



บทที่ 5

การทดลอง

เนื่องจากการออกแบบแม่พิมพ์นั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลและพารามิเตอร์ต่างๆอัน ได้แก่ แรงและความดันที่ใช้ในการอัดดินผสม, ปริมาณน้ำในดินผสม, ความหนาแน่นหลังการอัด ความแข็งแรงของดินผสมหลังการอัด, ขั้นตอนในการอัดและวิธีการอัด, วิธีการถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์, ปริมาณดินผสมที่ใช้ในการอัด เพื่อประกอบในการออกแบบหากแต่ยังไม่มีการเก็บข้อมูลเหล่านี้โดยตรง มีเพียงข้อมูลในการอัดเซรามิค ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาขึ้นเองเพื่อให้ได้ข้อมูลตามที่ต้องการ

ในการทดลองดินผสมนั้นเป็นส่วนที่ต้องนำมาทดลองและเนื่องจากว่าแหล่งผลิตเตาแต่ละแหล่งผลิตเตาจะมีส่วนผสมที่ค่อนข้างแตกต่างกันและคุณสมบัติของดินแต่ละที่ก็แตกต่างกันเนื่องจากมีสัดส่วนของแร่ธาตุไม่เท่ากัน ในการวิจัยนี้จะนำตัวอย่างดินผสมมาจากแหล่งผลิตเตาใหญ่ 3 แหล่งคือ

1. ดินผสมจากแหล่งผลิตจังหวัดชลบุรี ซึ่งส่วนใหญ่แล้วดินเหนียวที่นำมาผสมเป็นดินจากจังหวัดปราจีนบุรี

2. ดินผสมจากจังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นแหล่งผลิตใหญ่ของเครื่องปั้นดินเผา

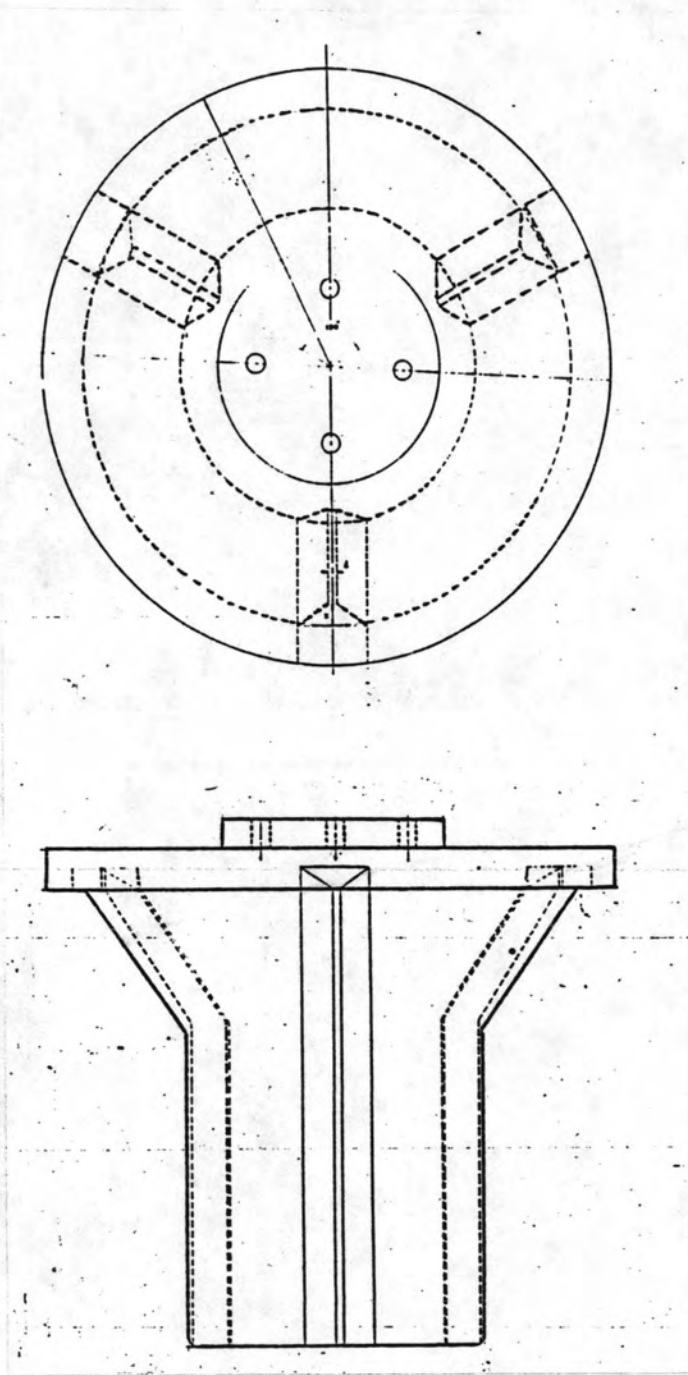
3. ดินผสมจากจังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งมีกรรมวิธีผสมดินที่ค่อนข้างจะแตกต่างจากแหล่งอื่นฯ และจากการศึกษาของการพลังงานแห่งชาติร่วมกับกองวิจัยผลิตผลป่าไม้กรมป่าไม้พบว่าจังหวัดร้อยเอ็ดมีดินเหนียวที่มีคุณสมบัติดีมากเหมาะสำหรับการผลิตเตาฯ โดยเฉพาะ

ดินผสมจากแหล่งผลิตทั้ง 3 แหล่งจะถูกนำมาทดลองเพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่จำเป็นในการออกแบบ โดยการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังต่อไปนี้

5.1 การทดลองอัดขึ้นรูปเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงจากแม่พิมพ์ทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการอัดขึ้นรูปดินผสมให้ขึ้นรูปเป็นเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง , การถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ , ขั้นตอนการอัด , แรงที่ใช้ในการอัด , พารามิเตอร์และปัญหาอื่นที่อาจเกิดตามมา ในการทดลองนี้จะใช้แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นเพื่อการทดลองโดยเฉพาะ แม่พิมพ์นี้มี 2 ส่วนคือ แม่พิมพ์อัด (Punch) ซึ่งสร้างขึ้นจากเหล็กเหนียวกลึงขึ้นรูปตามขนาดและลักษณะของผิวด้านในของเตาฯ แม่พิมพ์อัดแสดงไว้ในรูปที่

5.1 อีกส่วนหนึ่งคือ แม่พิมพ์ภายนอก (External Mold) ซึ่งถูกออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้ทั้ง ชิ้นเดียว (Single Mold) , สองชิ้น (Double Molds) และสามชิ้น (Triple



รูปที่ 5.1 แมพิมพ์อัด

Molds) แม่พิมพ์ภายนอกนี้สร้างขึ้นจาก คอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อให้ง่ายในการสร้างและประหยัดค่าวัสดุ รูปที่ 5.2 แสดงถึงแม่พิมพ์ภายนอกที่ใช้ในการทดลองนี้

นอกจากแม่พิมพ์ทั้งสองนี้แล้วยังมีอุปกรณ์ช่วยในการทดลองอีกคือ

แท่นอัดไฮดรอลิก (Hydraulic Press) ขนาด 40 ตัน เพื่อใช้ประกอบกับแม่พิมพ์อัด (Punch) สำหรับอัดดินผสมและดึงแม่พิมพ์อัดออกจากชิ้นงาน

เกจวัดความดัน (Pressure Gage) ใช้สำหรับวัดความดันของน้ำมันไฮดรอลิกในกระบอกไฮดรอลิกขณะอัดชิ้นงานเพื่อคำนวณแรงที่ใช้ในการอัด

วิธีทดลอง ในการทดลองอัดขึ้นรูปเตาขี้เริ่มจากการนำเอาแม่พิมพ์อัด (Punch) ขึ้นติดกับแกนอัดของกระบอกไฮดรอลิก โดยใช้ตัวจับ (Clamp) ซึ่งลักษณะเป็นทรงกระบอกผ่าซีกด้านล่างติดกับหน้าแปลนผ่าซีก ทรงกระบอกทำหน้าที่จับแกนของกระบอกไฮดรอลิกส่วนหน้าแปลนจะยึดติดกับแม่พิมพ์อัด

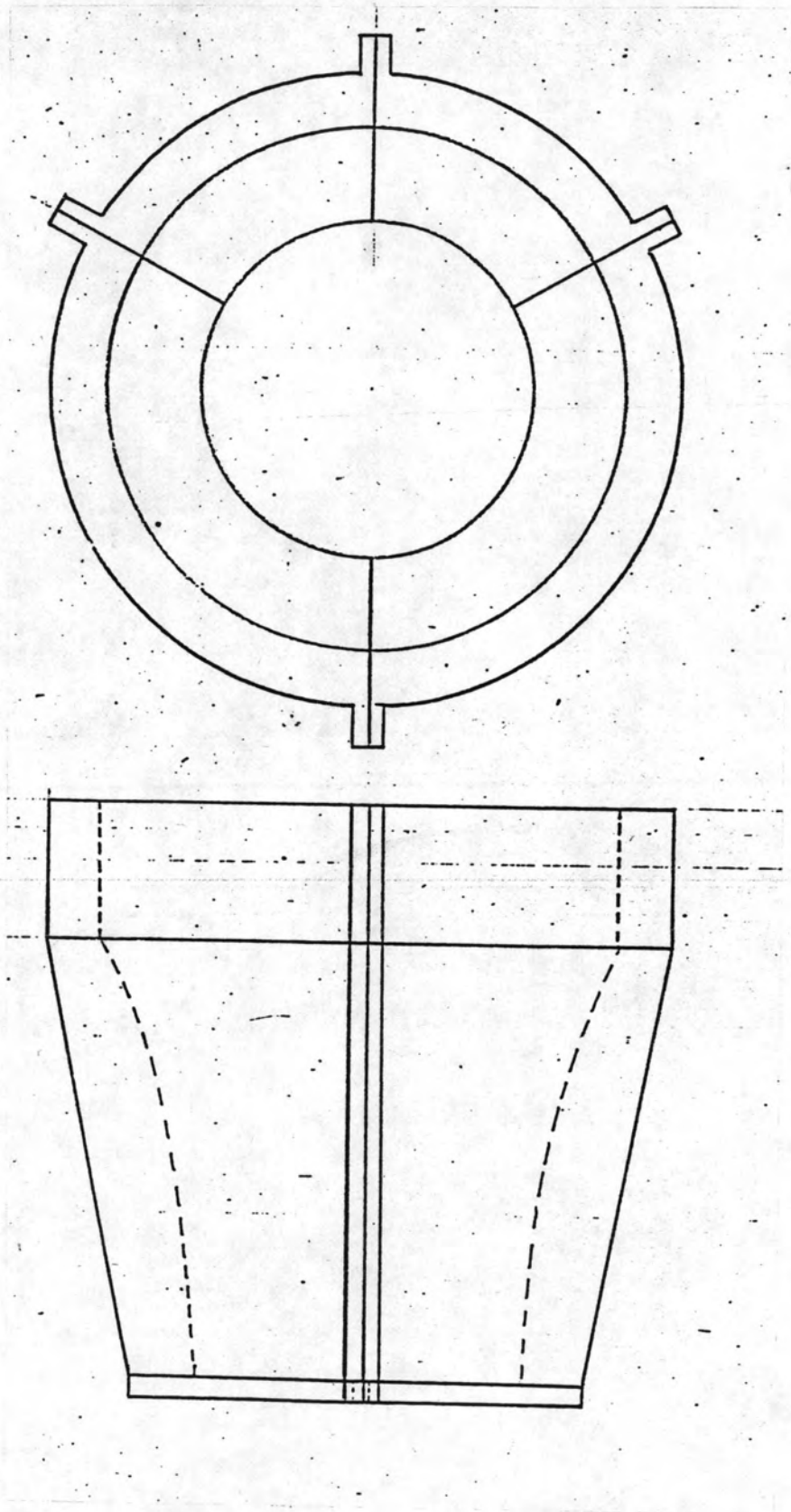
นำแม่พิมพ์ภายนอกมาประกอบโดยยึดนิอตที่หน้าแปลนทั้งหมด (หน้าแปลนทั้งหมดมี 4 คู่ แต่ละคู่ยึดด้วยนิอต 4 ตัว) นำแม่พิมพ์ขึ้นติดตั้งบนแท่นรองอัดของแท่นอัดไฮดรอลิก จากนั้นปรับระยะระหว่างแม่พิมพ์อัดกับแม่พิมพ์ภายนอกให้พอเหมาะ โดยตำแหน่งของแม่พิมพ์ภายนอกและแม่พิมพ์อัดจะต้องมีจุดศูนย์กลางเดียวกัน

ทดลองอัด โดยไม่ต้องใส่ดินผสมเพื่อให้แน่ใจว่าแม่พิมพ์อัดและแม่พิมพ์ภายนอกสวมได้พอดีเพื่อป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์อัดไปกดขอบแม่พิมพ์ภายนอก ซึ่งจะทำให้เกิดแตกร้าวได้ เมื่อปรับตำแหน่งเสร็จแล้วเปิดวาล์วไฮดรอลิกให้แม่พิมพ์อัดกลับไปยังตำแหน่งปกติ

นำน้ำมันเครื่อง (ในการทดลองนี้ใช้น้ำมันเครื่อง P.T.T.-3D) ทาที่ผิวของแม่พิมพ์ทั้งสอง โดยทาที่ผิวของแม่พิมพ์ภายนอกค่อนข้างมากเนื่องจากผิวคอนกรีตจะดูดซับน้ำมันเครื่องบางส่วนไว้ในเนื้อคอนกรีต น้ำมันเครื่องจะช่วยลดการเกาะติดของดินผสมที่ค่อนข้างเหนียวไม่ให้ชิ้นงานติดกับแม่พิมพ์แน่นเกินไปจนถอดไม่ออกเมื่ออัดชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว

ใส่ดินผสมที่นำมาจากแหล่งผลิตต่างๆ (ชลบุรี, ราชบุรีและร้อยเอ็ด) ลงในแม่พิมพ์ โดยดินจะมีลักษณะเป็นก้อนเป็ยกในปริมาณที่พอเหมาะ (การวัดปริมาตรของดินผสมค่อนข้างลำบากจึงใช้การกะด้วยสายตาหรือชั่งน้ำหนัก) จากนั้นกดแม่พิมพ์อัดลงมายังดินผสมและสังเกตเกจวัดความดัน และการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งความดันของกระบอกไฮดรอลิกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงหยุดการอัด (ซึ่งแสดงว่าเนื้อดินผสมได้ไหลเข้าไปในช่องว่างของแม่พิมพ์หมดแล้วจึงเกิดแรงต้านการอัดมากขึ้น) บันทึกความดันที่ใช้อัดไว้

เปิดวาล์วน้ำมันไฮดรอลิกยกแม่พิมพ์อัดกลับตำแหน่งปกติ จากนั้นยกแม่พิมพ์ภายนอกออกจากแท่นรองอัดเพื่อถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ในการอัดครั้งแรกหลังจากอัดเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 5.2 แม่พิมพ์ภายนอกที่ใช้ในการทดลอง

Handwritten mark or signature.

การถอดแบบจะถอดแบบแม่พิมพ์ขึ้นเดียวทำได้โดยเปิดฝาปิดด้านล่างของแม่พิมพ์ภายนอก จากนั้นดันขึ้นงานออกจากแม่พิมพ์ทางด้านบน

อัดขึ้นรูปเตาด้วยขั้นตอนที่บรรยายมาข้างต้น ถอดแบบแบบแม่พิมพ์สองชั้นทำได้โดยเปิดฝาปิดด้านล่างของแม่พิมพ์ภายนอก จากนั้นถอดเนื้อที่หน้าแปลน 2 คู่ที่อยู่ตรงข้าม แยกแม่พิมพ์ออกจากกันเป็น 2 ซีกให้ชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

อัดขึ้นรูปเตาด้วยขั้นตอนที่บรรยายมาข้างต้น ถอดแบบแบบแม่พิมพ์สามชั้นทำได้โดยเปิดฝาปิดด้านล่างของแม่พิมพ์ภายนอก จากนั้นถอดเนื้อที่หน้าแปลน 3 คู่ที่ทำมุมกัน 120 องศา แยกแม่พิมพ์ออกจากกันเป็น 3 ซีกให้ชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

ในการถอดแบบแต่ละครั้งสังเกตความสมบูรณ์ของชิ้นงานและความเสียหายที่เกิดจากการถอดแบบ ในการทดลองอัดขึ้นรูปเตาขึ้นตัวอย่างดินผสมจากแต่ละแหล่งจะถูกอัดอย่างน้อย 3 ตัวอย่างเพื่อศึกษาการถอดแบบทั้งสามแบบ

จากนั้นทดลองอัดขึ้นรูปแบบสองขั้นตอน โดยใส่ดินผสมประมาณครึ่งหนึ่งก่อนจากนั้นก็อัดจนดินผสมแน่นบันทึกความดันที่ใช้ ยกแม่พิมพ์อัดขึ้นแล้วใส่ดินผสมส่วนที่เหลือลงไปต่อจากส่วนที่อัดแล้ว ทำการอัดซ้ำอีกครั้งพร้อมทั้งบันทึกความดันด้วย แล้วยกแม่พิมพ์อัดอีกครั้ง จากนั้นถอดชิ้นงานด้วยวิธีที่ดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น แล้วเปรียบเทียบชิ้นงานกับชิ้นงานที่อัดเพียงขึ้นเดียว

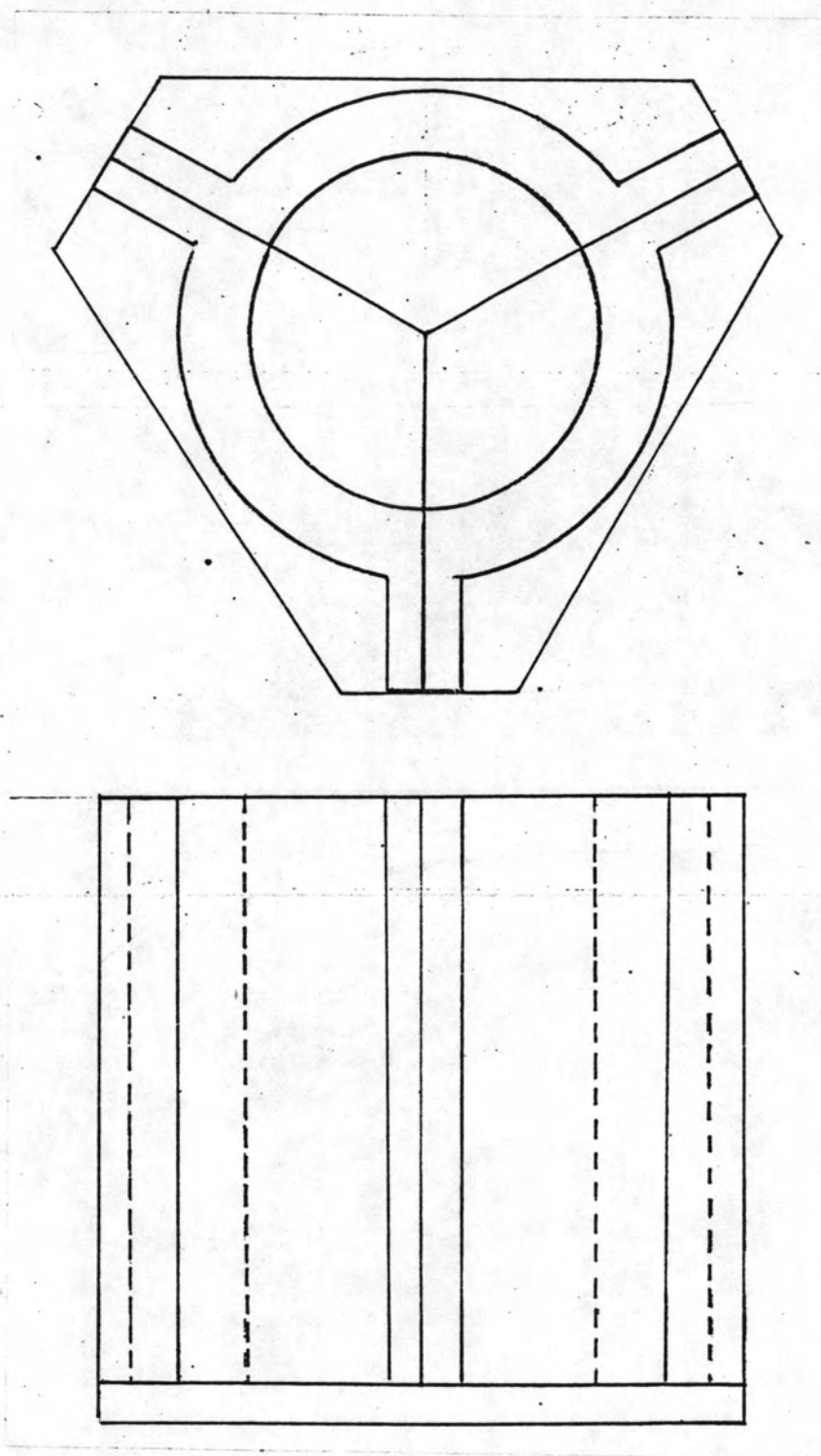
5.2 การทดลองอัดแท่งตัวอย่าง (Specimen Test)

