

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 บทนำ

ผลการทดลองนี้ได้จากการทดสอบดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ เพื่อหาค่า โมดูลัสแบบเฉือน (Equivalent shear modulus) และ Damping ratio ใช้เครื่องมือทดสอบ Cyclic Triaxial ทดสอบแบบ Undrained ภายใต้เงื่อนไข Stress controlled ตัวอย่างดินที่นำมาใช้ทดสอบเก็บมาจากบริเวณศูนย์กลางของกรุงเทพมหานคร 3 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยมหิดลจะเก็บตัวอย่างดินแบบ Block sample ส่วนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจะเก็บตัวอย่างดินกับกระบอกบาง ตัวอย่างดินจะถูกทำให้ Saturation และอัดตัวคายน้ำ (Consolidated) ด้วยหน่วยแรงประสิทธิผลเท่ากันหมดทุกทิศทางรอบตัวอย่าง ก่อนจะ applied cyclic load แก่ตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบ ลักษณะของแรงที่กระทำต่อตัวอย่างมีรูปร่างแบบ Sinusoidal

สำหรับในการศึกษาและทำการทดลองวิจัยนี้จะศึกษาผลของ หน่วยแรงประสิทธิผล ความถี่ และ Prestraining ที่มีผลกระทบต่อโมดูลัสแบบเฉือน และ Damping ratio สำหรับตัวอย่างดินเหนียวอ่อนที่เก็บมาจากมหาวิทยาลัยมหิดล ส่วนตัวอย่างดินเหนียวอ่อนที่เก็บมาจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนั้นจะศึกษาผลของ ความถี่ และ Prestraining ที่มีผลกระทบต่อโมดูลัสแบบเฉือน และ Damping ratio

4.2 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

ตัวอย่างดินก่อนนำมาทดสอบจะหาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมบางอย่างก่อน ซึ่งผลการทดสอบทั้งหมดจะถูกรวบรวมและแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 จากตารางแสดงผลการทดสอบสามารถจะสรุปได้ดังนี้ ตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบอยู่ที่ระดับความลึก 4.0–11.50 ม. มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น (w) 53-64% พิกัดขีดเหลว (LL) 59-85% พิกัดขีดพลาสติก (PL) 30-39% ค่าดัชนีพลาสติกซีดี (PI) 28-48% ค่าหน่วยน้ำหนักรวม (γ_t) 1.60-1.65

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของตัวอย่างดินที่นำมาใช้ทดสอบ

สถานที่เก็บตัวอย่างดิน	มหาวิทยาลัยมหิดล (MU)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU)	
ระดับความลึก (m.)	4.0	9.0-9.6	6.0-6.5	11.0-11.6
ปริมาณความชื้น, w (%)	53-60	63	62.6	62
ขีดเหลว, LL (%)	59-60	84.1	79.2	82.38
ขีดพลาสติก, PL (%)	30-37	39.4	37.1	39.19
ดัชนีพลาสติกขีด, PI (%)	28-30	44.7	42.1	43.19
หน่วยน้ำหนักรวม, γ_t (t/m^3)	1.60-1.65	1.61	1.6	1.63
ความถ่วงจำเพาะ, G_s	2.69-2.70	2.65	2.67	2.68
กำลังรับแรงเฉือนของดิน, S_u (t/m^2)	2.51	2.48	2.40	2.50
แรงดันในอดีตสูงสุด, σ'_{vm} (t/m^2)	7.0-8.0			

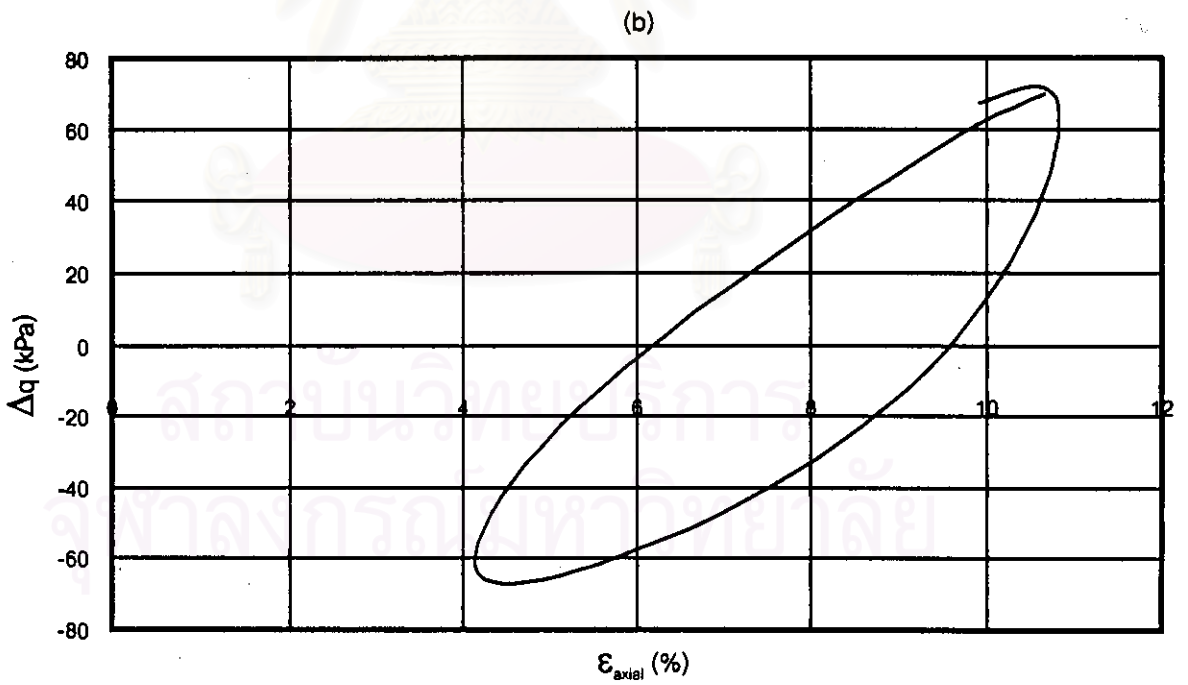
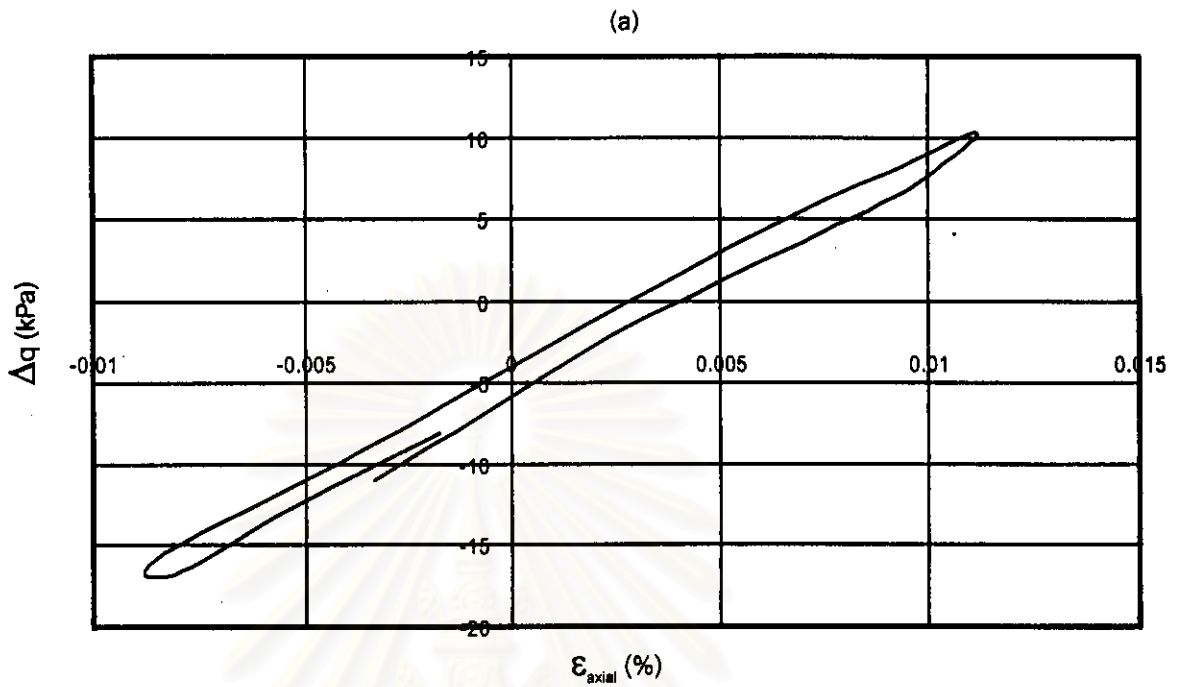
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัน/ลูกบาศก์เมตร ค่าความตึงจำเพาะ (G_u) 2.65 - 2.70 Undrained shear strength (S_u) = 2.5 ตัน/ตารางเมตร และ Maximum past pressure (σ'_{vm}) = 7-8 ตัน/ตารางเมตร

4.3 ผลการทดสอบของคุณสมบัติทางพลศาสตร์ ค่าเริ่มต้นที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วงระดับความเครียดปานกลาง

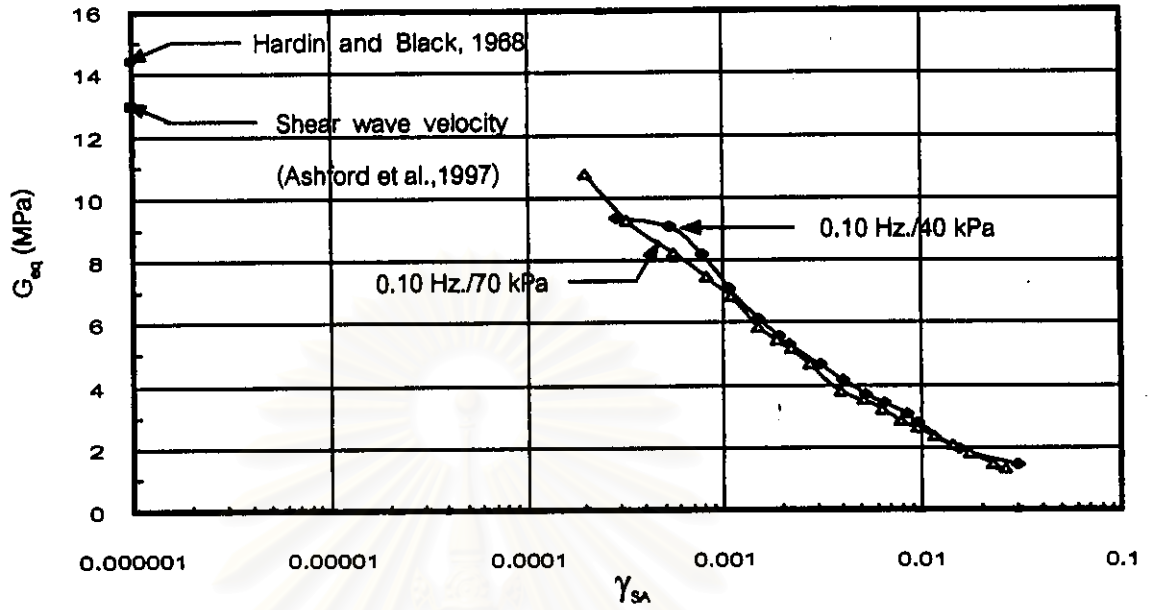
เครื่องมือทดสอบ Cyclic triaxial สามารถทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของตัวอย่างดินทั้งคุณสมบัติทางสถิตยศาสตร์และคุณสมบัติทางพลศาสตร์ เครื่องทดสอบสามารถทดสอบได้ที่ความถี่สูงสุดคือ 20 เฮิร์ต แต่ความถี่ที่ใช้สำหรับการทดลองที่ศึกษาวิจัยมี 2 ค่าคือ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต จะอยู่ในช่วงความถี่ของ Seismic loading คือ 0.10–10 เฮิร์ต (Shibuya et al.1995) เครื่องมือทดสอบสามารถตรวจวัดค่าโมดูลัสแบบเฉือน และ Damping ratio ในช่วงความเครียดเฉือน 0.01%- 10% ซึ่งค่าเริ่มต้นของค่าโมดูลัสแบบเฉือน และ Damping ratio ที่วัดได้ถือว่าจะอยู่ในช่วงของระดับความเครียดปานกลางสำหรับผลทดสอบของคุณสมบัติทางพลศาสตร์ ค่าของโมดูลัสแบบเฉือน และ Damping ratio คำนวณหาได้จาก Hysteresis Loop ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของ Deviator stress กับความเครียดในแนวแกน ผลการทดสอบในรูปที่ 4.1(a) จะแสดงให้เห็นค่าต่ำสุดของความเครียดเฉือนที่เครื่องทดสอบตรวจวัดได้ ส่วนในรูปที่ 4.1(b) ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นค่าสูงสุดของความเครียดเฉือนที่เครื่องทดสอบตรวจวัดได้

ผลการทดสอบของตัวอย่างดินทั้งหมดที่อยู่ในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่าง Deviator stress กับความเครียดในแนวแกน หรือ Hysteresis Loop จะรวบรวมไว้ในภาคผนวก ก. ซึ่งจะแสดงผลการทดสอบของ แหล่งตัวอย่างดินที่เก็บมา / แรงที่กระทำ(นิวตัน) / หน่วยแรงประสิทธิผลที่ใช้สำหรับอัดตัวคายน้ำ(กิโลปาสคาล) / ความถี่(เฮิร์ต) / ครั้งที่ทดสอบ(1=virgin,2=prestrain50 cycles, 3=prestrain100 cycles)

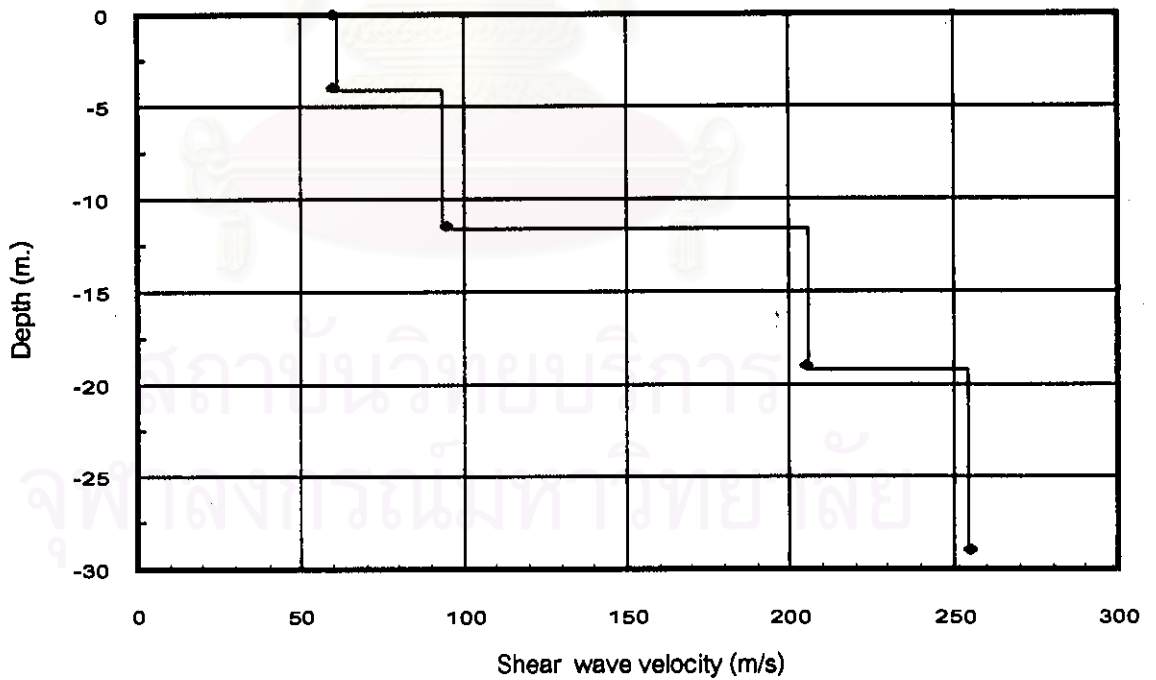


รูปที่ 4.1 Hysteresis Loop โดยที่ (a) ความเครียดน้อยสุด และ (b) ความเครียดมากที่สุด ที่สามารถวัดได้

จากรูปที่ 4.2 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการลดลง Equivalent shear modulus กับ การเพิ่มขึ้นของ Single amplitude shear strain พล็อตตามคำแนะนำของ Seed and Idriss, 1970 กราฟดังกล่าวจะแสดงผลการทดสอบของตัวอย่างดินจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ระดับ ความลึก 6 เมตร และ 11 เมตร หน่วยแรงประสิทธิผลสำหรับการอัดตัวคายน้ำ แบบ Isotropic ได้ มาจากการคำนวณด้วย Overburden pressure ตามระดับความลึกของตัวอย่างที่เก็บมาทดสอบ ที่ระดับความลึก 6 เมตร หน่วยแรงประสิทธิผล 40 กิโลปาสคาล และที่ระดับความลึก 11 เมตร หน่วยแรงประสิทธิผล 70 กิโลปาสคาล ตามลำดับ ทดสอบที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต ค่าของ Equivalent shear modulus ที่ได้รับการทดสอบ cyclic triaxial จะมีค่าใกล้เคียงกันมากสังเกตได้ จากเส้นกราฟทั้งสองเส้นในรูปที่ 4.2 เกือบจะทับกันสนิท ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จะไปสอดคล้องกับ ผลการทดสอบที่ได้จากการวัดค่าของ Shear wave velocity ในสนามของ Ashford et al. 1997 พบว่า ที่ระดับความลึก 6 เมตร และ ระดับความลึก 11 เมตร ค่าของ Shear wave velocity ที่ ตรวจวัดได้จะคงที่ประมาณ 90 เมตร/วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.3 สามารถสรุปได้ว่าดินที่ระดับ ความลึก 6.0 เมตร และ 11.0 เมตร อยู่ในชั้นดินเดียวกันเพราะมีทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและ คุณสมบัติทางวิศวกรรมเหมือนกัน และจากการสังเกตผลการทดสอบ cyclic triaxial ที่แสดงในรูป ที่ 4.2 พบว่า ผลการทดสอบที่ตรวจวัดได้ไม่ได้ไม่สามารถหา Maximum shear modulus ที่ระดับ ความเครียดเฉือนเท่ากับ 0.0001% (Hardin and Black 1969) จึงได้นำผลการทดสอบที่เป็นข้อมูลของการวัด Shear wave velocity เพื่อคำนวณหาค่า Maximum shear modulus โดยได้นำผล การทดสอบของ Ashford et al., 1997 ที่ได้ทำการทดสอบในสนามบริเวณใกล้กับหลุมเจาะที่ใช้ เก็บตัวอย่างมาทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธี seismic down-hole ดังแสดงในรูปที่ 4.3 พบ ว่า ความเร็วคลื่นแบบเฉือนที่วัดได้จะมีความเร็วคงที่เป็นช่วง แสดงให้ทราบถึงความหนาของ ชั้นดินที่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมเหมือนกันและความเร็วจะเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และได้ทำ การตรวจวัดความเร็วคลื่นแบบเฉือนถึงระดับความลึกสูงสุดประมาณ 30 เมตร แต่การศึกษาวิจัย ครั้งนี้จะสนใจผลการวัดความเร็วคลื่นแบบเฉือนที่ระดับความลึก 6.0 เมตร และที่ระดับความลึก 11 เมตร พบว่า จะมีความเร็วคงที่ประมาณ 90 เมตร/วินาที สามารถคำนวณค่า Maximum shear modulus ประมาณ 12.96 เมกะปาสคาล แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 ที่ระดับความเครียดเฉือน ประมาณ 0.000001 (Woods, 1978,1986 and 1991) ซึ่งค่าโมดูลัสแบบเฉือนที่ได้จากการ คำนวณจากการวัดความเร็วคลื่นแบบเฉือนจะสูงกว่า 15% ของค่าโมดูลัสแบบเฉือนที่วัดได้จาก การทดสอบในห้องปฏิบัติการที่ระดับความเครียดเฉือนประมาณ 0.0002 ซึ่งถือว่าค่าใกล้เคียงกันมาก สรุปคือข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่อง cyclic triaxial มีความถูกต้อง



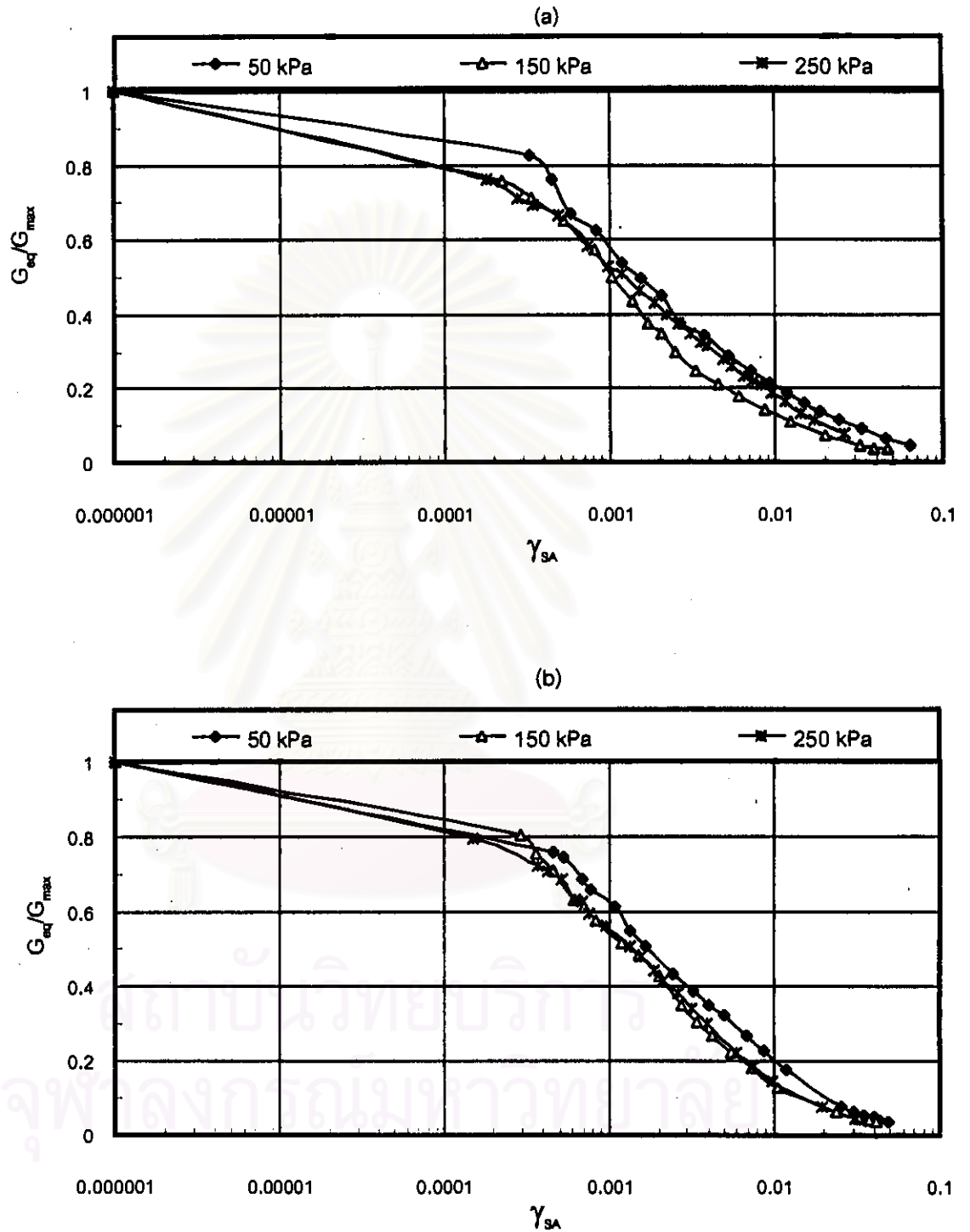
รูปที่ 4.2 แสดงผลของโมดูลัสแบบเฉือนที่ได้มาด้วยวิธีแตกต่างกัน



รูปที่ 4.3 แสดงผลการวัดความเร็วคลื่นแบบเฉือนด้วยวิธี Down-hole โดย Ashford et al., 1997

จากรูปที่ 4.4 รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normalized modulus หรือ G/G_{max} กับค่าความเครียดเฉือน (Single amplitude shear strain) แสดงผลการทดสอบของตัวอย่างดิน มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยตามลำดับ ค่า Maximum shear modulus สำหรับนำไปใช้ Normalized ได้จากการคำนวณจากสูตร Empirical ของ Hardin and Black, 1968 สำหรับตัวอย่างดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ค่า Maximum shear modulus ที่คำนวณจากสูตร Empirical มีค่าเท่ากับ 14.40 เมกะปาสคาล ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ผลที่ได้ค่อนข้างจะใกล้เคียงกับค่า Maximum shear modulus ที่คำนวณจากการวัดความเร็วคลื่นแบบเฉือนมีความแตกต่างกันประมาณ 10% จึงถือว่าสูตร Empirical ของ Hardin and Black 1968 มีความเหมาะสมกับการคำนวณหาค่า Maximum shear modulus

จากรูปที่ 4.4 เป็นผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดล ทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 150 และ 250 กิโลปาสคาล ในรูปที่ 4.4(a) จะแสดงผลที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต ส่วนในรูปที่ 4.4(b) จะแสดงผลที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิร์ต พบว่า ค่าของ G/G_{max} อยู่ในช่วง 0.75-0.82 จากการสังเกตที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 กิโลปาสคาล ค่าของ G/G_{max} จะสูงกว่าที่หน่วยแรงประสิทธิผล 250 กิโลปาสคาล และที่หน่วยแรงประสิทธิผล 150 กิโลปาสคาล ทั้งที่ระดับความถี่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต แต่ G/G_{max} ที่หน่วยแรงประสิทธิผล 250 กิโลปาสคาล จะสูงกว่าที่หน่วยแรงประสิทธิผล 150 กิโลปาสคาล ที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต ส่วนที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิร์ต จะมีค่าใกล้เคียงกัน



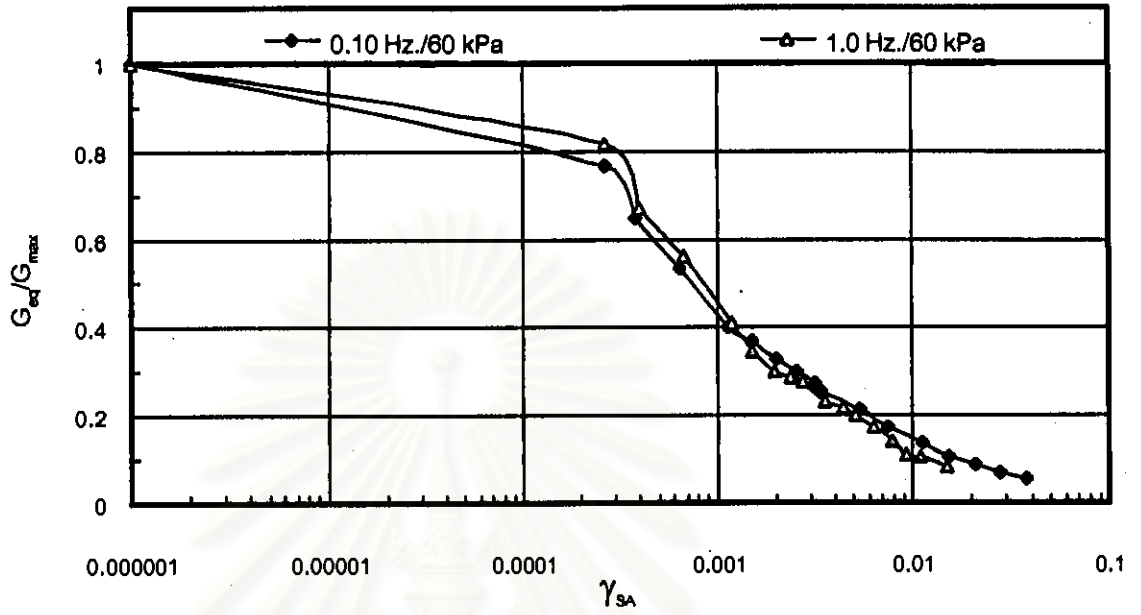
รูปที่ 4.4 แสดงผล Normalized shear modulus ของตัวอย่างดินเหนียว (a) 0.10 Hz. และ (b) 1.0 Hz.

จากรูปที่ 4.5 เป็นผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 60 กิโลปาสคาล พบว่า ค่าของ G/G_{max} อยู่ในช่วง 0.75-0.81 และค่าของ G/G_{max} ที่ระดับความถี่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต จะมีค่าใกล้เคียงกันมากสังเกตได้จากกราฟสองเส้นเกือบจะซ้อนทับเป็นเส้นเดียวกัน

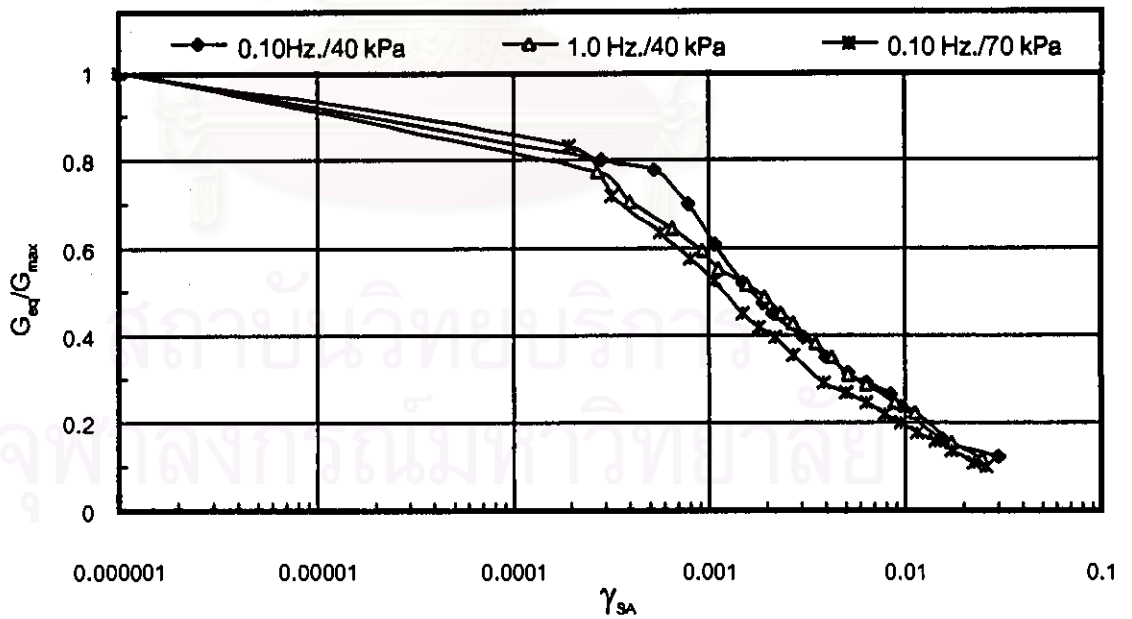
จากรูปที่ 4.6 เป็นผลการทดสอบของตัวอย่างดินจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 40 และ 70 กิโลปาสคาล ทดสอบที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต และหน่วยแรงประสิทธิผล 40 กิโลปาสคาล ที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิร์ต พบว่า ค่าของ G/G_{max} อยู่ในช่วง 0.75-0.82 จากการสังเกตที่หน่วยแรงประสิทธิผล 40 กิโลปาสคาล จะสูงกว่าที่หน่วยแรงประสิทธิผล 70 กิโลปาสคาล ที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต อย่างไรก็ตาม ถ้าหน่วยแรงประสิทธิผลเท่ากันแต่ระดับความถี่แตกต่างกันจะให้ผล G/G_{max} ใกล้เคียงกันทั้ง 3 แห่ง

จากผลการทดสอบพอที่จะสรุปได้ดังนี้ สำหรับผลของการ Normalized shear modulus ที่ระดับ Shear strain ในช่วง 0.0001-0.0004 ของตัวอย่างดินทั้ง 3 แห่ง ที่นำมาทดสอบ ผลการทดสอบพบว่า G/G_{max} อยู่ในช่วง 0.75-0.82 และจะมีค่าลดลงเมื่อความเครียดเฉือนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบของดินเหนียวที่มีค่าดัชนีพลาสติกซิติ (PI) อยู่ในช่วง 0-200% ที่ศึกษาโดย Vucetic and Drobry 1991 พบว่า G/G_{max} มีค่าเท่ากับ 0.70-0.85 ที่ระดับ Shear strain เท่ากับ 0.0001

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 แสดงผล Normalized shear modulus ของตัวอย่างดินเกาะทรศาสตร์

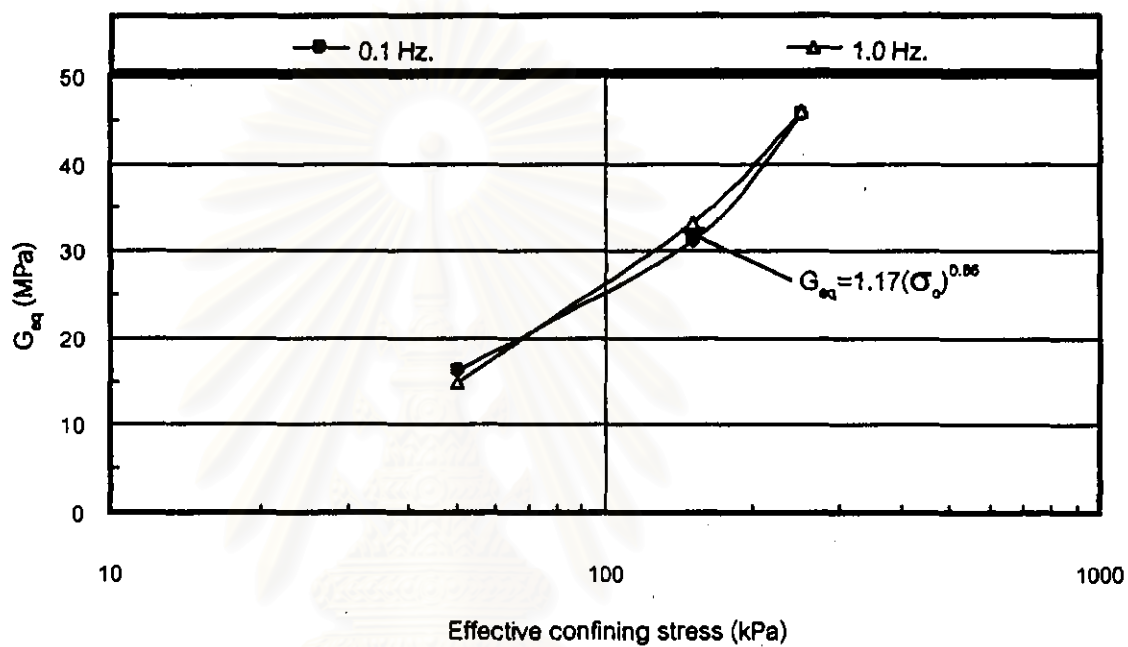


รูปที่ 4.6 แสดงผล Normalized shear modulus ของตัวอย่างดินจุฬาลงกรณ์

4.4 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อ โมดูลัสแบบเฉือน

จากผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาลัษณ์มหิตล ทดสอบที่ระดับของหน่วยแรงประสิทธิผล เท่ากับ 50 150 และ 250 กิโลปาสคาล ซึ่งผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสแบบเฉือนกับหน่วยแรงประสิทธิผล ทดสอบที่ระดับความถี่ 0.10 และ 1.0 เฮิรต พบว่า เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลมีค่าเพิ่มขึ้นค่าโมดูลัสแบบเฉือนเพิ่มขึ้นทั้งระดับความถี่ 0.10 และ 1.0 เฮิรต แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของโมดูลัสแบบเฉือนสามารถเขียนเป็นสมการฟังก์ชันระหว่างโมดูลัสแบบเฉือนกับหน่วยแรงประสิทธิผลได้ดังนี้ $G=A(\sigma_v)^m$ สำหรับค่าของ m มีค่าเท่ากับ 0.66 ซึ่งค่า m ที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่า m ของสมการของ Hardin and Black 1969 แต่ค่า m ของสมการของ Hardin and Black 1969 จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของว่างและค่า Plasticity index ด้วย และผลการทดสอบที่ได้สำหรับการศึกษาในครั้งนี้เหมือนกับการศึกษาและสรุปของ Guha, S., Drnich, V. P. and Bray, J. D., 1997 คือหน่วยแรงประสิทธิผลจะมีผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนมากกว่าอัตราส่วนของว่าง (e) และดัชนีพลาสติคิตี (PI) ที่มีผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือน และนอกจากนี้จากการสังเกตรูปที่ 4.7 ยังพบว่า ที่หน่วยแรงประสิทธิผลต่ำกว่า 80 กิโลปาสคาล ที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิรต จะให้ค่าโมดูลัสแบบเฉือนสูงกว่าที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิรต แต่ถ้าหน่วยแรงประสิทธิผลสูงกว่า 80 กิโลปาสคาล ที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิรต ค่าโมดูลัสแบบเฉือนจะสูงกว่าที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิรต อย่างไรก็ตาม พบว่า หน่วยแรงประสิทธิผลจะมีผลต่อค่า Normalized modulus หรือ G/G_{max} น้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งจะแสดงผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาลัษณ์มหิตล ที่ระดับหน่วยแรงประสิทธิผลในช่วง 50-250 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟทั้งสามเส้นจะมีหน่วยแรงประสิทธิผลต่างกัน คือ 50 150 และ 250 กิโลปาสคาล ค่า G/G_{max} ใกล้เคียงกันมากที่ระดับความถี่แตกต่างกัน ผลการทดสอบดังกล่าวจะไปสอดคล้องกับผลการศึกษาและสรุปของ Kokusho et al., 1982 ซึ่งทำการทดสอบดินเหนียวที่มีค่า Plasticity index (PI) อยู่ในช่วง 40-50 % และหน่วยแรงประสิทธิผลอยู่ในช่วง 45-500 กิโลปาสคาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

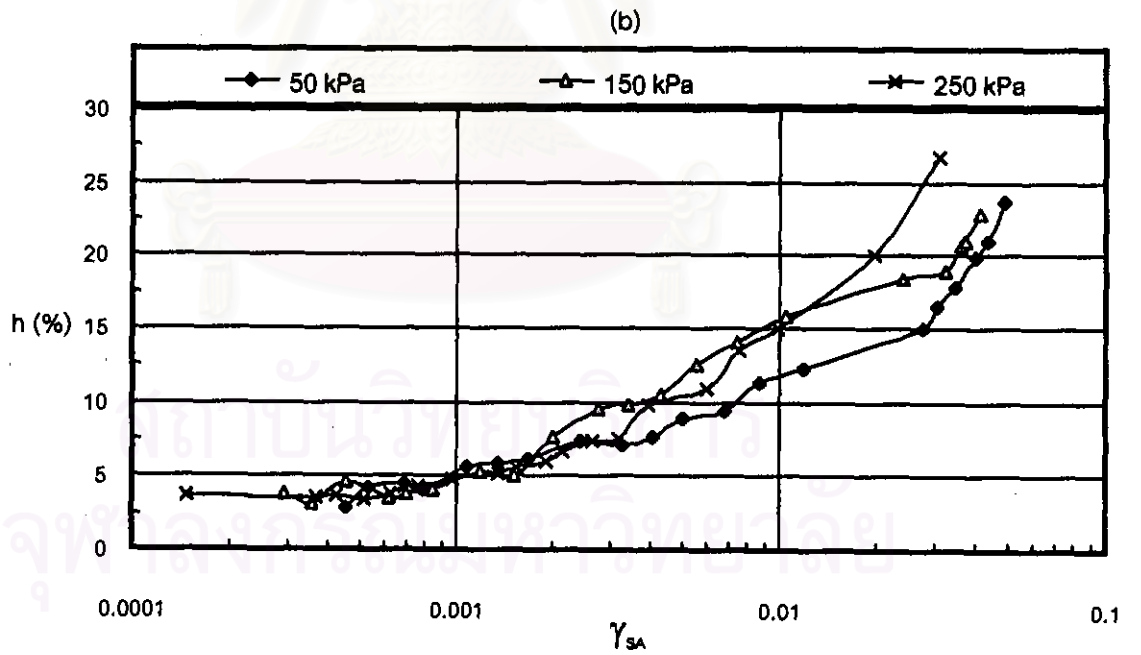
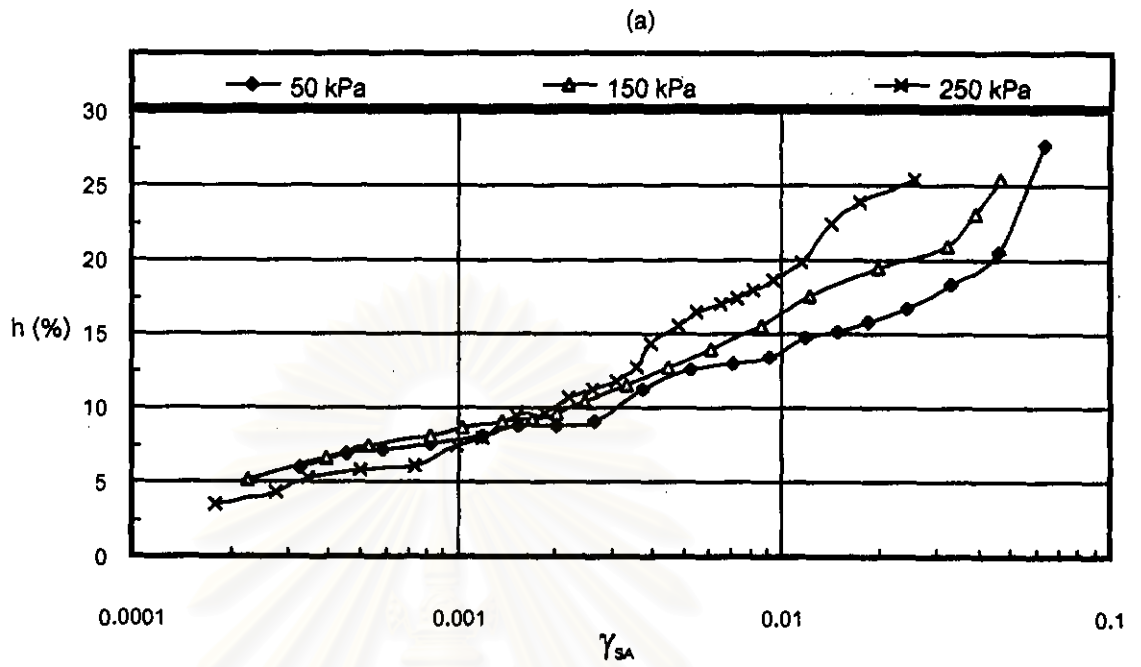


รูปที่ 4.7 ผลของ Effective confining stress ต่อ Equivalent shear modulus ของดินมหิดล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อ Damping ratio

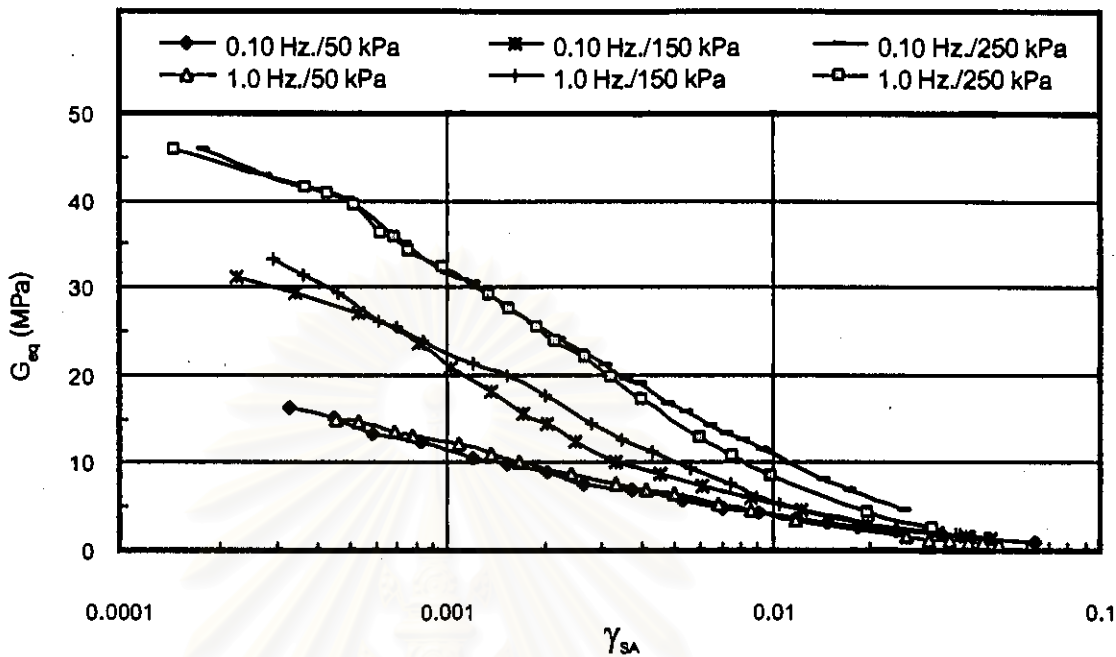
จากผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาลัยมหิตล ที่ระดับของหน่วยแรงประสิทธิผล มีค่าเท่ากับ 50 150 และ 250 กิโลปาสคาล ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงในรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Damping ratio กับความเครียดแบบเฉือน จากรูปที่ 4.8(a) จะมีเส้นกราฟตามเส้นด้วยกันที่มีหน่วยแรงประสิทธิผลแตกต่างกันและแสดงผลการทดสอบที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิรต พบว่า เมื่อความเครียดแบบเฉือนเพิ่มขึ้นค่าของ Damping ratio จะมีลักษณะเพิ่มขึ้นแต่จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงความเครียดเฉือน 0.0001-0.001 และเมื่อความเครียดเฉือนมากกว่า 0.001 การเพิ่มขึ้นของ Damping ratio จะมีลักษณะการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และนอกจากนี้ยังพบว่า ในช่วงความเครียดแบบเฉือน 0.0001-0.001 เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น Damping ratio มีแนวโน้มลดลง และในช่วงความเครียดแบบเฉือนมากกว่า 0.001 ค่าของ Damping ratio จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดสอบและศึกษาครั้งนี้จะเหมือนกับผลการทดสอบของ Nakajima et al. 1994 ทดสอบ Holocene clay deposit คือ ในช่วงความเครียดแบบเฉือน 0.005 – 0.01 พบว่า เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น Damping ratio ลดลง แต่เมื่อความเครียดแบบเฉือนมากกว่า 0.01 พบว่า หน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น Damping ratio เพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Kim and Novak 1981 ศึกษาค่าของ Damping ratio ที่ระดับความเครียดแบบเฉือนเท่ากับ 0.002% พบว่า เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น Damping ratio กลับมีแนวโน้มลดลง และ จากรูปที่ 4.8 (b) ทดสอบที่ความถี่ 1.0 เฮิรต พบว่า เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น ค่าของ Damping ratio ในช่วงความถี่เฉือน 0.0001- 0.005 มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจน แต่ในช่วงความถี่เฉือน เท่ากับ 0.005 - 0.1 พบว่า ค่าของหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น ค่าของ Damping ratio จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งผลการทดสอบจะเหมือนกับการศึกษาและสรุปของ Kokusho et al.,1982 โดยการทดสอบดินเหนียวอ่อน Taganum ค่า Plasticity index อยู่ในช่วง 40-50 % หน่วยแรงประสิทธิผลอยู่ในช่วง 45-500 กิโลปาสคาล ประเทศญี่ปุ่น และจากการสังเกตรูปที่ 4.8 (a) และ (b) พบว่า ที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิรตจะให้ผลต่างของอัตราส่วนแดมพ์พิงระหว่างหน่วยแรงประสิทธิผลที่แตกต่างกันจะสูงกว่าที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิรต ตลอดช่วงความเครียดแบบเฉือนที่สามารถตรวจวัดได้



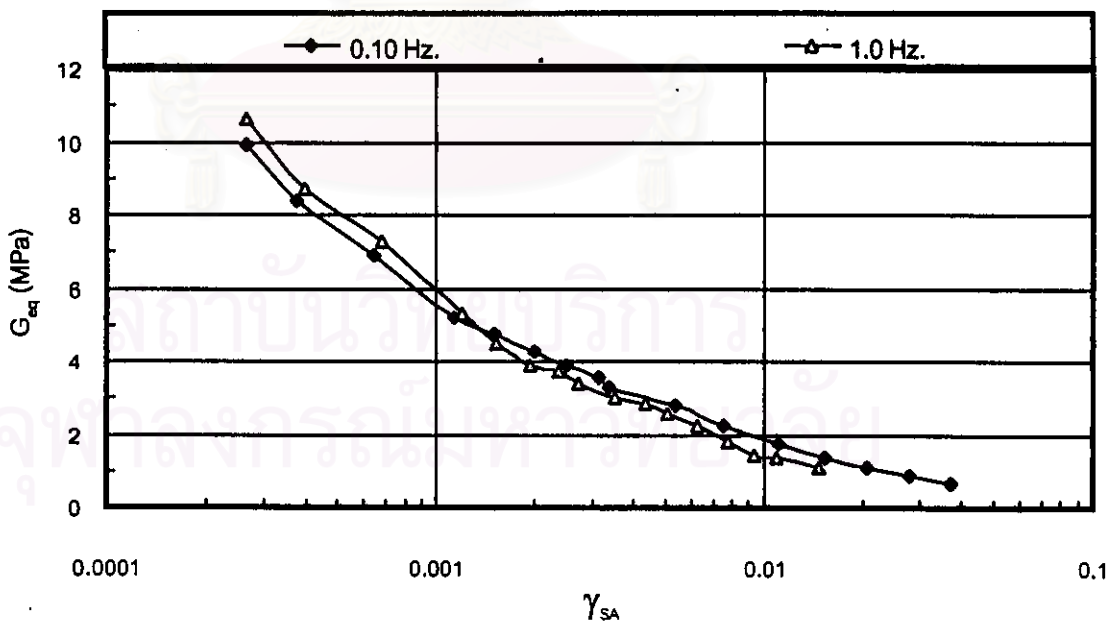
รูปที่ 4.8 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลต่ออัตราส่วนแอมพลิจูด (a) 0.10 Hz. และ (b) 1.0 Hz.

4.6 ผลของความถี่ต่อโมดูลัสแบบเฉือน

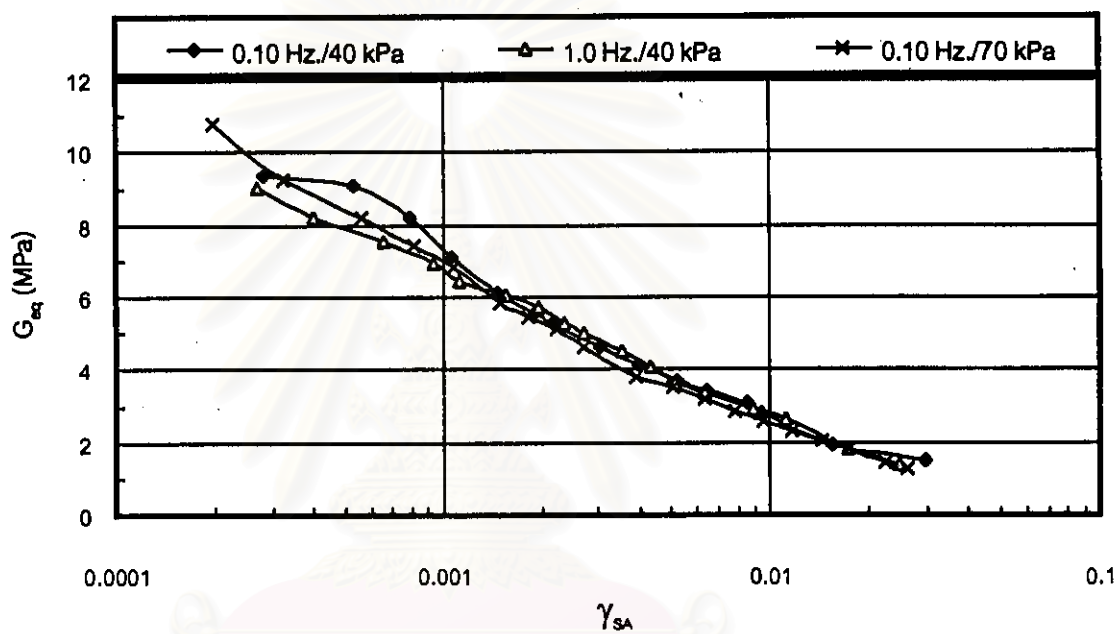
จากการทดลองความถี่ที่ทดสอบคือ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.9 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสแบบเฉือนกับความเครียดแบบเฉือน ที่มีระดับความถี่แตกต่างกันของตัวอย่างดินทั้ง 3 แห่ง จากรูปที่ 4.9(a) จะแสดงผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดล ทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผลต่างกันคือ 50 150 และ 250 กิโลปาสคาล พบว่า ผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดลที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 กิโลปาสคาล คือที่แทนด้วยเส้นกราฟคู่ล่างสุดแสดงผลของความถี่ที่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต ในรูปที่ 4.9(a) และผลการทดสอบของตัวอย่างดินจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รูปที่ 4.9(c) ทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผลเท่ากับ 40 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าค่าของโมดูลัสแบบเฉือนที่ระดับความเครียดเฉือนต่างๆ จะให้ค่าของโมดูลัสแบบเฉือนเกือบจะเท่ากันผลของความถี่ที่ใช้ทดสอบไม่มีผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือน ซึ่งผลการทดสอบจะเหมือนกับการสรุปของ Aggour et al.,(1987) ได้ทำการทดสอบ Resonant column หลายระดับความถี่ พบว่าที่ระดับความถี่สูงๆ คือมากกว่า 50 เฮิร์ต ขึ้นไปจะมีผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือน (Shear modulus) คือ เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าของโมดูลัสแบบเฉือนเพิ่มขึ้นด้วย แต่ที่ระดับความถี่ต่ำกว่า 50 เฮิร์ต จะไม่มีผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนที่ระดับความเครียดเฉือนน้อยกว่า 0.10% แต่ผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดลที่หน่วยแรงประสิทธิผลเท่ากับ 250 กิโลปาสคาล คือที่แทนด้วยเส้นกราฟคู่บนสุดแสดงผลของความถี่ที่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต ในรูปที่ 4.9(a) และผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รูปที่ 4.9(b) ทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผลเท่ากับ 60 กิโลปาสคาล พบว่า ผลที่ได้จากการทดสอบเมื่อระดับของความเครียดเฉือนมากกว่า 0.10% ที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิร์ต จะมีค่าโมดูลัสแบบเฉือนต่ำกว่าที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จากการทำวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดสอบดินประเภท Clayey soil พบว่า ที่ระดับความเครียดเฉือนน้อยกว่า 0.20% ความถี่จะไม่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือน แต่เมื่อที่ระดับความเครียดเฉือนมากกว่า 2.0 % จะพบว่า ค่าโมดูลัสแบบเฉือนจะลดลง เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ทำการทดสอบและศึกษาโดย Ishihara 1976 and Lanzo et al. 1996 และจากการสังเกตรูปที่ 4.9(a) พบว่า ผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดลที่หน่วยแรงประสิทธิผล 150 กิโลปาสคาล คือที่แทนด้วยเส้นกราฟคู่กึ่งกลางแสดงผลของความถี่ที่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต ในรูปที่ 4.9(a) ในช่วงความเครียดเฉือน 0.001–0.01 ที่ระดับความถี่สูงกว่าจะให้ค่าโมดูลัสแบบเฉือนสูงกว่าด้วย



(a) ผลทดสอบของตัวอย่างดินชนิดล



(b) ผลทดสอบของตัวอย่างดินเกษตรศาสตร์



(c) ผลการทดสอบของดินลูฟ้างรณ

รูปที่ 4.9 ผลของความถี่ที่มีต่อ Equivalent shear modulus

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 ผลของความถี่ต่อ Damping ratio

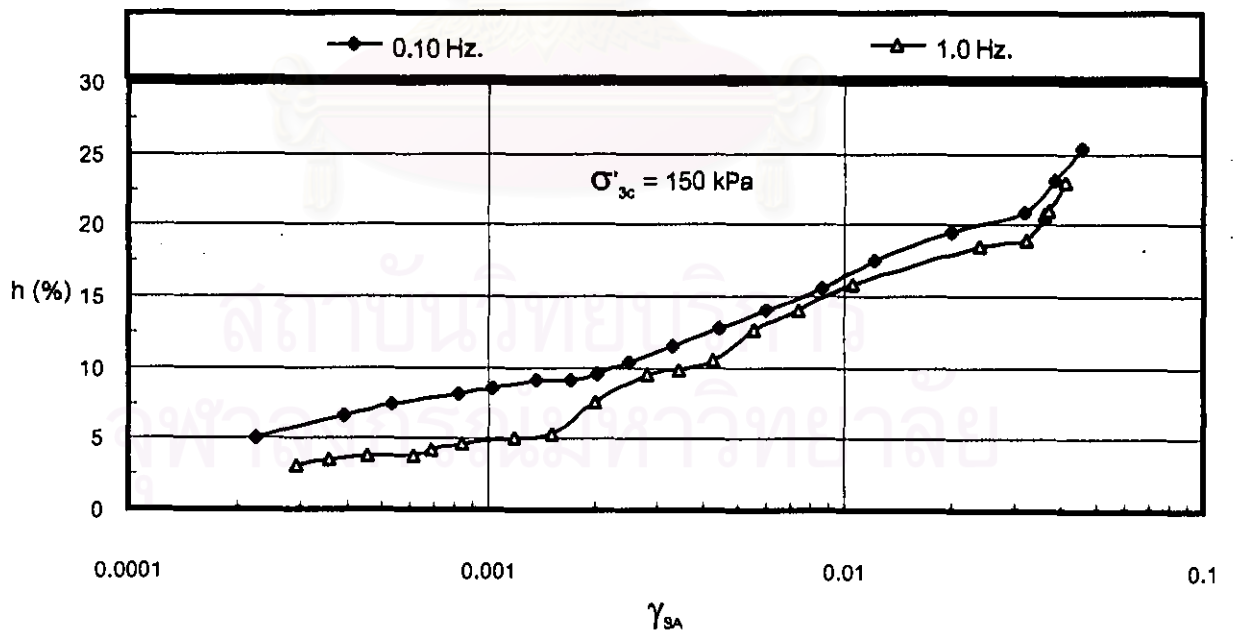
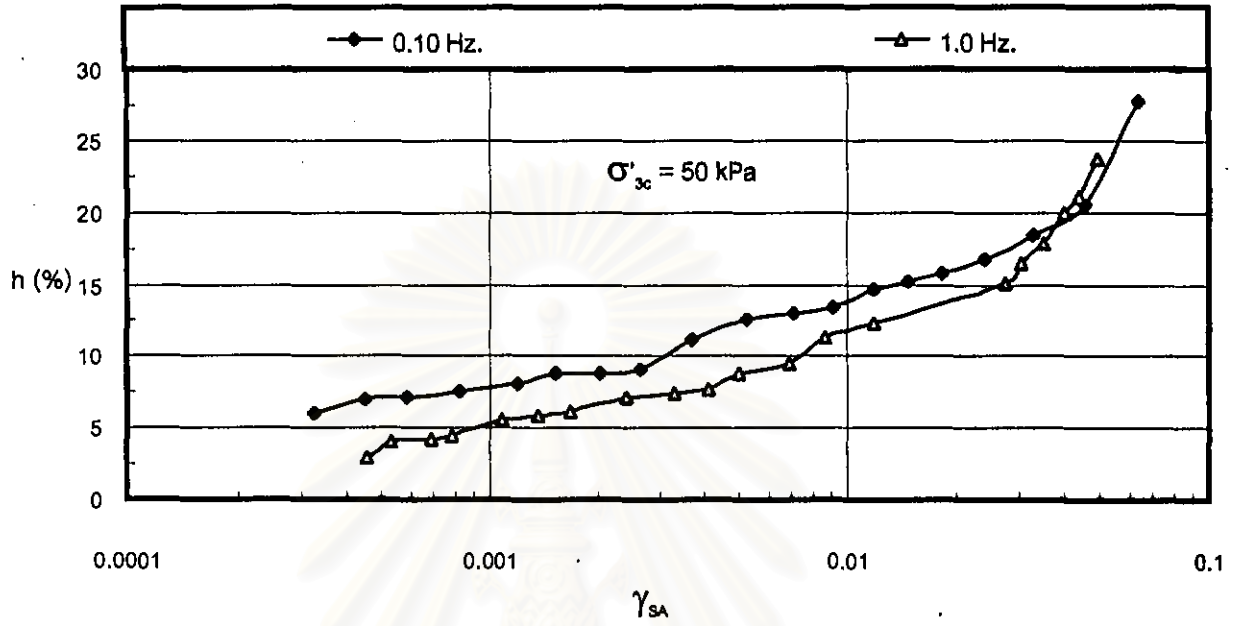
ผลการทดสอบของตัวอย่างดินที่เก็บมาจากมหาวิทยาลัยมหิดลทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผลที่แตกต่างกัน คือ 50 150 และ 250 กิโลปาสคาล ผลการทดสอบจะอยู่ในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Damping ratio กับความเครียดเฉือน เปรียบเทียบผลของ Damping ratio ที่ระดับความถี่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 4.10(a) พบว่า แนวโน้มของ Damping ratio จะลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 กิโลปาสคาล ผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio จะแสดงผลชัดเจนที่ความเครียดเฉือนน้อยๆและเมื่อความเครียดเฉือนเพิ่มมากขึ้น ผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio จะลดลง สังเกตได้จากตัวอย่างดินที่กำลังจะวิบัติค่าของ Damping ratio มีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนผลการทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 150 กิโลปาสคาล แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Damping ratio จะเหมือนกับผลการทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 กิโลปาสคาล แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 250 กิโลปาสคาล จะให้การทดสอบที่แตกต่างกับผลการทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 และ 150 กิโลปาสคาล กล่าวคือ ผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio จะแสดงผลไม่ชัดเจนที่ความเครียดเฉือนน้อยๆ และเมื่อความเครียดเฉือนเพิ่มมากขึ้นผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio จะมากขึ้น

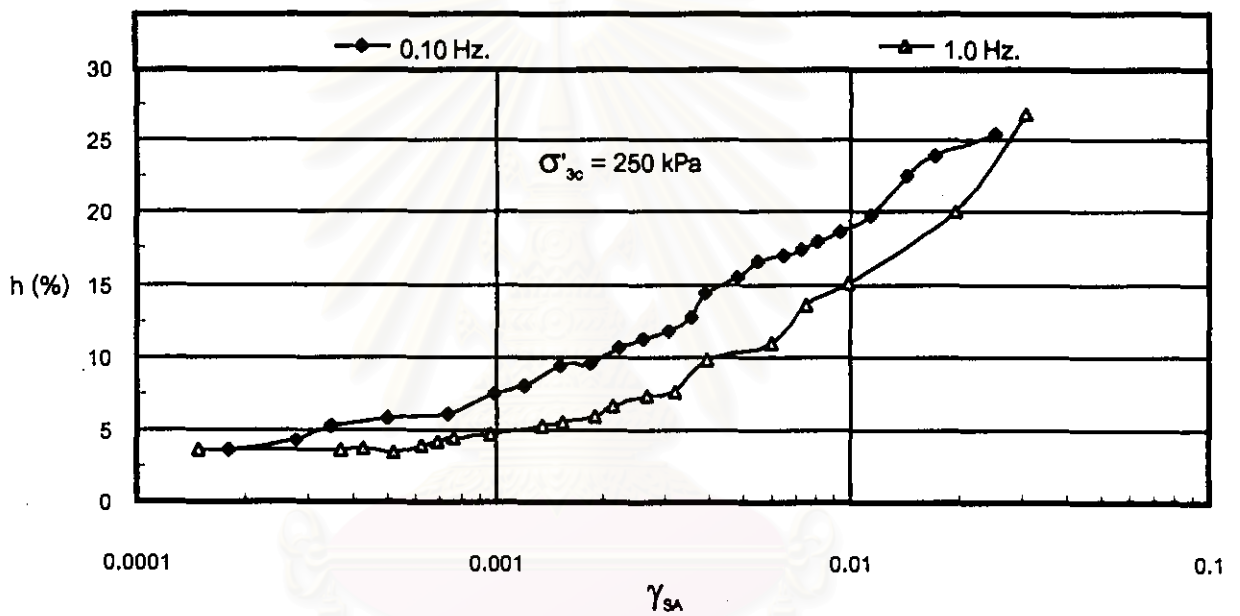
ผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 60 กิโลปาสคาล ระดับความถี่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.10(b) พบว่า แนวโน้มของ Damping ratio จะลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio จะแสดงผลชัดเจนที่ความเครียดเฉือนน้อยๆและเมื่อความเครียดเฉือนเพิ่มมากขึ้นผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio จะลดลง ซึ่งผลการทดสอบจะมีแนวโน้มเหมือนกับผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดลที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 และ 150 กิโลปาสคาล

ผลการทดสอบของตัวอย่างดินจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 40 กิโลปาสคาล ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.10(c) พบว่า แนวโน้มของ Damping ratio จะลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio จะแสดงผลไม่ชัดเจนที่ความเครียดเฉือนน้อยๆและเมื่อความเครียดเฉือนเพิ่มมากขึ้นผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio จะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลการทดสอบจะมีแนวโน้มเหมือนกับผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดลที่หน่วยแรงประสิทธิผล 250 กิโลปาสคาล

จากการทดลองระดับความถี่ที่ทดสอบคือ 0.10 และ 1.0 เฮิรต ผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio พอจะสรุปได้ดังนี้ ผลการทดสอบของตัวอย่างดินจะแสดงผลการทดสอบในรูปแบบที่ 4.10 ซึ่งจะแสดงในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Damping ratio กับความเครียดแบบเฉือนที่มีระดับความถี่แตกต่างกันของตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบทั้ง 3 แหล่ง พบว่า ค่าของ Damping ratio ที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิรต จะมีค่าสูงกว่าที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิรต และจากการสังเกตยังพบว่า Damping ratio ในช่วงความเครียดเฉือน 0.0001 – 0.001 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก Damping ratio ในช่วงนี้เรียกว่า Viscous damping ที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิรต Viscous damping มีค่าประมาณ 5 – 8 % และ ที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิรต Viscous damping มีค่าประมาณ 3 – 5 %

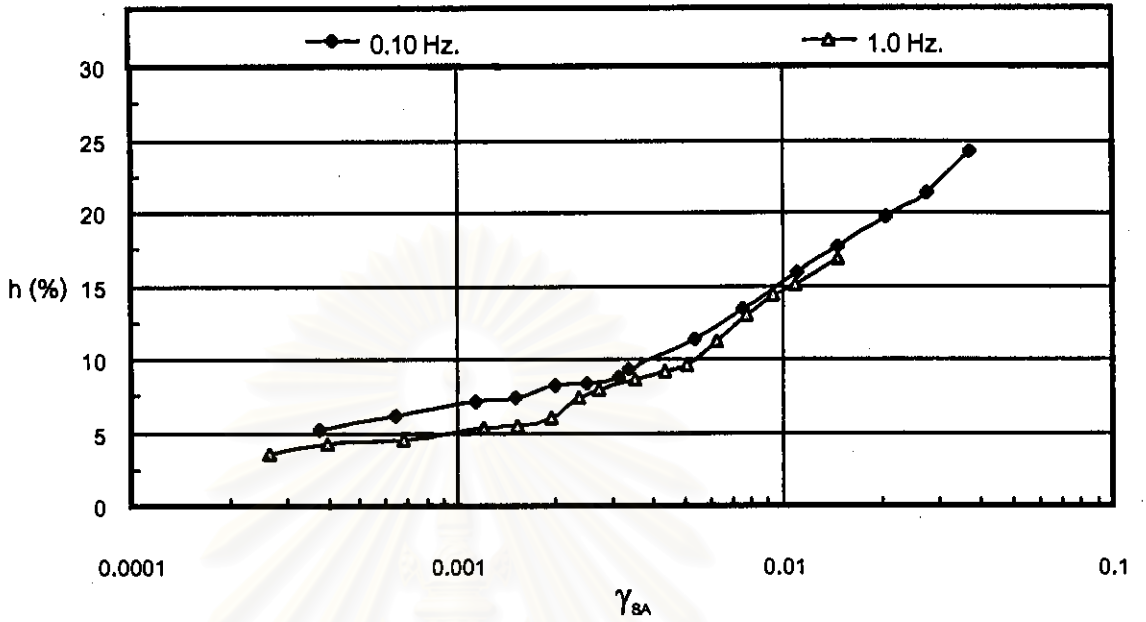
และจากผลการทดสอบของตัวอย่างดินทั้ง 3 แหล่ง สามารถจะกล่าวได้ว่าเมื่อระดับความถี่เปลี่ยนแปลงจาก 0.10 เฮิรต เป็น 1.0 เฮิรต ค่าของ Damping ratio จะมีแนวโน้มลดลงเหมือนกับผลการทดสอบของ Shibuya et al. 1995 ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องมือทดสอบ Cyclic torsion shear ซึ่งแนวโน้มของ Damping ratio จะลดลง เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น



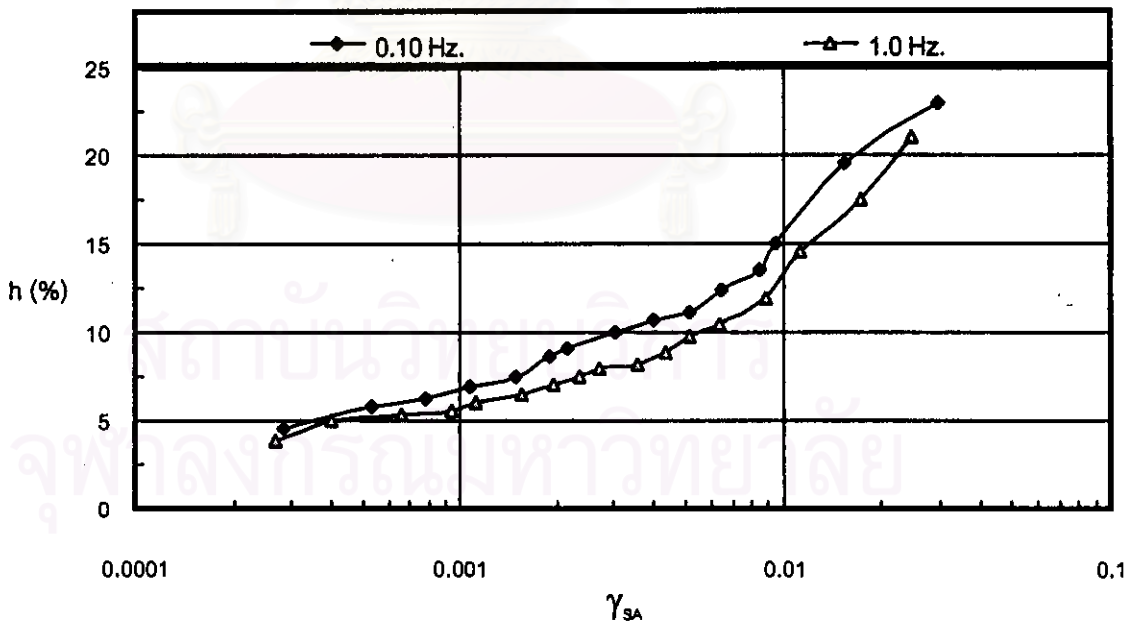


(a) ผลการทดสอบของตัวอย่างดินเหนียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(b) ผลทดสอบของดินเกษตรศาสตร์



(c) ผลทดสอบของดินจุฬาลงกรณ์

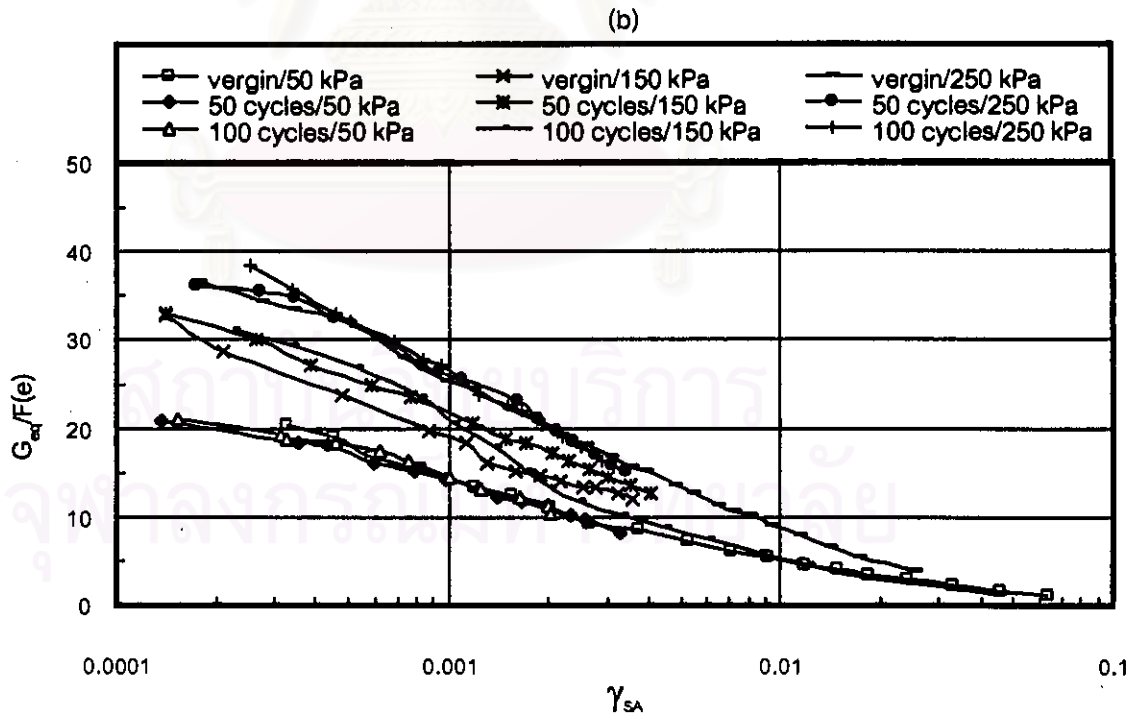
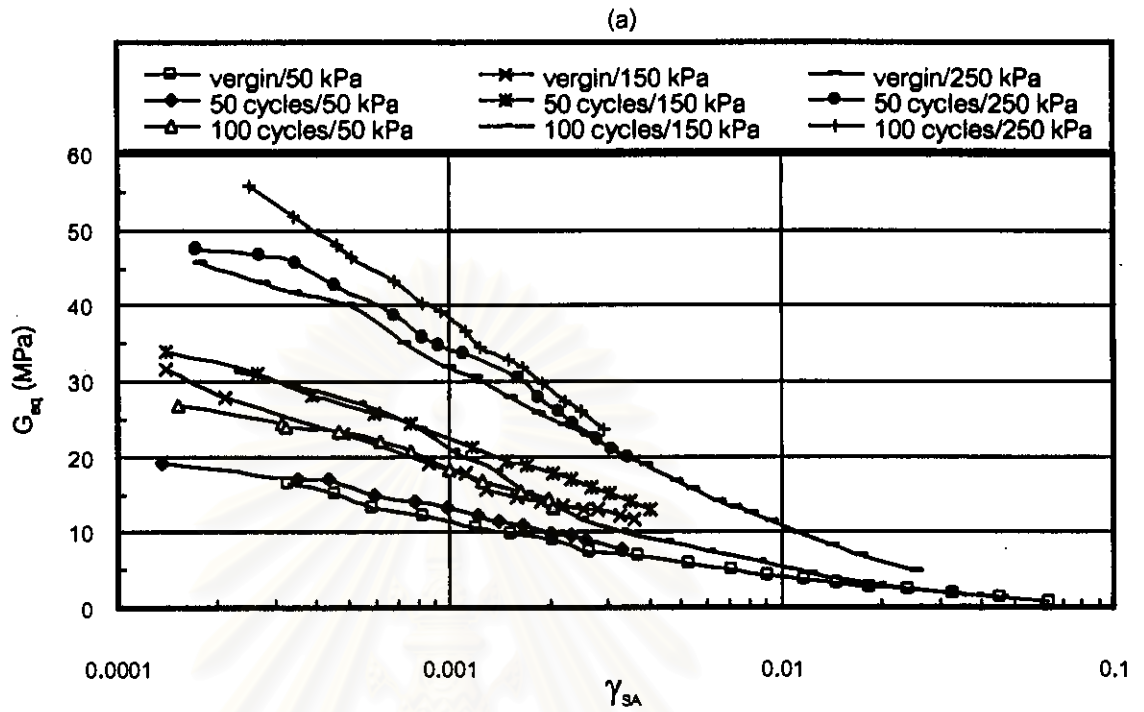
รูปที่ 4.10 ผลของความถี่ที่มีต่อ Damping ratio

4.8 ผลของ Prestraining ต่อโมดูลัสแบบเฉือน

จากการศึกษามาก่อนหน้านี้พบว่าประเด็นของ Prestraining ต่อโมดูลัสแบบเฉือน ยังมีความเห็นที่แตกต่างกันคือ จากการศึกษาของ Dnevich and Richart 1970 พบว่า หลังจากการทำ Prestraining ของตัวอย่างทราย Ottawa ค่าของโมดูลัสแบบเฉือนจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบของการ Prestraining แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Teachavorasinskun, 1992, Alacon-Guzman, et al., 1989, Chung et al. 1984 and Kim and Novak, 1982 พบว่า การทำ Prestraining จะไม่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือนทั้งดินเหนียวและดินทราย เมื่อคิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนช่องว่างของตัวอย่างดินเมื่อจำนวนรอบของการ Prestraining เพิ่มขึ้น

จากการทำ Prestraining ของดินทั้ง 3 แหล่ง ด้วยระดับความถี่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต การทำ Prestraining จะเริ่มทำที่ระดับของความเครียดเฉือน ในช่วง 0.002–0.004 จะทำให้เกิด Large strain แก่ตัวอย่างดินด้วยแรงคงที่จำนวน 50 และ 100 รอบ ตามลำดับ ผลการทดสอบตัวอย่างดินทั้ง 3 แหล่ง จะแสดงผลการทดสอบอยู่ในรูปกราฟของความพันธ์ระหว่างการลดลงของโมดูลัสแบบเฉือนกับการเพิ่มขึ้นของความเครียดเฉือน ผลการทดสอบของตัวอย่างดินของมหาวิทยาลัยมหิดลที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต แสดงในรูปที่ 4.11(a) พบว่า ผลการทดสอบของหน่วยแรงประสิทธิผล 50 150 และ 250 กิโลปาสคาล ตามลำดับ ที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 กิโลปาสคาล จะให้ผลของการทำ Prestraining ที่มีต่อโมดูลัสแบบเฉือนชัดเจนที่สุด กล่าวคือ แนวโน้มของโมดูลัสแบบเฉือนเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนรอบการทำปริสเตรนนิ่งเพิ่มขึ้น และเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้นความแตกต่างของค่าโมดูลัสแบบเฉือนระหว่างผลทดสอบที่ virgin กับ ผลการทดสอบที่ทำ Prestraining จะแตกต่างกันน้อยลงหรือความชัดเจนเนื่องจากผลการทำ Prestraining ที่มีต่อโมดูลัสแบบเฉือนลดลง

เมื่อนำผลการทดสอบของการทำ Prestraining ที่มีต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือน Normalized ด้วยฟังก์ชันอัตราส่วนช่องว่าง $F(e) = (2.97 - e)^2 / (1 + e)$ ของสูตร Empirical คำนวณหาค่าโมดูลัสแบบเฉือนเริ่มต้น (Initial shear modulus) ของ Hardin and Black 1969 พบว่า ผลของการทำ Prestraining จะไม่มีผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือน จะเห็นได้จากรูปที่ 4.11 (b) เส้นที่แสดงผลของ Prestraining เกือบจะซ้อนทับกับเส้นที่แสดงผลทดสอบของ virgin แต่ไม่สามารถสรุปได้ที่ค่าโมดูลัสแบบเฉือนเริ่มต้น เพราะที่ระดับความเครียดเฉือนในช่วงนั้นไม่สามารถวัดได้

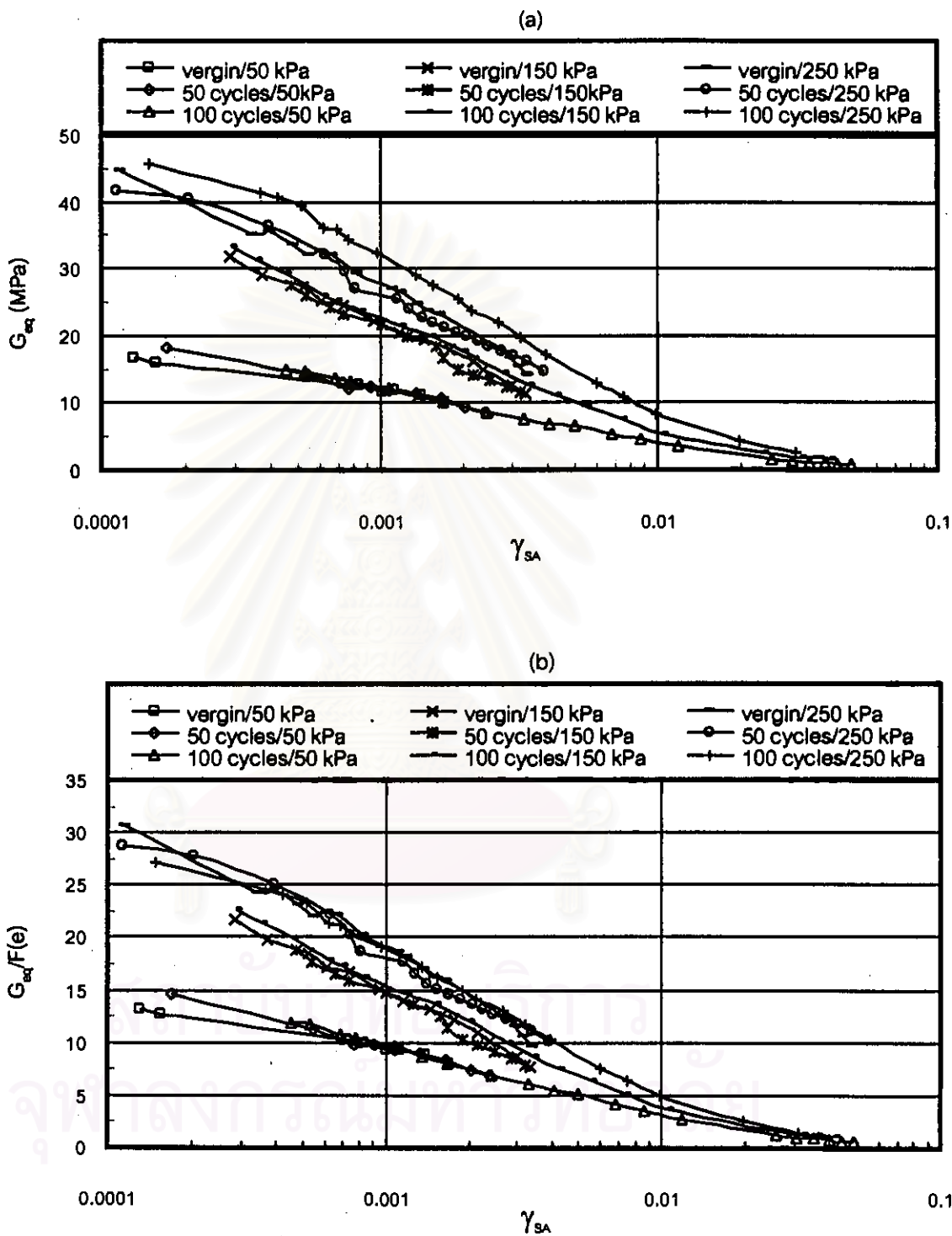


รูปที่ 4.11 ผลของ Prestraining ต่อ Equivalent shear modulus ของดินเหนียว ความถี่ 0.10 Hz.

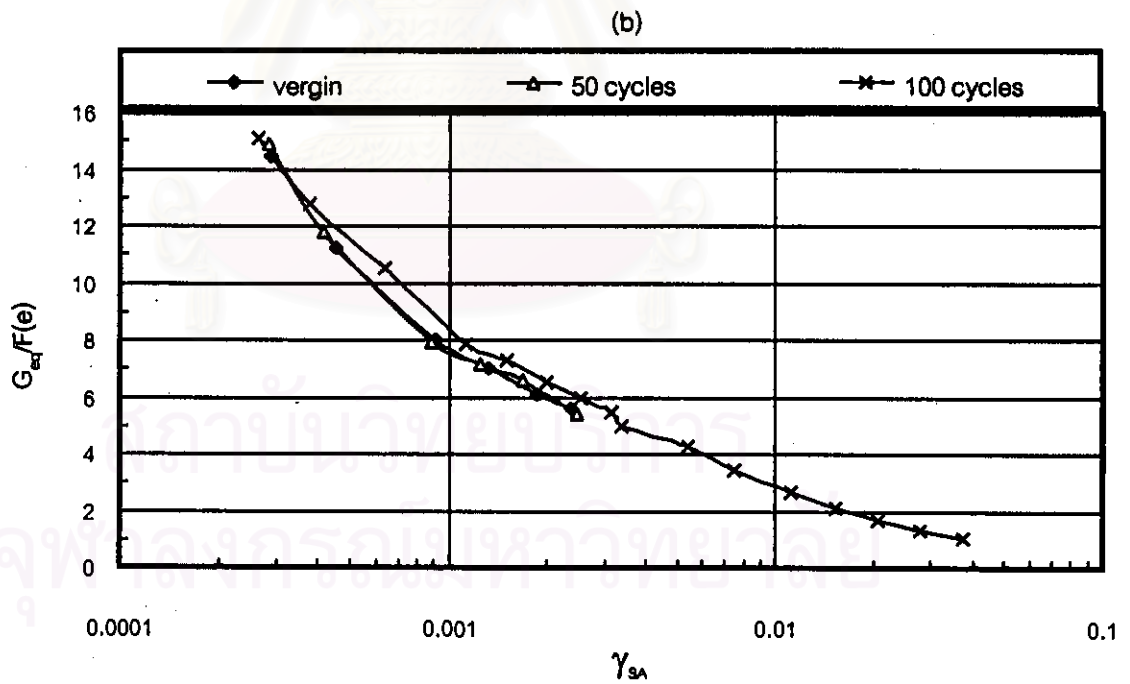
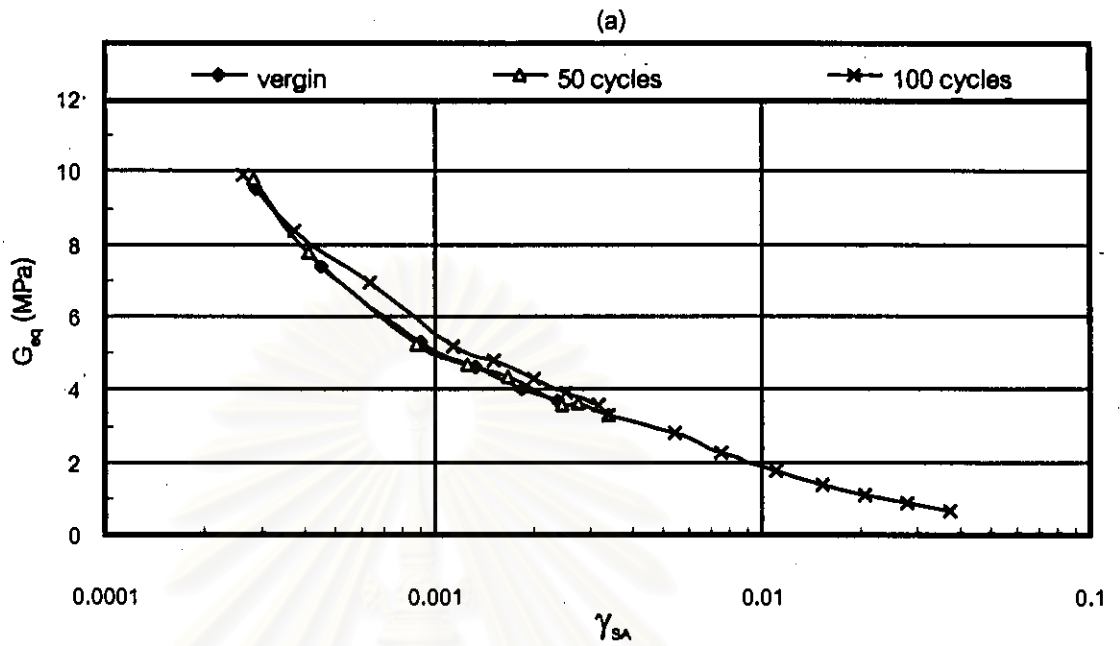
ส่วนผลทดสอบของ Prestraining ที่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือนที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิร์ต ของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดลจะแสดงในรูปที่ 4.12(a) พบว่า จะให้ผลทดสอบแตกต่างกับ ผลการทดสอบที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต กล่าวคือ ผลของการทำ Prestraining ที่มีต่อโมดูลัสแบบเฉือนที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 กิโลปาสคาล จะมีผลน้อยกว่าที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต สังเกต ได้จากการเปลี่ยนแปลงของโมดูลัสแบบเฉือนของผลการทดสอบที่ vergin กับผลการทดสอบของ Prestraining จะมีผลต่างระหว่างค่าโมดูลัสแบบเฉือนน้อยลง เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้นผล ของ Prestraining จะชัดเจนมากขึ้นสังเกตได้จากผลการทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 250 กิโล ปาสคาล แต่อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของโมดูลัสแบบเฉือนจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนรอบของการทำ Prestraining เพิ่มขึ้น และผล Normalized ของโมดูลัสแบบเฉือนด้วยฟังก์ชันอัตราส่วนช่องว่าง เหมือนกับผลการทดสอบที่ 0.10 เฮิร์ต แสดงในรูปที่ 4.12(b)

ผลของทดสอบ Prestraining ต่อโมดูลัสแบบเฉือนและผล Normalized ของโมดูลัสแบบเฉือนด้วยฟังก์ชันอัตราส่วนช่องว่างที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต ของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ จะแสดงในรูปที่ 4.13 (a) และ (b) ตามลำดับ พบว่า ค่าโมดูลัสแบบเฉือนที่ vergin กับผล Prestraining ที่จำนวน 50 รอบ ค่าโมดูลัสแบบเฉือนแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จะ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อจำนวนรอบของ Prestraining เพิ่มขึ้นเป็น 100 รอบ และผล Normalized ของ โมดูลัสแบบเฉือนด้วยฟังก์ชันอัตราส่วนช่องว่างไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนผลการทดสอบที่ระดับ ความถี่ 1.0 เฮิร์ต จะแสดงผลของทดสอบ Prestraining ที่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือนและผล Normalized ของโมดูลัสแบบเฉือนด้วยฟังก์ชันอัตราส่วนช่องว่างในรูปที่ 4.14 (a) และ (b) ตาม ลำดับ แสดงผลของ Prestraining ที่มีต่อโมดูลัสแบบเฉือนไม่ชัดเจน

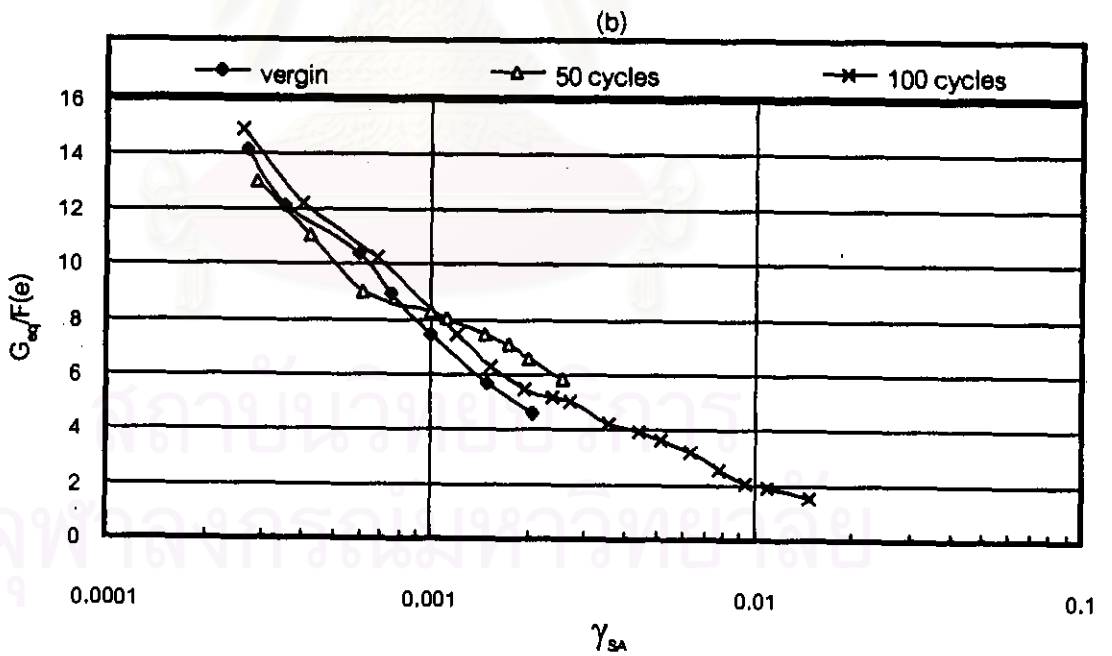
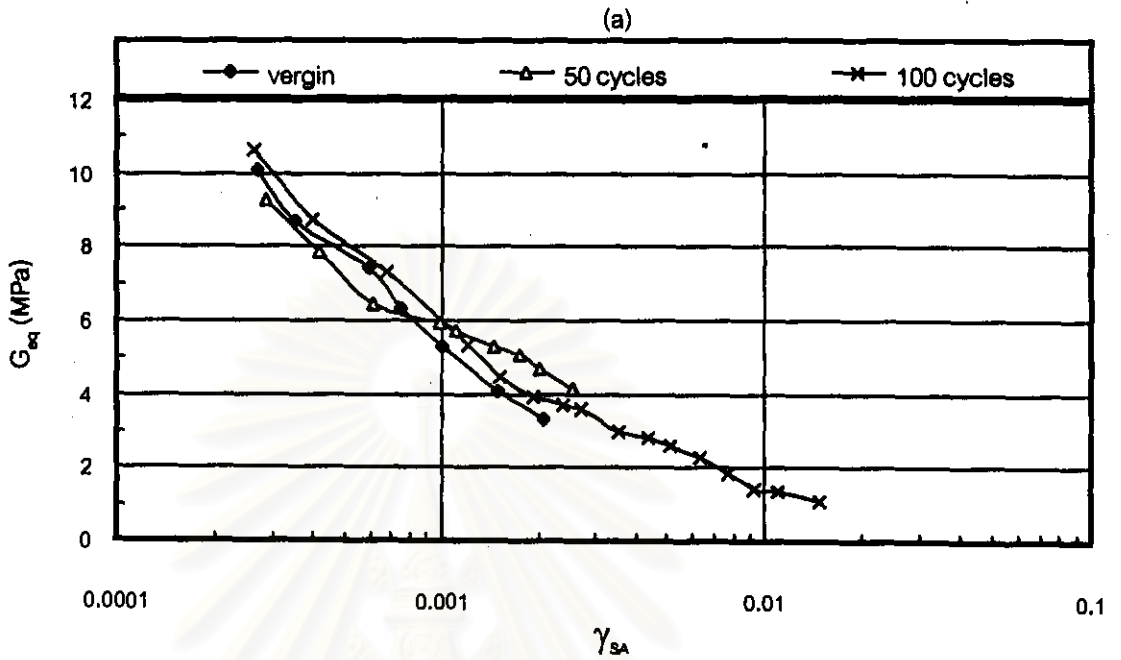
สำหรับผลการทดสอบของตัวอย่างดินจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จะแสดงผลทดสอบที่ ระดับความถี่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต แสดงผลการทดสอบการทำ Prestraining ที่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือน และผล Normalized ของโมดูลัสแบบเฉือนด้วยฟังก์ชันอัตราส่วนช่องว่างในรูปที่ 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ พบว่า ผลของการทำ Prestraining ที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต ข้อมูลกระจายพอ สมควรไม่มีความชัดเจนว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง แต่ผลการทำ Prestraining ที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิร์ต มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนัก เหมือนกับผลทดสอบของตัวอย่างดินทั้ง 2 แหล่งข้างต้น แต่มีข้อแตกต่างคือผลของการทดสอบ Prestraining ที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิร์ต จะมีความชัดเจนมากกว่าที่ ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต แต่ตัวอย่างดินทั้ง 2 แหล่งข้างต้นจะให้ผลตรงข้าม คือผลของการทดสอบ



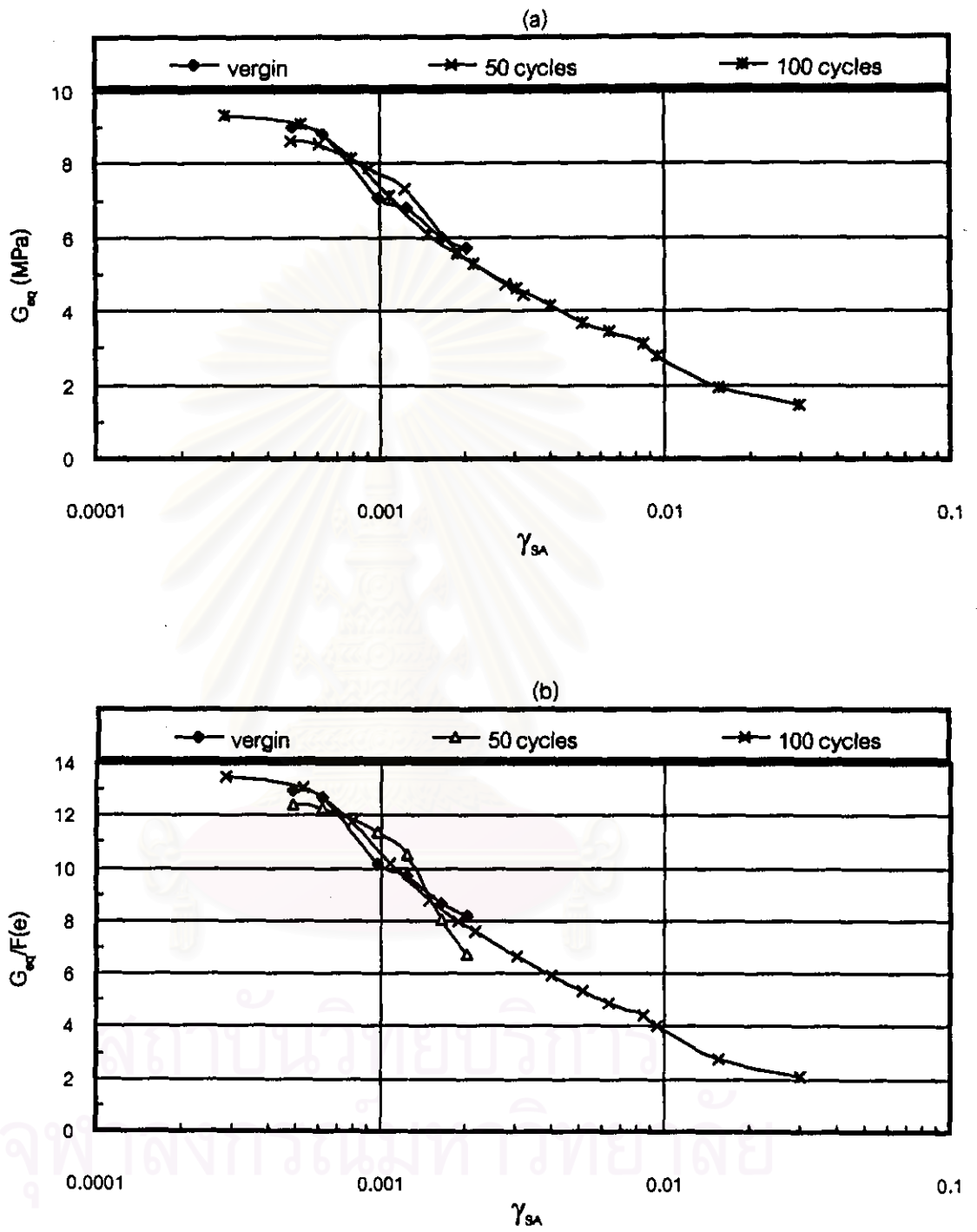
รูปที่ 4.12 ผลของ Prestraining ต่อ Equivalent shear modulus ของดินมหัดล ความถี่ 1.0 Hz.



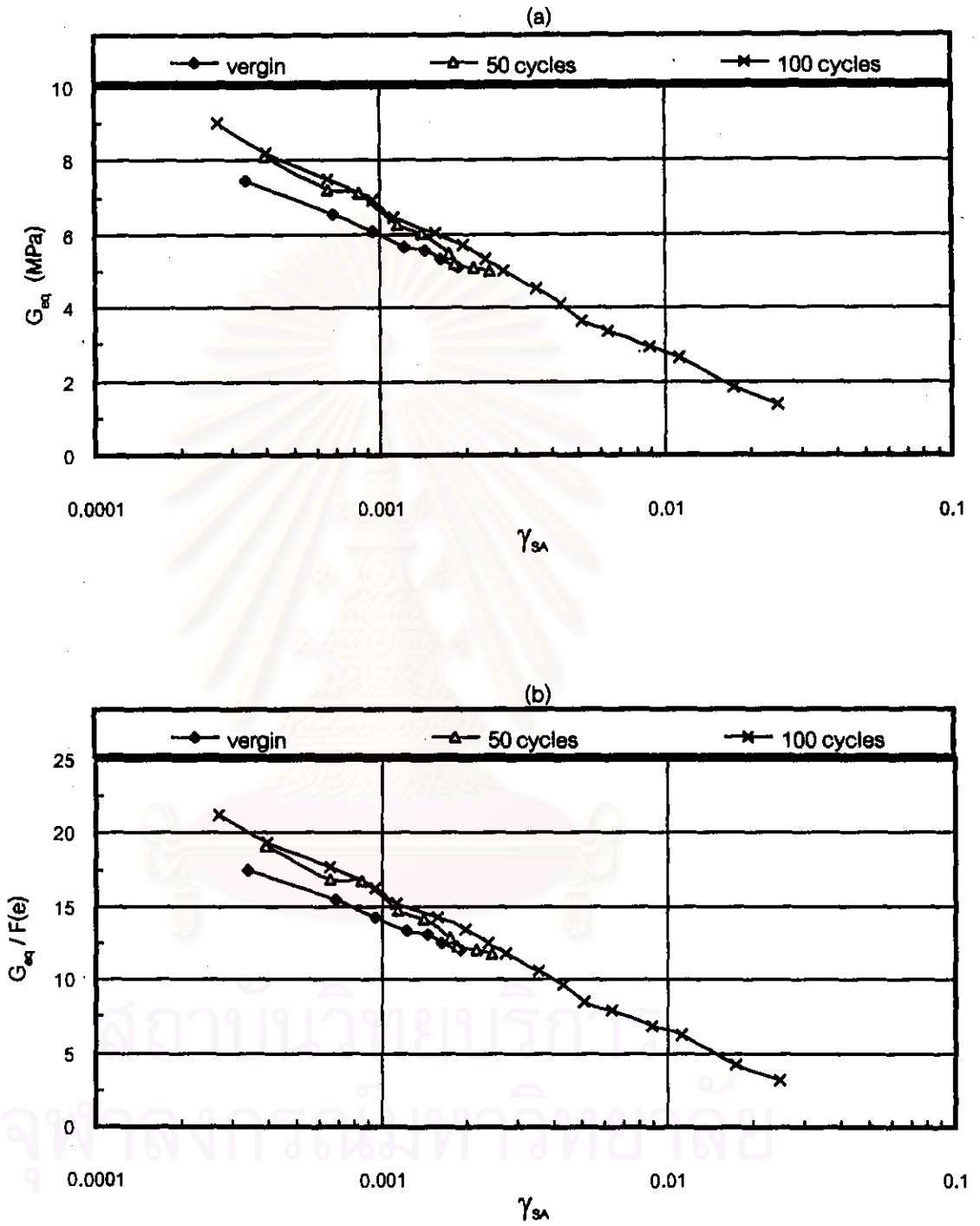
รูปที่ 4.13 ผลของ Prestraining ต่อ Equivalent shear modulus ของดินเกษตรศาสตร์ ความถี่ 0.10 Hz.



รูปที่ 4.14 ผลของ Prestraining ต่อ Equivalent shear modulus ของดินเกษตรศาสตร์ ความถี่ 1.0 Hz.



รูปที่ 4.15 ผลของ Prestraining ต่อ Equivalent shear modulus ของดินจุฬาลงกรณ์ ความถี่ 0.10 Hz.



รูปที่ 4.16 ผลของ Prestraining ต่อ Equivalent shear modulus ของดินจุพาลงกรณ์ ความถี่ 1.0 Hz.

Prestraining ที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต จะให้ผลการทดสอบการทำ Prestraining จะชัดเจนกว่าที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิร์ต

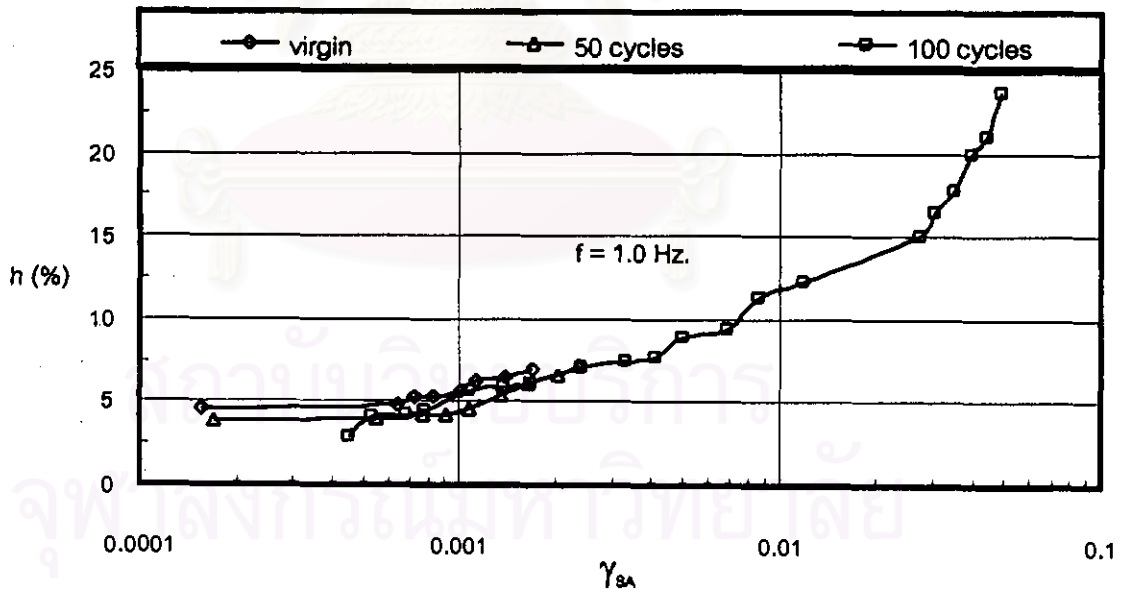
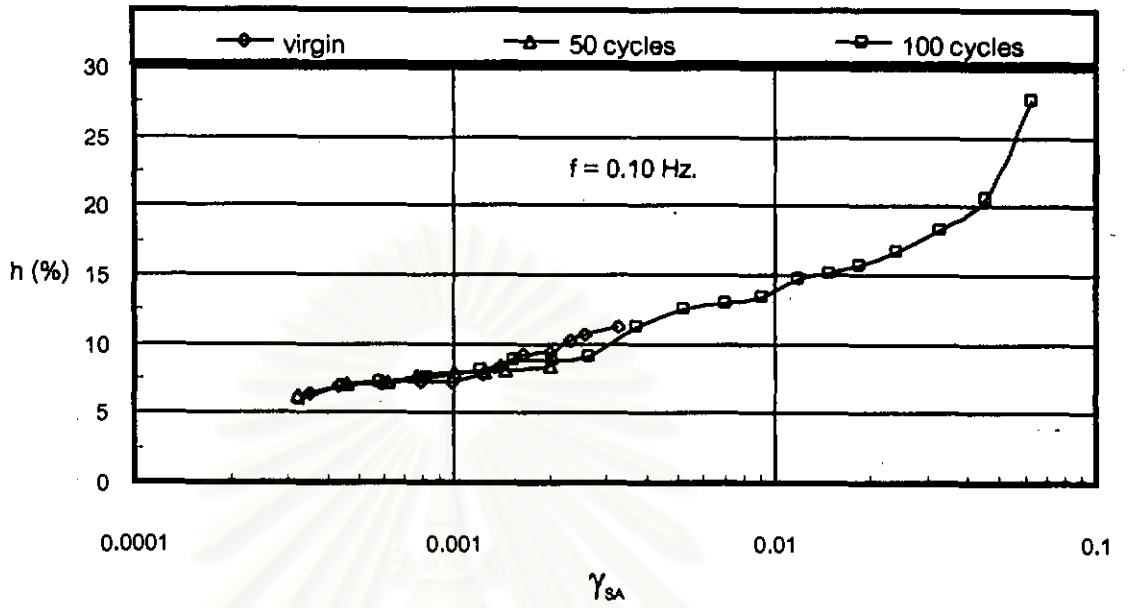
จากผลการทดสอบของตัวอย่างดินทั้ง 3 แห่ง พอจะสรุปแนวโน้มของการทำ Prestraining ได้ดังนี้ เมื่อจำนวนรอบของการทำ Prestraining เพิ่มขึ้นแนวโน้มของโมดูลัสแบบเฉือนจะเพิ่มขึ้นทั้งที่ระดับความถี่ 0.10 และ 1.0 เฮิร์ต แต่เมื่อนำค่าโมดูลัสแบบเฉือน Normalized ด้วยฟังก์ชันอัตราส่วนของว่าง ของ Hardin and Black 1968 พบว่า การทำ Prestraining จะไม่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือน เมื่อคิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของว่าง จะให้ผลการทดสอบเหมือนกับผลการสรุปของ Teachavorasinskun, (1992), Alacon-Guzman, et al., (1989), Chung et al. (1984), Kim and Novak (1982) และ Shibuya et al. (1994) คือ การทำ Prestraining จะไม่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือน เมื่อคิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของว่าง



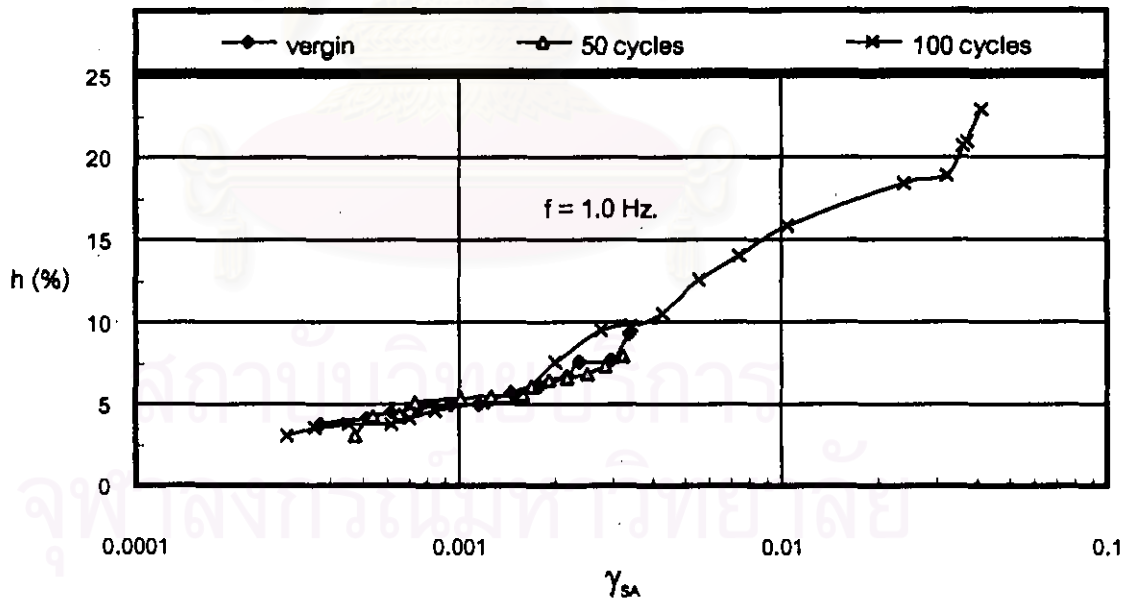
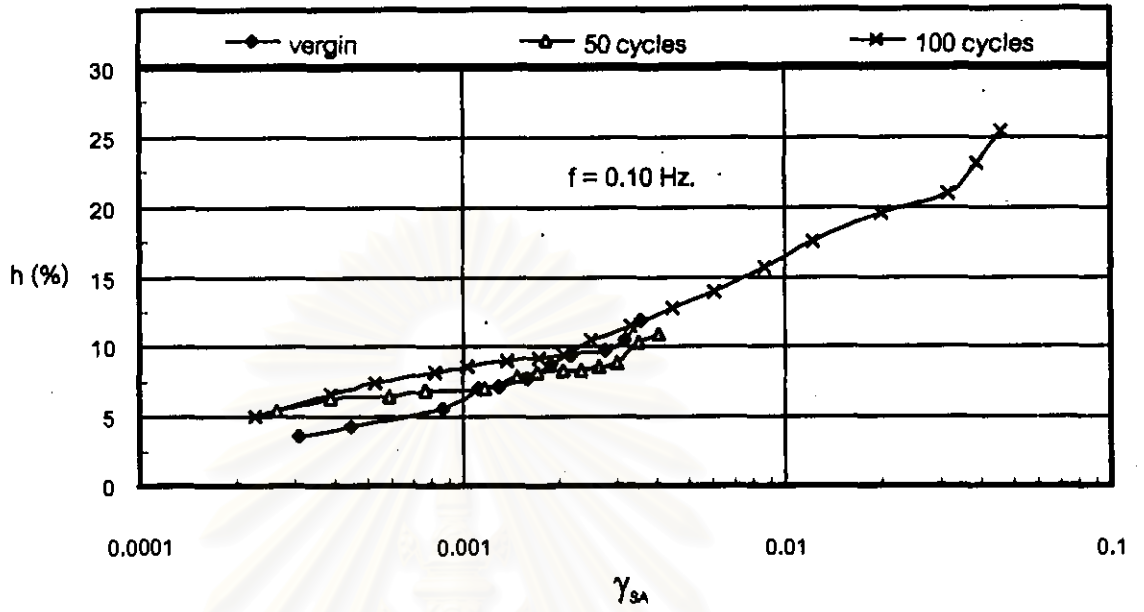
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.9 ผลของปริสเตรนนิ่ง (Prestraining) ต่ออัตราส่วนแดมป์พิง (Damping ratio)

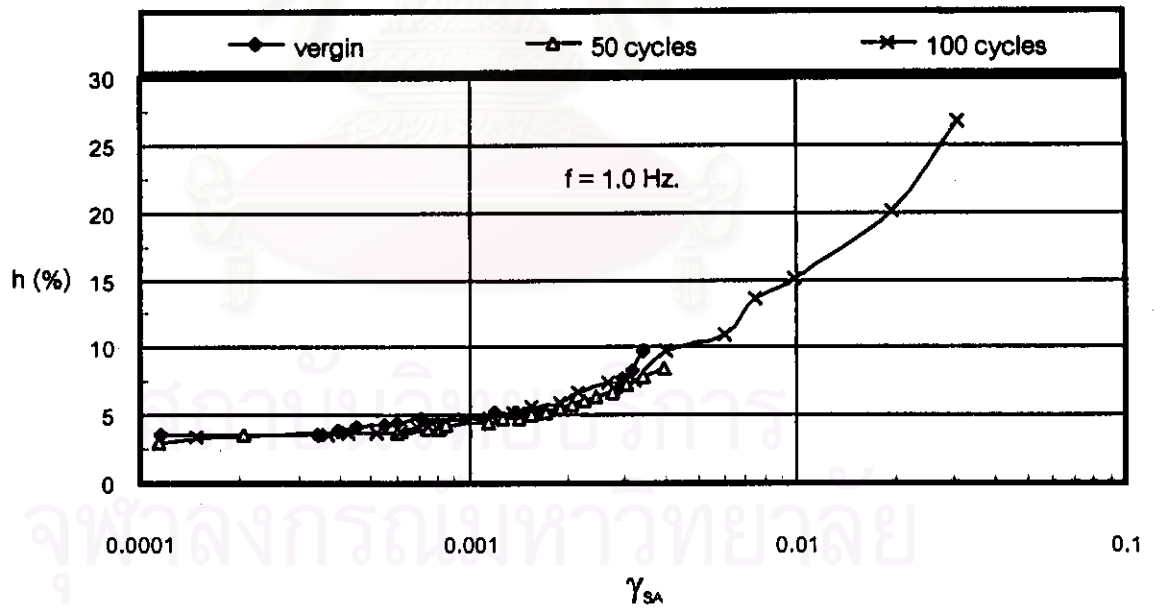
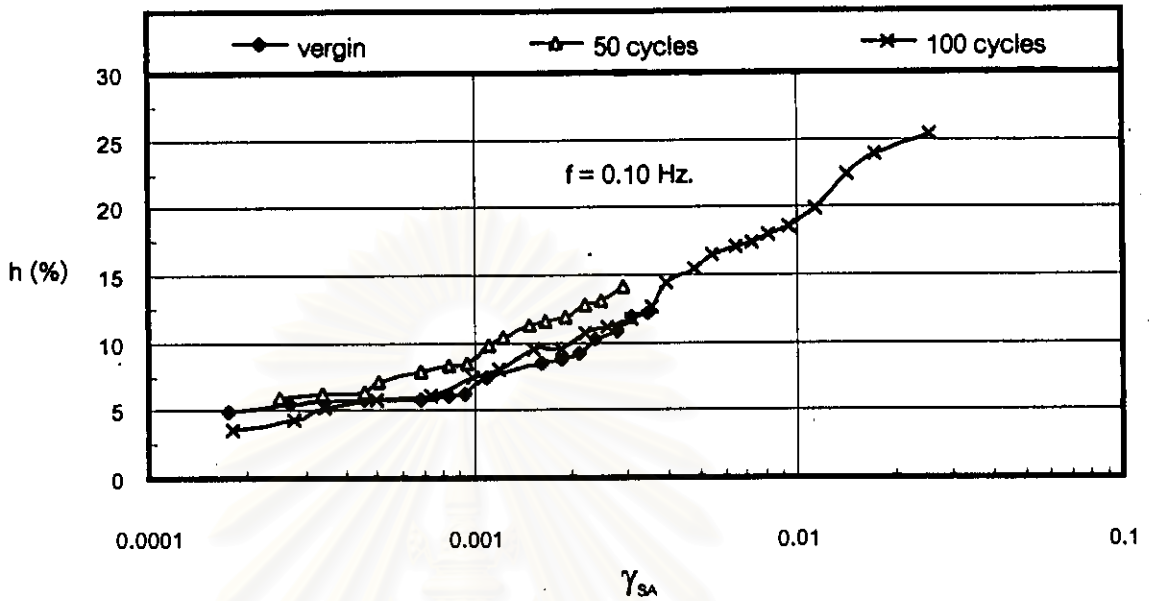
จากการศึกษาวิจัยของดินทั้ง 3 แหล่งคือ มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผลการทดสอบจะแสดงในรูปที่ 4.17 รูปที่ 4.18 และ รูปที่ 4.19 ตามลำดับ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของ Damping ratio ไม่มีความชัดเจนเนื่องจากการทำ Prestraining ในช่วงความเครียดเฉือน 0.0001-0.004 เพราะ Damping ratio ในช่วงความเครียดดังกล่าวจะแสดงออกมาในรูปของ Viscous damping อย่างไรก็ตามผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดลที่ระดับความถี่ 0.10 เฮิร์ต ที่หน่วยแรงประสิทธิผล 50 กิโลปาสคาล พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของ Damping ratio ไม่ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4.17(a) ส่วนผลการทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 150 และ 250 กิโลปาสคาล พบว่า เมื่อจำนวนรอบของการ Prestraining เพิ่มขึ้น Damping ratio จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยสังเกตได้จากรูปที่ 4.17(b) และรูปที่ 4.17(c) ซึ่งผลการทดสอบจะเหมือนกับผลการทดสอบของตัวอย่างดินจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังแสดงในรูปที่ 4.19(a) อย่างไรก็ตาม ที่ระดับความถี่ 1.0 เฮิร์ต ผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยมหิดล ทดสอบที่หน่วยแรงประสิทธิผล 150 และ 250 กิโลปาสคาล พบว่า เมื่อจำนวนรอบของการ Prestraining เพิ่มขึ้น Damping ratio กลับมีแนวโน้มลดลง สังเกตได้จากรูปที่ 4.17(b) และ (c) ซึ่งเหมือนกับผลการทดสอบของตัวอย่างดินมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ดังแสดง 4.18(b) สอดคล้องกับผลการทดสอบของ Shibuya et al. 1995 พบว่า แนวโน้มของอัตราส่วนแดมป์พิงลดลงเมื่อจำนวนรอบของการปริสเตรนนิ่งเพิ่มขึ้นจากการทดสอบ A reconstitute clay ที่ระดับของความเครียดเฉือนเท่ากับ 0.0014



(a) Effective confining stress = 50 kPa

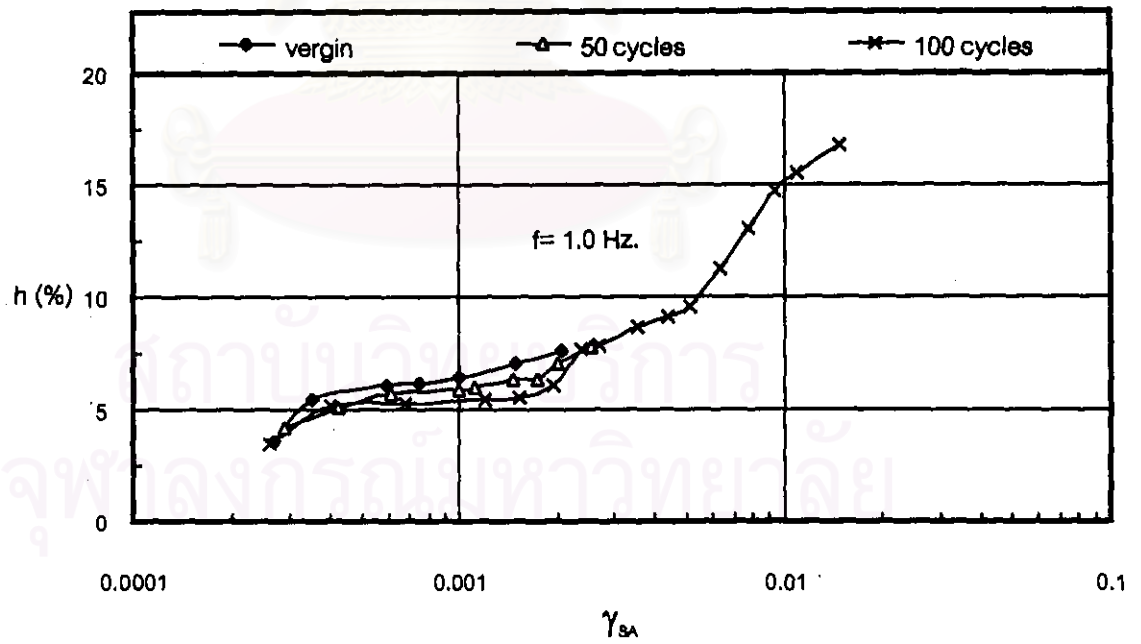
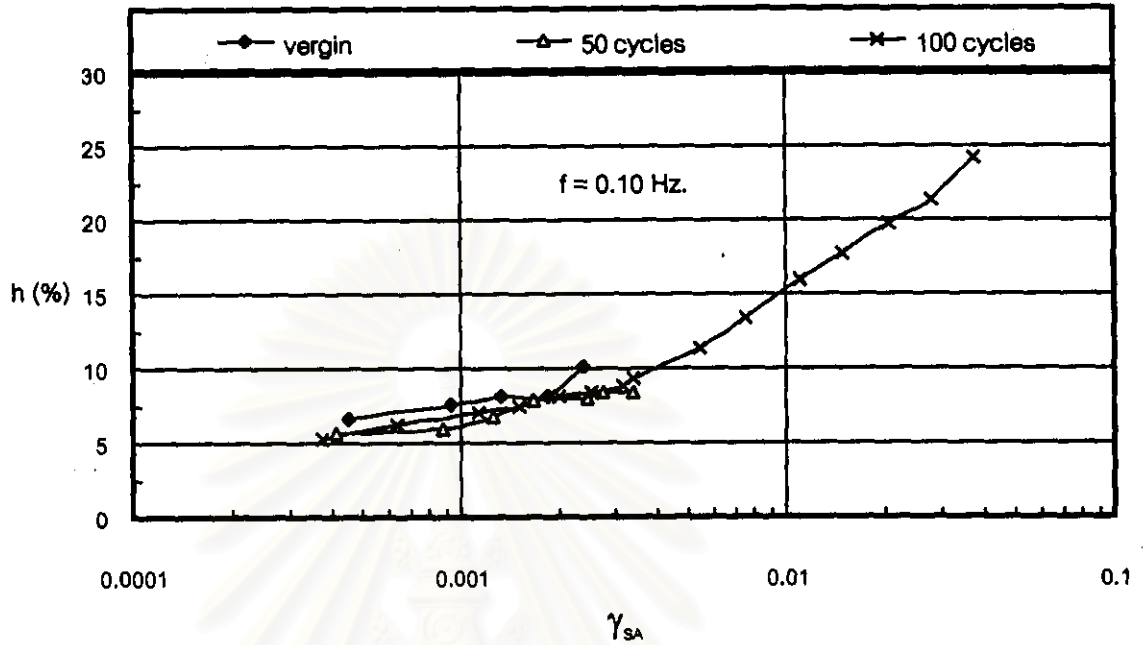


(b) Effective confining stress = 150 kPa

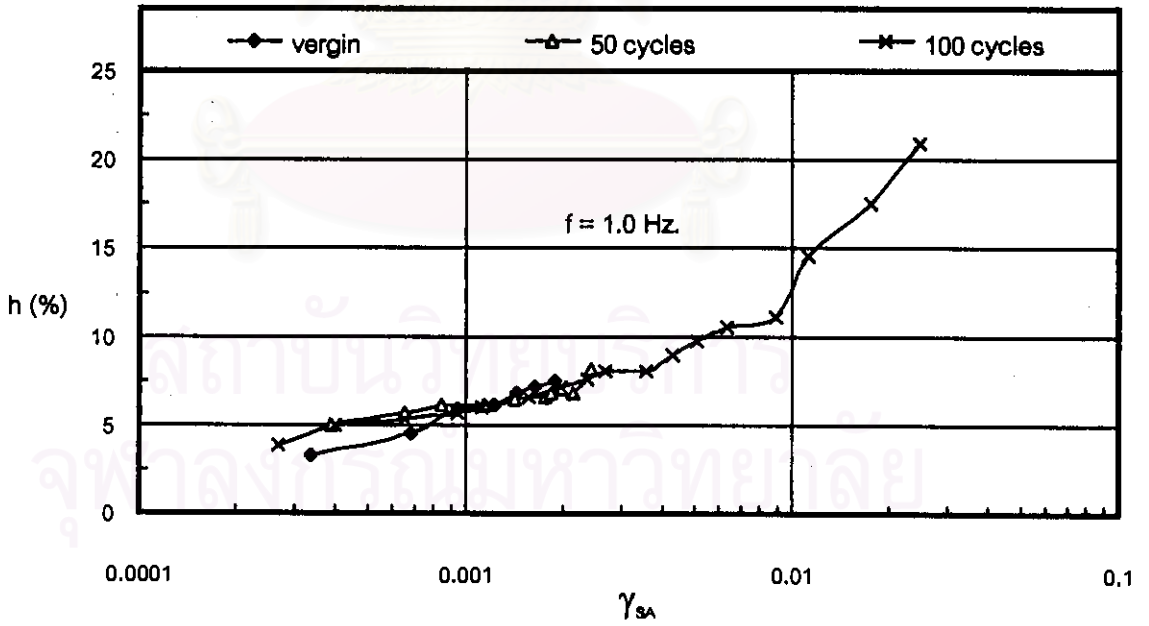
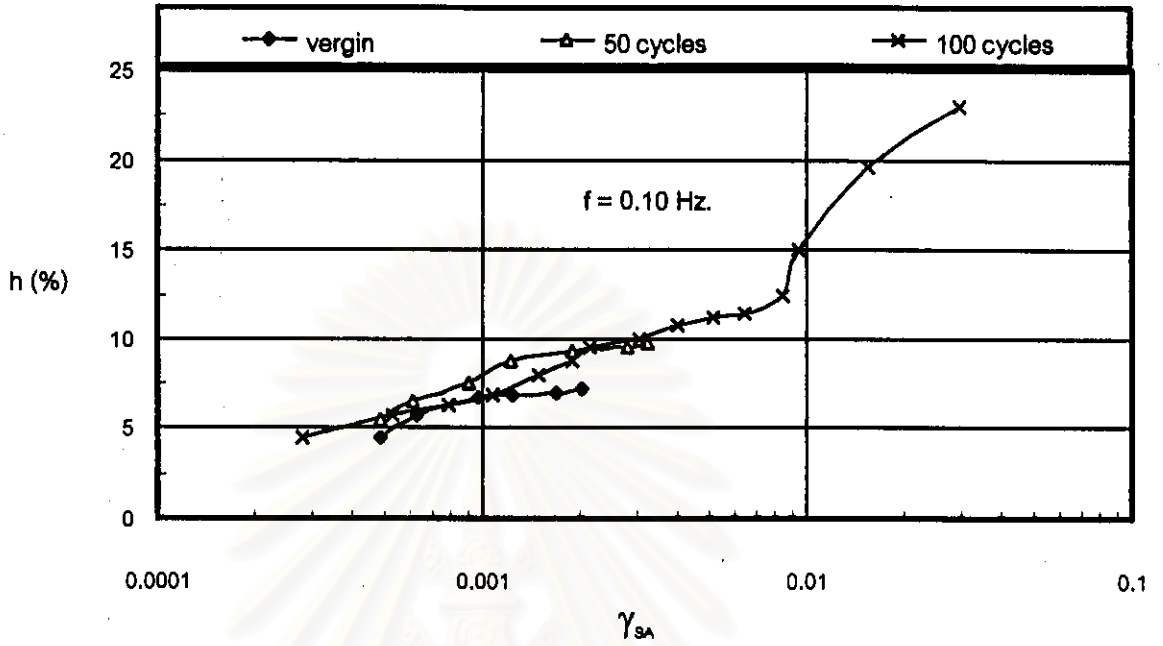


(c) Effective confining stress = 250 kPa

รูปที่ 4.17 ผลของ Prestraining ต่อ Damping ratio ของดินมหัดล



รูปที่ 4.18 ผลของ Prestraining ต่อ Damping ratio ของดินเกษตรศาสตร์



รูปที่ 4.19 ผลของ Prestraining ต่อ Damping ratio ของดินจุฬาลงกรณ์