

# السدود المائية

بحث مقدم من

**المهندس المدني .. زيوار حسن حسين**

الى اتحاد نقاية مهندسي كورستان



## 1- المقدمة:

تعتبر السدود من أعظم و أضخم المنشآت المدنية التي يبنها الإنسان علي الإطلاق ، غيرت هذه السدود معالم الحضارة البشرية .  
وتعتبر السدود من الإنشاءات الهندسية القديمة جدا حيث أنشا أول سد في العالم في مصر القديمة من حوالي عام قبل الميلاد.  
ويكثر حاليا انشاء السدود بأنواعها المختلفة في جميع دول العالم ، بل ابتكروا العديد من النماذج المختلفة للسدود الكفيله بمقاومة المياه العنيفه.

السدود هي أحدي المنشآت المائيه التي تؤسس لحفظ المياه وتخزينها إعدادها للإستهلاك، تقام السدود لاغراض شتي منها :-

- سدود تقام للتحكم في المنسوب المائي.
  - سدود تقام علي طول المجري في الاراضي شديده الانحدار.
  - سدود تقام بغرض التخزين وذلك حتي يمكن من التحكم في فيضان النهر مثل سد اسوان القديم والسد العالي بأسوان.
  - سدود تقام لتوليد الطاقه الكهربيه من فرق المنسوب امام وخلف السد.
  - سدود تقام بغرض ري الاراضي الزراعيه.
- ان الأنواع الشائعه من السدود هي التي تنشأ من نوع واحد من المواد ، او ذات الردم الترابي او الردم الصخري مع قالب ترابي ، او ذات الواجهه الخرسانيه و السدود الخرسانية هي التي تعتمد علي الجاذبية ، او القوس او الدعامات الواقيه .  
السدود الترابية هي نوع من أنواع السدود ، و تعتبر من أقدم أنواع السدود التي أقيمت بواسطة الإنسان قبل عدة آلاف من السنين قبل الميلاد في كل من مصر و الهند و بيرو ، تعمل هذه السدود الترابية على حجز المياه خلفها و ما يميزها كثافة المادة داخلها ، فالعازل الداخلي لسد ترابي يمنع تسرب او ترشح المياه عبر جسم السد .

يوجد هذا النوع من السدود بكثره في بقاع السودان المختلفة ، مثل سد السرف في القضارف ، سدود في غرب السودان ، سد ابودليق ، سدود اربعات ، سد وادي سيدنا في منطقة الخرطوم ، سد تاوى ، سد قوب وفي شرق السودان سد في وادي المقدم .  
ونحن بصدد تقييم ودراسة سد ترابي وادي سيدنا الموجود في محلية كرري شمال الخرطوم ، هذه المنطقة تعاني من طول فصل الجفاف و قلة تدفق المياه السطحية .  
تقع منطقة وادي سيدنا ضمن المناخ الصحراوي و شبه الصحراوي ، اذ تتعرض في بعض الاحيان الى تدفق السيول بكميات كبيرة.

### 1-3 منطقة الدراسة:-

تقع منطقة وادي سيدنا في الجزء الجنوبي الشرقي من محلية كرري ، هو الوادي الذي يشق طريقة من غرب المنطقة العسكرية ثم يتجه شرق مارا بشارع وادي سيدنا ليخترق قرى كرري قبل ان يصب في النيل. يبلغ طول هذا الوادي حوالي كيلومتر ويتميز عن الأودية الأخرى بصغر عرض حوضه

الجانبى يبلغ  
( catchment area ) والذي يتراوح بين الى كيلومتر ، و مساحة الحوض الجانبى حوالي كيلو متر مربعا في منطقه غرب المنطقة العسكريه.

المنطقة من طول الجفاف وقلة تدفق المياه السطحيه حالات تعاني هذا فصل الإ في ذات تكرار متباعد إذ أنها تقع ضمن المناخ الصحراوي وشبه صحراوي الذي لا يتجاوز المعدل المطر فيه عن مليمتر .

تتعرض هذه المنطقة لهطول الأمطار طول فصل الخريف في الفتره من يوليو- سبتمبر واحيانا تتدفق السيول عبر خور وادي سيدنا باحجام كبيره وعاليه . تمثل مشكله في التصريف حيث يشق مجراه شارع وادي سيدنا ويجتاح طريق الشارع عدة مرات في العام . اما مساحة الحوض الجابي فيمكن ان تستغل مياهها لأغراض الزراعة خاصة ان سهول الوادي ذات تربه طينيه وهي منبسطة وبالتالي مناسبه لعمليات الري.

الصفه العامه للتربه هي طينيه أو طينيه مخلوطه بالسلت أصف الى ذلك ان متوسط ميل قاع الوادي يتراوح بين . الى . في الكيلومتر الواحد ويعتبر ذلك ميلا كبيرا من الناحية الهيدروليكيه . وعليه فان تلك العوامل مجتمعه تزيد من فعالية نسبة الأمطار الهاطله في المنطقه ، يزيد معامل الجريان وبالتالي زيادة احتمال الاضرار الناجمه.

وكما هو الحال في اغلب الوديان في الريف لا توجد محطة قياس امطار بالقرب من الوادي وان اقرب محطات بها معلومات كافيه عن الأمطار هي مدينة أم درمان . غير أن الأمطار في هذه المنطقه هي امتداد للأمطار الموسميه لسهول السودان الوسطى إذ أن هذه المنطقه تقع جنوب الفاصل المداري وبالتالي تكون عرضه للأمطار الصيفيه الناتجه من الرياح الجنوبيه الرطبه ، وأن متوسط الأمطار السنويه بالمنطقه والمرتفعات المتاخمة لها حسب الأحصائيات

المدونه حوالي مليمتري في حين أن أعلى هطول مطري سنوي هو مليمتري وأدنى هطول مطري سنوي هو مليمتري . كما أن متوسط عدد أيام المطر السنوي هو يوم ، هذه الأرقام بدأت في الارتفاع ولقد أخذنا هذه الزيادة في الحسبان وعلى أساس أن متوسط الأمطار في حدود مليمتري . أما بالنسبة للتبخر فيبلغ أعلى معدل له حوالي . مليمتري في اليوم ، ويحدث ذلك في الفترة من ابريل وحتى يونيو . وهذا يعزى الي الارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية أما معدلات التبخر الدنيا فتكون في الفترة من ديسمبر الي فبراير وذلك لانخفاض درجات الحرارة . ومن المعالم الواضحة والمعروفه والظاهره في منطقة وادي سيدنا منطقه وادي سيدنا العسكريه ومدرسة وادي سيدنا الثانويه وهي تعتبر من المعالم التاريخيه في السودان وكما توجد بها قاعده جويه . مدرسة وادي سيدنا تم إنشاؤها بعد تحويل كلية غردون الي جامعه ،تم افتتاح ثلاث مدارس ثانويه عليا لمدتها بالطلاب وهذه المدارس هي مدرسة وادي سيدنا الثانويه ،مدرسة حنتوب و مدرسة خور طقت .

## 1-2 الأهداف:-

### 1-2-1 الأهداف الخاصة:-

- الإستفاده القصوى من المياه المتدفقه من الوادي .
- الإستفاده القصوى من المياه وحجزها للمساهمه في تنمية تلك المنطقه اجتماعيا واقتصاديا .
- تخفيض أحجام السيول المتدفقه نحو شارع وادي سيدنا ونحو المنطقه المأهوله بالسكان وبالتالي تقليل الاضرار الناجمه من ذلك .
- زراعة أحزمة من الغابات والأشجار (Afforestation) لإحتواء آثار التعرية وتجريف التربة وما شابهها من زحف صحراوي وتمدد لمنطق الجفاف .
- إيجاد مناطق ترويح للمواطنين (Recreation Areas) في المنطقه .

### 2-2-1 الهدف العام:-

- تقييم و دراسة سد ترابي وادي سيدنا .

# الباب الثاني الإطار النظري

## - السدود وأنواعها

السدود هي عبارة عن إنشاءات هيدروليكية تسد أو تحتجز مجرى الماء في النهر ،  
مكونه في النهر حوضاً □ من الماء المحتجز . تعد السدود من أكبر المنشآت المائية  
التي ينفذها الإنسان على الأنهار الدائمة الجريان أو الوديان الموسمية من أجل  
تخزين مياهها وتنظيم جريانها ودرء أخطار الفيضانات ومواسم الجفاف ، وإستخدام  
المياه في توليد الطاقة الكهربائية النظيفة ، وتعويض النقص في مياه الشرب  
للإستخدامات المنزلية والصناعية والسياحة والزراعة المروية ، وتنظيم الملاحة  
النهرية والمحافظة على البيئة .

تنفذ السدود بإرتفاع قليل نسبياً □ على الشواطئ البحرية من أجل درء مخاطر المد  
والجزر ، كما تنفذ على الأنهار الكبيرة من أجل درء خطر فيضاناتها وحماية  
الأراضي المأهولة المنخفضة المحيطة بها ويطلق عليها اسم سدود الحماية .

يتألف السد أساساً □ من جسم السد Dam wall والمفرغ السفلى  
bottom outlet

والمأخذ المائي Water intake والمفيض Spill way . وينفذ جسم السد عادة □  
في أضيق

خانق توفره الطبيعة على مجرى الوادي ، من أجل تقليص حجم أعمال السد وكلفتها  
إلى أدنى حد ممكن ، شريطة أن يتسع مجرى الوادي قبل موقع السد لتشكيل الخزان  
المائي المناسب .

ومن المفروض أن يوفر هذا المجرى مورداً □ مائياً □ كافياً □ يسوغ إقامة السد ،  
كما يمكن في بعض الحالات الخاصة جلب المياه الى الخزان من مصدر مائي قريب  
بالضخ إذا كان مجدياً □ فنياً □ وإقتصادياً □ .

يجب ان يتوافر في موقع السد الشروط الجيولوجية الكفيلة بتحمل الإجهادات التي  
ستطبق عليه إضافة إلى توافر الشروط الهيدرولوجية المناسبة لضمان كتامة أساسات  
السد وبحيرة التخزين لتقليل النوافذ المائية فيها إلى الحد المقبول إقتصادياً □ .

أما المأخذ المائي والمفرغ السفلى فهما منشآت أنبوبية تنفذ تحت جسم السد أو على  
أحد كتفيه من أجل إسالة المياه من بحيرة السد إلى المنطقة الواقعة خلف جسم بأمان  
، يتم ذلك بتجهيزها بالبوابات المناسبة للتحكم بكمية المياه اللازمة للغرض  
المخصص لها . ويمكن دمج هاتين المنشأتين في منشأة واحدة في بعض الحالات ،  
وخاصة في السدود الصغيرة والمتوسطة .

وأما المفيض فهو منشأه تعمل على صمام الأمان ، فتخلص بحيره السد من المياه التي تفيض عن حجم تخزينها الأعظمى المعتمد ، ولا سيما مياه الفيضان وذلك بإسالتها بأمان الى المنطقة الواقعة خلف السد أو الى وادٍ مجاور . مواد البناء المستخدمه فى إقامة السدود تتألف عادة من الخرسانة ، الخرسانة المسلحة ، الأخشاب ، الأحجار ومختلف أنواع التربة .

- أنواع السدود :-

-- تنقسم السدود وفق الغرض المرجو منها إلى :-

---أ سدود تخزينية "التخزين السطحى" :-

وهى تقام فى المناطق الجبلية لتعترض مجارى الأودية وتحجز المياه ثم تفرئها فى خزانات مجهزة لتوزيعها على التجمعات السكانية التى يصعب الوصول إليها عن طريق خطوط الأنابيب .

---ب سدود الحماية "ومنها سدود تقوم بدرء الفيضانات" :-

تعمل على حماية الحياة المدنية من مخاطر الفيضانات والأنواع المناخية الإستثنائية بالإضافة إلى تعزيز الموارد المائية للمدينة .

---ج سدود ترشيحية " لتغذية المياه الجوفية " :-

تقام على مجارى الأودية الرئيسية لحجز مياه الأمطار للإستفاده منها فى تغذية الخزان الجوفى والحد من تداخل مياه البحر وخزانات التغذية الجوفية .

-- تنقسم السدود على حسب نظرية عملها والمواد المستخدمة فى إنشاؤها إلى التالى:-

---أ السد التثاقلي "Gravity Dam" :-

ويعتمد فى ثباته على وزنه ويبنى من الخرسانة العادية وعادة ما يكون فى المسقط الأفقى على شكل خط مستقيم وأحياناً □ يسمح فيه بانحناء بسيط من ناحية الامام .

---ب السد المقوس "Arch Dam" :-

ويبنى من الخرسانة المسلحة . ينقل ضغط المياه المؤثر عليه الى الأكتاف الصخرية الجانبية بواسطة خاصية العقد " Arch Action " وعادة ما يكون سمك السد أو قطاعه صغير نسبيا □ بالمقارنة بالسد الثقلي . يستخدم هذا النوع من السدود فى الوديان الضيقة التى بها أكتاف جانبية تقوي على إحتمال ضغط المياه المتقولة إليها .

---ج السد ذو الدعامات "Buttress Dam" :-

وهو عبارة عن بلاطة من الخرسانة المسلحة معرضة لضغط المياه أمامها ، حيث تقوم بنقله إلى دعامات موزعه على طول السد .

---د السد الترابى "Earth Dam" :-

حيث يتكون جسم السد من كتلة كبيرة من الأتربة تعتمد فى ثباتها على وزنها . عادة ما يزود السد بترتيبات خاصة للتقليل من التسرب الذى يحدث خلال جسم السد ومن تحته .

---هـ السدود الركامية "Rock Fill Dam" :-

وهى مثل السدود الترابية تتكون من كتلة كبيرة من كسر الأحجار تعتمد فى ثباتها على وزنها . فى هذه الحالة يجب أيضا □ عمل ترتيبات خاصة للتقليل من التسرب خلال جسم السد ومن تحته .  
---أ السدود الخرسانية الثقيلة :-

السد الثقلي هو عبارة عن حائط سميك من الخرسانة أو من الأحجار ، يبنى بعرض المجرى بهدف التحكم فى الفيضان ورفع منسوب المياه أمام السد . يستخدم هذا النوع من السدود فى أغراض الري وأغراض توليد الطاقة الكهربائية .

يعتمد هذا النوع من السدود فى ثباته على وزنه وعلى تماسكه مع طبقة الاساس . عند تخطيط سد ثقلى يراعى أن يكون شكله فى المسقط الأفقى على صورة خط مستقيم ويسمح فى حالات الضرورة بوجود إنحناء خفيف ، على أن يكون الإنبعاج من ناحية الامام .

الوجة الامامى فى السد "Upstream Face" عادة ما يكون رأسى ولو أنه فى بعض الأحيان يسمح بإعطاء الوجه الامامى للسد ميل خفيف مع الرأسى .

الوجه الخلفى للسد "Downstream" عادة ما يعطى ميل ثابت من قمة السد حتى قاعدته . وعرض مقطع السد عند القمه يتراوح عادة بين (0.1SH) للسدود المنخفضة إلى القيمه التى تحددها متطلبات الطريق الذى سينشأ فوقه أو متطلباته تشغيل البوابات فى حالة السدود العاليه. عادة ما يؤخذ عرض الطريق عند القمه حوالى (6ms) الا إذا طلب غير ذلك .

عرض مقطع السد عند القاعدة يحدد تبعاً □ لقيم الإجهادات المسموح لها ، كذلك تبعاً □ لحسابات الاتزان لمقطع السد.

لتحديد شكل مقطع السد من الناحية الخلفية ، يؤخذ عرض الطريق عند القمه ثم بعد ذلك يرسم الخط المحدد لوجه الخلفى رأسياً □ ليتصل مع ميل الوجه الخلفى أما على شكل قوس من دائرة أو ليتقاطع مباشرة مع هذا الميل مع تزويد هذا الجزء بمجموعة من العقود وذلك لزيادة الناحية الجمالية للسد . ميل الوجه الخلفى للسد يتراوح من (-) على الأفقى إلى ( ) على الرأسى أى من ( . - . ) .

يجب أن يكون منسوب الطريق من أعلى يرتفع عن أعلى منسوب متوقع لسطح المياه أمام السد بقيمة تعتمد على الإرتفاع المتوقع للأمواج المتكونه فى الخزان أمام السد . وفى حالة إنشاء مفيض فى جسم السد فيجب أن يكون المقطع على طول الجزء من السد الذى به المفيض مشابه من ناحية التخطيط للجزء المصمت ، كما يجب بقدر الامكان أن تكون الميول الأمامية و الخلفية للجزئين متساوية .

يجب إختيار موقع إنشاء السد الثقلى فى مكان يتميز قطاعه الجيولوجى بوجود طبقات تأسيس صخرية قوية . يجب حقن طبقة الأساس الصخرى بالأسمنت من خلال أبار حقن وذلك لملاً الشقوق الموجودة فيها و بالتالى تقليل التسرب الذى يحدث خلالها.



الشكل (-) يوضح جسم سد ثقالي

لتقليل قوى الدفع المائي المؤثره على قاعدة السد ، عادة ما تزود القاعدة بستارة من الأسمنت المحقون من الناحية الأمامية ، كما تزود أيضا □ بصف من أبار الصرف الرأسية لتخرج من خلالها المياه المتسربه إلى نفق عرضى موجود فى جسم السد ومنه إلى خلف السد بواسطة مواسير تصريف ؛ لتقليل قوى الرفع المائية على المقاطع الأفقيه خلال جسم السد والناجة عن تسرب المياه المتسربه إلى الأنفاق العرضية الموجودة فى جسم السد .

طرق إنشاء السدود الثقالية :-

هناك طريقتين لإنشاء سد ثقلى وهى :-

تحويل مجرى النهر بالكامل إما بواسطة مجرى مفتوح أو بإنشاء نفق محفور وذلك بعيدا □ عن موقع إنشاء السد . تحاط منطقة الإنشاء من الأمام ومن الخلف بسدين مؤقتيين ( dams ) . two coffer . هذه الطريقة تستخدم عادة إذا كانت

الظروف الجيولوجية والطبوغرافية فى المنطقة تسمح بإتمام ذلك . يفضل إستخدام نفق فى حالة ما إذا كان هذا النفق سوف يستخدم بطريقة نافعة بعد إتمام إنشاء السد .

ينشأ السد على مرحلتين ، لإتمام المرحلة الأولى يحاط جزء من النهر بسد مؤقت حيث يتم داخله إنشاء الجزء الأول من السد . بعد ذلك يحاط الجزء الثانى بدوره بسد مؤقت لاتمام إنشاء السد بداخله ، حيث يسمح للجريان المار فى المجرى بالمرور أما خلال المخارج الموجودة فى الجزء الذى يتم إنشاؤه أولاً □ ، أو من على هذا الجزء من السد بالكامل أى أن هذا الجزء يعمل كهدار .

تعتبر معظم سدود الجاذبية "الثقالية" كسد غراند غولى فى العاصمة واشنطن فى الولايات المتحدة الأمريكية من الانماط المكلفة جدا □ فى الأنشاء بسبب حاجتها لكميات هائلة من المواد للبناء كالأسمنت .

وتعتمد هذه السدود فى قوتها على وزن الأسمنت المقاوم للضغط الجانبى للماء Side pressure والهزات الأرضية Earth quakes وقوة الجاذبية الأرضية .

### Gravity

---ب السدود الخرسانية المدعمة أو السدود ذات الدعامات :-

يعتمد على دعائم ، ويتكون من غطاء (sloping cover) ، يكون أما بلاطة مسطحة ( flat slab) أو على شكل مجموعة عقود (Multiple arch) . يتلقى هذا الغطاء القوى المختلفة

المؤثرة عليه ليقوم بنقلها إلى مجموعة من الدعامات (Buttresses) عمودية عليه لتقوم بدورها بنقل هذه الأحمال الى الاساس . إستخدام مجموعة من العقود يسمح بزيادة المسافة بين الدعامات مما يقلل عددها .

يحتاج السد ذو الدعامات عادة من ثلث الى نصف كميات الخرسانة التى يحتاجها سد ثقلي له نفس إرتفاعه ، لكن هذا لا يوجب دائما □ أن تكون تكاليف إنشاء سد ذو دعائم أقل من تكاليف إنشاء سد ثقلي حيث أنه يحتاج فى تنفيذه إلى مجهود أكبر وأيضا □ نتيجة لتكاليف التسليح المستخدم . هنالك نقطة أخرى يجب أخذها فى الإعتبار وهى أنه نتيجة لنقصان وزن السد فى هذه الحالة فإنم الجهود العمودية الناشئة على القاعدة تكون قيمتها صغيره ، لذلك يفضل إستخدام هذا النوع من السدود عندما تكون طبقة الأساس ضعيفه ولا تتحمل الجهود الناشئة عن سد ثقلي .

إذا كانت التربة التي سيقام عليها السد مسامية ، يفضل إستخدام قدمه أماميه (cut off wall) تحتها ستاره محقونه (grout cur tams) وذلك لتقليل من قوى الرفع المائي المؤثره على السد .

بعد تشغيل السد من الممكن فى وقت لاحق زيادة إرتفاع الدعامات وكذلك مد البلاطة إلى أعلى . على ذلك يمكن إستخدام هذا النوع من السدود إذا كان من المتوقع مستقبلا □ زيادة حجم التخزين أمام السد ومن ثم زيادة إرتفاعه .

وقد تكون هذه السدود منبسطة قليلا □ أو مقوسة ، لكن هنالك دائما □ أساسيات تصميمية تميزها

عن غيرها وهى سلسلة الركائز " الدعامات " تستخدم لنقل القوى المؤثره على الجدار إلى

منطقة أخرى أكثر قوة وتحمل كالأرض أو الأساسات . حيث تقوم هذه الركائز الإنشائية

بتقوية ودعم لبناء السد من الجهة الخارجية فى إتجاه مجرى النهر . ومن أهم الامثله على

السدود المدعمة بركائز أسمنتيه هو سد بارتليت " Bart let Dam " فى ولاية أريزونا الأمريكية

بحسب التصميم الهندسى لهذه الأنماط من السدود ، تقوم المياه بتوليد قوى ضغط كبيره ناتجة

عن وزنها بإتجاه جدار السد مسببه دفعه أو إنقلابه بينما تقوم الركائز فى الجهة المقابلة برد فعل معاكس تماما □ فى محاولة لتثبيت البناء فى مكانه ، بينما يكون وزن الركائز مطبقا □ بالكامل الى الأرض .



الشكل (-) يوضح جسم سد خرسانى مدعم

### ---ج السدود الخرسانية المقوسة :-

السد المقوس هو عبارة عن سد له شكل منحنى فى المسقط الأفقى تنشأ هذه الانواع من السدود فى الوديان الضيقة . ينقل السد الحمل المؤثر عليه إلى الأكتاف بخاصية العقد وأيضا □ إلى القاعده ، لذلك يراعى أن تكون الأكتاف والقاعده من الصخر القوى التحمل . كما فى حالة السدود الثقيلة على أساس صخرى فإنه أيضا □ ينشأ تحت السد المقوس المقام على أساس صخرى فتحه أمامية أسفلها ستاره محقونه من الأسمنت . عادة ما يكون السد المقوس ليس على شكل سطح إسطوانى ولكن على شكل سطح فراغى مكونه من مجموعة من العقود . يرتبط تصميم السدود دائما □ وكأي إنشاء هندسى بجيولوجية المنطقة وطبيعة التربة والتضاريس . وتعتبر السدود القوسية من أبسط أشكال السدود وأقلها تكلفة من حيث المواد والتصميم من أى نمط من أنماط السدود الأخرى ومن أمثلة هذه السدود سد الاتازا "Elatazar Dam" فى إسبانيا . ويستخدم هذا النوع فى تصميم السدود فى الأماكن الضيقة و الصخريه و حيث يكون علي شكل قوس منحنى يحجز خلفه الكميات الهائلة من مياه الأنهار .

يقام الشكل الهندسى المقوس خلال عملية ضغط المياه المحبوزة خلف السد ، حيث تقام المياه بتطبيق ضغط كبير على السطح الخلفى المحدب للجدار ، مما يسبب إنضغاط القوس الجداري باتجاه التماسك والتقارب للمادة الحرارية مع بعضها البعض بسبب شكلها الهندسي .



الشكل(-) يوضح جسم سد مقوس

الأبعاد المحددة للسد المقوس وهى :-

نصف قطر القوس فى المستوى الأفقى عند المستويات الأفقية المختلفة (rm) .

الزاوية المركزية (  $\alpha$  ) لكل من هذه المستويات الأفقية .

النسبة بين عرض الوادى وإرتفاع السد (LH) .

النسبة بين عرض السد عند القاعدة وإرتفاع السد (BH) .

تنقسم السدود المقوسة تبعاً □ لوزنها إلى نوعين رئيسيين هما :-

السدود المقوسة الرقيقة "Thin Arch Dams" :-

ينشأ هذا النوع فى حالة

$$L < \frac{2H}{1.5}$$

وعادة ما تكون لهذا النوع :-

$$B = (0.1 - 0.3)H$$

لهذا النوع ينتقل الحمل المؤثر إلى الأكتاف بخاصية العقد .

السدود المقوسة الثقيلة "Arch Gravity Dam" :-

ينشأ هذا النوع فى حالة :-

$$(1.5 - 2)H < L < (3 - 3.5)H$$

وعادة ماتكون لهذا النوع :

$$B = (6.3 - 0.5) H$$

ان السدود المقوسة تتميز عن السدود الثقيلة بأنها تحتاج إلى كميات أقل من الخرسانة " حوالى ( / إلى / ) الكمية " ، تكاليف المتر المكعب من الخرسانة فى حالة السدود المقوسة يزيد عنه فى حالة السدود الثقيلة بحوالى ( % - % ) نتيجة للعمالة الفنية اللازمة .

تنشأ السدود المقوسة من الخرسانة العادية جيدة النوعية وفى بعض الحالات الخاصة تنشأ من الخرسانة المسلحة .

يوصف السد المقوس فى مستوياته الأفقية المختلفه بنصف القطر ( $r_0$ ) لسطحة الخارجى من جهة الأمام وبنصف القطر ( $r_1$ ) لسطحة الداخلى من جهة الخلف حيث فى مستوى أفقى معين يكون عرض مقطع السد ثابت ومقداره :-

$$D = r_0 - r_1 = \text{const}$$

من العناصر المحددة للسد المقوس الزاوية المركزية ( $2\alpha$ ) يمكن تخيل السد المقوس مجموع من الشرائح المقوسة الأفقية فوق بعضها البعض بحيث يتميز كل منها بقيم محددة للعناصر ( $d$  and  $2\alpha, r_1, r_0$ ) .  
ومن جهة نظر هذه القيم يمكن تقسيم السدود المقوسة إلى نوعين هما :-  
سد مقوس ذو مركز ثابت " constant center arch dam " :-

ويسمى أيضا □ السد المقوس ذو النصف قطر الثابت " constant center arch dam " يتميز هذا النوع بأن وجهه الأمامى يكون راسى وأحيانا ميله يقرب من القاعده . منحنيات السطح الداخلى للسد تكون متحد المركز مع منحنيات السطح الخارجى ، نصف القطر الخارجى ( $r_0$ ) يكون ثابت على طول إرتفاع السد . نصف القطر الداخلى ( $r_1$ ) كذلك الزاوية المركزية ( $2\alpha$ ) تقل قيمتهم كلما نزلنا إلى أسفل .  
هذا النوع من السدود المقوسة يفضل إستخدامه فى الوديان التى على شكل حرف (U) ، حيث أنه فى هذه الحالة خاصية الكابولي تحمل معظم الحمل على المستويات المنخفضة .

سد مقوس ذو مركز متغير " Variable center arch dam " :-

يسمى أيضا □ السد المقوس ذو النصف قطر المتغير أو ذو الزاوية المركزية الثابتة ( radius or constant angle arch dam ) . Variable يتميز هذا النوع من السدود المقوسة بأن أنصاف أقطار الأقواس الممثل له للوجة الخارجى ( $r_0$ ) تتناقص من القمة الى القاع بحيث أن

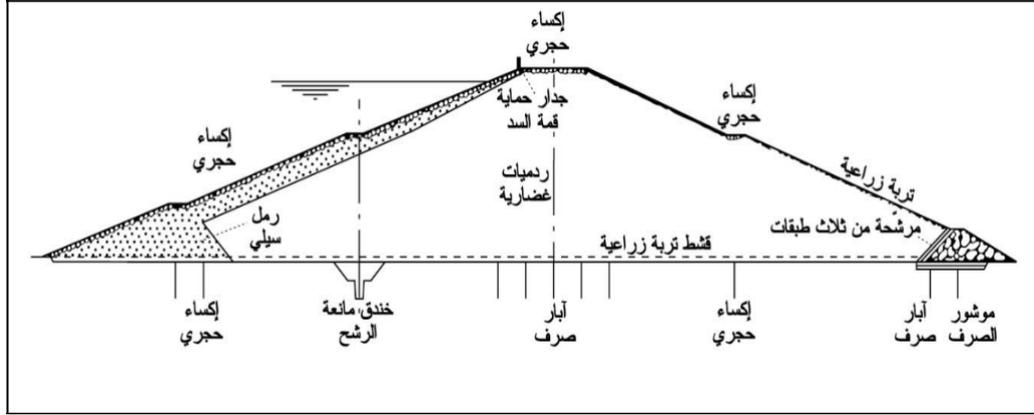
الزاوية المركزية ( $\alpha$ ) تبقى تقريبا  $\square$  ثابتة ، ذلك حتى نضمن فعل خاصية العقد بأقصى كفاءه على جميع المستويات الأفقية .  
بفضل إستخدام هذا النوع من السدود المقوسة فى الوديان التى معظمها على شكل حرف (V) ولو أن هذا النوع من السدود أصعب من ناحية الإنشاء إلا أنه يوفر فى كميات الخرسانة المستخدمة .  
---د السدود الترابية :-

تستخدم فيها الأتربة أو كسر الصخور كما موجوده فى الطبيعة لذلك تعتبر منذ أقدم انواع السدود التى بناها الإنسان ، السدود التى يستخدم فيها الأتربة تسمى السدود الترابية ( Earth Dam ) ، أما التى يستخدم فيها كسر الصخور تسمى السدود الركامية (rock-fill dams). ويمكن استخدام كل من الاتربة وكسر الصخور كما فى سد اسوان العالى . والسدود الترابية أقل تكلفة مقارنة مع اي نوع من انواع السدود الخرسانية . والسد الترابى يمكن إنشائه على اساس ترابى خلافاً  $\square$  للسدود الخرسانية التى تتطلب أساساً  $\square$  صخرياً  $\square$  قوياً للتحمل .  
أنواع السدود الترابية تبعا  $\square$  لطريقة الإنشاء :-

- سد ترابى منفذ بطريقة الردم أو التسوية ):  
عادة ما تستخدم هذه الطريقة فى إنشاء السدود الترابية . توضع فى هذه الطريقة الأتربة (مادة الإنشاء) فى طبقات سمك أى طبقة منها يتراوح بين (15 cm إلى ) 45 ثم تستخدم معدات الدمك الثقيله (Heavy rollers) لدكها حتى تصل كثافتها الجافة فى الموقع الى (95%) من كثافتها الجافة القصوى والتى تم تحديدها مسبقاً  $\square$  بعمل إختبار بروكتر القياسى ( Standard Protector Test ) على عينه من الاتربة المستخدمه فى إنشاء السد . فى حالة عدم وجود زلط كبير،اما فى وجوده يفضل إستخدام الهزازات لإتمام عملية الدمك .  
لهذا النوع ليس هنالك تصميم ثابت لمقطعة ولكن تختلف المواد المستخدمه فى إنشاء السد من موقع الى آخر على حسب توفر هذه المواد بالكميات المناسبة ويمكن تقسيم التصاميم للسدود الترابية المنفذه بطريقه الردم والتسوية فى الأنواع الأتية :-

## سد ترابي متجانس :-

يتم إنشاء هذا النوع من تربة واحده متجانسة وهذا النوع يصلح في جسور الترع والمصارف ولا يصلح في حالة السدود الكبيرة . تبنى السدود الترابية المتجانسة كليا من مادة بناء واحدة وغالبا ما تكون هذه المادة الغضار وخلائطه ، وهي تضمنت إستقرار جسم السد وكتامه ضد رشح المياه .



## الشكل (-) يوضح جسم سد ترابي متجانس

سد ترابي مقسم إلي مناطق :-

ينشأ هذا النوع من عدة أنواع من التربة تختلف عن بعضها من ناحية النفاذية ويصمم بطريقتين.

تكون أنواع التربة المختلفه مرتبه بحيث أن التربة الأقل نفاذيه تكون ناحية الأمام وتليها في الخلف التربه الأكثر نفاذية وهكذا. تكون التربة في المنطقة الوسطى من السد أقل نفاذية ويفضل ان تكون تربة غير مسامية . وعلى جانبي المنطقة الوسطى تنشأ مناطق إنتقالية من تربة متوسطة النفاذية ثم تأتي بعد ذلك المناطق الخارجة من مناطق نفاذيتها أكبر .

سدود ترابية مزوده على الوجه الاساسى بستاره غير منفذه :-  
تكون اما من تربه غير منفذه أو تكون من المواد الخرسانية .

سد ترابى ذو حاجز :-

فى هذه الحالة يذود السد فى مركزه بقلب من تربة غير مصمته او يزود بستاره رقيقه (Diaphragm) من الخرسانه او الصلب .

• سدود ترابية منفذه بطريقة الردم الهيدروليكي :-

وفى هذه الطريقة تستخدم المياه لنقل التربة من أماكن تواجهها إلى مكانها فى جسم السد وبعد إستقرار الأتربة يسمح بالمياه بالتسرب مره ثانية .

وفى هذه الطريقة لا يمكن التحكم فى وضع الاتربة فى اماكنها المحدده مسبقا □  
مما يجعل السد عرضة للإنتهيار لذلك لا ينصح بإستخدام هذا النوع حالياً □ وهذه احد عيوب طريقة الردم الهيدروليكي فى تنفيذ السدود .

ملاحظات عامة عن إنشاء وعمل السدود الترابية :-

ينشأ السد الترابى عموماً □ بمقطع شبه منحرف . منسوب قمة السد يؤخذ أعلى من أقصى منسوب متوقع للمياه فى الخزان امام السد بإرتفاع ظاهر ( Free board ) تزيد قيمته بالإرتفاع المتوقع للرياح . أحياناً □ تحدث شقوق فى المنطقة العليا للسد فى المناطق المعرضة لدرجة حرارة منخفضة لذلك يجب زيادة ارتفاع السد بحوالى ( 1.5m ) لمنع حدوث شقوق تزيد من نسبة التسرب خلال السد . بعد الانتهاء من السد يحدث له إنضغاط بنسبة معينة ويزيد على حسب نعومة التربة المستخدمه . لذلك يجب زيادة إرتفاع السد بقيمة تعادل هذا الإنضغاط والذى يصل إلى (%)

- (%) من القيمة الكلية لإرتفاع السد . السدود الترابية ذات الإرتفاع الذى يزيد عن (10m) تزود من الناحية الأمامية بذوره (parapet) يتراوح إرتفاعها بين ( m - ) لتكون كمعامل امان إضافى للإرتفاع المتوقع للأمواج .  
أن يكون السطح الحر للمياه المتسربه او خط الرشح (phreatic surface) بالكامل داخل جسم السد .

ان تكون قمة السد قادره على تحمل تأثيرات الهزات الأرضية وتأثير قوى الأمواج امام السد .

اما بالنسبة للسدود الصغيرة يوحد السطح بحيث يسمح بإنشاء طريق فوقه .  
عادة ما يغطي الوجه الأمامي للسد بطبقة من الخرسانة او بطبقة من الدبش  
لحمايته من التآكل الناتج من الأمواج او من تساقط الأمطار الغزيرة عليه .  
دائما □ ما تكون التربة المستخدمه لإنشاء سد ترابى تكون دائما □ منفذه بدرجة  
معينه . وتحت تأثير فرق الضغط ما بين امام وخلف السد يحدث تسرب للمياه  
خلال جسم السد ومن تحته . السطح الحر للمياه المتسربه خلال جسم السد يسمى  
خط الرشح وهذا الخط يتناقص بإتجاه السريان من الأمام إلى الخلف .  
المنطقة الموجودة تحت خط الرشح تكون مشبعة بالماء بالكامل وأعلى خط  
الرشح وبارتفاع معين توجد مياه شعريه . ويتوقف هذا الإرتفاع على حسب نوع  
التربة .

التسرب للمياه خلال جسم السد وأسفله يسبب عده ظواهر يجب أخذها فى  
الأعتبار عند التصميم وهى :-

يمكن ان يحدث إنهيار داخلى للتربة المتشبعة تحت خط الرشح نتيجة لقوى  
التسرب (seepage forces) الناتجة من حركة الماء .

يمكن أن يحدث إنهيار للسد نتيجة لإنزلاق التربة المشبعة التى لا تقدر على  
مقاومة الإنزلاق.

التصرف المتسرب من الأمام إلى الخلف بسبب نقص فى كمية الماء المخزونه .  
من أهم الإحتياطات المتخذة للتقليل من تنأثير التسرب خلال السدود الترابية إنشاء  
مصارف فى الجزء الخلفى من حسم السد لتجميع المياه المتسربه ومن ثم تخفيض  
خط الرشح وتاخذ هذه المصارف اشكال كالأتى :-  
مصرف افقى .

مصرف ذو مقطع على شكل شبه  
منحرف . مصرف مائل .

الأنواع المختلفة للأساسات السدود الترابية وطرق معالجتها :-  
يعتمد اختبار تصميم لسد ترابى على نوع الطبقة التى ستقام فوقها السد . من  
المهم معرفة قوة تحملها والتسرب من خلالها ومن هذه الأساسات :-  
الأساس الصخرى :-

الأساس الصخرى مقاوم للقص (shear strength) مما يجعله من اجود انواع  
الأساسات لإقامه السد الترابى عليه . وكذلك تسمح بعمل ميول جانبه التى تسمح  
به مقاومة ماده لإنشاء للقص حتى تكون ماده الإنشاء هى الحرجه من ناحية  
حسابات الإتزان . ويكون الأساس الصخرى كطبقة صماء فى حالة التسرب .  
ولكن الخطوره الوحيديه هى فى حالة حدوث فوالق او شقوق التى يمكن معالجتها  
بملئها بماده أسمنتيه كما تنشأ ستاره من الأسمنت البورتلندى (Portland)  
cement grout curtain ويفضل أن تتصل مع القلب لمنع التسرب .  
الأساس المسامى :-

المشكلة الرئيسية عند عمل سد فى طبقة مسامية هى فى طريقة التحكم فى المياه  
المتسربه هذه خلال هذه الطبقة . للتحكم فى التسرب السفلى يتم عمل ستاره  
راسيه متفقه مع القلب المصمت وتصل إلى منسوب الطبقة الصماء السفليه  
ويفضل أن تخرقها بعض الشئ .  
طبقة تربة غير مساميه فوق اساس صخرى :-

تكون الطبقة غير المساميه فى الغالب من الطين أو الطمى القابل للهبوط الذى  
يسبب المشكلة الأساسية فى سلامة المنشأ ككل . لذلك يجب حساب قيمة الهبوط  
الإجمالى وكذلك الهبوط النسبى (differential settlement) لتعزير تأثيرها  
على سلامة المنشأ .

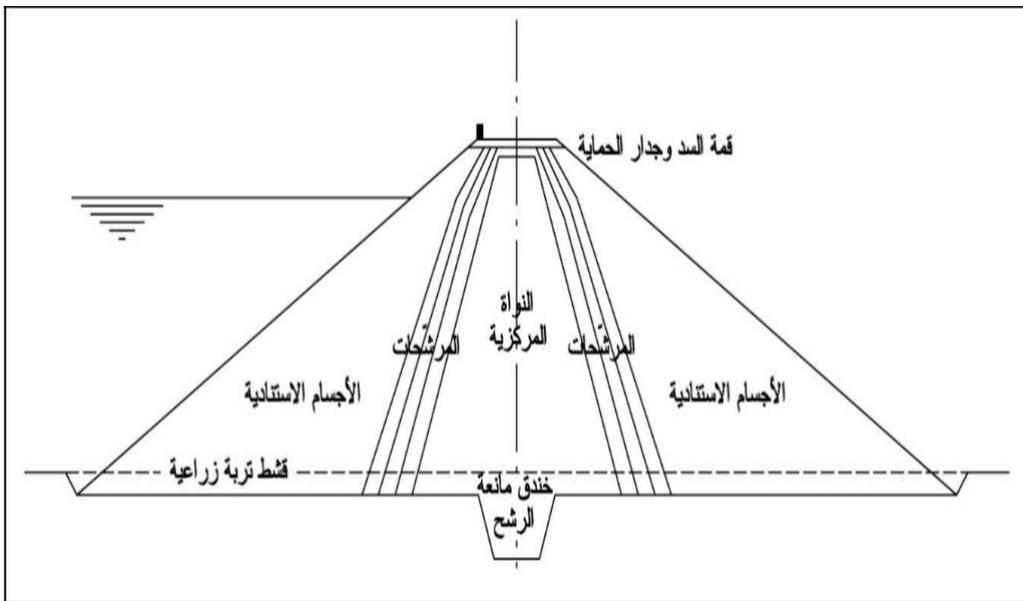
طبقة غير مساميه فوق طبقة مساميه :-

فى هذه الحالة أيضا □ يجب أن يوجه الإهتمام لى الهبوط الكلى والنسبى . وكذلك  
يجب التأكد من عدم حدوث فوارق فى الطبقة الصماء العليا او حدوث إنتفاخ بها  
نتيجة لعدم تحملها الضغوط البيزومترية . ويمكن التغلب على ذلك ومعالجتها  
باستخدام آبار لتخفيض الضغط

البيزومتري او فى حالة الأعماق الصغيره (أقل من ) يمكن حفر مجارى مفتوحة (trenches) تسحب منها المياه لتخفيف الضغط .

---هـ السدود الركامية :-

من أكثر أنواع السدود إنتشارا فى دول العالم المختلفه كما هو حال السدود الترابية ، حيث أن ماده الأساسيه المكونه لها وهى كسر الحجر من الممكن توفرها فى أماكن الإنشاء بكميات كبيره . ويمكن تكوين سد خليط أى من التربه وكسر الحجر .



الشكل (-) يوضح جسم سد ركامي

• أنواع السدود الركامية وملاحظات عامه عند إنشاؤها :-

من المعتاد إنشاء السدود الركامية بحيث يكون مسقطها على شكل شبه المنحرف حيث أن النفاذيه لكامل الركام المكونه لجسم السد تكون مرتفعه فإنه يجب تزويدها بستاره مصمته أماميه أو داخل جسم السد وتنشأ السدود الركامية بتصميمات مختلفه يمكن تجمعها فى الأنواع الأربعة الآتية :-

- جسم السد بالكامل من كسر الحجر . يزود بستاره من ماده مصمته أو شبه مصمته واسفل الستاره تفرش طبقه لنقل الحمل لجسم السد ، وتكون هذه طبقه من كسر الأحجار الرفيع او الأحجار المرصوصه بعناية.

- كما فى الحاله جسم السد بالكامل يكون من كسر الأحجار ذو الأحجام المختلفه . يزود السد فى هذا الحال بستاره للتحكم فى التسرب خلال جسم السد.
- جسم السد مكون من قطع من الأحجار المستعد له المرصوصه على الناشف . قطع الأحجار تستعد على شكل مستطيلات لا يقل سمكه عن ( 20cm ) وأبعاده تختلف من (1:2:3) إلى (1:2:4) يزود السد بستاره الأماميه للتحكم فى المياه المتسربه و اسفل منها طبقة من التدببس بالمونه.
- جسم السد فى جزءه الأمامى يتكون من قطع من الأحجار المستعدله كما فى الحاله السابقه اما الجزء الخلفى فيتكون من كسر الأحجار ذو الأحجام المختلفه ، يزود السد بستاره مائله للتحكم فى التسرب أسفل منه طبقه من التدببس بالمونه .

# الباب الثالث

# طريقة التنفيذ والوسائل المستخدمة

الباب الثالث: طريقة التنفيذ والوسائل المستخدمة

- جمع المعلومات والإستفادة منها:
- زيارة ميدانية لسد وادي سيدنا والتعرف على بنيات أو مكونات السد الترابي وملحقاته.
- تم التعرف علي جسم السد الترابي وترعة المفيض وعبارات التصريف التحتي.
- تم التعرف على جيولوجية المنطقة المقام بها السد.
- تم التعرف على أجزاء الوادي المختلفة.



صورة (-) توضح الميل الأمامي للسد



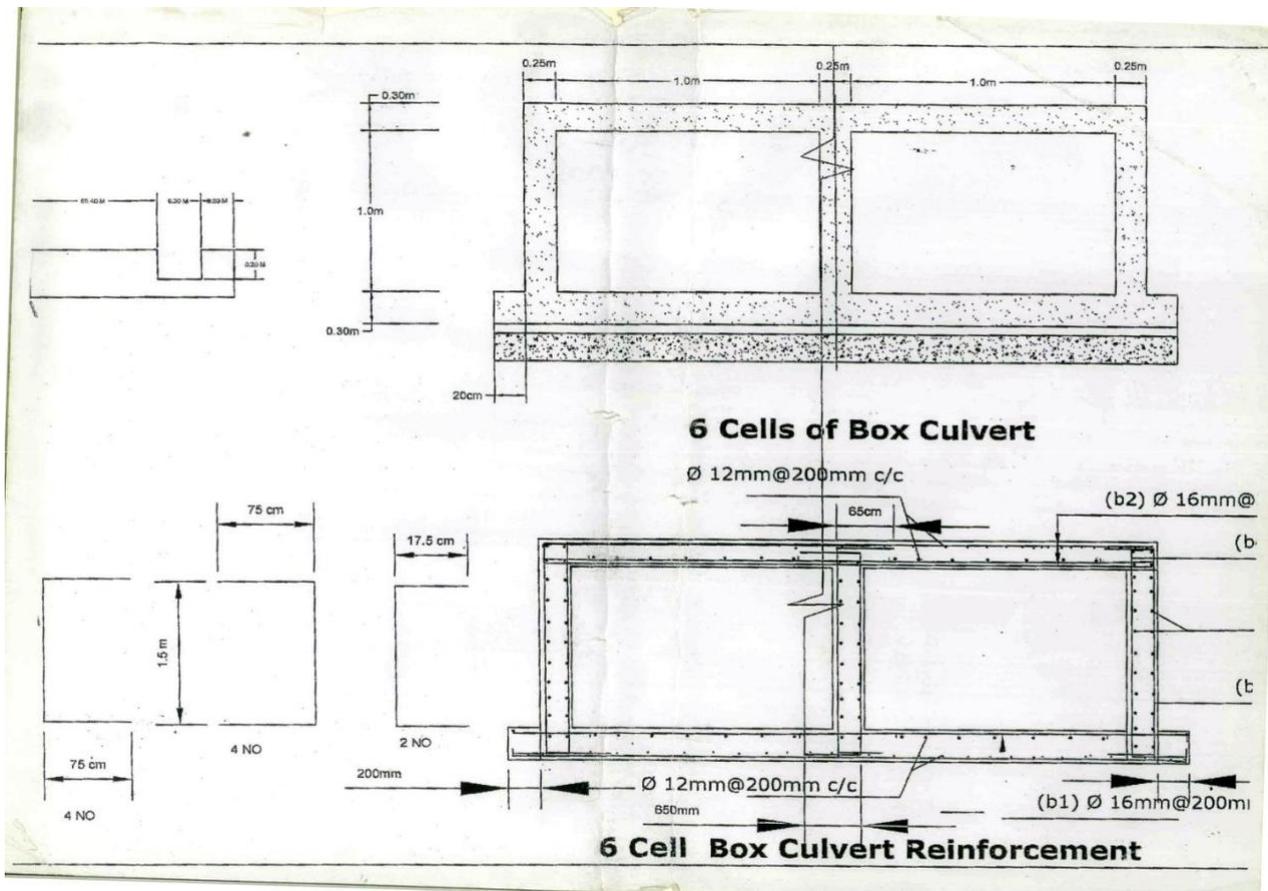
صورة (-) توضح العرض العلوي للسد



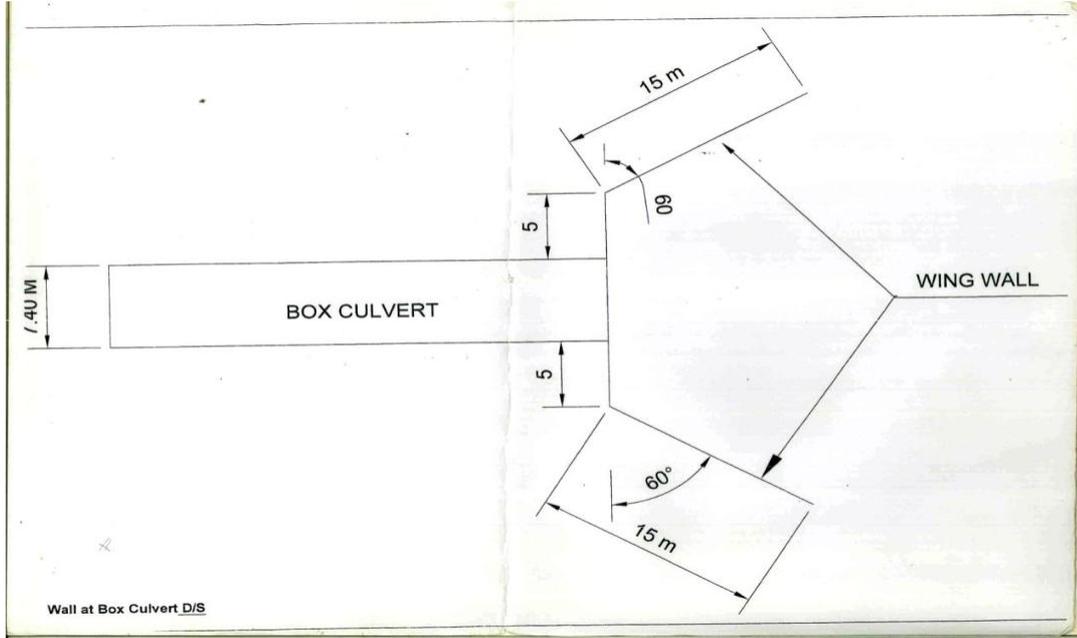
صورة (-) توضح أجنحة السد

--الحصول علي المعلومات والخرط من المهندس المشرف على تنفيذ وتشيد  
السد.

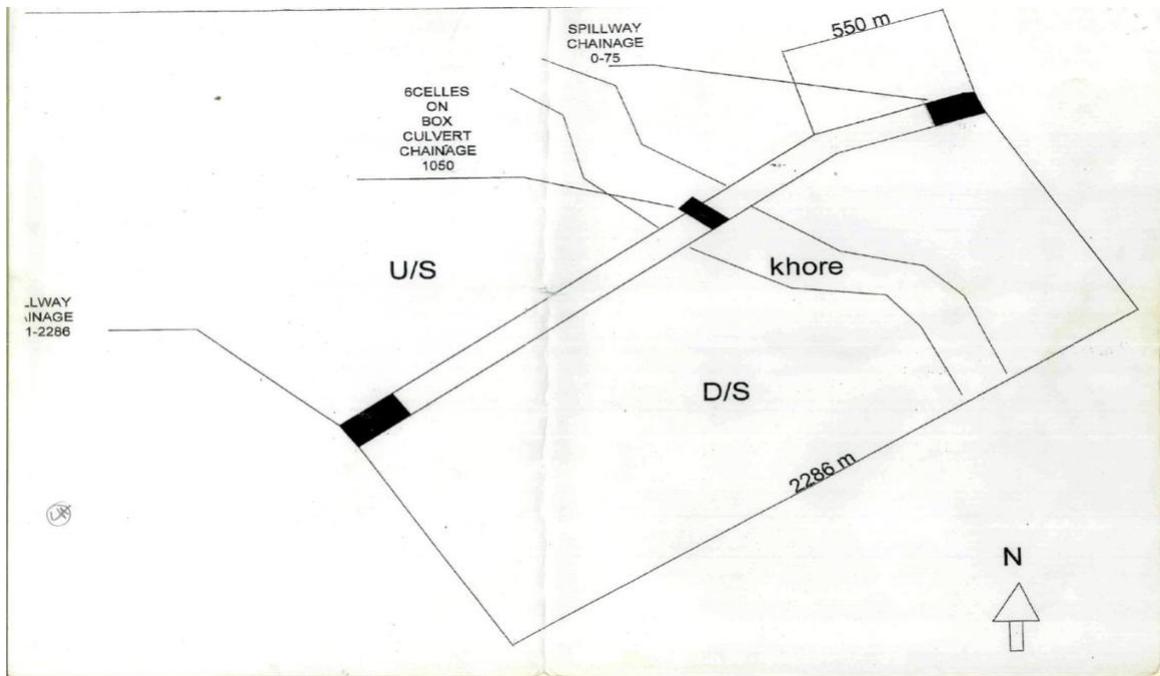
- تم الحصول علي الدراسة الهيدرولوجية لمنطقة وادي سيدنا  
(الأمطار ، التبخر).
- تم الحصول على خرط توضح معلومات طبوغرافية على  
المنطقة "خرائط كنتورية موضح فيها الموقع المناسب لإنشاء السد".
- تم الحصول على معلومات عن التربة المقام عليها السد.



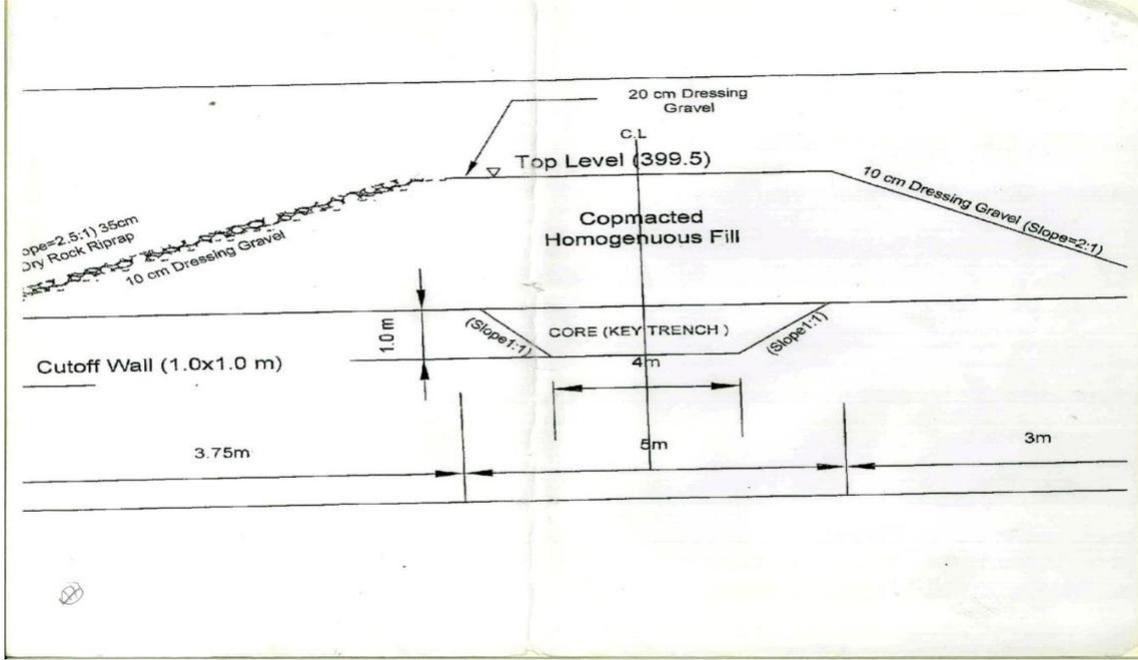
شكل (-) يوضح التصميم الإنشائي للعبارات (Culvert)



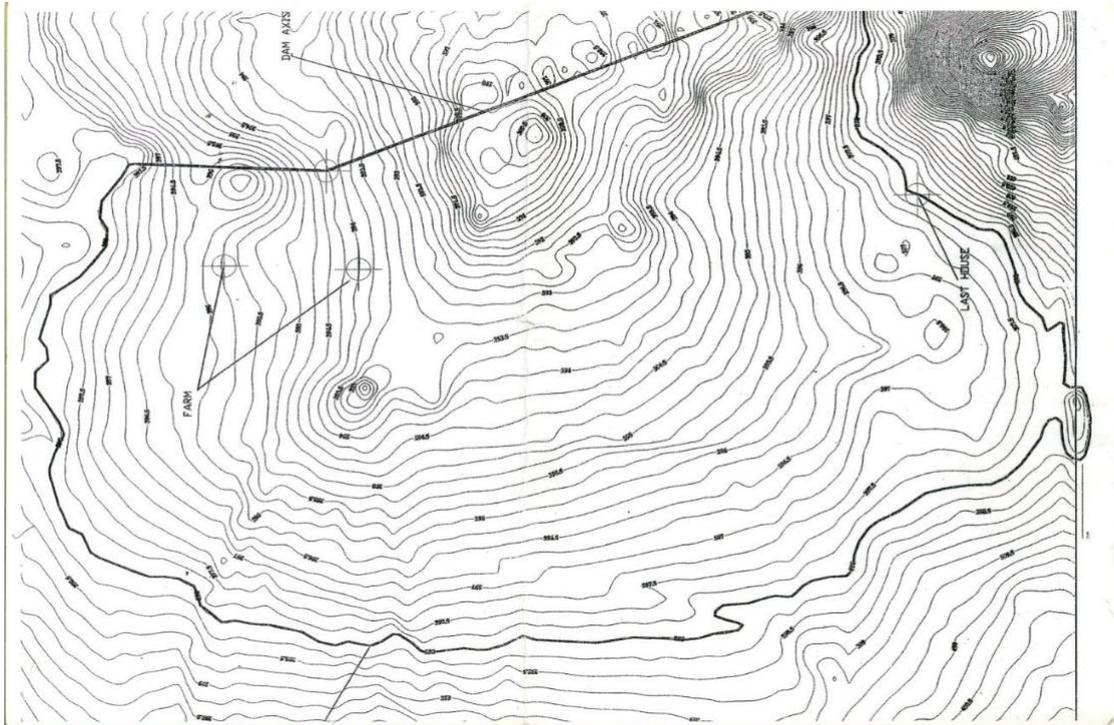
شكل (2-) يوضح موقع العبارات في الميل الخلفي



شكل (-) يوضح مقطع السد في عرض المجرى



شكل (-) يوضح التأسيس بالحجارة في الميل الأمامي



شكل (-) خريطة كنتورية توضح موقع السد

- دراسة عن وادي سيدنا:

-- السد الترابي وملحقاته:

- الجسم الترابي الذي يتكون من الطين.
- ترعة الفائض.
- عبارات التصريف التحتي مع ملحقاتها.
- التسكية بالحجارة.
- وفيما يلي سوف نتناول أي جزء من الأجزاء الرئيسية للسد:

---أ جسم السد الترابي:

يتكون جسم السد من الطين، والهدف من بنائه بالطين هو المساعدة في تقليل الفاقد بالتسرب وذلك بجعل ميل السطح الحر لمسار التسرب داخل التربة ذي قيمة عالية مما يؤدي إلى إنتهاء خط التسرب داخل الجسم .

وهناك كميات كافية من الطين توجد في الرواسب التي تغطي الرقع الأرضية المنخفضة في المنطقة. كما أن رواسب أسفل المنحدر والسهول الفيضية تحتوى علي كميات كبيرة من تلك المواد لذلك يتم إنشاء جسم السد في تربة الطين وذلك لتوفير هذه التربة المناسبة بالمنطقة.

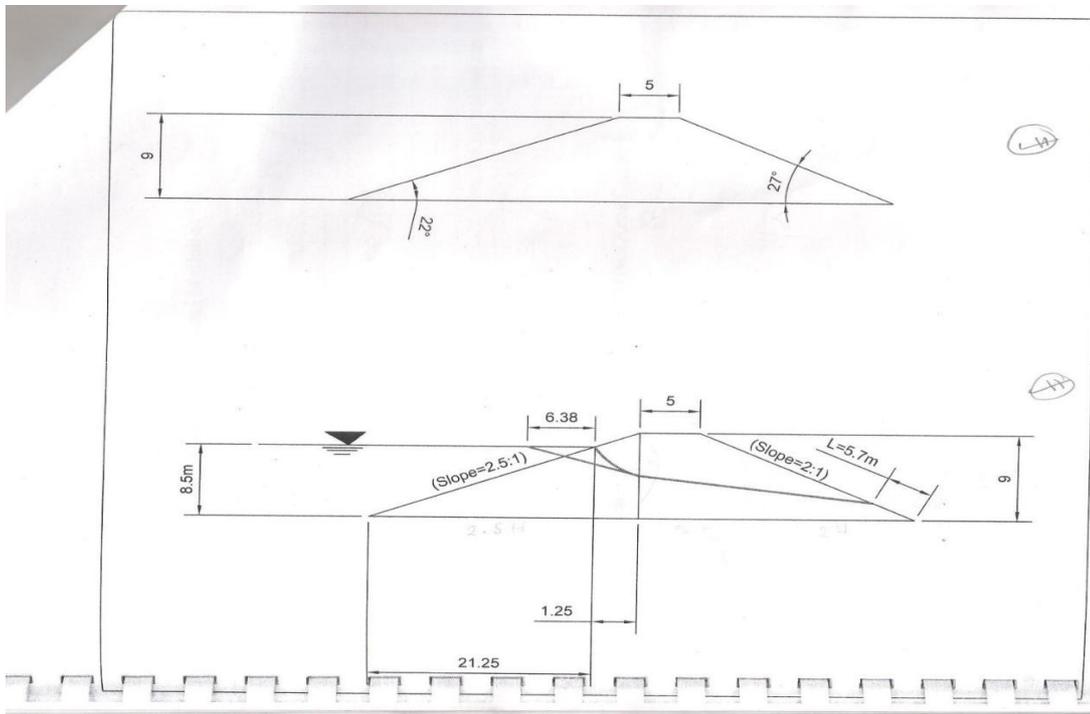
الموقع المنفذ للسد وادي سيدنا يقع بين النقاط الآتية:

النقاط ذات الإحداثيات الموضحة ادناه:

E437907	N0761571
E438497	N6659471
E437885	N7211571

الوصف التحليلي لجسم السد الترابي:

- عرض السد عند  
السطح = 5M  
أعلي منسوب للبحيرة  
= 398M  
إرتفاع الماء عند  
الذروة = 399M  
منسوب قمة السد الترابي = 399.5M  
المسافة الحرة = 0.50M
- .H: 1:2.5 = (Up  
V Stream) ميل السطح الأمامي  
.H: 1:2 = (Down  
V Stream) ميل السطح الخلفي



شكل (-) يوضح مقطع جسم السد

---ب ترعتا المفيض:

الهدف منه هو تصريف مياه الفيضانات الزائدة وبالتالي حماية جسم السد من الإنجراف.  
فيما يلي المعلومات الخاصة بتصميم ترعة الفائض:

التصريف التصميمي

$$120M^3/sec = -$$

$$398M = (\text{Crest Level}) - \text{منسوب ترعة الفائض}$$

$$75M = \text{عرض ترعة الفائض الواحدة} -$$

$$1.5M = \text{عمق ترعة الفائض} -$$

$$1.66 = cd \text{ معامل} -$$

$$0.5$$

$$M = \text{Free Board} -$$

$$\text{Equation use } Q = cd \times b \times h^3 -$$

تفاصيل ترع المفيض في الجدول الآتي:

Spillway Width (m)	Maximum reservoir Level (M)	Maximum temporary or Instances Level (M)	Maximum Embankment Level (M)
25.6	398.00	400.00	400.50
39.3	398.00	399.50	400.00
55	398.00	399.20	399.70
72.3	398.00	399.00	399.50

جدول رقم (-)

Allowing a Free board of 0.5M to contain wave Cd considered is 1.66.



صورة (-) توضح ترعة المفيض



صورة (-) توضح جانب من ترعة المفيض

-- ج البوابات أو العبارات الصندوقية للتصريف التحتي:

يتم عمل هذه البوابات لسحب الماء عند الحاجة إليها إلى المستفيدين أسفل موقع السد سواء للشرب أو أغراض أخرى أو تصريف مياه الفيضانات الأولى التي تكون محملة بالطمي وكذلك تصريف المياه الفائضة لمساعدة المفيض.

وتتكون هذه البوابات التحتية من الخرسانة المسلحة وتمر خلال جسم السد، ويقع مأخذ البوابات عند وسط مجرى الخور ومع كل بوابة من الفولاذ الثقيل ولكن يجب أن يسهل فتحها وقفلها حسب الحاجة. أما مجرى البوابة فينتهي أسفل السد.

وفيما يلي المعلومات الفنية المتعلقة بماسورة السحب:

التصريف التصميمي  
30 m<sup>3</sup>/sec  
= - الأقصى

- عدد العبارات الصندوقية = بوابات  
أبعاد البوابة أو العبارة

- الداخلية = 65.0 m

- سماكة الجدران (ملم) وسماكة القاعدة والسقف (ملم).



صورة (-) توضح البوابات الصندوقية من ناحية الميل الخلفي



صورة (-) توضح البوابات الصندوقية من ناحية الميل الأمامي

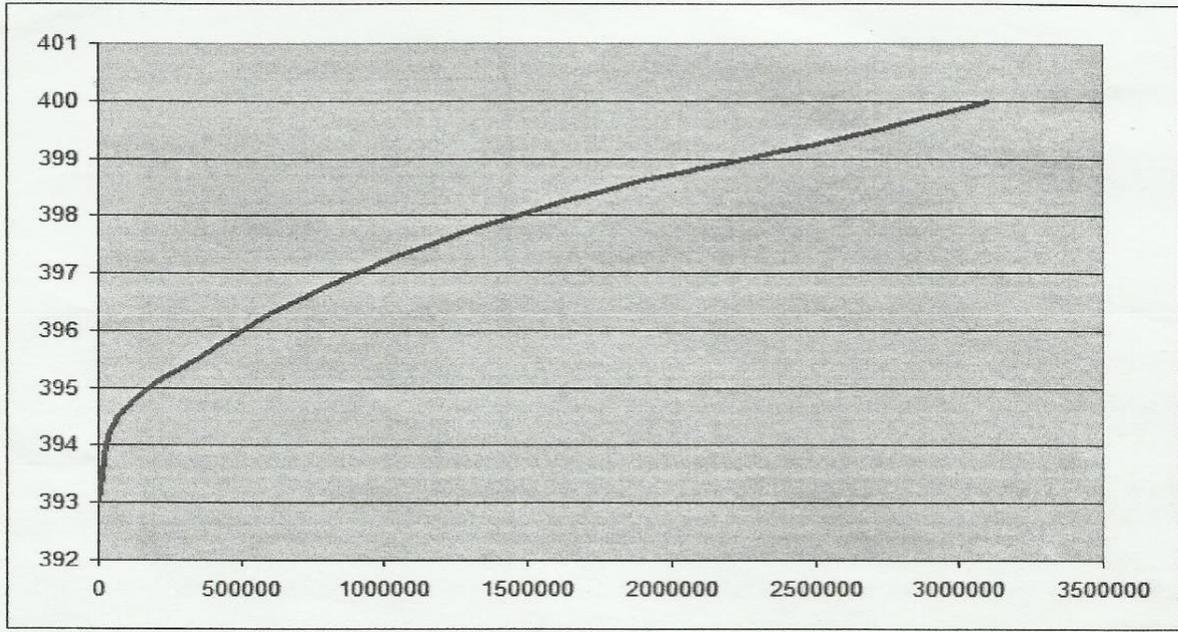
-- الدراسة الهيدرولوجية:

تبلغ مساحة الحوض الجانبي لوادي سيدنا كلم ويبلغ طول الوادي كلم ويتميز عن الوادية الأخرى بصغر عرض حوضه الجانبي والذي يتراوح بين - كلم، تربة الوادي هي تربة طينية وهي منبسطة أي إنها مناسبة لعمليات الري ومتوسط ميل قاع الوادي يتراوح بين - متر في الكيلومتر الواحد.

هذه العوامل مجتمعة تزيد من فاعلية نسبة الامطار الهاطلة في المنطقة مما تؤدي إلى زيادة في الأضرار الناجمة من تلك المياه.

المنطقة واقعة جنوب الفاصل المداري تكون عرضة للأمطار الصيفية الناتجة من الرياح الجنوبية الرطبة.

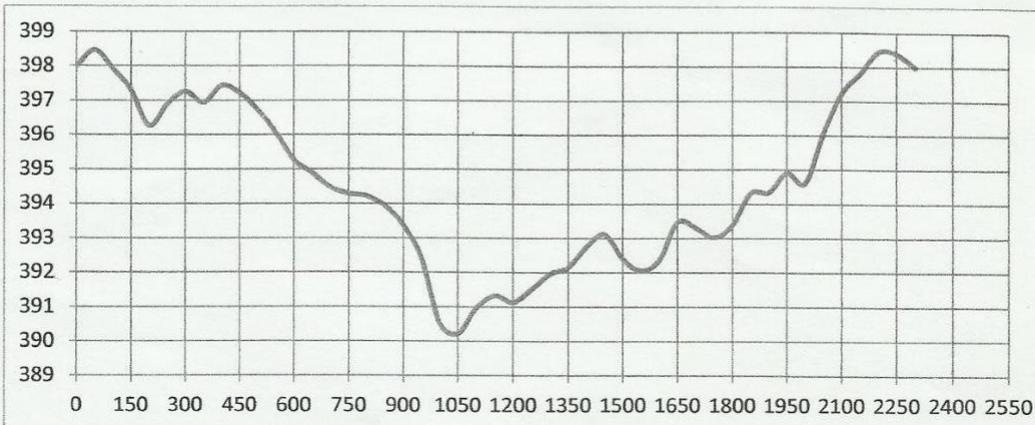




شكل (-) يوضح منحنى المساحة السطحية لمنسوب بحيرة التخزين بوادي سيدنا

## Annexes:

### 1. Wadi Seidna Dam Longitudinal Section at GL



شكل (-) يوضح القطاع الطولي لوادي سيدنا

---أ حساب التصرفات السنوية:

أوضحت الدراسة الإحصائية للأمطار السنوية لمدينة أدرمان النتائج التالية:

- متوسط الأمطار السنوية المدنوة = ملم وتم إستخدام ملم لإستيعاب الزيادات الأخيرة.

- الإنحراف المعياري المدون = ملم وتم إستخدام ملم.

- التوزيع الإحتمالي المناسب للأمطار السنوية عموماً □ هو التوزيع الطبيعي وعليه تكون

معادلة الإحتمال :

$$X_T = 150 + 50Y_T$$

$Y_T$  = القيمة المعيارية المتحصل عليها من جداول الإحتمال الطبيعي.

$T$  = فترة تكرار الحدث (Return Period).

$X_T$  = الأمطار السنوية لفترة تكرار ( $T_n$ ).

يمكن حساب الأمطار السنوية لعدد في فترات تكرار الحدث.

$$Q = CIA / 3.6 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q = CIA \times 10^3 \text{ m}^3$$

حيث أن:

$Q$  = التصرف السنوي ( $\text{m}^3$ ) ومتوسط الفترة الهطول ساعة تقريباً □.

$A$  = مساحة الحوض الجابي بالكيلومتر.

$C$  = معامل الجريان = ..

في هذه المعادلة يمكن حساب التصرفات السنوية لوادي سيدنا.

المعلومات عن ( $C$ ) معامل الجريان في الوديان في السودان لا تخلو في عدم الدقة

وذلك لغياب القياسات الصحيحة بالنسبة للتصرفات وهي تتراوح عموماً □ بين % -

% ذلك حسب مساحة الحوض الجابي. عليه فقد أعتبر معامل الجريان لوادي سيدنا

بقيمة % لمتوسط الجريان السنوي.

## **WADI SYDINA Earth Dam Design:**

### Rain Data:

Average annual Rain

Fall = 150 mm

Maximum annual Rain

Fall = 350 mm

Minimum annual Rain

Fall = 20 mm

Rain Days (1-2 Hours 1 Day) = 20 Days

Standard deviation = 50 mm

Eva proration (Max) 10 mm 1 Day (April - July)

7 mm 1 Day (December -

Eva proration (min) March)

### **WADI Discharge Equation:**

$Q = C * I * A$  13.6 W Here

$Q = M^3/sec$

C = Run Off Coefficient (6% - 3%)

A = Catch Meant area

For W. S. Area

C= 0.2 A= 70 km<sup>2</sup>

I= 190 mm.

### Annual Rain Fall and Discharges:

Probability %	annual Rain Fall (mm)	annual Discharge ( $10^6 m^3$ )
50	190	2.66
80	160	2.24
90	120	1.68
95	80	1.12

جدول (-) يبين الأمطار السنوية والتصريف السنوي حسب فترة تكرار الحدث )

Return (Period

التصرفات السنوية ( $10^6 m^3$ )	الأمطار السنوية (مم)	فترة تكرار سنة
2.66	190	2
2.24	160	1.25
1.68	120	1.11
1.126	80	1.05

جدول رقم (-)

---ب حساب التصريفات اليومية القصوى لتصميم المفيض (Spill Way):

وفي دراسة بكلية الهندسة جامعة الخرطوم لخصائص الأمطار بمدينة الخرطوم تم

إستحداث منحنى الكثافة-المدة المترددة Intensity Duration Frequency

Curve

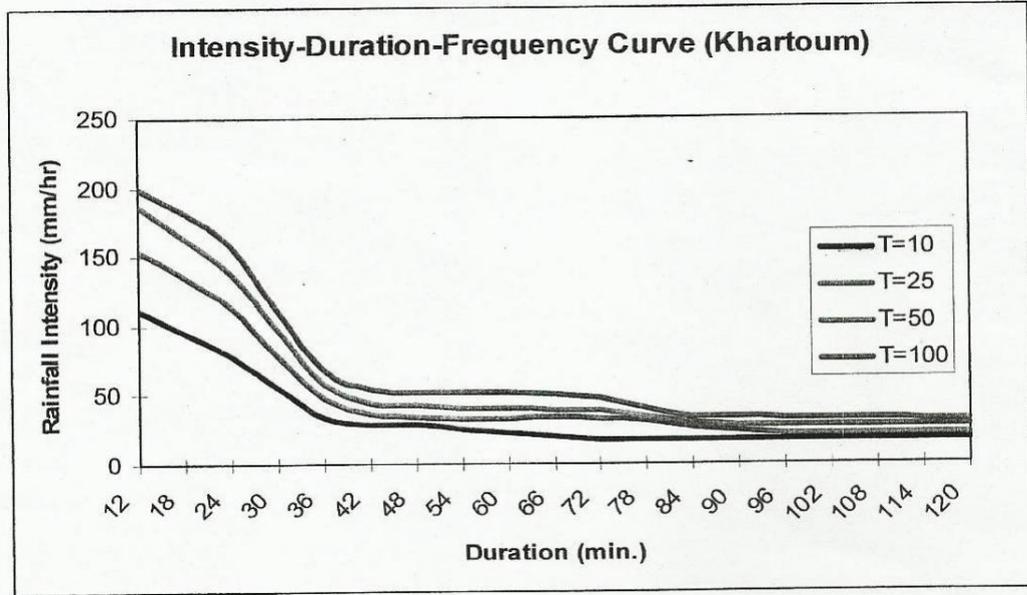
وجد ان التوزيع الإجمالي المناسب للأمطار اليومية هو التوزيع الأسّي Exponential Distribution وعليه تكون معادلة الإحتمال والأمطار اليومية للوادي

$$X_T = X L_n T$$

حيث:

T = فترة تكرار الحدث

X = الأمطار اليومية المتوسطة وهي ملم



شكل (-) يوضح منحنى الكثافة - المدة

المتردة الجدول أدناه يوضح الأمطار والتصريفات اليومية

القصى لوادي سيدنا:

فترة التكرار (سنة)	الأمطار اليومية (ملم)	التصريفات اليومية $m^3/sec$
--------------------	-----------------------	-----------------------------

		15
		25
		50
		100
		حسب الواقع الحالي

جدول رقم (-)

- تشغيل السد:

السد يصد مجرى الماء ويخلق في المجرى تيار من الماء المحتجز او المتجمع خلف جسم السد مكونا □ بحيرة الخزان.

منطقة المجرى المائي الواقعة اعلي السد يطلق عليها الحوز المائي الأمامي او العلو ( Up (Stream ) أما منطقة المجرى المائي في أسفل السد يطلق عليها الحوز المائي السفلي ( Down (Stream).

يتم تجميع المياه إلى الإرتفاع التصميمي للسد أو إلى اقصى منسوب مياه متوقع مع ترك مسافة في قمة السد تبلغ . متر تعمل علي حماية السد من التشققات بفعل الحرارة وحمائته من الإنضغاط الذي يحدث للسد بعد الإنتهاء من تنفيذه.

يقوم السد بالإحتفاظ بالمياه وتخزينها ويعمل علي تمريرها في وقت الحاجة إليها وذلك عبر بوابات ذات فتحات موجودة في أسفل موقع السد. هذه البوابات التحتية تعمل علي تمرير الشوائب والعوالق الكبيرة والأطماء عند بدء هطول الأمطار لتقليل الأطماء. الجدول أدناه يوضح برنامج تشغيل السد

Month	Qin	Area	Evapo	Seepage	consump	Qnet
	$10^6$	$10^6$	$10^6$ (	$10^6$ ( m <sup>3</sup> )	$10^6$ ( m <sup>3</sup> )	$10^6$

	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup> )			(m <sup>3</sup> )
October	2.31	1.5	0.41	0.01	0.03	1.86
November	1.86	1.3	0.32	0.01	0.03	1.50
December	1.50	1.02	0.22	0.01	0.03	1.24
January	1.24	0.97	0.21	0.01	0.03	0.99
February	0.99	0.74	0.17	0.01	0.03	0.78
March	0.78	0.69	0.20	0.01	0.03	0.54

جدول رقم (-)

- أسباب فشل السدود الترابية :

ينهار السد الترابي بسبب التصميم الخاطئ وكثيراً ما يكون بسبب الإعتماد علي تحريات غير كافية وقلة العناية في التنفيذ والصيانة. يمكن تصنيف فشل السدود الترابية:

الفشل

- . الهيدروليكي.
- . الفشل الإنشائي.
- . الفشل بالرشح.

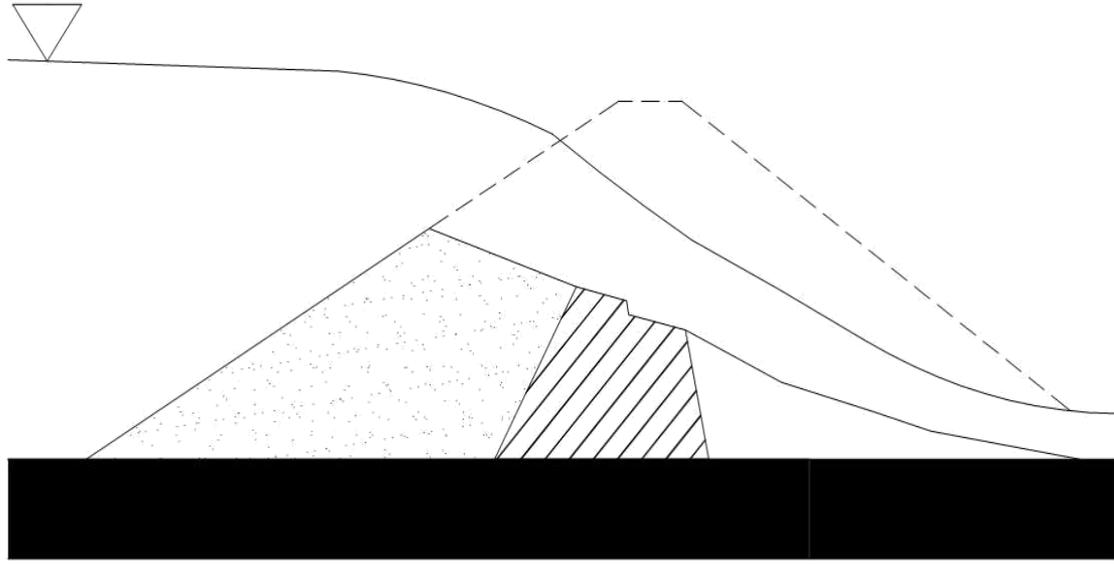
-- الفشل الهيدروليكي:

ثلث فشل السدود هو فشل هيدروليكي وتنتج عن تعرية جسم السد بالماء Surface Erosion. الفشل الهيدروليكي يتضمن التالي:

--- أ الانهيار بالغمر **Over Topping**:

قد يحدث العمر في السد الترابي إذا:

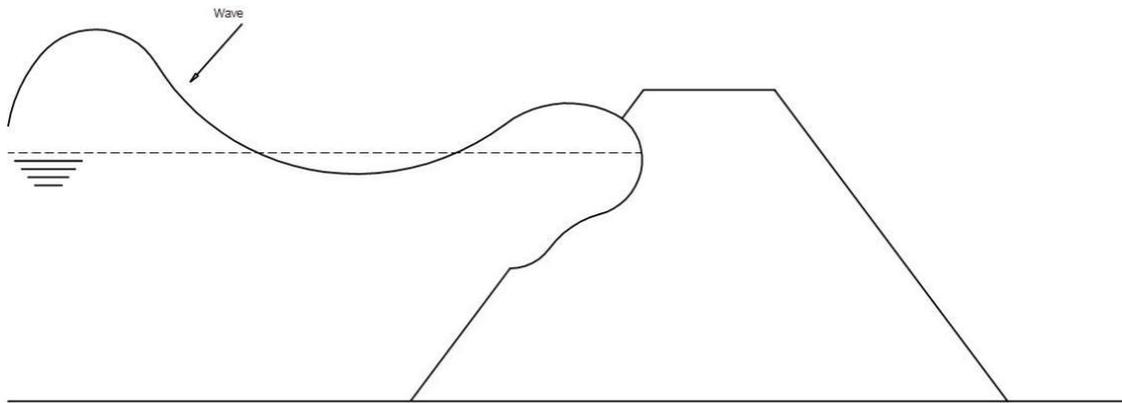
- (a) كمية الفيضان التصميمي المخمن سابقاً أقل من كمية الفيضان الذي سيحدث في فترة عمر السد لعدم تقدير كمية الفيضان بالشكل الصحيح.
- (b) سعة الفيض spillway غير كافية لإمرار موجات الفيضان.
- (c) عيوب ومشاكل في تشغيل بوابات المفيض.
- (d) هبوط الأساسات أو الصفة.



الشكل (-) يوضح إنهيار السد بسبب الغمر

---ب نحر الموجة: **Wave Erosion**

تأثير الموجات هو أنها تتلم جسم السد من الميل الأمامي u/s في عدم وجود الحماية الأمامية.



الشكل (-) يوضح نحر الموجة في الوجة الامامى للسد

---ج النحر في الميل الخلفي للسد: **Toe Erosion**

يحدث في حالة التصميم السيئ لقنوات المفيض أو اختيار مكانها ويسببه:

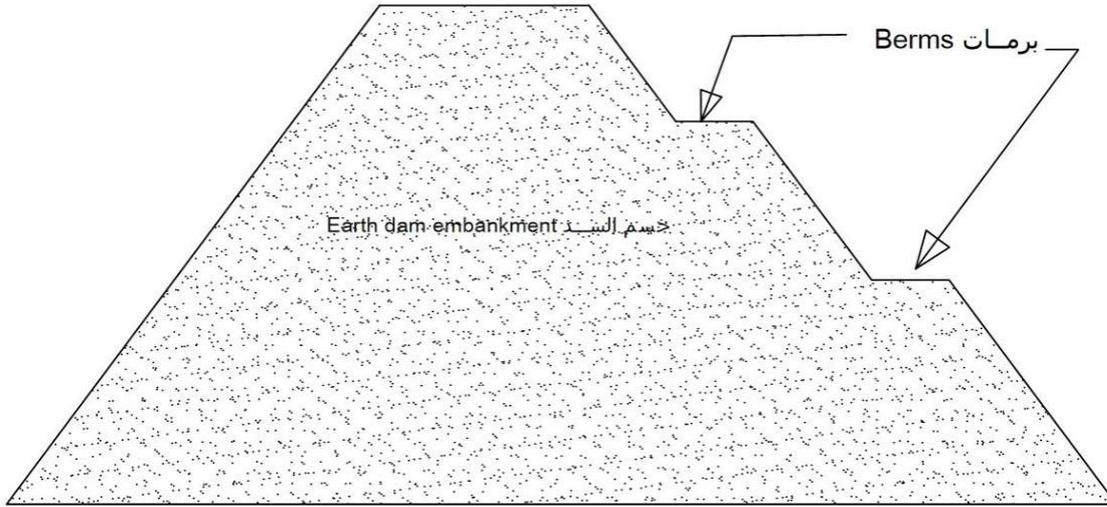
(a) النحر بسبب الماء الزيلي water tail

(b) النحر بسبب المياه الخارجة من المفيض أو البوابات.

## ---د الأخاديد: Gullying:

تحدث الأخاديد بسبب جريان مياه الأمطار الغزيرة علي ميل مؤخرة السد إذا لم يعمل حماية لها. لمنع حدوث ذلك يعمل لميل مؤخرة السد برمات Berms لمنع حدوث فشل الهيدروليكي فإنه يجب تصميم السد مع الأخذ في الاعتبار منع حدوث النحر وهذا يتضمن الحالات التالية:

- تصميم المفيض بحيث تكون سعته كافية ليعبر أكبر فيضان متوقع.
- المنسوب الأعلى للسد أعلى من إرتفاع الموجة في حاله المنسوب الأعلى للمياه في بحيرة السد.
- الإرتفاع الكلى بعد حدوث الهبوط يجب أن يحتفظ بأقل فضلة Free board عمق أمنة من الغمر.
- لا يحدث النحر بفعل الموجات.
- عرض القمة كافي لكي تتحمل إرتطام الأمواج والهزات الأرضية.



الشكل (-) يوضح تزويد الميل الخلفي ببرمات

- تصميم مقطع السد الترابي: Cross Section design of an earth dam:

-- عرض قمة السد: **Top Width**

يجب أن لا تقل على متر.

يتحدد عرض السد بعده عوامل من أهمها أعلى منسوب يصل إليه الماء، إذ يجب أن يكون عرض السد كافياً □ يغطي خط الإشباع (الارتشاح) ويجب مراعاة ان قوة الهزات الأرضية وموجات المياه في الخزان لا تؤثر على إستقرارية السد وبناءه. يمكن إيجادها باستخدام المعادله التالية:

$$H \setminus b = 5/3$$

$$H = h + F.b$$

حيث:

=b عرض قمة السد.

=H ارتفاع مقطع السد.

= h ارتفاع الماء امام السد في بحيرة التخزين.

=F.b فضلة الإرتفاع (السطح الحر).

-- فضلة الإرتفاع (F.b):

هو المسافة العمودية بين قمة السد واعلي منسوب للبحيرة.أوهو العمق المطلوب الذي يجعل هبوط السد وفعل الموجات التي يسببها الرياح تحت منسوب قمة السد ويمكن إيجاد كمايلي: السدود ذات الارتفاع أقل من متر

$$F.B = 1.5*hw + 2\%H$$

السدود ذات الارتفاع أكبر من متر

$$F.B = 1.5*hw + 3\%H$$

حيث:

أقل فضلة عمق مطلوبة "متر" = F.B

إرتفاع الماء "متر" = hw

% و % الهبوط المتوقع حدوثه في إرتفاع السد

-- الأغلفة الخارجية للسدود الترابية:

### Embankment casing or Embankment outer shells:

وصفية الأغلفة الخارجية للسدود الترابية هي توفر إستقرار وحماية النواة. قد يختلف الميل المصمم لمقدمه السد u/s ولمؤخرة السد إختلافاً كبيراً □ بالإعتماد على المواد المتوفرة ونوع الأساس وإرتفاع السد. إذا كان المتوفر هي المواد الكثيمة فقط، فإنه في الضروري توفير ميل عادي لتلبية متطلبات مقاومة الإنسلاخ. ولكن قد يكون الميل الحاد كافياً □ في حالة توفر مواد ممانعة من الرمل والحصى لشذ المواد الناعمة (الطين) من السقوط، اي يتم عمل نواة ذات ميل حاد من المواد الناعمة (الطين والطيني) وفي مقدمة السد ومؤخرته عمل ميول من الرمل والحصى المتوفر في الموقع او بالقرب منه.

يمكن اخذ ميل المقدمة (Upstream) والمؤخرة (downstream) للسدود الترابية

من الجدول الموصى به من قبل ترزاجي Terzaghi

نوع المواد	ملاحظات	ميل المقدمة	ميل المؤخرة
مواد متجانسه جيدالتدرج		::	2:1
سلت خشن متجانس		3:1	2.5:1
سلت طيني متجانس او طين		2.5:1	2:1
		3:1	2.5:1
رمل أو رحل وحصى		3:1	2.5:1
		2.5:1	2:1

جدول رقم (-)

-- ارتفاع السد:

يجب ان يكون إرتفاع السد الترابي كافيا □ بحيث لايتعرض السد إلي طغي المياه فوقه في  
اي وقت

و بآية حال لذلك يجب دراسة الامور التالية:

.إرتفاع موجات المياه فوق الخزان

أمام السد . الرياح.

. اعلى منسوب متوقع للمياه أثناء الفيضان.

$$H = h + f . b$$

- توزيع القوى على جسم السد:

ترفع قوى ضغط المياه على طول جدار بإتجاه دفعة للانقلاب في حيث يعمل الوزن

لهائل لمادة السد او الجدار على تثبيت الجدار في مكانة بسبب الجاذبية التي تدفعه

بإتجاه الارض دائم وعلى طول حائط السد.

-- انواع القوى المؤثرة على السد:

تتضمن القوى الواجب مقاومتها السدود:

---أ ضغط الماء "قوى خارجة عن ضغط الخزان:

الماء يضغط باتجاه وجه السد المواجه لأعلى النهر وتزداد الضغوط مع العمق حيث

يسبب تأثيرات كبيرة على القاعدة اكثر من الأماكن العليا

---ب قوى ناتجة عن ضغط وزن المواد المستخدمة في بناء السد :

نوع الضغوط الناتجة عن وزن السد نفسه و توزيعها يعتمد على شكل السد والمواد

المستخدمة في بناءه.

---ج قوه ناتجة عن ضغط المياه في الفراغ :

إذا تسربت المياه الى الاسفل بفعل الشقوق او المسامية فان هذه المياه تولد ضغوطا □

رافعة Uplift pressures تؤثر على السطح الكلي للسد حيث تكون قوة الرفع إلى

أعلي تكون مساوية تقريبا □ لقوة الضغط الهيدروستاتيكي عند العمق نفسه.

- التحليل الهيدروليكي لتصميم السد الترابي:

تستخدم قاعدة الثلث الأوسط لتحليل الهيدروليكي للسد الترابي

$$e \leq b/6$$

no tension

$$e = AB + BD - b/2$$

$$BD = h/3 - H$$

W

$$F_{max} = w + 6 we \leq \text{Bearing of Soil}$$

b

$b/2$

$$F_{max} < F_B$$

no Settlement

$$F_{min} = w - 6 we$$

no tension

b

$b/2$

# الباب الرابع

النتائج المناقشة

(-) الحسابات :  
التحليل الهيدروليكي لجسم السد باستخدام طريقة الثالث الاوسط لتحليل الهايدروليكي.

$$h^2 / 2$$

**Horizontal force:**

$$H = 9.81 \times (8.5)^2 / 2 = 354.4 \text{ kN}$$

$$1/3 h = 1/3 \times 8.5 = 2.83 \text{ m}$$

**Vertical force:**

$$W_1 = 0.5 \times 22.5 \times 9 \times 1 \times 18 = 1822.5 \text{ kN}$$

$$W_2 = 5 \times 9 \times 1 \times 18 = 810 \text{ kN}$$

$$W_3 = 0.5 \times 18 \times 9 \times 1 \times 18 = 1458 \text{ kN}$$

$$W_4 = 0.5 \times 8.5 \times 21.25 \times 1 \times 9.81 = 885.9 \text{ kN}$$

$$\text{Total } W : \sum w = 4976.4 \text{ kN}$$

**Position:**

$$\begin{aligned} & 885.9 \times (45.5 - 21.25/3) + 1822.5 \times \\ & (18 + 5 + 22.5/3) + 815 \\ & (2.5 + 18) + 1458(2/3 \times \\ & 18) = 4976.4 \times X = \\ & 24.98 \text{ m} = 25 \text{ m} \end{aligned}$$

إيجاد : e

من تشابهه المثلثان نجد ان :

$$(h / 3) / BD = W / H$$

$$\begin{aligned} BD &= \\ & H.(h/3)/W \end{aligned}$$

$$= (354.4 * 2.83) / 4976.2 = .2 \text{m}$$

$$AB = 45.5 - 24.86 = 20.64 \text{m}$$

$$e = AB + BD - \frac{b}{2}$$

$$= 1.91 \text{m}$$

$$= 20.64 + .2 - (45.5/2)$$

$$e < b/6 = 45.5/6 = 7.58 \text{m}$$

$$1.91 < 7.85$$

No over stressing

$$F_{\max} = w/b + 6we/b^2$$

$$= (496.4/45.5) + (6 * 4976.4 * 1.91/45.5)$$

$$= 109.4 + 27.5$$

$$= 136.9 \text{kN/m}^2 < 200$$

$$= (4976.4/45.5) - (6we/b^2)$$

$$= 109.4 - 2705$$

$$= + 81.9 \text{KN/m}^2$$

No tension

(-) النتائج والمناقشة

(--) النتائج :

- إقامة السد ساعد في خفض حجم السيول والفيضانات المتدفقة نحو شارع وادي سيدنا ونحو المناطق المأهولة بالسكان مما يساعد في تقليل الأضرار التي تسببها السيول في كل مره خاصة في اواخر الخريف او فصل الخريف .
- قيام السد يساعد في تجميع المياه المتدفقه من منطقة المرخيات في مكان واحد بذلك يكون قتل من الأضرار تلك المياه والاستفادة منها.
- قتل من الأزمات المائيه التي تضرب المنطقة خاصة في فصل الصيف حينما تجف الابار السطحية حيث يعمل السد علي تغذية هذه الابار.
- مع قيام السد اصبحت المنطقة زراعية اي ساعد السد في توفير مياه الزراعة والري بذلك يقلل من اثار التعرية وتجنب تجريف والزحف الصحراوي .
- السد وادي سيدنا مستقر هيدرولي .

$$e = 1.91 < 7.85$$

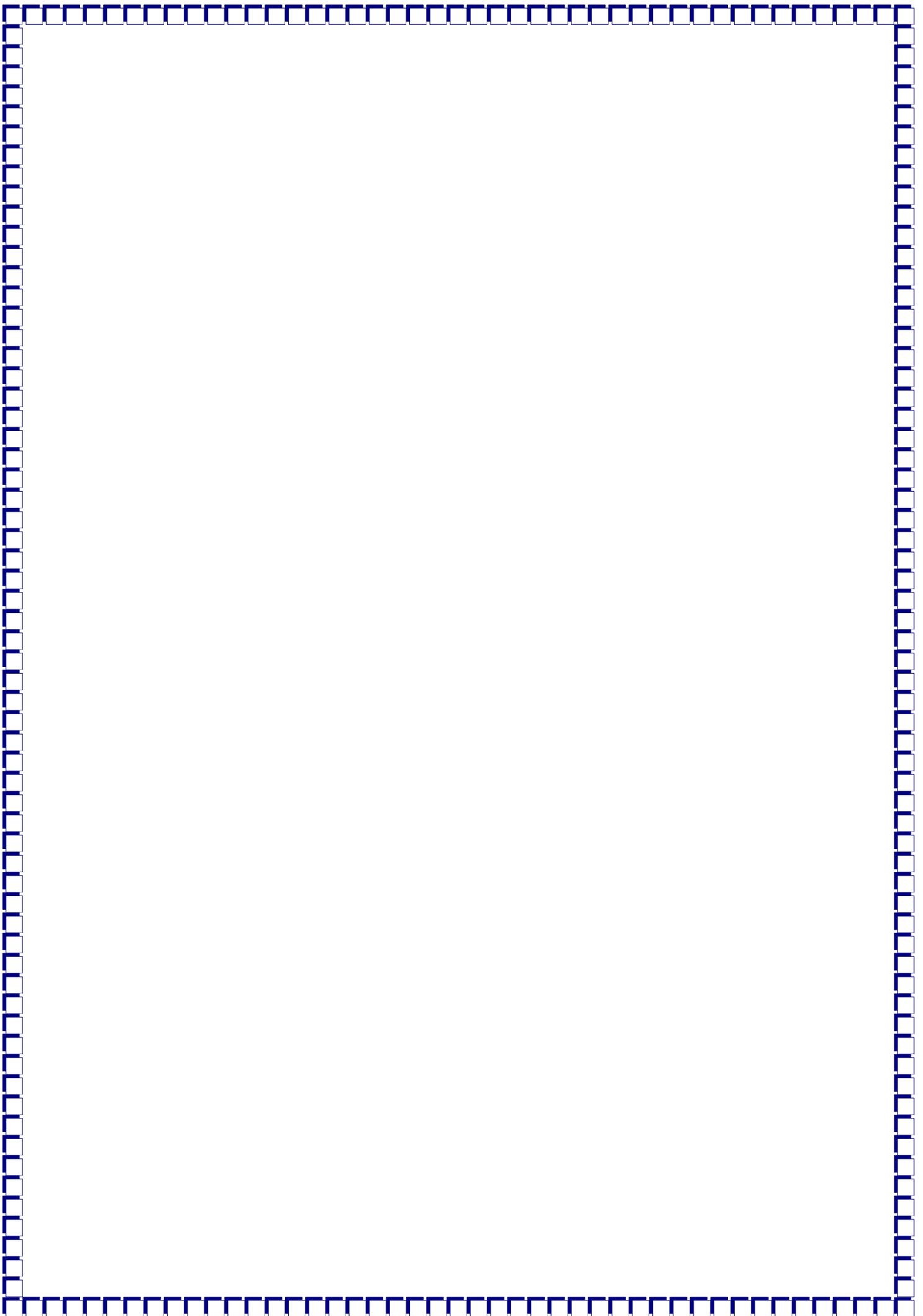
هذا يعني ان السد لا يوجد به اجهاد

$$F_{max} = 136.9 \text{ kN /m}^2$$

$$F_{max} < 200 \text{ kN /m}^2$$

اقصي قوة وزن السد علي التربه اقل من قوة تحمل التربة مما يعني عدم وجود هبوط (No over loading).

$$F_{min} = +81.9 \text{ kN /m}^2$$



(--) المناقشة:

من الزياره الميدانيه لسد وادي سيدنا اتضح انه لا يوجد بالسد فشل هيدروليكي اي ان جسم السد لا يوجد به تعريه بسبب الماء.  
الانهيار الهيدروليكي يتضمن :

- الانهيار بالغمر :

هذا الانهيار غير موجود في سد وادي سيدنا ، ظهر ذلك من خلال تشغيل السد وجد أن المياه الماره به لا تفوق التصريف التصميمي للسد ، وسعة المفيض كافية لامرار المياه.

- نحر الموجة:

لا يوجد في جسم السد من ناحية الميل المامي (Upstream) لانه توجد به تكسيه في الاحجار تعمل علي حماية السد من نحر موجات المياه والتدفقه نحو السد .

- الاخاديد :

تظهر هذه الاخاديد في جسم السد من ناحية الميل الخلفي (downstream) وذلك بسبب نحر الامطار في جسم السد ولحل هذه المشكله يتم عمل تكسيه بالاحجار في ناحية الميل الخلفي (downstream) لحماية السد في هذا النوع من الانهيار.



صورة (-)

# الباب الخامس

# حساب وتقدير التكلفة

حساب وتقدير التكلفة

حساب تكلفة تغطية الحجر لحل مشكلة في السد الناتج عن الأمطار  
مما تسبب في عمل أخاديد على الجانب المائل الخلفي من السد Down  
stream

نصب الحجر : Stone Pitching

في المعالجة يتم تزويد وبناء ونصب من حجار الجرانيت الجاف سمك  
350mm ومليء المساحات بتكسير حصى في الأماكن التي بها الأخاديد  
على جانب المائل الخلفي من السد  
Downstream.

جدول (-) يوضح تقدير التكلفة:

نوع العمل	الحجم	تكلفة المتر	الحجم الكلي	التكلفة الكلية
	المكعب الواحد بالمتر المكعب	المكعب الواحد	المراد معالجته	للحجم الكلي
Stone Pitching : Provide and build granite Dry stone pitching 350mm spac with Thick and fill e h crushe d gravel on the downstream side	M3	300	7201	216.030 0 SDG

# الباب السادس

## الخلاصة والتوصيات

### - الخلاصة:

تناولنا في هذا البحث دراسة وتقييم لسد وادي سينا الذي يقع في مدينة الخرطوم ، يبلغ طول السد 2286m وتمت دراسته هيدرليكيًا ووجد أن السد مستقر هيدروليكيًا □ وتمت مراجعة السد من ناحية الإنهيارات الهيدروليكية ووجد به مشكلة الأخاديد التي تم حلها بالتوصية بعمل تكسية حجارة من ناحية الميل الخلفي للسد وتم تقدير وحساب تكلفة التكسية.

### - التوصيات:

- الإهتمام بصيانة وتشغيل السد وذلك بفتح البوابات في الوقت المناسب.
- عمل تكسية لحماية السد من الأخاديد الناتجة من الأمطار في إتجاه الميل الخلفي Down .Stream
- عمل محطة إرصاد جوي قريبة من منطقة وادي سيدنا للتنبؤ بمقدار الهطل مما يساعد في عملية تشغيل السد.

# الباب السابع

## المصادر والمراجع

(-) المصادر والمراجع :

- الجنائني محمد عبد الرحمن - المنشآت الهيدروليكية - كلية الهندسة (جامعة بيروت العربية – شركة منشورات دار الراتب الجامعية).
- الشامي شبلي ، هندسة إمداد المياه (المصادر المائية) - حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة بجامعة دمشق.
- الموسوعة العربية – المجلد العاشر- رقم الصفحة البحث ضمن المجلد .()
- وحدة تنفيذ السدود – الإدارة العامة للمشروعات – إدارة حصاد المياه.
- مقابلة شخصية مع الباشمهندس/ أبوبكر محمد زروق.
- الشبكة العنكبوتية.