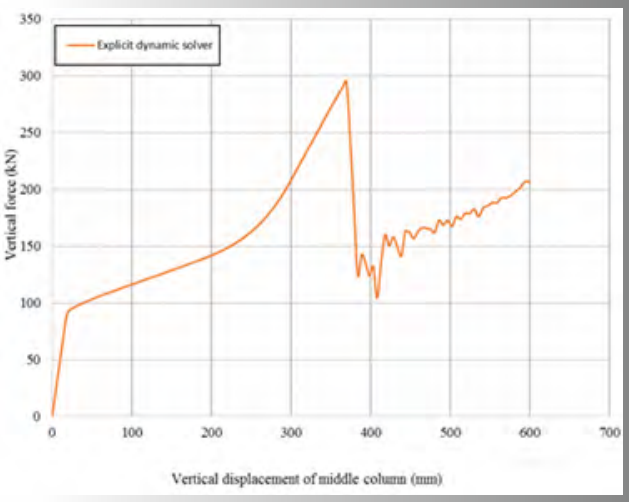
با توجه به شکل های (۱۳)، (۱۴) و (۱۵) در شبیه سازی اتصال AW-RBS (سه نبشی جان) تیر به ستون با برش جان، در ناحیه‌ای از جان تیر به شکل مستطیل برش می‌خورد ودر این حالت مقدار برش به اندازه‌ای می‌باشد که سه نبشی به جای جان صاف تیر قرار می‌گیرد وتیر به ستون جوش شده و تحت سناریوی خرابی پیش رونده قرار گرفته شده است. حالت شکست این اتصال در ناحیه‌ای که تضعیف جان در تیر صورت گرفته و از مرکز بال زیرین شکست شروع می‌شود و این شکست به صورت قطری درکل بال رشد می‌کند و پارگی به دو سوم نبشی اول و بین نبشی اول و دوم انتقال می‌آبد با توجه به شکل (۱۳) حالت شکست نمونه شبیه سازی شده اتصال، گسیختگی در بال پایین تیر و پس از آن گسیختگی نبشی اول با ضخامت ۳ میلیمتر در جان تیر نشان داده شده است. منحنی پاسخ نمونه شبیه سازی شده، در شکل (۱۴) آورده شده است. با توجه به شکل این اتصال، دارای مقاومت خمشی کاهش یافته است و کاهش ظرفیت برشی ندارد و به دلیل سختی خمشی، مقاومت بیشتری در جا به جایی های کم از خود نشان می‌دهد اما در نهایت با گسیختگی کامل تیر در نزدیکی اتصال و در محل تضعیف، مقاومت آن کاهش پیدا می‌کند اما به دلیل نبشی موجود مقاومت باقیمانده دارد و رفتار پایدارتری نسبت به RBS هایی که صرفا کاهش سطح بال تیر را دارند دارا می‌باشد. با توجه به این موضوع، دریافت می‌شود که مقاومت خمشی و برشی اتصال بالاست و مقاومت نهایی این اتصال در بیشینه جا به جایی زیاد است. در این اتصال AW-RBS همانطور که از نمودار شکل (۱۴) مشخص است بعد از پارگی بال زیرین تیر کاهش مقاومت

آنی و لحظه‌ای دارد اما مجددا مقاومت باقیمانده در نبشی‌ها به عنوان مسیری برای بازتوزیع تنش‌ها به کار می‌افتد و تا شکست ورق موجدار افزایش مقاومت خواهیم داشت. دوران این اتصال در قسمت اول ۷/۱۸ درجه و قسمت دوم بارگذاری ادامه داده نشده ولی ظرفیت این حالت بسیار بالاست و مود شکست در این اتصال، شکست یک دوم کل ارتفاع نبشی با ضخامت ثابت ۴ میلیمتر می باشد؛ که بیانگر شکل پذیری و انعطاف می باشد. هم‌چنین رفتار غیر خطی پایدارتری نسبت به اتصالات بررسی شده قبلی دارد.

جهت بررسی اثر این اتصال در نحوه توسعه عمل‌کرد زنجیروار، منحنی نیروی محوری تیر در برابر جا به جایی عمودی ستون در شکل (۱۵) نشان داده شده است. با توجه به این شکل، عمل‌کرد زنجیروار درجا به جایی‌های کم در تیر با شیب بسیار کم توسعه پیدا کرده است که علت آن سختی خمشی

شکل ۱۳ مود گسیختگی اتصال AW-RBS با سه نبشی با ضخامت چهار میلیمتر



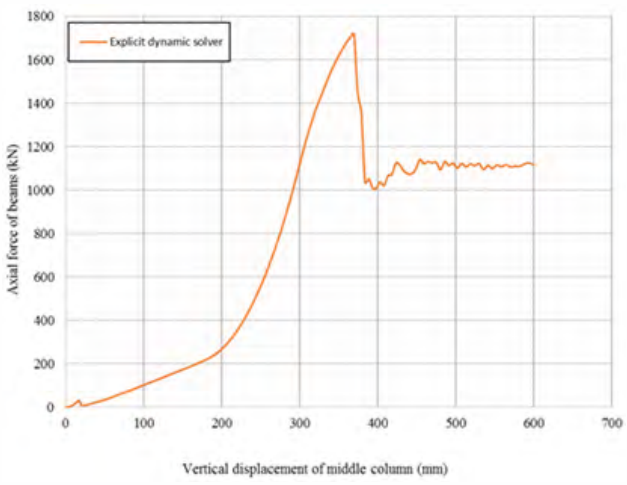


شکل ۱۴ منحنی نیروی برشی تیر در مقابل جا به جایی عمودی ستون در اتصال AW-RBS با سه نبشی با ضخامت چهار میلیمتر

تیر غلبه کرده و به دلیل ظرفیت دورانی بالای این اتصال، باعث گسترش عمل‌کرد زنجیروار و ایجاد نیروی محوری کششی زیادی در تیر شده است.

۳-۴ بررسی پارامتر a اتصال تیر به ستون با جوش سرتاسری با RBS شعاعی

با توجه به شکل های (۱۷) و (۱۸)، میزان تاثیر تغییر پارامتر a بر روی عمل‌کرد اتصال RBS شعاعی بسیار اندک است و حاصل آن ثابت ماندن ظرفیت مقاومتی و شکل پذیری اتصال، نحوه گسترش عمل‌کرد زنجیروار در سیستم اتصال، حالت شکست اتصال و توزیع تنش در لحظه نهایی و قبل از گسیختگی و هم‌چنین کرنش های پسماند در تیر و ستون، پس از گسیختگی اتصال می باشد. دوران این اتصال با تغییر پارامتر a تغییری نمی کند و برابر با مقدار ۶/۰۷ درجه ثابت می باشد که نشان می دهد پارامتر a در رفتار این اتصال در بارگذاری خرابی پیش رونده تاثیری ندارد هم‌چنین کرنش پلاستیک معادل در حالت بدون RBS و بالای تیر و وجود نبشی‌ها می‌باشد و به همین علت در جا به جایی بین ۲۵ تا ۵۰ میلیمتر به صورت عکس عمل کرده و نیروهای فشاری در تیر ایجاد شده است. با افزایش تغییر مکان ستون و شکست بال پایین تیر، مکانیزم کششی بر سختی خمشی

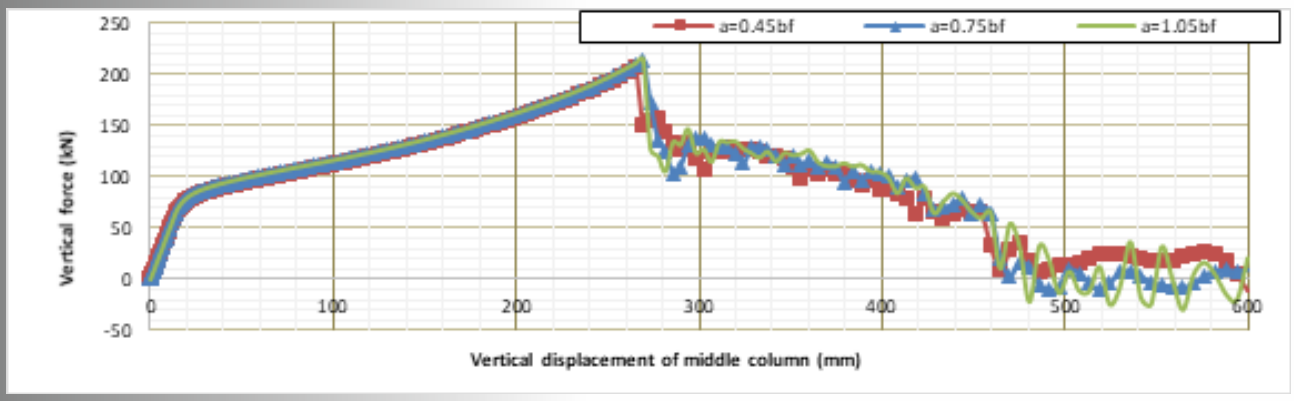


شکل ۱۵ منحنی نیروی محوری تیر در مقابل جا به جایی عمودی ستون در اتصال AW-RBS با سه نبشی با ضخامت چهار میلمتر

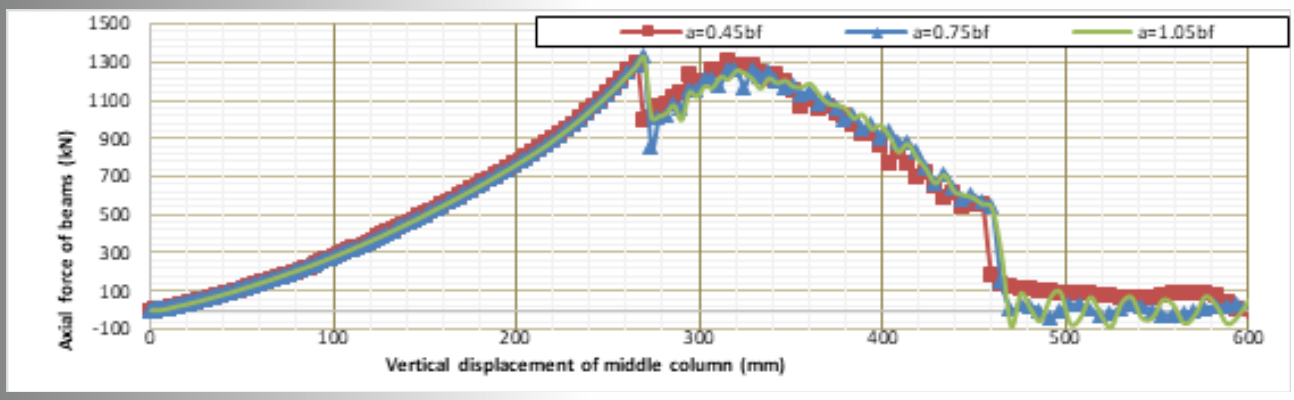
در حالتی که RBS دارای مقادیر مختلف برای پارامتر a است که می‌توان بیان کرد، کاهش خمشی در بال های تیر اتصال باعث کاهش و یک‌نواختی کرنش‌های پلاستیک در عمق تیر می شود و سازه شکست ترد در بر اتصال ندارد و پارگی در عمق تیر به کندی پیش می‌رود و عمق جان تیر نقش مهمی در انتقال نیروی زنجیروار دارد. به‌طور کلی محدوده تعیین شده توسط FEMA برای پارامتر a یعنی فاصله ناحیه تضعیف شده از بر ستون برای اتصال RBS، در این اتصالات معتبر می باشد.

۳-۵ بررسی پارامتر b اتصال تیر به ستون با جوش سرتاسری با RBS شعاعی

با توجه به نتایج بدست آموده از شکل های (۲۱) و (۲۲) میزان تاثیر تغییر پارامتر b بر روی عمل‌کرد اتصالات RBS شعاعی برخلاف پارامتر a اندک نمی باشد و حاصل آن، با افزایش پارامتر b در محدوده مورد بررسی مساحت تضعیف خمشی بیش‌تر می شود و باعث افزایش ظرفیت مقاومتی و شکل پذیری اتصال می‌شود. نحوه



شکل ۱۷ بررسی پارامتر a در اتصال RBS شعاعی تحت منحنی نیروی برشی در مقابل جا به جایی عمودی ستون

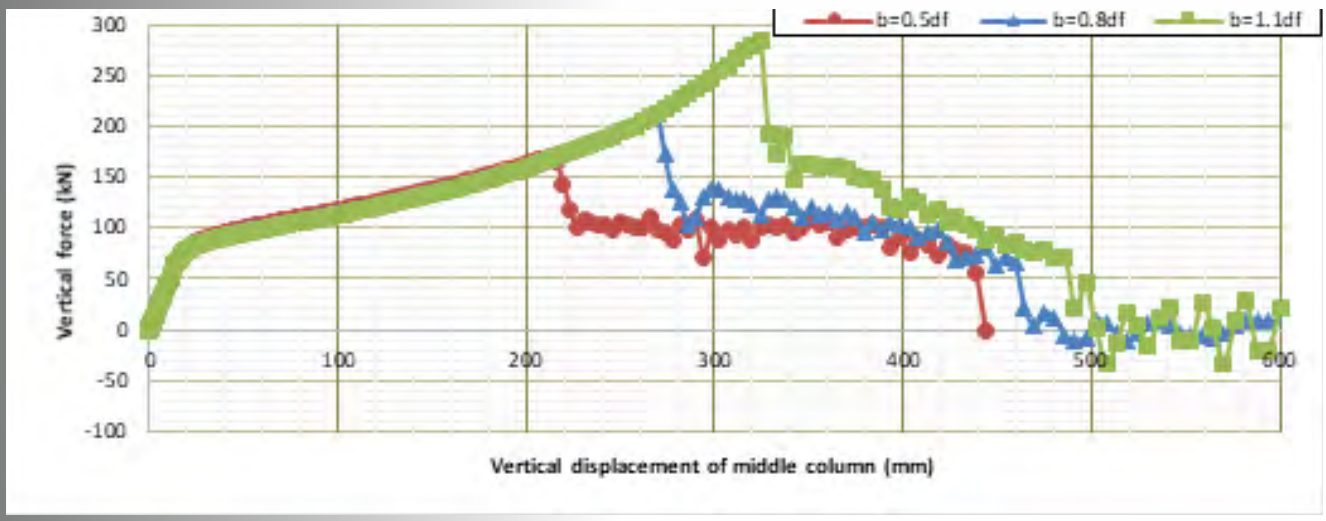


شکل ۱۸ بررسی پارامتر a در اتصال RBS شعاعی تحت منحنی نیروی محوری در مقابل جا به جایی عمودی ستون

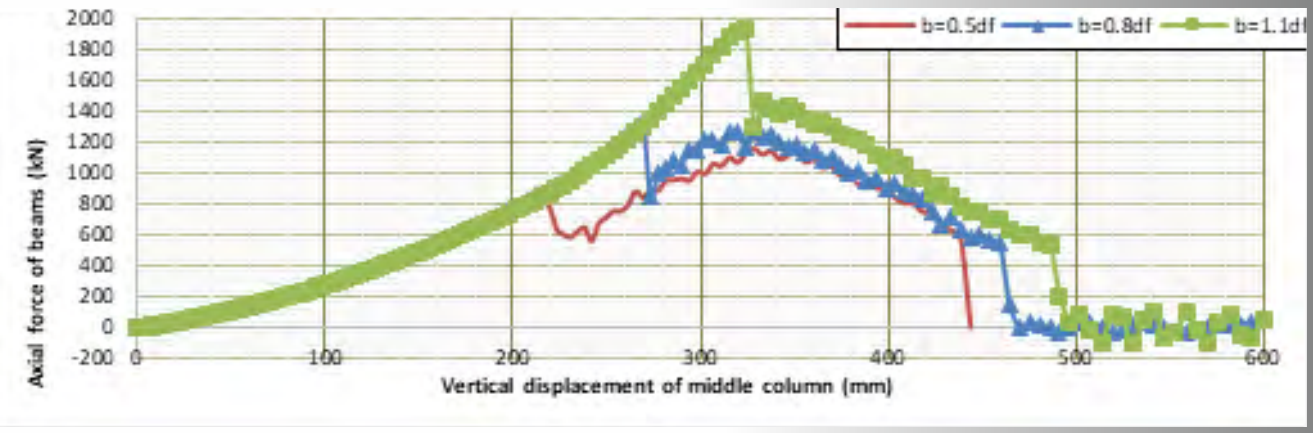
گسترش عمل‌کرد زنجیروار ثابت است اما مقدار نهایی آن افزایش می‌یابد و در این سیستم اتصالات، حالت شکست اتصال و توزیع تنش در لحظه نهایی و پس از گسیختگی اتصال ثابت می باشد.

۴- نتیجه گیری

۱- با مقایسه اتصالات خمشی بدون RBS و دارای RBS می‌توان دریافت که اتصال خمشی بدون RBS دارای مقاومت خمشی زیادی است و هیچ کاهش ظرفیتی ندارد و به دلیل سختی خمشی، مقاومت بیشتری در جا به جایی‌های کم از خود نشان می دهد اما در نهایت با گسیختگی کامل تیر در نزدیکی اتصال، مقاومت آن کاهش شدیدی پیدا می‌کند. این گسیختگی به سرعت در جان تیر رشد می‌کند و باعث گسیختگی تیر به صورت ترد می‌شود. با توجه به این موضوع، دریافت می‌شود که مقاومت اتصال بالا است و مقاومت نهایی این اتصال در بیشینه جا به جایی زیاد است اما رفتار پایدار و مقاومی در برابر سناریوی خرابی پیش رونده ندارد و بعد از شکست هیچ مقاومت باقیمانده ای برای جلوگیری از شکست کامل



شکل ۲۱ بررسی پارامتر b در اتصال RBS شعاعی تحت نیروی محوری برشی تیر در مقابل جا به جایی عمودی ستون



شکل ۲۲ بررسی پارامتر b در اتصال RBS شعاعی تحت نیروی محوری تیر در مقابل جا به جایی عمودی ستون

و خرابی در اتصال وجود ندارد. دوران این اتصال در برابر بار گذاری خرابی پیش رونده ۱۰/۱۲ درجه می‌باشد. در برابر خرابی پیش رونده دوران خوبی دارد اما از پایداری و ثبات اتصال در مودت زمان بارگذاری برخوردار نمی باشد. اما در اتصالات دارای RBS مقاومت خمشی کاهش یافته است و به دلیل کاهش سختی خمشی، مقاومت خوبی در جا به جایی‌های کم از خود نشان می دهند اما در نهایت با گسیختگی کامل در ناحیه تضعیف شده تیر در نزدیکی اتصال، مقاومت آن‌ها کاهش شدیدی پیـدا می‌کند. با توجه به این موضوع، دریافت می‌شود که مقاومـت و دوران این اتصـالات نسبت به حالت اول (اتصال بدون RBS) که بدون کاهش بال است کاهش پیدا می‌کند و مقاومت نهایی این اتصال در بیشینه جا به جایی به طور نسبی خوب است و می‌توان بیان کرد که کاهش خمشی در بال‌های تیر اتصال باعث کاهش و یک‌نواختی کرنش‌های پلاستیک در عمق تیر می‌شود و سازه شکست ترد در بر اتصال ندارد و پارگی در عمق تیر به کندی پیش می‌رود و عمق جان تیر نقش مهمی در انتقال نیروی زنجیروار دارد.

۲- به طور کل کاهش خمشی در بال های تیر اتصال باعث کاهش و یک‌نواختی کرنش های پلاستیک در عمق تیر می شود و سازه شکست ترد در بر اتصال ندارد و پارگی در عمق تیر به کندی پیش می رود و عمق جان تیر نقش مهمی در انتقال نیروی زنجیروار دارد.

۳- کاهش مقاومت یا تضعیف تیر در اتصالات هم برای بال و هم برای جان صورت گرفت. از آن جا که رفتار خرابی پیش رونده کاملا برشی است با تقویت جان و تعیین مسیر فرعی برای انتقال برش رفتار بهبود پیدا می‌کند؛ که این بهبود رفتار در اتصالات AW-RBS نسبت به اتصال RBS و بدون RBS بسیار زیاد است.

۴- ظرفیت برشی اتصال AW-RBS با اتصال سه نبشی، با در نظر گرفته شدن مسیر فرعی در جان، باعث افزایش شکل پذیری و دوران اتصال با مقدار دوران ۷/۹۶ می‌شود؛ که این مقدار دوران در لحضه شکست اول ثبت شده است؛ و شکست کامل رخ نداده است. مقاومت باقیمانده چشم‌گیر در نبشی‌ها، نشان دهنده‌ی قابلیت تحمل برش‌ها و دوران‌های بالاتری در این اتصال می‌باشد.

۵-مراجع

[1] - Menchel Kfir, “Progressive collapse: comparison of main standards, formulation and validation of new computational procedures”, PHD thesis, (2009).

[2] - Liu Min, Progressive collapse design of seismic steel frames using structural optimization, Journal of Constructional Steel Research، 2011) ،332–322 67)

[3]- Hadianfard, M. A, wassegh, M. “Linear and nonlinear analysis of progressive collapse for seismic designed steel moment frames.” 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, MOSCOW, June 2012) ,29-27).

[4]- Wassegh, M. Hadianfard, M. A, Soltani Mohammadi, M. “Evaluation of Progressive Collapse Potential of Steel Moment Framesin Different Seismic Zones of Iran.” 9th International Conference on Civil Engineering, Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan, Iran. May 2012) ,10-8).

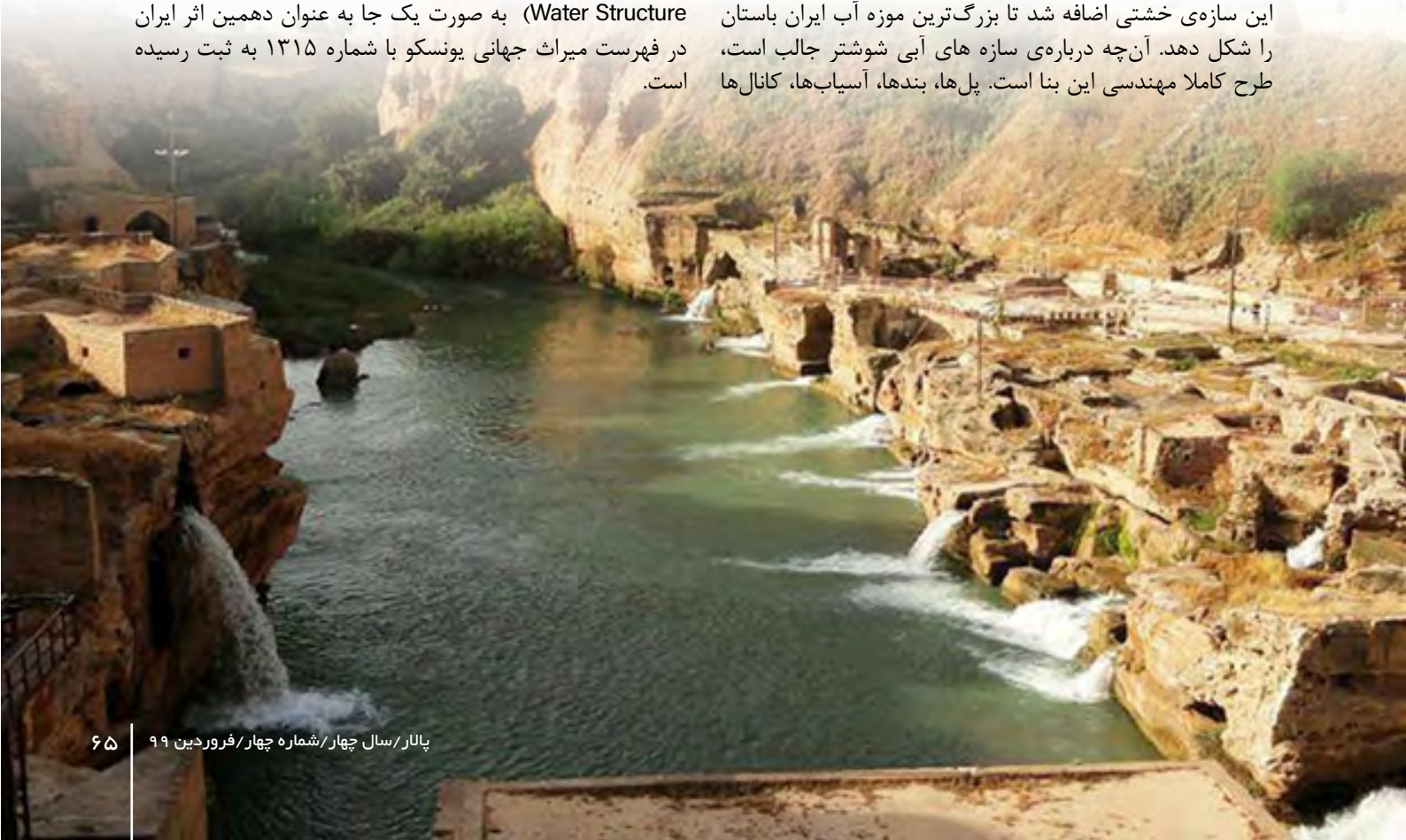
[5]- FEMA 350., “Recommended Seismic Designing Criteria For New Steel Moment- Frame Buildings” Prepared by the SAC Joint Venture for the Federal Emergency Management Agency, Washington, DC. (2000).

[6]- Tan KH, Yang B. “Behaviour of Different Types of Steel Connections in Steel Frames against Progressive Collapse.” Advanced Materials Research; .41-1330 :374 2012)).

سازه‌های آبی شوشتر

شوشتر یکی از شهرهای تاریخی در جنوب ایران است که قدیمی‌ترین آثار تاریخی آن، به دوران پارینه سنگی و پیش از تاریخ برمی‌گردند. این شهر در دوره‌ی ایلامی اعتباری جدی به علت نزدیکی به زیگورات چغازنبیل داشت. در دوره‌ی هخامنشی، کاخ آپادانا در نزدیکی زیگورات به عنوان مقر زمستانی شناخته شد و شوشتر اهمیت بیشتری یافت. سازه‌های آبی شهر شوشتر در همان زمان پایه‌ریزی شدند. هخامنشیان این سازه را برای بهره بردن بیشتر از آب جاری ساختند. با گذشت زمان، بخش‌های مختلفی به این سازه‌ی خشتی اضافه شد تا بزرگ‌ترین موزه آب ایران باستان را شکل دهد. آن‌چه درباره‌ی سازه های آبی شوشتر جالب است، طرح کاملا مهندسی این بنا است. پل‌ها، بندها، آسیاب‌ها، کانال‌ها و تونل‌های هدایت آب همگی با ریزترین محاسبات ریاضی و زیست محیطی در میانه‌ی آب های جاری ساخته شده‌اند تا تامین آب شهر و آب مورد نیاز زمین‌های کشاورزی به بهترین شکل صورت گیرد. از این سازه‌ی عظیم به عنوان بزرگ‌ترین مجموعه‌ی صنعتی پیش از انقلاب صنعتی یاد شده‌است.

"مجموعه سازه‌های آبی شوشتر" در ۲۶ ژوئن ۲۰۰۹ (۵ تیر ماه ۱۳۸۸) در نشست سالانه کمیته میراث جهانی یونسکو در شهر سویل اسپانیا با عنوان نظام آبی تاریخی شوشتر یا (Shushtar Water Structure) به صورت یک جا به عنوان دهمین اثر ایران در فهرست میراث جهانی یونسکو با شماره ۱۳۱۵ به ثبت رسیده است.



قسمت‌های مختلف سازه

بعضی قسمت‌های اصلی و ثبت‌شده‌ی این سازه‌ی عظیم عبارتند از:

بند میزان: شروع فرآیند تقسیم آب در سازه‌های آبی شوشتر از این بند صورت می‌گیرد. این بند که به صورت نیم‌دایره و از سنگ و ساروج ساخته شده، بر رود کارون قرار گرفته و وظیفه‌ی تقسیم آب بین رودهای گرگر و شطیط را به عهده دارد. بند میزان، حدود ۴۰۰ متر طول و ۵ متر ارتفاع دارد و هدف ساخت آن بالا آوردن سطح آب برای استفاده‌ی راحت‌تر از منابع آبی در کشاورزی بود.

اهمیت این بند به سبب ۱۰ دهانه‌ی عبور آب است که هرکدام از این دهانه‌ها مانند ریل، آب را به قسمت‌های مشخص شده هدایت می‌کنند. البته امروزه بخشی از دهانه‌های بند میزان توسط شاخ و برگ درختان مسدود و این عامل باعث افزایش فشار آب در دهانه‌های دیگر آن شده است. این اتفاق می‌تواند زمینه‌ای برای آسیب جدی و حتی تخریب این بند تاریخی با شهرت جهانی باشد.

رودخانه دست کند گرگر: شاخه‌ای مصنوعی از کارون که توسط بند میزان از رود کارون جدا می‌شود و به سمت شوشتر می‌رود.

مجموعه آبشارها و آسیاب‌های آبی

تونل‌هایی سه‌گانه آب را به مجموعه هدایت می‌کنند. آب به کانال‌های متعددی تقسیم می‌شود که پس از گرداندن چرخ آسیاب‌ها، به صورت آبشارهایی به محوطه‌ای حوضچه‌مانند سرازیر می‌شود.

بند ماهی بازان: به منظور بالا نگه داشتن سطح آب ساخته شده است. از دیواره‌هایی که برای بالا نگه داشتن سطح آب ساخته شد، تنها دو دیواره باقی مانده است. بند ماهی بازان که به آن بند خدا آفرین هم می‌گفتند، محل مناسبی برای صید ماهی‌های رود کارون بود.

نهر داریون: داریوش اول آن را برای آبیاری دشت‌های شوشتر ساخت.

بند شرابدار: در جنوب شوشتر روی شاخه‌ای از یک نهر، بین پل بند لشکر و پل بند ماهی‌بازان قرار دارد. این بند سنگی دو انحنا شرقی و غربی دارد و از مهم‌ترین بندهای سازه‌های آبی شوشتر برای آبیاری باغ‌های انگور به حساب می‌آمد.

بند خاک، پل بند لشکر، پل شاه علی، برج کلاه فرنگی، پل بند گرگر، بند برج عیار، قلعه سلاسل و پل بند شادروان و... بعضی دیگر از قسمت‌های این سازه هستند.

در دوره‌ی هخامنشی، کاخ آپادانا در نزدیکی زیگورات به عنوان مقر زمستانی شناخته شد و شوشتر اهمیت بیشتری یافت. سازه‌های آبی شهر شوشتر در همان زمان پایه‌ریزی شدند. هخامنشیان این سازه را برای بهره بردن بیشتر از آب جاری ساختند.

چهار شماره گذشت ...

PALAR

Specialized scientific yearbook

Scan to Download
Previous Volumes

آدرس: تهران، بزرگراه جلال آل احمد، پل نصر، دانشگاه تربیت مدرس،
دانشکده فنی و مهندسی، بلوک ۶، طبقه دوم، دفتر انجمن علمی -
دانشجویی عمران و محیط زیست

تلفن: ۸۲۸۸۴۹۱۴

دورنگار: ۸۲۸۸۴۹۱۵

شماره تماس: ۰۹۳۵۲۹۸۱۵۱۱

Email: civil.eng@modares.ac.ir

Website: civil.modares.ac.ir

کانال ارتباطی: @TMU_CivilEngineering

پالار
PALAR
سالنامه علمی تخصصی
انجمن علمی - دانشجویی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس
سال چهارم، شماره چهارم / فروردین ۹۹
Fourth year No.4 April 2020