

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์

4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของดินทดลอง

การทดลองการวัดตัวคายน้ำ จากลุ่มมูติฐานทฤษฎีของ Terzaghi ที่สำคัญคือ ดินจะต้อง Homogeneous และ Isotropic สำหรับตัวอย่างดินทดลองในงานวิจัยนี้เป็นตัวอย่างจากดินเหนียวล้วนบน เป็นดินเหนียวในส่วนที่ดินเหนียวที่มีการแปรสภาพ (Weathering) การเกิด Weathering นี้ จะลดลงตามความลึก และเป็นสาเหตุให้คุณสมบัติของดินคลาดเคลื่อนจากลุ่มมูติฐานของ Isotropic เป็นผลให้การทดลอง อาจให้ผลต่างจากทฤษฎี ความลึกของตัวอย่างดินในการทำวิจัยนี้อยู่ที่ระดับความลึก 2.50-3.50 เมตร จากผิวดินเดิม เนื่องจากที่ความลึกนี้ อยู่ในชั้นดินที่ถูกแปรสภาพตัวอย่างดินที่โตสิ่งมีรูเล็ก ๆ ของรากพืช (Root holes) ซึ่งมีขนาดไม่เท่ากัน รูเล็ก ๆ เหล่านี้จะทำให้การอ่าน excess pore pressure (Δu) คลาดเคลื่อน นอกจาก Root holes แล้วตัวอย่างดินที่พบยังมีพวก silt seam และเปลือกหอย ซึ่งสิ่งเหล่านี้ย่อมมีผลต่อลุ่มมูติฐานที่ว่า ดินที่ทดลอง Homogeneous ผลจากสิ่งเหล่านี้ ทำให้ผลจากการทดลองคลาดเคลื่อนไปบ้าง

ในการทดลองวิจัยนี้ นำตัวอย่างดินทดลอง จากบริเวณสองแห่งที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดินทดลองจากบริเวณตอนเมืองมีค่า Natural water content (wn) และ Plastic Index (PI) สูงกว่าดินทดลองบริเวณสีลม และมีค่าแรงเฉือนสภาพอันเดรน (จาก Unconfined compression test) สูงกว่า สำหรับคุณสมบัติทางฟิสิกส์จะพบว่าดินจากบริเวณตอนเมือง มีเปอร์เซ็นต์แร่ดินเหนียว สูงกว่าดินจากบริเวณสีลมประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่เปอร์เซ็นต์ของทรายละเอียดมีค่าต่ำกว่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากดินจากบริเวณสีลมมีเปอร์เซ็นต์ของทรายละเอียดสูงกว่าดินบริเวณตอนเมืองนั้น เป็นผลให้มีค่า Plastic Index (PI) ต่ำกว่าประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับคุณสมบัติทางเคมีนั้นดินจากทั้งสองแห่งมีค่าปริมาณสารอินทรีย์ (organic matter content) ใกล้เคียงกัน คือ มีค่าประมาณ 3.5-3.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่อนข้างสูง ปริมาณเกลือ (กรัม/ลิตร) จากดินบริเวณตอนเมืองสูงกว่าบริเวณสีลม เนื่องจากตัวอย่างดินที่เก็บจากบริเวณตอนเมืองลึกกว่า ดังนั้นการเกิดการชะล้าง (Leaching)

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของตัวอย่างดินทดลอง

คุณสมบัติ	ดินจากบริเวณตอนเมือง	ดินจากบริเวณลุ่ม
	(ลึก 2.50-2.80)	(3.30-3.50)
Water content (w _n) %	92 ± 3	79 ± 4
Liquid Limit (W _L) %	90 ± 4	79 ± 2
Plastic Limit (w _p) %	33 ± 3	31 ± 2
Plastic Index (PI)	57 ± 2	48 ± 2
Specific Gravity (G _s)	2.65	2.63
Sensitivity (St)	19	8
Clay fraction (<0.002 mm)%	63.0	53.5
Sand (<0.02 mm) %	3.6	13.8
Organic Matter content, %	3.9	3.5
Soluble Salt Content, gm/litre	2.4	1.2
Preconsolidation pressure(P _c) [*] t/sq.m	6.60	6.40
Over Consolidation Ratio (OCR)	2.4	2.9
initial void ratio (e ₀)	2.5 ± 0.1	2.0 ± 0.2

* จาก Standard test (ตัวอย่าง I-B-1 และ II-B-1)

จึงน้อยกว่า คุณสมบัติดังกล่าวนั้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

พิจารณาจากคุณสมบัติที่ต่างกัน ผลการทดลองที่ได้ของดินเหนียวบริเวณตอนเมือง และดินเหนียวบริเวณลุ่มน้ำแตกต่างกัน ดังจะได้กล่าวในภายหลัง สำหรับในการพิจารณา วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองจากเงื่อนไขของผลของการเปลี่ยนแปลง Load increment, Load Increment Ratio (LIR) และ Load Increment Duration (LID) จะพิจารณา เฉพาะของตัวอย่างการทดลองจากบริเวณเดียวกันเท่านั้น เพราะการเปรียบเทียบจะต้องมีพื้นฐานของคุณสมบัติของดินเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน ส่วนใหญ่การพิจารณาวิเคราะห์ผลจะเป็นของ ดินทดลองบริเวณตอนเมือง เนื่องจากคุณสมบัติขั้นต้นหรือพื้นฐานของตัวอย่างดินทดลองมีค่าแตกต่างกันน้อยกว่าดินจากบริเวณลุ่มน้ำ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.5 แต่การพิจารณาก็จะพิจารณาดู ผลจากข้อมูลดินทดลองบริเวณลุ่มน้ำประกอบกันด้วยว่าผลการทดสอบที่ได้จะสอดคล้องกันอย่างไร เพราะว่าการทดลองจากดินทั้งสองแห่ง มีเงื่อนไขการทดลองที่เหมือนกัน จึงไม่ควรให้ผลที่ได้ มีแนวโน้มต่างกันออกไปมากนัก

4.2 เปรียบเทียบผลเนื่องจากการทดสอบด้วยเครื่องมือการทดสอบ การอัดตัวคายน้ำแบบ Lever-arm และแบบ Bishop

เครื่องมือการทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบ Lever-arm ใช้น้อยอย่างแพร่หลายมา นานและพบว่า สภาพของตัวอย่างดินไม่ได้เป็นไปตามสมมุติฐานของ Terzaghi บางข้อ เช่น ตัวอย่างดินอาจไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ หน่วยแรงที่กระทำต่อตัวอย่างดินลดลงตามความหนาของตัวอย่าง ดิน เนื่องจากแรงเสียดทานด้านข้าง (side friction) และส่วนประกอบอื่น ๆ อีกเช่น ความคลาดเคลื่อนจากการวัดการทรุดตัวขณะที่เพิ่มน้ำหนักทันที เป็นการเกิดการอัดตัวคายน้ำทันที ที่เพิ่มน้ำหนัก และการตอบสนองของแรงดันน้ำในโพรงดินที่เพิ่มขึ้นต่อแรงที่กระทำ อาจจะไม่ถึงจุด (Maximum pore pressure response) เพราะการตอบสนองของแรงดันน้ำใน โพรงดินจะให้ค่าถึงจุด จะต้องใช้เวลาเล็กน้อย และจะใช้เวลาเพิ่มขึ้น ถ้าหน่วยแรงที่กระทำ มีค่ามากขึ้น (KIM, 1970)

สำหรับการทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบ Bishop ออกแบบมาสำหรับลดความคลาด- เคลื่อนดังกล่าวข้างต้น คือ สามารถทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยใช้ back pressure แรงที่ กระทำต่อตัวอย่างดินจะผ่านแผ่นยาง (flexible membrane) ทำให้แรงที่กระทำต่อตัวอย่าง

ดินใกล้เคียงกับแรงที่ใช้ทดสอบ ($\bar{\sigma}_{vc}$) มากขึ้น และขณะที่เพิ่มแรงกระทำต่อตัวอย่างดินก็
สามารถปิด drainage valve รอให้แรงดันน้ำในโพรงดินคงที่และให้ค่าสูงที่สุดเสียก่อน ซึ่งจะ
ทดสอบการอัดตัวคายน้ำต่อไป (นั่นคือสามารถควบคุม drainage ได้)

4.2.1 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง Load/Compression Curve

พิจารณารูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวตั้ง
กับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) พบว่าที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าน้อยกว่า 0.66 กก./ซม.²
คือ ในช่วงของ Over-Consolidated ค่าการยุบตัวมีค่าน้อยไม่เห็นความแตกต่างระหว่าง
เครื่องมือการทดสอบทั้งสองแบบ หลังจากการทดลองที่หน่วยแรงประสิทธิผลมากกว่า 0.66
กก./ซม.² จะอยู่ในช่วงของ Normally Consolidated จะเห็นได้ชัดว่าการยุบตัวของดิน
ที่หน่วยแรงประสิทธิผลเดียวกัน การทดสอบด้วยเครื่องมือแบบ Bishop ให้ค่าสูงกว่ามากและ
หลังจากค่าหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) มีค่าเพิ่มขึ้นคือ มีค่ามากกว่า 1.6 กก./ซม.² ในช่วง
หลังจาก Unload-Reload Cycle ค่าการยุบตัวจากการทดสอบด้วยเครื่องมือแบบ Bishop
ยังคงให้ค่าสูงกว่าแต่ไม่มากนัก ค่าการยุบตัวที่มากกว่านั้นอาจจะเกิดจากการใช้ flexible
top cap ซึ่งเป็นผลให้หน่วยแรงที่กระทำต่อตัวอย่างดินทดลองใกล้เคียงกับที่ใช้ในการทดสอบ
จริงต่างจากเครื่องมือแบบ Lever-arm หน่วยแรงที่กระทำต่อตัวอย่างดินทดลองจะลดลงจากที่
ใช้ในการทดสอบจริง ดังนั้นจุดที่กำหนดใน load/compression curve น่าจะเลื่อนมาทาง
ซ้ายเล็กน้อยตามหน่วยแรงที่ปรากฏในตัวอย่างการทดสอบจริง นอกจากนี้ก็อาจมีฟองอากาศอยู่ใน
ในตัวอย่างดินทดลองด้วยเครื่องมือแบบ Lever-arm ฟองอากาศเล็ก ๆ เหล่านี้จะต่อต้านการ
ไหลของน้ำจากโพรงดิน ทำให้ค่าการยุบตัวลดลง การทำให้ตัวอย่างดินอิ่มตัวด้วยน้ำโดยวิธีของ
back pressure จะป้องกันผลจากการมีฟองอากาศในตัวอย่างดินทดลองได้

ในรูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ในเทอมของ volume change ($\Delta v/v_0$) กับ
ค่าหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) พบว่ากราฟของ load/compression ในเทอมของ volume
change ($\Delta v/v_0$) การทดสอบด้วยเครื่องมือ การทดสอบแบบ Bishop และแบบ Lever-arm
ให้ผลสอดคล้องใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าการทดสอบโดยใช้เครื่องมือแบบ Bishop (ใช้
flexible cap) และแบบ Lever-arm (ใช้ rigid porous cap) สามารถใช้ทดสอบใน
ทางปฏิบัติได้ (practice)

4.2.2 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยุบตัว (compressibility) ในเทอมของ Compression Ratio (CR) แบบ Recompression Ratio (RR)

จากรูปที่ 4.3 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RR กับ OCR ในช่วงหลังจาก Unloading/Reloading Cycle จะพบว่า ค่าของ RR ใกล้เคียงกันมาก ทั้งจากทดลองด้วยเครื่องมือการทดลองแบบ Lever-arm และแบบ Bishop สำหรับรูปที่ 4.4 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CR กับ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) ในช่วงหลังจาก Unloading/Reloading Cycle พบว่าที่ stress ratio ต่ำกว่า 2 ค่าของ CR จากการทดลองแบบ Bishop ให้ค่าสูงกว่าจากการทดลองแบบ Lever-arm ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และค่าของ CR จากการทดลองแบบ Bishop จะลดลงจนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองแบบ Lever-arm เมื่อ stress ratio มีค่าสูงขึ้น ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm} > 2$) เป็นเพราะว่าที่หน่วยแรงประสิทธิผลการอัดตัวคายน้ำ ($\bar{\sigma}_{vc}$) มีค่าสูง ความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงเสียดทานด้านข้าง (side friction) จะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ $\bar{\sigma}_{vc}$ ที่มีค่าสูง นั่นคือ ผลความคลาดเคลื่อนเนื่องจากแรงเสียดทานด้านข้างซึ่งไม่ใช่สิ่งสำคัญต่อผลการทดลอง ทำให้ค่าของ CR จากเครื่องมือการทดลองแบบ Bishop และแบบ Lever-arm มีค่าใกล้เคียงกัน

4.2.3 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง Coefficient of consolidation (Cv)

ค่าของ Cv มีค่าเท่ากับ $T_v \cdot H^2 / t$ จะพบว่า ตามทฤษฎีค่าของ Cv แปรผันโดยตรงกับค่ากำลังสองของความหนาดิน (H^2) และแปรผกผันกับเวลาระหว่างการอัดตัวคายน้ำ (t) จากรูปที่ 4.5 ค่าของ Cv ได้จากการคำนวณโดยวิธีของ Taylor (\sqrt{t}) จะพบว่าค่าของ Cv จากเครื่องมือการทดลองแบบ Lever-arm ให้ค่าสูงกว่าแบบ Bishop ประมาณ 1.5-2.0 เท่า เหตุผลที่สำคัญเป็นเพราะเวลาสิ้นสุดการอัดตัวคายน้ำของเครื่องมือการทดลองแบบ Lever-arm เร็วกว่าแบบ Bishop ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่ค่า initial pore water response ต่ำกว่า สำหรับเหตุผลอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง Cv แต่ไม่มากนัก คือ ความหนาของตัวอย่างดินทดลอง ถ้าใช้ความหนาของตัวอย่างดินทดลองหนามากขึ้น โดยอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางต่อความหนาคงที่ ผลลัพธ์จะให้ค่าของ Cv สูงขึ้น (ABOSHI, 1973) สำหรับตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองด้วยเครื่องมือการทดลองแบบ Lever-arm มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 ซม. หนา 2.5 ซม. ซึ่งมีความหนามากกว่าตัวอย่างของเครื่อง

มือการทดสอบแบบ Bishop ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.0 ซม. หน้า 1.91 ซม. ความหนาที่มากกว่านี้ย่อมมีผลให้ได้ค่า C_v สูงขึ้น นอกจากนี้อาจมีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพราะการทดลองด้วยเครื่องมือแบบ Lever-arm ห้องทดลองไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ ส่วนการทดลองด้วยเครื่องมือแบบ Bishop ห้องทดลองควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-27°C ดังนั้นอุณหภูมิในห้องทดลองของการทดลองด้วยเครื่องมือแบบ Lever-arm จะสูงกว่าประมาณ 3-5°C อุณหภูมิที่สูงกว่านี้เป็นผลให้ค่า C_v ที่ได้สูงกว่า (ASTM, 1951) แต่ไม่มากนัก

4.2.4 Initial Settlement ระหว่างเกิดการอัดตัวในสภาพอันเดรน

ค่า initial settlement หมายถึง ค่าการยุบตัวที่วัดได้ เมื่อมีการเพิ่มน้ำหนัก กระทำต่อตัวอย่างดินทดลอง ในสภาพอันเดรน (ปิด drainage valve) ของขบวนการทดสอบการอัดตัวคายนํ้าแบบการเคลื่อนตัวของเมื่อดิน 1 มิติ (one dimensional consolidation) โดยเครื่องมือการทดสอบแบบ Bishop cell

ในรูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ของ initial settlement กับหน่วยแรงการทดสอบการอัดตัวคายนํ้า ($\bar{\sigma}_{vc}$) พบว่า ค่าของ initial settlement มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อค่าของ consolidation stress มีค่าสูงขึ้น

สำหรับค่าของ initial settlement ของการทดสอบการอัดตัวคายนํ้า แบบการเคลื่อนตัวของเมื่อดิน 1 มิติ อาจพิจารณาแยกออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกอาจมีสาเหตุจากเครื่องมือการทดสอบแบบ Bishop ที่ใช้ flexible cap (membrane) ที่ส่วนบนของตัวอย่าง อีกส่วนหนึ่งเกิดจากการยุบตัวของตัวอย่างดินในสภาพอันเดรน ซึ่ง mechanism ของการเกิดยังไม่อาจสรุปแน่นอนได้ แต่พบว่าค่าของ initial settlement ที่ได้เป็นฟังก์ชันของค่า Coefficient of secondary compression (C_α) (KIM, 1970) คือ ค่าของ C_α มีค่าสูงขึ้นจะให้ค่าของ initial settlement สูงขึ้น

4.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดการเพิ่มน้ำหนัก (load increment, ΔP)

4.3.1 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง load/Compression curve ($\Delta e_v - \log \bar{\sigma}_{vc}$)

จากรูปที่ 4.7 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวตั้งกับหน่วยแรงประสิทธิผล ของตัวอย่างการทดลองจากดินบริเวณตอนเมือง (ตัวอย่าง I-A-1) และบริเวณลุ่ม (ตัวอย่าง II-A-1) ลักษณะของกราฟของดินทั้งสองแห่งคล้ายคลึงกัน คือ การยุบตัวในช่วง Over Consolidated จะน้อยมาก ซึ่งแสดงว่าตัวอย่างการทดลองอยู่ในสภาพใกล้เคียงกับธรรมชาติมาก (ไม่ถูกรบกวนขณะเก็บตัวอย่าง) เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลมากกว่า ค่า Preconsolidation Pressure (P_c) การยุบตัวจะเกิดในอัตราที่สูง และรวดเร็ว ลักษณะของกราฟในช่วงนี้เรียกว่า "Virgin Compression" กราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็น s-curve คือ มีจุดตัดกลับที่หน่วยแรงประสิทธิผลประมาณ 1.0-1.5 กก./ซม.² ลักษณะของกราฟแบบนี้ จะเป็นแบบลักษณะเอกลักษณะของพวก high sensitive clay (ค่า sensitivity > 4) ซึ่งสอดคล้องกับตัวอย่างดินทดลองของดินจากตอนเมือง และจากลุ่ม ที่มีค่า Sensitivity เท่ากับ 19 และ 8 ตามลำดับ สาเหตุที่กราฟมีลักษณะเป็น s-curve ในช่วง Virgin Compression นั้น SKEMPTON & NORTHEY (1952) ว่าเกิดจากการที่ โครงสร้างของดินเปลี่ยนสภาพจาก meta stable structure ไปสู่สภาพ stable structure ของพวก marine clay สำหรับดินเหนียวกรุงเทพฯ ก็เป็นพวก marine clay ซึ่งในสภาพตอนเกิดใหม่ ๆ ค่าปริมาณเกลือแร่ที่ปนอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวในช่องของดินประมาณ 10-20 กรัม/ลิตร (วสท. 2520) การเกิดในสภาพ Terrestrial deposit หรือ Marine deposit โครงสร้างของดินจะมีพฤติกรรมเป็นแบบ flocculate structure ตัวอย่างดินทดลองจากตอนเมือง และจากลุ่มมีปริมาณเกลือแร่ที่ปนอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวในโพรงดินเท่ากับ 2.4 และ 1.2 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่ามีปริมาณที่ต่ำมาก ซึ่งสาเหตุที่ลดต่ำลง เพราะเกิดจากการชะล้างตามธรรมชาติ การที่ปริมาณเกลือแร่ที่ปนอยู่ในของเหลวในโพรงดินลดลง ทำให้โครงสร้างของดินอยู่ในสภาพของ unstable หรือ meta stable structure ดังนั้น โครงสร้างของดินสามารถถูก break down ได้ง่ายเมื่อมีการรบกวนจากแรงภายนอก ผลที่ได้สำหรับลักษณะของ load/compression curve ซึ่งมีลักษณะเป็น s-curve ในช่วง Virgin Compression ซึ่ง TEVES (1967) ทดสอบดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ BRAND & KANJANO PHAS (1971) ทดสอบ Weathered Clay บริเวณ AIT และ THUMAPRUDTI (1974) ก็

ให้ผลลัพธ์ของกราฟของ load/compression เป็นลักษณะ s-curve เช่นเดียวกัน

4.3.2 ผลต่อกราฟ compression/Log time ค่าของ pressure increment มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง compression (ในรูปของ Dial Reading) กับลอการิทึมของเวลา ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นผลของการเปลี่ยนแปลง pressure increment ในช่วงหลังจาก Unload/Reload Cycle ที่อัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) เท่ากับ 1.0 และระยะการเพิ่มน้ำหนัก (LID) เท่ากับ 24 ชั่วโมง พบว่าในช่วงที่ค่าของหน่วยแรงน้อยกว่า 1.6 กก./ซม.^2 ซึ่งอยู่ในช่วง Over Consolidated มีค่าการยุบตัวน้อยมากและระยะเวลาสิ้นสุด primary consolidation (T_p) จะเร็วมาก (มีค่าต่ำ) สำหรับชนิดของกราฟ เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลอยู่ในช่วง $0.2-0.4$ และ $0.4-0.8 \text{ กก./ซม.}^2$ ให้ผลลัพธ์ของกราฟเป็น TYPE I แต่ที่หน่วยแรงประสิทธิผลอยู่ในช่วง $0.8-1.6 \text{ กก./ซม.}^2$ (ช่วงของ pre-consolidation pressure) จะให้ผลลัพธ์ของกราฟเป็น TYPE III เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลมีค่ามากกว่า 1.6 กก./ซม.^2 ซึ่งอยู่ในช่วง Normally Consolidated การยุบตัวจะเกิดรวดเร็วมากที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ เท่ากับ $1.6-3.2 \text{ กก./ซม.}^2$ และค่าการยุบตัวจะลดลงที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ เท่ากับ $3.2-5.0 \text{ กก./ซม.}^2$ อันเนื่องมาจากโครงสร้างของดินในช่วงนี้เข้าสู่สภาพ stable structure และชนิดของกราฟในช่วงนี้เป็น TYPE I นอกจากนี้ในรูปที่ 4.8 ยังแสดงให้เห็นว่าค่าของเวลาสิ้นสุด primary consolidation (T_p) โดยวิธี empirical ของ casagrande ซึ่งให้ค่า T_p น้อยกว่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับจากการวัดแรงดันน้ำในโพรง (Δu) โดยตรง

4.3.3 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำในโพรง (pore water pressure, Δu)

การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักที่กระทำ (load increment) เป็นผลให้เวลาการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง $(1-\Delta u/\Delta \sigma_v)$ ช้าลง หรือใช้เวลานานในการกระจาย (dissipate) นานขึ้นและกราฟการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงจะแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรก (ในช่วงของ Over consolidated) จะมีการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง เร็วกว่ากลุ่มหลัง (ในช่วงของ Normally consolidated) ผลที่แสดงการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง ในรูปที่ 4.9 และ 4.10 เป็นผลของการทดลองหลังจาก Unloading/Reloading Cycle

รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกราฟการกระจายของน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta \sigma_v$) กับลอการิทึมของเวลา (log time) ของตัวอย่าง I-B-1 พบว่ากราฟการกระจายของน้ำในโพรงแยกกันอย่างเห็นได้ชัดว่าแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกจะเป็นกราฟในช่วง Over consolidated (แรงกระทำน้อยกว่า $\bar{\sigma}_{vm}$) ซึ่งพบว่า เวลาของการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงในช่วงนี้เพิ่มขึ้น เมื่อแรงที่กระทำมีค่าสูงขึ้น แต่อัตราของการกระจาย (rate of dissipation) ใกล้เคียงกัน ดังจะพบว่า เส้นกราฟขนานกัน สำหรับกลุ่มหลังจะเป็นกราฟในช่วง Normally Consolidated (แรงที่กระทำมากกว่า $\bar{\sigma}_{vm} = 1.6$ กก/ซม.²) พบว่าการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงในช่วงนี้ใช้เวลามากกว่าในช่วงของ Over Consolidated และเวลาของการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงเพิ่มขึ้นเมื่อแรงกระทำมีค่าสูงขึ้น เช่นเดียวกับในช่วงของ Over Consolidated ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ KIM (1970) ทดสอบตัวอย่างดินเหนียวกรุงเทพฯ ในช่วง Soft Clay ที่ให้ผลของการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta \sigma_v$) ในช่วง Normally Consolidated มีการเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มขึ้นของแรงกระทำ (Pressure Increment) น้อยมาก คือกราฟในช่วงนี้จะใกล้เคียงกันมาก

สำหรับรูปที่ 4.10 แสดงการกระจายของน้ำในโพรงดิน ($1-\Delta u/\Delta \sigma_v$) จากกราฟวัดที่ด้านบนของตัวอย่างดินทดลองกับค่า Average degree of Consolidation (\bar{U}) พบว่าการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta \sigma_v$) ในช่วง Over Consolidated ที่ \bar{U} เดียวกันจะเร็วกว่าในช่วงของ Normally Consolidated และการเปลี่ยนการเพิ่มน้ำหนัก (load increment) ในช่วง Normally consolidated มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกราฟของการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta \sigma_v$) กับ \bar{U} น้อยมาก คือ ให้ค่าใกล้เคียงกันมาก

4.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (load increment ratio, LIR)

4.4.1 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง load/compression curve ($ev-\log \bar{\sigma}_{vc}$)

จากการทดลองที่ผ่านมา ผู้ทำการทดลองหลายท่าน ได้ทำการทดสอบดินเหนียวกรุงเทพฯ ทั้งในส่วนของ Weathered Clay, Soft Clay และ medium clay ได้สรุปตรงกันว่า การเปลี่ยนแปลงค่าของ LIR ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง กราฟของ load/Compression (ในเทอมของ CR, RR และ $\bar{\sigma}_{vm}$) เช่น TEVES (1967) ทดสอบ soft และ medium clay, KIM (1970) ทดสอบ soft clay, BRAND & KANJANOPHAS (1971) ทดสอบ Weathered clay บริเวณสถานีเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) และ THUMAPRUDDI

(1974) ทดสอบ Weathered Clay บริเวณหนองสูงเห่า

สำหรับผลการทดลองที่ได้พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าของ LIR มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงหน่วยแรงสูงสุดในอดีตที่ LID เท่ากับ 2 ชั่วโมง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.11 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวตั้ง (e_v) กับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) ของดินบริเวณตอนเมือง ที่ LIR เท่ากับ 0.5, 1, 2 และระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก (LID) เท่ากันคือ 2 ชั่วโมง พบว่าการเพิ่มขึ้นของ LIR ที่ LID เท่ากับ 2 ชั่วโมงเป็นผลให้ค่า $\bar{\sigma}_{vm}$ ลดลง และในรูปที่ 4.12 ทดสอบที่ LIR เท่ากับ 0.5, 1, 2 เช่นเดียวกัน แต่ใช้ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก (LID) เท่ากับ 24 ชั่วโมง พบว่าการทดสอบที่ LID สูงขึ้น ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าของหน่วยแรงประสิทธิผลในอดีต ($\bar{\sigma}_{vm}$) สำหรับค่าการยุบตัวนั้นพบว่าที่ LIR เท่ากับ 0.5, 1 ไม่พบการเปลี่ยนแปลง แต่ที่ LIR เท่ากับ 2 (I-C-1) นั้นให้ค่าการยุบตัวน้อยกว่าที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ เท่ากัน ค่าการยุบตัวที่น้อยกว่าของตัวอย่าง I-C-1 ไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้ว่าเกิดจากการเพิ่มขึ้นของ LIR เพราะพิจารณาจากคุณสมบัติเริ่มแรกของตัวอย่าง I-C-1 ตามตารางที่ 3.5 พบว่าค่า initial void ratio (e_o) ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นมาก คือมีค่า $e_o = 2.47$ เมื่อเทียบกับตัวอย่าง I-A-1 และ I-B-1 ที่มีค่า $e_o = 2.59$ และ 2.69 ตามลำดับ การที่ค่า e_o ของตัวอย่าง I-C-1 ต่ำนี้อาจมีสาเหตุให้ค่าการยุบตัวที่ได้ในรูปที่ 4.12 มีค่าต่ำ

4.4.2 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง Compressibility ในเทอมของ Recompression Ratio (RR) และ Compression Ratio (CR)

ผลจากการเปลี่ยนแปลง ค่าของอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อค่า CR, RR ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปบ้าง แต่ไม่สามารถสรุปแนวโน้มให้แน่ชัดได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.13 และ 4.14 ซึ่งเป็นค่าการทดสอบในช่วงหลังจาก Unloading/reloading Cycle เพราะการทดลอง unloading/reloading cycle จะลดผลกระทบจากความคลาดเคลื่อนจากการรบกวนตัวอย่างดินขณะเก็บตัวอย่าง

ในรูปที่ 4.13 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RR กับ OCR (log scale) ที่ LID = 24 ชม. พบว่า ค่าของ RR จะลดลงเมื่อค่า OCR มีค่าสูงขึ้น และการเพิ่มขึ้นของ LIR มีแนวโน้มจะให้ค่า RR สูงขึ้น โดยเฉพาะที่ LIR เท่ากับ 0.5 และ 1 แต่สำหรับที่ LIR เท่ากับ 2 (ตัวอย่าง I-C-1) ค่าของ RR มีค่าใกล้เคียงกับที่ LIR เท่ากับ



1 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าของ RR ทำให้ไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้แน่ชัด

สำหรับที่ LID = 2 ชั่วโมง พบการเปลี่ยนแปลงค่าของ RR เช่นเดียวกับ
ที่ LID = 24 ชั่วโมง

ในรูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CR กับค่า stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc} / \bar{\sigma}_{vm}$) ที่ LID = 24 ชั่วโมง พบว่าค่าของ CR จะเพิ่มขึ้นเมื่อ stress ratio มีค่าสูงขึ้นในช่องที่ stress ratio ต่ำ ๆ ($\bar{\sigma}_{vc} / \bar{\sigma}_{vm} < 1.5$) และจะลดลงเมื่อ stress ratio เพิ่มขึ้น ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับรูปลักษณะของ load/compression curve ของดินพวก High sensitive clay ในช่วง virgin compression ที่มีลักษณะเป็น s-curve สำหรับผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลง อัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อค่าของ CR นั้น พบว่าการเพิ่มขึ้นของ LIR มีผลให้ค่า CR สูงขึ้นเล็กน้อย ที่ LIR เท่ากับ 0.5, 1 ของตัวอย่าง I-A-1, I-B-1 แต่ที่ LIR = 2 ของตัวอย่าง I-C-1 ให้ค่าของ CR ต่ำลงที่ stress ratio เดียวกัน ไม่สามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของ LIR ต่อ CR ได้แน่ชัด เนื่องจาก การทดสอบของตัวอย่าง I-C-1 unload ที่หน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) เท่ากับ 2.7 กก/ซม.² สูงกว่าตัวอย่าง I-A-1 และ I-B-1 และนอกจากนี้ตัวอย่าง I-C-1 ยังมีค่า initial void ratio ต่ำกว่าตัวอย่าง I-A-1, และ I-B-1 เหตุผลดังกล่าวข้างต้นก็เป็นสาเหตุอันหนึ่งที่ทำให้ค่าของ CR ลดลง

สำหรับที่ LID = 2 ชั่วโมง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าของ CR เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า LIR แต่ไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้ เช่นเดียวกับที่ LID = 24 ชั่วโมง

4.4.3 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง Pore Water Pressure (Δu)

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) คือ 0.5, 1, 2 ผลที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 และ 4.19 เป็นการแสดงผลในช่วงหลังจาก Unloading/Reloading Cycle จากดินบริเวณดอนเมือง

การเพิ่มขึ้นของ LIR ต่อ maximum pore pressure response ($\Delta u_{max} / \Delta \sigma_v$) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้ สำหรับการเพิ่มขึ้นของ LIR ต่อการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง (pore pressure dissipation) พบว่าการกระจายของน้ำในโพรง ($1 - \Delta u / \Delta \sigma_v$) ในอัตราที่ช้าลงเมื่อค่าของ LIR สูงขึ้น

ในรูปที่ 4.15 และ 4.16 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง maximum pore pressure response ($\Delta U_{\max}/\Delta\sigma_v$) กับค่า OCR ค่าของ ΔU_{\max} เนื่องจากผลของ Time lag การวัดค่าของ ΔU_{\max} จะใช้เวลาระหว่าง 0.5-5 นาที ผลความสัมพันธ์ที่ได้ พบว่าค่าของ pore pressure response มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่า OCR เพิ่มขึ้นและการเพิ่มขึ้นของ LIR ที่ LID = 24 ชั่วโมง ค่าของ $\Delta U_{\max}/\Delta\sigma_v$ มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของ LIR ที่ LID = 2 ชั่วโมง ที่ LIR เท่ากับ 0.5 และ 1 ค่าของ $\Delta U_{\max}/\Delta\sigma_v$ สูงขึ้น และที่ LIR = 2 ค่าของ $\Delta U_{\max}/\Delta\sigma_v$ ลดลง ซึ่งไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้แน่ชัด แต่พบว่ามี การเปลี่ยนแปลงต่อ $\Delta U_{\max}/\Delta\sigma_v$ เมื่อ LIR เปลี่ยนไป

ในรูปที่ 4.17 เป็นการแสดงระหว่างการกระจายของน้ำในโพรง (pore water pressure dissipation) กับเวลา (elapsed time) บนลอการิทึมเล็กของการทดลองในช่วง Over Consolidated และใช้ระยะเวลาของการเพิ่มน้ำหนัก (LID) เท่ากับ 24 ชั่วโมง พบว่าที่ LIR ต่ำ (LIR = 0.5) การกระจายของน้ำในโพรง เกิดในอัตราที่เร็ว เมื่อ LIR เพิ่มขึ้น เวลาของการกระจายของน้ำในโพรงมีแนวโน้มจะนานขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ผลจากการแตกต่างกันของค่า OCR ของตัวอย่างดินในช่วง Over Consolidated มีผลต่อ initial soil condition ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.16 ค่า OCR ที่แตกต่างกันนี้เป็นผลให้ได้ กราฟของการกระจายของน้ำในโพรงเปลี่ยนไปได้เช่นกัน

รูปที่ 4.18 เป็นการแสดงผลของการกระจายของน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta\sigma_v$) ในช่วงของ Normally Consolidated ที่ LID เท่ากับ 24 ชั่วโมง พบว่าการกระจายของน้ำในโพรงจะเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) หรือเป็นฟังก์ชันของ LIR ตามทฤษฎีของ DAVID & RAYMOND (1965) จะพบว่า การกระจายของน้ำในโพรงมีแนวโน้มจะช้าลง เมื่อค่า LIR สูงขึ้น อย่างไรก็ตามอาจมีสาเหตุ ความคลาดเคลื่อน เนื่องจาก pressure increment ไม่ใกล้เคียงกันโดยเฉพาะที่ LIR = 2 ตัวอย่าง I-C-1 ซึ่งผลจาก pressure increment ต่อการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง ในช่วง Normally Consolidated เปลี่ยนค่อนข้างมาก (ดังแสดงในรูปที่ 4.9)

รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจายของน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta\sigma_v$) กับ Average degree of Consolidation (\bar{U}) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า LIR

ในช่วง Normally Consolidated ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลของ การกระจายของน้ำใน โพรงต่อการเปลี่ยนแปลง LIR กับการคาดคะเนโดยทฤษฎีของ TERZAGHI และ DAVID & RAYMOND พบว่าที่ LIR มีค่าสูงขึ้น ค่าของการกระจายของน้ำในโพรงจะต่ำลง และที่ LIR เท่ากับ 0.5, 1 ให้ผลของการกระจายของน้ำในโพรงเร็วกว่าการคาดคะเนมาก และที่ LIR เท่ากับ 2 ให้ผลใกล้เคียงกับการคาดคะเน โดยทฤษฎีของ TERZAGHI มากกว่า จากของ DAVID & RAYMOND ดังนั้นการเลือกใช้ LIR เท่ากับ 2 จึงเหมาะสมสำหรับ Weathered Clay ของดินเหนียวกรุงเทพฯ เพื่อใช้คาดคะเนอัตรายุบตัวโดยทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำสภาพ การเคลื่อนตัว 1 มิติ ของ TERZAGHI

4.4.4 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงกราฟของ Compression/Log time

การเปลี่ยนแปลงของกราฟ Compression/Log time เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง อัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) แบบของกราฟความสัมพันธ์ที่ได้แยกออกเป็น 3 แบบ คือ TYPE I, TYPE II และ TYPE III ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.10 (LEONARD & GIRAULT, 1961) กราฟ TYPE I นั้น เกิดเมื่อใช้ค่าของ LIR มีค่าสูง ส่วนกราฟของ TYPE II เกิดขึ้น เมื่อใช้ LIR มีค่าต่ำ หรือในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลเท่ากับ Preconsolidation Pressure

สำหรับผลการวิจัยที่ผ่านมาโดย BRAND & KANJANOPHAS (1971) ทดสอบ ดินเหนียวแปรสภาพ (Weathered Clay) บริเวณสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) และ THAMAPRUTI (1974) ทดสอบดินเหนียวแปรสภาพ (Weathered Clay) บริเวณหนองสูงเท่า ให้ผล สรุปรวมกันว่ากราฟความสัมพันธ์ของ Compression/Log time ที่ LIR สูง (มากกว่า 1) ให้ ผลของกราฟเป็น TYPE I และที่ LIR ต่ำ (0.5, 0.25) ของกราฟเป็น TYPE II, TYPE III

ในการทดลองวิจัยนี้ จากดินบริเวณดอนเมือง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.20 เป็น กราฟของ Compression/Log time ในช่วง Over Consolidated ของแต่ละตัวอย่าง การทดลองที่ค่า LID เท่ากันคือ 24 ชั่วโมง พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า LIR ให้ผลของกราฟ เปลี่ยนจาก TYPE II เป็น TYPE I คือ กราฟเป็น TYPE II ที่ LIR = 0.5 และ TYPE I ที่ LIR = 1 และ LIR = 2

ในรูปที่ 4.21 เป็นกราฟความสัมพันธ์ของ Compression/Log time ใน ช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) ใกล้กับค่า Preconsolidation Pressure หรือ $\bar{\sigma}_{vm}$ การเพิ่มขึ้นของค่า LIR ในช่วงนี้จะให้ผลของกราฟเปลี่ยนแปลงจาก TYPE III เป็น TYPE II เป็น TYPE I ที่ LIR = 0.5, 1 และ 2 ตามลำดับ และในรูปที่ 4.22 กราฟของ Compression/Log time ในช่วง Normally Consolidated การเพิ่มขึ้นของ LIR (LIR = 0.5, 1, 2) จะให้ผลของกราฟเป็น TYPE I ทั้งหมด ในกรณีที่กราฟของ Compression/Log time เป็น TYPE III เราไม่สามารถกำหนดเวลาสิ้นสุด primary consolidation (T_p) จากวิธีของ Casagrande แต่สามารถหา t_{50} จากกราฟของ compression/Log time โดยกำหนดจุด T_p จากกราฟที่ excess pore water pressure (Δu) เท่ากับศูนย์ ($\bar{U} \sim 100\%$)

4.4.5 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงเวลาสิ้นสุด primary consolidation, T_p

เวลาสิ้นสุด primary consolidation ในงานวิจัยนี้พิจารณาจากวิธีของ Casagrande เรียกว่า "Log t method" จากวิธีของ Taylor เรียกว่า " \sqrt{t} method" และจากวิธีวัดโดยตรงที่ excess pore water pressure (Δu) มีค่าเท่ากับศูนย์ เรียกว่า " Δu method" จากการแสดงในรูปที่ 4.23 เป็นการเปรียบเทียบของแต่ละตัวอย่างการทดลอง ที่ค่า LIR เท่ากัน คือ 24 ชั่วโมง แต่ค่าของ LIR เปลี่ยนไป โดยใช้วิธีของ Δu และในรูปที่ 4.24, 4.25 และ 4.26 พิจารณาที่ LIR เดียวกันด้วยวิธีที่แตกต่างกัน คือวิธี Δu , log t และ \sqrt{t} ซึ่งผลที่ได้สรุปได้ดังนี้

รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสิ้นสุด primary consolidation (T_p) กับ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) ซึ่งค่าของ stress ratio นั้น ค่า $\bar{\sigma}_{vm}$ เลือกตาม LIR นั้น ๆ พบว่า ค่าของ T_p มีค่าต่ำ และไม่แตกต่างกันมากนักที่ LIR = 0.5, 1 ในช่วงที่ stress ratio น้อยกว่า 1 (ช่วง Over consolidated) และ T_p มีค่าเพิ่มอย่างรวดเร็วที่ stress ratio เท่ากับ 1 (OCR = 1) และเพิ่มขึ้นอีกเมื่อ stress ratio มีค่ามากกว่า 1 (ช่วง Normally Consolidated) ผลจากการเปลี่ยนแปลงค่า LIR นั้น พบว่าการเพิ่มขึ้นของ LIR จะเป็นผลให้ค่าของ T_p เพิ่มขึ้นที่ stress ratio เดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการกระจายของน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta \sigma_v$) ที่เป็นฟังก์ชันของ LIR ดังแสดงในรูปที่ 4.17 และ 4.18

รูปที่ 4.24 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสิ้นสุด primary consolidation (T_p) กับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) ของตัวอย่างการทดลองที่ LIR = 0.5 และที่ LID = 24 ชั่วโมง พบว่าที่ LIR = 0.5 ค่าของ T_p จากวิธีของ \sqrt{t} ให้ค่าต่ำสุด จากวิธีของ $\log t$ ให้ค่าสูงกว่าวิธีของ \sqrt{t} เล็กน้อย แต่จากทั้งวิธีของ \sqrt{t} และ $\log t$ ให้ค่าของ T_p ต่ำกว่าจากวิธีของ Δu ที่ค่า $\bar{\sigma}_{vc}$ เดียวกัน

รูปที่ 4.25 และ 4.26 แสดงค่าของ T_p ของตัวอย่างการทดลองที่ LIR เท่ากับ 1 และ 2 ตามลำดับ พบว่าค่าของ T_p ให้ผลลักษณะเดียวกับตัวอย่างการทดลองที่ LIR เท่ากับ 0.5 คือ ค่าของ T_p จากวิธีของ \sqrt{t} ให้ค่าต่ำสุด วิธีของ $\log t$ จะให้ค่าสูงกว่าวิธีของ \sqrt{t} แต่ทั้งจากวิธีของ \sqrt{t} และ $\log t$ มีแนวโน้มที่ให้ผลลัพท์ของ T_p ต่ำกว่าจากวิธีของ Δu ที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ เดียวกันมากยิ่งขึ้น

สรุปได้ว่าที่ LIR มีค่าต่ำ (LIR = 0.5) ค่าของ T_p ที่คำนวณจากวิธีของ Δu , $\log t$ และ \sqrt{t} ให้ผลไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อค่าของ LIR มีค่าสูงขึ้น (LIR = 1, 2) ค่าของ T_p จากวิธีของ Δu , $\log t$ และ \sqrt{t} ยิ่งให้ให้ค่าแตกต่างกันมากขึ้น ความแตกต่างมีมากขึ้น เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) มีค่าสูง

4.4.6 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง coefficient of consolidation (C_v)

ความสัมพันธ์ระหว่าง coefficient of consolidation (C_v) กับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) ในรูปที่ 4.27 และ 4.28 เป็นการเปรียบเทียบแต่ละตัวอย่างการทดลองที่ LIR แตกต่างกันโดยที่ค่า LID เท่ากัน และค่าของ C_v คำนวณจากวิธีของ \sqrt{t} สำหรับรูปที่ 4.29, 4.30 และ 4.31 เปรียบเทียบค่าของ C_v ที่ได้จากวิธีแตกต่างกัน คือ จากวิธีของ Δu , \sqrt{t} และ $\log t$ โดยมีค่า LIR เดียวกัน

การพิจารณาค่าของ C_v จาก pore pressure (Δu) นั้นใช้ที่ average degree of consolidation เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ (t_{90}) ซึ่งค่าของ t_{90} จะสอดคล้องกับกราฟของเปอร์เซ็นต์การกระจายของแรงดันน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta \sigma_v$) ที่ผิวบนของตัวอย่าง เมื่อการทดลองการอัดตัวคายน้ำมีการ drainage เฉพาะด้านล่างของตัวอย่าง เท่ากับ 84.5 เปอร์เซ็นต์ (พิจารณาจากรูปที่ 4.9) สำหรับวิธีของ Taylor (\sqrt{t}) และ Casagrande ($\log t$) ใช้ที่ average degree of consolidation (\bar{U}) เท่ากับ 90% (t_{90}) และ

50% (t_{50}) ตามลำดับ (พิจารณาจากรูปที่ 2.6)

จากรูปที่ 4.27 พบว่าผลจากการเปลี่ยนแปลง LIR ที่ LID = 2 ชั่วโมง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า C_v มากในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) ต่ำ ๆ (ในช่วงของ Over Consolidated) กล่าวคือ เมื่อค่าของ LIR ลดลง ค่าของ C_v มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ มีค่าสูง (ในช่วงของ Normally Consolidated) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ C_v ต่อการเปลี่ยนแปลงของ LIR และในรูปที่ 4.28 เป็นผลจากการทดสอบที่ LID = 24 ชั่วโมง ให้ผลของ C_v สูงขึ้นเมื่อ LIR ลดลงเช่นเดียวกัน และสรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของค่า LID จากการทดสอบที่ LID = 2 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง มีผลให้ค่าของ C_v มีแนวโน้มสูงมากขึ้นอีกเมื่อ LIR ลดลง ในช่วงของ over consolidated ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลสรุปของการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta \sigma_v$) ดังแสดงในรูปที่ 4.17 คือ ที่ LIR มีค่าต่ำ อัตราการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงจะเร็วขึ้น ดังนั้นค่าของ C_v จึงเพิ่มมากขึ้น

ในรูปที่ 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง C_v กับ $\bar{\sigma}_{vc}$ ของตัวอย่างการทดลองที่ LIR = 0.5 พบว่าค่าของ C_v ที่ได้จากรีชของ Δu , \sqrt{t} และ $\log t$ ให้ผลแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในช่วงที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ มีค่าต่ำ (ช่วง Over consolidated) ซึ่งค่าของ C_v จากรีชของ Δu ให้ค่าสูงที่สุด จากรีชของ \sqrt{t} จะให้ค่าเฉลี่ยระหว่าง Δu และ $\log t$ จากรีชของ $\log t$ ให้ค่าของ C_v ต่ำสุด สำหรับในช่วงที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ มีค่าสูง (ช่วง Normally consolidated) ค่าของ C_v ไม่ให้ผลแตกต่างกันมากนัก ในรูปที่ 4.31 ก็เช่นเดียวกัน เป็นการเปรียบเทียบค่าของ C_v จากวิธีการหาที่แตกต่างกันของการทดสอบที่ LIR = 1 พบว่าการหาค่าของ C_v จากรีชของ \sqrt{t} และ $\log t$ ให้ผลใกล้เคียงกัน แต่ผลที่ได้จากทั้งสองวิธีก็ยังคงต่ำกว่าจากรีชของ Δu มาก ในช่วงที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ มีค่าต่ำ (ช่วง over consolidated) สำหรับในรูปที่ 4.30 เป็นการเปรียบเทียบค่าของ C_v จากวิธีที่ต่างกันของตัวอย่างการทดลองที่ LIR = 2 หรือที่ high load increment ratio (LIR) พบว่าการหาค่าของ C_v จากรีชของ Δu , \sqrt{t} และ $\log t$ ให้ผลใกล้เคียงกันมาก ทั้งในช่วงของ over consolidated และ Normally Consolidated

จากผลที่แสดงในรูปที่ 4.29, 4.30, และ 4.31 สรุปได้ว่า ที่ LIR มีค่าต่ำ (LIR = 0.5) ค่าของ C_v ที่คำนวณจากรีชของ Δu , \sqrt{t} และ $\log t$ นั้นให้ผลแตกต่างกัน

มากในช่วง Over Consolidated และที่ LIR มีค่าสูง (LIR = 2) ค่าของ C_v ที่คำนวณจากวิธีของ Δu , \sqrt{t} และ $\log t$ นั้นให้ผลใกล้เคียงกันมาก

4.4.7 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง Coefficient of secondary compression (C_α)

ค่าของ coefficient of secondary compression (C_α) ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของ Compression/Log time ในช่วงหลังจากสิ้นสุด primary consolidation (T_p) ถ้าชนิดของกราฟเป็น TYPE II และ TYPE III ค่าของ C_α จะพิจารณาจากจุดที่ การกระจายของแรงดันน้ำส่วนเกินในโพรง (excess pore water pressure dissipation) เท่ากับศูนย์ ($\Delta u = 0$) และขนาดของ C_α ในช่วงนี้ของกราฟ TYPE II และ TYPE III ไม่คงที่ (พิจารณารูปที่ 4.21)

ในรูปที่ 4.32 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง C_α กับ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) ของแต่ละตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลง LIR ที่ LID = 24 ชั่วโมงเท่ากัน พบว่าค่าของ C_α มีค่าต่ำมากในช่วงที่ stress ratio ต่ำกว่า 1 (ช่วง over consolidated) และค่าของ C_α จะเพิ่มขึ้นในอัตราค่อนข้างสูงที่ stress ratio มากกว่า 1 จะเพิ่มสูงสุดประมาณที่ค่า stress ratio เท่ากับ 2 ($\bar{\sigma}_{vc}$ เท่ากับสองเท่าของ $\bar{\sigma}_{vm}$) หลังจากนั้นจะลดลง การเปลี่ยนแปลงค่าของ LIR มีผลเล็กน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ C_α ซึ่งไม่เห็นเด่นชัดนัก ในช่วงที่ทดลองคือ ที่ LIR เปลี่ยนแปลงระหว่าง 0.5 และ 2

จากที่กล่าวมาทั้งหมด พบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) มีอิทธิพลสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ ต่อการยุบตัว (compressibility) ของดินเหนียวในส่วนที่ถูกแปรสภาพ (Weathered)

4.5 ผลของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก (load increment duration, LID)

ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักใช้ในการวิจัยนี้ คือ ที่ 2 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ในช่วง Normally Consolidated การทดลองพบว่าที่ LID = 2 ชั่วโมงไม่พบการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงยังไม่หมด และยังไม่สิ้นสุด primary consolidation ส่วนการทดลองที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เพียงพอสำหรับการสิ้นสุด primary consolidation ผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าของ LID สรุปได้ดังนี้ คือ

4.5.1 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงกราฟ load/compression (ev vs $\log \bar{\sigma}_{vc}$)

การเพิ่มขึ้นของ LID เป็นผลให้ค่าของ apparent preconsolidation pressure (P_c) หรือ maximum past pressure ($\bar{\sigma}_{vm}$) จากวิธีของ casagrande ให้ค่าน้อยลง

ในรูปที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเครียดในแนวตั้ง (ev) และ หน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบของแต่ละตัวอย่างการทดลอง จากดินบริเวณตอนเมืองที่ LIR เท่ากัน คือ เท่ากับ 1 แต่ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) เปลี่ยนไป พบว่า การทดลองที่ LID = 2 ชั่วโมง ให้ค่าการยุบตัวต่ำกว่า ค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับที่ LID = 24 และ 48 ชั่วโมง ที่หน่วยแรงประสิทธิผลอันเดียวกัน การทดลองที่ LID = 2 ชั่วโมงนั้นจากการวัดแรงดันน้ำในโพรง พบว่า ในช่วง Normally Consolidated การกระจายของแรงดันน้ำในโพรงยังไม่สิ้นสุด ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่มน้ำหนัก ขณะยังไม่สิ้นสุดการยุบตัวในช่วง primary consolidation ทำให้ได้ค่าการยุบตัวต่ำกว่ามาก สำหรับที่ LID = 24 และ 48 ชั่วโมง นั้นที่ 48 ชั่วโมงให้ค่าการยุบตัวสูงกว่าเล็กน้อย และผลที่ปรากฏแน่ชัด คือ แนวโน้มของกราฟจะเลื่อนมาทางซ้ายมากขึ้นเมื่อ LID เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ค่าของ P_c or $\bar{\sigma}_{vm}$ จากวิธีการหาของ Casagrande ลดลง

4.5.2 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง Compressibility

ซึ่งจะพิจารณาในเทอมของ Recompression Ratio (RR) และ Compression Ratio (CR) พบว่าการลดของค่า LID ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อของ RR แต่ให้ผลของ CR สูงขึ้นในช่วงที่ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vc}$) น้อยกว่า 2

รูปที่ 4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Recompression Ratio (RR) กับ ค่า Over Consolidation Ratio (OCR) ของแต่ละตัวอย่างการทดลองที่ LIR = 1 เท่ากัน พบว่าการลดลงของ LID ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ RR และในรูปที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Compression Ratio (CR) กับ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) ของแต่ละตัวอย่างการทดลองที่ LIR = 1 เท่ากัน พบว่า ค่าของ CR ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในช่วงที่ stress ratio มีค่าต่ำ เพิ่มสูงสุดที่ stress ratio ประมาณ 1.5-2.0 ($\bar{\sigma}_{vc} \approx 1.5 - 2.0$ เท่าของ $\bar{\sigma}_{vm}$) จากนั้นจะค่อยลดลง จุดที่ค่าของ CR สูงสุดจะเป็นจุดตัดกลับของ s-curve ของกราฟ load/compression ในช่วง normally consolidated การลดลงของ CR พบว่าในช่วงที่ stress ratio ต่ำ (<2.0) มีผลให้ค่าของ CR สูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ CR ในช่วงที่ stress ratio มีค่าสูง อย่างไรก็ตาม การที่ CR สูงขึ้น ในช่วงที่ stress ratio ต่ำ อาจมีผลจากตัวอย่างถูกรบกวน (Sample disturbance)

4.5.3 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำในโพรง (pore water pressure, Δu)

การเพิ่มขึ้นของ LID มีผลทำให้ค่า maximum pore pressure response ($\Delta U_{max}/\Delta\sigma_v$) ลดลงในช่วง OCR ต่ำ (OCR อยู่ระหว่าง 1 กับ 2) แต่จะไม่มีผลต่อ $\Delta U_{max}/\Delta\sigma_v$ ในช่วงที่ OCR มีค่าสูง และการเพิ่มขึ้นของ LID มีการเปลี่ยนแปลงกระจายของแรงดันน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta\sigma_v$) เล็กน้อยซึ่งไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้

จากรูปที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง maximum pore pressure response ($\Delta U_{max}/\Delta\sigma_v$) กับ OCR ของแต่ละตัวอย่างการทดลองที่ LIR = 1 เท่ากัน พบว่าการเปลี่ยนแปลง LID ในช่วงที่ OCR อยู่ระหว่าง 1 กับ 2 มีแนวโน้มที่ให้ค่าของ $\Delta U_{max}/\Delta\sigma_v$ ลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงนี้จะลดลง และไม่พบการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่ OCR อยู่ระหว่าง 3 กับ 4 (มีค่าสูง) การที่ค่า OCR มีค่าสูง การเปลี่ยนแปลง LID ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า maximum pore pressure response เพราะที่ OCR มีค่าสูงค่าของ Secondary compression ($C\alpha$) มีค่าน้อย

รูปที่ 4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pore pressure dissipation ($1-\Delta u/\Delta\sigma_v$) กับค่า degree of consolidation (\bar{U}) ของตัวอย่างดินจากบริเวณตอนเมือง

(I-B-1, I-B-2) เป็นผลในช่วง Normally Consolidated พบว่า การเพิ่มขึ้นของ LID มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยต่อการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง เนื่องจากข้อมูลมีไม่เพียงพอที่จะสรุปแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงได้

4.5.4 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงเวลาสิ้นสุด primary consolidation, T_p

การเพิ่มขึ้นของ LID เป็นผลให้ค่าของ T_p ที่ได้จากวิธีของ Δu , $\log t$ และ \sqrt{t} ให้ผลใกล้เคียงกันยิ่งขึ้น และการเพิ่มขึ้นของ LID มีแนวโน้มที่จะให้ค่า T_p ลดลง

รูปที่ 4.38 และ 4.39 เป็นการเปรียบเทียบค่าของ T_p จากวิธีของ Δu , $\log t$ และ \sqrt{t} ของตัวอย่างการทดลองบริเวณสลิ้ม สำหรับรูปที่ 4.38 ทดสอบที่ LID = 24 ชั่วโมง พบว่า จากวิธีของ Δu ให้ค่า T_p นานสุด วิธีของ \sqrt{t} ให้ค่า T_p เร็วที่สุด ซึ่งวิธีของ $\log t$ ให้ค่าเฉลี่ยของ T_p ระหว่าง Δu และ \sqrt{t} ความแตกต่างจะมีมากขึ้นในช่วงที่ค่า OCR มีค่าต่ำกว่าหรือที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ มีค่าสูง โดยเฉพาะเมื่อ $\bar{\sigma}_{vc} > \bar{\sigma}_{vm}$ (ช่วง NC) เมื่อการทดสอบที่ LID เพิ่มขึ้น ที่ LID = 48 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.39 พบว่าแนวโน้มค่าของ T_p จากแต่ละวิธีให้ผลใกล้เคียงกันมากขึ้น จากวิธีของ Δu ก็ยังคงให้ค่า T_p นานสุดและวิธีของ $\log t$ ให้ค่า T_p เฉลี่ยระหว่าง Δu และ \sqrt{t} เช่นเดียวกัน

รูปที่ 4.40 เป็นการแสดงค่าของเวลาสิ้นสุด primary consolidation (T_p) ด้วย วิธีของ Δu เดียวกันของตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงการทดสอบที่ LID จาก 24 เป็น 48 ชั่วโมง จากผลที่ได้แม้ว่าข้อมูลอาจไม่พอเพียงต่อการสรุป แต่ก็พบแนวโน้มว่าที่ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) น้อยกว่า 1.0 ไม่มีผลของการเปลี่ยนแปลง เมื่อ stress ratio มากกว่า 1.0 (ช่วง NC) ค่าของ T_p จะลดลงเมื่อ LID เพิ่มขึ้น

4.5.5 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง Coefficient of Consolidation (C_v)

ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.41, 4.42 และ 4.43 จากดินบริเวณตอนเมือง เป็นผลจากการทดสอบในช่วงหลังจาก unloading/reloading cycle ซึ่งในรูปที่ 4.41 และ 4.42 เป็นการเปรียบเทียบค่าของ C_v จากการหาด้วยวิธีที่แตกต่างกัน คือ ด้วยวิธีของ Δu , $\log t$ และ \sqrt{t} เมื่อเพิ่มค่า LID จาก 24 เป็น 28 ชั่วโมง และรูปที่ 4.43 เปรียบเทียบค่าของ C_v ของแต่ละตัวอย่างการทดลองที่ LIR = 1 เท่ากัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า LID

ค่าของ C_v ที่แสดงในรูปที่ 4.43 ได้จากวิธีของ \sqrt{t} เพราะว่าที่ $LID = 2$ ชั่วโมง ค่า C_v ไม่สามารถหาได้จากวิธีของ $\log t$ ได้ ผลที่ได้สรุปได้ดังนี้ คือ

1. ที่ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักสั้น ($LID = 24$ ชั่วโมง) ค่าของ C_v ในช่วงที่ $\bar{\sigma}_{vc}$ มีค่าต่ำ (ช่วง OC) ที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีของ Δu , $\log t$ และ \sqrt{t} ให้ผลที่แตกต่างกันค่อนข้างสูง จากวิธีของ \sqrt{t} ให้ค่าของ C_v สูงสุด และจากวิธีของ $\log t$ ให้ค่าของ C_v ต่ำสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.41
2. ที่ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักนาน ($LID = 48$ ชั่วโมง) ค่าของ C_v ได้จากการคำนวณโดยวิธีของ Δu , $\log t$ และ \sqrt{t} ให้ผลสัมพัทธ์ใกล้เคียงกันมาก ทั้งในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าต่ำและสูง (ช่วง OC และ NC) ดังแสดงในรูปที่ 4.42
3. ที่หน่วยแรงประสิทธิผลต่ำ (ช่วง OC) การทดสอบที่ $LIR = 1$ การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก (LID) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ C_v แต่ไม่สามารถสรุปแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงได้ สำหรับในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าสูง (ช่วง NC) การเพิ่มขึ้นของ LID ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า C_v ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.43

4.5.6 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง coefficient of secondary compression ($C\alpha$)

การทดสอบที่ $LIR = 1$ นั้น พบว่าการเพิ่มขึ้นของ LID (จาก 24 เป็น 48 ชั่วโมง) มีผลทำให้ค่าของ $C\alpha$ ลดลง

ในรูปที่ 4.44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง coefficient of secondary compression ($C\alpha$) ในเทอมของ % Strain/ $\Delta \log$ time กับค่า stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) ของตัวอย่างดินทดลองจากบริเวณลีส้ม แต่ละตัวอย่างมีค่า $LIR = 1$ เท่ากัน ผลจากการเพิ่มขึ้นของ LID ในช่วงที่ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm} < 1$) ค่าของ $C\alpha$ จะต่ำลงเล็กน้อย เมื่อเวลาการเพิ่มน้ำหนัก (LID) เพิ่มขึ้น ในช่วงที่ stress ratio สูง ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm} > 1$) จะให้ผลของ $C\alpha$ ต่ำลงมากขึ้น การที่ LID เพิ่มขึ้น (จาก 24 เป็น 48 ชั่วโมง) ที่ $LIR = 1$ มีผลทำให้ค่า $C\alpha$ ลดลง เพราะว่า การทดสอบที่เวลาการเพิ่มน้ำหนักมากขึ้นนั้น จะทำให้ bond strength ระหว่างโครงสร้างของดินสูงขึ้น หรือ rigidity ของโครงสร้างของดินสูงขึ้น ดังนั้นโอกาสที่จะต้านทานการทรุดตัว ขณะที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าคงที่ซึ่งมากขึ้น ทำให้ได้ค่าของ $C\alpha$ ลดลง

4.6 ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเหนียว (Sensitivity, organic matter content และ plasticity)

ตัวอย่างดินทดลองสำหรับการวิจัยนี้ นำจากบริเวณที่แตกต่างกัน คือ จากบริเวณตอนเมือง และจากบริเวณลุ่ม (ดูรูปที่ 3.1) คุณสมบัติที่ต่างกันนั้นพิจารณาจากตารางที่ 4.1 พบว่าค่า ปริมาณแร่ดินเหนียว (% clay content) ปริมาณเกลือแร่ที่ปนอยู่ในน้ำในโพรงดิน (gm/litre) และค่าของ sensitivity (S_u) ของดินจากบริเวณตอนเมืองให้ค่าสูงกว่าดินจากบริเวณลุ่ม ผลจากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่แตกต่างกันนี้จะสัมพันธ์กับค่าของ Plastic Index (PI) ดังนั้น การพิจารณาผลจึงพิจารณาในรูปของค่า PI

4.6.1 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงกราฟของ load/compression

การเพิ่มขึ้นของค่า PI มีผลทำให้ค่าการยุบตัวสูงขึ้นที่หน่วยแรงประสิทธิผลเท่ากัน

จากรูปที่ 4.45 พิจารณากราฟในช่วงก่อน unloading/reloading cycle พบว่าในช่วง OC ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการยุบตัวในช่วงนี้น้อยมาก สำหรับในช่วงของ NC ($\bar{\sigma}_{vc} > \bar{\sigma}_{vm}$) พบว่าค่าการยุบตัวจากตัวอย่าง I-B-1 ให้ค่าสูงกว่าตัวอย่าง II-B-1 สรุปได้ว่า เมื่อว่า PI สูงขึ้น ค่าการยุบตัวจะสูงขึ้นในช่วง NC ที่หน่วยแรงประสิทธิผลเท่ากัน

กราฟของ load/compression ในช่วง หลังจาก unloading/reloading cycle ให้ผลเช่นเดียวกันคือ ค่าการยุบตัวของตัวอย่าง I-B-1 จะสูงกว่าตัวอย่าง II-B-1 มากขึ้นในช่วงของ NC แม้ว่าตัวอย่าง II-B-1 จะมีค่าปริมาณเกลือแร่ที่ปนอยู่ในน้ำในโพรงดินน้อยกว่าตัวอย่าง I-B-1 ผลที่ได้นี้จะมีการยุบตัวสูงกว่า (LEONARD & ALTSCHOFF, 1964) แต่ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ปริมาณแร่ดินเหนียวและ initial void ratio มีอิทธิพลต่อการยุบตัวมากกว่า จึงให้ผลสรุปว่าตัวอย่าง I-B-1 ให้ค่าการยุบตัวสูงกว่า

4.6.2 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง compressibility ในเทอมของ compression ratio (CR) และ recompression ratio (RR)

ค่าของ CR และ RR แสดงไว้ในรูปที่ 4.46 และ 4.47 เป็นค่าในช่วงหลังจากการทดสอบ unloading/reloading cycle การพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดสอบ

จากตัวอย่าง II-B-1 และ I-B-1 ที่ LIR = 1 และ LID = 24 ชั่วโมง

BALASUBRAMANIAM & BRENNER (1981) ได้ให้ความสัมพันธ์ ค่าของ
กับค่า w_n และ w_L ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ดังนี้ คือ

$$CR = 0.00566 w_n - 0.037$$

$$CR = 0.0046 w_L - 0.013$$

ซึ่งจะพบว่าค่าของ CR แปรผันโดยตรงกับค่า w_n และ w_L ค่าของ w_n และ w_L สูงขึ้น ย่อมให้ผลลัพธ์ของค่า CR สูงขึ้นด้วย

จากรูปที่ 4.46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง recompression ratio (RR) กับค่า over consolidation ratio (OCR) พบว่าตัวอย่าง I-B-1 (มีค่า PI = 57%) ให้ค่าของ RR สูงกว่าตัวอย่าง II-B-1 (มีค่า PI = 48.1%) เพียงเล็กน้อย อาจเป็นเพราะค่าของ PI จากดินทั้งสองแห่งไม่ได้แตกต่างกันมากนัก คือแตกต่างกันเพียง 9 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง compression ratio (CR) stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) พบว่า ค่าของ CR จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และให้ค่าสูงสุดใกล้เคียงกันทั้งจากตัวอย่าง I-B-1 และ II-B-1 ที่ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) ประมาณ 1.5-2.0 แต่ที่ stress ratio เดียวกัน การทดสอบตัวอย่างดินที่มีค่า PI สูงกว่า (I-B-1) ให้ค่าของ CR สูงกว่า

4.6.3 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง pore water pressure (Δu)

ผลต่อค่า maximum pore pressure response ($\Delta U_{max}/\Delta\sigma_v$) พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า LIR ของตัวอย่างดินที่มีค่า PI แตกต่างกัน ไม่พบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่าของ maximum pore pressure response ($\Delta U_{max}/\Delta\sigma_v$) และผลต่อค่า การกระจายของแรงดันน้ำในโพรง ($1-\Delta u/\Delta\sigma_v$) การเปลี่ยนแปลงค่า LIR ของตัวอย่างดินที่มีค่า PI แตกต่างกัน ไม่พบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน

ในรูปที่ 4.48 และ 4.49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum pore pressure response ($\Delta U_{max}/\Delta\sigma_v$) กับ OCR รูปที่ 4.48 ทดสอบดินที่มีค่า PI ต่ำกว่า (PI = 48.1) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง LIR ส่วนรูปที่ 4.49 ทดสอบดินที่มีค่า PI สูงกว่า

(PI = 57) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ LIR พบว่า ทั้งจากตัวอย่างดินที่มีค่า PI ต่ำ และตัวอย่างดินที่มีค่า PI สูง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าของ $\Delta U_{\max}/\Delta\sigma_v$ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ LIR

ในรูปที่ 4.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจายของแรงดันน้ำในโพรง $(1-\Delta u/\Delta\sigma_v)$ กับเวลา (elapsed time) ของตัวอย่างดินบริเวณลึกลับ และดินบริเวณตอนเมือง พบว่า ทั้งจากตัวอย่างดินที่มีค่า PI ต่ำ (บริเวณลึกลับ) และตัวอย่างดินที่มีค่า PI สูง (บริเวณตอนเมือง) ไม่พบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่าของการกระจายของแรงดันน้ำในโพรง $(1-\Delta u/\Delta\sigma_v)$ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ LIR แต่สำหรับที่ LIR เดียวกัน พบว่า ตัวอย่างดินที่มีค่า PI ต่ำกว่า มีแนวโน้มที่จะกระจายแรงดันน้ำในโพรงได้เร็วกว่า ซึ่งเป็นเพราะว่าดินที่มีค่า PI ต่ำกว่า (จากบริเวณลึกลับ) มีปริมาณแร่ดินเหนียน้อยกว่า ดังนั้น ปริมาณของดินตะกอน (silt) และทราย จะมากกว่าการที่มีปริมาณของดินตะกอน (silt) และดินทรายมากกว่านี้ จะให้ค่า coefficient of permeability (K) สูงกว่า ย่อมทำให้การกระจายของแรงดันน้ำในโพรงน้ำเกิดได้เร็วกว่า

4.6.4 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงเวลาสิ้นสุด primary consolidation (T_p)

ค่าของเวลาสิ้นสุด primary consolidation (T_p) ที่แสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.52 ได้จากวิธีวัดโดยตรงที่ excess pore pressure เท่ากับศูนย์ ($\Delta u = 0$) ในรูปที่ 4.51 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ T_p กับ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) ที่ PI มีค่าต่ำ (PI = 46.1) การเปลี่ยนแปลงค่าของ LIR มีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ T_p คือ เมื่อ LIR สูงขึ้น ค่าของ T_p จะมากขึ้นที่ stress ratio เท่ากันทั้งในช่วงที่ stress ratio ต่ำ ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm} < 1$) และในช่วงที่ stress ratio มีค่าสูง ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm} > 1$) จากรูปที่ 4.52 พบว่าเมื่อค่าของ T_p มีค่าสูงขึ้น (PI = 57) การเปลี่ยนแปลงค่าของ LIR มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ T_p เฉพาะในช่วงที่ stress ratio มีค่าต่ำ ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm} < 1$) สำหรับในช่วงที่ stress ratio มีค่าสูง ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm} > 1$) การเปลี่ยนแปลงของ LIR มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ T_p เพียงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มที่ได้ยังไม่เด่นชัดนัก เนื่องจากข้อมูลมีจำกัด น่าจะมีการวิจัยเพิ่มเติม สำหรับตัวอย่างดินที่มีค่าของ PI แตกต่างกันอย่างกว้างนี้

4.6.5 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ coefficient of consolidation (Cv)

การเพิ่มขึ้นของค่า PI มีผลทำให้ค่าของ Cv ลดลง และที่ PI มีค่าสูง การลดลงของ LIR มีผลให้ค่า Cv เพิ่มขึ้น แต่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าที่ PI มีค่าต่ำ

รูปที่ 4.53 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของ LIR ของตัวอย่างดินทดสอบที่ PI ต่ำ (PI = 46.1) พบว่า การลดลงของ LIR มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า Cv อย่างมาก ในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าต่ำ (ช่วง OC) สำหรับในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลสูง (ช่วง NC) มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

ในรูปที่ 4.54 ทดสอบตัวอย่างดินที่ค่า PI สูงขึ้น (PI = 57) พบว่า การลดลงของค่า LIR มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ Cv ไม่มากนัก ในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าต่ำ (ช่วง OC) นั่นคือ เมื่อค่าของ PI เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนค่าของ LIR ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ Cv มีแนวโน้มลดลง ในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าต่ำ (ช่วง OC)

รูปที่ 4.55 เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง Cv กับ $\bar{\sigma}_{vc}$ ของตัวอย่างการทดสอบที่ LIR = 1 เท่ากัน แต่ตัวอย่างดินทดสอบมีค่า PI แตกต่างกัน พบว่าตัวอย่าง I-B-2 มีค่า PI สูงกว่า (PI = 57) ให้ค่าของ Cv ต่ำกว่าตัวอย่าง II-B-2 ซึ่งมีค่า PI ต่ำกว่า (PI = 48.1) ค่าของ Cv ต่ำกว่ามาก ในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าต่ำ (ช่วง OC) สรุปได้ว่าตัวอย่างดินที่มีค่า PI สูงขึ้น จะมีผลให้ค่าของ Cv ลดลง แนวโน้มนี้จะลดลงมากในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าต่ำ (ช่วง OC) และ Cv จะลดลงเล็กน้อยในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าสูง (ช่วง NC) ผลที่ได้มี สอดคล้องกับ KATTI & SONPAL (1967) ได้สรุปว่า ดินที่มีปริมาณแร่ดินเหนียวสูง มีผลทำให้ค่า Cv ลดลง (ดินที่มีแร่ดินเหนียวสูง มีแนวโน้มให้ค่า PI สูงขึ้นเช่นกัน)

4.6.6 ผลต่อการเปลี่ยนแปลง coefficient of secondary compression (C α)

การทดสอบผลที่ได้จากดินทดสอบจากทั้งบริเวณของดอนเมือง และบริเวณสีลมใน ส่วนที่ถูกแปรสภาพ (weathered) พบว่าค่าของ coefficient of secondary compression (C α) มีแนวโน้มลดลง เมื่อค่า Plasticity Index (PI) ของดินมีแนวโน้มสูงขึ้น

จากรูปที่ 4.56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า coefficient of secondary compression (C α) กับ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc} / \bar{\sigma}_{vm}$) ของตัวอย่างการทดสอบที่มีค่า

LIR = 1 เท่ากัน แต่ค่าของ PI แตกต่างกัน ตัวอย่าง II-B-1 มีค่า PI = 48.1 (จากบริเวณลึกลับ) และตัวอย่าง I-B-1 มีค่า PI = 57 (จากบริเวณตอนเมือง) ตัวอย่าง I-B-1 นอกจากมีค่า PI สูงกว่าแล้วค่าคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น sensitivity, organic matter content, natural moisture content, % clay fraction และ soluble salt content ก็มีค่าสูงกว่าตัวอย่าง II-B-1 เช่นเดียวกัน ผลที่ได้จากการทดสอบ พบว่าการทดสอบที่ตัวอย่างดินที่มีค่า PI สูงขึ้น จะมีแนวโน้มให้ค่าของ $C\alpha$ ลดลงโดยเฉพาะในช่วงที่ stress ratio มีค่าสูง ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm} > 1$) เมื่อพิจารณาในรูปที่ 4.57 จะเห็นได้ชัดเด่นยิ่งขึ้นระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า PI = 48.1 (เส้นปะ) กลับกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า PI = 57 (เส้นทึบ) พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า PI มีแนวโน้มให้ค่า $C\alpha$ ลดลงเช่นเดียวกัน

รูปที่ 4.57 เป็นการเปรียบเทียบผลของ LIR ต่อค่าของ $C\alpha$ เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของค่า PI พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า Plastic Index (PI) มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงค่าของ $C\alpha$ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง LIR ผลกระทบนี้ไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้

สำหรับผลจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินต่อค่า $C\alpha$ นั้น ในอดีตมีผู้สรุปผลของความสัมพันธ์ไว้ดังนี้ คือ

KATTI & SONPOL (1967) สรุปว่า เมื่อปริมาณแร่ดินเหนียวสูงขึ้น มีแนวโน้มที่จะให้ค่าของ $C\alpha$ สูงขึ้น

LADD & PRESTON (1965) สรุปว่า แพคเตอร์ที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อค่า $C\alpha$ คือ ค่าการยุบตัว (compressibility) ของดิน และหน่วยแรงในอดีต (stress history) พิจารณาในรูปที่ 4.58 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า compression ratio (CR) กับค่า coefficient of secondary compression ($C\alpha$) ของตัวอย่างการทดลอง จากบริเวณลึกลับ และบริเวณตอนเมือง พบว่า ค่าของ CR มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่า $C\alpha$ นั้นคือ การเพิ่มขึ้นของ CR มีผลให้ค่า $C\alpha$ เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่สำหรับที่ CR เท่ากัน การเพิ่มขึ้นของ PI มีผลให้ค่าของ $C\alpha$ ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้ในรูปที่ 4.56 และ 4.57 ดังกล่าว

4.7 ผลของการทดลอง unloading/reloading cycle

การทดสอบในงานทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (consolidation test) มักจะมีการทดสอบ unloading/reloading cycle อาจจะมี 1 cycle หรือ 2 cycle ซึ่งผลดี คือ

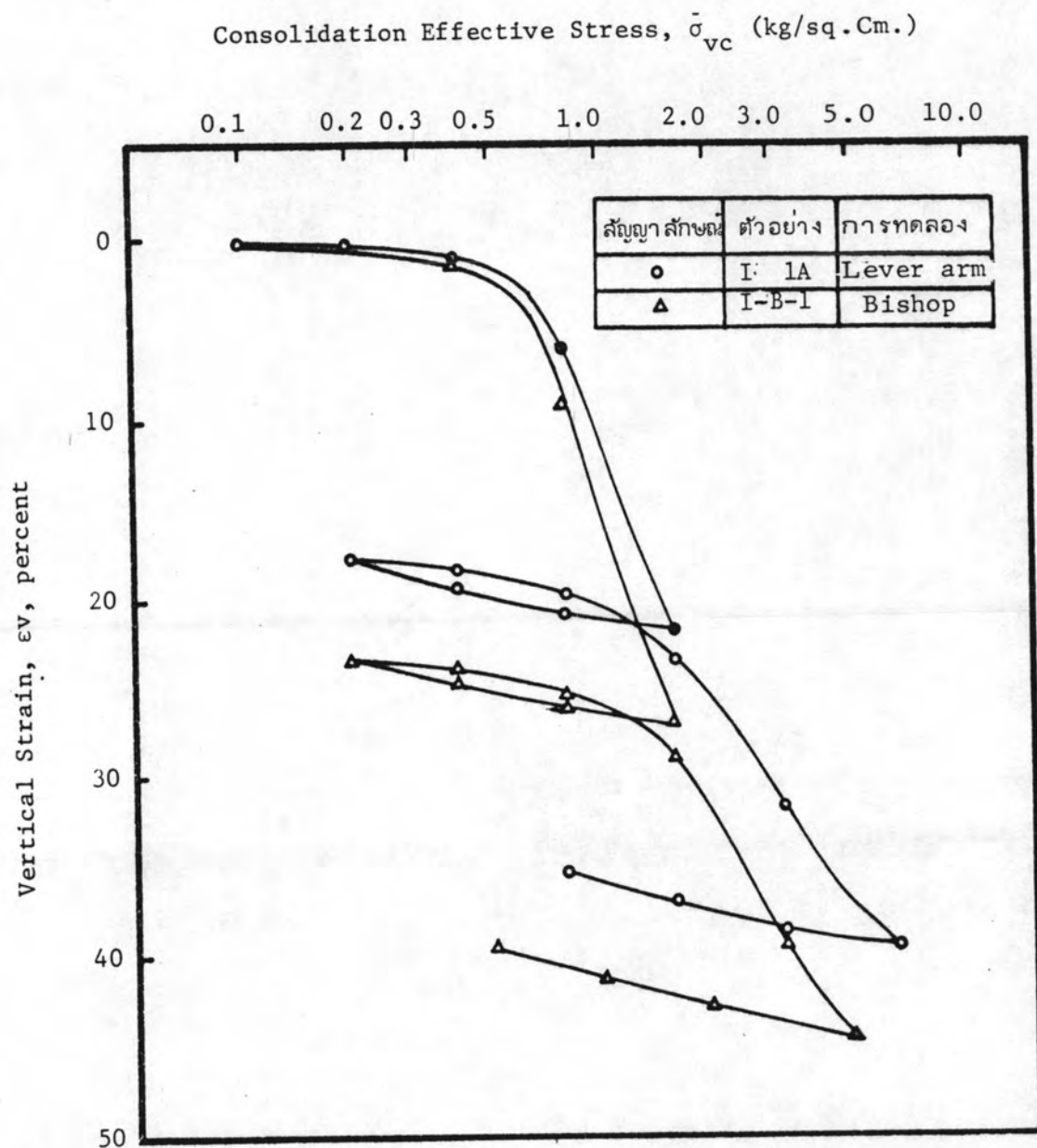
เนื่องจากผลการทดลองที่ได้มีแนวโน้มแตกต่างจากความเป็นจริงของดินเหนียวทั่วไป ที่ว่าการเพิ่มของค่า Plastic Index (PI) ควรจะให้ค่าของ $C\alpha$ สูงขึ้น การที่ผลการทดลองที่ได้กลับให้ค่าของ $C\alpha$ ลดลงนั้น อาจเป็นสาเหตุจากการใช้ตัวอย่าง Weathered Clay ซึ่งมีพวก cementing agent สูง อันเป็นผลจากการเกิด weathering ค่า cementing agent เหล่านี้อาจเป็นแฟคเตอร์ที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ $C\alpha$

4.7 ผลของการทดลอง unloading/reloading cycle

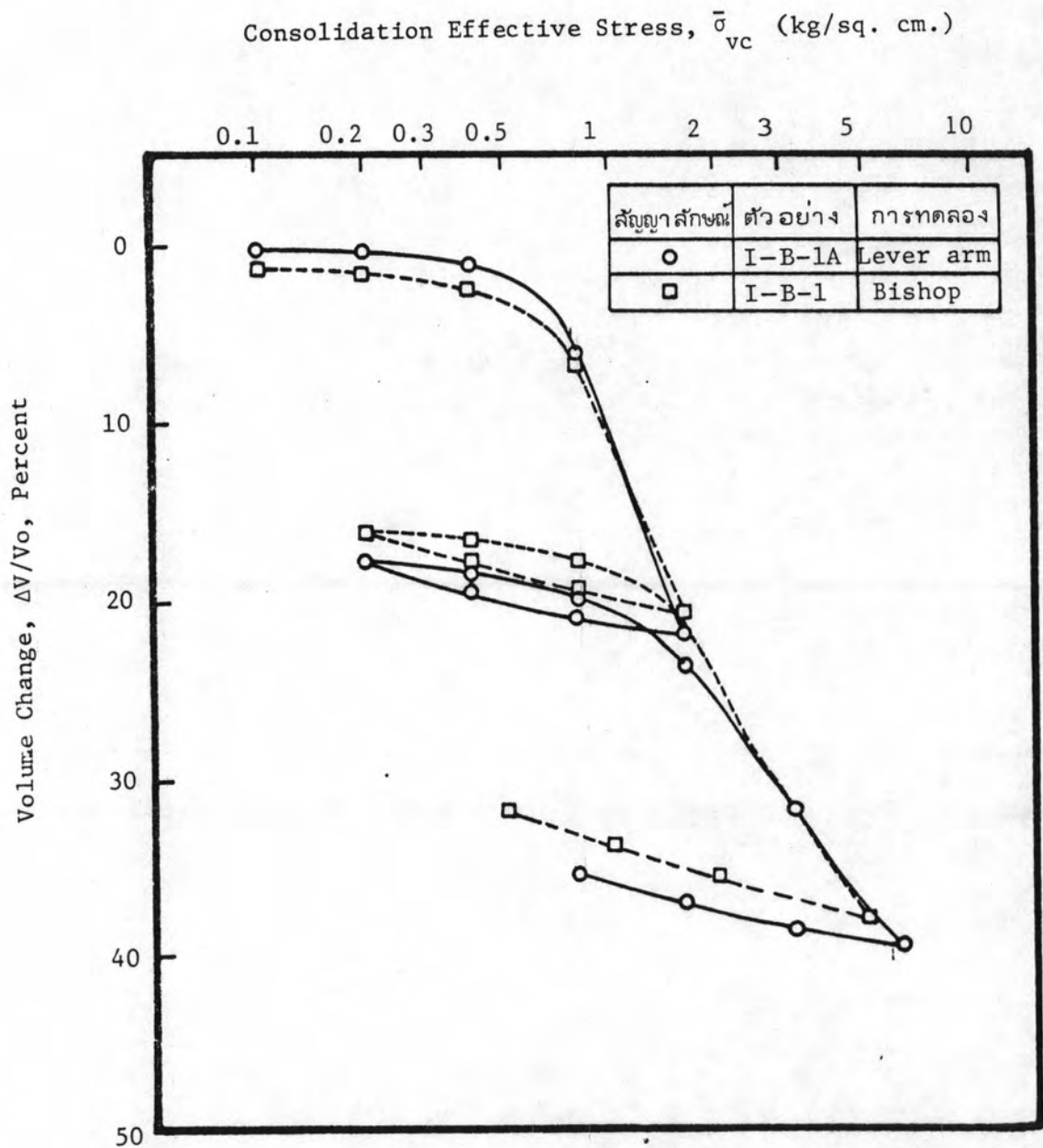
การทดสอบในงานทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (consolidation test) มักจะมีการทดสอบ unloading/reloading cycle อาจจะมี 1 cycle หรือ 2 cycle ซึ่งผลดี คือ สามารถลดผลกระทบจากการรบกวนต่อตัวอย่างดินทดลอง ในขณะที่เก็บตัวอย่างดินในสนาม และ ใช้ในคาดคะเนหาค่าของ หน่วยแรงสูงที่สุดในอดีต ($\bar{\sigma}_{vm}$) หรือ preconsolidation (P_c) โดยวิธีของ SCHMERTMAN (1955)

แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงอันเนื่องจากการทดลอง unloading/reloading cycle นี้ จะพิจารณาผลต่อค่า coefficient of consolidation (C_v) ดังแสดงในรูปที่ 4.59

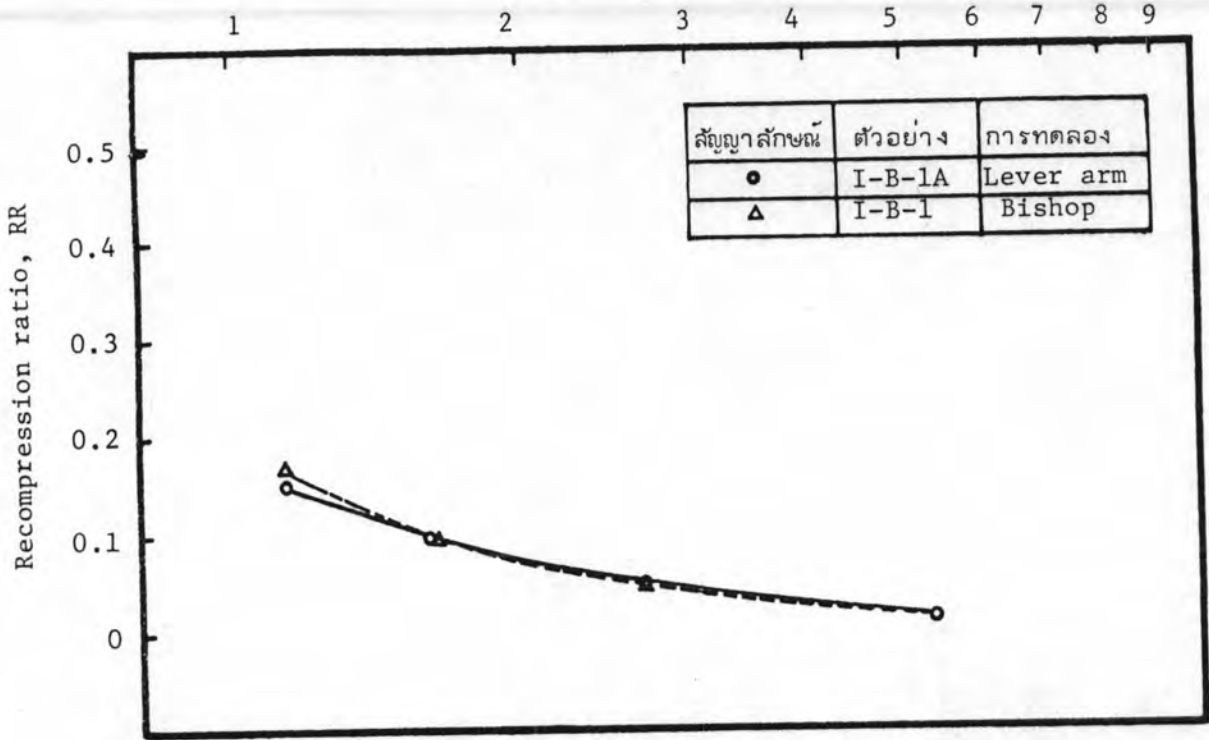
ในรูปที่ 4.59 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง coefficient of consolidation (C_v) กับค่าหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) ของการทดสอบในช่วงก่อน unloading/reloading cycle ค่าของ C_v ได้จากวิธีของ \sqrt{t} และ $\log t$ ซึ่งจากวิธีของ Δu ไม่สามารถหาค่าได้ เพราะการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงในช่วงนี้เกิดรวดเร็วมาก เกินกว่าที่จะจดค่าได้โดยละเอียดได้ สำหรับผลที่ได้จากวิธีของ \sqrt{t} และ $\log t$ พบว่าค่าของ C_v จากวิธี \sqrt{t} ให้ค่าสูงกว่าวิธีของ \log ค่อนข้างมาก คือ สูงกว่า 2.0-2.5 เท่า เมื่อพิจารณาค่าของ C_v ในช่วงหลังจากการทดสอบ unloading/reloading cycle ในรูปที่ 4.29 นั้น ค่าของ C_v จากวิธีของ \sqrt{t} ให้ค่าสูงกว่า จากวิธี $\log t$ เพียงเล็กน้อยในช่วงที่หน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าต่ำ (ช่วง OC)



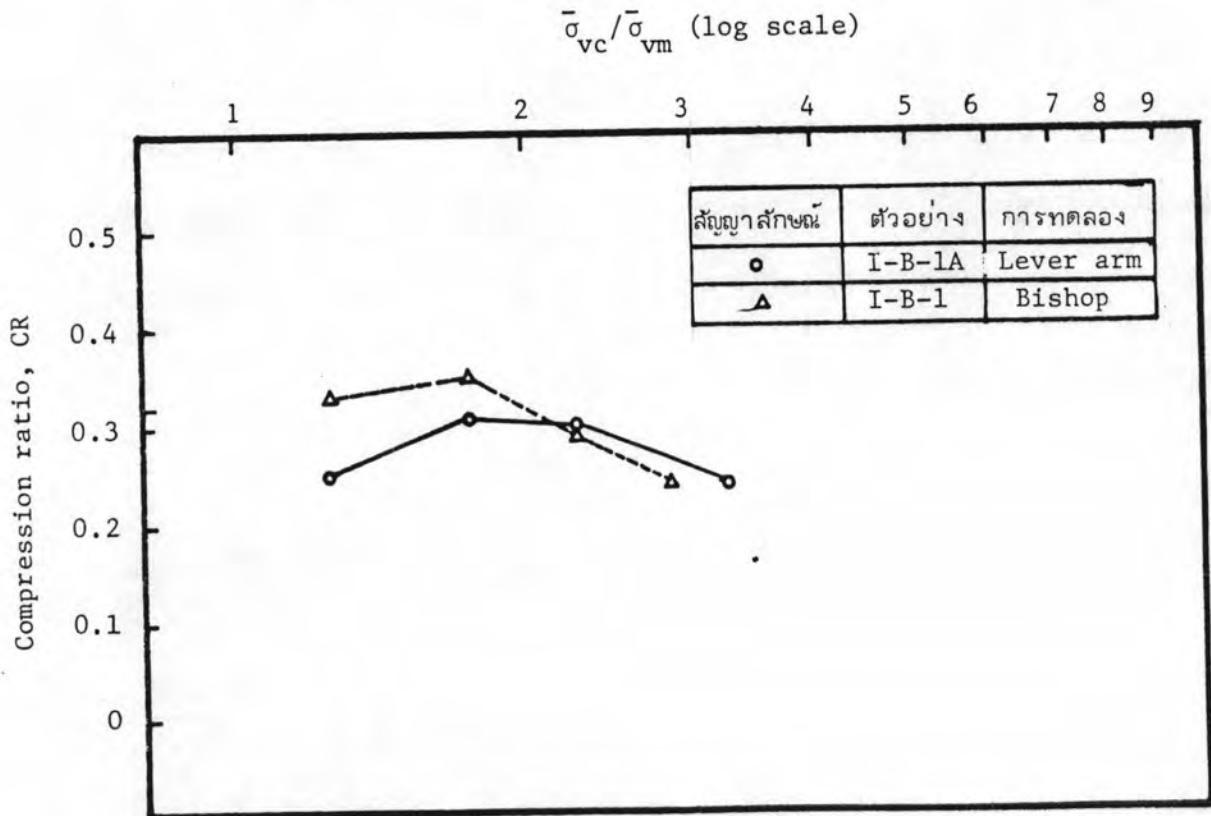
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวตั้งกับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) เมื่อใช้เครื่องมือการทดลองการอัดตัวคาน้ำแบบ lever arm และแบบ Bishop.



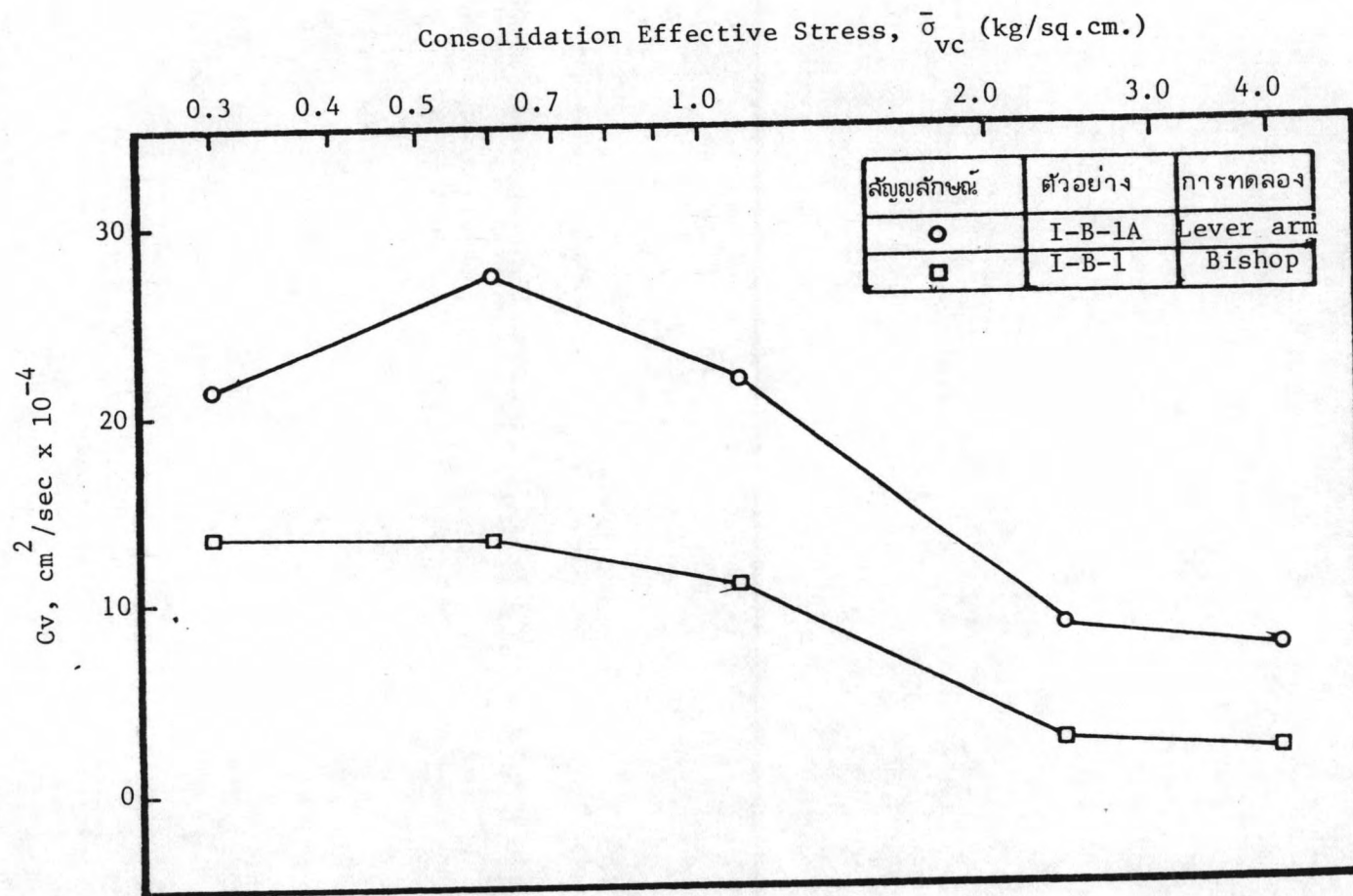
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ($\Delta V/V_0$) กับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) เมื่อใช้เครื่องมือการอัดตัวคายน้ำแบบ Lever arm และแบบ Bishop



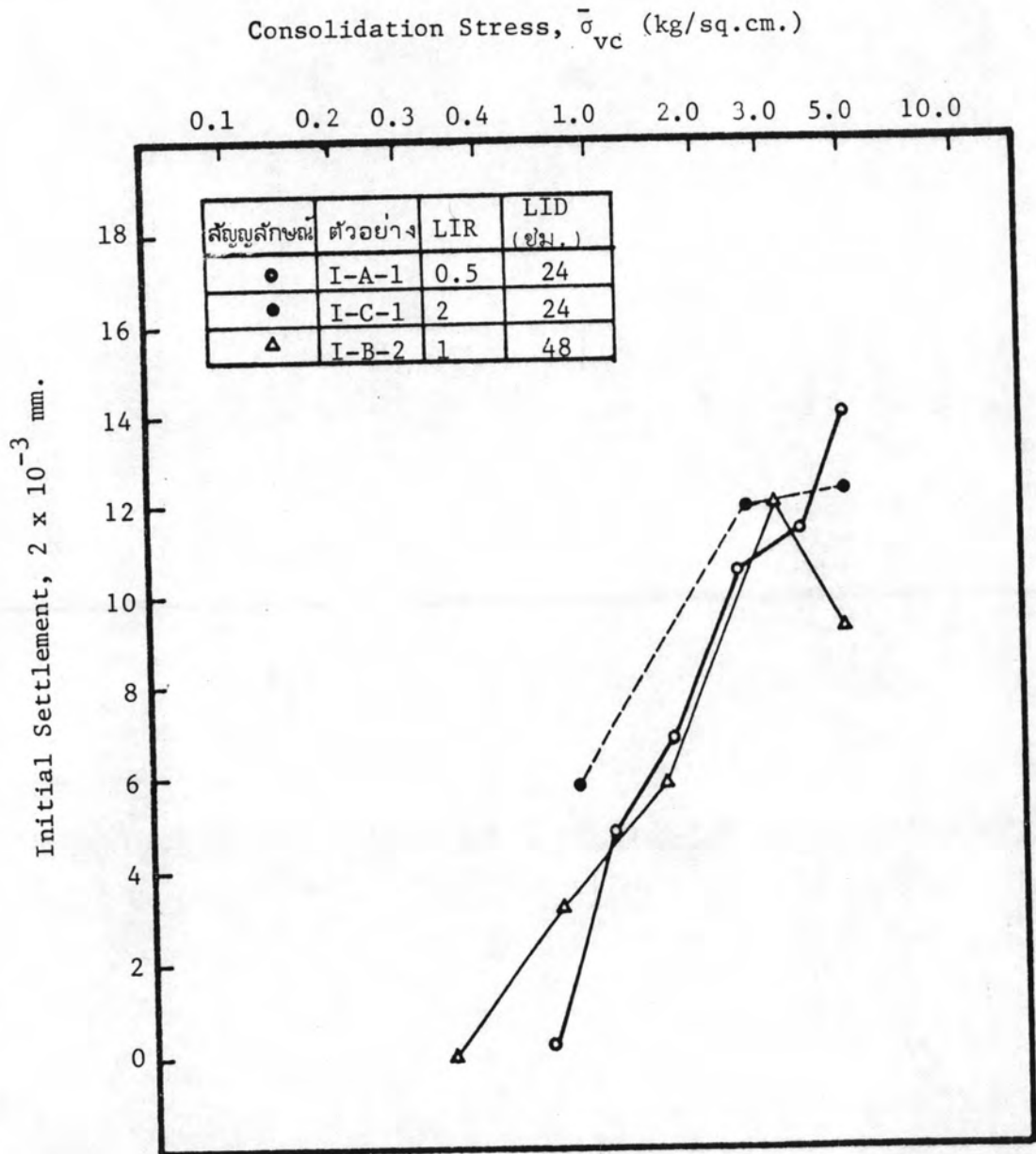
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Recompression Ratio กับ over consolidation ratio เมื่อใช้เครื่องมือการทดลองการอัดตัวคายน้ำแบบ Lever arm และแบบ Bishop



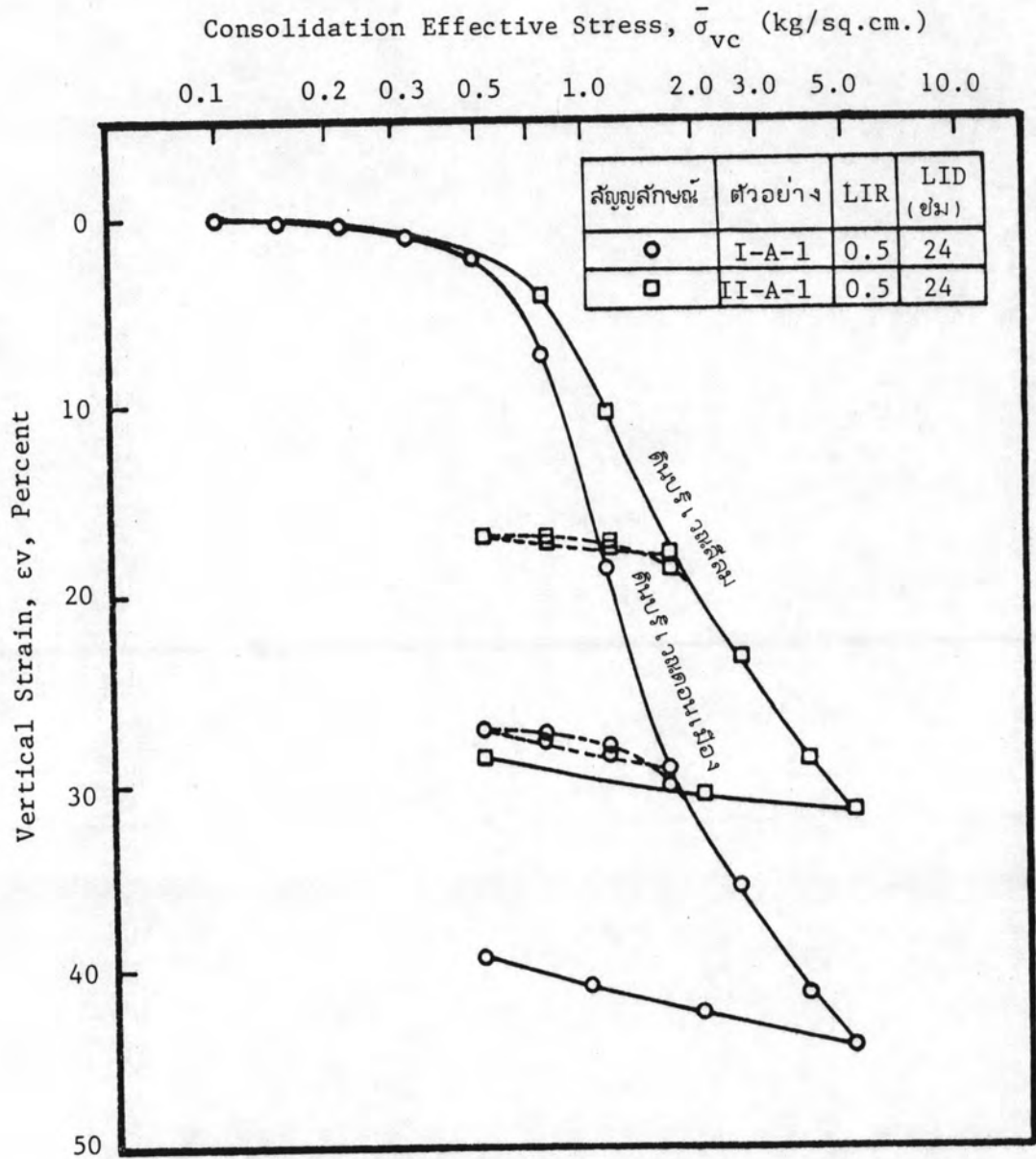
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Compression ratio กับ Stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) เมื่อใช้เครื่องมือการทดลองการอัดตัวคายน้ำแบบ Lever arm และแบบ Bishop



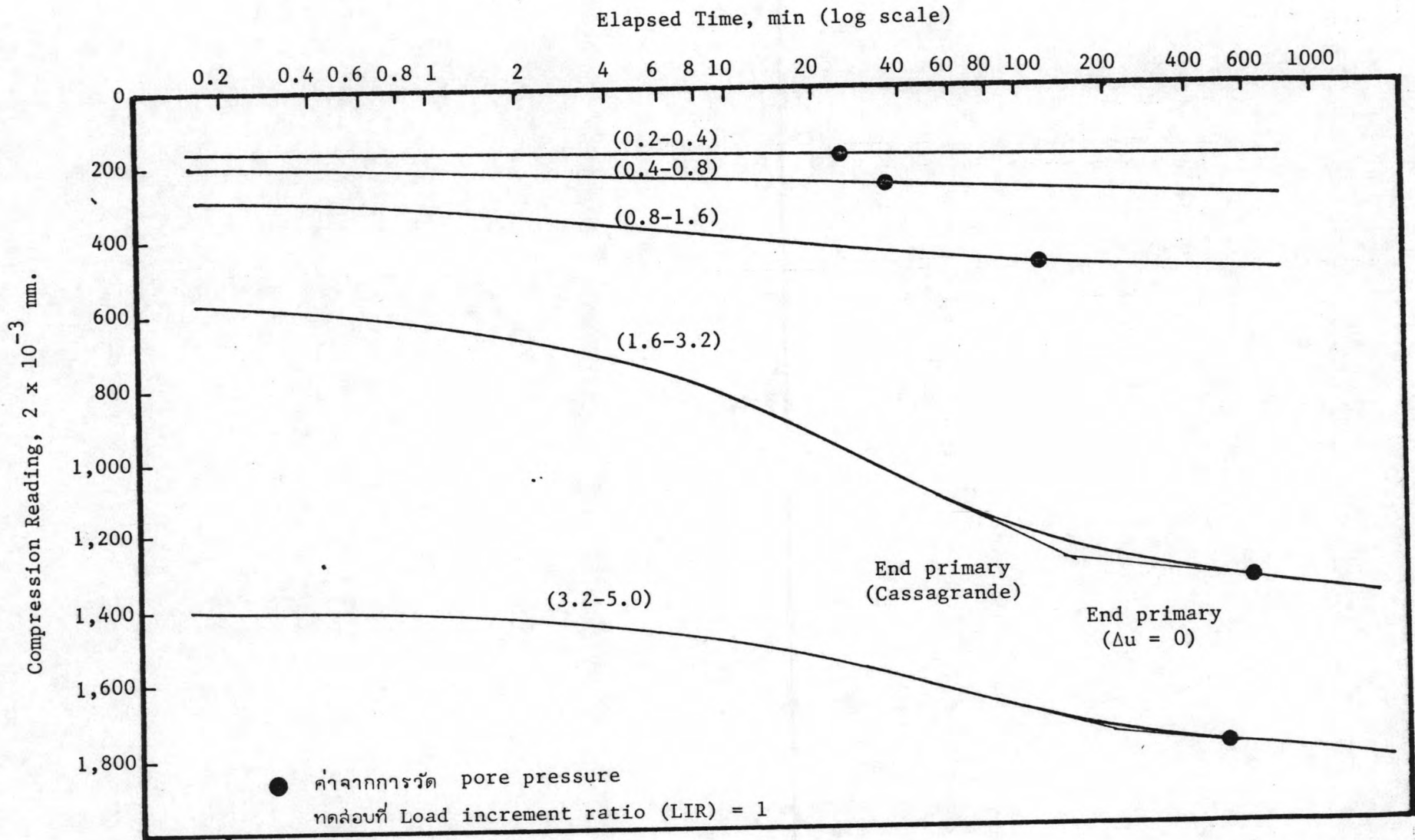
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Coefficient of Consolidation กับหน่วยแรงประสิทธิผล
เมื่อใช้เครื่องมือการทดลองการอัดตัวคาน้ำแบบ Lever arm และแบบ Bishop



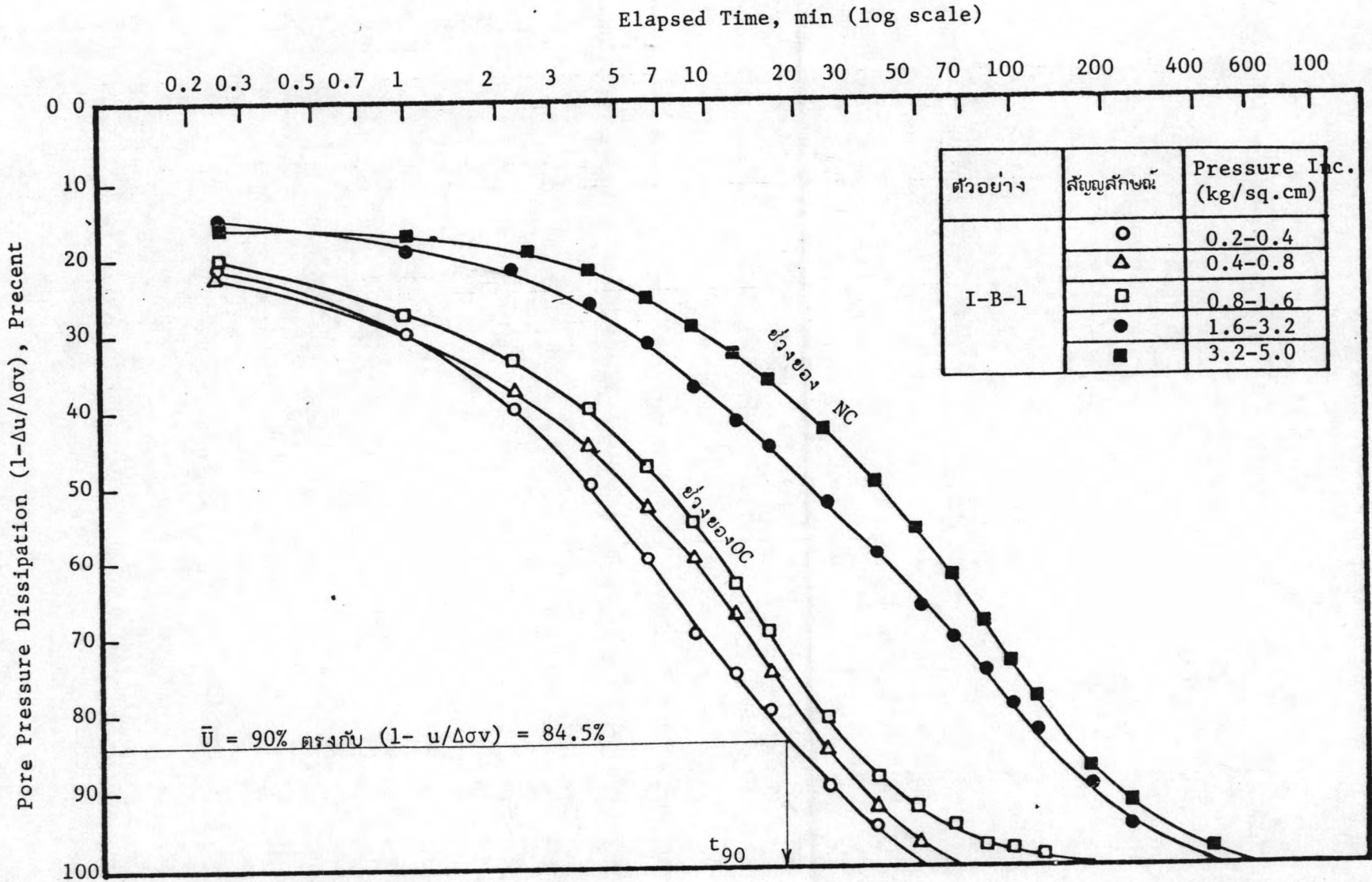
รูปที่ 4.6 แสดงผลของ Initial Settlement กับหน่วยแรงประสิทธิผล ในการทดลอง การอัดตัวคายน้ำด้วยเครื่องมือแบบ Bishop



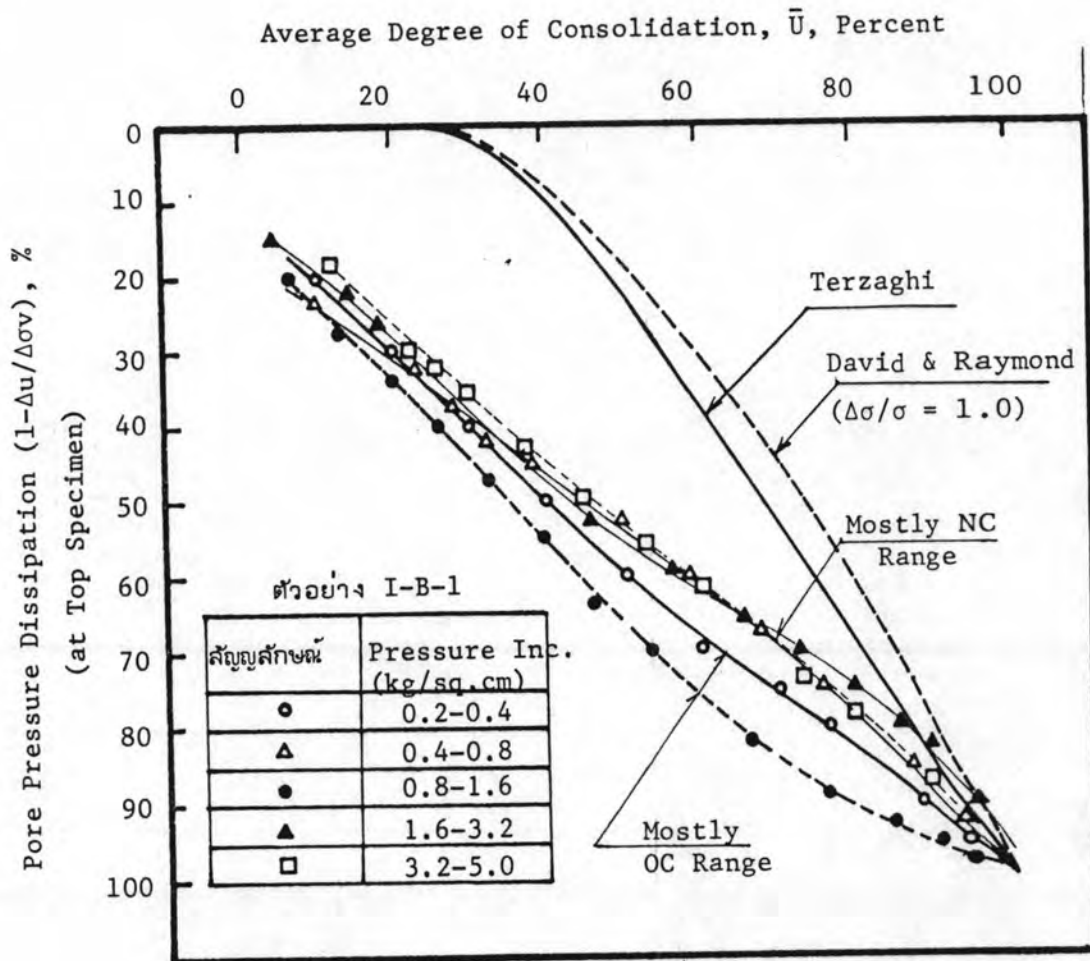
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะของกราฟ Load/compression ในเทอมของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวตั้ง (ϵ_v) กับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) ของตัวอย่างดิน Weathered Clay บริเวณดอนเมือง และบริเวณสีลม



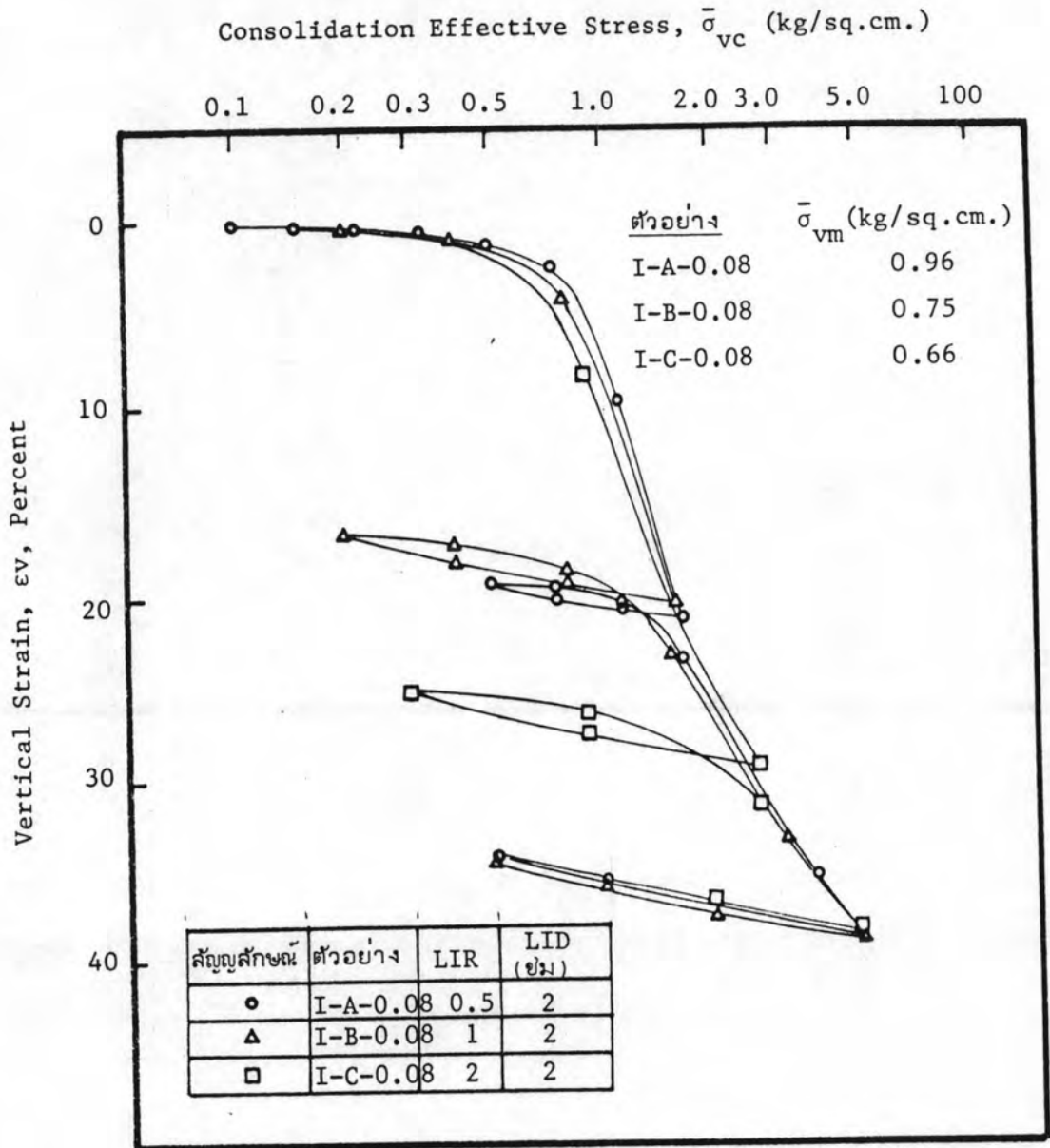
รูปที่ 4.8 แสดงผลของ compression/Log time curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง Load increment ของการทดลองในช่วงหลัง unload-Reload cycle ของ Weathered Don Muang Clay ที่อัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก ($\Delta P/P$) เท่ากับ 1



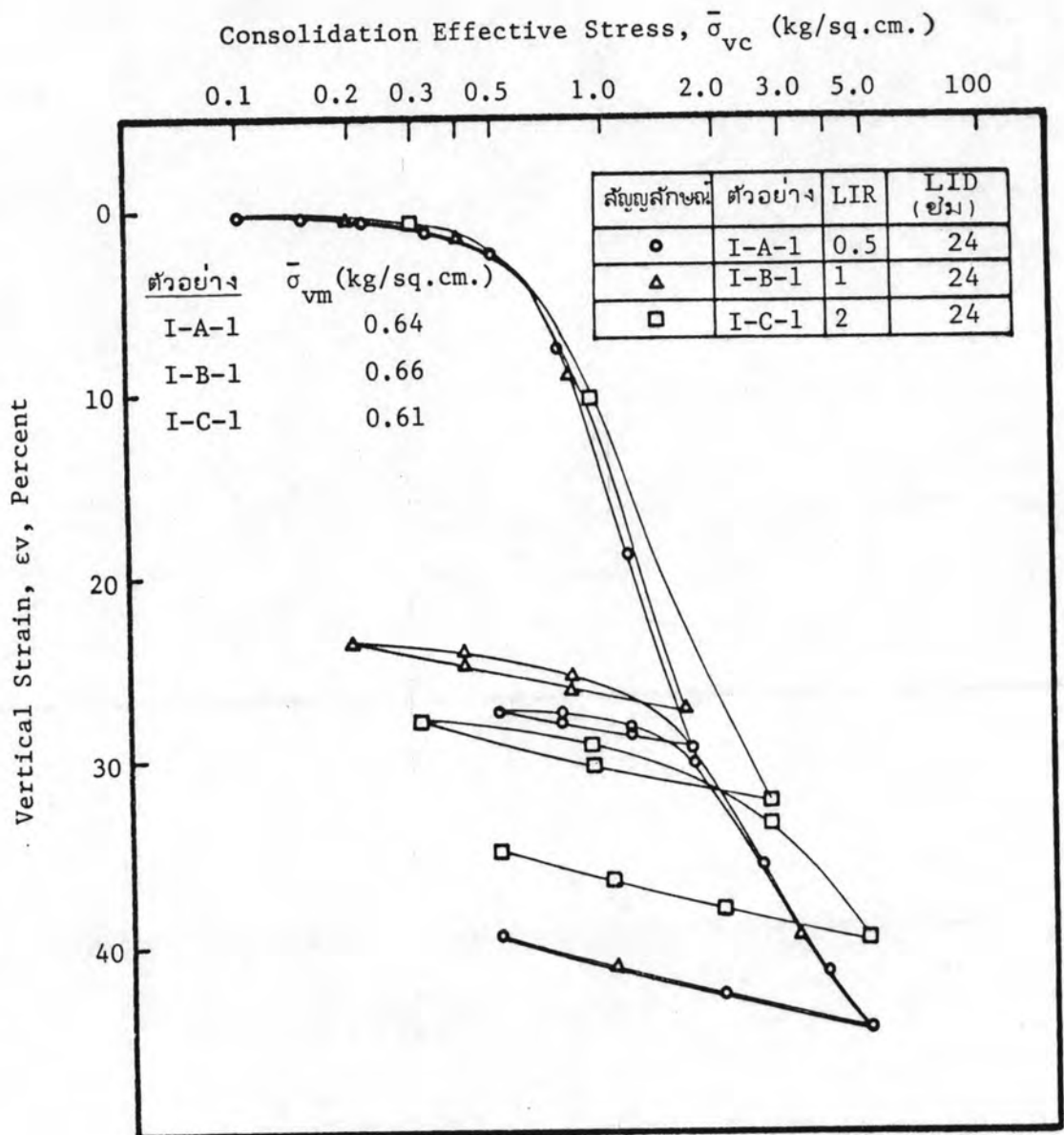
รูปที่ 4.9 แสดงผลของการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงกับเวลา เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment ของการทดสอบในช่วงหลังจาก unloading/reloading cycle ของดินบริเวณตอนเมือง



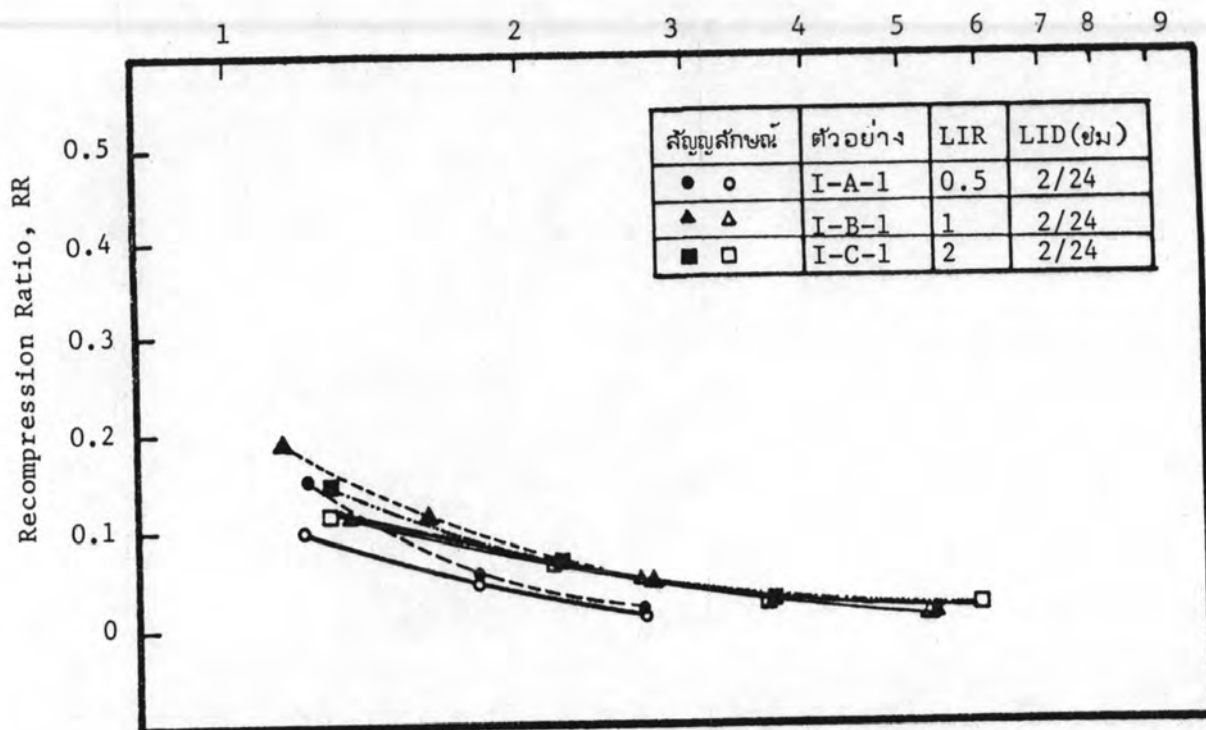
รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pore pressure dissipation กับ average degree of consolidation (\bar{U}) ของ Weathered Don Muang Clay เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment ในช่วง Unload-Reload



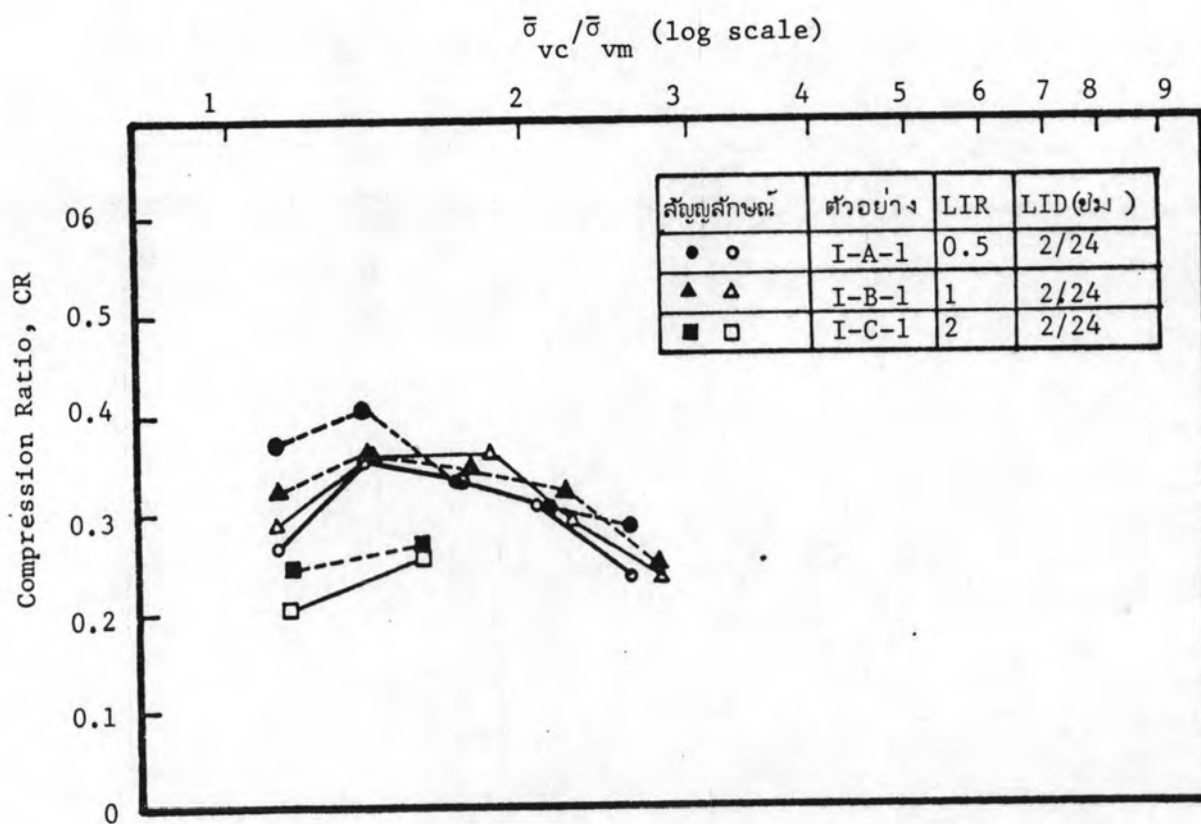
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวตั้งกับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ที่ LID เท่ากับ 2 ชั่วโมงของตัวอย่างดินจากบริเวณดอนเมือง



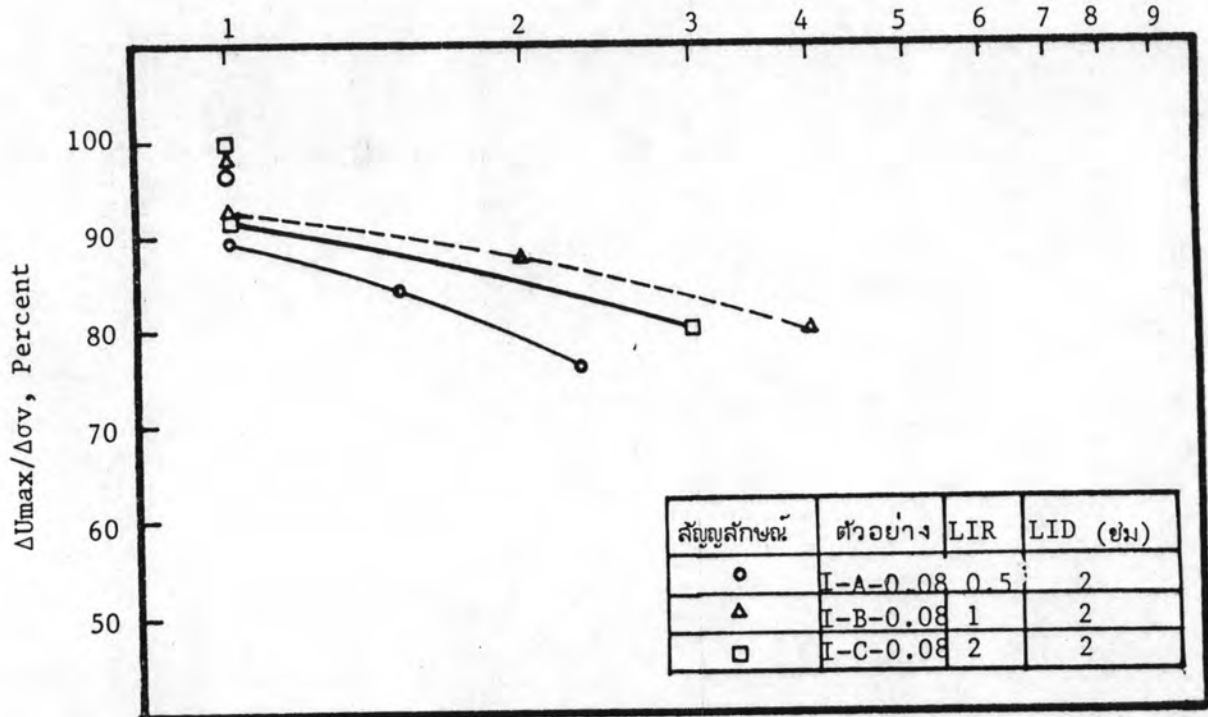
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวตั้งกับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ที่ LID เท่ากับ 24 ชั่วโมง ของตัวอย่างดินจากบริเวณดอนเมือง



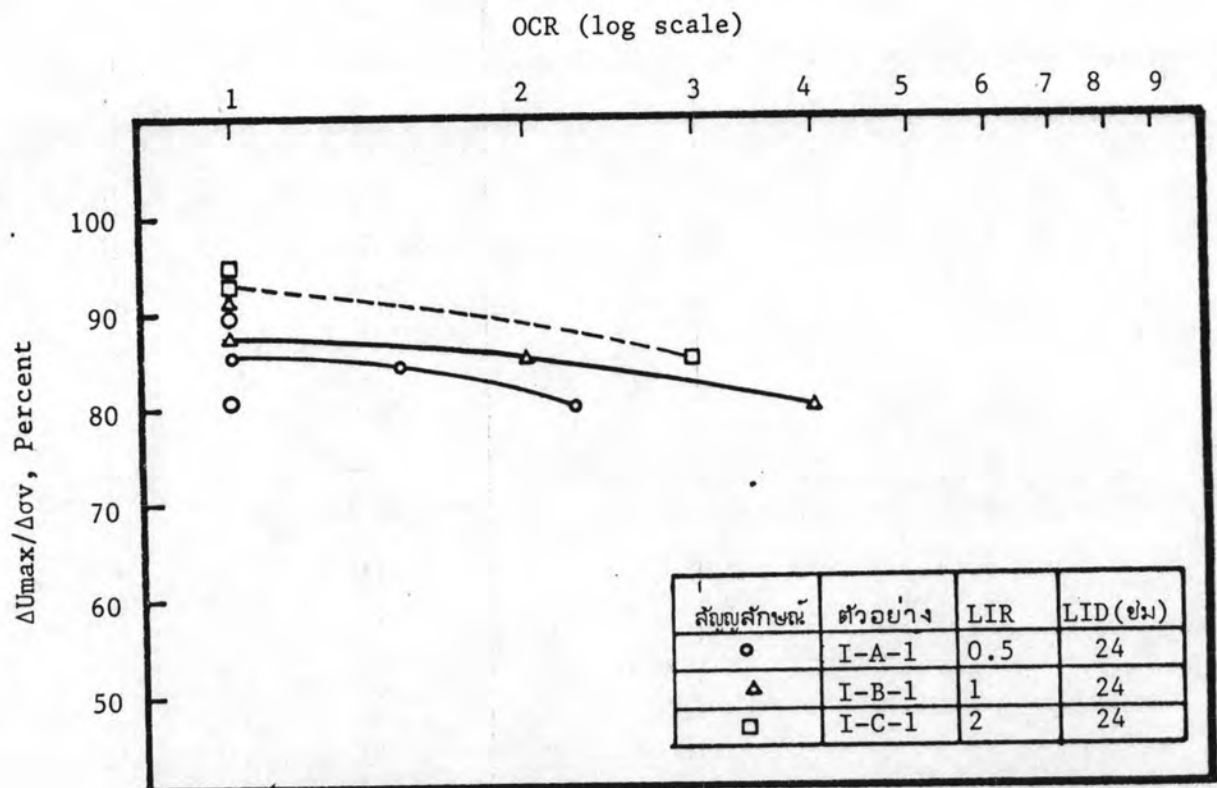
รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Recompression Ratio กับ Over consolidation Ratio เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนเพิ่มน้ำหนัก (LIR)



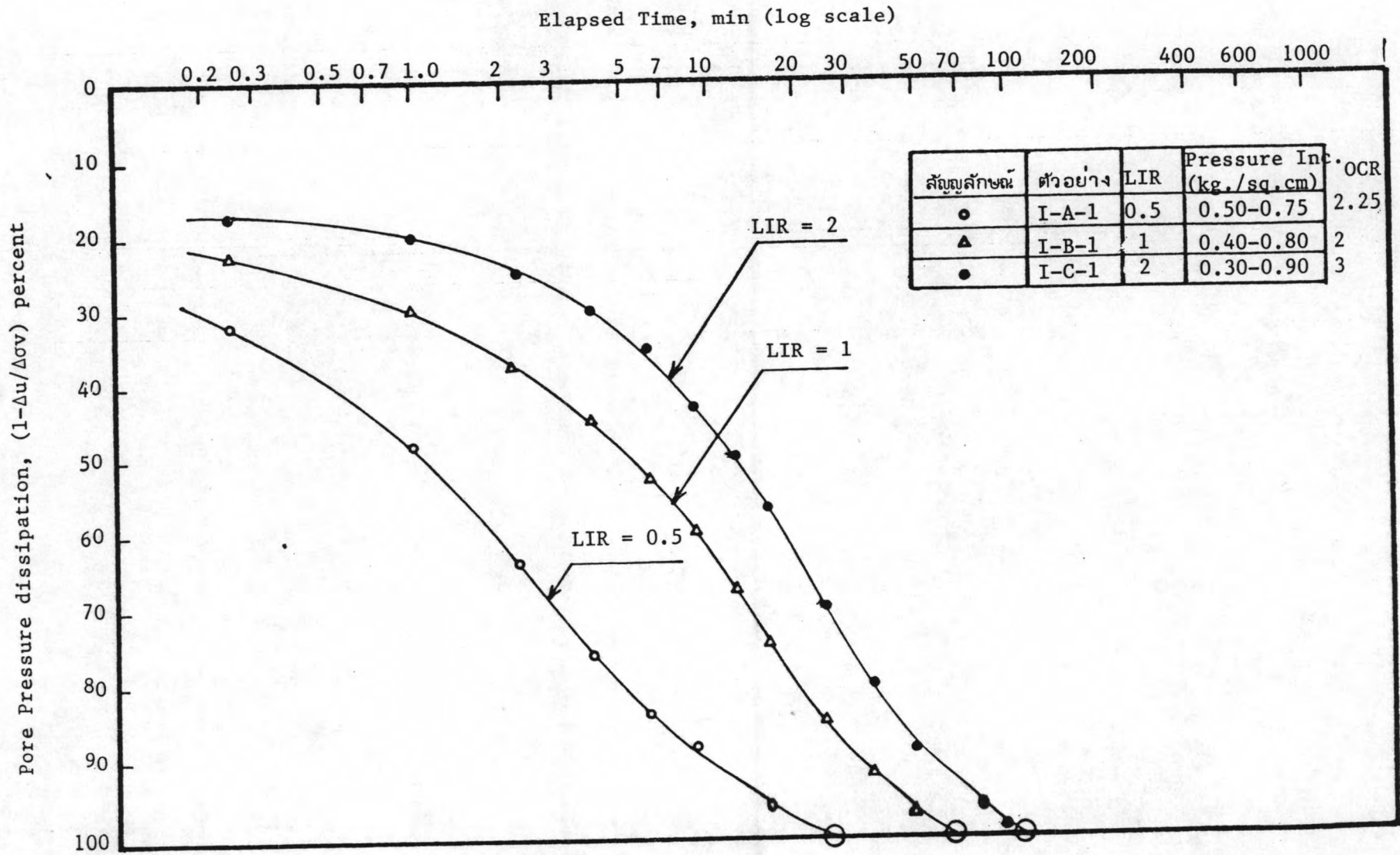
รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Compression Ratio กับ Stress Ratio (σ_{vc}/σ_{vm}) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR)



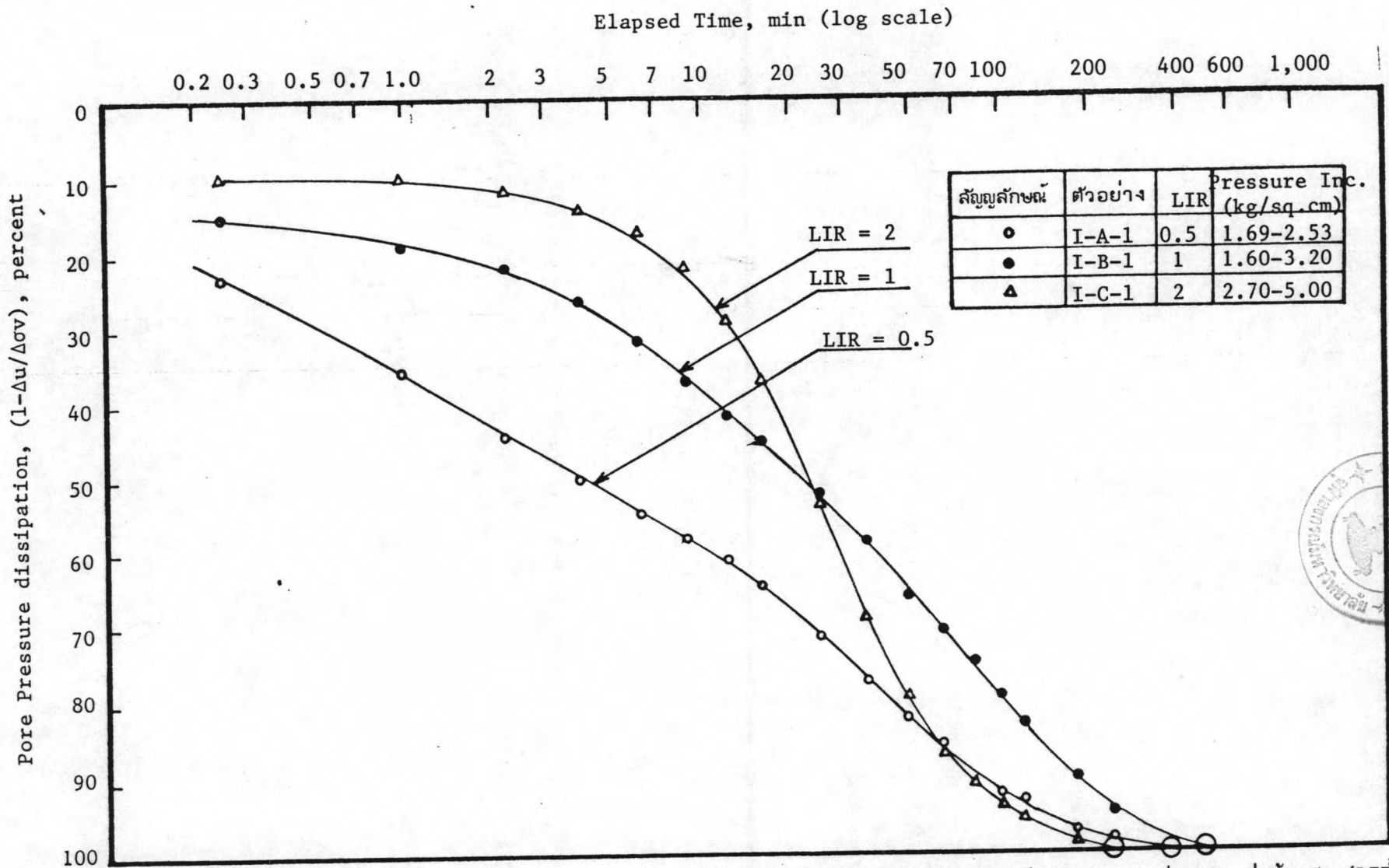
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง maximum pore pressure response กับ over consolidation ratio เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ที่ LID เท่ากับ 2 ชั่วโมง



รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง maximum pore pressure response กับ over consolidation ratio เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ที่ LID เท่ากับ 24 ชั่วโมง

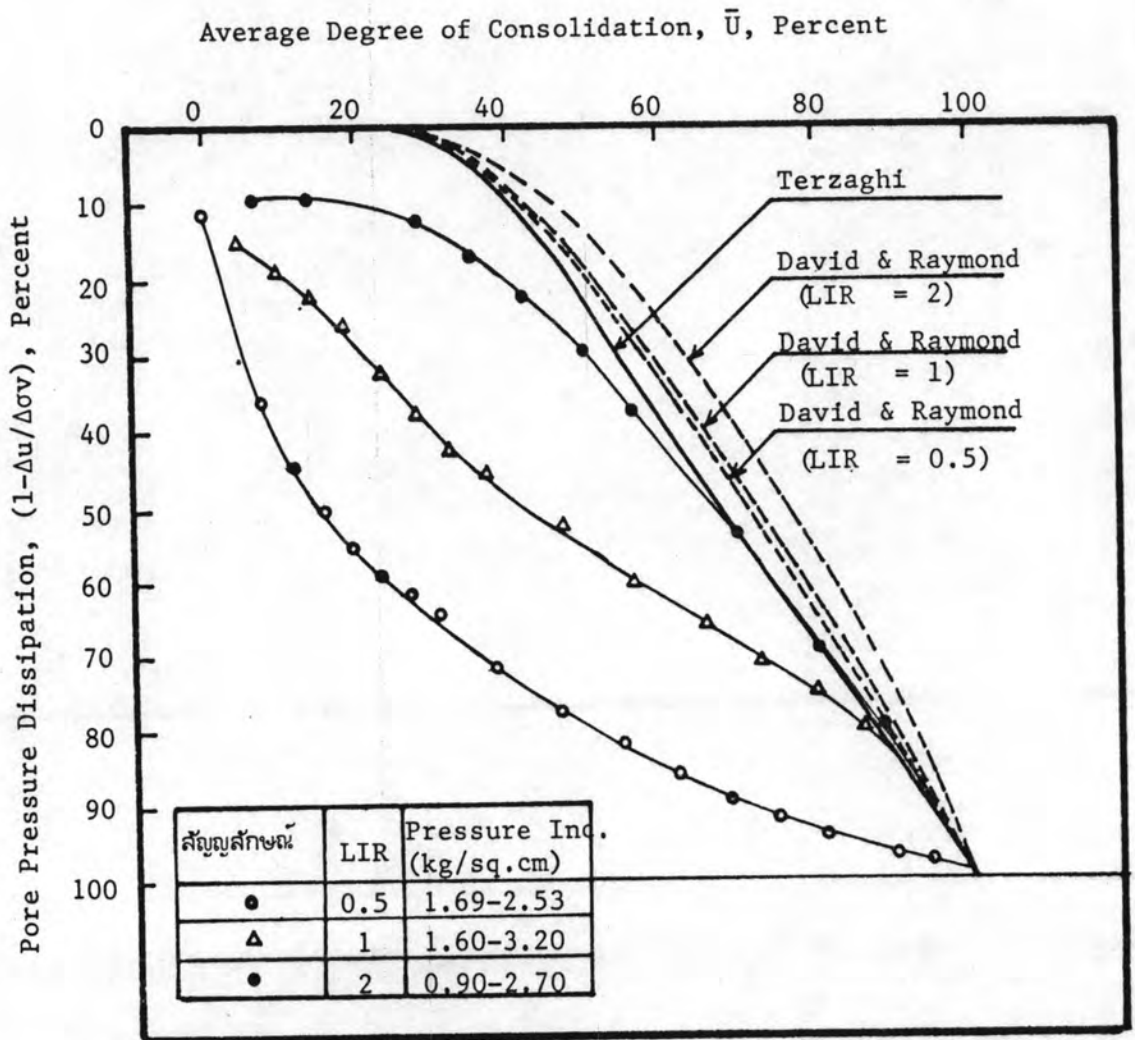


รูปที่ 4.17 แสดงผลของ pore water dissipation กับ logarithm ของเวลาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ในช่วงของ over consolidated

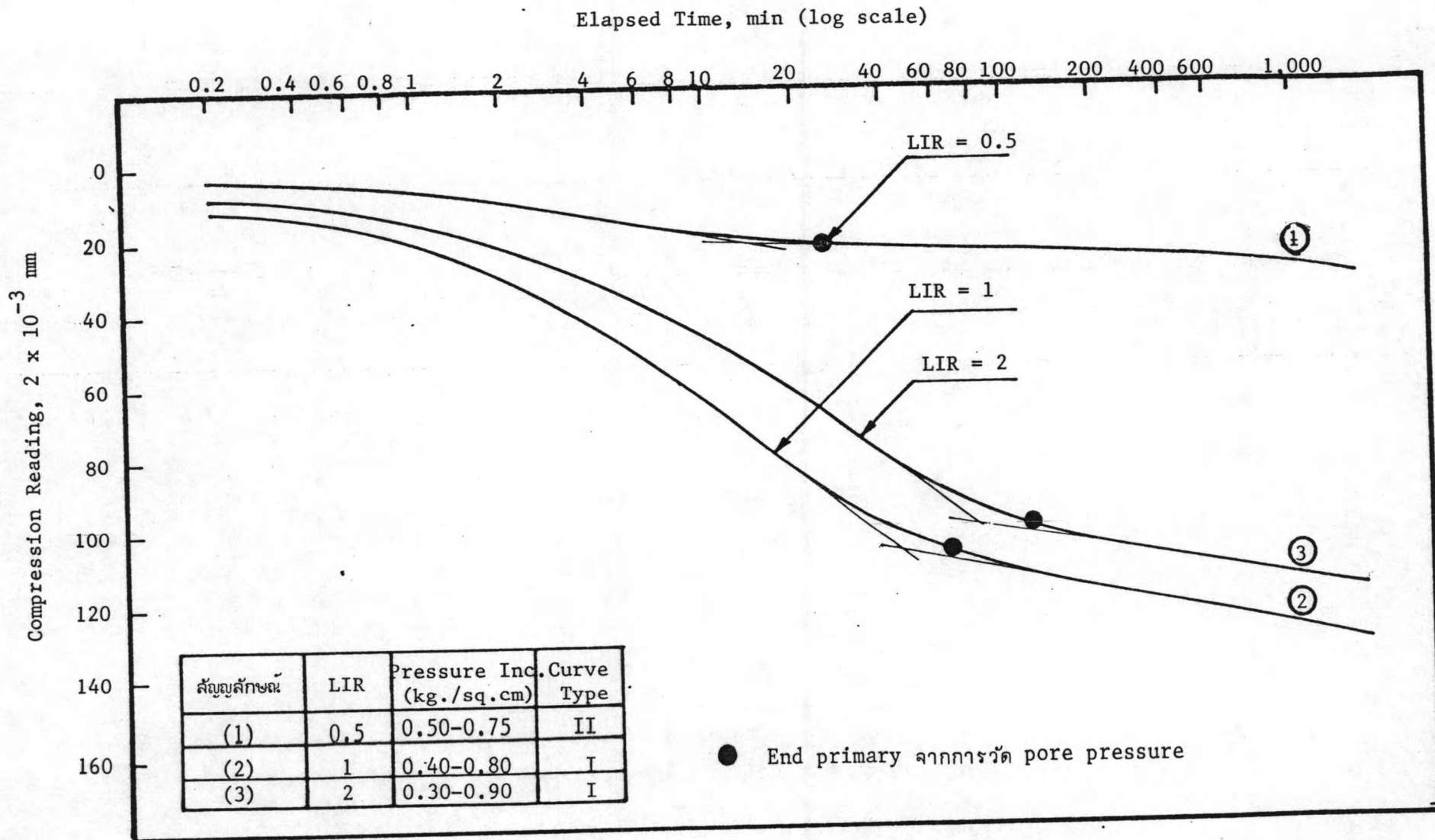


รูปที่ 4.18 แสดงผลของ pore water dissipation กับ logarithm ของเวลาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ในช่วง Normally consolidated

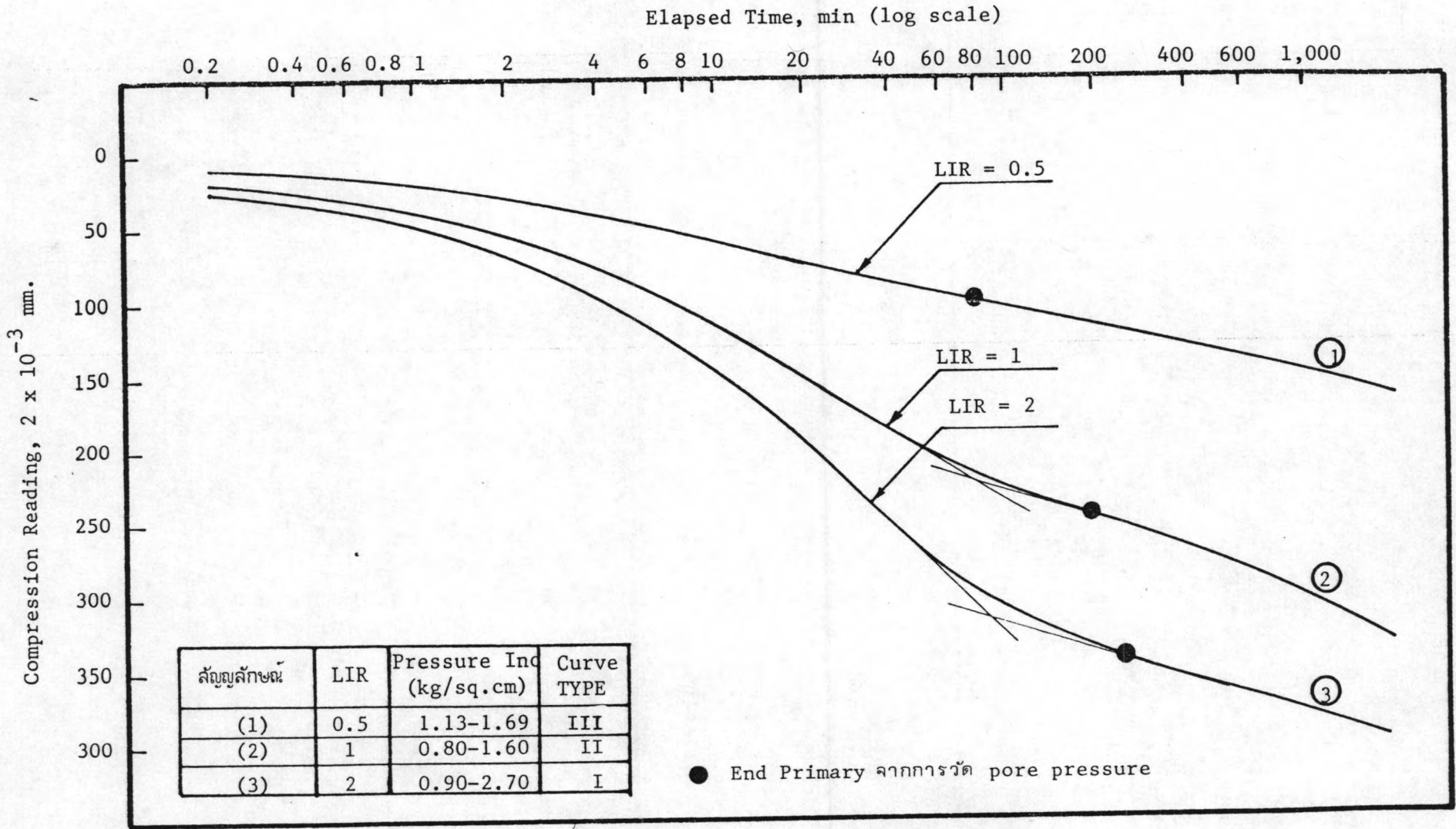




รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Pore Pressure Dissipation กับ average degree of consolidation (\bar{U}) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ที่ LID เท่ากับ 24 ชั่วโมง ในยู่่ง Normally Consolidated

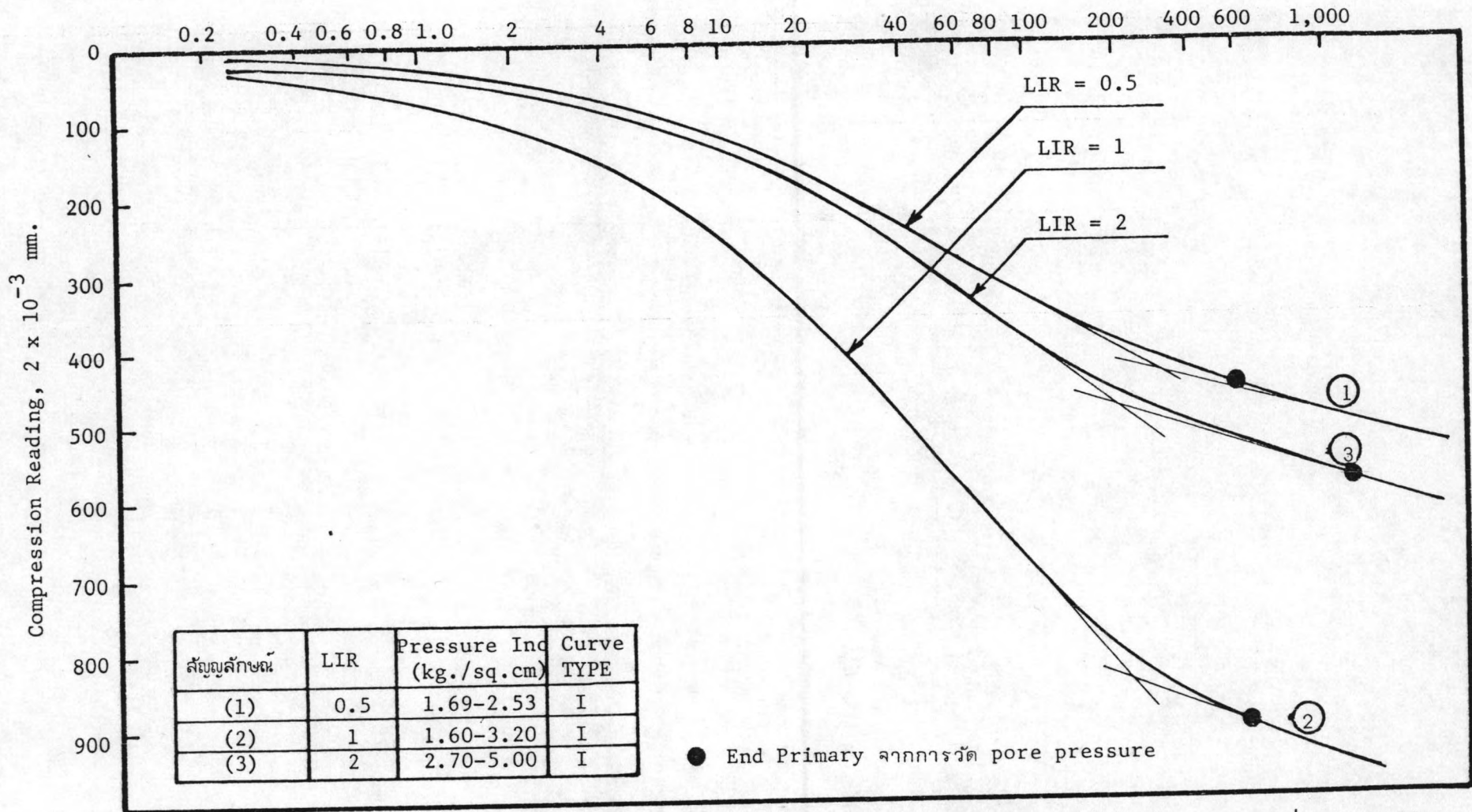


รูปที่ 4.20 แสดงผลของ Compression/Log time curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ในช่วง over consolidation ของดิน Weathered Don Muang Clay ๑๖

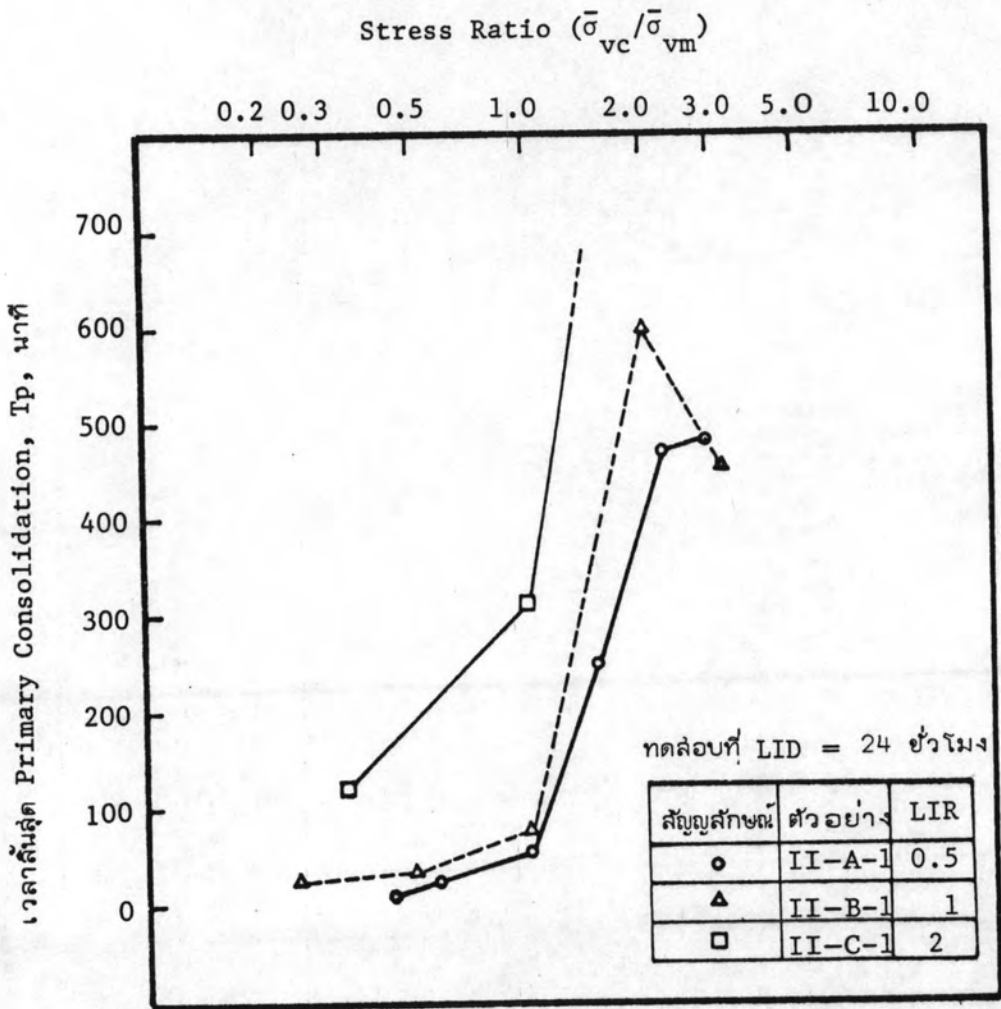


รูปที่ 4.21 แสดงผลของ compression/Log time curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ในช่วง straddle the effective preconsolidation pressure ของดิน Weathered Don Muang Clay

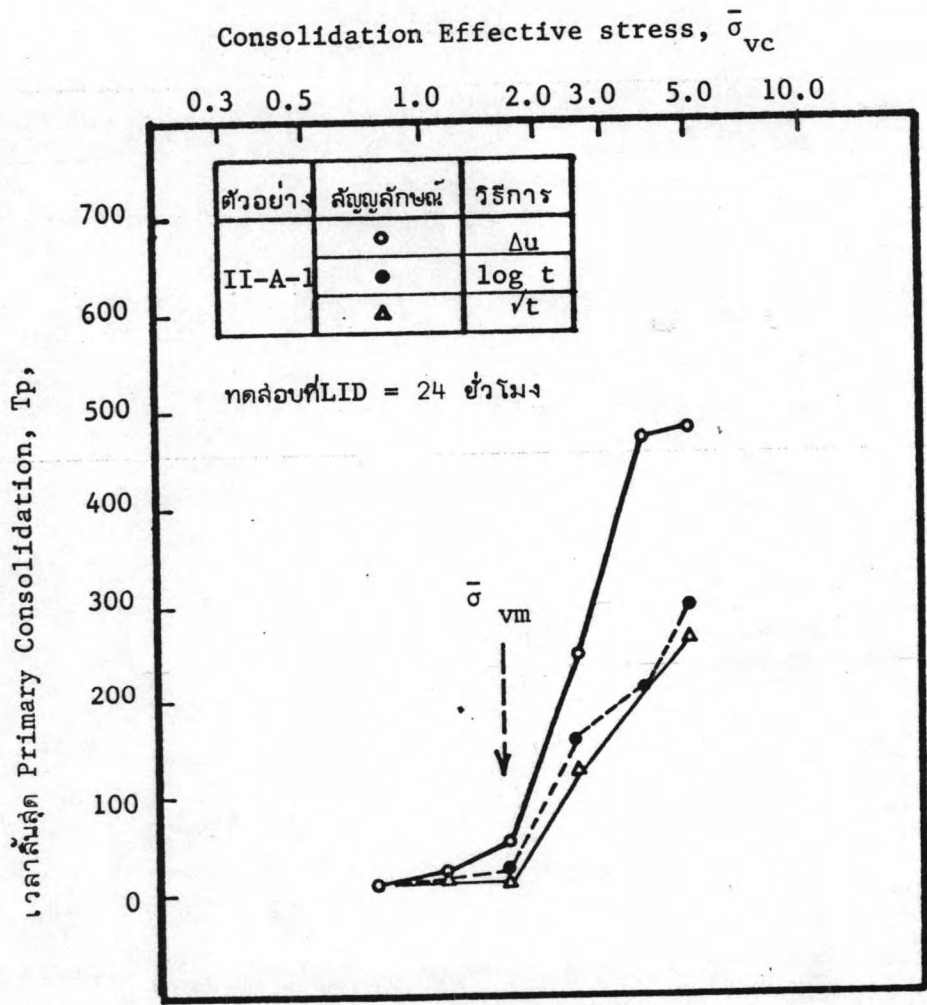
Elapsed Time, min (log scale)



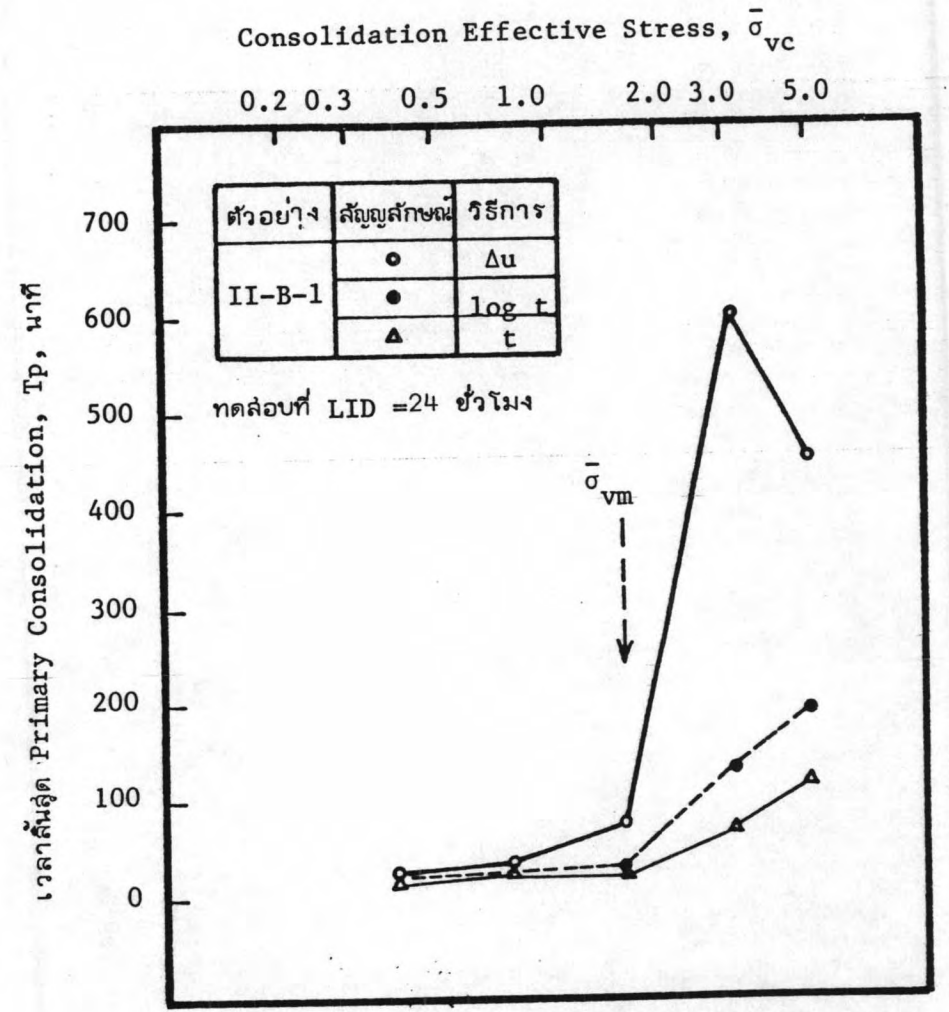
รูปที่ 4.22 แสดงผลของ Compression/Log time curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ในช่วง Normally Consolidated ของดิน Weathered Don Muang Clay



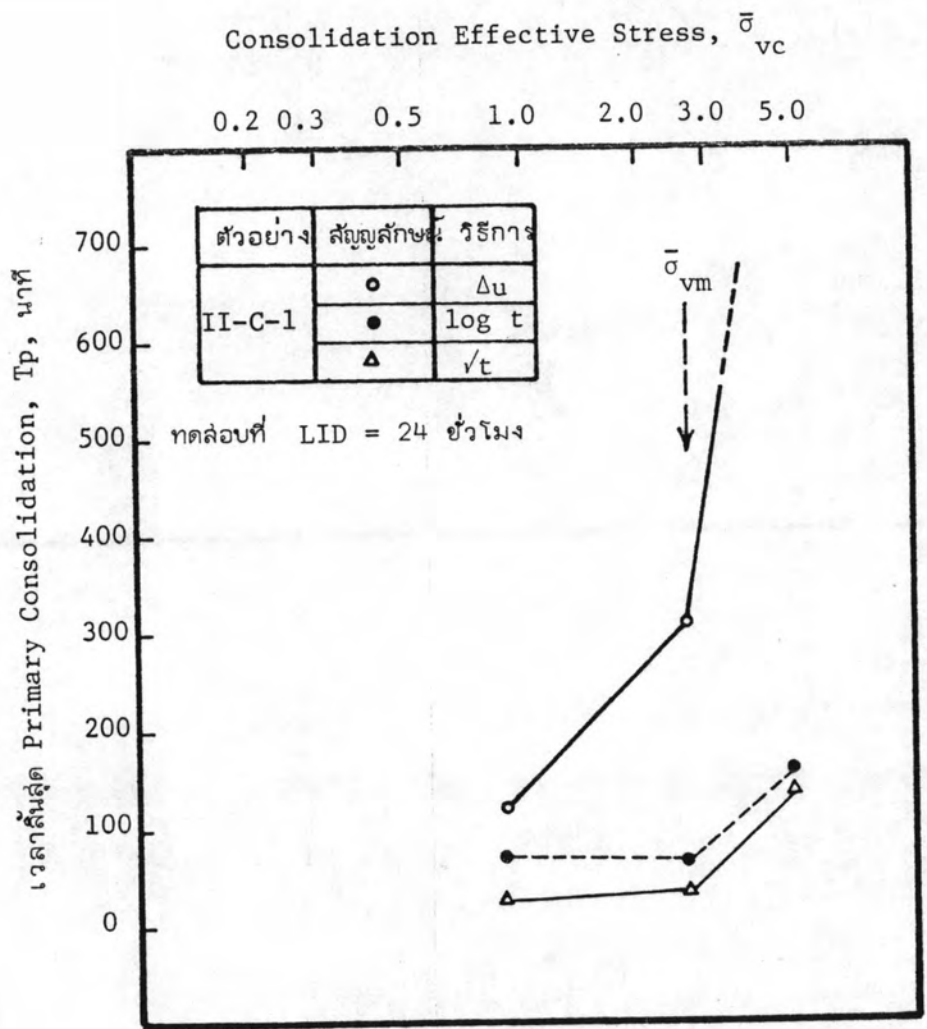
รูปที่ 4.23 แสดงผลลัพธ์ของเวลาที่สิ้นสุด Primary Consolidation ด้วยวิธีวัด pore pressure (Δu) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR)



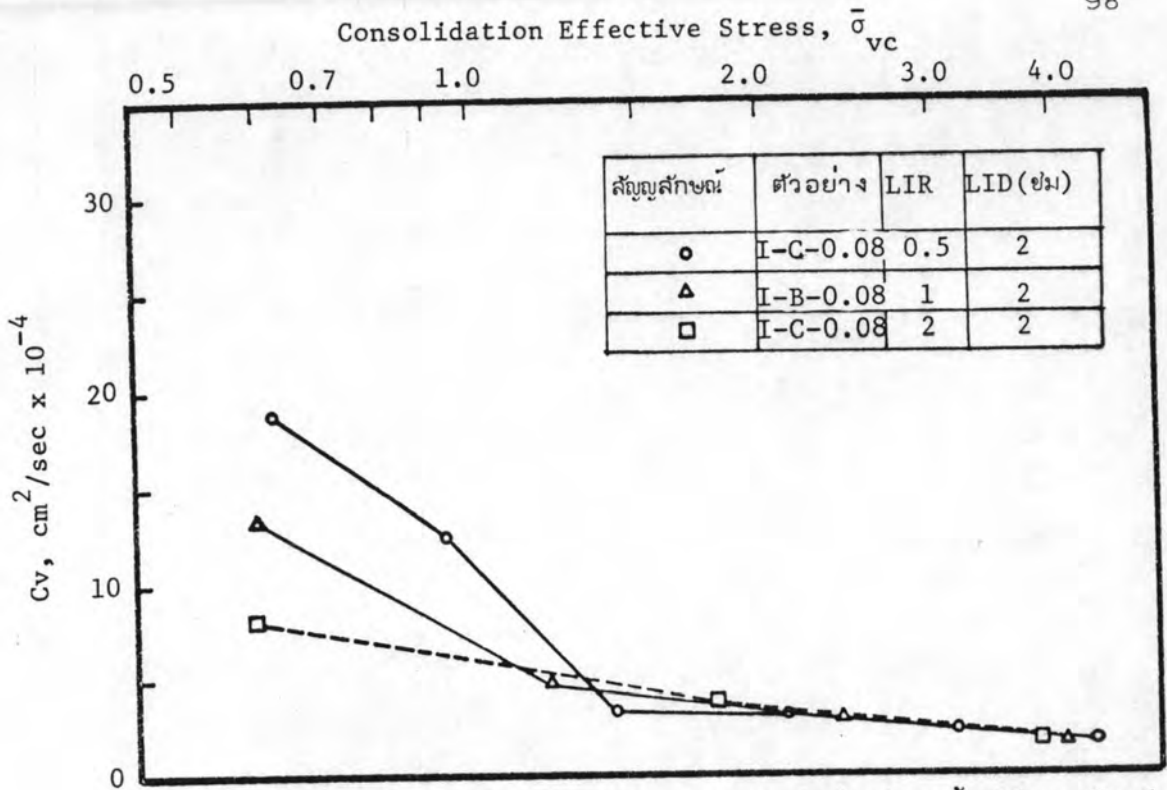
รูปที่ 4.24 แสดงผลสัมพัทธ์ของเวลาสิ้นสุด Primary Consolidation ด้วยวิธีวัด pore pressure (Δu) Casagrande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ LIR = 0.5



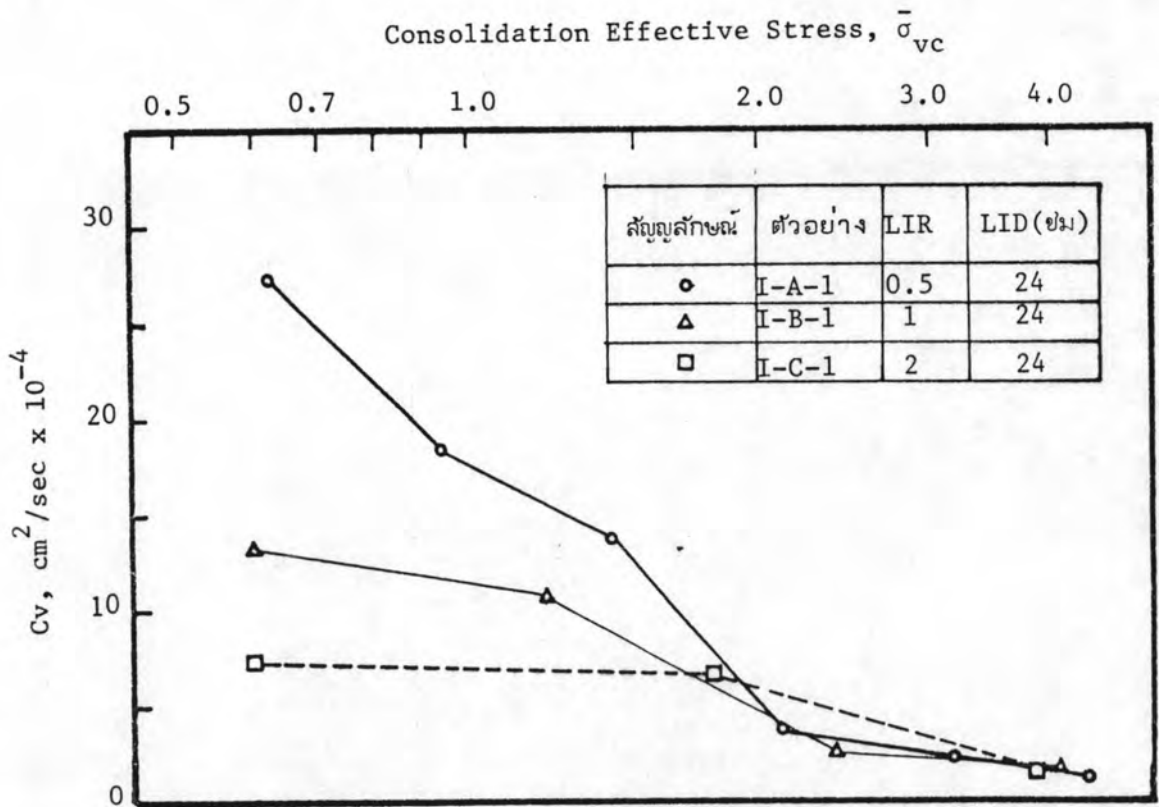
รูปที่ 4.25 แสดงผลสัมพัทธ์ของเวลาสิ้นสุด Primary Consolidation ด้วยวิธีวัด pore pressure (Δu) Casagrande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ LIR = 1.0



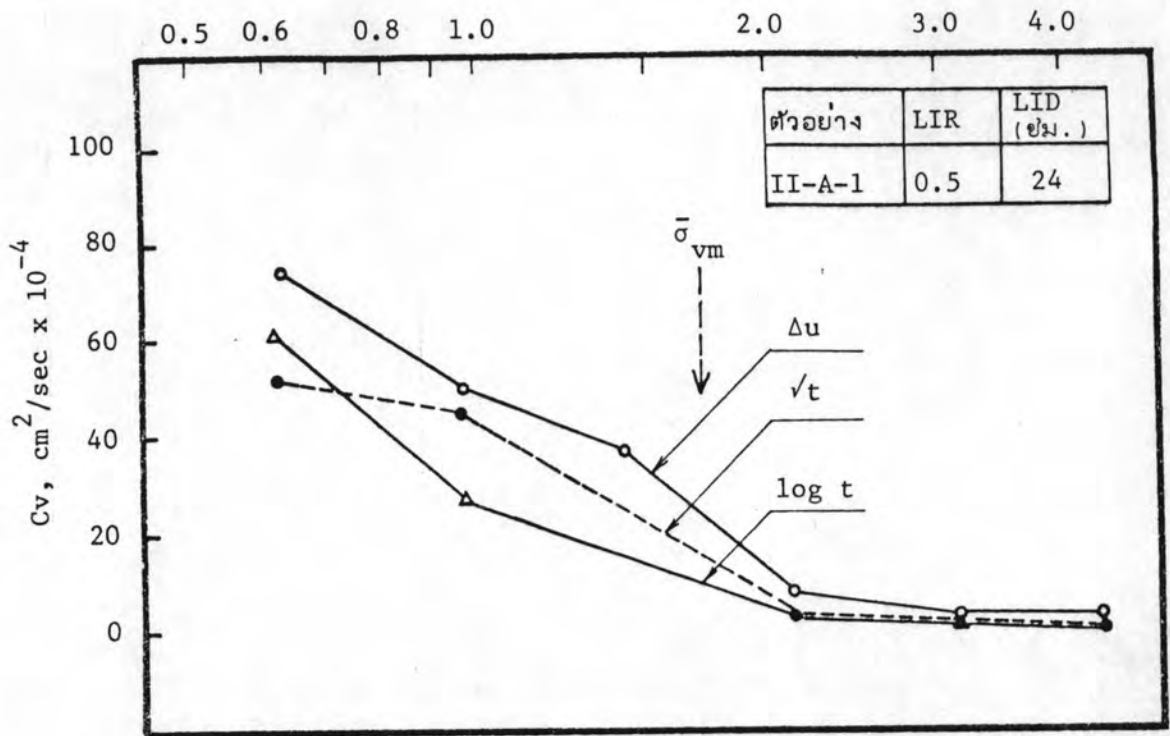
รูปที่ 4.26 แสดงผลสัมพัทธ์ของเวลาสิ้นสุด Primary Consolidation ด้วยวิธีวัด pore pressure (Δu) Casagrande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ LIR = 2



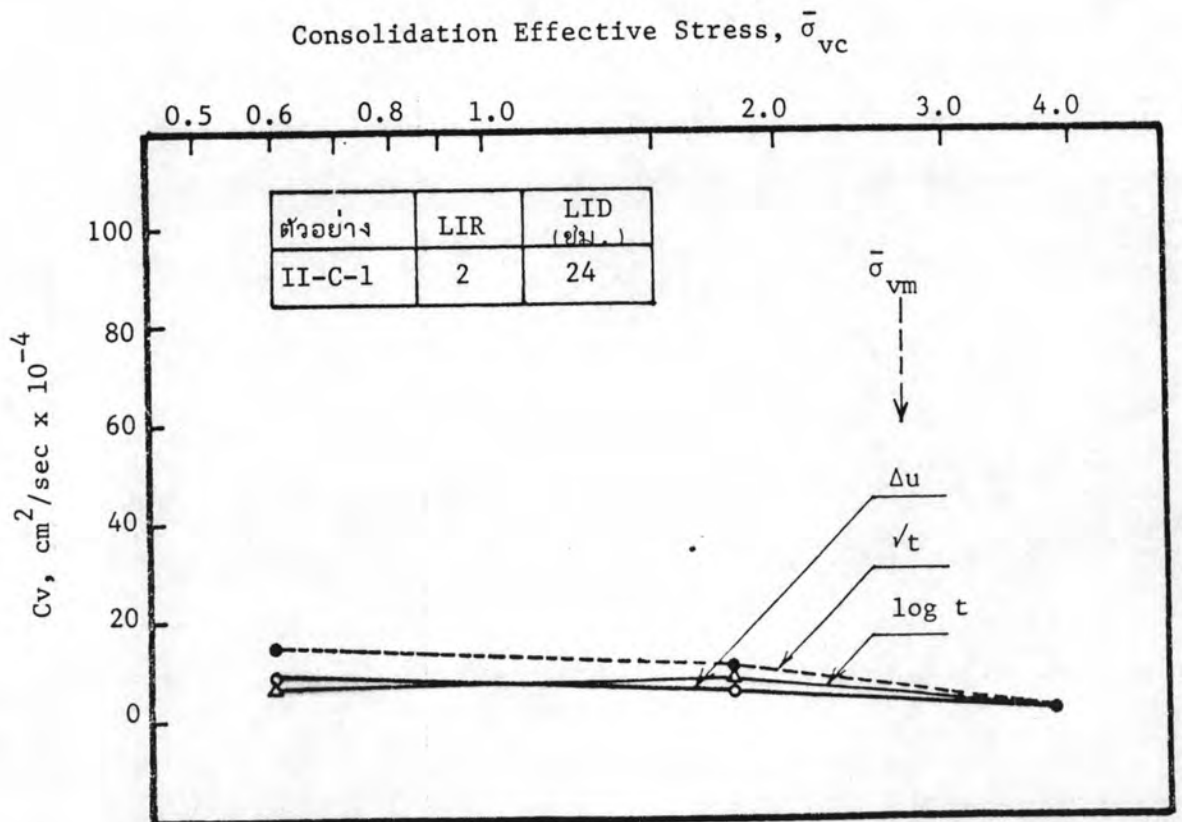
รูปที่ 4.27 แสดงผลสัมฤทธิ์ของ Coefficient of consolidation ด้วยวิธีของ Taylor (\sqrt{t}) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ที่ LID = 2 ชั่วโมง



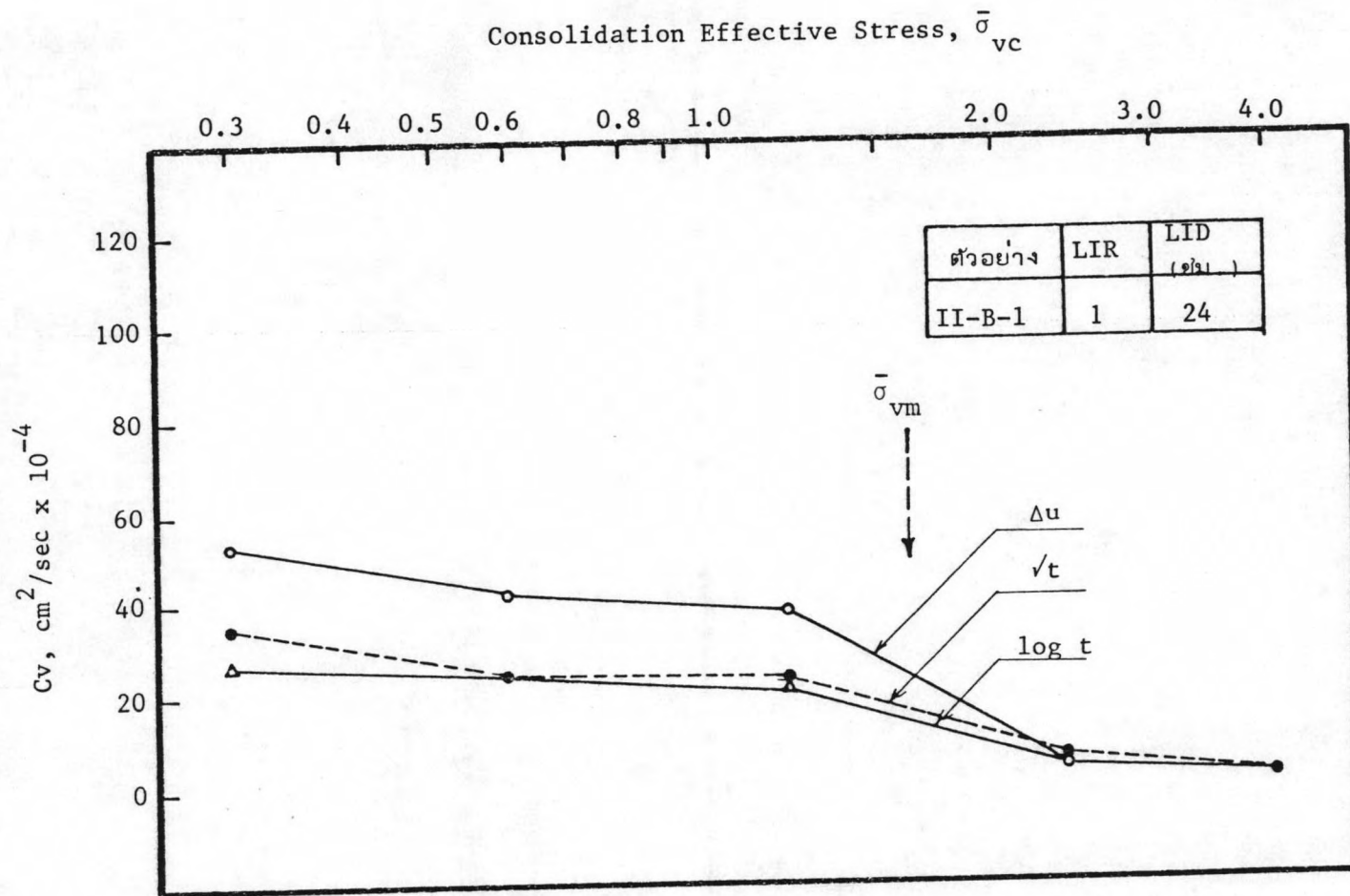
รูปที่ 4.28 แสดงผลสัมฤทธิ์ของ Coefficient of Consolidation ด้วยวิธีของ Taylor (\sqrt{t}) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ที่ LID = 24 ชั่วโมง



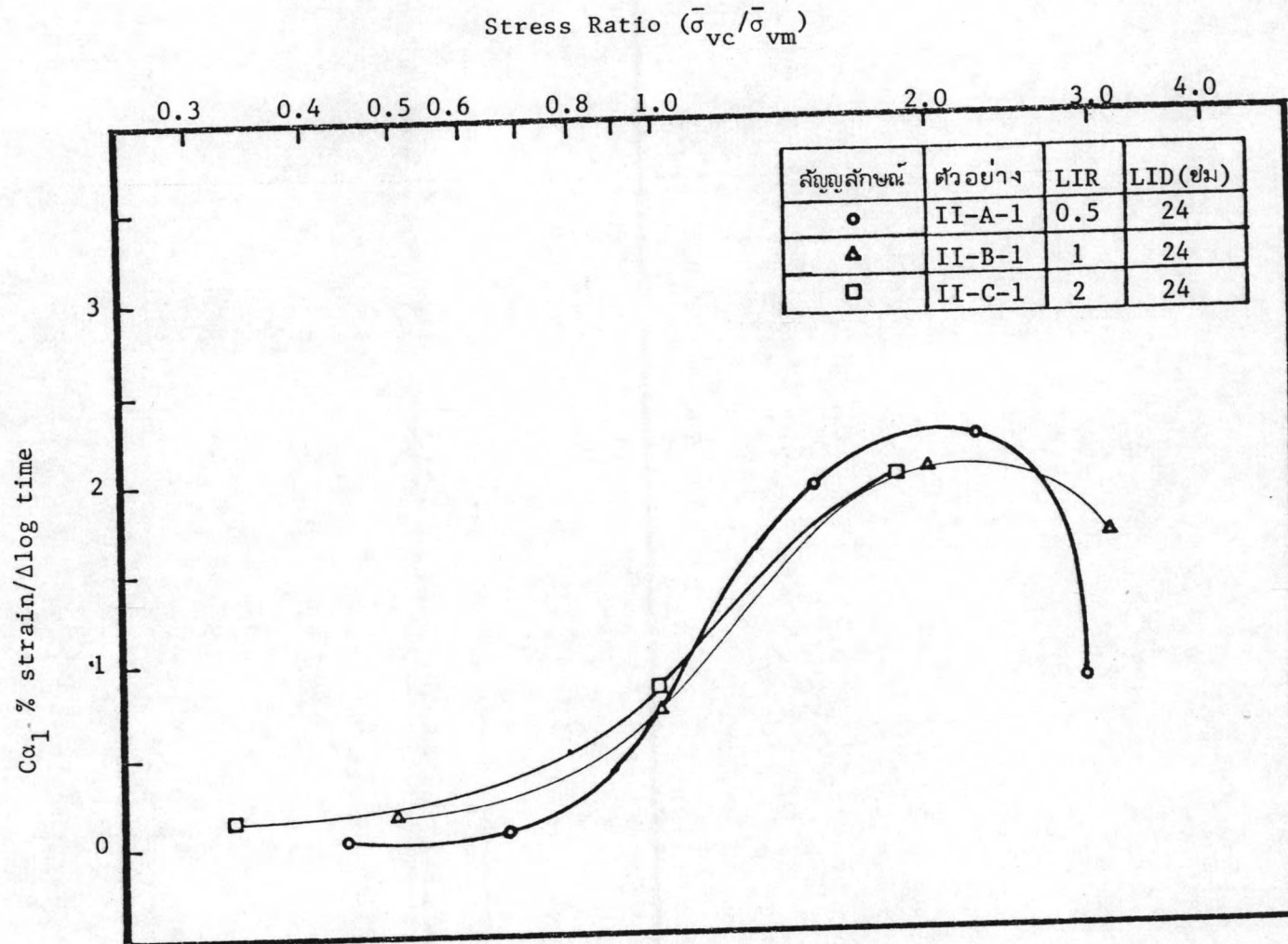
รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบผลลัพท์ของ coefficient of consolidation ด้วยวิธีจาก pore pressure (Δu), Casagvande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ LIR = 0.5



รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบผลลัพท์ของ coefficient of consolidation ด้วยวิธีจาก pore pressure (Δu) casagrande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ LIR = 2

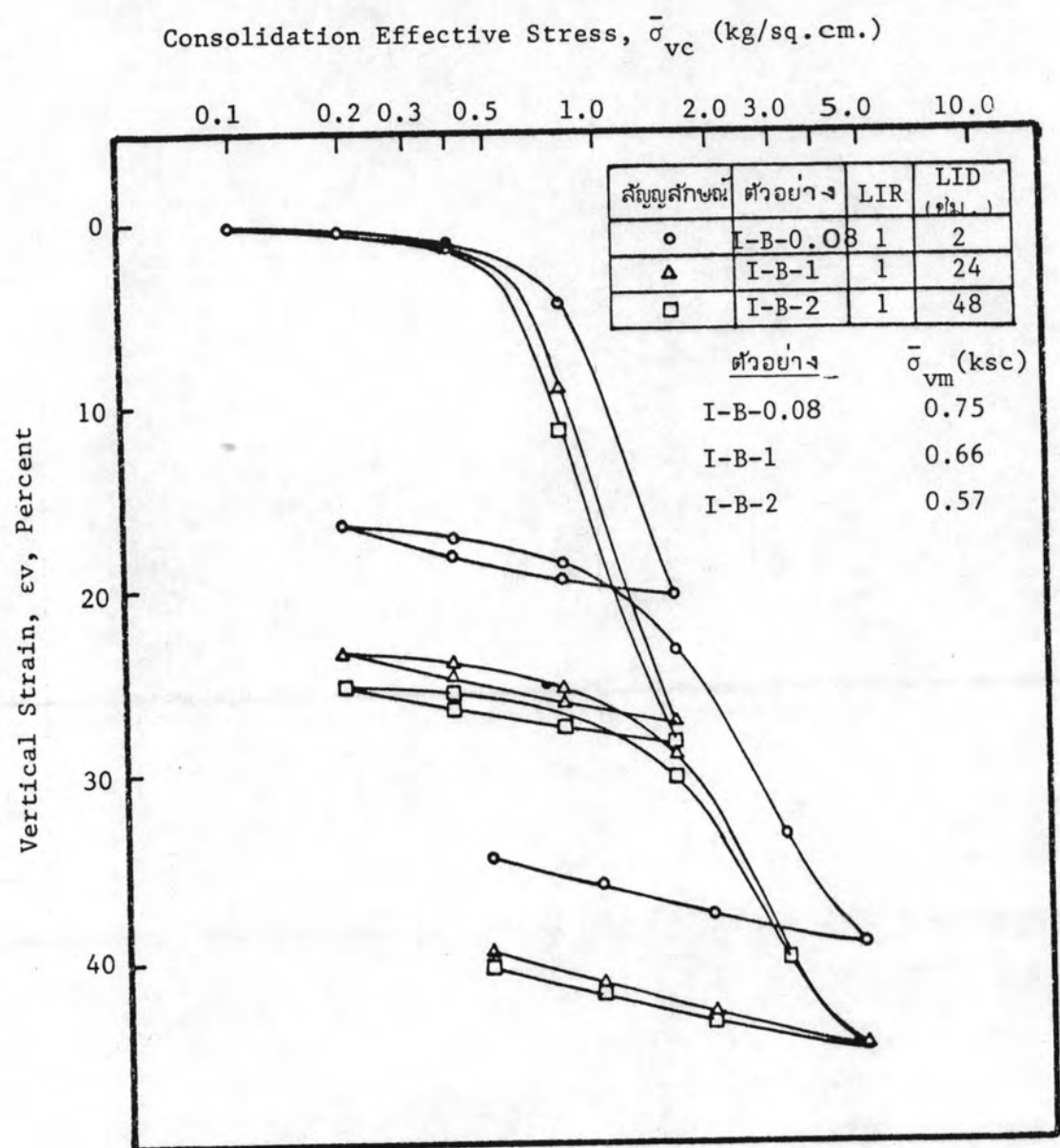


รูปที่ 4.31 เปรียบเทียบผลลัพท์ของ coefficient of consolidation ด้วยวิธีจาก pore pressure (Δu) Casagrande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ LIR = 1

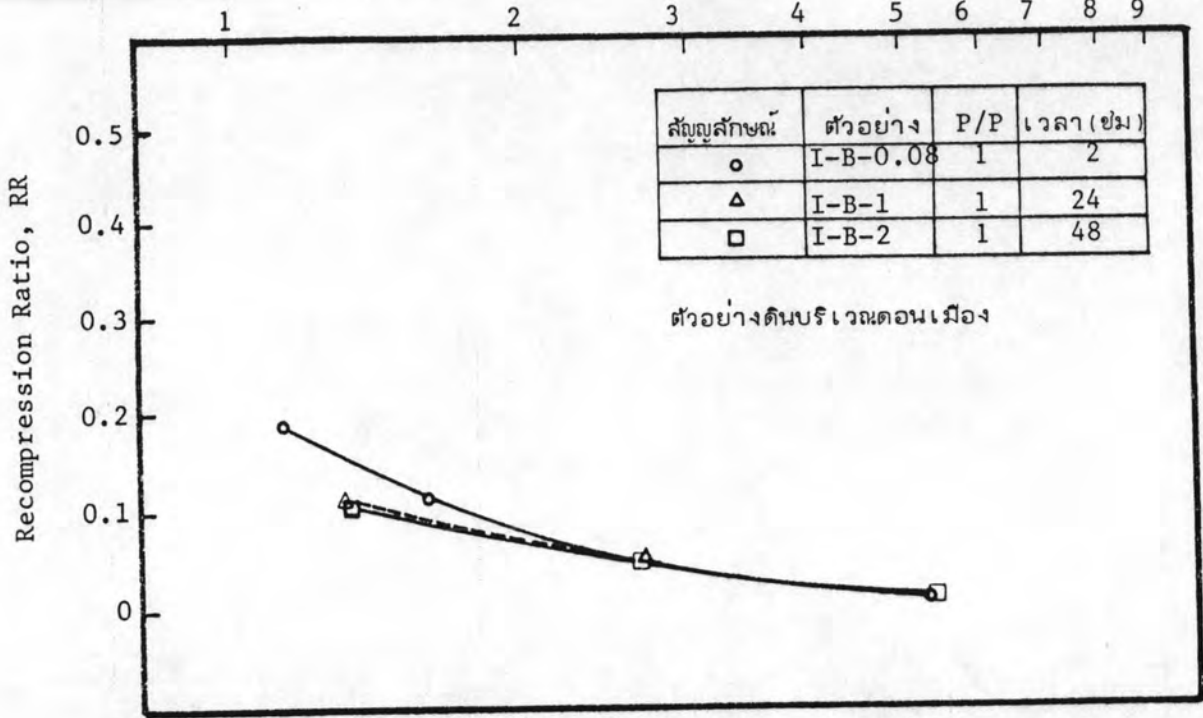


รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง coefficient of secondary compression กับ stress ratio

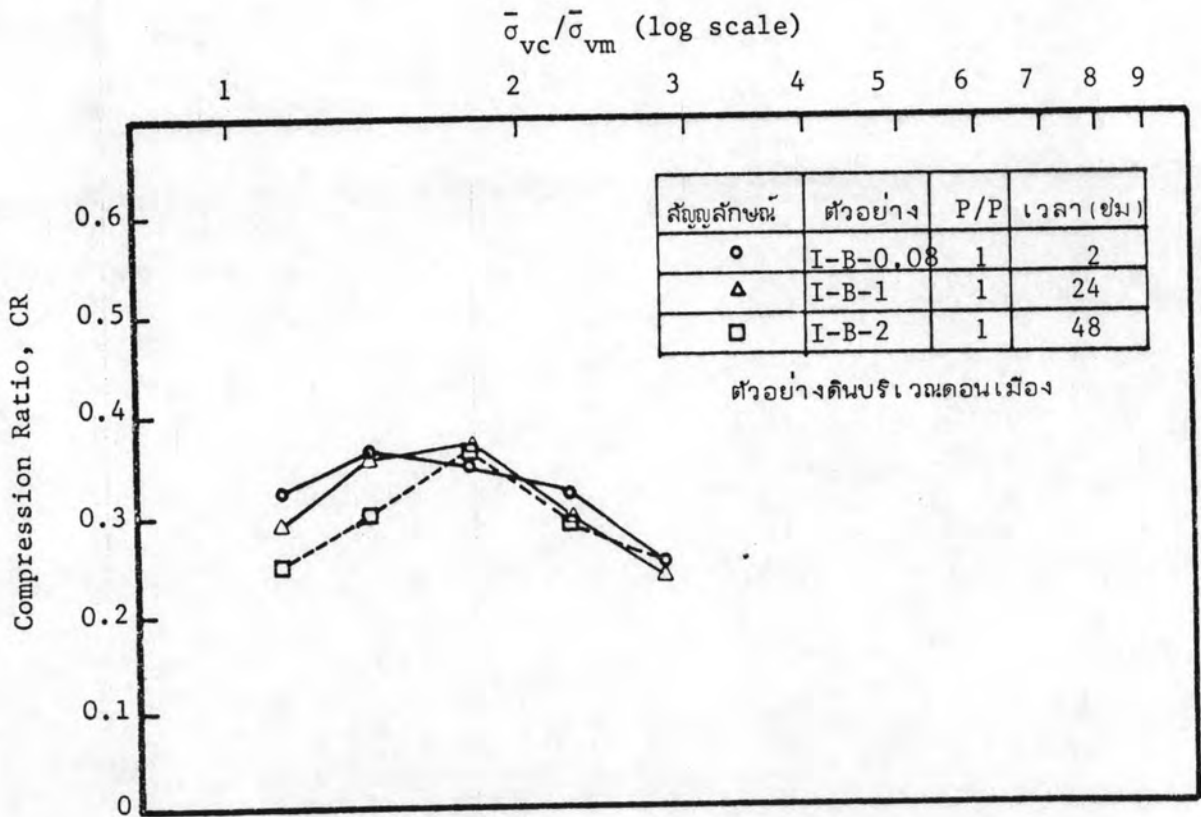
($\bar{\sigma}_{vc} / \bar{\sigma}_{vm}$) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ของตัวอย่างดินจากบริเวณลึกลับ



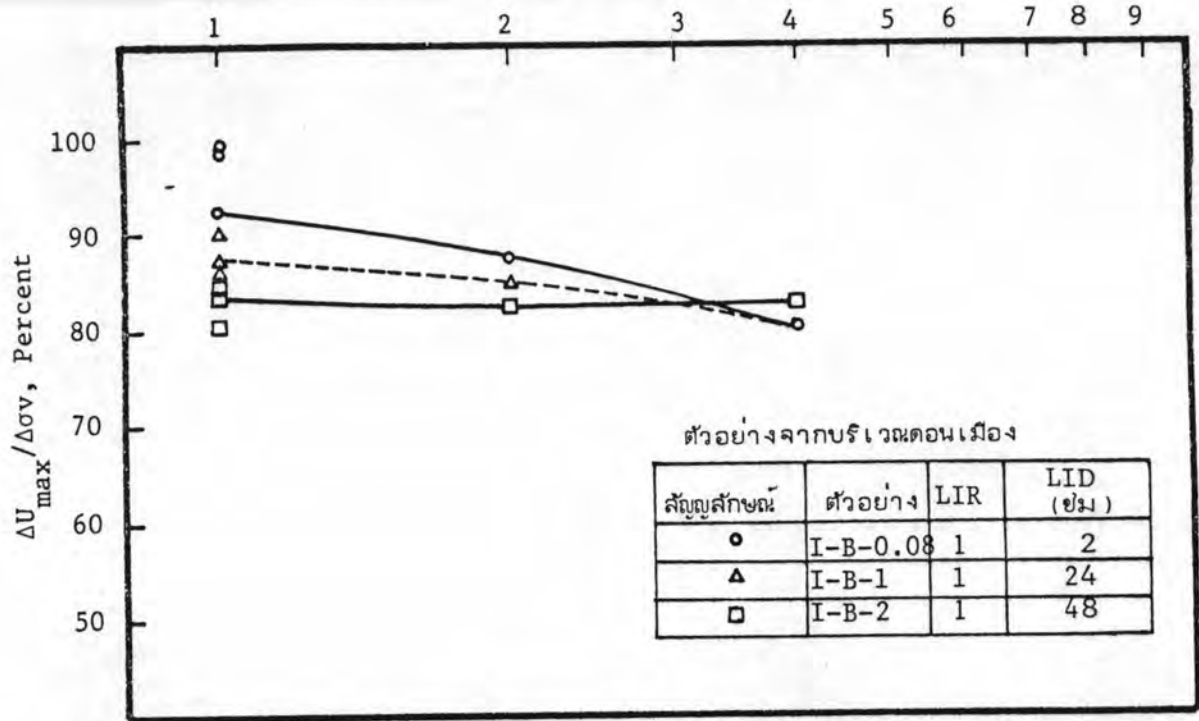
รูปที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวตั้งกับหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment duration (LID) ของตัวอย่างดินจากบริเวณตอนเมือง



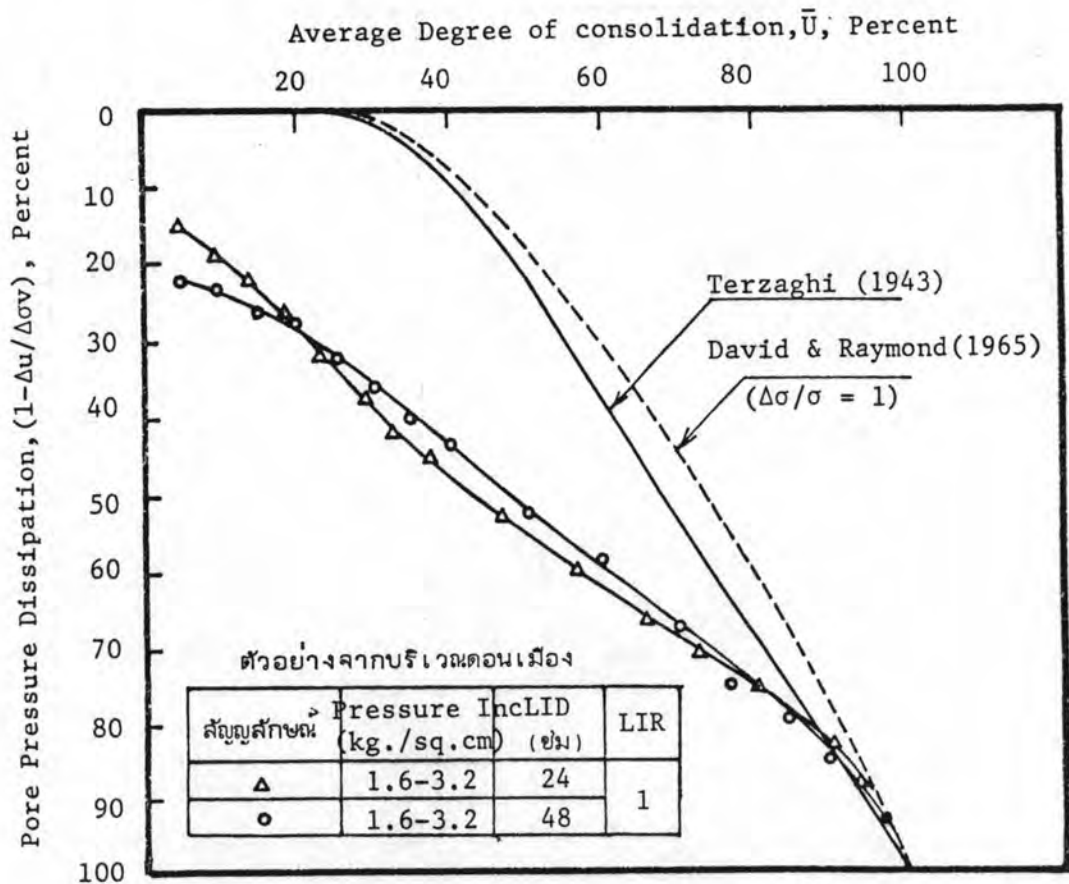
รูปที่ 4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Recompression Ratio กับ Over Consolidation ratio เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment duration (LID)



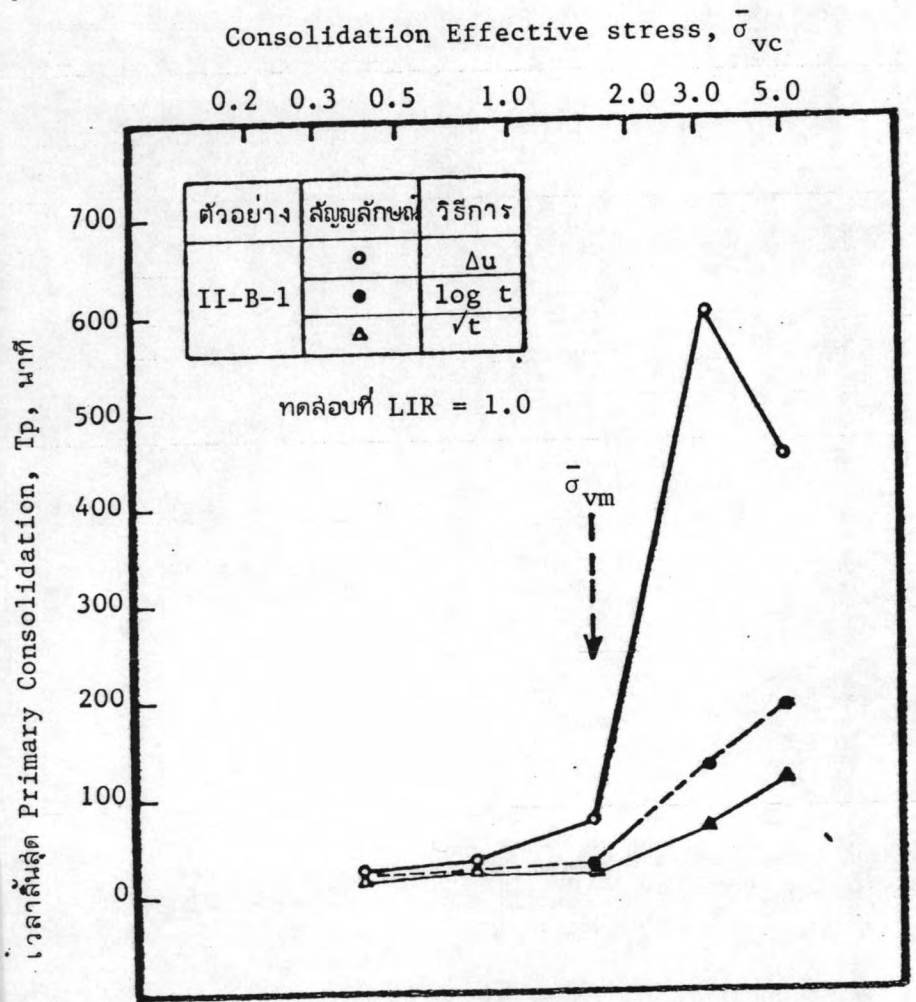
รูปที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Compression Ratio กับ Stress Ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment duration (LID)



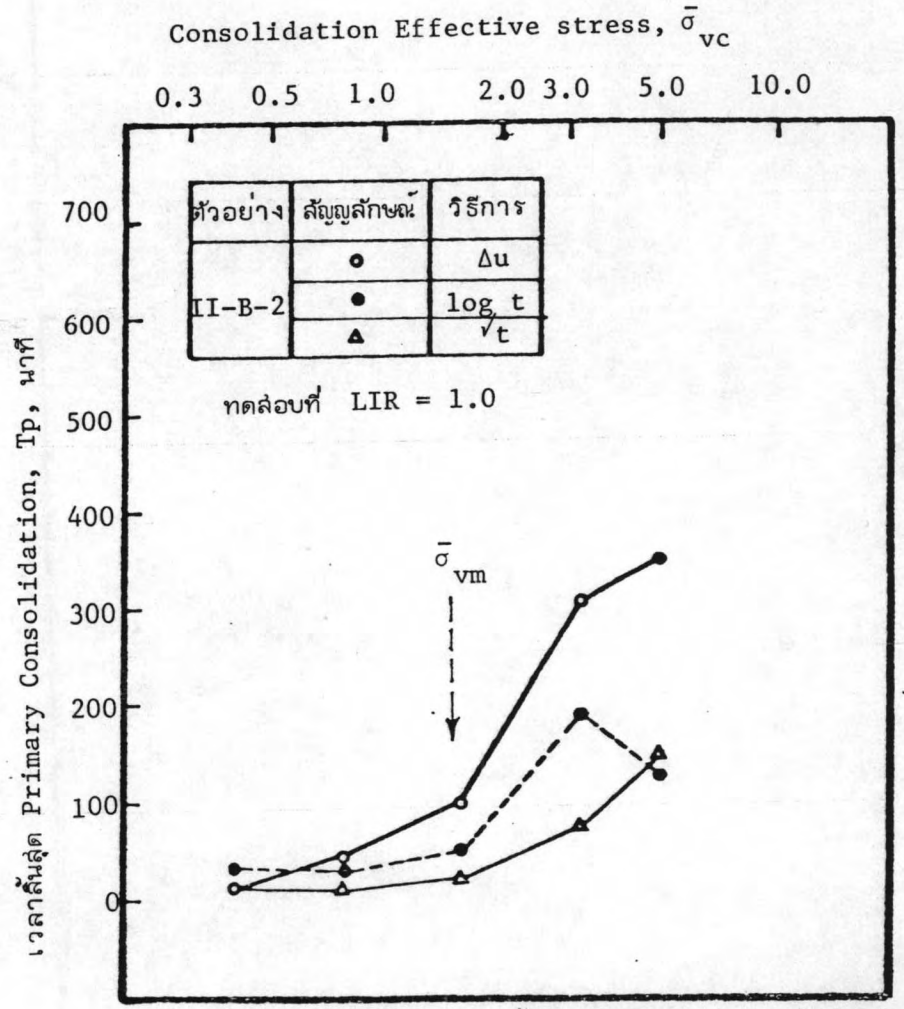
รูปที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง maximum pore pressure response กับ over consolidation ratio เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment duration (LID)



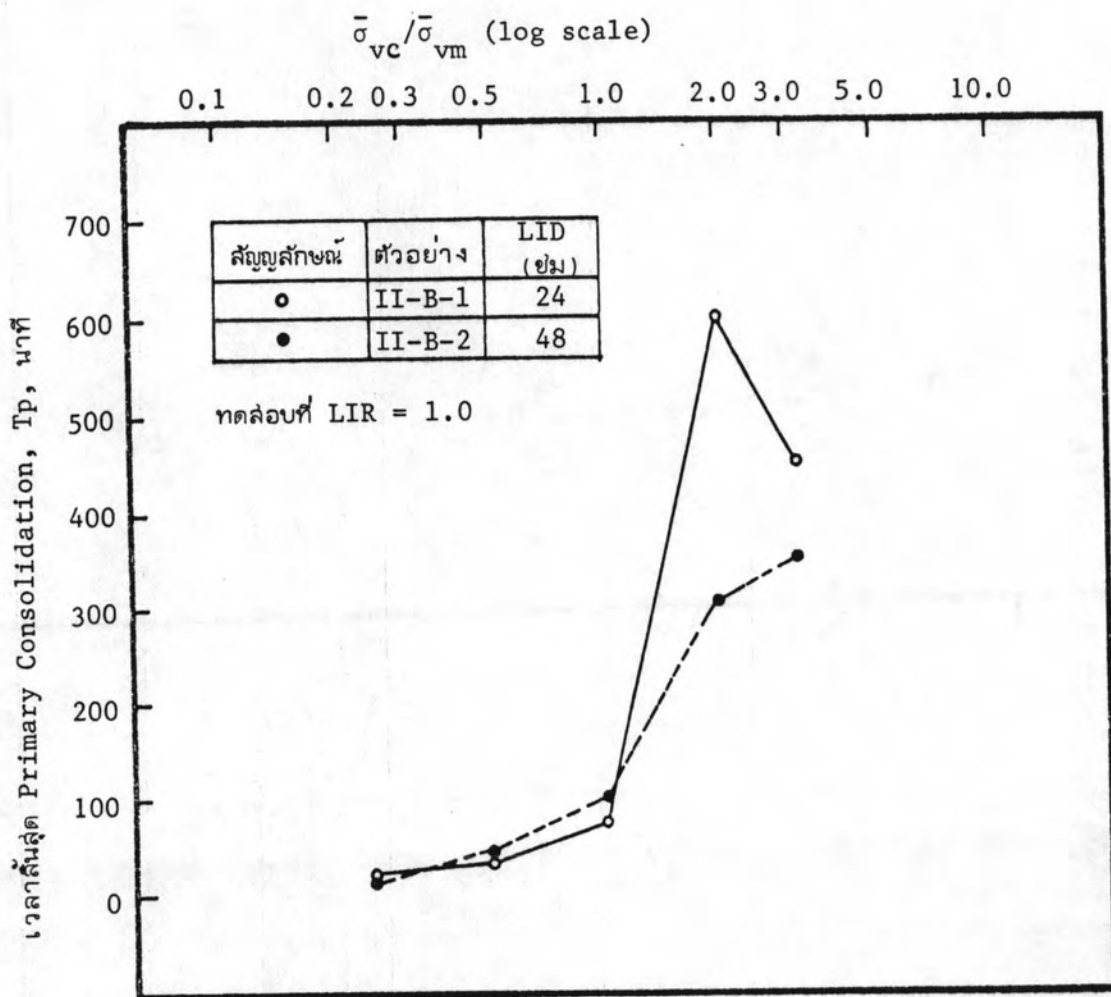
รูปที่ 4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pore pressure dissipation กับ average degree of consolidation (\bar{U}) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment duration (LID)



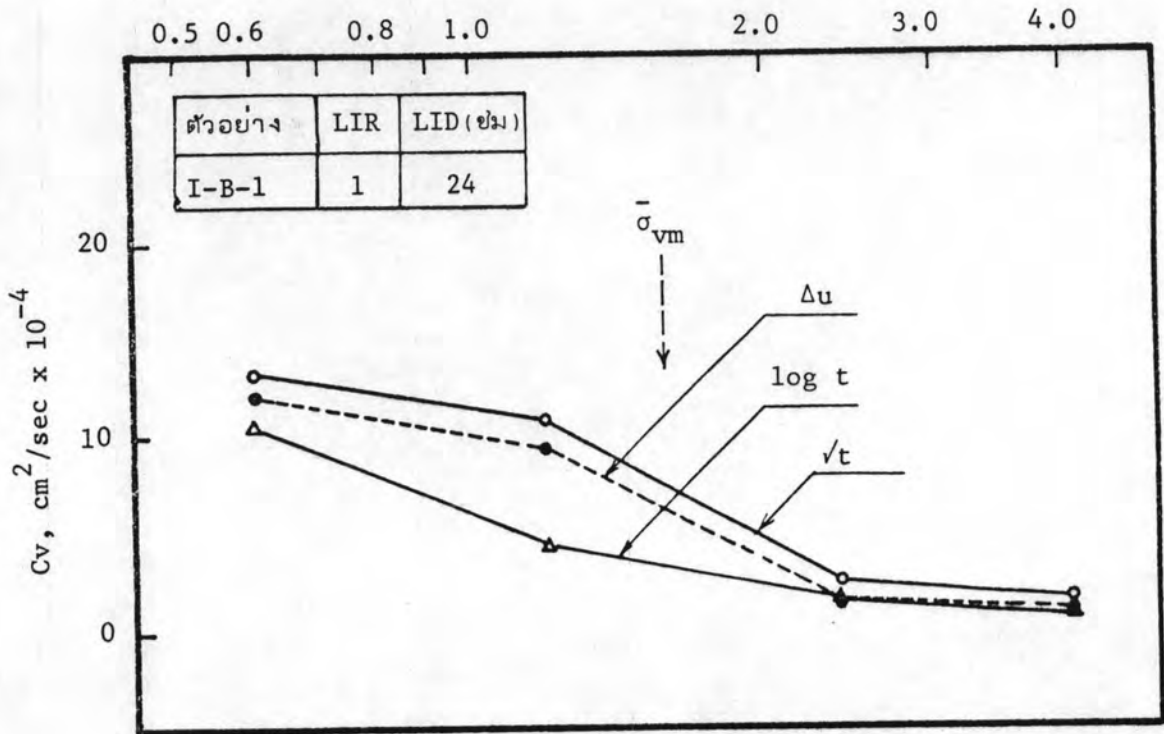
รูปที่ 4.38 แสดงผลลัพท์ของเวลาสิ้นสุด primary consolidation ด้วยวิธี pore pressure (Δu), Casagrande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก 24 ชั่วโมง



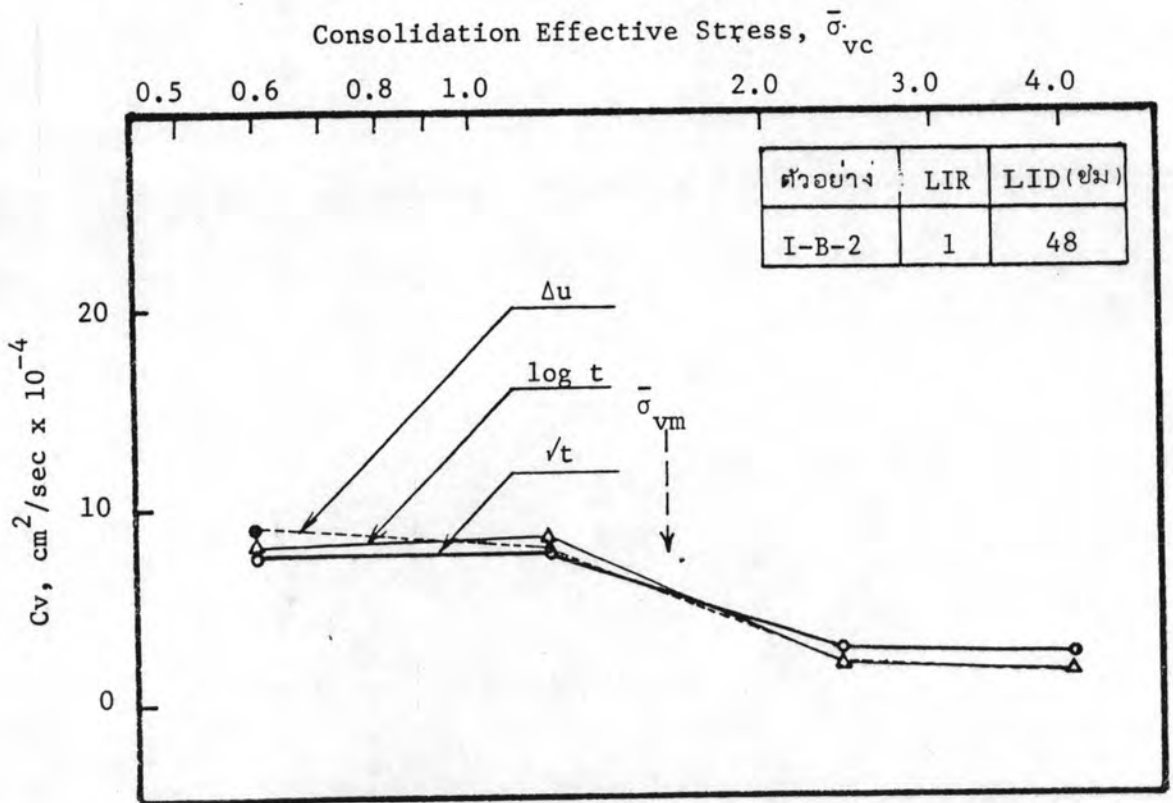
รูปที่ 4.39 แสดงผลลัพท์ของเวลาสิ้นสุด Primary Consolidation ด้วยวิธี pore pressure (Δu), Casagrande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก 48 ชั่วโมง



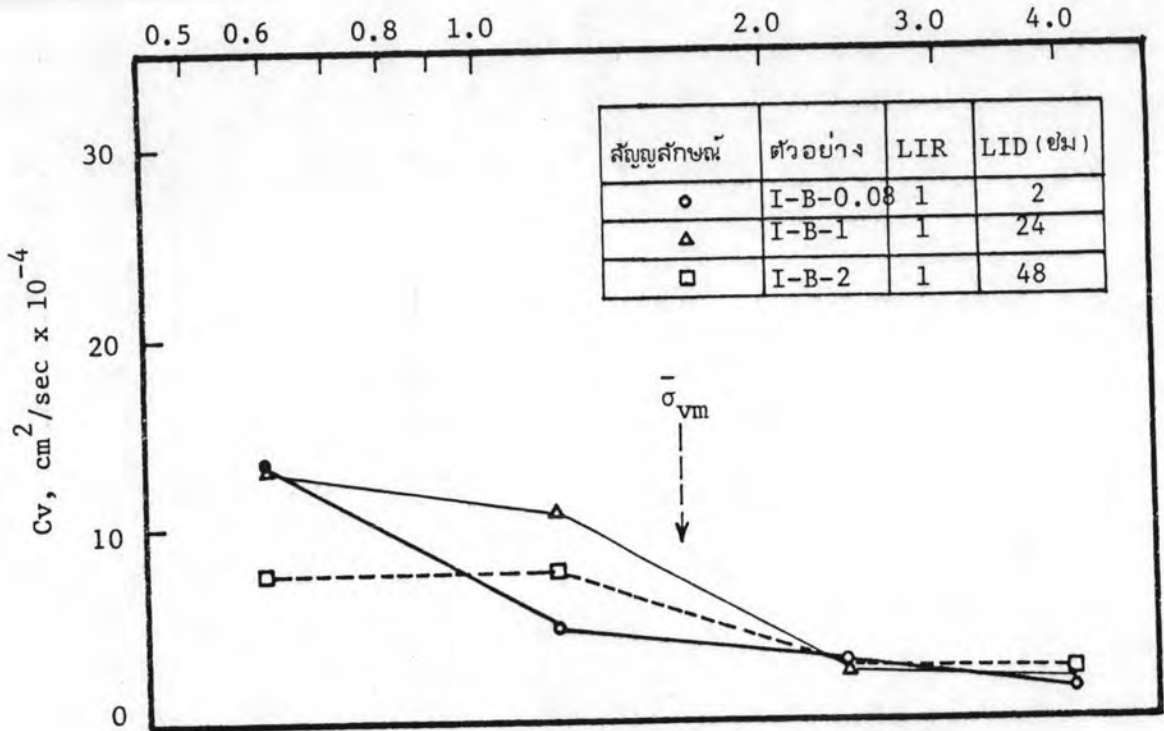
รูปที่ 4.40 แสดงผลสัมพัทธ์ของเวลาสิ้นสุด Primary Consolidation ด้วยวิธีการวัด pore pressure (Δu) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment duration (LID) ที่ LIR = 1.0 ของตัวอย่างบริเวณสีลม



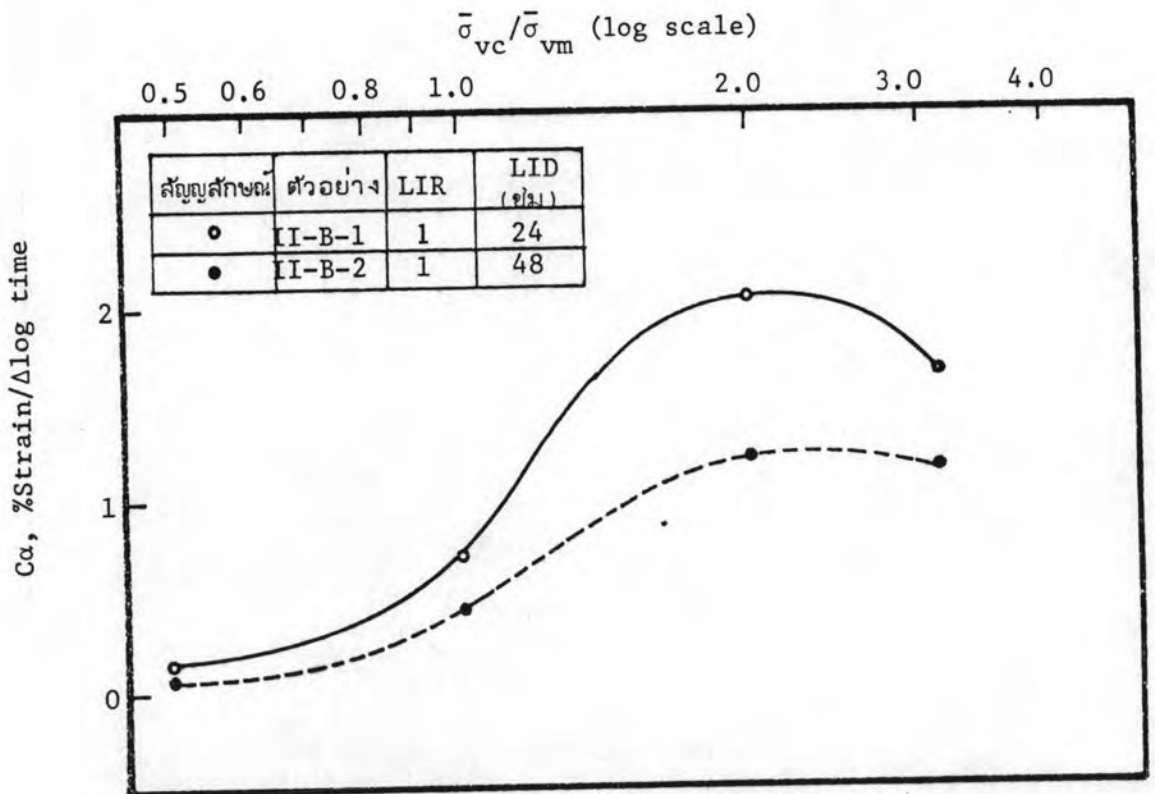
รูปที่ 4.41 เปรียบเทียบผลสัมพัทธ์ของ coefficient of consolidation ด้วยวิธีจาก pore pressure (Δu) casagrande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ load increment duration เท่ากับ 24 ชั่วโมง



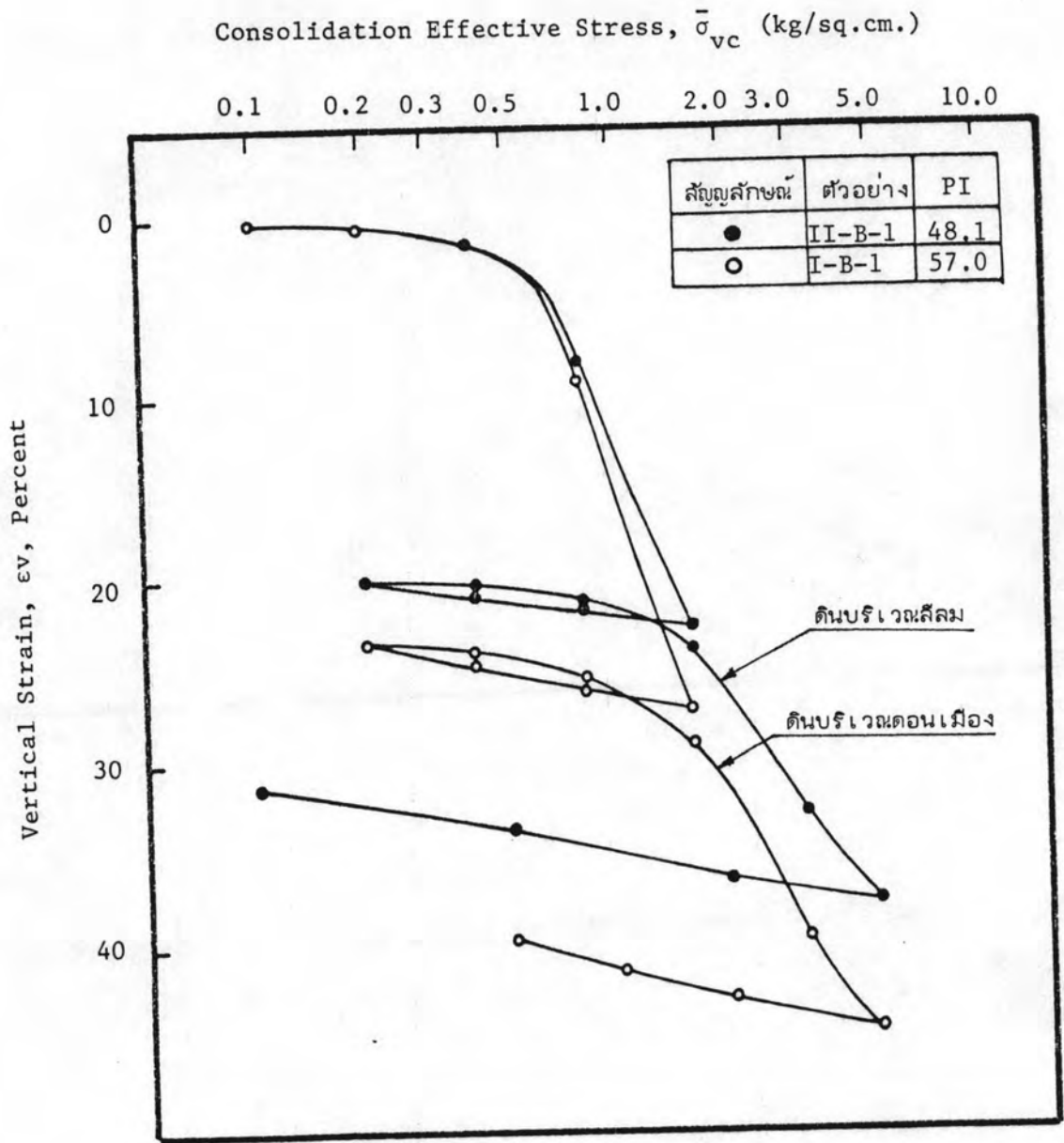
รูปที่ 4.42 เปรียบเทียบผลสัมพัทธ์ของ coefficient of consolidation ด้วยวิธีจาก pore pressure (Δu) Casagrande ($\log t$) และ Taylor (\sqrt{t}) ที่ load increment duration



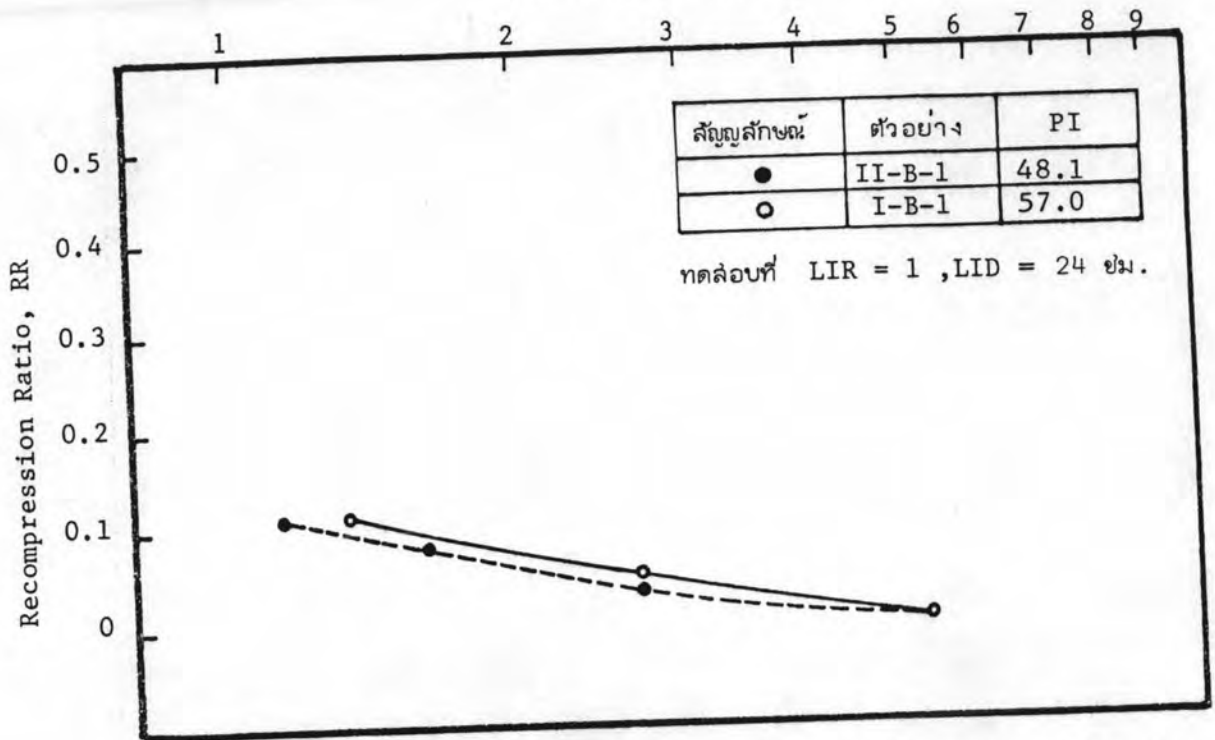
รูปที่ 4.43 แสดงผลสัมพัทธ์ของ coefficient of consolidation จากวิธีของ Taylor (\sqrt{t}) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment duration (LID)



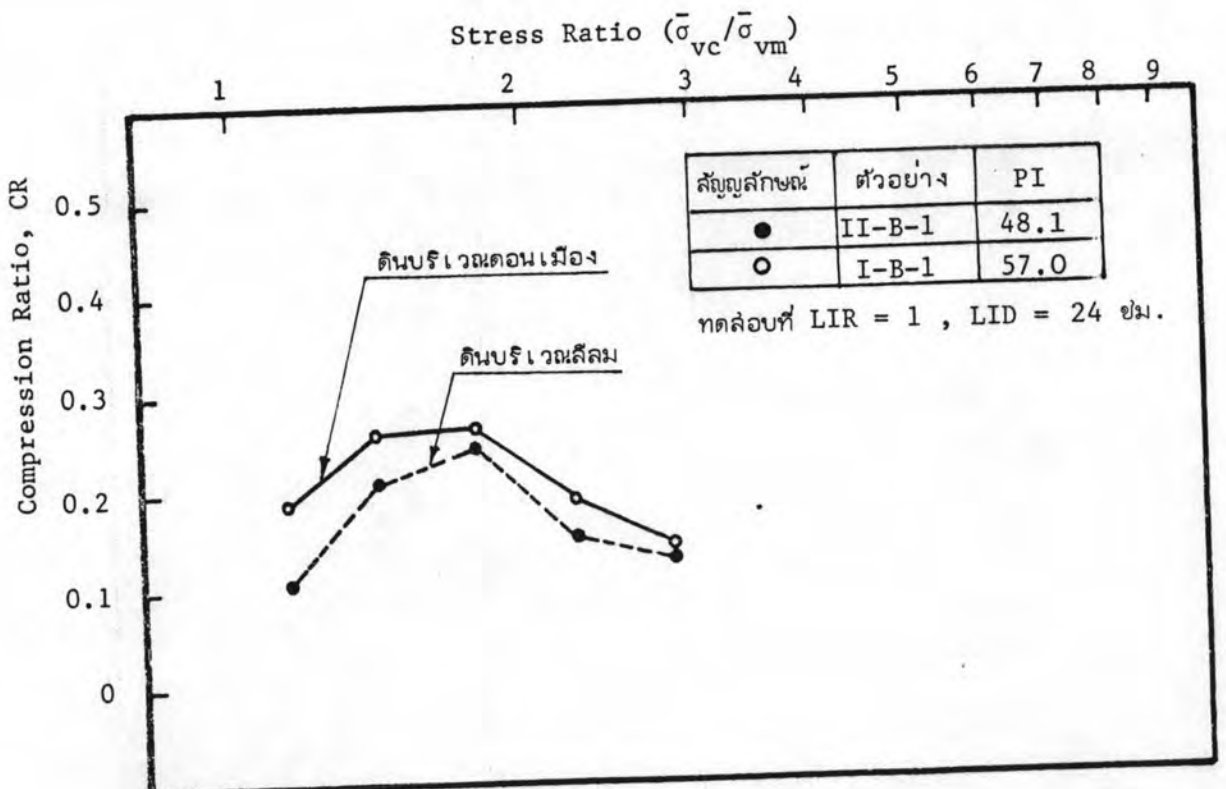
รูปที่ 4.44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง coefficient of secondary compression กับ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง load increment duration (LID)



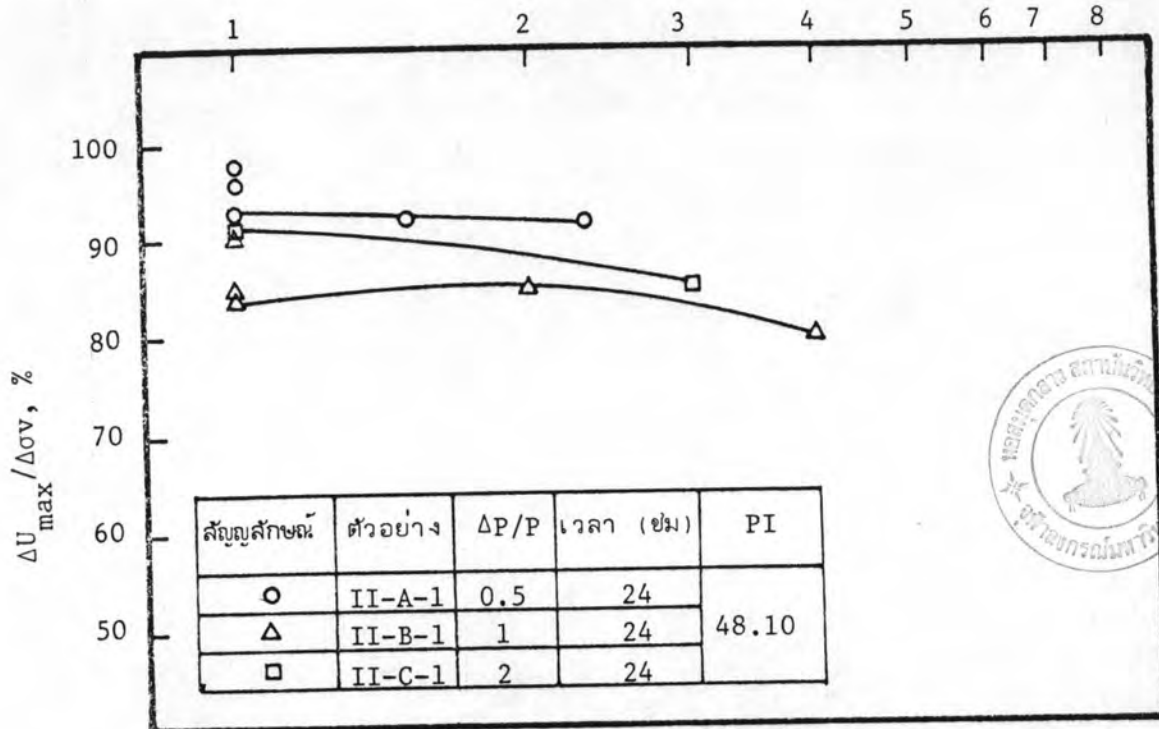
รูปที่ 4.45 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง ความเครียดในแนวตั้งกับหน่วยแรง
 ประสิทธิภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเหนียวทางด้าน
 plasticity, sensitivity, organic content



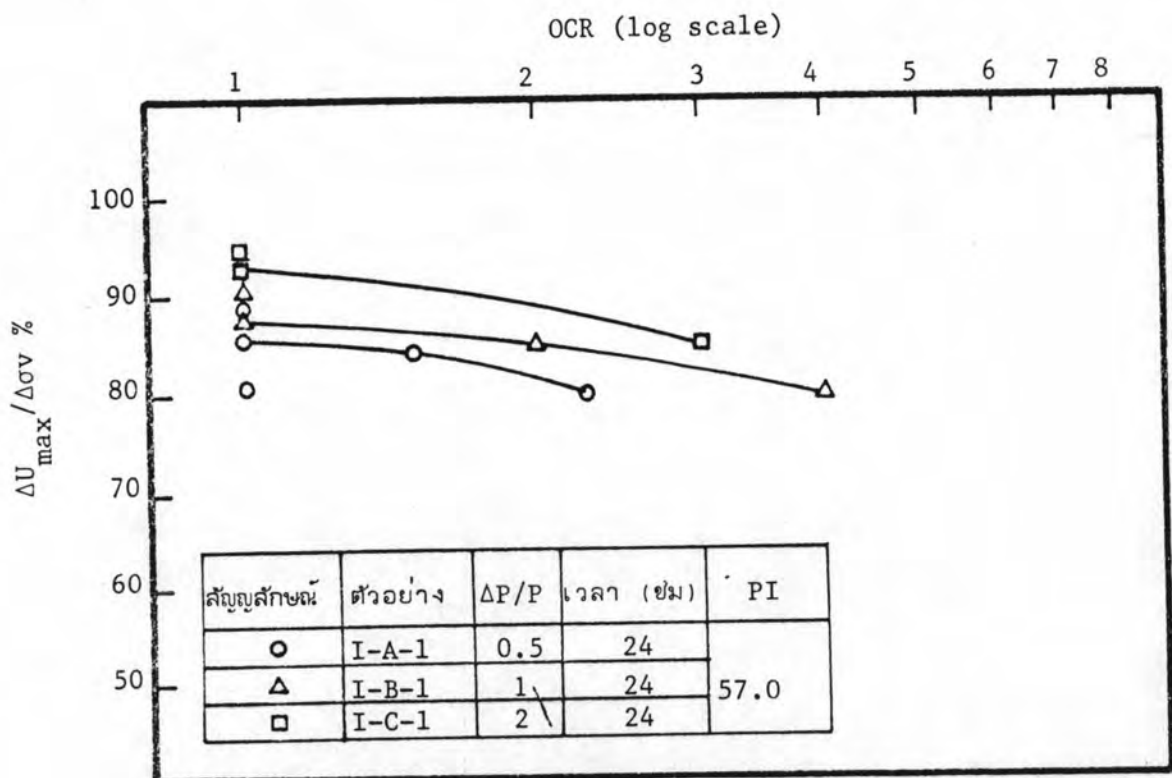
รูปที่ 4.46 แสดงค่าของ recompression ratio เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเหนียวทางด้าน plasticity, sensitivity, organic content



รูปที่ 4.47 แสดงค่าของ Compression Ratio เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเหนียวทางด้าน plasticity, sensitivity,

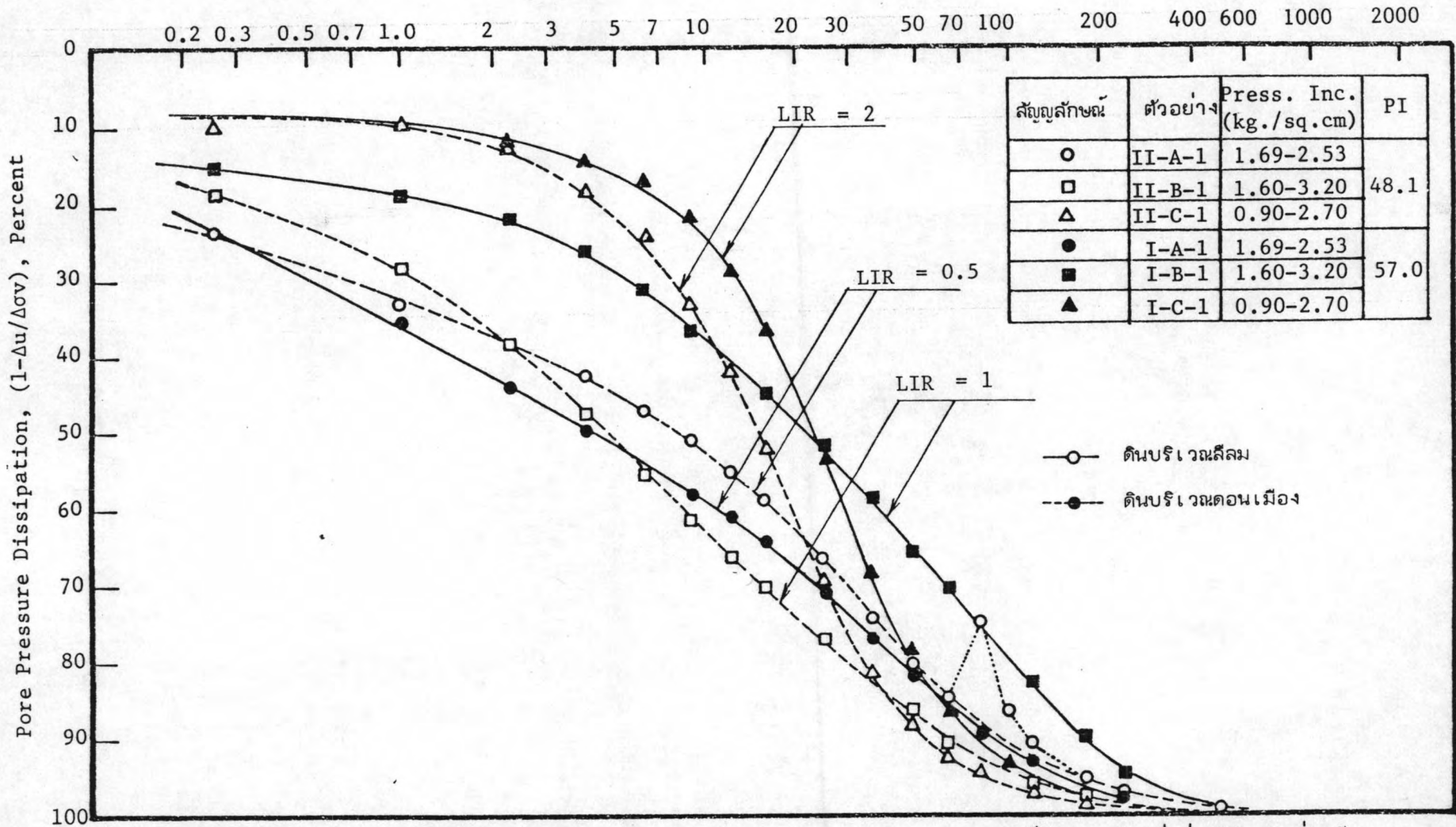


รูปที่ 4.48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง maximum pore pressure response ($\Delta U_{max}/\Delta\sigma_v$) กับ OCR เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง LIR ของดินบริเวณสีลม

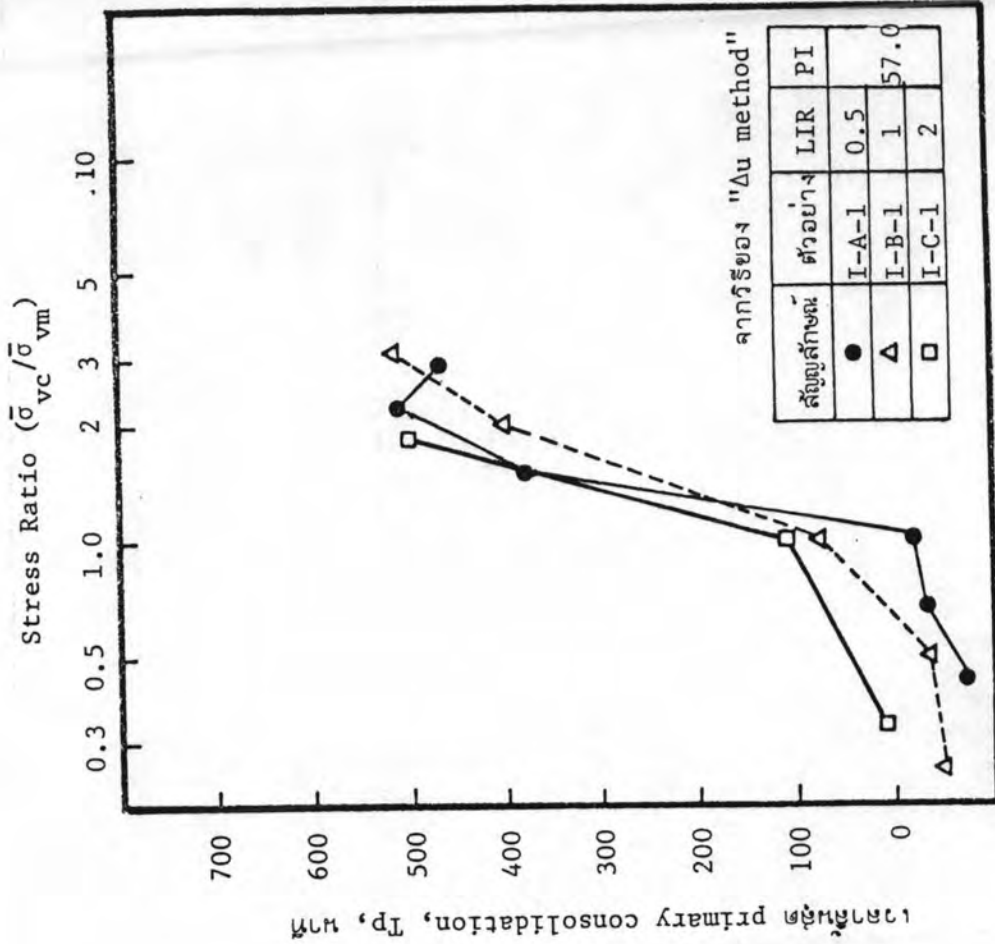


รูปที่ 4.49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง maximum pore pressure response ($\Delta U_{max}/\Delta\sigma_v$) กับ OCR เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง LIR

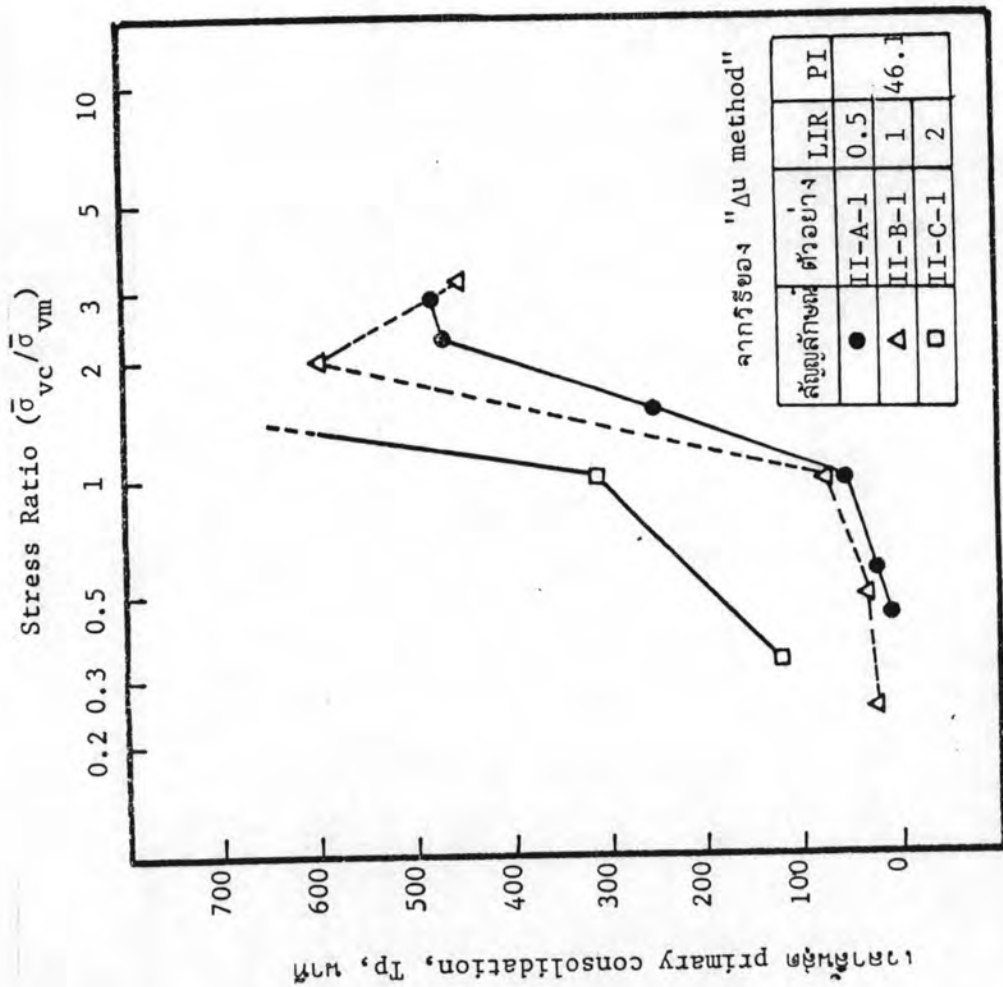
Elapsed Time, min



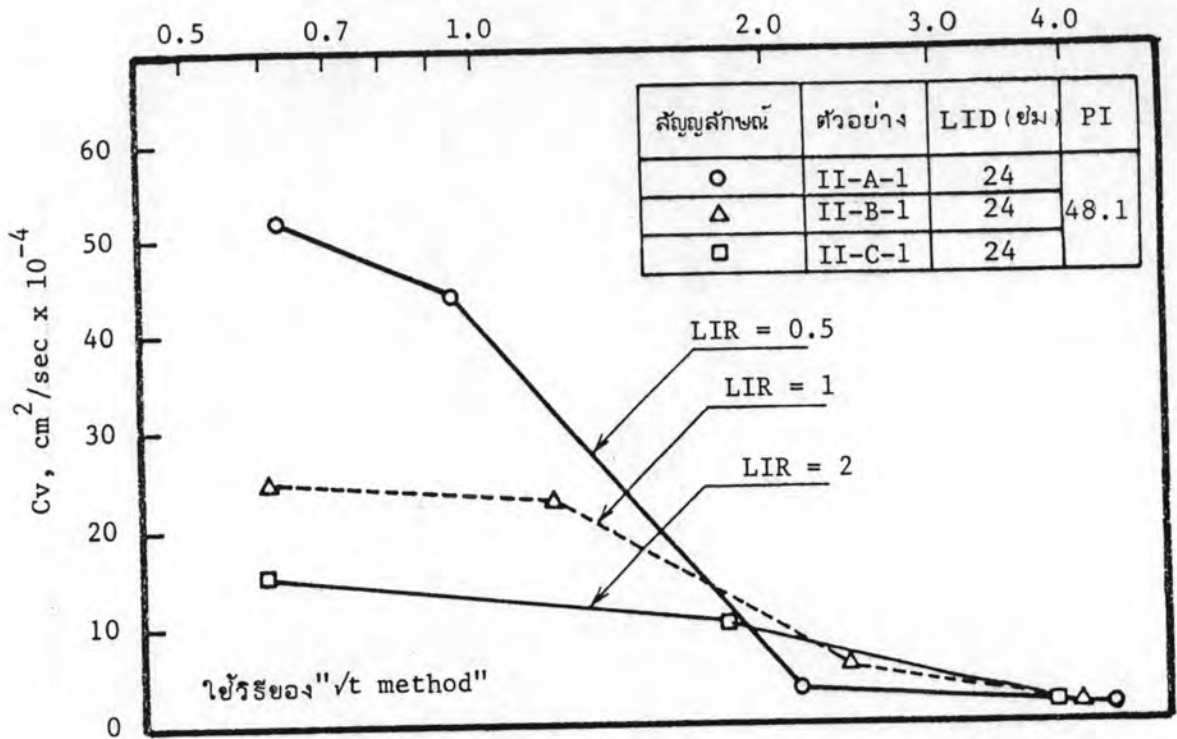
รูปที่ 4.50 เปรียบเทียบการ dissipate ของน้ำในโพรงดิน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง LIR ของตัวอย่างดินเหนียวที่มีค่า PI แตกต่างกัน



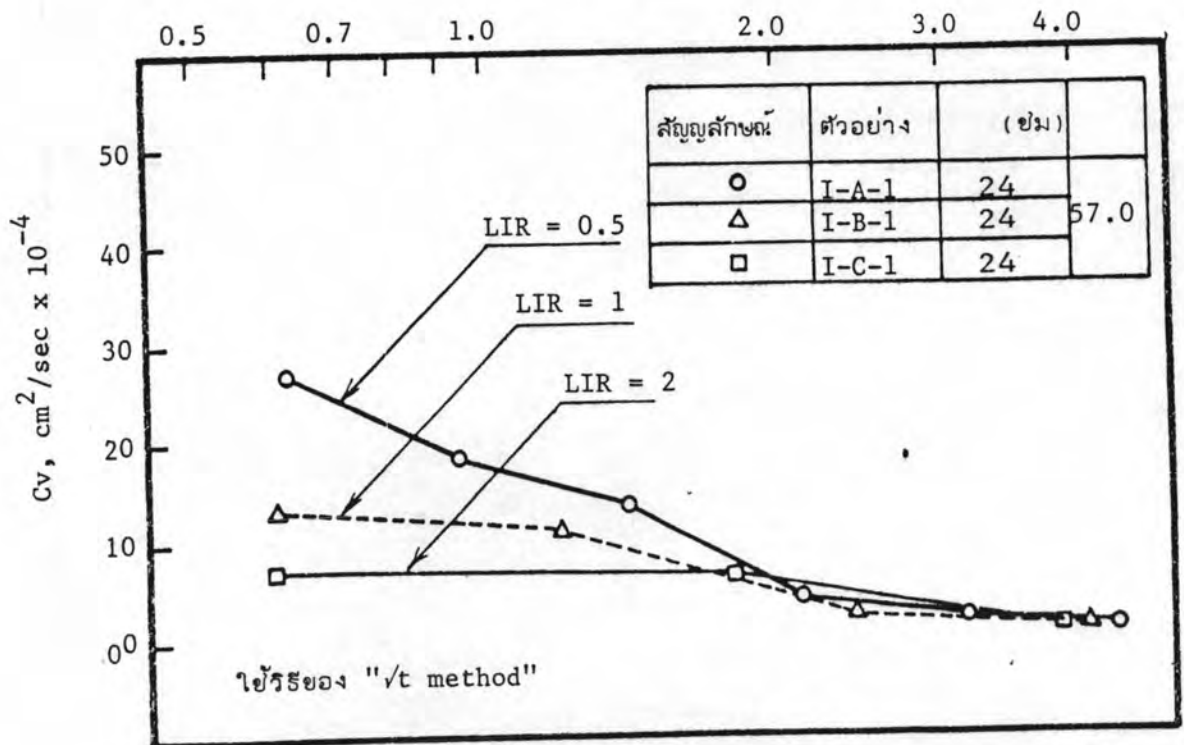
รูปที่ 4.52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาสิ้นสุด primary consolidation, (Tp) กับ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง LIR ของตัวอย่างดินบริเวณตอนเบื้อง



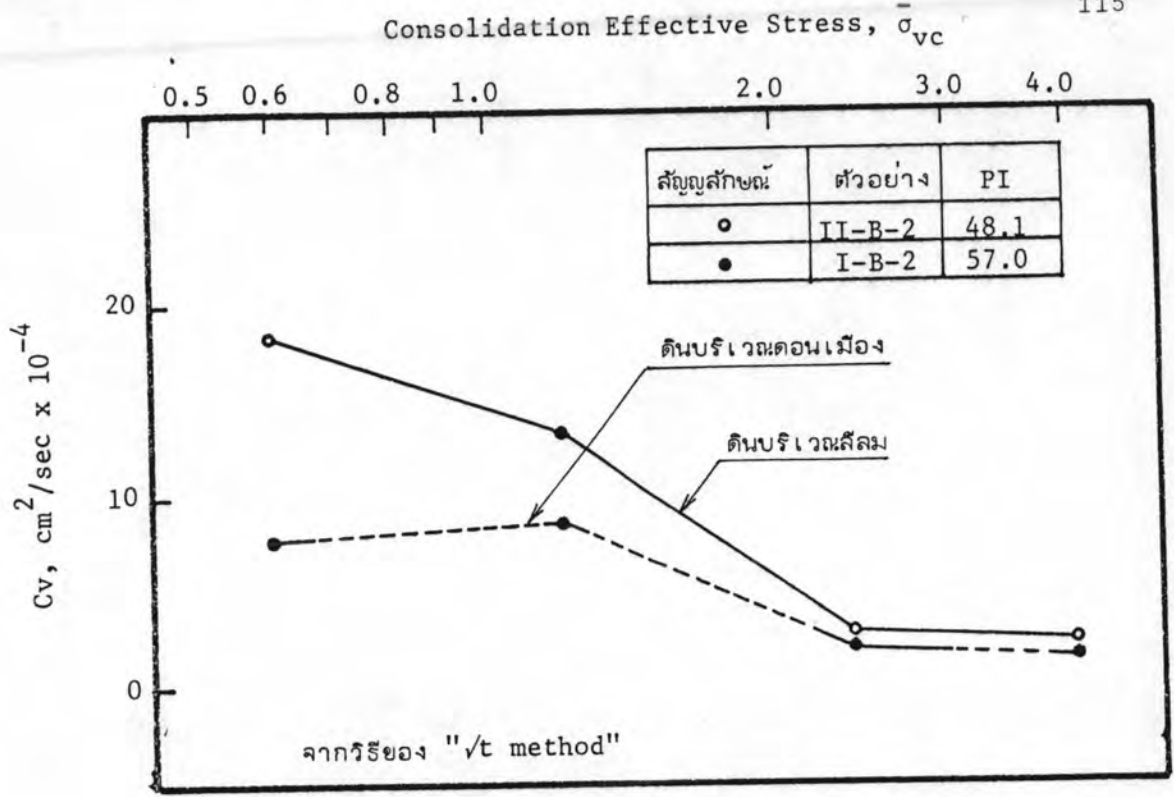
รูปที่ 4.51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาสิ้นสุด primary consolidation, (Tp) กับ stress ratio ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง LIR ของตัวอย่างดินบริเวณสลิสม



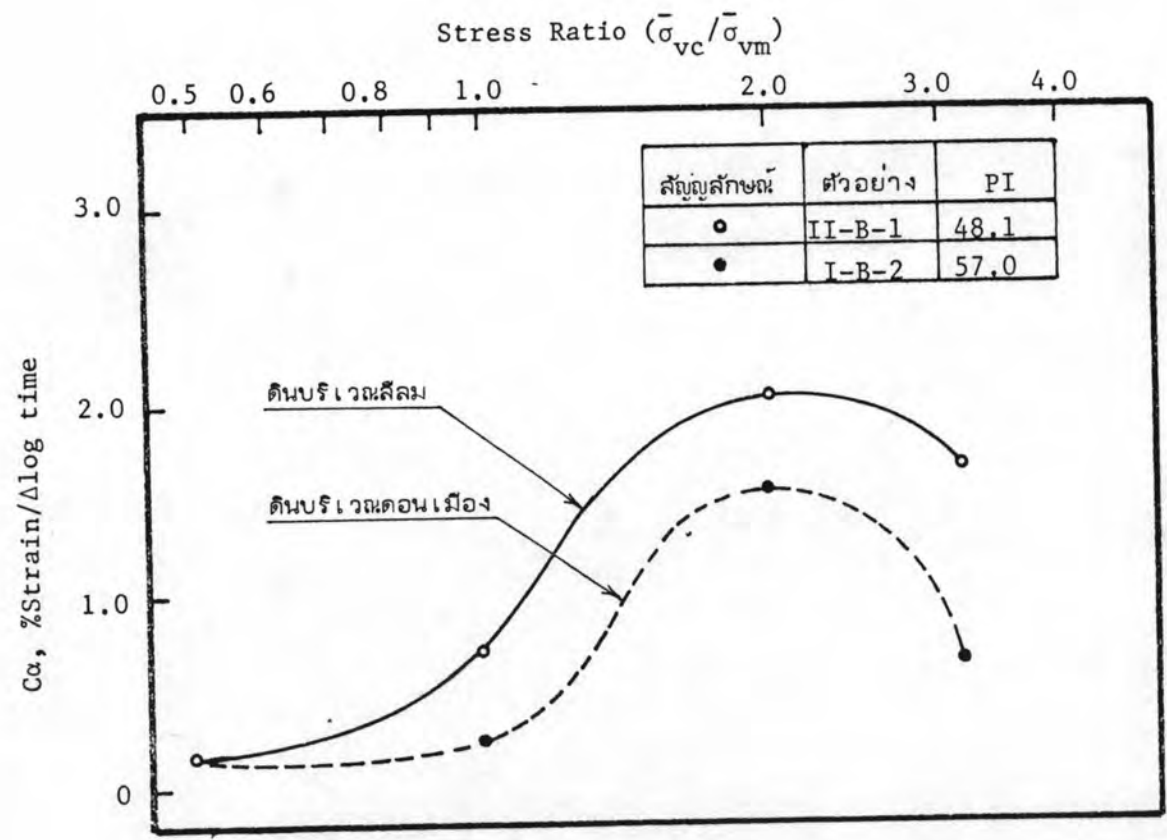
รูปที่ 4.53 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง coefficient of consolidation กับหน่วยและประสิทธิภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง LIR ของดินบริเวณลุ่ม



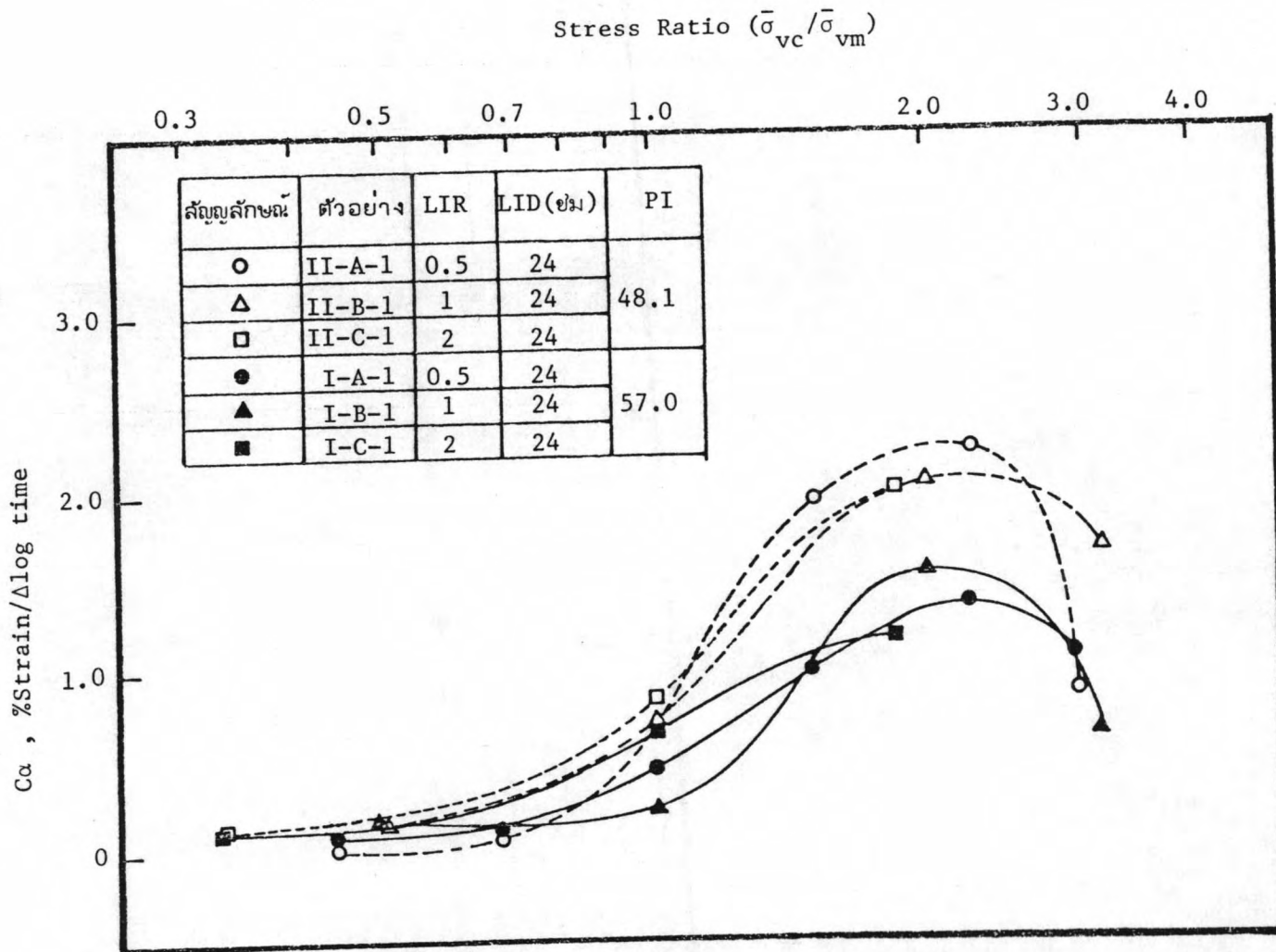
รูปที่ 4.54 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง coefficient of consolidation กับหน่วยแรงประสิทธิภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง LIR ของดินบริเวณดอนเมือง



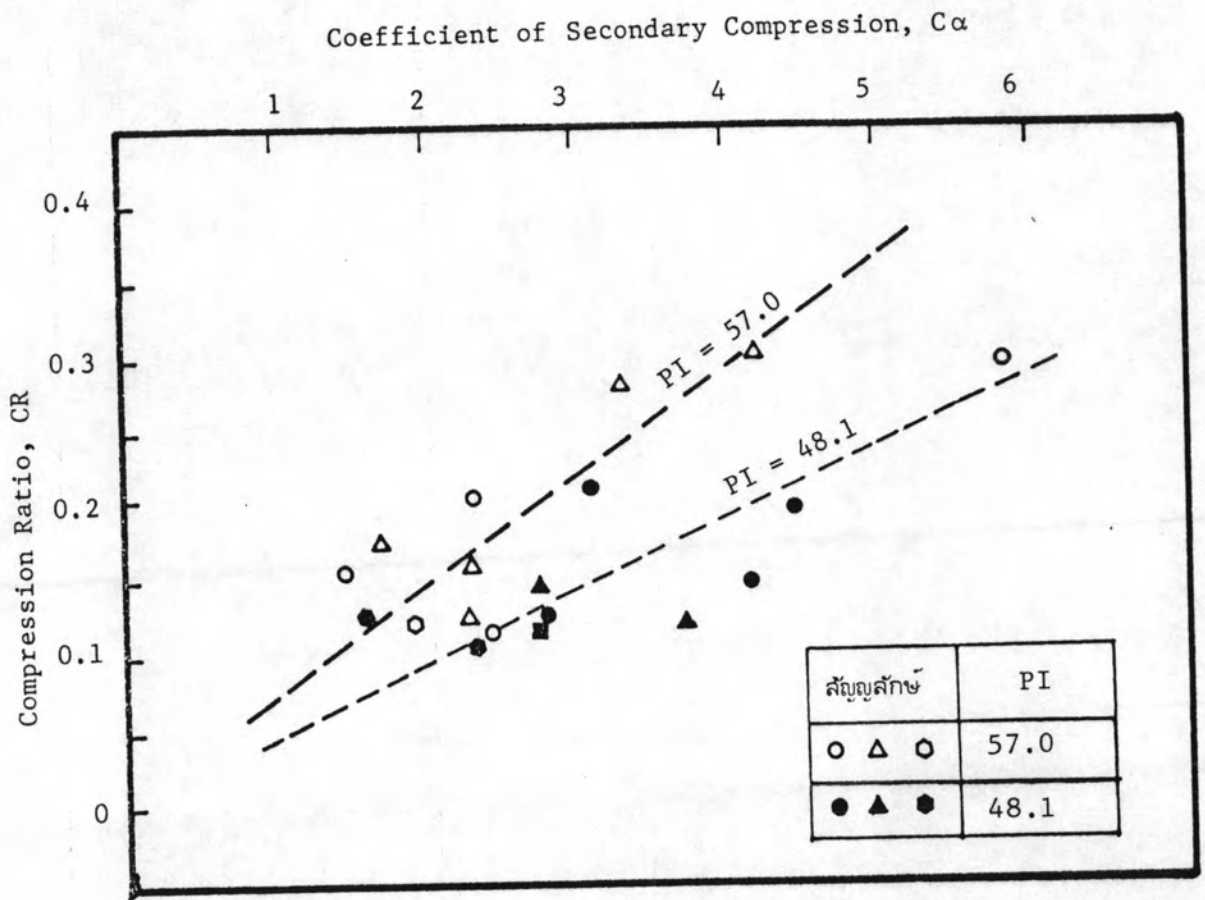
รูปที่ 4.55 แสดงค่าของ coefficient of consolidation เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเหนียวทางด้าน plasticity, sensitivity organic content



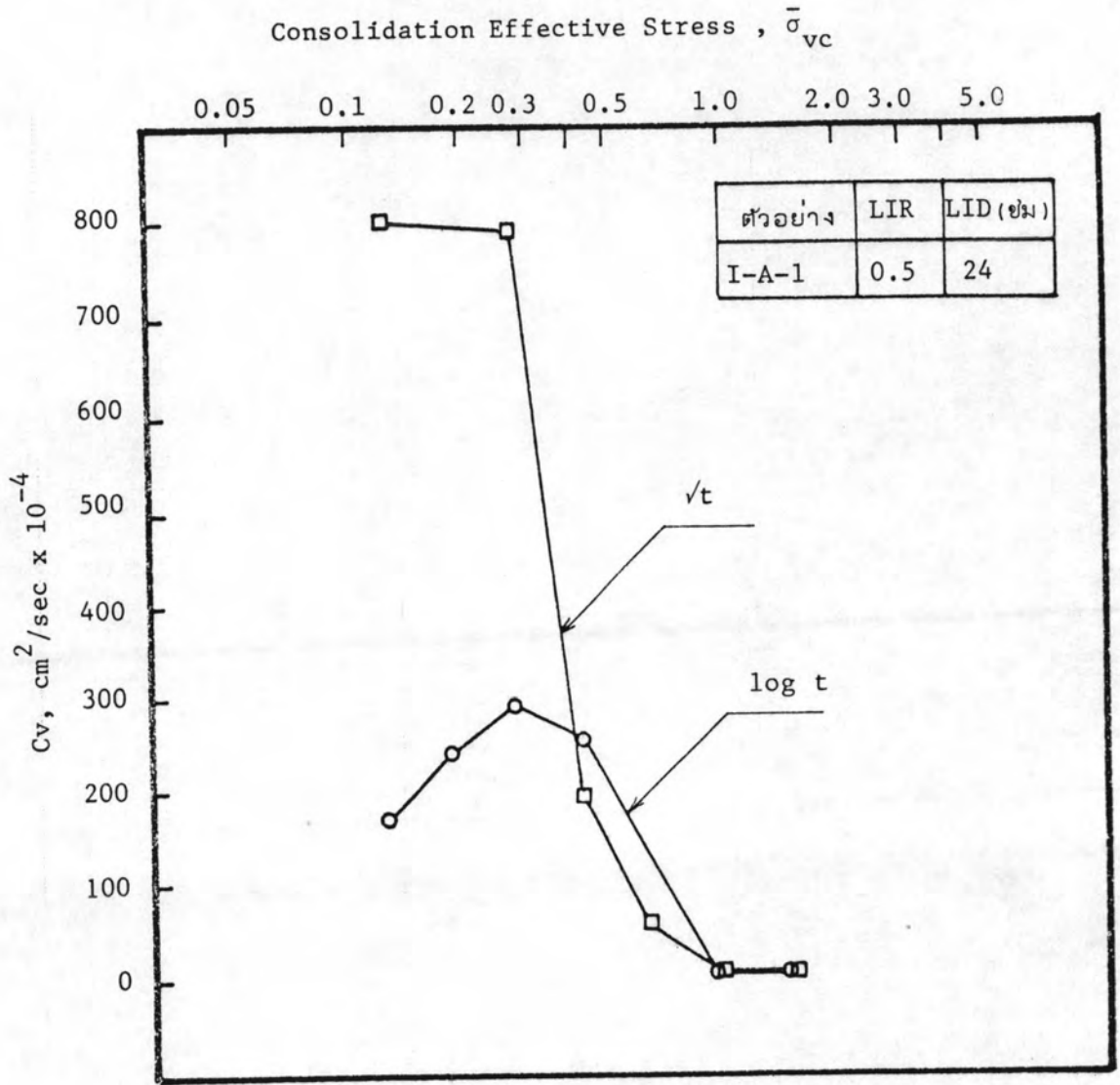
รูปที่ 4.56 แสดงค่าของ coefficient of secondary compression เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเหนียวทางด้าน plasticity sensitivity, organic content



รูปที่ 4.57 เปรียบเทียบค่าของ coefficient of secondary compression เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง LIR ของตัวอย่างดินเหนียว ที่มีค่า PI แตกต่างกัน



รูปที่ 4.58 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง coefficient of secondary compression ($C\alpha$) กับ compression ratio (CR) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติของดินทางด้าน Plasticity



รูปที่ 4.59 เปรียบเทียบค่าของ coefficient of consolidation จากวิธีของ Taylor(\sqrt{t}) และ Casagrande ($\log t$) ในช่วงก่อน unloading/Reloading cycle ของ Weathered Bangkok clay บริเวณตอนเมือง