# معرفی سازه کنترل رسوب Skimming wall

*امیر مرادی نژاد*

*استادیار مرکز تحقیقات و اموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی – ایران*
*Email: Amir_24619@yahoo.com*

**چکیده**

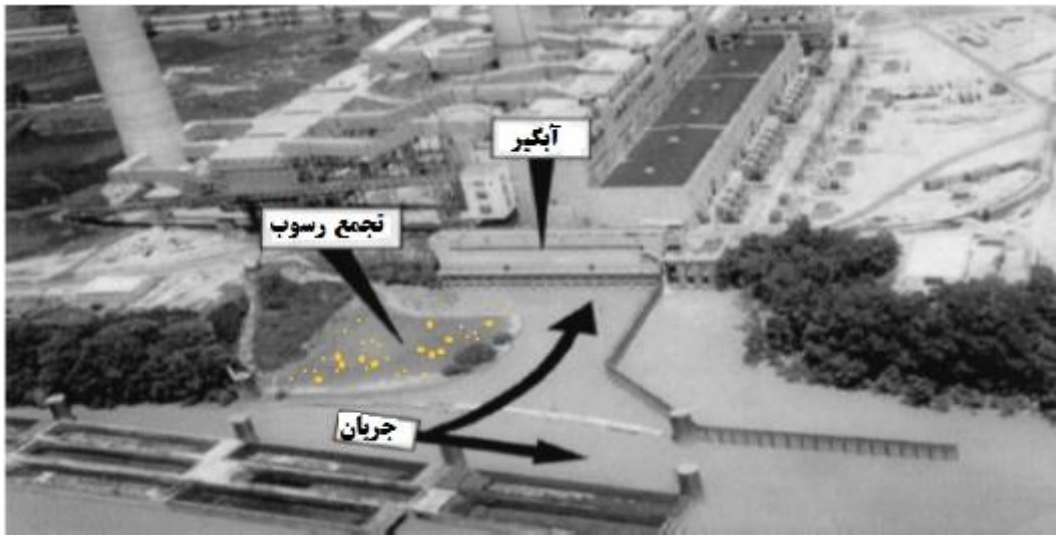
یکی از مشکلاتی که در اکثر آب‌گیرها به وجود می‌آید، تجمع و ورود رسوبات به دهانهٔ آب‌گیر و کاهش راندمان آب‌گیری است. رسوب‌گذاری در دهانهٔ آب‌گیر باعث بروز مشکلات بهره‌برداری از این تأسیسات خواهد شد و ممکن است منجر به قطع جریان در آب‌گیر شود. رسوباتی که هم توسط آب‌گیر انتقال می‌یابد وارد شبکه آبیاری شده و مشکلات فراوانی برای شبکه بوجود می‌آورد. از طرفی لایروبی و تخلیه رسوبات از تأسیسات آب‌گیر و شبکه انتقال، مشکلات اجرائی و هزینه‌های بالائی را نیز به دنبال خواهد داشت. بنابراین لزوم انتخاب راه‌کارهای مناسب برای کاهش میزان رسوب ورودی به آب‌گیر مورد نیاز می‌باشد. یکی از این راه‌کارها استفاده از سازه‌های کنترل رسوب در جلوی دهانه آب‌گیر می‌باشد. سازه‌های مختلفی مانند صفحات مستغرق، آستانه، آب‌شکن، ترکیب آن‌ها با یکدیگر برای کنترل رسوب در آب‌گیرها به کار رفته است. پیچیدگی انتقال جریان و رسوب، زیاد بودن تعداد متغیرهای اثرگذار بر رسوب ورودی به محدوده دهانهٔ آب‌گیر، سبب شده است که برای کنترل رسوب به معرفی و استفاده از سازه جدیدی مانند دیوار جداکننده پرداخته شود. این سازه باعث تغییر الگوی جریان در جلوی دهانه آب‌گیر و در نتیجه کاهش رسوب ورودی به آب‌گیر می‌شود. این سازه می‌تواند هم به تنهایی و هم به صورت ترکیبی با آب‌شکن یا سازه‌های دیگر استفاده شود. در راستای شناخت ابعاد، اندازه، فواصل، زوایای و هم‌چنین افزایش کارایی کنترل رسوب این سازه ضروری است که تحقیقات بیشتری وجود داشته باشد. هدف اصلی این مقاله، معرفی این سازه جدید کنترل رسوب در جلوی آب‌گیر و نحوه استفاده از آن می‌باشد.

**واژگان کلیدی**: آب‌گیر، کنترل رسوب، جریان، رودخانه، سازه، دیوار جدا کننده

## بیان مسئله

یکی از اهداف مهمی که در طراحی آب‌گیرهای جانبی و ثقلی مد نظر طراحان قرار می‌گیرد، افزایش راندمان آب‌گیری و کنترل رسوب در دهانه آب‌گیرها می‌باشد. درصورت عدم توجه کافی به طراحی مناسب تأسیسات کنترل رسوب در آب‌گیرها، می‌توان مشکلاتی از قبیل کاهش ظرفیت انتقال جریان در کانال آب‌گیر، آسیب دیدن تأسیسات انتقال و نیروگاهی و تحمیل هزینه‌های بالای لایروبی را انتظار داشت. از مشکلات دیگری که در اکثر آب‌گیرها به وجود می‌آید، ورود و تجمع رسوب به

دهانهٔ آب‌گیر و تغییر مسیر خط‌القعر جریان به سمت ساحل مقابل آب‌گیر است. کنترل نکردن رسوب ورودی به آب‌گیرها موجب انتقال آن به داخل کانال‌های آبیاری و تأسیسات شده و مشکلات زیادی را در نتیجه حمل رسوبات و یا ته‌نشین شدن آن‌ها در قسمت‌های مختلف به وجود می‌آورد. در اثر وجود جریان ثانویه در داخل آب‌گیر، رسوبات به سمت ناحیهٔ جدا شده هدایت شده و به دلیل آنکه در این محل سرعت کم و تنش برشی کم است، رسوب‌گذاری در این محل اتفاق می‌افتد. به مرور زمان ابعاد این ناحیه رسوب‌گذاری زیاد و بخشی از ورودی انشعاب مسدود خواهد شد. این رسوب‌گذاری اولاً موجب کاهش عرض مفید آب‌گیر و ظرفیت آب‌گیری خواهد شد. ثانیاً جریان ورودی به داخل آب‌گیر دچار عدم تقارن شده و می‌تواند منجر به ارتعاش و تخریب پمپ‌های موجود در نیروگاه‌ها شود. شکل (۱) رسوب‌گذاری در دهانه آب‌گیر جانبی ادجوینگ در رودخانه اوهایو را نشان می‌دهد.

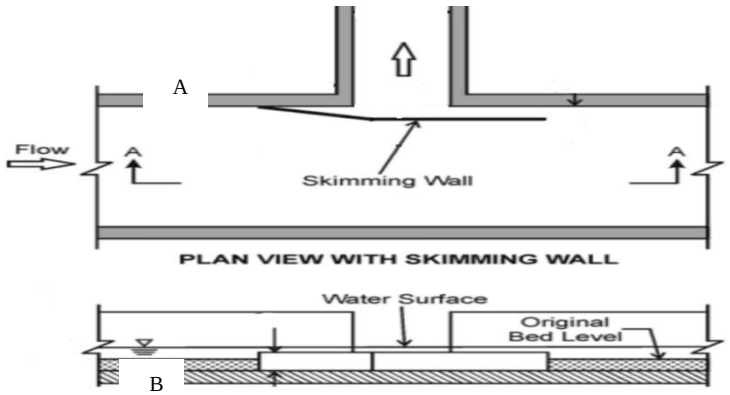



شکل ۱- رسوب‌گذاری در دهانه آب‌گیر جانبی ادجوینگ در رودخانه اوهایو(Neary، 1999).

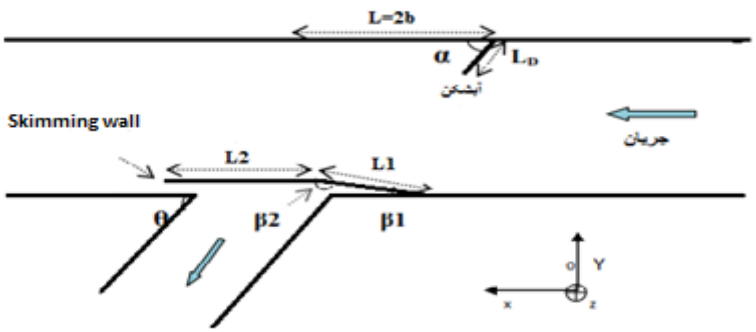
از جمله سازه‌هایی که برای کنترل رسوب و حفاظت از سواحل رودخانه استفاده می‌شود، صفحات مستغرق هم‌چنین استفاده از آستانه، آب‌شکن و دیوار جداکننده و یا ترکیب آن‌ها می‌باشد. در این مقاله به معرفی سازه دیوارجداکننده، کاربرد آن از نظر فنی و مهندسی پرداخته خواهد شد. با توجه به تحقیقات آزمایشگاهی بارکدول (۱۹۹۷)، رسوب ورودی به آب‌گیر با نسبت آب‌گیری رابطه مستقیم دارد و با افزایش نسبت آب‌گیری، نسبت رسوب ورودی نیز افزایش می‌یابد. با افزایش نسبت آب‌گیری مقدار حداکثر مؤلفه عرضی سرعت در پایین دست آب‌گیر رخ می‌دهد، در نتیجه رسوبات عمده از این قسمت وارد آب‌گیر می‌شود. در نسبت‌های آب‌گیر کم، رسوبات عمدتاً از قسمت ابتدایی کانال وارد آب‌گیر می‌شوند. نیری و همکاران (۱۹۹۹)، مدل عددی سه‌بعدی جریان در حالت لایه‌ای روی انشعابی ۹۰ درجه در کانالی با مقطع مستطیلی را توسعه دادند و با نتایج آزمایشگاهی صحت‌یابی کرده‌اند. بر اساس یافته‌های این محققان، با افزایش نسبت انحراف جریان (نسبت دبی در کانال آب‌گیر به کل دبی)، عرض ناحیهٔ گردابی کم و بر طول آن افزوده می‌شود. مرادی نژاد و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی آزمایشگاهی اثر دیوارجداکننده بر کنترل رسوب در مجاورت دهانه آب‌گیر، پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که ترکیب آب‌شکن و دیوارجداکننده راندمان کنترل رسوب را افزایش می‌دهد. فرشید نیا و همکاران (۱۳۹۹) به مطالعه آزمایشگاهی الگوی جریان و هیدرولیک رسوب در آب‌گیر جانبی با استفاده از دو دیوارجداکننده موازی در بسترهای آبرفتی پرداختند. نتایج نشان داد که کاربرد این سازه به صورت موازی راندمان رسوب‌گیری بهتری نسبت به تک صفحه‌ای دارد.

**معرفی دستاورد**

معرفی سازه دیوارجداکننده: در شکل (۲) پلان و مقطع عرضی سازه دیوارجداکننده نشان داده شده است. این سازه برای کنترل رسوب ورودی به آب‌گیر جانبی و حفاظت از سواحل رودخانه به کار می‌رود. در جلوی دهانه آب‌گیر جانبی در کانال اصلی و یا داخل رودخانه نصب می‌شود. این سازه در داخل جریان مستغرق می‌باشد و مقدار ارتفاع خارج از بستر دیوار سازه به میزان تقریباً ۰/۲۵ تا نصف عمق آب در جریان اصلی و یا یک سوم عمق جریان در نظر گرفته می‌شود. البته بر اساس عمق جریان، دانه بندی رسوبات و توپوگرافی بستر این ارتفاع می‌تواند تغییر کند. مطابق شکل (۲) و (۳) سازه دیوارجداکننده، از دوشاخه تشکیل شده است. یکی از شاخه‌ها ($L_1$) از یک طرف به شاخه دوم ($L_2$) به صورت مورب و از طرف دیگر به دیوار ساحل وصل میباشد. شاخه دیگر ($L_2$) به صورت موازی با جریان می‌باشد که یک طرف آن به شاخه اول وصل می‌باشد، طرف دیگر آن موازی با جریان در کانال اصلی تا انتهای دهانه آب‌گیر ادامه دارد (شکل۳). بر اساس نظر بارکدول و همکاران (۱۹۹۹) نسبت طول شاخه ها $\frac{L_2}{L_1}$=۱/۵ می‌باشد. زاویه نصب سازه به لبه کناری رودخانه ($\beta_1$) باید کمتر از ۲۰ درجه باشد تا به عنوان مانع در جلوی جریان مشکل ایجاد نکند. زاویه بین دو شاخه سازه ($\beta_2$)، زاویه بین سازه با ساحل ($\beta_1$)، ابعاد سازه شامل طول و ارتفاع خارج از بستر صفحات بستگی به مشخصات رودخانه و مشخصات هندسی و هیدرولیکی جریان مانند عمق جریان و سرعت جریان دارد. برای بدست آوردن ابعاد دقیق سازه باید از مدل‌های فیزیکی و هیدرولیکی و یا عددی استفاده شود تا بتوان متناسب با سازه آب‌گیر مورد نظر، ابعاد و زوایای دیوارجداکننده را با بهترین راندمان بدست آورد. معیار بهترین راندمان، یعنی بیشترین دبی با کم‌ترین رسوب وارد آب‌گیر شود.




شکل ۲- (A): پلان، (B): مقطع دیوارجداکننده جلوی دهانه آب‌گیر (بارکدول و همکاران، ۱۹۹۹).




شکل ۳- شمای کلی از سازه دیوارجداکننده و آب‌شکن در ابتدای دهانه آب‌گیرجانبی

محل نصب و اجرای این سازه در کانال اصلی در جلوی دهانه آب‌گیر جانبی و موازی با دهانه آب‌گیر، جهت کنترل رسوب ورودی به آب‌گیر و هم‌چنین داخل رودخانه برای حفاظت از ساحل رودخانه در محلی که ساحل رودخانه در حال فرسایش و تخریب است می‌باشد. محل نصب شاخه اول به ساحل رودخانه باید به اندازه کافی در بالادست واقع شوند تا آشفتگی جریان که مواد را به حالت معلق تبدیل می‌کند، قبل از رسیدن جریان به کانال انحرافی خود را مستهلک نماید. معمولاً این فاصله نصب از آب‌گیر را با مدل کردن سازه بدست می‌آورند. مطابق شکل (٤) دیواره سازه معمولاً در بالادست و پایین دست دهانه آب‌گیر امتداد می‌یابند. سازه در مسیر پایین‌دست و پیش‌آمده از دیواره (ساحل)، با ایجاد یک انحنای موضعی، مواد بستر را به سمت خارج دیواره و یا محور رودخانه منحرف نموده و از ورودی به آب‌گیر جلوگیری می‌نماید. بخش بالادست به ایجاد شرایط جریان کنترل شده کمک نموده و ادامه بخش پایین‌دست، برای مقابله با جریان‌های عرضی و خسارات وارده از طرف آن‌ها کمک می‌کند. این سازه با منحرف کردن خطوط جریان شرایط هیدرولیکی و الگوی جریان را تغییر داده و می‌توانند مسیر خط‌القعر رودخانه را تغییر داده و در نتیجهٔ آن افزایش راندمان آب‌گیری را در پی خواهد داشت. این سازه موجب ایجاد یک چرخش در جریان پایین‌دست می‌شود که گسترش آن یک تنش برشی عرضی را به بستر رودخانه، مکانی که تمرکز رسوبات حداکثر است، وارد می‌کند. گرداب‌های به وجود آمده در لبه پایینی سازه، ضمن چرخش به همراه جریان به پایین‌دست انتقال یافته و تشکیل گرداب‌های بزرگ‌تر را می‌دهند. محل شکل‌گیری گرداب در نزدیکی رأس لبه انتهایی سازه می‌باشد. این گرداب‌ها به یک حرکت مارپیچی تبدیل شده، موجب ایجاد تغییراتی در تنش برشی بستر و توپوگرافی کف رودخانه می‌شوند. در نهایت با ایجاد شیاری نسبتاً عمیق و پیوسته در طول کانال اصلی جلوی دهانهٔ آب‌گیر، رسوبات را به پایین‌دست انتقال داده و بدین ترتیب از میزان ورود رسوب بستر به آب‌گیر جانبی می‌کاهد (شکل ٤). تمایل صفحات نسبت به جهت جریان موجب می‌شود تا در پایین‌دست هر یک از صفحات گردابه چرخشی بوجود آید. این جریان‌های ثانویه القایی موجب هدایت رسوبات حمل شده از بالادست به پایین‌دست و در نتیجه کاهش ورود رسوبات به آب‌گیر جانبی می‌گردد (مرادی نژاد، ١٣٩٦). بر اساس مطالعات اویانگ (٢٠٠١) این صفحات با ایجاد جریان چرخشی در پایین‌دست خود ضمن دور کردن جریان با بار رسوبی زیاد از مقابل آب‌گیر، باعث هدایت جریان سطحی به داخل آب‌گیر می‌شود.

شکل ٤- نمایی از دیوارجداکننده و خط القعر ایجاد شده در جلوی آب‌گیر در مدل آزمایشگاهی (مرادی نژاد، ١٣٩٦)

- ***جنس سازه دیوارجداکننده***

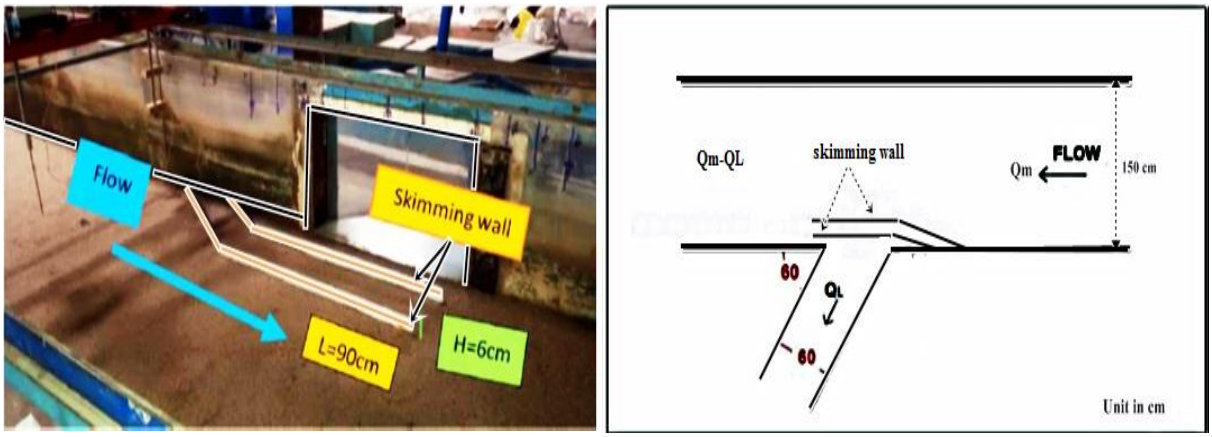
جنس سازه برای اجرای پروژه در طبیعت روی رودخانه یا کانال می‌تواند از بتن، سنگ وسیمان، گابیون و یا فلز باشد. برای کارهای آزمایشگاهی می‌توان از ورق فلزی، پلکسی‌گلاس و یا چوبی استفاده کرد. به طور کلی دیوارجداکننده از دو دیواره که روی دو پایه متصل به بستر قرار دارد، تشکیل شده و به چندین روش قابل ساخت هست. یک روش بدین صورت است که قطعات چوبی یا بتنی به پایه‌ها پیچ می‌شوند. در روش دیگر از یک پانل بتنی پیش‌ساخته که به پایه‌های فولادی پیچ شده است، استفاده می‌شود. استفاده از این روش بر خلاف بیشتر روش‌های ذکر شده که در حالت آب‌گیری با بند انحرافی، استفاده می‌شوند، می‌تواند برای کنترل رسوبات ورودی به آب‌گیر تنها (بدون بندانحرافی) نیز مورد استفاده قرار گیرد.

- **استفاده از دیوارجداکننده در حفاظت سواحل رودخانه**

یکی از روش‌های غیرمستقیم و معمول در کنترل فرسایش کناری و حفاظت کناره‌های رودخانه‌ها استفاده از سازه دیوار جداکننده مستغرق و غیر مستغرق می‌باشد. این سازه می‌تواند علاوه بر دور کردن رسوبات بار بستر از دهانهٔ آب‌گیر و کنترل رسوب در آن‌ها، نقش بسیار مؤثری در حفاظت از سواحل رودخانه‌ها داشته باشد. در این روش یک سری دیوارجداکننده به‌طور متوالی و زاویه‌دار با مسیر جریان رودخانه ساخته می‌شوند. این سازه‌ها از یک سمت به ساحل رودخانه متصل شده و تا مسافتی در داخل بستر رودخانه به جلو می‌آیند. این سازه‌ها برخطوط جریان تأثیر گذاشته و باعث تغییر در الگوی جریان رودخانه و انحراف جریان از دیواره‌های فرسایش‌پذیر به وسط رودخانه شده و کناره‌ها را از خطر فرسایش محافظت می‌کند. با ایجاد ناحیهٔ سکون در بین دو سازه و کاهش سرعت جریان از شدت برخورد آن با دیواره‌ها کاسته و در حقیقت قابلیت رسوب‌گذاری جریان را در ساحل رودخانه افزایش می‌دهند. در واقع دیوار جدا کننده مانند آب‌شکن‌ها سازه‌های عرضی یا در واقع دیواره‌های متقاطعی هستند که به کناره رودخانه متصل شده و گاهی به صورت یک سری متوالی و گاهی به صورت منفرد باعث انحراف آب از محل کناره‌ها می‌شوند. دیوارجداکننده درحفاظت دیواره‌های خارجی پیچ‌ها، طرح‌های اصلاح مسیر و کاهش عرض رودخانه، می‌تواند به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گیرند. معمولاً از جنس سنگ، پاره‌سنگ، شن، خاک، مصالح سنگ‌ریزه‌ای، توری‌سنگ و الوار (چوبی یا فلزی) با زاویه مشخص نسبت به کناره رودخانه از طرف ساحل به سمت مرکز جریان، ساخته می‌شوند و باعث دور نمودن جریان از بازه بحرانی و نیز موجب تنگ‌شدگی موضعی در داخل جریان می‌گردند. عملکرد مثبت این سازه‌ها از یک سو به ویژگی‌های طبیعی رودخانه و از سوی دیگر به رعایت نکات فنی در حین طراحی و احداث سازه بستگی دارد.

- ***استفاده از ترکیب سازه های مختلف با سازه دیوار جدا کننده***

برای کاهش حجم رسوبات ورودی به آب‌گیر جانبی، از این سازه به صورت موازی و حتی چند ردیفه هم می‌توان استفاده کرد شکل (۵). نوآوری این کار جدید بودن این سازه می‌باشد. برای بدست آوردن ترکیب مفید و کار آمد از ابعاد و اندازه‌های این سازه نیاز به تحقیق بیش‌تری در این زمینه می‌باشد. برای این‌که بتوان ابعاد و اندازه‌ها و ترکیب سازه را بدست آورد، ابتدا باید سازه تعریف و شناسایی شود و سپس تحقیقاتی در مورد آن به صورت مدل آزمایشگاهی، عددی و حتی فیلدی انجام شود.

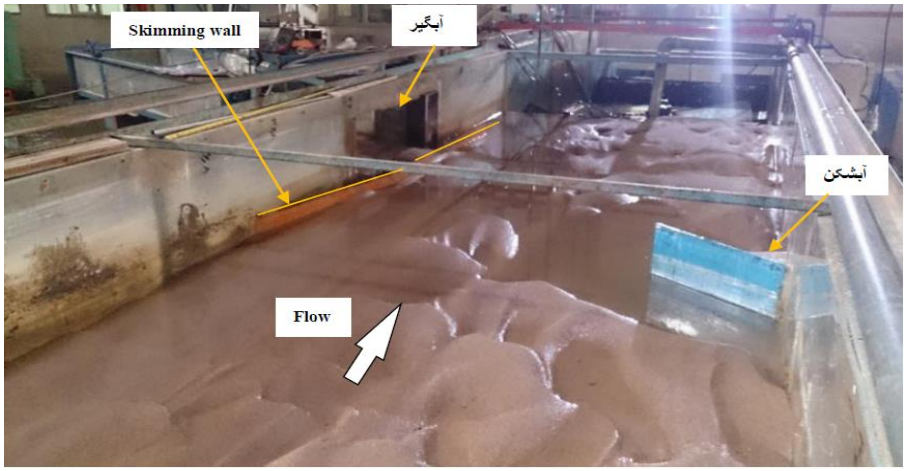



شکل ۵- شاخه های موازی سازه دیوارجداکننده در کانال اصلی جلوی دهانه آب‌گیر (فرشیدنیا، ۱۳۹۹)

از این سازه می‌توان به صورت ترکیبی با سازه‌های دیگر نظیر، آب‌شکن، آستانه، صفحات مستغرق و غیره استفاده کرد. استفاده از ترکیب سازه‌های دیگر به‌طور هم‌زمان با دیوارجداکننده می‌تواند راندمان کاربرد آن را بالاتر ببرد. تحقیقات مختلفی با استفاده از صفحات مستغرق هم‌چنین استفاده از آستانه و آب‌شکن و یا ترکیب آن‌ها انجام گرفته اما به دلیل تعدد متغیرهای مؤثر بر رسوب ورودی به آب‌گیر جانبی و هیدرولیک جریان، در راستای شناخت و افزایش کارآیی سازه‌های کنترل رسوب و راندمان آب‌گیری بهتر، نیاز به معرفی سازه‌های جدید و تحقیقات بیشتری جهت شناخت آن‌ها می‌باشد. شکل (٦) شمای کلی از سازه دیوارجداکننده را نشان می‌دهد درحالتی که از ترکیب هم‌زمان آب‌شکن و دیوارجداکننده درکانال اصلی استفاده شود، سرعت جریان در مقابل آب‌گیر نسبت به حالت‌های قبل افزایش می‌یابد. دیوارجداکننده در جلوی آب‌گیر جریان چرخشی ایجاد می‌کند که جهت آن در سطح به سمت آب‌گیر و در کف به سمت خلاف آن است. از ترکیب جریان چرخشی ایجاد شده با جریان عرضی ایجاد شده توسط آب‌شکن می‌توان انتظار داشت که مقدار جریان ورودی به آب‌گیر افزایش پیدا می‌کند. وجود دیوارجداکننده و آب‌شکن در ساحل مقابل، باعث کاهش مقدار عرض جدایی جریان در سطح می‌شود. باعث می‌شود جریان سطحی که غلظت رسوب کم‌تری دارد وارد آب‌گیر شود. ابعاد آب‌شکن و محل نصب آن از خط مرکزی آب‌گیر در ساحل مقابل با مدل سازی رودخانه و آب‌گیر بدست می‌آید.

شکل ٦- نمای کلی فلوم آزمایشگاهی، دیوارجداکننده، آب‌شکن در حال انجام تحقیق (مرادی نژاد، ١٣٩٦).

درصورت نبود آب‌شکن و دیوار جداکننده در مقابل آب‌گیر ناحیهٔ تحت تأثیر آب‌گیر در کانال اصلی در نزدیک بستر نسبت به سطح آب دارای گستردگی بیشتری است، با توجه به این که قسمت عمده رسوبات بار بستر وارد آب‌گیر می‌شود، بنابراین انتظار می‌رود با نصب آب‌شکن در ساحل مقابل آب‌گیر و دیوار جداکننده در جلوی آب‌گیر از گستردگی آن کاسته، در نتیجه مقدار رسوبات کمتری وارد آب‌گیر شود (شکل ۷). در آزمایشگاه در حال تحقیق برای پیدا کردن ترکیب درست آب‌شکن و سازه دیوار جدا کننده در مقابل آب‌گیر را نشان می‌دهد.




شکل ۷- ترکیب آب‌شکن و سازه دیوارجداکننده در مقابل آب‌گیر در آزمایشگاه (مرادی نژاد، ۱۳۹۶)

**توصیه ترویجی**

کارشناسان، طراحان سازه‌های آبیاری، شرکت‌های بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری، آبیاران و کشاورزان پیشرو می‌توانند در جلوی سازه‌های آب‌گیر، در تقاطع کانال‌ها، محلی که کانال درجه دو از کانال اصلی حاوی رسوب، آب‌گیری می‌کند برای کنترل رسوب از این سازه دیوارجداکننده استفاده نمایند. هم‌چنین برای جلوگیری از حفاظت دیواره رودخانه از تخریب و فرسایش بر اثر جریان آب، می‌توان از این سازه به صورت سری و پشت سر هم استفاده کرد. بهره‌برداران آب رودخانه‌ها می‌توانند به صورت سنتی از گونی پر از ماسه یا خاک و یا الوار جهت ساخت سازه دیوارجداکننده در جلوی آب‌گیر استفاده کنند.

از این سازه می‌توان به صورت ترکیبی با سازه‌های دیگر نظیر، آب‌شکن، آستانه، صفحات مستغرق و غیره استفاده کرد. استفاده از ترکیب سازه‌های دیگر به طور هم‌زمان با دیوارجداکننده می‌تواند راندمان کاربرد آن را بالاتر ببرد. وجود دیوارجداکننده و آب‌شکن در ساحل مقابل، باعث کاهش مقدار عرض جدایی جریان در سطح می‌باشد. باعث می‌شود جریان سطحی که غلظت رسوب کمتری دارد وارد آب‌گیر شود. برای کاهش حجم رسوبات ورودی به آب‌گیر جانبی، می‌توان از این سازه به صورت موازی و حتی چند ردیفه هم به کار برد.

در پایان پیشنهاد می‌شود که جهت شناخت و تعیین ابعاد این سازه، زاویه‌ها، نسبت طولی ابعاد، بهینه‌سازی ابعاد، جانمایی و ترکیب با سازه‌های دیگر نیاز است کارهای تحقیقاتی روی آن انجام شود.

## بررسی منابع


۱- فرشیدنیا، ص.، صانعی، م.، حاجی کندی، ه. و رستمی، م. (۱۳۹۹). مطالعه آزمایشگاهی الگوی جریان و هیدرولیک رسوب در آب‌گیر جانبی با استفاده از دو دیوار جداکننده در بستر آبرفتی. پایان نامه دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده فنی و مهندسی واحد تهران مرکزی. ۲٤۰ صفحه.

۲- مرادی نژاد، ا.، حقی آبی،اه.، صانعی، م. و یونسی،ح. (۱۳۹۷). بررسی آزمایشگاهی تأثیرزاویه دیوار جداکننده برکنترل رسوب دهانه آب‌گیر. نشریه علمی و پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. جلد ۱۰ شماره۱ صفحه ۱-۱۸.

3- Bark doll, D., Etyma, R., Odgaard, A.J. (1999). " Sediment control at lateral diversions: limits and enhancement to vane use". Journal Of Hydraulic Engineering, Vol. 125, No. 8.

4- Barkdoll, B.D., Ettema, R. and Tsou, J. (1997). “Sediment Control at Riverside Water Intakes”, Proc. of the International Joint Power Generation Conference, Denver, U.S.A., PP. 227-232.

5- Etyma, R. and Muster, M. (2004). Scale effects in flume experiments on flow around a spur dike in flatbed channel. Journal Of Hydraulic Engineering, Vol. 137, No.4, pp.635-646.

6- Moradinejad, A, Haghiabi A.H, Saneie, M., Yonesi, H. (2017). Investigating the effect of a skimming wall on controlling the Sediment entrance at lateral intake. Water Sci Technol Water Supply. 17(4):1121-1132.

7- Muste, M., Ettema, R. (2000). River Sediment Control at Conserville Station, on the Muskingum River, OHIO. American Electric Power Inc. Columbus, Ohio and Electric Power Research Institute Palo Alto, California. IIHR Report, 410. Iowa Institute of Hydraulic Research College of Engineering the University of Iowa City, Iowa, 52242

8- Neary, V., Sotiropoulos, F. and Odgaard, A.J. (1999). "Three-dimensional numerical model of lateral-intake inflows ". Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 125, No. 2, pp 126-140.

9- Odgaard, A.J and Wang, Y. (1991). Sediment management with submerged vanes I. theory. Hydraulic Engineering117(3): 267-283.