مجله علمی – پژوهشی
«عمران مدرس»
دوره دهم، شماره2، تابستان

معرفی روسازی نوین "دال خط کوهاندار" برای حل مشکل راه آهن مناطق کویری

جبارعلی ذاکری[1]، مرتضی اسماعیلی[2]، مسعود فتحعلی[3]

1- استادیار دانشکده مهندسی راه آهن؛ دانشگاه علم و صنعت ایران
2 - استادیار دانشکده مهندسی راه آهن؛ دانشگاه علم و صنعت ایران
3- کارشناس ارشد مهندسی خطوط راه آهن؛ دانشگاه علم و صنعت ایران

Zakeri@iust.ac.ir
(دریافت مقاله: آذر 1387، پذیرش مقاله: اردیبهشت 1389)

چکیده- حرکت ماسه‌های روان در مناطق کویری از جنبه‌های مختلف به‌ویژه صلب شدن لایهٔ بالاست روسازی و مسدود شدن خط ریلی، باعث کاهش ایمنی حرکت، کاهش سرعت و در نتیجه افزایش تأخیر قطارها و نیز افزایش هزینهٔ نگهداری و بهسازی خط می‌شود. برای مقابله با حرکت ماسه های روان از درون خطوط ریلی روشهای مختلفی ارائه شده که هر یک به شکلی به حل مشکلات کمک می‌کند؛ اما هیچ‌یک از روشهای موجود به‌طور کامل به حل مشکل نپرداخته است. در این مقاله، به معرفی روسازی جدیدی با نام "دال خط کوهاندار"می‌پردازیم که ضمن حذف لایه بالاست در روسازی به‌کمک خطوط بدون بالاست، مشکل صلبیت لایه بالاست بر اثر حرکت ماسه‌های روان از خط را نیز حل می‌کند در این سیستم همچنین با ارتفاع‌دهی مناسب به ریلها توسط زائده-های بتن آرمه موسوم به کوهان و ایجاد فضای عبور در هندسه روسازی، امکان عبور آزاد ماسه از خط فراهم شده است. برای نشان دادن کارایی سیستم دال خط پیشنهادی در عبور ماسه، شبیه‌سازی حرکت ماسه‌های روان از مقطع خط با بهره‌گیری از تحلیل سیستم‌های دو فازی و به‌کارگیری نرم افزار اجزای محدود انجام شده است.

واژگان کلیدی: ماسه روان، دال خط کوهاندار، صلبیت بالاست، مسدودشدن، تحلیل دوفازی

۱- مقدمه

برای تکمیل و بهبود شبکه‌های خطوط ریلی، عبور ریل از مناطق بیابانی اجتناب‌ناپذیر است. از سوی دیگر هزینه‌های بالای تعمیر و نگهداری خط و ناوگان و زیانهای ناشی از مسدودشدن و در نتیجه تاخیر در بهره‌برداری از حرکت قطارها به اثر حرکت ماسه‌های روان، خسارات هنگفتی را

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

ایجاد کرده است.این ضرورت توجه به شناخت مشکلات خطوط آهن در مناطق کویری و ارائه راهکارهای مناسب را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

کشورهایی مانند چین، آمریکا و هندوستان نیز درگیر مشکلات ماسه‌های روان در مناطق بیابانی هستند. در این کشورها تجربیات گسترده‌ای به لحاظ شناخت شرایط حاکم بر مناطق کویری و رفتار ماسه‌های روان و نیز راه-کارهای رویارویی با تأثیرات منفی مناطق بیابانی بر خط آهن به‌دست آمده است. تعدادی از تحقیقات در این زمینه عبارتند از: بررسی تأثیر بادشکن‌های طبیعی در کنترل بیابان در ایالت داآشین[1] [1]، فرسایش بادی و تثبیت ماسه-های روان در نین شیا[2] [2] و بررسی تأثیر پوشش گیاهی و روشهای زیست‌محیطی بر فرسایش ناشی از ماسه و باد در تونل باد آزمایشگاه انجمن علمی و تحقیقات مهندسی دانشگاه چین در مناطق ماسه‌ای شاپوتو[3] در قسمت جنوبی بیابان تنگر[4] واقع در شمال چین [3]. از میان سایر کارهای انجام شده می‌توان به تجربیات گسترده کانال ایندیرا گاندی، روشهای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای متحرک و نیز تحقیقات بخش جنگلداری ایالت راجستان با احداث کمربند حفاظتی جاده ها و راه آهن در هند اشاره کرد [4]. سازمان حفاظت منابع طبیعی امریکا (NRPA) نیز برای حفاظت از تپه‌های ماسه‌ای و ایجاد و نگهداری پوشش گیاهی، روشها و معیارهای مختلفی را ارائه کرده است [5]. روشهایی که تاکنون در ایران و در سطح بین‌المللی به‌کارگرفته شده، در دو طبقه اصلی سنتی و نوین تقسیم می‌شوند که از میان روشهای سنتی می‌توان به مالچ‌پاشی, نهال‌کاری و حفر خندق و از میان روشهای نوین به تثبیت بیولوژیک و استفاده از تراورسهای کوهان‌دار اشاره کرد.

1. Daxing
2. Ningxia
3. Shapotou
4. Tengger Desert

لیکن در میان همه روشهای عنوان شده، هیچ روشی به-طور کامل و از دیدگاه روسازی خط ریلی، به حل مشکلات موجود به‌ویژه صلبیت لایه بالاست و مسدودشدن خط نپرداخته است. در این تحقیق نخست وضعیت راه آهن ایران در مناطق کویری با توجه به اسناد موجود و بازدیدهای انجام شده مطالعه شده است. همچنین با طبقه‌بندی مشکلات موجود، راهکارهای بکار گرفته شده نیز مطرح شده است. در ادامه با توجه به لزوم حذف بالاست در مناطق بیابانی، سیستم روسازی دال خط کوهان‌دار پیشنهاد شده است. با توجه به خصوصیات هندسی دال خط مورد نظر در ایجاد امکان عبور برای ماسه روان، با انجام مدل‌سازی عددی بانرم‌افزار فلوئنت، کارایی سیستم پیشنهادی در این زمینه بررسی و تأیید شده است.

۲- راه آهن ایران در مناطق کویری

بر پایه‌اطلاعات موجود، 35/2 درصد (573884 کیلومتر مربع) از مجموع 1629807 کیلومتر مربع پهنه خشکیهای کشور، متأثر از زیست اقلیم فرا خشک است. گسترده‌ترین بادرفت‌های ماسه‌ای را می‌توان در دشت شرقی لوت دید که گستره‌ای بیش از 15000 کیلومتر مربع را می‌پوشاند و به آن دریای ریگ گفته می‌شود. مشکل اصلی در این گستره، حرکت ماسه‌ها به صورت روان و در نتیجه فرسایش شدید و تخریب خاک و نیز سازه‌های واقع شده در محل حرکت و عبور ماسه‌ها است [6]. طول خطوط راه آهن ماسه‌گیر کشور در حدود 428/5 کیلومتر (نزدیک به 5 درصد از کل خطوط ریلی ایران) است و حرکت ماسه‌های روان تهدید بزرگی برای بهره‌برداری از آن محسوب می‌شود. عبور خط راه آهن از حوزه‌های برداشت و رسوب‌گذاری ماسه، جزو حالتهای بحرانی محسوب شده و خط ریلی همواره در تهدید تجمع ماسه

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

قرار دارند. ازاین‌رو توصیه می‌شود تا حد ممکن از ساخت راه‌آهن در این مناطق اجتناب شود. همچنین عبور خط آهن از دالان حرکتی ماسه‌های روان بین حوزه‌های برداشت و رسوب‌گذاری، دشوار است. جدول (1) مناطق ماسه‌گیر خطوط ریلی ایران را نشان می‌دهد [7].

جدول (1) مناطق ماسه‌گیر خطوط ریلی ایران

ردیف	نام ناحیه	طول منطقه ماسه‌گیر (کیلومتر)
1	جنوب‌شرق	223/5
2	خراسان	38
3	جنوب	11
4	هرمزگان	29
5	شمال‌شرق	17
6	شرق	85
7	تهران	5
8	اصفهان	20
	مجموع 428/5 کیلومتر	

محور راه آهن بافق- مشهد که نقش به‌سزایی در جذب بارهای ترانزیت و توسعه اقتصادی ایفا می‌کند، در بخشی از کویر مرکزی ایران واقع شده است. این مسیر بحرانی‌ترین وضعیت را در میان خطوط راه‌آهن از نظر ماسه‌های روان داشته و حرکت قطارها را با مشکل روبرو کرده است. در این محور، فاصلهٔ ایستگاههای تل‌حمید (کیلومتر 504+573) و منتظر قائم (کیلومتر294+558) به طول حدود 15 کیلومتر بسیار بحرانی است، به‌گونه‌ای که امکان تعویض سوزن از میان رفته و قطارها به‌ناچار چند بار توقف کرده و پس از پاک شدن دستی مسیر، به راه خود ادامه می‌دهند [8].

یکی دیگر از محورهای در حال ساخت، راه آهن بم- زاهدان است. این محور در محدوده شوره گز، به‌ویژه در فاصلهٔ کیلومتر 700+311 تا 200+323 به علت عبور از نواحی ماسه‌خیز با مشکل جدی روبرو است، به‌طوری‌که پیش از مرحلهٔ نهایی امکان بهره‌برداری از آن به زیر سوال رفته و به‌علت پوشش یافتن خط توسط ماسه‌های روان، مشکلاتی اساسی برای آن به‌وجود آمده است [8]. یکی از ایستگاه‌های واقع شده در این محور، ایستگاه شوره‌گز است که در کیلومتر 700+311 قرار دارد. این ایستگاه سه خط در محوطه دارد که به‌طور کامل توسط شنهای روان پوشیده شده است. تصویر (1) شرایط بسیار بحرانی حاکم براین ایستگاه را نشان می‌دهد.



شکل (1) شرایط بحرانی و مسدودشدن خطوط در ایستگاه شوره‌گز در محور بم – زاهدان

۳- مشکلات خط آهن در مناطق کویری

خواص آب و هوایی و توپوگرافی بیابانهای ماسه‌ای، اساساً ساخت و استفاده از راه‌آهن را با مشکل روبه‌رو می‌سازد. در واقع خود توپوگرافی، متأثر از حرکت پیوسته ماسه‌ها بر اثر باد است و لذا در مرحله ساخت و نیز در دوران بهره‌برداری، مشکلات مختلف گریبان‌گیر بخش نگهداری و تعمیر خطوط و واگنها و لوکوموتیوهایی است که از مسیرهای ماسه‌های بیابانی می‌گذرند. ترکیبی از باد و ماسه، همراه با اندکی رطوبت هوا عامل ایجاد چنین مشکلاتی هستند. در ادامه مهمترین مشکلات سازه خط آهن (زیرسازی و روسازی) مرور شده است؛ این در

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

حالیست که مشکلات ویژه‌ای نیز در سایر بخشها به‌ویـژه در ناوگان و بهره‌برداری بر اثـر حرکـت ماسـه‌هـای روان ایجاد می‌شود. [9].

3-1- اثرهای مخرب ماسه بر روسازی

وجود ماسه و ریگ، بیش از هر چیز، تهدید بزرگی بـرای روسازی خط محسوب می‌شود. نمونه‌هایی از این خرابیها عبارتنـد از شکـسته شـدن و تخریـب تراورسـهای بتنـی، فرسودگی زودرس تراورسهای فلزی و پوسـیدگی سـریع تراورسـهای چـوبی، فرسـودگی زودرس ادوات اتـصال، فرسـودگی زودرس ریلهـا (خـوردگی و زنـگ‌زدگـی)، لهیدگی و مواج شدن سطح فوقانی ریل (پریدگی لبه‌هـای ایجاد شده ناشی از لهیدگی کلاهک ریل)، کاهش عـرض خط ناشی از لهیده شدن کلاهک ریل و از بین رفتن شیب 1/20 نشیمنگاه ریل، از بین رفتن خاصیت فنری روسـازی خط و ایجاد صلبیت ناشی از اشباع شدن فضای خالی بین دانه‌های بالاست با ماسه، مدفون شـدن روسـازی خـط در ماسه، اخـتلال در عملکـرد سـوزن بـر اثـر تجمـع ماسـه، کمانش ریل و جابه‌جایی خط. در این میان مسدودی خط (شکل 1) و صلبیت مصالح بالاست (شـکل 2)، مهمتـرین معضلات روسازی محسوب می‌شوند.



شکل 2 صلبیت لایه بالاست در محور اهواز- بندر امام

3-2- اثرهای مخرب ماسه بر زیرسازی

وجود ماسه و ریگ تهدید بزرگـی بـرای زیرسـازی خـط محسوب می‌شود. مهمترین این خرابیها عبارتند از: به هـم خوردن مرزبندی زیرسازی با محیط و خرابی تدریجی آن، مسدود شدن دهانه پل و آب‌روها و آبشستگی آنها، انتقال ضربه به ابنیه فنی خـط و تخریـب آنهـا بـر اثـر صـلبیت روسازی و فرسایش بستر خط. نمونه‌هایی از این خرابـی ها درشکلهای (3) و (4) نشان داده شده است.



شکل (3) تخریب پل و مسدود شدن دهانه (صلبیت روسازی)



شکل 4 کاهش مقاومت بستر و نفوذ پا در شانه زیرسازی

٤- راهکارهای اساسی کاهش مشکلات راه آهن در مناطق کویری

به‌طور کلی راه کارهای مقابلـه بـا مـشکلات راه آهـن در مناطق کویری به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند [10]:

4-1- روش تثبیت بوم‌زیستی (بیولوژیکی)

یکی از روشهای کنترل فرسایش بادی، ایجاد پوشش گیـاهی در سطح خاک است. شـرط اصـلی موفقیـت ایـن روش، انتخـاب

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

گیاهی مقاوم به محیط است تا به سرعت با محیط سازگار شوند. کاشت گونه‌هایی که در شرایط اقلیمی سخت مقاوم بوده و در محیطهای شور به خوبی رشد کند، علاوه بر اینکه از شوری خاک می‌کاهد، باعث ایجاد محیطی مناسب برای رشد سایر گیاهان می‌شود. روشهای مؤثر برای این منظور عبارتند از: ایجاد حصار بوم‌زیستی و پوشش گیاهی دو طرف خط، بذر پاشی، نهال‌کاری (نهال و قلمه)؛ قرق کردن و اجرای پوسته زیستی[1].

4-2- روش تثبیت فیزیکی و مکانیکی

یکی دیگر از راهکارهای مقابله با ماسه‌های روان، تثبیت فیزیکی و مکانیکی به روشهای مختلف است. از میان مهمترین این روشها می‌توان به ساخت خندق و خاکریز، ساخت خندق - خاکریز - خندق، ایجاد پوششهای قلوه‌سنگی، شن رسی یا نخاله‌ای برای پایداری، تثبیت و فشرده‌سازی ماسه اشاره کرد.

4-3- روش تثبیت شیمیایی

راهکار دیگر تثبیت ماسه، استفاده از روشهای شیمیایی است که با مالچ پاشی انجام می‌شود. مالچ‌پاشی یکی از روشهای موقتی برای کنترل فرسایش خاک و تثبیت ماسه‌های روان است. مالچ به‌عنوان نوعی پوشش نقش حفاظت خاکهای سطحی را بر عهده دارد و ممکن است از جنس علف خشک، تراشه‌های چوب، حصیر و کنف، پلاستیک (مانند لایه‌های ژئوسینتتیک)، کاغذ، کتان، قلوه سنگ، مواد آلی، مواد نفتی و خاکهای چسبنده انتخاب شود.

4-4- روشهای نوین

روشهای نوین اساسا کاری برای تثبیت ماسه انجام نمی‌دهند؛ بلکه تنها باعث کاهش یا حذف مشکلات خط‌می‌شوند. از مهمترین این راهکارها اجرای دال خط و نیز بهره‌گیری از تراورس‌های کوهان‌دار است.

همان‌طور که گفته شد ماسه‌روان با پر کردن خلل و فرج بالاست، باعث کاهش عملکرد ارتجاعی خط شده و صلبیت آن را افزایش می‌دهد در نتیجه ضربه‌های ناشی از عبور قطار، علاوه بر مستهلک کردن زیرسازی و روسازی راه‌آهن، به بخشهای مشکل کننده ممکن شده و سبب کوتاه شدن عمر و در نتیجه افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری آنها می‌شوند. از این رو یکی از گزینه‌های پیشنهادی برای حل مشکل ماسه‌های روان، تبدیل خطوط بالاستی به دال‌خط است. مشکل اصلی دیگر، تجمع ماسه در داخل خط و بین تراورسها است. دلیل اصلی جمع شدن ماسه، نبود فضای مناسب برای عبور ماسه و محبوس شدن آن در بین تراورسها است. تراورس کوهاندار دارای دو نشیمنگاه ریل با ارتفاعی بالاتر بوده و باعث قرارگیری ریل در ارتفاع 15 تا 20 سانتیمتر بالاتر از سطح تراورس و ایجاد فضای خالی بین تراورس و ریل میشود؛ به بیان دیگر با توجه به اختلاف تراز ریل و تراورس کوهان‌دار، ریل در سطح بالاتری قرار گرفته و عبور ماسه های روان از فضای زیر آن مانند سیال امکان-پذیر می‌شود [11] (شکل 5).



شکل (5) تراورس کوهان‌دار

1 . Biological Soil Crust

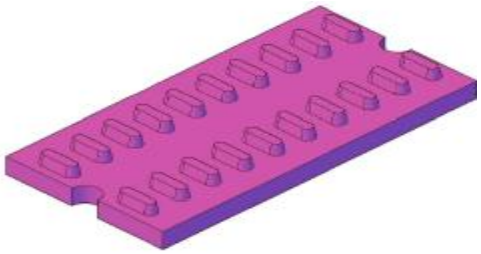
[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

۵- پیشنهاد روسازی دال کوهان‌دار برای حل مشکل مناطق کویری

پس از بررسی روشهای به‌کار رفته برای کاهش مشکلات مناطق کویری – به‌ویژه دو مشکل اساسی صلبیت بالاست و مسدود شدن خط – در اینجا برای اولین بار سیستم ترکیبی از خطوط بدون بالاست و تراورسهای کوهان‌دار با نام دال خط کوهان‌دار معرفی می‌شود [12]. در ادامه ضمن معرفی بیشتر این روش روسازی، روند ارزیابی رفتار آن در عبور ماسه روان، به کمک روشی عددی با بکارگیری نرم‌افزار فلوئنت, تشریح می شود.

5-1- معرفی روسازی دال کوهان‌دار

دال کوهان‌دار سیستم روسازی ویژه‌ای است که از ترکیب ویژگیهای روسازی‌های بدون بالاست و نیز تراورسهای کوهان‌دار به‌عنوان روشی برای عبور ماسه های روان از درون مقطع خط، برای حل مشکل اساسی ریل در مناطق کویری ارائه شده است. در این روش با ارتفاع‌دهی لازم به ریل و ایجاد فضای خالی در زیر آن، کانال‌هایی برای حرکت ماسه از روی دال و زیر ریل فراهم می‌شود. شکل (6) طرح سه‌بعدی این روسازی را نمایش می‌دهد. برای جبران الاستیسیته در این روسازی از روشهای رایج موجود در سیستمهای بدون بالاست معمولی نظیر بهره گیری از لایه های مختلف ارتجاعی در زیر دال (فرش لاستیکی) بهره گرفته می شود. همچنین مشخصات سایر مصالح روسازی نظیر پابند و ریل با توجه به شرایط بهره برداری و پارامترهای طراحی خطوط بین شهری کشور تفاوتی نخواهند داشت.



شکل (6) نمای شماتیک سه بعدی دال کوهاندار

لازم به ذکر است که سطح مقطع بالای کوهان با توجه به طرح ارائه شده و کنترلهای سازه ای مربوطه بیشتر از سطح پایینی پاشنه ریل می باشد. همچنین در این سیستم مشابه تراورسهای بتنی، نشیمنگاه مناسب ریل در سطح کوهان قابل دستیابی بوده که به قرارگیری صحیح ریل و اعمال شیب مناسب 1:40 می انجامد. استفاده از زینچه نیز در شرایط خاص نظیر بهره گیری از پابندهای ارتجاعی ویژه در این سیستم امکان پذیر است. ابعاد کوهان نیز به صورت مخروط ناقص بوده که بصورت بهینه بتواند جریان ماسه رسیده به مقطع روسازی را از خود عبور دهد. در مورد بلندی کوهان، با توجه به ارتفاع اجرایی ممکن برمبنای طرح سازه ای، مقطع مربوطه نتیجه شده که بر مبنای آن شدت بحرانی دبی های قابل عبور از مقطع قابل بررسی خواهد بود.

5-2- معادلات حاکم بر جریانهای دوفاز

بسیاری از جریان‌های موجود در طبیعت و در صنایع، ترکیبی از فازهای مختلف است. در جریان‌های چند فازی، فاز دسته‌ای خاص از مواد گفته می‌شود که نوعی برهم‌کنش غیر فعال یا فعال با میدان‌های جریان پیرامون دارد. به‌عنوان مثال هر کدام از ذرات متفاوت جامد با ابعاد متفاوت ممکن است مشابه یک فاز متفاوت عمل کنند؛ زیرا پاسخ یکسان ذراتی با اندازه یکسان به هر میدان جریان، مشخص است.

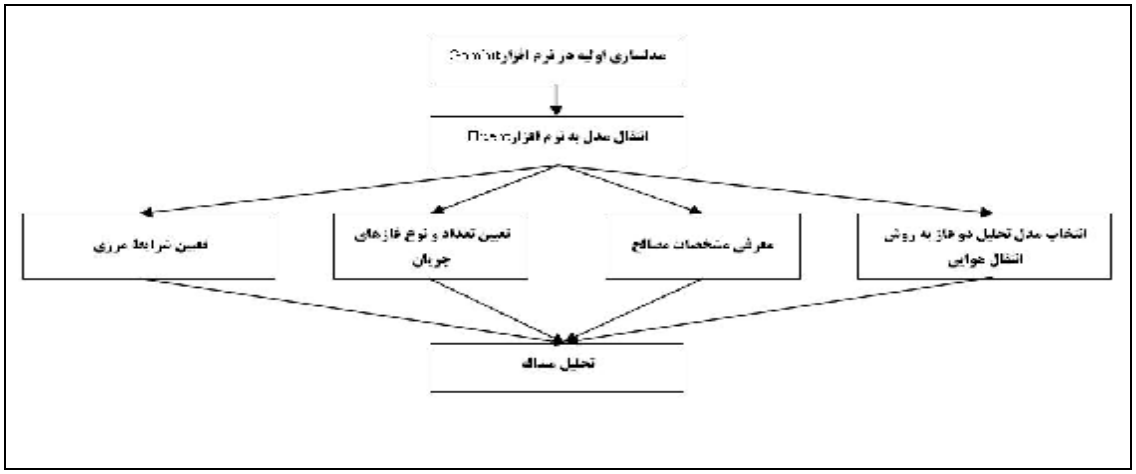
اولین مرحله در حل مسائل جریان‌های چند فازی تعیین

