

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 กระบวนการผลิตน้ำประปา [5]

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พบว่าในประเทศไทยยังไม่มี การนำตะกอนประปาซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากขบวนการผลิตน้ำประปาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างจริงจัง อาจนำไปใช้ด้านงานฝีมือบ้าง เช่น เครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบเซรามิก เป็นต้น แต่ก็ยังเป็นปริมาณที่น้อยมาก หากการนำตะกอนประปาไปใช้ประโยชน์ในการเป็นส่วนผสมสำหรับผลิตวัสดุก่อ เช่น คอนกรีตบล็อกหรืออิฐมอญ ก็น่าเป็นแนวทางที่เป็นไปได้ เนื่องจากวัสดุก่อนั้นไม่ต้องการกำลังอัดมากนัก วิธีการผลิตไม่ยุ่งยาก และต้นทุนในการผลิตต่ำ ซึ่งการใช้ตะกอนประปามาทดแทน ก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อก (หากไม่ต้องมีการขนส่งไกล) และเพิ่มคุณค่าให้แก่ตะกอนประปา ลดภาระของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำประปา ในการหาพื้นที่กำจัดตะกอนประปาอีกด้วย ในการหาส่วนผสมที่มีต้นทุนต่ำที่สุด ทำได้โดยการหาส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์น้อยที่สุด เนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นวัตถุดิบที่มีราคาแพง พร้อมทั้งหาปริมาณของตะกอนประปาสูงสุดที่สามารถเติมเข้าไปในส่วนผสม แต่ยังคงคุณสมบัติด้านต่างๆ ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.58-2533

2.1.1.1 ตะกอนที่ได้จากระบบผลิตน้ำประปา

ในกระบวนการผลิตน้ำประปานั้นทุกๆ วันของการผลิตน้ำจะมีการปล่อยตะกอน (Sludge) ทิ้งออกจากระบบผลิตน้ำประปา ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะมีสภาพเป็นโคลนละเอียด เหลวและลื่นเป็นมัน โดยระหว่างกระบวนการ coagulation และ flocculation นั้น จะมีการเติมสาร coagulant ได้แก่ สารส้ม (alum) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการตกตะกอนของน้ำ และการเติมปูนขาว (lime: CaCO₃) ลงในถังกวนเร็ว (rapid mixing tank) เป็นการปรับสภาพน้ำเพื่อลดความเป็นกรด ป้องกันการกัดกร่อนในท่อประปา สารดังกล่าวที่เติมลงไปนี้มีผลทำให้ตะกอนที่ได้จากระบบผลิตน้ำประปา ประกอบไปด้วยธาตุต่างๆ หลายชนิด ซึ่งบางธาตุก็มีอยู่ในน้ำดิบที่นำมาผลิตอยู่แล้ว หรือบางธาตุก็อาจได้จากการเติมสารเคมีเข้าไปในกระบวนการผลิตดังตารางที่ 2.1 และ 2.2 ซึ่งแสดงชนิดและปริมาณของธาตุองค์ประกอบในรูปอะตอมที่มีอยู่ในตะกอนเหลวของโรงผลิตน้ำประปาบริษัทอุตสาหกรรมบางกะดี จำกัด และโรงผลิตน้ำประปาบางเขน ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 ชนิดและปริมาณของธาตุองค์ประกอบในรูปของอะตอมที่ผสมอยู่ในตะกอนเหลว (ร้อยละโดยน้ำหนัก) (แหล่งข้อมูล: โรงผลิตน้ำประปาบริษัทอุตสาหกรรมบางกะดี จำกัด: 2548)

Oxide	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	LOI
ตะกอน ประปา	45.31	0.65	27.44	5.49	0.48	1.02	1.53	0.22	0.09	0.23	17.63

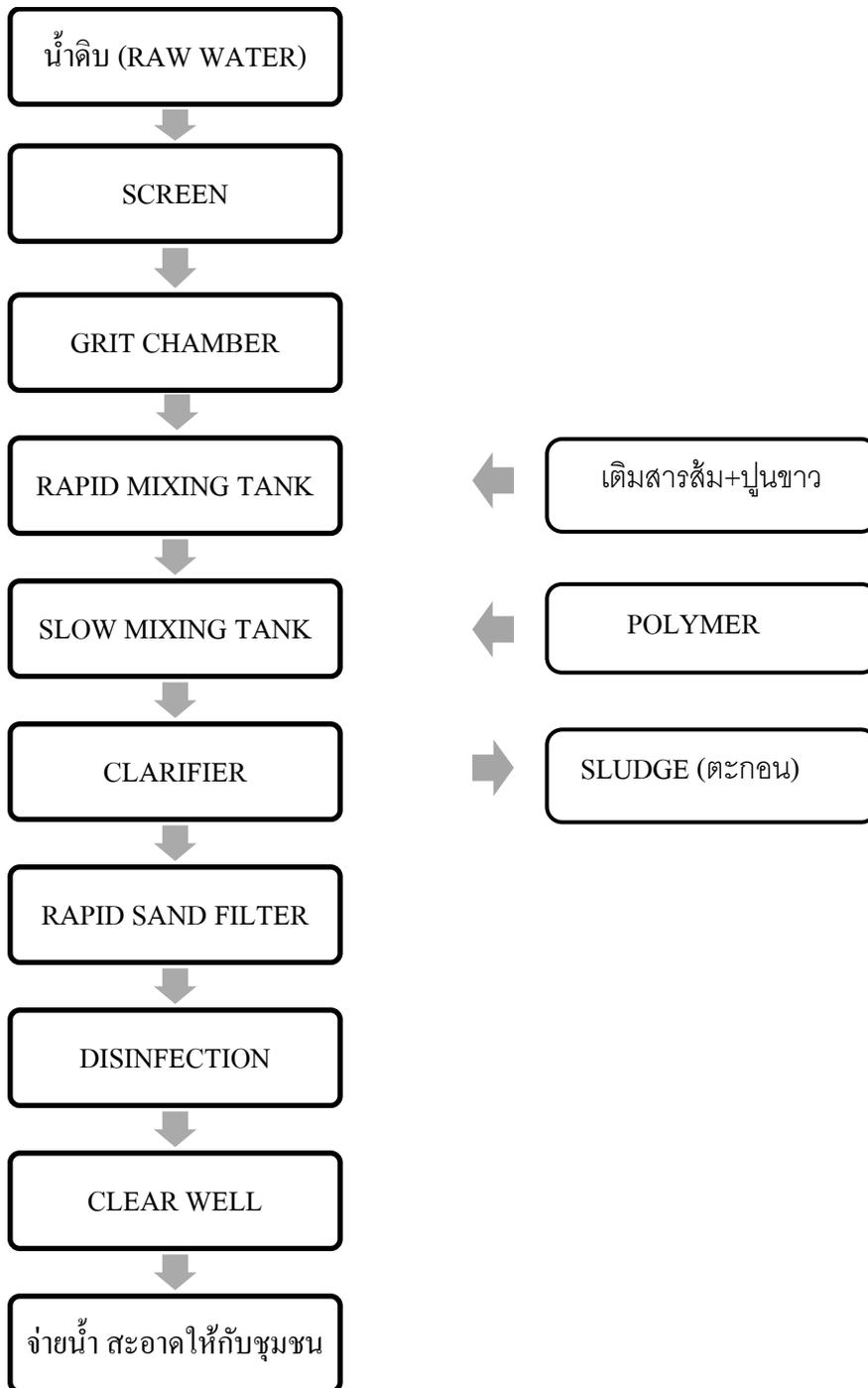
ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของธาตุองค์ประกอบในรูปของอะตอมที่ผสมอยู่ในตะกอนเหลว (ร้อยละ โดยน้ำหนัก) (แหล่งข้อมูล: โรงผลิตน้ำประปาบางเขน ฝ่ายกำจัดตะกอน: 2540)

ธาตุองค์ประกอบในรูปอะตอม	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5	ค่าเฉลี่ย
Si	25.10	26.41	25.71	26.13	26.50	25.97
Al	15.30	14.55	14.82	14.92	15.03	14.92
Fe	5.67	5.67	5.6	5.68	5.53	5.63
K	2.57	1.58	1.99	1.66	1.58	1.88
Na	1.41	1.34	1.34	1.30	0.74	1.23
Mg	0.96	1.03	1.03	1.00	1.06	1.02
Ca	0.64	0.79	0.71	0.68	0.71	0.71
Ti	0.72	0.49	0.59	0.60	0.60	0.59
Zn	0.52	0.03	0.44	0.04	0.03	0.21
Mn	0.14	0.08	0.11	0.13	0.12	0.12
Cu	0.10	0.11	0.08	0.09	0.08	0.09
S	-	0.08	0.08	-	0.06	0.07

2.1.1.2 การผลิตน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำบางเขน

น้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำของการประปานครหลวงมาจากแม่น้ำเจ้าพระยา ขณะที่น้ำดิบถูกส่งผ่านคลองส่งสู่ส่วน clarification จะมีการใส่ปูนขาวเพื่อช่วยในการตกตะกอน จากนั้นน้ำจะถูกปล่อยสู่ถังรูปกรวยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 58 เมตรจำนวน 16 ถัง ซึ่งออกแบบมาเพื่อการตกตะกอนในสัดส่วน 70 มิลลิเมตรต่ออนาที และ 200,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถังเหล่านี้จะแบ่งเป็น 2 เขต คือ เขตถังทำปฏิกิริยากับถังตกตะกอน เขตถังทำปฏิกิริยาจะอยู่ตรงกลางมีการเติมสารโพลีอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte) และสารส้ม เขตที่เหลือเป็นถังตะกอน น้ำที่ได้จากกระบวนการ clarification จะถูกนำมาผ่านเครื่องกรองแบบ rapid sand anthracite สามารถที่จะกรองได้สูงสุดถึง 120,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ผ่านชั้นถ่าน anthracite หนา 80 เซนติเมตร และชั้นทรายคัดขนาด 40 เซนติเมตร น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกเก็บไว้ในถังเก็บน้ำที่เรียกว่า reservoir โรงงานผลิตน้ำประปาบางเขนเป็นโรงผลิตน้ำและจ่ายน้ำหลักของการประปานครหลวงโดยการจ่ายน้ำ และกระจายไปตามสถานีปั๊มน้ำซึ่งเชื่อมต่อกับ reservoir พื้นที่การใช้งานจะแบ่งเป็น 2 ระดับคือ ชั้น basement และชั้น overground ชั้น basement อยู่ลึกลงไปใต้ดิน 3 เมตร ส่วนชั้น overground อยู่สูงจากชั้นไป 9 เมตร มีการติดตั้งส่วนควบคุมปั๊มอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องมือปั๊ม sludge เป็นส่วนของน้ำตะกอนดินที่ตกตะกอนจากกระบวนการ clarification และน้ำที่ใช้

ล้าง filter ซึ่งจะถูกรับน้ำ sludge lagoon จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการตากตะกอน เพื่อให้ตะกอนแห้งพอที่จะขนย้ายต่อไป ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังการผลิตน้ำประปา

2.1.1.3 ขั้นตอนการกำจัดตะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขน

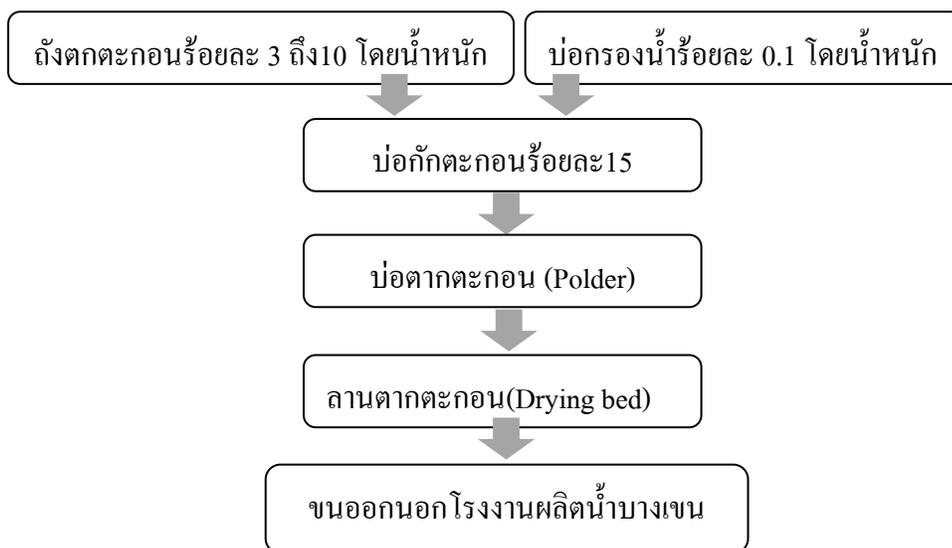
รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการกำจัดตะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) รับน้ำตะกอนความเข้มข้นประมาณร้อยละ 3 ถึง 10 โดยน้ำหนัก จากถังตกตะกอนหมายเลข 1 ถึง 16 เข้าสู่ท่อระบายตะกอน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มิลลิเมตร
- 2) น้ำตะกอนความเข้มข้นประมาณร้อยละ 3 ถึง 10 โดยน้ำหนัก ส่งผ่านท่อระบายตะกอน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1,000 มิลลิเมตร เข้าสู่บ่อกักตะกอนหมายเลข 1 ถึง 4 ทาง inlet valve
- 3) น้ำตะกอนในบ่อกักตะกอนเกิดการตกตะกอนโดยธรรมชาติน้ำใสความขุ่นไม่เกิน 50 (เอ็นทียู) จะลอยตัวอยู่ชั้นบนไหลออกทาง outlet valve ลงคลองระบายน้ำวนกลับ (recycle) ส่วนตะกอนเหลว ความเข้มข้นประมาณร้อยละ 10 ถึง 15 โดยน้ำหนัก จะตกลงสู่ชั้นล่างสะสมจนถึงระดับเต็มบ่อ ความลึกประมาณ 3.5 เมตร ก็จะปิดบ่อเปลี่ยนไปใช้บ่ออื่น (บ่อเต็มใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 2 เดือน)
- 4) ใช้เรือสูบน้ำตะกอนเหลวที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 10 ถึง 15 โดยน้ำหนัก ออกจากบ่อกักตะกอน 1 ถึง 4 ไปยังบ่อดักตะกอน (polder) A หรือ B โดยผ่านทางท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร
- 5) รวบรวมตะกอนเหลวจากบ่อกักตะกอน 1 ถึง 4 มารวมกันในบ่อดักตะกอน A หรือ B
- 6) แยกน้ำออกจากตะกอนเหลวในบ่อดักตะกอน A หรือ B โดยระบายน้ำใสความขุ่นไม่เกิน 50 (เอ็นทียู) ออกจากบ่อดักตะกอนและปล่อยให้ตะกอนตกโดยธรรมชาติหรือใช้เครื่องจักรกลช่วยให้ ตกตะกอนใช้เวลาประมาณ 1 ปี จะได้ตะกอนเหลวที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 25 ถึง 40 โดย น้ำหนัก
- 7) ขนย้ายดินตะกอนเหลวความเข้มข้นร้อยละ 25 ถึง 40 โดยน้ำหนัก จากบ่อดักตะกอน A หรือ B ไปยังลานตกตะกอน D หรือ E โดยใช้เครื่องจักรตักใส่รถบรรทุกหรือใช้สกรูปัมสูบผ่านท่อ
- 8) ตากและพลิกกลับตะกอนเหลวในลานตกตะกอน D หรือ E จนได้ความเข้มข้นตะกอนตั้งแต่ ร้อยละ 45 โดยน้ำหนักขึ้นไปโดยใช้ระยะเวลาในการตกประมาณ 1.5 ถึง 2 เดือน (ขึ้นอยู่กับธรรมชาติ)
- 9) ใช้เครื่องจักรตักดินตะกอนความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 45 โดยน้ำหนัก ขึ้นไปใส่รถบรรทุกขน ย้ายออกจากโรงงานผลิตน้ำบางเขนต่อไป
- 10) รับน้ำตะกอนล้างบ่อกรองจากบ่อกรองน้ำ (filter) 1 ถึง 44 ซึ่งมีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักเข้าสู่ท่อระบายน้ำล้างบ่อกรอง (filter drain) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1,500 เมตร
- 11) ส่งน้ำตะกอนล้างบ่อกรอง ซึ่งมีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักทางท่อระบายน้ำล้างบ่อ กรอง (filter drain) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1,500 มิลลิเมตร เข้าสู่บ่อกักตะกอน 1 ถึง 4 ทาง inlet valve
- 12) น้ำตะกอนในบ่อกักตะกอนเกิดการตกตะกอนโดยธรรมชาติน้ำใสความขุ่นไม่เกิน 50 (เอ็นที ยู) จะลอยตัวอยู่ชั้นบนไหลออกทาง outlet valve ลงคลองระบายน้ำวนกลับ (recycle) ส่วนตะกอน เหลวความเข้มข้นประมาณร้อยละ 10 ถึง 15 โดยน้ำหนักจะตกลงสู่ชั้นล่างสะสมจนถึงระดับเต็มบ่อ ความลึกประมาณ 3.5 เมตร ก็จะปิดบ่อเปลี่ยนไปใช้บ่ออื่น (บ่อเต็มใช้เวลาประมาณ 6 ถึง 8 เดือน)

13) ใช้เรือสูบน้ำตะกอนเหลวที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 10 ถึง 15 โดยน้ำหนักรอกจากบ่อกักตะกอนไปยังบ่อดักตะกอน (polder) A หรือ B โดยผ่านทางท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร

14) น้ำใสที่ไหลออกจาก outlet valve ของบ่อกักตะกอน 1 ถึง 4 ควบคุมความขุ่นไม่เกิน 50 (เอ็นทียู) จะไหลมารวมกันที่คลองระบายน้ำนำกลับ (recycle)

15) น้ำใสจากคลองระบายน้ำนำกลับ (recycle) จะไหลโดย gravity flow เข้าสู่คลองน้ำดิบเพื่อนำไปผลิตเป็นน้ำประปาต่อไปในช่วงนี้ก่อนที่จะเข้าสู่คลองน้ำดิบจะมีตรวจวัดความขุ่นของน้ำโดยมีการกำหนดไว้ว่าจะต้องมีความขุ่นไม่เกิน 50 (เอ็นทียู)



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการกำจัดตะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขน

2.1.1.4 ตะกอนที่ได้จากระบบผลิตน้ำประปา [1]

ในกระบวนการผลิตน้ำประปานั้นทุกๆวันของการผลิตน้ำจะมีการปล่อยตะกอน (sludge) ที่ออกจากกระบวนการผลิตน้ำประปานั้น ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะมีสภาพเป็นโคลนละเอียด เหลวและลื่นเป็นมัน โดยระหว่างกระบวนการ coagulation และ flocculation นั้น จะมีการเติมสาร coagulant ได้แก่ สารส้ม (alum) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการตกตะกอนของน้ำ และการเติมปูนขาว (lime: CaCO_3) ลงในถังกวนเร็ว (rapid mixing tank) เป็นการปรับสภาพน้ำเพื่อลดความเป็นกรด ป้องกันการกัดกร่อนในท่อประปา สารดังกล่าวที่เติมลงไปนี้มีผลทำให้ตะกอนที่ได้จากระบบผลิตน้ำประปา ประกอบไปด้วยธาตุต่างๆ หลายชนิด ซึ่งบางธาตุก็มีอยู่ในน้ำดิบที่นำมาผลิตอยู่แล้ว หรือบางธาตุก็อาจได้จากการเติมสารเคมีเข้าไปในกระบวนการผลิต

2.1.2 ปูนซีเมนต์ [3]

ซีเมนต์ (cement) โดยทั่วไปหมายถึงวัสดุประสานซึ่งสามารถยึดวัตถุชิ้นเล็กๆ เข้าด้วยกันสำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและการก่อสร้าง ซีเมนต์ หมายถึง วัสดุประสานชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นผงละเอียด

โทนสีเทาหรือเทาเข้มตามประเภทของปูนซีเมนต์แต่ละประเภท ปูนซีเมนต์ที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement) ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (hydraulic cement) เมื่อผสมกับน้ำตามสัดส่วนที่เหมาะสมจะสามารถก่อตัวและแข็งตัวในน้ำได้ เกิดจากปฏิกิริยาของน้ำกับส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ที่ทำปฏิกิริยาต่อกัน เรียกว่าปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration) อัตราการก่อตัวและการแข็งตัวตลอดจนปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับความละเอียด และส่วนประกอบของผงปูนซีเมนต์ ส่วนความแข็งแรงทนทานเมื่อแข็งตัวแล้วขึ้นอยู่กับสัดส่วนผสม และการบ่ม

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปัจจุบันปูนซีเมนต์ มีการใช้งานของปูนซีเมนต์ในหลายด้านตามลักษณะของงานนั้น อิทธิพลของสารประกอบทำให้สามารถปรับปรุงคุณสมบัติของปูนซีเมนต์เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานตามลักษณะแต่ละประเภทต่างๆ มาตรฐานการทดสอบวัสดุ ASTM C150 [8] ได้แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (ordinary Portland cement) ประเภทนี้ใช้กันมากในงานคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา ใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป เช่น เสา คาน ฐานราก เป็นต้น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ให้กำลังสูงในระยะเวลาไม่รวดเร็วมากนัก และให้ความร้อนปานกลาง

2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (modified cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนไม่สูงมากนัก ให้กำลังใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เหมาะสำหรับใช้ในการทำคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่เกิดความร้อน และทนทานต่อการกัดกร่อนของสารละลายซัลเฟตได้ปานกลาง

3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว (rapid hardening Portland cement) จะให้กำลังสูงในระยะแรก ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันสูงเพราะมีปริมาณ C_3A สูง ความละเอียดสูงกว่าประเภทที่ 1 เหมาะสำหรับงานที่ต้องใช้งานเร็ว เช่น งานซ่อมแซมหรืองานต้องการถอดแบบเร็ว

4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำ (low heat Portland cement) จะให้ความร้อนต่ำมากเหมาะสำหรับงานคอนกรีตหนา เช่น เขื่อนคอนกรีตหรือตอม่อขนาดใหญ่

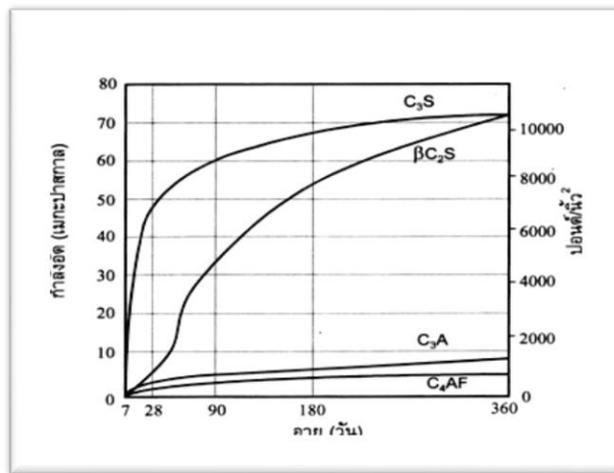
5) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต (sulfate resisting Portland cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ต้านทานซัลเฟตได้สูง มีปริมาณของ C_3A ต่ำมาก จึงมีการทำปฏิกิริยากับซัลเฟตได้น้อยหรือไม่ได้เลย ทำให้การกัดกร่อนเนื่องจากสารละลายซัลเฟตลดลง จึงเหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่ก่อสร้างอยู่ในที่มีเกลือหรือสารละลายซัลเฟต

ตารางที่ 2.1 ได้แสดงถึงคุณสมบัติของสารประกอบหลักในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ส่วนรูปที่ 2.1 แสดงการพัฒนากำลังอัดของ C_3S C_2S C_3A และ C_3AF

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของสารประกอบหลักในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

คุณสมบัติ	สารประกอบ
-----------	-----------

	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
อัตราการทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน	เร็ว (ชม.)	ช้า (วัน)	ทันทีทันใด	เร็วกว่า (นาที)
การพัฒนากำลัง	เร็ว (วัน)	ช้า (สัปดาห์)	เร็วมาก (1 วัน)	เร็วมาก (1 วัน)
กำลังประลัย	สูง	สูง	ต่ำ	ต่ำ
ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน	ปานกลาง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง



รูปที่ 2.1 การพัฒนากำลังอัดของ C₃S C₂S C₃A และ C₄AF

2.1.3 ทราย [4]

ทรายประกอบด้วยอนุภาคที่มีปริมาณทรายมากกว่าร้อยละ 85 โดยอนุภาคของทรายจะเกาะกันอยู่หลวมๆ และมองเป็นเม็ดเดี่ยวๆได้ ในสภาพชื้นจะทำให้เป็นหลวมๆได้ แต่เมื่อสัมผัสจะแตกออกทันที ทรายแบ่งออกได้อีกหลายชั้นตามมาตรฐาน ASTM C33 [9] คือ ทรายหยาบ ทรายปานกลาง ทรายละเอียด และทรายละเอียดมาก

ทรายปนดินร่วน

ประกอบด้วยอนุภาคที่มีปริมาณทรายร้อยละ 70-90 และอนุภาคของทรายแป้ง หรือดินเหนียวระหว่างร้อยละ 15-30 มีลักษณะคล้ายกับทราย แต่เวลาสัมผัสจะรู้สึกสากน้อยกว่า เมื่อนำมากำในฝ่ามือแล้วคลายออกจะยังคงเกาะรวมตัวกันอยู่ได้อย่างหลวมๆ แต่เมื่อสัมผัสจะแตกได้ง่าย ทรายปนดินร่วนยังแบ่งออกได้อีกหลายชั้นคือ ทรายหยาบปนดินร่วน ทรายปนดินร่วน ทรายละเอียดปนดินร่วน และทรายละเอียดมากปนดินร่วน

ดินร่วนปนทราย

ประกอบด้วยอนุภาคที่มีปริมาณดินเหนียวร้อยละ 7-20 อนุภาคของทรายมากกว่าร้อยละ 52 และทรายแป้งมากกว่าร้อยละ 30 จัดเป็นดินที่มีปริมาณทรายอยู่มาก แต่ก็มีอนุภาคของทรายแป้งดิน

เหนียวมากพอที่จะทำให้อนุภาคเกาะตัวกันได้ เมื่อกำแล้วคลายมือออกดินยังคงเกาะตัวเป็นก้อนอยู่ได้ ถ้าเขย่งดินก็จะแตกดินร่วนปนทรายแบ่งออกได้อีกหลายชั้น คือดินร่วนปนทรายหยาบ ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายละเอียด และดินร่วนปนทรายละเอียดมาก

ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้าง

ทรายเป็นวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างได้หลายประเภท เช่น ผสมในคอนกรีตปรับระดับพื้นดิน ปรับพื้นจัดสวน ผสมปู่อและฉาบผนัง ใช้ผสมอิฐบล็อก ใช้ผสมในงานตกแต่ง เช่น หินขัด หินล้าง เป็นต้น ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปจะมีขนาดเม็ดระหว่าง 1/16 ถึง 2 มิลลิเมตร น้ำหนักที่อยู่ในสภาพแห้งจะหนักประมาณ 1,400 – 1,650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และหนัก 1,800 – 2,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเมื่ออยู่ในสภาพเปียก

2.1.4 หินฝุ่น [4]

