

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและการพิจารณา

#### 4.1 คุณสมบัติของดินเหนียวอ่อนตอนเมือง และความเป็นเนื้อเดียวกันของดินตัวอย่าง

4.1.1 คุณสมบัติของดินเหนียวอ่อนตอนเมือง ดินเหนียวอ่อนอยู่ที่ระดับความลึก 1.00-12.00 เมตร มีสีเทา ลักษณะของดินจะมีเปลือกหอย รากไม้ และชิ้นบาง ๆ ของทรายละเอียดปะปนอยู่เป็นส่วน ๆ ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของดินแสดงไว้ในตารางที่ 3.1, 4.1 และ 4.2 ตารางที่ 3.1 แสดงค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติดินตัวอย่างทั้งหมด ส่วนตารางที่ 4.1 และ 4.2 เป็นค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติดินที่ได้จากการทดสอบแบบคอนโซลเดชั่น และไตรแอกเซียล เรียงตามลำดับคุณสมบัติของดินที่แสดงไว้ในตารางต่าง ๆ นั้นเป็นดินอ่อนชนิด Overconsolidated และมีอัตราส่วนช่องว่างสูง ซึ่งมีความสามารถในการยุบตัวสูง

4.1.2 ความเป็นเนื้อเดียวกันของดินตัวอย่าง เป็นสิ่งสำคัญซึ่งจะมีผลกระทบต่อผลการทดสอบ การวิจัยในครั้งนี้จึงเก็บดินตัวอย่างแบบกล่อง (Block sample) เพื่อที่จะได้ดินตัวอย่างที่อยู่ในระดับความลึกใกล้เคียงกัน คือ 5.40-5.70 เมตร

ตารางที่ 4.3 และ 4.4 แสดงคุณสมบัติเริ่มแรกของดินตัวอย่าง อัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรกของดินตัวอย่างมีค่าตั้งแต่ 2.087 ถึง 2.666 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.464 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ  $\pm 0.130$  ถ้าสมมุติว่ามีการแจกแจงส่วนเบี่ยงเบนของอัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรกเป็นโค้งปกติ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $\pm 0.130$  จะชี้บอกว่าดินตัวอย่างประมาณ 68% จะมีอัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรกอยู่ระหว่างช่วง 2.334-2.594 ปริมาณความชื้นเริ่มแรกของดินตัวอย่างมีค่าอยู่ระหว่าง 79.89 และ 99.12% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.50% และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ  $\pm 3.29$  ค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นของการทดสอบแบบคอนโซลเดชั่น และไตรแอกเซียล เท่ากับ 88.86 และ 90.35% ตามลำดับ ซึ่งต่างกันไม่มากนัก ปริมาณความชื้นของดินตัวอย่างที่นำมาหาค่าเหล่านี้ได้จากเศษดินที่ trim ออกจากส่วนบน กลาง และ ส่วนของดินตัวอย่าง

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของดินเหนียวอ่อนดอนเมืองจากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน

คุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ปริมาณความชื้น, $W_n$ %	88.86	$\pm 3.11$
ขีดเหลว $W_L$ %	86.36	$\pm 0.78$
ขีดพลาสติก $W_p$ %	39.31	$\pm 1.73$
Plasticity Index, P.I. %	47.05	$\pm 1.51$
Liquidity Index, L.I.	1.08	$\pm 0.05$
อัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรก, $e_o$	2.498	$\pm 0.140$
หน่วยน้ำหนักแห้ง, $\gamma_d$ , ตัน/ม <sup>3</sup>	0.77	$\pm 0.04$

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติพื้นฐานของดินเหนียวอ่อนดอนเมืองจากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล

คุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ปริมาณความชื้น, $W_n$ %	90.05	$\pm 3.33$
ขีดเหลว, $W_L$ %	87.02	$\pm 3.33$
ขีดพลาสติก, $W_p$ %	38.54	$\pm 1.31$
Plasticity Index, P.I. %	48.48	$\pm 2.82$
Liquidity Index, L.I.	1.07	$\pm 0.10$
อัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรก, $e_o$	2.19	$\pm 0.010$
หน่วยน้ำหนักแห้ง, $\gamma_d$ , ตัน/ม <sup>3</sup>	0.78	$\pm 0.02$

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติเริ่มแรกของดินตัวอย่างจากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน

การทดลอง เลขที่	อัตราการเพิ่ม น้ำหนัก	ระยะเวลาการ เพิ่มน้ำหนัก	คุณสมบัติเริ่มแรกของดินตัวอย่าง				ความลึก เมตร	$\bar{\sigma}_{vm}$ กก./ซม <sup>2</sup>	OCR
			$e_o$	$W_n, \%$	Sat, %	$\gamma_d$ ตัน/ม <sup>3</sup>			
I-C-1 <sub>1</sub>	0.50	$t_{100}$	2.644	90.97	92.20	0.735	5.65	0.87	1.96
I-C-1 <sub>2</sub>	0.50	90 นาที	2.666	90.78	97.69	0.731	5.55	0.85	1.94
I-C-2	0.50	24 ชม.	2.666	92.87	93.37	0.727	5.65	0.85	1.92
I-C-3	0.50	48 ชม.	2.558	89.91	94.17	0.753	5.55	0.83	1.89
II-C-1 <sub>1</sub>	1.00	$t_{100}$	2.521	86.86	92.33	0.761	5.55	0.94	2.14
II-C-1 <sub>2</sub>	1.00	90 นาที	2.356	86.95	98.84	0.799	5.55	0.91	2.07
II-C-2	1.00	24 ชม.	2.558	89.77	94.03	0.753	5.55	0.75	1.71
II-C-3	1.00	48 ชม.	2.463	89.99	97.93	0.774	5.55	0.72	1.64
III-C-1 <sub>1</sub>	1.50	$t_{100}$	2.572	88.24	100.00	0.802	5.65	1.00	2.26
III-C-1 <sub>2</sub>	1.50	90 นาที	2.087	79.89	100.00	0.868	5.55	1.00	2.28
III-C-2	1.50	24 ชม.	2.429	86.26	95.17	0.782	5.45	0.75	1.72
III-C-3	1.50	48 ชม.	2.464	86.69	94.25	0.774	5.55	0.80	1.82
IV-C-1	2.00	$t_{100}$	2.572	91.42	95.24	0.750	5.65	1.03	2.33
IV-C-2	2.00	24 ชม.	2.372	87.66	99.01	0.795	5.65	0.80	1.81
IV-C-3	2.00	48 ชม.	2.554	90.73	95.20	0.754	5.65	0.75	1.69

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติเริ่มแรกของดินตัวอย่างจากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล

การทดสอบ เลขที่	อัตราการเพิ่ม น้ำหนัก	ระยะเวลาการ เพิ่มน้ำหนัก	คุณสมบัติเริ่มแรกของดินตัวอย่าง				ความลึก เมตร	$\bar{\sigma}_{vm}$ กก./ซม <sup>2</sup>	OCR.
			$e_o$	$W_n, \%$	Sat, %	$\gamma_d$ ตัน/ม <sup>3</sup>			
I-T-1	0.50	$t_{100}$	2.309	87.07	100.00	0.81	5.65	0.98	2.21
I-T-2	0.50	24 ชม.	2.631	99.12	100.00	0.74	5.55	0.80	1.82
I-T-3	0.50	48 ชม.	2.573	89.51	100.00	0.75	5.45	0.70	1.61
II-T-1	1.00	$t_{100}$	2.296	86.94	100.00	0.81	5.65	0.90	2.03
II-T-2	1.00	24 ชม.	2.358	88.36	100.00	0.80	5.65	0.82	1.85
II-T-3	1.00	48 ชม.	2.390	90.05	100.00	0.79	5.65	0.78	1.76
II-T-4*	1.00	24 ชม.	2.482	92.84	100.00	0.77	5.55	0.70	1.59
III-T-1	1.50	$t_{100}$	2.457	92.22	100.00	0.78	5.65	0.94	2.12
III-T-2	1.50	24 ชม.	2.405	89.39	99.62	0.79	5.55	0.88	2.00
III-T-3	1.50	48 ชม.	2.316	87.25	100.00	0.81	5.65	0.82	1.85
IV-T-1	2.00	$t_{100}$	2.411	90.97	100.00	0.79	5.65	0.84	1.90
IV-T-2	2.00	24 ชม.	2.379	89.28	100.00	0.79	5.65	0.83	1.87
IV-T-3	2.00	48 ชม.	2.507	94.01	100.00	0.76	5.55	0.82	1.87

หมายเหตุ \* การทดสอบแบบไอโซทรอปิก

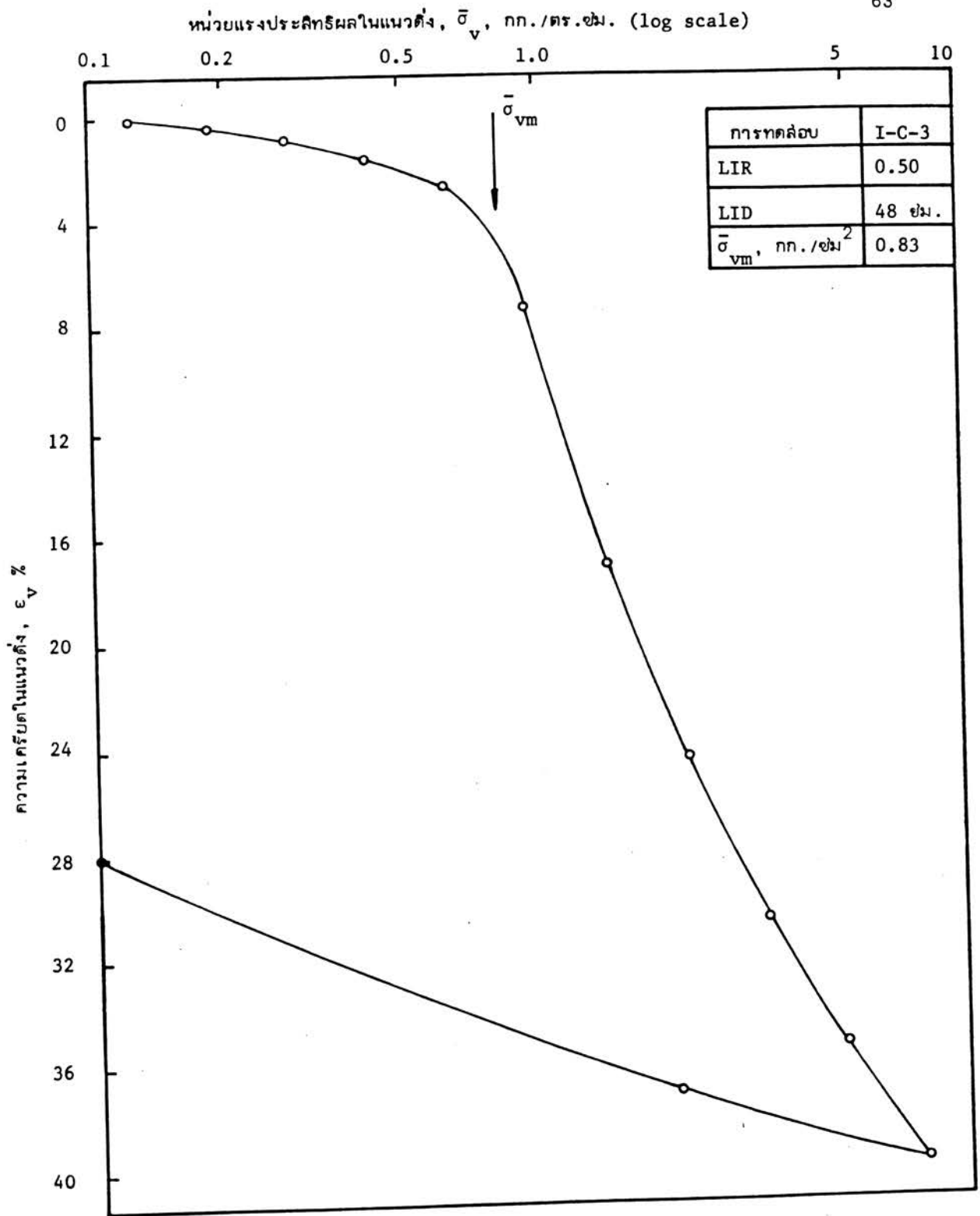
#### 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด และหน่วยแรงประสิทธิผล

การวิเคราะห์ในบทนี้ จะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด และหน่วยแรงประสิทธิผล แทนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่าง และหน่วยแรงประสิทธิผล ทั้งนี้เนื่องจากว่าอัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรกของดินตัวอย่างมีค่าไม่คงที่ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 ถ้าใช้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่าง และหน่วยแรงประสิทธิผลเปรียบเทียบระหว่างการทดสอบต่าง ๆ จะไม่ค่อยชัดเจนนัก ดังนั้นในการวิเคราะห์การยุบตัว  $-\log \bar{\sigma}_v$  จึงใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด และหน่วยแรงประสิทธิผลแทน ส่วนข้อมูลของการทดสอบแต่ละตัวอย่างซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่าง และหน่วยแรงประสิทธิผล แสดงไว้ในภาคผนวก ข .

4.2.1 ลักษณะของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด-log หน่วยแรงประสิทธิผล รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด และหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งของดินเหนียวอ่อนดอนเมืองซึ่งได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน กราฟนี้ได้จากการทดสอบเลขที่ I-C-3 ที่ระดับความลึก 5.55 เมตร ใช้อัตราการเพิ่มน้ำหนักเท่ากับ 0.50 ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักเท่ากับ 48 ชม. กราฟที่นำมาแสดงนี้ จะเห็นว่าได้มาจากการทดสอบที่มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักน้อยที่สุดที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ ทั้งนี้เพราะว่าจะให้รูปกราฟที่ชัดเจนมากกว่า

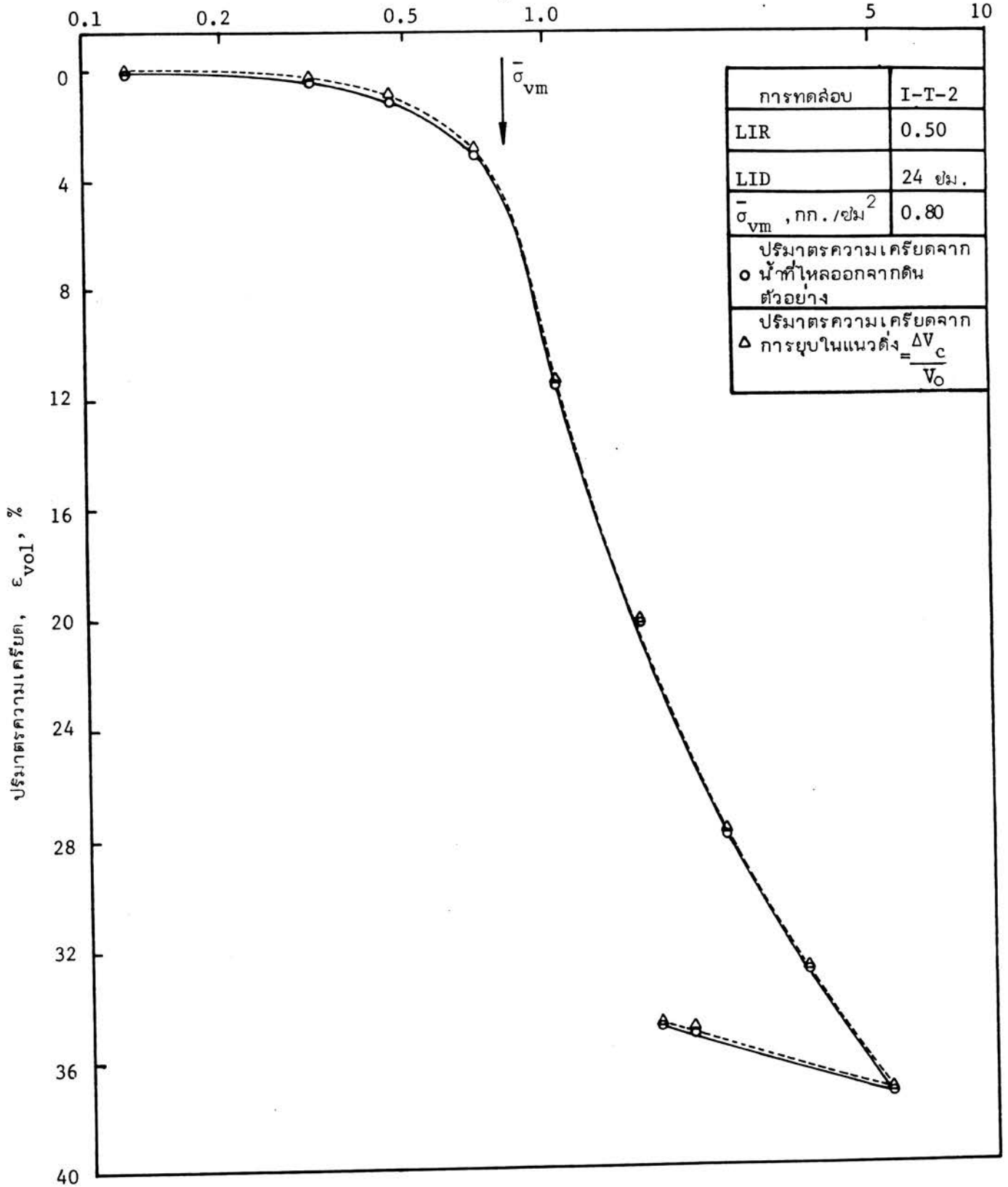
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเครียด และหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งของดินเหนียวอ่อนดอนเมือง ซึ่งได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล จากการทดสอบเลขที่ I-T-2 ที่ระดับความลึก 5.55 เมตร ใช้อัตราการเพิ่มน้ำหนักเท่ากับ 0.50 และระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก เท่ากับ 24 ชม. การทดสอบแบบไตรแอกเซียลเป็นแบบ  $K_0$ -consolidation คือ ไม่มีการยืด-หดตัวทางด้านข้าง โดยควบคุมปริมาตรของน้ำที่ไหลออกจากดินตัวอย่าง และปริมาตรการยุบตัวในแนวตั้งให้เท่ากัน รูปที่ 4.2 จะเห็นว่าในย่วง OC ปริมาตรการยุบตัวในแนวตั้งน้อยกว่าปริมาตรน้ำที่ไหลออกจากดินตัวอย่าง ทั้งที่ได้พยายามลดค่า  $K$  ให้ต่ำแล้ว ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่าวงรอบด้านข้างของดินตัวอย่างถูกรบกวน (disturbed) ขณะ trim ดินตัวอย่าง ทำให้ด้านข้างของดินตัวอย่างยุบตัวได้ง่าย ส่วนในย่วง NC ปริมาตรการยุบตัวในแนวตั้งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาตรน้ำที่ไหลออกจากดินตัวอย่าง

กราฟในรูปทั้ง 2 นี้ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด-log หน่วยแรงประสิทธิผล ซึ่งเป็นลักษณะของ Sensitivity clay TERZAGHI and PECK (1948) กล่าวว่ ดินเหนียวทั่ว ๆ ไปจะมี Sensitivity อยู่ระหว่าง 2-4 ดินเหนียวที่มี Sensitivity



รูปที่ 4.1 ลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด-หน่วยแรงประสิทธิผลของดินเหนียวอ่อนตอนเมือง จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน

หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_v$ , กก./ตร.ซม. (log scale)



รูปที่ 4.2 ลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด-หน่วยแรงประสิทธิผลของดินเหนียวอ่อน  
ดอนเมือง จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล

อยู่ระหว่าง 4-8 จะเป็น Sensitivity clay ส่วนดินเหนียวที่มี Sensitivity อยู่ระหว่าง 8-16 จะเป็น Extrasensitivity clay และดินเหนียวที่มี Sensitivity มากกว่า 16 จะเป็นพวก Quick clay จากการทดสอบของดินตัวอย่างพบว่า มี Sensitivity เท่ากับ 7 ซึ่งตรงกับรายงานของ VONGTHIERES (1966) ซึ่งสรุปว่า Sensitivity ของดินเหนียวอ่อน กรุงเทพฯ มีค่าประมาณ 7

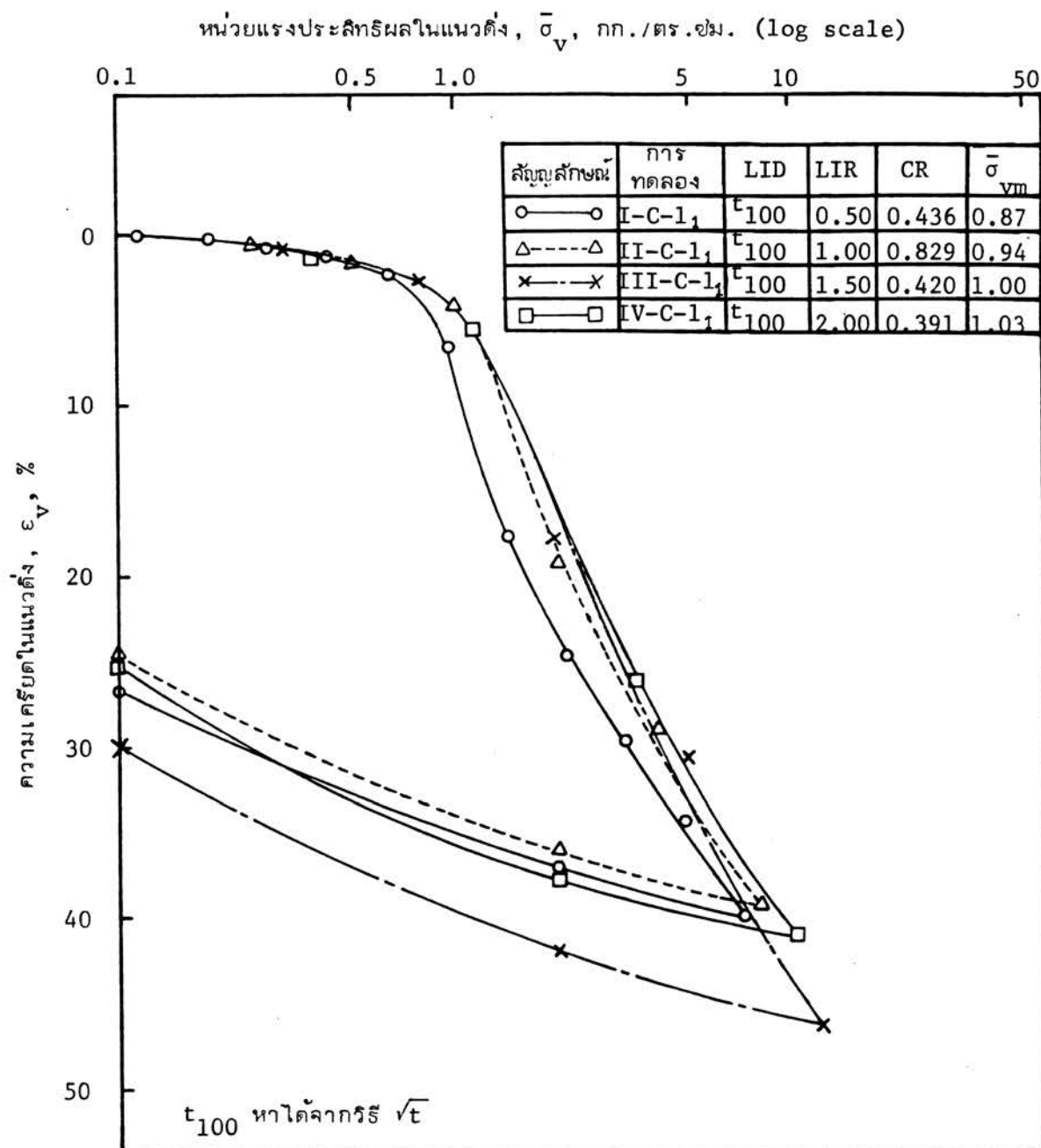
จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นว่าในช่องที่เป็น Overconsolidated range กราฟค่อนข้างจะอยู่ในแนวราบ จนกระทั่งหน่วยแรงประสิทธิผลมากกว่าหน่วยแรงสูงสุดในอดีต กราฟจะลาดชันทันที และเมื่อหน่วยแรงประมาณ 2.3 กก./ตร.ซม. กราฟจะเปลี่ยนความชันไป พฤติกรรมเช่นนี้เนื่องจากว่าดินมี Sensitivity สูง เพราะถูกชะล้าง (leaching) เกือบออกไปจากดิน (marine deposited clay) การลดลงของเกลือในช่องว่างภายในมวลดินจะเป็นผลทำให้ความเข้มข้นของ cation ลดลง ดังนั้น electro-kinetic potential จะสูงขึ้น และโครงสร้างของดิน จะมีเสถียรภาพน้อยลง SKEMPTON & NORTHEY (1952) เรียกสภาวะโครงสร้างของดินขณะนั้นว่า meta-stable structure เมื่อดินถูกกระทำด้วยแรงดันที่เกินกว่าหน่วยแรงสูงสุดในอดีต ทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนแปลงง่ายจนถึงแรงดันประมาณ 2.3 กก./ตร.ซม. โครงสร้างดินจะอยู่ในสภาวะสมดุลกับ electro-kinetic potential ซึ่งเรียกสภาวะนี้ว่า stable structure จุดที่เปลี่ยนจาก meta-stable structure เป็น stable structure เรียกว่า Counter flexure อนึ่ง การที่ผลทดสอบแสดงว่า ความเครียดน้อยในช่วงที่ดินเหนียวอยู่ใน overconsolidated state แสดงว่าตัวอย่างดินได้รับการรบกวนระหว่างการทดสอบ และการเก็บตัวอย่างน้อยมาก

#### 4.2.2 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก

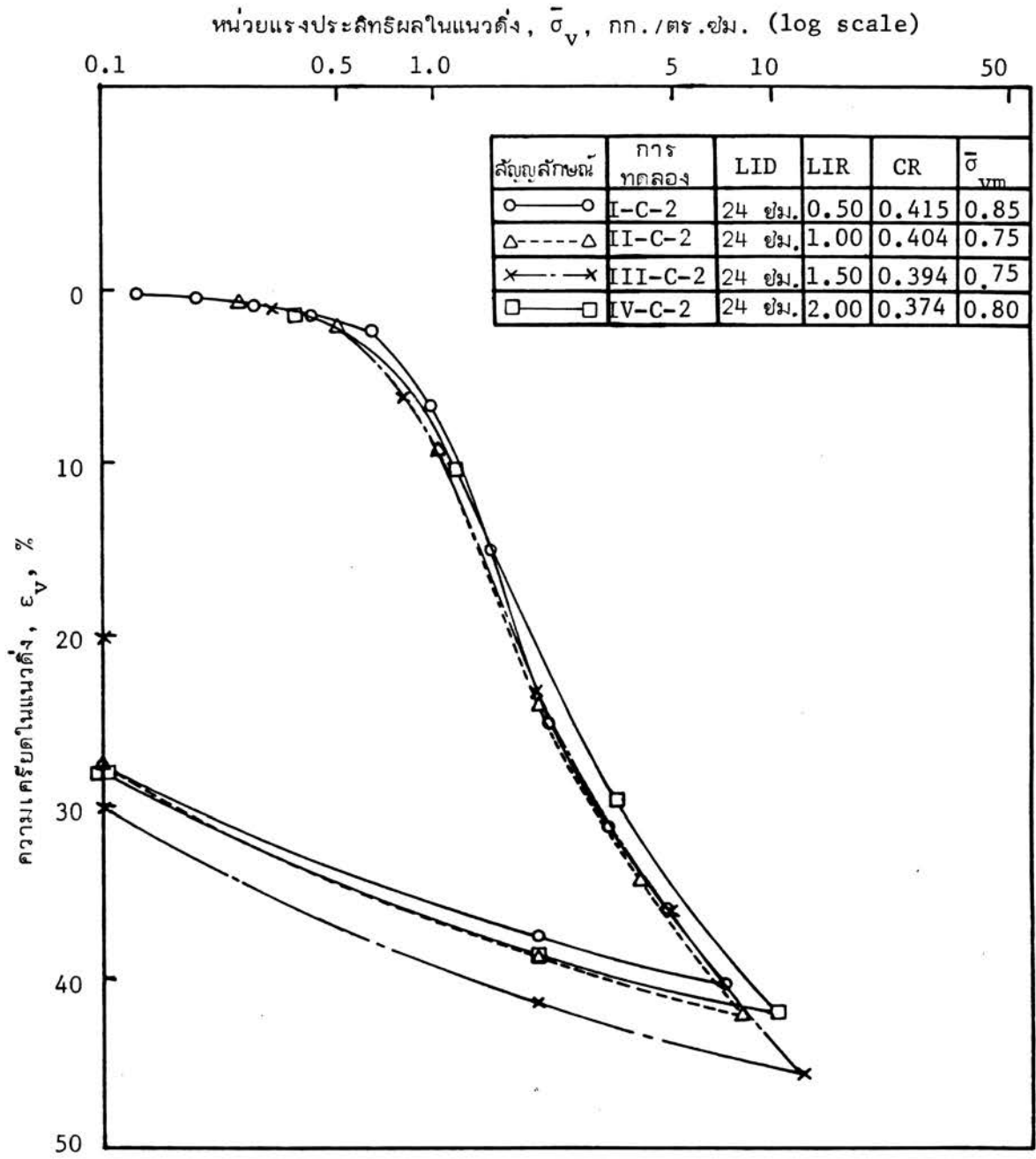
รูปที่ 4.3, 4.4 และ 4.5 แสดงผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก ซึ่งได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน โดยให้ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักคงที่ ส่วนอัตราการเพิ่มน้ำหนักเปลี่ยนไปดังนี้ รูปที่ 4.3 เป็นการทดสอบของดินที่ใช้  $LID = t_{100}$  และ  $LIR = 0.50, 1.00, 1.50$  และ  $2.00$  รูปที่ 4.4 เป็นการทดสอบของดินที่ใช้  $LID = 24$  ซม. และ  $LIR = 0.50, 1.00, 1.50$  และ  $2.00$  รูปที่ 4.5 เป็นการทดสอบของดินที่ใช้  $LID = 48$  ซม. และ  $LIR = 0.50, 1.00, 1.50$  และ  $2.00$

ผลการทดสอบที่แสดงในรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าในช่วง overconsolidated กราฟเกือบจะทับเป็นเส้นเดียวกัน ส่วนในช่วง normally consolidated จะเห็นว่าไม่มีผล

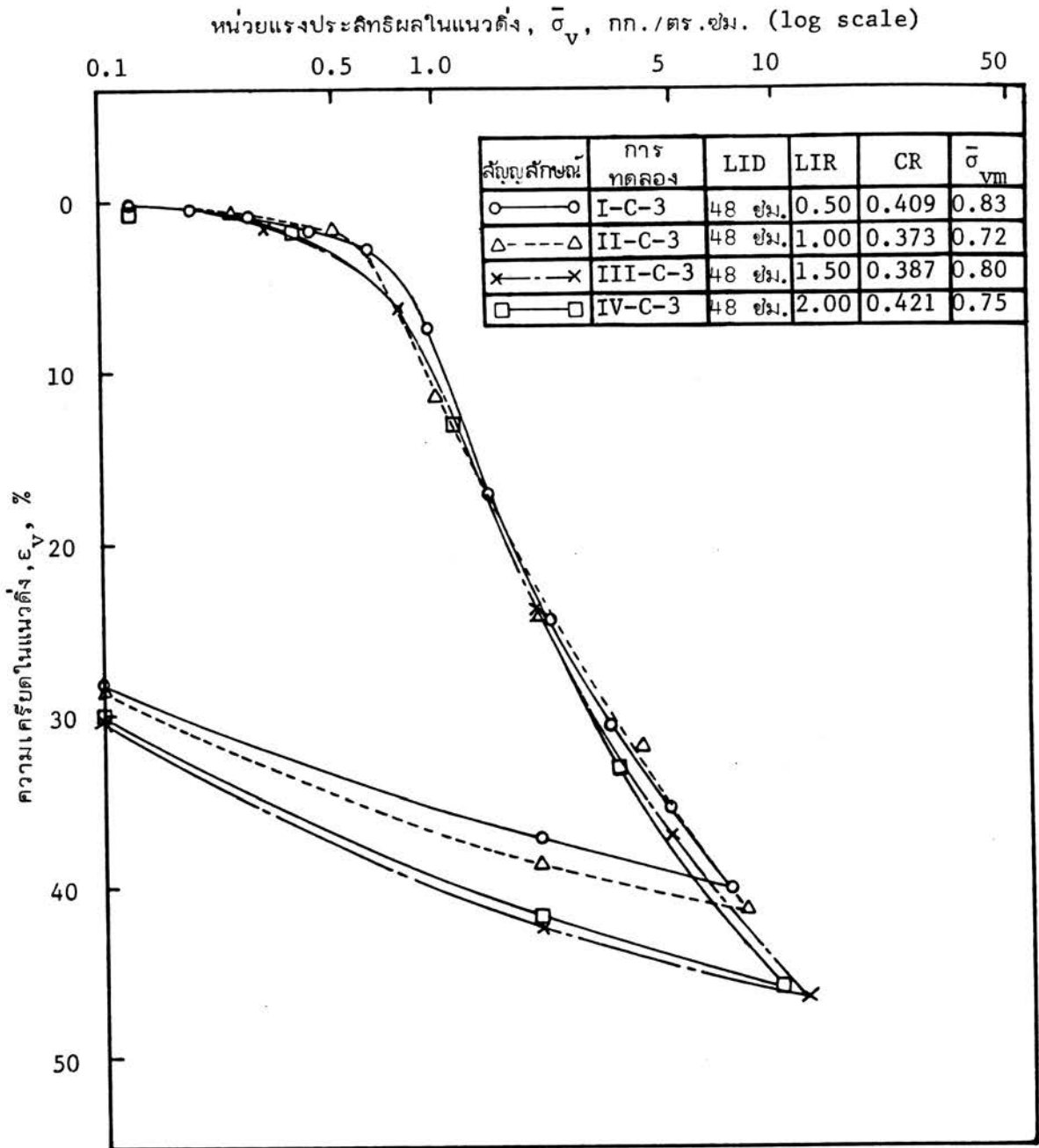




รูปที่ 4.3 ผลกระทบเนื่องจากการอัดการเพิ่มน้ำหนัก ต่อ  $\epsilon_v - \log \bar{\sigma}_v$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन เมื่อ LID = t<sub>100</sub>



รูปที่ 4.4 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $\epsilon_v - \log \bar{\sigma}_v$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน เมื่อ LID = 24 ซม.



