**บทที่ 4**

**ผลการวิจัย**

 ในบทนี้ได้กล่าวถึงคุณสมบัติพื้นฐานทั้งทางกายภาพและเคมีผลการทดสอบและการวิเคราะห์โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

 1. คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

 2. ผลการทดสอบมิติ

 3. ผลการทดสอบความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน

 4. ผลการทดสอบความหนาแน่น

 5. ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำ

**4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ**

 4.1.1 ขนาดอนุภาคและการคละของดิน

 ทดสอบโดยเครื่อง Laser Diffraction Particle Size Analyzerพบว่าดินมีขนาดอนุภาคใหญ่สุดที่ขนาดไม่เกิน 1,000 µm และมีการคละของอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10 -1,000 µm ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ซึ่งเป็นขนาดดินที่ค่อนข้างละเอียดเหมาะแก่การนำมาใช้ในการทำอิฐบล็อกประสาน เนื่องจากอิฐบล็อกประสานขึ้นรูปด้วยการอัดด้วยแรง ประกอบกับเมื่อดินมีขนาดที่เล็กช่องว่างระหว่างอนุภาคดินจะน้อยตามไปด้วยทำให้อิฐมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น(Haruehansapong et al. 2014,
pp. 471-477) ดังแสดงในภาพที่ 4.1

****

***ภาพที่ 4.1*** ผลการทดสอบอนุภาคและขนาดคละของดิน



***ภาพที่ 4.2*** ภาพถ่ายขยายกำลังสูงขนาด 100 เท่าของดิน

 4.1.2 การทดสอบหาองค์ประกอบทางเคมีของดิน

 ทดสอบโดยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer พบว่าดินมีองค์ประกอบของ SiO2 และ Al2O3 เป็นส่วนใหญ่ โดยมีปริมาณร้อยละ 84.92 และ 11.55 ลำดับ ดังแสดงตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นลักษณะของดินเหนียว จึงเหมาะสมในการนำมาทำอิฐบล็อกประสาน

**ตารางที่ 4.1**

*คุณสมบัติทางเคมีของดิน*

|  |  |
| --- | --- |
| ส่วนประกอบทางเคมี | ร้อยละ (%) |
| Na2O | 0.04 |
| MgO | 0.08 |
| Al2O3 | 11.55 |
| SiO2 | 84.92 |
| P2O5 | 0.06 |
| SO3 | 0.02 |
| Cl | 0.02 |
| K2O | 0.1 |
| CaO | 0.05 |
| TiO2 | 0.59 |
| Cr2O3 | 0.01 |
| MnO | 0.01 |
| Fe2O3 | 2.5 |
| ZrO2 | 0.05 |

**4.2 ผลการทดสอบมิติ**

จากการทดสอบพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อน ความกว้าง +1.0 มิลลิเมตร ความยาว +1.9 มิลลิเมตร และความสูง +0.3 มิลลิเมตร ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547 โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2.0 มิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2**

*ผลการทดสอบมิติ*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| รหัสส่วนผสม | ขนาดที่วัดได้ | ค่าความคลาดเคลื่อน |
| กว้าง(ซม.) | ยาว(ซม.) | สูง(ซม.) | กว้าง(มม.) | ยาว(มม.) | สูง(มม.) |
| BC | 12.6 | 25.1 | 9.0 | 1.0 | 1.0 | 0.0 |
| RH0L5 | 12.6 | 25.1 | 9.0 | 1.0 | 1.0 | 0.0 |
| RH0L10 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH0L15 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH0L20 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH5L0 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH5L5 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH5L10 | 12.6 | 25.2 | 9.1 | 1.0 | 2.0 | 1.0 |
| RH5L15 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH5L20 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH10L0 | 12.6 | 25.2 | 9.1 | 1.0 | 2.0 | 1.0 |
| RH10L5 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH10L10 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH10L15 | 12.6 | 25.2 | 9.1 | 1.0 | 2.0 | 1.0 |
| RH10L20 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH15L0 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH15L5 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH15L10 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH15L15 | 12.6 | 25.2 | 9.1 | 1.0 | 2.0 | 1.0 |
| RH15L20 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH20L0 | 12.6 | 25.2 | 9.1 | 1.0 | 2.0 | 1.0 |
| RH20L5 | 12.6 | 25.2 | 9.1 | 1.0 | 2.0 | 1.0 |
| RH20L10 | 12.6 | 25.2 | 9.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 |
| RH20L15 | 12.6 | 25.2 | 9.1 | 1.0 | 2.0 | 1.0 |
| RH20L20 | 12.6 | 25.2 | 9.1 | 1.0 | 2.0 | 1.0 |
| ค่าเฉลี่ย |  |  |  | +1.0 | +1.9 | +0.3 |

**4.3 ผลการทดสอบแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน**

 จากการทดสอบพบว่า การแทนที่ดินแดงด้วยดินลมหอบ ทำให้กำลังอัดสูงกว่าอิฐบล็อกประสานควบคุม เนื่องจากดินลมหอบเป็นดินที่มีขนาดอนุภาคเล็กเป็นฝุ่น ซึ่งเมื่อนำมาผสมกับดินแดงในอิฐบล็อกประสานแล้ว ดินลมหอบสามารถแทรกตัวได้ดีเนื่องจากมีอนุภาคที่เล็กกว่าดินแดง และการแทนการแทนที่ดินแดงด้วยดินลมหอบในปริมาณที่สูงขึ้น ส่งผลให้กำลังอัดของอิฐบล็อกประสานเพิ่มมากขึ้นด้วย เมื่อเทียบกับส่วนผสมในกลุ่มเดียวกัน เช่น RH0L5, RH0L10, RH0L15, RH0L20 ซึ่งมีค่ากำลังอัดที่ 7 วัน เท่ากับ 291, 303, 326 และ 353 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ และยังพบอีกว่า กำลังอัดที่อายุ 28 วัน ทุกส่วนผสมมีกำลังอัดที่มากกว่าที่อายุ 7 วัน เนื่องจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นของปูนซีเมนต์และน้ำในช่วงระยะเวลาที่บ่มอิฐบล็อกประสาน ดังแสดงในภาพที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3**

*ผลการทดสอบความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| รหัสส่วนผสม | ความต้านแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | ความต้านแรงอัด (กก./ตร.ซม.) |
| อายุ 7 วัน | อายุ 28 วัน |
| BC | 263 | 316 |
| RH0L5 | 291 | 345 |
| RH0L10 | 303 | 364 |
| RH0L15 | 326 | 384 |
| RH0L20 | 353 | 416 |
| RH5L0 | 281 | 331 |
| RH5L5 | 306 | 360 |
| RH5L10 | 319 | 376 |
| RH5L15 | 335 | 394 |
| RH5L20 | 375 | 442 |
| RH10L0 | 262 | 309 |
| RH10L5 | 273 | 322 |
| RH10L10 | 286 | 336*(ต่อ)* |

**ตารางที่ 4.3** (ต่อ)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| รหัสส่วนผสม | ความต้านแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | ความต้านแรงอัด (กก./ตร.ซม.) |
| อายุ 7 วัน | อายุ 28 วัน |
| RH10L15 | 303 | 356 |
| RH10L20 | 326 | 384 |
| RH15L0 | 213 | 251 |
| RH15L5 | 227 | 268 |
| RH15L10 | 238 | 280 |
| RH15L15 | 247 | 291 |
| RH15L20 | 271 | 327 |
| RH205L0 | 164 | 194 |
| RH20L5 | 183 | 215 |
| RH20L10 | 193 | 228 |
| RH20L15 | 200 | 235 |
| RH20L20 | 215 | 254 |

***ภาพที่ 4.3*** ความสัมพันธ์ของดินลมหอบกับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสาน

 จากภาพที่ 4.4จะเห็นได้ว่า การใช้แกลบ ร้อยละ 5 ร่วมกับดินลมหอบร้อยละ 20 ให้ค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานสูงสุดเมื่อเทียบกับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานทั้งหมด โดยมีค่าเท่ากับ 375 กก./ตร.ซม. ที่อายุการทดสอบ 7วัน และมีค่าเท่ากับ 442 กก./ตร.ซม. ที่อายุการทดสอบ 28 วัน ซึ่งเป็นกำลังอัดสูงสุดของอิฐบล็อกประสาน และเมื่อพิจารณาค่ากำลังอัดเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช. 602/2547 พบว่าทุกค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานมีค่ามากกว่า 7 เมกะปาสคาล หรือประมาณ 70 กก./ตร.ซม. จัดได้ว่าอิฐบล็อกประสานทุกส่วนผสมเป็นชนิดรับแรง ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช. 602-2547 (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