เนื่องจากพารามิเตอร์บางตัวเช่น ความหนาแน่น , ปริมาณน้ำในเนื้อดินผสม , ความแข็งแรง ไม่สามารถจะทดลองจากการอัดจากแบบจำลองเท่าตัวจริงของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงได้ เพราะว่ารูปร่างของเตาซับซ้อนยากต่อการคำนวณ จึงใช้การทดลองจากแท่งตัวอย่างแทน

แท่งตัวอย่าง (Specimen) ในการทดลองนี้กำหนดรูปร่างเป็นสองลักษณะคือ ทรงกระบอกกลมตันเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร และทรงกระบอกกลมกลวงเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตรเท่ากัน สำหรับความสูงของแท่งตัวอย่างทั้งสองแบบนี้ไม่อาจกำหนดความสูงแน่นอนขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้ในการอัดและปริมาณดินผสมที่ใช้ แท่งตัวอย่างจะถูกอัดด้วยวิธีเดียวกันกับการอัดเตา คือแม่พิมพ์ภายนอกและแม่พิมพ์อัด

แม่พิมพ์ภายนอกมีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลมเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 55 มิลลิเมตร มีความหนา 10 มิลลิเมตร ฝาเป็นสามซีกในการถอดแต่ละซีกจะมีหน้าแปลนสองอันที่ขอบทั้งสองข้างเจาะรูใส่เนื้อที่หน้าแปลนและสองตัวสำหรับขึ้นหน้าแปลนให้ประกบกัน ก้นของแม่พิมพ์แต่ละซีกจะถูกเชื่อมปิดด้วยแผ่นเหล็กลักษณะเป็นหนึ่งในสามของวงกลมดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.3

แม่พิมพ์อัดมีสองชั้นคือ แม่พิมพ์อัดแท่งตัวอย่างต้นลักษณะเป็นแท่งกระบอกกลมเส้นผ่า



รูปที่ 5.3 แม็พิมพ์อัดแท่งตัวอย่าง

ศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร อีกชั้นเป็นทรงกระบอกกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตรที่ปลาย กลึงให้เส้นผ่าศูนย์กลางเหลือ 30 มิลลิเมตรเป็นระยะ 50 มิลลิเมตรสำหรับอัดแท่งตัวอย่าง กลวง

เตาเผาเป็นเตาที่ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าสามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยเทอร์โมสแตท สามารถอบด้วยอุณหภูมิสูงสุด 1150 องศาเซนเซียส ใช้ฮีตเตอร์ขนาด 110 โวลต์ 30 แอมแปร์ ตราซัง สำหรับซังน้ำหนักก่อนและหลังเผาแท่งตัวอย่างสามารถอ่านและเอียงได้ 1 กรัม เพื่อซังน้ำหนักใช้ในการคำนวณความหนาแน่นและน้ำหนักของน้ำที่หายไปในการตากแห้ง และการเผา

เวอร์เนีย ขนาด 150 มิลลิเมตรอ่านและเอียงได้ .005 มิลลิเมตรใช้ในการวัด ขนาดของแท่งตัวอย่างก่อนและหลังการเผา

วิธีทดลอง การทดลองเริ่มจากประกอบแม่พิมพ์แท่งตัวอย่างให้เรียบร้อยจากนั้นนำ เอาดินผสมที่จะใช้ในการทดลอง (จากแหล่งผลิตเตาทั้งสามแหล่งคือ ชลบุรี , ร้อยเอ็ด และ ราชบุรี) ใส่ลงในแม่พิมพ์ จากนั้นนำเอาแม่พิมพ์อัดมาสวมลงตรงปากของแม่พิมพ์ภายนอก นำไปอัดด้วยไฮดรอลิกบนแท่นอัดไฮดรอลิก บันทึกความดันที่เกจวัดความดันน้ำมันไฮดรอลิก จากนั้นถอดแม่พิมพ์อัดและแม่พิมพ์ภายนอกออกด้วยมือ นำเอาแท่งตัวอย่างที่ได้จากการอัดมาซังน้ำหนักและวัดขนาดบันทึกไว้เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณ

เปลี่ยนแปลงความดันที่ใช้ในการอัดของน้ำมันไฮดรอลิกจาก 0.34 เมกกะปาสคาล ไปถึง 1.38 เมกกะปาสคาล โดยเพิ่มความดันครั้งละ .35 เมกกะปาสคาล และทำการทดลองซ้ำกันความดันละสามครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

นำเอาแท่งตัวอย่างไปตากลมทิ้งไว้ 3 - 5 วันเพื่อให้ชิ้นงานแห้ง (ระยะเวลาในการตากขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวัน) หลังจากแท่งตัวอย่างแห้งแล้วนำชิ้นงานเข้าไปเผา ในเตาเผา

ในการเผาจะใช้เวลา 9 ชั่วโมงโดยในช่วงแรก 4 ชั่วโมงเป็นช่วงที่สำคัญมากต้อง ค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิบรรยากาศให้ขึ้นเป็น 400 องศาเซนเซียส เพื่อให้เวลากับน้ำที่ยัง เหลืออยู่ในเนื้อดินผสมในการระเหยออกไป ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเร็วเกินไปแท่งตัวอย่างจะเกิดแตก กระจายออกทำให้แท่งตัวอย่างเสียหาย หลังจากอุณหภูมิเกิน 400 องศาเซนเซียสแล้วสามารถเร่งอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิได้เต็มที่จนอุณหภูมิถึง 850 - 950 องศาเซนเซียส จากนั้น ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่จนครบ 9 ชั่วโมง จากนั้นก็ดับเตาปล่อยให้เตาเย็นตัวลงเองเป็นเวลา 12 - 15 ชั่วโมงแล้วจึงนำเอาแท่งตัวอย่างออกจากเตาเผา จากนั้นนำเอาแท่งตัวอย่างมา ซังน้ำหนักและวัดขนาดเพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

ทดลองเจาะรูที่กันแมงมิ้มเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการอัดกับแบบไม่ได้เจาะรูในด้าน การไหล , ความดันน้ำในฮดรอลิก , ความหนาแน่น และความแข็งแรง

ทดลองการอัดดินโดยลดปริมาณน้ำลงจากปริมาณเดิมจากแหล่งผลิต ทำได้โดยนำเอา ดินผสมไปตากแดดจนแห้งสนิท แล้วนำมาบดให้ละเอียดร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 ช่องต่อตารางนิ้ว นำดินผสมที่ผ่านการร่อนแล้วใส่ในแม่พิมพ์จากนั้นก็อัดด้วยชั้นตอนและวิธีเดียวกับการอัด ดินเปียก

นำดินผสมแห้งที่ผ่านการร่อนแล้วมาชั่งน้ำหนักของดินผสมมาคำนวณน้ำหนักน้ำให้ได้ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักดิน จากนั้นนำน้ำที่หนักเท่ากับที่คำนวณได้ใส่ในที่สเปย์น้ำ ใส่ ดินผสมแห้งลงในถังผสมใช้มือคนให้ทั่วพร้อมกับสเปย์น้ำลงไปเรื่อยๆจนน้ำหมด คนต่อไปจนน้ำ เข้ากับดินผสมดี (ไม่สามารถใส่น้ำลงไปทีเดียวเลยได้เพราะจะมีดินผสมเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ดูดซับน้ำไว้แล้วรวมตัวเป็นก้อนส่วนที่เหลือจะไม่ถูกน้ำทำให้การกระจายของน้ำไม่สม่ำเสมอ) นำดินผสมที่ผ่านการผสมแล้วใส่ในแม่พิมพ์จากนั้นก็อัดด้วยชั้นตอนและวิธีเดียวกับการอัดดินเปียก เปรียบเทียบแท่งตัวอย่างกับแท่งตัวอย่างที่ใช้ดินเปียก