هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

حمل و نقل دریایی، تایرهای فرسوده معادله‌ای بدون مجهول

سعید تقوایی[۱]، مریم رسولی[۲]

دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

taghvaei@rierco.net

چکیده:

استفاده سالانه حدود ۱۶میلیون حلقه لاستیک در ایران توجه به بازیافت این ماده را در کشور اجتناب‌ناپذیر می‌کند. روش‌های مختلفی برای به‌کارگیری مجدد تایرهای فرسوده در صنایع گوناگون وجود دارد. پتانسیل استفاده از تایرهای فرسوده در صنایع دریایی به دلیل فراوانی، ارزانی و قابل دسترس بودن آن و همچنین پایداری فیزیکی و شیمیایی اهمیت پیدا می‌کند. در این مقاله با توجه به پیشینه دانش، تجربیات و تحقیقات کشورهای مختلف در مورد استفاده از تایرهای فرسوده در محیط‌های دریایی به بررسی روش‌های مختلف استفاده از تایرهای فرسوده در بندر، ساحل و سازه‌های دریایی می‌پردازیم.

کلمات کلیدی: حمل و نقل دریایی- تایرهای فرسوده- بازیافت

مقدمه

پیشرفت‌های چند دهه اخیر بشر صورت این کره خاکی را به طور قابل ملاحظه‌ای دگرگون ساخته است. با توجه به محدود بودن منابع، اهمیت حفاظت از محیط زیست و کاهش هزینه‌های دفع ضایعات صنعتی این پسماندها در چند دهه اخیر مورد توجه محققین و صاحبان صنایع قرار گرفته است. از جمله این مواد میلیون‌ها حلقه لاستیکی است که هر ساله در سراسر جهان فرسوده می‌شود و باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد. در سطح جهانی میزان

---

۱. استادیار شیمی، مرکز تحقیقات صنایع لاستیک ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

ضایعات تایر سالانه درحدود ۱۲/۵ میلیون تن برآورد می‌شود. استفاده سالانه حدود ۱۶ میلیون حلقه لاستیک در ایران توجه به بازیافت این ماده را در کشور اجتناب‌ناپذیر می‌کند تاکنون مطالعات مختلفی درباره استفاده از تایرهای فرسوده در ساخت موج‌شکن‌ها، دیوارهای محافظ اسکله، فندرها و سدهای دریایی در کشورهای مختلفی مثل آمریکا، استرالیا و انگلیس انجام شده است. استفاده از تایرهای فرسوده در طرح‌های دریایی باعث رفع مشکلات ضایعات تایر و انباشتن غیرقانونی و خطرات همراه با آن برای محیط زیست می‌شود. تایرها در کاربردهای طولانی‌مدت خاصیت انعطاف‌پذیری و دوام بالا دارند. یکی دیگر از ویژگی‌های تایر، مقاومت و پایداری بالای آن در برابر مواد شیمیایی است. لذا در کاربردهای زهکشی جایگزین مناسبی به جای ماسه هستند. استفاده از تایر باعث کاهش دانسیته مواد پرکننده و کاهش فشار وارد بر سطح زمین می‌شود. با توجه به فراوانی و قابل دسترس‌بودن تایر استفاده از تایر به عنوان جایگزین ماده اصلی باعث کاهش استخراج آن ماده از محیط زیست می‌شود. ویژگی‌های فیزیکی تایر و مشتقات آن نشان می‌دهد که تایر می‌تواند جایگزین مناسبی به جای دیگر مصالح رایج باشد.

جدول (۱) ویژگی‌های فیزیکی تایر را که تأییدکننده این نوع کاربرد است را نشان می‌دهد [۱]

جدول (۱)- ویژگی‌های فیزیکی تایر [۱]

ویژگی فیزیکی	مقدار
چگالی توده	~ ۳۵۰-۵۰۰ kg/m^3
چگالی فشردگی	~ ۶۰۰-۹۹۰ kg/m^3
تراکم‌پذیری	۲-۵۰٪ ۲۱-۱۴۷ kN/m^3
هدایت هیدرولیکی	$۱*۱۰^{-۲}$-$۱*۱۰^{-۳}$ m/s
چگالی حجم آزاد	۳/۳-۴/۸ kN/m^3
ثابت کشسانی	۱-۲ Mpa
وزن مخصوص	۱/۱-۱/۲۷ t/m^3
هدایت گرمایی	۰/۱۵-۰/۲۳ w/m.k
میزان جذب آب	۲-۴٪

استفاده از لاستیک‌های فرسوده در پوشش‌های مقاوم در برابر فرسایش

فرسایش در اطراف سازه‌های ساحلی یکی از مسائل جدی در محیط دریایی است. پوشش‌های ضدفرسایش که از جنس تایر ساخته می‌شوند، معمولا از جنس تایرهای کاملی هستند که محیط خارجی تایرها در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و با طناب‌های مخصوص به یکدیگر متصل می‌شوند. در جهان بیش از ۱۲۸۷۲۰ کیلومتر خط لوله نفت و گاز در طول سواحل دریایی وجود دارد. خرابی لوله‌های نفت و گاز باعث مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود به همین علت محافظت از لوله‌های نفت و گاز در اولویت قرار دارد. سیستم Sorrell به صورت پوشش محافظ از جنس تایر در زیر لوله‌های نفت قرار می‌گیرد و باعث جلوگیری از فرسایش لوله‌ها می‌شود. استفاده از این سیستم باعث کاهش زمان نصب و هزینه می‌شود. طبیعت توخالی تایرها تکیه‌گاه خوبی برای لوله‌هاست رانش و نیروی رو به بالای آن را می‌توان توسط پرکردن تایرها با شن جبران کرد [۲] شکل (۱) طرح ساده‌ای از سیستم Sorrell را نشان می‌دهد. روش دیگری برای ایجاد پوشش‌های بافته شده توسط تایرهای ضایعاتی وجود دارد. در این روش دیواره‌های جانبی تایر حذف می‌شوند بدون اینکه بافت لایه فلزی تایر برداشته شود. سپس حلقه‌های تایر در یکدیگر بافته می‌شوند. این پوشش‌های چندمنظوره برای جلوگیری از تخریب بدنه کشتی‌ها در هنگام بارگیری در لنگرگاه و به عنوان ساختار محافظ ساحل و ضربه‌گیر برای محافظت از دیوارهای اسکله و ساختار منحرف‌کننده جریان‌های جزر و مدی در بندرگاه‌ها و همچنین به عنوان حفاظ برای کابل و لوله‌های نفت و گاز کاربرد دارند شکل (۲) صورت‌های مختلف سیستم‌های ضربه‌گیر بافته شده از لایه‌های تایر را نشان می‌دهد.

موج‌شکن‌های شناور

موج‌شکن‌های شناور، تایرهای به هم پیوسته‌ای هستند که بر روی سطح آب شناور هستند. خاصیت ارتجاعی و کشسانی تایرها اثر تلاطم امواج را کاهش می‌دهد. روش‌های متعددی برای اتصال تایرها به یکدیگر همچون استفاده از سیم‌های فلزی، زنجیرهای فلزی و تسمه وجود دارد، ولی بهترین روش اتصال تایرها به یکدیگر به وسیله بست‌های نایلونی به شکل حلقه است که بهترین قدرت کشش و ارتجاعیت در محیط دریایی را دارند این موج‌شکن‌ها در محدوده‌ای با وسعت ده کیلومتر در محیط بسته دریایی در حدود ۱۰ سال دوام دارند. یکی از مشکلات موجود در موج‌شکن‌های شناور، کاهش تدریجی قدرت شناوری است که برای جلوگیری از آن می‌توان از

فوم‌های پلی‌یورتان در داخل تایرها استفاده کرد. شکل (۳) یکی از مدل‌های ساده موج‌شکن‌های شناور با استفاده از تایرهای فرسوده را نشان می‌دهد. [۳]

ضربه‌گیرهای لاستیکی

حلقه‌های تایر به عنوان ضربه‌گیرهای مهارکننده، در کشتی‌های حمل و نقل و سکوهای شناور و اسکله‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند. لاستیک‌های چندلایه به دلیل دوام بالا، مقاومت در برابر انحراف و خمیدگی و همچنین حفظ انرژی و سختی و پایداری، ضربه‌گیرهای بسیار مؤثری می‌توانند باشند معمولا این تایرها به وسیله تسمه به صورت تک‌تک یا به وسیله زنجیر بر روی لبه بالایی حفاظ اطراف عرشه کشتی‌ها و یا در کنار اسکله برای مهارکردن امواج و انرژی و جلوگیری از خرابی کشتی به کار می‌روند. [۴]

سیستم ضربه‌گیر RTT (Reykjavik Truck Tire) در ایسلند برای کشتی‌های باربری و کشتی‌های کانتینری با طول حدود ۱۷۰ متر و ظرفیت بارگیری حدود ۷۰۰۰ تن مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر ضربه‌گیر شامل ۶ تایر است که به وسیله ۴ میله فلزی در داخل یک ستون بر روی هم قرار گرفته‌اند. این ضربه‌گیرها به صورت افقی در سطح اسکله معلق هستند [۵] شکل (۴) تصاویری از این ضربه‌گیرها را در کشتی‌ها و اسکله‌ها نشان می‌دهد.

استفاده از تایرهای فرسوده به عنوان سد کوتاه در رودخانه

حلقه‌های تایر در بستر رودخانه برای جلوگیری از فرسایش کنار رود و پایین‌دست رودخانه و همچنین کنترل جریان آب کاربرد دارند. این تایرها به صورت سه قوس در کنار یکدیگر در بستر رودخانه قرار می‌گیرند و ردیف بعدی تایر لایه‌های پایین را هم‌پوشانی می‌کند شکل (۵) آرایش تایرهای فرسوده به منظور استفاده در سدی کوتاه را نشان می‌دهد. در این طرح از بتون برای محکم کردن و پرکردن فضای خالی بین تایرها استفاده می‌شود. این تجربه در سال ۱۹۸۷ در رودخانه Lee در Luton انگلستان اجرا شده است مدت دوام این طرح در حدود ۱۵ سال بوده است. [۶]

استفاده از تایر در ساخت دیوارهای محافظ در بنادر

از تایرها می‌توان در ساخت دیوارهای محافظ در بنادر و پایداری شیب سد استفاده کرد. دیوارهای حفاظتی به وسیله تایرهای به هم متصل ایجاد می‌شوند. در این روش برای کاهش نیروی وارده به دیواره، تایرها به هم متصل می‌شوند. طی پروژه‌ای که در دانشگاه ریودوژانیرو برزیل انجام شده، تایرها بدون اینکه دیوار جانبی آنها برداشته شود، به یکدیگر متصل شده‌اند برای ساخت دیواری با ارتفاع ۴ متر و طول ۶۰ متر از حدود ۱۵۰۰۰ تایر کامیونی استفاده شد. تایرها در لایه‌های افقی به صورت متوالی روی هم قرار می‌گیرند و به وسیله طناب پلی‌پروپیلن و سیم‌های مسی که روکش پلاستیک دارند به یکدیگر متصل می‌شوند در این پروژه بعداز پرکردن فضای خالی بین تایرها از سنگ، برای افزایش پایداری سطوح روی تایرها توسط خاک پوشش داده می‌شود. شکل (۶) کاربرد تایرهای فرسوده به عنوان دیوارهای محافظ را نشان می‌دهد. قطعات خرد شده تایرهای فرسوده در پایداری دیوارهای محافظ کاربرد دارند. دانسیته تراکم برای خرده‌های تایر حدود نصف تا یک سوم خاک معمولی است، و این ویژگی باعث کاربرد آن در پایداری دیوارهای استحکامی و سطوح متحرک زمین می شود. خرده‌های تایر به خاطر وزن سبکی که دارند می‌توانند به عنوان پرکننده جایگزین مصالح دیگر همچون خاک رس، بتون، پودر خاکستر، ابر عایق‌بندی از جنس پلی‌استایرن باشند. [۷] از امتیازات خرده‌های تایر به عنوان پرکننده دیوارهای محافظ می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش پایداری به دلیل کاهش دانسیته
- اصلاح در قدرت تحمل‌وزن و کاهش تغییر شکل وقتی که با مقدار کم خاک رس خمیری مخلوط شوند.
- اصلاح در زاویه اصطکاک
- پایداری گرمایی آن در حدود هفت تا هشت برابر بیشتر از خاک گرانولی است و این باعث می‌شود که خرده‌های تایر به عنوان لایه عایق برای محافظت در برابر یخزدگی کاربرد داشته باشند [۸] .

جدول ۲، ویژگی فیزیکی قطعات خردشده تایرهای فرسوده را نشان می‌دهد. [۹]

جدول (۲)- ویژگی‌های فیزیکی قطعات خردشده تایرهای فرسوده [۹]

ویژگی	مقدار
دانسیته تراکم	دانسیته تراکم آن در حدود N/m^3 ۴/۸-۲/۳ است در مقایسه با خاک که N/m^3 ۱۹-۱۵/۶ است
تراکم‌پذیری	سه برابر خاک
دانسیته	به نسبت نصف تا یک سوم دانسیته کمتری نسبت به پرکننده شن دارد
دوام	غیرقابل تجزیه
فشار وارد بر زمین	۵۰٪ کمتر از خاک یا ماسه
خاصیت اصطکاک	خاصیت اصطکاک بیشتری نسبت به خاک دارد
نفوذپذیری	بیشتر از ۱۰ cm/s
وزن مخصوص	درحدود ۱/۲۷-۱/۱۴± در مقایسه با خاک که در حدود ۲/۸-۲/۲ است.
عایق حرارتی	۸ برابر مؤثرتر از پرکننده شن و ماسه
وزن واحد	نصف وزن واحد پرکننده شن و ماسه
فشار عمودی	بسیار کمتر از وزن پرکننده شن و ماسه

استفاده از بسته‌های تایر در ساخت دیوارهای محافظ و موج‌شکن

از دیگر روش‌های استفاده از تایرهای فرسوده استفاده از تایرهای بسته‌بندی شده به عنوان ماده اولیه در ساخت دیوارهای محافظ و موج‌شکن در محیط دریایی است. اندازه بسته‌های تایر در این کاربرد در حدود ۱۰۰ یا تعداد بیشتری تایر است، که این تایرها در محفظه دستگاه پرس قرار می‌گیرند و بعد از آن توسط دستگاه فشار هیدرولیکی به مدت ده تا بیست ثانیه با فشار ۶۵ تن با ابعاد مستطیل شکل ۰/۳۵m * ۱/۵ m* ۰/۷۵m پرس می‌شوند وزن این بسته‌ها در حدود ۱ تن است. این بسته‌ها توسط نوارهایی از جنس فولاد ضدزنگ با قدرت کشش‌پذیری زیاد بسته‌بندی و محکم می‌شوند. شکل ۷ بسته تایر برای ساخت دیوارهای لاستیکی را نشان می‌دهد بسته‌های تایر از لحاظ ساختاری بسیار پایدار و تحت فشار و کشش به مقدار کم تغییر شکل می‌دهند بسته‌های تایر در طول ۱۸ ماه استقرار حدود ۰/۴٪ کشش و فرسودگی را نشان می‌دهند [۱۰]

بسته‌های فشرده تایر را نیز می‌توان با پوشش دادن آن توسط پلاستیک و یا بستن با سیم به عنوان ماده پرکننده در قالب‌های بتون برای تهیه بتون‌های با وزن سبک‌تر به کاربرد از این بلوک‌های بتنی می‌توان در ساخت سرسره‌ها مورد استفاده در صنعت کشتی‌سازی برای به آب انداختن کشتی و پل‌های مورد استفاده در گردشگاه‌های ساحلی استفاده کرد.

شکل ۸ نمونه‌ای از یک دیوار لاستیکی ساخته شده از بسته‌های تایر را نشان می‌دهد [۱۱]

جمع‌بندی

با توجه به وجود ۹ کارخانه تایرسازی در ایران با تولید بالغ بر ۲۳۰ هزارتن در سال و جمع روزافزون واردات تایر، مسلما تجمع قابل ملاحظه‌ای از تایرهای فرسوده در کشور صورت می‌پذیرد. عدم رشد صنایع بازیافت تایر در ایران می‌تواند ضرورت به کارگیری تایرهای فرسوده را در کاربردهای ساده و قابل حصولی چون ضربه‌گیرها، دیوارهای لاستیکی، سدهای کوتاه و ... نشان دهد. وجود حمل و نقل دریایی وسیع، و بنادر و کشتی‌های متعدد در کشور می‌توانند حداقل ۵۰٪ تایرهای فرسوده را به خود اختصاص دهند انتظار می‌رود با برنامه‌ریزی صحیح سازمان بازیافت و سازمان بنادر و کشتیرانی می‌توان مواهب مشترکی را در این دو سازمان ایجاد و نه تنها سهولت در فعالیت حمل و نقل دریایی ایجاد نموده، از اثرات سوء تجمع تایرهای فرسوده در محیط زیست نیز جلوگیری کرد.

مراجع:

1. Hird, A.B, "*Tyre waste resource management: A mass Balance Approach"* A mass balance approach viridis Report VR, 2002.

2. Garnsey, J and Leacock, M, "*The prevention of scour at marine pipelines using a type system" ,* MSC civil Eng research university of Bristol, 1998.

3. Motyka, J.M and Welsby, J, "*A review of novel shore protection methods",* Report IT 249-Use of scrap tyres HR walling ford, 1983.

4. Masters, N et al, "*Sustainable use of new and recycled materials in Coastal and Fluvial Construction",* A guidance manual Thomas Tel ford publishing, 2001.

5. Collins, J. et al "*Scrap tyres for marine construction"* Environment impact Recycling and Reuse of used tyres symposium, 2001.

6.Clarke, k, "*The sustainability of reclaimed tyres for use in fluvial and marine construction",* Projects MSC thesis university of Hert ford shire, 2000.

7.Humphrey, D.N et al, "*Shear strength and compressibility of tyre chips for use as retaining wall back fill",* Transportation research record 1422, pp 29-35, 1993.

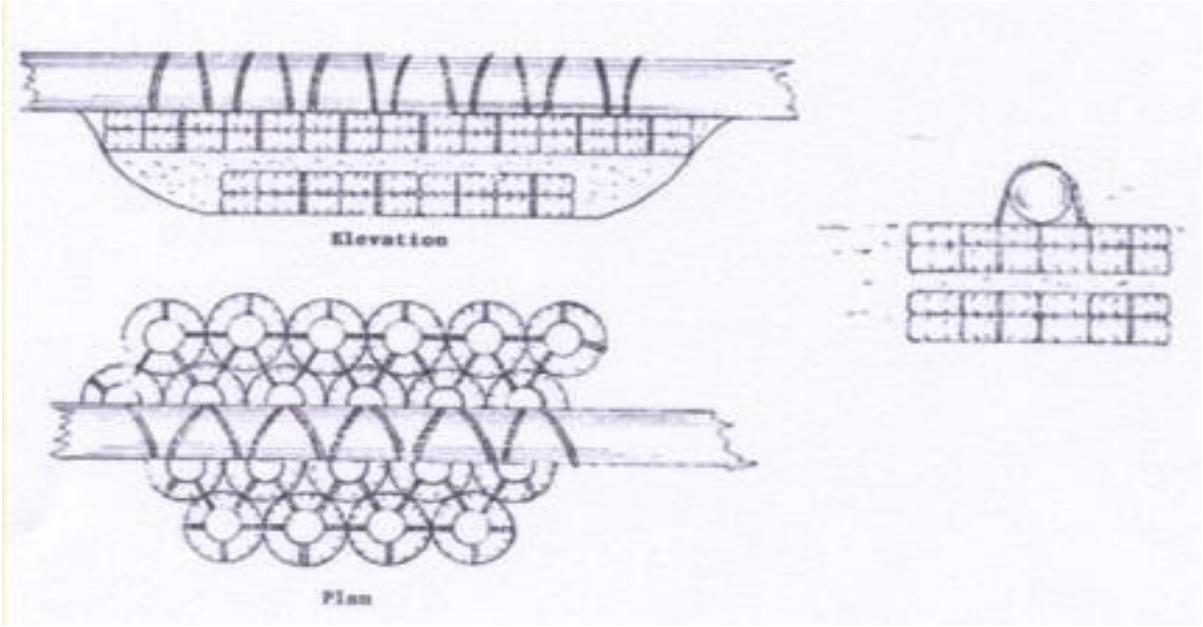
8.Cecich, V, Gonzales et al, "*Use of shredded tyres as light weight backfill material for restraining structures",* waste Management and Research, Vol 14, 433-451, 1996.

9. "*Committee European de Normalisation" ,* CEN Work shop Agreement, Material and Applications Brussels, 2002.

10. "*British standard 6349 part 1 Martine structure":* General Criteria British Standard Institution London, 2000.

11.Hylands, K, N and Shulman, "*Civil engineering applications of tyres"* viridis Report VRS TRL limited, 2004.

اشکال

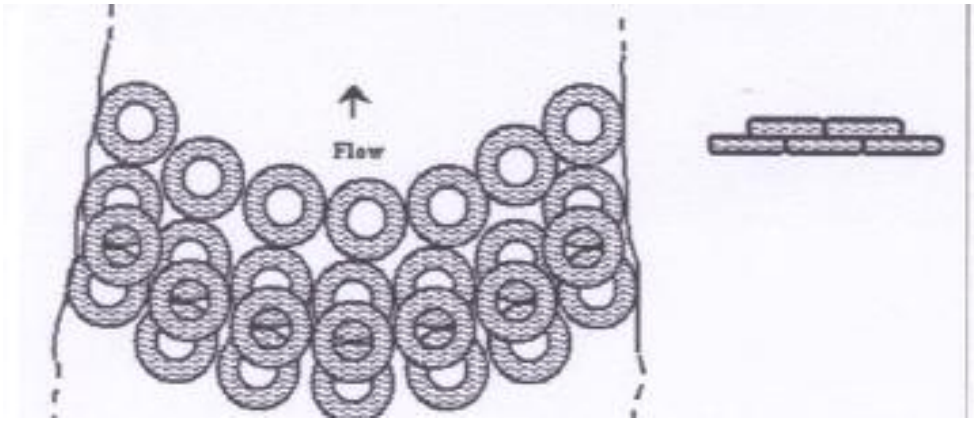


شکل(۱)طرح ساده ای از پوشش های مقاوم لاستیکی در برابرفرسایش خطوط لوله نفت

شکل(۲)صورتهای مختلف سیستم های ضربه گیربافته شده از لایه های تایر

شکل(۳)مدل ساده موج شکن شناوربا استفاده از تایرهای فرسوده

شکل(۴)موارد استفاده از ضربه گیرها در کشتی واسکله



شکل(۵)آرایش تایرهای فرسوده به منظور استفاده در سدهای کوتاه

شکل(۶)کاربرد تایرهای فرسوده به عنوان دیوارهای محافظ دریایی

شکل(۷)بسته تایر برای ساخت دیوار لاستیکی

شکل(۸)نمونه ای از یک دیوار لاستیکی ساخته شده از بسته های تایر