***ภาพที่ 4.4*** ความสัมพันธ์ของดินลมหอบและแกลบกับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสาน

 เมื่อพิจารณาผลกระทบของแกลบต่อด้านกำลังอัดของอิฐบล็อกประสาน ผลปรากฏว่า อิฐบล็อกประสานที่มีแกลบเป็นส่วนผสมมีค่ากำลังอัดลดลง ตามปริมาณการแทนที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Erniatia et al. 2015, pp. 832-837) ทั้งนี้ เนื่องจากแกลบมีขนาดที่ใหญ่กว่าดินแดง เมื่อแทนที่ในอิฐบล็อกประสานแล้วส่งผลให้เกิดในช่องว่างของอิฐบล็อกประสาน มีผลให้กำลังอัดมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มส่วนผสมเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.5 และภาพที่ 4.6

***ภาพที่ 4.5*** ความสัมพันธ์ของแกลบกับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสาน

***ภาพที่ 4.6*** ความสัมพันธ์ของแกลบกับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสาน

 และเมื่อพิจารณาการใช้ดินลมหอบร่วมกับแกลบในอิฐบล็อกประสาน ปรากฏว่าส่วนผสมที่มีแกลบส่งผลให้ค่ากำลังอัดลดลง เมื่อเทียบกับ อิฐบล็อกประสานควบคุม แต่ ดินลมหอบสามารถเพิ่มกำลังอัดให้กับอิฐบล็อกประสาน เมื่อเทียบกับการใช้แกลบในปริมาณเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.7

***ภาพที่ 4.7*** ความสัมพันธ์ของแกลบและดินลมหอบกับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสาน

**4.4 ผลการทดสอบความหนาแน่น**

จากผลการทดสอบพบว่า อิฐบล็อกประสานควบคุมมีค่าความหนาแน่นที่อายุ 7 และ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 1,534 และ 1,507 กก./ลบ.ม.และเมื่อแทนที่ดินด้วยแกลบพบว่า ความหนาแน่นของบล็อกประสานทีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ทุกส่วนผสม (ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุล และคณะ, 2556,
น. 48-54) เนื่องจากความหนาแน่นแกลบมีค่าน้อยกว่าดินแดงที่ใช้ทำอิฐบล็อกประสาน และเมื่อแทนที่แล้วทำให้เกิดโพรงมากขึ้นตามปริมาณการแทนที่ (Uygunoglu and other. 2012 : 180-187) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นที่ 28 วัน พบว่า มีค่าน้อยกว่าอายุ 7 วัน ทุกส่วนผสม เนื่องจาก ความชื้นในอิฐบล็อกประสานได้ระเหยออก จึงส่งผลให้ความหนาแน่นมีค่าลดลงเล็กน้อย ดังแสดงใน ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.8

**ตารางที่ 4.4**

*ผลการทดสอบความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสาน*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| รหัสส่วนผสม | ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม) | ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม) |
| ที่อายุ 7 วัน | ที่อายุ 28 วัน |
| BC | 1534 | 1507 |
| RH0L5 | 1545 | 1512 |
| RH0L10 | 1549 | 1520 |
| RH0L15 | 1558 | 1529 |
| RH0L20 | 1561 | 1533 |
| RH5L0 | 1522 | 1512 |
| RH5L5 | 1529 | 1519 |
| RH5L10 | 1535 | 1514 |
| RH5L15 | 1544 | 1534 |
| RH5L20 | 1548 | 1540 |
| RH10L0 | 1504 | 1500 |
| RH10L5 | 1511 | 1506 |
| RH10L10 | 1519 | 1510 |
| RH10L15 | 1524 | 1518 |
| RH10L20 | 1529 | 1520 |
| RH15L0 | 1450 | 1442 |
| RH15L5 | 1457 | 1450 |
| RH15L10 | 1467 | 1460 |
| RH15L15 | 1468 | 1465 |
| RH15L20 | 1472 | 1469 |
| RH20L0 | 1421 | 1414 |
| RH20L5 | 1429 | 1420 |
| RH20L10 | 1445 | 1436 |
| RH20L15 | 1453 | 1451 |
| RH20L20 | 1459 | 1455 |

***ภาพที่ 4.8*** ความสัมพันธ์ของแกลบและดินลมหอบกับความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสาน

เมื่อพิจารณาผลกระทบของดินลมหอบต่อความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานพบว่า ในส่วนผสมกลุ่มเดียวกันความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ของดินลมหอบ ทั้งนี้เนื่องจากขนาดอนุภาคของดินลมหอบมีขนาดที่เล็กมากจึงสามารถลดช่องว่างในอิฐบล็อกประสานส่งผลให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.9 และ ภาพที่ 4.10

***ภาพที่ 4.9*** ความสัมพันธ์ของดินลมหอบกับความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสาน

***ภาพที่ 4.10*** ความสัมพันธ์ของดินลมหอบกับความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสาน

**4.5 ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำ**

 จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่า ทุกอัตราส่วนการแทนที่ของแกลบมีค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณแกลบที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแกลบมีลักษณะเป็นโพรง มีผลให้เกิดโพรงในอิฐบล็อกประสาน ส่งผลให้การดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบการการดูดซึมที่อายุการทดสอบ พบว่าร้อยละการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน มีค่าการดูดกลืนน้ำมากกว่าอายุ 7 วันทุกอัตราส่วนผสม ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่ออิฐบล็อกประสานมีอายุมากขึ้นค่าความชื้นมีค่าลดลงจากการระเหยความชื้น ส่งผลให้การดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น (จรูญ เจริญเนตรกุล*,* 2557,
น. 103-112) ดังแสดงในภาพที่ 4.11

**ตารางที่ 4.5**

*ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| รหัสส่วนผสม | ร้อยละการดูดซึม | ร้อยละการดูดซึม |
|  อายุ 7 วัน | อายุ 28 วัน |
| BC | 11.19 | 12.11 |
| RH0L5 | 11.07 | 11.85 |
| RH0L10 | 10.84 | 11.45 |
| RH0L15 | 10.48 | 11.05 |
| RH0L20 | 10.40 | 11.00 |
| RH5L0 | 12.24 | 13.90 |
| RH5L5 | 11.85 | 13.05 |
| RH5L10 | 11.63 | 12.86 |
| RH5L15 | 11.46 | 12.43 |
| RH5L20 | 11.26 | 12.14 |
| RH10L0 | 13.84 | 14.64 |
| RH10L5 | 13.44 | 14.18 |
| RH10L10 | 13.00 | 14.03 |
| RH10L15 | 12.69 | 13.54 |
| RH10L20 | 12.51 | 13.11 |
| RH15L0 | 15.07 | 16.39 |
| RH15L5 | 15.03 | 16.09 |
| RH15L10 | 14.85 | 15.90 |
| RH15L15 | 14.35 | 15.33 |
| RH15L20 | 14.14 | 15.06 |
| RH20L0 | 16.16 | 17.29 |
| RH20L5 | 16.03 | 16.67 |
| RH20L10 | 15.83 | 16.12 |
| RH20L15 | 15.48 | 15.92 |
| RH20L20 | 15.10 | 15.71 |

***ภาพที่ 4.11*** ความสัมพันธ์ของแกลบและดินลมหอบกับค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน

 และเมื่อพิจารณาถึงผลกระทบของดินลมหอบต่อการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน พบว่าค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงเนื่องจากความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานที่มีค่าเพิ่มขึ้นจากอนุภาคของดินลมหอบที่มีขนาดเล็กลดชองว่างในอิฐบล็อกประสาน ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนน้ำลดลงดังแสดงในภาพที่ 4.12 และ ภาพที่ 4.13

***ภาพที่ 4.12*** ความสัมพันธ์ของดินลมหอบกับค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน

***ภาพที่ 4.13*** ความสัมพันธ์ของดินลมหอบกับค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน

และเมื่อพิจารณาค่าการดูดกลืนน้ำเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547 ผลปรากฏว่า ส่วนผสมของแกลบร้อยละ 20 โดยปริมาตร มีค่าการดูดกลืนน้ำมากกว่า 288 กก./ลบ.ม. เกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547 ดังแสดงในภาพที่ 4.14

***ภาพที่ 4.14*** ความสัมพันธ์ของดินลมหอบกับค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน