



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยตะกอนจากระบบผลิตน้ำของโรงไฟฟ้า

Product Design and Development Using Sediment from Water Treatment System in
Power Plant

นามผู้วิจัย นางสาวณลินี รังแก้ว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบศิริ มทาวิตยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยตะกอนจากระบบผลิตน้ำของโรงไฟฟ้า

Product Design and Development Using Sediment from Water Treatment System in Power Plant

โดย

นางสาวณลินี รังแก้ว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นลินี รังแก้ว 2554: การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยตะกอนจากระบบผลิตน้ำของ
โรงไฟฟ้า ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.
95 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการจัดการตะกอนดินที่มีปริมาณมากจากระบบผลิตน้ำหล่อเย็นของ
โรงไฟฟ้า โดยการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำตะกอนดินมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุทดแทน
ทรัพยากรดินในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากการทดสอบนำตะกอนดินมา
เป็นวัตถุดิบทดแทนในการผลิตบล็อกประสานด้วยอัตราส่วนผสมตะกอนดินต่อปูนซีเมนต์เป็น 3
ต่อ 1 โดยน้ำหนัก พบว่าอิฐบล็อกประสานจากตะกอนดินสามารถรับกำลังแรงอัดได้ค่า 2.66 MPa
นำข้อมูลการขึ้นรูปตะกอนดินมาประยุกต์ใช้ในการผลิตเป็นกระถางตะกอนดินอัดสำหรับปลูก
ต้นไม้ด้วยการอัดขึ้นรูปด้วยระบบไฮดรอลิก ซึ่งช่วยลดการการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเมื่อ
เปรียบเทียบกับการผลิตกระถางดินเผาได้ถึง 5,900 kg CO₂/Ton product ลดการใช้พลังงานจาก
เชื้อเพลิง (LPG) ได้ถึง 0.937 TJ/Ton product และเพิ่มสมบัติพิเศษให้เป็นกระถางตะกอนดินอัด
สองชั้นเพื่อให้มีปุ๋ยละลายออกมาอย่างช้าๆ ขณะใช้งานจากผนังชั้นใน โดยศึกษาความสัมพันธ์
ระหว่างแรงอัดและความสามารถในการปลดปล่อยสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ผลจาก
การทดสอบการละลายออกมาจากก้อนปุ๋ยอัดที่แรงอัด 20 30 และ 40 kg/cm² ตามลำดับ โดยกรณี
การใช้งานแบบให้น้ำขังในกระถาง ใช้วิธีแช่น้ำเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยตลอดการ
ทดสอบ ปริมาณไนโตรเจนรวมมีค่า 5051 4265 และ 3989 mg/L และปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีค่า
345 276 และ 254 mg/L ตามลำดับ สารอาหารที่ละลายออกมาทั้ง 3 สัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกัน
สำหรับกรณีการใช้งานแบบให้น้ำผ่านออกจากกระถาง ใช้วิธีรดน้ำให้สัมผัสภายในจำนวน 5 ครั้ง
ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทมีค่า 43.56 14.32 และ 1.32 mg/L ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตมี
ค่า 6.12 0.43 และ 0.17 mg/L ตามลำดับ เป็นความสัมพันธ์แบบแปรผกผันคือ การละลายออกมา
ของปุ๋ยลดลงเมื่อแรงอัดก้อนปุ๋ยเพิ่มขึ้น ดังนั้น การเลือกกระถางแรงอัดชั้นในที่เหมาะสมกับการใช้
งานของกระถางจะช่วยเพิ่มลักษณะเด่นของกระถางตะกอนดินอัดสองชั้นให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็น
มิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

Nalini Rangkaeo 2011: Product Design and Development Using Sediment from Water Treatment System in Power Plant. Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental Technology and Management, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Jukkrit Mahujchariyawong, Ph.D. 95 pages.

This research aimed to manage a large quantity of sediment generated from water treatment system in electricity generation process. Feasibility study focused on utilization of sediment in the term of raw material for environmentally friendly products. Conventional soil cement block was used as a model for creation of new eco-product made of sediment and cement 3:1 (w/w). The result of bending strength test was 2.66 MPa which passed standard, TIS. This process data was applied to design eco-flowerpot formed by using hydraulic pressure. This production process reduced greenhouse gas 5,900 kgCO₂/Ton product and LPG fuel 0.937 TJ/Ton product more than ceramic flowerpot. Moreover special property was designed on the concept of double layer which slowly released fertilizer from inner layer. The basic relative data of production pressure 20, 30 and 40 kg/cm² and total nitrogen and total phosphorous was tested for three weeks in the case of water reserving flowerpot. The results showed the average of TN 5281, 4097 and 3646 mg/ L and TP 345, 276 and 254 mg/L respectively. In the case of normal flowerpot, releasing test was induced for 5 times. The results showed the average of nutrient, nitrate and phosphate were 43.56, 14.32 and 1.32 mg/L and 6.12, 0.43, 0.17mg/L respectively. The result indicated a reverse variation which chemical fertilizer releasing was decrease when production pressure was increase. Selection of optimum pressure for usage will add the benefits to double layer flowerpot that will enhance the developed eco-products more advance environmentally friendly.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ได้ช่วยเหลือ แนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในการวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ โรงไฟฟ้าแก่งคอย 2 สระบุรี ที่สนับสนุนในงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ คุณเอกลักษณ์ พรหมเจริญ สำหรับการช่วยเหลือในงานวิจัย ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ น้องๆและเพื่อนๆรวมทั้งผู้มีพระคุณที่มีได้เอื้อนามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่าน สำหรับการสนับสนุน ความห่วงใยและกำลังใจที่ดีเสมอมา และสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใดข้าพเจ้าขออภัย ณ ที่นี้ด้วย

นลินี รังแก้ว

พฤษภาคม 2554

สารบัญ

หน้า

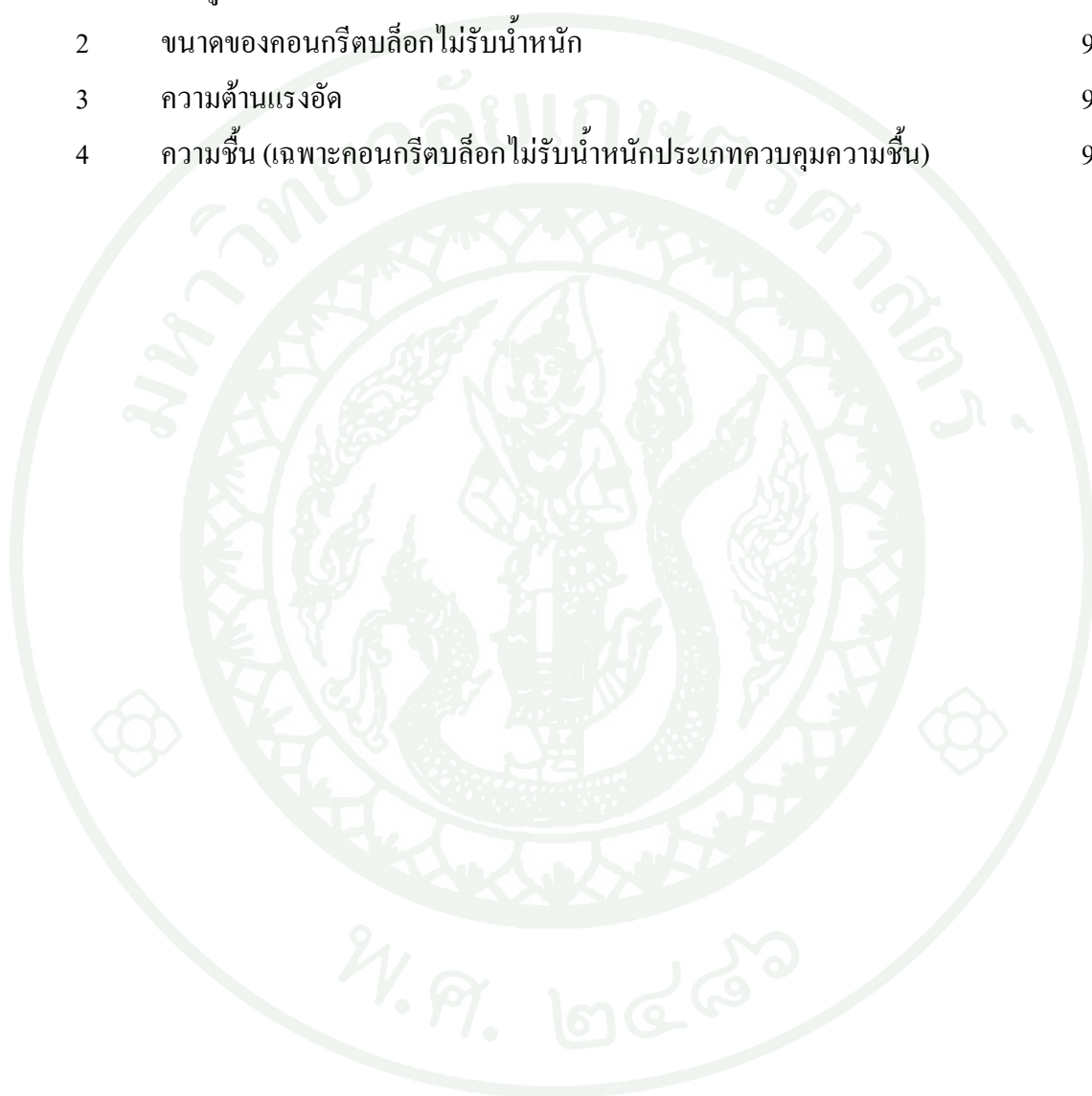
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	38
อุปกรณ์	38
วิธีการ	39
ผลและวิจารณ์	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	69
สรุป	69
ข้อเสนอแนะ	71
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	72
ภาคผนวก	75
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลวิเคราะห์ที่แสดงว่าตะกอนของโรงงานไฟฟ้าเป็นชนิด Non-hazardous waste	21
2	จำแนกตามความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารของพืช	33
3	การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์และสัดส่วนการผสม	39
4	แสดงค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงต่างๆ	47
5	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แยกตามชนิดเชื้อเพลิง	48
6	ค่ากำลังรับแรงอัดของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน	50
7	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากตะกอนดินกับมาตรฐานทั่วไป	51
8	ปริมาณ TKN และ TP ในแต่ละแรงดันทดสอบ 3 สัปดาห์	52
9	ความเข้มข้นของไนเตรทโดยวิธีการวิเคราะห์แบบสัณสีน้ำ 1 ครั้งด้วยเทคนิค Spectrophotometry	55
10	ความเข้มข้นของฟอสเฟตโดยวิธีการวิเคราะห์แบบสัณสีน้ำ 1 ครั้งด้วยเทคนิค Spectrophotometry	56
11	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท	59
12	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานสารละลายฟอสเฟต	60
13	ความเข้มข้นของไนเตรทโดยวิธีการสัณสีน้ำ 5 ครั้ง	61
14	ความเข้มข้นของฟอสเฟตโดยวิธีการสัณสีน้ำ 5 ครั้ง	62
15	สมบัติของกระถางตะกอนดินอัดและการเปรียบเทียบความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกับกระถางดินเผาทั่วไป	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	การดูดกลืนน้ำ	78
2	ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	90
3	ความต้านแรงอัด	92
4	ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)	93



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องกังหันก๊าซ	6
2	เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler)	6
3	กังหันไอน้ำ (Stream turbine)	7
4	หอหล่อเย็นและภาพตัดหอหล่อเย็น (Cooling tower)	8
5	ระบบกวนช้า	10
6	เครื่องกวนเร็วที่ติดตั้งในเส้นท่อ	11
7	ถังกรองทรายแบบเปิด	12
8	ถังกรองทรายแบบปิด	13
9	โรงสูบน้ำแรงสูง	14
10	ระบบประปาผิวดิน	15
11	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ธาตุของกากตะกอนน้ำเสียและดินเหนียว K, kaolinite; Gi, gibbsite; Go, goethite; M, micaceous mineral; Q, quartz	16
12	เปรียบเทียบขนาดอนุภาคของดินเหนียวและอนุภาคของกากตะกอน	17
13	กากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัด	18
14	(ก-ค) บริเวณลานฝังกลบกากตะกอนของโรงไฟฟ้าและชุมชนบริเวณทางชีวภาพ	22
15	บล็อกตรงทรงสี่เหลี่ยมสำหรับก่อสร้างอาคาร	23
16	บล็อกโค้งสำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ	24
17	เครื่องอัดบล็อกประสานด้วยแรงคน	25
18	การบ่มบล็อกประสานหลังอัดขึ้นรูป	26
19	เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกแบบใช้ไฟฟ้า	26
20	ค่าการดูดซับน้ำขึ้นงานเซรามิกส์ : อัตราส่วนของกากตะกอนน้ำเสีย	27
21	การศึกษาโครงสร้างผลึกโดยเทคนิค X - ray diffraction	28
22	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ธาตุของกากตะกอนดินโดยเทคนิค X - ray diffraction Q = Quartz; C = Calcite; M = mica; Cl = Chlorite; F = feldspar.	29
23	(ก-ง) ขั้นตอนการขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานจากกากตะกอนน้ำประปา	41
24	(ก-ง) ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางอัดจากกากตะกอนน้ำประปาผสมปุ๋ย	42
25	การออกแบบกระถางสองชั้น	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	ภาพปุ๋ยจากกากตะกอนที่อัดในแต่ละแรงดัน (ก) 20kg/cm^2 (ข) 30kg/cm^2 (ค) 40kg/cm^2	44
27	การวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสแต่ละระดับแรงดันวิเคราะห์ 3 สัปดาห์ (ก) การแช่น้ำ (ข) บ่ม 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 3 สัปดาห์ (ค) น้ำปุ๋ยที่นำไปวิเคราะห์	44
28	การวิเคราะห์ไนเตรท ฟอสเฟสแต่ละระดับแรงดัน (ก) การสัมผัสน้ำ (ข) น้ำปุ๋ยที่นำไปวิเคราะห์ (ค) เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Milton Roy รุ่น 10 UV scanning	44
29	ตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของไนเตรท ฟอสเฟต	45
30	การจำลองขนาดเตาเผาใช้ปริมาณเชื้อเพลิง LPG 48 kg / d ในการคำนวณ	46
31	(ก-ค) การทดสอบอิฐบล็อกประสาน	50
32	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนโตรเจนในสารละลายจากก้อนปุ๋ย	53
33	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฟอสฟอรัสในสารละลายจากก้อนปุ๋ย	54
34	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทในสารละลายจากก้อนปุ๋ยโดยวิธีสัมผัสน้ำ 1 ครั้ง	57
35	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฟอสเฟตในสารละลายจากก้อนปุ๋ยโดยวิธีสัมผัสน้ำ 1 ครั้ง	58
36	กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงที่สารละลายไนเตรทความเข้มข้นต่างๆ	59
37	กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงที่สารละลายฟอสเฟตความเข้มข้นต่างๆ	60
38	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทด้วยวิธีการสัมผัสน้ำ 5 ครั้ง	61
39	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฟอสเฟตด้วยวิธีการสัมผัสน้ำ 5 ครั้ง	62
40	ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน	66
41	ผลิตภัณฑ์ก้อนปุ๋ยอัดเม็ด	66
42	ผลิตภัณฑ์กระถางตะกอนดินอัดไฮดรอลิก	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	84
2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	85
3 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	86
4 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	87
5 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	88
6 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	89

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยตะกอนจากระบบผลิตน้ำของโรงไฟฟ้า

Product Design and Development Using Sediment from Water Treatment System in Power Plant

คำนำ

ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน จะเกิดความร้อนบริเวณหม้อไอน้ำ เพื่อป้องกันการระเบิดของหม้อไอน้ำจึงต้องมีการผลิตน้ำหล่อเย็นเพื่อใช้ในการลดพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้น น้ำที่นำมาผลิตจะได้มาจากแหล่งน้ำดิบธรรมชาติจึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนที่จะไปผลิตน้ำหล่อเย็นในขั้นตอนนี้คือการตกตะกอนสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งในกระบวนการนี้จึงทำให้เกิดกากตะกอนดินปริมาณมากในแต่ละวัน กระบวนการผลิตน้ำประปาเป็นการนำน้ำผิวดินมาผ่านกระบวนการต่างๆให้มีสภาวะเหมาะสมในการอุปโภค-บริโภค โดยมีขั้นตอนหลักๆ คือ การปรับสภาพน้ำให้มีสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของสารช่วยในการรวมตะกอน เมื่อตะกอนมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้น จะตกตะกอนสู่ก้นถังทำให้น้ำด้านบนใส ซึ่งจะนำมารองให้ใสสะอาดมากขึ้นก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการผลิตน้ำประปา คือ กากตะกอนที่เหลือทิ้งปริมาณมากซึ่งแต่เดิมจะนำไปกำจัดด้วยวิธีต่างๆ เช่น การฝังกลบ การใช้ถมที่เพื่อการเกษตร การเผา และการทิ้งลงทะเล แต่เนื่องจากกากตะกอนเหล่านี้มีปริมาณสารอินทรีย์ที่เจือปนอยู่สูงอาจนำมาสู่การแพร่พันธุ์ของจุลินทรีย์และเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคได้หากกำจัดไม่เหมาะสม

กากตะกอนเคมีเกิดจากการตกตะกอนของสิ่งที่เป็นปฏิกิริยาอยู่ในน้ำเสียกับสารตกตะกอน โดยขั้นตอนการตกตะกอนในกระบวนการผลิตน้ำประปานั้นจะใช้สารส้มและแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตกตะกอนและ จากการศึกษาคูณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนโดยเทคนิค X - ray diffraction พบว่ามีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น Al_2O_3 และ Fe_2O_3 คุณสมบัติทางเคมีที่คล้ายคลึงกับปูนซีเมนต์และดินเหนียวโดยมีองค์ประกอบแร่ธาตุจำพวก Kaolinite (Monterio *et al.*, 2008) ด้วยคุณสมบัติข้อนี้จึงสามารถนำเอากากตะกอนไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัสดุทดแทนการใช้ดิน

ปริมาณกากตะกอนดินที่เกิดขึ้นแต่ละวันในการผลิตน้ำหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าจะมีปริมาณมากในวันของการผลิตน้ำหล่อเย็นในโรงไฟฟ้ามีปริมาณถึง 40 ตันต่อวัน กากตะกอนดินน้ำประปาจะนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ ทางโรงไฟฟ้านั้นได้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี เช่น การวิเคราะห์คุณสมบัติทางดิน การวิเคราะห์โลหะหนัก ผลจากการตรวจวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกากตะกอนดินของโรงไฟฟ้านั้นมีค่าต่ำและอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่มีความเป็นพิษซึ่งทางกรมโรงงานอุตสาหกรรมสามารถให้ทางโรงไฟฟ้าสามารถกำจัดเองได้ ซึ่งหากโรงไฟฟ้านำไปใช้ประโยชน์โดยการนำไปจำหน่ายในราคากิโลกรัมละ 1 บาททำให้ในหนึ่งปีโรงไฟฟ้าสามารถมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายกากตะกอนถึง 14,600,000 บาทต่อปี และยังนับว่าเป็นการลดค่าการซื้อที่ดินเพื่อจัดสรรเป็นหลุมฝังกลบได้

การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปยังประเด็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยนำตะกอนดินนี้ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์เป็นวัสดุทดแทนดินเหนียว ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น อิฐบล็อก ประสาน และกระถางต้นไม้ เป็นต้น จากการที่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยแรงดันโดยไม่จำเป็นต้องใช้เตาเผาจึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการลดการใช้พลังงาน ไม่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจก ต้นทุนในการดำเนินการต่ำกว่าการผลิตเซรามิกส์ กระบวนการผลิตสะดวกและง่าย จึงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการถ่ายทอดสู่ชุมชน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการตะกอนดินโดยการนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนทรัพยากรดิน
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะใช้กากตะกอนจากการผลิตน้ำประปา มาเป็นวัสดุในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ดินอัด โดยศึกษาถึงอัตราส่วนและแรงดันอัดที่เหมาะสม ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษในด้านของความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. วิธีการจัดการกากตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาให้กับโรงไฟฟ้า
2. วิธีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าด้วยการนำเอาของเหลือทิ้งกลับมาเป็นวัตถุดิบ
3. แนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
4. โอกาสในการสร้างงานให้ชุมชนและเป็นส่วนหนึ่งของ CSR (Corporate Social Responsibility) ของโรงไฟฟ้า

การตรวจเอกสาร

1. การผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า

1.1 แหล่งพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เชื้อเพลิงหลัก คือ ก๊าซธรรมชาติที่เป็นเชื้อเพลิงในการผลิต ซึ่งถือได้ว่าเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดก่อให้เกิดมลภาวะน้อยที่สุดในประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิลอื่นๆ ได้แก่ ถ่านหิน และน้ำมัน ซึ่งเป็นไปตามเจตนารมณ์ของทางโรงไฟฟ้าในการสร้างโรงไฟฟ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.2 แหล่งพลังงานสำรอง

เพื่อให้กระบวนการผลิตไฟฟ้าเป็นไปอย่างต่อเนื่องในกรณีที่ก๊าซธรรมชาติซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักไม่สามารถนำมาใช้งานได้ โรงไฟฟ้ามีแหล่งสำรองอันได้แก่ น้ำมันดีเซลที่พร้อมจะนำมาทดแทนได้ทันที

1.3 กระบวนการผลิตไฟฟ้าขั้นที่ 1 จากเครื่องกังหันก๊าซ

กระบวนการนี้ก๊าซธรรมชาติจากท่อส่งก๊าซถูกเพิ่มแรงดันและผสมกับอากาศในห้องเผาไหม้ เกิดการเผาไหม้ผลที่ได้คือก๊าซร้อนที่มีอุณหภูมิและความดันสูงพอที่จะผลักกังหันก๊าซที่เชื่อมต่ออยู่กับเพลลา ซึ่งอีกปลายด้านหนึ่งของเพลลาจะเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) กังหันก๊าซจะถูกผลักให้หมุน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะหมุนและผลิตไฟฟ้าออกมา ซึ่งพลังงานในขั้นตอนนี้คิดเป็นร้อยละ 60 ของกระบวนการผลิตทั้งหมดไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขั้นตอนนี้ยังไม่สามารถนำไปใช้งานตามบ้านเรือน โดยจะต้องนำไปผ่านกระบวนการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ลานไกวไฟฟ้าก่อนส่งจ่าย



ภาพที่ 1 เครื่องกังหันก๊าซ

ที่มา: กัลฟ์อิเล็กทรอนิกส์ (2551)

1.4 กระบวนการผลิตไฟฟ้าขั้นที่ 2 จากเครื่องกังหันไอน้ำ

เพื่อเป็นการใช้พลังงานให้คุ้มค่าที่สุด ก๊าซร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตในขั้นตอนที่ 1 จะถูกนำมาผลิตไฟฟ้าในขั้นตอนที่ 2 โดยส่งก๊าซร้อนไปยังเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) เพื่อทำการต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอน้ำ และไอน้ำที่ได้จะไปผลักดันให้ใบพัดของเครื่องกังหันไอน้ำหมุน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะทำการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาเช่นเดียวกับกระบวนการผลิตในขั้นตอนที่ 1 ไฟฟ้าที่ได้จากขั้นตอนนี้มีปริมาณร้อยละ 40 ของกำลังการผลิตทั้งหมด และไฟฟ้าที่ได้จะต้องผ่านกระบวนการปรับแรงดันไฟฟ้าที่สถานโกไฟฟ้าก่อนส่งไปสู่อาคารเรือนเช่นเดียวกับการผลิตขั้นแรก



ภาพที่ 2 เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

ที่มา: กัลฟ์อิเล็กทรอนิกส์ (2551)



ภาพที่ 3 กังหันไอน้ำ (Stream turbine)

ที่มา: กัลฟ์อิเล็กทริก (2551)

1.5 หอหล่อเย็น

หอหล่อเย็นจะทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นไปที่เครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับไอน้ำที่ออกจากเครื่องกังหันก๊าซ ทำให้ไอน้ำกลายเป็นน้ำและถูกส่งไปยังหม้อน้ำ เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตไฟฟ้าได้อีก ส่วนน้ำเย็นที่ได้รับความร้อนจากเครื่องควบแน่นซึ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 45 องศาเซลเซียส จะถูกนำมาระบายความร้อนออกที่หอหล่อเย็นโดยจะไหลผ่านท่อเข้าสู่หอหล่อเย็นที่รางด้านบนแล้วฉีดเป็นฝอยละอองน้ำตกสู่บ่อน้ำด้านล่าง ซึ่งความร้อนจะระบายไปกับอากาศด้านบน โดยมีพัดลมขนาดใหญ่ช่วยดูดอากาศจากด้านบนออกสวนทางกับน้ำที่ตกลงมาเพื่อช่วยลดอุณหภูมิ



