# สารบัญ


หน้า

**บทนำ**

**คำนำ**

**บทที่ 1 กำเนิดดิน** **1**

1.1 การกำเนิดดิน 1

1.1.1 ขบวนการกำเนิดดิน 1

1.1.2 ชนิดของดินแยกตามกำเนิดของดิน 2

1.2 ลักษณะของดินแยกตามการกำเนิดและพฤติกรรมทางด้านวิศวกรรม 3

1.2.1 Residue Soil Deposit 3

1.2.2 Transported Soil (ดินตะกอน) 4

1.3 น้ำในดิน 6

1.4 กำเนิดของชั้นดินกรุงเทพฯ และบริเวณใกล้เคียง 8

1.4.1 กำเนิดของชั้นดินกรุงเทพฯ 8

1.4.2 กำเนิดของชั้นดินบริเวณใกล้เคียงและกรุงเทพฯ 9

1.5 เอกสารอ้างอิง 11

**บทที่ 2 สมบัติของดินโดยทั่วไป** **12**

2.1 บทนำ 12

2.2 สมบัติขั้นพื้นฐาน (Basic Soil Properties) 12

2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ (Phase Relationships) 13

2.2.2 พิกัด Atterberg (Atterberg Limits) 14

2.2.3 สมบัติทางด้านการกระจายของขนาดของเม็ดดิน (Grain Size Distribution) 16

2.2.4 สภาวะความแน่นของดินเม็ดหยาบ 18

2.3 สมบัติทางด้านวิศวกรรม 20

2.3.1 สมบัติทางด้านกำลังรับน้ำหนักของดิน 20

2.3.2 สมบัติทางด้านการเคลื่อนตัวของดิน 21

2.4 เอกสารอ้างอิง 22

หน้า


**บทที่ 3 การจำแนกดินและบ่งลักษณะดินสำหรับงานทางด้านวิศวกรรม** **23**

3.1 จุดประสงค์ของการจำแนกดินและประโยชน์ที่ได้รับ 23

3.2 ขั้นตอนในการจำแนกดิน 28

3.3 การจำแนกดินด้วยตาเปล่า (Visual Soil Classification) 28

3.4 การจำแนกดินสำหรับงานทางด้านวิศวกรรม 31

3.4.1 ระบบ Unified Soil Classification 31

3.4.2 ระบบของ AASHTO 39

3.4.3 การจำแนกดินที่มีสารอินทรีย์ 40

3.5 การบ่งลักษณะของดินเพื่องานทางด้านวิศวกรรม 41

3.6 เอกสารอ้างอิง 47

**บทที่ 4 หน่วยแรงในมวลดิน** **48**

4.1 หลักการของหน่วยแรง 48

4.2 หน่วยแรงในมวลดิน 50

4.3 หน่วยแรงเนื่องจากน้ำหนักของดินทับถม 51

4.4 หน่วยแรงเนื่องจากแรงกระทำภายนอก 57

4.4.1 ผลของหน่วยแรงกระทำภายนอก 57

4.4.2 การวิเคราะห์หน่วยแรงเนื่องจากหน่วยแรงภายนอก 61

4.5 วงกลมของมอร์ 72

4.5.1 หลักการเขียนวงกลมของมอร์ในสภาพ 2 มิติ 73

4.6 p-q ไดอะแกรม และทางเดินของหน่วยแรงของ MIT 78

4.7 กฎการวิบัติของมวลดินของ Mohr และ Coulomb 86

4.8 เอกสารอ้างอิง 91

**บทที่ 5 การไหลซึมของน้ำผ่านดิน** **93**

5.1 บทนำ 93

5.2 กฎการไหลซึมของน้ำผ่านดิน 94

5.2.1 กฎพลังงานของการไหล 94

5.2.2 กฎของดาร์ซี่ (Darcy's Law) 95

5.2.3 กฎของการไหลต่อเนื่อง 96

หน้า


5.3 สัมประสิทธิ์ของการซึม 98
5.3.1 ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์ของการซึม 98
5.3.2 วิธีการวัดสัมประสิทธิ์ของความซึม 100
5.3.3 ความเหมาะสมของวิธีการทดสอบสัมประสิทธิ์ของความซึม 110
5.4 ตาข่ายการไหล (Flow Net) 111
5.4.1 วิธีการเขียนตาข่ายของการไหล 112
5.4.2 การหาอัตราการไหลซึม ความดันน้ำในโพรงและความชันทางชลศาสตร์จากตาข่ายการไหล 114
5.4.3 การเขียนตาข่ายของการไหลสำหรับดินที่มีความซึมไม่เท่ากันทุกทิศทาง 117
5.4.4 การเขียนตาข่ายการไหลในชั้นดินหลายชั้นที่มีความซึมไม่เท่ากัน 119
5.5 แรงซึมผ่านต่อหน่วยปริมาตร (Seepage Force Per Unit Volume) 124
5.6 เอกสารอ้างอิง 127

**บทที่ 6 หน่วยแรง-ความเครียด และกำลังรับแรงเฉือนดินเม็ดหยาบ 128**
6.1 กฎของ Mohr และ Coulombe สำหรับดินเม็ดหยาบและดินร่วน 128
6.2 สมบัติของดินร่วน และดินเม็ดหยาบที่ใช้งานทางด้านวิศวกรรมและวิธีวัด 129
6.2.1 สมบัติขั้นพื้นฐานและการวัด 130
6.2.2 สมบัติทางด้านการทรุดตัว ด้านกำลังรับแรงเฉือนและการวัด 133
(ก) สมบัติทางด้านการทรุดตัวและกำลังรับแรงเฉือนวัดในห้องปฏิบัติการ 133
(i) สมบัติการทรุดตัวที่วัดได้จากการเคลื่อนตัวในลักษณะ 1 มิติ 133
(ii) สมบัติการทรุดตัวและกำลังรับแรงเฉือนที่วัดจากการทดสอบชนิดให้ดินเคลื่อนตัวในลักษณะ 2 หรือ 3 มิติ 136
(1) การทดสอบ Direct Shear 136
(2) การทดสอบ Triaxial 138
(3) การทดสอบ Plane Strain 144
(4) การทดสอบ Direct Simple Shear 145
(ข) สมบัติทางด้านการทรุดตัว และกำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบในสนาม 146

หน้า

(i) การทดสอบ SPT (Standard Penetration Test) 146
(ii) การทดสอบ CPT (Cone Penetration Test) 150
(iii) การทดสอบ PBT (Plate Bearing Test) 152

6.3 พฤติกรรมของดินเม็ดหยาบทางด้านความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง-ความเครียดและกำลังรับแรงเฉือน 161
6.3.1 ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง-ความเครียดและกำลังรับแรงเฉือน 161
6.3.2 ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อดินเม็ดหยาบชนิดเดียวกัน 162
6.4 เอกสารอ้างอิง 168

**บทที่ 7 หน่วยแรง-ความเครียดและกำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียว 171**

7.1 กฎของ Mohr และ Coulomb สำหรับดินเหนียว 171
7.1.1 กฎของ Mohr และ Coulomb ในรูปของหน่วยแรงประสิทธิผล 173
7.1.2 กฎของ Mohr และ Coulomb ในรูปของหน่วยแรงรวม 174
7.2 การวัดความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดและกำลังรับแรงเฉือน 175
7.2.1 การวัดสมบัติทางด้านหน่วยแรง-ความเครียดและกำลังรับแรงเฉือนในห้องปฏิบัติการ 176
(ก) การเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรง เนื่องจากการเก็บตัวอย่าง 176
(ข) การทดสอบการอัดตัวคายน้ำในดินเหนียว 176
(ค) การทดสอบ Direct Shear ในดินเหนียว 180
(ง) การทดสอบ Triaxial ในดินเหนียว 182
(จ) การทดสอบการอัดตัวแบบอิสระ 188
(ฉ) การทดสอบ Direct Simple Shear 189
(ช) การทดสอบแบบ Plane Strain 189
7.2.2 การวัดกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำในสนาม 190
(ก) การทดสอบเวนในสนาม (In situ Vane Shear) 190
(ข) การทดสอบ CPT (Cone Penetration Test) 195
(ค) การทดสอบ SPT ในดินเหนียว 196
(ง) การทดสอบ Pressuremeter 197
7.3 ความดันน้ำที่เพิ่มขึ้นในมวลดินเมื่อมีหน่วยแรงมากระทำและการคาดคะเน 201

หน้า


7.3.1 การคาดคะเนความดันน้ำเพิ่มขึ้นในดินเมื่อดินเหนียวเคลื่อนตัวได้เพียง 1 มิติ 202

7.3.2 การคาดคะเนความดันน้ำเพิ่มขึ้นในดินเหนียวเมื่อการเคลื่อนตัวเกิดขึ้นในลักษณะ 2 หรือ 3 มิติ 202

7.3.3 วิธีการคาดคะเนความดันน้ำในดินในงานวิศวกรรมปฐพี 205

(ก) วิธีของ Skempton (1954) 205

(ข) วิธีของ Henkel (1960) 206

(ค) วิธีการคาดคะเน $\Delta u_o$ โดยตั้งสมมติฐานในดินเคลื่อนตัวแบบ 1 มิติ 206

(ง) วิธีของ Tavenas (1979) 207

7.4 ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อกำลังรับแรงเฉือนในสภาพไม่ระบายน้ำ 214

7.4.1 ผลกระทบของสมบัติขั้นพื้นฐาน 216

7.4.2 ผลกระทบของประวัติของหน่วยแรง 218

7.4.3 ผลกระทบของระบบหน่วยแรง 222

7.4.4 ผลกระทบของการรบกวนของตัวอย่างและวิธีปรับปรุง 225

7.4.5 ผลกระทบของอัตราความเครียด 230

7.5 ครีพแบบไม่ระบายน้ำ 231

7.6 ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ 233

7.6.1 ผลกระทบของสมบัติขั้นพื้นฐานและชนิดของดินเหนียว 233

7.6.2 ผลกระทบของประวัติของหน่วยแรง 234

7.6.3 ผลกระทบของการรบกวนของตัวอย่าง 235

7.6.4 ผลของอุณหภูมิและสารเคมีปนอยู่ในช่องว่างของดิน 238

7.6.5 ผลของอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก 238

7.6.6 ผลของระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก 239

7.6.7 ผลของขนาดของตัวอย่าง 240

7.7 การอัดตัวครั้งที่สอง 240

7.8 ข้อเสนอแนะวิธีการหาพารามิเตอร์ในการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมปฐพีในชั้นดินกรุงเทพฯ 242

7.9 เอกสารอ้างอิง 243

**บทที่ 8 การประมาณการทรุดตัว** **249**

8.1 บทนำ 249

8.2 ชนิดและลักษณะของการทรุดตัว 250

หน้า

8.2.1 การทรุดตัวที่เกิดขึ้นทันที 250
8.2.2 การทรุดตัวที่เป็นฟังก์ชั่นกับเวลา 253
8.2.3 การทรุดตัวรวมในมวลดิน 255
8.3 การคาดคะเนการทรุดตัวสำหรับดินเม็ดหยาบ 256
8.3.1 การคาดคะเนโดยใช้วิธีอิลาสติก 257
8.3.2 การคาดคะเนโดยใช้ผลการทดสอบ CPT 264
8.3.3 การคาดคะเนโดยใช้ผลการทดสอบ SPT 268
8.3.4 การคาดคะเนโดยใช้ผลการทดสอบ PBT 270
8.3.5 การคาดคะเนโดยใช้ผลการทดสอบ Stress Path 276
8.4 การคาดคะเนการทรุดตัวของดินเหนียว 278
8.4.1 การคาดคะเนการทรุดตัวที่เกิดขึ้นทันที 278
8.4.2 การคาดคะเนการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ 284
(ก) การคาดคะเนโดยวิธีการของ Terzaghi and Peck (1948) 285
(ข) การคาดคะเนโดยวิธีของ Skempton and Bjerrum (1957) 288
(ค) การคาดคะเนโดยวิธี Stress Path 292
(ง) วิธีการคาดคะเนโดยทฤษฎีอิลาสติก 293
(จ) วิธีการคาดคะเนโดยวิธีของ Asaoka (1978) 293
8.4.3 การคาดคะเนการทรุดตัวที่เกิดจากการอัดตัวครั้งที่สอง 295
8.5 ประสบการณ์การวิเคราะห์การทรุดตัวของคันดินสร้างบนดินอ่อน กรุงเทพฯ 300
8.6 เอกสารอ้างอิง 301

**บทที่ 9 การคาดคะเนอัตราการทรุดตัว 305**
9.1 ขบวนการอัดตัวคายน้ำในดินเหนียว 305
9.2 ความจำเป็นในการคาดคะเนอัตราการทรุดตัว 306
9.3 ทฤษฎีสำหรับคาดคะเนอัตราการทรุดตัว 307
9.3.1 ทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ 307
(ก) ทฤษฎีของ Terzaghi (1925) 307
(ข) ทฤษฎีของ Olson (1977) 320
9.3.2 ทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำแบบ 2 และ 3 มิติ 323
(ก) วิธีของ Lacasse et al (1975) 324
(ข) วิธีของ Davis and Poulos (1972) 327
9.4 ประสบการณ์การคาดคะเนอัตราการทรุดตัวของคันดินในกรุงเทพฯ 330
9.5 เอกสารอ้างอิง 332