



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาคผนวก ก
ผลิตภัณฑ์กล้วยกวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป ก-1 : ผลิตภัณฑ์กล้วยกวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ creep curve

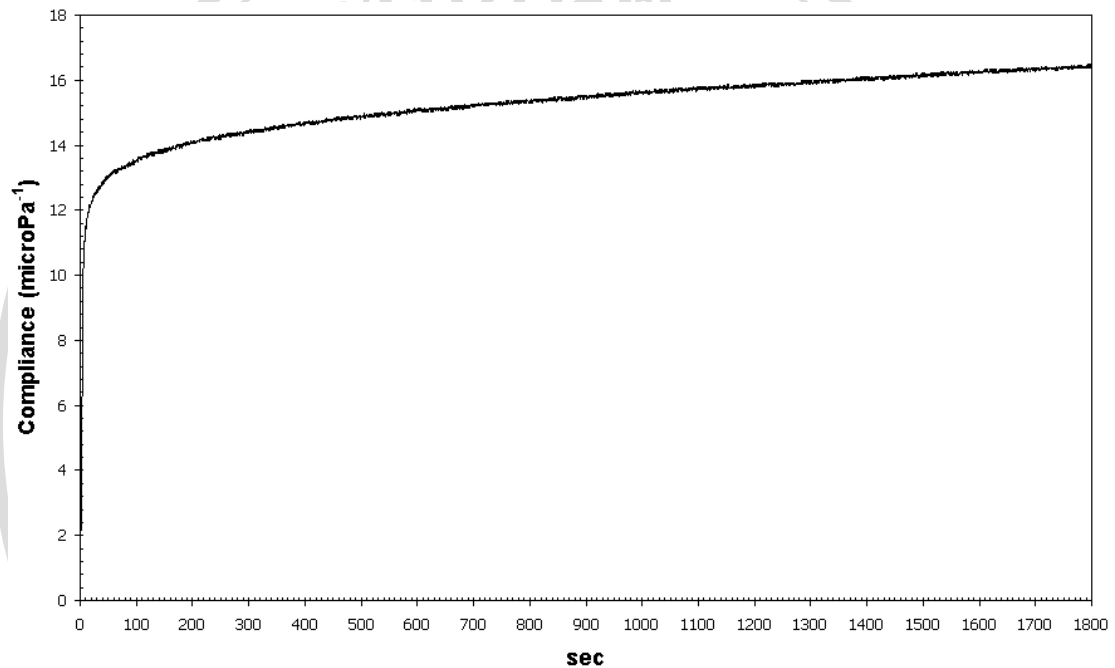
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

การวิเคราะห์ creep curve

ในที่นี้ของยกตัวอย่างจากผลการทดลองจริง จากการทดสอบ creep ของผลิตภัณฑ์ก๊วยกวน ตัวอย่างที่ยกมานี้ คือ ก๊วยน้ำว้ากวน ไม่เติมเพคติน ผลการทดลองเป็นดังนี้



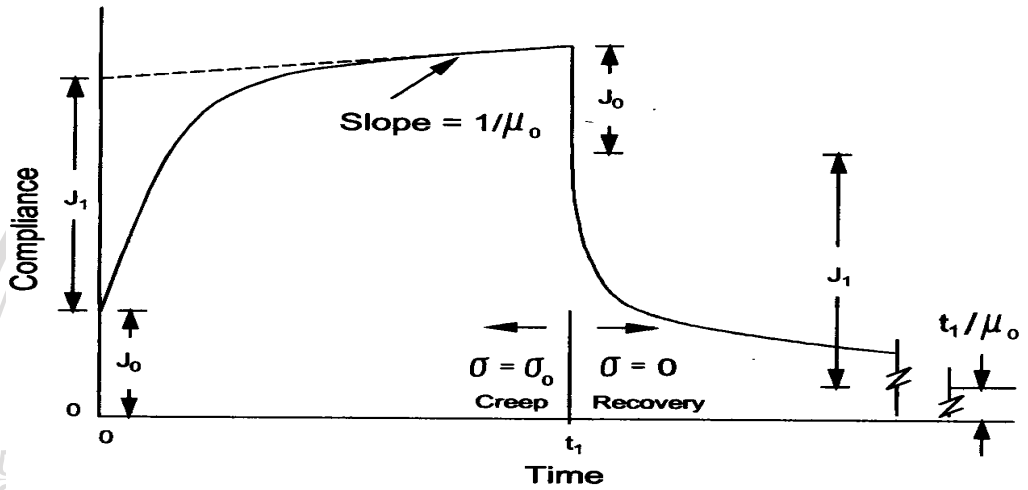
รูป ข-1 : ผลการทดสอบ creep ของผลิตภัณฑ์ก๊วยน้ำว้ากวน (ไม่เติมเพคติน)

เมื่อพิจารณาเบื้องต้นแบบจำลองของก๊วยกวนทรีทเมนต์นี้อาจเป็น แบบจำลอง 4 องค์ประกอบ เนื่องจากเส้นโค้งของ creep ที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับแบบจำลองนี้มากกว่า แบบจำลองของแมกซ์เวลล์ และไวค-เคลวิน หากพิจารณาตามเส้นโค้งของแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ จะได้ว่า เส้นโค้งของ creep ที่ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังรูป 2.16 ในบทที่ 2 นั่นคือ

ส่วนที่ 1 : ส่วนของ instantaneous response ส่วนนี้ทำให้ทราบค่า J_0

ส่วนที่ 2 : ส่วนของ retarded elastic compliance ในส่วนนี้จะไปตามสมการของไวค-เคลวิน และจำเป็นต้องทราบค่าคงที่ 2 ตัว คือ J_1 และ λ เพื่อให้สมการของไวค-เคลวินดังกล่าวสมบูรณ์ และวิธีการหาค่าคงที่ทั้งสองดังกล่าวทำได้ดังนี้

- J_1 หาได้จาก ผลต่างระหว่างจุดตัดแกนของ slope จากส่วนที่ 3 และ J_0 ดังแสดงในรูป ข-2



รูป ข-2 : compliance curve ของแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ
ที่มา : Steffe (1996)

- λ หาได้จากสมการของไวท-เคลวิน ดังนี้

$$J_R = J_1 (1 - e^{-t/\lambda})$$

จากสมการดังกล่าว จะได้ว่า

$$\lambda = \frac{-t}{\ln(1 - J_R / J_1)} \dots\dots\dots (1)$$

สมการที่ 1 คือ สมการสำหรับหาค่า relaxation time นั้นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนที่ 3 : ส่วนของ viscous flow ส่วนนี้เส้นโค้งของ creep เป็นไปตามสมการของ ลูกลูบ นั่นคือ

$$J_N = t / \mu_0$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\mu_0 = t / J_N \dots\dots\dots (2)$$

จากวิธีการข้างต้นทำให้ทราบค่าคงที่ต่าง ๆ ของสมการ ดังนี้

$$J_0 = 2.80 \mu\text{Pa}^{-1}$$

$$J_1 = 6.90 \mu\text{Pa}^{-1}$$

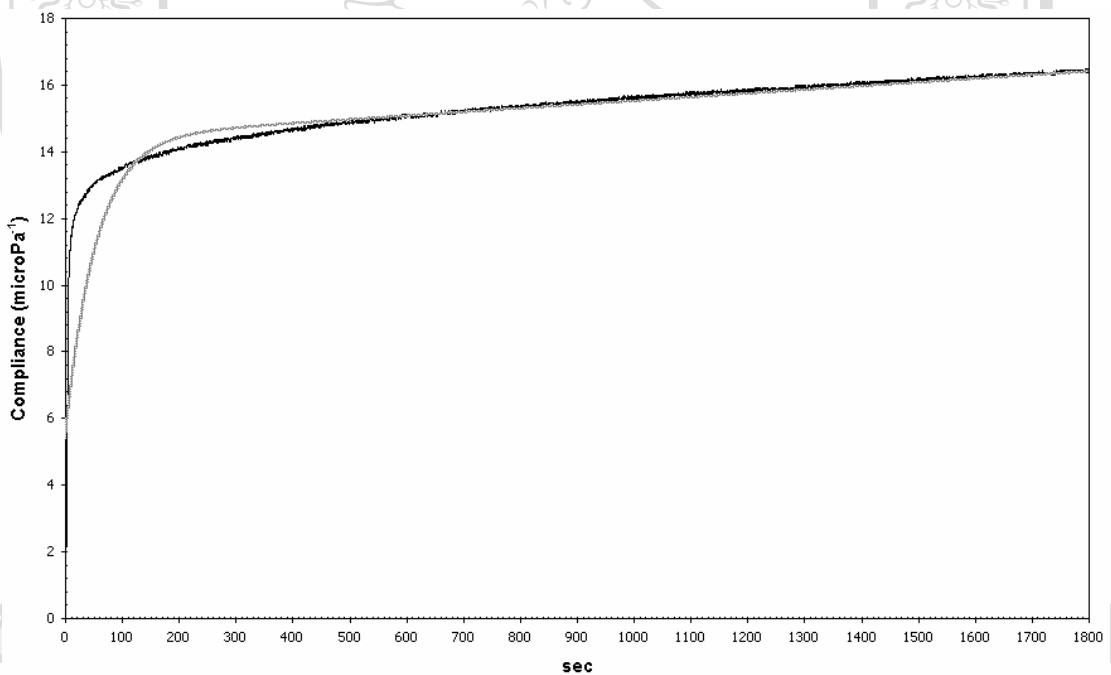
$$\lambda = 53.38 \text{ s} \quad \text{และ}$$

$$\mu_0 = 0.90 \text{ GP}$$

จะได้สมการของเส้นโค้งนี้ เป็นดังนี้

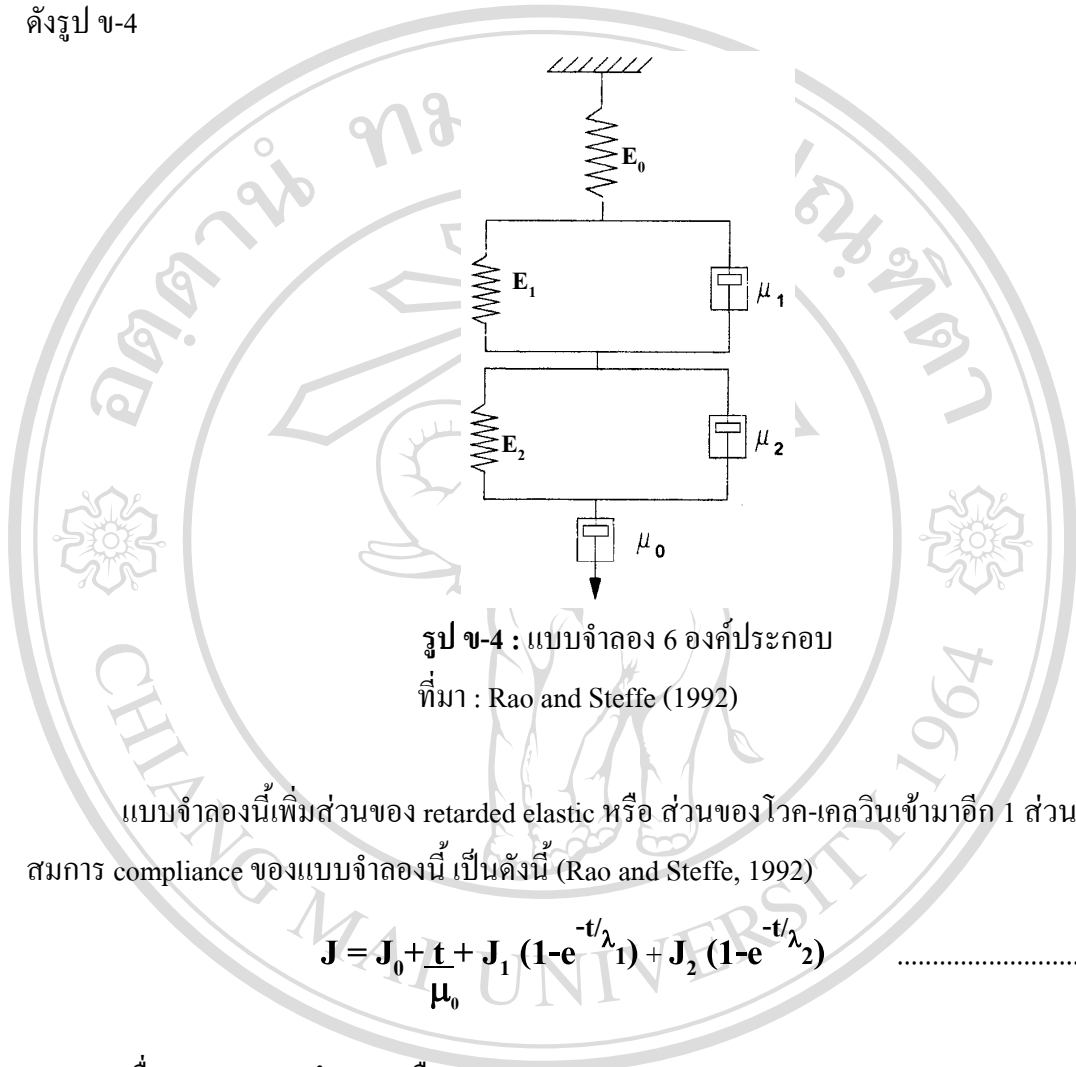
$$J = 2.80 \times 10^{-6} + 6.90 \times 10^{-6} \{1 - e^{-(t/53.38)}\} + t / 9.0 \times 10^8$$

จากนั้นทดลอง plot ค่า J จากสมการที่ได้ข้างต้นตามเวลา พบว่าเส้นโค้งที่ได้ไม่พอดีกับผลการทดลองจริง ดังแสดงในรูป ข-3



รูป ข-3 : กราฟเปรียบเทียบระหว่าง compliance curve จากสมการของแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ กับ ผลการทดลองจริง เมื่อ _____ คือ ผลการทดลองจริง และ _____ คือ เส้นโค้งจากสมการของแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ

ผลดังกล่าวทำให้ทราบว่ากลไกหน่วงหน่วยทดลองนี้มีคุณสมบัติไม่ตรงกับแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ แต่หากพิจารณาจากแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังรูป ข-4



รูป ข-4 : แบบจำลอง 6 องค์ประกอบ
ที่มา : Rao and Steffe (1992)

แบบจำลองนี้เพิ่มส่วนของ retarded elastic หรือ ส่วนของไวค-เคลวินเข้ามาอีก 1 ส่วน และสมการ compliance ของแบบจำลองนี้เป็นดังนี้ (Rao and Steffe, 1992)

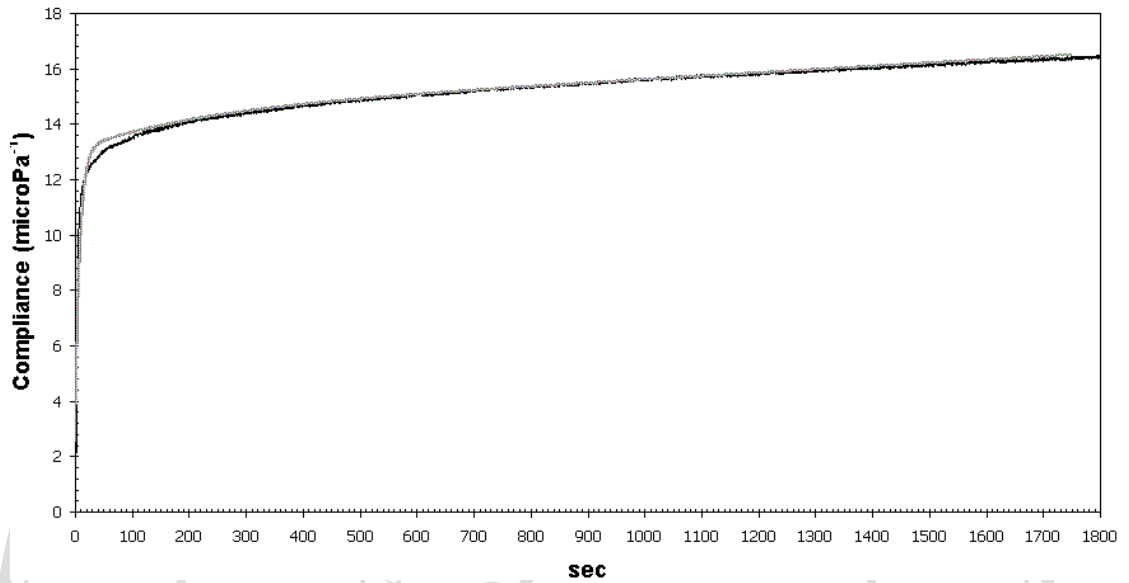
$$J = J_0 + \frac{t}{\mu_0} + J_1 (1 - e^{-t/\lambda_1}) + J_2 (1 - e^{-t/\lambda_2}) \dots\dots\dots (13)$$

เมื่อ λ_1 คือ $\frac{\mu_1}{E_1}$
 J_2 คือ $\frac{1}{E_2}$
 และ λ_2 คือ $\frac{\mu_2}{E_2}$

เมื่อพิจารณาเทียบกับผลการทดลอง จะได้สมการแบบ 6 องค์ประกอบ เป็นดังนี้

$$J = 2.80 \times 10^{-6} + 5.6 \times 10^{-6} (1 - e^{-t/9.91}) + 1.30 \times 10^{-6} (1 - e^{-t/352.85}) + t / 9 \times 10^8$$

และได้ compliance curve เป็นดังนี้



รูป ข-5 : กราฟเปรียบเทียบระหว่าง compliance curve จากสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ กับ ผลการทดลองจริง เมื่อ _____ คือ ผลการทดลองจริง และ _____ คือ เส้นโค้งจากสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า กล้ามเนื้อหน่วยทดลองนี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแบบจำลอง 6 องค์ประกอบมากกว่าแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ



ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
ผลการวิเคราะห์ creep curve ของกัล้วยกวน
12 หน่วยทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1. หน่วยทดลองที่ 1 : กล้วยน้ำว่าไม่เต็มเพคติน

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 2.80 \times 10^{-6} + 5.60 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/9.91}] + 1.30 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/352.85}] + t/9.00 \times 10^8 \dots\dots\dots(1)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

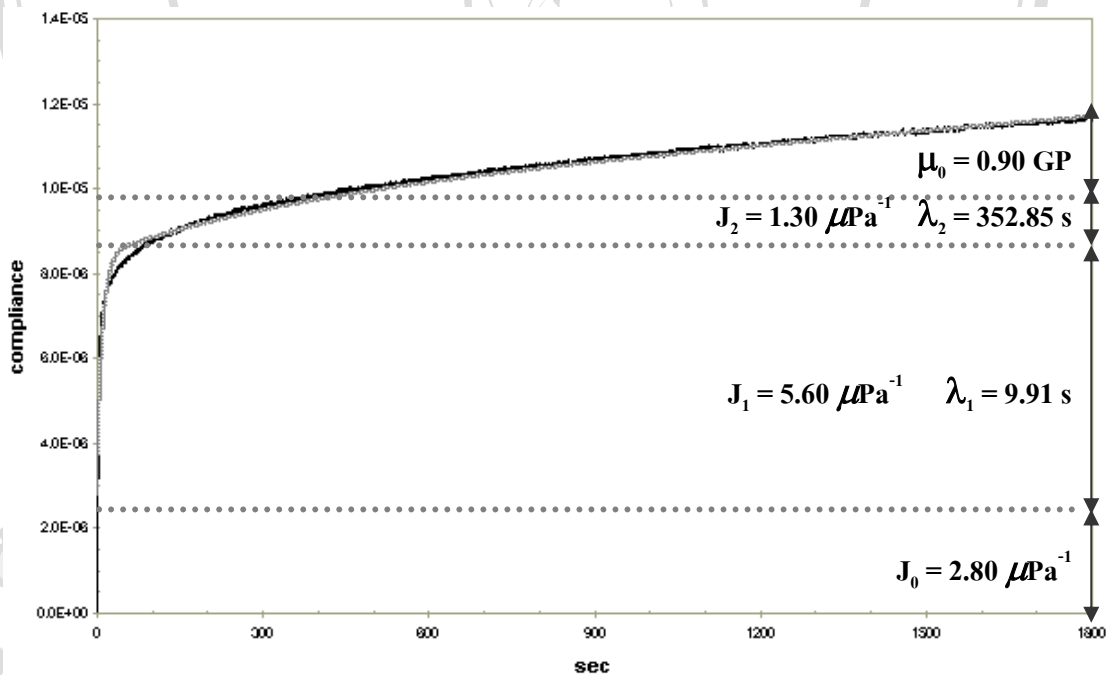
$$J_0 = 2.80 \mu\text{Pa}^{-1}$$

$$J_1 = 5.60 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_1 = 9.91 \text{ s}$$

$$J_2 = 1.30 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_2 = 352.85 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 0.90 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ก-1 : การเปรียบเทียบเส้น โค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และผลการทดลองจริง เมื่อ --- คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

2. หน่วยทดลองที่ 2 : กล้วยน้ำว้า เติมเพศดินร่อยละ 1 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 2.55 \times 10^{-6} + 1.05 \times 10^{-5} [1 - e^{-t/8.32}] + 1.40 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/210.41}] + t/8.55 \times 10^8 \dots\dots\dots(2)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

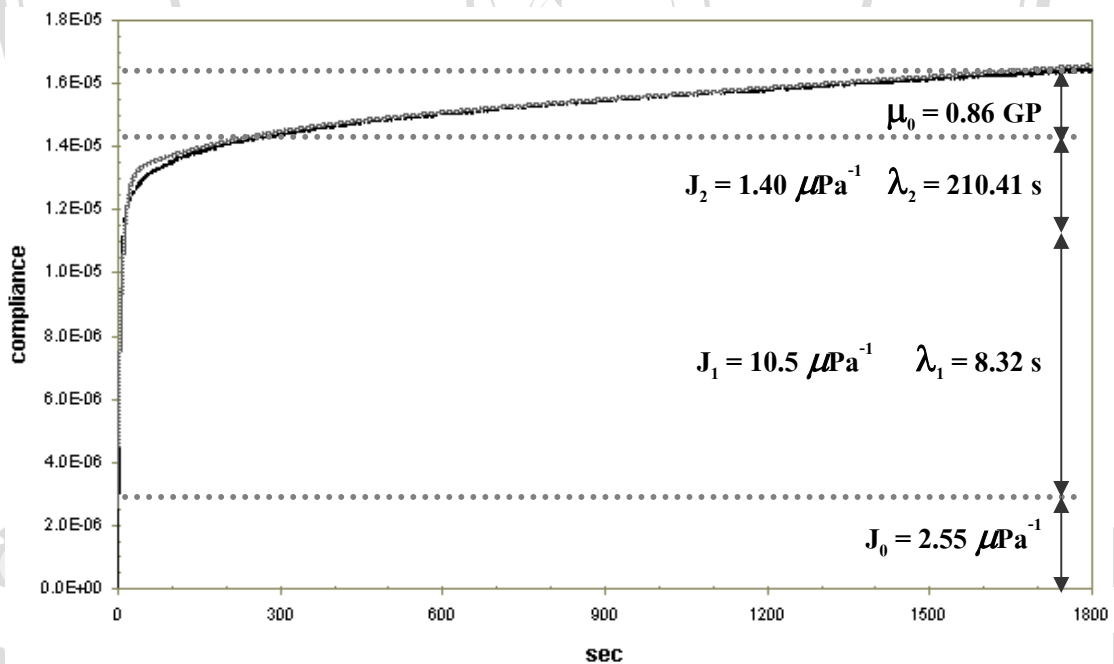
$$J_0 = 2.55 \mu Pa^{-1}$$

$$J_1 = 10.5 \mu Pa^{-1}, \lambda_1 = 8.32 \text{ s}$$

$$J_2 = 1.40 \mu Pa^{-1}, \lambda_2 = 210.41 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 0.86 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ค-2 : การเปรียบเทียบเส้น โค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และ ผลการทดลองจริง เมื่อ --- คือ เส้น โค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

3. หน่วยทดลองที่ 3 : กลัวย่น้ำว่า เติมเพคตินร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 3.95 \times 10^{-6} + 7.40 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/11.08}] + 1.45 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/301.14}] + t/8.02 \times 10^8 \dots\dots\dots(3)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

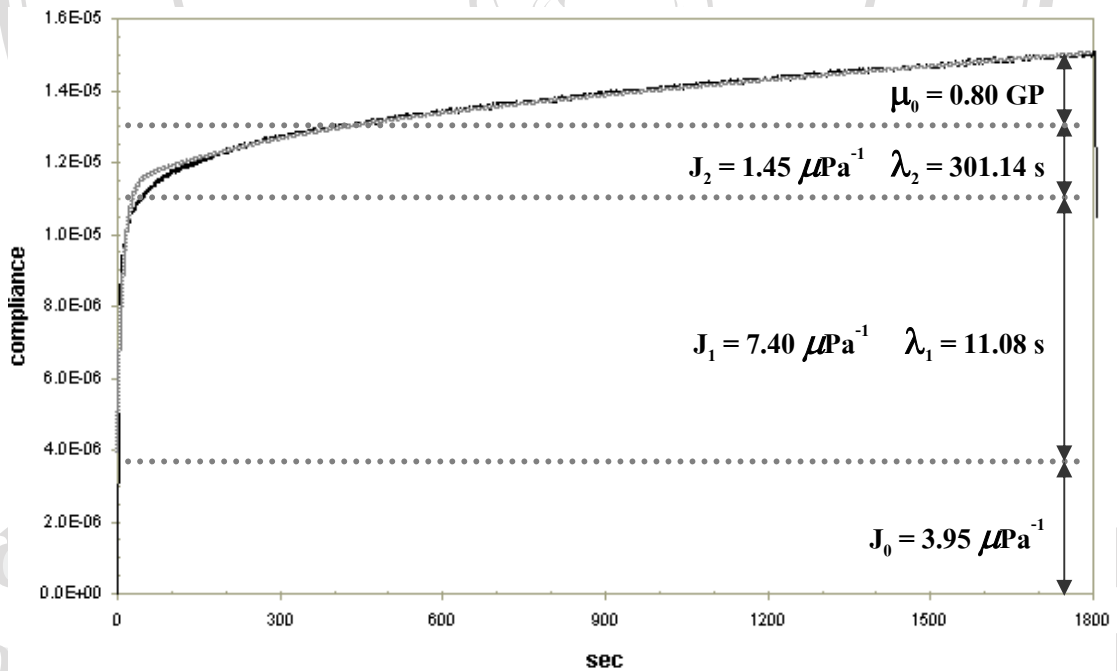
$$J_0 = 3.95 \mu Pa^{-1}$$

$$J_1 = 7.40 \mu Pa^{-1}, \lambda_1 = 11.08 \text{ s}$$

$$J_2 = 1.45 \mu Pa^{-1}, \lambda_2 = 301.14 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 0.80 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ค-3 : การเปรียบเทียบเส้นโค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และผลการทดลองจริง เมื่อ μ_0 คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ J_0 คือ ผลการทดลอง

4. หน่วยทดลองที่ 4 : กล้วยน้ำว้า เติมเพศดินร่อยละ 3 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 4.10 \times 10^{-6} + 9.40 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/17.36}] + 2.65 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/314.84}] + t/5.17 \times 10^8 \dots\dots\dots(4)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

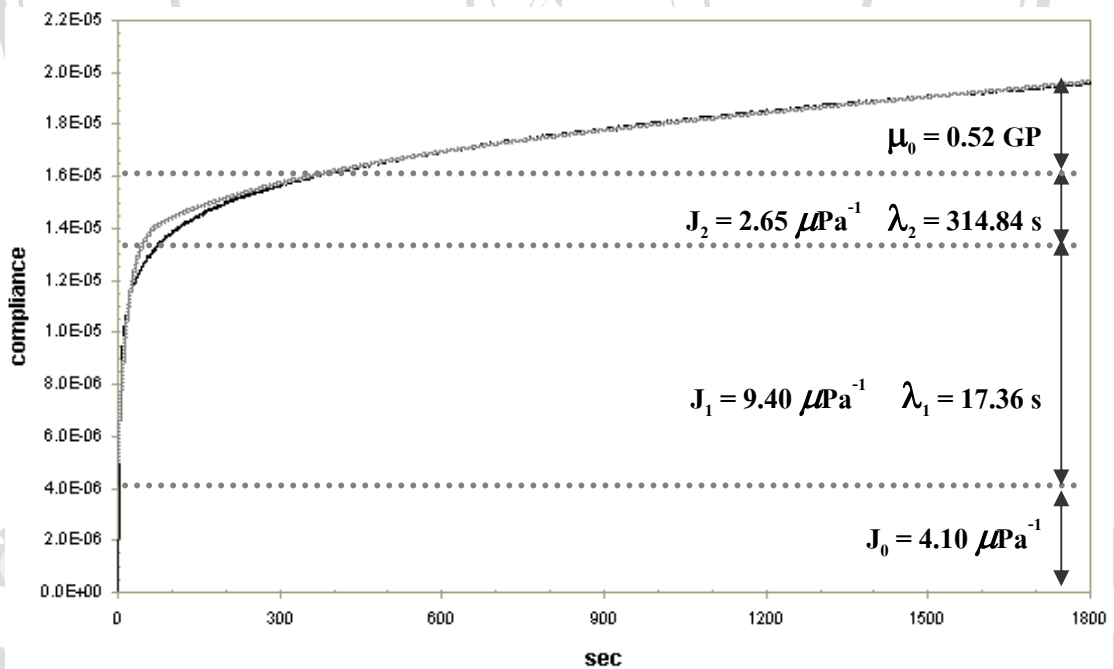
$$J_0 = 4.10 \mu\text{Pa}^{-1}$$

$$J_1 = 9.40 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_1 = 17.36 \text{ s}$$

$$J_2 = 2.65 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_2 = 314.84 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 0.52 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ค-4 : การเปรียบเทียบเส้นโค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และผลการทดลองจริง เมื่อ --- คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

5. หน่วยทดลองที่ 5 : กลัวยหอมทอง ไม่เต็มเพศดิน

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 4.70 \times 10^{-6} + 1.07 \times 10^{-5} [1 - e^{-t/12.17}] + 2.40 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/278.60}] + t/7.05 \times 10^8 \dots\dots\dots(5)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

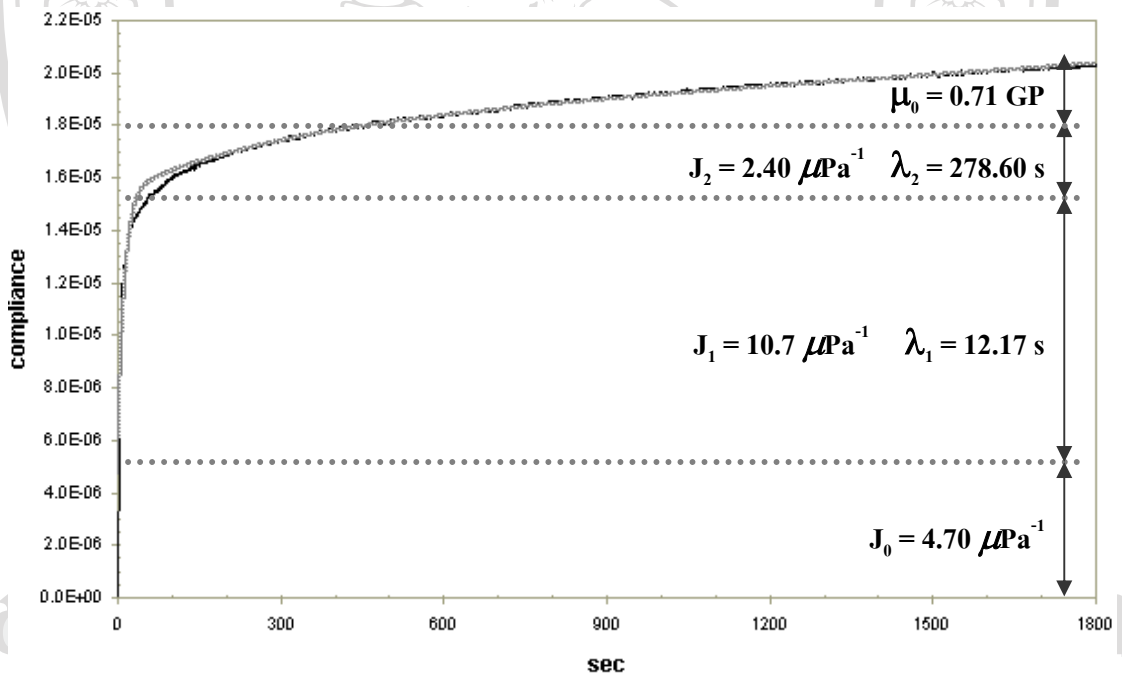
$$J_0 = 4.70 \mu Pa^{-1}$$

$$J_1 = 10.7 \mu Pa^{-1}, \lambda_1 = 12.17 \text{ s}$$

$$J_2 = 2.40 \mu Pa^{-1}, \lambda_2 = 278.60 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 0.71 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ค-5 : การเปรียบเทียบเส้นโค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และผลการทดลองจริง เมื่อ — คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

6. หน่วยทดลองที่ 6 : กลัวยหอมทอง เต็มเพศดินร่อยละ 1 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 3.80 \times 10^{-6} + 1.02 \times 10^{-5} [1 - e^{-t/10.02}] + 1.75 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/245.77}] + t/8.40 \times 10^8 \dots\dots\dots(6)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

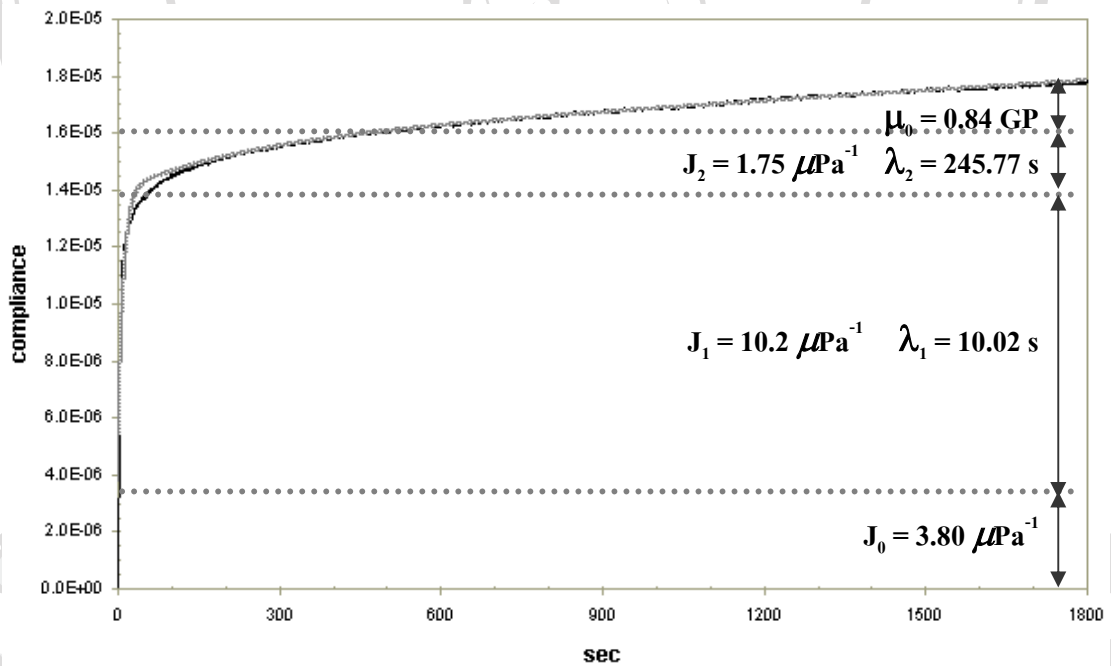
$$J_0 = 3.80 \mu\text{Pa}^{-1}$$

$$J_1 = 10.2 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_1 = 10.02 \text{ s}$$

$$J_2 = 1.75 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_2 = 245.77 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 0.84 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ก-6 : การเปรียบเทียบเส้น โค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และ ผลการทดลองจริง เมื่อ --- คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

7. หน่วยทดลองที่ 7 : กลัวยหอมทอง เต็มเพศดินร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 4.10 \times 10^{-6} + 1.11 \times 10^{-5} [1 - e^{-t/12.38}] + 2.20 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/304.50}] + t/8.40 \times 10^8 \dots\dots\dots(7)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

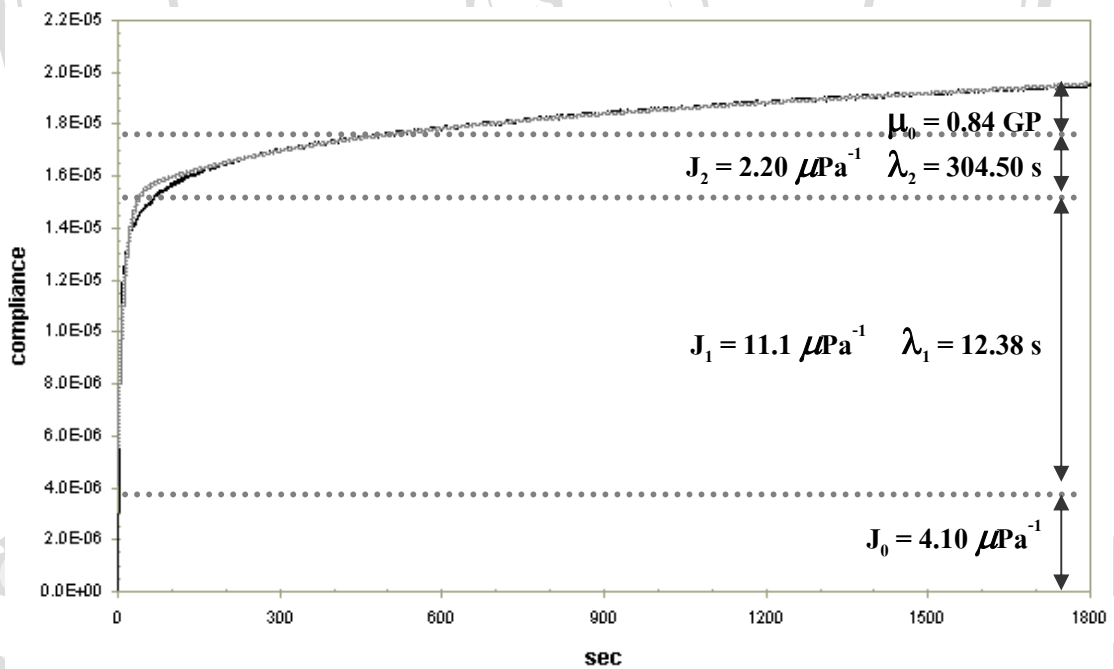
$$J_0 = 4.10 \mu Pa^{-1}$$

$$J_1 = 11.1 \mu Pa^{-1}, \lambda_1 = 12.38 \text{ s}$$

$$J_2 = 2.20 \mu Pa^{-1}, \lambda_2 = 304.50 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 0.84 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ค-7: การเปรียบเทียบเส้นโค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และผลการทดลองจริง เมื่อ — คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

8. หน่วยทดลองที่ 8 : กลัวยหอมทอง เต็มเพศดินร่อยละ 3 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 3.80 \times 10^{-6} + 8.95 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/8.87}] + 1.20 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/199.14}] + t 9.71 \times 10^{-8} \dots\dots\dots(8)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

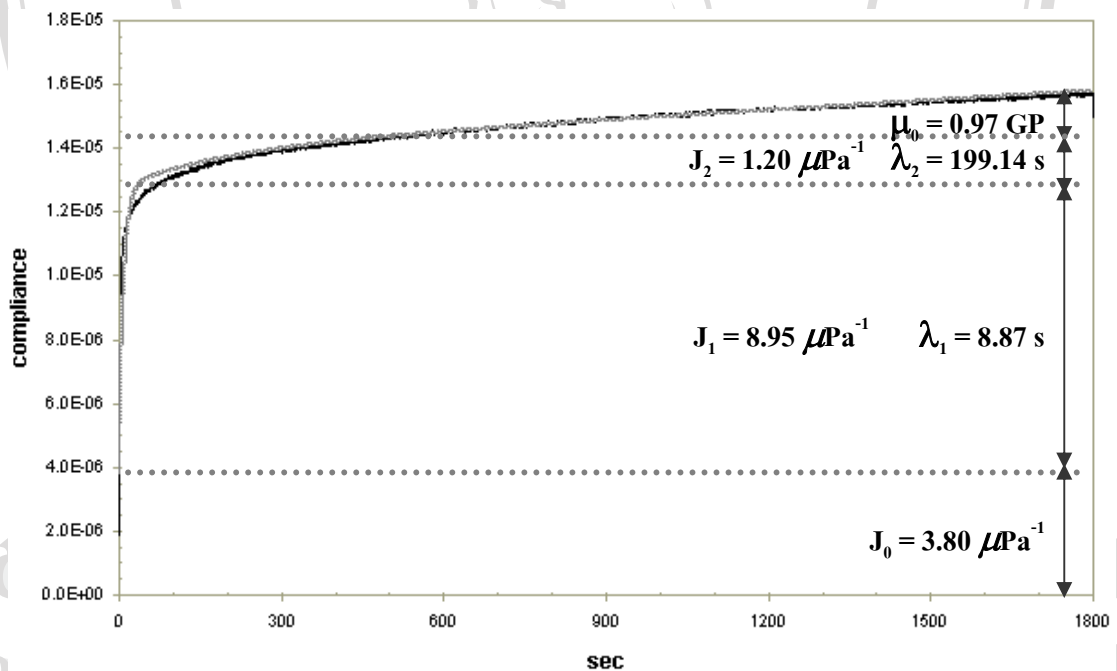
$$J_0 = 3.80 \mu\text{Pa}^{-1}$$

$$J_1 = 8.95 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_1 = 8.87 \text{ s}$$

$$J_2 = 1.20 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_2 = 199.14 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 0.97 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ค-8 : การเปรียบเทียบเส้น โค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และ ผลการทดลองจริง เมื่อ --- คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

9. หน่วยทดลองที่ 9 : กล้วยไข่ไม่เต็มเพคติน

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 3.60 \times 10^{-6} + 7.10 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/14.01}] + 1.30 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/246.57}] + t/1.10 \times 10^9 \dots\dots\dots(9)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

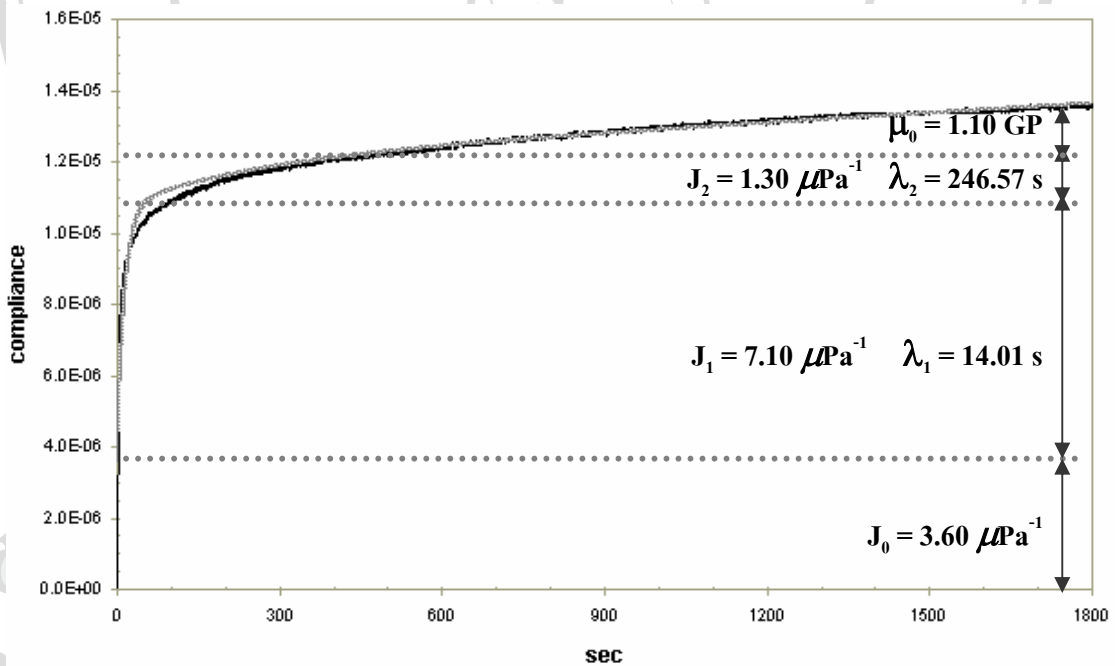
$$J_0 = 3.60 \mu Pa^{-1}$$

$$J_1 = 7.10 \mu Pa^{-1}, \lambda_1 = 14.01 \text{ s}$$

$$J_2 = 1.30 \mu Pa^{-1}, \lambda_2 = 246.57 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 1.10 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ค-9 : การเปรียบเทียบเส้นโค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และ ผลการทดลองจริง เมื่อ --- คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

10. หน่วยทดลองที่ 10 : กล้วยไข่ เต็มเพศดินร่อยละ 1 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 2.65 \times 10^{-6} + 7.55 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/13.17}] + 1.15 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/254.86}] + t/1.20 \times 10^9 \dots\dots\dots(10)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

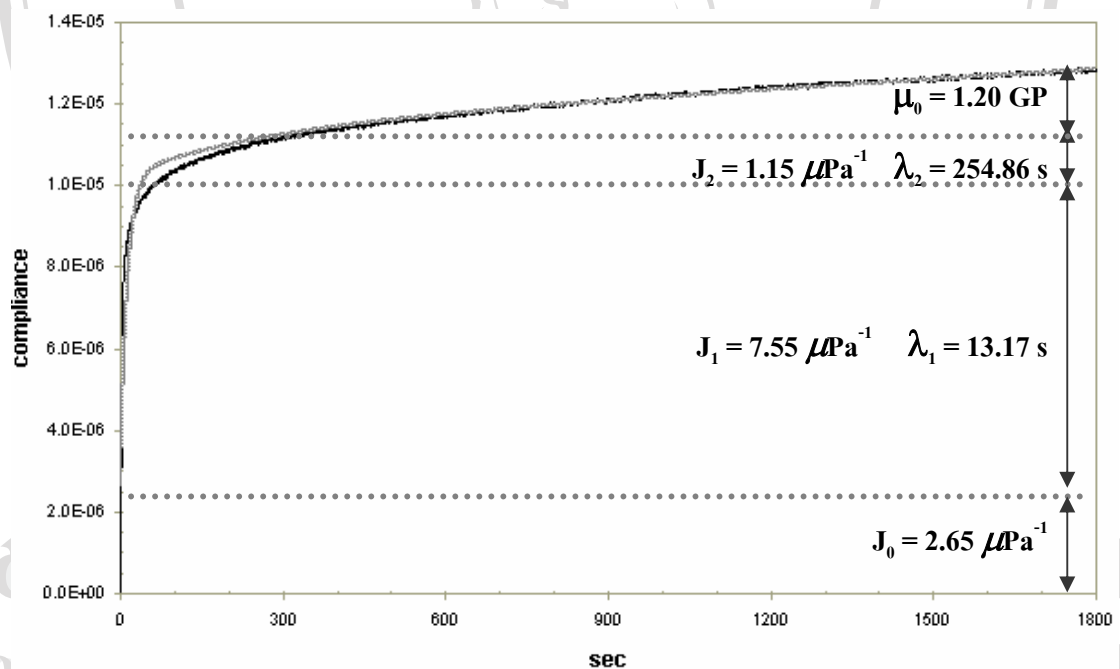
$$J_0 = 2.65 \mu\text{Pa}^{-1}$$

$$J_1 = 7.55 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_1 = 13.17 \text{ s}$$

$$J_2 = 1.15 \mu\text{Pa}^{-1}, \lambda_2 = 254.86 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 1.20 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ก-10 : การเปรียบเทียบเส้นโค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และผลการทดลองจริง เมื่อ --- คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

11. หน่วยทดลองที่ 11 : กล้วยไข่ เต็มเพศตีนร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 3.25 \times 10^{-6} + 9.40 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/9.87}] + 1.75 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/298.73}] + t / 1.04 \times 10^9 \dots\dots\dots(11)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

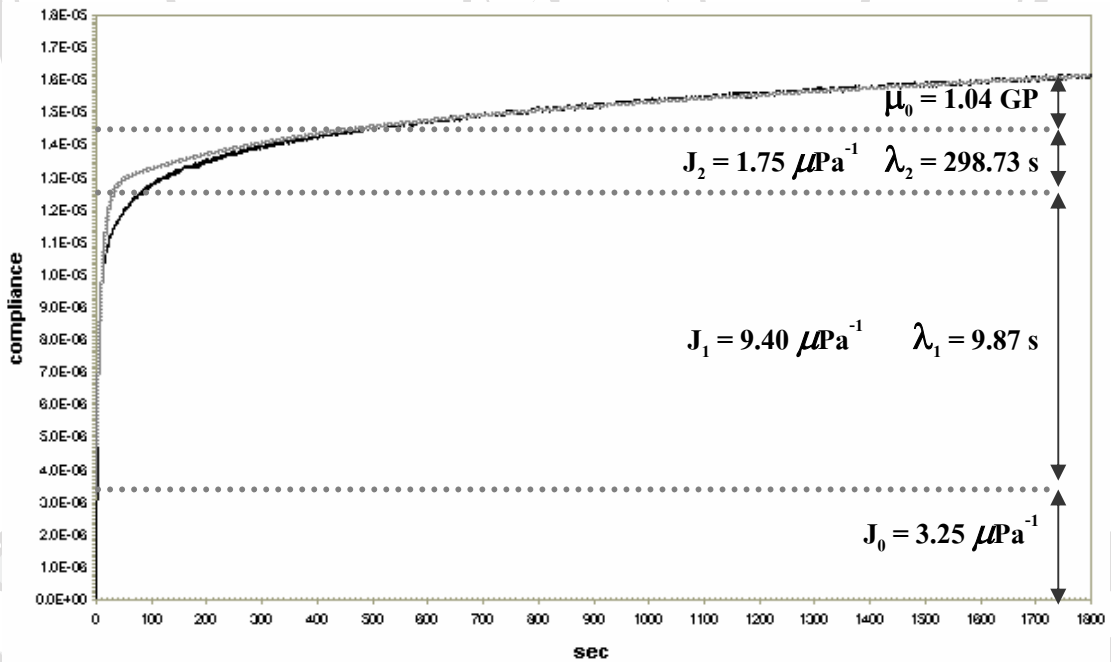
$$J_0 = 3.25 \mu Pa^{-1}$$

$$J_1 = 9.40 \mu Pa^{-1}, \lambda_1 = 9.87 \text{ s}$$

$$J_2 = 1.75 \mu Pa^{-1}, \lambda_2 = 298.73 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 1.04 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ก-11 : การเปรียบเทียบเส้นโค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และผลการทดลองจริง เมื่อ --- คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง

12. หน่วยทดลองที่ 12 : กล้วยไข่ เต็มเพศดินร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ ได้สมการอธิบาย creep curve เป็นดังนี้

$$J = 3.20 \times 10^{-6} + 8.75 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/10.16}] + 1.05 \times 10^{-6} [1 - e^{-t/273.90}] + t/1.32 \times 10^8 \dots\dots\dots(12)$$

นั่นคือ มีค่าคงที่ต่างๆ ของสมการเป็นดังนี้

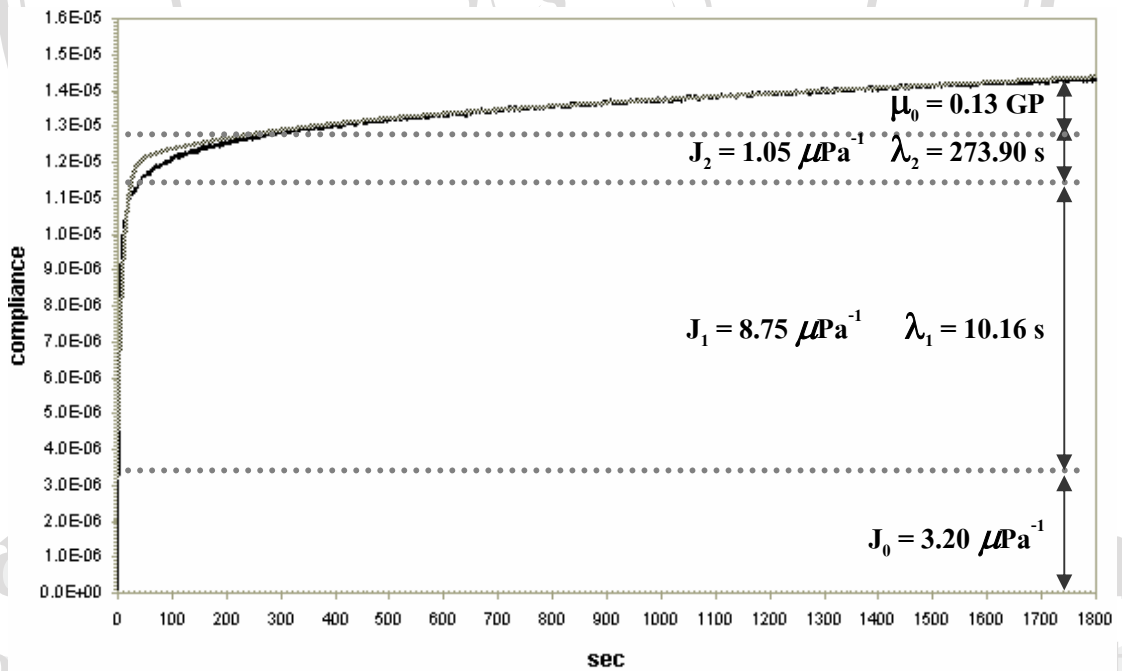
$$J_0 = 3.20 \mu Pa^{-1}$$

$$J_1 = 8.75 \mu Pa^{-1}, \lambda_1 = 10.16 \text{ s}$$

$$J_2 = 1.05 \mu Pa^{-1}, \lambda_2 = 273.90 \text{ s}$$

และ $\mu_0 = 0.13 \text{ GP}$

เส้นโค้งของ creep จากสมการดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เป็นดังนี้



รูป ก-12 : การเปรียบเทียบเส้นโค้งของ creep ตามสมการของแบบจำลอง 6 องค์ประกอบ และผลการทดลองจริง เมื่อ --- คือ เส้นโค้งตามสมการของแบบจำลอง และ — คือ ผลการทดลอง



ภาคผนวก ง

วิธีการหาแรงกดที่เหมาะสมต่อการทดสอบ
โครงสร้างวิสโคอีลาสติกของกล้วยกวน

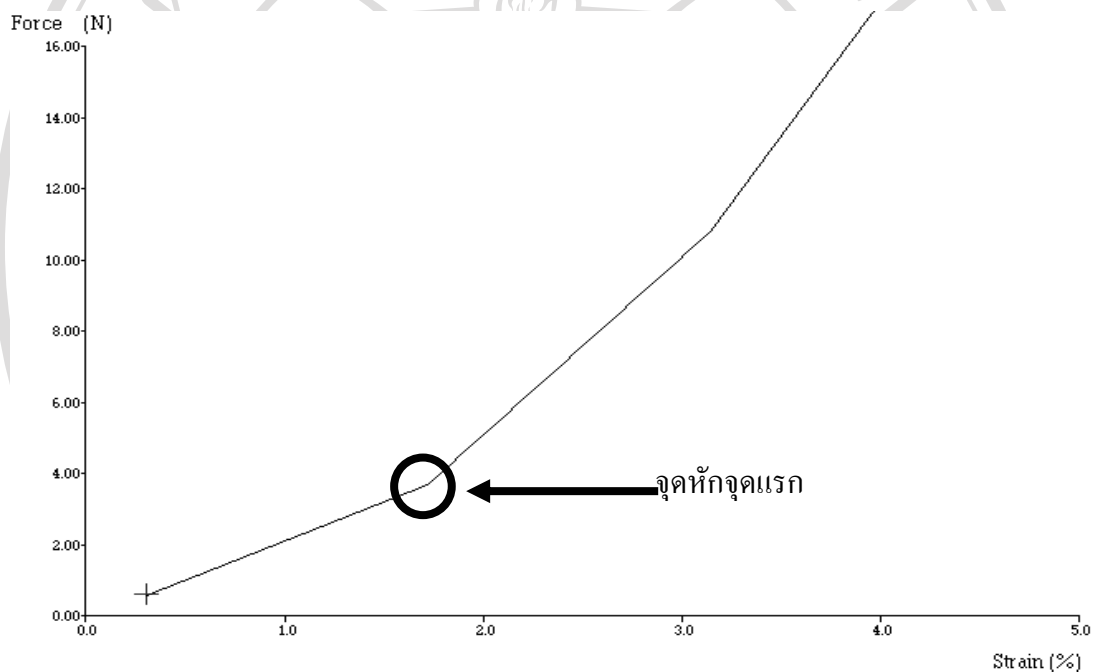
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

วิธีการหาแรงกดที่เหมาะสมต่อการทดสอบโครงสร้างวิสโคอีลาสติกของกล้วยกวน

ในการทดสอบโครงสร้างวิสโคอีลาสติกของกล้วยกวนนั้น มุ่งเน้นให้โครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ไม่เกิดความเสียหาย หรือไม่เกิดการเสียหายของโครงสร้างโพลิเมอร์ภายในผลิตภัณฑ์จึงต้องทำการทดสอบเพื่อให้ทราบถึงแรงกดที่มากที่สุดที่ทำให้เกิดการเสียหายของโครงสร้างดังกล่าว ซึ่งในที่นี้ทดสอบโดยวิธี rupture test และผลการทดสอบเป็นดังนี้



รูป ง-1: ผลการทดสอบ rupture test ของกล้วยกวน

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าเส้นโค้งที่ได้มีจุดหักของเส้น โค้งอยู่หลายจุดด้วยกัน แต่จุดที่จะต้องนำมาพิจารณา คือ จุดหักจุดแรก (ในวงกลม) เนื่องจากจุดนี้แสดงถึงการแตกหัก หรือถูกทำลายขององค์ประกอบภายในโครงสร้างของกล้วยกวน ซึ่งมีค่าประมาณ 3 N นั่นคือ หากใช้แรงกดที่มีค่าน้อยกว่า 3 N โครงสร้างภายในของกล้วยกวนนี้จะไม่ถูกทำลาย และในการทดลองนี้ได้เลือกแรงกดน้อยที่สุด คือ 1 N



ภาคผนวก จ

รายงานข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา

เดือน ธันวาคม 2545 – กุมภาพันธ์ 2546

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

รายงานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประจำเดือน ธันวาคม 2545 (2002)

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ

สูงจากระดับน้ำทะเล 312.0 เมตร

วันที่	ความกดอากาศ			อุณหภูมิ (°C)			ความชื้น (%)			ฝน (มม)	น้ำระเหย (มม)	แสงแดด (ชม.)	ลมเฉลี่ย		หมายเหตุ
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				ทิศทาง	กำลัง	
1	1013.1	1007.9	1010.9	30.7	21.6	25.4	96	59	83	0.0	2.70	8.8	190	3.0	จำนวนวันที่มีฝนตก วันกำลังลมหน่วยเป็น กม./ชม.
2	1014.1	1009.6	1011.8	30.3	20.7	24.7	97	63	84	0.0	3.10	6.9	360	1.0	
3	1014.9	1009.3	1012.5	30.7	20.8	25.1	97	60	81	0.0	2.22	8.6	020	3.0	
4	1015.0	1008.9	1012.2	31.5	21.4	25.3	96	63	82	0.0	4.48	8.6	270	3.0	
5	1014.0	1009.6	1012.0	31.6	21.4	25.5	94	61	81	0.0	4.65	7.6	280	2.0	
6	1014.4	1009.3	1012.0	30.5	21.4	25.3	95	65	84	0.0	2.17	7.2	360	1.0	
7	1014.3	1009.3	1011.9	31.5	21.3	25.4	97	61	82	0.0	2.98	8.1	020	2.0	
8	1014.9	1009.2	1012.4	31.6	20.8	25.3	96	57	82	0.0	2.82	8.7	340	2.0	
9	1016.5	1011.2	1014.3	29.1	20.8	23.7	97	70	88	61.9	-	6.8	210	8.0	
10	1016.9	1012.3	1014.8	25.5	20.6	22.8	98	81	91	T	1.43	0.0	240	6.0	
11	1018.0	1013.8	1016.0	27.3	21.8	23.8	98	68	86	0.1	0.87	5.2	200	6.0	
12	1020.0	1015.1	1017.7	28.8	20.2	24.1	99	62	84	0.0	4.30	7.6	130	2.0	
13	1019.9	1015.5	1018.1	28.6	21.4	24.4	94	61	81	0.0	3.32	7.2	10	3.0	
14	1019.6	1013.8	1017.1	28.5	19.9	23.4	98	64	83	0.0	2.33	8.4	180	3.0	
15	1018.7	1012.9	1016.1	28.0	18.5	22.8	98	61	83	0.0	3.98	8.7	180	3.0	
16	1018.1	1011.7	1014.9	28.3	18.3	22.6	98	62	86	0.0	3.22	6.7	220	2.0	
17	1016.1	1010.4	1013.2	29.1	19.0	22.9	98	56	85	0.0	2.15	7.1	210	4.0	
18	1014.8	1008.1	1011.7	29.2	18.1	22.3	99	52	82	0.0	3.37	7.4	280	4.0	
19	1013.8	1007.5	1010.9	28.7	15.4	20.8	97	35	77	0.0	2.81	8.7	0	0.0	
20	1013.1	1006.5	1010.1	27.6	14.1	19.6	98	54	79	0.0	3.36	8.5	250	2.0	
21	1014.1	1008.2	1011.2	28.8	13.7	19.5	98	32	74	0.0	2.89	8.8	360	1.0	
22	1015.3	1009.7	1012.7	28.1	13.1	19.2	95	37	74	0.0	3.79	8.7	360	2.0	
23	1017.2	1010.4	1013.7	27.5	12.7	19.0	95	51	78	0.0	2.14	7.6	0	0.0	
24	1016.2	1011.5	1013.6	26.8	17.7	20.8	96	62	82	0.0	2.28	1.1	010	1.0	
25	1014.8	1007.9	1011.9	28.8	17.5	21.9	98	64	85	53.6	-	5.5	200	5.0	
26	1013.1	1007.9	1010.5	27.7	18.5	22.1	99	57	86	0.7	2.19	5.7	010	6.0	
27	1014.5	1008.0	1011.3	26.6	15.9	20.9	95	60	83	0.0	3.32	8.2	200	4.0	
28	1014.2	1008.6	1011.7	26.2	19.1	22.1	96	66	82	0.0	2.48	6.7	170	7.0	
29	1015.9	1011.0	1013.4	24.9	18.8	21.6	96	74	86	0.0	1.45	1.8	230	3.0	
30	1016.1	1009.9	1013.3	28.1	18.5	22.2	98	61	87	0.0	1.90	5.9	130	2.0	
31	1015.1	1009.5	1012.7	27.8	18.6	22.8	95	66	85	0.0	2.23	6.9	180	3.0	
รวม	31486.6	31314.4	31406.8	888.4	581.6	707.2	3001.0	1845.0	2565.3	116.3	80.9	213.7		94.0	
เฉลี่ย	1015.7	1010.1	1013.1	28.7	18.8	22.8	96.8	59.5	82.8	3.75	2.8	6.9		3.0	

ฝ่ายแผนที่และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา
ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ

รายงานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประจำเดือน มกราคม พ.ศ.2546 (ก.ศ.2003)

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ

สูงจากระดับน้ำทะเล 312.0 เมตร

วันที่	ความกดอากาศ			อุณหภูมิ (ข)			ความชื้น (%)			ฝน (มม)	น้ำระเหย (มม)	แสงแดด (ชม.)	ลมเฉลี่ย		หมายเหตุ
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				ทิศทาง	กำลัง	
1	1014.6	1011.7	1013.21	24.3	20.1	22.1	99	84	93	5.4	0.80	0.8	360	2	กำลังลมเป็น ลม./ชม.
2	1016.2	1013.5	1014.65	24.7	21.5	22.9	99	84	93	0.8	0.71	0.2	250	4	
3	1018.0	1012.5	1015.51	30.3	20.2	24.1	96	61	82	T	3.81	7.2	020	5	
4	1017.4	1011.6	1014.71	27.8	20.8	23.7	99	65	85	0.0	2.64	6.3	240	5	
5	1016.1	1013.4	1014.57	22.3	20.5	21.3	99	86	93	11.4	1.56	0.0	200	6	
6	1016.7	1011.8	1014.58	28.8	19.0	22.8	98	60	85	0.0	1.71	7.1	050	3	
7	1017.8	1012.1	1015.40	27.6	18.4	22.4	97	59	82	0.0	3.20	7.4	230	5	จำนวนวันที่มี ฝนตก 4 วัน
8	1017.3	1011.8	1014.54	27.7	19.1	22.7	95	57	82	0.0	3.27	7.2	190	2	
9	1017.6	1011.8	1014.70	29.1	17.0	22.0	97	52	81	0.0	1.95	8.7	010	1	
10	1017.3	1011.6	1014.86	28.1	17.4	22.0	97	50	79	0.0	3.13	8.5	270	1	
11	1017.8	1012.6	1015.40	27.2	17.0	21.8	96	50	78	0.0	4.42	8.6	230	5	
12	1018.8	1013.5	1016.10	27.1	16.4	21.2	96	51	78	0.0	2.78	8.6	220	4	
13	1017.5	1012.6	1015.53	27.4	15.6	20.6	96	51	80	0.0	3.70	8.7	270	3	
14	1018.5	1012.2	1015.34	27.4	15.5	20.7	97	54	81	0.0	1.56	8.7	270	2	
15	1018.6	1013.6	1016.04	27.9	16.3	21.2	95	51	79	0.0	3.37	8.6	280	2	
16	1019.0	1014.3	1016.61	27.0	16.2	20.9	98	54	80	0.0	2.98	7.2	สงบ	0	
17	1020.1	1014.4	1017.28	26.8	14.4	19.9	98	56	83	0.0	2.60	7.4	280	2	
18	1020.7	1014.5	1017.80	27.6	14.8	20.2	97	54	82	0.0	3.17	8.8	สงบ	0	
19	1019.4	1012.7	1016.34	28.4	15.0	21.1	98	50	81	0.0	2.17	8.7	280	1	
20	1016.8	1010.5	1014.06	28.7	15.0	20.3	98	45	79	0.0	2.91	8.7	สงบ	0	
21	1015.1	1008.7	1012.34	27.4	14.8	20.0	97	45	78	0.0	2.50	8.6	200	1	
22	1014.0	1007.8	1011.19	27.2	13.3	19.4	97	42	75	0.0	3.89	8.7	190	1	
23	1013.4	1007.0	1010.35	26.5	13.8	19.2	97	42	74	0.0	3.94	8.7	150	1	
24	1012.1	1006.8	1009.32	27.5	13.0	19.0	95	44	76	0.0	1.96	8.6	160	1	
25	1014.0	1007.8	1011.05	28.4	13.5	19.2	97	35	76	0.0	4.05	8.7	130	1	
26	1014.7	1008.7	1011.83	28.4	12.5	19.1	98	35	73	0.0	3.22	8.9	160	1	
27	1017.2	1009.8	1013.30	29.3	13.0	19.9	97	39	74	0.0	3.21	9.0	220	1	
28	1017.9	1011.6	1014.43	29.0	14.4	20.9	96	49	78	0.0	3.62	8.9	180	1	
29	1017.2	1011.1	1014.03	28.7	17.4	22.0	97	48	78	0.0	1.78	8.5	180	2	
30	1017.1	1011.0	1014.24	28.8	17.3	21.9	97	46	78	0.0	2.37	8.1	220	2	
31	1017.6	1011.2	1014.53	29.7	16.0	21.8	99	42	76	0.0	4.92	8.7	280	3	
รวม	31526.5	31354.2	31443.84	857.1	509.2	656.3	3012	1641	2491	17.6	87.90	232.8	-	-	
เฉลี่ย	1017.0	1011.4	1014.3	27.6	16.4	21.2	97.2	52.9	80.4	0.6	2.8	7.5		2.2	

รายงานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประจำเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2546 (ค.ศ.2003)

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ

สูงจากระดับน้ำทะเล 312.0 เมตร

วันที่	ความกดอากาศ			อุณหภูมิ (°C)			ความชื้น (%)			ฝน (มม)	น้ำระเหย (มม)	แสงแดด (ชม.)	ลมเฉลี่ย		หมายเหตุ	
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				ทิศทาง	กำลัง		
1	1017.9	1012.1	1015.38	31.3	15.0	21.9	95	40	73	0.0	2.94	9.0	000	0	กำลังลมเป็น กม./ชม.	
2	1018.2	1011.1	1015.26	32.1	15.4	22.5	96	45	75	0.0	4.10	9.0	190	1		
3	1016.7	1010.0	1013.77	32.0	16.7	23.2	98	42	76	0.0	3.96	8.9	210	1		
4	1017.4	1012.3	1014.80	29.9	17.6	23.3	96	52	76	0.0	3.31	8.8	180	3		
5	1018.4	1013.2	1015.77	28.2	20.0	23.3	92	52	75	0.0	4.14	7.1	170	6		
6	1018.7	1013.5	1015.88	23.8	16.7	21.3	86	62	75	0.0	2.24	0.2	210	6		
7	1015.8	1009.0	1013.09	28.3	15.0	20.1	97	50	78	0.0	3.33	8.7	200	5	จำนวนวันที่มี ฝนตก 0 วัน	
8	1014.4	1008.4	1011.46	29.1	15.4	21.3	97	41	74	0.0	2.62	9.1	190	3		
9	1015.2	1007.9	1011.57	30.6	15.4	22.0	96	37	70	0.0	4.91	9.1	350	2		
10	1015.4	1008.8	1012.17	30.0	15.0	21.6	93	42	73	0.0	3.27	9.0	280	1		
11	1014.4	1008.1	1011.58	33.6	17.1	24.1	95	43	72	0.0	3.42	9.0	360	1		
12	1013.8	1006.6	1010.43	32.4	18.8	25.4	94	50	72	0.0	4.76	9.1	180	4		
13	1013.3	1006.5	1010.04	33.0	19.3	25.4	95	46	71	0.0	1.67	9.8	190	6		
14	1014.6	1007.4	1011.17	32.4	18.5	24.8	92	45	72	0.0	5.56	9.5	160	3		
15	1014.9	1008.0	1011.68	33.4	18.2	24.6	96	46	72	0.0	3.74	10.1	350	3		
16	1014.9	1007.7	1011.77	32.4	15.7	23.2	94	31	64	0.0	3.90	10.4	040	2		
17	1015.1	1008.3	1012.04	31.9	14.8	22.2	89	27	62	0.0	4.80	10.4	220	1		
18	1015.1	1009.1	1012.24	31.6	15.0	22.6	90	35	64	0.0	3.70	10.2	330	1		
19	1015.2	1008.8	1011.80	32.9	15.6	23.0	91	26	64	0.0	5.03	10.1	0	0		
20	1013.8	1007.4	1010.97	32.8	15.9	23.3	91	32	65	0.0	3.93	10.3	200	1		
21	1014.5	1008.3	1011.50	33.6	16.7	24.0	89	26	63	0.0	4.43	10.3	230	1		
22	1013.9	1007.5	1011.18	33.9	16.4	24.2	92	33	64	0.0	4.89	10.1	220	1		
23	1014.0	1007.4	1010.84	33.5	14.7	23.5	90	25	57	0.0	4.49	10.3	180	2		
24	1013.4	1006.4	1010.21	33.8	14.7	23.7	88	31	58	0.0	5.46	10.3	190	4		
25	1012.4	1005.6	1009.50	33.6	15.4	23.8	90	33	61	0.0	5.05	10.1	210	2		
26	1013.2	1005.8	1009.43	34.3	15.8	24.2	88	28	60	0.0	4.54	10.3	150	3		
27	1014.4	1006.8	1010.66	34.0	14.2	23.5	84	30	56	0.0	4.29	10.5	020	1		
28	1014.2	1007.0	1010.67	33.9	14.3	23.4	82	25	55	0.0	6.64	10.3	060	3		
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
รวม	28423.3	28238.8	28336.9	892.3	453.3	649.5	2576	1075	1896	0.0	115.12	260.0	-	-		
เฉลี่ย	1015.1	1008.5	1012.0	31.9	16.2	23.2	92.0	38.4	67.7	0.00	4.1	9.3		2.4		

ฝ่ายสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา
ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ
โทร. 0-5320-3802

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	น.ศ. กนกกรัตน์ ศรีบุญเรือง
วัน เดือน ปี เกิด	21 ตุลาคม พ.ศ. 2521
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนคาราวีทยาลัย ปีการศึกษา 2538 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2542

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved