

5 . ผลการทดลอง

บทนำ

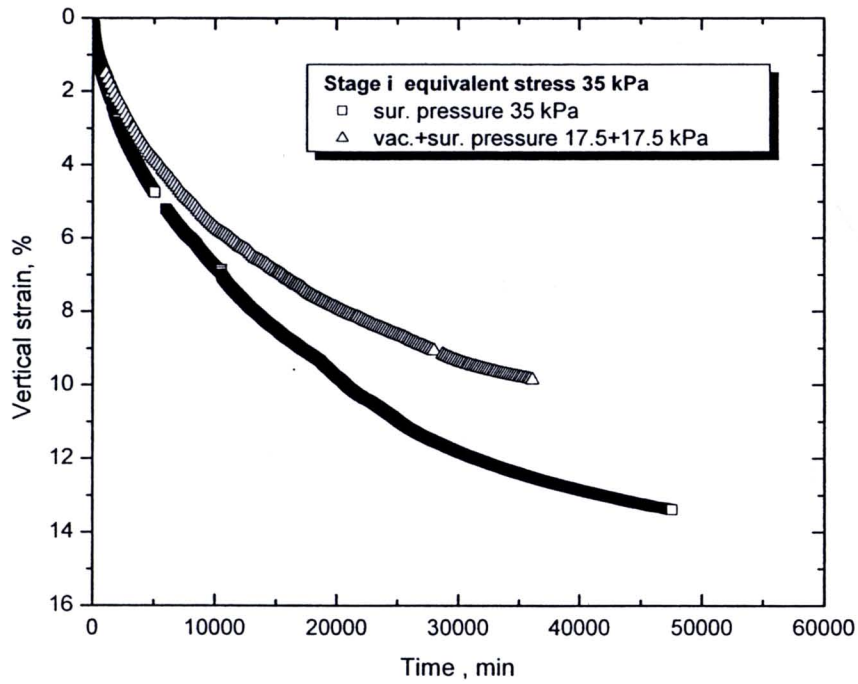
ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดสอบการการอัดตัวคายน้ำโดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่งโดยให้ความเค้นสอง เงื่อนไขที่มีความเทียบเท่ากันคือ การให้ความเค้นแบบน้ำหนักรวม (Surcharge pressure) และ การให้ความเค้นแบบสุญญากาศ (Vacuum pressure) โดยคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการทรุดตัว และการเกิดความดันน้ำส่วนเกิน (Excess pore water pressure) นอกจากนี้ยังศึกษาพฤติกรรมหลังการให้ความเค้น ในด้านความต้านทานในการรับแรงเฉือนและอัตราการทรุดตัว

5.1 ผลทดสอบการเสียรูปในแนวดิ่ง

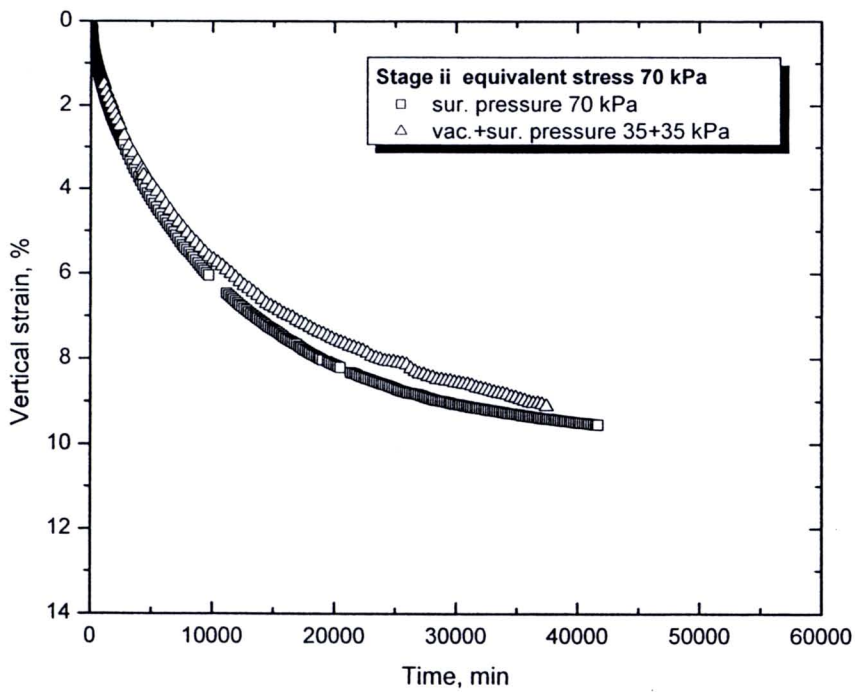
จากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำโดยการให้ความเค้นแบบน้ำหนักรวม (Surcharge pressure) และ การให้ความเค้นแบบสุญญากาศ (Vacuum pressure) ในการให้ความเค้นขั้นที่1 (Stage i) มีความเค้นของการทดสอบทั้งสองเงื่อนไขเทียบเท่า 35 kPa ทั้งสองกรณีดังกล่าวข้างต้นมีค่าปริมาณความเครียดในแนวดิ่ง (Vertical strain) ต่างกันชัดเจน โดยที่ความเครียดในแนวดิ่งจากการให้ความเค้นแบบน้ำหนักรวมมีปริมาณมากกว่าการให้ความเค้นแบบสุญญากาศ ดังรูปที่ 5.1 ในส่วนการให้ความเค้นในขั้นที่2 (Stage ii) มีการให้ความเค้นของการทดสอบทั้งสองเงื่อนไขเทียบเท่า 70 kPa โดยให้เพิ่มจากความเค้นขั้นที่ 1 เท่ากับ 35 kPa ได้ผลของปริมาณการเกิดความเครียดในแนวดิ่งได้ใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 5.2

5.2 ผลทดสอบการเกิดความดันน้ำส่วนเกิน

จากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำโดยการให้ความเค้นแบบน้ำหนักรวม (Surcharge pressure) และ การให้ความเค้นแบบสุญญากาศ (Vacuum pressure) ซึ่งเปรียบเทียบที่ปริมาณความเค้นที่เทียบเท่ากัน (Equivalent stress) พบว่าความดันน้ำส่วนเกิน (Excess pore water pressure) ที่เกิดจากการให้ความเค้นแบบน้ำหนักรวมเป็นความดันส่วนเกินที่เกิดจากกกดทับซึ่งเป็นความเค้นอัดทำให้ความดันน้ำส่วนเกินในมวลดินทั้งหมดมีค่าเป็นบวกในระยะเริ่มต้นและเมื่อเกิดระยะเวลาผ่านไปจะเกิดกระบวนการการอัดตัวคายน้ำเกิดขึ้น โดยความดันน้ำส่วนเกินจะค่อยๆกระจายหายไป (Dissipate)



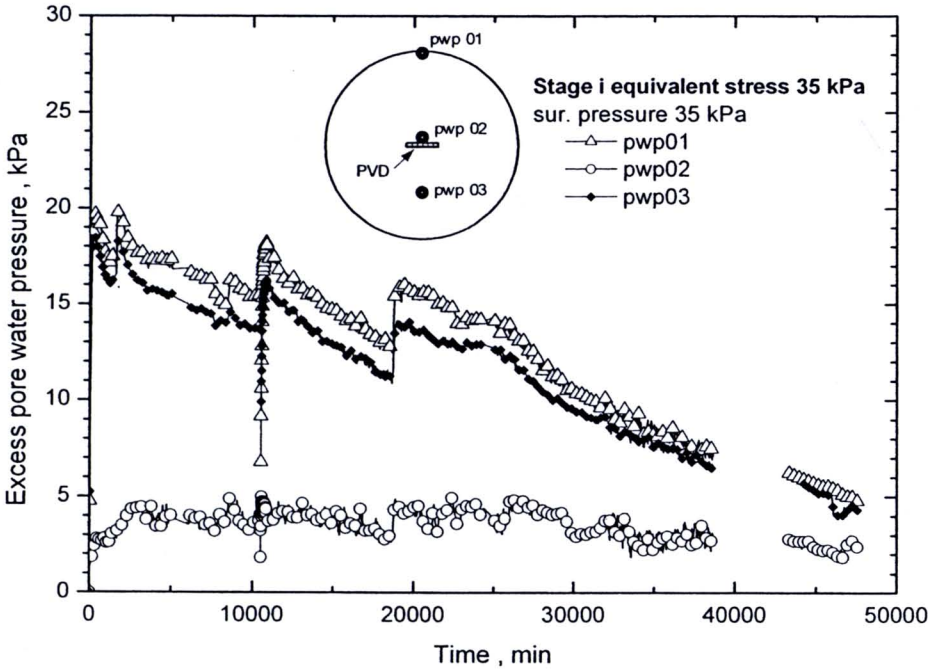
รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบความเครียดแนวดิ่ง (Vertical strain) ที่ความเค้นเทียบเท่า 35 kPa



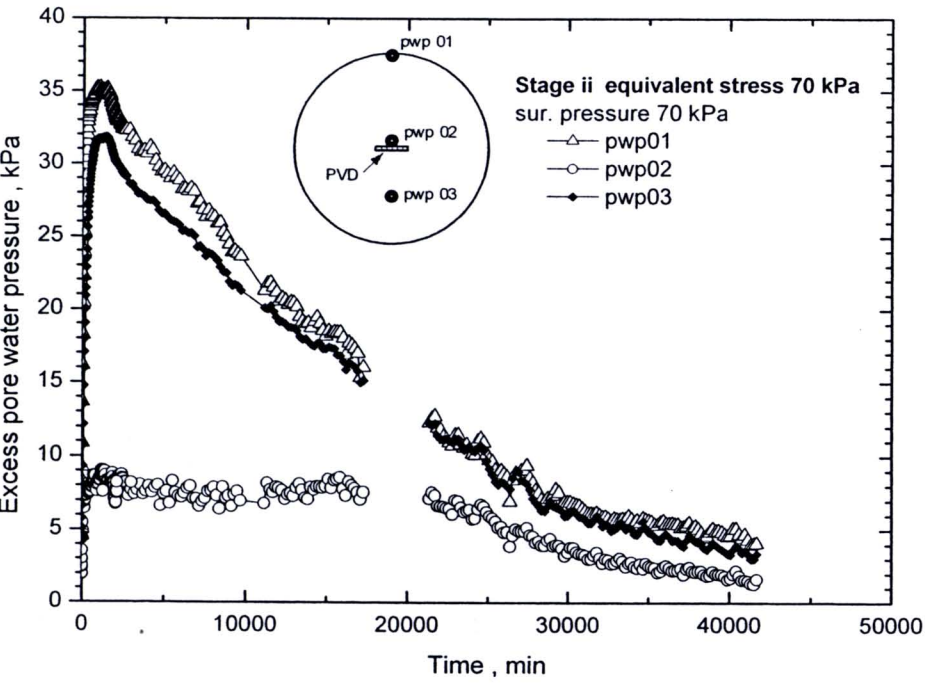
รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบความเครียดแนวดิ่ง (Vertical strain) ที่ความเค้นเทียบเท่า 70 kPa

จนถึงสภาวะสมดุลกับความเค้นภายนอกที่กระทำต่อมวลดินคือเข้าใกล้ค่าที่เป็นศูนย์ ดังรูปที่ 5.3 แสดงให้เห็น การเกิดความดันน้ำส่วนเกินโดยการให้ความเค้นแบบน้ำหนักรรทุกเพียงอย่างเดียวที่ชั้นที่ 1 ที่ความเค้น เทียบเท่า 35 kPa โดยการวัดความดันน้ำส่วนเกินวัดที่ผิวด้านล่างของตัวอย่างโดยแบ่งเป็น 3 จุดคือ จุดที่1 จุด PWP 01 ขอบนอกสุดของระยะทางการไหล (150 mm จากศูนย์กลาง), จุดที่2 จุดPWP 03 จุดกึ่งกลางของระยะ การไหลในแนวราบ (75 mm จากศูนย์กลาง), จุดที่3 จุดPWP 02ใกล้กับแผ่นระบายน้ำ (22 mm จาก ศูนย์กลาง) และเมื่อปล่อยให้กระบวนการอัดตัวคายน้ำจากการให้ความเค้นแบบน้ำหนักรรทุกชั้นที่ 1 สิ้นสุด เมื่อได้ปริมาณดักการอัดตัวคายน้ำที่ 95% (โดยวิธีของ อะชาโอเกะ) หลังจากนั้นจึงให้ความเค้นแบบน้ำหนักร รรทุกในชั้นที่ 2 โดยที่ความเค้นเทียบเท่ากับ 70 kPa พบว่าการเกิดความดันน้ำส่วนเกินมีลักษณะเช่นเดียวกับ ในชั้นที่ 1 โดยนับส่วนเพิ่มจากความดันน้ำส่วนเกินในชั้นที่ 1 ที่ยังคงค้างอยู่ (Residual excess pore water pressure) ในมวลดิน ดังรูปที่ 5.4 จนกระทั่งเมื่อดักการอัดตัวคายน้ำสิ้นสุดลงที่ 100 % (โดยวิธีของ อะชาโอ เกะ)

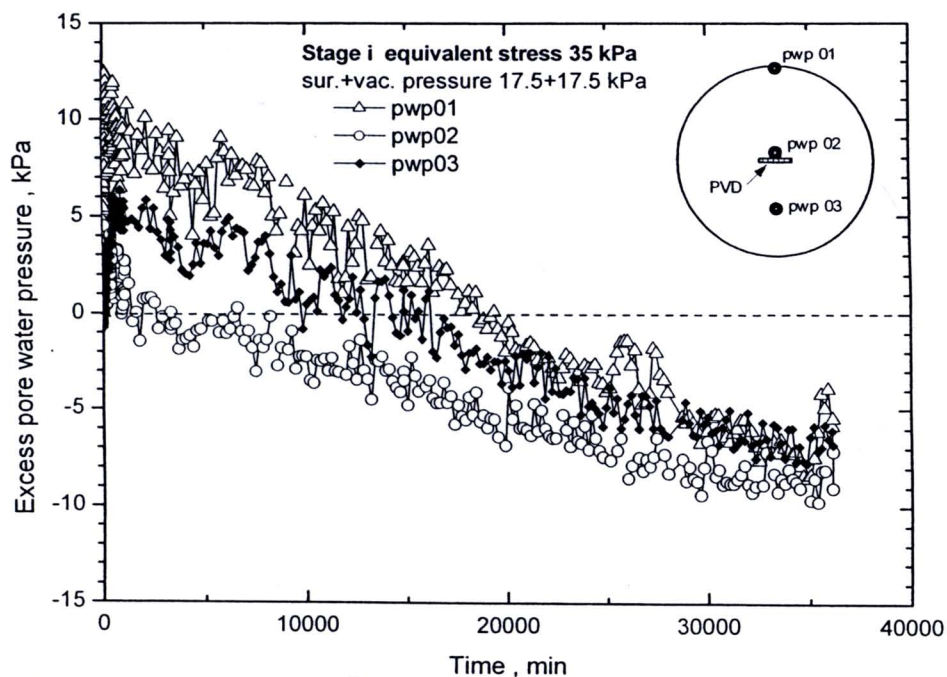
จากรูปที่ 5.5 และ 5.6 แสดงการเกิดความดันน้ำส่วนเกินของการให้ความเค้นแบบรรทุกรวมกับการให้ความ เค้นแบบสุญญากาศพร้อมกันทั้ง ในชั้นที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังจะเห็นได้ว่าการให้ความเค้นทั้งสองรูปแบบ พร้อมๆกัน แต่ในช่วงแรกความดันน้ำส่วนเกินที่เกิดขึ้นได้รับอิทธิพลจากการให้ความเค้นแบบน้ำหนักรรทุก โดยเกิดความเค้นอัดจึงทำให้ความดันน้ำส่วนเกินในมวลดินมีค่าเป็นบวก เมื่อระยะเวลาผ่านไปเกิดการระบว นการการอัดตัวคายน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในช่องว่างในมวลดินค่อยๆเริ่มลดลง ทำ ให้กระบวนการการอัดตัวคายน้ำเห็นอิทธิพลจากการให้ความเค้นแบบสุญญากาศเด่นชัดมากขึ้น โดยจะเห็น จากการมีความดันน้ำส่วนเกินในมวลดินมีค่าเป็นลบ ดังรูปที่ 5.5 ซึ่งเป็นการให้ความเค้นในชั้นที่ 1 โดยที่ ใ้ ให้ความเค้นแบบน้ำหนักรรทุกเท่ากับ 17.5 kPa ร่วมกับ ความเค้นแบบสุญญากาศเท่ากับ 17.5 kPa รวมมีความ เค้นเทียบเท่า 35 kPa โดยความดันของน้ำที่เป็นมีค่าลบจะหยุดกระจายตัวที่เส้นขอบเขตสุญญากาศ (Suction line) (Mohamedelhassan และ Shang, 2002 ; Chu และ Yan, 2005) แต่จากรูปที่ 5.6 แสดงการเกิดปริมาณ น้ำส่วนเกินให้ความเค้นชั้นที่ 2 โดยการให้ความเค้นทำนองเดียวกันกับการให้ความเค้นทั้งสองแบบพร้อมๆกัน ของการให้ความเค้นชั้นที่ 1 คือเพิ่มอีก 35 kPa ทั้งความเค้นแบบน้ำหนักรรทุก และ สุญญากาศ จนมีความ เค้นเทียบเท่า 70 kPa พบว่าพฤติกรรมการเกิดความดันน้ำส่วนเกินเกิดลักษณะเดียวกันกับการให้ความ เค้นในชั้นที่ 1 แตกต่างที่ในชั้นที่ 2 ที่ช่วงเวลาเริ่มต้นความดันน้ำส่วนเกินจะเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากอิทธิพลของ ความเค้นอัด แต่เป็นส่วนเพิ่มที่เกิดในขณะที่ยังมีอิทธิพลของความเค้นสุญญากาศที่สิ้นสุดจากการให้ความเค้น ชั้นที่ 1 และเมื่ออิทธิพลของความเค้นอัดค่อยๆน้อยลงอิทธิพลของความเค้นของสุญญากาศจะมีอิทธิพล มากกว่า คือจะมีค่าที่น้อยลงไปมากกว่าค่าที่จุดเริ่มต้นที่การให้ความเค้นชั้นที่ ดังรูปที่ 5.6



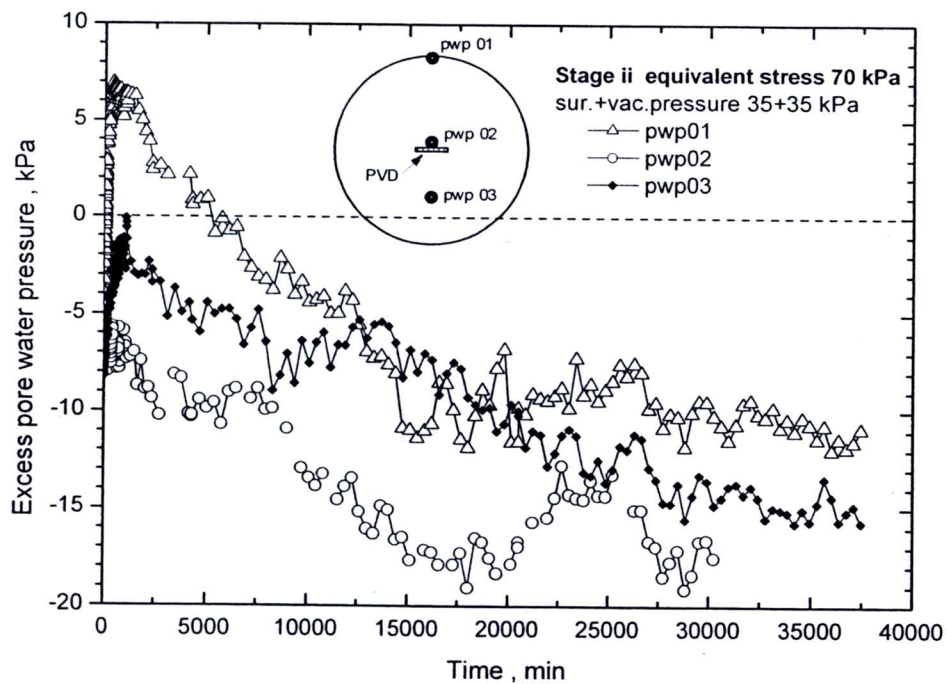
รูปที่ 5.3 แสดงการเกิดความดันน้ำส่วนเกิน (Stage i) ที่ความเค้นเทียบเท่า 35kPa ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ Surcharge pressure



รูปที่ 5.4 แสดงการเกิดความดันน้ำส่วนเกิน (Stage ii) ที่ความเค้นเทียบเท่า 70kPa ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ Surcharge pressure



รูปที่ 5.5 แสดงการเกิดความดันน้ำส่วนเกิน (Stage i) ที่ความเค้นเทียบเท่า 35kPa ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ Vacuum + surcharge pressure

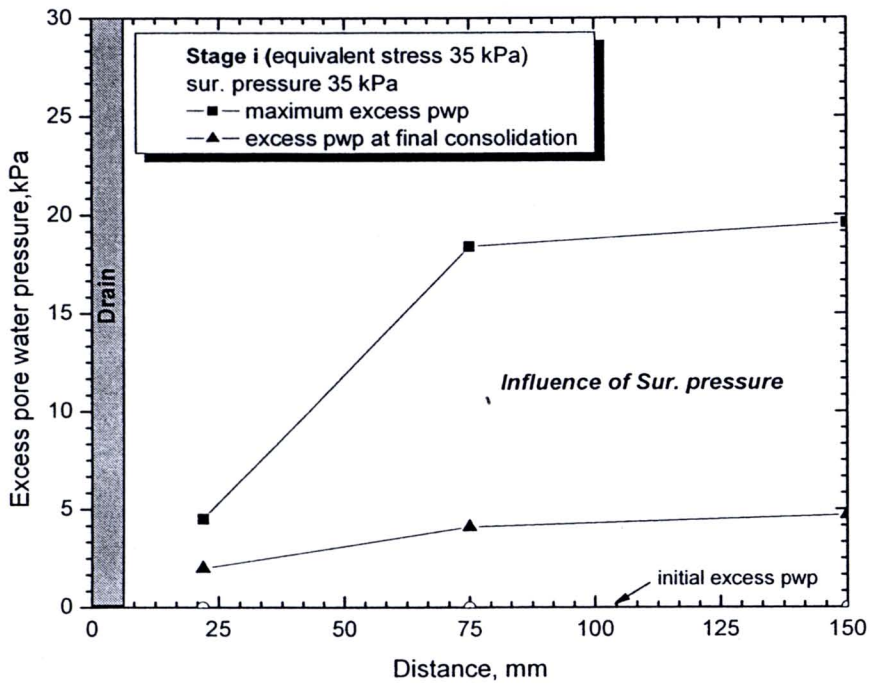


รูปที่ 5.6 แสดงการเกิดความดันน้ำส่วนเกิน (Stage ii) ที่ความเค้นเทียบเท่า 70kPa ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ Vacuum + Surcharge pressure

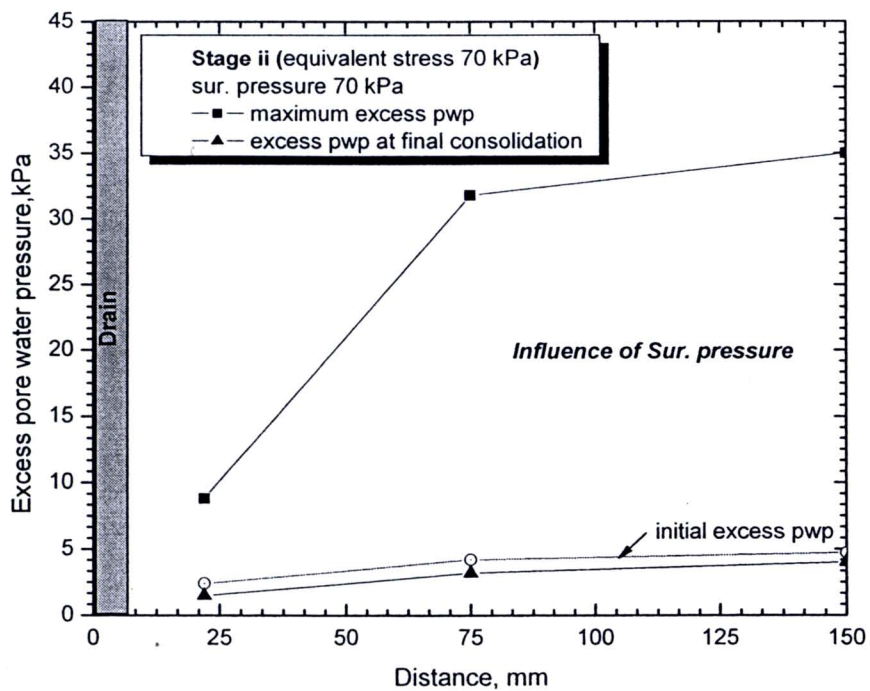
จากผลการวัดการเกิดความดันน้ำส่วนเกินจากการทดสอบโดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่ง (PVD Strip) โดยกำหนดให้ทิศทางการสลายตัวของความดันน้ำส่วนเกินถูกกำหนดให้ไหลเป็นแนวรัศมี (Radial drain) เข้าสู่แผ่นระบายน้ำทางดิ่งโดยมีทิศทางการไหลตั้งฉากกับทิศทางการเสยรูปในแนวตั้ง (Vertical settlement) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในส่วนที่อยู่ใกล้กับแผ่นระบายน้ำ (จุดPWP 02) มีการเกิดความดันน้ำส่วนเกินที่น้อยกว่าจุดที่ขอบการไหลที่ไกลออกไป (จุดPWP 01) จากการศึกษาการอัดตัวคายน้ำกับทิศทางการกระจายตัวของความดันน้ำส่วนเกิน (Baek และ Moriwaki, 2004) การสลายตัวของความดันน้ำส่วนเกินที่อยู่ใกล้แผ่นระบายน้ำทางดิ่งมีการสลายตัวได้เร็วเนื่องจากมีระยะทางการไหลที่สั้นกว่าจึงถือว่าเป็นส่วนที่มีการระบายได้ดี (Drained Side) จึงมีการสลายตัวลงอย่างรวดเร็วโดยทันทีเมื่อเทียบกับส่วนที่อยู่ไกลที่ขอบการไหล (จุดPWP 01) จะมีการระบายได้ไม่ดี (Undrained Side) โดยมวลดินที่อยู่ใกล้แผ่นระบายน้ำจะมีการเกิดความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) มากขึ้นเนื่องจากการสลายไปของความดันน้ำส่วนเกินที่บริเวณนั้น ทำให้ค่อยๆเกิดShear strain ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนตัวอย่างในแนวรัศมี (Radial displacement) ต่อเนื่องของตัวอย่างดินจากด้านที่มีการสลายตัวของความดันน้ำส่วนเกินที่เข้าเข้ามาสู่ด้านที่มีการสลายตัวที่เร็วกว่า ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของเงื่อนไขการเท่ากันของความเครียด (Equal strain condition) (Baek และ Moriwaki, 2004)

(Fang และ Yin, 2006) ได้ศึกษาการอัดตัวคายน้ำโดยใช้แผ่นระบายทางดิ่งนี้พบว่าจากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นสอดคล้องกับปรากฏการณ์ Mandel-Cryer effect ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากการสลายตัวของความดันน้ำส่วนเกินลงอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการอัดตัวเชิงปริมาตรโดยรอบเข้าหาจุดศูนย์กลางส่งผลให้เกิดความเค้นประสิทธิผล (Effective stress) ขึ้นอย่างรวดเร็วรอบแผ่นระบายน้ำทางดิ่ง ในส่วนที่มีระยะทางในการไหลไกลออกไปจะมีพฤติกรรมเป็นแบบการคืบ (Creep Mechanism) คือมีการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรลดลงภายใต้น้ำหนักกระทำคงที่ แต่น้ำในมวลดินไม่สามารถไหลออกมาได้ในเวลาอันสั้น ดังนั้นระยะทางของการไหลจึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณการเกิดความดันน้ำส่วนเกินที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6

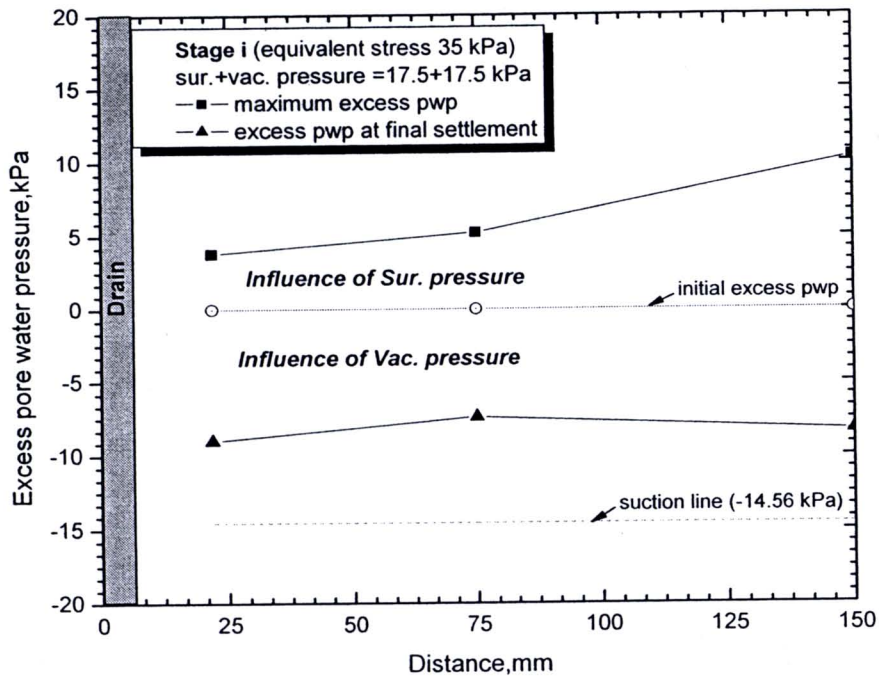
จากรูปที่ 5.7 ถึง 5.10 แสดงให้เห็นถึงการเกิดความดันน้ำส่วนเกินที่เกิดขึ้นโดยวัดที่ตำแหน่งต่างๆในระยะรัศมี โดยแสดงถึงค่าเริ่มต้นก่อนทดสอบ (Initial pore water pressure) ตลอดจนอิทธิพลของความดันน้ำส่วนเกินที่เกิดจากความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุก (Influence of surcharge pressure) และเกิดจากความเค้นแบบสุญญากาศ (Influence of vacuum pressure) โดยสามารถนำไปคำนวณการเกิดดีกรีการอัดตัวคายน้ำซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป



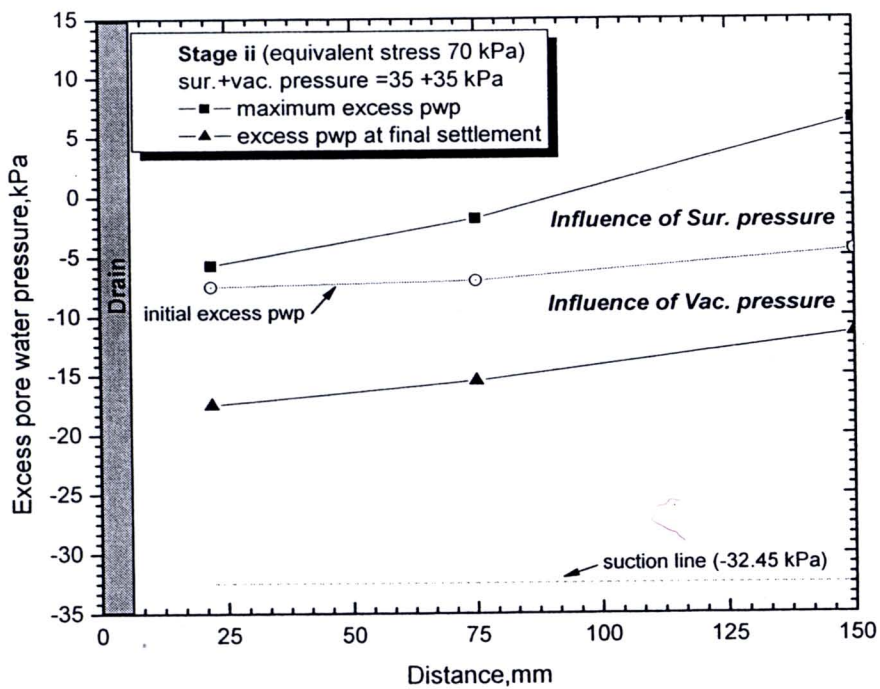
รูปที่ 5.7 แสดงการเกิดปริมาณความดันน้ำส่วนเกินที่ตำแหน่งต่างๆ
ที่ความเค้นเทียบเท่า 35 kPa (Surcharge pressure , Stage i)



รูปที่ 5.8 แสดงการเกิดปริมาณความดันน้ำส่วนเกินที่ตำแหน่งต่างๆ
ที่ความเค้นเทียบเท่า 70 kPa (Surcharge pressure , Stage ii)



รูปที่ 5.9 แสดงการเกิดปริมาณความดันน้ำส่วนเกินที่ตำแหน่งต่างๆ
ที่ความเค้นเทียบเท่า 35 kPa (Surcharge pressure , Stage i)



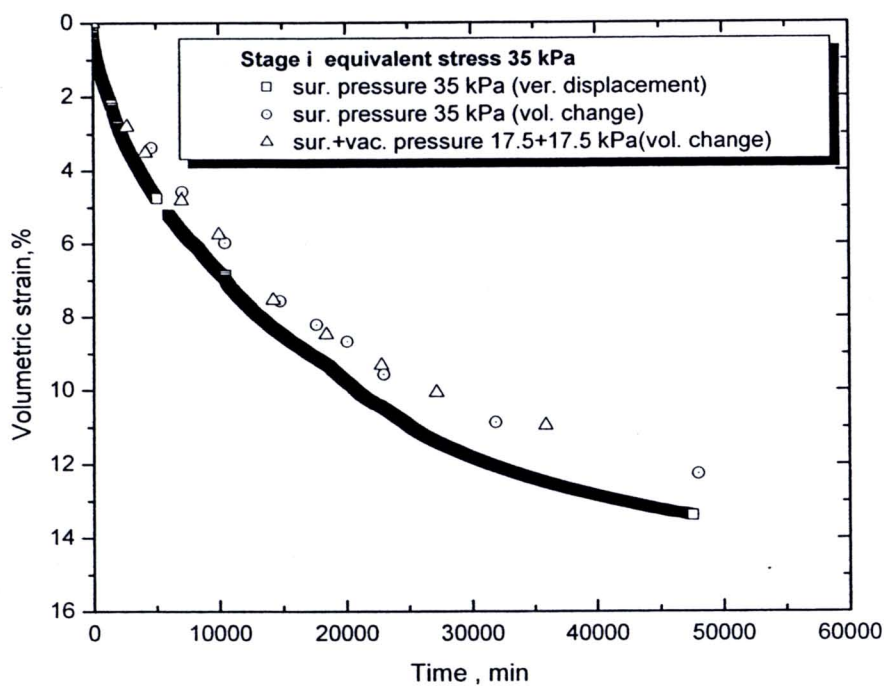
รูปที่ 5.10 แสดงการเกิดปริมาณความดันน้ำส่วนเกินที่ตำแหน่งต่างๆ
ที่ความเค้นเทียบเท่า 35 kPa (Surcharge pressure , Stage i)\

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการเสียรูปในแนวตั้งกับการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร

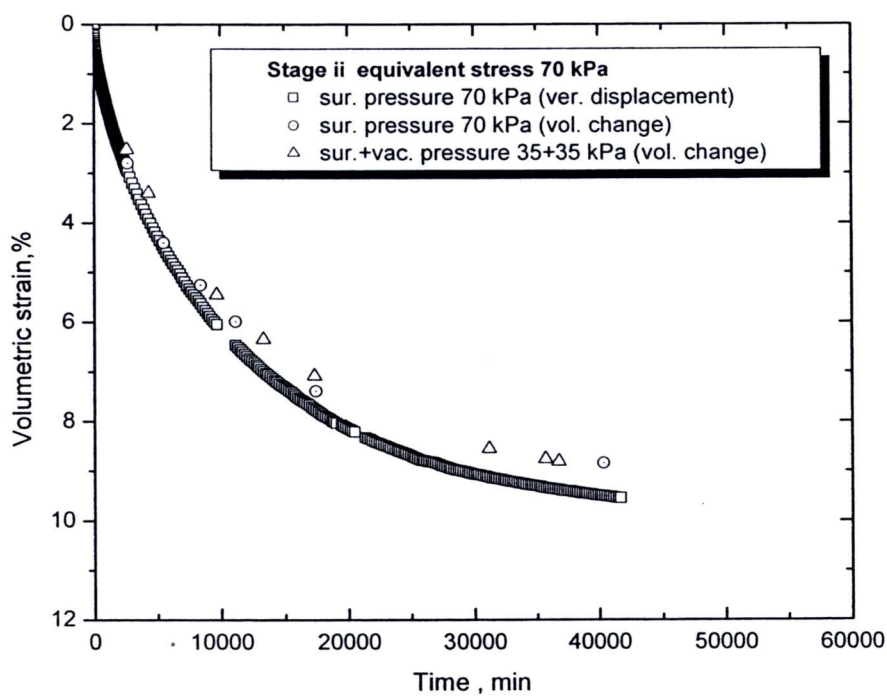
จากการทดสอบทั้งเงื่อนไขที่ความเค้นที่มีปริมาตรเทียบเท่ากันทั้งสองชั้นของการให้ความเค้น พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนของความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) จากการบันทึกข้อมูลทั้งสองวิธีคือ จากการวัดปริมาณการทรุดตัวในแนวตั้งของตัวอย่างดิน และอุปกรณ์วัดการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร (Volume change) โดยการวัดปริมาณน้ำที่ออกมาจากมวลดิน พบว่าการให้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกเพียงอย่างเดียวและการให้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกพร้อมกับสุญญากาศมีปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเครียดเชิงปริมาตรที่ใกล้เคียงกันทั้งสองชั้นของการให้ความเค้น ดังรูปที่ 5.11 และ 5.12 สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ว่า การเปลี่ยนแปลงความเครียดเชิงปริมาตรที่ถูกกระทำจากความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกจะมีปริมาณเท่ากับการให้ความเค้นแบบสุญญากาศ (Chai และคณะ, 2005)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเครียดเชิงปริมาตรกับความเครียดในแนวตั้งเทียบกับเวลา เพื่อตรวจสอบการเกิดความเครียดด้านข้าง (Horizontal strain) ในเงื่อนไขการให้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกพร้อมกับความเค้นสุญญากาศพร้อมกันในขั้นแรกดังรูปที่ 5.13 พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดเชิงปริมาตรในช่วงแรกประมาณ (0 – 10,000 นาติ) วัดการเกิดความเครียดในแนวตั้งมีค่าใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร หลังจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปการเกิดความเครียดในแนวตั้งมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร จากสมมุติฐานเบื้องต้นของการเปลี่ยนแปลงความเครียดเชิงปริมาตรของมวลดินเมื่อได้รับความเค้นทั้งสองกรณี จะมีการเปลี่ยนแปลงที่เท่ากัน ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าในขณะทดสอบตัวอย่างดินเกิดการเสียรูปโดยการหดตัวเข้าด้านข้าง (Lateral displacement) เมื่อให้ความเค้นต่อไปในขั้นที่ 2 ดังรูปที่ 5.14 พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดในแนวตั้งมีค่าใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงความเครียดเชิงปริมาตร นั้นหมายถึงไม่เกิดการเสียรูปในด้านข้างระหว่างกระบวนการอัดตัวคายน้ำ จากพฤติกรรมที่ได้กล่าวมาข้างต้นจึงสอดคล้องกับการเกิดความเครียดในแนวตั้ง ดังรูปที่ 5.1 และ 5.2 ตามลำดับ

กลไกการหดตัวด้านข้างในมวลดินเกิดจากกระบวนการเกิดความเค้นประสิทธิผลซึ่งเป็นผลจากการให้ความเค้นแบบสุญญากาศแก่มวลดินทำให้น้ำที่อยู่ในช่องว่างในโพรงดินมีค่าเป็นลบ (Negative pore pressure) ส่งผลให้เกิดแรงดึง (Tensile force) กระทำระหว่างเม็ดดินทำให้น้ำเม็ดดินค่อยๆ เคลื่อนชิดติดกันจนเกิดเป็นความเค้นประสิทธิผล (Lu และ Likos, 2004) จากสมมุติฐานของกลศาสตร์ของไหลของเหลวที่จุดพิจารณามีความเค้นกระทำเท่ากันทุกทิศทางตามความลึกที่พิจารณา (Hydrastatic pressure) ดังนั้นความดันน้ำในโพรงดินที่มีค่าเป็นลบจึงมีความเค้นที่มีทั้งขนาดเท่ากันทุกทิศทางซึ่ง



รูปที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) ที่ความดันเทียบเท่า 35 kPa (Stage i)

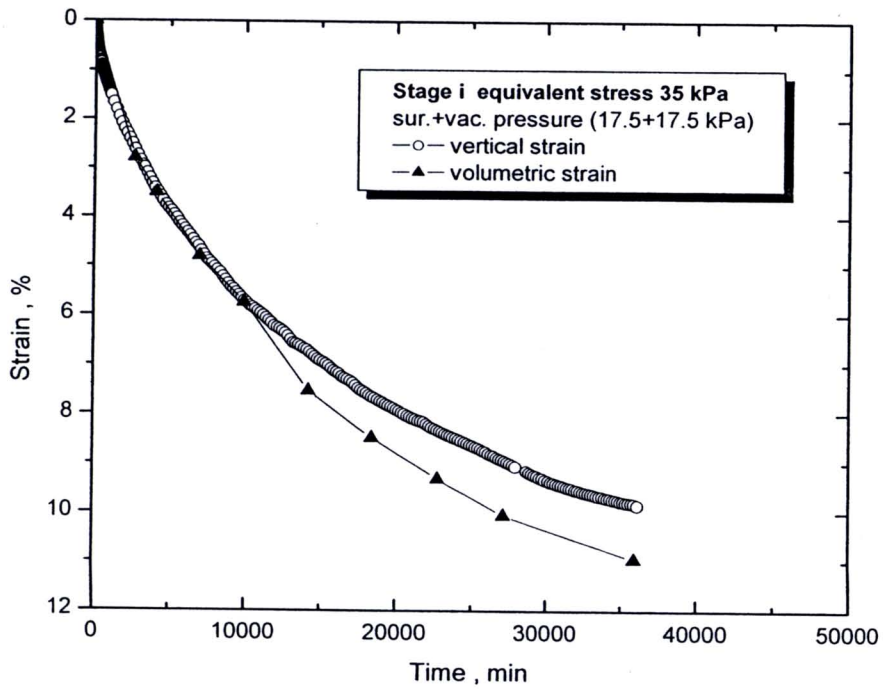


รูปที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) ที่ความดันเทียบเท่า 70 kPa (Stage ii)

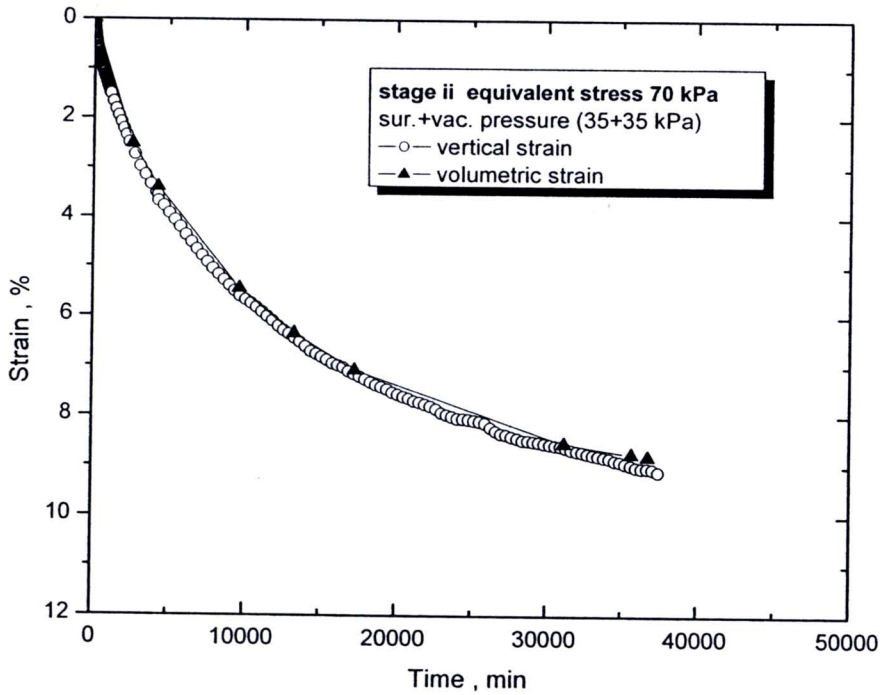
ทำให้เกิดการอัดตัวคายนํ้าเป็นแบบเท่ากันทุกทิศทาง (Isotropic consolidation) คือเกิดความความเค้นประสิทธิผลกับเม็ดดินในลักษณะเท่ากันทุกทิศทางจึงทำให้เกิดการเสียรูปในด้านข้าง ซึ่งแตกต่างจากการให้ความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุก ทำให้เกิดการอัดตัวคายนํ้าแบบหนึ่งมิติ (One dimension consolidation) คือในขณะที่เกิดกระบวนการการอัดตัวคายนํ้าจะรักษาสภาพที่ไม่มีการเสียรูปในด้านข้าง (k_0 condition) ดังนั้นการหดตัวเสียรูปทางด้านข้างจะเกิดเมื่อความเค้นสุญญากาศที่กระทำกับนํ้าในโพรงดินมีอิทธิพลมากกว่าความเค้นที่จะรักษาสภาพที่ไม่มีการเสียรูปในด้านข้างให้คงอยู่ได้จึงทำให้ปริมาณการหดตัวน้อยลง (Chai และคณะ, 2005)

จากรูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของความดันนํ้าส่วนเกินในช่วงระยะเวลาเริ่มแรก(0-10000 นาที) เมื่ออิทธิพลของความเค้นที่เป็นความเค้นกดซึ่งทำให้ความดันนํ้าส่วนเกินมีค่าบวกมีมากกว่าอิทธิพลของความเค้นสุญญากาศ ในช่วงเวลานั้นการอัดตัวคายนํ้าในสภาวะยังไม่มีการเสียรูปด้านข้าง (k_0 consolidation) ดังรูปที่ 5.13 สอดคล้องกับช่วงเวลาที่เกิดความดันนํ้าส่วนเกินที่มีอิทธิพลจากความเค้นกดทับกำลังจะหมดลง หลังจากนั้นเมื่ออิทธิพลของความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกหมดลงความดันนํ้าส่วนเกินเริ่มมีค่าเป็นลบ นั่นคือเริ่มเกิดการอัดตัวคายนํ้าแบบเท่ากันทุกทิศทาง (Isotropic consolidation) จึงค่อยๆเกิดการหดตัวด้านข้างเกิด อันเนื่องมาจากความเค้นสุญญากาศมีอิทธิพลมากกว่าความเค้นที่รักษาให้อยู่ในสภาวะการไม่เสียรูปด้านข้างโดยได้จากผลการทดสอบการเสียรูปในแนวตั้งการให้ความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกเพียงอย่างเดียวในการให้ความเค้นขั้นที่ 1 จึงมีปริมาณมากกว่าการให้ความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกร่วมกับสุญญากาศ ดังรูปที่ 5.1 หลังจากนั้นเมื่อให้ความเค้นในขั้นที่ 2 ดังรูปที่ 5.2 พบว่ามีปริมาณความเครียดในแนวตั้งที่เกิดขึ้นจากการให้ความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกและสุญญากาศพร้อมกันมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับให้ความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกเพียงอย่างเดียว เนื่องจากความเค้นประสิทธิผลที่เกิดจากการให้ความเค้นขั้นที่ 1 รวมกับ ความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกในขั้นที่ 2 มีอิทธิพลมากเพียงพอที่ไม่ทำให้เกิดการเสียรูปในด้านข้างได้ ดังรูปที่ 5.14

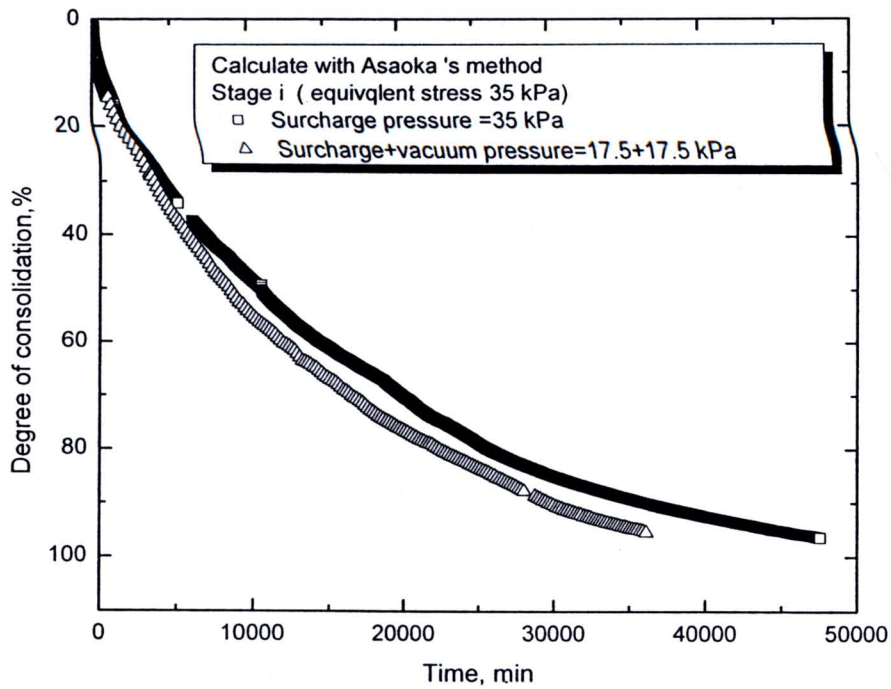
การเสียรูปด้านข้างที่เกิดขึ้นเมื่อทำการให้ความเค้นแบบสุญญากาศร่วมกับความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกส่วนหนึ่งอาจเกิดจากความผิดพลาดจากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดินลงในชุดเครื่องมือทดสอบไม่มีกระบวนการทำให้ดินอิ่มตัวด้วยนํ้าที่เพียงพอ ดังนั้นจึงอาจทำให้อากาศที่ละลายอยู่ในนํ้าส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรผิดพลาดได้



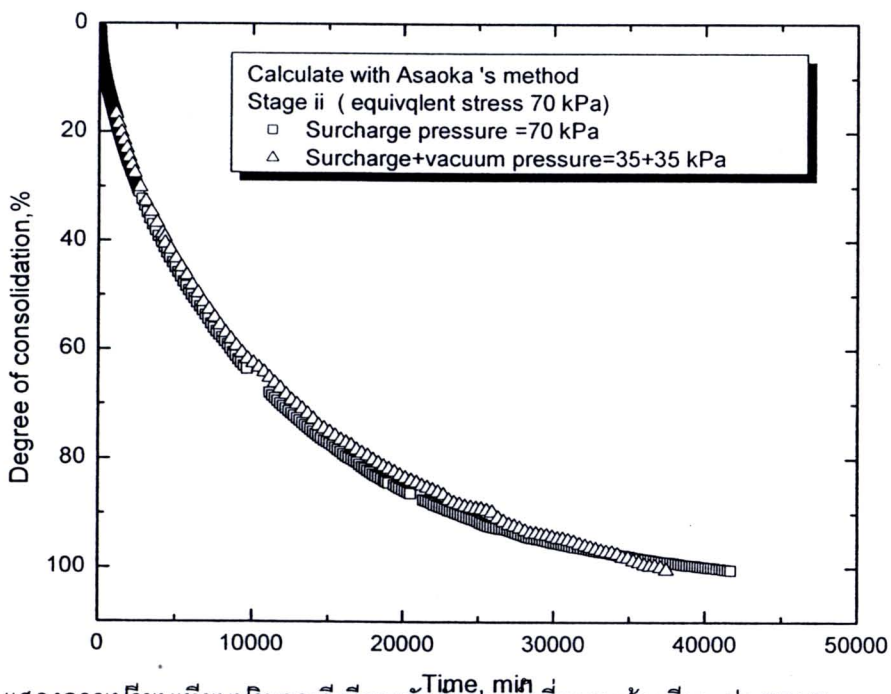
รูปที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบความเครียดในแนวตั้ง (Vertical strain) กับความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) ที่ความเค้นเทียบเท่า 35 kPa (Surcharge + Vacuum , Stage i)



รูปที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบความเครียดในแนวตั้ง (Vertical strain) กับความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) ที่ความเค้นเทียบเท่า 70 kPa (Surcharge + Vacuum , Stage ii)



รูปที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณดักการอัดตัวคายน้ำที่ความเค้นเทียบเท่า 35 kPa โดยวิธีของอะซาโอกะ (Asaoka's method)



รูปที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณดักการอัดตัวคายน้ำที่ความเค้นเทียบเท่า 35 kPa โดยวิธีของอะซาโอกะ(Asaoka's method)

5.5 เปรียบเทียบวิธีการอัดตัวคายน้ำ (Degree of Consolidation)

จากผลการทดสอบการคำนวณหาปริมาณการอัดตัวคายน้ำ ดังตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบปริมาณวิธีการอัดตัวคายน้ำจากการคำนวณโดยวิธีอะซากะ (Asaoka 's method) โดยใช้ข้อมูลจากการวัดจริงที่เกิดขึ้นเพื่อหาการทรุดตัวสุดท้าย (Final settlement) เทียบกับการทรุดตัวที่เวลาต่างๆ ดังรูปที่ 5.15, 5.16 และวิธีจากการวัดความดันน้ำส่วนเกิน (Excess pore water pressure) โดยคำนวณจากพื้นที่ความดันน้ำส่วนเกินที่เกิดขึ้นจากรูปที่ 5.7 ถึง 5.10 เมื่อได้อิทธิพลของความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกทุกกับขอบเขตของความเค้นสุญญากาศ (Suction line) เทียบกับพื้นที่ส่วนที่เป็นความดันน้ำส่วนเกินสลายตัวไปตามเวลาที่เกิดขึ้น พบว่าปริมาณวิธีการอัดตัวคายน้ำที่คำนวณโดยวิธีอะซากะมีค่าที่มากกว่า การคำนวณจากความดันน้ำส่วนเกิน ทั้งสองชั้นของการให้ความเค้น มีสาเหตุอันเนื่องมาจาก ประการแรก ตำแหน่งของการวัดความดันน้ำมีจุดที่ใกล้กับแผ่นระบายน้ำทำให้ค่าในจุดนี้ส่งผลให้มีพื้นที่ของความดันน้ำส่วนเกินลดลง ประการที่สอง ระหว่างการอัดตัว(Compression) และการจัดเรียงตัวใหม่ (Rearrangement) ของโครงสร้างดิน สอดคล้องกับ (Holtz และ Broms, 1972) , (Bo และคณะ, 1999),(Bergado และ คณะ, 2002), (Chu และ Yan, 2005) โดยความดันน้ำส่วนเกินจะคงยังคงค้างอยู่

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบปริมาณวิธีการอัดตัวคายน้ำจากการทดสอบโดยใช้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกและความเค้นสุญญากาศ

Test series	Degree of consolidation (DOC)	
	Base on settlement	Base on excess
	Asaoka ' method (%)	pore water pressure (%)
<u>Surcharge pressure</u>		
Stage i (equivalent stress = 35 kPa)	96.3	75.8
Stage ii (equivalent stress = 70 kPa)	100.2	103.7
<u>Surcharge + vacuum pressure</u>		
Stage i (equivalent stress = 35 kPa)	95.4	68.7
Stage ii (equivalent stress = 70 kPa)	100.2	45.1

ประการที่สาม เกิดจากการลดลงของประสิทธิภาพของการไหลของแผ่นระบายเนื่องจากการโก่งงอ(Buckling), การอุดตัน (Clogging), ประการที่สี่ การเกิดความเค้นประสิทธิผลเพิ่มขึ้นรอบแผ่นระบายน้ำทำให้ความสามารถซึมผ่านในมวลดินลดลง (Fang และ Yin, 2006) ในขณะที่ความดันน้ำส่วนเกินยังคงค้างอยู่เมื่อเทียบกับปริมาณที่เกิดขึ้นและมีอัตราการสลายตัวไปที่ช้าลง จึงส่งผลให้การคำนวณค่าวิธีการอัดตัวคายน้ำโดยวิธีอะซากะซึ่ง

ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของอัตราการทรุดตัวในแนวดิ่งจึงมีค่าสูงมากกว่าการคำนวณจากความดันน้ำส่วนเกินที่สลายตัวไป

ในกรณีของการใช้เส้นขอบเขตสุญญากาศ (Suction line) เป็นตัวกำหนดขอบเขตที่ความดันน้ำในมวลดินที่ต้องสลายตัวไปในการหาดีกรีการอัดตัวคายน้ำโดยความเค้นสุญญากาศ (Chu และ Yan, 2005) ดังการทดสอบที่ความเค้นขั้นที่ 1 (ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกร่วมกับสุญญากาศ) พบว่าความดันน้ำส่วนเกินไม่สามารถลดลงมาถึงเส้นขอบเขตสุญญากาศได้เมื่อกำหนดควบคุมที่ดีกรีการอัดตัวคายน้ำที่ 95 % โดยวิธีอะซาโอกะ จึงคำนวณจากพื้นที่ที่ความดันน้ำส่วนเกินที่ต้องหายไปในขณะนั้นเท่ากับค่าดีกรีการอัดตัวคายน้ำ 68.7 % จากรูปที่ 5.9 แต่เมื่อให้ความเค้นในขั้นต่อไปในขั้นที่ 2 ทำให้ต้องเพิ่มในส่วนของเส้นขอบเขตสุญญากาศให้ลดต่ำลงไปอีกดังรูปที่ 5.10 ในขณะที่เมื่อให้ความเค้นในขั้นที่สองแล้วความดันส่วนเกินที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของความเค้นอัดและความเค้นสุญญากาศไม่สามารถสลายตัวหายไปลดลงไปที่เส้นขอบเขตสุญญากาศ จึงทำให้ค่าดีกรีการอัดตัวคายน้ำที่เกิดขึ้นในขั้นที่สองจึงมีค่าเพียง 45.1 % เท่านั้น แต่หากเปรียบเทียบพื้นที่ของการสลายตัวไปของความดันน้ำส่วนเกินของทั้งสองขั้นการให้ความเค้นพบว่าพื้นที่ใกล้เคียงกันมากดังรูปที่ 5.9 ,5.10 ดังนั้นทั้งสองขั้นการให้ความเค้นควรมีค่าดีกรีการอัดตัวคายน้ำที่เท่ากัน

5.5 อัตราการทรุดตัว (Rate of Settlement)

จากรูปที่ 5.17 และ 4.18 แสดงอัตราการทรุดตัว (Rate of settlement) ในแนวดิ่ง โดยจะเห็นได้ชัดเมื่อทำการทดสอบโดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่งโดยให้ความเค้นที่เทียบเท่ากันคือ โดยให้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกเทียบเท่ากับการให้ความเค้นร่วมกันระหว่างความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกกับความเค้นแบบสุญญากาศ แสดงให้เห็นว่าอัตราการทรุดตัวของการให้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกเพียงอย่างเดียวในขั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการให้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกร่วมกับความเค้นแบบสุญญากาศดังรูปที่ 5.17 และเริ่มมีค่าอัตราการทรุดตัวที่เท่ากันที่การให้ความเค้นที่ขั้นที่ 2 ดังรูปที่ 5.18

จากรูปที่ 5.17 อัตราการทรุดตัวแนวดิ่งของการให้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกร่วมกับความเค้นแบบสุญญากาศมีอัตราการทรุดตัวแนวดิ่งที่น้อยกว่าเนื่องมาจากการเกิดการเสียรูปด้านข้างของตัวอย่างดินด้วยโดยมีสาเหตุมาจากอิทธิพลของความเค้นแบบสุญญากาศมีมากกว่าความเค้นที่คงสถานะไม่เสียรูปด้านข้างโดยต่างจากการให้ความเค้นน้ำหนักบรรทุกจะมีการทรุดตัวในแนวดิ่งเท่านั้น ในขณะที่เมื่อให้ความเค้นในขั้นที่ 2 อิทธิพลของความเค้นสุญญากาศไม่มากพอที่ทำให้เกิดการเสียรูปด้านข้างจึงมีอัตราการทรุดตัวในแนวดิ่งเท่ากันดังรูปที่ 5.18

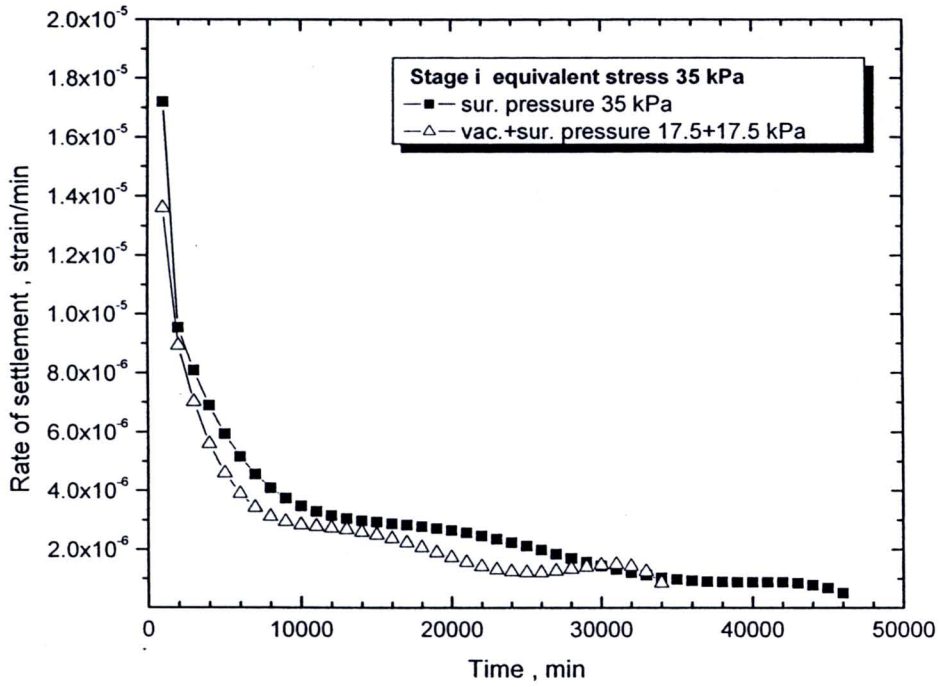
รูปที่ 5.17 และ 5.18 จากตารางที่ 5.2 เป็นผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอัดตัวคายน้ำของการใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่งที่ควบคุมที่ดีกรีการอัดตัวคายน้ำที่เท่ากันพบว่าในการให้ความเค้นแบบสุญญากาศร่วมกับความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกเร็วกว่าเล็กน้อยคือในขั้นที่ 1 เร็วกว่า 1.26 เท่า และ 1.11 เท่า ในขั้นที่ 2 ของการให้ความเค้น การมีอัตราที่เร็วกว่าอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากความเค้นแบบสุญญากาศสามารถกระจายความเค้นได้ทั่วถึงในแนวลึกโดยผ่านตามแนวแผ่นระบายน้ำทางดิ่ง ในขณะที่การให้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกกระทำเฉพาะด้านบนของตัวอย่าง เท่านั้น

แต่จากผลการศึกษาการอัดตัวคายนํ้าแบบหนึ่งมิติในห้องปฏิบัติการโดยให้ความเค้นสุญญากาศเทียบเท่ากับ ความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกทุกโดยการให้ที่ผิวด้านหน้าของตัวอย่างดินทั้ง 2 กรณี พบว่ามีอัตราการทรุดตัวที่ใกล้เคียงกันและใช้เวลาในการสิ้นสุดของกระบวนการการอัดตัวคายนํ้าช่วงแรกที่ใกล้เคียงกัน ตลอดจนผลการทดสอบความสามารถในการซึมผ่าน (Hydraulic conductivity) ที่ใกล้เคียงกันมากจึงส่งผลให้อัตราการเกิดการทรุดตัวมีค่าใกล้เคียงกัน (Mohamedelhassan และ Shang, 2002)

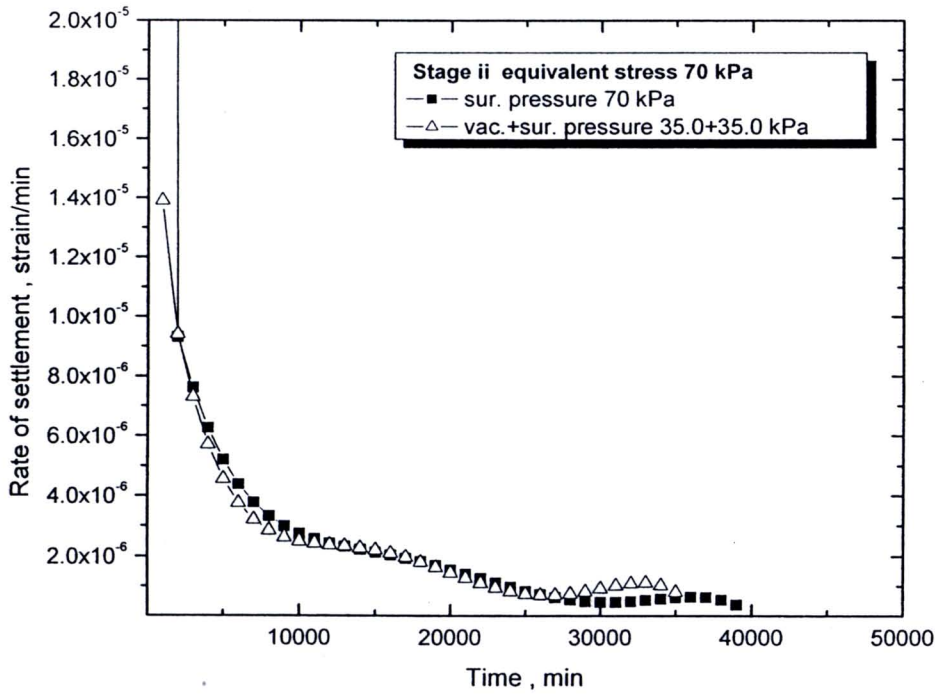
จากการศึกษาการในสนามพบว่าเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดดีกรีการอัดตัวคายนํ้าที่ปริมาณเท่ากันโดยใช้ความเค้นที่เทียบเท่ากันระหว่างความเค้นแบบนํ้าหนักกดทับกับความเค้นที่สุญญากาศพบว่าการให้ความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกทุกใช้เวลานานมากกว่าเนื่องจากเสถียรภาพของมวลดินระหว่างการให้ความเค้นจึงต้องค่อยๆเพิ่มการให้ความเค้น ในขณะที่การให้ความเค้นแบบสุญญากาศสามารถให้ความเค้นที่ต้องการสูงสุดโดยทันที ดังเช่นการศึกษาในสนามของสนามบินแห่งชาติ Yaoqiangประเทศจีน โดยการให้ความเค้นที่เทียบเท่าโดยแบบนํ้าหนักบรรทุกทุกใช้เวลา 90 วัน และ ความเค้นแบบสุญญากาศใช้เวลา 50 วัน โดยประมาณ ซึ่งนับจากเริ่มติดตั้งแผ่นระบายนํ้า คิดเป็น 1.8 เท่าโดยประมาณ

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอัดตัวคายนํ้าที่ปริมาณดีกรีการอัดตัวคายนํ้าที่เท่ากันจากการทดสอบโดยใช้ความเค้นแบบนํ้าหนักบรรทุกและความเค้นสุญญากาศ

Test series	Time (min)	Degree of consolidation (Asaoka 's method), (%)
Stage i (equivalent stress = 35 kPa)		
Surcharge pressure	45538	95.43
Surcharge + vacuum pressure	36127	95.43
Comparison	1.26 times	
Stage ii (equivalent stress = 70 kPa)		
Surcharge pressure	41684	100.38
Surcharge + vacuum pressure	37452	100.40
Comparison	1.11 times	



รูปที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการทรุดตัว (Rate of settlement) ที่ความเค้นเทียบเท่า 35 kPa

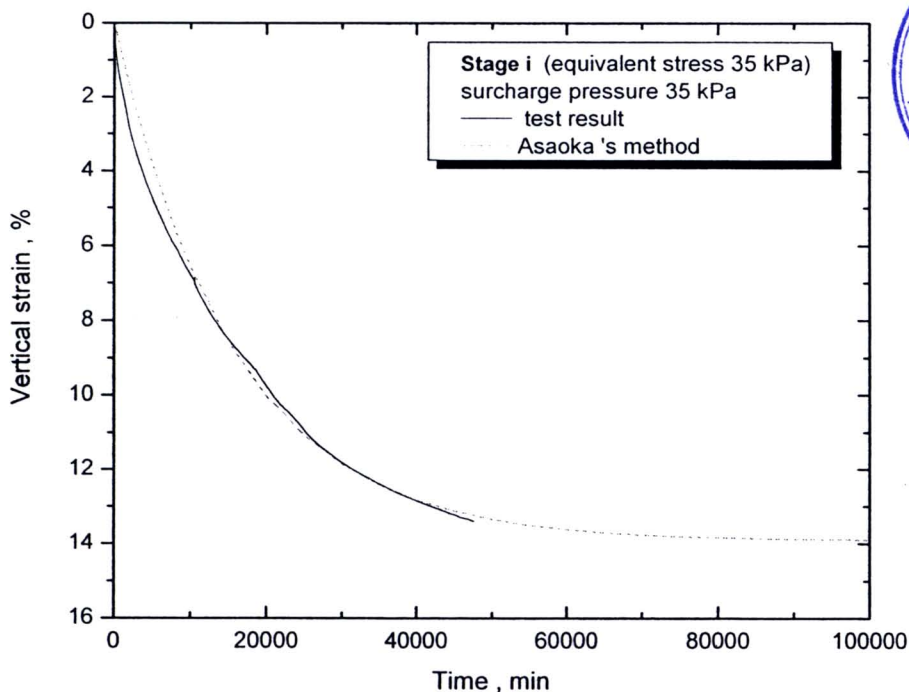


รูปที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการทรุดตัว (Rate of settlement) ที่ความเค้นเทียบเท่า 70 kPa

5.5 การทำนายการทรุดตัวในแนวดิ่งโดยวิธีอะซาโอกะ (Asaoka 's Method)

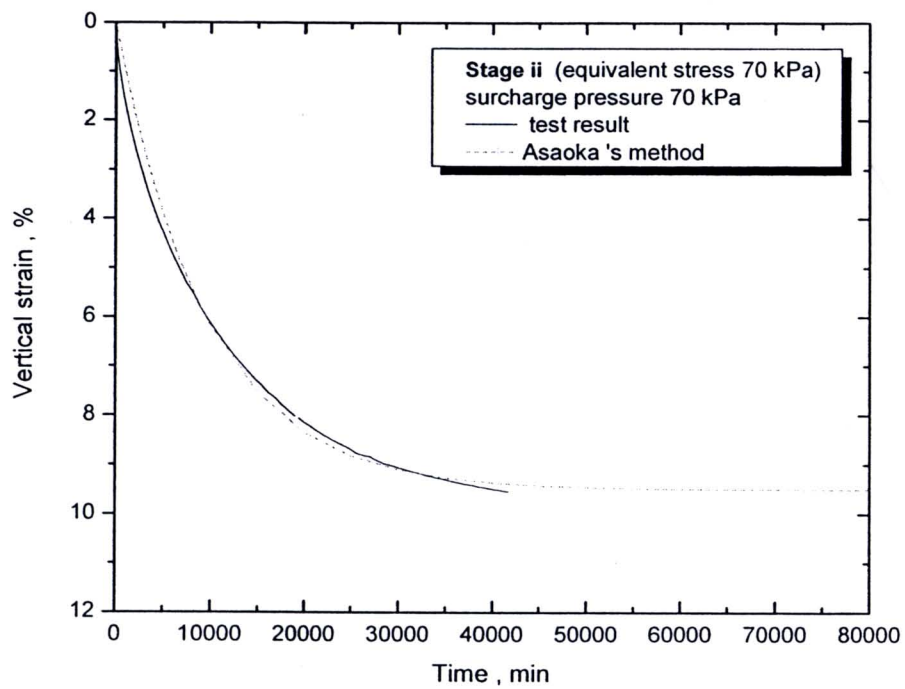
การทำนายการทรุดตัววิธีอะซาโอกะ (Asaoka 's method) เป็น วิธีการทำนายการทรุดตัวที่มีพื้นฐานจากทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation theory) ซึ่งต่างจากวิธีการทาง Empirical เพียงอย่างเดียว จึงสามารถทำนายการทรุดตัวสุดท้าย (Final settlement) และ ระยะเวลา โดยใช้ข้อมูลที่เก็บได้จากการทดสอบเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณ ซึ่งสามารถคำนวณการทรุดตัวในแนวดิ่งที่เวลาต่างๆได้จากค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำในแนวนอน (Coefficient of consolidation in horizontal direction) โดยการคำนวณย้อนกลับ (Back calculate) จากค่าการทรุดตัวจริงในแนวดิ่ง

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 5.19 ถึง 5.22 พบว่าการใช้วิธีอะซาโอกะทำนายการทรุดตัวอันเนื่องมาจากการอัดตัวคายน้ำจากการให้ความดันแบบน้ำหนักบรรทุกและความดันแบบสุญญากาศ สามารถทำนายเป็นอย่างดี แต่วิธีนี้ถูกตั้งอยู่บนสมมติฐานอัตราของการอัดตัวคายน้ำแบบหนึ่งมิติโดยไม่มีการเสียรูปทางด้านข้างโดยมีสมมติฐานให้การเปลี่ยนแปลงความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) เท่ากับการเปลี่ยนแปลงความเครียดในแนวดิ่ง (Vertical strain) ซึ่งสอดคล้องอย่างมีเหตุผลกับการให้ความดันแบบน้ำหนักบรรทุก แต่ไม่สอดคล้องกับการอัดตัวคายน้ำจากการให้ความดันแบบสุญญากาศนั่นคือไม่ได้คำนึงถึงด้านการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร แต่จากหลักการของวิธีนี้คำนวณจากอัตราการทรุดตัวในแนวดิ่งเท่านั้น แต่เนื่องจากการอัดตัวคายน้ำเป็นแบบเท่ากันทุกทิศทาง ดังนั้นการใช้วิธีการทำนายการทรุดตัวในแนวดิ่งจากวิธีอะซาโอกะ จึงสามารถใช้ได้ทั้งกับการให้ความดันแบบน้ำหนักบรรทุก และการให้ความดันแบบสุญญากาศ ดังผลการทดสอบในสนามที่สถานีเก็บน้ำมัน (Oil storage station) ประเทศจีน , ท่าเรือ เมือง Tianjin ประเทศจีน (Chu และ Yan, 2005)

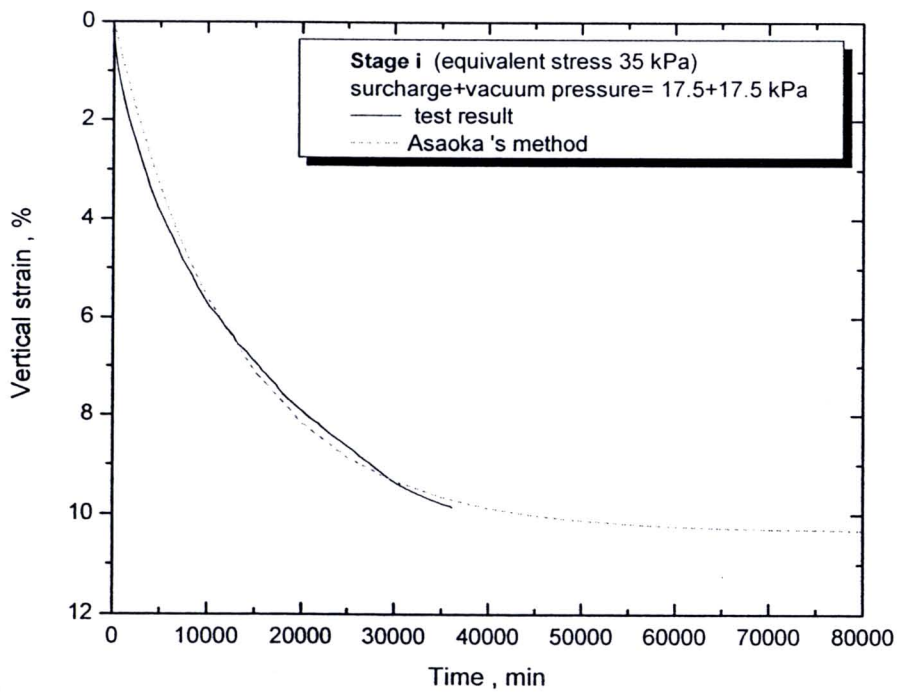


รูปที่ 5.19 แสดงการทำนายการเกิดความเครียดในแนวดิ่ง ที่ความดันเทียบเท่า 35 kPa (Stage i)

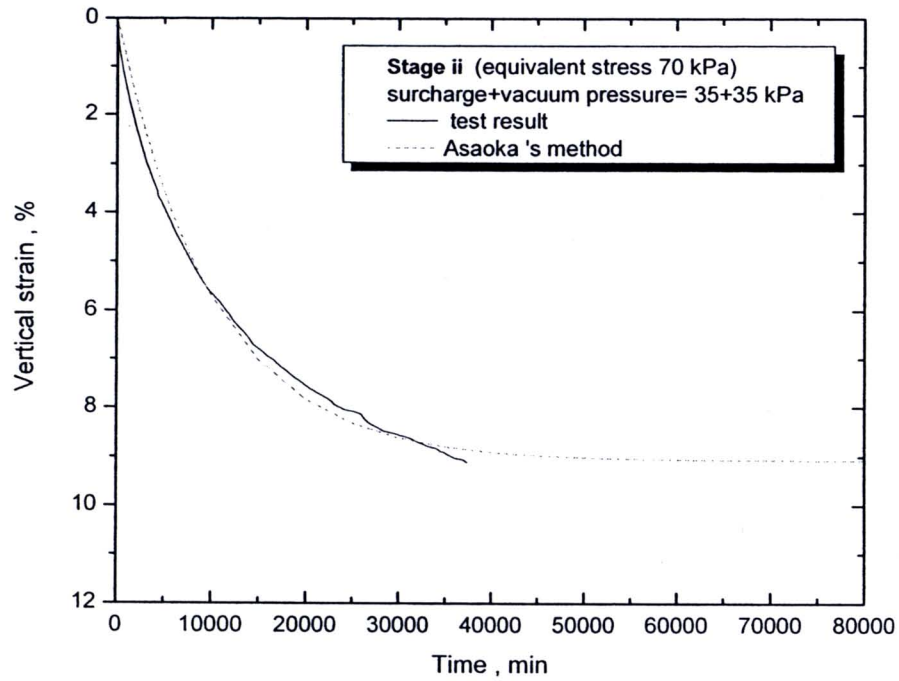
ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ Surcharge pressure โดยวิธีของอะซาโอกะ (Asaoka 's method)



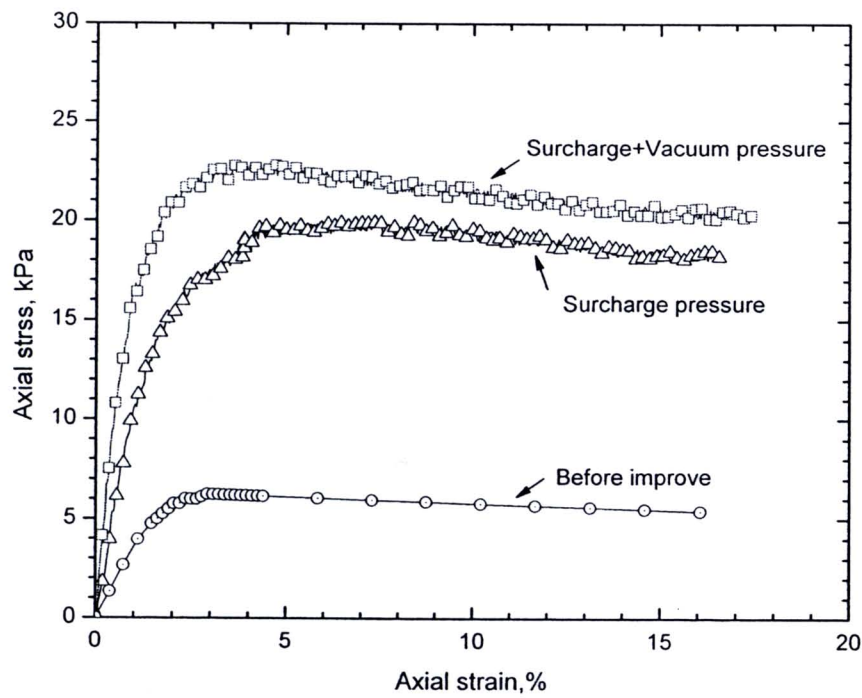
รูปที่ 5.20 แสดงการทำนายการเกิดความเครียดในแนวดิ่ง ที่ความดันเทียบเท่า 70 kPa (Stage ii) ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ Surcharge pressure โดยวิธีของอะซากะ (Asaoka 's method)



รูปที่ 5.21 แสดงการทำนายการเกิดความเครียดในแนวดิ่ง ที่ความดันเทียบเท่า 35 kPa (Stage i) ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ Sur.+Vac. Pressure โดยวิธีของอะซากะ (Asaoka 's method)



รูปที่ 5.22 แสดงการทำนายการเกิดความเครียดในแนวดิ่ง ที่ความเค้นเทียบเท่า 70 kPa (Stage ii) ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ Sur.+Vac. Pressure โดยวิธีของอะซากะ (Asaoka 's method)

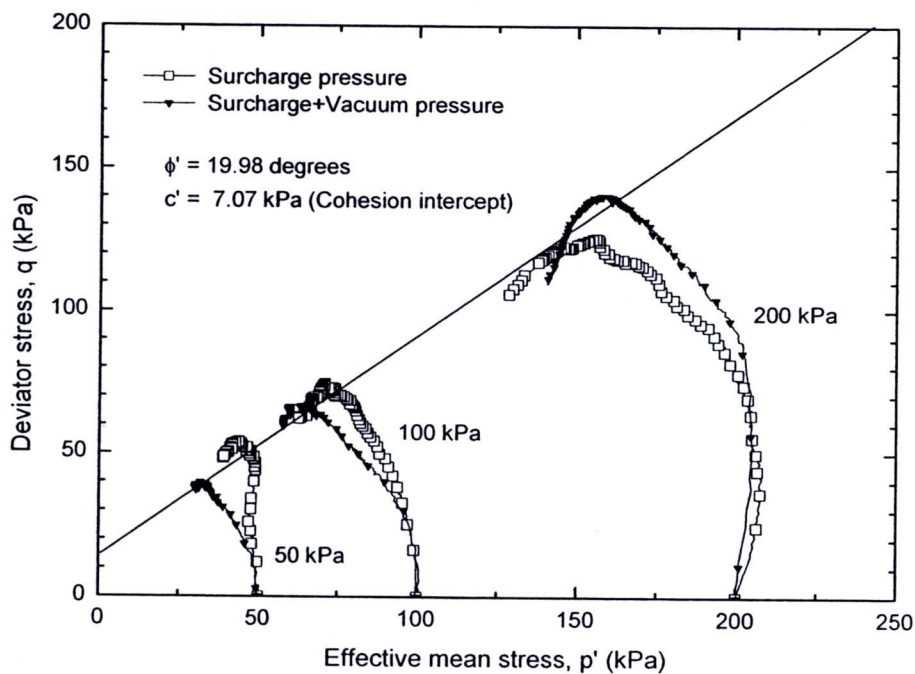


รูปที่ 5.23 แสดงการเปรียบเทียบการทดสอบแรงอัดทิศทางเดียว (Unconfined compressive strength, UCS) ก่อนและหลังการให้ความเค้น

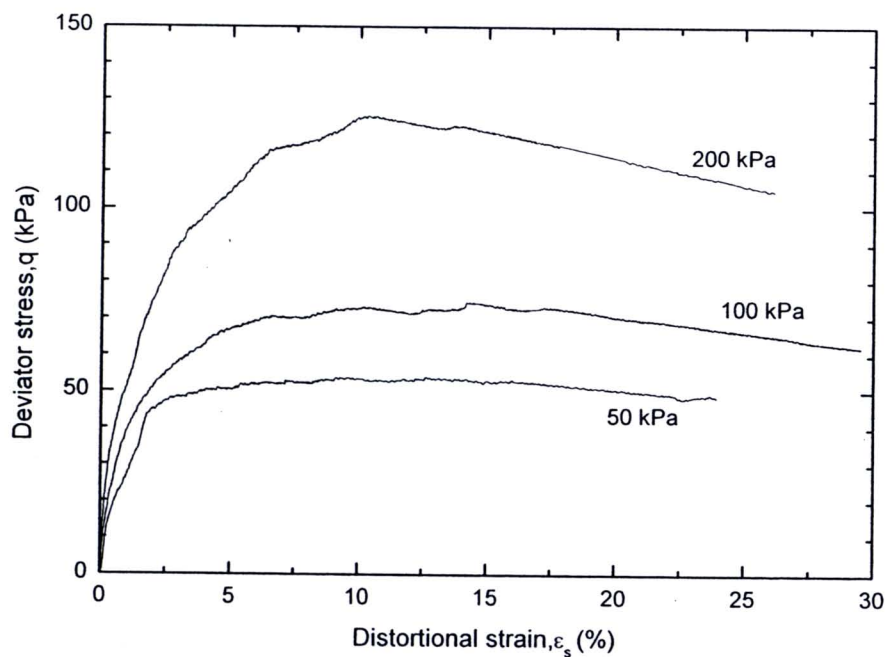
5.5 การเปรียบเทียบความแข็งแรงการต้านทานความเค้นเฉือน (Shear strength)

หลังทำการทดสอบการอัดตัวคายน้ำโดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่งร่วมกับความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกและการให้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกร่วมกับความเค้นแบบสุญญากาศ ได้ศึกษาด้านการต้านทานการรับความเค้นเฉือนโดยเก็บตัวอย่างดินมาเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal friction angle) โดยการทดสอบแบบการทดสอบแรงอัดสามแกนแบบไม่ระบายน้ำ (Isotropic consolidated undrained, CIU Triaxial test) ดังรูปที่ 5.24 ถึง 5.28 และ การทดสอบแรงอัดแบบทิศทางเดียว (Unconfined compression test, UC test) เพื่อหาค่าความต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained shear strength, S_u) จากผลการเปรียบเทียบพบว่าตัวอย่างดินที่เก็บมาจากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำโดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่งทั้งสองกรณีการให้ความเค้นมีค่าพารามิเตอร์ที่ได้หลังจากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกันดังรูปที่ 5.24 นอกจากนี้ความเค้นที่จุดคราก (Yield stress, Maximum past pressure) โดยวิธีของ Casagrande และ Sridharan จากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบหนึ่งมิติ ซึ่งมีค่าเท่ากันคือ 50 kPa แต่มีค่าน้อยกว่าความเค้นที่ให้เนื่องมาจากการถูกรบกวนขณะเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างขณะทดสอบ

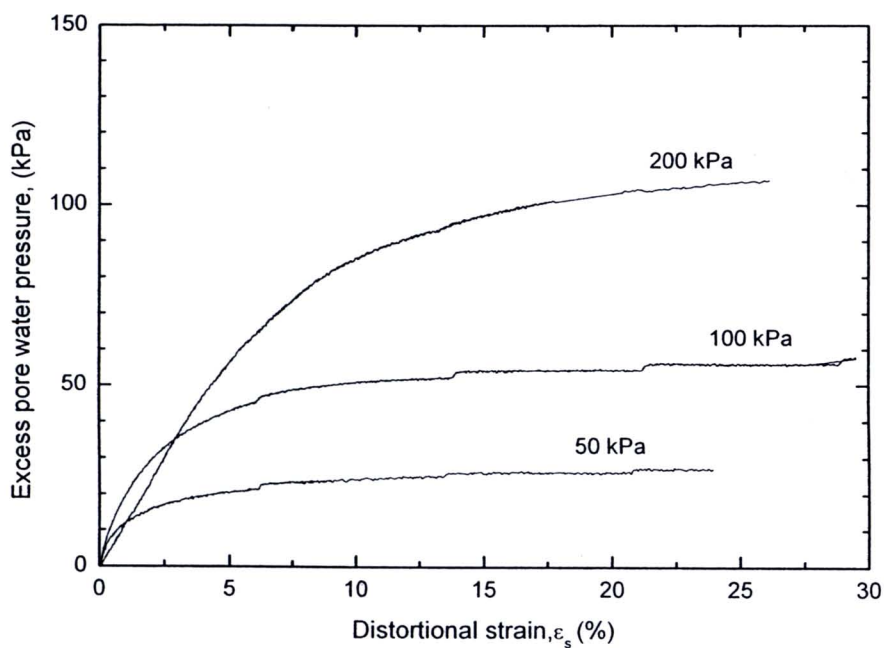
จากผลการทดสอบค่าการต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำจากการทดสอบการอัดทิศทางเดียวมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีการเพิ่มขึ้นจากค่าเดิมก่อนทำการปรับปรุงคุณภาพดินประมาณ 2.6 เท่า โดยประมาณ ดังรูปที่ 5.23 จึงสรุปได้ว่าการให้ความเค้นที่เทียบเท่ากันโดยใช้ความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกกับความเค้นแบบสุญญากาศให้ค่าพารามิเตอร์ความต้านทานแรงเฉือนที่ใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 5.23 และ รูปที่ 5.24



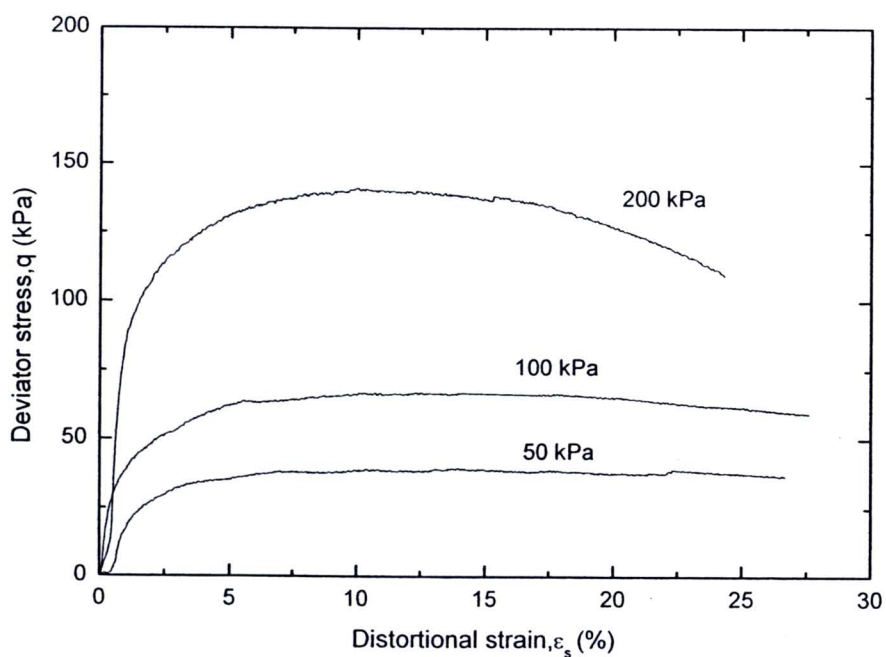
รูปที่ 5.24 เปรียบเทียบเส้นทางเดินความเค้นหลังการปรับปรุงด้วยความเค้นแบบน้ำหนักรรทุกและแบบน้ำหนักรรทุกร่วมกับความเค้นแบบสุญญากาศ



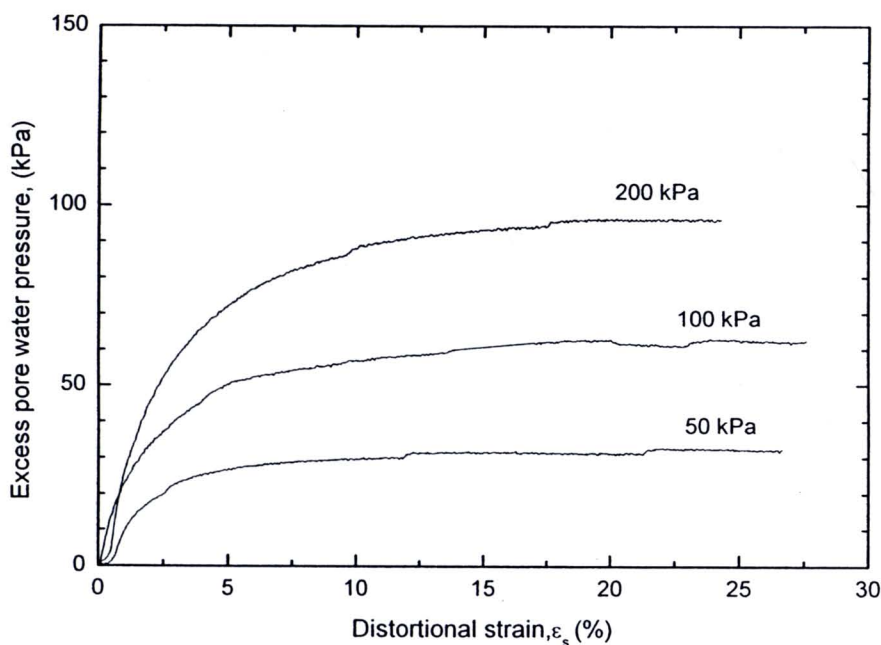
รูปที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดหลังการปรับปรุงด้วยความเค้นแบบ น้ำหนักรรทุก



รูปที่ 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำส่วนเกินและความเครียดหลังการปรับปรุงด้วยความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุก



รูปที่ 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดหลังการปรับปรุงด้วยความเค้นแบบน้ำหนักรบรรทุก
ร่วมกับความเค้นแบบสุญญากาศ



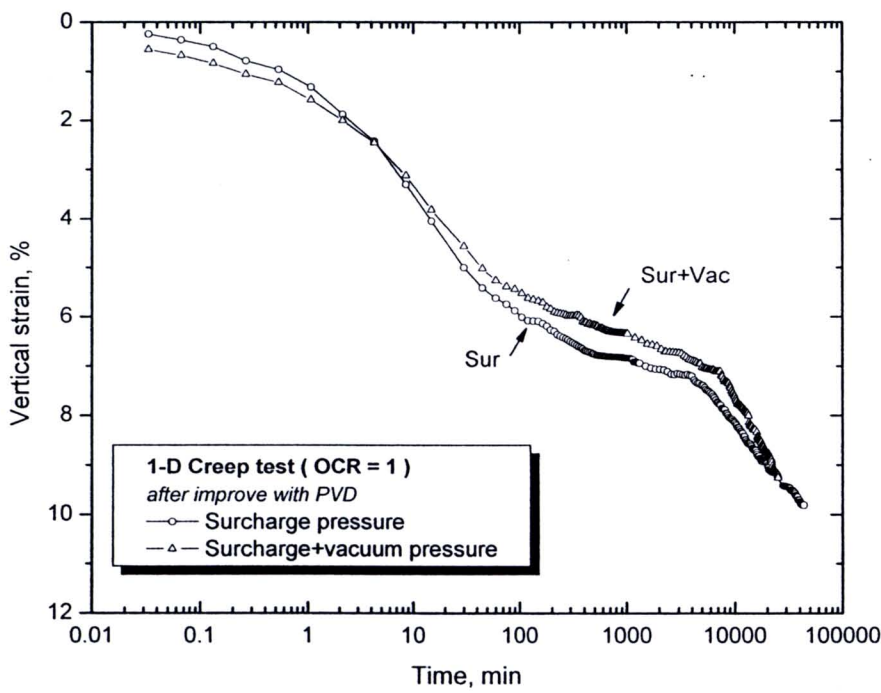
รูปที่ 5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำส่วนเกินและความเครียดหลังการปรับปรุงด้วยความเค้นแบบน้ำหนักบรรทุกพร้อมกับความเค้นแบบสุญญากาศ

จากผลการทดสอบการรับแรงอัดสามแกนแบบมีระบายน้ำดังรูปที่ 5.25 และ 5.27 พบว่ามีการลดลงของความเค้นเฉือนเมื่อเกิดความเครียดในแนวแกน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่ก้อนตัวอย่างดินเกิดแรงเสียดทานระหว่างแผ่นหินพรุนซึ่งมีผิวขรุขระอยู่ที่ปลายทั้งสองด้านของตัวอย่างทำให้ขณะทดสอบซึ่งเรียกว่า End restraint ซึ่งแรงเสียดทานดังกล่าวส่งผลให้ส่วนที่ใกล้กับส่วนปลายเกิดการยึดรั้งไม่สามารถขยายตัวด้านข้างอย่างอิสระได้เกิดการกระจายของความเค้นและความเครียดทั้งในแนวแกนและรัศมีที่ไม่สม่ำเสมอโดยที่ตรงกลางเกิดการป่องออกซึ่งเรียกว่า Barreling effect โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ (Shang และคณะ, 1997) ได้ศึกษาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลขจำลองพฤติกรรมของความเค้นและความเครียดซึ่งเป็นผลจากการเกิด End restraint ของดินเหนียวจากการทดสอบแรงอัดสามแกนแบบไม่ระบายน้ำโดยพิจารณารูปแบบการสัมผัสระหว่างตัวอย่างดินกับหัวกด พบว่าหากไม่มีแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัสทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดเข้าสู่สภาวะ Critical state แต่ หากมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นทำให้เกิด Barreling effect และส่งผลให้การคำนวณความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นโดยวิธี Equivalent Applied Global Stress Measure (EGSM) ซึ่งใช้พื้นที่หน้าตัดที่เทียบเท่าปริมาตรทรงกระบอกจึงทำให้ค่าความเค้นเฉือนที่คำนวณได้เมื่อเกิดความเครียดในแนวตั้งมากมายน้อยลงเมื่อเทียบกับสภาวะ Critical state อีกประการหนึ่งการเกิดแรงเสียดทานที่ปลายก้อนตัวอย่างยังส่งผลให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของความดันน้ำส่วนเกินในก้อนตัวอย่างโดยที่จุดที่ใกล้กับจุดสัมผัสระหว่างผิวของหินพรุนที่มีความขรุขระจะมีค่ามากกว่าตรงกลางจึงทำให้เกิดการความเค้นประสิทธิผลที่ไม่ตรงกับความเป็นจริงโดยทำให้เกิด Cohesion intercept (Bishop และ Henkel, 1962) จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถที่จะลดลงได้ด้วย

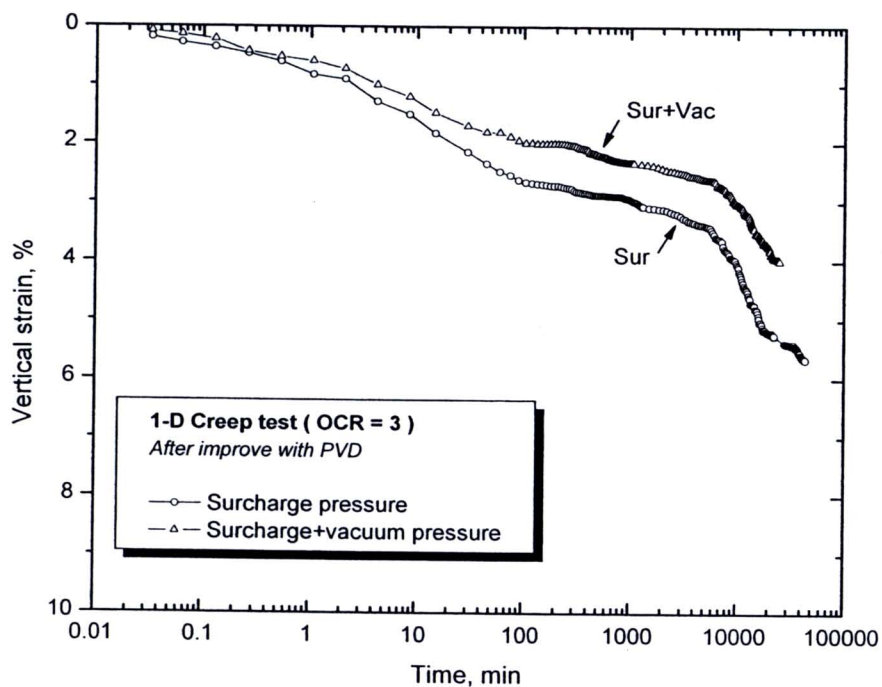
การทำให้ปลายของตัวอย่างมีอิสระมากขึ้นในการขยายตัวขณะทำการทดสอบโดยการลดแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัสของปลายก้อนตัวอย่าง(Lubricated ends) (Rowe และ Barden, 1964)

5.9 เปรียบเทียบการคืบ (Creep)

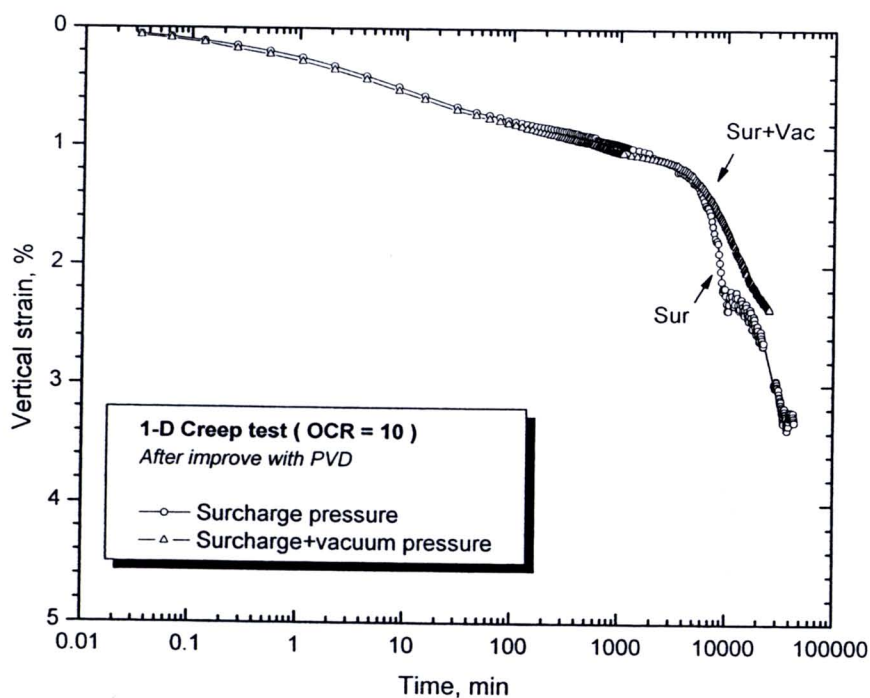
หลังทำการทดสอบการอัดตัวคายน้ำโดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่งร่วมกับความเค้นแบบน้ำหนักรรทุกและการให้ความเค้นแบบน้ำหนักรรทุกพร้อมกับความเค้นแบบสุญญากาศ ได้ทำการศึกษาด้านการทรุดตัวหลังจากการถอนความเค้นที่กระทำในขณะปรับปรุงคุณภาพดินโดยเก็บตัวอย่างดินเหนียวอ่อนนั้นขึ้นมาพบว่าความสัมพันธ์ของอัตราส่วนช่องว่างมีค่าที่ใกล้เคียงกันและของการเกิดความเครียดในแนวตั้งกับเวลา (ลอการิทึมของเวลา) ดังรูปที่ 5.29 เมื่อให้ความเค้นกดทับอีกครั้งเท่ากับความเค้นการอัดตัวเกินของดิน (Overconsolidation ratio ,OCR = 1) พบมีปริมาณการเกิดความเครียดในแนวตั้งที่ใกล้เคียงกันโดยมีพฤติกรรมการเกิดช่วงการคืบทั้งสามช่วงอย่างชัดเจนคือ Primary, Secondary , Tertiary ในขณะที่ในการทดสอบที่ OCR = 3 และ 10 พบว่ามีปริมาณการเกิดความเครียดในแนวตั้งน้อยกว่าที่การทดสอบที่ค่า OCR = 1 (Leroueil และคณะ, 1985)



รูปที่ 5.29 แสดงการเปรียบเทียบการเกิดการคืบ (Creep) หลังการอัดตัวคายน้ำโดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่ง ที่ OCR = 1



รูปที่ 5.30 แสดงการเปรียบเทียบการเกิดการคืบ (Creep) หลังการอัดตัวคายน้ำ โดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่ง ที่ OCR = 3 ..

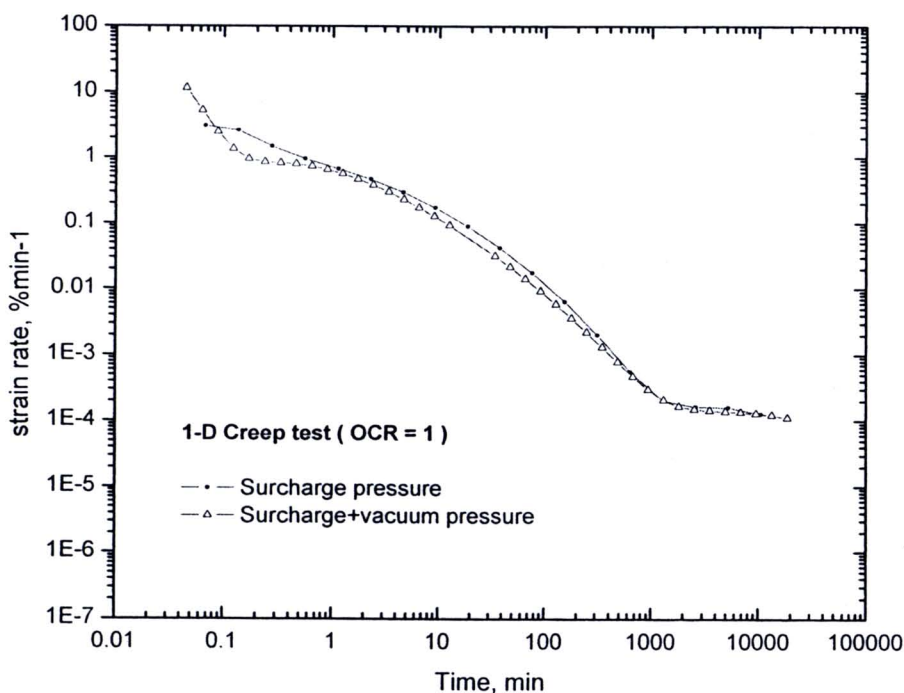


รูปที่ 5.31 แสดงการเปรียบเทียบการเกิดการคืบ (Creep) หลังการอัดตัวคายน้ำ โดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่ง ที่ OCR = 10

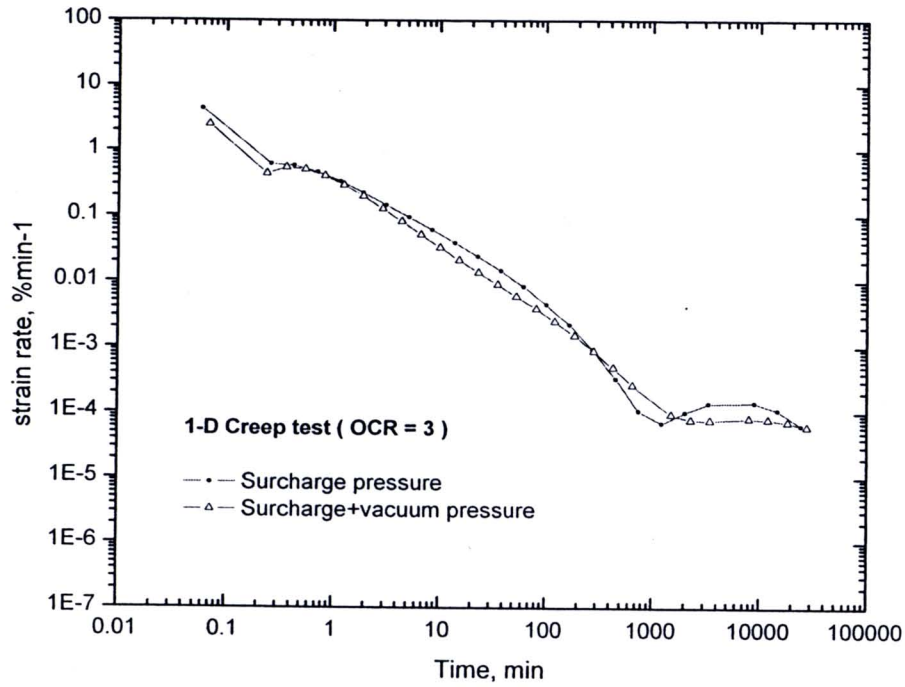
ปริมาณของการเกิดการคืบที่ $OCR = 1$ มีปริมาณมากเนื่องจากเป็นจุดที่เกิด Plastic strain มากเพราะอยู่ที่ส่วนขอบของ Boundary surface ในขณะที่เดียวกันเมื่อทดสอบที่ OCR ที่สูงๆ เช่น 3 และ 10 แสดงถึงว่าสถานะของความเค้นอยู่ใน Boundary surface ซึ่งจะเกิดแต่ Elastic strain เท่านั้นจึงทำให้มีการทรุดตัวน้อยดังรูปที่ 5.29 ถึง 5.31

จากรูปที่ 5.32 ถึง 5.34 เมื่อเปรียบเทียบการเกิดอัตราการทรุดตัวในแนวดิ่งที่ค่า OCR ต่างๆพบว่าเมื่อทดสอบที่ OCR ยิ่งสูงจะมีอัตราการทรุดตัวที่ช้าลง ดังรูปที่ 5.34 แต่เมื่อเวลาผ่านไปอัตราการทรุดตัวยังคงมีมากอยู่เมื่อเทียบกับการทดสอบที่ค่า OCR น้อยๆ ซึ่งจะเกิดอัตราการทรุดตัวสูงในระยะแรกซึ่งใช้เวลาไม่นานนักและเมื่อเวลาผ่านไปอัตราการทรุดตัวจะเริ่มน้อยลงดังรูปที่ 5.32 และ 5.33 (Leroueil และคณะ, 1985 ; Kamao และคณะ, 1995)

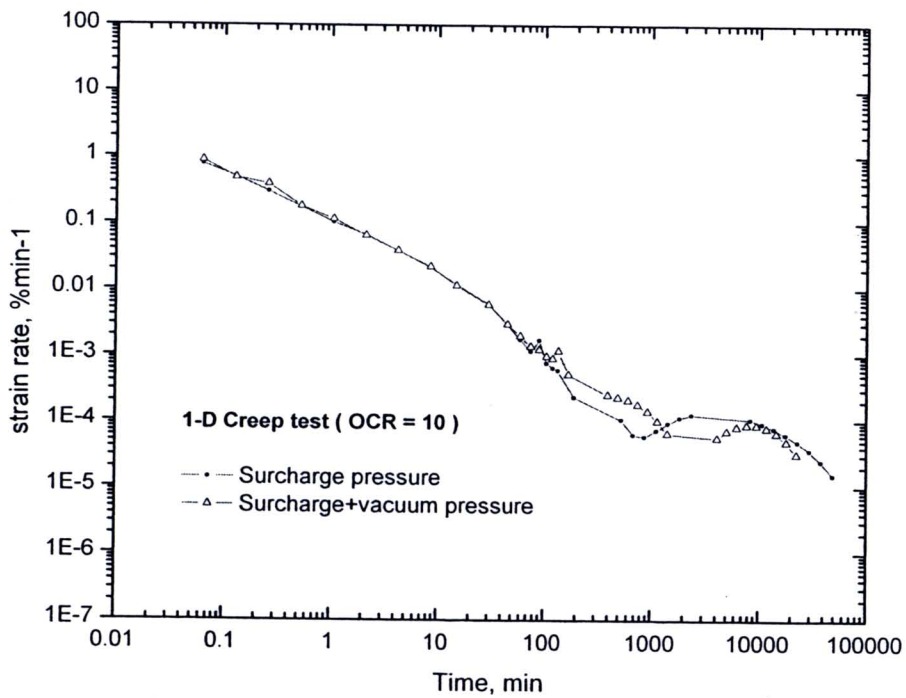
จากพฤติกรรมของการเกิดการคืบที่ค่า OCR ต่างๆยังสามารถอธิบายในรูปของความสัมพันธ์ของความเค้น ความเครียด และอัตราการเกิดความเครียดหรือเรียกว่า Isotach ซึ่งพบว่าเมื่อทดสอบที่ OCR สูงๆ คือมีการให้ความเค้นที่น้อยกว่าการให้ความเค้นที่เท่ากับจุดความเค้นคราก จึงทำให้มีอัตราการเกิดความเครียด (Strain rate) น้อยกว่า และมีปริมาณการทรุดตัวที่น้อยกว่าที่เวลาที่เท่ากัน



รูปที่ 5.32 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเกิดการคืบ (Creep) หลังการอัดตัวคายน้ำ โดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่ง ที่ $OCR = 1$



รูปที่ 5.33 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเกิดการคืบ (Creep) หลังการอัดตัวคายน้ำ โดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่ง ที่ OCR = 3



รูปที่ 5.34 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเกิดการคืบ (Creep) หลังการอัดตัวคายน้ำ โดยใช้แผ่นระบายน้ำทางดิ่ง ที่ OCR = 10