GEOLOGY OF DAMS

جيولوجيا السدود

السد Dam : هو المنشأ الذي يقام على المجرى المائي، بحيث يحجز المياه و يكون عرضه بعرض ذلك المجرى المائي، و من خلاله يتم التحكم بكمية المياه التي تتدفق في المجرى من خلال بوابات توضع اسفل السد و فق احتياجات المدينة او المنطقة .

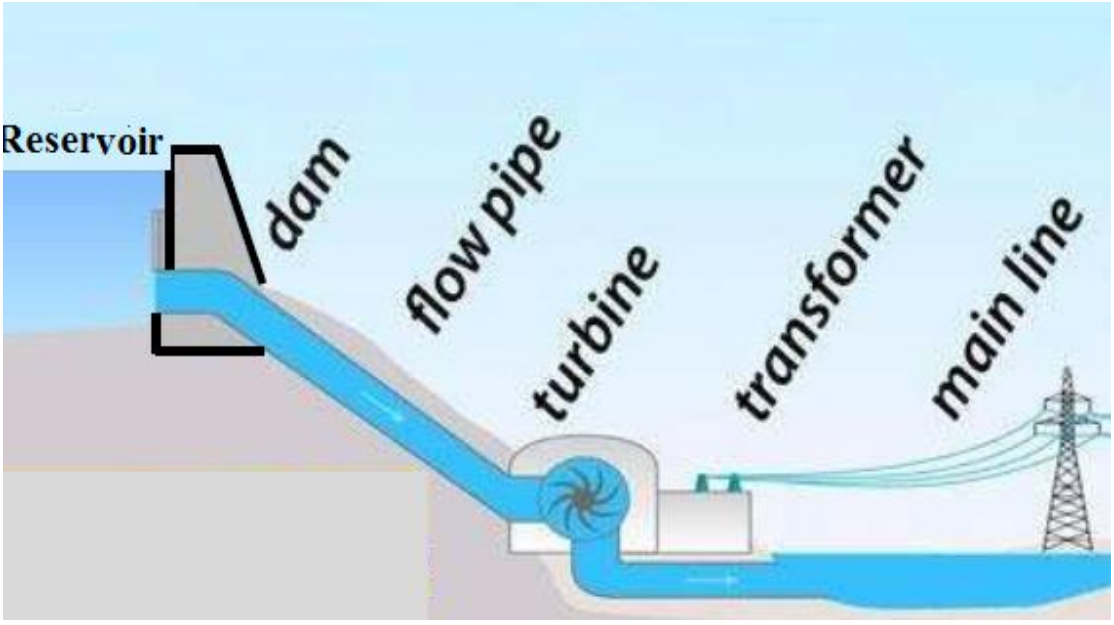
الاغراض التي ينشأ من اجلها السد The purposes for which the dam is created :

1 تنظيم التصريف(كمية المياه المارة) في المجرى المائي او النهر.

2 تجنب حدوث الفيضان من خلال التحكم بكمية المياه اثناء الفيضان.

3 الحصول على الطاقة الكهربائية.

4 الحصول على كمية المياه المطلوبة للزراعة و الصناعة.



الخزان Reservoir: هو البحيرة الصناعية التي تتكون في منطقة خلف السد (downstream side) في حالة الانهار.

Why dams and reservoirs sites must be study?

لماذا يتم دراسة اختيار مواقع السدود و الخزانات؟

تعتبر السدود من المنشآت الهندسية غير العادية)من المنشآت الحساسة(سواء من حيث ضخامتها او من حيث القوى الخارجية الهائلة التي تؤثر عليها، حيث ان انهيار أي سد يعتبر كارثة لما يسببه من دمار و خسائر حيث تندفع المياه بقوة مسببة الدمار خلال مرورها، لذا يجب اكمال جميع الدراسات و الابحاث و الاختبارات المتعلقة بجيولوجية المنطقة المزمع اقامة السد عليها .

انواع السدود Types of Dams

يتم تقسيم السدود الى انواع مختلفة حسب الشكل Shape and materials used for construction و المواد المستخدمة في الانشاء و حسب تأثير القوى According to the influence of forces و كالاتي:

- According to materials used for construction بحسب مادة الانشاء

1**السدود البنائية او الخرسانية Concrete dams :**و هي السدود التي يتم استعمال مواد البناء في انشاءها (الخرسانة) و تقسم بدورها الى ثلاثة انواع:

أ .السدود التثاقلية (Gravity Dams).

ب . .سدود متكونة من حوائط واكتاف (Buttress Dam)

ج . السدود القوسية او القبوية (Arch Dam)

2 السدود الترابية Earth dams: المادة المنشأ منها هذا السد هو التربة.

3 السدود الركامية Rock Fill Dams: المادة المنشأ منها هذا السد هي الصخور المتكسرة.

هناك عدة اعتبارات يجب ان تأخذ بنظر الاعتبار عند اختيار نوع السد منها:

There are several considerations to consider when choosing the type of dam:

1. المواد التي سيتم انشاء السد منها مدى توفرها بالمنطقة من عدمه.

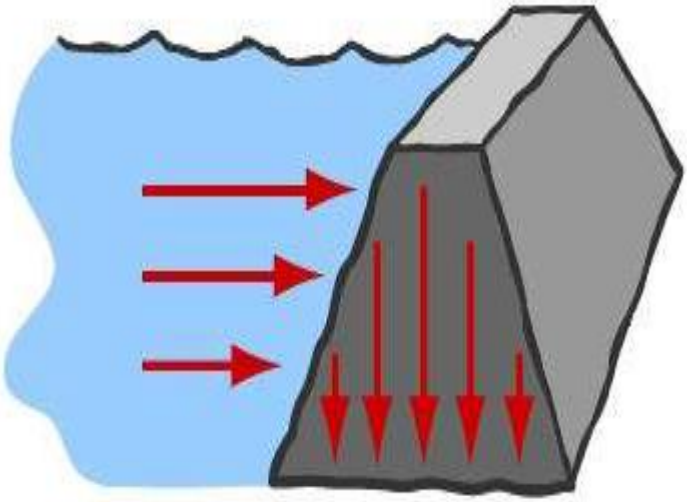
2. طبيعة طبقات الصخور او التربة التي سيجلس عليها السد و تكون كقاعدة و اساس له.

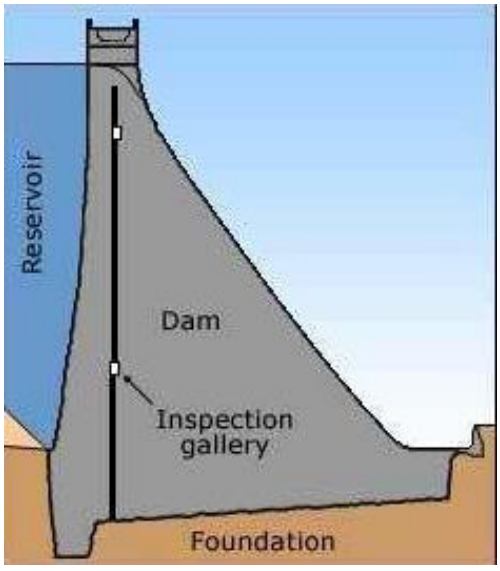
3. الظروف التي يمكن ان تحيط بالسد هل في منطقة حركة ارضية او زلازل او عواصف ،... الخ.

4. الكمية المياه المطلوب خزنها او حجزها من قبل السد.

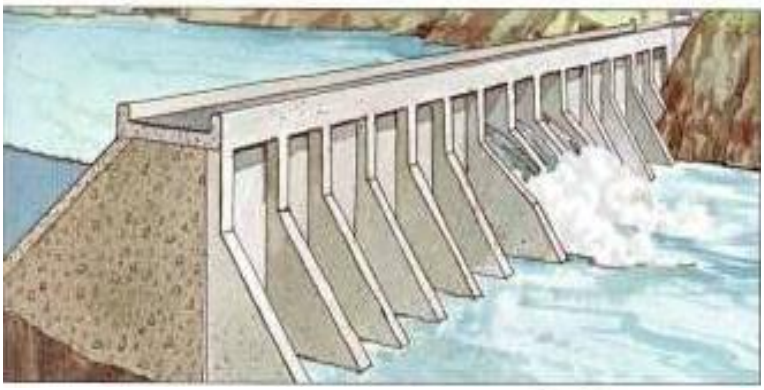
اولا :السدود البنائية:

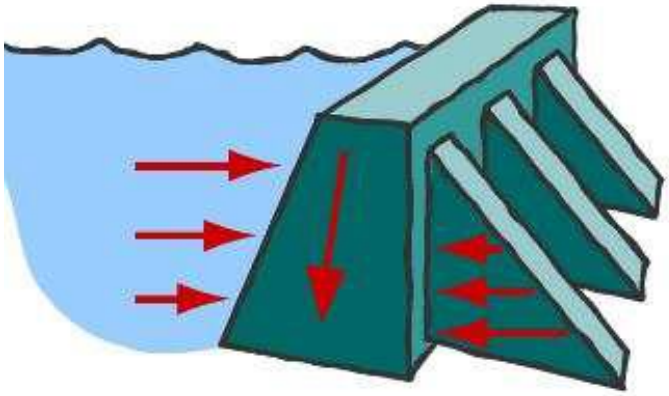
أ. **السدود التثاقلية Gravity dams:**و تنشأ من الخرسانة العادية و بدون استخدام حديد التسليح و يكون اشكال مقاطعها مختلفة فقط يتحكم بشكله حسب طبوغرافية المنطقة .و يفضل ان تنشأ تلك السدود على طبقات من الصخور الصماء(غير النفاذة) و قد تنشأ فوق صخور بها تشققات .و يعتمد هذا النوع من السدود على وزنه فقط في مقاومة القوى الخارجية التي يتعرض لها (بمعنى اخر ان وزن السد يؤدي الى استقراره).



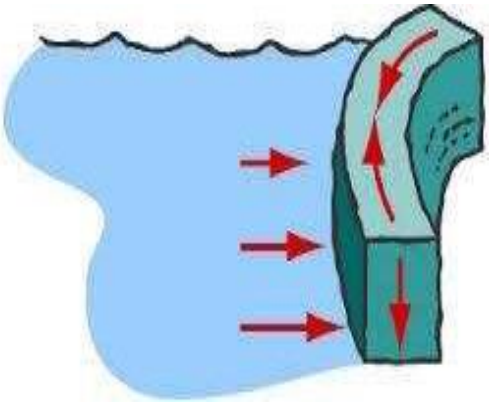


ب . **السدود ذات الاكتاف Buttress dams:**و يتألف هذا السد من جزئيين، الجزء الاول حائط من الخرسانة المسلحة عادة ما يكون مائل يكون تحت تأثير القوى الناتجة من ضغط المياه، اما الجزء الثاني فتكون عبارة عن اكتاف او حوائط عمودية على الحائط المسلح(الجزء الاول) و التي تنقل قوى المياه من الحائط في الجزء الاول الى الاساسات .هذا النوع من السدود يكون اقتصادي حيث انه يوفر كمية كبيرة من الخرسانة مقارنة بالسدود التثاقلية .ان الجزء الثاني من هذا السد (الاكتاف)تكون ذات مقاطع صغيرة فلذلك سوف تنقل تلك الاكتاف قوى مركزة على الاسس، لذا تطلب الامر من المهندس اهتمام كبير في تصميم و تنفيذ تلك الاسس و كما بالأشكال ادناه.





ج- **السدود القوسية او القبوية Arch dams :**يتكون هذا النوع من السدود من حائط خرساني محدب (على شكل قوس)باتجاه منبع المجرى المائي و توزع القوى المؤثرة على هذا القوس على طوله من مناطق اسناده الى وسطحه، و عادة ما تكون مناطق اسناده(تثبيت نهايتيه) من الصخور التي يجب ان تكون ذات مقاومة عالية تمكنها من تثبيت نهايتي القوس و بالتالي تحمل القوى التي تنقل اليها و كما ادناه.



القوى التي تؤثر على السدود البنائية forces effecting concrete dams:

1. قوة ناتجة عن وزن السد: تختلف قيمة هذه القوة بالاعتماد على نوع السد فتكون اكبر ما يمكن في السدود التثاقلية.

2. قوة ناتجة عن ضغط المياه امام و خلف السد: تولدت نتيجة الضغط الهيدروستاتيكي للمياه وتكون عمودية على الاسطح، فاذا كانت واجهت السد عمودية فتكون هذه القوة افقية، اما اذا كان السطح مائل فتكون ايضا مائلة.

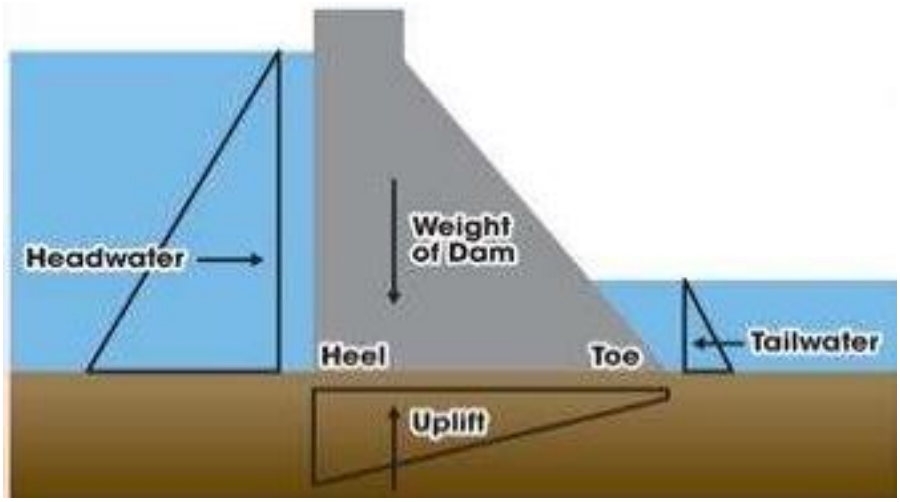
3. قوة افقية ناتجة عن الطمى المترسب في الخزان امام السد و الطمى هي مواد عالقة في الماء و اتجاه هذه القوة باتجاه ضغط الماء و تعمل على انزلاق و انقلاب حائط السد.

4. قوى ناتجة عن ضغط الثلوج: تعتمد على سمك الثلوج و في الغالب تقدر هذه القوة بحوالي 10 طن لكل متر مربع و تؤثر افقيا عند منسوب سطح الماء امام السد.

5. قوة التعويم ضغط الاصعاد uplift force : تؤثر هذه القوة على قاعدة السد و تعمل على دفع السد الى الاعلى و تكون مساوية للضغط الهيدروستاتيكي عند نفس العمق.

6. قوة ناتجة عن الحركات الارضية كالزلازل: و تكون بجميع الاتجاهات و لكن عند التصميم السدود يتم اخذها افقية.

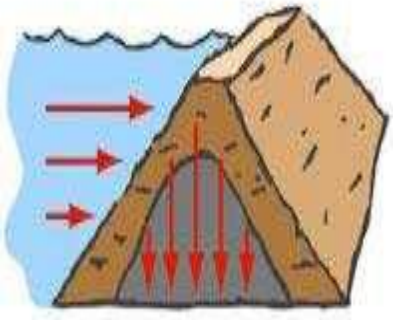
7 قوة رد فعل التربة او الصخور اسفل السد و قوة رد الفعل على الجانبيين في حالة السدود القوسية.



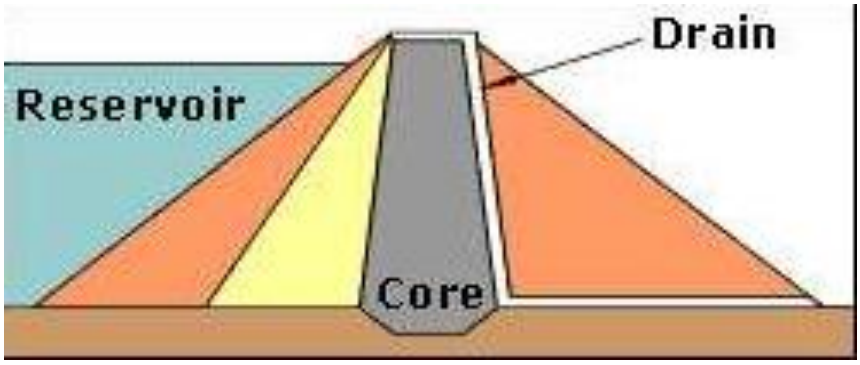
ثانيا :السدود الترابية Earth dams:

يتم انشاء تلك السدود من التربة الطبيعية و هي مواد مفككة من الرمل و الطمى و الطين و الحصى و الصخور المكسرة .و دائما ما يكون مقطع هذه السدود على شكل شبه منحرف و كما بالشكل ادناه، و يجب ان تتم حماية الاسطح المائلة للسد الترابي حتى لا يتأثر بالأمواج التي تتولد في الخزان و كذلك لحماية تلك الميول من العوامل الخارجية الاخرى مثل الامطار، ويجب ان تكون التربة المكونة للسد محدولة مضغوطة بحيث لا تسمح الا بقدر قليل من تسرب المياه خلالها. و اذا ما توفرت

نوعية التربة الملائمة للسد في مكان قريب من الانشاء فسيكون هذا النوع من السدود ذو كلفة اقل من كلفة انشاء السدود البنائية و كما بالشكل ادناه.

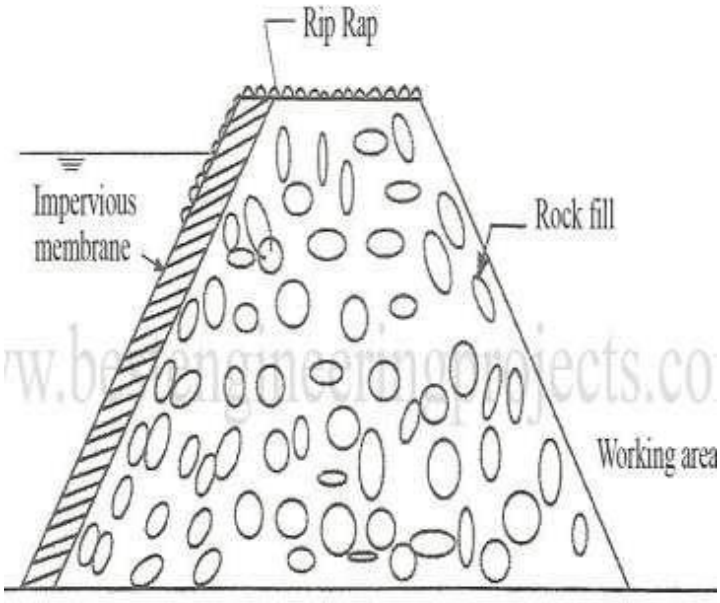


يمكن التغلب على مشكلة تسرب المياه خلال السد الترابي و ذلك بعمل نواة(لب)له من الطين اوالخرسانة بحيث لا يسمح بمرور المياه خلاله و هذا النوع من السدود لا توجد فيه بوابات لمرورالمياه بل يتم التخلص من المياه الزائدة عند انابيب بزل توضع في قمة السد و كما بالشكل ادناه.



ثالثا :السدود الركامية Rock fill dams

تتشابه السدود الركامية مع السدود الترابية من حيث شكل مقطع السد الذي يكون على شكل شبه منحرف و من حيث انها جالسة على اساس من المواد المفككة او اساس من التربة الصخرية. الاختلاف بين السدين هو ان المواد المفككة المستعملة في انشاء السد الركامي هي الصخور المكسرة المحدولة و من ثم يتم وضع واجهة في . و يتكون هذا السد من الصخور المكسرة منطقة مقدم السد و تكون غير نفاذة يتم عملها من الخرسانة الصلبة و كما بالشكل ادناه.



بشكل عام تبنى السدود الارضية الاملائية عاده في الظروف التالية:

1- اسسس غير متجانسةو غير قوية التحمل لتتحمل ضغوطا عالية لتتحمل ضغوط عالية تنتج من سد كونكريتي مثلاً

2- وجود صخور ملائمة يستفاد منها لبناء السد

3- وجود كمية كافية من الطين لأستعمالها نواة للسد clay core

4- سهولة الوصول الى الموقع وملائمة الموقع لحركة المكائن الضخمة ومناورتها

جيولوجية مواقع السدود

بناء على المعلومات التالية نستطيع اختيار الموقع الصحيح للسد المقترح و كذلك اساسها يمكن اختيار نوع السد.

Based on the following information we can choose the correct location for the proposed dam and also choose the type of dam:

- يجب ان تكون هناك معلومات كاملة عن القوى التي ستؤثر على السد واتجاهها فقد تكون قوة افقية تحاول ان تجعل السد ينزلق و قوة عمودية تحاول ابقاء السد في مكانه(تقاوم قوة الانزلاق .) و قد تتكون طبقة رقيقة من الماء على سطح الصخر تقلل من قيمة معامل الاحتكاك بين اساس السد و الصخر .و قد توجد قوى اصعاد تحاول رفع قاعدة السد.
- من خلال اعداد خارطة جيولوجية يمكن ان نحدد موقع السد بحيث يكون قريب من المواد المستعملة في السد و تحديد مكان تلك المواد. و كذلك تحديد مواقع الكسور او الشقوق الكبيرة في الموقع المزمع اقامة السد عليه حيث تعتبر تلك الكسور مناطق ضعف للتحمل و كما انها تكون مجاري و قنوات يجري بها الماء تحت السد حيث لا يجوز بناء سد فوق الفوالق او الصدوع. كذلك توضح تلك الخريطة طبقات الصخور و التربة و اتجاه الميل لها و كذلك تحديد مواقع المدن و المناجم و مواقع الاثار و بعدها عن السد.
- يجب ان تكون التربة او الصخور التي يجلس عليها السد غير قابلة للانجراف عند مرورالمياه خلالها و كذلك يجب ان لا تعمل المياه المارة على اذابة المواد اللاحمة في الصخور او اذابة الاملاح و الجبس في التربة

المستند عليها السد و بالتالي زيادة حجم الفجوات مما يؤدي الى زيادة الهبوط او النزول للسد، لذا من المفضل ان تقام السدود على الصخور الصماء. و في حالة كون المادة التي سيجلس عليها الاساس هي تربة، لذلك يجب ان لا تكون تلك المواد سهلة الانضغاط مثل الطين او مواد مسربه للمياه.

- نوع التربة او الصخور: الخصائص الفيزيائية للتربة و الصخور الخصائص الميكانيكية للصخور و سمكها من الممكن ان تؤثر في اختيار موقع السد من خلال اجراء فحوصات مختبرية للصخور و ذلك بأخذ عينات من الموقع المزمع اقامة السد عليه بحيث ان الصخور او التربة تكون قوية بكفاية لتحمل الاجهادات و القوى المتولدة من السد دون ان تؤدي تلك القوى الى تفتت او تشقق او انكسار تلك الصخور و من غير المفضل ان تقام السدود على صخور ذات طبقات مختلفة من الصلابة.
- اذا كانت طبقات الارض التي ستكون كاساس للسد مائلة فانه يفضل بان يكون ذلك الميل باتجاه منبع النهر.

الصفات الجيولوجية لمادة الأساسات والمرتكزات الجانبية

يجب تحديد الصفات الفيزيائية والميكانيكية لصخور الاساس بكل دقة وعناية وهذه تشمل : مقاومة الصخور ، تراكيبها ، نفاذيتها وتبعا لذلك قسمت هذه الصخور لخمس مجاميع رئيسة :

1- الصخور الكتلية القوية : تشمل الصخور النارية والمتحولة والرسوبية الطبقية كلحجر الرملي . حيث تعد هذه الصخور قوية لكونها تستطيع تحمل الاحمال الكبيرة التي تسلط عليها.

2- الصخور الكلسية : هذه الصخور تحوي عادة على كهوف وقنوات اذابة وانها قابلة للذوبان في الماء وتشمل ايضا صخور المرمر ولاتعد اساسا جيد للسد .

3- الرواسب الطبقة الرقيقة : حيث تصبح الصخور الطينية وصخور النضيد سطوحا قابلة للانضغاط نتيجه لامتصاصها وتاثر ها بلمياة فلا يستحسن اقامه السدود فوقها .

4- الصخور المفككة : رغم من امتلاك هذه الصخور نفاذية عالية للمياه كالرمل والحصى ، ولكن وجد بانها قد تمتلك قابلية تحمل كبيرة لغرض بناء السد فوقها . اما رواسب السهول الفيضانية والرواسب النهرية مثل الطمى والرمل الناعم فلا يستحسن اقامه السد فوقها .

جيولوجية مواقع الخزانات

تفقد مياه الخزانات بالتبخر او بالتسرب خلال طبقات التربة المنفذة للمياه او عند جريان المياه خلال الشقوق او الصدوع التي تتواجد في الصخور و التي تمون لها اشكال مختلفة و اما اتجاه التسرب فيكون باتجاه جوانب او قاع الخزان او قد يحدث خلال طبقات الصخور الواقعة اسفل السد .المستوي المائي في منطقة الخزان يعتمد على جوانب الخزان فاذا كانت مكونة من صخور منفذة ففي هذه الحالة قد يفقد قدر كبير من مياه الخزان بالتسرب خلال الصخور واعتمادا على المستوي المائي بداخل المنطقة.

قد يفقد ماء الخزان نتيجة لذوبان بعض الصخور و ما ينتج عن ذلك من تكوين تشققات او ممرات مائية. و من امثلة هذه الصخور نذكر الحجر الجيري و الجبس و الملح الصخري و يصعب تحديد تلك الممرات من الاختبارات و الفحوصات. و قد يفقد الخزان من مياه ان وجدت صخور بازلتية وهي صخور بركانية سطحية بحيث تبرد الماكما بسرعة كبيرة مما ينتج عنه تشققات تكون كممرات لجريان الماء. تلك الممرات تكون بطول قد يصل الى عدة كيلومترات و قطر قد يصل الى حوالي تسعة امتار.

و عند وجود تلك الخزانات فوق صخور غير قابلة للذوبان الصخور النارية او المتحولة مثل الجرانيت و الحجر الرملي فأنها لا تكون لدينا مشاكل في التسرب، بل اصبح ضروريا ان نحدد مواقع الفوالق و الفواصل و التشققات حيث ان وجودها يؤدي الى فقدان كبير في مياهه عن طريق تلك التشققات، لذا يجب ان تملئ تلك التشققات بالخرسانة لمنع التسرب.