الفصل السابع

نقل المياه السطحية خلال مآخذ النهر ومخارج السد

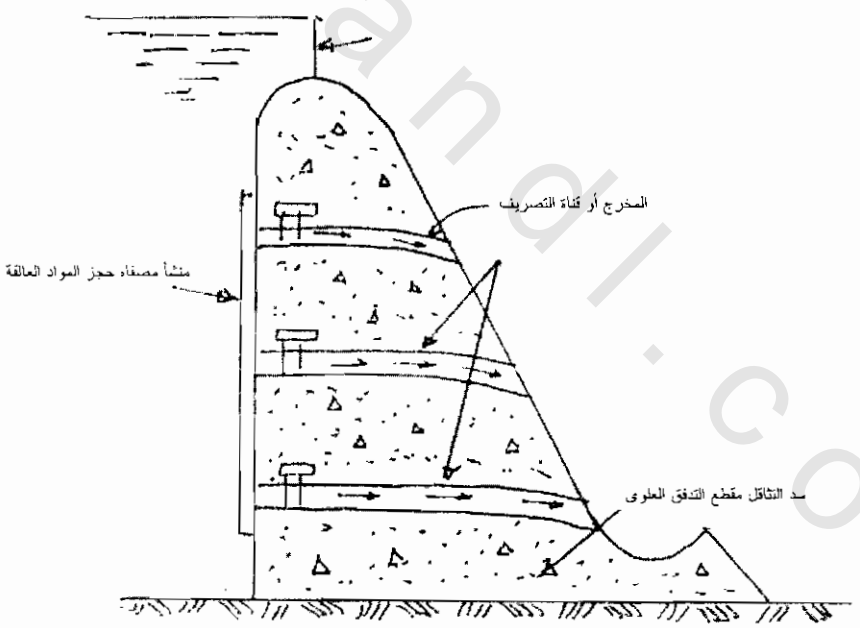
١- قنوات التصريف خلال السدود: Sluice Ways Through Dams

معظم المياه المحجوزة في الخزان للري، للإمداد بالمياه، أو لتوليد الطاقة تكون مخزنة أسفل منسوب قمة المفيض (Spill way crest Level) المفيض يتم إعداده عند المستوى العادي للحوض، بحيث أن يتم صرف الفيضانات بأمان فوق المفيض. ولكن، بغرض سحب المياه من الخزان كما في حالة الحاجة إلى الري أو الإمداد بالمياه أو الملاحة أو إنتاج الطاقة فإنه يكون من الضروري أن إشغال المخرج تكون إما خلال جسم السد أو قريبًا منه خلال جانب تل عند أحد أجناب السد. هذا الماء يمكن أن يتم صرفه نحو قناة الصرف أسفل السد أو قد ينقل على مسافات خلال أنابيب أو قنوات (لبعض محطات الطاقة). الفتحة أي الأنبوب أو النفق الذي يتم إنشاؤه لسحب تلك المياه يعرف بقناة المخرج أو تصريف المياه.

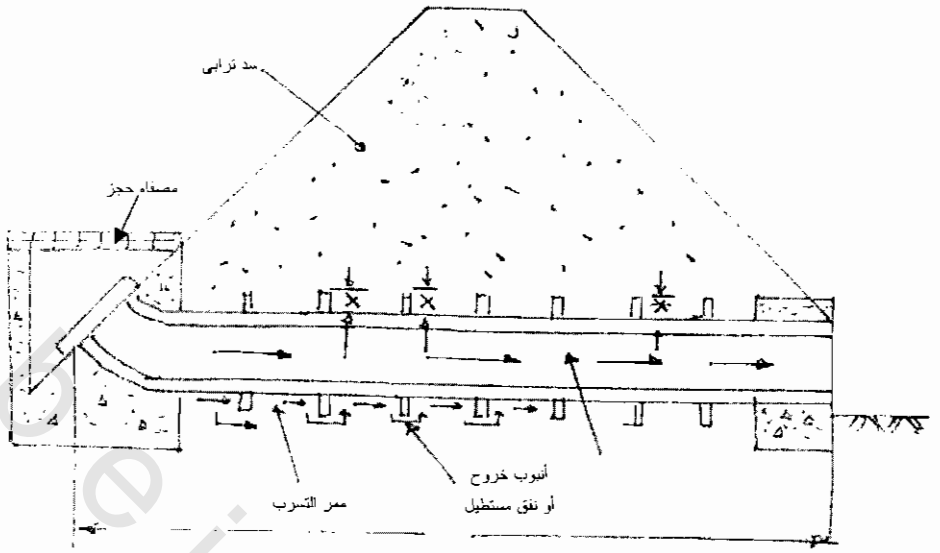
مخارج معظم السدود تتكون من واحد أو اثنين من قنوات التصريف حيث مدخلهم عند أدنى مستوى للحوض. في معظم الحالات، يتم توفير عدد من المخارج عند مستويات مختلفة، حيث المخرج الوحيد الضخم قد يكون من الصعب إنشاؤه أو أن يكون غير كافيًا. كذلك فإن وجود عدد أكبر من المخارج ذات السعة الصغيرة، فإنه يمكن إحكام السيطرة والتحكم على التصرف، والذي يمكن أن يتغير عند الحاجة. لذلك، فإنه عند وجود تغيرات متعاقبة أكثر اتساعًا في الطلب فإنه ينصح دائمًا باللجوء إلى قنوات التصريف ذات الطاقة الأصغر، ذلك رغم أنها يمكن أن تكون أكثر تكلفة مقارنة بقنوات التصريف ذات السعة الكبيرة.

قناة التصريف هي أنبوب أو نفق، ذو مقطع مستدير أو مستطيل، الذي يمر خلال جسم السد أو خلال تل جانبي عند أحد أجناب السد ويصرف في المجرى المائي أسفله. في حالة السدود الترابية أو السدود المبنية (Masonary)، فإن، قنوات التصريف تلك يمكن أن تمر بسهولة خلال جسم السد أو المفيض (قناة تصريف الفائض) (Spill way) شكل (٧/١)، ولكن بالنسبة للسدود الترابية، فإنه يفضل وضعهم خارج حدود الحواجز الترابية (Embankments). ولكن في حالة عدم توفر موقع تل مجاور ولا يوجد بديل سوى مرور قناة التصريف خلال السد، فإنه يجب توفير الطوق أو الجلبة المسننة وهي اسطوانة تربط أنبوبتين (collars) ذات البروز أو النتوء وذلك لخفض التسرب على طول خارج الأنبوب (Outside conduit).

كما هو موضح في الشكل (٧/٢). بذلك فإن التسرب يقل بزيادة طول ممر التسرب بنسبة لا تقل عن ٢٥%.



شكل (٧/١) منظم المخرج خلال سد التثاقل الخرسانى



شكل (٧/٢) المخرج خلال السد الترابى

في الشكل (٢) إذا كان الطول الكلي لقناة الصرف من اتجاه المنبع إلى اتجاه المصب هو (L)، فإن طول ممر التسرب سوف يكون L + (2 X)N (١)

حيث:

X = بروز كل جلبة (أو طوق)،

N = هو عدد البروزات.

الزيادة في مسار التسرب أي (2 NX) يجب أن يزيد عن L ÷ 4. داخل قناة الصرف سواء كانت نفق أو أنبوب، يجب أن يكون ناعمًا بدون أي عوائق أو فجوات. العوائق أو الفجوات Projections or Cavities .. الخ في حالة وجودها قد تسبب فصل للتدفق من تخوم وحدود قناة الصرف، بما يسبب تكوين ضغوط سالبة وبالتالي خطورة التكهف (Cavitation). كذلك فإن مدخل قناة التصريف له أهمية كبيرة، حيث المدخل ذو الطرف المربع (sqaure Edged) شكل (٣ – أ/٧) يحتمل أن يسبب فصل للتدفق وبالتالي زيادة خطورة التكهف مقارنة بنوع المدخل البوقي أو الناقوسي (Bell

(Mouthed أو أي شكل آخر للدخول. يوجد العديد من مثل هذه الحالات حيث حدث العديد من حالات التدمير بسبب التكهف قريبًا من المداخل ذات الطرف المربع. المدخل البوقي شكل (٣ – ب/٧) هو الأفضل من بين كل الأنواع الأخرى، والتكلفة العالية لتشكيل هذا المدخل يتم تبريرها عدا في حالة المشروعات الصغيرة حيث الارتفاعات الصغيرة لضغط المياه.

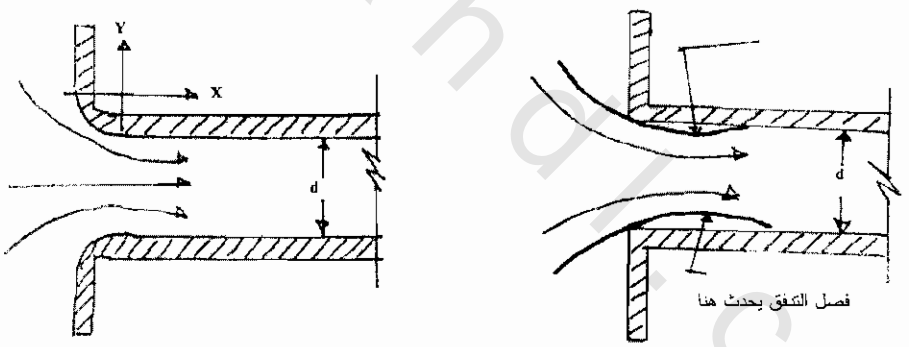
شكل المدخل البوقي يكون عادة بيضاوي واقترحت له المعادلات الآتية:

١ – للقناة المستديرة: (Circular Conduits).

$$4\,x^2 + 44.4\,Y^2 = d^2$$

حيث:

كلاً من X ، Y هما إحداثيات لأي نقطة على المنحنى كما هو واضح في الشكل (٣–ب).



أ– مدخل الطرف المربع

ب– مدخل الطرف المستدير

شكل (٣/٧) أشكال المداخل

obeikandl.com

d = القطر الدائري.

ب – للقنوات أو الأنفاق المربعة:

$$X^2 + 10.4\ Y^2 = d^2$$

حيث:

X ، Y هما نفس المعنى السابق.

D = عرض أو ارتفاع القناة أو النفق طبقًا لتصميم الأجناب والقمة والقاع.

هيدروليكا أشغال المخرج: Hydraulics of Outlet Works

الصرف المار خلال مخرج السد يمكن حسابه بسهولة باستخدام المعادلة الآتية:

$$Q = C_d . A\sqrt{2gH}$$

حيث:

Q = التصرف

A = مساحة قناة التصريف ذات بوابة التحكم بالمخرج Area of Outlet Sluice

H = الفرق في ارتفاع عمود الماء المسبب للتدفق أي الفرق في منسوب المياه في اتجاه المنبع وفي اتجاه المصب.

C_d = مغاسل التصريف الذي تعتمد قيمته على عوامل عدة مثل نوع البوابة (Gate)، مصفاة المدخل لحجز المواد الكافية (Trash Rack)، مدخل لقناة، احتكاك القناة، البوابات والمحابس، الانحناءات.

يمكن أن يؤخذ فقد الدخول بمقدار:

$0.5\ \frac{V2}{2g}$ للمدخل ذو الطرف المربع ويساوى $0.4\ \frac{V2}{2g}$ للمدخل البوقي.

حيث:

V = سرعة التدفق خلال القناة

obeikandl.com

الفقد في الضغط بسبب احتكاك النفق يمكن حسابه بالمعادلة القياسية مثل،

$$h_L = \frac{fLV^2}{2gd}$$

الفقد في الضغط خلال البوابة يتوقف على نوع البوابة والمحبس المستخدم.

يتم اعتبار مقدار الفقد ليكون $\frac{V2}{2g}$ = 0.2 في حالة البوابة تامة الفتح ومحابس الفراشة. ويكون صفر للبوابات أو المحابس اللاحقة.

الفقد في الضغط خلال مصفاة المدخل لحجز الأجسام العالقة (Trash Racks).

جدول (٧/١) الفقد في الضغط خلال شبكة الحجز للأجسام العالقة

السرعة خلال القطاع المسنن بالمتر	الفقد في الضغط بالمتر
٠,١٥	٠,٠٠٦
٠,٣	٠,٠٣
٠,٤٥	٠,٠٩
٠,٦٢	٠,١٥

صافي الضغط المؤثر المسئول عن التدفق يتم أخذه كالآتي:

الضغط المؤثر (H_{eff}) = فرق الضغط الرأسي (H) – الفقد فى الضغط عندئذ يمكن حساب التصرف بسهولة باستخدام المعادلة

$$Q = A.\sqrt{2g.H_{eff}}$$

المياه اللازمة لتوليد الطاقة المائية:

Water Requirement for Hydropower Generation:

استخدام الطاقة المائية في توليد الطاقة الكهربية يتم من خلال تدوير ريش التربينات بطاقة التدفق للمياه، وبذا إنتاج الطاقة الكهربية من المولد المتصل بالتربينات. إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام طاقة التدفق للمياه يعتبر من الاستخدامات الممتازة للمياه حيث لا يتم استهلاك ماء في هذا الاستخدام. فقط يلزم أدنى ضغط معين والذي يتبدد في إنتاج الطاقة.

كمية الطاقة المولدة عند سقوط Q من الماء بمقدار متر مكعب في الثانية خـــلال فرق إرتفاع H بالمتر يتم حسابها بالمعادلة التالية:

طاقة الماء المنتجة = $Y_w \cdot Q \cdot H$

حيث:

Y_w= وحدة الوزن للماء

= ٩,٨١ كيلو نيوتن/ المتر المربع ($9.81\ KN/m^2$)

= ٩,٨١ كيلو نيوتن – متر/ الثانية (أي كيلوات)

لذلك فإن الطاقة الكهربية أو القدرة بالكيلوات تكون لذلك فإنها تعطي كالآتي:

$$P = 9.81\ \eta \cdot QH\ (K.watts)$$

حيث:

η = الكفاءة الكلية للتربين والمولد.. إلخ.

قوة الحصان المترية المولدة (بقسمة الكيلوات على ٠,٧٣٥)

$$13.33\eta QH = \frac{9.81\eta.QH}{0.735} =$$

باستخدام ٨٠% كفاءة عندئذ:

الطاقة الكهربية = ٩,٨١ × ٠,٨ × Q × H كيلوات

= ٧,٨٤ H.Q كيلوات

حيث:

H = الضغط التصميمي (Design Hear) بالمتر

Q = التصرف التصميمي (Design Discharge) بالمتر المكعب في الثانية

بهدف ضمان استمرار إنتاج الطاقة المائية، فإنه يكون من الأساسي تخزين المـــاء إلى ارتفاع معين ثم صرفه خلال التربينات.

obeikandl.com

لذلك فإن بناء السد متعامد على النهر لتخزين المياه على الجانب في اتجاه المنبع يكون لازما لتوليد الطاقة المائية. أحيانًا يمكن استخدام قناة أو نبع طبيعي دائم بمساعدة أو بدون مساعدة إنشاء هدار عبره، لإقامة محطة طاقة مائية ذات قدرة صغيرة. كذلك يمكن استخدام طاقة موج البحر خلال ارتفاع المد (Tidal Rise) والسقوط التوليد الطاقة المائية. طبقًا لتلك العوامل، يمكن إنشاء الأنواع الآتية من محطات الطاقة المائية.

١. محطات التخزين.

٢. محطات التخزين بالضخ.

٣. محطات نهر التدفق السطحي.

٤. محطات المد.

تقسيم محطات الطاقة المائية على أساس الخواص الهيدروليكية:

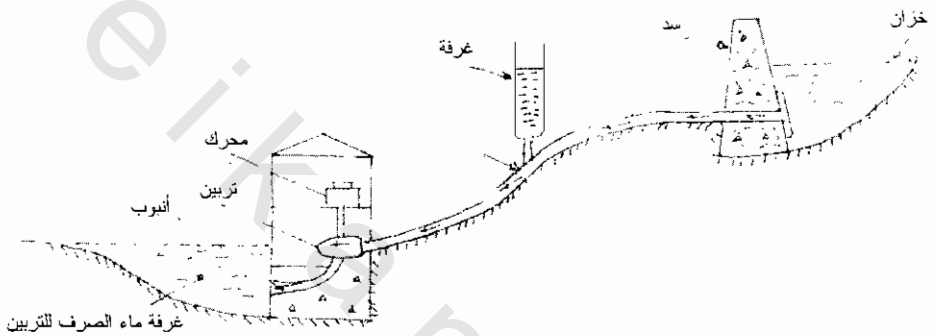
١. محطات التخزين (Storage plants)

محطة التخزين لها أساسًا خزان حجز في اتجاه المنبع بالحجم الكافي، بما يسمح بالحمل الكافي للتخزين خلال موسم الفيضان، وبما يوفر تدفق ثابت وكافي يزيد عن أدنى تدفق طبيعي للنهر. في هذا الشكل يتم بناء سد عمودي على النهر ومحطة الطاقة توضع عند قدم السد. محطة الطاقة قد توضع أحيانًا بعيدة عن السد (على جانب المصب). في هذه الحالة، فإن محطة الطاقة توضع عند نهاية الأنفاق التي تحمل المياه من الخزان. الإنفاق يتم اتصالها بماكينات محطة الطاقة بواسطة قنوات ضبط جريان المجرى (Penstocks) التي يمكن أن تكون تحت الأرض أو تبقى مكشوفة.

عند وضع محطة الطاقة قريبًا من السد، كما يتم عادة في الإنشاءات ذات الضغط الرأسي المنخفض فإنها تعرف Concentrated fall Hydro electric Development. ولكن عند حمل المياه إلى محطة الطاقة إلى مسافة كبيرة بعيدة عن السد خلال قناة أو نفق أو قناة ضبط المجرى فإنها تعرف بـ (Divided Fall Development).

٢. محطات التخزين بالضخ (Pumped storage plants)

محطة التخزين بالضخ تقوم بتوليد الطاقة خلال ساعات الذروة، ولكن في غير ساعات الذروة، يتم ضخ الماء ثانيًا من حوض المياه المنصرفة بعد التدوير (Tail Water) إلى حوض الماء في المنسوب العالي (Head water) للاستخدام المستقبلي. الطلمبات يتم تشغيلها بقوة ثانوية من محطة أخرى. المحطة لذلك تعني أساسًا بمساعدة محطة طاقة حرارية موجودة أو محطة طاقة مائية. مقطع نموذجي لمحطة التخزين بالضخ موضح في الشكل (٧/٤).



شكل (٧/٤) مقطع خلال محطة تخزين الضخ

خلال ساعات الذروة تتدفق المياه من حوض المياه العلوي إلى التربينات ويتم توليد الكهرباء. في أوقات غير ساعات الذروة فإن الفائض من الطاقة المتاح من محطة أخرى، يتم استخدامه لضخ الماء ثانيًا من حوض المياه المنصرفة بعد التدوير إلى حوض المياه العلوي. تلك المحطة الصغيرة تقوم عندئذ بدعم الطاقة لمحطة طاقة أخرى كبيرة. في هذا المخطط فإنه يتم استخدام نفس المياه مرات ومرات بدون الفقد في المياه.

في حالات الارتفاع ما بين ١٥ – ٩٠ متر، يتم استخدام طلمبات التربينات العاكسة والتي يمكن أن تعمل كتربين وكذلك كطلمبة ضخ. مثل هذه التربينات العكسية يمكنها العمل عند كفاءة عالية نسبيًا وأن تساعد في خفض تكلفة المحطة.

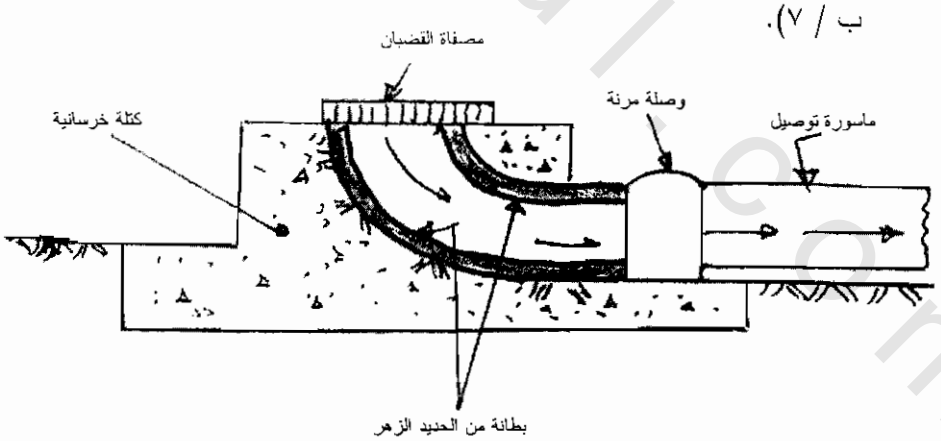
بالمثل فإن نفس الماكينات الكهربية يمكن أن تستخدم كمولد وكذلك كمحرك وذلك من خلال تبديل (عكس) الأقطاب. توفير هذا النظام يساعد كثيرًا في تحسين معامل التحميل لنظام الطاقة.

٣. مآخذ النهر (River Intakes)

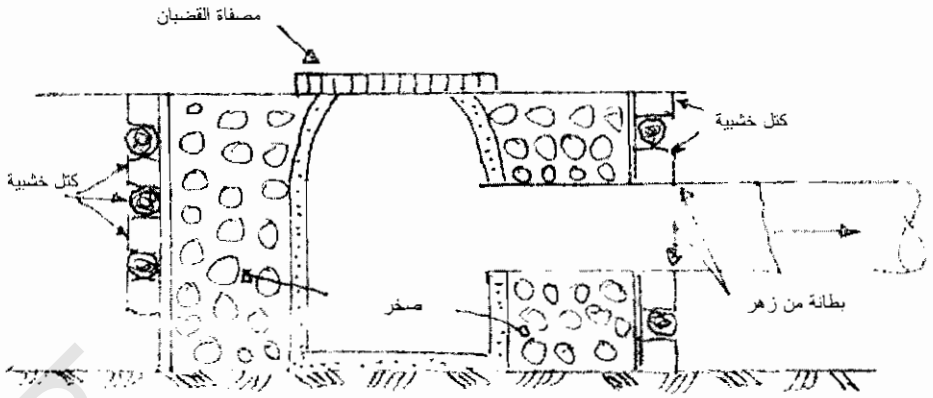
عند سحب المياه خلال مجرى أو قناة أو أنبوب توصيل (conduit)، من نهر أو من خزان، عندئذ فإن مدخل المجرى أو أنبوب ليس جزء مكملاً للسد أو منشأ آخر مرتبط به، عندئذ فإنه يجب إنشاء منشأة المأخذ عند مدخل المجرى أو القناة. منشأ المدخل يمكن أن يتغير مثل كتلة خرسانة بسيطة تحمل نهاية أنبوب التوصيل إلى أبراج خرسانية ضخمة، طبقًا لمختلف العوامل مثل، الظروف المناخية.. فإن المهمة الرئيسية لمنشأ المأخذ هو للمساعدة في تأمين سحب المياه من الخزان خلال مجال سابق تحديده من مستويات الحوض وبذا لحماية أنبوب التوصيل من التلف أو الانسداد بالثلج، المواد العالقة، الأمواج... الخ.

أ- المآخذ البسيطة المغمورة (Submerged Intakes)

المأخذ البسيط المغمور يتكون من كتلة خرسانية بسيطة أو من الصخر المملوء بجذوع الأشجار لحمل البداية الطرفية لأنبوب السحب كما في الشكل (٥ أ، ٥ ب / ٧).



شكل (٥-أ/٧) كتلة خرسانية بسيطة للمأخذ المغمور



شكل (٥-ب/٧) مأخذ مغمور من الصخر وجذوع الأشجار

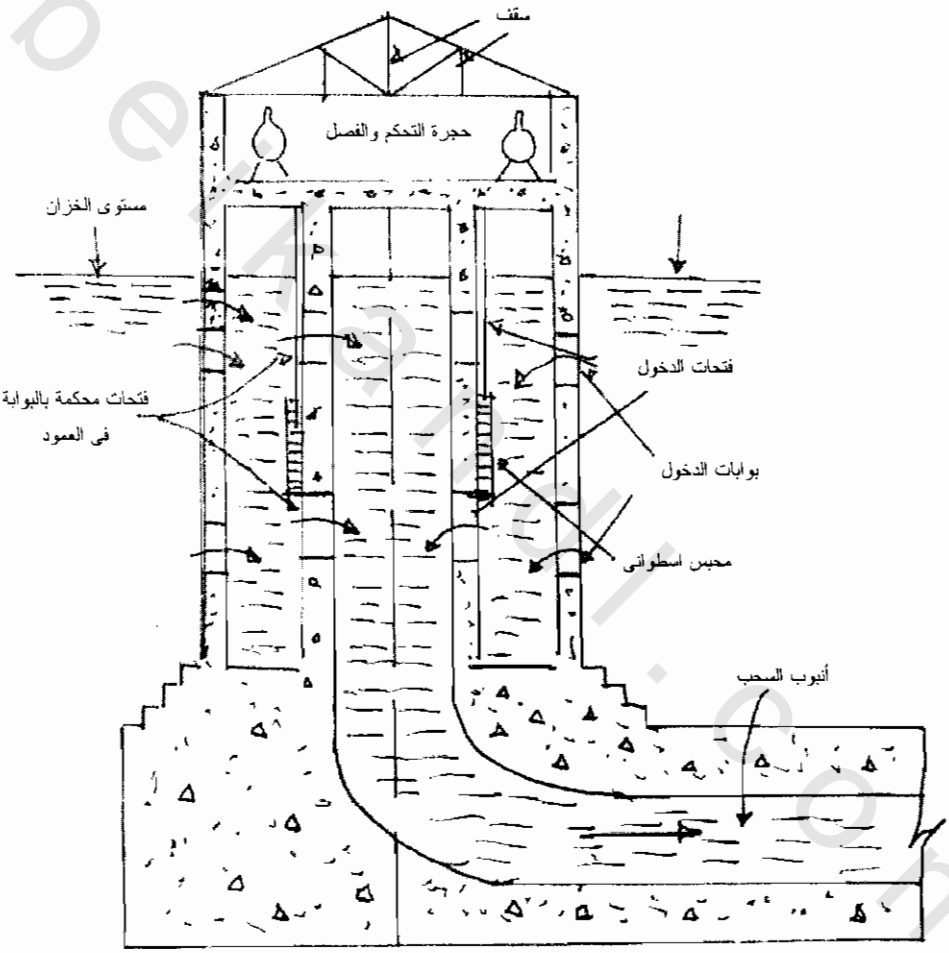
شكل (٥- /٧) المآخذ المغمورة

منشأ المأخذ هذا يتم وضعه في النهر أو خزان في مكان بحيث لا يتم ردمة تحت الرواسب. تلك المآخذ المغمورة رخيصة التكلفة ولا تعيق الملاحة، ولذلك واسعة الاستخدام على الأشكال الصغيرة، وهي مناسبة تحديدًا عند مآخذ الإمداد بالمياه من الأنهار وهي تستخدم أحيانًا كمآخذ لقنوات التصريف (Sluice Ways) للسدود الترابية مع البوابات والمحابس التي تعمل هيدروليكيًا لتنظيم التدفق. هذه المآخذ لا تستخدم في المشروعات الضخمة، حيث أن عيوبها الرئيسية هي حقيقة أنه ليس من السهل الاقتراب منها لإصلاح بواباتها.. إلخ.

ب- *أبراج المأخذ (Intake Towers)*

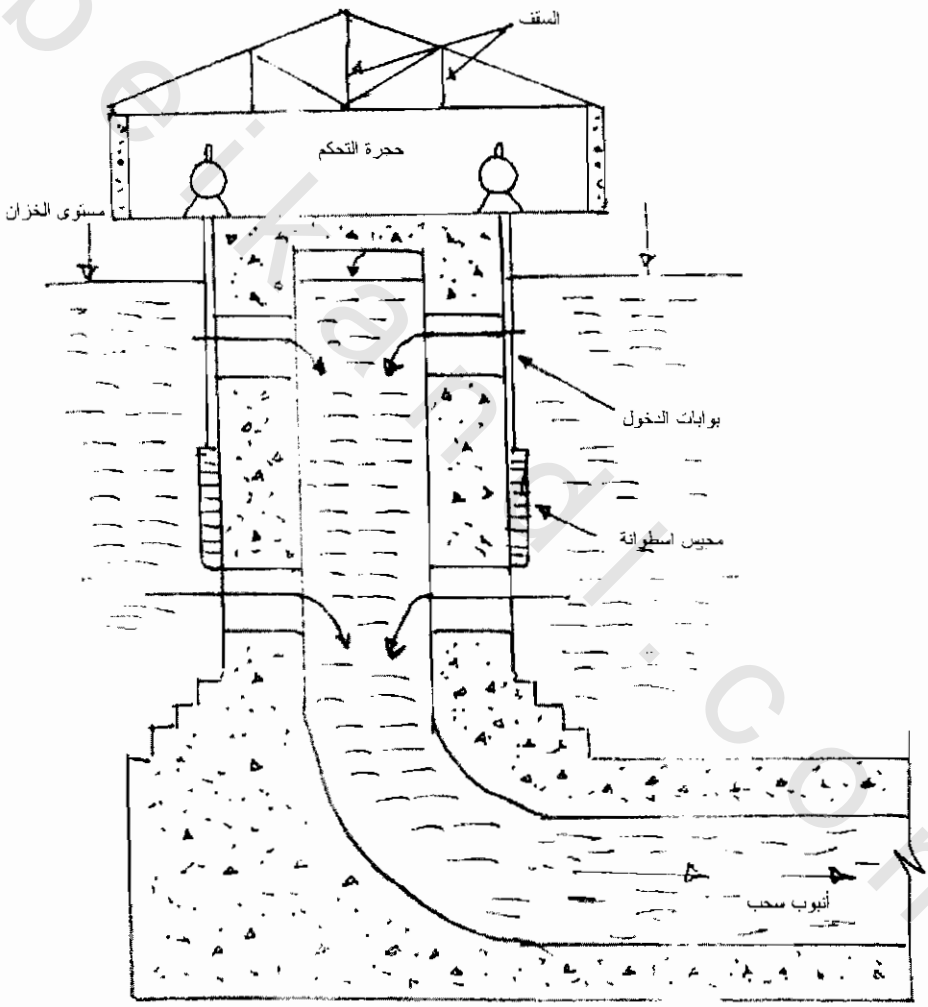
أبراج المأخذ تستخدم عمومًا في المشروعات الضخمة وحيث تغيرات كبيرة في مناسيب المياه. الفتحات عند المناسيب المختلفة تسمى بوابات (Ports) وهي عمومًا مزودة في الأبراج الخرسانية هذه، والتي قد تساعد في تنظيم التدفق خلال الأبراج وتسمح باختيار نوعية المياه إلى حد ما لسحبها. إذا كانت البوابات مغمورة عند كل المناسيب، فإنه عندئذ لا توجد مشكلة من الانسداد أو التلف بالثلج أو الأعشاب.. إلخ، ولكن منسوب البوابة السفلية يجب أن يكون عاليًا بما يكفي ليكون فوق قاع الخزان، لذلك فإن الرواسب لا يتم سحبها منهم. يوجد نوعين من أبراج المأخذ. هما أبراج المأخذ الرطب، أبراج المأخذ الجاف.

(١) **أبراج المأخذ الرطب:** (Wet Intake Towers) مقطع في برج المأخذ الرطب موضح في الشكل (٦- أ/٧). وهو يتكون من غلاف خرساني دائري مملوء بالماء حتى منسوب الخزان، وله عمود داخلي رأسي متصل بأنبوب السحب. الفتحات تكون مصنوعة داخل العمود الخرساني كذلك. البوابات تكون عادة موضوعة على العمود، بما يمكن من التحكم في تدفق المياه نحو العمود وماسورة السحب.



شكل (٦-أ/٧) مأخذ البرج الرطب

(٢) أبراج المأخذ الجاف: (Dry Intake Towers) الفرق الرئيسي بين برج المأخذ الرطب وبرج المأخذ الجاف هو أنه بينما في حالة برج المأخذ الرطب، تدخل المياه من بوابات الدخول نحو البرج ثم تدخل إلى أنبوب السحب خلال بوابة منفصلة بفتحات محكمة، على الجانب الآخر في البرج الجاف يتم السحب المباشر للماء إلى أنبوب السحب خلال محابس بوابات الدخول شكل (٦ – ب/٧).

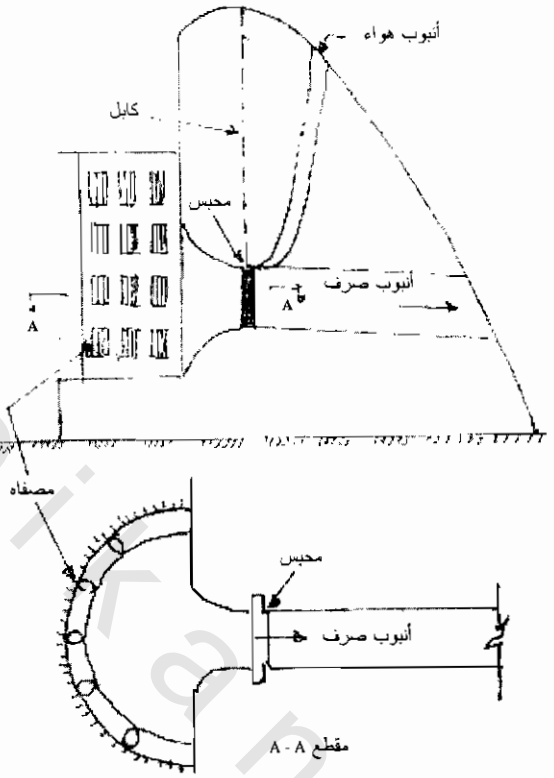


شكل (٦–ب/٧) مأخذ البرج الجاف

برج المأخذ الجاف لذلك، سوف لا يكون بداخله مـــاء إذا كانـــت بواباتـــه مقفولة. بينما برج المأخذ الرطب يكون مملوء بالماء حتى فى حالة بواباته المقفولة. عند قفل بوابات الدخول، فإن برج المأخذ الجاف سيكون معرضًا إلى قوي الطفو الإضافية، ولذا، يجب أن يكون المنشأ ثقيل أكثر من بـــرج المأخذ الجاف. ولكن، أبراج المأخذ الجاف مقيدة في أن الماء يمكن ســـحبه من أي منسوب يتم اختياره للخزان بفتح البوابة عند ذلك المنسوب. أبـــراج المأخذ هي إنشاءات ضخمة مقامة في النهر وبذا يجب أن يـــتم وضـــعها بحيث لا تحدث تداخل مع حركة الملاحة، كما يجب أن يتم تصميمها جيدًا لتكون قادرة على تحمل أسوأ تجميع ممكن لمختلف القوى مثـــل الـــضغط الهيدروستاتيكي، الرياح، قوي الزلزال، والقوى المسببة للأمـــواج، الـــثلج، الأعشاب.. إلخ.

٤. مصافي حجز المواد العالقة: (Trash Racks)

المداخل لمآخذ ومخارج السدود تكون مغطاة بمصافي الحجز لمنع دخول المـــواد العالقة إلى أنابيب السحب. وهي عبارة عن مصفاة القضبان المصنوعة من قضبان الصلب مفاصل ٥ – ١٥سم في كلا الاتجاهين سرعة الدخول خلال المصفاة تكون منخفضة إلى أقل من ٠,٦ متر في الثانية لخفض الفقد. وأحيانًا تكون مصفاة حجز المواد في شكل نصف اسطوانة كما في الشكل (٧/٧) يتم إزالة المـــواد الطافيـــة المتراكمة على المصفاة يدويًا أو آلياً في حالة توقع كثرة المواد المتراكمة.



شكل (٧/٧) مصفاة الحجز نصف اسطوانة ومحبس الجرار

obeikandi.com