

คอนกรีตผสมเสร็จ

บทที่

17



รูปที่ 17-1 คอนกรีตผสมเสร็จเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีของวงการก่อสร้าง

บทคัดย่อ

คอนกรีตผสมเสร็จ คือ ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ที่ผสมกันเบ็ดเสร็จจากโรงงาน ซึ่งตั้งอยู่นอกหรือในหน่วยงานก่อสร้าง รวมถึงการบริการจัดส่งไปยังหน่วยงานก่อสร้างโดยรถผสมคอนกรีต และจะต้องเป็นที่พึงพอใจของทั้งวิศวกรผู้ออกแบบหรือผู้ควบคุมงาน และผู้รับเหมาก่อสร้าง ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จเป็นทั้งการขายผลิตภัณฑ์และการขายบริการ

ปัจจุบันคอนกรีตผสมเสร็จได้เข้ามาทดแทนการใช้คอนกรีตผสมไม่เล็กด้วยเหตุผลที่สำคัญ คือ เวลาและสถานที่ในการก่อสร้างจำกัด, แรงงานหายาก, และวงการก่อสร้างต้องการคอนกรีตที่มีคุณภาพสูงขึ้น

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงได้จัดทำ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตผสมเสร็จ หรือ มอก. 213 ขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 ซึ่งมีขอบเขตกำหนด ประเภทและชั้นคุณภาพ, วัสดุ, การทำ, คุณสมบัติที่ต้องการ, การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน, และการทดสอบคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งผสมมาจากโรงงานหรือโดยรถผสมคอนกรีต และส่งจนถึงสถานที่ก่อสร้าง โดยไม่ครอบคลุมการเทและการบ่มคอนกรีต



17.1 บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันมาช้านาน ในอดีต การใช้คอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างนั้น ผู้รับเหมาจะต้องเริ่มจากการสั่งซื้อหิน ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำยาผสมคอนกรีต จากนั้น จะต้องจัดหาเครื่องผสมและที่มงาน แต่ในปัจจุบันคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งคือ คอนกรีตที่ผสมเสร็จเรียบร้อยจากโรงงาน และลำเลียงใส่รถเพื่อจัดส่งให้หน่วยงานก่อสร้าง ได้เข้ามาทดแทนการใช้คอนกรีตผสมไม่เล็กด้วยเหตุผลที่สำคัญ คือ

1. เวลาและสถานที่ในการก่อสร้างจำกัด
2. แรงงานหายาก
3. วงการก่อสร้างต้องการคอนกรีตที่มีคุณภาพสูงขึ้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิวัฒนาการของคอนกรีตผสมเสร็จตั้งแต่ประวัติความเป็นมา, รูปแบบการเจริญเติบโต, ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต, กระบวนการผลิต, โรงงานและรถผสมคอนกรีต, กระบวนการควบคุมคุณภาพ, คุณลักษณะเด่น, ข้อแนะนำในการใช้, สรุปประโยชน์ที่ได้จากการใช้คอนกรีตผสมเสร็จเมื่อเทียบกับการใช้คอนกรีตผสมไม่เล็ก, และมาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ

17.2 คอนกรีตผสมเสร็จคืออะไร

คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-Mixed Concrete) คือ ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ที่ผสมกันเบ็ดเสร็จจากโรงงาน ซึ่งตั้งอยู่นอกหรือในหน่วยงานก่อสร้าง รวมถึงการบริการจัดส่งไปยังหน่วยงานก่อสร้างโดยรถผสมคอนกรีต ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จเป็นทั้งการขายผลิตภัณฑ์และการขายบริการ

คอนกรีตผสมเสร็จที่ผลิตขึ้นนี้ จะต้องเป็นที่พึงพอใจของทั้ง วิศวกรผู้ออกแบบหรือผู้ควบคุมงาน และผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยมีรายละเอียดดัง *ตารางที่ 17-1*

สิ่งที่ผู้ควบคุมงานต้องการ	สิ่งที่ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องการ
1. คอนกรีตที่มีคุณภาพตามข้อกำหนดทั้งในสภาพคอนกรีตสดและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว	1. การจัดส่งตรงต่อเวลาในอัตราที่เหมาะสมกับสภาพการก
2. คอนกรีตที่ผลิตจากบริษัทที่มีประสบการณ์, มีระบบการจัดส่งที่ดี, และมีความสามารถจัดส่งอย่างต่อเนื่อง	2. มีค่ายุบตัวที่เหมาะสมกับวิธีการ
	3. มีปริมาณถูกต้อง
	4. ราคาคอนกรีตรวมค่าขนส่งต้องเป็นราคาที่เหมาะสม

ตารางที่ 17-1 สิ่งที่ผู้ควบคุมงาน และผู้รับเหมาก่อสร้างต้องการ

จะพบว่า ผู้ควบคุมงานให้ความสนใจในคุณภาพคอนกรีตเป็นส่วนใหญ่ในขณะที่ผู้รับเหมาก่อสร้างให้ความสนใจในเรื่องการบริการและราคาที่เหมาะสม

17.3 ประวัติคอนกรีตผสมเสร็จ

แนวความคิดในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จสำหรับวงการก่อสร้าง ได้เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2415 โดย Deacon วิศวกรชาวอังกฤษ โดยเขาบรรยายว่า “คงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อวงการก่อสร้าง หากมีการจัดส่งคอนกรีตที่ผสมเสร็จเรียบร้อยไปยังหน่วยงานก่อสร้าง” แต่ประเทศสหรัฐอเมริกา เยอรมัน และออสเตรเลีย กลับกลายเป็นผู้ริเริ่มและพัฒนาให้คอนกรีตผสมเสร็จก้าวหน้าและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายมาจนถึงปัจจุบัน สำหรับการพัฒนาการของคอนกรีตผสมเสร็จสามารถสรุปได้ดังนี้

ปี	เหตุการณ์
10 มกราคม พ.ศ. 2446 (ค.ศ. 1903)	• D. J.H. Magens ได้จดลิขสิทธิ์คอนกรีตผสมเสร็จครั้งแรกที่เมืองเบอร์ลิน ประเทศเยอรมัน
พ.ศ. 2446 - 2455 (ค.ศ. 1903 - 1912)	• ไม่มีความคืบหน้าในเรื่องคอนกรีตผสมเสร็จ เพราะวิธีการขนส่งพัฒนาไปไม่ทันทำให้ไม่สามารถนำแนวคิดไปก่อให้เกิดประโยชน์
พ.ศ. 2456 (ค.ศ. 1913)	• เกิดธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จครั้งแรกที่รัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา
พ.ศ. 2467 (ค.ศ. 1924)	• เกิดธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จครั้งแรกในทวีปยุโรป ณ ประเทศเดนมาร์ก ตามด้วยประเทศนอร์เวย์
พ.ศ. 2469 (ค.ศ. 1926)	• ได้ค้นพบวิธีการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จที่เหมาะสม โดยการใส่คอนกรีตลงในรถผสมคอนกรีต (Mobile Mixer) ซึ่งก่อนหน้านี้ได้ใช้รถม้าและรถบรรทุกขนส่งคอนกรีตและหลังจากปี พ.ศ. 2469 เป็นต้นมา รูปแบบของรถผสมคอนกรีตได้ถูกพัฒนามาโดยตลอดจนถึงปัจจุบัน
พ.ศ. 2473 (ค.ศ. 1930)	• เกิดธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จในประเทศอังกฤษ โดยบริษัทของประเทศออสเตรเลียไปตั้งโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จขนาด 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงที่เมือง Bedford ประเทศอังกฤษ และในปัจจุบันบริษัทนี้ได้ขยายกิจการไปทั่วโลกจนกลายเป็นผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จที่ใหญ่ที่สุดในโลก
พ.ศ. 2446-2493 (ค.ศ. 1903-1950)	• ธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จเติบโตเข้ามา เนื่องจากวิศวกร สถาปนิก ไม่ไว้วางใจในสินค้านี้หลังจากได้มีการพัฒนารถผสมคอนกรีตที่มีประสิทธิภาพ และโรงงานที่มีการควบคุมส่วนผสมอย่างถูกต้อง โดยมีอุปกรณ์ควบคุมการชั่งน้ำหนัก จึงทำให้อุตสาหกรรมนี้เริ่มเติบโตขึ้น
ตั้งแต่ พ.ศ. 2503 (ค.ศ. 1960)	• ธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จได้เติบโตอย่างมากในทุกภูมิภาคของโลก โดยผู้ผลิตเครื่องมือและอุปกรณ์ ได้เข้ามาพัฒนาในรูปแบบรถผสมคอนกรีต โรงงาน และอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
พ.ศ. 2506 (ค.ศ. 1963)	• เกิดธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จครั้งแรกในประเทศไทย โดย บริษัทผลิตภัณฑภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด (คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค) เป็นผู้ริเริ่มโดยตั้งโรงงานที่มีกำลังการผลิต 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ณ บางซ่อน กรุงเทพมหานคร หลังจากนั้น ธุรกิจนี้ได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยมีการจัดตั้งบริษัทคอนกรีตผสมเสร็จรายอื่นขึ้นอีกจำนวนมาก



รูปที่ 17-2 ลิขสิทธิ์คอนกรีตผสมเสร็จที่จดไว้ ณ เมืองเบอร์ลิน ประเทศเยอรมัน



รูปที่ 17-3 รถผสมคอนกรีตในยุคแรก ๆ



รูปที่ 17-4 โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จในยุคแรก ๆ



รูปที่ 17-5 โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จแห่งแรกของประเทศไทย



17.4 รูปแบบการเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของคอนกรีตผสมเสร็จนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ระดับของการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม, การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี, และปริมาณการลงทุนในอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ เป็นต้น

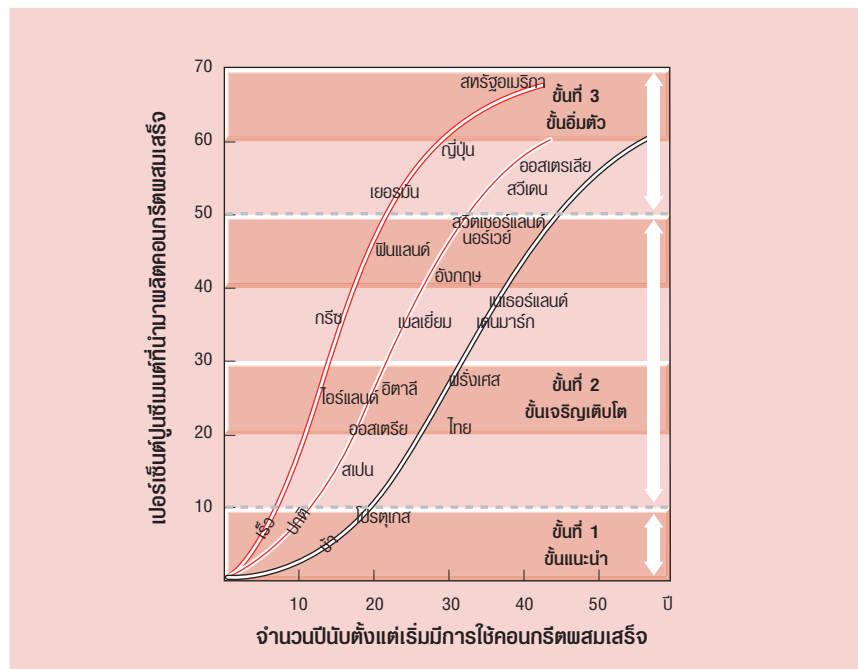
จากการสำรวจการเจริญเติบโตของคอนกรีตผสมเสร็จในส่วนต่าง ๆ ของโลก พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเหมือนกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อื่น ๆ โดยในแต่ละช่วงนั้นยังแบ่งออกเป็นอีก 3 ลักษณะคือ เติบโตแบบเร็ว, แบบปกติ, และแบบช้า