หินฝุ่นเป็นหินที่ประกอบด้วยแร่แคลไซต์หรือแคลเซียมคาบอเนตเกือบทั้งหมดโดยมากมักมีสีออกเทาแต่สีอื่นๆ ก็มีตั้งแต่ขาวไปจนถึงดำ นักวิทยาศาสตร์จะทดสอบดูว่าหินนั้นๆ จะเป็นหินปูนหรือไม่โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดกำมะถันเจือจางหยดลงไป ถ้าหินนั้นเป็นหินปูนจะปรากฏฟองผุดขึ้นมา อีกวิธีหนึ่งทำโดยตัดหินออกเป็นแผ่นบางๆ ประมาณ 2 มิลลิเมตร ฝนให้บางแล้วนำไปติดบนแผ่นสไลด์ด้วยกาวพิเศษโดยใช้ความร้อนเข้าช่วยแล้วฝนให้บางลงไปจนได้ความบางเหมาะสม จนสามารถส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์สำหรับตรวจแร่ได้ จะสามารถเห็นแร่ต่างๆ ที่ประกอบเป็นหินปูนได้ ในน้ำและน้ำทะเลโดยทั่วไปมีแคลเซียมคาบอเนตผสมอยู่ หินปูนเกิดขึ้นเมื่อแคลเซียมคาบอเนตตกผลึก การตกผลึกมีหลายวิธี แต่ละวิธีทำให้เกิดหินปูนชนิดต่างๆ กันขึ้น ถ้าจะแยกเป็นหมวดหมู่อาจแยกออกได้เป็น 2 หมวดคือ

หมวดที่ 1 ประกอบด้วยหินปูนซึ่งได้เกิดขึ้นโดยไม่มีการช่วยเหลือจากสัตว์หรือต้นไม้เลยหินปูนชนิดนี้เกิดขึ้นเมื่อน้ำมีสารต่างๆ ละลายอยู่ระเหยไป ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นในทะเลตื้นๆ ในทางภูมิประเทศที่ร้อน เมื่ออุณหภูมิที่ผิวภายนอกสูงขึ้นเป็นสาเหตุให้น้ำที่ผิวระเหยไป โคลนสีขาวได้เกาะกันเป็นก้อนที่ใต้ทะเล และโคลนเหล่านี้ค่อยๆ แข็งขึ้นเป็นหินปูนซึ่งมีเม็ดละเอียด ตัวอย่างหินปูนที่ยังไม่แข็งดีคือชอล์กนั่นเอง

หมวดที่ 2 หินปูนหมวดนี้เกิดขึ้นจากการทำงานของสัตว์ทะเลและพืชทะเลชนิดต่างๆ ซึ่งได้ทำการแยกแคลเซียมคาบอเนตออกจากน้ำทะเลกลายเป็นเปลือก และกระดูก หอยโข่ง หอยนางรม และหินปะการังทำให้เกิดสิ่งเหล่านี้ เมื่อสัตว์เหล่านี้ตายลงเปลือกและกระดูกได้แตกเป็นชิ้นเล็กๆ อย่างช้าๆ โดยคลื่นซัดไปมาจนละเอียดเป็นทราย และโคลน หาดทรายหลายแห่งในมหาสมุทรแปซิฟิกประกอบไปด้วยโคลนแข็งและทราย ซึ่งหินปูนในหมวดนี้ส่วนมากเคยเป็นเปลือกหอยและปะการังมาแล้วทั้งนั้น

1) หินย่อยที่ใช้ในงานก่อสร้าง

หินย่อยที่ใช้ในการก่อสร้าง เช่น ผสมคอนกรีต ทำถนน ส่วนมากกระเบื้องเอามาจากภูเขาแล้วมาย่อยด้วยเครื่องย่อยหินมาตรฐานการทดสอบ ASTM C127 [10] รูปที่ 2.2 แสดงโรงย่อยหิน



รูปที่ 2.2 โรงงานย่อยหิน

2) กรรมวิธีในการผลิตหินย่อยแบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 เป็นการทำหินใหญ่จากหน้าผาโดยการเจาะฝังดินระเบิด และระเบิดออกมาให้มีขนาดใหญ่ที่สุดไม่เกิน 38×50 เซนติเมตร เพื่อให้เข้าเครื่องย่อยหินได้ หลังจากนั้นจึงใช้รถตักหินใหญ่นั้นบรรทุกไปเข้าเครื่องย่อยหินต่อไป รูปที่ 2.3 แสดงการเจาะและระเบิดหินจากผา



รูปที่ 2.3 การเจาะและระเบิดหินจากผา

ระยะที่ 2 เป็นการย่อยหินขนาดใหญ่ให้เล็กลง โดยการป้อนหินใหญ่เข้าเครื่องย่อยหินตัวแรกจะออกมาเป็นหินย่อยขนาด 10 เซนติเมตร แล้วส่งไปยังตะแกรงย่อยหินอีกตัวหนึ่งซึ่งประกอบด้วยตะแกรง 3 ชั้น แผ่นตะแกรงขนาด 12.5 – 25 มิลลิเมตร ขนาด 25 มิลลิเมตร และขนาด 18.75 มิลลิเมตร ตามลำดับ เพื่อแยกขนาดของหินย่อย หินที่ย่อยแล้วยังค้างบนแผ่นตะแกรงขนาด 12.5-25 มิลลิเมตร จะส่งมาเข้าเครื่องย่อยหินตัวที่สองเพื่อย่อยให้เล็กลง หินขนาดตั้งแต่ 25-12.5 มิลลิเมตรจะถูกส่งไปยังตะแกรงร่อนหินอีกครั้งหนึ่ง เพื่อร่อนแยกขนาดหินอีกต่อไป

รูปที่ 2.4 แสดงกระบวนการย่อยหิน



รูปที่ 2.4 กระบวนการย่อยหิน

ถ้าต้องการให้หินขนาดเล็กมีปริมาณมาก มีเครื่องย่อยหินตัวที่สามสำหรับย่อยให้เล็กลงไปอีก ขนาดที่ได้มีตั้งแต่ 2.5 มิลลิเมตรลงมา โดยเอาหินที่ผ่านตะแกรงขนาด 25 – 12.5 มิลลิเมตร และค้ำบน ตะแกรงขนาด 25 มิลลิเมตรส่งเข้ามายังเครื่องย่อยหินตัวที่สาม แล้วนำหินที่ออกจากเครื่องย่อยตัวที่สาม ส่งไปยังตะแกรงร่อนหินอีกครั้งหนึ่งเพื่อร่อนแยกขนาดของหิน หินที่ผ่านตะแกรงขนาด 18.75 มิลลิเมตร ของตะแกรงตัวแรกจะถูกส่งไปยังตะแกรงร่อนหินตัวที่สอง ซึ่งประกอบด้วยตะแกรง 3 ชั้นเหมือนกัน มี แผ่นตะแกรงขนาด 12.5 มิลลิเมตร 9.37 มิลลิเมตร และตะแกรงเบอร์ 4 ตามลำดับ

ขนาดต่างๆของหินย่อยจากตะแกรงตัวแรกและตัวที่สองจะตกลงบนสายพานลำเลียงเพื่อออกไป กองไว้บนพื้นคอนกรีต ซึ่งพื้นข้างล่างเป็นอุโมงค์ยาวตลอดทุกกอง และพื้นที่ใต้กองหินย่อยแต่ละกองจะมี ประตูสำหรับเปิดหินลงสายพานลำเลียงขนาดใหญ่ภายในอุโมงค์เพื่อส่งไปเก็บยังถังเก็บหินและรอปปล่อยลง รถบรรทุกนำไปใช้งานต่อไป หินย่อยที่ออกมาและกองไว้ยังเป็นหินย่อยขนาดเดียวกันอยู่ ถ้าต้องการนำ หินย่อยไปใช้งานตามมาตรฐานหรืองานประเภทใดก็สามารถจะเปิดประตูหินใต้กองตามอัตราส่วนผสมลง ในสายพานลำเลียงในอุโมงค์นั้นได้

3) ขนาดหินย่อยที่ย่อยออกมาจำหน่ายเป็นขนาดต่างๆดังต่อไปนี้

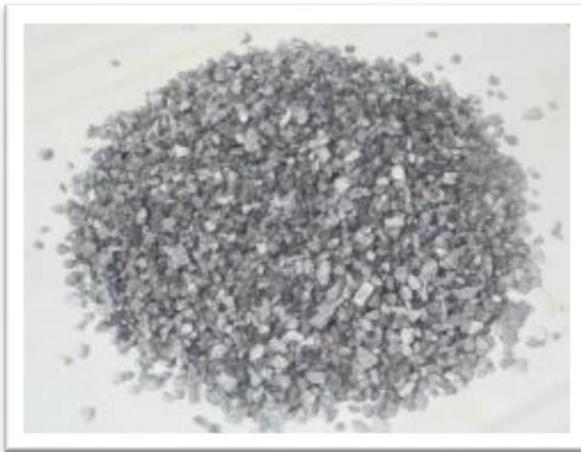
หินย่อยขนาดเดียวใช้ขนาด 1 นิ้ว, 3/4 นิ้ว, 0.5 นิ้ว, 3/8 นิ้ว และตะแกรงเบอร์ 4 รูปที่ 2.5 ได้ แสดงหินย่อยขนาดเดียว

หินรองพื้นทำถนนใช้ขนาด 1 นิ้ว ถึงตะแกรงเบอร์ 200 หรือ 1½ นิ้ว ถึงตะแกรงเบอร์ 200 รูปที่ 2.6 แสดงหินรองพื้น

หินฝุ่นใช้ขนาดตะแกรงเบอร์ 4 ถึง ตะแกรงเบอร์ 200 รูปที่ 2.7 แสดงหินฝุ่น



รูปที่ 2.5 หินย่อยขนาดเดียว



รูปที่ 2.6 หินรองพื้น



รูปที่ 2.7 หินฝุ่น

2.1.5 ขนาดและการดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีต [6]

ขนาดความกว้าง ยาวและสูงของคอนกรีตบล็อกจะต้องมีส่วนผิดพลาดจากรายการที่กำหนดไว้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ซึ่งหาได้จากการวัดได้โดยตรงก่อนการทดสอบ

การดูดซึมน้ำของอิฐ หมายถึงสัดส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในบล็อกคอนกรีตหลังจากนำไปแช่น้ำต่อน้ำหนักบล็อกคอนกรีตบดแห้งนิยมบอกเป็นร้อยละ จึงคูณด้วย 100 เพื่อประโยชน์ของการป้องกันน้ำเนื่องจากฝน และการขยายตัวเมื่อถูกแตก อันจะเป็นเหตุให้เกิดการแตกร้าวขึ้นแก่ผนังบล็อกบล็อกที่ดีจะต้องมีความคงทนถาวรดี มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมเป็นมุมได้ฉากกันตลอดหน้า เรียบไม่บิดไม่แอ่นตามมาตรฐาน ASTM C-129 [11] ปกติให้แช่บล็อกคอนกรีตในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ร้อยละการดูดซึมน้ำสูงสุดต้องไม่เกินร้อยละ 6-8 ซึ่งเขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีต} = \frac{W' - W_s}{W_s} \times 100 \quad (2.1)$$

โดยที่ W' คือน้ำหนักของอิฐหลังจากแช่น้ำ (กิโลกรัม)

W_s คือน้ำหนักอิฐที่แห้งแล้ว (กิโลกรัม)

2.1.6 กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีต [6]

ในงานก่อสร้างทั่วไป บล็อกคอนกรีตถูกนำมาใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม เช่น ผนังภายนอกอาคาร ผนังภายในอาคาร พื้นทางเดินปล่องไฟ รั้ว เป็นต้น เมื่อพิจารณาจากรูปแบบการจัดวางบล็อกคอนกรีตด้านขอบ ส่งผลให้บล็อกคอนกรีตรับน้ำหนักบรรทุกทุกกระทำในลักษณะกำลังอัดและกดโดยตรง บล็อกคอนกรีตที่ดีต้องมีความสามารถรับกำลังอัดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของตัวเองและน้ำหนักบรรทุกประเภทอื่นที่กระทำ โดยไม่เกิดการพังทลายเข้าหากัน ก่อนที่นำบล็อกคอนกรีตมาใช้งานทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมควรมีการทดสอบกำลังอัดประลัยบล็อกคอนกรีต เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความต้านทานกำลังอัดประลัยต่ำสุดของบล็อกคอนกรีต เพื่อให้ได้วัสดุก่อสร้างที่มีคุณภาพ

การทดสอบกำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีต เพื่อพิจารณาความสามารถการรับแรงอัดของแรงที่กระทำในลักษณะกดอัด ผ่านพื้นที่หน้าตัดแห่งทดสอบ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคำนวณหาหน่วยแรงอัดของบล็อกคอนกรีต โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\text{กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีต (C)} = \frac{W}{A} \quad (2.2)$$

โดย C คือกำลังอัดประลัย (เมกะปาสกาล)

W คือค่าแรงอัดประลัยสูงสุด (นิวตัน)

A คือพื้นที่รับโหลดทดสอบด้านบนและด้านล่างโดยเฉลี่ย (ตารางมิลลิเมตร)

2.1.7 การหาขนาดคละของหินฝุ่น [7]

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์คือการหาขนาดคละของหินฝุ่นตามมาตรฐาน เพื่อแยกขนาดคละของหินฝุ่นว่ามีขนาดเม็ดและปริมาณเท่าใด เพื่อที่จะใช้ตะกอนประปาแทนที่หินฝุ่นในลักษณะของปริมาณขนาดเล็กเหมือนกันทุกประการ ตามสัดส่วนผสมที่ได้ออกแบบตามลำดับ ในการหาขนาดเม็ดและปริมาณหาได้จากการนำหินฝุ่นจำนวน 2 กิโลกรัม มาร่อนผ่านตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM C 136 [12] เอา

จำนวนค้ำบนตะแกรงไปหาร้อยละค้ำบนตะแกรง โดยคุณสมบัติดังกล่าวใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ ส่วนผสมบล็อกคอนกรีตแทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยตะกอนประปาแบบขนาดคละเท่ากันกับหินฝุ่นต่อไป

2.1.8 ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

การหาความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของเม็ดดิน ทำได้โดยใช้ขวดหา ถ.พ. (pycnometer) ซึ่งมี 2 ขนาด คือขวดตวงปากเหล็ก (volumetric flask) ขนาด 100-500 ลบ.ซม. ซึ่งเหมาะสำหรับดินที่มีขนาด เม็ดใหญ่ และขวดจุกแก้วขนาด 25-100 ลบ.ซม. สำหรับดินเม็ดละเอียด แต่วิธีการทดลองส่วนใหญ่ เหมือนกัน จึงขอกล่าวเฉพาะการใช้ขวดแบบแรกเท่านั้น

$$\text{จากคํานิยาม} \quad \text{ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (G)} = \frac{Y(\text{ดิน})}{Y_w (\text{ที่ } 4^{\circ}\text{C})} \quad (2.3)$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{W_s/V}{W_w / V(\text{ที่ } 4^{\circ}\text{C})} \quad (2.4)$$

โดย Y คือความหนาแน่นเฉพาะเนื้อดินหรือน้ำ (ไม่รวมช่องว่าง)

W_s คือน้ำหนักเนื้อดิน

W_w คือน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่าเนื้อดินที่อุณหภูมิ 4°C

น้ำหนักเนื้อดินนั้นเราสามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักดินอบแห้ง แต่น้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่าเนื้อดิน ทำได้โดยการนำมวลดินไปแทนที่ในน้ำ แต่จะมีปัญหาที่จะต้องแก้ไขคือ มักจะเกิดฟองอากาศ เล็กๆ ปนกับน้ำผสมดิน และน้ำหนักของน้ำในขวด ถ.พ. ที่ระดับขีดปากขวดจะเปลี่ยนแปลงไปกับ อุณหภูมิ จึงต้องมีเทคนิคการแก้ปัญหาดังกล่าว คือกำจัดฟองอากาศโดยใช้ปั๊มดูดสุญญากาศ (vacuum pump) หรือต้มไล่ฟองอากาศ และในขณะเดียวกันก็ใช้น้ำกลั่นที่ดูดฟองอากาศไว้ล่วงหน้าแล้ว (de-aired) ชั่งน้ำหนักขวดมีน้ำเต็มที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ใกล้เคียงกับการใช้งาน แล้วเขียนเป็นกราฟสำหรับ ปรับแก้ เรียกว่า calibration of volumetric flask

ผลของการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของดิน จึงมักขึ้นอยู่กับความละเอียดพิถีพิถันของผู้ ทดลองเป็นอย่างมาก จึงขอแสดงค่าความถ่วงจำเพาะของดินบางชนิดไว้เป็นแนวทางในการพิจารณาราคา เปรียบเทียบกับผลที่ได้ดังในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

ประเภทของดิน	ค่าความถ่วงจำเพาะ
ดินกรุงเทพฯ	2.60 ถึง 2.72
ดินบางเขน	2.60 ถึง 2.69
ดิน Iowa Loess	2.70
ทราย	2.65 ถึง 2.67
ดินลูกรัง	2.70 ถึง 3.00
ดินปนสารอินทรีย์	อาจต่ำกว่า 2.00

$$\text{จากสมการ } G = \frac{W_s}{W_w} \text{ (ที่ 4 องศาเซลเซียส)} \quad (2.5)$$

$$= \frac{W_s}{[(W_s+W_2)-] \cdot \frac{1}{G_T}} \quad (2.6)$$

$$= \frac{W_s G_T}{W_s+W_2-W_1} \quad (2.7)$$

โดย W_s คือน้ำหนักดินอบแห้ง, กรัม

W_2 คือน้ำหนักขวดมีน้ำเต็มที่อุณหภูมิที่ทดลอง (องศาเซลเซียส)
ซึ่งอ่านได้จากกราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักขวดเติมน้ำกับอุณหภูมิ

W_1 คือน้ำหนักขวดมีน้ำผสมดินที่อุณหภูมิที่ทดลอง (องศาเซลเซียส)

G_T คือค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิที่ทดลอง (องศาเซลเซียส)
อ่านได้จากตารางความถ่วงจำเพาะของดิน

2.1.9 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 58-2533) [2]

2.1.9.1 วัสดุ

1) ปูนซีเมนต์ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์ คุณภาพมาตรฐานเล่มที่ มอก.15 เล่ม 1

ปูนซีเมนต์ผสม ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐาน มอก.80

2) มวลผสมคอนกรีต

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลคอนกรีต

3) ส่วนผสมอื่นๆ

ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีต และควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1.9.2 คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรงปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่เกิดขึ้นในกรรมวิธีการผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อน ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.3 การทดสอบให้ทำตามมาตรฐานอุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่าง และการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.109

2) ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 ความต้านทานกำลังอัดของบล็อกคอนกรีต

ความต้านทานแรงอัดต่ำสุดเมกะปาสกาล (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน
2.5	2.0

ตารางที่ 2.4 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

การหดตัวทางยาว	ความชื้นสูงสุดร้อยละของการดูกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

หมายเหตุ ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบการหดตัวของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้ประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่าย 12 เดือน อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

2.1.9.3 เครื่องหมายและฉลาก

ที่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อนอย่างน้อยต้องมีเลขอักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้อย่างชัดเจน

1) ประเภท

2) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า (ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น)

ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

2.1.9.4 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

1) รุ่นในที่นี้ หมายถึงคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

2) การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องใช้เวลาอย่างน้อย 10 วันเพื่อทดสอบให้เสร็จ

3) การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

4) การชักตัวอย่างให้เป็นไปตาม มอก. 109

5) เกณฑ์ตัดสิน

ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่านอาจคัดบางส่วนออก แล้วเลือกชั่งตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือเพื่อทดสอบใหม่ ถ้าตัวอย่างใหม่จากชุดที่สองนี้ทดสอบแล้วไม่ผ่านอีก ให้ถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั้งรุ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบล็อกคอนกรีตในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับบล็อกคอนกรีตชนิดไม่รับน้ำหนัก โดยเน้นการนำวัสดุของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ หรือปรับปรุงคุณสมบัติบางประการ เช่น ลดหน่วยน้ำหนัก และเพิ่มความสามารถในการต้านทานความร้อน เป็นต้น ที่ผ่านมามีงานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับบล็อกคอนกรีตไม่ได้มุ่งเน้นการลดต้นทุนการผลิตโดยตรง แต่จะเป็นผลทางอ้อมที่ได้จากการนำวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งไม่มีมูลค่ามาใช้ทดแทนวัสดุบางชนิดในส่วนผสม อย่างไรก็ตามพบว่า การนำวัสดุเหลือใช้เหล่านั้นมาผลิตบล็อกคอนกรีตยังมีอุปสรรคสำหรับการนำไปใช้คือ การผลิตจะเหมาะสมสำหรับบริเวณที่อยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบเท่านั้น แต่หากนำไปใช้ในพื้นที่อื่นซึ่งอยู่ไกลออกไป ค่าขนส่งจะเป็นตัวแปรที่ทำให้ไม่สามารถนำวัสดุเหล่านั้นไปใช้ได้อย่างคุ้มค่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบล็อกคอนกรีตสามารถสรุปได้ดังนี้

สนธยา และอัครวิน , 2554 [13] ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางสถิติ เพื่อหาส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก โดยการใช้หลักการทางสถิติในการออกแบบการทดลองจะทำให้จำนวนตัวอย่างลดลง ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดลอง ผลที่ได้จากการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้ทั่วไป งานวิจัยนี้เลือกใช้การหาส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่สามารถผลิตคอนกรีตบล็อกให้มีคุณสมบัติได้ตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 ผลการวิจัยพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมมีทั้งสิ้น 4 ส่วนผสม ความเหมาะสมของแต่ละส่วนผสมขึ้นอยู่กับวัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต โดยส่วนผสมที่ใช้หินเกล็ด สัดส่วนโดยปริมาตรที่แนะนำคือ 1 : 3 : 8 : 4 (ปูนซีเมนต์ : ทรายหยาบ : หินฝุ่น : หินเกล็ด) เมื่อผลิตด้วยเครื่องแบบทำเหยียบ และ 1 : 3 : 13 เมื่อผลิตด้วยเครื่องแบบไฮดรอลิก ส่วนผสมทั้ง 4 มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าส่วนผสมส่วนใหญ่ที่ผู้ประกอบการใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งแสดงว่าการผลิตคอนกรีตบล็อกให้ได้มาตรฐานไม่จำเป็นต้องใช้ต้นทุนในการผลิตสูงกว่าส่วนผสมทั่วไป

ไชยยันต์ และคณะ , 2545 [14] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตบล็อกคอนกรีตมวลเบา โดยการใช้ตะกรันจากอุตสาหกรรมรีไซเคิลเหล็ก เป็นมวลรวมหยาบ เพื่อทดแทนการใช้หิน โดยมีปูนซีเมนต์และถ่านหินเป็นส่วนผสม จากผลการทดลอง พบว่าตะกรันจากการหลอมเหล็กสามารถนำมาใช้เป็นมวลรวมในการผลิตบล็อกคอนกรีตมวลเบาได้ โดยมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1065-1430 กก./ลบ.ม. ปริมาณปูนซีเมนต์ที่มากขึ้นจะมีผลทำให้กำลังอัดของบล็อกคอนกรีตมีค่าเพิ่มขึ้น และราคาต่อตารางเมตรของบล็อกคอนกรีตมวลเบานี้อยู่ในช่วง 52.12-98.75 บาท

สหชัย และ วนิดา, 2545 [15] ได้ทำการศึกษากำลังรับแรงอัดของบล็อกคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ ในสัดส่วนต่างๆ โดยใช้สัดส่วนผสม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และเถ้าแกลบ 1 ส่วน ทราย 3 ส่วน และหิน 5 ส่วน จากผลการทดลองพบว่ากำลังอัดของบล็อกคอนกรีตจะลดลงเมื่อปริมาณเถ้าแกลบเพิ่มขึ้น ส่วนผสมที่ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม คือ สัดส่วน ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 60 เถ้าแกลบ ร้อยละ 40 (คิดเป็นปูนซีเมนต์ ร้อยละ 6.8 โดยน้ำหนัก ต้นทุน 2.41 บาทต่อก้อน)

กิตติพล และคณะ, 2547 [16] ได้ศึกษาการผลิตบล็อกคอนกรีตมวลเบาจากกากอุตสาหกรรม 3 ประเภท ได้แก่ เถ้าลอย กากแคลเซียมคาร์ไบด์ และตะกรันเหล็ก โดยใช้ปูนซีเมนต์น้อยมาก วัสดุประสาน

ทั้ง 3 รวมถึงปูนซีเมนต์ จะถูกนำไปประสานในช่องว่างระหว่างมวลรวมในสัดส่วนร้อยละ 70 ของปริมาตร ช่องว่างทั้งหมด จากการศึกษา พบว่าตัวอย่างที่ใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยต่อกากแคลเซียมคาร์ไบด์ เท่ากับ 10: 65: 25 ให้ค่าหน่วยแรงอัดประลัยเท่ากับ 89 กก./ตร.ซม. ปริมาณปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานที่มากขึ้น จะทำให้กำลังอัดของบล็อกคอนกรีตมวลเบามากขึ้น แต่ปริมาณปูนซีเมนต์เพียงร้อยละ 5 ก็เพียงพอที่ทำให้คอนกรีตมีกำลัง 12 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 3 วัน ราคาต่อตารางเมตรอยู่ในช่วง 24-34 บาท

ชยานนท์ และคณะ, 2547 [17] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตไม่รับน้ำหนักผสม เถ้าลอยกองทิ้ง โดยทำการทดลองส่วนผสมต่างๆ ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้ากองทิ้งที่ผ่านการคัด แยกขนาดให้มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 100 ในปริมาณร้อยละ 20 และ 30 โดยน้ำหนัก จากผลการ ทดลองพบว่า เมื่อผสมเถ้ากองทิ้งมากขึ้นกำลังอัดของบล็อกคอนกรีตลดลง รวมทั้งค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่ม มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ทุกส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (คิดเป็นปูนซีเมนต์ร้อยละ 10.5 กรณีใช้เถ้าลอยร้อยละ 30 เหลือปูนซีเมนต์ร้อยละ 7.37 โดยน้ำหนัก ต้นทุน 2.50 บาทต่อก้อน)

อาทิมา และสุวิมล, 2548 [18] ได้ทำการศึกษาการใช้เถ้าชานอ้อย เป็นวัสดุประสานในการผลิต บล็อกคอนกรีต โดยแทนที่ด้วยเถ้าชานอ้อยในปริมาณต่างๆ กันในช่วงร้อยละ 0 ถึง 40 จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณการแทนที่เพิ่มขึ้นต้องใช้น้ำเพิ่มขึ้น ในการผลิตบล็อกคอนกรีตสามารถแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย เถ้าชานอ้อยถึง ร้อยละ 30 โดยคุณสมบัติที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (คิดเป็นปูนซีเมนต์ ร้อย ละ 10.7 กรณีใช้เถ้าลอยร้อยละ 30 เหลือปูนซีเมนต์ร้อยละ 7.49 โดยน้ำหนัก ต้นทุน 2.57 บาทต่อก้อน) เมื่อพิจารณาอย่างละเอียดจะพบว่างานวิจัยเหล่านี้จะเกี่ยวเนื่องกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า และเป็นการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (reuse) ทั้งสิ้น