บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำจำกัดความ (Definitions)

แรงดันทางด้านข้างของดินในสภาวะอยู่กับที่ (Earth Pressure at Rest) : แรงดันด้านข้างของดินที่กระทำในสภาพสมดุลย์และยอมให้เกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งเพียงทิศทางเดียว

แรงดันทางด้านข้างของดินในสภาวะแอคทีฟ (Active Earth Pressure) : แรงดันของดินที่กระทำต่อผนังกำแพง เมื่อกำแพงกันดินเคลื่อนที่ หรือขยับตัวออกไปจากดินถมหลังกำแพงในลักษณะ Tilting

แรงดันทางด้านข้างของดินในสภาวะพาสซีฟ (Passive Earth Pressure) : แรงดันของดินที่กระทำต่อผนังกำแพง เมื่อกำแพงกันดินเคลื่อนที่ หรือขยับตัวเข้าหาดินถมหลังกำแพงในลักษณะ Tilting

สัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน (Coefficient of Earth Pressure, K) : อัตราส่วนของแรงดันประสิทธิผล (Effective Stress) ในแนวนอนต่อแรงดันประสิทธิผลในแนวดิ่ง (σ'_h / σ'_v)

สัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ (Coefficient of Earth Pressure at Rest, K_o) : อัตราส่วนของแรงดันประสิทธิผลในแนวนอนต่อแรงดันประสิทธิผลในแนวดิ่ง (σ'_h / σ'_v) ณ. สภาวะอยู่กับที่ โดยความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้น (Excess Pore Pressure) เป็นศูนย์และไม่มีการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง

ดินที่มีการยุบอัดแน่นตามปกติ (Normally Consolidated Clay, NC) : ดินที่อยู่ในสภาพที่หน่วยแรงที่มากระทำในลักษณะแนวดิ่ง โดยดินจะได้รับหน่วยแรงเฉือนคงที่ ซึ่งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับหน่วยแรงกดอัดเดิมสูงสุดในมวลดินในอดีต (Preconsolidation Pressure, P_c)

ดินที่มีการยุบอัดแน่นเกินตัว (Overconsolidated Clay, OC) : ดินที่อยู่ในสภาพที่หน่วยแรงที่มากระทำในลักษณะแนวดิ่งโดยดินจะได้รับหน่วยแรงในแนวดิ่ง ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหน่วยแรงกดอัดเดิมสูงสุดในมวลดินในอดีต (Preconsolidation Pressure, P_c)

การยุบอัดตัวช่วงแรก (Primary Consolidation) : การยุบตัวต่อเนื่องกับเวลา (Continious Time-Dependent Deformation) เกิดจากการขจัด Excess Pore Pressure ออกจากมวลดิน โดยที่น้ำไหลออกจากมวลดินเป็น Function กับเวลา เกิดขึ้นเมื่อดินนั้นได้รับหน่วยแรง (Constant Stress) การทรุดตัวจะหยุดลงเมื่อความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้นเป็นศูนย์ เมื่อ $t = t_{100}$ ซึ่งการยุบตัวนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของดิน

การยุบอัดตัวช่วงสอง (Secondary Consolidation) : เป็นการยุบอัดตัวต่อเนื่องจากการยุบอัดตัวช่วงแรก เมื่อ $t > t_{100}$ โดยที่มีความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้นมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งการยุบตัวนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร

1.2 การออกแบบงานดินอ่อน (Soil Engineering Design in Soft Clay)

งานออกแบบทางด้านวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์นั้น ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบคุณสมบัติของดินในด้านต่างๆ ทั้งลักษณะภูมิอากาศและภูมิประเทศในบริเวณนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายของโครงสร้างที่จะทำการก่อสร้าง เนื่องมาจากการพิบัติของดิน (Shear Failure) หรือการเคลื่อนตัวที่มากเกินไปของดินทั้งในแนวดิ่ง (Vertical Movement) และแนวนอน (Lateral Movement) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่า เมื่อเกิดการเคลื่อนตัวของดิน จะทำให้โครงสร้างนั้นเกิดแรงขึ้นภายในตัวโครงสร้างขึ้นทันที และอาจเกิดความพิบัติกับโครงสร้างนั้นๆ

ในการออกแบบฐานราก (Foundation), คันดิน (Embankment) จะมีปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง หรือการทรุดตัว (Settlement) ของดินมากเกินไป ซึ่งทำให้ส่วนของงานโครงสร้างกันดิน (Retaining Structure) เช่น Sheet pile, งานขุด (Excavation) จะมีปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวในแนวนอน และการบวมของดิน (Up Heave) โดยทั่วไปในงานดิน ผู้ออกแบบจะพิจารณาเฉพาะความสามารถในการรับน้ำหนักของดินในทิศทางแนวดิ่ง คือการรับแรงเฉือนแบบอันเดรน (Undrained Shear) แต่เมื่อมีงานขุด, งาน Sheet pile ผู้ออกแบบจำเป็นต้องรู้แรงกระทำในทิศทางแนวนอนด้วย เพื่อที่ใช้ในการคำนวณ และกำหนดค่าพิกัดความปลอดภัย (Factor of Safety)

การออกแบบงานดินนั้น เราจะใช้ค่าพิกัดความปลอดภัยค่าหนึ่ง ซึ่งค่าพิกัดความปลอดภัยสูงเกินไปจะทำให้การออกแบบนั้นไม่ประหยัด ส่วนค่าพิกัดความปลอดภัยต่ำเกินไปจะทำให้เกิดความเสียหายได้ ส่วนใหญ่ในการออกแบบนั้นจะพิจารณาในช่วงเวลาสั้นๆ (Short Term) ซึ่งจะเป็นงานก่อสร้างประเภทชั่ว

คราว เช่น งานขุดฐานราก, งานขุดทำห้องใต้ดิน แต่บางทีเราก็จำเป็นจะต้องพิจารณาในช่วงเวลานานๆ (Long Term) ซึ่งจะเป็นงานก่อสร้างประเภทถาวร เช่น ผนังห้องใต้ดิน อุโมงค์สำหรับคนเดิน รถไฟหรือรถ-ยนต์ เขื่อน และอื่นๆ

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ (K_o) เพิ่มขึ้นกับเวลานั้น จะทำให้ดินมีความสามารถรับหน่วยแรงเฉือนได้เพิ่มขึ้น (Gain Shear Strength) ซึ่งในทางปฏิบัติจะมีประโยชน์อย่างมากเกี่ยวกับงานถม เพื่อที่จะทราบถึงช่วงเวลาที่จะทำการถมดินแต่ละชั้น โดยที่จะไม่ทำให้เกิดการพังทลาย (Shear Failure) และการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของดิน

ฉนั้นหลักการในการออกแบบดินเหนียวอ่อน มีดังนี้

1. เพื่อป้องกันการเกิดการพิบัติ โดยแรงเฉือนแบบอันเดรนในทันที (Undrained Shear Failure) หรือในกรณีของช่วงเวลาสั้นๆ (Short-Term Condition)

2. เพื่อป้องกันการเกิดการพิบัติ โดยแรงเฉือนแบบเดรนครีพ (Drained Creep Failure) หรือในกรณีของช่วงเวลานานๆ (Long-Term Condition)

นอกจากนี้ในการออกแบบยังจำเป็นต้องใช้พิกัดความปลอดภัย เพื่อป้องกันการผิดพลาดของวิธีการวิเคราะห์ (Method of Analysis) และพารามิเตอร์ของดิน (Soil Parameter) ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงไปกับทิศทางของแรง หรือช่วงเวลาที่กระทำ

การออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบให้มีสมรรถนะต้านทานแรงดันทางด้านข้างนั้น พฤติ-กรรมและขนาดของแรงดันดินเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ออกแบบจะต้องรู้คุณสมบัติที่แท้จริง เพื่อที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง โดยพิจารณาเป็นแรงดันประสิทธิผล (Effective Stress) เนื่องจากแรงดันประสิทธิผลในแนวนอน (σ'_h) ไม่เท่ากับแรงดันประสิทธิผลในแนวดิ่ง (σ'_v) แต่แรงดันของน้ำจะเท่ากันทุกทิศทาง และการออกแบบจะต้องพิจารณาความดันน้ำในดินที่ระดับสูงสุดของน้ำ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เนื่องจากปัญหาการเคลื่อนตัวในแนวนอนเป็นสิ่งสำคัญอันหนึ่งในการออกแบบสิ่งก่อสร้างในดินเหนียวอ่อน ซึ่งจะสังเกตุเห็นได้จากการเคลื่อนตัวของ Sheet Pile ในงานขุด, การแตกร้าวผนังของอุโมงค์ใต้ดิน, ผนังห้องใต้ดิน ฯลฯ ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ (K_o) เนื่องจากการยุบอัดตัวช่วงสอง (Secondary Consolidation) โดยพิจารณาดินประเภทที่มีการยุบอัดตัวตามปกติ (NC) และดินประเภทที่มีการยุบอัดแน่นเกินตัว (OC)

2. เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ (K_o) ของการยุบอัดตัวช่วงสอง (Secondary Consolidation) ว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้น, ลดลง หรือคงที่ ของดินประเภทการยุบอัดตัวตามปกติ (NC) และดินประเภทที่มีการยุบอัดตัวแน่นเกินตัว (OC)

3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ (K_o) ของการยุบอัดตัวช่วงสอง (Secondary Consolidation) กับทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ของดินประเภทการยุบอัดตัวตามปกติ (NC) และดินประเภทที่มีการยุบอัดแน่นเกินตัว (OC)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ (K_o) กับเวลาของดินประเภทการยุบอัดตัวตามปกติ (NC) และดินประเภทที่มีการยุบอัดแน่นเกินตัว (OC) ซึ่งจะพิจารณาในช่วงของการยุบอัดตัวช่วงแรก (Primary Consolidation) และการยุบอัดตัวช่วงสอง (Secondary Consolidation) โดยจะใช้ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนน้อยสุด ซึ่งจะเก็บตัวอย่างดินเป็นแบบกระบอกบาง (Shelby Tube) โดยเก็บอยู่ในช่วงความลึกประมาณ 8 - 15 เมตร ในบริเวณกรุงเทพฯ และปริมณฑล ประมาณ 10 ตัวอย่าง (โดยที่ค่า PI อยู่ในช่วง 20% - 70%) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจะใช้เครื่อง Triaxial ของ ELE International พร้อมทั้งอุปกรณ์สำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร (Volume Change Measurement), วัดการเปลี่ยนแปลงความเครียด (Strain Measurement), วัดแรงที่กระทำ (Load Measurement), ระบบการควบคุมความดันน้ำในเซลล์ (Cell Pressure) และความดันน้ำในตัวอย่างตอนแรก (Back Pressure) ให้คงที่ ซึ่งจะแบ่งการทดสอบดินออกเป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบหาคุณสมบัติทั่วไปของดินเหนียว

1.1 ศึกษาการทดลอง Oedometer Test เพื่อหาค่า Pre-consolidation Pressure (P_c) ที่มีการยุบอัดตัวในทิศทางเดียว (One Dimensional Compression), ขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit, LL), ขีดจำกัดพลาสติค (Plastic Limit, PL), ดัชนีพลาสติค (Plasticity Index, PI) และอื่นๆ

2. การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ (K_o)

2.1 ศึกษาทดลองเพื่อหาค่าของสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่กับเวลาของดินประเภทการยุบอัดตัวตามปกติ (NC) และดินประเภทที่มีการยุบอัดแน่นเกินตัว (OC) โดยดินทดลองที่เก็บขึ้นมาจะทำ Anisotropically Reconsolidated ในห้องปฏิบัติการก่อน โดยให้หน่วยแรงประสิทธิผล (Effective Stress) ทั้งในแนวดิ่งและแนวนอนของตัวอย่างดินกลับไปมีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงตามธรรมชาติ (K_o Conditon) โดยใช้สูตรของ BROOKER และ IRELAND จากนั้นจึงทำการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ โดยใช้ความเค้นคงที่ (σ_1 Constant) ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า P_c เพื่อให้เป็นดินประเภทการยุบอัดตัวตามปกติ (NC) และจะควบคุมความดันน้ำในเซลล์ (Cell Pressure) โดยที่การเปลี่ยนแปลงความเครียดตามรัศมี (ε_r) จะต้องเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งจะติดตามผลการทดสอบเป็นเวลาประมาณ 14 วัน (20,160 นาที) หรืออยู่ในการยุบอัดตัวช่วงสอง (Secondary Consolidation) เพื่อตรวจสอบค่า K_o กับเวลา

2.2 หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองในข้อที่ 2.1 จะนำตัวอย่างดินมาทำการทดสอบ Oedometer Test เพื่อหาค่า Pre-consolidation Pressure (P_c) ที่มีการยุบอัดตัวในทิศทางเดียว

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

ประโยชน์ที่จะได้รับของการวิจัยในครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ (K_o) ในช่วงเวลานานๆ ซึ่งแสดงค่าผลกระทบต่อโครงสร้างถาวร เช่น ผนังห้องใต้ดิน อุโมงค์รถไฟ หรือ รถยนต์ เขื่อน อื่นๆ โดยเฉพาะกับสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา

2. เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการกำหนดค่าพิกัดความปลอดภัย (Factor of Safety) ที่น้อยสุด เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาเกี่ยวกับทางด้านการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของดินประเภทการยุบอัดตัวตามปกติ (NC) และดินประเภทการยุบอัดแน่นเกินตัว (OC)

3. เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน ณ. สภาวะอยู่กับที่ (K_o) ของดินประเภทการยุบอัดตัวตามปกติ (NC) และอัดแน่นเกินตัว (OC) ในช่วงเวลาสั้นๆ และนานๆ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย