جامعة دمشق
كلية الهندسة المدنية

دراسة سلوك الغضار في السدود الترابية وآثرها على التشوهات

إعداد المهندسة : أسيل بركات
الدكتور المشرف : إبراهيم حمود
الدكتور المشرف المساعد : محمد عماد مشلح

Damascus University

Faculty of Civil Engineering

STUDY THE BEHEVIOR OF CLAY IN THE EARTH DAMS AND ITS IMPACT ON DISTORTIONS

Prepared by : Eng.Aseel Brakat

Supervised by : Dr.Ibrahim Hammoud

Damascus 2014

جامعة دمشق
كلية الهندسة المدنية

دراسة سلوك الغضار في السدود الترابية وآثرها على التشوهات

أعدت هذه الرسالة لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية قسم الجيوتكنيك

إعداد المهندسة : أسيل بركات
الدكتور المشرف : إبراهيم حمود
الدكتور المشرف المساعد : محمد عماد مشلح

Damascus University

Faculty of Civil Engineering

STUDY THE BEHEVIOR OF CLAY IN THE EARTH DAMS AND ITS IMPACT ON DISTORTIONS

A thesis prepared to get master degree in Civil Engineering Department of Geotechnical Engineering

Prepared by : Eng.Aseel Brakat

Supervised by : Dr.Ibrahim Hammoud

Damascus 2014

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الأول ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثاني ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفصل الرابع ـــــــ

الفهـــرس

الفصل الأول : تعريف بالسد موضوع البحث

1-1 مقدمة عامة _____ 2

1-2 أنواع السدود _____ 2

1-3 السدود في سورية _____ 5

1-4 السدود الترابية _____ 6

1-4-1 تصنيف السدود الترابية من حيث مادة الإنشاء _____ 6

1-4-2 استقرار المنحدرات _____ 7

1-5 معلومات عن السد المدروس _____ 10

1-5-1 الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية والتكتونية المحيطة بالمشروع _____ 11

1-5-2 توصيف مشكلة السد _____ 12

1-6 هدف البحث _____ 12

الفصل الثاني : التجارب الفيزيائية والميكانيكية

2-1 مقدمة _____ 14

2-2 دراسة الخواص الفيزيائية _____ 15

2-2-1 الرطوبة الطبيعية _____ 15

2-2-2 الوزن الحجمي _____ 15

2-2-3 حدود أتربرغ _____ 16

2-2-4 التحليل الحبي _____ 18

2-3 دراسة الخواص الميكانيكية _____ 19

2-3-1 مقدمة عن مقاومة التربة على القص _____ 19

ب-تجربة الضغط ثلاثي المحاور Triaxial compression Tes _____ 22

ج- القص المباشر Direct Shear Tes _____ 23

2-3-3 دراسة التجارب الميكانيكية _____ 25

2-4 استنتاج قيم البرامترات _____ 31

الفصل الثالث : النمذجة العددية للسد

3-1 مقدمة _____ 32

3-2 إعداد النموذج الرياضي _____ 32

3-3 إعداد النموذج الجيوتكنيكي _____ 33

3-4 النموذج رقم (2) _____ 38

3-5 النموذج رقم (3) _____ 39

3-6 النموذج رقم (4) _____ 40

3-7 النموذج رقم (5) _____ 41

3-8 النموذج رقم (6) _____ 42

3-9 النموذج رقم (7) _____ 42

3-10 النموذج رقم (8) _____ 43

الفصل الرابع : الدراسة التحليلية للمخططات

4-1 مقدمة _____ 46

4-2 دراسة الانتقال مع الزمن _____ 46

4-3 دراسة النقاط اللدنة وتوضعها _____ 49

4-4 دراسة الإجهادات الرئيسية مع الزمن _____ 50

4-4-1 الإجهاد الرئيسي الأول σ1 _____ 50

4-4-2 الإجهاد الكلي الرئيسي _____ 51

4-5 دراسة ضغط الماء المسامي مع الزمن PORE PRESSURE _____ 53

4-6 دراسة الإجهاد الفعال EFFECTIVE STRESS _____ 55

4-7 دراسة التشوهات الرئيسية مع الزمن _____ 58

4-7-3 تشوهات القص (Eps-GAMxy) أو γ_{xy} _____ 60

4-8 دراسة مخططات إجهاد – تشوه _____ 62

4-9 التوصيات _____ 62

شكر وإهداء

أتقدم بالشكر الجزيل للدكتور المهندس الأستاذ إبراهيم حمود الذي قدم لي الكثير من الدعم العلمي والمعنوي ، والذي لولا جهوده المشكورة لما خرج هذا البحث على ما هو عليه ...
وأشكر كل من ساهم وساعد في إخراج هذا البحث ، وقدم لي العون والمساعدة العلمية والمعنوية ...

أُهدي هذا العمل المتواضع إلى حبيبي وزوجي ورفيق دربي المحامي غياث قبلان الذي كان لي السند الأكبر، والقوة التي تدفعي للاستمرار بالعلم والعطاء ...

المهندســـــة
أســيل بركـات

فهرس الجداول والأشكال :

الفصل الأول : تعريف بالسد موضوع البحث

الشكل رقم (1-1) : السدود

الشكل رقم (1-2) : السدود القوسية

الشكل رقم (1-3) : السدود المدعمة

الشكل رقم (1-4) : السدود الردمية

الشكل رقم (1-5) : سدود الجاذبية

الجدول رقم (1-1) : العوامل المسببة للانهيار

الشكل رقم (1-6) : الإجهاد في نقطة على سطح الانهيار

الشكل رقم (1- 7) : المقطع الجيولوجي

الشكل رقم (1-8) : طبقات التربة وتصدعاتها

الشكل رقم (1-9) : أماكن العينات والآبار البيزومترية

الفصل الثاني : التجارب الفيزيائية والميكانيكة

الشكل رقم (2-1) : صور العينات المأخوذة من الموقع من قاعدة السد (طبقة الأساس)

الشكل رقم (2-2) : صور العينات المأخوذة من الموقع من جسم السد

الجدول رقم (2-1) : الرطوبة الطبيعية

الجدول رقم (2-2) : الوزن الحجمي

الجدول رقم (2-3) : نتائج تجربة حدود أتربرغ رقم 1 وخطها البياني

الجدول رقم (2-4) : قيم حدود أتربرغ لتجربة حدود أتربرغ رقم 1

الجدول رقم (2-5) : نتائج تجربة حدود أتربرغ رقم 2 وخطها البياني

الجدول رقم (2-6) : قيم حدود أتربرغ لتجربة حدود أتربرغ رقم 2

الشكل رقم (2-3) : تصنيف التربة

الجدول رقم (2-7) : نتائج التجربة رقم 1 وشكل المنحني

الجدول رقم (2-8) : نتائج التجربة رقم 2 وشكل المنحني

الجدول رقم (2-9) : نتائج التجربة رقم 3 وشكل المنحني

الجدول رقم (2-10) : نتائج التجربة رقم 4 وشكل المنحني

الشكل رقم (2-4) : مخطط اجهاد ناظمي – اجهاد قص

الشكل رقم (2-5) : جهاز تجربة الضغط الحر

الشكل رقم (2-6) : العلاقة بين الاجهاد والتشوه

الشكل رقم (2-7) : جهاز الضغط ثلاثي المحاور

الشكل رقم (2-8) : مغلف الانهيار

الشكل رقم (2-9) : المروحة الدوارة
الجدول رقم (2-11) : نتائج السرعة 0.5mm/min
الجدول رقم (2-12) : رطوبة العينة خلال إجراء التجربة
الجدول رقم (2-13) : الوزن الحجمي للعينة خلال إجراء التجربة
الشكل رقم (2-10) : مخطط نتائج التجربة
الجدول رقم (2-14) : نتائج السرعة 0.2mm/min
الشكل رقم (2-11) : مخطط نتائج التجربة
الجدول رقم (2-15) : الرطوبة أثناء التجربة
الجدول رقم (2-16) الوزن الحجمي أثناء التجربة
الجدول رقم (2-17) : نتائج السرعة 0.1mm/min
الشكل رقم (2-12) : مخطط نتائج التجربة
الجدول رقم (2-18) : نتائج السرعة 0.1mm/min
الشكل رقم (2-13) : مخطط نتائج التجربة
الشكل رقم (2-14) : بعض الصور للتجارب المنفذة في المخبر
الجدول رقم (2-19) : قيم البرامترات

الفصل الثالث : النمذجة العددية للسد

الشكل رقم (3-1) : النموذج الرياضي
الشكل رقم (3-2) : رسم بياني يوضح خط إملاء وإفراغ السد
الشكل رقم (3-3) : تشوه متناظر للسد مع خط إشباع أفقي
الشكل رقم (3-4) : خروج الماء من الحدود الصرف للنموذج
الشكل رقم (3-5) : شبكة التحليل
الجدول رقم (3-1) مواصفات مواد طبقة التأسيس السفلى
الجدول رقم (3-2) : مواصفات مواد طبقة التأسيس العليا
الجدول رقم (3-3) : مواصفات مواد نواة السد الغضارية
الجدول رقم (3-4) : مواصفات مواد جسم السد
الشكل رقم (3-6) : منطقية النموذج المشوه وانسيابية خط الرشح ودرجة الإشباع
الشكل رقم (3-7) : انسيابية الانتقالات الأفقية والشاقولية وواقعيتها
الشكل رقم (3-8) : الانتقالات الكلية وقيمها ضمن الحدود المقبولة
الشكل رقم (3-9) : اتجاه وشكل جريان الماء
الشكل رقم (3-10) : نموذج مزود ببئر قطر 1م واتجاه جريان الماء
الشكل رقم (3-11) : مخطط الانتقالات الشاقولية والنموذج المشوه

الشكل رقم (3-12) : الانتقالات الأفقية
الشكل رقم (3-13) : نموذج مزود ببئر قطر 1م مع التدعيم والنموذج المشوه
الشكل رقم (3-14) : الانتقالات الشاقولية والأفقية
الشكل رقم (3-15) : اتجاه جريان الماء
الشكل رقم (3-16) : درجة الإشباع
الشكل رقم (3-17) : نموذج مزود ببئر قطر 20 سم والنموذج المشوه
الشكل رقم (3-18) : الانتقالات الشاقولية والأفقية
الشكل رقم (3-19) : اتجاه جريان الماء
الشكل رقم (3-20) : نموذج مزود ببئر قطر 20 سم مع التدعيم النموذج المشوه
الشكل رقم (3-21) : اتجاه جريان الماء
الشكل رقم (3-22) : الانتقالات الشاقولية والأفقية
الشكل رقم (3-23) : يوضح تحديث الشبكة لكافة المراحل بنجاح
الشكل رقم (3-24) : مخطط الانتقالات الشاقولية لنقطة قدم السد قبل وبعد تحديث الشبكة مع الزمن
الشكل رقم (3-25) : يوضح التحقق من ميكانيزم الانهيار لجميع المراحل
الشكل رقم (3-26) : يوضح التحقق من عوامل الأمان
الشكل رقم (3-27) : يوضح الانتقالات المرافقة لعوامل الآمان وأقلها 3.7

الفصل الرابع : الدراسة التحليلية للمخططات

الشكل رقم (4-1) : نموذج بدون بئر
الشكل رقم (4-2) : نموذج مزود ببئر قطره 1 م
الشكل رقم (4-3) : نموذج مزود ببئر قطره 20 سم
الشكل رقم (4-4) : مخطط توضيحي للنقاط المميزة في جسم السد في مخططات الانتقالات
الشكل رقم (4-5) : مخطط انتقال النقطة A مع الزمن
الشكل رقم (4-6) : مخطط انتقال النقطة B مع الزمن
الشكل رقم (4-7) : مخطط انتقال النقطة C مع الزمن
الشكل رقم (4-8) : مخطط انتقال النقطة D مع الزمن
الشكل رقم (4-9) : مخطط انتقال النقطة E مع الزمن
الشكل رقم (4-10) : مخطط انتقال النقطة F مع الزمن
الشكل رقم (4-11) : مخطط انتقال النقطة H مع الزمن
الشكل رقم (4-12) : مخطط انتقال النقطة G مع الزمن
الشكل رقم (4-13) : مخطط الانتقال الأفقي النقطة H مع الزمن
الشكل رقم (4-14) : نموذج بدون بئر

الشكل رقم (4-15) : نموذج مزود ببئر قطره 1 م وتوضع النقاط اللدنة أسفل البئر
الشكل رقم (4-16) : نموذج مزود ببئر قطره 20 سم وتوضع النقاط اللدنة أسفل البئر
الشكل رقم (4-17) : مخطط توضيحي للنقاط المميزة في جسم السد في مخططات الاجهادات
الشكل رقم (4-18):مخطط الاجهاد الرئيسي الأول مع الزمن للنقطة J
الشكل رقم (4-19):مخطط الاجهاد الرئيسي الأول مع الزمن للنقطة I
الشكل رقم (4-20):مخطط الاجهاد الرئيسي الأول مع الزمن للنقطة L
الشكل رقم (4-21):مخطط الاجهاد الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةK
الشكل رقم(4-22):مخطط الاجهاد الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةN
الشكل رقم (4-23):مخطط الاجهاد الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةM
الشكل رقم (4-24):مخطط الاجهاد الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةP
الشكل رقم (4-25):مخطط الاجهاد الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةO
الشكل رقم (4-26):مخطط الاجهاد الكلي مع الزمن للنقطةI
الشكل رقم (4-27):مخطط الاجهاد الكلي مع الزمن للنقطةJ
الشكل رقم (4-28):مخطط الاجهاد الكلي مع الزمن للنقطةL
الشكل رقم (4-29):مخطط الاجهاد الكلي مع الزمن للنقطةK
الشكل رقم (4-30):مخطط الاجهاد الكلي مع الزمن للنقطةM
الشكل رقم (4-31):مخطط الاجهاد الكلي مع الزمن للنقطةN
الشكل رقم (4-32):مخطط الاجهاد الكلي مع الزمن للنقطةP
الشكل رقم (4-33):مخطط الاجهاد الكلي مع الزمن للنقطةO
الشكل رقم (4-34) : مخطط توضيحي للجزيء التربة
الشكل رقم (4-35):مخطط الضغط المسامي مع الزمن للنقطة A
الشكل رقم (4-36):مخطط الضغط المسامي مع الزمن للنقطة B
الشكل رقم (4-37):مخطط الضغط المسامي مع الزمن للنقطة C
الشكل رقم (4-38):مخطط الضغط المسامي مع الزمن للنقطة D
الشكل رقم (4-39):مخطط الضغط المسامي مع الزمن للنقطة E
الشكل رقم (4-40):مخطط الضغط المسامي مع الزمن للنقطة F
الشكل رقم (4-41):مخطط الضغط المسامذي مع الزمن للنقطة H
الشكل رقم (4-42):مخطط الضغط المسامي مع الزمن للنقطة G
الشكل رقم (4-43) : نموذج بدون بئر
الشكل رقم (4-44) : نموذج مزود ببئر قطره 1 م
الشكل رقم (4-45) : نموذج مزود ببئر قطره 20 سم

الشكل رقم (4-46):مخطط الاجهاد الفعال الأول مع الزمن للنقطة I
الشكل رقم (4-47):مخطط الاجهاد الفعال الأول مع الزمن للنقطة J
الشكل رقم (4-48):مخطط الاجهاد الفعال الأول مع الزمن للنقطة K
الشكل رقم (4-49):مخطط الاجهاد الفعال الأول مع الزمن للنقطة L
الشكل رقم (4-50):مخطط الاجهاد الفعال الأول مع الزمن للنقطة M
الشكل رقم (4-51):مخطط الاجهاد الفعال الأول مع الزمن للنقطةN
الشكل رقم (4-52):مخطط الاجهاد الفعال الأول مع الزمن للنقطة P
الشكل رقم (4-53):مخطط الاجهاد الفعال الأول مع الزمن للنقطة O
الشكل رقم (4-54): مخطط مقارنة للنقطة I
الشكل رقم (4-55) : النموذج بدون بئر
الشكل رقم (4-56) : النموذج المزود ببئر قطره 1م
الشكل رقم (4-57) : النموذج المزود ببئر قطره 20 سم
الشكل رقم (4-58):مخطط التشوه الرئيسي الأول مع الزمن للنقطة J
الشكل رقم (4-59):مخطط التشوه الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةI
الشكل رقم (4-60):مخطط التشوه الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةK
الشكل رقم (4-61):مخطط التشوه الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةL
الشكل رقم (4-62):مخطط التشوه الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةM
الشكل رقم (4-63):مخطط التشوه الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةN
الشكل رقم (4-64):مخطط التشوه الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةP
الشكل رقم (4-65):مخطط التشوه الرئيسي الأول مع الزمن للنقطةO
الشكل رقم (4-66):مخطط تشوه القص مع الزمن للنقطة I
الشكل رقم (4-67):مخطط تشوه القص مع الزمن للنقطة J
الشكل رقم (4-68):مخطط تشوه القص مع الزمن للنقطة K
الشكل رقم (4-69):مخطط تشوه القص مع الزمن للنقطة L
الشكل رقم (4-70):مخطط تشوه القص مع الزمن للنقطة M
الشكل رقم (4-71):مخطط تشوه القص مع الزمن للنقطة N
الشكل رقم (4-72):مخطط تشوه القص مع الزمن للنقطة P
الشكل رقم (4-73):مخطط تشوه القص مع الزمن للنقطة O
الشكل رقم (4-74):مخطط تشوه – إجهاد
الشكل رقم (4-75):مخطط إجهاد – تشوه لقدم السد I

المراجع

1. الشركة العامة للدراسات المائية بحمص
2. Varadarajan, A., Sharma, K. G., Venkatachalam, K., and Gupta, A. K., 2003."Testing and Modeling Two Rockfill Materials", J. Geotech. Geoenv. Engrg.,ASCE, 129, 3, 206-218.
3. Sharma, H.D. , 1976. "Nonlinear Analysis of a High Rockfill Dam with Earth Core", PhD Thesis, University of Roorkee, Roorkee, India.150.
4. Schanz, T., Vermeer, P. A., and Bonnier, P. G., 1999. "The Hardening Soil Model: Formulation and Verification", Beyond 2000 in Computational Geotechnics-10 Years of Plaxis, Balkema, Rotterdam.
5. Saboya, F. Jr., and Byrne, P. M., 1993. "Parameters for Stress and Deformation Analysis of Rockfill Dams", Can. Geotech. J., 30, 690-701.
6. Plaxis ver. 7 - Material Models Manual.
7. PlaxisV8-manuals-Tutorial_Manual_V8 -page90.
8. Liu, X ., Wu, X., Xin, J., and Tian, H., 2002. "Three Dimensional Stress and Displacement Analysis of Yutiao Concrete Faced Rockfill Dam", Proc. Of 2nd Int. Symp. On Flood Defense, Beijing.
9. Lefebre, G., Duncan, J. M., and Wilson, E. L., 1973. "Three-Dimensional Finite Element Analysis of Dams", J. of Soil Mech. and Found. Div., ASCE, 99, SM7, 495-507.149.
10. . Khalid, S., Singh, B., Nayak, G. C., and Jain, O. P., 1990. "Nonlinear Analysis of Concrete Face Rockfill Dam", J. Geotech. Engrg., ASCE, 116, 5, 822-837.
11. Hunter, G., and Fell, R., 2003. "Rockfill Modulus and Settlement of Concrete Face Rockfill Dams", J. Geotech. Geoenv. Engrg., ASCE, 129, 10, 909-917.
12. Duncan, J. M., Byrne, P., Wong, K. S., and Babry, P., 1980. "Strength, Stress-Strain and Bulk Modulus Parameters for Finite Element Analyses of Stresses and Movements in Soil Masses", Report No: UCB/GT/80-01, University of California, Berkeley. 148.
13. Duncan, J. M., and Chang, C. Y., 1970. "Nonlinear Analysis of Stress and Strain in Soil", J. of Soil Mech. and Found. Div., ASCE, 96, SM5, 1629-1653.