หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำจำกัดความ (Definitions)

ครีพ (Creep): เป็นการยุบตัวต่อเนื่องกับเวลา (Continious Time-dependent Deformation) เกิดขึ้นเมื่อดินรับหน่วยแรงเฉือนค่าคงที่ (Constant Shear Stress) ซึ่งรวมถึงการยุบตัวของดิน ทั้งเมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงและมีการเปลี่ยนแปลงในปริมาตรของดิน (Undrained and Drained Creep)

อันเดรนครีพ (Undrained Creep): เป็นการยุบตัวต่อเนื่องกับเวลา เกิดขึ้นเมื่อดินรับหน่วยแรงเฉือนค่าคงที่ในสภาพไม่ระบายน้ำ (Undrained) และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในปริมาตรของดิน

ทางเดินของหน่วยแรงประสิทธิผล (Effective Stress path): คือกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_3}{2}$ ต่อ $\frac{\bar{\sigma}_1-\bar{\sigma}_3}{2}$ ($\bar{p}$ ต่อ $\bar{q}$) เพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงประสิทธิผลเมื่อดินถูกแรงมากระทำ

เอนเวอล้อปของหน่วยแรงประสิทธิผลที่พิบัติ (Effective Stress Envelop at Failure): คือกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_3}{2}$ ต่อ $\frac{\bar{\sigma}_1-\bar{\sigma}_3}{2}$ ที่จุดเกิดการพิบัติเมื่อดินถูกแรงมากระทำ การพิบัติคิดที่หน่วยแรงเบี่ยงเบน $(\sigma_1-\sigma_3)$ สูงสุด

การพิบัติโดยอันเดรนครีพ (Undrained Creep Failure): หมายถึงการพิบัติของดินเมื่อรับหน่วยแรงเฉือนค่าคงที่ในสภาพไม่ระบายน้ำและไม่มีการเปลี่ยนแปลงในปริมาตรของดิน การพิบัติจะเกิดขึ้นเมื่อค่าความดันน้ำในโพรง (Pore Water Pressure) ในดินมีค่าเพิ่มมากขึ้น จนทางเดินของหน่วยแรงประสิทธิผลวิ่งเข้าสู่เอนเวอล้อปของหน่วยแรงประสิทธิผลที่พิบัติ

กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนในแนวดิ่ง: คือค่า $\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$ ที่สูงที่สุด ที่ดินสามารถรับได้จากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินในสภาพไม่ระบายน้ำ เมื่อดินรับแรงเฉพาะในแนวดิ่ง

กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนในแนวนอน: คือค่า $\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$ ที่สูงที่สุดที่ดินสามารถรับได้ จากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินในสภาพไม่ระบายน้ำ เมื่อดินรับแรงเฉพาะในแนวนอน

กำลังครีพ (Creep Strength หรือ Yield Value): คือค่าหน่วยแรงเฉือนค่าคงที่ที่สูงที่สุดที่ดินสามารถรับได้ แล้วไม่เกิดการพิบัติโดยอันเดรนครีพ

ระดับหน่วยแรงเฉือน (Shear Stress Level): เป็นอัตราส่วนของหน่วยแรงเบี่ยงเบน (Deviator Stress)|$(\sigma_1-\sigma_3)$ ในการทดลอง Triaxial| กับค่าสูงสุดของหน่วยแรงเบี่ยงเบน |ค่าสูงสุดของ $(\sigma_1-\sigma_3)$ ที่ได้จากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยการทดลอง Triaxial|

E_u: คือค่าโมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นในสภาพไม่ระบายน้ำ (Undrained Modulus of Elasticity หรือ Young Modulus)

ν_u: คือค่าอัตราส่วนปัวซองในสภาพไม่ระบายน้ำ (Undrained Poisson's Ratio)

E': คือค่าโมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นในสภาพระบายน้ำ (Drained Modulus of Elasticity)

ν': คือค่าอัตราส่วนปัวซองในสภาพระบายน้ำ (Drained Poisson's Ratio)

1.2 การออกแบบงานดินอ่อน (Soil Engineering Design in Soft Clay)

งานออกแบบทางด้านวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์นั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบคุณสมบัติของดินในด้านต่าง ๆ เพื่อที่จะออกแบบควบคุมมิให้เกิดความเสียหายขึ้นเนื่องจากเกิดการพิบัติของดินหรือเกิดการยุบตัวของดินมากเกินไป

ในการออกแบบงานฐานราก (Foundation) คันดิน (Embankment) ปัญหาเกี่ยวกับการบวมของดิน (Up Heave) การคำนวณการเคลื่อนที่ (Movement) ของ Sheet Pile โครงสร้างกันดิน (Retaining Structure) และ Dead Man Anchorage พบว่า ดินจะถูก

แรงกระทำในทิศทางต่าง ๆ กัน ในปัญหาเช่นการบวมของดิน Dead Man Anchorage ดินบางส่วนจะถูกแรงกระทำในแนวนอนเป็นต้น

โดยทั่วไปเมื่อเป็นงานดิน ผู้ออกแบบทราบเพียงคร่าว ๆ ถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน โดยใช้กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรน (Undrained Shear Strength, S_u) เพียงในทิศทางเดียว แล้วนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณออกแบบโดยใช้พิกัดความปลอดภัย (Factor of Safety) ค่าหนึ่ง ค่าพิกัดความปลอดภัยที่จะเลือกใช้ควรมีการพิจารณาเพื่อที่จะไม่ใช้ค่าพิกัดความปลอดภัยสูงเกินไปจนทำให้การออกแบบไม่ประหยัด หรือใช้ค่าพิกัดความปลอดภัยต่ำเกินไปจนเกิดความเสียหายได้ ซึ่งมีหลักในการพิจารณาสำหรับดินอ่อนดังนี้

1. เพื่อป้องกันการเกิด การพิบัติโดยแรงเฉือนแบบอันเดรนในทันที (Undrained Shear Failure) และรวมถึง

2. เพื่อป้องกันการเกิด การพิบัติโดยอันเดรนครีพ (Undrained Creep Failure)

นอกจากนั้นการออกแบบยังจำเป็นต้องใช้พิกัดความปลอดภัยเพื่อขจัดปัญหาในเรื่องเกี่ยวกับ ความผิดพลาดของวิธีการวิเคราะห์ (Method of Analysis) และพารามิเตอร์ของดิน (Soil Parameter) ที่จำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของดินซึ่งอาจมีค่าเปลี่ยนแปลงไปกับทิศทางที่แรงมากระทำด้วย

เมื่อสามารถป้องกันปัญหาเกี่ยวกับการพิบัติในมวลดินแล้ว การออกแบบยังต้องคำนึงถึงการยุบตัวของดินมิให้เกิดขึ้นมากเกินไปจนเกิดความเสียหายในภายหน้าได้

งานวิจัยและงานออกแบบในปัจจุบัน มักคำนึงถึงคุณสมบัติของดินที่ถูกแรงกระทำในลักษณะแนวดิ่ง ความจริงแล้วคุณสมบัติของดินทางแนวดิ่งอาจให้ค่าพารามิเตอร์ของดินที่ไม่ปลอดภัยในการออกแบบก็ได้ ดินอ่อนส่วนมากมักจะรับแรงในแนวนอนได้น้อยกว่าแรงในแนวดิ่ง ดังนั้น ปัญหาในการออกแบบและก่อสร้างงานบางอย่าง เช่น งานขุด งานออกแบบและสร้างเขื่อน การออกแบบคันดิน กำลังรับแรงทางแนวนอนก็มีความสำคัญในการออกแบบ ถ้าผู้ออกแบบพยายามใช้คุณสมบัติของดินที่แท้จริงในสภาพตามธรรมชาติ (Insitu Soil Properties) เพื่องานออกแบบ ดังนั้น ผู้ออกแบบจึงต้องรู้คุณสมบัติของดินทางด้านแรงเฉือนและครีพทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เนื่องจากปัญหาทางด้านอันเดรนครีพเป็นสิ่งสำคัญข้อหนึ่งในการออกแบบสิ่งก่อสร้างในดินอ่อนเมื่อใช้ค่าพิกัดความปลอดภัยต่ำ ๆ และงานวิจัยในเรื่องนี้สำหรับดินอ่อนในกรุงเทพฯ มีน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีอันเดรนครีพเนื่องจากแรงในแนวนอน ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์คือ

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมทางด้านอันเดรนครีพของดินอ่อน เมื่อแรงมากระทำทั้งในลักษณะแนวดิ่งและแนวนอน โดยดินจะรับแรงเฉือนที่ระดับหน่วยแรงเฉือนต่าง ๆ (กล่าวคือที่พิกัดความปลอดภัยต่าง ๆ) รวมทั้งศึกษาการยุบตัวแบบอันเดรน และหาค่ากำลังครีพของดินอ่อนเมื่อรับแรงในแนวดิ่งและแรงในแนวนอน

2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการยุบตัวของดินอ่อน เมื่อน้ำระบาย (Drained) ออกจากเม็ดดินภายหลังพฤติกรรมอันเดรนครีพได้สิ้นสุดลง การศึกษานี้เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของดินสำหรับนำไปใช้ในการคำนวณหาการทรุดตัวของดินเนื่องจากขบวนการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Settlement) ในลักษณะสามมิติ (Three dimension) โดยใช้ทฤษฎีอีลาสติก (Elastic Theory)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมของดินอ่อนเมื่อถูกแรงกระทำในแนวดิ่งและแรงกระทำในแนวนอนที่ระดับหน่วยแรงเฉือนต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนน้อยที่สุดแบบกล่อง (Block Sample) ซึ่งแบ่งออกเป็นตัวอย่างดินทดลองในแนวดิ่งกับตัวอย่างดินทดลองในแนวนอน ดินทดลองที่เก็บขึ้นมาจะถูก Isotropically Reconsolidated ในห้องทดลอง ให้ค่าหน่วยแรงประสิทธิผล (Effective Stress) ในดินกลับไปมีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงตามธรรมชาติ แล้วจึงทำการทดลองหาพฤติกรรมต่าง ๆ ดังนั้นในการวิจัยนี้ จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. การศึกษาการยุบตัวแบบอันเดรนและกำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนในแนวดิ่งและในแนวนอน ใช้การทดลองแบบ $\overline{\text{CIUC}}$ (Isotropically Consolidated Undrained Triaxial Compression Test with Pore Pressure Measurement) โดย

Reconsolidated ดินทดลองไปที่ค่าหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งตามธรรมชาติ (Vertical Effective Overburden Pressure, $\bar{\sigma}_{vo}$) ทั้งตัวอย่างดินทดลองในแนวดิ่งและตัวอย่างดินทดลองในแนวนอน แล้วจึงทำการทดสอบโดยใช้อัตราความเครียด (Strain Rate) ประมาณ 2.5 % ต่อชั่วโมง

2. การศึกษาพฤติกรรมอันเดรนครีพของดินอ่อน ทำการทดลองอันเดรนครีพ (Undrained Creep Test) ซึ่งจะ Reconsolidated ดินทดลองไปที่ค่าหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งตามธรรมชาติ ($\bar{\sigma}_{vo}$) โดยใช้เครื่อง Triaxial แล้วทดสอบครีพโดยให้แรงกับตัวอย่างดินทดลองที่ระดับหน่วยแรงเฉือนต่าง ๆ คือ 50 %, 70 %, 80 %, 90 % และ 95 % ทั้งตัวอย่างดินทดลองในแนวดิ่งและตัวอย่างดินทดลองในแนวนอน

3. การศึกษาพฤติกรรมทางด้านการยุบตัวของดิน เมื่อน้ำระบายออกจากเม็ดดินเกิดขบวนการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation process) โดยทำการทดลองการอัดตัวคายน้ำในเครื่อง Triaxial (Triaxial Consolidation Test) ต่อจากการทดลองอันเดรนครีพในข้อ 2. เมื่อดินทดลองไม่เกิดการพิบัติโดยอันเดรนครีพ หลังจากทดสอบอันเดรนครีพไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

ประโยชน์ของการวิจัยมีดังนี้

1. เพื่อแสดงถึงความสำคัญของปัญหาทางด้านอันเดรนครีพรวมถึงความอันตรายของปัญหานี้ เมื่อออกแบบโดยใช้ค่าพิกัดความปลอดภัยต่ำ ๆ และใช้คุณสมบัติของดินในแนวดิ่งเพียงอย่างเดียวในการออกแบบ

2. เพื่อให้เป็นแนวทางในการกำหนดค่าพิกัดความปลอดภัยที่น้อยที่สุด เพื่อป้องกันปัญหาทางด้านอันเดรนครีพ สำหรับดินอ่อนที่ทำการวิจัย

3. เพื่อหาคุณสมบัติทางด้านอีลาสติกซิตี้ ได้ค่าพารามิเตอร์ของดินคือ ค่าโมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นในสภาพระบายน้ำ (E') และค่าอัตราส่วนปัวซองในสภาพระบายน้ำ (ν') เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคำนวณหาการยุบตัวของดินเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Settlement) ในลักษณะสามมิติ