# บทที่ 3
## วรรณคดีวิจารณ์

1. การเกาะตัวระหว่างเข็มและดินเหนียวในกรุงเทพฯ ได้มีผู้ทำการทดลองหาสัมประสิทธิ์การเกาะตัวระหว่างเข็มกับดินเหนียวกรุงเทพฯ ไว้หลายคน ดังนี้

CHIRUPPAPA (1968) ได้ทดลองเข็มหล่อในที่ โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม 10,8 และ 6 นิ้ว ยาว 15 ฟุตสำหรับเข็มหุ้มเหล็ก และ 20 ฟุตสำหรับเข็มคอนกรีต ทดสอบในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ พบว่า สัมประสิทธิ์การเกาะตัวระหว่างดินกับเข็มหุ้มเหล็กมีค่า 0.40 และ 0.36 เมื่อเทียบกับ Vane shear strength และ Unconfined compressive strength ตามลำดับ และสำหรับเข็มคอนกรีตมีค่า 0.23 และ 0.21 เมื่อเทียบกับ Vane shear strength และ Unconfined compressive strength ตามลำดับ

ประจิตฯ (2516) ได้ทดสอบเข็มไม้ไผ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 เซนติเมตรที่โคน และ 4 เซนติเมตรที่ปลาย และยาวประมาณ 6 เมตร ตอกลงในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ พบว่า สัมประสิทธิ์การเกาะตัวมีค่า 1.0 และ 1.3 เมื่อเปรียบเทียบกับ Unconfined compressive strength และ Consolidated undrained direct shear strength ตามลำดับ

MUKTABHANT et, al.(1970) ได้ทดสอบเข็มคอนกรีตรูปหกเหลี่ยมขนาดด้านยาว 0.15 เมตร และยาว 4.00 เมตร ตอกลงในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ลึกจากระดับดินเดิม 1.00 เมตร ไม่ได้รายงานเรื่องสัมประสิทธิ์การเกาะตัวไว้ แต่จากการตรวจสอบตัวเลขภายหลัง พบว่า สัมประสิทธิ์การเกาะตัวระหว่างเข็มกับดินเหนียวมีค่าประมาณ 0.77 เมื่อเปรียบเทียบกับ Unconfined compresive strength (ประจิตฯ, 2516)

SUWANAKUL (1969) ได้ทดลองเข็มคอนกรีตหล่อในที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 52 เซนติเมตร ยาว 17, 20, 23 และ 24 เมตร จำนวน 5 ต้น ในดินกรุงเทพฯ พบว่า สัมประสิทธิ์การเกาะตัวเฉลี่ยระหว่างดินกับเข็มคอนกรีตมีค่า 0.75 และ 1.26 เมื่อเทียบกับแรงเฉือนของดินจากการทำ Field vane shear test และ Unconfined compression test ตามลำดับ

TAECHATHUMMARAK (1970) ได้ทดลองเข็มไม้เบญจพรรณขนาด $\phi$ 6" ยาว 6 เมตร ในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ พบว่า สัมประสิทธิ์การเกาะระหว่างดินกับเข็มมีค่า 0.60 และ 0.75 เมื่อเปรียบเทียบกับแรงเฉือนของดินจากการทำ **Field vane shear test** และ **Uncon - fined compression test** ตามลำดับ

2. การทดสอบเข็มกลุ่มในดินเหนียว ได้มีผู้ทำการทดลองเข็มกลุ่มในดินเหนียว ดังต่อไปนี้

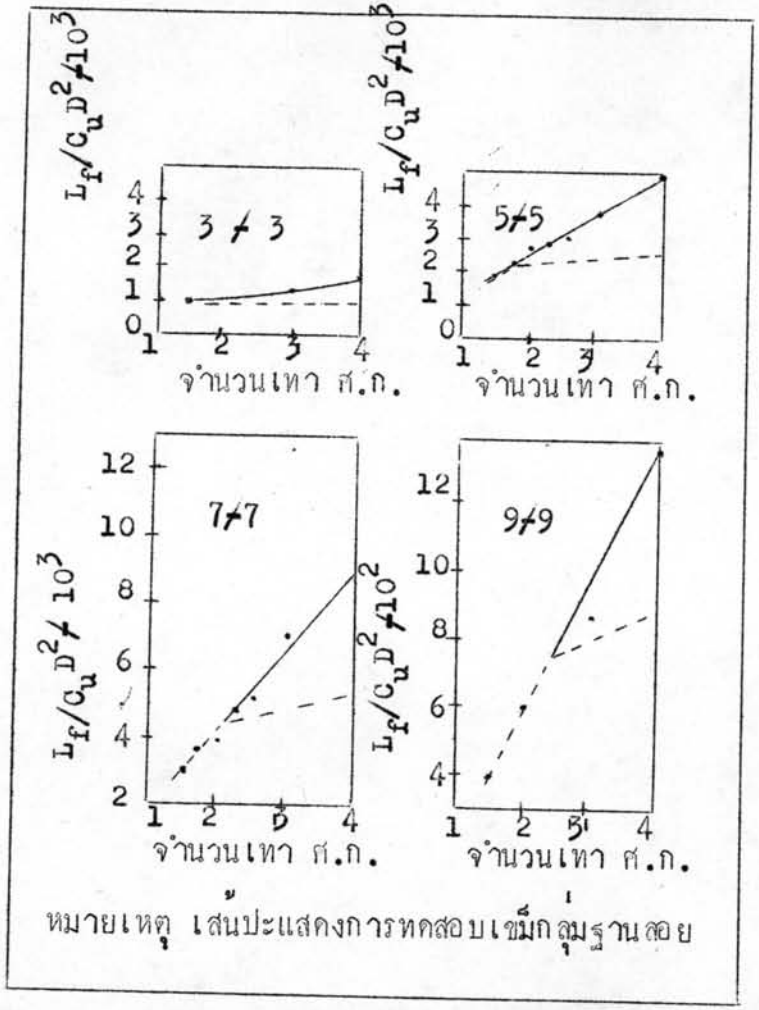
2.1 WHITAKER (1957) ได้ทดสอบเข็มกลุ่มแบบฐานลอย (**Free stand - ing**) โดยใช้เข็มทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว และที่ปลายเข็มทำเป็นรูปกรวยทำมุม 60 องศาที่ปลาย ใช้ดิน **Remolded brown London clay** ทดลอง ผลที่ได้สรุปได้คือ จุดพิบัติของเข็มกลุ่มที่จัดแบบจัตุรัส สำหรับเข็มกลุ่มที่มีระยะห่างระหว่างเข็มใกล้กัน การพิบัติจะเป็นแบบบล็อก เมื่อระยะห่างระหว่างเข็มมากขึ้น การพิบัติของเข็มกลุ่มจะเกิดกับตัวเข็มในแต่ละต้น หรือพร้อมกันทุกต้น (**Individually failure**) ตัวอย่างเช่น เข็มกลุ่ม 9 $\times$ 9 ต้น ความยาวเข็ม 48 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม จะพิบัติแบบบล็อกเมื่อระยะห่างระหว่างเข็มมากที่สุด 2.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม แต่ถ้าห่างกว่านี้ เข็มกลุ่มจะพิบัติแบบแต่ละต้น เพราะฉะนั้น การพิบัติแบบบล็อกจะพิบัติเมื่อระยะระหว่างเข็มแต่ละต้นใกล้กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนเข็มในกลุ่ม และแบบการจัดเข็มในเข็มกลุ่ม เป็นต้น

006480

WHITAKER (1960) ได้ทดลองเข็มกลุ่มแบบเดียวกับการทดลองในแบบฐานลอยในดินชนิดเดียวกัน แต่มีฐานช่วยรับน้ำหนักบรรทุก เรียกว่า ฐานรากเสาเข็ม (**Pile foundation**) จากการทดลองพบว่า ไม่ปรากฏการพิบัติของเข็มกลุ่มแบบบล็อก เทียบกับฐานลอย (ดูรูปที่ 9) จะเห็นว่า กราฟระหว่างอัตราส่วน $Lf/Cud^2$ (น้ำหนักบรรทุกที่จุดพิบัติหารด้วยผลคูณของ **Undrained shear strength** ของดิน และกำลังสองของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม) และจำนวนเท่าของระยะห่างของเข็มในเข็มกลุ่มจะเป็นเส้นที่ลากต่อกันไปตลอด ไม่มีการหักของเส้นเหมือนแบบฐานลอย เช่นเดียวกันกับกราฟระหว่างประสิทธิภาพของเข็มกลุ่ม และจำนวนเท่าของระยะห่างของเข็ม (ดูรูปที่ 10)

2.2 **The Geotechnique Commision of the Swedish State**

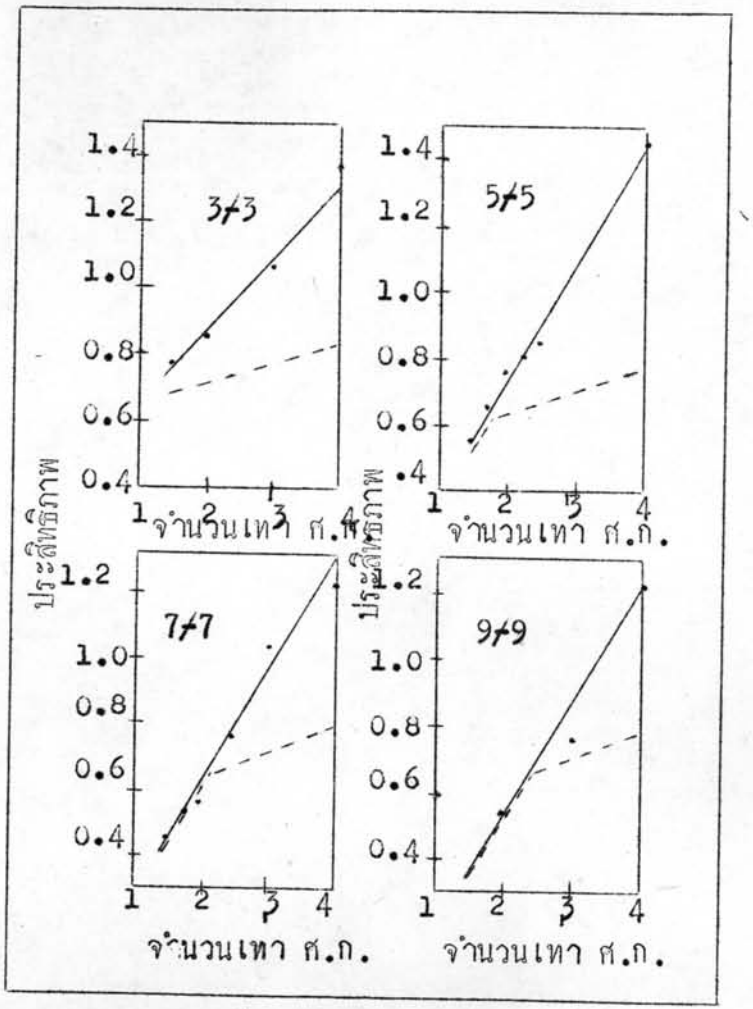
1 18234760




หมายเหตุ เส้นประแสดงการทดสอบเข็มกลุ่มฐานลอย

รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน $L_f/C_u D^2$ และจำนวนเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเข็ม

( จาก WHITAKER, 1960 )




หมายเหตุ เส้นประแสดงการทดสอบเข็มกลุ่มฐานลอย

รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพ และจำนวนเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเข็ม

Railways (1930) ได้ทดลองเข็มไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคน 30 เซนติเมตร และที่ปลาย 15 เซนติเมตร ยาว 15 เมตรในดินเหนียว พบว่าระยะห่างระหว่างเข็มในกลุ่มห่างมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความยาวของเข็ม จึงจะไม่มีผลต่อการลดการรับน้ำหนักของเข็มแต่ละต้น (CHELLIS, 1961)

2.3 MUKTABHANT (1970) ได้ทดลองโดยใช้เข็มคอนกรีตรูปหกเหลี่ยม ขนาดก้านยาว 0.15 เมตร และเข็มยาว 4 เมตร ตอกลึกจากระดับดินเดิม 1 เมตรในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จัดเป็นกลุ่มโดยมีจำนวนเข็มและระยะห่างของเข็มต่างกัน พบว่า

2.3.1 การทรุดตัวของเข็มกลุ่มที่มีจำนวนเข็มเท่ากัน และรับน้ำหนักเท่ากัน จะลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างเข็มมากขึ้น (ดูรูปที่ 11)

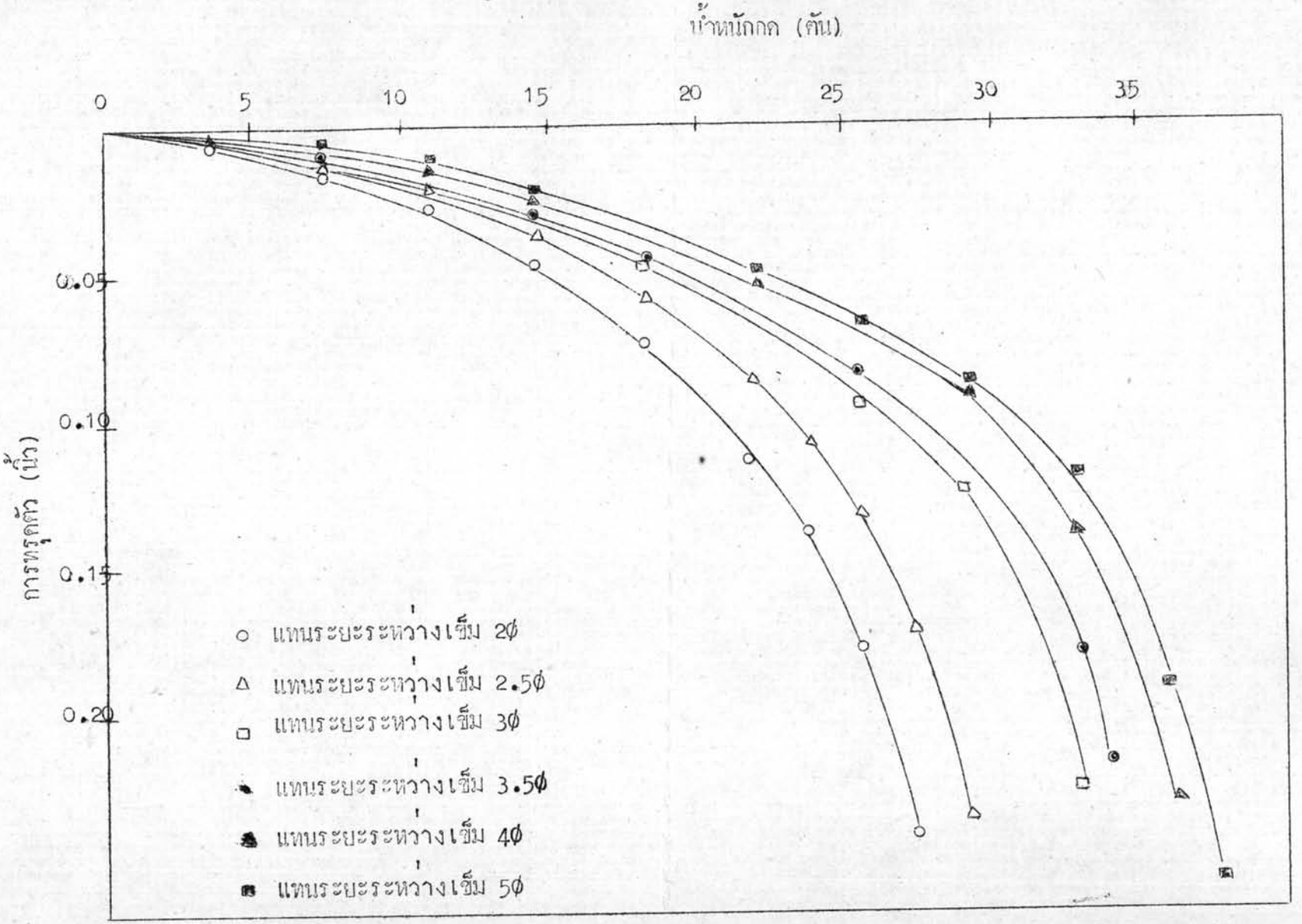
2.3.2 ฐาน (Footing) ของเข็มกลุ่ม จะมีส่วนในการช่วยรับน้ำหนักบรรทุก และเกี่ยวกับการทรุดตัวของเข็มกลุ่ม

2.4 TENG (1962) แนะนำว่า ระยะห่างระหว่างเข็มควรอยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของโคนเข็มไม้ หรือฐานรากควรกว้างประมาณ 42 นิ้วเพื่อประหยัด

2.5 SOOYSMITH (1896) พบว่า การรับน้ำหนักของเข็มกลุ่มจะไม่เท่ากับจำนวนเข็มคูณด้วยน้ำหนักที่เข็มเดี่ยวรับได้ มันจะมีค่าน้อยลงเมื่อเป็นดินเหนียวและมากขึ้นเมื่อเป็นดินทราย เพราะว่า ดินทรายจะถูกบดอัดเมื่อเป็นเข็มกลุ่มมากกว่าดินเหนียว

2.6 ประจิตฯ (2516) ได้ใช้ไม้ไผ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรที่โคน และ 4 เซนติเมตรที่ปลาย ยาว 6 เมตร ตอกเป็นเข็มกลุ่มแบบฐานรากในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ พบว่า เข็มกลุ่มชนิดระยะห่างของเข็มแต่ละต้น 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม จะมีประสิทธิภาพของกลุ่มประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์

2.7 BARBEN and MONCKTON (1970) ใช้เข็มทำด้วยเหล็กผสมเงินยาว 4 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว ปลายเข็มทำเป็นรูปกรวยมุม 45 องศากับแกน เข็มกลุ่มทำเป็นแบบฐานลอย โดยทดลองในดินเหนียวอ่อนและแข็ง (stiff) ที่ Remolded ได้ทิ้งเข็มกลุ่มไว้ 24 ชั่วโมง หลังจากตอกแล้วจึงทดสอบ พบว่า เข็มกลุ่ม 5 x 5 ต้น จะพิบัติแบบบล็อกเมื่อระยะห่างระหว่างเข็มน้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม ทั้งในดินชนิดอ่อนและแข็ง (ดูรูปที่ 12)




รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและการทรุดตัวของเข็มกลุ่ม (จำนวนเข็ม 12 ต้น)

( จาก MUKTABHANT et.al.,1970 )

2.8 KOIZUMI and ITO (1967) ได้ทดลองเข็มกลุ่มแบบฐานรากเสาเข็มโดยใช้เข็มเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร และจมในดินเหนียวลึก 5.55 เมตร โดยใช้เข็ม 3 3 ต้น ระยะห่างระหว่างเข็มแต่ละต้น 90 เซนติเมตร พบว่า แรงต้านดินผิวข้างของเข็มเดี่ยว และเข็มที่อยู่มุมนอกสุดของเข็มกลุ่มที่วุกพิบัติ จะมีค่าประมาณความแข็งแรง (Strength) ของดินเดิม และค่าเฉลี่ยของน้ำหนักบรรทุกของเข็มแต่ละต้นในกลุ่ม จะมีค่าอยู่ระหว่าง 75–80 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักบรรทุกของเข็มเดี่ยว

2.9 NISHIDA (1960) ได้ทำการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ และได้เห็นพ้องกับการทดลองของ WHITAKER (ดูรูปที่ 13) และได้สรุปการวิเคราะห์ ดังนี้

2.9.1 แรงต้านดินผิวข้างของเข็มเป็นตัวสำคัญในการรับน้ำหนักของเข็มในดินเหนียวอ่อน

2.9.2 ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่มจะลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างเข็มแคบเข้า เมื่อทดลองในดินเหนียวอ่อน

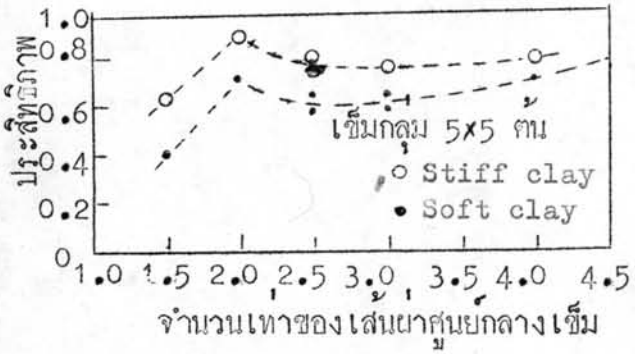
2.9.3 กรณีที่เข็มยาวมาก ๆ เมื่อเทียบกับเส้นผ่าศูนย์กลาง และระยะห่างระหว่างเข็มมากกว่า 8 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม เข็มแต่ละต้นในเข็มกลุ่มจะพิบัติโดยตัวของมันเอง (Individual failure)

2.9.4 การพิบัติแบบบล็อกจะเกิดขึ้นในเข็มกลุ่ม เมื่อระยะห่างระหว่างเข็มเข้าใกล้ 2.8 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม

2.10 SOWER et.al. (1961) ได้ทดสอบเข็มกลุ่มในดินเหนียวที่มีเนื้อเดียวกัน (Homogeneous clay) ดินเหนียวที่ใช้ทดลองเป็นเหนียวพวก Bentonite ที่มีความเหนียวของดินสูง (High plasticity) และมีความซึมผ่านได้ต่ำ (Low permeability) คุณสมบัติอย่างอื่น เช่น มีน้ำ (Water cont.)300 เปอร์เซ็นต์ แรงเฉือนเมื่อ Remolded 0.28 ตันต่อตารางเมตร แต่เมื่อตั้งให้มันคืนแรง (Regain strength) ใน 7 วัน มีค่าแรงเฉือน 0.56 ตันต่อตารางเมตร มีความไว (Sensitivity) เท่ากับ 2 ค่าเฉลี่ยโมดูลัส–ยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) 8.1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สัมประสิทธิ์การเกาะตัวเท่ากับ 0.83 กลุ่มที่ 1 เข็มทำด้วยอลูมิเนียมเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.27 เซนติเมตร

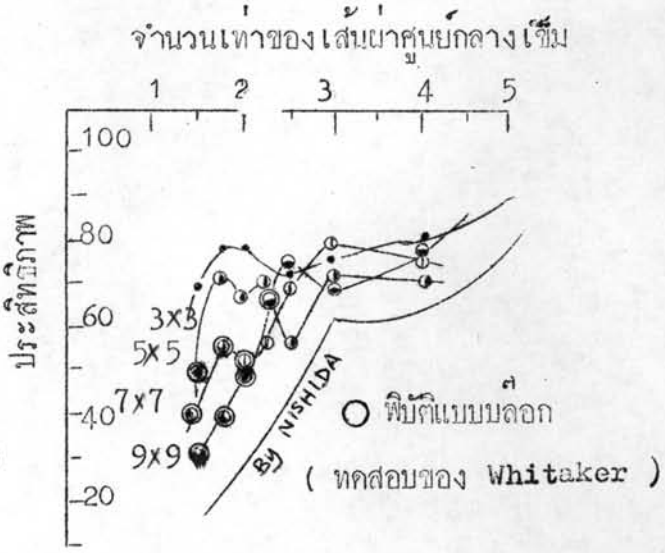
ยาว 61 เซนติเมตร จัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 4, 9 และ 16 ต้น โดยมีระยะห่างระหว่างเข็ม 1.5 ถึง 3.0 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม ความลึกที่จมในดิน 12. 24 และ 36 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม กลุ่มที่ 2 เข็มทำด้วยท่ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.1 เซนติเมตร และยาว 92 เซนติเมตร จัดกลุ่มเข็มเป็น 3 x 3 ต้น และระยะห่างระหว่างเข็ม 1.5, 2, 2.5, 3.5 และ 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม พบว่า (ดูรูปที่ 14) ถ้าระยะห่างระหว่างเข็มใกล้กัน การขับดันของเข็มกลุ่มจะเป็นแบบบล็อก โดยการเคลื่อนตัวลงพร้อมกันของเข็มและดินระหว่างเข็ม ทำให้ประสิทธิภาพของกลุ่มต่ำลงน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะห่างมากขึ้น การขับดันเกิดขึ้นที่เข็มแต่ละต้น ทำให้เพิ่มแรงต้านด้านข้างและแรงต้านที่ปลายเข็ม ทำให้ประสิทธิภาพของกลุ่มเข็มเพิ่มขึ้น เช่น เข็มกลุ่ม 9 และ 16 ต้น ประสิทธิภาพมีค่ามากที่สุด 0.8 และ 0.9

2.11 **TAECHATHUMMARAK(1970)** ได้ทดสอบเข็มกลุ่มแบบฐานรากเสาเข็มซึ่งประกอบด้วยเข็มไม้ 4 ต้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 6 เมตร ตอกลงในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ 5 กลุ่ม โดยมีระยะห่างระหว่างเข็ม 2, 2.5, 3, 4 และ 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็ม พบว่า ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่มทุกกลุ่มมีค่าเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างเข็มเพิ่มขึ้น (ดูรูปที่ 15)



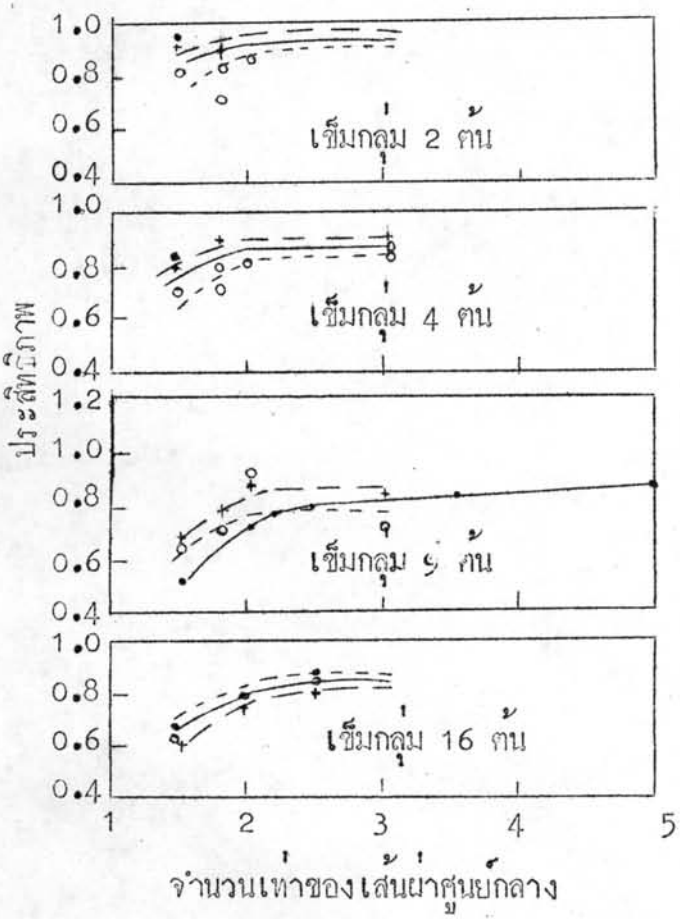

รูปที่ 12 ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่ม

( จาก BARDEN and MONCKTON,1970 )




รูปที่ 13 ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่ม

(จาก NISHIDA,1960 )

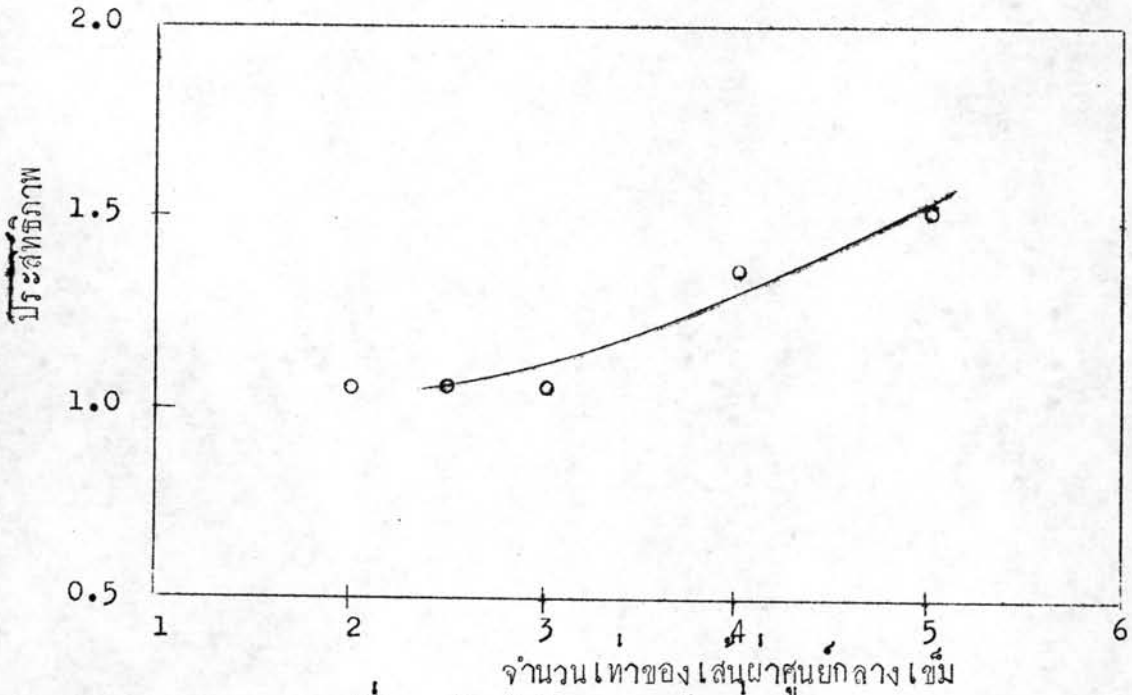



หมายเหตุ

- o แทนเข็มยาว 12 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเข็ม
- • แทนเข็มยาว 24 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเข็ม
- \+ แทนเข็มยาว 36 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเข็ม

รูปที่ 14 ประสิทธิภาพของเข็มกลุ่ม

(จาก SOWERS, MARSHALL and FAUSOLD,1961)




รูปที่ 15 ประสิทธิภาพของเข็มกลุม

(จาก TAECHATHUMMARAK,1970)