# บทที่ 4

# ผลและการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

## 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตมวลเบา

### 4.1.1 กำลังรับแรงอัด

จากการทดลองพบว่ากำลังรับแรงอัดของบล็อกคอนกรีตมวลเบาเมื่อแทนปูนซีเมนต์ด้วยผงอะลูมิเนียมตามอัตราส่วนร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ที่มีอายุ 28 วัน จะมีกำลังลดลง ซึ่งมีความสามารถรับกำลังอัดได้เท่ากับ 51.87, 47.20, 46.00, 45.20 และ 44.93 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ อัตราส่วนผสมซึ่งส่วนผสมที่มีค่ากำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน มอก.1505-2541 ชั้นคุณภาพที่ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คือ ส่วนผสมที่ผสม ผงอะลูมิเนียมร้อยละ 0.0 แต่เนื่องจาก ส่วนผสมนี้มีน้ำหนักที่หนักกว่าส่วนผสมอื่นจะทำให้ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยจึงได้เลือกส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดคือ ผสมผงอะลูมิเนียม 2.0 เนื่องมีน้ำหนักที่เบาแต่กำลังอัดไม่ได้อยู่ตามเกณฑ์มาตรฐาน

จากการทดลองพบว่ากำลังรับแรงอัดของบล็อกคอนกรีตมวลเบาเมื่อแทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษในอัตราส่วนร้อยละ 0.0, 5.0, 10.0 และ 15.0 ที่มีอายุ 28 วัน จะมีกำลังลดลง ซึ่งมีความสามารถรับกำลังอัดได้เท่ากับ 47.60, 44.93, 45.87 และ 44.40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับอัตราส่วนผสม ซึ่งส่วนผสมที่พิจารณาคือส่วนผสมที่แทนที่เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ ร้อยละ10 มีค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ในเกณฑ์ที่น่าจะพิจารณาจากองค์ประกอบอื่น ๆ ด้วย

เมื่อเปรียบเทียบส่วนผสมในด้านการรับแรงอัด พบว่าส่วนผสม LL 3 เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด สาเหตุที่กำลังรับแรงอัดลดลงตามอัตราส่วนของเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่เพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องมาจากมวลรวมที่มีอนุภาคเป็นฝุ่นผงจำนวนมากในกากปูนขาว ซึ่งฝุ่นผงเหล่านี้จะเคลือบติดกับผิวของมวลรวมทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวของซีเมนต์เพสต์ลดลงและทำให้ต้องใช้น้ำมากกว่าปกติในการผสมมอร์ต้าร์การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์จะมีผลต่อกำลังรับแรงอัด [10] ระบุว่าน้ำจะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างเม็ดปูนซีเมนต์

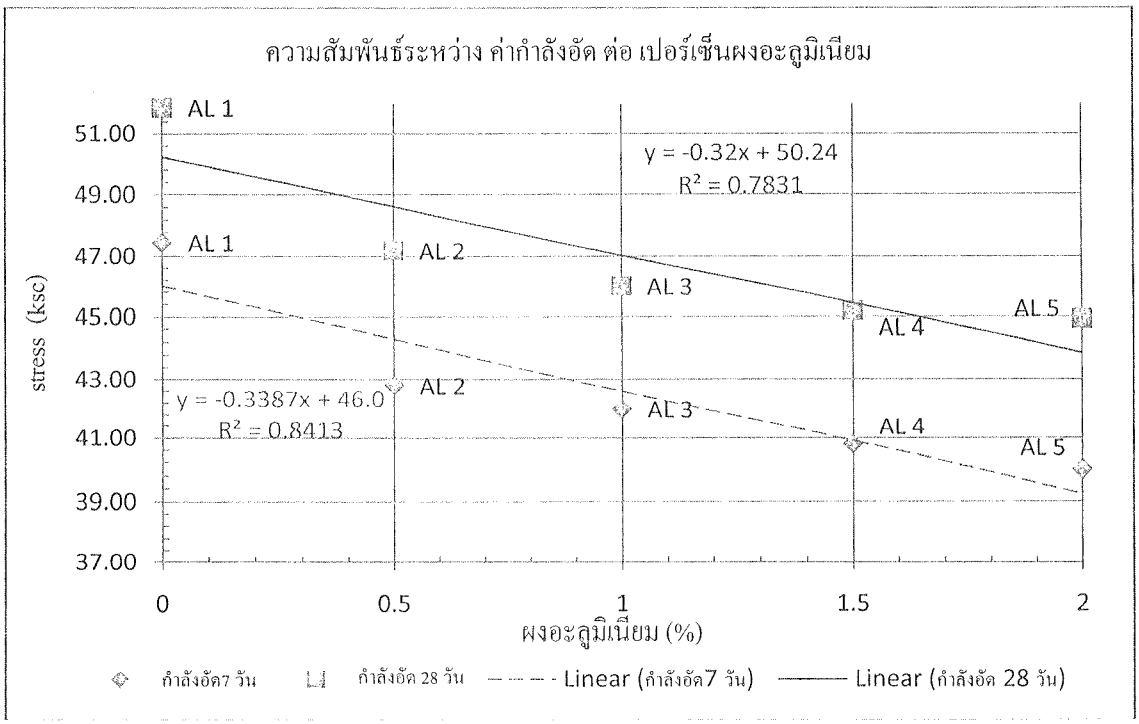
ทำให้การจับยึดกันไม่แน่นหนาและเมื่อมอร์ต้าร์แข็งตัวแล้วน้ำที่เหลือจากปฏิกิริยาเคมีระเหยไปทำให้มอร์ต้าร์มีโพรงพรุนจำนวนมาก

ตารางที่ 4.1 กำลังรับแรงอัดของบล็อกคอนกรีตมวลเบาระหว่างปูนซีเมนต์กับผงอะลูมิเนียม

| ส่วนผสม | อัตตราส่วนโดยน้ำหนัก ปูนซีเมนต์:ทราย:ยิปซั่ม: เถ้ากากอุตสาหกรรม:ผงอะลูมิเนียม | กำลังอัด ที่อายุ 7 วัน (kgf) | กำลังอัดเฉลี่ย ที่อายุ 7 วัน (ksc) | กำลังอัด ที่อายุ 28 วัน (kgf) | กำลังอัดเฉลี่ย ที่อายุ 28 วัน (ksc) |
|---|---|---|---|---|---|
| mixAl 1 | 32% : 50% : 9% : 9% : 0% W/C = 0.80 | 1180 | 47.47 | 1290 | 51.87 |
| | | 1210 | | 1320 | |
| | | 1170 | | 1280 | |
| mixAl 2 | 31.5% : 50% : 9% : 9% : 0.5% W/C = 0.80 | 1070 | 42.80 | 1180 | 47.20 |
| | | 1080 | | 1170 | |
| | | 1060 | | 1190 | |
| mixAl 3 | 31% : 50% : 9% : 9% : 1% W/C = 0.80 | 1000 | 42.00 | 1120 | 46.00 |
| | | 1100 | | 1190 | |
| | | 1050 | | 1140 | |
| mixAl 4 | 30.5% : 50% : 9% : 9% : 1.5% W/C = 0.80 | 1030 | 40.80 | 1150 | 45.20 |
| | | 1020 | | 1110 | |
| | | 1010 | | 1130 | |
| mixAl 5 | 30% : 50% : 9% : 9% : 2% W/C = 0.80 | 990 | 40.00 | 1100 | 44.93 |
| | | 1010 | | 1120 | |
| | | 1000 | | 1150 | |

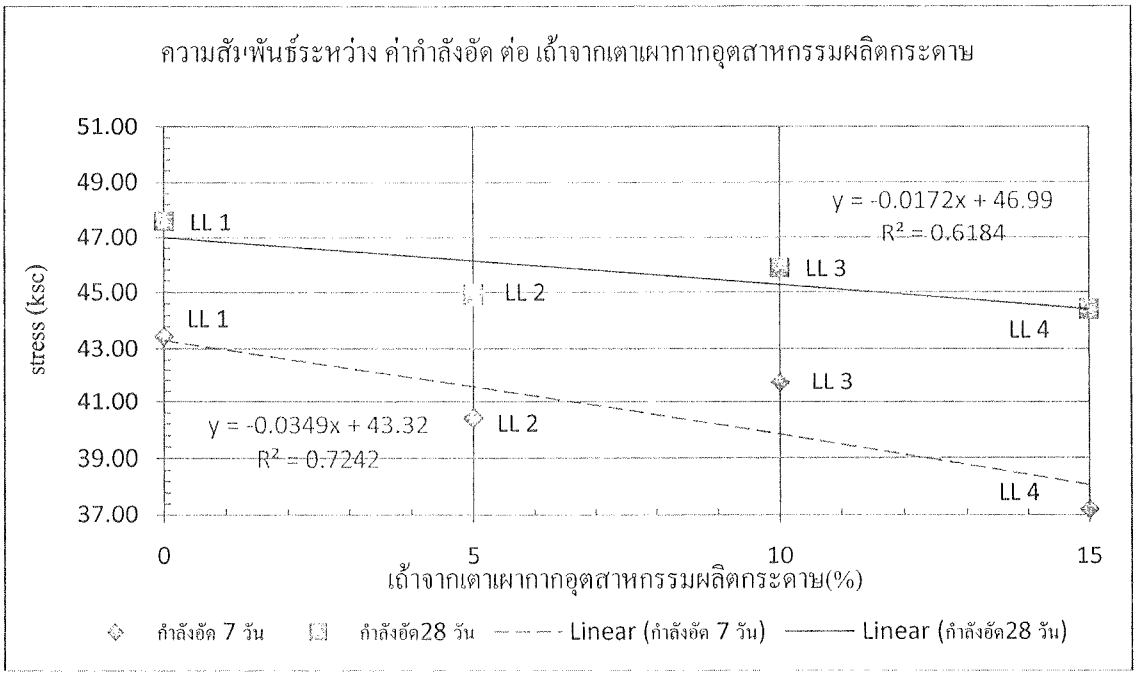
ตารางที่ 4.2 กำลังรับแรงอัดของบล็อกคอนกรีตมวลเบาระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้าจากเตาเผากาก อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ

| ส่วนผสม | อัตตราส่วนโดยน้ำหนัก ปูนซีเมนต์:ทราย:ยิปซั่ม: เถ้ากากอุตสาหกรรม:ผงอะลูมิเนียม | กำลังอัด ที่อายุ 7 วัน (kgf) | กำลังอัดเฉลี่ย ที่อายุ 7 วัน (ksc) | กำลังอัด ที่อายุ 28 วัน (kgf) | กำลังอัดเฉลี่ย ที่อายุ 28 วัน (ksc) |
|---|---|---|---|---|---|
| mixLL 1 | 39% : 50% : 9% : 0% : 2% W/C = 0.80 | 1150 | 43.47 | 1270 | 47.60 |
| | | 1020 | | 1130 | |
| | | 1090 | | 1170 | |
| mixLL 2 | 34% : 50% : 9% : 5% : 2% W/C = 0.80 | 1030 | 40.40 | 1150 | 44.93 |
| | | 1020 | | 1130 | |
| | | 980 | | 1090 | |
| mixLL 3 | 29% : 50% : 9% : 10% : 2% W/C = 0.80 | 920 | 41.73 | 1040 | 45.87 |
| | | 1120 | | 1210 | |
| | | 1090 | | 1190 | |
| mixLL 4 | 24% : 50% : 9% : 15% : 2% W/C = 0.80 | 1190 | 37.20 | 1310 | 44.40 |
| | | 800 | | 1020 | |
| | | 800 | | 1000 | |




รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเปอร์เซ็นต์ผงอะลูมิเนียม

จากกราฟได้ค่าความเชื่อถือเท่ากับ 0.8413 และ 0.7831 จะเห็นว่าเมื่อใส่ผงอะลูมิเนียม 2% จะให้กำลังอัดต่ำแต่เหตุผลที่เลือกใช้ผลอะลูมิเนียมเพราะทำให้น้ำหนักเบาแต่ถ้าใส่มากกว่านี้จะทำให้ค่าใช้จ่ายมากขึ้น




รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเปอร์เซ็นต์เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ

จากกราฟได้ค่าความเชื่อถือเท่ากับ 0.7242 และ 0.6184 แสดงกำลังอัดที่ 7 วันทราบว่าใส่เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่ 10% = 41.73 (ksc) จะให้กำลังอัดดีที่สุดเช่นกันกับเส้นแสดงกำลังอัดที่ 28 วัน ให้กำลังอัด = 45.87 (ksc) จะเห็นว่าเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่ร้อยละ 5 และ 15 จะให้กำลังอัดต่ำแต่ถ้าหากใส่เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษมากกว่า 15% จะทำให้ตัวอย่างยุ่ยไม่เกาะเป็นเนื้อเดียวกัน

4.1.2 ค่าความหนาแน่นแห้ง

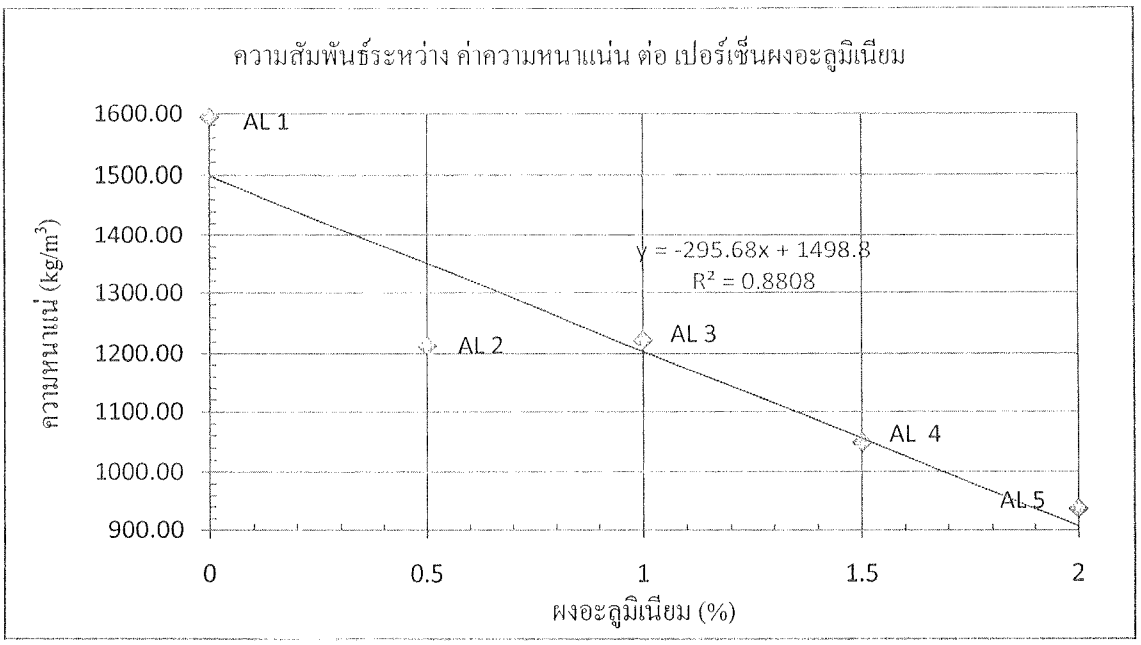
จากการทดลองพบว่าความหนาแน่นของบล็อกมวลเบาขึ้นอยู่กับปริมาณของกากปูนขาวนั่นคือเมื่อปริมาณเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษเพิ่มขึ้นค่าความหนาแน่นก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยและจากส่วนผสมเกือบทั้งหมดที่ได้ทำการทดลอง พบว่ามีค่าความหนาแน่นที่สูงกว่ามาตรฐานตาม มอก. 1505-2541ชั้นคุณภาพที่ 2 คือ มีค่ามากกว่า 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับส่วนผสมที่เลือกคือส่วนผสม LL 3 มีค่าความหนาแน่นเท่า กับ 1238.40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่อย่างไรก็ตามในการเพิ่มเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ลักษณะของส่วนผสมนั้นมีการจับตัวของส่วนผสมที่น้อยมาก

ตารางที่ 4.3 ความหนาแน่นของบล็อกคอนกรีตมวลเบาระหว่าง ปูนซีเมนต์กับผงอะลูมิเนียม

| ส่วนผสม | อัตราส่วนโดยน้ำหนัก<br>ปูนซีเมนต์:ทราย:ยิปซั่ม:เถ้าถ่านอุตสาหกรรม<br>:ผงอะลูมิเนียม | น้ำหนักอิ่มตัว<br>ผิวแห้ง<br>(g.) | ความหนาแน่น<br>$kg/m^3$ |
|---|---|---|---|
| mixAl1 | 32% : 50% : 9% : 9% : 0%<br>W/C = 0.80 | 202.70<br>195.80<br>199.50 | 1594.67 |
| mixAl2 | 31.5% : 50% : 9% : 9% : 0.5%<br>W/C = 0.80 | 145.90<br>160.70<br>148.20 | 1212.80 |
| mixAl3 | 31% : 50% : 9% : 9% : 1%<br>W/C = 0.80 | 151.70<br>153.40<br>153.10 | 1221.87 |
| mixAl4 | 30.5% : 50% : 9% : 9% : 1.5%<br>W/C = 0.80 | 158.40<br>163.10<br>162.30 | 1290.13 |
| mixAl5 | 30% : 50% : 9% : 9% : 2%<br>W/C = 0.80 | 123.20<br>124.50<br>103.90 | 937.60 |

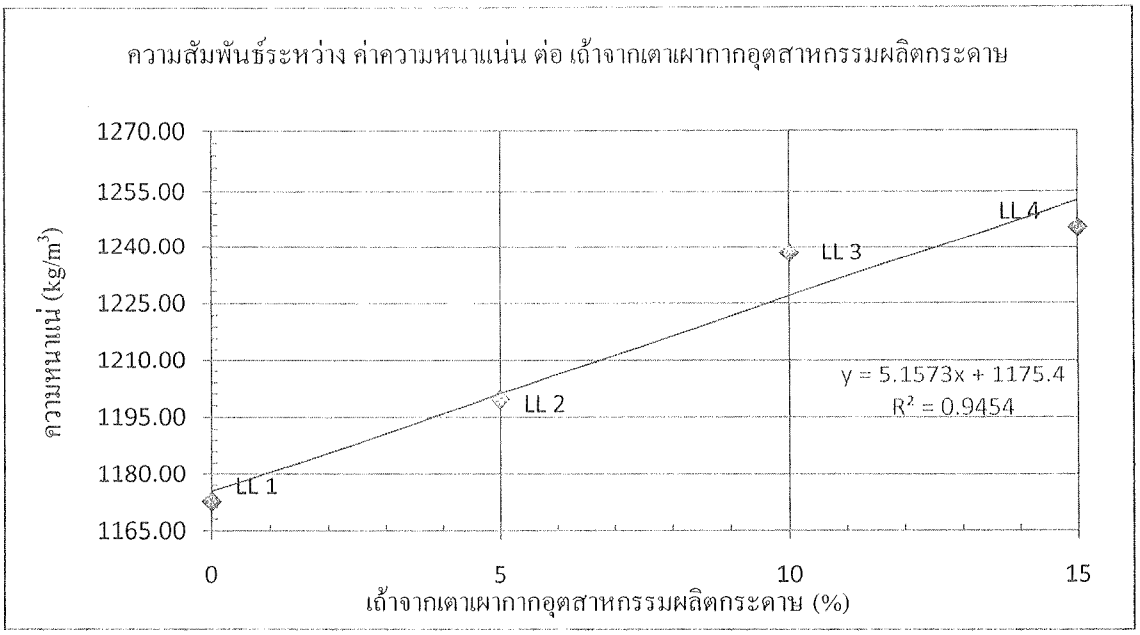
ตารางที่ 4.4 ความหนาแน่นของบล็อกคอนกรีตมวลเบาระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ

| ส่วนผสม | อัตตราส่วนโดยน้ำหนัก ปูนซีเมนต์:ทราย:ยิปซั่ม:เถ้ากากอุตสาหกรรม :ผงอะลูมิเนียม | น้ำหนักอิ่มตัวผิวแห้ง (g.) | ความหนาแน่น $kg/m^3$ |
|---|---|---|---|
| mixLL 1 | 39% : 50% : 9% : 0% : 2% W/C = 0.80 | 151.90 | 1172.53 |
| | | 148.70 | |
| | | 139.10 | |
| mixLL 2 | 34% : 50% : 9% : 5% : 2% W/C = 0.80 | 154.70 | 1199.73 |
| | | 156.10 | |
| | | 139.10 | |
| mixLL 3 | 29% : 50% : 9% : 10% : 2% W/C = 0.80 | 138.10 | 1238.40 |
| | | 162.20 | |
| | | 164.10 | |
| mixLL 4 | 24% : 50% : 9% : 15% : 2% W/C = 0.80 | 173.10 | 1245.60 |
| | | 148.90 | |
| | | 145.10 | |




รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับเปอร์เซ็นต์ผงอะลูมิเนียม

จากกราฟได้ค่าความเชื่อถือเท่ากับ 0.8808 และจะเห็นได้ว่าที่ผงอะลูมิเนียมร้อยละ 2 มีความหนาแน่นน้อยเพราะขนาดเทคอนกรีตจะเกิดการขยายตัวทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตมากจึงทำให้ความหนาแน่นต่ำลง




รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่กับเปอร์เซ็นต์เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ

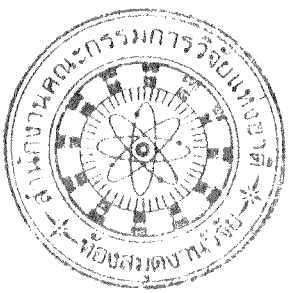
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อผสมเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษจะทำให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ของเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่เพิ่มขึ้น เหตุผลที่เลือกเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่ร้อยละ 10 เพราะถ้าใส่เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมมากกว่านี้ก้อนตัวอย่างจะยุ่ยยึดเกาะกันไม่ดีไม่สามารถนำไปใช้ได้

4.1.3 ค่าการดูดซึมน้ำ

จากการทดลองพบว่าการดูดซึมน้ำของบล็อกมวลเบา ขึ้นอยู่กับปริมาณอัตราส่วนของเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณของเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่เพิ่มเข้าไป ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ12.67 ทั้งนี้เนื่องมาจากอนุภาคของเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษเข้าไปแทนที่ช่องว่างที่เกิดจากฟองอากาศ ส่งผลให้การดูดซึมลดลง ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำของบล็อกมวลเบาที่อายุ 28 วัน มีคุณภาพการ ดูดซึมน้ำสูงกว่ามาตรฐานตา มอก. 150-2541 ชั้นคุณภาพที่ 2 และ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.67

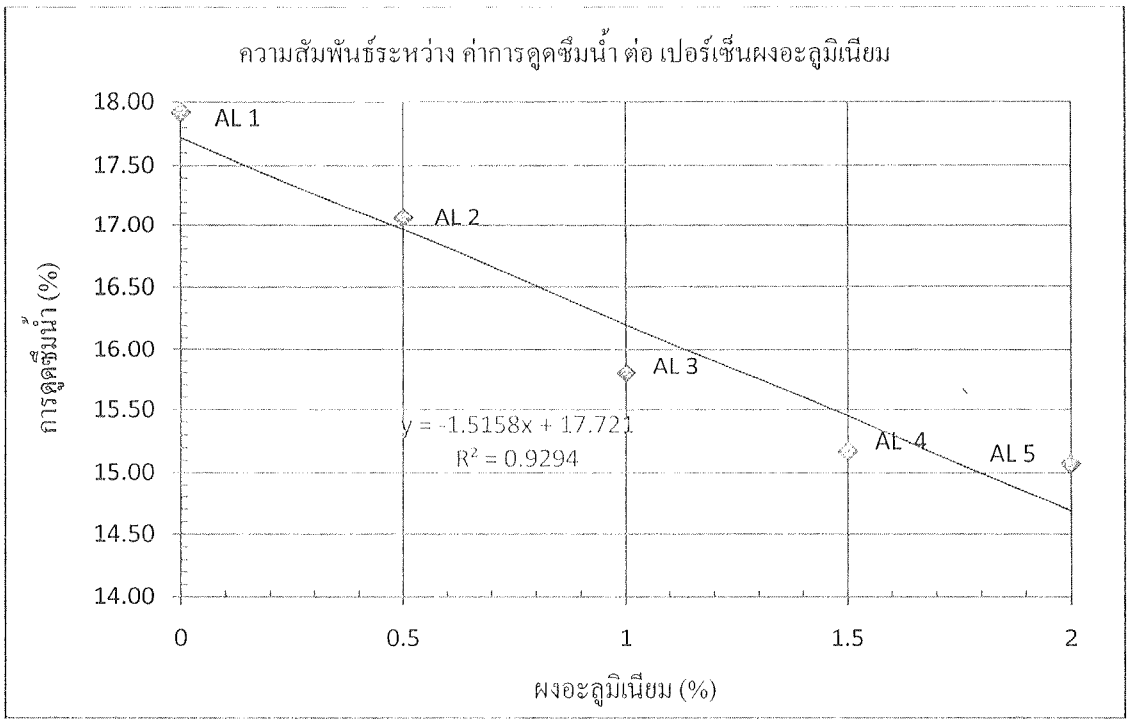
ตารางที่ 4.5 ค่าการดูซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตมวลเบาระหว่างปูนซีเมนต์กับผงอะลูมิเนียม

| ส่วนผสม | อัตตราส่วนโดยน้ำหนัก<br>ปูนซีเมนต์:ทราย:ยิปซั่ม:เถ้ากากอุตสาหกรรม<br>:ผงอะลูมิเนียม | น้ำหนักอิ่มตัว<br>ผิวเปียก<br>(g.) | น้ำหนักอิ่มตัว<br>ผิวแห้ง<br>(g.) | ค่าการดูดซึม<br>เฉลี่ย<br>% |
|---|---|---|---|---|
| mixAl1 | 32% : 50% : 9% : 9% : 0%<br>W/C = 0.80 | 240.40 | 202.70 | 17.92 |
| | | 233.21 | 195.80 | |
| | | 231.54 | 199.50 | |
| mixAl2 | 31.5% : 50% : 9% : 9% : 0.5%<br>W/C = 0.80 | 169.00 | 145.90 | 17.06 |
| | | 189.00 | 160.70 | |
| | | 174.40 | 148.20 | |
| mixAl3 | 31% : 50% : 9% : 9% : 1%<br>W/C = 0.80 | 175.40 | 151.70 | 15.80 |
| | | 177.80 | 153.40 | |
| | | 177.40 | 153.10 | |
| mixAl4 | 30.5% : 50% : 9% : 9% : 1.5%<br>W/C = 0.80 | 182.40 | 158.40 | 15.17 |
| | | 187.70 | 163.10 | |
| | | 187.10 | 162.30 | |
| mixAl5 | 30% : 50% : 9% : 9% : 2%<br>W/C = 0.80 | 137.60 | 123.20 | 15.07 |
| | | 136.80 | 124.50 | |
| | | 130.20 | 103.90 | |



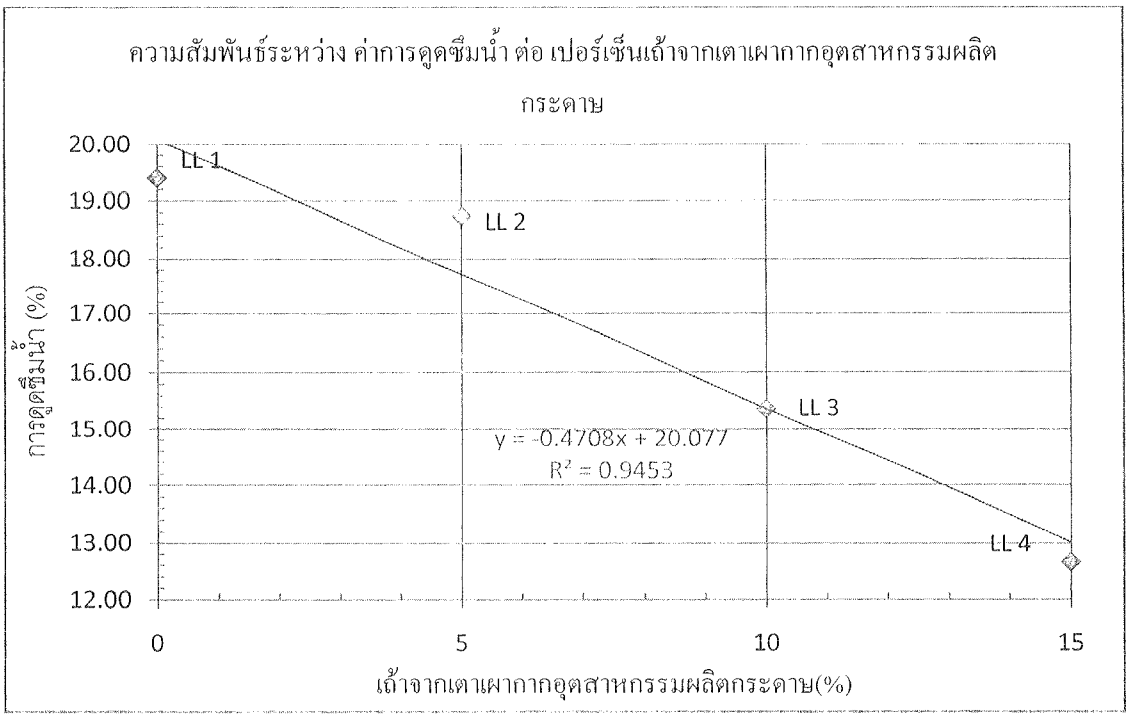
ตารางที่ 4.6 ค่าการดูซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตมวลเบาระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้าจากเตาเผากาก อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ

| ส่วนผสม | อัตตราส่วนโดยปริมาตร ปูนซีเมนต์:ทราย:ยิปซั่ม:เถ้ากากอุตสาหกรรม :ผงอะลูมิเนียม | น้ำหนักอิ่มตัวผิวแห้ง (g.) | ความหนาแน่น $kg/m^3$ | ค่าการดูดซึม % |
|---|---|---|---|---|
| mixLL 1 | 39% : 50% : 9% : 0% : 2% W/C = 0.80 | 182.00 | 151.90 | 19.40 |
| | | 178.40 | 148.70 | |
| | | 164.60 | 139.10 | |
| mixLL 2 | 34% : 50% : 9% : 5% : 2% W/C = 0.80 | 180.40 | 154.70 | 18.74 |
| | | 182.10 | 156.10 | |
| | | 171.70 | 139.10 | |
| mixLL 3 | 29% : 50% : 9% : 10% : 2% W/C = 0.80 | 159.10 | 138.10 | 15.37 |
| | | 187.20 | 162.20 | |
| | | 189.50 | 164.10 | |
| mixLL 4 | 24% : 50% : 9% : 15% : 2% W/C = 0.80 | 194.50 | 173.10 | 12.67 |
| | | 168.10 | 148.90 | |
| | | 163.70 | 145.10 | |




รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับเปอร์เซ็นต์ผงอะลูมิเนียม

จากกราฟมีค่าความเชื่อถือเท่ากับ 0.9294 และแสดงค่าการดูดซึมน้ำจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของผงอะลูมิเนียมเมื่อใส่ผงอะลูมิเนียมร้อยละ 2 ค่าการดูดซึมน้ำต่ำเป็นค่าที่ดีที่สุด




รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับเปอร์เซ็นต์กากปูนขาว

จากกราฟมีค่าความเชื่อถือเท่ากับ 0.9453 และแสดงให้เห็นว่าเมื่อใส่เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ ร้อยละ 10 ค่าการดูดซึมน้ำต่ำจะเห็นว่าที่เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ ร้อยละ 15 ค่าการดูดซึมน้ำต่ำแต่เนื้อตัวอย่างยุ่ยไม่เกาะเป็นเนื้อเดียวกัน

4.1.4 ค่าการถ่ายเทความร้อน

จากการนำตัวอย่างไปทำการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนโดยการแยกส่วนผสมออกดังนี้

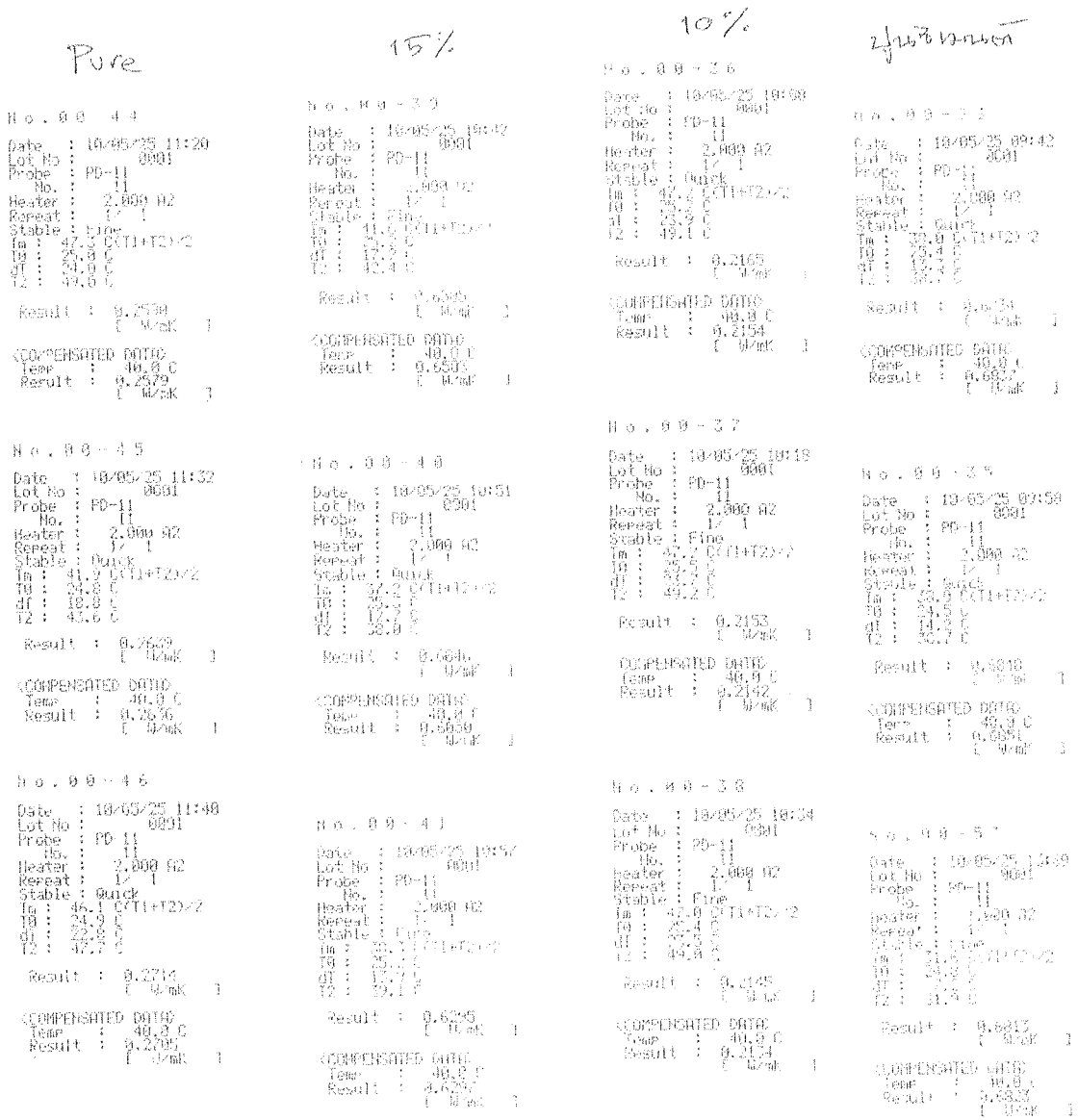
ปูนซีเมนต์มอต้าร์ อัตราส่วน ปูนซีเมนต์:ทราย:ยิปซั่ม:ผงอะลูมิเนียม ได้ค่า ส.ป.ส การนำความร้อนเฉลี่ย 0.6837 w/mk (รูปที่ 4-7)

กากปูนขาว อัตราส่วน เถ้ากากอุตสาหกรรม:ทราย:ยิปซั่ม:ผงอะลูมิเนียม ได้ค่า ส.ป.ส การนำความร้อนเฉลี่ย 0.2640 w/mk (รูปที่ 4-7)

ผสมกากปูนขาวร้อยละ 10 อัตราส่วน ปูนซีเมนต์เถ้ากากอุตสาหกรรม:ทราย:ยิปซั่ม:ผงอะลูมิเนียม ได้ค่า ส.ป.ส การนำความร้อนเฉลี่ย 0.2143 w/mk (รูปที่ 4-7)

ผสมกากปูนขาวร้อยละ 15อัตราส่วน ปูนซีเมนต์:เถ้ากากอุตสาหกรรม:ทราย:ยิปซั่ม:ผงอะลูมิเนียม ได้ค่า ส.ป.ส การนำความร้อนเฉลี่ย 0.6283 w/mk (รูปที่ 4-7)

สรุปได้ว่าการผสมเถ้ากากอุตสาหกรรมเข้าไปแทนที่ ปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วน 10% ค่า ส.ป.ส การนำความร้อนที่ดีที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 0.2143 w/mk ซึ่งเปรียบเทียบจากการเพิ่มเถ้ากากอุตสาหกรรมเข้าไปที่ 15% กลับมีค่า ส.ป.ส การนำความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นจึงเลือกใช้อัตราส่วนผสมที่ร้อยละ 10 เพื่อเพิ่มมูลค่า โดยเสริมกรอบแก้วไปเป็นจำนวนร้อยละ 0, 25, 50, 75และ100 ได้ค่าการถ่ายเทความร้อนดังตารางที่ 4-9 คือเมื่อเพิ่มบล็อกแก้วเข้าไปในอัตราส่วนที่กำหนดไว้บอกได้ว่าเมื่ออัตราส่วนบล็อกแก้วเพิ่ม ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร มีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 4-8 โดยการเพิ่มบล็อกแก้วเข้าไปที่ร้อยละ 75 เหมาะสมที่สุด และเพิ่มแสงสว่างได้ไม่มากเกินไป เพราะว่าถ้าใส่เข้าไปมากกว่านี้จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นแต่ภายในอาคารจะมีแสงสว่างเพิ่มขึ้นและเพิ่มความเป็นฉนวนให้กับบล็อกแก้วคอนกรีตมวลเบา ส่วนเหตุผลที่ไม่ใช้อัตราส่วนที่ไม่เพิ่มบล็อกแก้วเข้าไปเพราะว่าต้องการเพิ่มแสงสว่างภายในห้อง




รูปที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value)ดังสมการที่ (4.1)

%บล็อก 100 %

%บล็อกแก้ว 0 %

$$OTTV = \frac{(Aw \times Uw \times Tdeg)+(Af \times Uf \times \Delta T)+(Af \times SC \times SF)}{A0} \quad (4.1)$$

$$OTTV = \frac{( Aw \quad Uw \quad TDeg ) + ( Af \quad Uf \quad \Delta T ) + ( Af \quad SC \quad SF )}{A0}$$

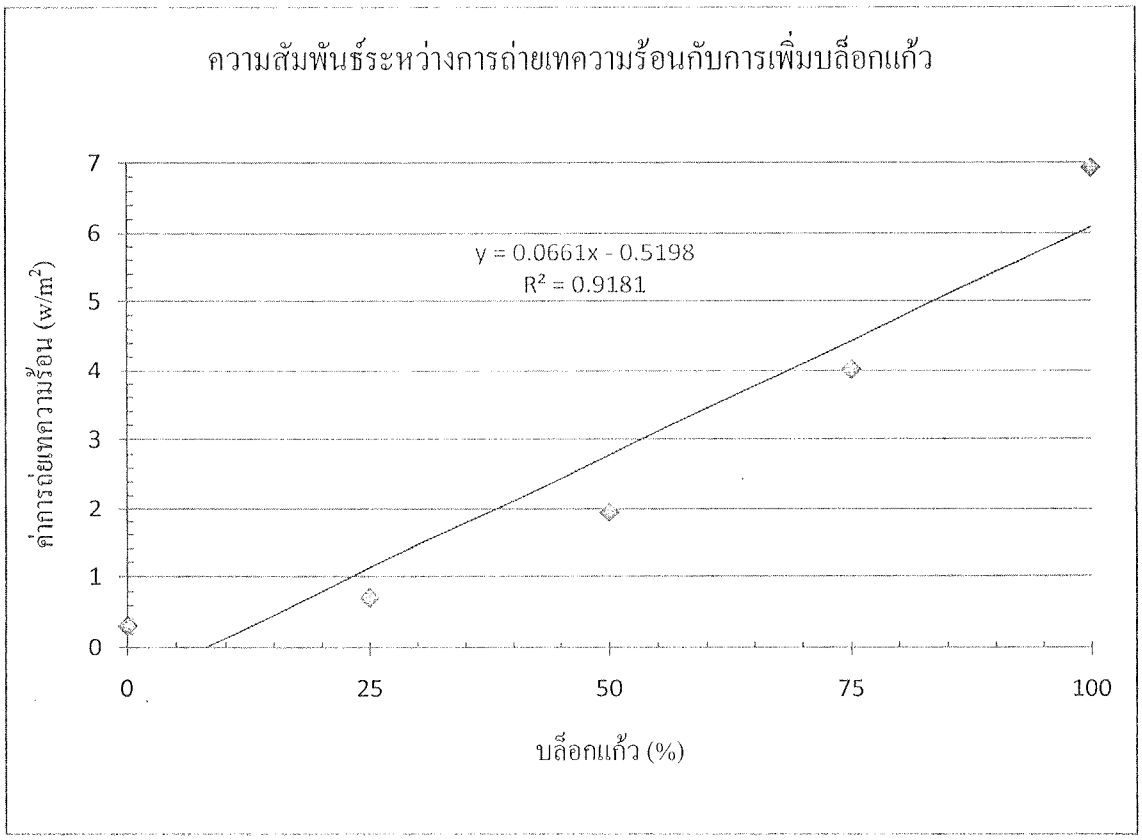
$$OTTV = \frac{( 0.09 \quad 0.019 \quad 16.3 ) + ( 0 \quad 0 \quad 23.7 ) + ( 0 \quad 0.8 \quad 0.7 )}{0.09}$$

$$OTTV = 0.314$$

| | | |
|---|---|---|
| A0=Aw+Af | | 0.09 |
| SC=SF/0.87 | | 0.8046 |
| SF=0.7 | | 0.7 |
| Aw | พื้นที่ของผนังทึบ, ตร.ม | 0.09 |
| Uw | ค่า ส.ป.ส.การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ, w/mk | 0.2143 |
| TDeg | ผลต่างของอุณหภูมิ , $^{O}$c | 16.3 |
| Af | พื้นที่ของกระจก, ตร.ม | 0 |
| Uf | ค่า ส.ป.ส.การถ่ายเทความร้อนของกระจก, w/mk | 2.98 |
| $\Delta$T | ผลต่างของอุณหภูมิภายในภายนอกอาคาร, $^{O}$c | 23.7 |
| Af | พื้นที่ของกระจก, ตร.ม | 0 |
| SC | ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด, w/mk | |
| SF | ค่าตัวประกอบรังสีแสงอาทิตย์, $^{O}$c | |

ตารางที่ 4.7 ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร

| ร้อยละของ บล็อกแก้ว | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|
| ค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคารต่อพื้นที่ บล็อกแก้วคอนกรีตมวลเบา | 0.314 | 0.715 | 1.949 | 4.018 | 6.92 |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (w/sq.m.) | 3.489 | 7.944 | 21.656 | 44.644 | 76.889 |




รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างการถ่ายเทความร้อนกับการเพิ่มบล็อกแก้ว

จากกราฟมีค่าความเชื่อถือเท่ากับ 0.9181และแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มบล็อกแก้วเข้าไปในอัตราส่วนร้อยละ 75 มีค่าการถ่ายเทความร้อน 44.644 $w/m^2$ ซึ่งอยู่ในช่วงตามมาตรฐานพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ คือมีค่าการถ่ายเทความร้อนได้ไม่เกิน 45 $w/m^2$

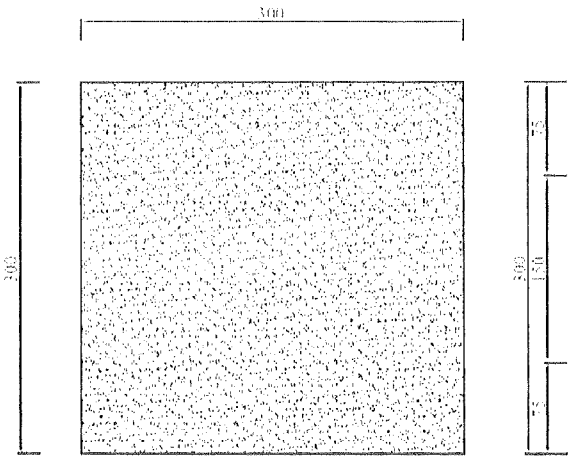
4.1.5 ค่าส่องผ่านแสง

ตารางที่ 4.8 ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารและการส่องผ่านแสง

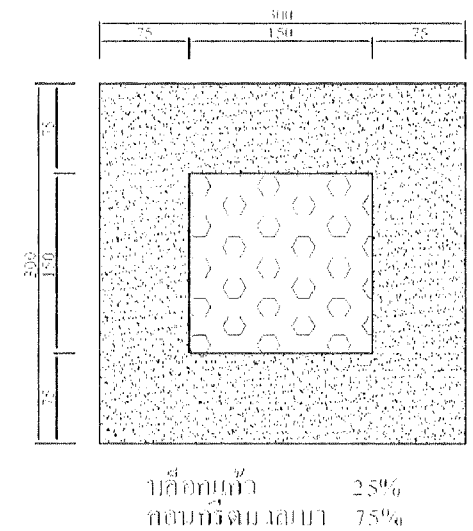
| ร้อยละของ บล็อกแก้ว | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|
| ค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคารต่อพื้นที่บล็อกแก้วคอนกรีตมวลเบา | 0.314 | 0.715 | 1.949 | 4.018 | 6.92 |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (w/sq.m.) | 3.489 | 7.944 | 21.656 | 44.644 | 76.889 |
| การส่องผ่านแสงแบบ Transparent | 0 | 18.75 | 37.5 | 56.25 | 75 |
| การส่องผ่านแสงแบบ Non-Transparent | 0 | 12.5-17.5 | 25-35 | 37.5-52.5 | 50-70 |
| การส่องผ่านแสงแบบ Color | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |

หมายเหตุ การส่องผ่านแสงแบบ Transparent ของบล็อกแก้วขนาด 19x19x80 มม. 75%
การส่องผ่านแสงแบบ Non-Transparent ของบล็อกแก้วขนาด 19x19x80 มม. 50-70%
การส่องผ่านแสงแบบ Color ของบล็อกแก้วขนาด 19x19x80 มม. 40%

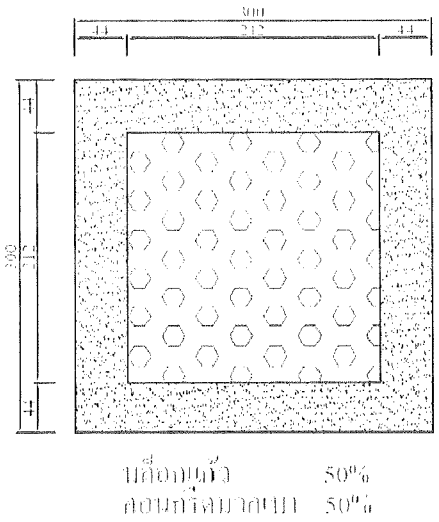
จากตารางเห็นได้ว่าค่าการส่องผ่านแสงที่ร้อยละ 75 จะเหมาะสมที่สุดของทุกประเภทของบล็อกแก้วเนื่องจากจะมีความเป็นฉนวนของเนื้อคอนกรีตมวลเบารวมอยู่ด้วยตรงตามมาตรฐานแสงส่องผ่านของบล็อกแก้วและค่าการถ่ายเทความร้อนที่ร้อยละ 75 ก็เหมาะสมตามกฎกระทรวงที่กำหนดไว้



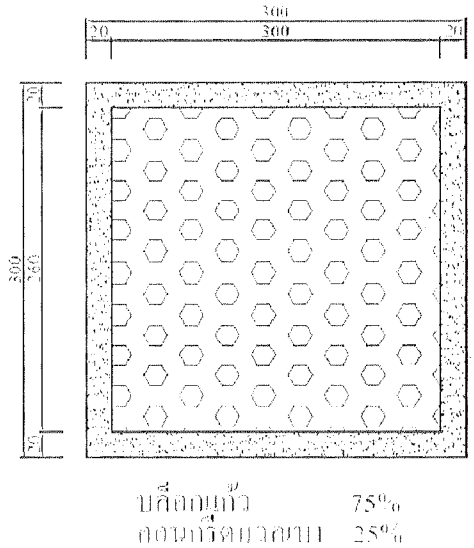

รูปที่ 4.9 การเสริมบล็อกแก้วในคอนกรีตมวลเบาที่ร้อยละ 0



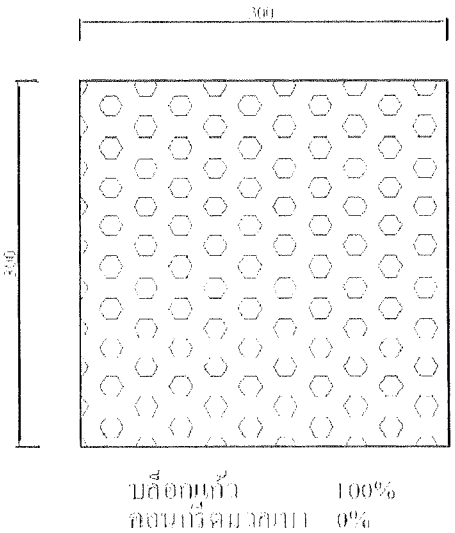

รูปที่ 4.10 การเสริมบล็อกแก้วในคอนกรีตมวลเบาที่ร้อยละ 25




รูปที่ 4.11 การเสริมบล็อกแก้วในคอนกรีตมวลเบาที่ร้อยละ 50



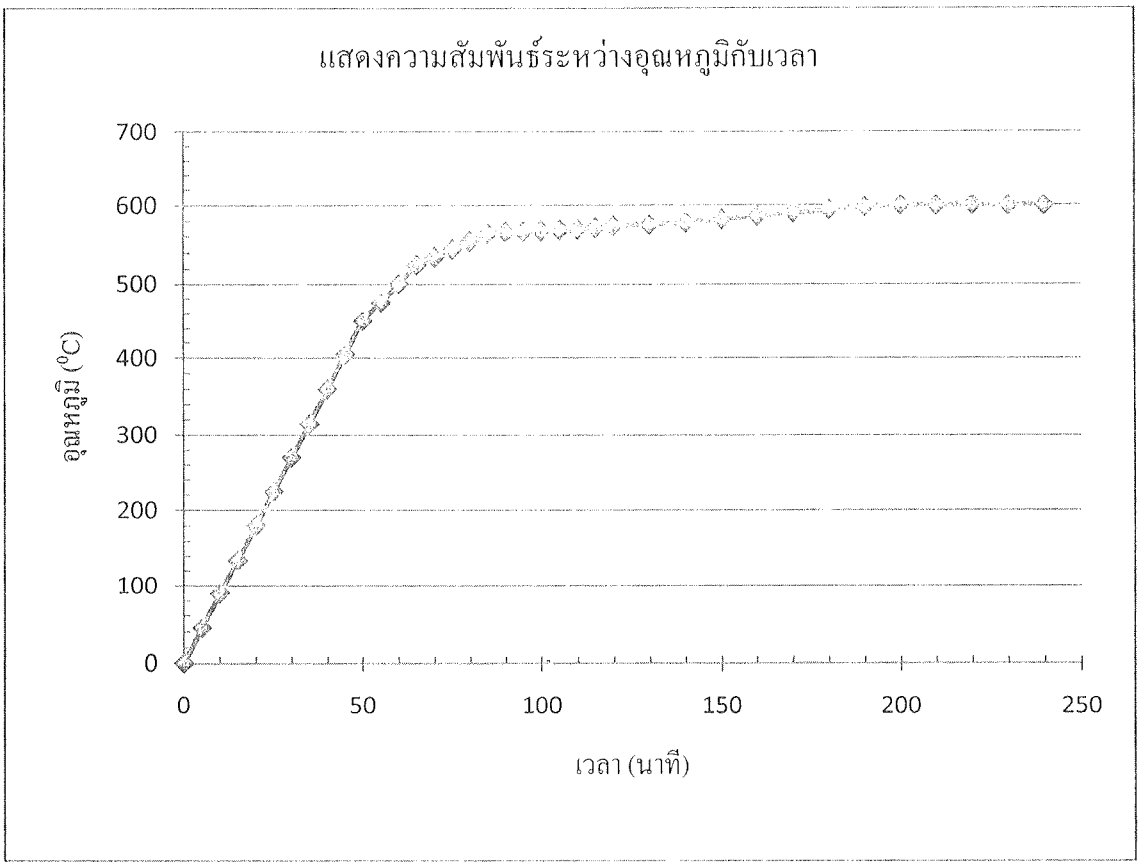

รูปที่ 4.12 การเสริมบล็อกแก้วในคอนกรีตมวลเบาที่ร้อยละ 75




รูปที่ 4.13 การเสริมบล็อกแก้วในคอนกรีตมวลเบาที่ร้อยละ 100

4.1.5 ค่าความทนไฟ

หลังจากการนำตัวอย่างไปอบในเตาอบโดยอบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปเผาในเตาเผาซึ่งเป็นการไล่ความชื้นในตู้ทดสอบเพื่อตรงกับการใช้งานจริงที่ว่าการเกิดเพลิงไหม้กับอาคารมักจะเกิดหลังจากอาคารได้ก่อสร้างมาเป็นเวลานานแล้ว หลังจากนั้นจึงค่อยทำการเผาในเตาเผาแบบควบคุมอุณหภูมิที่ตามอุณหภูมิที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ คือ 600 องศาเซลเซียส รวมเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง โดยระยะแรกของการให้ความร้อนจะปล่อยให้อุณหภูมิมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างอิสระโดยไม่มีการควบคุมให้คงที่ แต่เมื่ออุณหภูมิถึง 600 องศาเซลเซียส จะทำการควบคุมอุณหภูมินี้ไว้ให้คงที่ ดังนั้นจึงแบ่งประเภทของบล็อกเป็น ประเภท F คือ สามารถคงสภาพการใช้งานได้เมื่อมีการทดสอบความร้อน โดยที่วัสดุป้องกันการลามไฟสามารถต้านทานการลามของเปลวไฟสู่ผิวตัวอย่างทดสอบด้านไม่สัมผัสไฟได้ภายใต้ระยะเวลาการทดสอบ




รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

## 4.2 การวิเคราะห์

4.2.1. จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ ต่อ ผงอะลูมิเนียม พบว่าเมื่อเพิ่มผงอะลูมิเนียมตามอัตราส่วนผสม มีผลทำให้กำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ ลดต่ำลงตามอัตราส่วนผสม และจากการตั้งสมมติฐานพบว่าอาจมีสาเหตุมาจากผงอะลูมิเนียมทำปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ มีผลทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ ลดลง

4.2.2. จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ ต่อ เถ้ากากอุตสาหกรรม พบว่าเมื่อเพิ่มเถ้ากากอุตสาหกรรมตามอัตราส่วนผสม มีผลทำให้กำลังรับแรงอัด และการดูดซึมน้ำ ลดต่ำลงตามอัตราส่วนผสม แต่ความหนาแน่นกลับมากขึ้นเมื่อทำการเพิ่มเถ้ากากอุตสาหกรรมเข้าไปและจากผลการทดลองพบว่าเถ้ากากอุตสาหกรรมมีการดูดซึมน้ำทำให้ปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำหรือปฏิกริยาไฮเดรชั่นลดลง ทำให้เกิดการหน่วงปฏิกิริยาของไฮเดรชั่นที่จะเกิดขึ้นส่งผลให้คุณสมบัติต่าง ๆ ลดลง

4.2.3. จากผลการทดลองพบว่าอัตราการดูดซึมน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณเถ้ากากอุตสาหกรรมที่ เพิ่มเข้าไป ทั้งนี้เนื่องมาจากอนุภาคของเถ้ากากอุตสาหกรรมเข้าไปแทนที่ช่องว่างที่เกิดจากฟองอากาศส่งผลให้การดูดซึมลดลง

4.2.4. เถ้ากากอุตสาหกรรมมีแหล่งที่มาหลายแห่งซึ่งอาจมีคุณสมบัติของเถ้ากากอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันทำให้ส่งผลคุณสมบัติต่างๆ เช่น ความถ่วงจำเพาะ ความชื้น ขนาดของอนุภาค ฯ จึงอาจทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของบล็อกมวลเบาแตกต่างกัน

4.2.5. จากการตั้งสมมติฐานว่าเถ้ากากอุตสาหกรรมเบากว่าปูนซีเมนต์ดังนั้นเมื่อนำเถ้ากากอุตสาหกรรมมาแทนที่ปูนซีเมนต์ในบล็อกมวลเบา ความหนาแน่นจะมีค่าน้อยกว่าบล็อกมวลเบาที่ไม่ใส่เถ้ากากอุตสาหกรรมแต่จากการทดสอบแล้วพบว่าเถ้ากากอุตสาหกรรมมีความต้องการน้ำมากและเมื่อนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์จะต้องเพิ่มปริมาณน้ำเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างพอเพียงและจากอนุภาคของเถ้ากากอุตสาหกรรมที่มีความละเอียดสูงจะเข้าไปอุดช่องว่างของฟองอากาศที่เกิดจากปฏิกิริยาของผงอะลูมิเนียมทำให้ความหนาแน่นของมอร์ต้าร์เพิ่มขึ้น

4.2.6. จากผลการทดลองพบว่าส่วนผสมที่ดีที่สุดคือส่วนผสม LL 3 และเมื่อนำค่าไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 1505-2541 ชั้นคุณภาพที่ 2 พบว่าค่าความหนาแน่นยังมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน ดังตารางที่ 4.5

4.2.7. จากเพิ่มบล็อกแก้วเข้าไปที่ร้อยละ 75 มีค่าการถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 44.644 และเกินมาตรฐานพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ คือมีค่าการถ่ายเทความร้อนได้ไม่เกิน 45 $w/m^2$

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของส่วนผสม LL3 กับมาตรฐาน มอก. 1505-2541

| คุณสมบัติ | หน่วย | Block Q-CON | | LL3 |
|---|---|---|---|---|
| | | G2 | G4 | |
| 1. ค่ารับกำลังอัด | กก./ตร.ซม. | $\geq$ 30 | $\geq$ 50 | 45.87 |
| 2. ความหนาแน่นแห้ง | กก./ลบ.ม. | $\leq$ 500 | $\leq$ 700 | 1238.40 |
| 3. ค่าการดูดซึมน้ำ | ร้อยละ | $\leq$ 35 | $\leq$ 38 | 15.37 |
| 3. ค่าการถ่ายเทความร้อน | w/mk | 0.18 | | 0.2143 |