ช่วงที่ 1 คือ ช่วงแนะนำ (Introduction) ในช่วงนี้จะใช้เวลาประมาณ 5 - 10 ปี ก่อนที่คอนกรีตผสมเสร็จจะใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ 10% ของปริมาณปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นใช้ทั้งหมด

ช่วงที่ 2 คือ ช่วงเจริญเติบโต (Growth) ช่วงนี้คอนกรีตผสมเสร็จจะเติบโตอย่างรวดเร็ว และมียอดขายเพิ่มขึ้นมาก

ช่วงที่ 3 คือ ช่วงอิมตัว (Consolidation) ในช่วงนี้คอนกรีตผสมเสร็จจะใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ 50 - 60% ของปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นใช้ทั้งหมด คอนกรีตผสมเสร็จจะใช้เวลาเพื่อมาถึงช่วงนี้แตกต่างกันขึ้นกับรูปแบบการเจริญเติบโต

- ถ้าเติบโตอย่างรวดเร็ว ใช้เวลา 15 - 20 ปี
- ถ้าเติบโตอย่างปกติ ใช้เวลา 30 - 45 ปี
- ถ้าเติบโตอย่างช้า ๆ ใช้เวลา 40 - 60 ปี



รูปที่ 17-6 รูปแบบการเจริญเติบโตของคอนกรีตผสมเสร็จ

จากที่กล่าวมานี้เป็นที่ยากที่จะตอบคำถามว่า ทำไมคอนกรีตผสมเสร็จในประเทศหนึ่งถึงพัฒนาไปได้ช้าหรือเร็วกว่าอีกประเทศหนึ่ง แต่มีข้อเสนอแนะที่เป็นแนวทางในการที่จะพิจารณาซึ่งอยู่ในหัวข้อถัดไป

17.5 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตแบ่งเป็น 4 ประการใหญ่ ๆ ได้แก่ เทคโนโลยี, การก่อสร้าง, การผลิต, และการลงทุนและการตลาด ดังแสดงใน ตารางที่ 17-2

ปัจจัย	ผลต่ออุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ
1. เทคโนโลยี <ul style="list-style-type: none"> มาตรฐานคอนกรีตที่ดี เข้มงวดกับคุณภาพ 	เร่งการเจริญเติบโต เร่งการเจริญเติบโต
2. การก่อสร้าง <ul style="list-style-type: none"> ค่าจ้างของคนงานถูก คนงานที่มีฝีมือหาได้ง่าย การจัดองค์การด้านการก่อสร้างไม่ดี มีการผสมคอนกรีตที่หน่วยงานก่อสร้าง การวิเคราะห์ราคาอย่างละเอียด 	หน่วงการเจริญเติบโต หน่วงการเจริญเติบโต หน่วงการเจริญเติบโต หน่วงการเจริญเติบโต เร่งการเจริญเติบโต
3. การผลิต <ul style="list-style-type: none"> มีประสิทธิภาพด้านการผลิตและการควบคุมคุณภาพ ระบบการขนส่งมีประสิทธิภาพ มีข้อจำกัดด้านการขนส่ง 	เร่งการเจริญเติบโต เร่งการเจริญเติบโต หน่วงการเจริญเติบโต
4. การลงทุนและการตลาด <ul style="list-style-type: none"> ราคาที่มีการแข่งขัน ลงทุนอย่างมากในด้านรถและเครื่องจักร ลงทุนโดยผู้ผลิตปูนซีเมนต์หรือหินทราย 	เร่งการเจริญเติบโต เร่งการเจริญเติบโต เร่งการเจริญเติบโต

ตารางที่ 17-2 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต

17.6 กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

การผลิตคอนกรีตผสมเสร็จที่ได้มาตรฐานจะเริ่มจากการตรวจสอบคุณสมบัติของส่วนผสมต่าง ๆ อันได้แก่ หิน ทราย ที่ได้เลือกจากแหล่งที่มีคุณภาพดีมีส่วนคละถูกต้องตามมาตรฐานมาจัดกองเก็บไม่ให้ผสมกัน ส่วนปูนซีเมนต์จะถูกบรรจุไว้ในไซโลอย่างมิดชิด และน้ำยาผสมคอนกรีตจะถูกบรรจุในภาชนะเฉพาะอย่างมิดชิดเช่นกัน วัตถุประสงค์ดังกล่าวจะถูกลำเลียงสู่กระบวนการผลิตต่อไป

กระบวนการผลิตเริ่มจาก การลำเลียงหิน ทราย ปูนซีเมนต์ ผ่านเครื่องชั่งให้ได้ น้ำหนักถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ โดยในขั้นตอนนี้จะต้องคำนึงถึงสภาพความชื้นของหินทรายด้วย เพราะหินทรายอาจจะไม่อยู่ในสภาพที่ออกแบบหรือสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (SSD) ซึ่งจะต้องปรับน้ำหนักหินทรายและน้ำให้ถูกต้อง ส่วนน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีตจะผ่านเครื่องวัดปริมาตร แล้วนำเข้ามาผสมกันในเครื่องผสมคอนกรีต ซึ่งจะผสมคอนกรีตตามเวลาที่กำหนดด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติที่ให้ความเที่ยงตรง สม่ำเสมอ และรวดเร็ว คอนกรีตที่ผสมเสร็จเรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงลงสู่รถผสมคอนกรีตเพื่อนำไปส่งยังหน่วยงานก่อสร้าง



รูปที่ 17-7 การกองเก็บวัตถุดิบ ณ โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ



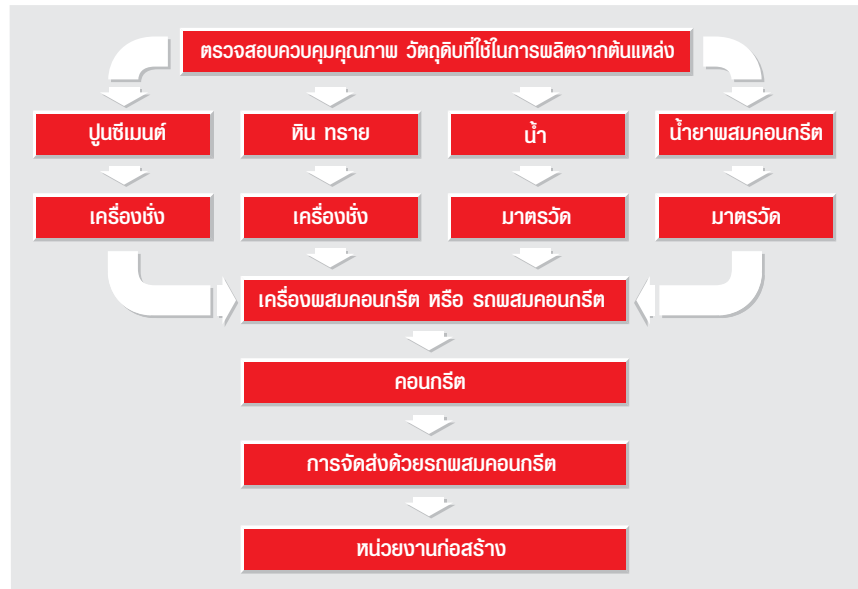
ก) เครื่องชั่ง ปูนซีเมนต์ หิน และทราย



ข) เครื่องตวงน้ำยาผสมคอนกรีต

รูปที่ 17-8 ระบบชั่งตวงในโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ

กระบวนการผลิตนี้ สามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



รูปที่ 17-9 กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

17.7 โรงงานและรถผสมคอนกรีต

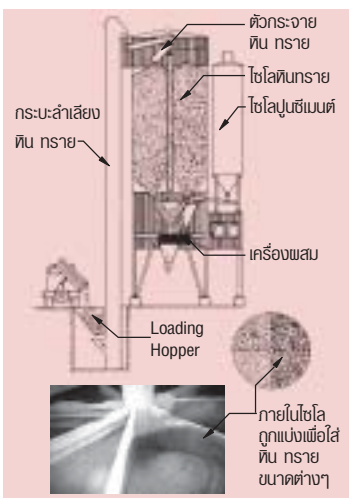
รูปแบบโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จทั่ว ๆ ไป สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1. โรงงานแนวตั้ง (Vertical Production Plant)

วัตถุดิบถูกบรรจุไว้ในไซโล เมื่อต้องการใช้งาน วัตถุดิบเหล่านี้จะถูกปล่อยลงสู่ กระบะซึ่งน้ำหนักด้วยน้ำหนักของตัวเอง จากนั้นจะถูกลำเลียงสู่เครื่องผสม หรือรถผสมคอนกรีต

2. โรงงานแนวนอน (Horizontal Production Plant)

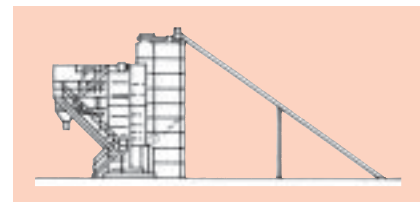
โรงงานลักษณะนี้วัตถุดิบจะถูกเก็บ ลำเลียงมาซึ่งน้ำหนัก และผสมโดยใช้ สายพานหรือสกรู



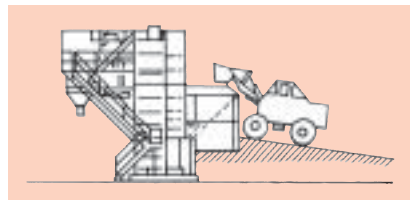
รูปที่ 17-10 โรงงานแนวตั้ง



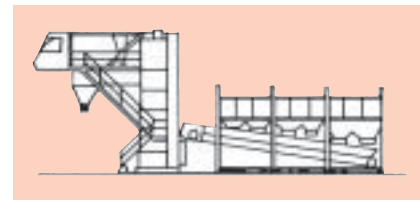
ก) หินทรายอยู่ในลักษณะ Star-Pattern



ข) หินทรายถูกลำเลียงเก็บไว้ในไซโล



ค) หินทรายถูกลำเลียงเก็บไว้ใน Pocket ไซโล



ง) หินทรายถูกลำเลียงเก็บไว้ใน Inline ไซโล

รูปที่ 17-11 โรงงานแนวนอน

รถผสมคอนกรีตโดยทั่วไปมีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. รถกวนคอนกรีต (Truck Agitator) ใช้สำหรับบรรทุกคอนกรีตที่ผสมเสร็จเรียบร้อยแล้วจากโรงงานไปยังหน่วยงานก่อสร้าง ซึ่งไม่หมุนระหว่างการเดินทางด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว
 2. รถผสมคอนกรีต (Truck Mixer) ใช้งานเช่นเดียวกับรถกวนคอนกรีต แต่รถประเภทนี้ภายในจะมีใบผสมซึ่งสามารถใช้ผสมคอนกรีตได้
- ขนาดของรถผสมคอนกรีตที่ใช้ทั่วไปในประเทศไทย จะมีความจุ 3 - 5 ลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 17-12 รถผสมคอนกรีตมีความจุคันละ 5 ลูกบาศก์เมตร

17.8 กระบวนการควบคุมคุณภาพ

เพื่อให้ได้คอนกรีตผสมเสร็จที่ได้มาตรฐานมีคุณภาพสม่ำเสมอเหมาะกับการใช้งาน จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1. การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ

ปูนซีเมนต์ : ทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ

หิน-ทราย : ทำการทดสอบความแข็งแรง, ความอยู่ตัว, ความสะอาด, รูปร่าง, และขนาดคละ

น้ำ : ทดสอบคุณสมบัติทางเคมี, คุณสมบัติที่มีผลต่อการแข็งตัว, และกำลังอัดของคอนกรีต

น้ำยาผสมคอนกรีต : ทดสอบความสม่ำเสมอ โดยพิจารณาค่าความถ่วงจำเพาะ

2. การควบคุมคุณภาพคอนกรีตสด

เมื่อรถผสมคอนกรีตถึงหน่วยงานก่อสร้าง จะต้องสุ่มทำการทดสอบความสามารรถให้ได้ โดยทดสอบค่ายุบตัว เพื่อพิจารณาว่าคอนกรีตมีความเหลวได้ตามข้อกำหนดหรือไม่ ค่ายุบตัวที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างในประเทศไทย มีดังนี้

ประเภทของงานคอนกรีต	ค่ายุบตัว (เซนติเมตร)
งานพื้นสนามบิน	5.0 ± 2.5
งานคอนกรีตทั่วไป	
• พื้น และถนน	7.5 ± 2.5
• เสา คาน พับ และกำแพง	10.0 ± 2.5
งานฐานรากทั่วไป	
งานคอนกรีตบิ่บทั่วไป	10.0 ± 2.5
งานเสาเข็มเจาะขนาดเล็กหรือระบบแท่ง	
งานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่หรือระบบเปียก	
งานเทคอนกรีตใต้น้ำ	
งานฐานรากแพะขนาดใหญ่	มากกว่า 15.0
งานที่มีเหล็กเสริมหนาแน่น	

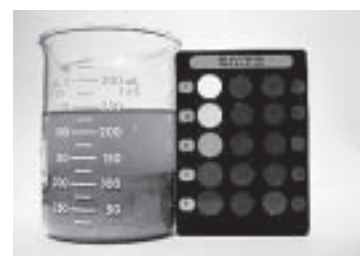
ตารางที่ 17-3 ค่ายุบตัวที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างในประเทศไทย



ก) การทดสอบขนาดคละ



ข) การทดสอบการขัดสี



ค) การทดสอบความสะอาดของทราย

รูปที่ 17-13 การทดสอบหิน-ทราย



ก) การรุ่มทำก้อนตัวอย่าง



ข) การทดสอบกำลังอัด

รูปที่ 17-14 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

3. การควบคุมคุณภาพคอนกรีตเชิงตัวแล้ว

ความแข็งแรงและความคงทนเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับคอนกรีตเชิงตัวแล้ว แต่การวัดความคงทนของคอนกรีตทำได้ยาก ดังนั้นการควบคุมคุณภาพจึงทำเฉพาะการทดสอบความแข็งแรงโดยการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ทำโดยการนำก้อนตัวอย่างคอนกรีต ซึ่งอาจเป็นรูปทรงลูกบาศก์หรือรูปทรงกระบอกที่ได้จากการรุ่มเก็บ ณ หน่วยงานก่อสร้าง นำมาบ่มและทดสอบ เมื่ออายุครบตามที่กำหนด โดยทั่วไปที่อายุคอนกรีต 7 วัน และ 28 วัน เมื่อได้ค่ากำลังอัดคอนกรีตแล้ว จะนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่า Moving Average รวมทั้งนำผลมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Cusum

กำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบคอนกรีตผสมเสร็จ โดยทั่วไปในประเทศไทยมีดังนี้

กำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	
รูปทรงลูกบาศก์ 15 เซนติเมตร	รูปทรงกระบอก Ø 15 x 30 เซนติเมตร
180	140
210	180
240	210
280	240
320	280
350	300
380	320
400	350

ตารางที่ 17-4 ค่ากำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบ

17.9 คุณลักษณะเด่นของคอนกรีตผสมเสร็จ

1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานงานก่อสร้างทั่วไป
2. มีการควบคุมสัดส่วนผสมของคอนกรีตด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก ทำให้ได้ส่วนผสมคอนกรีตที่ถูกต้อง แน่นอน และสม่ำเสมอ
3. โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จได้รับการพัฒนาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อยู่เสมอ และสามารถผลิตคอนกรีตได้ตั้งแต่ 30 - 150 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถช่วยให้งานเทคอนกรีตดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว และลดจำนวนคนงานที่ใช้ในการผสมคอนกรีตและเทคอนกรีตลงอย่างมาก
4. แก้ปัญหางานก่อสร้างที่มีบริเวณก่อสร้างจำกัด ไม่สามารถที่จะกองเก็บหิน ทราย หรือในงานก่อสร้างที่จะต้องเปลี่ยนสถานที่ที่เทคอนกรีตตลอดเวลา เช่น งานถนน งานคลองส่งน้ำ เป็นต้น
5. แก้ปัญหางานก่อสร้างที่ต้องการใช้คอนกรีตปริมาณครั้งละไม่มากนัก หรืองานที่ต้องการใช้คอนกรีตเป็นระยะเวลาห่าง ๆ กัน ซึ่งไม่คุ้มกับการลงทุนซื้อวัสดุผสมมาเก็บไว้ใช้งานเอง



รูปที่ 17-15 คอนกรีตผสมเสร็จ มีการกองเก็บหิน ทราย และปูนซีเมนต์ไว้ที่โรงงาน จึงช่วยแก้ปัญหางานก่อสร้างที่มีบริเวณก่อสร้างจำกัดได้

6. ในงานก่อสร้างที่อัตราการเทคอนกรีตค่อนข้างช้า สามารถแก้ไขได้โดยการเติมน้ำยาผสมคอนกรีตที่มีคุณลักษณะยืดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต
7. โดยปกติคอนกรีตผสมเสร็จจะมีราคาแพงกว่าคอนกรีตผสมเองอยู่บ้างเล็กน้อย แต่ก็สามารถทดแทนด้วยคุณภาพของคอนกรีตที่ดีและสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังช่วยให้ทำงานได้โดยสะดวก และที่สำคัญมากคือ ประหยัดเวลาในการก่อสร้าง
8. เป็นหน้าที่ของผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จที่ต้องรับรองคุณภาพคอนกรีตผสมเสร็จที่จัดส่งให้กับหน่วยงานก่อสร้างภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น กำลังอัดประลัย, และการยุบตัว เป็นต้น

17.10 ข้อแนะนำในการใช้คอนกรีตผสมเสร็จ

1. เพื่อให้รถผสมคอนกรีตเข้าถึงหน่วยงานได้อย่างสะดวก ถนนเข้าหน่วยงานก่อสร้างต้องกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร สายไฟ สายโทรทัศน หรือสิ่งกีดขวางอื่น ๆ ควรอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 4 เมตร
2. หากรถผสมคอนกรีตเข้าถึงบริเวณที่จะเทไม่ได้ ควรจัดกระเบาะขนาดความจุอย่างน้อย 0.5 - 1.0 ลูกบาศก์เมตร ไว้รองรับคอนกรีต
3. เพื่อให้การเทคอนกรีตทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง หน่วยงานควรส่งคอนกรีตในปริมาณที่เหมาะสมกับวิธีการทำงาน ดังค่าแสดงใน ตารางที่ 17-5
4. เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพ ควรใช้คอนกรีตให้หมดภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากรถผสมคอนกรีตถึงหน่วยงาน
5. เพื่อความสะดวกในการจัดส่งคอนกรีต ควรเขียนแผนที่แสดงตำแหน่งหน่วยงานก่อสร้างอย่างละเอียด ส่งให้โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จก่อนเริ่มการใช้งาน

วิธีการเทคอนกรีต	อัตราการเทคอนกรีต (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)
ใช้ลิฟต์	10
ใช้ครน	15
ใช้ปั๊ม	40

ตารางที่ 17-5 วิธีและอัตราการเทที่เหมาะสม

17.11 การเปรียบเทียบคอนกรีตผสมเสร็จกับคอนกรีตผสมไม่เล็ก

เรื่อง	คอนกรีตผสมเสร็จ	คอนกรีตผสมไม่เล็ก
1. สถานที่ตั้งโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จและการกองเก็บวัสดุ	<ul style="list-style-type: none"> โดยทั่วไปโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จจะอยู่นอกสถานที่ก่อสร้าง หน่วยงานที่มีสถานที่ในการก่อสร้างจำกัดจะทำงานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ในกรณีที่ตั้งโรงงานผสมคอนกรีตภายในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง จะจัดสถานที่กองเก็บวัสดุอย่างเป็นสัดส่วน ไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน 	<ul style="list-style-type: none"> ต้องจัดตั้งเครื่องผสมและกองเก็บวัสดุภายในสถานที่ก่อสร้าง ในกรณีที่สถานที่ก่อสร้างจำกัดจะทำให้การทำงานไม่สะดวก ต้องเตรียมเครื่องผสมคอนกรีตและกองเก็บวัสดุเป็นจุดๆ ภายในสถานที่ก่อสร้าง ทำให้ไม่สะดวกในการทำงาน อีกทั้งยังมีวัสดุเหลือใช้เมื่อเสร็จงาน
2. วัสดุที่ใช้ (หิน กรวย ปูนซีเมนต์ และน้ำยาผสมคอนกรีต)	<ul style="list-style-type: none"> ผู้ผลิตเป็นผู้จัดหาวัสดุ ปูนซีเมนต์ หิน กรวย ให้กับผู้ใช้ ผู้ผลิตซื้อหิน กรวย จากแหล่งผลิตโดยตรง ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพให้ตรงมาตรฐานและมีคุณภาพสม่ำเสมอ การกองเก็บหิน กรวย มีการแบ่งออกเป็นช่องๆ ทำให้หิน กรวย ไม่ปะปนกัน หินกรวยมีส่วนคละตามมาตรฐานทำให้คอนกรีตที่ได้มีความแข็งแรงมากกว่า 	<ul style="list-style-type: none"> จะต้องจัดหาวัสดุ ปูนซีเมนต์ หิน กรวย เอง ซื้อหิน กรวย ตามที่จะหาได้ ทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพหิน กรวย ให้ตรงตามมาตรฐานและมีคุณภาพสม่ำเสมอได้ การกองเก็บหิน กรวย เป็นแบบชั่วคราวตามสภาพสถานที่จะอำนวยความสะดวก บางครั้งจะปนกัน และสกปรกได้ง่าย ทำให้หิน กรวย บางส่วนต้องสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์

ตารางที่ 17-6 การเปรียบเทียบคอนกรีตผสมเสร็จกับคอนกรีตผสมไม่เล็ก



เรื่อง	คอนกรีตผสมเสร็จ	คอนกรีตผสมไม่เสร็จ
	<ul style="list-style-type: none"> มีปริมาณหิน, ทราย มากพอที่จะใช้ในการผลิตคอนกรีตจำนวนมาก ปูนซีเมนต์ที่ใช้กับไวโบลไฮลอส ความชื้นเข้าไต่ยาก ทำให้ปูนซีเมนต์ไม่แข็งจับกันเป็นก้อน 	<ul style="list-style-type: none"> มีปริมาณหิน, ทราย น้อยไม่พอที่จะใช้ในการผลิตคอนกรีตจำนวนมาก ปูนซีเมนต์บรรจุไว้เป็นถุงเก็บซ้อนๆ กันไว้ในโรงเก็บหรือถังไวกลางแจ้งและใช้เข้าใบคลุม ทำให้ความชื้นเข้าไต่ง่ายทำให้ปูนซีเมนต์แข็งจับตัวเป็นก้อนได้ง่ายกว่า
3. การผสมคอนกรีต	<ul style="list-style-type: none"> ใช้วิธีผสมโดยการชั่งวัสดุ ทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ นอกจากนั้นยังมีการตรวจสอบความชื้นของหิน ทราย เพื่อปรับปริมาณน้ำ หิน และทราย ทำให้คอนกรีตที่ได้มีส่วนผสมที่ถูกต้อง จะผสมครั้งละ 1.0 - 2.0 ลูกบาศก์เมตร ทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้วิธีผสมโดยการตวงปริมาตรของวัสดุผสม ซึ่งผิดพลาดได้ง่าย และไม่มีการตรวจสอบความชื้นของหิน ทราย ทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพไม่แน่นอน ผสมได้ครั้งละเพียง 0.15 - 0.25 ลูกบาศก์เมตรต่อไม่ หรือน้อยกว่า ทำให้ได้คุณภาพคอนกรีตไม่แน่นอน
4. การเทคอนกรีต	<ul style="list-style-type: none"> สามารถที่จะผลิตและจัดส่งคอนกรีตได้ในอัตราสูงและต่อเนื่องตามความต้องการ ทำให้งานเทคอนกรีตดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว 	<ul style="list-style-type: none"> ไม่สะดวกในการทำงาน เนื่องจากต้องใช้เครื่องผสมหลายเครื่อง ต้องเตรียมวัสดุผสม และแรงงานในการผสมคอนกรีตปริมาณมาก อีกทั้งต้องใช้เวลาในการเทคอนกรีตนานมากด้วย
5. การควบคุมคุณภาพ	<ul style="list-style-type: none"> มีการควบคุมคุณภาพเป็นระบบ ตั้งแต่วัตถุดิบ, การผสม, การขนส่ง และอื่นๆ มีการจัดเก็บตัวอย่างคอนกรีต เพื่อทดสอบ และรับรองกำลังอัดของคอนกรีตให้ มีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคอนกรีต เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพ และปรับปรุงส่วนผสมคอนกรีต 	<ul style="list-style-type: none"> ไม่เป็นระบบหรืออาจไม่มีการควบคุม ส่วนใหญ่ไม่มีอุปกรณ์และเครื่องมือ ไม่มี

ตารางที่ 17-6 (ต่อ) การเปรียบเทียบคอนกรีตผสมเสร็จกับคอนกรีตผสมไม่เสร็จ

17.12 มาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ



รูปที่ 17-16 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตผสมเสร็จ หรือ มอก. 213

เนื่องด้วยในปัจจุบัน มีการใช้คอนกรีตผสมเสร็จในการก่อสร้างโดยทั่วไป ทั้งนี้เพราะคอนกรีตผสมเสร็จที่มีคุณภาพจะมีส่วนผสมและใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพแน่นอน ทั้งยังสะดวกรวดเร็วอย่างมากด้วย ทางสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงได้จัดตั้งคณะกรรมการวิชาการอันประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิจากหน่วยงานของภาครัฐบาลและภาคเอกชน เพื่อพิจารณา มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตผสมเสร็จ หรือ มอก. 213 และได้ประกาศเป็นมาตรฐานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 ซึ่งพอสรุปสาระที่สำคัญจากมาตรฐานได้ดังนี้

● ขอบเขต

มอก. 213 นี้ กำหนดประเภทและชั้นคุณภาพ, วัสดุ, การทำ, คุณสมบัติที่ต้องการ, การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน, และการทดสอบคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งผลมาจากโรงงานหรือโดยรถผสมคอนกรีต และส่งจนถึงสถานที่ก่อสร้าง โดยไม่ครอบคลุมการเทและการบ่มคอนกรีต

● **บทนิยาม**

คอนกรีต หมายถึง คอนกรีตผสมเสร็จที่จ่ายไปยังที่หล่อในสภาพเหลว และพร้อมที่จะใช้งานได้ทันที

มวลรวม หมายถึง วัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ เช่น หินย่อย กรวด หรือทราย

สารผสมเพิ่ม หมายถึง วัสดุที่นอกเหนือไปจากมวลรวม ปูนซีเมนต์ หรือน้ำ ซึ่งเติมลงไปในขณะที่ผสมคอนกรีต เพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคอนกรีตประการใด ประการหนึ่งหรือหลายประการ

รถผสม (Truck Mixer) หมายถึง รถซึ่งสามารถขนส่งและผสมคอนกรีตได้

รถกวน (Truck Agitator) หมายถึง รถซึ่งสามารถขนส่งและกวนคอนกรีตที่ผสมเรียบร้อยแล้ว

● **ชั้นคุณภาพ**

ตาม มอก. 213 กำหนดชั้นคุณภาพคอนกรีตและกำลังอัดไว้ดัง *ตารางที่ 17-7*

ชั้นคุณภาพ	กำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ไม่น้อยกว่า (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	
	รูปทรงลูกบาศก์ 15 เซนติเมตร	รูปทรงกระบอก Ø 15 x 30 เซนติเมตร
C 10/8	100	80
C 12.5/10	125	100
C 15/12	150	120
C 20/15	200	150
C 25/20	250	200
C 30/25	300	250
C 35/30	350	300
C 40/35	400	350
C 45/40	450	400

ตารางที่ 17-7 ชั้นคุณภาพและกำลังอัดของคอนกรีต

● **การผลิต**

1. การเก็บรักษาวัตถุดิบ

ปูนซีเมนต์ : ต้องเก็บรักษาในที่เก็บให้มิดชิด ที่สามารถป้องกันความชื้นได้ และต้องไม่ใช้ปูนซีเมนต์ต่างชนิดปนกัน

มวลรวม : ต้องกองโดยป้องกันไม่ให้เปราะแข็ง และต้องไม่ให้มวลรวมต่างชนิดปนกัน

น้ำ : ต้องบรรจุในภาชนะที่ป้องกันการสูญเสีย และสิ่งแปลกปลอมมาเจือปนได้



2. การหาปริมาณส่วนผสม

วัสดุดิบต่าง ๆ จะถูกชั่งตวงให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดดัง ตารางที่ 17-8

วัสดุผสมคอนกรีต	ปริมาณ	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้
ปูนซีเมนต์	น้อยกว่า 200 กก.	± 2%
	มากกว่าหรือเท่ากับ 200 กก.	± 1%
มวลรวม	น้อยกว่า 500 กก.	± 3%
	มากกว่าหรือเท่ากับ 500 กก.	± 2%
น้ำ	-	± 3%
สารผสมเพิ่ม	-	± 3%
	-	± 3%

ตารางที่ 17-8 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

● เกณฑ์ตัดสิน

คอนกรีตสดถือว่าผ่านมาตรฐานจะต้องมีคุณสมบัติดัง ตารางที่ 17-9

คอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว จะต้องได้กำลังอัดอยู่ในเกณฑ์กำหนด โดยเงื่อนไขการยอมรับให้ตัดสินจากก้อนตัวอย่างทดสอบ 10 ตัวอย่าง ดังนี้

1. ถ้าตัวอย่างทดสอบทั้งหมดเป็นไปตาม ตารางที่ 17-7 ให้ถือว่าคอนกรีตนั้นเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด
2. ถ้าตัวอย่างทดสอบ 1 ตัวอย่าง ไม่เป็นไปตาม ตารางที่ 17-7 แต่สูงกว่า 85% และตัวอย่างทั้งหมดมีค่าการต้านแรงอัดเฉลี่ยถึง 1.1 เท่า ของการต้านแรงอัดที่กำหนด ให้ถือว่าคอนกรีตนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
3. ถ้าตัวอย่างทดสอบ 1 ตัวอย่าง ไม่เป็นไปตาม ตารางที่ 17-7 แต่ต่ำกว่า 85% หรือตัวอย่างทดสอบ 1 ตัวอย่าง ไม่เป็นไปตาม ตารางที่ 17-7 แต่สูงกว่า 85% และตัวอย่างทดสอบทั้งหมดมีค่าการต้านทานแรงอัดเฉลี่ยไม่ถึง 1.1 เท่า ของการต้านแรงอัดที่กำหนด หรือมีตัวอย่างทดสอบไม่เป็นไปตาม ตารางที่ 17-7 ตั้งแต่ 2 ตัวอย่างขึ้นไป ให้ถือว่าคอนกรีตนั้นไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

● การใช้งาน

ขั้นแรกของการใช้งาน คือ ข้อกำหนด (Specification) จะต้องกำหนดให้ใช้คอนกรีตผสมเสร็จตามมาตรฐาน มอก. 213 ในชั้นคุณภาพต่าง ๆ ตามที่ผู้ออกแบบต้องการ ดังนั้นผู้รับเหมาหรือเจ้าของโครงการ จะเลือกผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จที่ได้รับมาตรฐาน มอก. 213 ในชั้นคุณภาพนั้น ๆ เพื่อให้จัดส่งคอนกรีตสำหรับหน่วยงานก่อสร้างนั้นต่อไป โดยผู้ผลิตจะต้องทำการควบคุมคุณภาพทั้งคอนกรีตสดและคอนกรีตแข็งตัวแล้วตามมาตรฐาน

การทดสอบ	2 ตัวอย่างมีค่าต่างกันไม่เกิน
ค่ายุบตัว (Slump)	
ไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร	2.5 เซนติเมตร
เกิน 7.5 เซนติเมตร	4.0 เซนติเมตร
ปริมาณอากาศในคอนกรีต (Air Content)	1.0%
ปริมาณมวลรวมหยาบในคอนกรีต (Coarse Aggregate Content)	6.0%
หน่วยน้ำหนักของมอร์ตาร์ที่ปราศจากอากาศ (Unit Weight of Air-Free Mortar)	1.6%

ตารางที่ 17-9 เกณฑ์ตัดสินคอนกรีตสด



รูปที่ 17-17 คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค เป็นผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จรายแรกที่ได้รับมาตรฐาน มอก. 213

มาตรฐานอ้างอิง

- มอก. 213-2520 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตผสมเสร็จ
- E.I.T.Standard 1014-46 : ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต, คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- ASTM C 94 : 2004 : Standard Specification for Ready-Mixed Concrete

เอกสารอ้างอิง

- 1 ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร์, คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology), คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2537.
- 2 เอกสารวิชาการของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2545.