บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

การผสมซ้ำคอนกรีต คือ การนำคอนกรีตสดที่ถูกผสมทิ้งไว้มาผสมใหม่ เพื่อให้มีความข้นเหลวและความสม่ำเสมอดีขึ้น ความกระด้างและความไม่สม่ำเสมอของคอนกรีตสดที่ถูกผสมทิ้งไว้เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของคอนกรีตซึ่งจะเกิดขึ้นเร็วมากในช่วง 5 นาทีแรกหลังการเติมน้ำในส่วนผสม และปฏิกิริยาจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเข้าใกล้ศูนย์หลังจากชั่วโมงที่ 1 เมื่อคอนกรีตใกล้ถึงจุดก่อตัวขั้นต้น(2-4 ชั่วโมงหลังการผสม) ปฏิกิริยาจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอีก และเริ่มลดลงเมื่อผ่านจุดก่อตัวแล้วเสร็จ(4-8 ชั่วโมงหลังการผสม)ไปแล้ว อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ คือ ปริมารสารประกอบหลักในซีเมนต์(C_3S, C_2S, C_3A และ C_4AF) , อุณหภูมิของอากาศและอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ ในช่วงชั่วโมงที่ 1 - 3 แม้ว่าปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นน้อยมากก็ตาม แต่เนื่องจากความร้อนที่สะสมอยู่ในคอนกรีต และภาวะของสิ่งแวดล้อมทำให้น้ำอิสระระเหยออกจากคอนกรีตอย่างรวดเร็วทำให้การสูญเสียค่ายุบตัวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นคอนกรีตผสมซ้ำจะมีสภาพเหมือนคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลง การเพิ่มความสามารถเทได้ของคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยเช่นนี้จะสามารถทำได้โดยการใช้สารลดน้ำพิเศษ ตามมาตรฐาน ASTM:C494 กลุ่ม F เพื่อเพิ่มความไหลลื่นให้สอดคล้องกับภาวะการทำงานได้ สารลดน้ำพิเศษตามมาตรฐาน ASTM:C494 จะต้องสามารถน้ำได้ไม่น้อยกว่า 12% โดยปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับสารเคมีพื้นฐาน, ความเข้มข้นของสารเคมีในน้ำยา และความสามารถการเทได้ที่ต้องการ ปกติแล้วสารลดน้ำพิเศษมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง

1.1 - 1.2 และใช้ในปริมาณ 0.5 -. 3.0%ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ใช้เติมลงในส่วนผสมของคอนกรีตก่อนนำออกจากโม่ โดยทั่วไปการใช้สารลดน้ำพิเศษจะใช้กับคอนกรีตสดเมื่อผสมครั้งแรกเท่านั้น แต่เพื่อให้รู้ถึงพฤติกรรมของคอนกรีตหลังการผสมทิ้งไว้ระยะหนึ่งแล้วจึงเติมสารลดน้ำพิเศษภายหลัง อันจะเกิดประโยชน์ในบางกรณีของการทำงาน ดังนั้นการวิจัยจึงเป็นการศึกษาผลของการใช้สารลดน้ำพิเศษเพื่อเพิ่มความสามารถเทได้ของคอนกรีตผสมซ้ำ โดยจะครอบคลุมผลกระทบต่อคอนกรีตสด เช่น ความสามารถเทได้และการก่อตัว คอนกรีตแข็งอันเกี่ยวกับกำลังอัดประลัย

1.2 <u>ความเป็นมาของปัญหา</u>

ในงานก่อสร้างโครงสร้างขนาดใหญ่โดยทั่วไปนิยมใช้คอนกรีตผสมเสร็จเพื่อลดปัญหาต่างๆที่หน้างาน, ให้ความสะดวกและประหยัดเวลาในการทำงานโดยผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จจะเป็นผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับคุณภาพของคอนกรีต การผลิตคอนกรีตผสมเสร็จนิยมใช้วิธีผสมจากโรงผสมคอนกรีตแล้วลำเลียงไปหน้างานด้วยรถขนคอนกรีตเป็นโม่ติดกับตัวรถโดยขณะรถวิ่งจะหมุนโม่ด้วยอัตราเร็ว 2-4 รอบต่อนาทีเพื่อกวนส่วนผสมไม่ให้เกิดการแยกตัวและจับกันเป็นก้อน เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพอากาศในเขตร้อน กฎูร้อนอุณหภูมิอากาศอาจสูงถึง 33-39 °C ประกอบกับบางครั้งเกิดปัญหาของการจราจรหรือความล่าช้าที่หน้างานทำให้น้ำในคอนกรีตสดระเหยออกมากเกินไป อีกทั้งปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะค่อยๆเกิดมากขึ้นตามลำดับทำให้เกิดการสูญเสียการยุบตัวของคอนกรีตอย่างรวดเร็วทำให้เทและทำงานได้ยาก ซึ่งตามมาตรฐาน ASTM:C94 ได้กำหนด ค่ายุบตัวที่สูญเสียจะต้องไม่เกิน 2.5 ซม. สำหรับคอนกรีตผสมเสร็จที่มีค่ายุบตัวเริ่มต้นไม่เกิน 7.5 ซม.และ ค่ายุบตัวที่สูญเสียไม่เกิน5 ซม.สำหรับคอนกรีตผสมเสร็จที่มีค่ายุบตัวเริ่มต้นเกิน 7.5 ซม. ดังนั้นการเพิ่มค่ายุบตัวจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นมากโดยมีหลักการที่ต้องไม่ทำให้กำลังรับแรงของคอนกรีตลดลงและตามมาตรฐาน ASTM:C94 ไม่ยอมรับวิธีเพิ่มค่ายุบตัวด้วยการเติมน้ำเพิ่ม

ทั้งนี้เพราะการระเหยของน้ำในคอนกรีตสดไม่ได้เป็นสาเหตุเพียงอย่างเดียวที่ทำให้เกิดการสูญเสียการยุบตัว

สำหรับในงานก่อสร้างขนาดเล็กมักจะทำการผสมคอนกรีตที่หน้างานโดยอาจใช้วิธีผสมด้วยมือหรือใช้เครื่องผสมคอนกรีต คอนกรีตสดที่ผสมเสร็จแล้วจะถูกทิ้งไว้ในกะบะหรือในโม่ผสมเพื่อรอการลำเลียงไปเทลงแบบ แต่บางครั้งคอนกรีตสดถูกทิ้งไว้นานเกินไปทั้งนี้เนื่องจากความล่าช้าที่อาจเกิดจาก การเทเข้าแบบ, การแต่งหน้า, การแก้ไขแบบหล่อคอนกรีต, การจัดเหล็กเสริมให้เรียบร้อย หรือจากสาเหตุอื่นใด ดังนั้นทำให้คอนกรีตสดเหล่านี้เกิดการสูญเสียน้ำและค่ายุบตัว ถ้าเวลานานเกินไปอาจทำให้เกิดการกระด้างและและเริ่มก่อตัว โดยทั่วไปแล้วการกระด้างจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากเมื่อผ่านชั่วโมงแรกไปแล้ว การที่จะนำคอนกรีตสดที่ถูกผสมทิ้งไว้นี้ไปใช้งานต้องผสมคอนกรีตเหล่านี้ซ้ำอีกครั้ง เพื่อปรับสภาพของคอนกรีตสดให้คลุกเคล้ากันดีและมีความสม่ำเสมอ, ความสามารถเทได้ดีขึ้น อย่างไรก็ดีในการควบคุมการก่อสร้างตามมาตรฐานทั่วๆไป มักห้ามนำคอนกรีตสดที่ถูกผสมทิ้งไว้มาทำการผสมซ้ำอีก เพราะเกรงว่า จะทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพด้อยไปทั้งทางด้านความสามารถเทได้ และกำลังรับแรงเมื่อแข็งตัวแล้วซึ่งอาจจะต้องเททิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองวัสดุโดยไม่จำเป็น

จากเหตุผลที่กล่าวแล้วจะเห็นได้ว่าการผสมซ้ำคอนกรีต ควรได้รับการศึกษาเพื่อหาวิธีเพิ่มความสามารถเทได้ของคอนกรีตโดยไม่ทำให้กำลังรับแรงของคอนกรีตลดลง ซึ่งจะทำให้สามารถใช้วัสดุก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 งานวิจัยที่ผ่านมา

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้คอนกรีตสดเกิดการกระด้าง , การก่อตัว

และการแข็งตัว นอกจากนี้ยังจะมีผลต่อกำลังรับแรงของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว มีผู้ศึกษา(9) พบว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ของคอนกรีตขึ้นอยู่กับสารประกอบในซีเมนต์ที่สำคัญคือ C_3S , C_2S , C_3A และ C_4AF ผลการศึกษาจากซีเมนต์ที่มี พท.ผิว 3000 ซม^2 , อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 และอุณหภูมิขณะทดลอง 25 °C พบว่า C_3S และC_3A+C_4AF ทำปฏิกิริยาเร็วมากเมื่อมีการผสมน้ำตามตารางที่ 1.1, ตารางที่ 1.2 และรูปที่ 1.1 ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นสูงสุดที่เวลาประมาณ 0.1-0.5 นาที แล้วลดลง อย่างรวดเร็วจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ที่เวลาประมาณ 1 - 3 ชั่วโมง ซึ่งเรียกว่า "ระยะดอร์เมนท์" หลังจากนั้นจะค่อยๆเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นและสูงสุดที่ประมาณ 10 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะC_2Sจะเริ่มทำปฏิกิริยา หลังจาก 4 ชั่วโมงไปแล้วโดยค่อยๆเพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่ 20 ชั่วโมง (5) การเปลี่ยนอุณหภูมิขณะเกิดปฏิกิริยาในระยะแรก โดยเพิ่มอุณหภูมิจากประมาณ 27° C เป็น 36° C ตามรูปที่ 1.2 จะเห็นว่าปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเมื่ออุณหภูมิ 36° C ที่เวลา 1, 2 และ 3 ชม.มีค่าประมาณ 1, 1.2 และ 1.4 เท่าของ ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่เวลาเดียวกันเมื่ออุณหภูมิ 27° C (10) ได้มีการศึกษาปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของเพสต์ที่เตรียมจากซีเมนต์ประเภท 1, อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 และที่อุณหภูมิ 20-40 °C ตามแสดงในรูปที่ 1.3 พบว่าที่อุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้ปฏิกิริยาได้ดีกว่าในช่วงต้น แต่หลังจาก 7 วันแล้วที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะทำได้ดีกว่าปฏิกิริยาสะสมที่ประมาณ 28 วันมีค่าใกล้เคียงกันและหลังจาก นั้นเพสท์ที่ทำการทดสอบที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะยิ่งทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าไปเรื่อยๆ ดังนั้นความร้อนสะสมในชั่วโมงที่ 1 , 2 และ3 (5,9,10) สำหรับคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 ในสภาพอุณหภูมิอากาศประมาณ 35° C เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของความร้อนสะสมที่ 28 วันมีค่าประมาณ 3, 4 และ 5% ตามลำดับ และจากการศึกษา(11)ปฏิกิริยาของเพสท์ที่เตรียมจากซีเมนต์ประเภท1 มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในช่วง 0.3-0.5 พบว่าถ้าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยลงจะทำให้ปฏิกิริยาหลังจาก 15 นาทีเร็วขึ้นเพราะทำให้เกิดเอททริงไงท์น้อยลงตามรูปที่1.4 ซึ่งสารนี้จะไปเคลือบสารประกอบหลักทำให้เกิดปฏิกิริยาช้าลง นอกจากที่กล่าวมาแล้วความ ละเอียดของซีเมนต์ก็มีผลต่อปฏิกิริยาเช่นกันกล่าวคือซีเมนต์ซีเมนต์ที่มีความละเอียดมากจะทำปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสามารถเทได้ของคอนกรีตสดมีความสำคัญต่อคุณภาพของงานคอนกรีต ปกติจะแสดงด้วยค่ายุบตัวของคอนกรีต คอนกรีตสดที่มีค่ายุบตัวมากจะเทลงแบบได้ง่ายแต่ไม่สามารถทำให้แน่นได้ดีเท่าที่ควร แต่คอนกรีตสดที่มีค่ายุบตัวต่ำเกินไปนอกจากจะทำให้เทลงแบบได้ยากแล้วยังทำให้แน่นได้ยากเช่นกัน (1) คอนกรีตสดเมื่อถูกผสมไว้ค่ายุบตัวจะลดลงเรื่อยๆซึ่งจากการศึกษาพบว่าในสภาพอากาศของประเทศไทย อุณหภูมิขณะทำงานประมาณ 30 °C ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมเสร็จที่ลำเลียงโดยรถขนคอนกรีตมีค่าลดลงเรื่อยๆโดยไม่เป็นที่น่าสังเกตมากนักในช่วง 100 นาทีแรก แต่หลังจากนี้ค่ายุบตัวจะลดลงอย่างรวดเร็วมากจนถึงเวลา 160 นาทีค่ายุบตัวมีค่าน้อยมากจนทำให้การเทลงแบบและการทำให้แน่นได้ด้วยความยากลำบาก (2) การสูญเสียค่ายุบตัวของคอนกรีตที่มีปริมาณซีเมนต์ประเภท1 315 กก./ม.^{3}, อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.56, มวลหยาบขนาดโตสุด 3/4" และมวลหยาบ/มวลละเอียด 1.67 ในสภาพห้องทดลองจะสูญเสียค่ายุบตัวไป 65.6 , 87.5 และ 100% ที่เวลา 1 , 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ

คอนกรีตที่ถูกผสมทิ้งไว้จะมีความสามารถเทได้จะลดลงเนื่องจากผลของปฏิกิริยาไฮเดรชั่นทำให้เกิดความร้อนสะสมและการยึดเหนี่ยวในมวลคอนกรีต ความร้อนสะสมทำให้น้ำในส่วนผสมระเหยออกซึ่งจากการศึกษา (26) พบว่าการระเหยของน้ำนอกจากจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมแล้วยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของคอนกรีตด้วยโดยการระเหยของน้ำในช่วงแรกจะมีอัตราสูงสุดเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำสุดตามรูปที่ 1.5 นอกจากนี้คอนกรีตยังมีสภาพไม่เป็นเนื้อเดียวกันคือ ส่วนที่อยู่ด้านล่างจะมีความกระด้างมากกว่าด้านบนและวัสดุผสมที่มีขนาดใหญ่จะจมลงไปอยู่ด้านล่างเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการผสมซ้ำจึงเป็นแนวทางแก้ปัญหานี้จากการ ศึกษา (1,2,13) พบว่าการผสมซ้ำคอนกรีตถ้าไม่มีการเติมน้ำเพิ่มจะทำให้กำลังอัดประลัยของคอนกรีตมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ถ้ายืดเวลาก่อนการผสมซ้ำให้ยาวขึ้นพบว่าที่เวลาก่อนการผสมซ้ำประมาณ 60-120 นาที จะทำให้ความสามารถเทได้ของคอนกรีตผสมซ้ำมีค่าต่ำเกินไปหรือไม่ สามารถทำงานได้ (2) กำลังอัดประลัยของคอนกรีตผสมซ้ำเพิ่มขึ้น 2, 4.5 และ 12.9% ที่

เวลาก่อนการผสมซ้ำ 1 , 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ แม้ว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตผสมซ้ำจะเพิ่มขึ้นก็ตามแต่ถ้าความสามารถเทได้ต่ำมากเกินไปคอนกรีตนั้นก็ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (8) ได้มีการศึกษาวิธีเพิ่มความสามารถเทได้ของคอนกรีตผสมซ้ำ โดยเติมน้ำเพิ่มในการผสมซ้ำ โดยใช้คอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ประเภท1 250 กก./ม.^{3} ,อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.64 ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 21-27 °C เติมน้ำเพิ่มให้มีการยุบตัวใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่คือมีค่ายุบตัวประมาณ 8-10 ซม. ซึ่งจะต้องเติมน้ำเพิ่มในการผสมซ้ำ 9.4 , 18.8 และ 40.6% ที่เวลาการผสมซ้ำ 1 , 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ และให้กำลังอัดประลัยลดลง 17 , 21 และ 40% ตามลำดับ (2) การเพิ่มความสามารถเทได้อีกวิธีหนึ่งโดยการนำคอนกรีตเก่าที่ผสมทิ้งไว้มาผสมกับคอนกรีตใหม่ที่มีส่วนผสมเหมือนคอนกรีตเก่าจากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนคอนกรีตเก่าต่อคอนกรีตใหม่ 3:1, 1:1 และ 1:3 จะทำให้ยืดเวลาการผสมซ้ำได้เป็น 90,120 และ150 นาทีตามลำดับโดยยังมีความสามารถเทได้ดีอยู่และกำลังอัดประลัยของคอนกรีตผสมซ้ำที่อัตราส่วนและเวลาดังกล่าวเพิ่มขึ้น 25.3 , 5.2 และ2.9% ตามลำดับ

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกำลังอัดประลัยของคอนกรีต (17,18,20) ได้แก่ ปริมาตรมวลรวม, อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และความแน่น ตามรูปที่ 1.6เมื่อปริมาตรมวลรวมเพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังอัดประลัยสูงขึ้น เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลง จะทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดประลัยสูงขึ้น เนื่องจากทำให้อัตรกส่วนเจลต่อช่องว่างตามรูปที่ 1.7 และความแน่นตามรูปที่ 1.8 สูงขึ้น จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความสามารถเทได้ที่ไม่ทำให้กำลังอัดประลัยต่ำลงต้องไม่มีการเติมน้ำเพิ่ม ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีที่สะดวกที่สุดคือการใช้สารเคมีผสมเพิ่ม ในปัจจุบันนี้ได้มีการใช้สารลดน้ำพิเศษเพื่อเพิ่มความสามารถเทได้ให้กับคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ (14,15,16) โดยสารลดน้ำพิเศษนี้มีคุณสมบัติเพิ่มความสามารถเทได้แต่ไม่เพิ่มฟองอากาศและกระจายฟองอากาศที่มีขนาดใหญ่ให้เล็กลงทำให้เนื้อคอนกรีตมีฟองอากาศกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ (14) ได้มีการศึกษาผลของสารลดน้ำพิเศษกลุ่ม F ตามมาตรฐาน ASTM:C494 โดยใช้สารลดน้ำพิเศษ 4ชนิด

ตามสารเคมีพื้นฐานคือ

1.Melamine formaldehyde condensate

2.High-molecular-weight sulfoaryl alkylene

3.Sulfonated polymer

4.Polymerized naphthalene condensate

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5, ปริมาณซีเมนต์ประเภท 1 290 กก./ม.^{3} , มวลหยาบขนาดโตสุด 1/2", ค่ายุบตัวที่ออกแบบ 0 ซม. และใช้สารลดน้ำพิเศษทำให้มีค่ายุบตัวประมาณ 10 ซม. ซึ่งพบว่าสารลดน้ำพิเศษชนิดที่ 1 มีผลหน่วงการก่อตัวทั้งเวลาเริ่มก่อตัวและเวลาก่อตัวเสร็จประมาณ 3% ส่วนสารลดน้ำพิเศษชนิดที่ 2 - 4 มีผลหน่วงการก่อตัวประมาณ 20% เมื่อเทียบกับคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยและค่ายุบตัว(10 ซม.)เท่ากันแต่ไม่ใช้สารลดน้ำพิเศษสำหรับกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ใช้สารลดน้ำพิเศษมีค่าสูงขึ้นประมาณ 5 - 25% ทุกอายุการทดสอบ

1.4 <u>วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย</u>

- ศึกษาผลกระทบของ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม และปริมาณสารลดน้ำพิเศษ ต่อการก่อตัวของคอนกรีตผสมซ้ำ

- ศึกษาผลกระทบของ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม และปริมาณสารลดน้ำพิเศษ ต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีตผสมซ้ำ

- ศึกษาผลกระทบของ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม และปริมาณสารลดน้ำพิเศษ ต่อกำลังอัดประลัยของคอนกรีตของคอนกรีตผสมซ้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ศึกษากำลังอัดประลัยของคอนกรีตผสมซ้ำที่อายุต่างๆคือ 1, 3, 7 และ 28 วันตามลำดับ เปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ไม่มีการผสมซ้ำ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- ในงานวิจัยนี้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และ สารลดน้ำพิเศษ ชนิดที่มีสารเคมีพื้นฐานเป็น ซัลฟอร์เนตโพลิเมอร์ อยู่ในกลุ่ม F ตามมาตรฐาน ASTM:C494
- ตัวแปรในการทดสอบและช่วงของตัวแปร มีดังนี้คือ

ช่วงเวลาในการผสมซ้ำ	ระหว่าง 1 - 3 ชั่วโมง
ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต	ระหว่าง 300-400 กก./$ม^3$
อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	ระหว่าง 0.4-0.6
ปริมาณสารลดน้ำพิเศษ	ระหว่าง 0-6%ของน้ำหนักซีเมนต์
ตามเวลาการผสมซ้ำที่ 1 ชม.	ระหว่าง 0-1%ของน้ำหนักซีเมนต์
การผสมซ้ำที่ 2 ชม.	ระหว่าง 0-4%ของน้ำหนักซีเมนต์
และการผสมซ้ำที่ 3 ชม.	ระหว่าง 0-6%ของน้ำหนักซีเมนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- รู้วิธีนำคอนกรีต ที่ถูกผสมทิ้งไว้นานเกินไปกลับมาใช้ได้ใหม่โดยการผสมซ้ำ และเพิ่มความสามารถเทได้ด้วยการเติมสารลดน้ำพิเศษในการผสมซ้ำ
- รู้เวลาที่สามารถถอดแบบหล่อคอนกรีต และเวลาที่ต้องบ่มคอนกรีต เพื่อความปลอดภัยในการใช้คอนกรีตผสมซ้ำ

ตารางที่ 1.1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของสารประกอบหลักของซีเมนต์ (9)

Time min	Heat power calg $^{-1}$ min $^{-1}$ of hydration			Time h	Heat power calg $^{-1}$ min $^{-1}$ of hydration		
	C_3S	C_2S	C_3A+C_4AF		C_3S	C_2S	C_3A+C_4AF
0.0	0.000	0	0.00	1	0.0061	0.0000	0.0211
0.1	0.365	0	8.83	2	0.0106	0.0000	0.0000
0.2	0.637	0	9.41	3	0.0186	0.0000	0.0000
0.3	0.636	0	9.36	4	0.0289	0.0002	0.0000
0.4	0.618	0	8.55	5	0.0395	0.0004	0.0000
0.5	0.583	0	7.56	6	0.0490	0.0006	0.0000
0.6	0.545	0	6.57	7	0.0656	0.0009	0.0000
0.7	0.502	0	5.87	8	0.0670	0.0013	0.0000
0.8	0.454	0	5.15	9	0.0678	0.0017	0.0000
0.9	0.406	0	4.57	10	0.0679	0.0021	0.0000
1.0	0.361	0	4.21	11	0.0678	0.0026	0.0002
1.5	0.210	0	2.98	12	0.0670	0.0032	0.0009
2.0	0.165	0	2.34	13	0.0649	0.0038	0.0017
2.5	0.140	0	1.91	14	0.0617	0.0044	0.0026
3.0	0.117	0	1.69	15	0.0523	0.0051	0.0033
3.5	0.102	0	1.50	16	0.0475	0.0064	0.0050
4.0	0.0986	0	1.29	17	0.0441	0.0088	0.0064
4.5	0.0915	0	1.17	18	0.0408	0.0140	0.0092
5.0	0.0868	0	1.01	20	0.0375	0.0159	0.0255
6.0	0.0794	0	0.847	22	0.0337	0.0128	0.0489
7.0	0.0736	0	0.684	24	0.0303	0.0110	0.0566
8.0	0.0685	0	0.616	26	0.0275	0.0099	0.0580
9.0	0.0640	0	0.548	28	0.0254	0.0091	0.0587
10.0	0.0597	0	0.493	30	0.0235	0.0085	0.0590
15.0	0.0432	0	0.330	32	0.0217	0.0079	0.0586
20.0	0.0334	0	0.242	36	0.0188	0.0069	0.0555
25.0	0.0280	0	0.177	40	0.0164	0.0063	0.0417
30.0	0.0201	0	0.129	48	0.0122	0.0053	0.0296
				56	0.0095	0.0046	0.0232
				64	0.0075	0.0041	0.0197
				72	0.0067	0.0037	0.0158
				96	0.0053	0.0030	0.0104
				120	0.0044	0.0027	0.0063
				144	0.0040	0.0027	0.0032
				168	0.0038	0.0026	0.0016

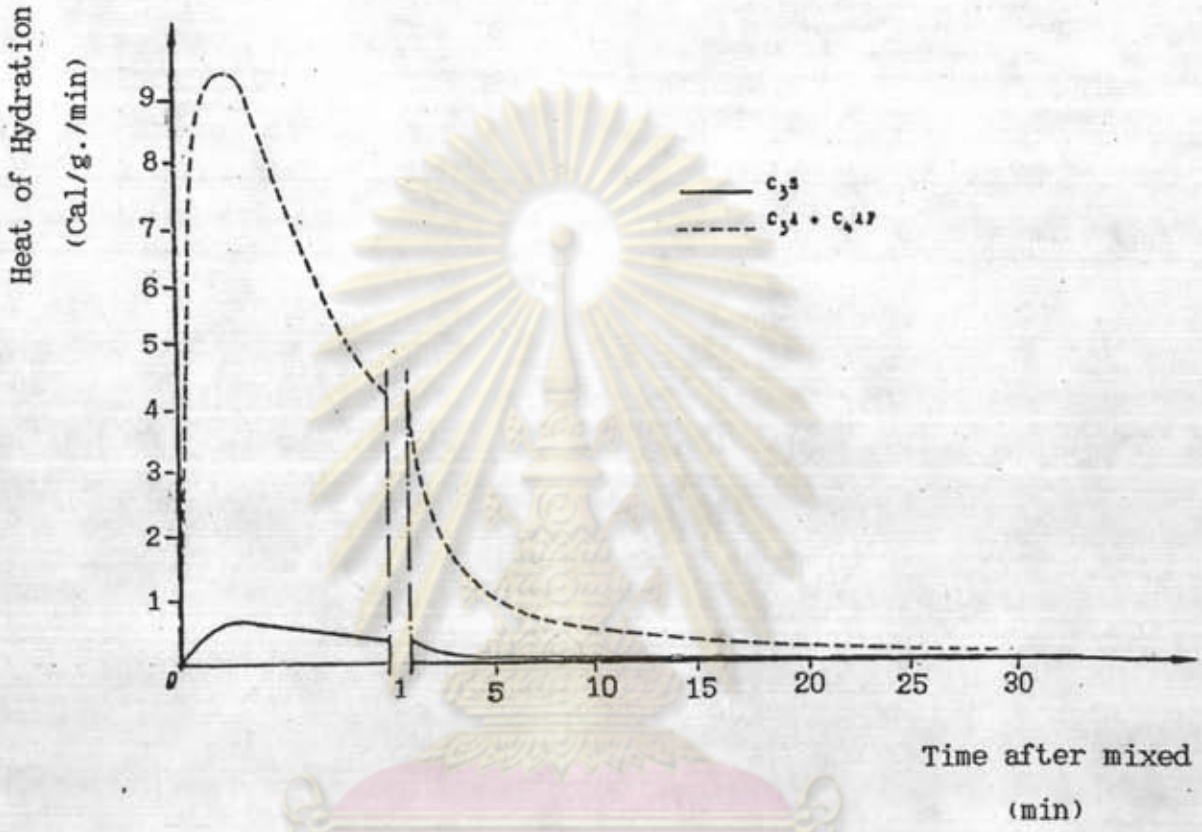
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นสะสมของสารประกอบหลักของซีเมนต์ (9)

Integral Heat of Hydration of Cement Components Calculated by Thermochemical Analysis Method

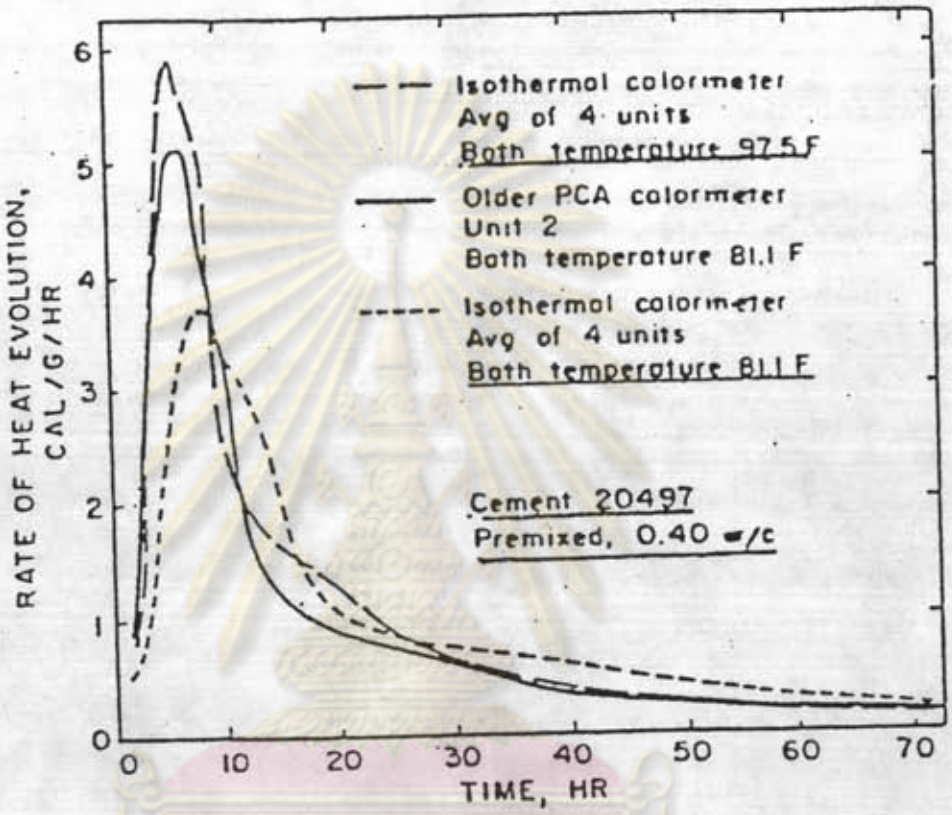
Time h	Integral heat of hydration cal g^{-1}		
	C_3S	C_2S	C_3A+C_4AF
0	0.0	0.0	0.0
24	68.9	2.6	36.0
32	77.8	4.1	53.2
40	83.7	5.3	68.9
48	88.3	6.2	79.2
56	97.1	8.4	81.1
64	103.6	10.5	83.5
72	108.7	12.0	86.8
80	113.2	14.0	88.6
88	117.3	16.1	91.3
96	120.5	17.9	93.6
104	123.6	19.8	96.3
112	126.5	22.0	98.9
120	128.6	23.6	101.9
128	130.1	24.5	105.2
136	131.5	25.6	110.4
144	132.7	26.1	114.1
152	133.7	26.7	117.7
160	134.9	27.1	122.1
168	135.4	27.4	125.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



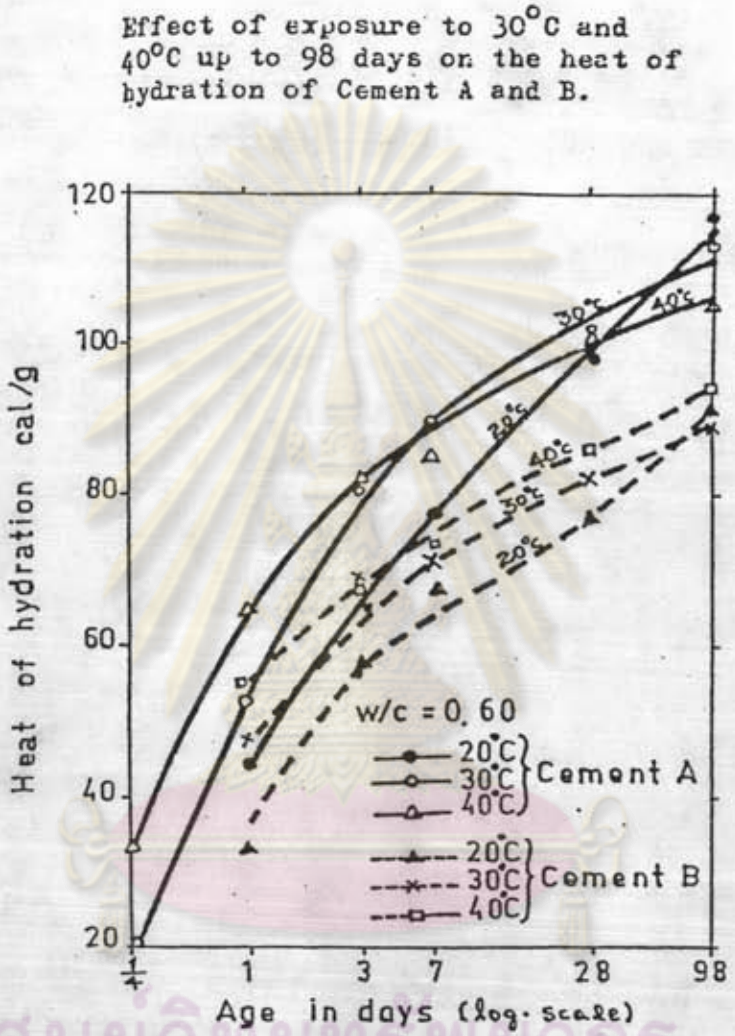
รูปที่ 1.1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของสารประกอบหลักของซีเมนต์ (9)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



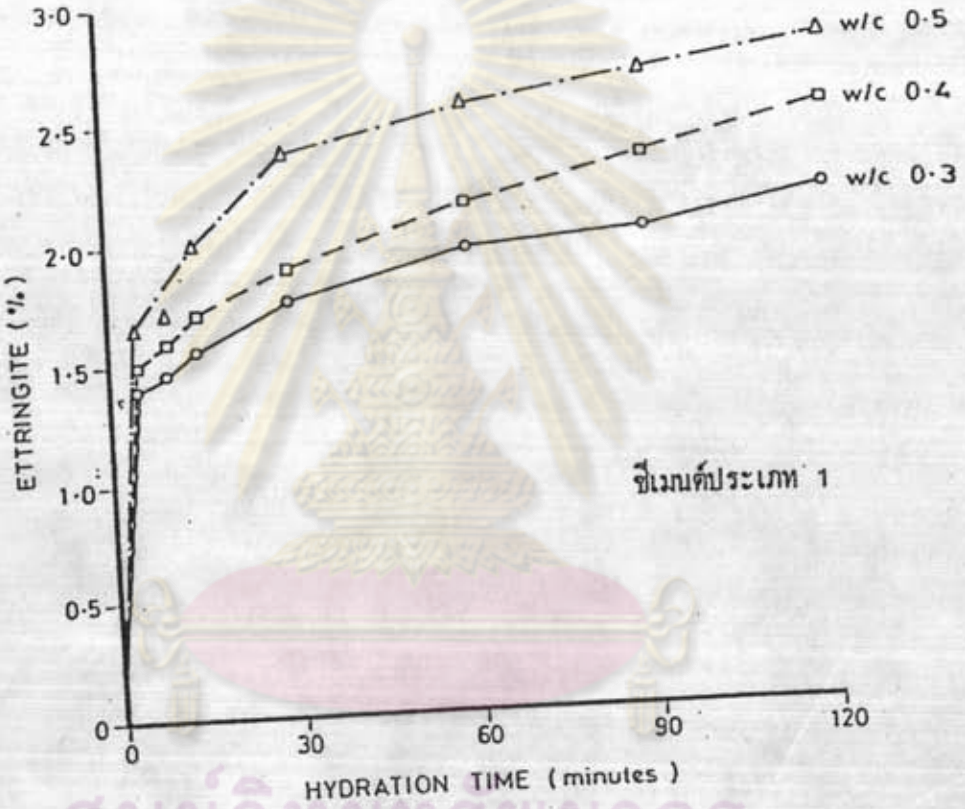
Colorimeter	Bath Temp, F	Heat Evolved, cal per g for period indicated							
		1 hr	4 hr	8 hr	12 hr	18 hr	24 hr	48 hr	72 hr
Isothermal[a]	81.1	4.5	7.5	19.8	33.2	44.6	51.0	65.9	72.8
Isothermal[a]	97.5	4.5	11.4	33.4	44.5	54.2	61.0	72.8	77.1
Older PCA[b]	81.1	4.4[c]	11.2	30.4	42.8	50.1	55.5	66.6	71.6

รูปที่ 1.2 ผลกระทบของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระยะแรก (5)



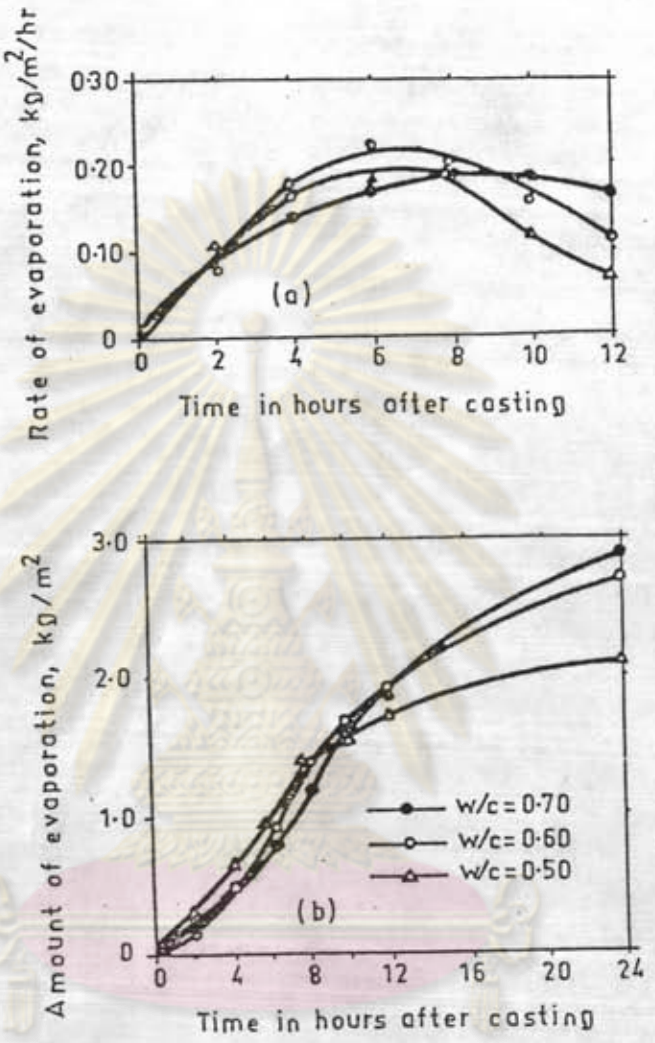
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1.3 ผลกระทบของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระยะหลัง (10)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1.4 ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (11)

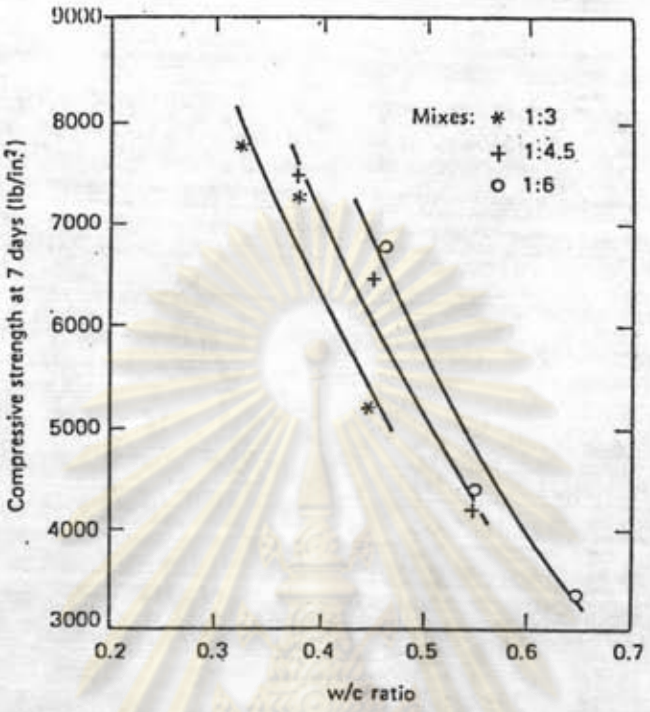


Evaporation-time relationship for different mortar mixes cast under and exposed to 30/95/15. (a) Rate of evaporation and (b) amount of evaporation

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

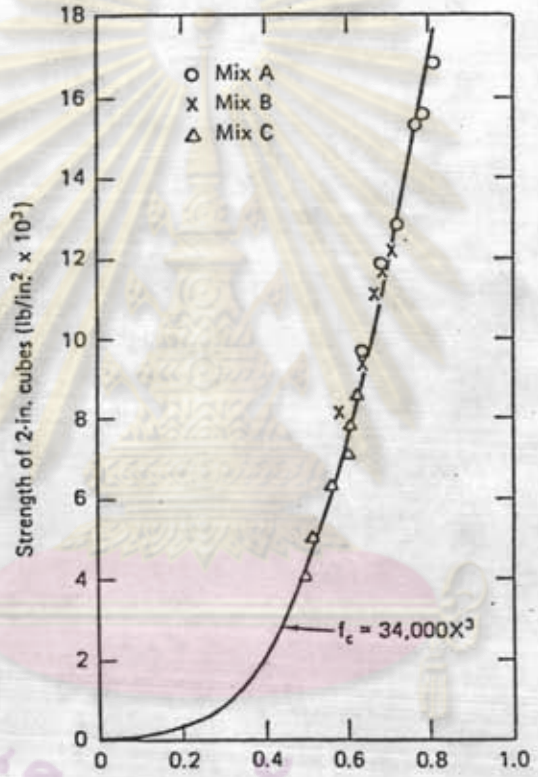
รูปที่ 1.5 ผลกระทบของอุณหภูมิต่ออัตราการระเหยของน้ำในส่วนผสม (26)

015410
110302189



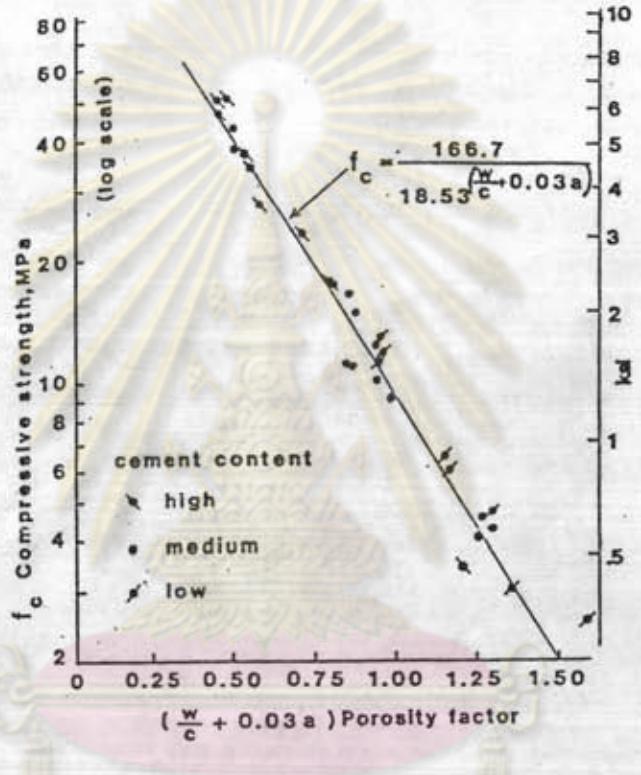
รูปที่ 1.6 ผลกระทบของปริมาตรมวลรวมในส่วนผสมต่อกำลังอัดประลัย (17)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเจลต่อปริมาตรกับกำลังอัดของมอร์ตาร์(17)



รูปที่ 1.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณช่องว่างในมวลคอนกรีตกับกำลังอัดประลัย (12)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย