

ความต้านทานการพัดพาอนุภาคดินเหนียวในดินกระจายตัว



นายคมกริช หงษ์ทอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1226-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RESISTANCE OF CLAY DETACHMENT IN DISPERSIVE SOIL



Mr.Komkrit Hongthong

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

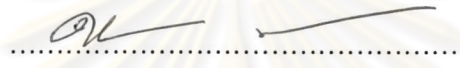
Academic Year 2004

ISBN 974-53-1226-6

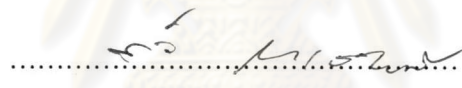
หัวข้อวิทยานิพนธ์      ความต้านทานการพัดพาอนุภาคดินเหนียวในดินกระจายตัว  
โดย                              นายคมกริช หงษ์ทอง  
สาขาวิชา                      วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล

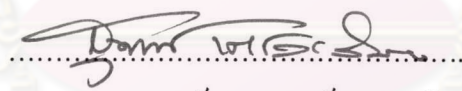
---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท


  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการสอบ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวี ธนะเจริญกิจ)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย อุกฤษฏาน)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีรวัตร บุญญะฐิติ)

คมกริช หงษ์ทอง : ความต้านทานการพัดพาอนุภาคดินเหนียวในดินกระจายตัว  
(RESISTANCE OF CLAY DETACHMENT IN DISPERSIVE SOIL) อ. ที่ปรึกษา :  
รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 77 หน้า. ISBN 974-53-1226-6

ดินกระจายตัวจัดเป็นดินที่สร้างปัญหาให้กับงานด้านวิศวกรรมที่ต้องใช้ดินเป็นวัสดุหลัก  
ในการก่อสร้าง โดยเฉพาะจังหวัดต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจะพบดิน  
ชนิดนี้ได้มาก ความเสียหายส่วนใหญ่จะเกิดเนื่องจากการกัดเซาะภายในของดิน ซึ่งการศึกษาวิจัย  
ในครั้งนี้ต้องการที่จะหาปริมาณต่างๆ ที่ชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการกระจายตัวของดินชนิดนี้

การทดสอบดินกระจายตัวโดยทั่วไป เช่น วิธี Pinhole Test หรือวิธี Double  
Hydrometer Test จะชี้ให้เห็นว่าดินที่นำมาทดสอบนั้นเป็นดินกระจายตัวหรือไม่ ซึ่งเป็นเพียงการ  
หาคุณสมบัติของดินและชี้ว่าเป็นดินชนิดนี้เท่านั้น ในส่วนของเครื่องมือที่ทำการปรับปรุงใน  
งานวิจัยนี้จะทำการหาปริมาณต่างๆ ที่ชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการกระจายตัวของดินชนิดนี้  
โดยค่าพารามิเตอร์ที่นำมาพิจารณาก็คือ ช่องทางน้ำไหล แรงดันของน้ำและความหนาของตัวอย่าง  
ดิน ความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าพารามิเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้นจะถูกนำเสนอในงานวิจัย  
ในครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2547

## 4570237521 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: DISPERSIVE SOIL / DISPERSIVITY / QUANTITATIVE THE DISPERSIVITY OF SOIL

KOMKRIT HONGTHONG : RESISTANCE OF CLAY DETACHMENT IN

DISPERSIVE SOIL. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. DR. SUPOT

TEACHAVORASINSKUN, 77 pp. ISBN 974-53-1226-6.

Dispersive soil has been used as a construction soil in the northeastern provinces of Thailand. In several earth structures, failures were mostly caused by internal erosion from soil. In the present study, attempts had been made to quantitatively determine the dispersivity of a dispersive soil from the northeastern provinces of Thailand.

Conventional tests; i.e. , pinhole test, double hydrometer test, were used and indicated that the tested soil is dispersive. Nevertheless qualitative determination was only obtained. A special equipment was modified to quantitative the dispersivity of soil. Several parameters; i.e. , induction flow channel, water head and soil thickness were calibrated. A empirical correlation which relating these above mentioned parameters for classification of soil dispersivity has been proposed.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Civil Engineering Student's signature.....

Field of study Civil Engineering Advisor's signature.....

Academic year 2004

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ต้องขอแสดงความขอบคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล ในฐานะ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขและชี้แนะแนวทางในการทำวิจัยจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลา และให้คำแนะนำ รวมทั้งให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์

คุณสมเจตน์ ถิ่นนคร นักวิทยาศาสตร์ 8ว คุณสมบูรณ์ ตีเจริญ นักวิทยาศาสตร์ 7ว และเจ้าหน้าที่กลุ่มงานคินด้านวิทยาศาสตร์ ส่วนวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน ที่ให้คำแนะนำ เอื้อเฟื้อข้อมูลและสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้

บิดา-มารดา และครอบครัว ที่สนับสนุนส่งเสริมในเรื่องการศึกษา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้เอ่ยถึงในที่นี้ทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในวิทยานิพนธ์ ผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....   | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....  | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ .....  | ฉ    |
| สารบัญ .....   | ช    |
| สารบัญตาราง .....  | ฌ    |
| สารบัญภาพ .....  | ฎ    |
| <br>   |      |
| <b>บทที่</b>   |      |
| <br>   |      |
| บทที่ 1 บทนำ.....  | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                            | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....                                   | 2    |
| 1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....  | 2    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                                 | 3    |
| <br>   |      |
| บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร .....  | 4    |
| 2.1 ลักษณะทั่วไปของดินกระจายตัวและพฤติกรรมการกระจายตัวของดิน ..... | 4    |
| 2.1.1 ดัชนีกำเนิดของดินกระจายตัว .....                             | 4    |
| 2.1.2 แหล่งกำเนิดทางธรณี .....                                     | 5    |
| 2.1.3 สภาพภูมิอากาศ.....   | 5    |
| 2.1.4 ระบบของแรงภายในระหว่างอนุภาคของดินกระจายตัว .....            | 6    |
| 2.1.5 แร่ธาตุในดินเหนียว .....                                     | 7    |
| 2.1.6 ปริมาณโซเดียม.....   | 9    |
| 2.1.7 ปริมาณอนุภาคดินเหนียว.....                                   | 9    |
| 2.1.8 สาเหตุการเกิดดินกระจายตัว.....                               | 10   |
| 2.1.9 องค์ประกอบที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของดิน.....                | 12   |
| 2.1.10 คุณสมบัติการกัดเซาะทางกลของดินกระจายตัว.....                | 13   |
| 2.1.11 คุณสมบัติทางเคมีของดินกระจายตัว.....                        | 14   |

| บทที่  | หน้า |
|--|------|
| 2.2 การทดสอบดินกระจายตัว.....                                    | 16   |
| 2.2.1 เหตุผลที่มีการทดสอบดินกระจายตัว .....                      | 17   |
| 2.2.2 วิธีการทดสอบดินกระจายตัว.....                              | 19   |
| 2.2.2.1 วิธี Crumb Test .....                                    | 19   |
| 2.2.2.2 วิธี Pinhole Test .....                                  | 20   |
| 2.2.2.3 วิธี Double Hydrometer Test .....                        | 22   |
| 2.3 ดินกระจายตัวในประเทศไทย .....                                | 23   |
| 2.4 ปัญหาการนำดินกระจายตัวมาใช้ในงานวิศวกรรม .....               | 23   |
| 2.5 ดินกระจายตัวกับปัญหาด้านวิศวกรรมและจุดที่พบในประเทศไทย ..... | 24   |
| 2.6 การปรับปรุงแก้ไขดินกระจายตัว .....                           | 26   |
| 2.6.1 Soil Treatment.....  | 26   |
| 2.6.2 Water Treatment.....                                       | 28   |
| 2.6.3 Protective Measures .....                                  | 29   |
| 2.7 การกัดเซาะพัดพาอนุภาคดิน (Detachment of fine particle).....  | 30   |
| 2.8 พฤติกรรมของดินที่ทำให้เกิดการกัดเซาะพัดพาอนุภาคดิน .....     | 30   |
| 2.9 รูปแบบการชะล้างพังทลายของดินที่สำคัญในประเทศไทย.....         | 33   |
| <br>   |      |
| บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีดำเนินการวิจัย.....                     | 38   |
| 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....                             | 38   |
| 3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....                            | 45   |
| <br>   |      |
| บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล .....                           | 50   |
| <br>   |      |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ .....                      | 71   |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย.....  | 71   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ.....  | 73   |
| <br>   |      |
| รายการอ้างอิง.....   | 74   |
| <br>   |      |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....                                 | 77   |



สารบัญตาราง

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 1 แสดงปริมาณบรรจุของอนุภาคดินเหนียวใน 195 ตัวอย่าง โดยวิธี Pinhole Test .....                               | 10   |
| ตารางที่ 2 รูปแบบต่างๆ ของการทดสอบดินกระจายตัวทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการ .....                                      | 16   |
| ตารางที่ 3 แสดงหลักเกณฑ์ในการพิจารณาการกระจายตัวของดิน โดยวิธี Pinhole Test.....                                     | 21   |
| ตารางที่ 4 แสดงหลักเกณฑ์ในการพิจารณาการกระจายตัวของดิน โดยวิธี Double<br>Hydrometer Test .....                       | 22   |
| ตารางที่ 5 แสดงระดับความต้านทานการกัดเซาะภายในตามระดับค่า PI ต่างๆ .....   | 33   |
| ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบหาขีดจำกัดแอดเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limits) และจำแนก<br>ประเภทของดิน โดยระบบ Unified..... | 51   |
| ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบหาการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Compaction Test).....  | 52   |
| ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบหาค่าลึงรับแรงอัดทิศทางเดียว (Unconfined<br>Compression Test) .....                         | 54   |
| ตารางที่ 9 แสดงผลการทดสอบหาระดับการกระจายตัว โดยวิธี Double Hydrometer Test.....                                     | 55   |
| ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบหาระดับการกระจายตัว โดยวิธี Pinhole Test.....  | 56   |
| ตารางที่ 11 แสดงผลการทดสอบหาความสามารถในการไหลซึมผ่านของน้ำ<br>(Permeability Test) .....                             | 57   |
| ตารางที่ 12 แสดงเวลาที่เริ่มต้นการกัดเซาะของดินชนิดต่างๆ .....   | 61   |

## สารบัญภาพ

| ภาพประกอบ  | หน้า |
|--|------|
| ภาพที่ 1 แสดงการทดสอบโดยวิธี Crumb Test.....   | 19   |
| ภาพที่ 2 แสดงการทดสอบโดยวิธี Pinhole Test.....   | 20   |
| ภาพที่ 3 แสดงการทดสอบโดยวิธี Double Hydrometer Test.....   | 22   |
| ภาพที่ 4 แสดงแรงต่างๆ ที่กระทำต่ออนุภาคดินเหนียว.....  | 32   |
| ภาพที่ 5 แสดงเครื่องมือทดสอบหาความสามารถในการพัดพาอนุภาคดินเหนียวเนื่องจากแรงค้ำน้ำ .....  | 40   |
| ภาพที่ 6 แสดงระบบแรงค้ำน้ำ .....   | 41   |
| ภาพที่ 7 แสดงรูปกระบอกพลาสติกรับแรงค้ำ (Cell Pressure) .....   | 42   |
| ภาพที่ 8 แสดงรูปแผ่นให้แรงค้ำกดทับพร้อมแกนส่งน้ำ (Applied stress plate).....   | 42   |
| ภาพที่ 9 แสดงรูปแผ่นพรุน (Porous plate).....   | 43   |
| ภาพที่ 10 แสดงรูปแผ่นปิดบน (Top platen) .....  | 43   |
| ภาพที่ 11 แสดงรูปแผ่นปิดล่าง (Base platen) .....   | 44   |
| ภาพที่ 12 แสดงรูประบบแรงค้ำอากาศและระบบท่อแรงค้ำ .....   | 44   |
| ภาพที่ 13 แสดงผลการทดสอบการหาขนาดคละของเม็ดดิน .....   | 51   |
| ภาพที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดกับค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของดินชนิดต่างๆ .....   | 53   |
| ภาพที่ 15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Flow rate กับค่า Applied Pressure ของดินกระจายตัว.....  | 58   |
| ภาพที่ 16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Coefficient of Permeability, k กับค่า Applied Pressure ของดินกระจายตัว .....  | 58   |
| ภาพที่ 17 แสดงลักษณะตัวอย่างดินที่ถูกกัดเซาะเนื่องจากแรงค้ำน้ำ.....  | 59   |
| ภาพที่ 18 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Time of erosion กับ Water head ของดินกระจายตัวที่ความหนาและขนาดรูเจาะต่างๆ.....  | 62   |
| ภาพที่ 19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินกระจายตัวที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 2.5 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.25 มม. .... | 63   |
| ภาพที่ 20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินกระจายตัวที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 2.5 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.50 มม. .... | 64   |

|  |    |
|--|----|
| ภาพที่ 21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินกระจายตัว<br>ที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 2.5 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.90 มม.....  | 64 |
| ภาพที่ 22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินกระจายตัว<br>ที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 5.0 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.50 มม.....  | 65 |
| ภาพที่ 23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินกระจายตัว<br>ที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 5.0 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.90 มม.....  | 65 |
| ภาพที่ 24 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินเหนียวอ่อน<br>ที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 2.5 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.25 มม..... | 66 |
| ภาพที่ 25 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินเหนียวอ่อน<br>ที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 2.5 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.50 มม..... | 67 |
| ภาพที่ 26 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินเหนียวอ่อน<br>ที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 2.5 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.90 มม..... | 67 |
| ภาพที่ 27 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินเหนียวอ่อน<br>ที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 5.0 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.50 มม..... | 68 |
| ภาพที่ 28 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินเหนียวอ่อน<br>ที่ Water head ต่างๆ โดยความหนาตัวอย่างดิน 5.0 ซม. และขนาดรูเจาะ 0.90 มม..... | 68 |
| ภาพที่ 29 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Rate of erosion กับ time ของดินกระจายตัว<br>ผสมปูนขาวที่อัตราส่วน 2% โดยน้ำหนักที่ Water head ต่างๆ .....                  | 69 |
| ภาพที่ 30 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง (Time of erosion x flow channel <sup>2</sup> ) กับ<br>(Water head / Thickness of soil specimen) ของดินกระจายตัว .....      | 70 |