ภาพที่ 4 หอหล่อเย็นและภาพตัดหอหล่อเย็น (Cooling tower)

ที่มา: กัลฟ์อิเล็กทริก (2551)

1.6 ลานไคไฟฟ้า

เมื่อได้พลังงานไฟฟ้าจากการผลิตทั้งสองขั้นตอนแล้ว ไฟฟ้าทั้งหมดจะถูกส่งไปยังเครื่องแปลงไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่แปลงค่าแรงดันที่ยังต่ำอยู่ให้มีแรงดันที่สูงขึ้น สามารถส่งผ่านสายไฟฟ้าแรงสูงเพื่อส่งไฟฟ้าไปยังสถานที่เป้าหมายต่อไป

2. น้ำประปา

2.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา

Universal Utilities Company Limited (2548) ได้สรุปหลักการผลิตน้ำประปาในภาพรวม ดังนี้ เริ่มสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาไว้ที่บ่อพักน้ำดิบ หลังจากนั้นจึงนำน้ำดิบเข้าสู่กระบวนการ โดยน้ำดิบที่ไหลเข้าสู่โรงผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่จะพบเศษหญ้า ใบไม้ ผักตบชวา ซากสัตว์ที่เน่าเปื่อย ลอยมากับน้ำดิบ ซึ่งจะมีการคัดเศษขยะเหล่านี้เสียก่อนด้วยตะแกรงขยะ (Screening) สำหรับตะกอนที่มีมวลมากจะตกตะกอนด้วยถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) สำหรับตะกอนเล็กๆที่แขวนลอยอยู่ในน้ำจะถูกผสมกับสารเคมีที่เรียกว่าสารสร้างตะกอน (Coagulant) เพื่อแปรสภาพรูปร่างของตะกอนเล็กๆ กลายเป็นตะกอนใหญ่ขึ้น (Floc) ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่าการรวมตะกอน (Flocculation) และตะกอนใหญ่นี้จะไปตกในถังตกตะกอน เพื่อได้น้ำที่ใสปราศจากตะกอนแขวนลอยทั่วไป แต่โดยมากจะพบตะกอนแขวนลอยที่เล็กมากยังคงลอยอยู่

ในน้ำที่ไหลผ่านออกจากถังตกตะกอนนี้ จึงจำเป็นต้องนำน้ำนี้ไหลผ่านระบบกรอง (Filtration) ซึ่งทำให้น้ำมีความใสสะอาดยิ่งขึ้น แต่ยังคงมีเชื้อโรคต่างๆ อาศัยอยู่ในน้ำได้ ทำให้ต้องมีการผสมคลอรีนลงไปในน้ำเพื่อการฆ่าเชื้อโรคที่มีอยู่ในน้ำที่เรียกว่า Disinfection และจะยังคงมีปริมาณคลอรีนเหลือค้างอยู่ในน้ำประปาบางส่วนเพื่อสามารถฆ่าเชื้อโรคที่อาจเพิ่งเข้าไปในระบบท่อประปาอีกด้วย โดยสามารถสรุประบบการผลิตน้ำประปา ได้ดังนี้

2.1.1 ระบบการสูบน้ำดิบ

แหล่งน้ำดิบที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำประปามีอยู่หลายแหล่งด้วยกัน เช่น แหล่งน้ำผิวดิน หรือแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งแต่ละที่จะมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันออกไป แต่ปัจจุบันแหล่งน้ำดิบที่นำมาผลิตเป็นน้ำประปาส่วนใหญ่มักเป็นน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน โดยผ่านกระบวนการสูบน้ำดิบด้วยเครื่องสูบน้ำแรงต่ำเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งการสูบน้ำอาจจะสูบน้ำจากแหล่งน้ำโดยตรง หรือทำการขุดร่องชักน้ำให้น้ำไหลเข้ามาและทำการสูบน้ำจากร่องชักน้ำ ซึ่งเครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้คือ เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง

2.1.2 ระบบการเติมสารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาของกระบวนการรวมอนุภาค สามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ตามลักษณะการทำงาน คือ สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการโดยตรง เรียกว่า สารเคมีรวมอนุภาค หรือโคแอกกูแลนต์ (Coagulant) เช่น อลูมินัมซัลเฟตหรือสารส้ม เพอริกคลอไรด์ และสารที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรวมตัวและตกตะกอน เรียกว่า สารเคมีช่วยรวมอนุภาค หรือ โคแอกกูแลนต์เอดส์ (Coagulant Aids) เช่น โพลีอิเล็กโทรไลต์ หรือโพลิเมอร์ สารเคมีที่ใช้ในระบบการผลิตน้ำประปาโดยทั่วไปจะเป็นสารส้ม โพลิเมอร์ โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ (PACl) ปูนขาว คลอรีน เป็นต้น โดยสารส้มน้ำ สารส้มก้อน หรือสารโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ (PACl) จะใช้เป็นสารสร้างตะกอนเพื่อทำหน้าที่จับรวมอนุภาคความขุ่นให้เป็นตะกอนขนาดเล็ก สำหรับโพลิเมอร์จะช่วยในการรวมตะกอนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ความหนาแน่นของตะกอนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นน้อยลง และปูนขาวใช้ในการควบคุมค่าพีเอชของน้ำให้อยู่ในช่วงที่ค่าเหมาะสมตามมาตรฐานมอก. และในกรณีที่น้ำดิบมีค่าความเป็นด่างน้อยเกินไปไม่อยู่ในช่วงที่ค่าเหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาของสารส้ม จะต้องมีการเติมค่าความเป็นด่างเพิ่มเข้าไป เช่น ปูนขาว โดยปริมาณการเติมสารเคมีจะขึ้นอยู่กับการทำลองในห้องปฏิบัติการ (Jar Test) อุปกรณ์การเติมสารเคมีประกอบไปด้วยเครื่องกวนผสม และเครื่องสูบน้ำสารเคมี การจัดเก็บสารเคมีต่างๆ ในอาคารควบคุมต้องจัดเก็บไว้อย่างมีระเบียบ มีป้ายบ่งบอกชนิดของสารเคมีอย่างชัดเจน

2.1.3 ระบบการสร้างตะกอนและระบบรวมตะกอน

เมื่อสารเคมีเข้าสู่ระบบจะผ่านขั้นตอนการผสม ซึ่งแบ่งประเภทของการผสม ดังนี้

ก. ระบบกวนเร็ว ระบบผสมเร็วเป็นระบบที่ต้องการผสมสารเคมีเข้ากับน้ำดิบ โดยการกวนผสมเร็วจะมีหลายรูปแบบ เช่น การกวนโดยใช้การไหลของน้ำ การกวนโดยใช้เครื่องกลกวนน้ำ การกวนโดยใช้ระบบหัวฉีดพ่น หรือ การกวนโดยการสูบน้ำ ซึ่งการกวนโดยใช้การไหลของน้ำชนิดเครื่องกวนสถิต (Static Mixer) ติดตั้งอยู่ในเส้นท่อ จะได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถกวนผสมได้อย่างรวดเร็ว ทัวถึง และไม่เสียค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน บำรุงรักษา ง่าย

ข. ระบบกวนช้า (Slow Mixing System) เป็นการสร้างโอกาสสัมผัสให้กับอนุภาคคอลลอยด์ที่สูญเสียเสถียรภาพ เพื่อให้สามารถรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน วิธีดังกล่าวเรียกว่า ฟลอคคูเลชัน (Flocculation) ทั้งนี้การกวนช้าอาจใช้เครื่องจักร หรือไม่ใช้เครื่องจักร แต่ใช้การสร้างคันกั้นน้ำขึ้นเพื่อลดความเร็วของน้ำที่ผ่านเข้าระบบ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดตะกอน ขนาดเหมาะสม ไม่ใหญ่ หรือเล็กจนเกินไป และมีความแข็งแรงไม่แตกกระจายออกได้



ภาพที่ 5 ระบบกวนช้า

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาค (2543)



ภาพที่ 6 เครื่องกวนเร็วที่ติดในเส้นท่อ

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาค (2543)

2.1.4 ระบบการตกตะกอน

เป็นวิธีการแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลวด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ผลจากการตกตะกอนทำให้ได้ส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ น้ำใส และตะกอนเหลวหรือสลัดจ์ (มันลิน, 2538) แบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งานได้ ดังนี้

ก. ถังตกตะกอนแบบ Presedimentation มักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ ซึ่งมีเวลากักน้ำนานมาก มีหน้าที่ขังน้ำดิบ (ที่มีความขุ่นมาก) ให้อยู่นิ่งเพื่อให้ตะกอนขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักมากจมลงก้นบ่อ ทั้งนี้เป็นการลดภาระของกระบวนการโคแอกกูเลชันและการตกตะกอนที่ตามมา

ข. ถังตกตะกอนแบบธรรมดา คือถังที่อยู่ต่อจากถังกวนช้า ซึ่งถังตกตะกอนประเภทนี้อาจแบ่งตามทิศทางการไหลของน้ำได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบไหลแนวนอนและแบบไหลในแนวตั้ง โดยถังประเภทไหลในแนวนอน มักเป็นถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนประเภทไหลในแนวตั้ง มักเป็นถังกลม หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ค. ถังตกตะกอนแบบ Solid Contact เป็นถังแบบพิเศษที่มีถังกวนเร็วและถังกวนช้าอยู่รวมในถังตกตะกอนด้วย ถังชนิดนี้อาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันได้หลายอย่างเช่น บางคนอาจเรียกว่า Sludge Blanket Clarifier นอกจากนี้ยังมีชื่อเฉพาะอีกหลายอย่าง ตามแต่ผู้ผลิตจะสร้างขึ้น เช่น Clariflocculator , Turbocirculator , Pulsator ฯลฯ

2.1.5 ระบบกรอง

โรงผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่จะเป็นระบบการกรองน้ำชนิดกรองเร็ว (Rapid Filter) โดยมักใช้ทรายเป็นสารกรองโดยปกติการกรองทรายแบบกรองเร็วจะเป็นระบบเปิดน้ำไหลด้วยแรงธรรมชาติ แต่บางครั้งเพื่อลดขนาดของถังกรองโดยเฉพาะในด้านความสูง ถังกรองอาจออกแบบให้เป็นถังปิด เพื่อให้การกรองเกิดขึ้นภายใต้แรงดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ ลักษณะเช่นนี้ทำให้ถังกรองไม่จำเป็นต้องสูงมาก น้ำดิบที่ผ่านกระบวนการตกตะกอนจะไหลผ่านชั้นกรองจากส่วนบนลงสู่ส่วนล่าง โดยชั้นกรองประกอบด้วยชั้นทรายและชั้นกรวดที่ทำหน้าที่รองรับชั้นทราย เมื่อใช้งานจนถึงระดับหนึ่งจะเกิดการอุดตันของชั้นกรอง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียความดัน (Head Loss) ในชั้นกรองสูงขึ้นมาก ควรหยุดการทำงานและทำการล้าง ซึ่งสามารถทำได้โดยปล่อยให้ น้ำสะอาดไหลย้อนจากก้นถังขึ้นมาข้างบน อนุภาคความขุ่นต่างๆ ที่ติดค้างอยู่บนสารกรองจะถูกน้ำพัดพาออกไปพร้อมน้ำล้าง สำหรับการล้างระบบกรองน้ำแบบกรองเร็วจะกระทำได้โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายทรายออกจากถังกรอง โดยสามารถล้างโดยใช้น้ำอย่างเดียวหรือใช้น้ำร่วมกับลม ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้การล้างโดยรวมกับลม โดยในขั้นแรกใช้ลมช่วยยกเม็ดทราย เพื่อเป็นการขยายช่องว่างระหว่างเม็ดทรายให้สิ่งสกปรกสามารถถูกพัดพาขึ้นมาด้านบน และยังช่วยให้เกิดการขัดสีของเม็ดทรายให้สะอาด หลังจากนั้นจะปล่อยน้ำให้ไหลเข้าตอนล่างของถังกรอง โดยที่ยังมีแรงลมอยู่และไหลผ่านชั้นสารกรอง ซึ่งทำให้สิ่งสกปรกต่างๆ ที่ติดอยู่ในชั้นกรองถูกน้ำพัดพาหลุดออกไป น้ำที่ไหลบนพื้นผิวชั้นกรองจะล้นเข้าไปในรางรับน้ำ ซึ่งทำหน้าที่นำน้ำล้างดังกล่าวไปยังบ่อรวบรวมตะกอน และจะมีการล้างด้วยน้ำอย่างเดียวอีกขั้นตอนหนึ่ง เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ตกค้างอยู่ในชั้นกรอง



ภาพที่ 7 ถังกรองทรายแบบเปิด

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาค (2543)



ภาพที่ 8 ถังกรองทรายแบบปิด

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาค (2543)

2.1.6 ระบบฆ่าเชื้อโรคโดยใช้คลอรีน

น้ำที่ได้ผ่านกระบวนการกรองแล้ว จำเป็นที่ต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคก่อน จะกระจายน้ำประปาไปให้ชุมชนเพื่ออุปโภคบริโภค การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในระบบการผลิตน้ำประปา โดยการใช้ก๊าซคลอรีน สารประกอบไฮโปคลอไรต์ หรือคลอรีนไดออกไซด์ แต่สำหรับสารคลอรีนที่จะใช้ในระบบผลิตน้ำประปานี้จะเลือกใช้เป็นก๊าซคลอรีน ซึ่งบรรจุอยู่ในถังก๊าซ โดย HOCl และ OCl⁻ เป็นคลอรีนอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของคลอรีนในน้ำ ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค สำหรับปริมาณคลอรีนที่เติมเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำจะมีเท่ากับความแตกต่างระหว่างความต้องการคลอรีนรวมกับปริมาณคลอรีนที่ต้องการให้ตกค้างเหลือเพื่อสำรองไว้ฆ่าเชื้อโรค ในการเติมคลอรีนในน้ำประปาโดยทั่วไปจะต้องให้มีเวลาในการสัมผัสประมาณ 20 - 30 นาที

2.1.7 ระบบการสูบน้ำประปา

เป็นการเพิ่มแรงดันน้ำประปาเพื่อให้ไปสู่ผู้ใช้น้ำในระยะไกลๆได้ จึงมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องสูบน้ำแรงสูงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยตลอดเวลาที่มีการแจกจ่ายน้ำ ดังภาพ



ภาพที่ 9 โรงสูบน้ำแรงสูง

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาค (2543)

2.1.8 หลักเกณฑ์ของการผลิตน้ำประปา

วีระวัฒน์ (2547) สรุปหลักเกณฑ์ของการผลิตน้ำประปาที่สะอาดไว้ดังนี้

ก. ต้องไม่ให้มีเชื้อจุลชีพใดๆ หลงเหลืออยู่ในน้ำประปาตั้งแต่โรงผลิตน้ำประปา และส่งน้ำประปาไปตามท่อจนกระทั่งถึงก๊อกน้ำตามอาคารต่างๆ

ข. ต้องไม่มีพวกรังสีอินทรีย์ใดๆ ทั้งที่แขวนลอยและละลายอยู่ในน้ำประปา

ค. ต้องกำจัดก๊าซต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำออกจากน้ำประปา

ง. ต้องกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่ไม่พึงปรารถนาทั้งที่เป็นสารแขวนลอยและสารที่ละลายอยู่ในน้ำประปา เช่น กำจัดเหล็กออกจากน้ำให้เหลือน้อยที่สุดที่มาตรฐานกำหนดไว้ หรือ กำจัดเหล็กออกจากน้ำประปาให้หมด และต้องควบคุมสารฟลูออไรด์ในน้ำประปาให้เหลือประมาณไม่เกิน 1.0 มก./ลิตร แต่ไม่ต้องกำจัดออกให้หมด

จ. ต้องกำจัดสารพิษอันตรายต่างๆ ออกจากน้ำประปาให้หมด ทั้งที่เป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ในลักษณะเรื้อรัง และลักษณะฉับพลัน เช่น สารแคดเมียม (Cadmium) สารตะกั่ว (Lead) สารฟีนอล (Phenols) และสารไซยาไนด์ (Cyanide) เป็นต้น

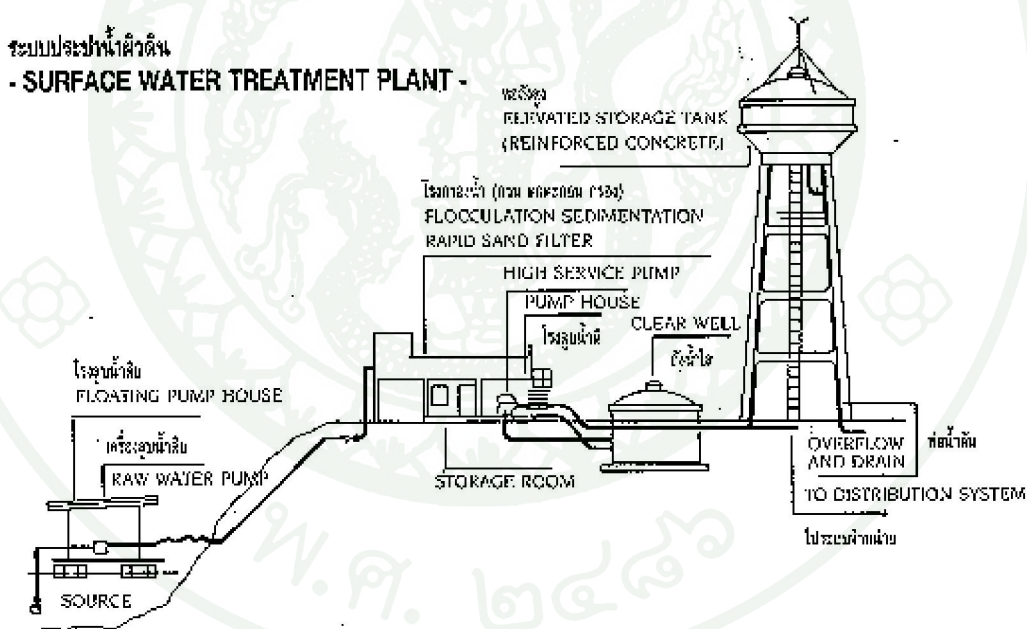
ฉ. ต้องกำจัดกลิ่นและรสของน้ำประปาให้ได้มากที่สุด โดยไม่ให้น้ำประปามีกลิ่น และรสเป็นที่น่ารังเกียจต่อผู้บริโภค

ข. ต้องกำจัดสีต่างๆ ออกจากน้ำให้หมด หรืออย่างน้อยไม่เกินมาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้

ช. ต้องทำให้น้ำประปาเป็นที่พอใจแก่ผู้ใช้ตลอดเวลาทั้งสำหรับดื่มปรุงอาหารชะล้างต่างๆ และกิจกรรมทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรม

ระบบประปาผิวดิน

- SURFACE WATER TREATMENT PLANT -



ภาพที่ 10 ระบบประปาผิวดิน

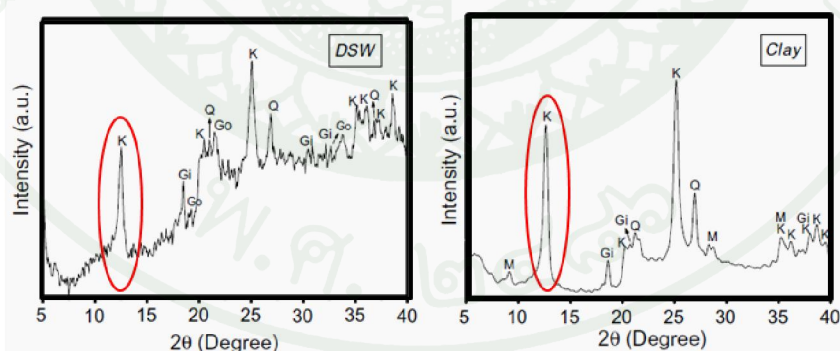
ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาค (2543)

2.2 กากตะกอน

กากตะกอนที่เกิดจากถังตกตะกอนถังแรกจะมีคุณสมบัติของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์รวมกัน ส่วนตะกอนจากถังตกตะกอนที่สองจะเป็นมวลอินทรีย์เว้นเสียแต่ว่าเป็นการกำจัดทางเคมีจึงจะเป็นตะกอนเคมีล้วนๆ สามารถแยกกากตะกอนพวกนี้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ

2.2.1 การตะกอนเคมีหรืออินทรีย์ (Chemical Sludge) กากตะกอนนี้เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี ส่วนใหญ่เป็นเกลืออนินทรีย์ บางชนิดอาจเป็นสารพิษยากต่อการบำบัดและมีราคาแพง

2.2.2 กากตะกอนอินทรีย์ (Organic Sludge) อาจมาจากถังเกราะ ถังตกตะกอนที่สอง ส่วนใหญ่จะเป็นมวลอินทรีย์หรือมวลจุลินทรีย์หากปล่อยทิ้งไว้จะเกิดการเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็นได้ กากตะกอนส่วนนี้มีลักษณะเป็นของเหลวข้นที่มีของแข็งแขวนลอยประมาณร้อยละ 0.25 - 12 โดยน้ำหนักไม่สามารถรักษารูปทรงได้จำเป็นต้องมีภาชนะบรรจุ ปริมาตรมาก ขนย้ายลำบาก หากเป็นตะกอนสด (Fresh Sludge) จะสีออกน้ำตาล มีกลิ่นไม่รุนแรง และมีสารอินทรีย์สูง กากตะกอนนี้เมื่อนำมาย่อยสลายแล้ว (Digested Sludge) สีกากตะกอนจะเปลี่ยนเป็นสีเทาหรือสีดำ มีปริมาณสารอินทรีย์ลดน้อยลง

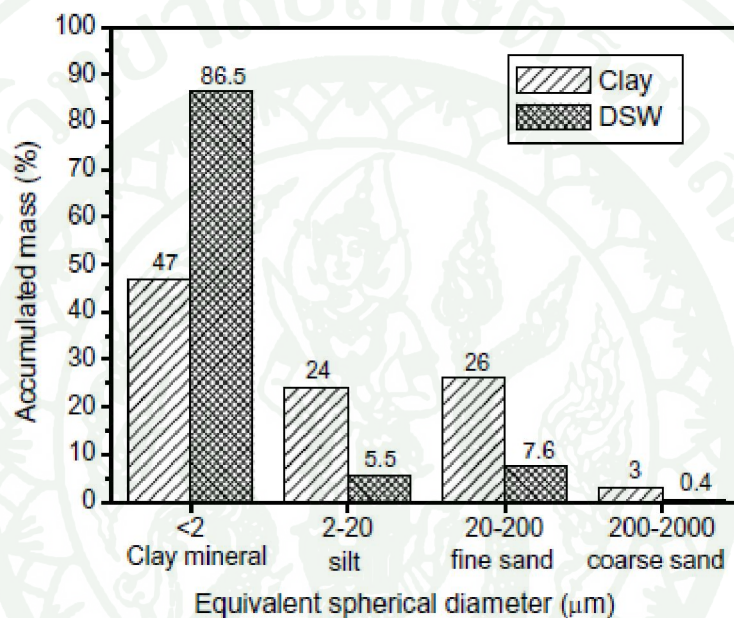


ภาพที่ 11 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ธาตุของกากตะกอนน้ำเสียและดินเหนียว

K, kaolinite; Gi, gibbsite; Go, geothite; M, micaceous mineral; Q, quartz

ที่มา: Monterio *et al.* (2008)

Monterio *et al.* (2008) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสียและดินเหนียว โดยเทคนิค X - ray diffraction พบว่ากากตะกอนน้ำเสียมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับดินเหนียว โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นจำพวก Kaolinite ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้อาจมาจากในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียมีการเติมสารเคมีต่างๆเช่น Al_2O_3 และ Fe_2O_3 จึงทำให้คุณสมบัติของกากตะกอนคล้ายคลึงกับ Kaolinite ในดินเหนียว และขนาดอนุภาคของกากตะกอนมีขนาดเล็กกว่าขนาดอนุภาคของดินเหนียว เมื่อเปรียบเทียบกันในภาพที่ 8



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบขนาดอนุภาคของดินเหนียวและอนุภาคของกากตะกอน

ที่มา: Monterio *et al.*(2008)



ภาพที่ 13 กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาค (2543)

2.3 การกำจัดกากตะกอน

การกำจัดกากตะกอนเพื่อลดปริมาตรและปริมาณของสารอินทรีย์ให้มีความเข้มข้นน้อยลง เป็นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของของแข็งให้มากขึ้น เพื่อให้กากตะกอนสามารถรักษารูปทรงไว้ได้ สะดวกในการขนย้าย หรือการนำไปเปลี่ยนสภาพเป็นก๊าซชีวภาพ วิธีลดปริมาตรด้วยการลดปริมาณน้ำในกากตะกอนทำได้หลายวิธี คือ

2.3.1 ลานตากตะกอนฐานทราย (Sand Drying Bed)

การนำกากตะกอนมาตากแดดบนฐานทราย เป็นการลดปริมาณน้ำที่มีอยู่ในกากตะกอนด้วยวิธีง่ายๆ โดยอาศัยแดด ลม และการซึมผ่านวัสดุกรองทรายที่เตรียมไว้ เป็นการลดน้ำที่ดีวิธีหนึ่ง กากตะกอนจะถูกสูบลมมาตากบนฐานทรายที่เตรียมไว้ ให้มีความหนาประมาณ 10 - 20 เซนติเมตร น้ำจะซึมผ่านชั้นทรายซึ่งหนาประมาณ 10 - 25 เซนติเมตรลงมายังชั้นกรวดที่หนาประมาณ 20 - 45 เซนติเมตร และผ่านเข้ามายังท่อระบายน้ำ ส่วนหนึ่งจะระเหยไปด้วยลมและความร้อน กำหนดให้ตะกอนตากแห้งในวันเดียว ตะกอนที่ตากแห้งแล้วจะมีของแข็งมากกว่า 30% สามารถดักไส้รถขนย้ายได้ง่าย การตากตะกอนบนฐานทรายนี้จะมีปัญหาในฤดูฝน จึงอาจต้องมีหลังคากัน (เลื่อนได้) กากตะกอนจะแห้งช้าลงจึงควรลดความหนาให้น้อยลง วิธีนี้จะใช้พื้นที่มาก แต่ไม่ต้องใช้เครื่องจักร ดูแลควบคุมง่าย วิธีนี้มีราคาถูกหากที่ดินบริเวณนั้นมีราคาไม่สูง

2.3.2 ระบบรีดด้วยความดัน (Filter Press)

ระบบนี้จะต้องใช้เครื่องมือในการรีดเอาน้ำออก เครื่องรีดจะประกอบด้วยแผ่นเหล็กหลายๆ แผ่นประกบกันอยู่บนโครง โดยมีผ้ากรองหนาแทรกอยู่ระหว่างแผ่นเหล็ก ตัวแผ่นเหล็กจะเจาะรูขนาดเล็กเป็นจำนวนมากเพื่อให้น้ำไหลออก กากตะกอนที่จะป้อนเข้าเครื่องรีดจะต้องผสมสารเคมีบางชนิด เช่น สารส้ม ปูนขาว เกลือเหล็ก และโพลีเมอร์เป็นต้น ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีค่าพีเอชไม่เกิน 10 แล้วสูบเข้าเครื่องรีดตรงกลางโครงแผ่นเหล็กจนเต็ม แผ่นเหล็กจะถูกแรงดันอัดเข้าหาด้วยระบบไฮดรอลิก รีดน้ำให้ผ่านผ้ากรองและรูเล็ก ๆ ที่เจาะไว้ ส่วนเนื้อกากตะกอนจะติดอยู่ภายใน เมื่ออัดดันแรงดันจะสูงขึ้นจนถึงจุดที่ตะกอนแห้งเครื่องจึงหยุดทำงานและคลายแผ่นเหล็กออก กวาดเอากากตะกอนที่ติดอยู่ออกมา แล้วจึงล้างผ้ากรอง บรรจุผ้ากรองกลับเข้าไปใหม่เพื่อทำการกรองครั้งต่อไป การทำงานจะทำงานเป็นช่วง ๆ ในแต่ละช่วงจะใช้เวลาประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง ตะกอนที่กวาดออกมาจะมีของแข็งประมาณร้อยละ 30 - 35 ตะกอนที่แห้งขนย้ายได้สะดวก หรือนำไปตากหรืออบแห้งเก็บไว้บำรุงดินไม่ต่อไป การรีดน้ำออกด้วยวิธีนี้จะแพงกว่าวิธีการนำกากตะกอนมาตากแดดบนฐานทราย เพราะต้องใช้เครื่องมือและผู้ควบคุมที่มีความรู้ และยังต้องใช้สารเคมีอีกด้วย อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็ยังเป็นที่ยอมรับเพราะใช้พื้นที่น้อยประสิทธิภาพการลดปริมาณน้ำสูง น้ำที่รีดออกมาสะอาดพอที่จะนำไปรดต้นไม้ได้

2.3.3 การรีดด้วยสายพาน (Belt Filter Press)

ระบบนี้จะใช้เครื่องรีดด้วยสายพาน เครื่องรีดจะประกอบด้วยลูกกลิ้งเป็นจำนวนมากกับสายพานกรองสองชุด กากตะกอนที่ผสมกับสารเคมีแล้วจะถูกระบายลงบนสายพานกรอง น้ำบางส่วนจะไหลลงผ้ากรองโดยแรงโน้มถ่วง เมื่อสายพานเคลื่อนผ่านลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งจะรีดเอาน้ำออก ส่วนเนื้อตะกอนจะติดอยู่ที่สายพานกรอง แล้วจะถูกมีดปาดให้หลุดออกมา สายพานกรองจะถูกทำความสะอาด โดยการฉีดน้ำย้อนกลับ และสายพานจะหมุนกลับไปรับกากตะกอนใหม่ ทำอย่างนี้เรื่อยไปจนหมดกากตะกอนที่เตรียมไว้ กากตะกอนที่ถูกมีดปาดลงมากจะมีของแข็งสูงประมาณร้อยละ 20 - 35 แห้งมากพอที่จะทำการขนย้ายไปได้ง่าย วิธีนี้สะดวกกว่าวิธีรีดด้วยความดัน จึงเป็นที่ยอมรับมากกว่า

2.4 เทคโนโลยีการกำจัดกากตะกอน

2.4.1 การฝังกลบ (Landfill) : เป็นการนำกากตะกอนมาฝังในสถานที่ที่จัดเตรียมไว้และกลบด้วยชั้นดินทับอีกชั้นหนึ่ง

2.4.2 การหมักทำปุ๋ย (Composting) : เป็นการนำกากตะกอนมาหมักต่อเพื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ยซึ่งเป็นการนำกากตะกอนกลับมาใช้ประโยชน์ในการเป็นปุ๋ยสำหรับปลูกพืชเนื่องจากกากตะกอนประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุต่างๆ แต่วิธีนี้อาจจะมีการปนเปื้อนโลหะหนักหรือสิ่งเป็นพิษสู่พืชได้

2.4.3 การเผา (Incineration) : เป็นการนำกากตะกอนที่จวนแห้ง (ของแข็งตั้งแต่ร้อยละ 40) มาเผาเพราะเนื่องจากไม่สามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยหรือฝังกลบได้

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ที่แสดงว่าตะกอนของโรงงานไฟฟ้าเป็นชนิด Non-hazardous waste

Parameters	Unit (Dry Basis)	Method	TW	
			04556 Sludge	Standard
Arsenic	mg / Kg as As	Hydride Generation,AAS	3.64	≤ 500
Barium	mg / Kg as Ba	Direct Aspiration,AAS	142	≤ 10000
Beryllium	mg / Kg as Be	Direct Aspiration,AAS	<2.00	≤ 75
Cadmium	mg / Kg as Cd	Direct Aspiration,AAS	5.47	≤ 100
Chromium(Hexavalent)	mg / Kg as Cr ⁶⁺	Colorimetric	<1.00	≤ 500
Chromium(Trivalent)	mg / Kg as Cr ³⁺	Colorimetric,AAS	18.40	≤ 2500
Copper	mg / Kg as Cu	Direct Aspiration,AAS	41.13	≤ 2500
Cobalt	mg / Kg as Co	Direct Aspiration,AAS	23.21	≤ 8000
Lead	mg / Kg as Pb	Direct Aspiration,AAS	60.29	≤ 1000
Mercury	mg / Kg as Hg	Cold vaporTechnique,AAS	<0.05	≤ 20
Molybdenum	mg / Kg as Mo	Cold vaporTechnique,AAS	<30.00	≤ 3500
Nikel	mg / Kg as Ni	Direct Aspiration,AAS	42.74	≤ 2000
Selenium	mg / Kg as Se	Hydride Generation,AAS	0.06	≤ 100
Silver	mg / Kg as Ag	Direct Aspiration,AAS	4.43	≤ 500
Thallium	mg / Kg as Tl	Direct Aspiration,AAS	<10.00	≤ 700
Vanadium	mg / Kg as V	Direct Aspiration,AAS	<100	≤ 2400
Antimony	mg / Kg as Sb	Hydride Generation,AAS	<10.00	≤ 500
Zinc	mg / Kg as Zn	Direct Aspiration,AAS	1662	≤ 5000

ที่มา: โรงไฟฟ้าแก่งคอย 2 (2554)



(ก) สถานที่กักเก็บตะกอนภายในโรงไฟฟ้า (ข) การจัดเตรียมพื้นที่เพิ่มเติมในการกักตะกอน



(ค) Bio indicator บริเวณลานฝังกลบกากตะกอน

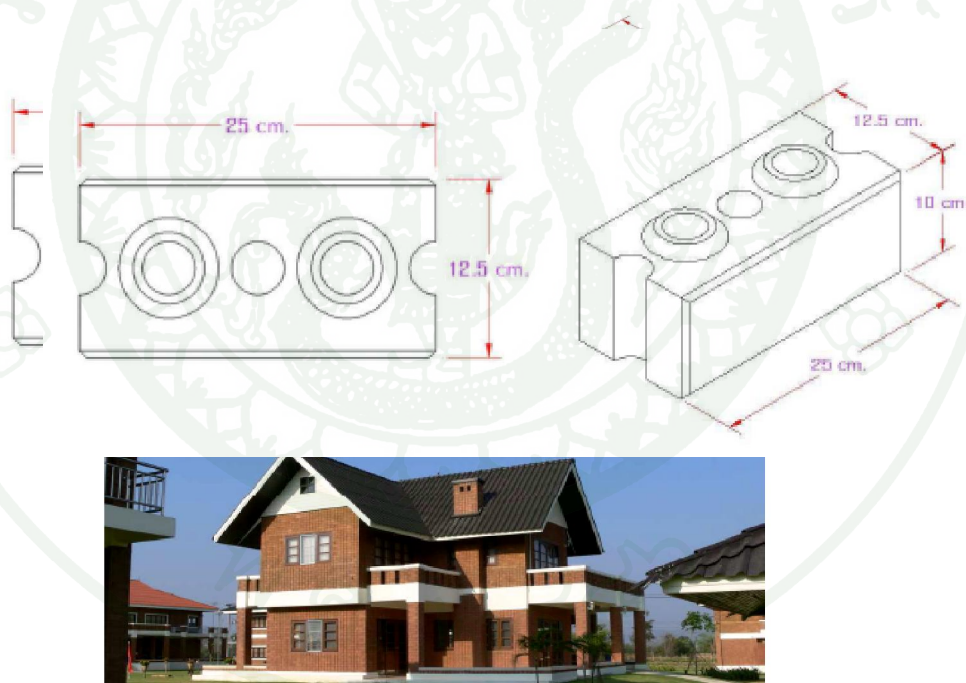
ภาพที่ 14 (ก-ค) บริเวณลานฝังกลบกากตะกอนของโรงไฟฟ้าและชุมชนชีวิตทางชีวภาพ

3. อิฐบล็อกประสาน

3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอิฐบล็อกประสาน

บล็อกประสานคือวัสดุที่รับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรู และเคียวบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นการใช้วัสดุดิบในพื้นที่ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราช หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆที่มีความเหมาะสมมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่มให้บล็อกแข็งตัวประมาณ 7 วัน จะได้คอนกรีตบล็อกที่มีความแข็งแรง มีรูปลักษณะพิเศษที่สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่างๆได้ บล็อกประสานแบ่งการใช้งานเป็น 2 ประเภทเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานคือ

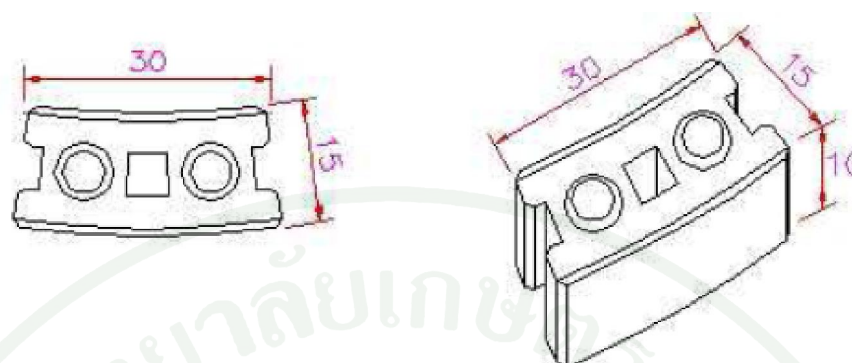
3.1.1 บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร



ภาพที่ 15 บล็อกตรงทรงสี่เหลี่ยมสำหรับก่อสร้างอาคาร

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2554)

3.1.2 บล็อกโคงใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ



ภาพที่ 16 บล็อกโคงใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2554)

3.2 วัสดุคืบที่เหมาะสมสำหรับทำบล็อกประสาน

วัสดุคืบที่ใช้เป็นส่วนผสมหรือมวลรวมละเอียดของบล็อกประสานควรมีขนาดเล็กกว่า 4 มิลลิเมตร ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราช เถ้าลอย (fly ash) จากโรงงานผลิตไฟฟ้าโดยมวลรวมละเอียดที่ใช้ควรมีลักษณะตามมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพดินและมวลรวม สำหรับงานก่อสร้างทางหลวง (ASTM D3282 Standard Classification of Soil and Soil Aggregate Mixtures for

Highway Construction Purposes) คือมีฝุ่นดินไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักหรือทดสอบเบื้องต้น โดยนำดินใส่ขวดครึ่งหนึ่ง เติมน้ำแล้วเขย่าให้เข้ากัน เมื่อหยุดเขย่า สังเกตส่วนที่ตกตะกอนทันทีแล้ว จัดเส้นไว้ รอจนตกตะกอนทั้งหมดจนน้ำใส แล้ววัดตะกอนฝุ่นไม่ควรเกินร้อยละ 15 โดยปริมาตร ถ้าวัตถุนี้มีมวลหยาบผสมอยู่มาก สามารถใช้เครื่องบดร่อนจะทำให้ผิวบดลือเรียบขึ้น

3.3 เครื่องอัดบล็อกประสาน

3.3.1 เครื่องอัดด้วยแรงคน



ภาพที่ 17 เครื่องอัดบล็อกประสานด้วยแรงคน

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2554)

เครื่องอัดด้วยแรงคนแบบมือโยกใช้การทดแรงแบบคานงัดคานดีด สามารถผลิตได้วันละประมาณ 400 - 800 ก้อนขึ้นอยู่กับจำนวนแรงงานและความชำนาญ ในการผสมควรผสมดินแห้งหรือมวลรวมกับซีเมนต์ให้เข้ากันก่อนแล้วค่อยๆเติมน้ำโดยใช้ฝักบัวหรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้าง น้ำที่ควรใช้เป็นน้ำสะอาดใช้ผสมจากหลังผสมดินและซีเมนต์เข้ากันแล้วในปริมาณที่เหมาะสม หลังจากนั้นถึงนำดินที่ผสมกันแล้วเข้าเครื่องอัด โดยดวงวัดหน่วยเป็นน้ำหนัก เติมส่วนผสมในแบบอัดควรใช้ส่วนผสมให้หมดภายใน 30 นาทีหลังจากการผสมน้ำเพื่อป้องกันปูนก่อตัวก่อนอัดขึ้นรูป อัดเป็นก้อนแล้วควรทิ้งในที่ร่มเป็นเวลา 1 วัน จนเริ่มบ่มจนอายุครบ 7 วัน



ภาพที่ 18 การบ่มบล็อกประสานหลังอัดขึ้นรูป

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2554)

3.3.2 เครื่องอัดไฮดรอลิก

เป็นเครื่องอัดแบบอุตสาหกรรมขนาดย่อมใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนสร้างแรงดันในท่อไฮดรอลิก สามารถผลิตได้วันละประมาณ 1,000 - 1,300 ก้อน อัดได้ครั้งละ 2 - 4 ก้อน



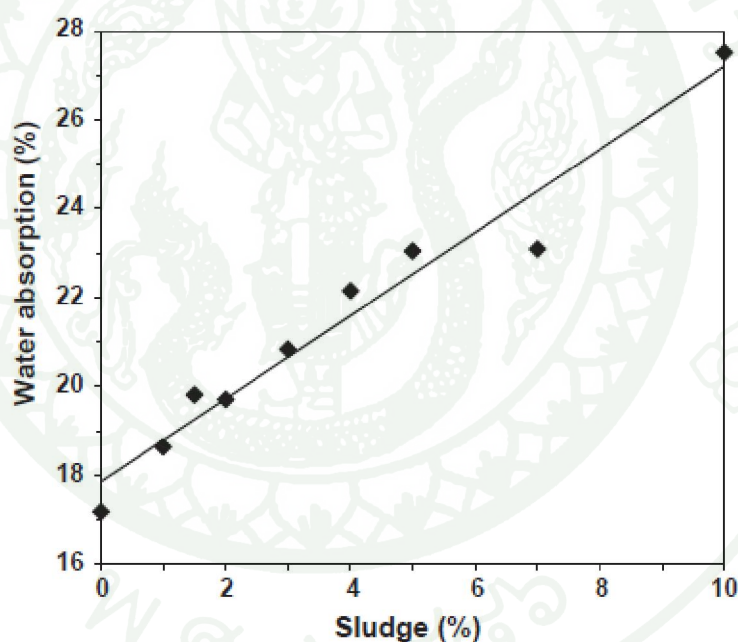
ภาพที่ 19 เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกใช้ไฟฟ้า

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2554)

3.4 วิธีการบ่ม

หลังจากนำบล็อกลอกจากเครื่องอัดแล้วนำมาจัดเรียงในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน เริ่มบ่มโดยการรดน้ำด้วยฝักบัวหรือนิพ่นเป็นละอองให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยผ้าไม่ให้ไอน้ำระเหยออกทิ้งไว้ อีก 9 วัน จนมีความแข็งแรงพร้อมจะออกจำหน่ายหรือใช้งานได้ไม่ควรเคลื่อนย้ายก่อนกำหนด เพราะจะทำให้ก้อนบิ่นหรือเกิดการแตกร้าวได้ การบ่มไม่ควรใช้น้ำมากเกินไปเพราะอาจเกิดปัญหาคราบขาวได้ ควรบ่มด้วยปริมาณน้ำน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้คือเพียงแค่นี้มีความชื้นเพียงพอ

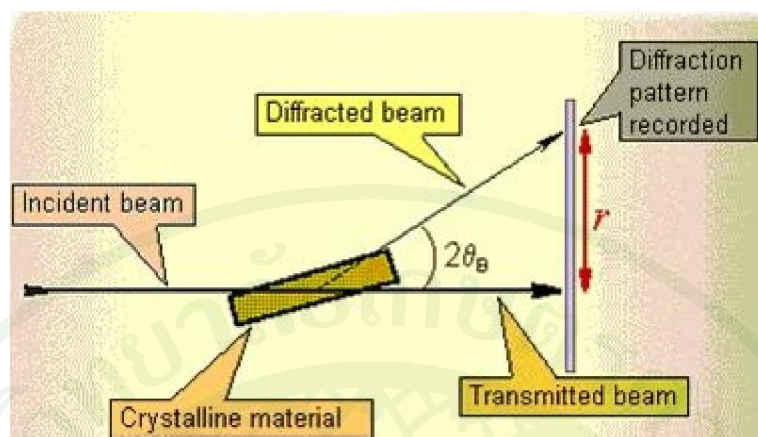
Jordan *et al.* (2005) ได้มีการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานเซรามิกส์ที่มีองค์ประกอบระหว่างดินและกากตะกอนน้ำเสีย พบว่าการดูดซับน้ำของชิ้นงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีอัตราการผสมของกากตะกอนมากในองค์ประกอบ



ภาพที่ 20 ค่าการดูดซับน้ำชิ้นงานเซรามิก : อัตราส่วนของกากตะกอนน้ำเสีย

ที่มา: Jordan *et al.* (2005)

4. การศึกษาโครงสร้างผลึกโดยเทคนิค X-ray diffraction



ภาพที่ 21 การศึกษาโครงสร้างผลึกโดยเทคนิค X-ray diffraction

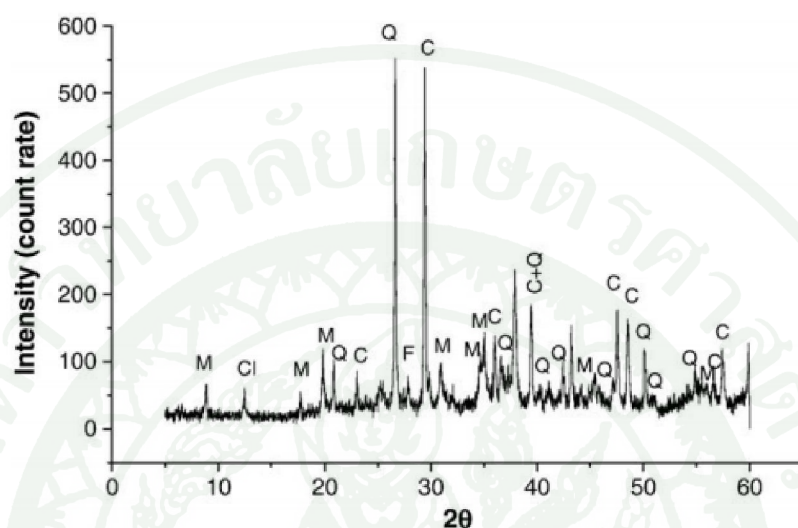
ที่มา: วิศวกรไทยและนักศึกษาวิศวกรรม (2554)

เครื่องมือชนิดนี้อาศัยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์เมื่อลำรังสีตกกระทบบั้วตฤหรืออนุภาค จะเกิดการหักเหของลำรังสีสะท้อนออกมาทำมุมกับระนาบของอนุภาคเท่ากับมุมของลำรังสีตกกระทบบ

XRD เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ ธรณีวิทยา โลหะวิทยา เพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ ในการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของ สารประกอบและแร่ ทำให้นักวิทยาศาสตร์กลุ่มนี้ สามารถแยกแยะประเภท และชนิดของวัสดุที่พบในธรรมชาติ ว่ามีรูปแบบโครงสร้างผลึกแบบใด หรือจำแนกได้ว่าวัสดุที่พบเห็นนั้นเป็นแร่ชนิดใด โดยทำการวัดค่าความเข้มของรังสี ที่สะท้อนออกมาที่มุมต่างๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานที่ทำการตรวจวัดโดยองค์กร JCPDs (Joint Committee on Powder Diffraction Standard) เนื่องจากสารประกอบแต่ละชนิด มีรูปแบบโครงสร้างผลึกแตกต่างกัน และระยะห่างระหว่างระนาบของอะตอม ที่จัดเรียงกันอย่างเป็นระเบียบก็แตกต่างกันไปด้วย ขึ้นอยู่กับขนาดและประจุของอะตอม สารประกอบแต่ละชนิด จะมีรูปแบบ (XRD pattern) เฉพาะตัว เปรียบเช่นเดียวกับลายนิ้วมือของคนที่แตกต่างกัน

จากหลักการทำงานของ XRD มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์วัสดุที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเหมือนกัน แต่มีโครงสร้างผลึกต่างกัน

การวิเคราะห์กากตะกอนดินโดยใช้เทคนิค XRD พบว่ากากตะกอนมีองค์ประกอบจำพวก ควอตซ์ แคลไซต์ ไมกา คลอไรต์ เฟลสปาร์ ดังภาพที่ 22 ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับทรัพยากรจึงนำเอา คุณสมบัติในด้านนี้มาใช้ประโยชน์ทดแทน



ภาพที่ 22 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ธาตุของกากตะกอนดินโดยเทคนิค X - ray diffraction
Q = Quartz; C = Calcite; M = mica; Cl = Chlorite; F = feldspar.

ที่มา: Husillos *et al.* (2010)

5. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับปุ๋ย

5.1 การจำแนกปุ๋ย (ณัฐ, 2545)

ปุ๋ยอาจจำแนกได้หลายวิธีโดยอาศัยแนวทางที่แตกต่างกันไป เช่น พิจารณาจากชนิดของสารประกอบที่เป็นปุ๋ย ชนิดและจำนวนของธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยและพิจารณาจากความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืช

5.1.1 จำแนกโดยถือเอาชนิดของสารประกอบเป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกได้เป็น

ก. ปุ๋ยอนินทรีย์ (Inorganic fertilizers) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากอนินทรีย์สาร ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต ซูเปอร์ฟอสเฟตและโพแทสเซียมคลอไรด์ พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 ได้รวมปุ๋ยอนินทรีย์กับปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์เข้าด้วยกันเรียกว่า ปุ๋ยเคมี (Chemical fertilizers) แล้วให้ความหมายของปุ๋ยเคมีว่า ปุ๋ยเคมี คือ ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์หรืออินทรีย์สังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสมและปุ๋ยเชิงประกอบ และหมายความตลอดถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมอยู่ด้วย

ข. ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizers) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์วัตถุ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ขึ้น สับ หมัก ร่อน หรือวิธีการอื่นๆ ตัวอย่างของปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยเทศบาลซึ่งทำจากขยะมูลฝอยล้วนๆ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสดและกากเมล็ดพืชต่างๆ

5.1.2 จำแนกโดยถือเอาชนิดและจำนวนของธาตุอาหารที่ประกอบในปุ๋ยเป็นเกณฑ์

คำว่าธาตุอาหารนั้น พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 อธิบายว่า หมายถึงธาตุอาหารที่อยู่ในปุ๋ยและสามารถเป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ ในแง่สรีรวิทยาของพืชนั้น ธาตุอาหารพืชหมายถึง (1) ถ้าพืชขาดธาตุอาหารนั้นพืชไม่สามารถดำรงชีพจนครบวงจร (2) ธาตุนั้นเป็นส่วนหนึ่งอยู่ในโมเลกุลของสารที่มีความสำคัญต่อเมตาบอลิซึมของพืชจำแนกโดยถือเอาชนิดธาตุอาหารเป็นหลัก สามารถแบ่งประเภทของปุ๋ยได้ดังนี้

ก. ปุ๋ยไนโตรเจน หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนเป็นสำคัญ เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์ ยูเรีย เป็นต้น

ข. ปุ๋ยฟอสฟอรัส หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสเป็นสำคัญ เช่น ซูเปอร์ฟอสเฟตและทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต เป็นต้น ปุ๋ยพวกนี้เรียกว่า ปุ๋ยฟอสเฟต ก็ได้

ค. ปุ๋ยโพแทสเซียม หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุโพแทสเซียมเป็นสำคัญ เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมซัลเฟต ปุ๋ยพวกนี้เรียกว่า ปุ๋ยโพแทส ก็ได้

จำแนกโดยถือเอาจำนวนของธาตุอาหารที่ประกอบในปุ๋ยเป็นหลัก จำแนกได้ดังนี้

ก. ปุ๋ยเชิงเดี่ยว (Single fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลัก (ธาตุปุ๋ย) เพียงธาตุเดียว ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟตหรือปุ๋ยโพแทสเซียม

ข. ปุ๋ยเชิงผสม (Mixed fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่ได้จากการผสมปุ๋ยเคมีชนิดหรือประเภทต่างๆ (แม่ปุ๋ย) เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ธาตุอาหารตามต้องการ

ค. ปุ๋ยเชิงประกอบ (Compound fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยประกอบอยู่มากกว่าหนึ่งธาตุ ซึ่งอาจผลิตโดยนำแม่ปุ๋ยมาผสมกันอย่างง่าย ๆ หรือเป็นการผลิตโดยวิธีทางเคมีที่ซับซ้อน

5.1.3 จำแนกตามความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชเป็นเกณฑ์

ก. ปุ๋ยละลายเร็ว หมายถึง ปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งทุกชนิดไม่ว่าจะอยู่ในรูปใดที่ธาตุอาหารพืชละลายน้ำหรืออยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของธาตุอาหารพืชทั้งหมดในสูตรปุ๋ย ปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งที่ใช้กันมากในทางเกษตรส่วนใหญ่เป็นปุ๋ยละลายเร็วซึ่งอยู่ในรูปปุ๋ยเม็ด ปุ๋ยเกร็ด ปุ๋ยผงหรือปุ๋ยอัดเม็ด แต่ที่นิยมมากที่สุดคือปุ๋ยใส่ทางดินในรูปปุ๋ยเม็ด ได้แก่ ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยผสมสูตรต่างๆ เช่น ปุ๋ยสูตร 16 - 20 - 0, 15 - 15 - 15 และ 8 - 24 - 24 เป็นต้น

ข. ปุ๋ยกึ่งละลายช้าละลายเร็ว หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่มีเนื้อปุ๋ยบางส่วนละลายน้ำได้ดี และบางส่วนไม่ละลายน้ำ โดยทั่วไปสัดส่วนของเนื้อปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ดีจะมีปริมาณมากกว่าที่พบในปุ๋ยประเภทละลายช้า

ค. ปุ๋ยละลายช้า หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อย เมื่อใส่ลงดินธาตุอาหารพืชในส่วนที่ไม่ละลายน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงและค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น

1) ปุ๋ยที่มีธรรมชาติในการละลายช้า คือ ปุ๋ยเคมีที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้เล็กน้อยตามธรรมชาติ ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายได้ของธาตุอาหารพืช ได้แก่ ชนิดของปุ๋ย ขนาดของเม็ด ความละเอียดของเม็ดปุ๋ย ความชื้นในดิน ปฏิกริยาเคมี กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินรวมทั้งสมบัติและสภาพแวดล้อมอื่นๆ ในดิน ตัวอย่างปุ๋ยเคมีละลายช้า ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปอินทรีย์

สังเคราะห์ต่างๆ เช่น IBUD (Isobutylidene diurea) ปุ๋ยหินฟอสเฟต ปุ๋ยโพแทสเซียมเบต้าฟอสเฟต และโพแทสเซียมแคลเซียมไพรออสเฟต เป็นต้น

2) ปุ๋ยที่มีการควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารของพืช โดยทั่วไปเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีชนิดละลายช้า เช่น ปุ๋ยไอบิวทิลิดีนหรือปุ๋ยยูเรียฟอร์มลงดิน การปลดปล่อยธาตุอาหารของพืชจะมากหรือน้อยและสม่ำเสมอแค่ไหนขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดปุ๋ยและสมบัติของดิน เช่น ความชื้นในดิน ปฏิกริยาของดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เนื่องจากสมบัติของดินและสิ่งแวดล้อมในดินแต่ละชนิดมีความแปรปรวนไม่แน่นอนขึ้นกับระยะเวลาหลังการใช้ปุ๋ย ทำให้ปริมาณการปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชอาจไม่เพียงพอและสม่ำเสมอเท่าที่ควร เช่น บางช่วงเวลาอาจปลดปล่อยช้าหรือเร็วเกินไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสมบัติของดินและสิ่งแวดล้อมในดิน ดังนั้นจึงมีการคิดพัฒนากรรมวิธีการผลิตปุ๋ยเคมีชนิดที่มีสมบัติตามธรรมชาติอยู่ในรูปปุ๋ยละลายช้าและอยู่ในรูปปุ๋ยละลายเร็ว แต่สามารถควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้ในระดับหนึ่ง โดยการหุ้มหรือเคลือบผิวเม็ดปุ๋ยแต่ละเม็ดหรือเม็ดปุ๋ยหลายๆ เม็ดด้วยสารบางอย่าง เช่น ใช้กัมมะถันเคลือบเม็ดปุ๋ยยูเรีย (Sulfur coated urea) หรือใช้สารเหนียว เช่น โพลีเอททิลีน (Polyethylene) อคริลิกอะซิเตต (Acrylic acetate) สารเรซิน (Resins) ขี้ผึ้ง (Waxes) และพาราฟิน (Paraffin) เคลือบเม็ดปุ๋ยหรือหุ้มกลุ่มเม็ดปุ๋ย เช่น ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรตและปุ๋ยออสโมโค้ท (Osmocote) เมื่อใส่ปุ๋ยประเภทนี้ลงดิน น้ำในดินจะซึมผ่านเปลือกหุ้มเข้าไปในเม็ดปุ๋ย แล้วละลายตัวปุ๋ยเกิดเป็นสารละลายของเกลือที่เข้มข้นภายในเปลือกของปุ๋ยแต่ละเม็ด ในสภาพเช่นนี้จะทำให้เกิดความดันออสโมซิสขึ้นภายในและเมื่อมีความดันสูงจนถึงระดับหนึ่งจะมีผลทำให้ปุ๋ยในรูปสารละลายค่อยๆ แพร่ซึมผ่านเปลือกเม็ดปุ๋ยที่ปริรั่วออกมาสัมผัสดินและสารละลายดินอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเป็นระยะเวลายาวนาน ซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ อัตราการแพร่ซึมออกมาของเนื้อปุ๋ยจะมากหรือน้อยขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ชนิดและความหนาของสารที่ใช้เป็นเปลือกหุ้มผิวเม็ดปุ๋ย เป็นต้น

นอกจากการหุ้มผิวเม็ดปุ๋ยด้วยสารเหนียวชนิดต่างๆ แล้ว ยังมีปุ๋ยชนิดละลายเร็วซึ่งอาจอยู่ในรูปปุ๋ยเม็ด ปุ๋ยเกร็ด หรือปุ๋ยผงถูกห่อหุ้มด้วยแคปซูล ซึ่งโดยทั่วไปมักทำด้วยสารโพลีเอททิลีน (Perforated polyethylene capsule) โดยทั่วไปกลไกในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชผ่านผนังแคปซูลออกมาให้พืชได้อย่างช้าๆ นั้น คล้ายคลึงกับปุ๋ยออสโมโค้ท ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย

ตารางที่ 2 จำแนกตามความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารของพืช

ประเภทของปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยไนโตรเจน	ปุ๋ยฟอสฟอรัส	ปุ๋ยโพแทสเซียม	ปุ๋ยผสม
ปุ๋ยละลายเร็ว	ยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมไนเตรท	ซูเปอร์ฟอสเฟต	โพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซัลเฟต	ปุ๋ยเชิงผสมและปุ๋ยเชิงประกอบชนิดต่างๆ เช่น ปุ๋ยเชิงผสมสูตร 15-15-15 ปุ๋ยเชิง ประกอบสูตร 13-0-46 ฯลฯ
ปุ๋ยกึ่งละลายช้าละลายเร็ว		ปุ๋ย PAPR ปุ๋ยแคลไชด์ ฟอสเฟต ปุ๋ยฟิวส์ฟอสเฟต		
ปุ๋ยที่มีธรรมชาติในการละลายช้า	ไอดีบียู (IBDU) ซีดีดียู (CDU) ยูเรียฟอร์ม (UF)			แมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทสเซียมเมต้าฟอสเฟต โพแทสเซียมแคลเซียมไฟโร-ฟอสเฟต
ปุ๋ยที่มีการควบคุมการปลดปล่อย ธาตุอาหาร	ปุ๋ยหุ้มผิวเม็ด เช่น ปุ๋ย ยูเรียที่หุ้มด้วยกำมะถัน ปุ๋ยแคลซูล		โพแทสเซียมคลอไรด์ที่ หุ้มด้วยกำมะถัน	ปุ๋ยออสโมโค้ท สูตรต่างๆ เช่น 13-13-13 ฯลฯ ปุ๋ยนิวตริโค้ท เช่น สูตร 14-14-14 ปุ๋ยพาเอ็กซ์ เช่น สูตร 20-3-12 ปุ๋ยฟลอราไนท์ เช่น สูตร 20-5-8

5.2 ข้อดีของปุ๋ยที่มีการควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหาร

5.2.1 ปุ๋ยประเภทนี้จะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมา พืชจึงมีโอกาใช้ในช่วงเวลายาวนานขึ้น ประสิทธิภาพของปุ๋ยประเภทนี้จึงสูงกว่าปุ๋ยที่ละลายง่าย โดยทั่วไป

5.2.2 การสูญหายโดยการชะล้างของน้ำมีน้อยลง

5.2.3 ไม่ทำให้สารละลายในดินมีความเข้มข้นสูงเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช แม้ว่า จะใส่ปุ๋ยทั้งหมดตามอัตราที่กำหนดไว้เพียงครั้งเดียว

5.2.4 ช่วยให้สภาพทางกายภาพของปุ๋ยดีขึ้น ไม่แข็งง่าย

5.2.5 ใช้ได้กับปุ๋ยสูตรใดๆ หรือจะผสมธาตุอาหารรองหรือธาตุที่พืชต้องการใน ปริมาณน้อยรวมไปด้วยก็ได้

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษฎา(2540)ได้ศึกษาการนำตะกอน ที่ได้จากระบบการผลิตน้ำประปามาใช้แทนดินเหนียว โดยการผลิตอิฐมอญได้แบ่งอัตราส่วนผสมออกเป็น 6 สูตร มีอัตราส่วนผสมของดินเหนียว : ตะกอน : จีเถ้าแกลบ : น้ำ โดยน้ำหนักดังนี้ สูตรที่ 1: 10 : 0 : 3 : 1 สูตรที่ 2: 8 : 2 : 3 : 1 สูตรที่ 3: 6 : 4 : 3 : 1 สูตรที่ 4: 4 : 6 : 3 : 1 สูตรที่ 5: 2 : 8 : 3 : 1 สูตรที่ 6: 0 : 10 : 3 : 1 เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของตะกอน ในสูตรที่ 1 ถึง 6 นั้น มีการเพิ่มปริมาณตะกอนตามลำดับดังนี้ คือ ร้อยละ 0, 20, 40, 80 และ 100 ของน้ำหนักดินจากการศึกษาคุณสมบัติของอิฐในแต่ละสูตรโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานมอก. 77 - 2531 ซึ่งประกอบไปด้วยการทดสอบดังนี้คือการทดสอบการดูดซึมน้ำ การรับกำลังอัด และความคลาดเคลื่อนตามยาว กว้าง และหนาพบว่าอิฐที่มีการผสมตะกอนไม่เกินร้อยละ 40 คือสูตรที่ 1 - 3 สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกการทดสอบ แต่ในสูตรที่มีปริมาณตะกอนมากกว่าร้อยละ 40 สูตรที่ 4 - 6 นั้นไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากผลการทดสอบ การดูดซึมน้ำ การรับกำลังอัด และ ความคลาดเคลื่อนตามความยาว กว้างและหนาไม่ผ่านค่ามาตรฐานตามที่มอก.77 - 2531 กำหนดและเมื่อเปรียบเทียบกับอิฐจากดินเหนียวจะมีน้ำหนักลดลงร้อยละ 33 ของน้ำหนัก

จิตรกร(2543)ได้ศึกษาการนำตะกอนที่ เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำประปาบางเขนและโรงงานผลิตน้ำประปamahavasthi มาใช้ เป็นวัสดุปอซโซเลนในงานด้านคอนกรีต โดยทำการเผาตะกอนสลัดจ์ที่อุณหภูมิ 500 ,700 และ900 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผา 15,30 และ60 นาที แล้วทำการทดสอบหาค่าดัชนี การรับกำลังอัด จากผลการวิจัยพบว่าค่าดัชนีกำลังแรงอัดของมอร์ต้าร์ผสมตะกอนสลัดจ์ จากโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขนทุกตัวอย่างมีค่ามากกว่าร้อยละ 75 ผ่านตามมาตรฐาน ASTM C618 ส่วนค่าดัชนีการรับกำลังของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าตะกอนสลัดจ์จากโรงผลิตน้ำประปamahavasthiมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน โดยเฉพาะที่อุณหภูมิการเผาที่ 500 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการเผา 15 นาที โดยมีค่าดัชนีการรับกำลังร้อยละ74

ณิชาดา และคณะ(2550) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้าร์และอิฐบล็อกประสาน โดยกากตะกอนเคมีที่นำมาศึกษานั้นมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ SiO_2 และ Al_2O_3 ซึ่งคล้ายกับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ผลการใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ในการทำซีเมนต์มอร์ต้าร์พบว่า กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าร์ที่ผสมกากตะกอนเคมีสามารถใช้ในงานก่อและฉาบได้ และซีเมนต์มอร์ต้าร์ที่ผสมกากตะกอนเคมีในสัดส่วนต่างๆมีสมบัติในการใช้ทำผนังฐานรากตำแหน่งภายนอกอาคาร ใช้ทำผนังรับน้ำหนักตำแหน่งภายนอกอาคาร ใช้ทำฝ้าประจันไม่รับน้ำหนักภายในอาคาร ใช้ฉาบผิวคอนกรีตและผนังก่อ โดยที่ค่าการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าร์สูงขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของกากตะกอนเคมี ส่วนผลการศึกษากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมี พบว่า อิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10 - 30 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก (มีความแข็งแรงเป็นพิเศษสามารถทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดีซึ่งใช้ในการก่อสร้างได้ รวมทั้งส่วนที่อยู่ใต้ดิน หรือที่เปียกชื้น) ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40 - 50 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข (มีความแข็งแรง สามารถทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดีในระดับหนึ่ง ควรมีการฉาบป้องกันผิวเมื่อใช้งานในที่เปียกชื้น) และอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 70 ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก และค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมี ร้อยละ 10 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก ส่วนอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมี ร้อยละ 20 - 50 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข ผลการศึกษาที่ได้ทำให้ทราบว่ากากตะกอนเคมีจากการผลิตน้ำประปาสามารถใช้ทดแทนปูนซีเมนต์การก่อและฉาบได้ และการใช้กากตะกอนในอิฐบล็อกที่ร้อยละ 10 - 30 มีความเป็นไปได้อย่างมากในการนำไปใช้จริงต่อไป

ศิวกร (2546) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตมวลเบา ชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษและ

กระดาษ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราซ และเถ้าแกลบ อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักใช้สูตร 1 - 16 กำหนดปริมาณกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ ร้อยละ 10 - 40 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 10 - 40 ทราซร้อยละ 10 - 40 เถ้าแกลบร้อยละ 10 - 40 น้ำร้อยละ 20 แต่ละสูตรผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องอัด ไฮดรอลิกแบบสั่นสะเทือนจำนวนสูตรละ 20 ก้อน จำนวนทั้งหมด 320 ก้อน แล้วนำไปทดสอบ คุณสมบัติทางกายภาพ (มอก.58 - 2533) ด้านคุณลักษณะทั่วไปความต้านทานแรงอัด การทดสอบ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (109 - 2517) และ การทดสอบหดแห้ง (มอก.110 - 2517) ผล การทดสอบพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสมของ กากตะกอนน้ำเสียคือสูตรที่ 13 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียของ โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษและกระดาษร้อยละ 10 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 40 ทราซ ร้อยละ 40 เถ้าแกลบร้อยละ 10 และน้ำร้อยละ 20

Almir *et al.* (2009) ตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์จากการรื้อถอน สิ่งก่อสร้างและประกอบกับมีโรงบำบัดน้ำเสียมากกว่า 7500 โรงจึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะ นำเอากากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียมาผสมกับของเสียที่ได้จากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างเพื่อนำ กลับไปใช้ใหม่ การศึกษาถึงการรับแรงกด และการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ผสมทั้งสองและศึกษาถึง ค่ามอดูลัสตามมาตรฐานของประเทศบราซิล

Chen and Lin (2009) ได้ทำการทดลองนำเอากากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียแบบแห้งมาผสมกับ ดิน Potter's clay และ Porcelain clay เพื่อผลิตเซรามิกส์โดยผสมในอัตราส่วน 0, 20, 30, 40, 50% โดยน้ำหนัก และมีการเติม nano - SiO₂ ปริมาณ 0 - 30% นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1000 - 1100 องศา เซลเซียส จากนั้นนำไปศึกษาการหดตัว การดูดซับน้ำ และการรับแรงกด ศึกษาลักษณะทาง จุลภาคโดยเทคนิค SEM ผลลัพธ์ก็จากการศึกษาลักษณะทางจุลภาคและการวิเคราะห์โครงสร้าง ผลึกโดยเทคนิค X - ray diffraction การเติมนano - SiO₂ เข้าไปในส่วนผสมจะทำให้โครงสร้างของ ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงขึ้น โดยสังเกตได้จากผลึกที่ใหญ่ขึ้น

Cheeseman and Viridi (2005) ได้ศึกษาโดยนำเอากากตะกอนและดินเหนียวไปเผาที่ อุณหภูมิ 1020 และ 1080 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพทั่วไป ความหนาแน่น ค่าความถ่วงจำเพาะ การดูดซับน้ำ การรับแรงกดดัน ผลจากการศึกษากากตะกอนที่มีการเผาที่ อุณหภูมิประมาณ 1020 และ 1080 องศาเซลเซียส พบว่า มีความหนาแน่นลดลง การดูดซับน้ำมีค่า ต่ำลง

Chiang *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลเบาโดยได้นำเอาอากาศก่อนจากระบบบำบัดน้ำเสียมาผสมกับเถ้าแกลบ 20% โดยน้ำหนัก เมื่อมีการผสมเถ้าแกลบมากขึ้นและเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะทำให้การรับแรงกดดันได้มากขึ้น หากผสมในอัตราส่วน 15% โดยน้ำหนักและเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลิตภัณฑ์อิฐที่ได้มีความหนาแน่นต่ำ และได้นำไปทดสอบคุณภาพตามมาตรฐานของประเทศได้หัวน

Jordan *et al.* (2005) ได้ศึกษาโดยนำเอาอากาศก่อนจากโรงบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัตถุดิบผลิตเซรามิกส์ เพื่อเป็นการลดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยทำการผสมกับดินในอัตราส่วน 0, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองเห็นได้ว่าผลการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของอากาศก่อนที่เพิ่มขึ้น แต่จะมีค่าการรับแรงกดลดลงเมื่อปริมาณสัดส่วนอากาศก่อนเพิ่มขึ้น

Menteiro *et al.* (2008) ได้ศึกษาคุณลักษณะทางฟลิก แร่ธาตุของอากาศก่อนบำบัดน้ำเสียโดยเทคนิค X - ray diffraction และศึกษาถึงลักษณะจุลภาคทางโครงสร้างโดยเทคนิค SEM หาอัตราส่วนระหว่างอากาศก่อนและดินเหนียวในอัตราส่วน 0, 3, 5, และ 10% โดยน้ำหนัก เพื่อผลิตเซรามิกส์และอัดให้เป็นก้อนโดยใช้แรงดันขนาด 20 MPa และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 700, 900, และ 1100 องศาเซลเซียส จากการทดลองผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีความหนาแน่นมาก การดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณสัดส่วนของอากาศก่อนมาก และน้ำหนักของเซรามิกส์จะลดลงเมื่อมีการเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น

Montero *et al.* (2009) ได้นำเอาอากาศก่อนและเศษหินอ่อนมาเป็นวัสดุผสมดินเหนียวในอุตสาหกรรมผลิตเซรามิกส์เพื่อลดการใช้ดินเหนียวแต่เพียงอย่างเดียวและยังเป็นแนวทางในการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากเดิมอากาศก่อนและเศษหินอ่อนจะทำให้ค่าความดูดซับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นแต่การรับแรงอัดจะลดลง

Basegio *et al.* (2002) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาอากาศก่อนจากโรงงานฟอกหนังมาเป็นวัสดุผสมระหว่างดินเหนียวในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน นำเซรามิกส์ที่ได้มาทดสอบลักษณะทางกายภาพการดูดซับน้ำ การหดตัว การแตกร้าว การดูดซับน้ำจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนของอากาศก่อนที่เพิ่มขึ้น และยังได้มีการทดสอบการชะของโลหะหนักที่ชะออกมาจากเซรามิกส์ ผลการทดสอบสามารถตรึงโครเมียมให้อยู่ในเซรามิกส์ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

1. กากตะกอนดินน้ำประปา

อุปกรณ์

1. เครื่องอัดไฮดรอลิกชนิดใช้ไฟฟ้า
2. เครื่องอัดไฮดรอลิกชนิดมือโยก
3. เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance)
4. เครื่องทดสอบการรับกำลังแรงอัด
5. เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Milton Roy รุ่น 10 uv scanning
6. ตะแกรงร่อนเบอร์ 3, เบอร์ 8
7. บีกเกอร์
8. กระบอกตวง
9. ขวดพลาสติก
10. แม่พิมพ์ทรงแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 12.5x 25x10 เซนติเมตร
11. แม่พิมพ์ทรงกรวยตัดยอด เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร สูง 11 เซนติเมตร

สารเคมี

1. ปูนซีเมนต์ประเภท 1
2. ปุ๋ยเคมี N:P:K สูตร 16:16:0
3. น้ำปราศจากไอออน

วิธีการ

1. การเตรียมแม่พิมพ์

แม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับอิฐบล็อกประสานเป็นรุ่น VBLOCK 102 ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก กำลังแรงอัด 100 bar อัดขึ้นรูปได้ครั้งละ 2 ก้อน ปริมาณการผลิต 1,000 ก้อนต่อวัน ตัวโมลผลิตจาก เหล็กหนา ขนาดกว้าง 12.5 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร แม่พิมพ์กระถางเป็น โลหะทรงกรวยตัดยอด เส้นผ่าศูนย์กลางปาก 11 เซนติเมตร สูง 11 เซนติเมตร และแม่พิมพ์ก้นปู้ย ตัวอย่างเป็นวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร

2. สัดส่วนการผสมและการขึ้นรูป

ผสมตะกอนดิน ปูนซีเมนต์และน้ำ แล้วเทลงในแม่พิมพ์ ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกด้วยแรงอัดที่กำหนด ถอดออกจากแม่พิมพ์โดยอัตราส่วนแสดงในตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดตามชนิดผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์และสัดส่วนการผสม

ชนิดผลิตภัณฑ์	แม่พิมพ์	สัดส่วนผสม	แรงอัด	หมายเหตุ
บล็อกประสาน	ทรงแท่งสี่เหลี่ยม ก.ข.ย. เท่ากับ 12.5x 25x10 เซนติเมตร	ตะกอนดิน : ปูนซีเมนต์ = 3:1 (w/w) ผสมน้ำพอหมาด	10 MPa	ใช้แม่พิมพ์บล็อกประสาน ขนาดมาตรฐาน วัสดุก่อสร้าง
กระถาง	ทรงกรวยตัดยอด เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร สูง 11 เซนติเมตร	ตะกอนดิน : ปูนซีเมนต์ = 2:1 (w/w) ผสมน้ำพอหมาด	ชั้นนอก: 24.524 MPa ชั้นใน: 1.962, 2.943 และ 3.924 MPa	นำตะกอนดินมาบดและ ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3 ค้างตะแกรงเบอร์ 8 ตาม ASTM C 33-99 (ความชื้น 10%) อัดขึ้นรูปชั้นนอก แล้วนำทำพิมพ์ส่วนในอีกครั้ง

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชนิด ผลิตภัณฑ์	แม่พิมพ์	สัดส่วนผสม	แรงอัด	หมายเหตุ
ก้อนปู้ย	วงกลม	ตะกอนดิน : ปู้ย	20, 30 และ 40	บดปู้ยเมื่อร่อนผ่าน
	เส้นผ่าน	เม็ด	kg/cm ²	ตะแกรงเบอร์ 30
	ศูนย์กลาง 4	= 1:1 (w/w)	หรือ 1.962,	ก่อนผสมกับตะกอนดิน
	เซนติเมตร		2.943	แล้วนำอัดขึ้นรูป
	สูง 2 เซนติเมตร		และ 3.924	
			MPa	

3. การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติ

3.1 ทดสอบกำลังรับแรงอัดตามวิธีมาตรฐานของ (มอก. 58 - 2530) กระทรวงอุตสาหกรรม (2531)

3.2 วิเคราะห์การละลายออกมาของไนโตรเจน (N) โดยวิธี Total Kjeldahl Nitrogen, Method Based on US EPA, Method 351.2

3.3 วิเคราะห์ฟอสฟอรัส (P) จากก้อนปู้ยด้วยวิธี Total Phosphorus, Method Based on US EPA, Method 365.4

3.4 วิเคราะห์ความเข้มข้นไนเตรทและฟอสเฟตโดยวิธีสัณสีน้ำ ด้วยวิธี Spectrophotometry วิธีวิเคราะห์มาตรฐานที่อ้างอิงมาจาก APHA (2005)

4. การอัดขึ้นรูปบล็อกประสาน

4.1 นำกากตะกอนดินน้ำประปามาบดละเอียดและร่อนฟุ้งแคด

4.2 ผสมกากตะกอนดินน้ำประปาและปูนซีเมนต์ อัตราส่วน 3 : 1 ผสมน้ำพอหมาดนำส่วนผสมที่ได้เข้าบดบล็อกเครื่องอัดไฮดรอลิกด้วยแรงดัน 10 MPa

4.3 นำออกจากพิมพ์และผึ่งลม



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 23 (ก-ง) ขั้นตอนการขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานจากกากตะกอนน้ำประปา

ก. นำกากตะกอนดินผึ่งพอบรรเทาและร่อน

ข. นำกากตะกอนดินผสมคลุกเคล้ากับปูนซีเมนต์

ค. นำส่วนผสมที่ได้ใส่ลงไปแม่พิมพ์และอัดขึ้นรูป

ง. ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานจากกากตะกอนดิน

5. การอัดขึ้นรูปกระถาง และกระถางอัดผสมปุ๋ย

5.1 นำกากตะกอนดินน้ำประปามาบดละเอียดและร่อนผึ่งแดด

5.2 ผสมกากตะกอนดินน้ำประปาและปูนซีเมนต์ อัตราส่วน 2 : 1 ผสมน้ำพอบรรเทา
ส่วนผสมที่ได้เข้าบล็อกรีดอัดไฮดรอลิกด้วยแรงดัน 250 kg/cm^2

5.3 นำออกจากพิมพ์และผึ่งลม

5.4 กระจกอัดผสมปูนทำเช่นเดียวกับกระจกอัดธรรมดา โดยเมื่ออัดขึ้นรูปขึ้นนอกได้แล้ว จึงนำพิมพ์ส่วนในออกมาและใส่ส่วนผสมของปูนบดและกากตะกอนในอัตราส่วน 1:1 เข้าไปในตัวกระจกและอัดที่แรงดัน 20, 30, 40 kg/cm² ตามลำดับ



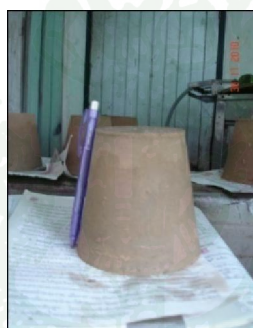
(ก)



(ข)

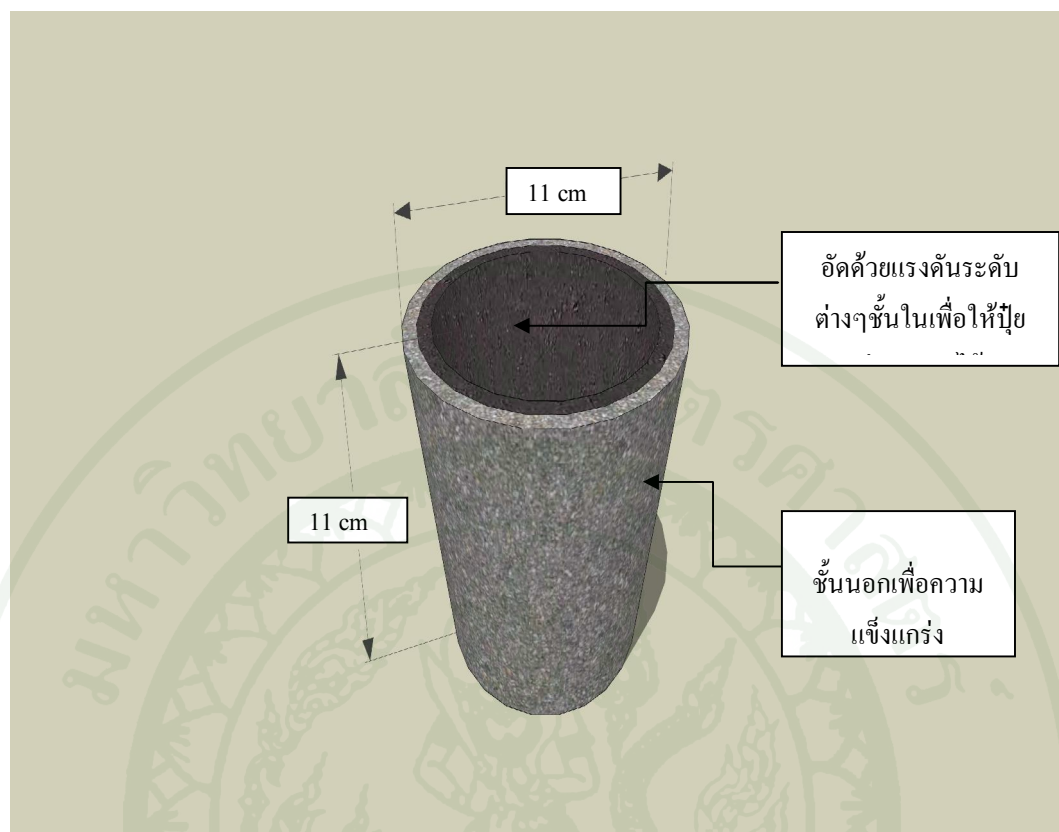


(ค)



(ง)

ภาพที่ 24 (ก-ง) ขั้นตอนการขึ้นรูปกระจกอัดจากกากตะกอนน้ำประปาผสมปูน



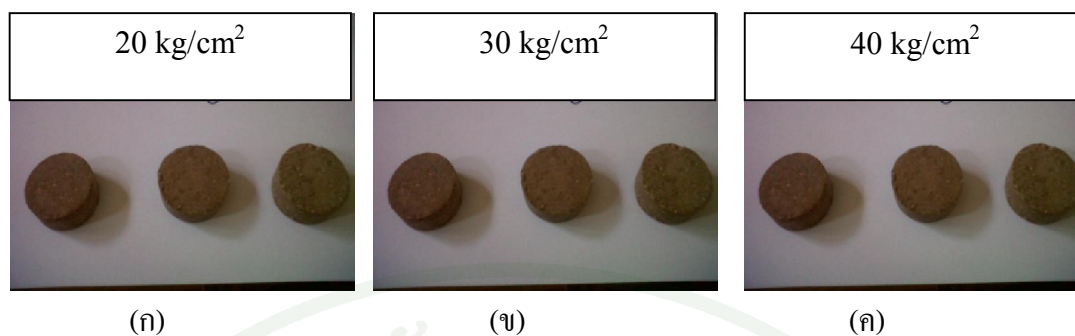
ภาพที่ 25 การออกแบบกระถางสองชั้น

6. ขั้นตอนการศึกษาความสัมพันธ์ของแรงอัดและความสามารถในการละลายของปุ๋ยจากก้อนอัด

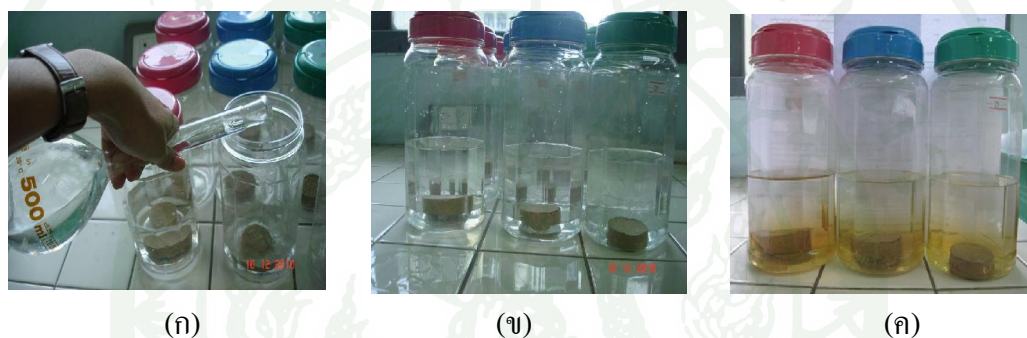
6.1 นำกากตะกอนน้ำประปาผสมปุ๋ยอัดในอัตราส่วน 1:1

6.2 นำส่วนผสมที่ได้ไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก เป็นรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร อัดที่แรงดัน 20, 30, 40 kg/cm^2 ตามลำดับ

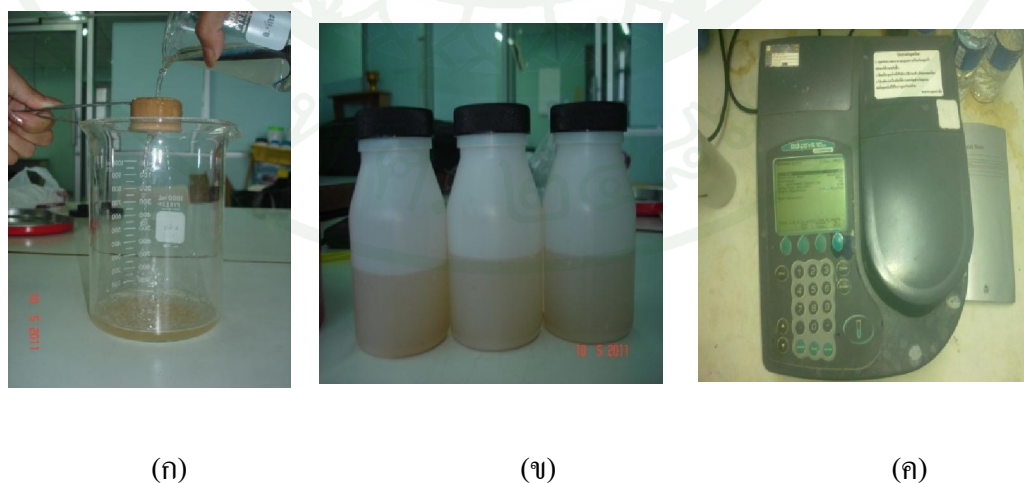
6.3 นำก้อนปุ๋ยอัดที่ได้ไปทดสอบหาอัตราการละลาย N และ P ทดสอบโดยการแช่น้ำ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ โดยวิธี Total Kjeldahl Nitrogen และ Total Phosphorus ทดสอบโดยการสัณสีน้ำวิเคราะห์โดยวิธี Spectrophotometry วิธีวิเคราะห์มาตรฐานที่อ้างอิงมาจาก APHA (2005)



ภาพที่ 26 ภาพปุ๋ยจากกากตะกอนที่อัดในแต่ละแรงดัน (ก) 20kg/cm² (ข) 30 kg/cm² (ค) 40 kg/cm²



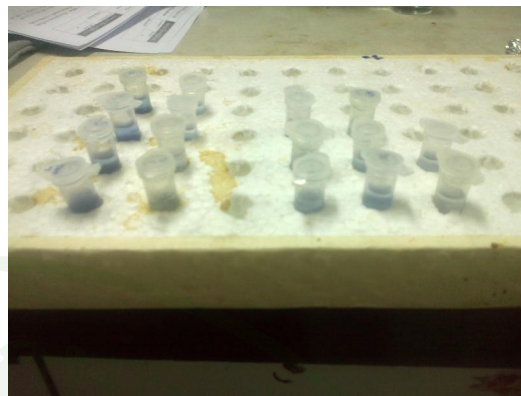
ภาพที่ 27 การวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสแต่ละระดับแรงดันวิเคราะห์ 3 สัปดาห์ (ก) การแช่น้ำ (ข) บ่ม 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 3 สัปดาห์ (ค) น้ำปุ๋ยที่นำไปวิเคราะห์



ภาพที่ 28 การวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสเฟตแต่ละระดับแรงดัน (ก) การสัมผัสน้ำ (ข) น้ำปุ๋ยที่นำไปวิเคราะห์ (ค) เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Milton Roy รุ่น 10 UV scanning



(ก)

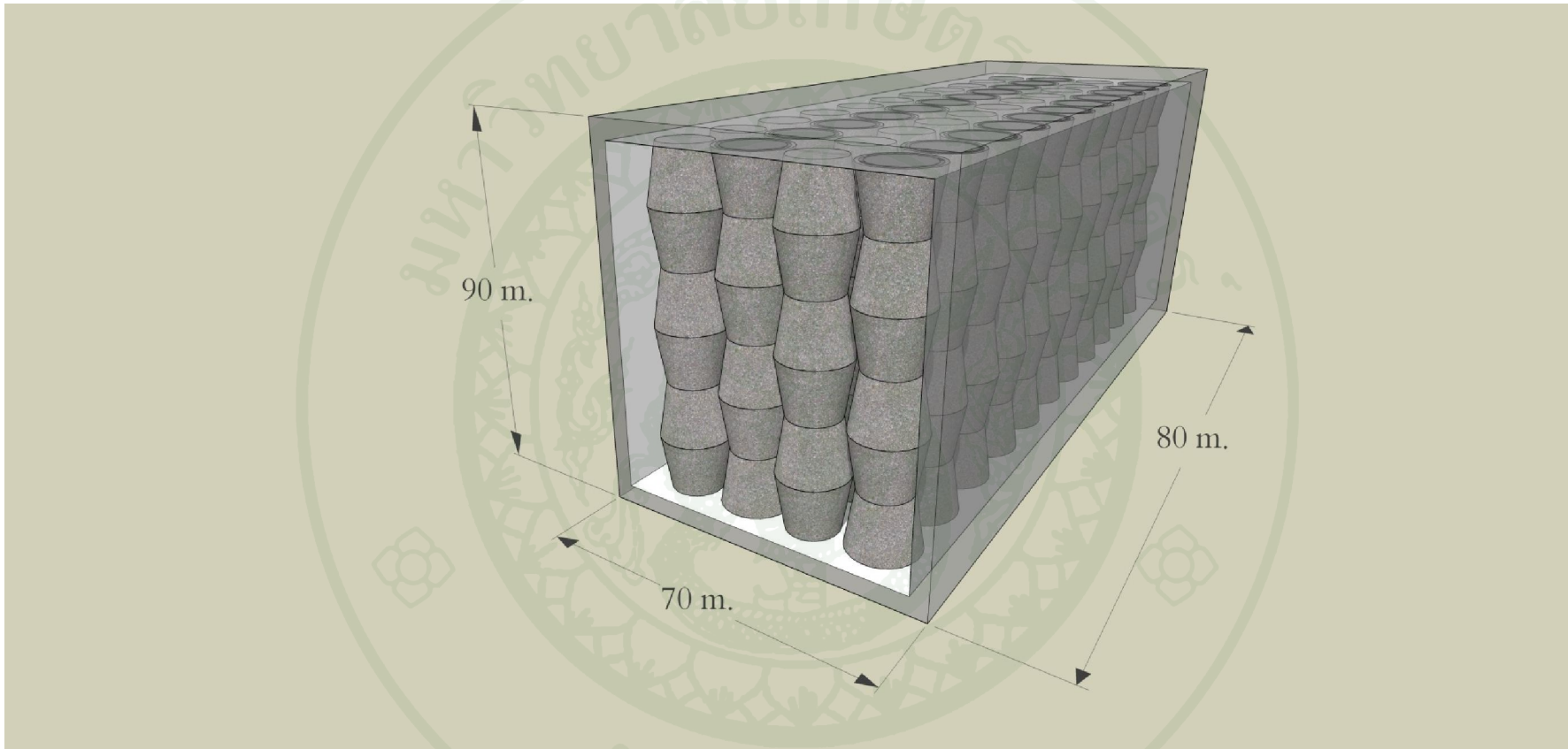


(ข)

ภาพที่ 29 ตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของไนเตรท ฟอสเฟต

7. วิธีการประเมินความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ในการผลิตกระถางโดยใช้การขึ้นรูปโดยใช้แรงอัดไฮดรอลิกสามารถช่วยลดการประหยัดพลังงานจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนการเผาไหม้จากเชื้อเพลิง ลดปริมาณของเสียที่ต้องกำจัดและเป็นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์



ภาพที่ 30 การจำลองขนาดเตาเผา ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง LPG 48 kg / d ในการคำนวณ

ตารางที่ 4 แสดงค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงต่างๆ

ประเภท	ชนิด	หน่วย	ค่าความร้อนเฉลี่ย (MJ/หน่วย)
ไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	3.60
ก๊าซ	ก๊าซธรรมชาติ	ล้านบีทียู/ลูกบาศก์ฟุต	1055
	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	กิโลกรัม	50.23
	(LPG)	ลิตร	26.62
เชื้อเพลิงเหลว	น้ำมันเตาเกรด A	ลิตร	37.78
	น้ำมันเตาเกรด C	ลิตร	40.64
	น้ำมันดีเซล	ลิตร	36.42
เชื้อเพลิงแข็ง	ถ่านหินลิกไนต์	กิโลกรัม	10.47
	แกลบ	กิโลกรัม	14.4
	ขานอ้อย	กิโลกรัม	7.53
	ขี้เลื่อย	กิโลกรัม	10.88

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2545)

ตารางที่ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แยกตามชนิดเชื้อเพลิง

ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณ CO ₂ ที่ปลดปล่อย (Mg CO ₂ /TJ)
น้ำมันดีเซล	74.07
น้ำมันดิบ	70.26
น้ำมันเตา	71.64
LPG	63.07
NG	56.10
ไม้	110.07
ถ่านไม้	110.44
แกลบข้าว	114.58
กากอ้อย	219.12
ไฟฟ้า	201.81

ที่มา: IPCC (2552)

7.1 สูตรการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก

7.1.1 วิธีการคำนวณค่าพลังงานความร้อน

หาพลังงานความร้อน = ปริมาณเชื้อเพลิง * ค่าความร้อนเชื้อเพลิง

= ค่าความร้อน MJ

แปลงหน่วยในรูป TJ = ค่าความร้อน MJ * 10^{-6} TJ

= พลังงาน TJ

7.1.2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ = ค่า Emission Coefficient * พลังงาน TJ

= ปริมาณการปลดปล่อย kg CO₂

ผลและวิจารณ์

1. ผลผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน

ชิ้นงานที่ได้หลังจากการอัดขึ้นรูปด้วยแรงไฮดรอลิก นำมาผึ่งให้แห้ง บ่มโดยการสัมผัสน้ำเป็นเวลา 7 วัน นำปูนปาสเตอร์มาหล่อบริเวณช่องว่างของอิฐบล็อกก่อนนำไปทดสอบ นำมาทดสอบหาแรงอัดประทะโดยสามารถรับแรงอัดประทะได้ค่า 30.4, 25.6, 25.8 kg/cm² ตามลำดับ



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 31 (ก-ค) การทดสอบอิฐบล็อกประสาน

ตารางที่ 6 ค่ากำลังรับแรงอัดของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน

Sample No.	Compressive strength (MPa)
1	2.982
2	2.644
3	2.535
4	2.575
5	2.608
$\bar{x}$	2.668

การทดสอบการรับกำลังแรงอัดจากผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกจากกากตะกอนดินทั้ง 5 ก้อน พบว่าค่าเฉลี่ยในการสามารถรับแรงอัดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.66 เมกะปาสกาลซึ่งผ่านมาตรฐานการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน (มอก. 58-2530)

จากการทดลองพบว่าจากตะกอนจากกระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติที่ดีในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อกประสาน ซึ่งจากการรับแรงอัดปะทะที่ทดสอบนั้นอิฐบล็อกจัดอยู่ในมาตรฐานมาตรฐานเลขที่ มอก. 58 ของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับแรงอัดซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์จากตะกอนดินกับจากดินในผลิตภัณฑ์ทั่วไป พบว่ามีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานทั่วไปที่ใช้ส่วนผสมจากดินลูกรัง ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากตะกอนดินกับมาตรฐานทั่วไป

สมบัติของบล็อกประสาน	บล็อกประสานจากตะกอนดิน	เกณฑ์พิจารณาผลิตภัณฑ์
1. ความต้านแรงอัด (MPa)	ค่าเฉลี่ย 2.66 MPa	ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (มอก. 58 – 2530)มีค่าไม่ต่ำกว่า 2.5 MPa
2. ขนาดที่ผลิตจากแม่พิมพ์	ผ่านมาตรฐาน (มอก. 58 – 2530) 12.5 x 25 x10 ซม. ³ เป็นขนาดมาตรฐาน	ขนาดเต็มก่อนมาตรฐาน (40ก้อนต่อตารางเมตร)

