บทที่ 1

บทนำ

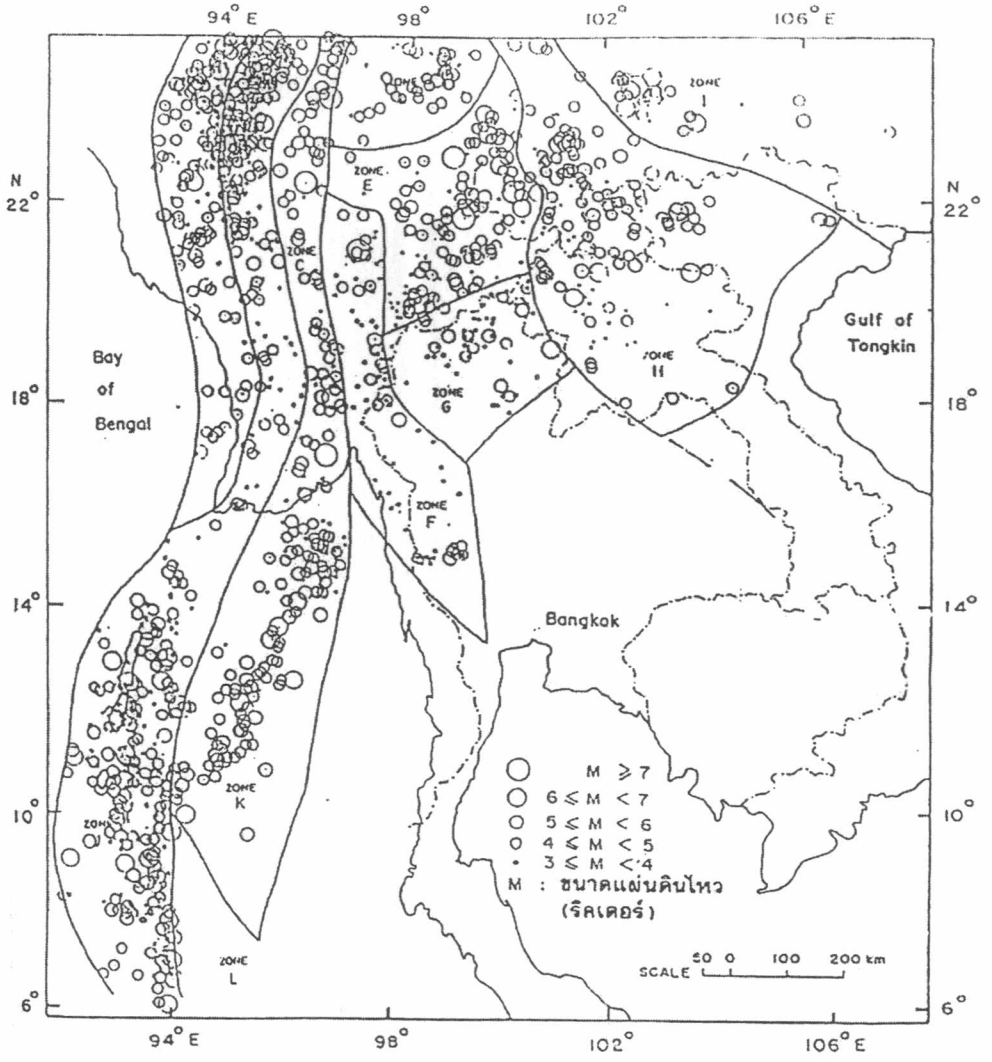
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คุณสมบัติที่สำคัญของดินในการออกแบบสิ่งก่อสร้างก็คือ กำลังรับน้ำหนักหรือกำลังรับแรงเฉือน(Shear Strength) ของดิน เราอาจใช้ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ(Undrained Shear Strength, S_u) ออกแบบสิ่งก่อสร้างในการวิเคราะห์ในรูปหน่วยแรงรวม(Total Stress Analysis,TSA) หรือใช้ค่าพารามิเตอร์กำลัง(Strength Parameter,(C',ϕ')) ของดินในการวิเคราะห์ในรูปหน่วยแรงประสิทธิผล(Effective Stress Analysis,ESA) ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการคิดค้นวิธีในการประมาณกำลังรับแรงเฉือนของดินมากมายหลายวิธี ทั้งการทดสอบในสนาม เช่น Vane Shear Test, Standard Penetration Test ฯลฯ และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เช่น Direct Shear Test, Unconfined Compression Test และ Triaxial Test ฯลฯ ซึ่งในแต่ละวิธีก็ให้ผลแตกต่างกันออกไปตามสมมุติฐานของการทดสอบและสภาพของหน่วยแรงที่ใช้ในการทดสอบ โดยผู้ออกแบบจะต้องใช้ประสบการณ์และวิจารณญาณในการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับสภาพงานนั้นๆ สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่ได้รับความเชื่อถือมากที่สุดในปัจจุบันได้แก่ การทดสอบ Triaxial เนื่องจากเราสามารถจำลองสถานะของตัวอย่างดินให้มีสภาพเหมือนกับสภาพในธรรมชาติได้มากที่สุดและเป็นการทดสอบที่ให้ค่าพารามิเตอร์ที่สามารถแสดงคุณสมบัติต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

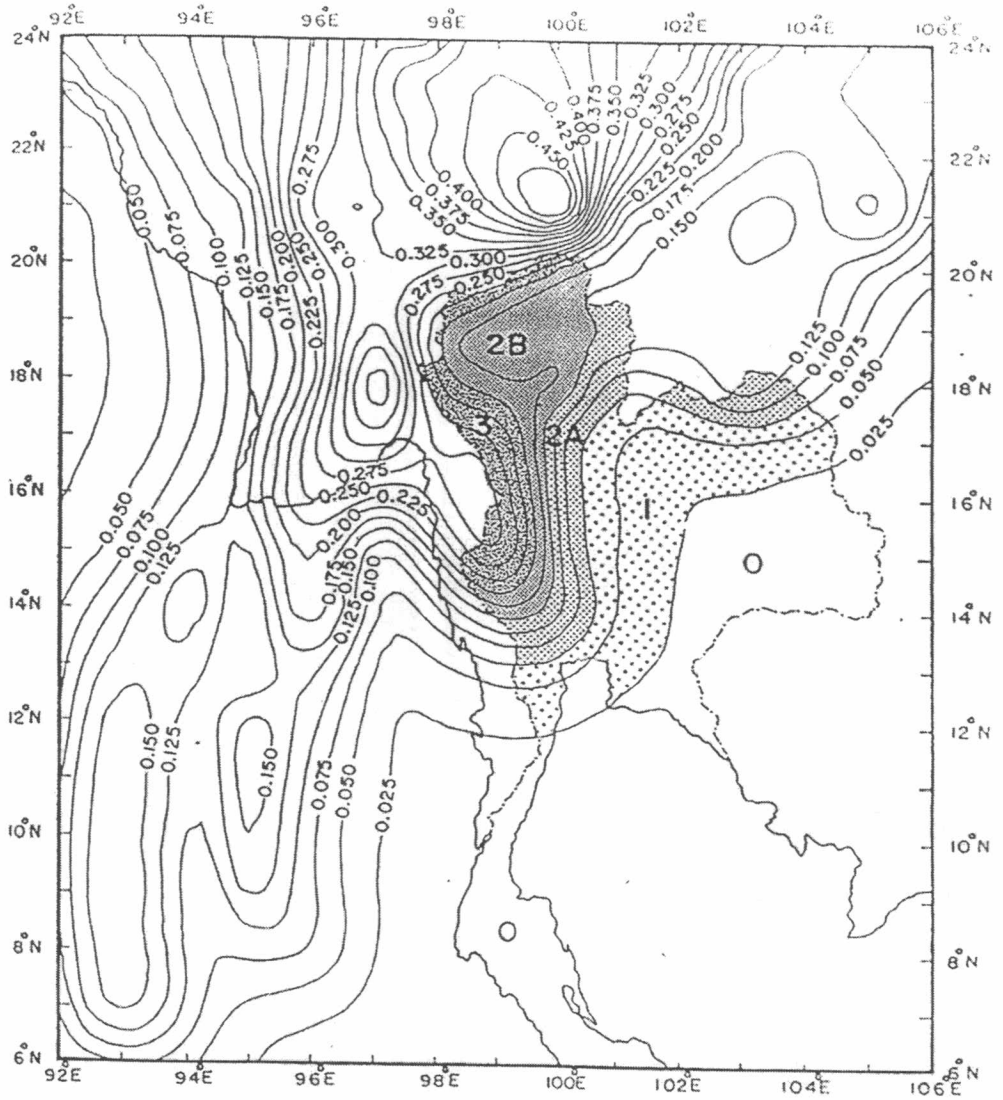
การเกิดแผ่นดินไหว ถือเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่สร้างความเสียหายให้แก่มนุษยชาติและสิ่งปลูกสร้างอย่างใหญ่หลวง การศึกษาถึงสาเหตุและการคาดการณ์ล่วงหน้าของการเกิดแผ่นดินไหว ยังไม่สามารถทำได้ถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นการก่อสร้างอาคารให้สามารถต้านทานต่อแรงสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวจึงเป็นทางออกที่เหมาะสมที่สุด

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้ออกกฎหมายควบคุมให้อาคารในเขตเสี่ยงภัยได้รับการออกแบบก่อสร้างให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหว เพราะประเทศไทยอาจจะได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศใกล้เคียงหรือทางภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (สุมาลี ประจวบ และ บุรินทร์ เวชบรรเทิง,1992) แต่ข้อมูลคุณสมบัติทางด้านพลศาสตร์(Dynamic) ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการคาดคะเนการเคลื่อนตัวของดินในประเทศไทยค่อนข้างจะมีน้อยมาก จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาคุณสมบัติทางด้านพลศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการคาดคะเนการเคลื่อนตัวของดินในสภาวะที่เกิดแผ่นดินไหว เนื่องจากลักษณะของดินในแต่ละที่ไม่เหมือนกัน จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาคุณสมบัติทางด้านพลศาสตร์ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ขึ้น แม้ว่าโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวในกรุงเทพฯ นั้นจะมีน้อยมาก เพราะกรุงเทพฯ ตั้ง

อยู่ห่างจากบริเวณที่เป็นจุดกำเนิดของแผ่นดินไหวมาก แต่ก็ยังอยู่ในบริเวณ(Zone) ที่จะได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหวได้ดังรูปที่ 1.2 (เป็นหนึ่ง วานิชชัย และ อาเด ลิซานโตโน,1994) โดยมีค่าความเสี่ยงภัยตามข้อกำหนด UBC อยู่ที่ Zone I



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงตำแหน่งและขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในคาบเวลา 80 ปี (พ.ศ.2453-2532)ในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง



รูปที่ 1.2 แผนที่แสดงความเสี่ยงภัยของแผ่นดินไหวและโซนเสี่ยงภัยตามเกณฑ์ของ UBC ตัวเลขกำกับเส้น Contour คือ อัตราส่วนระหว่างอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบของแผ่นดินไหวต่ออัตราเร่งของสนามโน้มถ่วงโลก(g) ที่มีโอกาสเพียง 10% ที่จะมีค่าสูงสุดในคาบเวลา 50 ปี

ผลกระทบของการเกิดแผ่นดินไหวต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างบนชั้นดินเหนียวอ่อน ความเสียหายอันเนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหวระยะไกล(Far Field Wave) อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่สร้างอยู่บนชั้นดินเหนียวอ่อน ตัวอย่างเช่น การเกิดแผ่นดินไหวในประเทศเม็กซิโกเมื่อปี ค.ศ. 1957(Rosenblueth,1960 and Hadley et al,1990) ซึ่งวัดค่าอัตราเร่งสูงสุดที่ชั้นหิน(The Maximum Acceleration) ในเม็กซิโกซิตี้(Maxico City) ได้เพียง 0.05g - 0.10g ซึ่งถือว่ามีค่าน้อยมาก ทำให้อาคารบ้านเรือนเสียหายมากพอสมควรและมีคนตายหลายพันคนตามรายงาน

เป็นที่ทราบกันดีว่าลักษณะของดินกรุงเทพฯ นั้นโดยทั่วไปเป็นดินตะกอน(Transported Soil) ซึ่งถูกน้ำพัดพามาทับถมกัน (Alluvial) รวมเรียกว่า Terrestrial Deposit ที่มีความหนามากกว่า 1500 เมตร ชั้นล่างเป็นชั้นหินดินดาน ที่มีความลึกไม่แน่นอน เชื่อกันว่าลึกเกินกว่า 1500 เมตร (วสท.2520) ถัดจากชั้นหินดินดานขึ้นมาเป็นชั้นดินเหนียวแข็งสลับกับชั้นทรายและกรวดจนกระทั่งถึงความลึกประมาณ 14-20 เมตร จากผิวดิน จากนั้นดินตะกอนเป็นดินเหนียวอ่อนถึงดินเหนียวแข็งปานกลางสีเทา ซึ่งในเวลาต่อมามีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลสูงขึ้นทำให้ดินเหนียวอ่อนตกตะกอนมีความหนาประมาณ 14-18 เมตร ต่อมาเมื่อดินเหนียวอ่อนซึ่งเป็น Marine Deposit โดนชะล้าง(Leaching) ทำให้ปริมาณเกลือในดินมีการเปลี่ยนแปลงส่งผลทำให้โครงสร้างดินไม่เสถียรภาพและมีความไวสูง(Sensitivity) ทำให้คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวของดินกรุงเทพฯ มีความแปรปรวนและมีค่ากำลังรับน้ำหนักค่อนข้างต่ำ

คุณสมบัติทางพลศาสตร์ของดินเหนียวที่ทำการศึกษากันมากได้แก่ ค่าโมดูลัสเฉือน(Shear Modulus) อัตราส่วนแดมพ์พิ่ง(Damping Ratio) และการเปลี่ยนแปลงของกำลังรับน้ำหนัก(Shear Strength) ภายใต้การกระทำของแรงแบบซ้ำซาก เป็นต้น ส่วนคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของดินทรายที่ทำการศึกษากันได้แก่ ค่าโมดูลัสเฉือน(Shear Modulus) อัตราส่วนแดมพ์พิ่ง(Damping Ratio) และ Liquefaction Potential เป็นต้น เนื่องจากกรุงเทพฯ ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวต่ำ ในอดีตนักวิจัยมักไม่ให้ความสำคัญต่อคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของดินกรุงเทพฯ อย่างไรก็ดีน่าจะเป็นการดีที่จะได้ทราบถึงความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว โดยการวิเคราะห์โดยละเอียดจึงจำเป็นต้องใช้ค่าคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของดินกรุงเทพฯ

จากการศึกษาต่างๆ นั้นได้มีการเสนอ สมการ แบบจำลองและวิธีการวิเคราะห์ต่างๆ อย่างมากมาย ผลที่ได้เหล่านี้ได้มาจากการทดสอบของดินในแต่ละที่ จึงมีความเหมาะสมกับดินบริเวณนั้นๆ ทำให้การนำผลเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จำเป็นต้องทำการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง ดังนั้นเพื่อให้เกิดความมั่นใจในการคาดคะเนและวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องมีการทดลองกับตัวอย่างดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ขึ้นมาจริงๆ ซึ่งอาจจะทดสอบในห้องปฏิบัติการ(Laboratory Tests) หรือในสนาม(In-Situ Tests) เพื่อจะได้ข้อมูลที่ถูกต้อง สำหรับใช้ในการวิเคราะห์และการคาดคะเนการเคลื่อนตัวของดินกรุงเทพฯ ในขณะที่เกิดแผ่นดินไหว

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านพลศาสตร์ของดินนั้น ในทางปฏิบัติสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีด้วยกัน คือ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ(Laboratory Tests) และการทดสอบในสนาม(In-Situ Tests) ซึ่งในบริเวณใจกลางกรุงเทพฯ ได้เคยมีการทดสอบในสนามโดยใช้วิธีการวัดความเร็วของการแผ่กระจายของคลื่นความเค้น(Wave Propagation) โดยทำการวัดความเร็วคลื่นแบบเฉือน(Shear Wave Velocity) (Ashford,A.,S, et al. 1997) ซึ่งการวัดความเร็วของคลื่นความเค้นนี้จะได้ค่าโมดูลัส ที่ระดับความเครียดต่ำๆ ต่อมามีการศึกษาหาค่าโมดูลัส และอัตราส่วนแดมพ์พิ่ง(Damping Ratio) ด้วยวิธีการ Cyclic Triaxial Test (พิพัฒน์ ทองฉิม,1998) ซึ่งเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่

ระดับความเครียดสูง การทดสอบด้วยวิธีนี้ไม่สามารถหาคุณสมบัติทางด้านพลศาสตร์ที่ระดับความเครียดต่ำๆ ได้ จึงมีการทดสอบวิธี Triaxial Compression using Bender Element (ธีรินทร์ อมรวิทยารักษ์,2001) สำหรับการทดสอบในงานวิจัยนี้จะศึกษาถึงผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงของค่าโมดูลัสแรงเฉือน(Shear Modulus) เมื่อมีการเพิ่ม-ลดแรงกระทำ ซึ่งเป็นการศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยก่อนหน้า

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

จุดประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมทางด้านพลศาสตร์ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ที่ความเครียดต่ำๆ (Small Strain) โดยวิธีการแพร่กระจายของคลื่นซึ่งมีแผ่น Bender Element เป็นตัวให้กำเนิดและรับสัญญาณ ในเครื่องมือทดสอบแบบแรงอัดสามแกน(Triaxial Test) โดยจะศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าโมดูลัสแบบเฉือน(Shear Modulus) ภายใต้เงื่อนไขของการทดสอบ

1. ศึกษาผลกระทบของหน่วยแรงประสิทธิผล(Effective Confining Stress) ที่มีต่อค่าโมดูลัสแรงเฉือน
2. ศึกษาผลกระทบของ Plasticity Index ที่มีต่อค่าโมดูลัสแรงเฉือน
3. ศึกษาผลกระทบของ Stress History ที่มีต่อค่าโมดูลัส
4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า Initial Shear Modulus ที่สภาวะ Strain Level ต่างๆ
5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าโมดูลัสแรงเฉือน(Shear Modulus) เมื่อมีการเพิ่ม-ลดแรงกระทำเป็นวัฏจักร
6. เปรียบเทียบค่าโมดูลัสแรงเฉือน(Shear Modulus) ในส่วนที่เปรียบเทียบได้กับงานวิจัยก่อนหน้า

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องทดสอบแบบแรงอัดสามแกน(Triaxial Test) ที่ติดตั้งแผ่น Bender Element กับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จาก 2 บริเวณที่มีคุณสมบัติพื้นฐานแตกต่างกัน คือ บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีค่า Plasticity Index (PI) ประมาณ 40% และบริเวณทางเข้าท่าอากาศยานนานาชาติสุวรรณภูมิ ที่มีค่า Plasticity Index (PI) ประมาณ 60% โดยทำการเก็บตัวอย่างคงสภาพ(Undisturbed Sample) ด้วยกระบอกบาง(Shelby Tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว โดยวิธีขุดเจาะแบบฉีดล้าง(Wash Boring)

โดยนำตัวอย่างดินมาทำการทดสอบ Triaxial Test แบบ CK_0UC (K_0-Consolidation Undrained Triaxial Compression Test with Pore Pressure Measurement) โดยการคืนหน่วยแรงประสิทธิผลให้มวลดิน(Reconsolidated) ด้วยวิธี SHANSEP(Stress History And Normalized Soil Engineering Properties) และใช้อัตราความเครียด(Strain Rate) ที่ทำให้เกิดการวิบัติด้วยอัตราคงที่ประมาณ 2%/hr. โดยการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงการทดสอบด้วยกัน คือ

1. ช่วงบีบอัดตัวคายน้ำ(Consolidation) จะทำการทดสอบหาค่าโมดูลัสแรงเฉือนที่ระดับหน่วยแรงประสิทธิผลต่างๆ (ทำการทดสอบหาค่าโมดูลัสแรงเฉือนเมื่อตัวอย่างดินสิ้นสุดการบีบอัดตัวคายน้ำในระดับหน่วยแรงประสิทธิผลนั้นๆ แล้ว)
2. ช่วงการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือน(Shearing) จะทำการทดสอบหาค่าโมดูลัสแรงเฉือนในระหว่างที่ทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นำผลที่ได้จากการทดลองและการวิเคราะห์ผลไปใช้ประกอบในการออกแบบทางด้านพลศาสตร์(Soil Dynamic) เช่น ฐานรากของเครื่องจักร(Machine Foundation), ฐานรากของอาคารสูง(High Rise Building Foundation) ฯลฯ
2. เป็นการเตรียมการทางด้านข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางพลศาสตร์(Soil Dynamic) ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประมาณการเคลื่อนตัวของดินเมื่อเกิดแผ่นดินไหว อันจะนำมาซึ่งความสามารถในการป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นดินไหว
3. ทำให้เกิดความสนใจและเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะงานทางด้านคุณสมบัติทางพลศาสตร์(Soil Dynamic) ในประเทศไทยมากขึ้นและเป็นแนวทางการศึกษาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในอนาคต