

فرسایش و رسوبگذاری در

محدوده آبشکنها

نشریه شماره ۲۴۸

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها
<http://www.omran.net/tsb.mpo>

جمهوری اسلامی ایران

فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها

نشریه شماره ۲۴۸

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳۸۱

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۱/۰۰/۳۴

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها
فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها / معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و
تدوین معیارها؛ وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب.-
تهران: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و
انتشارات، ۱۳۸۱.

۴۲ ص: مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی؛ نشریه شماره
۲۴۸) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور؛ ۸۱/۰۰/۳۴)

ISBN 964-425-342-0

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۵/۴۵۶۹۸ مورخ ۱۳۸۱/۳/۱۹
کتابنامه: ص. ۴۲

۱. مهندسی رودخانه. ۲. رسوبهای رودخانه ای. ۳. سازه های هیدرولیکی. الف. سازمان
مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب. ب. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.
مرکز مدارک علمی و انتشارات. ج. عنوان.

TC ۳۳۰/س۲۳۴ ۱۳۸۱

ISBN 964-425-342-0

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۳۴۲-۰

فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها

تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات

چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۱

قیمت: ۵۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



شماره: ۱۰۵/۴۵۶۹۸	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران
تاریخ: ۱۳۸۱/۳/۱۹	
موضوع: فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها	
<p>به استناد آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۱۴۸۹۸ ت/۲۴۵۲۵ هـ مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به پیوست، نشریه شماره ۲۴۸ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان، با عنوان «فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌گردد.</p> <p>دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روشها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.</p> <p>عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان، ارسال دارند.</p> <p style="text-align: center;">محمد ستاری‌فر</p> <p style="text-align: center;">معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان</p>	

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است. با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

بهار ۱۳۸۱

ترکیب اعضای کمیته

اسامی اعضای کمیته فنی شماره ۱۴-۱ (رسوب) که در تهیه استاندارد حاضر مشارکت داشته‌اند به ترتیب حروف

الفباء به شرح زیر می‌باشد:

خانم زهرا ایزدپناه	دانشگاه شهید چمران	فوق لیسانس آبیاری و آبادانی
آقای فیروز بهادری	دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی	فوق لیسانس منابع آب
آقای سید جمال‌الدین پرورده	سازمان آب تهران	فوق لیسانس هیدرولوژی
آقای فراز رابعی غلامی	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	فوق لیسانس تأسیسات آبیاری
آقای جمال محمدولی سامانی	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای هیدرولیک
آقای ابوالفضل سپهری منش	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	فوق لیسانس مهندسی منابع آب

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	کلیات
۳	۱- خصوصیات عمومی آبشکنها
۴	۲- مروری بر انواع آبشکنها و نقش آنها در فرسایش و رسوبگذاری
۵	۱-۲ آبشکنهای باز
۶	۲-۲ آبشکنهای بسته
۹	۳- مشخصات عمومی آبشکنها
۱۴	۴- بررسی الگوی جریان در دماغه و میدان آبشکنها
۱۹	۵- تعیین رسوبگذاری در آبشکنهای باز و بسته
۲۱	۱-۵ رسوبگذاری در آبشکنهای بسته
۲۳	۲-۵ رسوبگذاری در آبشکنهای باز
۲۶	۶- تعیین فرسایش در دماغه آبشکنها
۲۶	۱-۶ کلیات
۲۷	۲-۶ فرسایش در دماغه آبشکنهای بسته
۳۷	۷- فرسایش عمومی ناشی از احداث آبشکنها
۴۲	۸- فهرست منابع و مأخذ

کلیات

حفاظت رودخانه در برابر فرسایش و تخریب ناشی از جریان آب با استفاده از آبشکنها^۱ از جمله روشهای متداول در مهندسی رودخانه تلقی می‌شود. آبشکنها با تعدیل شرایط هیدرولیکی و ایجاد جریان آرام، قدرت فرسایشی آب و توان حمل مواد رسوبی را کاهش داده و زمینه مساعدی برای رسوبگذاری و تثبیت کناره‌ها فراهم می‌آورند. آبشکنها برحسب مورد و شرایط رودخانه‌ای و اهداف موردنظر در شکلها و انواع مختلف طراحی و احداث می‌گردند. از دیدگاه کلی، آبشکنها را می‌توان به دو گروه عمده شامل آبشکنهای باز و بسته طبقه‌بندی نمود. آبشکنهای بسته یا نفوذناپذیر^۲ از جمله سازه‌های حفاظتی می‌باشند که برای دور ساختن جریان از ساحل و حواشی آسیب‌پذیر رودخانه یا ایجاد شرایط مساعد برای پاکسازی مسیر از انباشته‌های رسوبی در رودخانه‌های با بار بستر زیاد نظیر رودخانه‌های شریانی^۳ می‌توان از آنها استفاده نمود. در این نوع سازه‌ها سرعت جریان آب در میدان آبشکن^۴ تقلیل یافته و با ترسیب مواد رسوبی شرایط لازم پایداری در امتداد کناره‌ها فراهم می‌گردد. آبشکنهای باز یا نفوذپذیر^۵ نوع دیگری از سازه‌های حفاظتی هستند که معمولاً برای رودخانه‌هایی که دارای بار معلق زیاد می‌باشند می‌توان از آنها بهره جست. این آبشکنها نیز از نظر ساز و کار رسوبگذاری به اصل کاهش سرعت جریان متکی می‌باشند. با کاهش سرعت جریان، فرصت لازم برای ته‌نشینی مواد رسوبی و تثبیت بستر در حوضچه آبشکن فراهم می‌آید.

سازه‌های آبشکن هرچند با هدف رسوبگذاری و جلوگیری از فرسایش کناره‌ها و حواشی رودخانه و تثبیت موقعیت رودخانه احداث می‌گردند در عین حال خود تحت تاثیر پدیده فرسایش ناشی از تمرکز جریان بخصوص در قسمت دماغه^۶ می‌باشند. در قسمت دماغه، افزایش تنش‌های حاصله از افزایش سرعت و وقوع جریان چرخشی منجر به تشکیل چاله آبستگي^۷ گردیده و سلامت و استحکام سازه را به مخاطره می‌اندازد.

در این نشریه جنبه‌های مختلف رسوبگذاری و فرسایش در محدوده آبشکنها و فرایندهای حاکم بر آنها مورد بحث و بررسی قرار گرفته و راههای ارزیابی کمی فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها ارائه شده است.

1- Groynes

2- Impermeable Groynes

3- Braided River

4- Groynes Field

5- Permeable or Pile Groynes

6- Head

7- Scour Hole

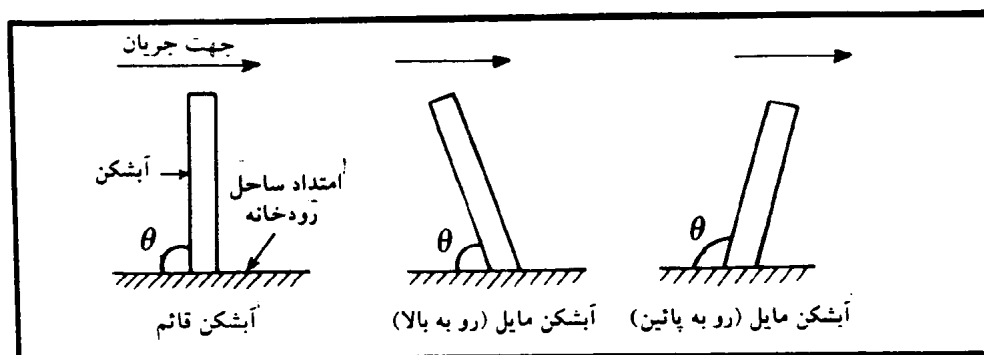
آبشکنها به لحاظ ساختار سازه‌ای ساده و قابلیت سازگاری با شرایط متنوع رودخانه‌ای دارای کاربرد وسیعی در طرح‌های ساماندهی و به ویژه اقدامات تثبیت و پایدارسازی کناره‌ها می‌باشند. از اینرو بررسی و شناخت فرایند فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها از جنبه‌های مختلف طراحی، حفاظت و نگهداری دارای اهمیت است. از دیدگاه کمی، فرسایش و رسوبگذاری تابع عوامل مختلفی است که از آن جمله می‌توان به نوع آبشکن، ساختار سازه‌ای و هندسی، خصوصیات آب و رسوب و اهداف مهندسی اشاره نمود. نظر به اهمیت هریک از عوامل مزبور و نقش آنها در رفتار فرسایش و رسوبگذاری ناشی از سازه‌های آبشکن فصول ۱، ۲ و ۳ این نشریه به بررسی اجمالی انواع آبشکنهای باز و بسته و معرفی خصوصیات هندسی، پلان و شکل عمومی آنها اختصاص داده شده است. بدیهی است. هدف اصلی از تنظیم این نشریه شناخت الگوها و ارائه راهکارهای ممکن برای تعیین کمیت فرسایش و رسوبگذاری در محدوده و میدان آبشکن که از عوامل مؤثر در طراحی اینگونه سازه‌ها تلقی می‌شود، می‌باشد. جنبه‌های طراحی آبشکنها در این نشریه موردنظر نمی‌باشد.

همانگونه که در متن گزارش نیز آورده شده هریک از مفاهیم فوق به نحوی در عملکرد فرسایش و رسوبگذاری تأثیرگذار می‌باشند. الگوی جریان که حاصل کنش و واکنش سازه آبشکن و جریان رودخانه است سر منشاء وقوع فرسایشهای موضعی و تشکیل چاله آبستگی در دماغه و رسوبگذاری فراگیر در میدان آبشکن تلقی می‌شود. در فصل ۴ به بررسی این مهم و نظریه‌ها و دیدگاههای مختلف پرداخته شده است. بحث اصلی رسوبگذاری در محدوده آبشکنها و فرسایش در دماغه به ترتیب فصول ۵ و ۶ را شامل می‌شود. در فصل ۵ نحوه رسوبگذاری و روشهای ارزیابی آن در محدوده آبشکنهای باز و بسته ارائه گردیده و در این خصوص به نتایج چند مورد از کارهای تحقیقاتی انجام شده در کشور نیز اتکا شده است. در فصل ۶ روابط و معادلات مختلف ارائه شده توسط متخصصین برای ارزیابی عمق چاله فرسایش در دماغه آبشکنهای باز و بسته معرفی گردیده و به اهمیت بهره‌گیری از مدلهای فیزیکی در پیش‌بینی کم و کیف این فرایند نیز اشاره شده است. از آنجایی که احداث زنجیره آبشکنها کاهش مقطع جریان را در پی دارد و این امر فرسایشهای بازه‌ای و ممتد را در بلندمدت سبب می‌گردد، لذا در فصل ۷ به عنوان بحث تکمیلی به بررسی فرسایشهای عمومی و چگونگی فرمول‌بندی آن در شرایط احداث آبشکن پرداخته شده است. در فصول مختلف نشریه مثالهای کاربردی نیز برای آشنایی بیشتر با نحوه استفاده از روابط و معادلات و ارزیابی آنها آورده شده است.

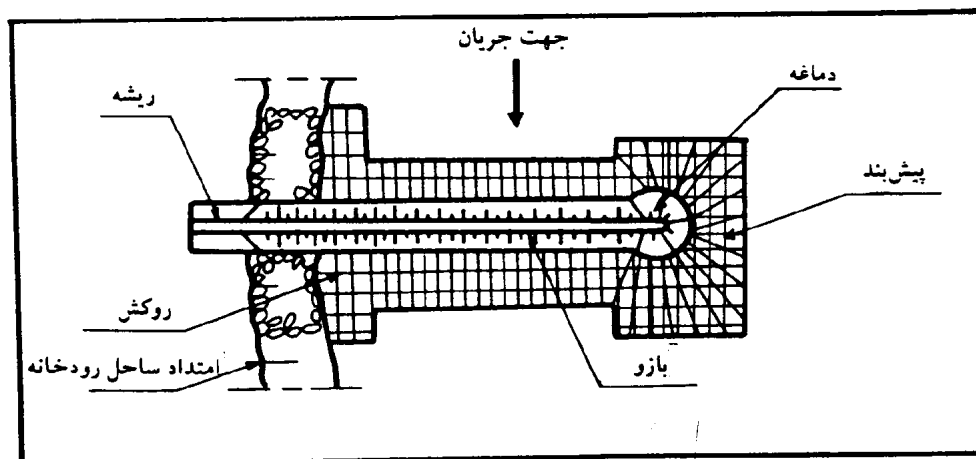
۱- خصوصیات عمومی آبشکنها

آبشکنها سازه‌هایی هستند که با هدف انحراف جریان از ساحل فرسایش‌پذیر رودخانه و یا ایجاد مسیر مناسب برای هدایت جریان و کنترل سیلاب و بعضاً برقراری عمق لازم برای اهداف کشتیرانی احداث می‌گردند [۱]. همچنین تله‌اندازی و ترسیب مواد رسوبی و استحصال اراضی حاشیه رودخانه و نقش هدایت‌کننده آنها در انحراف جریان به سمت دهانه‌های آبگیر و به ویژه در شق نهر از دیگر اهداف موردنظر در احداث آبشکنها تلقی می‌شود.

سازه آبشکن اغلب با زاویه مشخصی نسبت به راستای جریان ساخته می‌شود و در این خصوص می‌توان مطابق شکل ۱-۱ از آبشکنهای قائم و مایل نام برد. از نظر ساختاری سازه آبشکن عموماً از پنج جزء مشخص شامل دماغه، بازو^۱، ریشه^۲، پیش‌بند^۳ و روکش^۴ تشکیل شده است. در شکل ۱-۲ اجزای پنجگانه مزبور نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- وضعیت قرار گرفتن آبشکن نسبت به راستای جریان



شکل ۱-۲- نمایش اجزاء مختلف سازه آبشکن

1- Shank

2- Root

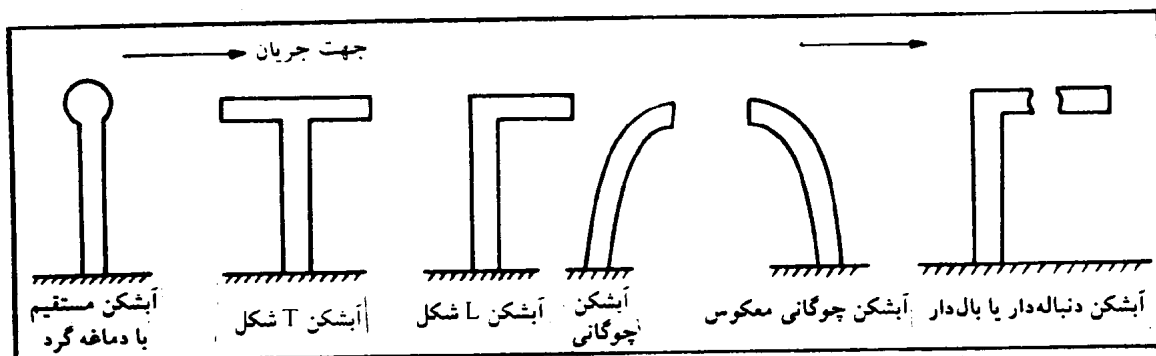
3- Apron

4- Revetment

برای احداث آبشکنها از مواد و مصالح مختلفی از جمله سنگ، قلوه سنگ، مخلوط شن و ماسه، لوله و تیرک و الوارهای چوبی می‌توان بهره جست. عواملی که در طرح آبشکنها مدنظر قرار می‌گیرند به چهار گروه تقسیم می‌گردد:

- خصوصیات هیدرولیک جریان
- خصوصیات مسیر رودخانه
- خصوصیات رسوب رودخانه
- سایر عوامل

براساس عوامل مذکور می‌توان نسبت به انتخاب نوع آبشکن (بسته یا باز) و همچنین تعیین سایر مشخصات فنی نظیر زاویه میل نسبت به جهت جریان، شکل آبشکن، طول، ارتفاع، تعداد سازه، فواصل آبشکنها، وضعیت رسوبگذاری در میدان آبشکنها و همچنین عمق فرسایش در دماغه سازه و راههای مقابله با آن، اتخاذ تصمیم نمود. با توجه به اهداف و شرایط رودخانه‌ای آبشکنهای مختلفی نظیر آبشکن مستقیم با دماغه گرد^۱، آبشکن T شکل^۲، L شکل^۳، آبشکن چوگانی^۴، چوگان معکوس^۵ و آبشکن بالدار یا دنباله‌دار^۶ می‌توان استفاده نمود. در شکل ۱-۳ تقسیم‌بندی آبشکنها براساس شکل آنها نشان داده شده است.



شکل ۱-۳- نمایش انواع آبشکنها براساس شکل سازه

۲- مروری بر انواع آبشکنها و نقش آنها در فرآیند فرسایش و رسوبگذاری

هدف عمده از احداث آبشکنها دور ساختن جریان از ساحل فرسایشی، فراهم آوردن شرایط لازم برای رسوبگذاری در امتداد کناره‌ها و تثبیت موقعیت رودخانه می‌باشد. برای اطمینان از عملکرد آبشکنها آگاهی از فعل و انفعالات

1- Straight Round Head

2- T-Head

3- L-Head

4- Hokey

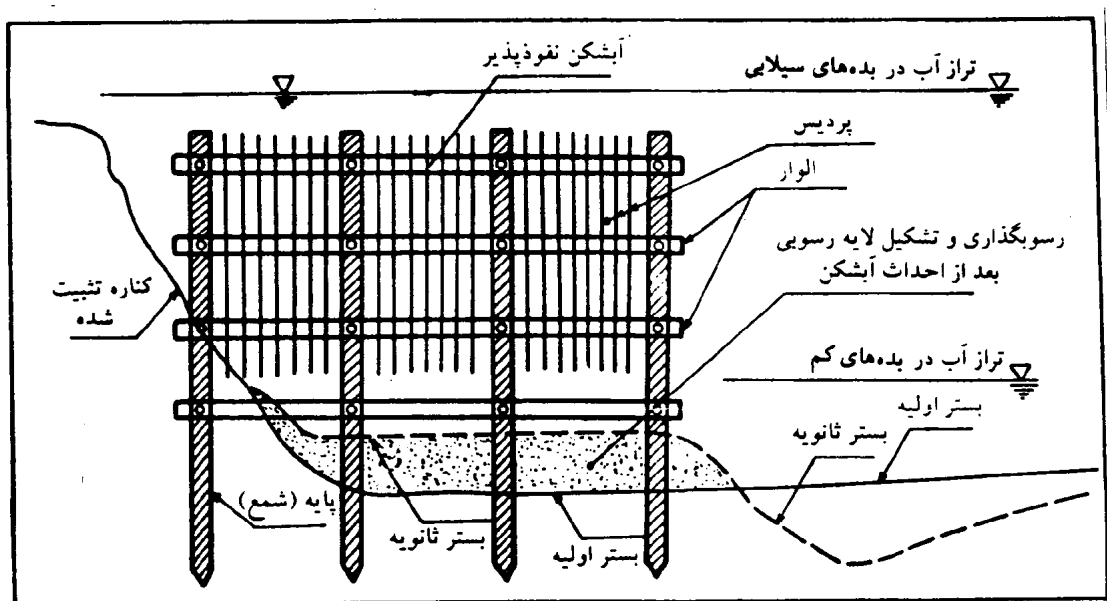
5- Inverted Hokey

6- Wing or Tail Groyne

فرسایشی و فرآیند رسوبگذاری در محدوده آنها ضروری است. در زیر خصوصیات انواع آبشکنها از نظر فرآیند فرسایش و رسوبگذاری بررسی شده است.

۱-۲ آبشکنهای باز

همانطوری که قبلاً اشاره شد آبشکنهای باز عموماً در رودخانه‌هایی که دارای میزان بار معلق زیادی است ساخته می‌شود [۱]. با کاهش سرعت جریان در میدان آبشکن مواد رسوبی سریعاً ترسیب یافته و با ایجاد یک لایه رسوبی ضخیم ضمن دور ساختن جریان فرسایشی از محدوده آبشکن شرایط پایداری لازم را برای حفاظت کناره‌ها فراهم می‌آورد. در شکل ۱-۲ نمونه‌ای از عملکرد یک آبشکن باز (نفوذپذیر) در ایجاد لایه رسوبی و حفاظت کناره‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱-۲- نمونه‌ای از یک آبشکن نفوذپذیر و نقش آن در ایجاد لایه رسوبی و تثبیت کناره رودخانه

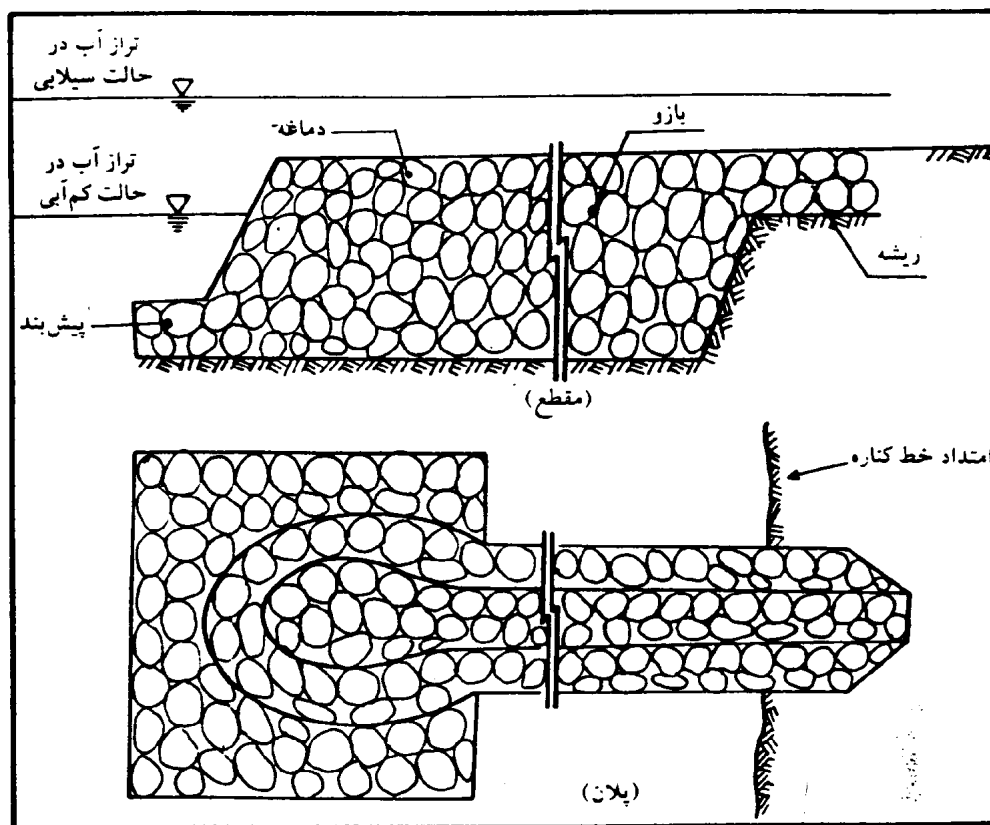
آبشکنهای باز سازگاری خوبی با شرایط استغراق^۱ دارند. این نوع آبشکنها برخلاف آبشکنهای بسته اختلال شدیدی در الگوی جریان ایجاد نمی‌کنند. از طرفی آبشکنهای باز در مقابل فشارهای ناشی از تجمع شاخ و برگ و سایر اشیاء شناوری که بخصوص در مواقع سیلابی توسط جریان آب به دیواره آبشکنها هجوم می‌آورد آسیب پذیر می‌باشند، زیرا

1- Submerged Condition

با مسدود شدن فضای بین شمع‌ها، فشار وارده بر سازه آبشکن افزایش یافته و موجبات تخریب آنرا فراهم می‌آورد. برای احداث آبشکن‌های باز با توجه به ملاحظات اقتصادی و اهداف موردنظر می‌توان از الوار چوبی و یا شمع‌های ساخته شده از بتن مسلح و در مواردی از لوله‌های فولادی بهره جست.

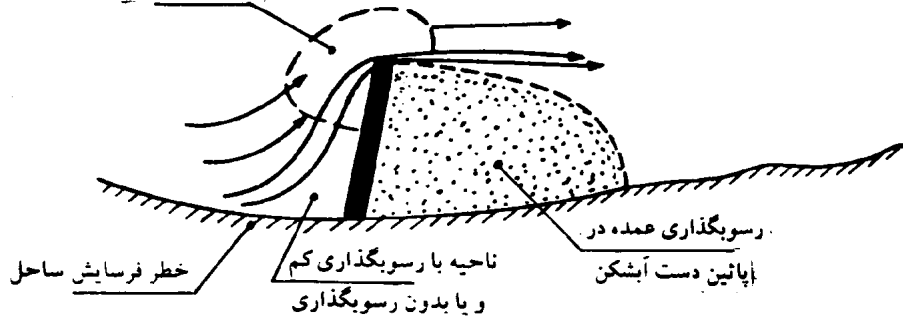
۲-۲ آبشکنهای بسته

در این نوع آبشکنها از مصالح سنگی نظیر لاشه سنگ، قلوه سنگ و یا قطعات توری سنگی^۱ استفاده می‌شود. با دور شدن جریان فرسایشی از محدوده آبشکنها شرایط لازم برای ترسیب مواد رسوبی نیز فراهم گردیده و به مرور زمان لایه‌ای از رسوبات در فضای بین آبشکنها تشکیل می‌گردد. در شکل ۲-۲ نمونه یک آبشکن بسته و در شکل ۳-۲ وضعیت رسوبگذاری در محدوده آبشکنها به صورت منفرد و زنجیره‌ای نشان داده شده است.



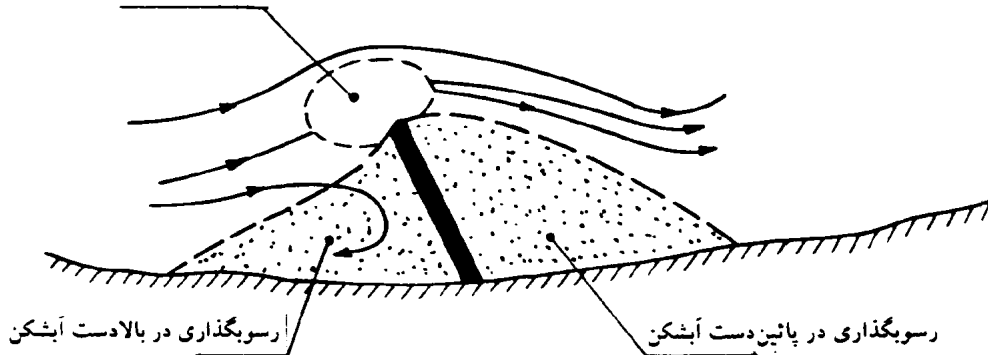
شکل ۲-۲- پلان و مقطع یک آبشکن بسته (ساخته شده از لاشه سنگ).

فرسایش موضعی (چاله فرسایشی)

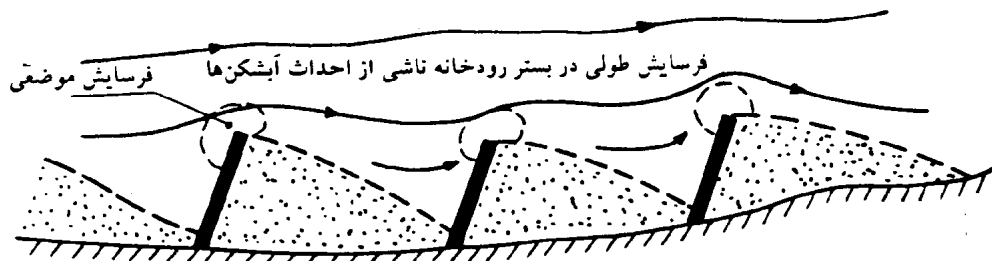


الف - وضعیت رسوبگذاری و فرسایش در محدوده یک آبشکن بسته (از نوع جذبی)

فرسایش موضعی (چاله فرسایشی)



ب - وضعیت رسوبگذاری و فرسایش در محدوده یک آبشکن بسته (از نوع دفعی)



پ - وضعیت رسوبگذاری در سری آبشکن‌های بسته (از نوع جذبی)



ت - وضعیت رسوبگذاری در سری آبشکن‌های بسته (از نوع دفعی)

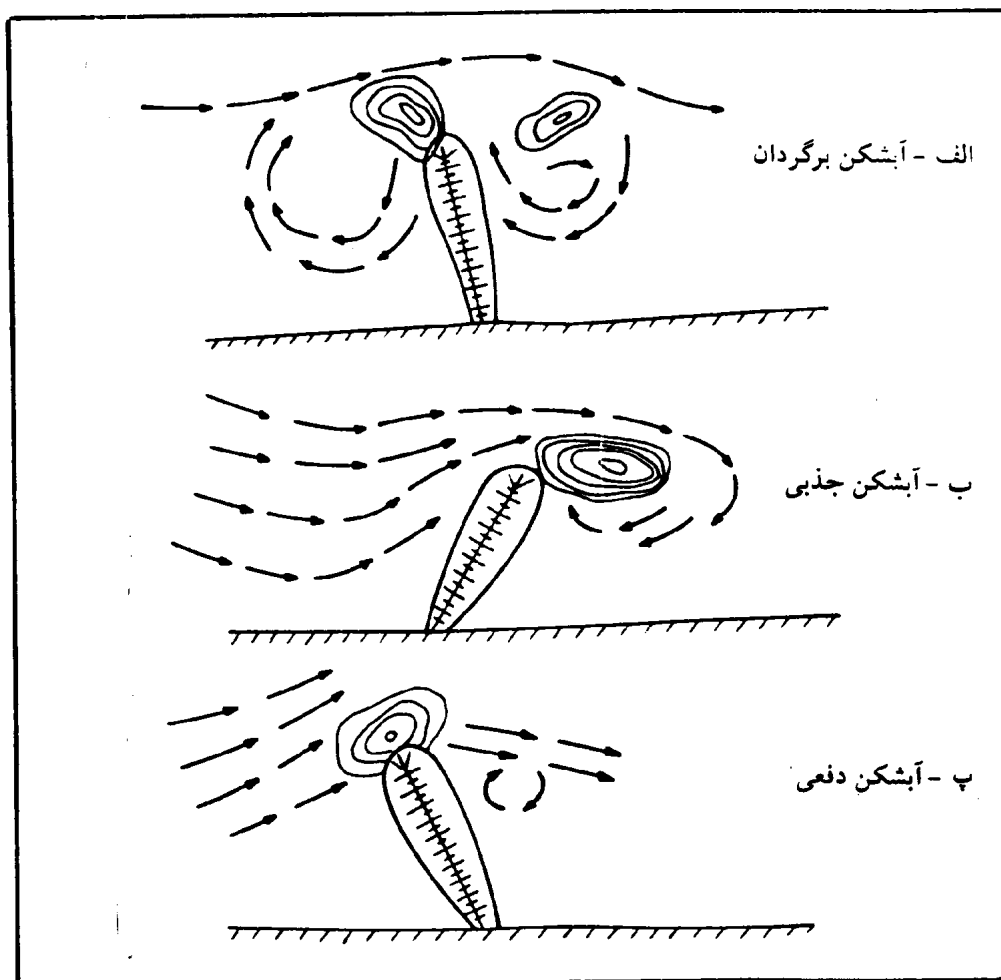
شکل ۲-۳- نمایش وضعیت رسوبگذاری در محدوده آبشکنها (در حالت منفرد و زنجیره‌ای)

همانطور که در شکل ۲-۳ نشان داده شده است وضعیت رسوبگذاری در آبشکنها تابعی از شکل آرایش آنها می باشد. از این رو آبشکنهای بسته را برحسب حالت قرار گرفتن نسبت به امتداد جریان به سه گروه زیر تقسیم می کنند (شکلهای ۲-۳ و ۲-۴).

- آبشکنهای جذبی^۱ که در آن محور آبشکن به سمت پائین تمایل دارد و این امر موجب می گردد تا جریان آب به میدان آبشکن متمایل گردد. بعلاوه در این نوع آبشکن ساحل مقابل از انحراف جریان حاصله از سازه متاثر نمی گردد.

- آبشکنهای دفعی^۲ که در آن محور آبشکن به سمت بالا تمایل دارد. در این حالت غالباً جریان آب از محدوده آبشکن به سمت ساحل مقابل رانده شده و آنرا تحت تاثیر قرار می دهد.

- آبشکنهای برگردان^۳ که در آن فقط مسیر جریان بصورت محدود از اطراف سازه منحرف می گردد.



شکل ۲-۴ - حالت کلی آبشکنهای سه گانه مورد استفاده در رودخانه ها از نظر انحراف جریان

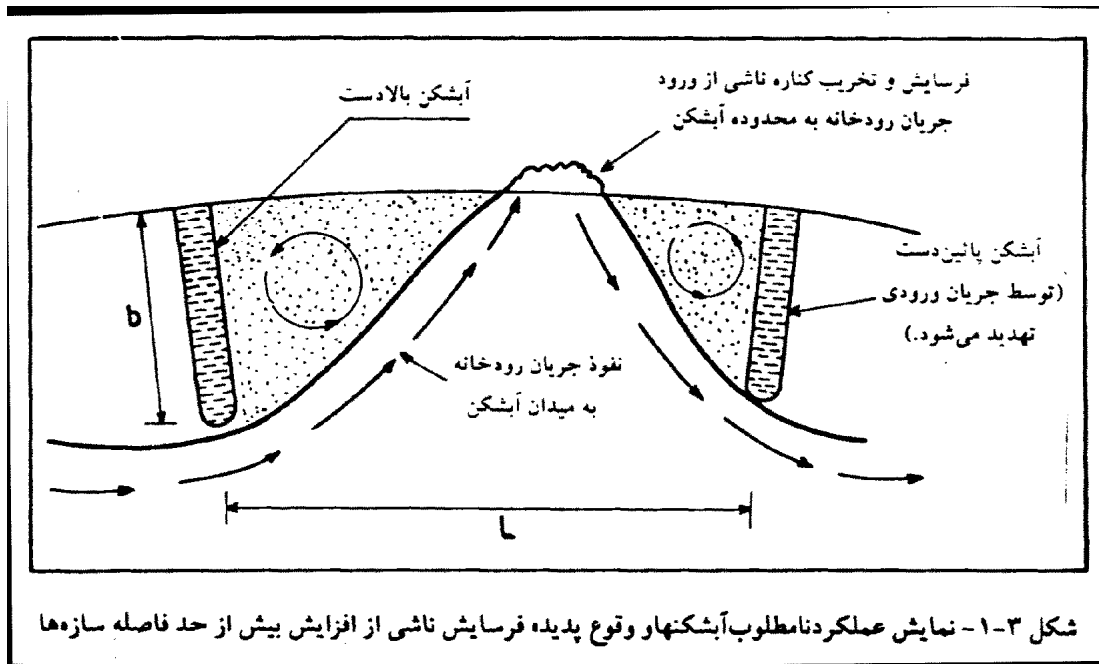
1- Attracting Groyne

2- Repelling Groyne

3- Deflecting Groyne

۳- مشخصات عمومی آبشکنها

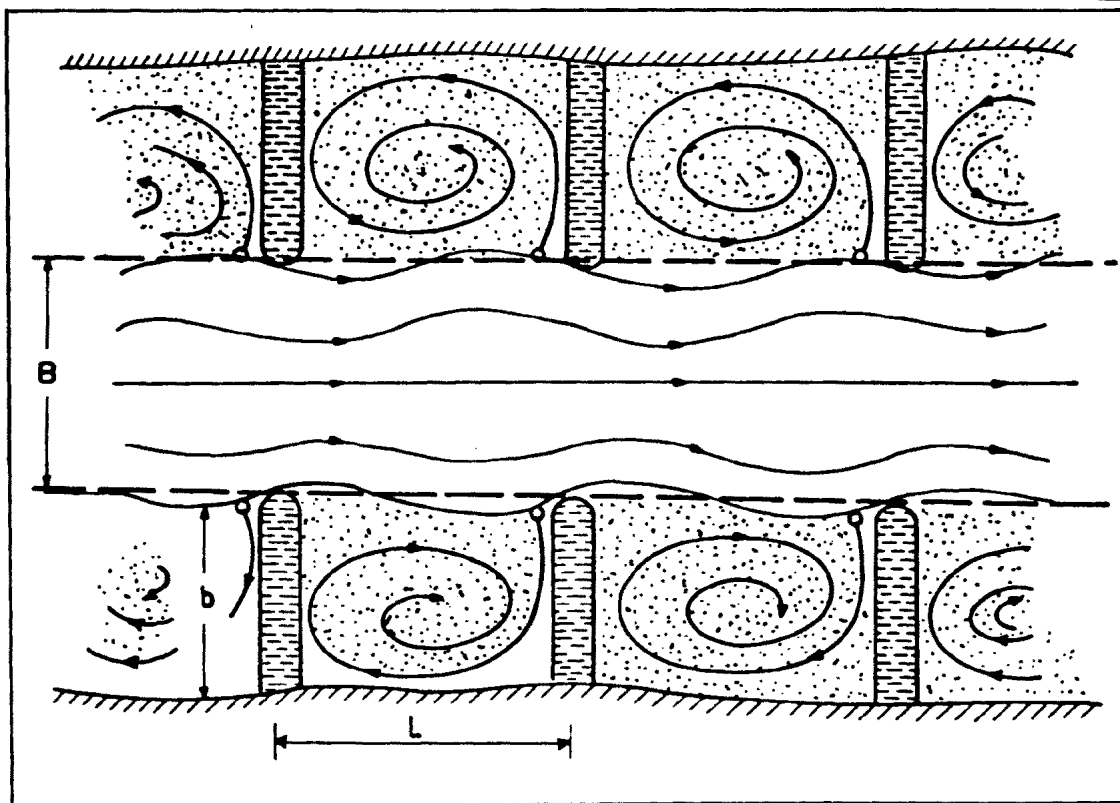
عملکرد آبشکنها از نظر فرسایش و رسوبگذاری عموماً تابعی از فاصله، طول، راستا و شکل آنها می‌باشد. چنانچه فاصله آبشکنها بیش از حد لازم انتخاب شود این احتمال وجود دارد که جریان رودخانه وارد میدان آبشکن گردیده و موجبات فرسایش کناره‌ها را فراهم آورد. بعلاوه این امر ایمنی آبشکن پایین دست را نیز به مخاطره می‌اندازد و مانع تشکیل لایه رسوبی یکپارچه در فضای بین آبشکنها می‌شود. شکل ۱-۳ وضعیت جریان را در محدوده آبشکن در حالتی که فاصله سازه‌ها بیش از حد متعارف است نشان می‌دهد.



طبق بررسیهای انجام شده برای عملکرد مطلوب آبشکنها (تشکیل لایه رسوبی و پایدارسازی کناره‌ها و برقراری جریان منظم در رودخانه) بهتر است رابطه ذیل رعایت شود [۲]:

$$L < \alpha \frac{C^2 h}{2g} \quad \alpha < 0.6 \quad (1-3)$$

در این رابطه L فاصله آبشکنها (برحسب متر)، C ضریب شزی و h عمق جریان (برحسب متر) در رودخانه، α ضریب اصلاحی و g شتاب ثقل می‌باشد، برقراری رابطه فوق موجب می‌گردد تا مطابق شکل ۲-۳ یک گرداب منفرد و فراگیر در میدان آبشکن تشکیل گردد. وقوع این حالت ترسیب یکنواخت تر مواد رسوبی در میدان آبشکن و عملکرد مطلوب آن را به دنبال دارد.



شکل ۳-۲- نمایش چگونگی تأثیر فاصله مناسب آبشکنها در تشکیل گرداب منفرد و رسوبگذاری مطلوب و برقراری جریان منظم در رودخانه

علاوه بر فاصله، طول آبشکنها نیز در عملکرد رفتاری آنها از نظر فرسایش و رسوبگذاری مؤثر است. براساس تحقیقات انجام شده در آزمایشگاه هیدرولیک دلفت هلند [۲] نسبت $\frac{L}{b} < 2$ مناسب تشخیص داده شده است، و از این رو انتخاب آبشکنهای کوتاه چندان مطلوب نمی باشد چه باعث افزایش نسبت مزبور می گردد. ممک^۱ و ولوسنی^۲ همچنین رابطه کلی ذیل را در انتخاب L و b پیشنهاد کرده اند [۱]:

$$L \cong B \cong b \quad (2-3)$$

در این رابطه B عرض کنترل شده رودخانه (شکل ۳-۲) و L و b به ترتیب فاصله و طول آبشکنها می باشد. همانطوریکه از رابطه (۲) برمی آید در انتخاب طول و فاصله آبشکنها بعضی از محققین توجه به عرض رودخانه (B) را نیز توصیه نموده اند. در جدول ۳-۱ نسبتهای پیشنهادی برای $\frac{L}{B}$ و $\frac{L}{b}$ توسط بعضی از منابع درج گردیده است [۱].

جدول ۳-۱- نسبت‌های پیشنهادی برای تعیین فاصله و طول آبشکنها توسط برخی از محققین [۱]

ردیف	نویسنده یا مرجع	نسبت پیشنهاد شده		نوع ساحل رودخانه	ملاحظات
		L/B	L/b		
۱	سازمان ملل ^۱	-	۱	قوس خارجی	کاربردهای عمومی
	(گروه اقتصادی) (۱۹۵۳)	-	۲/۵-۲	قوس داخلی	کاربردهای عمومی
۲	جاگلکار ^۲ (۱۹۷۱)	-	۲/۵-۲	-	آبشکن دفعی
۳	ممک ^۳ (۱۹۵۶)	۱	۳-۲	-	-
۴	جانسن و همکاران ^۴ (۱۹۷۹)	۱-۲	-	-	-
۵	مزاآلوارز ^۵ (۱۹۸۹)	-	۶/۳-۵/۱	مستقیم	آبشکنهای شیب‌دار برای حفاظت ساحل
		-	۴-۲/۵	انحنادار	

راستای آبشکنها نسبت به مسیر جریان نیز تأثیر عمده‌ای در عملکرد آنها از نظر جابجایی و انتقال مواد رسوبی دارد. براساس تحقیقات انجام شده توسط آکانتیس و همکاران^۶ آبشکنهایی که رو به پایین ساخته می‌شوند (آبشکنهای جذبی) از نظر میزان رسوبگذاری در میدان آبشکن و مسئله فرسایش در محدوده سازه از عملکرد خوبی برخوردارند. در جدول ۳-۲ زاویه انحراف آبشکنها نسبت به امتداد جریان براساس نظریه کارشناسان مختلف ارائه شده است. در این جدول مطابق شکل ۱۰ علامت ϕ معرف زاویه انحراف آبشکن است.

1- United Nations

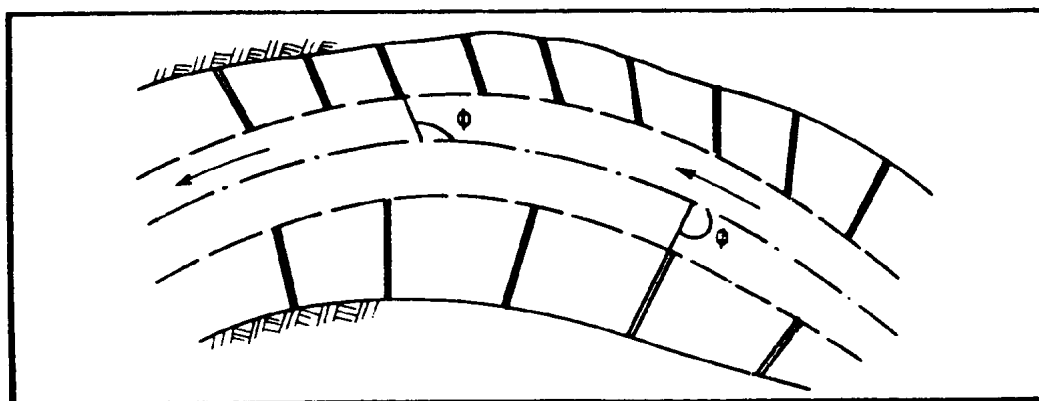
2- Joglekar

3- Mamak

4- Jansen et al.

5- Maza Alvarez

6- Akantisz et al.



شکل ۳-۳- زاویه انحراف آبشکن (ϕ) نسبت به مسیر جریان

جدول ۳-۲- مقادیر پیشنهادی برای زاویه انحراف آبشکن (ϕ) [۲]

شماره	مرجع	اندازه ϕ (درجه)	ملاحظات
۱	سازمان ملل	۱۲۰ - ۱۰۰	آبشکنهای دفعی
۲	ممک	۱۱۰ - ۱۰۰	آبشکنهای دفعی
۳	جاگلکار	۱۲۰ - ۱۰۰	آبشکنهای دفعی
۴	"	۶۰ - ۳۰	آبشکنهای جذبی
۵	ماکورا ^۱	۱۱۰	قوس خارجی
۶	"	۱۰۰	بازه مستقیم
۷	"	۹۰	قوس داخلی
۸	کاپلند ^۲	۹۰	قوس داخلی
۹	آکانتیس و همکاران	۶۵	آبشکن جذبی
۱۰	مزاآلوارز	۷۰	آبشکن جذبی

براساس بررسیهای انجام گرفته آبشکنهای دفعی موجب تشدید فرسایش در دماغه و ایجاد چاله فرسایشی عمیق تری می شوند. از آنجائیکه یکی از اهداف احداث آبشکن برقراری شرایط لازم برای ترسیب مواد رسوبی در میدان آبشکن

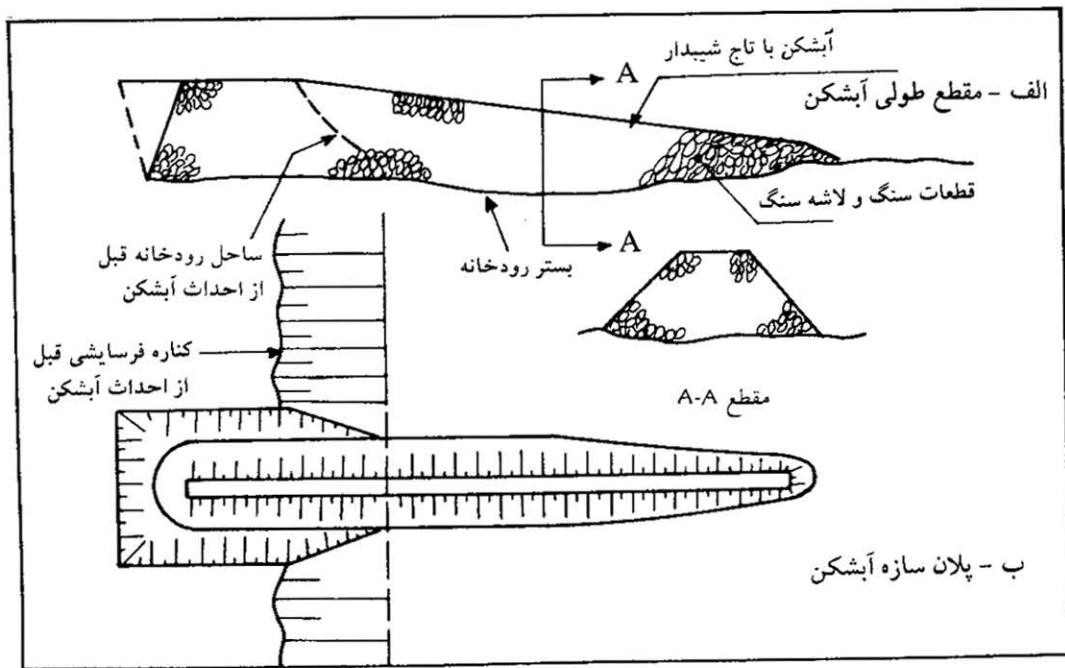
1- Macura

2- Copeland

می‌باشد. لذا در طراحی آبشکنها این مسئله مورد توجه قرار می‌گیرد. آبشکنهای دفعی در مقایسه با آبشکنهای قائم ($\phi = 90^\circ$) موجب افزایش رسوبگذاری (بخصوص در جناح پایین دست) میدان آبشکن می‌گردد. در این نوع آبشکنها با تشکیل یک گرداب فعال (هسته چرخشی) مواد معلق موجود در آب در میدان آبشکن (و بویژه در محدوده بالادست آبشکن) ترسیب می‌نماید (چگونگی رسوبگذاری در محدوده آبشکنهای دفعی و جذبی در شکل ۲-۳ نشان داده شده است). آبشکنهای جذبی برای حفاظت سواحل فرسایشی رودخانه چندان مناسب نمی‌باشند. در این نوع آبشکنها جریان فعال نفوذی به میدان آبشکن اغلب موجب تخریب و فرسایش کناره‌ها گردیده و به نوبه خود سلامت سازه آبشکن را نیز به مخاطره می‌اندازد. آبشکنهای قائم نیز محدوده حفاظتی کمتری را پوشش می‌دهند. از اینرو آبشکنهای دفعی در مقایسه با سایر انواع آبشکنها برای حفاظت کناره‌ها از خطر فرسایش و همچنین تحقق اهداف رسوبگذاری و تشکیل لایه رسوبی ضخیم در فضای بین سازه‌ای مناسب می‌باشند.

علاوه بر فاصله و راستا، شکل آبشکنها در عملکرد فرسایش و رسوبگذاری و پیامدهای حاصله از آن مؤثر است. در آبشکنهای مستقیم معمولاً برای کاهش فرسایش موضعی و جلوگیری از گسترش چاله فرسایشی قسمت دماغه پهن‌تر انتخاب می‌شود. در این خصوص سه حالت مشخص شامل آبشکن مستقیم با دماغه پهن (معمولاً دایره‌ای)، آبشکن T شکل و آبشکن L شکل قابل ذکر است (شکل ۱-۳). در آبشکن L شکل میزان رسوبگذاری در میدان آبشکن در مقایسه با انواع دیگر بطور محسوسی بیشتر است. بعلاوه حفاظت کناره‌ها توسط این نوع آبشکن به خوبی انجام می‌گیرد و گسترش چاله فرسایشی در دماغه آن نیز خفیف‌تر می‌باشد. بررسیهای انجام گرفته نشان می‌دهد که در آبشکنهای چوگانی گسترش چاله فرسایشی در دماغه در مقایسه با آبشکنهای T شکل از وسعت بیشتری برخوردار است و به لحاظ تشدید فرسایش در دماغه چندان مورد توجه نمی‌باشند. آبشکنهای دنباله‌دار یا بالدار نیز که دارای دماغه کشیده و ممتد در امتداد مسیر جریان هستند ترانشه فرسایشی بالنسبه ممتدی را در امتداد دماغه ایجاد می‌کنند.

همچنین شکل مقطع طولی آبشکنها از نظر عملکرد در مقابل پدیده فرسایش بخصوص در مواقع سیلابی حائز اهمیت است. طبق بررسیهای انجام گرفته توسط مزالوارز آبشکنهای با تاج شیب‌دار (آبشکنهایی که ارتفاع آنها از ساحل به سمت رودخانه کاهش می‌یابد) برای حفاظت کناره‌ها در مقابل فرسایش مناسب‌تر می‌باشند. بعلاوه در این نوع آبشکنها عمق چاله فرسایشی به مراتب کمتر بوده و سرعت رسوبگذاری در میدان آبشکن در مقایسه با آبشکنهای با تاج افقی زیادتر است. در شکل ۳-۴ نمونه‌ای از یک آبشکن با تاج شیب‌دار نشان داده شده است.

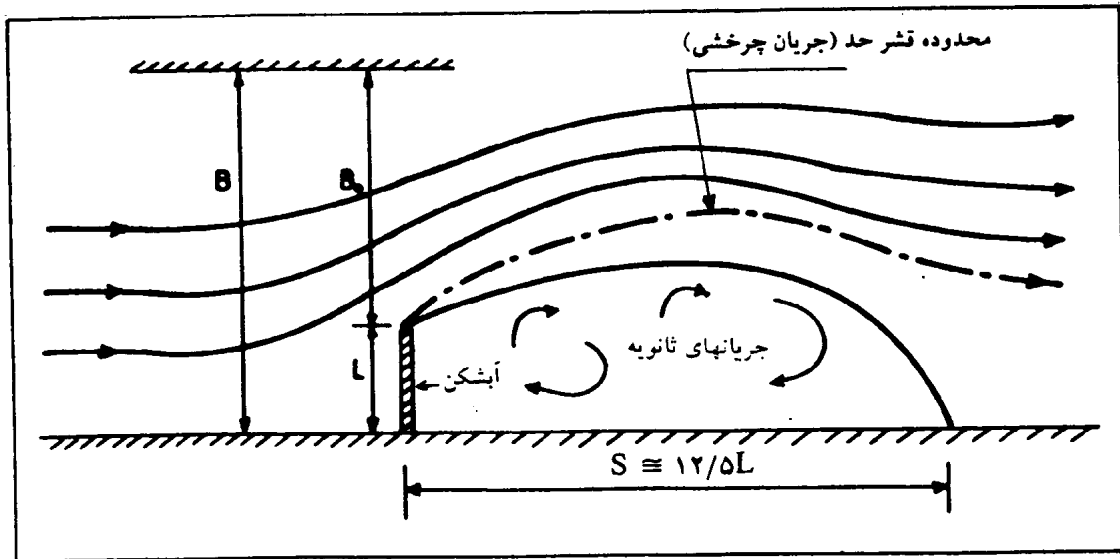


شکل ۳-۴- نمونه‌ای از یک آبشکن با تاج شیب‌دار (برای کاهش فرسایش در دماغه و تسریع در رسوبگذاری)

۴- بررسی الگوی جریان در دماغه و میدان آبشکنها

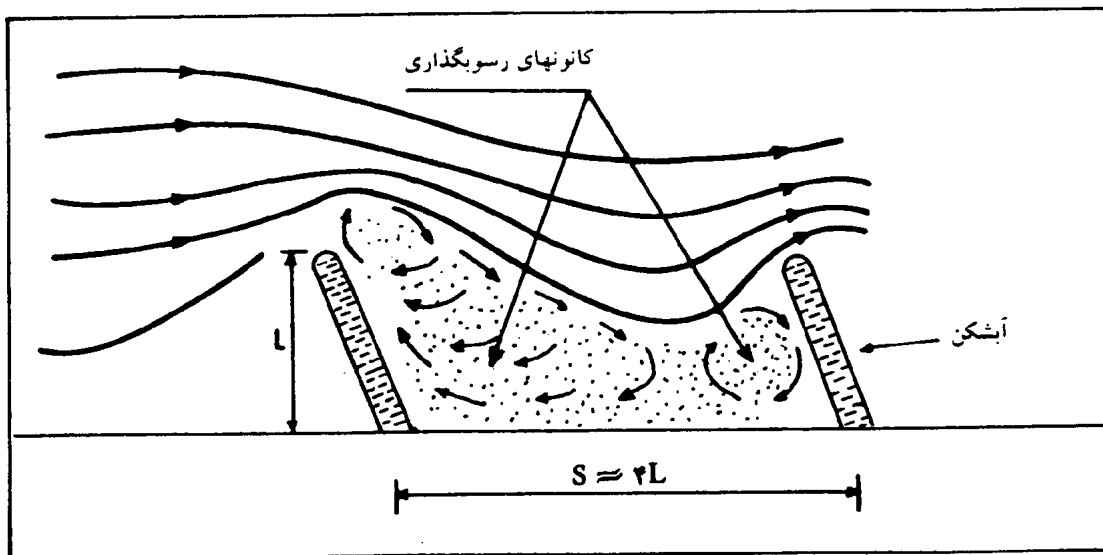
آبشکنها با کاهش دادن مقطع رودخانه، الگوی جریان را بطور محسوسی تحت تأثیر قرار می‌دهند. خطوط جریان با نزدیک شدن به سازه آبشکن آرایش خود را تغییر داده و به تبعیت از ساختار هندسی، نوع سازه (آبشکن نفوذپذیر یا غیرقابل نفوذ) و سایر مشخصات فنی مربوط الگوهای متفاوتی از جریان در دماغه و میدان آبشکن پدیدار می‌گردد. ایجاد فرسایش در دماغه و یا در امتداد بدنه آبشکن و همچنین رسوبگذاری در محدوده بین دو سازه از نوع و ویژگی الگوی جریان پیروی می‌کند^۱. بعلاوه تعیین فاصله و طول آبشکنها و همچنین امتداد نسبت به خط ساحلی و بطور کلی بسیاری از مشخصه‌های فنی مستلزم توجه به الگوی جریان ایجاد شده در محدوده آبشکن می‌باشد. در شکل ۴-۱ چگونگی تأثیر آبشکن منفرد بر آرایش خطوط جریان رودخانه نشان داده شده است [۲]. همانطوریکه از شکل ۴-۱ برمی‌آید وجود آبشکن ضمن انحراف خطوط جریان، ناحیه بالنسبه وسیعی از جریان ثانویه را بوجود می‌آورد.

۱- علاوه بر الگوی جریان، دانه‌بندی و نحوه حرکت مواد بستر نیز در ایجاد فرسایش و رسوبگذاری نقش دارد.



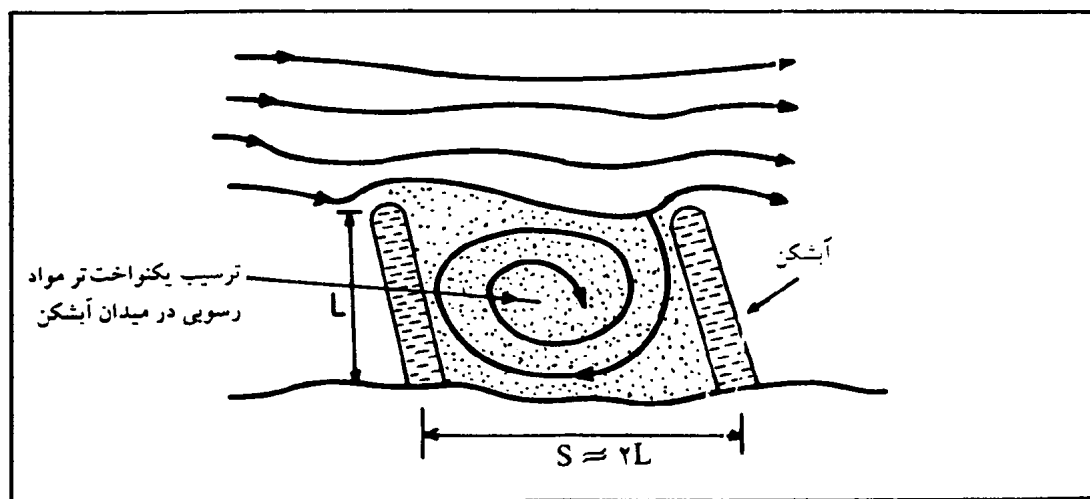
شکل ۱-۴- تأثیر سازه آبشکن بر وضعیت جریان رودخانه و پدید آمدن میدان جریان ثانویه

در شکل ۲-۴ الگوی جریان در محدوده دو آبشکن متوالی نشان داده شده است. مطابق شکل مزبور جریانهای چرخشی در دماغه و میدان آبشکن عاملی برای فرسایش و رسوبگذاری تلقی می‌شود. بعلاوه در این سیستم نسبت فاصله به طول آبشکن برابر چهار است ($\frac{S}{L} = 4$) یعنی فاصله آبشکنها بیشتر می‌باشد و با نفوذ جریان فعال رودخانه به میدان آبشکن امکان تشکیل گرداب منفرد و ترسیب یکنواخت رسوب وجود ندارد. چنین الگوی جریانی از نظر فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکن چندان مطلوب نمی‌باشد.



شکل ۲-۴- نمونه‌ای از الگوی جریان در محدوده بین دو آبشکن

فاصله آبشکنها تأثیر عمده‌ای بر الگوی جریان و به تبع آن نحوه رسوبگذاری در میدان آبشکن دارد. در شکل ۳-۴ الگوی جریان در محدوده دو آبشکن نشان داده شده است. در این سیستم نسبت $\frac{S}{L} < 2$ بوده و از اینرو امکان تشکیل گرداب منفرد و توزیع یکنواخت تر رسوب محقق می‌شود.



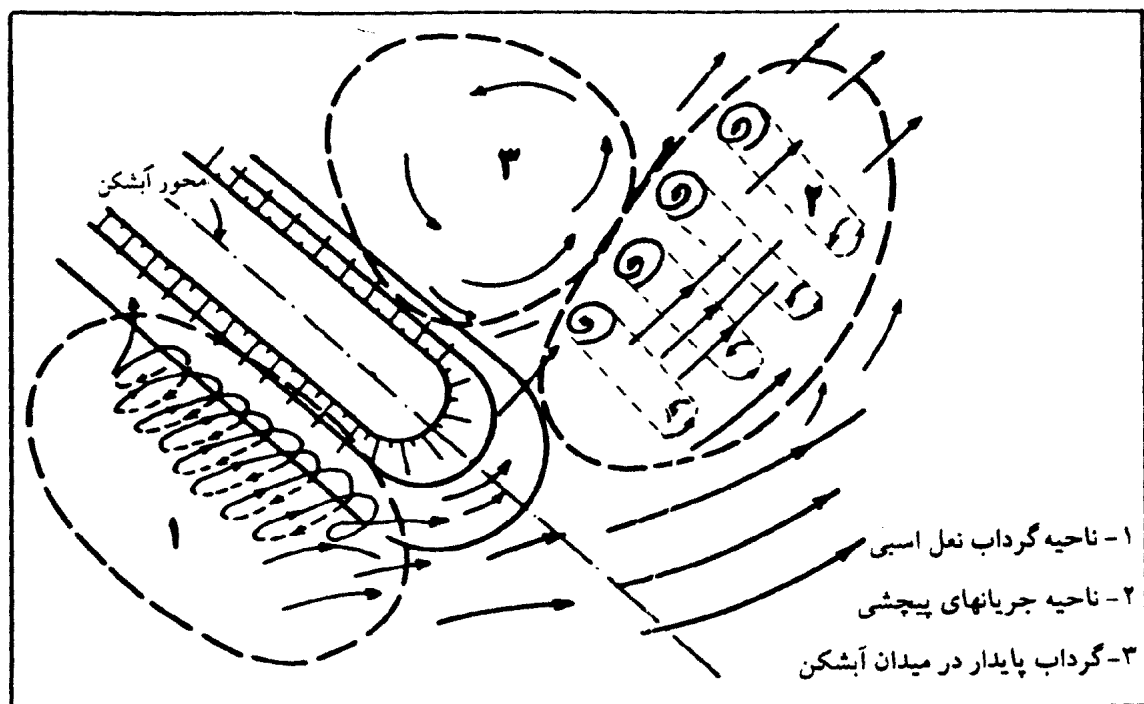
شکل ۳-۴ نمونه‌ای از تأثیر فاصله آبشکنها در تغییر الگوی جریان و تشکیل گرداب منفرد

جزئیات بیشتری از الگوی جریان در دماغه آبشکن بسته در شکل ۴-۴ آورده شده است. مطابق شکل مزبور در اثر برخورد جریان آب با دماغه یک نیم گرداب نعل اسبی^۱ بالنسبه بزرگ تشکیل می‌شود (ناحیه ۱). زنجیره جریانهای چرخشی حاصل از این گرداب به سمت جلوتر حرکت کرده و در پایین دست دماغه (ناحیه ۲) با تشدید فرسایش و انتقال موضعی مواد رسوبی تشکیل چاله فرسایشی را در پی دارد. گرداب ایجاد شده در میدان آبشکن (ناحیه ۳) به نوبه خود با جریانهای چرخشی ایجاد شده در دماغه در تداخل و تبادل دائمی می‌باشد. از اینرو مجموعه فرایندهای سینماتیک و دینامیک بوجود آمده الگوی جریان پیچیده‌ای را در دماغه و میدان آبشکن بوجود می‌آورد که پیش‌بینی تبعات فرسایشی و رسوبگذاری ناشی از آن چندان آسان نمی‌باشد.

مطالعاتی که توسط کاپلند^۲ بر روی آبشکنها انجام گرفته است [۱] مشخصاً شش الگوی جریان را در محدوده و میدان آبشکنها مشخص می‌کند. در شکل ۴-۵ الگوی جریان برای شش حالت مزبور نشان داده شده است. در الگوی نوع اول فاصله آبشکنها به گونه‌ای است که یک گرداب منفرد فراگیر در میدان آبشکن تشکیل گردیده و این حالت موجب پخش بالنسبه همگن و یکنواخت مواد رسوبی ورودی به میدان آبشکن می‌گردد.

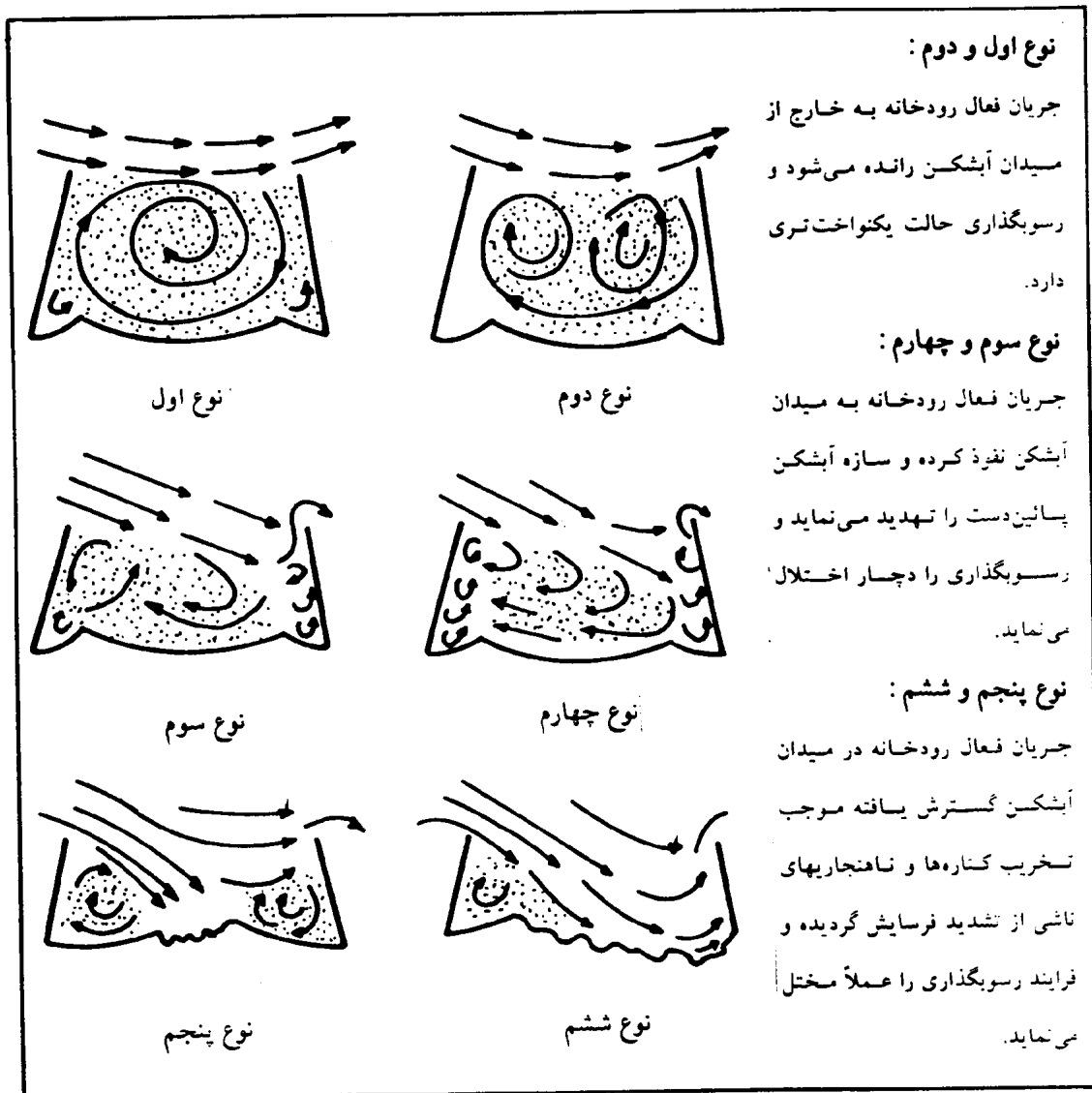
1- Half - horseshoe Vortex

2- Copeland



شکل ۴-۴- نمونه‌ای از الگوی جریان در دماغه آبشکنهای بسته و بعضی جنبه‌های سینماتیک آن

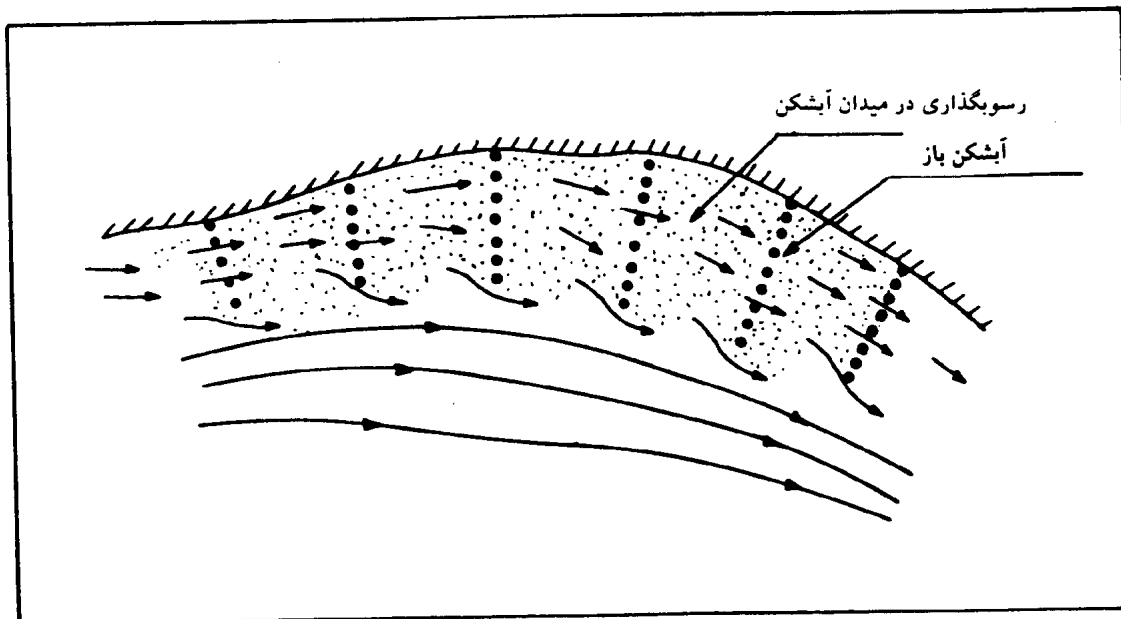
در نوع دوم، افزایش فاصله آبشکنها سبب شکسته شدن گرداب منفرد و تشکیل دو هسته چرخشی تقریباً متقارن می‌شود. این امر تشکیل دو کانون رسوبگذاری عمده در میدان آبشکن را به دنبال دارد. در حالت سوم، جریان رودخانه به درون میدان آبشکن نفوذ می‌نماید و دیواره آبشکن پائین‌دست را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در چنین شرایطی الگوی جریان حالت تقارن خود را از دست داده و متناسب با آن فرایند فرسایش و رسوبگذاری دستخوش تغییر می‌گردد. حالت چهارم، شرایط تشدید شده حالت سوم است که در آن با نفوذ بیشتر جریان فعال رودخانه به محدوده میدان آبشکن جریانهای چرخشی فرساینده در امتداد شاخه آبشکن بالادست و پائین‌دست بیش از پیش تشدید گردیده و یک جریان چرخشی فعال در ناحیه میانی شکل می‌گیرد. با افزایش فاصله آبشکنها نوع پنجم از الگوی جریان را می‌توان مشاهده کرد که در آن جریان نفوذی مستقیماً با کناره (ساحل) رودخانه برخورد نموده و جریان گردابی تشکیل شده در طرفین حالت متقارنی را دارا می‌باشد. در این حالت دامنه رسوبگذاری در میدان آبشکن محدود بوده و حوزه فرسایش در محدوده آبشکن گسترش می‌یابد. در حالت ششم فاصله آبشکنها باز هم افزایش یافته و جریان فرسایشی رودخانه بر قسمت عمده‌ای از میدان آبشکن تسلط دارد و علاوه بر سازه آبشکن باعث تخریب و فرسایش کناره نیز می‌گردد.



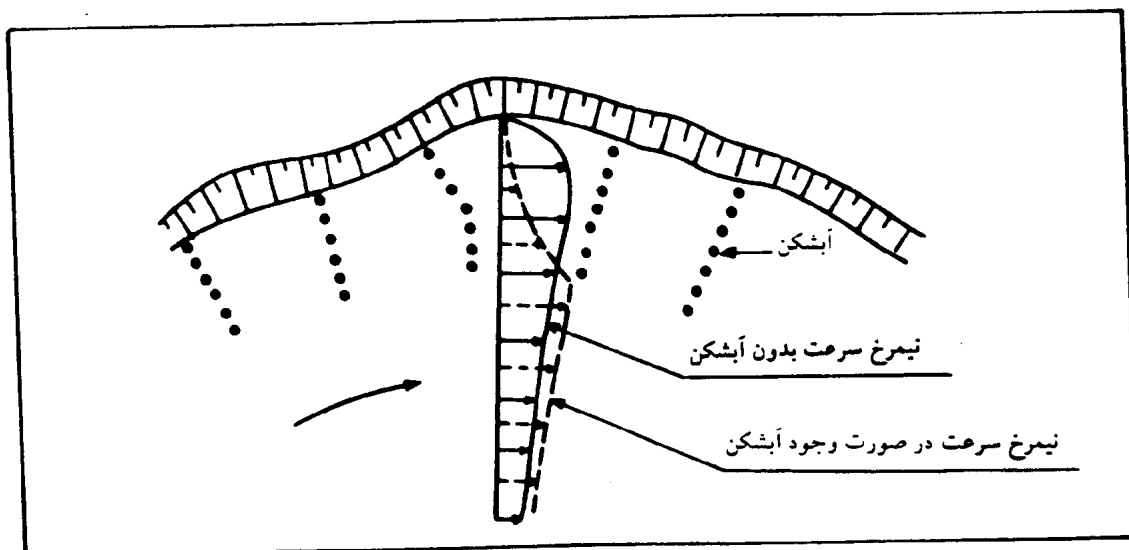
شکل ۴-۵- الگوی جریان ایجاد شده در محدوده آبشکنهای بسته در حالات مختلف

الگوی جریان در آبشکنهای باز (نفوذپذیر) اساساً متفاوت از آبشکنهای بسته (نفوذناپذیر) می باشد. در این نوع آبشکنها با نفوذ بخشی از جریان رودخانه به میدان آبشکن تشکیل جریان گردابی میسر نمی باشد. بعلاوه مطابق شکل ۴-۶ انحراف جریان در دماغه آبشکنهای نفوذپذیر چندان حاد نیست. همانگونه که در مباحث پیشین اشاره شد کاهش سرعت جریان عمل رسوبگذاری را در محدوده آبشکن امکان پذیر می نماید.

همانگونه که از شکل ۴-۶ برمی آید جریانهای گردابی و پیچشی به گونه ای که در آبشکنهای بسته متداول است در آبشکنهای باز مشهود نمی باشد. در شکل ۴-۷ نمونه ای از چگونگی الگوی توزیع سرعت در محدوده آبشکنهای باز نشان داده شده است. مطابق شکل مزبور وجود آبشکن نیمرخ سرعت را در داخل و خارج از میدان آبشکن متأثر می نماید لکن این تأثیرپذیری موجب ناهنجاری سینماتیک محسوسی نمی باشد.



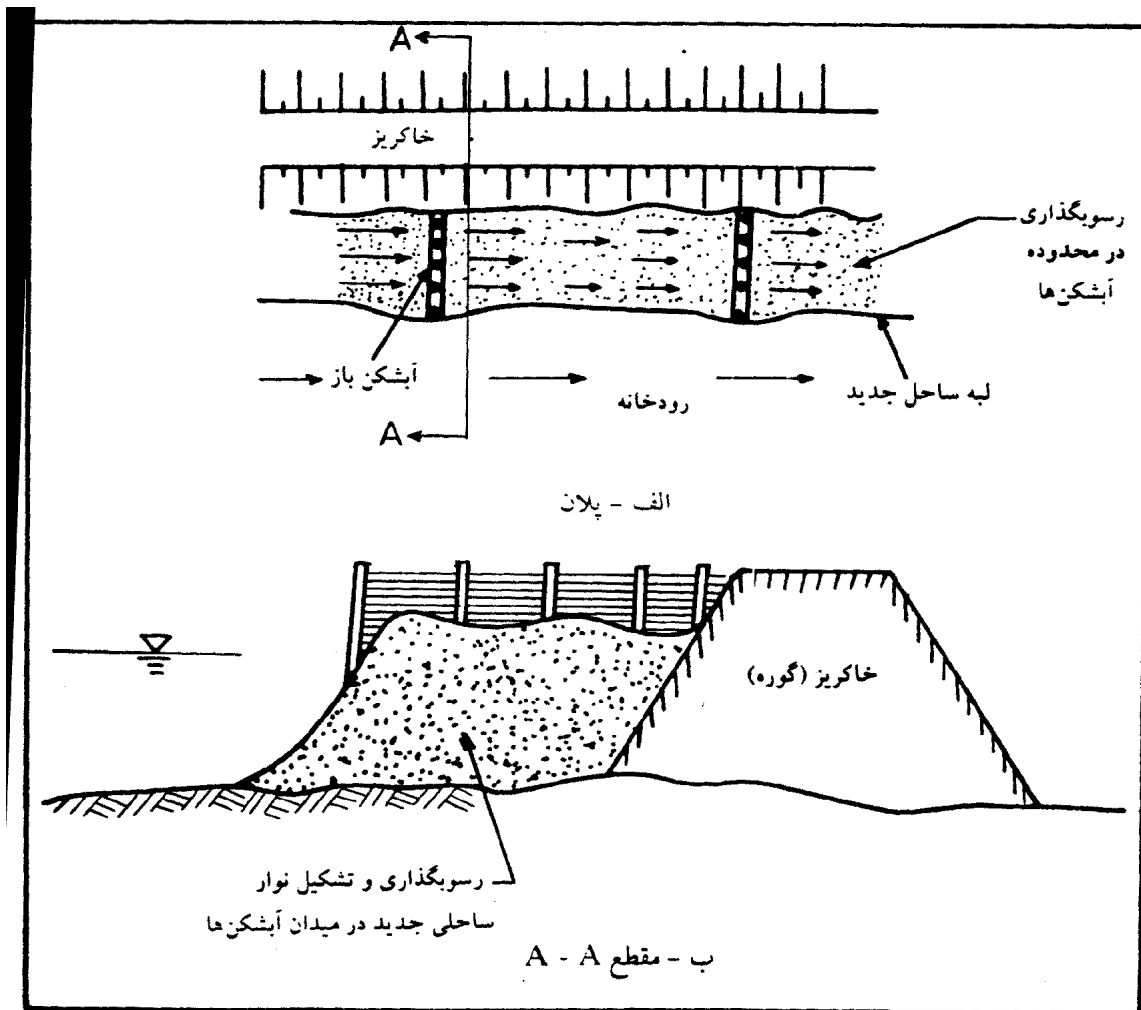
شکل ۴-۶- نمایش ساختار الگوی جریان در محدوده آبشکنهای باز



شکل ۴-۷- نمونه‌ای از الگوی توزیع سرعت در محدوده آبشکنهای باز

۵- بررسی و تعیین رسوبگذاری در آبشکنهای باز و بسته

با احداث آبشکن، سرعت جریان آب کاهش یافته و بخشی از مواد رسوبی حمل شده توسط رودخانه در میدان آبشکن رسوب می‌نماید. این فرایند به مرور زمان ممکن است به تشکیل ساحل جدید در مسیر رودخانه اصلی منجر شود. در شکل ۵-۱ چگونگی تشکیل نوار ساحلی جدید در محدوده آبشکنهای باز نشان داده شده است [۳].



شکل ۱-۵- رسوبگذاری و تشکیل نوار ساحلی جدید در میدان آبشکنها

همانگونه که اشاره رفت علت عمده ترسیب مواد رسوبی در میدان آبشکن کاهش سرعت جریان می باشد. از اینرو لازم است سرعت جریان در محدوده آبشکن به کمتر از سرعت آستانه حرکت دانه های رسوب مطابق رابطه زیر تقلیل پیدا کند.

$$V_n < V_c \quad (1-5)$$

در رابطه فوق V_n سرعت جریان در میدان آبشکن و V_c سرعت آستانه حرکت دانه های رسوب (سرعت بحرانی) می باشد. معمولاً قطر نظیر پنجاه درصد مواد تشکیل دهنده بستر D_{50} و یا قطر متوسط هندسی دانه ها (D) برای تعیین V_c ملاک عمل قرار می گیرد. روابط متعددی برای تعیین V_c توسط محققین معرفی شده است از جمله لتی شینکف^۱ رابطه ذیل را برای تعیین سرعت آستانه حرکت دانه های رسوب معرفی نموده است [۱]:

1- Laty Shincov

$$V_c = 1/6 \sqrt{gD} \left(\frac{h}{D}\right)^{0.7} \quad (2-5)$$

در این معادله V_c سرعت آستانه حرکت دانه‌های رسوب بر حسب متر بر ثانیه، D قطر متوسط دانه‌ها (متر)، h عمق جریان آب (متر) و g شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه) می‌باشد.

علاوه بر سرعت بحرانی (سرعت آستانه حرکت دانه‌ها)، سرعت سقوط دانه‌ها در تحلیل رسوبگذاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله معادلات ارائه شده برای تعیین V_s (سرعت سقوط دانه‌ها) رابطه‌ای است که توسط انشتین^۱ ارائه شده است [۴]:

$$V_s = 0.66 \sqrt{gD} (G_s - 1) \quad (3-5)$$

در رابطه فوق V_s سرعت سقوط دانه (متر بر ثانیه)، G_s چگالی دانه‌ها (برای دانه‌های غیر چسبنده معمولاً برابر با ۲/۶۵ می‌باشد) و g شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه) است.

۱-۵ رسوبگذاری در آبشکنهای بسته

در آبشکنهای بسته، تشکیل گرداب و بوجود آمدن جریان چرخشی در میدان آبشکن موجب می‌گردد که ترسیب مواد معلق بصورت یکنواخت‌تری امکان‌پذیر گردد. وجود آبشکن سرعت جریان آب را کاهش داده و از این طریق فرصت برای ته‌نشینی مواد رسوبی معلق فراهم می‌گردد. مطالعات انجام گرفته توسط سلاتینا^۲ بعضی جنبه‌های حاکم بر رسوبگذاری در میدان آبشکنهای بسته را روشن می‌سازد [۱]. برای تحلیل نحوه رسوبگذاری، سلاتینا توزیع سرعت در میدان جریان یک آبشکن منفرد را مطابق شکل ۲-۵ معرفی کرده است.

وسعت محدوده رسوبگذاری در پشت آبشکن طبق رابطه ذیل مشخص می‌شود:

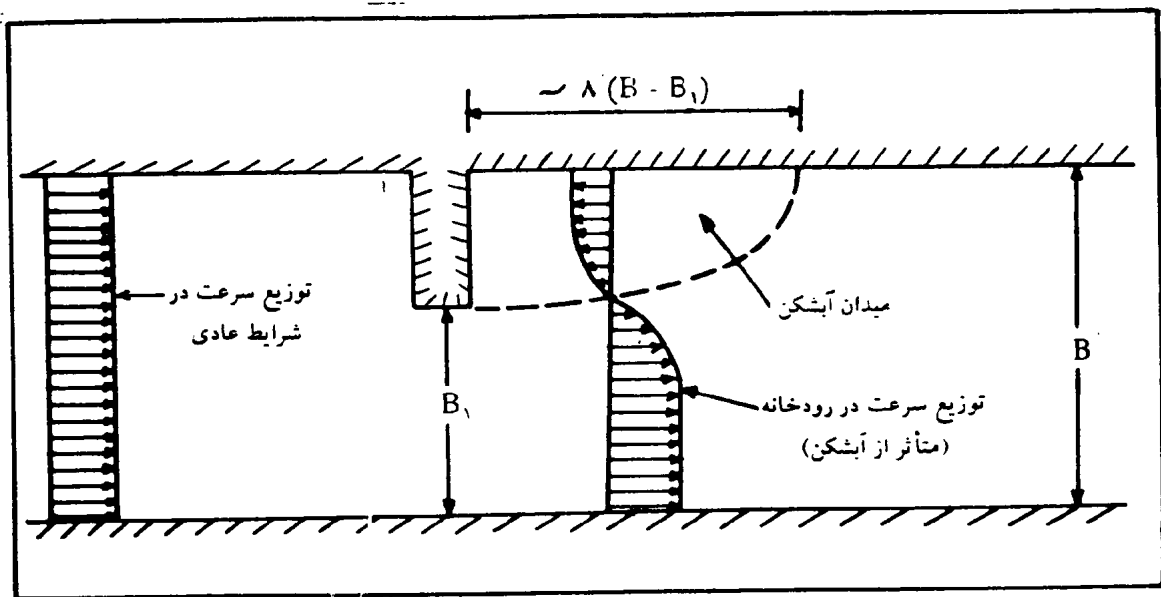
$$A \approx 4(B - B_1)^2 \quad (4-5)$$

که در آن A سطح محدوده رسوبگذاری B عرض رودخانه و B_1 عرض رودخانه در محل آبشکن می‌باشد. ضخامت لایه رسوبی ایجاد شده در میدان آبشکن برای یک دوره زمانی موردنظر t_f از رابطه ذیل بدست می‌آید:

$$h_{ac} \approx gV_s t_f \frac{C_s}{\gamma_d} \quad (5-5)$$

1- Einstein

2- Slautina



شکل ۵-۲- نحوه توزیع سرعت در محدوده آبشکن منفرد در یک مجرای مستطیلی

در این رابطه h_{ac} ضخامت رسوب انباشته شده (متر)، C_s غلظت مواد رسوبی (کیلوگرم بر متر مکعب)، γ_d وزن مخصوص خشک رسوبات ته‌نشین شده (نیوتن بر متر مکعب)، t_f مدت زمان عبور جریان بر حسب (ثانیه) و V_s میانگین سرعت سقوط دانه‌ها (متر بر ثانیه) می‌باشد.

مثال ۱: برای رودخانه‌ای با اطلاعات مندرج در جدول ذیل وسعت محدوده رسوبگذاری و حجم رسوب انباشته شده در میدان آبشکن چقدر است. طول آبشکن ۵۰ متر و مدت زمان عبور جریان برابر با ۱۰ روز می‌باشد.

جدول مشخصات جریان و مواد رسوبی در رودخانه موردنظر

Q	B	B ₁	V _s	C _s	γ_d	t _f
(m ³ /sec)	(m)	(m)	(m/sec)	(mg/lit)	Ton/m ³	(hr)
۸۰۰	۲۰۰	۱۵۰	2×10^{-4}	۳۰۰۰	$1/8 \times 10^{-4}$	۲۴۰

حل:

مساحت محدوده رسوبگذاری در میدان آبشکن:

$$A = 4(B - B_1)^2 = 4(200 - 150)^2 = 10000 \text{ متر مربع} \quad (1)$$

ضخامت لایه رسوب انباشته شده در میدان آبشکن :

$$h_{ac} = gV_s t_f \frac{C_s}{\gamma_s} = 9/81 \times 2 \times 10^{-4} \times 240 \times 3600 \times \frac{3}{1/8 \times 10^{-4}} \quad (2)$$

$$h_{ac} = 0/28 \text{ متر}$$

حجم مواد رسوبی در میدان آبشکن :

$$V_{cz} = A.hac = 10000 \times 0/28 = 2800 \text{ متر مکعب} \quad (3)$$

درصد مواد ته‌نشین شده نسبت به کل رسوب معلق حمل شده توسط رودخانه در مدت ۱۰ روز :

$$\frac{V_{cz}}{V_t} = \frac{\gamma_d V_{cz}}{g C_s Q t_f} = \frac{1/8 \times 10^{-4} \times 2800}{9/81 \times 3 \times 800 \times 240 \times 3600} = 0/25 \text{ درصد} \quad (4)$$

از جمله شرایط لازم برای رسوبگذاری و توزیع مواد رسوبی در محدوده آبشکنهای بسته تشکیل یک هسته چرخشی فراگیر در میدان آبشکن می‌باشد (در خصوص الگوی جریان در محدوده آبشکنها و تشکیل هسته چرخشی به مبحث ۴ مراجعه شود). در خصوص میزان انباشت رسوب در فاصله بین دو آبشکن معادلات خاصی ارائه نگردیده است لکن یک ایده کلی را می‌توان با استفاده از معادله (۵-۵) و با در دست داشتن غلظت و منحنی دانه‌بندی مواد معلق بدست آورد.

۲-۵ رسوبگذاری در آبشکنهای باز

در آبشکنهای باز، نظیر آبشکنهای بسته، علت اصلی رسوبگذاری کاهش سرعت جریان می‌باشد. در این نوع آبشکنها سرعت جریان در برخورد با آبشکن تا حد سرعت آستانه حرکت دانه‌های رسوب کاهش یافته و شرایط مساعد برای ترسیب مواد رسوبی فراهم می‌گردد. طبق بررسیهای سلاتینا اندازه سرعت جریان در میدان آبشکن باز از رابطه ذیل تبعیت می‌نماید:

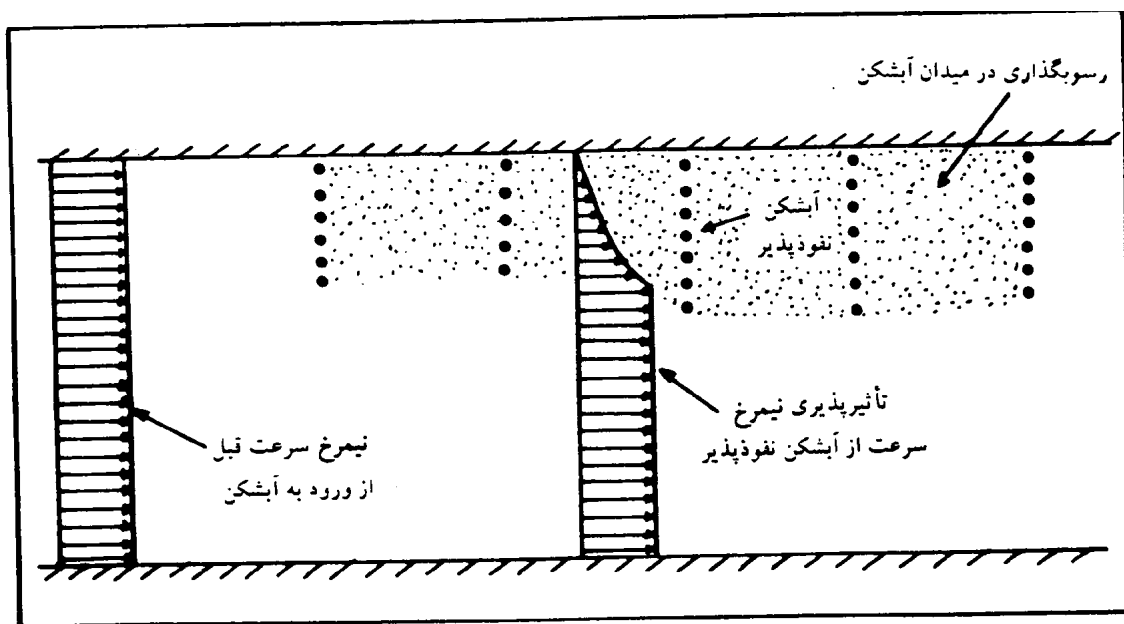
$$V_n = V_r \cdot n \quad (5-6)$$

در این رابطه V_n سرعت متوسط جریان در آبشکن ردیف n ام، V سرعت متوسط جریان رودخانه در شرایط عادی (عدم وجود آبشکن)، r_o نسبت بازشدگی (که مطابق رابطه ذیل تعریف می‌شود) و n شماره ردیف آبشکن است.

$$r_o = \frac{S_d}{(S_d + d)} \quad (5-7)$$

که در آن d قطر شمع یا پایه و S_d فاصله بین دو شمع می‌باشد. برای عملکرد مطلوب آبشکنها بهتر است $r_0 \geq 0.33$ منظور شود.

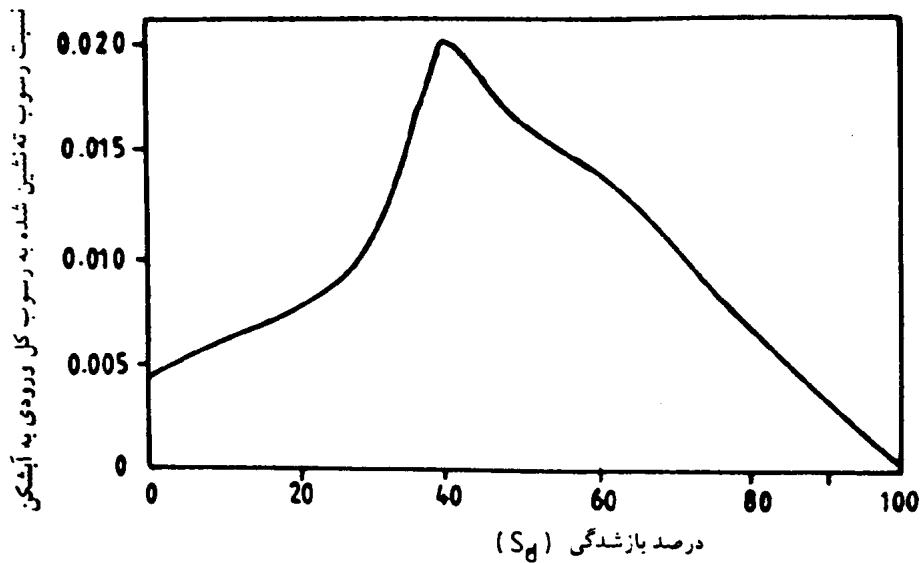
در شکل ۳-۵ چگونگی کاهش سرعت در محدوده آبشکنهای باز نشان داده شده است. (بعلاوه در مبحث ۴ شکل ۷-۴ نمونه‌ای از الگوی توزیع سرعت در محدوده آبشکنهای باز نشان داده شده است).



شکل ۳-۵- نمایش چگونگی توزیع سرعت در محدوده آبشکنهای نفوذپذیر و ترسیب مواد رسوبی

نسبت بازشدگی (r_0) در عملکرد آبشکنهای نفوذپذیر تأثیر عمده‌ای دارد. این نسبت با توجه به شرایط و اهداف موردنظر بین ۳۳ تا ۸۰ درصد تغییر می‌نماید. طبق بررسیهای انجام شده توسط محققین [۵] بیشترین درصد رسوبگذاری در آبشکنهای باز یک ردیفه مطابق شکل ۴-۵ برای $r_0 = 40\%$ می‌باشد. بعلاوه با استناد به بررسیهای آزمایشگاهی، محدوده حداکثر رسوبگذاری را برای درصد بازشدگی ۴۰ تا ۶۰ درصد توصیه نموده‌اند [۶]. با افزایش بازشدگی، سرعت جریان آب در میدان آبشکن افزایش یافته و فرصت برای رسوبگذاری رو به کاهش می‌گذارد و برعکس با کاهش فضای بین شمع‌ها مقدار رسوب ورودی نیز تقلیل یافته و موجب کاهش نرخ رسوبگذاری می‌گردد.

مثال ۲: برای رودخانه‌ای که مشخصات آن در جدول ذیل داده شده است در نظر است از آبشکنهای باز برای تثبیت بستر کناره‌ها استفاده شود. متوسط قطر مواد تشکیل‌دهنده بستر و کناره‌ها (D) برابر با 0.49 میلی‌متر می‌باشد. شرایط پایداری در محدوده آبشکنها چگونه است؟



شکل ۴-۵- نمودار تغییر مقدار رسوبگذاری بازاء درصد بازشدگی در آبشکنهای باز

جدول مشخصات جریان و اطلاعات دانه بندی و درصد بازشدگی

آبشکنهای باز

Q	h	V	D	r _o
(m ³ /sec)	(m)	(m/sec)	(mm)	(%)
۲۸۳۴	۷/۴	۱/۷	۰/۴۹	۴۰

حل :

۱- تعیین سرعت بحرانی یا سرعت آستانه حرکت مواد رسوبی :

$$V_c = 1/6 \sqrt{gD} \left(\frac{h}{D}\right)^{0.2} = 1/6 \sqrt{9.81} \times 0.49 \times 10^{-3} \left(\frac{7/4}{0.49 \times 10^{-3}}\right)^{0.2}$$

$$V_c = 0.76 \text{ m/sec}$$

۲- تعیین متوسط سرعت جریان در میدان آبشکن (برای ردیف اول) :

$$V_1 = V(r_o) = 1/7 \times 0.4 = 0.057 \text{ m/sec}$$

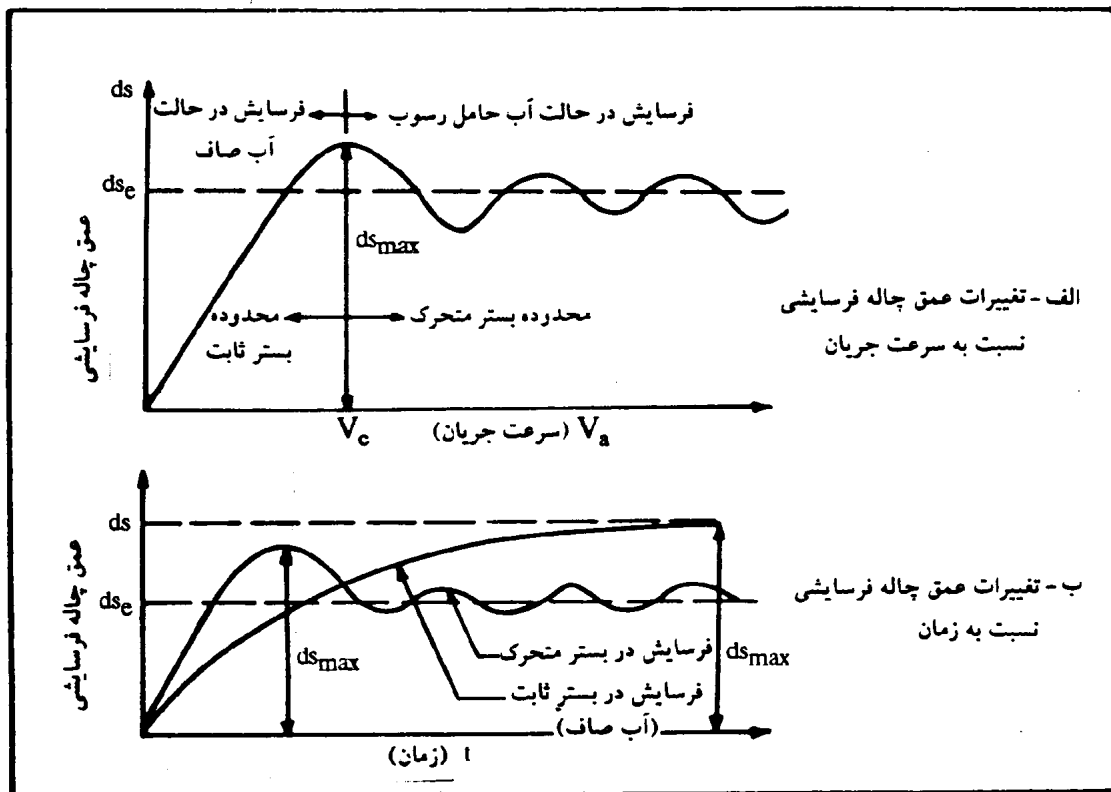
۳- مقایسه مقادیر سرعت V_1 و V_c

نظر به اینکه $V_1 < V_c$ می باشد لذا پس از احداث آبشکن نفوذپذیر شرایط پایداری در بستر و کناره ها برقرار می گردد.

۴- بدیهی است در آبشکنهای پائین دست سرعت باز هم کمتر شده و شرایط پایداری مطمئن تری برقرار خواهد بود.

۶- تعیین فرسایش در دماغه آبشکنها

تمرکز جریان و تشدید تلاطم موجب وقوع فرسایش موضعی و تشکیل چاله فرسایشی در دماغه آبشکنها می‌گردد (در خصوص وضعیت جریان در دماغه آبشکنها به شکل ۴-۴ مراجعه شود). تعیین عمق فرسایش در دماغه آبشکنها از جمله موارد مهم و اساسی در طراحی اینگونه سازه‌ها می‌باشد. رشد و توسعه چاله فرسایشی تابعی از نوع و مشخصات آبشکنها، دانه‌بندی مواد بستر و وضعیت بار رسوبی و شرایط هیدرولیکی رودخانه می‌باشد. طبق بررسیهای چپو و ملویل^۱ ساز و کار تشکیل چاله فرسایشی در دماغه آبشکنها مشابه پدیده فرسایش در پایه پلها^۲ و دماغه پشتواره^۳ می‌باشد [۷]، [۸]. در شکل ۶-۱ تغییرات عمق چاله فرسایشی بر حسب سرعت جریان (U_a) و زمان (t) در دماغه یک آبشکن نشان داده شده است.



شکل ۶-۱- نمایش چگونگی تغییرات عمق چاله فرسایشی بر حسب زمان و سرعت جریان در دماغه آبشکنها برای حالت آب صاف و آب محتوی رسوب

1- Chiew & Melville

2- Bridge Piers

3- Abutment

مطابق شکل ۱-۶ فرسایش در دماغه آبشکنها در دو حالت مشخص قابل بررسی است. در حالت بستر ثابت^۱ یا در شرایط عدم انتقال رسوب و حالت آب صاف^۲ حداکثر عمق چاله فرسایشی (ds_{max}) بالنسبه بیشتر بوده لکن رسیدن به چنین عمقی مدت زمان زیادی را می‌طلبد (شکل ۲۳-ب). در حالت بستر متحرک^۳ و به عبارتی در شرایطی که مواد بستر همراه آب حرکت می‌نمایند حداکثر عمق چاله فرسایشی در مقایسه با حالت اول کمتر بوده و بعلاوه بعد از مدتی مقدار گودافتادگی کاهش یافته و حول یک عمق تعادل^۴ نوسان می‌کند (ds_e). علت نوسان عمق چاله فرسایشی عبور امواج رسوبی^۵ یا تل ماسه‌ها از میدان چاله فرسایشی است. در قسمت الف شکل ۱-۶ پارامتر U_c نشان‌دهنده حد سرعتی است که در آن مواد بستر حرکت خود را آغاز می‌نمایند. سرعتهای کمتر از U_c فرسایش در حالت آب صاف و سرعتهای بیشتر از U_c فرسایش در حالت آب محتوی مواد رسوبی را مشخص می‌نمایند.

۱-۶ فرسایش در دماغه آبشکنهای بسته

آبشکنهای بسته به صورت مانعی غیرقابل نفوذ در مقابل جریان آب عمل می‌کنند. از اینرو تمرکز جریان و اغتشاش در دماغه این نوع آبشکنها از شدت بیشتری برخوردار است. یکی از شاخصهای مهم در تعیین مشخصات چاله فرسایشی و پیش‌بینی موقعیت و دامنه گسترش آن حداکثر عمق چاله فرسایش می‌باشد. از اوایل سال ۱۹۳۰ تاکنون محققین و متخصصین مختلف بررسیهای آزمایشگاهی و مشاهدات تجربی گوناگونی را برای تعیین حداکثر عمق چاله فرسایش و امکان پیش‌بینی آن با استفاده از معادلات حاصل از بررسیهای تحقیقاتی انجام داده‌اند. در جدول ۱-۶ معادلات ارائه شده توسط بعضی از محققین برای تعیین عمق چاله فرسایشی برای آبشکنهای بسته درج شده است [۳]. این معادلات حداکثر عمق چاله فرسایشی را در شرایط تعادل نهایی مشخص می‌نمایند [۲ و ۹]. در شکل ۲-۶ موقعیت یک آبشکن بسته همراه با چاله فرسایشی و علائم مورد استفاده در معادلات جدول ۱-۶ نشان داده شده است.

در معادلات فوق :

d_s - عمق چاله فرسایشی نظیر حالت تعادل (متر)

h - عمق آب جریان یکنواخت در بالادست آبشکن (عمق جریان نزدیک شونده) به متر

q - بده در واحد عرض ($q = Q/B$) بر حسب متر مکعب بر ثانیه بر متر

f - ضریب سیلت از رابطه $f = 1/6 \sqrt{D_{50}}$ که در آن D_{50} قطر ۵۰ درصد نظیر مواد بستر بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

K' - ضریبی است که از جدول ۲-۶ بدست می‌آید.

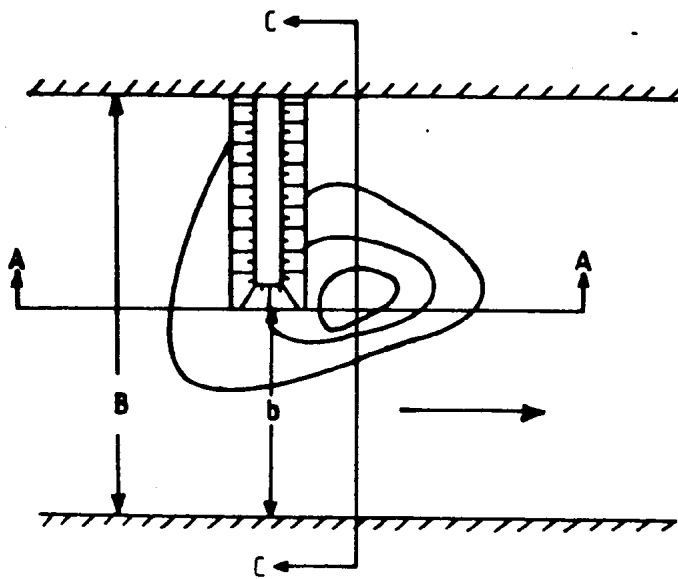
1- Fixed Bed

2- Clear - Water Scour

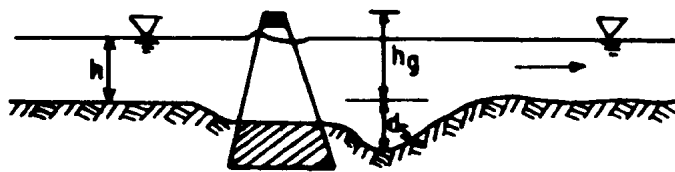
3- Live - bed Scour

4- Equilibrium Depth

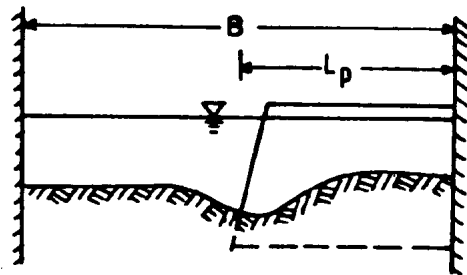
5- Dunes



الف - پلان موقعیت آبشکن



ب - مقطع (A - A)



ج - مقطع (C - C)

L_p - طول آبشکن

h - عمق آب

h_g - ارتفاع آبشکن

ds - عمق چاله فرسایشی

b - عرض رودخانه در محل آبشکن

B - عرض رودخانه در بالادست آبشکن

شکل ۶-۲- نمونه‌ای از چاله فرسایشی تشکیل شده در دماغه یک آبشکن بسته و جزئیات آن

جدول ۶-۱- بعضی از معادلات مورد استفاده در تعیین عمق چاله فرسایشی در دماغه آبشکنهای بسته

ردیف	نام محقق	شماره معادله	معادله	محدوده دانه بندی مواد بستر (میلیمتر)	سایر ملاحظات
۱	خوسلا ^۱ (۱۹۳۶)	(۹)	$\frac{d_s + h}{h} = \frac{0.9 q^{2/3}}{h f^{0.33}}$	-	-
۲	احمد ^۲ (۱۹۵۳)	(۱۰)	$\frac{d_s + h}{h} = K' \frac{q^{2/3}}{h}$	$0.2 \leq D \leq 0.7$	-
۳	گارده و همکاران ^۳ (۱۹۶۱)	(۱۱)	$\frac{d_s + h}{h} = f_1(C_d) \frac{(F_r)^{f_2(C_d)}}{1-n}$	$0.3 \leq D_{50} \leq 2.2$	$0.1 \leq n \leq 0.47$ $0.1 < F_r \leq 0.8$
۴	گیل ^۴ (۱۹۷۲)	(۱۲)	$\frac{d_s + h}{h} = 1.375 \frac{(D_{50})^{0.25}}{(1-n)^{0.857}}$	$0.9 \leq D \leq 1.5$	$0.13 \leq n \leq 0.4$ $0.2 \leq F_r \leq 0.8$
۵	لیو و همکاران ^۵ (۱۹۶۱)	(۱۳)	$\frac{d_s}{h} = 1.1 \left(\frac{L_p}{h}\right)^{0.4} (F_r)^{0.33}$	$D_{50} = 0.6$	-
۶	ریچاردسون ^۶ (۱۹۷۵)	(۱۴)	$\frac{d_s}{h} = 4 F_r^{0.33}$	-	برای رودخانه می سی سی پی ($L_p/h > 25$)
۷	لارسن ^۷ (۱۹۷۵)	(۱۵)	$\frac{L_p}{h} = 2.75 \frac{d_s}{h} [0.87 \left(\frac{d_s}{h} + 1\right)^{1/7} - 1]$	-	-
۸	نیل ^۸ (۱۹۷۳)	(۱۶)	$\frac{d_s + h}{h} = \left(\frac{2.1 \rightarrow 2.75}{h}\right) \left(\frac{2.5 q^2}{9 D_{50}^{0.318}}\right)^{0.33}$	$0.1 \leq D_{50} \leq 200$	-
۹	زاگلول ^۹ (۱۹۸۳)	(۱۷)	$\frac{d_s}{h} = \frac{2.62}{(180 - \alpha)^{0.43}} * \frac{(F_r)^{2/3}}{1-n}$	$D = 4/5$	$0^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $0.1 \leq n \leq 0.5$ $0.18 \leq F_r \leq 0.48$
۱۰	بای نگوک ^{۱۰} (۱۹۸۱)	(۱۸)	$\frac{d_s + h}{h} = \frac{1.09 \exp[-0.075(m_s + 1)]}{(1-n)^{0.3}} * \left(\frac{\alpha}{90}\right)^{0.2} \left(\frac{hg}{h}\right)^{0.41} f_1(C_d) (F_r)^{f_2(C_d)}$	$0.33 \leq D \leq 1.3$	$30^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$ $0.5 \leq hg/h \leq 1$ $0.12 \leq F_r \leq 1/6$ $0 \leq m_s \leq 3$ $0.1 \leq n \leq 0.6$

1- Khosla

3- Garde et al.,

5- Liu et al.,

7- Laursen

9- Zaghoul

2- Ahmad

4- Gill

6- Richardson

8- Neill

10- Buy Ngok

$f_1(C_d)$ و $f_2(C_d)$ - از شکل ۳-۶ تعیین می شود.

F_r - عدد فرود که از رابطه $F_r = \frac{U_a}{\sqrt{gh}}$ بدست می آید. در این رابطه U_a متوسط سرعت جریان آب است.

L_p - طول آبشکن (متر)

D_{50} - قطر نظیر ۵۰ درصد مواد تشکیل دهنده بستر (متر)

α - زاویه میل آبشکن نسبت به جهت جریان (درجه)

h_g - ارتفاع آبشکن (متر)

Q - بده جریان به متر مکعب بر ثانیه

b - عرض رودخانه در محل آبشکن بر حسب متر

n - نسبت تنگ شدگی (نسبت طول آبشکن به عرض رودخانه)

m_s - نمای معادله انتقال رسوب

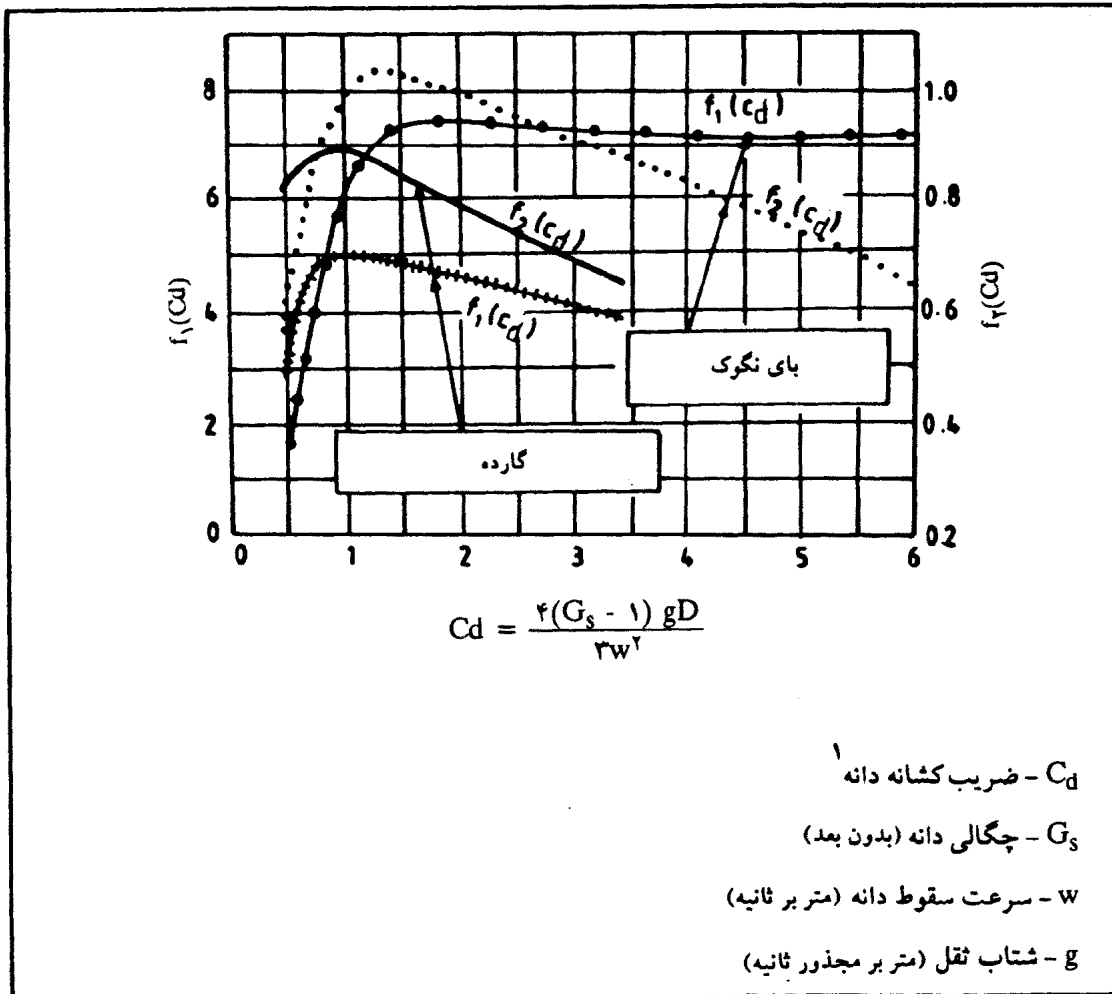
جدول ۲-۶ - مقادیر ضریب K' در معادله احمد (معادله ۱۰)

ردیف	موقعیت آبشکن نسبت به مسیر رودخانه	K'
۱	آبشکن در مسیر قوس خارجی (قوس تند)	۲ - ۲/۲۵
۲	آبشکن در مسیر قوس خارجی (قوس ملایم)	۱/۵ - ۱/۷۵
۳	آبشکن در مسیر مستقیم با زاویه میل ۳۰° تا ۹۰° نسبت به امتداد جریان	۱/۲ - ۱/۵
۴	آبشکن در مسیر مستقیم با زاویه میل ۹۰° تا ۱۵۰° نسبت به امتداد جریان	۱/۷۵ - ۱/۵

مثال ۳: در جدول ذیل مشخصات جریان و دانه بندی مواد بستر و سایر اطلاعات لازم داده شده است. عمق چاله فرسایشی را در دماغه آبشکن بسته با استفاده از معادلات جدول ۱-۶ تعیین نمایید.

جدول مشخصات جریان، دانه بندی مواد بستر و مشخصات آبشکن

Q (m ^۳ /sec)	f (-)	D_{50} (mm)	h (m)	b (m)	n (-)	F_r (-)	α (درجه)	L_p (m)	h_g (m)	C_d (-)
۴۹۰	۵/۸۴	۱۱	۰/۹	۱۲۰	۰/۱۶	۰/۵۹	۹۰	۲۵	۲/۵	۲



شکل ۳-۶- عامل $f_1(C_d)$ و $f_2(C_d)$ بصورت تابعی از C_d مورد استفاده در معادلات گارده و بای نگوک

حل :

با توجه به محدوده دانه بندی معادلاتی که از جدول ۱-۶ می توان برای تعیین d_s استفاده کرد شامل معادله خوسلا، ریچاردسون، لارسن، نیل و تا حدودی بای نگوک می باشد.

الف - معادله خوسلا

$$\frac{d_s + h}{h} = \frac{0.9}{h} \frac{q^{2/3}}{f^{0.33}}$$

$$\frac{d_s + 0.9}{0.9} = \frac{0.9}{0.9} * \frac{(49 \cdot 120)^{2/3}}{(5/84)^{0.33}}, \quad d_s = 0.38 \text{ متر}$$

ب - معادله ریچاردسون

$$\frac{d_s}{h} = 4(F_r)^{0.33}$$

$$\frac{d_s}{0.9} = 4(0.59)^{0.33} \quad , \quad d_s = 3.02 \text{ متر}$$

پ - معادله لارسن

$$\frac{L_p}{h} = 2.75 \frac{d_s}{h} [0.87 \left(\frac{d_s}{h} \text{el}\right)^{1/7} - 1]$$

$$\frac{25}{0.9} = 2.75 \frac{d_s}{0.9} [0.87 \left(\frac{d_s}{0.9} + 1\right)^{1/7} - 1] \quad \text{و} \quad d_s = 5.75 \text{ متر}$$

ت - معادله نیل

$$\frac{d_s+h}{h} = \frac{2.425}{h} \left(\frac{2.5 q^2}{9 D_{50}^{0.318}}\right)^{0.333}$$

$$\frac{d_s+0.9}{0.9} = \frac{2.425}{0.9} \left(\frac{2.5 \times 4.08^2}{9 \times 11^{0.318}}\right)^{0.333} \quad , \quad d_s = 2.23 \text{ متر}$$

ث - معادله باینگوک

$$\frac{d_s + h}{h} = \frac{1.09 \exp[-0.75(m_s+1)]}{(1-n)^{0.3}} * \left(\frac{\alpha}{9.0}\right)^{0.2} \left(\frac{hg}{h}\right)^{0.41} f_1(C_d)(F_r)^{f_2(C_d)}$$

$$\frac{d_s + 0.9}{0.9} = \frac{1.09 \exp[-0.75(1/5+1)]}{(1-0.16)^{0.3}} * \left(\frac{9.0}{9.0}\right)^{0.2} \left(\frac{2.5}{0.9}\right)^{0.41} 7/5(0.59)^{-1}$$

$$d_s = 4.86 \text{ متر}$$

در جدول ذیل خلاصه نتایج حاصله از معادلات مختلف درج شده است.

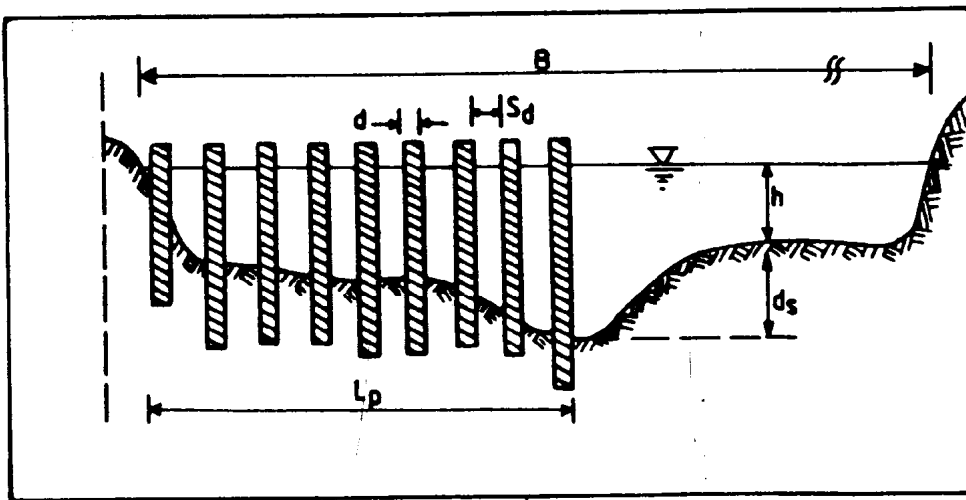
جدول نتایج حاصله از محاسبه d_s از معادلات مختلف

نام معادله	خوسلا	ریچاردسون	لارسن	نیل	بای نگوک	متوسط پنج روش
d_s (متر)	۰/۳۸	۳/۰۲	۵/۷۵	۲/۲۳	۴/۸۶	۳/۲۵

مطابق جدول فوق مقدار d_s حاصله بازاء معادلات مختلف بین ۰/۳۸ تا ۵/۸ متر متغیر است. این امر اهمیت بررسیهای مدل فیزیکی را برای آگاهی از میزان واقعی d_s با توجه به شرایط هیدرولیکی و سایر عوامل تأثیرگذار بر پدیده فرسایش موضعی در دماغه آبشکنها به خوبی آشکار می نماید. در عین حال رقم متوسط حاصله از روشهای چندگانه حدودی از میزان d_s را برای تعیین مقدماتی مشخصات کلی آبشکنها ارائه می دهد (در خصوص مثال فوق d_s متوسط پنج روش همانطوریکه در جدول درج شده است برابر با ۳/۲۵ متر می باشد).

۲-۶ فرسایش در دماغه آبشکنهای باز

در آبشکنهای باز برخلاف آبشکنهای بسته بخشی از جریان رودخانه ای از میدان آبشکن عبور می نماید و دیواره آبشکن قسمتی از جریان فعال را منحرف می کند و تشکیل چاله فرسایشی را سبب می گردد. ولی به لحاظ نفوذپذیر بودن سازه، عمق چاله فرسایشی در مقایسه با آبشکنهای بسته بطور محسوسی کمتر می باشد. در شکل ۴-۶ چگونگی تشکیل چاله فرسایشی در دماغه یک آبشکن باز نشان داده شده است. براساس تحقیقات آزمایشگاهی و تجارب عینی معدود معادلاتی برای تعیین d_s در آبشکنهای باز توسط کارشناسان ارائه شده است.



شکل ۴-۶- نمایش چگونگی تشکیل چاله فرسایشی در آبشکن باز

از جمله اورلوف^۱ معادله‌ای برای تعیین حداکثر عمق فرسایش در دماغه آبشکن باز بصورت ذیل معرفی کرده است [۲]:

$$d_s = 50 r_b^{1/5} \frac{U_a^2}{2g} \quad (1-6)$$

در رابطه فوق $r_b = \frac{d}{S_d + d}$ درجه انسداد آبشکن، d قطر شمعها، S_d فاصله آزاد بین شمعها، U_a سرعت جریان در بالادست آبشکن و d_s حداکثر عمق فرسایش می‌باشد.

رابطه (۱-۶) حداکثر عمق فرسایش را برای اولین ردیف آبشکن مشخص می‌نماید. آلتونین^۲ پس از بررسی داده‌های جمع‌آوری شده توسط آمبارسومیان^۳ فرمول ذیل را برای تعیین d_s ارائه نمود:

$$d_s = \frac{1.75}{D_{50}} \frac{L_p}{B} r_b^{1/2} \frac{U_a^2}{2g} \quad (2-6)$$

در این رابطه L_p طول آبشکن، B عرض رودخانه (شکل ۴-۶) و D_{50} قطر نظیر ۵۰ درصد مواد بستر (برحسب میلی‌متر) می‌باشد. معادله‌ای نیز توسط محمداف و همکاران^۴ برای تعیین d_s بصورت زیر معرفی گردیده است [۱۰]:

$$d_s = K_1 \left(\frac{K_2 q}{3.7 K_3 D_{90}^{0.75}} \right)^{0.8} - h \quad (3-6)$$

که در آن مقادیر k_1 ، k_2 و k_3 از روابط زیر بدست می‌آید:

$$K_1 = (1 + \varepsilon)^{0.25} \quad (4-6)$$

$$K_2 = 1 + \varepsilon^{0.5} \quad (5-6)$$

$$K_3 = \sqrt{1 + 3C_s^{2/3}} \quad (6-6)$$

در روابط مذکور مقدار ε برابر است با:

$$\varepsilon = K_4^2 - 1 \quad (7-6)$$

و داریم:

$$K_4 = 1/11 \left[\left(\frac{1}{5} \frac{S_d}{d} + 1 \right)^{-2} + \left(\frac{0}{5} \frac{S_d}{d} + 1 \right)^{-2} \right] + 1 \quad (8-6)$$

1- Orlov

2- Altunin

3- Ambartsumyan

4- Mukhamedov, & et al.

در روابط فوق C_s غلظت مواد رسوبی بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب ($0 \leq C_s \leq 120 \text{ kg/m}^3$) و ε ضریب افت می‌باشد که از رابطه (۶-۷) و یا جدول ۳-۶ بدست می‌آید. معادلات فوق در سیستم متریک می‌باشند.

جدول ۳-۶- مقادیر ضریب افت (ε) بر حسب نسبت بازشدگی (S_d/d) در آبشکنهای باز

۳	۲/۵	۲	۱/۵	۱	۰/۵	S_d/d
۰/۴۷	۰/۶	۰/۸۱	۱/۱۴	۱/۷۷	۳/۲۶	ε

مثال ۴: براساس مشخصات داده شده در جدول ذیل عمق چاله فرسایشی را در دماغه آبشکن نفوذپذیر تعیین نمایید. چنانچه آبشکن غیرقابل نفوذ فرض شود عمق چاله فرسایشی چقدر خواهد بود؟

جدول مشخصات جریان، دانه‌بندی مواد بستر و مشخصات آبشکن

Q	D_{50}	D_{90}	n	h	h_g	B	U_a	L_p	d	S_d	C_s	C_d	α
(m^3/sec)	(mm)	(mm)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m/sec)	(m)	(m)	(m)	(kg/m^3)	(-)	(درجه)
۲۲۰	۰/۳	۰/۷	۰/۳	۲/۳	۳	۱۰۰	۰/۹۶	۳۰	۰/۳	۰/۹	۰/۶	۱/۵۱	۹۰

حل:

الف - معادله اورلف

$$d_s = 50 r_b^{1/5} \frac{U_a^2}{2g}$$

$$d_s = 50 \left(\frac{0.3}{0.9+0.3} \right)^{1/5} \frac{(0.96)^2}{2 \times 9.81} = 0.29 \text{ متر}$$

ب - معادله آلتونین

$$d_s = \frac{1.75}{D_{50}} * \frac{L_p}{B} r_b^{1/2} \frac{U_a^2}{2g}$$

$$d_s = \frac{1.75}{0.3} * \frac{30}{100} * (0.25)^{0.5} * \frac{(0.96)^2}{2 \times 9.81} = 0.2 \text{ متر}$$

پ - معادله محمداف :

$$d_s = K_1 \left(\frac{K_2 q}{3/7 K_2 D_0^{0.25}} \right)^{0.8} - h$$

مقدار ε از جدول ۳-۶ برای $\varepsilon = 0.47$ برابر با $S_d/d = \frac{0.9}{0.3} = 3$ می باشد. در نتیجه داریم :

$$K_1 = (1 + \varepsilon)^{0.25} = (1 + 0.47)^{0.25} = 1.1$$

$$K_2 = 1 + \varepsilon^{0.5} = 1 + (0.47)^{0.5} = 1.685$$

$$K_3 = 1 + 3(0.6)^{2.3} = 1.77$$

با قراردادن مقادیر معلوم در معادله محمداف داریم :

$$d_s = 1.1 \left(\frac{1.685 \times (22 \times 10^6)}{3/7 \times 1.77 \times (0.0007)^{0.25}} \right)^{0.8} - 2/3 = 0.68 \text{ متر}$$

ت - در صورتیکه آبشکن غیرقابل نفوذ فرض شود مقدار d_s از معادله گارده و نیل (بعنوان نمونه) عبارت است از :

الف - معادله گارده

$$\frac{d_s + h}{h} = f_1(C_d) \frac{(F_r)^{f_2(C_d)}}{1 - n}$$

با توجه به مقدار $C_d = 1/51$ از شکل ۲۵ داریم :

$$f_2(C_d) = 0.85 \text{ و } f_1(C_d) = 5$$

$$\frac{d_s + 2/3}{2/3} = 5 \frac{(0.96/9.81 \times 2/3)^{0.85}}{(1 - 0.3)} \text{ و } d_s = 1.92 \text{ متر}$$

ب - معادله نیل

$$\frac{d_s + h}{h} = \frac{2/425}{h} \left(\frac{2/5 q^2}{D^{0.318}} \right)^{0.333}$$

$$\frac{d_s + 2/3}{2/3} = \frac{2/425}{2/3} \left(\frac{2/5 \times 2/2^2}{9(0.0003)^{0.318}} \right)^{0.333} \text{ و } d_s = 4/0 \text{ متر}$$

در جدول زیر نتایج حاصله از معادلات مختلف برای مقایسه درج شده است.

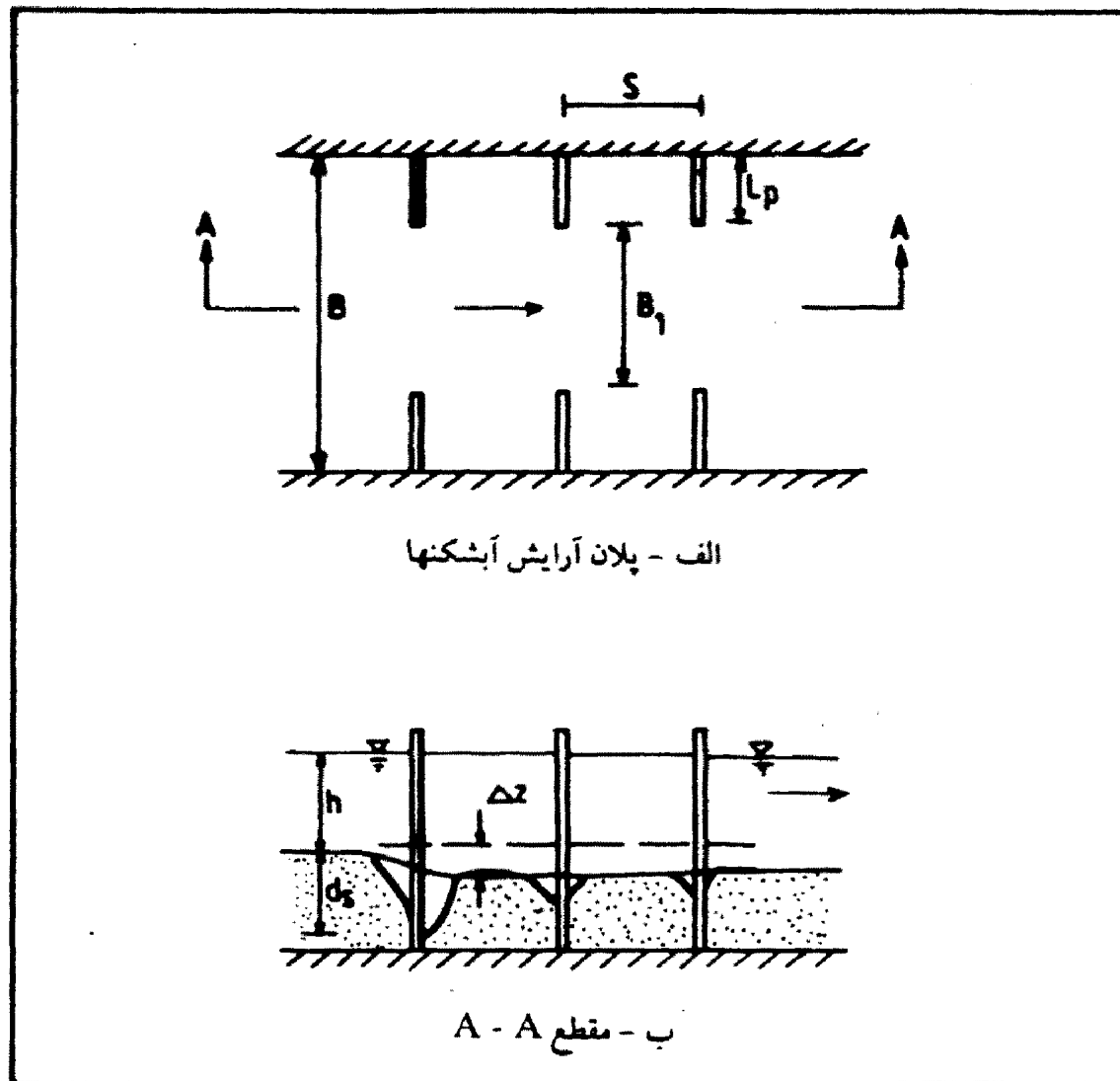
جدول مقادیر d_s محاسبه شده از معادلات مختلف در مثال ۴

حالت مورد نظر	آبشکن باز			آبشکن بسته	
	اورلف	آلتونین	محمداف	گارد	نیل
d_s (متر)	۰/۲۹	۰/۲	۰/۶۸	۱/۹۲	۴

مطابق جدول فوق عمق چاله فرسایشی در دماغه براساس معادلات مختلف برای آبشکن باز بین ۰/۲ تا ۰/۶۸ متر می باشد که در مقایسه با فرض آبشکن بسته که ارقام قریب ۲ تا ۴ متر را نشان می دهد بطور محسوسی کم می باشد. بعلاوه مقادیر حاصله مربوط به آبشکن ردیف اول است و برای ردیفهای بعدی طبعاً عمق چاله فرسایشی کمتر خواهد بود.

۷- فرسایش عمومی ناشی از احداث آبشکنها

با احداث آبشکن عرض رودخانه کاهش یافته و با افزایش بده ویژه (شدت جریان در واحد عرض) توان حمل رسوب یا قدرت انتقال جریان به تبع آن رو به افزایش می گذارد. این پدیده افت عمومی تراز بستر و به عبارتی وقوع فرسایش عمومی^۱ را در پی دارد. در شکل ۷-۱ کاهش عرض ناشی از احداث آبشکن و گودافتادگی عمومی بستر (Δz) نشان داده شده است.



شکل ۷-۱- نمایش فرسایش عمومی ناشی از احداث سری آبشکنها
(فرسایشهای موضعی در دماغه آبشکنها نیز نشان داده شده است)

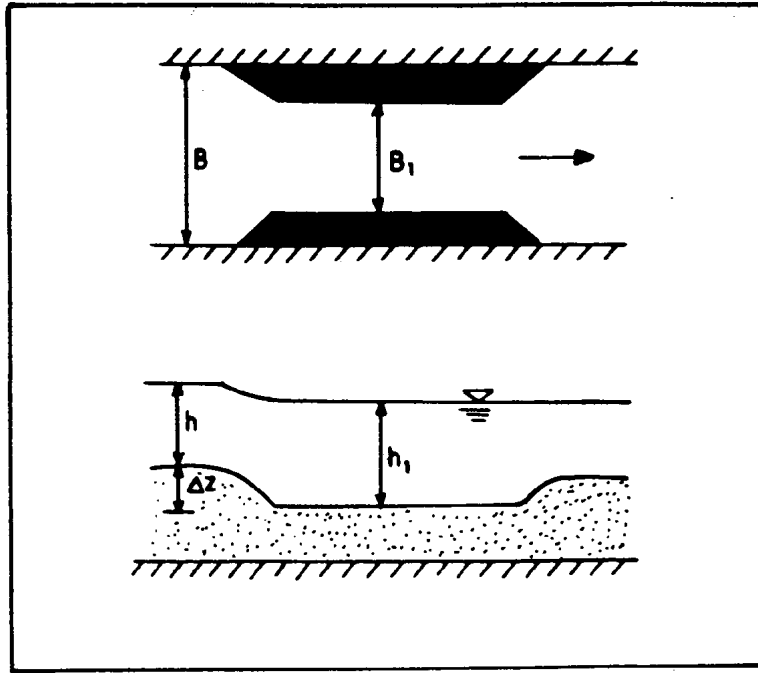
برای تعیین ΔZ معادلات مختلفی در دسترس می باشد. این معادلات عمدتاً برای حالت تنگ شدگی ممتد^۱ مطابق آنچه که در شکل ۷-۲ نشان داده شده است استخراج شده اند. در عین حال با اعمال اصلاحاتی می توان برای آبشکنها نیز از آنها بهره جست.

از جمله روابط موجود برای تعیین ΔZ رابطه کمورا^۲ می باشد [۱۱].

$$\frac{\Delta Z}{h} = (1 + 1/2 F_r^2) \left[\left(\frac{B}{B_1} \right)^{2/3} - 1 \right] \quad (1-7)$$

1- Long Constriction

2- Komura



شکل ۷-۲- الگوی فرسایش عمومی در یک تنگ‌شدگی ممتد

رابطه دیگری توسط می‌چیو و همکاران برای تعیین عمق فرسایش نسبی بصورت ذیل ارائه شده است [۱۲].

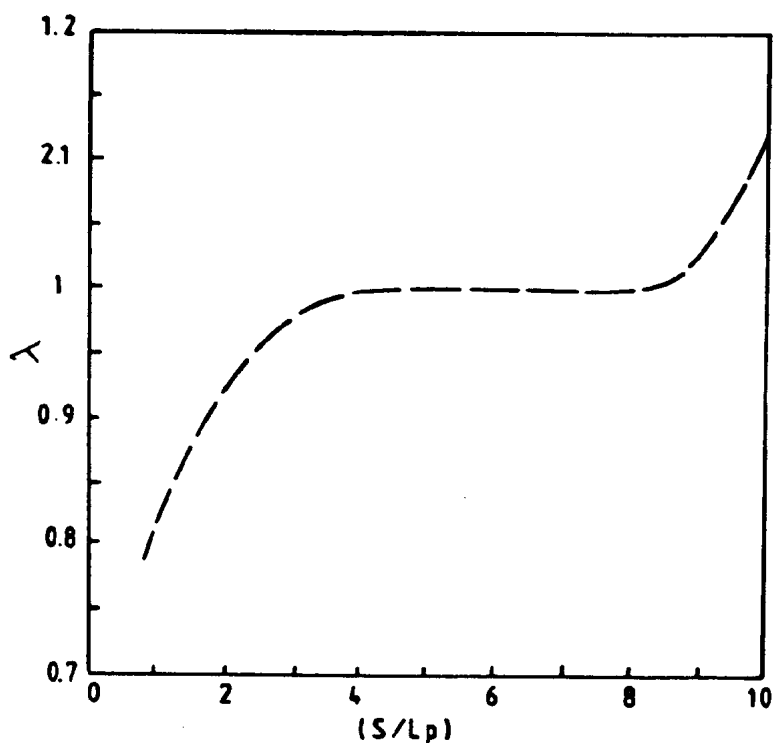
$$\frac{\Delta Z}{h} = \left[\left(\frac{B_1}{B} \right)^{-6/N} - 1 \right] + (0.5 F_r^2) \left[\left(\frac{B_1}{B} \right)^{-6/N} - 1 \right] \quad (2-7)$$

گیل با مرور به تجارب موجود و با انجام مطالعات بیشتر رابطه سومی برای تعیین ΔZ ارائه کرده است [۱۳].

$$\frac{\Delta Z}{h} = \left(\frac{B_1}{B} \right)^{-6/N} \left[\left(\frac{B_1}{B} \right)^{-2/3} \left(1 - \frac{\tau_c}{t} \right) + \frac{\tau_c}{t} \right]^{3/N} - 1 \quad (3-7)$$

در روابط فوق F_r عدد فرود قبل از تنگ‌شدگی مقطع، τ و τ_c به ترتیب تنش برشی و تنش برشی بحرانی در بستر می‌باشند.

سوزوکی و همکاران تأثیر طول (L_p) و فاصله آبشکنها (S) را در میزان ΔZ مورد بررسی قرار داده و یک نمودار تجربی مطابق شکل ۷-۳ ارائه نمودند [۱۴]. مطابق نمودار مزبور ضریب اصلاحی ΔZ تابعی از نسبت $\frac{S}{L_p}$ معرفی شده است. برای تعیین ΔZ حاصل از احداث آبشکنها لازم است کمیت B_1 به ضریب اصلاحی ضرب و سپس در معادلات مربوط (روابط (۱-۷)، (۲-۷) و (۳-۷)) قرار داده شود. بررسی شکل ۷-۳ گویای این واقعیت است که برای نسبت بازشدگی ۴ تا ۸ عملاً مقدار L_p برابر با یک بوده و روابط (۱-۷) تا (۳-۷) به همان صورت اصلی می‌توانند استفاده شوند. برای مقادیر $\frac{S}{L_p}$ کمتر از ۴ و بیشتر از ۸ مقدار L_p به ترتیب کمتر و یا بیشتر از یک می‌باشد.



شکل ۷-۳- نمودار تغییرات λ با زاویه (S/L_p) در شرایط کاهش عرض توسط آبشکنها

مثال ۵: مقدار افت عمومی بستر را در بازه‌ای از یک رودخانه که توسط دیواره‌های آبشکن محدود گردیده است با توجه به اطلاعات داده شده در جدول ذیل تعیین نمائید.

B	B_1	F_r	h	I	D_{v5}	S	L_p	G_s
(m)	(m)	(-)	(m)	(-)	(mm)	(m)	(m)	(-)
۱۲۰	۹۵	۰/۶	۰/۹	5×10^{-3}	۲۱	۵۰	۲۵	۲/۶۵

حل: برای تعیین ΔZ نخست لازم است ضریب تصحیح λ از شکل ۷-۳ مشخص شود:

$$\frac{S}{L_p} = \frac{50}{25} = 2 \quad \text{و} \quad \lambda = 0.92$$

الف - معادله کمورا:

$$\frac{\Delta Z}{h} = (1 + 1/2 F_r^2) \left[\left(\frac{B}{B_1} \right)^{2/3} - 1 \right]$$

$$\frac{\Delta Z}{0.9} = (1 + 1/2 (0.6)^2) \left[\left(\frac{120}{0.92 \times 95} \right)^{2/3} - 1 \right] \quad \text{و} \quad \Delta Z = 0.3 \text{ متر}$$

ب - معادله می چپو :

$$\frac{\Delta Z}{h} = \left[\left(\frac{B_1}{B} \right)^{-\frac{4}{N}} - 1 \right] + (0.5 F_r^2) \left[\left(\frac{B_1}{B} \right)^{-\frac{6}{N}} - 1 \right]$$

$$\frac{\Delta Z}{0.9} = \left[\left(\frac{0.92 \times 95}{120} \right)^{-\frac{4}{N}} - 1 \right] + (0.5 \times 0.6^2) \left[\left(\frac{0.92 \times 95}{120} \right)^{-\frac{6}{N}} - 1 \right]$$

$$\Delta Z = 0.23 \text{ متر}$$

ب - معادله گیل :

$$\frac{\Delta Z}{h} = \left(\frac{B_1}{B} \right)^{-\frac{6}{N}} \left[\left(\frac{B_1}{B} \right)^{-\frac{2}{N}} \left(1 - \frac{t_c}{t} \right) + \frac{t_c}{t} \right]^{-\frac{3}{N}} - 1$$

$$\tau = \gamma y S = 10^4 \times 0.9 \times 5 \times 10^{-3} = 45 \text{ نیوتن بر متر مربع}$$

$$\tau_c = 0.06 (G_s - 1) \gamma D_{v5} = 0.06 (2.65 - 1) \times 10^4 \times 0.21 = 20.8 \text{ نیوتن بر متر مربع}$$

$$\frac{\Delta Z}{0.9} = \left(\frac{0.92 \times 95}{120} \right)^{-\frac{6}{N}} \left[\left(\frac{0.92 \times 95}{120} \right)^{-\frac{2}{N}} \left(1 - \frac{20.8}{45} \right) + \frac{20.8}{45} \right]^{-\frac{3}{N}} - 1$$

$$\Delta Z = 0.22 \text{ متر}$$

در جدول زیر نتایج حاصل از روشهای سه گانه درج شده است.

جدول نتایج حاصل از روشهای مختلف در تعیین ΔZ

روش	گیل	می چپو	کمورا
ΔZ (متر)	0.22	0.23	0.3

مطابق جدول فوق مقادیر ΔZ حاصل از روشهای مختلف اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند.

- [1]- Przedwojski,B. (1995), "River Training Techniques", A.A., Balkema, The Netherlands.
- [2]- Jansen,P.P. et al., (1983), "Principles of River Engineering", Pitman Pub. Co., England.
- [3]- Blench,T. (1969), "Mobile - bed Fluviology", Alberta, Canada.
- [4]- Henderson,F.M. (1966), "Open Channel Flow", Macmillan pub. Co., U.S.A.
- [5]- خیراله، ل. و ج. وطن فدا، بررسی عملکرد آبشکن شمع کوبی به لحاظ رسوبگذاری (جلد اول)، وزارت نیرو، معاونت امور آب، دی ماه ۱۳۷۵.
- [6]- Zarrati,A.R. and R. Espandar, (1998), "Sedimentation between pile groynes with horizontal elements", 3-rd Int. Conference in Hydrosience & Engineering, Germany.
- [7]- Chiew,Y.M. (1984), "Local scour at bridge piers", School & Engineering, Rep. No. 355, Auckland.
- [8]- Melville,B.W. (1984), "Live - bed scour at bridge piers," J. of Hydr. Eng., ASCE 110(9), Sept.
- [9]- Simons,D.S. & F. Senturk, (1992), "Sediment Transport Technology," Book Crafters, Inc., U.S.A.
- [10]- Mukhamedov,A.M. & et al., (1971), "Study of local scour and kinematic structure of flow around solid and through spur - dikes," Proc. of the 14 th Congress of IAHR, Paris.
- [11]- Komura,S. (1971), "River - bed variation at long constrictions". Proc. of 14 th Congress of IAHR, Vol.3, Aug. 29 - Sept.3.
- [12]- Michiue,M. et al., (1984), "Formation of low - water bed by spur - dikes in alluvial channel," Proc. 4th APD - IAHR.
- [13]- Gill,M.A. (1972), "Erosion of sand beds around spur - dikes", ASCE, J. of Hydr. Div.
- [14]- Suzuki,K. et al., (1987), "Local bed form around a series of spur - dikes in alluvial channels", 22nd Congress of IAHR, Proc. of Technical Session.

Islamic Republic of Iran

Scour and Deposition Around Groyens

No: 248

Management and Planning Organization
Office of the Deputy for Technical Affairs
Bureau of Technical Affairs and Standards

Ministry of Energy
Water Engineering Standards Plan
Iran Water Resources Management Organizati

2002/2003

این نشریه

با عنوان «فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها» با هدف شناخت الگوهای مختلف فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها و ارائه راهکارهای عملی برای تعیین کمی آنها ارائه شده است. به لحاظ اهمیت پدیده در طراحی اینگونه سازه‌ها سعی گردیده معادلات و روابط مختلف متداول در ارزیابی میزان فرسایش بازه‌ای و موضوعی با بهره‌گیری از مثالهای کاربردی معرفی گردد. به علاوه بخشی نیز به روشهای تعیین میزان رسوبگذاری در میدان آبشکنها به ویژه آبشکنهای باز اختصاص دارد. در این خصوص به مواردی از مطالعات انجام شده در کشور نیز اشاره شده است.

معاونت امور پشتیبانی
مرکز مدارک علمی و انتشارات

ISBN 964-425-362-0



9 789644 253621