บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

เนื่องจากของเสียจากการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน(Sludge Waste) เป็นของเสียที่มีแอสเบสตอสปะปนอยู่ จำเป็นต้องกำจัดอย่างถูกวิธีเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โรงงานส่วนใหญ่ปัจจุบันจะนิยมใช้วิธีการฝังกลบ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งและค่าการเตรียมดินฝังกลบ การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการนำ Sludge Waste กลับมาใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นวัตถุดิบหนึ่งในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากและสามารถใช้ประโยชน์ในโรงงาน อันเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียและไม่เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

5.1 ผลของ Sludge Waste ที่มีต่อคุณสมบัติเชิงกล

ผลิตภัณฑ์คอนกรีตโดยทั่วไป ทำจากส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย หินเกล็ด และน้ำ เมื่อหล่อขึ้นรูปและแข็งตัวแล้ว จะสามารถรับแรงอัดได้ประมาณ 250 กก./ตร.ซม. เมื่อนำ Sludge Waste มาผสมรวมกับด้วย ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกล ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบถึงผลกระทบของ Sludge Waste ที่มีต่อคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ดังนี้

1) ผลกระทบของ Sludge Waste ที่มีต่อค่ากำลังอัด ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ พบว่า Sludge Waste มีผลต่อค่ากำลังอัดของผลิตภัณฑ์คอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากขนาดของ Sludge Waste ซึ่งเล็กกว่าทรายและหินเกล็ด ทำให้พื้นที่ผิวของมวลรวมเพิ่มขึ้น จึงต้องการวัสดุประสานมากขึ้น แต่เมื่อปริมาณซีเมนต์ซึ่งวัตถุดิบที่สร้างวัสดุประสานคงที่หรือลดลง จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวของส่วนผสมคอนกรีตลดลงและเกิดความพรุนในเนื้อคอนกรีตมากขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณ Sludge Waste มากขึ้น จะทำให้ค่ากำลังอัดลดลง

2) ผลกระทบของ Sludge Waste ที่มีต่อค่ากำลังดัด ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ พบว่า Sludge Waste มีผลต่อค่ากำลังดัดของผลิตภัณฑ์คอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากขนาดของ Sludge Waste ซึ่งเล็กกว่าทรายและหินเกล็ด ทำให้พื้นที่ผิวของมวลรวมเพิ่มขึ้น จึงต้องการวัสดุประสานมากขึ้น แต่เมื่อปริมาณซีเมนต์ซึ่งวัตถุดิบที่สร้างวัสดุประสานคงที่หรือลดลง จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวของส่วนผสมคอนกรีตลดลงและเกิดความพรุนในเนื้อคอนกรีตมากขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณ Sludge Waste มากขึ้น จะทำให้ค่ากำลังดัดลดลง และเนื่องจากค่ากำลังดัดของคอนกรีตที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบมีค่าค่อนข้างต่ำ จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องรับแรงดัดมากๆ เช่น คาน

3) ผลกระทบของ Sludge Waste ที่มีต่อค่าความหนาแน่น ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ พบว่า Sludge Waste มีผลต่อค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์คอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากความหนาแน่นของ Sludge Waste เท่ากับ 0.7 กรัม/ลบ.ซม. ซึ่งน้อยกว่าซีเมนต์ ทรายและหินเกล็ด ดังนั้นการใช้ Sludge Waste แทนหินเกล็ด ถือเป็นการใช้ส่วนผสมที่มีความหนาแน่นต่ำทดแทนส่วนผสมที่มีความหนาแน่นสูง เมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาตรที่เท่ากันจะทำให้คอนกรีตที่มีส่วนผสมของ Sludge Waste จะมีความหนาแน่นต่ำกว่าคอนกรีตสูตรปกติ และเพิ่ม Sludge Waste ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้มีส่วนผสมที่มีความหนาแน่นต่ำปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง ซึ่งถือเป็นข้อดีในแง่การลดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์คอนกรีต ทำให้สะดวกในการขนย้ายและประหยัดค่าขนส่ง

4) ผลกระทบของ Sludge Waste ที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ พบว่า Sludge Waste มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์คอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากลักษณะของ Sludge Waste ซึ่งเป็นผงละเอียด และมีความชื้น เมื่อแข็งตัวเป็นคอนกรีต ทำให้เกิดความพรุนซึ่งเกิดจากมวลรวมและโพรงอากาศเนื่องจากการระเหยของน้ำ ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณ Sludge Waste มากขึ้น จะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น จึงเกิดผลเสีย คือ ลดความทนทานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตลง จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องอยู่ในน้ำหรือสภาวะมีกรดหรือด่างสูง

5.2 ผลของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีต่อคุณสมบัติเชิงกล

น้ำเป็นส่วนสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ในการวิจัยนี้ได้กำหนดการใช้ปริมาณน้ำในรูปแบบอัตราส่วนน้ำต่อปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีต เท่ากับ 0.4 , 0.5 และ 0.6 ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบถึงผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีต่อคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ดังนี้

1) ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีต่อค่ากำลังอัด จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มีผลต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากการใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินในคอนกรีต และการที่มีน้ำส่วนเกินในปริมาณเกินไปจะเกิดโพรงอากาศในคอนกรีตมากขึ้น ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตต่ำลง ดังนั้นควรเลือกใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 ในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบ

2) ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีต่อค่ากำลังดัด ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ พบว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มีผลต่อค่ากำลังดัดของผลิตภัณฑ์คอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากการใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินในคอนกรีต และการที่มีน้ำส่วนเกินในปริมาณเกินไปจะเกิดโพรงอากาศในคอนกรีตมากขึ้น ทำให้กำลังดัดของคอนกรีตต่ำลง

3) ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีต่อค่าความหนาแน่น ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้พบว่า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มีผลต่อค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์คอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากการใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินในคอนกรีต และการที่มีน้ำส่วนเกินในปริมาณเกินไป เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจะเกิดโพรงอากาศในคอนกรีตมากขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตต่ำลง

4) ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้พบว่า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มีผลต่อการดูดของผลิตภัณฑ์คอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากการใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินในคอนกรีต และการที่มีน้ำส่วนเกินในปริมาณเกินไป เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจะเกิดโพรงอากาศในคอนกรีตมากขึ้น ทำให้น้ำถูกดูดซึมเข้าไปในคอนกรีตได้มากขึ้น

5.3 ผลของระยะเวลาการบ่มที่มีต่อคุณสมบัติเชิงกล

ระยะเวลาการบ่มมีส่วนสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบถึงผลกระทบของระยะเวลาการบ่มที่มีต่อคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ดังนี้

1) ผลกระทบของระยะเวลาการบ่มที่มีต่อค่ากำลังอัด จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการบ่มมีผลต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากกำลังอัดของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นยังดำเนินต่อไปเรื่อยๆ ทำให้เกิดปริมาณและการขยายตัวของวัสดุยึดเชื่อมหรือตัวประสานเพิ่มมากขึ้น จะไปอุดช่องว่างระหว่างเม็ดซีเมนต์ ทำให้ความพรุนของคอนกรีตลดลง

2) ผลกระทบของระยะเวลาการบ่มที่มีต่อค่ากำลังดัด จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการบ่มมีผลต่อค่ากำลังดัดของคอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากกำลังดัดของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นยังดำเนินต่อไปเรื่อยๆ ทำให้เกิดปริมาณและการขยายตัวของวัสดุยึดเชื่อมหรือตัวประสานเพิ่มมากขึ้น จะไปอุดช่องว่างระหว่างเม็ดซีเมนต์ ทำให้ความพรุนของคอนกรีตลดลง

3) ผลกระทบของระยะเวลาการบ่มที่มีต่อค่าความหนาแน่น ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ พบว่าระยะเลาการบ่มไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์คอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากการใช้ระยะเวลาการบ่มเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

4) ผลกระทบของระยะเวลาการบ่มที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำ ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ พบว่าระยะเวลาการบ่มมีผลต่อการดูดของผลิตภัณฑ์คอนกรีต โดยสามารถอธิบายได้จากการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่ลดลงตามระยะเวลาการบ่ม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นยังดำเนินต่อไปเรื่อยๆ ทำให้เกิดปริมาณและการขยายตัวของวัสดุยึดเชื่อมหรือตัวประสานเพิ่มมากขึ้น จะไปอุดช่องว่างระหว่างเม็ดซีเมนต์ ทำให้ความพรุนของคอนกรีตลดลง น้ำจึงซึมเข้าไปในคอนกรีตได้น้อยลง

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในการวิจัยนี้ กับผลการวิจัย เรื่อง การนำของเหลือจากโรงงานผลิตลวดอัดแรงมาใช้ในเชิงวิศวกรรมโยธา ของ ณัฐสม สงวนวงศ์ พบว่าคุณสมบัติด้านกำลังอัดมีความสอดคล้องกัน เนื่องจากผงโลหะนี้จะทำให้ขนาดคละและพื้นที่ผิวของมวลรวมเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงโลหะ ส่งผลให้ค่ากำลังอัดของผลิตภัณฑ์คอนกรีตลดลง แต่เนื่องจากผงโลหะมีความหนาแน่น 4.3 กรัม/ลบ.ซม. ซึ่งมากกว่า Sludge Waste ซีเมนต์ ทราย และหินเกล็ด ทำให้ผลการทดสอบความหนาแน่นของการวิจัยทั้งสองไม่สอดคล้องกัน โดยการเพิ่มผงโลหะจะทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่ม Sludge Waste จะทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง

และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในการวิจัยนี้กับผลการวิจัยเรื่องความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทพลาสติกไฟเบอร์กลาส มาใช้แทนมวลหยาบในการผลิตกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ที่นำเสนอโดย สมพงษ์ ธงไชย และ ณรงค์ บุญเสนอ พบว่าคุณสมบัติด้านกำลังอัด กำลังดัด และการดูดซึมน้ำ มีความสอดคล้องกัน คือการใช้ไฟเบอร์กลาสทดแทนหินเกล็ดในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้กำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีตปูถนนลดลง และการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งในการวิจัยนั้นได้คัดเลือกส่วนผสมที่ใช้ปริมาณไฟเบอร์กลาสน้อยที่สุด คือ แทนที่หินเกล็ด 20% ไปใช้ในการผลิตคอนกรีตปูถนน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 การคัดเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิต

การนำ Sludge Waste มาใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องนับเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดปริมาณของเสียที่ต้องนำไปฝังกลบ เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัด Sludge Waste รวมทั้งสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องได้ ดังนั้นการคัดเลือกส่วนผสมที่จะนำไปใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องอย่างเหมาะสมนั้น สามารถแบ่งแนวทางการพิจารณาได้ 3 แนวทาง ดังนี้

5.4.1 ส่วนผสมที่สามารถนำ Sludge Waste กลับมาใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด

จากผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของส่วนผสมคอนกรีต พบว่า การเพิ่มปริมาณ Sludge Waste ในส่วนผสมให้มากขึ้น ทำให้คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตลดลง และเมื่อพิจารณาจากค่าใช้งานของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องจะเห็นได้ว่าต้องสามารถรับแรงอัดได้มากกว่า 30 กก./ตร.ซม. ซึ่งส่วนผสมที่ให้ค่ากำลังอัดได้ตามที่ต้องการนี้มีทั้งหมด 7 ส่วนผสม โดยแต่ละส่วนผสมมีการนำ Sludge Waste มาใช้ในส่วนผสมคอนกรีตในปริมาณที่แตกต่างกัน และเมื่อนำแต่ละส่วนผสมไปทำการผลิตเป็นหมอนคอนกรีตใช้ในโรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ไยหินจะทำให้สามารถลดปริมาณการนำ Sludge Waste ไปฝังกลบแตกต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 5.1

สูตรที่	การใช้ Sludge Waste	กำลังอัด (กก./ตร.ซม.)	ปริมาณ Sludge Waste ที่นำมาผลิตเป็นหมอนคอนกรีต (กก./ก้อน)	ปริมาณ Sludge Waste ที่นำมาผลิตเป็นหมอนคอนกรีตต่อปี (ตัน/ปี)
1	สูตรปกติ	217.36	0	0
2	แทนที่ซีเมนต์ด้วย Sludge Waste 10 %	140.83	0.10	200
3	แทนที่ซีเมนต์ด้วย Sludge Waste 20%	48.15	0.20	400
4	แทนที่ทรายด้วย Sludge Waste 15%	119.85	0.15	300
5	แทนที่ทรายด้วย Sludge Waste 30%	36.80	0.30	600
6	แทนที่หินเกล็ดด้วย Sludge Waste 15%	54.23	0.30	600
7	เพิ่มในส่วนผสมคอนกรีต 10%	48.11	0.36	727

ตารางที่ 5.1 ปริมาณ Sludge Waste ที่นำมาผลิตเป็นหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องในแต่ละส่วนผสม

ดังนั้นถ้าต้องการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่สามารถใช้ Sludge Waste ได้มากที่สุด คือ การเพิ่ม Sludge Waste 10% (สูตรที่ 7 ในตารางที่ 5.1) จะทำให้สามารถลดปริมาณ Sludge Waste ที่ต้องนำไปฝังกลบได้ 727 ตัน/ปี ที่ความต้องการใช้งานหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง 2 ล้านก้อน/ปี และส่วนผสมดังกล่าวนี้จะเหมาะสมอย่างยิ่งในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการฝังกลบเพิ่มสูงมากขึ้นหรือมีนโยบายที่ต้องการกำจัด Sludge Waste เป็นอันดับแรก

5.4.2 ส่วนผสมที่สามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้มากที่สุด

ผลการพิจารณาต้นทุนการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่ไม่รวมราคาเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่ใช่วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตต้นทุนวัตถุดิบจึงมาจากปูนซีเมนต์ ทราย และหินเกล็ด ซึ่งเมื่อนำ Sludge Waste มาใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องจำนวน 2 ล้านก้อน/ปี จะทำให้สามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้ดังตารางที่ 5.2

สูตรที่	การใช้ Sludge Waste	ต้นทุนวัตถุดิบ (บาท/ก้อน)	การประหยัดต้นทุนวัตถุดิบ (บาท/ปี)
1	สูตรปกติ	2.12	0
2	แทนที่ซีเมนต์ด้วย Sludge Waste 10 %	1.96	320,000
3	แทนที่ซีเมนต์ด้วย Sludge Waste 20%	1.80	640,000
4	แทนที่ทรายด้วย Sludge Waste 15%	2.093	54,000
5	แทนที่ทรายด้วย Sludge Waste 30%	2.066	108,000
6	แทนที่หินเกล็ดด้วย Sludge Waste 15%	2.069	102,000
7	เพิ่มในส่วนผสมคอนกรีต 10%	1.93	385,455

ตารางที่ 5.2 ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็นหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องในแต่ละส่วนผสม

ดังนั้นถ้าต้องการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่สามารถประหยัดต้นทุนวัตถุดิบได้มากที่สุดควรเลือก การแทนที่ซีเมนต์ด้วย Sludge Waste 20% (สูตรที่ 3 ในตารางที่ 5.2) โดยมีต้นทุนวัตถุดิบเป็น 1.80 บาท/ก้อน และสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้ 0.32 บาท/ก้อน เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรปกติที่ไม่ใช้ Sludge Waste ในส่วนผสม (สูตรที่ 1 ในตารางที่ 5.2) ที่มีต้นทุนวัตถุดิบเป็น 2.12 บาท/ก้อน

5.4.3 ส่วนผสมที่สามารถประหยัดต้นทุนวัตถุดิบและค่ากำจัดของเสียได้มากที่สุด

เป้าหมายของการวิจัยนี้ คือ คัดเลือกส่วนผสมหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบ ที่สามารถรับแรงอัดเนื่องจากน้ำหนักของการกองกระเบื้องได้มากกว่า 30 กก./ตรซม. รวมทั้งสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบและลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียได้สูงสุด โดยการพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อคุณสมบัติเชิงกลและผลประโยชน์ที่ได้รับจากการนำ Sludge Waste มาใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง เงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิต คือ ซีเมนต์ : ทราย : หินเกล็ด : Sludge Waste เป็น 0.8 : 1 : 2 : 0.2 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 เพื่อให้ได้ความข้นเหลวที่พอเหมาะต่อการขึ้นรูป และควรบ่มส่วนผสมคอนกรีตหลังจากการขึ้นรูปไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่ได้จะให้ค่าคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ กำลังอัด กำลังดัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 48.15 กก./ตร.ซม. 22.02 กก./ตร.ซม. 1.74 กรัม/ลบ.ซม. และ 17.63% ตามลำดับ

และหากนำสูตรการผลิตที่คัดเลือกไว้นี้ไปผลิตเป็นหมอนคอนกรีตใช้ในโรงงาน จะทำให้ต้นทุนวัตถุดิบของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องและค่าใช้จ่ายในการกำจัด Sludge Waste ลดลง คือ ต้นทุนวัตถุดิบลดลง 0.32 บาท/ก้อน และถ้าใช้ตัวเลขประมาณการใช้หมอนคอนกรีตรองกระเบื้องในปัจจุบันซึ่งมีประมาณ 2 ล้านก้อน/ปี จะทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียนี้เท่ากับ 200,000 บาท/ปี รวมได้ผลประโยชน์จากการลดต้นทุนวัตถุดิบและค่ากำจัดของเสียเท่ากับ 840,000 บาท/ปี

5.5 ผลการทดลองใช้งานของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบ

จากการทดลองใช้งานหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องทั้ง 3 ลักษณะ พบว่าหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องสูตรทดลองที่ใช้อัตราส่วนผสม ซีเมนต์ : ทราย : หินเกล็ด : Sludge Waste เป็น 0.8 : 1 : 2 : 0.2 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 และอายุการบ่ม 7 วัน สามารถใช้ในงานกองกระเบื้องได้เหมือนหมอนคอนกรีตสูตรปกติ เมื่อเปรียบเทียบค่าการใช้งานกองกระเบื้องที่กำหนดจากสภาพการใช้งานปัจจุบันของโรงงานกับผลการทดสอบการใช้งานที่ได้จากการวิจัยนี้ พบว่า หมอนคอนกรีตที่ผลิตจากส่วนผสมที่คัดเลือกนี้มีความแข็งแรงด้านกำลังอัดมากกกว่าค่าใช้งานจริงประมาณ 60% และถ้าพิจารณาจำนวนแผ่นกระเบื้องที่หมอนคอนกรีตรองกระเบื้องรองรับได้ก่อนเกิดการแตกหักจะเห็นได้

ว่าหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่ผลิตจากสูตรที่ได้จากการวิจัยสามารถกองกระเบื้องได้มากกว่าการกองกระเบื้องจริงของโรงงานประมาณ 18% ดังแสดงจากตารางที่ 5.3 หมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่ชำรุดเสียหายจะมีลักษณะของการเกิดรอยร้าวดังรูปที่ 4.26 ซึ่งเป็นลักษณะของการขาดเนื่องจากแรงดัดมากกว่าการแตกหักเนื่องจากแรงอัด การแตกหักแบบนี้จะไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เพราะเส้นใยแอสเบสตอสใน Sludge Waste จะถูกยึดอยู่ในหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง ไม่ฟุ้งกระจาย ถึงแม้หมอนคอนกรีตรองกระเบื้องเกิดการแตกหักด้วยแรงดัดก็ตาม

รายการ	การใช้งานจริงในโรงงาน	การทดสอบใช้งานของการวิจัย	ผลต่าง
1. กำลังอัด(กก./ตร.ซม.)	30	48.15	60.50%
2. จำนวนแผ่นกระเบื้องที่รองรับได้(แผ่น)	390	459	17.69%

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบการใช้งานของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องในโรงงานกับผลการวิจัย

อย่างไรก็ตาม ข้อดีของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบคือ มีน้ำหนักเบากว่าปกติ เพราะมีความหนาแน่นน้อยกว่า ทำให้สะดวกในการขนย้าย แต่เนื่องจากคุณสมบัติด้านกำลังอัด กำลังดัด และการดูดซึมน้ำที่ด้อยลง ดังนั้นในการผลิตจริงต้องควบคุมไม่ให้ใช้ Sludge Waste มากกว่าที่กำหนด เพราะทำให้หมอนคอนกรีตรองกระเบื้องมีความแข็งแรงลดลง อาจมีผลกระทบต่อการใช้งานกองกระเบื้องได้ และจากการวิจัยในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้ Sludge Waste ในผลิตภัณฑ์คอนกรีตนั้นสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ที่รับแรงอัดได้ไม่มากเกินไป เช่น คอนกรีตปูทางเท้า คอนกรีตปูผนัง ฯลฯ แต่ไม่ควรนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องรับแรงดัด เช่น คาน คอนกรีต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย