

บทที่ 4

ผลการคำนวณเชิงตัวเลขและวิเคราะห์ผล

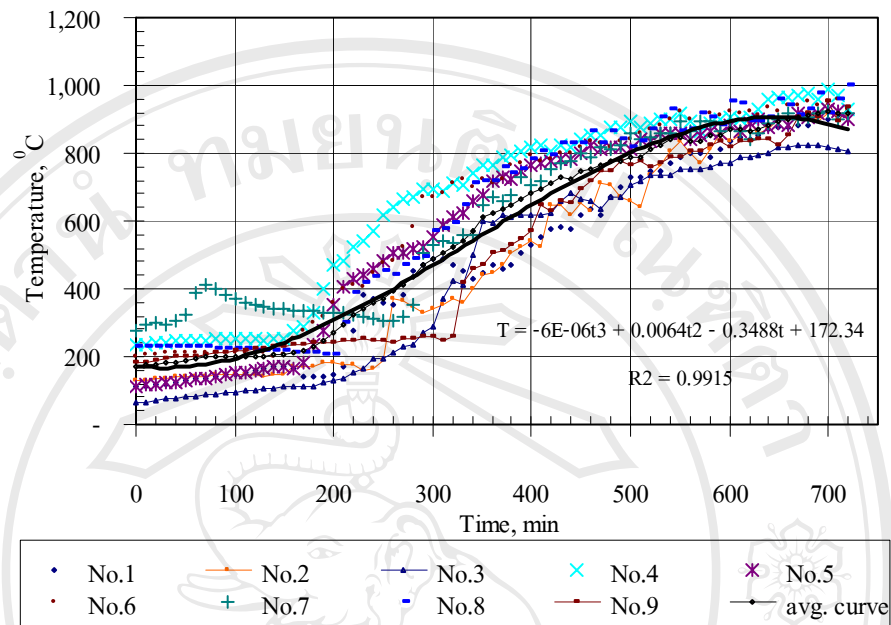
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลจากการคำนวณเชิงตัวเลขตามวิธีที่ได้กล่าวไปแล้วในบทก่อนหน้านี้ โดยกล่าวถึงผลของอัตราการไหลและอุณหภูมิเผาไหม้ผลอย่างไรต่อ การกระจายความเร็วและการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ ลักษณะการไหลที่พบในห้องเผาไหม้ที่ได้ทำการศึกษาในขณะมีอุณหภูมิลักษณะการเคลื่อนตัวของอากาศร้อนผ่านกองอิฐ ผลของการแพร่และการพาของความร้อนภายในห้องเผาไหม้ ภายในกองอิฐ เข้าสู่ก้อนอิฐ ที่เวลาใดๆ ทั้งแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ ทั้ง 9 โมเดล และผลของการเก็บข้อมูลจริงเพื่อเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิว่ามีความถูกต้องเพียงใดเพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถทำนายผลได้อย่างถูกต้องและเกิดประโยชน์ต่อไปในการออกแบบลักษณะห้องเผาไหม้ หรือการขยายขนาดของห้องเผาไหม้ โดยไม่ต้องทำการทดลองเก็บข้อมูลจริงทุกครั้ง

ผลการศึกษาที่จะกล่าวต่อไปนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะกล่าวถึงผลของการศึกษาจากแบบจำลองเชิงตัวเลข ลักษณะการกระจายตัวการไหลของอากาศร้อนภายในห้องเผาไหม้ ส่วนที่สองจะกล่าวถึงผลของการเก็บข้อมูลจริงและเปรียบเทียบผลกับแบบจำลองเชิงตัวเลข

4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1.1 ข้อมูลการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้

การเก็บข้อมูลจริงจากการทดสอบการเผาของเตาเผาอิฐ ได้ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ด้านบน เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคำนวณเชิงตัวเลขที่ต้องการกำหนดเงื่อนไขที่ขอบเพื่อเป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณ โดยกำหนดเป็นอุณหภูมิอากาศร้อนเข้าทางด้านล่าง-ขวา ของแบบจำลอง ได้ทำการเก็บข้อมูลในการเผาเป็นจำนวน 9 ครั้ง แบ่งเก็บทุก 10 นาที แล้วนำค่ามาหาแนวโน้ม เพื่อความถูกต้องในการควบคุมอุณหภูมิเผาที่ใช้อยู่จริงได้ข้อมูลดังกราฟรูปที่ 4.1



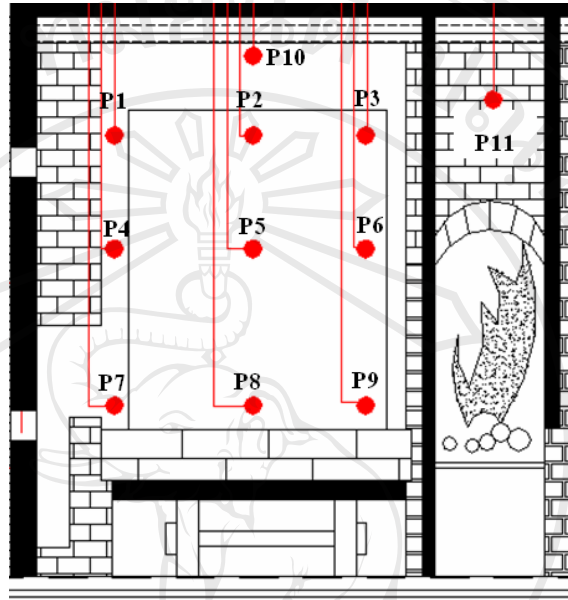
รูปที่ 4.1 แสดงการควบคุมอุณหภูมิในการเผาอิฐที่ใช้อยู่จริง

ค่าแนวโน้มของการขึ้นอุณหภูมิในการเผาได้กำหนดให้เป็นเงื่อนไขที่ขอบในการคำนวณเชิงตัวเลขในการควบคุมอุณหภูมิในเตาเผานั้นส่วนมากจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ประกอบการ หรือผู้ทำการควบคุมในการเผาซึ่งมักจะสอดคล้องกับการเผาอิฐตามทฤษฎีคือ ในช่วงแรกจะค่อยๆ เติบโตอุณหภูมิอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันการแตกร้าวของอิฐแล้วค่อยเพิ่มอุณหภูมิในช่วงหลังของกระบวนการเผาอิฐ เพื่อเพิ่มความแกร่งให้กับอิฐซึ่งในประเทศไทยมักจะเผาอิฐที่อุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส เนื่องจากในอุตสาหกรรมผลิตอิฐจะผลิตอิฐแบบไม่รับน้ำหนักสำหรับก่อผนัง หากต้องการเผาเพื่อให้ได้ความแกร่งจะต้องเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการเผาสูง มักไม่คุ้มในการเผาอิฐของประเทศไทย

4.1.2 ผลการเก็บข้อมูลการกระจายอุณหภูมิภายในเตา

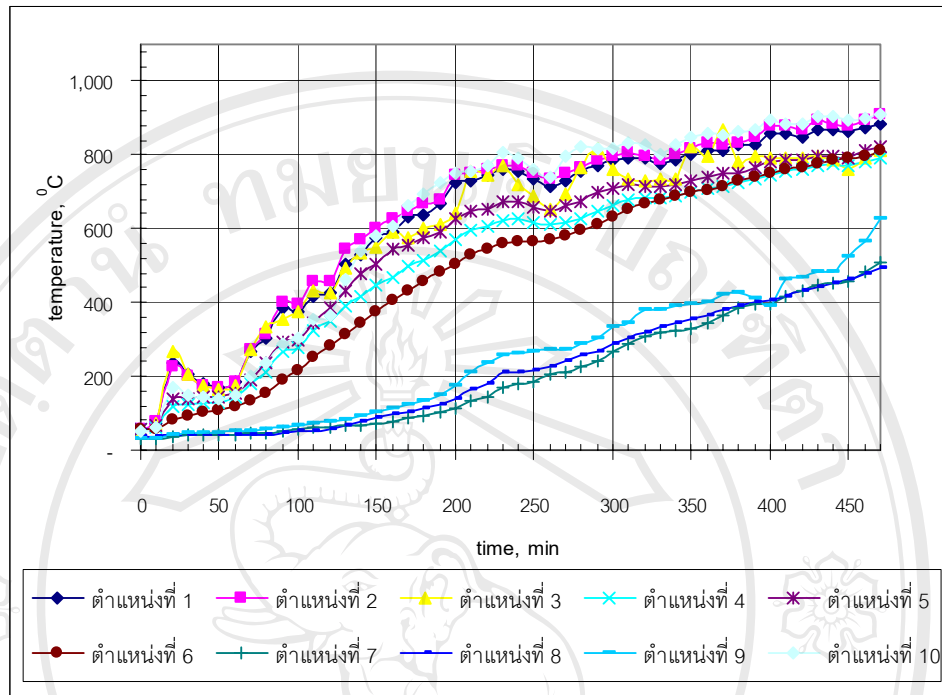
การสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อทำนายการกระจายอุณหภูมิภายในเตา ต้องมีการเปรียบเทียบกับผลของข้อมูลจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากการเผา ในการเก็บข้อมูลจริงเพื่อเปรียบเทียบผลนั้นได้กำหนดจุดเปรียบเทียบไว้ทั้งหมด 9 ตำแหน่ง เป็นการเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิภายในกองอิฐและภายในห้องเผาอิฐ และเก็บอีก 2 จุด ซึ่งเป็นจุดที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิภายในเตาติดอยู่บริเวณด้านบนสุดของห้องเผาอิฐ (จุด P10) และอีกจุดเป็นจุดวัดอุณหภูมิในห้องเผาไหม้จะวัดที่บริเวณเหนือเปลวไฟ ด้านบนห้องเผาไหม้ (จุด P11) หากการกระจายอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอหรือ

สามารถกระจายได้อย่างทั่วถึงภายในห้องเผาอิฐจะทำให้สามารถเผาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้อิฐที่มีคุณภาพที่สม่ำเสมอตลอดทั้งกองอิฐและทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงในการเผาได้



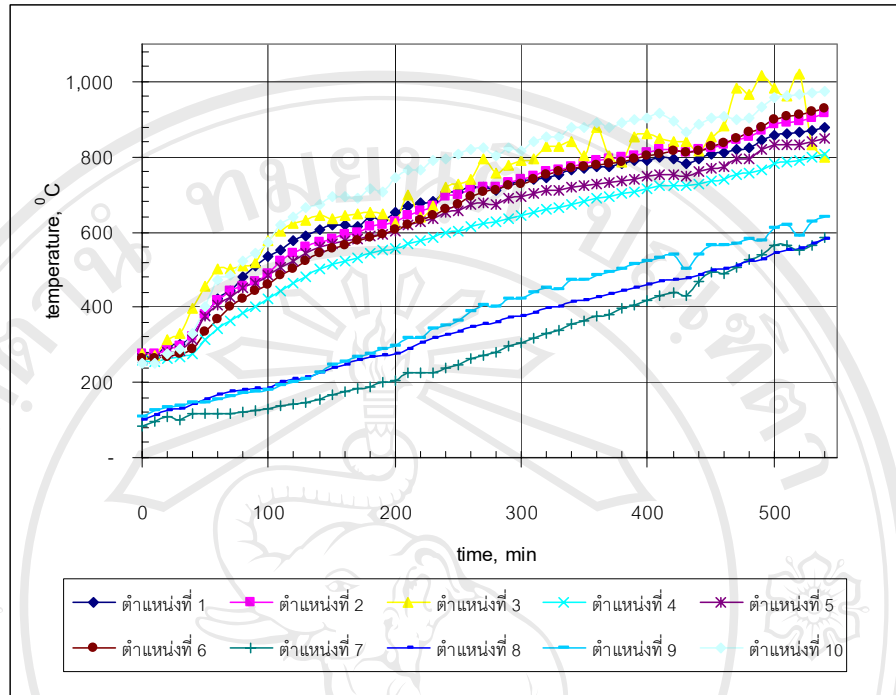
รูปที่ 4.2 แสดงจุดวัดอุณหภูมิภายในห้องเผาอิฐ 11 ตำแหน่ง

แต่ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาอิฐจะไม่สม่ำเสมอมีความแตกต่างกันระหว่างจุดต่างๆ ภายในห้องเผา จากการเก็บข้อมูลจริงจุดที่แตกต่างกันมากที่สุดคือ บริเวณแถวด้านบนสุดและบริเวณแถวล่างสุดของห้องเผาอิฐ สังเกตได้จากกราฟรูปที่ 4.3 ในการเผาอบแรกอุณหภูมิแตกต่างกันโดยเฉลี่ยทั้งกระบวนการเผา 419 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.3) ในการเผาอบสองอุณหภูมิแตกต่างกันโดยเฉลี่ยทั้งกระบวนการเผา 324 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.4) ในการเผาอบสาม อุณหภูมิแตกต่างกันโดยเฉลี่ยทั้งกระบวนการเผา 368 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.5) ในการเผาอบสี่อุณหภูมิแตกต่างกันโดยเฉลี่ยทั้งกระบวนการเผา 422 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.6) เฉลี่ยทั้ง 4 ครั้ง อุณหภูมิแตกต่างกัน 383 องศาเซลเซียส บริเวณแถวกลางกับแถบบนจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันซึ่งแตกต่างกันไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นปัญหาหลักของเตาเผาอิฐประหยัดพลังงานทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน

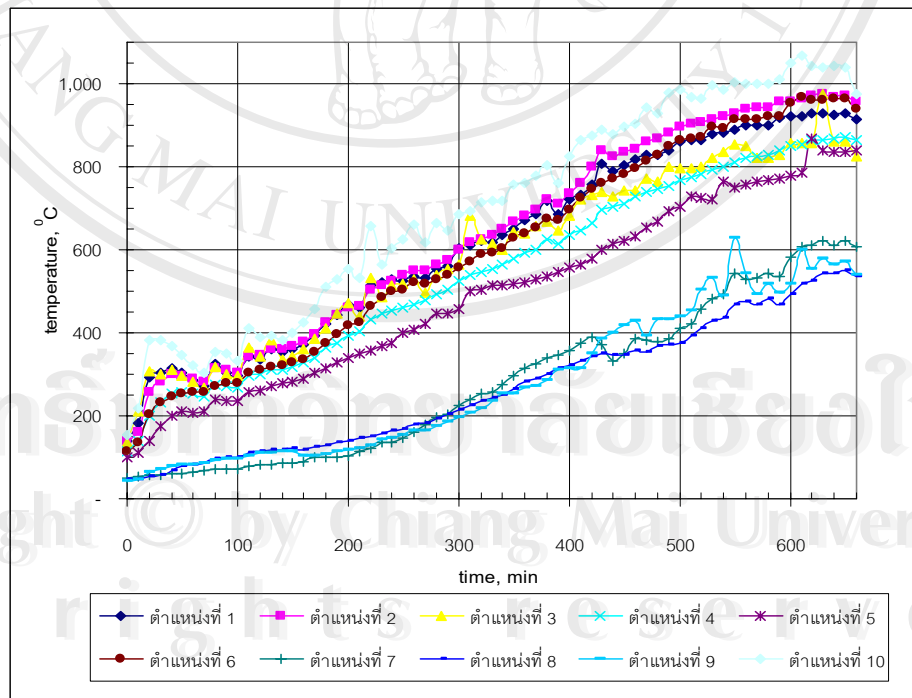


รูปที่ 4.3 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ทดสอบครั้งที่ 1

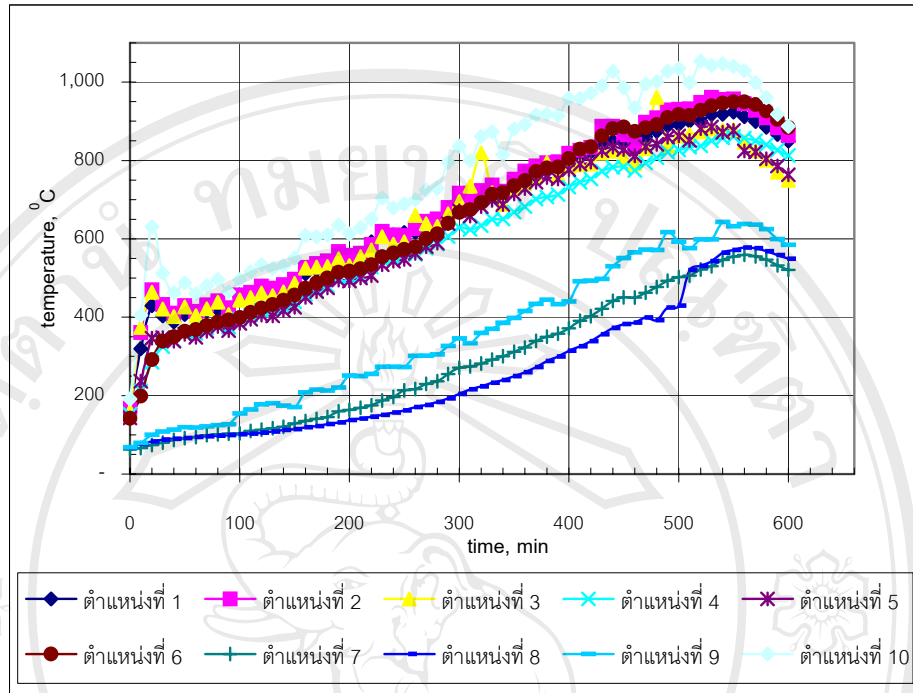
ในการเก็บข้อมูลการกระจายอุณหภูมิรอบที่สองมีลักษณะแนวโน้มเหมือนกันเพียงแต่ในรอบที่สองของการเผาไหม้มีความร้อนสะสมอยู่ในระบบอยู่แล้ว ทำให้อุณหภูมิความแตกต่างกันระหว่างบริเวณด้านบนและด้านล่างมีความแตกต่างกันน้อยกว่าในการเผาไหม้รอบแรก สังเกตจากกราฟในรอบที่สอง รูปที่ 4.4 อุณหภูมิเริ่มต้นจะมากกว่าประมาณ 200 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.4 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ทดสอบครั้งที่ 2



รูปที่ 4.5 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ทดสอบครั้งที่ 3



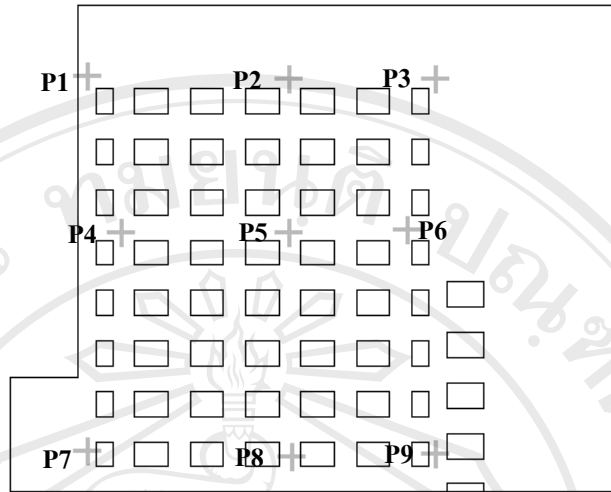
รูปที่ 4.6 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาอิฐทดสอบครั้งที่ 4

ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับผลการคำนวณเชิงตัวเลขได้ทำการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง การทดลองแล้วหาเส้นแนวโน้มทั้ง 4 การทดลองเพื่อเป็นตัวแทนอุณหภูมิแต่ละจุดเพื่อไปทำการเปรียบเทียบผลกับการคำนวณที่จะกล่าวในหัวข้อต่อไป

4.2 การเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับการทดลองจริงและวิเคราะห์ผล

4.2.1 การเปรียบเทียบผลการคำนวณกับการทดลองจริง

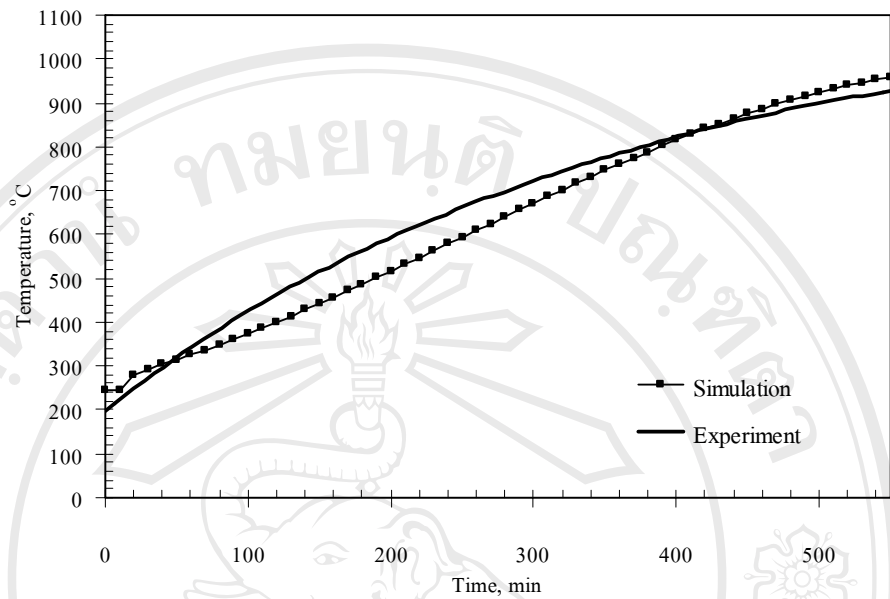
เพื่อความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นจึงได้มีการทดลองเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลอง โดยได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิจริงไว้ 9 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกันกับที่ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลจริงที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้ ดังรูปที่ 4.7



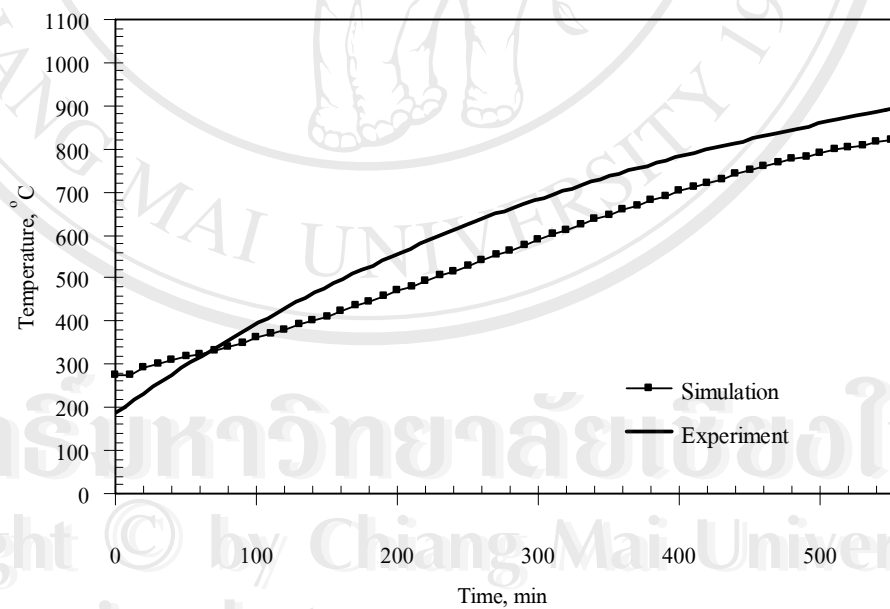
รูปที่ 4.7 แสดงตำแหน่งในการเปรียบเทียบแบบจำลองกับการทดลองจริง

จากการทดลองเก็บข้อมูลการกระจายอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ภายในห้องเผาไหม้เพื่อทำการเปรียบเทียบผลกับการคำนวณเชิงตัวเลขสำหรับการวิเคราะห์ถึงความถูกต้องในการคำนวณเพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ทำนายการกระจายอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง พบว่าเมื่อได้ทำการเปรียบเทียบเป็นเส้นกราฟสองเส้นโดยเส้นหนึ่งเป็นเส้นที่เป็นตัวแทนจากการทดลองการเผาไหม้จริงอีกครั้งการทดลองกับเส้นที่สองเป็นค่าที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลขจะสามารถแบ่งกราฟได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกจะมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับแบบจำลองคือบริเวณด้านบนและกลางกองอิฐและกลุ่มที่สองคือบริเวณด้านล่างของกองอิฐซึ่งมีความคลาดเคลื่อนสูง ในส่วนนี้จึงได้แยกอธิบายเป็นสองกลุ่มด้วยกัน

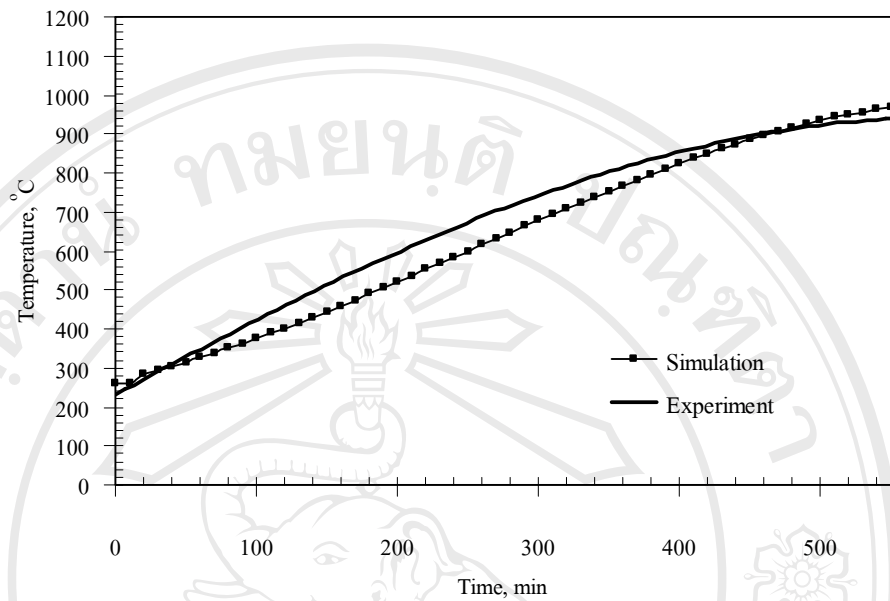
กลุ่มแรกบริเวณด้านบนและกลางกองอิฐซึ่งมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับแบบจำลองมากได้ทำการเปรียบเทียบไว้ 6 ตำแหน่งดังนี้ ตำแหน่งแรกเป็นตำแหน่งบริเวณทางด้านบนของห้องเผาไหม้ทางด้านซ้าย (ตำแหน่ง P1) ดังรูปที่ 4.8 ตำแหน่งที่สองบริเวณด้านบนห้องเผาไหม้ตรงกลาง (ตำแหน่ง P2) ดังรูปที่ 4.9 ตำแหน่งที่สามบริเวณด้านบนห้องเผาไหม้ทางด้านขวา (ตำแหน่ง P3) ดังรูปที่ 4.10 ตำแหน่งที่สี่บริเวณกลางห้องเผาไหม้ทางด้านซ้าย (ตำแหน่ง P4) ดังรูปที่ 4.11 ตำแหน่งที่ห้าบริเวณกลางห้องเผาไหม้ตรงกลาง (ตำแหน่ง P5) ดังรูปที่ 4.12 ตำแหน่งที่หกบริเวณกลางห้องเผาไหม้ทางด้านขวา (ตำแหน่ง P6) ดังรูปที่ 4.13



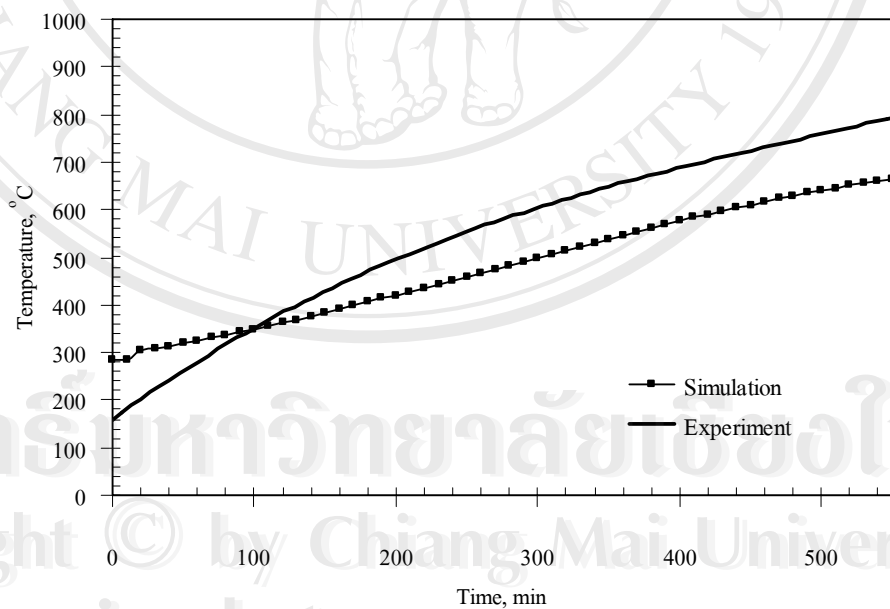
รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านบนห้องเผาไหม้ทางด้านซ้าย (ตำแหน่ง P1)



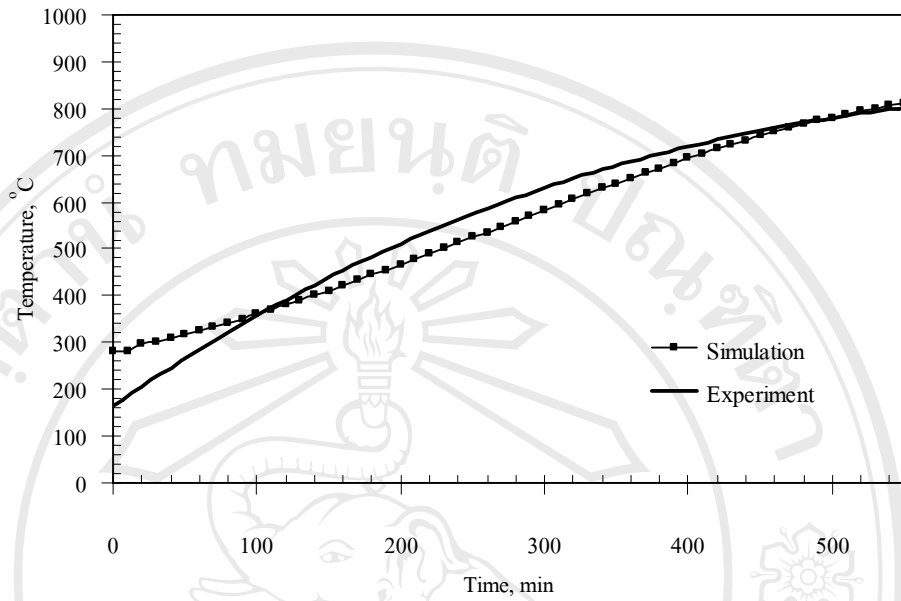
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านบนห้องเผาไหม้ตรงกลาง (ตำแหน่ง P2)



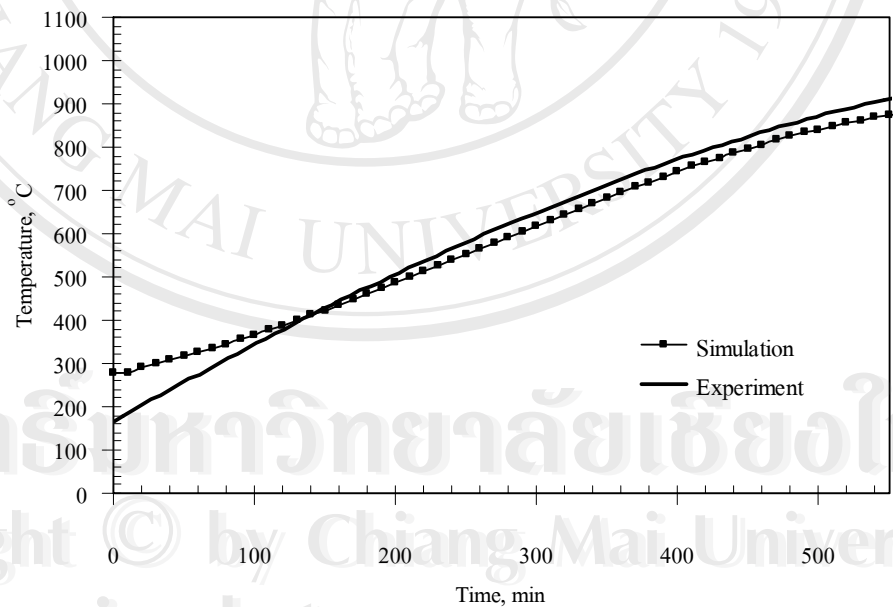
รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านบนห้องเผาไหม้ทางด้านขวา (ตำแหน่ง P3)



รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณกลางห้องเผาไหม้ทางด้านซ้าย (ตำแหน่ง P4)



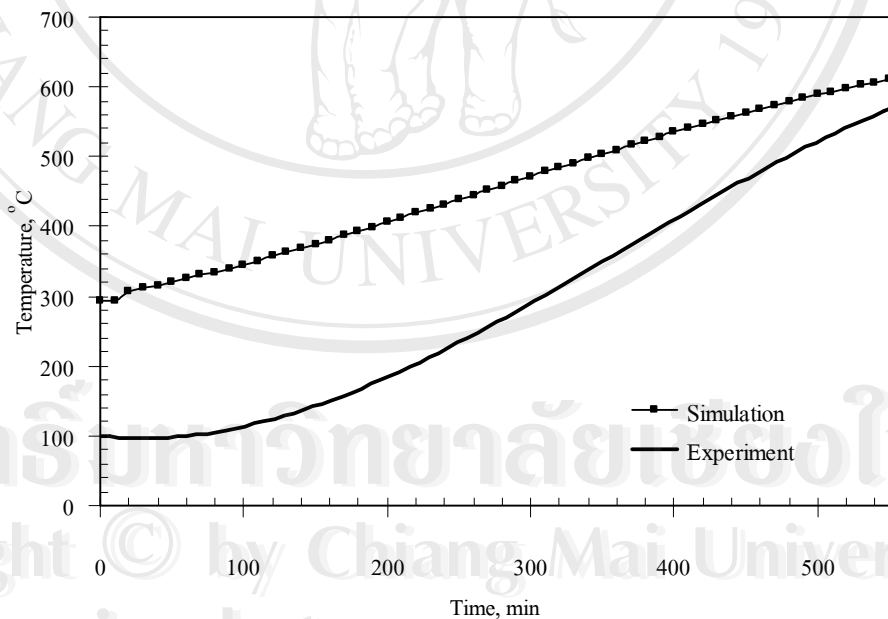
รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณกลางห้องเผาไหม้ตรงกลาง (ตำแหน่ง P5)



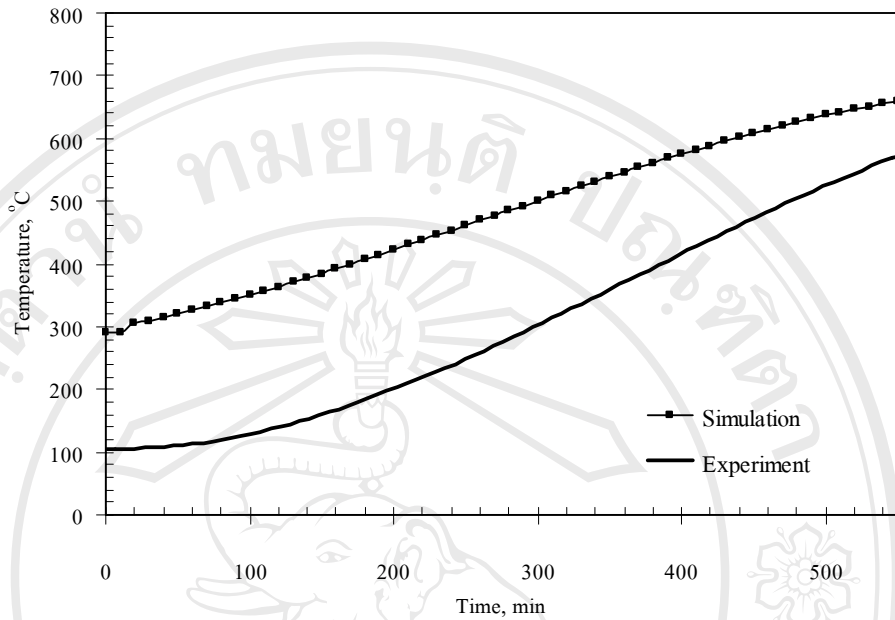
รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณกลางห้องเผาไหม้ทางด้านขวา (ตำแหน่ง P6)

รูปที่ 4.8-4.13 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่างๆ 6 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นบริเวณด้านบนและด้านล่างของกองอิฐพบว่าอุณหภูมิจากแบบจำลองเชิงตัวเลขมีค่าที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิจากการทดลองกล่าวคือมีแนวโน้มการเพิ่มอุณหภูมิไปในทิศทางเดียวกันตลอดกระบวนการเผา สังเกตจากกราฟจะเห็นว่าอุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองเนื่องจากในการตั้งสมมติฐานให้ของไหลเป็นอากาศร้อนแต่เพียงอย่างเดียวจะทำให้ความร้อนที่จุดต่างๆ น้อยกว่าจากการทดลองที่เป็นความร้อนจากปฏิกิริยาสันดาปของเชื้อเพลิงซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่คายพลังงานออกมามากกว่าและในการเคลื่อนที่ของของไหลภายในห้องเผาอิฐจะมีไอน้ำผสมอยู่ด้วยซึ่งระเหยออกมาจากก้อนอิฐ แต่ในแบบจำลองเป็นเพียงอากาศร้อนเคลื่อนที่แต่เพียงอย่างเดียวจึงทำให้ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากการทดลอง

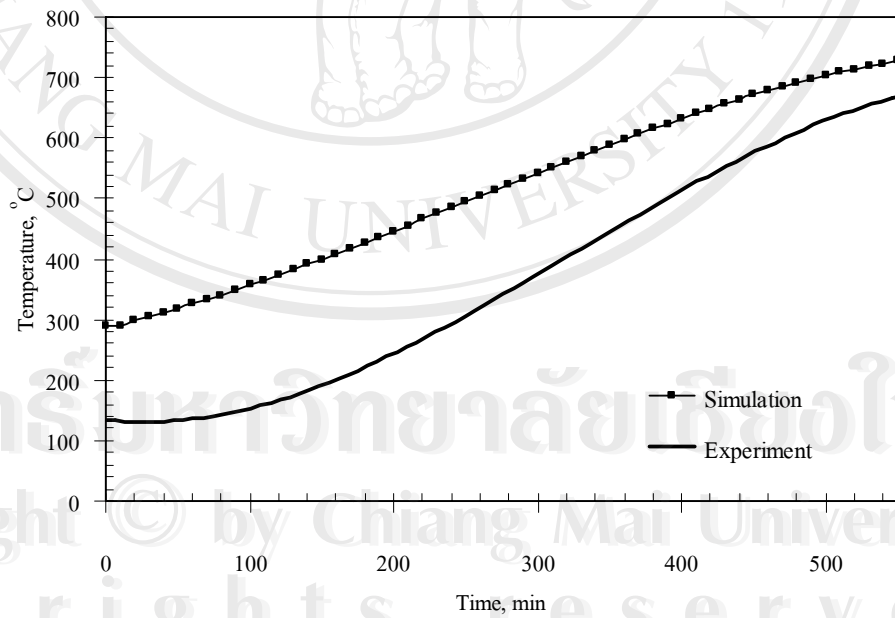
กลุ่มที่สองคือบริเวณด้านล่างกองอิฐ 3 ตำแหน่ง ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองค่อนข้างมากแต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ตำแหน่งแรกคือตำแหน่งบริเวณด้านล่างห้องเผาอิฐทางด้านซ้าย (ตำแหน่ง P7) ดังรูปที่ 4.14 ตำแหน่งที่สองคือบริเวณด้านล่างห้องเผาอิฐตรงกลาง (ตำแหน่ง P8) ดังรูปที่ 4.15 ตำแหน่งที่สามคือบริเวณด้านล่างห้องเผาอิฐทางด้านขวา (ตำแหน่ง P9) ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านล่างห้องเผาอิฐทางด้านซ้าย (ตำแหน่ง P7)

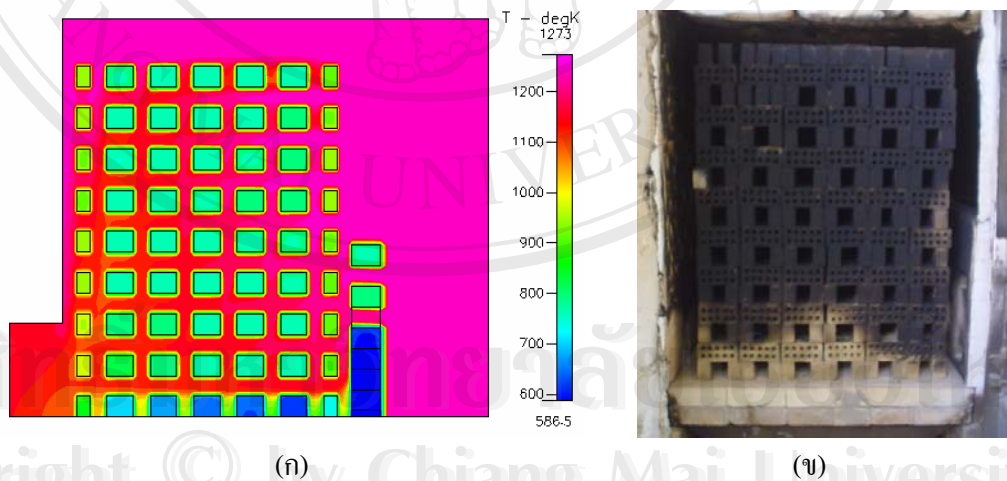


รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านล่างห้องเผาไหม้ตรงกลาง (ตำแหน่ง P8)



รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านล่างห้องเผาไหม้ทางด้านขวา (ตำแหน่ง P9)

จากกราฟรูปที่ 4.14-4.16 พบว่าจากการทดลองเก็บข้อมูลอุณหภูมิบริเวณห้องเผาอิฐทางด้านล่างพบว่าอุณหภูมิที่วัดได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง และเส้นกราฟที่มีความห่างกันมากในช่วงแรกค่อยๆ ถูเข้าใกล้กันในช่วงปลายที่เวลาประมาณ 500 นาที อุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลองมีค่ามากกว่าค่าอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองเนื่องจากปัญหาของระบบเตาจริงซึ่งเกิดรอยรั่วบริเวณด้านข้างรอบๆ รถซึ่งเป็นบริเวณด้านล่างของกองอิฐทำให้อากาศเย็นรั่วเข้าสู่ภายในห้องเผาซึ่งทำให้อุณหภูมิในบริเวณด้านล่างของกองอิฐในช่วงแรกของกระบวนการเผาต่ำกว่าในแบบจำลอง เพราะในแบบจำลองได้กำหนดค่าให้ไม่มีความร้อนผ่านเข้าออกผนังได้ จึงทำให้การกระจายความร้อนภายในเตาของแบบจำลองมีอุณหภูมิสูงกว่าประกอบกับตำแหน่งที่ใช้ในการวัดเก็บข้อมูลเป็นตำแหน่งที่ใกล้บริเวณด้านหน้าประตูเตาซึ่งเป็นจุดที่อุณหภูมิต่ำกว่าในบริเวณอื่นๆ เนื่องจากลักษณะการไหลจากการทดลองมีการไหลในบริเวณนี้น้อยกว่าด้านในทางด้านหลัง และอุณหภูมิในช่วงหลังกลับมามีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากอิทธิพลของการแพร่ความร้อนสูงกว่าอิทธิพลของการพาความร้อนภายในเตา ประกอบกับการเผาในช่วงแรกเป็นการไล่น้ำออกจากอิฐจึงทำให้อุณหภูมิภายในเตาน้อยกว่าอุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลอง แต่เมื่อไล่น้ำออกจนหมดแล้วความร้อนสามารถถ่ายเทสู่อิฐได้ดีขึ้นในช่วงปลายกระบวนการเผาที่อุณหภูมิสูงจึงทำให้อุณหภูมิกลับมาใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับการทดลองจริง (ก) แบบจำลอง 2 มิติ ที่อัตราการไหล 600 kg/hr อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส, (ข) อิฐภายในห้องเผาอิฐจากการทดลอง

เมื่อได้ทำการเปรียบเทียบผลอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริงเชิงตัวเลขแล้วยังได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลจากรูปภาพ ซึ่งสามารถยืนยันว่าผลที่ได้จากแบบจำลองเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลที่ได้จากแบบจำลอง รูปที่ 4.17 (ก) แสดงการกระจายอุณหภูมิและการไหลของอากาศร้อนภายในห้องเผาไหม้ จะพบว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดจะเป็นบริเวณกองอิฐด้านล่าง ซึ่งเป็นปัญหาของเตาเผาอิฐชนิดนี้ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บข้อมูลและทดลองเผาจริง ดังรูปที่ 4.17 (ข) เป็นกองอิฐในห้องอุ่นอิฐถัดจากห้องเผาไหม้ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงการไหลที่เกิดขึ้นจริงได้ เนื่องจากอากาศร้อนได้ไหลจากห้องเผาไหม้จะมีเขม่าจากไม้ฟืนมาเกาะส่วนที่อากาศไหลผ่าน จะเห็นว่าบริเวณด้านล่างกองอิฐมีเขม่าจากไม้ฟืนเกาะน้อยที่สุดซึ่งแสดงว่ามีก๊าซร้อนไหลผ่านทางด้านล่างน้อย ทำให้การกระจายอุณหภูมิในบริเวณนี้น้อย จากปัญหาความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านบนและด้านล่างของกองอิฐมีความแตกต่างกันมากจึงจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการเผาไหม้

4.2.2 สรุปสาเหตุของความคลาดเคลื่อน

1. ในการวัดข้อมูลจริงนั้นไม่สามารถวัดได้ในตำแหน่งบริเวณกลางเตาได้ซึ่งจะเป็นตัวแทนของข้อมูลที่ดีที่สุด เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือวัดและตำแหน่งที่วัดเป็นภายในกองอิฐจึงไม่สามารถวัดได้ ซึ่งในการวัดจริงวัดได้แต่บริเวณด้านหน้าใกล้ประตูเท่านั้น

2. กำหนดแบบจำลองเป็นแบบ 2 มิติ นั่นคือ การกำหนดให้อากาศมีการเคลื่อนที่ได้แค่ 2 แกน จากขวาไปซ้าย บนลงล่างทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนในแบบจำลองนั้นบริเวณด้านล่างจึงมีการเคลื่อนที่ได้มากกว่าการทดลองที่เป็นการเคลื่อนที่ในแบบ 3 มิติ จากการทดลองจริงนั้นอากาศบริเวณด้านล่างจะเคลื่อนที่ไปด้านหลังด้วย ทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศร้อนบริเวณด้านล่างน้อยกว่าบริเวณกลางและด้านบนของเตา

3. การตั้งสมมติฐานในการคำนวณที่แตกต่างจากการทดลอง โดยการกำหนดในแบบจำลองเป็นการไหลของอากาศร้อนอย่างเดียวไม่ได้เกิดจากการสันดาปตามปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นปฏิกิริยาการคายพลังงานออกมาซึ่งให้ความร้อนมากกว่าการกำหนดให้อากาศร้อนเคลื่อนที่แต่เพียงอย่างเดียวและของไหลถูกกำหนดให้เป็นของไหลสถานะเดียวคือ เป็นอากาศร้อนเพื่อความสะดวกในการคำนวณและวัดเปรียบเทียบผล แต่ความเป็นจริงในการเผาไหม้จะต้องนำความร้อนที่ได้จากการสันดาปไปประเห่นน้ำด้วยจึงทำให้ของไหลที่เกิดขึ้นมี 2 สถานะประกอบด้วยไอน้ำและอากาศ

4. ในการกำหนดค่าเงื่อนไขที่ขอบบริเวณทางเข้าแบบจำลองกำหนดเป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform Flow) คือ อากาศเคลื่อนที่เข้าสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัด แต่โดยการทำงานจริงนั้นเวลาไฟฟืนไม่สามารถทำให้ฟืนกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ตรงกลางตลอดระยะเวลาในการเผาไหม้ และปฏิกิริยาการลุกไหม้จะเคลื่อนที่แบบปั่นป่วนโดยสังเกตจากลักษณะ

ของเปลวไฟไม่ได้ราบเรียบสม่ำเสมอเหมือนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แต่หากทำการกำหนดให้การไหลเป็นแบบไม่ราบเรียบหรือไม่สม่ำเสมอได้จริง ก็ไม่สามารถนำเครื่องมือไปวัดการกระจายความเร็วภายในเพื่อเปรียบเทียบผลได้ซึ่งเป็นจุดที่ยากในการควบคุมเงื่อนไข

4. บริเวณ 3 จุดด้านล่างมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดแต่สามารถยอมรับได้ในแง่ของการทำนายแนวโน้มและระยะเวลา สาเหตุความคลาดเคลื่อนเกิดมาจากปัญหาของระบบเตาจริงซึ่งเกิดรอยร้าวบริเวณด้านข้างรอบๆรถ เป็นจำนวนมากทำให้อากาศเย็นรั่วเข้าบริเวณนี้ซึ่งบริเวณนี้ทำให้อุณหภูมิในบริเวณด้านล่างในช่วงแรกของการทดลองต่ำกว่าในแบบจำลองเพราะในแบบจำลองไม่มีความร้อนผ่านเข้าออกระบบ จึงทำให้การกระจายความร้อนภายในเตาของแบบจำลองดีกว่า และในช่วงหลังมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากอิทธิพลของการแพร่ความร้อนสูงกว่าอิทธิพลของการพาความร้อนภายในเตาจึงทำให้อุณหภูมิกลับมาใกล้เคียงกัน

4.3 การศึกษาลักษณะการกระจายอุณหภูมิ ความเร็วจากและวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลขเมื่อเปลี่ยนอัตราการไหลและอุณหภูมิเผา

การศึกษาผลของอัตราการไหลของอากาศร้อนและอุณหภูมิเผา มีผลอย่างไรต่อการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิภายในห้องเผาได้ทำการสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขไว้ 9 แบบจำลองด้วยกันโดยทำการปรับอัตราการไหลของระบบไว้ 3 ค่า และอุณหภูมิเผาไว้ 3 ค่า ตามที่ได้กล่าวไว้อย่างละเอียดในบทที่ 3 เพื่อสามารถอธิบายพฤติกรรมการไหลและหาแบบจำลองเชิงตัวเลขที่เหมาะสมสำหรับการกระบวนกรเผาจริง ซึ่งขั้นตอนในการทดสอบนั้นขั้นแรกจะต้องเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลขถึงความถูกต้องกับข้อมูลจริงก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นไม่ได้ผิดจากข้อมูลจริงอันด้วยมาจากการกำหนดค่าใดๆ ผิดหรือใส่ค่าไม่ครบ หากการเปรียบเทียบในขั้นแรกสามารถอธิบายผลการคำนวณได้เหมือนกับข้อมูลจริงจึงทำการเปลี่ยนค่าที่จะทำการศึกษาตามแบบจำลองที่ได้กำหนดไว้ 9 แบบจำลอง โดยส่วนนี้จะกล่าวถึงลักษณะการกระจายความเร็ว ลักษณะการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาและศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการไหลและอุณหภูมิเผา

4.3.1 ลักษณะการกระจายความเร็ว

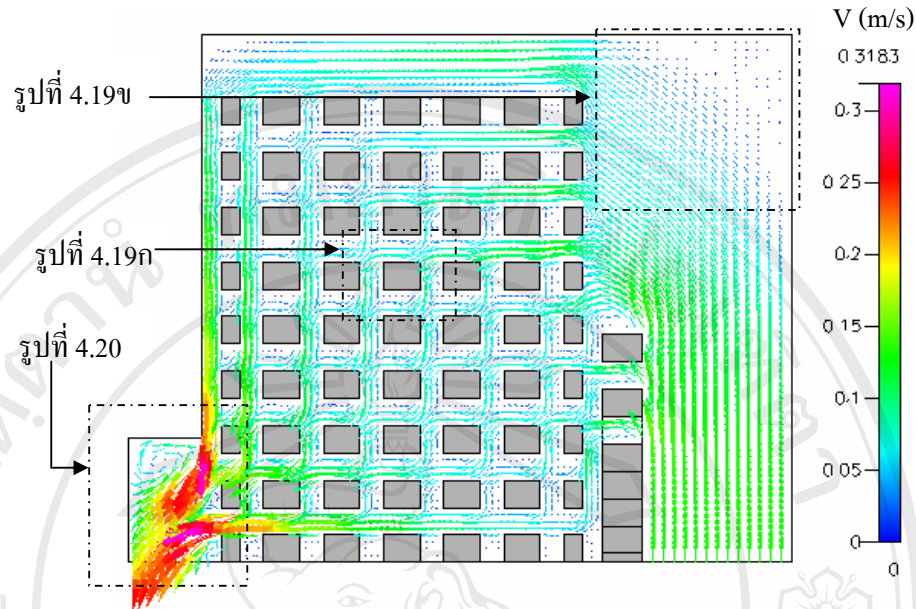
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการกระจายตัวของสนามความเร็วโดยรวม เนื่องจากในช่วงของอัตราการไหลที่ได้ทำการศึกษานั้นได้ให้ผลการกระจายความเร็วที่มีลักษณะคล้ายกันในแต่ละแบบจำลอง อัตราการไหลที่ได้ทำการปรับเปลี่ยน คือ 200, 400 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง วิธีการกำหนดค่า

ของอัตราการไหลต่างๆ กันได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 แล้วในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลของการคำนวณเชิงตัวเลข

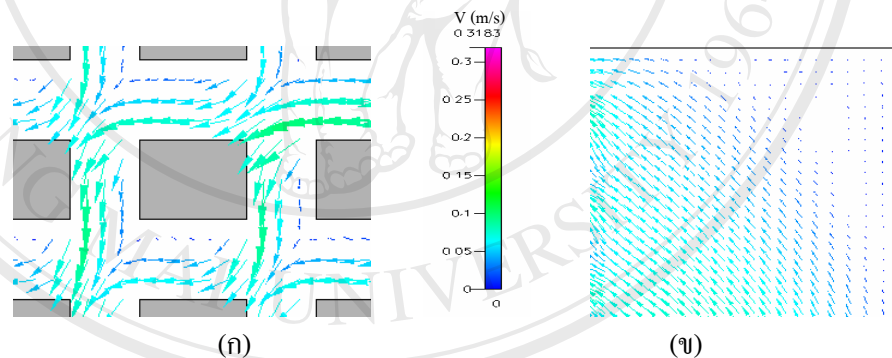
การอธิบายถึงผลการกระจายความเร็วภายในห้องเผาจะทำการอธิบายที่อุณหภูมิเท่ากัน เพื่อศึกษาถึงผลของอัตราการไหลของอากาศร้อนอย่างเดียวกัน ที่มีผลต่อการกระจายความเร็ว และเพื่อความสะดวกในการเข้าใจจะอธิบายผลในลักษณะ 2 มิติ ทั้งแบบ จำลอง 2 และ 3 มิติ โดยแบบจำลอง 3 มิติ จะพูดถึงภาพรวมและตัดบางส่วนมาอธิบายเป็นส่วนๆ ไป การอธิบายถึงลักษณะการกระจายความเร็วจะเลือกที่อัตราการไหล 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มาอธิบายถึงลักษณะการไหล เนื่องจากในแบบจำลองที่อัตราการไหลค่าอื่นๆ ภายในช่วงที่ทำการคำนวณจะให้รูปร่างลักษณะการกระจายตัวทางด้านความเร็วที่เหมือนกัน ต่างกันแต่ขนาดความเร็วที่จุดใดๆ เนื่องมาจากความเร็วทางเข้าที่แตกต่างกัน แล้วในตอนท้ายของหัวข้อนี้จะกล่าวถึงขนาดความเร็วโดยสรุปเพื่อเปรียบเทียบการกระจายความเร็วเป็นภาพรวมของทุกแบบจำลอง

อัตราการไหลในระบบจะมาเป็นตัวกำหนดความเร็วทางเข้าของห้องเผาอิฐในแต่ละแบบจำลอง ซึ่งจากการกำหนดค่าความเร็วทางเข้าห้องเผาอิฐที่อัตราการไหล 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็นอัตราการไหลที่ต่ำที่สุดในการคำนวณเชิงตัวเลข ซึ่งความเร็วทางเข้าที่อุณหภูมิเผา 800 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.1329 เมตรต่อวินาที

ลักษณะการไหลจะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) อย่างรวดเร็วเมื่อระบบเริ่มทำงาน จากการคำนวณเชิงตัวเลขจะใช้เวลาประมาณ 20 นาที แล้วรูปร่างลักษณะการไหลจะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจากดังรูปที่ 4.18 แสดงลักษณะการไหลเป็นเวกเตอร์ความเร็ว ขนาดความเร็วที่ปรากฏทางด้านขวามือเป็นขนาดความเร็วรวมทั้งสองแกน (แกน X และแกน Y) พบว่าความเร็วที่มากที่สุดคือ 0.3183 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วบริเวณทางออกดูจากแถบสีเป็นสีชมพู และความเร็วทางเข้าเป็นความเร็วที่กำหนดไว้แต่แรกในการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.3129 เมตรต่อวินาที ดูจากแถบสีจะเป็นสีเขียวบริเวณทางเข้า เนื่องจากกำหนดให้ทางเข้ามีการไหลเข้าแบบสม่ำเสมอ (Uniform Flow) สังเกตบริเวณทางเข้าจะเป็นสีเดียวกันแสดงถึงความเร็วที่มีค่าเท่ากัน บริเวณที่เป็นสีเทาจะเป็นกำแพงกันไฟกับกองอิฐ การเคลื่อนที่ของอากาศร้อนจะเคลื่อนที่จากทางเข้าด้านล่างออกไปทางด้านบนตามแนวแกน Y แล้วเคลื่อนตัวผ่านกองอิฐไปสู่ทางออกทางด้านล่างซ้าย บริเวณทางเข้ามีบางส่วนเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างของผนังกันไฟดังรูปที่ 4.18



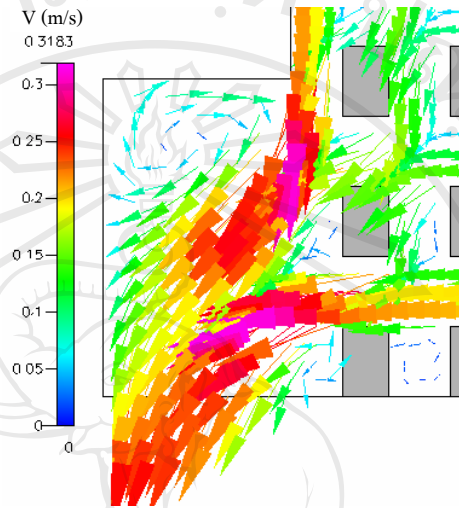
รูปที่ 4.18 ลักษณะการไหลของอากาศร้อนที่อัตราการไหล 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ที่เวลา 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.19 ลักษณะการไหลของอากาศร้อน (ก) ผ่านกองอิฐ (ข) บริเวณมุมห้องเผาไหม้

ลักษณะการเคลื่อนตัวของอากาศร้อนผ่านกองอิฐบริเวณกลางห้องเผาไหม้ การเคลื่อนตัวจะเคลื่อนผ่านไปรอบๆ กองอิฐตามแนวแกน X และแกน Y โดยความเร็วที่เคลื่อนที่ผ่านจะมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากความซับซ้อนของการวางเรียงก้อนอิฐ ความเร็วมีค่าประมาณ 0.05-0.17 เมตรต่อวินาที บริเวณมุมห้องมีการเคลื่อนตัวของอากาศร้อนน้อยที่สุด สืบเนื่องจากขนาดของเวกเตอร์มีขนาดเล็กและมีการหมุนวน (Vortex) อยู่กับที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.0-0.09 เมตรต่อวินาที ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่แบบนี้จะเกิดบริเวณมุมด้านบนทั้งสองด้านของห้องเผาอิฐ ลักษณะการเคลื่อนตัวแบบนี้

เป็นการเคลื่อนที่อยู่ที่เดิมทำให้การพาไอน้ำออกจากห้องนั้นไม่ดีหากเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง จะส่งผลต่อระยะเวลาการเผาโดยรวมของระบบอีกวิธีของการแก้แบบนี้คือ ทำหลังคาโค้งเพื่อให้การเคลื่อนที่ของอากาศร้อนเคลื่อนที่ได้ดีขึ้นและไม่เกิดการเคลื่อนแบบไหลวน



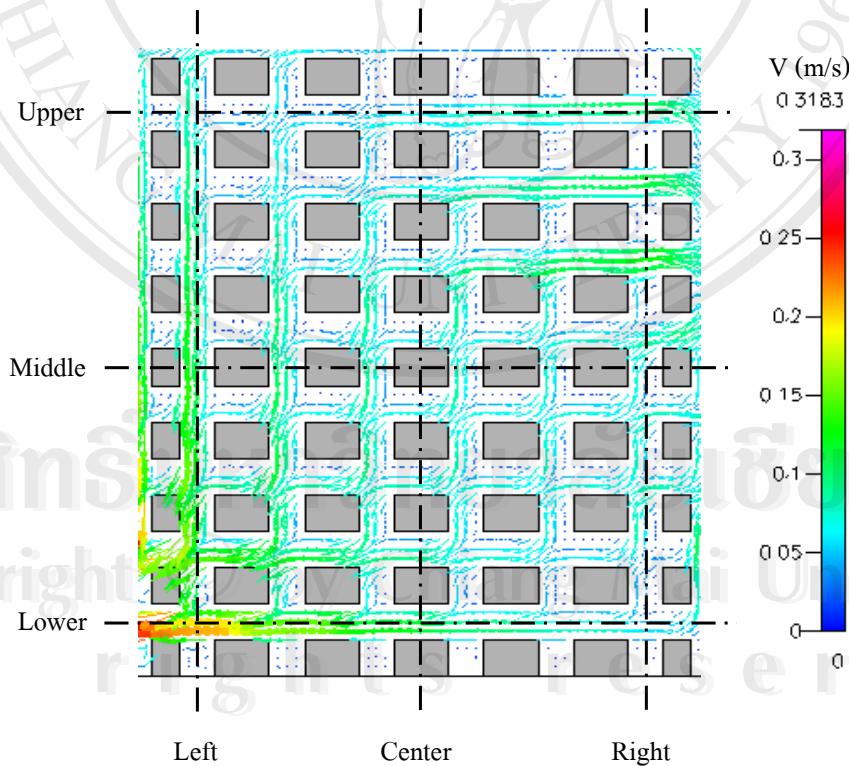
รูปที่ 4.20 ลักษณะการไหลของอากาศร้อนบริเวณช่องทางออก

บริเวณทางออกเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วสูงโดยมีค่าความเร็วต่ำตั้งแต่ 0.01 เมตรต่อวินาที ไปจนถึงความเร็วสูงมีค่า 0.3183 เมตรต่อวินาที เนื่องจากการไหลของอากาศร้อนมีบริเวณทางออกเพียงทางเดียวและมีความกว้างเพียง 20 เซนติเมตร เมื่อพื้นที่หน้าตัดมีการเปลี่ยนแปลงลดลง จากกฎทรงมวลที่มีอัตราการไหลเข้าเท่ากับอัตราการไหลออก ทำให้ความเร็วในส่วนนี้มีค่าเพิ่มขึ้นสูง

อีกบริเวณที่มีความสำคัญในการเผาไหม้คือ บริเวณผนังกันไฟซึ่งจะอยู่ติดกับห้องเผาไหม้ โดยหน้าที่เพื่อป้องกันไฟไม่ให้ลุ้มนหรือลามมาถูกกองอิฐได้จึงจำเป็นต้องมีผนังส่วนนี้ จะเห็นว่าการเคลื่อนตัวของอากาศร้อนผ่านบริเวณช่องว่างของผนังกันไฟ โดยมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 0.10 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับความเร็วบริเวณทางเข้า ส่วนนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของช่องว่างของผนังกันไฟบริเวณทางเข้า หากช่องว่างนี้มีขนาดเล็กหรือไม่ก็จะส่งผลกระทบต่อการเผาไหม้บริเวณด้านล่างของกองอิฐ จะทำให้อากาศไม่สามารถไหลผ่านด้านล่างบริเวณผนังกันไฟทำให้อิฐไม่แห้งหรือได้คุณภาพต่ำเนื่องจากอากาศร้อนเคลื่อนตัวผ่านไม่ทั่วถึงหรือต้องใช้เวลาในการเผานานกว่าที่ควรจะเป็น แต่หากออกแบบให้มีขนาดที่กว้างจนเกินไปก็จะไม่สามารถเป็นกำแพงกันไฟได้อาจทำให้ไฟบางขึ้นตลอดตามช่องว่างนี้ตอนใส่ไฟ มากระทบกับกองอิฐ ซึ่งจะทำให้กองอิฐล้มแตกหักภายในห้องเผา ก่อความเสียหายให้แก่อิฐหรือผนังกันไฟได้

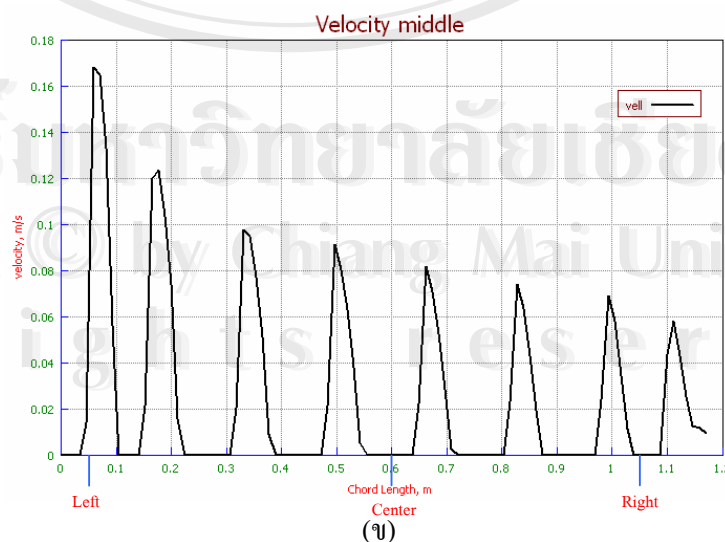
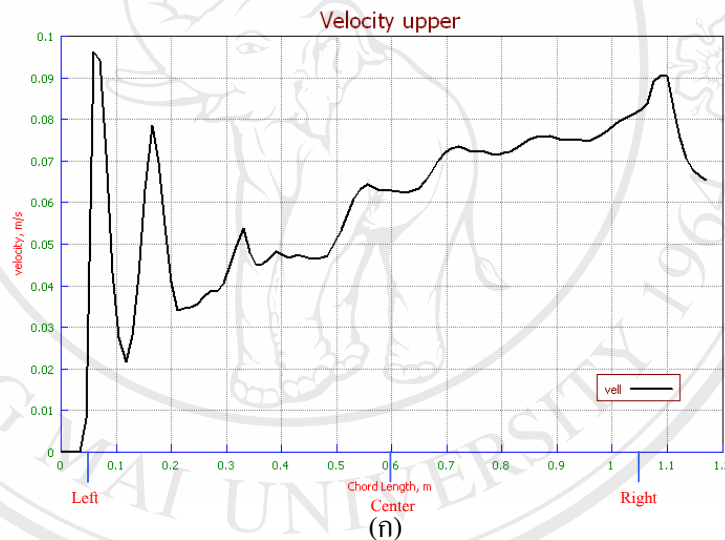
ลักษณะการกระจายความเร็วในกองอิฐแต่ละชั้นนั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน โดยการกระจายความเร็วในแต่ละบริเวณของกองอิฐมีความสำคัญมากในช่วงเริ่มแรกของการเผา เนื่องจากช่วงแรกของกระบวนการเผามีการระเหยของน้ำมากหากมีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนได้ดี หรือสามารถเคลื่อนที่ได้ทั่วถึงทั้งกองอิฐจะสามารถนำไอน้ำที่ระเหยออกจากก้อนอิฐได้ดีทำให้อิฐนั้นแห้งได้รวดเร็ว แต่หากการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนบางบริเวณเข้าได้ไม่ทั่วถึงก็จะทำให้ในส่วนนั้นมีการนำไอน้ำที่ระเหยออกไปได้น้อย ซึ่งจะเพิ่มเวลาในการเผาโดยรวมทั้งกระบวนการ แต่เมื่อทำการเผาไประยะหนึ่งจนน้ำในอิฐนั้นระเหยออกไปจนหมดแล้วการเคลื่อนตัวของอากาศจะมีผลน้อยลง เนื่องจากเมื่อทำการเผาไปเรื่อยๆ อุณหภูมิภายในเตาจะสูงขึ้น การแพร่ (Diffusive Term) หรือการแผ่รังสีความร้อนจะมีผลมากกว่าการไหลของอากาศ แต่เมื่อกระบวนการเผมาถึงขั้นนี้จะเป็นการเผาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของอิฐ เทอมของการพาความร้อน (Convective Term) ในการคำนวณเชิงตัวเลขจะมีผลต่อกระบวนการเผอิฐในช่วงนี้น้อยลง

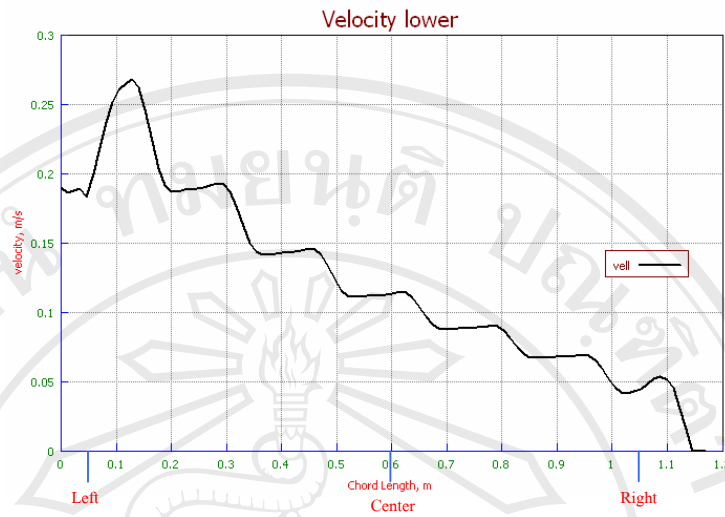
ภาพตัดส่วนกองอิฐดังรูปที่ 4.21 จากรูปที่เห็นเป็นช่องว่างอากาศร้อนสามารถเคลื่อนที่ได้ทั่วด้านรอบก้อนอิฐแต่ละก้อน ซึ่งเป็นภาพตัดส่วน 2 มิติ จากแบบจริง 3 สามมิติ ซึ่งความเป็นจริงอิฐจะเรียงกันเป็นกองแล้วมีช่องเข้าทุกทิศทุกทางในแบบ 3 มิติ



รูปที่ 4.21 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐ

แต่หากทำการตัดภาพจะสามารถแสดงได้เป็นช่องแบบนี้ในแบบจำลอง 2 มิติ แบบจำลองจะมีชั้นของอิฐ (Bricks Layers) 17 ชั้น ขนาดก้อนเท่าของจริงส่วนบริเวณที่เห็นเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ในช่วงกลางกองอิฐจะเป็นอิฐสองก้อนวางติดกันลักษณะการเคลื่อนตัวของอากาศร้อนจะเคลื่อนตัวจากขวาไปซ้ายตามรูป 4.21 แล้วไหลออกบริเวณทางด้านล่างซ้าย (สังเกตจากทิศทางของหัวลูกศร) ต่อไปทำการพิจารณาการกระจายความเร็วในกองอิฐที่จุดต่างๆ เลือกตำแหน่งตัวแทนของการกระจายความเร็วไว้ 6 แถว เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาการกระจายความเร็ว โดยเป็นแถวบน 3 แถว คือ บริเวณด้านบน (Upper) บริเวณตรงกลาง (Middle) บริเวณด้านล่าง (Lower) ของกองอิฐและแถวตั้ง 3 แถว คือบริเวณด้านซ้าย (Left) บริเวณตรงกลาง (Center) บริเวณด้านขวา (Right) ของกองอิฐเมื่อนำค่าความเร็วตามเส้นแถวที่แบ่งไว้ไปพล็อตกราฟได้ ดังรูปที่ 4.22





(ก)

รูปที่ 4.22 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐตามแนวระดับ (แกน X)

(ก) แถวบน (Upper), (ข) แถวกลาง (Middle), (ค) แถวล่าง (Lower)

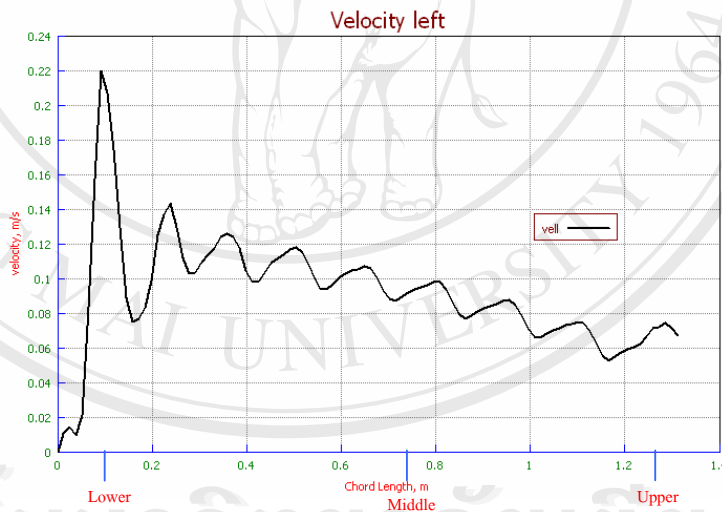
จากรูปที่ 4.22 กราฟแต่ละแถวจากด้านบนถึงด้านล่างของกองอิฐ โดยเริ่มพิจารณาจากแถวบนสุดจะเห็นว่าบริเวณแถวบนสุด (Velocity Upper) รูปที่ 4.22 (ก) ช่วงทางด้านขวาของกองอิฐจะมีความเร็วสูงเนื่องจากว่าในช่วงนี้เป็นช่องอากาศโล่งไม่มีสิ่งกีดขวางภายในโดยที่ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.09 เมตรต่อวินาที แล้วเคลื่อนที่ผ่านกองอิฐความเร็วจะตกลงมาสุดบริเวณตรงกลาง (Center) ของกองอิฐโดยเฉลี่ย 0.065 เมตรต่อวินาที เมื่อเคลื่อนที่จากบริเวณตรงกลางกองอิฐไปความเร็วมีการผันผวนมากเนื่องจากการเคลื่อนตัวเข้าปะทะกับผนังของห้องเผาอิฐทำให้ความเร็วมีความแตกต่างกันมากโดยความเร็วมากที่สุด 0.095 เมตรต่อวินาที และต่ำสุดอยู่ที่ 0.021 เมตรต่อวินาที บริเวณด้านใกล้กับผนังห้องเผา (Left) เมื่อสังเกตจากบริเวณนี้ จะพบว่าการเคลื่อนที่ในช่วงจากบริเวณกลางไปจนถึงด้านซ้ายนั้นจะเป็นการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนในทิศทางตั้ง (-Y-Axis) มากกว่าในทิศทางตามขวาง (-X-Axis) เพราะว่าทางด้านใต้ของบริเวณนี้เป็นช่องทางออกของอากาศร้อนออกจากห้องเผาอิฐซึ่งมีการดูดอากาศร้อนมากกว่าบริเวณอื่นๆ

พิจารณาแถวกลาง (Velocity Middle) รูปที่ 4.22 (ข) การกระจายความเร็วมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นจากขวาไปซ้ายโดยจะมีความเร็วในทิศทางลง (-X-Axis) มากกว่าความเร็วในทิศทางขวาง (-Y-Axis) สังเกตจากกราฟจะมีการขยับขึ้นลงเป็นช่วงๆ บริเวณทางด้านขวาของกองอิฐมีความเร็วต่ำกว่าเนื่องจากว่าหากพิจารณาจากตำแหน่งนี้พบว่าอยู่ตรงบริเวณกับแผงกันไฟทำให้ความเร็ว

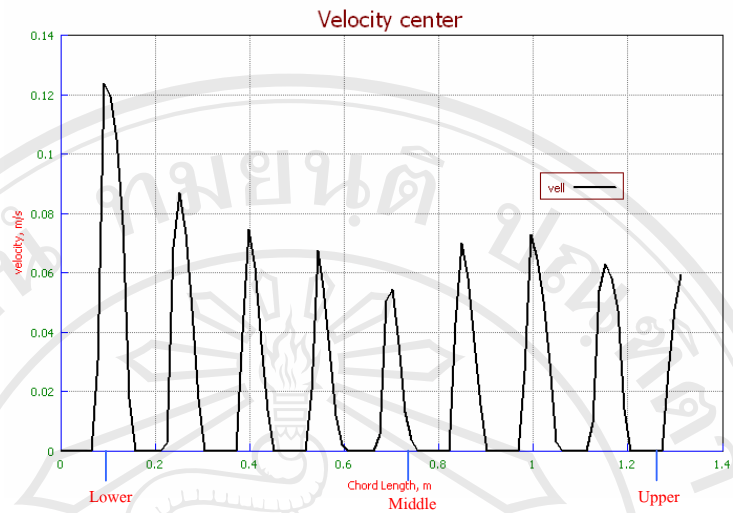
ส่วนนี้มีค่าน้อยและบริเวณทางด้านซ้ายจะมีความเร็วสูงเนื่องจากใกล้ทางออกทางด้านล่าง และความเร็วจะสูงกว่าบริเวณด้านบน (Upper)

พิจารณาแวลล่างสุด (Velocity Lower) รูปที่ 4.22 (ค) การกระจายความเร็วส่วนนี้มีแนวโน้มเพิ่มเมื่ออากาศร้อนเคลื่อนตัวไปทางด้านซ้ายของกองอิฐแต่การกระจายความเร็วของแวลล่างบริเวณใกล้ทางออกจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับด้านบนและแวลกลางโดยมีค่าความเร็วตั้งแต่ 0.5 เมตรต่อวินาที ไปจนถึง 0.27 เมตรต่อวินาที

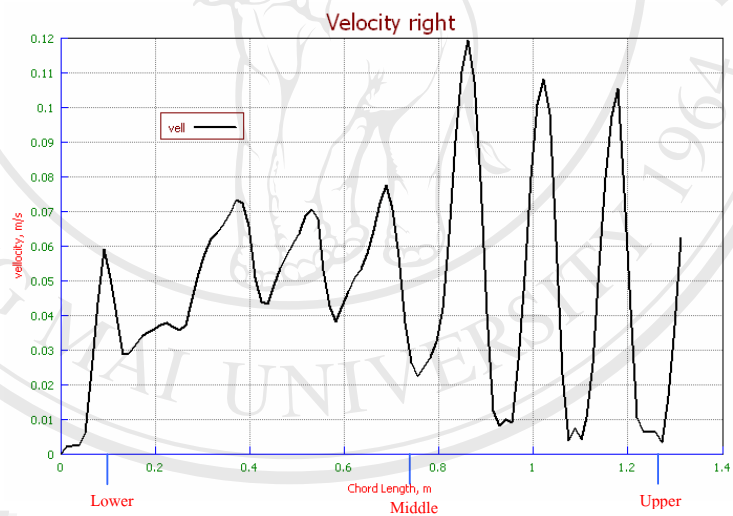
ต่อไปพิจารณาแวลแนวตั้งจากทางด้านซ้ายไปถึงด้านขวาของกองอิฐ จะวิเคราะห์สามแวลเลือกเป็นตัวแทนในการอธิบายเหมือนกันในแนวตั้ง (แกน Y) คือ แวลซ้าย (Left) แวลกลาง (Center) และแวลขวา (Right) ความเร็วแนวตั้งแวลซ้าย (Velocity Left) รูปที่ 4.23 (ก) ความเร็วมีค่าสูงสุดจากทางด้านล่างแล้วค่อยๆ ลดลงทางด้านบนโดยความเร็วในแวลนี้จะมีค่าสูงสุดเนื่องจากอยู่ใกล้ทางออกของอากาศร้อนมากที่สุด ความเร็วมากที่สุด 0.22 เมตรต่อวินาที ความเร็วน้อยสุด 0.07 เมตรต่อวินาที



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.23 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐตามแนวดิ่ง (แกน Y)

(ก) แถวซ้าย (Left), (ข) แถวกลาง (Center), (ค) แถวขวา (Right)

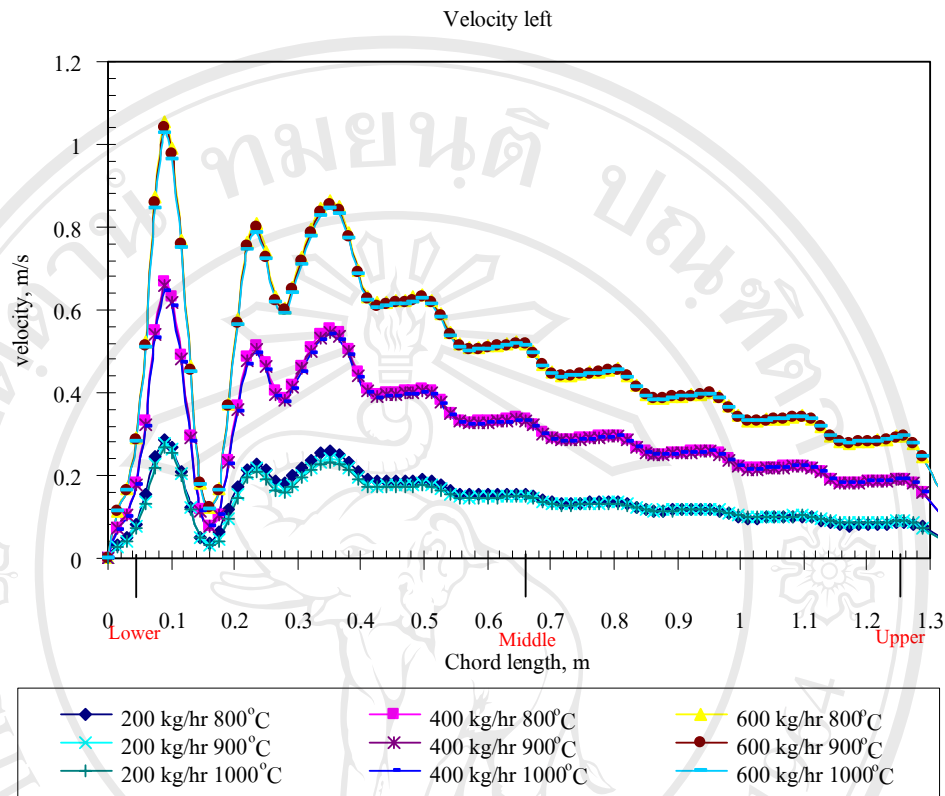
การกระจายความเร็วแถวกลางตามแนวดิ่ง (Velocity Center) รูปที่ 4.23 (ข) ความเร็วมากที่สุด 0.125 เมตรต่อวินาที ความเร็วต่ำสุด 0.55 เมตรต่อวินาที ไม่นับความเร็วที่เป็นศูนย์เนื่องจากเป็น

ช่วงที่ตัดส่วนผ่านก้อนอิฐจึงไม่มีความเร็วมีแนวโน้มการกระจายความเร็วเหมือนกับแถวซ้ายคือ มีความเร็วทางด้านล่างเร็วที่สุดแล้วค่อยๆ ลดลงไปทางด้านบน

การกระจายความเร็วทางด้านขวาสุดของกองอิฐ (Velocity Right) รูปที่ 4.23 (ก) เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับผนังกันไฟ และทางเข้าของอากาศร้อนมากที่สุด ความเร็วมากที่สุด 0.12 เมตรต่อวินาที ความเร็วต่ำสุด 0.005 เมตรต่อวินาที การกระจายความเร็วในช่วงนี้มีการผันผวนสูงมากโดยแนวโน้มความเร็วทางด้านล่างจะน้อยกว่าทางด้านบนของกองอิฐ เนื่องจากด้านล่างจะอยู่ใกล้ผนังกันไฟและด้านบนเป็นบริเวณโล่งความเร็วตามระดับ (แนวแกน X) มีค่าสูงกว่าความเร็วทางแนวตั้ง (แนวแกน Y) โดยเฉลี่ยในทุกบริเวณของอิฐ

สรุปแนวโน้มการกระจายความเร็ว มีลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนบริเวณทางด้านใกล้ทางออกสูงที่สุดและบริเวณทางด้านทางเข้ากองอิฐด้านบนแถบขวาสุดจะมีความเร็วสูงเหมือนกันและบริเวณทางด้านกลางกองอิฐลงมาทางชั้นล่าง จะมีการเคลื่อนตัวของอากาศร้อนน้อย บริเวณมุมห้องด้านบนทั้งสองด้านของห้องเผาเกิดการเคลื่อนที่แบบหมุนวนทำให้อากาศร้อนเคลื่อนที่ได้น้อยในบริเวณนี้

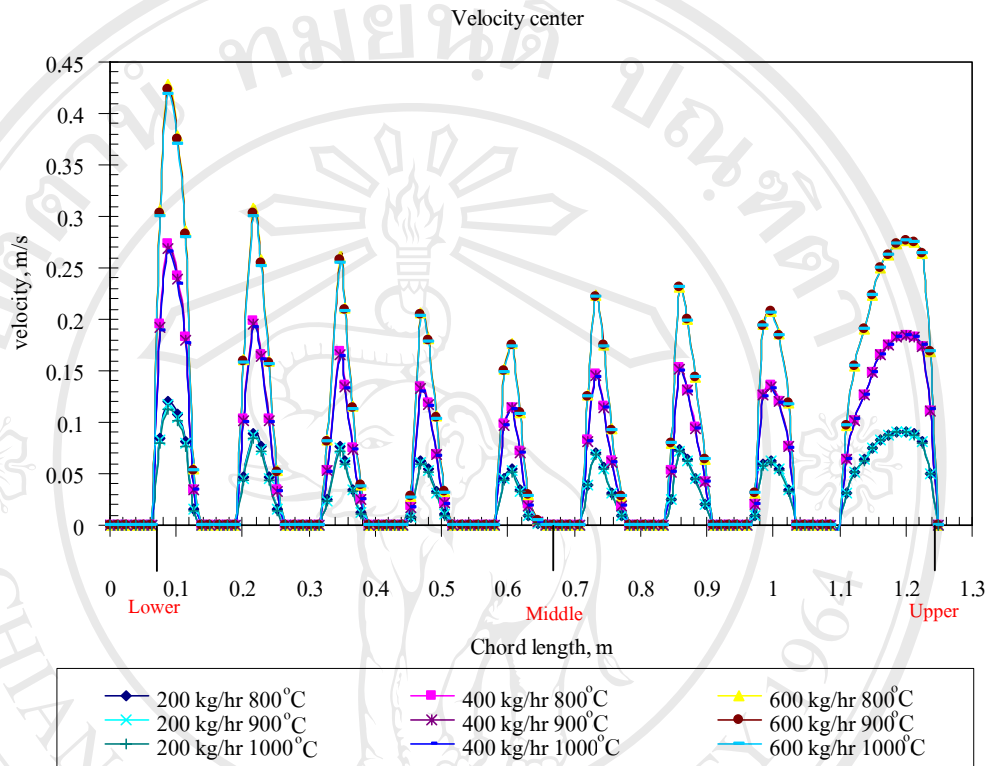
เมื่อได้ทำการศึกษาถึงการกระจายความเร็วบริเวณต่างๆ ของกองอิฐที่อัตราการไหล 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 800 องศาเซลเซียส ไปแล้วอย่างละเอียดต่อไปจะทำการศึกษารเปรียบเทียบการกระจายความเร็วที่อัตราการไหลต่างๆ และอุณหภูมิต่างๆ กัน เพื่อศึกษาถึงผลต่อการกระจายตัวความเร็วภายในเตาโดยทำการศึกษารเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งหมด 9 โมเดล คือ 200, 400 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส โดยแบ่งการศึกษาดูออกเป็นแถวเหมือนที่กล่าวไว้ข้างต้นแต่เพิ่มการเปรียบเทียบทั้งอัตราการไหลและอุณหภูมิไว้ด้วยกัน เริ่มแรกศึกษาการกระจายความเร็วที่บริเวณด้านซ้ายสุดของกองอิฐเป็นแถวแนวตั้งทางด้านซ้ายสุดของกองอิฐ (Velocity Left) ดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 200, 400 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณแถวซ้ายสุด (Left)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้อาจการคำนวณเชิงตัวเลขโดยเปลี่ยนอัตราการไหลที่อุณหภูมิต่างๆ กันมาพล็อตกราฟพบว่ารูปร่างลักษณะการกระจายตัวของความเร็วที่จุดต่างๆ มีแนวโน้มเหมือนกันแต่ที่อัตราการไหลที่สูงกว่าจะมีความเร็วที่ตำแหน่งนั้นสูงกว่าและที่อุณหภูมิสูงกว่าจะให้การกระจายตัวความเร็วที่น้อยกว่าเล็กน้อย โดยผลของอัตราการไหลมีผลต่อการกระจายตัวของความเร็วมากกว่าอุณหภูมิ สังเกตจากรูปที่ 4.24 เส้นกราฟที่อยู่ด้านล่างสุดสามเส้นมีอัตราการไหลเท่ากันคือ 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมงแต่อุณหภูมิต่างกัน มีแนวโน้มการกระจายตัวที่จุดต่างๆ เหมือนกัน แต่ที่อุณหภูมิสูงมีการกระจายตัวความเร็วที่น้อยกว่าเล็กน้อย กลุ่มที่สองมีสามเส้นที่เกาะกลุ่มกันอยู่ตรงกลางอัตราการไหลเท่ากันคือ 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมงมีลักษณะเช่นเดียวกับกลุ่มแรกคือ มีแนวโน้มการกระจายตัวที่เหมือนกันที่อัตราการไหลเท่ากัน แต่การกระจายความเร็วต่างกันเนื่องจากอุณหภูมิต่างกัน กลุ่มสุดท้ายที่อัตราการไหลสูงสุด 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีลักษณะเหมือนกันกับสองกลุ่มที่กล่าวมาข้างต้น

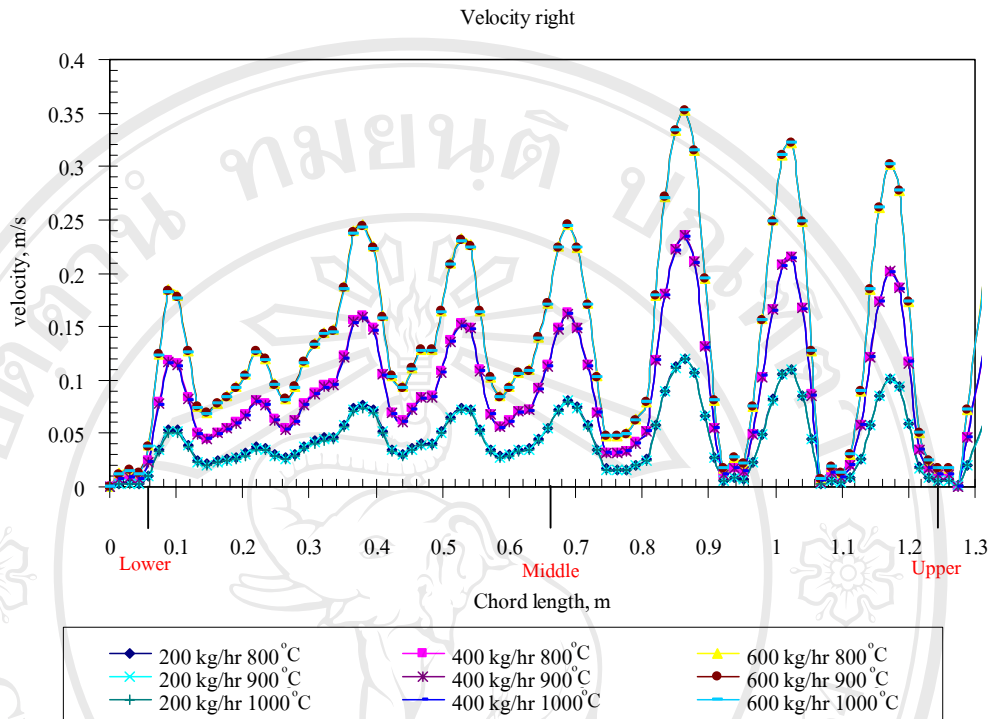
บริเวณตรงกลางของกองอิฐ (Velocity Center) ภายในห้องเผาอิฐสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณเชิงตัวเลขมาพล็อตกราฟได้ดังรูป 4.25



รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 200, 400 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณแถวกลาง (Center)

จากกราฟรูปที่ 4.25 พบว่ากราฟได้แบ่งเป็นสามกลุ่มแยกจากกันโดยกลุ่มแรกที่อยู่ด้านล่างสุดเป็นอัตราการไหลที่ต่ำสุดและกลุ่มที่อยู่ทางด้านบนสุดเป็นอัตราการไหลที่สูงสุดโดยภายในกลุ่มที่อัตราการไหลเดียวกันที่อุณหภูมิสูงกว่าจะมีการกระจายความเร็วที่ต่ำกว่าเล็กน้อย

บริเวณด้านขวาสุดของกองอิฐ (Velocity Right) ภายในห้องเผาอิฐ สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณเชิงตัวเลขมาพล็อตกราฟได้ดังรูป 4.26



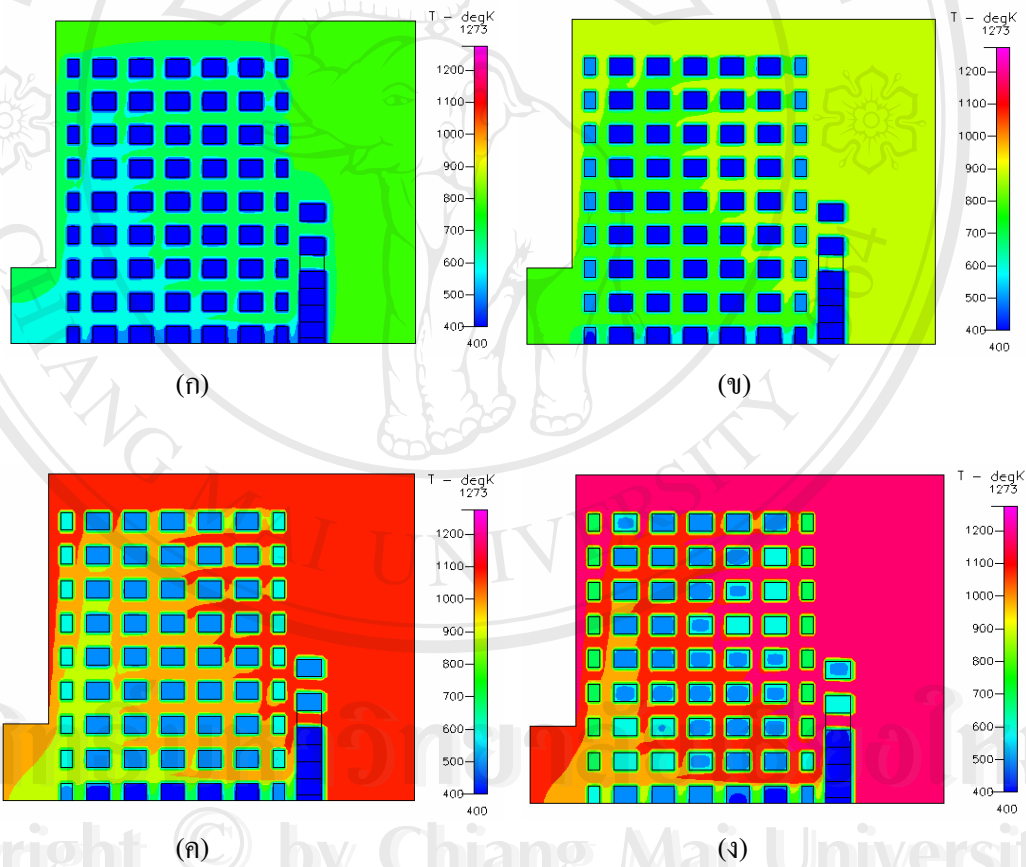
รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 200, 400 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณแถวขวา (Right)

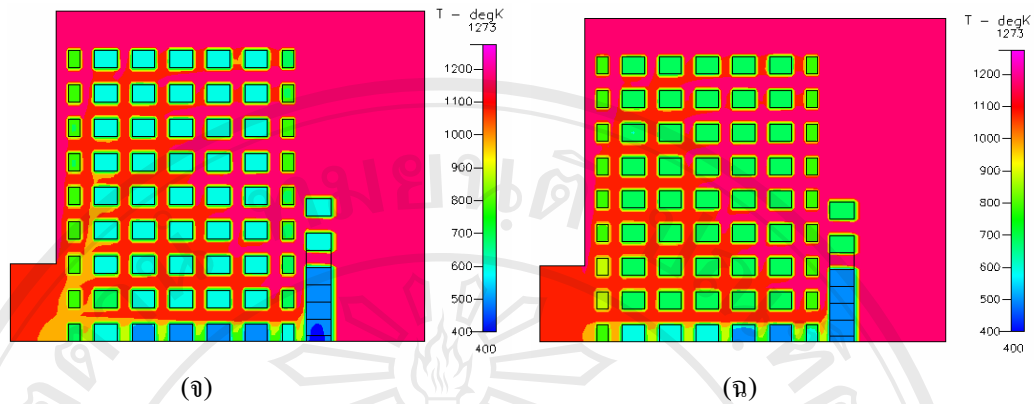
จากกราฟรูปที่ 4.26 พบว่ากราฟได้แบ่งเป็นสามกลุ่มแยกจากกัน โดยกลุ่มแรกที่อยู่ด้านล่างสุดเป็นอัตราการไหลที่ต่ำสุดและกลุ่มที่อยู่ทางด้านบนสุดเป็นอัตราการไหลที่สูงสุด โดยภายในกลุ่มที่อัตราการไหลเดียวกันที่อุณหภูมิแตกต่างกันในบริเวณนี้ไม่เห็นความแตกต่างของการกระจายความเร็ว

สรุปว่าการกระจายความเร็วเมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งหมด พบว่าการกระจายความเร็วภายในเตาขึ้นอยู่กับอัตราการไหล โดยแปรผันตรงกันเมื่ออัตราการไหลสูงการกระจายความเร็วภายในเตาที่บริเวณต่างๆ ก็จะสูงตามไปด้วยและอุณหภูมิมีผลต่อการกระจายความเร็วโดยแปรผกผันกันคือที่อุณหภูมิสูงการกระจายความเร็วที่บริเวณต่างๆ จะต่ำ แต่มีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับผลของอัตราการไหล ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศร้อนสูงขึ้นความหนาแน่นของอากาศจะต่ำลงทำให้อัตราการไหลตกลง การกระจายความเร็วจึงต่ำลง

4.3.2 ลักษณะการกระจายอุณหภูมิ

แบบจำลองเชิงตัวเลขเมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิในการเผา 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส หรือกำหนดอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ไหลผ่านกองอิฐต่างๆ กัน พบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้องเผาได้เปลี่ยนไปด้วย ในการเพิ่มอุณหภูมิในการเผาแต่ละแบบจำลองโดยเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการเผาอิฐน้อยลง แต่ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิลักษณะเหมือนกันทุกแบบจำลอง ในการอธิบายลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ จึงอธิบายจากแบบจำลองที่อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส เพียงแบบจำลองเดียวที่เวลาเผาต่างๆ กัน





รูปที่ 4.27 การกระจายอุณหภูมิผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ก) ที่เวลา 2 ชั่วโมง, (ข) ที่เวลา 4 ชั่วโมง, (ค) ที่เวลา 6 ชั่วโมง, (ง) ที่เวลา 8 ชั่วโมง, (จ) ที่เวลา 12 ชั่วโมง, (ฉ) ที่เวลา 14 ชั่วโมง

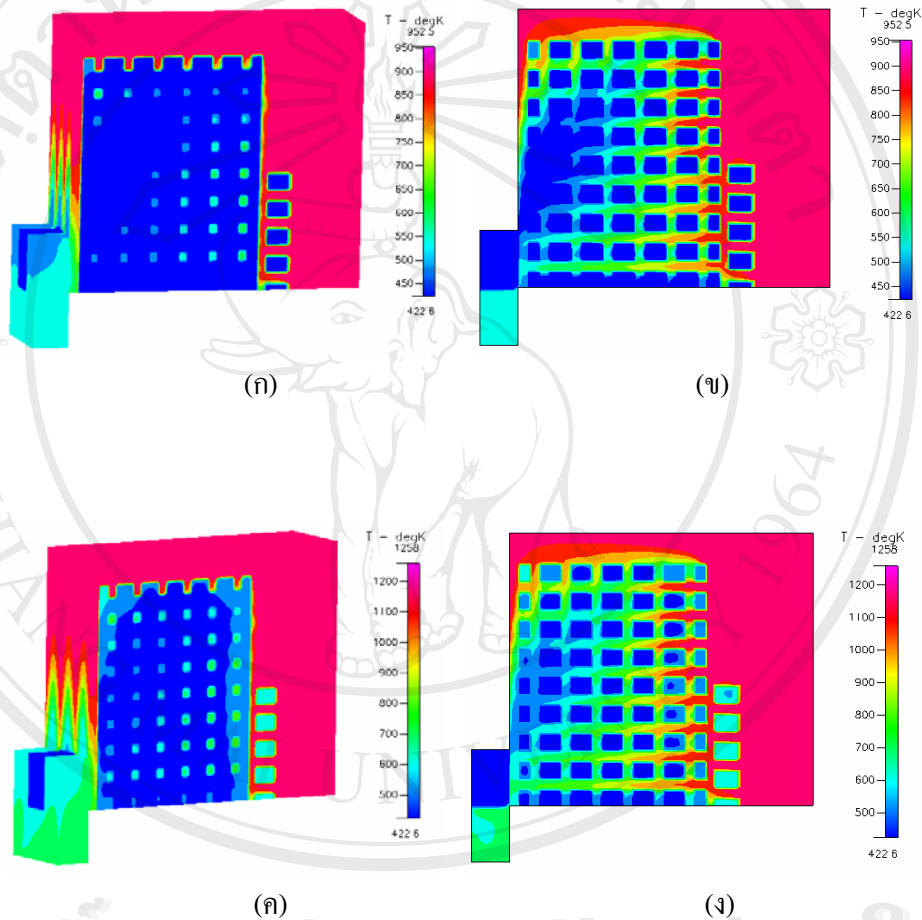
ลักษณะการไหลจะเคลื่อนตัวจากบริเวณด้านล่างขวาขึ้นทางด้านบนและเคลื่อนที่ผ่านกองอิฐไปทางด้านซ้ายแล้วเคลื่อนลงทางด้านล่างออกทางช่องทางออก ลักษณะการกระจายอุณหภูมิจะเริ่มจากบริเวณด้านนอกของกองอิฐเข้าสู่ตรงกลางกองอิฐและจากด้านบนลงสู่บริเวณด้านล่างของกองอิฐจึงเป็นตำแหน่งที่อิฐสุกที่หลังสุด สังเกตจากแถบสีที่ปรากฏโดยสีน้ำเงินเป็นอุณหภูมิต่ำไล่ลำดับอุณหภูมิไปอุณหภูมิสูงสีชมพู

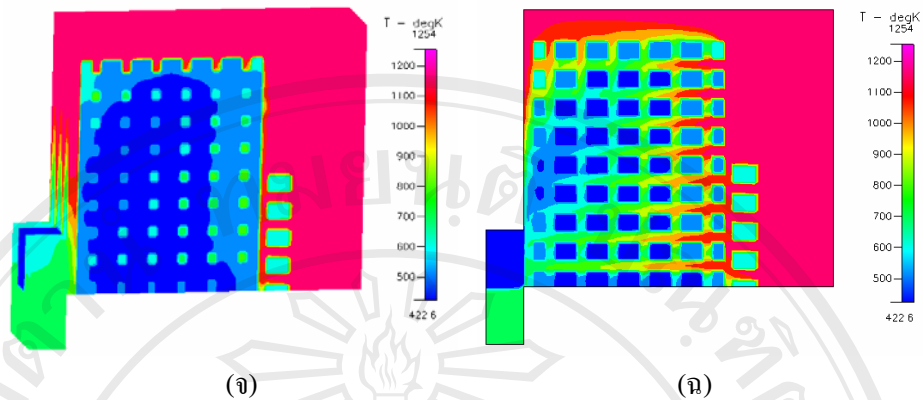
จากรูปที่ 4.27 จะพบว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดจะเป็นบริเวณกองอิฐด้านล่างซึ่งเป็นปัญหาของเตาเผาอิฐชนิดนี้ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บข้อมูลและทดลองเผาจริง เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านบนและด้านล่างของกองอิฐมีความแตกต่างกันมากซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการเผาอิฐ เพราะอิฐบริเวณด้านบนและด้านล่างสุกแล้วแต่ยังต้องเผาต่อไปเพื่อรอให้อุณหภูมิอิฐด้านล่างถึงที่ต้องการ

4.3.3 ลักษณะการกระจายความเร็วและการกระจายอุณหภูมิ 3 มิติ

จากแบบจำลอง 2 มิติในหัวข้อที่ได้กล่าวไปแล้ว ต่อมาได้ทำการสร้างแบบจำลองแบบ 3 มิติ โดยการสร้างแบบจำลองแบบนี้จะทำให้ค่าจากการคำนวณที่มีความถูกต้องกว่าเนื่องจากมีผลของด้านความลึก (ตามแนวแกน Z) มาเกี่ยวข้องในการคำนวณ จากการศึกษาพบว่าลักษณะการไหลมีความใกล้เคียงกับแบบจำลอง 2 มิติ เนื่องจากสมมุติฐานในตอนแรกที่กำหนดให้ทางเข้าเป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ จึงทำให้การไหลที่สร้างในแบบจำลองมีลักษณะที่สมมาตรจากด้านหน้าห้องเผาอิฐไปสู่ด้านหลังห้องเผาอิฐ

การศึกษาถึงแบบจำลอง 3 มิติ ได้สร้างความลึก 3 แถวจาก 7 แถว เพื่อประหยัดเวลาในการคำนวณ (Computational Time) เนื่องจากการไหลของอากาศร้อนภายในเตามีความสมมาตรจากด้านหน้าไปสู่ด้านหลังการกระจายความเร็วและการกระจายอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมาก

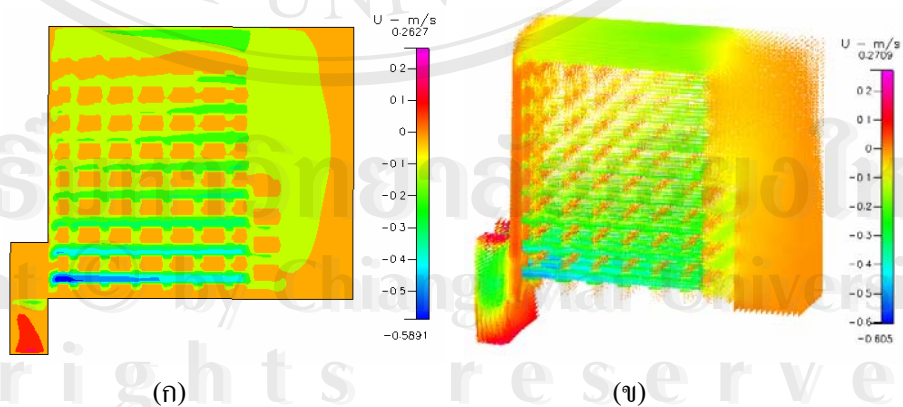


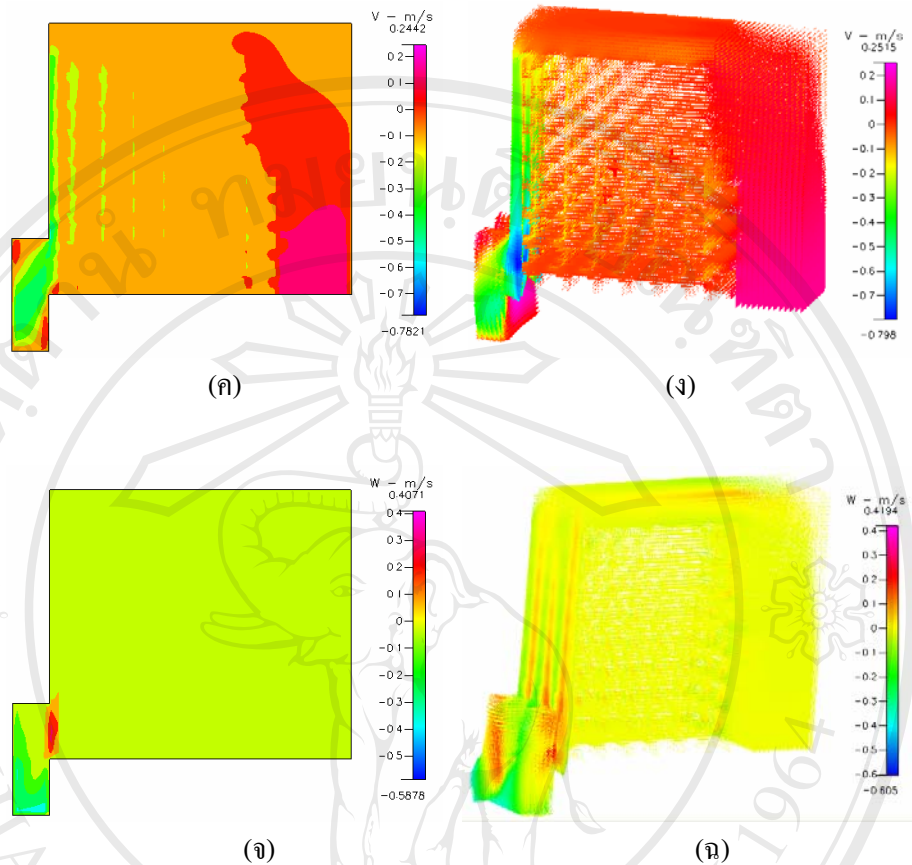


รูปที่ 4.28 แสดงลักษณะการกระจายอุณหภูมิของแบบจำลอง 3 มิติ ความลึก 3 เมตร ที่อัตราการไหล 600 kg/hr 1,000°C (ก), (ข) แบบจำลอง 3 มิติ เวลา 5 ชั่วโมง (ค), (ง) แบบจำลอง 3 มิติ เวลา 10 ชั่วโมง (จ), (ฉ) แบบจำลอง 3 มิติ เวลา 11 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.28 จะสังเกตเห็นว่าการกระจายอุณหภูมิจะเคลื่อนที่จากด้านขวาล่างซึ่งเป็นทางเข้าของกระแสน้ำร้อนแล้วเคลื่อนตัวผ่านกองอิฐแต่ละชั้น โดยอุณหภูมิจะตกลงจากขวาไปซ้ายตลอดความกว้าง การกระจายอุณหภูมิจะเคลื่อนตัวจากรอบนอกของกองอิฐเข้าสู่กลางกองอิฐและจากด้านบนลงด้านล่าง (สังเกตจากแถบสีน้ำเงินบริเวณอุณหภูมิต่ำ) โดยทางชั้นล่างของกองอิฐเป็นพื้นที่การกระจายอุณหภูมิเข้าถึงช้าที่สุด

ต่อมาศึกษาถึงการกระจายความเร็ว โดยแบ่งพิจารณาออกเป็นความเร็วย่อย 3 ทิศทาง



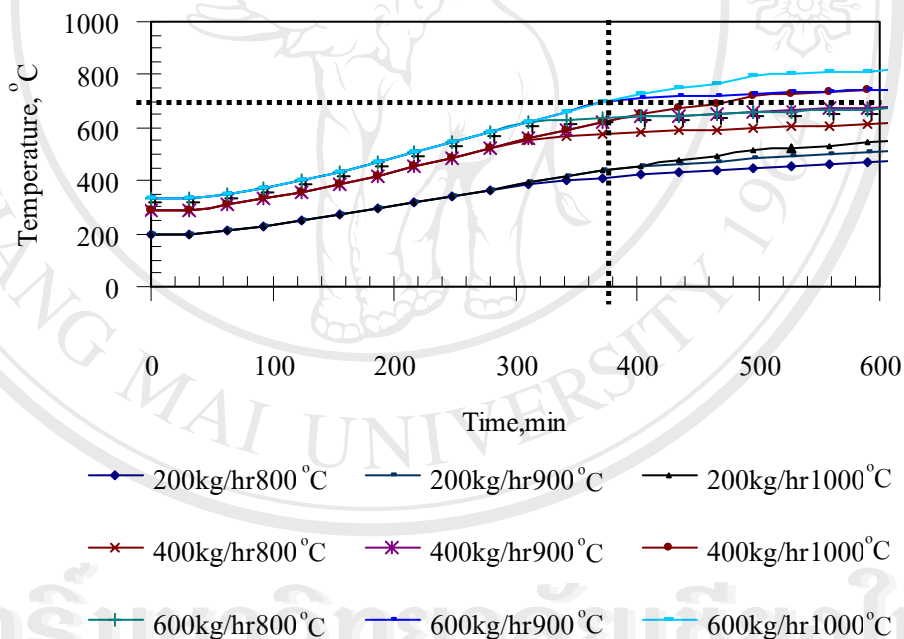


รูปที่ 4.29 แสดงลักษณะการกระจายความเร็วของแบบจำลอง 3 มิติ ความลึก 3 แถว ที่อัตราการไหล 600 kg/hr 1,000°C (ก), (ข) ความเร็วตามแนวระดับ (แกน X) (ค), (ง) ความเร็วตามแนวตั้ง (แกน Y) (จ), (ฉ) ความเร็วตามแนวลึก (แกน Z)

จากรูปที่ 4.29 (ก), (ข) แสดงความเร็วย่อยในแนวระดับ จะเห็นว่าความเร็วสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.6 เมตรต่อวินาที และความเร็วที่เคลื่อนที่ผ่านกองอิฐประมาณ 0-0.2 เมตรต่อวินาที จากรูปที่ 4.29 (ค), (ง) ความเร็วตามแนวตั้ง จะเห็นว่าความเร็วสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.8 เมตรต่อวินาที และความเร็วที่เคลื่อนที่ผ่านกองอิฐประมาณ 0-0.2 เมตรต่อวินาที จากรูปที่ 4.29 (จ), (ฉ) ความเร็วตามแนวลึก จะเห็นว่าความเร็วสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.6 เมตรต่อวินาที และความเร็วที่เคลื่อนที่ผ่านกองอิฐประมาณ 0-0.1 เมตรต่อวินาที จากรูปจะสังเกตเห็นว่าความเร็วที่เคลื่อนที่ตามแนวความลึกนั้นมีขนาดน้อยเมื่อเทียบกับตามแนวระดับและแนวนอน

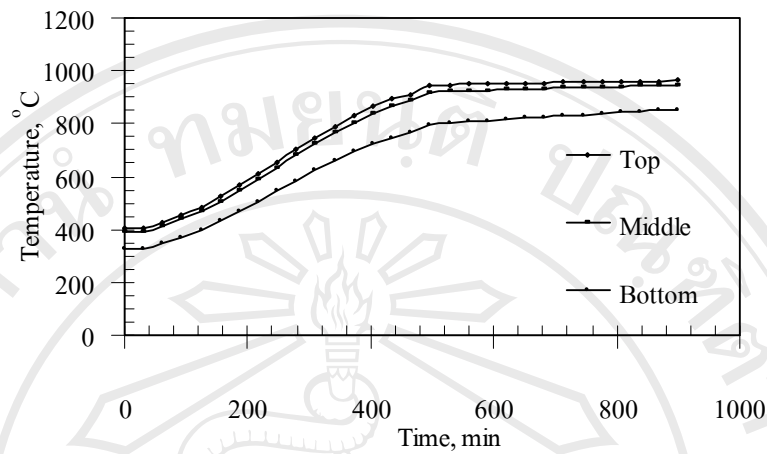
4.3.4 วิเคราะห์ผลจากแบบจำลองโดยศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิเผา

ในงานวิจัยได้ศึกษาถึงผลของอัตราการไหลของอากาศ 3 ค่า คือ 200, 400 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอุณหภูมิในการเผา 3 ค่า คือ 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส โดยสร้างแบบจำลองทั้งหมด 9 แบบจำลอง เพื่อหาเวลาในการเผาที่น้อยที่สุด และการกระจายอุณหภูมิที่ดีที่สุด จากกราฟรูปที่ 4.30 พบว่าแบบจำลองที่อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส ใช้เวลาน้อยที่สุด 378 นาที หรือ 6 ชั่วโมง 18 นาที รองลงมาเป็นแบบจำลองที่อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 382 นาที หรือ 6 ชั่วโมง 22 นาที ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการเผาแบบเดิม โดยการเผาแบบเดิมนั้นจะใช้เวลาเฉลี่ย 9 ชั่วโมง 45 นาที แบบจำลองที่ดีที่สุดใช้เวลาน้อยกว่า 3 ชั่วโมง 27 นาที ทำให้สามารถประหยัดพลังงานและเพิ่มผลผลิตในการเผาได้



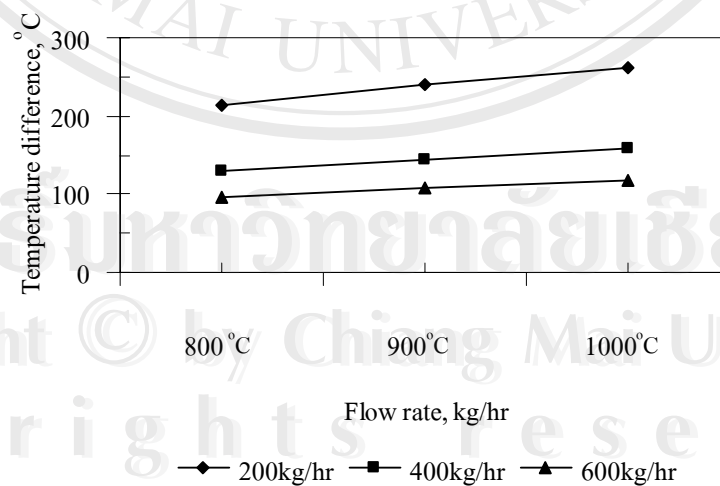
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่อัตราการไหลและอุณหภูมิต่างๆ กัน 9 แบบจำลอง

จากกราฟรูปที่ 4.30 จะเห็นว่าอัตราการไหลมีผลต่อระยะเวลาการเผามากกว่าอุณหภูมิในการเผา เมื่อได้แบบจำลองที่ใช้เวลาในการเผาน้อยที่สุดแล้วต่อมาพิจารณาการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาอิฐระหว่างด้านบนและด้านล่างซึ่งเป็นปัญหาหลักของเตาเผาอิฐแบบนี้



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงอุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านบน กลาง ด้านล่าง
แบบจำลองอัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส

จากกราฟแสดงอุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านบน กลาง และด้านล่าง แบบจำลองอัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส อุณหภูมิด้านบนกับตรงกลางจะต่างกันไม่มาก แต่อุณหภูมิระหว่างด้านบนกับด้านล่างแตกต่างเฉลี่ยตลอดกระบวนการ 117.56 องศาเซลเซียส ต่อมาทำการศึกษาอุณหภูมิแตกต่างเฉลี่ยตลอดกระบวนการในแบบจำลองทั้งหมด



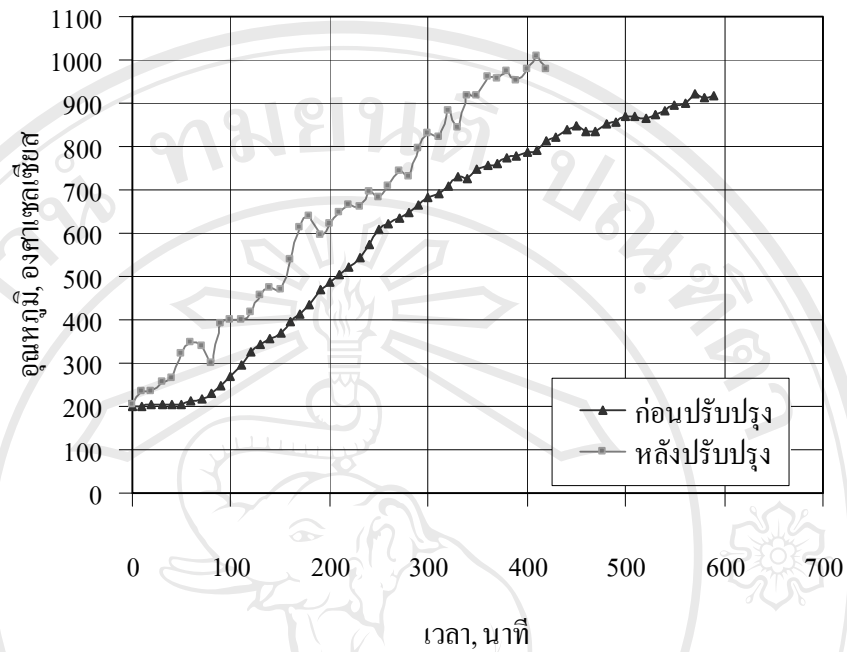
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงอุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านบนกับด้านล่าง

จากกราฟรูปที่ 4.32 จะพบว่าแบบจำลองที่อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 800 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างของอุณหภูมิด้านบนกับด้านล่างน้อยที่สุดคือ 96.16 องศาเซลเซียส เนื่องมาจากอัตราการไหลและอุณหภูมิที่เหมาะสม หากพิจารณาที่อุณหภูมิเผาเดียวกันที่อัตราการไหลสูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันน้อย แต่เมื่อพิจารณาที่อัตราการไหลเดียวกันที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันมากขึ้นเล็กน้อยประมาณ 10-20 องศาเซลเซียส โดยอิทธิพลของอัตราการไหลเผามีผลต่อการกระจายตัวอุณหภูมิมากกว่าอุณหภูมิในการเผา

4.4 เปรียบเทียบผลการเผาไหม้หลังปรับปรุงที่ได้จากแบบจำลองกับการเผาไหม้ก่อนปรับปรุง

จากแบบจำลองที่ได้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการไหลและอุณหภูมิในการเผาพบว่า ที่อัตราการไหล และอุณหภูมิเผาสูง จะทำให้ระยะเวลาในการเผาสั้นลง โดยรายละเอียดได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.4.1 แล้ว ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ระยะเวลาในการเผาสั้นที่สุดคือ แบบจำลองที่อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส

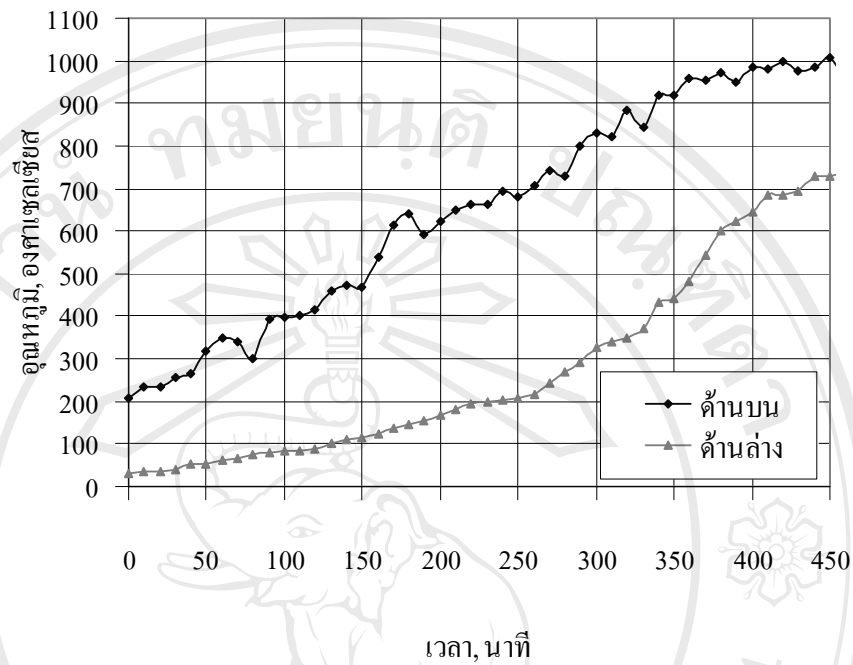
จากการทดสอบระบบโดยวิธีการเผาแบบเดิมพบว่าอัตราการไหลของอากาศเข้าเตา 191 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้ทำการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศโดยการเปลี่ยนมอเตอร์และทรอบพู่เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ ตามแนวโน้มที่ได้จากการศึกษาจากแบบจำลอง แต่เนื่องจากปัญหาของระบบเตาเผาไหม้หลายประการเช่น ปัญหาเรื่องการรั่วของระบบทำให้สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้สูงสุด 529 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส สามารถแสดงกราฟเปรียบเทียบระยะเวลาการเผาไหม้กับการเผาแบบเดิมและการเผาที่ได้จากแบบจำลอง ดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 แสดงเวลาในการเผาตามเงื่อนไขของแบบจำลอง (หลังปรับปรุง) เทียบกับการเผาแบบเดิม (ก่อนปรับปรุง)

จากการทดลองเผาตามเงื่อนไขของแบบจำลอง (หลังปรับปรุง) แสดงเป็นกราฟรูปที่ 4.33 เปรียบเทียบกับการเผาแบบเดิม (ก่อนปรับปรุง) พบว่าเวลาในการเผาลดลง จากก่อนการปรับปรุงใช้เวลาในการเผา 9 ชั่วโมง 45 นาที หรือ 585 นาที เหลือ 6 ชั่วโมง 48 นาที หรือ 408 นาที ลดเวลาในการเผาได้ 2 ชั่วโมง 57 นาที หรือ 177 นาที

จุดที่แสดงอุณหภูมิตามรูปที่ 4.33 เป็นจุดควบคุมอุณหภูมิเตาด้านบน ต่อมาพิจารณาจุดควบคุมอุณหภูมิเผาด้านล่าง แสดงดังรูป 4.34



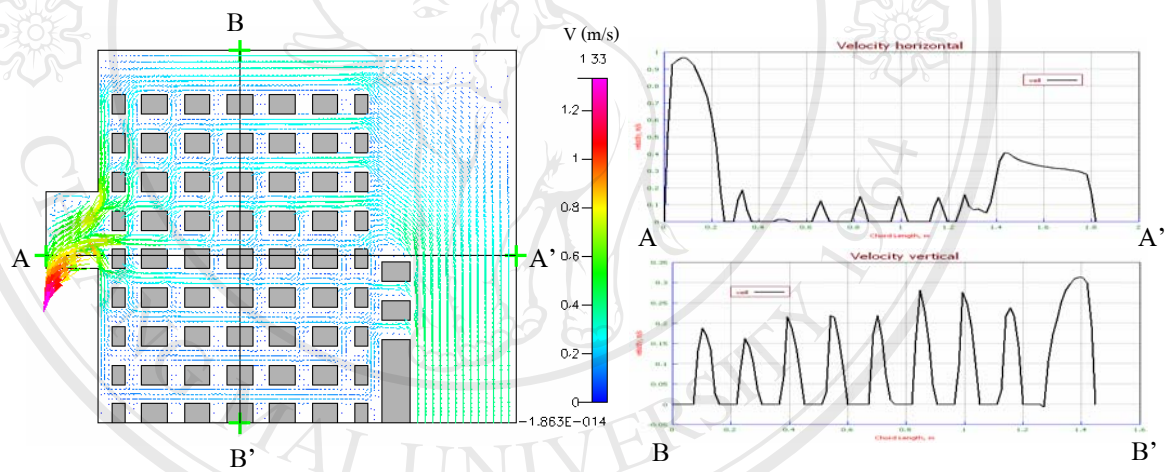
รูปที่ 4.34 แสดงอุณหภูมิด้านบนและด้านล่าง ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิเผา ตามวิธีการเผาหลังปรับปรุง

ในการควบคุมอุณหภูมิในการเผาจะต้องดูจุดควบคุมอุณหภูมิทางด้านล่างประกอบด้วย หากอุณหภูมิทางด้านล่างถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วก็จะทำการหยุดเผา จากกราฟรูปที่ 4.34 จะเห็นว่าที่เวลา 408 นาที อุณหภูมิทางด้านล่างเท่ากับ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต้องการแล้วทำการหยุดการเผา เมื่อเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงจากวิธีการเผาแบบเดิมซึ่งใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 460 กิโลกรัม ลดลงเหลือ 340 กิโลกรัมต่อครั้ง ประหยัดเชื้อเพลิงลงไปได้ 120 กิโลกรัม เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศทำให้การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาดีขึ้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นได้ง่าย สามารถดึงความร้อนจากห้องลดอุณหภูมิมาใช้ได้มากขึ้น และยังสามารถนำความร้อนจากห้องเผาไปยังห้องอุ่นอิฐได้มากขึ้น ระยะเวลาในการเผาน้อยลงทำให้ผลผลิตเพิ่มเนื่องจากสามารถเพิ่มรอบการเผาได้มากขึ้นต่อเดือน ทำให้ได้ผลตอบแทนจากการขายได้มากขึ้น

4.5 การศึกษาลักษณะการกระจายอุณหภูมิ ความเร็วจากและวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลข เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งช่องทางออกก๊าซร้อน

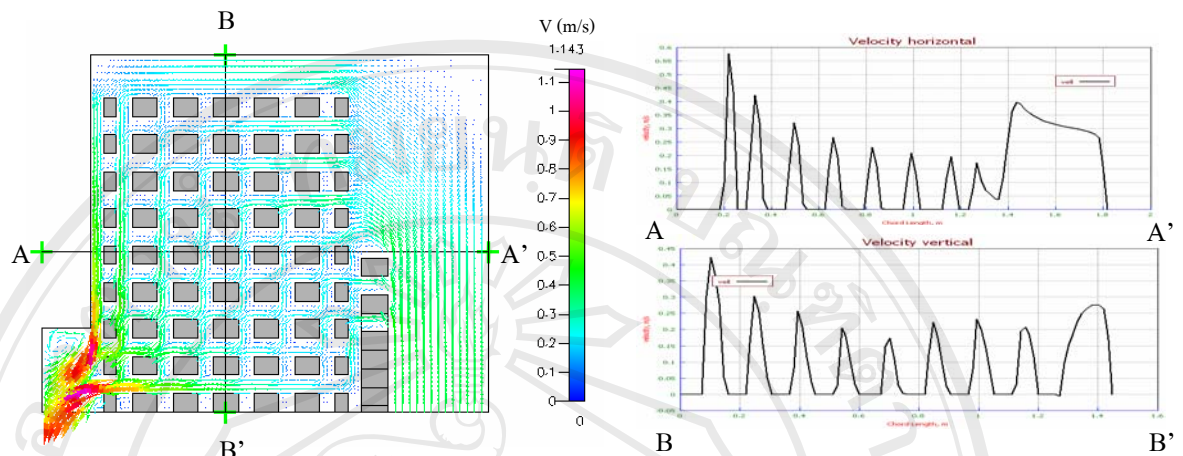
4.5.1 ลักษณะการกระจายความเร็ว

ลักษณะการกระจายความเร็วเมื่อเปลี่ยนช่องทางออกก๊าซร้อน ได้ทำการศึกษาถึงการกระจายความเร็วบริเวณต่างๆ ของกองอิฐที่อัตราการใช้ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส โดยทำการเปลี่ยนช่องทางออกก๊าซร้อนไว้ 4 ตำแหน่ง โดยมีตำแหน่งเดิมอยู่ 1 แบบจำลองเพื่อทำการเปรียบเทียบในการศึกษาถึงผลของการกระจายความเร็วได้ทำการเปรียบเทียบไว้ 2 ตำแหน่งคือ บริเวณกลางเตาแนวนอนและบริเวณกลางเตาแนวตั้ง โดยในส่วนสุดท้ายได้เปรียบเทียบทั้ง 4 แบบจำลองถึงการกระจายความเร็วทั้งแนวนอนและแนวตั้ง



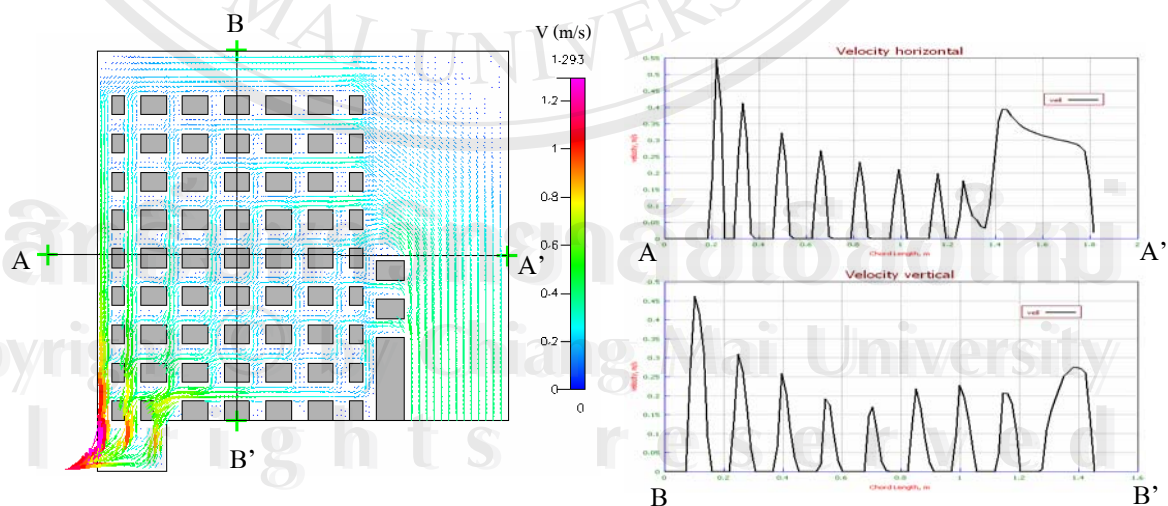
รูปที่ 4.35 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทางออกช่องอากาศร้อนกลางเตาทางด้านซ้าย

จากรูปที่ 4.35 กราฟภาพตัด A-A' พบว่าบริเวณแนวนอนกลางเตามีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนในปริมาณน้อย ประมาณ 0.15 เมตรต่อวินาที โดยเฉลี่ยแล้วไปมากที่ทางออก ร่องลงมาเป็นทางเข้าตามลำดับจากกราฟ ภาพตัด B-B' พบว่าบริเวณแนวตั้งกลางเตามีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนในปริมาณมาก ประมาณ 0.25 เมตรต่อวินาที โดยทางด้านบนมีการเคลื่อนที่สูงแล้วตกลงมาทางด้านล่างของเตา แบบจำลองนี้มีการเคลื่อนที่ตามแนวตั้งน้อยกว่าแนวนอน



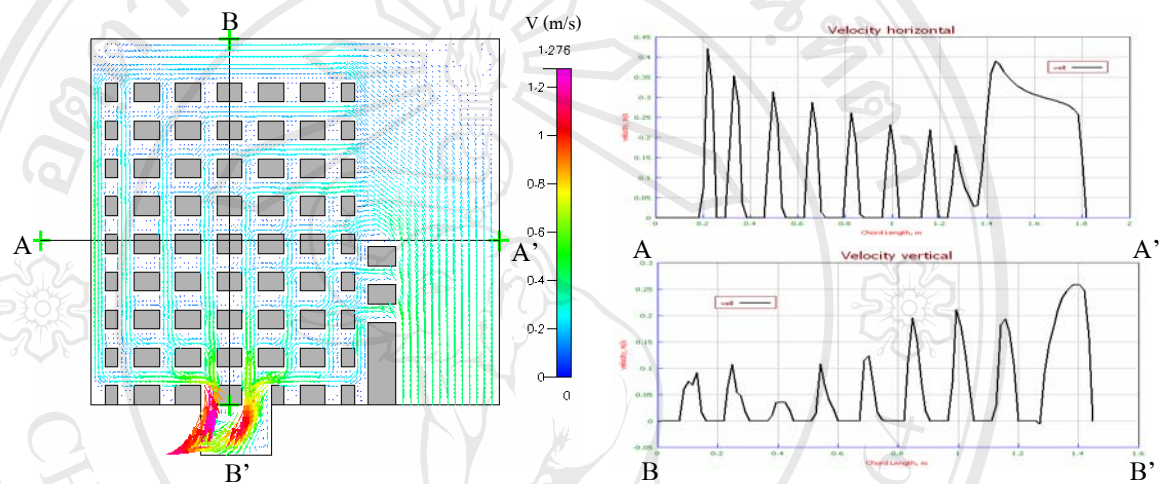
รูปที่ 4.36 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทางออกช่องอากาศร้อนบริเวณด้านซ้ายล่าง

จากรูปที่ 4.36 กราฟภาพตัด A-A' พบว่าบริเวณแนวนอนกลางเตามีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนเฉลี่ยประมาณ 0.25 เมตรต่อวินาที โดยขนาดความเร็วจะเพิ่มขึ้นจากขวาไปซ้ายตามลำดับ จากกราฟภาพตัด B-B' พบว่าบริเวณแนวตั้งกลางเตามีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนเฉลี่ยประมาณ 0.2 เมตรต่อวินาที โดยทางด้านบนมีการเคลื่อนที่น้อยกว่าทางด้านล่างและบริเวณตรงกลางน้อยที่สุด แบบจำลองนี้มีการเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งมากกว่าแนวนอน



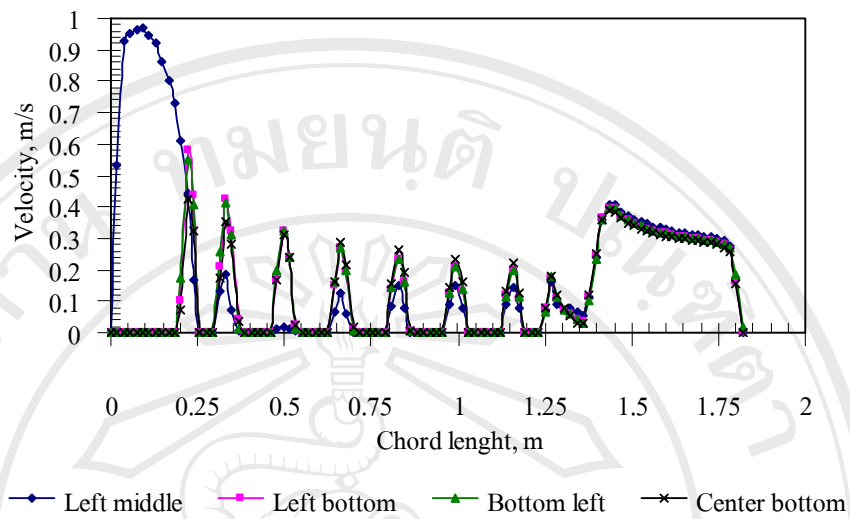
รูปที่ 4.37 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทางออกช่องอากาศร้อนบริเวณด้านล่างซ้าย

จากรูปที่ 4.37 กราฟภาพตัด A-A' พบว่าบริเวณแนวนอนกลางเตามีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนเฉลี่ยประมาณ 0.27 เมตรต่อวินาที โดยขนาดความเร็วจะเพิ่มขึ้นจากขวาไปซ้ายตามลำดับ จากกราฟภาพตัด B-B' พบว่าบริเวณแนวตั้งกลางเตามีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนเฉลี่ยประมาณ 0.25 เมตรต่อวินาที โดยทางด้านบนมีการเคลื่อนที่น้อยกว่าทางด้านล่างและบริเวณตรงกลางน้อยที่สุด แบบจำลองนี้มีการเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งมากกว่าแนวนอนแต่มีค่าใกล้เคียงกัน



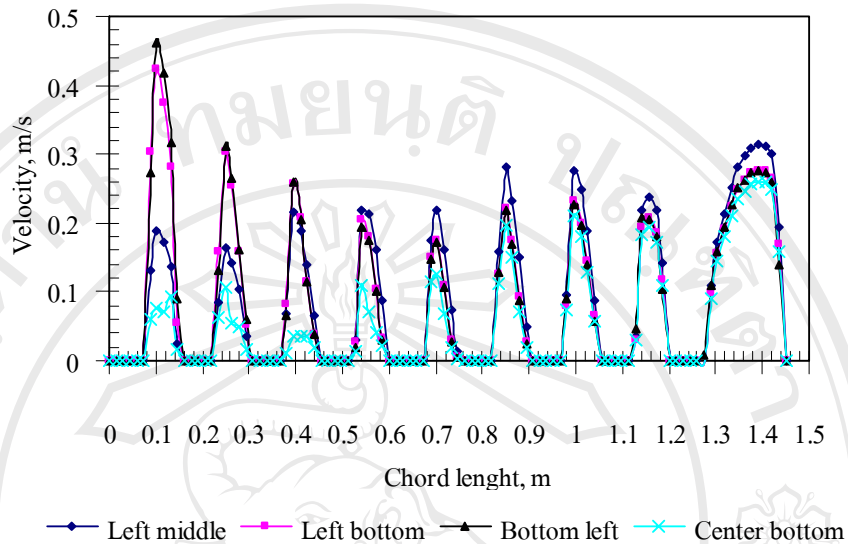
รูปที่ 4.38 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทางออกช่องอากาศร้อนกลางเตาทางด้านล่าง

จากรูปที่ 4.38 กราฟภาพตัด A-A' พบว่าบริเวณแนวนอนกลางเตามีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อน ประมาณ 0.27 เมตรต่อวินาที โดยขนาดความเร็วจะเพิ่มขึ้นจากขวาไปซ้ายตามลำดับ จากกราฟภาพตัด B-B' พบว่าบริเวณแนวตั้งกลางเตามีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนประมาณ 0.125 เมตรต่อวินาที โดยทางด้านบนมีการเคลื่อนที่ที่มากกว่าทางด้านล่าง แบบจำลองนี้มีการเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งมากกว่าแนวนอน



รูปที่ 4.39 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณกลางเตาแนวนอน (Section A-A')

จากการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่บริเวณกลางเตาแนวนอนรูปที่ 4.39 ทั้ง 4 แบบจำลองตลอดความกว้างเตาพบว่า การกระจายความเร็วในบริเวณนี้มีค่าใกล้เคียงกันทุกแบบจำลอง ยกเว้นแบบจำลองทางออกก๊าซร้อนบริเวณกลางเตาทางด้านซ้ายจะมีการกระจายความเร็วที่น้อยที่สุด

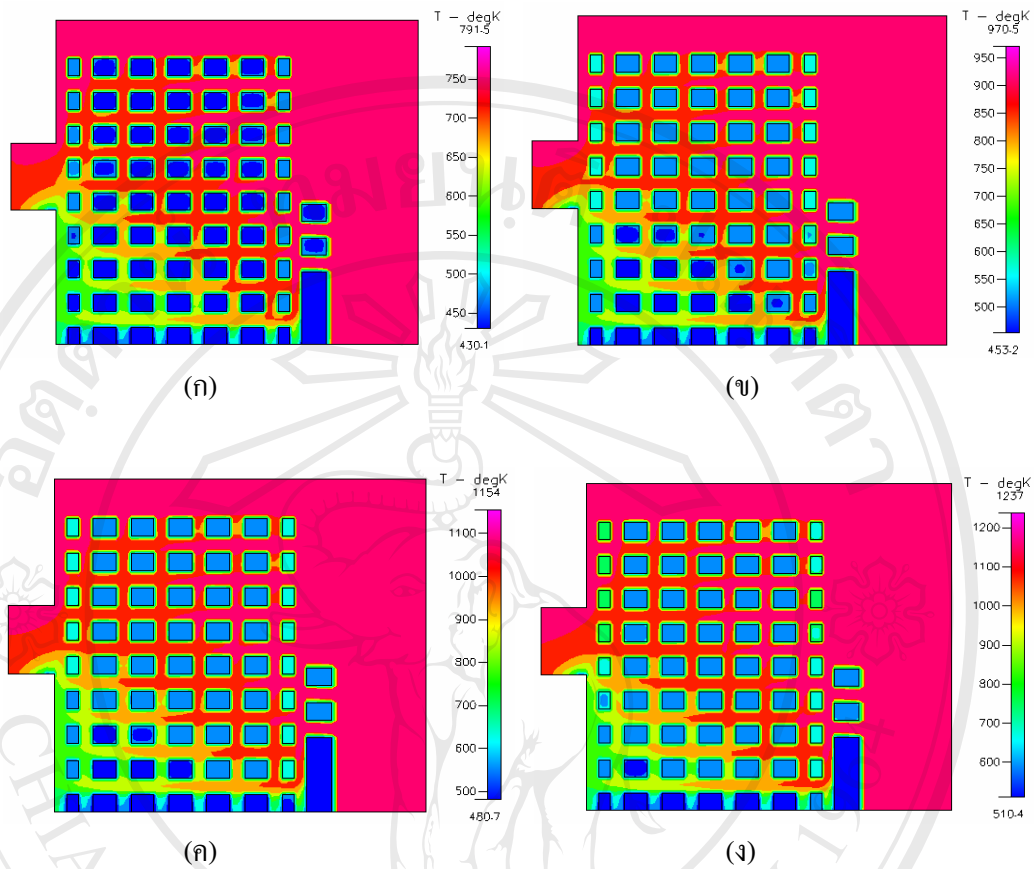


รูปที่ 4.40 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณกลางเตาแนวตั้ง (Section B-B')

จากการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่บริเวณกลางเตาแนวตั้งรูปที่ 4.40 ทั้ง 4 แบบจำลองตลอดความสูงของเตาพบว่าการกระจายความเร็วในบริเวณนี้แบบจำลองทางออกก๊าซร้อนบริเวณกลางเตาทางด้านซ้ายมีการกระจายความเร็วสูงสุด รองลงมาเป็นแบบจำลองทางออกก๊าซร้อนทางด้านซ้ายล่างกับแบบจำลองทางด้านล่างซ้ายและแบบจำลองกลางเตาด้านล่างมีการกระจายความเร็วน้อยที่สุดตามลำดับ

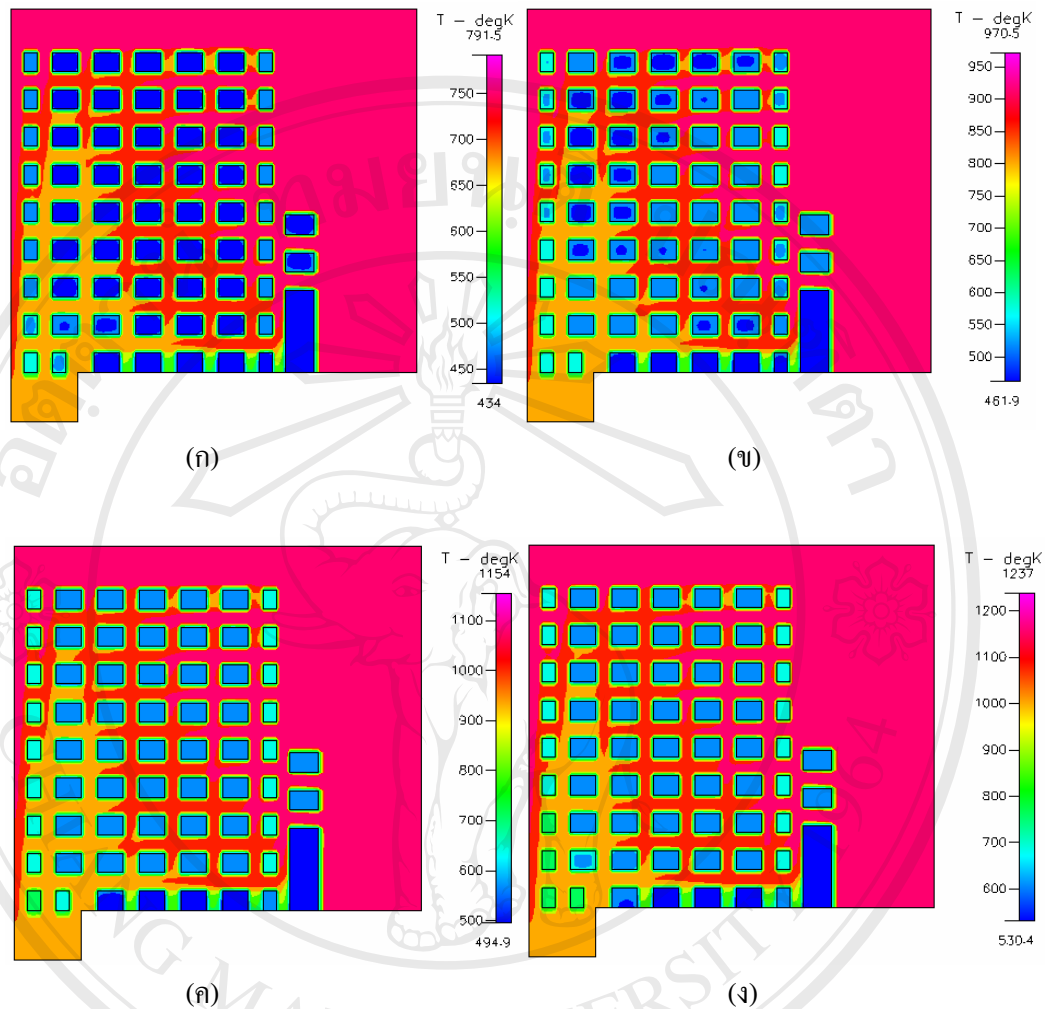
4.5.2 ลักษณะการกระจายอุณหภูมิ

แบบจำลองเชิงตัวเลขเมื่อทำการเปลี่ยนตำแหน่งช่องทางออกอากาศร้อนที่อัตราการไหลของอากาศร้อน 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส ในงานวิจัยได้ศึกษาถึงผลของตำแหน่งช่องทางออกก๊าซร้อนไว้ 4 ตำแหน่ง คือ 1. บริเวณด้านซ้ายตรงกลาง 2. บริเวณด้านซ้ายล่างหรือแบบปกติ 3. บริเวณด้านล่างซ้าย 4. บริเวณด้านล่างตรงกลาง โดยในแต่ละแบบจำลองสามารถแสดงได้ดังนี้



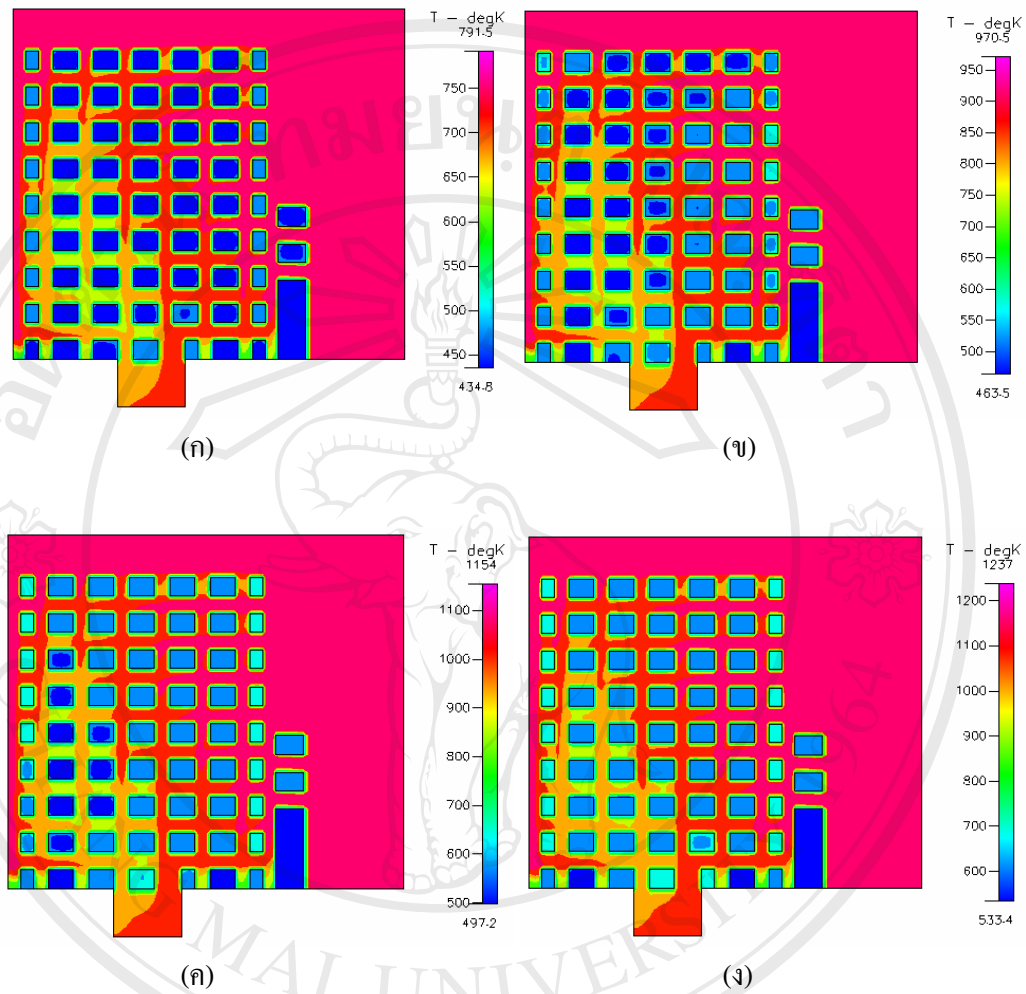
รูปที่ 4.41 การกระจายอุณหภูมิผ่านกองอิฐช่องทางออกก๊าซร้อนบริเวณกลางเตาด้านซ้าย ที่อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ก) ที่เวลา 2 ชั่วโมง, (ข) ที่เวลา 4 ชั่วโมง, (ค) ที่เวลา 6 ชั่วโมง, (ง) ที่เวลา 8 ชั่วโมง

ลักษณะการกระจายอุณหภูมิในแบบจำลองนี้จะเริ่มจากบริเวณแฉวนอกสุดทางด้านซ้าย และทางด้านขวาเข้าสู่กองอิฐรอบนอกแล้วกระจายอุณหภูมิมาทางด้านบนขวาไล่ลงมาตามแนวแท่งมุมของกองอิฐ จากรูปที่ 4.41 จะเห็นได้ชัดเจนว่าบริเวณมุมล่างซ้ายจะมีการกระจายอุณหภูมิได้ไม่ดี สังเกตจากบริเวณสีน้ำเงินซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 4.42 การกระจายอุณหภูมิผ่านกองอิฐช่องทางออกก๊าซร้อนบริเวณด้านล่างซ้าย ที่อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ก) ที่เวลา 2 ชั่วโมง, (ข) ที่เวลา 4 ชั่วโมง, (ค) ที่เวลา 6 ชั่วโมง, (ง) ที่เวลา 8 ชั่วโมง

ลักษณะการกระจายอุณหภูมิในแบบจำลองนี้จะเริ่มจากบริเวณแกว่นอกสุดทางด้านซ้าย และทางด้านขวาแล้วกระจายอุณหภูมิเข้าสู่กลางกองอิฐโดยเริ่มจากทางด้านขวาแล้วกระจายออกทั่วบริเวณกองอิฐไปทางด้านซ้าย แต่จะสังเกตว่าบริเวณทางด้านล่างขวาใกล้ผนังกันพื้นมีการกระจายอุณหภูมิได้ไม่ทั่วถึง

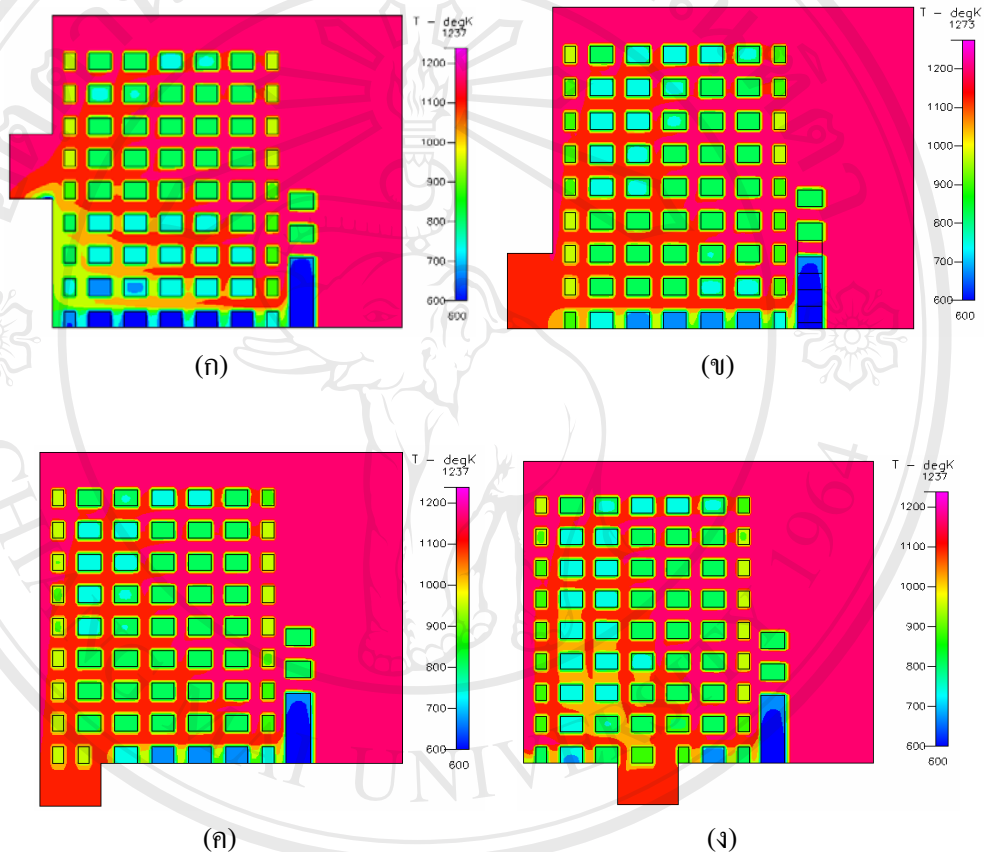


รูปที่ 4.43 การกระจายอุณหภูมิผ่านกองอิฐช่องทางออกอากาศร้อนบริเวณกลางเตาด้านล่าง ที่อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ก) ที่เวลา 2 ชั่วโมง, (ข) ที่เวลา 4 ชั่วโมง, (ค) ที่เวลา 6 ชั่วโมง, (ง) ที่เวลา 8 ชั่วโมง

ลักษณะการกระจายอุณหภูมิในแบบจำลองนี้จะเริ่มจากบริเวณแถวนอกสุดทางด้านซ้ายและทางด้านขวา แล้วกระจายอุณหภูมิเข้าสู่กลางกองอิฐด้านขวาแล้วกระจายออกทั่วบริเวณกองอิฐไปทางด้านซ้ายและด้านบน สังเกตจากแถบสีจะเห็นว่าแบบจำลองนี้มีการกระจายอุณหภูมิสู่บริเวณทางด้านล่างของกองอิฐได้ดีที่สุด

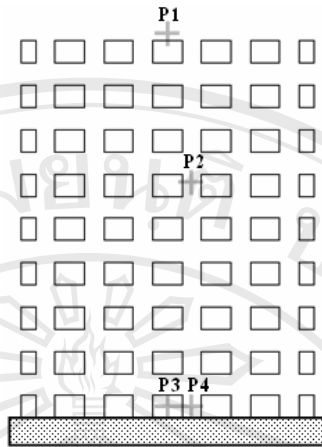
4.5.3 วิเคราะห์ผลจากแบบจำลองโดยศึกษาถึงอิทธิพลของตำแหน่งช่องทางออกก๊าซร้อน

ในงานวิจัยได้ศึกษาถึงผลของตำแหน่งช่องทางออกก๊าซร้อนไว้ 4 ตำแหน่ง คือ 1. บริเวณด้านซ้ายตรงกลาง (รูปที่ 4.44 (ก)) 2. บริเวณด้านซ้ายล่าง (รูปที่ 4.44 (ข)) หรือแบบปกติ (Original) 3. บริเวณด้านล่างซ้าย (รูปที่ 4.44 (ค)) 4. บริเวณด้านล่างตรงกลาง (รูปที่ 4.44 (ง))

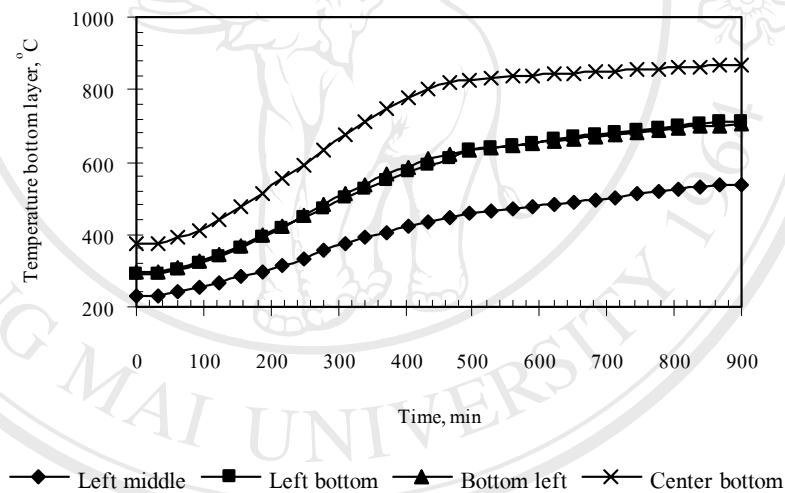


รูปที่ 4.44 เปรียบเทียบแบบจำลองที่บริเวณทางออก 4 ตำแหน่ง

จากแบบจำลองจะพบว่าลักษณะการไหลและการกระจายตัวของอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งช่องทางออกก๊าซร้อน โดยแบบจำลองที่มีการกระจายตัวของอุณหภูมิน้อยที่สุดคือแบบจำลองทางออกด้านซ้ายตรงกลาง (สังเกตจากแถบสีแดงซึ่งเป็นแถบที่อุณหภูมิสูง) และแบบจำลองที่มีการกระจายอุณหภูมิได้ดีที่สุดคือ แบบจำลองที่มีทางออกก๊าซร้อนทางด้านล่างตรงกลาง ส่วนแบบจำลองที่มีทางออกก๊าซร้อนทางด้านซ้ายล่างและด้านล่างซ้าย มีการกระจายตัวของอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

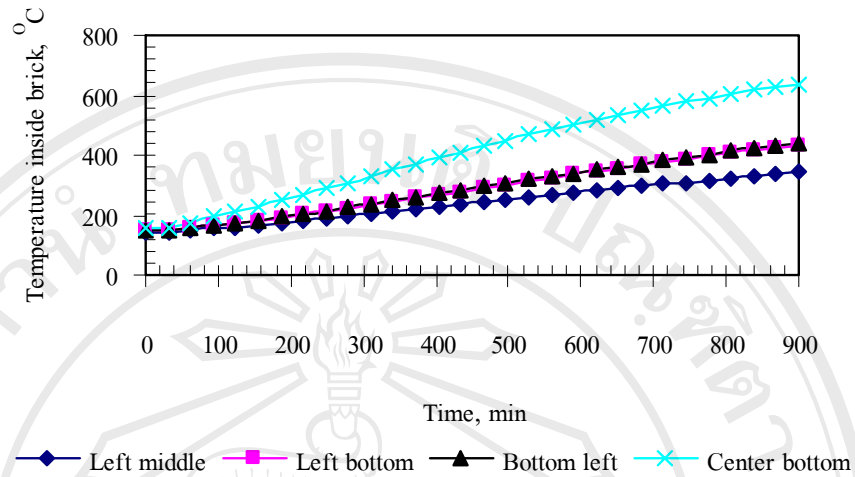


รูปที่ 4.45 แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบอุณหภูมิในแบบจำลอง



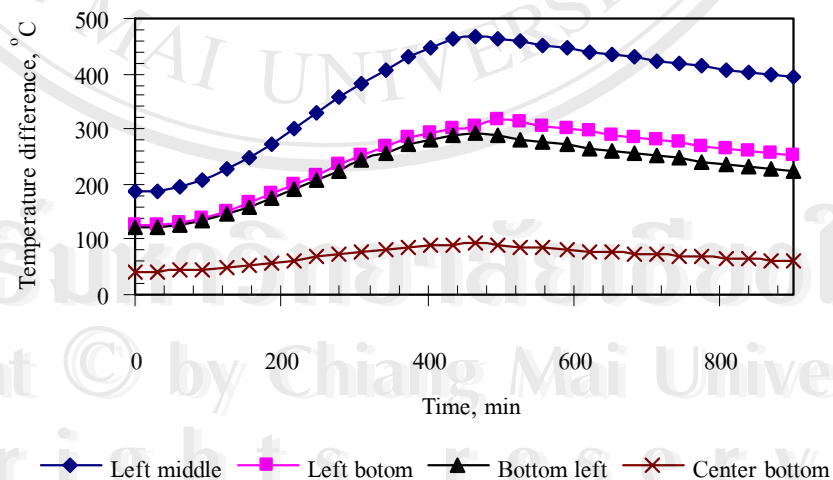
รูปที่ 4.46 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา จุดที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิในการเผา (จุด P4)

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดด้านล่างตรงกลาง (จุด P4) ซึ่งเป็นจุดที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิในการเผาอีจดังรูปที่ 4.46 พบว่าแบบจำลองทางออกก๊าซร้อนบริเวณกลางเตาด้านล่างมีอุณหภูมิสูงที่สุด รองลงมาคือ แบบจำลองทางออกก๊าซร้อนบริเวณซ้ายล่างและแบบจำลองทางออกก๊าซร้อนบริเวณด้านล่างซ้ายซึ่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน ส่วนแบบจำลองทางออกก๊าซร้อนบริเวณด้านซ้ายตรงกลางมีการกระจายอุณหภูมิน้อยที่สุด ตามลำดับ



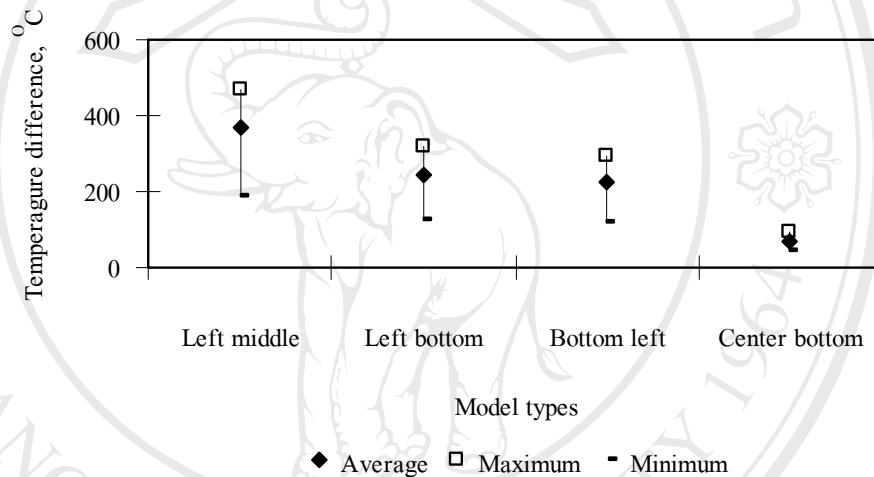
รูปที่ 4.47 แสดงอุณหภูมิภายในก้อนอิฐบริเวณด้านล่างสุดของแบบจำลอง (จุด P3)

จากรูปที่ 4.47 พบว่าแบบจำลองที่มีทางออกก๊าซร้อนบริเวณด้านล่างตรงกลาง (Center Bottom) มีการถ่ายเทความร้อนสู่อิฐสูงที่สุดเนื่องจากว่าอากาศสามารถไหลผ่านชั้นอิฐด้านล่างได้ดีที่สุด สังเกตได้จากแบบจำลองช่องทางออกก๊าซร้อนทางด้านล่างตรงกลาง (Center Bottom, รูปที่ 4.44 (ง)) ซึ่งจะเห็นว่าอากาศร้อนสามารถเคลื่อนที่ได้รอบกองอิฐทางด้านล่าง



รูปที่ 4.48 แสดงอุณหภูมิแตกต่างระหว่างบริเวณด้านบน (จุด P1) และด้านล่าง (จุด P4) ของกองอิฐ ตลอดกระบวนการ

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านบน (จุด P1) และด้านล่าง (จุด P4) ของกองอิฐจะพบว่าอุณหภูมิจะแตกต่างกันขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 450 นาที แล้วความแตกต่างของอุณหภูมิมิมีแนวโน้มลดลง แบบจำลองช่องทางออกก๊าซร้อนบริเวณกลางเตาด้านล่าง (Center Bottom) มีอุณหภูมิแตกต่างกันน้อยที่สุดตลอดกระบวนการ รองลงมาแบบจำลองช่องทางออกก๊าซร้อนด้านล่างซ้าย (Bottom Left) และแบบจำลองช่องทางออกก๊าซร้อนทางด้านซ้ายล่าง (Left Bottom) ส่วนแบบจำลองช่องทางออกก๊าซร้อนกลางเตาด้านซ้าย (Left Middle) มีอุณหภูมิแตกต่างกันมากที่สุด



รูปที่ 4.49 แสดงอุณหภูมิแตกต่าง มากที่สุด น้อยสุดและเฉลี่ยตลอดกระบวนการทั้ง 4 แบบจำลอง

แบบจำลองที่มีการกระจายอุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านบนและด้านล่างน้อยที่สุดคือแบบจำลองทางออกก๊าซร้อนบริเวณกลางเตาด้านล่าง โดยมีค่าเฉลี่ย 69.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแตกต่างมากที่สุด 91.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแตกต่างกันน้อยสุด 41.5 องศาเซลเซียส