مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

بخش مهندسی عمران

۱۳۷۹ /۹/

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

تحت عنوان :

بررسی هیدرودینامیکی کاربرد صفحات مستغرق در دهانهٔ آبگیرها و تأثیر تغییرات فواصل عرضی صفحات

نگارش :
محمدرضا ـ رحمانیان

استاد راهنما :
دکتر محمدجواد خانجانی

استاد مشاور:
دکتر مهدی حبیبی

اردیبهشت ۱۳۷۷

۳۴۰۸۷

بسمه تعالی

این پایان نامه

بعنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مهندسی عمران

دانشکدهٔ فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی بعنوان فراغت از تحصیل

دورهٔ مزبور شناخته نمی‌شود.

1 911

امضاء

دانشجو : محمدرضا رحمانیان

استاد راهنما : دکتر محمد جواد خانجانی

استاد مشاور : دکتر مهدی حبیبی

داور ۱ : دکتر ناصر رستم افشار

داور ۲ : دکتر غلامعباس بارانی

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

حق چاپ محفوظ و متعلق به مؤلف است.

با یاد خدا

کاش وقتی آسمان بارانی است از زلال چشمهایش تر شویم

وقت زمستان از هجوم دست سرما کاش مثل پونه ها پرپر شویم

کاش وقتی چشمهایی ابرینه به خود آییم و سپس کاری کنیم

از نگاه زرد کلدان هایمان کاش با رغبت پرستاری کنیم

کاش دلتنگ شقایقها شویم به نگاه سرخشان عادت کنیم

کاش شبها که تنها می شویم با خدای یاسها خلوت کنیم

درزندگی هر انسان آسمانی شبهایی است که او را به ملکوت آسمان بار میدهند تا به مقدار چشمی که از دیده بینای عشق وام گرفته به سرچشمه خیر و جمال و حقیقت بی حجاب بنگرد. آدمی در این شب خلوتی را می یابد که هیچ ملک مقربی را بدان راه نیست . در آن هنگام مشتاقانه در انتظار فرشته ای است که با گیسوانی خیس سوار بر قطرات درشت باران زمزمه های محبت سر میدهد.

تقدیم به پدر و مادر و برادرانم

قـــدردانی:

سپاس و ستایش خداوند راکه نامش رازی نوشته بر پر پروانه‌هاست و یادش طلسم «بسم» اقالیمهاست و هم او توفیق این مهم را نصیبم کرد.

قدردانی از آنانکه بی دریغ به من آموخته‌اند وظیفه است و در ابتدا لازم می‌دانم از زحمات بی دریغ جناب آقای دکتر محمد جواد خانجانی در راهنمایی پایان نامه جداً تشکر کنم.

نیز لازم می‌دانم که از جناب آقای دکتر مهدی حبیبی رئیس بخش رودخانهٔ مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی تهران به واسطه مشاوره این پایان نامه و در اختیار قراردادن امکانات وسیع این مرکز تحقیقاتی و نیز از همکار محترمشان جناب آقای مهندس مسعود ساجدی سابق به واسطهٔ همفکری و همکاری دلسوزانه قدردانی نمایم.

از آقایان دکتر ناصر رستم افشار و دکتر غلامعباس بارانی که زحمت داوری این پایان‌نامه را برعهده داشتند و راهنمایی‌های لازم را برای تکمیل آن ارائه داشته‌اند سپاسگزارم.

از تلاش و همکاری دلسوزانه جناب آقای دکتر قهرمانی ریاست محترم بخش عمران این دانشکده نهایت امتنان را دارم.

نیز از زحمات آقای دکتر ناصح‌زاده نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه در اصلاح این پایان نـامه تشکر می‌کنم.

همچنین از مسئولین محترم مرکز تحقیقات بین المللی علوم محیطی و تکنولوژی پیشرفته به دلیل کمکهای مالی قدردانی به عمل می‌آید. در آخر ازکلیه دوستان و آشنایان که در تمامی مراحل انجام این پایان نامه مرا مورد لطف خود قرار دادند سپاسگزارم.

