

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

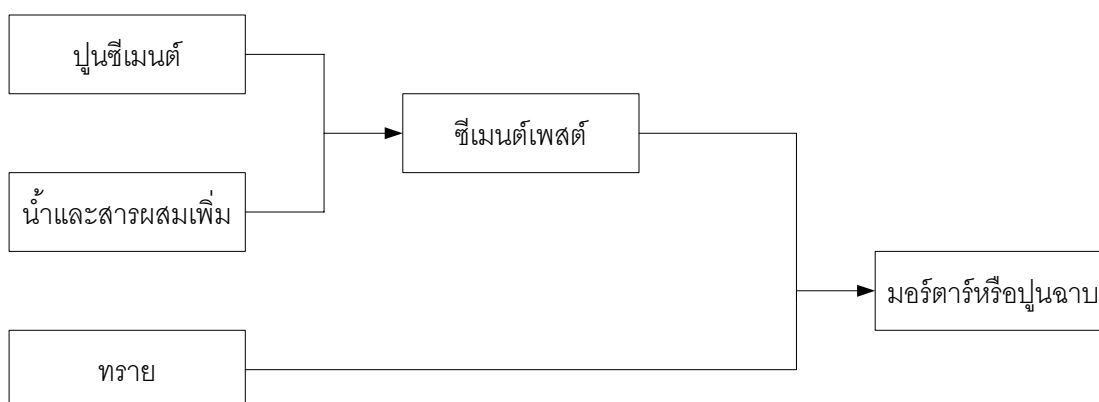
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปูนฉาบ

2.1 ความสำคัญของปูนฉาบหรือมอร์ตาร์

ปูนฉาบ (เครื่องมือไทย, 2548) หมายถึง ของผสมที่ได้จากการผสมวัสดุประสาน และทรายละเอียดเข้าด้วยกันและอาจจะมีสารผสมเพิ่มหรือสีด้วยก็ได้เมื่อใช้งานต้องนำไปผสม น้ำให้ขึ้นเหลวตามที่ต้องการใช้ในปูนฉาบผนังก่อหรือผิวคอนกรีตด้วยการฉาบชั้นเดียวหรือหลายชั้นก็ได้เพื่อให้ได้ความหนาตามที่กำหนด ปูนฉาบควรมีคุณสมบัติสอดคล้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอร์ตาร์สำหรับฉาบหรือ มอก. 1776 ซึ่งแบ่งปูนฉาบตามการใช้งานกับพื้นผิวที่จะฉาบออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ประเภทฉาบผนังก่อ ที่ก่อด้วยอิฐมวลเบาหรืออิฐก่อสร้างสามัญหรือคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อกแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือชนิดทั่วไป สัญลักษณ์ MA-I ใช้สำหรับฉาบผนังก่อที่ใช้งานผิวหยาบ และชนิดละเอียด สัญลักษณ์ MA-II ใช้สำหรับฉาบผนังที่ใช้งานผิวละเอียด
2. ประเภทฉาบผิวคอนกรีต สัญลักษณ์ CO ใช้สำหรับงานตกแต่งพื้นผิวคอนกรีต

2.2 องค์ประกอบของปูนฉาบหรือมอร์ตาร์



ภาพที่ 2.1 ชื่อเรียกองค์ประกอบของวัสดุผสม

วัสดุที่ใช้ในงานปูนฉาบประกอบด้วย 3 ชนิด คือ ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสม น้ำ สารผสมเพิ่มและทราย โดยความหมายของวัสดุผสมในงานปูนฉาบมีดังต่อไปนี้

ปูนซีเมนต์ (Cement) หมายถึง สารที่ประสานหรือยึดเกาะของแข็ง หรือมวลรวม เช่น หิน กรวด ทราย ให้แข็งติดกัน

ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) หมายถึง ส่วนผสมของปูนซีเมนต์กับน้ำ หรืออาจมี สารผสมเพิ่ม

มอร์ตาร์ (Mortar) หมายถึง ส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์กับทราย (ปูนฉาบ) หรืออาจมี สารผสมเพิ่ม

2.2.1 ปูนซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อหรืองานฉาบเป็นปูนซีเมนต์ที่มีปริมาณของวัสดุ เฉื่อย เช่น ทรายหรือหินปูนที่เฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาร้อยละ 20 ถึง 30 โดยน้ำหนักทำให้ ปูนซีเมนต์มีระยะเวลาการก่อตัวนานขึ้น การเข้มน้ำต่ำและการหดตัวเมื่อแห้งน้อยลง สามารถแบ่ง ประเภทของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานฉาบหรืองานก่อ ออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

2.2.1.1 **ปูนซีเมนต์ผสม (Mixed Cement)** คือ ปูนซีเมนต์ที่ผลิตโดย การเติมหินปูนประมาณร้อยละ 25-30 ในระหว่างการบดปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ทำให้มีคุณสมบัติเหนียวลื่นยึดเกาะผนังได้ดี แห้งตัวพอเหมาะไม่ขยายตัวหรือหดตัว มากช่วยลดการแตกร้าวของผนังได้แต่จะให้กำลังต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะ สำหรับงานก่อและฉาบ หรือใช้ในงานคอนกรีตขนาดเล็กที่ไม่ต้องการกำลังมาก

2.2.1.2 **ปูนซีเมนต์ Masonry (Masonry Cement)** คือ ปูนซีเมนต์ที่ได้ จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกผสมกับวัสดุเหนียว (Plasticizing Materials) เช่น หินปูน (Limestone) ปูนขาว (Hydrated Lime) หรือปูนโลม์ไฮดรอลิก (Hydraulic Lime) ร่วมกับสารผสมเพิ่มอื่นๆ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้มีคุณสมบัติพิเศษที่เหมาะสมสำหรับงานฉาบปูน โดยเฉพาะ ดังนี้

- ผนังเรียบเนียน เนื่องจากเนื้อปูนมีความละเอียดสูงมากกว่าปูนซีเมนต์ ผสมทั่วไป ทำให้ได้ผนังเรียบเนียนมากกว่า เพราะเนื้อปูนฉาบสามารถแทรกตัวเข้าประสานกับเม็ด ทรายได้ดีเหนียวและยึดเกาะกับผนังก่ออิฐได้ดี เนื้อปูนฉาบจึงร่วงหล่นน้อยเวลาขึ้นปูนฉาบ
- เหนียวลื่น ฉาบง่าย เพราะมี Micro Air Bubble ซึ่งเป็นฟองอากาศ ขนาดเล็กจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วส่วนผสมทำให้เนื้อปูนฉาบง่ายและลื่นขณะฉาบ

- ใช้งานได้นาน เพราะมีสารอุ้มน้ำพิเศษ เนื้อปูนฉาบจึงอุ้มน้ำได้นานขึ้น และคงสภาพอยู่ได้นานกว่าปกติทำให้ไม่ต้องผสมซ้ำ มีเวลาปรับแต่งผิวหน้าผนังฉาบปูนได้นานขึ้น นอกจากนี้คุณสมบัติของเนื้อปูนฉาบที่อุ้มน้ำได้ดีนี้ยังช่วยลดการสูญเสียจากการดูดซึมของผนัง ก่ออิฐและการระเหยของน้ำจากสภาพอากาศทำให้เนื้อปูนสามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์ ยิ่งขึ้นผนังจึงหดตัวน้อยส่งผลให้การแตกร้าวลดลงและประสานยึดเกาะกันได้ดี

2.2.1.3 ปูนซีเมนต์ Stucco (Stucco Cement หรือ Plastic Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ตามมาตรฐาน ASTM C 1328 ที่ได้จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 หรือ ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกผสมกับวัสดุเหนียว (Plasticizing Materials) เช่น หินปูน (Limestone) ปูนขาว (Hydrated Lime) หรือปูนไคม์ไฮดรอลิก (Hydraulic Lime) ร่วมกับสารผสมเพิ่มอื่นๆ ที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางด้านการก่อตัว ความสามารถในการไหล การอุ้มน้ำและความทนทาน

2.2.2 น้ำ (Water)

น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญในงานปูนซีเมนต์และปูนฉาบ โดยมีหน้าที่หลักในการผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน อันมีผลต่อความสามารถในการใช้งานของปูนฉาบและความทนทานของปูนฉาบเมื่อแข็งตัวแล้วและสามารถนำมาใช้ในการบ่มผนังปูนฉาบเพื่อป้องกันปัญหาการแตกร้าวเนื่องจากการสูญเสียน้ำ นอกจากนี้น้ำยังถูกนำมาใช้ในการล้างสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในมวลรวมให้มวลรวมมีความสะอาดเพื่อนำมาใช้ในการปูนฉาบ

คุณภาพและปริมาณของน้ำที่ใช้ผสมปูนฉาบนับเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อความแข็งแรงและความคงทนของปูนฉาบ น้ำที่ใช้จึงควรเป็นน้ำที่สะอาด ใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสและผ่านข้อกำหนดคุณภาพของน้ำที่ใช้สำหรับผสมกับปูนซีเมนต์ เพราะน้ำมีส่วนในการส่งผลกระทบต่อคุณภาพของปูนฉาบ เช่น ระยะเวลาการก่อตัว การแข็งตัวและการเปลี่ยนแปลงปริมาตร เป็นต้น ในส่วนของปริมาณน้ำที่เหมาะสมในส่วนผสมของปูนฉาบนั้นนอกจากจะมีผลต่อความชื้นเหลวแล้วยังส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงและคงทนของปูนฉาบด้วย

2.2.3 สารผสมเพิ่มหรือสารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures)

เป็นสารเคมีที่เติมลงในส่วนผสมของมอร์ตาร์หรือปูนฉาบก่อนผสมหรือขณะผสมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของมอร์ตาร์ เช่น หน่วงการก่อตัวและปรับปรุงความสามารถในการทำงานของมอร์ตาร์ เป็นต้น สารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของปูนฉาบมีทั้งแบบชนิดผงและแบบของเหลว ยกตัวอย่างเช่น

1. สารหน่วงการก่อตัว เป็นสารเคมีผสมเพิ่มประเภทที่หน่วงอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ซึ่งส่งผลหน่วงการก่อตัวของปูนฉาบ ทำให้มีความสามารถในการทำงานหรือแต่งหน้าปูนฉาบได้นานขึ้นแต่จะมีแนวโน้มในการเพิ่มการหดตัวเพราะปูนฉาบจะอยู่ในสภาวะเหลวนานกว่าปกติจึงจำเป็นที่จะต้องใช้อย่างถูกวิธีและในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการแตกร้าวของปูนฉาบ

2. สารเพิ่มการยึดเหนี่ยว สารจำพวกนี้เป็นสารที่ทำให้กำลังยึดเหนี่ยวแรงดึงและแรงดัดของปูนฉาบดีขึ้น โดยกำลังอัดอาจสูงหรือต่ำกว่าในกรณีที่ไม่ผสมสารเพิ่มการยึดเหนี่ยวซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่นำมาใช้ สารยึดเหนี่ยวบางชนิดจะทำให้กำลังความต้านทานของปูนฉาบดีขึ้นและมีความทึบน้ำมากขึ้น

3. สารป้องกันการเกิดเชื้อรา เป็นสารที่ใช้เพื่อการยับยั้งและควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราในพื้นที่ผิวปูนฉาบเพราะในงานปูนฉาบมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้องกันการเกิดเชื้อราก่อนการตกแต่งพื้นผิวด้วยการทาสี

2.2.4 มวลรวม (Aggregates)

มวลรวมที่นำมาใช้ผสมในงานมอร์ตาร์หรือปูนฉาบคือมวลรวมละเอียด (Fine Aggregates) หรือทรายละเอียดเป็นมวลรวมที่ร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาดแล้ว มีขนาดเม็ดทราย 0.5-1.5 มิลลิเมตร โดยการร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 1.18 มิลลิเมตร ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และผ่านตะแกรงขนาด 75 ไมโครเมตร ไม่มากกว่าร้อยละ 10 ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1
ขนาดของทรายละเอียด

ขนาดตะแกรง	ร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก	
	ส่วนหยาบ	ส่วนละเอียด
6.3 มิลลิเมตร	100	100
4.75 มิลลิเมตร	95-100	95-100
2.36 มิลลิเมตร	60-100	80-100
1.18 มิลลิเมตร	30-100	70-100
600 ไมโครเมตร	15-80	55-100
300 ไมโครเมตร	5-50	5-75
150 ไมโครเมตร	0-15	0-20
75 ไมโครเมตร	ไม่มากกว่า 10	ไม่มากกว่า 10

ที่มา : ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน, 2548, หน้า 100

ในบางงานที่ต้องการผนังเรียบมาก ๆ อาจใช้ทรายละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 0.6 มิลลิเมตร แต่ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร ทรายละเอียดที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปเป็นทรายธรรมชาติที่มาจากแหล่งต่าง ๆ กัน แต่ทรายที่มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ควรเป็นทรายน้ำจืดและจะต้องเป็นทรายที่สะอาด มีขนาดกลางตั้งแต่ประมาณ 1-3 มิลลิเมตร ก่อนนำทรายไปใช้ควรร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานที่กำหนดเพื่อให้ได้เม็ดทรายที่มีขนาดสม่ำเสมอ มีส่วนคละที่ดีและมีความแข็งแรง แน่น ทนทาน เป็นแ่ง มีเหลี่ยมมุม เพื่อช่วยในการยึดเกาะและทำให้ได้กำลังที่ดี เพราะทรายที่มีความสกปรกมากอาจส่งผลให้ปูนฉาบเกิดการแตกร้าวได้ นอกจากนี้ทรายที่ดีควรมีขนาดส่วนคละที่เหมาะสมด้วย

2.2.5 ผุ่นหินปูน (Limestone Powder)

ผุ่นหินปูน (ปิตี, 2547) ได้จากการย่อยหินเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์และอุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ โดยผุ่นหินปูนประกอบด้วยสารประกอบของแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีทั้งที่อยู่ใน

รูปสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเฉื่อยที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาและวัสดุที่ไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา คือ

1. วัสดุที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี โดยการนำส่วนของวัสดุที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมีมาใช้ผสมทดแทนปูนซีเมนต์ โดยที่สารประกอบแคลเซียมออกไซด์มาทำปฏิกิริยาจะรวมตัวกับน้ำ ซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกเช่นเดียวกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชัน

2. วัสดุเฉื่อยที่ไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี โดยการนำส่วนของวัสดุเฉื่อยมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์จะช่วยให้การลดการหดตัวของปูนซีเมนต์เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุที่ไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมีจึงทำให้เสถียรภาพในเชิงปริมาตรดีขึ้นและยังช่วยเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนจากซัลเฟต แต่อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ โดยสารประกอบแมกนีเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมคาร์บอเนตจัดเป็นสารประกอบที่ไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี โดยสารประกอบทั้งแมกนีเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถทำปฏิกิริยาเคมีได้ ถ้าหากมีความละเอียดมากเพียงพอหรือให้พลังงานความร้อนในการเร่งปฏิกิริยาเคมีแมกนีเซียมคาร์บอเนต

2.2.6 แอชชานอ้อย (Bagasse Ash)

แอชชานอ้อย (บริษัทด้านช้างไบโอเอ็นเนอร์ยี จำกัด) ได้จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ชานอ้อยที่เหลืออุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลเป็นเชื้อเพลิงชานอ้อย (Bagasse) หมายถึง เศษวัสดุที่เหลือจากการหีบเอาน้ำอ้อยออกจากท่อนอ้อย เมื่อท่อนอ้อยผ่านลูกหีบชุดแรกอาจจะมีน้ำตาลอ้อยตกค้างเหลืออยู่แต่พอผ่านลูกหีบที่ 3-4 ก็จะมีปริมาณน้ำตาลอ้อยตกค้างอยู่น้อยมากหรือไม่มีเลย คือเหลือเฉพาะแต่เส้นใยล้วนๆ ในอดีตชานอ้อยถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับต้มน้ำในหม้อน้ำให้เดือดเพื่อนำกลับไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาล แต่ในปัจจุบันชานอ้อยถูกนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในหลายๆอย่าง เช่น นำไปใช้ผลิตเยื่อกระดาษ ใช้ทำผ้าเปดาน ตลอดจนใช้บุผนังห้องไปจนถึงใช้บุผนังในเรือ ในรถยนต์ เพราะมีคุณสมบัติเก็บเสียงได้ดี และการนำชานอ้อยมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในอดีตนั้นทำให้เกิดแนวคิดต่อเนื่องที่จะนำเอาแรงแดันไอน้ำที่ได้จากกระบวนการต้มน้ำไปใช้สำหรับเดินเครื่องจักรเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นเริ่มจากการนำเอาชานอ้อยในสัดส่วนร้อยละ 85 และเชื้อเพลิงเสริมอีกร้อยละ 15 ของปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมด นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับต้มน้ำโดยการลำเลียงเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดมาบนสายพานแล้วปล่อยลงสู่ตะกรับเตา (Stocker) โดยจะมีลมเป่าให้ความร้อนเพื่อให้

เชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในการเผาไหม้จะอยู่ประมาณ 1,000-1,300 องศาเซลเซียส และมีความชื้นในการเผาไหม้ประมาณร้อยละ 53 โดยกระบวนการดังกล่าวอาจจะทำให้มีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่บ้างแต่การเผาไหม้นั้นเกิดขึ้นแบบสมบูรณ์ทำให้เกิดเถ้า 2 แบบคือเถ้าหนัก (Bottom Ash) และเถ้าเบา (Fly Ash) โดยเถ้าเบาจะถูกดักจับด้วยการฉีดน้ำแล้วตกลงมารวมกับเถ้าหนัก ปัจจุบันเถ้าที่เหลือจากกระบวนการผลิตจะถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงสภาพของดินหรือนำไปทำปุ๋ยและใช้เป็นตัวกรองจับสาร

คุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพของเถ้าชานอ้อย

1. สีปกติของเถ้าชานอ้อยจะมีสีเหลืองปนขาว บางครั้งอาจมีสีน้ำตาลเข้มหรือมีสีดำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของชานอ้อยที่นำมาใช้ วิธีเผาและอุณหภูมิในการเผา เช่น ชานอ้อยที่มีสีเข้มหรือมีส่วนประกอบของน้ำตาลผสมอยู่เมื่อนำมาเผาอาจจะมีสีดำปนเทา
2. ขนาดและรูปร่างของเถ้าชานอ้อยขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมน้ำตาลที่ทำให้ของเหลือประเภทชานอ้อยนั้นมีขนาดแตกต่างกันจึงทำให้ขนาดและรูปร่างอาจไม่มีความสม่ำเสมอ
3. ความละเอียดเถ้าชานอ้อยจะมีความละเอียดน้อยเมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.02 มิลลิเมตร ความยาว 1.70 มิลลิเมตร อัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 85 ต่อ 1

2.3 คุณสมบัติของส่วนผสม

2.3.1 คุณสมบัติของปูนซีเมนต์

2.3.1.1 คุณสมบัติทางเคมี

การสูญเสียน้ำเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition) เป็นการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาของปูนซีเมนต์โดยการนำตัวอย่างปูนซีเมนต์ที่รู้น้ำหนักแน่นอนมาทำการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 900 – 1000 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักที่ได้คงที่

กากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง (Insoluble Residue) คือ กากในปูนซีเมนต์ที่ไม่ละลายทั้งในสารละลายกรดและสารละลายด่าง เป็นการทดสอบว่าปูนซีเมนต์มีสิ่งปนเปื้อนที่ไม่ละลายในกรดด่างมากน้อยเพียงใด

2.3.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

ขนาดอนุภาคความละเอียด (Particle Size and Fineness) ความละเอียดของปูนซีเมนต์จะมีผลต่อความร้อนและอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันโดย

ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดสูงกว่าหรือมีขนาดเล็กกว่า จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันสูงกว่าและมีการพัฒนากำลังอัดที่สูงกว่า

ความอยู่ตัว (Soundness) คือ ความสามารถของปูนซีเมนต์ที่แข็งตัวแล้วยังรักษาปริมาตรไว้ได้ ความไม่อยู่ตัวของตัวปูนซีเมนต์หรือการขยายตัว เกิดจากมีแมกนีเซียมออกไซด์ในรูปผลึก Paricase หรือแมกนีเซีย และหรือ Free Lime มากเกินไป ทำให้เกิดการขยายตัวจนแตกร้าวได้

ความชื้นเหลว (Consistency) แสดงถึงความสามารถในการเคลื่อนที่หรือการไหลของซีเมนต์เพสต์หรือมอร์ตาร์ที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ โดยปกติแล้วถ้าซีเมนต์เพสต์ที่ทำการผสมมีความชื้นเหลวปกติจะมีระยะจมของเข็มจากเครื่อง Vicat Plunger เท่ากับ 10 ± 1 มิลลิเมตร

2.3.2 คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์

ซีเมนต์เพสต์เป็นส่วนผสมที่ได้จากการผสมปูนซีเมนต์กับน้ำ คุณสมบัติหลาย ๆ อย่างของซีเมนต์เพสต์จะสะท้อนถึงคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ที่นำไปใช้ทำมอร์ตาร์ คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ที่สำคัญได้แก่

2.3.2.1 ความชื้นเหลวปกติ โดยการทดสอบกับเครื่องมือไวแคต (Vicat Apparatus) ซีเมนต์เพสต์จะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ความชื้นเหลวปกติเมื่อเข็มไวแคตสามารถจมลงในเนื้อซีเมนต์เพสต์ 10 มิลลิเมตร ในเวลา 30 วินาที

2.3.2.2 ระยะเวลาการก่อตัว ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของซีเมนต์เพสต์ต้องไม่น้อยกว่า 45 นาทีโดยการทดสอบแบบวิธีไวแคต ส่วนระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายจะต้องไม่เกิน 375 นาที (มอก. 15-2518)

2.3.2.3 การไม่คงตัว ปฏิกิริยาอย่างช้า ๆ ของปูนขาวอิสระและแมกนีเซียมอิสระกับน้ำจะทำให้เกิดการขยายตัว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจกินเวลาหลายเดือนหรือเป็นปี ซีเมนต์เพสต์ที่ดีเมื่อแข็งตัวแล้วต้องมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรที่น้อย เพราะการขยายตัวมากทำให้เกิดการแตกร้าวได้

2.3.2.4 ความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน คือ ปริมาณความร้อนที่ปูนซีเมนต์คายออกมาในการทำปฏิกิริยากับน้ำ มาตรฐานกำหนดให้ทดสอบหาความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันที่อายุ 7 และ 28 วัน และกำหนดเฉพาะปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 2 และ 4 เท่านั้น

2.3.3 คุณสมบัติของปูนฉาบหรือมอร์ตาร์

งานฉาบเป็นงานที่มีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงานอยู่มากมาย คุณภาพของปูนฉาบจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงานฉาบ ดังนั้นปูนฉาบที่ดีจะต้องประกอบด้วยคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีความชื้นเหลวพอเหมาะ เหนียวนุ่ม ลื่นไหลดี ยึดเกาะผนังก่ออิฐได้ดี
คู้มน้ำได้ดี
2. มีระยะเวลาการแห้งตัวพอเหมาะ
3. เมื่อแข็งตัวแล้วจะต้องไม่ยี้ดหรือหดตัวมากจนเกิดการแตกร้าวขึ้นใน
ปูนฉาบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความชื้น
4. กำลังของมอร์ตาร์ที่ขึ้นอยู่กับความพูนภายในเนื้อของมอร์ตาร์
อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์และระดับการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ โดย
อัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์มีผลต่อกำลังของมอร์ตาร์
5. ต้องมีแรงยึดเหนี่ยวที่ดีพอในการยึดเกาะผนังและสามารถรับแรงอัด
แรงเฉือน แรงดึงได้ดีพอสมควร

2.4 การทดสอบคุณสมบัติของปูนฉาบ

2.4.1 ทฤษฎีมาตรฐาน

คุณสมบัติบางอย่างของปูนซีเมนต์มีข้อกำหนดให้วัดด้วยการทดสอบมอร์ตาร์ ซึ่งคุณสมบัติของมอร์ตาร์จะขึ้นอยู่กับทรายที่ใช้ผสม ดังนั้นจึงให้ใช้ทรายมาตรฐานคละขนาด(Graded Standard Sand) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ทรายมาตรฐานเป็นทรายซิลิกาตามธรรมชาติมาจากออตตาวา (Ottawa) มลรัฐอิลลินอยส์ (Illinois) หรือเทียบได้กับทรายดังกล่าว เม็ดทรายควรมีลักษณะกลม ไม่มีเหลี่ยม ใสคล้ายกับน้ำตาลขาว

ตารางที่ 2.2

ขนาดคละของทรายมาตรฐานตาม มอก.15 เล่ม 12

ขนาดของตะแกรง			ร้อยละที่ผ่านตะแกรง
เบอร์	100	(150 ไมโครเมตร)	2 ± 2
เบอร์	50	(300 ไมโครเมตร)	25 ± 5
เบอร์	40	(425 ไมโครเมตร)	70 ± 5
เบอร์	30	(600 ไมโครเมตร)	98 ± 2
เบอร์	16	(1.18 มิลลิเมตร)	100

ที่มา : มอก. 15 เล่ม 12, 2532, หน้า 8

2.4.2 การไหลผ่าน

คุณสมบัติหลายอย่างของมอร์ตาร์ขึ้นอยู่กับความชื้นเหลว (Consistency) หรืออัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ในการทดสอบมอร์ตาร์จึงระบุที่ความชื้นเหลวหรือที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ความชื้นเหลวของมอร์ตาร์วัดด้วยการไหลผ่านของมอร์ตาร์ มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทรายมาตรฐาน 2.75 ส่วนโดยน้ำหนัก โดยปกติค่าการไหลผ่านที่ต้องการจะเท่ากับร้อยละ 110 ± 5

2.4.3 การทดสอบกำลังของมอร์ตาร์

การทดสอบกำลังของมอร์ตาร์จะทำที่อายุมอร์ตาร์เท่ากับ 1, 3, 7 และ 28 วัน โดยการทดสอบอาจทดสอบกำลังอัด กำลังดึงและกำลังดัด ก็ได้แต่การทดสอบที่นิยมที่สุดคือกำลังอัด รองลงมาคือกำลังดัด ส่วนการทดสอบกำลังดึงมาตรฐานได้ยกเลิกการใช้ไปแล้ว

2.5 มาตรฐานควบคุมคุณสมบัติของปูนฉาบ

มอร์ตาร์สำหรับฉาบ ซึ่งในมาตรฐานจะใช้คำเรียกว่า ปูนฉาบ หมายถึงของผสมที่ได้จากการผสมวัสดุประสานและมวลผสมละเอียดเข้าด้วยกัน และอาจมีสารผสมเพิ่มหรือสีด้วยก็ได้เมื่อจะใช้งานต้องนำไปผสมน้ำให้ชื้นเหลวตามต้องการ ใช้สำหรับฉาบผนังก่อหรือผิวคอนกรีตด้วยการฉาบชั้นเดียวหรือหลายชั้นก็ได้ เพื่อให้ได้ความหนาตามที่กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอร์ตาร์สำหรับฉาบ มอก.1776-2542

คุณลักษณะที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป

ปูนฉาบต้องเป็นผงและแห้ง ถ้าจับเป็นก้อน ต้องสามารถใช้นิ้วมือบี้ให้
แตกได้ง่าย การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2. ความต้านทานแรงอัด

ความต้านทานแรงอัดของก้อนลูกบาศก์ตัวอย่างที่มีอายุ 28 วัน ขนาด
50 มิลลิเมตร 3 ก้อนเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในตารางการทดสอบให้ปฏิบัติตาม
มอก.15 เล่ม12 ดังแสดงในตารางที่ 2.3 โดยผสมปูนฉาบให้มีค่าการไหลแผ่เบื้องต้น ร้อยละ
 110 ± 5

ตารางที่ 2.3

การทดสอบความต้านทานแรงอัดตาม มอก.1776-2542 โดยผสมปูนฉาบ

ให้มีค่าการไหลแผ่เบื้องต้นร้อยละ 110 ± 5

ประเภท	เกณฑ์ความต้านทานแรงอัดที่กำหนด(เมกะพาสคัล)
ฉาบผนังก่อ	2.5
ฉาบผิวคอนกรีต	5

ที่มา : มอก.1776, 2542, หน้า 3

3. ความอุ้มน้ำ (Water Retention)

ความอุ้มน้ำของปูนฉาบต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 โดยกำหนดให้มี
การแผ่ไหลเบื้องต้นร้อยละ 110 ± 5 (ASTM C 91)

4. ระยะเวลาก่อตัว

การทดสอบระยะต้นของปูนฉาบต้องไม่น้อยกว่า 60 นาที (ASTM C
807)

ตารางที่ 2.4

มาตรฐานการทดสอบปูนฉาบมาตรฐาน ASTM C 91

คุณสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐาน ASTM C 91	ประเภท N
ความละเอียด(ร้อยละค้ำสูงสุดบนตะแกรงเบอร์ 325)	24
การขยายตัวแบบออโตเคลฟ (ร้อยละ)	1
ระยะเวลาการก่อตัว (นาทีก)	
ระยะเริ่มต้นไม่น้อยกว่า (นาทีก)	120
ระยะเวลาสุดท้ายไม่มากกว่า (นาทีก)	1440
กำลังอัดต่ำสุด	
ที่ 7 วัน (กก./ตร.ซม.)	35
ที่ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)	63
ปริมาณอากาศในมอร์ตาร์	
น้อยที่สุดร้อยละ	8
มากที่สุดร้อยละ	21
ค่าการกักเก็บน้ำต่ำสุด (ร้อยละ)	70

ที่มา : ASTM C 91-03a, 2004, หน้า 79

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน

2.6.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

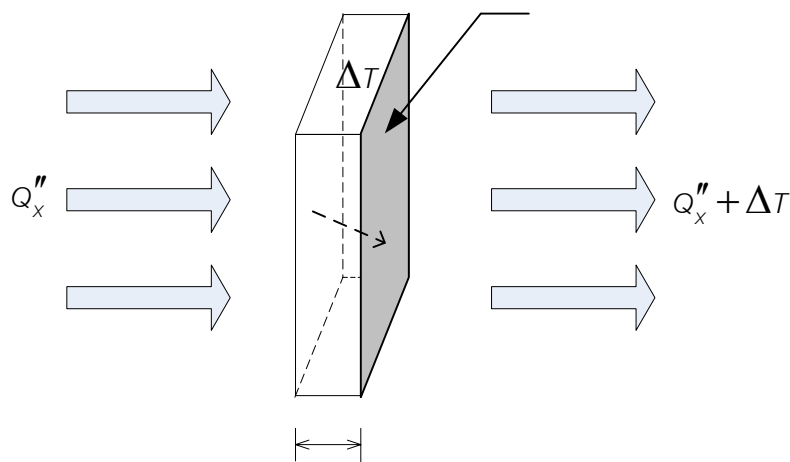
คือ ลักษณะการเคลื่อนที่ของความร้อนจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้น แต่กลไกในการที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนแต่ละวิธีแตกต่างกัน

2.6.2 การนำความร้อน (Conduction)

เป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำภายในตัวกลางเดียวกัน หรือเป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างตัวกลางติดกัน

แต่มีอุณหภูมิต่างกัน ในการนำความร้อน ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของสาร โดยที่โมเลกุลไม่เคลื่อนที่ (อยู่นิ่ง) การนำความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีมากในตัวกลางที่เป็นของแข็ง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไป สู่จุดที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ความร้อนยังเคลื่อนที่ไปได้โดยการสั่นสะเทือนของโมเลกุลภายในของแข็งในลักษณะของพลังงานของความสั่นสะเทือน (Vibration energy) จากสมการทางความร้อน ตามทฤษฎีของ Fourier Law สำหรับการนำความร้อน

กฎของฟูเรียร์ (Fourier's law) คือ การนำความร้อนผ่านตัวกลางในทิศทางใดทิศทางหนึ่งโดยอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q_x^o) ผ่านตัวกลางในทิศทางนั้นเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับพื้นที่การถ่ายเทความร้อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน (A) และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวกลางในทิศทางดังกล่าว $\left(\frac{dT}{dX}\right)$ สำหรับในการทดลองนี้เป็นการนำความร้อนในทิศทาง X ภายใต้สภาวะคงตัว (Steady State) อุณหภูมิในตัวกลาง $T = T(x)$ จากของฟูเรียร์ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การนำความร้อน Conduction Heat transfer ตามกฎของฟูเรียร์

$$Q_x^o = -KA \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

หรือ

$$Q_x'' = -K \frac{dT}{dx} \quad (2.2)$$

โดยที่ค่า Q_x° คือ อัตราการนำความร้อนผ่านพื้นที่ A ในทิศทาง x

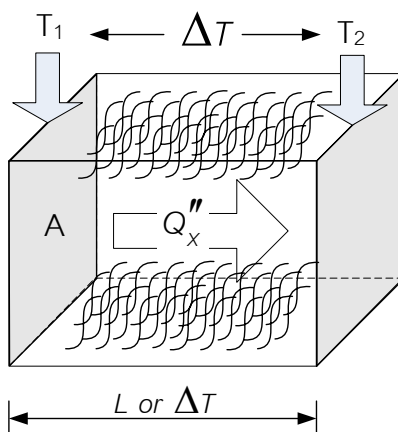
Q_x'' คือ อัตราฟลักซ์ความร้อน(อัตราความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่)

K คือ ค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุมีค่าเป็นบวกหน่วย

$$W/m.K$$

A คือ พื้นที่การถ่ายเทความร้อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน

$\frac{dT}{dx}$ คือ $\frac{T_1 - T_2}{L}$ หรือ $\frac{\Delta T}{L}$ ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการถ่ายเทความร้อนและ ΔT

2.6.3 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity, K)

คือ ค่าคงที่สัดส่วนซึ่งเรียกว่า ค่าสภาพการนำความร้อน ได้มาจากค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทภายในระยะเวลาหนึ่งที่ถ่ายเทผ่านพื้นที่หน้าตัดของวัสดุที่มีความหนาใดๆและผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านที่สองด้านมีค่าเท่ากับ ΔT ที่สภาวะคงตัว ดังแสดงในตารางที่ 2.5 ซึ่งมีวิธีการคำนวณตามสมการที่ 2.3

ตารางที่ 2.5
ตัวอย่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

วัสดุ	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) (W/m.K)
อากาศ(ที่ความดันบรรยากาศ)	0.026
อะลูมิเนียม	237
คอนกรีต	1.82
ทองแดง	401
เพชร	2300
น้ำแข็ง	2.2
กระดาษ	0.05
ไม้	0.1-0.35
เงิน	429

ที่มา: ทวีวัฒน์ สุภารส, 2546, หน้า 53

$$K = \frac{Q}{t} \times \frac{L}{A \times \Delta T} \quad (2.3)$$

โดยที่ค่า Q คือ ค่าปริมาณความร้อนมีหน่วยเป็น จูล

t คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนมีหน่วยเป็น วินาที

L คือ ความหนาของวัสดุมีหน่วยเป็น เมตร

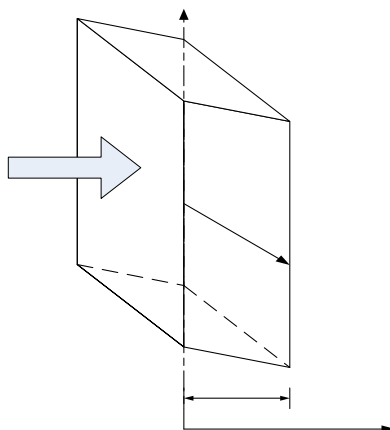
A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัสดุมีหน่วยเป็น ตารางเมตร

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิมีหน่วยเป็น เคลวิน

2.6.4 การนำความร้อนสำหรับผนังราบ (กรณีที่ไม่คิดผลการกำเนิดความร้อนในผนังราบ)

ผนังราบ คือ วัตถุที่ใช้ในงานวิศวกรรมมีรูปทรงฉาก เช่น ผนังโรงงาน ผนังห้องทำความเย็น แผงโซลาร์เซลล์ เป็นต้น ลักษณะการนำความร้อนหนึ่งมิติในผนังราบ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะเกิดขึ้นในแนวราบเท่านั้น และอาจสรุปการนำความร้อนเช่นนี้ว่า อุณหภูมิเป็นฟังก์ชันกับระยะทางในแนวราบ

การถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิสูงสู่อุณหภูมิต่ำ ($T_1 > T_2$) จะเห็นว่า ความร้อนขึ้นอยู่กับการตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด ดังแสดงในภาพที่ 2.4 ความร้อนจะไหลไปในทิศทางตั้งฉากกับพื้นผิวที่มีอุณหภูมิคงที่ที่เรียกว่า Isothermal Surface จะมีค่าเป็นบวก ในกรณีผิวความร้อนตั้งฉากกับทิศทางในระนาบ โดยการกระจายอุณหภูมิในผนังสามารถหาได้โดยใช้เงื่อนไขที่ขอบเขตที่เหมาะสมสำหรับสภาวะคงตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนคงที่ ($K = \text{คงที่}$)



ภาพที่ 2.4 ทิศทางการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านผนังราบ

ผนังราบหลายชั้น คือ โครงสร้างผนังหลายชั้นที่ทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน หรือทำจากวัสดุต่างชนิดกัน เช่น ท่อลมหรือท่อน้ำในระบบปรับอากาศ เป็นต้น การวิเคราะห์ผนังหลายชั้นก็มีทั้งวงจรความร้อนที่ต่อแบบขนานและอนุกรม ผนังหลายชั้นที่ต่อแบบอนุกรมอัตราการถ่ายเทความร้อน สำหรับระบบมิติเดียวจะไม่คิดผลการกำเนิดความร้อนภายในตัวกลาง

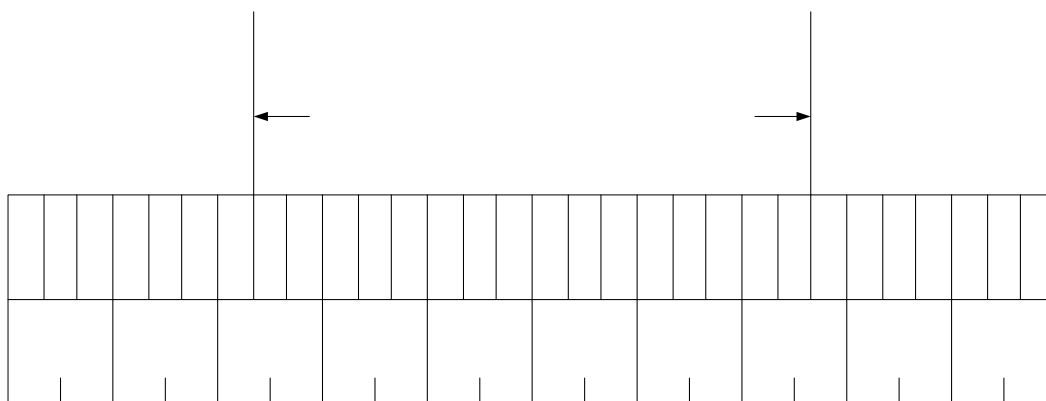
2.6.5 ความต้านความร้อน (Thermal Resistant)

ความต้านทานความร้อนจะนำมาประยุกต์เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของความร้อนกับการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า ซึ่งความต้านทานทางไฟฟ้านั้นจะสัมพันธ์กับการนำไฟฟ้าและในลักษณะเดียวกันความต้านทานความร้อนซึ่งสัมพันธ์กับการนำความร้อน นิยามสำหรับความต้านทานคือ อัตราส่วนของความต่างศักย์กับอัตราการส่งถ่าย สำหรับในผนังราบหลายชั้นจะมีค่าความต้านทานความร้อนที่ขึ้นอยู่กับการนำและชนิดของตัวกลางนั้นๆ

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการดูดซับเสียง

2.7.1 ระดับความดังของเสียง

โดยปกติมนุษย์มีความสามารถรับฟังเสียงได้ในช่วงความถี่ 20–20,000 Hz. ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่กว้างมากทำให้การวัดเสียงในทุกๆความถี่ทำได้ยาก ดังนั้นในทางปฏิบัติการทดสอบในห้องทดลองจะทำการวัดแบ่งเป็นช่วงๆซึ่งในแต่ละช่วงจะมีความถี่ต่ำสุดและสูงสุดของช่วงนั้นๆซึ่งจะมีความถี่กลางของแต่ละช่วงที่ 31.5, 63, 125, 250, 500, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 และ 16,000 Hz โดยข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุที่วัดได้จากห้องทดลอง จะมีค่าอยู่ระหว่างคลื่นความถี่ 25 – 20,000 Hz ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ลักษณะการแบ่งช่วงความถี่ในห้องทดลอง

โดยมนุษย์สามารถรับฟังเสียงที่มีความดังเสียงอยู่ที่ระดับสิบล้านเท่าของความดันอ้างอิง ซึ่งความดังดังกล่าวจะมากกว่าความดังเสียงที่ค่อยที่สุดที่จะสามารถได้ยินได้ และจะไม่เป็นอันตรายต่อหู การที่จะวัดเสียงโดยใช้มาตราเชิงเส้นธรรมดาไม่สามารถกระทำได้ในพิสัยที่กว้าง ยิ่งกว่านั้นหูคนปกติสามารถตอบสนองต่อเสียงแบบลอการิทึม (Logarithm) ซึ่งนั่นก็ไม่ใช่แบบเชิงเส้น ดังนั้นการบอกปริมาณเสียงเป็นอัตราส่วนเชิงลอการิทึมจะมีความเหมาะสมมากกว่า โดยใช้หน่วยที่เรียกว่า เบล (Bell) ในทางปฏิบัติหน่วยที่ใช้จะมีค่ามาก ดังนั้นจึงนิยมใช้หน่วยเป็นเศษหนึ่งส่วนสิบของเบลเรียกว่า เดซิเบล (Decibel, dB) สำหรับระดับความดังเสียงที่ใช้ในการประเมินการได้ยินของมนุษย์จะมีค่าระดับความดังที่เปลี่ยนไปซึ่งจะมีผลต่อการได้ยินของมนุษย์ โดยสามารถจำแนกระดับความดังเสียงเพื่อวิเคราะห์ลักษณะการได้ยินของมนุษย์ดังแสดงในตารางที่ 2.6

Laboratory

Transmission Lo

of Typical Buil

Materials

1.5
0.5
0.0
0.0
0.3
0.0
0.0
0.25
0.60
0.00
0.50
0.15
0.00
0.00

2.7.2 การดูดกลืน และการส่งผ่านของเสียง

การดูดกลืนของเสียง คือ ความสามารถในการดูดกลืนพลังงานเสียงของวัสดุแต่ละชนิด และเปลี่ยนพลังงานเสียงดังกล่าว ไปเป็นพลังงานความร้อนโดยวัสดุที่ดูดกลืนเสียงได้ดี จะเป็นวัสดุประเภทเส้นใย (Fibrous Materials) และวัสดุที่มีความพรุน (Porous Materials) ซึ่งการดูดกลืนของเสียง สามารถวัดได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient) โดยการดูดซับเสียงในแต่ละคลื่นความถี่จะไม่เท่ากัน แต่สามารถที่จะหาค่าเฉลี่ยของการดูดซับเสียง เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการเปรียบเทียบของวัสดุต่างชนิดกัน สามารถหาค่าเฉลี่ยได้โดยใช้ความถี่ 4 ช่วง โดยในแต่ละช่วงความถี่จะมีศูนย์กลางความถี่อยู่ที่ตั้งแต่ 250, 500, 1,000 และ 2,000 Hz ตามลำดับ

การส่งผ่านของเสียง คือ เมื่อเสียงตกกระทบกับผนังแล้วผนังจะเกิดการสั่นตัว ซึ่งจะทำให้อากาศบริเวณใกล้เคียงเกิดการสั่นตัวด้วย เป็นผลทำให้ตัวผนังนั้นเปรียบเหมือนตัวกำเนิดเสียงใหม่ไปยังผนังอีกด้าน แต่มีพลังงานเสียงน้อยกว่าตอนแรก สามารถวัดการส่งผ่านออกมาเป็นระดับการส่งผ่านของเสียง (Sound Transmission Class)

2.7.3 การดูดซับเสียง (Sound Absorption)

คือ การสลายพลังงานเสียงภายในตัวโครงสร้างแบบพรุนและเกิดขึ้นเฉพาะเสียงที่ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนที่มีปริมาณน้อยๆ เมื่อเสียงถูกขยับผ่านจากรูพรุนหนึ่งไปอีกรูพรุนหนึ่ง การดูดซับเสียงเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญมากเมื่อต้องทำการออกแบบระบบบำบัดเสียงโดยอาศัยวัสดุพรุน

2.7.4 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficients)

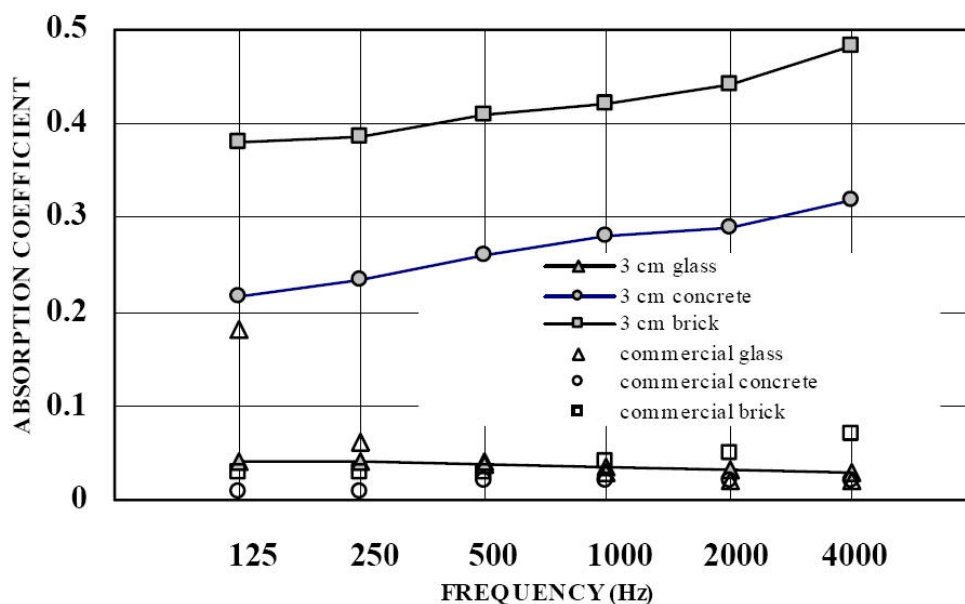
คือ อัตราส่วนของปริมาณพลังงานเสียงดูดซับภายในและส่งผ่านวัสดุต่อด้วยปริมาณของพลังงานเสียงตกกระทบบนวัสดุนั้นซึ่งจะมีค่าระหว่าง 0 และ 1 และจากการเปรียบเทียบการดูดซับเสียงดังแสดงในภาพที่ 2.6 พบว่าอิฐมีความสามารถในการดูดซับเสียงดีที่สุดเนื่องจากมีรูพรุนมากซึ่งตรงกันข้ามกับแก้วและคอนกรีต นอกจากนี้อิฐจะดูดซับเสียงได้ดีเมื่อมีความถี่สูงขึ้น โดยเพิ่มขึ้นเกือบจะเป็นเส้นตรงที่ความถี่เดียวกัน ยิ่งความหนาจะดูดซับได้ดีมากกว่า สำหรับแก้วการดูดซับเสียงจะค่อยๆน้อยลงเมื่อเพิ่มความถี่

ตารางที่ 2.6

ระดับความดังของเสียงตามแหล่งกำเนิดสภาพแวดล้อมของเสียง

ระดับความดังของเสียง (dBA)	การวิเคราะห์ลักษณะของเสียง	ตัวอย่างแหล่งกำเนิดสภาพแวดล้อมของเสียง	
		ภายนอกอาคาร	ภายในอาคาร
140	เสียงดังเกินขีดการรับฟัง(ทำให้ปวดหู)(Deafening)	อยู่ใกล้เครื่องยนต์ Jet	-
130	เริ่มก่อให้เกิดความระคายเคืองหู (Threshold of pain)	เสียงเครื่องบินขึ้นที่ระดับความสูง 500 ฟุต	-
120	เริ่มรู้สึกหรือสะท้อนแสบหู (Threshold of feeling)	เสียงเครื่องบินที่ระดับความสูง 1000 ฟุต)	วงดนตรีร็อก
110		เสียงคอนเสิร์ตเพลงร็อก หรือเสียงตะโกนเข้าหู	เสียงภายในห้องโดยสารเครื่องบิน
100	เสียงดังมาก (Very loud)	เสียงแตรรถยนต์, รถจักรยานยนต์ที่ระยะ 25 ฟุต	เสียงผู้ชมในสนามกีฬา
90		เสียงถนนที่มีการจราจรคับคั่ง	เสียงวงดนตรีSymphonyหรือโรงงานอุตสาหกรรม
80	เสียงดังพอรับได้ (Moderately loud)	เสียงรถบรรทุกวิ่งด้วยความเร็ว 40 ไมล์ต่อชั่วโมง, เสียงสำนักงานที่วุ่นวาย	เสียงภายในรถที่วิ่งด้วยความเร็วสูง, เครื่องล้างจาน
70	เสียงดัง (Loud)	เสียงถนนที่มีรถวิ่ง	เครื่องพิมพ์ดีดไฟฟ้า, คนถกเถียงหรือทะเลาะกัน
60	เสียงทั่วไปหรือเสียงสนทนาธรรมดา	เสียง Condenser Air ที่ระยะ 15 ฟุต, เสียงสำนักงานทั่วไป	สำนักงานทั่วไป
50	เงียบ (Quiet)	เสียงผู้คนสนทนาหรือเสียงพูดค่อยๆ	โถงเปิดโล่งขนาดใหญ่
40		เสียงนกร้อง, เสียงสำนักงานที่ค่อนข้างเงียบสงบ	สำนักงานส่วนตัว
30	เสียงค่อนข้างเงียบ (Very Quiet)	เสียงพูดเบาๆ	ห้องนอน
20		ห้องที่ค่อนข้างเงียบ, เสียงใบไม้ตกหรือเสียงกระซิบ	ห้องเก็บเสียงหรือโรงภาพยนตร์ที่ไม่มีคน
10	เริ่มได้ยินเสียง (Just audible)	เสียงหายใจ, คื่นเจียบในชนบท	ห้องอัดเสียง
0	เริ่มต้นการได้ยิน (Threshold of hearing)	เสียงดังที่มนุษย์เริ่มได้ยิน	-

ที่มา: สมศักดิ์ ธรรมเวชวิทย์, 2549, หน้า 2



ภาพที่ 2.6 การเปรียบเทียบความสามารถการดูดซับเสียง (มิ่ง โลกกิจแสงทอง, 2549, หน้า 2)

โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficients, α) สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2.4 และค่าความสามารถในการดูดซับเสียง (Sound Absorption) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.5

$$\alpha = \frac{(A_2 - A_1)}{S} \quad (2.4)$$

เมื่อ A_2 คือ ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงของห้องหลังจากนำวัสดุเข้าไปติดตั้งภายในมีหน่วยเป็น ตารางเมตร

A_1 คือ ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงของห้องทดลองก่อนนำแผ่นวัสดุเข้าไปติดตั้งมีหน่วยเป็น ตารางเมตร

S คือ ขนาดของแผ่นวัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีหน่วยเป็น ตารางเมตร

$$A_n = \frac{0.9210 \cdot V \cdot d}{C} \quad (2.5)$$

เมื่อ A_n คือ ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงมีหน่วยเป็น ตารางเมตร

V คือ ปริมาตรของห้องที่ใช้ในการทดลองมีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

d คือ อัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (rate of decay), dB/sec

C คือ ความเร็วเสียง, m/s สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2.6

$$C = 20.047\sqrt{273.15 + t} \quad (2.6)$$

เมื่อ t คือ อุณหภูมิ, °C

และสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ได้โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุ ที่ความถี่ 250, 500, 1000 และ 2000 Hz. มาทำการเฉลี่ยดังสมการที่ 2.7

$$NRC = \frac{(\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000})}{4} \quad (2.7)$$

โดยสามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ในการจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียงรบกวนดังแสดงในตารางที่ 2.7 ซึ่งองค์ประกอบที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ ได้แก่ ความหนา ความหนาแน่น ความพรุน ความต้านทานการไหล ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Coefficient of elasticity) และค่าความต้านทานเสียง

2.7.5 ประเภทของวัสดุที่ใช้ในการดูดซับเสียง

วัสดุและรูปแบบต่าง ๆ ของคอนกรีตบล็อกที่ใช้ในการดูดซับเสียง สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. การใช้วัสดุพรุน (Porous Materials) คือ การนำวัสดุที่มีเนื้อของตัววัสดุที่มีความพรุนสูงมาเป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์สำหรับการดูดซับเสียง ซึ่งการใช้วัสดุพรุนนี้จะช่วยดูดซับเสียงได้ดีในช่วงความถี่สูง

2. การใช้แผ่นสะท้อนเสียง (Vibrating Panel) คือ การใช้วัสดุที่มีลักษณะเป็นแผ่นสามารถสั่นได้ มาเป็นตัวช่วยในการสะท้อนคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงกลับไปด้วยความถี่ของเสียงเท่าเดิม เมื่อวางตำแหน่งและเลือกใช้วัสดุที่นำมาทำแผ่นสะท้อนเสียงเหมาะสม จะทำให้เสียงที่สะท้อนออกมาจากแผ่นสะท้อนเสียงหักล้างกับเสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดหมดไป โดยที่แผ่นสะท้อนเสียงจะช่วยดูดซับเสียงในช่วงความถี่ต่ำ มีลักษณะการวางตำแหน่ง

3. การใช้ช่องว่างภายในบล็อก (Volume Resonator) คือ การใช้โพรงภายในตัวบล็อกช่วยดูดซับเสียง ซึ่งอาศัยหลักการเดียวกันกับการใช้แผ่นสะท้อนเสียง นั่นคือให้เสียงหักล้างกันภายในโพรง เหมาะกับการใช้ดูดซับเสียงในช่วงความถี่ต่ำแต่จะมีช่วงที่แคบ มีลักษณะบล็อก

4. การทำพื้นผิวรับเสียงเป็นรู (Perforated Facing) คือ การทำพื้นผิวสำหรับดูดซับเสียงเป็นรู เพื่อให้ในแต่ละรูเป็นเหมือนแหล่งกำเนิดเสียงใหม่ แล้วหักล้างกันเองภายในตัวบล็อกซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ควบคู่กับการใช้วัสดุพูน มีลักษณะของตัวบล็อก

ตารางที่ 2.7

การจำแนกชนิดของวัสดุป้องกันเสียง จากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง

(Noise Reduction Coefficient, NRC)

ชนิดของวัสดุ	NRC	ประสิทธิภาพการดูดกลืนเสียง
วัสดุที่ได้รับการออกแบบพิเศษให้มี	1	
ความสามารถในการดูดซับเสียงสูง	0.9	
	0.8	
	0.7	มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงสูง
ฝ้าเพดานที่มีรูพรุนสูง		
นวมหุ้มเก้าอี้ในห้องประชุม	0.6	
ม่านหนา	0.5	
กระจก		
เบาะหุ้มเก้าอี้		
	0.4	
พื้นดินที่เรียบ		
ผู้ฟังที่นั่งเก้าอี้ไม้หรือโลหะ	0.3	มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงปานกลาง
พรมหนานบนพื้นคอนกรีต		
	0.2	
เก้าอี้ไม้หรือเหล็กที่ไม่มีคนนั่ง		
พรมที่มีน้ำหนักเบา		
ต้นไม้	0.1	
ม่านบาง		สะท้อนเสียง
หน้าต่างกระจก ขอบหน้าต่างไม้		
ปูนปลาสเตอร์ แผ่นยิปซัมบอร์ด		
คอนกรีตฉาบเรียบ อิฐเคลือบสี หินอ่อน	0	
กระเบื้อง แก้ว ผิวน้ำ		

ที่มา: Cowan, J.P., 1994, หน้า 88