١-١ المقدمة:

تعتبر السدود من أعظم و أضخم المنشآت المدنيه التي يبنيها الأنسان علي الإطلاق ، غيرت هذه السدود معالم الحضاره البشريه .

وتعتبر السدود من الإنشاءات الهندسيه القديمه جدا حيث أنشا أول سد في العالم في مصر القديمه من حوالي ٤٠٠٠ عام قبل الميلاد.

ويكثر حاليا انشاء السدود بأنواعها المختلفه في جميع دول العالم ، بل ابتكروا العديد من النماذج المختلفه للسدود الكفيله بمقاومة المياه العنيفه.

السدود هي أحدي المنشأت 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 رى الاراضي الزراعيه.

ان الأنواع الشائعه من السدود هي التى 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 الأنسان قبل عدة الأف 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.

3-1 منطقه 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 ٢٠ كيلومتر ويتميز عن الأودية الأخرى بصغر عرض حوضه الجانبي (catchment area) والذي يتراوح بين ٣ الى ٨ كيلومتر ،و يبلغ مساحة الحوض الجانبي حوالي ٧٠ كيلو متر مربعا في منطقه غرب المنطقه العسكريه.

تعاني هذا المنطقة من طول فصل الجفاف وقلة تدفق المياه السطحيه الإ في حالات ذات تكرار متباعد إذ أنها تقع ضمن المناخ الصحراوي وشبه صحراوي الذي لا يتجاوز المعدل المطر فيه عن ١٥٠ مليمتر .

تتعرض هذه المنطقه 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 الزراعه خاصة ان سهول الوادي ذات تربه طينيه وهي منبسطه وبالتالي مناسبه لعمليات الري.

الصفه العامه للتربه هي طينيه أو طينيه مخلوطه بالسلت أضف الى ذلك ان متوسط ميل قاع الوادي يتراوح بين ١.٠ الى ٢.٠ 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 الجنوبية الرطبه ، وأن متوسط الأمطار السنوية بالمنطقة والمرتفعات المتاخمة لها حسب الأحصائيات

المدونه حوالي ١٥٠ مليمتر في حين أن أعلى هطول مطري سنوي هو ٣٥٠ مليمتر وأدنى هطول مطري سنوي هو ٢٠ مليمتر . كما أن متوسط عدد أيام المطر السنوي هو ٢٠ يوم ، هذه الأرقام بدأت في الأرتفاع ولقد أخذنا هذه الزياده في الحسبان وعلى أساس أن متوسط الأمطار في حدود ١٩٠ مليمتر.

أما بالنسبه للتبخر فيبلغ أعلي معدل له حوالي ١٠٠٠ مليمتر في اليوم ، ويحدث ذلك في الفتره من ابريل وحتي يونيو .وهذا يعزى الي لأرتفاع درجات الحراره وانخفاض الرطوبه النسبيه أما معدلات التبخر الدنيا فتكون في الفتره من ديسمبر الى فبراير وذلك لأنخفاض درجات الحرارة .

ومن المعالم الواضحه والمعروفه والظاهره في منطقة وداي سيدنا منطقه وداي 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 الى جامعه ،تم افتتاح ثلاث مدارس ثانوية عليا لمدها بالطلاب وهذه المدارس هي مدرسة وادي سيدنا الثانويه ،مدرسة حنتوب و مدرسة خور طقت .

2-1 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 أثار التعرية وتجريف التربة وما شابهها من زحف صحراوي وتمدد لمناطق الجفاف.
- إيجاد مناطق ترويح للمواطنين(Recreation Areas) في المنطقه.

2-2-1 الهــدف العام:-

- تقييم و دراسة سد ترابي وادي سيدنا.

الباب الثاني

الإطار النظرى

٢ – ١ الســـــدود وأنواعـــهـــا

السدود هى عبارة عن إنشاءات هيدروليكية تسد أو تحتجز مجرى الماء فى النهر ، مكونه فى النهر حوضاً من الماء المحتجز . تعد السدود من أكبر المنشآت المائية التى ينفذها الإنسان على الأنهار الدائمة الجريان أو الوديان الموسمية من أجل تخزين مياهها وتنظيم جريانها ودرء أخطار الفيضانات ومواسم الجفاف ، وإستخدام المياه فى توليد الطاقة الكهربائية النظيفه ، وتعويض النقص فى 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 الانهار الكبيرة من اجل درء خطر فيضاناتها وحماية الأراضى المأهوله المنخفضة المحيطة بها ويطلق عليها اسم سدود الحماية .

يتألف السد أساساً من جسم السد Dam wall والمفرغ السفلى bottom outlet والمأخذ المائى Water intake والمفيض Spill way . وينفذ جسم السد عادةً فى أضيق خانق توفره الطبيعة على مجرى الوادى ، من أجل تقليص حجم أعمال السد وكلفتها إلى أدنى حد ممكن ، شريطة أن يتسع مجرى الوادى قبل موقع السد لتشكيل الخذان المائى المناسب .

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

يجب ان يتوافر في موقع السد الشروط الجيولوجية الكفيله بتحمل الإجهادات التى ستطبق عليه إضافة إلى توافر الشروط الهيدرولوكية المناسبة لضمان كتامة أساسات السد وبحيرة التخزين لتقليص النوافذ المائية فيها إلى الحد المقبول إقتصادياً .

أما المأخذ المائى 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 فى منشأة واحدة فى بعض الحالات ، وخاصة فى السدود الصغيره والمتوسطة .

وأما المفيض فهو منشأه تعمل على صمام الأمان ، فتخلص بحيره السد من المياه التى 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 .

٢-٢ أنواع السدود :-

٢-٢- ١ تنقسم السدود وفق الغرض المرجو منها إلى :-

٢-٢-١-أ سدود تخزينية "التخزين السطحى " :-

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

٢-٢-١-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 .

٢-٢-١-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.

٢-٢-٢ تنقسم السدود على حسب نظرية عملها والمواد المستخدمة فى إنشاؤها إلى التالى:-

٢-٢-٢-أ السد االتثاقلي "Gravity Dam" :-

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

٢-٢-٢-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 قطاعة صغير نسبياً بالمقارنة بالسد الثقلي . يستخدم هذا النوع من السدود فى الوديان الضيقه التى بها أكتاف جانبية تقوي على إحتمال ضغط المياه المتقولة إليها .

٢-٢-٢-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 .

٢-٢-٢-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 .

٢-٢-٢-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 أيضاً عمل ترتيبات خاصة للتقليل من التسرب خلال جسم السد ومن تحته .

٢-٢-٢-أ السدود الخرسانية التثاقلة :-

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 الرى 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 يترواح عادة بين (0.1SH) للسدود المنخفضة إلى القيمه التى تحددها متطلبات الطريق الذى سينشأ فوقة أو متطلباته تشغيل البوابات فى حالة السدود العالية. 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 الا تزان لمقطع السد.

لتحديد شكل مقطع السد من الناحية الخلفية ، يؤخذ عرض الطريق عند القمة 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 يترواح من (٧–٨) على الأفقي إلى (١٥) على الرأسي أى من (٠.٧ – ٠.٨) .

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 الجيولوجي بوجود طبقات تأسيس صخرية قوية . يجب حقن طبقة الأساس الصخرى بالأسمنت من خلال أبار حقن وذلك لملأ الشقوق الموجودة فيها و بالتالى تقليل التسرب الذى يحدث خلالها.

الشكل(٢-١) يوضح جسم سد تثاقلي

لتقليل قوى الدفع المائي المؤثره على قاعدة السد ، عادة ما تزود القاعدة بستارة من الأسمنت المحقون من الناحية الأمامية ، كما تزود أيضاً 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 والناتجة عن تسرب المياه المتسربه إلى الأنفاق العرضية الموجودة فى جسم السد .

- **طرق إنشاء السدود الثقلية :-**

هناك طريقتين لإنشاء سد ثقلى وهى :-

تحويل مجرى النهر بالكامل إما بواسطة مجرى مفتوح أو بإنشاء نفق محفور وذلك بعيداً عن موقع إنشاء السد . تحاط منطقة الإنشاء من الأمام ومن الخلف بسدين مؤقتيين (two coffer dams) . هذه الطريقه تستخدم عادة إذا كانت الظروف الجيولوجية والطبوغرافية فى المنطقة تسمح بإتمام ذلك . يفضل إستخدام نفق فى حالة ما إذا كان هذا النفق سوف يستخدم بطريقه 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 "التثاقلية" كسد غراند غولى فى العاصمة واشنطن فى الولايات المتحده الأمريكية من الانماط المكلفة جداً فى الأنشاء بسبب حاجتها لكميات هائله 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 .

٢-٢-٢-ب السدود الخرسانية المدعمة أو السدود ذات الدعامات :-

يعتمد على دعائم ، ويتكون من غطاء (sloping cover) ، يكون أما بلاطة مسطحه (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 دائماً أن تكون تكاليف إنشاء سد ذو دعامات أقل من تكاليف إنشاء سد ثقلي حيث أنه يحتاج فى تنفيذه إلى مجهود أكبر وأيضاً 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 التى 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 مستقبلاً زيادة حجم التخزين أمام السد ومن ثم زيادة إرتفاعه .

وقد تكون هذه السدود منبسطة قليلاً أو مقوسة ، لكن هنالك دائماً أساسيات تصميمة 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" في 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 إنقلابة بينما تقوم الركائز فى الجهة المقابلة برد فعل معاكس تماماً فى محاولة لتثبيت البناء فى مكانه ، بينما يكون وزن الركائز مطبقاً بالكامل الى الأرض .

الشكل(٢-٢) يوضح جسم سد خرساني مدعم

٢-٢-٢-ج السدود الخرسانية المقوسة :-

السد المقوس هو عبارة عن سد له شكل منحنى فى المسقط الأفقى تنشأ هذه الانواع من السدود فى الوديان الضيقه . ينقل السد الحمل المؤثر عليه إلى الأكتاف بخاصية العقد وأيضاً إلى القاعده ، لذلك يراعى أن تكون الأكتاف والقاعده من الصخر القوى التحمل . كما فى حالة السدود الثقلية على أساس صخرى فإنه أيضاً 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 دائماً 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 في الأماكن الضيقه و الصخريه و حيث يكون علي شكل قوس منحنى يحجز خلفه الكميات الهائلة من مياه الأنهار .

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

الشكل(٢-٣) يوضح جسم سد مقوس

- **الأبعاد المحددة للسد المقوس وهى :-**

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

الزاوية المركزية (٢ α) لكل من هذه المستويات الأفقية .

النسبة بين عرض الوادى وإرتفاع السد (LH) .

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

- **تنقسم السدود المقوسه تبعاً لوزنها إلى نوعين رئيسيين هما :-**

السدود المقوسة الرقيقه "Thin Arch Dams" :-

ينشأ هذا النوع فى حالة

$$L < (1.5 - 2)\, H$$

وعادة ما تكون لهذا النوع :-

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

لهذا النوع ينتقل الحمل المؤثر إلى الأكتاف بخاصية العقد .

السدود المقوسة الثقلية "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 الثقلية بأنها تحتاج إلى كميات أقل من الخرسانة " حوالى(١/٣ إلى ١/٢) الكمية " ، تكاليف المتر المكعب من الخرسانة فى حالة السدود المقوسة يزيد عنه فى حالة السدود الثقلية بحوالى (١٥% - ١٠%) 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 حهة الأمام وبنصف القطر (r_1) لسطحة الداخلى من جهة الخلف حيث فى مستوى أفقى معين يكون عرض مقطع السد ثابت ومقداره :-

$$D = r_0 - r_1 = const$$

من العناصر المحددة للسد المقوس الزاوية المركزية (2α) يمكن تخيل السد المقوس مجموع من الشرائح المقوسة الأفقية فوق بعضها البعض بحيث يتميز كل منها بقيم محددة للعناصر (r_0 ،r_1 ،2α and d) .

ومن جهة نظر هذه القيم يمكن تقسيم السدود المقوسة إلى نوعين هما :-

سد مقوس ذو مركز ثابت " constant center arch dam" :-

ويسمى أيضاً 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 متحده المركز مع منحنيات السطح الخارجى ، نصف القطر الخارجى (r_0) يكون ثابت على طول إرتفاع السد . نصف القطر الداخلى (r_1) كذلك الزاوية المركزية (2α) 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 أيضاً السد المقوس ذو النصف قطر المتغير أو ذو الزاوية المركزية الثابتة (Variable radius or constant angle arch dam) . يتميز هذا النوع من السدود المقوسة بأن أنصاف أقطار الأقواس الممثله للوجة الخارجى (r_0) تتناقص من القمة الى القاع بحيث أن

الزاوية المركزية (2α) تبقى تقريباً ثابته ، 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 .

٢-٢-٢-د السدود الترابية :-

تستخدم فيها الأتربه أو كسر الصخور كما موجوده فى الطبيعة لذلك تعتبر منذ أقدم انواع السدود التى بناها الإنسان ، السدود التى يستخدم فيها الأتربه 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 إنشاءه على اساس ترابى خلافاً للسدود الخرسانية التى تتطلب أساساً صخرياً قوياً للتحمل .

أنواع السدود الترابية تبعاً لطريقة الانشاء :-

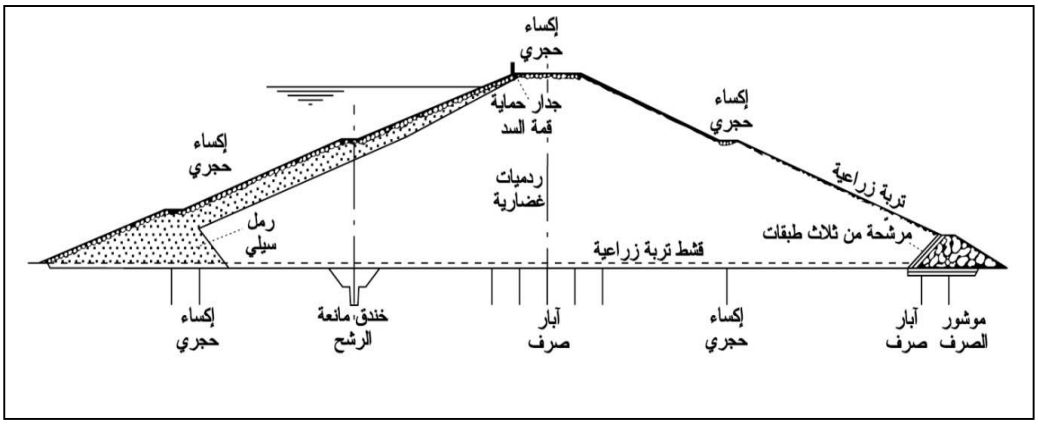
• سد ترابى منفذ بطريقة الردم أو التسوية):

عادة ما تستخدم هذه الطريقة فى إنشاء السدود الترابية . توضع فى هذه الطريقة الأتربة (مادة الإنشاء) فى طبقات سمك أى طبقة منها يتروح بين cm(15 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 بعمل إختبار بروكتر القياسى (Standard Protector Test) على عينه من الاتربة المستخدمه فى إنشاء السد . في حاله عدم وجود زلط كبير،اما في وجوده يفضل إستخدام الهزازات لإتمام عملية الدمك .

لهذا النوع ليس هنالك تصميم ثابت لمقطعة ولكن تختلف المواد المستخدمه فى إنشاء السد من موقع الى أخر على حسب توفر هذه المواد بالكميات المناسبة ويمكن تقسيم التصاميم للسدود الترابية المنفذه بطريقه الردم والتسوية فى الأنواع الأتية :-

ســـــــد ترابى متجانـــــس :-

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



الشكل(٢-٤) 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 فى المنطقة الوسطى من السد أقل نفاذية ويفضل ان تكون تربة غير مسامية . وعلى جانبى المنطقة الوسطى تنشأ مناطق إنتقالية من تربة متوسطة النفاذية ثم تأتى 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 تواجدها 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 مسبقاً مما يجعل السد عرضة للإنهيار 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 (٥% - ٢%) من القيمة الكلية لإرتفاع السد . السدود الترابية ذات الإرتفاع الذي يزيد عن (10m) تزود من الناحية الأمامية بذوره (parapet) يترواح إرتفاعها بين (١ - ٥ 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 الصغيره يوحد السطح بحيث يسمح بإنشاء طريق فوقه.

عادة ما يغطى الوجه الأمامى للسد بطبقة من الخرسانة او بطبقة من الدبش لحمايته من التآكل الناتج من الأمواج او من تساقط الأمطار الغزيرة عليه .

دائماً ما تكون التربة المستخدمه لإنشاء سد ترابى تكون دائماً منفذه بدرجه 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 وبإرتفاع 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 المشبعه التى لا تقدر على مقاومة الإنزلاق.

التصرف المتسرب من الأمام إلى الخلف بسبب نقص فى كمية الماء المخزونه .

من أهم الإحتياطات المتخذه للتقليل من تتأثير 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 المختلفه 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 الوحيده هى فى حالة حدوث فوالق او شقوق التى يمكن معالجتها بملئها بمادة 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 الطبقه الصماء السفليه ويفضل أن تخترقها بعض الشئ .

طبقة تربة غير مساميه فوق اساس صخرى :-

تكون الطبقه 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 المنشأه .