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

رژیم جریان، نحوه بر هم کنش فازهای مختلف یکدیگر و درجه به‌هم پیوستگی فازهای میانی و در نهایت انتخاب مدل مناسب در برگیرنده بهترین شرایط مورد بررسی است. برای حل جریان انتقال ماسه‌های روان توسط هوا به‌عنوان جریانی که در آن انتقال یک فاز از طریق فاز دیگر صورت می‌گیرد، استفاده از روش انتقال هوایی[1] مناسب است. که برای دستیابی به این هدف در صورت یکنواخت بودن جریان سیال در حال انتقال از روش اولر-اولر و مدل مخلوط استفاده می‌شود و در مورد جریان‌هایی که فاز دوم غیر یکنواخت و به صورت دانه‌بندی شده است (مانند دانه‌های ماسه) از روش اولر-اولر و حالت اولری استفاده می‌شود. روش یاد شده در تحقیق حاضر استفاده شده است. از آنجا که در این نوع مدل‌سازی حجم یک فاز توسط فاز دیگر اشغال نمی‌شود، مفهوم کسر حجم فازی[2] در این مدل‌سازی تعریف می‌شود. در عمل فرض می‌شود که این کسر حجمی، تابعی از زمان و مکان بوده و مجموع آنها برابر واحد می‌باشد. معادلات بقا برای هر یک از فازها استخراج می‌شود تا در نهایت مجموعه ای از معادلات برای مدل‌سازی جریان به‌دست آید که برای فازهای مختلف جریان مشابه است.

3-5- کاربرد نرم افزار اجزای محدود فلوئنت در تحلیل حرکت ماسه‌های روان

مدل‌سازی عبور ماسه‌های روان، شامل شبیه‌سازی بسیار پیچیده ای است که در آن ذرات ماسه به‌صورت دانه‌ای و به‌عنوان فاز جامد با وزش باد به عنوان فاز گازی در قالب محیطی دو فازه مدل‌سازی می‌شود. بررسی‌های انجام شده در تحقیق حاضر به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با مدل-سازی‌های مشابه نشان‌دهنده آن است که بیشتر کارهای ارائه شده در این زمینه با شرایط حاکم بر مسأله دال خط کوهان‌دار متفاوت بوده است.



شکل 7 الگوریتم تحلیل حرکت ماسه‌های روان از مقطع روسازی دال خط کوهاندار

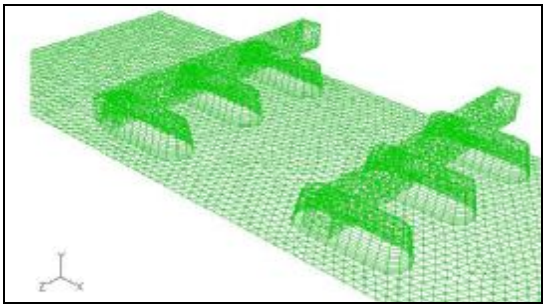
1. Pneumatic Transport
2. Phasic Volume Fraction

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

با توجه به توانایی‌های نرم‌افزار اجزای محدود فلوئنت در تحلیل دینامیکی حرکت سیال‌ها و با توجه به ماهیت دینامیکی حرکت ذرات ماسه بر اثر وزش باد در مناطق بیابانی در این تحقیق با در نظر گرفتن شرایط مرزی حاکم بر مسأله از دیدگاه میزان ماسه قابل حمل توسط باد و سرعت وزش و از طرف دیگر شرایط مرزی حاکم بر سیستم دال خط کوهان‌دار، تحلیل دینامیکی مربوطه انجام شده است. برای دستیابی به مدل نهایی مورد تأیید و بهینه، بیش از 20 مدل‌سازی با شرایط مختلف اجرا شد و در نهایت مدل سه‌بعدی بهینه با داشتن شرایط بحرانی حاکم بر مناطق کویری کشور به‌دلیل سرعت باد و ویژگی‌های ماسه‌های روان و سرعت غیریکنواخت باد شبیه‌سازی شد. الگوریتم حل مسأله حرکت ماسه‌های روان از مقطع دال خط کوهان‌دار مطابق شکل (7) بوده که در ادامه تشریح شده است.

5-3-1- انتخاب مدل برای حل مساله

اولین مرحله در حل مساله، ساختن مدل مناسب در نرم-افزار گمبیت است. در این نرم‌افزار مانند سایر نرم‌افزارهای مدل‌سازی با استفاده از ابزار موجود مدل مورد بررسی ساخته شده و سپس بر اساس نوع مسأله مورد نظر با استفاده از مش‌مناسب عملیات مش‌بندی انجام می‌شود. در پایان با استفاده از ابزار موجود نرم‌افزار، نوع مرزهای مختلف (برای مثال از نظر تعیین ورودی یا خروجی بودن، سرعت ثابت یا دبی ثابت بودن و مانند آن) تعیین می‌شود. مدل ساخته شده در شکل (8) ارائه شده است. عرض مدل‌سازی اتمام شده با توجه به شرایط مسأله و بامدل‌سازی سه کوهان، برابر 1/8 متر در نظر گرفته شده است.



شکل8 مدل سه‌بعدی دال کوهان‌دار در گمبیت

پس از ساخت مدل در محیط گمبیت، این مدل به نرم افزار فلوئنت انتقال داده شده و با استفاده از ابزار بررسی شده از درستی انتقال هندسه ساخته شده اطمینان پیدا می-کنیم. سپس شرایط حل مسأله تعریف می‌شود. مسأله مورد بررسی در این شبیه‌سازی شرایطی به‌صورت جدول (2) دارد. همان‌طور که در جدول مذکور مشخص شده،روش گسسته سازی معادلات از مرتبه یک بوده و حل کلی نیز به صورت ضمنی انجام می‌شود.

جدول 2 شرایط حل مسأله در نرم‌افزار فلوئنت

Solver	Segregated
Space	3D
Time	Unsteady
Velocity Formulation	Absolute
Unsteady Formulation	1^{St}-Order Implicit

5-3-2- مشخصات مصالح

گام بعدی تعیین مصالح استفاده شده در حل جریان دو فازی است که در اینجا با توجه به نوع مسأله، فقط شامل دو فاز مختلف هوا و ذرات ماسه است. در این مساله برای تعیین

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

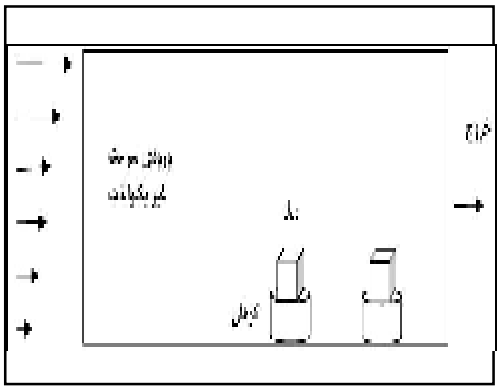
خواص فاز ماسه، مجبور به تعریف مـاده‌ای بـه عنـوان ماسـه می‌پردازیم. برای تعریف فاز مذکور در بخش تعریف ماده، نام فاز مذکور به همراه چگالی و ویـسکوزیته تعریـف مـی‌شـود. مقدار هر یک از این ویژگیها بر اساس مراجع موجود انتخـاب شده است. چگـالی فـاز ماسـه برابـر 2500 کیلـوگرم بـر متـر مکعب و مقدار ویسکوزیته برابر 0,001003 کیلوگرم بر متـر- ثانیه در نظر گرفته شده است.

5-3-3- تعیین تعداد و نوع فازهای جریان

در مرحله بعدی، فازهای مختلـف موجـود در مـسأله تعریـف می‌شود. این فازها عبارتند از فازهـای هـوا و ماسـه بـه‌عنـوان فازهای اولیه و ثانویه. در عمل تعریف فاز ثانویه ماسـه شـامل تعریف معادلات حاکم و تعدادی از خواص فاز مورد بررسـی از جمله دانه بندی و قطر ذرات، ضریب فـشردگی فـاز جامـد است. اولین مورد در تعیین خواص فاز دوم، مـشخص کـردن نوع دانه‌بندی فاز است که در این مسأله بـه‌علـت مـدل‌سـازی ماسه‌های روان از فاز دانه دانه استفاده شده است. با توجـه بـه اطلاعات موجود از نواحی بحرانی ایران که با مشکلات ناشـی از انسداد خط بر اثر حرکت ماسـه‌هـای روان روبـرو هـستند، قطر متوسط ذرات ماسه برابر 0,0005 متر در نظر گرفته شـده است. همچنین با توجه به نحوه حرکـت جریـان تـوده ماسـه، میزان ضریب فشردگی برابر 1 در نظر گرفته شده اسـت. پـس از تعریف فازهای مختلـف، نحـوه بـرهـم کـنش دو فـاز بـر یکدیگر به‌صورت کامل با تعیین معادلات حاکم بر نحوه برهم کنش دو فاز تعیین می شود.

5-3-4- شرایط مرزی

گام بعد در حل مسأله تعیین شرایط مرزی اسـت. ایـن مـسأله با توجه به در بر گرفتن جریان هوا به‌صـورت بـاد و وزش آن بر روی سطح -که موجب حرکت شن هـای‌روان مـی شـود- به تعریف تابعی بـرای تعیـین پروفیـل وزش بـاد نیـاز اسـت (شکل 9). پروفیل وزش باد در اینجا به‌گونه‌ای اسـت کـه بـر روی سطح سرعت آن برابر صفر اسـت و بـا افـزایش ارتفـاع سرعت افزایش می‌یابد تا به مقدار واقعی آن در منطقـه مـورد شبیه‌سازی برسد که تقریبا برابر 15 متر بـر ثانیـه اسـت. بـرای تعریف تابع سرعت در این شبیه‌سازی از برنامه‌نویسی به زبـان C استفاده شده است. پس از نوشتن برنامه مورد نیـاز بایـد در نرم‌افزار فلوئنت کامپایل شود.



شکل 9 **تعیین شرایط مرزی مدل**

5-4- تحلیل عملکرد دال خط کوهان‌دار در برابر حملات ماسه‌های روان

استراتژی حاکم بر حـل مـسأله در ایـن مرحلـه، پـس از مدل‌سازی شرایط مختلف حرکـت ماسـه (شـامل در نظـر گرفتن تپه ماسه یا حرکت ماسه‌ها بـه‌صـورت پیوسـته بـا دبی‌های مختلف)، حالت عبور پایدار ماسـه انتخـاب شـده و در طی آن، دبی بحرانی برای مقطع سه‌بعدی مدل مورد نظر بـا توجه به شرایط حاکم بر مسأله – به‌ویژه شـرایط مـرزی ورود ماسه و نیز مقطع عبـوری خـط - تعیـین شـد. مطـابق رابطـه اندرکنش باد و خاک می‌توان میزان یا سرعت پیـشروی تـوده- ای ماسه‌ای را که بر اثر وزش باد بـا دبـی مشخـصی در حـال

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

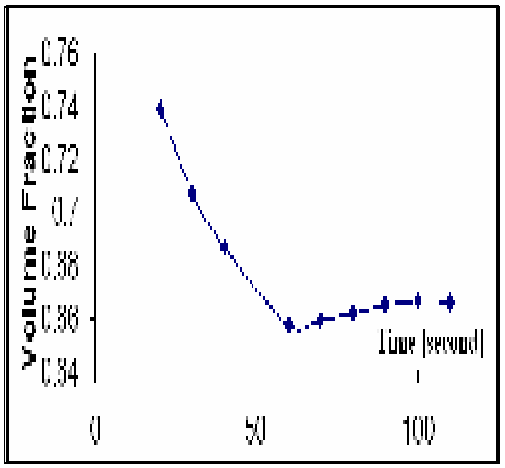
حرکت است، از رابطه زیر بدست آورد:

$$V=\frac{Q}{Hg} \quad (1)$$

که در آن V سرعت پیشروی بر حسب متر بر ثانیه، Q دبی در واحد عرض بر حسب کیلوگرم بر ثانیه، H ارتفاع بر حسب متر و g وزن مخصوص توده ماسه بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب است. این رابطه به‌عنوان رابطه حاکم بر اندرکنش باد و خاک در تحلیل‌ها به‌کار گرفته شده است.

برای نشان دادن مسدود شدن خط بر اثر عبور ماسه، به تعریف معیار مسدود شدن نیاز است. با رسیدن به این معیار، شرایط مسدود شدن برای خط رخ می‌دهد. معیار انتخاب شده در اینجا، نسبت حجمی حدود 0/75 برای نقطه روی ریل در نظر گرفته شد. بسته به دقت مورد نیاز گام‌های زمانی در محدوده 0/05 تا 0/5 ثانیه تغییر داده شد. بر مبنای نتایج تحلیل مشخص شد که دبی بحرانی تحلیل دارای ضخامت 8 سانتیمتر (مساحت ورود ماسه برابر 8*180 سانتیمتر) است. نسبت حجمی بیشینه به‌دست آمده در این حالت، به حدود 0/65 می‌رسد. رفتار این نسبت در برابر زمان در شکل (10) نشان داده شده است. نتایج تحلیل مطابق شکل (11) نشان می‌دهد که هیچ‌گونه مسدودشدنی وجود نداشته و خط تا سطوح بالایی قابلیت عبور ماسه را از مقطع خود دارد.

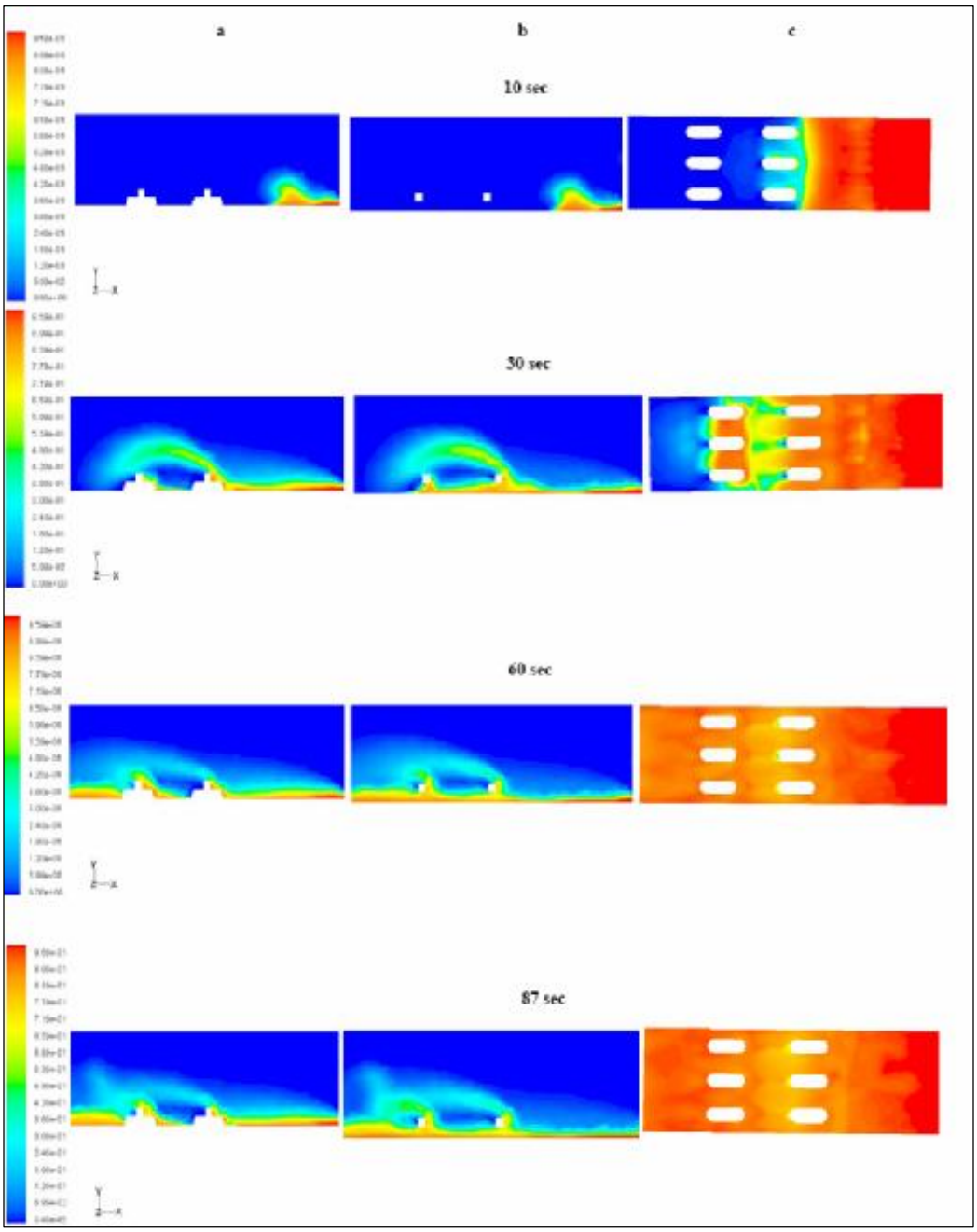
همچنین رفتار حرکتی ماسه از نگاه بالا (پلان خط) نیز در این شکل نشان داده شده است. لازم است ذکر شود که به‌علت تحلیل پیچیده حاکم بر مدل و جلوگیری از افزایش زمان بسیار زیاد تحلیل، دبی‌های عبوری بسیار بالا در نظر گرفته شده که نتیجه آن مسدود شدن خط در زمان‌های کم است. به بیان دیگر به‌جای افزایش زمان تحلیل با دبی‌های کوچک، بابه‌کاربردن دبی‌های بالا نظیر ضخامت 8 سانتیمتری ماسه، زمان تحلیل کاهش یافته است.



شکل 10 نسبت حجمی به زمان برای دبی با ارتفاع 8 سانتی‌متر

با توجه به آنکه بیشینه دبی در ایران - با توجه به اطلاعات کسب شده – بسیار کمتر از دبی مدل‌سازی و تحلیل ما است، دال خط کوهان‌دار قابلیت عبور ماسه را دارد.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]



شکل 11 تحلیل عبور ماسه‌های روان از مقطع دال خط کوهان‌دار
(الف: مقطع کوهان، ب" مقطع ریل، ج، پلان خط)

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

6- جمع بندی و نتیجه‌گیری

در این تحقیق پس از طبقه‌بندی مشکلات و شناخت وضعیت خطوط راه آهن ایران در مناطق کویری و نیز بررسی راهکارهای اساسی برای کاهش مشکلات در این مناطق، به معرفی سیستم نوین دال خط کوهان‌دار و ارائه بررسی فنی آن از طریق شبیه‌سازی حرکت ماسه‌های روان – به‌منظور اثبات کارایی فنی سیستم - پرداخته شد. در این سیستم روسازی، روش اصلاحی ارائه شد که در آن به‌کمک حذف لایه بالاست با بهره‌گیری از خطوط بدون بالاست، مشکل صلبیت لایه بالاست با نفوذ ماسه‌های روان به داخل لایه حل شد و در عین حال با ارتفاع‌دهی مناسب به ریل‌ها و ایجاد فضایی برای عبور ماسه در هندسه روسازی، حرکت ماسه‌های روان نظیر نوعی سیال از زیرخط آهن ممکن شد. کارایی هندسه اولیه پیشنهادی با تحلیل حرکت ماسه‌های روان از مقطع خط با بهره‌گیری از تحلیل سیستمهای دوفازی در نرم‌افزار فلوئنت تأیید شد. با توجه به نتایج شبیه‌سازی عبور ماسه در شرایط پایدار، حداکثر دبی قابل عبور از مقطع روسازی دال کوهان‌دار با ضخامت 8 سانتیمتر تعیین شد که بسیار کمتر از بیشینه دبی موجود در ایران است. از این رو، استفاده از این روسازی، حل مشکل را به‌طور کامل امکان پذیر کرده است. لازم به ذکر است که در گام بعد انجام مطالعات، نیاز به اجرایی کردن مدل ارائه شده به صورت نمونه در یکی از مناطق کویری کشور و کالیبراسیون مدل تئوری توسط ارزیابی های میدانی می باشد که این موضوع در دستور کار تیم تحقیق قرار داشته و نتایج آن در آینده ارائه خواهد شد.

٦- منابع

[1] Sun Baoping. 1995. “Effects of Desert Control Project Based on Windbreak Systems in Daxing County, Beijing, China", College of Soil & Water Conservation, Beijing Foresty University. Beijing. P.R.China.

[2] Zhu Zhenda, Liu Shu. 1988. “Desertification processes and their control in northern China”. Chinese Journal of Arid Land Research 1(1), 27-36.

[3] Xiao-Yan Li, Jia-Hua Wang. 2001. "Wind tunnel simulation experiment on the erodibility of the fixed aeolian sandy soil by wind". Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute. Chinese Academy o f Sciences, Lanzhou.

[4] Anurag sharma, "Problems in Maintenance of Railway Tracks in Deserts and Possible solutions", UIC Seminar about Desert Railways, Tehran, Iran, 2008.

[5] Belly, P. Y.. 1964. “Sand movement by wind. United States Army Corps if Engineers”, Coastal Engineering Research Center, Technical Memorandum I: 38p.

[6] خلیلی، علی: اقالیم خشک و فراخشک ایران، مجموعه مقالات سمینار بررسی مسائل مناطق بیابانی و کویری ایران، یزد, 1371.

[7] اطلاعات اداره کل خط و ابنیه فنی راه آهن، آمار مناطق کویری، 1385.

[8] فتحعلی مسعود، گزارش بازدید از مناطق کویری، محور بافق- مشهد، محور اهواز-بندر امام، محور بم- زاهدان، شرکت مهندسین مشاور مترا, 1385.

[9] علی محمدیان، اسماعیل دوست‌زاده، علیرضا سرکرده‌ای، نگهداری خطوط راه‌آهن در مقابل هجوم شنهای روان, گروه نظارت از اداره کل راه‌آهن شمالشرق منطقه شاهرود, 1384.

[10] فرقانی مریم, بررسی مشکلات راه آهن در مناطق کویری, پایاننامه کارشناسی, مهندسی خطوط راه آهن,

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

دانشگاه علم و صنعت, 1385.

[11] ذاکری جبارعلی, فتحعلی مسعود، پیشنهاد سیستمهای اصلاحی تراورسهای کوهاندار جهت رفع معضل مناطق کویری, شرکت مهندسین مشاور مترا, 1386.

[12] فتحعلـی مـسعود، ارائـه و تحلیـل سیـستم دال خـط کوهاندار جهت رفع معضل راه آهن در منـاطق کـویری، پایان نامه کارشناسی ارشد, مهندسـی خطـوط راه آهـن, دانشگاه علم و صنعت, 1387

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]