บทที่ 2

การสำรวจเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการเกี่ยวกับของเสียจากการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

จากการสำรวจหลักการที่เกี่ยวข้องกับของเสียที่เกิดจากการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหินสามารถแบ่งชนิดของของเสียและคุณสมบัติของของเสียได้ดังนี้

2.1.1 ชนิดของของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหินแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ เศษแข็ง(Hard Waste) เศษเปียก(Sludge Waste) และน้ำทิ้ง(Water Discharge)

1. เศษแข็ง(Hard Waste)

เศษแข็ง(Hard Waste) คือ เศษที่เกิดจากส่วนผสมระหว่างซีเมนต์กับแอสเบสตอสแล้วก่อตัวแข็งขึ้น ได้แก่ เศษจากการตัดกระเบื้องสำเร็จรูป กระเบื้องที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ (Reject) ปริมาณของเศษแข็ง(Hard Waste) ที่เกิดขึ้นของแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันไปตั้งแต่น้อยกว่า 1% ถึงมากกว่า 10% ของกำลังการผลิต วิธีที่สามารถลดเศษแข็ง(Hard Waste) ได้วิธีหนึ่งคือการบด Hard Waste ให้ละเอียดด้วยเครื่องบด 2 ขั้นตอน (2-Stage Grinding Plant) แล้วนำกลับมาแทนวัตถุดิบผลิตแอสเบสตอส-ซีเมนต์ชนิดธรรมดาที่ไม่ต้องการคุณภาพสูงได้ 5-7% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ

2. <u>เศษเปียก(Sludge Waste)</u>

เศษเปียก(Sludge Waste) คือ เศษที่เกิดจากกระบวนการผลิต มีความชื้นประมาณ 70-80% การบำบัดที่นิยมมี 2 วิธี คือ การทำเศษให้มีความชื้นลดลง(Dewatering) แล้วนำไปฝังกลบ และการนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตโดยสร้างถังพักและปรับคุณสมบัติให้สม่ำเสมอก่อนนำไปใช้ เรียกว่า Week-End Tanks

3. <u>น้ำทิ้ง(Water Discharge)</u>

น้ำทิ้ง(Water Discharge) มีค่าความเป็นด่างสูง(pH ประมาณ 13) และมีตะกอนขององค์ประกอบทางเคมีของซีเมนต์ ซึ่งหากปล่อยทิ้งออกนอกโรงงานจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงมีการทำน้ำจากกระบวนการผลิตให้ตกตะกอน แล้วนำน้ำที่มีความใสกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตอีก ถือเป็นระบบปิดที่ทำให้ไม่มีน้ำเสียถูกปล่อยออกภายนอกโรงงาน

2.1.2 <u>คุณสมบัติของเศษเปียก(Sludge Waste)</u>

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของการเกิดของเสียในส่วนที่เป็นเศษเปียก(Sludge Waste) ของโรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน พบว่า เศษเปียก(Sludge Waste) ส่วนใหญ่เกิดจากการล้างเศษที่ติดอยู่ตามเครื่องจักร และเศษที่เกิดขึ้นเมื่อมีอุบัติเหตุระหว่างการเดินเครื่องจักร ทำให้คุณสมบัติของส่วนผสมที่ใช้ผลิตกระเบื้องต่ำลง ไม่สามารถทำเป็นกระเบื้องที่ผ่านมาตรฐานได้ จึงปล่อยเศษเหล่านี้ให้ไหลลงสู่บ่อเศษ ซึ่งจะปล่อยให้ตกตะกอนโดยน้ำหนักและแยกน้ำออกได้บางส่วน ทำให้เกิดเป็นเศษสีเทาจับตัวกันเป็นก้อนเนื่องจากมีความชื้นปะปนอยู่ แล้วจึงตักออกไปฝังกลบยังหลุมที่เตรียมไว้ภายนอกโรงงาน

และได้สุ่มตัวอย่างเศษเปียก(Sludge Waste) จากบ่อเศษมาเพื่อหาค่าความชื้นและส่วนประกอบทางเคมี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. <u>ความชื้นของเศษเปียก(Sludge Waste)</u>

จากการเก็บตัวอย่างเศษเปียก(Sludge Waste)จากบ่อเศษของโรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ไยหินที่เข้าทำการศึกษา จำนวน 20 ตัวอย่าง พบว่า เศษเปียก(Sludge Waste) มีค่าความชื้นสูง คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 72.37% ถึง 83.18% มีค่าความชื้นเฉลี่ยประมาณ 78% ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 2.1

ตัวอย่างที่	ความชื้น (%)	ตัวอย่างที่	ความชื้น (%)
1	81.20	11	72.37
2	77.04	12	75.76
3	79.83	13	74.72
4	78.81	14	75.48
5	79.60	15	79.57
6	79.16	16	77.74
7	74.82	17	83.12
8	81.17	18	76.02
9	83.18	19	81.44
10	73.34	20	77.74
ค่าเฉลี่ยความชื้น (%)		78.11	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		3.12	

ตารางที่ 2.1 ความชื้นของเศษเปียก(Sludge Waste)จากบ่อเศษของโรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน

2. <u>ส่วนประกอบทางเคมีของเศษเปียก(Sludge Waste)</u>

จากข้อมูลของทางโรงงานที่มีการตรวจสอบ Grab Samble เมื่อ พ.ศ. 2515 พบว่าเศษเปียก(Sludge Waste) มีส่วนประกอบของซีเมนต์ที่ก่อตัวแล้ว(Set Cement) ประมาณ 97.5% และแอสเบสตอสเส้นใยสั้นอีกประมาณ 2.5% และจากข้อมูลในตารางที่ 2.2 แสดงผลการวิเคราะห์

ส่วนประกอบทางเคมีของเศษเปียก(Sludge Waste) จากโรงงานพบว่ามี SiO_2 ประมาณ 15% CaO ประมาณ 45% นอกนั้นเป็นส่วนประกอบทางเคมีอื่น ๆ เพียงเล็กน้อย จึงถือได้ว่า Sludge Waste เป็น filler ที่มีลักษณะเป็นปูนขาวผสมทราย และเนื่องจากเศษเปียก(Sludge Waste) เป็น Set Cement ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะจึงต่ำมาก เวลาใช้ผสมเป็น filler จึงต้องคำนึงถึงปริมาณที่เติม เพราะอาจทำให้ความหนาแน่นของส่วนผสมรวมต่ำลง ส่งผลให้กำลังอัดของผลิตภัณฑ์ลดลง

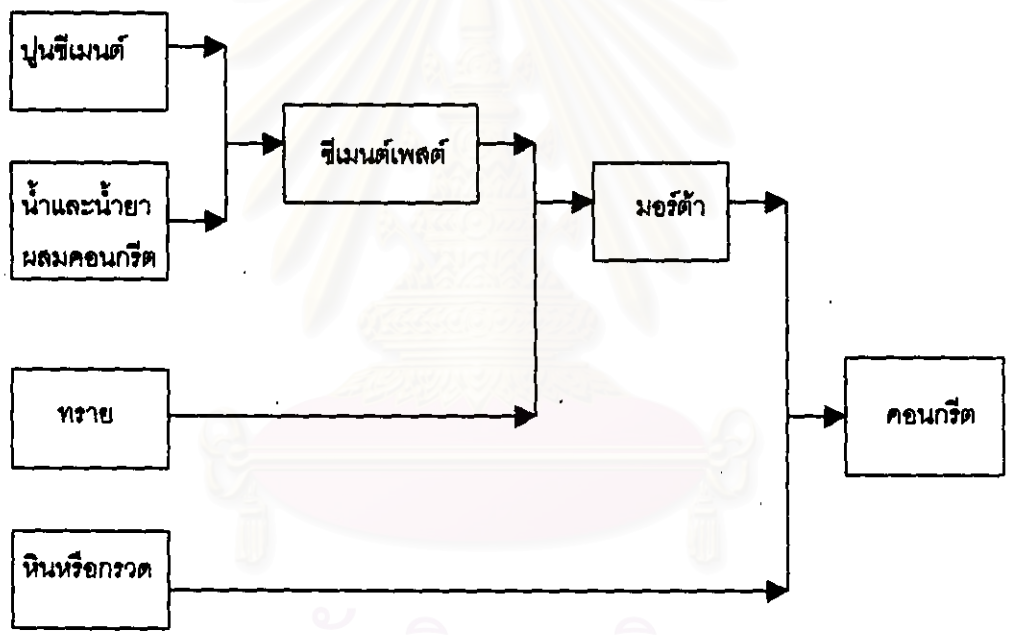
รายชื่อสารประกอบ	ปริมาณสารประกอบ (%)							ค่าเฉลี่ย (%)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	
SiO_2	15.07	15.06	16.53	14.98	13.59	14.92	14.5	14.95
Al_2O_3	3.48	3.64	3.87	4.09	3.24	3.35	3.49	3.59
Fe_2O_3	2.49	2.92	2.96	2.77	2.34	2.44	2.37	2.61
CaO	43.57	46.52	47.61	49.8	42.41	41.51	40.76	44.60
MgO	3.33	3.31	3.78	1.75	3.15	4	4.12	3.35
Na_2O	0.45	0.27	1.41	0.05	-	-	0.12	0.46
K_2O	1.36	1.11	1.3	0.5	5.41	4.58	4.82	2.73
Ti_2O	0.26	0.21	0.24	0.23	0.18	0.18	0.2	0.21
SO_3	6.14	4.98	4.53	2.64	6.98	6.98	7.33	5.65
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา	22.42	21.51	18.93	23	22.38	21.8	20.57	18.62
กากที่ไม่ละลายในกรดหรือด่าง	4.22	-	-	-	-	-	-	3.19

ที่มา : บริษัทสยามวิจัยและพัฒนา จำกัด

ตารางที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเศษเปียก(Sludge Waste)จากโรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน

2.2 <u>ทฤษฎีเกี่ยวกับคอนกรีต</u>

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่าง ๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัตถุประสาน ได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หินหรือกรวด เมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง พอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็งมีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น ตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถแสดงชื่อองค์ประกอบต่างๆของคอนกรีตได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ชื่อองค์ประกอบต่างๆ ของคอนกรีต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.1 <u>คุณสมบัติของส่วนผสม</u>

1. <u>ซีเมนต์เพสต์</u>

คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์มีดังนี้

- เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม
- หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเทหล่อ
- ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับ

- คุณภาพของปูนซีเมนต์
- อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์
- ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

2. <u>มวลรวม</u>

คุณสมบัติของมวลรวมมีดังนี้

- เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์
- ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

คุณสมบัติของมวลที่สำคัญ

- มีความแข็งแรง
- การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ
- คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี
- ความต้านทานต่อแรงกระแทก และการเสียดสี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. น้ำ

หน้าที่ของน้ำ มีดังนี้

- ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่าง ๆ
- ใช้ผสมทำคอนกรีต
- ใช้บ่มคอนกรีต
- ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์
- ทำหน้าที่หล่อลื่นให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลว
- เคลือบ หิน ทราย ให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ

4. น้ำยาผสมคอนกรีต

หน้าที่สำคัญของน้ำยาผสมคอนกรีต คือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทั้งคอนกรีตที่เหลวและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในด้านต่าง ๆ เช่น เวลาการก่อตัว ความสามารถในการเท กำลังอัด ความทนทาน เป็นต้น

2.2.2 คุณสมบัติด้านกำลังอัดของคอนกรีต

กำลังอัดของคอนกรีตขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. กำลังของมอร์ต้า

กำลังของมอร์ต้ามีบทบาทอย่างมากต่อกำลังอัดของคอนกรีต โดยกำลังของมอร์ต้าขึ้นกับความพรุนในเนื้อมอร์ต้า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น แต่ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและความพรุน จะถูกควบคุมด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า กำลังของมอร์ต้าขึ้นกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

การเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของมวลรวม เช่น ขนาดคละ ปริมาณ กำลัง ลักษณะผิว การดูดซึมและแร่ธาตุต่างๆ จะส่งผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตไม่มากนัก

2. <u>กำลังและโมดูลัสยืดหยุ่นของมวลรวม</u>

สำหรับกำลังของมอร์ต้าที่กำหนดให้ ความสามารถต้านทานแรงของคอนกรีตจะขึ้นกับกำลังของหินและแรงยึดเหนี่ยวของมวลรวมกับมอร์ต้า แต่โดยทั่วไปกำลังของมวลรวม จะสูงกว่ากำลังของมอร์ต้าหลายเท่า ดังนั้นแรงยึดเหนี่ยวจะเป็นตัวควบคุมการแตกของคอนกรีต

สำหรับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่กำหนดให้ กำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงเมื่อใช้หินขนาดใหญ่ขึ้น เพราะหินขนาดใหญ่จะก่อให้เกิดน้ำใต้หินมากขึ้นทำให้แรงยึดเหนี่ยวของมวลรวมกับมอร์ต้าลดลง

ขนาดของมวลรวม มีผลต่อกำลังของคอนกรีตที่มีสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำหรือปานกลางมากกว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่สูง

การเพิ่มปริมาณของมวลรวมในส่วนผสมจะเป็นการเพิ่มกำลังอัด รวมทั้งถ้าใช้หินที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นสูงจะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตดีขึ้น

3. <u>แรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมกับมอร์ต้า</u>

แรงยึดเหนี่ยวนี้ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพ เช่น รูปร่าง ลักษณะผิวของมวลรวม และปฏิกิริยาเคมีระหว่างซีเมนต์กับแร่ธาตุต่างๆในเนื้อมวลรวม

นอกจากนี้ ทิศทางในการหล่อและทิศทางในการให้น้ำหนักจะส่งผลต่อกำลังเช่นกัน โดยจะมีผลต่อกำลังดึงมากกว่ากำลังอัด ด้วยเหตุผลที่ว่าจะเกิดช่องว่างทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมหยาบกับมอร์ต้าต่ำลง

2.2.3 **คุณสมบัติความสามารถซึมผ่านได้** (Permeability)

ความสามารถซึมผ่านได้ คือ ความสะดวกหรือความง่าย ซึ่งของเหลวหรือก๊าซ สามารถซึมผ่านคอนกรีต คุณสมบัตินี้เป็นตัวบ่งชี้ว่าคอนกรีตในโครงสร้างนั้นๆ ทนทานมากน้อยเพียงใด เพราะความชื้นหรืออากาศสามารถซึมผ่านรูพรุนหรือช่องว่างเข้าไปสู่เนื้อคอนกรีตได้อย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้เกิดความเสียหายในเนื้อคอนกรีตได้

2.3 คอนกรีตเสริมไฟเบอร์(Fiber Reinforce Concrete)

คอนกรีตเสริมไฟเบอร์ คือ คอนกรีตที่มีส่วนผสมของเส้นใยขนาดเล็กๆ โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อ เพิ่มความสามารถต้านแรงดึงทำให้การแตกร้าวของคอนกรีตลดลง และเพิ่มความเหนียว ทำให้การยืดตัวของคอนกรีตเสริมไฟเบอร์ภายใต้แรงดึงมีค่าสูงกว่าคอนกรีตปกติ

2.3.1 ชนิดของเส้นใยไฟเบอร์

ชนิดของไฟเบอร์ที่ใช้ในงานคอนกรีต สามารถแบ่งได้เป็น 5 ชนิด ดังนี้

1) เส้นใยหิน(Asbestos) เป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตท่อ และกระเบื้องมุงหลังคา คุณสมบัติที่สำคัญ คือ มีความต้านทานการกัดกร่อนและการเสียดสีที่ดี

2) เส้นใยเหล็ก(Steel Fiber) ได้จากการตัดลวดให้มีความยาวตามต้องการ การใช้งานมีทั้งการการใช้ลวดเส้นตรง หรือดัดปลายของลวด เพื่อให้เกิดการยึดเกาะที่ดีขึ้น รวมทั้งต้องมีการเคลือบป้องกันสนิมด้วย

3) เส้นใยแก้ว(Glass Fiber) ใยแก้วที่ใช้ในอุตสาหกรรมคอนกรีตจะอยู่ในลักษณะเป็นกลุ่มของเส้นใย ใน 1 กลุ่มมีประมาณ 400 เส้น นิยมใช้กับงานตกแต่งทางสถาปัตยกรรม แต่ต้องระมัดระวังในการใช้งาน เพราะใยแก้วจะถูกทำลายโดยด่างในคอนกรีต

4) เส้นใยสังเคราะห์(Polymeric Fiber) ได้แก่ เส้นใยไนล่อน และเส้นใย Polypropylene ที่มีลักษณะความยาวแตกต่างกัน แล้วแต่การใช้งาน เช่น เส้นใยเดี่ยว เส้นใยกลุ่ม ความยาว 20 หรือ 40 มม. ใส่ในคอนกรีต เพื่อลดการแตกร้าวที่ผิวสำหรับถนนหรือพื้นคอนกรีต นอกจากนี้ยังมีเส้นใยคาร์บอนที่มีความสามารถต้านทานแรงดึงและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงมาก ซึ่งถือว่าเป็นวัสดุที่ค่อนข้างใหม่ในงานคอนกรีต

5) เส้นใยเซรามิค(Ceramic) เป็นวัสดุผสมคอนกรีตที่ใหม่มาก ราคาสูง แต่มีคุณสมบัติด้านการต้านทานการกัดกร่อนและการเสียดสีที่ดีมาก

2.3.2 <u>แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Fiber กับส่วนผสมคอนกรีต</u>

คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตเสริมไฟเบอร์ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ

1. คุณสมบัติของเส้นใย
2. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไฟเบอร์กับเนื้อคอนกรีต

เส้นใยแต่ละชนิดจะมีการยึดเหนี่ยวที่แตกต่างกันออกไป เช่น

- เส้นใยเหล็ก จะยึดกับ matrix ด้วย 3 วิธีรวมกัน คือ แรงยึดเหนี่ยว แรงเสียดทาน และปฏิกิริยาเคมี โดยแรงเสียดทานจะเพิ่มขึ้นได้โดยการดัดปลายลวดให้มีรูปร่างต่างๆ
- เส้นใยแก้ว ยึดติดกับ matrix ด้วยปฏิกิริยาเคมี
- เส้นใยสังเคราะห์ ยึดเหนี่ยวกับ matrix ด้วยการขัดประสานทางกล

การยึดเหนี่ยวดังกล่าวขึ้นกับคุณสมบัติของไฟเบอร์ 3 ประการ คือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไฟเบอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของไฟเบอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดของไฟเบอร์	ความถ่วงจำเพาะ	กำลังดึง (กก./ตร.ซม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น ($x10^5$ กก./ตร.ซม.)	Elongation at Failure (%)	Poisson's Ratio
Crysotile Asbestos	2.55	30-45	16.4	3	0.30
Alkali-Resistant Glass	2.71	20-48	8	2.0-3.0	0.22
Fibrillated Polypropylene	0.91	6.5	0.8	8	0.29-0.48
Steel	7.84	10-32	20	3.0-4.0	0.3
Carbon	1.74-1.99	14-32	25-45	0.4-1.0	0.2-0.4
Kevlar	1.45	36	6.5-13	2.0-4.0	0.32
Cement Matrix	2.50	0.3-0.7	1-45	0.02	-

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของเส้นใยไฟเบอร์

2.3.3 สัดส่วนผสมของคอนกรีตเสริมไฟเบอร์

การใส่เส้นใยไฟเบอร์ลงในส่วนผสมคอนกรีต จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับส่วนผสมให้เหมาะสม โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ต้องใช้ปริมาณซีเมนต์สูงขึ้น เพื่อให้เกิดมอร์ต้าที่มากพอที่จะเคลือบเส้นใยไฟเบอร์
2. หินที่ใช้ควรมีขนาดใหญ่ไม่เกิน 20 มิลลิเมตร
3. ต้องใช้ทรายปริมาณมากขึ้น เพื่อลดการกระด้างของคอนกรีต
4. ควรใส่สารกักกระจายฟองอากาศ เพื่อเพิ่มความสามารถในการเทได้

สัดส่วนผสมที่ใช้โดยทั่วไป มีดังนี้

ปริมาณซีเมนต์ 325 - 560 กก./ลบ.ซม.

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 - 0.6

ปริมาณทรายต่อปริมาณมวลรวมทั้งหมด มากกว่า 50

ฟองอากาศ 6% - 9%

ปริมาณเส้นใยไฟเบอร์ 0.5% - 2.5% โดยปริมาตร

2.3.4 <u>การนำไปใช้งาน</u>

1. Asbestos Fiber Reinforced Concrete - ใช้ทำท่อ หรือแผ่นกันไฟ

2. Steel Fiber Reinforced Concrete - ใช้เทถนนคอนกรีตเพื่อลดความหนา และลดการแตกร้าว หรือทำทางระบายน้ำของเขื่อน เพื่อลดการทำให้เกิดรูพรุน(Cavitation)

3. Glass Fiber Reinforced Cocrete - ใช้สำหรับทำชิ้นงานตกแต่งทางสถาปัตยกรรม เช่น ทำตัวครอบเสา คานของดึก โครงหลังคา ป้ายรถเมล์ ฯลฯ

2.4 <u>การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

การวิจัยนี้ได้สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

Vanherle H.E.,Giboin B. (1991)

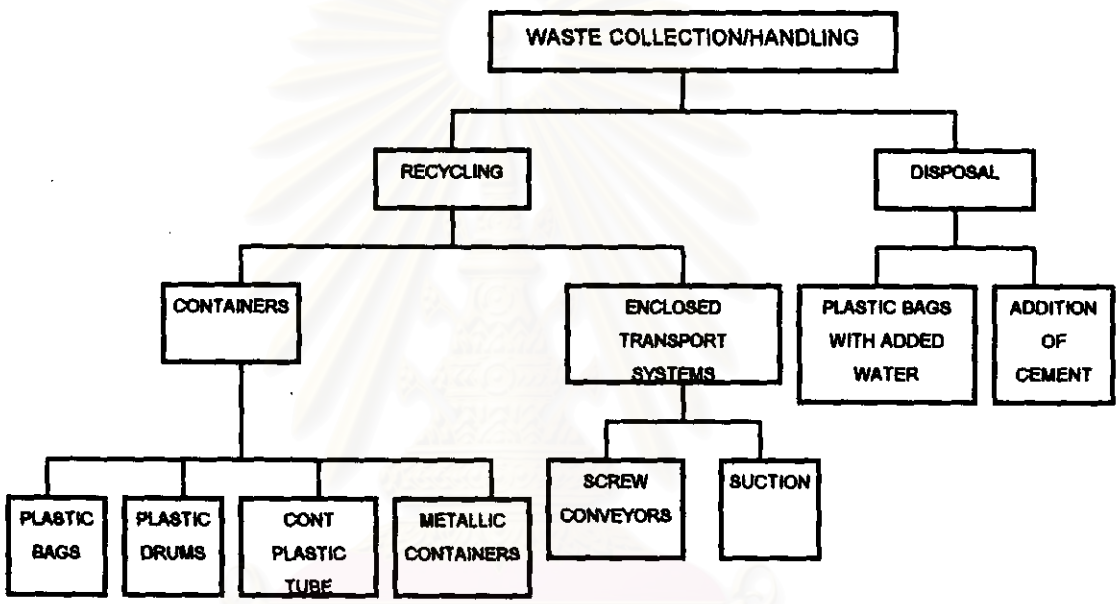
Vavherle และ Giboin ได้ศึกษาวิธีการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิตแอสเบสตอส-ซีเมนต์ พบว่าวิธีที่ดีและได้ผล คือ การนำของเสียเหล่านั้นกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งมีแนวทาง 2 วิธี ได้แก่ วิธีลดเศษแข็ง(Hard Waste) ด้วยการบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด 2 ขั้นตอน (2-Stage Grinding Plant) แล้วนำกลับมาแทนวัตถุดิบผลิตแอสเบสตอส-ซีเมนต์ ชนิดธรรมดาที่ไม่ต้องการคุณภาพสูงได้ 5-7% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ ส่วนวิธีการลดปริมาณเศษเปียก (Sludge Waste) ทำโดยการทำเศษให้มีความชื้นลดลง แล้วนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตโดยสร้างถังพักและปรับคุณสมบัติให้สม่ำเสมอก่อนนำไปใช้ เรียกว่า Week-End Tanks

Davis JMG. , McDonald JC. (1988)

Davis และ McDonald ได้ศึกษาผลกระทบของแอสเบสตอสต่อสุขภาพของคน พบว่า การมีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเกิน 100 เส้น ต่อปริมาตรอากาศ 1 มิลลิลิตร จะส่งผลให้ผู้ที่ปฏิบัติงานในบริเวณนั้นได้รับอันตราย โดยการหายใจเอาเส้นใยเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งสามารถทำให้เกิดโรคพังผืด ที่ปอด(Fibrosis) โรคมะเร็งที่หลอดลมและโรคเมโซเทลิโอมา ทำให้ในหลายประเทศออกกฎหมายห้ามใช้แอสเบสตอส แต่เนื่องจากบางประเทศยังมีความจำเป็นต้องใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแอส

เบสตอส ทำให้ต้องหาวิธีการจัดการที่ดีเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อคนและสิ่งแวดล้อม จึงได้นำเสนอวิธีการจัดการฝุ่นแอสเบสตอสที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไว้ดังรูปที่ 2.1

และ 2 นักวิจัยนี้ สรุปว่า วิธีการที่เหมาะสมต่อการควบคุมฝุ่นแอสเบสตอสในอุตสาหกรรมแอสเบสตอส-ซีเมนต์ คือ การฝังกลบฝุ่นแอสเบสตอส โดยต้องเติมน้ำและซีเมนต์รวมกับฝุ่น แล้วบรรจุใส่ถึงพลาสติก หลังจากนั้นประมาณ 20 ชั่วโมง ฝุ่นจะก่อตัวเป็นก้อนแข็ง แล้วจึงนำไปฝังกลบในแหล่งที่เตรียมไว้



รูปที่ 2.2 วิธีที่เป็นไปได้ในการจัดการฝุ่นแอสเบสตอส

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ อินทรชัย หอวิจิต (พ.ศ.2528)

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ อินทรชัย หอวิจิต ได้นำเสนอผลงานวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าแกลบแม่เมาะ พบว่า กำลังอัดระยะเริ่มแรกของปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าลอยมีค่าลดลงตามปริมาณขี้เถ้า เพราะปฏิกิริยาปัซโซลานยังไม่เกิดขึ้น เมื่อเวลานานขึ้นกำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าลอยจะดีขึ้น เพราะมีปฏิกิริยาปัซโซลานเกิดขึ้น การผสมขี้เถ้าลอยพอเหมาะในช่วง 0 - 40 เปอร์เซนต์ ทำให้ปฏิกิริยาปัซโซลานที่เกิดขึ้นสามารถชดเชยปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ถูกแทนที่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรกฎ วิจิตรพงศ์ (พ.ศ.2530)

กรกฎ วิจิตรพงศ์ ได้เสนอผลงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ขี้เถ้าลอยแม่เมาะในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ในคอนกรีตสดว่า ความสามารถในการทำงานได้ในปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าลอยในรูปการยุบตัว การไหลและการทำให้แน่น จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณขี้เถ้าในส่วนผสม และขี้เถ้ามีคุณสมบัติลดน้ำ โดยการเติมขี้เถ้าลอยทุก ๆ 10 % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ปอร์แลนด์ จะสามารถลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลงได้ 0.03 เปอร์เซนต์ และระยะเวลาในการก่อตัวที่เพิ่มขึ้นจะขึ้นกับปริมาณขี้เถ้าลอย

Virgilio B. Columna (1974)

Virgilio ได้นำเสนอผลงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของขี้เถ้าแกลบต่อคุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติเชิงกายภาพของส่วนผสมคอนกรีต พบว่า คุณสมบัติด้านกำลังอัดและแรงดึงของส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับขี้เถ้าแกลบจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสม การคืบ(Creep Deformmation) จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณขี้เถ้าแกลบ แต่ความหนาแน่นอิ่มตัวจะแปรผันแบบผกผันกับปริมาณขี้เถ้าแกลบ และการขยายตัวลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณขี้เถ้าแกลบ จากการทดสอบทั้งหมดจะมีการหดตัวเฉลี่ย 95 % และความทนทานจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณขี้เถ้าแกลบ

สมพงษ์ ธงไชย และ ณรงค์ บุญเสนอ (พ.ศ.2540)

สมพงษ์ ธงไชย และ ณรงค์ บุญเสนอ ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการวัสดุเหลือใช้ประเภทพลาสติกไฟเบอร์กลาสมาแทนมวลหยาบในการผลิตกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น สรุปว่าอัตราส่วนผสมระหว่างไฟเบอร์กลาสต่อหินที่เหมาะสมที่สุดในการทดแทนวัสดุหินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น มอก. 378-25311 คือ อัตราส่วนที่ 20/80 ที่ช่วงอายุการบ่มน้ำ 28 วัน โดยมีค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางรองลงมาจากอัตราส่วนผสมมาตรฐานที่ 0/100 และมีค่าการเพิ่มอัดแรงมากที่สุดในทุกอัตราส่วน จึงเหมาะสำหรับใช้ในงานที่กดอัด เช่น เสาตอม่อ แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น เป็นต้น