Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

اصول و معیارهای طراحی هیدرولیکی آب بندهای کشتیرانی رودخانه‌ای

عظیم شیردلی، محمدرضا شافعی‌نیا[1]

چکیده : آب بندهای کشتیرانی رودخانه‌ای سازه‌هایی هستند که در مسیر جریان رودخانه، خورها، و یا کانالهای مصنوعی به منظور تأمین عمق مناسب آب جهت کشتیرانی و یا در دهانه‌های این مجاری که به دریا منتهی می‌شوند به منظور کنترل نفوذ آبهای شور دریا احداث می‌شوند. این سازه امکان تردد کشتیها، بارجها و سایر شناورها را به دریا و بلعکس به رودخانه یا خور در شرایط مختلف هیدرولیکی فراهم می‌کند.

یک سازه آب بند کشتیرانی دارای دو دریچه اصلی و یکسری دریچه جهت سیستم پر و تخلیه می‌باشند که مجموعه دریچه‌های اصلی که جهت عبور و مرور کشتیها استفاده می‌شود و سیستم پر و تخلیه محفظه آب بند در دو انتهای آب بند یا دماغه‌های آن واقع می‌شوند و باید در مقابل نیروهای هیدرولیکی ناشی از طغیانهای رودخانه‌ها یا مدها ... مقاومت کافی داشته باشد و باید قادر باشند نیروهای زیر فشار را تا حدودی مهار نمایند. آب بند کشتیرانی علاوه بر دریچه‌های اصلی سیستم پر و تخلیه دارای محفظه‌ای است که طراحی و تعیین رقوم بالای دیوارهای محفظه در دو انتها و در امتداد آن تحت شرایط هیدرولیکی جریانات بالا دست و جریانات پایین دست انجام شود.

ظرفیت آب بند متناسب با ظرفیت و نوع کشتی طرح که باید تردد نماید تعیین می‌گردد و نقش بارزی در طراحی سیستم پر و تخلیه آب بند کشتیرانی دارد و عمل پر و تخلیه این آب‌بند باید در کوتاهترین زمان عملی صورت گیرد و امواج ایجاد شده در اثر پر و خالی کردن سیستم مهار گردد و آشفتگی یا تلاطم که ممکن است به شناورها یا رجها آسیب برساند کنترل شود.

مسایلی نظیر رگاب که به وسیله عبور جریان از زیر پی آب بند صورت می‌پذیرد ممکن است سبب خرابی دماغهٔ پایین دست سازه شود که با شناخت از شرایط هیدرولیکی در بالا دست و پایین دست رعایت اصول و ضوابط هیدرولیکی را نیازمند است. آب بند کشتیرانی ممکن است برروی پی نفوذپذیر قرار داشته باشد و یا پی ممکن است غیرقابل نفوذ باشد که در هر صورت به منظور کنترل نیرویی زیر فشار باید تمهیداتی را قایل شد.

در این مقاله ضمن مروری بر ضوابط و معیارهای هیدرولیکی ارایه شده در آمریکا، اروپا و کمیسیون بین المللی در رابطه با مسایل مطروحه فوق، مسایلی نظیر کنترل شوری - ذخیره کردن آب و طراحی سیستم خشک کردن آب بند نیز مورد بررسی قرار خواهند گرفت. و همچنین در این مقاله در خصوص معیارهای مورد نیاز آب بند کشتیرانی طرح لایروبی بهمنشیر بحث و بررسی به عمل خواهد آمد.

مقدمه

آب‌بندهای کشتیرانی ساختمانهایی هستند که بین دو اختلاف تراز سطح آب در آبراهه واقع می‌شوند و امکان حرکت کشتی‌ها را از یک سمت به سمت دیگر به وجود می‌آورند. تصویر شماره ۱ شمای یک آب‌بند را نشان می‌دهد آب‌بند یک کانالی است به طول کشتی و فواصل اطمینان مورد نظر می‌باشد که در انتهای آن با دریچه‌هایی تجهیز

---

۱ - دانشجوی دوره دکتری آبیاری دانشگاه شهیدچمران و کارشناس طرح لایروبی و ساماندهی رودخانه بهمنشیر.

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

می‌گردند و محفظه‌ای که کشتی در داخل آن قرار می‌گیرد را به وجود می‌آورند و تراز آب محفظه برای تردد به تراز بالای آب در بالا دست افزایش می‌یابد و برای تراز پایین پایین دست کاهش می‌یابد و ترازهای محفظه به وسیله شیرهایی کنترل می‌شوند.

در نواحی که عمق کافی برای حرکت کشتی‌ها در کانال وجود ندارد و یا در نواحی جز و مدی که کانال کشتی‌رانی به دریا متصل می‌گردد فراهم کردن عمق کافی برای حرکت کشتی‌ها در کانال معمولاً توسط آب‌بندهای کشتی‌رانی امکان‌پذیر است. بررسی ابعاد و تعداد آب‌بندهای مورد نیاز در کانال کشتیرانی و تعیین اختلاف تراز سطح آب در طرفین آب‌بند که نقش مؤثری در سیستم‌های پر و تخلیه کننده و دریچه‌های ورودی و خروجی آب‌بند و ارتباط مستقیمی با عمق رودخانه که متناسب با بزرگترین کشتی طرح می‌باشد دارد که در تعیین ابعاد آب‌بند باید :

۱ – نوع و حداکثر ظرفیت احتمالی کشتی‌ها و ترافیک احتمالی آنها در آینده در آبراه.

۲ – بررسی توسعه آبراهه که ممکن است بر عملکرد آب‌بند کشتیرانی در آینده تاثیر بگذارد توجه شود.

اطلاعات مورد نیاز برای آنالیز ترافیکی شامل پتانسیل کالا برای حرکت در آبراهه (نیاز موجود و توسعه در آینده) فصلی که آنها می‌خواهند حمل گردند، ترافیکی دو طرفه احتمالی در آبراهه و نوع بارج و اندازه مناسب آن و داده‌های صرفه‌جویی اقتصادی هزینه‌ها به عنوان تابعی از زمان جابجایی و اندازه یدک‌کش در مقایسه با دیگر روشهای حمل و نقل در آنالیز می‌باشد.

بعضی وقتها آب‌بندهای واقع شده در آبراهه‌های کشتی‌رانی به خاطر جلوگیری از نفوذ آب شور به داخل سیستم آب شیرینی در حین عبور کشتی‌ها از داخل آن طراحی می‌شود جدا نگهداشتن آب شور و شیرین از هم در دو سمت آب‌بند شاید به خاطر یک و چند فاکتور از فاکتورهای ذیل می‌باشد :

ارزیابی‌های زیست محیطی

– نیاز به آب شیرین برای مصارف شرب و کشاورزی

– برای کاهش خطر شور شدن آب زیرزمینی که ممکن است سبب خسارت به اراضی کشاورزی شود.

نفوذ آب شور به داخل‌ناحیه آب شیرین ممکن است در آب‌بند اتفاق افتد مگر اینکه تمهیدات خاصی برای جریان آب به داخل آب‌بند در نظر گرفته شود. جابجایی آب شیرین و شور به سبب داشتن اختلاف در چگالی می‌باشد و بخشی از آب شور نفوذ یافته به داخل آب‌بند به وسیله پمپاژ و سیستمهای دیگر برگشت داده می‌شود. همانطوری که در بالا ذکر شد آب‌بندها برای کشتی‌رانی از یک تراز به تراز دیگر یا کنترل شوری استفاده می‌شوند به هر حال روشهای دیگری نظیر بالا برنده‌های کشتی وجود دارد و در کانالهای کوچک با ترافیک محدود طرحهایی نظیر سرسره آبی وجود دارد. در ادامه به اصول و معیارهای توصیه شده برای طراحی بخشهای مختلف آب بندهای کشتی‌رانی پرداخته خواهد شد.

مکان آب‌بند کشتی‌رانی

در پروژه‌های کشتی‌رانی آب‌بندها در کنارهٔ سد قرار می‌گیرند با چنین طرحی طول سرریز ماکزیمم می‌شود و تاثیر آن بر ترافیک به حداقل می‌رسد و حفاظت سواحل راهنمای مفیدی برای کشتی‌ها خواهد بود. بر طبق توصیه

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

گروه مهندسی ارتش امریکا حداقل دید طولی به آب بند کشتی‌رانی برای عملیات موفق و مطمئن باید در حدود ۱ مایل باشد. جهت ورود به آب‌بند کشتی‌رانی باید سرعت کاهش پیدا کند و نواحی مستقیم مکان مناسب برای احداث آب‌بندها می‌باشد به هر حال نواحی که دارای مسیر مستقیم هستند تمایل به ناپایداری دارند و نگهداری عمق در حد نیاز در مسیر پایین دست کانال مشکل خواهد بود. اگر شرایط متفاوتی برای مکان‌یابی آب‌بند کشتیرانی وجود دارد باید مکان انتخاب شده از نظر نگهداری و لایروبی و مزاحتمهای ترافیکی نظیر جریان سرریز جهت نگهداری عمق لازم برای کشتیرانی و سایر هزینه‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

توپوگرافی و زمین شناسی ناحیه عبور کانال تاثیر مهمی در طراحی آب‌بند کشتی‌رانی دارد. اگر آبراهه در نواحی low relief واقع شود ارتفاع بالا برنده آب بند کشتی‌رانی پایین خواهد بود که سبب سادگی و ارزن شدن خود آب‌بند می‌شود. یکی از فاکتورهای دیگری موثر، مقطع عرضی و مواد حفاری آن خواهد بود. به طور مثال ممکن است مقطع حفاری شده مواد آن خاکی یا سنگی یا ترکیبی از هر دو باشد و ارتفاع بالا برنده آب‌بند و تعداد آنها وابسته به هزینه‌های حفاری خواهد بود.

ذخیره آب از فاکتورهای مهم موثر در طراحی آب‌بند می‌باشد در نواحی که با محدودیت آب مواجه می‌باشد نیاز به حوضچه ذخیره آب و سیستم پمپاژ برگشتی می‌باشد که در آنالیز اقتصادی مکان آب‌بند باید مد نظر قرار گیرد.

آب‌بندهایی که در نواحی جز و مدی می‌باشند با آب‌بندهای رودخانه‌ای و دور از ساحل متفاوتند. آنها تحت بارهایی که از جهات مختلف در آبراهه عمل می‌کنند قرار دارند و باید به نحوی عمل کند که نفوذ آب شور به حداقل کاهش پیدا کند. طراحی آنها باید به نحوی باشد که از عهده امواج برآیند و در شرایط بد آب و هوایی عمل نمایند.

از محدودیتهای دیگر عمر آب‌بند است که روی تعداد آنها تاثیر می‌گذارد و در کل باید آب‌بندها دارای مکانی مجزا و تا اندازه‌ای دور باشند و به اندازه بالا بردن خودشان بالا باشند این سبب می‌شود که تعداد آب‌بندها حداقل شود و اگر ارتفاع بالا برنده آنها کم باشد زمان تردد کشتی‌ها در آب‌بند کاهش می‌یابد. به طور کلی مکان آب‌بند وابسته به هیدرولوژی (تراز آبهای سطحی و زیر زمینی محل آب‌بند)، هزینه اراضی و مکان بازیافته ساختمانی، پلها، جاده‌ها، راه‌آهن و آبراه اصلی (Water main)، Sewage plant و Sewers دارد.

ابعاد آب‌بند کشتیرانی

بر طبق توصیه گروه مهندسی ارتش آمریکا ابعاد بزرگترین کشتی‌هایی که احتمال عبور آنها از کانال کشتی‌رانی در آب‌بندها وجود دارد و ملاک طراحی قرار می‌گیرند به شرح زیر می‌باشد :

نوع شناور	طول (متر)	طول کف‌شناور(متر)	عرض(متر)	آبخور(متر)
یدک‌کش رودخانه‌ای با ظرفیت ۱۰۰ اسب بخار قدرت	۴۹-۲۰	۴۹-۲۰	۱۵/۵-۷/۵	۲/۸-۱/۵
یدک‌کش ۵۰۰۰ تنی کالای عمومی	۱۱۹	۱۱۴	۱۵/۶	۷
کشتی ۴۰۰۰ تنی کالای عمومی	۱۰۱	۹۷	۱۳/۷	۶/۱
لنچ ۱۰۰۰ تنی	۲۵	۱۹	۷	۲/۶
قطار بارج ۵۰۰۰ تنی	۱۴۵	۱۲۷	۱۹	۲/۵
قطار بارج ۱۰۰۰ تنی	۶۰	۵۱	۹/۵	۲/۵
قطار بارج ۵۰۰ تنی	۳۳	۲۶	۹/۵	۲/۲

اندازه‌های ذیل برای ابعاد آب‌بند توسط گروه مهندسی ارتش امریکا (۱۹۸۰) توصیه شده است (کشتی طرح قطار

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

بارج می‌باشد).

طول (فوت)	عرض (فوت)	طول (فوت)	عرضی (فوت)
۴۰۰		۶۰۰	
۶۰۰	۸۴	۸۰۰	۱۱۰
۷۲۰		۱۲۰۰	
۱۲۰۰و ۸۰۰		۱۲۰۰	

ارتفاع بالا برنده آب‌بند باید شامل عمق کشتی‌رانی درتراز استخر بالایی و عمق کافی روی موانع که در سر تا سر استخر و آستانه دریچه پایینی آب‌بند کشتیرانی در بالا دست در نظر گرفته شود چون هزینه برای ارتفاع یک فوت آب‌بند مرتفع اغلب کمتر از هزینه ترکیب شده دو آب‌بند با (lift)کم است در شرایطی که ارتفاع بالا برنده در هر دو معادل هم است طراحی در حالت اول پیچیده‌تر می‌باشد.

آنالیز ترافیکی وکشتی طرح

طراحی اقتصادی و مهندسی پروژه به مطالعه انواع آبراهه‌ها و انواع کشتی‌هایی که در آن تردد می‌نمایند و ظرفیت آب‌بند کشتی‌ها به هزینه‌های آب‌بند و تناژ سالانه و توسعه آنها در آینده بستگی دارد. در مطالعات اقتصادی باید هزینه‌های سالانه و سوددهی در دوره عمر مفید پروژه به علاوه هزینه‌های ساختمان آب‌بند را محاسبه کرد و در آن باید پیش بینی فعالیتهای اقتصادی و متدهای مختلف حمل و نقل گنجانیده شود و تعیین گردد آیا با پروژه‌های دیگر تداخل دارد یا خیر و هزینه‌های آینده آبراهه و هزینه‌های جاری مورد نیاز برای کشتی‌رانی و حمل و نقل و پیش بینی آینده برای تقاضا کالا بررسی شود و بهبود حمل انواع کالاهای مورد انتظار به وسیله راه آبی مورد ارزیابی قرار گیرد. کالاهای عمده که توسط کشتی در سیستم آبراهه‌های خشکی یا رودخانه جابجا می‌شوند شامل : ۱-نفت و فراورده‌های آن ۲-زغال سنگ و کک ۳-آهن - فولاد - آلومینیوم و محصولات آن ۴-شکر ملاس و شیره آنها ۵-غلات و فراورده‌های آن ۶-تولیدات جنگلی ۷-سولفور - نمک و دیگر مواد شیمیمایی ۸-ماسه و شن ۹-کودهای شیمیایی ۱۰-غذا و فراورده‌های حیوانات ۱۱-چربی حیوانات، روغنها و گیاهان روغنی ۱۲-مواد ساخته شده ماشینی

معمولاً انالیز ترافیکی آبراهه برای دوره‌های ۱۰ و ۲۵ و ۵۰ ساله انجام می‌شود حداکثر سرعت مجاز کشتی‌ها در آبراهه حدود ۸ نات یا حدود ۱۴/۸ کیلومتر در ساعت تعیین می‌شود که بستگی به مستقیم بودن مسیر و شرایط ایده‌ال آب و هوایی و باد تاثیر مستقیمی در سرعت و حرکت کشتی دارد.

در آبراهه‌های کم عمق اروپا حداکثر سرعت قطار بارج با ظرفیت کامل بین ۶ تا ۷ نات می‌باشد. تعداد خطوط ترددی در آبراهه بستگی به طول و تنوع شناورها آبراهه دارد اگر طول کانال بیشتر از ۱۰ کیلو متر باشد از ۲ خط ترددی در آبراهه استفاده می‌کنند که همه عوامل فوق در ترافیک و زمان باز و بسته شدن دریچه‌های اصلی آب‌بند کشتی‌رانی نقش به سزایی دارد.

حداقل عمق برای پروژه‌های کشتی‌رانی

حوضچه‌های کشتی‌رانی ایجاد شده باید حداقل عمق مورد نیاز را برای پروژه‌هایی که در بالای بستر رودخانه قرار می‌گیرند و بالای آستانه پایینی آب‌بند سد بعدی در امتداد جریان بالا دست تهیه کنند. حداقل عمق در آبراهه‌های ساماندهی شده متناسب با تراز نرمال آب حوضچه معمولاً تعیین می‌شود.

به هر حال عمق آبراهه تاثیر روی ظرفیت و نوع کشتی‌های عبوری - موج ایجاد شده توسط باد که به آب‌بندها

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

اصابت می‌کند و عمق خود آب‌بند دارد در طرح جامع بنادر ایران جهت کانالهای دریایی عمق کانال ۲ متر پایین‌تر از آبخور کشتی و در آبهای نیمه محصور ۱/۵ متر و در بنادر ۱ متر پایین‌تر از آبخور کشتی طرح باید در نظر گرفته شود.

بر طبق آیین نامه ژاپن در خارج از محوطه بندرگاه فرمول ریز پیشنهاد شده است:

$$D>D' + D'' + \frac{H}{2} + K$$

D – عمق کانال، D´ – آبخور کشتی طرح، D" – حاشیه اطمینان برای آبخور کشتی (۰/۶–۰/۹)، H – ارتفاع موج داخل کانال و K عاملی است که به جنس خاک بستر بستگی دارد (برای خاکهای نرم ۰/۳ متر و برای خاکهای سفت ۰/۵ متر)

بر طبق آیین نامه DM-26 نیروی دریایی ارتش امریکا عمق کانال متناسب با مجموع آبخور کشتی در حالت پر + میزان حرکات قایم کشتی + فرود کشتی + ارتفاع موج ایجاد شده + حاشیه اطمینان با توجه به میزان سرعت کشتی داخل کانال است. بر طبق آیین نامه PIANC عمق مورد نیاز بر حسب نوع کشتی به شرح زیر می‌باشد :

نوع شناور	ظرفیت(تن)	عمق‌موردنیاز(m)
یدک‌کش‌رودخانه‌ای	۲۰۰۰–۸۰۰۰	۲–۳/۷
کشتی	۴۰۰۰	۸/۰
کشتی	۵۰۰۰	۹/۱
لنچ	۱۰۰	۳/۴
قطار بارج	۵۰۰۰	۳/۳
قطار بارج	۱۰۰۰	۳/۳
قطار بارج	۵۰۰	۲/۹

طراحی شکلهای آب‌بندهای کشتی‌رانی

در آب‌بندها ظرفیت انتقال کشتی‌ها به وسیله تعداد کشتی‌هایی که داخل آب‌بند جا می‌گیرند تعیین نمی‌شوند بلکه به زمان باز و بسته شدن آب‌بند کشتی‌رانی نیز بستگی دارد ورودی باریک به محفظه (عریض بودن محفظه) باعث طولانی‌تر شدن ورود کشتی‌ها به داخل محفظه می‌شود و خروجی از محفظه به طور مشابه به زمان بیشتری نیاز دارد.

ظرفیت آب‌بند معمولاً معادل با تعداد کشتی‌ها یا مجموع تناژ آنها در هر بار باز و بسته شدن در واحد زمان می‌باشد و به صورت یک قاعده کلی عرض آب‌بند کشتی‌رانی نباید عریض‌تر از دریچه‌های دماغه‌های آن باشد.

دیوارهای آب‌بند معمولاً قایم هستند اگر این دیوارها شیب‌دار یا بالی شوند به طوری که عرض محفظه آب‌بند در بالا بزرگتر از کف باشد شیب دیواره بالی برای کشتی‌ها که مجاور هم قرار گرفته‌اند خطرناک است و وقتی که آب در محفظه آب‌بند پایین‌تر از حالت معمولی است آسیب خواهند دید. به هر حال در بعضی کشورها در قسمت بالای دیوارها که دارای شیب متغیر ۵:۱ و ۱ : ۲۰ است با تدابیری نظیر (COPS یا مخروطهای چوبی یا گویی) از برخورد

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

کشتی‌ها جلوگیری می‌کنند.

علاوه بر موارد بالا آب‌بند با دیوارهای بالی آب بیشتری در طی عملیات باز و بستن نیاز دارد که سبب هدر رفتن زمان و آب شیرین می‌گردد. آب‌بندهای کشتی‌رانی رودخانه‌ای دارای محفظه معمولی مشابه مقطع کانال در بین دو سر آب‌بند (مستطیل) می‌باشند.

تعیین ترازهای بخشهای مختلف ساختمان آب‌بند

تراز آستانه دهانه پایین دست و کف و محفظه آب‌بند کشتیرانی به وسیلهٔ پایین‌تر از آب در ناحیه پایین‌دست تعیین می‌شود و به همین صورت تراز آستانه بالا دست به وسیلهٔ پایین‌ترین تراز آب ناحیه بالا دست تعیین می‌شود (تصویر۲). در بعضی موارد آستانه دریچه بالا دست بالا آورده می‌شود که عوامل عمده این کار عبارتند از: ۱-کاهش هزینه دریچه ۲-محافظت دریچه بالادست در برابر برخورد کشتی‌های عبوری در امتداد بالادست.

باید به خاطر داشت بخشی از کف محفظه که در نزدیکی دریچه بالادست آب‌بند است بالا آورده می‌شود. در بعضی موارد ممکن است موانع غیرقابل رویت باشد وقتی که سطح آب در طی عملیات خالی کردن پایین آورده شود هدایت کشتی‌ها خیلی نزدیک در بالای کف دریچه، است و امکان گیر کردن آن برروی آستانه وجود دارد بدین لحاظ باید انتهای بالا آمدگی آستانه به وضوح علامت زده شود. به طور کلی وقتی که اختلاف تراز دو سر آب‌بند بیشتر از ۵ متر است بالا آوردن آستانه انجام می‌شود. در آب‌بندهای دریایی آستانه‌ها بالا و پایین به طور عادی در تراز مشابه هستند.

در مواردی که امکان عبور جریان سیلابها از محفظه کشتی‌رانی وجود دارد ارتفاع آستانه بالا دست ممکن است تراز آن پایین تر حد نیاز برای کشتی‌رانی در نظر گرفته شود.

دومین حالت که نیاز به آستانه پایین‌تر برای عبور کشتی‌ها می‌باشد مربوط به مراحل عملیات ساختمانی می‌باشد که برای عبور کشتی‌ها از آب‌بند نیاز است و تراز پایین‌تر از تراز نرمال برای مدت کوتاه ساختمانها در حوضچه نیاز می‌باشد. به هر حال آنالیز اقتصادی در تصمیم گیری می‌تواند ضرورت استفاده از آستانه بالاتر را روشن کند به طور کلی برای تعیین تراز آب‌بند کشتی‌رانی دو اختلاف تراز مهم هستند تراز ۱-بالاترین تراز آب که به طور دایم در کناره بالا دست رخ می‌دهد (در این حالت امکان کشتی‌رانی وجود ندارد) تراز ۲-ماکزیمم تراز آب در کناره‌های بالادست برای کشتی‌رانی.

برای بیشتر آب‌بندها دو تراز مشابه نیستند. تراز ۱ برای مثال در طی سیل مد یا سیلابهای غیرمعمول نظیر (طوفان - اموج - جریانهای طغیانی) رخ می‌دهد که کشتی‌رانی را غیرممکن می‌سازد و برای کشتی‌ها خطرناک است. عملیات باز و بسته کردن آب‌بند در ترازهای پایین‌تر از آب یعنی تراز ۲ یا ماکزیمم تراز باز و بسته کردن آب‌بند انجام خواهد شد.

آب‌بندهای رودخانه‌ای یا در ناحیه ورودی جزر و مد به رودخانه و یا برای کشتی رانی در امتداد بالادست رودخانه ممکن است استفاده شود. برای هر دو مورد ترازهای طراحی به صورت زیر است:

- تراز بالای دریچه خروجی یا دریچه بالا دست و دیوارهای بیرونی دماغه بالادست به وسیله تراز ۱ تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

می‌شود.

- تراز بالای دیوارهای محفظه کشتی‌رانی آب‌بند و بالای دریچه داخلی در سایر دریچه‌ها هر کدام به وسیله تراز ۱ یا تراز ۲ تعیین می‌شود.

- برای کشتی‌رانی تجاری ارتفاع آزاد بالای تراز ۲ حدود ۱ تا ۱/۵ متر است.

- برای آب‌بندهای با هدایت فشرده کشتی‌ها، پایین‌ترین میزان ارتفاع آزاد حدود ۱/۵ متر می‌باشد. بعضی آب‌بندها که به وسیله تراز ۱ و ۲ قبلاً طراحی شده است اختلاف ترازی بین تراز دماغه بیرونی و باقیمانده آب‌بند وجود دارد که در زمان آسیب دیدن دریچه بالا دست سبب مشکلاتی گردیده است در چنین وضعیتی دریچه بالادست بسته نمی‌شود مد خیلی بلند یا سیلاب با ارتفاع عبوری بیشتر از دریچه پایین دست و دیواره‌ها ممکن است عبور کند و نواحی روستایی را سیلاب فرا گیرد خصوصاً وقتی که گوره در امتداد حوضچه پایین دست یا کانال مربوطه برای تراز آب ماکزیمم ممکن است طراحی نشده باشد. همانطوری که آسیب دیدگی دریچه‌ها یقیناً فرضی نیست راه حل بالا فقط زمانی قابل قبول است که دماغه بالا دست با دو دریچه تهیه شده باشد. در بعضی کشورها ساخت دریچه دوم از جهت اینکه دومین دریچه دماغه بالادست می‌تواند در موارد طغیان بسته شود مد نظر است. به عنوان قاعده کلی : تراز بالای دریچه‌های داخلی و خارجی و دیوار آب‌بند باید در تراز مشابه ساخته شوند یعنی ارتفاع کافی در بالای‌ترین تراز دایمی آب در بالا دست رخ می‌دهد وجود دارد.

معرفی عدد کلی برای ارتفاع آزاد مشکل است آن به وضعیت مکانی و فراوانی ارتفاع امواج مد - سیلاب و ... وابسته است توجه شود اگر آب‌بند با دایک ساخته شود تراز مناسب آب‌بند کشتی‌رانی معمولاً معادل یا مختصری پایین‌تر از تراز تاج اصلاح شده دایک کانال بالادست است.

عمق کشتی‌رانی در رودخانه‌های ساماندهی شده به وسیله سرریز کنترل می‌شود وقتی که جریان کم است کشتی‌رانی از طریق آب‌بند انجام می‌شود وقتی که جریان به قدر کافی بزرگ است و عمق کشتی‌رانی فراهم است دریچه‌های سرریز باز می‌شوند و تردد انجام می‌گردد در این حالت نیاز به ساختن دیوارهای آب‌بند بالاتر از بالاترین تراز آب نمی‌باشد و در طی پریود جریان های سیلابی آب‌بند کشتی‌رانی شاید به طور کامل زیر آب باشد این حالت وقتی مطرح است که آنجا آب‌بندها و سرریزها بار هیدرولیکی کمی دارند و تجهیزات هیدروالکتریک ندارند. البته دارای معایبی نظیر اخذ سیلت یا ماسه از آب‌بندها و معبر حوضچه‌ها مکانیسم انتقال سیل از روی دریچه‌ها و شیرها می‌باشد باید توجه شود در حالتهای استثنایی ذکر شده فوق می‌توان از آب‌بندهای کشتی‌رانی مغروق استفاده نمود.

دریچه‌های وسطی در آب‌بند

بعضی از آب‌بندها با دریچه‌هایی در وسط تهیه می‌شوند که دارای مزایای ذیل می‌باشند :

۱ - آب‌بند نیاز به زمان کمتری در جابجا کردن کشتی‌ها دارد وقتی که محفظه کوچک می‌شود زمان پر و خالی کردن کوتاه می‌شود.

۲ - در پریودهای خشک در مصرف آب شیرین صرفه‌جویی می‌شود.

۳ - مقدار آب شور نفوذی به داخل آب شیرین کانال کاهش می‌یابد وقتی که بالا و پایین بردن کشتی‌های کوچک در

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

آب‌بند انجام می‌شود.

۴ - شرایطی را فراهم میکند که دریچه‌ها نیاز به تعمیر دارند بدون بسته شدن آب‌بند کشتی‌رانی در همه حالات تردد انجام می‌شود خصوصاً برای کشتی‌های کوچک تردد امکان‌پذیر است.

(از معایب عمده این کار داشتن هزینه بالاتری نسبت به انواع بدون دریچه دروسط می‌باشد.

دیوارهای قطع کننده تراوش (جریانهای آب زیرزمینی)

در اثر اختلاف بار هیدرولیکی در دو سمت آببند و در دو کناره جانبی سازه جریان آب زیرزمینی برقرار می‌شود باید از این جریان که بیشتر از حد مجاز هستند جلوگیری شود زیرا این جریانها سبب حرکت ذرات خاک و عامل تشکیل حفره خطرناک در زیر و در کناره‌های آب‌بند در اثر Piping می‌شود و این عامل سبب به وجود آمدن نقب‌های زیرزمینی و آبشستگی در دماغه بالادست و پایین دست آیینه خواهد شد از وقوع چنین پدیده‌هایی فقط با طولانی‌تر کردن مسیر آب در امتدادهای سه بعدی می‌توان مانع جریانها شد بنابراین لازم است آب‌بندهای کشتی‌رانی با احداث پرده‌های غیرقابل نفوذ عمودی در محور آب‌بند در زیر و در کنار آب‌بند کشتی‌رانی ساخته شوند.

معمولاً دو دیواره Cut-off در دو انتهای آب‌بند ساخته می‌شود که سبب طولانی شدن مسیر تراوش و شدت جریان و مانع حرکت ذرات خاک می‌گردد. برای آب‌بندها با ارتفاع بالا دومین پرده در انتهای پایین آب‌بند کشتی‌رانی ساخته می‌شود مادامی‌که اغلب راه حلها برای آب‌بندهای کشتی‌رانی که در نواحی جز و مدی واقع می‌شوند مشابه است آنجا بارهای هیدرولیکی معکوس وجود دارد باید توجه شود که دومین پرده در یک سمت در انتهای بالا دست جریان با بار هیدرولیکی کمتر واقع شود.

دیواره Cut-off بالا دست سبب کاهش نیروی زیر فشار در تمام طول آب‌بند کشتی‌رانی می‌شود و دومین دیواره قطع کننده تراوش در انتهای پایین دماغه بالا دست و پایین دست سبب کاهش بیشتر زیر فشار می‌شود. اما زیرمحفظه آب‌بند کشتی‌رانی امکان افزایش زیر فشار وجود دارد تراز آب زیرزمینی عملاً مشابه تراز آب کانال پایین دست خواهد بود این کاهش نیروی فشار به سمت بالا در جهت بهبود پایداری دماغه پایین دست عمل می‌کند.

دیواره Cut-off دماغه پایین دست از فرسایش ذرات خاک را در طی عملیات تخلیه که سبب تخریب تدریجی دماغه آب‌بند کشتی‌رانی پایین دست می‌شود جلوگیری می‌کند. بعضی مواقع از صفحات پیش بند به همراه دیوارهای Cut-off در انتهای بالا دست و پایین دست آب‌بند استفاده می‌شود.

امتداد طولی هر دماغه در مقابل نیروی افقی هیدرواستاتیک مقاومت کند آنجا باید واکنشهای قایم در زیر به قدر کافی بزرگ باشد فشاری که برزمین وارد می‌شود معادل با وزن ساختمان دماغه آب‌بند کشتی‌رانی - وزن آب بالای کف آب‌بند منهای زیر فشار که به وسیله آب زیر زمینی ایجاد می‌شود.

در حالتهایی که آب‌بند کشتی‌رانی خشک می‌شود پایداری دماغه آب‌بند کشتی‌رانی به وسیله کاهش زیرفشار به صورتی که در بالای ذکر شد بهبود پیدا می‌کند نظر به چسبیده بودن دماغه بالا دست به محفظه آب‌بند و پشتیبانی آن از اهمیت کمتری برخوردار است. در مواردی که کف آب‌بند به محفظه آب‌بند وصل نمی‌شود بخاطر نفوذپذیری که آنها دارند مقاومت در مقابل زیر فشار ندارند بر این اساس باید کف به نحوی طراحی شود که نفوذپذیری دایمی آن

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

حفظ شود و مستقل از دیوارهای کناری و کف‌های دماغه‌های آن باشد.

کف محفظه آب‌بندهای کشتی‌رانی دریایی که عرض آنها بزرگ است از نوع بدون مقاومت در مقابل زیرفشار می‌باشد. در هر دماغه کل دیوار آب‌بند با موانع Cut-off طولی و کناره‌ها به هم وصل می‌شوند.

جهت تعیین ابعاد دیواره‌های مانع تراوش به اطلاعات نظیر نوسانات تراز سطح آب در بالا دست و پایین دست و همچنین به خصوصیات مکانیکی خاک و خاکریزی پشت دیوار (back fill) نیازاست به عنوان اولین تقریب ارتفاع دیوارهای Cut-off به وسیله فرمول Bligh تعیین می‌شود و بعد به وسیله روش Lane اصلاح می‌شود تا شرایط خطرناکی را که همواره خاکها با آن مواجه می‌شود در حالتی که (نفوذپذیری افقی بزرگتر از نفوذپذیری عمودی است) را محاسبه کنند.

خاکهای ریخته شده در پشت دیوارهای آب بند علی‌رغم تراکم دارای تراکمی کمتر از خاکهای طبیعی می‌باشند از این رو به مصلحت است دیوار آب‌بند تراوش Cut-off در خاکریز و در دماغه‌ها به صورت پرده‌ای برروی تمام عرض حفاری ساخته شود. اگر آب‌بند کشتی‌رانی برروی فونداسیون شمعی ساخته شود سقف سازی برروی شمعها می‌گردد و به خاطر نشست خاک زیر ممکن است حفره‌ای بین زیر سطح کف آب بند و زمین تشکیل گردد این حالت می‌تواند خیلی خطرناک باشد.

در آب‌بندهای کشتی‌رانی هلند که روی فونداسیون شمعی قرار دارند دیوارهای مانع تراوش (Cut-off) اضافی باید جریان آب زیرزمینی داخل حفرات ایجاد شده را متوقف کند. در مسیر زیر کف آب‌بند عمق ۱ متر برای دیوارهای Cut-off کافی است در سنگ‌ها نقش رفتاری ضرورتاً برای کاهش زیر فشار است به صورتی که جریان به وجود آمده به وسیله بار هیدرولیکی به داخل سنگهای بدون شکاف ناچیز است به هر حال به علت شکاف در سنگهای فعلی نیاز به سری پرده‌های پیش بند خصوصاً در پلان جهت آب‌بندی است پرده‌های پیش بند باید تا سواحل دو طرفه توسعه پیدا کند به صورتی که در مورد دیوارهای Cut-off در خاکهای دانه‌ای انجام می‌شد.

سیستم پر و تخلیه آب‌بند کشتی‌رانی

طرح آب‌بندهای جدید در ایالات متحده در اواخر سال ۱۹۴۰ توسط گروه مهندسین ارتش امریکا با توجه به مطالعات انجام شده مدل سازی گردید و اصلاحات لازم در سیستم پر و تخلیه آب‌بند در کوتاه‌ترین زمان ممکن عملی حدود (۶ تا ۱۲ دقیقه) بدون آشفتگی که تعادل کشتی‌ها و آب‌بندها را به مخاطره اندازد مورد بررسی قرار گرفت آشفتگی‌هایی که در سیستم آب‌بند ایجاد می‌شد به دو قسمت عمده تقسیم می‌گردید:

۱ – آشفتگی موضعی که به وسیله ورود یا خروج آب به محوطه آب‌بند و یا معبر پایین‌تر آب‌بند به وجود می‌آید.

۲ – ایجاد موج در محفظه آب‌بند وقتی که پر و خالی می‌شود.

آشفتگی موضعی ممکن است به شناورهای کوچک آسیب وارد کند ولی ایجاد موج در محفظه سبب شل شدن کامل کابلهای فولادی مهاری و پاره شدن آنها و آسیب‌زدن به دریچه‌های اصلی آب‌بند و شناور گردد. در حال حاضر اغلب سیستم‌های پر و تخلیه با محدودیت تنش برای کابلهای فولادی تا ۵ تن طراحی می‌شوند. انواع متداول سیستم‌های پر و تخلیه به شرح زیر می‌باشد :

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

۱ – سیستم پر و تخلیه به وسیله شکافهای دریچه‌ای که روی دروازه‌های اصلی ایجاد می‌شود.

۲ – سیستم پر و تخلیه به وسیله شیرها و کالورتهای جانبی کوتاه که در اطراف دهانه از طریق دیوارهای آب‌بند و آستانه دریچه واقع می‌شوند.

۳ – سیستم پر و تخلیه از طریق مجاری آبگذر طولی در دیوارها یا کف که به وسیله سوراخهای ایجاد شده در دیوار از طرفین در کف به محفظه آب‌بند متصل می‌شود.

از بهترین راه حلها این است که ترافیک آب‌بند با زمان پر و تخلیه متعادل می‌شود اگر عبور و مرور از آب‌بند خیلی زیاد باشد استفاده از یک آب‌بند با سیستم پر و تخلیه سریع با کوتاه‌ترین زمان بهترین راه حل می‌باشد و راه حل دوم ارزان و بهترین راه حل است.

۱ – سیستم پر و تخلیه به وسیله دریچه‌هایی که در سرتاسر پایین و یا در اطراف دروازهٔ اصلی آب‌بند قرار دارد

بر طبق توصیه گروه مهندسین ارتش امریکا برای lift یا بارهای هیدرولیکی کم تا ۱۵ فوت سودمندترین روش آبگیری به وسیله شکاف در دریچه‌های اصلی است برای اینگونه موارد دریچه‌های لولادار و یا قطعه‌ای استفاده می‌شود وقتی که محفظه به وسیله دروازه‌های بالادست پر می‌شود جریان عبوری از روی دریچه به صورتی که جریان به زیر آستانه پایین‌تر هدایت گردد عمل می‌شود به هر حال پر کردن به طور عادی به وسیله سیستمهای خاصی که مرکب از روزنه آبگیری بالادست – آستانه دریچه – کالورتها یا آبگذرهای دیواری یا دریچه‌های دیواری در محفظه آب‌بند صورت می‌گیرد دریچه‌های قطعه‌ای در جایی که بارهای هیدرولیکی معکوس رخ می‌دهد نظیر مکانهایی که تحت تاثیر جز و مد قرار دارد استفاده می‌شود آنجا تراز حوضچه پایین دست جریان بعضی وقتها بالاتر و بعضی وقتها پایین تر از حوضچه بالادست است.

برای بعضی از دریچه‌ها قطعه‌ای جهت تسهیل در حرکتشان فرورفتگی‌های مخصوصی در دیوار طراحی می‌شود پر کردن آب‌بند با دریچه‌های قطعه‌ای با اختلاف ارتفاع حداکثر ۲۰ فوت و برعکس صورت می‌گیرد (بندرت در بندها اختلاف ارتفاع بزرگتر از ۲۰ فوت رخ می‌دهد) و معمولاً برای از بین بردن توربولانت از وسایل مخصوصی مثل بلوکهای آرام کننده استفاده می‌نمایند. باز شدن دریچه در این روش ابتدا خیلی آهسته است و به تدریج به سمت عادی شدن سرعت باز شدن افزایش می‌یابد.

۲ – سیستم پر و تخلیه از طریق مجاری آبگذر کوتاه

مجاری آبگذر کوتاه در دیواره رودخانه هر یک به وسیله شیرهای مجرایی کنترل می‌شود در بیشتر طراحی‌های جدید سیستم آبگذر خنجری در اطراف دریچه سرویس استفاده می‌شود و برای دریچه‌های سرویس از دریچه‌های کشویی لولایی و پروانه‌ای و برای آب‌بندهای با اختلاف ارتفاع کم و محفظه کوچک استفاده می‌شود و وقتی که حجم زیادی از آب باید عبور داده شود از منحرف کننده‌ها (دفلکتورها) در از بین بردن جت و پراکنده کردن اغتشاش استفاده می‌شود.

در طی هر پر و خالی کزدن جریان عبوری از روزنه امواج متلاطمی در محفظه آب‌بند با جریان به سمت پایین دست

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

در امتداد سمت دیواره به وجود می‌آید این مسئله در اختلاف ارتفاعهای خیلی کم رخ نمی‌دهد اما در اختلاف ارتفاعهای ۸ فوت و بالا حالت مخاطره آمیز است ایجاد امواج با طولانی‌تر کردن عملیات باز و بسته کردن شیرها (به اندازه ۳ دقیقه) کنترل می‌شود.

به طور کلی محاسبات هیدرولیکی برای سیستم‌های پر کننده براساس قانون ساده روزنه انجام می‌شود و ضرایب جریان متوسطی از روزنه در سیستمهای مختلف فوق به شرح زیر پیشنهاد شده است.

سیستم	ضریب جریان
شکاف دریچه‌های اصلی	۰/۸۲
مجاری حلقوی کوتاه و ونتوری	۰/۸۵-۰/۷۵
لوله‌های طولی و مجاری فرعی با روزنه	۰/۹۵-۰/۸۵

۳ - سیستم پرو تخلیه از طریق مجاری آبگذر طولی

مجاری آبگذر در سیستم پر کننده برای جریان یک بعدی طراحی می‌شوند روزنه‌هایی که در امتداد جریان هستند و همه روزنه‌ها در لوله و چه دیواره هم اندازه هستند نسبت ارتفاع به عرض در وجه دیوار معمولاً متناسب است با ۱ : ۲ تا ۱ : ۴ و به دلایل ذیل کل مساحت روزنه‌ها در وجه دیوار دو تا سه برابر بزرگتر از مجاری سرپوشیده آبگذر (کالورت) است.

۱ - کاهش افت ناشی از جریان

۲ - کم کردن میزان هوای مکشی توسط گرداب به داخل سیستم و ایجاد اغتشاش در محفظه آب‌بند وقتی که هوا از طریق روزنه توسط جریان وارد می‌شود.

۳ - کم کردن آسیب پذیری شبکه توری تحت تاثیر اشغالها و یخها.

سرعت جریانهای ورودی به آبگیر باید حدود ۱۰ تا ۸ فوت در ثانیه محدود شود.

قطر گلوی روزنه‌ها در امتداد پایین دست جریان کاهش می‌یابد نسبت کل مساحت دهانه روزنه به مساحت مجاری آبگذر ممکن است حدود ۱/۸ باشد. افت بار هیدرولیکی ورودی مجرای آبگیر می‌تواند در رنج $۰/۴\frac{VC^2}{2g}$ تا ۰/۱۶ باشد آنجا VC سرعت در مجرای آبگذر (کالورت) است (گروه مهندسی ارتش امریکا۱۹۶۵) پایین دست دهانه آبگیر مجرای معمولاً به مقطع جریان مستطیلی کوچکتر در قسمت شیر کنترل تبدیل می‌شود. شکافهایی برای bulk heads یا Stop loges برای پایین دست و بالادست جریان شیر کنترل کالورت برای سیستم خشک کننده و دریچه‌های اصلی باید تهیه شود.

پدیده گرداب در دریچه‌ها و دهانه آبگیر و مکش هوا به داخل سیستم پر کننده می‌تواند در روزنه‌های بالای آستانه آب‌بند به صورت زیر حداقل شود :

۱ - با کاهش فاصلهٔ بین دریچه‌های ورودی و دریچه‌های بالای‌بند

۲ - افزایش فضا بین روزنه‌ها

۳ - افزایش مساحت روزنه‌ها در وجه آستانه آب‌بند

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

۴ – افزایش غرق شدگی دهانه آبگیر

شبکه توری در روزنه‌های آبگیر برای جلوگیری از اشغالها و یخها به داخل سیستم استفاده شود. افزایش زمان پر کردن می‌تواند اثرات ناشی از گرداب را کاهش دهد.

جریان سیستم‌های تخلیه کننده آب‌بند عمدتاً در پایین دست معبر آب‌بند بین دیوار هدایت کننده و دیوار محافظ از طریق آبگیرهای دریچه‌های دیواری یا مجاری جانبی و در کناره آب‌بند به سمت رودخانه صورت می‌گیرد مجاری از بالا دست لوله جریان برای کاهش سرعتهای خروجی تعریض می‌شوند.

به طور مثال لوله جریان تخلیه در آب‌بند MACARTH در زاویه ۸/۵ درجه عریض شده است سرعت جریان در کالورت از ۲۰/۷ فوت در ثانیه به ۷/۶ فوت در ثانیه در وجه روزنه کاهش یافته است و نسبت مساحت در وجه روزنه به مساحت کالورت ۲/۷۳ و افت بار هیدرولیکی برای لوله جریان مشبک و شیر کنترل $۰/۶۷\frac{VC^2}{2g}$ می‌باشد.

هنگام تخلیه آب‌بند به پایین دست جهت کاهش آشفتگی سیستم تخلیه از طریق یک سری انشعاب فرعی استفاده شود شیرهای کنترل در مجاری آبگذر معمولاً از نوع دریچه لولادار که در مکان وارونه هستند و با دسته‌ای در کناره بالادست جریان و صفحه مسطح و آستانه در کناره پایین دست جریان است و به نحوی قرار گیرد که از کشیدن هوا از ناحیه پایین دست شیرها جلوگیری کند.

نسبت مساحت محفظه آب‌بند به مساحت مجاری آبگذر تابعی از اختلاف ارتفاع سطح آب‌بند با حوضچه مجاور می‌باشد معیار پر کردن براساس تجاوز نیروهای طناب فولادی تا ۵ تن است. تنش به طناب وابسته به عمق بالشتک آب در محفظه و به وزنه‌های پر کننده مربوط است.

نکاتی که درطرح باید رعایت شود.

۱ – دریچه‌های دیوار (Wall Ports) بر طبق توصیه گروه مهندسی ارتش امریکا

– فواره‌ها باید در کل پهنای محوطه برای پخش انرژی به نحو مطلوب، توزیع شوند.

– دریچه‌ها به اندازه ۹/۵ فوت مربع برای آب‌بندهای با عرض ۱۱۰ فوت مناسب می‌باشد.

– عرض بهینه دریچه‌ها باید حدود ۰/۶۷ ارتفاع باشد برای حداقل کردن مولفه‌های فواره پایین دست مادامیکه پایداری فواره حفظ شود کناره‌های روزنه در حد ۳ درجه باید باز شود.

– فواصل دریچه‌ها برای یک آب‌بند با عرض ۱۱۰ فوت باید ۲۸ فوت از مرکز تا مرکز آنها در هر دیوار باشد.

– دریچه‌ها یک دیوار باید نسبت به دریچه‌های دیوار مقابل به صورت متقابل کار کنند تا فواره‌ها به هم برخورد کنند و آشفتگی را کاهش دهند.

– دریچه‌ها باید در مرکز محفظه آب‌بند جایگذاری شوند به نحوی که حداقل ۵۰ درصد از طول محفظه آب‌بند را در جهت کاهش تنشهای وارده به طناب فولادی مهار کننده کشتی، در برگیرد و از مرکز به دو سمت توسعه پیدا کند.

۲ – مجاری آبگذر

– نسبت کل مساحت سطح مقطع دریچه‌ها به مساحت سطح مقطع آبگذر باید ۰/۹۵ باشد عمل پر کردن آب‌بند به خوبی صورت گیرد.

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

– سطح مقطع مربع یا مستطیل باشد (عرض برابر ۰/۶۷ ارتفاع باشد) تا بازده هیدرولیکی مطلوبی را دارا باشد و شکل دادن آن آسان گردد.

– اگر تبدیلهایی در مجاری وجود داشته باشد همه دریچه‌ها باید از مناطق تبدیل قرار گیرند.

۳ – عملیات (Operation) :

زمان عملکرد مجرای شیر بستگی به نسبت درازا و پهنای محفظه آب‌بند دارد و عملیات پر کردن رابطه مستقیم با اختلاف ارتفاع آن می‌باشد.

برای عملیات تخلیه شیرها با زمان تخلیه ۲ دقیقه برای طول ۶۰۰ فوت آب‌بند برای همه اختلاف ارتفاعها و ۴ دقیقه برای آب‌بند به طول ۱۲۰۰ فوت رضایت‌بخش است.

افت‌ها در سیستم پر و تخلیه آب‌بندها توسط دریچه‌ها

– در حالت پر کردن : افت انتقال آب حوضچه بالا به محل شیر کنترل $۰/۴۵\frac{VC^2}{2g}$ باید در نظر گرفته شود و افتی معادل $۰/۱۰\frac{VC^2}{2g}$ هنگام عبور از شیر کنترل در حالت باز و $۱/۰۵\frac{VC^2}{2g}$ انتقال آب از شیر کنترل به محفظه آب‌بند باید حداکثر باشد.

– در حالت خالی کردن : افت انتقال آب از محفظه آب‌بند به شیر کنترل $۰/۹۳\frac{VC^2}{2g}$، هنگام عبور از شیر کنترل در حالت باز $۰/۱\frac{VC^2}{2g}$ و انتقال آب از شیر به حوضچه پایین دست $۰/۹\frac{VC^2}{2g}$ باید حداکثر باشد.

در روابط بالا V سرعت جریان آب در مجاری آبگذر دیواره‌ها با شیر کاملاً باز و بر حسب فوت بر ثانیه است.

تجارب بالا نشان داده است که آب‌بند اصلی حدود ۹ درصد سریع‌تر از ارقام ذکر شده برای مدلهای با مقیاس ۲۵ : ۱ پر می‌شود و این به خاطر عدم توانایی شبیه‌سازی افت اصطکاکی در مدل است.

اصول ذخیره کردن آب برای آببند کشتی‌رانی

حجم آب استفاده شده در طی عملیات پر و تخلیه آب‌بند کشتی‌رانی برابر است با $V=B.H.L$ که در اینجا V – حجم پر و تخلیه است، B– عرض آب‌بند، H– ارتفاعی از آب‌بند که پر و یا تخلیه می‌شود، L– طول آب‌بند می‌باشد.

این مقدار آب باید در استخری در بالا ذخیره شود و اگر مسئله گرانی آب وجود دارد باید تلاش گردد مقدار آب مورد نیاز جهت ذخیره کردن کاهش یابد که سه راه اصلی برای این کار وجود دارد.

۱ – استفاده از سری آب‌بندهای مستقل که حجم آب استفاده شده در طی عملیات آب‌بند به $\frac{V}{۲}$ کاهش پیدا خواهد کرد.

۲ – استفاده از آب‌بندهای دوقلو که مجاور هم قرار دارند و به وسیله کالورت با شیر دریچه‌ای مقاوم در مقابل بارهای معکوس به هم وصل می‌شوند به طور متناوب نصف آب تخلیه شده از یک محفظه برای پر کردن نصف محفظه آب‌بند دیگری استفاده می‌شود و با بالا و پایین بردن کشتی‌ها در دو محفظه به ترتیب ماکزیمم ذخیره کردن آب به ۰/۵۷ و برای کشتی‌هایی که در یک جهت حرکت می‌کند به ۰/۳۷ تنزل می‌یابد.

۳ – حوضچه‌های ذخیره کردن

در این سیستم بخش تخلیه کننده آب با هدف حفظ و نگهداری آب در حوضچه‌ها ساخته می‌شود که بعداً برای پر

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

کردن سیستم نیاز است حوضچه ذخیره در امتداد کناره محفظه آب‌بند واقع خواهد شد نزدیک انتهای هر عملیات تراز آب به طور آهسته به سبب کاهش اختلاف فشار یکنواخت می‌شود برای صرفه جویی کردن در وقت پر کردن حوضچه ذخیره عمق در عمق باقی مانده (e) متوقف می‌شود یعنی (e=۱۵cm) این ناکاملی تراز کردن تاثیر ناچیزی در صرفه جویی حجم آب دارد اما زمان در خور توجهی را برای ما حاصل می‌کند.

$E = \Sigma S$

$m = \frac{F_S}{F_K}$ m نسبت مساحت سطح حوضچه به مساحت سطح محفظه آب‌بند کشتی‌رانی

n = تعداد حوضچه‌های ذخیره کننده

h = عمق آب پر کننده در حوضچه‌های ذخیره کننده

E = n تابعی است از نسبت m و تعداد

S = حجم قابل قبول پر و تخلیه هر حوضچه

برای تعداد و ابعاد حوضچه‌های ذخیره کننده آب باید آنالیز اقتصادی شود.

اگر آب مورد استفاده از ناحیه پایین‌تر به ناحیه بالاتر (نه به عقب) پمپ شود مهمترین حالت اقتصادی به وسیله مقایسه کردن تعیین می‌شود امکان دارد برای ذخیره کردن از سری حوضچه‌های ذخیره کننده استفاده شود اگر چنین سری ارتفاع بالابرنده (lift) آنها نیز تغییر می‌کند و آب برای عملیاتشان از بالاترین ناحیه می‌آید به نحوی که مقدار مساوی آب برای هریک از حوضچه‌ها استفاده شود تعداد و اندازه حوضچه‌های ذخیره آب در هر آب‌بند می‌تواند انتخاب شود.

سیستم هیدرولیک سیستم ذخیره کننده آب شامل :

- سیستم کالورت طولی برای پر کردن و تخلیه کردن مقدار آب استفاده شده V نسبت ناحیه بالایی و ناحیه پایینی.
- سیستم مقاطع کالورت برای پر کردن و تخلیه کردن آب ذخیره شده E نسبت به حوضچه‌های ذخیره کننده.
- سیستم پر کننده کف نسبت به دو سیستم ذکر شده اولی و محفظه.
- علاوه بر ترتیب‌های فوق ابعاد کالورتها و جزییات خاصی به وسیله آزمایشهای مدل تعیین می‌شود.

حوضچه‌های ذخیره کننده آب می‌توانند مجاور هم مرتب شوند و می‌توانند روباز و سر پوشیده و روی هم قرار گیرند با روش سرپوشیده و ۵ حوضچه ۰/۷۲ آب عملیات آب‌بند کشتیرانی ذخیره خواهد شد.

راههای جلوگیری از نفوذ آب شور به داخل آب‌بند

بعضی وقتها آب‌بند کشتی‌رانی به خاطر کنترل شوری در دهانه رودخانه احداث می‌شود و نفوذ آب شور در آب‌بندها ممکن است نیز اتفاق افتد این نفوذ به سبب داشتن اختلاف در چگالی بین آب شور و شیرین و یا در حین عملیات آب‌بند کشتی‌رانی اتفاق می‌افتد که باید توسط پمپاژ و یا سیستم‌های زیر برگشت داده شود.

- سیستم پرده بادکنک هوا : در این سیستم لولهٔ هوای مشبک شده در محل آستانه دریچه در سر تا سر ورودی به آب‌بند قرار می‌دهند وقتی که دریچه‌های آب‌بند باز می‌شود و تراز آب در هر سمت از دریچه مشابه است جریان به وجود آمده به سبب اختلاف در چگالی آب در هر سمت است. آب شور به سبب نیرویش در زیر آب شیرین حرکت

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

می‌کند و آب شیرین در بالا قرار دارد در جایگزینی شوری پس زده می‌شود به وسیله پرده بادکنک هوا که از طریق لوله مشبک با هوای فشرده ایجاد می‌شود آب شور به سمت بالا حمل شده و بخشی از جریانها به سمت دریا در امتداد سطح هدایت می‌گردند (هوای سیستم بادکنک هوا به وسیله هوای فشرده با لوله مشبک سبب تعویض آب شور و شیرین می‌شود و در طی فاز تعویض آزاد می‌گردد) مقداری از آب شور در هر چرخش جریان با محور افقی در کناره در سمت تماس پرده بادکنک با زمین در مکانی که آن ناحیه مخفظه آب‌بند است گرفته می‌شود.

آب شور و شیرین در جریان چرخش مخلوط می‌شوند آب شور رسیده به محفظه آب‌بند از جریان چرخشی باید بر حسب نیاز جایگزین آب شیرین شود و آب شیرین باید چرخش جریان را طی کند تا بتواند محفظه را ترک نماید خطوط سطحی بادکنک‌های نمایش داده شده به قدر کافی نیرومند هستند چون در حالتهای همگن آب در پرده بادکنک هوا سبب تولید سرعتهای سطحی دور شوند از پرده میشود.(شکل ۱a، ۱b و ۱c) این با رخ‌داد تعویض طبیعی آب شور و شیرین ترکیب می‌شود یعنی در یک سمت پرده جریان همدیگر را متوقف می‌کنند علی‌رغم اینکه در سمت جریان شتابنده است این عامل خصوصاً برای کشتی‌های کوچک در حال حرکت با سرعت کم ایجاد مشکل می‌نماید بنابراین نتایج ایجاد شده توسط پرده پنوماتیک به شرح ذیل است :

- کاهش در حجم آب شور و شیرین تعویض شده، دریچه‌های تهیه شده زیاد باز نمانند.
- حجمی از آب که به وسیله ورود و خروج کشتی‌ها وارد یا خارج می‌شود به وسیله پرده هوا در سر تا سر پس زده می‌شود.
- اختلاف آب شور و شیرین کمتر وجود دارد.
- سیرکولاسیون در جریانات به وجود می‌آید که برای کشتی‌های کوچک با سرعت و قدرت و مانور کم مشکل ایجاد می‌کند.
- انرژی جهت تحت فشار قرار دادن هوا در خط غرق شده در عمق نیاز است تا آن آزاد شود.
- مشکلات دیگر کشتیرانی افزایش می‌یابد.

سیستم تخلیه مستقیم آب شور نفوذ یافته

در این سیستم دریچه در قسمت کانال استخر آب شیرین واقع می‌شود و عمل سیستم بدین نحو است وقتی که تراز آب بین محفظه و استخر آب شیرین مشابه است دریچه‌ها باز می‌شوند بسته به اینکه طول زمان باز شدن دیگر دریچه‌ها چقدر است و آیا پرده بادکنک هوا استفاده می‌شود در زمانی که دریچه‌ها باز می‌شود و نفوذ شوری به نحوی که قبلاً تشریح شد انجام می‌گیرد یا خیر آب محفظه ممکن است بیشتر یا کمتر شور شود.

با برداشتن آب شور مانع از امکان بالا آمدن آن به بالای کانال شد به هر حال به سبب عبور کشتی‌ها مقدار آب شور ممکن است تغییر کند و امکان توزیع به طور یکنواخت در سر تا سر مقطع جریان وجود نداشته باشد این بدین مفهوم است که مقدار تخلیه باید با حرکت کشتی‌ها منطبق باشد حتی اگر چه احتمال غرق شدگی (drawn - off) آب شیرین سطحی را در امتداد با آب شور مشابه نتایج گردش کوتاه جریانات وجود داشته باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

سیستم تعویض کامل آب محفظه آب‌بند با محفظه آب‌بندی شده (آب‌بند Dunkirk)

در این سیستم دریچه‌ها در سمت آب شیرین نباید باز شوند تا وقتی که آب شور محفظه آب‌بند تخلیه شود. وقتی که آب شیرین به اندازه مقدار آب شور تخلیه شده آورده شد اجازه ورود یا خروج به کشتی‌ها داده می‌شود. گامهای انجام شده باید به نحوی باشد که لایه‌های آب پایدار نگهداشته شود (آب شور زیر و آب شیرین در بالا) به نحوی که مقدار اختلاط کاهش یابد و ورود آب شیرین تحت تاثیر جهت و اغتشاش قرار نگیرد و تمام پروسه باید در امتداد کل طول محفظه آب‌بند صورت گیرد به عبارت دیگر تا امواج در این بین مانع از تخلیه آب شور در زمان مشابه که آب شیرین برداشته می‌شود گردد و سبب طولانی شدن پروسه تعویض می‌شود. این اصل در سیستمی استفاده می‌شود که آب شور از کف سر تا سر مشبک محفظه در امتداد کل طولش بیرون کشیده می‌شود و آب شیرین تا حد بالا ممکن وارد می‌گردد (لوله‌های آب شیرین در کل در دیوار محفظه امتداد یافته‌اند) آب شور آب‌بند به طور ثقلی یا پمپاژ به حوضچه آب شور مجاور هدایت می‌شود و مقداری از آب شیرین که مخلوط با آب شور شده باید به حوضچه آب شور هدایت گردد و کشتی‌ها بدون جریان می‌توانند وارد یا خارج شوند. در مورد سیستم‌های دیگر تخلیه آب شور می‌توان به سیستم دریایی (Ternuzen) و Kreekrak که مشابه Dunkirk است اما با دو حوضچه آب شور و شیرین اشاره کرد که امکان تشریح آنها فعلاً وجود ندارد.

اصول و ضوابطی که در طراحی آب‌بندهای کشتی‌رانی بهمنشیر مورد استفاده قرار گرفته است

در طراحی یک بند همانطوری که ذکر شد ابعاد یک بند کشتی طرح، ترافیک آبراهه، سیستم پر و تخلیه بند کشتی‌رانی، شرایط توپوگرافی، حداکثر ارتفاع آب در طرفین بند کشتی‌رانی، شرایط توپوگرافی، حداکثر ارتفاع آب در طرفین بند کشتیرانی دارد در سیستم حمل و نقل بهمنشیر جهت تعیین ابعاد بزرگترین کشتی طرح دو گروه کشتی بارج مورد ارزیابی قرار گرفته است از عوامل دیگر ترافیک رودخانه در ابعاد بند موثر است که از آمار ترافیکی قبل از انقلاب استفاده شده است.

به طور کلی برای تعیین ابعاد بندها از سه روش استفاده می‌کنند :

۱ - استفاده از تجربیات موجود درباره طراحی و اجرای بندهای ساخته شده.

۲ - استفاده از توصیه کمیته اروپایی

۳ - استفاده از توصیه گروه مهندسی ارتش امریکا

در روش کمیته اروپایی جهت ابعاد بند به بزرگترین کشتی طرح توجه می‌شود و جدول ذیل را توصیه کرده است.

شرح	رودخانه‌ها	برای کانالها	ابعاد
فاصله بدنه کشتی از دیوار آب‌بند	۰/۷-۱/۵	۰/۱-۰/۹	a
فاصله قسمت جلویی و عقبی کشتی ار دریچه	۱-۵	۱-۵	b+c
اختلاف ارتفاع‌بین‌بخش زیرزمینی‌کشتی تا کف	۰/۵-۱/۵	۰/۵-۱	d

در گروه مهندسین ارتش امریکا (۱۹۸۰) ابعاد بند براساس ترافیک آب‌بند، نحوه پر و خالی کردن زمان پر و خالی کردن، روش حرکت دادن دربند و مسایل لایروبی و تعمیر کشتی تعیین می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

در طرح بهمنشیر با بررسی وسایل ترافیکی – عمق رودخانه و ظرفیت حمل قطار بارج ۵۰۰۰ تنی به عنوان کشتی طرح در نظر گرفته شده و ابعاد آب‌بند براساس روشی اروپایی با تعیین ابعاد کشتی طرح (عرض دو بارج ۱۹ متر طول هر بارج با یدک‌کش ۱۴۵ متر و عمق آبخور ۲/۵ متر) معادل است با عرض ۲۰/۹ طول ۱۵۹/۵ و عمق بند با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۱/۵ و عمق آزاد ۲/۸ متر + ۲ متر نوسان سطح آب معادل ۸/۵۵ در نظر گرفته شده است و اصول و معیارهای ارتش امریکا همانطوری که ذکر آن رفت ملاک در طراحی قرار گرفته است و سیستم پر و تخلیه به صورت روزنه در داخل دروازهٔاصلی به علت کم بودن بار هیدرولیکی (۲ متر) در نظر گرفته شده است و تلاش طراح همواره براین بوده که از هر سه روش فوق‌الذکر در طراحی سود ببرد. جهت رسیدن به عملکرد بهینه و مطمئن، طرح مدل فیزیکی و هیدرولیکی این آب‌بندها توسط اینجانب در حال ساخت می‌باشد که نتایج آن در کنفرانسهای بعدی سواحل و بنادر ارائه خواهد شد.

علایم تصویر ۱ به شرح زیر تعریف می‌گردد :

آب‌بند با محفظه

AA – پلان

BB – مقطع طولی

مشخصات داده‌ها

۱ – تراز آب بالادست

۲ – ماکزیمم تراز سطح آب بالادست

۳ – تراز آب پایین دست

۴ – بالاترین تراز سطح آب پایین دست قابل کشتیرانی

۵ – بالابر

۶ – آبخور روی آستانه بالایی

۷ – آبخور روی آستانه پایین

۸ – فاصله قایم بین H.N.D.L.W.L و دیوار عرضی

۹ – عرض مفید محفظه

۱۰ – طول مفید محفظه

۱۱ – ارتفاع آزاد

محفظه

۱۲ – دیوار محفظه

۱۳ – Coping

۱۴ – Edge of Coping

۱۵ – درز انبساط

۱۶ – کف

۱۷ – کف بند بالا دست

۱۸ – کف بند پایین دست

دماغه‌های آب‌بند کشتیرانی

۱۹ – دماغه بالایی آب‌بند

۲۰ – دماغه پایینی آب‌بند

۲۱ – کف دماغه آب‌بند

۲۲ – دیوار دماغه آب‌بند

۲۳ – دیوار برگشتی

۲۴ – Bull Nose

۲۵ – کشویی Stop log

۲۶ – سطح یاتاقان دریچه در مورد دریچه‌های لولایی hollow quoin

۲۷ – آستانه

۲۸ – دریچه محفظه

۲۹ – کشویی دریچه

۳۰ – Breast Wall

۳۱ – دیوار عرضی

۳۲ – دیوار مانع تراوش

دریچه‌ها

۳۳ – دریچه بالایی

۳۴ – شیر

۳۵ – دریچه محافظ

۳۶ – دریچه پایینی

۳۷ – Cope bollard

۳۸ – Floating bollard

۳۹ – Recessed bollard

۴۰ – Lodder and ladder recess

۴۱ – Head Ladder

منابع

۱ – مهندسین مشاور سازه‌پردازی ایران، مطالعه آب‌بندهای کشتیرانی رودخانه بهمنشیر (مرحله اول –۱۳۷۱)

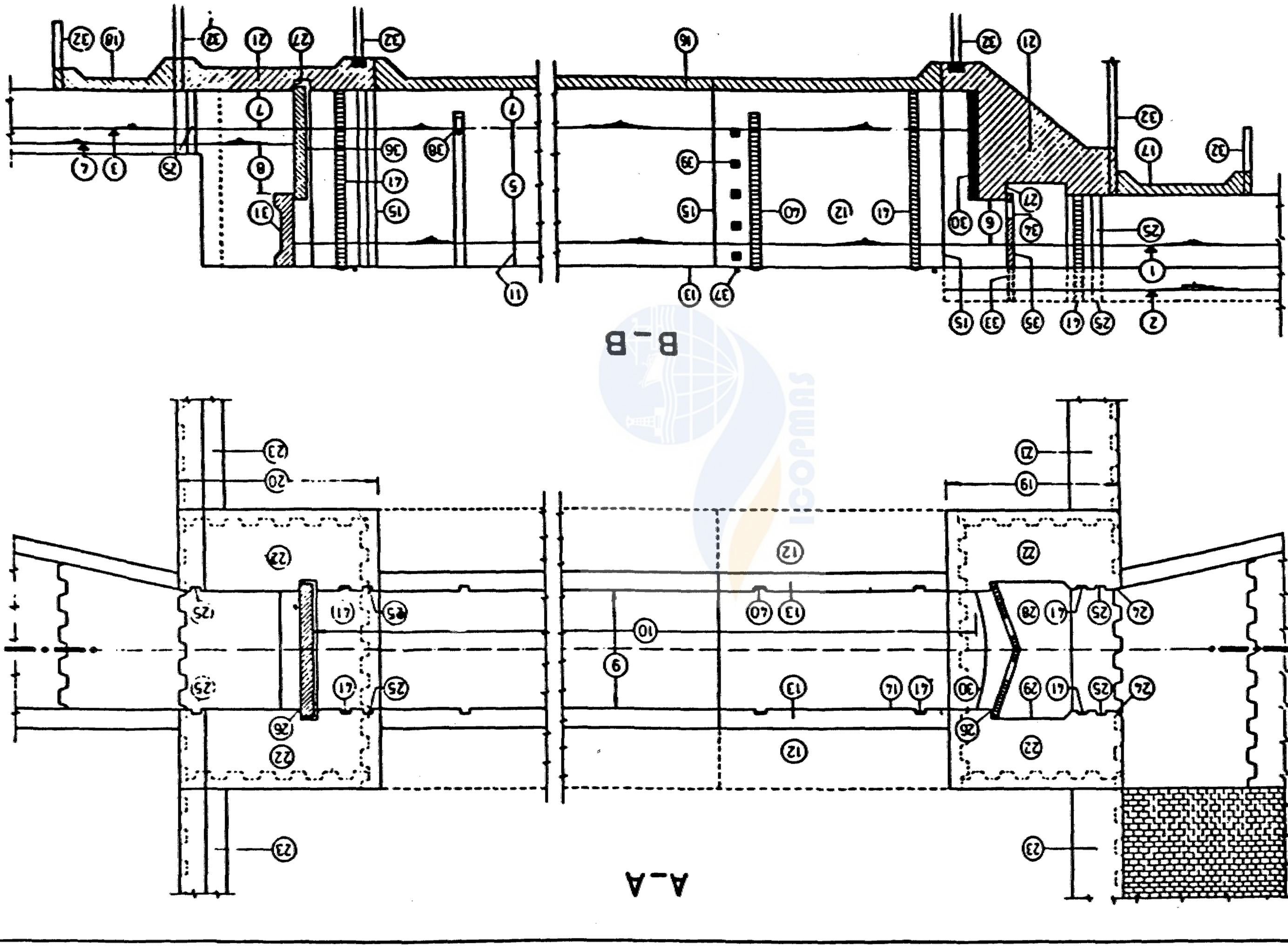
2 - Davis. Sorensen (1969), Hand Book of Applied Hydrolics (Chapter 31,32)

3 - Final Report of the International Cammission for the Study of Locks (1982), Permaenent International Assocciation of Navigation Congresses (P 21-377)

4 - Margaret S. Petersen (1986), River Engineering Book, Hydrolic Engineer U.S. Army Grops of Engineers (P: 265-386)

www.SID.ir

www.SID.ir



Archive of SID
Archive of SID

Archive of SID

Archive of SID

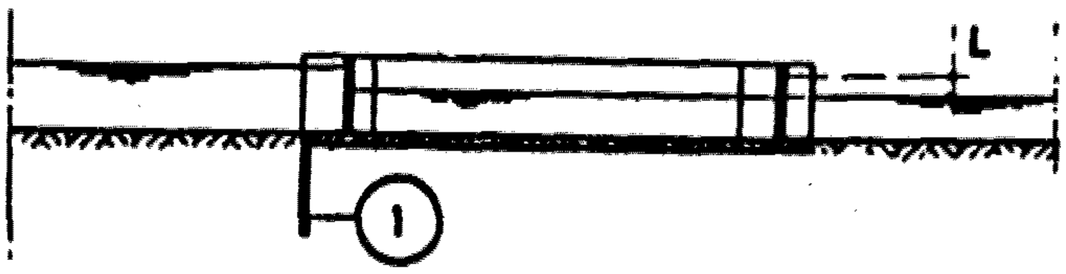


Fig. 2a - Seepage cut-off for lock with moderate lift

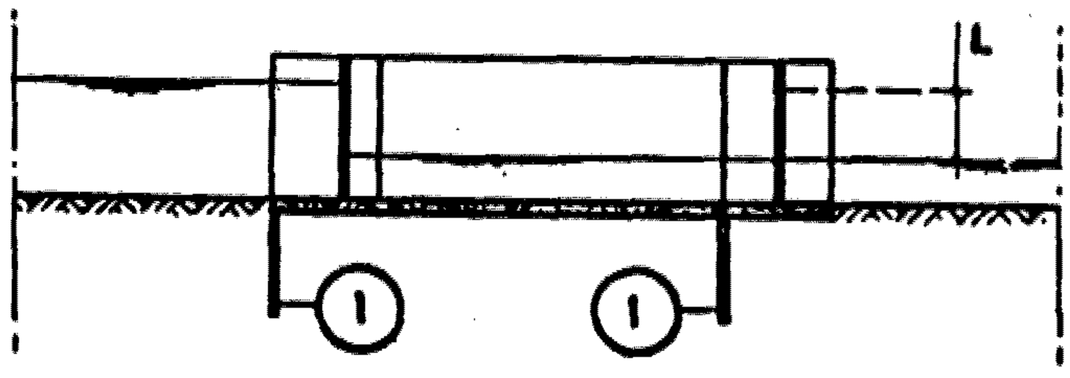


Fig. 2b - Seepage cut-off for lock with a high lift

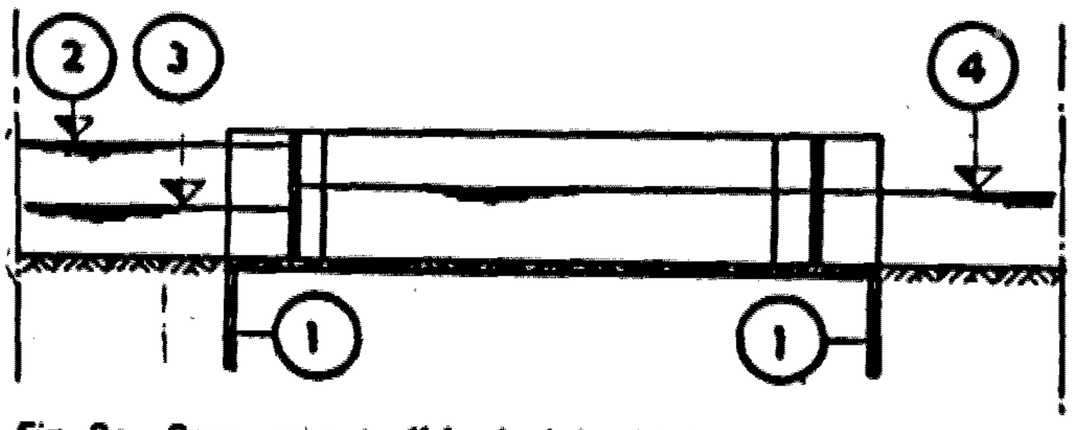


Fig. 2c - Seepage cut-off for lock in tidal waters

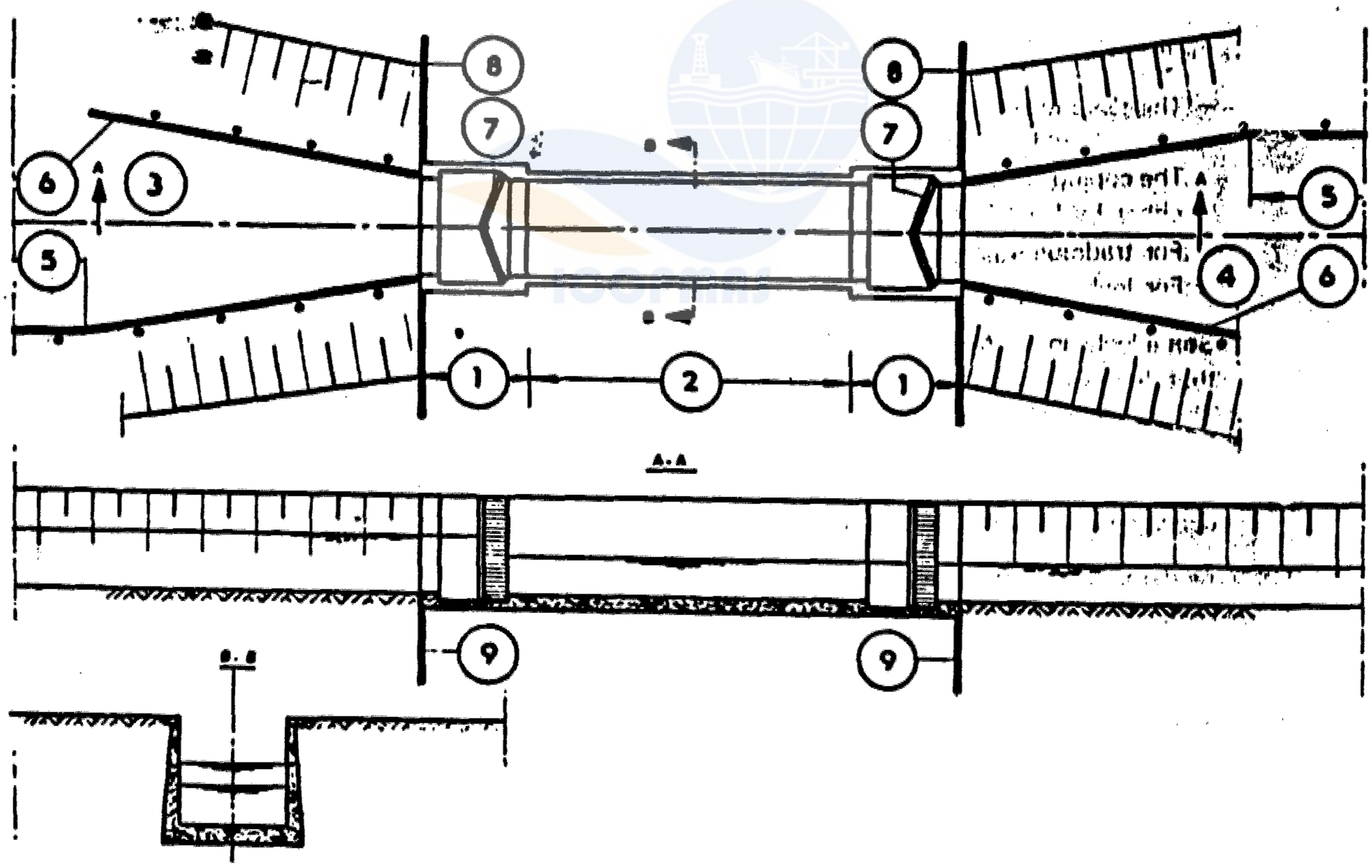


Fig. 2 - Lock with a seepage cut-off

Legend

1. Lock head

2. Lock chamber

3. Upstream canal

4. Downstream canal

5. Waiting place

6. Guide wall

7. Mitre-gates

8. Retaining wall also used as seepage cut-off

9. Seepage cut-off

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

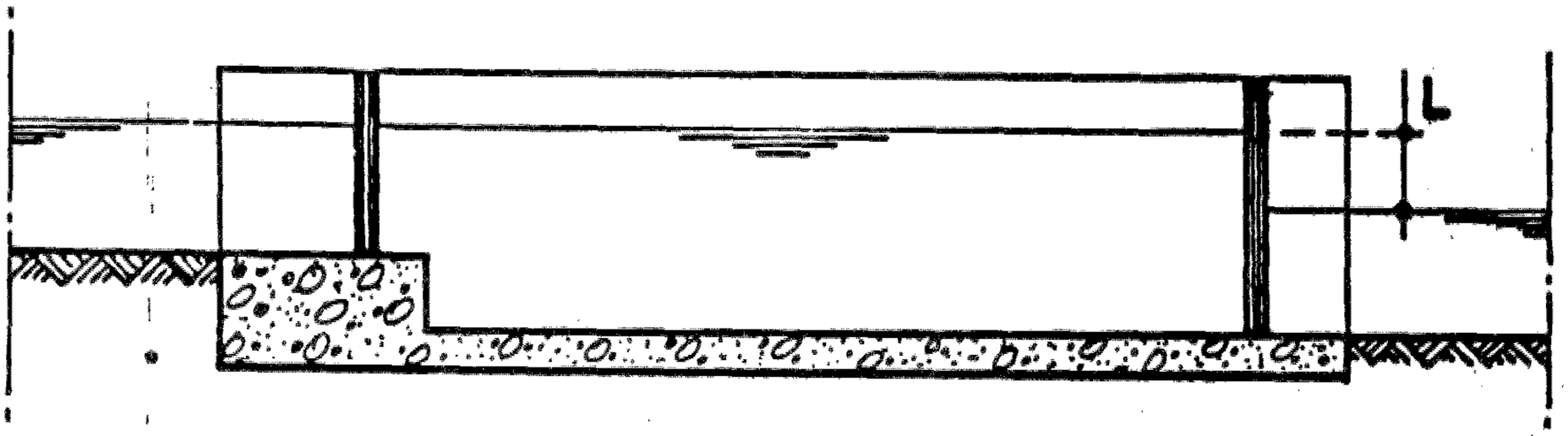


Fig. 2d - Lock with raised upper sill

L : Lift

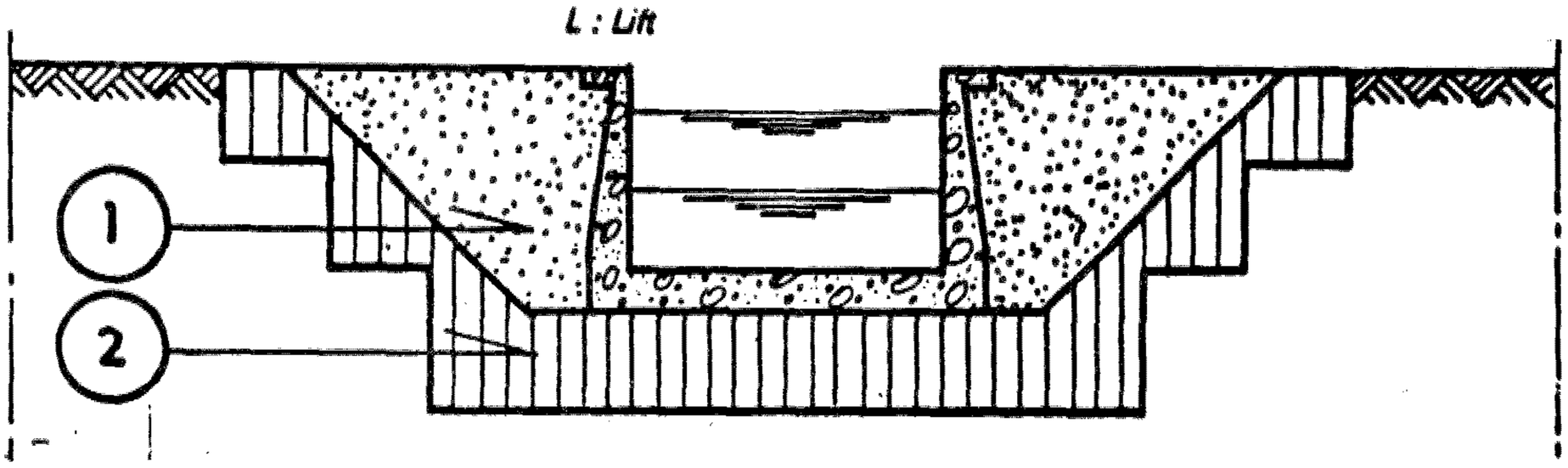


Fig. 2e - Cross section of lock with seepage cutt-off

Legend

1. Backfill
2. Sheet piling

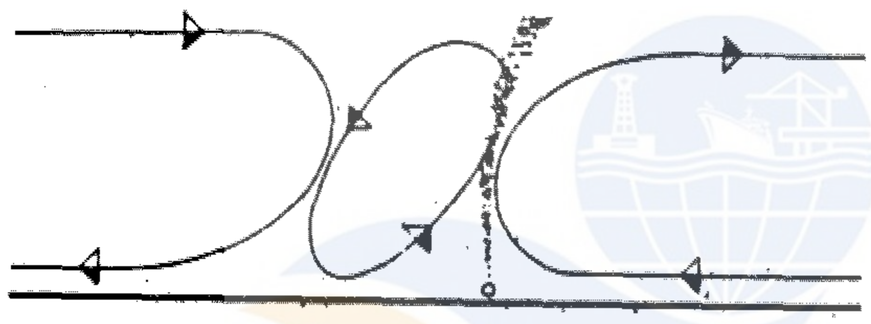


Fig. 3a - Flow Pattern

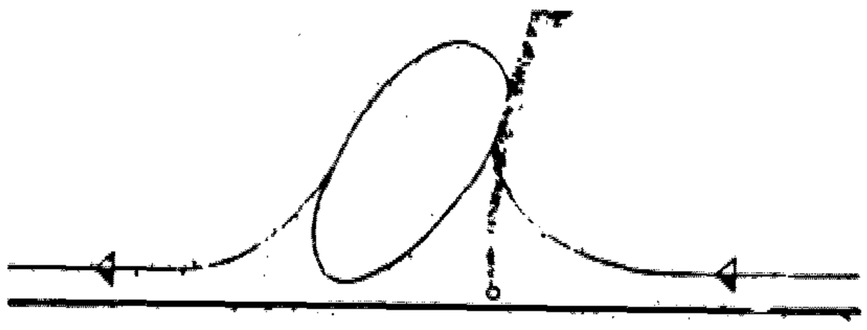


Fig. 3b - Path of salt water intrusion

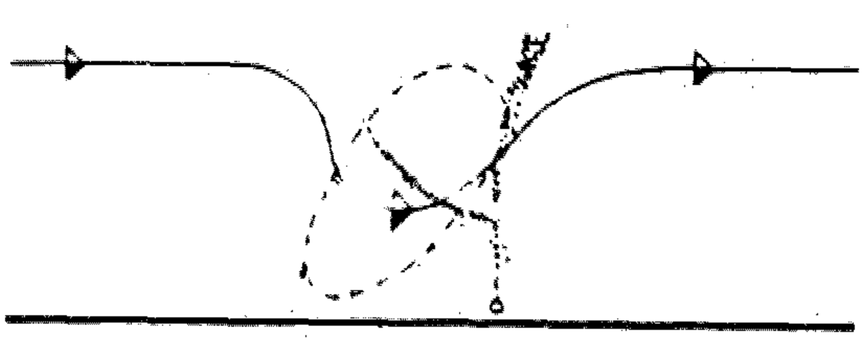


Fig. 3c - Path of fresh water escape

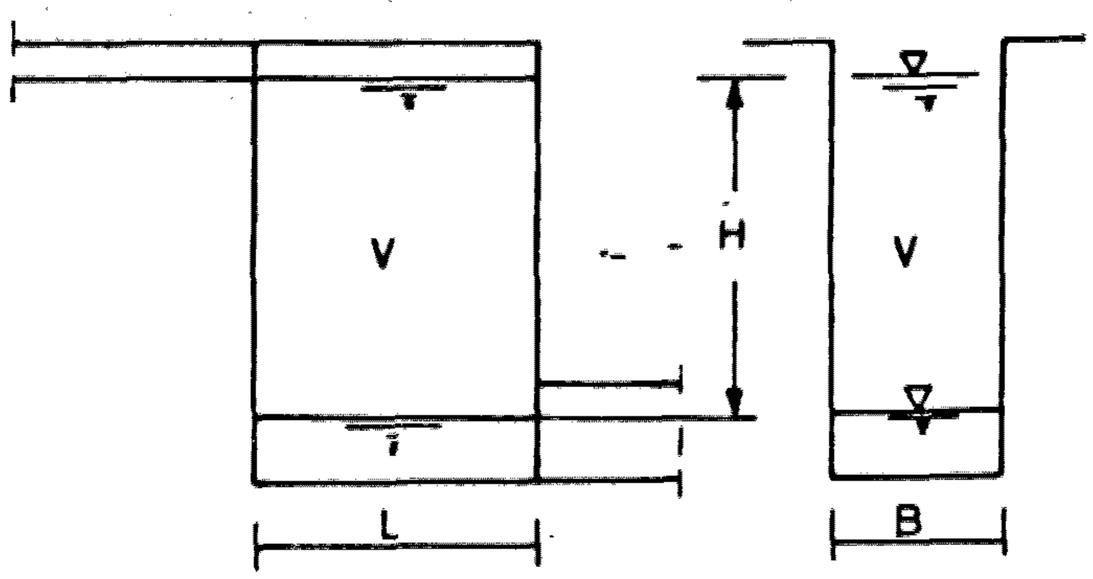
Fig. 3 - Flow pattern around pneumatic barrier

www.SID.ir

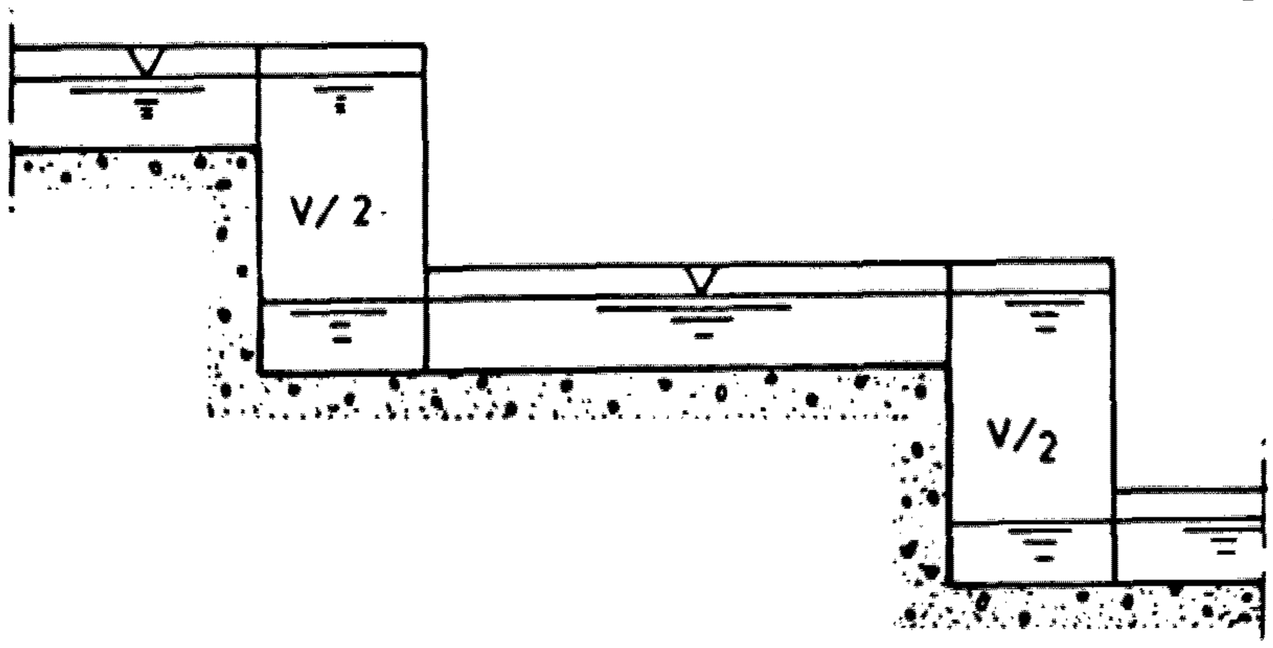
www.SID.ir

Archive of SID

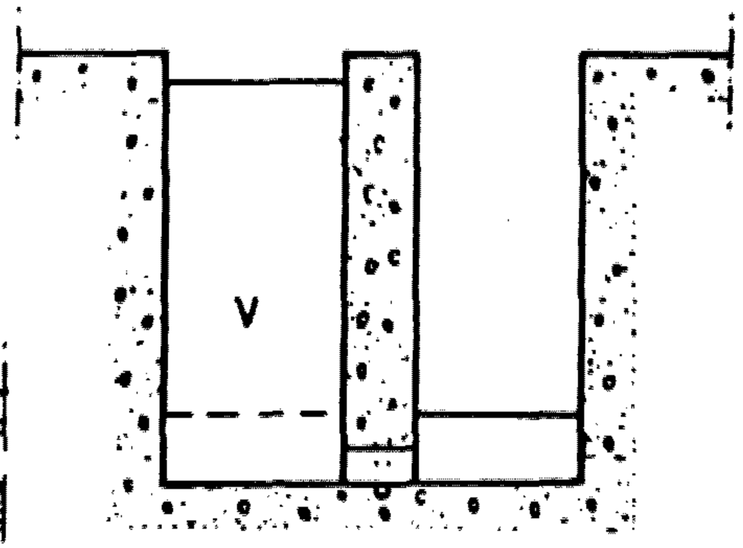
Archive of SID



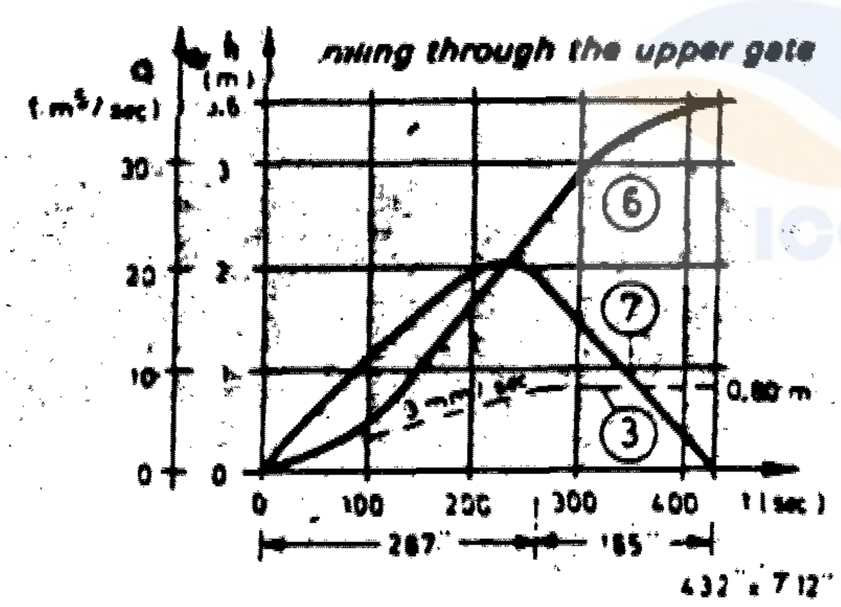
Normal lockage

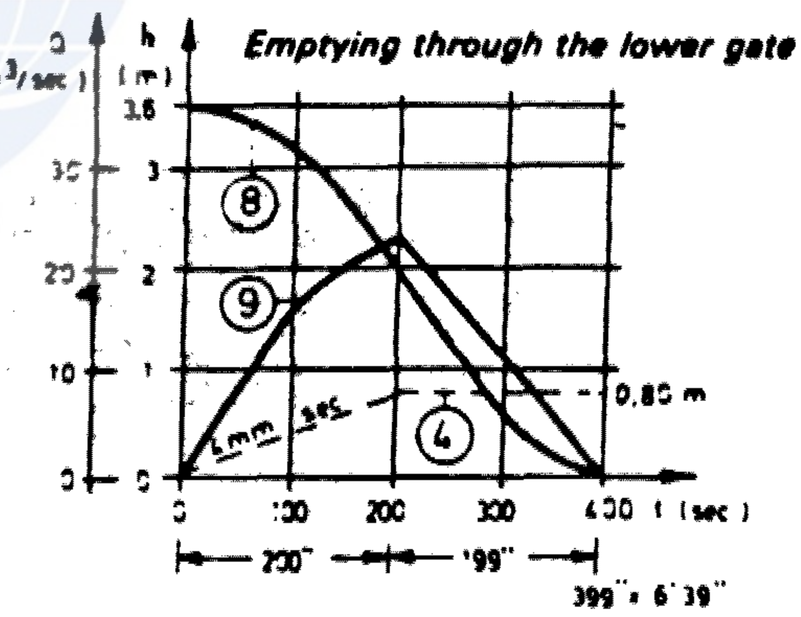


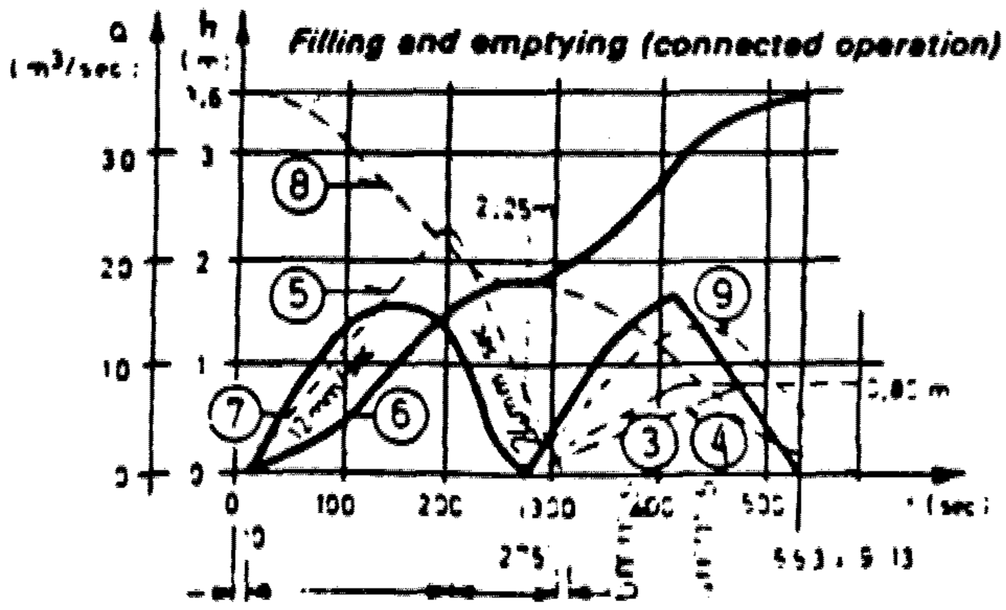
Series of independent locks



Twin locks







Legend
1. *Culvert (2.50 x 2.25m)*
2. *Valve withstanding reverse heads*
3. *Lift of the valve in the upper gate*
4. *Lift of the valve in the lower gate*
5. *Lift of the valve 2*
6. *Filling level h*
7. *Filling water Q*
8. *Emptying level h*
9. *Emptying water Q*

Fig. 4 - Twin locks on the River Necker (Aldingen)

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

Principles and Standards of Hydraulic Design of Maritime Bulwarks for Rivers

A. Shirdeli. & M. R. Shafeinia.

Ph.D. Candidates of Irrigation, Shahid Chamran University and Experts of Bahmanshir River Dredging Project

Abstract

Maritime river bulwarks are structures built in the way of rivers, estuaries or artificial canals in order to provide an adequate water level for shipping or at the waterway's opening leading to the sea in order to control the salinity permeation of the seawater. These structures enable the ships, barges and other vessels to pass from the sea to the river or the estuary or the other way around in different hydraulic conditions. Issues such as canalization by the current's passage from beneath the bulwarks foundation might cause the damage of the structure's downstream cape, which by having knowledge on the hydraulic conditions at up and downstream, needs hydraulics principles and standards. The maritime bulwarks might be located on a permeable base or not, which is either way necessary to be prepared in order to control the pressure. In this article, while reviewing the hydraulics principles and standards proposed in America, Europe and the International Commission, the related issues such as control of salinity, water storage and designing a bulwark drying system is surveyed. Moreover, in this article, the dredging project of Bahmanshir River is discussed in order to clarify the necessary standards of maritime bulwarks.

Keywords: river bulwarks; hydraulic design standards; Persian Gulf

www.SID.ir

www.SID.ir