



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ทั่วไป

ในการออกแบบระบบฐานรากเสาเข็มนั้น ผู้ออกแบบจะพิจารณาองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ประการ คือ 1) เสาเข็มจะต้องมีเสถียรภาพที่เพียงพอที่จะรับน้ำหนักโครงสร้างได้โดยไม่เกิดการพังทลาย และ 2) เสาเข็มจะต้องมีปริมาณค่าการทรุดตัวที่น้ำหนักใช้งานในพิกัดที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้าง ในการออกแบบระบบฐานรากเสาเข็มให้ปลอดภัยจากปัญหาด้านเสถียรภาพและการทรุดตัวและในขณะเดียวกันให้ประหยัดค่าก่อสร้างจำเป็นที่จะต้องอาศัยข้อมูลของค่า soil - parameter ที่มีความใกล้เคียงกับคุณสมบัติดินที่แท้จริง

สำหรับชั้นดินกรุงเทพมหานคร ลักษณะชั้นดินโดยทั่วไปค่อนข้างแน่นอน อาจแยกโดยเรียงลำดับตามความลึกของชั้นดินดังนี้คือ ดินเหนียวแข็งปานกลาง, ดินเหนียวอ่อน และแข็งปานกลาง, ดินเหนียวแข็งชั้นแรก, ทรายชั้นแรก, ดินเหนียวแข็งชั้นที่ 2 และทรายชั้นที่ 2 ในอดีตที่ผ่านมาในงานออกแบบเสาเข็ม คุณสมบัติของดินใน 5 ชั้นแรกตามที่กล่าวข้างต้นได้มีการศึกษาวิจัยกันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงจะศึกษาวิจัยชั้นดินชั้นที่ 6 และ 7 คือชั้นดินเหนียวและชั้นทรายชั้นที่ 2 โดยปกติชั้นดินทรายชั้นที่ 2 จะมีระดับความลึกประมาณ 45-55 เมตร ซึ่งในระดับความลึกขนาดนี้ในทางปฏิบัติจำเป็นต้องทดสอบคุณสมบัติดินในสนามเพราะการเก็บตัวอย่างที่ไม่ถูกรบกวนมาทำได้ยากและวิธีการทดสอบที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายที่สุดคือ STANDARD PENETRATION TEST ดังนั้นงานวิจัยจึงเลือกที่จะใช้ค่า $N(SPT)$ ในการประเมินคุณสมบัติของดินทรายชั้นที่ 2

เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะหาค่า soil - parameter ที่เกี่ยวข้องกับค่ากำลังและค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม ดังนั้นเพื่อที่จะชดเชยความคลาดเคลื่อน

อันเกิดจากปัจจัยต่างๆ งานวิจัยนี้จึงจะอาศัยการวิเคราะห์กลับ (Back analysis) ผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็ม

เนื่องจากชั้นดินในกรุงเทพฯ ประกอบด้วยดินหลายชั้น การวิเคราะห์นอก จากจะต้องใช้ผลการทดสอบเสาเข็มจนกระทั่งถึงจุดวิบัติแล้วยังต้องอาศัยวิธีการที่ได้ศึกษามาแล้วในอดีต (Pimpasugdi, 1989) ในการหาค่าแรงเสียดทานของเสาเข็ม เนื่องจากชั้นดินต่างๆ ที่ทับถมขึ้นทรายชั้นที่ 2 อยู่ด้วย

ผลงานการวิจัยนี้จะช่วยให้ผู้ออกแบบระบบฐานรากเสาเข็มเจาะลึกในระดับ ทรายชั้นที่ 2 สามารถคาดคะเนคุณสมบัติของเสาเข็มที่ออกแบบได้ใกล้เคียงกับ ความจริงมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะวิเคราะห์หาวิธีการที่จะใช้ค่า $N(SPT)$ ในการ ประเมินค่า soil - parameter ที่เกี่ยวข้องกับ การรับน้ำหนักของเสาเข็มในชั้น ทรายชั้นที่ 2 ในขณะที่เดียวกันก็หาวิธีการที่จะใช้ค่า pile - soil parameter ที่เกี่ยวข้องกับการทรุดตัวแบบอัสติคของเสาเข็มที่วางตัวที่ชั้นทรายชั้นที่ 1 และ 2 โดยจะทำการศึกษาชั้นดินและเสาเข็มในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการใช้เสาเข็มอย่างหนาแน่นอันจะมีผลให้บทสรุปของการวิจัยฉบับนี้ เกิดประโยชน์มากที่สุด

ค่า soil parameter ที่งานวิจัยนี้จะทำการศึกษามี 2 ค่า ดังนี้คือ

- 1) ค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงต้านปลายเสาเข็ม N_q
- 2) ค่า pile - soil modulus E_s

ซึ่งค่า parameter 1) และ 2) เป็นตัวแปรที่ใช้คาดคะเนกำลังรับน้ำหนักและค่าการทรุดตัวของเสาเข็มตามลำดับ งานวิจัยนี้จะวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบ empirical ระหว่างค่า $N(SPT)$ กับค่า N_q และระหว่าง pile - soil parameter ซึ่งพบว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกเป็นตัวที่ดีที่สุดกับ E_s โดยสร้างสมการของ N_q และ E_s ให้อยู่ในรูปของค่า $N(SPT)$ หรือค่าน้ำหนักบรรทุกใช้งาน P ตามลำดับ

ในขณะเดียวกันงานวิจัยนี้ก็จะศึกษาถึงความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ข้างต้นโดยการเปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักและค่าการทรุดตัวที่ได้จากการทดสอบกับค่ากำลังรับน้ำหนัก และค่าการทรุดตัวที่ได้จากการวิเคราะห์โดยอาศัยความสัมพันธ์ข้างต้น ตามลำดับ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมในการรับน้ำหนักของเสาเข็มใน 2 ส่วนที่สำคัญคือ 1) กำลังรับน้ำหนัก และ 2) ปริมาณการทรุดตัวแบบอิลาสติก โดยอาศัยข้อมูลการทดสอบบน.บรรทุกเสาเข็มและข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดิน จำนวน 42 ชุด ของพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียง นำมาวิเคราะห์กลับ (Back analysis) ตามวิธีการคาดคะเนกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มแบบสถิตยศาสตร์ (static method) และวิธีการคำนวณค่าการทรุดตัวแบบอิลาสติกซึ่งถูกเสนอโดย Poulos & Davis(1980) โดยมีขอบเขตของงานวิจัยดังนี้

i) วิเคราะห์เพื่อหาค่า

- ค่า bearing capacity factor N_q
- ค่า pile - soil modulus E_s

ii) หาความสัมพันธ์แบบ empirical ระหว่าง

- ค่า $N(SPT)$ กับ N_q
- ค่าน้ำหนักบรรทุกทุกใช้งานกับ pile - soil modulus E_s

iii) ศึกษาความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ข้างต้น

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยการทดสอบเสาเข็มพร้อมทั้งข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินของเสาเข็มที่ก่อสร้างในชั้นทรายชั้นที่ 2 และชั้นทรายชั้นที่ 1 จำนวนทั้งสิ้น 20 และ 22 ตามลำดับ เสาเข็มมีความยาวตั้งแต่ 21.00 ถึง 67.85 ม. และขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.35 ถึง 1.50 ม. เป็นเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงและคอนกรีตหล่อในที่ มีหน้าตัดแบบสี่เหลี่ยมตัน, รูปตัวไอ, รูป Double halfmoon, กลมกลวง, สี่เหลี่ยมกลวง และกลมตัน สำหรับเสาเข็มเจาะ

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัยโดยย่อ

1.4.1 การวิเคราะห์กลับเพื่อหาค่า N_q

โดยที่สภาพชั้นดินกรุงเทพมหานครประกอบด้วยชั้นดินในลักษณะโดยประมาณดังนี้ 1) ดินชั้น crust หนาประมาณ 2 ม. 2) ดินเหนียวอ่อนถึงแข็งปานกลางหนา 12 ม. 3) ดินเหนียวแข็งชั้นแรกหนา 7 ม. 4) ทรายชั้นแรกหนา 2-12 ม. 5) ดินเหนียวแข็งชั้นที่ 2 หนา 10 ถึง 20 ม. 6) ดินทรายแน่นชั้นที่ 2 ที่ความลึก 45-55 เมตร

สำหรับเสาเข็มเจาะซึ่งมีระดับปลายเสาเข็มอยู่ที่ระดับทรายชั้นที่ 2 ค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มจะประกอบด้วยแรงเสียดทานด้านข้างของดินทั้ง

6 ชั้น ดังรายละเอียดข้างต้นโดยอาศัยผลการศึกษาในอดีต, ผลการเจาะสำรวจชั้นดิน, รูปร่างหน้าตัดและความยาวของเสาเข็มต้นต่างๆจึงทำให้สามารถคำนวณค่าแรงเสียดทานด้านข้างเสาเข็มของชั้นดินต่างๆที่กระทำต่อเสาเข็ม Ps, น้ำหนักของเสาเข็ม Wp, แรงดันน้ำในดินที่ปลายเสาเข็ม U, หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งของดินที่ปลายเสาเข็ม σ'_{v_b} และพื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม Ap และโดยอาศัยผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจึงทำการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิกฤติของเสาเข็ม Pult จากผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆข้างต้น จึงทำการคำนวณเพื่อหาค่า N_q สำหรับทรายชั้นที่ 2 ของชั้นดินกรุงเทพมหานคร

หน่วยแรงเสียดทาน (fs) ของดินส่วนบนคาดคะเนโดยอาศัยผลการศึกษาที่ได้ทำไปแล้วโดย Pimpasugdi (1989), สุวรรณ (2531) และใช้ความสัมพันธ์ของค่า N กับค่าแรงเฉือนของดินเหนียวเสนอโดยวีรพันธ์ (2526)

1.4.2 การวิเคราะห์กลับเพื่อหาค่า Es

การวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวของเสาเข็มต้นเดี่ยวตามวิธีซึ่งเสนอโดย Poulos & Davis (1980) แบ่งการพิจารณาเสาเข็มเป็น 2 ลักษณะคือ เสาเข็มลอย (floating pile) และเสาเข็มดาล (end bearing pile) ในงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์เฉพาะเสาเข็มในชั้นทรายชั้นที่ 1 และ 2 ดังนั้นการพิจารณาเป็นเสาเข็มดาล โดยการสมมติให้ค่า E_b/E_s เท่ากับ 4 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันในชั้นดินกรุงเทพฯ ชานินทร์ (2528) และเนื่องจากค่า E_b/E_s ไม่มีผลต่อการคำนวณค่า Es มากนัก

ในงานวิจัยนี้เลือกที่จะใช้ค่าการทรุดตัวที่น้ำหนักบรรทุกใช้งานเนื่องจากสาเหตุ 3 ประการคือ 1) เป็นน้ำหนักที่เกิดขึ้นจริงในสภาพใช้งานกับเสาเข็ม 2) มีการคองน้ำหนัก (maintain load) ให้นานที่สุดเพื่อหาค่าการทรุดตัวที่แท้จริง และ 3) ปริมาณค่าความเครียด (strain) ยังเกิดขึ้นไม่มากทำให้ทั้งดินและเสาเข็มยังอยู่ในสภาพอีลาสติกอยู่ซึ่งตรงกับสมมุติฐานของ Poulos & Davis (1980)

ที่ตั้งไว้แต่แรก

1.4.3 การวิจัยเพื่อหาความสัมพันธ์แบบ empirical

งานวิจัยนี้มีตัวแปรที่ต้องการศึกษาคือ N_q สำหรับเสาเข็มเจาะในชั้นทรายชั้นที่ 2 และ E_s สำหรับเสาเข็มในชั้นทรายชั้นที่ 1, 2 ในงานวิจัยนี้เลือกที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า N_q กับ $N(SPT)$ สำหรับเสาเข็มเจาะในชั้นทรายชั้นที่ 2 และความสัมพันธ์ระหว่าง E_s กับ working load สำหรับ i) เสาเข็มตอกในชั้นทรายชั้นที่ 1 ii) เสาเข็มเจาะในชั้นทรายชั้นที่ 1 และ iii) เสาเข็มเจาะในชั้นทรายชั้นที่ 2

ภายหลังจากได้ความสัมพันธ์ข้างต้นก็นำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาศึกษาถึงความน่าเชื่อถือ โดยการนำค่าน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิกฤติและค่าการทรุดตัวที่ได้จากการทดสอบมาศึกษาเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิกฤติและค่าการทรุดตัวที่ได้จากการประมาณการโดยอาศัยความสัมพันธ์ข้างต้นตามลำดับ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

งานวิจัยนี้เลือกที่จะใช้ค่า $N(SPT)$ เป็นค่าอ้างอิงในการหาค่า N_q เนื่องจากค่า $N(SPT)$ นี้เป็นค่า soil parameter ของชั้นดินกรุงเทพที่มีการทดสอบและบันทึกกันอย่างแพร่หลาย วิธีการทดสอบและการบันทึกก็สามารถทำได้สะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งผลการวิจัยในอดีตก็ยังพบว่าค่า N มีความสัมพันธ์กับกำลังของดิน ในขณะที่เดียวกันก็เลือกใช้ค่า working load เป็นตัวแปรในการประเมินค่า pile - soil modulus (E_s) เนื่องจากผลงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาสำหรับชั้นดินกรุงเทพมหานครพบว่าตัวแปรทั้ง 2 มีแนวโน้มที่จะหาความสัมพันธ์ได้ (Pimpasugdi, 1980)

ดังนั้นผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ คาดว่าจะช่วยให้ผู้ออกแบบระบบฐานรากเสา

ดินเดี่ยวและค่า parameter ที่เกี่ยวข้องคือ N_q และ E_s ได้โดยอาศัยผลการเจาะสำรวจชั้นดินและขนาดหน้าตัดรวมทั้งความยาวของเสาเข็ม

ค่า N_q และ E_s ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสมบัติของดินอย่างเดียว ผลของการก่อสร้างมีผลต่อค่าเหล่านี้มาก การก่อสร้างทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลให้ผลการทดสอบคุณสมบัติของดินที่ได้ในสนามหรือในห้องปฏิบัติการไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยง่ายและถูกต้อง

ดังนั้นการหาค่า soil parameter หาได้โดยการวิเคราะห์กลับ (back analysis) จากผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มที่ได้ก่อสร้างในบริเวณกรุงเทพฯ ประกอบกับผลการเจาะสำรวจชั้นดินจึงเป็นค่าที่น่านำมาใช้มากกว่าวิธีการที่เสนอในหนังสืออ้างอิงต่างๆไป

อย่างไรก็ตามสิ่งที่จำเป็นต้องระลึกลู่เสมอคือความสัมพันธ์แบบ empirical ที่ได้จากการวิจัยนี้ได้จากการคำนวณกลับผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มประกอบกับข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินของชั้นดินกรุงเทพมหานคร ดังนั้นค่า soil parameter ที่ได้จากบทสรุปของงานวิจัยนี้จึงเหมาะสมเฉพาะงานเสาเข็มซึ่งก่อสร้างในชั้นดินกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียงเท่านั้น