

مثال (۳-۱۴): آبگیر تحتانی یک سد قوسی بتنی، در شکل (۳-۶۰) نشان داده شده است. دبی ورودی و خروجی به مخزن در یک دوره ۱۸۴ روزه، از ابتدای خرداد تا پایان آبان، به صورت زیر تعریف می شود:

$$Q_{in} = 65t^2 - 10400t + 10^6 \quad Q_{out} = -270t^2 + 59400t - 10^6$$

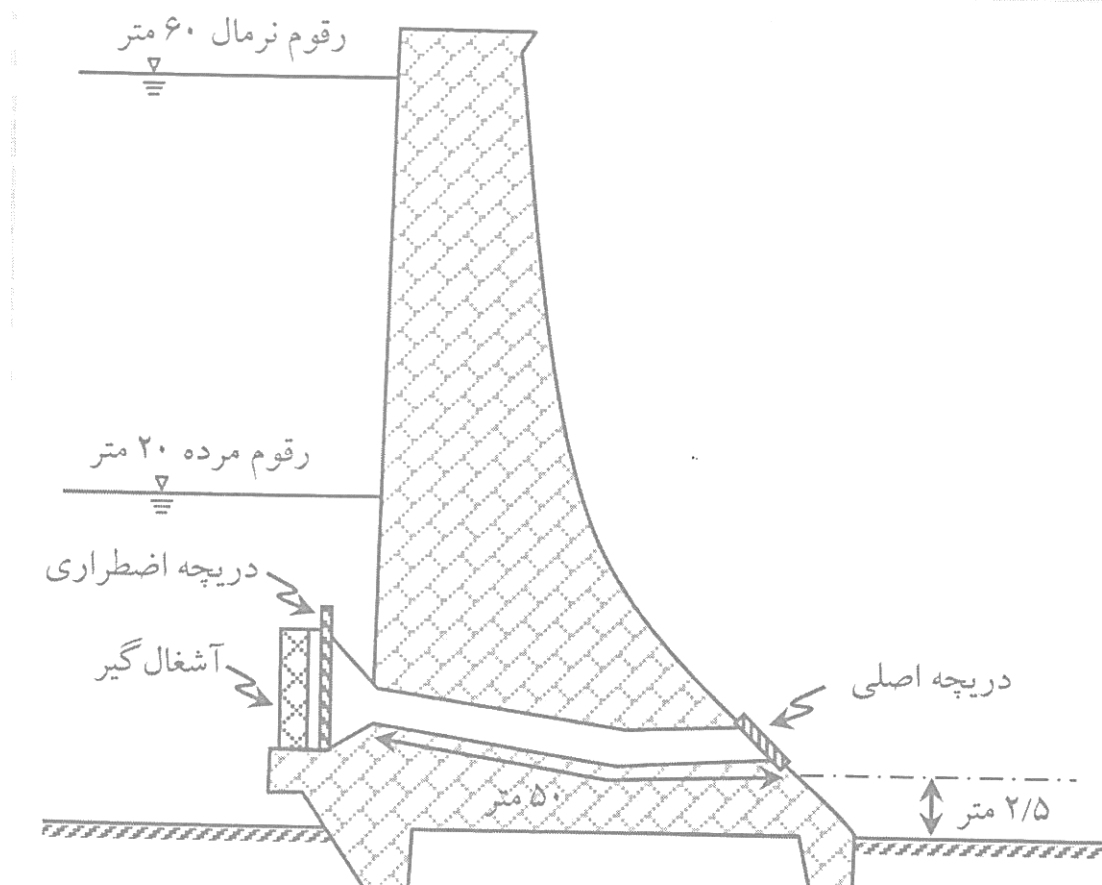
در روابط فوق، Q_{in} و Q_{out} به ترتیب دبی ورودی و خروجی به مخزن بر حسب مترمکعب بر روز و t مدت زمان بر حسب روز است. در صورتی که رابطه حجم مخزن بر حسب مترمکعب (V_s) و عمق آب در دریاچه سد (y) به صورت $V_s = 10^6 (0.05y^2 + 1.5y)$ تعریف شود؛

الف- با فرض این که در ابتدای دوره (اول خرداد ماه) رقوم سطح آب در تراز نرمال است، رقوم سطح آب مخزن را در زمان حداکثر برداشت آب تعیین کنید.

ب- تعداد لوله های آبگیر را در صورتی که دریاچه تنظیم دبی جریان برای آبگیر در پایاب و دریاچه اضطراری در سراب باشد، تعیین کنید. سطح ناخالص آشغال گیر برابر با ۳۰ مترمربع، طول لوله آبگیر برابر با ۵۰ متر و لوله های موجود از نوع لوله فولادی با قطر ۱/۲ متر هستند.

ج- حداکثر دبی خروجی از آبگیر در زمان سیلابی شدن جریان را با فرض حداکثر رقوم سطح آب ۶۵ متر، تعیین کنید.

د- دبی جریان را به ازای رقوم مرده به دست آورید.



حل) الف- با توجه به رابطه دبی خروجی از مخزن (Q_{out})، حداکثر برداشت آب در روز صد و دهم از دوره مورد نظر و یا به عبارتی در ۱۷ شهریور است.

$$Q_{out} = -270t^2 + 59400t - 10^6 \Rightarrow \frac{dQ_{out}}{dt} = 540t + 59400 = 0 \Rightarrow t = 110 \text{ day}$$

میزان کاهش حجم آب مخزن (تفاضل حجم آب ورودی و خروجی به مخزن) در طول این دوره برابر است با:

$$V_{out} = \int_0^{110} Q_{out} dt = \int_0^{110} (-270t^2 + 59400t - 10^6) dt = 129.580 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_{in} = \int_0^{105} Q_{in} dt = \int_0^{105} (65t^2 - 10400t + 10^6) dt = 75.918 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_{out} - V_{in} = 129.580 \times 10^6 - 75.918 \times 10^6 = 53.662 \times 10^6 \text{ m}^3$$

با توجه به رابطه حجم مخزن با عمق آب، در شرایطی که عمق آب در ابتدای دوره برابر با رقوم نرمال در مخزن (۶۰ متر) است، حجم آب در مخزن برابر ۲۷۰ میلیون مترمکعب خواهد بود. حال با توجه به میزان خروج آب در بازه مورد نظر، می توان حجم آب و رقوم سطح آب مخزن را در زمان حداکثر برداشت آب، به صورت زیر محاسبه نمود:

$$V_s = 270 \times 10^6 - 53.662 \times 10^6 = 216.338 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$216.338 \times 10^6 \text{ m}^3 = 10^6(0.05y^2 + 1.5y)$$

ب- معادله انرژی بین رقوم تعیین شده در بند قبل و رقوم عمق آب پایاب که معادل ۲/۵ متر است، نوشته می شود:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_f$$

$$52.5 + 0 + 0 = 2.5 + 0 + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_f \Rightarrow 50 = \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_f$$

با توجه به رابطه پیوستگی داریم:

$$A \times V = A_{out} \times V_2 \Rightarrow 50 = \left(\frac{A}{A_{out}}\right)^2 \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_f$$

لازم به ذکر است که سرعت آب در مخزن (V_1) صفر فرض شده است. در رابطه فوق، A سطح مقطع لوله آبگیر، A_{out} سطح مقطع خروجی، V سرعت جریان در لوله آبگیر، V_2 سرعت جریان در خروجی و $\sum h_f$ مجموع افت های موضعی و افت در طول لوله آبگیر می باشد. افت ها به شرح زیر محاسبه می شوند:

۱- افت در طول لوله

$$R_h = \frac{D}{4} = \frac{1.2}{4} = 0.3 \text{ m}$$

$$h_{fL} = 19.6 n^2 \frac{L}{R_h^{4/3}} \frac{V^2}{2g} = 19.6 \times 0.012^2 \times \frac{50}{0.3^{4/3}} \times \frac{V^2}{2g} = 0.703 \frac{V^2}{2g}$$

۲- افت در آشغال گیر

$$\frac{A_g}{A_n} = 2.4 \Rightarrow \frac{A_n}{A_g} = 0.4167$$

$$A_n = 0.4167 A_g = 0.4167 \times 30 = 12.5 \text{ m}^2$$

$$K_t = 1.45 - 0.45 \frac{A_n}{A_g} - \left(\frac{A_n}{A_g} \right)^2 = 1.45 - 0.45 \times 0.4167 - 0.4167^2 = 1.089$$

$$V_n \times A_n = A \times V \Rightarrow \frac{V_n^2}{2g} = \left(\frac{A}{A_n} \right)^2 \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{ft} = K_t \frac{V_n^2}{2g} = 1.089 \left(\frac{A}{A_n} \right)^2 \frac{V^2}{2g} = 1.089 \left(\frac{\pi \times 0.6^2}{12.5} \right)^2 \frac{V^2}{2g} = 0.009 \frac{V^2}{2g}$$

۳- افت در دهانه ورودی

از آنجایی که برای دهانه ورودی شیپوری K_{in} حداکثر ۰/۱ در نظر گرفته می شود، داریم:

$$h_{in} = K_{in} \frac{V^2}{2g} = 0.1 \frac{V^2}{2g}$$

۴- افت در زانو:

چنانچه شعاع انحناء $r = 3D$ و زاویه انحناء حدود ۲۰ درجه باشد، از جدول (۳-۱۱) مقدار $K_b = ۰/۰۳۵$ به دست می آید.

$$h_b = K_b \frac{V^2}{2g} = 0.035 \frac{V^2}{2g}$$

۵- افت در تبدیل

فرض می شود که دریچه در مقطع مربعی با ابعاد 1×1 متر مربع قرار بگیرد و بهترین نوع تبدیل اختیار شود. در آن صورت داریم:

$$\tan \theta = \frac{1}{Fr_{ave}} \quad \& \quad K_c = 0.1$$

$$V_{out} \times A_{out} = V \times A \Rightarrow V_{out} = V \frac{A}{A_{out}}$$

$$h_c = K_c \frac{V_{out}^2 - V^2}{2g} = 0.1 \times \left[\left(\frac{A}{A_{out}} \right)^2 - 1 \right] \frac{V^2}{2g}$$

$$h_c = 0.1 \times \left[\left(\frac{\pi \times 0.6^2}{1 \times 1} \right)^2 - 1 \right] \frac{V^2}{2g} = 0.028 \frac{V^2}{2g}$$

چنانچه لازم باشد، طول تبدیل با استفاده از رابطه $\tan \theta = 1 / Fr_{ave}$ به دست می آید.

۶- افت در دریچه ها

با فرض این که دریچه ها کاملاً باز باشند، ضریب افت موضعی برای شیار بالادست ۰/۱ و برای شیار پایین دست ۰/۱۹ در نظر گرفته می شود. با فرض این که شیار دریچه در بالادست در مقطعی قرار دارد که سطح مقطع آن حدود ۲ برابر سطح مقطع لوله است، داریم:

$$h_{gin} = K_g \frac{V_g^2}{2g} = 0.1 \left(\frac{A}{A_g} \right)^2 \frac{V^2}{2g} = 0.1 \left(\frac{1}{2} \right)^2 \frac{V^2}{2g} = 0.025 \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{gout} = K_g \frac{V_g^2}{2g} = 0.19 \left(\frac{A}{A_g} \right)^2 \frac{V^2}{2g} = 0.19 \left(\frac{\pi \times 0.6^2}{1 \times 1} \right)^2 \frac{V^2}{2g} = 0.243 \frac{V^2}{2g}$$

با توجه به رابطه انرژی:

$$50 = \left(\frac{A}{A_{out}} \right)^2 \frac{V^2}{2g} + \sum h_f$$

$$\sum h_f = h_{fL} + h_{ft} + h_{in} + h_b + h_c + h_{g,in} + h_{g,out} = 1.143 \frac{V^2}{2g}$$

$$50 = \left(\frac{\pi \times 0.6^2}{1 \times 1} \right)^2 \frac{V^2}{2g} + 1.143 \frac{V^2}{2g} = 2.422 \frac{V^2}{2g} \Rightarrow V = 20.1 \text{ m/s}$$

بر اساس استانداردها سرعت آب در لوله های فولادی با جدار صاف معمولاً به ۲۵ متر بر ثانیه یا کمتر محدود می شود. از آنجا که سرعت محاسبه شده از حد مجاز در لوله های فولادی کمتر است، از این حیث مشکلی وجود ندارد.

دبی جریان برای یک لوله برابر است با:

$$Q = A \times V = (\pi \times 0.6^2) \times 20.1 = 22.7 \text{ m}^3 / \text{s}$$

دبی مورد نیاز در زمان حداکثر برداشت برابر است با:

$$Q_{outmax} = \frac{-270 \times 110^2 + 59400 \times 110 - 10^6}{24 \times 60 \times 60} = 26.2 \text{ m}^3 / \text{s}$$

با توجه به میزان حداکثر برداشت محاسبه شده، لازم است که از ۲ عدد لوله استفاده شود و دریچه‌های پایین دست کمی بسته شوند.

ج- در زمان سیلابی شدن جریان دریچه‌ها را کاملاً باز می‌کنند و در این شرایط حداکثر دبی خروجی از لوله‌های آبگیر برابر است با:

$$65 - 2.5 = 2.422 \frac{V^2}{2g} \Rightarrow V = 22.5 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = AV = (\pi \times 0.6^2) \times 22.5 = 25.4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, \quad Q = 2Q_1 = 50.8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

بقیه دبی سیلاب (مازاد بر $50/8 \text{ m}^3/\text{s}$) از طریق سرریز سد تخلیه خواهد شد.

د) به ازای رقوم مرده داریم:

$$20 - 2.5 = 2.422 \frac{V^2}{2g} \Rightarrow V = 11.9 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = AV = (\pi \times 0.6^2) \times 11.9 = 13.5 \text{ m}^3/\text{s}$$