รูปที่ 4.5 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $\epsilon_v - \log \bar{\sigma}_v$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन เมื่อ LID = 48 ซม.

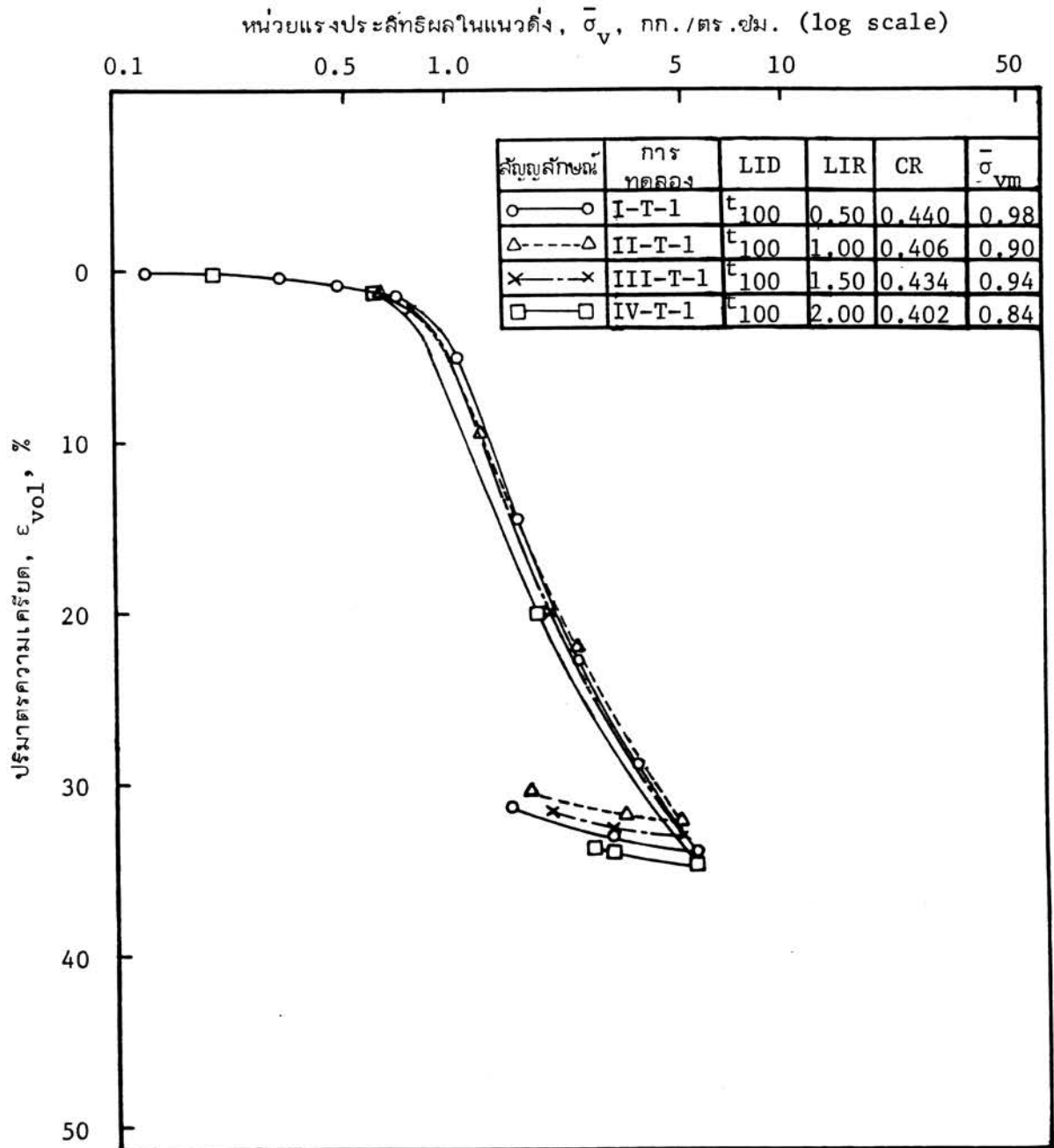
กระทบที่สำคัญเนื่องจาก LIR ที่เห็นว่ากราฟแตกต่างกันบ้างเนื่องจากอัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรกแตกต่างกัน ในช่วง rebound ไม่มีผลกระทบเนื่องจาก LIR ที่เห็นว่ากราฟของ LIR ที่สูงกว่าจะชันมากกว่านั้น ทั้งนี้ เนื่องจากว่ากราฟของ LIR ที่สูงกว่าถูกแรงกระทำมากกว่า LIR ที่ต่ำกว่า จึงทำให้พองตัวได้มากกว่า เนื่องจากเกิดแรงผลักระหว่างเม็ดดิน

ผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 4.4 และ 4.5 เป็นการทดสอบที่ใช้ LID = 24 ซม. และ 48 ซม. เรียงตามลำดับ ซึ่งการทดสอบนี้จะมีผลของ Secondary consolidation มาเกี่ยวข้องด้วยในช่วง O.C. กราฟมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ส่วนในช่วง N.C. จะเห็นว่าอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่มีผลกระทบต่อกราฟความเครียด-log หน่วยแรงประสิทธิผลเลย ที่เห็นต่างกันบ้าง เนื่องจากว่าอัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรกของดินมีค่าไม่เท่ากัน ในช่วง rebound ไม่มีผลกระทบเนื่องจาก LIR

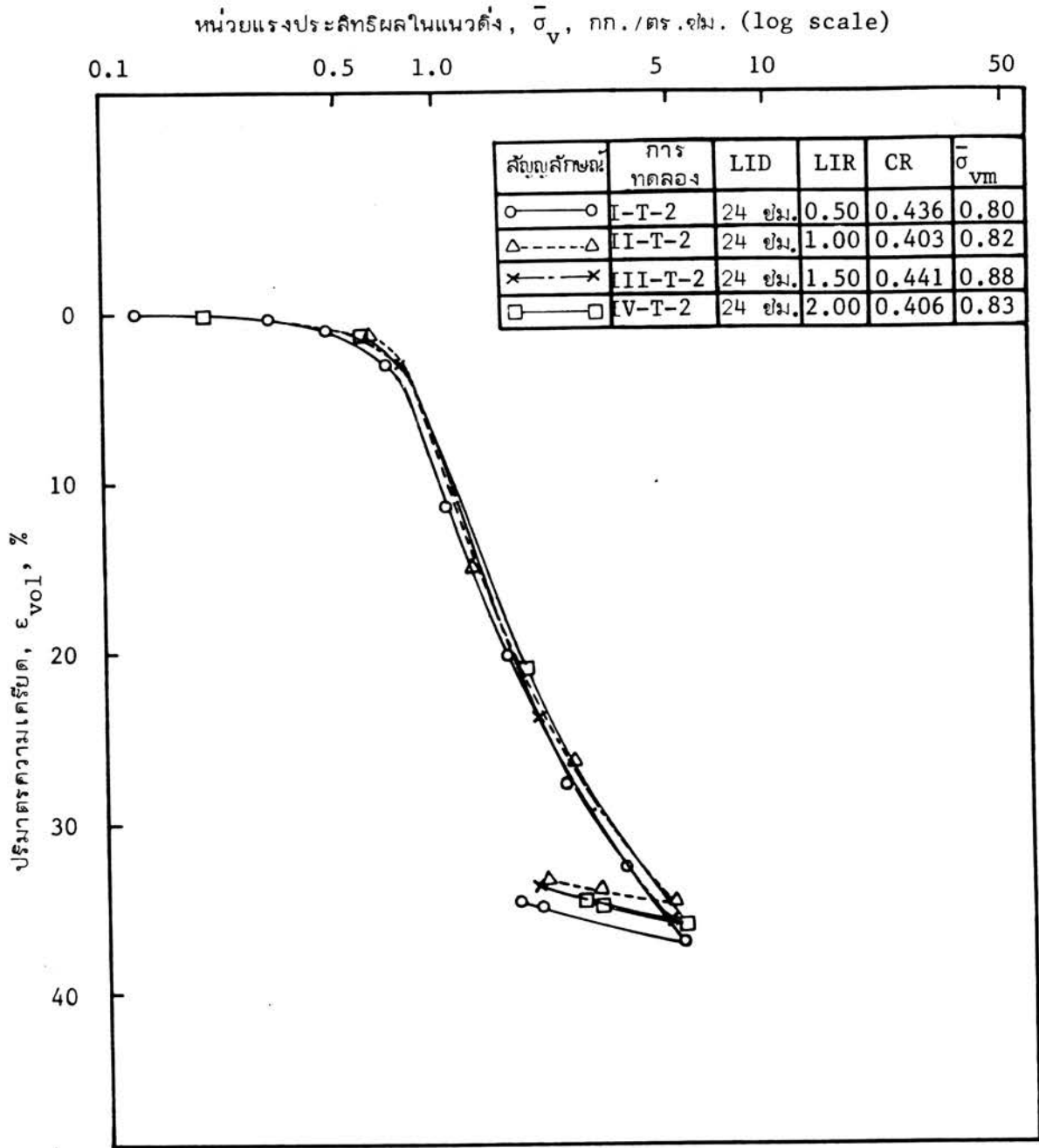
รูปที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 เป็นกราฟที่ได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล ซึ่งมีระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักคงที่ คือ  $t_{100}$ , 24 ซม. และ 48 ซม. เรียงตามลำดับ ส่วนอัตราการเพิ่มน้ำหนักเปลี่ยนไปทั้ง 3 รูป คือ 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 กราฟในรูปทั้ง 3 นี้ เขียนระหว่าง  $e_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$  ทั้งนี้เนื่องจากว่าดินตัวอย่างอาจมีการยุบตัวทางด้านข้างบ้างเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.2 จึงไม่เขียนกราฟระหว่าง  $e_v - \log \bar{\sigma}_v$

รูปที่ 4.6 ในช่วง O.C. ไม่ได้แสดงจุดไว้ทุกตัวอย่าง เนื่องจากว่าในช่วงนี้กราฟจะทับกัน ส่วนในช่วง N.C. จะเห็นว่ากราฟที่มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่ำจะมีการยุบมากกว่ากราฟที่มี LIR สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากว่าอัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรกไม่เท่ากัน ส่วนรูปที่ 4.7 และ 4.8 ใช้ LID = 24 และ 48 ซม. การทดสอบในช่วง O.C. ไม่ได้แสดงจุดทุกตัวอย่าง เนื่องจากช่วงนี้กราฟจะทับกัน ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกราฟ ส่วนในช่วง N.C. จะเห็นว่าอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนักไม่มีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด-log หน่วยแรงประสิทธิผล ซึ่งเป็นผลที่ได้ในทำนองเดียวกันกับการทดสอบ consolidation ในช่วง rebound ไม่มีผลกระทบเนื่องจาก LIR

TEVES & MOH (1968) ได้แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของอัตราส่วนช่องว่าง -log หน่วยแรงประสิทธิผล ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ไม่ขึ้นอยู่กับ LIR ก่อนที่จะเกิดการ rebound และ recompression และ LIR ที่สูงจะทำให้การยุบตัวมีมากกว่า LIR ที่ต่ำกว่า ภายหลังจากที่มีการ rebound และ recompression REINMANOROM (1974) ได้ทำการ

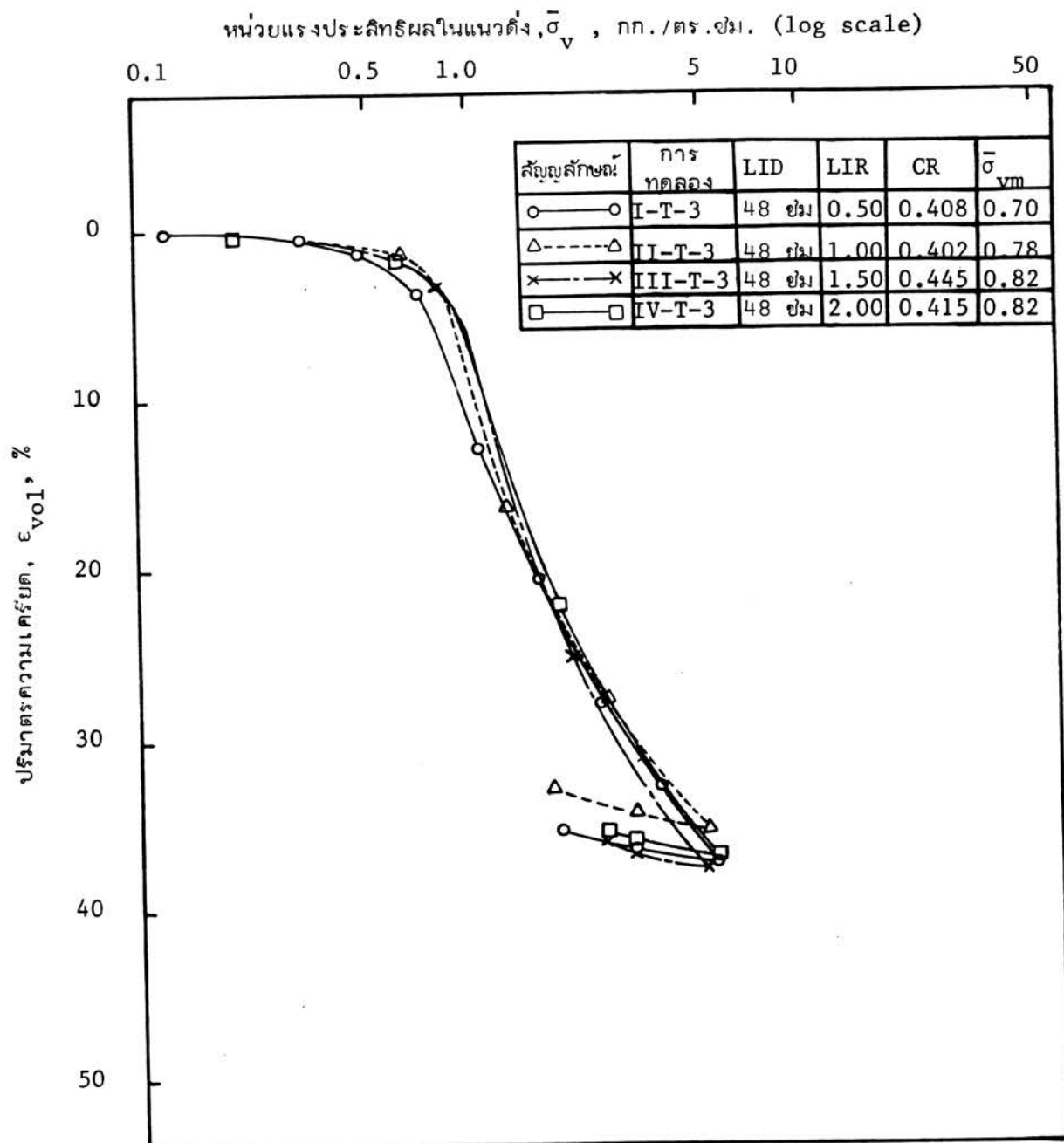


รูปที่ 4.6 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ  $LID = t_{100}$



รูปที่ 4.7 ผลกระทบเนื่องจากการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $\epsilon_{vol}-\log \bar{\sigma}_v$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ LID = 24 ซม.





รูปที่ 4.8 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $\epsilon_{vol}$ - $\log \bar{\sigma}$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ LID = 48 ซม.

ศึกษาดินเหนียวอ่อนหนองงูเห่า แสดงให้เห็นว่า LIR ไม่มีผลต่อความสัมพันธ์ของอัตราส่วนช่องว่าง-  
log หน่วยแรงประสิทธิผลในช่อง O.C. แต่จะมีผลบ้างในช่อง N.C. คือ LIR ต่ำจะทำให้  
การยุบตัวมากกว่า LIR ที่สูงกว่า

#### 4.2.3 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก

รูปที่ 4.9 แสดงผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก ซึ่งได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन รูปที่ 4.9 มี 4 ตัวอย่างใช้อัตราการเพิ่มน้ำหนักเท่ากับ 1.00 เท่ากันทั้งหมด ส่วนระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักเปลี่ยนไป คือ  $t_{100}$ , 90 นาที, 24 ชม., 48 ชม.

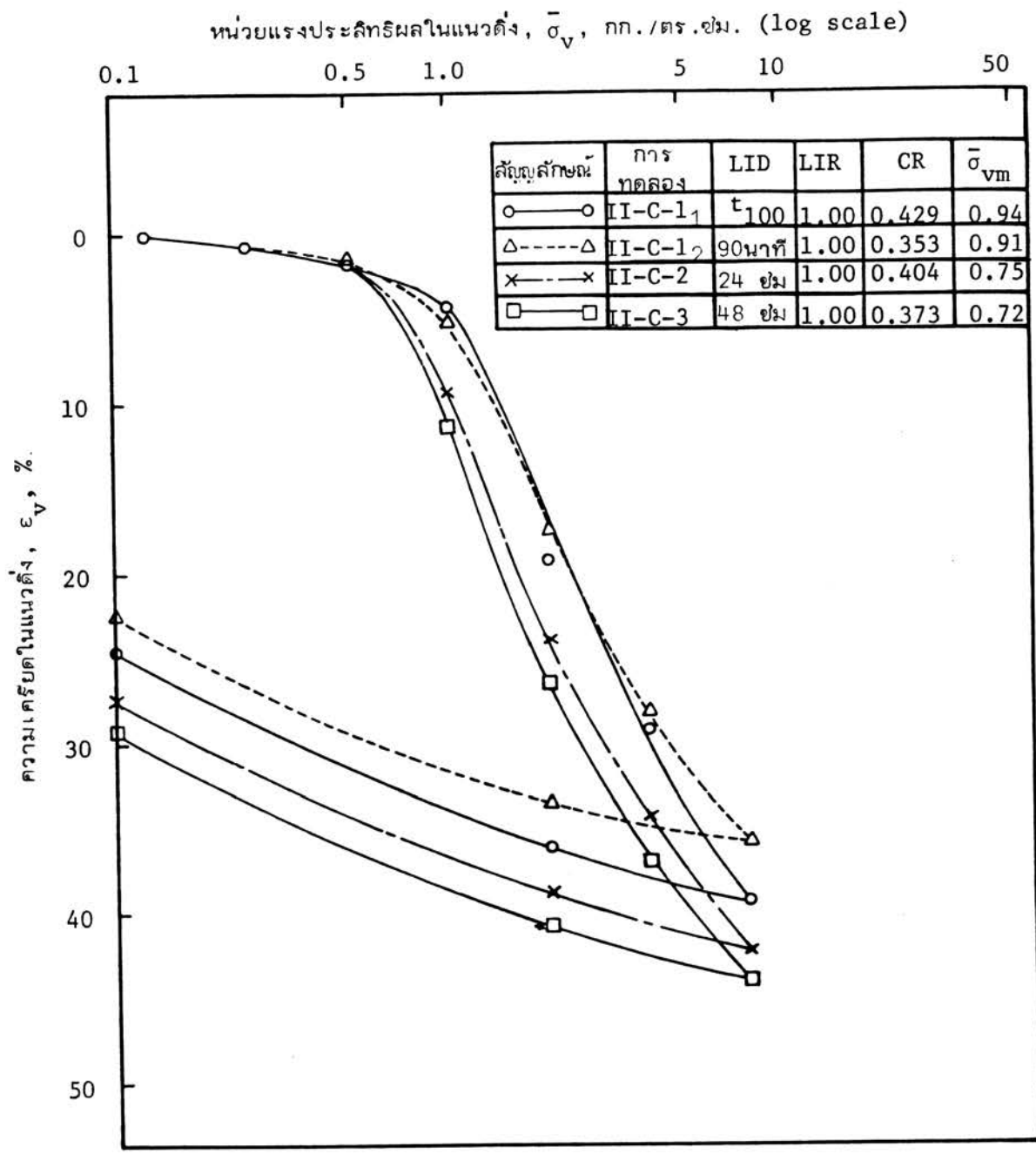
ผลการทดสอบในรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าในช่อง O.C. ไม่ได้เขียนสัญลักษณ์ไว้ทุกตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสับสนเนื่องจากในช่องนี้กราฟของการทดสอบแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย เมื่อพิจารณาในช่อง N.C. จะเห็นว่า กราฟแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ LID สั้น ( $t_{100}$  และ 90 นาที) จะอยู่สูงกว่ากราฟที่มี LID ยาว (24 ชม. และ 48 ชม.) ทั้งนี้เนื่องจากว่า LID ยาวจะเกิด Secondary consolidation เป็นผลให้กราฟต่ำกว่า แต่ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่า LID ยาวจะให้กราฟต่ำกว่า LID สั้นเสมอไป เช่น กราฟเลขที่ II-C-1<sub>1</sub> และ II-C-1<sub>2</sub> ซึ่งแสดงให้เห็นว่า LID ไม่มีผลกระทบต่อกราฟการยุบตัวกับ  $\log \bar{\sigma}_v$  ส่วนในช่อง rebound ไม่มีผลกระทบของ LID

รูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 แสดงผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก ซึ่งได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล แต่ละรูปจะมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักคงที่ คือ 0.50, 1.00 และ 1.50 เรียงตามลำดับ ส่วนระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักจะเปลี่ยนไปในแต่ละรูป คือ  $t_{100}$ , 24 ชม. และ 48 ชม. ในช่อง O.C. จะไม่ได้เขียนสัญลักษณ์ไว้ทุกตัวอย่าง เพื่อป้องกันการสับสนเนื่องจากว่ากราฟเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน สำหรับในช่อง N.C. กราฟที่ LID ยาว จะให้กราฟต่ำกว่ากราฟที่ใช้ LID สั้น เนื่องจากว่าเกิด Secondary consolidation

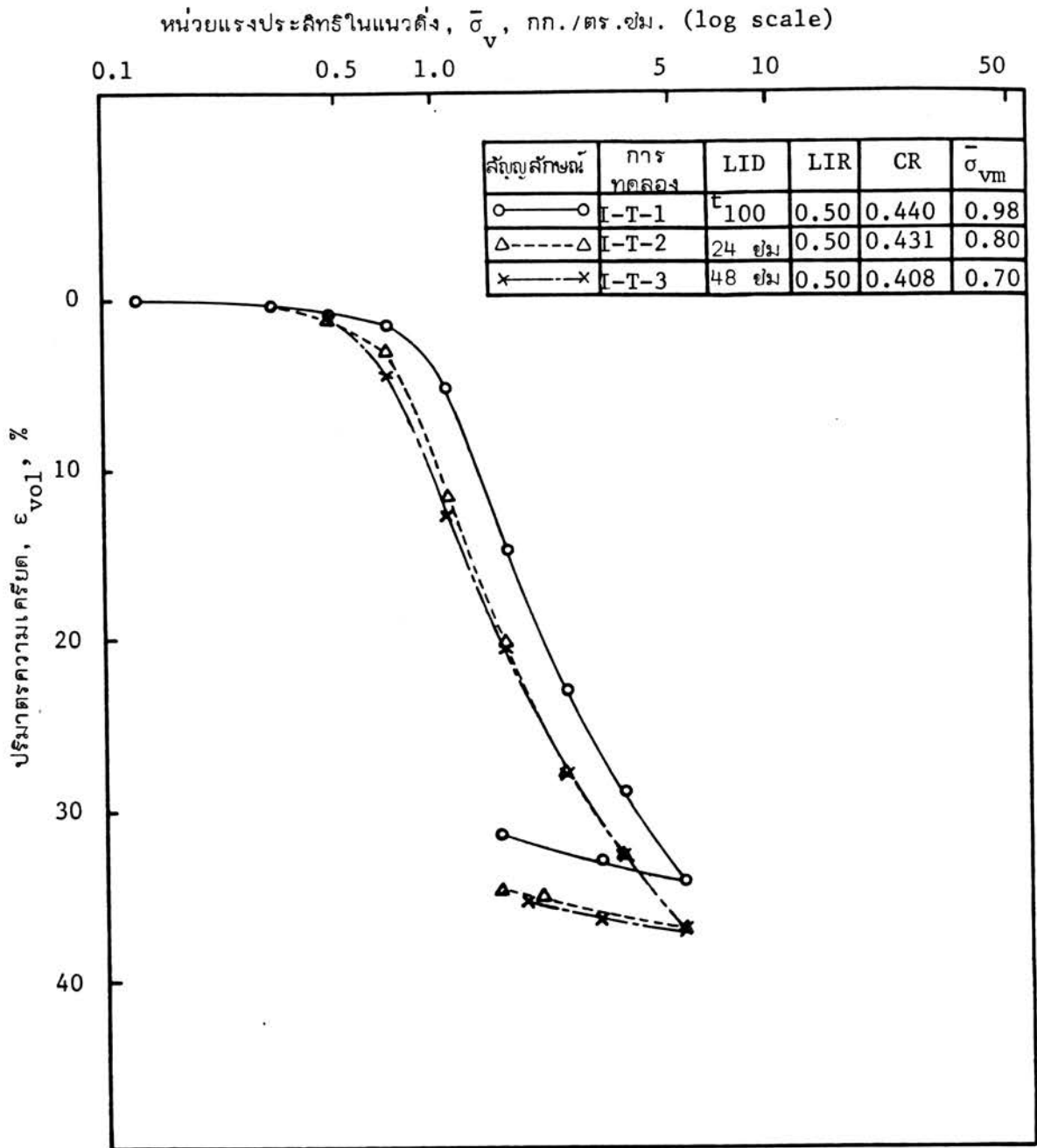
#### 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและการยุบตัว

4.3.1 ลักษณะของกราฟการยุบตัว-log เวลา อัตราการเพิ่มน้ำหนักมีผลต่ออัตราการยุบตัวมาก MARSAL และผู้ร่วมงาน (1950) ได้จำแนกกราฟของการยุบตัว-log เวลาจาก-

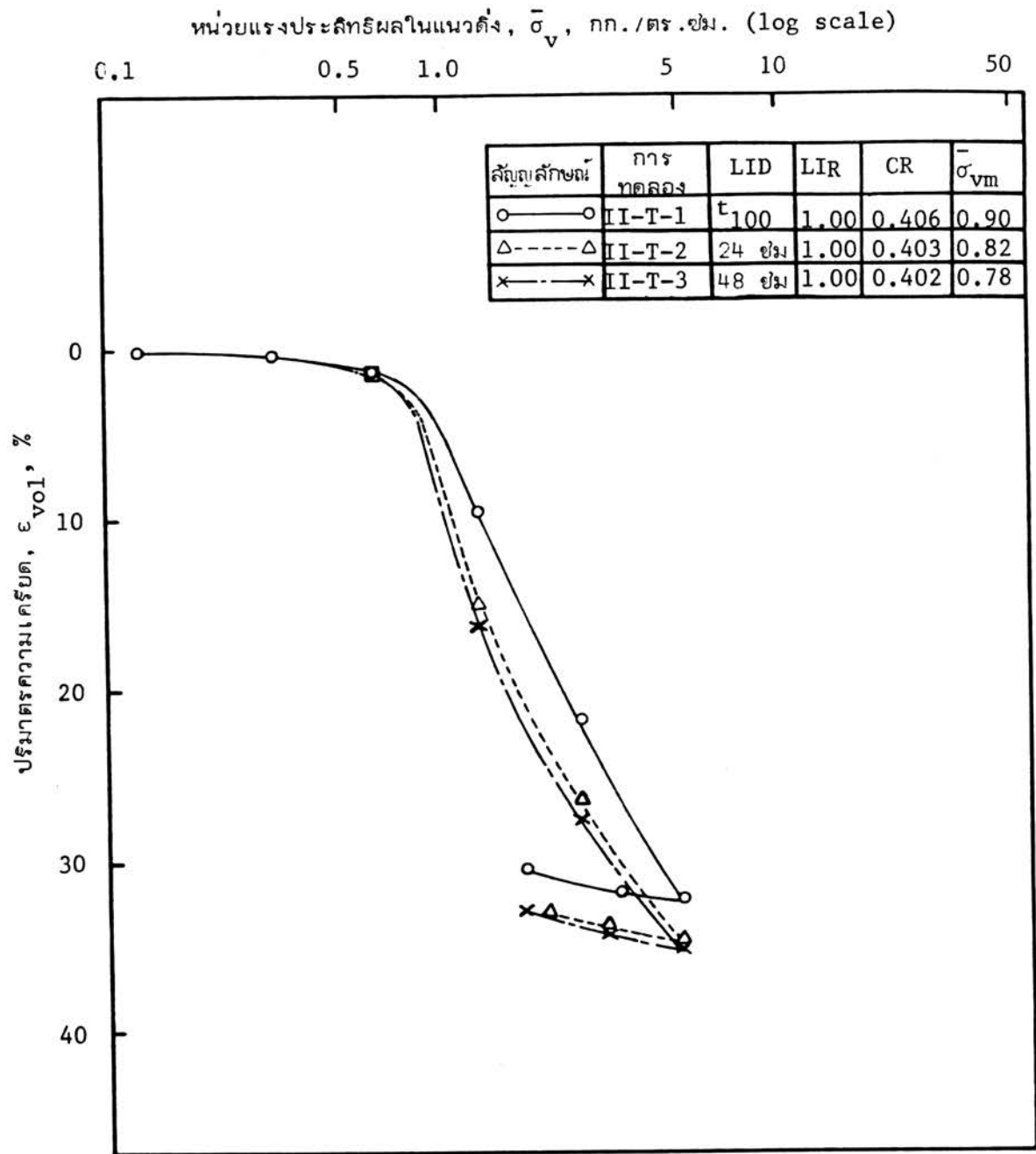




รูปที่ 4.9 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มขึ้นหนักต่อ  $e_v - \log \bar{\sigma}_v$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन เมื่อ LIR = 1.00

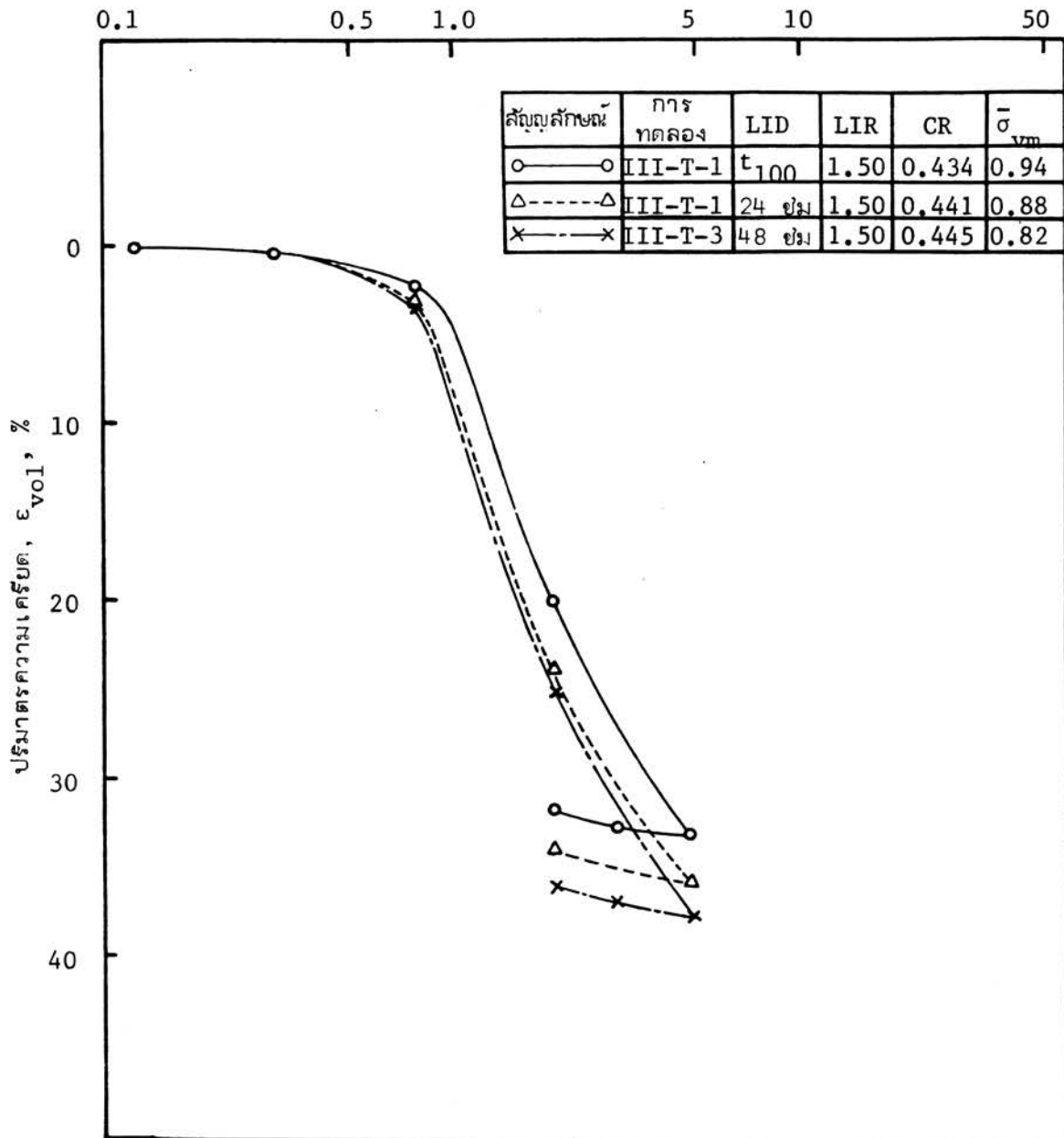


รูปที่ 4.10 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$   
 จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ LIR = 0.50



รูปที่ 4.11 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$   
 จากผลการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ LIR = 1.00

หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_v$ , กก./ตร.ซม. (log scale)



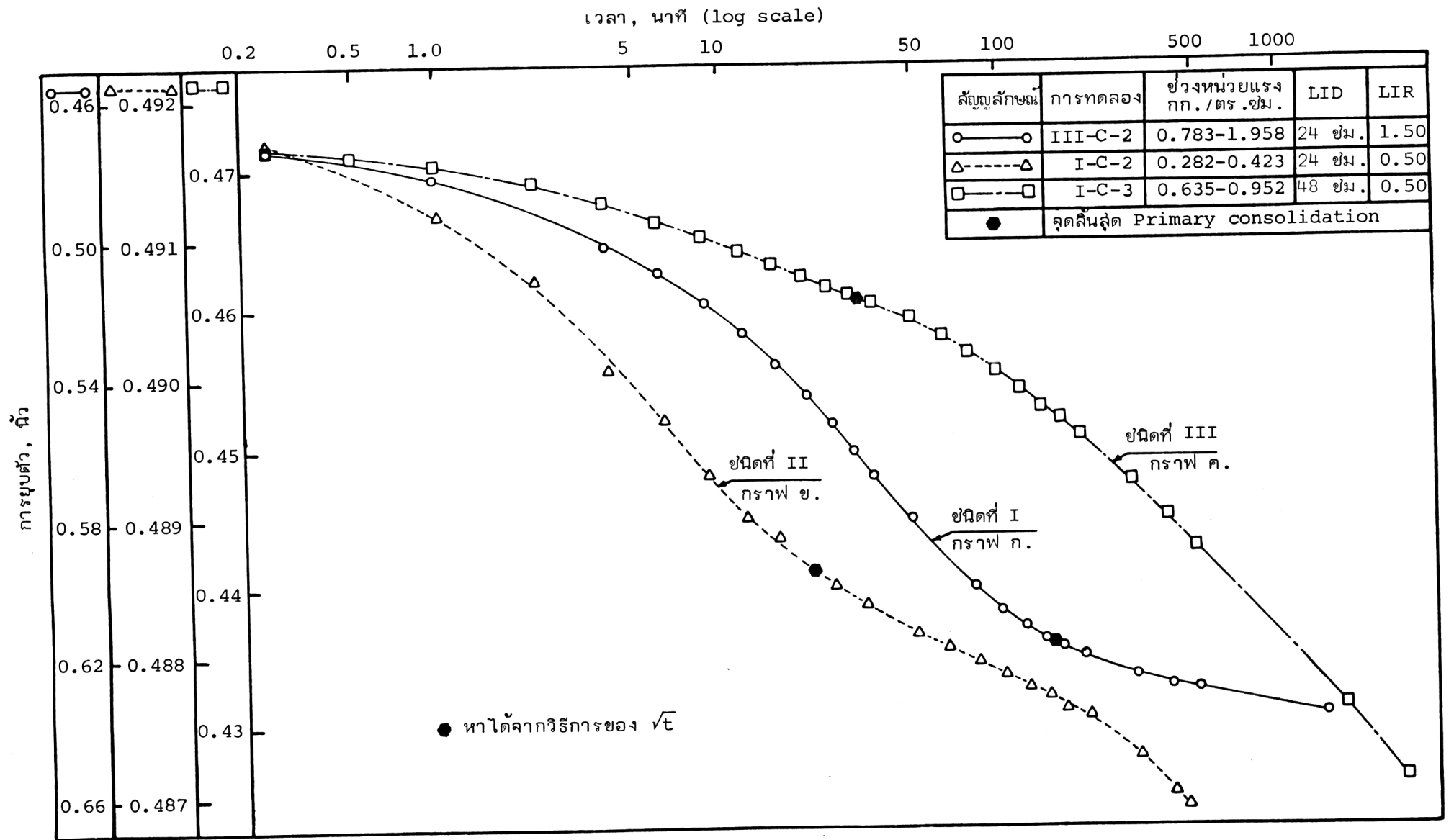
รูปที่ 4.12 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ LIR = 1.50

การทดสอบแบบคอนโซลิดেশันของดินเหนียวแวกซ์โกออกเป็น 3 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.9 กราฟชนิดที่ I ใช้ทฤษฎีของ TERZAGHI ในการหาค่าอัตราการยุบตัวได้ แต่กราฟชนิดที่ II และ III ทฤษฎีของ TERZAGHI ไม่สามารถทำนายได้ ต่อมา LEONARDS & GIRAULT (1961) ได้นำเอากราฟเหล่านี้มาศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน 1 มิติ พบว่า กราฟเหล่านี้มีผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก กราฟชนิดที่ I ได้จากการทดสอบที่ใช้  $LIR \geq 1.0$  ขณะที่กราฟชนิดที่ II และ III ได้จากการทดสอบที่ใช้  $LIR$  น้อยกว่า 0.5 หรือได้จากการเพิ่มน้ำหนักในช่วงक्रमหน่วยแรงสูงสุดในอดีต LEONARDS & GIRAULT (1961) พบว่า อัตราส่วน Secondary consolidation ต่อ  $\log$  ของช่วงเวลา ( $R_s$ ) กับ Primary consolidation ( $R_{100}$ ) จะเพิ่มขึ้นลึกลงเมื่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักลดลง จากอันนี้แสดงให้เห็นว่า Secondary consolidation มีผลต่อการทดสอบที่มี  $LIR$  ต่ำ และเนื่องจากว่า Secondary consolidation มีมากจึงทำให้กราฟของการยุบตัว- $\log$  เวลา ต่างไปจากกราฟที่ทำนายโดยทฤษฎีของ TERZAGHI

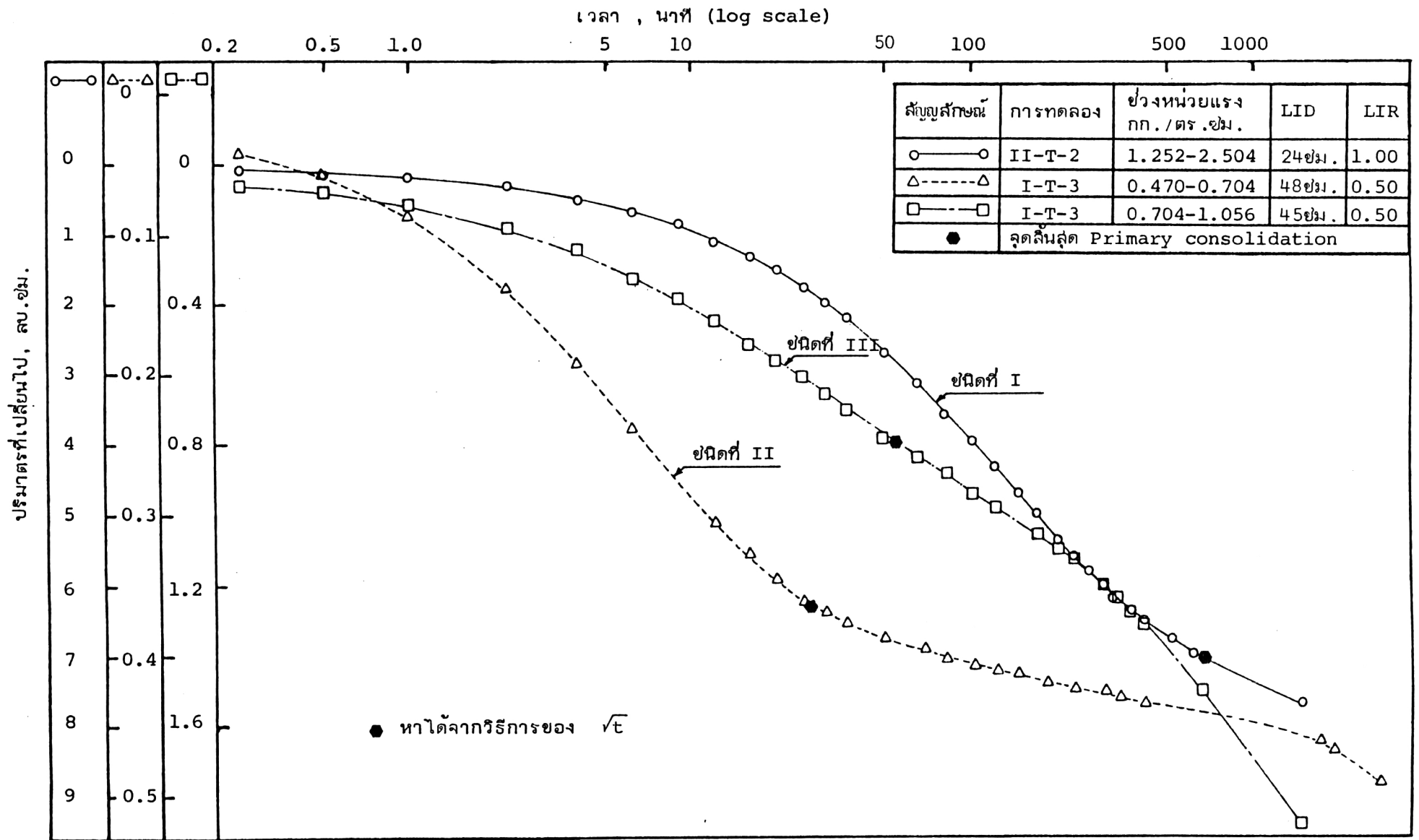
จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน พบว่า กราฟชนิดที่ I ได้จากการทดสอบที่ใช้  $LIR = 0.50$  ในช่วง N.C. และ  $LIR \geq 1.00$  ทั้งในช่วง O.C. และ N.C. ดังกราฟ ก. ในรูปที่ 4.13 ส่วนกราฟชนิดที่ II ได้จากการทดสอบที่ใช้  $LIR = 0.5$  ในช่วง O.C. ดังกราฟ ย. ในรูปที่ 4.13 และกราฟชนิดที่ III ได้จากการทดสอบในช่วงที่เพิ่มน้ำหนักक्रमหน่วยแรงสูงสุดในอดีต โดยไม่คำนึงถึง  $LIR$  ดังกราฟ ค. ในรูปที่ 4.13 กราฟชนิดที่ III ที่ได้จากช่วงการเพิ่มน้ำหนักक्रमหน่วยแรงสูงสุดในอดีตซึ่งผิดไปจากกลุ่มนี้เนื่องจากว่าในดินคงสภาพ (undisturbed soil) เมื่อถูกแรงกระทำในช่วงक्रमหน่วยแรงสูงสุดในอดีตจะทำให้โครงสร้างของดินเริ่มแตกหัก รวมทั้งน้ำจะระบายออกไปจากดินทำให้เกิดการยุบตัวมากกว่าในช่วงต้น ๆ (REINMANOROM, 1974)

การทดสอบแบบไตรแอกเซียลได้ผลการทดสอบเหมือนการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน ดังแสดงในรูปที่ 4.14

จากการศึกษาดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ของหลายท่าน เช่น TEVES & MOH (1968), KANG (1970) พบว่า เมื่อใช้  $LIR \leq 0.25$  จะให้กราฟชนิดที่ III และ  $LIR \geq 1.0$  จะให้กราฟชนิดที่ I ซึ่งต่อมา REINMANOROM (1974) ได้ศึกษาดินเหนียวอ่อนหนองสูงพบว่า กราฟชนิดที่ I ได้จาก  $LIR = 0.50$  ในช่วง N.C. และ  $LIR = 1.0$  ทั้งในช่วง N.C. และ O.C. ส่วนกราฟชนิดที่ III ได้จากกราฟ  $LIR = 0.25$  ทั้งช่วง O.C. และ N.C.  $LIR=0.5$



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการยุบตัว-log เวลา ของดินเหนียวอ่อนดอนเมือง จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เปลี่ยนไป-log เวลาของดินเหนียวอ่อนตอนเมืองจากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล

ในช่วง O.C. และช่วงการเพิ่มน้ำหนักคร่อมหน่วยแรงสูงสุดในอดีตทุก ๆ LIR

4.3.2 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก จากการศึกษาในอดีต พบว่าอัตราการเพิ่มน้ำหนักมีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ของการยุบตัว-log เวลา ดังได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว จากการศึกษาดินเหนียวอ่อนตอนเมืองพบว่า อัตราการเพิ่มน้ำหนักทำให้กราฟของการยุบตัว-log เวลาแตกต่างกันออกไปเป็น 3 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 4.16 ซึ่งสรุปได้ดังนี้ กราฟชนิดที่ I ได้จาก  $LIR = 0.5$  ในช่วง N.C. และ  $LIR \geq 1.0$  ทั้งในช่วง N.C. และ O.C. ส่วนกราฟชนิดที่ II ได้จาก  $LIR = 0.50$  ในช่วง O.C. และกราฟชนิดที่ III ได้จากกราฟช่วงการเพิ่มน้ำหนักคร่อมหน่วยแรงสูงสุดในอดีต โดยไม่คำนึงถึง LIR เป็นที่น่าเสียดายที่การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ใช้ LIR ต่ำกว่า 0.50 อย่างไรก็ตามการศึกษาในอดีตของนักวิจัยหลายท่านสรุปเหมือนกันว่า  $LIR=0.25$  จะให้กราฟชนิดที่ III

ผลการทดลองทั้งหมดในการศึกษาครั้งก่อนนั้นไม่พบว่า มีผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อกราฟชนิดต่าง ๆ เลย

การทดสอบแบบไตรแอกเซียลให้ผลเหมือนการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन ดังแสดงในรูปที่ 4.14

#### 4.4 หน่วยแรงสูงสุดในอดีต (Maximum past pressure or Preconsolidation pressure)

หน่วยแรงสูงสุดในอดีต ( $\bar{\sigma}_{vm}$ ) คือ หน่วยแรงที่ดินนั้นเคยถูกกระทำมาก่อนในอดีต ซึ่งสามารถประมาณค่าได้จากกราฟของอัตราส่วนช่องว่างกับ log หน่วยแรงประสิทธิผลตามวิธีของ CASAGRANDE (1936) ค่าหน่วยแรงสูงสุดในอดีตที่ประมาณได้จากวิธีนี้เมื่อนำไปเทียบกับหน่วยแรงที่ทับถมดินขณะนั้น (the present effective overburden pressure) จะได้เป็นอัตราส่วนค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า Overconsolidation ratio (OCR) ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงความเป็นมาของหน่วยแรงของดินนั้น (stress history of the soil) ผลกระทบอย่างอื่นนอกจากการถูกกดอัดมาก่อน เช่น ดินสัดเรียงตัวกันใหม่ของเม็ดดิน เนื่องจากผลของ secondary compression ซึ่งจะเป็นผลคล้ายกับถูกกระทำมาก่อน ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า Pseudo-overconsolidation ค่าของ  $\bar{\sigma}_{vm}$  ที่ประมาณได้จากกราฟอัตราส่วนช่องว่าง กับ log หน่วยแรงประสิทธิผลของการทดลองครั้งนี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.86 กก./ตร.ซม. ค่ากระจายตั้งแต่ 0.72-1.03 กก./ตร.ซม. จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 กก./



ตร.ขม. ค่ากระจายตั้งแต่ 0.70-0.98 กก.ตร.ขม. จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 ในตารางดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการหาค่า  $\bar{\sigma}_{vm}$  จากเครื่องมือไตรแอกเซียลจะให้ค่า variation ของ  $\bar{\sigma}_{vm}$  น้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณการยุบตัวมีมากกว่าจึงให้ค่าใกล้เคียงกับ average มากกว่าและผลของ LID และ LIR มีน้อยกว่า ค่า  $\bar{\sigma}_{vm}$  ที่หาได้มีค่าไม่เท่ากันทั้งนี้เนื่องจากสภาวะการเพิ่มน้ำหนัก คือ LIR และ LID ไม่เท่ากัน และอัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรกของดินไม่คงที่ด้วย

Overconsolidation ratio ของดินเหนียวอ่อนตอนเมืองมีค่าอยู่ระหว่าง 1.64-2.33 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.95 จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन และมีค่าอยู่ระหว่าง 1.61-2.21 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.88 จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล ซึ่งหมายความว่าดินเหนียวอ่อนตอนเมืองเป็น slightly overconsolidation ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน ระหว่างฤดูแล้ง และฤดูฝน

จากการทดสอบทั้งไตรแอกเซียล และคอนโซลิดेशन พบว่า

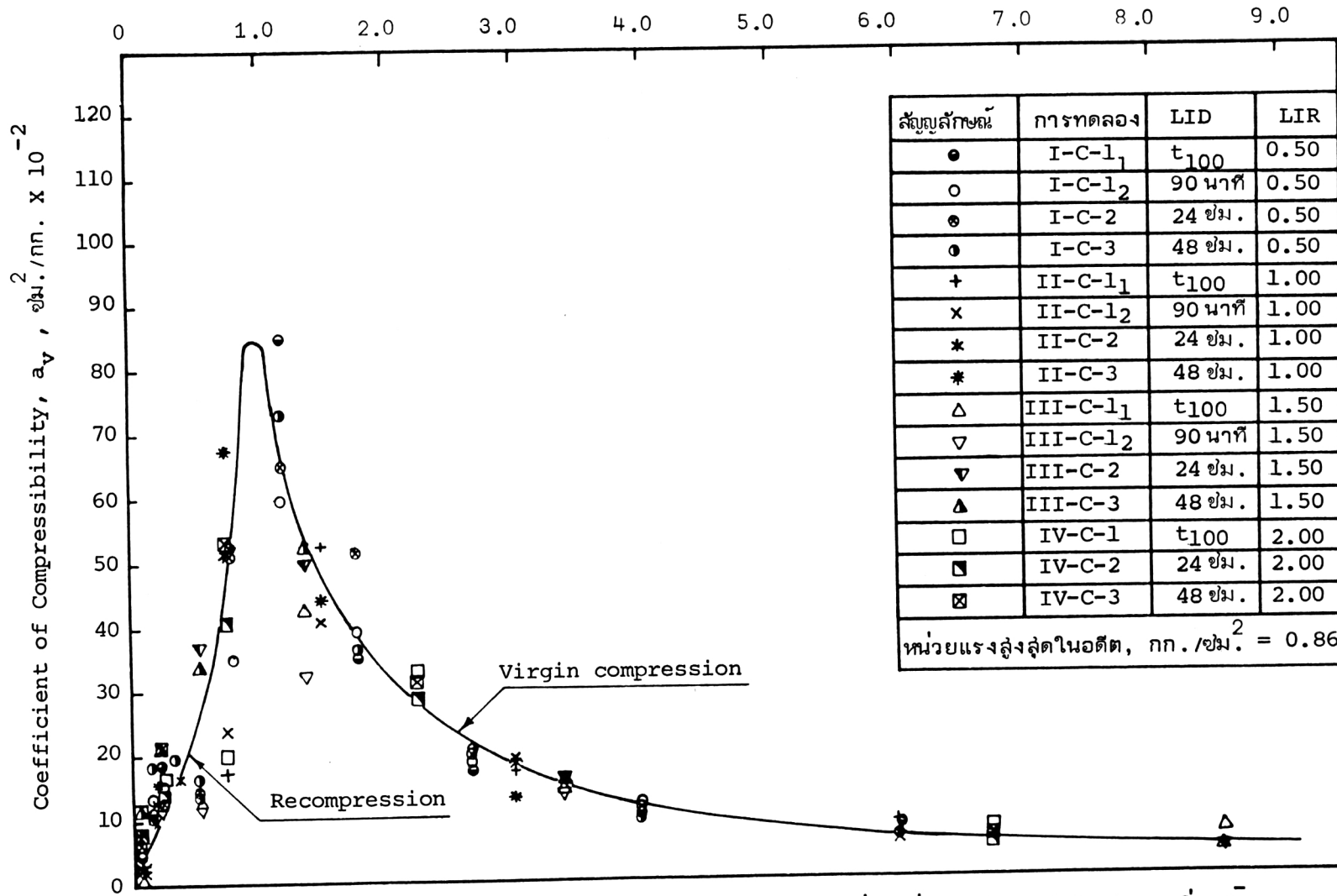
(i) ผลกระทบเนื่องจาก LIR จากรูปที่ 4.3-4.8 เมื่อกราฟของ  $e-\log \bar{\sigma}_v$  เปลี่ยนเนื่องจาก LIR จะมีผลทำให้  $\bar{\sigma}_{vm}$  เปลี่ยนไปด้วย คือ ในช่วง LID ล้น เมื่อ LIR ลดลงจะทำให้  $\bar{\sigma}_{vm}$  ลดลงบ้างเล็กน้อย เนื่องจากว่าใช้เวลาในการกดอัดนานกว่า

(ii) ผลกระทบเนื่องจาก LID จากรูปที่ 4.9-4.12 จะเห็นว่าเมื่อ LID ยาว จะทำให้ได้ค่า  $\bar{\sigma}_{vm}$  ลดลง เนื่องจากเกิด Secondary compression

#### 4.5 Compressibility of clay

4.5.1 Compressibility ของดินเหนียวอ่อนตอนเมือง ความสามารถในการยุบตัวของดินแสดงในเทอมของ Coefficient of compressibility ( $a_v$ ) หรือ Coefficient of volume change ( $m_v$ ) หรือดัชนีการอัด( $C_c$ ) หรือ Compression ratio (CR) ซึ่งได้นิยามไว้ในบทที่ 2 แล้ว ในการศึกษาครั้งนี้จะแสดงในรูปของ  $a_v$  ซึ่งจะนำมาเขียนกราฟกับค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง แสดงไว้ในรูปที่ 4.15 สำหรับการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन และรูปที่ 4.16 สำหรับการทดสอบแบบไตรแอกเซียล กราฟที่แสดงไว้ในรูปทั้ง 2 นี้เป็นค่าเฉลี่ยของ  $a_v$  ในช่วง O.C. ตอนแรก ๆ  $a_v$  จะมีค่าต่ำแล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้นจนกระทั่งหน่วยแรงมีค่าเท่ากับ  $\bar{\sigma}_{vm}$  ซึ่งเป็นจุดต่อระหว่างช่วง O.C. และ N.C. จากนั้นค่า  $a_v$  จะค่อย ๆ ลดลงเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น ค่า  $a_v$  ที่กระจัดกระจาย

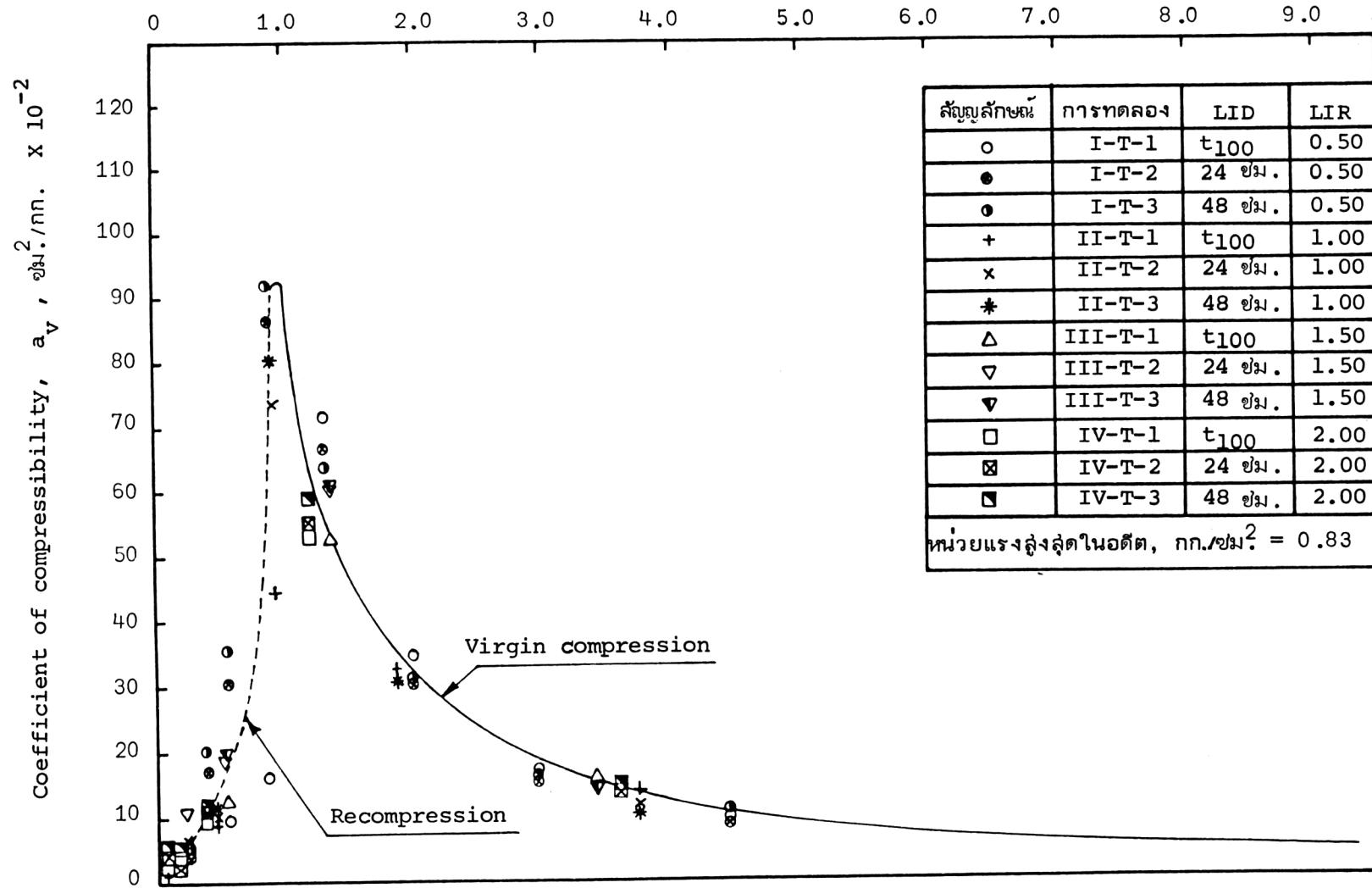
ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม.



รูปที่ 4.15 กราฟ Coefficient of Compressibility ( $a_v$ ) กับค่าเฉลี่ยแรงดันประสิทธิผลในแนวตั้ง ( $\bar{\sigma}_{av}$ ) ของ

ดินเหนียวอ่อนตอนเมืองจากการทดลองแบบคอนโซลิดেশัน

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม.



รูปที่ 4.16 กราฟ Coefficient of Compressibility ( $a_v$ ) กับค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผล ( $\bar{\sigma}_{av}$ ) ของดินเหนียวอ่อนตอนเมืองจากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล

เนื่องจากว่า LID และ LIR ไม่เท่ากัน เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น ตั้งแต่ 2 กก./ตร.ซม. ค่าของ  $a_v$  จะเกาะกลุ่มกันมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากว่าในช่วงนี้ โครงสร้างของดินจะอยู่ในสภาวะเสถียรภาพ ซึ่งเรียกว่า stable structure ทั้งการทดสอบแบบ คอนโซลิดেশัน และไตรแอกเซียล

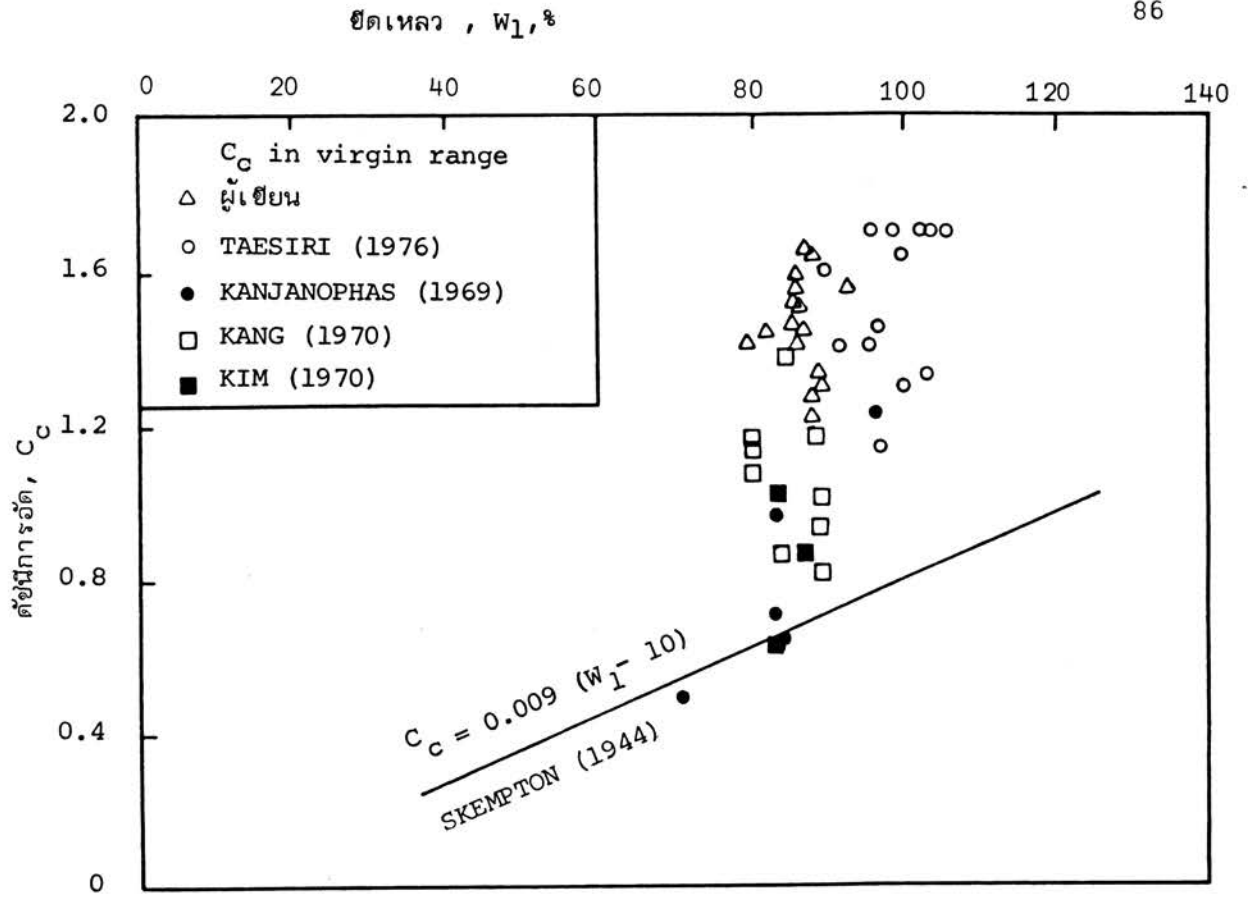
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการอัด ( $C_c$ ) และขีดเหลว ( $W_L$ ) แสดงไว้ใน รูปที่ 4.17 จะเห็นว่าความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ค่านี้ของดินเหนียวอ่อนดอนเมืองจะไม่เป็นไปตามที่ SKEMPTON (1944) แนะนำไว้ แต่จะเกาะกลุ่มใกล้เคียงกับค่าที่รายงานโดย TAESIRI (1976) ซึ่งทำการศึกษากการอัดตัวคายน้ำของดินเหนียวรังสิต

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Compression ratio (CR) และขีดเหลว ( $W_L$ ) ของดินเหนียวอ่อนดอนเมืองที่ได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน และไตรแอกเซียล แสดงไว้ใน รูปที่ 4.18 จะเห็นว่าค่าที่ได้มีอยู่ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ของ CR และ  $W_L$  ซึ่งเสนอโดย ว.ส.ท. (2520) การทดสอบนี้สนับสนุนความสัมพันธ์ของ CR และ  $W_L$  ของ ว.ส.ท. (2520) ซึ่งแสดงไว้ในเล่มการ 2.45 จากเล่มการนี้สามารถประมาณค่าของ CR ได้เมื่อรู้ค่าขีดเหลว ( $W_L$ )

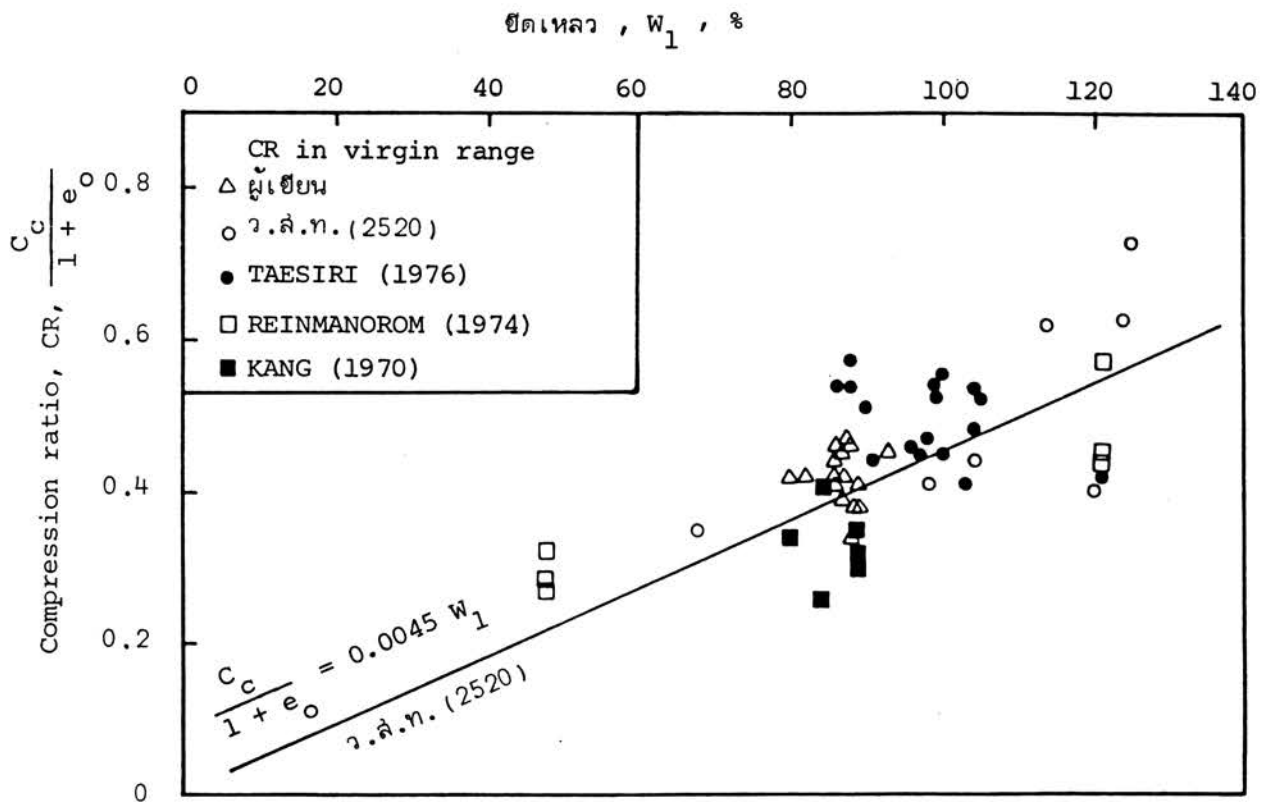
4.5.2 ผลกระทบเนื่องจากการอัดการเพิ่มน้ำหนัก รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $a_v$  และ  $\bar{\sigma}_{av}$  ของดิน 4 ตัวอย่าง ซึ่งได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน โดยใช้ LID คงที่ เท่ากับ 48 ซม. และ LIR เท่ากับ 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 พบว่าผลกระทบเนื่อง จาก LIR ต่อค่าของ  $a_v$  ไม่ค่อยชัดเจนนัก ทั้งในช่วง O.C. และ N.C.

รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $a_v$  และ  $\bar{\sigma}_{av}$  ของดิน 4 ตัวอย่าง ซึ่งได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล โดยใช้ LID คงที่เท่ากับ 24 ซม. และ LIR เปลี่ยนไป คือ 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00. ผลกระทบเนื่องจาก LIR ในช่วง O.C. ข้อมูลมีแนวโน้ม ที่จะแสดงว่า LIR ที่ต่ำกว่าจะให้ค่า  $a_v$  สูงกว่า แต่ในช่วง N.C. จะเห็นว่าไม่ชัดเจนนัก

4.5.3 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก รูปที่ 4.21 แสดงผลกระทบ เนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ Coefficient of compressibility ( $a_v$ ) ซึ่งได้ จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน โดยใช้ LIR คงที่เท่ากับ 1.50 และ LID เปลี่ยนไป คือ  $t_{100}$ , 90 นาที, 24 ซม. และ 48 ซม. จากกราฟจะเห็นว่า เมื่อ LID ยาว จะทำให้  $a_v$  สูงขึ้นทั้งในช่วง O.C. และ N.C. ทั้งนี้เนื่องจากว่าเมื่อใช้ระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักยาวจะ ทำให้เกิด Secondary compression เป็นผลให้การยุบตัวมากขึ้น เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อหน่วย

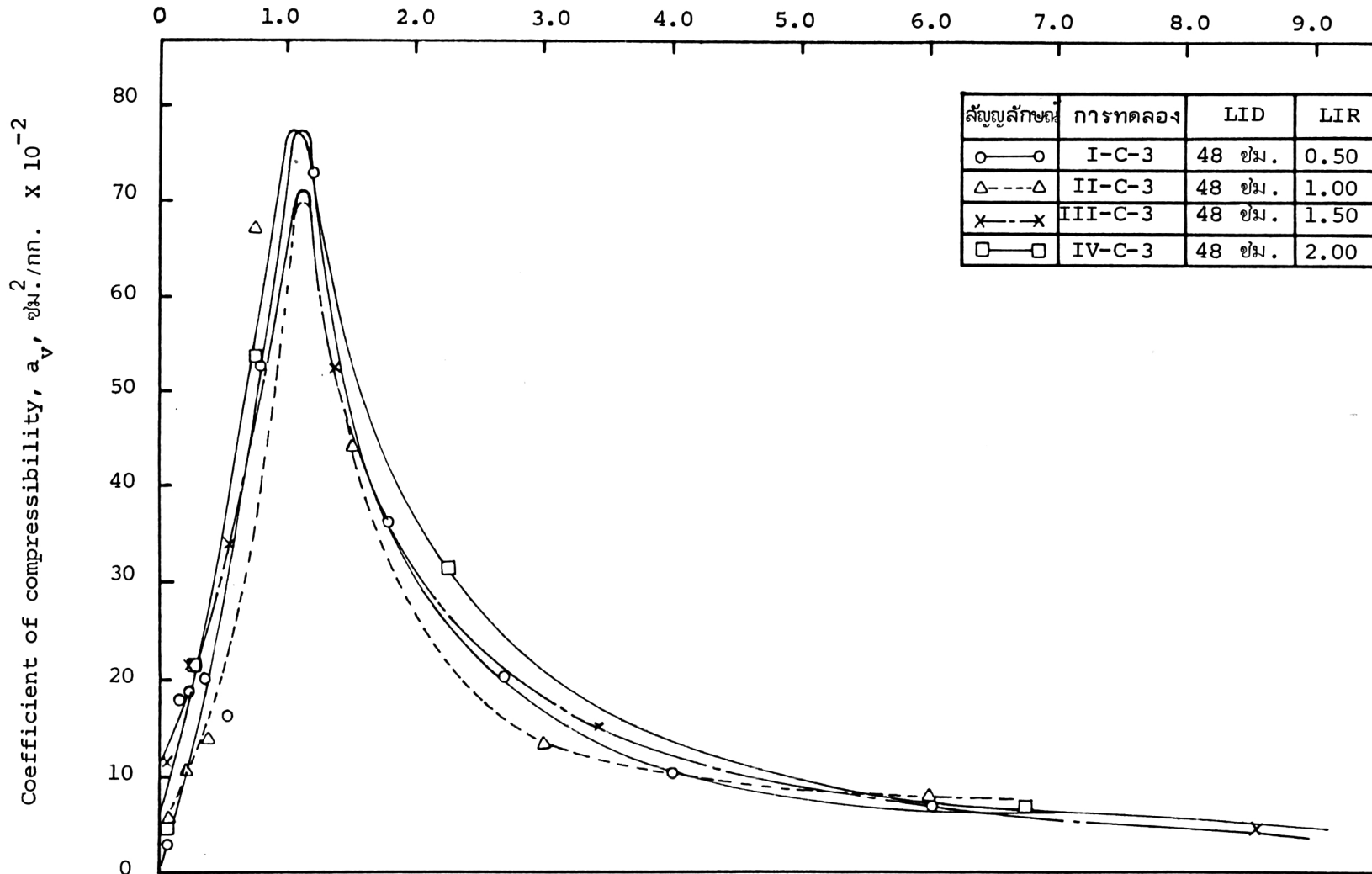


รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการอัดและขีดเหลว



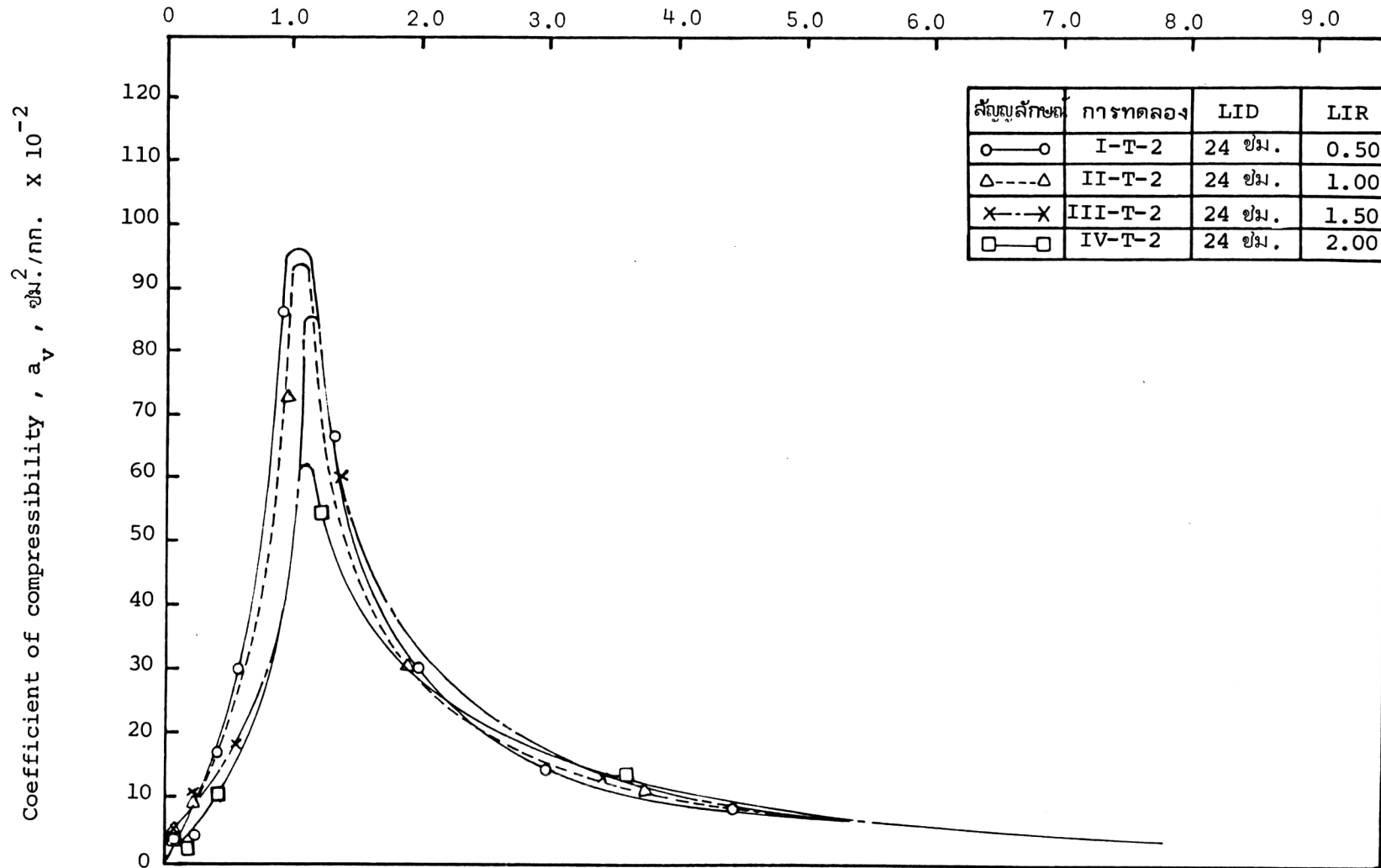
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง Compression ratio (CR) และขีดเหลว ( $W_l$ )

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม.



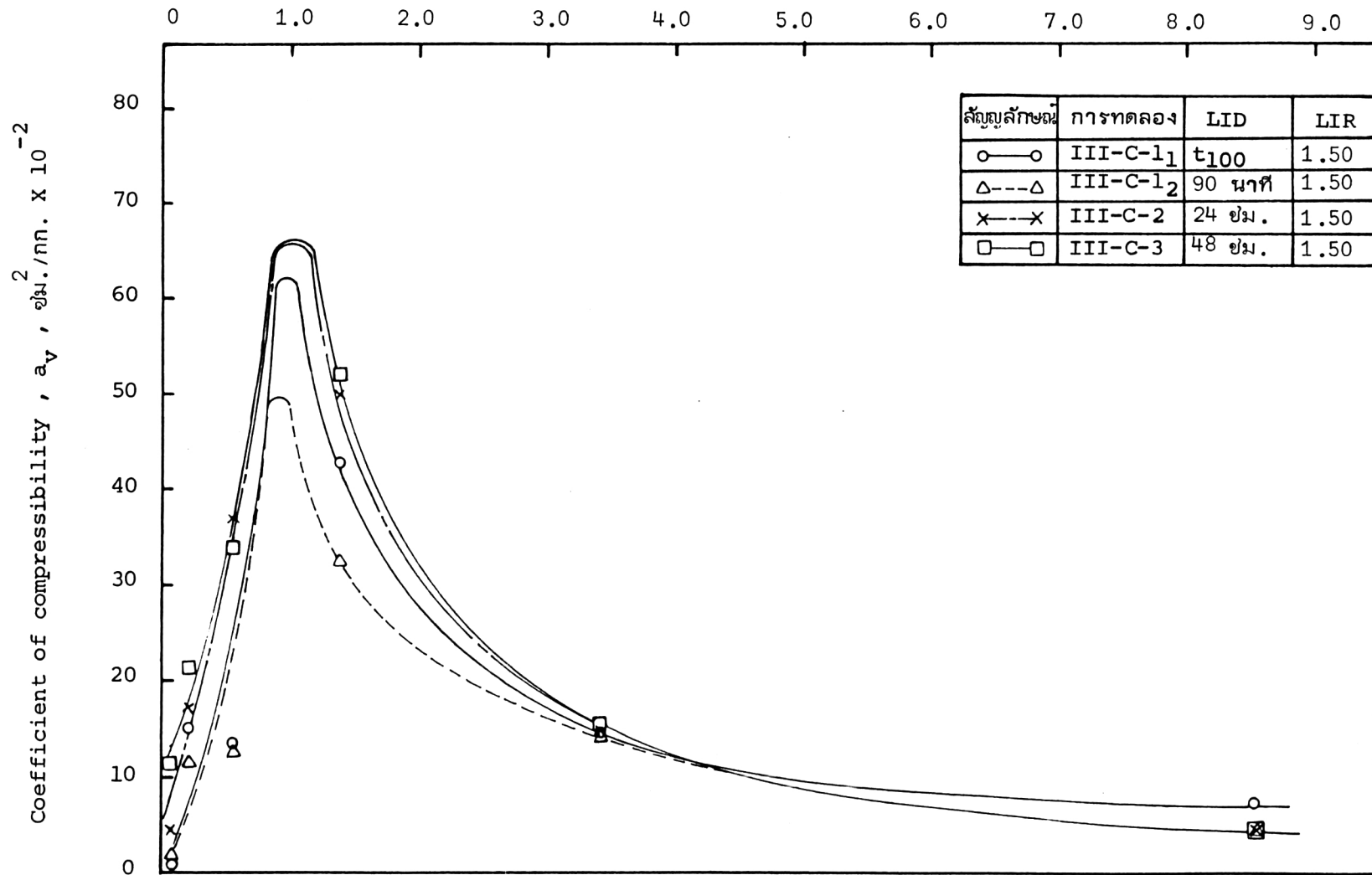
รูปที่ 4.19 ผลกระทบเนื่องจากการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อ  $a_v$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิตেশัน เมื่อ LID = 48 ซม.

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม.



รูปที่ 4.20 ผลกระทบเนื่องจากการอัดการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อ  $a_v$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ LID = 24 ซม.

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม.



รูปที่ 4.21 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก (LID) ต่อ  $a_v$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन

เมื่อ LIR = 1.50



แรงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2.00 กก./ตร.ซม. ค่าของ  $a_v$  จะเข้าใกล้กันมากขึ้น จนกระทั่งเป็นจุดเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า เมื่อโครงสร้างของดินอยู่ในสภาวะเสถียรภาพ (stable structure) จะไม่มีผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก การทดสอบเลขที่ III-C-1<sub>1</sub> ที่จุดค่าเฉลี่ยหน่วยแรง = 8.587 กก./ตร.ซม. แตกต่างกันออกไปทั้งนี้เนื่องจากว่า ก่อนการเพิ่มน้ำหนักจุดสุดท้ายของการทดสอบ มีการปรับแขนของ hanger เพราะว่าแขนเอียงเกือบติดพื้น เป็นเหตุให้ดินตัวอย่างอาจถูกรบกวนจึงทำให้ดินตัวอย่างมีการยุบตัวมากกว่าปกติ

รูปที่ 4.22 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LID ต่อ  $a_v$  ซึ่งได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล โดยใช้ LIR เท่ากับ 2.00 และ LID เท่ากับ  $t_{100}$ , 24 ซม. และ 48 ซม. ให้ผลการทดสอบมีแนวโน้มเหมือนการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน แต่ผลของ LID ต่อ  $a_v$  มีน้อยมาก

#### 4.6 อัตราการยุบตัวของดินเหนียวอ่อนตอนเมือง (Rate of Compression)

อัตราการยุบตัวของดินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ อัตราการยุบตัวครั้งแรก (Rate of primary compression) และอัตราการยุบตัวครั้งที่ 2 (Rate of secondary compression) อัตราการยุบตัวครั้งแรกแสดงในรูปของ Coefficient of consolidation ( $C_v$ ) ซึ่งแสดงการทรุดตัวของดินในช่วงแรก ส่วนอัตราการยุบตัวครั้งที่ 2 แสดงในรูปของ Coefficient of secondary compression ( $R_s$  หรือ  $C_\alpha$ ) ซึ่งแสดงอัตราการทรุดตัวของดินในช่วงที่ 2

##### 4.6.1 อัตราการยุบตัวครั้งแรก (Rate of Primary Compression)

4.6.1.1 การประมาณค่า  $C_v$  พารามิเตอร์ที่ใช้แสดงบอกอัตราการยุบตัวครั้งแรก คือ Coefficient of consolidation ( $C_v$ ) จากทฤษฎีของ TERZAGHI ค่า  $C_v$  มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของดินดังแสดงในสมการ 4.1

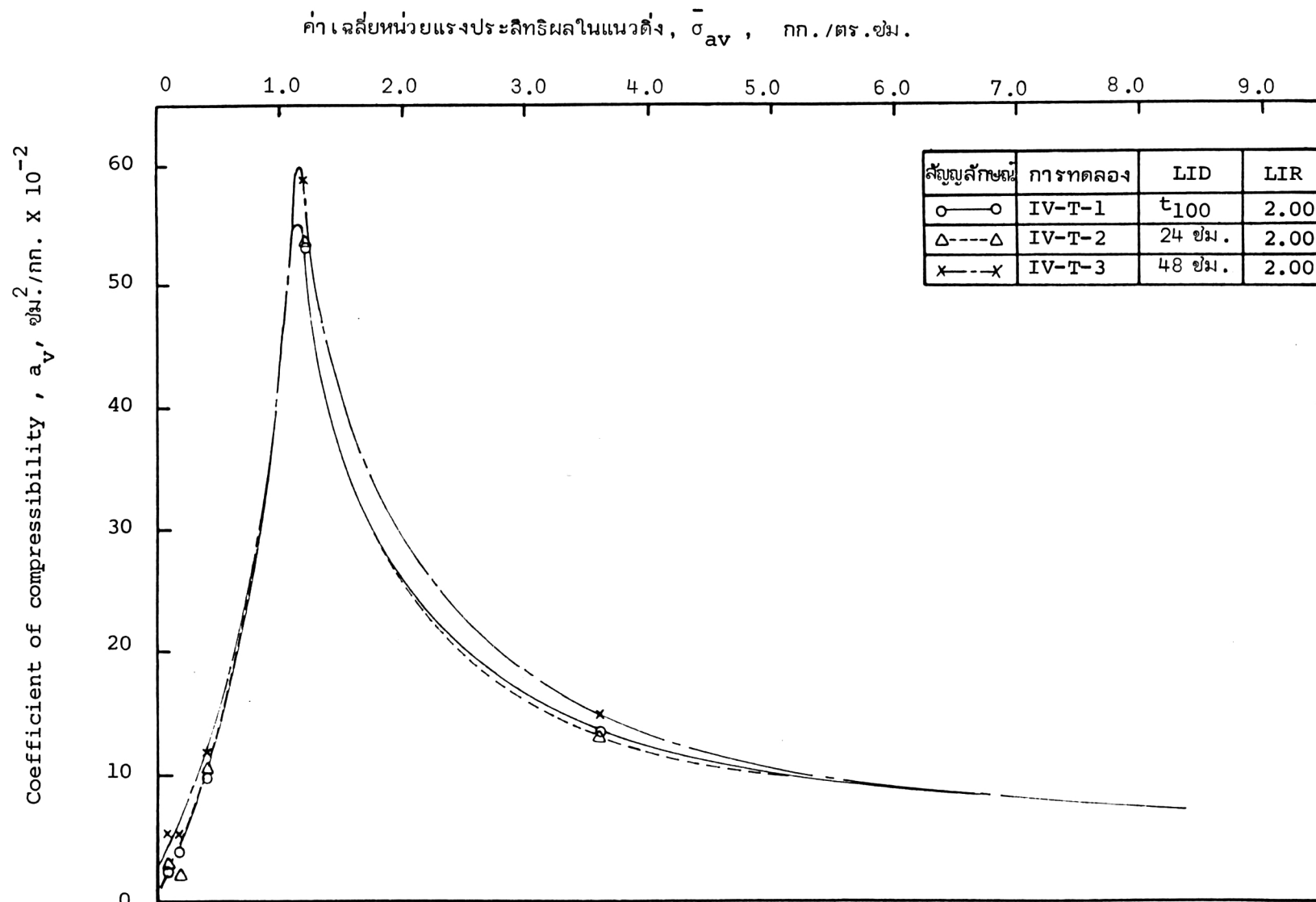
$$C_v = \frac{k(1+e)}{a_v \gamma_w} \dots\dots\dots 4.1$$

เมื่อ  $k$  = ความสามารถในการไหลซึมผ่านของดิน

$e$  = อัตราส่วนช่องว่าง

$a_v$  = Compressibility ของดิน

$\gamma_w$  = หน่วยน้ำหนักของน้ำ



หาค่า  $C_v$  ของดินตัวอย่างจากการทดลองได้โดยการนำไปแทนค่าในสมการ 4.2

$$C_v = \frac{TH^2}{t} \quad \dots\dots\dots 4.2$$

เมื่อ  $T$  = ตัวประกอบเวลา (Time factor)

$H$  = ระยะทางการไหลของน้ำ

$t$  = เวลาที่นำไป

ในการทดลองแบบคอนโซลิดะชัน 1 มิติ มีวิธีการประมาณค่า  $C_{v1}$  จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการยุบตัว และเวลา หลายวิธีด้วยกัน วิธีที่นิยมใช้มากที่สุด คือ วิธีลอกการพิมพ์เวลาของ CASAGRANDE และวิธีกราฟที่ล่องของเวลาของ TAYLOR ทั้ง 2 วิธีหาค่า  $C_{v1}$  โดยใช้เวลาที่ 50% consolidation ( $t_{50}$ ) และ 90% consolidation ( $t_{90}$ ) เรียงตามลำดับจากผลงานการวิจัยของหลายท่านในอดีต และผลการทดลองในครั้งนี้ ค่าของ  $C_{v1}$  ที่หาได้จากวิธีกราฟที่ล่องของเวลามีค่าสูงกว่าวิธีลอกการพิมพ์ของเวลา และวิธีการของลอกการพิมพ์สามารถใช้ได้ต่อเมื่อ curve  $\epsilon_v - \log t$  เป็น curve ชนิดที่ I LAMBE & WHITMAN (1969) พบว่าค่า  $C_{v1}$  ที่ได้จากวิธี  $\sqrt{t}$  จะให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากสนาม LOWE et al (1964) กล่าวว่ ค่าเฉลี่ยของ  $C_{v1}$  ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี คือ  $\sqrt{t}$  และ  $\log t$  จะให้ค่าประมาณที่ดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากว่า วิธี  $\sqrt{t}$  กราฟของทฤษฎีจะเหมาะสมกับช่วงแรกของกราฟที่ได้จากการทดลอง และวิธี  $\log t$  กราฟของทฤษฎีจะเหมาะสมกับช่วงกลางของกราฟที่ได้จากการทดลองการพิจารณา ค่าของ  $C_v$  ในที่นี้ ถ้าไม่เขียนสัญลักษณ์บอกไว้ แสดงว่าได้จากวิธี  $\sqrt{t}$

จากการประมาณค่า  $C_{v1}$  โดยวิธี  $\sqrt{t}$  พบว่ามีค่าสูงกว่า  $C_{v1}$  โดยวิธี  $\log t$  ทั้งในช่วง O.C. และ N.C. ดังรูปที่ 4.23 ค่า  $C_{v1}$  ที่ได้จะมีค่าไม่คงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเค้นที่กระทำ จะเห็นว่าช่วงแรก ๆ ของการเพิ่มน้ำหนัก ค่า  $C_{v1}$  จะมีค่าสูง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เมื่อเพิ่มน้ำหนักถึง  $\bar{\sigma}_{vo}$  ซึ่งเท่ากับ 0.44 กก./ตร.ซม. ค่า  $C_{v1}$  จะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงค่า  $\bar{\sigma}_{vm}$  ค่า  $C_{v1}$  จะเริ่มคงที่หรือเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อหน่วยแรงเพิ่มขึ้น สรุปลได้ว่าในช่วง O.C. ตอนแรก ๆ ค่า  $C_v$  จะมีค่าสูงแล้วค่อย ๆ ลดลงเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้นจนถึง  $\bar{\sigma}_{vm}$  เมื่อเข้าช่วง N.C. ค่า  $C_v$  จะมีค่าเกือบคงที่เมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น

การทดลองแบบไตรแอกเซียล ซึ่งมีการไหลของน้ำแบบ 3 มิติ จะประมาณค่าของ  $C_{v3}$  โดยใช้สมการ 2.22 ด้วยวิธีของ BISHOP & HENKEL (1962) ดังแสดงในรูป

ที่ 4.24 ซึ่งจะให้ผลคล้ายกับ  $C_{v1}$  แต่  $C_{v3}$  ที่ได้นี้จะมิต่ำน้อยกว่า  $C_{v1}$  หาได้จากทั้ง  $\sqrt{t}$  และ  $\log t$  ทั้งในช่วง O.C. และ N.C.

4.6.1.2 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก รูปที่ 4.25 และ 4.26 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LIR ต่อ  $C_{v1}$  ซึ่งได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน โดยใช้ LID คงที่เท่ากับ  $t_{100}$  และ 90 นาที เรียงตามลำดับ แต่ LIR เปลี่ยนไปคือ 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 จากรูปจะเห็นว่าเมื่อ LIR เพิ่มขึ้นจะทำให้  $C_{v1}$  เพิ่มขึ้นในช่วง O.C. แต่แทบไม่เพิ่มขึ้นในช่วง N.C.

รูปที่ 4.27 และ 4.28 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LIR ต่อ  $C_{v3}$  ซึ่งได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล จะเห็นว่าผลกระทบเนื่องจาก LIR ไม่ชัดเจนนัก เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบ แบบ consolidation

4.6.1.3 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก รูปที่ 4.29 และ 4.30 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LID ต่อ  $C_{v1}$  ซึ่งได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน โดยใช้ LIR คงที่เท่ากับ 0.50 และ 1.50 เรียงตามลำดับ และ LID เปลี่ยนไป คือ  $t_{100}$ , 90 นาที, 24 ชม. และ 48 ชม. จากกราฟจะเห็นว่าในช่วง N.C. ค่า  $C_{v1}$  จะไม่เปลี่ยนแปลงเลย ในช่วง O.C. จะเห็นว่า LID มีผลต่อ  $C_{v1}$  บ้างแต่ไม่แสดงแนวโน้มให้เห็นชัด สรุปได้ว่า LID ไม่มีผลต่อ  $C_{v1}$  ในช่วง N.C.

รูปที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ของ  $C_{v3}$  และ  $\bar{\sigma}_{av}$  ของดิน 3 ตัวอย่าง ซึ่งทำการทดสอบแบบไตรแอกเซียล โดยใช้ LIR คงที่เท่ากับ 2.00 แต่ LID เปลี่ยนไปคือ  $t_{100}$ , 24 ชม. และ 48 ชม. ผลการทดสอบแนวโน้มเหมือนกับการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน

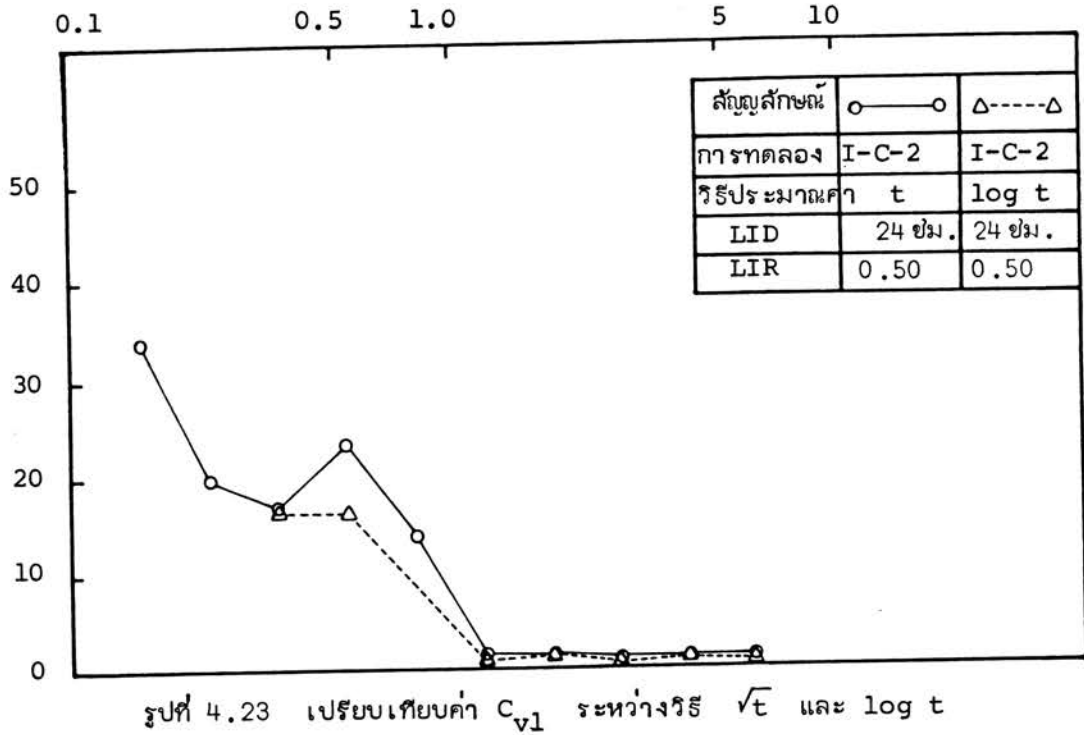
#### 4.6.2 อัตราการยุบตัวครั้งที่ 2 (Rate of secondary compression)

4.6.2.1 การประมาณค่าของอัตราการยุบตัวครั้งที่ 2 Secondary compression นิยามไว้ว่าเป็นการยุบตัวที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจาก Primary consolidation สิ้นสุดลงแล้ว ในการทดลองครั้งนี้ พบว่า Secondary compression ซึ่งได้จากการเขียนกราฟของการยุบตัวกับ  $\log$  เวลา จะเป็นเส้นตรง โดยประมาณเมื่อเทียบกับ  $\log$  เวลา ความชันของกราฟนี้ เรียกว่า Coefficient of secondary compression ( $R_s$ ) ซึ่งมีหน่วยเป็นการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนช่องว่าง /log cycle ของเวลา Coefficient of secondary compression ใช้วัดอัตราการยุบตัวครั้งที่ 2 รูปที่ 4.32 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ  $R_s - \log \bar{\sigma}_v$

Coefficient of consolidation in one dimension,

$C_{v1}$ , ซม.<sup>2</sup>/วินาที  $\times 10^{-4}$

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม. (log scale)

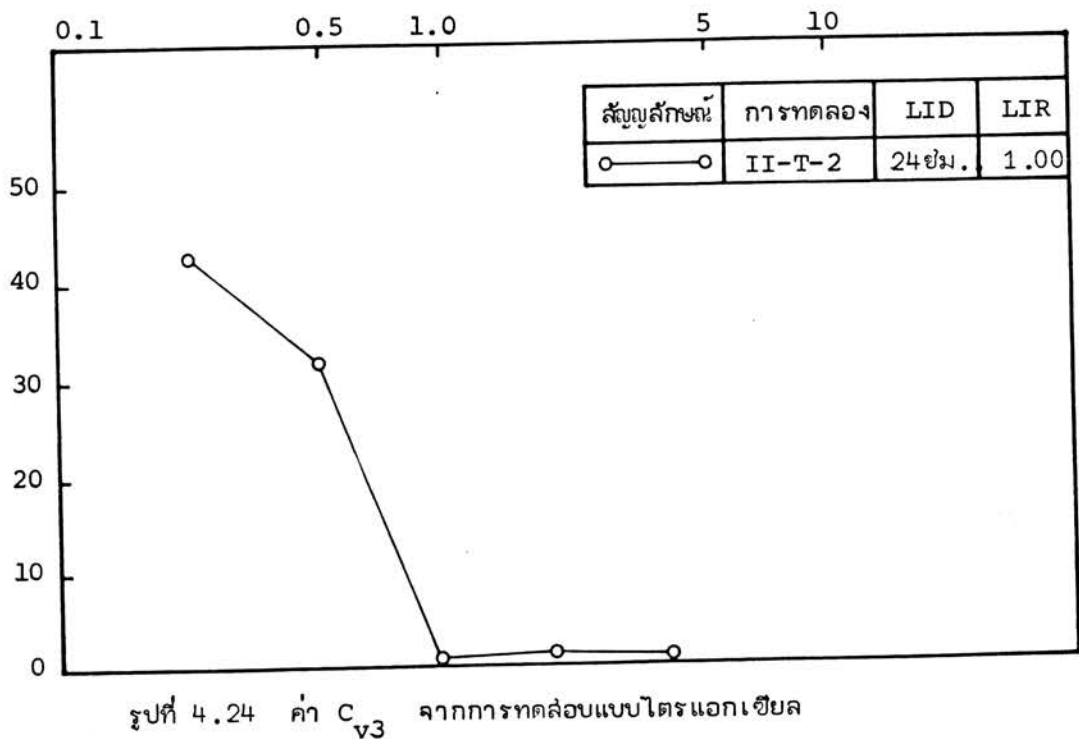


รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบค่า  $C_{v1}$  ระหว่างวิธี  $\sqrt{t}$  และ  $\log t$

Coefficient of consolidation in three dimension,

$C_{v3}$ , ซม.<sup>2</sup>/วินาที  $\times 10^{-5}$

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม. (log scale)

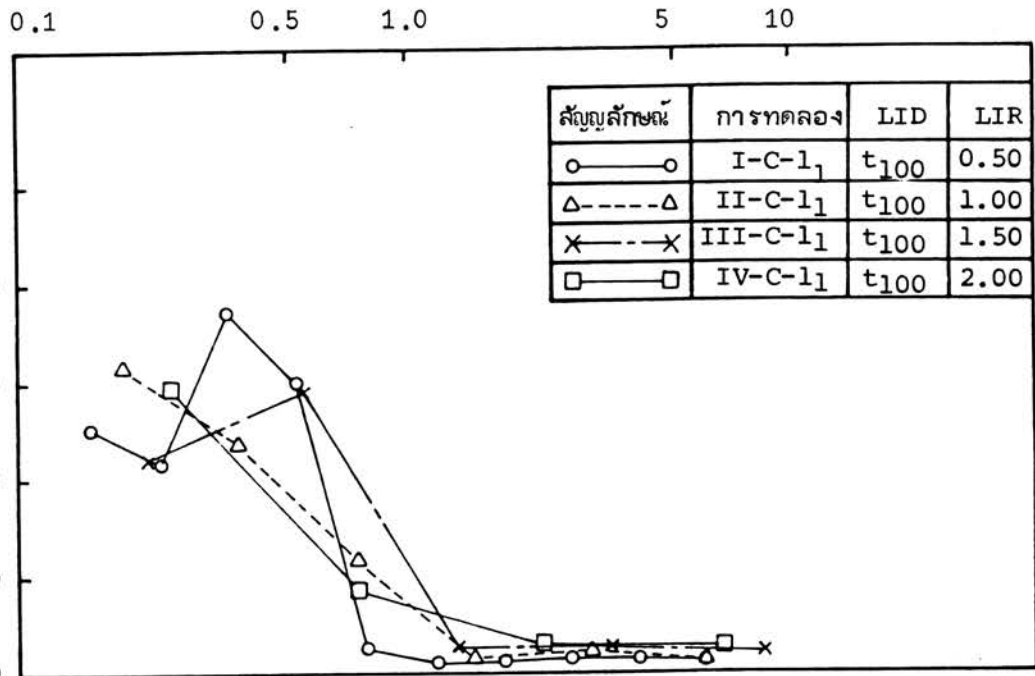


รูปที่ 4.24 ค่า  $C_{v3}$  จากการทดลองแบบไตรแอกเซียล

Coefficient of consolidation in one dimension,

$C_{v1}$ , ซม.<sup>2</sup>/วินาที  $\times 10^{-4}$

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม. (log scale)

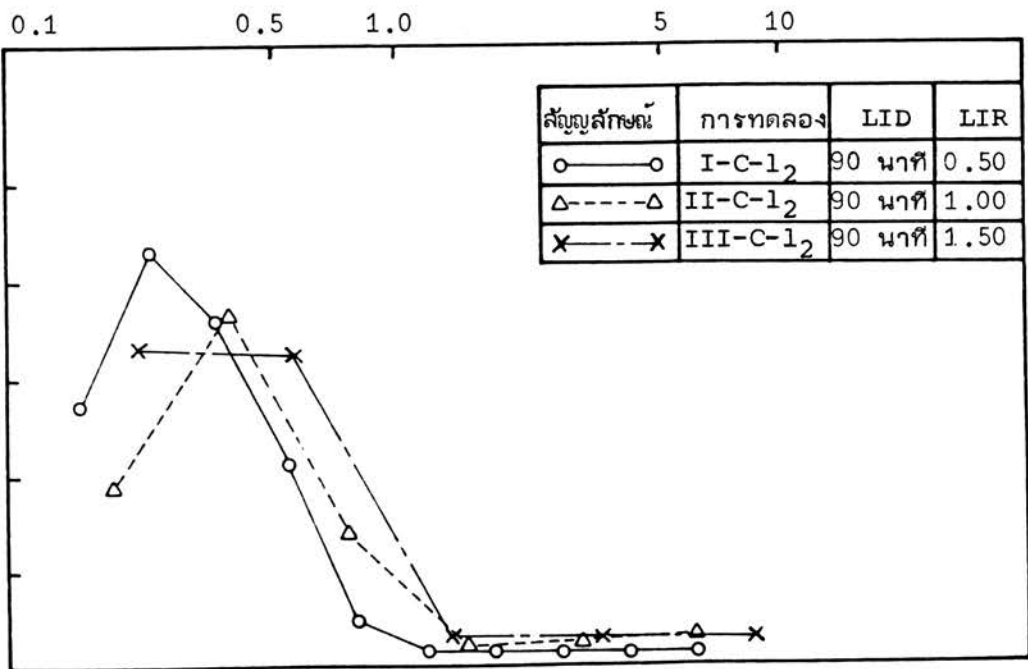


รูปที่ 4.25 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อ  $C_{v1}$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน เมื่อ LID = t<sub>100</sub>

Coefficient of consolidation in one dimension,

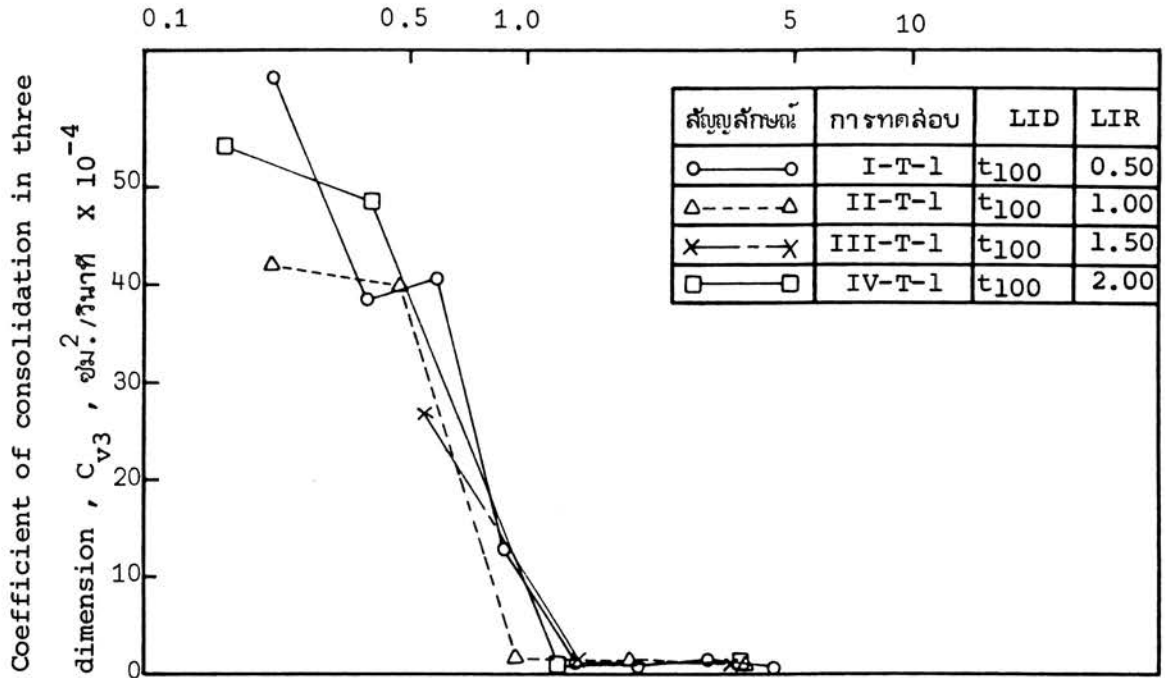
$C_{v1}$ , ซม.<sup>2</sup>/วินาที  $\times 10^{-4}$

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม. (log scale)



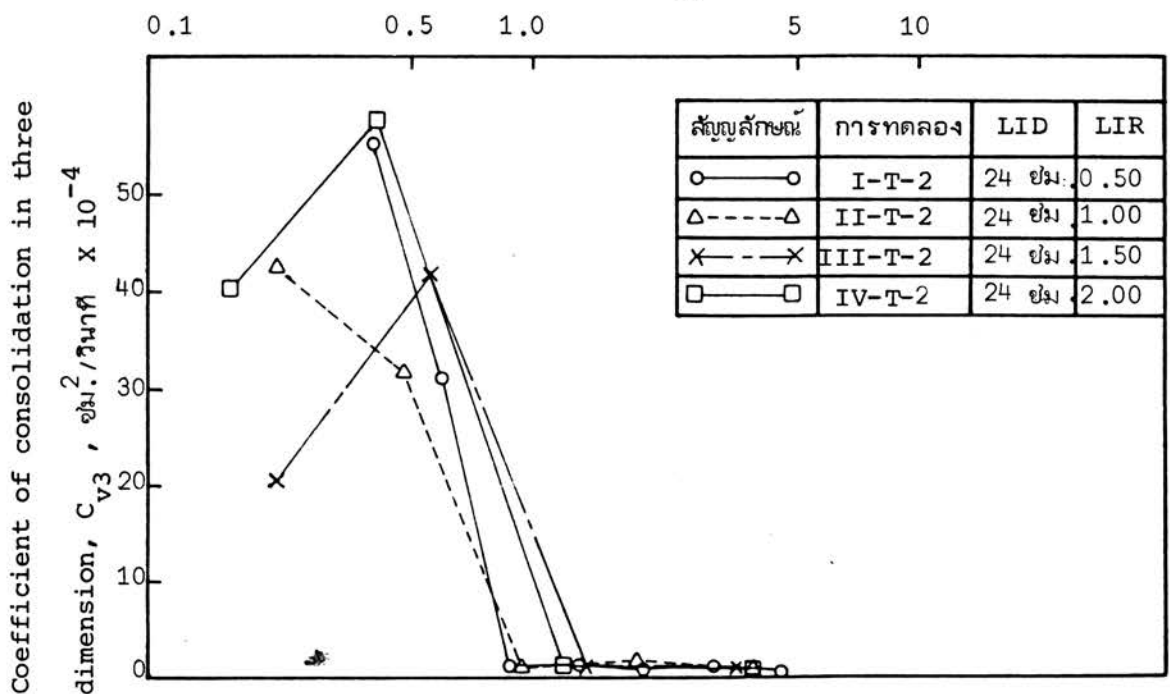
รูปที่ 4.26 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อ  $C_{v1}$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน เมื่อ LID = 90 นาที

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง ,  $\bar{\sigma}_{av}$  , กก./ตร.ซม. (log scale)



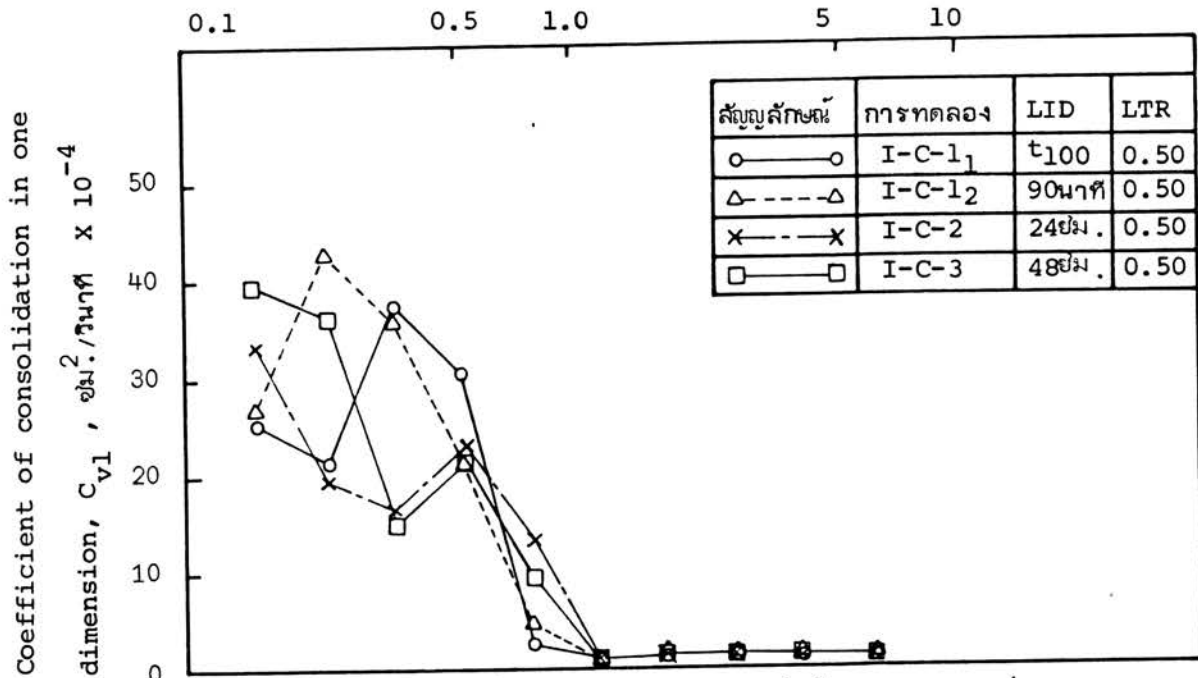
รูปที่ 4.27 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อ  $C_{v3}$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ  $LID = t_{100}$

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง ,  $\bar{\sigma}_{av}$  , กก./ตร.ซม. (log scale)



รูปที่ 4.28 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อ  $C_{v3}$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ  $LID = 24$  ซม.

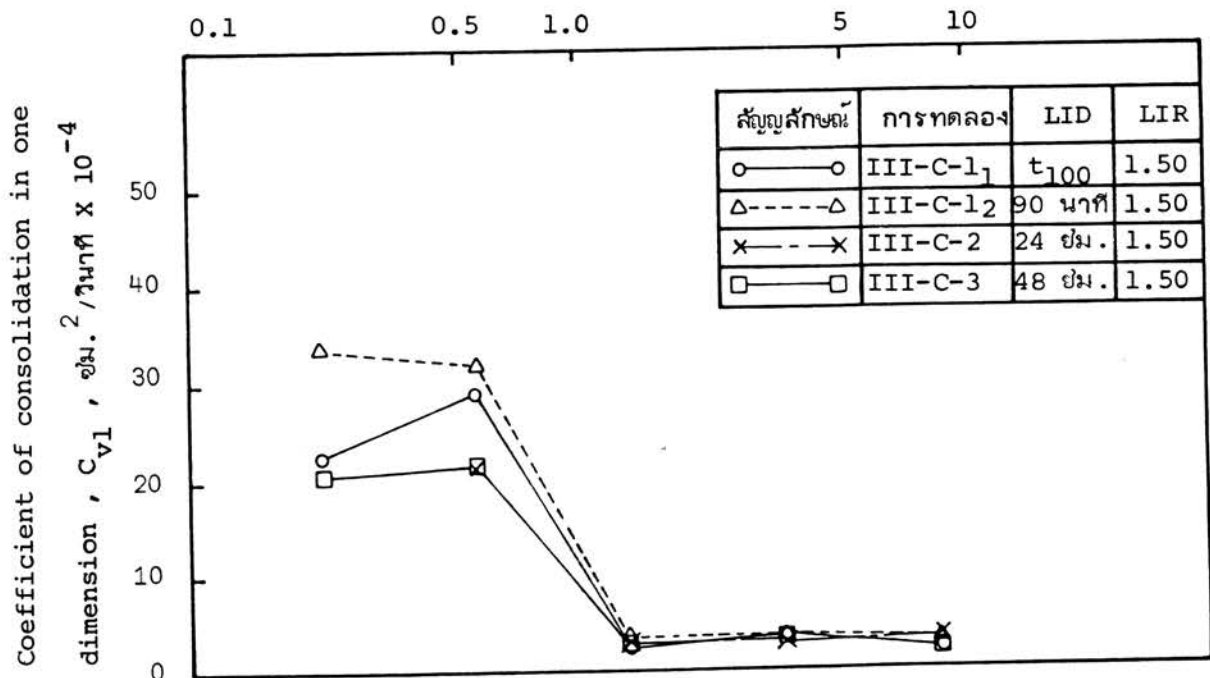
ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง ,  $\bar{\sigma}_{av}$  , กก./ตร.ซม. (log scale)



รูปที่ 4.29 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก (LID) ต่อ  $C_{v1}$

จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน เมื่อ LIR = 0.50

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง ,  $\bar{\sigma}_{av}$  , กก./ตร.ซม. (log scale)

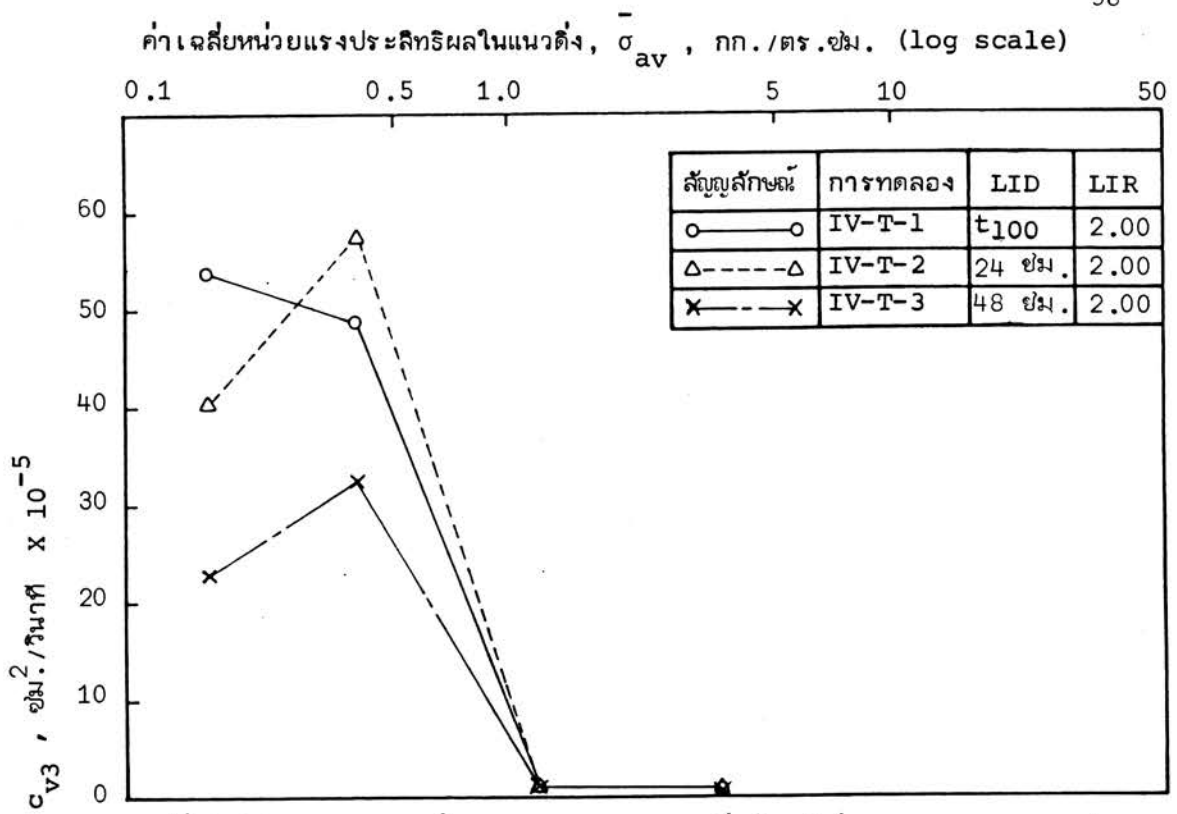


รูปที่ 4.30 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก (LID) ต่อ  $C_{v1}$

จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน เมื่อ LIR = 1.50

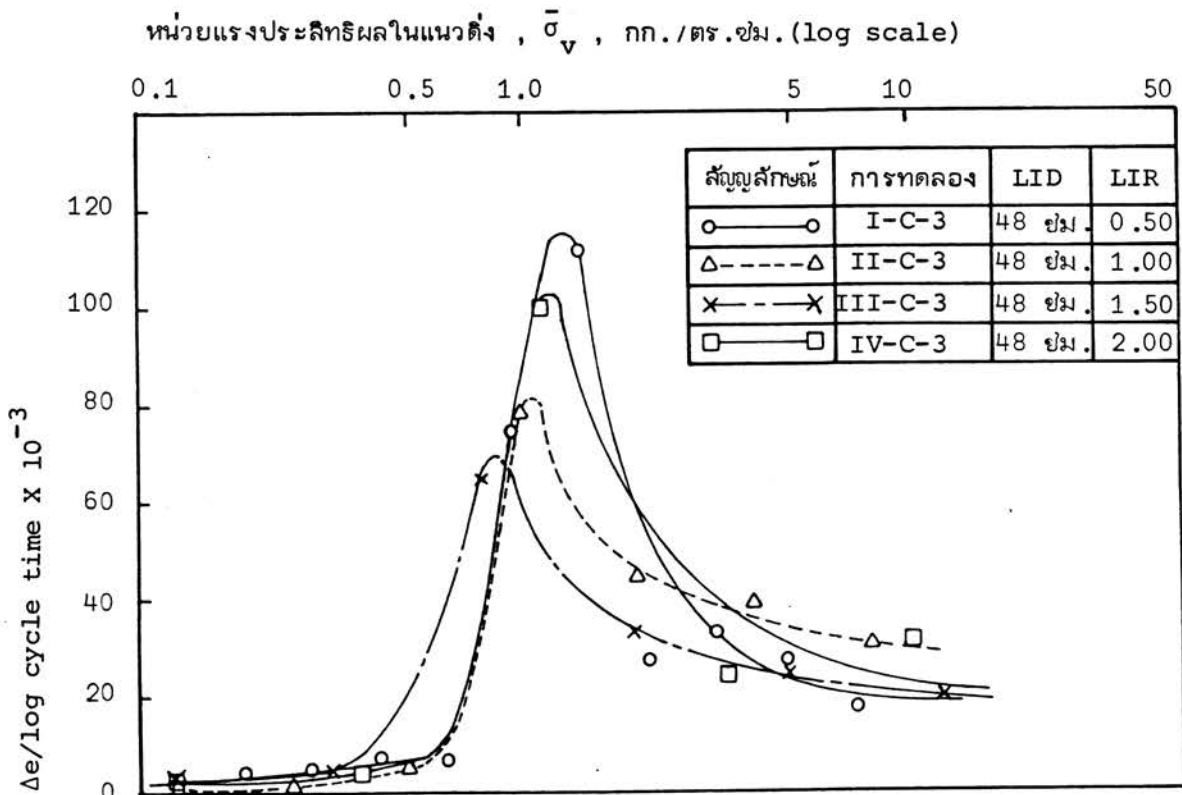


Coefficient of consolidation in three dimension,



รูปที่ 4.31 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $C_{v3}$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล เมื่อ LIR = 2.00

Coefficient of secondary compression,  $R_s$ ,



รูปที่ 4.32 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $R_s$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดะชัน เมื่อ LID = 48 ซม.

ซึ่งได้จากการทดสอบแบบคอนโซลเดี่ยว จะเห็นว่าในย่าน O.C. เมื่อหน่วยแรงเพิ่มขึ้น  $R_s$  จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่พอหน่วยแรงเข้าใกล้  $\bar{\sigma}_{vm}$  ทำให้  $R_s$  เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และจะมีค่าสูงสุดเมื่อหน่วยแรงสูงกว่า  $\bar{\sigma}_{vm}$  เล็กน้อย หลังจากนั้นค่า  $R_s$  จะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อหน่วยแรงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งหน่วยแรงมีค่าประมาณ 2.00 กก./ตร.ซม. ค่า  $R_s$  จะลดลงเป็นส่วนเล็กน้อยกับการเพิ่มขึ้นของหน่วยแรง ซึ่งผลการทดลองนี้จะสอดคล้องกับรายงานของ TEVES & MOH (1968), REINMANOROM (1974) และ NANEGRUNGSUNK (1976)

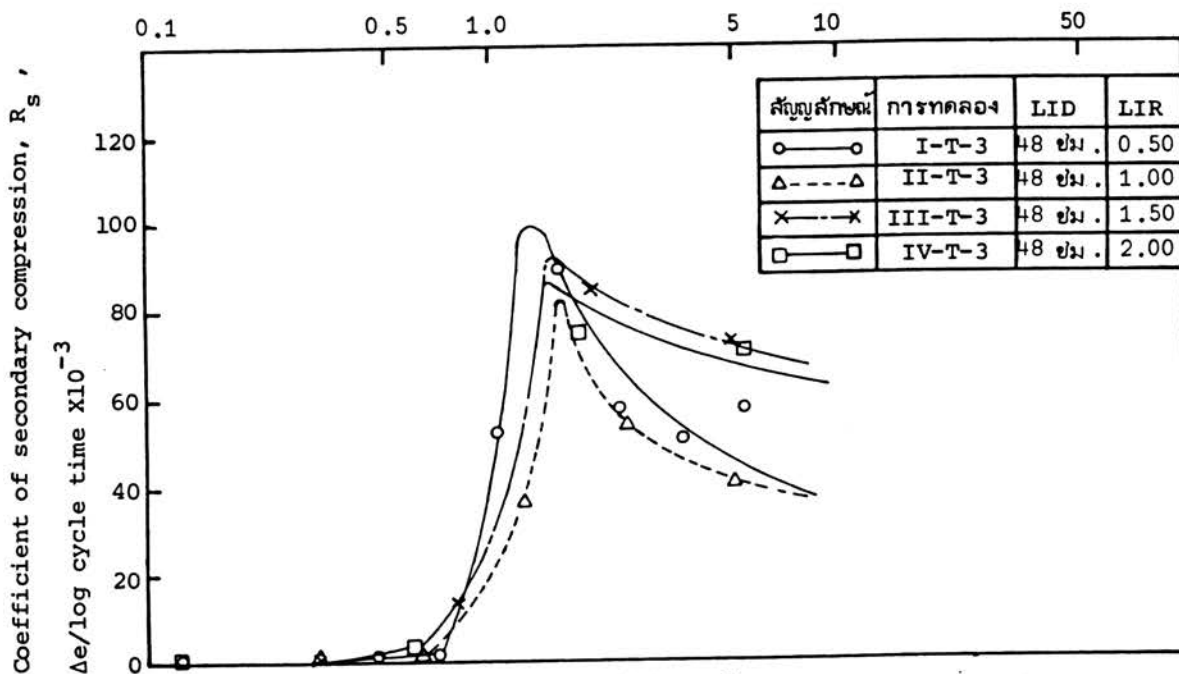
รูปที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ของ  $R_s - \log \bar{\sigma}_v$  ซึ่งได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซิล ผลการทดสอบก็มีแนวโน้มแบบเดียวกับผลการทดสอบที่ได้จากคอนโซลเดี่ยว

4.6.2.2 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ของ  $R_s - \log \bar{\sigma}_v$  โดยใช้ LID คงที่เท่ากับ 48 ซม. แต่ LIR เปลี่ยนไป คือ 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 จากการทดสอบแบบคอนโซลเดี่ยว จะเห็นว่า LIR ไม่มีผลกระทบที่เห็นได้ชัดต่อ  $R_s$  เลย กราฟที่กระจัดกระจายเนื่องจากว่าต้นไม้เป็นเนื้อเดียวกัน และจุดหมึกไม้คงที่ ผลการทดสอบนี้ได้สนับสนุนผลการทดลองในอดีต และทฤษฎีของ WHALS MESRI (1973) ได้ศึกษาต้นเหมียวอินทรีที่ทำขึ้นเอง พบว่า LIR ไม่มีผลกระทบที่เห็นได้ชัดเจนต่อ  $R_s$  ซึ่งผลการทดลองเช่นนี้เหมือนกับการทดลองของ KANG (1970) ซึ่งศึกษาต้นเหมียวกรุงเทพฯ และ REINMANOROM (1974) ซึ่งศึกษาต้นเหมียวหนองงูเห่า แต่แตกต่างกันไปจากการทดลองของ TEVES & MOH (1968) และ KIM (1971) ซึ่งพบว่า LIR มีผลกระทบต่อ  $R_s$  คือ เมื่อ LIR เพิ่มขึ้นจะทำให้  $R_s$  เพิ่มขึ้นด้วย

จากรูปที่ 4.33 ซึ่งได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซิล โดยใช้ LID คงที่เท่ากับ 48 ซม. และ LIR เปลี่ยนไป คือ 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 ผลกระทบเนื่องจาก LIR ไม่แสดงแนวโน้มที่แน่นอนต่อ  $R_s$  ซึ่งเป็นผลที่ได้ในลักษณะเดียวกับข้อมูลจากการทดสอบแบบคอนโซลเดี่ยว

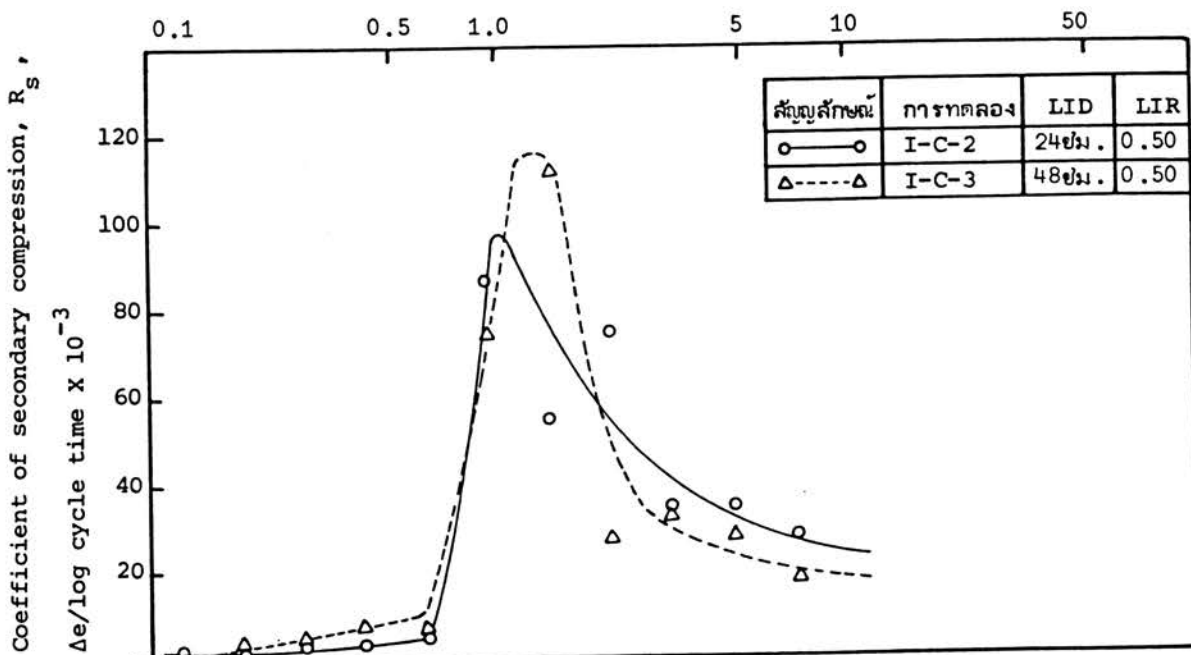
4.6.2.3 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก รูปที่ 4.34 และ 4.35 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LID จากการทดสอบแบบคอนโซลเดี่ยว โดยใช้ LIR คงที่เท่ากับ 0.50 และ 1.00 เรียงตามลำดับ และ LIR เท่ากับ 24 ซม. และ 48 ซม. เนื่องจากว่าการทดสอบครั้งนี้ใช้ LID ยาวที่สุดเพียง 48 ซม. เท่านั้น ซึ่งถ้าจะดูผลกระทบเนื่องจาก LID ที่มีต่อ  $R_s$  ควรจะไประยะยาวกว่านี้ อย่างไรก็ตามกราฟที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้ จะ-

หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_v$ , กก./ตร.ซม. (log scale)



รูปที่ 4.33 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $R_s$  จากการทดสอบแบบโทรแอกเซียล เมื่อ LID = 48 ซม.

หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_v$ , กก./ตร.ซม. (log scale)



รูปที่ 4.34 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $R_s$  จากวิธีการทดสอบแบบคอนโซลเดชั่น เมื่อ LIR = 0.50

เห็นว่าไม่มีผลกระทบเนื่องจาก LID ต่อ  $R_s$  เลย แต่ค่าต่าง ๆ ที่ได้นี้อาจจะมีผลเนื่องจากอัตราส่วนช่องว่างเริ่มแรกไม่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ อุณหภูมิไม่คงที่

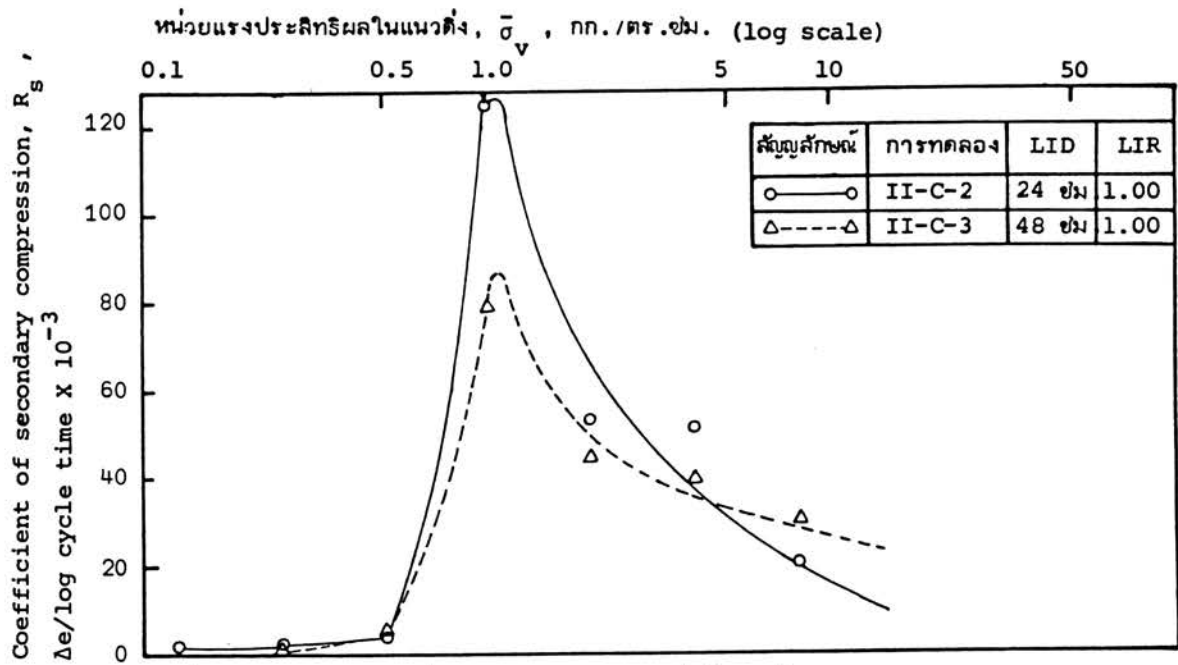
จากรูปที่ 4.36 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LID จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล โดยใช้ LIR คงที่เท่ากับ 1.00 และ LID เท่ากับ 24 ซม. และ 48 ซม. จะเห็นว่าในช่วง O.C. ไม่มีผลกระทบเนื่องจาก LID แต่ในช่วง N.C. จะเห็นว่าเมื่อ LID เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า  $R_s$  ต่ำลง อย่างไรก็ตามการทดสอบนี้ยังสรุปผลเนื่องจาก LID ไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่า การทดสอบครั้งนี้ใช้ LID ล้นไป

#### 4.7 Primary Compression Ratio

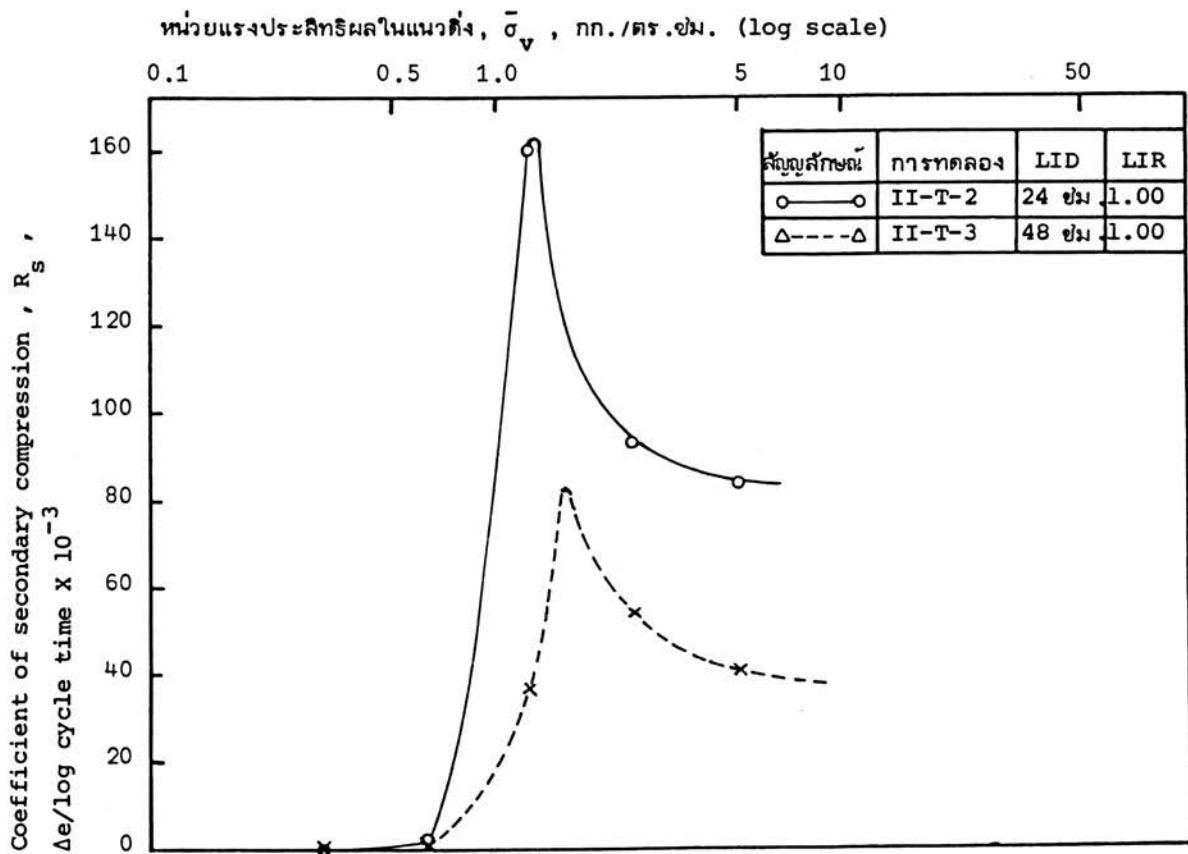
4.7.1 การประมาณค่า Primary compression ratio (r) r เป็นอัตราส่วนของขนาด Primary consolidation ต่อจำนวนการยุบตัวทั้งหมด เนื่องจากว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาค่าของ Primary consolidation ได้จากทฤษฎีของ TERZAGHI ดังนั้นค่า r ที่หาได้จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าทฤษฎีของ TERZAGHI จะมีค่าเป็นเท่าไรในจำนวนการยุบตัวทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างทดสอบ ถ้า r มีค่ามากจะทำให้อัตราการยุบตัวจริง ๆ และที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น (LAMBE, 1951) การพิจารณาค่าของ r ต่อไปนี้ได้จากวิธี  $\sqrt{t}$  ของ TAYLOR จากการทดสอบแบบคอนโซลิดะชันตามมาตรฐานการทดลอง คือ LIR = 1.00 และ LID = 24 ซม. แสดงในรูปที่ 4.37 จะเห็นว่าในช่วง O.C. r มีค่าประมาณ 0.6 จะมีค่าต่ำลงเมื่อหน่วยแรงเพิ่มขึ้น และเข้าใกล้  $\bar{\sigma}_{vm}$  ค่า r จะเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าช่วง N.C. ซึ่งมีค่าประมาณ 0.7

การทดสอบแบบไตรแอกเซียล แสดงในรูปที่ 4.38 โดยใช้ LIR = 0.50 และ LID = 48 ซม. ผลการทดสอบคล้ายการทดสอบแบบคอนโซลิดะชัน

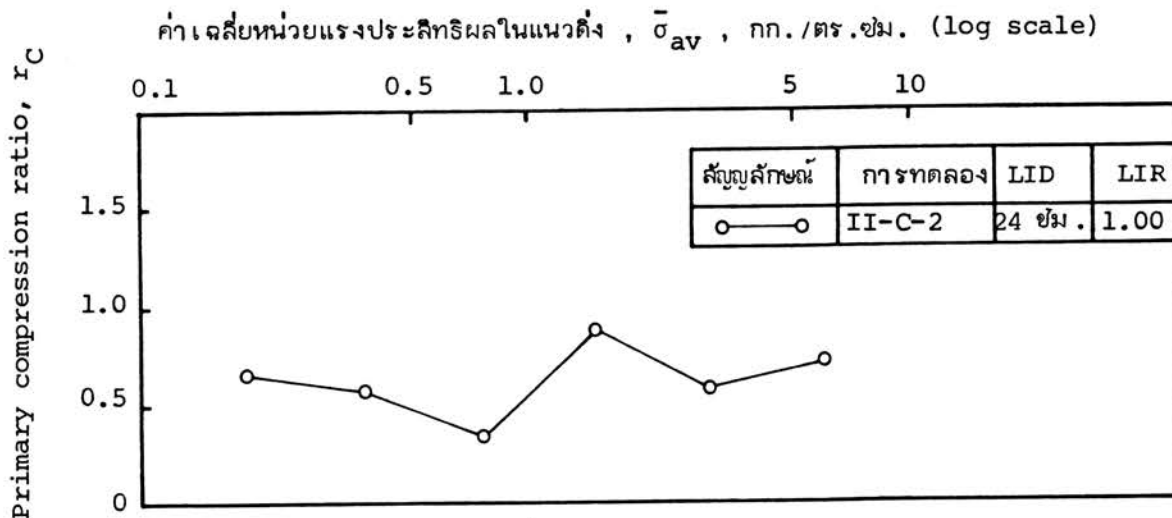
4.7.2 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก รูปที่ 4.39 และ 4.40 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LIR ต่อ r ได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดะชัน โดยใช้ LID คงที่เท่ากับ  $t_{100}$  และ 24 ซม. เรียงตามลำดับ ส่วน LIR เปลี่ยนไปคือ 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 จากรูปที่ 4.39 จะเห็นว่า เมื่อ LIR เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า r ลดลงทั้งในช่วง O.C. และ N.C. ทั้งนี้เนื่องจากว่าเกิดการยุบตัวเริ่มแรก (initial settlement) มากกว่า ส่วนรูปที่ 4.40 ค่าจะกระจายกันออกไปไม่แสดงผลกระทบเนื่องจาก LIR เลย



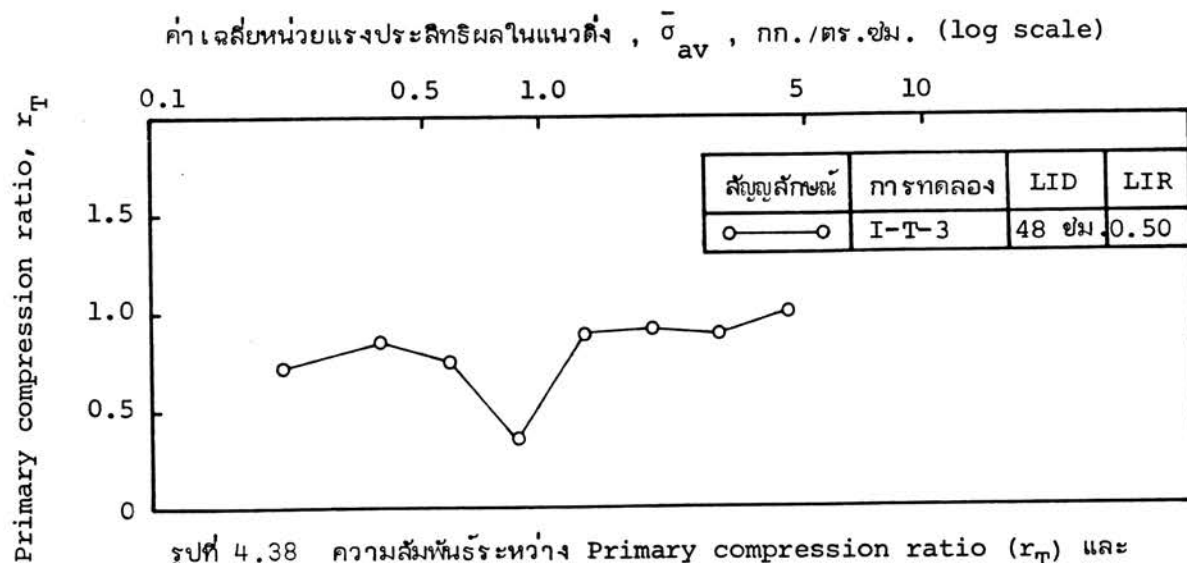
รูปที่ 4.35 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $R_s$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิตേഷัน เมื่อ LIR = 1.00



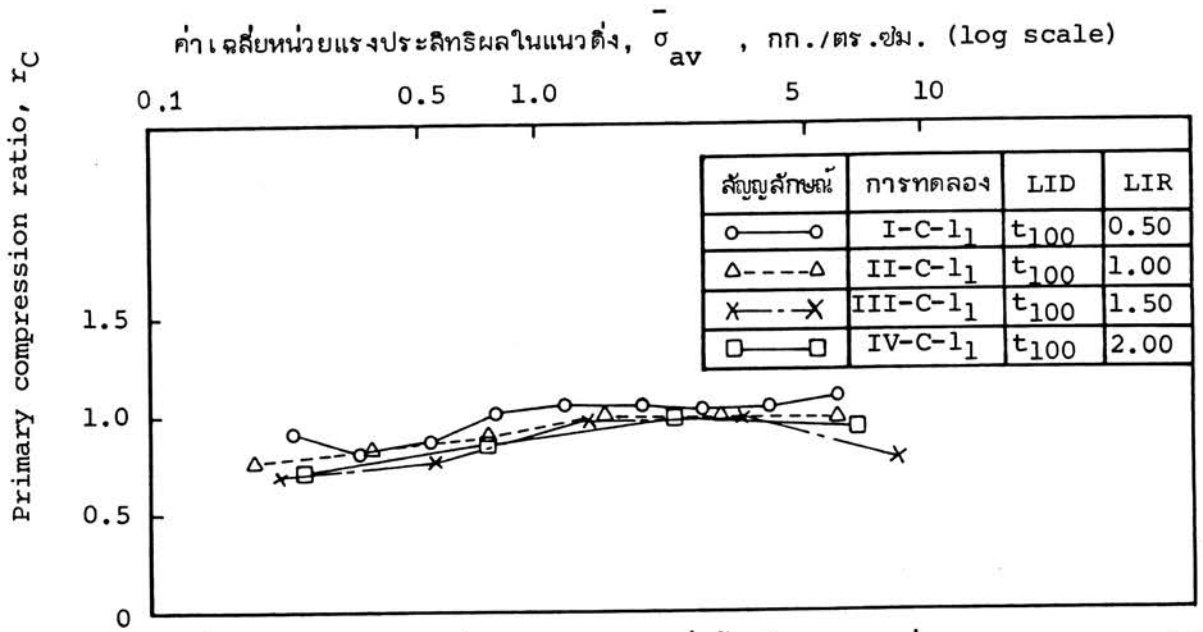
รูปที่ 4.36 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $R_s$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซชัน เมื่อ LIR = 1.00



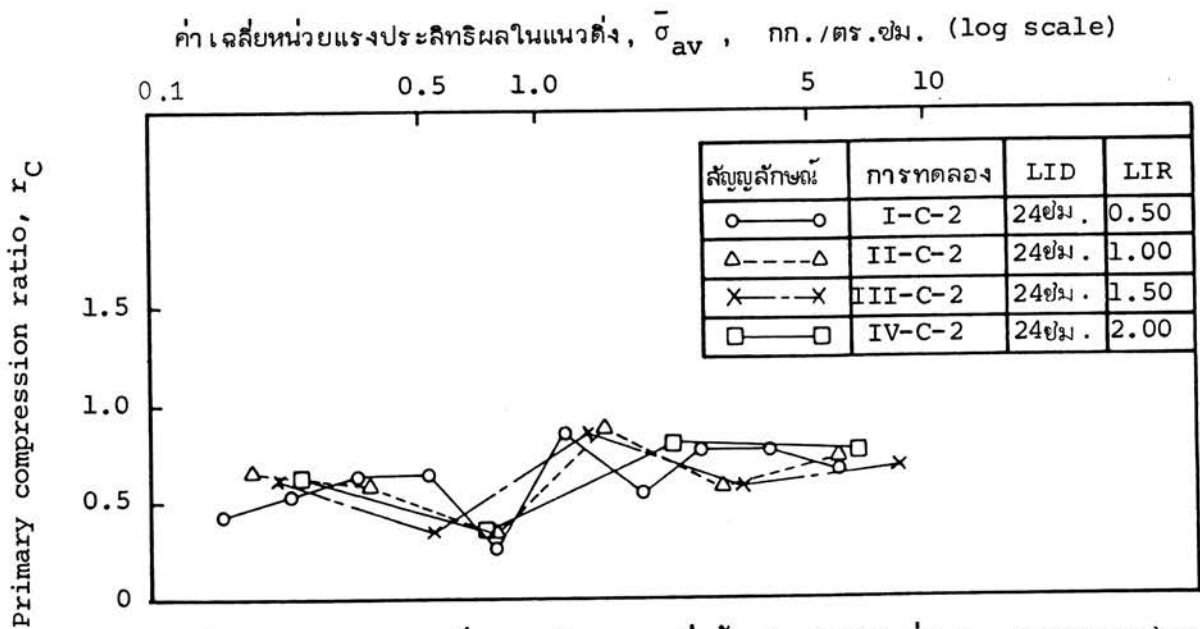
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่าง Primary compression ratio ( $r_C$ ) และ  $\bar{\sigma}_{av}$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิตะชัน



รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่าง Primary compression ratio ( $r_T$ ) และ  $\bar{\sigma}_{av}$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล



รูปที่ 4.39 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อ  $r_C$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน เมื่อ LID = t<sub>100</sub>



รูปที่ 4.40 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนัก (LIR) ต่อ  $r_C$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน เมื่อ LID = 24 ซม.

รูปที่ 4.41 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LIR ต่อ  $r$  ซึ่งได้จากการทดสอบแบบ ไตรแอกเซียล โดยใช้  $LID = t_{100}$  และ  $LIR = 0.50, 1.00, 1.50$  และ  $2.00$  จะเห็นว่า ในยंत्र  $O.C.$  มีแนวโน้มว่า เมื่อ LIR เพิ่มขึ้นจะให้ค่า  $r$  ต่ำลง แต่ในยंत्र  $N.C.$  ไม่มีผลกระทบเนื่องจาก LIR เลย

4.7.3 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก รูปที่ 4.42 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LID ซึ่งได้จากการทดสอบแบบคอนโวลูชัน โดยใช้ LIR คงที่เท่ากับ 2.00 ส่วน LID เปลี่ยนไป คือ  $t_{100}, 24$  ชม. และ 48 ชม. จะเห็นว่า เมื่อ LID ล้น จะให้ค่า  $r$  สูงกว่าทั้งในยंत्र  $O.C.$  และ  $N.C.$  เนื่องจากเกิด Secondary compression

รูปที่ 4.43 แสดงผลกระทบเนื่องจาก LID ซึ่งได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล จะเห็นว่าเมื่อ LID ล้น จะให้ค่า  $r$  สูงกว่า ทั้งในยंत्र  $O.C.$  และ  $N.C.$  เหมือนการทดสอบแบบคอนโวลูชัน

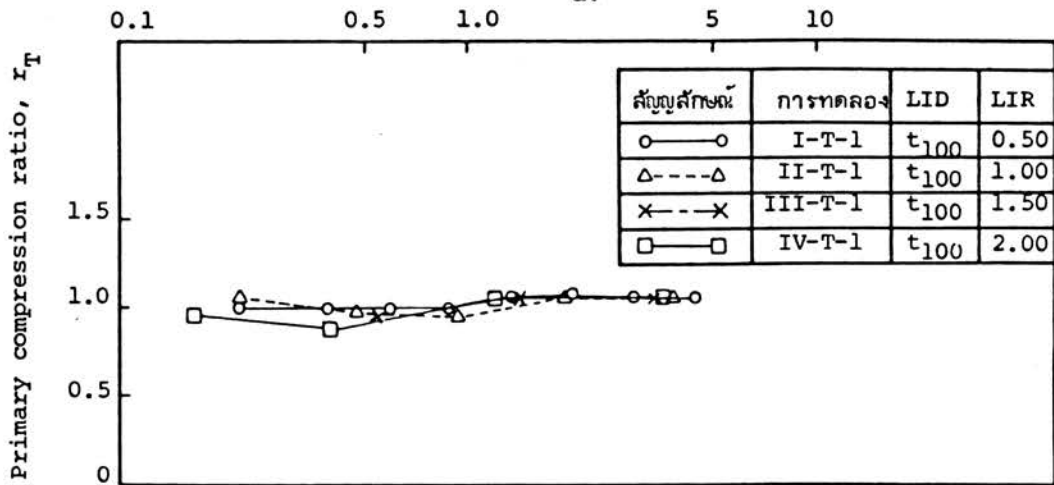
#### 4.8 เปรียบเทียบการทดสอบแบบไตรแอกเซียลและคอนโวลูชัน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของดินเหนียวอ่อนตอนเมือง เปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดสอบแบบไตรแอกเซียลและคอนโวลูชัน ซึ่งมีข้อแตกต่างกันในการเตรียมดินตัวอย่าง และระหว่างการทำทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบข้อแตกต่างของการเตรียมดินตัวอย่างของการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโวลูชัน

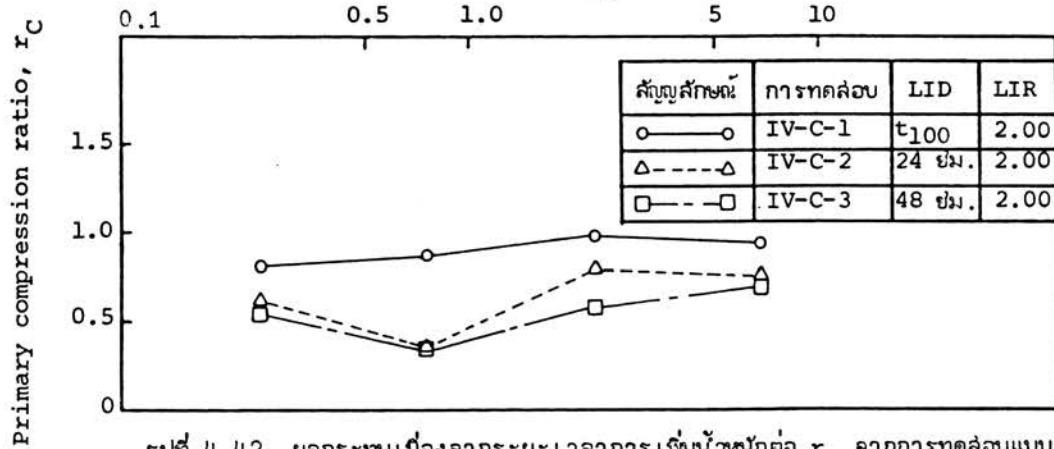
รายการ	การทดสอบแบบ ไตรแอกเซียล	การทดสอบแบบ คอนโวลูชัน
1. เส้นผ่าศูนย์กลางของดินตัวอย่าง, ซม.	3.50	6.35
2. ความสูงของดินตัวอย่าง, ซม.	7.00	2.55
3. การระบายน้ำออกจากดินตัวอย่าง	3 ทิศทาง	1 ทิศทาง
4. การบุงตัวของดินตัวอย่าง	1 มิติ	1 มิติ
5. แรงกระทำต่อดินตัวอย่าง	3 มิติ	1 มิติ
6. แรงดันกลับ (Back pressure), กก./ตร.ซม.	2.00	-





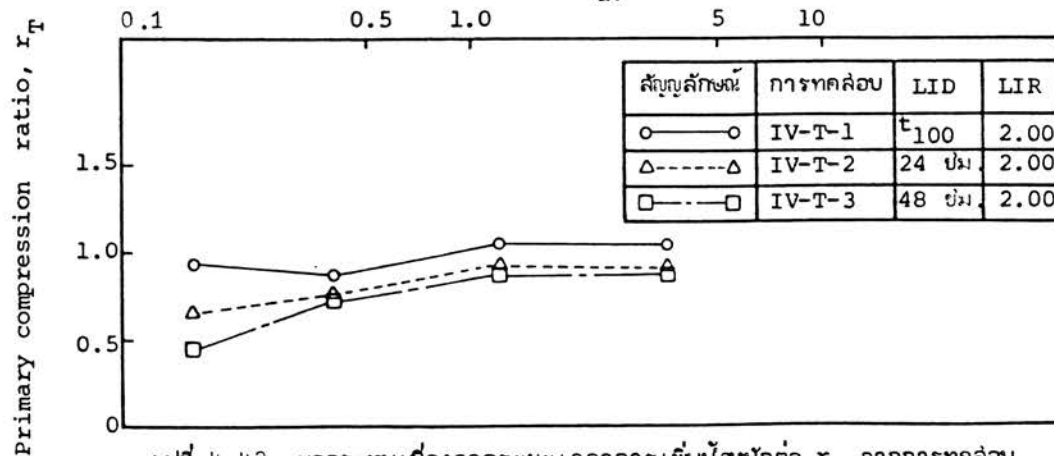
รูปที่ 4.41 ผลกระทบเนื่องจากอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $r_T$  จากการทดสอบแบบ ไตรแอกเซียล เมื่อ LID =  $t_{100}$

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม. (log scale)



รูปที่ 4.42 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $r_C$  จากการทดสอบแบบ คอนโซลิตേഷัน เมื่อ LIR = 2.00

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม. (log scale)



รูปที่ 4.43 ผลกระทบเนื่องจากระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักต่อ  $r_T$  จากการทดสอบแบบ ไตรแอกเซียล เมื่อ LIR = 2.00



#### 4.8.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด และ $\log$ หน่วยแรงประสิทธิผล

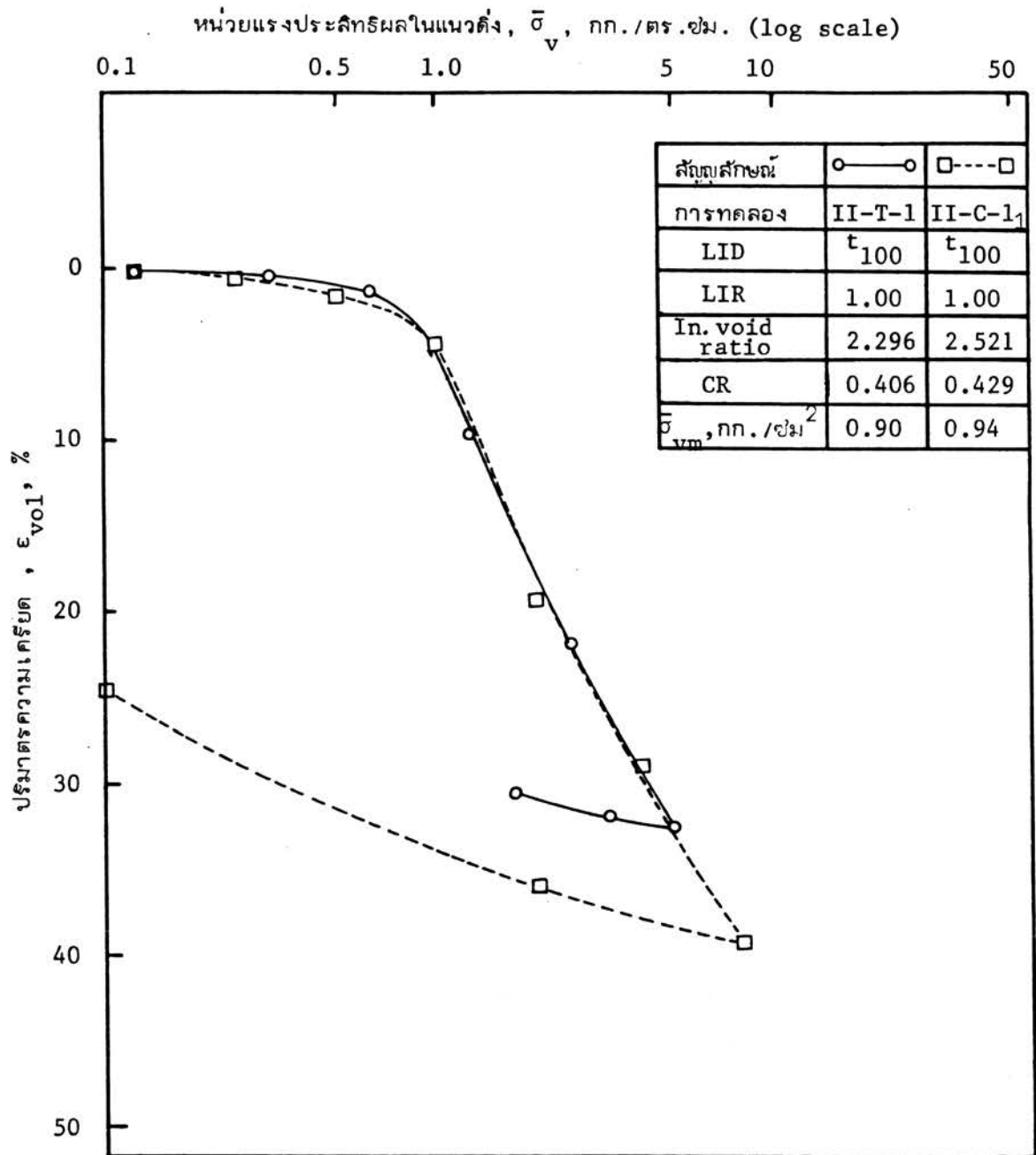
รูปที่ 4.44, 4.45 และ 4.46 เปรียบเทียบ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$  ที่ได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิดেশัน โดยใช้ LID =  $t_{100}$ , 48 ซม. 24 ซม. และ LIR = 1.00, 1.00 และ 2.00 เรียงตามลำดับ จากรูปทั้ง 3 จะเห็นว่าในย่วง O.C. กราฟที่ได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล จะยุบตัวน้อยกว่าเล็กน้อย พอเข้าย่วง N.C. กราฟจะทับกันเกือบสนิท แต่การทดสอบแบบไตรแอกเซียลค่อนข้างจะยุบตัวมากกว่าเล็กน้อย จะเห็นได้ชัดเจนในรูปที่ 4.46 ทั้งนี้อาจเนื่องจากแรงเสียดทานทางด้านข้างของการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน ในย่วง O.C. กราฟที่ได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশันจะยุบตัวมากกว่าแบบไตรแอกเซียล เนื่องจากการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน ไม่ได้ใช้แรงดันกลับ (Back pressure) จึงทำให้เกิดการยุบตัวเริ่มแรก (initial settlement) สูงกว่า (BRAND & KANG, 1972)

#### 4.8.2 เปรียบเทียบหน่วยแรงสูงสุดในอดีต

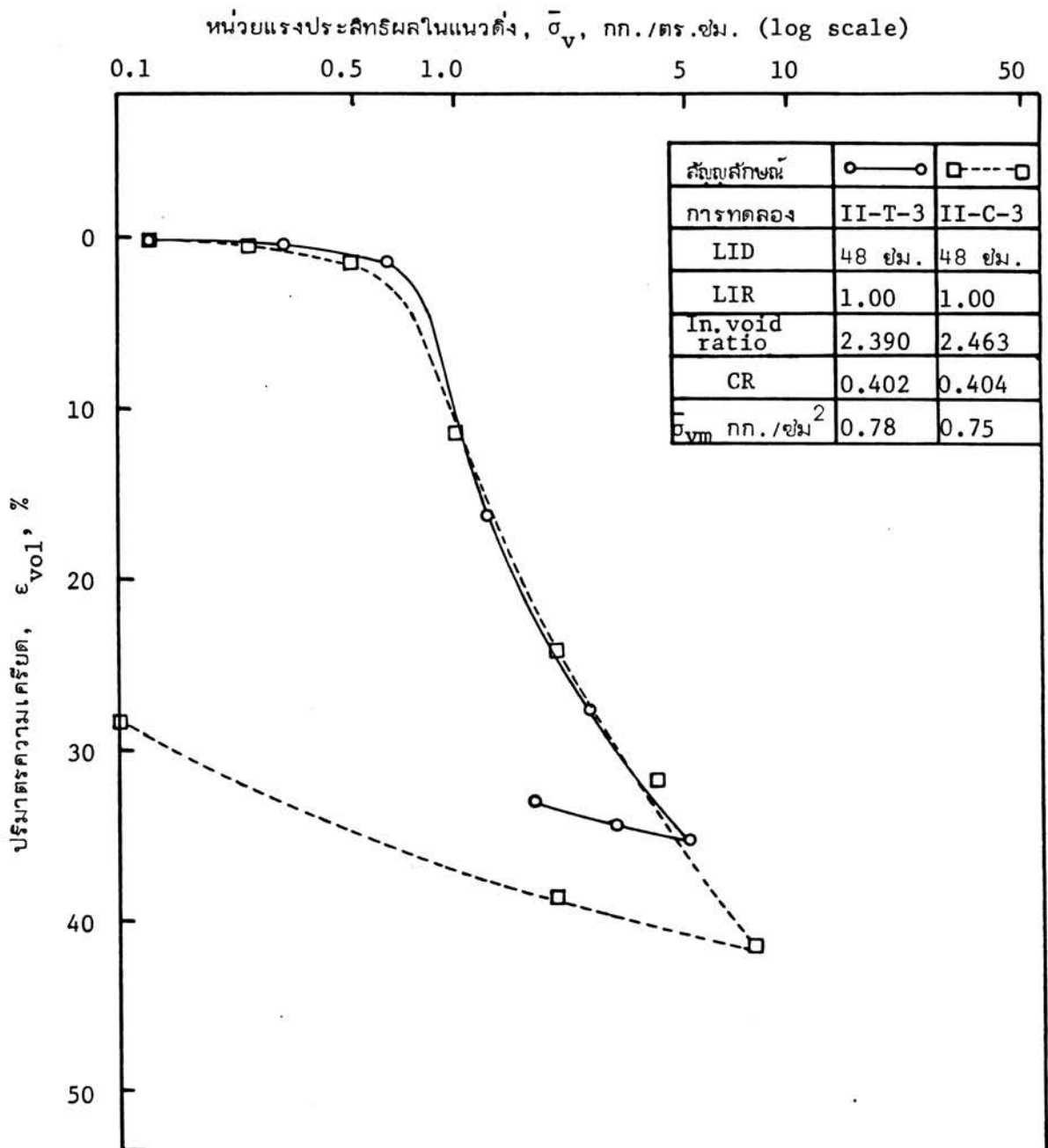
รูปที่ 4.47 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงสูงสุดในอดีตระหว่างการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิดেশันของดินเหนียวอ่อนดอนเมือง โดยใช้อัตราการเพิ่มน้ำหนัก และระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนักแตกต่างกันออกไป กราฟที่เขียนแต่ละจุดได้จากการทดสอบที่ใช้ LID และ LIR เท่ากัน ค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงสูงสุดในอดีตจากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล ( $\bar{\sigma}_{vmT}$ ) เท่ากับ 0.83 กก./ตร.ซม. และค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงสูงสุดในอดีตของการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน ( $\bar{\sigma}_{vmc}$ ) เท่ากับ 0.86 กก./ตร.ซม. กราฟที่เขียนระหว่าง  $\bar{\sigma}_{vmT}$  และ  $\bar{\sigma}_{vmc}$  มีความชัน ( $\bar{\sigma}_{vmT}/\bar{\sigma}_{vmc}$ ) เท่ากับ 0.98 หน่วยแรงสูงสุดในอดีตของแต่ละการทดสอบ แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และ 4.4 จากความชันจะเห็นว่า  $\bar{\sigma}_{vmT}$  มีค่าน้อยกว่า  $\bar{\sigma}_{vmc}$  ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบแบบไตรแอกเซียลใช้แรงดันกลับ จึงทำให้ได้ค่า  $\bar{\sigma}_{vmT}$  ต่ำกว่า  $\bar{\sigma}_{vmc}$  ที่ไม่ใช้แรงดันกลับเล็กน้อย (BRAND & KANG, 1972)

#### 4.8.3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและการยุบตัว

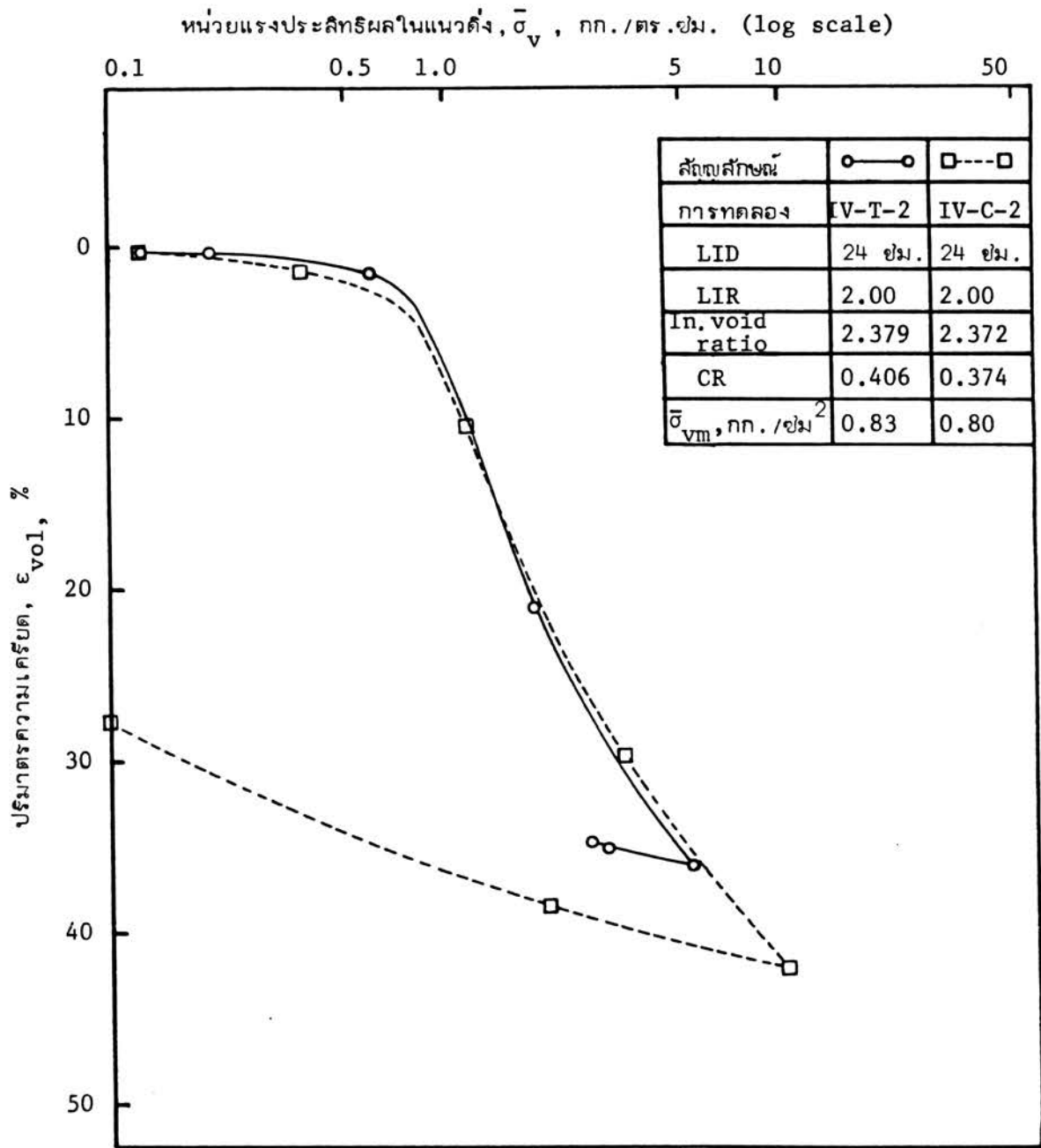
MARSAL และผู้ร่วมงาน (1950) ได้จำแนกกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและการยุบตัวออกเป็น 3 ชนิด เนื่องจาก ผลกระทบของอัตราการเพิ่มน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ในหัวข้อ 4.3 ได้กล่าวถึงผลกระทบเนื่องจาก LIR ทั้งการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิดেশัน ซึ่งให้ผลลัพธ์เหมือนกัน คือ กราฟชนิดที่ I ได้จากการทดสอบที่ใช้ LIR = 0.50 ในย่วง N.C. และ LIR  $\geq$  1.0 ทั้งในย่วง N.C. และ O.C. ดังแสดงในรูปที่ 4.48 กราฟ



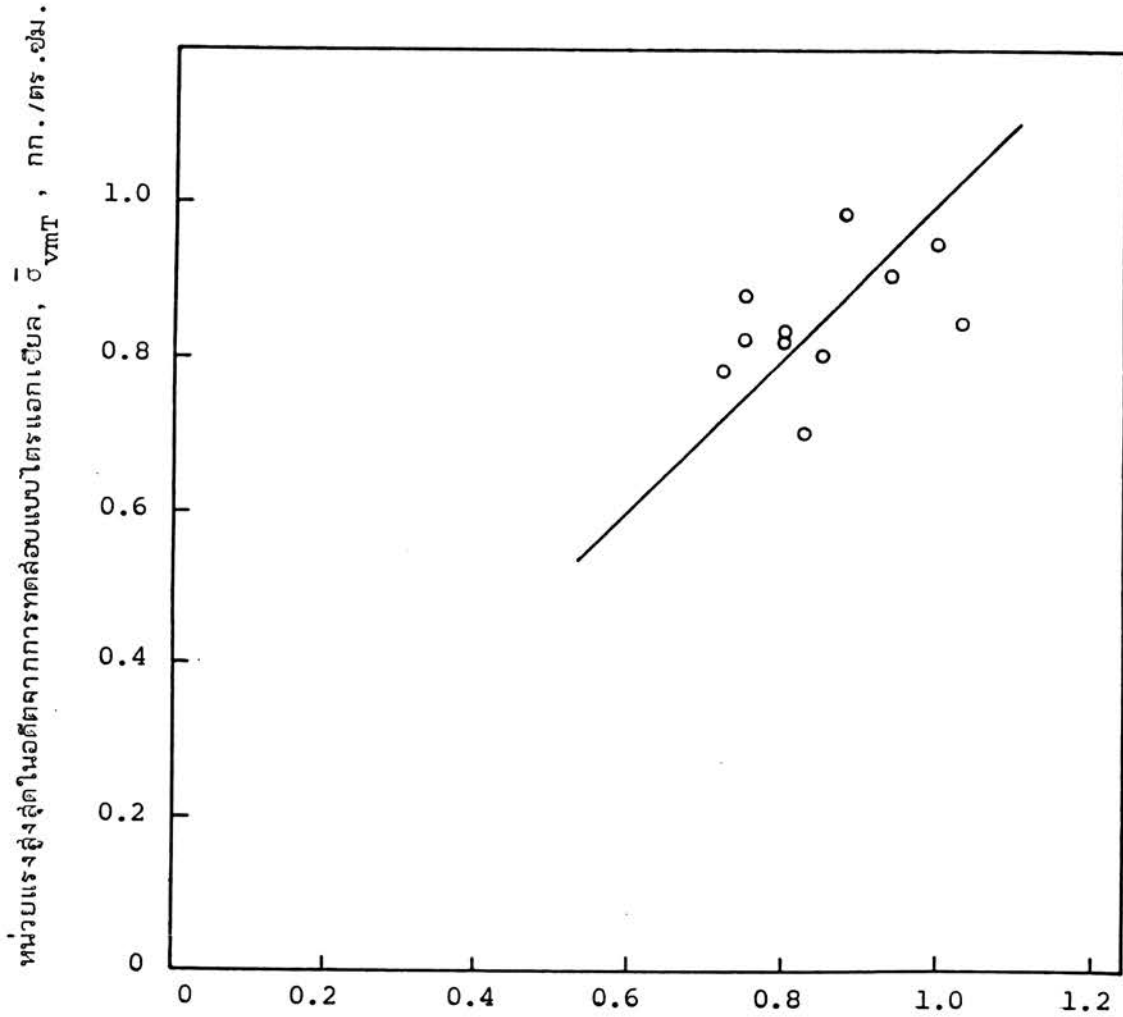
รูปที่ 4.44 เปรียบเทียบ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$  ระหว่างการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิดะชัน



รูปที่ 4.45 เปรียบเทียบ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$  ระหว่างการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิดেশัน

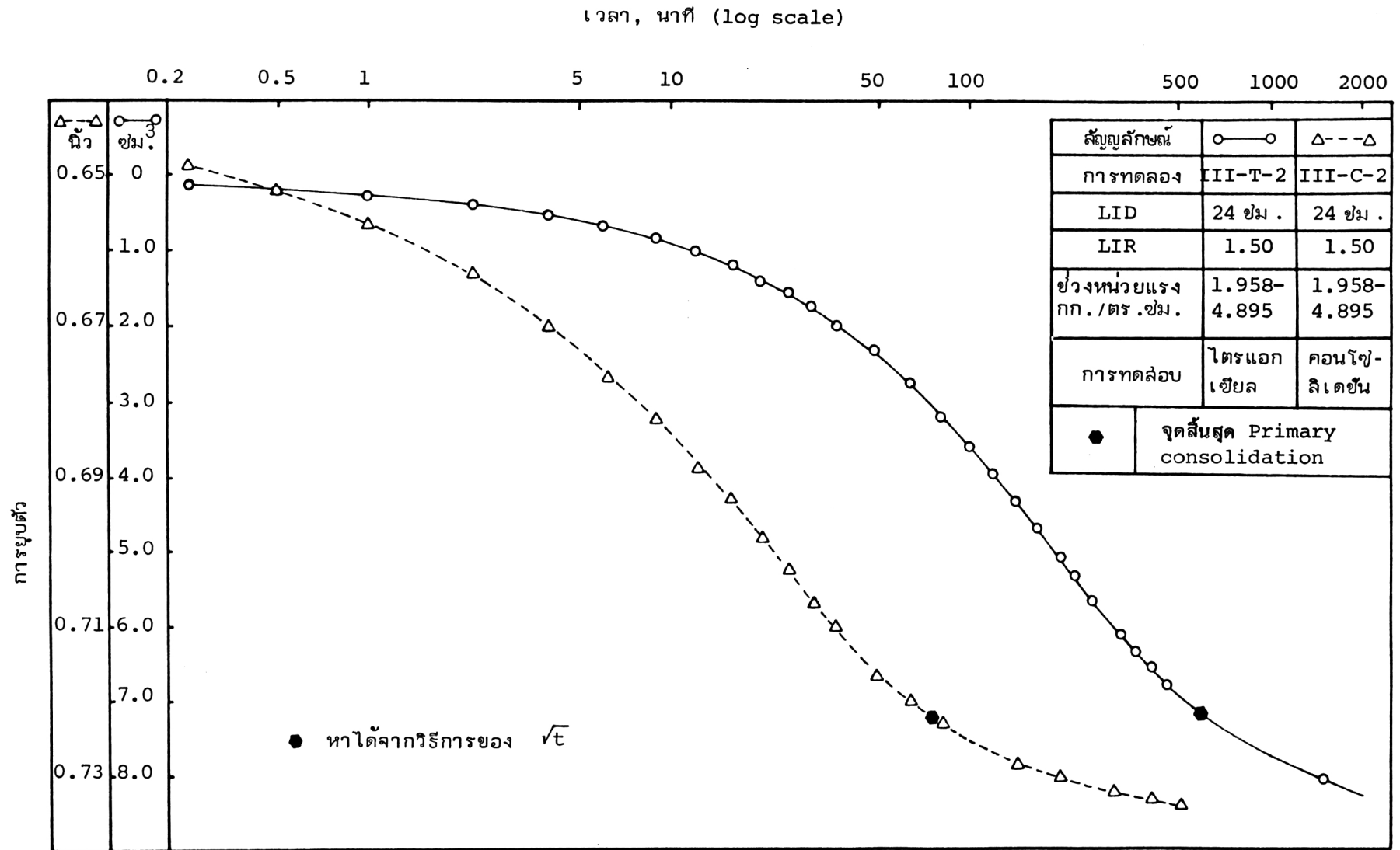


รูปที่ 4.46 เปรียบเทียบ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$  ระหว่างการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิดะชัน



หน่วยแรงสูงสุดในอดีตจากการทดสอบแบบคอนโซลิดเดชัน,  $\sigma_{vmc}$ , กก./ตร.ซม.

รูปที่ 4.47 ความสัมพันธ์ของหน่วยแรงสูงสุดในอดีตระหว่างการทดสอบแบบไทรแอกเซียลและคอนโซลิดเดชันของดินเหนียวอ่อนดอนเมือง



รูปที่ 4.48 เปรียบเทียบกราฟการยุบตัว-log เวลาชนิดที่ I ของการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิเดชัน

ชนิดที่ II ได้จากการทดสอบที่  $LIR = 0.50$  ในช่วง  $O.C.$  ดังแสดงในรูปที่ 4.49 และ กราฟชนิดที่ III ได้จากการทดสอบในช่วงการเพิ่มน้ำหนักक्रमหน่วยแรงสูงสุดในอดีต โดยไม่คำนึงถึงอัตราการเพิ่มน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.50

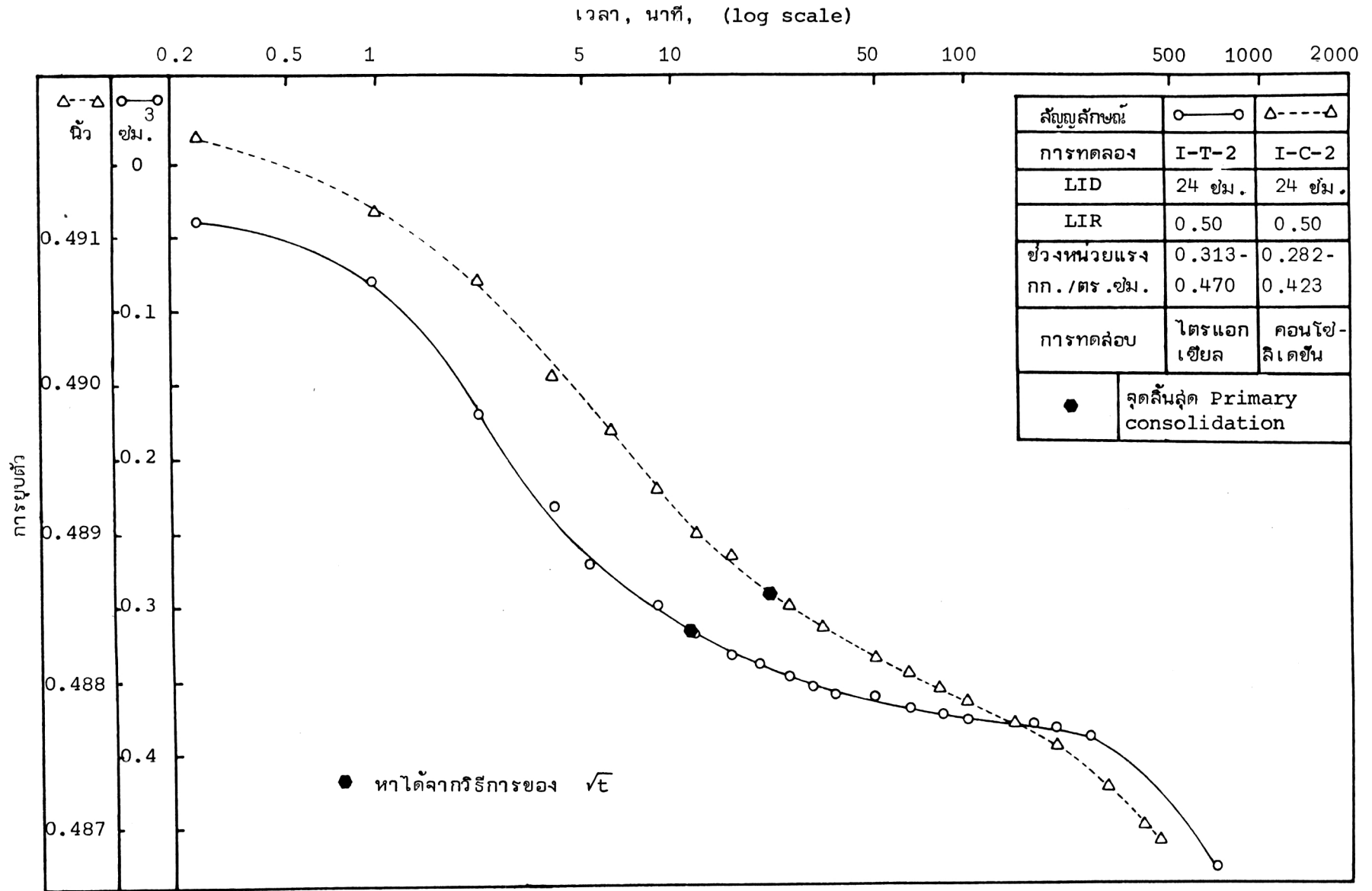
รูปที่ 4.48 เปรียบเทียบกราฟชนิดที่ I ที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 วิธี โดยใช้  $LID$  และ  $LIR$  เท่ากัน คือ 24 ซม. และ 1.50 เรียงตามลำดับ และใช้ช่วงการเพิ่มน้ำหนักที่ เท่ากันด้วย จะเห็นว่ากราฟของไตรแอกเซียล จะขยุบตัวช้ากว่า ทั้งนี้เนื่องจากว่าความสูง ของดินตัวอย่างที่ต่างกัน ถึงแม้ทิศทางการไหลออกของน้ำใน triaxial จะมากกว่า การขยุบตัวที่ ช้ากว่าเป็นผลให้ใช้เวลาในการเกิด Primary consolidation นานกว่า รูปที่ 4.49 เปรียบเทียบ กราฟชนิดที่ II ที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 วิธี โดยใช้  $LID$  และ  $LIR$  เท่ากัน คือ 24 ซม. และ 0.50 เรียงตามลำดับ และใช้ช่วงการเพิ่มน้ำหนักที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด คือ 0.313-0.470 กก./ตร.ซม. สำหรับการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และ 0.282-0.423 กก./ตร.ซม. สำหรับการ ทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน กราฟการขยุบตัว-log เวลา ชนิดที่ II ของการทดสอบทั้ง 2 วิธี นี้ จะเห็นว่ากราฟการทดสอบแบบไตรแอกเซียลจะชันมากกว่าเล็กน้อยในช่วง Primary con- solidation และจะเปลี่ยนแปลงช้าลงในช่วงการเกิด Secondary compression

รูปที่ 4.50 เปรียบเทียบกราฟชนิดที่ III ที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 วิธี โดยใช้  $LID$  และ  $LIR$  เท่ากัน คือ 24 ซม. และ 0.5 เรียงตามลำดับ ใช้ช่วงการเพิ่มน้ำหนักที่ใกล้- เคียงกันมากที่สุด คือ 0.470-0.704 กก./ตร.ซม. สำหรับการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และ 0.635-0.952 กก./ตร.ซม. สำหรับการทดสอบแบบคอนโซลิดেশัน กราฟที่ได้จากการทดสอบ แบบไตรแอกเซียลจะเห็นว่า มีลักษณะคล้ายกับว่ากำลังเปลี่ยนจากกราฟชนิดที่ II เป็นชนิดที่ III เนื่องจากว่าช่วงการเพิ่มน้ำหนักมีค่าประมาณหน่วยแรงสูงสุดพอดี กราฟการขยุบตัว-log เวลา ชนิด ที่ III ของการทดสอบทั้ง 2 วิธีลักษณะใกล้เคียงกัน จะต่างกันบ้างในช่วงท้าย คือ การทดสอบ แบบไตรแอกเซียลจะชันมากกว่า

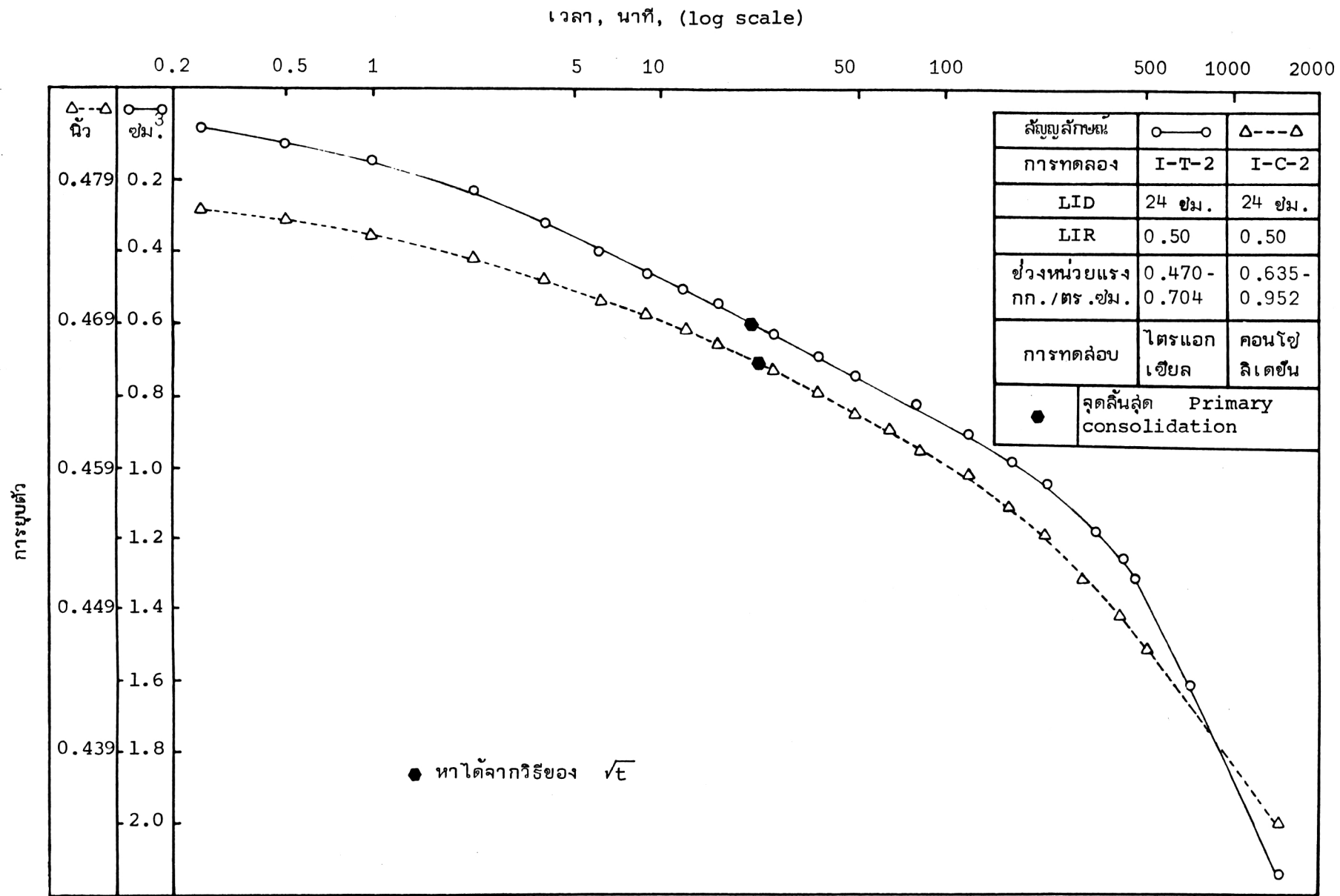
#### 4.8.4 เปรียบเทียบ Compressibility ของดิน

รูปที่ 4.51 และ 4.52 เปรียบเทียบ Coefficient of compressibility ระหว่างวิธีการทดสอบแบบไตรแอกเซียลและคอนโซลิดেশัน โดยให้  $LID = 48$  ซม.,  $t_{100}$  และ  $LIR = 1.00, 1.50$  เรียงตามลำดับ จะเห็นว่าในช่วง  $O.C.$  ค่า  $a_v$  จากการทดสอบแบบ ไตรแอกเซียล จะน้อยกว่าแบบคอนโซลิดেশัน แต่ในช่วง  $N.C.$  ค่า  $a_v$  จากการทดสอบแบบ ไตรแอกเซียล อาจให้ค่ามากกว่าเล็กน้อย และเมื่อหน่วยแรงเพิ่มขึ้น ค่า  $a_v$  จะเข้าใกล้กันมาก

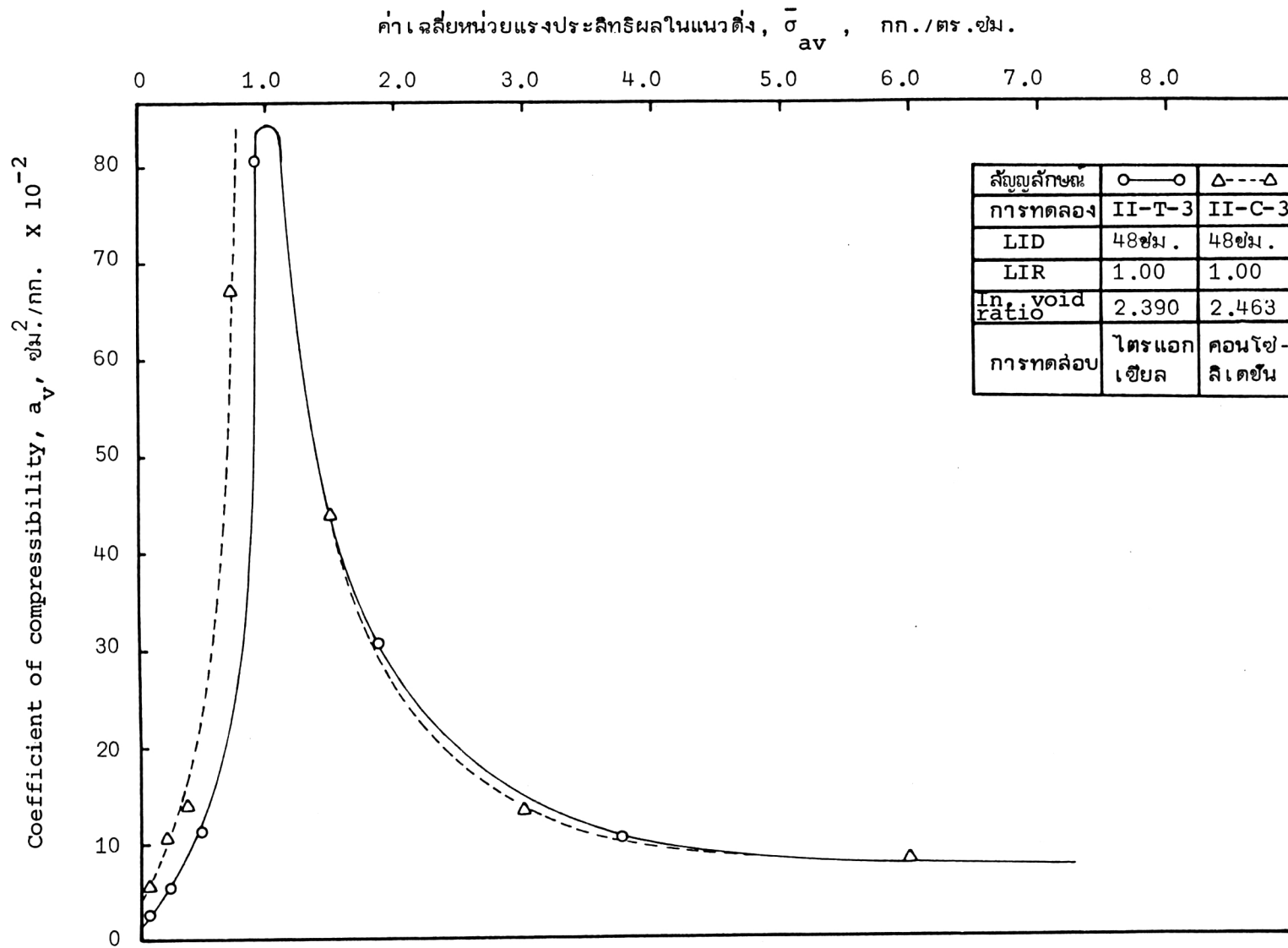




รูปที่ 4.49 เปรียบเทียบกราฟการยุบตัว -log เวลา ชนิดที่ II ของการทดสอบแบบไตรแอกเซี่ยลและคอนโซลิดะชัน

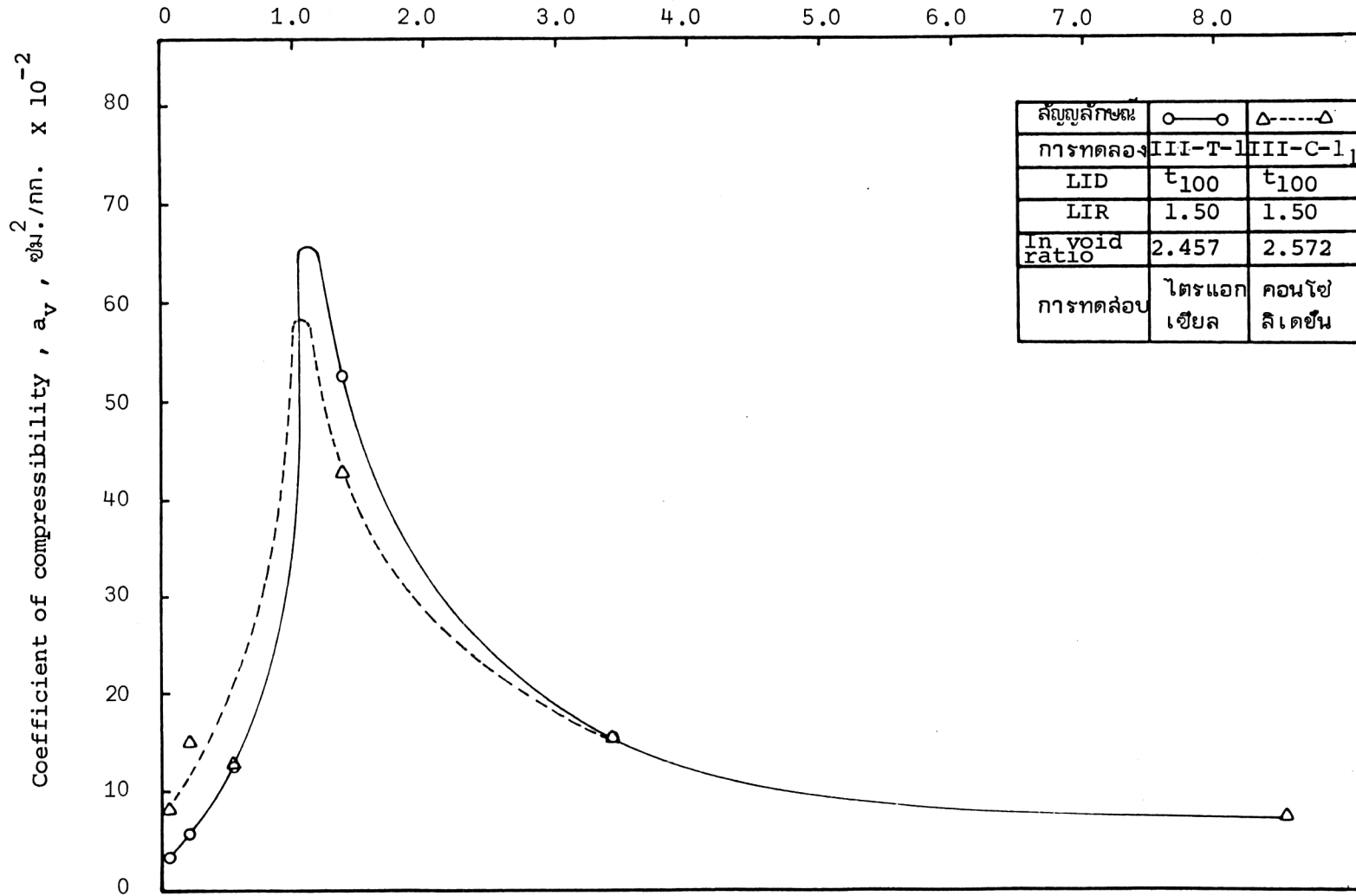


รูปที่ 4.50 เปรียบเทียบกราฟการยุบตัว - log เวลาชนิดที่ III ของการทดสอบแบบไตรแอกเซลล์และคอนโซลลิเดชั่น



รูปที่ 4.51 เปรียบเทียบ Coefficient of compressibility ( $a_v$ ) ระหว่างวิธีการทดสอบแบบไตรแอกเซียลและคอนโซลิดেশัน

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม.



รูปที่ 4.52 เปรียบเทียบ Coefficient of compressibility ( $a_v$ ) ระหว่างวิธีการทดสอบแบบ ไทรแอกเซียมและคอนโซลิเดชัน

ขึ้น เนื่องจากว่าโครงสร้างของเม็ดดินเริ่มเข้าสู่ภาวะเสถียรภาพ (stable structure) ในช่วง O.C. ค่า  $a_v$  ที่ได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียลมีค่าน้อยกว่าแบบคอนโซลิดेशन อาจเนื่องจากว่าฟองอากาศในดินตัวอย่างของการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन ทำให้เกิดการยุบตัวมากกว่าแบบไตรแอกเซียล การทดสอบแบบไตรแอกเซียล ซึ่งกล่าวได้ว่าไม่มีฟองอากาศอยู่เลย เนื่องจากถูกบีบให้หมดไปด้วยแรงดันกลับ

#### 4.8.5 เปรียบเทียบ Coefficient of Consolidation

รูปที่ 4.53 และ 4.54 เปรียบเทียบ Coefficient of consolidation ( $C_v$ ) จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิดेशन ซึ่ง  $C_v$  ที่ได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียลจะเป็นแบบ 3 มิติ ( $C_{v3}$ ) ส่วน  $C_v$  ที่ได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशनจะเป็นแบบ 1 มิติ ( $C_{v1}$ ) จากความสัมพันธ์ระหว่าง  $C_{v1}$  และ  $C_{v3}$  ดังแสดงในสมการที่ 2.18 ถ้า  $v' = 0$  จะได้ว่า  $C_{v1} = 3C_{v3}$  จากการทดสอบพบว่าในช่วง O.C. ค่า  $C_{v1} \approx 3C_{v3}$  บางช่วงอาจน้อยกว่า 3 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากแรงดันกลับ BRAND & KANG (1972) กล่าวว่าในช่วง O.C. เมื่อแรงดันกลับมีค่าสูงขึ้น จะทำให้ได้ค่า  $C_v$  เพิ่มขึ้นด้วย จากรูปที่ 4.53 ในช่วง N.C. ที่มี  $\bar{\sigma}_v$  ค่อนข้างสูง ค่า  $C_v$  ทั้งของ triaxial และ consolidation เกือบเท่ากัน

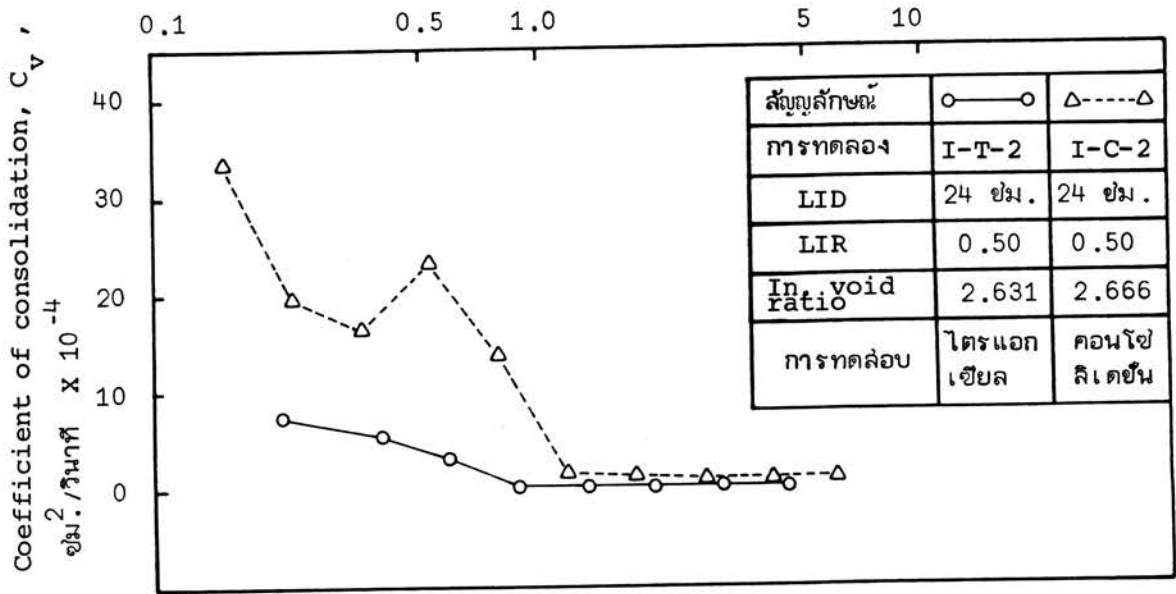
#### 4.8.6 เปรียบเทียบ Coefficient of secondary compression

รูปที่ 4.55 และ 4.56 เปรียบเทียบ Coefficient of secondary compression ระหว่างวิธีการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิดेशन จากกราฟทั้ง 2 รูป จะเห็นว่าในช่วงเริ่มแรกถึงหน่วยแรง  $\approx 1.4$  กก./ตร.ซม. ค่าของ  $R_s$  จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จนมีค่าสูงสุดที่หน่วยแรงประมาณ 1.4 กก./ตร.ซม. และค่า  $R_s$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล จะมีค่าต่ำกว่า  $R_s$  จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन แต่พอ  $R_s$  เริ่มลดลงเมื่อหน่วยแรงเพิ่มขึ้น ค่า  $R_s$  จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียลจะสูงกว่าแบบคอนโซลิดेशन

#### 4.8.7 เปรียบเทียบ Primary compression ratio

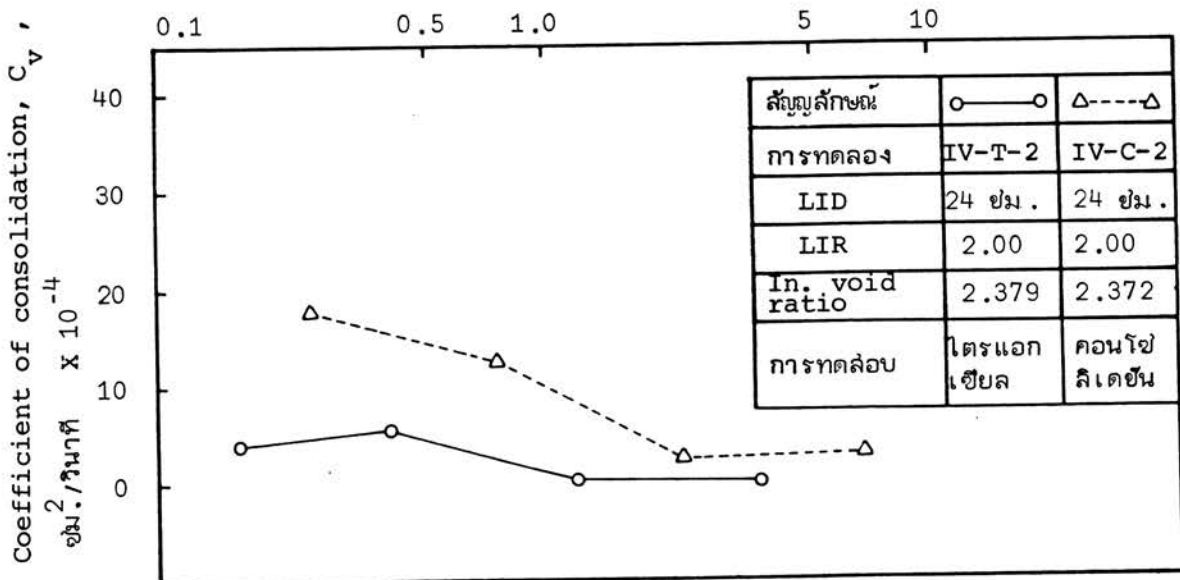
รูปที่ 4.57 เปรียบเทียบ Primary compression ratio ( $r$ ) ระหว่างวิธีการทดสอบแบบไตรแอกเซียล และคอนโซลิดेशन โดยใช้ LID เท่ากับ 24 ซม. และ LIR เท่ากับ 1.50 จะเห็นว่า ค่า  $r_T$  ที่ได้จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียล จะมีค่าสูงกว่า  $r_C$  ที่ได้จากการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन ทั้งนี้เนื่องจากว่าฟองอากาศที่อยู่ในดินตัวอย่างของการทดสอบแบบคอนโซลิดेशन ซึ่งไม่ได้ใช้แรงดันกลับทำให้เกิดการยุบตัวมากกว่า

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม. (log scale)

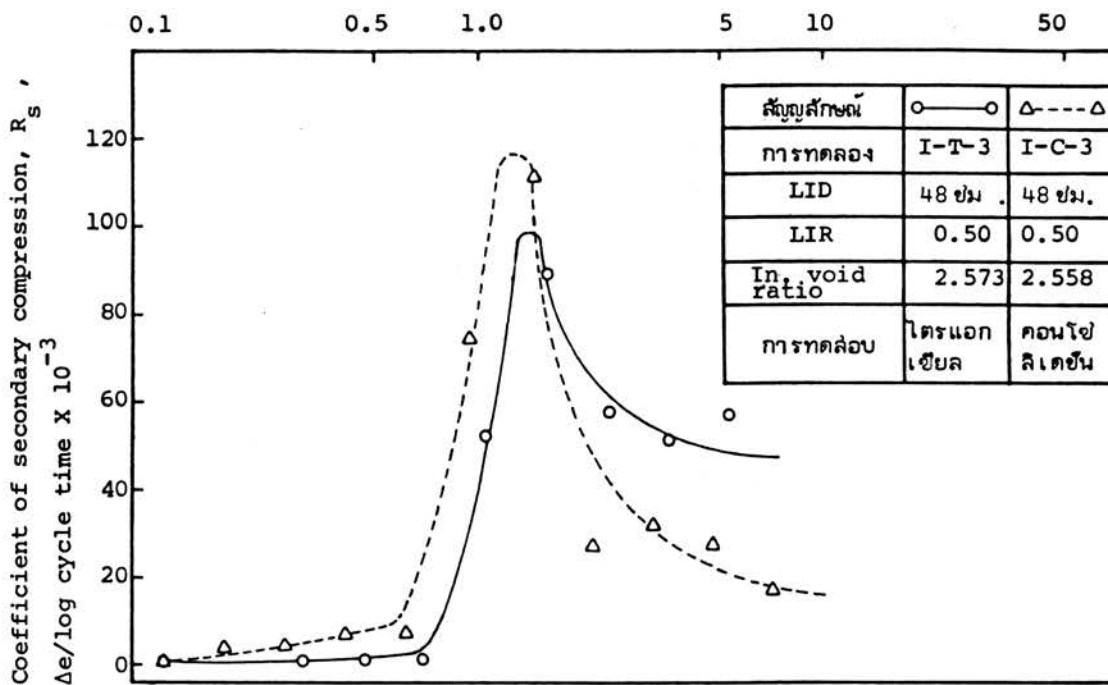


รูปที่ 4.53 เปรียบเทียบ Coefficient of consolidation จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียมและคอนโซลิเดชัน

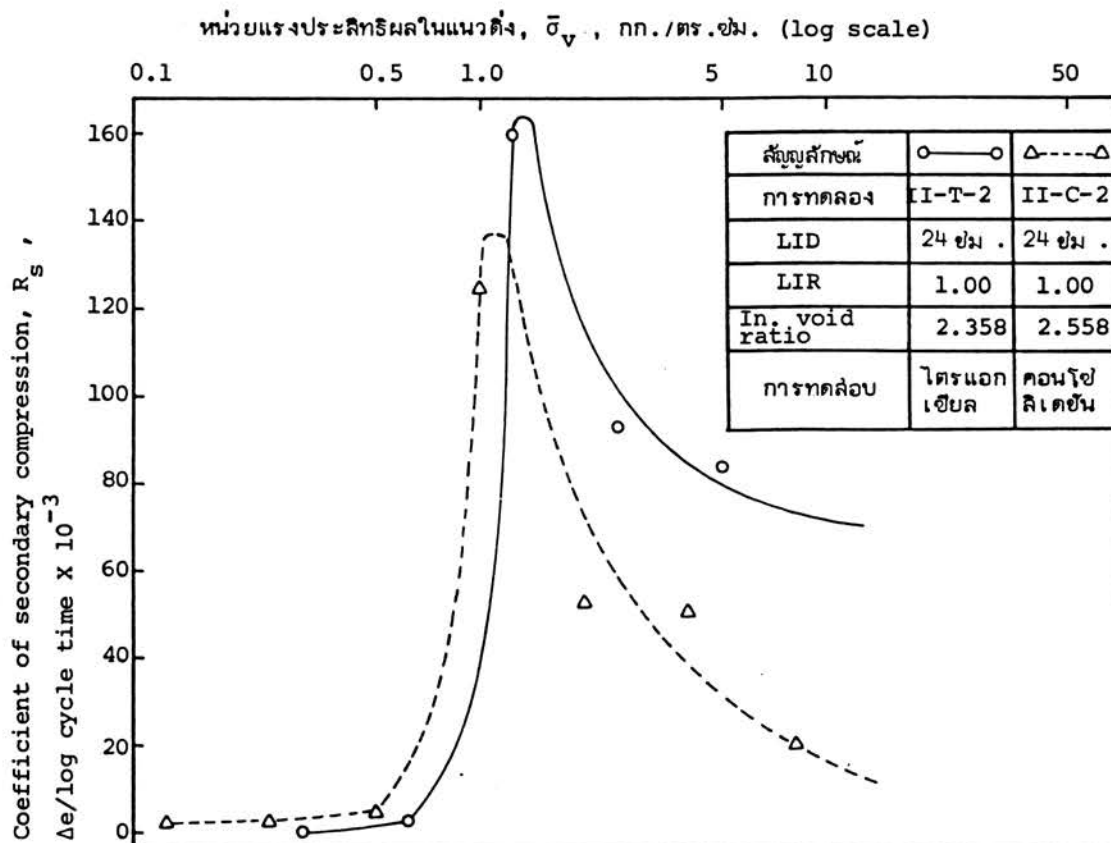
ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม. (log scale)



รูปที่ 4.54 เปรียบเทียบ Coefficient of consolidation จากการทดสอบแบบไตรแอกเซียมและคอนโซลิเดชัน



รูปที่ 4.55 เปรียบเทียบ Coefficient of secondary compression ( $R_s$ ) ระหว่างวิธีการทดลองแบบไตรแอกเซียมและคอนโซลิเดชัน



รูปที่ 4.56 เปรียบเทียบ Coefficient of secondary compression ( $R_s$ ) จากการทดลองแบบไตรแอกเซียมและคอนโซลิเดชัน

#### 4.9 เปรียบเทียบการอัดตัวคายน้ำแบบไอโซทรอปิก และแอนไอโซทรอปิก ( $K_0$ ) ของการทดสอบแบบไตรแอกเซียล

การทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบไอโซทรอปิก ได้ทำการทดสอบเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น โดยใช้  $LID = 24$  ซม. และ  $LIR = 1.00$  เพื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบแบบ  $K_0$  consolidation ที่ใช้  $LIR$  และ  $LID$  เท่ากัน ข้อมูลที่ได้ในการเปรียบเทียบ จึงมีจำกัด

##### 4.9.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$

รูปที่ 4.58 เปรียบเทียบ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$  ระหว่างวิธีการทดสอบแบบไอโซทรอปิก และแอนไอโซทรอปิก ( $K_0$ ) โดยใช้  $LID = 24$  ซม. และ  $LIR = 1.00$  เท่ากัน ในช่วง O.C. พบว่า การทดสอบแบบไอโซทรอปิก จะยุบตัวมากกว่า และเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าใกล้  $\bar{\sigma}_{vm}$  พอผ่าน  $\bar{\sigma}_{vm}$  เข้าช่วง N.C. กราฟจะเข้าใกล้กันและขนานกัน

##### 4.9.2 เปรียบเทียบหน่วยแรงสูงสุดในอดีต

หน่วยแรงสูงสุดในอดีตที่ใช้ในการเปรียบเทียบนี้ได้จากวิธีเขียนกราฟของ CASAGRANDE (1936) จากกราฟ  $\epsilon_{vol} - \log \bar{\sigma}$  ในรูปที่ 4.58 พบว่าหน่วยแรงสูงสุดในอดีตจากการทดสอบแบบ  $K_0$ -consolidation ( $\bar{\sigma}_{vmk_0}$ ) ให้ค่าสูงกว่าการทดสอบแบบไอโซทรอปิก ประมาณ 15%

##### 4.9.3 เปรียบเทียบความล่าช้าในการยุบตัว

รูปที่ 4.59 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การยุบตัวระหว่างวิธีการทดสอบแบบไอโซทรอปิก และแอนไอโซทรอปิก ( $K_0$ ) พบว่าในช่วง O.C. การยุบตัวแบบไอโซทรอปิกจะให้ค่าสูงกว่า แต่ในช่วง N.C. ค่าของ  $a_v$  จากการทดสอบแบบไอโซทรอปิกจะน้อยกว่า แต่เมื่อหน่วยแรงเพิ่มขึ้นค่าของ  $a_v$  จะเข้าใกล้กันมากขึ้นจนทับกันเมื่อหน่วยแรงประมาณ 3.0 กก./ตร.ซม. จะเห็นว่าเมื่อโครงสร้างของดินเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ (stable structure) ค่าของ  $a_v$  จากการทดสอบทั้ง 2 วิธีจะไม่แตกต่างกัน

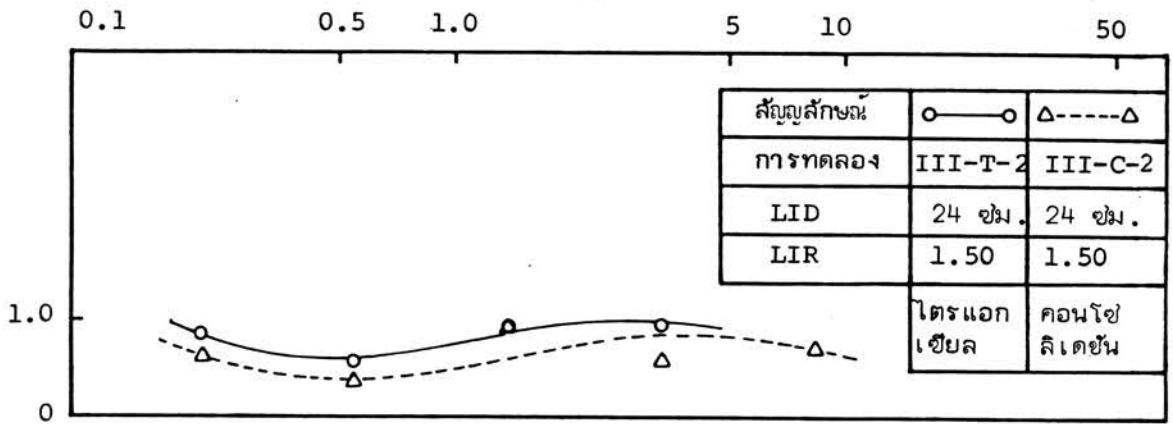
##### 4.9.4 เปรียบเทียบ Coefficient of consolidation

รูปที่ 4.60 เปรียบเทียบ Coefficient of consolidation จากการทดสอบแบบไอโซทรอปิก และแอนไอโซทรอปิก ( $K_0$ ) พบว่าในช่วง O.C. ค่า  $C_v$  ที่ได้จากการทดสอบแบบไอโซทรอปิก จะให้ค่าต่ำกว่าการทดสอบแบบ  $K_0$ -consolidation ประมาณ 50% แต่ในช่วง N.C. ค่าของ  $C_v$  จะใกล้เคียงกันมาก



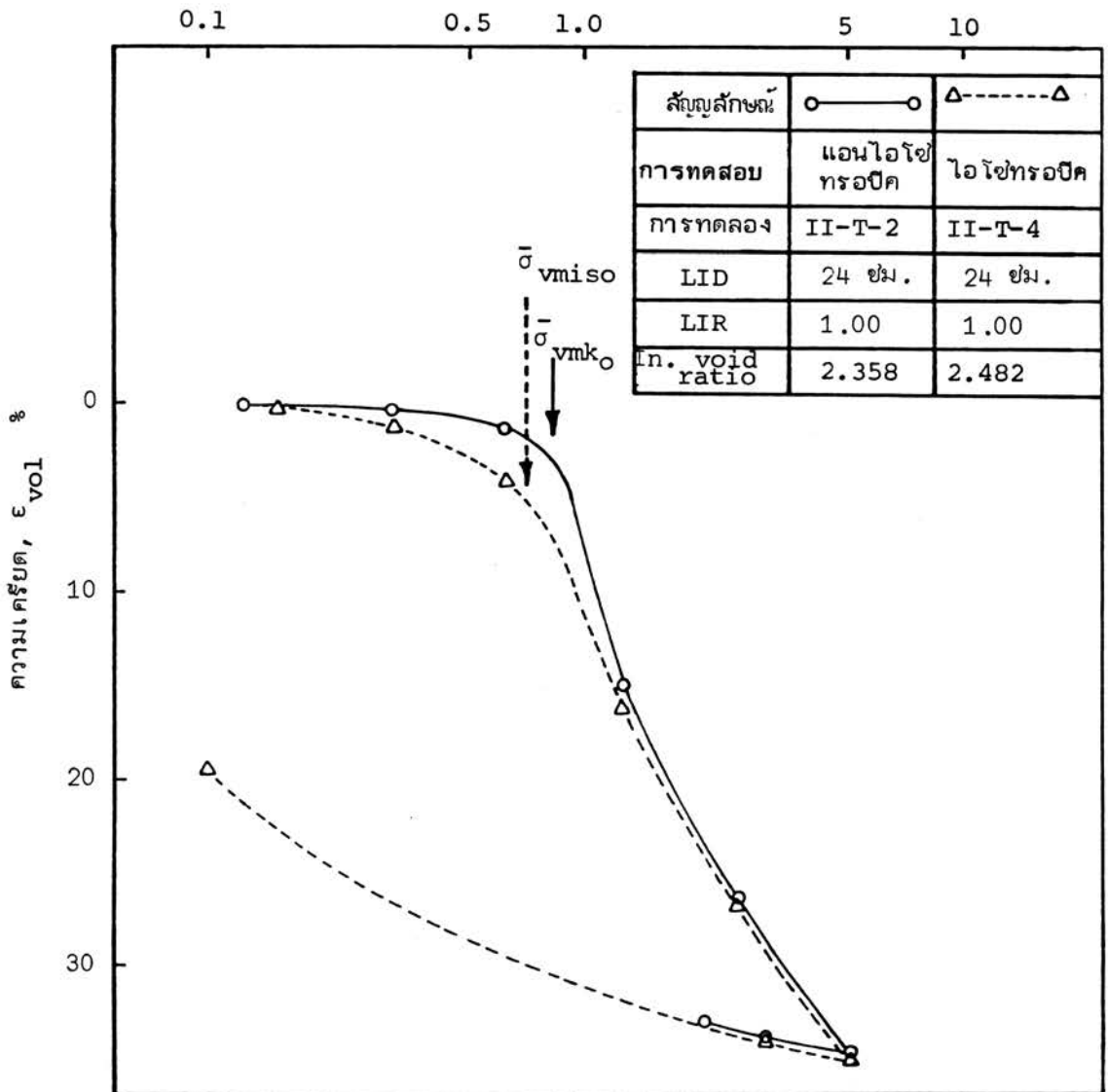
Primary compression ratio,  $r$

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม. (log scale)



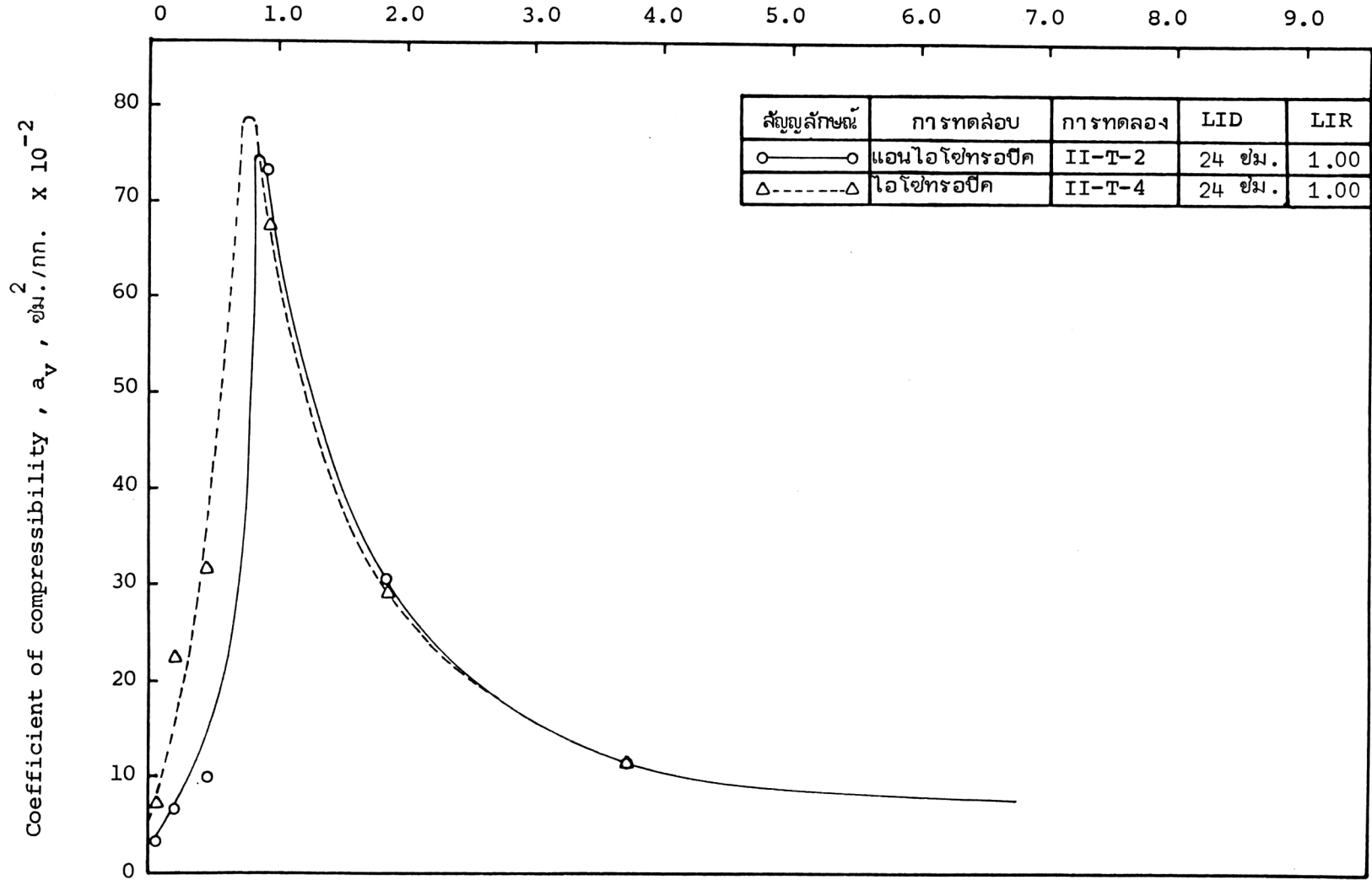
รูปที่ 4.57 เปรียบเทียบ Primary compression ratio ( $r$ ) ระหว่างวิธีการทดสอบแบบไตรแอกเซียลและคอนโซลิตีชั่น

หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_v$ , กก./ตร.ซม. (log scale)

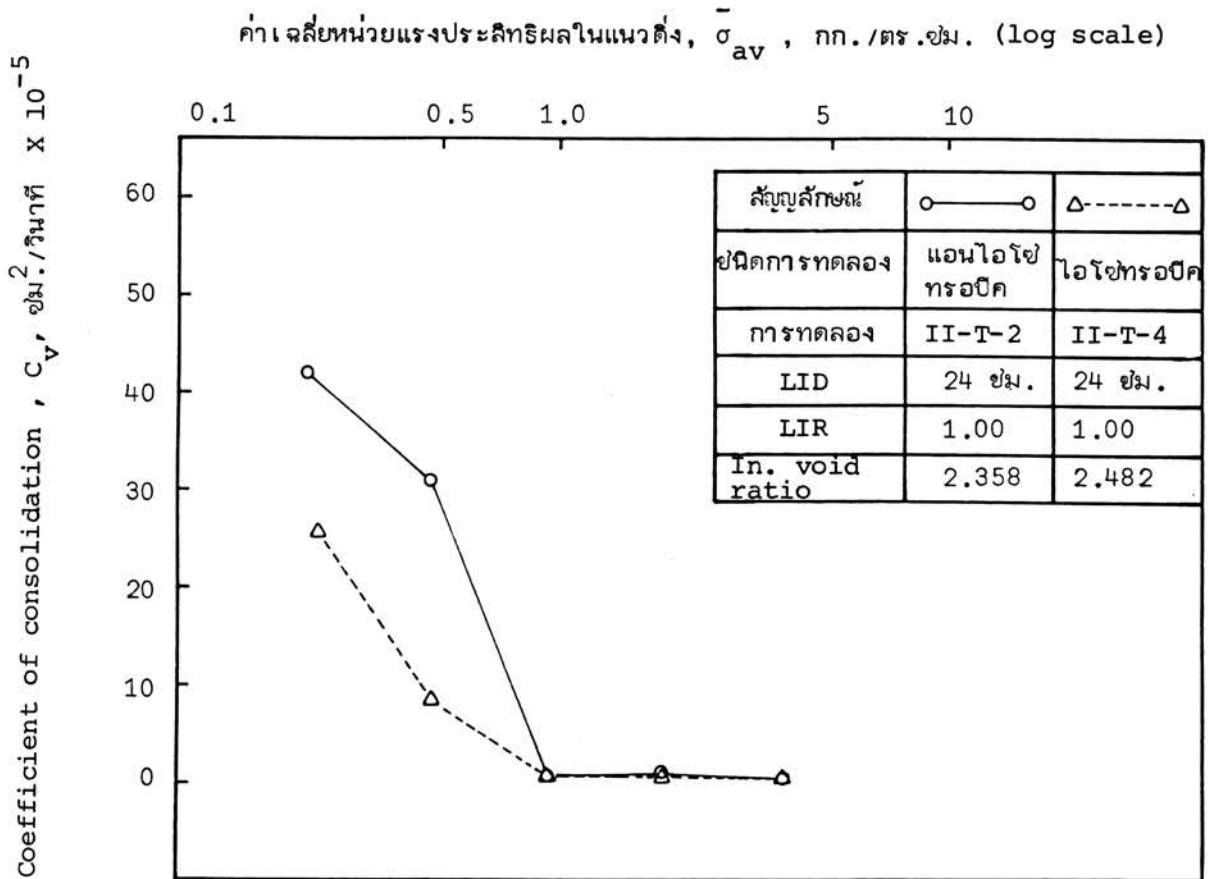


รูปที่ 4.58 เปรียบเทียบ  $e_{vol} - \log \bar{\sigma}_v$  จากการอัดตัวคายน้ำแบบไอโซทรอปิกและแอนไอโซทรอปิก ( $K_0$ ) ของเครื่องไตรแอกเซียล

ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง,  $\bar{\sigma}_{av}$ , กก./ตร.ซม.



รูปที่ 4.59 เปรียบเทียบ Coefficient of compressibility ( $a_v$ ) ระหว่างการอัดตัวคายน้ำแบบไอโซทรอปิก และแอนไอโซทรอปิก ( $K_0$ ) ของเครื่องไตรแอกเซียล



รูปที่ 4.60 เปรียบเทียบ Coefficient of consolidation ( $C_v$ ) ระหว่างการอัดตัวคาร์บอนาแบบไอโซทรอปิก และแอนไอโซทรอปิก ( $K_o$ ) ของเครื่องไตรแอกเซียล