

อิทธิพลของน้ำต่อค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากเข็มพืด

The Effect of Water on the Capacity of Sheet Pile Foundation

พงศกร พรณรัตน์ศิลป์¹ และ อภิวัฒน์ พังจันทน์²

Apiwat Patjanasuntorn and Pongsakorn Punrattanasin

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: ponpun@kku.ac.th¹

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของน้ำต่อค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากเข็มพืด โดยฐานรากเข็มพืดเป็นการเสริมประสิทธิภาพฐานรากดินด้วยการนำเข็มพืดมาต่อกรอบฐานรากเดิม จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเข็มพืดที่ต่อกรอบฐานรากดินทำให้กำลังรับน้ำหนักของฐานรากดินเดิมเพิ่มขึ้นอย่างมากทั้งค่ากำลังรับแรงในแนวดิ่ง, แนวนอนและค่ากำลังต้านโมเมนต์ การศึกษาครั้งนี้ได้ทดสอบกับแบบจำลองฐานรากเข็มพืดที่ใช้ทรายเป็นวัสดุรองรับฐานราก ชุดเครื่องมือทดสอบได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้โดยเฉพาะ เครื่องมือนี้สามารถใช้หาค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากและใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการวิบัติของดินเมื่อน้ำหนักมากระทำ ในการทดสอบจะทำการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับความลึกต่างๆ โดยระดับน้ำที่ทำการศึกษามีค่าความลึกจากผิวทราย 5B, 3B, 2B, 1B และอยู่ที่ผิวทราย (0B) โดย B คือความกว้างของฐานราก และยังแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กรณี คือ 1) ก่อนทดสอบรอเวลาให้ทรายมีเวลาจัดเรียงตัวใหม่ภายใต้อิทธิพลของระดับน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง 2) ทดสอบทันทีที่ระดับน้ำถึงระดับที่ต้องการ ผลการศึกษาพบว่าตำแหน่งของระดับน้ำและเวลาต่อการทดสอบมีผลต่อค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากเข็มพืด

Abstract

This research is to study the effect of water level on the capacity of sheet pile foundation. The sheet pile foundation is a shallow footing that is skirted by sheet piles around the periphery. From the previous study, it was indicated that sheet pile can dramatically improve the vertical, horizontal and moment capacities of the existing shallow foundation. This study was performed in the laboratory by using 1g physical modeling test. Equipment was newly designed and developed in order to study the sheet pile foundation's behavior. The test was only focused on the vertical capacity of model foundation resting on sand. The ground models in all same conditions were prepared in the container tank by the pluviation for comparison purpose. The effects of water level on the load capacity were studied by conducting two different experiment conditions; 1) waiting for 24 hours until the sand particles had been completely rearranged under the effect of water level and 2) testing immediately after the targeted water level was reached. The results reveal that both the location of water level and the time before performing the loading test primarily affect the bearing capacity of sheet pile foundation. The details of testing results were also discussed in this paper.

Keywords: Sheet pile foundation, Modeling test, Pluviatio

RECEIVED 24 May, 2010

ACCEPTED 23 August, 2010

1. บทนำ

ฐานรากตื้น (Shallow Foundation) ที่ก่อสร้างเพื่อรับน้ำหนักตัวอาคารหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ เมื่อใช้เป็นระยะเวลานานอาจมีความเสียหายเกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะปัญหาการสูญเสียมวลดินที่อยู่เหนือและใต้ฐานรากจากการกัดกร่อนของน้ำ ซึ่งความเสียหายจะทำให้ประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักของฐานรากลดลง เพื่อหาวิธีที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาในปี ค.ศ. 2002 [2] สถาบันเทคโนโลยีแห่งโตเกียวร่วมกับสถาบันวิจัยและพัฒนาของการรถไฟ ประเทศไทยได้นำเสนอฐานรากเข็มพืด (Sheet Pile Foundation) ซึ่งเป็นการรวมตัวกันของฐานรากตื้นกับเข็มพืด (Sheet Pile) ที่ตอกไว้บริเวณโดยรอบตัวฐานราก (รูปที่ 1) จากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับทรายแห้งพบว่าเข็มพืดที่ตอกไว้ทำให้ฐานรากมีความสามารถในการรับน้ำหนักในแนวดิ่งสูงขึ้นอย่างมาก และฐานรากชนิดนี้ยังมีความสามารถในการรับน้ำหนักในแนวนอน และโมเมนต์สูงชันกว่าเดิม เนื่องจากที่ผ่านมาการศึกษาจำกัดเพียงแค่การทดสอบกับดินในสภาพแห้ง แต่ยังไม่ได้ศึกษาอิทธิพลของน้ำต่อค่ากำลังรับน้ำหนักเลย เพื่อให้การวิจัยครอบคลุมในทุกประเด็นงานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอิทธิพลของระดับน้ำใต้ดินต่อค่ากำลังรับน้ำหนักในแนวดิ่งของฐานรากเข็มพืด



รูปที่ 1 การก่อสร้างฐานรากเข็มพืด (Sheet Pile Foundation)

2. วิธีการศึกษา

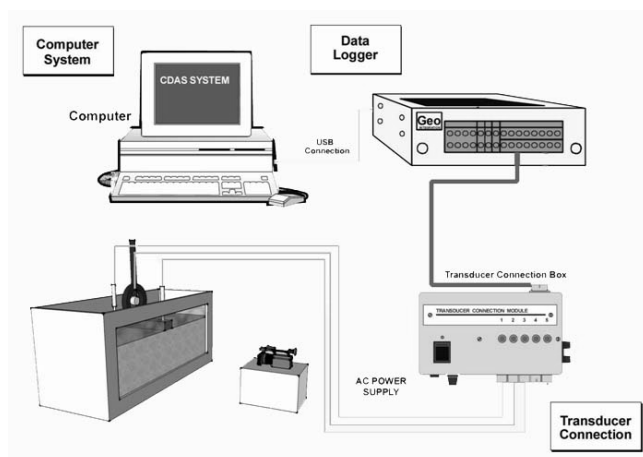
เพื่อศึกษาค่ากำลังรับน้ำหนัก และสังเกตพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปของดินใต้ฐานราก การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือทดสอบพฤติกรรมการรับน้ำหนักของดินแบบโปร่งใส [1] โดยนำแบบจำลองฐานรากเข็มพืดในรูปแบบของ Plane Strain มาทำการทดสอบ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบของเครื่องมือ การเตรียมตัวอย่างทราย และวิธีการทดสอบเพื่อศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งระดับน้ำใต้ดินต่อค่ากำลังรับน้ำหนัก

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ส่วนประกอบหลักของเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 โดยแบ่งส่วนประกอบออกเป็น 4 ส่วนดังนี้ 1) ถังบรรจุตัวอย่างดินแบบโปร่งใส ทำให้สามารถมองเห็นและสามารถบันทึกภาพการเคลื่อนที่ของดินตัวอย่างได้ 2) ชุดอุปกรณ์ให้แรงและเครื่องมือการวัดการทรุดตัวของแบบจำลองฐานราก จะประกอบด้วยชุดมอเตอร์ ซึ่งจะสามารถควบคุมอัตราการให้แรงและความเร็วต่างๆ ได้ ส่วนการทรุดตัวของฐานรากจะใช้เครื่องมือวัดการเคลื่อนตัว (LVDTs) 1 คู่วางบนฐานรากที่ตำแหน่งแตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้และผลการวัดยังสามารถคำนวณหาค่าการหมุนตัว (Rotation) ของฐานรากได้ 3) ชุดอุปกรณ์ประมวลผล ซึ่งส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญต่อความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มาจากอุปกรณ์วัดค่าต่างๆ ในการทดลองนี้จะใช้ชุดวัดสัญญาณแบบพกพา (Portable Data Logger) ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องบันทึกอัตโนมัติ รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ได้แสดงไว้ในแผนภาพในรูปที่ 3 โดยข้อมูลทั้งหมดจะส่งไปยังคอมพิวเตอร์ที่ควบคุม และ 4) อุปกรณ์บันทึกภาพ จะใช้กล้องวิดีโอบันทึกภาพการเคลื่อนที่ของดินในขณะการทดสอบ ภาพที่บันทึกได้จะแสดงการเคลื่อนที่ของดินเมื่อมีแรงมากระทำที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการทดสอบคือ ทรายพุทไธสง จากแหล่งในจังหวัดบุรีรัมย์ คุณสมบัติพื้นฐานต่างๆของทรายได้สรุปไว้ในตารางที่ 1 เพื่อการเปรียบเทียบผลจากการทดสอบจะควบคุมให้ตัวอย่างมีหน่วยน้ำหนักแห้งก่อนการทดสอบเท่ากัน การควบคุมหน่วยน้ำหนักจะควบคุมจากการโรยตัวอย่างทราย การโรยทรายอาศัยเครื่องมือที่ประกอบด้วย

กรวยและท่อพีวีซีดังแสดงในรูปที่ 4 โดยการควบคุมขนาดท่อพีวีซีและระยะตกกระทบจากปลายท่อให้เท่ากันทุกการทดสอบ จากการโรยทรายพบว่าทุกการทดสอบมีหน่วยน้ำหนักแห้งเท่ากับ 14.42 kN/m^3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) ทรายที่ใช้จะอยู่ในสภาพหลวม (Loose Sand)

เพื่อให้เห็นพฤติกรรมของการเคลื่อนตัวของมวลทรายได้ฐานรากจึงติดตั้งหมุดสังเกตการณ์ (Observation Pegs) ที่ตำแหน่งติดกับผิวหน้ากระຈกของเครื่องทดสอบพฤติกรรมของดินแบบโปร่งใสโดยหมุดที่ติดตั้งมีระยะห่างระหว่างหมุด 25 มม. ทั้งในแนวนอนและแนวตั้งดังแสดงในรูปที่ 5 เมื่อให้แรงกดจะสามารถเห็นการทรุดตัวของตัวภายใต้แรงกระทำซึ่งสังเกตได้จากการเคลื่อนที่ของหมุด

ตารางที่ 1 คุณสมบัติพื้นฐานของทรายพุทไธสง

คุณสมบัติ	
ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.63
Fineness Modulus	2.73
D_{60} (mm)	0.395
D_{30} (mm)	0.360
Maximum void ratio, e_{max}	0.910
Minimum void ratio, e_{min}	0.645



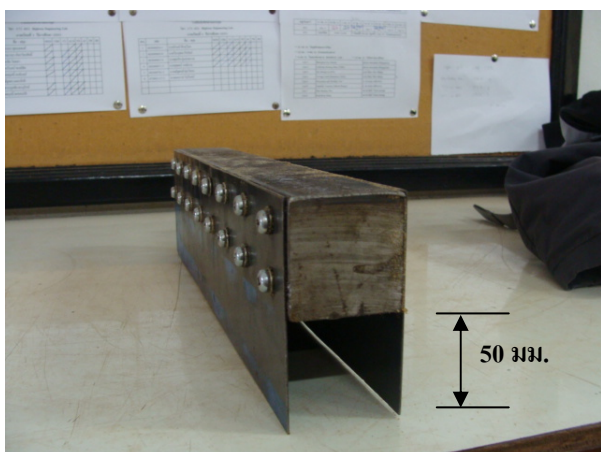
รูปที่ 4 กรวยและท่อพีวีซีที่ใช้ในการ โรยทราย

2.3 การติดตั้งแบบจำลองฐานรากเข็มพืด

การทดสอบจะใช้ฐานรากที่ทำจากเหล็กตันขนาดกว้าง (B) 50.0 มม. ยาว (L) 400.0 มม. และหนา (t) 50.0 มม. ซึ่งหากพิจารณาจากอัตราส่วน L/B จะพบว่าฐานรากที่ใช้ในการทดสอบเป็นฐานรากแบบ Strip Footing จากนั้นจึงติดตั้งเข็มพืดซึ่งเป็นเหล็กแผ่นที่มีความหนา 1.0 มม. และมีความยาว 50.0 มม. ลึกลงจากฐานของฐานราก โดยยึดติดกันด้วยกรุดึงแสดงในรูปที่ 6 การเลือกใช้ขนาดและความยาวเข็มพืดนี้ได้มาจากการศึกษาเบื้องต้นที่พบว่าความยาว 50.0 มม. ของเข็มพืดได้ให้ค่ากำลังรับน้ำหนักที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรม



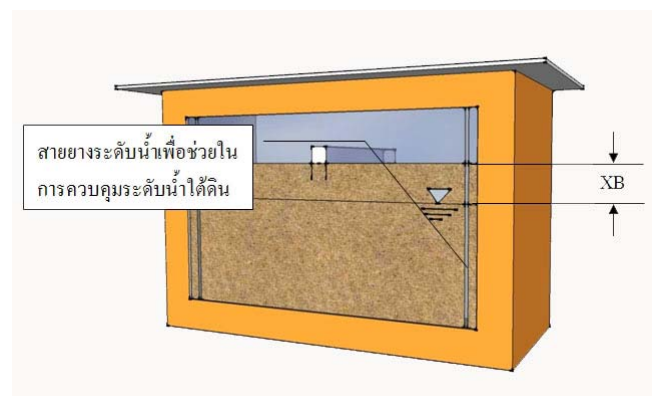
รูปที่ 5 การติดตั้งหมุดสังเกตการณ์



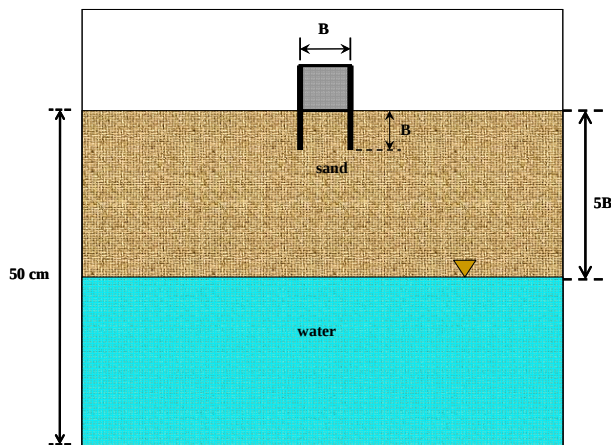
รูปที่ 6 แบบจำลองฐานรากเข็มพืดที่มีความยาว 50 มม. หรือ 1B

2.4 การจำลองระดับน้ำ

ในการทดสอบจะทำการเปลี่ยนระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับความลึกต่างๆ โดยระดับน้ำที่ทำการศึกษาประกอบด้วยที่ความลึกจากผิวทราย 5B (25 ซม.), 3B (15 ซม.), 2B (10 ซม.), 1B (5 ซม.) และระดับน้ำอยู่ที่ผิวทราย (0B) โดยที่ B คือความกว้างของฐานราก เพื่อศึกษาถึงเวลาต่อค่ากำลังรับน้ำหนักการศึกษายังแบ่งการทดสอบย่อยออกเป็น 2 กรณี คือ 1) ก่อนทดสอบรอเวลาให้ทรายมีเวลาจัดเรียงตัวใหม่ภายใต้อิทธิพลของระดับน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่เลือกใช้ 24 ชั่วโมงได้มาจากการศึกษาเบื้องต้นจากการเพิ่มน้ำไปไว้ที่ผิวทรายพบว่าเพียงระยะเวลา 16 ชั่วโมงการทรุดตัวของทรายได้สิ้นสุดลง แต่เพื่อความสะดวกในการทดสอบจึงเลือกใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมงและ 2) กัดทดสอบทันทีที่ระดับน้ำถึงระดับที่ต้องการเมื่อเตรียมตัวอย่างการทดสอบแล้วเสร็จก็ทำการทดสอบโดยการควบคุมความเร็วการกัดทดสอบที่ 3.0 มม./นาที จนจบการทดสอบจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประมวลผลต่อไป รูปที่ 7 แสดงภาพการตรวจสอบระดับน้ำว่าอยู่ในระดับที่ต้องการโดยการดูจากระดับน้ำในสายยางที่ติดตั้งไว้ในแบบจำลอง ส่วนรูปที่ 8 แสดงการวัดตำแหน่งของระดับน้ำ ซึ่งจะเทียบจากระดับผิวน้ำของตัวอย่างทราย ในการศึกษารุ่นนี้ได้ทำการทดสอบทั้งสิ้น 11 การทดสอบ โดยรายละเอียดของการทดสอบทั้งหมดได้สรุปไว้ในตารางที่ 2



รูปที่ 7 วิธีการตรวจสอบระดับน้ำ



รูปที่ 8 ตัวอย่างตำแหน่งของระดับน้ำอยู่ที่ระดับ 5B เมื่อวัดจากผิวทราย

ตารางที่ 2 ข้อมูลตัวอย่างทดสอบ

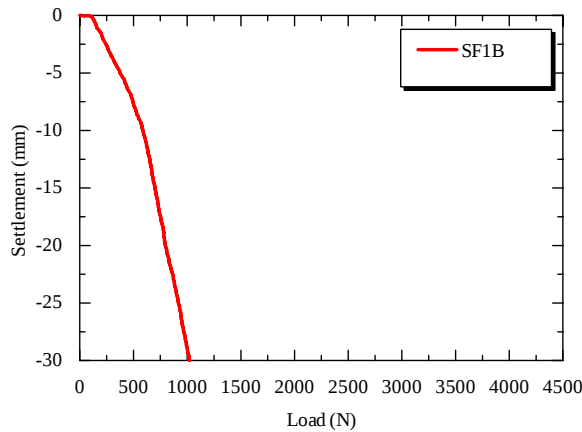
ชุดทดสอบที่	ชื่อการทดสอบ	รายละเอียด
1	SF1B	ทดสอบกับทรายแห้ง โดยไม่ได้รับอิทธิพลจากระดับน้ำ
1	WT5B(1)	ระดับน้ำอยู่ลึกจากผิวทราย 25 ซม. รอเวลา 24 ชม. แล้วจึงทำการทดสอบ
1	WT3B(1)	ระดับน้ำอยู่ลึกจากผิวทราย 15 ซม. รอเวลา 24 ชม. แล้วจึงทำการทดสอบ
1	WT2B(1)	ระดับน้ำอยู่ลึกจากผิวทราย 10 ซม. รอเวลา 24 ชม. แล้วจึงทำการทดสอบ
1	WT1B(1)	ระดับน้ำอยู่ลึกจากผิวทราย 5 ซม. รอเวลา 24 ชม. แล้วจึงทำการทดสอบ
1	WT0B(1)	ระดับน้ำที่ผิวทราย รอเวลา 24 ชม. แล้วจึงทำการทดสอบ
2	WT5B(2)	ระดับน้ำลึกจากผิวทราย 25 ซม. ทำการทดสอบทันที
2	WT3B(2)	ระดับน้ำลึกจากผิวทราย 15 ซม. ทำการทดสอบทันที
2	WT2B(2)	ระดับน้ำลึกจากผิวทราย 10 ซม. ทำการทดสอบทันที
2	WT1B(2)	ระดับน้ำลึกจากผิวทราย 5 ซม. ทำการทดสอบทันที
2	WT0B(2)	ระดับน้ำที่ผิวทราย ทำการทดสอบทันที

3. ผลการศึกษา

3.1 ค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากเข็มพืด จากอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ

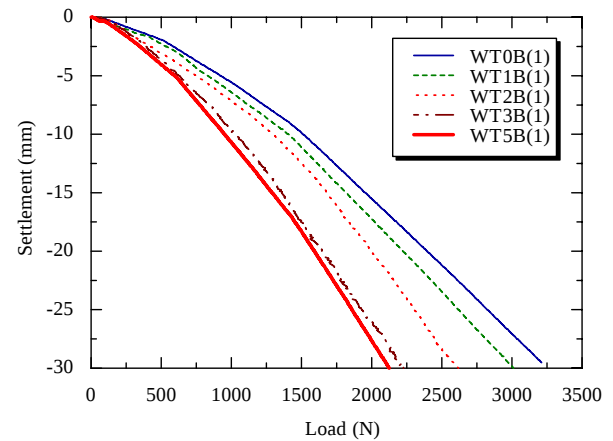
จากการทดสอบกับแบบจำลองฐานรากที่ตั้งอยู่บนทรายแห้ง (SF1B) ผลทดสอบสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักกับค่าการทรุดตัวได้ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งกราฟไม่ได้แสดงให้เห็นจุดวิกฤติที่ชัดเจนเนื่องจากเป็นทรายหลวมทำให้ไม่สามารถหาค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดได้ ซึ่งกรณีเช่นนี้หากต้องการหาค่ากำลังรับน้ำหนัก Ganier and Canepa (1991) ได้แนะนำให้ใช้ค่ากำลังรับน้ำหนักที่ตำแหน่งการทรุดตัวที่ 10% ของความกว้างของฐานรากแทน ในการศึกษาครั้งนี้ความกว้างของฐานรากคือ 50 มิลลิเมตรจึงได้พิจารณาว่าการทรุดตัว 5 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้ค่ากำลังรับน้ำหนักเท่ากับ 376 N ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักในแนวตั้งกับค่าการทรุดตัวของการทดสอบแบบจำลองฐานรากซึ่งได้รับอิทธิพลของระดับน้ำเป็นเวลา 24 ชม. ก่อนทำการทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 10 และในรูปที่ 11 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักกับค่าการทรุดตัวของการทดสอบกรณีที่เกิดทดสอบทันทีที่ระดับน้ำถึงตำแหน่งที่ต้องการ จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากที่ติดตั้งเข็มพืดยาว 1B ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำจะเห็นว่าค่ากำลังรับน้ำหนักจากการทดสอบกรณีรอเวลา 24 ชั่วโมงก่อนแล้วจึงทำการทดสอบมีค่ากำลังรับน้ำหนักสูงกว่ากรณีการให้น้ำถึงระดับที่ต้องการแล้วทำการทดสอบทันทีเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับน้ำอยู่ที่ระดับเดียวกัน เพราะเมื่อรอเวลา 24 ชั่วโมงทำให้ทรายได้มีเวลาที่จะจัดเรียงตัวใหม่ภายใต้ น้ำหนักของตัวเองและจากน้ำหนักของน้ำ ทำให้ทรายมีความแน่นมากขึ้น ยิ่งระดับน้ำอยู่ใกล้ผิวทรายเท่าไรก็ยิ่งทำให้ค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ในกรณีที่ทดสอบทันทีหลังการให้น้ำถึงระดับที่ต้องการกลับให้ผลตรงกันข้าม อันเป็นผลเนื่องมาจากการทดสอบทันทีหลังจากที่ระดับน้ำได้ระดับที่ต้องการ แรงกดจากเครื่องมือที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความดันน้ำในโพรงในช่องว่างระหว่างเม็ดทรายเพิ่มสูงขึ้นและน้ำที่แทรกในช่องว่างระหว่างเม็ดทรายระบายออกไม่ทันเป็นเหตุให้ความเค้นประสิทธิผล

ลดลงจึงทำให้ค่ากำลังรับน้ำหนักลดลง และเห็นได้ชัดว่ายิ่งระดับน้ำสูงขึ้นใกล้ผิวทรายค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกก็ลดลงเป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามทุกกรณีของฐานรากเข็มพืดยังคงให้ค่ากำลังรับน้ำหนักมากกว่าฐานรากดิน

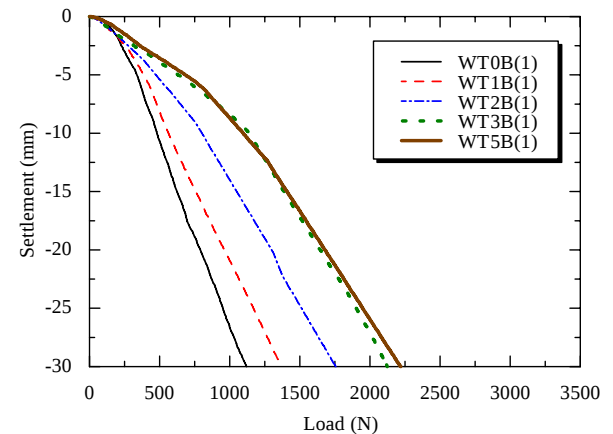


รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวของฐานรากเข็มพืดที่ตั้งอยู่บนทรายแห้ง

จากกราฟยังสามารถวิเคราะห์หาค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากที่การทรุดตัวต่างๆ ได้ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งได้สรุปค่ากำลังรับน้ำหนักที่ค่าการทรุดตัว 5 ระดับคือที่ 5, 10, 15, 20 และ 25 มม. ถึงแม้ว่าการทดสอบจะสามารถทดสอบรากได้มากกว่า 25 มม. ก็ตาม แต่ในงานวิศวกรรมฐานรากทั่วไปมักจะคิดกำลังรับน้ำหนักที่ระดับการทรุดตัวไม่เกิน 25.4 มม. หรือ 1 นิ้ว รูปที่ 12 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนัก กับระดับน้ำกรณีระยะเวลา 24 ชม. ก่อนทดสอบ จะเห็นได้ว่าค่ากำลังรับน้ำหนักจะลดลงเมื่อระดับน้ำอยู่ลึกลงไป โดยมีความสัมพันธ์มีลักษณะเป็นเส้นตรง (Linear) ซึ่งตรงกันข้ามกับกรณีที่ไม่ปล่อยให้ดินรับอิทธิพลจากน้ำ (รูปที่ 13)



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักระทำการทรุดตัวของฐานรากเข็มพืดแบบระยะเวลา 24 ชั่วโมงก่อนแล้วทดสอบ

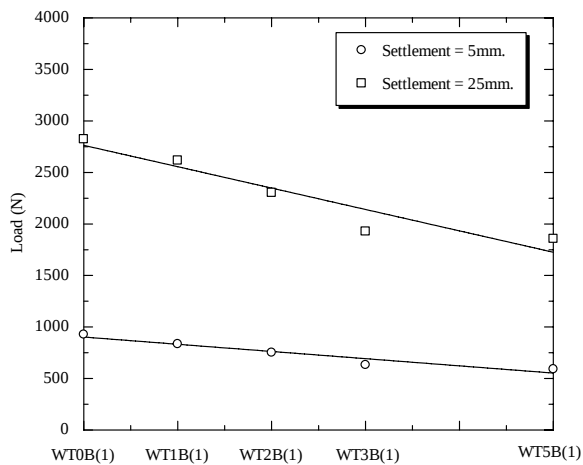


รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักกับการทรุดตัวกรณีทดสอบทันทีเมื่อระดับน้ำถึงระดับที่ต้องการ

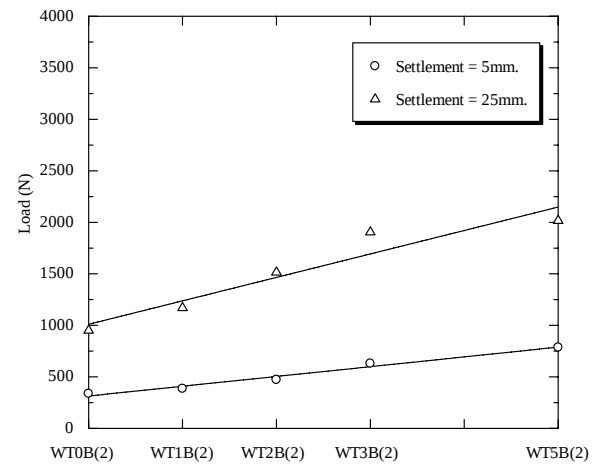
จากการทดสอบที่ระดับน้ำอยู่ลึกจากผิวทรายมากๆ (ตั้งแต่ความลึก 3B ลงไป) จะเห็นได้ว่าระดับน้ำและเวลาก่อนการทดสอบนั้นไม่มีผลต่อค่ากำลังรับน้ำหนัก (รูปที่ 14) ส่วนรูปที่ 15 กรณีที่ระดับน้ำอยู่ที่ระดับ 2B และรูปที่ 16 กรณีที่ระดับน้ำอยู่ที่ผิวดิน เป็นตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าเวลาก่อนการทดสอบมีผลต่อค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากเข็มพืดเมื่อระดับน้ำอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยเมื่อระดับน้ำอยู่ใกล้ผิวดินค่ากำลังรับน้ำหนักของกรณีทั้งสองยังจะมีความแตกต่างกันมาก

ตารางที่ 3 ค่ากำลังรับน้ำหนักที่การทรุดตัวต่างๆ

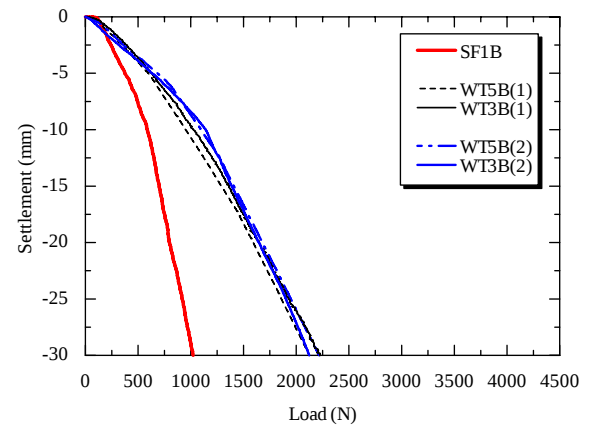
Name	Load (N) at settlement of				
	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm
SF1B	376	585	699	799	919
WT5B(1)	592	954	1,292	1,592	1,858
WT3B(1)	633	1,026	1,362	1,649	1,929
WT2B(1)	753	1,249	1,675	2,000	2,304
WT1B(1)	836	1,406	1,819	2,222	2,618
WT0B(1)	929	1,512	1,956	2,398	2,825
WT5B(2)	692	1,101	1,409	1,676	1,952
WT3B(2)	631	1,140	1,390	1,649	1,904
WT2B(2)	473	801	1,051	1,301	1,515
WT1B(2)	386	564	762	964	1,170
WT0B(2)	339	481	626	792	951



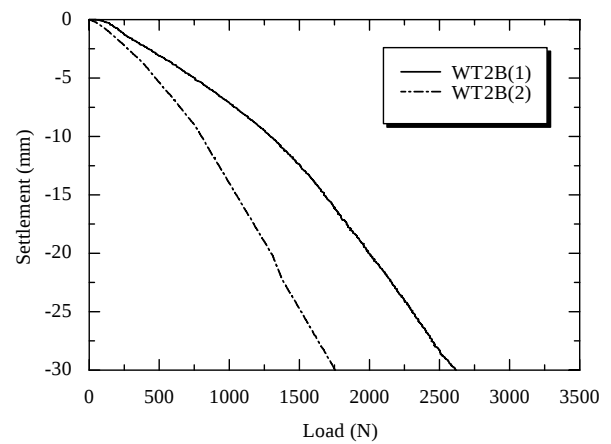
รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักกับระดับน้ำ
กรณีรอเวลา 24 ชม. ก่อนทดสอบ



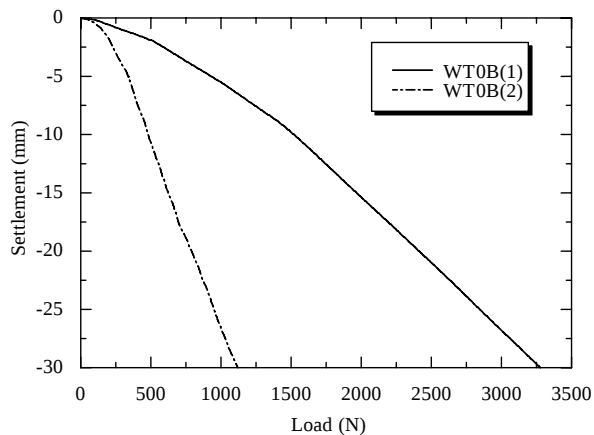
รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักกับระดับน้ำ
กรณีทดสอบทันที



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักกับ
การทรุดตัวของกรณีทดสอบที่ระดับน้ำอยู่ที่ 3B และ 5B



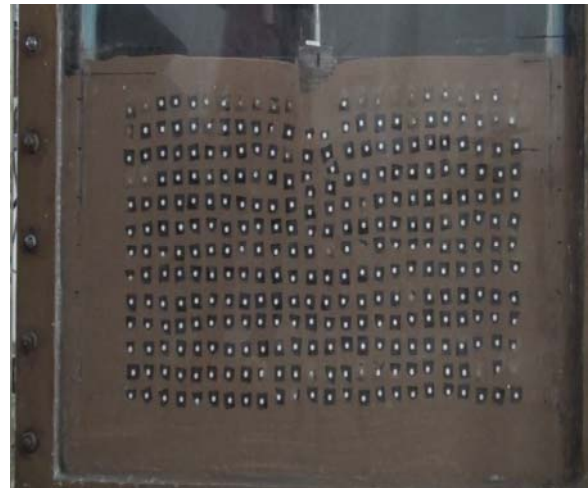
รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักกับระดับน้ำ
กรณีระดับน้ำอยู่ที่ 2B เมื่อวัดจากผิวทราย



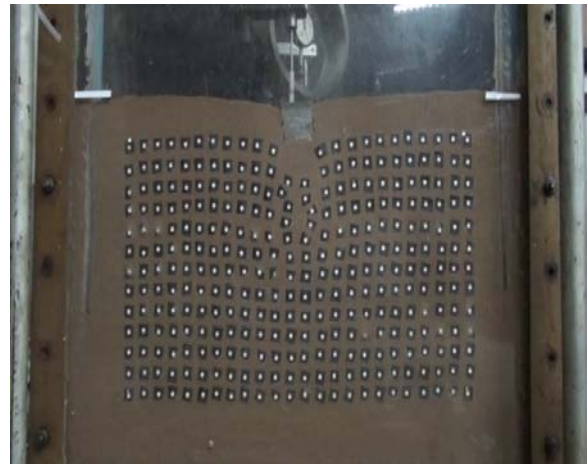
รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักกับระดับน้ำ
กรณีทีระดับน้ำอยู่ที่ผิวทราย (0B)

3.2 รูปก่อนและหลังการทดสอบ

เมื่อนำรูปถ่ายก่อน, ระหว่างและหลังการทดสอบ มาวิเคราะห์ จะสามารถคำนวณหาขนาดและทิศทางการเคลื่อนตัวของ มุมดัดที่ตั้งที่ตำแหน่งต่างๆได้ โดยการเคลื่อนที่ของมุมดัด เหล่านี้สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนตัวของมวลดิน ทั้งหมดที่อยู่ใต้ฐานรากได้ โดยทิศทางการเคลื่อนตัวของมวล ดินเมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าการ ทดสอบและค่าแรงกด จะสามารถวิเคราะห์รูปแบบการวิบัติได้ รูปที่ 17 และ 18 เป็นตัวอย่างของรูปที่ถ่ายหลังการทดลองที่ ระดับน้ำอยู่ที่ผิวทรายของทั้ง 2 กรณี จากภาพทั้งสองสามารถ คำนวณหาขนาดและทิศทางการเคลื่อนตัวของมุมดัดแสดง ในรูปที่ 19 และ 20 ซึ่งสามารถบอกได้ว่ามวลดิน ณ ตำแหน่ง ใดๆ เคลื่อนที่ไปเท่าไรและเคลื่อนที่ในทิศทางใด จาก การศึกษาพบว่ารูปแบบการวิบัติของทุกการทดสอบมีลักษณะ คล้ายการวิบัติแบบ Local shear failure



รูปที่ 17 ภาพถ่ายมวลดินหลังการทดสอบ WT0B (1)

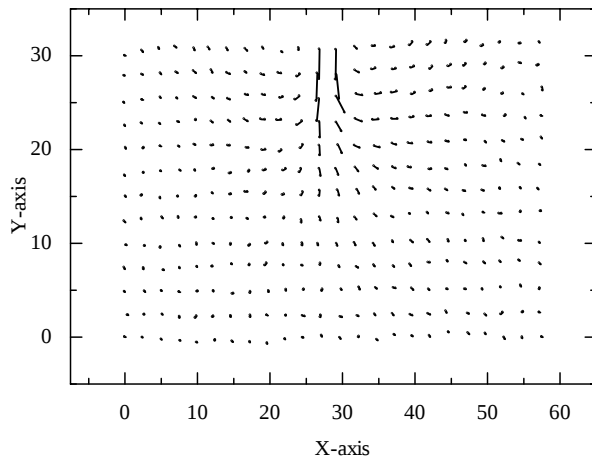


รูปที่ 18 ภาพถ่ายมวลดินหลังการทดสอบ WT0B (2)

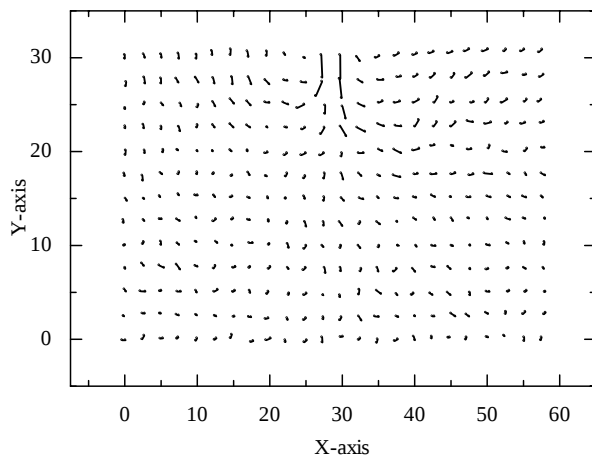
3.3 อิทธิพลของขนาดของแบบจำลอง (The Size Effect)

เนื่องจากการทดสอบนี้ กระทำภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก (1g) และมีขนาดเล็กกว่าฐานรากจริงมาก ซึ่งอาจทำให้ผลที่ได้ เกิดความแตกต่างจากการทดสอบกับฐานรากขนาดจริง (Full scale) ที่ทดสอบในสนาม แต่จากเปรียบเทียบกับการ ทดสอบที่ได้จากแบบจำลองกับการศึกษาของ Punrattanasin et al. (2003a and 2003b) โดยใช้เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifuge tests) และการทดสอบซึ่งกระทำกับฐานรากจริง (Full scale model) ของ Nishioka et al. (2007) ผลจากการ ทดสอบในครั้งนี้กับการทดสอบด้วยเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

และการทดสอบกับฐานรากจริงให้ผลการทดสอบในทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 19 ขนาดและการเคลื่อนที่ของมวลดินใต้ฐานรากสำหรับการทดสอบ WT0B (1) ที่การทรุดตัว 25mm.



รูปที่ 20 ขนาดและการเคลื่อนที่ของมวลดินใต้ฐานรากสำหรับการทดสอบ WT0B (2) ที่การทรุดตัว 25mm.

4. สรุป

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าฐานรากเข็มพืดมีประสิทธิภาพในการช่วยเพิ่มค่ากำลังรับน้ำหนักในแนวดิ่งให้กับฐานรากดิน นอกจากนี้ฐานรากเข็มพืดยังมีความสามารถในการรับน้ำหนักในแนวนอนและโมเมนต์สูงขึ้นกว่าเดิม การศึกษาในอดีตจำกัดเพียงแต่การทดสอบกับดินในสภาพแห้งเท่านั้น เป็นที่

ทราบกันว่ามีน้ำมีส่วนทำให้ค่ากำลังรับน้ำหนักของฐานรากเปลี่ยนไป งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการกับแบบจำลองฐานรากเข็มพืดที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำ ผลการศึกษาพบว่าฐานรากที่ติดตั้งเข็มพืดยาว 1B โดยได้รับอิทธิพลจากน้ำ จะเห็นว่ากรณีที่รอเวลา 24 ชั่วโมงเป็นการให้เวลาทรายได้การจัดเรียงตัวใหม่จึงทำให้ทรายมีความแน่นมากกว่าทรายแห้งเป็นผลให้ค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกมีค่าสูงกว่า และเห็นได้ชัดว่ายิ่งระดับน้ำสูงขึ้นใกล้ผิวทรายค่ากำลังรับน้ำหนักก็เพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่วนพฤติกรรมการรับน้ำหนักของแบบจำลองฐานรากที่ติดตั้งเข็มพืดโดยได้รับอิทธิพลจากน้ำที่ทำการทดสอบทันทีหลังจากให้น้ำถึงระดับที่ต้องการทดสอบ การทดสอบทันทีทำให้ทรายยังไม่มีเวลาจัดเรียงตัวใหม่ซึ่งส่งผลต่อความหนาแน่นของดิน และน้ำที่แทรกในช่องว่างระหว่างเม็ดทรายทำให้ค่ากำลังรับน้ำหนักของทรายเป็นผลลดลง ยิ่งระดับน้ำสูงขึ้นใกล้ผิวทรายค่ากำลังรับน้ำหนักก็จะยิ่งลดลง จากการศึกษาอิทธิพลของน้ำทั้ง 2 กรณีจะสังเกตเห็นว่าที่ระดับน้ำลึกจากผิวทราย 3B และ 5B ค่ากำลังรับน้ำหนักของทั้ง 2 กรณีมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่จะเห็นความแตกต่างชัดเจนที่การทดสอบระดับน้ำลึกจากผิวทราย 0B, 1B และ 2B และจากการเปรียบเทียบกับกรณีฐานรากแบบ Strip footing ที่ตั้งอยู่บนทรายแห้งของ ฐานรากเข็มพืดยังคงมีประสิทธิภาพมากกว่าในทุกกรณี แม้ว่าจะได้รับอิทธิพลจากน้ำ

5. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้เฉพาะตัวอย่างทรายเป็นวัสดุรองรับฐานราก จึงควรทำการศึกษาต่อว่าเมื่อเปลี่ยนชนิดของดินในการทดสอบจะมีผลต่อค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกเช่นไร และควรนำมาเปรียบเทียบกับชนิดของดินที่ได้ทำการทดลองไปแล้วว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร และเนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่มีการทดสอบความต้านทานแรงกระทำในทิศทางอื่น เช่น แรงในแนวนอนและโมเมนต์ภายนอก

เอกสารอ้างอิง

- [1] โกสวัตต์ ช่างจัตุรัส, 2550. การศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุกของฐานรากคั้นจากแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- [2] Ganier, J. and Canepa, Y., 1991. Effect of different footing conditions on ultimate bearing pressure. Proceeding of the International Conference Centrifuge91, pp. 209-216.
- [3] Nishioka, H., Koda, M., Hirao, J. and Higuchi, S. 2007. Development of sheet pile foundation combining footing with sheet piles. Proceedings of the International Workshop on recent Advances of Deep Foundation:327-333.
- [4] Punrattanasin, P., Kusakabe, O., Koda, M., and Nishioka, H. 2002. Sheet Pile Foundation on Sand under Combined Loading- A Literature Review and Preliminary Investigation. Technical Report No.65, Department of Civil Engineering, Tokyo Institute of Technology: 57-85.
- [5] Punrattanasin, P., Kusakabe, O., Koda, M., and Nishioka, H. 2003a. Failure Envelopes for Sheet Pile Foundation on Sand under Combined Loading. Proceedings of the Fourth Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering, Bangkok, Thailand: 629-638.
- [6] Punrattanasin, P., Izawa, J., Kusakabe, O., Koda, M., and Nishioka, H. 2003b. The Behavior of Sheet Pile Foundation on Sand. Proceedings of BGA International Conference on Foundations, Dundee, Scotland: 723-732.