# المحاضرة الأولى

## أنواع السدود Types of dams

### ١- تعريف السد :

السد هو منشأة مدنية تقام في وادي المجرى المائي (نهر – مجرى سيلي) وبشكلٍ معترض للجريان المائي فيه وذلك بهدف حجز مياهه وتخزينها ضمن بحيرة اصطناعية تتشكل أمام السد .

### ٢- الغاية من إنشاء السد :

١- توليد الطاقة الكهربائية وذلك بالاستفادة من فرق ارتفاع الماء أمام وخلف السد حيث يتم توجيه المياه من أعلى سطح بحيرة التخزين بواسطة مجرى بيتوني مغلق أو أنبوب معدني نحو محطة كهرمائية تقع خلف السد .

٢- تأمين الاحتياجات المائية لمشاريع الري وخاصةً في فصل الجفاف .

٣- توفير مياه الشرب للأماكن المأهولة . بعد مرور هذه المياه ضمن محطات تنقية وكذلك توفير مياه الشرب للمواشي والصناعة .

٤- تنظيم الجريان في المجاري المائية ودرء خطر الفيضانات عن المدن والأماكن المعرضة لأخطارها أثناء فصل الأمطار .

٥- تشكيل بحيرات اصطناعية صالحة لتربية الأسماك الأمر الذي يساعد على تنمية الثروة السمكية في البلاد .

٦- إحداث بحيرات كمواقع سياحية لكونها تعمل على تحسين الجو وتلطيفه.

٧- حجز مياه السيول في المناطق الجافة والناتجة عن العواصف المطرية والاستفادة من هذه المياه لأغراض الري ولأغراض الشرب والرعي ولرفع منسوب المياه الجوفية (سدود ترشيحية) .

### ٣- أنواع السدود :

#### ١- أنواع السدود من حيث الوظيفة :

**١- سدود توليد الطاقة الكهربائية :**

يعتبر هذا النوع من السدود غير مستهلك للمياه ، إذ أن الماء الخارج من المحطة الكهرمائية يتجه مرة أخرى إلى المجرى المائي غير إن الضياعات المائية الوحيدة التي تحدث بفعل التبخر من سطح بحيرة التخزين لذلك فمن أجل تخفيض حجم هذه الضياعات وزيادة الطاقة

الكهرمائية المولدة يفضل أن يكون لبحيرات التخزين سطوح مائية صغيرة وعمق كبير

ومن الأمثلة على هذا النوع (سد تشرين على نهر الفرات) .

**٢- سدود تخزينية تقوم بحجز المياه لأغراض الري :**

يعتبر هذا النوع من السدود المستهلكة للماء لتأمين الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية المروية . لذلك يفضل أن يكون حجم بحيرة التخزين كبيراً لزيادة مساحة الأراضي الزراعية الممكن إرواؤها . من الأمثلة (سد الرستن ، سد الشهيد باسل الأسد – سد ١٦ تشرين ...) .

**٣- سدود ذات وظيفة مختلطة :**

هي سدود تهدف بالدرجة الأولى إلى تأمين مياه الري . إلاّ أنه يستفاد من ارتفاع منسوب الماء في بحيرة التخزين لتوليد الطاقة الكهربائية ،من الأمثلة سد الفرات حجم التخزين فيه ١٣ مليار م$^{٣}$ وكذلك السد العالي في مصر حجم التخزين فيه ٣٠٠ مليار م$^{٣}$ .

**٤- سدود تنظيمية :**

هي سدود تهدف إلى تنظيم الجريان المائي في الأنهر ، حيث يقوم السد بحجز مياه النهر أثناء فترة الفيضانات وتصريف المياه المحجوزة خلفه بشكلٍ تدريجي في فترات شح النهر بحيث يكون معه مقدار التدفق المار في النهر على امتداد أشهر السنة معادلاً للتدفق الوسطي السنوي ومن الممكن الاستفادة من الماء المحجوز أمام السد في توليد الطاقة الكهربائية مثل (سد البعث على نهر الفرات) .

**٥- سدود تحويلية :**

هي سدود بسيطة لا تقوم بحجز المياه أو تخزينها وإنما هي تعترض جريان المياه في المجرى المائي بهدف تحقيق رفع بسيط لمنسوبها بحيث يمكن توجيهها مباشرةً إلى أقنية جانبية تقوم بنقل الماء لاستعماله في الري .

وتكون هذه السدود على شكل عتبات تعترض المجرى أو سدود هدارة مثل (سد العشارنة) .

**٦- سدود سطحية :**

هي سدود تقوم بحجز مياه الجريان السطحي الناتج عن العواصف المطرية الهاطلة في المناطق الجافة وشبه الجافة والذي تمثله السيول . حجم بحيرة التخزين أمام هذه السدود يكون بسيطاً ولا يتجاوز المليون متر مكعب كما أن حجم جسم السد يكون بسيطاً أيضاً . ومن الأمثلة (سدود البادية السورية) .

**٢- أنواع السدود من الناحية الإنشائية :**

**١- السدود الثقلية البيتونية :**

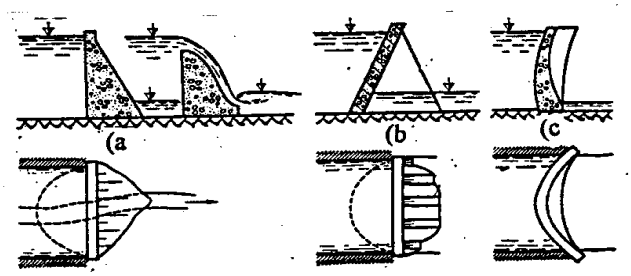
هي سدود تقاوم عن طريق وزنها الذاتي الدفع الهيدروستاتيكي لماء البحيرة والمؤثر على الواجهة الأمامية للسد ، تنفذ هذه السدود من البيتون الثقلي وشكل المقطع العرضي للسد على هيئة مثلث أو شبه منحرف وقد يكون وجهه الخلفي مستقيم أو منحني (السد الهدار) ، شكل (١-١-a) .

**٢- السدود الكتفية المدعمة :**

هي عبارة عن جدار مرتفع ومائل ، سماكته أقل من سماكة السد الثقلي لكنه مدعم ومعزز بأكتاف هي عبارة عن جدران مقامة من جهة الحوز المائي السفلي بصورة عمودية على الجدار الأصلي (السد) . وتنفذ هذه السدود من البيتون المسلح . شكل (١-١-b) .

**٣- السدود القوسية البيتونية :**

تنفذ هذه السدود على شكل قوس من البيتون المسلح يستند على جوانب الوادي ويختار هذا النوع عندما يكون طول السد صغيراً بالنسبة للارتفاع وكذلك إذا وجدت أكتاف صخرية تقاوم الضغوط المائية المطبقة على الوجه الأمامي للسد ، شكل (١-١- c) .



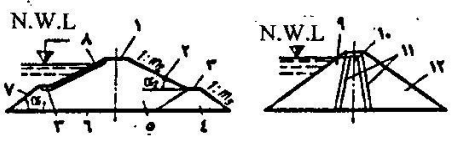

**الشكل (١-١) الرسوم التخطيطية للسدود الخرسانية**

**a) سدود ثقلية ، b) سد كتفي مدعم ، c) سد قوسي**

**٤- السدود الترابية :**

هي عبارة عن حاجز ترابي كتيم يقوم بحجز مياه المجرى المائي خلفه . مقطع السد الترابي العرضي هو على هيئة شبه منحرف وميل منحدراته $m = \cot g\ \alpha$ حيث ($\alpha$ زاوية ميل المنحدر على الأفق) . وتمتاز السدود الترابية بعرض قاعدتها الكبير مقارنة بالسدود البيتونية . وإن الشرط الإنشائي الأساسي لتوازن هذه السدود هو توازن منحدراتها (الأمامي – الخلفي) شكل (١-٢) .

ويجب أن تزود السدود الترابية بمنشأة هامة لتصريف الفيضانات لأن هذه السدود لا يمكن أن تكون هادرة .



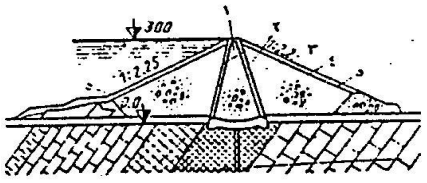

**الشكل (١–٢) مقاطع عرضية في السدود الترابية**

**١– قمة السد ٢– المنحدر الخلفي ٣– مصطبة ٤– موشور صرف الماء ٥– موشور ترابي ٦– قاعدة السد الإنشائية ٧– المنحدر الأمامي ٨– طبقة تكسية للمنحدر الأمامي ٩– موشور الدفع الأمامي ١٠– جدار جوفي (نواة) ١١– مناطق انتقالية ١٢– موشور دفع خلفي**

**٥– السدود الركامية :**

تنفذ هذه السدود من فتات صخري يتم دحله ورصه ميكانيكياً . وتجهز هذه السدود بحاجز كتيم (نواة مركزية غضارية) – شاشة (غضارية) – جدار من البيتون الإسفلتي ... .

ولقد لاقت هذه الأنواع من السدود انتشاراً واسعاً لبساطة تصميمها ولإمكانية استعمال المواد المحلية لبنائها وقد ساعد تطور علم ميكانيك التربة وهيدروليك المياه الجوفية والجيولوجية الهندسية والاستعمال الواسع لآليات الحفر والرص في بناء سدود ركامية ذات ارتفاعات عالية . سد نوريك (الاتحاد السوفييتي) ارتفاعه 300 m شكل (١–٣) .




**الشكل (١–٣) سد نوريك بارتفاع H = 300 m**

**١– جدار جوفي ٢– مناطق انتقالية ٣–٤– موشوري الدفع الأمامي والخلفي وهي من مادة حصوية زلطية ٥– طبقة تكسية من حجارة الدكة (كتل صخري )**

# الدراسات الأولية لموقع السد

**- اختيار موقع السد :**

إن اختيار الموقع الملائم لإنشاء السد يتعلق مباشرةً بالغاية من إنشائه أهو للري أم توليد الطاقة الكهربائية ، فالنوع الأول يحتاج إلى بحيرة تخزين ذات حجم كبير والنوع الثاني يحتاج إلى بحيرة ذات عمق كبير نسبياً ، لذلك اختيار موقع السد يتعلق بمجموعة من العوامل الطبوغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية والاقتصادية ، ومن الممكن تلخيص مختلف العوامل المذكورة في اختيار الموقع الملائم لإنشاء السد كما يلي :

**١- العامل الطبوغرافي :**

إن العامل الطبوغرافي هو العامل الأساسي المؤثر في اختيار موقع السد إذ أنه بدلالة الوضع الطبوغرافي لحوض المجرى المائي يصار إلى تحديد عدة مواقع على المجرى المائي ملائمةً لإنشاء السد .

إن دراسة مخطط طبوغرافي أولي لحوض المجرى تساعد في كل موقع تحديد ما يلي :

- الأبعاد الأولية للسد وارتفاع التخزين أمام السد .
- سعة بحيرة التخزين المتشكلة أمام السد .

من الناحية الطبوغرافية يتم اختيار الموقع الذي يقع في منطقة تضايق في المجرى المائي لأنه يؤدي إلى الاختصار في طول جسم السد ولكن شريطة أن يؤمن هذا الموقع إمكانية تنفيذ المفيض والمنشآت الملحقة بالسد .

**٢- العامل الجيولوجي :**

يجب أن تتوفر في الموقع الشروط الجيولوجية الملائمة لإنشائه وهي التالية :

**آ- كتامة جوانب الحوض حيث ستتشكل بحيرة التخزين :**

من الضروري أن يكون الفاقد المائي بالتسرب من جوانب البحيرة أصفريا قدر الإمكان وعليه يجب تجنب الجوانب الصخرية المتشققة أو الصخور المسامية أو الصخور القابلة للانحلال كالصخور الجبسية .

**ب- كتامة الأرضيات التي سينشأ عليها السد :**

من المفضل أن يتم إنشاء السد على أرضية كتيمة لمنع حدوث تسرب أسفل السد لتقليل الفاقد المائي من البحيرة لذلك عندما تكون الأرضيات الترابية نفوذة أو صخرية متشققة يجب إنشاء حواجز مانعة للتسرب (صفائح معدنية – خندق كتيم – الحقن الإسمنتي) .

**ج- إمكانية تحمّل الأرضية التي سيرتكز عليها السد للحمولات والإجهادات المنقولة من جسم السد :**

في حالة السدود الترابية تفضل الأرضيات الترابية على الأرضيات الصخرية التي من الصعب تحقيق تلاصق جيد بينها وبين السد الترابي .

الأرضيات الصخرية تصلح لإنشاء السدود البيتونية عليها شريطة أن تكون قيم الإجهادات الحدية المسموحة لها أكبر من قيم الإجهادات المنقولة .

**د- إمكانية تجهيز الموقع وتسويته وإجراء عمليات الحقن الإسمنتي للأساسات إذا اقتضى الأمر .**

**هـ- يجب أن يتوفر في الموقع المختار لإنشاء السد أو بالقرب منه المواد اللازمة لتنفيذ السد :**

في حالة السدود الترابية من الضروري اختيار الموقع الذي تتوفر فيه المواد الترابية اللازمة لتنفيذ جسم السد (غضار + ترب حصوية رملية خشنة + مقالع حجرية) . أما في حالة السدود البيتونية من الضروري لحظ إمكانية توفر المواد الرملية والحصوية في الموقع لتأمين خلطة بيتونية جيدة .

**٣- العامل الهيدرولوجي :**

يتحدد دور العامل الهيدرولوجي في اختيار الموقع الملائم لإنشاء السد من خلال العناصر التالية :

- أن تكون قيمة التدفق المائي المار في المجرى المائي كافياً عند موقع السد لملئ البحيرة التي ستتشكل أمام السد خلال فترة التخزين .

- أن يكون مقدار التدفق الصلب في المجرى المائي ضعيفاً بحيث يمكن استثمار السد مستقبلاً لأكبر فترة ممكنة .

**٤- العامل الاقتصادي :**

ان الاختيار المفضل يكون للموقع الذي يؤدي إلى كلفة أصغرية للمشروع مع تأمين الشروط الفنية المطلوبة لتأمين سلامة المنشأة واستثمارها بالشكل الذي يؤمن مردوداً جيداً من المساحات المروية والطاقة الكهربائية المتولدة من المحطة الكهرمائية إن وجدت .

يمكن التعبير عن اقتصادية السد بعامل الريعية N :

$$N = \frac{\text{حجم التخزين}}{\text{حجم السد}}$$

يجب أن لا تقل ريعية السد عن $N > 8$ ففي حالة $N = 10$ الريعية ملائمة $N = 20 \div 30$ السد ذو ريعية ممتازة .