مقالهٔ کوتاه

بررسی آرایش مکانی صفحات مستغرق برای کاهش رسوبگذاری در دهانه آبگیر با مدل فیزیکی

محمد جواد خانجانی*، غلامعباس بارانی*، محمد رضارحمانیان** و مسعود ساجدی**
گروه مهندسی عمران، دانشکدهٔ فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان
مرکز تحقیقات جهاد سازندگی تهران
(دریافت مقاله: ۱۳۷۷/۵/۲۱ - دریافت نسخهٔنهایی: ۱۳۷۸/۷/۱۱)

چکیده - رسوبگذاری در مدخل آبگیر رودخانه‌ها موجب ایجاد مشکلات زیادی از جمله پایین آوردن راندمان سیستم و افزایش هزینه‌های نگهداری می‌شود. لذا، اتخاذ تدابیر مناسب برای کاهش آن ضروری است. یکی از راههای کاهش رسوبگذاری در مدخل آبگیرها استفاده از صفحات مستغرق است. مطالعهٔ هیدرودینامیک جریان به منظور طراحی و به کارگیری صحیح این صفحات برای بالا بردن راندمان سیستم ضروری است.

در این مطالعه یک مدل فیزیکی برای بررسی هیدرودینامیک جریان و اثر کارگذاری صفحات مستغرق در کاهش رسوبگذاری در مدخل آبگیر مورد استفاده قرار گرفت. این مدل شامل کانالی به ابعاد ۰/۲۵×۲/۵×۳۰ متر همراه با ضمایم و وسایل اندازه‌گیری سرعت و عمق جریان بود. در این بررسی جمعاً ۴۲ آزمایش در دوگروه به صورتهای بدون کاربرد صفحات مستغرق (۴ آزمایش) و با کارگذاشتن صفحات مستغرق (۳۸ آزمایش) به عمل آمد. متغییرهای مورد مطالعه بده جریان در کانال اصلی، کانال آبگیر و آرایش صفحات به دو صورت: کارگذاری به صورت سه صفحه در هر ردیف و کارگذاری به صورت متناوب بود. نتایج حاصل از آزمایشها نشان می‌دهد که حجم رسوبگذاری در بهترین آرایش قرارگیری صفحات در حالت سه صفحه در هر ردیف، تا حدود ۵۰ درصد و در حالت قرارگیری صفحات به صورت متناوب، تا حدود ۷۵ درصد کاهش داشته است.

Investigation of Submerged Vanes Array for Sediment Control at Intake Using a Physical Model

M.J. Khanjani, G.A. Barani, M.R., Rahmanian and M. Sajedi

Department of Civil Engineering, Shahid Bahonar University, Kerman

Jihad Sazandegi Research Center, Teheran

ABSTRACT- *Sedimentation in river intakes causes many difficulties such as reduction of system delivery efficiency and increase of maintenance costs; therefore, a suitable means is required to reduce these difficulties. The submerged vanes are special tools to control sedimentation in intakes. To increase the efficiency of the submerged vanes system, it is essentiul to study the hydrodynamics of flows atintakes.*

---

* دانشیار ** کارشناس ارشد

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]

فهرست علائم

F_n	تنش برشی در جهت n	q_n	شدت انتقال حجمی بار بستر در واحد عرض در جهت n	s	محور در جهت طول کانال
F_s	تنش برشی در جهت s			u	مولفهٔ سرعت در جهت s
F_z	تنش برشی در جهت z			v	مولفهٔ سرعت در جهت n
g	شتاب ثقل	q_s	شدت انتقال حجمی بار بستر در واحد عرض در جهت s	w	مولفهٔ سرعت در جهت z
H	ارتفاع موثر صفحه			z	محور در جهت عمودی
n	محور در جهت عرض کانال				
p	فشار	r	شعاع پیچ کانال یا رودخانه		

In this study, a physical model was used to investigate the flow hydrodynamics and the effect of submerged vanes on sedimentation reduction. The physical model includes a canal with dimensions of 30 × 2.5 × 0.25 m, current and depth measuring equipment. In this study, a total of 42 experiments were performed in two groups: without submerged vanes (4 experiments) and with submerged vanes (38 experiments). The variables were canal and intake flow discharges and array of submerged vanes, in two forms: three vanes in a row and two in alternative rows. The results of the experiments show a sedimentation reduction of about 50% for three vanes array and about 75% for the alternative rows.

۱- مقدمه

مسئلهٔ کنترل فرسایش و رسوبگذاری در مدخل آبگیری رودخانه‌ها برای نیروگاهها، تصفیه خانه‌های آب و غیره از دیر باز مورد توجه بوده است و از روشهایی همچون سنگفرش، تورسنگ، سیمانی کردن و کاربرد صفحاتی به عنوان تیغه[1] استفاده شده است که با صرف هزینه بالا و تأثیرات نامطلوب جانبی همراه بوده است. برای کاهش مشکلات ناشی از کاربرد روشهای بالا می‌توان از صفحات مستغرق که سازه‌های کوچک هدایت کننده جریان هستند و برای اصلاح وضعیت جریان مجاور بستر طراحی می‌شود استفاده کرد. این صفحات به صورت گروهی کار گذاشته شده و با تغییر وضعیت جریان مجاور بستر، موجب انتقال رسوبات و در نتیجه باعث تغییر وضعیت مرفولوژیک در مقطع عرضی بستر رودخانه می‌شوند، به طوری که کف رودخانه در یک قسمت از مقطع عرضی بالا آمده و در قسمت دیگر فرو می‌افتد. عملکرد صفحات مستغرق بر مبنای ایجاد چرخش ثانویه در جهت عکس جریان ثانویه رودخانه است. این چرخش جهت تنشهای برشی کف را تغییر داده و موجب توزیع مجدد سرعت در عمق و انتقال رسوبات در محدودهٔ تأثیر صفحات می‌شود.

تکنیک استفاده از صفحات مستغرق که طرح توسعه یافته روش قدیمی صفحات کف[2] است اولین بار توسط ادگارد و کندی [۱] و سپس توسط سایر محققان [۲-۶] برای جلوگیری از فرسایش قوس خارجی رودخانه ها و غیره طراحی شد تا به دفع جریان ثانویه حاصل از نیروی گریز از مرکز که عامل اصلی تخریب بود بپردازد. این روش موجب تغییرات موضعی در پروفیل سرعت و توپوگرافی بستر می‌شود، ولی تغییرات قابل ملاحظه‌ای در سطح مقطع جریان، شیب خط انرژی و غیره ایجاد نمی‌کند، به عبارتی رژیم طبیعی رودخانه همچنان محفوظ می‌ماند. جنس این صفحات می‌تواند از چوب، فلز، بتن و یا نظایر آن باشند که به صورت ردیفهایی با زاویه بین ۱۰ تا ۳۰ درجه نسبت به جهت جریان نصب می‌شوند، ارتفاع اولیه آنها (۰/۲ تا ۰/۵) برابر عمق جریان است [۱و۷].

نقش اصلی این صفحات ایجاد نیروی برشی عرضی در مقابل جریان آب بوده و تأثیر آنها روی جریان نزدیک بستر و جریان چرخشی ایجاد شده در پایین دست صفحات است. این صفحات بسته به تعداد و آرایش آنها، به حل مشکل رسوبگذاری و کم شدن عمق جریان در کناره ساحل رودخانه کمک می‌کنند [۸]. اگر صفحه‌ها در یک ردیف نصب شوند، عرض میدان تأثیر افزایش خواهد یافت. اثر متقابل بین دو یا بیشتر چرخش ثانویه حاصل از وجود صفحات روی مجموع چرخش حاصل، توسط مدل مشابه آنچه که برای بال هواپیما مورد استفاده قرار

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]

گرفته توسط ونگ [۴] تشریح شده است. یکی از موفقیتهای کارگذاری صفحات مستغرق در رودخانه سدار[۳] در مجاورت آبگیر نیروگاه (د.ا.ای.سی.)[۴] در آیوا در سال ۱۹۹۲ بوده است. در این آبگیر عمق ته‌نشینی رسوب یک متر بالاتر از تراز بستر آبگیر رسیده بود که برای رفع این مشکل از یک مجموعه صفحه استفاده شد. با کارگذاردن صفحات در مجاورت آبگیر تراز بستر پایین آمده و مسئلهٔ رسوبگذاری منتفی شد. دیگر کارگذاری صفحات مستغرق در رودخانه راک[۵] در مجاورت نیروگاه بایرون[۶] در سال ۱۹۹۴ بوده که پس ازنصب صفحات، تراز بستر در مجاورت دهانهٔ آبگیر نسبت به حالت تعادل ۰/۶ متر پایینتر آمد [۵].

در این مطالعه دینامیک جریان و رسوب در اطراف صفحات مستغرق در دهانهٔ آبگیر بررسی شده و در یک مدل فیزیکی با ویژگیهای

الف- شیب زیاد

ب- عرض دهانهٔ آبگیر زیاد

ج- زاویه آبگیر ۶۰ درجه

به منظور تعیین آرایش مناسب صفحات، ۴۲ آزمایش در سه گروه به صورت

الف- بدون کارگذاری صفحات مستغرق

ب- با کارگذاری سه صفحهٔ مستغرق در هر ردیف

ج- باکارگذاری دو صفحهٔ مستغرق در هر ردیف به صورت متناوب

به عمل آمد. در این آزمایشها نسبت به اندازه‌گیری پارامترهای عمق جریان، میزان فرسایش صفحه‌ای و سرعت جریان در نقاط مختلف عرض کانال اصلی و در مجاورت دهانهٔ آبگیر اقدام شد. با بررسی نتایج آزمایشها، آرایش مناسب برای کارگذاری صفحات ارائه شد. هر چند که در این مقاله حل عددی معادله‌های حاکم بر جریان مورد نظر نیست، معذالک نتایج به دست آمده برای واسنجی حل عددی معادله‌های حاکم بر جریان و رسوب در مطالعات بعدی لازم است.

۲- دینامیک جریان و رسوب در دهانهٔ آبگیر

جریان سیال هنگامی که به محدودهٔ آبگیر می‌رسد متناسب با شدت آبگیری قسمتی از آن به سمت آبگیر منحرف می‌شود، این انحراف سیال با تغییراتی در شرایط هیدرودینامیکی رودخانه همراه است. هنگامی که جریان سیال از کانال اصلی وارد کانال جانبی یا آبگیر می‌شود جدا شدگی در جریان سیال رخ داده و اندازهٔ حرکت[۷] قابل ملاحظه‌ای بر روی شاخهٔ اصلی ایجاد می‌شود. در نزدیکی انشعاب، وسعت ناحیه جدا شدگی از سطح جریان به سمت کف بستر بیشتر شده و این باعث می‌شود وضعیت و عمق سیال تغییر کند. این تغییر وضعیت جریان موجب ایجاد جریان ثانویه‌ای مشابه جریانات ثانویه داخل پیچها می‌شود. در آبگیرها هنگامی که جریان ثانویه به محدودهٔ انشعاب می‌رسد، متناسب با تغییرات عمودی سرعت، تغییر می‌کند شدت و شکل این تغییر به نسبت سرعت و عمق جریان در کانال اصلی و جانبی، نسبت عرض کانال جانبی به کانال اصلی، عرض کانال اصلی و زاویه آبگیری بستگی دارد. به نظر وین‌سنتزوادگارد [۹] وضعیت جریان ورودی به آبگیر، شبیه به وضعیت جریان در پیچ کانال است. از آنجا که شرایط مرزی در این جریان با جریان داخل پیچ مختلف است، تنش برشی مرزی جریان می‌تواند تفاوت داشته باشد و متناسب با کاهش تنش برشی می‌توان انتظار داشت که گرادیان خط هیدرولیکی نیز کاهش یابد[۹]. باید درنظر داشت که در پیچ رودخانه، جریان سیال مطابق مسیر حرکت می‌کند و اندرکنش خاک و آب تا حصول شرایط پایدار ادامه می‌یابد. اما در ورودی آبگیرها روند غیر از این است، یعنی جلوی مسیر جریان در رودخانه اصلی باز است و جریان رودخانه ضمن طی مسیر قبلی خود وقتی به آبگیر می رسد تا حدودی شبیه سرریز جانبی کانال اصلی وارد آبگیر می‌شود، مگر آنکه رسوبگذاری و یا ایجاد دیوار مصنوعی شرایط جریان ورودی آبگیر را تغییر دهد. به طور خلاصه شرایط هیدرودینامیکی جریان ورودی به آبگیر به موارد زیر بستگی دارد

الف- زاویه انشعاب بین کانال آبگیر و رودخانه

ب- شعاع پیچش جریان از رودخانه به کانال آبگیر

ج- عمق جریان در ورودی آبگیر با توجه به رسوبگذاری، فرسایش و عمق جریان رودخانه

د- بده آبگیری

هـ- عرض محل آبگیری و عرض رودخانه،

معادله‌های اندازهٔ حرکت حاکم بر جریان را در راستای s و n به طوری که s در جهت طول و n در جهت عرض کانال و z در جهت

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]

عمود باشد، به شرح زیر می‌توان نوشت[۱۰]

$$u\frac{\partial u}{\partial s} + v\frac{\partial u}{\partial n} + w\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{uv}{r} = \frac{-1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial s} + F_s \qquad (۱)$$

$$u\frac{\partial v}{\partial s} + v\frac{\partial v}{\partial n} + w\frac{\partial v}{\partial z} - \frac{u^2}{r} = \frac{-1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n} + F_n \qquad (۲)$$

و همچنین معادله‌های پیوستگی جریان و رسوب برابر

$$\frac{\partial u}{\partial s} + \frac{1}{r}\frac{\partial (ur)}{\partial n} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \qquad (۳)$$

$$\frac{\partial q_s}{\partial s} + \frac{1}{r}\frac{\partial (q_n r)}{\partial n} = 0 \qquad (۴)$$

است که در آن u، v و w مولفه‌های سرعت در جهتهای s، n، z و r شعاع پیچ کانال یا رودخانه، p فشار، F_s و F_n به ترتیب برابر تنش برشی در جهتهای s و n، q_s و q_n به ترتیب برابر با شدت انتقال حجمی بار بستر در واحد عرض در جهات n و s و g شتاب ثقل است.

در نظر است که، معادله‌های بالا با روشهای عددی مناسب برای دهانهٔ کانالهای آبگیر با صفحات مستغرق حل شوند و سرعت جریان و ارتفاع رسوب محاسبه شوند. از آنجا که حل عددی معادله‌های بالا نیاز به واسنجی و تطبیق آن با واقعیتهای فیزیکی دارد، لذا در این مطالعه به بررسی تجربی پدیده با استفاده از مدل فیزیکی پرداخته می‌شود و آمار و اطلاعات پایه‌ای لازم برای واسنجی مدلهای عددی با آرایش متعدد صفحات در دهانهٔ کانال آبگیر، تولید می‌شود.

۳- مدل فیزیکی

برای انجام این مطالعه، مدل فیزیکی تهیه شده در آزمایشگاه مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل فیزیکی در داخل یک ساختمان سوله با وسعت ۴۰۰ متر مربع ساخته شده است که کف این ساختمان بتن مسلح است. مصالح مورد استفاده در این مدل آجر و سیمان بوده و اصول قفل و بست به طور کامل در آن رعایت شده است. این مدل به طول ۳۰ متر، عرض داخلی ۲/۵ متر و ارتفاع داخلی ۲۵ سانتیمتر که دارای ظرفیت انتقال حدود ۳۰۰ لیتر در ثانیه ساخته شده است. رقوم دیوار در بالادست ۱/۶۰ متر و در پایین دست ۱/۳۰ متر از کف ساختمان است. در کف سازی، یک متر در بالا دست و ۰/۷ متر در پایین دست خاکریزی و کوبیده شده است. در بالای خاکریز به ترتیب لایه‌هایی از مخلوط شن و خاک، ۱۰ سانتیمتر بتن، ایزولاسیون و ملات نرمه تا رقوم ۱/۳۵ متر در بالا دست و ضمن اعمال شیب کف برابر ۰/۰۱، رقوم پایین دست کف کانال برابر ۱/۰۵ متر شده است. در بالا دست کانال، ساختمان حوضچهٔ ورودی و شبکهٔ تثبیت جریان قرار گرفته است. در پایین دست کانال دو عدد دریچهٔ کشویی و شعاعی خروجی، حوضچهٔ جمع‌آوری آب و لولهٔ زهکش که آب را به منبع زیرزمینی منتقل می‌کند قرار دارد. آب مورد نیاز توسط منبع زیرزمینی تامین و توسط لوله به بالادست کانال با استفاده از چهار الکتروپمپ که ظرفیت انتقال دو عدد از آنها هرکدام ۱۰۰ لیتر در ثانیه و دو عدد دیگر هر کدام ۵۰ لیتر در ثانیه است منتقل می‌شود. کانال آبگیر در فاصله ۵/۷ متر از پایین دست کانال اصلی با زاویه آبگیری ۶۰ درجه و عرض دهانهٔ ۱/۳۰ متر قرار گرفته است.

صفحات مستغرق با عرض ۷/۵ سانتیمتر، ضخامت ۲ میلیمتر و ارتفاع ۱۳/۵ سانتیمتر ساخته شده و بر روی پاشنهٔ متحرک به ابعاد تقریبی (۱۰×۷/۵ سانتیمتر) نصب شده‌اند. پس از بارگذاری ماسه با قطر متوسط D= ۳/۴mm و ارتفاع حدود ۱۱ سانتیمتر در کف کانال، ارتفاع صفحه در بالای ماسه به عنوان ارتفاع موثر درنظر گرفته شده است. در این مدل عمق فرسایش صفحه‌ای ایجاد شده در کف کانال توسط یک دستگاه ژرفاسنج[۸] مدل OSC ۱۴۰۷۷ اندازه‌گیری شده است. از مهمترین ویژگیهای این دستگاه حرکت روی ریلها و دقت بالای اندازه‌گیری آن است. سرعت جریان در این مدل توسط دو دستگاه سرعت سنج که قادر به اندازه‌گیری همزمان در ۲۰ نقطهٔ مختلف از کانال‌اند، اندازه‌گیری می‌شد.

۴- آزمایشهای انجام شده

به منظور بررسی اثر کارگذاری صفحات مستغرق در کاهش رسوبگذاری در دهانهٔ آبگیر دو گروه آزمایش گروه اول بدون کارگذاری صفحات مستغرق و گروه دوم با کارگذاری صفحات در دهانهٔ آبگیر با آرایشهای مختلف انجام شد. در این آزمایشها با تغییر

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]

فواصل صفحات در عرض و نیز نحوهٔ قرارگیری صفحات در طول بهترین آرایش جستجو شد، آرایشی که بتواند میزان رسوبگذاری کمتر را در دهانهٔ آبگیر و در نتیجه عملکرد بهتر صفحات را تضمین کند.

۴-۱- آزمایشهای بررسی هیدرولیک جریان و رسوب بدون صفحات

در این گروه چهار آزمایش با بده‌های انتخابی ۳۸lit/sec، ۸۱lit/sec، ۱۱۴lit/sec و ۱۳۷lit/sec به طور جداگانه انجام شد. بده آبگیری در کلیه آزمایشهای این گروه ۲۰ درصد بده، جریان اصلی در نظر گرفته شد. در این آزمایشها هیچ گونه تمهیدی برای جلوگیری از رسوبگذاری در دهانهٔ آبگیر به عمل نیامد.

اولین آزمایش با بده ۳۸lit/sec و بده آبگیری ۷/۶lit/sec انجام شد. پس از ۲/۵ ساعت از شروع آزمایش و برقراری جریان یکنواخت در کانال هیچ گونه تغییری در بستر ملاحظه نشد. البته این موضوع دور از انتظار نبود چون متوسط سرعت جریان در این حالت بین ۳۵ تا ۴۰ سانتیمتر در ثانیه بوده و براساس معادلهٔ استوکس برای قطر ذرات بستر برابر D= ۳/۴mm سرعت[9] لازم برای شروع فرسایش بیش از ۴۵ سانتیمتر در ثانیه است.

آزمایش دوم با بده ۸۱lit/sec و بده آبگیری ۱۶/۲lit/sec انجام شد و همان طوری که انتظار می‌رفت فرسایش و حرکت ذرات مشاهده شد و به ازای این بده، عمق متوسط جریان ۶/۵ سانتیمتر و سرعت متوسط جریان درکانال اصلی حدود ۵۰ سانتیمتر در ثانیه بود. پس از شروع آزمایش روند رسوبگذاری در قوس داخلی دهانهٔ آبگیر کم‌کم افزایش یافت. مدت آزمایش ۲/۵ ساعت در نظر گرفته شد که کمی بیش از زمانی بود که پروفیل بستر جریان در مجاورت محدودهٔ آبگیری به حالتی پایدار و ثابت برسد. در این آزمایش ارتفاع بیشینهٔ رسوبگذاری در قوس داخلی آبگیر در اثر هجوم جریان به ۲/۱۵ سانتیمتر رسید.

آزمایش سوم با بده ۱۱۴lit/sec انجام گرفت. در این آزمایش عمق جریان یکنواخت در کانال اصلی ۸ سانتیمتر و سرعت متوسط جریان حدود ۵۸ سانتیمتر در ثانیه و ظرفیت آبگیری ۲۲/۸lit/sec بود ارتفاع بیشینه رسوبگذاری در این وضعیت ۳/۸ سانتیمتر شد.

آزمایش چهارم با بده ۱۳۷lit/sec انجام شد. مدت زمان انجام این آزمایش ۲/۵ ساعت و بده آبگیری ۲۷/۴lit/sec بود. سرعت متوسط جریان در این آزمایش حدود ۶۳ سانتیمتر در ثانیه اندازه‌گیری شد. تنها تفاوت قابل توجه نتایج این آزمایش، رسوبگذاری بیشتر در دهانهٔ آبگیر بود که ارتفاع بیشینهٔ رسوبگذاری در قوس داخلی به ۴/۱ سانتیمتر رسید.

۴-۲- آزمایشهای بررسی هیدرولیک جریان و رسوب با صفحات

پاین آزمایشها در دو گروه قرارگیری صفحات به صورت سه تایی در عرض، شکل (۱) و قرارگیری صفحات به صورت متناوب، شکل (۲) انجام شده است.

۴-۲-۱- کارگذاری به صورت سه صفحه در هر ردیف

در این آزمایشها، در هر ردیف عرضی سه صفحه کارگذاری شد. ارتفاع موثر صفحات، H=۲/۵cm در نظر گرفته شد. فاصله طولی صفحات از هم با توجه به توصیه‌های ادگارد و اسپولجاریک [۶] ابتدا برابر ۱۲H و سپس ۱۰H انتخاب شد ولی عملکرد صفحات مطلوب نبود. از آنجاکه هدف بررسی چگونگی آرایش صفحات در عرض بود، فاصلهٔ طولی صفحات از هم برابر ۸H در نظر گرفته شد و کلیه آزمایشهای اصلی این گروه با این فاصلهٔ طولی ثابت بین کلیه ردیفها یعنی L=۸H=۲۰Cm انجام شد نتایج حاصله با این فاصله طولی قابل توجه است، زیرا علت اینکه توصیه‌های ادگارد و اسپولجاریک [۶] در تعیین فاصلهٔ طولی صفحات از یکدیگر نتیجه مطلوب نداده است، می‌تواند زیاد بودن شیب بستر کانال و بزرگی نسبی دهانهٔ آبگیر مورد مطالعه نسبت به آزمایشها و تجربیات آنها باشد. زاویه قرارگیری صفحات با جریان اصلی برای کلیه آزمایشهای این گروه ۲۰ درجه در نظر گرفته شد. در این گروه مجموعاً ۱۶ آزمایش انجام گرفت که ۱۴ آزمایش آن با بده ۱۱۴lit/sec که ۱۴ وضعیت مختلف قرارگیری صفحات در عرض را شامل می‌شد و ۲ آزمایش دیگر مربوط به بهترین وضعیت قرارگیری صفحات در یکی از ۱۴ آزمایش قبلی بود و با دو بده مختلف دیگر یعنی ۸۱lit/sec و ۱۳۷lit/sec تکرار شد. مدت زمان کلیه آزمایشهای این گروه ۲/۵ ساعت بود که کمی بیشتر از حداکثر زمان مورد نیاز سیستم برای رسیدن به حالت پایدار است. نتایج حاصله با توجه به اینکه فرسایش صفحه‌ای ایجاد شده در مجاورت دهانهٔ آبگیر عمیقتر

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]

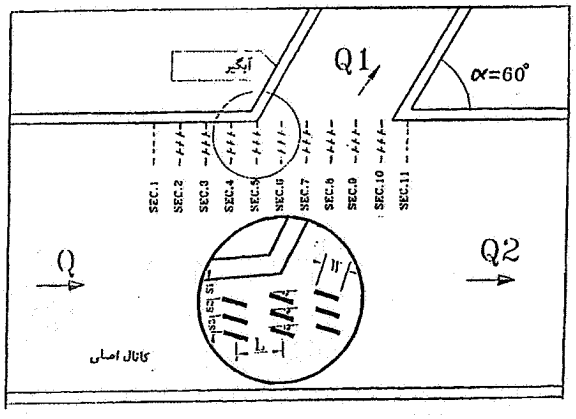
جدول ۱ - خصوصیات هیدرولیکی، ابعاد آرایش صفحات و عمق بیشینهٔ فرسایش صفحه‌ای ایجاد شده در حالت ۳ صفحه در هر ردیف

	بده جریان کانال اصلی	بده آبگیری	فاصله‌اولین ردیف طولی صفحات نادهانه‌آبگیر	فاصله‌اولین و دومین ردیف‌طولی‌درجهت‌عرض	فاصله‌دومین و سومین ردیف طولی درجهت‌عرض	عمق‌بیشینه فرسایش صفحه‌ای
شماره‌آزمایش	لیتردرثانیه	لیتردرثانیه	سانتیمتر	سانتیمتر	سانتیمتر	سانتیمتر
A-۱-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۵	۵	۳/۴
A-۱-۲	۱۳۷	۲۷/۴	۷/۵	۵	۵	۳/۶
A-۱-۳	۸۱	۱۶/۲	۷/۵	۵	۵	۲/۸
A-۲-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۷/۵	۵	۳
A-۳-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۵	۷/۵	۲/۸
A-۴-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۲/۷
A-۵-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۷/۵	۵	۲/۶
A-۶-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۷/۵	۷/۵	۲/۶
A-۷-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۵	۷/۵	۲/۶
A-۸-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۵	۵	۲/۵
A-۹-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۱۰	۵	۲
A-۱۰-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۵	۱۰	۲
A-۱۱-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۱۰	۵	۱/۹
A-۱۲-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۵	۱۰	۱/۷
A-۱۳-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۷/۵	۱۰	۱/۷
A-۱۴-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۷/۵	۱۰	۱/۶

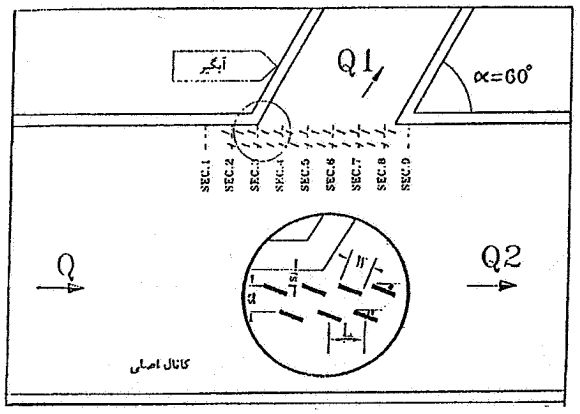
یکنواخت‌تر و میزان رسوبگذاری در دهانهٔ آبگیر کمتر باشد عملکرد بهتر صفحات در نظر گرفته شده و در جدول (۱) به ترتیب کیفیت آمده است. در این آزمایشها تعداد صفحات بالادست آبگیر در سه ردیف تکرار شد. با توجه به طول دهانهٔ آبگیر که ۱/۳ متر بود، ۲۷ صفحه در ۹ ردیف ۳تایی نصب شدند. محدودهٔ تاثیر صفحات در پایین دست، برای آخرین ردیف صفحات و بهترین آرایش این سری ازکارگذاری حدود ۱۰H بودکه عملاً فرسایش ایجاد شده پس از این فاصله محو می‌شده است. با افزایش بده عبوری از کانال اصلی، ابتدای فرسایش ایجاد شده از اولین ردیف طولی صفحات در بالادست، فاصلهٔ بیشتر می‌گیرد. به طوری که محل شروع فرسایش برای بده ۸۱lit/sec حدود ۱۲H، بده ۱۱۴lit/sec حدود ۱۵H و بده ۱۳۷lit/sec حدود ۲۰H بالادست صفحات است که این فرسایش به تدریج با نزدیکتر شدن به صفحات، عمیقتر می‌شد.

در این مجموعهٔ آزمایشها به خوبی دیده می‌شود که عمیقترین فرسایش ایجاد شده عموماً در ردیفهایی صورت می‌گیرد که بلافاصله پس از شروع دهانهٔ آبگیر قرار دارند و دلیل آن می‌تواند افزایش سرعت عرضی جریان در این ناحیه باشد. عمیقترین فرسایش به وجود آمده در این سری آزمایشها برای بده ۸۱lit/sec عمقی برابر ۲/۸cm، بده ۱۱۴lit/sec عمقی برابر ۳/۴cm و بده ۱۳۷lit/sec عمقی برابر ۳/۶cm داشته است. این عمق ایجاد شده در هر سه حالت در یک سوم ابتدایی دهانهٔ آبگیر مشاهده شده است. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش حدود ۷۰ درصد بده جریان عمق بیشینه ایجاد شده افزایشی حدود ۳۰ درصد را نشان می‌دهد. حداکثر پهنای فرسایش ایجاد شده در جهت عرض کانال اصلی

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]



شکل ۱- شمای قرارگیری صفحات مستغرق به صورت ۳ صفحه در عرض در مجاورت دهانه آبگیر با زاویه ۶۰ درجه



شکل ۲- شمای قرارگیری صفحات مستغرق به صورت متناوب در مجاورت دهانهٔ آبگیر با زاویه ۶۰ درجه

حدود ۸H و برای بهترین گزینه‌های آزمایش این گروه متوسط آن برابر ۵H بوده است. حجم رسوبگذاری در مقایسه با آزمایشهای بدون صفحات حدود ۵۰ در صد کاهش نشان داده و رسوبگذاری توزیع یکنواخت‌تری نسبت به حالت مخروطی آزمایشها بدون صفحات داشته است. شکل (۳) پروفیل رسوب در عرض کانال اصلی در مقابل کانال آبگیر در مقطعهای مختلف مندرج در شکل(۱) را به عنوان نمونه نشان می‌دهد.

۴-۲-۲-کارگذاری صفحات به صورت متناوب

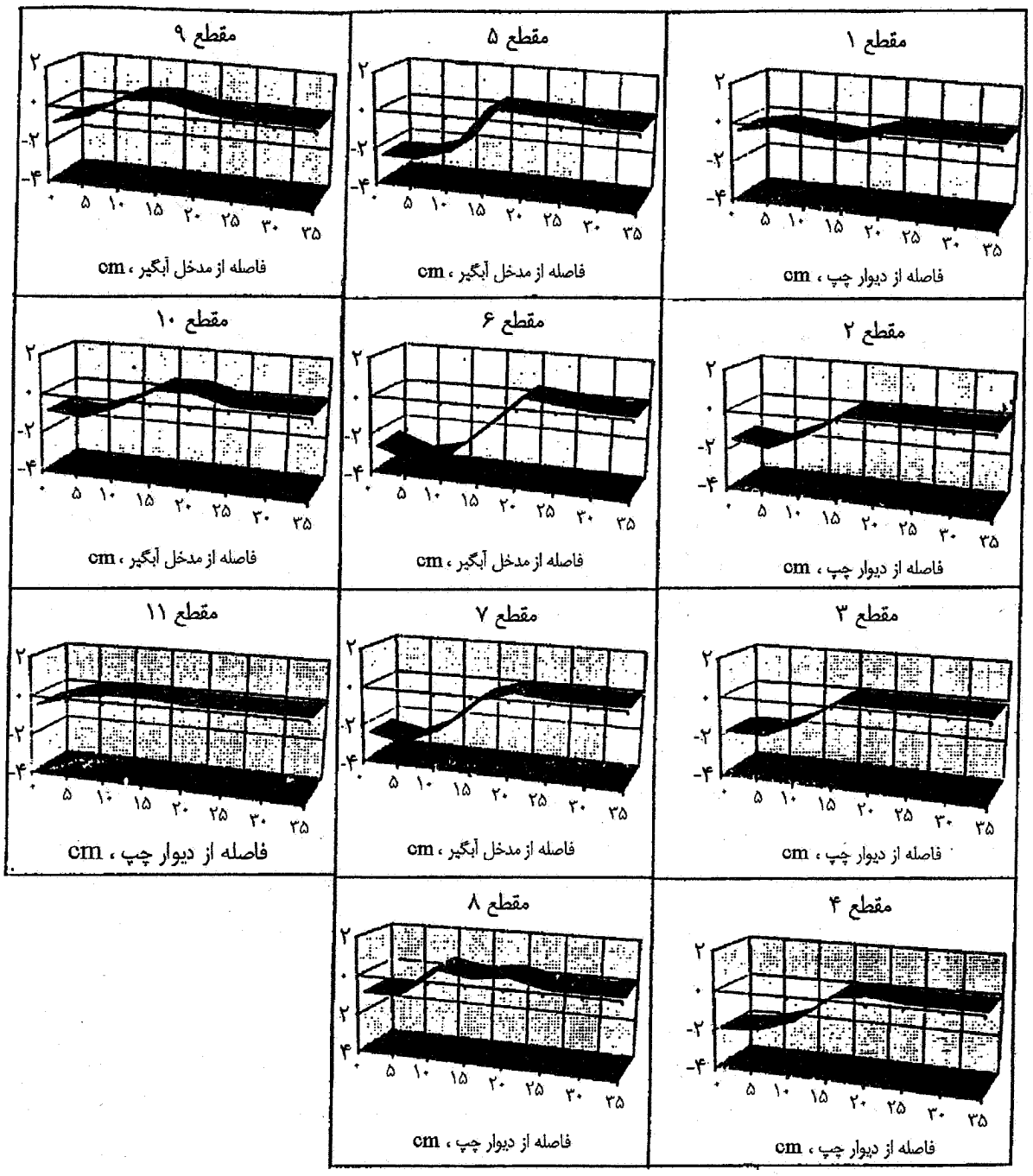
این گروه از آزمایشها نیز با همان تعدد ۲۷ صفحه انجام گرفت. ارتفاع مؤثر صفحات ردیف داخلی H_1=۳cm و صفحات ردیف خارجی H_2=۲/۵cm در نظر گرفته شد. شمای این صفحه گذاری در شکل(۲) نشان داده شده است.

در این گروه آزمایشها، مجموعاً ۲۲ آزمایش انجام شده است که ۹ آزمایش آن با بده ۱۱۴lit/sec، ۶ آزمایش با بده ۸۱lit/sec و ۶ آزمایش با بده ۱۳۷lit/sec بوده است. در کلیه آزمایشهای این گروه بده آبگیری معادل ۲۰ درصد بده عبوری از کانال اصلی در نظر گرفته شده است. یک آزمایش باقیمانده با بده ۱۱۴lit/sec و برای بهترین وضعیت آزمایش این گروه تکرار شد که بده آبگیری آن ده درصد بده عبوری از کانال اصلی بوده تا تأثیر میزان آبگیری قابل بررسی باشد. نتایج حاصل از این آزمایشها به ترتیب کیفیت عملکرد صفحات در جدول (۲) داده شده است. در این گروه از آزمایشهابهترین آرایش هنگامی بود که فاصلهٔ اولین ردیف طولی صفحات از دهانه آبگیر برابر ارتفاع موثر ردیف خارجی صفحات (H_2) و فاصله عرضی صفحات از هم در ردیف طولی، برابر $3H_2$ در نظر گرفته شد. در این وضعیت کارگذاری صفحات، حداکثر عمق فرسایش صفحه‌ای ایجاد شده برای بده‌های ۸۱lit/sec، ۱۱۴lit/sec و ۱۳۷lit/sec با ۲۰ درصد آبگیری در تمام حالتها به ترتیب برابر ۲/۹cm، ۳/۹cm و ۴/۱cm بوده و محل آن در یک سوم ابتدایی دهانهٔ آبگیر مشاهده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود با افزایش حدود ۷۰ درصد بده جریان، افزایش بیشینهٔ عمق فرسایش صفحه‌ای ایجاد شده حدود ۴۵ درصد است و پهنای فرسایش صفحه‌ای ایجاد شده در راستای عرض کانال اصلی با افزایش بده جریان بیشتر شده و این افزایش عرض از اولین ردیف صفحات دربالادست شروع و با رسیدن به ورودی آبگیر به مقداری ثابت وبرابر ۶H می‌رسد. همچنین حجم رسوبگذاری در مقایسه با آزمایشهای بدون صفحات در بهترین آرایش این گروه ۷۵ الی ۸۰ درصد کاهش نشان داده و توزیع رسوبگذاری شکلی یکنواخت‌تر داشت.

۵- خلاصه و نتیجه‌گیری

کنترل رسوب در مدخل کانال آبگیری از رودخانه‌ها از دیرباز مورد توجه بوده و روشهای گوناگونی برای رفع آن به کار گرفته شده است. صفحات مستغرق سازه‌های کوچک و ارزانقیمت‌اند که درسالهای اخیر برای کنترل رسوب در دهانه‌های آبگیر به کار گرفته

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]



شکل ۳- پروفیل عرضی رسوب در کانال اصلی در مقابل کانال آبگیر برای آرایش سه صفحه در هر ردیف و بده کانال اصلی ۱۱۴ لیتر در ثانیه و کانال آبگیر ۲۲/۸ لیتر در ثانیه

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]

جدول ۲- خصوصیات هیدرولیکی، ابعاد آرایش صفحات و عمق بیشینهٔ فرسایش صفحه‌ای ایجاد شده در حالت دو صفحه در عرض به صورت متناوب

شمارهٔ آزمایش	بده جریان کانال اصلی	بده آبگیری	فاصله اولین ردیف طولی صفحات تا دهانه آبگیر	فاصله اولین و دومین ردیف طولی در جهت عرض	عمق بیشینه فرسایش صفحه‌ای
	لیتر در ثانیه	لیتر در ثانیه	سانتیمتر	سانتیمتر	سانتیمتر
B-۱-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۲/۵	۷/۵	۳/۹
B-۱-۲	۱۳۷	۲۷/۴	۲/۵	۷/۵	۴/۱
B-۱-۳	۸۱	۱۶/۲	۲/۵	۷/۵	۲/۹
B-۱-۴	۱۱۴	۱۱/۴	۲/۵	۷/۵	۳/۱
B-۲-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۷/۵	۳
B-۲-۲	۱۳۷	۲۷/۴	۵	۷/۵	۳/۱
B-۲-۳	۸۱	۱۶/۲	۵	۷/۵	۲/۵
B-۳-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۲/۵	۵	۲/۹
B-۳-۲	۱۳۷	۲۷/۴	۲/۵	۵	۳
B-۳-۳	۸۱	۱۶/۲	۲/۵	۵	۲/۵
B-۴-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۵	۲/۹
B-۴-۲	۱۳۷	۲۷/۴	۵	۵	۳
B-۴-۳	۸۱	۱۶/۲	۵	۵	۲/۴
B-۵-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۵	۲/۸
B-۵-۲	۱۳۷	۲۷/۴	۷/۵	۵	۲/۹
B-۵-۳	۸۱	۱۶/۲	۷/۵	۵	۲/۴
B-۶-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۲/۵	۱۰	۲/۵
B-۶-۲	۱۳۷	۲۷/۴	۲/۵	۱۰	۲/۶
B-۶-۳	۸۱	۱۶/۲	۲/۵	۱۰	۲
B-۷-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۵	۱۰	۲/۱
B-۸-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۷/۵	۱/۸
B-۹-۱	۱۱۴	۲۲/۸	۷/۵	۱۰	۱/۳

شده‌اند. در این مطالعه برای بررسی روند جریان و رسوبگذاری در دهانه‌های آبگیر، هیدرودینامیک جریان با استفاده از یک مدل فیزیکی بررسی شده است.

برای بررسی وضعیت رسوبگذاری در دهانهٔ آبگیر، آزمایشها در سه گروه بدون استفاده از صفحات مستغرق، کارگذاری صفحات به صورت ۳ صفحه در هر ردیف عرضی و کارگذاری صفحات به صورت متناوب و در دو ردیف عرضی انجام شده است. در حالت بدون استفاده از صفحات مستغرق چهار آزمایش با بده‌های مختلف انجام شده و مشاهده شد که با افزایش بده جریان حجم رسوبگذاری در قوس داخلی دهانه آبگیر افزایش پیدا می‌کند. در آزمایش با بده ۳۸lit/sec هیچ گونه تغییری در بستر ملاحظه نشده است در حالی که با افزایش بده جریان به ۸۱lit/sec، ۱۱۴lit/sec و ۱۳۷lit/sec با

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]

آبگیری ۲۰ درصد بده جریان، ارتفاع بیشینه رسوبگذاری به ترتیب ۲/۱۵ سانتیمتر، ۳/۸ سانتیمتر و ۴/۱ سانتیمتر اندازه‌گیری شده است.

در حالت کارگذاری صفحات به صورت ۳ صفحه در هر ردیف عرضی جمعاً ۱۶ آزمایش انجام شده و مشاهده شد که در حالت بهترین آرایش قرارگیری صفحات در این گروه، با بده ۱۱۴lit/sec و بده آبگیری ۲۲/۸lit/sec، فاصله اولین ردیف صفحات از دهانه آبگیر ۷/۵ سانتیمتر، فاصله صفحات از یکدیگر در ردیفهای بعدی برابر ۵ سانتیمتر و عمق بیشینهٔ فرسایش ایجاد شده برابر ۳/۴ سانتیمتر شد. میزان رسوبگذاری در مقایسه با حالت قبل حدود ۵۰ درصد کاهش نشان داده و رسوبات توزیع یکنواخت‌تری داشته‌اند. در حالت کارگذاری صفحات به صورت متناوب جمعاً ۲۲ آزمایش انجام شده است. در بهترین آرایش قرارگیری صفحات در این گروه با بده ۱۱۴lit/sec و بده آبگیری ۲۲/۸lit/sec فاصله اولین ردیف طولی صفحات از دهانه آبگیر ۲/۵ سانتیمتر و فاصله عرضی صفحات از هم برابر ۷/۵ سانتیمتر بوده است. عمق بیشینهٔ فرسایش ایحادشده ۳/۹ سانتیمتر اندازه‌گیری شده است. حجم رسوبگذاری در مقایسه با دو حالت قبل کاهش پیدا کرده و در مقایسه با حالت بدون کارگذاری صفحات حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد کاهش نشان داده است.

با توجه به بحث بالا، این آزمایشها نشان می‌دهند که استفاده از صفحات مستغرق در دهانه‌های آبگیر تأثیر واضحی در جلوگیری از رسوبگذاری داشته و کارگذاری صفحات به صورت متناوب مؤثرتر از حالت سه صفحه در هر ردیف بوده است. همان طوری که در شرح آزمایشها آمده است مقدار رسوبگذاری تابعی از فاصله اولین ردیف طولی صفحات تا دهانهٔ آبگیر، فاصلهٔ عرضی بین صفحات، بده رودخانه و بده آبگیری در شرایطی بوده است که زاویه آبگیری و ارتفاع مؤثر صفحه ثابت در نظر گرفته شوند. نتایج حاصل از این آزمایشها می‌تواند برای واسنجی مدلهای عددی یا تحلیلی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌نامه

1. dike
2. bottom panels
3. Cedar
4. Doune Arnold Energy Center
5. Rock
6. Byron
7. momentum
8. point gage
9. scour velocity

مراجع

1. Odgaard, A.J., and Kennedy, J.F., "River - Bend Bank Protection by Submerged Vanes," *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 109, pp. 1116-1173, 1983.
2. Fukuoka, S., and Watanabe, A., "Analysis of the Flow and Bed Profile in a Curved Channel with Vane Array," *Proc., XXV Congr. of Int. Assoc. for Hydraulic Research,* Sec. A, Vol. 2, pp. 455-462, 1993.
3. Nakato, T., and Ogden, F. L., Sediment Control at Water Intakes Along Sand - Bed Rivers," *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, Vol. 14, No. 6, pp. 589-596, 1998.
4. Wang, Y., "Bank Protection with Submerged Vanes," *Proc., XXIII Congr. of Int. Assoc. for Hydraulic Research*, Vol. S, pp. 17-23, 1989.
5. Wang, Y., Odgaard, A.J., Melville, B.W., and Jain, S. C., "Sediment Control at Water Intakes," *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, Vol. 122. No. 6, pp. 353-356., 1996.
6. Odgaard, A.J., and Spoljaric, A., "Sediment Control by Submerged Vanes, "American Geophysical Union, pp. 127-151, 1989.
7. Fredrick, M., and Sinha, S. K., "Experimental Investigation of Flow Past Submerged Vanes," *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE,* Vol. 124, pp. 545, 1998.
8. Odgaard, A. J., and. Wang, Y.," Sediment Management with Submerged Vanes. I., Theory," *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE,* Vol. 117,

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]

pp. 267-283, 1991.

9. Vincents, N., and Odgaard, A.J., "Three - Dimensional Flow Structure at Open - Channel Diversions, "*Journal of Hydraulic Engineering,* Vol. 119, No. 11, pp. 1223-1230, 1993.

10. Wang, Y.,"Sediment Control with Submerged Vanes, "Ph. D. Thesis, University of Iowa, at Iowa City, Iowa, 1991.

[DOR: 20.1001.1.2251600.1378.18.2.12.5]