2. ผลิตภัณฑ์ก้อนปุ๋ย

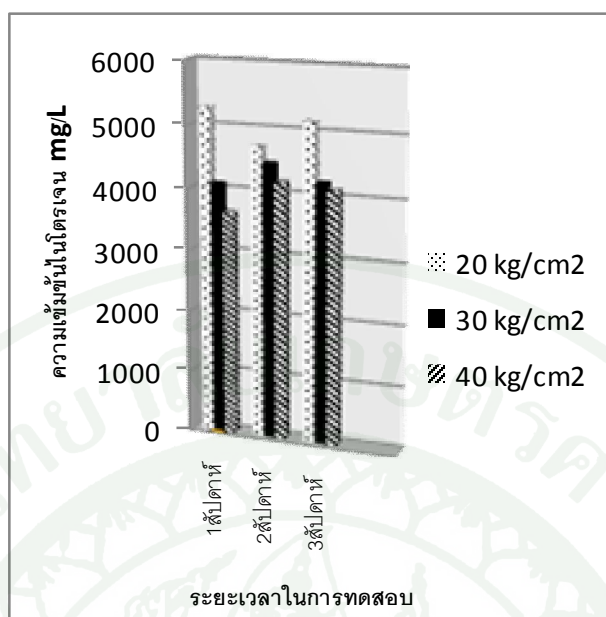
ผลิตภัณฑ์กระถางมีชั้นก้อนปุ๋ย สมบัติเฉพาะตัวของกระถางแบบนี้สามารถพิจารณาได้จากก้อนปุ๋ยที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของเนื้อกระถางชั้นใน หลังจากทดสอบการละลายของก้อนปุ๋ยในน้ำเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัด 20, 30 และ 40 kg/cm²ตามลำดับ และความสามารถในการละลายของก้อนปุ๋ยใน 1 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจนมีค่า 5281, 4097 และ 3646 mg/ L ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่า 345, 220 และ 255 ตามลำดับ ใน 2 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจนมีค่า 4722, 4474 และ 4191 mg/ L ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่า 345, 276 และ 254 mg/L ใน 3 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจนมีค่า 5151, 4226 และ 4127 mg/ L ปริมาณฟอสฟอรัส มีค่า 274, 259 และ 322 mg/L ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (available N and P) จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง ธาตุไนโตรเจนช่วยการผลิตโปรตีนสร้างคลอโรฟิลล์สีเขียวของพืชเป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนพืช ธาตุฟอสฟอรัสช่วยในการเร่งการเจริญเติบโตระยะแรก สร้าง

ดอก สร้างผล ของพืช เร่งการสุก การแก่ของ พืชผลิตภัณฑ์นี้จึงเหมาะสมที่จะใช้สำหรับเพาะปลูก พืชระดับจำพวกใบที่มีสีเขียวและพืชดอกต่างๆ

ตารางที่ 8 ปริมาณ TKN และ TP ในแต่ละแรงดันทดสอบ 3 สัปดาห์

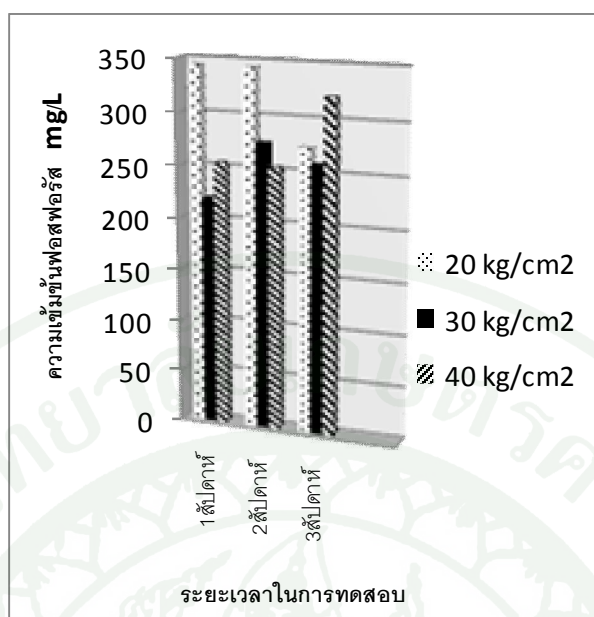
ระยะเวลาในการทดสอบ	ปริมาณ TKN และ TP ในแต่ละแรงดัน		
	20 kg/cm ²	30 kg/cm ²	40kg/cm ²
Total Kjeldahl Nitrogen (mg /L)			
1 สัปดาห์	5281	4097	3649
2 สัปดาห์	4722	4474	4191
3 สัปดาห์	5151	4226	4127
Total Phosphorus (mg /L)			
1 สัปดาห์	345	220	255
2 สัปดาห์	345	276	254
3 สัปดาห์	274	259	322

ตารางที่ 8 แสดงถึงปริมาณการละลายตัวของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละระดับแรงดันอัดไฮดรอลิก ทำการทดสอบโดยวิธีการแช่น้ำ 3 สัปดาห์ ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนจะมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกๆสัปดาห์ตามระดับแรงดันที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ไม่คงที่แต่ในระยะเวลาที่ 2 สัปดาห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อมีการเพิ่มระดับแรงดัน ปริมาณของการละลายตัวของธาตุอาหารทั้งสองชนิดจะมีปริมาณการละลายแบบผกผันกับแรงดันที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจะมีค่าต่ำกว่าปริมาณของไนโตรเจน



ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนโตรเจนในสารละลายจากก้อนปุ๋ย

จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่าปริมาณการละลายตัวของไนโตรเจนในก้อนปุ๋ยมีอัตราการละลายมากที่สุดในแรงดันที่ 20, 30, 40 Kg / cm² ตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการละลายตัวของธาตุอาหารและแรงดันที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปก้อนปุ๋ย โดยปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนจะมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับแรงดันและปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนในสัปดาห์แรกและสัปดาห์ที่สามนั้นมีค่าใกล้เคียงกันในทุกๆระดับแรงดันที่ใช้อัดก้อนปุ๋ย



ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฟอสฟอรัสในสารละลายจากก้อนปุ๋ย

จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่าปริมาณการละลายตัวของฟอสฟอรัสในก้อนปุ๋ยมีอัตราการละลายมากที่สุดในแรงดันที่ 20, 30, 40 Kg / cm² ตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการละลายตัวของธาตุอาหารและแรงดันที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปก้อนปุ๋ย โดยปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจะมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับแรงดันและปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสในสัปดาห์แรกและสัปดาห์ที่สองจะมีปริมาณใกล้เคียงกันและสัปดาห์ที่สามนั้นมีการปลดปล่อยลดลง ทั้งนี้อาจจะเกิดจากการดูดซับฟอสฟอรัสถูกตรึงไว้ในกากตะกอนดินทำให้มีปริมาณความเข้มข้นลดลง

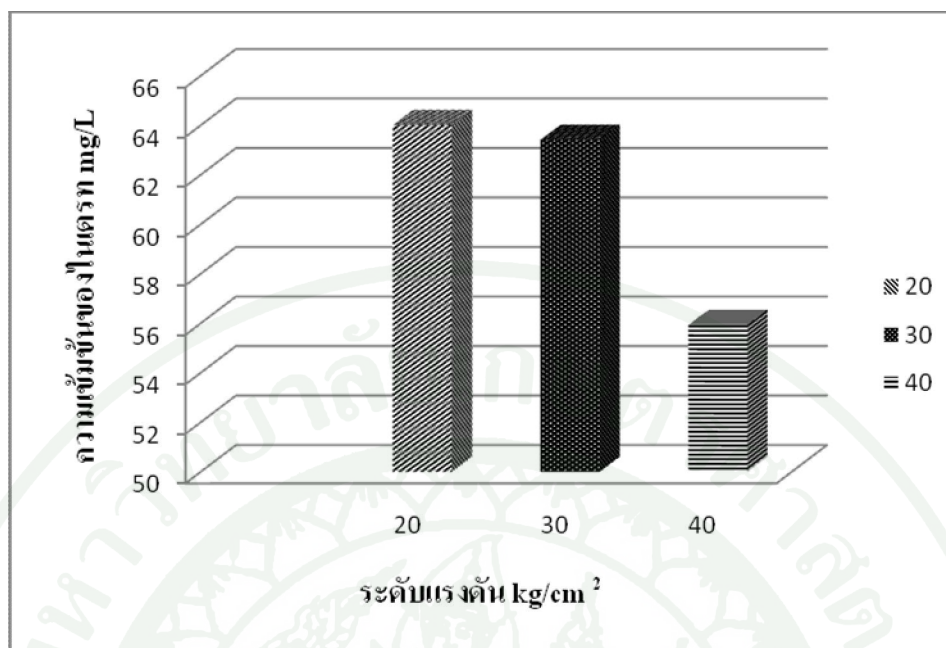
จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากก้อนปุ๋ยโดยวิธีการสัมผัสน้ำจำนวน 1 ครั้ง พบว่าผลของความเข้มข้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการทดสอบวิเคราะห์โดยวิธีแช่ก้อนปุ๋ย ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มระดับแรงซึ่งแสดงผลตามตารางที่ 9 และตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ความเข้มข้นของไนเตรทโดยวิธีการวิเคราะห์แบบสัณผ์น้ำ 1 ครั้งด้วยเทคนิค Spectrophotometry

ระดับแรงดัน	mg-P/L	dilution	slope	average Abs	Abs			Abs-220nm			Abs-275nm		
					1	2	3	1	2	3	1	2	3
20 kg/cm ²	64.00477	20	0.248419	0.795	0.792	0.795	0.798	0.81	0.82	0.811	0.018	0.02	0.021
30 kg/cm ²	63.41437	20	0.248419	0.788	0.787	0.788	0.788	0.803	0.8	0.804	0.016	0.014	0.016
40 kg/cm ²	55.92702	20	0.248419	0.695	0.692	0.695	0.697	0.704	0.72	0.811	0.012	0.02	0.017

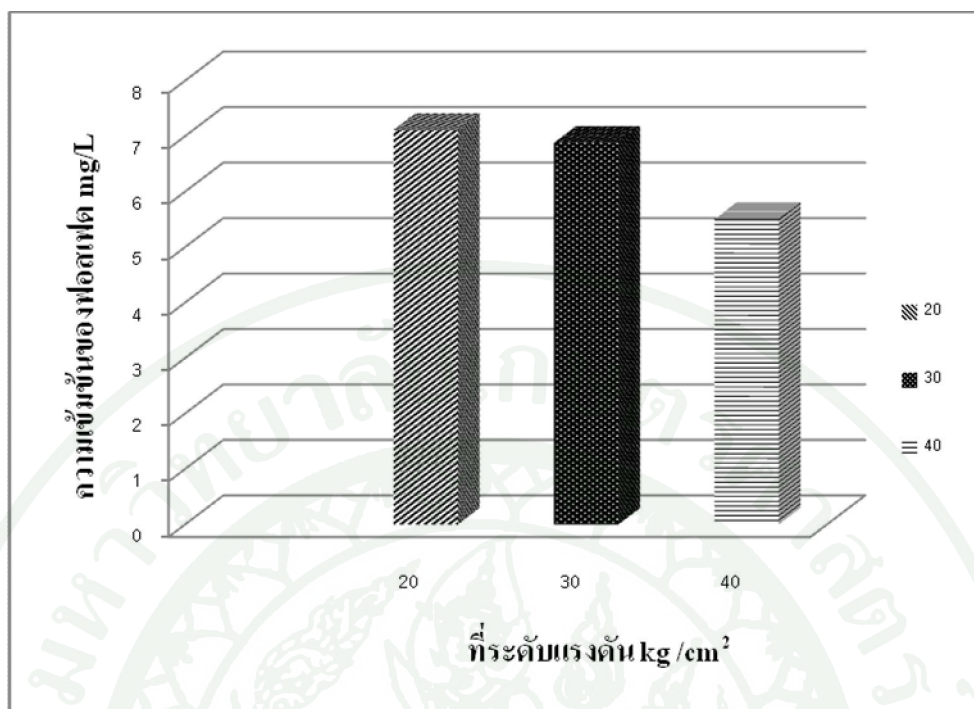
ตารางที่ 10 ความเข้มข้นของฟอสเฟตโดยวิธีการวิเคราะห์แบบสัณผ์น้ำ 1 ครั้งด้วยเทคนิค Spectrophotometry

ระดับแรงดัน	mg-P/L	dilution	slope	average Abs	Abs-885 nm		
					1	2	3
20 kg/cm ²	7.114232	10	0.390766	0.278	0.277	0.281	0.276
30 kg/cm ²	6.883915	10	0.390766	0.269	0.267	0.269	0.271
40 kg/cm ²	5.502014	10	0.390766	0.215	0.216	0.211	0.218



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทในสารละลายจากก๋อนปุยโดยวิธีสัมผัสน้ำ 1 ครั้ง

จากภาพเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดและความสามารถในการปลดปล่อยไนเตรท ผลจากการทดสอบการละลายของปุยจากก๋อนปุยอัดที่แรงอัด 20, 30 และ 40 kg/cm^2 ตามลำดับโดยวิธีสัมผัสน้ำจำนวน 1 ครั้งค่าจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นมีค่า 64.005, 63.414 55.927 mg/L ตามลำดับแรงดัน จะมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มแรงดัน โดยให้ผลใกล้เคียงกับการทดสอบโดยวิธีแช่น้ำ คือปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารจะแปรผกผันกับแรงดันที่เพิ่มขึ้น

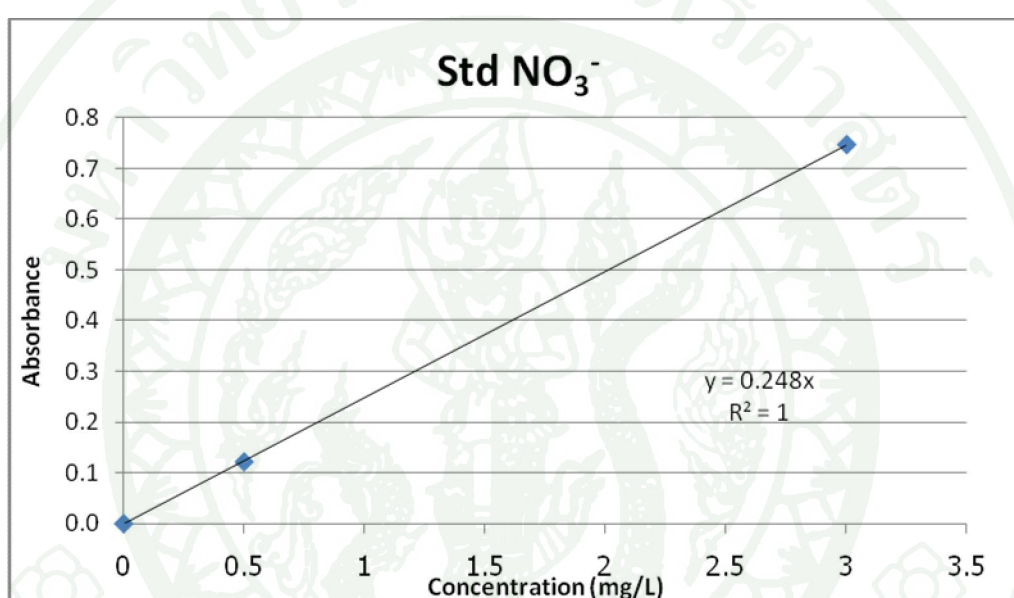


ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฟอสเฟตในสารละลายจากก้อนปุ๋ยโดยวิธีสัมผัสน้ำ 1 ครั้ง

จากภาพเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดและความสามารถในการปลดปล่อยฟอสเฟต ผลจากการทดสอบการละลายของปุ๋ยจากก้อนปุ๋ยอัดที่แรงอัด 20, 30 และ 40 kg/cm^2 ตามลำดับโดยวิธีสัมผัสน้ำจำนวน 1 ครั้งค่าจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นมีค่า 7.114, 6.884 5.502 mg/L ตามลำดับแรงดัน คือปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารจะแปรผกผันกับแรงดันที่เพิ่มขึ้นและปริมาณความเข้มข้นของฟอสเฟตมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นของไนเตรท

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท

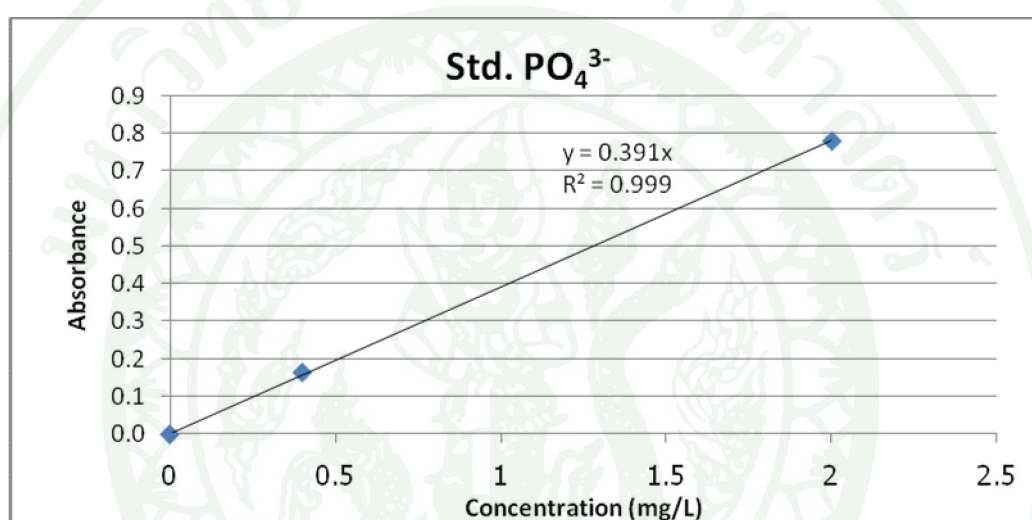
ความเข้มข้น ของสารละลาย (mg /L)	ค่าการดูดกลืนแสง ผลต่างระหว่าง 220 และ 275 nm			ค่าเฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.5	0.120	0.124	0.121	0.122
3.0	0.748	0.744	0.747	0.746



ภาพที่ 36 กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงที่สารละลายไนเตรทความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 12 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานสารละลายฟอสเฟต

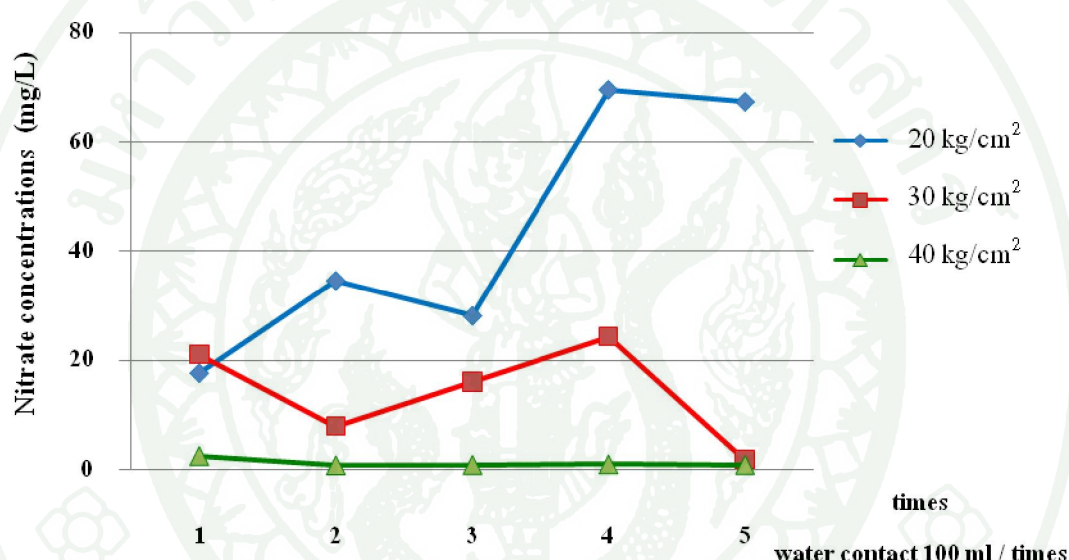
ความเข้มข้น ของสารละลาย (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 885 nm			ค่าเฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.4	0.164	0.163	0.167	0.165
2.0	0.784	0.781	0.799	0.781



ภาพที่ 37 กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงที่สารละลายฟอสเฟตความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 13 ความเข้มข้นของไนเตรทโดยวิธีการสัมผัสน้ำ 5 ครั้ง

Samples (2n)	Concentration (mg/L)					Average
	1	2	3	4	5	
20 kg/cm ²	17.8	34.7	28.3	69.6	67.4	43.56
30 kg/cm ²	21.2	8	16.1	24.4	1.9	14.32
40 kg/cm ²	2.6	0.9	1	1.1	1	1.32

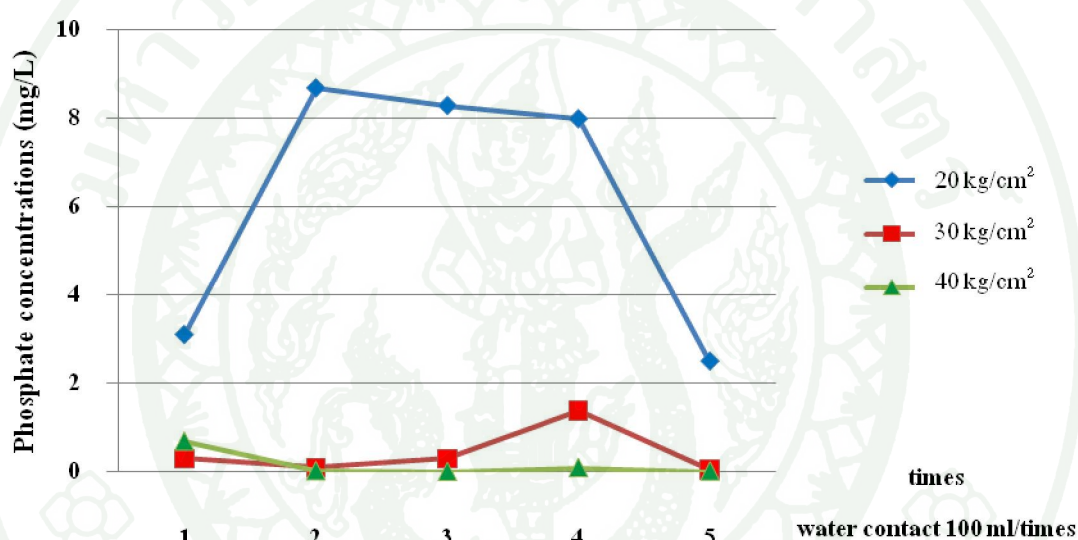


ภาพที่ 38 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทด้วยวิธีการสัมผัสน้ำ 5 ครั้ง

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนเตรทจากก้อนปุ๋ยโดยวิธีการสัมผัสน้ำจำนวน 5 ครั้ง พบว่าผลของความเข้มข้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการทดสอบวิเคราะห์โดยวิธีแช่ก้อนปุ๋ยจะเห็นได้ว่าจากค่าเฉลี่ยจากการสัมผัสน้ำ 5 ครั้งในแต่ละระดับแรงดันจะมีปริมาณ ความเข้มข้นลดลงเมื่อมีการเพิ่มแรงดันโดยแรงดัน 20 kg/cm² มีค่ามากที่สุดรองลงมาคือแรงดัน 30 kg/cm² และ 40 kg/cm² ตามลำดับ โดยในระดับแรงดันที่ 20 kg/cm² จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทเพิ่มขึ้นเมื่อมีการสัมผัสน้ำมากขึ้น ในระดับแรงดันที่ 30 kg/cm² มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของไนเตรทจะมีปลดปล่อยลงที่และจะค่อยๆลดลง ในระดับแรงดันที่ 40 kg/cm² มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของการปลดปล่อยไนเตรทอย่างคงที่และมีความเข้มข้นต่ำที่สุดซึ่งแสดงค่าตารางที่ 13 และภาพที่ 38

ตารางที่ 14 ความเข้มข้นของฟอสเฟตโดยวิธีการสัมผัสน้ำ 5 ครั้ง

Samples (2n)	Concentration (mg/L)					Average
	1	2	3	4	5	
20 kg/cm ²	3.1	8.7	8.3	8.0	2.5	6.12
30 kg/cm ²	0.3	0.1	0.3	1.4	0.05	0.43
40 kg/cm ²	0.7	0.03	0.01	0.1	0.02	0.17



ภาพที่ 39 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฟอสเฟตด้วยวิธีการสัมผัสน้ำ 5 ครั้ง

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสเฟตจากก้อนปุ๋ยโดยวิธีการสัมผัสน้ำจำนวน 5 ครั้ง พบว่าผลของความเข้มข้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการทดสอบวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนเตรท พบว่าจากค่าเฉลี่ยจากการสัมผัสน้ำ 5 ครั้งในแต่ละระดับแรงดันที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมากที่สุดคือ 20 kg/cm² รองลงมาคือระดับแรงดัน 30 kg/cm², 40 kg/cm² ตามลำดับ โดยจะมีปริมาณความเข้มข้นลดลงเมื่อมีการเพิ่มแรงดัน และปริมาณความเข้มข้นของฟอสเฟตจะมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นของไนเตรท โดยในระดับแรงดันที่ 20 kg/cm² จะมีค่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการสัมผัสน้ำ จากนั้นค่อยๆคงที่และลดลงตามลำดับ ในระดับแรงดันที่ 30 kg/cm² และ 40 kg/cm² ให้ผลที่มีค่าใกล้เคียงกันคือระดับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นคงที่และมีค่าต่ำกว่าระดับแรงดันที่ 20 kg/cm² ซึ่งแสดงค่าตารางที่ 14 และภาพที่ 39

3. การประเมินด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์กระถาง

3.1 การคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก

3.1.1 ผลิตภัณฑ์กระถางดินเผา

ก. หาจำนวนกระถางทั้งหมด

$$\text{ด้านสูง} = 90/11 = 8.1 \text{ คู่} = \text{คิดเป็น } 16 \text{ ใบ}$$

$$\text{ด้านกว้าง} = 70/18.5 = 3.78 \text{ คู่} = \text{คิดเป็น } 7 \text{ ใบ}$$

$$\text{ด้านยาว} = 80/18.5 = 4.32 \text{ คู่} = \text{คิดเป็น } 8 \text{ ใบ}$$

ข. ปริมาตรทั้งหมด = ก * ข * ย

$$= 16 * 7 * 8$$

$$= 896 \text{ ใบ}$$

กระถาง 896 ใบ ใช้ LPG 48 kg

$$\text{ดังนั้น ถ้ากระถาง 1 ใบ ใช้ LPG} = 896 / 48 = 18.66 \text{ kg}$$

3.1.2 หาพลังงาน

ค่าพลังงานความร้อนของ LPG = 50.23 / kg

แปลงพลังงานในรูป TJ = 18.66 * 50.23 = 937.29MJ

= 0.000937TJ / 1 หน่วยผลิตภัณฑ์

หรือ = 0.937 TJ / ตันผลิตภัณฑ์

3.1.3 หา CO₂ ที่ลดลง

CO₂ Emission Coefficient ของ LPG = 63.07 Mg CO₂ / TJ

ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ที่ลดลง = 0.000937 * 63.07

= 0.059 Mg CO₂ / TJ

= 59 kg CO₂ / 1หน่วยผลิตภัณฑ์

หรือ = 5,900 kg CO₂ / ตันผลิตภัณฑ์

3.2 ผลิตภัณฑ์กระถางอัดไฮดรอลิกด้วยไฟฟ้า

ขนาดมอเตอร์เครื่องอัด 370 Watt ทำงาน 8 ชั่วโมง ใช้พลังงาน = 2960 KWh

ใน 1 วันผลิตได้ 1000 ชิ้น ใช้พลังงาน = 2960 KWh ÷ 1,000 ชิ้น

= 2.96 KWh / ชิ้น

ค่าพลังงานความร้อนของไฟฟ้า = 3.6 KWh

$$\begin{aligned}
 \text{แปลงพลังงานในรูป TJ} &= 2.96 * 3.6 = 10.656 \text{ MJ} \\
 &= 10.656 \times 10^{-6} \\
 &= 0.00001 \text{ TJ / 1หน่วยผลิตภัณฑ์}
 \end{aligned}$$

$$\text{หรือ} = 0.0106 \text{ TJ / ตันผลิตภัณฑ์}$$

3.2.1 หา CO₂ ที่ลดลง

$$\text{CO}_2 \text{ Emission Coefficient ของ ไฟฟ้า} = 201.81 \text{ Mg CO}_2 / \text{TJ}$$

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย CO}_2 \text{ ที่ลดลง} = 0.00001 * 201.81$$

$$= 0.0020 \text{ Mg CO}_2 / \text{TJ}$$

$$= 2 \text{ kg CO}_2 / \text{1หน่วยผลิตภัณฑ์}$$

$$\text{หรือ} = 2,000 \text{ kg CO}_2 / \text{ตันผลิตภัณฑ์}$$

4. ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

4.1 ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานจากตะกอนดิน



ภาพที่ 40 ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน

4.2 ผลิตภัณฑ์ก้อนปุ๋ยอัดเม็ด



ภาพที่ 41 ผลิตภัณฑ์ก้อนปุ๋ยอัดเม็ด

4.3 ผลิตกัณฑ์กระถางตะกอนดินอัดไฮดรอลิก



ภาพที่ 42 ผลิตกัณฑ์กระถางตะกอนดินอัดไฮดรอลิก

พารามิเตอร์ที่แสดงถึงสมบัติของกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดและการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการผลิตกับกระถางดินเผาทั่วไปพบว่าในการผลิตกระถางอัดไฮดรอลิก สามารถลดการใช้พลังงาน และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาได้ รวมทั้งความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 สมบัติของกระถางตะกอนดินอัดและการเปรียบเทียบความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกับกระถางดินเผาทั่วไป

ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	กระถางตะกอนดินอัดไม่เผา	กระถางดินเผาทั่วไป
1. การประหยัดพลังงานจากเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG)	ไม่มีการใช้พลังงาน ประหยัดได้ 0.937 TJ / ต้นผลิตภัณฑ์ ในส่วนการอบความร้อน	ใช้พลังงาน 0.937 TJ / ต้นผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนการเผา
2. การลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก	ลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงได้ 5900 kg CO ₂ /ต้นผลิตภัณฑ์	ปล่อย 5900 kg CO ₂ /ต้นผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณจากปริมาณเชื้อเพลิง
3. การลดปริมาณของเสียที่ต้องกำจัด	✓ (ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการกำจัด)	✗
4. การนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้	✓ (ลดการใช้ทรัพยากรดิน)	✗

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาความเป็นไปได้และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำกากตะกอนดินน้ำประมามาผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานนั้นมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เนื่องจากองค์ประกอบของกากตะกอนดินน้ำประปานั้นมีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายคลึงกับดิน เช่น ควอทซ์ แคลไซต์ และไมก้าและคุณสมบัติที่ไม่มีความเป็นพิษของกากตะกอนดินจากการทดสอบตามมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม จึงสามารถนำกากตะกอนดินมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อกประสานแล้วนับว่าเป็นแนวทางในการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นในโรงไฟฟ้าได้อีกด้วย โดยหากโรงไฟฟ้านำกากตะกอนดินน้ำประปาไปจำหน่ายในราคากิโลกรัมละ 1 บาท จะช่วยให้โรงไฟฟ้านั้นมีราย 14,600,000 บาทต่อปี

โดยอิฐบล็อกประสานจากกากตะกอนดินน้ำประปานั้นเมื่อนำมาทดสอบการรับกำลังแรงอัดตามมาตรฐาน (มอก. 58 - 2530) ซึ่งเป็นมาตรฐานของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักจากมาตรฐานนั้นค่าเฉลี่ยของการรับกำลังแรงอัดของอิฐบล็อกประสานจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 2.5 MPa ในการทดสอบนั้นอิฐบล็อกประสานจากกากตะกอนดินน้ำประปามีค่าเฉลี่ยในการรับกำลังแรงอัดมีค่า 2.66 MPa ซึ่งผ่านมาตรฐานดังกล่าว

ในการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอัดและการละลายตัวของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในก้อนปุ๋ยทำการทดสอบโดยวิธีการแช่น้ำ ในการทดสอบแบบแช่น้ำนั้นจะทดสอบโดยนำก้อนปุ๋ยแต่ละระดับแรงดันแช่น้ำเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัด 20, 30 และ 40 kg/cm²ตามลำดับ และความสามารถในการละลายของก้อนปุ๋ยใน 1 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจนมีค่า 5281, 4097 และ 3646 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่า 345, 220 และ 255 mg/L ตามลำดับ ใน 2 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจนมีค่า 4722, 4474 และ 4191 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่า 345, 276 และ 254 mg/L ใน 3 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจนมีค่า 5151, 4226 และ 4127 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัส มีค่า 274, 259 และ 322 mg/L ซึ่งปริมาณความเข้มข้นจะแปรผกผันกับแรงดัน จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการสัมพัทธ์ 1 ครั้ง ทำการวิเคราะห์ที่แรงดันอัด 20, 30 และ 40 kg/cm²ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่า ความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนมีค่า 64.004, 63.414 และ 55.927 mg/L ปริมาณความเข้มข้นของฟอสเฟตมีค่า 7.114, 6.883 และ 5.502 ตามลำดับ

และจากการทดสอบโดยวิธีสัมผัสน้ำจำนวน 5 ครั้ง พบว่าความเข้มข้นไนเตรทเฉลี่ยมีค่า 43.56, 14.32, 1.32 mg/L ตามลำดับ ความเข้มข้นฟอสเฟตเฉลี่ยมีค่า 6.12, 0.43 และ 0.17 mg/L ตามลำดับ ในระดับแรงดันที่ 20 kg/cm² จะมีการปลดปล่อยความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตออกมาในปริมาณมากและลดลงอย่างรวดเร็ว และระดับแรงดันที่ 40 kg/cm² จะมีการปลดปล่อยความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตออกมาในระดับต่ำโดยระดับแรงดันที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นก้อนปุ๋ยละลายช้า คือ ระดับแรงดันที่ 30 kg/cm² จะมีการปลดปล่อยความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตในปริมาณที่เหมาะสมซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้ออกแบบกระถางสองชั้นที่มีคุณสมบัติปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืช ในการทดสอบหาความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารแบบสัมผัสน้ำ จะมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาน้อยกว่าแบบทดสอบโดยการแช่น้ำ ดังนั้นในการทดสอบทั้งสองวิธีมีแนวโน้มและทิศทางในแนวเดียวกัน คือ มีปริมาณการปลดปล่อยธาตุอาหารจะแปรผกผันกับแรงดัน ซึ่งเมื่อมีการเพิ่มระดับแรงดันการปลดปล่อยธาตุอาหารก็จะมีปริมาณลดลง

ผลการวิจัยแสดงถึงศักยภาพในการนำตะกอนดินมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทดแทนดินในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น บล็อกประสานได้นำความรู้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานและความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอัดและการละลายตัวของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในก้อนปุ๋ยมาบูรณาการออกแบบเป็นกระถาง 2 ชั้น โดยคุณสมบัติของกระถางสองชั้นนั้นด้านนอกจะมีความคงทนและแข็งแรง ด้านในจะออกแบบกระถางให้สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชโดยไม่ต้องเติมปุ๋ยโดยจะใช้องค์ความรู้เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอัดอัดกากตะกอนดินและปุ๋ยในอัตราส่วน 1 : 1 ภายชั้นในของกระถาง จะใช้กรูขึ้นรูปด้วยแรงไฮดรอลิก วิธีการอัดขึ้นรูปสามารถประหยัดพลังงานในการเผาไหม้ด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) ได้ 0.937 TJ / ตันผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊ส CO₂ เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ได้ถึง 5900 kg CO₂/ตันผลิตภัณฑ์ จึงเป็นแนวทางในการจัดการตะกอนดินไปพร้อมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย และการเพิ่มสมบัติพิเศษด้านสารอาหารพืชให้กับกระถางก็เป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในการนำเอากากตะกอนมาใช้ประโยชน์ควรมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของกากตะกอนก่อน และนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการใช้งานให้ถูกต้อง และในกระบวนการผลิตก้อนปุ๋ยอัดเม็ดนอกเหนือจากการใช้ระดับแรงดันแล้วควรมีการเคลือบสารโพลีเมอร์ที่สามารถช่วยควบคุมปริมาณในการปลดปล่อยธาตุอาหารจากก้อนปุ๋ย และสามารถกำหนดระยะเวลาการใช้งานของก้อนปุ๋ยได้



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน.

แหล่งที่มา: http://www.brrd.in.th/rkb/data_004/rice_xx2-04_manage_006.html, 21 มกราคม 2554.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2545.ฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงาน. ไฟล์ข้อมูล.

กัลฟ์อิล็กทริก. ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า. 2551.

แหล่งที่มา: <http://www.gulf.co.th/gilfjp/TH/knowledge/index.php>, 22 มกราคม 2554.

การประปาส่วนภูมิภาค. 2543. ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา.

แหล่งที่มา: www.pwa.co.th/service/treatment.html, 22 มีนาคม 2553.

กฤษฎา นุ่มนวล. 2540. การใช้ตะกอนจากระบบประปาทดแทนดินเหนียวในการผลิตอิฐมอญ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

จิตรกร วงศ์ชาวลิต. 2543. คุณสมบัติทางเคมีของเถ้าตะกอนสลัดจ์ที่เกิดจากการผลิตน้ำประปา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ณัฐ งามเจตธรรมย์. 2545. การพัฒนาปุ๋ยเคมีชนิดปลดปล่อยช้าที่เคลือบด้วยโปรตีนจากกากถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณิชดา นัตรสถาปัตยกุล และ มณฑล วังเวียง. 2552. การผลิตวัสดุก่อสร้างจากวัสดุเหลือทิ้ง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เทคโนโลยีบล็อกประสานดอกทอ. 2552. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีบล็อกประสาน. แหล่งที่มา: www.technologyblockprasan.com, 25 มีนาคม 2553.

มันสิน ตันทุลเวศม์. 2538. วิศวกรรมการประปา เล่ม 1 - 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิศวกรไทยและนักศึกษาวิศวกรรม. 2552. **X - ray diffraction.**

แหล่งที่มา: <http://www.engineerthailand.com/4001.html>, 25 มีนาคม 2553.

วีระวัฒน์ เตชะสุนทรโรวาท. 2547. เทคโนโลยีการผลิตน้ำประปา. กรุงเทพฯ

ยูนิเวอร์แซล ยูทีลิตี้. 2548. คู่มือกระบวนการผลิตน้ำ. กรุงเทพฯ

ศิวกร สุขลังการ. 2546. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตมวลเบา ชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเถ้าแกลบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2552. การกำจัดกากตะกอนและน้ำเชื้อจุลินทรีย์. แหล่งที่มา:

http://teenet.tei.or.th/DatabaseGIS/sludge_bacteria.html, 22 มีนาคม 2553

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2531. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก. มอก. 58 - 2530

Almir Sales and Francis Rodrigues de Souza. 2009. Concretes and mortars recycled with water treatment sludge and construction and demolition rubble. **Construction and Building Materials**. 23: 2362 - 2370.

American Society for Testing Materials. 1999. **Standard Specification for Concrete Aggregates ASTM C 33 - 99**. The United states of America.

Cheeseman.C.R. and G.S. Virdi. 2005. Properties and microstructure of lightweight aggregate Product from sintered sewage sludge ash. **Resources Conservation and Recycling**. 45: 18 - 30

Chen, L., and D.F. Lin. 2009. Applications of sewage sludge ash and nano - SiO_2 to manufacture tile. **Construction and Building Materials**. 23: 3312 - 3320.

Chiang K.Y., P.H. Chou, C.R. Hua, K.L. Chien and C. Cheeseman. 2009. Lightweight bricks manufactured from water treatment sludge and rice husks. **Journal of Hazardous Materials**. 171: 76 - 82.

Husillos Rodríguez N., S. Martínez Ramírez, M.T. Blanco Varela, M. Guillem, J. Puig, E. Larrotcha, J. Flores. 2010. Re - use of drinking water treatment plant (DWTP) sludge: characterization and technological behavior of cement mortars with atomized Sludge additions. **Cement and Concrete Research**. 40: 778 - 786.

Intergovernmental Panel on Climate Change Reference 2009 **Approach for Estimating CO₂ Emission from Fossil Fuel Combustion**.

Jordan, M.M., M.B.Almendro - Candel, M.Romero and J.Ma.Rincon. 2005. Application of sewage Sludge in the manufacturing of ceramic tile bodies. **Applied Clay Science**. 30: 219 - 224.

Montero. M.A., M.M. Jordán, M.S. Hernández-Crespo and T. Sanfeliu. 2009. The use of Sewage sludge and marble residues in the manufacture of ceramic tile bodies. **Applied Clay Science**. 46: 404-408.

Monteiro, S.N., J.Alexandre, J.I. Margen, R.Sanchez and C.M.F. Vieira. 2008. Incorporation of sludge waste from water treatment plant into red ceramic. **Construction and Building Materials**. 22: 1281-1287.

Tania Basegio, Felipe Berutti, Andréa Bernardes, Carlos Pérez Bergmann. 2002. Environmental and technical aspects of the utilization of tannery sludge as a rawmaterial for clay product. **Journal of the European Ceramic Society** 22: 2251-2259





มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอัญมณีและเครื่องประดับและการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อีฐบล็อกประสาน

1.1 ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะอีฐบล็อกประสานที่มีดินลูกรังและปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลัก

1.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

1.2.1 อีฐบล็อกประสาน หมายถึง อีฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่นๆ เช่น หินฝุ่น ทราบ กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่อง และเคียว อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว

1.2.2 อีฐบล็อกประสาน ชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อีฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้เช่น ก่อเสา ก่อผนัง

1.2.3 อีฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อีฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกันห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร

1.3 ชนิด

อีฐบล็อกประสาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.3.1 ชนิดรับน้ำหนัก

1.3.2 ชนิดไม่รับน้ำหนัก

1.4 คุณลักษณะที่ต้องการ

1.4.1 ลักษณะทั่วไป ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย

1.4.2 มิติ ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร

1.4.3 ความต้านแรงอัด

ก. ชนิดรับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะพาสคัล

ข. ชนิดไม่รับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล

1.4.4 การดูดกลืนน้ำ (เฉพาะชนิดรับน้ำหนัก) ต้องเป็นไปตามตารางผนวกที่ 1

ตารางผนวกที่ 1 การดูดกลืนน้ำ

น้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง (กิโลกรัม)	การดูดกลืนน้ำสูงสุดเฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน ๕ ก้อน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1680 และ น้อยกว่า	288
1681 ถึง 1760	272
1761 ถึง 1840	256
1841 ถึง 1820	240
1821 ถึง 2000	224
มากกว่า 2000	208

1.5 การบรรจุ

หากมีการบรรจุ ให้บรรจุอิฐบล็อกประสานในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอิฐบล็อกประสานได้

1.6 เครื่องหมายและฉลาก

1.6.1 ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุสัญลักษณ์ประกอบประสาน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือ เครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

ก. ชื่อผลิตภัณฑ์

ข. มिति

ค. เดือน ปีที่ทำ

ง. ข้อเสนอแนะในการใช้และการดูแลรักษา

จ. ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

1.7 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

1.7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง สัญลักษณ์ประกอบประสานที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลา เดียวกัน

1.7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนด ต่อไปนี้

ก. การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป มिति การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามมาตรฐาน จึงจะถือว่าสัญลักษณ์ประกอบประสานรุ่นนั้นเป็นไปตาม เกณฑ์ที่กำหนด

ข. การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด ให้ใช้ ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบ จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามมาตรฐาน

จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบการดูดกลืนน้ำ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามมาตรฐาน จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

1.7.3 เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างอิฐบล็อกประสานต้องเป็นไปตามมาตรฐานจึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

1.8 การทดสอบ

1.8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

1.8.2 การทดสอบมิติให้ใช้เครื่องวัดที่เหมาะสม

1.8.3 การทดสอบความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 57 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 58

๒๕๓

เล่ม ๑๐๔ ตอนที่ ๘

ราชกิจจานุเบกษา

๑๔ มกราคม ๒๕๓๑

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๑๒๘๕ (พ.ศ. ๒๕๓๐)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘๒๕๑๖

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๖๓ (พ.ศ. ๒๕๑๖) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ลงวันที่ ๓๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๖ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘-๒๕๓๐ ขึ้นใหม่ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๓๑ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๔ ธันวาคม ๒๕๓๐

ประมวล สภาวสุ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มอก.58-2530

2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

2.1 ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภท ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณสมบัติที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการทดสอบ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

2.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.2.1 คอนกรีตบล็อก (hollow concrete block or hollow concrete masonry unit)

หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆและจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวราบน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

2.2.2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (hollow non – load – bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆนอกจากตัวน้ำหนักเอง

2.2.3 เปลือก (face-shell) หมายถึง ผนังด้านนอกของคอนกรีตบล็อก

2.3 ประเภท

2.3.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

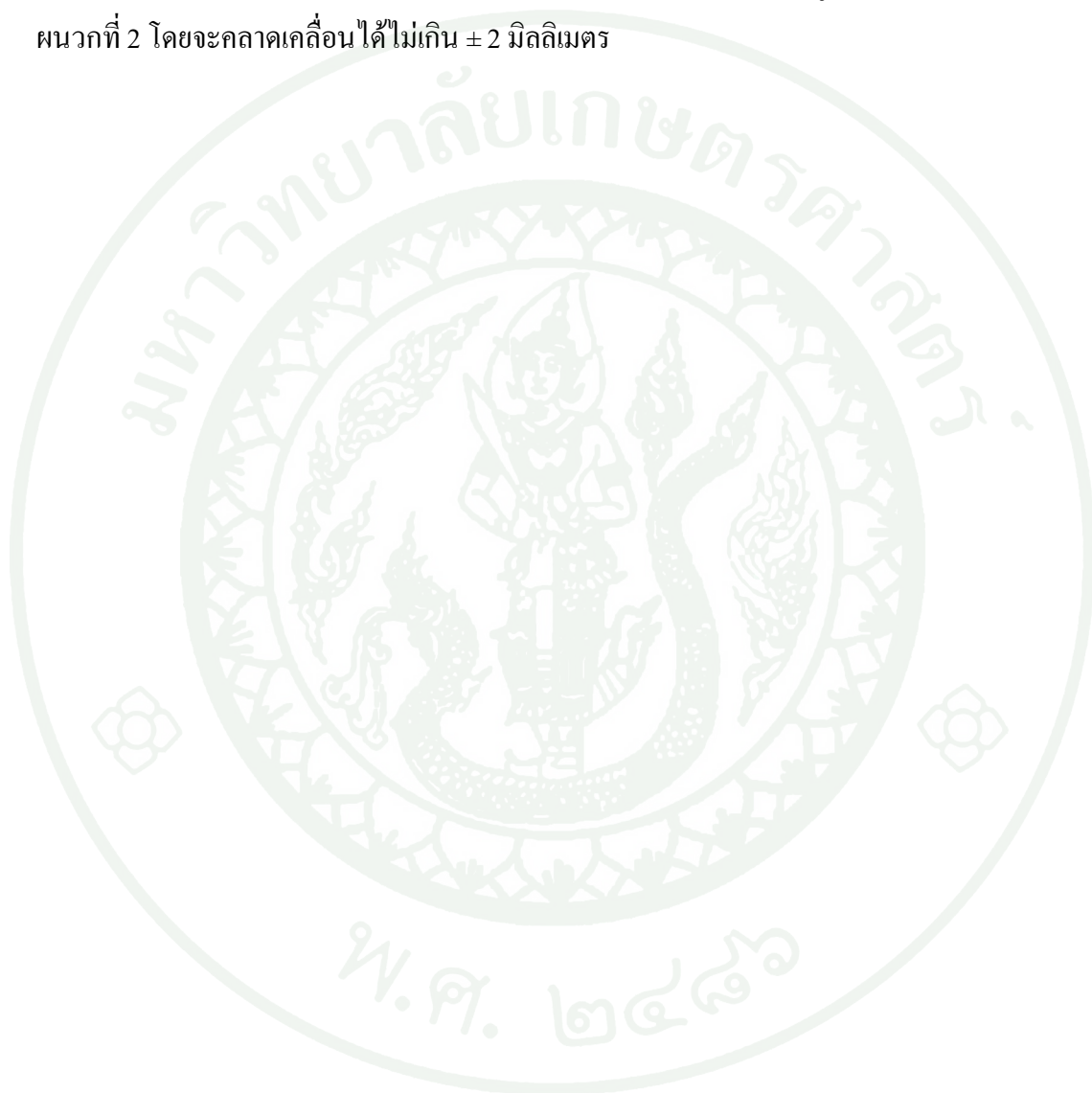
ก. ประเภทควบคุมความชื้น

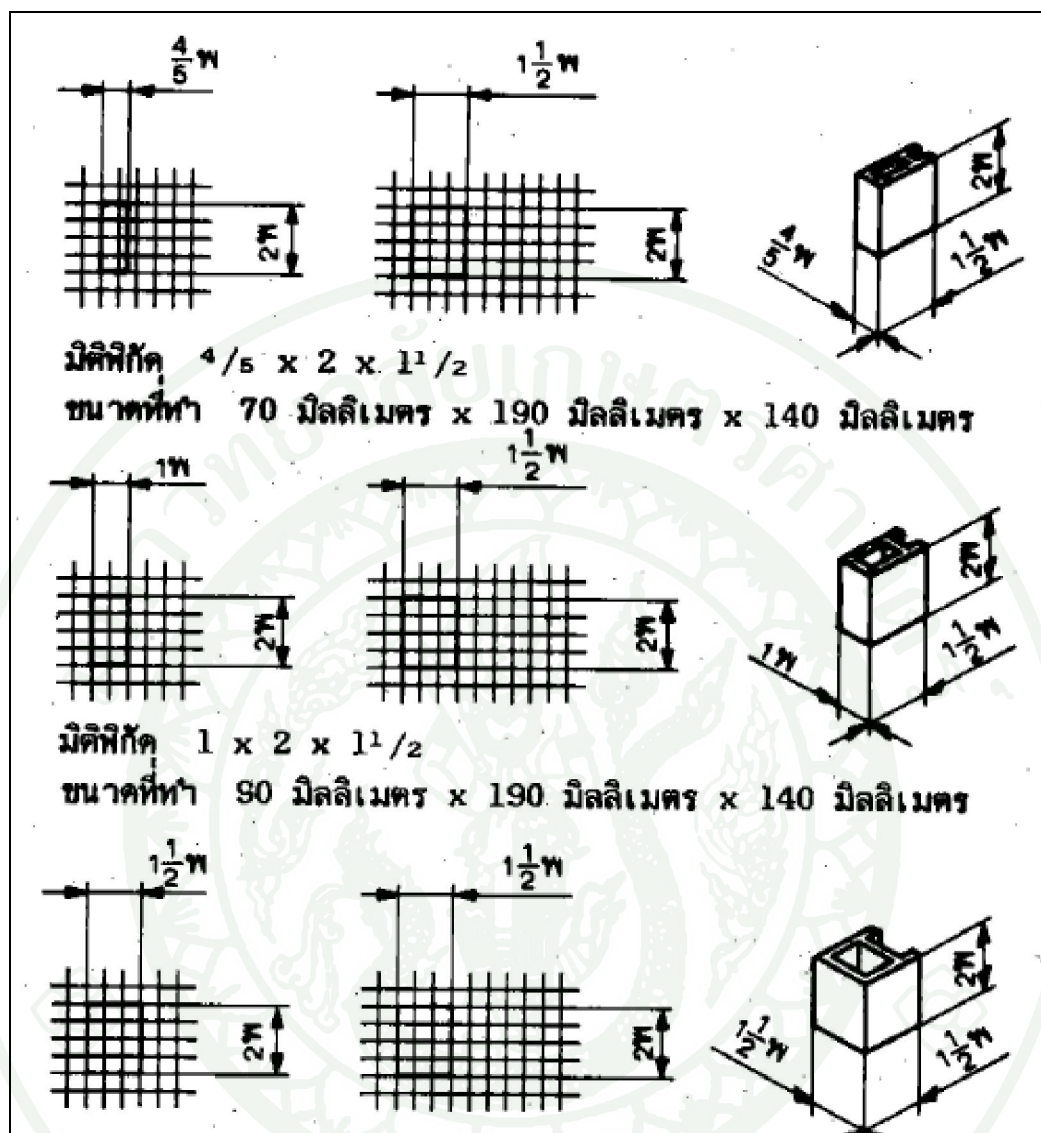
ข. ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

2.4 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

2.4.1 ความหนาของเปลือกต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

2.4.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ให้มีขนาดดังรูปในภาคผนวก และตาราง
ผนวกที่ 2 โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร

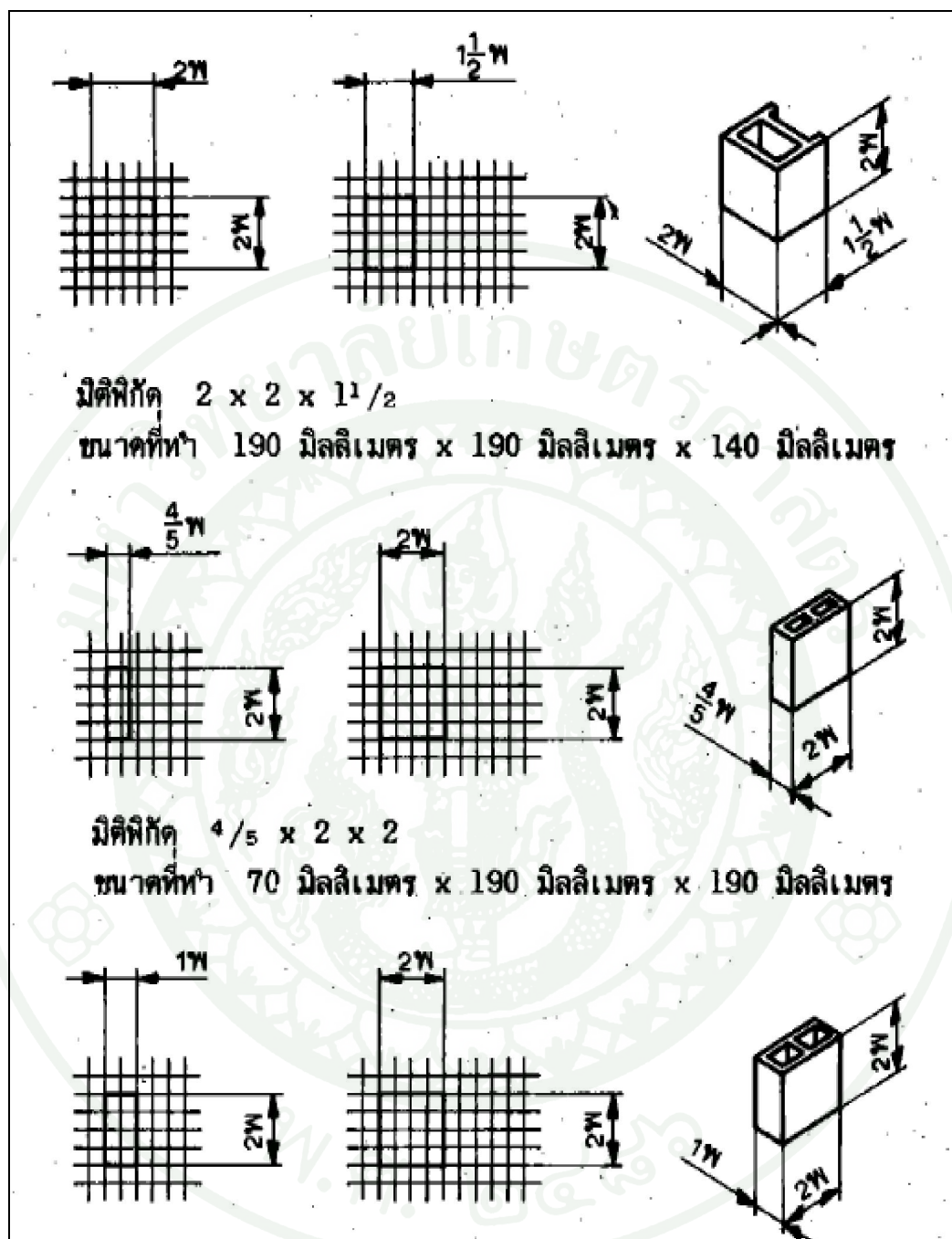




ภาพผนวกที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มิติพิกัด $1\frac{1}{2} \times 2 \times 1\frac{1}{2}$

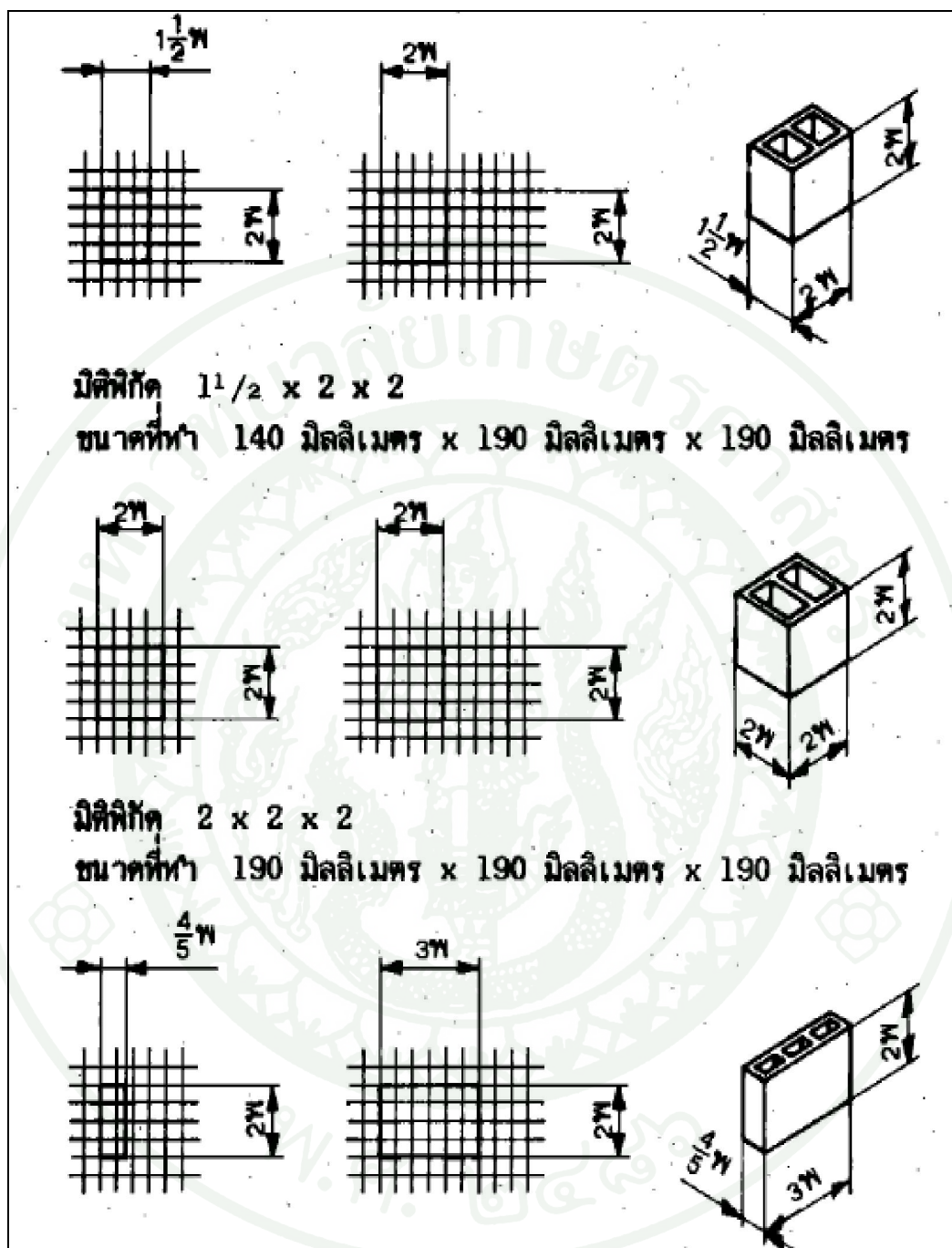
ขนาดที่ทํา 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร



ภาพผนวกที่ 2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มิติพิกัด $1 \times 2 \times 2$

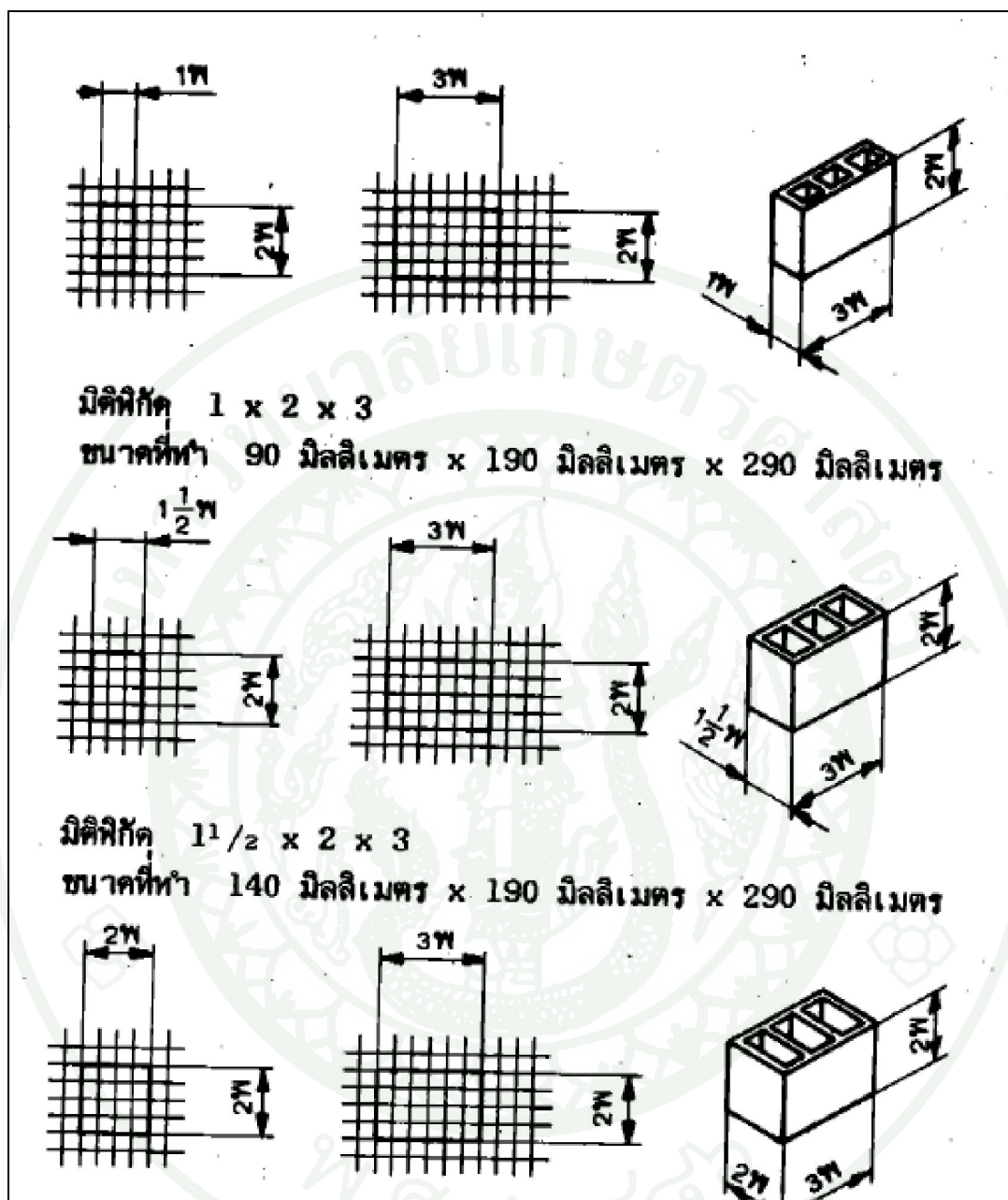
ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร



ภาพผนวกที่ 3 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มิติที่ 4/5 x 2 x 3

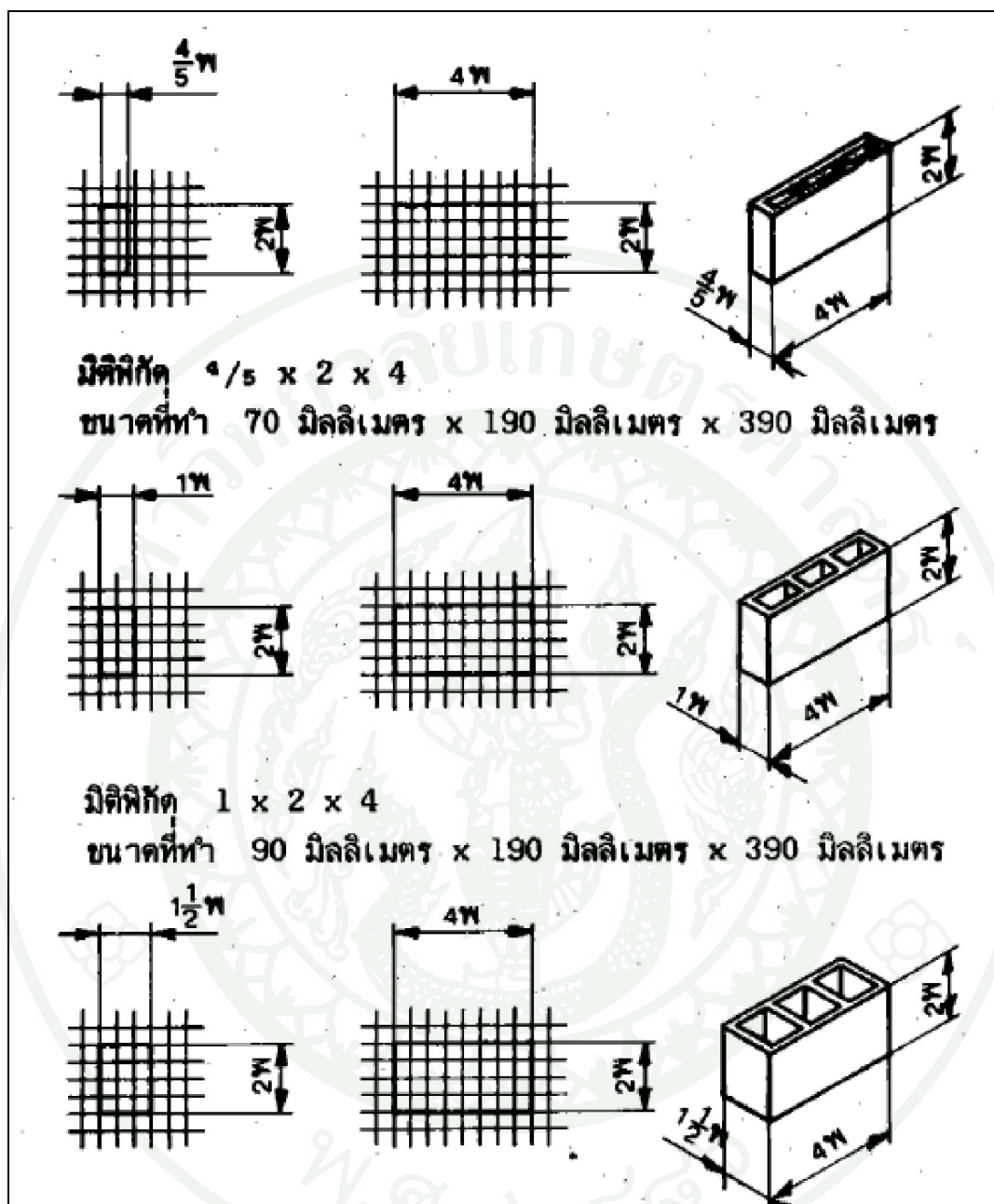
ขนาดที่ 70 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร



ภาพผนวกที่ 4 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มิติพิกัด 2 x 2 x 3

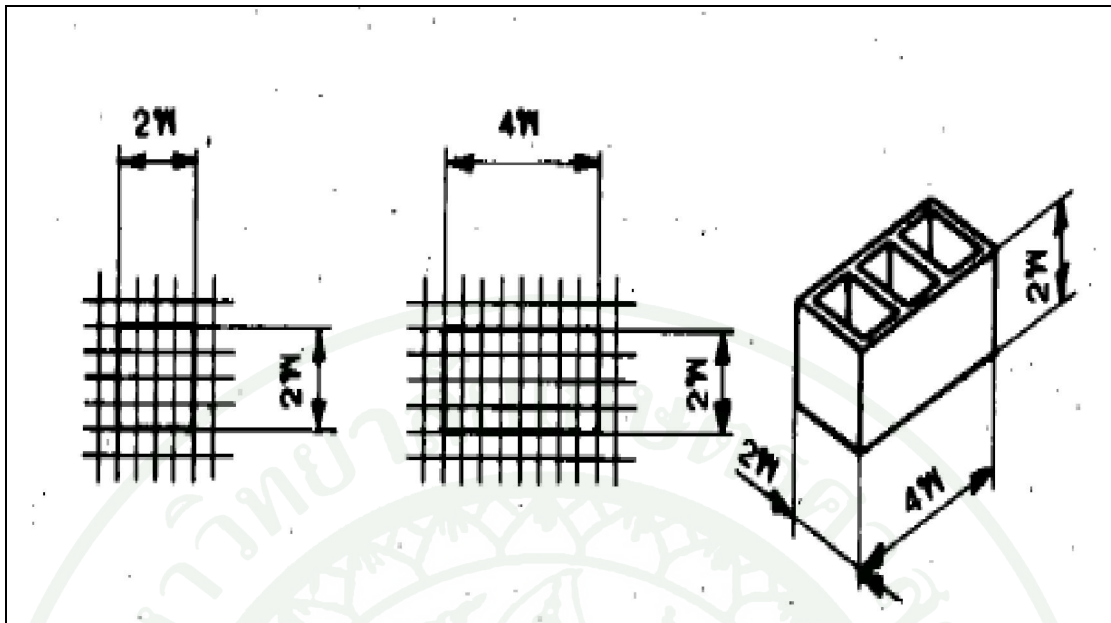
ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร



ภาพผนวกที่ 5 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มิติพิกัด $1\frac{1}{2} \times 2 \times 4$

ขนาดที่ทํา 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร



ภาพผนวกที่ 6 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มิติพิถัด 2 x 2 x 4

ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร

ตารางผนวกที่ 2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มิติพิกัด	ขนาดที่ทำ
หนา x สูง x ยาว	หนา x สูง x ยาว
พ	มิลลิเมตร x มิลลิเมตร x มิลลิเมตร
4 / 5 x 2 x 1 ½	70 x 190 x 140
1 x 2 x 1 ½	90 x 190 x 140
1 ½ x 2 x 1 ½	140 x 190 x 140
2 x 2 x 1 ½	190 x 190 x 140
4 / 5 x 2 x 2	70 x 190 x 190
1 x 2 x 2	90 x 190 x 190
1 ½ x 2 x 2	140 x 190 x 190
2 x 2 x 2	190 x 190 x 190
4 / 5 x 2 x 3	70 x 190 x 290
1 x 2 x 3	90 x 190 x 290
1 ½ x 2 x 3	140 x 190 x 290
2 x 2 x 3	190 x 190 x 290
4 / 5 x 2 x 4	70 x 190 x 390
1 x 2 x 4	90 x 190 x 390
1 ½ x 2 x 4	140 x 190 x 390
2 x 2 x 4	190 x 190 x 390

หมายเหตุ ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบ เพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมาตรฐาน พให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐานเท่ากับ 10 มิลลิเมตร

3. วัสดุ

3.1 ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

3.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1
ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

3.1.2 ปูนซีเมนต์ผสม

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐาน
เลขที่ มอก. 80

ก. มวลผสมคอนกรีต

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต
มาตรฐานเลขที่ มอก. 566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

ข. ส่วนผสมอื่นๆ

ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้
กับคอนกรีต และควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

4.1.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือ
ส่วนเสียอื่นใดเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้
สิ่งก่อสร้างเสถียรหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตความปกติ

หรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการ ไม่ยอมรับ

4.1.2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่ง ให้อย่างดี

4.1.3 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่นๆ ถ้าในการสังเคราะห์หนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการ ไม่ยอมรับ

5. ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อน ต้องเป็นไปตามตารางผนวกที่ 3

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 109

ตารางผนวกที่ 3 ความต้านแรงอัด

ความต้านแรงอัด ต่ำสุด	
เมกะพาสคัล	
(เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน
2.5	2

6. ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง ต้องเป็นไปตามตารางผนวกที่ 4

ตารางผนวกที่ 4 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

การหัดตัวทางยาว ¹⁾ ร้อยละ		ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน) ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ ²⁾		
		น้อยกว่า50	50 - 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45	
มากกว่า0.03 -0.045	30	35	40	
มากกว่า 0.045	25	30	35	

หมายเหตุ 1) ทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหัดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน

2) อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นง่าย ชัดเจน

7.1.1 ประเภท

7.1.2 ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างเพื่อทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิตและต้องใช้เวลาอย่างน้อย 10 วัน เพื่อทดสอบให้เสร็จ

8.3 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.3.1 การชักตัวอย่าง ให้เป็นไปตาม มอก. 109

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่าน อาจตัดบางส่วนออก แล้วเลือกชักตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือเพื่อทดสอบใหม่ ถ้าตัวอย่างใหม่จากชุดที่สองนี้ทดสอบแล้วไม่ผ่านอีก ให้ถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั้งรุ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวณลินี รังแก้ว
วัน เดือน ปี ที่เกิด	25 เมษายน พ.ศ.2530
สถานที่เกิด	สุรินทร์
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 จบการศึกษา วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะทรัพยากรและ สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	นำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ “วิทยาศาสตร์ วิจัย” ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 14-15 มีนาคม 2554 ณ คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-