کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی
۲۴ آذر ماه ۱۳۸۴

بررسی پدیده گرداب با استفاده از مطالعات مدل فیزیکی و روش‌های استهلاک آن در آبگیر نیروگاه‌ها

رضا روشن[۱]

چکیده

مطالعه حاضر بر روی مدل فیزیکی آبگیرهای نیروگاه اول سد شهید عباسپور (کارون I) انجام گرفته و در آن چگونگی انتخاب مقیاس مناسب برای مدل‌های فیزیکی جهت مطالعه پدیده گرداب و روش‌های مختلف مقابله با گرداب مورد بحث واقع شده است.

جریان غیریکنواخت نزدیک شده به آبگیرها و نیز عدم کفایت عمق استغراق آبگیرها از دلایل عمده تشکیل جریان گردابی بر روی آبگیرهای نیروگاه می‌باشند. برای حذف جریان‌های گردابی، استفاده از گزینه‌های مختلف ضدگرداب ضروری است. صفحات افقی مشبک و یکپارچه (که به صورت شناور بر روی سطح مستقر می‌شوند)، سرپوش‌ها یا صفحات افقی مشبک که بر روی پیشانی آبگیر بصورت ثابت قرار می‌گیرند و نیز صفحات قائم در جلوی دهانه آبگیرها، از عمده سازه‌های ضدگرداب می‌باشند.

آزمایش‌ها نشان می‌دهند که در آبگیرهای افقی استفاده از سرپوش‌های افقی مشبک بر روی پیشانی آبگیر، بهترین عملکرد را در استهلاک جریان‌های گردابی از خود نشان می‌دهند و می‌توانند با ابعاد کوچکتر نسبت به صفحات شناور روی سطح آب، گرداب‌های نسبتاً قوی را بطور کامل از بین ببرند.

۱- مقدمه

یکی از پدیده‌های هیدرولیکی که عمدتاً در نیروگاه‌های آبی و ایستگاه‌های پمپاژ به هنگام آبگیری ظاهر می‌شود، پدیده چرخش آب یا جریان گردابی[۲] می‌باشد. این پدیده می‌تواند باعث بروز مشکلاتی نظیر

۱- کارشناس ارشد و عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات آب

2- Swirling Flow or Vortex

افزایش افت انرژی، کاهش نرخ ماکزیمم آبگیری، کاهش راندمان ماشین‌های هیدرولیکی و عملکرد نامناسب آنها، ایجاد لرزش و سر وصدا و نیز خوردگی در توربینها و مجاری آب‌بر[1] گردد.

علل مختلفی برای تشکیل جریان گردابی وجود دارد که از آنها می‌توان به موقعیت نامناسب آبگیرها، شرایط نامتقارن جریان ناشی از هندسه حوضچه بالادست و توزیع غیریکنواخت سرعت اشاره نمود. خصوصیات جریان در بالادست آبگیرها مانند: توزیع سرعت، زاویه خطوط جریان نسبت به دهانه آبگیر، میزان آشفتگی جریان و همچنین شکل آبگیر، موقعیت دیوارها و زبری آنها در اطراف آبگیرها تاثیر مستقیم در تشکیل و یا استهلاک جریان گردابی دارند.

در طراحی هیدرولیکی آبگیر، جهت جلوگیری از تشکیل گرداب عوامل زیادی باید مدنظر قرارگیرند. چنانچه به هر نحوی این عوامل به صورت بهینه انتخاب نگردند استفاده از روش‌های ویژه حذف و یا کاهش قدرت گرداب الزامی‌خواهد بود.

۲- تعریف گرداب و مکانیزم تشکیل آن

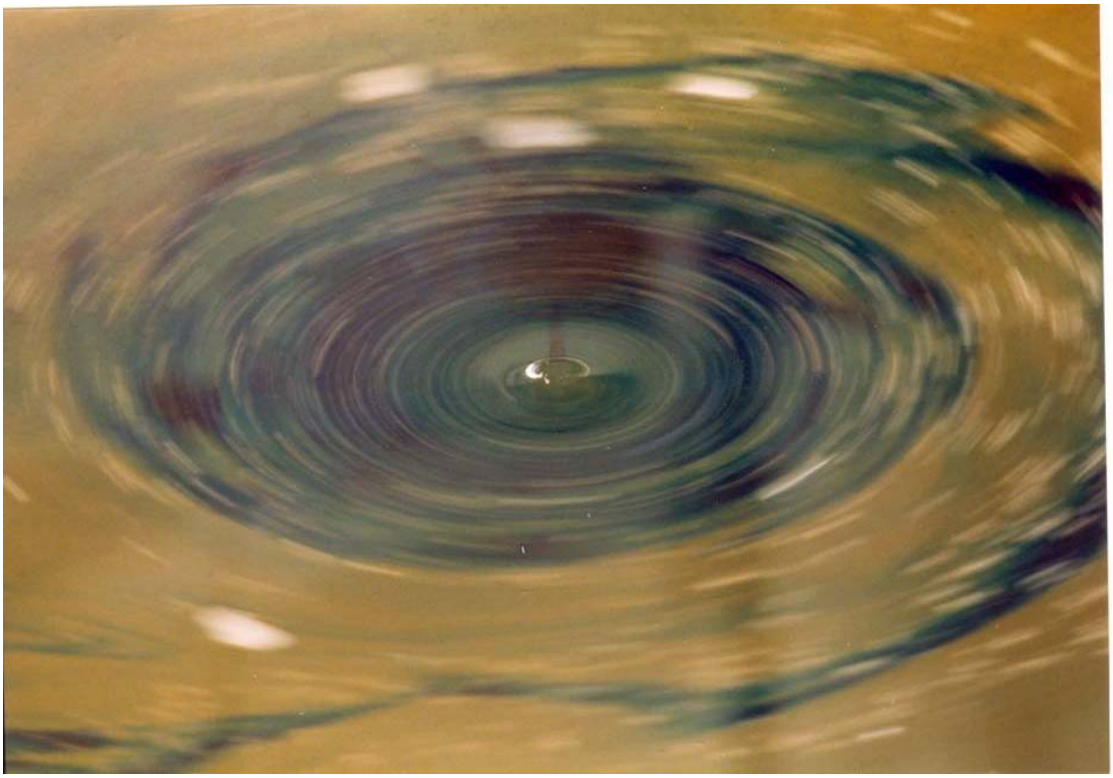
جریان گردابی بدین معنی است که ذرات آب در یک مسیر چرخشی و با داشتن سرعت زاویه‌ای حرکت کرده و به داخل آبگیر وارد شوند. حرکت چرخشی ذرات در داخل آبگیر نیز می‌تواند ادامه یابد. جریان چرخشی قوی در نزدیکی آبگیرها، موجب تشکیل گرداب با ورود هوا می‌گردد. این پدیده به علت اثر متقابل و پیچیده بین هندسه اطراف آبگیر (نظیر مناطق ساکن[2] و غیره)، سرعت جریان و خصوصیات سیال از قبیل کشش سطحی و لزجت شکل می‌گیرد.