محمدرضا رحمانیان

اردیبهشت ۱۳۷۷

چکیده

رسوباتی که در مدخل نهر آبرسانی از رودخانه ته‌نشست می‌کنند همواره مشکلات زیادی از جمله پائین آوردن راندمان سیستم و بالا بردن هزینه لایروبی و نگهداری را بدنبال داشته‌اند. لذا اتخاذ تدابیر مناسب به منظور جلوگیری از رسوب‌گذاری امری ضروری بوده است. صفحات مستغرق از جمله سازه‌هایی هستند که بدین منظور بکار می‌روند و استفاده از صفحات مستغرق در چنین مواردی به علت اینکه ساده و ارزان بوده و احتیاج به مراقبت‌های بعدی زیادی ندارد مناسب می‌باشد. اصول صحیح طراحی و بکارگیری صفحات مستغرق و پیش‌بینی مسائل مربوط به آن تنها به کمک نتایج مدل فیزیکی حاصل خواهد شد.

در این پروژه هدف، مطالعهٔ نحوه و میزان رسوب‌گذاری در مدخل نهر آبرسانی و بررسی کاربرد صفحات مستغرق بمنظور جلوگیری از رسوب‌گذاری در انشعاب رودخانه می‌باشد که به کمک آزمایشات در مدل فیزیکی صورت گرفته است.

متغیرهای مورد مطالعه در آزمایشات مدل فیزیکی دبی جریان و آرایش قرارگیری صفحات بوده است که آرایش قرارگیری صفحات یک پدیدهٔ چند متغیره شامل فاصله طولی صفحات از هم، فاصلهٔ عرضی صفحات از هم، تعداد کلی صفحات لازم، زاویه قرارگیری صفحات، تعداد صفحات لازم در هر ردیف عرضی، ارتفاع صفحات، پهنای صفحات می‌باشد. در مجموع تعداد ۴۲ آزمایش پس از آزمایش‌های اولیه انجام شده است که در ۲ گروه به صورتهای الف) بدون کار گذاری صفحات مستغرق (۴ آزمایش)، ب) با کارگذاری صفحات مستغرق (۳۸ آزمایش) انجام گرفتند.

روش تحقیق در این طرح تحقیقاتی شامل بررسی مشکل، بررسی راه‌حلهای ممکن و پیشنهادی، جمع‌آوری اطلاعات و تکمیل آن، طراحی مدل فیزیکی و اجرا و ساخت مدل، انجام آزمایشات و نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات می‌باشد. بطور کلی نتایجی که از این طرح تحقیقاتی حاصل می‌شود عبارت است از:

- بهینه‌یابی مکانی صفحات مستغرق به منظور هدایت رسوبات به مجرای اصلی و کنترل رسوبگذاری به منظور کاهش آن در مدخل انشعاب

- نتیجه‌گیری از آزمایشات، شامل تعیین موقعیت، طول، فاصله و نحوه قرارگیری صفحات و زاویه قرارگیری آنها.

- توصیه‌هایی جهت بکارگیری این صفحات در پروژه‌های اجرائی

فهرست مندرجات

عنوان | **شماره صفحه**

چکیده

فصل اوّل - تحلیل مقدماتی هیدرولیک جریان

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- کلیاتی راجع به کاربرد صفحات مستغرق ۳

۱-۳- تأثیر هیدرولیک جریان ثانویه در پیچ رودخانه‌ها ۵

۱-۴- بررسی هیدرولیک جریان در ورودی آبگیر ۱۳

فصل دوّم - صفحات مستغرق و کاربرد آن

۲-۱- صفحات مستغرق ۱۸

۲-۱-۱- تئوری صفحات ۲۱

۲-۱-۲- معادلات حاکم ۲۵

۲-۱-۳- حل معادله ۳۰

۲-۱-۴- حفاظت کنارهٔ پیچ رودخانه ۳۶

۲-۱-۴-۱- اندازه حرکت لحظه‌ای ۳۷

۲-۱-۴-۲- اندازه حرکت خطی ۳۸

۲-۱-۵- پارامترهای طراحی بحرانی ۴۰

۲-۲- مراحل طراحی صفحات مستغرق ۴۱

۲-۳- بررسی تئوریک و آزمایشگاهی عملکرد صفحات مستغرق در انشعاب رودخانه‌ها ۵۳

شماره صفحه

فصل سوّم - نتایج مطالعات انجام شده قبلی

۳-۱- نتیجه‌گیری از مطالعات انجام شده در جهان ۵۶

۳-۱-۱- بررسی‌های آزمایشگاهی ادگاردوونگ ۵۶

۳-۱-۲- روش طراحی پیشنهادی ادگاردوونگ ۵۹

۳-۱-۳- نتایج مطالعات ادگاردوونگ ۶۱

۳-۲-کاربرد صفحات مستغرق در رودخانه‌ها و کانالها ۶۲

۳-۲-۱- کاربرد صفحات مستغرق در رودخانه ساکرامنتو ۶۲

۳-۲-۲- کاربرد صفحات مستغرق در رودخانه نیشنابوتنای شرقی ۶۵

۳-۲-۳- کاربرد صفحات مستغرق در رودخانه میسوری ۷۱

۳-۲-۴- کاربرد صفحات مستغرق در رودخانه فورک سدار غربی ۷۴

۳-۲-۵- کاربرد صفحات مستغرق در کانال بزرگ آبیاری فونیکس آریزونا ۷۷

۳-۲-۶- کاربرد صفحات مستغرق در رودخانه کرخه ۷۹

۳-۲-۷- کاربرد صفحات مستغرق در مجاورت آبگیر نیروگاه آرنولد

در رودخانهٔ سِدار در آیوا ۸۲

۳-۲-۸- کاربرد صفحات مستغرق در مجاورت آبگیر نیروگاه بایرن

در رودخانهٔ راک ۸۵

۳-۲-۹- کاربرد صفحات مستغرق درمسیر مستقیم رودخانه‌ها

و بررسی فواصل طولی صفحات بر تغییرات مرفولوژی بستر (امام) ۸۶

۳-۲-۱۰- کاربرد صفحات مستغرق در مسیر مستقیم رودخانه‌ها

وبررسی آرایش وشکل صفحات بر تغییرات مرفولوژی بستر (سلیمانی) ۸۸

شماره صفحه

فصل چهارم - ساخت و آزمایش مدل فیزیکی

۴-۱- معیارهای طراحی و بررسی محدودیت‌ها ۹۲

۴-۲- گزارش ساخت مدل فیزیکی ۹۶

۴-۳- آزمایشات ۱۰۴

۴-۳-۱- آزمایشات پیشنهادی ۱۰۴

۴-۳-۲- آزمایشات بررسی هیدرولیک جریان بدون کاربرد صفحات ۱۰۴

۴-۳-۳- آزمایشات با کاربرد صفحات مستغرق ۱۱۵

۴-۳-۳-۱- کارگذاری صفحات به صورت ۳ صفحه در هر ردیف ۱۱۵

۴-۳-۳-۲- کارگذاری صفحات به صورت زیگزاگ ۱۱۹

۴-۳-۴- معرفی وسایل اندازه‌گیری آزمایشات ۱۲۳

۴-۳-۵- معرفی برنامه‌های کامپیوتری بکارگرفته‌شده برای رسم و تحلیل نتایج ۱۳۴

فصل پنجم - تحلیل نتایج و ارائه پیشنهادات

۵-۱- تحلیل نتایج ۱۳۸

۵-۱-۱- تحلیل نتایج حالت قرارگیری صفحات به صورت سه‌تائی درعرض ۱۳۸

۵-۱-۲- تحلیل نتایج حالت قرارگیری صفحات به صورت زیگزاگ ۱۴۱

۵-۲- توصیه‌های مهم جهت کارگذاری صفحات مستغرق ۱۶۰

۵-۳- ارائه پیشنهادات جهت ادامه کار ۱۶۳

- فهرست منابع و مآخذ

- پیوست‌ها

- چکیده به زبان انگلیسی

فصل اوّل

تحلیل مقدماتی هیدرولیک جریان

۱-۱- مقدمه

مسئله کنترل فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها از دیرباز مورد توجه بشر بوده و روشهایی همچون سنگفرش، گابیون و سیمانته کردن در این باره معمول بوده است که با صرف هزینهٔ بالا و تأثیرات نامطلوب جانبی روبرو بوده است. کاربرد صفحاتی بعنوان مانع نیز از روشهایی است که علاوه بر صرف هزینهٔ نسبتاً بالا، با کاهش عرض مقطع موجب افزایش فرسایش موضعی و سرعت جریان رودخانه می‌گردد.

در اوائل دههٔ ۱۹۸۰ ادگارد[1] و همکاران در انستیتوی تحقیقات هیدرولیک دانشگاه آیوا بفکر استفاده از صفحات مستغرق افتادند و مطالعات آزمایشگاهی و صحرائی خود را آغاز نمودند.

صفحات مستغرق سازه‌های کوچک هدایت کنندهٔ جریان هستند که برای اصلاح الگوی جریان مجاور بستر طراحی می‌گردند. این صفحات بصورت گروهی کار گذاشته شده و با تغییر الگوی جریان مجاور بستر موجب انتقال رسوبات در مقطع عرضی کانال و در نتیجه تغییر وضعیت مرفولوژیک، در مقطع عرضی بستر رود می‌گردند؛ بطوری که کف رودخانه در یک قسمت از مقطع عرضی بالا می‌آید و در قسمت دیگر فرو می‌افتد [۲۶] .

عملکرد صفحات مستغرق بر مبنای ایجاد چرخش ثانویه در جهت عکس جریان ثانویه خود جریان است. این چرخش مقدار و جهت تنش‌های برشی کف را تغییر می‌دهد و موجب دگرگونی در توزیع سرعت، عمق و انتقال رسوبات در محدودهٔ تحت تأثیر صفحات می‌شود.

این صفحات می‌تواند از جنس چوب، فلز، بتن و یا مواردی نظیر آن باشد که با زاویه‌ای بین ۱۰ تا ۳۰ درجه در مسیر جریان قرار گرفته و به تعداد ۲، ۳ و ۴ تایی در یک ردیف در داخل رودخانه قرار می‌گیرند و به فواصل منظم این ردیفها تکرار می‌شود.

در این پروژه کاربرد صفحات مستغرق در مدخل نهر آبرسانی در یک مدل فیزیکی مورد مطالعه قرار می‌گیرد و فواصل عرضی صفحات متناسب با چگونگی عملکرد مطلوب آنها در مدل بررسی می‌گردد.

1- Prof. A.J.Odgaard

۱-۲-کلیاتی راجع به کاربرد صفحات مستغرق

تکنیک استفاده از صفحات مستغرق که طرح توسعه یافتهٔ روش قدیمی پـانلهای عـمقی[1] می‌باشد اولین بار توسط ادگارد وکندی (۱۹۸۳) برای جلوگیری از فرسایش ساحل قوس خارجی رودخانه طراحی گردید تا جریان ثانویه حاصل از نیروی گریز از مرکز را که عامل اصلی تخریب ساحل آن می‌باشد دفع کند.

مزیّت این روش اینست که این روش موجب تغییرات موضعی در پروفیل سرعت و توپوگرافی بستر می‌شود ولی تغییرات قابل ملاحظه‌ای در سطح مقطع جریان، شیب خط انرژی و مـیزان انتقال رسوب به پائین دست ایجاد نمی‌کند؛ بعبارتی با ایجاد تغییر در توپوگرافی و مسیر انتقال رسوب، رژیم طبیعی رودخانه همچنان محفوظ می‌ماند. لذا کاربرد آن بتدریج توسعه یافته و در کنترل فرسایش، اصلاح مسیر، کنترل مئاندرینگ (پیچان رودی)، کنترل انتقال رسوبات به آبگیر و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۶].

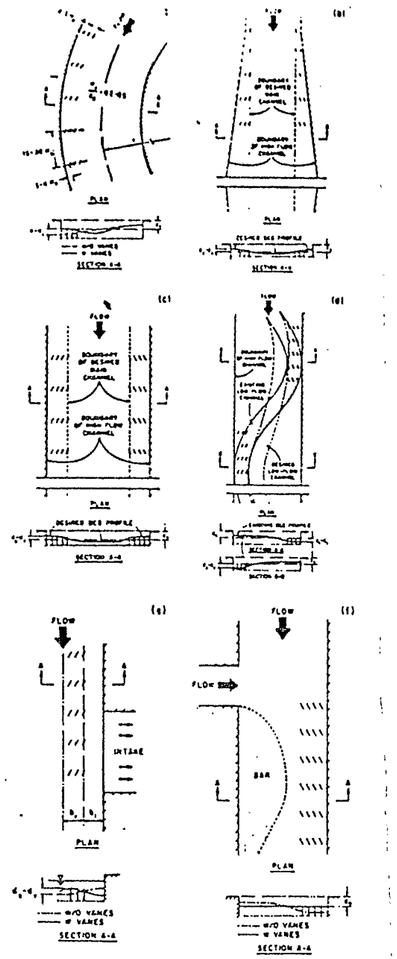
این صفحات که بصورت ردیفهایی در مسیر رودخانه کارگذاشته می‌شوند با زاویهٔ بین ۱۰-۳۰ درجه نسبت به جهت جریان نصب می‌شوند. ارتفاع اولیه آنها بین ۰/۵-۰/۲ عمق آب در محل نصب می‌باشد و با تولید چرخش ثانویه در جریان، مقدار و جهت تنش برش بستر را تغییر داده باعث بالاآمدگی بستر در محدودهٔ صفحات و فروافتادگی بستر در مجاورت صفحات می‌گردد.

یک صفحهٔ مستغرق با زاویهٔ کوچک (α) در مقابل جریان یک چرخش افقی در جریان پائین دست ایجاد می‌کند، لذا گرادیان فشار عمودی در سطح صفحه باعث می‌شود سیال در طـول سمت پرفشار برای بدست آوردن موازنهٔ مؤلفه سرعت بطرف بالا جریان یابد[۲۶].

در یک مسیر مستقیم، برای تولید چرخش پیوسته پائین دست، در یک ردیف پره فاصله بین پره‌ها باید کمتر از حدود دو تا سه برابر ارتفاع پره‌ها باشد و اگر فاصلهٔ پره‌ها از دو تا سه برابر ارتفاع پره بیشتر باشد ردیف پره‌ها سیستمی از گردابهای منفرد تولید خواهد کـرد و رانـدمان کـمتری خواهد داشت. فواصل سری پره‌ها ۱۵ تا ۳۰ برابر ارتفاع پره خواهد بود. فاصله پره تا ساحل نباید از چهار برابر ارتفاع پره بیشتر باشد[۳۰].

1- Bottom Panels

ردیف اول در سیستم صفحات باید حداقل ۳ ردیف بالادست قسمتی که باید محافظت گردد شروع شود و حداقل باید سه ردیف پره در سیستم برای مؤثر بودن در پائین دست وجود داشته باشد. اشکال زیر طرحهایی از کاربرد صفحات را در شرایط مختلف نشان می‌دهد [۳۰].



شکل ۱-۱ - طرح کاربرد صفحات مستغرق در رودخانه [۳۱]

۱-۳- تأثیر هیدرولیک جریان ثانویه در پیچ رودخانه‌ها

یک مشکل کلی همواره در پیچ رودخانه‌ها وجود داشته و آن تغییر پروفیل عرضی سطح آب است که تحت تأثیر دبی رودخانه و شرایط کانال موجب فرسایش کناری رودخانه می‌شود. محاسبهٔ پس‌زدگی آب در پیچ رودخانه نیز برای کارهای کنترل سیلاب در بزرگراهها و پل‌ها بسیار اهمیت می‌یابد. وقتی که جریان آب به محدودهٔ پیچ نزدیک می‌شود؛ در قوس خارجی رودخانه نیروی گریز از مرکز موجب یک جریان عرضی می‌شود بطوری که با غیر یکنواختی در پروفیل قائم سرعت ترکیب شده و حداکثر سرعت جریان سطحی بطرف خارج و حداقل سرعت جریان در نزدیکی بستر بطرف داخل پیچ عمل می‌کند. این افزایش سرعت در ساحل خارجی باعث بالا رفتن تنش برشی و در نتیجه افزایش فرسایش این ساحل می‌گردد. نتیجهٔ این تغییرات، تقویت جدّی چرخش عرضی (حرکت مارپیچی یا حلزونی) جریانات ثانویه در طول مسیر جریان است.

در مسیر مستقیم کانال، وجود جریان ثانویه بعلت تغییرات گرادیان سرعت نیز امری اجتناب‌ناپذیر است ولی تأثیرات آن بسیار ضعیف بوده و قابل ملاحظه نمی‌باشد. اما این جریان چرخشی در مقطع عرضی پیچ رودخانه‌ها به علت شدت تغییرات گرادیان سرعت محسوس می‌باشد. الگوی رسوب‌گذاری در مسیر طولی و عرضی بستر رودخانه در پیچ‌ها مؤید این مطلب است. بعبارتی در رودخانه وقتی جریان از یک پیچ عبور می‌کند، در اثر ترکیب نیروی گریز از مرکز و گرادیان فشار عرضی، جریان ثانویه تشدید می‌شود [۲۶].

عوامل مختلفی در شکل، وسعت و شدت جریانات ثانویه مؤثرند که از آن جمله مقدار دبی، نسبت عرض به عمق جریان رودخانه، شیب خط انرژی، شیب عرضی بستر، گرادیان حرارتی، سطح مقطع عرضی، عمق نشت، شرایط مرفولوژیکی بستر، شعاع انحناء پیچ و ... را می‌توان نام برد.

ادگارد و کندی نیز در سال ۱۹۸۳ بر اساس این مفهوم تکنیک صفحات مستغرق را برای حفاظت سواحل معرفی کردند.

در تحلیل معادلات جریان در پیچ رودخانه‌ها روابط متعددی توسط افراد مختلف ارائه شده است، که بهترین و دقیقترین این روابط بشرح زیر می‌باشد:

در رودخانه‌ها با پیچ‌های متوالی جریان بواسطه نیروی اینرسی کاملاً سه بعدی است. این جریان ثانویه در اثر عدم تعادل موضعی بین نیروی اینرسی و نیروی فشار انتقالی بصورت اختلاف ارتفاع سطح آب ظاهر می‌شود به طوریکه نزدیک کف کانال سرعت‌های جریان و در نتیجه نیروی پسا[1] کوچکتر و نزدیک به سطح آب حرکت ذرات سریعتر است، چراکه سرعت جریان بیشتر است. بنابراین در سطح آب، ذرات در طول یک قسمت کوچکتر منحنی حرکت کرده و در کف بستر در طول یک قسمت بزرگتر منحنی حرکت می‌کنند که آن منحنی ژئومتریک پیچ رودخانه را موجب می‌شود.

این حالت در نتیجهٔ شرایط تعادل بین نیروهای فشاری و نیروی اینرسی بدست می‌آید. به عبارتی در اثر تداوم حرکت مایع، جریانات آب از بستر به طرف سطح آب در قسمت داخل پیچ و از سطح آب به طرف سطح بستر در قسمت خارجی پیچ حرکت می‌کنند. سپس این حرکت چرخشی موجب فرسایش در قوس خارجی و رسوبگذاری در قوس داخلی می‌شود. در نتیجه این پروسه شکلهای کف کانال دارای یک شیب عرضی در کانال می‌شود.

مقدار تغییرات این شیب عرضی کانال از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر تفاوت دارد و آن بستگی به پارامترهای ژئومتریک یک کانال منظم، پارامترهای هیدرولیکی جریان و خصوصیات مواد بستر رودخانه دارد.

با فرض اینکه توزیع فشار هیدرواستاتیک باشد اسمیت و مک لین (۱۹۸۴) معادله سه بعدی مومنتم و پیوستگی را در گوشه کانال در سیستم مختصات که در صفحات بعد ملاحظه می‌کنید بدست آوردند. در حالیکه محور شعاع r در پیچ به طرف خارج مثبت باشد خواهیم داشت:[۳۵]

$$\frac{u_s}{1-N}\frac{\partial u_s}{\partial s}+v_r\frac{\partial u_s}{\partial r}+w\frac{\partial u_s}{\partial z}-\frac{u_s v_r}{(1-N)R_c}$$

$$=\frac{-g}{1-N}\frac{\partial z_w}{\partial s}-\frac{1}{\rho}\left[\frac{1}{1-N}\frac{\partial \tau_{ss}}{\partial s}+\frac{\partial \tau_{rs}}{\partial r}+\frac{\partial \tau_{zs}}{\partial z}-2\frac{\tau_{rs}}{(1-N)Rc}\right] \qquad (1-1)$$

* * *

$$\frac{u_s}{1-N}\frac{\partial v_r}{\partial s}+v_r\frac{\partial v_r}{\partial r}+w\frac{\partial v_r}{\partial z}+\frac{u_s^2}{(1-N)R_c}$$

1- Drag