Prozhefa.com

طول سرریز را معین نمود. در تعیین طول L، حذف ثابت انتگرال تأثیری نداشته و با این وصف اگر خواسته شود مقدار دبی خارج شده از روی سرریز (Q_s) به‌دست آید، برابر خواهد بود با:

$$Q_s = Q_1 - Q_2 \qquad (۲۶-۷)$$

تحقیقات تجربی انجام گرفته بوسیلهٔ Subramanya و Awasthy (۱۹۷۲) نشان می‌دهد که C_M تنها تابع Fr_1 بوده و می‌تواند از روابط تجربی زیر حاصل گردد:

برای جریان زیر بحرانی:

$$C_M = ۰/۶۱۱\sqrt{۱ - \frac{۳Fr_1^۲}{(Fr_1^۲ + ۲)}} \qquad (۲۷-۷)$$

جایی‌که $Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}}$ می‌باشد و در صورت جریان فوق بحرانی با شرط $Fr_1 > ۲$:

$$C_M = ۰/۳۶ - ۰/۰۸Fr_1 \qquad (۲۸-۷)$$

Subramanya (۱۹۸۲) اظهار می‌دارد که C_M به هیچ‌کدام از عوامل $\frac{W}{y_1}$، $\frac{L}{B}$ و $\frac{y_1}{L}$ بستگی ندارد.

برای سرریزهای کناری لبه پهن که باعث خروج آب از کانال اصلی به یک کانال فرعی عمود بر کانال اصلی می‌شود، رابطهٔ تجربی زیر در سال ۱۹۷۹ توسط Rangaraju و همکاران برای محدوده $\frac{y_1 - W}{L} < ۲$ پیشنهاد شد:

$$C_M = (۰/۸۱ - ۰/۶Fr_1)\left(۰/۸ + ۰/۱\frac{y_1 - W}{L}\right) \qquad (۲۹-۷)$$

شایان ذکر است که در بعضی از موارد کاربرد سرریزهای کناری، نظیر سیستمهای کشاورزی و جمع‌آوری فاضلاب، لازم است تا سرریز به گونه‌ای طراحی گردد که مقدار $\frac{dQ}{dx}$ در طول سرریز ثابت باشد. از معادلهٔ ۷-۲۲ نتیجه گرفته می‌شود که اگر $\frac{dQ}{dx}$ ثابت باشد، مقدار $y - W$ نیز بایستی در طول سرریز ثابت باشد و به عنوان مثال اگر W ثابت در نظر گرفته شود، سطح آب نیز در طول چنین سرریزی ثابت خواهد بود. و چون انرژی مخصوص ثابت فرض می‌شود، سطح آب موازی خط انرژی و بنابراین سرعت نیز ثابت خواهد بود. یعنی:

$$V_1 = V = V_2$$

با استفاده از معادلهٔ پیوستگی:

$$Q_1 - \frac{dQ}{dx} \times x = Q$$

$$A_1 - \frac{\left(\frac{dQ}{dx}\right) \times x}{V_1} = A$$

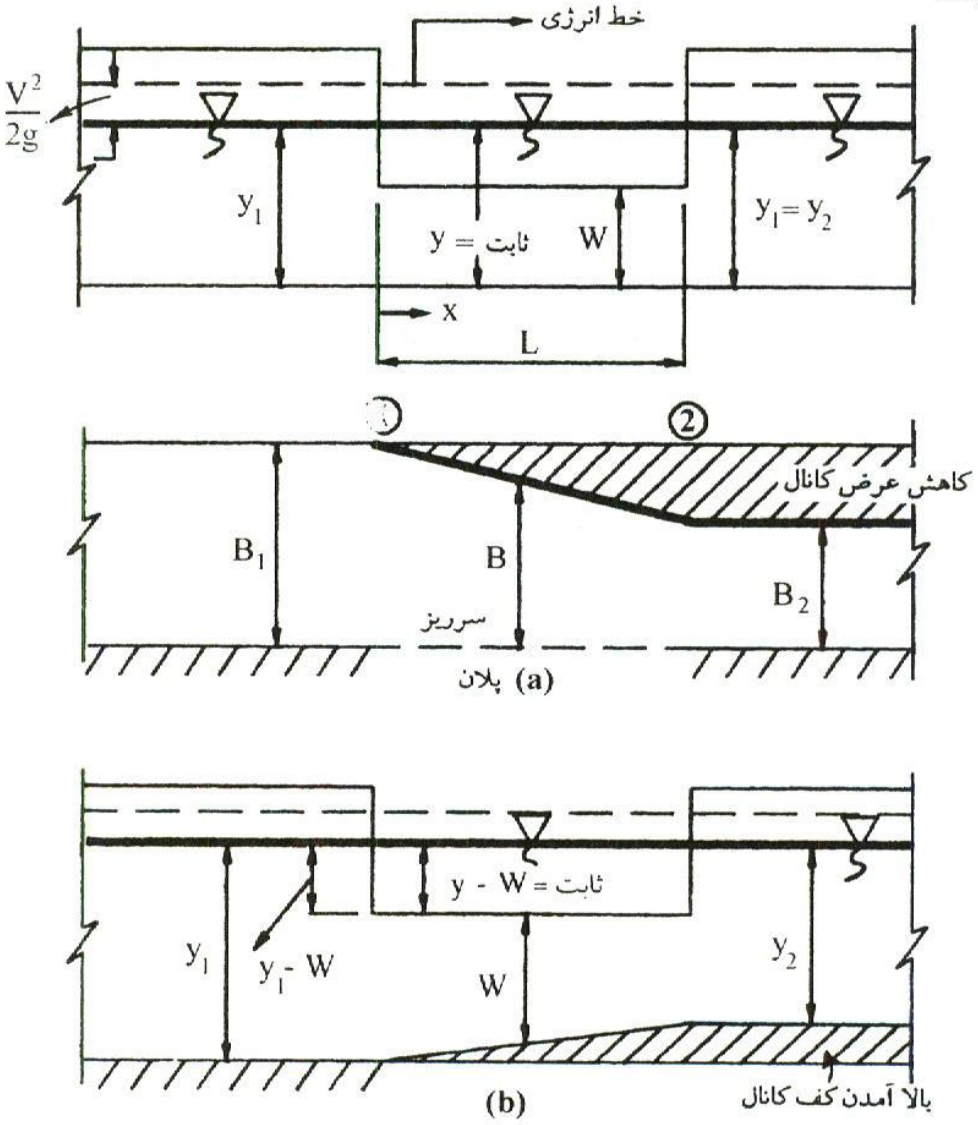
Prozhefa.com

$$A_1 - \frac{\left(\frac{dQ}{dx}\right) \times L}{V_1} = A_2$$

$$\frac{\frac{dQ}{dx}}{V_1} = \frac{A_1 - A_2}{L}$$

$$A_1 - \left(\frac{A_1 - A_2}{L}\right) \times x = A \qquad (۳۰-۷)$$

بنابراین سرریز کناری با دبی گسترده ثابت می‌تواند باکاهش تدریجی عرض کانال (شکل ۷a-۵) و یا با بالا آوردن تدریجی کف کانال (شکل ۷b-۵) حاصل شود. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به کتب مرجع مراجعه گردد.



عرض بستر ثابت

شکل ۷-۵ سرریز کناری با دبی خروجی گستردهٔ ثابت

Prozhefa.com

مثال ۷-۳

یک کانال مستطیلی به عرض ۲m و $n = ۰/۰۱۴$ دارای شیب بستری معادل ۰/۰۰۱ می‌باشد. در نقطه‌ای از این کانال احتیاج است تا از یک سرریز کناری استفاده شود تا در موقع دبی $۰/۶ m^3/s$ شروع به عمل نموده و در زمانی‌که دبی کانال به $۰/۹ m^3/s$ می‌رسد، مقدار $۰/۱۵ m^3/s$ آب را از روی خود خارج سازد. مطلوب است طرح سرریز مزبور.

حل:

نخست با استفاده از معادلهٔ مانینگ و یا نمودارهای مربوطه مقدار عمق نرمال کانال را در دبی‌های یاد شده محاسبه می‌نمائیم:

$$Q_۰ = ۰/۶ \ m^3/s \rightarrow y_۰ = ۰/۳۳ \ m$$

$$Q_۰ = ۰/۹ \ m^3/s \rightarrow y_۰ = ۰/۴۴ \ m$$

ارتفاع سرریز $W = ۰/۳۳m$ در نظر گرفته می‌شود:

$$Q_۰ = ۰/۹ m^3/s \rightarrow y_{c۱} = \left[\frac{(۰/۹)^۲}{۹/۸۱ \times ۲^۲}\right]^{۱/۳} = ۰/۲۷۴ m$$

چون $W > y_{c۱}$ و $y_۰ > y_{c۱}$ است، جریان از نوع ۱ بود، که در این صورت مقطع کنترل انتهای پایین دست سرریز می‌باشد و برای استفاده از معادلهٔ De Marchi:

$$Q_۲ = Q_۱ - Q_s = ۰/۹ - ۰/۱۵ = ۰/۷۵ m^3/s$$

$$Q_۲ = \frac{y_{۰۲} \times B}{n}\left(\frac{By_{۰۲}}{B + ۲y_{۰۲}}\right)^{۲/۳}\sqrt{S_۰}$$

$$۰/۷۵ = \frac{۲y_{۰۲}}{۰/۰۱۴}\left(\frac{۲y_{۰۲}}{۲ + ۲y_{۰۲}}\right)^{۲/۳}\sqrt{۰/۰۰۱}$$

$$y_{۰۲} = y_t \approx ۰/۳۹ m$$

$$E_۲ = ۰/۳۹ + \frac{\left(\frac{۰/۷۵}{۲ \times ۰/۳۹}\right)^۲}{۲ \times ۹/۸۱} = ۰/۴۳۷ m$$

$$E_۱ = E_۲ = ۰/۴۳۷ = y_۱ + \frac{\left(\frac{Q_۱}{By_۱}\right)^۲}{۲g}$$

$$۰/۴۳۷ = y_۱ + \frac{\left(\frac{۰/۹}{۲y_۱}\right)^۲}{۲ \times ۹/۸۱}$$

Prozhefa.com

$$y_1 = ۰/۳۵۵\text{m} < ۰/۴۴\text{m}$$

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{۰/۹}{۲ \times ۰/۳۵۵\sqrt{۹/۸۱ \times ۰/۳۵۵}} = ۰/۶۷۹ < ۱$$

با استفاده از معادله ۷-۲۷:

$$C_M = ۰/۶۱۱\sqrt{۱ - \frac{۳(۰/۶۷۹)^۲}{(۰/۶۷۹^۲ + ۲)}} = ۰/۴۰۴$$

و از معادله ۷-۲۵:

$$x_1 = \frac{۳ \times ۲}{۲ \times ۰/۴۰۴}\left[\frac{۲ \times ۰/۴۳۷ - ۳ \times ۰/۳۳}{۰/۴۳۷ - ۰/۳۳}\sqrt{\frac{۰/۴۳۷ - ۰/۳۵۵}{۰/۳۵۵ - ۰/۳۳}} - ۳\sin^{-۱}\sqrt{\frac{۰/۴۳۷ - ۰/۳۵۵}{۰/۴۳۷ - ۰/۳۳}}\right] = -۳۸/۳۳۴$$

$$x_2 = \frac{۳ \times ۲}{۲ \times ۰/۴۰۴}\left[\frac{۲ \times ۰/۴۳۷ - ۳ \times ۰/۳۳}{۰/۴۳۷ - ۰/۳۳}\sqrt{\frac{۰/۴۳۷ - ۰/۳۹}{۰/۳۹ - ۰/۳۳}} - ۳\sin^{-۱}\sqrt{\frac{۰/۴۳۷ - ۰/۳۹}{۰/۴۳۷ - ۰/۳۳}}\right] = -۲۳/۲۶۵$$

$$L = x_2 - x_1 = -۲۳/۲۶۵ + ۳۸/۳۳۴ = ۱۵/۰۷\text{m}$$

مثال ۷-۴

در مثال ۷-۱۳ اگر طول سرریز ساخته شده ۱/۴۰ متر و $W = ۰/۳۳$ متر باشد، شدت جریان روی سرریز و y_2 را محاسبه کنید.

حل:

برای حل این مسأله بایستی از روش آزمون و خطا استفاده نمود، بدین‌معنی که می‌توان نخست مقدار Q_2 را حدس زد و سپس به ازای این مقدار انتخابی Q_2، مقادیر y_{o2} و E را محاسبه نمود. با توجه به داشتن مقدار E و معلوم بودن $Q_1 = ۰/۹\text{m}^3/\text{s}$، y_1 و به تبع آن Fr_1 و C_M به دست می‌آید. نهایتاً با محاسبهٔ مقادیر x_1 و x_2 چنانچه $L = x_2 - x_1 = ۱/۴۰$ متر به‌دست آمد، Q_2 انتخابی صحیح و در غیر این‌صورت لازم است تا عدد دیگری انتخاب گردد. برای مسألهٔ حاضر پس از انتخاب Q_2 و تکرار محاسبات، $Q_2 = ۰/۸۵\text{m}^3/\text{s}$ به‌دست می‌آید که به‌ازای آن:

$$y_{o2} = ۰/۴۲۳\text{m}$$

$$E = ۰/۴۲۳ + \frac{\left(\frac{۰/۸۵}{۲ \times ۰/۴۲۳}\right)^۲}{۲ \times ۹/۸۱} = ۰/۴۷۴\,\text{m}$$

Prozhefa.com

$$E_1 = ۰/۴۷۴ = y_1 + \frac{\left(\frac{۰/۹}{۲y_1}\right)^۲}{۲\times ۹/۸۱}$$

$$y_1 = ۰/۴۱۴\text{m}$$

$$Fr_1 = \frac{۰/۹}{۲\times ۰/۴۱۴\sqrt{۹/۸۱\times ۰/۴۱۴}} = ۰/۵۳۹$$

از معادله ۷-۲۷:

$$C_M = ۰/۴۸۱$$

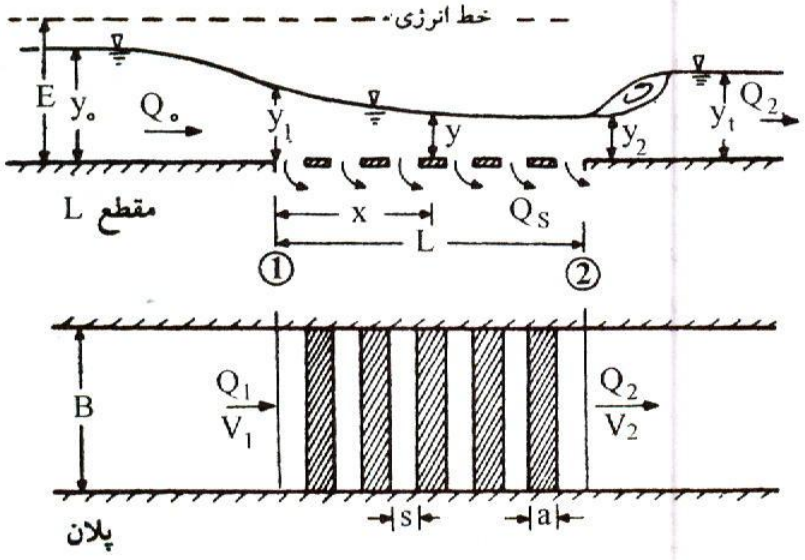
$$x_1 = -۱۴/۶۷\text{m}$$

$$x_2 = -۱۳/۲۷\text{m}$$

$$L = x_2 - x_1 = -۱۳/۲۷ + ۱۴/۶۷ = ۱/۴۰\text{m}$$

$$Q_s = Q_1 - Q_2 = ۰/۹ - ۰/۸۵ = ۰/۰۵\text{m}^3/\text{s}$$

۷-۲-۱-۲ کف مشبک (Bottom Rack) به منظور خروج آب از کف کانال، گاه یک صفحه مشبک در قسمتی از مسیر، جای بستر کانال را گرفته و می‌تواند برای اهدافی نظیر خروج آب اضافی از کانال در امور کشاورزی و یا به عنوان یک شبکهٔ آشغال‌گیر افقی در حاشیهٔ پیاده‌رو خیابانها در سیستم جمع‌آوری فاضلاب‌های سطحی به کار رود.



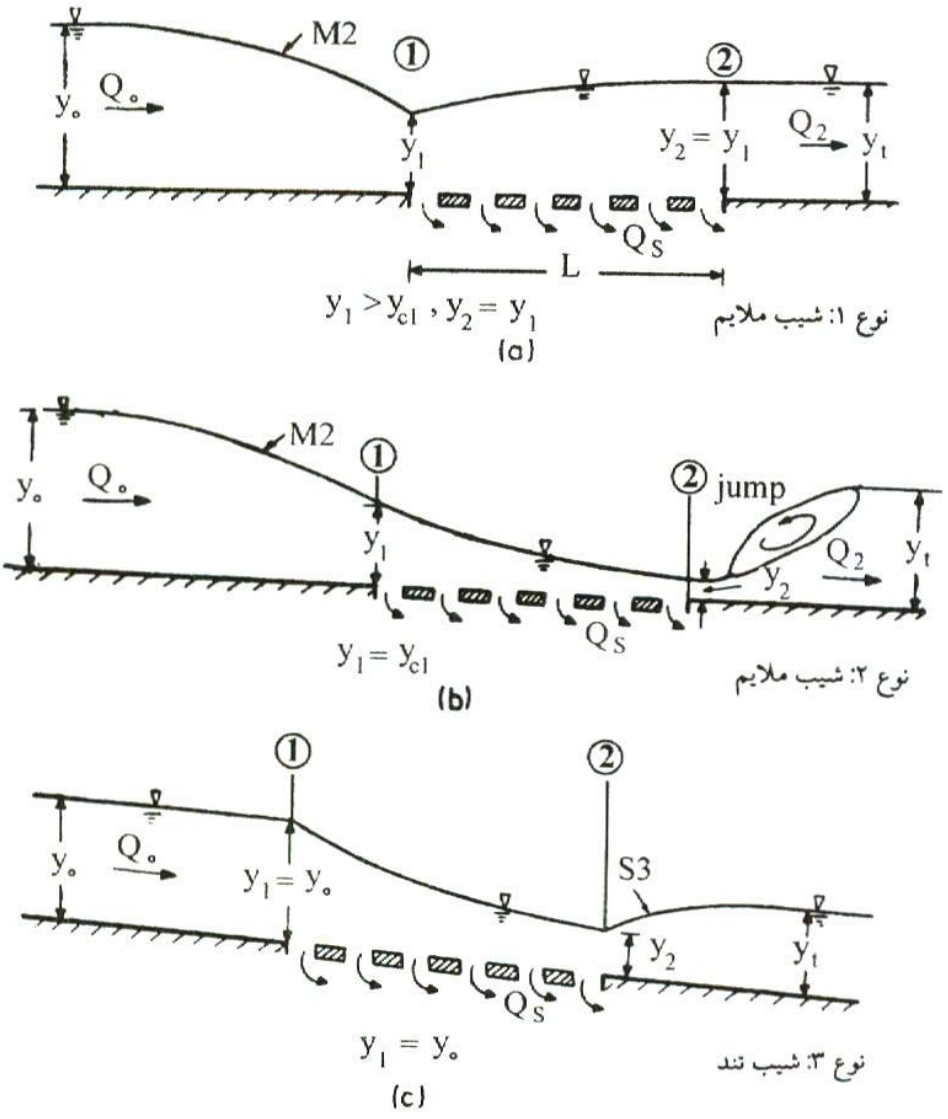
شکل ۷-۶ جریان روی یک نمونه از کف‌های مشبک

Prozhefa.com

پروفیلهای سطح جریان که معمولاً بر روی این نوع کف‌های مشبک به‌وجود می‌آید به‌شرح زیر بوده و اشاره می‌نماید که این تقسیم‌بندی براساس تخلیهٔ نسبی کانال صورت پذیرفته و آن حالتی است که به جهت خروج تمامی دبی از صفحهٔ مشبک، عمق جریان در روی آن به‌صفر نرسد.

نوع ۱ در این حالت جریان در کانال بالادست و نیز در بالای کف مشبک زیر بحرانی بوده (شکل ۷-۷a) و عمق پایاب که همان عمق نرمال Q_2 می‌باشد به عنوان مقطع کنترل عمل می‌نماید.

نوع ۲ جریان در کانال زیر بحرانی است و پس از وارد شدن بر روی کف مشبک بتدریج از عمق آن کاسته شده تا در روی کف به حالت فوق بحرانی تبدیل شده و در این صورت پس از گذشتن از روی آن و از طریق یک پرش هیدرولیکی به حالت اول برمی‌گردد (شکل ۷-۷b). پرش مزبور همچنین می‌تواند بسته به مقدار عمق پایاب (y_t) در روی کف نیز تشکیل شود، در هر حال نقطهٔ کنترل مقطع ۱ بوده که در آن $y_1 \approx y_{c1}$ (y_{c1} = عمق بحرانی مربوط به Q_1) است.



شکل ۷-۷ انواع جریان روی یک کف مشبک

Prozhefa.com

نوع ۳ در این نوع، شیب کانال تند بوده و لذا جریان در بالادست و در روی کف مشبک فوق‌بحرانی خواهد بود. نقطهٔ کنترل مقطع ۱ با $y_1 = y_0$ می‌باشد. (y_0 = عمق نرمال Q_0) (شکل ۷-۷c). در انتهای پایین‌دست کف مشبک، عمق جریان ممکن است از y_2 به y_t از طریق یک جریان متغیر تدریجی (ناحیهٔ S_3) برسد.

برای به‌دست آوردن پروفیل جریان در چنین شرایطی، Mostkow (۱۹۵۷) با در نظر گرفتن فرضیات ذیل، روابط قابل استفاده‌ای را به‌دست آورد. این فرضیات عبارتند از:

۱- کانال منشوری و دارای مقطع مستطیلی است.

۲- ضریب تصحیح انرژی سینتیک مساوی واحد است ($\alpha = 1$).

۳- انرژی مخصوص در طول کف مشبک ثابت می‌باشد.

۴- ارتفاع مؤثر آب در روی کف مشبک که باعث جریان می‌شود تابع نوع شبکه بوده به گونه‌ای که برای شبکه‌هایی که جریان به‌طور عمودی از صفحه خارج می‌شود نظیر شبکه با میله‌های موازی، ارتفاع مؤثر برابر انرژی مخصوص و برای شبکه‌هایی که جریان با زاویه‌ای مشخص از سوراخهای صفحه خارج می‌شود نظیر شبکه‌های ساخته شده از سوراخهای دایروی، معادل ارتفاع آب می‌باشد.

با توجه به فرضیات ۱، ۲ و ۳ معادلهٔ ۷-۲۰ به‌صورت زیر در می‌آید:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Qy\left(-\frac{dQ}{dx}\right)}{gB^2y^3 - Q^2} \qquad (۳۱-۷)$$

الف: کف مشبک با میله‌های موازی که جریان به‌صورت قائم از آن خارج می‌شود:

با توجه به فرض ۴، مقدار شدت جریان خروجی از واحد طول کف مشبک برابر است با ($S_0 = S_f = 0$):

$$\left(-\frac{dQ}{dx}\right) = C_1 \varepsilon B \sqrt{2gE} \qquad (۳۲-۷)$$

جایی‌که C_1 = ضریب شدت جریان برای کف مشبک با میله‌های موازی و ε = نسبت منفذها یعنی نسبت سطح باز به کل سطح کف مشبک، می‌باشد. با توجه به ثابت بودن E، مقدار Q در هر مقطع از رابطهٔ $Q = By\sqrt{2g(E-y)}$ به‌دست می‌آید که چنانچه به همراه رابطهٔ ۷-۳۲ در معادلهٔ ۷-۳۱ گذاشته شود داریم:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2\varepsilon C_1\sqrt{E(E-y)}}{3y - 2E} \qquad (۳۳-۷)$$

و با انتگرال‌گیری:

$$x = -\frac{E}{\varepsilon C_1}\cdot\frac{y}{E}\sqrt{1-\frac{y}{E}} + \text{ثابت انتگرال} \qquad (۳۴-۷)$$

Prozhefa.com

با اعمال شرایط مرزی $y = y_1$ و $x = 0$ خواهیم داشت:

$$x = \frac{E}{\varepsilon C_1}\left(\frac{y_1}{E}\sqrt{1-\frac{y_1}{E}} - \frac{y}{E}\sqrt{1-\frac{y}{E}}\right) \qquad (۳۵-۷)$$

طول لازم برای حالت تخلیهٔ کامل، یعنی موقعی‌که در نقطه‌ای از کف مشبک، عمق جریان (y) مساوی صفر گردد، از رابطهٔ ذیل می‌تواند محاسبه شود:

$$L = \frac{E}{\varepsilon C_1}\left(\frac{y_1}{E}\sqrt{1-\frac{y_1}{E}}\right) = \frac{y_1}{\varepsilon C_1}\sqrt{1-\frac{y_1}{E}} \qquad (۳۶-۷)$$

لازم به ذکر است که با توجه به معادلهٔ ۷-۳۲، مقدار $\frac{dQ}{dx}$ در طول کف مشبک ثابت بوده و لذا کل دبی خارج شده از چنین کفی برابر است با:

$$Q_s = C_1 \varepsilon B L\sqrt{2gE} \qquad (۳۷-۷)$$

ب: کف مشبک با صفحهٔ سوراخدار که جریان با زاویه‌ای مشخص از سوراخهای آن خارج می‌شود:

در این حالت میزان دبی خارج شده از واحد طول و براساس فرض ۴ مساوی است با:

$$-\frac{dQ}{dx} = C_2 \varepsilon B\sqrt{2gy} \qquad (۳۸-۷)$$

که C_2 ضریب شدت جریان برای صفحات سوراخدار است. با اعمال معادلهٔ ۷-۳۸ و رابطهٔ $Q = By\sqrt{2g(E-y)}$ در معادلهٔ ۷-۳۱ و پس از ساده نمودن آن خواهیم داشت:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2\varepsilon C_2\sqrt{y(E-y)}}{3y - 2E} \qquad (۳۹-۷)$$

از معادلهٔ فوق، نخست انتگرال گرفته می‌شود:

$$x = \frac{E}{\varepsilon C_2}\left[0{,}5\cos^{-1}\sqrt{\frac{y}{E}} - 1{,}5\sqrt{\frac{y}{E}\left(1-\frac{y}{E}\right)}\right] + \text{ثابت انتگرال} \qquad (۴۰-۷)$$

که با اعمال شرایط مرزی $x = 0$ و $y = y_1$، معادلهٔ پروفیل جریان متغیر مکانی برای کف‌های مشبک در صورتی‌که جریان به‌صورت مایل از کف خارج شود حاصل می‌گردد:

$$x = \frac{E}{\varepsilon C_2}\left[0{,}5\left(\cos^{-1}\sqrt{\frac{y}{E}} - \cos^{-1}\sqrt{\frac{y_1}{E}}\right) - 1{,}5\left(\sqrt{\frac{y}{E}\left(1-\frac{y}{E}\right)} - \sqrt{\frac{y_1}{E}\left(1-\frac{y_1}{E}\right)}\right)\right]$$

(۴۱-۷)

با استفاده از معادلهٔ ۷-۴۱، طول لازم برای این نوع کف مشبک که به‌تواند تمام دبی را از خود خارج نماید عبارت است از:

Prozhefa.com

$$L=\frac{E}{\varepsilon C_2}\left[1/5\sqrt{\frac{y_1}{E}\left(1-\frac{y_1}{E}\right)}-0/25\sin^{-1}\left(1-\frac{2y_1}{E}\right)+\frac{\pi}{8}\right] \qquad (۴۲-۷)$$

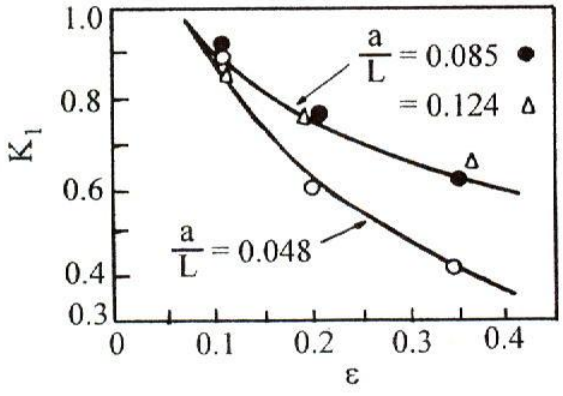
تحقیقات تجربی انجام شده توسط Mostkow (۱۹۵۷) و Sengupta (۱۹۷۱) نشان می‌دهد که معادلات پیشنهادی ۷-۳۲ و ۷-۳۸ برای شرایط مشخص شده کاملاً منطقی بوده و می‌توان با اطمینان کامل در جهت حل مسایل مربوطه از آنها استفاده نمود.

در حالی‌که Mostkow (۱۹۵۷) تغییرات C_1 را از ۰/۴۳۵ تا ۰/۵ برای تغییرات شیب کف مشبک از ۰/۲ تا صفر اعلام می‌دارد، Subramanya و Sengupta (۱۹۸۱) نشان دادند که C_1 تابعی است از Fr_1، نسبت عرض میله‌ها (a) به طول کف مشبک ($\frac{a}{L}$) و نسبت منفذها ($\varepsilon = \frac{\text{سطح فضای خالی}}{\text{سطح کل}}$) که برای حالت زیر بحرانی و در محدودهٔ $0/2 < Fr_1 < 0/85$:

$$\frac{C_1}{K_1} = 1/03 - 0/20 Fr_1 \qquad (۴۳-۷)$$

خواهد بود و مقدار K_1 که تابعی از $\frac{a}{L}$ و ε است در شکل ۷-۸ آورده شده است. شکل ۷-۸ نشان می‌دهد که برای مقادیر $\frac{a}{L} > 0/08$، K_1 تنها تابع ε می‌باشد. همچنین برای حالت فوق بحرانی، می‌توان مقدار C_1 را از شکلهای ۷-۹ و ۷-۱۰ به‌دست آورد. زمانی‌که حالت جریان قبل از رسیدن به کف مشبک زیر بحرانی و روی کف مشبک فوق بحرانی می‌باشد، می‌توان فرض نمود که جریان در هنگام ورود به منطقهٔ کف مشبک بحرانی خواهد بود و لذا $Fr_1 = 1$ و $\frac{C_1}{K_2} = 1$ می‌گردد.

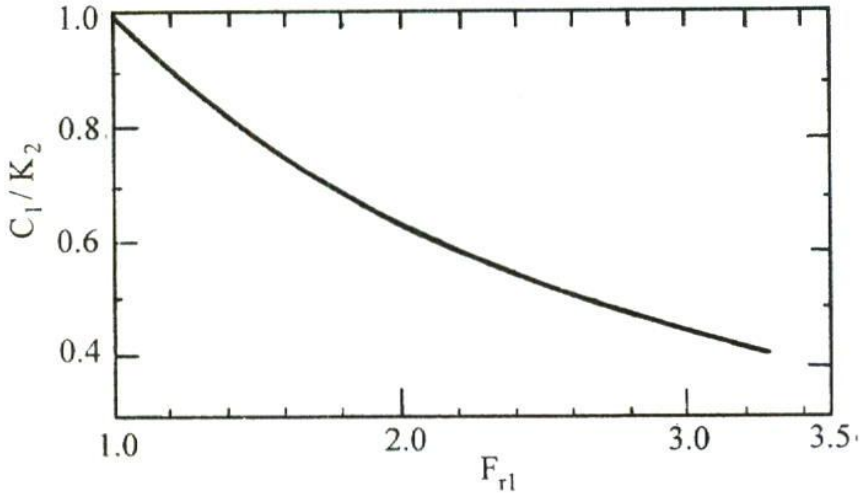
ضریب C_2 در معادلهٔ ۷-۳۸ نیز تابعی از Fr_1، E و همچنین اندازهٔ سوراخها و نحوهٔ قرارگرفتن آنها بوده که متأسفانه مقادیر مشخصی برای آن ارائه نگردیده و تنها Subramanya (۱۹۸۲) اظهار می‌دارد که مقادیر C_2 از مقادیر C_1 مربوطه بیشتر است. Mostkow (۱۹۵۷) مقدار ۰/۷۵ تا ۰/۸ را برای C_2 و براساس تغییر شیب از ۰/۲ تا صفر ارائه می‌نماید.



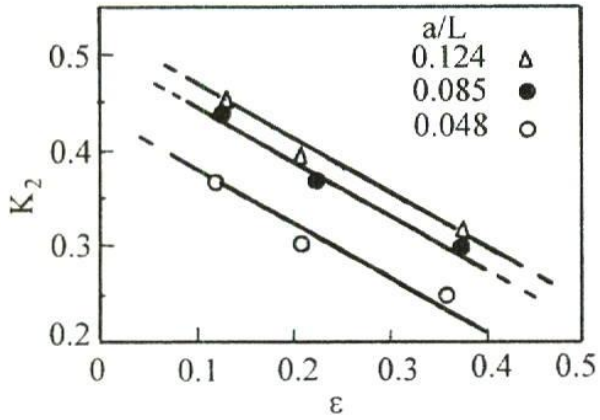
شکل ۷-۸ تغییرات K_1 در معادلهٔ ۷-۴۳ (بعد از Subramanya و همکار)

Prozhefa.com

در هر حال به‌نظر می‌رسد که انحناء خطوط جریان، پخش غیریکنواخت سرعت و نیز شیب کف از عوامل دیگر مؤثر در مقادیر C_1 و C_2 بوده که می‌توانند مورد تحقیقات بیشتر قرار گیرند.



شکل ۷-۹ تغییرات $\frac{C_1}{K_2}$ برحسب Fr_1 در جریانهای فوق بحرانی (بعد از Subramanya و همکار)



شکل ۷-۱۰ تغییرات K_2 برای یافتن C_1 در جریانهای فوق بحرانی (بعد از Subramanya و همکار)

مثال ۷-۵

در قسمتی از یک کانال مستطیلی به عرض ۲ متر و شیب طولی ۰٫۰۰۱ و ضریب مانینگ ۰٫۰۱۴، کف کانال به‌وسیلهٔ صفحات فلزی موازی به عرض ۰٫۱m به گونه‌ای مشبک می‌گردد که نسبت منفذها ۰٫۲ = ε می‌باشد. چنانچه در کانال و در قسمت بالادست کف مشبک، آب با

Prozhefa.com

دبی $۴/۴ m^۳/s$ جریان داشته باشد، تعیین کنید عمق جریان در انتهای قسمت مشبک و طول کف‌مشبک را اگر بخواهیم مقدار $۱ m^۳/s$ آب از کف خارج شود. همچنین معین کنید طول لازم برای کف مشبک را برای آن‌که تمام دبی مذکور از کف خارج شود.

حل:

$$Q_۰ = ۴/۴ m^۳/s \rightarrow y_۰ = ۱/۴۰ m$$

$$Q_۱ = Q_۰ = ۴/۴ m^۳/s$$

$$y_{c۱} = \sqrt[۳]{\frac{(۴/۴)^۲}{۹/۸۱ \times ۲^۲}} = ۰/۷۹ m$$

پس جریان در بالادست کف مشبک زیربحرانی است. فرض می‌گردد جریان از نوع ۱ بوده که در این‌صورت بایستی $y_۱ > y_{c۱}$ باشد. با این فرض، مقطع ۲ بوده و $y_۲$ معادل عمق نرمال مربوط به $Q_۲$ خواهد بود:

$$Q_۲ = Q_۱ - Q_s = ۴/۴ - ۱ = ۳/۴ m^۳/s$$

$$y_{۰۲} = ۱/۱۴۵ m$$

$$E_۲ = ۱/۱۴۵ + \frac{\left(\frac{۳/۴}{۲ \times ۱/۱۴۵}\right)^۲}{۲ \times ۹/۸۱} = ۱/۲۵۷ m = E_۱$$

$$y_۱ + \frac{\left(\frac{۴/۴}{۲y_۱}\right)^۲}{۲ \times ۹/۸۱} = ۱/۱۴۵ \rightarrow y_۱ = ۱/۰۲ m > y_{c۱} = ۰/۷۹ m$$

$$Fr_۱ = ۰/۶۸۲$$

پس فرض جریان نوع ۱ صحیح می‌باشد.

برای تعیین طول کف مشبک می‌توان از معادله ۷-۳۵ و یا رابطه ۷-۳۷ استفاده نمود که در صورت استفاده از رابطه ۷-۳۵ بایستی به‌جای y مقدار $y_۲$ را در نظر گرفت. در تعیین مقدار $C_۱$ فرض می‌گردد $\frac{a}{L} \geq ۰/۰۸۵$ که در این صورت و با توجه به شکل ۷-۸ و رابطه ۷-۴۳ $(۰/۲ < Fr_۱ < ۰/۸۵)$:

$$K_۱ = ۰/۷۶ \rightarrow \frac{C_۱}{۰/۷۶} = ۱/۰۳ - ۰/۲ \times ۰/۶۸۲$$

$$C_۱ = ۰/۶۸$$

Prozhefa.com

از معادلهٔ ۷-۳۵:

$$x=\frac{۱}{\varepsilon C_۱}\left(y_۱\sqrt{۱-\frac{y_۱}{E}}-y_۲\sqrt{۱-\frac{y_۲}{E}}\right)=۰/۷۴\,\mathrm{m}$$

و از رابطهٔ ۷-۳۷:

$$۱=۰/۶۸\times۰/۲\times۲\times L\sqrt{۲\times۹/۸۱\times۱/۲۵۷}\rightarrow L=۰/۷۴\,\mathrm{m}$$

که $\frac{a}{L}=\frac{۰/۱}{۰/۷۴}=۰/۱۳۵>۰/۰۸۵$ و لذا فرض انجام شده صحیح است.

طول لازم برای خارج شدن تمام دبی از کف (رابطهٔ ۷-۳۷):

$$۴/۴=۰/۶۸\times۰/۲\times۲\times L\sqrt{۲\times۹/۸۱\times۱/۲۵۷}\rightarrow L=۳/۲۶\,\mathrm{m}$$

Prozhefa.com

مسایل

۱-۷ ثابت کنید که در مقطع کنترل (محل ایجاد عمق بحرانی) در کانال یک سرریز جانبی بدون اصطکاک، رابطهٔ زیر برقرار است:

$$\frac{S_0^2\, g\, A_c\, T_c}{4\beta\, q^{*2}} = 1$$

۲-۷ یک سرریز جانبی با کانال مستطیلی به طول ۱۰۰m و $b = 5\text{m}$ و $n = 0{,}02$ و $\beta = 1{,}30$ و $S_0 = 0{,}15$ دبی معادل $1{,}75\text{m}^3/\text{s/m}$ را از روی خود عبور می‌دهد. مطلوب است تعیین عمق بحرانی و محل ایجاد آن.

۳-۷ یک کانال مستطیلی به عرض ۳m می‌تواند دبی $3{,}60\text{m}^3/\text{s}$ را در عمق نرمال ۱٫۲m منتقل نماید مطلوب است طرح یک سرریز جانبی به گونه‌ای که بتواند از زمانی که دبی به $2\text{m}^3/\text{s}$ می‌رسد شروع به خارج کردن آب از کانال نموده و در حالتی‌که دبی برابر $3{,}60\text{m}^3/\text{s}$ است، مقدار $0{,}6\text{m}^3/\text{s}$ آن را خارج نماید.

۴-۷ کانال مستطیلی به عرض ۲m جریانی با سرعت $8{,}75\text{m/s}$ و عمق ۱٫۲۵m را از خود عبور می‌دهد، اگر در یکی از دیواره‌های کانال، سرریز کناری به ارتفاع ۰٫۷۵m و طول ۱٫۲m کار گذاشته شده باشد، مقدار دبی خارج شده از کانال بوسیله سرریز را محاسبه نمایید.

۵-۷ یک جریان فوق بحرانی با عدد فرود ۳ و عمق ۱٫۰m در یک کانال مستطیلی به عرض ۳m وجود دارد. در قسمتی از مسیر، کانال دارای کف مشبک به طول ۲٫۵m و نسبت منفذهای $\varepsilon = 0{,}3$ ساخته شده از ۱۵ عدد تسمه می‌باشد. مقدار عمق جریان در انتهای کف مشبک و نیز دبی خارج شده از کانال توسط کف مشبک را محاسبه نمایید.

Prozhefa.com

برنامه کامپیوتری

برنامه حاضر که برای محاسبه عمق جریان و نیمرخ سطح آب در جریانهای متغیر مکانی با افزایش دبی نوشته شده است؛ قادر است تا با استفاده از روش Hinds و با داشتن مقادیر q^* α β S_0 و z (نسبت افقی شیب کناره‌های مقطع کانال اگر نسبت قائم ۱ باشد)، n (ضریب مانینگ)، B (عرض کف کانال)، L (طول کانال یا طول سرریز جانبی) و z_0 (رقوم کف کانال در ابتدای آن در بالادست) و تعیین مقدار Δx، نخست موقعیت مقطع بحرانی و میزان y_c را تعیین نموده و سپس برای دو قسمت جریان زیر بحرانی و فوق بحرانی، مقادیر عمق جریان را محاسبه و در صورت تمایل، نیمرخ سطح آب را رسم نماید.

این برنامه به زبان کوئیک بیسیک نوشته شده و میزان دقت نتایج در روش آزمون و خطای انتخابی، می‌تواند تا هر میزان دلخواه افزایش یابد.

```
SCREEN 9: COLOR 14, 9

'____ COMPUTER PROGRAM FOR SOLVING SVF PROBLEMS WITH INCREASING DISCHARGE ____
'_____________________ BY HINDS METHODE _____________________
PRINT "   WATER LEVEL PROFILE FOR SVF PROBLEMS WITH INCREASING DISCHARGE"
 PRINT "  ____________________________________________________"
 INPUT "ENTER 1 FOR CONTINUE  "; E
 IF E <> 1 THEN 13
 INPUT "QX:RATE OF DISCHARGE PER UNIT LENGTH (M^3/S/M)=        "; QX
 INPUT "ALFA  AND BETA=                                       "; ALFA. BETA
 INPUT "BED SLOPE(M/M) AND SIDE SLOPE(H/V)=                   "; S0, Z
 INPUT "MANNING COEFFICIENT AND BOTTOM WIDTH(M)=              "; N, B
INPUT "LENGTH OF WEIR(M) AND ELEVATION OF THE FIRST STATION(M)="; L, h(Z0)
1 Q = 4 * B * QX ^ 2
2 Y = .001: K = (ALFA * Q ^ 2) / 9.81
 DO
 M = (B * Y + Z * Y ^ 2) ^ 3 / (B + 2 * Z * Y)
 Y = Y + .001
 LOOP UNTIL (K - M) < .0001
 YC = Y - .001: T = B + 2 * Z * YC: P = (SQR(1 + Z ^ 2) * 2 * YC) + B
 A = B * YC + Z * YC ^ 2: R = A / P
 x = (8 * BETA * QX ^ 2) / (9.81 * T ^ 2 * (S0 - (N ^ 2 * 9.81 * P) / (BETA * T * R ^ .333)) ^ 3)
 QC = QX * x
 IF ABS(Q - QC) < .05 GOTO 3
```

Prozhefa.com


```
  Q = QC: GOTO 2
3 PRINT "_____"
  PRINT "XC="; x, "YC="; YC, "QC="; QC,
PRINT "_____"
  DIM x(120), Y(120), Z(120), Z0(120), A(120), P(120), R(120), Q(120), V(120)
  DIM SF(120), DELYP0(120), DELYP1(120), DELYM(120), u(120), c(120), d(120)
  x = CLNG(x)
  IF W = 1 GOTO 20
  PRINT ""
  INPUT "  NUMBER OF STEPS IN THE UPSTREAM="; H1
  I = 2
20 Y(I) = YC:  x(I) = x:  Z0(I) = h(Z0) - (x(I) * S0): Z(I) = Z0(I) + Y(I)
  A(I) = A:  P(I) = P:  R(I) = R
  Q(I) = QX * x(I): V(I) = Q(I) / A(I): SF(I) = (N * V(I)) ^ 2 / (R(I) ^ 1.333)
  h = H1 + 1
  IF W = 1 GOTO 4
  u(h) = x(I): c(h) = Z0(I): d(h) = Z(I)
  PRINT ""
  PRINT "  _____"
  PRINT "  CALCULATING THE WATER LEVEL PROFILE FOR SUBCRITICAL SECTIONS "
  PRINT "  _____"
4 PRINT "QX="; QX, "ALFA="; ALFA, "BETA="; BETA, "S0="; S0
  PRINT "Z="; Z, "N="; N, "B="; B, "L="; L, "H(Z0)="; h(Z0)
  PRINT "_____"
  PRINT "  X(I)        Z0(I)        Y(I)        Q(I)        DELYP1(I)"
  PRINT "_____"
  PRINT x(I), Z0(I), Y(I), Q(I), DELYP1(I)
  IF W = 1 GOTO 9
5 INPUT " DELTAX="; DELTAX
6 I = I - 1
  x(I) = x(I + 1) - DELTAX
  IF x(I) <= .001 GOTO 8
  Z0(I) = h(Z0) - (x(I) * S0): Y(I) = Y(I + 1) - .0001
  DO
  Y(I) = Y(I) - .001
  Z(I) = Z0(I) + Y(I): DELYP0(I) = ABS(Z(I) - Z(I + 1))
  A(I) = B * Y(I) + Z * Y(I) ^ 2: Q(I) = QX * x(I): V(I) = Q(I) / A(I)
  SIGMAQ = Q(I) + Q(I + 1): SIGMAV = V(I) + V(I + 1)
  DELTAQ = Q(I + 1) - Q(I): DELTAV = V(I + 1) - V(I)
  DELYM(I) = (BETA * (Q(I) * SIGMAV) / (9.81 * SIGMAQ)) * (DELTAV + (V(I + 1) * DELTAQ / Q(I)))
  P(I) = B + SQR(1 + Z ^ 2) * 2 * Y(I): R(I) = A(I) / P(I)
```

Prozhefa.com


```
  SF(I) = (N * V(I)) ^ 2 / (R(I) ^ 1.333): SF(AV) = (SF(I) + SF(I + 1)) / 2
  DELYP1(I) = DELYM(I) + DELTAX * SF(AV)
  LOOP UNTIL ABS(DELYP0(I) - DELYP1(I)) < .001
7 PRINT x(I), Z0(I), Y(I), Q(I), DELYP1(I)
  h = h - 1: u(h) = x(I): c(h) = Z0(I): d(h) = Z(I)
  x(I + 1) = x(I): Z(I + 1) = Z(I): V(I + 1) = V(I): Q(I + 1) = Q(I)
  SF(I + 1) = SF(I)
  I = I + 1: GOTO 5
8 Z0(I) = h(Z0): DELYP1(I) = (V(I + 1) ^ 2 / 9.81): Z(I) = Z(I + 1) + DELYP1(I)
  Y(I) = Z(I) - Z0(I): x(I) = 0
  PRINT x(I), Z0(I), Y(I), (Q(I) + Q(I - 1)) / 2, DELYP1(I)
  h = h - 1: u(h) = x(I): c(h) = Z0(I): d(h) = Z(I)
  PRINT ""
  INPUT "  IF YOU WANT TO CONTINUE ENTER 1"; Y
  IF Y <> 1 GOTO 13
  CLS
  PRINT "          _____________________________________________________"
  PRINT "       CALCULATING THE WATER LEVEL PROFILE FOR SUPERCRITICAL SECTIONS"
  PRINT "          _____________________________________________________"
  DELYP1(I) = 0: I = 1: W = 1: GOTO 1
9 INPUT "DELTAX=  "; DELTAX
10 I = I + 1
  x(I) = x(I - 1) + DELTAX
  Z0(I) = h(Z0) - (x(I) * S0): Y(I) = Y(I - 1) + .0001
  DO
  Y(I) = Y(I) + .001
  Z(I) = Z0(I) + Y(I): DELYP0(I) = Z(I - 1) - Z(I)
  A(I) = B * Y(I) + Z * Y(I) ^ 2: Q(I) = QX * x(I): V(I) = Q(I) / A(I)
  SIGMAQ = Q(I) + Q(I - 1): SIGMAV = V(I) + V(I - 1)
  DELTAQ = Q(I) - Q(I - 1): DELTAV = V(I) - V(I - 1)
  DELYM(I) = (BETA * (Q(I - 1) * SIGMAV) / (9.81 * SIGMAQ)) * (DELTAV + (V(I) * DELTAQ / Q(I - 1)))
  P(I) = B + SQR(1 + Z ^ 2) * 2 * Y(I)
  R(I) = A(I) / P(I): SF(I) = (N * V(I)) ^ 2 / (R(I) ^ 1.333)
  SF(AV) = (SF(I) + SF(I - 1)) / 2
  DELYP1(I) = DELYM(I) + DELTAX * SF(AV)
  LOOP UNTIL ABS(DELYP1(I) - DELYP0(I)) < .02
11 PRINT x(I), Z0(I), Y(I), Q(I), DELYP1(I)
  h = h + 1
  u(h) = x(I): c(h) = Z0(I): d(h) = Z(I)
  IF x(I) >= L GOTO 12
  x(I - 1) = x(I): Z(I - 1) = Z(I): V(I - 1) = V(I): Q(I - 1) = Q(I)
```

Prozhefa.com


```
  SF(I - 1) = SF(I): I = I - 1
  GOTO 9
  PRINT ""
12 INPUT "IF YOU WANT TO CONTINUE ENTER 1"; S
  IF S <> 1 GOTO 13
  CLS
   LOCATE 2, 20
   PRINT "  WATER LEVEL PROFILE IN THE CHANNEL"
   '
   ------------------------------
   FOR h = 1 TO h - 1
   LINE (u(h) * 5, 150 - c(h))-(u(h + 1) * 5, 150 - c(h + 1))
   LINE (u(h) * 5, 100 - d(h))-(u(h + 1) * 5, 100 - d(h + 1))
   NEXT h
   LINE (U1 * 5, 70 - C1)-(u(h) * 5, 70 - c(h))
   LINE (u(h) * 5, 70 - c(h))-(u(h) * 5, 40 - c(h))
   LINE (U1 * 5, 130 - C1)-(U1 * 5, 50 - D1)
13 END
```

Prozhefa.com

بخش ۳

هیدرولیک سازه‌های مرتبط با جریانهای آزاد

Prozhefa.com

Prozhefa.com

فصل ۸

سرریزها

جلیل ابریشمی - سیدمحمود حسینی

مقدمه

طبق تعریف، هر مانعی که بر سر راه جریان در کانال قرار گیرد و باعث شود تا آب در پشت آن بالا آمده و بر سرعت آب در ضمن عبور از روی آن افزوده شود، سرریز (Weir) نامیده می‌شود.

از آن‌جاکه سرریزها در کارهای عملی مهندسی عمران مورد استفادهٔ فراوانی دارند، بررسی و مطالعه آنها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. جریان آب روی سرریز سدها، مطالعهٔ مقاطع جاده در مواقعی که کالورت‌ها تحت تأثیر جریان سیلاب قرار گرفته‌اند، سرریزهای به کار گرفته شده در شبکه‌های آبرسانی و فاضلاب جهت تخلیه و یا پخش، و... از جمله مواردی هستند که یک مهندس طراح با آنها در تماس می‌باشد. از طرفی اندازه گیری شدت جریان در کانالهای باز از موارد مهم کاربرد سرریزها می‌باشد.

۸-۱ انواع سرریزها (Types of Weirs)

سرریزها را برحسب شکل تاج و این‌که آیا تمام یا قسمتی از عرض کانال را گرفته‌اند، تقسیم‌بندی می‌نمایند. در معمولترین تقسیم‌بندی‌ها، سرریزها به دو گروه «سرریزهای لبه تیز» و «سرریزهای لبه پهن» تقسیم می‌شوند. همچنین سرریزها می‌توانند به شکلهای مستطیلی، مثلثی، ذوزنقه‌ای و سهموی ساخته شوند.

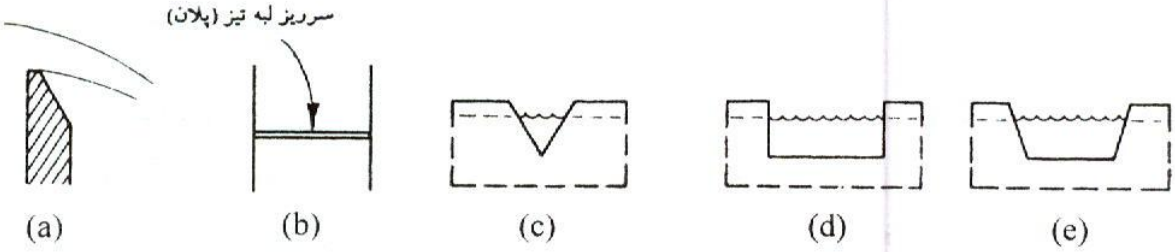
۸-۲ سرریزهای لبه تیز (Sharp Crested Weirs)

این نوع سرریزها عموماً از یک صفحهٔ قائم کارگذاشته شده در مسیر جریان تشکیل شده که دارای لبه و تاجی نسبتاً تیز در بالا (محلی که آب از روی آن عبور می‌کند) می‌باشد. سرریزهای لبه تیز

Prozhefa.com

علاوه براین‌که به عنوان یک وسیلهٔ اندازه گیری دبی در کانال باز، مورد استفاده قرار می‌گیرند، به عنوان یک سرریز که باعث افزایش ارتفاع و حجم آب در بالادست شده و آب از روی آن می‌گذرد (Overflow Spillway) نیز به کار می‌روند و از آن‌جا که تئوری هیدرولیکی مربوط به این سرریزها به عنوان پایه و اساس محاسبات و طراحی سرریزهای لبه پهن (سرریز سدها) به کار می‌رود، از اهمیت خاصی برخوردارند.

یک سرریز لبه تیز می‌تواند تمام عرض کانال را فراگیرد که در این‌صورت سرریز لبه تیز هم عرض (Suppressed Weir) نامیده شده (شکل ۸b-۱) و یا ممکن است عرض کانال را جهت عبور آب در بالای خود کاهش داده که در این‌حالت به سرریز لبه تیز کوچک شده (Contracted Weir) موسومند (شکل e و d و ۸c-۱). این سرریزها با مصالح بنائی، فلزی و یا چوبی ساخته می‌شوند.



شکل ۸-۱ سرریز لبه تیز، (a) مقطع، (b) پلان سرریز لبه تیز هم عرض، (c)، (d)، (e) سرریز لبه تیز کوچک شده

۸-۲-۱ هیدرولیک سرریزهای لبه تیز

جریان آب از روی سرریزهای لبه تیز به گونه‌ای است که حتی مقدار کم جریان باعث پرتاب آب از روی آن شده و در این‌حالت قسمت پایین‌دست بدنهٔ سرریز، واضح و نمایان خواهد بود. در این شرایط مقداری هوا در زیر حجم جریان وجود دارد که به‌صورت مداوم و همراه جریان آب، حرکت می‌نماید. در عمل لازم است تا طراحی سرریز لبه تیز طوری صورت گیرد که فشار هوای مزبور ثابت نگهداشته شده و لذا جریان دارای خصوصیات جابه‌جایی نامطلوب نگردد زیرا:

۱- باکاهش فشار هوا در زیر حجم جریان، انحناء جت در حال عبور از روی سرریز افزایش یافته و مقدار ضریب شدت جریان نیز افزایش می‌یابد.

۲- اگر تهیهٔ هوای لازم برای حجم زیر جریان به‌صورت غیرمنظم صورت پذیرد، جت ایجاد شده نیز نوسان و ارتعاش خواهد داشت و جریان روی سرریز غیردائمی (Unsteady) خواهد شد. در این‌صورت چنانچه نوسانات تهیهٔ غیرمنظم هوا، و جت، و سازهٔ سرریز، تقریباً مساوی گردند، ارتعاشات جت می‌تواند باعث خرابی سرریز گردد.

Prozhefa.com

طبق محاسبات تجربی Bos (۱۹۷۶) و به‌منظور هوادهی کامل، حداکثر هوای مورد نیاز برای واحد عرض تاج سرریز از معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$q_{air} = ۰/۱ \left[\frac{q}{\left(\frac{y_p}{H_d}\right)^{۱/۵}} \right] \qquad (۱-۸)$$

که در این معادله:

q_{air} = شدت جریان هوای مورد نیاز در واحد عرض سرریز برای هوادهی کامل

H_d = فاصلهٔ تاج تا بالاترین تراز آب پشت سرریز (حدوداً در فاصلهٔ $۴H_d$ در بالادست سرریز)

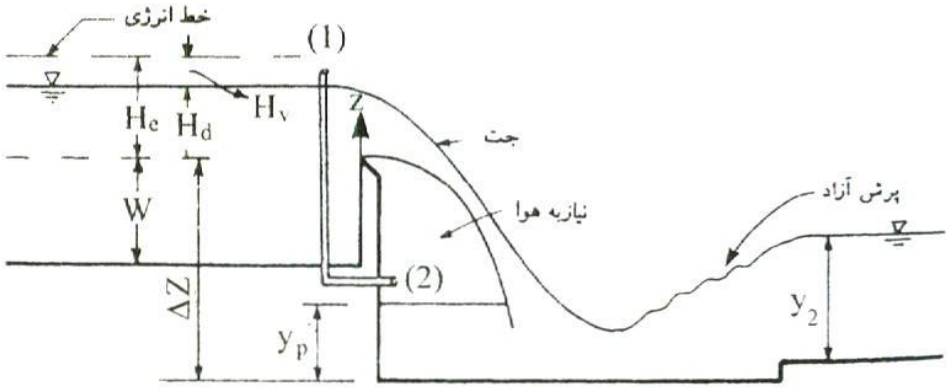
q = شدت جریان آب در واحد عرض سرریز

y_p = عمق آب در استخر زیر جت

Bos (۱۹۷۶) در ضمن ارائهٔ این معادله، اضافه می‌نماید که اگر در پایین‌دست سرریز، یک پرش هیدرولیکی آزاد صورت گیرد، در این صورت:

$$y_p = \Delta Z \left(\frac{q^۲}{g \Delta Z^۳} \right)^{۰/۲۲} \qquad (۲-۸)$$

و چنانچه پرش مستغرق به‌وجود آید، $y_۲ = y_p$ خواهد بود (شکل ۸-۲).



شکل ۸-۲ شمای جریان آب از روی یک سرریز لبه تیز

لازم به اشاره است که برای تأمین هوای مورد نیاز از یک لوله فولادی مطابق شکل فوق استفاده می‌شود که برای تعیین قطر آن از نوشتن معادلهٔ انرژی بین دو مقطع ۱ و ۲ با در نظرگرفتن کلیهٔ افت انرژی‌ها کمک گرفته می‌شود.

Prozhefa.com

مثال ۸-۱

اگر در شکل ۸-۲، $H_d = ۰/۶\text{m}$ ، $q = ۰/۸۶\text{m}^۳/\text{s/m}$ و $y_p = ۰/۹\text{m}$ باشد کل هوای لازم برای هوادهی کامل سرریز لبهٔ تیزی به عرض $۶/۵\text{m}$ را محاسبه کنید.

حل:

با استفاده از معادلهٔ ۸-۱، داریم:

$$q_{air} = ۰/۱ \left[\frac{q}{\left(\frac{y_p}{H_d}\right)^{۱/۵}} \right] = ۰/۱ \left[\frac{۰/۸۶}{\left(\frac{۰/۹}{۰/۶۰}\right)^{۱/۵}} \right] = ۰/۰۴۷\text{m}^۳/\text{s/m}$$

$$Q = ۰/۰۴۷ \times ۶/۵ = ۰/۳\text{m}^۳/\text{s}$$

۸-۲-۲ سرریز لبه تیز مستطیلی (Rectangular Sharp - crested Weir)

۸-۲-۲-۱ سرریز لبه‌تیز مستطیلی هم عرض کانال ساده‌ترین انواع سرریزهای لبه تیز، سرریز مستطیلی هم عرض کانال است که در داخل یک کانال مستطیلی قرار گرفته و لذا یک جریان دو بعدی در روی سرریز وجود دارد. برای محاسبهٔ دبی جاری شده از روی این سرریزها و به‌طور کلی سرریزهای لبه‌تیز، مفهوم عمق بحرانی در روی سرریز قابل استفاده نبوده، بلکه برای این منظور فرض می‌گردد:

۱- ارتفاع آب در روی سرریز همان H_d باقی مانده و انقباض و کاهش عمقی وجود ندارد

۲- سرعت آب در روی سرریز، تقریباً افقی است.

۳- فشار در تمام مقطع AB (شکل ۸-۳) همان فشار اتمسفریک باشد (در این حالت فرض می‌گردد که سرریز نظیر یک روزنه عمل می‌نماید).

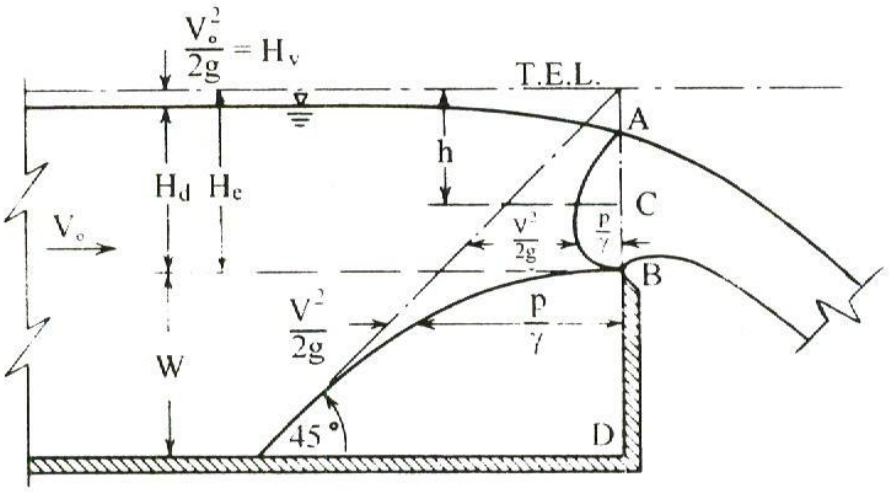
با توجه به فرضیات فوق و نوشتن رابطهٔ $h = \frac{V^۲}{۲g}$ در نقطهٔ نظیر C در مقطع AB، خواهیم داشت:

$$V = \sqrt{۲gh} \qquad (۸-۳)$$

و لذا مقدار دبی جاری شده از روی سرریز، برابر خواهد شد با:

$$Q = Lq = L \int_{H_V}^{H_e} V.dh = L.\sqrt{۲g} \int_{H_V}^{H_e} h^{۱/۲}.dh = \frac{۲}{۳}\sqrt{۲g}\, L \left[H_e^{۳/۲} - H_V^{۳/۲} \right] \qquad (۸-۴)$$

Prozhefa.com



شکل ۸-۳ جریان از روی سرریز لبه تیز

با توجه به فرضیات در نظر گرفته شده، در عمل مقدار دبی سرریز از مقدار فوق کمتر بوده، بستگی به شکل سرریز و نیز انحناء خطوط جریان روی سرریز دارد که با معرفی ضریب C_d به‌عنوان ضریب شدت جریان، معادله به‌صورت زیر تصحیح می‌گردد:

$$Q = \frac{۲}{۳}\sqrt{۲g}\, C_d . L . H_d^{۳/۲} = C L H_d^{۳/۲} \qquad (۵-۸)$$

$$C = \frac{۲}{۳}\sqrt{۲g}\, C_d \qquad \left[\frac{L^{۱/۲}}{T}\right] \qquad (۶-۸)$$

تغییرات C_d که تابعی است از $\frac{H_d}{w}$، به‌وسیلهٔ معادلهٔ *Rehbock* به‌صورت زیر داده می‌شود:

$$C_d = ۰/۶۱۱ + ۰/۰۸ \frac{H_d}{w} \qquad (۷-۸)$$

که برای مقادیر $\frac{H_d}{w} \leq ۵$ قابل استفاده می‌باشد.

از بررسی رابطهٔ ۸-۷ ملاحظه می‌شود که چنانچه مقدار w بسیار زیاد باشد، C_d مساوی ۰/۶۱۱ و برابر مقدار عددی $\frac{\pi}{(\pi + ۲)}$ می‌گردد که این عدد به عنوان ضریب انقباض یک جت آبی بدون افت انرژی که تحت تأثیر شتاب ثقل قرار نگرفته و از یک سوراخ مستطیلی در یک تانک بزرگ خارج شود، در قرن ۱۹ میلادی توسط Kirchoff معرفی گردید.

در صورتی‌که $۱۰ < \frac{H_d}{w} > ۵$ باشد، مقدار C_d بتدریج از مقدار به‌دست آمده از معادلهٔ فوق فاصله گرفته و در $\frac{H_d}{w} = ۱۰$ برابر ۱/۱۳۵ می‌گردد. برای مقادیر $۲۰ > \frac{H_d}{w} > ۱۰$، متأسفانه هنوز تحقیقات کاملی در این زمینه صورت نگرفته و در صورتی‌که $\frac{H_d}{w} > ۲۰$ باشد، سرریز به‌صورت یک آب پایه (Sill) که در انتهای یک کانال افقی قرار دارد عمل نموده و تجربتاً ثابت شده است که در چنین حالتی جریان در بالادست سرریز (یا آب پایه) بحرانی شده و لذا می‌توان نوشت:

Prozhefa.com

$$y_c = (H_d + w) = \left(\frac{Q^2}{gb^2}\right)^{1/3} \qquad (۸-۸)$$

$$Q = b\sqrt{g}\,(H_d + w)^{3/2} \qquad (۸-۹)$$

از طرفی با توجه به معادلهٔ ۸-۵، و این‌که $b = L$ است داریم:

$$\sqrt{g}\,(H_d + w)^{3/2} = \frac{2}{3}\sqrt{2g}.C_d.H_d^{3/2} \qquad (۸-۱۰)$$

و لذا در این‌حالت مقدار C_d از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$C_d = ۱/۰۶\left(۱ + \frac{w}{H_d}\right)^{3/2} \qquad (۸-۱۱)$$

مثال ۸-۲

در شکل ۸-۳، اگر $w = ۰/۵\,\text{m}$، $H_d = ۰/۲۵\,\text{m}$ و $b = L = ۲/۵\,\text{m}$ باشد، مقدار دبی را محاسبه کنید.

حل:

$$\frac{H_d}{w} = \frac{۰/۲۵}{۰/۵} = ۰/۵$$

لذا:

$$C_d = ۰/۶۱۱ + ۰/۰۸\frac{H_d}{w} = ۰/۶۱۱ + ۰/۰۸ \times ۰/۵ = ۰/۶۵۱$$

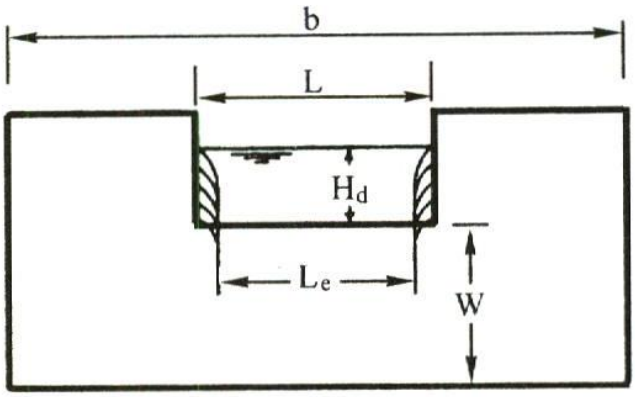
$$Q = \frac{2}{3}\sqrt{2g}.C_d.L.H_d^{3/2} = \frac{2}{3} \times \sqrt{2 \times ۹/۸۱} \times ۰/۶۵۱ \times ۲/۵(۰/۲۵)^{3/2} = ۰/۶۰۱\,\text{m}^3/\text{s}$$

۸-۲-۲-۲ سرریزهای لبه تیز مستطیلی کوچک شده در سرریزهای لبه تیز مستطیلی که دارای عرضی کمتر از عرض کانال می‌باشند، به جهت وجود جریان سه بعدی (شکل ۸-۴)، طول مؤثر سرریز که امکان عبور آب را میسر می‌سازد (L_e) از طول اجرایی آن کمتر بوده که می‌بایست در معادلهٔ مربوطه اعمال گردد. به عبارت دیگر، در این‌حالت، علاوه بر انقباض ایجاد شده در عمق جریان، بایستی انقباض حاصله به‌وسیلهٔ کناره‌های سرریز را نیز در نظر گرفت.

از جمله معادلات مشهوری که بدین‌منظور به کار می‌رود معادلهٔ Francis بوده که به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$L_e = L - ۰/۲\,H_d \qquad (۸-۱۲)$$

Prozhefa.com



شکل ۸-۴ سرریز لبه تیز مستطیلی کوچک شده

همچنین ضریب شدت جریان در چنین حالتی، علاوه بر آنکه با تغییرات $\frac{H_d}{w}$ تغییر می‌کند، تابع $\frac{L}{b}$ نیز خواهد بود. Kindsvater و Carter (۱۹۵۷) برای چنین سرریزهایی معادلهٔ ۸-۴ را به‌صورت زیر تصحیح و پیشنهاد نمودند:

$$Q=\frac{۲}{۳}C_{de}\sqrt{۲g}\,.L_e\,.H_{de}^{۳/۲} \qquad (۱۳-۸)$$

در معادلهٔ فوق:

$$L_e = \text{طول مؤثر} = L + K_L$$

$$H_{de} = \text{ارتفاع مؤثر} = H_d + K_H$$

$$C_{de} = \text{ضریب شدت جریان مؤثر} = K_۱ + K_۲\left(\frac{H_d}{w}\right)$$

که مقادیر $K_۱$ ، $K_۲$ ، K_L ، K_H برحسب تغییرات $\frac{L}{b}$ در جدول زیر آورده شده‌اند:

جدول ۸-۱ مقادیر عوامل مؤثر در معادلهٔ ۸-۱۳

L/b	K_L(m)	K_H(m)	$K_۱$	$K_۲$
۱٫۰	−۰٫۰۰۰۹	۰٫۰۰۱	۰٫۶۰۲	+۰٫۰۷۵۰
۰٫۹	۰٫۰۰۳۷	۰٫۰۰۱	۰٫۵۹۹	+۰٫۰۶۴۰
۰٫۸	۰٫۰۰۴۳	۰٫۰۰۱	۰٫۵۹۷	+۰٫۰۴۵۰
۰٫۷	۰٫۰۰۴۱	۰٫۰۰۱	۰٫۵۹۵	+۰٫۰۳۰۰
۰٫۶	۰٫۰۰۳۷	۰٫۰۰۱	۰٫۵۹۳	+۰٫۰۱۸۰
۰٫۵	۰٫۰۰۳۰	۰٫۰۰۱	۰٫۵۹۲	+۰٫۰۱۱۰
۰٫۴	۰٫۰۰۲۷	۰٫۰۰۱	۰٫۵۹۱	+۰٫۰۰۵۸۰
۰٫۳	۰٫۰۰۲۵	۰٫۰۰۱	۰٫۵۹۰	+۰٫۰۰۲۰
۰٫۲	۰٫۰۰۲۴	۰٫۰۰۱	۰٫۵۸۹	−۰٫۰۰۱۸
۰٫۱	۰٫۰۰۲۴	۰٫۰۰۱	۰٫۵۸۸	−۰٫۰۰۲۱

Prozhefa.com

اضافه می‌نماید که براساس تجربیات به‌دست آمده، معادلهٔ ۸-۱۳، در محدوده $\frac{H_d}{w} < ۲$ و $H_d > ۰/۰۳\text{m}$ ، $L > ۰/۱۵\text{m}$ و $w > ۰/۱\text{m}$ صادق است.

مثال ۸-۳

در یک کانال مستطیلی به عرض ۲m، آبی به شدت جریان $۰/۳۵\text{m}^3/\text{s}$ جاری می‌باشد. در قسمتی از مسیر، یک سرریز لبه تیز مستطیلی به عرض ۱/۵m و ارتفاع ۰/۶m کارگذاشته شده است. معین کنید مقدار عمق جریان در بالادست سرریز را.

حل:

$$\frac{L}{b} = \frac{۱/۵}{۲} = ۰/۷۵$$

از جدول $\rightarrow K_L = ۰/۰۰۴۲ \; , \; K_H = ۰/۰۰۱ \; , \; K_۱ = ۰/۵۹۶ \; , \; K_۲ = ۰/۰۳۷۵$

$$L_e = L + K_L = ۱/۵ + ۰/۰۰۴۲ = ۱/۵۰۴۲\text{m}$$

برای تعیین H_d و با استفاده از روش آزمون و خطا، نخست $C_{de} = ۰/۶۰$ فرض می‌گردد. با به کارگیری معادلهٔ ۸-۱۳:

$$H_{de}^{۱/۵} = ۰/۳۵۰ \div \left(\frac{۲}{۳} \times ۰/۶۰ \times \sqrt{۱۹/۶۲} \times ۱/۵۰۴۲ \right) = ۰/۱۳۱۳۳$$

$$H_{de} = ۰/۲۵۸۴\text{m}$$

$$H_d = ۰/۲۵۸۴ - ۰/۰۰۱ = ۰/۲۵۷۴\text{m}$$

$$\frac{H_d}{w} = \frac{۰/۲۵۷۴}{۰/۶} = ۰/۴۲۹$$

$$C_{de} = ۰/۵۹۶ + (۰/۰۳۷۵ \times ۰/۴۲۹) = ۰/۶۱۲$$

در مرحلهٔ دوم $C_{de} = ۰/۶۱۲$ در نظر گرفته می‌شود:

$$H_{de}^{۱/۵} = \frac{۰/۱۳۱۳۳}{۰/۶۱۲} \times ۰/۶۰ = ۰/۱۲۸۷۵۵$$

$$H_{de} = ۰/۲۵۵\text{m}$$

$$H_d = ۰/۲۵۴\text{m}$$

$$\frac{H_d}{w} = ۰/۴۲۳۳$$

$$C_{de} = ۰/۶۱۲$$

و لذا مقدار نهایی H_d برابر ۰/۲۵۴m و $C_{de} = ۰/۶۱۲$ بوده و تراز آب نسبت به کف کانال در بالادست سرریز معادل ۰/۸۵۴m خواهد بود.

البته می‌توان معادلهٔ ۸-۱۳ را به‌صورت زیر نوشت:

Prozhefa.com

$$Q=\frac{۲}{۳}\sqrt{۲g}\,(L+K_L)\left[K_۱+K_۲\left(\frac{H_d}{w}\right)\right](H_d+K_H)^{۱/۵}$$

$$۰/۳۵=\frac{۲}{۳}\sqrt{۲\times ۹/۸۱}(۱/۵+۰/۰۰۴۲)\left(۰/۵۹۶+۰/۰۳۷۵\frac{H_d}{۰/۶}\right)(H_d+۰/۰۰۱)^{۱/۵}$$

در معادلهٔ فوق، تنها H_d مجهول است که با استفاده از روش آزمون و خطا:

$H_d = ۰/۲۵۴\text{m}$

$H_d + w = ۰/۸۵۴\text{m}$

چنانچه بخواهیم از معادلهٔ $Q=\frac{۲}{۳}\sqrt{۲g}\,C_d L_e H_d^{۱/۵}$ استفاده نمائیم، خواهیم داشت:

$$L_e = L - ۰/۲\,H_d$$

$$C_d = ۰/۶۱۱ + ۰/۰۸\,\frac{H_d}{w}$$

$$۰/۳۵=\frac{۲}{۳}\sqrt{۲\times ۹/۸۱}\left(۰/۶۱۱+۰/۰۸\frac{H_d}{۰/۶}\right)(۱/۵-۰/۲H_d)H_d^{۱/۵}$$

$H_d = ۰/۲۵۳\text{m}$

که تغییری با جواب قبلی نداشته، امکان استفاده از این معادله سهل تر است.

۸-۲-۳ سرریز لبه تیز مثلثی (Triangular Weir)

سرریزهای لبه تیز مثلثی که به‌صورت متقارن در یک صفحهٔ نازک و عمود برکناره‌ها و کف کانال قرار می‌گیرند، به جهت دارا بودن سطح مقطع نسبتاً کوچکتر، در دبی‌های کم، حساسیت بیشتری نسبت به تغییر ارتفاع داشته و لذا در اندازه گیری دبی‌های کم، در مقایسه با سرریزهای مستطیلی از دقت بیشتری برخوردارند. بنابراین به‌منظور انجام اندازه گیریهای حساس و دبی‌های کم و کارهای آزمایشگاهی، بیشتر از سرریزهای مثلثی که به سرریزهای V شکل نیز موسومند، استفاده می‌گردد.

معادلهٔ دبی این نوع سرریزها که از طریق تحلیلی و با انتگرال‌گیری روی جزء نشان داده شده در شکل ۸-۵ و با همان فرضیات در نظر گرفته شده روی سرریزهای مستطیلی، به‌دست می‌آید، به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

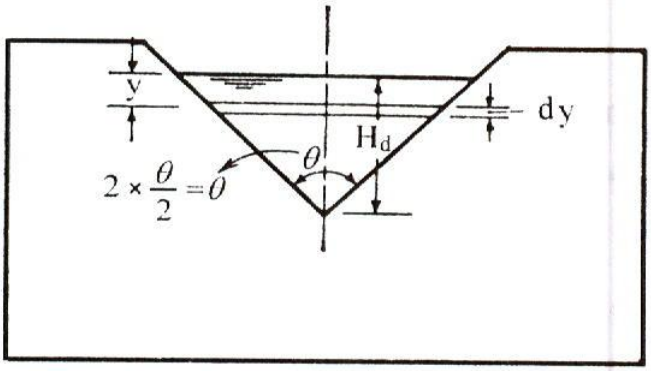
$$Q=\frac{۸}{۱۵}\sqrt{۲g}\left(\tan\frac{\theta}{۲}\right)H_d^{۵/۲} \qquad (۱۴-۸)$$

که در آن از انرژی حرکتی $(\frac{V_۰^۲}{۲g})$ صرفنظر گردیده است. اما مقدار حقیقی دبی از آنچه که از معادلهٔ فوق به‌دست می‌آید کمتر بوده و لذا Bos (۱۹۷۶) جهت تعدیل آن، معادلهٔ زیر را پیشنهاد می‌نماید:

Prozhefa.com

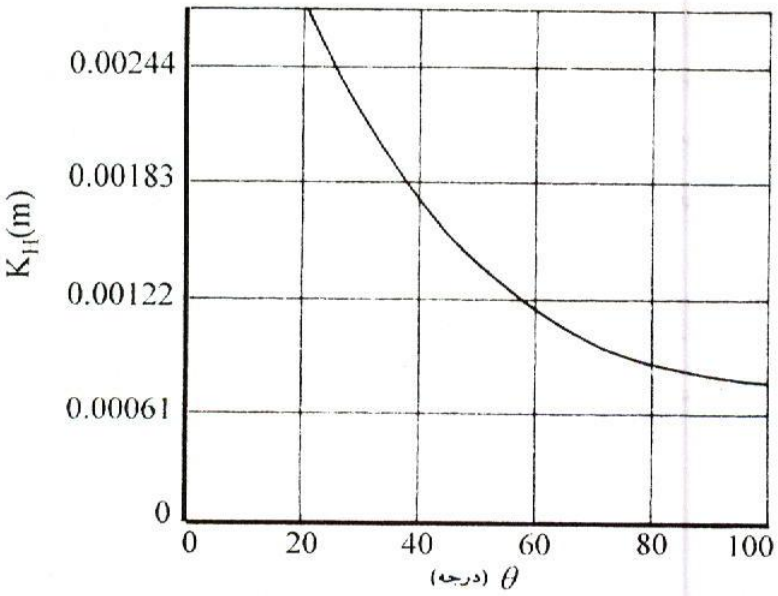
$$Q = \frac{۸}{۱۵}\sqrt{۲g}\, C_{de} \left(\tan\frac{\theta}{۲}\right) . H_{de}^{۵/۲} \qquad (۱۵-۸)$$

که $H_{de} = H_d + K_H$ می‌باشد. مقدار K_H در نمودار شکل ۸-۶ آورده شده و مقدار C_{de} یا ضریب شدت جریان راکه تابعی از زاویهٔ θ است می‌توان از منحنی شکل ۸-۷ به دست آورد.



شکل ۸-۵ شمای یک سرریز لبه تیز مثلثی

معمولترین سرریزهای مثلثی با زاویه $\theta = ۹۰°$ است که در این‌صورت $\tan\frac{\theta}{۲} = ۱$ خواهد بود و همچنین از سرریزهای مثلثی با $\theta = ۵۳°\,۸'$ $(\tan\frac{\theta}{۲} = ۰/۵)$ و $\theta = ۲۸°\,۴'$ $(\tan\frac{\theta}{۲} = ۰/۲۵)$ نیز زیاد استفاده می‌شود.



شکل ۸-۶ مقادیر K_H برحسب زاویه θ

Prozhefa.com

برای استفاده از سرریزهای مثلثی بایستی محدودیتهای زیر را در نظر گرفت:

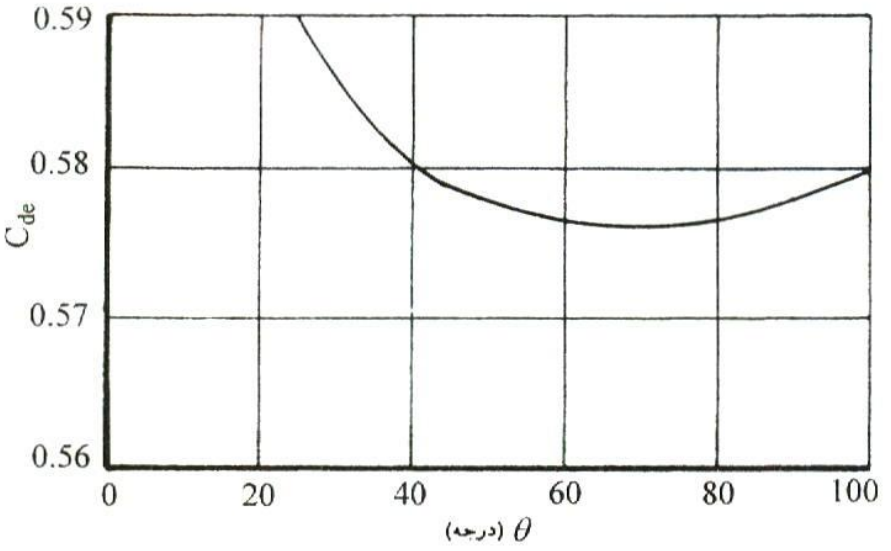
۱- $\frac{H_d}{w} \le ۱٫۲$ و $\frac{H_d}{b} \le ۰٫۴$

۲- $۰٫۰۴۹\text{m} \le H_d \le ۰٫۶۱\text{m}$

۳- $w \ge ۰٫۰۹\text{m}$

۴- $b \ge ۰٫۶۱\text{m}$

۵- تراز آب در پایین‌دست بایستی پایین‌تر از رأس مثلث باشد.



شکل ۸-۷ مقادیر C_{de} برحسب زاویه θ

مثال ۸-۴

ارتفاع اندازه گیری شده روی یک سرریز مثلثی ۹۰° برابر ۰٫۳۲m می‌باشد. اگر دقت اندازه گیری ارتفاع تا ۱٫۵mm ± خطا باشد، خطای احتمالی برای دبی را محاسبه کنید. اگر به‌جای سرریز فوق، از یک سرریز مستطیلی هم عرض کانال که عرض تاج آن ۱m و فاصلهٔ تاج تا بستر کانال ۰٫۶m است استفاده گردد و همان مقدار دبی از روی سرریز عبور نماید، دقت تا چه حدی خواهد بود؟

حل:

با استفاده از نمودارها:

$$Q = \frac{۸}{۱۵}\sqrt{۲g}\,.C_{de}\left(\tan\frac{\theta}{۲}\right)H_{de}^{۲٫۵} = \frac{۸}{۱۵}\sqrt{۱۹٫۶۲} \times ۰٫۵۷۸ \times ۱ \times (۰٫۳۲ + ۰٫۰۰۰۸۲)^{۲٫۵}$$

$$Q = ۱٫۳۶۵(۰٫۳۲ + ۰٫۰۰۰۸۲)^{۲٫۵} = ۰٫۰۷۹۶\text{m}^3/\text{s}$$

$$\text{خطا} = \frac{\text{دبی اندازه گیری شده} - \text{دبی احتمالی}}{\text{دبی احتمالی}} = \frac{Q' - Q}{Q'} = ۱ - \frac{Q}{Q'}$$

Prozhefa.com

$$\text{خطا} = ۱ - \frac{۱٫۳۶۵(۰٫۳۲۰۸۲)^{۲٫۵}}{۱٫۳۶۵(۰٫۳۲۰۸۲ \pm ۰٫۰۰۱۵)^{۲٫۵}} \approx \pm ۰٫۰۱۱۷ = \pm ٪۱٫۱۷$$

البته با توجه به رابطهٔ $Q = ۱٫۳۶۵ H_{de}^{۲٫۵}$ می‌توان نتیجه گرفت که:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = ۲٫۵ \frac{\Delta H_{de}}{H_{de}} = ۲٫۵ \frac{\pm ۰٫۰۰۱۵}{۰٫۳۲۰۸۲} = \pm ۰٫۰۱۱۷ = \pm ٪۱٫۱۷$$

برای سرریز مستطیلی هم عرض کانال داریم:

$$Q = \frac{۲}{۳} \sqrt{۲g}\, C_d . L . H_d^{۳/۲}$$

$$C_d = ۰٫۶۱۱ + ۰٫۰۸ \frac{H_d}{w} = ۰٫۶۱۱ + ۰٫۰۸ \frac{H_d}{۰٫۶}$$

$$۰٫۰۷۹۶ = \frac{۲}{۳} \sqrt{۱۹٫۶۲} \left(۰٫۶۱۱ + ۰٫۰۸ \frac{H_d}{۰٫۶} \right) \times ۱ \times (H_d)^{۱٫۵}$$

$$H_d = ۰٫۱۲۳\text{m}$$

در این حالت با تقریب کافی می‌توان نوشت:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = ۱٫۵ \frac{\Delta H_d}{H_d} = ۱٫۵ \frac{\pm ۰٫۰۰۱۵}{۰٫۱۲۳} = \pm ۰٫۰۱۸۳ = \pm ٪۱٫۸۳$$

لذا ملاحظه می‌شود که برای یک دبی معین، سرریزهای مثلثی نسبت به سرریزهای مستطیلی دقیقترند.

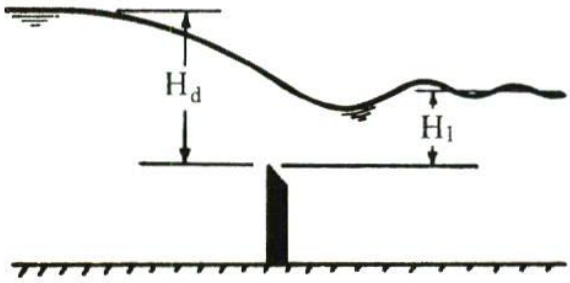
۸-۲-۴ سرریز لبه تیز در حالت جریان مستغرق

در قسمت قبل، تراز پایاب به گونه‌ای دور از تاج سرریز در نظر گرفته شد که ریزش جریان از روی سرریز را تحت تأثیر قرار ندهد. اگر تراز پایاب بالاتر از تاج سرریز باشد (شکل ۸-۸) چگونگی جریان با آنچه قبلاً گفته شد کاملاً متفاوت بوده و در این‌صورت جریان مستغرق نامیده می‌شود. نسبت $\frac{H_۱}{H_d}$ ($H_۱$ = فاصلهٔ تراز آب پایین‌دست تا تاج سرریز) «نسبت استغراق» نامیده شده که شدت جریان سرریز در این حالت (Q_s) به آن بستگی دارد. مقدار تقریبی Q_s از معادلهٔ Villemonte به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$Q_s = Q_۱ \left[۱ - \left(\frac{H_۱}{H_d} \right)^n \right]^{۰٫۳۸۵} \qquad (۱۶-۸)$$

Prozhefa.com

که Q_1 = دبی در حالت جریان آزاد با H_d ، n = نمای H_d در معادلهٔ $Q = KH_d^n$ که در سرریز مستطیلی $n = 1/5$ می‌باشد. برای حصول اطمینان از جریان آزاد، می‌بایست در سرریزهای کوتاه، تراز آب پایین‌دست، حداقل ۸ سانتیمتر از تاج سرریز پایین‌تر باشد و برای سرریزهای بلندتر، با توجه به امکان ایجاد امواج و نوسانات مربوطه، می‌بایست این مقدارِ حداقل، بیشتر در نظر گرفته شود.



شکل ۸-۸ جریان در سرریز مستغرق

۸-۲-۵ سرریزهای غیرمستطیلی (Non-Rectangular Weirs)

همان‌گونه که ملاحظه شد، سرریزهای لبه تیز بسته به شکل سر ریز دارای حساسیت و دقت‌های متفاوت برای یک شدت جریان معین می‌باشند و در مورد هریک می‌توان رابطه‌ای بین H_d و دبی تعیین نمود. در حالت کلی رابطهٔ مذکور می‌تواند به‌صورت $Q = KH_d^n$ نوشته شود که مقادیر K و n ، در سرریزهای متفاوت تغییر خواهد کرد به گونه‌ای که مقدار n تابع شکل سرریز و مقدار K تابع شکل و نحوهٔ استقرار آن می‌باشد.

براین اساس، انواع مختلفی از سرریزهای لبه تیز علاوه بر سرریزهای لبه تیز مستطیلی و مثلثی طراحی شده‌اند که از آن جمله می‌توان به سرریزهای ذوزنقه‌ای، دایروی، سهموی، Cipolletti و Sutro اشاره نمود. جدول ۸-۲ شکل و رابطه حاکم بر سرریزهای لبه تیز ذوزنقه‌ای، دایروی و سهموی را نشان می‌دهد.

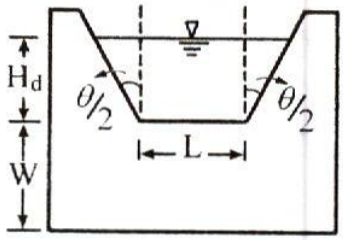
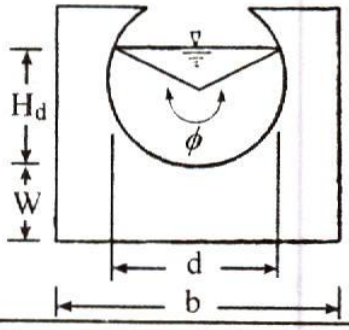
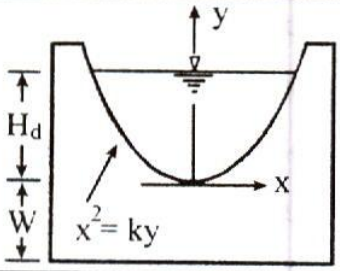
۸-۲-۵-۱ سرریز Cipolletti این نوع سرریز دارای مقطع کنترل ذوزنقه‌ای شکل است (شکل ۸-۹) که دارای تاج افقی و کناره‌های با شیب ۴:۱ (۱۴°) می‌باشد. اگرچه دقت اندازه گیری دبی در این سرریز به اندازه سرریزهای مثلثی و مستطیلی نمی‌باشد، اما از آن‌جاکه می‌تواند در کانالهای غیرمستطیلی نیز به کار رود، مورد استفاده فراوان دارد.

یک مقطع کنترل ذوزنقه‌ای می‌تواند معادل یک مقطع مستطیلی با عرض L و دو مقطع نیم مثلثی (با زاویه $\frac{\theta}{2}$) در نظر گرفته شود که در این‌صورت میزان دبی برابر خواهد بود با:

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g}\,(L - 0/2 H_d) H_d^{3/2} + \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \left(\tan\frac{\theta}{2}\right) H_d^{5/2} \qquad (۱۷-۸)$$

Prozhefa.com

جدول ۸-۲ رابطه بین دبی و H_d برای چند سرریز غیرمستطیلی

نام	شکل	دبی
ذوزنقه‌ای		$Q=\frac{2}{3}C_d\sqrt{2g}\,H_d^{3/2}\left(L+\frac{4}{5}H_d\tan\frac{\theta}{2}\right)$
دایروی		$Q = C_d\,\phi\,d^{2.5}\,.\,\phi = f\left(\frac{H_d}{d}\right)$ $C_d = f\left(\frac{H_d}{d}\right)$
سهموی		$Q=\frac{1}{4}\pi C_d\sqrt{K}\sqrt{2g}\,H_d^2$

چنانچه بخواهیم میزان بازشدگی طرفین ذوزنقه تنها به اندازه‌ای باشد که جبران کم شدن دبی در اثر انقباض جانبی سرریز مستطیلی کوچک شده را به‌نماید می‌بایست:

$$\frac{2}{3}C_d\sqrt{2g}\times 0.2H_d\times H_d^{3/2}=\frac{8}{15}C_d\sqrt{2g}\left(\tan\frac{\theta}{2}\right)H_d^{5/2}$$

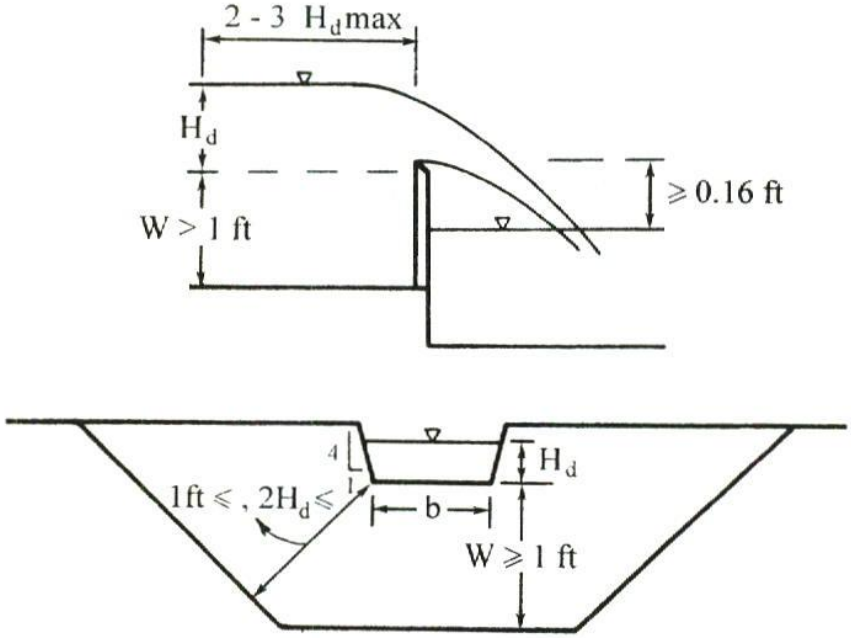
با فرض ثابت بودن C_d در کل سرریز خواهیم داشت:

$$\tan\frac{\theta}{2}=\frac{1}{4}\rightarrow\frac{1}{2}\theta=14^\circ,\,2'$$

لذا ملاحظه می‌شود که میزان بازشدگی کناره‌ها دقیقاً به اندازهٔ انقباض جانبی سرریز مستطیلی کوچک شده است. بنابراین برای تعیین دبی این نوع سرریزها می‌توان از معادله سرریزهای مستطیلی هم عرض کانال که دارای عرضی برابر L می‌باشد، استفاده نمود.

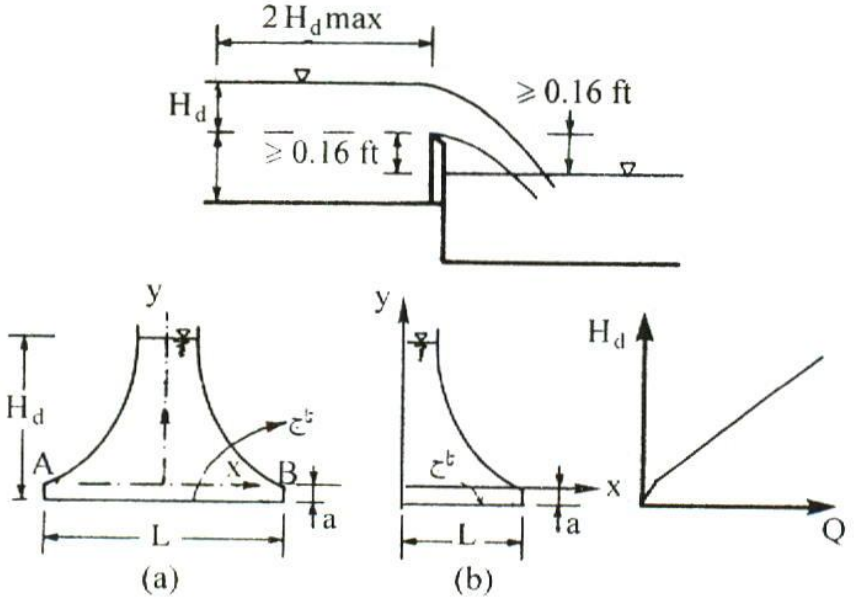
۸-۲-۵-۲ سرریز متناسب یا سرریز ساترو (Proportional or Sutro Weir) در حالت کلی دبی عبور شده از روی هر نوع سرریز می‌تواند با عبارت $Q\propto H_d^n$ بیان گردد. در صورتی‌که طراحی

Prozhefa.com



شکل ۸-۹ سرریز Cipolletti

سرریز به گونه‌ای انجام پذیرد که دبی با تغییرات H_d به‌صورت خطی تغییر کند ($n = 1$)، آن را سرریز متناسب می‌نامند. این نوع سرریز که طراحی آن توسط شخصی به‌نام Sutro صورت پذیرفته، تشکیل یافته است از یک مقطع مستطیلی که به یک قسمت انحناءدار متصل می‌گردد(شکل ۸-۱۰). منحنی کناره که دارای معادلهٔ $\frac{x}{L} = \left[1 - \frac{2}{\pi}\tan^{-1}\sqrt{\frac{y}{a}}\right]$ می‌باشد به گونه‌ای است که شرایط تغییر خطی دبی نسبت به تغییر ارتفاع آب را براساس معادلهٔ زیر تأمین می‌نماید:



شکل ۸-۱۰ سرریز ساترو یا متناسب، a: متقارن، و b: غیرمتقارن

Prozhefa.com

$$Q = C_d L \sqrt{۲ga}\left(H_d - \frac{a}{۳}\right) \qquad (۱۸-۸)$$

سرریز فوق که می‌تواند متقارن و یا غیرمتقارن ساخته شود دارای کاربرد فراوانی در کارهای آبرسانی، کشاورزی و شیمیایی بوده و مقدار ضریب C_d می‌تواند از جداول زیر به‌دست آید.

جدول ۸-۳ ضریب دبی برای سرریز ساترو متقارن (Soucek، Howe و Mavis، ۱۹۳۶)

a	L(cm)				
(cm)	۱۵٫۲۴	۲۲٫۸۶	۳۰٫۴۸	۳۸٫۱۰	۴۵٫۷۲
۰٫۶۱	۰٫۶۰۸	۰٫۶۱۳	۰٫۶۱۷	۰٫۶۱۸۵	۰٫۶۱۹
۱٫۵۲	۰٫۶۰۶	۰٫۶۱۱	۰٫۶۱۵	۰٫۶۱۷	۰٫۶۱۷۵
۳٫۰۵	٫۶۰۳	۰٫۶۰۸	۰٫۶۱۲	۰٫۶۱۳۵	۰٫۶۱۴
۴٫۵۷	۰٫۶۰۱	۰٫۶۰۵۵	۰٫۶۱۰	۰٫۶۱۱۵	۰٫۶۱۲
۶٫۱۰	۰٫۵۹۹	۰٫۶۰۴	۰٫۶۰۸	۰٫۶۰۹۵	۰٫۶۱۰
۷٫۶۲	۰٫۵۹۸	۰٫۶۰۲۵	۰٫۶۰۶۵	۰٫۶۰۸	۰٫۶۰۸۵
۹٫۱۴	۰٫۵۹۷	۰٫۶۰۲	۰٫۶۰۶	۰٫۶۰۷۵	۰٫۶۰۸

جدول ۸-۴ ضریب شدت جریان برای سرریزهای ساتر و غیر متقارن

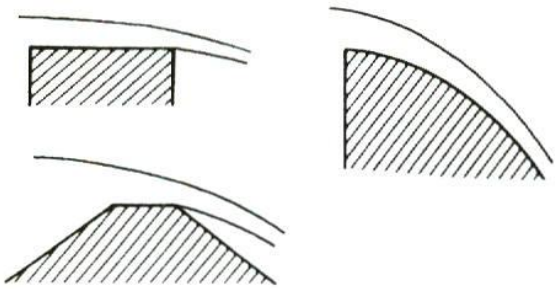
(Soucek، Howe و Mavis، ۱۹۳۶)

a	L(cm)				
(cm)	۱۵٫۲۴	۲۲٫۸۶	۳۰٫۴۸	۳۸٫۱۰	۴۵٫۷۲
۰٫۶۱	۰٫۶۱۴	۰٫۶۱۹	۰٫۶۲۳	۰٫۶۲۴۵	۰٫۶۲۵
۱٫۵۲	۰٫۶۱۲	۰٫۶۱۷	۰٫۶۲۱	۰٫۶۲۳	۰٫۶۲۳۵
۳٫۰۵	۰٫۶۰۹	۰٫۶۱۴	۰٫۶۱۸	۰٫۶۱۹۵	۰٫۶۲۰
۴٫۵۷	۰٫۶۰۷	۰٫۶۱۱۵	۰٫۶۱۶	۰٫۶۱۷۵	۰٫۶۱۸
۶٫۱۰	۰٫۶۰۵	۰٫۶۱۰	۰٫۶۱۴	۰٫۶۱۵۵	۰٫۶۱۶
۷٫۶۲	۰٫۶۰۴	۰٫۶۰۸۵	۰٫۶۱۲۵	۰٫۶۱۴	۰٫۶۱۴۵
۹٫۱۴	۰٫۶۰۳	۰٫۶۰۸	۰٫۶۱۲	۰٫۶۱۳۵	۰٫۶۱۴

Prozhefa.com

۸-۳ سرریزهای لبه پهن (Broad - crested Weirs)

در این نوع سرریزها، لبه سرریز به اندازهٔ کافی پهن بوده و در مقایسه با سایر ابعاد، دارای اندازه قابل‌ملاحظه‌ای می‌باشد (شکل ۸-۱۱). تاج سرریزهای لبه پهن افقی و یا دارای انحناء خاصی بوده و اگرچه برای اندازه گیری دبی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند اما بیشتر به عنوان سرریز سدها وگاه به‌عنوان خود سد (در صورتی‌که آب مجاز به گذشتن از روی آن باشد) به کار می‌روند و در هر حال می‌توان در مواقع لزوم برای ذخیره نمودن حجم‌های زیاد آب و ارتفاع‌های بالا، از سرریزهای لبه‌پهن استفاده نمود.

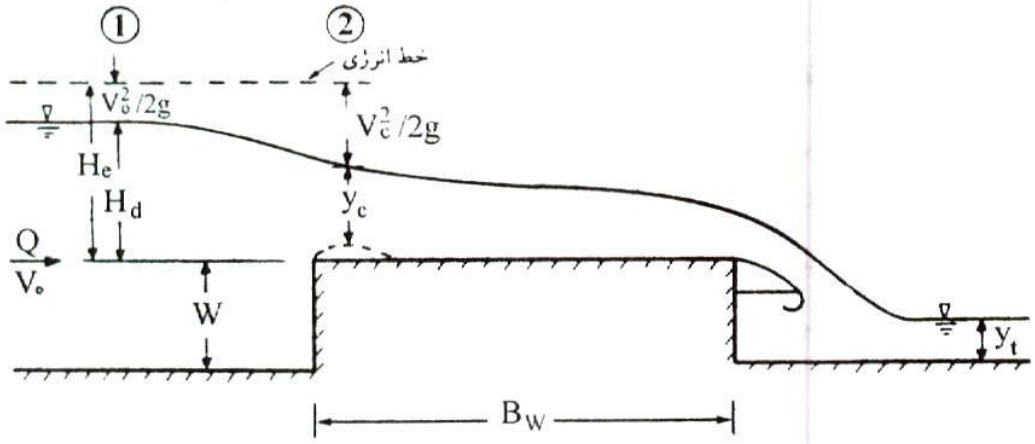


شکل ۸-۱۱ بعضی از انواع سرریزهای لبه‌پهن

به جهت انواع مختلف و بسیار زیاد شکل تاج و مقطع سرریز، عملاً امکان به‌نظام در آوردن رفتار این‌گونه سرریزها نمی‌باشد بلکه می‌بایستی در هر حالتی و به تناسب شرایط، موقعیت خاص مربوطه را بررسی نمود. در این قسمت به یک نوع سرریز لبه پهن مستطیلی ساده که دارای تاج افقی می‌باشد اشاره گردیده، اضافه می‌نماید که مقطع کنترل سرریزهای لبه پهن نیز می‌تواند مستطیلی، مثلثی، ذوزنقه‌ای و... باشد.

شکل ۸-۱۲ شمای یک جریان آزاد روی سرریز لبه پهن در یک کانال مستطیلی را نشان می‌دهد. سرریز دارای گوشه تیز در بالادست می‌باشد که می‌تواند باعث جدایی آب در ابتدا و ارتباط مجدد آب با تاج سرریز در فاصلهٔ کمی از گوشه گردد. اگر پهنای سرریز (B_w) به اندازهٔ کافی زیاد باشد، خطوط جریان دارای انحناء کم و فشار آب روی سرریز تقریباً هیدرواستاتیکی خواهد بود. در این حالت سرریز به گونه‌ای عمل خواهد نمود که جریان در بالادست آن زیربحرانی و در روی آن فوق‌بحرانی خواهد شد و در نتیجه یک مقطع کنترل جریان بحرانی در کناره بالادست سرریز و احتمالاً در محل جدایی آب از کف سرریز به‌وجود خواهد آمد.

Prozhefa.com



شکل ۸-۱۲ جریان روی یک سرریز لبه پهن

در این شکل با فرض صرفنظر کردن از افت انرژی بین دو مقطع ۱ و ۲ داریم :

$$H_e = y_c + \frac{V_c^2}{2g} = \frac{3}{2} y_c$$

$$V_c = \sqrt{g y_c}\ , y_c = \frac{2}{3} H_e$$

براین اساس دبی ایده‌آل که از واحد طول سرریز می‌گذرد برابر خواهد بود با :

$$q_t = V_c y_c = \frac{2}{3}\sqrt{\left(\frac{2}{3}g\right)}\ H_e^{3/2} = 1/705 H_e^{3/2} \qquad (۱۹-۸)$$

چنانچه افت انرژی در نظر گرفته شود و عمق جریان در مقطع ۲ دقیقاً بحرانی نباشد، ضریب شدت جریان C_{d1} وارد می‌شود:

$$q = C_{d1}\, q_t = 1/705\ C_{d1}\ H_e^{3/2} \qquad (۲۰-۸)$$

برای امکان استفاده بیشتر از معادلهٔ دبی و هماهنگی با معادلات مربوطه برای سایر انواع سرریزها، معادلهٔ فوق به‌صورت زیر ارائه می‌گردد :

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g}\,.L.H_d^{3/2} \qquad (۲۱-۸)$$

چنانچه گوشه بالادست سرریز دارای انحنا باشد، جدایی آب و حباب مزبور وجود نخواهد داشت، در مقابل یک لایه مرزی در روی سرریز به‌وجود آمده و مقطع کنترل بحرانی به‌سمت پایین‌دست حرکت می‌کند و جریان در اکثر قسمتهای سرریز زیر بحرانی خواهد ماند. در هرحال برای اطلاعات بیشتر در این زمینه می‌توان به مرجع زیر مراجعه نمود :

(Ackers,P.,"Weirs and Flumes for Flow Measurment", John Wiley and Sons Ltd., Chichester, U.K., 1978)

Prozhefa.com

۸-۳-۱ طبقه‌بندی انواع سرریزهای مستطیلی

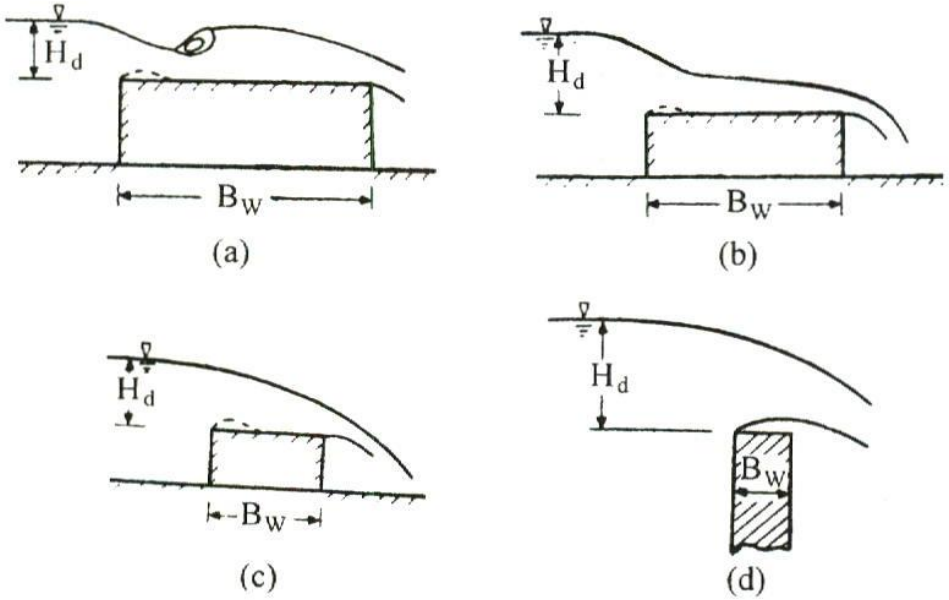
با توجه به مطالب گفته شده و براساس تغییرات $\frac{H_d}{B_w}$، جریان روی سرریز لبه پهن با گوشهٔ تیز به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:

۱- $\frac{H_d}{B_w} \leq ۰/۱$: در این حالت عمق بحرانی در انتهای پایین‌دست سرریز ایجاد شده و مقاومت سطح سرریز در محاسبهٔ مقدار C_d نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند (شکل ۸a-۱۳). این نوع از سرریزها به سرریز با تاج طولانی موسوم بوده و کمتر به عنوان یک وسیلهٔ اندازه گیری جریان به کار می‌رود.

۲- $۰/۱ < \frac{H_d}{B_w} \leq ۰/۳۵$: عمق بحرانی درنزدیکیهای گوشهٔ بالادست سرریز ایجاد شده و تغییرات C_d نسبت به $\frac{H_d}{B_w}$ تدریجی است (شکل ۸b-۱۳). این نوع می‌تواند سرریز لبه پهن حقیقی خوانده شود.

۳- حدود $۰/۳۵ < \frac{H_d}{B_w} \leq ۱/۵$: مقطع کنترل در گوشهٔ بالادست ایجاد شده و سرریز به سرریز تاج باریک مشهور است (شکل ۸c-۱۳).

۴- حدود $\frac{H_d}{B_w} > ۱/۵$: در این حالت جریان در قسمت بالادست سرریز جدا شده و به‌صورت آزاد در عرض سرریز می‌پرد. در این‌صورت سرریز همان سرریز لبه تیز نامیده می‌شود.



شکل ۸-۱۳ انواع سرریزهای مستطیلی براساس طبقه‌بندی ارائه شده

۸-۳-۲ ضریب شدت جریان C_d و C_{d1}

از معادلات ۸-۲۰ و ۸-۲۱ می‌توان نتیجه گرفت که:

$$C_d = \frac{Q}{\frac{۲}{۳}\sqrt{۲g}.L.H_d^{۳/۲}} \quad , \quad C_{d1} = \frac{Q}{۱/۷۰۵LH_e^{۳/۲}} \qquad (۲۲-۸)$$