ค่าตัวแปร α β และ N_q ที่เหมาะสมกับการออกแบบเสาเข็มภายในมหาวิทยาลัยพะเยา

INVESTIGATION OF THE α β AND N_q PARAMETER FOR PILE FOUNDATION DESIGN IN THE UNIVERSITY OF PHAYAO

ธนกฤต เทพอุโมงค์[1,*], ธนกร ชมภูรัตน์[2] และ อภิชาต บัวกล้า[3]
[1,3] อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยพะเยา, จังหวัดพะเยา, ประเทศไทย
[2] รองศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยพะเยา, จังหวัดพะเยา, ประเทศไทย
[*]Corresponding author address: thanakit.th@up.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดตั้งมหาวิทยาลัยพะเยา และศูนย์การแพทย์และโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยา มีส่วนสำคัญในการผลักดันให้จังหวัดพะเยามีการเติบโตของเศรษฐกิจที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในอนาคตยังมีเป้าหมายให้ศูนย์การแพทย์และโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยาเป็นศูนย์กลางการให้บริการทางการแพทย์และการสาธารณสุขประจำภูมิภาคล้านนาตะวันออก ซึ่งประกอบด้วยจังหวัดเชียงราย พะเยา แพร่ น่าน เพื่อรองรับการขยายตัวและความต้องการที่สามารถเล็งเห็นได้นี้ ส่งผลทำให้เริ่มมีการก่อสร้างอาคารสูงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาทิ อาคารเรียน หอพัก และโรงแรม โดยการก่อสร้างอาคารสูงต้องอาศัยฐานรากลึกหรือเสาเข็มเพื่อรองรับทั้งขนาดและน้ำหนักของอาคาร อย่างที่ทราบกันดีว่าเสาเข็มเป็นพื้นฐานของการออกแบบฐานราก ซึ่งค่าตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบเสาเข็มนั้นจะแตกต่างกันไปเพื่อให้เหมาะสมที่สุดกับแหล่งที่นำไปใช้ ตามวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบ หรือปัจจัยอื่น ๆ ดังนั้นวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าตัวแปรหลัก ได้แก่ α β และ N_q ที่เหมาะสมกับการออกแบบเสาเข็มที่ใช้ภายในมหาวิทยาลัยพะเยา และศูนย์การแพทย์และโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยา รวมถึงพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งประกอบไปด้วยหอพักขนาดสูงเป็นจำนวนมาก ท้ายที่สุดของงานวิจัยนี้ได้สรุปค่าตัวแปรดังกล่าวที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบเสาเข็มในพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งได้รายงานจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการรับน้ำหนักของเสาเข็มจากวิธีสถิตยศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ของอาคารที่ก่อสร้างภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการขยายตัวในปัจจุบันและอนาคตอันใกล้ของทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา ศูนย์การแพทย์และโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสำหรับนำไปใช้วิเคราะห์ออกแบบเสาเข็มหรือทำการศึกษาต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: *การออกแบบเสาเข็ม, พารามิเตอร์เสาเข็ม, กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์, การทดสอบเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์, มหาวิทยาลัยพะเยา*

Abstract

The existence of University of Phayao as well as the recent University of Phayao Medical Center and Hospital has influenced the continuous economic growth of Phayao province. Beside the development of University of Phayao, University of Phayao Medical Center and Hospital have been targeted to be the service center of Eastern Lanna including Chiang Rai, Phayao, Phrae, and Nan. As a result, the high-rise buildings have been increased to prepare for the foreseeable demand such as education building, dormitory, and hotel. The load-bearing capacity of the high-rise buildings foundation needs the deep foundation or pile to support its large and heavy structure. As we know that the pile is the basis for design of deep foundation and in designing the pile, there are different parameters to achieve the most suitability or specific requirements of the targeted areas, designer's purpose, and other factors focused. By this reason, this research aims to find out the main parameter including α β and N_q which are suitable to apply for the pile design using in University of Phayao and neighborhood area. At the end of this study, the proper parameters are concluded from comparing the load-bearing capacity of the plies of the high-rise buildings in University of Phayao between the employment of Static method and the application of dynamic pile load test. The outcome would be beneficial to the present and near-term expansion of University of Phayao, University of Phayao Medical Center and Hospital, and other concerned areas; moreover, to the relevant studies in the future.

Keywords: *Pile foundation design, Pile foundation parameters, Pile load capacity by static method, Dynamic pile load test, University of Phayao*

1. คำนำ

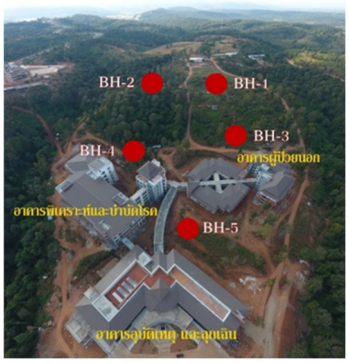
การออกแบบเสาเข็มจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกจากแรงเสียดทานผิวและกำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ปลายเสาเข็ม เช่น ค่า β จากสูตรแรงเสียดทานรอบเสาเข็ม (skin friction capacity,Q_S) และ N_q จากสูตรแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม (end bearing capacity , Q_E) โดยตัวแปรดังกล่าวที่เหมาะสมกับการออกแบบเสาเข็มมีหลายค่า ทำให้ได้ผลการออกแบบที่ต่างกันออกไปเพราะค่าตัวแปรที่เหมาะสมนั้นไม่ได้เจาะจงพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง การเลือกใช้ตัวแปรจึงขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของวิศวกรผู้ออกแบบ (ธนกร, 2555) ซึ่งผลการออกแบบส่วนใหญ่ที่ได้จะมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง

เนื่องจากมหาวิทยาลัยพะเยาได้แยกออกมาจากมหาวิทยาลัยนเรศวร และเป็นมหาลัยเอกเทศอย่างเต็มรูปแบบจึงทำให้มหาวิทยาลัยพะเยามีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีจำนวนนิสิตเป็นจำนวนมากทำให้ในพื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยมีการก่อสร้างอาคารสูง เพื่อรองรับจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและค้นคว้าหาค่าตัวแปร β และ N_q ที่เหมาะสมกับการออกแบบเสาเข็มภายในมหาวิทยาลัยพะเยา

2. การดำเนินงานวิจัย

2.1. พื้นที่เป้าหมาย

มหาวิทยาลัยพะเยามีจำนวนนิสิตและบุคลากรมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกๆปี ทางมหาวิทยาลัยพะเยาจึงต้องมีการก่อสร้างอาคารเรียน หอพัก ศูนย์การแพทย์ โรงพยาบาลทันตกรรมขึ้นเพื่อรองรับนิสิต บุคลากรและประชาชนทั่วไปที่ต้องการใช้บริการ ทางคณะวิจัยจึงได้คัดเลือกพื้นที่บริเวณที่โครงการก่อสร้างศูนย์การแพทย์ระยะที่ 2 อาคารพิเคราะห์โรค มหาวิทยาลัยพะเยาซึ่งได้ข้อมูลดินจากการเจาะสำรวจ 5 หลุมดังแสดงในรูปที่ 1 มาออกแบบหาค่าตัวแปร β และ N_q ที่เหมาะสมกับการออกแบบเสาเข็ม



รูปที่ 1 ภาพถ่ายมุมสูงของอาคารพิเคราะห์โรคและข้อมูลดิน 5 หลุม

2.2. การสำรวจทางธรณีเทคนิค

การเจาะสำรวจชั้นดินเป็นวิธีหลักที่ใช้ในการสำรวจชั้นดิน โดยเจาะลงไปสำรวจการเปลี่ยนแปลงของชั้นดิน ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินของโครงการก่อสร้างศูนย์การแพทย์ระยะที่ 2 อาคารพิเคราะห์โรค มหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งมีข้อมูลดินอยู่ 5 หลุม โดยเลือกหลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2 มาวิเคราะห์ ซึ่งข้อมูลดินได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 หลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2

Top soil	-	0.00
Silty, clayey sand, trace of gravel, reddish grey,medium dense, (SC-SM)	γ_t= 1.81 t/m^3 SPT = 20 Brows ϕ = 33°	-1.00
Silty sand,with gravel, greyish brown, very dense, (SM)	γ_t= 2.03 t/m^3 SPT = 88 Brows ϕ = 41°	-3.00
Lean clay, brown hard, (CL)	γ_t= 1.87 t/m^3 SPT = 82 Brows Su= 31.53 t/m^2	-6.50
Silty, clayey sand, trace of gravel light brown, very dense, (SC-SM)	γ_t= 2.04 t/m^3 SPT => 100 Brows ϕ = 40°	-8.00 -10.45

2.3. ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

1. วิเคราะห์ชั้นดินจากข้อมูลผลการเจาะสำรวจดินทั้งสิ้น5หลุม และวิเคราะห์หลุมที่มีความเหมาะสมเพื่อใช้ในการออกแบบปรากฏว่าได้ใช้ชั้นดินของหลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2 เพราะชั้นดินของหลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2 ที่ความลึก -9 เมตรมีชั้นดินทรายซึ่งเหมาะสำหรับการวางเสาเข็ม และมีข้อมูลครบถ้วนเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบ

2. การออกแบบเสาเข็มมีตัวแปร α β และ N_q เป็นจำนวนมาก จึงได้ทำการค้นหาตัวแปรที่เหมาะสมต่อดินในพื้นที่ก่อสร้างภายในมหาวิทยาลัยพะเยา จากการค้นคว้าตัวแปรพบว่าตัวแปร α มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และมีผลต่อการคำนวณเพียงเล็กน้อย จึงใช้ตัวแปร α เป็นหลักเพียงค่าเดียวโดยเลือกใช้พารามิเตอร์ของ Tomlinson (1957) แต่ค่าตัวแปร β มีค่าที่แตกกันและมีผลต่อการคำนวณเป็นอย่างมากจึงเลือกมาจำนวน 3 ค่าที่มีความเหมาะสมต่อดินในพื้นที่ และค่าตัวแปร N_q จำนวน 5 ค่า โดยค่าตัวแปรที่นำมาใช้ล้วนเป็นตัวแปรที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 2

3 คำนวณการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในการออกแบบเสาเข็มจะแบ่งออกเป็นสองลักษณะคือ กำลังรับน้ำหนักบรรทุกจากแรงต้านที่ผิวด้านข้างเสาเข็ม (Q_S) และกำลังรับน้ำหนักบรรทุกจากแรงต้านปลายเสาเข็ม (Q_E) เป็นสำคัญ

4 การทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์ (dynamic pile load test) เป็นการทดสอบหากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม โดยใช้ตุ้มน้ำหนักปล่อยกระแทกที่หัวเสาเข็มให้เสาเข็มเกิดการเคลื่อนตัว

แรงกระแทกจากตุ้มน้ำหนักจะทำให้เกิดคลื่นความเค้นอัดเคลื่อนที่ลงในเสาเข็ม ด้วยความเร็วคลื่นที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเสาเข็ม คลื่นความเค้นดังกล่าวจะสะท้อนกลับ

5 เปรียบเทียบกับการทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์การทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์ โครงการก่อสร้าง กลุ่มอาคารศูนย์การแพทย์ระยะที่ 2 อาคารพิเคราะห์โรค มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา จำนวน 3 ต้น ทดสอบโดย บริษัท เอส.เค.อี.คอนซัลแตนท์ จำกัด

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ α β และ N_q ที่ใช้ในการออกแบบเสาเข็มในแต่ละกรณี

กรณี	β	N_q
1	Meyerhof (1976)	Terzaghi's Bearing Capacity Factors
2	Meyerhof (1976)	Peak, Hanson, and Thornburn, (1974)
3	Meyerhof (1976)	Terzaghi (1943)
4	Meyerhof (1976)	Vesic (1963)
5	Meyerhof (1976)	Berezantsev (1961)
6	After BROM, (1978)	Terzaghi's Bearing Capacity Factors
7	After BROM, (1978)	Peak, Hanson, and Thornburn, (1974)
8	After BROM, (1978)	Terzaghi (1943)
9	After BROM, (1978)	Vesic (1963)
10	After BROM, (1978)	Berezantsev (1961)
11	$K_s * \tan\delta'$	Terzaghi's Bearing Capacity Factors
12	$K_s * \tan\delta'$	Peak, Hanson, and Thornburn, (1974)
13	$K_s * \tan\delta'$	Terzaghi (1943)
14	$K_s * \tan\delta'$	Vesic (1963)
15	$K_s * \tan\delta'$	Berezantsev (1961)

3. การคำนวณการรับน้ำหนักของเสาเข็มเดี่ยวด้วยวิธีสถิตยศาสตร์

การออกแบบฐานรากเสาเข็มอาศัยกลไกการรับน้ำหนักที่เกิดจากแรงเสียดทานรอบเสาเข็มและแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม โดยการคำนวณการรับน้ำหนักของเสาเข็มเดี่ยวด้วยวิธีทางสถิตยศาสตร์นั้นอาศัยความรู้ ได้แก่ สมดุลในแนวตั้ง สภาพชั้นดิน และคุณสมบัติของดิน สมการการประมาณค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 1

$$Q_{ult} = Q_S + Q_E - W_P \quad (1)$$

โดยที่ Q_{ult} คือ กำลังรับน้ำหนักประลัย

Q_S คือ แรงต้านทานเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน

Q_E คือ แรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม

W_P คือ น้ำหนักของเสาเข็ม

3.1. แรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน (SHAFT RESISTANCE, Q_S)

ค่าของ Q_S สามารถคำนวณได้จากแรงเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดินตลอดความยาวของเสาเข็มดังสมการที่ 2

$$Q_S = f_S A_S \quad (2)$$

โดยที่ f_S ความเค้นเสียดทานในชั้นดินที่พิจารณา และ A_S คือ พื้นที่เส้นรอบวงเสาเข็มในชั้นดินที่พิจารณา

การพิจารณาค่า กรณีเสาเข็มผ่านชั้นดินเหนียวการประมาณค่าความเค้นเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดินเหนียวใช้วิธีแอลฟ่า โดยวิธีนี้ใช้หลักการวิเคราะห์แบบความเค้นรวม นั่นคือ $C = Su$ และ ϕ = 0 ดังนั้น สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$f_S = \alpha Su \quad (3)$$

เมื่อ Su คือ กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำโดยประมาณได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่าที่บริเวณกึ่งกลางชั้นและ α คือ adhesion factor

กรณีเสาเข็มผ่านชั้นดินทรายการวิเคราะห์ f_S สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$f_S = K_s \sigma'_v \tan\delta' = \beta \sigma'_v \quad (4)$$

เมื่อ K_s คือ สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้าง δ' คือมุมเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน และ σ'_v คือ ความเค้นประสิทธิผลแนวดิ่งโดยพิจารณาที่บริเวณกึ่งกลางชั้นดิน

3.2 แรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม (end bearing, Q_E)

ค่าของ Q_E สามารถคำนวณได้จากแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็มดังสมการที่ 5

$$Q_E = q_E A_E \quad (5)$$

โดยที่ q_E คือ ความเค้นแบกทานประลัย และ A_E คือ พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม

กรณีปลายเสาเข็มวางบนชั้นดินเหนียว วิเคราะห์โดยใช้ความเค้นรวม สมการกำลังแบกทานประลัยสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 6

$$q_E = 9Su\sigma_v \quad (6)$$

กรณีปลายเสาเข็มวางบนชั้นดินทราย วิเคราะห์โดยใช้ความเค้นประสิทธิผล สมการกำลังแบกทานประลัยสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 7

$$q_E = \sigma'_v N_q \qquad 7$$

4. ผลการดำเนินงาน

4.1. ข้อมูลชั้นดิน

ผลการเจาะสำรวจชั้นดินทำให้ทราบถึงลักษณะชั้นดินว่ามีลักษณะในแต่ละความลึกที่ต้องการว่ามีลักษณะอย่างไร ซึ่งหลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2 คือหลุมเจาะที่ใช้ออกแบบเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์ สามารถจำแนกลักษณะชั้นดินได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะชั้นดินของหลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2

ชั้นที่	ลักษณะชั้นดิน	ความลึก (เมตร)
1	ดินชั้นบน	0.00 – 1.00
2	ทรายปนด้วยดินเหนียวปนด้วยตะกอนทราย มีกรวดปนเล็กน้อย สีน้ำตาลปนแดง สีเทาปนแดง ความแน่นปานกลาง	1.00 – 3.50
3	ทรายปนด้วยตะกอนทราย มีกรวดปน สีน้ำตาลปนเทา สีน้ำตาลปนแดง ความแน่นแน่นมาก	3.50 – 6.50
4	ดินเหนียว สีน้ำตาลแข็งมาก	6.50 - 8.00
5	ทรายปนด้วยดินเหนียวปนด้วยตะกอนทรายมีกรวดปนเล็กน้อย สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาล แน่นมาก	8.00 - 10.45

หลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2 มีชั้นดินที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบ เนื่องจาก

1. ที่ระดับชั้นดินลึกลงไป 9.00 เมตร เป็นชั้นดินทราย ซึ่งชั้นดินทรายนี้เหมาะสำหรับการวางเสาเข็มอย่างยิ่ง

2. ในรายงานผลการเจาะสำรวจดิน ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2 มีข้อมูลที่ครบถ้วนที่สุด ซึ่งเป็นประโยชน์และง่ายต่อการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์

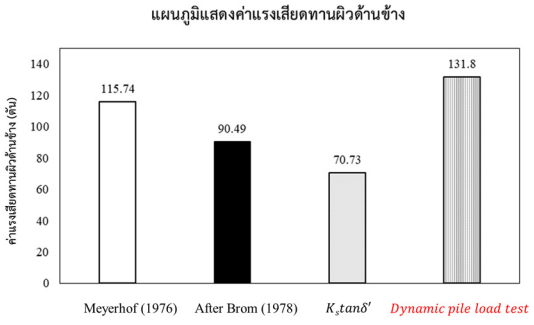
การทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์ของโครงการก่อสร้างกลุ่มอาคารศูนย์การแพทย์ ระยะที่ 2 อาคารพิเคราะห์โรค มหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งในโครงการนี้มีหลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2 อยู่ในพื้นที่นี้ด้วย ซึ่งได้ทำการทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์อยู่ด้วยกัน 3 ต้น เป็นเสาเข็มแบบเจาะ หน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 0.80 เมตรยาว 8.00 เมตร สำหรับผลการทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์

จำนวนเสาเข็ม	เสาเข็มหมายเลข	ชนิดและขนาดเสาเข็ม (เมตร)	การทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์		
			Q_S (ตัน)	Q_E (ตัน)	Q_{ult} (ตัน)
1	#1(A-3)	Dia 0.80 L=8.0	132.3	247.9	380.2
2	#2(A-4)	Dia 0.80 L=8.0	131.8	250.4	382.2
3	#3(A-4)	Dia 0.80 L=8.0	134.9	245.0	379.9

4.2. ผลการวิเคราะห์แรงเสียดทานผิวด้านข้าง

การวิเคราะห์แรงเสียดทานผิวด้านข้างนี้ (skin friction capacity) มีพารามิเตอร์ α และ β เป็นตัวแปรหลักในการออกแบบ ซึ่งค่า α มีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้พารามิเตอร์ α ของ Tomlinson (1957) ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ β นั้นจะใช้พารามิเตอร์ Meyerhof (1976) สมการ $K_s tan\delta'$ และตารางค่า After BROM (1978) จากผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ พารามิเตอร์ β ของ Meyerhof (1976) ทดสอบได้ค่าใกล้เคียงกับผลทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มด้านพลศาสตร์ (dynamic pile load test) มากที่สุด และได้ทำการวิเคราะห์ออกมาเป็นแผนภูมิแท่งและตารางเทียบกับผลทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มด้านพลศาสตร์ ดังแสดงใน รูปที่ 2

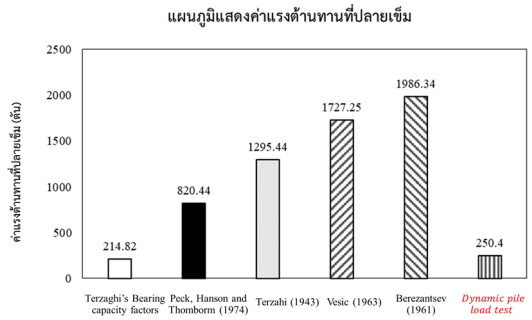


รูปที่ 2 แผนภูมิค่าแรงเสียดทานผิวด้านข้าง

4.3. ผลการวิเคราะห์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม

การวิเคราะห์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มนี้ (*end bearing capacity*) จะมีพารามิเตอร์ N_q เป็นตัวแปรหลักในการออกแบบ ซึ่งค่า N_q ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้พารามิเตอร์ N_q อยู่ 5

พารามิเตอร์ในการออกแบบ คือ 1.Terzaghi's Bearing Capacity Factors 2.Terzaghi *(1943)* 3. Berezantsev *(1961)* 4.Peak, Hanson, and Thornburn, *(1974)* 5.Vesic *(1963)* พารามิเตอร์ N_q ที่ใกล้เคียงกับผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มด้วยพลศาสตร์มากที่สุด คือ Terzaghi's Bearing Capacity Factors ส่วนค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นมีค่าสูงกว่าผลการทดสอบแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มด้านพลศาสตร์มาก ดังแสดงใน รูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิค่าแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม

5. สรุปผลการทดสอบ

5.1. สรุปผลการเจาะสำรวจชั้นดิน

การเจาะสำรวจชั้นดินในโครงการก่อสร้างอาคารศูนย์การแพทย์ระยะที่ *2* อาคารพิเคราะห์โรค มหาวิทยาลัยพะเยา ทำการเจาะด้วยเสาเข็มเจาะแบบสามขาจะเก็บตัวอย่างดินทุกๆระยะ 1.50 เมตร กระทำโดยใช้กระบอกเปลือกบาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 0.75 เมตร ทำการเจาะสำรวจ 5 หลุม ซึ่งได้เลือกหลุมเจาะสำรวจหมายเลข 2 มาทำการคำนวณด้วยวิธีสถิตยศาสตร์ เจาะลึกลง 10.45 เมตร โดยมีข้อมูลลักษณะชั้นดินดังนี้ ชั้นดินที่ *1* ดินชั้นบน ความลึกจากผิวดินลงไป 1 เมตร ชั้นดินที่ 2 ทรายปนด้วยดินเหนียวปนด้วยตะกอนทราย มีกรวดปนเล็กน้อย สีน้ำตาลปนแดง สีเทาปนแดง ความแน่นแน่นปานกลาง ความลึกจากผิวดินลงไป 3.5 เมตร ชั้นดินที่ 3 ทรายปนด้วยตะกอนทราย มีกรวดปน สีน้ำตาลปนเทา สีน้ำตาลปนแดง ความแน่นแน่นมาก ความลึกจากผิวดินลงไป 6.5 เมตร ชั้นดินที่ 4 ดินเหนียว สีน้ำตาลแข็งมาก ความลึกจากผิวดินลงไป 8 เมตร ชั้นดินที่ 5 ทรายปนด้วยดินเหนียวปนด้วยตะกอนทรายมีกรวดปนเล็กน้อย สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาล แน่นมาก ความลึกจากผิวดินลงไป 10.45 เมตร

5.2. สรุปผลของแรงเสียดทานผิวด้านข้างเสาเข็ม

การคำนวณแรงเสียดทานผิวด้านข้างเสาเข็ม พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการคำนวณมี 2 พารามิเตอร์ คือ พารามิเตอร์ α และ β จากการคำนวณพบว่าพารามิเตอร์ α มีค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจึงได้เลือกใช้พารามิเตอร์ α ของ Tomlinson (1957) ส่วนพารามิเตอร์ β มีค่าที่แตกต่างกันค่อยข้างมาก จากการคำนวณพบว่าพารามิเตอร์ β ที่ใกล้เคียงกับผลการทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์มากที่สุดคือ พารามิเตอร์ β ของ Meyerhof (1976) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 115.74 ตัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าแรงเสียดทานผิวด้านข้างเสาเข็มของผลทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์ที่มีค่าเท่ากับ 131.8 ตัน มีเปอร์เซ็นต์ความต่างเท่ากับ 12.18 เปอร์เซ็นต์ เป็นกรณีที่มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยที่สุด

5.3. สรุปผลของแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม

การคำนวณแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการคำนวณคือพารามิเตอร์ N_q ซึ่งพารามิเตอร์ N_q ที่ใกล้เคียงกับผลการทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์มากที่สุดคือ พารามิเตอร์ N_qของ Terzaghi's Bearing Capacity Factors ซึ่งมีค่าเท่ากับ 214.82 ตัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มของผลทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์ที่มีค่าเท่ากับ 250.4 ตัน มีเปอร์เซ็นต์ความต่างเท่ากับ 14.21 เปอร์เซ็นต์เป็นกรณีที่มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยที่สุด

5.4. สรุปผลของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม

การคำนวณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มสามารถทำได้โดยการรวมกันของแรงเสียดทานผิวด้านข้างเสาเข็มกับแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม ลบด้วยน้ำหนักของเสาเข็ม จากการคำนวณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ β พารามิเตอร์ α และพารามิเตอร์ N_q พบว่าค่าพารามิเตอร์ Meyerhof *(1976)* ,Tomlinson *(1957)*, Terzaghi's Bearing Capacity Factors ตามลำดับเป็นพารามิเตอร์ที่มีความเหมาะสมใกล้เคียงกับผลการทดสอบด้านพลศาสตร์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความต่างเมื่อเทียบกับผลทดสอบเสาเข็มด้านพลศาสตร์เท่ากับ 13.51 เปอร์เซ็นต์

6. การอ้างอิง

[1] คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมปฐพี คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2542) "การหากำลังบรรทุกน้ำหนักเสาเข็มจากการทดสอบ" สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพ

[2] ชาญชัย ทรัพย์มณีวงศ์ (2542) "พฤติกรรมของเสาเข็มแบบเร็ตและเสาเข็มเจาะที่ติดเครื่องมือวัดในชั้นดินกรุงเทพ" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] ธนกร ชมภูรัตน์ (2555) "วิศวกรรมฐานราก" คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยพะเยา

[4] สุขสันติ์ หอพิบูลสุข (2552) "วิศวกรรมฐานราก" พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ท้อป กรุงเทพ

[5] Bowles, J.E. (1996) "Foundation analysis and design" 5th. Singapore: McGraw-Hill Companies, Inc.

[6] Meyerhof, G.G. (1963) "Some recent research on the bearing capacity of foundations" Canadian Geotechnical Journal, vol.11, pp.16-26

[7] Terzaghi, K. (1943) "Theoretical of soil mechanics" Wiley, New York.

[8] Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967) "Soil mechanics in engineering practice" 2nd. John Wiley, New York.

[9] Vesic, A.S. (1973) "Analysis of ultimate loads on shallow foundation" Journal of Soil Mechanics and Foundations Devision, ASCE, vol.99, no.SM1, pp.45-73

[10] Vesic, A.S. (1977) "Design of pile foundation" Nation Cooperative Highway Research Program, Synthesis of Highway Practice 42, Transportation Research Board, Nation Research Council, Washington.