

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางเคมีของดิน

4.1.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน

ผลการทดสอบคุณสมบัติของดินชั้นพื้นฐาน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยมีค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit, LL) ประมาณ $96.3 \pm 3.18\%$, ค่าดัชนีพลาสติกซิตี (Plasticity Index, PI) ประมาณ $63.0 \pm 3.45\%$, ค่าความชื้นในธรรมชาติมีค่าประมาณ $98.3 \pm 5.96\%$ ซึ่งจะได้ค่าดัชนีความเหลว (Liquidity Index, LI) ประมาณ 1.0 ± 0.04 ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าเป็นดินอ่อนที่มีความไว, ค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าประมาณ 2.68 และค่าความหนาแน่นเปียกมีค่าประมาณ $14.5 \pm 0.06 \text{ kN/m}^3$ จากผลการทดสอบดินระหว่างหลุมเจาะแสดงให้เห็นว่าดินมีความสม่ำเสมอ และมีการเปลี่ยนแปลงของดัชนีน้อยมาก (รูปที่ 4.1a)

4.1.2 ผลการทดสอบส่วนประกอบทางเคมี

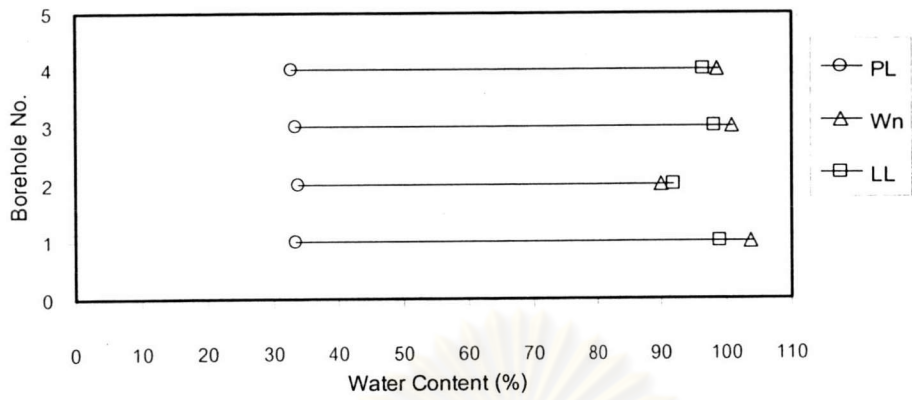
ส่วนประกอบทางเคมีในดินที่ทำการทดสอบได้แก่ Salt Content, Organic Content และ pH เนื่องจากดินกรุงเทพฯ เป็นดินที่ตกตะกอนในทะเล (Marine Deposit) โครงสร้างของดินจึงมีแนวโน้มที่จะจัดเรียงกันแบบระเกะระกะ (Flocculated Structure) ดังนั้น Salt Content ในดิน ซึ่งมี NaCl เป็นส่วนประกอบหลัก จึงเป็นตัวบ่งชี้เสถียรภาพของโครงสร้างดิน ถ้าดินผ่านขบวนการ Leaching ซึ่งเป็นขบวนการชะล้างปริมาณเกลือในมวลดินด้วยน้ำ จะทำให้ปริมาณ NaCl น้อยลงเมื่อเทียบกับปริมาณ NaCl ในน้ำทะเลที่มีค่าประมาณ 35 กรัม/ลิตร ทำให้โครงสร้างของดินขาดเสถียรภาพ (Meta – Structure) และดินจะมีพฤติกรรมที่มีความไว ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการทรุดตัวและพฤติกรรมทางด้านกำลังรับน้ำหนักของดินด้วย

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบส่วนประกอบทางเคมี พบว่าดินมี Salt Content ประมาณ 15.3 ± 4.29 กรัม/ลิตร จะเห็นว่ากระบวนการ Leaching เกิดขึ้นประมาณ 56 % เมื่อเทียบกับ Salt Content ของน้ำทะเล มี Organic Content $2.4 \pm 1.54\%$ และมี pH 8.2 ± 0.21 แสดงว่าดินมีความเป็นด่างเล็กน้อย

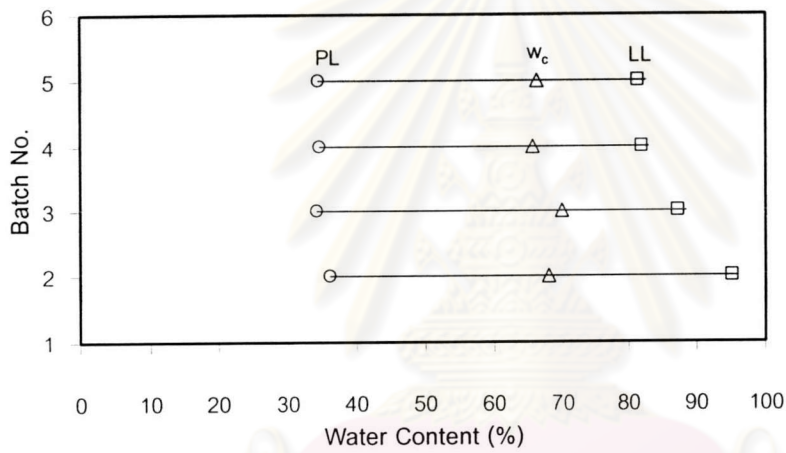
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน และเคมีของดินเหนียวธรรมชาติ

Borehole No.	Depth (m)	Natural Water Content (%)	Total Unit Weight (kN/m ³)	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plasticity Index (%)	Liquidity Index (%)	Specific Gravity	Salt Content g/litre	Organic Content (%)	pH
BH-1	5-8	103.7	14.4	98.9	33.5	65.4	1.1	2.68	12.49	4.03	8.3
BH-2	5-8	89.9	14.5	91.8	33.9	57.9	1.0	2.68	20.83	0.32	8.0
BH-3	5-8	100.9	14.5	98.1	33.3	64.8	1.0	2.68	11.37	2.76	8.4
BH-4	5-8	98.6	14.4	96.5	32.7	63.8	1.0	2.68	16.43	2.58	8.0
Average		98.3	14.5	96.3	33.4	63.0	1.0	2.68	15.3	2.4	8.2
SD.		5.96	0.06	3.18	0.50	3.45	0.04	0.00	4.29	1.54	0.21
Coeff. of Variation (%) = (SD × 100)/Average		6.07	0.40	3.30	1.50	5.47	4.35	0.00	28.07	63.70	2.52

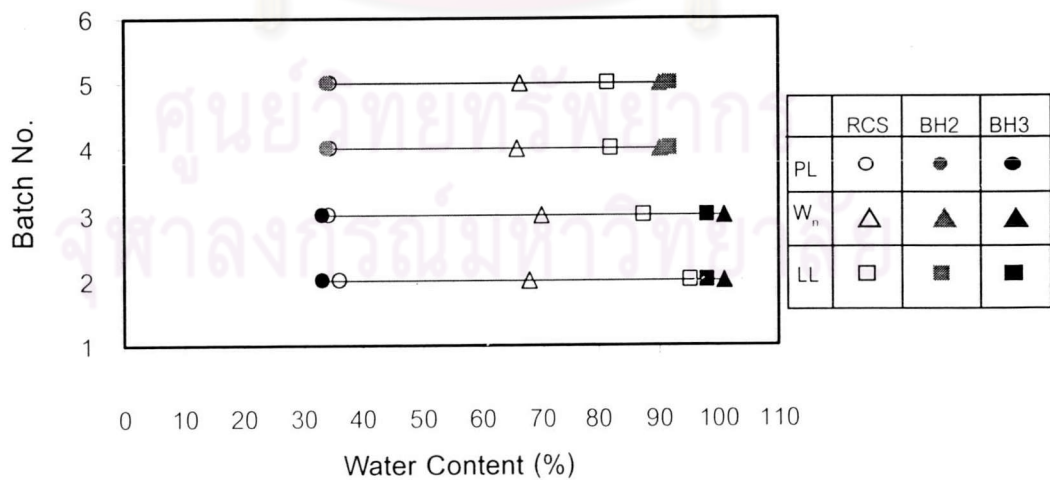
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



a) พิกัดอัตราตะเปิร์กของดินเหนียวธรรมชาติ



b) พิกัดอัตราตะเปิร์กของดินเหนียวสร้างใหม่



c) การเปรียบเทียบพิกัดอัตราตะเปิร์กของดินเหนียว

รูปที่ 4.1 พิกัดอัตราตะเปิร์กของดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่

4.2 การตรวจสอบความสม่ำเสมอของดินเหนียวสร้างใหม่ (Uniformity of Reconstituted Clay)

การทดสอบหาปริมาณความชื้นในดินเหนียวสร้างใหม่ และ Atterberg Limits เป็นวิธีการที่ง่าย และสะดวกที่สุดในการตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อดิน ผลการทดสอบดินเหนียวสร้างใหม่ในแต่ละรุ่นผลมดังแสดงในรูปที่ 4.1b ซึ่งจะพบว่ามีความแปรปรวนค่อนข้างต่ำ โดยพิกัดเหลว (Liquid Limit, LL) มีค่าประมาณ $86.5 \pm 6.32\%$ พิกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL) ค่าประมาณ $34.9 \pm 0.84\%$ และค่าปริมาณความชื้นในดินประมาณ $67.3 \pm 1.9\%$ ซึ่งจะได้ค่าดัชนีความเหลว (Liquidity Index, LI) ประมาณ 0.63 ดังแสดงในตารางที่ 4.2a เมื่อเปรียบเทียบพิกัดอัตราตะเบิร์กระหว่างดินเหนียวธรรมชาติกับดินเหนียวสร้างใหม่ (รูปที่ 4.1c และตารางที่ 4.2b) พบว่าพิกัดเหลวของดินเหนียวสร้างใหม่มีค่าน้อยกว่าดินเหนียวธรรมชาติประมาณ 10% สำหรับพิกัดพลาสติกมีค่าใกล้เคียงกันโดยดินเหนียวสร้างใหม่มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย

รูปที่ 4.2a – 4.2d แสดงผลการทดสอบไฮโดรมิเตอร์ของตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ในแต่ละรุ่นผลม เพื่อตรวจสอบโอกาสการแยกตัวของอนุภาคดิน (Segregation) ในระหว่างการเตรียมตัวอย่าง และการอัดตัวคายน้ำ ตัวอย่างจากด้านบน และด้านล่างของดินเหนียวสร้างใหม่ที่มีความสูงประมาณ 70 มม. จะนำมาทดสอบเปรียบเทียบกัน ผลการทดสอบบ่งชี้ว่าไม่มีการแยกตัวของเม็ดดินในแต่ละรุ่นผลม นอกจากนี้ในระหว่างรุ่นผลม (รูปที่ 4.2f) กราฟมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ามี Consistency ในการเตรียมตัวอย่าง รูปที่ 4.2e แสดงการกระจายตัวของอนุภาคดินของดินเหนียวธรรมชาติหลุมเจาะ BH-2 และ BH-3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับดินเหนียวสร้างใหม่ (รูปที่ 4.2g) จะเห็นว่ากราฟการกระจายตัวของอนุภาคดินของดินเหนียวสร้างใหม่ยังเหมือนกับการกระจายตัวของดินเหนียวธรรมชาติอีกด้วย โดยจะสังเกตว่าดินเหนียวสร้างใหม่ Batch 2 – 3 มีขนาดเม็ดดินเล็กกว่า Batch 4 – 5 เล็กน้อย เนื่องจาก Batch 2 – 3 เตรียมจากดิน BH-3 ที่มีขนาดเม็ดดินเล็กกว่า BH-2 ซึ่งใช้เตรียมดิน Batch 4 – 5 ดังนั้นขบวนการผสมดินโดยใช้ Mechanical Mixer ที่เสนอในงานวิจัยนี้จึงไม่ทำให้เม็ดดินแตก และความเข้มข้นของน้ำเกลือ 11 กรัม/ลิตร ที่เติมไปในขบวนการเตรียมดินเหลวจึงเพียงพอที่จะป้องกันการแยกตัวของเม็ดดิน และทำให้ได้ตัวอย่างที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.2a ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน และเคมีของดินเหนียวสร้างใหม่

Batch No.	Water content (%)	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plasticity Index (%)	Liquidity Index (%)	Salt Content g/litre	Organic Content (%)	pH
2	67.82	95.1	36.1	59.0	0.54	11.59	2.92	8.5
3	69.90	87.3	34.3	53.0	0.67	11.34	2.62	8.0
4	65.58	82.0	34.6	47.4	0.65	11.67	3.13	8.3
5	66.06	81.5	34.4	47.1	0.67	11.52	3.20	8.5
Average	67.34	86.5	34.9	51.6	0.63	11.53	2.97	8.33
SD.	1.96	6.32	0.84	5.62	0.06	0.14	0.26	0.24
Coeff. of Variation (%) = (SD x 100)/Average	2.91	7.31	2.42	10.88	10.21	1.22	8.78	2.84

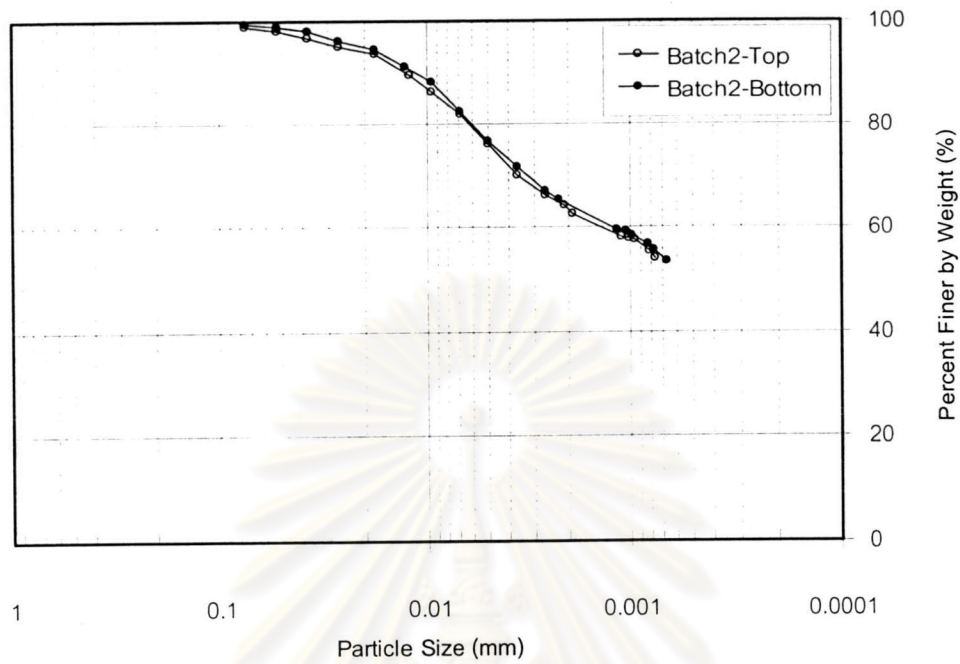
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2b การเปรียบเทียบคุณสมบัติพื้นฐาน และเคมีของดินเหนียวธรรมชาติ กับดินเหนียวสร้างใหม่

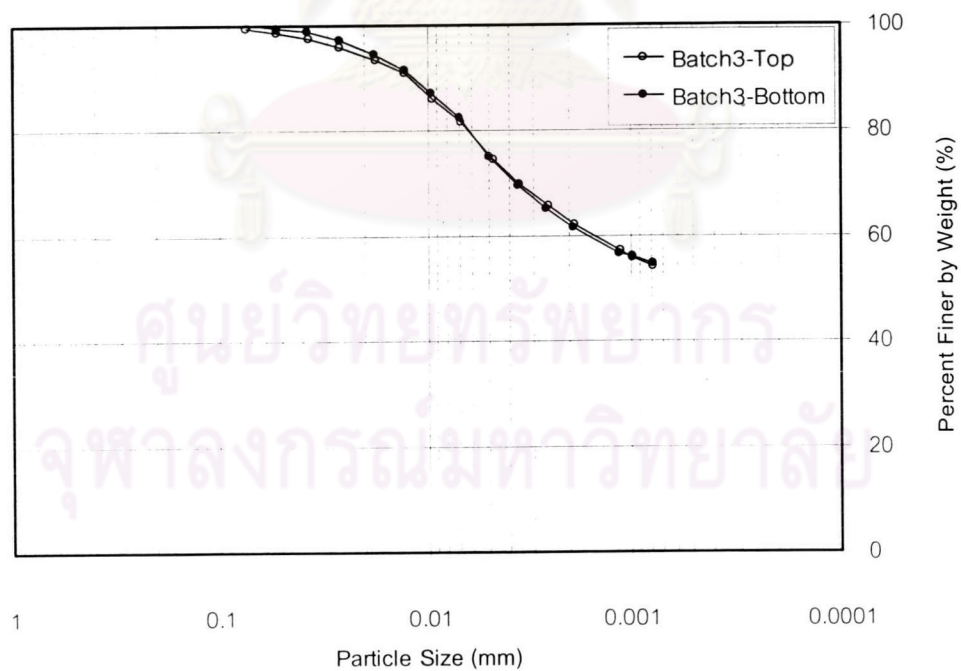
Clay Type.	Water content (w_c , %)	Liquid Limit (LL, %)	Plastic Limit (PL, %)	Plasticity Index (PI, %)	Liquidity Index (LI, %)	Salt Content g/litre	Organic Content (%)	pH
Natural Clay	98.3	96.3	33.4	63.0	1.0	15.3	2.40	8.2
Reconstituted Clay	67.34	86.5	34.9	51.6	0.63	11.5	2.97	8.3

หมายเหตุ:

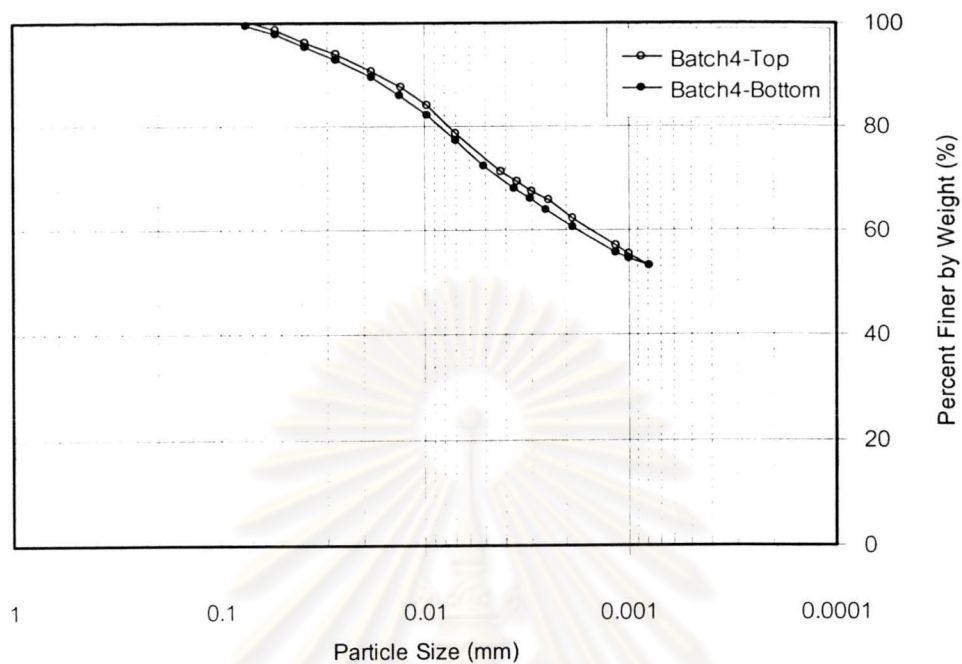
- คุณสมบัติพื้นฐาน และเคมีที่แสดงในตาราง เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างหลุมเจาะของดินเหนียวธรรมชาติ และค่าเฉลี่ยระหว่างรุ่นผสมของดินเหนียวสร้างใหม่



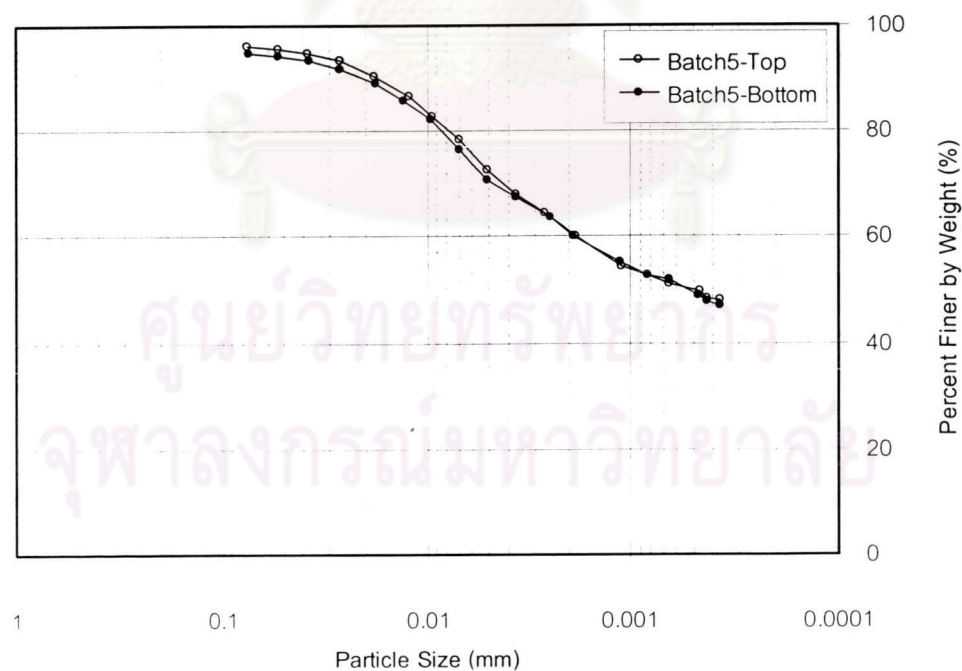
รูปที่ 4.2a การกระจายตัวของอนุภาคดินจากตัวอย่างด้านบน – ล่าง ของ Batch 2



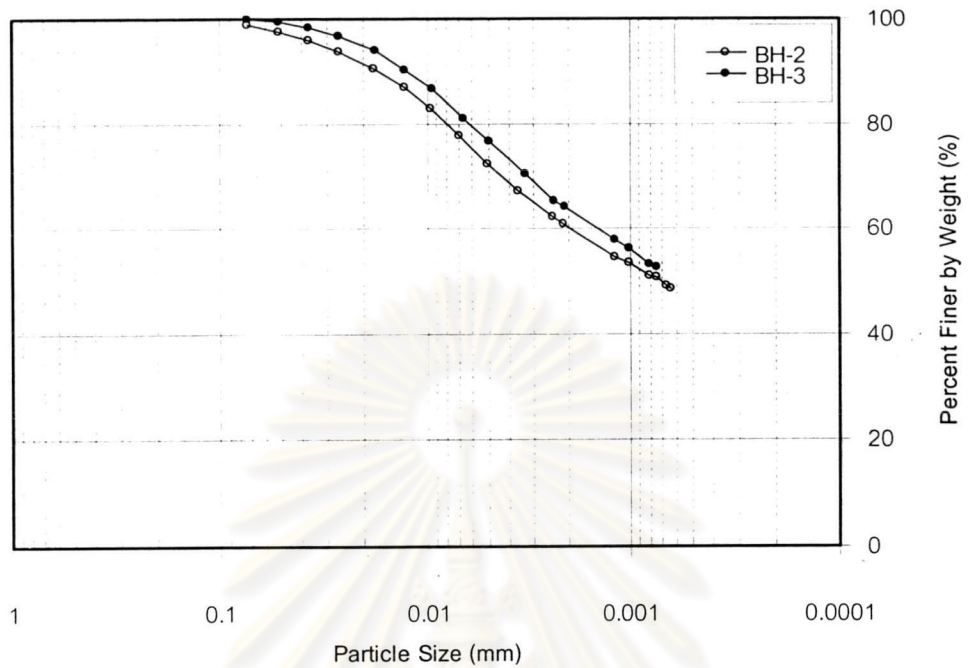
รูปที่ 4.2b การกระจายตัวของอนุภาคดินจากตัวอย่างด้านบน – ล่าง ของ Batch 3



รูปที่ 4.2c การกระจายตัวของอนุภาคดินจากตัวอย่างด้านบน – ล่าง ของ Batch 4

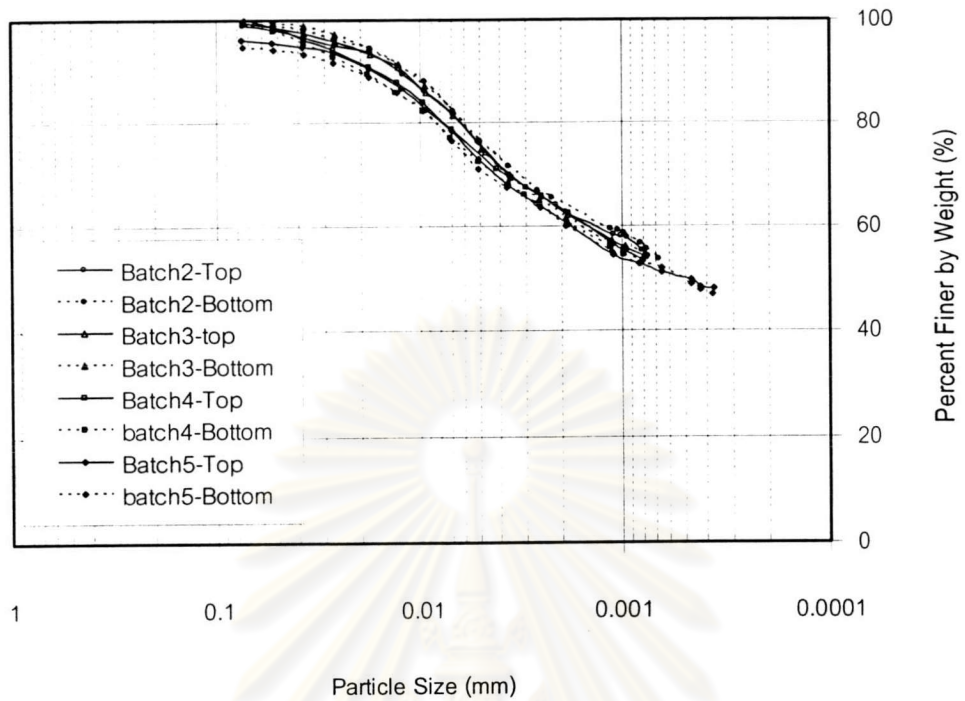


รูปที่ 4.2d การกระจายตัวของอนุภาคดินจากตัวอย่างด้านบน – ล่าง ของ Batch 5

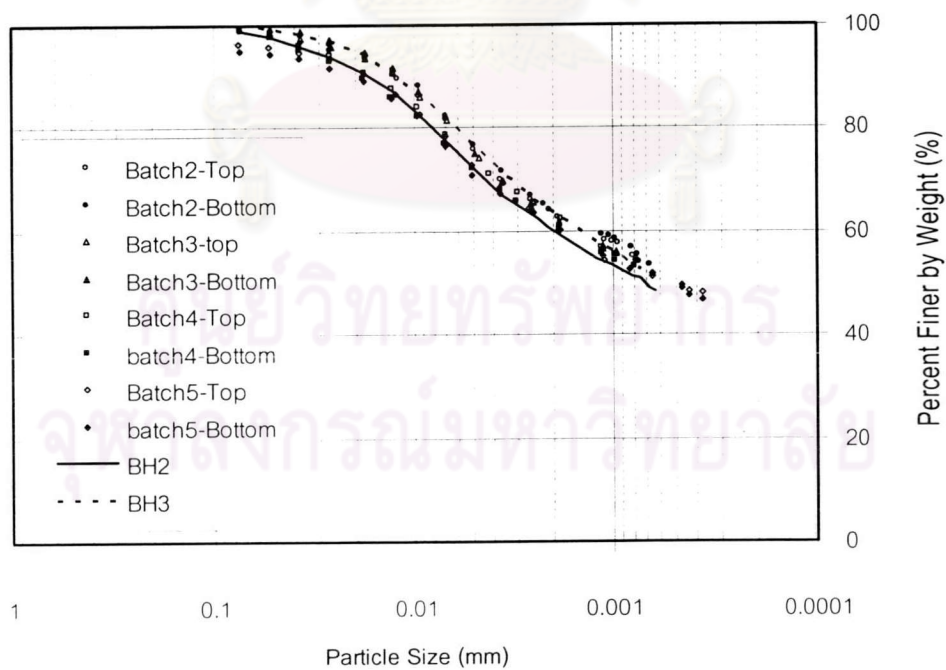


รูปที่ 4.2e การกระจายตัวของอนุภาคดินจากตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

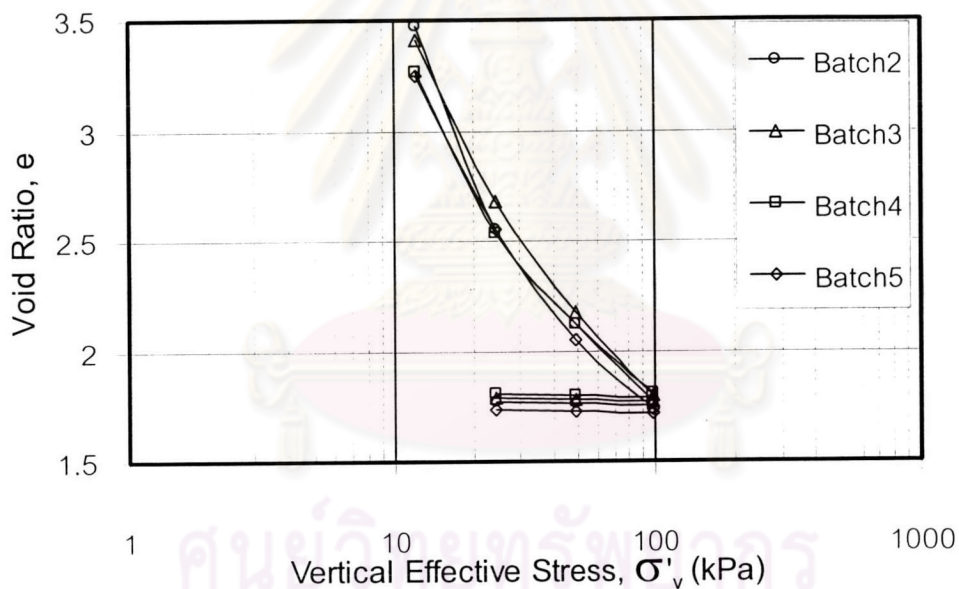


รูปที่ 4.2f เปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาคดิน จากดินเหนียวสร้างใหม่
ในแต่ละรุ่นผสม



รูปที่ 4.2g เปรียบเทียบการกระจายตัวของอนุภาคดิน ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ
กับดินเหนียวสร้างใหม่

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง e - $\log \sigma'_v$ (Compression Curve) ในสถานะดินเหนียวของแต่ละรุ่นผลมดงแสดงในรูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.3 พบว่ามีพฤติกรรมเหมือนกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าด้วยขบวนการเตรียมตัวอย่างที่เสนอในงานวิจัยนี้จะสามารถเตรียมตัวอย่างซ้ำให้มีคุณสมบัติสม่ำเสมอในแต่ละรุ่นผลมดง (Repeatability) นอกจากนี้ค่าหน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต (σ'_p) ของตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่จากการทดสอบ Conventional Oedometer มีค่าประมาณ 1 ksc ซึ่งเท่ากับหน่วยแรงสูงสุดที่ใช้ในการอัดตัวคายน้ำของดินเหนียว แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่แน่นอน และเป็นตัวอย่างคงสภาพ (Undisturbed Sample) นอกจากนี้ค่า σ'_p ที่ประมาณเท่ากันระหว่างตัวอย่างด้านบน และด้านล่าง แสดงว่าไม่มีผลของแรงเสียดทานระหว่างแหวนยางกับ Cell Chamber ในการเตรียมตัวอย่าง



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง e - $\log \sigma'_v$ จากการทดสอบอัดตัวคายน้ำในสถานะดินเหนียว

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบอัดตัวคาน้ำ ในสถานะดินเหลว

Batch No.	Initial				Final				C _c (stress range, kPa)			C _s (stress range, kPa)		C _k from e-log k
	H (mm)	w _c (%)	γ _t (kN/m ³)	e	H (mm)	w _c (%)	γ _t (kN/m ³)	e	12.3-24.5	24.5-49.1	49.1-98.1	98.1-49.1	49.1-24.5	
2	199.0	239.37	12.26	6.83	70.5	67.82	15.99	1.77	3.045	1.422	1.172	0.031	0.042	1.372
3	203.3	240.77	12.26	6.84	72.4	69.90	15.99	1.79	2.404	1.674	1.270	0.028	0.040	1.453
4	197.5	229.49	12.16	6.46	74.5	65.58	15.50	1.81	2.430	1.383	1.051	0.043	0.040	1.255
5	200.0	234.62	12.07	6.33	73.6	66.06	16.19	1.70	2.305	1.683	1.046	0.031	0.036	1.126

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลทดสอบการอัดตัวคายนํ้า ในสถานะดินเหนียว

ภาคผนวก ก แสดงผลทดสอบการอัดตัวคายนํ้า ในสถานะดินเหนียว จำนวน 4 Batch ประกอบด้วย พฤติกรรมการอัดตัว ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวในแนวตั้ง และค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวตั้ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 พฤติกรรมการอัดตัว (Compression Curve)

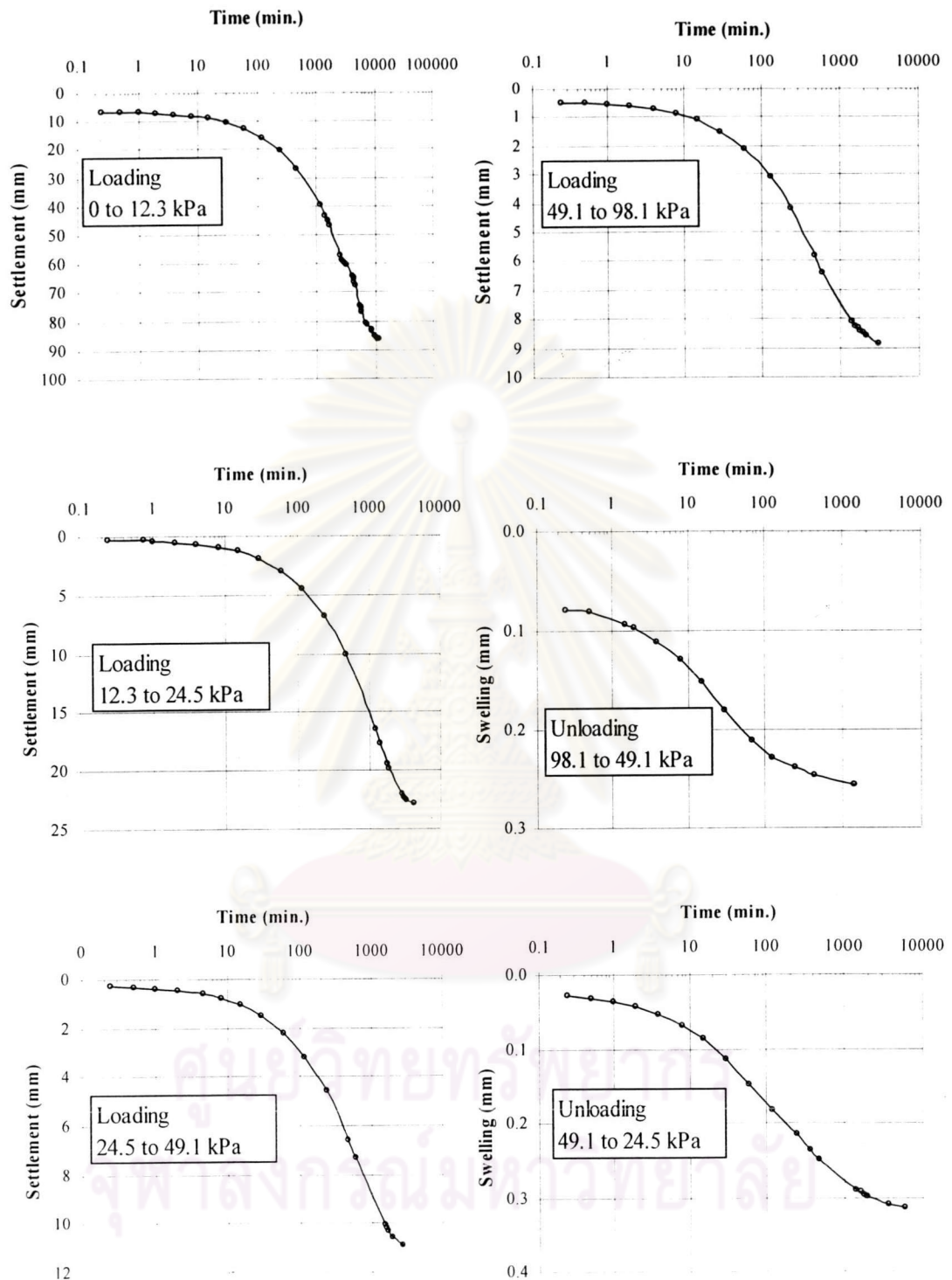
จากตารางที่ 4.3 พบว่าตัวอย่างดินเหนียวเหลว (Clay Slurry) มีปริมาณนํ้าในดินเริ่มต้นประมาณ 240% หรือ 2.5LL, หน่วยนํ้าหนักรวมประมาณ 12.2 kN/m^3 และอัตราส่วนช่องว่างเริ่มต้น 6.62 หลังจากทดสอบการอัดตัวคายนํ้าแล้ว ตัวอย่างที่ทดสอบประมาณ 64% มีปริมาณนํ้าในดิน 67.34%, หน่วยนํ้าหนักรวม 15.9 kN/m^3 และอัตราส่วนช่องว่าง 1.77

ความสัมพันธ์ระหว่าง $e-\log \sigma'_v$ (Compression Curve) ในสถานะดินเหนียวของแต่ละรุ่นผสม (รูปที่ 4.3) มีลักษณะเป็นเส้นโค้งหงายในช่วง Virgin Compression นั่นคือความชันหรือดัชนีการอัดตัว (C_c) มีค่าลดลงเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.3) โดย C_c มีค่าระหว่าง 1.05 – 3.05 สำหรับดัชนีการบวมตัว (C_s) มีค่าค่อนข้างคงที่ ประมาณ 0.03 – 0.04

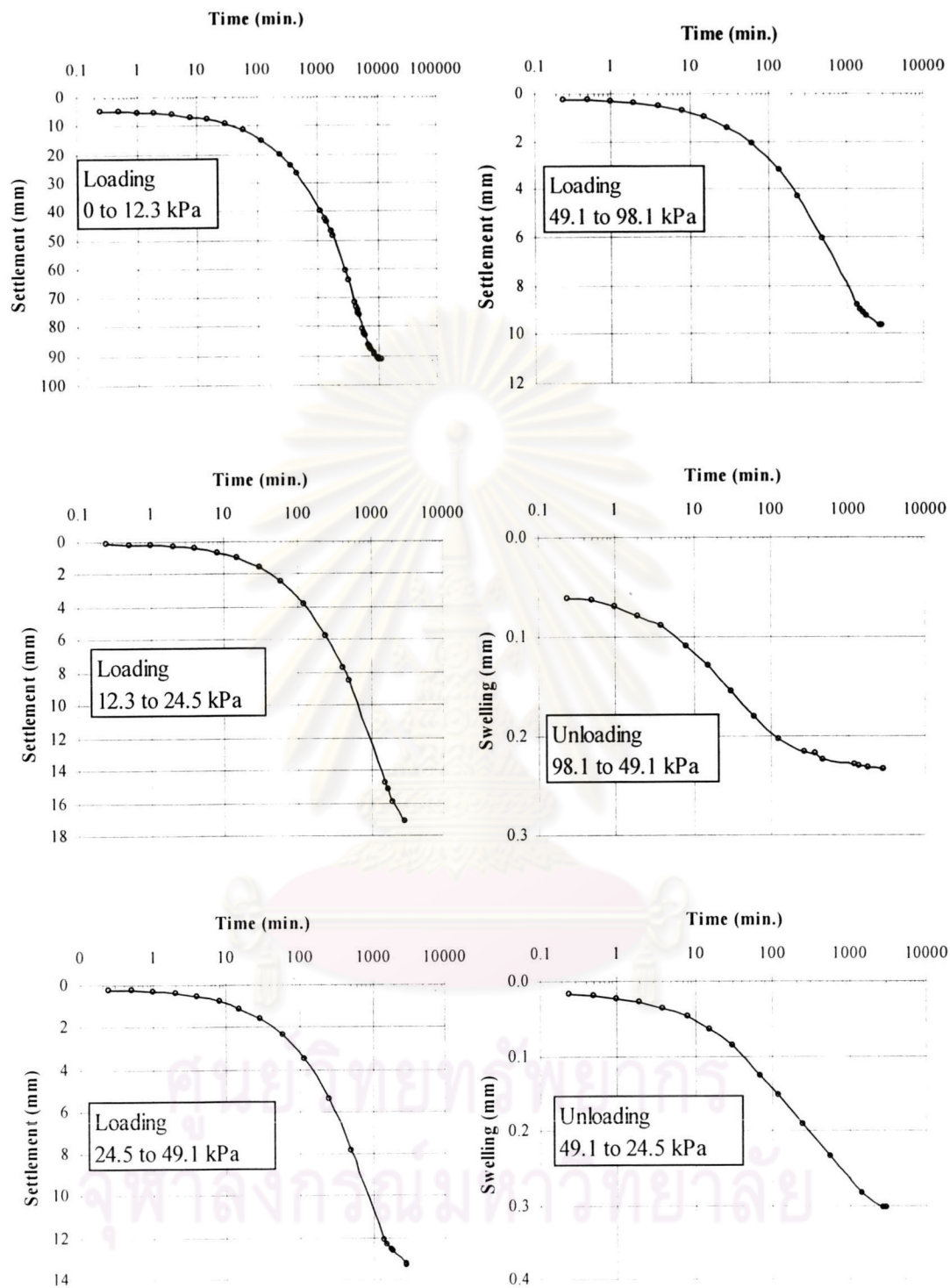
รูปที่ 4.4a – 4.4d แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับเวลา ($\log t$) พบว่ามีลักษณะเป็น S - Curve แบบ Type I ตามที่เสนอโดย Leonards & Girault (1961) เมื่อ $LIR \geq 1$ (รูปที่ 2.5) นอกจากนี้การทรุดตัวจะมากที่สุดในช่วงการเพิ่มนํ้าหนักแรกที่ 12.3 kPa (0.125 ksc) ประมาณ 45% และเวลาดำเนินการอัดตัวคายนํ้านานที่สุดประมาณ 7 วัน จากนั้นในช่วงการเพิ่มนํ้าหนักต่อไป การทรุดตัวจะลดลง และเวลาดำเนินการอัดตัวคายนํ้าเฉลี่ยประมาณ 2 วัน เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละ Batch (รูปที่ 4.4e) พบว่ากราฟแตกต่างกันน้อย ยกเว้นในช่วง Unloading อย่างไรก็ตามกราฟมีลักษณะที่เหมือนกันตลอดช่วงของการอัดตัวคายนํ้า

4.3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวในแนวตั้ง (Vertical Coeff. of Consolidation, c_v)

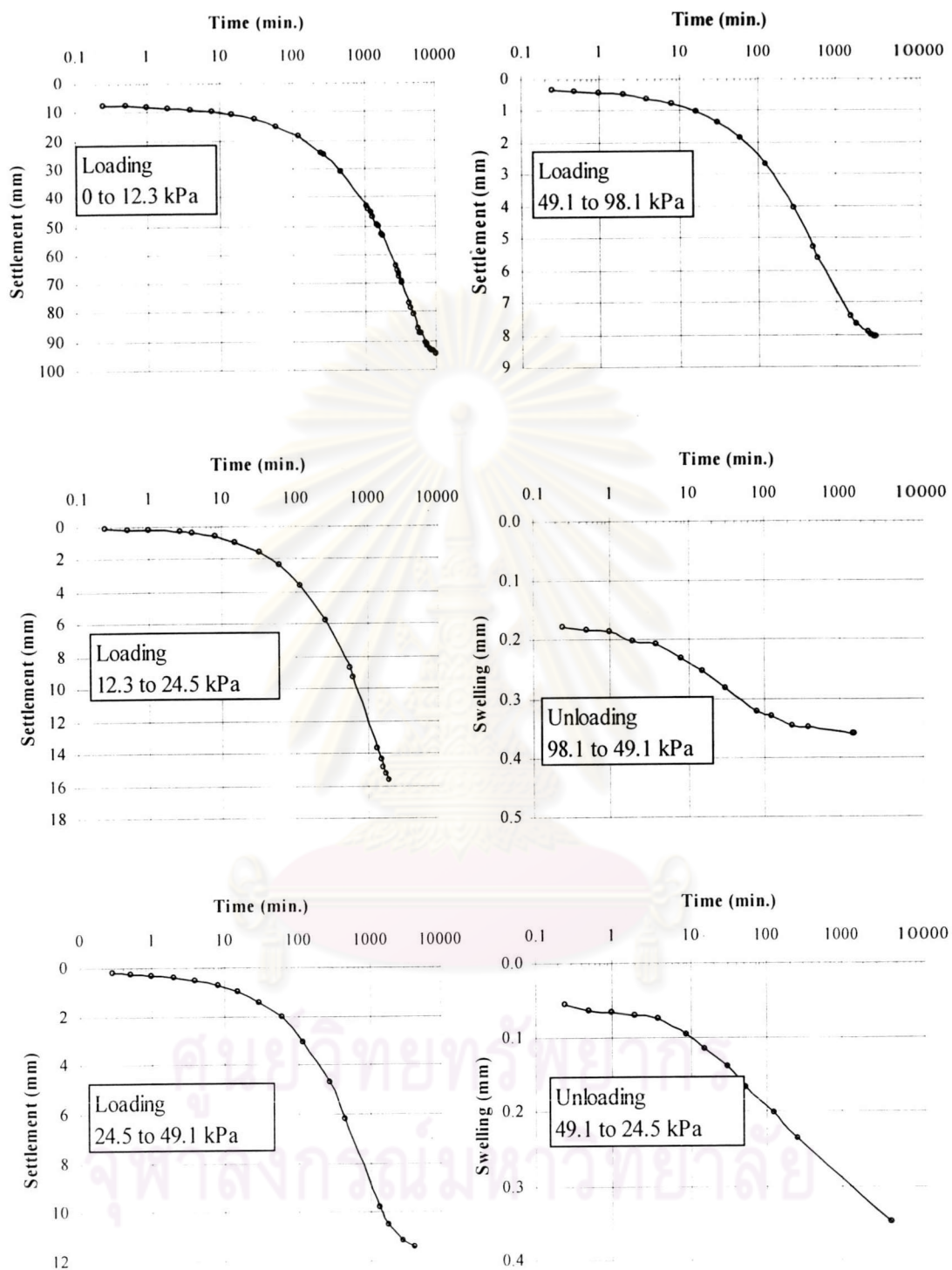
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การอัดตัวในแนวตั้ง (เฉลี่ย $c_{v(150)}$ จาก $\log(t)$ - Method และ $c_{v(190)}$ จาก $\text{Sqrt}(t)$ - Method) กับค่าหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.5 พบว่าที่หน่วยแรงประสิทธิผลเริ่มต้น 12.3 kPa c_v มีค่าต่ำสุดประมาณ $0.12 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ และ c_v มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าหน่วยแรงประสิทธิผลที่เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปแล้ว c_v จากวิธี $\log(t)$ และ $\text{Sqrt}(t)$ มีค่าประมาณเท่ากัน (รูปที่ 4.6a) อัตราส่วนของ $c_{v(190)}/c_{v(150)}$ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.95 ในช่วงหน่วยแรงประสิทธิผลที่ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.6b



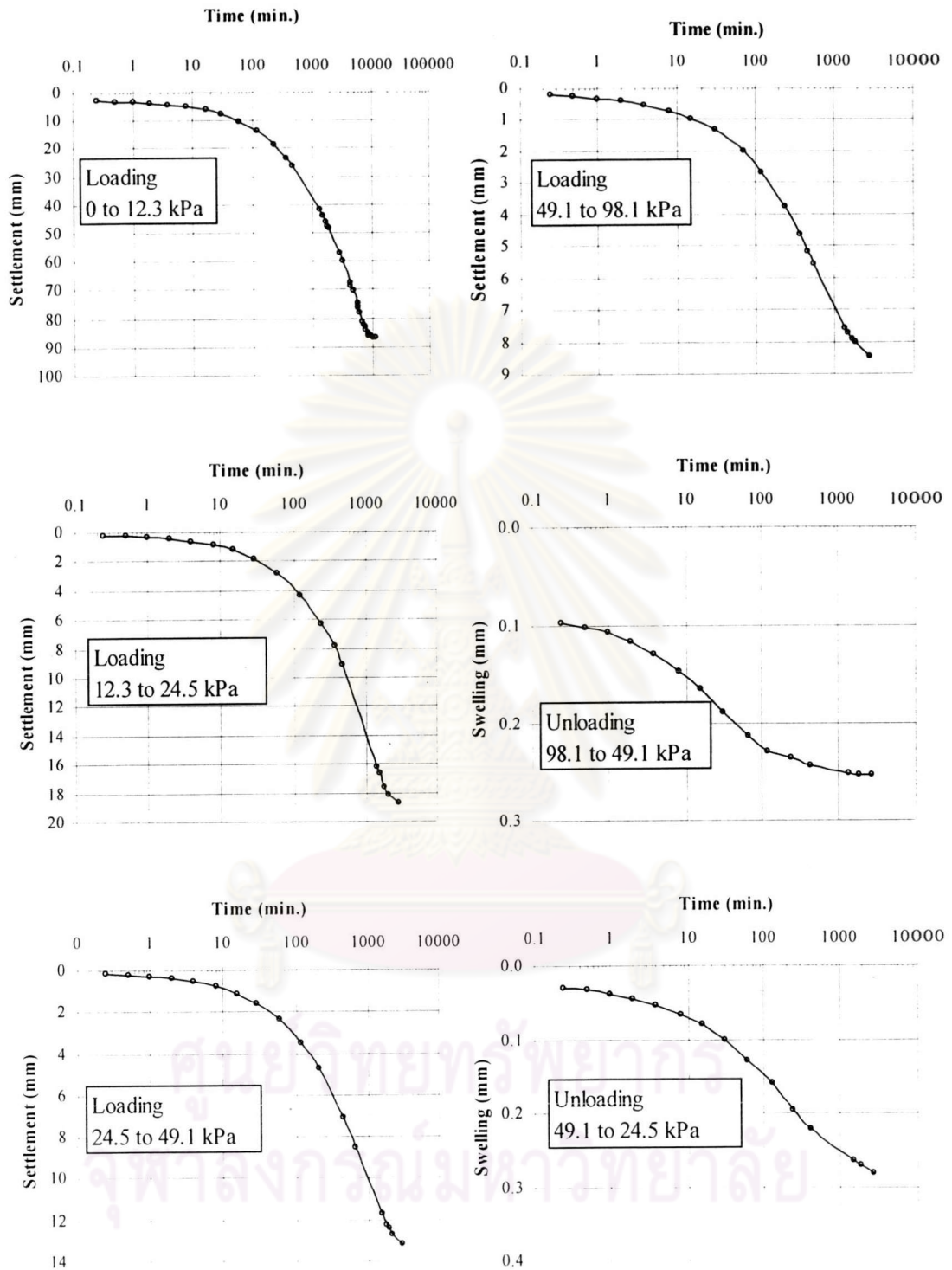
รูปที่ 4.4a ความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับเวลา จากการทดสอบอัดตัวคายน้ำ
ในสถานะดินเหนียว (Batch 2)



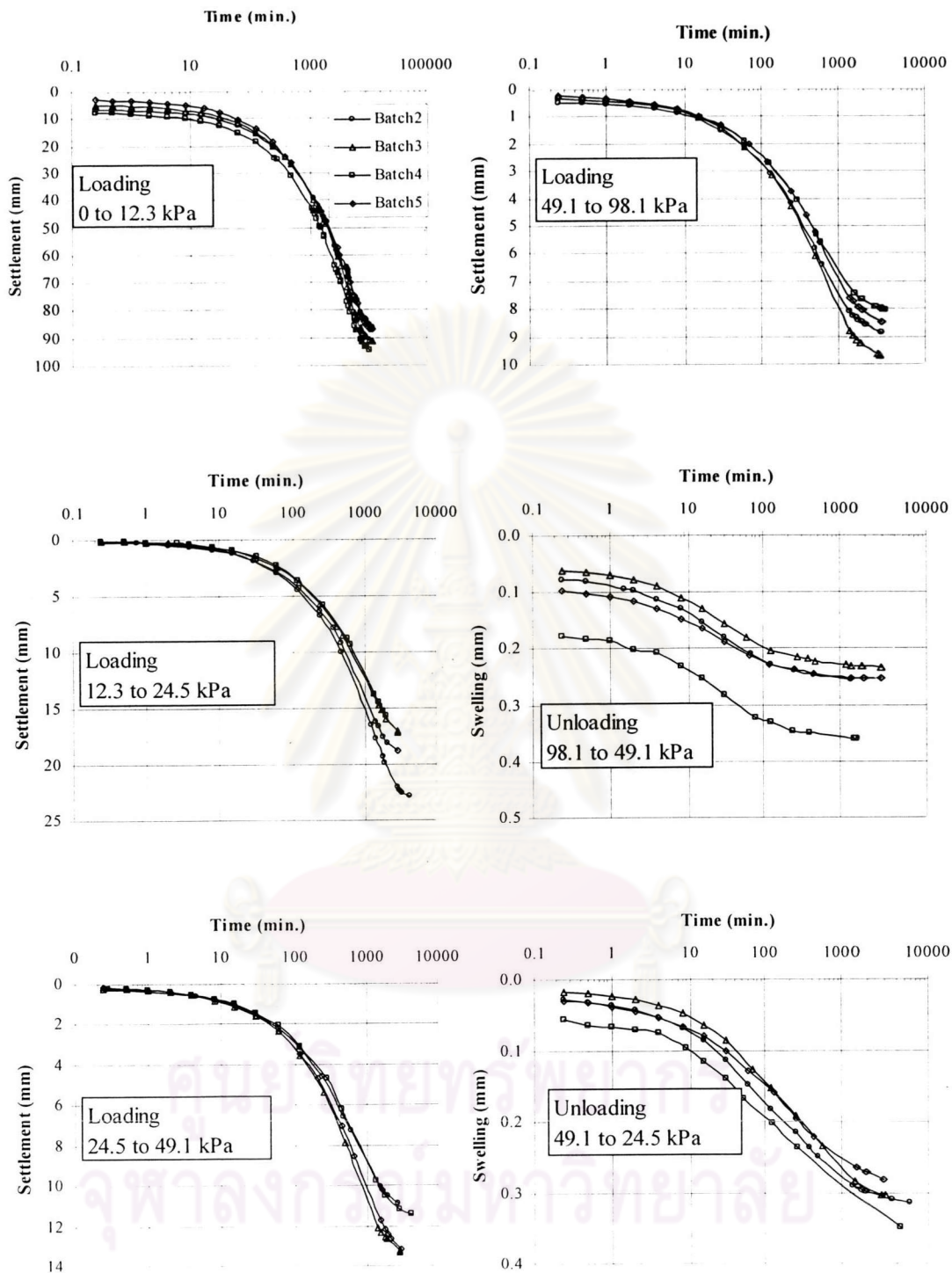
รูปที่ 4.4b ความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับเวลา จากการทดสอบอัดตัวคายน้
ในสถานะดินเหนียว (Batch 3)



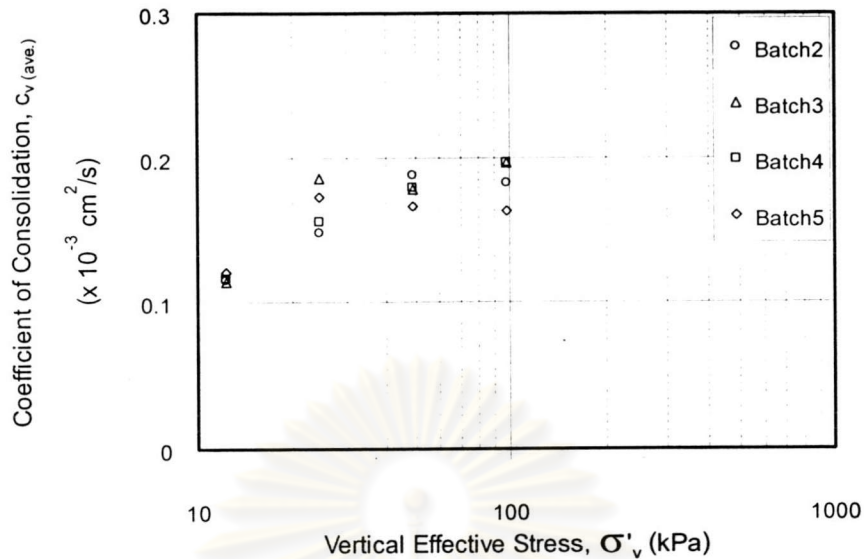
รูปที่ 4.4c ความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับเวลา จากการทดสอบอัดตัวคายน้ำ
ในสถานะดินเหลว (Batch 4)



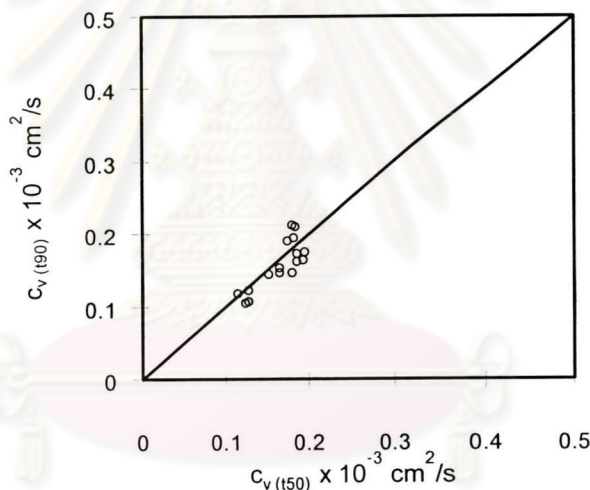
รูปที่ 4.4d ความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับเวลา จากการทดสอบอัดตัวคายน้ำ
ในสถานะดินเหลว (Batch 5)



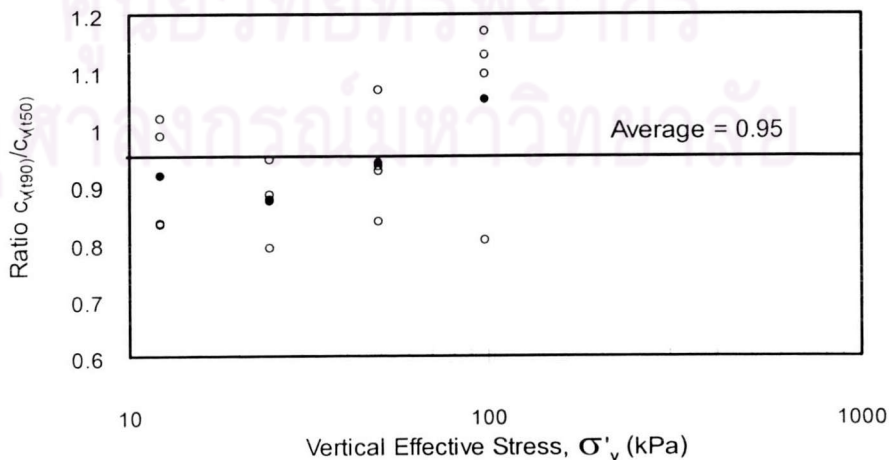
รูปที่ 4.4e การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับเวลา จาก Batch 2 ถึง 4



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การอัดตัวในแนวดิ่ง กับหน่วยแรงประสิทธิผล



รูปที่ 4.6a การเปรียบเทียบระหว่าง $C_{v(t90)}$ และ $C_{v(t50)}$



รูปที่ 4.6b ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน $C_{v(t90)}/C_{v(t50)}$ กับหน่วยแรงประสิทธิผล

4.3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวตั้ง

(Vertical Coefficient of Permeability, k_v)

จากผลการทดสอบพบว่า k_v มีค่าลดลงเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.7 โดย k_v มีค่าเฉลี่ยประมาณ 6.8×10^{-7} และ 4.3×10^{-8} cm/s ที่หน่วยแรงประสิทธิผล 12.3 และ 98.1 kPa ตามลำดับ และจะสังเกตว่า $\log k_v - \log \sigma'_v$ มีความสัมพันธ์ค่อนข้างเป็นเส้นตรง ดังนี้

$$k_v (\times 10^{-8} \text{ cm/s}) = 1816.4(\sigma'_v, \text{ kPa})^{-1.332} \quad (4.1)$$

รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ $e - \log k_v$ พบว่ามีความสัมพันธ์ค่อนข้างเป็นเส้นตรง โดย k_v ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องว่างลดลง ความสัมพันธ์จาก Linear Regression เป็นดังนี้

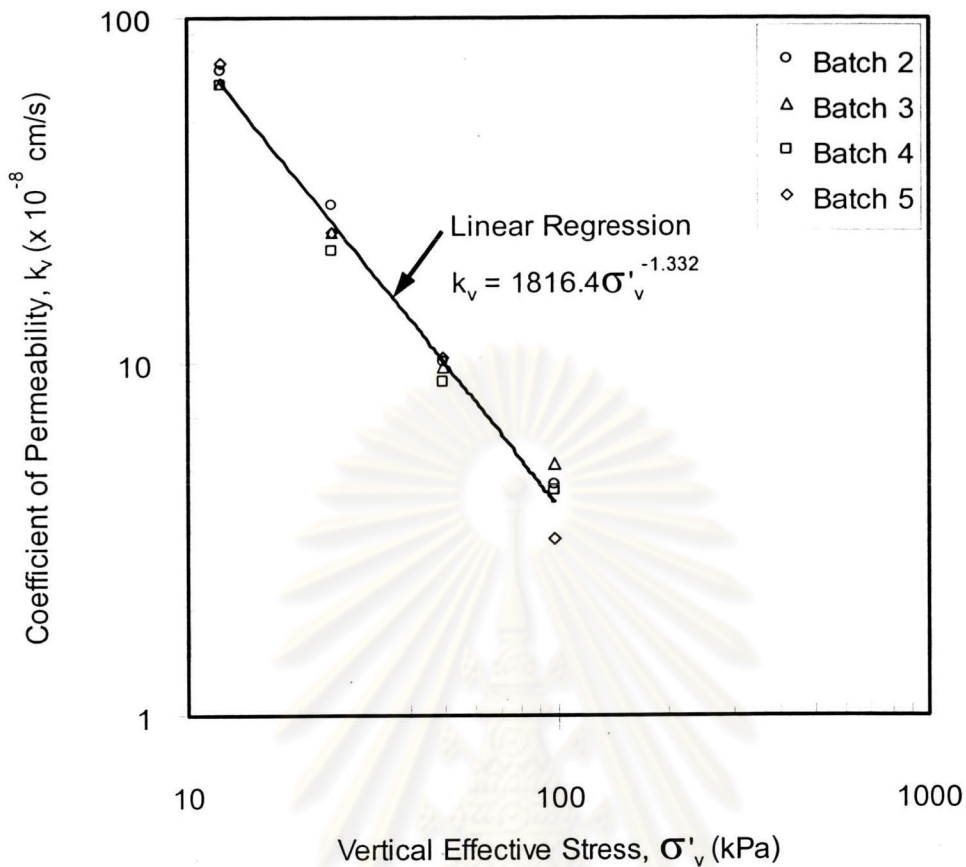
$$e = 1.287 \log (k_v \times 10^{-8} \text{ cm/s}) + 0.904 \quad (4.2)$$

ค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Permeability Change Index, c_k) มีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

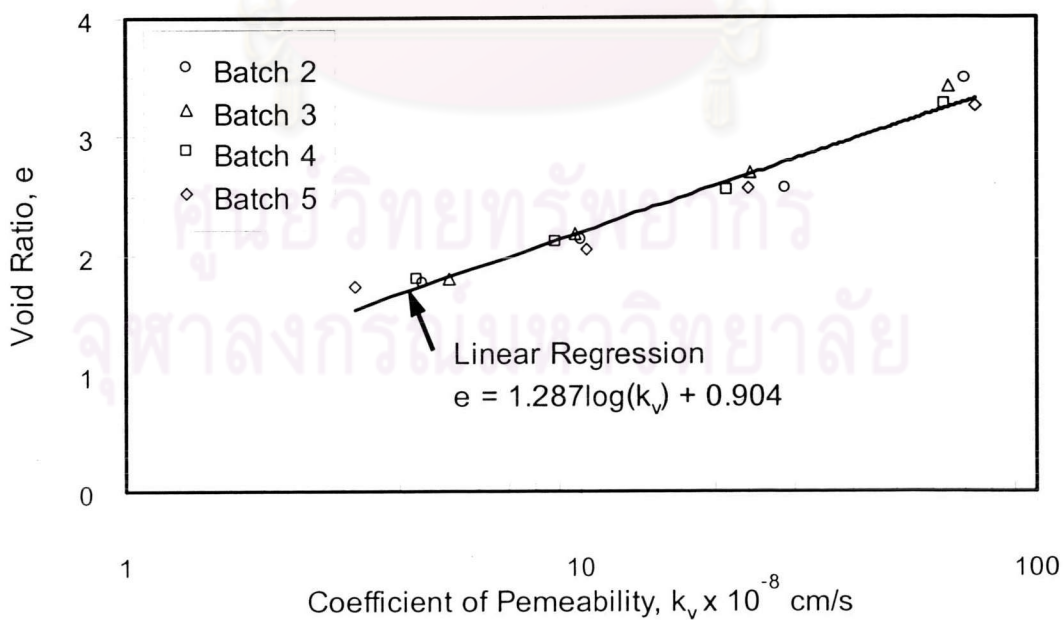
$$c_k = \frac{\Delta e}{\Delta \log k} \quad (4.3)$$

ค่า c_k สามารถหาได้จาก Linear Regression ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งมีค่า c_k เฉลี่ยประมาณ 1.302

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวดิ่งกับหน่วยแรงประสิทธิผล



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวดิ่งกับอัตราส่วนช่องว่าง

4.4 ผลทดสอบการอัดตัวคายน้ำ ของดินเหนียวสร้างใหม่

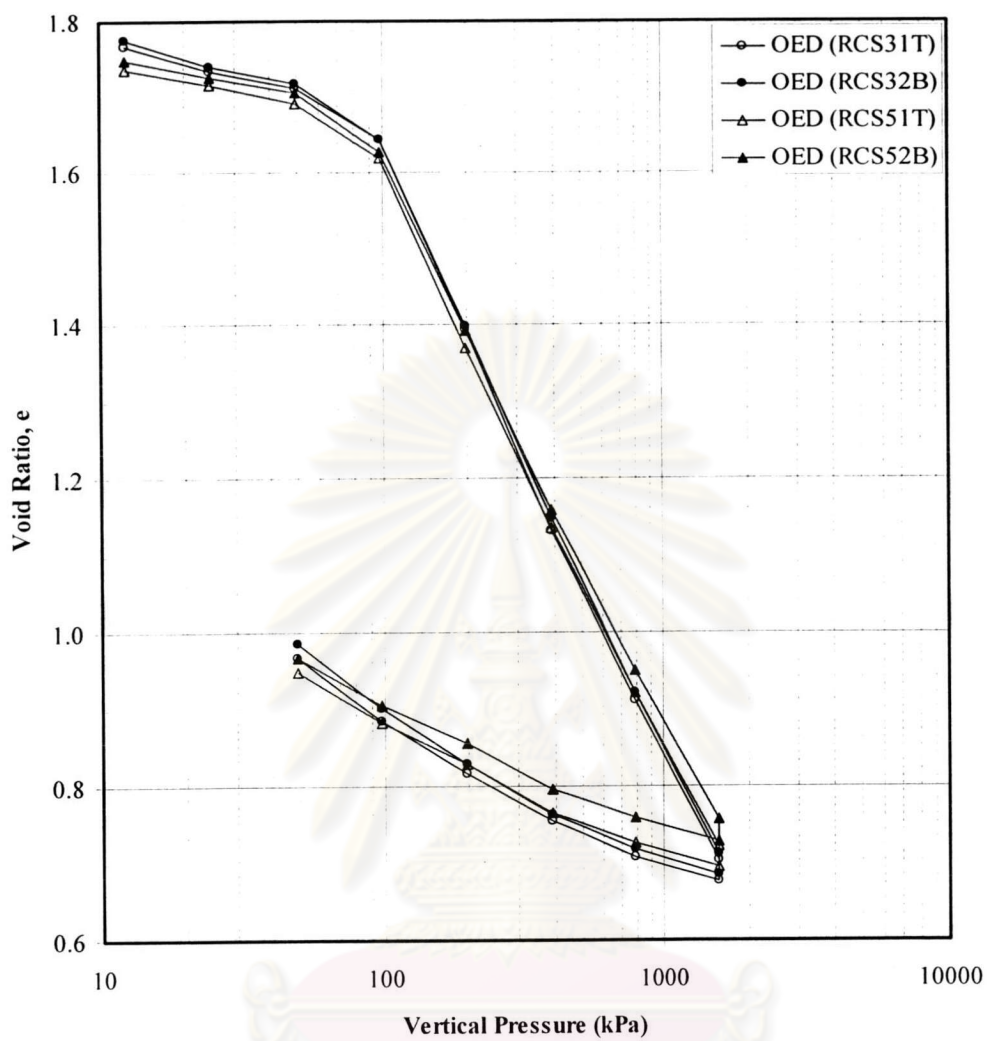
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงพฤติกรรมอัดตัวคายน้ำของดินเหนียวสร้างใหม่ จากการทดสอบ Oedometer, CRS-V และ CRS-R พร้อมวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดสอบในแต่ละวิธี ผลการทดสอบได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก ข โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 ความแม่นยำของการทดสอบ (Consistency of Test Results)

กราฟการอัดตัวจากความสัมพันธ์ $e - \log \sigma'_v$ ของตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ จากการทดสอบ Oedometer, CRS-V และ CRS-R ดังแสดงในรูปที่ 4.9a – 4.9c ตามลำดับ จากกราฟเมื่อเปรียบเทียบภายใต้การทดสอบชนิดเดียวกัน สำหรับ Oedometer และ CRS-R จำนวน 4 ตัวอย่าง และสำหรับ CRS-V จำนวน 5 ตัวอย่าง พบว่ากราฟมีความแตกต่างกันน้อยมาก ตลอดช่วงหน่วยแรงประสิทธิผลจาก 10 – 1000 kPa และเมื่อเปรียบเทียบจากการทดสอบต่างชนิดกัน (รูปที่ 4.9d – 4.9g) พบว่าที่หน่วยแรงดันใดๆ อัตราส่วนช่องว่างจาก CRS-V จะมีค่าน้อยกว่า Oedometer และ CRS-R ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ $e - \log \sigma'_v$ (รูปที่ 4.9h) พบว่ากราฟมีลักษณะเหมือนกัน ดังนั้นการที่กราฟการอัดตัวจาก CRS-V อยู่ต่ำกว่าการทดสอบอื่นๆ จึงควรเกิดจากการที่ดินไปอุดช่องว่างของแผ่นหินพรุน ทำให้มีความเครียดเกิดขึ้นมากกว่าในช่วงเริ่มต้น กราฟจึงขยับลงมาทางด้านล่าง อย่างไรก็ตาม กราฟการอัดตัวจากทั้ง 3 วิธีมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก โดยความชันเส้น Virgin Compression Line ขนานกัน และความชันเส้น Recompression Line ของ Oedometer และ CRS-V ใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าของ CRS-R เล็กน้อย โดยทั่วไปแล้ว การทดสอบทั้ง 3 วิธี สามารถทดสอบซ้ำ (Repeatability) ผลการทดสอบมีความแม่นยำ และได้ผลที่ใกล้เคียงกัน

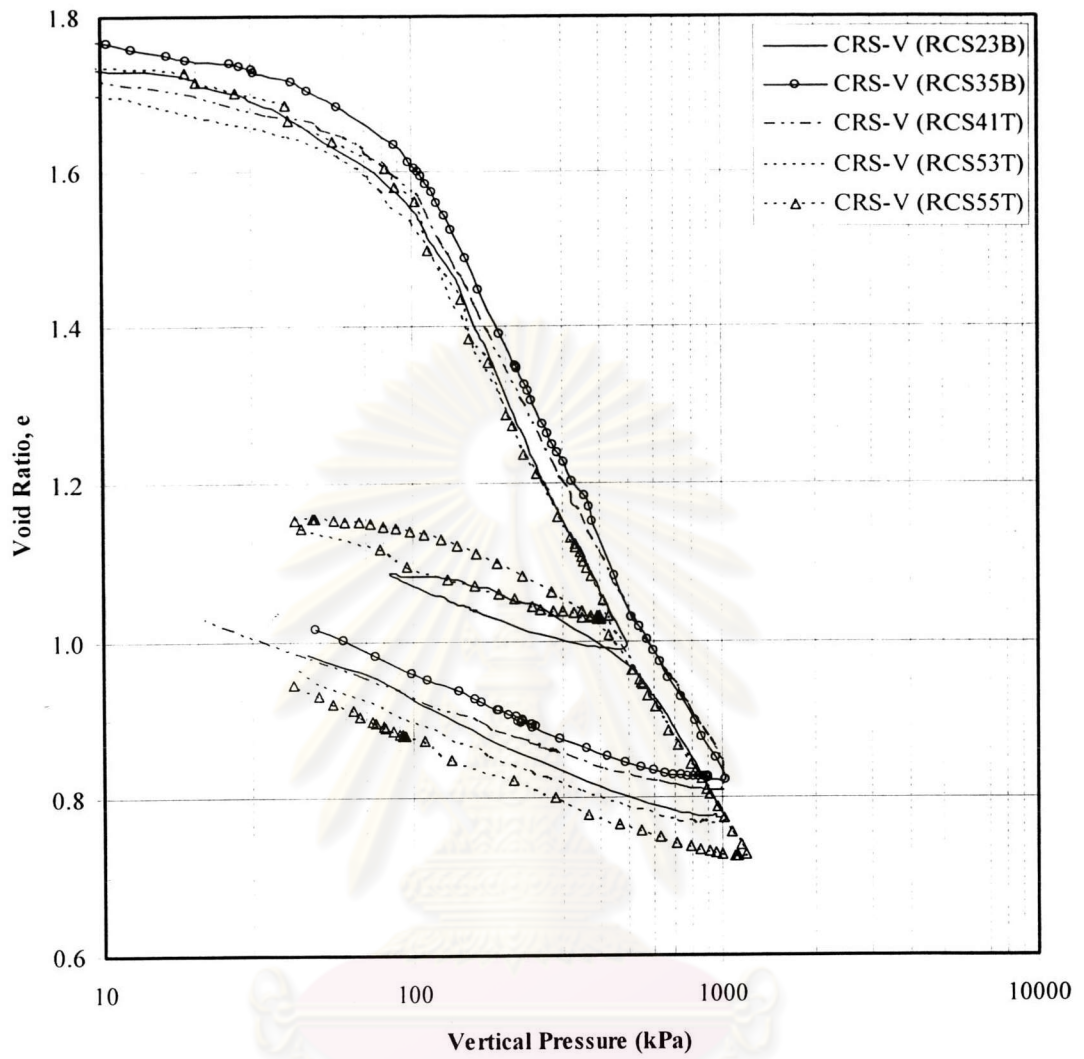
4.4.2 กราฟการอัดตัว (Compression Curve)

ตารางที่ 4.4a – 4.4c สรุปผลการทดสอบอัดตัวคายน้ำ ของตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ จากการทดสอบ Oedometer, CRS-V และ CRS-R ตามลำดับ รูปที่ 4.10a – 4.10d แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่าง (e) สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ (c) และสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (k) เทียบกับหน่วยแรงประสิทธิผล ของตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ Batch 2 – 5 ตามลำดับ ค่าดัชนีการอัดตัว (C_c) จากการทดสอบทั้ง 3 วิธีมีค่าใกล้เคียงกันมากประมาณ 0.816 ส่วนค่าดัชนีการอัดตัวซ้ำ (C_r) จากการทดสอบ Oedometer และ CRS-V มีค่าประมาณ 0.167 สูงกว่า C_r จาก CRS-R ประมาณ 2 เท่า ค่า C_c และ C_r ที่แสดงในตารางที่ 4.4b และ 4.4c นั้น คำนวณจากช่วงหน่วยแรง 200 – 400 kPa



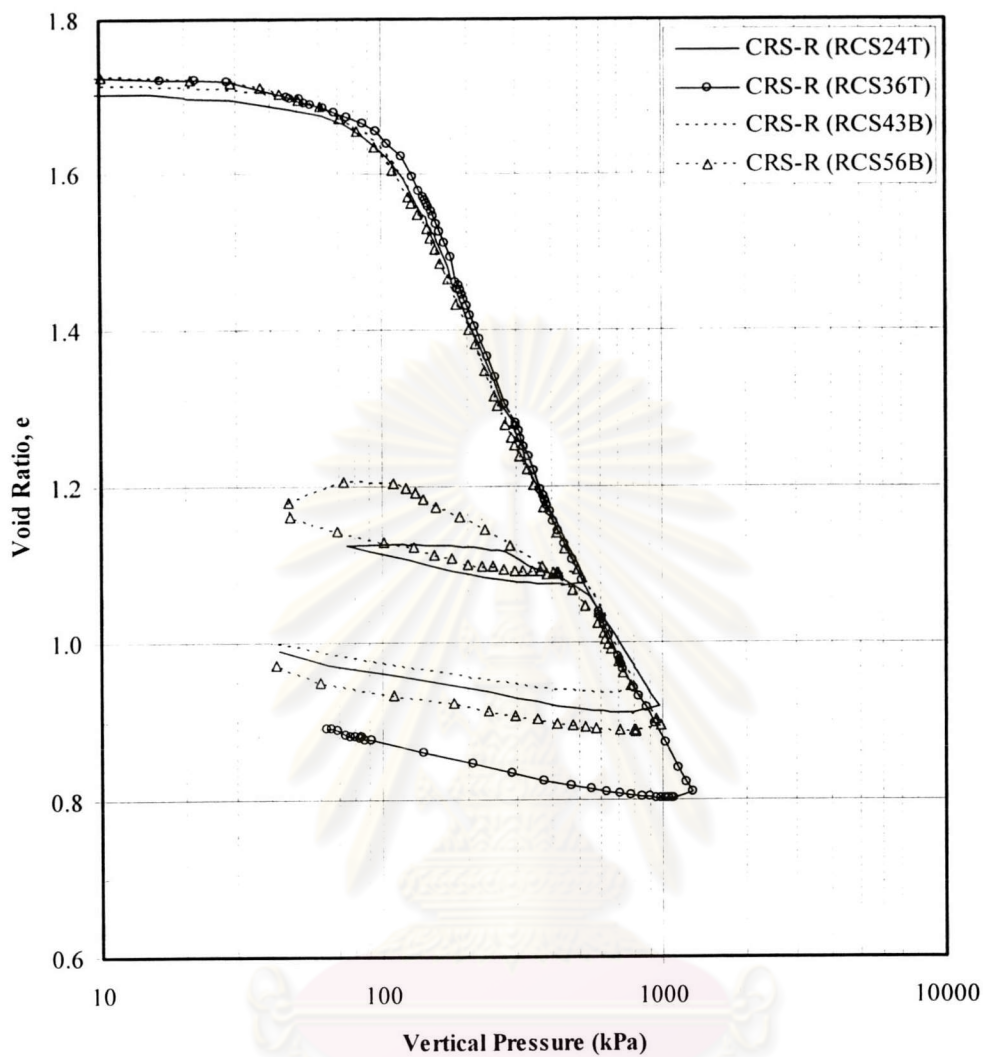
รูปที่ 4.9a การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัว ของดินเหนียวสร้างใหม่
จากการทดสอบ Oedometer

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



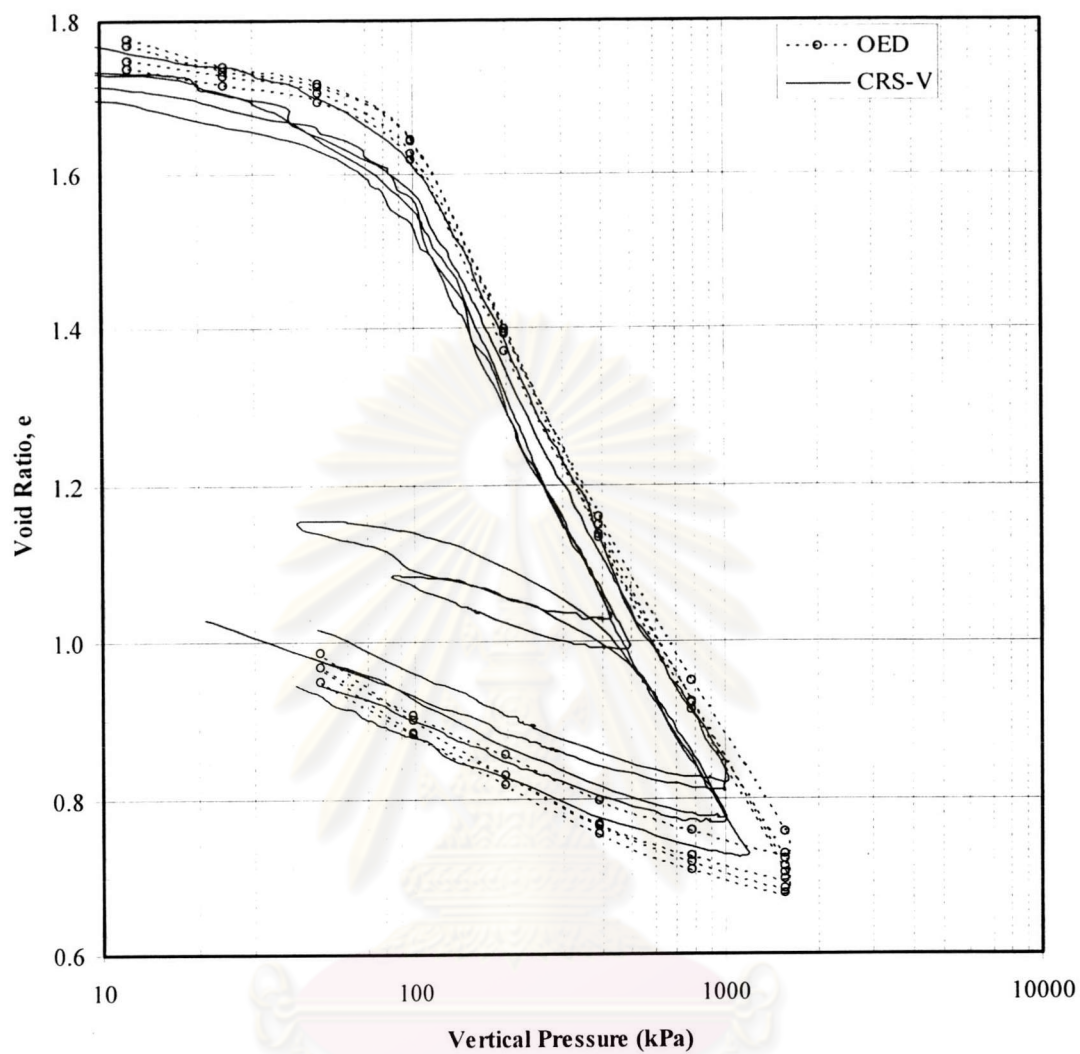
รูปที่ 4.9b การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวของดินเหนียวสร้างใหม่
จากการทดสอบ CRS-V

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



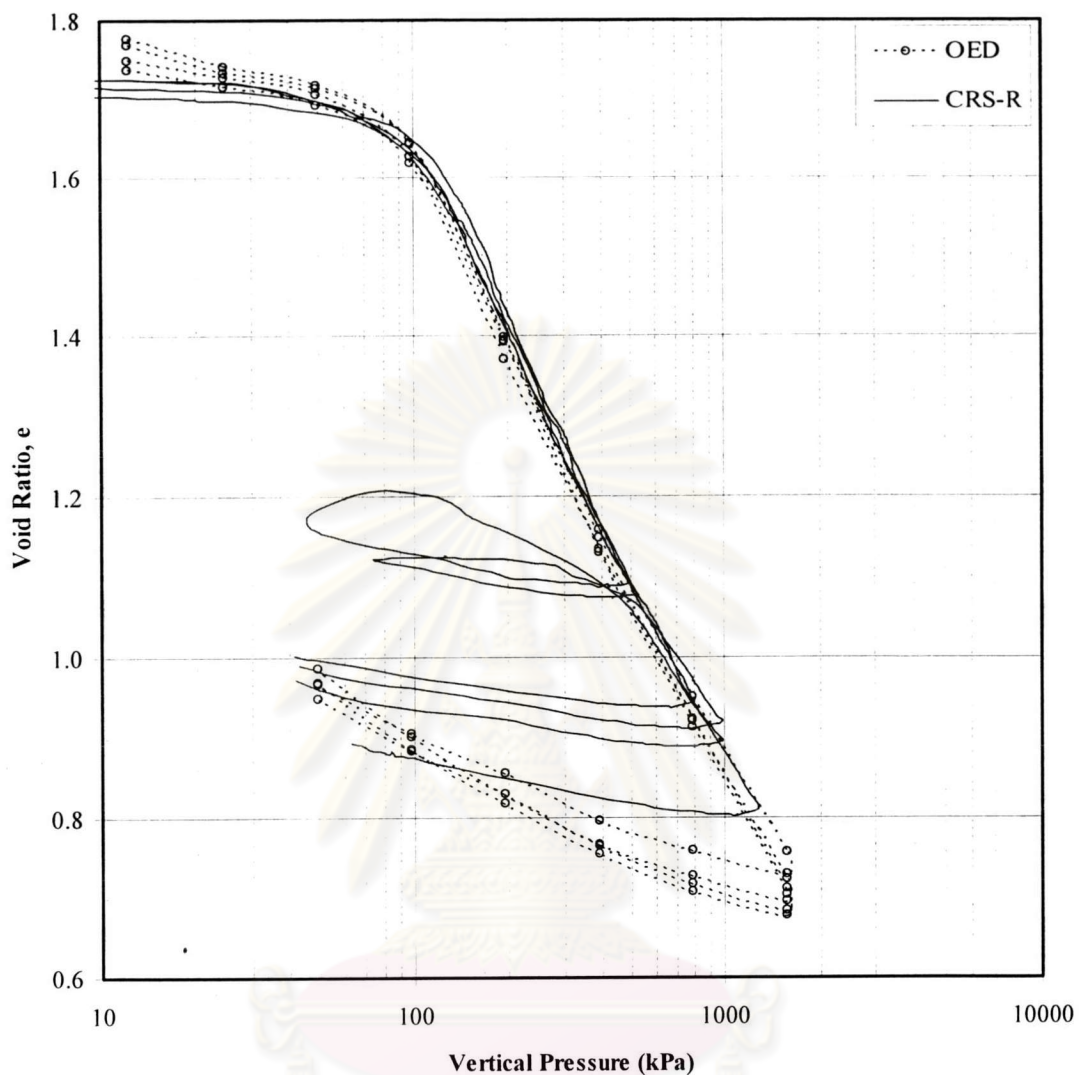
รูปที่ 4.9c การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวของดินเหนียวสร้างใหม่
จากการทดสอบ CRS-R

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



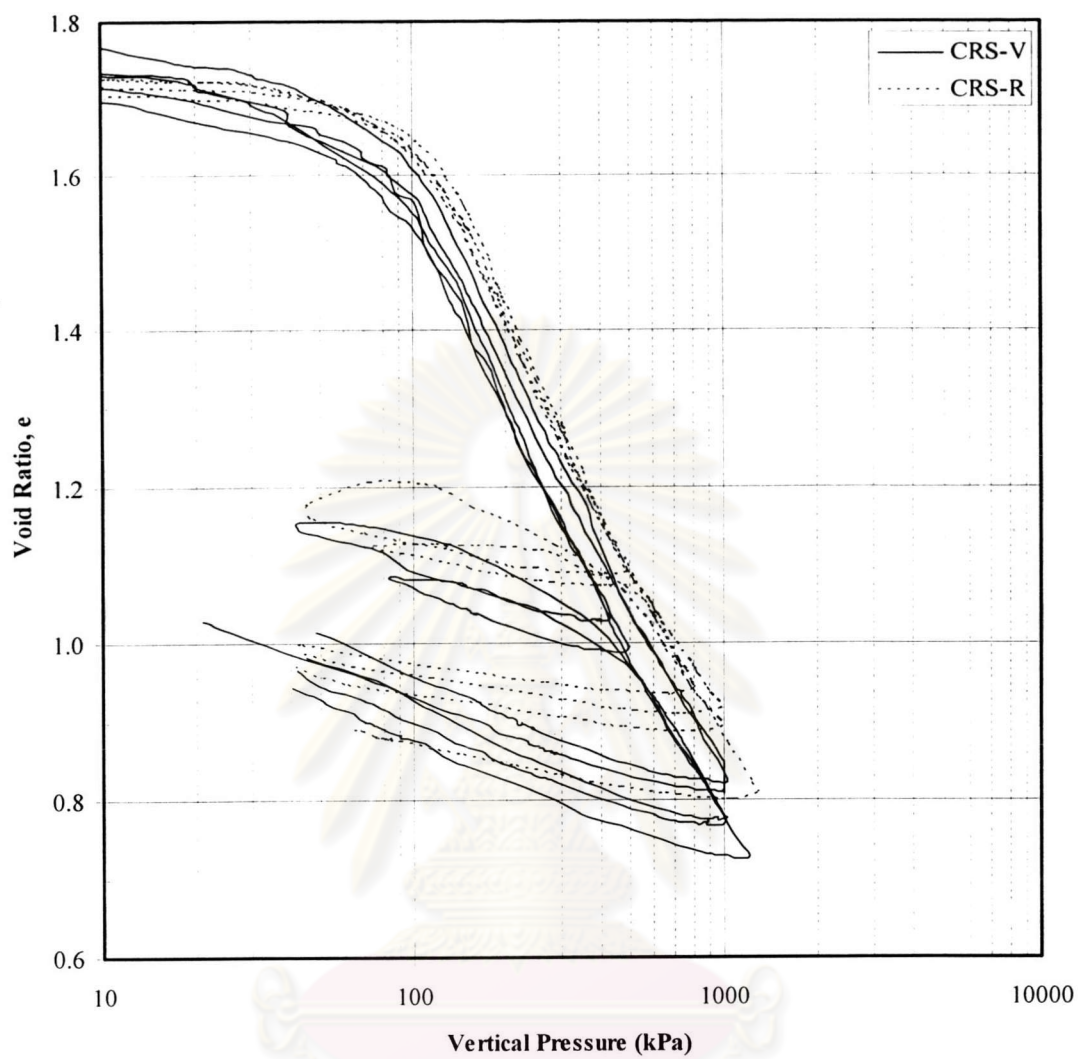
รูปที่ 4.9d การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวของดินเหนียวสร้างใหม่ จากการทดสอบ Oedometer และ CRS-V

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



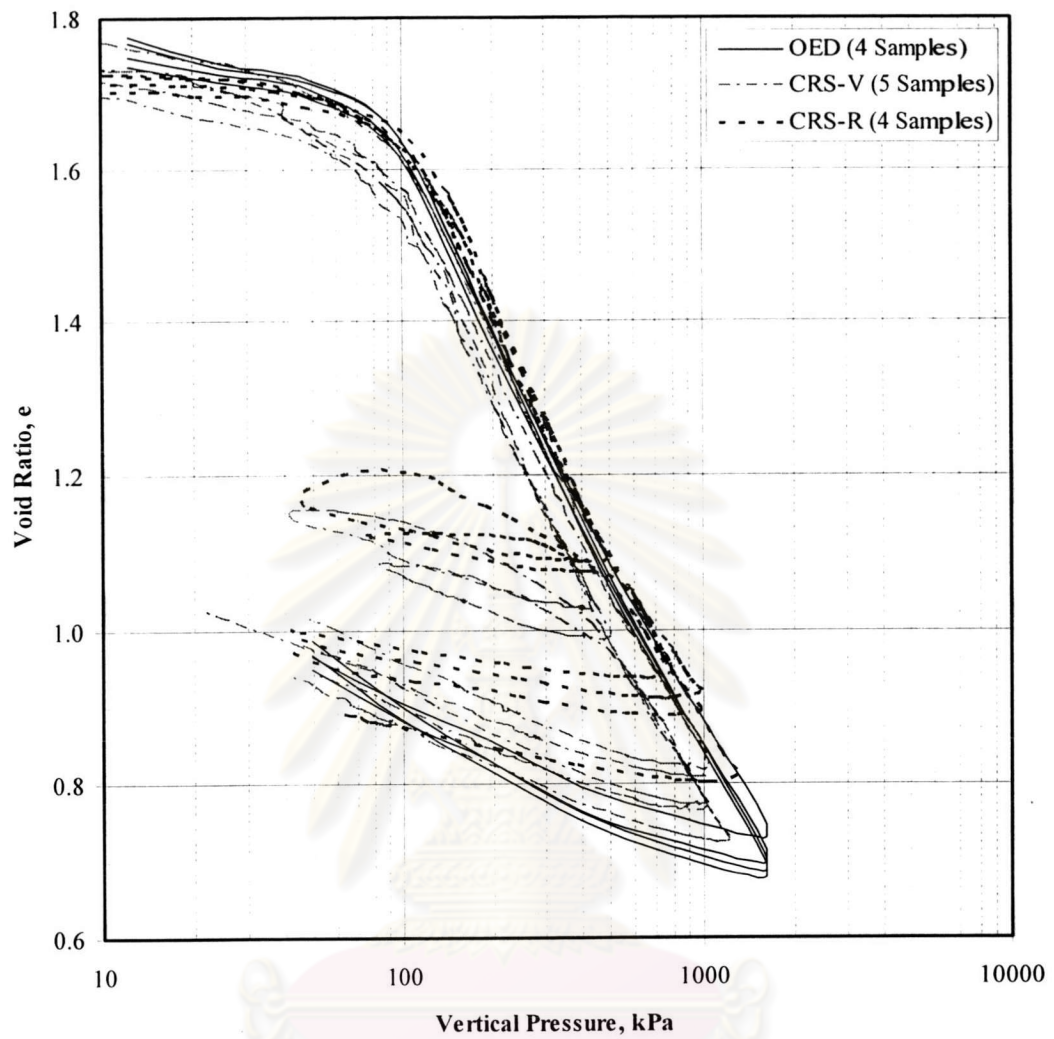
รูปที่ 4.9e การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวของดินเหนียวสร้างใหม่ จากการทดสอบ Oedometer และ CRS-R

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



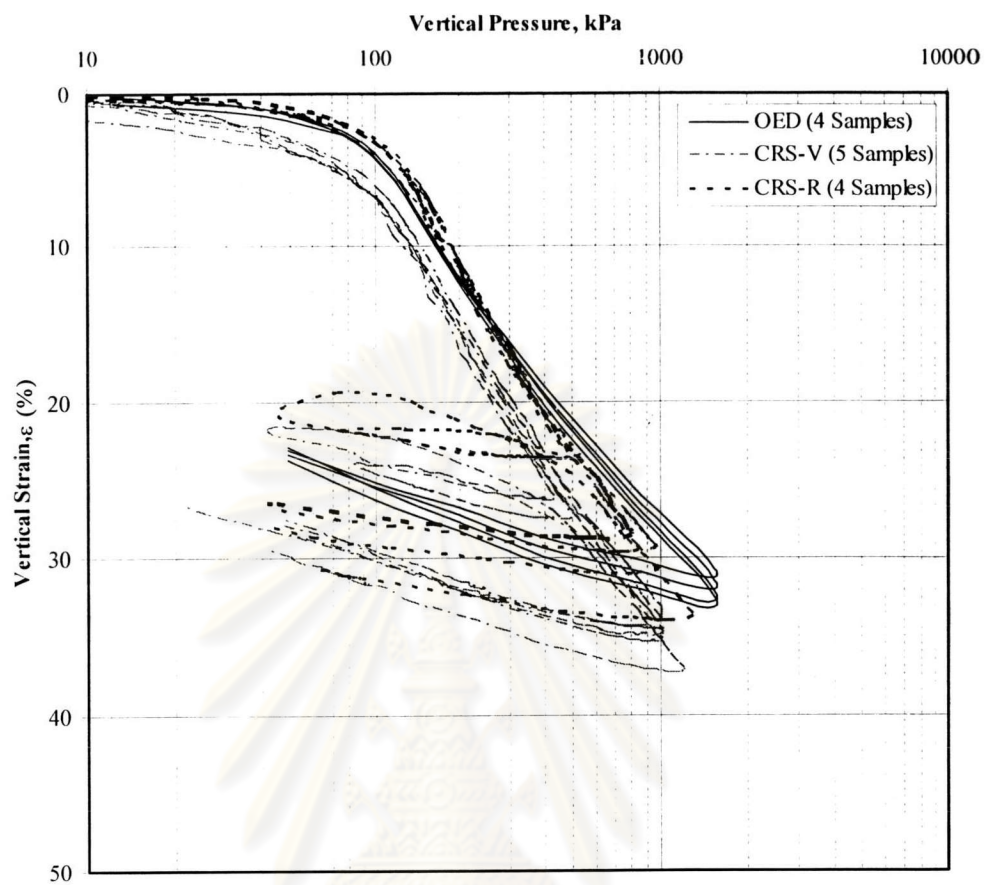
รูปที่ 4.9f การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวของดินเหนียวสร้างใหม่ จากการทดสอบ CRS-V และ CRS-R

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9g การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัว จากการทดสอบ Oedometer, CRS-V และ CRS-R

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9h การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ ϵ - $\log \sigma'_v$ จากการทดสอบ Oedometer, CRS-V และ CRS-R

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4a ผลการทดสอบอัดตัวคายนํ้า ด้วย Oedometer กับตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่

Sample No.	w_i (%)	e_i	σ'_p ¹ (kPa)	C_c (stress range, kPa)			C_s (stress range, kPa)		C_k from e-log k
				98.1-196.2	196.2-392.4	392.4-784.8	1569.6-392.4	392.4-98.1	
RCS31T	65.92	1.79	100	0.827	0.871	0.727	0.128	0.218	0.618
RCS32B	65.72	1.78	98	0.816	0.829	0.749	0.133	0.228	0.697
RCS51T	63.16	1.74	97	0.824	0.779	0.712	0.116	0.195	0.683
RCS52B	63.88	1.75	98	0.78	0.775	0.692	0.112	0.182	0.553

หมายเหตุ ¹ หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จาก Cassagrande Method

ตารางที่ 4.4b ผลการทดสอบอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่ง ด้วยอัตราเครียดคงที่ กับตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่

Sample No.	w_i (%)	e_i	Duration (Hours)	$\sigma'_p{}^1$ (kPa)	$\sigma'_p{}^2$ (kPa)	c_c	c_s	c_k	u_b/σ_v	
									Min.	Max.
RCS35B	61.92	1.78	161	98	98	0.817	0.160	0.650	0.071	0.331
RCS41T	64.23	1.73	170	97	103	0.772	0.145	0.588	0.038	0.301
RCS53T	62.49	1.72	139	95	105	0.802	0.145	0.604	0.059	0.260
RCS23B ³	61.58	1.74	162	99	97	0.804	0.165	0.607	0.066	0.245
RCS55T ³	60.92	1.75	163	95	102	0.773	0.161	0.604	0.074	0.292

หมายเหตุ

¹ หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จาก Cassagrande Method

² หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จาก u_b/σ_v (min.)

³ Unload-Reload

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4c ผลการทดสอบอัดตัวคายน้ำในแนวราบ ด้วยอัตราเครียดคงที่ กับตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่

Sample No.	w_i	e_i	Duration	σ'_p ¹	σ'_p ²	c_c	c_s	c_k	u_b/σ'_v		u_a/u_b	
									Min.	Max.	σ'_v 200 kPa	σ'_v 400 kPa
RCS36T	62.38	1.73	160	100	96	0.904	0.084	0.799	0.164	0.681	0.66	0.68
RCS43B	57.88	1.72	139	105	110	0.842	0.052	0.752	0.170	0.741	0.69	0.63
RCS24T ³	58.99	1.72	159	110	105	0.851	0.071	0.784	0.167	0.716	0.65	0.62
RCS56B ³	61.61	1.74	156	100	109	0.827	0.073	0.789	0.180	0.680	0.64	0.63

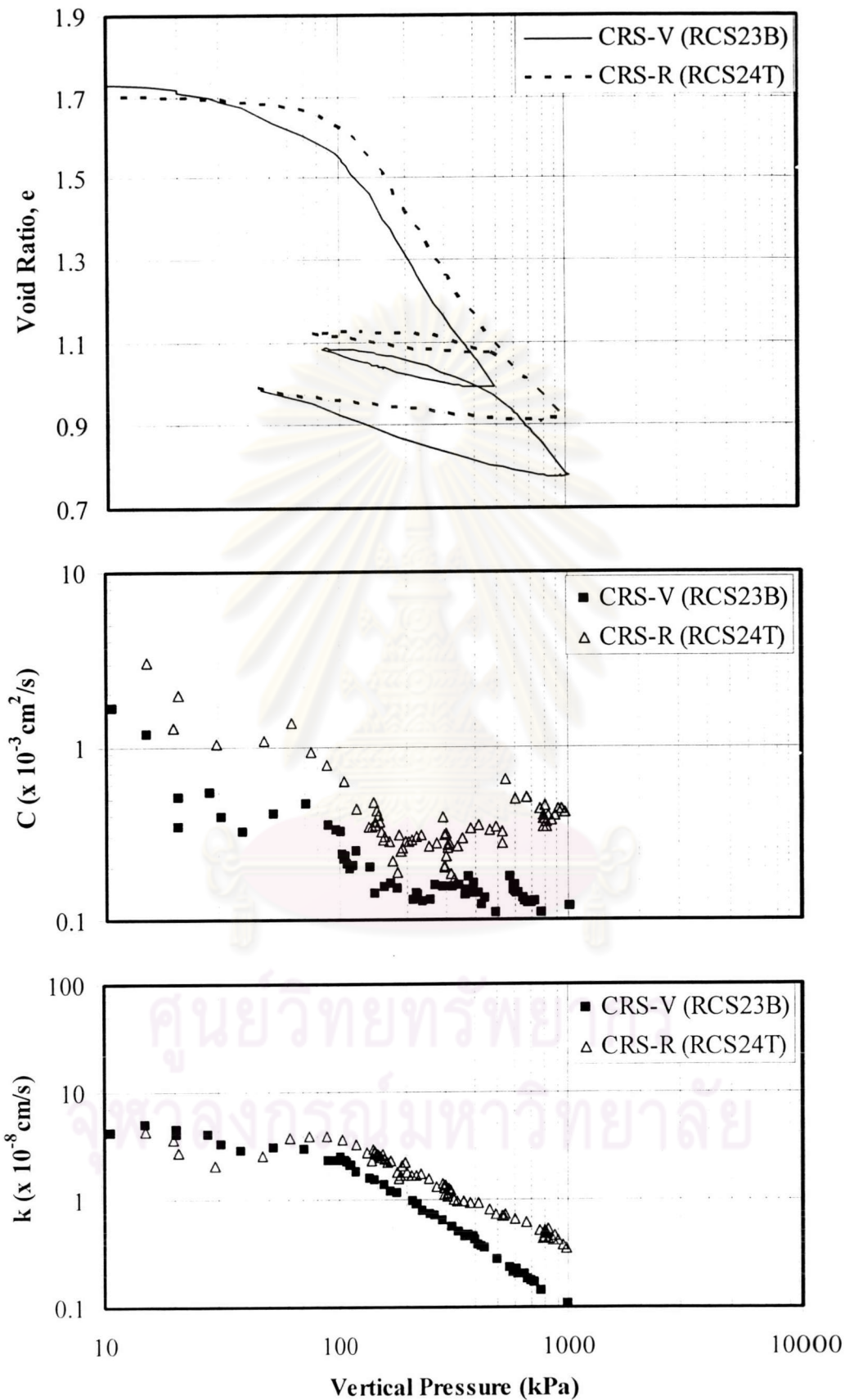
หมายเหตุ

¹ หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จาก Cassagrande Method

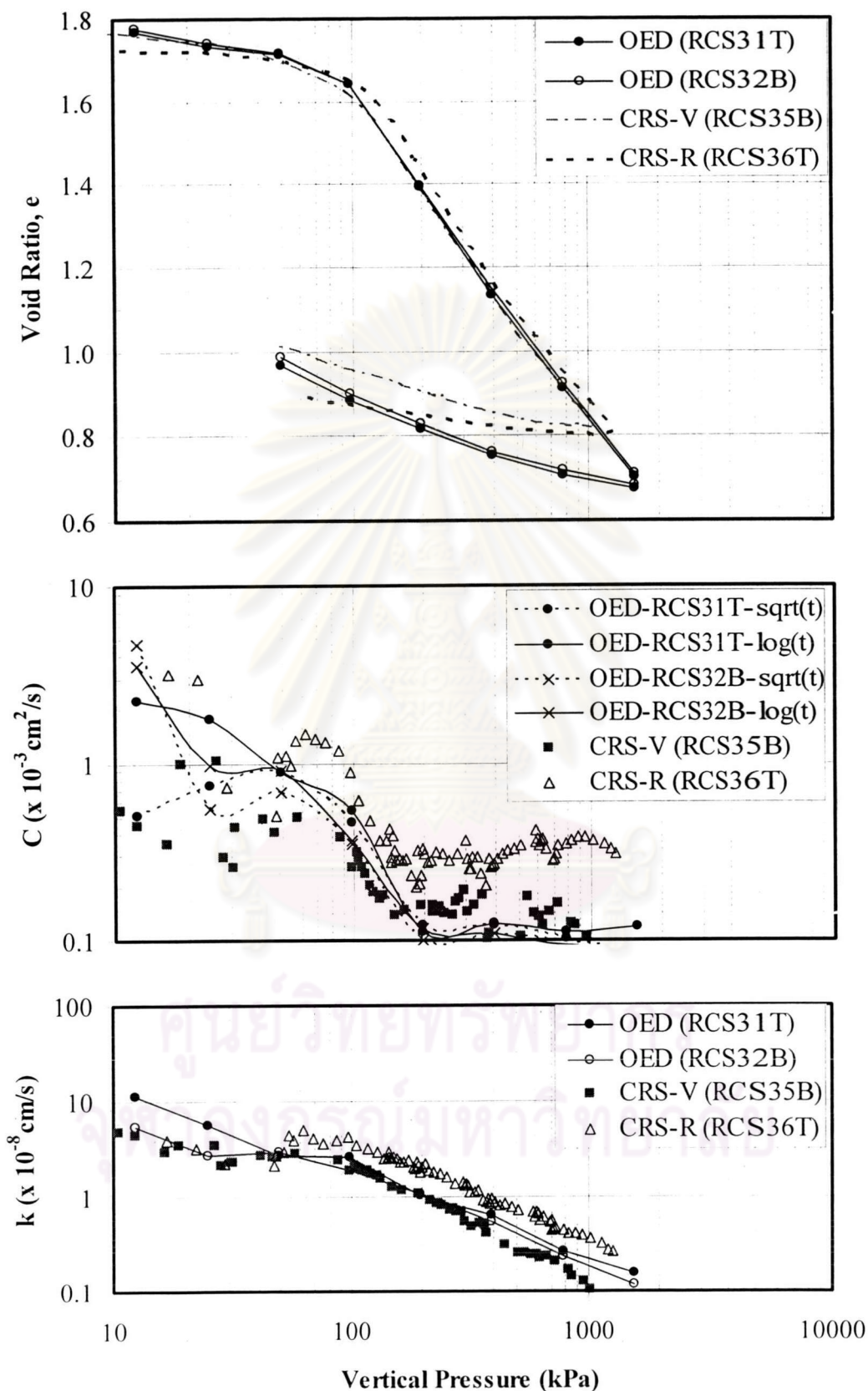
² หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จาก u_b/σ'_v (min.)

³ Unload-Reload

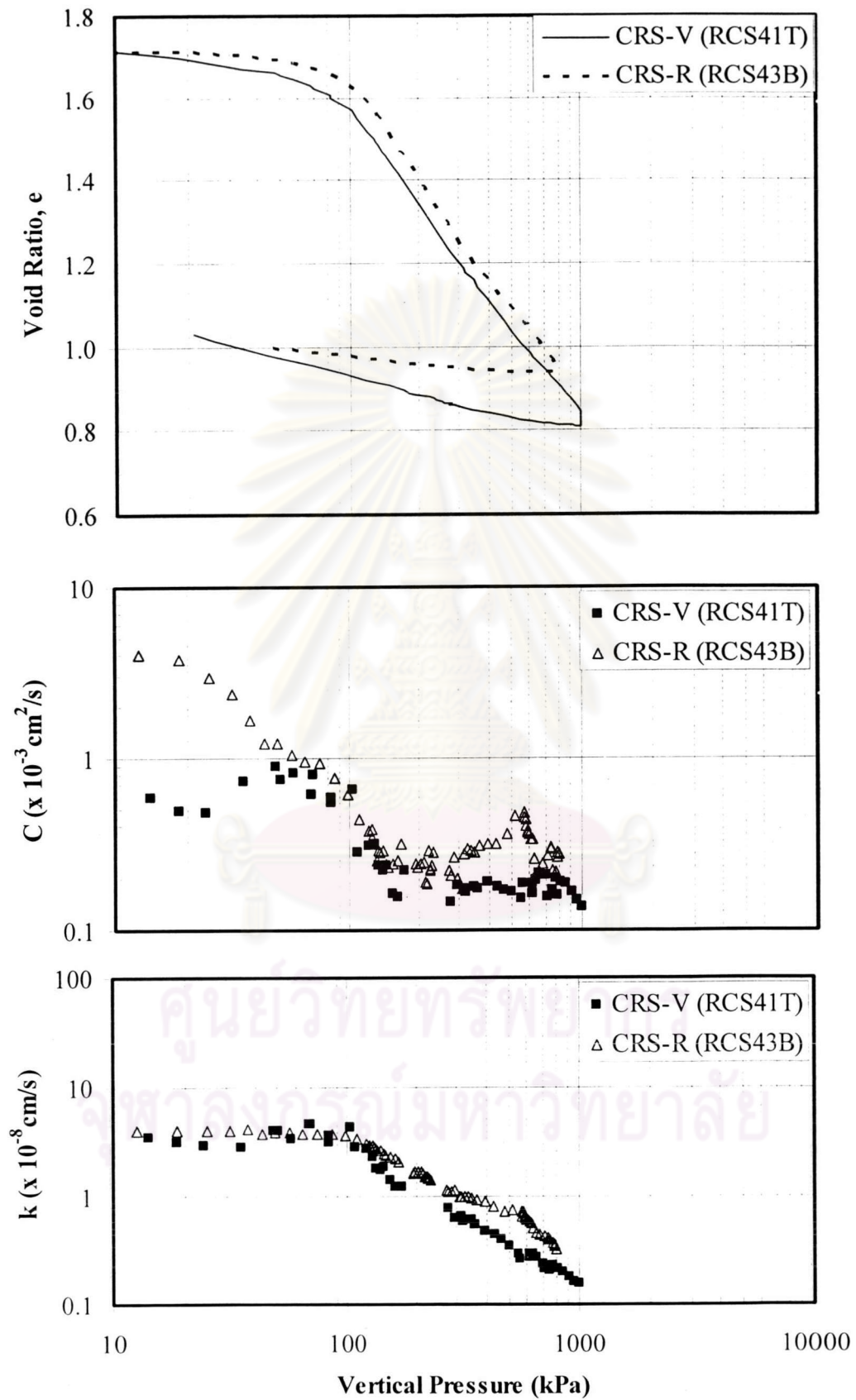
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



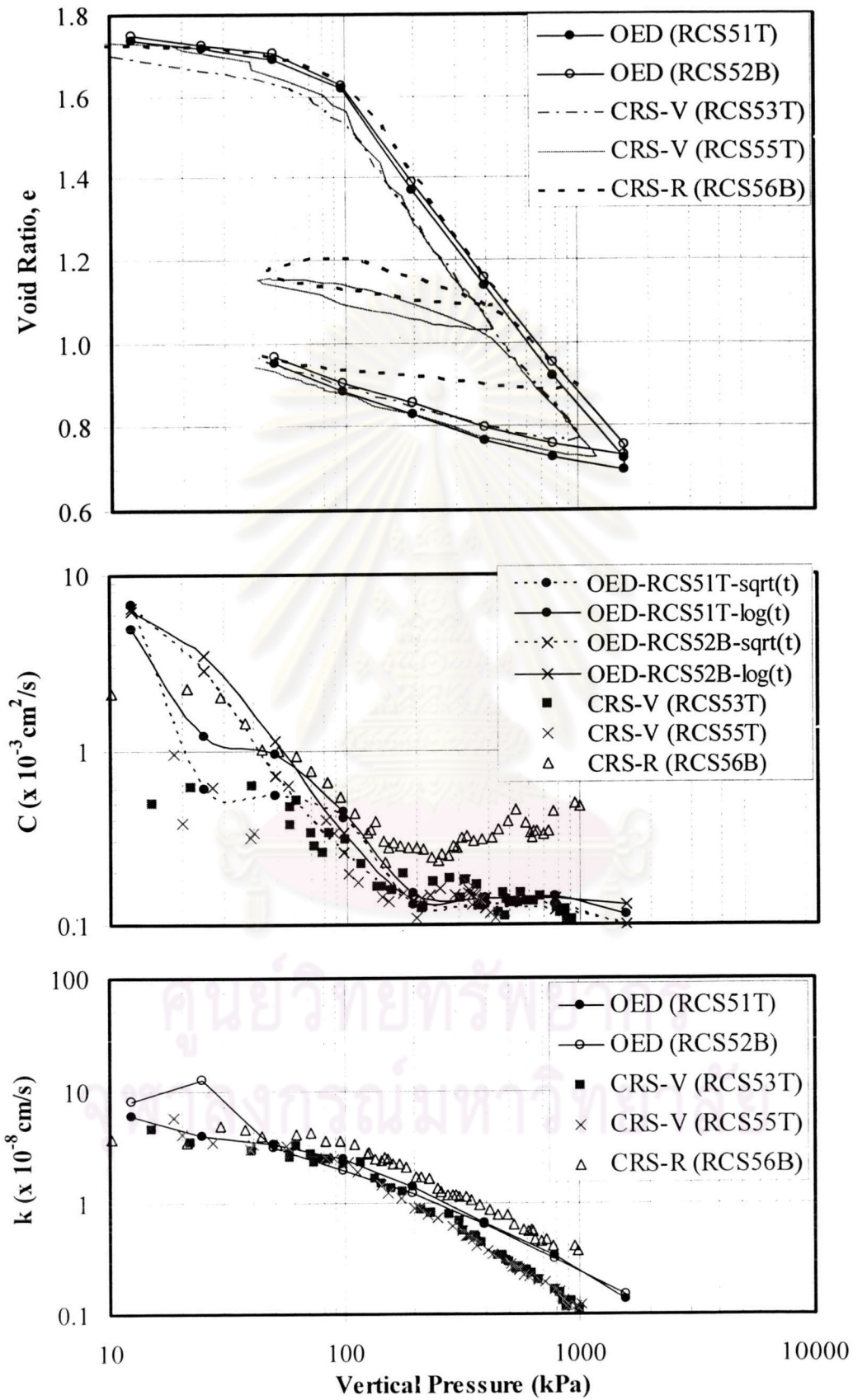
รูปที่ 4.10a พฤติกรรมอัดตัวคายน้ำด้วยวิธีทดสอบต่างๆ ของดินเหนียวสร้างใหม่ Batch 2



รูปที่ 4.10b พฤติกรรมอัดตัวคายน้ำด้วยวิธีทดสอบต่างๆ ของดินเหนียวสร้างใหม่ Batch 3



รูปที่ 4.10c พฤติกรรมอัดตัวคายน้ำด้วยวิธีทดสอบต่างๆ ของดินเหนียวสร้างใหม่ Batch 4



รูปที่ 4.10d พฤติกรรมอัดตัวคายน้ำด้วยวิธีทดสอบต่างๆ ของดินเหนียวสร้างใหม่ Batch 5

ค่า σ'_p จาก Oedometer และ CRS-V มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก และประมาณเท่ากับ หน่วยแรงดันสูงสุด 98.1 kPa ที่ใช้ในระหว่างการอัดตัวคายนํ้าของดินเหนียว สำหรับ σ'_p จาก CRS-R มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยประมาณ 5% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอัตราเครียด (Strain Rate) ที่ใช้ทดสอบมีค่าสูงเกินไปเล็กน้อย

4.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัว (Coefficient of Consolidation, c)

จากรูปที่ 4.10a - 4.10d แสดงให้เห็นว่า ค่า c มีความสัมพันธ์กับประวัติหน่วยแรงกล่าวคือ c ในช่วงอัดแน่นเกินตัว (Overconsolidated Range, OC) มีค่าสูงมากกว่าในช่วงอัดแน่นปกติ (Normally Consolidated Range, NC) เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายนํ้าในแนวดิ่ง (c_v) จาก Oedometer และ CRS-V ดังแสดงในรูปที่ 4.11 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในช่วง NC แต่ในช่วง OC ค่า c_v จาก CRS-V มีค่าต่ำกว่าของ Oedometer และเมื่อเปรียบเทียบกับทิศทางการระบายนํ้าในแนวราบจาก CRS-R พบว่า c_h มีค่าสูงกว่า c_v

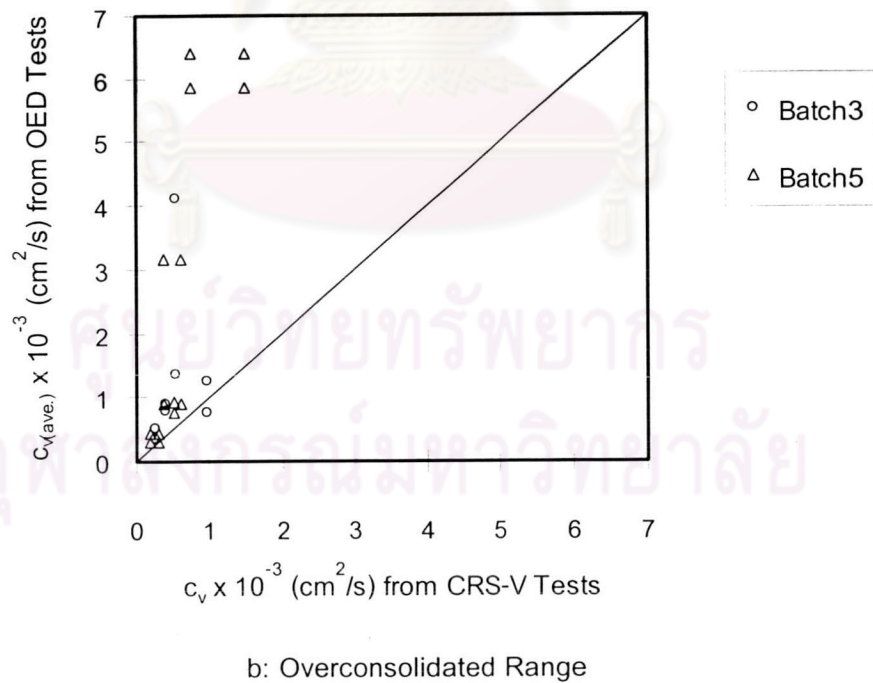
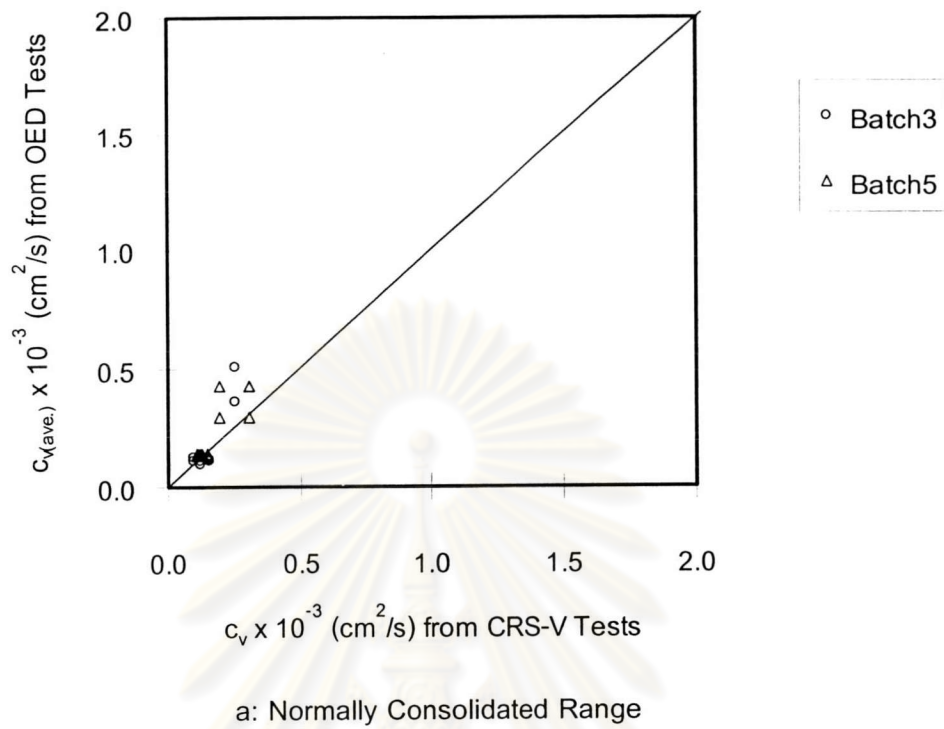
4.4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Coefficient of Permeability, k)

ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log k - \log \sigma'_v$ มีแนวโน้มที่เหมือนกันทั้ง 3 วิธีทดสอบ คือ k มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้นในช่วง OC และจะลดลงอย่างมากเมื่อผ่าน σ'_p เนื่องจากอัตราส่วนช่องว่างจะลดลงมากในช่วง NC แสดงให้เห็นว่า k ขึ้นกับโครงสร้างและการเรียงตัวของเม็ดดิน โดย $\log k - \log \sigma'_v$ และ $\log e - \log k$ มีความสัมพันธ์ค่อนข้างเป็นเส้นตรง ดังแสดงในภาคผนวก ข

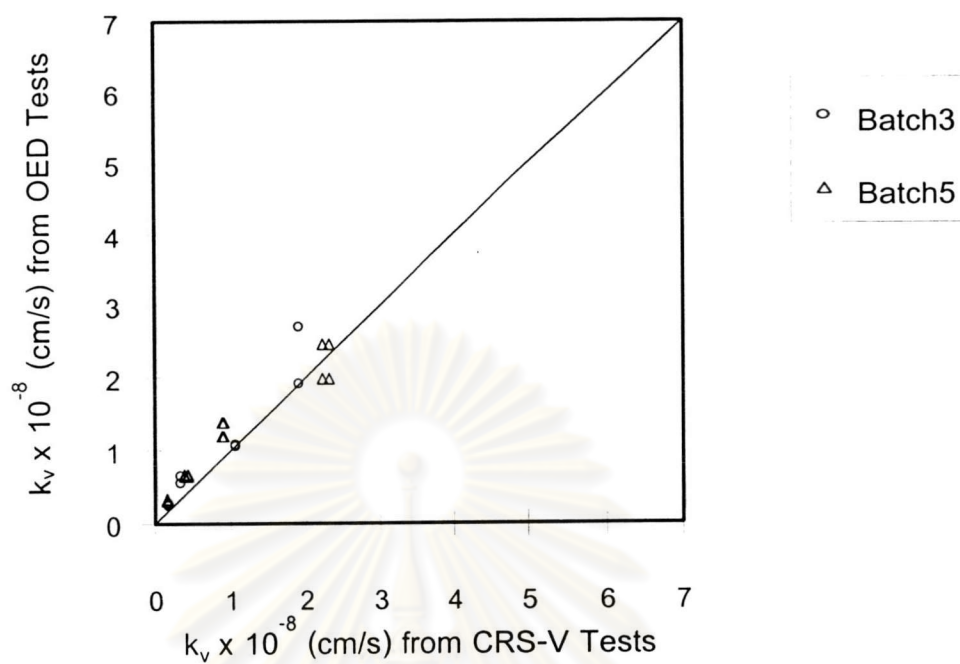
ตารางที่ 4.4a - 4.4c แสดงค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (C_k) พบว่ามีค่าประมาณ 0.624 สำหรับ Oedometer และ CRS-V ซึ่งต่ำกว่า C_k จาก CRS-R ที่มีค่าเฉลี่ย 0.781 เมื่อเปรียบเทียบ k_v จาก Oedometer และ CRS-V (รูปที่ 4.12) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันทั้งในช่วง NC และ OC นอกจากนี้ k_h จะมีค่ามากกว่า k_v โดยจะสังเกตได้อย่างชัดเจนในช่วง NC (รูปที่ 4.10)

4.4.5 พฤติกรรม Anisotropic ของการอัดตัวคายนํ้า

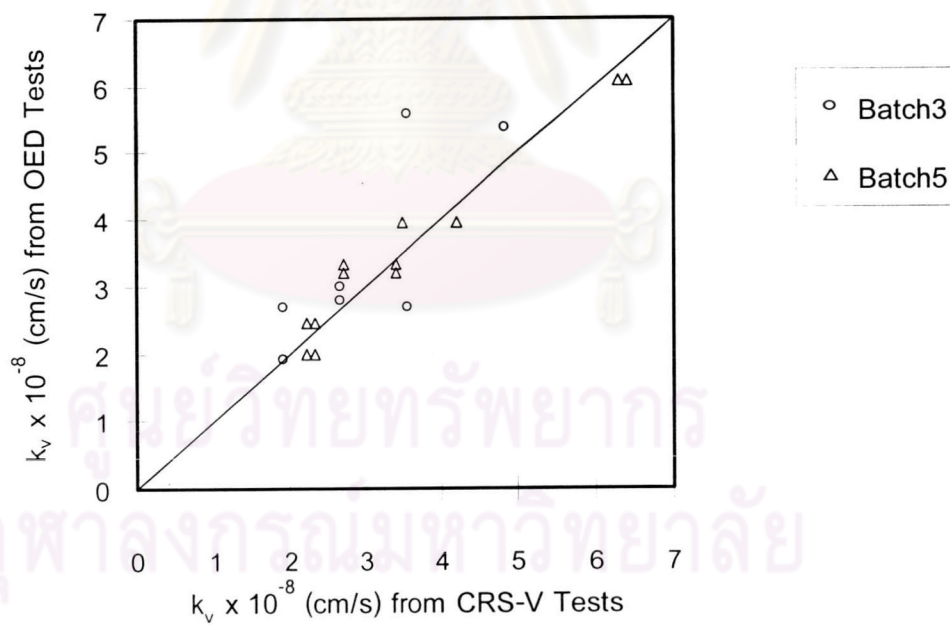
เนื่องจากการทดสอบ CRS-V และ CRS-R จะขึ้นกับทิศทางการระบายนํ้าที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถนำมาศึกษาพฤติกรรม Anisotropic ได้ เมื่อนำ c_h/c_v และ k_h/k_v มาหาความสัมพันธ์กับหน่วยแรงประสิทธิผล (รูปที่ 4.13) จะพบว่า เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผล และความเครียดเพิ่มขึ้น พฤติกรรม Anisotropic จะเพิ่มขึ้น (Stress induce anisotropy)



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวในแนวตั้ง (c_v) จากการทดสอบ Oedometer และ CRS-V

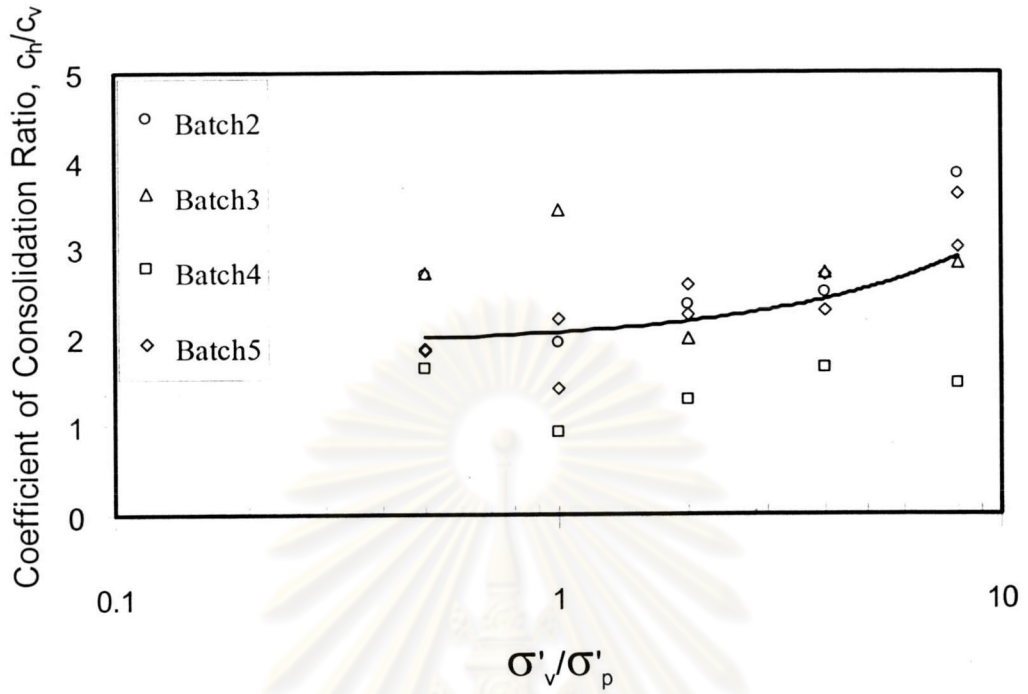


a: Normally Consolidated Range

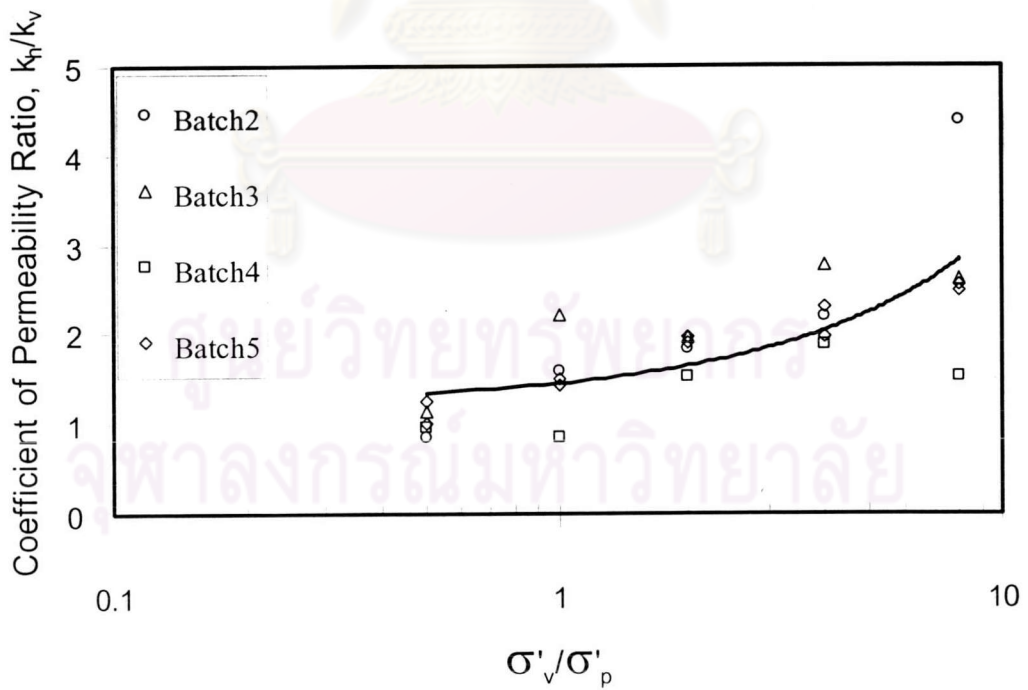


b: Overconsolidated Range

รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวตั้ง (k_v) จากการทดสอบ Oedometer และ CRS-V



a: ความสัมพันธ์ระหว่าง c_h/c_v กับ σ'_v/σ'_p



b: ความสัมพันธ์ระหว่าง k_h/k_v กับ σ'_v/σ'_p

รูปที่ 4.13 พฤติกรรม Anisotropic จากการอัดตัวคายน้ำ ของดินเหนียวสร้างใหม่

4.5 เปรียบเทียบผลทดสอบการอัดตัวคายน้ำ ของดินเหนียวสร้างใหม่ และดินเหนียวธรรมชาติ

ดินเหนียวธรรมชาติที่ความลึก 5, 5.5, 6.5 และ 7.5 เมตร ได้นำมาทดสอบ Oedometer และที่ความลึก 5.5, 6.5 และ 7.5 เมตร ได้นำมาทดสอบ CSR-V และ CRS-R จำนวนความลึกละ 1 ตัวอย่าง รวม 10 ตัวอย่าง ผลการทดสอบแสดงไว้ในภาคผนวก ค ผลการทดสอบอัดตัวคายน้ำ ของดินเหนียวธรรมชาติ จะนำมาเปรียบเทียบกับของดินเหนียวสร้างใหม่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 กราฟการอัดตัว (Compression Curve)

ตารางที่ 4.5a – 4.5c สรุปผลการทดสอบอัดตัวคายน้ำ ของตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ จากการทดสอบ Oedometer, CRS-V และ CRS-R ตามลำดับ รูปที่ 4.14a – 4.14c แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่าง (e) สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ (c) และสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (k) เทียบกับหน่วยแรงประสิทธิผล ของตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ

จากตารางที่ 4.5 พบว่าตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติมีอัตราส่วนช่องว่างเริ่มต้นระหว่าง 2.5 – 3.0 มีสภาพอัดแน่นเกินตัวเล็กน้อยระหว่าง 1.6 -2.0 (Slightly Overconsolidated Clay) ซึ่งเป็นค่าทั่วไปของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ดัชนีการอัดตัว (C_c) มีค่าระหว่าง 0.76 – 1.25 ใกล้เคียงกัน ทั้ง 3 วิธีทดสอบ และดัชนีการอัดตัวซ้ำ (C_r) มีค่าระหว่าง 0.08 – 0.28 โดย C_r จากการทดสอบ Oedometer และ CRS-V มีค่าสูงกว่า C_r จาก CRS-R ประมาณ 2 เท่า จากรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่ากราฟการอัดตัวของดินเหนียวธรรมชาติจากการทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความลึกเดียวกัน มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของเนื้อดิน และตัวอย่างถูกรบกวนในระหว่างการเก็บ การตัดแต่ง โดยเฉพาะในช่วงความลึก 5 – 5.5 เมตร เป็นดินเหนียวอ่อนมาก การตัดแต่งตัวอย่างทำได้ลำบากเมื่อเปรียบเทียบกับดินเหนียวสร้างใหม่ที่แข็งแกร่งกว่า เมื่อพิจารณาการทดสอบ Load – Reload กับตัวอย่างที่ความลึก 5.5 เมตร (รูปที่ 4.14a) พบว่า C_r ในช่วง Load มีค่าสูงกว่าในช่วง Reload แสดงว่าตัวอย่างถูกรบกวนตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.3 อย่างไรก็ดีตาม C_r ในช่วง Reload มีค่าใกล้เคียงกับ C_c ในช่วง Unload และ σ'_p ในช่วง Reload มีค่าประมาณเท่ากับหน่วยแรงสูงสุดก่อน Unload

ตารางที่ 4.5a ผลการทดสอบอัดตัวคายน้ำ ด้วย Oedometer กับตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ

Sample No.	Depth (m)	γ_t (kN/m ³)	w_i (%)	e_i	σ'_p ¹ (kPa)	OCR	C_c (stress range, kPa)			C_s (stress range, kPa)		C_k from e-log k
							98.1-196.2	196.2-392.4	392.4-784.8	1569.6-392.4	392.4-98.1	
NCS1	5.0	14.43	91.90	2.52	37	1.6	0.779	0.755	0.720	0.139	0.215	0.936
NCS2	5.5	14.40	103.79	2.51	44	1.7	0.767	0.855	0.743	0.107	0.200	1.012
NCS3	6.5	14.11	97.05	2.70	55	2.0	1.346	1.085	0.899	0.159	0.257	1.119
NCS4	7.5	13.90	102.66	2.96	54	1.8	1.403	1.178	1.031	0.180	0.284	1.127

หมายเหตุ ¹ หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จาก Cassagrande Method

ตารางที่ 4.5b ผลการทดสอบอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่ง ด้วยอัตราเครียดคงที่ กับตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ

Sample No.	Depth (m)	γ_t (kN/m ³)	w_i (%)	e_i	Duration (Hours)	σ'_p ¹ (kPa)	σ'_{pn} ² (kPa)	OCR	c_c	c_s	c_k	u_b/σ_v	
												Min.	Max.
NCS5 ³	5.5	14.57	93.21	2.51	167	43	44.3	1.6	0.864	0.169	0.788	0.050	0.133
NCS6	6.5	14.33	94.85	2.73	175	51	52.6	1.7	1.024	0.231	0.798	0.039	0.091
NCS7	7.5	14.19	101.55	2.88	160	68	64.6	2.1	1.245	0.221	0.870	0.024	0.091

หมายเหตุ ¹ หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จากCassagrande Method

² หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จาก u_b/σ_v (min.)

³ Unload-Reload

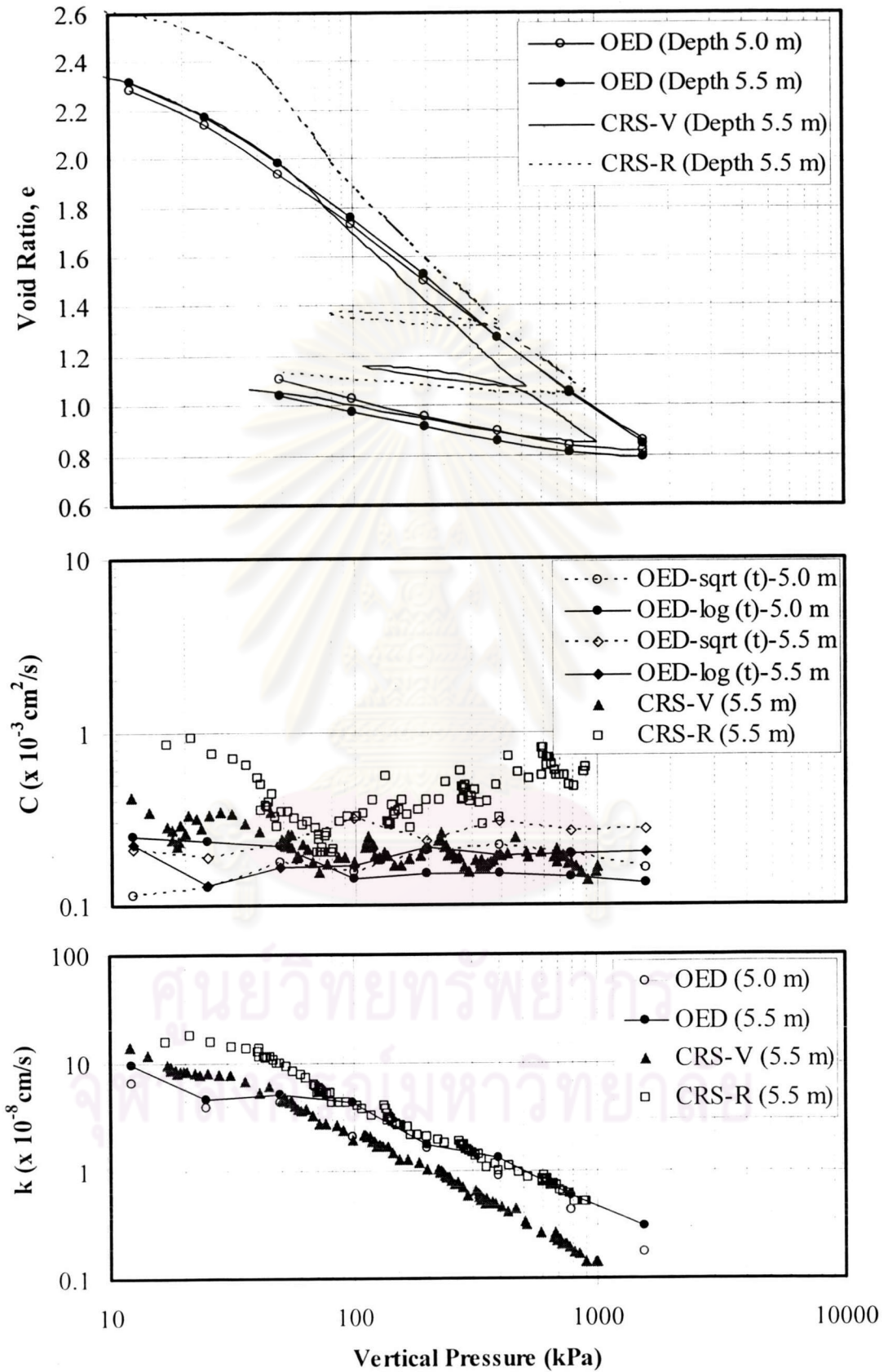
ตารางที่ 4.5c ผลการทดสอบอัดตัวคายน้ำในแนวราบ ด้วยอัตราเครียดคงที่ กับตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ

Sample No.	Depth (m)	γ_t (kN/m ³)	w_i (%)	e_i	Duration (Hours)	σ'_p ¹ (kPa)	σ'_{pn} ² (kPa)	OCR	c_c	c_s	c_k	u_b/σ'_v		u_a/u_b	
												Min.	Max.	σ'_v 200 kPa	σ'_v 400 kPa
NCS8 ³	5.5	14.24	91.39	2.65	165	44	46.6	1.8	0.871	0.078	1.009	0.135	0.210	0.630	0.790
NCS9	6.5	14.29	92.13	2.70	164	52	53.3	1.8	0.954	0.096	1.029	0.107	0.160	0.730	0.730
NCS10	7.5	14.23	100.31	2.76	157	62	59.1	1.9	1.070	0.089	1.122	0.116	0.350	0.440	0.630

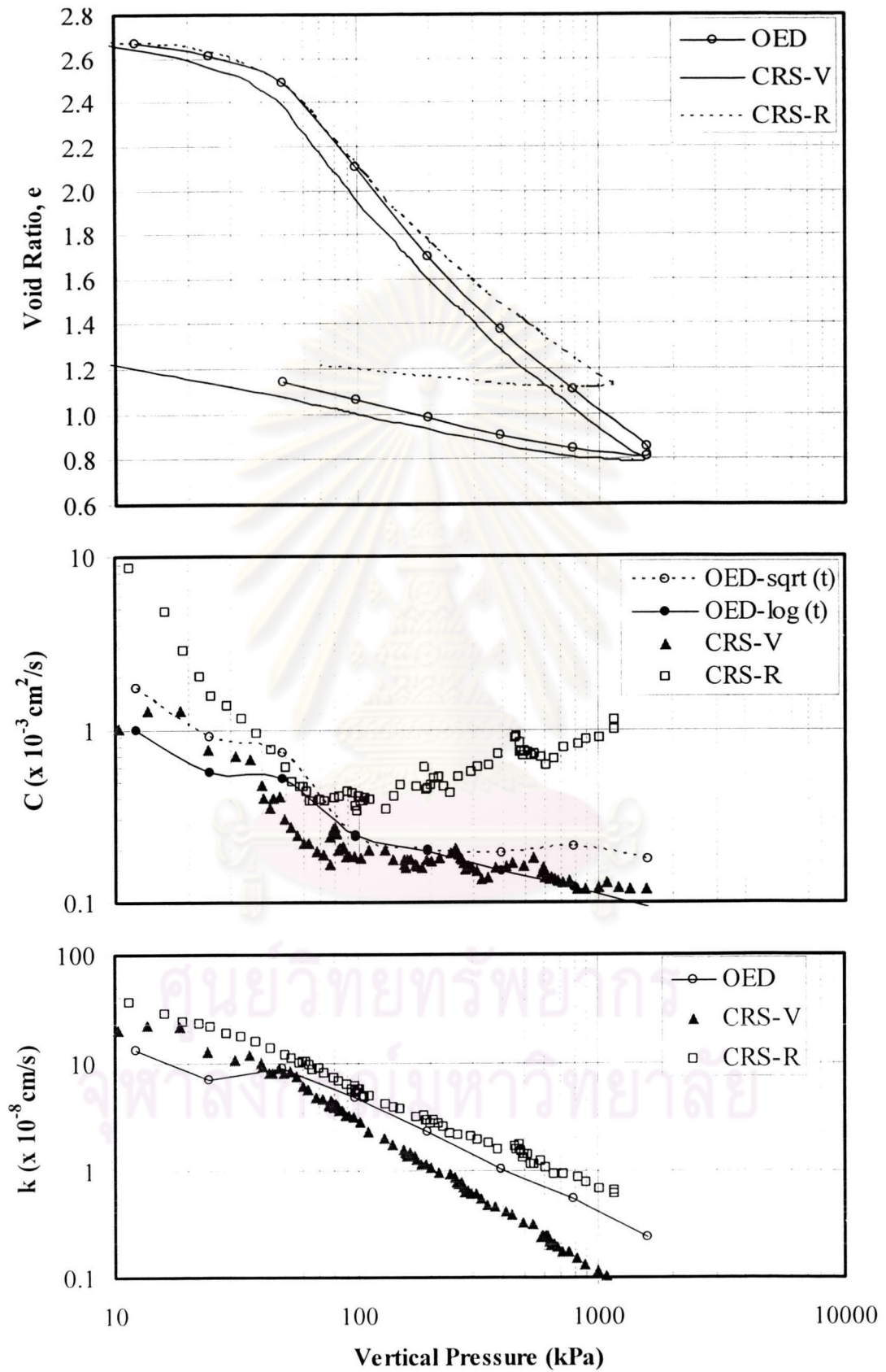
หมายเหตุ ¹ หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จากCassagrande Method

² หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จาก u_b/σ'_v (min.)

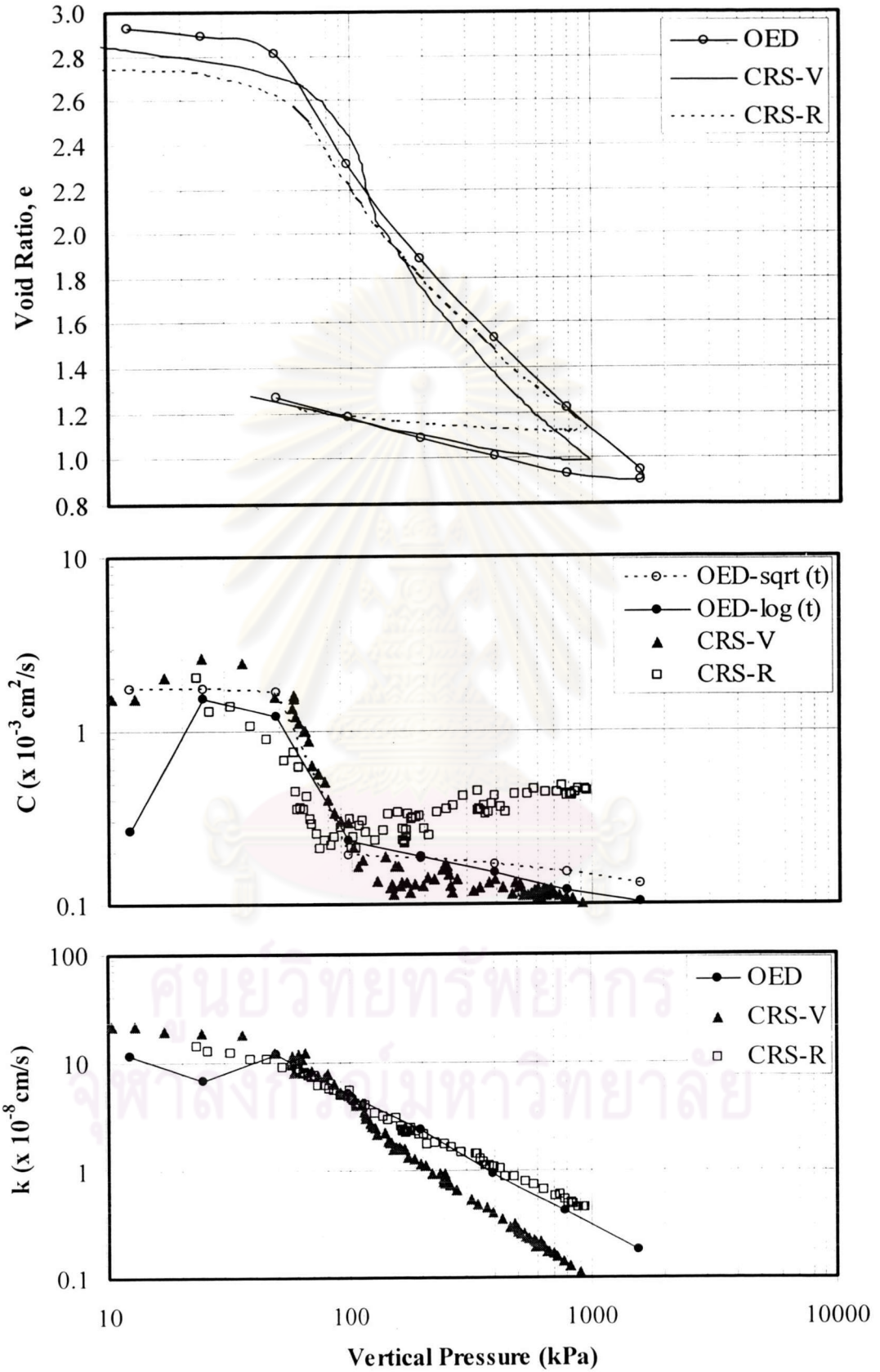
³ Unload-Reload



รูปที่ 4.14a พฤติกรรมอัดตัวคายน้ำด้วยวิธีทดสอบต่างๆ ของดินเหนียวธรรมชาติ (ลึก 5.5 ม.)



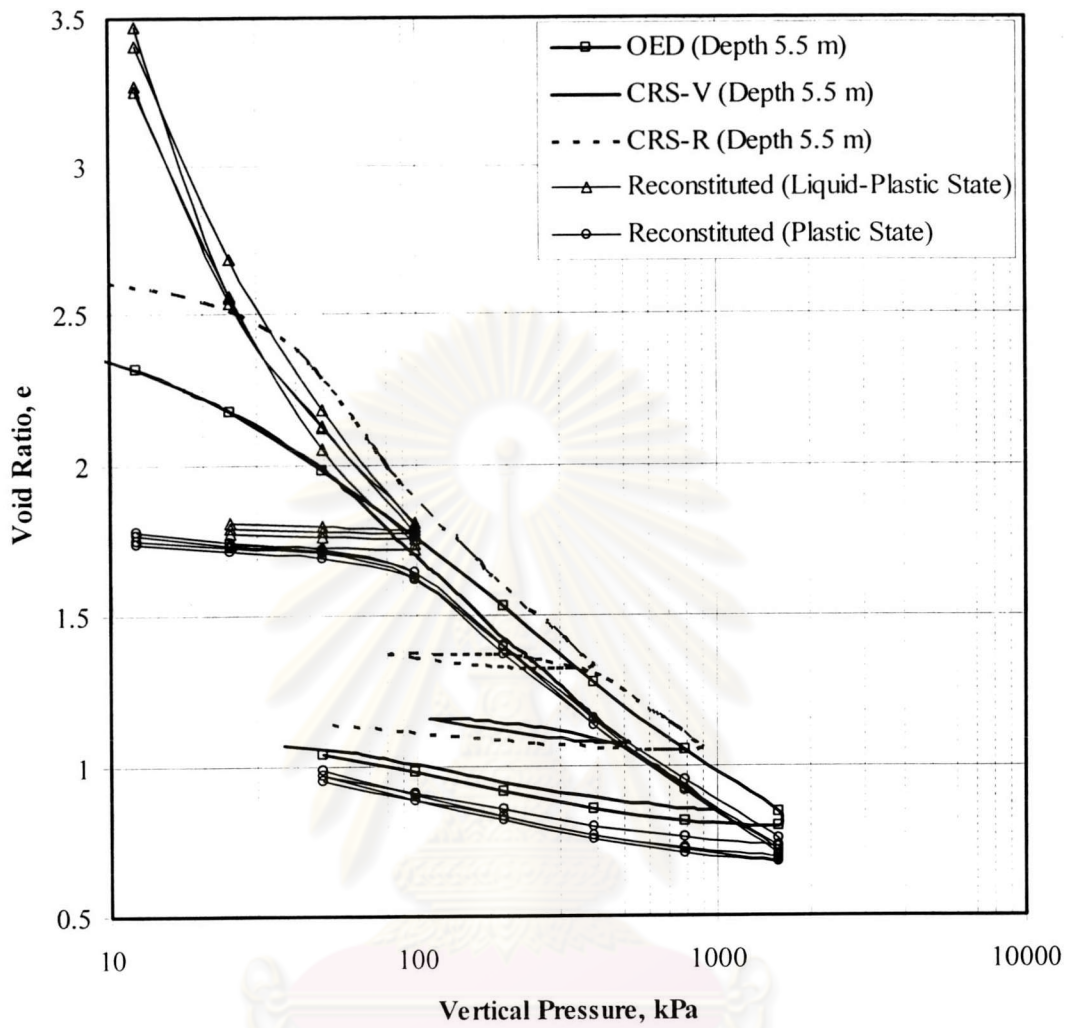
รูปที่ 4.14b พฤติกรรมอัดตัวคายน้ำด้วยวิธีทดสอบต่างๆ ของดินเหนียวธรรมชาติ (ลึก 6.5 ม.)



รูปที่ 4.14c พฤติกรรมอัดตัวคายน้ำด้วยวิธีทดสอบต่างๆ ของดินเหนียวธรรมชาติ (ลึก 7.5 ม.)

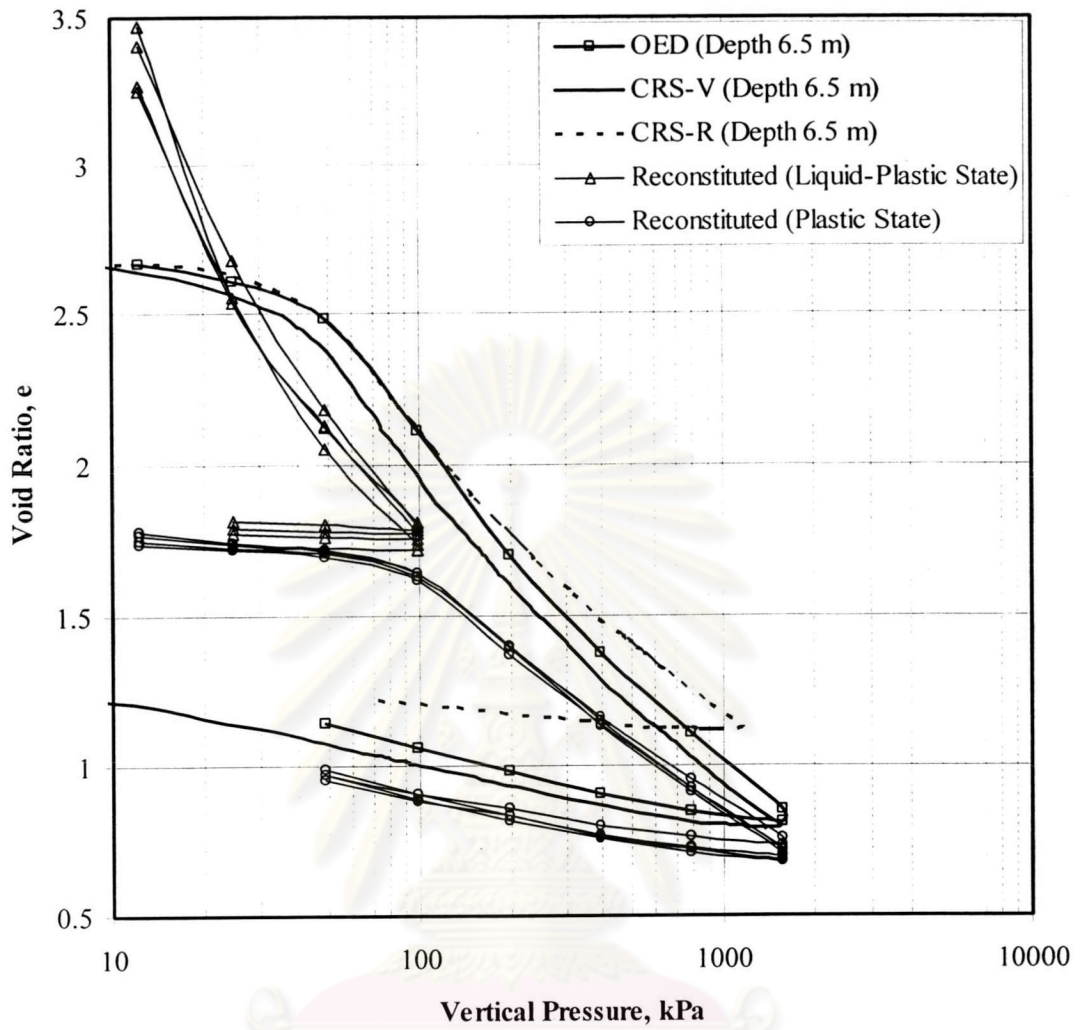
รูปที่ 4.15a - 4.15c เปรียบเทียบกราฟการอัดตัวระหว่างดินเหนียวสร้างใหม่จากการทดสอบ Reconstituted Consolidation และ Oedometer กับดินเหนียวธรรมชาติจากการทดสอบทั้ง 3 ชนิด ที่ ความลึก 5.5, 6.5 และ 7.5 เมตร ตามลำดับ และเนื่องจากดินเหนียวสร้างใหม่เป็นดินที่เตรียมจากการ นำดินเหนียวธรรมชาติที่ความลึก 5.5, 6.5 และ 7.5 เมตร มาผสมในปริมาณเท่าๆกัน ดังนั้นจึงใช้ดินเหนียวธรรมชาติที่ความลึก 6.5 เมตร จากการทดสอบ Oedometer ซึ่งเป็นการทดสอบมาตรฐาน มาใช้ในการเปรียบเทียบพฤติกรรม ดังแสดงในรูปที่ 4.15d พบว่า

- ความสัมพันธ์ $e - \log \sigma'_v$ จากการทดสอบ Reconstituted Consolidation ในช่วงสถานะดินเหลว ถึงสถานะพลาสติก เทียบกับความสัมพันธ์ที่ได้จาก Oedometer ของดินเหนียวสร้างใหม่ในสถานะพลาสติกมีกราฟที่ต่อเนื่อง และสอดคล้องกัน คือ C_c และ C_r มีค่าต่างกันอย่างน้อยมาก นอกจากนี้ σ'_p ของดินเหนียวสร้างใหม่มีค่าใกล้เคียงกับหน่วยแรงสูงสุดจากการทดสอบ Reconstituted Consolidation อีกด้วย
- ความสัมพันธ์ $e - \log \sigma'_v$ ของดินเหนียวสร้างใหม่มีแนวโน้มเหมือนกับดินเหนียวธรรมชาติ โดย $e - \log \sigma'_v$ ของดินเหนียวสร้างใหม่จะอยู่ทางด้านซ้ายมือ ของดินเหนียวธรรมชาติ และเมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนช่องว่างเดียวกัน หน่วยแรงแบกทานที่ดินเหนียวธรรมชาติรับจะประมาณ 2 เท่าที่ดินเหนียวสร้างใหม่รับ นอกจากนี้ กราฟการอัดตัวของดินทั้ง 2 ชนิดมีลักษณะลู่เข้าหากันเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Tsuchida (2001) ที่อธิบายว่า Natural Aged Clay ความชันของกราฟจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก (Sharp Concave Downward Curve) บริเวณ σ'_p ในขณะที่ Reconstituted Young Clay ความชันของกราฟจะค่อยเปลี่ยนแปลง (Gentle Curve) บริเวณ σ'_p (รูปที่ 4.16)
- การที่พฤติกรรมทางกลของดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่แตกต่างกันนั้น เนื่องจากดินมีโครงสร้างที่ต่างกัน ดินเหนียวสร้างใหม่เป็น Reconstituted Young Clay เมื่อเปรียบเทียบกับดินเหนียวธรรมชาติที่เป็น Natural Aged Clay ที่จะแสดงพฤติกรรมของดินในสภาพอัดแน่นเกินตัวซึ่งเป็นผลจากครีพแบบระบายน้ำหรือการอัดตัวครั้งที่สอง (Mechanical Bond) โดยกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า Aging นอกจากนี้โครงสร้างของดินเหนียวธรรมชาติยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆอีก เช่น Depositional Conditions, Cementation และ Leaching เป็นต้น



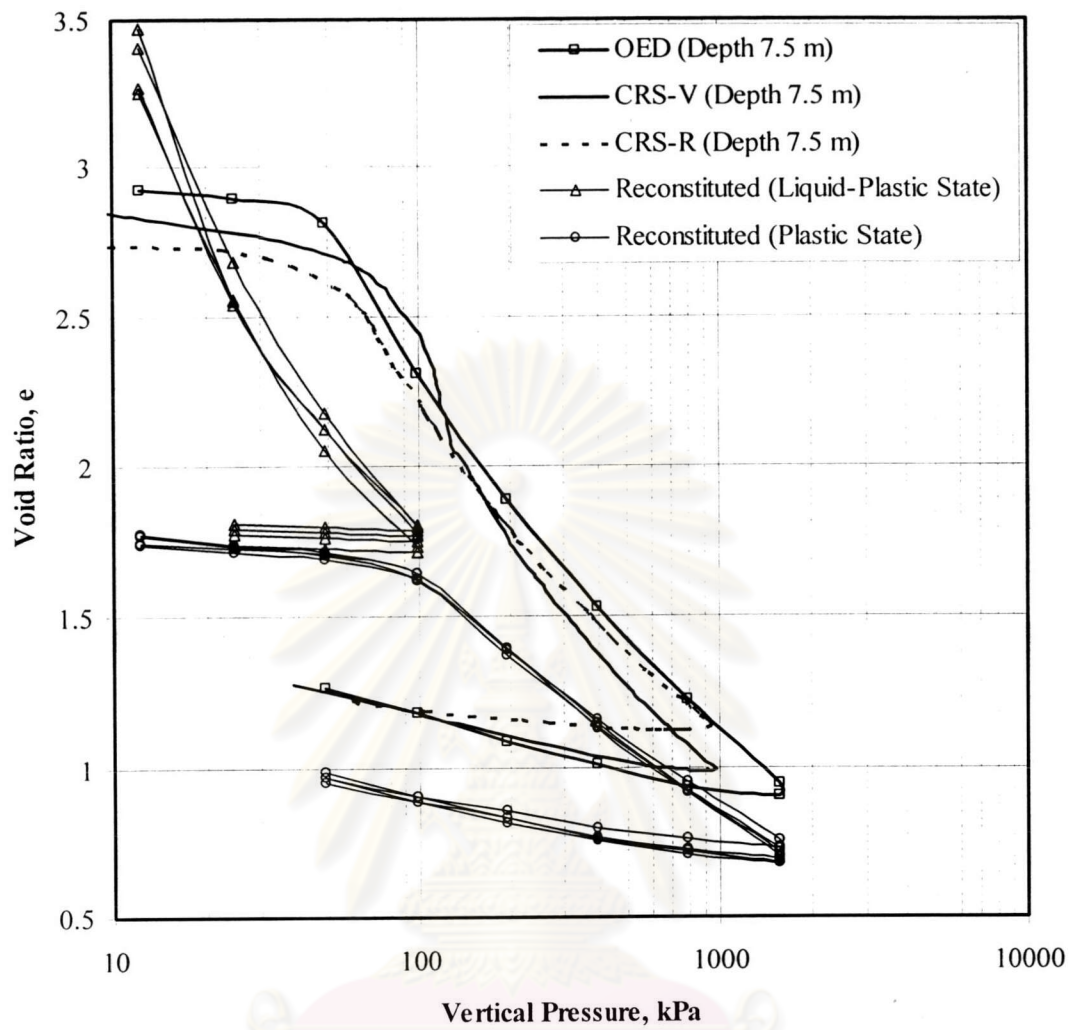
รูปที่ 4.15a เปรียบเทียบกราฟการอัดตัวระหว่างดินเหนียวสร้างใหม่ และดินเหนียวธรรมชาติ (ความลึก 5.5 เมตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



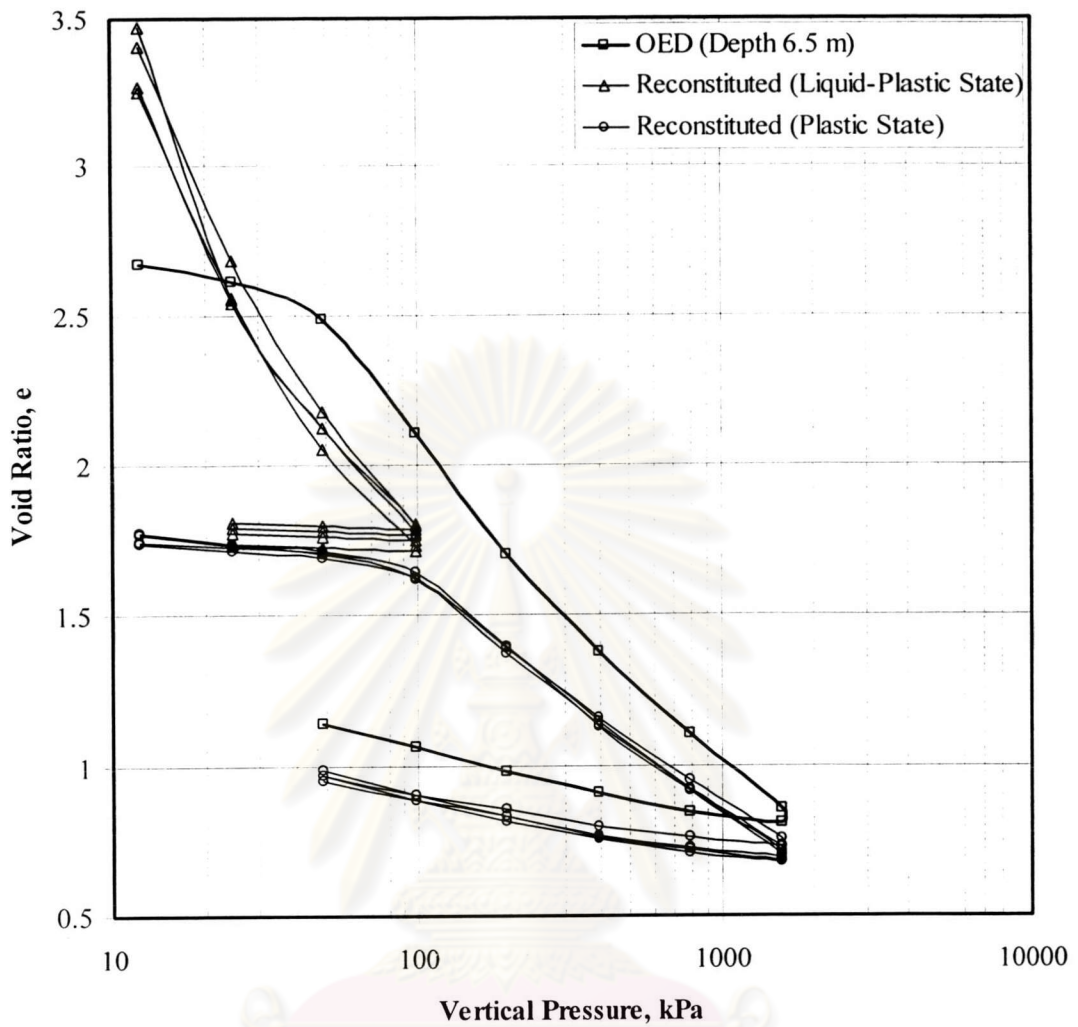
รูปที่ 4.15b เปรียบเทียบกราฟการอัดตัวระหว่างดินเหนียวสร้างใหม่ และดินเหนียวธรรมชาติ
(ความลึก 6.5 เมตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

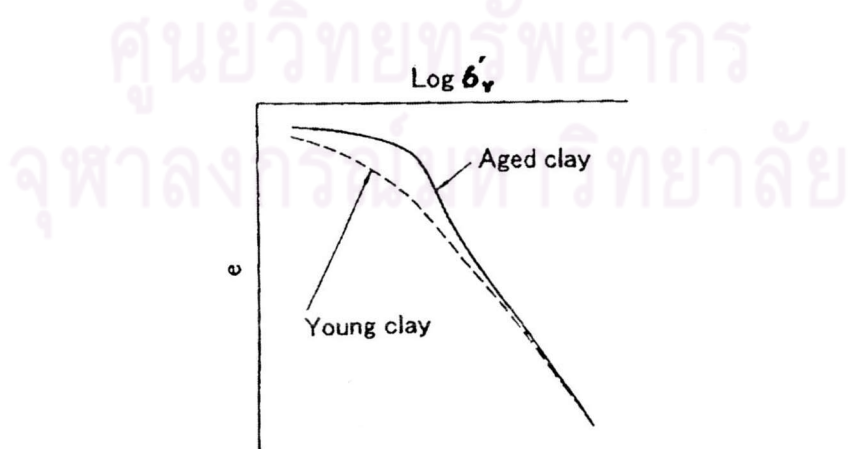


รูปที่ 4.15c เปรียบเทียบกราฟการอัดตัวระหว่างดินเหนียวสร้างใหม่ และดินเหนียวธรรมชาติ (ความลึก 7.5 เมตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



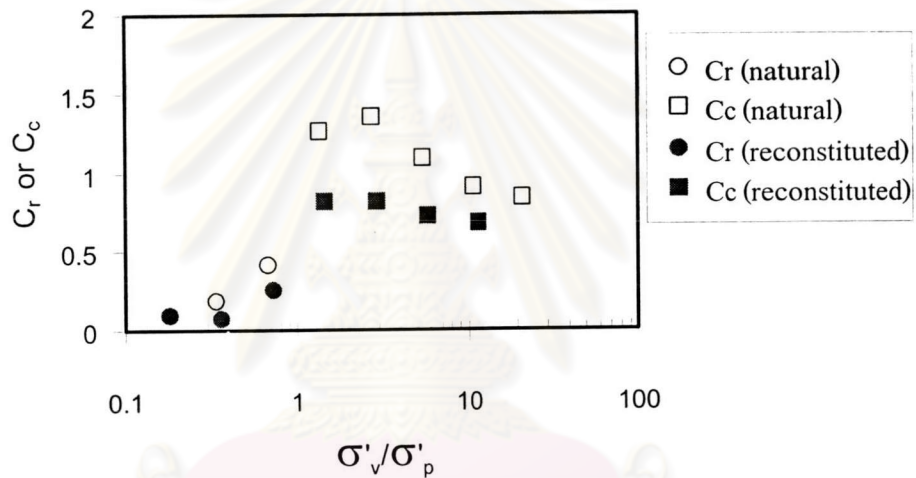
รูปที่ 4.15d เปรียบเทียบกราฟการอัดตัวระหว่างดินเหนียวสร้างใหม่ และดินเหนียวธรรมชาติ (ความลึกเฉลี่ย 6.5 เมตร จากการทดสอบ Oedometer)



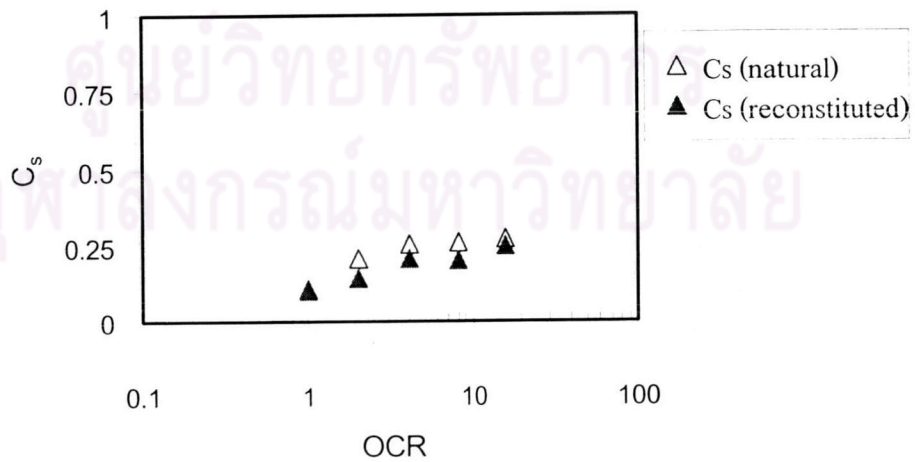
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ e - $\log \sigma'_v$ ระหว่าง Reconstituted Young Clay และ Natural Aged Clay (Tsuchida, 2001)

รูปที่ 4.17a แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $C_c - \sigma'_v/\sigma'_p$ และ $C_r - \sigma'_v/\sigma'_p$ เปรียบเทียบระหว่างดินเหนียวทั้งสองชนิด พบว่า C_r ของดินเหนียวทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน โดย C_r ของดินเหนียวธรรมชาติมีค่าสูงกว่าดินเหนียวสร้างใหม่เล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากดินเหนียวธรรมชาติถูกรบกวนทำให้ C_r มีค่าสูงขึ้น สำหรับค่า C_c ของดินเหนียวธรรมชาติจะมีค่าสูงกว่าดินเหนียวสร้างใหม่ ซึ่งเป็นผลจากพฤติกรรม Non-Linearity ของดินเหนียวธรรมชาติ โดย C_c จะมีค่าต่างกันมากในช่วง $2\sigma'_p$ และจะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อหน่วยแรงเพิ่มสูงขึ้น

รูปที่ 4.17b แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $C_s - OCR$ เปรียบเทียบระหว่างดินเหนียวทั้งสองชนิด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วง OCR โดย C_s มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามค่า OCR ที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.17a ความสัมพันธ์ C_r or C_c -log σ'_v



รูปที่ 4.17b ความสัมพันธ์ C_s -log σ'_v

4.5.2 สมการความสัมพันธ์ของกราฟการอัดตัวระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่

Liu and Carter (2000) ได้ตั้งสมมติฐาน (รูปที่ 4.18a) และเสนอสมการความสัมพันธ์ของกราฟการอัดตัวในช่วง Virgin Compression Line ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่ ดังนี้

$$e = e^* + \Delta e \quad (4.4)$$

$$\Delta e = \Delta e_i (p'_{y,i}/p')^b \quad (4.5)$$

โดย e = อัตราส่วนช่องว่างของดินเหนียวธรรมชาติ

e^* = อัตราส่วนช่องว่างของดินเหนียวสร้างใหม่

Δe = ส่วนต่างระหว่างอัตราส่วนช่องว่างของดินทั้ง 2 ชนิด

$p'_{y,i}$ = หน่วยแรงประสิทธิผลที่เริ่มเกิด Virgin Yielding ของดินเหนียวธรรมชาติ

Δe_i = Δe ณ ตำแหน่ง $p'_{y,i}$

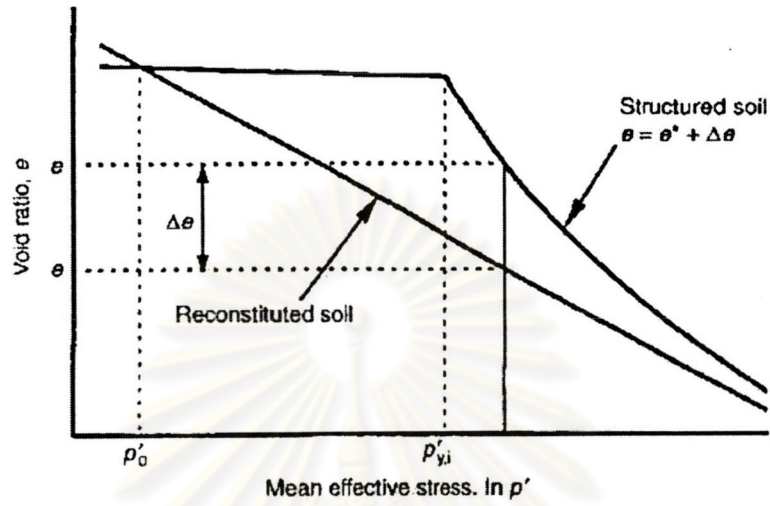
b = The Compression Destructuring Index โดย $0 \leq b < \infty$

รูปที่ 4.18b แสดงให้เห็นว่าอัตราการลดลงของอัตราส่วนช่องว่างมีค่าเพิ่มขึ้นกับพารามิเตอร์ b ที่เพิ่มขึ้น และแสดงถึงขอบเขตของ b

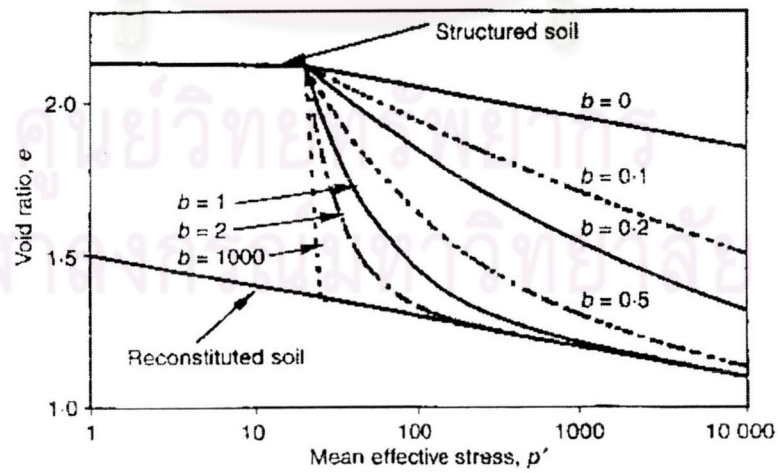
ความสัมพันธ์ของกราฟการอัดตัวในช่วง Virgin Compression Line ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่ จากการวิจัยนี้หาจากกราฟในรูปที่ 4.17d มีสมการเป็นดังนี้

$$\Delta e = 0.45(42/\sigma'_v, \text{kPa})^{0.33} \quad (4.6)$$

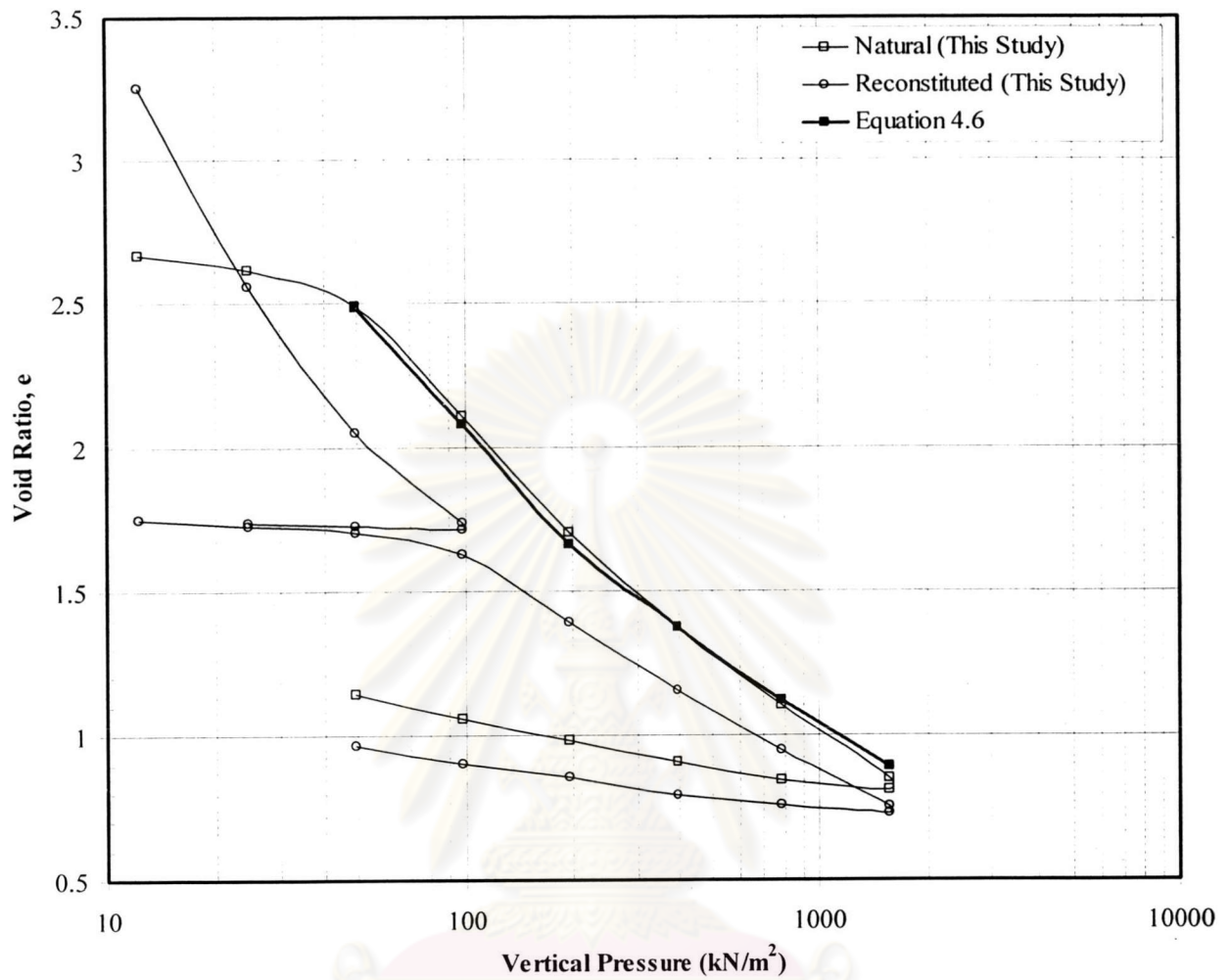
รูปที่ 4.18c แสดงเส้น Virgin Compression Line ของดินเหนียวธรรมชาติที่ได้จากสมการที่ 4.6 พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกันมาก



รูปที่ 4.18a ความสัมพันธ์ e - $\log \sigma'_v$ ของดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่ (Liu and Carter, 2000)



รูปที่ 4.18b การทำลายโครงสร้างดินในช่วงการอัดตัวคายน้ำ (Liu and Carter, 2000)



รูปที่ 4.18c เปรียบเทียบ Virgin Compression Line ของดินเหนียวธรรมชาติ กับสมการ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.3 สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายนํ้า (Coefficient of Consolidation)

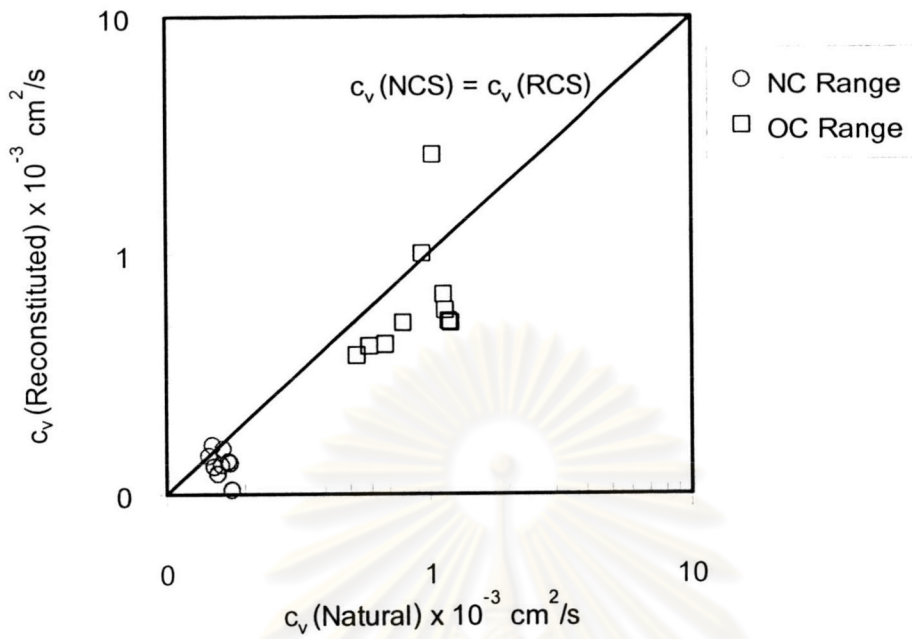
ค่า c_v และ c_h ของดินเหนียวสร้างใหม่มีค่าต่ำกว่าดินเหนียวธรรมชาติเล็กน้อย โดยเฉพาะในช่วง OC เนื่องจากโครงสร้างดินมีความแตกต่างกันในช่วงหน่วยแรงเริ่มต้น และจะมีค่าใกล้เคียงกันในช่วง NC ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และ 4.20

4.5.4 สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Coefficient of Permeability)

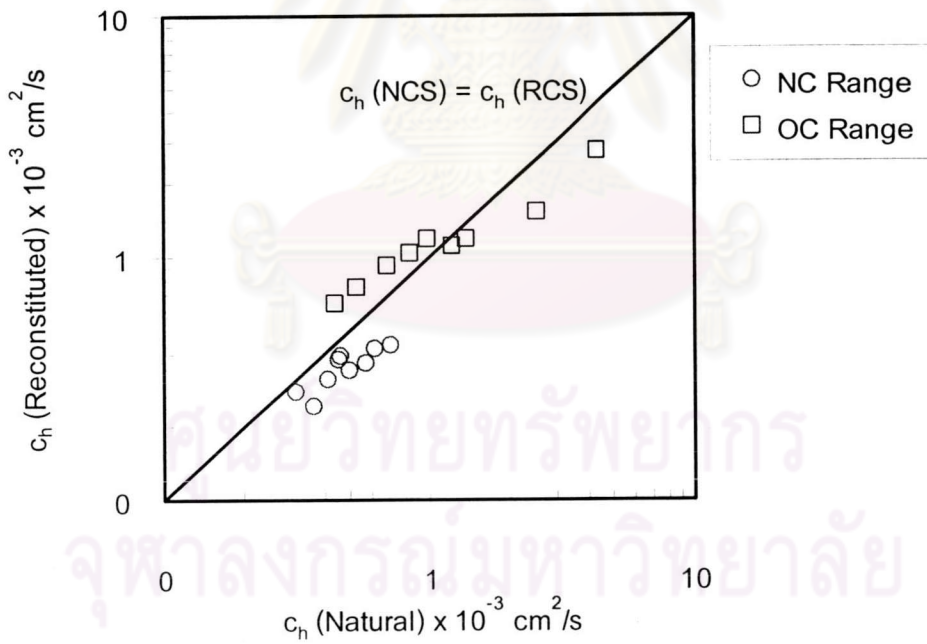
ค่า k_v และ k_h ของดินเหนียวสร้างใหม่มีค่าต่ำกว่าของดินเหนียวธรรมชาติ ตลอดช่วงของหน่วยแรง เมื่อเปรียบเทียบที่ σ'_v/σ'_p เดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.21 นอกจากนี้ที่อัตราส่วนช่องว่างเดียวกัน สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินเหนียวธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าของดินเหนียวสร้างใหม่ประมาณ 2-3 เท่า และกราฟมีลักษณะลู่เข้าหากันเมื่ออัตราส่วนช่องว่างลดลงดังแสดงในรูปที่ 4.22

4.5.5 พฤติกรรม Anisotropic ของการอัดตัวคายนํ้า

พฤติกรรม Anisotropic ของดินเหนียวธรรมชาติ จากอัตราส่วน c_h/c_v และ k_h/k_v มีลักษณะเหมือนกับของดินเหนียวสร้างใหม่ตามข้อ 4.4.5 คือ Stress Induce Anisotropy นอกจากนี้ที่หน่วยแรงประสิทธิผลในสนาม และ OCR เท่ากับ 2 ค่าอัตราส่วน c_h/c_v และ k_h/k_v ของดินเหนียวธรรมชาติ มีค่าประมาณ 1.5 แสดงว่าดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ เป็น Slightly Anisotropic Material

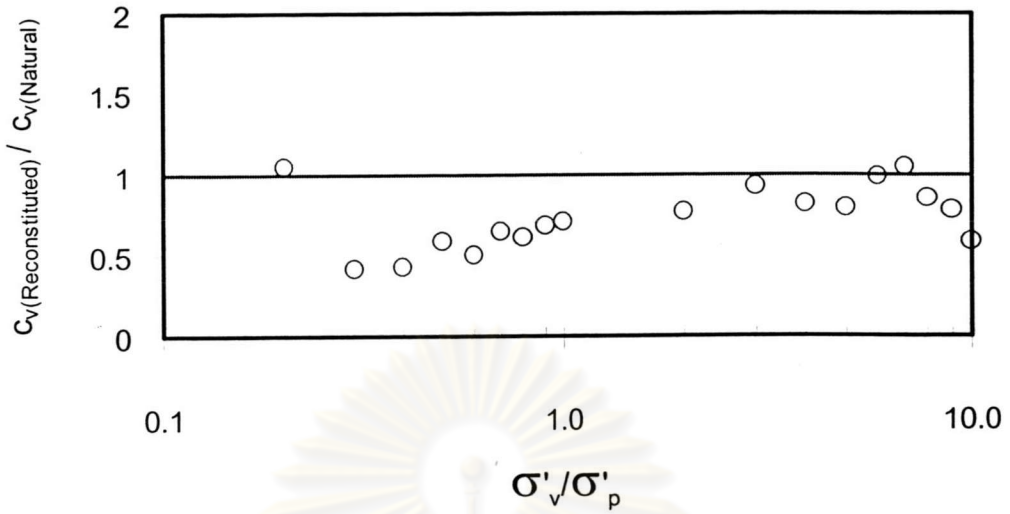


a: เปรียบเทียบค่า c_v ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่

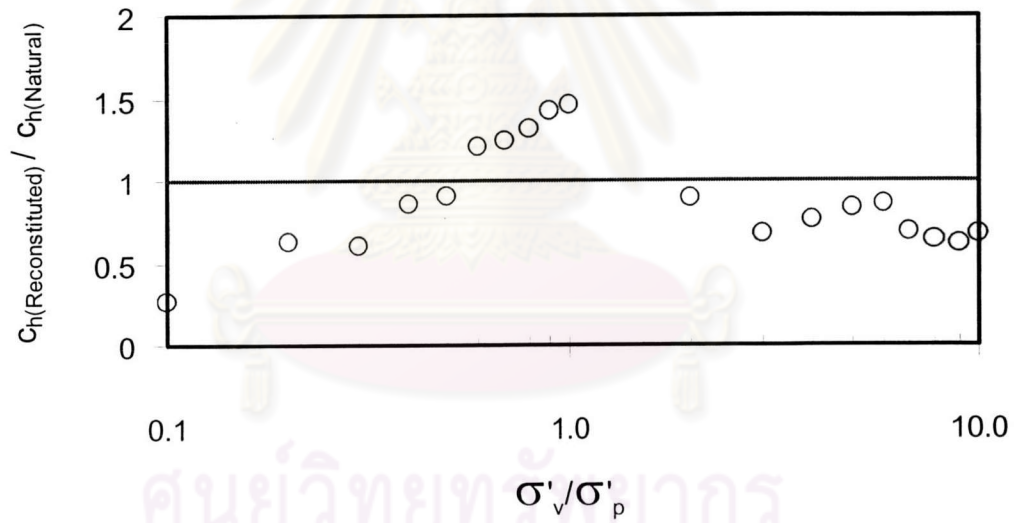


b: เปรียบเทียบค่า c_h ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่

รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายนํ้า ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่

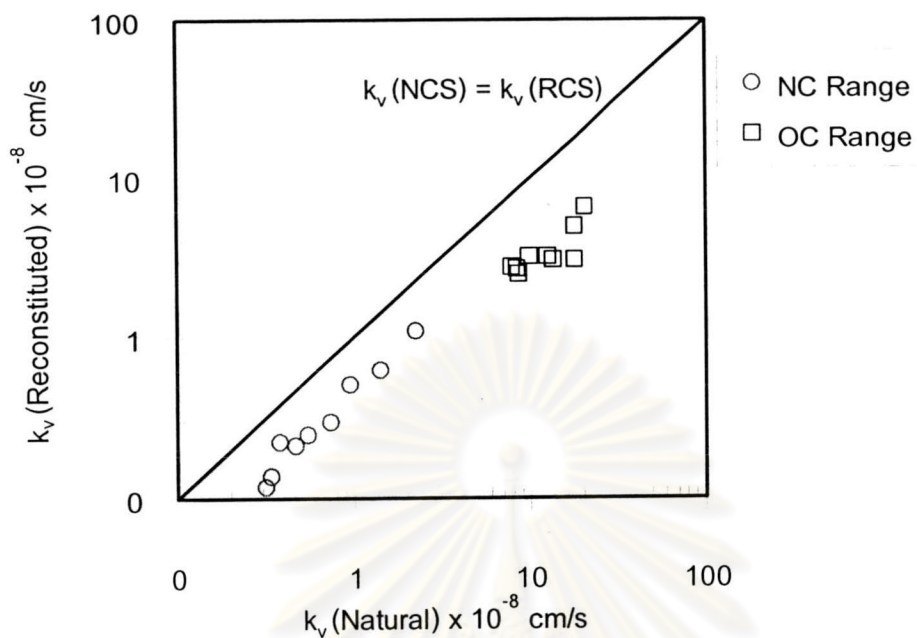


a: ความสัมพันธ์ระหว่าง $C_v(\text{Reconstituted})/C_v(\text{Natural})$ vs σ'_v/σ'_p

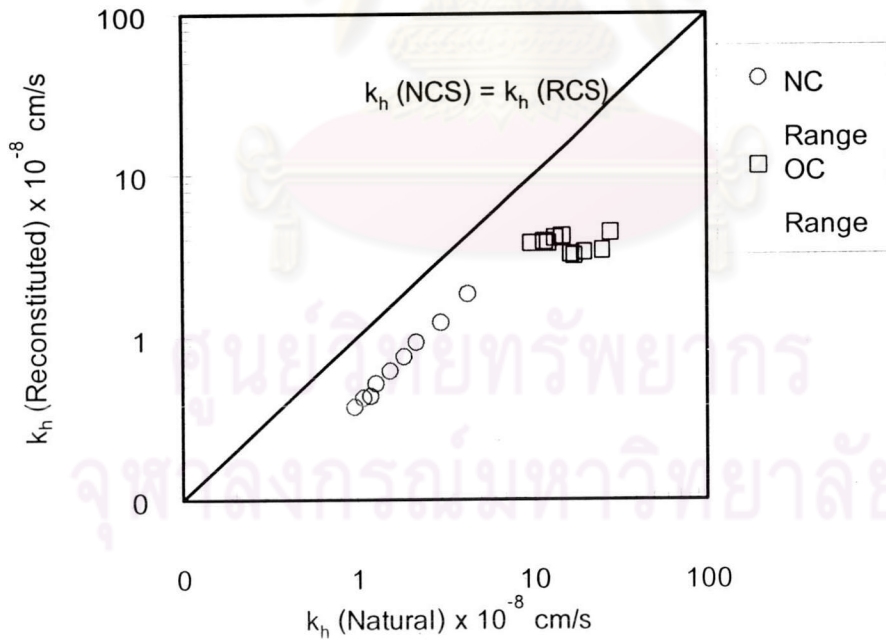


b: ความสัมพันธ์ระหว่าง $C_h(\text{Reconstituted})/C_h(\text{Natural})$ vs σ'_v/σ'_p

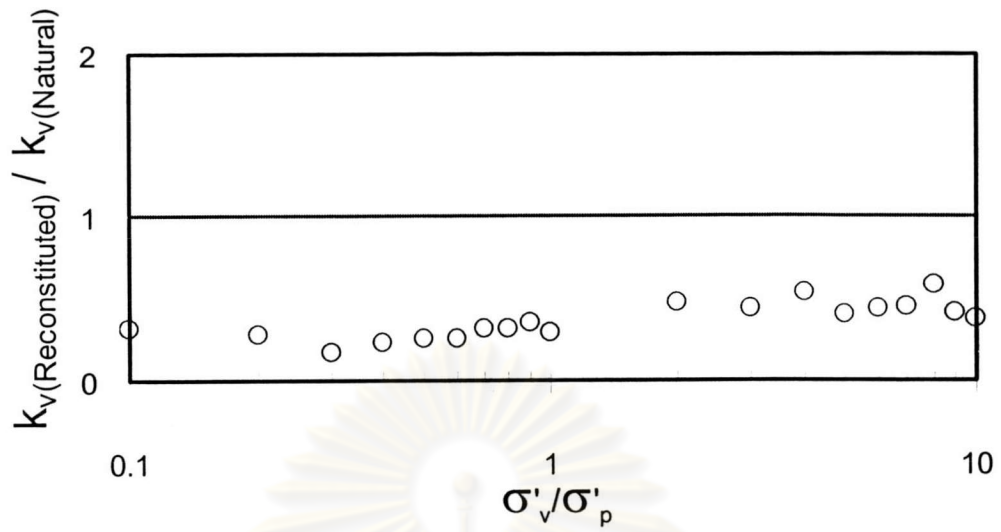
รูปที่ 4.20 อัตราส่วนสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายนํ้า ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่



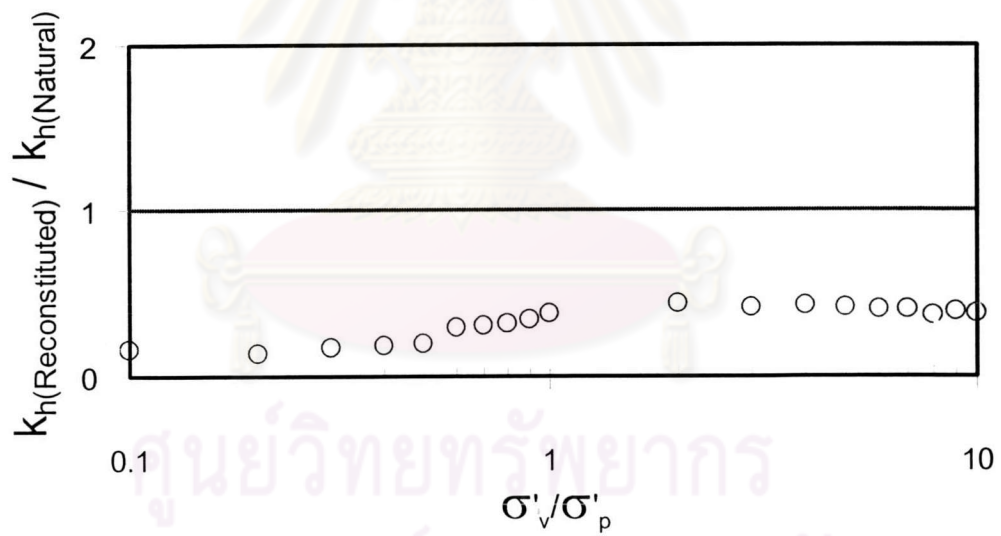
รูปที่ 4.21a เปรียบเทียบค่า k_v ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่



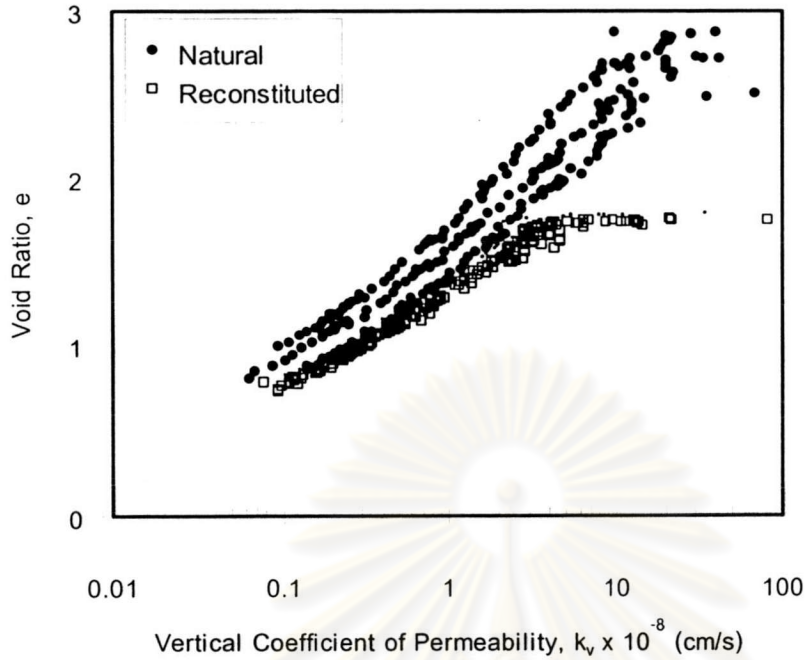
รูปที่ 4.21b เปรียบเทียบค่า k_h ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่



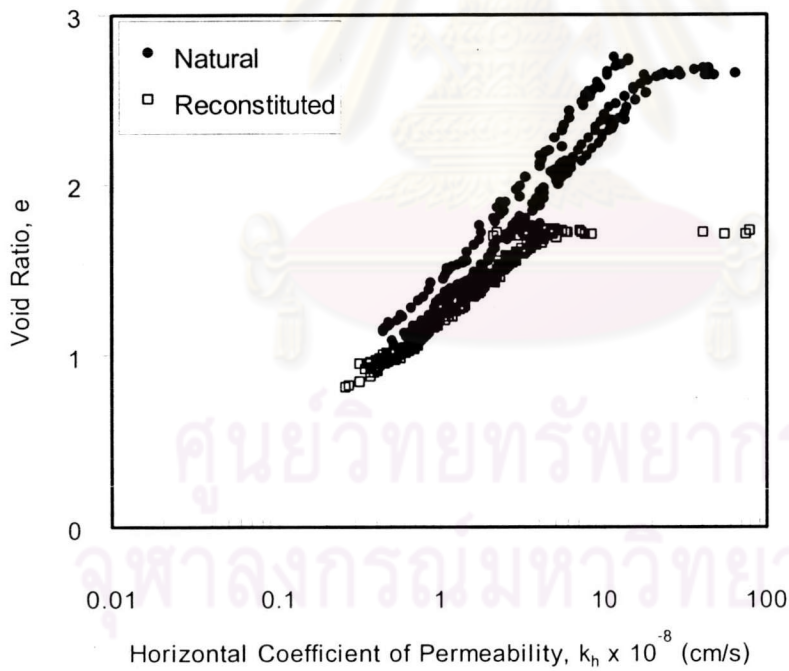
รูปที่ 4.21c ความสัมพันธ์ระหว่าง $k_v(\text{Reconstituted})/k_v(\text{Natural})$ vs σ'_v/σ'_p



รูปที่ 4.21d ความสัมพันธ์ระหว่าง $k_h(\text{Reconstituted})/k_h(\text{Natural})$ vs σ'_v/σ'_p

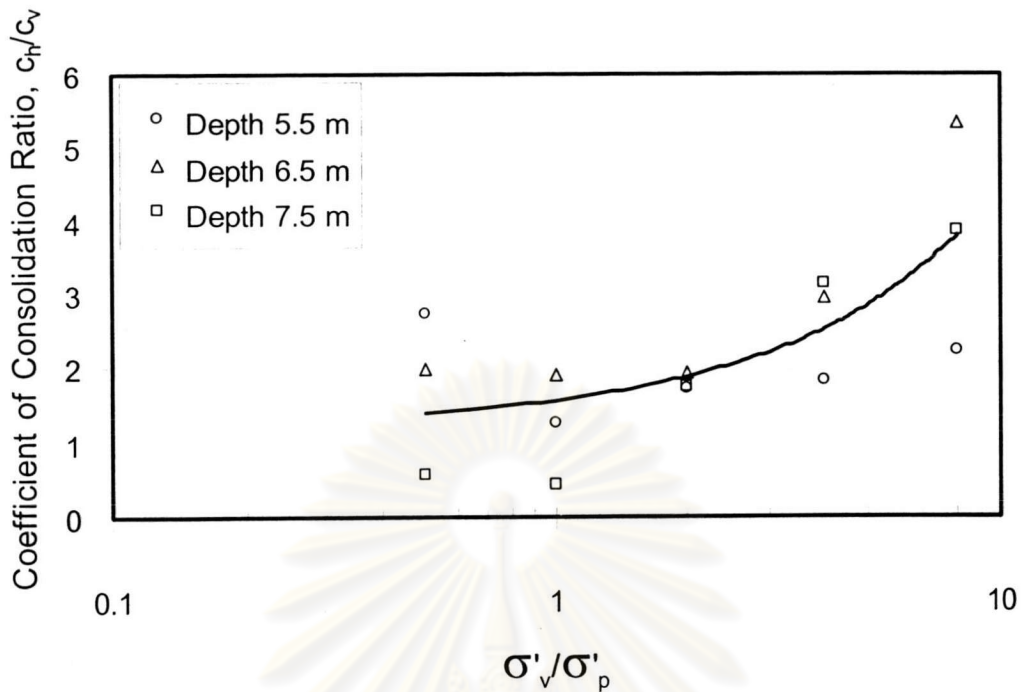


a: ความสัมพันธ์ระหว่าง e กับ $\log k_v$

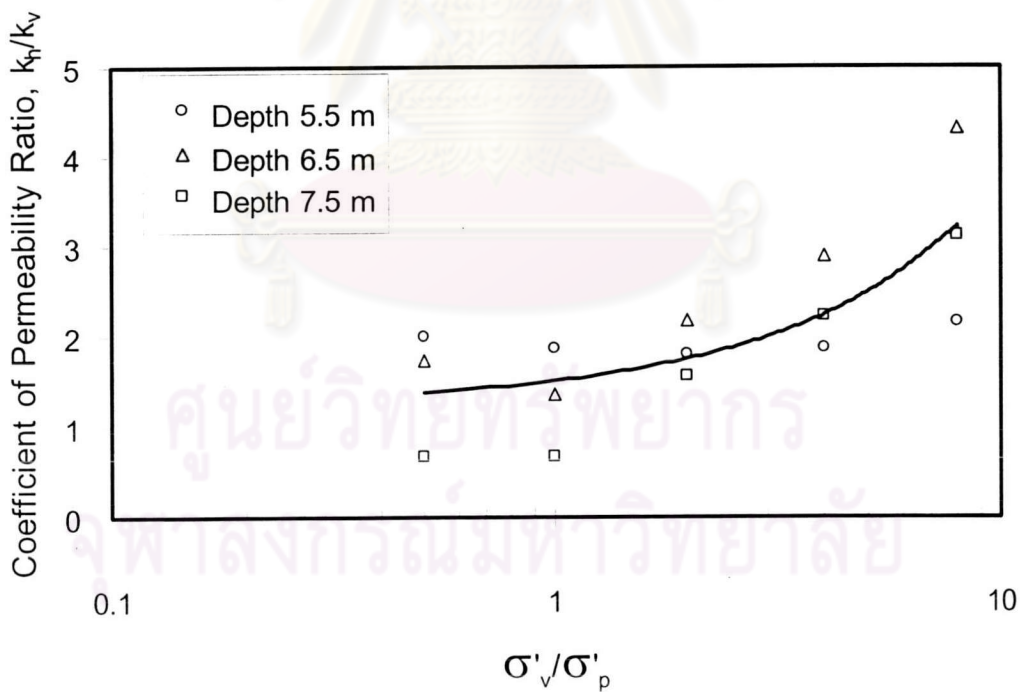


b: ความสัมพันธ์ระหว่าง e กับ $\log k_h$

รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ $e - \log k$ ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่



a: ความสัมพันธ์ระหว่าง c_h/c_v กับ σ'_v/σ'_p



b: ความสัมพันธ์ระหว่าง k_h/k_v กับ σ'_v/σ'_p

รูปที่ 4.23 พฤติกรรม Anisotropic จากการอัดตัวคายน้ำ ของดินเหนียวธรรมชาติ

4.6 เปรียบเทียบผลการทดสอบกับงานวิจัยอื่น

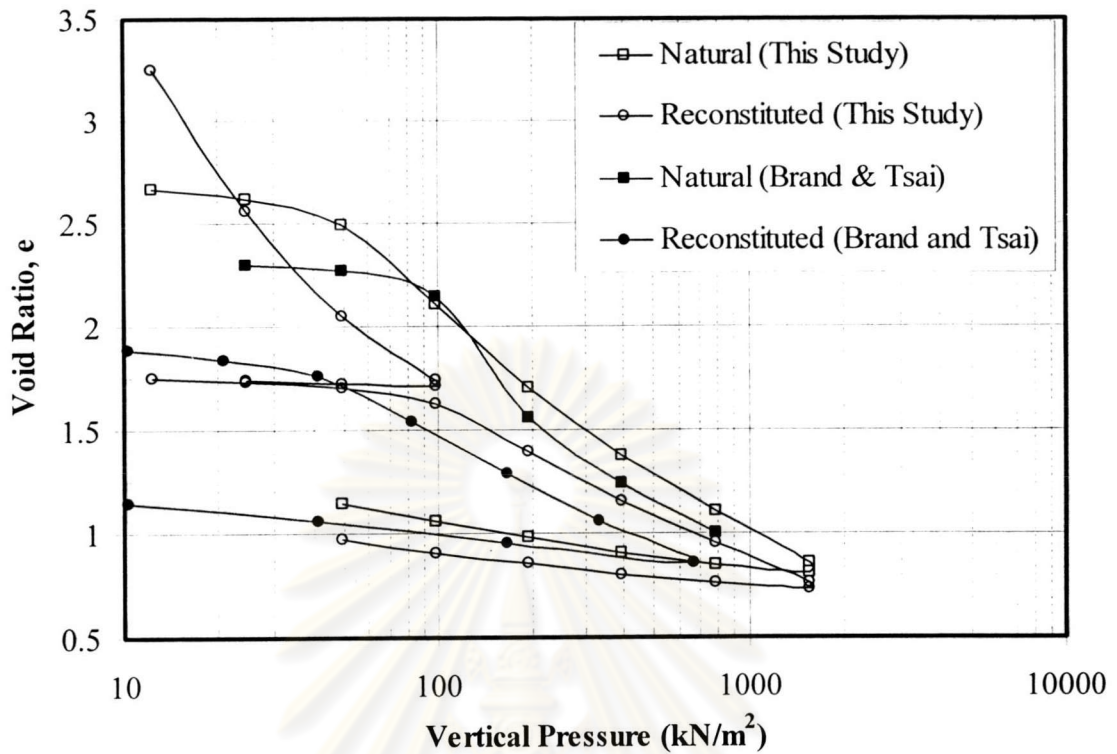
ผลทดสอบดินเหนียวสร้างใหม่ในงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ บริเวณหนองงูเห่า จะนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่บริเวณรังสิต ซึ่งสถาบัน AIT ได้มีการศึกษาไว้ใน ช่วง ค.ศ. 1970 และ เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ จากต่างประเทศ มีรายละเอียดดังนี้

4.6.1 การเปรียบเทียบผลกับตัวอย่างดินบริเวณรังสิต

ตัวอย่างดินเหนียวที่ใช้เก็บจากบริเวณสถาบัน AIT ความลึกประมาณ 3 เมตร คุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่ที่ศึกษาโดย Brand and Tsai (1973) ดังแสดงในตารางที่ 4.6 จะสังเกตว่าดินเหนียวบริเวณสถาบัน AIT นี้เกิดขบวนการ Leaching ทำให้มี Salt Content ต่ำมาก ในการทดสอบนี้ได้เตรียม Slurry ให้มีปริมาณน้ำในดิน 2500% ใช้น้ำเกลือเข้มข้น 35 กรัม/ลิตร ในการผสม และใช้หน่วยแรงสูงสุด 0.492 ksc (7 psi)

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติพื้นฐานของดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่ บริเวณรังสิต

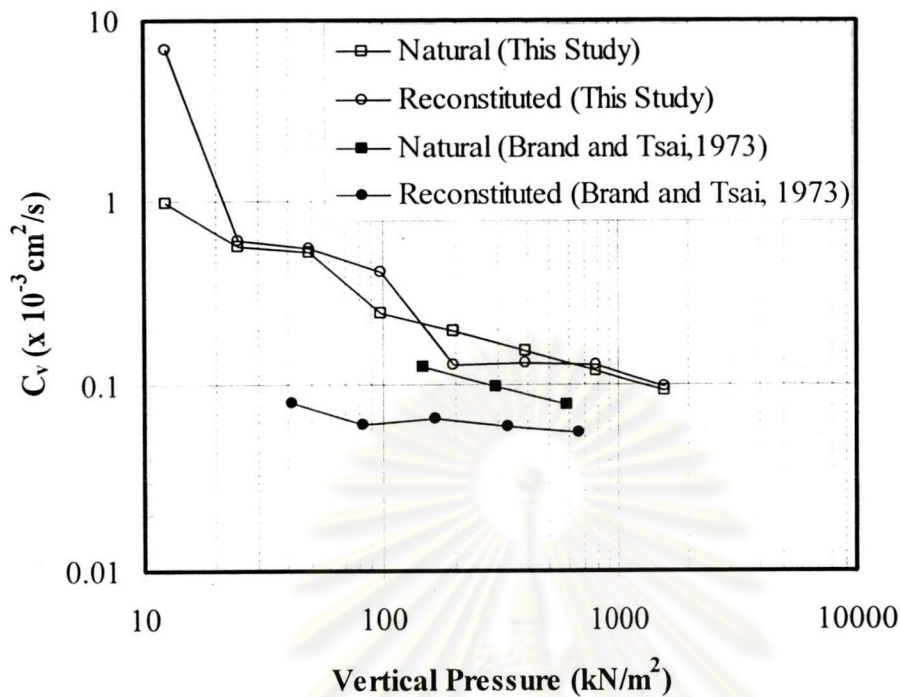
Soil Properties	Natural Marine Clay	Artificial Marine Clay
Liquid Limit, %	87.0	75.5
Plastic Limit, %	32.8	35.4
Plasticity Index, %	54.2	40.1
Specific Gravity	2.69	2.77
Salt Content, g/liter	0.3	35



รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวของดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่ กับผลการวิจัยของ Brand and Tsai (1973)

โดยทั่วไปกราฟการอัดตัวจากการวิจัยนี้ มีลักษณะเหมือนกับงานวิจัยของ Brand and Tsai (1973) ทั้งในช่วง NC และ OC ซึ่งความชันของกราฟเหมือนกันยกเว้นดินเหนียวธรรมชาติบริเวณสถาบัน AIT จะแสดงพฤติกรรม Non-linear ในช่วง Transition ของ Virgin Compression Line อย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากผลของขบวนการ Leaching ที่เกิดขึ้นมากกว่า ทำให้ดินมีความไว และมีการเปลี่ยนโครงสร้างดินจาก Meta-Stable Structure เป็น Stable Structure (Skempton and Northey, 1952) เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนช่องว่างเดียวกัน หน่วยแรงแบกทานที่ที่ดินเหนียวธรรมชาติรับจะประมาณ 2 เท่าที่ดินเหนียวสร้างใหม่รับ เหมือนกันทั้งสองงานวิจัย

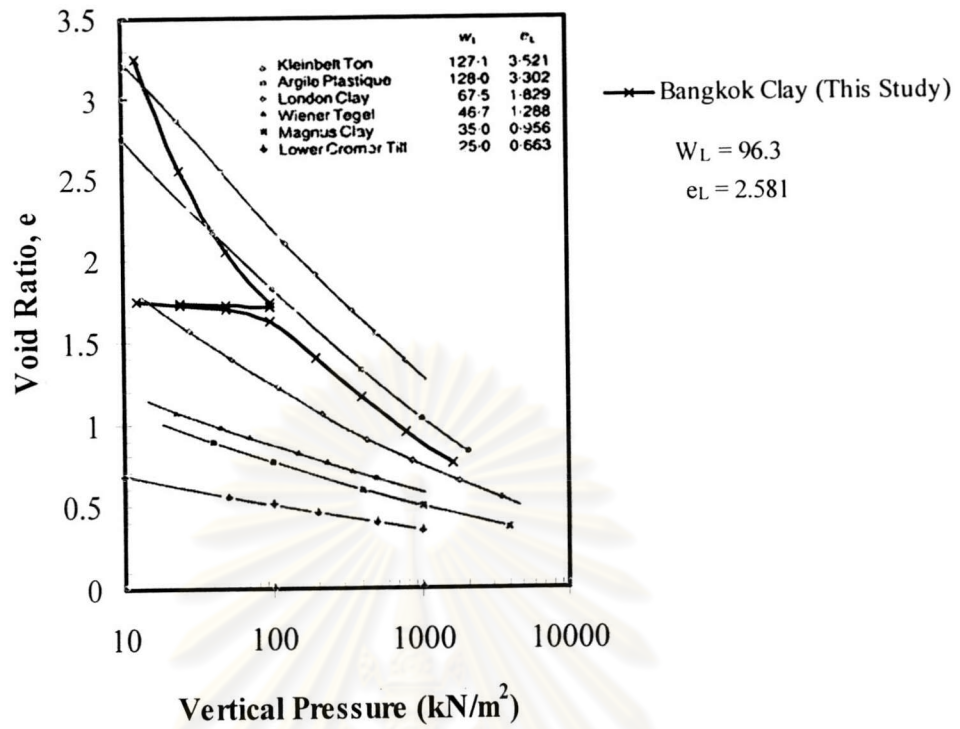
รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การอัดตัวในแนวตั้ง พบว่า c_v ของดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่จากงานวิจัยนี้มีค่าเกือบเท่ากันทั้งในช่วง NC และ OC ซึ่งต่างจากผลการศึกษาของ Brand and Tsai (1973) ที่ c_v ของดินเหนียวสร้างใหม่มีค่าต่ำกว่า c_v ของดินเหนียวธรรมชาติ นอกจากนี้ c_v จากงานวิจัยนี้ยังมีค่าสูงกว่าของ Brand and Tsai (1973) อีกด้วย



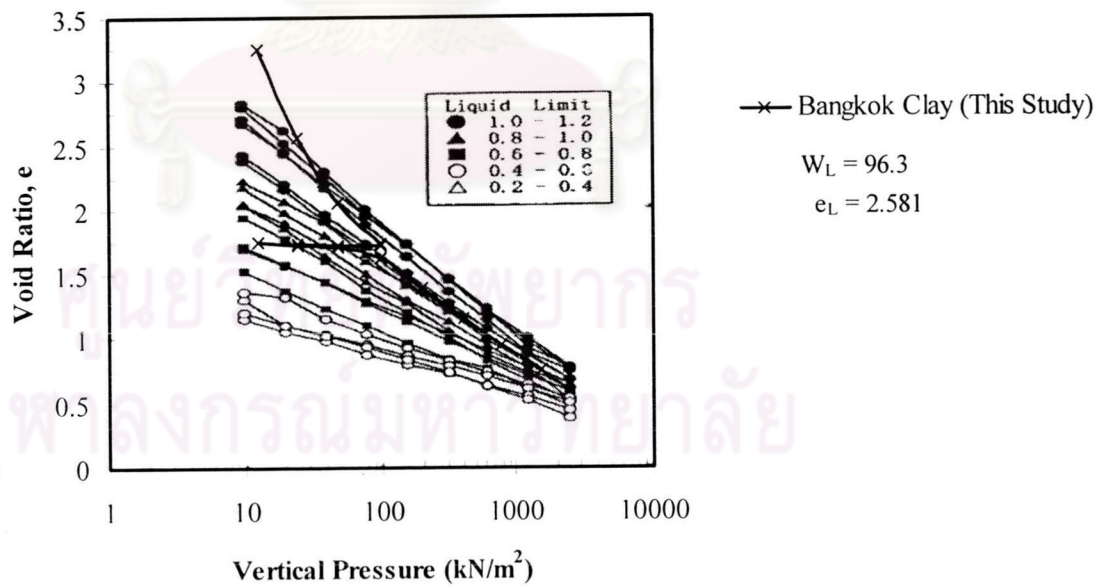
รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การอัดตัวของดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่ กับผลการวิจัยของ Brand and Tsai (1973)

4.6.2 การเปรียบเทียบผลกับตัวอย่างดินจากงานวิจัยอื่น

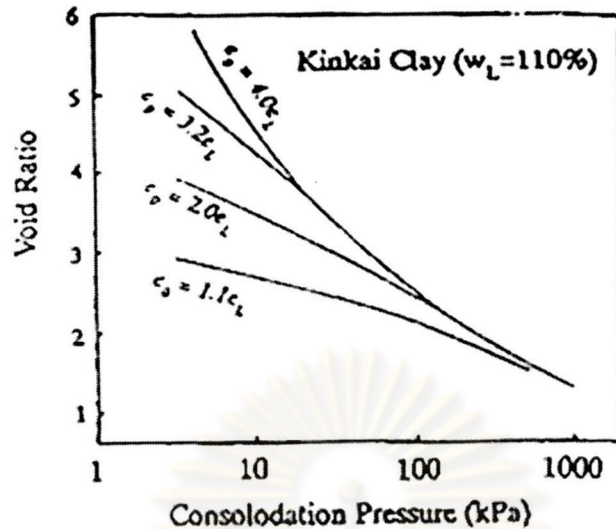
Burland (1990) ได้รวบรวมผลการทดสอบตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ที่มีพิกต์เหลว (W_L) ระหว่าง 25 – 130 % จากดินแหล่งต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.26 พบว่าที่ σ'_v ใดๆ อัตราส่วนช่องว่างมีค่าสูงขึ้นตามอัตราส่วนช่องว่าง ณ จุดพิกต์เหลว (e_L) ที่สูงขึ้น ดังนั้น e_L น่าจะเป็นพารามิเตอร์พื้นฐานในการเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวที่ดีกว่า W_L สังเกตได้จากดิน Kleinbelt Ton และ Argile Plastique มี W_L ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจาก Argile Plastique มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าทำให้ e_L มีค่าต่ำกว่าด้วย นอกจากนี้กราฟการอัดตัวมีลักษณะลู่เข้าหากันเมื่อ σ'_v เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเหมือนกับผลการทดสอบของ Matsai (1994) ที่ทดสอบดินเหนียวจำนวน 18 ตัวอย่างจาก Osaka Bay มีพิกต์เหลวระหว่าง 48.1 – 124.3 % และมีปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นระหว่าง $1.2 W_L - 1.5 W_L$ ดังแสดงในรูปที่ 4.27 เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากการวิจัยนี้จะพบว่ากราฟสอดคล้องกัน ยกเว้นในช่วงที่ σ'_v ต่ำกว่า 50 kPa ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นจากการวิจัยนี้เท่ากับ $2.5 W_L$ ซึ่งมากกว่า $W_L - 1.5 W_L$ ที่ Burland แนะนำไว้มาก ทำให้อัตราส่วนช่องว่างเริ่มต้น (e_0) ต่างกัน และมีผลต่อกราฟการอัดตัวโดยเฉพาะในช่วงที่ σ'_v ต่ำๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.28 (Tsuchida, 1999)



รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวของดินเหนียวสร้างใหม่กรุงเทพฯกับดินเหนียวแหล่งอื่นๆ (Burland, 1990)



รูปที่ 4.27 การเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวของดินเหนียวสร้างใหม่กรุงเทพฯกับ Osaka Bay Clays (Matsui, 1994)



รูปที่ 4.28 ผลของอัตราส่วนช่องว่างเริ่มต้น (Tsuchida, 1999)

จากกราฟการอัดตัวในรูปที่ 4.26 Burland ได้เสนอ Normalized Parameter เป็นค่าดัชนีช่องว่าง (Void Index, I_v) โดย

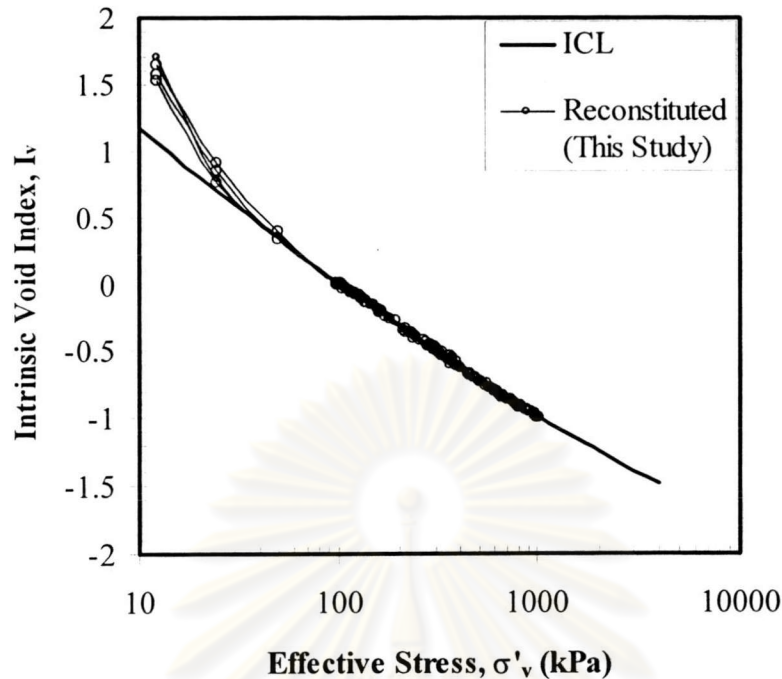
$$I_v = (e - e^*_{100})/C_c^* \quad (4.7)$$

$$C_c^* = e^*_{100} - e^*_{1000} \quad (4.8)$$

ดังนั้น จะสามารถ Normalize กราฟการอัดตัวได้ดังแสดงในรูปที่ 4.29 ซึ่ง Burland เรียกว่า Intrinsic Compression Line (ICL) และมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$I_v = 2.45 - 1.285 \log \sigma'_v + 0.015 (\log \sigma'_v)^3 \quad (4.9)$$

โดย σ'_v มีหน่วยเป็น kPa จะพบว่า Compression Curves จากการทดสอบนี้สามารถ Normalize ได้ ยกเว้นในช่วงที่ σ'_v ต่ำกว่า 50 kPa ซึ่งสอดคล้องกับ Burland ที่กล่าวว่า ICL ควรได้จากดินเหนียว สว่างใหม่ที่มีปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นระหว่าง $W_L - 1.5 W_L$ และให้เวลาในการเกิดอัดตัวคายน้ำหลักในแต่ละชั้นของการเพิ่มหน่วยแรงที่นานเพียงพอแล้ว จะทำให้ได้ ICL ตามสมการที่ 4.9

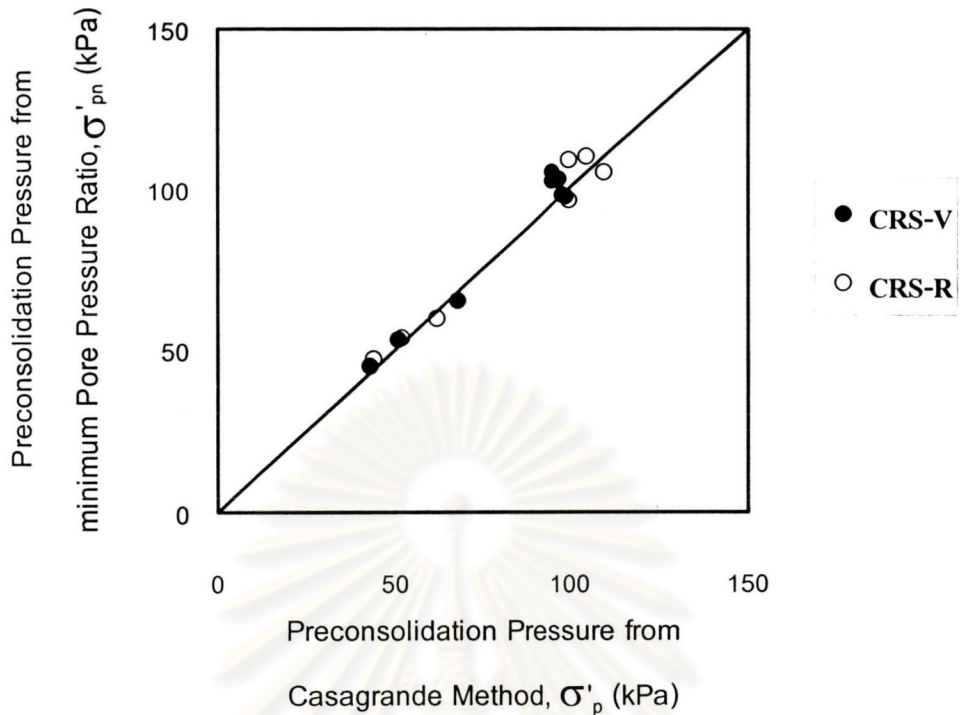


รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบ Normalize Compression Curves กับ Intrinsic Compression Line ของ Burland (1990)

4.7 การหาค่าหน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีตจากการทดสอบ CRS

Seah et .al. (2003) ได้เสนอวิธีการหาค่า σ'_p ที่ตำแหน่งอัตราส่วนแรงดันต่ำสุด (Minimum Pore Pressure Ratio, u/σ'_v (min)) จากการทดสอบ CRS-V และ CRS-R ดังแสดงในรูปที่ 2.16 โดยสังเกตจากผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วนแรงดันเริ่มต้นมีค่าสูงมาก เนื่องจากค่าหน่วยแรงประสิทธิผลต่ำ จากนั้นอัตราส่วนแรงดันจะลดลงจนกระทั่งถึง σ'_p หลังจากนั้นอัตราส่วนแรงดันจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งตามค่าหน่วยแรงประสิทธิผลที่เพิ่มขึ้น ค่า σ'_p จากตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ และดินเหนียวธรรมชาติ ที่หาโดยวิธีที่เสนอนี้ได้นำมาเปรียบเทียบกับวิธีของ Casagrande ตามรูปที่ 4.30 พบว่าได้ค่าที่สอดคล้องกัน ดังนั้นวิธีนี้จึงง่าย และไม่ต้องใช้การประมาณในการวาดรูปกราฟฟิก

รูปที่ 4.31 แสดงค่า σ'_p ที่ได้จากการทดสอบ CRS-V และ CRS-R เปรียบเทียบกับ σ'_p จาก Oedometer ด้วยวิธี Casagrande Method ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วค่า σ'_p ที่ได้จากการทดสอบอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ ที่ทิศทางการระบายน้ำต่างกันควรจะเหมือนกัน จากความสัมพันธ์พบว่าค่า σ'_p ที่ได้มีความแตกต่างกันน้อยมาก นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบ σ'_p ที่ได้จากการทดสอบ CRS-V กับ σ'_p จาก CRS-R ด้วยวิธี Casagrande Method ดังแสดงในรูปที่ 4.32 พบว่า σ'_p จาก CRS-R มีค่าสูงกว่าของ CRS-V ไม่เกิน 10% สำหรับตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่

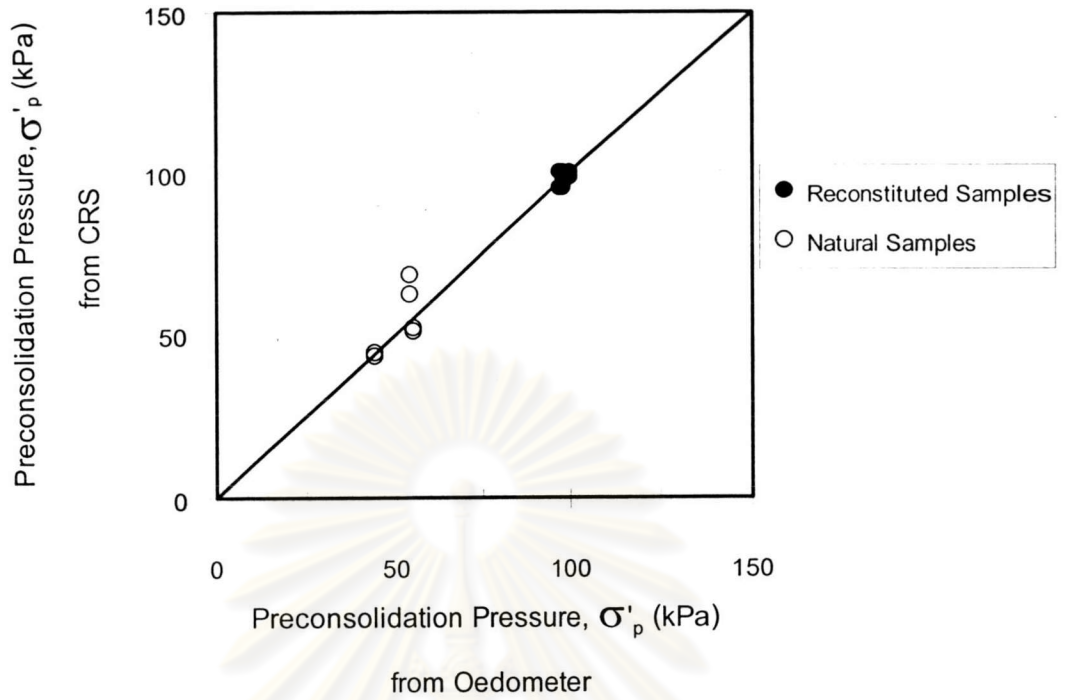


รูปที่ 4.30 การเปรียบเทียบหน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีตจากอัตราส่วนแรงดันต่ำสุด กับวิธี Casagrande Method

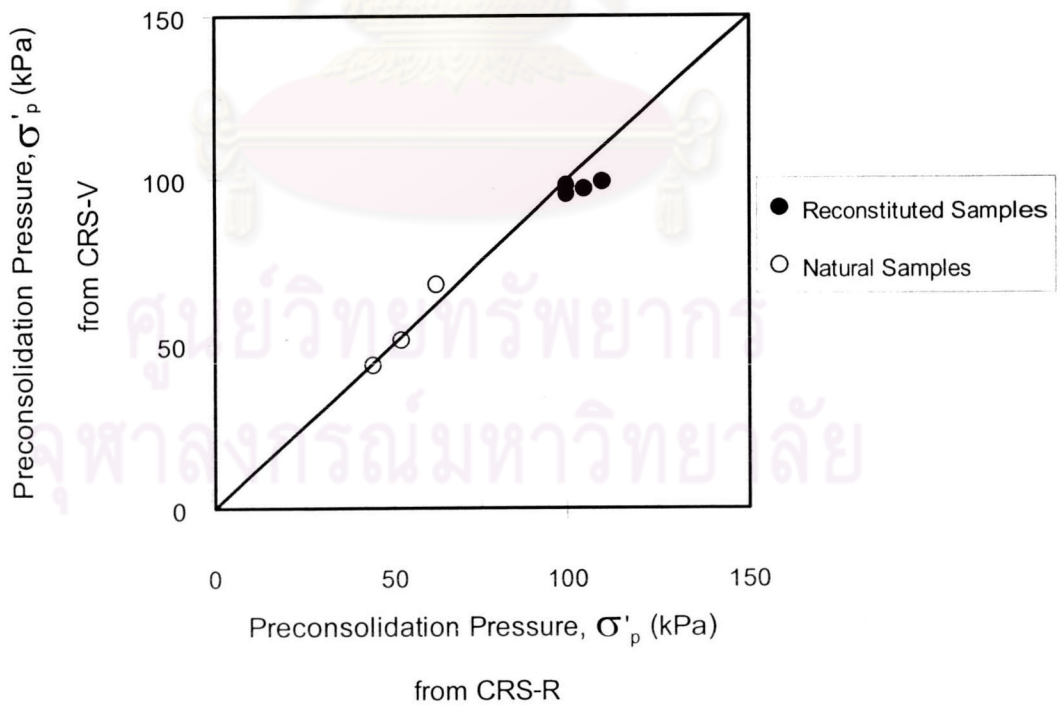
4.8 แรงดันน้ำจากการทดสอบ CRS

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำ กับหน่วยแรงประสิทธิผลจากการทดสอบ CRS-V และ CRS-R มีลักษณะเหมือนกันดังแสดงในภาคผนวก ข และ ภาคผนวก ค สำหรับดินเหนียวสร้างใหม่ และ ดินเหนียวธรรมชาติ ตามลำดับ แรงดันน้ำจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง NC และจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วง OC โดยมีจุดเปลี่ยนความชันในช่วงระหว่าง σ'_v/σ'_p ประมาณ 1-1.2 ซึ่งจะสังเกตได้ชัดเจนในตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ เมื่อเปรียบเทียบกับดินเหนียวธรรมชาติ

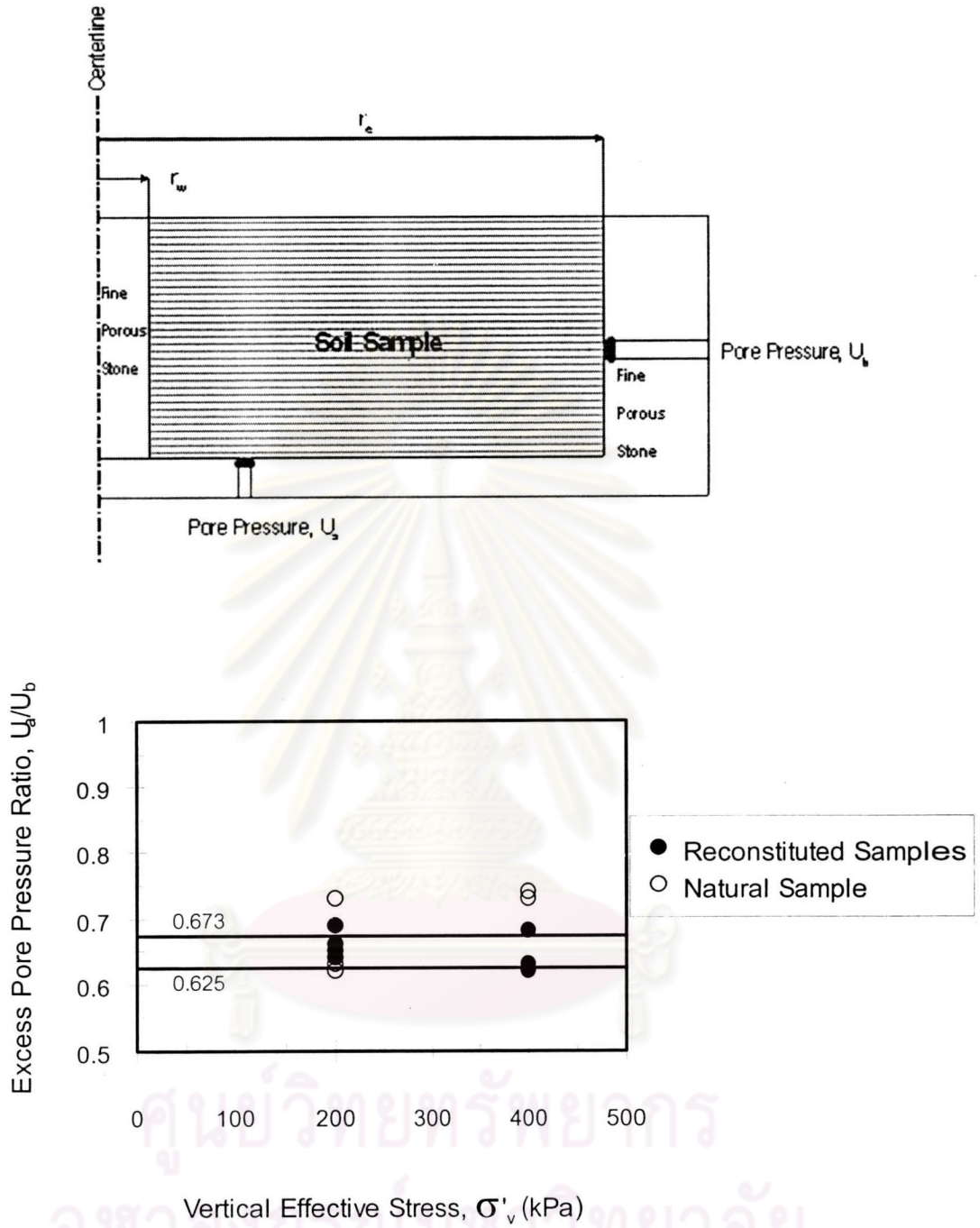
เนื่องจากการทดสอบ CRS-R มีการวัดค่าแรงดันน้ำ 2 ตำแหน่ง จึงสามารถหาการกระจายแรงดันน้ำในตัวอย่างได้ จากทฤษฎีของ Barron จะได้อัตราส่วนแรงดันน้ำส่วนเกินที่ตำแหน่งห่างจากกึ่งกลางตัวอย่าง 13 มม. (U_a) กับที่ตำแหน่งด้านข้างตัวอย่าง (U_b) มีค่าระหว่าง 0.625 - 0.673 รูปที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_a/U_b vs σ'_v ที่ 200 และ 400 kPa พบว่า U_a/U_b ของตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่มีค่าใกล้เคียงกับค่าตามทฤษฎีของ Barron สำหรับ U_a/U_b ของตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติโดยเฉพาะที่ 400 kPa มีค่าค่อนข้างกระจายตัวอย่างไรก็ตามมีค่าแตกต่างไม่เกิน 10% ดังนั้นการกระจายแรงดันน้ำในตัวอย่างจึงสามารถใช้ทฤษฎีของ Barron ได้ซึ่งสอดคล้องกับที่ Teerawut (1995) เสนอไว้



รูปที่ 4.31 การเปรียบเทียบหน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีตจากการทดสอบ CRS กับ Oedometer



รูปที่ 4.32 การเปรียบเทียบหน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีตจากการทดสอบ CRS-V กับ CRS-R



รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนแรงดันน้ำส่วนเกิน กับหน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุด ในอดีตจากการทดสอบ CRS-R