معمولاً جریانی که به سمت آبگیر حرکت می‌کند یکنواخت نبوده و در این جریان می‌توان دو ناحیه مجزا را تشخیص داد. جریان در ناحیه اول مستقیماً به سمت دهانه حرکت می‌کند ولی در ناحیه دوم عملاً جریانی به سمت ورودی مشاهده نمی‌شود و این قسمت به صورت یک منطقه مرده عمل می‌نماید. اختلاف در توزیع سرعت آب در دو ناحیه مذکور باعث ایجاد تنش‌های اصطکاکی در مرز بین دو ناحیه شده و این تنش‌ها باعث ایجاد حرکت در ناحیه دوم می‌شوند. چنانچه تنش‌های اعمالی در مرز ناحیه دوم از قدرت کافی برخوردار باشند، موجب تشکیل گرداب می‌گردند. در نزدیکی سطح، در اثر دوران سیال، نیروی گریز از مرکزی بر ذرات وارد می‌شود که باعث دور شدن ذرات از محور دوران می‌گردد. همین امر موجب کاهش فشار در اطراف محور دوران گشته و نتیجتاً پایین افتادگی سطح آب و ورود هوا به داخل آب را به همراه خواهد داشت.

در نزدیکی آبگیر نیز به دلیل تقارب جریان[3] سرعت افزایش یافته و فشار کاهش می‌یابد. تا زمانی که فشار در این ناحیه، بالاتر از فشار اتمسفر باشد مانند یک سد مانع نفوذ هوا به داخل هسته گرداب می‌گردد.

1- Penstock
2- Dead zones
3- Convergence

آبگیر موقعی در معرض ورود هوا قرار می‌گیرد که قدرت چرخش و یا دبی آبگیری برای فراهم کردن فشار زیر اتمسفر کافی باشد.



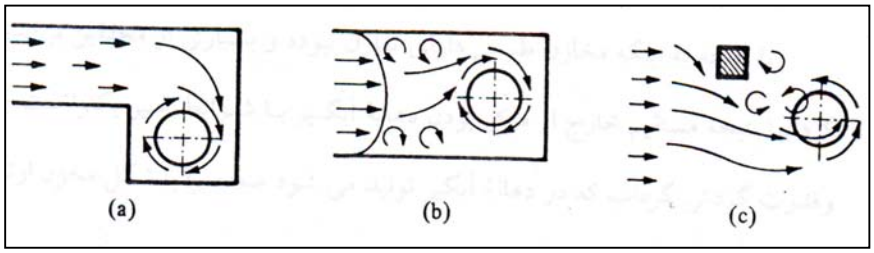
عکس (۱)- نمونه‌ای از گرداب با هسته هوا که در مدل فیزیکی تشکیل شده است.

۳- عوامل شکل‌گیری گرداب و مشکلات ناشی از آن

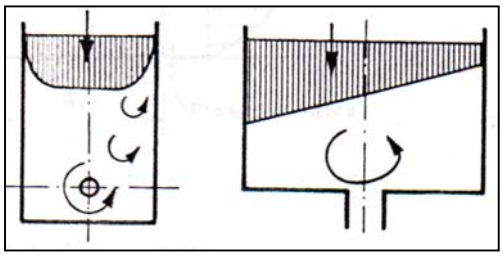
علل مختلفی برای تشکیل جریان گردابی وجود دارد. یکی از مهمترین عوامل تشکیل جریان گردابی، عبارت از غیریکنواختی در جریان نزدیک شده[1] به آبگیر می‌باشد. در اغلب حالات، عدم تقارن جریان نزدیک شده که ناشی از شرایط هندسی می‌باشد، موجب تشکیل گرداب می‌گردد. اما علل دیگری نیز وجود دارد که در تاسیساتی که دارای هندسه متقارن نیز می‌باشند باعث تشکیل جریان گردابی می‌گردند. در شکل‌های زیر عوامل مختلف مؤثر در تشکیل گرداب به‌تصویر کشیده شده‌اند. چنانچه از این شکل‌ها برمی‌آید دلایل تشکیل جریان چرخشی عبارتند از:

- جهت نامناسب دهانه آبگیر به لحاظ ایجاد الگوی نامتقارن آبگیری
- الگوی نامتقارن جریان ورودی ناشی از نامنظمی‌در پوشش‌های جدار کانال
- اثرات نامطلوب ناشی از موانعی مانند پله‌ها، پایه‌های پلها و یا دیوارهای جداکننده جریان

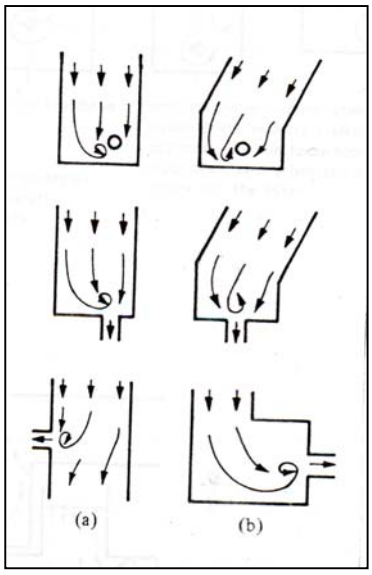
1- Approach Flow



شکل (۱)- تشکیل گرداب در اثر: a) موقعیت نامتقارن آبگیر نسبت به جهت جریان، b) توزیع غیریکنواخت سرعت و c) وجود مانع در مسیر جریان



شکل (۲)- نمونه‌هایی از توزیع غیریکنواخت سرعت در بالادست آبگیر که منجر به تشکیل جریان چرخشی می‌گردد.



شکل (۳)- تاثیر a) عدم تقارن آبگیر نسبت به جهت جریان و b) تغییر جهت ناگهانی مرزهای بالادست آبگیر، در شکل‌گیری گرداب

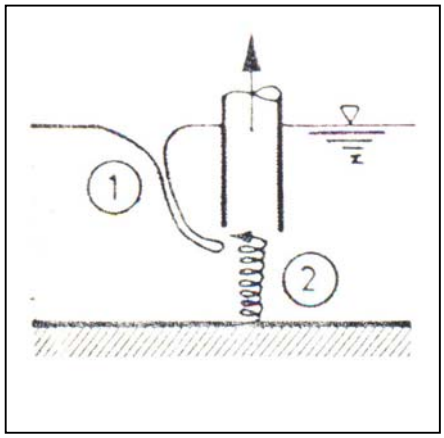
۴- طبقه‌بندی عمومی گرداب

گرداب در محدوده آبگیرها به شکل‌های متعدد ظاهر می‌شود. طبقه‌بندی گرداب‌ها با توجه به عوامل زیر صورت می‌گیرد: الف- موقعیت تشکیل گرداب نسبت به آبگیر ب- زمان پایداری گرداب ج- شکل ظاهری گرداب که در ارتباط با شکل و قدرت گرداب می‌باشد.

الف- در رابطه با موقعیت شکل‌گیری، گرداب‌ها به دو نوع مختلف تقسیم‌بندی می‌گردند:

۱) گرداب‌های سطحی که از سطح آزاد آب شروع شده و بعضاً باعث ورود هوا به داخل آبگیر می‌گردند.

۲) گرداب‌های زیرسطحی (عمقی) که از روی کف یا دیوارهای حوضچه اطراف آبگیر آغاز شده و باعث ورود جریان چرخشی به داخل آبگیر می‌گردند. (شکل مقابل)



شکل (۴)- انواع گرداب براساس موقعیت شکل‌گیری

ب- در ارتباط با وابستگی این پدیده به زمان، دو نوع مختلف گرداب تشخیص داده می‌شود که عبارتند از:

۱) گرداب‌های پایدار و دائمی ۲) گرداب‌های زودگذر یا ناپایدار

ج- مهمترین طبقه‌بندی که برای گرداب ارائه گردیده بر اساس شکل ظاهری و قدرت آن می‌باشد که در آن گرداب‌ها به ۶ نوع بشرح زیر قابل تقسیم است:

نـوع ۱: جریان‌های چرخشی ضعیف در سطح آب دیده می‌شود.

نوع ۲: علاوه بر جریان‌های چرخشی یک گود افتادگی در سطح آب مشاهده می‌گردد.

نوع۳: جریان گردابی به صورت یک مخروط از سطح تا عمق آب ادامه می‌یابد و مخروط گرداب به وضوح مشخص می‌باشد.

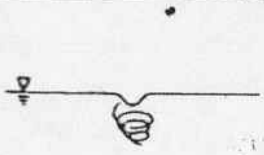
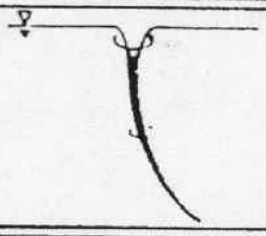
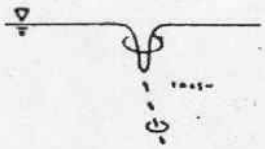
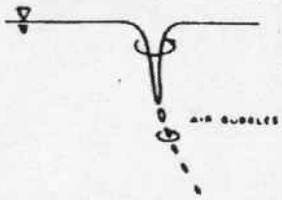
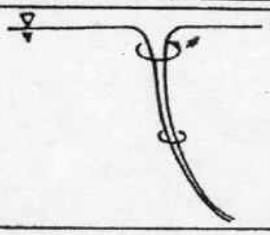
نـوع ۴: ذرات شناور روی سطح آب به درون آبگیر کشیده می‌شوند.

نـوع ۵: حباب‌های هوا به صورت مقطعی به درون آبگیر کشیده می‌شوند.

نوع ۶: مخروط هوا به صورت پیوسته به داخل آبگیر امتداد می‌یابد و هوا مستقیماً وارد آبگیر می‌گردد. این نوع جریان گردابی، بحرانی‌ترین و قوی‌ترین حالت گرداب می‌باشد.

در شکل (۵) طبقه‌بندی گرداب براساس شکل ظاهری و قدرت آن نشان داده شده است.

VORTEX TYPES AFTER HECKER

Vortex type		نوع گرداب
(Vortex type 1) INCOHERENT SURFACE SWIRL		گرداب نوع (۱) چرخش‌های سطحی
(Vortex type 2) SURFACE DIMPLE : COHERENT SWIRL AT SURFACE		گرداب نوع (۲) فروافتادگی سطح آب با چرخشهای سطحی
(Vortex type 3) DYE CORE TO INTAKE : COHERENT SWIRL THROUGHOUT WATER COLUMN		گرداب نوع (۳) مخروط غیر شفاف تا آبگیر با چرخش ستونی از آب
(Vortex type 4) VORTEX PULLING FLOATING TRASH, BUT NOT AIR		گرداب نوع (۴) کشیدن آشغالهای شناور بدون ورود هوا
(Vortex type 5) VORTEX PULLING AIR BUBBLES TO INTAKE		گرداب نوع (۵) کشیدن حبابهای هوا
(Vortex type 6) FULL AIR CORE AIR TO INTAKE		گرداب نوع (٦) مخروطی از هوا تا آبگیر

شکل (۵)- طبقه‌بندی گرداب براساس شکل ظاهری و قدرت آن

۵- مدل‌سازی گرداب

گرداب پدیده بسیار پیچیده‌ای است که به صورت تحلیلی و یا با استفاده از روش‌های عددی قابل بررسی نمی‌باشد. لذا اکثر مطالعات انجام شده به صورت تجربی و در قالب مدل‌های مقیاسی انجام گرفته است. در این شرایط انتخاب مقیاس مناسب جهت ساخت مدل از اهمیت زیادی برخوردار است. انتخاب مقیاس مدل باید به‌گونه‌ای باشد که نیروهای مؤثر بر جریان به درستی در مدل، شبیه‌سازی گردد.

در شرایط واقعی، نیروی غالب در تشکیل گرداب نیروی ثقل می‌باشد، از اینرو اغلب محققین در اینکه ساخت مدل فیزیکی آبگیرها برای مطالعه پدیده گرداب باید تابع قانون تشابه فرود[1] باشد، متفق‌القول می‌باشند. در مدلی که بر اساس قانون تشابه فرود ساخته می‌شود، در اثر عواملی نظیر کاهش سرعت و یکسان بودن سیال در مدل و نمونه واقعی، اعداد بی بعد رینولدز[2] (نسبت نیروی اینرسی به نیروی لزجت سیال[3]) و وِبر[4] (نسبت نیروی اینرسی به نیروی کشش سطحی سیال) در مدل همواره کوچکتر از نمونه‌واقعی بوده و بنابراین چنانچه مدل خیلی کوچک ساخته شود، اثر نیروهای حاصل از لزجت وکشش‌سطحی در مدل بیشتر می‌گردد و نتیجتاً گرداب‌های ضعیف‌تری نسبت به نمونه واقعی نشان خواهد داد.

از اینرو این محققین با مقایسه نتایج مدل و نمونه‌واقعی سعی کرده‌اند کوچکترین مقدار عدد رینولدز و وبر را پیدا کنند که در آن الگوی جریان مستقل از اثرات لزجت وکشش سطحی باشد، تا بدین ترتیب از بروز خطاهای مقیاسی در مدل اجتناب بعمل آید.

ایشان با انجام آزمایش‌های متفاوت نشان داده‌اند که چنانچه مدلی با معیار انوار[5] ساخته شود بهتر با نمونه واقعی توافق پیدا می‌کند. طبق نظر انوار خطاهای مقیاسی در اثر لزجت، طبق شرط زیر قابل صرفنظر کردن می‌باشند.

که در این رابطه:

$$(\mathrm{Re})_h = (\frac{Q}{h\nu})_m \geq ۳\times۱۰^{۴}$$

Q – شدت جریان (m^3/s)

h – عمق استغراق آبگیر (فاصله محور وسط آبگیر تا سطح آب) بر حسب متر

Re_h – عدد رینولدز استغراق می‌باشد.

1- Froude Similarity Law
2- Reynolds Number
3- Viscosity
4- Weber Number
5- Anwar (1978)

تأثیر کشش سطحی سیال کمتر شناخته شده و مورد مطالعه قرار گرفته است و در مورد میزان عدد وبر[1] در مطالعات پدیده گرداب اختلاف نظر وجود دارد. محققینی به نام داجت و کولگان[2] با آزمایش بر روی مایعات با کشش سطحی متفاوت نشان دادند که در آزمایش‌های آنها کشش سطحی در محدوده وسیعی، هیچگونه اثری بر روی تشکیل گرداب ندارد.

بالاترین مقداری که برای عدد وبر پیشنهاد شده، توسط انوار و برای آبگیرهای افقی ارائه گردیده است. طبق این رابطه:

$$(We)_h = (\frac{V^2 \rho h}{\sigma})_m \succ ۱۰^۴$$

که در این رابطه:

We_h – عدد وبر استغراق

V – سرعت جریان (متر بر ثانیه)

ρ – جرم مخصوص سیال (کیلوگرم بر متر مکعب)

h – عمق استغراق آبگیر (متر)

σ – کشش سطحی سیال (نیوتن بر متر)

۶- مشخصات پروژه

سد شهید عباسپور (کارون I) در ۵۵ نزدیکی شهرستان مسجد سلیمان و بر روی رودخانه کارون احداث گردیده است. این سد با حداکثر ظرفیت تولید ۱۰۰۰ مگاوات، یکی از بزرگترین نیروگاههای برق-آبی کشور محسوب می‌گردد.

سد مذکور دارای دو نیروگاه می‌باشد که از نیروگاه شماره یک آن در حال حاضر بهره‌برداری بعمل می‌آید و با راه اندازی نیروگاه شماره دو، ظرفیت تولید برق آن به ۲۰۰۰ مگاوات افزایش خواهد یافت. این نیروگاه دارای چهار واحد آبگیری است که رقوم پائین و بالای دهانه آبگیرها بترتیب ۴۷۰ و ۴۸۰ متر (بالاتر از سطح دریا) می‌باشد. حداقل تراز بهره‌برداری سطح آب مخزن سد (به هنگام کار آبگیرهای نیروگاه) ۴۸۷ متر و حداکثر تراز سطح آب مخزن برابر ۵۳۰ متر می‌باشد.

در هنگام بهره‌برداری از نیروگاه بخصوص در ترازهای پائین سطح آب مخزن، گرداب‌هایی بر روی دهانه آبگیرها تشکیل می‌گردد که می‌تواند مشکلاتی نظیر کاهش دبی آبگیری، افزایش افت انرژی، ورود هوا و مکش مواد شناور به درون آبگیرها و همچنین ایجاد صدا را به همراه داشته باشد.

هدف، ساخت یک مدل مقیاسی از آبگیرهای مذکور و بکارگیری گزینه‌های ضد گرداب جهت حذف این پدیده می‌باشد.

1- Weber Number

2- Dugget and Keulegan (1974)

۷- تعیین مقیاس مدل

با توجه به معیارهای ذکر شده به تعیین مقیاس مدل آبگیرها می‌پردازیم.

بر طبق نظر انوار، مقیاس مدل باید به نحوی انتخاب گردد که:

$$(\mathrm{Re})_h = (\frac{Q}{h\nu})_m \geq ۳\times۱۰^۴ \longrightarrow \text{کوچکترین مدل} \quad (\frac{Q}{h\nu})_m = ۳\times۱۰^۴$$

چون مدل بر مبنای قانون تشابه فرود ساخته می‌شود پس:

$$(Fr)p = (Fr)_m \longrightarrow Q_m = \frac{Q_p}{\lambda^{2.5}} \quad \text{و} \quad h_m = \frac{h_p}{\lambda}$$

(λ مقیاس مدل می‌باشد)

در روابط فوق اندیس m مربوط به مدل و اندیس p مربوط به نمونه واقعی می‌باشد. از آنجا:

$$\frac{Q_p}{h_p\nu}\times\frac{\lambda}{\lambda^{2.5}} = ۳\times۱۰^۴ \longrightarrow \lambda^{1.5} = \frac{Q_p}{۳\times۱۰^۴ \times h_p\nu}$$

مقدار لزجت سینماتیکی سیال در نمونه واقعی برابر است با: $\nu = 10^{-6} \quad m^2/s$

پس:

$$\lambda = 10.36\left[\frac{Q_p}{h_p}\right]^{0.667}$$

چنانچه شرایط بهره‌برداری حداکثر و حداقل تراز سطح آب را برای آبگیرها در نظر بگیریم، در دو حالت مقیاس تعیین می‌گردد.

حالت ۱ $\longrightarrow$ $Q_p = 180 \quad m3/s \quad \text{و} \quad h_p = 25 \quad m$

$$\lambda = 10.36\left[\frac{180}{25}\right]^{0.667} \cong 39$$

حالت ۲ $\longrightarrow$ $Q_p = 100 \quad m3/s \quad \text{و} \quad h_p = 7 \quad m$

$$\lambda = 10.36\left[\frac{100}{7}\right]^{0.667} \cong 61$$

حال معیار انوار براساس عدد وبر استغراق را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

$$(\frac{V^2\rho h}{\sigma})_m \succ ۱۰^۴ \longrightarrow \text{برای سیال آب} \quad \rho = 1000 \ \ kg/m^3 \ \ \& \ \ \sigma = 0.075 \ \ N/m$$

$$\frac{V_m{}^2 \times 1000 \times h_m}{0.075} = 10^4 \ \ \rightarrow \ \ V_m{}^2 h_m = 0.75$$

از طرفی داریم:

$$V_m = \frac{V_p}{\lambda^{0.5}} \quad \& \quad h_m = \frac{h_p}{\lambda} \quad \rightarrow \ (\frac{V_p}{\lambda^{0.5}})^2 (\frac{h_p}{\lambda}) = 0.75 \ \ \& \ \ \lambda = 1.155 \ \ V_p\sqrt{h_p}$$

چنانچه برای دو حالت بهره‌برداری محاسبات را انجام دهیم خواهیم داشت:

$$\text{حالت ۱} \longrightarrow \ Q_p = 180 \quad m3/s \quad \text{و} \quad h_p = 25 \quad m \quad \text{و} \quad V_p = 5.42 \quad m/s$$

$$\lambda = 1.155 \ \ V_p\sqrt{h_p} = (1.155)(5.42)\sqrt{25} \quad \rightarrow \quad \lambda = 31$$

$$\text{حالت ۲} \longrightarrow \ Q_p = 100 \quad m3/s \quad \text{و} \quad h_p = 7 \quad m \quad \text{و} \quad V_p = 3.01 \quad m/s$$

$$\lambda = 1.155 \ \ V_p\sqrt{h_p} = (1.155)(3.01)\sqrt{7} \quad \rightarrow \quad \lambda \cong 10$$

در مجموع با توجه به محاسبات انجام شده می‌توان گفت که معیارهای انوار جهت تعیین مقیاس مدل‌های مربوط به مطالعه گرداب، به این پدیده رفتاری دوگانه را نشان می‌دهند.

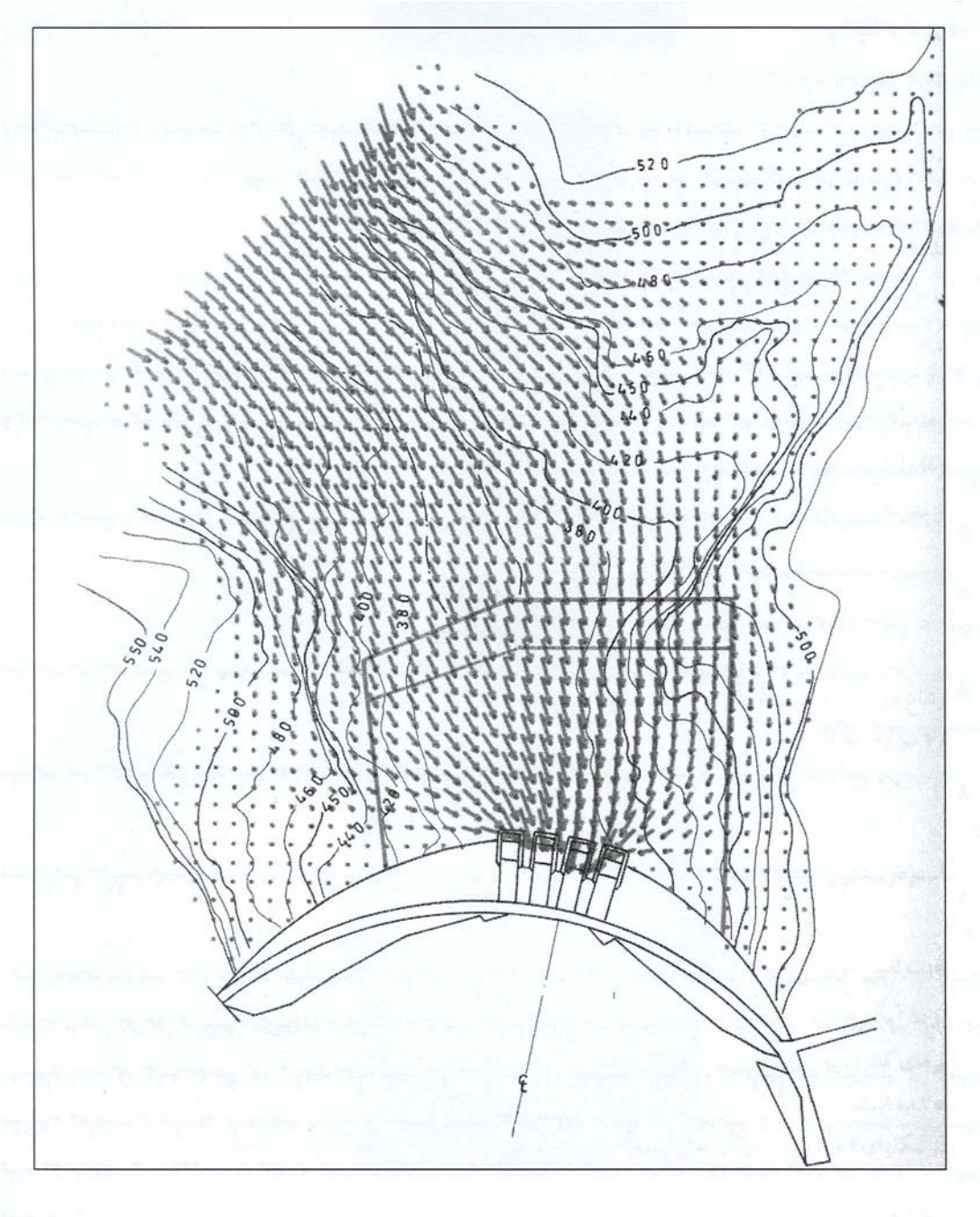
یعنی چنانچه معیار عدد رینولدز را در نظر بگیریم، در شرایط حداقل آبگیری و تراز سطح آب، مقیاس نسبتاً کوچکی بدست خواهد آمد، در صورتی که با همین شرایط، اگر معیار عدد وبر را مورد نظر قرار دهیم، شاهد مقیاسی بمراتب بزرگتر می‌باشیم. از طرفی چون پدیده گرداب ارتباطی تنگاتنگ با لزجت و کشش سطحی سیال دارد، باید هر دو معیار را مد نظر قرار دهیم.

لذا جهت دور شدن از اثرات مقیاسی مدل و تامین معیارهای مذکور مقیاس ۱/۱۸ برای ساخت مدل انتخاب گردید.

۸- تعیین الگوی جریان در مخزن سد در مدل

از آنجا که محدوده سد و حوضچه آن در طبیعت بزرگ و نامنظم است، ساختن مدل کاملی از آن عملی نمی‌باشد و آنچه ساخته می‌شود باید حتی‌المقدور شرایط واقعی جریان را شبیه‌سازی نماید. جهت مدل کردن شکل و ابعاد حوضچه سد و ایجاد جریانی مانند نمونه واقعی، باید الگوی جریان در مخزن سد شناسایی شود. برای این کار از مدل ریاضی دو بعدی جریان در افق[۱] استفاده بعمل آمد. الگوی حاصل از مدل مذکور در شکل زیر ارائه شده است.

۱- منصور ابوالقاسمی، «مدل ریاضی دو بعدی غیرماندگار جریان کم عمق»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تهران سال ۱۳۷۲



شکل (۶)- الگوی جریان در مخزن سد کارون I و تعیین مرزهای کناری و بالادست مدل

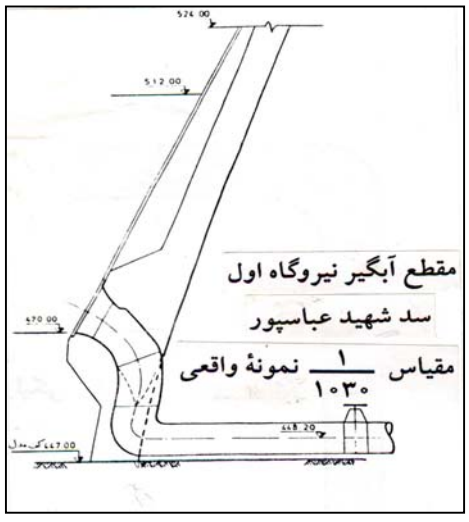
مطابق شکل مرزهای کناری مدل به طریقی انتخاب شده‌اند که حتی‌الامکان موازی با خطوط جریان حاصله از مدل ریاضی باشند. در بالادست نیز مرز مدل طوری قرار می‌گیرد که عمود بر خطوط جریان وارد شده به مخزن باشد. این موضوع سبب می‌شود، جریان به تبعیت از این دیوارها، الگوی واقعی خود را در مدل بدست آورد.

۹- تعیین ارتفاع مدل

از آنجا که ارتفاع سد زیاد می‌باشد (۲۰۰ متر در نمونه واقعی)، ساخت تمام آن در مدل کار بسیار سخت و تقریباً غیر عملی می‌باشد. در واقع باید کف مدل را در ترازی انتخاب کرد که هیچگونه تاثیری بر گرداب‌های تشکیل شده نداشته باشد. در مورد فاصله آبگیر از کف باز هم به سراغ معیار انوار می‌رویم.

$$(\frac{b}{d}) \geq ۴$$

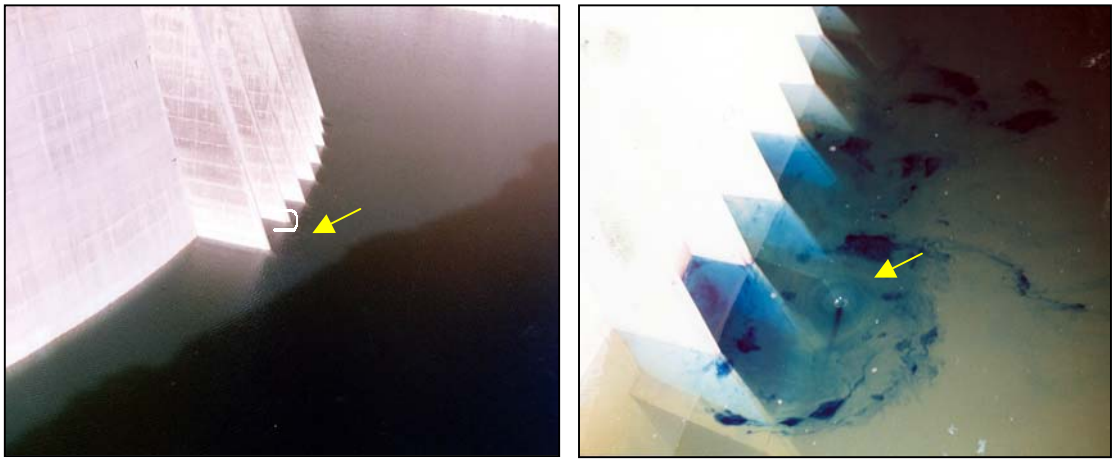
در رابطه فوق b فاصله محور آبگیر تا کف و d قطر آبگیر می‌باشد. در عکس‌های زیر تصاویری از مدل ساخته شده نشان داده شده است.



مجموعه عکس‌های شماره (۲)- قسمت‌های مختلف مدل فیزیکی ساخته شده

۱۰- آزمایش‌های واسنجی (کالیبراسیون)[1] مدل

برای اطمینان از صحت نتایج مدل و عملکرد آن عمل واسنجی مدل انجام پذیرفت. یعنی در شرایط مختلف چگونگی تشکیل گرداب و موقعیت آن نسبت به آبگیرها در مدل، با مشاهداتی که از نمونه واقعی انجام شده بود، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در بیش از ۸۰٪ موارد مدل رفتاری هماهنگ با نمونه واقعی را نشان می‌دهد.



مجموعه عکسهای شماره (۳)- تشکیل گرداب مشابه در شرایط یکسان بهره‌برداری در مدل و نمونه واقعی

۱۱- روش‌های جلوگیری از وقوع گرداب

برای پرهیز از مشکلاتی که گرداب‌ها پدید می‌آورند، از روش‌هایی برای جلوگیری از وقوع این پدیده استفاده بعمل می‌آید. این روش‌ها بر حسب هدفی که دنبال می‌کنند، به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱) طولانی‌تر کردن مسیر جریان بین دهانه آبگیر و سطح آزاد آب

۲) از بین بردن عوامل غیر یکنواخت کننده جریان ورودی به منظور کاهش قدرت چرخش گرداب

۳) استفاده از سازه‌های مستهلک کننده گرداب‌ها

ساده‌ترین روش برای کاهش قدرت و یا حذف کامل گرداب، افزایش طول مسیر جریان با افزایش عمق استغراق می‌باشد. در این صورت یا باید ارتفاع سد افزایش یابد یا رقوم آبگیر کاهش پیدا کند که اولی هزینه‌ها را بالا می‌برد و دومی‌باعث کاهش ظرفیت مؤثر مخزن می‌گردد. در چنین حالاتی سعی می‌شود با استفاده از روش‌های ارزان‌تر اقدام به حذف این پدیده گردد.

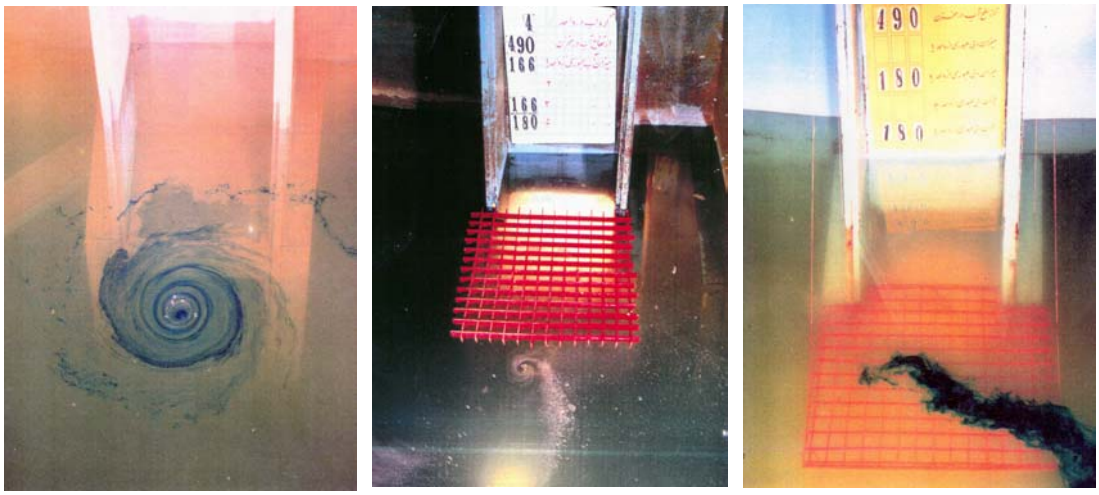
برای این منظور لازم است ابتدا علل تشکیل گرداب شناسایی شده و سپس در رفع آن اقدام شود. به عنوان مثال اگر عدم تقارن در مخزن منجر به تشکیل گرداب قوی می‌شود، می‌توان با اصلاحاتی در مرزهای

1- Calibration

مخزن، قدرت گرداب را کاهش داد. در پاره‌ای موارد می‌توان از دیواره‌های مقسم جریان استفاده نمود. این دیواره‌ها جریان را تقسیم کرده و به یکنواخت کردن توزیع جریان کمک می‌نمایند و در نتیجه قدرت گرداب کاهش پیدا می‌کند.

راه دیگر استفاده از سازه‌های ضد گرداب در جلوی دهانه ورودی یا قسمت فوقانی آبگیر می‌باشد که این سازه‌ها با پراکنش انرژی گرداب‌ها به مقابله با آنها پرداخته و باعث تضعیف آنها می‌شوند. این سازه‌ها عبارتند از: سقف شناور در محدوده تشکیل گرداب در سطح آب، سرپوش مشبک ثابت شده در پیشانی آبگیر، دیوارهای قائم و سازه نیم استوانه‌ای در جلوی دهانه آبگیر که بعضی از موارد ذکر شده به لحاظ عملکرد می‌توانند در دسته اول یا دوم نیز قرار گیرند.

در مدل مقیاسی سد شهید عباسپور (کارون ۱)، بعد از بررسی گزینه‌های متعدد از قبیل سقف شناور زبر شده، شبکه شناور، سرپوش مشبک روی پیشانی آبگیر، دیوارهای قائم و گزینه نیم استوانه در جلوی دهانه آبگیر، نهایتاً سرپوش مشبک بر روی پیشانی آبگیر، بهترین گزینه شناخته شد، در این طرح سازه سرپوش مشبک با طولانی کردن مسیر جریان از سطح آب تا آبگیر، نقشی همانند افزایش عمق استغراق را ایفا می‌نماید.



(a) (b) (c)

مجموعه عکس‌های شماره (۴)

(a)- تشکیل گرداب قوی همراه با ورود هوا (گرداب نوع ۶) بر روی دهانه آبگیر

(b)- استفاده از صفحه مشبک شناور بر روی سطح آب و تشکیل گرداب خارج از ابعاد صفحه

(c)- استفاده از صفحه یا سرپوش مشبک مستقر بر روی پیشانی آبگیر و حذف کامل گرداب

۱۲- نتیجه‌گیری

در مطالعات مدل جهت ایجاد تشابه مناسب بین رفتار جریان در مدل و نمونه واقعی، دقت در ساخت مدل فیزیکی با لحاظ کلیه جزئیات ساختمانی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد بطوری که اگر در یک مدل با مقیاس بزرگ، تشابه هندسی در ساخت مدل رعایت نگردد، نتایج آزمایش‌ها از دقت و صحت کمتری نسبت به مدلی با مقیاس کوچکتر ولی با تشابه کامل هندسی برخوردار است. در مطالعات مدل‌های هیدرولیکی، حرکت جریان و نیز پدیده‌های مورد بررسی عموماً تحت تاثیر نیروی ثقل قرار دارند و این امر استفاده از قانون تشابه فرود را در ساخت مدل ایجاب می‌نماید. ولی در پدیده‌هایی نظیر گرداب، علاوه بر نیروی ثقل، نیروهای لزجت و کشش سطحی سیال نیز نقش بسزایی را دارا می‌باشند لذا باید اعداد رینولدز و وبر در مدل از میزان مشخصی که توسط محققین مختلف ارائه شده، بیشتر باشد. بنابر این خطاهای وارد شده در آزمایش‌ها و نتایج حاصله، ارتباط مستقیم با مقیاس مدل خواهد داشت.

همانطور که ذکر گردید، شناخت عامل شکل‌گیری گرداب، پارامتر مهم و تاثیرگذار بر انتخاب گزینه‌های ضد گرداب می‌باشد. به عنوان مثال در آبگیرهایی که کمبود عمق استغراق عامل اصلی ایجاد گرداب می‌باشد (نظیر آبگیرهای سد شهید عباسپور)، استفاده از صفحات افقی توصیه شده و نتیجه مطلوبی را نیز ارائه می‌دهند، زیرا بکارگیری این گزینه، ضمن پوشانیدن محدوده شکل‌گیری گرداب و انتقال آن به منطقه‌ای دورتر، موجب طویل‌تر شدن خط جریان ورودی از سطح آب به آبگیر می‌گردد. به عبارت دیگر این گزینه همان نقشی را ایفا می‌نماید که با افزایش عمق استغراق به آن دست می‌یابیم.

در شرایطی که عدم یکنواختی در جریان نزدیک شده به آبگیر باعث ایجاد گرداب می‌گردد، استفاده از دیواره‌های هدایت برای جهت دادن جریان به سمت آبگیر و یا بهره‌گیری از دیواره‌های قائم توصیه می‌گردد.

آزمایش‌های انجام شده در مدل نشان می‌دهند که گزینه سرپوش مشبک افقی بر روی پیشانی آبگیرضمن عملکرد مطلوب در استهلاک قدرت گرداب، از قابلیت و سهولت اجرایی بیشتری نسبت به سایر گزینه‌ها (نظیر صفحات شناور روی سطح آب) برخوردار می‌باشد.

۱۳- مراجع

1- Swirling Flow Problems At Intakes. By: Jost Knauss. IAHR Publ., 1978
2- Vortex Flow in Nature and Technology. By: Lugt H. J., Wiley Interscience Publ., 1983
3- Flow Vortices. By Sheldon I. , University of British Colombia; Publ., 1996
4- Performance of Vortex Inhibitors For Reservior Intakes., By; R.W.P.May & I.R.Willoughby.
5- The Hydraulic Design of Pumps and Intakews; By M.J.Prosser, BHRA, 1977.