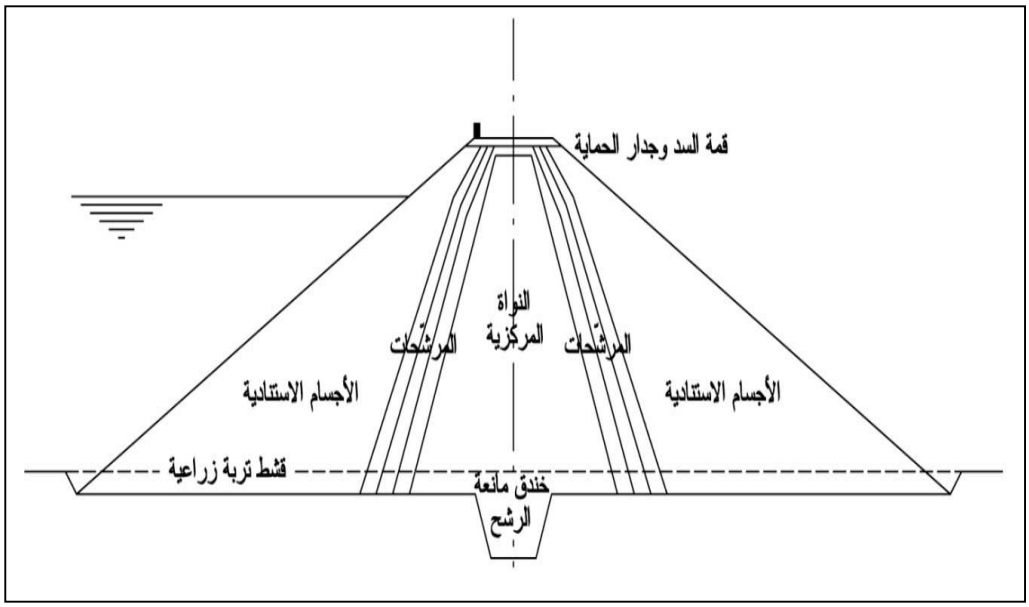
طبقة غير مساميه فوق طبقة مساميه :-

فى هذه الحالة أيضاً 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 البيزومتريه . ويمكن التغلب على ذلك ومعالجتها بإستخدام آبار لتخفيض الضغط

البيزومترى او فى حالة الأعماق الصغيره (أقل من ٣٠) يمكن حفر مجارى مفتوحه (trenches) تسحب منها المياه لتخفيف الضغط .

٢-٢-٢-هـ السدود الركامية :-

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



الشكل(٢-٥) 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 لكتل الركام المكونه لجسم السد تكون مرتفعه فإنه يجب تزويدها بستاره مصمته أمامية أو داخل جسم السد وتنشأ السدود الركامية بتصميمات مختلفة يمكن تجمعها فى الأنواع الأربعه الأتيه :-

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

- كما فى الحاله جسم السد بالكامل يكون من كسر الأحجار ذو الأحجام المختلفه . يزود السد في هذا الحال بستاره للتحكم فى التسرب خلال جسم السد.
- جسم السد مكون من قطع من الأحجار المستعد له المرصوصه على الناشف . قطع الأحجار تستعدل على شكل مستطيلات لا يقل سمكه عن (20cm) وأبعاده تختلف من (1:2:3) إلى (1:2:4) يزود السد بستاره الأماميه للتحكم في المياه المتسربه و اسفل منها طبقة من التدبيس 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 في التسرب أسفل منه طبقه من الدبيس بالمونه .

الباب الثالث

طريقة التنفيذ والوسائل المستخدمة

الباب الثالث: طريقة التنفيذ والوسائل المستخدمة

٣-١ 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 التصرف التحتي.
- تم التعرف على جيولوجية المنطقة المقام بها السد.
- تم التعرف على أجزاء الوادي المختلفة.

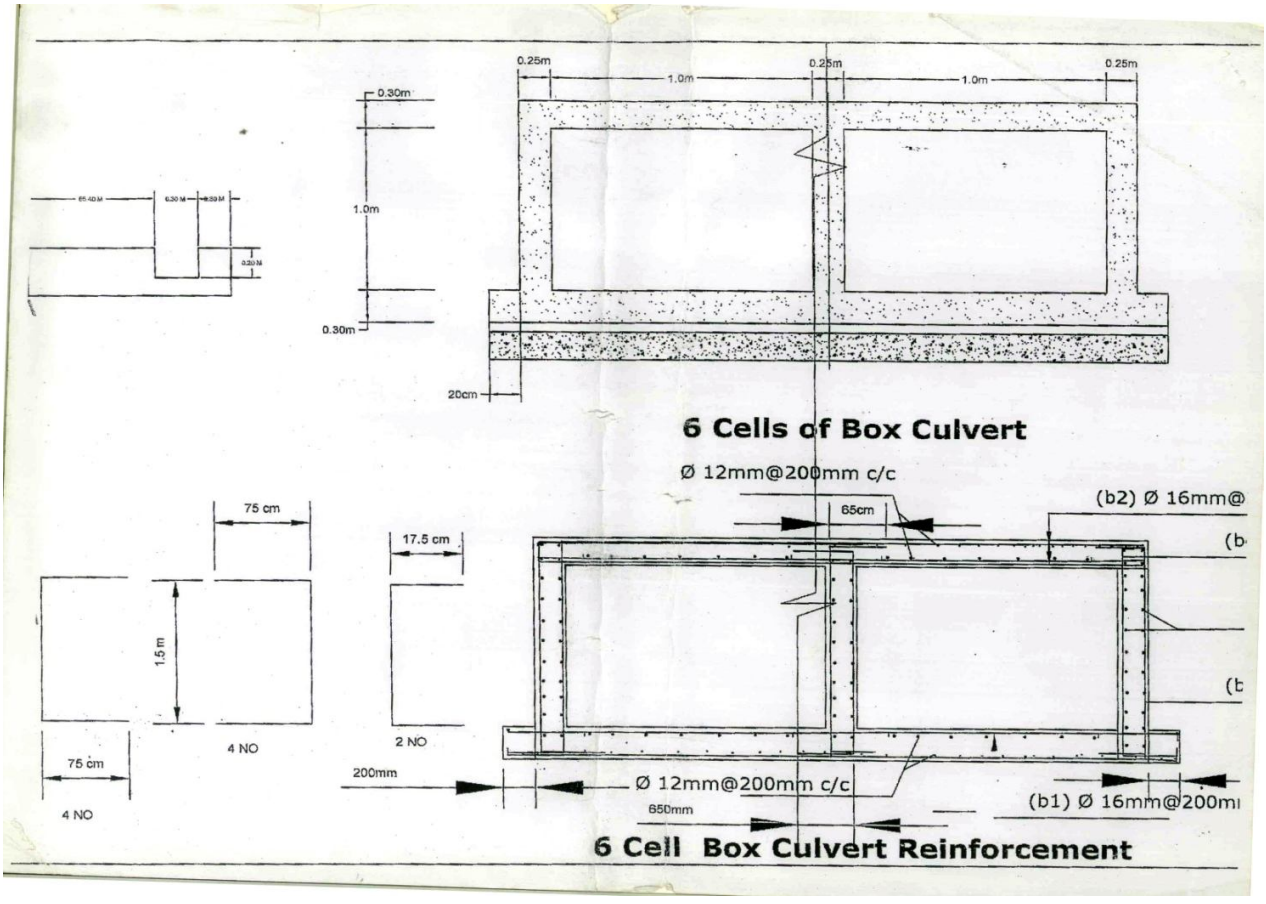
صورة (٣-١) توضح الميل الأمامي للسد

صورة (٣-٢) توضح العرض العلوي للسد

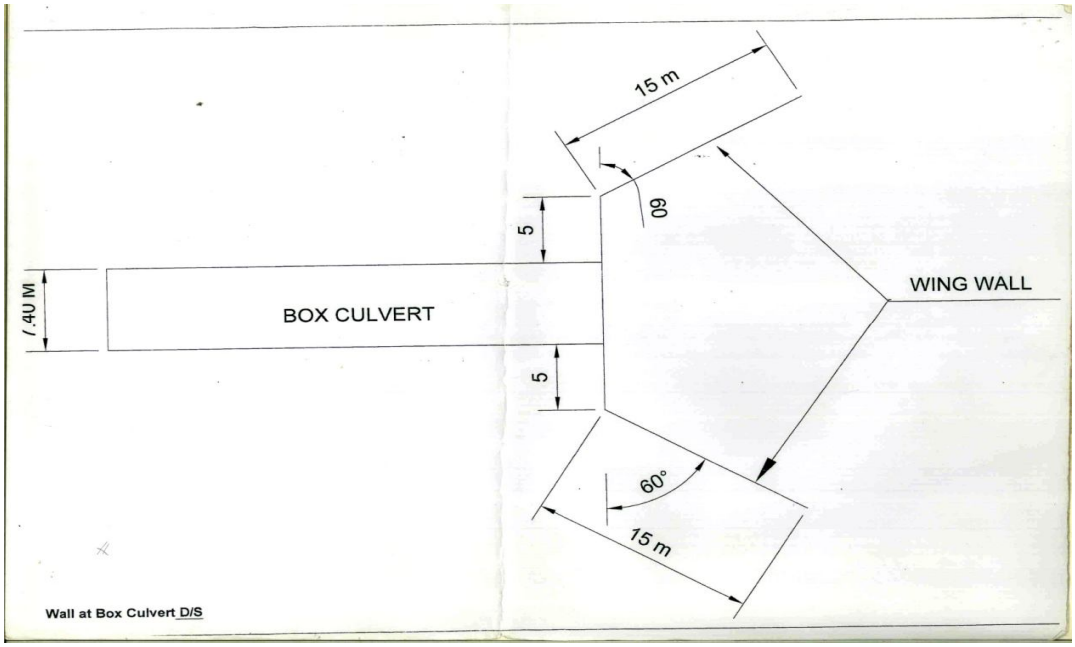
صورة (٣-٣) توضح أجنحة السد

٣-١-١الحصول علي المعلومات والخرط من المهندس المشرف على تنفيذ وتشييد السد.

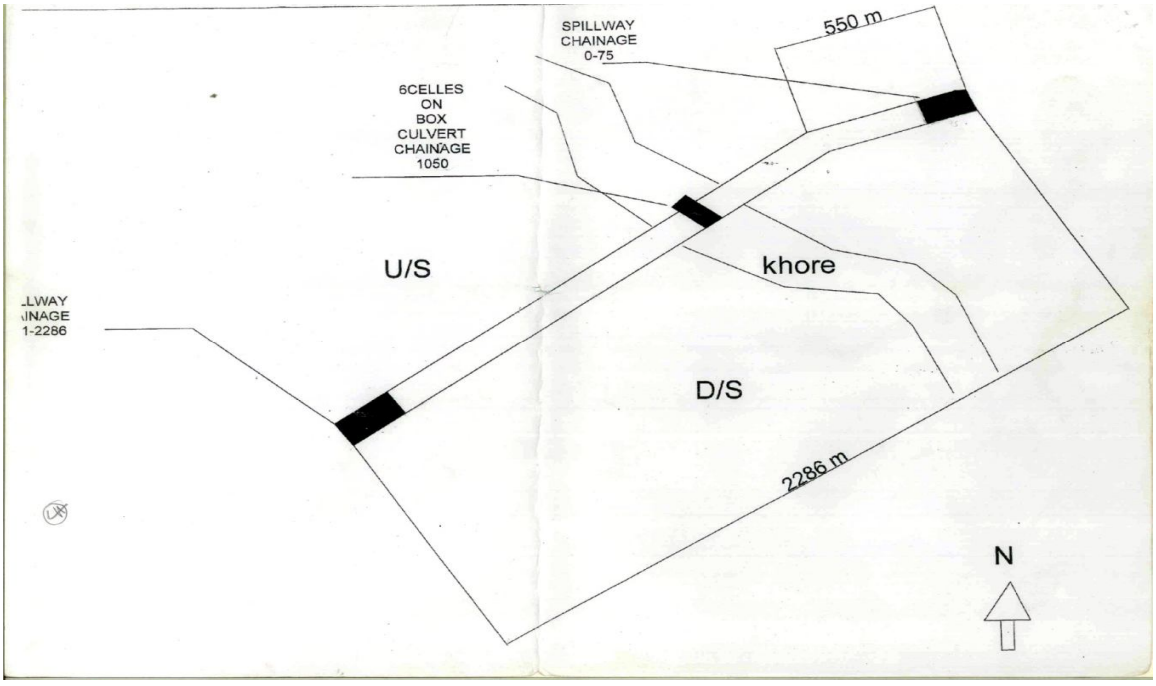
- تم الحصول علي الدراسة الهيدرولوجية لمنطقة وادي سيدنا (الأمطار ، التبخر).
- تم الحصول على خرط توضح معلومات طبوغراطية على المنطقة "خرائط كنتورية موضح فيها الموقع المناسب لإنشاء السد".
- تم الحصول على معلومات عن التربة المقام عليها السد.



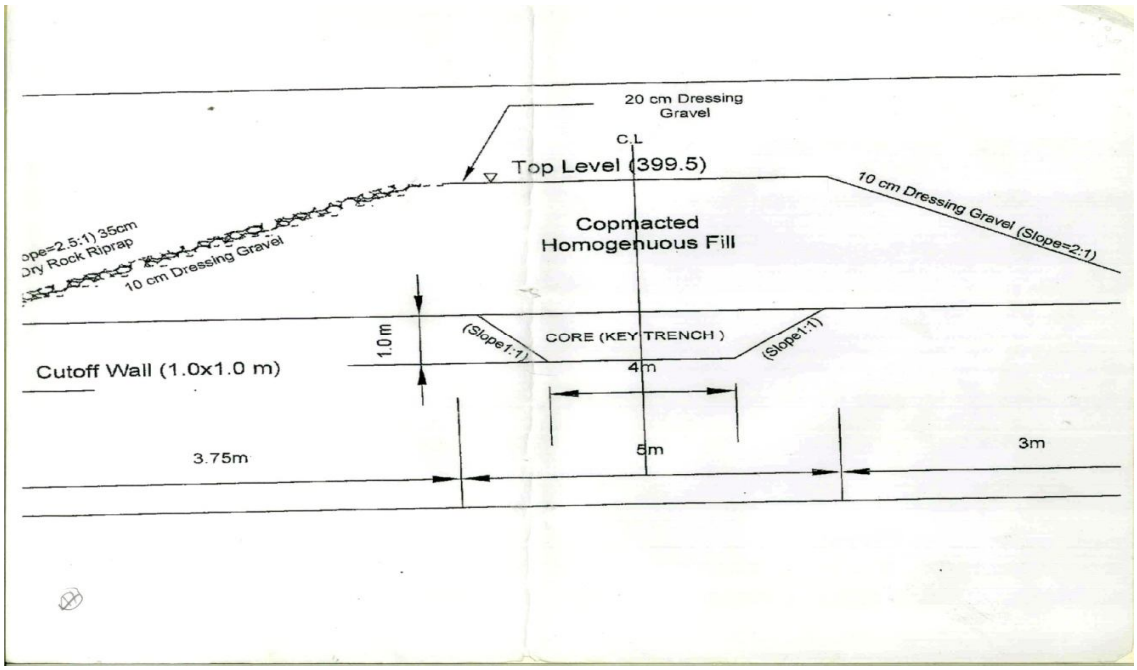
شكل (٣-١) يوضح التصميم الإنشائي للعبارات (Culvert)



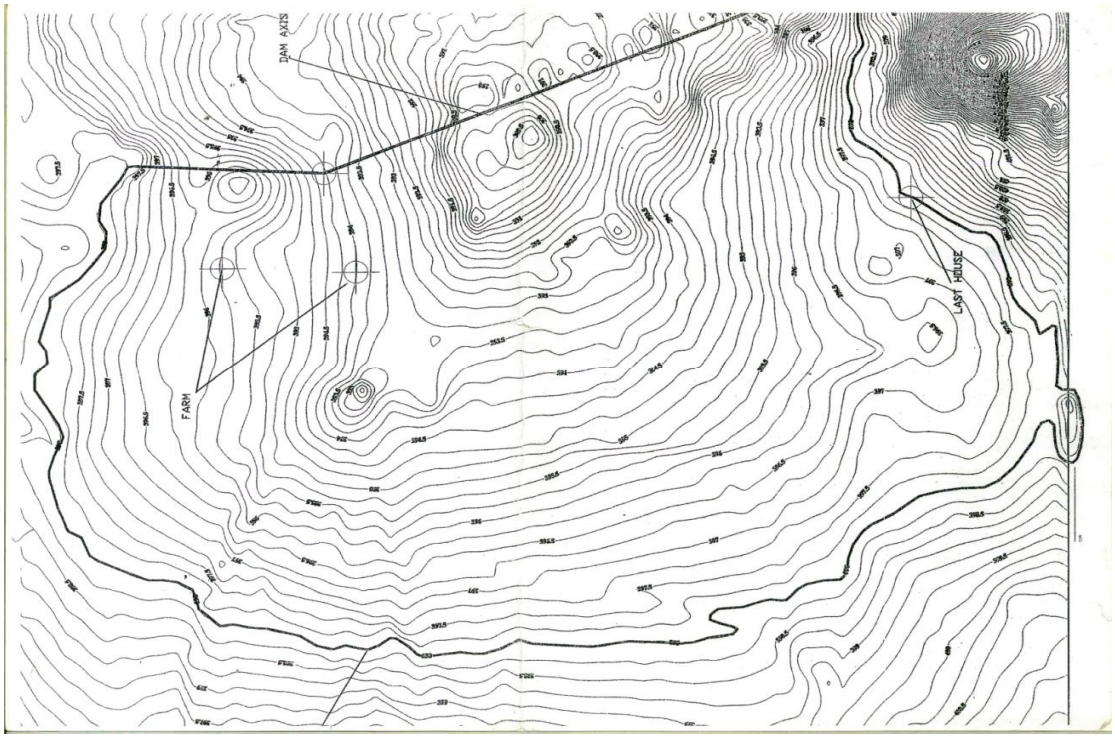
شكل (٣-2) يوضح موقع العبارات في الميل الخلفي



شكل (٣-٣) يوضح مقطع السد في عرض المجرى



شكل (٣-٤) يوضح التكسية بالحجارة في الميل الأمامي



شكل (٣-٥) خريطة كنتورية توضح موقع السد

٣-٢ دراسة عن وادي سيدنا:

٣-٢-١ 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:

٣-٢-١-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 يؤدى إلى إنتهاء خط التسرب داخل الجسم .

وهنالك 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.

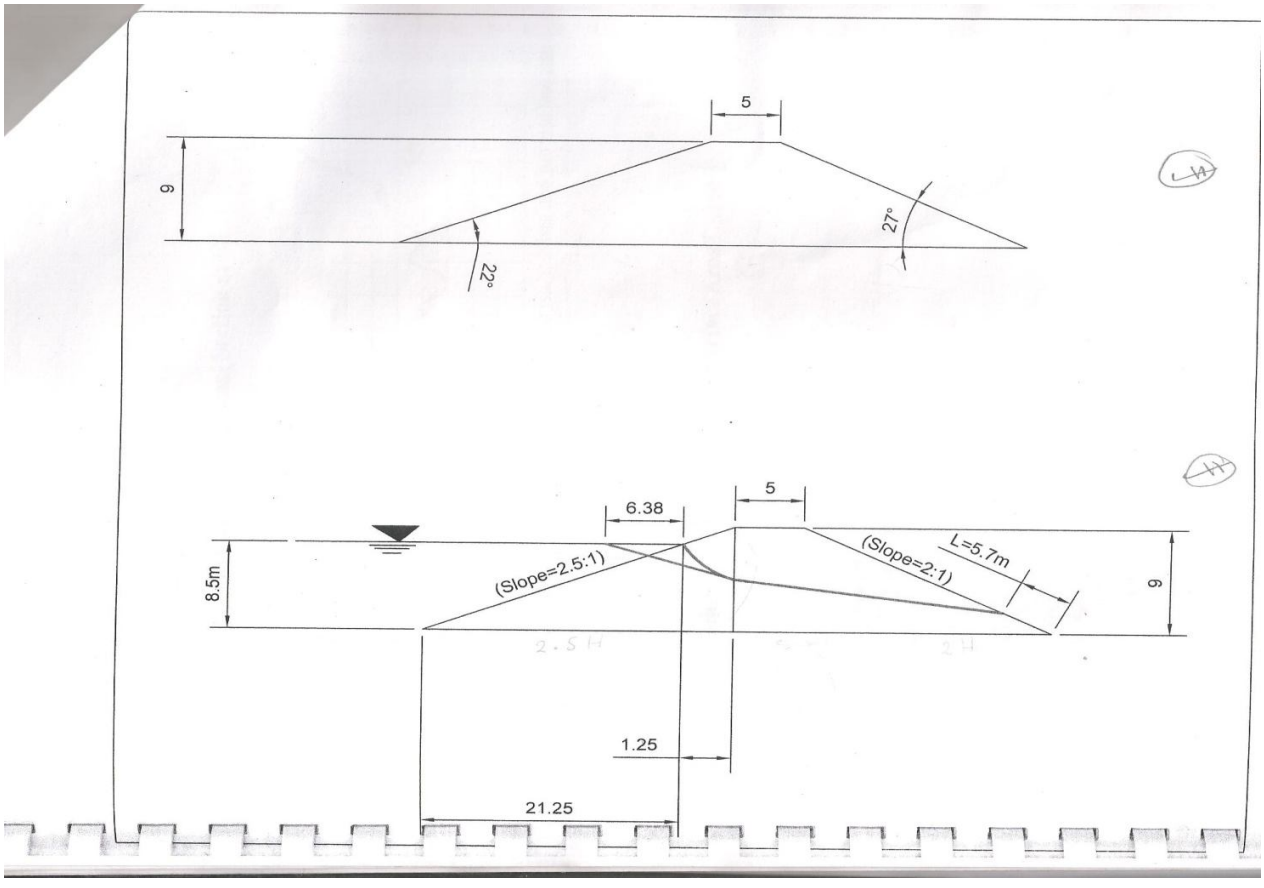
الموقع المنفذ للسد وادي سيدنا يقع بين النقاط الآتية:

النقاط ذات الإحداثيات الموضحة ادناه:

E437907	N1751670
E438497	N1749566
E437885	N1751127

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
- ميل السطح الأمامي (Up Stream) = 1:2.5 H:V.
- ميل السطح الخلفي (Down Stream) = 1:2 H:V.



شكل (٣-٦) يوضح مقطع جسم السد

٣-٢-١-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 = $120M^3/sec$
- منسوب ترعة الفائض (Crest Level)= 398M
- عرض ترعة الفائض الواحدة = 75M
- عمق ترعة الفائض = 1.5M
- معامل cd = 1.66
- Free Board = 0.5M
- Equation use Q = $cd \times b \times h^3$

تفاصيل ترع المفيض في الجدول الآتي:

No	Spillway Head (m)	Spillway Width (m)	Maximum reservoir Level (M)	Maximum temporary or Instances Level (M)	Maximum Embanakmeul Level (M)
1	2.00	25.6	398.00	400.00	400.50
2	1.50	39.3	398.00	399.50	400.00
3	1.20	55	398.00	399.20	399.70
4	1.00	72.3	398.00	399.00	399.50

جدول رقم (٣-١)

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

صورة (٣-٤) توضح ترعة المفيض

صورة (٣-٥) توضح جانب من ترعة المفيض

٣-٢-١ -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 او تصريف مياه الفيضانات الأولي التي تكون محملة بالطمي وكذلك تصريف المياه الفائضة لمساعدة المفيض.

وتتكون هذه البوبات 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 الأقصى = $30\ m^3/sec$
- عدد العبارات الصندوقية = ٦ بوابات
- أبعاد البوابة او العبارة الداخلية = $65.0\ m$
- سماكة الجدران (٢٠٠)ملم وسماكة القاعدة والسقف (٣٠٠)ملم.

صورة (٣-٦) توضح البوابات الصندوقية من ناحية الميل الخلفي

صورة (٣-٧) توضح البوابات الصندوقية من ناحية الميل الأمامي

٣-٢-٢ الدراسة الهيدرولوجية:

تبلغ مساحة الحوض الجانبي لوادي سيدنا ٧٠ كلم^{٢} ويبلغ طول الوادي ٢٠ كلم ويتميز عن الودية الأخرى بصغر عرض حوضه الجابي والذي يتراوح بين ٣-٨ كلم، تربة الوادي هي تربة طينية وهي منبسطة أي إنها مناسبة لعمليات الري ومتوسط ميل قاع الوادي يتراوح بين ١-٢ 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.

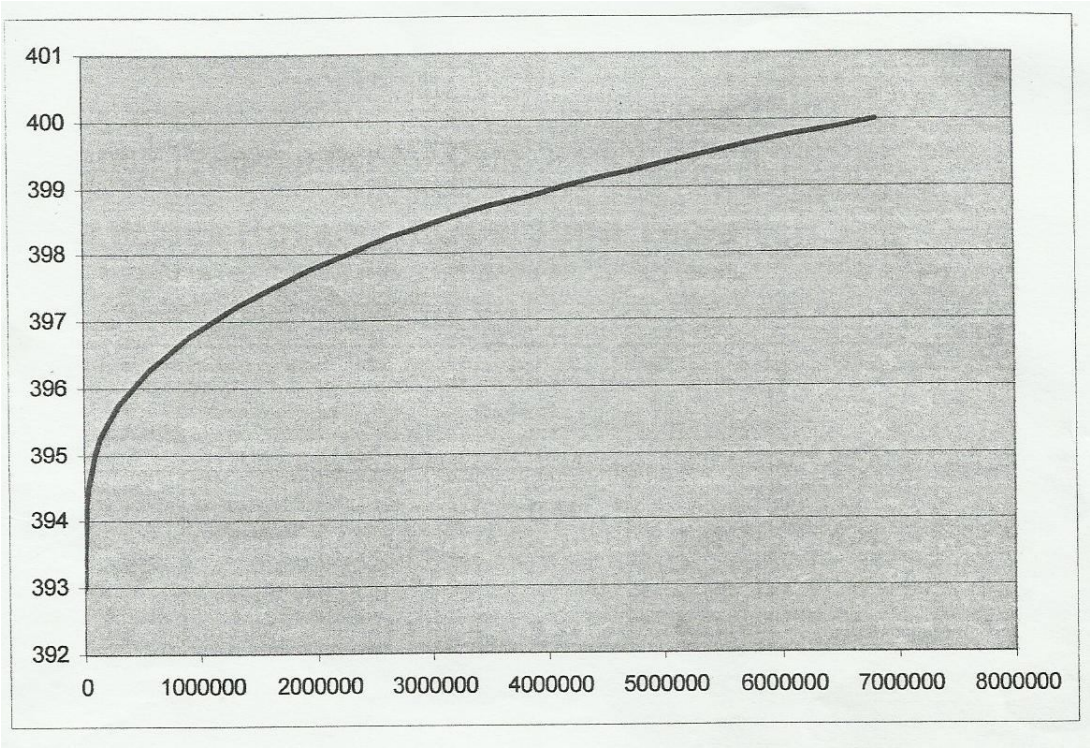
يبلغ معدل الأمطار السنوي حوالي ١٥٠ ملم ومتوسط أيام الهطل ٢٠ يوم.

أما بالنسبة للتبخر فيبلغ أعلى معدل له في الفترة من إبريل حتى يونيو بحوالي ١٠ ملم في اليوم.

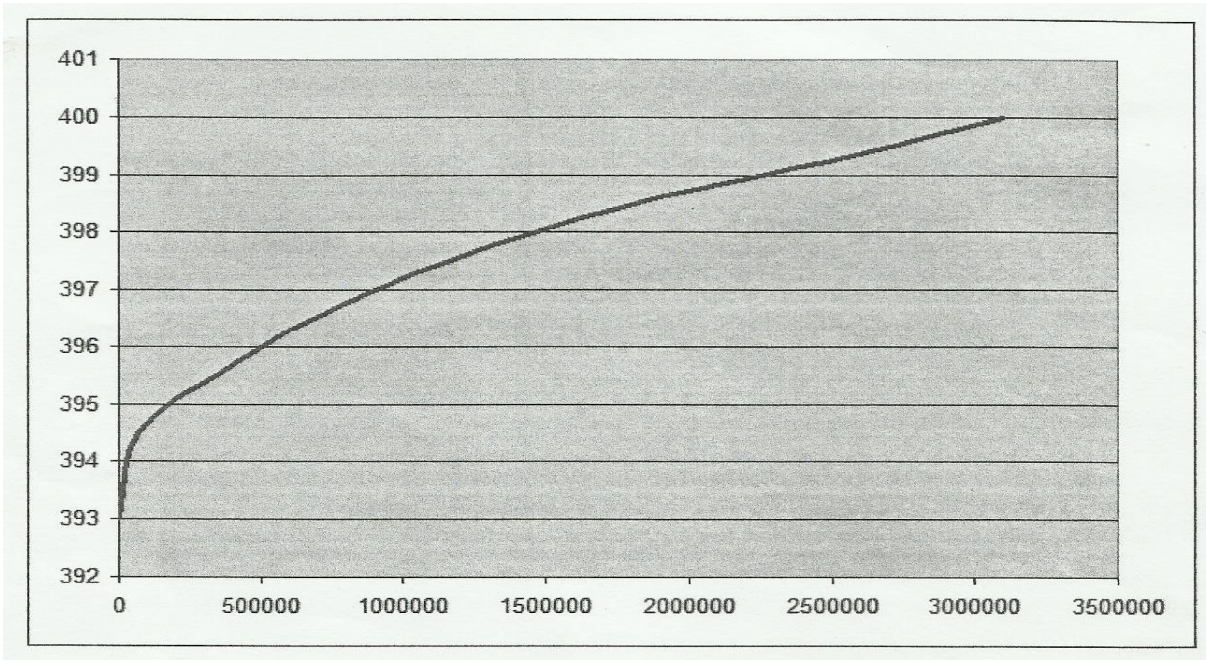
الجدول التالي يوضح متوسط معدلات التبخر اليومية لأشهر السنة المختلفة للخرطوم.

الشهر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
معدل التبخر	٧.٢	٧.٨	٩.٣	١٠.٥	١٠.٤	١٠.١	٨.٤	٦.٩	٧.١	٨.٩	٨.٢	٧.١

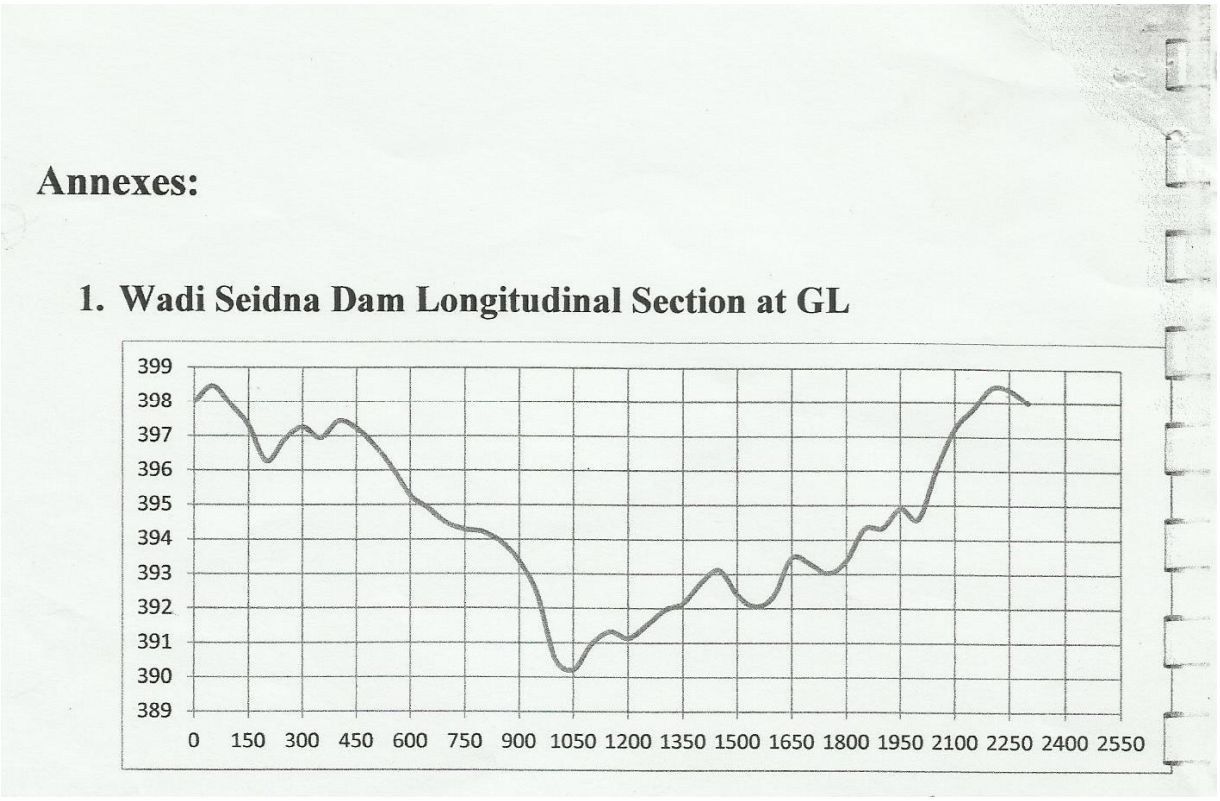
جدول رقم (٣-٢)



شكل (٣-7) يوضح منحنى منسوب بحيرة التخزين بوادي سيدنا



شكل (٣-٨) يوضح منحنى المساحة السطحية لمنسوب بحيرة التخزين بوادي سيدنا



شكل (٣-٩) يوضح القطاع الطولي لوادي سيدنا

٣-٢-٢-أ حساب التصرفات السنوية:

أوضحت الدراسة الإحصائية للأمطار السنوية لمدينة أمدرمان النتائج التالية:

- متوسط الأمطار السنوية المدنوة = ١٠٠ ملم وتم إستخدام ١٥٠ ملم لإستيعاب الزيادات الأخيرة.
- الإنحراف المعياري المدون = ٣٠ ملم وتم إستخدام ٥٠ ملم.
- التوزيع الإحتمالي المناسب للأمطار السنوية عموماً هو التوزيع الطبيعي وعليه تكون معادلة الإحتمال :

$$X_T = 150 + 50\ Y_T$$

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.

$$Q=CIA/3.6\ m^3/sec$$
$$Q=CIAx10^3m^3$$

حيث أن:

Q= التصرف السنوي (m^3) ومتوسط الفترة الهطول ساعة تقريباً.

A= مساحة الحوض الجابي بالكيلومتر.

C= معامل الجريان = ٠.٠٢.

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 ٦%-٢٠% ذلك حسب مساحة الحوض الجابي. عليه فقد أعتبر معامل الجريان لوادي سيدنا بقيمة ٢٠% 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)

Eva proration (min) 7 mm 1 Day (December - 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^2

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 (٣-٣) يبين الأمطار السنوية والتصريف السنوي حسب فترة تكرار الحدث (Return Period)

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

جدول رقم (٣-٤)

٣-٢-٢-ب حساب التصرفات 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 الإجتمالي المناسب للأمطار اليومية هو التوزيع الأسي Exponential Distribution وعليه تكون معادلة الإحتمال والأمطار اليومية للوادي

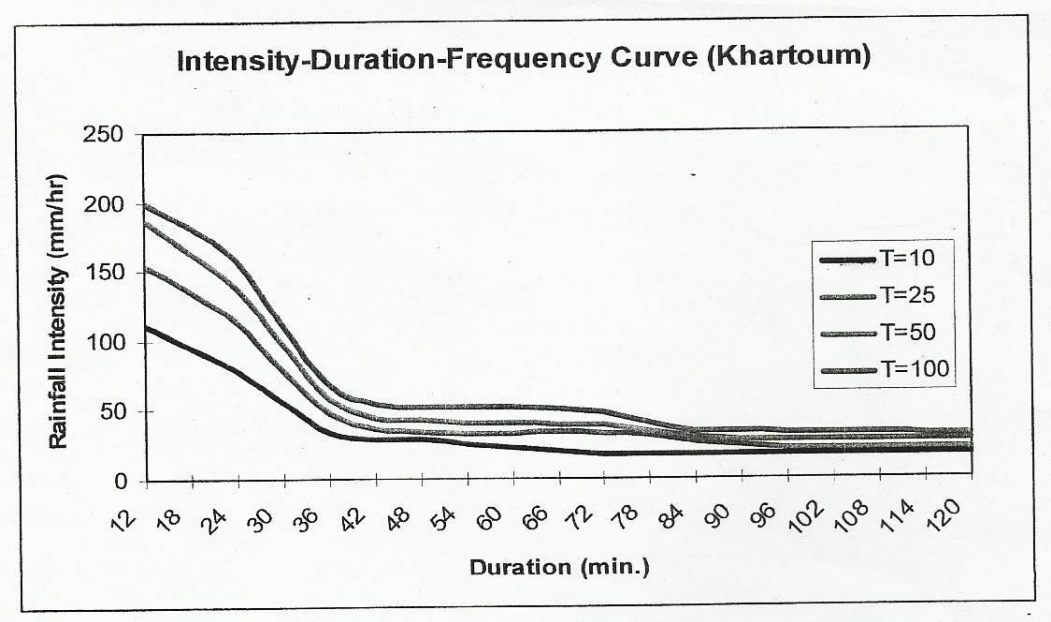
$$X_T = X L_n T$$

حيث:

T = فترة تكرار الحدث

X_T = الأمطار السنوية لفترة تكرار (T).

X = الأمطار اليومية المتوسطة وهي ١٨.٢ملم



شكل (٣-١٠) يوضح منحنى الكثافة – المدة المترددة

الجدول أدناه يوضح الأمطار والتصرفات اليومية القصوى لوادي سيدنا:

فترة التكرار (سنة)	الأمطار اليومية (ملم)	التصرفات اليومية m^3/sec
15	٤٢	٤١
25	٥٩	٥٨
50	٧٢	٧٠
100	٨٤	٨٢

حسب الواقع الحالي	١٢٠	١١٧

جدول رقم (٣-٥)

٣-٣ تشغيل السد:

السد يصد مجرى الماء ويخلق في المجرى تيار من الماء المحتجز او المتجمع خلف جسم السد مكوناً 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 ٠.٥ متر تعمل علي حماية السد من التشققات بفعل الحرارة وحمايته 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 (m^3)	10^6 (m^2)	10^6 (m^3)	10^6 (m^3)	10^6 (m^3)	10^6 (m^3)
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 (٣-٦)

٣-٤ أسباب فشل السدود الترابية :

ينهار السد الترابي بسبب التصميم الخاطئ وكثيراً مايكون بسبب الإعتماد علي تحريات غير كافية وقلة العناية في التنفيذ والصيانة.

يمكن تصنيف فشل السدود الترابية:

١. الفشل الهيدروليكي.
٢. الفشل الإنشائي.
٣. الفشل بالرشح.

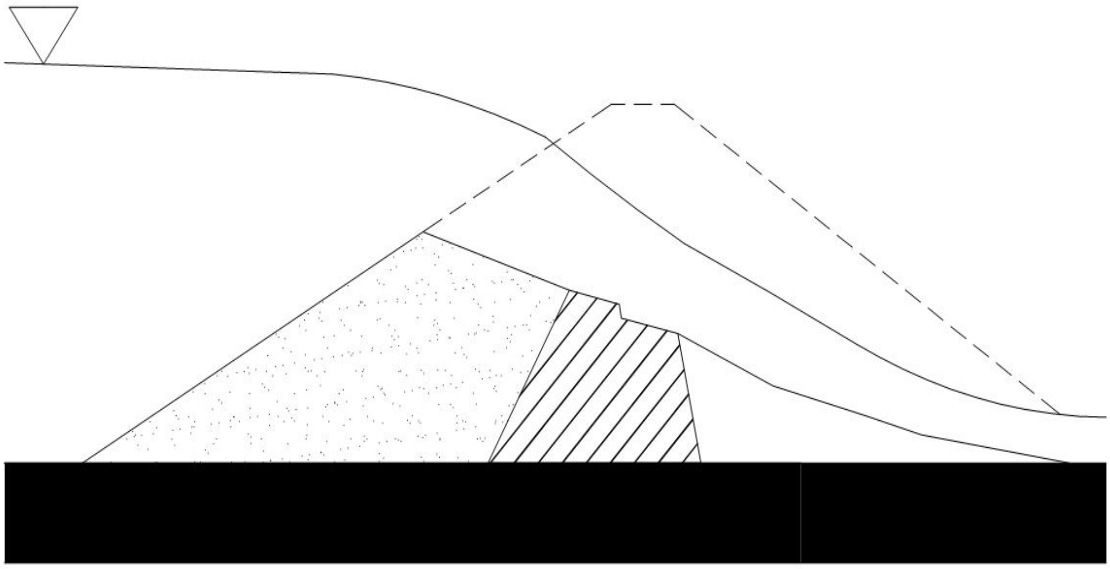
٣-٤-١ الفشل الهيدروليكي:

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

٣-٤-١-أ الانهيار بالغمرOver Topping:

قد يحدث العمر في السد الترابي إذا:

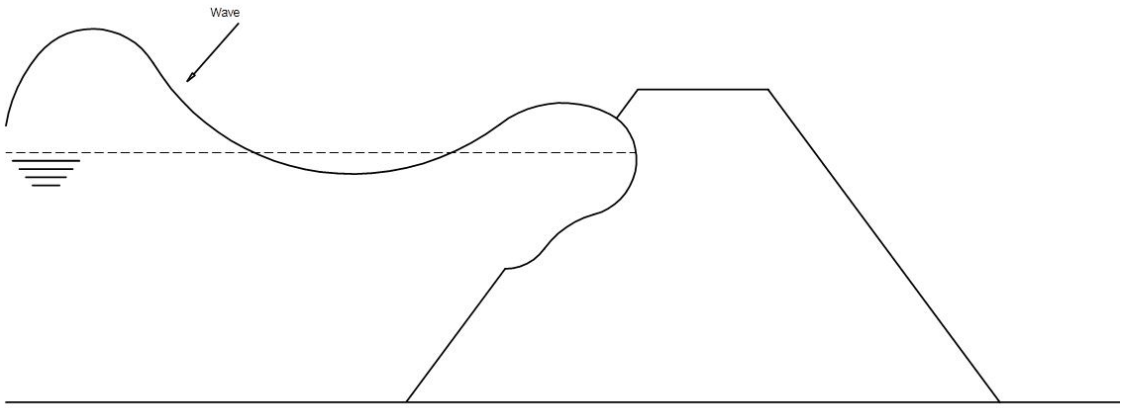
a) كمية الفيضان التصميمي المخمن سابقاً أقل من كمية الفيضان الذي سيحدث في فترة عمر السد لعدم تقدير كمية الفيضان بالشكل الصحيح.
b) سعة الفيض spillway غير كافية لإمرار موجات الفيضان.
c) عيوب ومشاكل في تشغيل بوابات المفيض.
d) هبوط الأساسات أو الصفة.



الشكل (٣-١١) يوضح إنهيار السد بسبب الغمر

٣-٤-١-ب نحر الموجة: Wave Erosion

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



الشكل (٣-١١) يوضح نحر الموجة في الوجة الامامى للسد

٣-٤-١-ج النحر في الميل الخلفي للسد: Toe Erosion

يحدث في حالة التصميم السئ لقنوات المفيض أو أختيار مكانها ويسببه:

a) النحر بسبب الماء الزيلى water tail

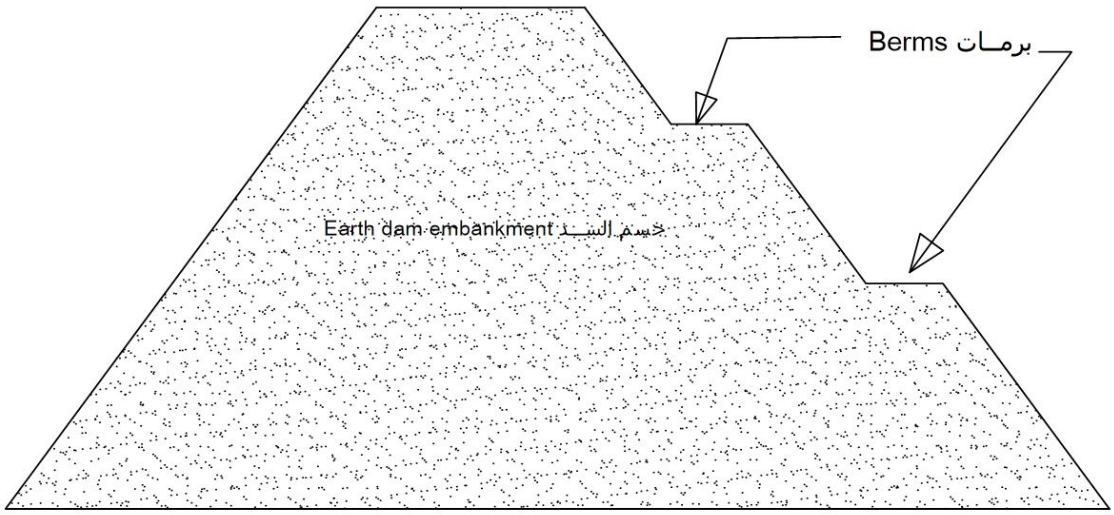
b) النحر بسبب المياه الخارجة من المفيض أو البوابات.

٣-٤-١-د الأخاديد:Gullying:

تحدث الأحاديد بسبب جريان مياه الأمطار الغزيرة علي ميل مؤخرة السد إذا لم يعمل حماية لها لمنع حدوث ذلك يعمل لميل مؤخرة السد برماث Berms.

لمنع حدوث فشل الهيدروليكي فإنه يجب تصميم السد مع الأخذ في الاعتبار منع حدوث النحر وهذا يتضمن الحالات التالية:

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



الشكل (٣-١٣) يوضح تذويد الميل الخلفي ببرمات

٣-٥ تصميم مقطع السد الترابي:Cross Section design of an earth dam

٣-٥-١ عرض قمة السد:Top Width

يجب أن لا تقل على ٤متر.

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:

$$b = 5/3 \sqrt{H}$$

$$H = h + F.b$$

حيث:

b= عرض قمة السد.

H= ارتفاع مقطع السد.

h = إرتفاع الماء امام السد في بحيرة التخزين.

F.b= فضلة الإرتفاع (السطح الحر).

٣-٥-٢ 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 ٣٠متر

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

السدود ذات الارتفاع أكبر من ٣٠متر

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

حيث:

F.B= أقل فضلة عمق مطلوبة "متر"

hw = إرتفاع الماء "متر"

٢% و٣% الهبوط المتوقع حدوثه في إرتفاع السد

٣-٥-٣ 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 الكتيمة فقط، فإنه في الضروي توفير ميل عادي لتلبية متطلبات مقاومة الإنسلاخ. ولكن قد يكون الميل الحاد كافياً في حالة توفر مواد مُنفذة من الرمل والحصى لشذ المواد الناعمة (الطين) من السقوط، اي يتم عمل نواة ذات ميل حاد من المواد الناعمة (الطين والطمي) 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		٢.٥:١	2:1
سلت خشن متجانس		3:1	2.5:1
سلت طينى 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 (٣-٧)

٣-٥-٤ ارتفاع السد:

يجب ان يكون إرتفاع السد الترابي كافياً بحيث لايتعرض السد إلي طغي المياه فوقه في اى وقت و بإية حال لذلك يجب دراسة الامور التالية:

١. إرتفاع موجات المياه فوق الخزان أمام السد.
٢. الرياح.
٣. اعلى منسوب متوقع للمياه أثناء الفيضان.

$$H = h + f.b$$

٣-٦ توزيع القوى على جسم السد:

ترفع قوى صغط المياه على طول جدار بإتجاه دفعة للانقلاب في حيث يعمل الوزن لهائل لمادة السد او الجدار على تشيت الجدار في مكانة بسبب الجاذبية التى تدفعه بإتجاه الارض دائم وعلى طول حائط السد.

٣-٦-١ انواع القوى المؤثرة على السد:

تتضمن القوى الواجب مقاومها السدود:

٣-٦-١-أ ضعط 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

٣-٦-١-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.

٣-٦-١-ج قوه ناتجة عن ضغط المياه في الفراغ :

اذا تسربت المياه الى الاسفل بفعل الشقوق او المسامية فان هذه المياه تولد ضغوطاً رافعة Uplift pressures تؤثر على السطح الكلي للسد حيث تكون قوة الرفع إلى أعلي تكون مساوية تقريباً لقوة الضغط الهيدروستاتيكي عند العمق نفسه.

٣-٧ التحليل الهيدروليكي لتصميم السد الترابي:

تستخدم قاعدة الثلث الأوسط لتحليل الهيدروليكي للسد الترابي

$$e \leq b/_6$$

no tension

$$e = AB + BD - b/_2$$

$$BD = \frac{h/_3 - H}{W}$$

$$Fmax = \frac{w}{b} + \frac{6\ we}{b^2} \leq \text{Bearing of Soil}$$

$$Fmax < F_B \qquad \text{no Settlement}$$

$$Fmin = \frac{w}{b} - \frac{6\ we}{b^2} \qquad \text{no tension}$$

الباب الرابع

النتائج والمناقشة

(٤-١) الحسابات :

التحليل الهيدروليكي لجسم السد باستخدام طريقة الثالث الاوسط لتحليل الهايدروليكي.

Horizontal force:

$H = \gamma h^2 / 2$

$= 9.81 \times (8.5)^2 / 2 = 354.4$ kN

Position:

$1/3\ h = 1/3 \times 8.5 = 2.83$ m

Vertical force:

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

$W_2 = 5 \times 9 \times 1 \times 18 = 810$ kN

$W_3 = 0.5 \times 18 \times 9 \times 1 \times 18 = 1458$ kN

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

Total W : $\sum w = 4976.4$ kN

Position:

$885.9 \times (45.5 - 21.25/3) + 1822.5 \times (18+5+22.5/3) + 815 (2.5+18) + 1458(2/3 \times 18) = 4976.4\ X$

$X = 24.98$ m $=$ 25 m

إيجاد : e

من تشابهه المثلثان نجد ان :

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

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

$= (354.4*2.83)/4976.2 = .2$m

$AB = 45.5 - 24.86 = 20.64$m

$e = AB + BD - b/2$

$= 20.64 + .2 - (45.5/2) = 1.91$m

e < b/6=45.5/6=7.58m

1.91<7.85

No over stressing

Fmax = $w/b + 6we/b^2$

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

= 109.4 + 27.5

= 136.9kN/m^2 < 200

No over loading

Fmin = $w/6 - 6we/b^2$

= (4976.4/45.5) - (6we/b2)

= 109.4-2705

= + 81.9KN/m2

No tension

(٤-٢) النتائج والمناقشة

(٤-٢-١) النتائج :

- إقامة السد ساعد في خفض حجم السيول والفيضانات المتدفقه نحو شارع وادي سيدنا ونحو المناطق الماهوله بالسكان مما يساعد في تقليل الاضرار 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 قلل من الاضرار تلك المياه والاستفادة منها.
- قلل من الازمات 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 .

$$\mathbf{e = 1.91 < 7.85}$$

هذا يعني ان السد لا يوجد به اجهاد

$$Fmax = 136.9\ kN/m^2$$
$$Fmax < 200\ kN/m^2$$

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

$$Fmin = +81\ .9\ kN/m^2$$

اقل قوة وزن للسد موجبه مما يعني لا يوجد شد (No tension).

(٤-٢-٢) المناقشة:

من الزياره الميدانيه لسد وادي سيدنا اتضح انه لا يوجد بالسد فشل هيدوليكي 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 بسسبب نحر الامطار في جسم السد ولحل هذه المشكلة يتم عمل تكسية بالاحجار في ناحية الميل الخلفي (downstream) لحماية السد في هذا النوع من الانهيار.

صورة (٤-١)

الباب الخامس

حساب وتقدير التكلفة

حساب وتقدير التكلفة

حساب تكلفة تكسية الحجار لحل مشكلة في السد الناتج عن الأمطار مما تسبب في عمل أخاديد على الجانب الميل الخلفي من السدDown stream

نصب الحجار : 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 الميل الخلفي من السد Downstream.

جدول (٥-١) يوضح تقدير التكلفة:

نوع العمل	الحجم الواحدة بالمتر المكب	تكلفة المتر المكعب الواحدة	الحجم الكلي المراد معالجته	التكلفة الكلية للحجم الكلي
Stone Pitching : Provide and build granite Dry stone pitching 350mm Thick and fill space with crushed gravel on the downstream side	M3	300	7201	216.0300 SDG

الباب السادس

الخلاصة والتوصيات

الخلاصة والتوصيات

٦-١ الخلاصة:

تناولنا في هذا البحث دراسة وتقييم لسد وادي سينا الذي يقع في مدينة الخرطوم ، يبلغ طول السد 2286m وتمت دراسته هيدرليكيا ووجد أن السد مستقر هيدروليكياً 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.

٦-٢ 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 للتنبوء بمقدار الهطل مما يساعد في عملية تشغيل السد.

الباب السابع

المصادر والمراجع

المصادر والمراجع

(٧-١) المصادر والمراجع :

- الجناينى 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 (٧٣٣).
- وحدة تنفيذ السدود – الإدارة العامة للمشروعات – إدارة حصاد المياه.
- مقابلة شخصية مع الباشمهندس/ أبوبكر محمد زروق.
- الشبكة العنكبوتية.