สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อิทธิพลของการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วนต่อคุณสมบัติของคอนกรีต

IMFLUENCE OF DOUBLE MIXING ON PROPERTIES OF CEMENTITIOUS MATERIAL

โดย

นายพิเชษฐ์ เป็งโต

นายนันทวัฒน์ ไชยรัตน์

นายภูมิชาย มัธยมภพกิญโญ

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....62925

วัน,เดือน,ปี.....23 ส.ค. 2549

.b.....11623694.....

.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

IMFLUENCE OF DOUBLE MIXING ON PROPERTIES OF CEMENTITIOUS MATERIAL

Mister Pichet Pangto

Mister Nantawat Chairat

Mister Poomchai Muttayompobpinyo

A SPECIAL PROJECT SUMMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG 2006

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ	อิทธิพลของวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วนต่อคุณสมบัติของคอนกรีต		
นักศึกษา	นายพิเชษฐ์ เป็งโต	รหัสประจำตัว	45010529
	นายนันทวัฒน์ ไชยรัตน์	รหัสประจำตัว	45010394
	นายภูมิชาย มัธยมภพภิญโญ	รหัสประจำตัว	45010595
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.คมสัน มาลีสี		
	ผศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ.เกษม อมันตกุล	
ผศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์	
ดร.คมสัน มาลีสี	
ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน มีนาคม พ.ศ.2549

หัวข้อโครงงานพิเศษ	อิทธิพลของวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วนต่อคุณสมบัติคอนกรีต INFLUNCE OF DOUBLE MIXING ON PROPERTIES OF CEMENTITIOUS MATERIAL
นักศึกษา	นายพิเชษฐ์ เป็งโต
	นายนันทวัฒน์ ไชยรัตน์
	นายภูมิชาย มัธยมภพภิญโญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.คมสัน มาลีสี
	ผศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2548

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติของซีเมนต์เพสท์ และคอนกรีตที่ได้จากขบวนการในการผสมซีเมนต์โดยแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วนในการผสมซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า (Double mixing method: DM) เปรียบเทียบกับการผสมแบบมาตรฐานทั่วไป (Single mixing method: SM) โดยทำการทดสอบอัตราการเยิ้มน้ำ ความสามารถในการไหล ความสามารถในการเท การหดตัว และความสามารถในการรับกำลังอัด จากการศึกษาจึงพบว่าการผสมแบบ DM สามารถช่วยลดการเยิ้มน้ำให้น้อยลงและยังเพิ่มความสามารถในการไหลของซีเมนต์เพสท์ เนื่องด้วยเกิดความต่างกันในการจับตัวของน้ำกับซีเมนต์ในการทำปฏิกิริยาเคมี ซึ่งจากการทดลองทำให้ทราบว่าการผสมแบบ DM เมื่อเทียบกับการผสมแบบมาตราฐานทั่วไป (SM) สามารถช่วยลดการคายน้ำให้น้อยลงประมาณ 2 เท่าสำหรับซีเมนต์เพสท์ที่มี W/C 0.60 และสามารถเพิ่มความสามารถในการไหลของซีเมนต์เพสท์ได้มากกว่า 2 เท่าสำหรับซีเมนต์เพสท์ที่มี W/C 0.40 สำหรับคอนกรีตนั้นการผสมแบบ DM สามารถช่วยลดการเยิ้มน้ำ(Bleeding) ซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับซีเมนต์เพสท์ และยังเพิ่มความสามารถในการรับกำลังอัดได้อีกด้วย

Title	:	INFLUNCE OF DOUBLE MIXING ON PROPERTIES OF CEMENTITIOUS MATERIAL
Name	:	Mr.Pichet Pangto
		Mr.Nantawat Chairat
		Mr.Poomchai Muttayompobpinyo
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	DR.KOMSON MALEESEE
		ASST.PROF. AMNOUY PANITKULPONG

ABSTACT

The research involves the study on the properties of cement paste and concrete from the new cement mixing procedure called Double mixing method (DM). The process requires dividing the water into two portions and mixing both portions with cement in sequence. The DM results are examined against those from the conventional Single mixing method (SM). This investigation consists of the tests for bleeding, workability and compressive strength. In the case of cement paste, it is found that DM can help alleviate the bleeding and achieve higher fluidity. Furthermore, in the case of concrete specimens, the bleeding is alleviated and the compressive strength becomes higher.

กิตติกรรมประกาศ

ไม่มีคำกล่าวใดที่สามารถบ่งบอกถึงความกรุณา และความอนุเคราะห์ของ ดร.ดมสัน มาลีสี และ ผศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ได้ ตลอดระยะเวลาของงานศึกษานี้ท่านได้ให้คำแนะนำและการสั่งสอนที่มีค่ามากมายนอกเหนือจากขอบข่ายทางวิศวกรรม ท่านได้เน้นให้ประพฤติตนโดยอุทิศให้กับงานและการปรับปรุงเกี่ยวกับภาษาและการนำเสนองาน ซึ่งถือเป็นสิ่งอันมีค่าที่ผู้ประพันธ์ได้จากการศึกษา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นอกเหนือจากปริญญาอันสูงส่ง ขอกล่าวคำขอบคุณอย่างซาบซึ้งและนับถือแด่ ดร.ดมสัน มาลีสี และ ผศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์

นับถือเป็นเกียรติอันสูงส่งแก่ผู้ประพันธ์ที่ได้รับจาก ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวรในฐานะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ ด้วยคำแนะนำและข้อคิดเห็นที่กระจ่างชัดของท่านถือเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับความสำเร็จในงานนี้ ผู้ประพันธ์ได้เรียนรู้สิ่งต่างๆมากมายจากท่านและพึงระลึกถึงท่านเสมอในฐานะอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ และขอกล่าวคำขอบคุณอย่างยิ่งแด่อาจารย์เกษม อมันตกุล สำหรับความเข้าใจข้อคิดเห็นและ คำชี้แนะที่ท่านมอบให้สำหรับโครงงานนี้ในฐานะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

ท้ายที่สุดแต่ไม่ใช้น้อยที่สุดสำหรับคำขอบคุณอันพิเศษสุดที่ขอมอบให้แด่สมาชิกครอบครัวทุกคนที่มอบความรัก ความห่วงใยและให้การช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องตลอดการศึกษาของผู้ประพันธ์และขอขอบคุณห้องสมุด KMITL สำหรับหนังสือและแหล่งข้อมูลอันทรงค่าสำหรับงานศึกษานี้

นายพิเชษฐ์ เป็งโต
นายนันทวัฒน์ ไชยรัตน์
นายภูมิชาย มัธยมภพภิญโญ
ผู้ประพันธ์

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฌ
	สารบัญรูป	ฐ
1	บทนำ	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาของหัวข้อการศึกษา	2
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
	1.4. ขอบเขตของการศึกษา	3
2	วรรณกรรมปริทัศน์	
	2.1. คำนิยาม	4
	2.2. ผลของการศึกษางานวิจัย	6
	2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานการศึกษา	8
3	การดำเนินการวิจัย	
	3.1. การออกแบบการทดลอง	10
	3.2. การเตรียมตัวอย่าง	10
	3.3. การวิธีการทดลอง	11

4. **ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล**

4.1. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ 17

4.2 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 45

บรรณานุกรม 46

ภาคผนวก ก. ผก1

ภาคผนวก ข. ผข2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.1.	แสดงค่า Slump ที่ผสมด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.4,0.5,0.6	44
4.2.	แสดงค่า Slump ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.4,0.5,0.6	44
ผ.ก.1.	ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับค่าการยุบตัวและวัสดุผสมขนาดต่างๆ	ผก4
ผ.ก.2.	ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่างๆ	ผก6
ผ.ก.3.	ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต	ผก7
ผ.ก.4.	ขนาดโตสุดของวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง	ผก7
ผ.ก.5.	แสดงคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในประเทศไทย	ผก8
ผ.ก.6.	ตารางแสดงปริมาณน้ำที่ทำให้ค่าการยุบตัวมาตรฐาน	ผก8
ผ.ก.7.	ตารางแสดงปริมาณส่วนละเอียดอันได้แก่ปูนซีเมนต์ และปริมาณทรายที่เหมาะสมที่จะทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้	ผก9
ผ.ก.8.	ตารางแสดงน้ำยาผสมคอนกรีตผสมเข้าไปในส่วนผสมต่อลดปริมาณน้ำ	ผก9
ผ.ข.1.	แสดงผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์	ผข1
ผ.ข.2.	แสดงผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์	ผข2
ผ.ข.3.	แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสม โดยวิธี Single Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.40	ผข3
ผ.ข.4.	แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสม โดยวิธี Double Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.27)	ผข4
ผ.ข.5.	แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสม โดยวิธี Single Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.50	ผข5
ผ.ข.6.	แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสม โดยวิธี Double Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.50 (w1/c 0.27)	ผข6
ผ.ข.7.	แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสม โดยวิธี Single Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.60	ผข7
ผ.ข.8.	แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสม โดยวิธี Double Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.27)	ผข8

ผ.ข.9. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.27) ผข9
ผ.ข.10. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.50 (w1/c 0.27) ผข10
ผ.ข.11. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.27) ผข11
ผ.ข.12. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.40 ผข12
ผ.ข.13. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.50 ผข13
ผ.ข.14. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.60 ผข14
ผ.ข.15. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.40 ผข15
ผ.ข.16. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.03) ผข16
ผ.ข.17. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.06) ผข17
ผ.ข.18. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.09) ผข18
ผ.ข.19. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.12) ผข19
ผ.ข.20. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.15) ผข20
ผ.ข.21. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.18) ผข21
ผ.ข.22. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.21) ผข22
ผ.ข.23. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.24) ผข23

ผ.ข.24. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.27) ผข24
ผ.ข.25. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.30) ผข25
ผ.ข.26. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.06) ผข26
ผ.ข.27. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.09) ผข27
ผ.ข.28. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.24) ผข28
ผ.ข.29. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสม
ด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.27) ผข29
ผ.ข.30. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.4 (w1/c 0.27)
เมื่อผสมด้วยวิธี DM ผข30
ผ.ข.31. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.5 (w1/c 0.27)
เมื่อผสมด้วยวิธี DM ผข31
ผ.ข.32. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.6 (w1/c 0.27)
เมื่อผสมด้วยวิธี DM ผข32
ผ.ข.33. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.4 เมื่อผสมด้วยวิธี SM ผข33
ผ.ข.34. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.5 เมื่อผสมด้วยวิธี SM ผข34
ผ.ข.35. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.6 เมื่อผสมด้วยวิธี SM ผข35
ผ.ข.36. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.4 เมื่อผสมด้วยวิธี SM ผข36
ผ.ข.37. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.5 เมื่อผสมด้วยวิธี SM ผข37
ผ.ข.38. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.6 เมื่อผสมด้วยวิธี SM ผข38
ผ.ข.39. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.4 (w1/c 0.27)
เมื่อผสมด้วยวิธี DM ผข39
ผ.ข.40. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.5 (w1/c 0.27)
เมื่อผสมด้วยวิธี DM ผข40
ผ.ข.41. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.6 (w1/c 0.27)
เมื่อผสมด้วยวิธี DM ผข41

ผ.ข.42. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.4 (w1/c 0.27)
เมื่อผสมด้วยวิธี DM ผข42
ผ.ข.43. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.5 (w1/c 0.27)
เมื่อผสมด้วยวิธี DM ผข43
ผ.ข.44. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.6 (w1/c 0.27)
เมื่อผสมด้วยวิธี DM ผข44
ผ.ข.45. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.4 เมื่อผสมด้วยวิธี SM ผข45
ผ.ข.46. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.5 เมื่อผสมด้วยวิธี SM ผข46
ผ.ข.47. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.6 เมื่อผสมด้วยวิธี SM ผข47
ผ.ข.48. แสดงผลค่าการขุบตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.4,0.5,0.6 ที่ผสมด้วยวิธี SM ผข48
ผ.ข.49. แสดงผลค่าการขุบตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.4,0.5,0.6 (w1/c 0.27)
ที่ผสมด้วยวิธี DM ผข49

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง W1/C และการคายน้ำ	6
2.2.	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการผสมน้ำส่วนแรกและการคายน้ำ	8
2.3.	แสดงวิธีการผสมซีเมนต์เพสท์	9
3.1.	แสดงตัวอย่างการเก็บค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding)	12
3.2.	แสดงอุปกรณ์การทดลอง (ASTM C939)	13
3.3.	แสดงอุปกรณ์การทดลอง (JSCE-F531-1993)	13
3.4.	แสดงการเก็บตัวอย่างทดสอบการหดตัวของซีเมนต์เพสท์	14
3.5.	แสดงการวัดค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์	15
3.6.	แสดงการเก็บตัวอย่างทดสอบการหดตัวของคอนกรีต	16
3.7.	แสดงการวัดค่าการหดตัวของคอนกรีต	16
4.1.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.03 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	17
4.2.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.06 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	18
4.3.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.09 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	19
4.4.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.12 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	20
4.5.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.15 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	21
4.6.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.18 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	22
4.7.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.21 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	23
4.8.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.24 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	24
4.9.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.27 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	25
4.10.	ค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.30 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป	26
4.11.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W/C 0.60 เมื่อเวลาผ่านไป	27
4.12.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C แตกต่างกัน เมื่อเวลาผ่านไป	28
4.13.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำสูงสุด (Maximum Bleeding) ที่ W1/C ต่างกัน	30
4.14.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่เวลาในการผสม y ต่างกัน	31
4.15.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W/C ต่างกัน	32
4.16.	แสดงค่าการไหลของตัวอย่างเมื่อทดสอบด้วยวิธี ASTM	33

4.17.	แสดงค่าการไหลของตัวอย่างเมื่อทดสอบด้วยวิธี JSCE	33
4.18.	แสดงค่าระหว่างค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ และอายุของซีเมนต์เพสท์ที่ W/C 0.4	35
4.19.	แสดงค่าระหว่างค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ และอายุของซีเมนต์เพสท์ที่ W/C 0.5	36
4.20.	แสดงค่าระหว่างค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ และอายุของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.6	37
4.21.	แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของคอนกรีตที่ W/C 0.60	39
4.22.	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Compressive Strength และ อายุคอนกรีตที่ W/C 0.40	40
4.23.	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Compressive Strength และ อายุคอนกรีตที่ W/C 0.50	40
4.24.	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Compressive Strength และ อายุคอนกรีตที่ W/C 0.60	41
4.25.	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวของคอนกรีต และอายุของคอนกรีตที่ W/C 0.4	42
4.26.	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวของคอนกรีต และอายุของคอนกรีตที่ W/C 0.5	43
4.27.	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวของคอนกรีต และอายุของคอนกรีตที่ W/C 0.6	44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการก่อสร้างในประเทศไทยได้มีความก้าวหน้าและมีความสามารถมากขึ้น เพื่อที่จะรองรับความต้องการในงานด้านก่อสร้าง โดยเฉพาะการวิจัยและการพัฒนาด้านคุณสมบัติของคอนกรีตเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับเทคโนโลยีที่มีการพัฒนามากขึ้น การศึกษาตัวแปรต่างๆเพื่อที่จะดำเนินการได้อย่างไม่ผิดพลาดและไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรตามขอบเขตของงานในการวิจัยรวมถึงการพัฒนามีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งในการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตจะพบว่าอัตราส่วนผสมของคอนกรีตเป็นปัจจัยหลักต่อคุณสมบัติแต่บางครั้งก็เป็นการยากที่จะเปลี่ยนให้คุณสมบัติไม่เกิดการขัดแย้งซึ่งกันและกันเช่น ความข้นเหลว ความสามารถในการเท หรือกำลังอัดของคอนกรีต เป็นต้น แต่ก็ได้มีการนำสารผสมเพิ่ม เช่น ขี้เถ้าลอย ซิลิก้าฟูม สารกระจายกักฟองอากาศ สารหน่วงการก่อตัว สารผสมเพิ่มเพื่อการขยายตัวหรือสารลดปริมาณน้ำ เป็นต้น มาเป็นตัวที่ช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น ส่วนในทางปฏิบัติการผสมคอนกรีตก็จะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควรจะตระหนักถึงอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต เช่น รูปแบบของการผสม, ระยะเวลาในการผสม หรือ การจัดลำดับส่วนผสม เป็นต้น

ในปัจจุบันจะพบว่าการผสมคอนกรีตในประเทศไทยจะเปลี่ยนไปตามสภาพของงานในแต่ละงานโดยที่มีวิธีการที่แตกต่างกันออกไปตามประสบการณ์ แต่วิธีการผสมที่แตกต่างกันออกไปนั้นก็มักจะประสบปัญหาต่อคุณสมบัติของคอนกรีตตามมาเช่นเดียวกัน ซึ่งปัญหาที่พบโดยส่วนใหญ่ เช่น การเยิ้มน้ำ การเกิดรอยแตกที่ผิวหน้าของคอนกรีต ความสามารถในการเท หรือ กำลังอัดของคอนกรีต ฯลฯ ปกติการผสมส่วนใหญ่ที่พบจะทำการผสมโดยการผสมซีเมนต์กับทรายให้เข้ากันก่อนแล้วจึงค่อยใส่หินและใส่น้ำตามอัตราส่วนที่ได้กำหนด ซึ่งวิธีดังกล่าวจะเป็นวิธีการผสมด้วยมือ แต่วิธีผสมด้วยเครื่องไม่ก็จะแตกต่างกันออกไป ซึ่งจะพบว่าการผสมดังข้างต้นยังไม่ได้เป็นส่วนช่วยในเรื่องของการลดการเยิ้มน้ำ ความสามารถในการไหล และการเท ที่เป็นปัญหาต่อคุณสมบัติของคอนกรีต จึงได้ทำการศึกษาวิธีการผสมที่แตกต่างออกไปจากเดิม

1.2. ที่มาของหัวข้อการศึกษา

จากปัญหาที่ได้กล่าวนำดังข้างต้น เนื่องด้วยวิธีการผสมที่แตกต่างกันออกไปตามสภาพของการทำงานไม่ได้เป็นส่วนในการช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตสด อย่างเช่น การเยิ้มน้ำ(Bleeding) ความสามารถในการเท(Workability) เป็นต้น จึงได้ทำการเลือกประเด็นของการเยิ้มน้ำ(Bleeding) เป็นหัวใจหลักของการศึกษาอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต โดยลักษณะของการเยิ้มน้ำ(Bleeding) เกิดจากการที่น้ำเป็นองค์ประกอบที่เบาที่สุดในส่วนผสมของคอนกรีตถูกดันลอยตัวขึ้นมาอยู่ที่ผิวหน้าของคอนกรีต เนื่องจากการจมลงของมวลรวมที่หนักกว่าในส่วนผสมและจะหยุดเมื่อซีเมนต์เพสท์มีการแข็งตัว แต่หากสังเกตในองค์ประกอบของคอนกรีตอาจแยกได้ออกเป็นสองส่วนคือ ซีเมนต์เพสท์ (Cement Plate) และวัสดุผสมหรือมวลรวม(Aggregates) โดยซีเมนต์เพสท์ประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ และน้ำที่มีการผสมตามอัตราส่วนซึ่งเป็นส่วนที่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกันหรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) ซึ่งน้ำที่ใช้ในการปฏิกิริยาจะอยู่ที่ 28 ± 1% ของปูนซีเมนต์ แต่ในการผสมคอนกรีตโดยทั่วไปอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มากกว่า 35% ของปูนซีเมนต์ ซึ่งน้ำในส่วนนี้จะเป็นตัวทำให้คอนกรีตเหลวสามารถเทได้ทำงานได้สะดวก ในทางทฤษฎีเรียกว่าน้ำส่วนเกิน (Exceed water) ซึ่งน้ำส่วนเกินจะไม่เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจึงเกิดการหลุดหรือการดันตัวออกจากซีเมนต์เพสท์ ถ้ามีจำนวนมากจึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อคอนกรีตคือ การเยิ้มน้ำ(Bleeding) ที่ผิวหน้าคอนกรีตและยังส่งผลให้เกิดปัญหาอื่นตามมาเช่น เกิดการหดตัว(Autogenous Shrinkage) และ กำลังอัดคอนกรีต(Compressive Strength)ลดลง เพราะฉะนั้นจึงเป็นอีกสาเหตุหลักที่เกิดการเยิ้มน้ำ(Bleeding) นอกเหนือจากการจมลงของมวลรวม(Aggregates) ในช่วงแรกของการศึกษาจึงทำการศึกษาในส่วนของซีเมนต์เพสท์ก่อนเพื่อลดขอบเขตของการศึกษาให้น้อยลงและ จะเห็นได้ว่าในซีเมนต์เพสท์ ทำหน้าที่เป็นตัวประสานโดยจะแทรกไปตามช่องว่างของหินและทราย และเคลือบหรือหุ้มเม็ดทรายและหินทั้งหมดให้เกาะรวมตัวกันเป็นก้อน ทำให้คอนกรีตสดลื่นเหลว และทำให้คอนกรีตที่แข็งตัวมีกำลังรับแรงที่ต้องการ คุณสมบัติของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของซีเมนต์เพสท์

จากการที่ได้กำหนดขอบเขตบางส่วนที่ได้ทำการศึกษาจึงได้ทำการศึกษาบทความเพิ่มเติมในเรื่องของ วิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วนที่มีผลต่อซีเมนต์เพสท์ (Double Mixing Effects of Fresh Cement Plate) (Ei-chi TAZAWA and Tetsurou KASAI,1988) โดยมีการผสมที่แตกต่างไปจากการผสมแบบปกติ(Single Mixing) แล้วส่งผลทำให้คุณภาพของซีเมนต์เพสท์มีการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ลดน้อยลงจากการที่มีการผสมด้วยอัตราส่วนระหว่างซีเมนต์กับน้ำที่มีค่ามากกว่า 28 ± 1% ของปูนซีเมนต์ที่จะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้อย่างสมบูรณ์และยังศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเยิ้มน้ำโดยใช้วิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน(Double Mixing) ซึ่งจากการศึกษาบทความที่ได้กล่าวมาดังข้างต้นจึงเกิดความ

สนใจในวิธีการผสมที่เพิ่มคุณภาพของซีเมนต์เพสท์มาทำการปรับใช้ในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย และบทความยังไม่ได้ทำการศึกษาต่อถึงคอนกรีตเพื่อจะประยุกต์ไปใช้ในสภาพงานต่างๆของงานด้านก่อสร้างในประเทศไทย ดังนั้นหากวิธีการดังกล่าวได้นำมาทำการศึกษาและรวมถึงการพัฒนาจะทำให้ปัญหาการเยิ้มน้ำ(Bleeding) ที่จะส่งผลให้เกิดปัญหาต่างๆตามมาลดน้อยลงซึ่งจะก่อให้เกิดผลดีต่อคุณสมบัติของคอนกรีต

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.เพื่อศึกษาวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) มาทำการปรับใช้ในสภาพแวดล้อมในประเทศไทย

2.เพื่อศึกษาวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) มาทำการปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีต

3. เพื่อศึกษาผลกระทบต่างๆทั้งผลดีและผลเสียต่อคุณสมบัติของคอนกรีตด้วยวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing)

4. เพื่อศึกษาวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) ที่จะสามารถนำมาใช้งานทางด้านวิศวกรรมได้ในประเทศไทย

1.4. ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตของการศึกษาจะเน้นไปที่อิทธิผลต่อคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปของซีเมนต์เพสท์และคอนกรีตทั้งทางด้านการเยิ้มน้ำ(Bleeding) ความสามารถในการไหล (Fluidity) ความสามารถในการเท (Workability) การหดตัว (Autogenous Shrinkage) และความสามารถในการรับกำลังอัด (Compressive Strength) ด้วยวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) โดยที่ทำการเปรียบเทียบกับวิธีการผสมแบบปกติ (Single Mixing)

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. คำนิยาม

คอนกรีตสด (Fresh Concrete)

คือคอนกรีตสดที่คงสภาพเหลวอยู่ในช่วงหนึ่งก่อนที่จะแข็งตัวในเวลาต่อมา และมีความข้นเหลวเหมาะที่จะนำไปใช้งานหล่อเป็นคอนกรีตแข็งตัวแล้วที่มีรูปร่างและคุณสมบัติตามต้องการ

ความสามารถทำได้ (Workability)

คือ ปริมาณงานที่ใช้ในการอัดคอนกรีตสดให้แน่นโดยปราศจากการแยกตัว

การยึดเกาะ (Cohesion)

คือ คุณสมบัติของเนื้อคอนกรีตสดที่สามารถจับรวมเป็นกลุ่มหรือสลายตัวออกจากกันได้ยาก และเกี่ยวข้องกับแนวโน้มของคอนกรีตสดที่จะเกิดการเยิ้ม หรือการแยกตัว

ความข้นเหลว (Consistency)

คือ สภาพของเหลวของคอนกรีตสดซึ่งขึ้นกับปริมาณน้ำเป็นส่วนใหญ่ ความข้นเหลวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของความสามารถในการใช้งาน และสามารถวัดค่าได้ชัดเจนด้วยวิธีการทดสอบ เช่น ค่าการยุบตัว และ ค่าการไหล เป็นต้น

การแยกตัว (Segregation)

คือ การแยกจากกันของวัสดุองค์ประกอบต่างๆในเนื้อคอนกรีตสด ทำให้ส่วนผสมมีเนื้อไม่สม่ำเสมอตลอดทุกส่วน

การเยิ้ม (Bleeding)

คือ การแยกตัวชนิดหนึ่ง โดยปรากฏการคายน้ำของคอนกรีตสด เกิดขึ้นเมื่อส่วนประกอบที่หนักกว่าจมตัวลง แล้วดันน้ำซึ่งที่เบาที่สุดขึ้นสู่ผิวหน้าคอนกรีต

การผสมแบบปกติ (Single Mixing)

คือ วิธีการผสม ซีเมนต์เพสท์ ทำการผสมน้ำกับซีเมนต์ตามอัตราส่วนตามที่กำหนดเพียงครั้งเดียว ในการผสม โดยที่มีการควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการผสม เช่น เวลาในการผสม เครื่องผสม ขั้นตอนการป้อนวัสดุลงเครื่องผสม เป็นต้น

การผสมแบบแบ่งสัดส่วนน้ำออกเป็นสองครั้ง (Double Mixing)

คือ วิธีการผสม ซีเมนต์เพสท์ ทำการผสมน้ำกับซีเมนต์ตามอัตราส่วนตามที่กำหนดตามการแบ่งสัดส่วนของน้ำในการผสมสองครั้ง โดยที่มีการควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการผสม เช่น เวลาในการผสมในสัดส่วนน้ำของแต่ละครั้ง เครื่องผสม ขั้นตอนการป้อนวัสดุลงเครื่องผสม เป็นต้น

การผสมส่วนแรก (Primal Mixing)

คือ การผสมซีเมนต์เพสท์ โดยเป็นการผสมน้ำส่วนแรกกับซีเมนต์จากวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing)

การผสมส่วนที่สอง (Secondary Mixing)

คือวิธีการผสมซีเมนต์เพสท์ โดยเป็นการผสมน้ำส่วนสองกับซีเมนต์เพสท์ที่ได้จากการผสมส่วนแรก (Primal Mixing) จากวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) ซึ่งน้ำในส่วนที่สองจะทำให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับค่าที่ได้กำหนด

เวลาในการผสม (Mixing Time)

คือ ระยะเวลาในการผสมทั้งหมดของวิธีการผสมแบบปกติ (Single Mixing) และวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) ในการผสมซีเมนต์กับน้ำหรือที่เรียกว่า ซีเมนต์เพสท์

เวลาในการผสมส่วนแรก (Primal Mixing Time)

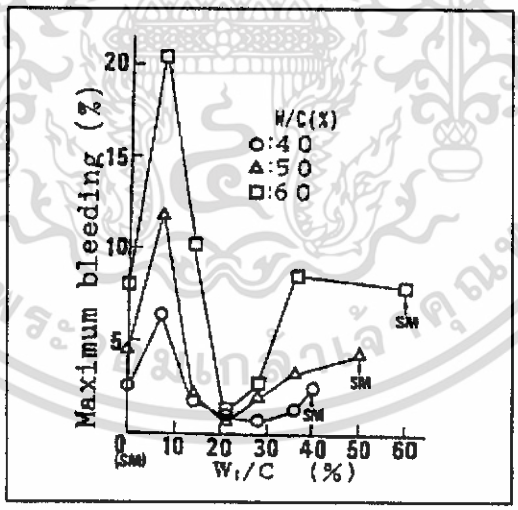
คือ ระยะเวลาในการผสมซีเมนต์กับน้ำส่วนแรกของการผสมในส่วนแรก (Primal Mixing) จากวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing)

เวลาในการผสมส่วนที่สอง (Secondary Mixing Time)

คือ ระยะเวลาในการผสมซีเมนต์เพสท์กับน้ำส่วนสุดท้ายของวิธีการผสม ซึ่งอยู่ในส่วนที่สอง (Secondary Mixing) จากวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) โดยระยะเวลาในการผสมส่วนที่สองเมื่อรวมกับส่วนแรกจะเท่ากับเวลาในการผสม (Mixing Time)

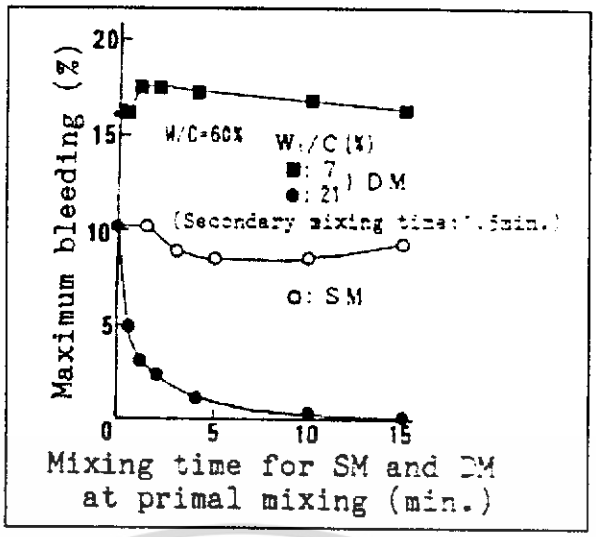
2.2. ผลของการศึกษางานวิจัย

จากการศึกษาบทความงานวิจัย Prof.Eiichi TAZAWA และ Prof.Tetsurou KASAI ในงานวิจัยในอดีตได้ค้นพบวิธีการผสมแบบใหม่ที่เรียกว่า SEC Method (Sand Envoloped with Cement) โดยวิธีการดังกล่าวจะทำการผสมทรายที่มีการปรับแก้ค่าความชื้นที่ผิวแล้ว ด้วยซีเมนต์เพสท์ที่ทำการผสมด้วยน้ำในอัตราส่วนที่น้อยก่อนแล้วทำการเพิ่มน้ำลงไปตามความเหมาะสมสภาพของงานที่ใช้ แต่วิธีการดังกล่าวได้ประสบปัญหาในเรื่องของการคายน้ำ ซึ่งปกติการผสมจะทำการผสมแบบแห้งด้วยซีเมนต์กับทรายก่อนแล้วจึงทำการผสมน้ำลงไปตามอัตราส่วน แต่วิธีการดังกล่าวไม่ได้ช่วยในเรื่องของการเพิ่มหรือลดการคายน้ำ เช่นเดียวกันจึงทำการศึกษาเพิ่มเติมและได้วิธีการผสมซีเมนต์กับน้ำ แบบแบ่งน้ำเป็นสองส่วน (Double Mixing) มาช่วยในเรื่องของการคายน้ำ(Bleeding) ของซีเมนต์เพสท์ และได้ทำการประยุกต์นำไปใช้ในงาน Shortcreting ประเทศญี่ปุ่น โดยผลของการศึกษางานวิจัยมีดังนี้



รูปที่ 2.1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง W1/C และการคายน้ำ

จะเห็นได้ว่าในรูปที่ 2.1. เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง W1/C กับ การคายน้ำมากที่สุด (Maximum Bleeding) ในแต่ละตัวอย่างของการทดลองด้วยวิธีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) โดยทำการทดสอบที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ต่างกัน คือน้ำที่ใช้ในการผสมมีค่า 40 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซีเมนต์ที่ในการทดสอบการคายน้ำ ซึ่งจะทำการทดสอบเพิ่มน้ำในส่วนแรกของการผสมที่ละ 7% ของน้ำหนักซีเมนต์และน้ำในส่วนที่สองของการผสมจะเพิ่มจนครบตามอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ จะพบว่าน้ำส่วนแรกในการผสมระหว่าง 27-30 % มีการคายน้ำน้อยที่สุด และ น้ำในส่วนแรกในการผสมที่ 7% มีการคายน้ำที่มากที่สุดเมื่อเทียบการผสมแบบปกติ (Single Mixing) ซึ่งผลจากการทดสอบดังที่กล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การที่น้ำในส่วนแรกของการผสมที่ 27-30 % มีการคายน้ำน้อยนั้นเนื่องจากน้ำในส่วนนั้นได้มีการทำให้ซีเมนต์กับน้ำมีการเข้ากันได้ดีก่อนโดยที่มีการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นอย่างสมบูรณ์(จากการทดสอบปริมาณน้ำที่เหมาะสมของซีเมนต์เพสท์ มีค่า 28 $\pm$1) จึงทำให้การจับตัวระหว่างน้ำในซีเมนต์ได้อย่างทั่วถึงเมื่อรวมตัวกันในน้ำส่วนที่สองน้ำจะมีการยึดเกาะส่วนแรกได้ดีขึ้น ส่วนการผสมแบบปกติเป็นการผสมน้ำเพียงครั้งเดียวดังนั้นน้ำที่ผสมลงไปนั้นมีส่วนที่เป็นน้ำส่วนเกิน (Excess Water) อยู่ จึงทำให้การจับตัวระหว่างซีเมนต์กับน้ำมีบางส่วนเป็นการจับตัวระหว่างน้ำกับน้ำเป็นผลทำให้น้ำในส่วนนั้นสามารถที่จะเกิดการดันหรือยกตัวขึ้นมาได้ทำให้มีการคายน้ำมาก ส่วนการคายน้ำที่ 7% มีค่ามากที่สุดเป็นผลเนื่องจากน้ำในส่วนแรกของการผสมทำให้ซีเมนต์มีการจับตัวกันเป็นก้อน เมื่อนำน้ำในส่วนที่สองทำการผสมลงไปทำให้การจับตัวระหว่างน้ำกับซีเมนต์ไม่ดีเนื่องจากอนุภาคของซีเมนต์มีขนาดใหญ่ทำให้การจับตัวกันมีช่องว่างที่ใหญ่และพื้นที่ผิวในการจับตัวระหว่างซีเมนต์มีน้อยจึงทำให้การจับตัวระหว่างน้ำกับน้ำมีมากขึ้นแล้วน้ำจึงเกิดการดันตัวหรือยกตัวผ่านตามช่องว่างที่มีขนาดใหญ่จึงเกิดการคายน้ำมากที่สุด ซึ่งดังข้อความที่กล่าวมานั้นแสดงให้เห็นว่าซีเมนต์ที่นำมาใช้งานในปัจจุบันถ้ามีความชื้นในซีเมนต์เป็นผลทำให้น้ำในส่วนนั้นเป็นน้ำในส่วนแรกของการผสมซีเมนต์เมื่อนำซีเมนต์ไปใช้งานจึงทำให้การคายน้ำมีมากจนเกินไป

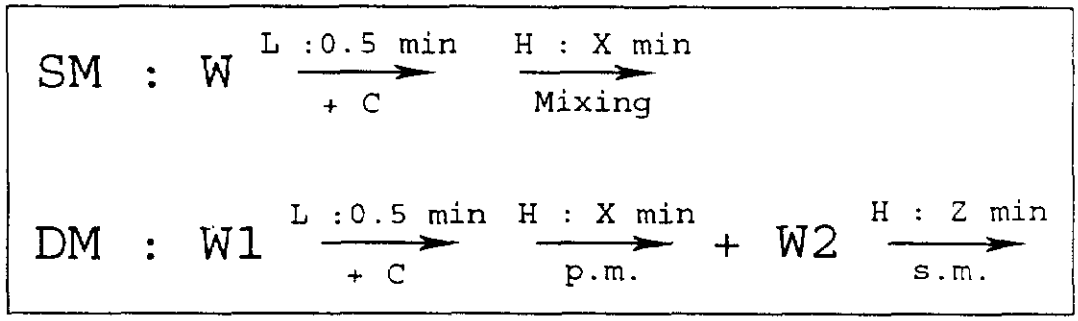


รูปที่ 2.2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการผสมน้ำส่วนแรกและการคายน้ำ

จากรูปที่ 2.2. เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการผสมน้ำในส่วนแรกกับการคายน้ำมากที่สุดในแต่ละตัวอย่างทำการเปรียบเทียบระหว่างการผสมแบบปกติ (Single Mixing) กับแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) เป็นการศึกษาต่อไปอีกว่าหากมีการใช้เวลาในการผสมในช่วงแรกที่มีค่ามากขึ้นจะเป็นอย่างไรพบว่าการคายน้ำที่มีการผสมแบบแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing) ที่มีการใช้เวลาในการผสมในน้ำส่วนแรกที่มากขึ้นพบว่าการคายน้ำจะมีค่าลดลงมากเมื่อเทียบกับการผสมแบบปกติ (Single Mixing)

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานการศึกษา

จากการศึกษาบทความงานวิจัย Prof.Eiichi TAZAWA และ Prof.Tetsurou KASAI ทฤษฎีที่จะนำมาใช้ในการศึกษาคือวิธีการผสมซีเมนต์กับน้ำหรือที่เรียกว่า ซีเมนต์เพสท์ที่แตกต่างออกไปจากปกติโดยวิธีในการผสมมีดังนี้



รูปที่ 2.3. แสดงวิธีการผสมซีเมนต์เพสท์

จากรูปที่2.3. ซึ่งจะใช้ในการเตรียมตัวอย่างในการทดสอบการคายน้ำของการศึกษาการคายน้ำจากการผสมที่แตกต่างกันคือ วิธีการผสมแบบปกติ (Single Mixing) และวิธีการผสมแบบแบ่งสัดส่วนน้ำออกเป็นสองส่วน (Double Mixing)

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1. การออกแบบการทดลอง

1. การทดลองในขั้นต้นจะเน้นไปที่ตัวของซีเมนต์เพสท์ เพื่อหาคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปเมื่อทำการผสมแบบ SM และ แบบ DM ซึ่งคุณสมบัติที่ทำการทดสอบจะแบ่งได้ดังนี้

1.1. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดการเยิ้มน้ำ (Bleeding) น้อยที่สุด

1.2. ความสัมพันธ์ระหว่างการเยิ้มน้ำ (Bleeding) และเวลาที่ใช้ในการผสม

1.3. ความสัมพันธ์ระหว่างการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ปริมาณน้ำต่อซีเมนต์ที่เปลี่ยนไป

1.4. ความสามารถในการไหลของซีเมนต์เพสท์

1.5. ค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ (Autogeneous Shrinkage)

2. เมื่อได้คุณสมบัติของซีเมนต์เพสท์ ก็จะนำไปใช้อ้างอิงกับการทดลองในส่วนของคอนกรีตต่อซึ่งในส่วนของคอนกรีตจะทำการทดลองในส่วนของ

2.1. ความแตกต่างระหว่างการเยิ้มน้ำของคอนกรีตที่ผสมด้วยวิธี DM และ SM

2.2. ความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีต

2.3. ค่าการหดตัวของคอนกรีต (Autogeneous Shrinkage)

3.2. การเตรียมตัวอย่าง

1. การเตรียมตัวอย่างการทดลองของซีเมนต์เพสท์ ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างจะเป็นไปตามวิธีการดังรูปที่ 1 ซึ่งในส่วนของการผสมโดยแบ่งน้ำออกเป็นสองส่วน DMในช่วงแรกของการผสม น้ำส่วนแรกจะทำการคลุกเคล้ากับซีเมนต์ในเวลา 30 วินาที ที่ความเร็วในการผสมซีเมนต์ต่ำ หลังจากนั้นจะทำการปรับความเร็วแล้วทำการผสมที่เวลา y นาที แล้วจึงทำการใส่น้ำในส่วนที่เหลือลงไปทำการผสมที่เวลา z นาที ส่วนในการผสมแบบปกติ SM จะทำการผสมน้ำทั้งหมดกับซีเมนต์คลุกเคล้าให้เข้ากันใน 30 วินาทีแรกโดย

ใช้ความเร็วในการผสมต่ำ แล้วทำการปรับเป็นระดับความเร็วสูงในการผสมเป็นเวลา x นาที ซึ่งเวลาที่ x, y และ z จะปรับเปลี่ยนตามวัตถุประสงค์ในการทดลอง โดยมีการควบคุมให้เวลา y + z ที่ผสมแบบ DM มีค่าเท่ากับเวลา x ที่ผสมแบบ SM

2. การเตรียมตัวอย่างการทดลองในส่วนของคอนกรีตจะมีหลักการผสมในลักษณะเดียวกันโดย หลังจากได้มีการเตรียมวัสดุตามรายการคำนวณ (Mix design) ที่ได้ออกแบบแล้ว การผสมแบบ DM ทำโดยเริ่มจากการแบ่งน้ำส่วนแรกที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.24 – 0.27 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่พอให้ซีเมนต์เพสท์คลุกเคล้าในการผสมได้ในเครื่องผสมแบบโม่ และในขั้นต้นของการผสมจะเริ่มจากการใส่หินที่อิ่มตัวผิวแห้งลงไปใน 1 ใน 3 ส่วนของหินที่มีการออกแบบไว้เพื่อต้องการให้ซีเมนต์เพสท์นั้นไม่ติดกับบริเวณรอบๆ ของเครื่องผสมและเพื่อต้องการให้มีการคลุกเคล้าที่ดีด้วย หลังจากนั้นจึงทำการใส่น้ำส่วนแรกที่ได้กล่าวข้างต้นกับซีเมนต์ก่อน แล้วจึง ทำการใส่น้ำส่วนที่เหลือลงไป ให้ครบตามอัตราส่วนที่ได้ออก แบบไว้ หลังจากนั้นก็ใส่หินส่วนที่เหลือและทรายตามลำดับ โดยเวลาการผสมดังกล่าวจะไม่เกินตามหลักการของการผสมแบบซีเมนต์เพสท์ ส่วนการผสมแบบปกติ SM จะทำการผสมตามแบบทั่วไปโดยมีการผสมน้ำกับซีเมนต์ตามอัตราส่วนที่ได้มีการออกแบบเพียงครั้งเดียว

3.3. วิธีการทดลอง

1.วิธีการทดลองในส่วนของซีเมนต์เพสท์

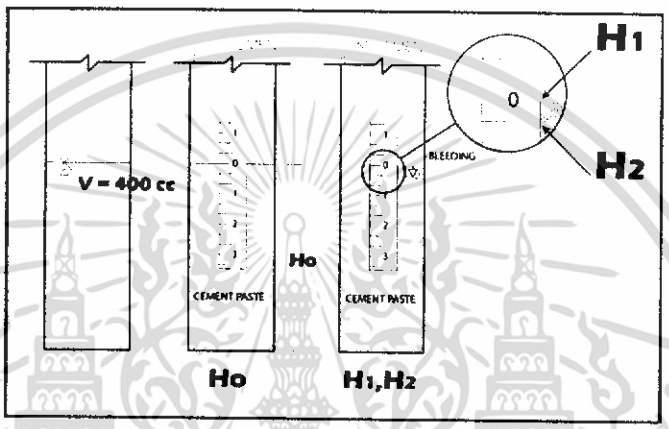
การทดลองวัดค่า Bleeding ของน้ำที่ผิวด้านบนนำตัวอย่างที่เตรียมตามวิธีการดังข้างต้น ทำการเทลงในชุดทดสอบการ Bleeding ที่ได้เตรียมไว้ ดังในรูปที่ 2 ในขั้น ตอนการเตรียมจะทำเครื่องหมายไว้ที่ชุดทดสอบ ซึ่งระยะที่ทำเครื่องหมายในชุดทดสอบ Bleeding จะอยู่ที่ระดับปริมาตรของซีเมนต์เพสท์ประมาณ 400 มล. หลังจากที่เทเสร็จให้นำแผ่น Scale ที่มีความละเอียดถึง 1 มม. ติดที่ผิวภายนอกของชุดทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.1. โดยให้ค่า 0 อยู่ที่ผิวบนของซีเมนต์ หลังจากนั้นทำการแขวนชุดทดสอบ Bleeding ทิ้งไว้ แล้วทำการจดบันทึกค่าทุกๆ 30 นาที จนกระทั่งไม่มีการเยิ้มของน้ำเพิ่มขึ้น หรือเวลาผ่านไปอย่างน้อย 4 – 6 ชั่วโมง ซึ่งในการบันทึกค่าให้อ่านค่าระดับ 2 ตำแหน่ง คือที่ระดับบนของผิวน้ำที่เยิ้มและที่ระดับผิวหน้าของซีเมนต์เพสท์ แล้วจึงบันทึกค่าให้เป็น H1 และ H2 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่จดบันทึกได้ จะนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิด Bleeding ดังสมการข้างล่าง

$$Bleeding(\%) = \frac{H_1 - H_2}{H_0} \qquad (3.1.)$$

H_0 = ความสูงของซีเมนต์เพสท์ที่ปริมาตร 400 มล.

H_1 = ความสูงที่ระดับผิวน้ำของตัวอย่างทดสอบ

H_2 = ความสูงที่ระดับผิวของซีเมนต์เพสท์



รูปที่ 3.1. แสดงตัวอย่างการเก็บค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding)

1.1. แนวโน้มของการผสมน้ำส่วนแรกด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกันโดยวิธีการผสมแบบ DM

ในการผสมแบบ DM จะมีการทดสอบหาค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) โดยจะมีการผสมน้ำในส่วนแรกที่มีค่าที่แตกต่างกันออกไปซึ่งจะมีผลต่อค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของซีเมนต์เพสท์โดยจะมีการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำทีละ 0.03 ของน้ำหนักของซีเมนต์ตั้งแต่ W1/C = 0 (เทียบเท่ากับ SM) จนถึง W1/C = 0.30 โดยที่ x = 3.5, y = 1.5 และ z = 2

1.2. ผลกระทบของระยะเวลาในการผสมของน้ำส่วนแรกด้วยวิธีการผสมแบบ DM

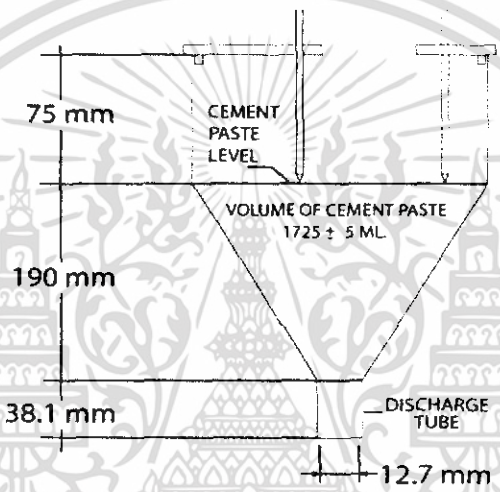
ทำการทดลองโดยใช้เวลาในการผสมซีเมนต์เพสท์ในส่วนของ W1/C โดยค่า y มากขึ้นตั้งแต่เวลา 0 นาที (SM) จนถึงเวลา 6 นาที

1.3. การเยิ้มน้ำในอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ที่มีการผสมที่แตกต่างกัน

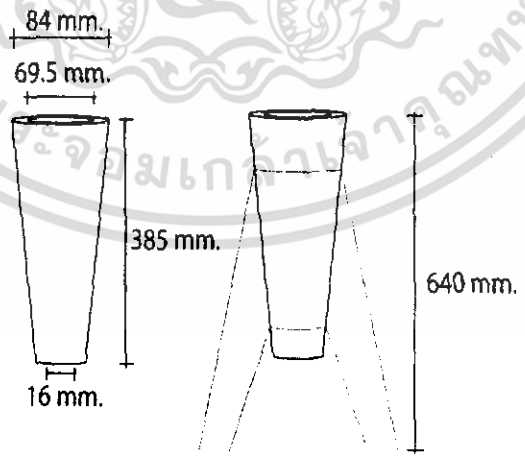
ทดลองหาค่าการเยิ้มน้ำที่ W/C 0.40,0.50 และ 0.60 ด้วยวิธีการผสมแบบ SM เปรียบเทียบกับวิธีการผสมแบบ DM

1.4. การทดลองหาความสามารถในการไหล

การทดลองการไหลของตัวอย่าง จะทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 939 ซึ่งใช้อุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.2. และตาม JSCE-F531-1993 ซึ่งใช้อุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.3.



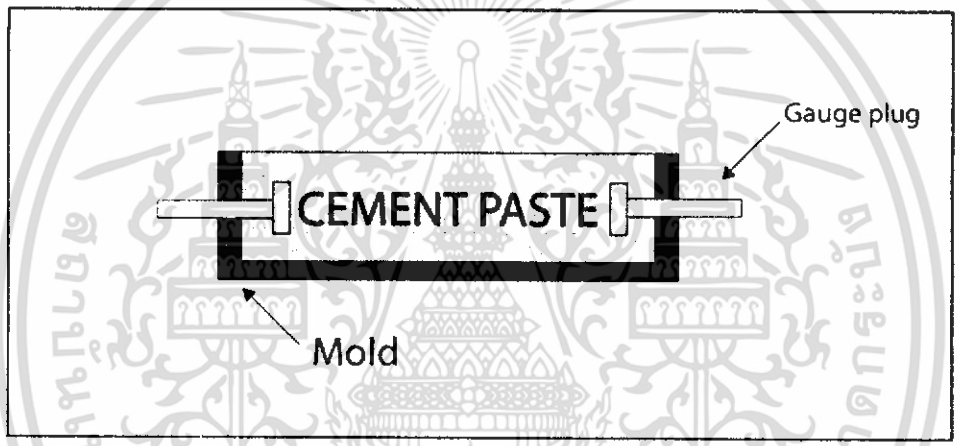
รูปที่ 3.2. แสดงอุปกรณ์การทดลอง (ASTM C939)



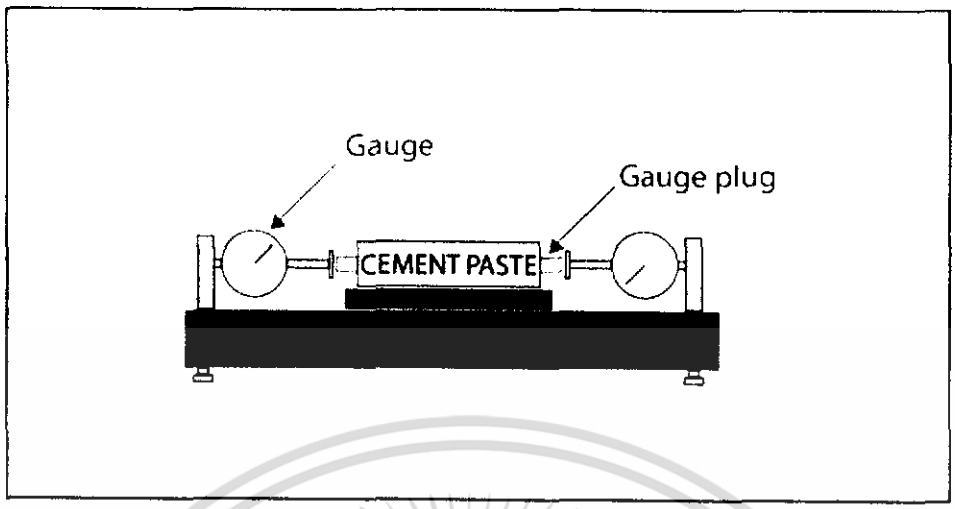
รูปที่ 3.3. แสดงอุปกรณ์การทดลอง (JSCE-F531-1993)

1.5. ความสามารถในการรับแรงอัดของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วย SM เทียบกับ DM ในการทดสอบจะทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C109, "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar," Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.01 โดยจะทำการเก็บตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม.ทำการทดสอบ ที่อายุคอนกรีต 1, 3, 7 และ 28 วัน ในการทดสอบจะเลือกทำการผสมที่ W/C 0.40,0.50,0.60

1.6. ค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ (Autogeneous Shrinkage) เทตัวอย่างที่ทำการทดลองลงในแบบหล่อตัวอย่างและทำการเก็บค่าเมื่อซีเมนต์ตามมาตรฐาน JIS A 1129, "Test method for length change of mortar and concrete,"



รูปที่ 3.4. แสดงการเก็บตัวอย่างทดสอบการหดตัวของซีเมนต์เพสท์

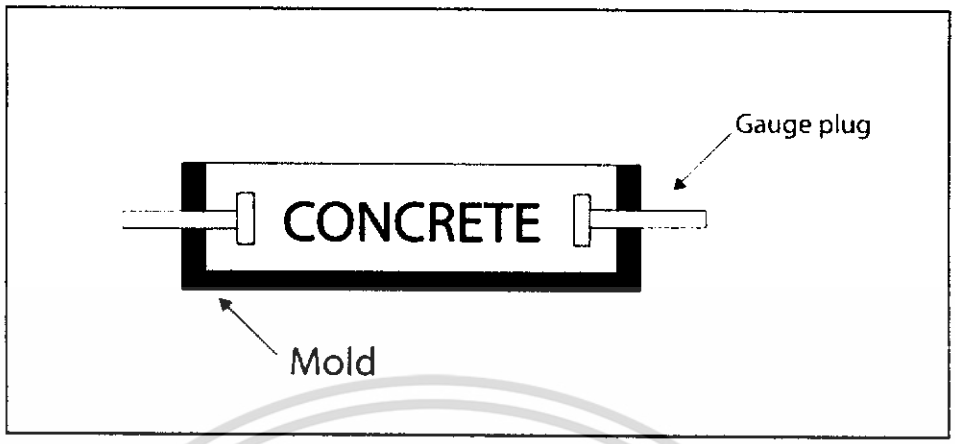


รูปที่ 3.5. แสดงการวัดค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์

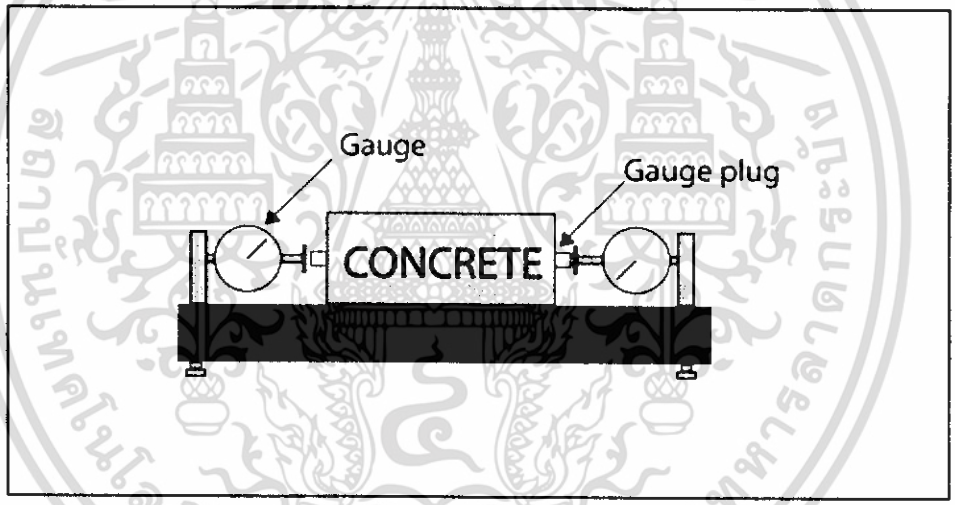
2. วิธีการทดลองในส่วนของคอนกรีต

2.1. การทดสอบความสามารถในการรับกำลังอัด ในการทดสอบจะทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C109, "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar," Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.01 โดยจะทำการเก็บตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. ทำการทดสอบ ที่อายุคอนกรีต 1, 3, 7 และ 28 วัน ในการ ทดสอบจะเลือกทำการผสมที่ W/C 0.60โดยวิธีการผสมแบบ DM จะทำการใช้ W1/C 0.24 – 0.27

2.2. . ค่าการหดตัวของคอนกรีต (Autogeneous Shrinkage) เทตัวอย่างที่ทำการทดลองลงในแบบหล่อตัวอย่างและทำการเก็บค่าเมื่อซีเมนต์ตามมาตรฐาน JIS A 1129, "Test method for length change of mortar and concrete,"



รูปที่ 3.6. แสดงการเก็บตัวอย่างทดสอบการหดตัวของคอนกรีต



รูปที่ 3.7. แสดงการวัดค่าการหดตัวของคอนกรีต

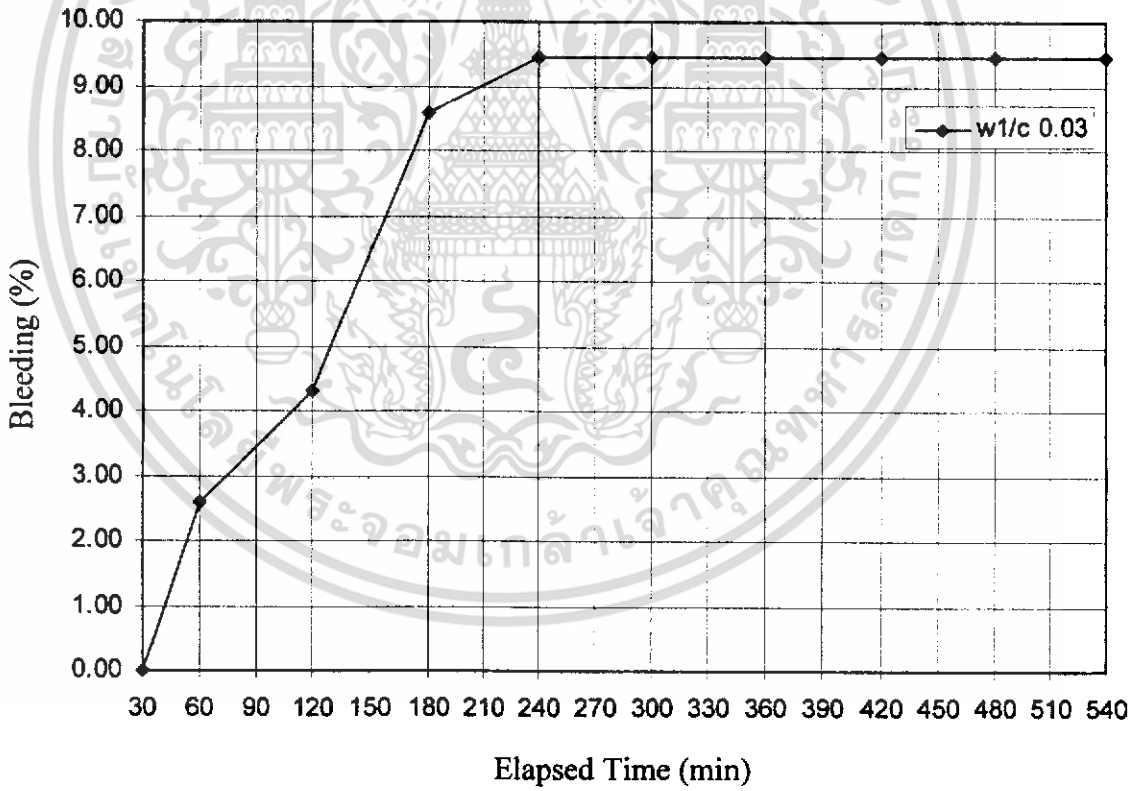
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

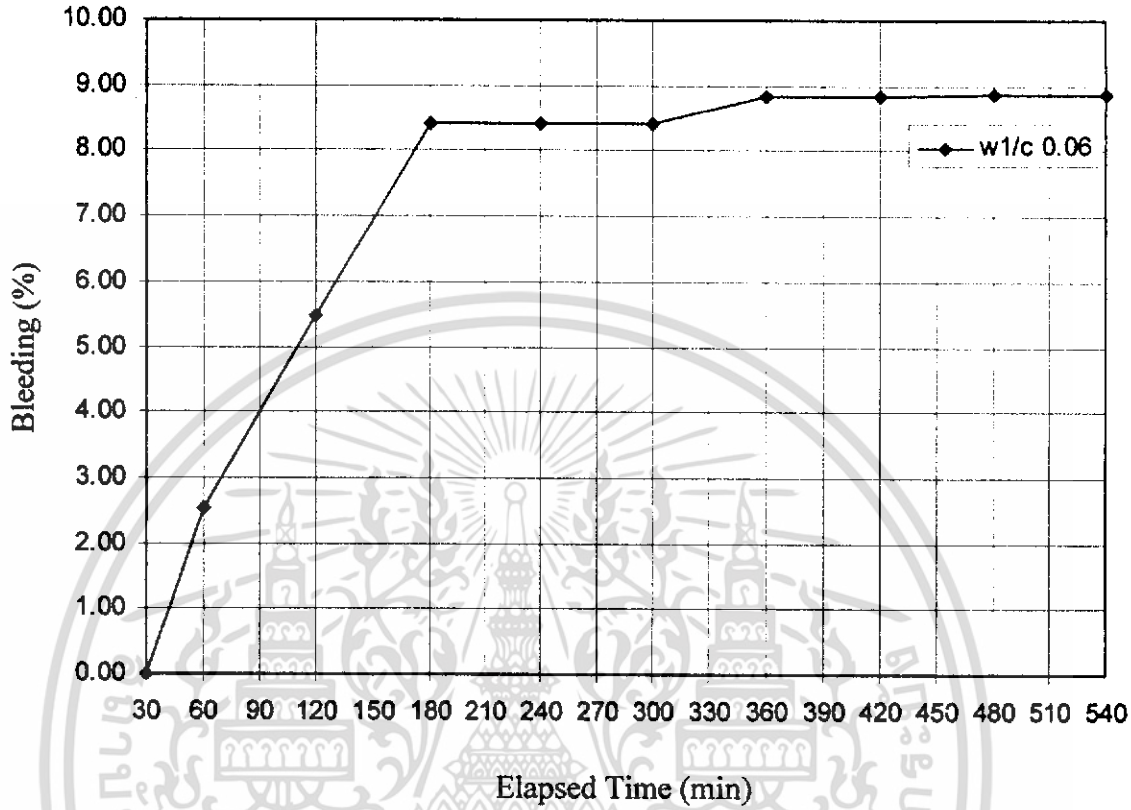
1. ผลการทดลองในส่วนของซีเมนต์เพสท์

1.1.ลักษณะของการเยิ้มน้ำด้วยวิธีการผสมแบบ SM และ DM จะมีแนวโน้มการเยิ้มน้ำที่เหมือนกัน โดยที่เมื่อเวลาผ่านไปตั้งแต่ 30-180 นาทีซีเมนต์เพสท์จะมีการเยิ้มน้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมีลักษณะคล้ายเป็นเส้นตรง หลังจากเมื่อเวลาผ่านไป 180 นาทีซีเมนต์เพสท์จะเริ่มมีการเยิ้มน้ำที่คงที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.1.-4.12.

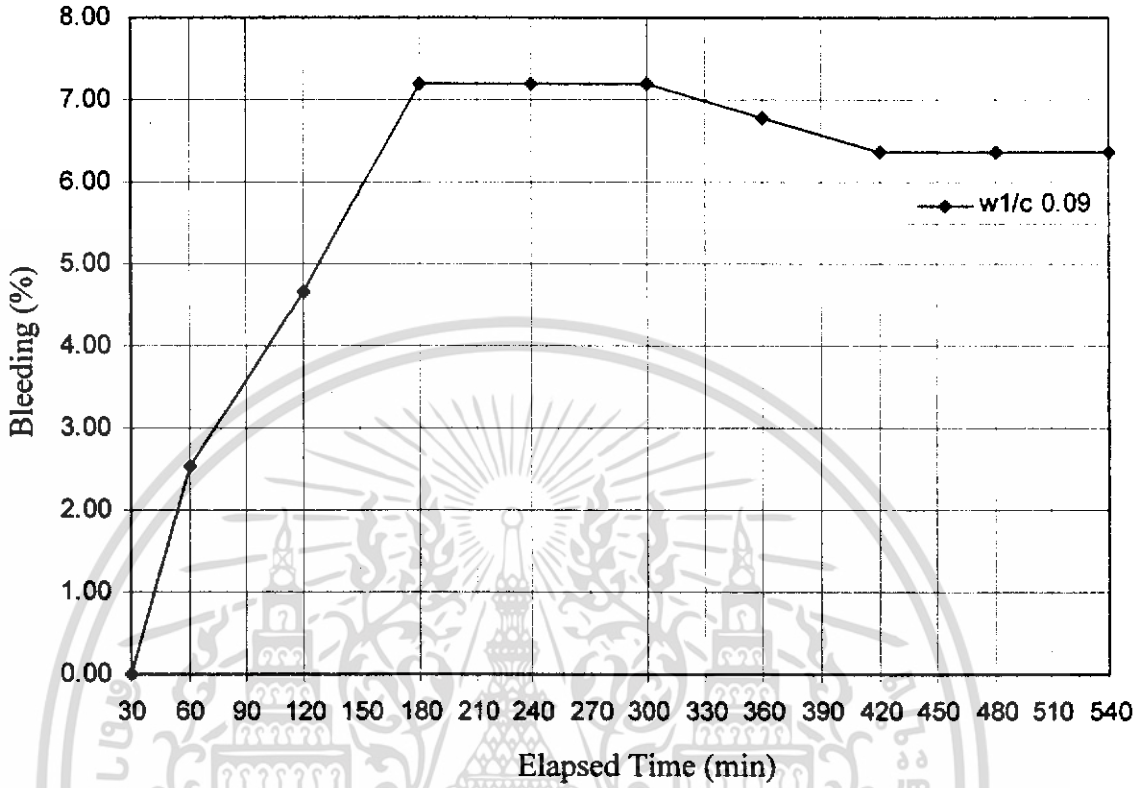


รูปที่ 4.1. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.03 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป

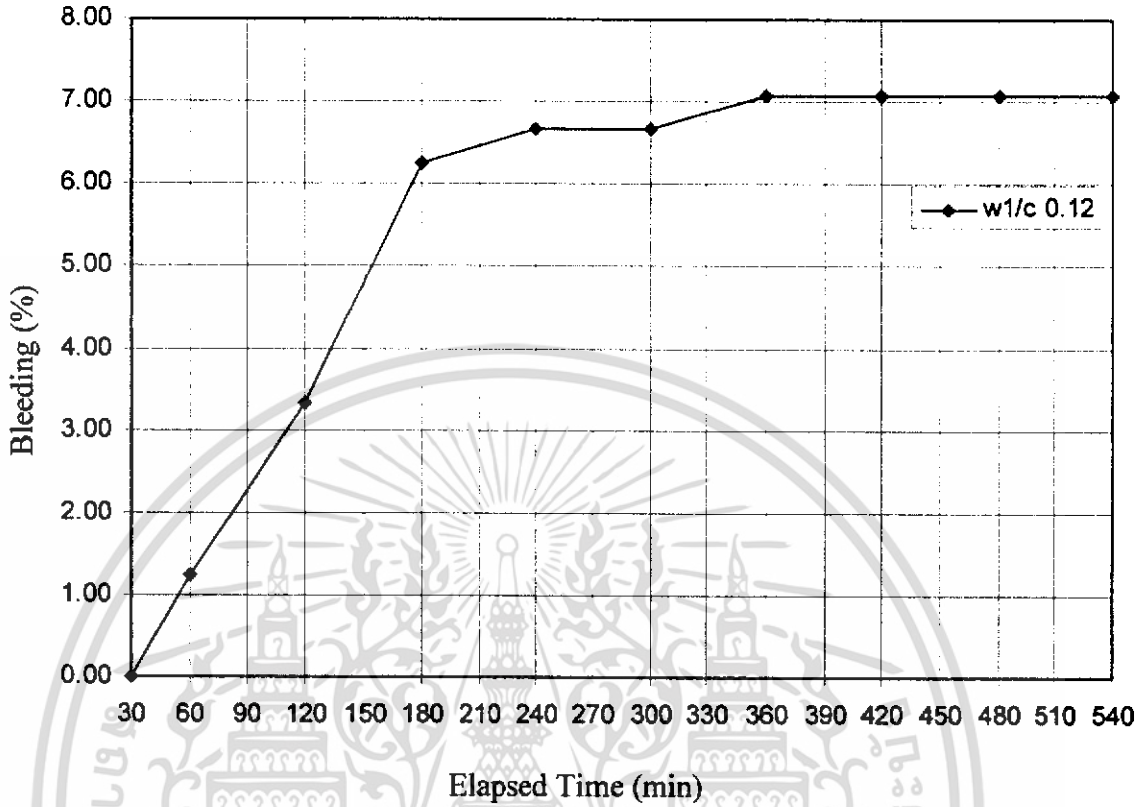
62925



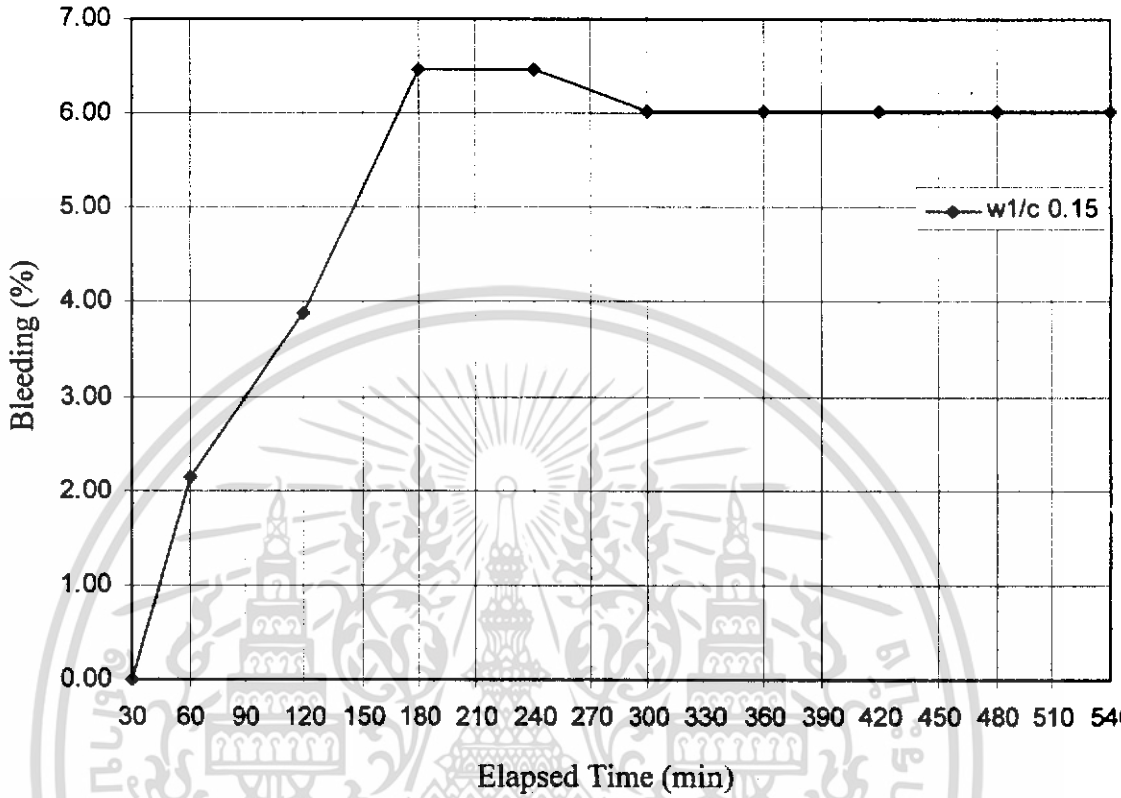
รูปที่ 4.2. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.06 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป



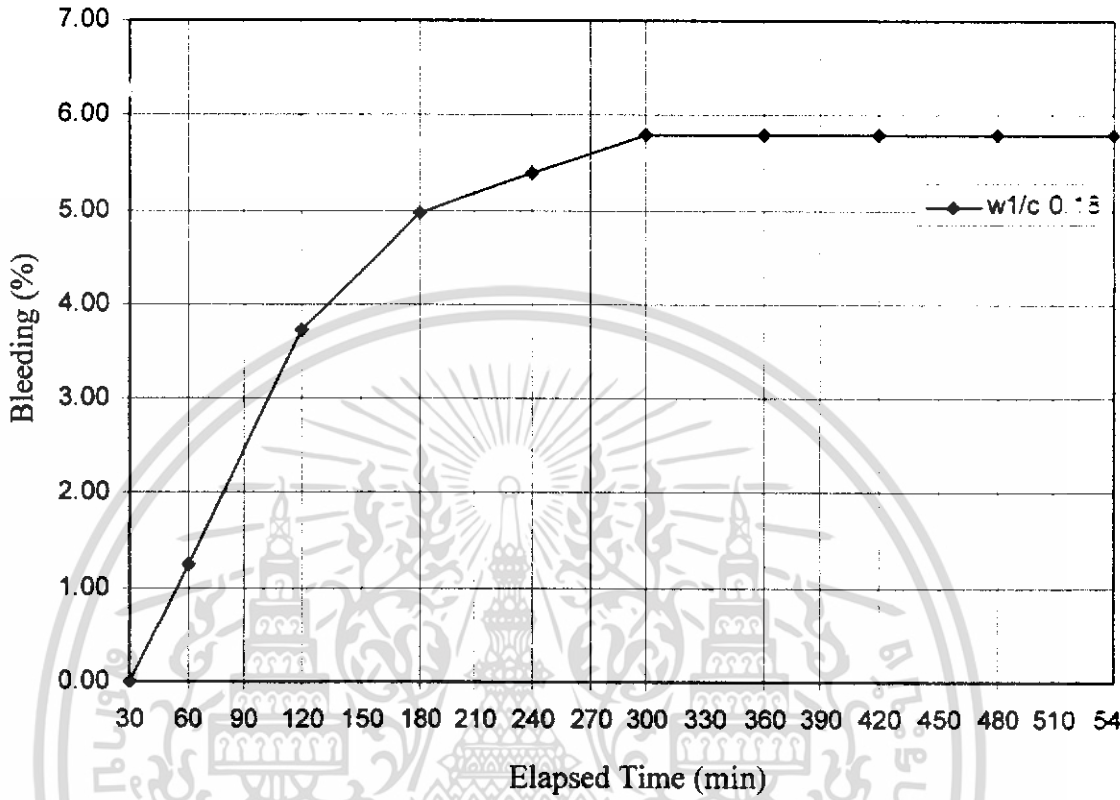
รูปที่ 4.3. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.09 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป



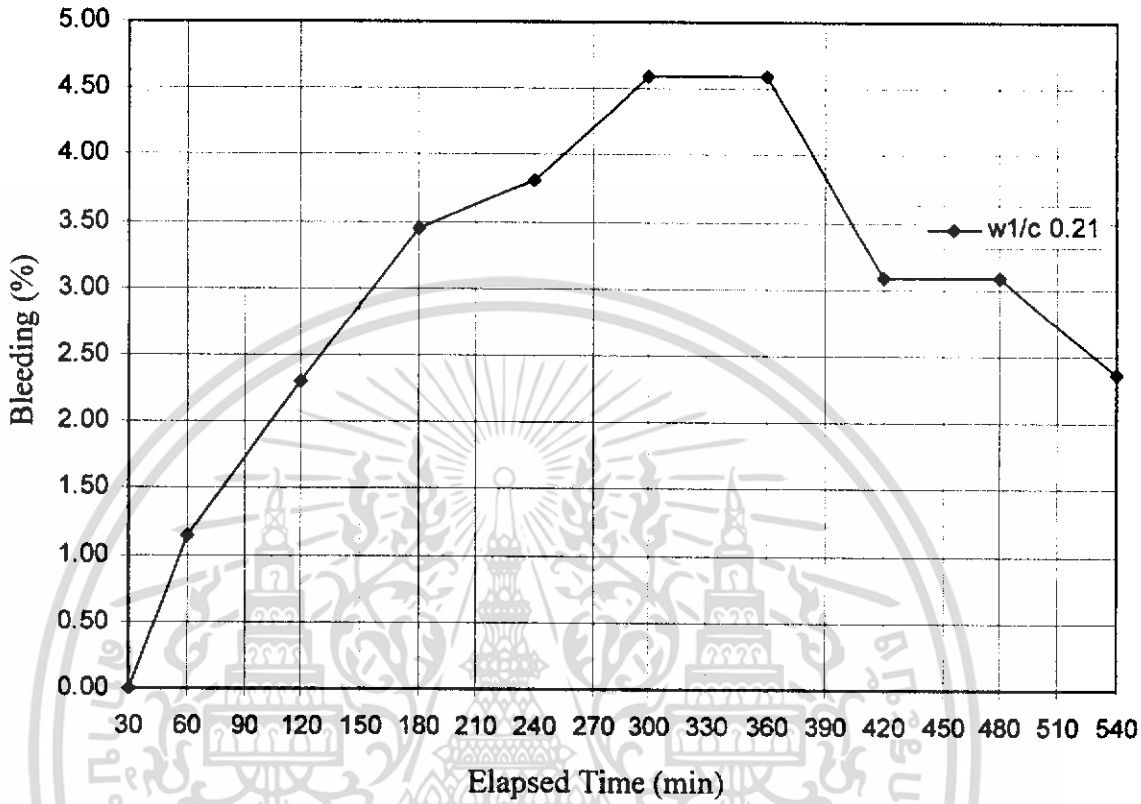
รูปที่ 4.4. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.12 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป



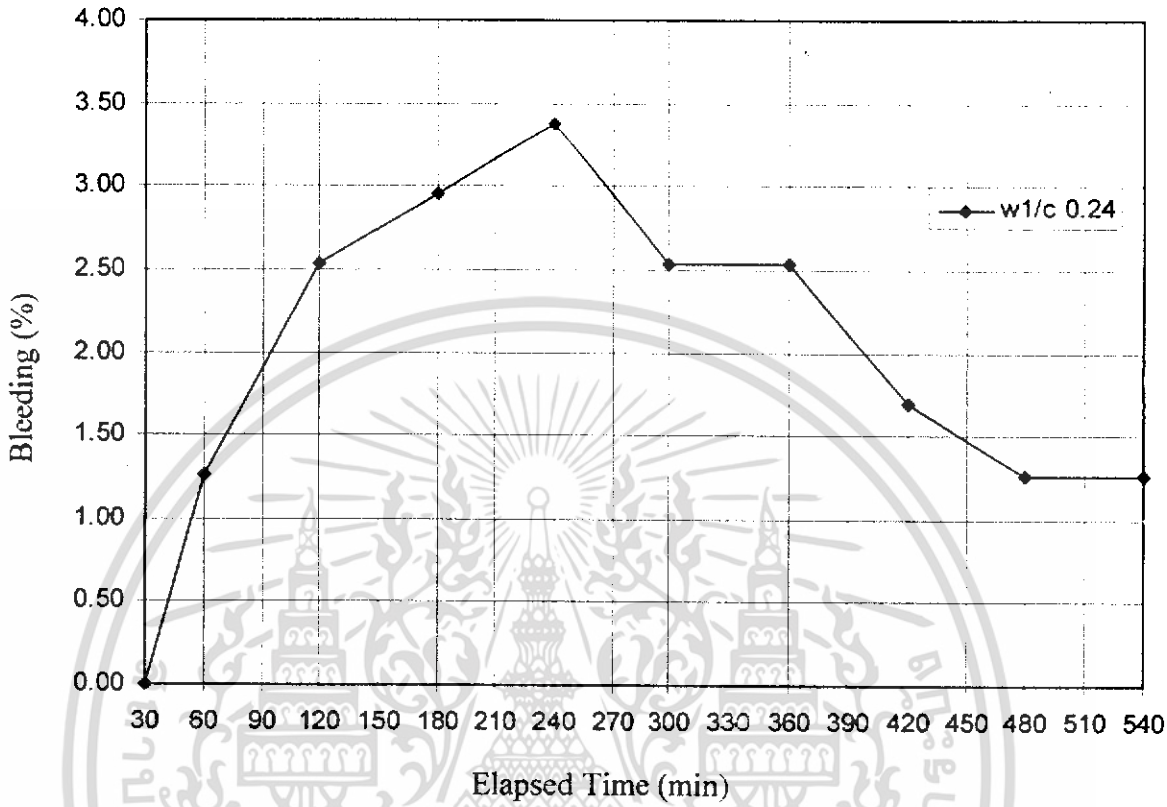
รูปที่ 4.5. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.15 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป



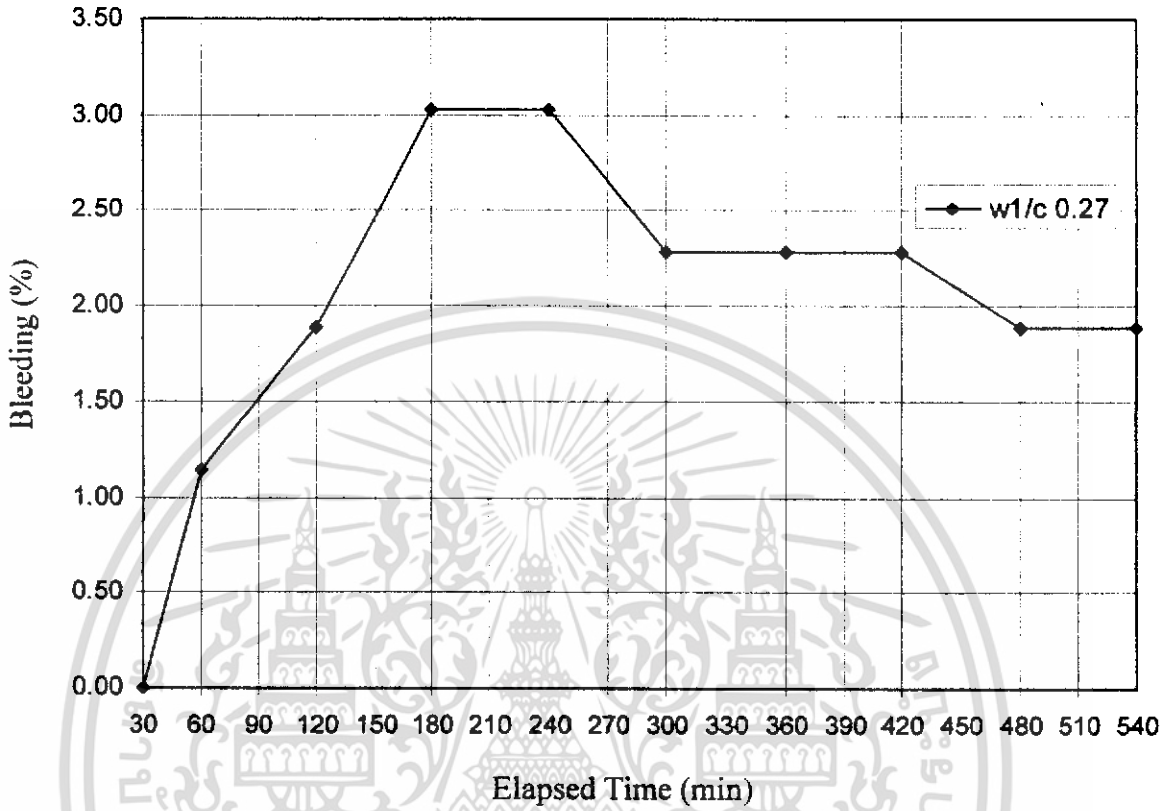
รูปที่ 4.6. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.18 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป



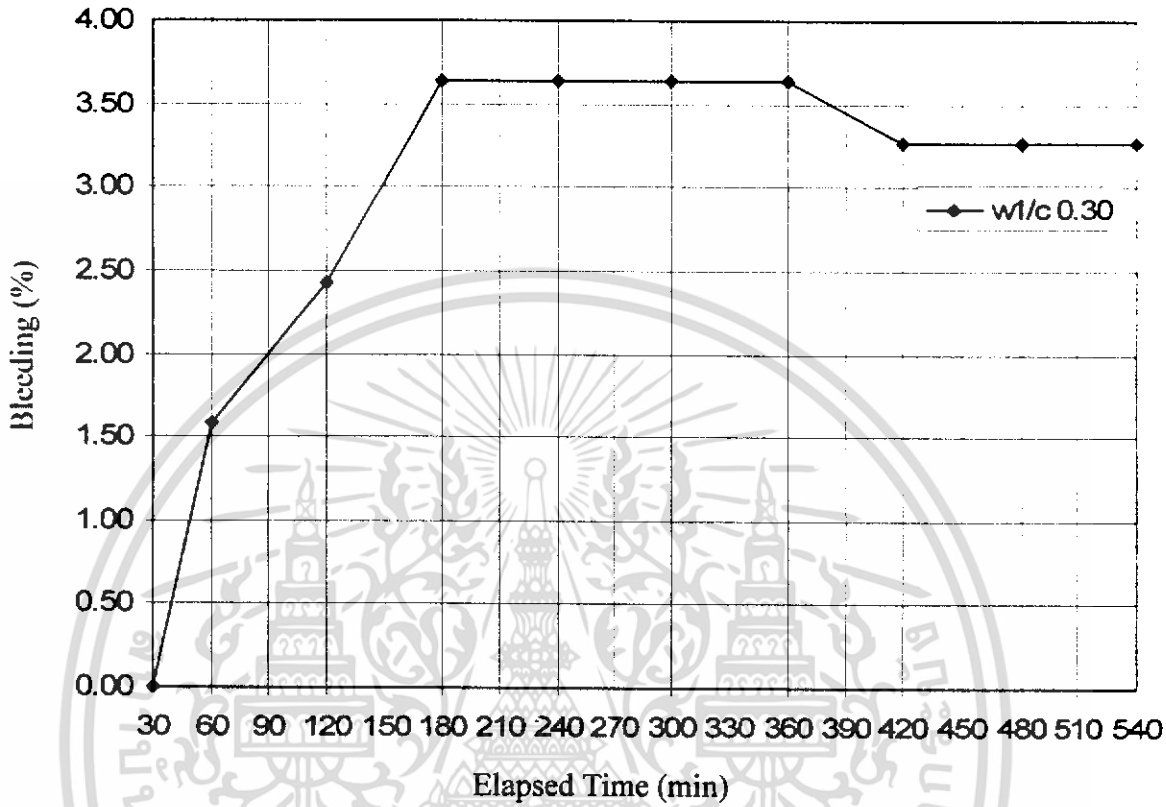
รูปที่ 4.7. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.21 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป



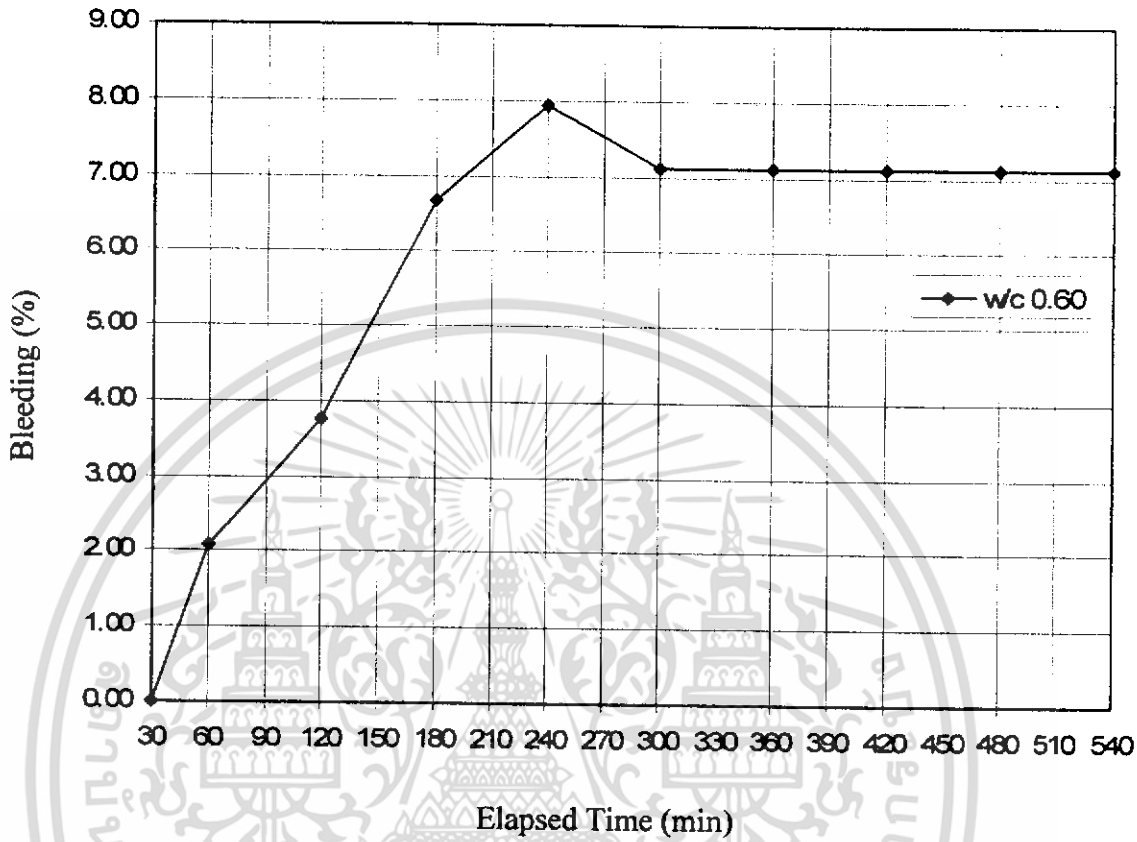
รูปที่ 4.8. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.24 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป



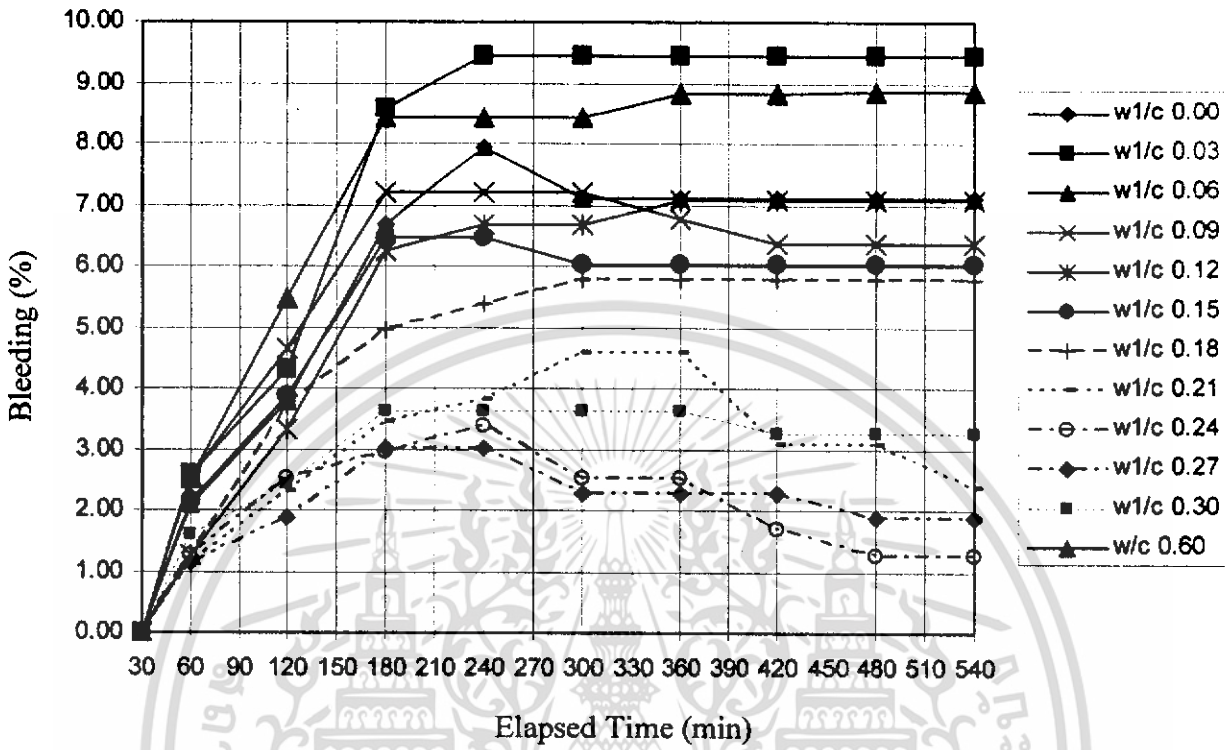
รูปที่ 4.9. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.27 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป



รูปที่ 4.10. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C 0.30 (W/C 0.60) เมื่อเวลาผ่านไป

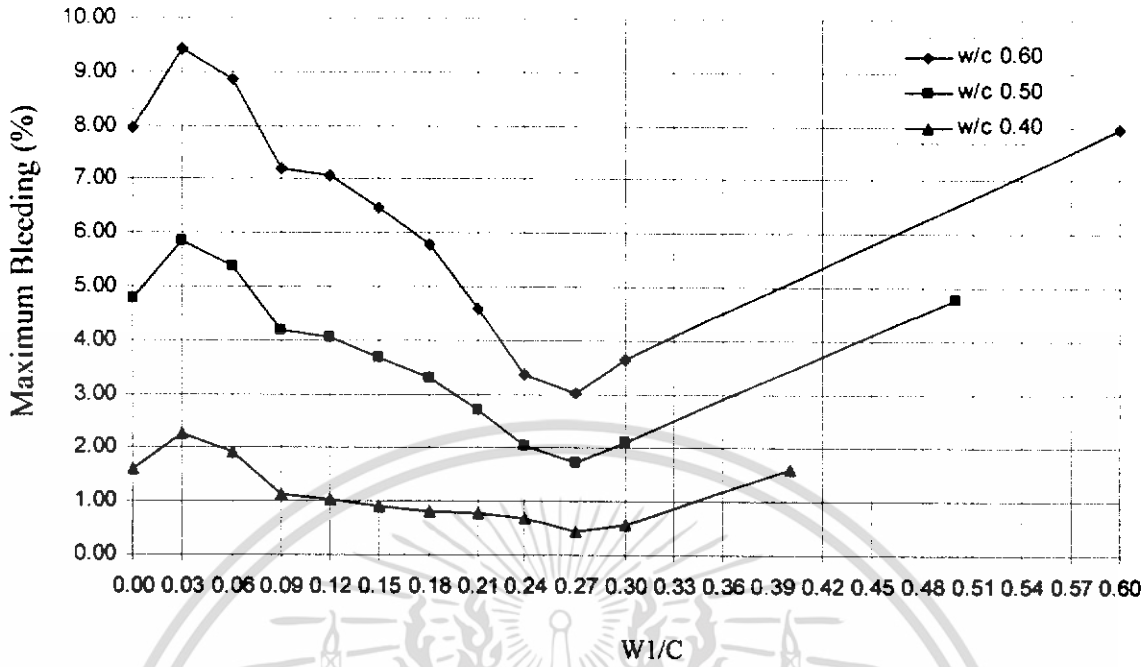


รูปที่ 4.11. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W/C 0.60 เมื่อเวลาผ่านไป



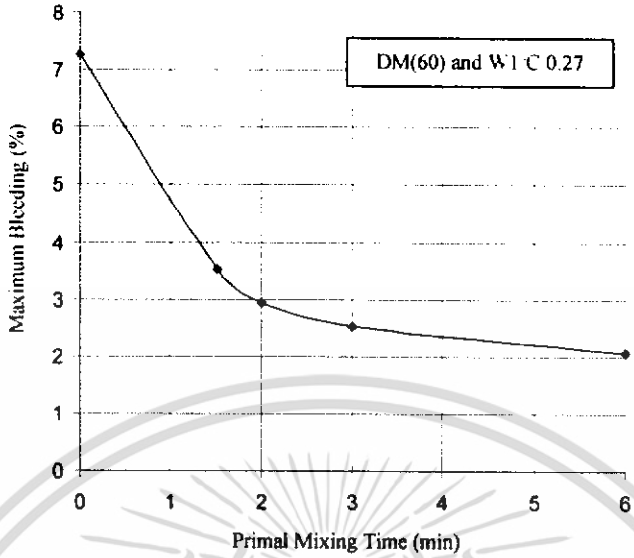
รูปที่ 4.12. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W1/C แตกต่างกัน เมื่อเวลาผ่านไป

1.2. ปริมาณน้ำเริ่มแรกที่ใช้ในการผสม (W1/C) ต่อค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของซีเมนต์เพสท์ จากการทดสอบผสมซีเมนต์เพสท์ที่ W/C 0.60 โดยวิธี DM ซึ่งมีการปรับค่า W1/C โดยเพิ่มทีละ 0.03 ตั้งแต่ W1/C = 0 (เทียบเท่ากับ SM) จนถึง W1/C = 0.30 โดยที่ x = 3.5, y = 1.5 และ z = 2 พบว่าเมื่อใช้ W1/C ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 0.13 การ Bleeding มีปริมาณมากกว่าการผสมแบบ SM แต่เมื่อค่า W1/C เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า Bleeding ค่อยๆ ลดลงมาอย่างมากและลดต่ำสุดที่ W1/C ประมาณ 0.24-0.26 ดังแสดงในรูปที่ 4.13. จากผลการทดลองลักษณะของการเยิ้มน้ำเมื่อทำการผสมแบบ DM โดยที่มี W1/C ในช่วงที่มีค่าน้อยตั้งแต่ 0 - 0.06 ลักษณะดังกล่าวจะทำให้ซีเมนต์มีการจับตัวกันเป็นมวลขนาดใหญ่เหมือนลักษณะของการนำซีเมนต์ที่มีความชื้นนำมาใช้ในการทำงานจึงทำมีค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่มากเพราะว่าน้ำมีอนุภาคที่เบาและการจับตัวระหว่างอนุภาคซีเมนต์มีน้อยเนื่องจากมวลมีขนาดใหญ่จึงทำให้น้ำส่วนเกิน (Excess Water) ที่ไม่ได้มีการนำไปใช้ในการเกิดปฏิกิริยา มีการหลุดจากแรงยึดเหนี่ยวกับอนุภาคของซีเมนต์จึงทำให้อนุภาคของน้ำมีการลอยล้วขึ้นสู่ผิวหน้า จึงเป็นเหตุผลสำคัญอย่างหนึ่งว่าไม่ควรที่จะนำซีเมนต์ขึ้นมาใช้งานเพราะซีเมนต์ได้มีการรับน้ำส่วนแรกก่อนนำออกไปใช้งาน ส่วนการเยิ้มน้ำที่มีค่าที่น้อยกว่าวิธีการผสมแบบ SM ใน W1/C ระหว่าง 0.24-0.27 ลักษณะดังกล่าวเกิดจากการที่ซีเมนต์มีการผสมกับน้ำส่วนแรกแล้วมีการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) ที่สมบูรณ์ในการผสมก่อนแล้ว เมื่อทำการผสมกับน้ำในส่วนที่สองให้ครบตามอัตราส่วนของ W/C จะทำให้ซีเมนต์เพสท์มีการยึดจับอนุภาคของน้ำได้ดีมากขึ้นหรือมีพื้นที่ในการยึดจับน้ำได้มากขึ้นโดยที่ไม่ได้มีการยึดจับระหว่างอนุภาคน้ำกับน้ำหรือมีการยึดจับกันน้อยจึงทำให้มีการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่น้อยลง ในส่วนของการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของวิธีการผสมแบบ SM ที่มีค่ามากกว่าวิธีการผสมแบบ DM เนื่องจากการผสมมีการใส่น้ำเพียงครั้งเดียวการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) ระหว่างซีเมนต์กับน้ำมีการเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์เช่นเดียวกันแต่จะมีน้ำบางส่วนหรือที่เรียกว่าน้ำส่วนเกิน (Excess Water) จะมีการจับตัวหรือยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้ำกับน้ำโดยที่ไม่ได้มีการจับตัวระหว่างอนุภาคน้ำกับซีเมนต์จะทำให้น้ำส่วนเกินนั้นลอยตัวขึ้นสู่ผิวหน้าของซีเมนต์เพสท์จึงทำให้มีค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของวิธีการผสมแบบ SM มีค่ามากกว่าวิธีการผสมแบบ DM



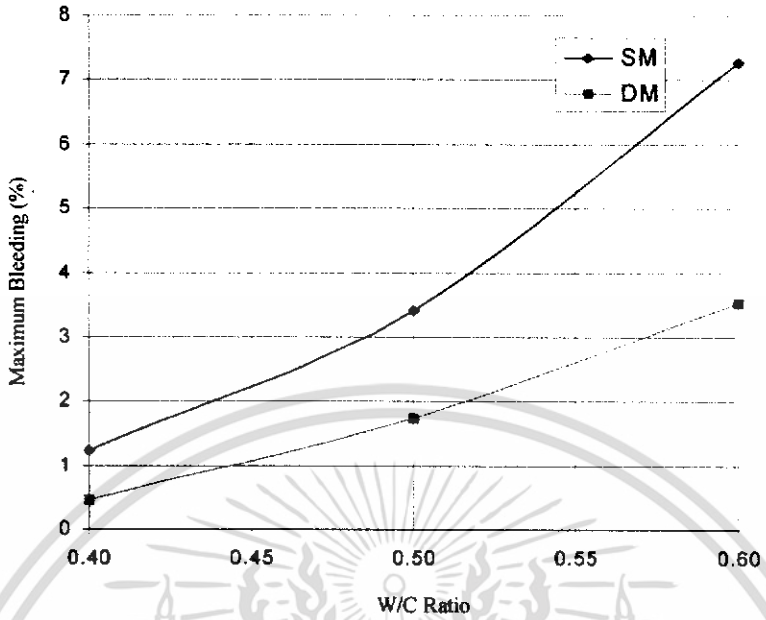
รูปที่ 4.13. แสดงค่าการเยิ้มน้ำสูงสุด (Maximum Bleeding) ที่ W1/C ต่างกัน

1.3. การเยิ้มน้ำ (Bleeding) และเวลาในการผสม y (Primal Mixing Time for DM) จากการทดสอบของตัวอย่าง W/C = 0.60 และ W1/C = 0.27 (เนื่องจากทำให้มีค่าการเยิ้มน้ำน้อยที่สุด) จากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้เวลาในการผสมซีเมนต์เพสท์ในส่วนของ W1/C = 0.27 โดยค่า y มากขึ้นจะทำให้การเยิ้มน้ำลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะใน ช่วงเวลาตั้งแต่ 0 -3 นาที ซึ่งหลังจากใช้เวลา y ในการผสมมากกว่า 3 นาทีไปแล้วอัตราการคายน้ำจะลดต่ำลงไปอีกเล็กน้อยดังแสดงในรูปที่ 4.14. จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการผสมแบบ DM โดยที่ใช้ระยะเวลา y ในการผสมที่มีค่ามากขึ้นเป็นผลทำให้การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) ระหว่างน้ำกับซีเมนต์เกิดได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด โดยที่มีการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของน้ำกับซีเมนต์เท่านั้นเมื่อมีการนำน้ำส่วนที่สองมาทำการผสมให้ครบตามอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่ได้ทำการออกแบบไว้จึงทำให้ซีเมนต์เพสท์มีการยึดจับน้ำเพียงอย่างเดียวหรือมีพื้นที่ที่มีค่ามากขึ้นในการยึดจับน้ำในส่วนที่สองจึงเป็นส่วนที่ทำให้ลดการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้ำกับน้ำ ลักษณะดังกล่าวจึงเป็นส่วนช่วยในการเยิ้มน้ำของซีเมนต์เพสท์ โดยที่ผลการทดลองค่าที่เหมาะสมของระยะเวลา y ควรอยู่ที่ 0 – 3 นาที



รูปที่ 4.14. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่เวลาในการผสม y ต่างกัน

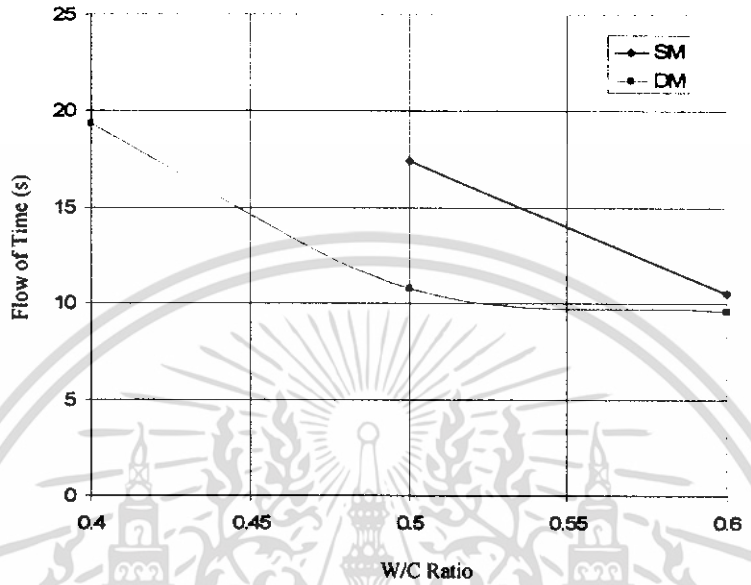
1.4. ค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) เมื่อใช้ W/C ที่สูงขึ้นจะเห็นความแตกต่างกันมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ W/C 0.60 ค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของ DM จะยิ่งน้อยกว่า SM เป็นสองเท่าดังรูปที่ 4.15. จากผลการทดลองดังกล่าวนั้นแสดงให้เห็นว่าการผสมแบบวิธี DM จะมีการยึดจับน้ำได้ดีกว่าวิธีการผสมแบบ SM ซึ่งจะเป็นข้อสรุปที่เห็นได้อย่างชัดเจนจากข้อมูลของการทดลอง W/C 0.60 นั้นหากลองคำนวณดูว่าในส่วนของน้ำที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) อยู่ที่ 0.28 ± 0.1 น้ำส่วนเกินที่มีในการผสมตาม W/C 0.60 จะมีถึง 0.32 ซึ่งมีค่ามากกว่าเป็นหนึ่งเท่าตัว ในการยึดจับระหว่างอนุภาคซีเมนต์กับอนุภาคน้ำอาจจะไม่สามารถยึดจับได้เพียงพอจึงทำให้มีค่าการเยิ้มน้ำที่มีค่ามาก ซึ่งจากข้อความดังข้างต้นจึงทำให้ทราบว่าการผสมแบบ DM มีการยึดจับน้ำได้ดีกว่าซึ่งทำให้มีค่าการเยิ้มน้ำที่น้อยกว่าวิธีการผสมแบบ SM



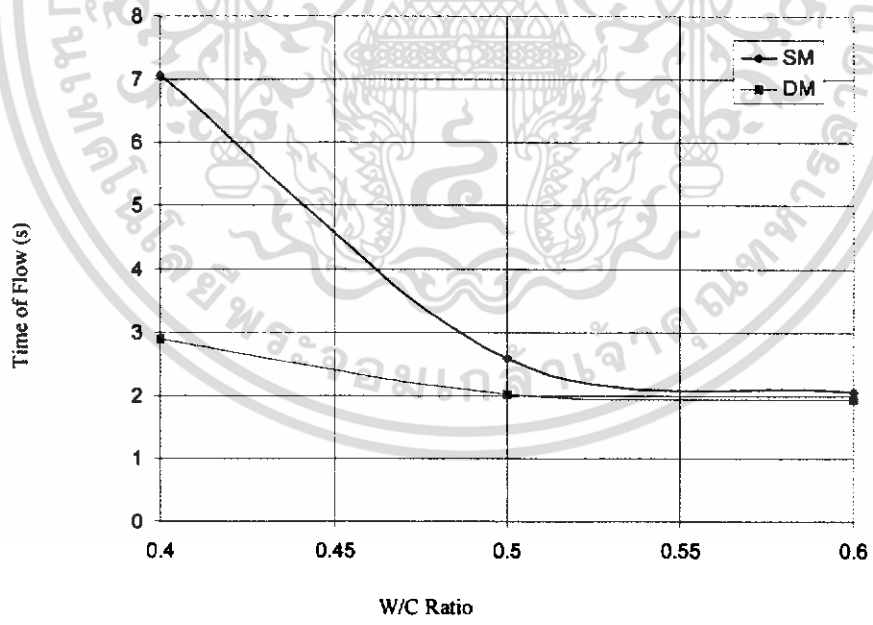
รูปที่ 4.15. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ W/C ต่างกัน

1.5. อัตราการไหลของซีเมนต์เพสท์ผ่าน Flow coneจากการทดลองพบว่า อัตราการไหลของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมโดยวิธี DM ดีขึ้นมากเมื่อเทียบกับการผสมโดยวิธี SMโดย เฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีอัตราส่วน W/C ต่ำมากเท่าไรก็จะเห็นค่าความต่างมากขึ้น จากการทดลองโดยวิธี ASTM ที่ W/C= 0.40 พบว่าการผสมแบบ SM นั้นซีเมนต์เพสท์สามารถไหลผ่านอุปกรณ์ได้แต่ใช้ระยะเวลาในการผ่านนั้นมีค่ามากจนเกินที่จะสามารถยอมรับค่านั้นได้ จึงให้ค่าการไหลนั้นเป็นค่าที่ไม่สามารถจะทำการจดบันทึกในการวิเคราะห์ผลได้ แต่เมื่อใช้วิธีการผสมแบบ DM พบว่าซีเมนต์เพสท์สามารถไหลผ่านอุปกรณ์การทดลองโดยใช้เวลาในการไหล ผ่านประมาณ 19 วินาที สำหรับ W/C= 0.5 กับการผสมแบบ DM เทียบกับแบบ SM แล้วพบว่าซีเมนต์เพสท์สามารถไหลผ่านอุปกรณ์การทดลอง โดยใช้เวลาในการไหลลดลงถึง 7 วินาที ดังรูปที่ 4.16. สำหรับการทดลองโดยวิธี JSCE ดังรูปที่ 4.17. พบว่าที่ W/C=0.40 ซีเมนต์เพสท์ที่ผสมแบบ SM ให้ค่าการไหลผ่าน Flow cone ที่เวลา 7 วินาทีส่วนซีเมนต์เพสท์ที่ผสมโดยวิธี DM ให้ค่าการไหลผ่านที่เวลา 2.9 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการผสมแบบ DM สามารถเพิ่มอัตราการไหลของซีเมนต์เพสท์โดยทำให้เวลาในการไหลผ่านอุปกรณ์ทดลองลดลง มากกว่าครึ่งหนึ่งของการผสมแบบ SM จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการผสมแบบ DM นอกจากการที่ให้ค่าการเยิ้มน้ำที่น้อยลงแล้วแต่สามารถที่จะให้ค่าการไหลนั้นมีค่าที่เพิ่มมากขึ้นด้วยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการผสมแบบ SM ซึ่งจากผลการทดลองค่าที่เห็นความ

แตกต่างของการไหลมากที่สุดคืออยู่ที่ W/C 0.40 แต่ในส่วนของ W/C 0.60 จะมีผลของการไหลที่ไม่ค่อยแตกต่างกันมากเนื่องจากมีปริมาณน้ำในการผสมตามอัตราส่วน ในวิธีการผสมแบบ DM และ SM มีค่ามากเช่นเดียวกันจึงทำให้ค่าการไหลจึงไม่เห็นความแตกต่างกันมาก

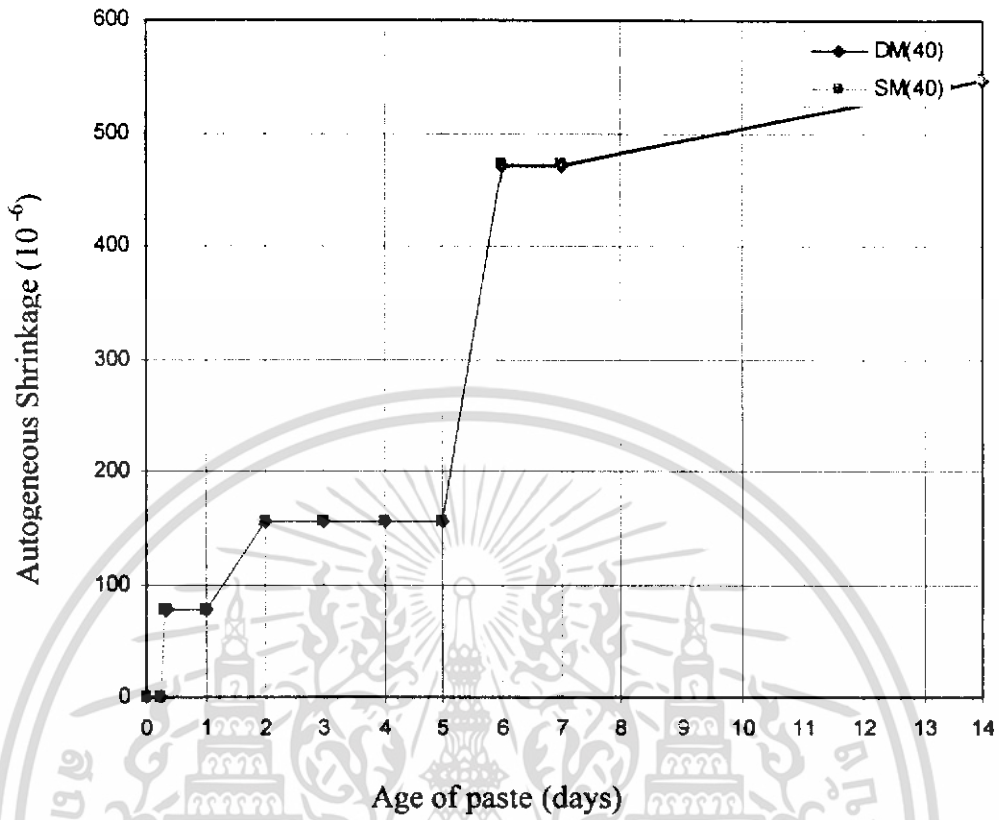


รูปที่ 4.16. แสดงค่าการไหลของตัวอย่างเมื่อทดสอบด้วยวิธี ASTM

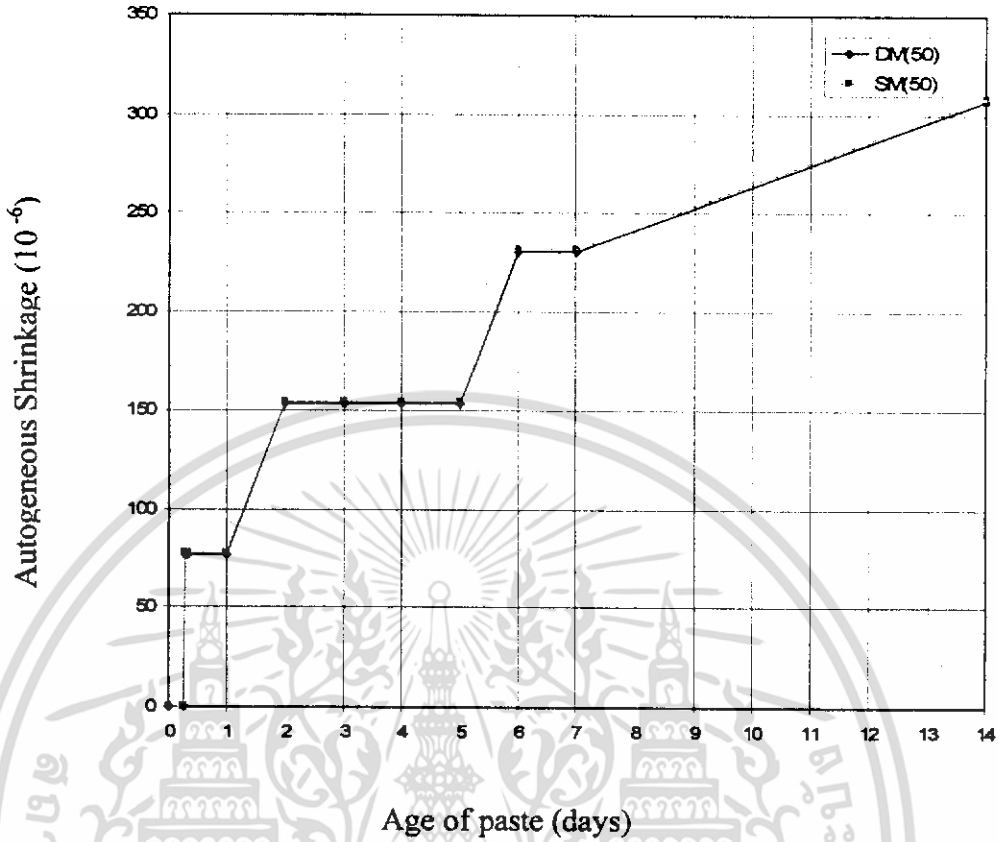


รูปที่ 4.17. แสดงค่าการไหลของตัวอย่างเมื่อทดสอบด้วยวิธี JSCE

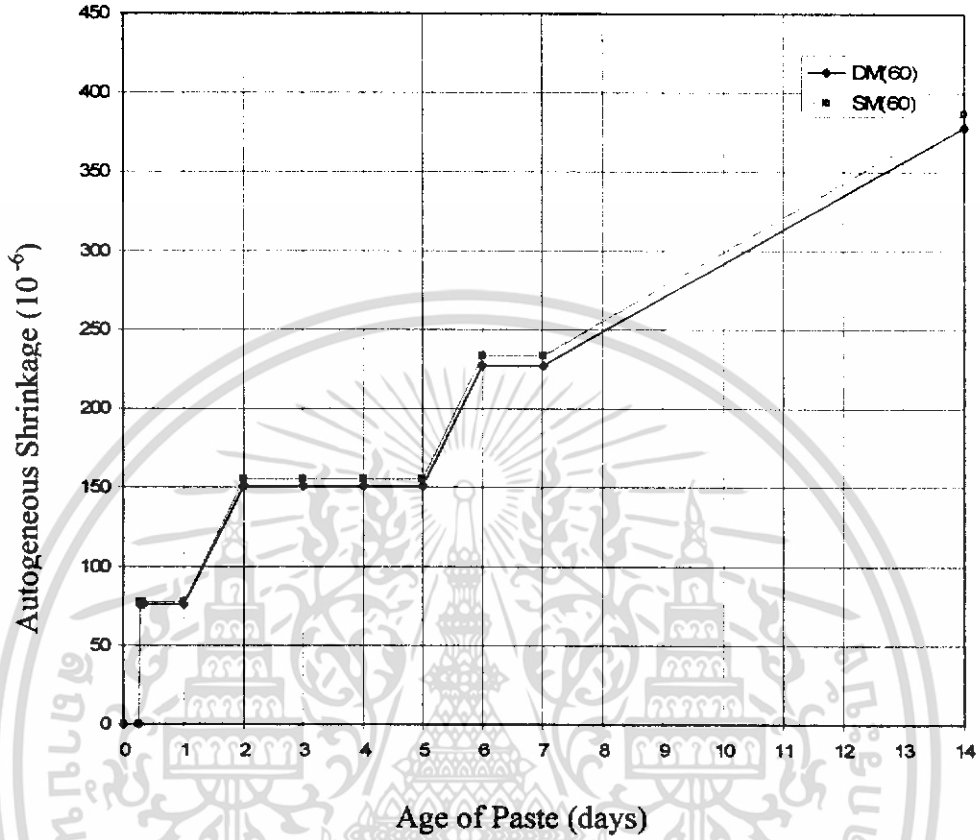
1.6. ค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ (Autogeneous Shrinkage) จากผลการทดลองแสดงดัง รูปที่ 4.18. , 4.19. และ 4.20. จะเห็นว่าค่าการหดตัวของการผสมแบบ DM และ SM นั้นจะมีค่าการหดตัวเพิ่มขึ้นตามอายุของซีเมนต์เพสท์ ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันแต่จะมีผลบ้างเล็กน้อยที่ W/C มากขึ้น สังเกตได้ว่าที่ W/C 0.60 มี DM มีการหดตัวมากกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากผลการทดลองดังกล่าวค่าการหดตัว (Autogeneous Shrinkage) นั้นเมื่อทำการเชื่อมโยงตามความสัมพันธ์ของการทดสอบการเยิ้มน้ำ (Bleeding) จากข้อมูลดังข้างต้นการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของวิธีการผสมแบบ SM จะมีค่าที่มากกว่าสองเท่าของวิธีการผสมแบบ DM ใน W/C 0.60 แสดงให้เห็นว่าเมื่อการเยิ้มน้ำขึ้นมาที่ผิวซีเมนต์เพสท์และเมื่อมีอัตราการระเหยเท่ากับอัตราการเยิ้มน้ำ ปริมาตรที่น้ำระเหยออกไปทำให้ปริมาตรของซีเมนต์เพสท์ลดลงหรือมีการหดตัว ซึ่งอาจจะเป็นเหตุผลที่ว่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ของวิธีการผสมแบบ SM อาจจะมีค่าน้อยกว่าวิธีการผสมแบบ DM เมื่ออายุของซีเมนต์เพสท์มากขึ้นแต่จากผลการทดลองของการทดสอบการหดตัว (Autogeneous Shrinkage) แสดงให้เห็นว่าการผสมแบบวิธี DM นั้นถึงแม้จะมีการเยิ้มที่ผิวหน้าน้อยและมีการหดตัวในช่วงแรกน้อยนั้นแต่จะไม่ส่งผลต่อการหดตัว (Autogeneous Shrinkage) เมื่ออายุของซีเมนต์เพสท์มากขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการผสมแบบ SM ในส่วนของ W/C 0.60 เมื่ออายุของซีเมนต์ที่มากขึ้นหรือที่ 14 วันชิ้นตัวอย่างที่มีการผสมแบบ SM มีค่าที่มากกว่าชิ้นตัวอย่างของวิธีการผสมแบบ DM การหดตัวที่มากกว่านั้นเนื่องจากเป็นผลกระทบในช่วงแรกเนื่องจากมีการเยิ้มน้ำที่มีค่ามากทำให้ปริมาตรของซีเมนต์เพสท์ลดลงไปมากกว่าวิธีการผสมแบบ DM



รูปที่ 4.18. แสดงค่าระหว่างค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ และอายุของซีเมนต์เพสท์ที่ W/C 0.4



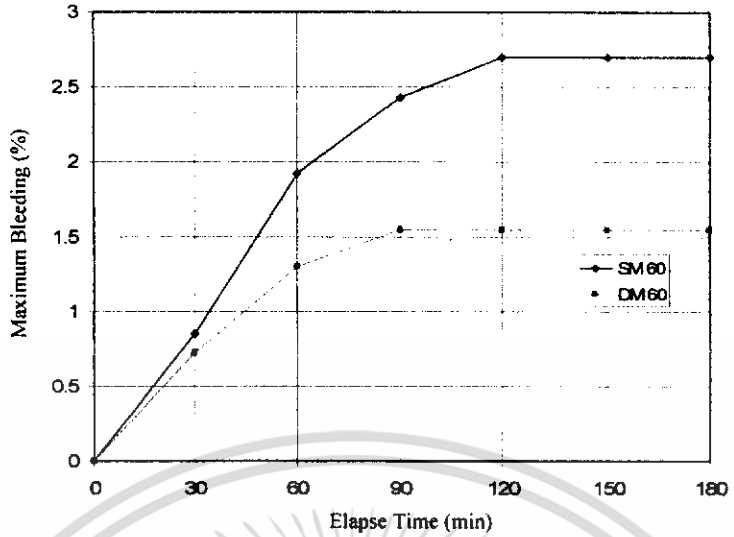
รูปที่ 4.19. แสดงค่าระหว่างค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ และอายุของซีเมนต์เพสท์ที่ W/C 0.5



รูปที่ 4.20. แสดงค่าระหว่างค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ และอายุของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.6

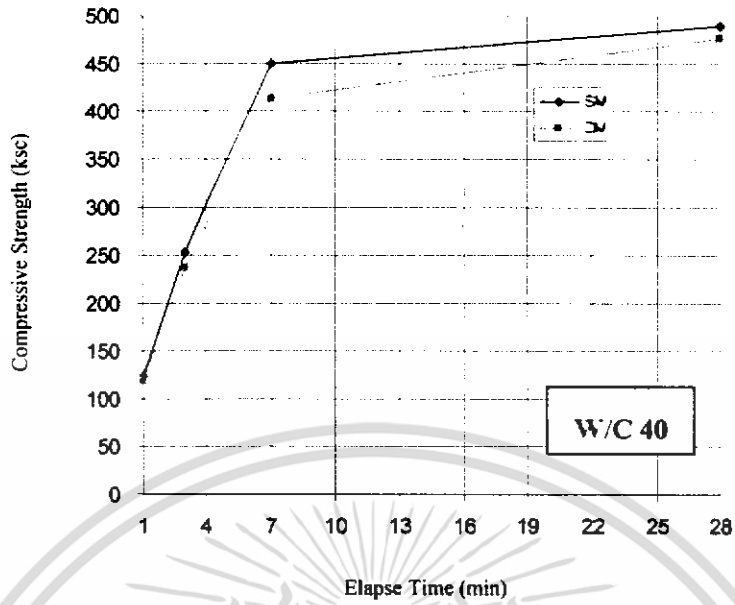
2. ผลการทดลองในส่วนของคอนกรีต

2.1. การทดสอบการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของคอนกรีต จากการทดลองพบว่า คอนกรีตที่ W/C 0.60 จะมีค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของผิวหน้าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปตั้งแต่ 0 ถึง 120 นาที ดังรูปที่ 4.2.. และพบว่าการผสมแบบ DM จะช่วยลดการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ได้เช่นเดียวกับการทดสอบการเยิ้มน้ำของซีเมนต์เพสท์ จากข้อมูลดังข้างต้นในการทดสอบจะพบว่าค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ผิวหน้าของคอนกรีตมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับซีเมนต์เพสท์ดังรูปที่ 4.12. ซึ่งเนื่องมาจากในคอนกรีตสามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นซีเมนต์เพสท์ กับส่วนที่เป็นมวลรวม(ทรายและมวลรวมหยาบ) ซึ่งคอนรีตจะมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปนั้นขึ้นอยู่กับซีเมนต์เพสท์ ไม่ว่าจะเป็น ความสามารถในการรับกำลังอัด(Compressive Strength) การเยิ้มน้ำ (Bleeding) หรือ ความสามารถในการเท (Workability) เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์จึงควรทำให้ความสำคัญของซีเมนต์เพสท์เป็นหลัก จากข้อมูลดังข้างต้นการเยิ้มน้ำของซีเมนต์เพสท์จะมีค่ามากกว่าคอนกรีต เนื่องจากเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างซีเมนต์เพสท์กับคอนกรีตในปริมาตรเดียวกันนั้นจะพบว่าในปริมาตรของซีเมนต์เพสท์เพียงอย่างเดียวจะมีปริมาตรที่มากกว่าปริมาตรของซีเมนต์เพสท์ในคอนกรีต โดยที่เริ่มมีการศึกษาดังข้างต้นว่าลักษณะของการเยิ้มน้ำเกิดจากซีเมนต์เพสท์เป็นหลัก ดังนั้นในปริมาตรของซีเมนต์เพสท์ที่มีในคอนกรีตน้อยเนื่องจากการแทนที่ของมวลรวมทำให้การเยิ้มน้ำ(Bleeding) ของคอนกรีตเกิดขึ้นน้อยกว่าซีเมนต์เพสท์ แต่แนวโน้มของการเยิ้มน้ำโดยวิธีผสมแบบ DM ยังเป็นแนวโน้มเดียวกันคือมีค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) น้อยกว่าวิธีการผสมแบบ SM ส่วนในการทดลองหาค่าการเยิ้มน้ำจะทำการทดสอบเพียง W/C 0.60 เนื่องจากการทดสอบที่ W/C 0.40 และ 0.50 นั้นจะทำการวัดค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ได้ยากเนื่องมีค่าที่น้อยมากไม่สามารถที่จะอ่านค่าได้อย่างถูกต้อง

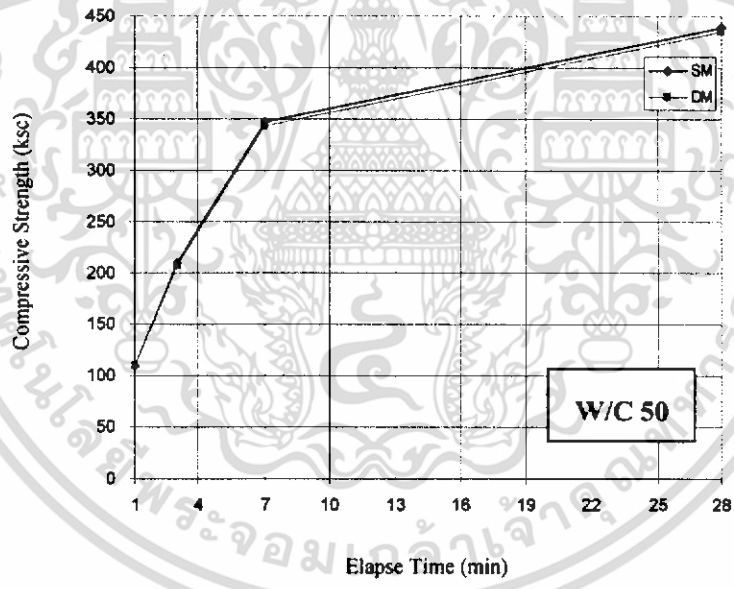


รูปที่ 4.21. แสดงค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของคอนกรีตที่ W/C 0.60

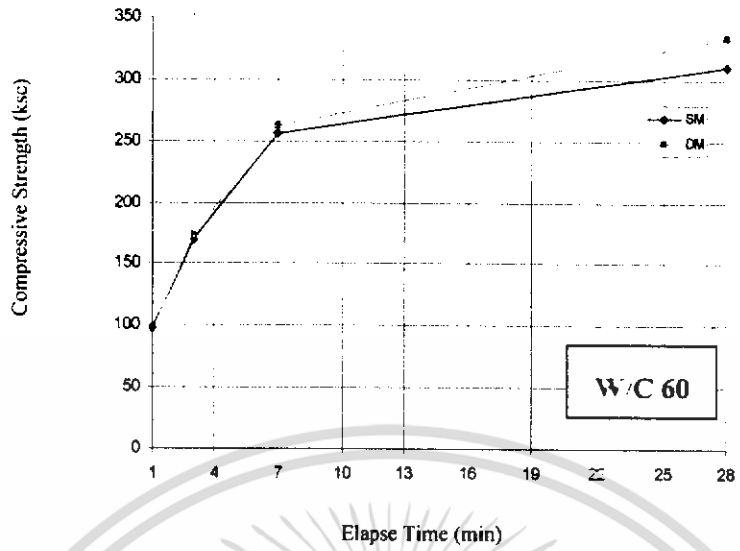
2.2. การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ W/C 0.60 จากการทดลอง พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 1, 3, 7 และ 28 วันในการผสมแบบวิธี DM จะมีค่ากำลังอัดคอนกรีตที่มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักกับวิธีการผสมแบบ SM ดังแสดงในรูปที่ 4.22. , 4.23. และ 4.24. ซึ่งในส่วนที่ มีค่ากำลังอัดที่น้อยอาจจะเป็นผลกระทบเนื่องการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่มีมากเพราะน้ำที่ลอยตัวสู่ผิวหน้าคอนกรีตหรือน้ำบางส่วนอาจจะอยู่ใต้มวลรวมหยาบที่มีขนาดใหญ่เมื่อมีการแข็งตัวน้ำส่วนนั้นอาจจะระเหยแล้วอาจทำให้เกิดเป็นโพรงขึ้นมาได้หรืออาจเนื่องมาจากสัดส่วนของ W/C ที่ผิวหน้ามีค่ามากจึงทำให้ความสามารถในการรับกำลังลดต่ำลงได้



รูปที่ 4.22. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Compressive Strength และ อายุคอนกรีตที่ W/C 0.40

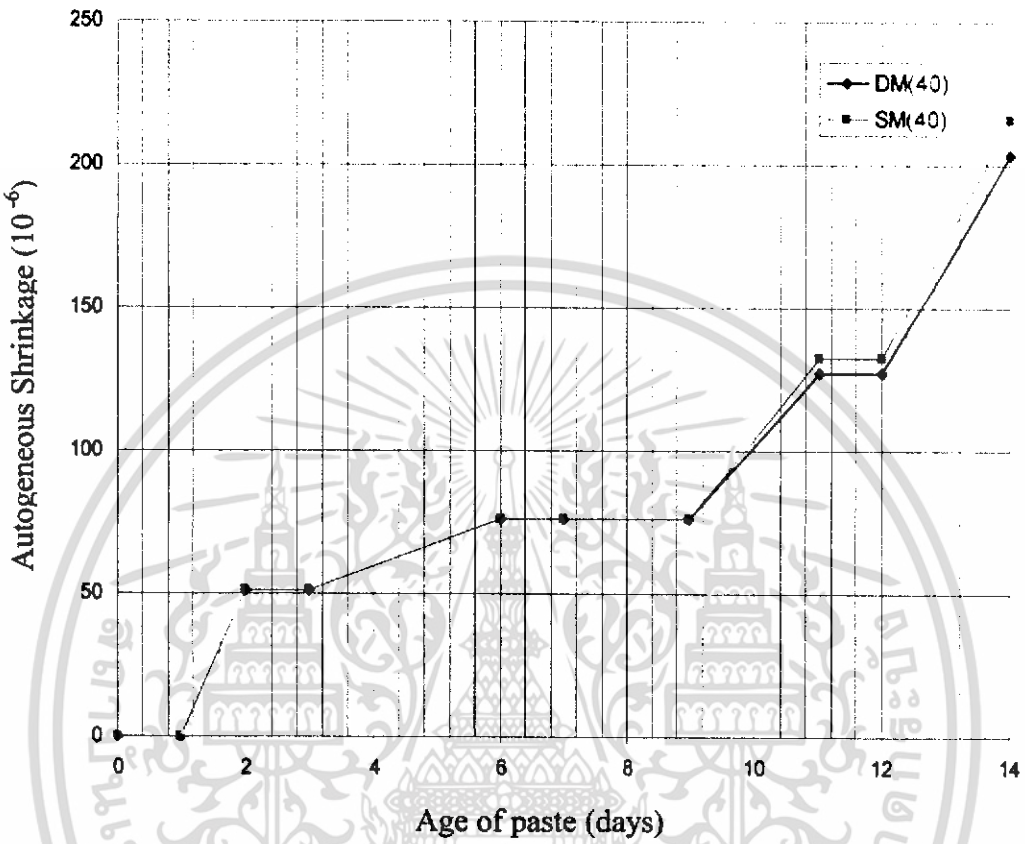


รูปที่ 4.23. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Compressive Strength และ อายุคอนกรีตที่ W/C 0.50

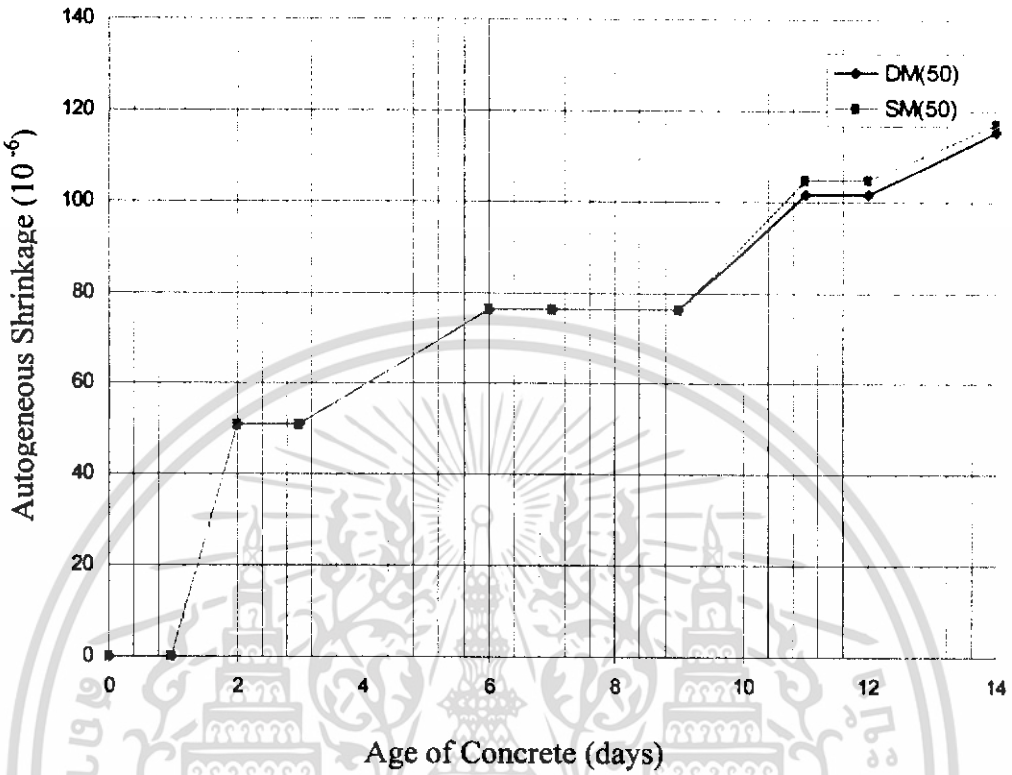


รูปที่ 4.24. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Compressive Strength และ อายุคอนกรีตที่ W/C 0.60

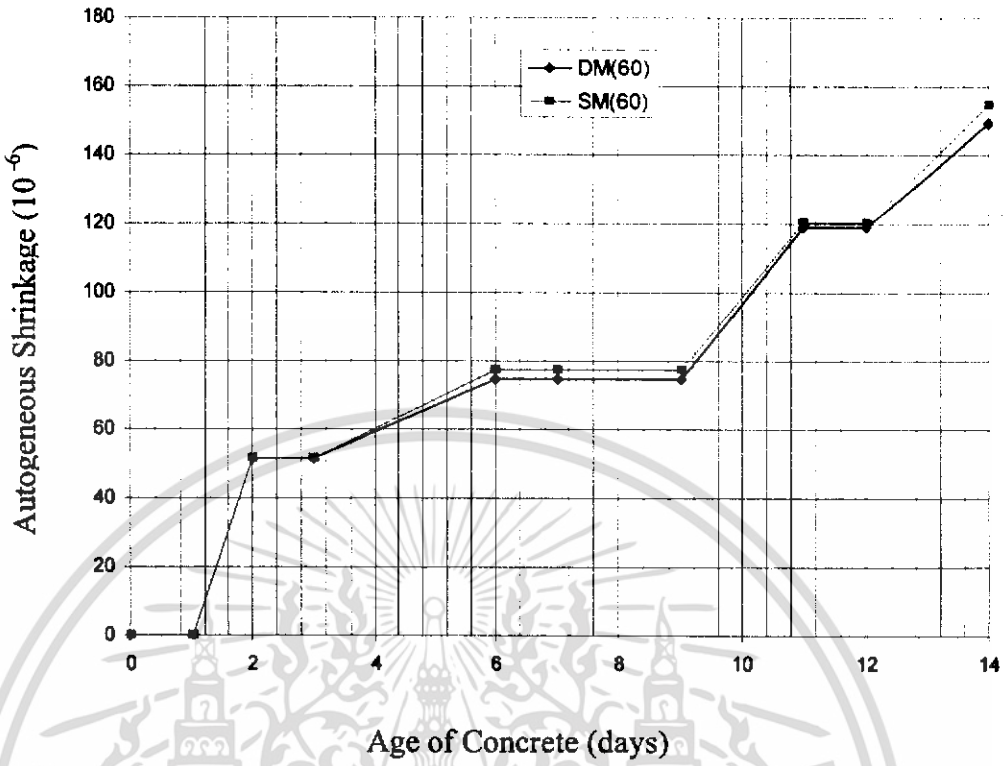
2.3. การทดสอบ Autogeneous Shrinkage ค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ผสมด้วยวิธี DM และ SM นั้นค่าที่ได้มาแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.25., 4.26. และ 4.27.



รูปที่ 4.25. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวของคอนกรีต และอายุของคอนกรีตที่ W/C 0.4



รูปที่ 4.26. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวของคอนกรีต และอายุของคอนกรีตที่ W/C 0.5



รูปที่ 4.27. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการหดตัวของคอนกรีต และอายุของคอนกรีตที่ W/C 0.6

w/c Ratio	Slump (cm.)
0.4	10
0.5	10
0.6	10

ตารางที่ 4.1. แสดงค่า Slump ที่ผสมด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.4,0.5,0.6

w/c Ratio	Slump (cm.)
0.4	10.5
0.5	11
0.6	12.5

ตารางที่ 4.2. แสดงค่า Slump ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.4,0.5,0.6

4.2 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. จากความสัมพันธ์ของ W1/C ของการผสมโดยวิธี DM ต่อค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) พบว่า W1/C ที่ค่าน้อยกว่า 0.13 จะมีค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) มากกว่าการผสมแบบ SM ด้วยเหตุนี้ทำให้สามารถอธิบายได้ว่า ซีเมนต์ที่โดนความชื้นแล้วนำมาผสมจะให้ค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ของน้ำที่ผิวหน้ามากกว่าซีเมนต์ปรกติเนื่องจากว่า ซีเมนต์ได้รับปริมาณความชื้นจากน้ำในส่วนของ W1/C เบื้องต้นก่อนแล้ว ทำให้มีการจับตัวกันของความชื้นกับซีเมนต์เกิดเป็นผลึกที่มีขนาดใหญ่กว่าสภาพปกติ จึงทำให้ซีเมนต์เพสท์มีค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ที่ปริมาณมาก และด้วยเหตุนี้ทำให้ทราบด้วยว่า การผสมคอนกรีตที่ถูกต้องนั้นควรที่จะต้องผสมน้ำกับซีเมนต์ก่อนที่จะผสมหินและทรายลงไป เพื่อหลีกเลี่ยง W1/C ที่จะมากับน้ำที่ผิวของหินและทราย สำหรับค่า W1/C ที่ให้ค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) น้อยที่สุดอยู่ในช่วง 0.24 – 0.26 ซึ่งสามารถลดค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ได้มากกว่า 2 เท่าของการผสมแบบ SM ที่ W/C= 0.6

2. ค่าการเยิ้มน้ำ (Bleeding) มีความสัมพันธ์เป็นอย่างมากกับ Primal water W1/C รวมทั้งเวลาที่ใช้ y (Primal mixing time) ซึ่งพบว่าเวลาที่ใช้ในการผสมในช่วง y ที่มากขึ้นจะทำให้อัตราการเยิ้มน้ำ (Bleeding) ลดลงซึ่งจากการทดลองทำให้ทราบเวลา y ที่เหมาะสมควรจะอยู่ในช่วงเวลา 1-3 วินาที เพราะเป็นช่วงเวลาที่ทำให้อัตราการเกิดเยิ้มน้ำ (Bleeding) ลดลงได้มาก

3. การผสมซีเมนต์เพสท์หรือคอนกรีตที่มีค่า W/C สูง ที่ค่า W/C=0.6 ด้วยวิธี DM สามารถทำให้ค่าการเยิ้มน้ำ (bleeding) ลดลงได้กว่าสองเท่าของการผสมแบบโดยวิธีปกติ

4. ค่าความสามารถในการไหลลื่น Fluidity ของซีเมนต์เพสท์สามารถที่จะพัฒนาขึ้นได้โดยวิธีผสมแบบ DM โดยเฉพาะกรณีที่ W/C ต่ำ ที่ค่า W/C=0.4 สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้มากกว่า 2 เท่าของการผสมโดยวิธีปกติ

5. คอนกรีตที่ผสมด้วยวิธี DM นั้นจะรับกำลังแรงอัดได้ใกล้เคียงกับวิธี ผสมด้วยวิธี SM

6. ค่าความสามารถในการเท (Workability) ของคอนกรีตที่ผสมด้วยวิธี DM นั้นจะช่วยให้มีค่าความสามารถในการเทมากกว่า ผสมด้วยวิธี SM

7. ค่าการหดตัว (Autogeneous Shrinkage) ในทั้งซีเมนต์เพสท์และคอนกรีตนั้นมีค่าใกล้เคียงกันจน สามารถสรุปได้ว่าการผสมแบบ DM ไม่มีผลต่อการทำให้เกิดการหดตัวที่มากกว่าการผสมแบบ SM

ภาคผนวก ก

ปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต

1.1 การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม

การทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำคอนกรีต จะมีการทดสอบในห้องทดลอง เพื่อทราบถึงความเหมาะสมของวัสดุผสมที่จะใช้ในการคำนวณหาสัดส่วนการผสมตลอดจน เพื่อการควบคุมคุณภาพของคอนกรีต

ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบนั้นควรเป็นตัวแทนของวัสดุทั้งหมดที่จะนำไปใช้ผสมคอนกรีตจริงๆ ซึ่งการเลือกตัวอย่างวัสดุควรจะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างและปริมาณของตัวอย่างนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนครั้งของการทดสอบ

ความแข็งแรงของคอนกรีต ส่วนใหญ่เกิดจากความแข็งแรงของวัสดุผสม (ซึ่งปกติหิน จะมีความสามารถต้านทานแรงอัดได้ถึง 700 – 3500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ฉะนั้นเมื่อต้องการทราบพฤติกรรมของคอนกรีต จะต้องทราบคุณสมบัติบางประการของวัสดุที่นำมาผสมกันเป็นคอนกรีตเสียก่อน สำหรับการศึกษาในโครงงานนี้จะทำการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมดังต่อไปนี้

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะของวัสดุผสมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสมและความพรุนของก้อนวัสดุ ความชื้นอาจทำให้ความถ่วงจำเพาะของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งความถ่วงจำเพาะนี้ ใช้ในการคำนวณหาสัดส่วนการผสมของหินและทรายในคอนกรีตโดยใช้ตัวเปลี่ยนน้ำหนักที่กำหนดให้ของวัสดุผสมเป็นปริมาตรเนื้อแท้หรือเปลี่ยนปริมาตรเนื้อแท้ไปเป็นน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณวัสดุสำหรับการผสมนั้น

ตามปกติในการคำนวณหาสัดส่วนการผสมคอนกรีตจะใช้ความถ่วงจำเพาะเนื้อแท้ของวัสดุผสมที่อิ่มตัวผิวแห้ง ซึ่งความถ่วงจำเพาะของวัสดุผสมโดยมากมีค่าระหว่าง 2.4-2.9

การหาหน่วยน้ำหนักและช่องว่าง

หน่วยน้ำหนักของวัสดุผสม หมายถึง น้ำหนักของวัสดุผสม(คิดเป็นกิโลกรัม) ที่เติมลงไปเต็มภาชนะจุ 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นน้ำหนักของวัสดุรวมกับช่องว่างระหว่างเม็ดทราย ในการหาสัดส่วนการผสม หน่วยน้ำหนักเป็นตัวใช้สำหรับหาปริมาณช่องว่างในวัสดุผสมและสำหรับการเปลี่ยนปริมาตรเป็นน้ำหนักหรือเปลี่ยนน้ำหนักเป็นปริมาตร หน่วยน้ำหนักของวัสดุชนิดหนึ่งๆ จะแปรเปลี่ยนไปตามอัตราการแน่นตัวและปริมาณความชื้น โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1440 – 1940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์

การทดสอบหาการดูดซึม

สำหรับวัสดุผสมหยาบอาจทำได้โดย นำตัวอย่างที่ชื้นมากทำให้อยู่ในสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้งโดยการเช็ดด้วยผ้าที่ดูดซับน้ำได้ดี หรือทำอย่างคร่าวๆโดยผึ่งลมให้แห้งจนกระทั่งเปลี่ยนจากสีเข้มเป็นสีอ่อนแล้วชั่ง เสร็จแล้วทำให้แห้งสนิทโดยใช้ความร้อนจึงชั่งอีกครั้งหนึ่งน้ำหนักที่หายไปหลังจากได้รับความร้อน จะแสดงถึงปริมาณความจุการดูดซึม

การทดสอบหาความชื้น

สำหรับวัสดุผสมหยาบและละเอียด อาจหาความชื้นที่ผิวได้โดยการชั่งน้ำหนักของวัสดุตัวอย่างที่ชื้น แล้วผึ่งลมให้แห้งจนอยู่ในสภาวะการอิ่มตัวและผิวแห้ง การทดสอบนี้จะต้องทราบความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่อิ่มตัวและผิวแห้ง

ส่วนขนาดคละของวัสดุผสม

การร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานใช้เป็นหลักในการควบคุมส่วนขนาดคละ และในการทดสอบความต้องการของส่วนขนาดคละตามเกณฑ์ อาจใช้การวิเคราะห์วัสดุผสมหยาบด้วยตะแกรง ในการหาอัตราส่วนผสมของวัสดุผสมแต่ละชนิด เพื่อที่จะผสมให้ได้ส่วนขนาดคละใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด ส่วนขนาดคละที่เหมาะสมของวัสดุผสมในสัดส่วนการผสมคอนกรีต จะช่วยให้ได้คอนกรีตมีราคาถูก มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดีและทำงานง่ายนอกจากนี้มีผลต่อการแยกตัวของคอนกรีต ปริมาณน้ำที่ผสมความสะดวกในการทำงานความยากง่ายในการตบแต่งผิวหน้าคอนกรีต

1.2 องค์ประกอบในการพิจารณาหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต

กำลัง (Strength)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต ในการพิจารณาเลือกสัดส่วนการผสมคอนกรีต ซึ่งเป็นที่ต้องการและสำคัญที่สุดก็คือ "กำลังรับแรงอัด" ส่วนกำลังรับแรงอัดอย่างอื่น เช่น กำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงเฉือนและกำลังในการยึดเหนี่ยวเป็นสัดส่วนกำลังรับแรงอัด โดยปกติจะกำหนดค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาหนึ่ง เช่น เมื่อคอนกรีตมีอายุ 7,14,21 และ 28 วันเป็นต้น ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้ควรให้มีค่าสูงกว่าที่ใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างประมาณ 15 – 25 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต นั้นก็คือ ปริมาณอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์หรือที่เรียกว่า water-cement ratio ในการผสมคอนกรีตถ้าสามารถรักษาอัตราส่วนนี้ไว้คงที่

แล้ว ถ้าส่วนประกอบอื่นๆมีการเปลี่ยนแปลง กำลังของคอนกรีตก็จะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นจึงอาจกำหนดกำลังของคอนกรีตได้จากอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์

ความสามารถเทได้ (Workability)

คอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ๆควรมีความข้นเหลวพอเหมาะที่จะเทเข้าแบบหล่อได้สะดวก ความข้นเหลวที่พอเหมาะนี้ใช้ค่าความยุบตัวของคอนกรีตเป็นเครื่องกำหนด แนวทางที่ใช้เป็นมาตรการในการหาความข้นเหลวหรือเทียบว่ามีน้ำมากน้ำน้อยแค่ไหนก็ดูได้จากการยุบตัวของคอนกรีตในขณะยังเหลวอยู่ ซึ่งการวัดระยะการยุบตัว ควรทำเสมอสำหรับคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง เพื่อจะได้เนื้อคอนกรีตที่มีคุณภาพดี สม่ำเสมอกันตลอด

ความทนทาน (Durability)

โดยปกตินั้น คอนกรีตที่กำลังพอสมควร ก็จะมีความทนทานเป็นที่น่าพอใจอยู่แล้ว แต่ถ้าคอนกรีตอยู่ในสภาวะเปิดเผยรุนแรงต่างๆ เช่น โครงอาคารในน้ำทะเลความทนทานจะลดน้อยลงตามอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ก็มีผลต่อความทนทานของคอนกรีต ดังนั้นสถาบันคอนกรีตของอเมริกาได้ให้ตารางอัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตในสภาวะต่างๆ ดังตาราง ผ.ก.1. และ ผ.ก.2.

ผ.ก.1. ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับค่าการยุบตัวและวัสดุผสมขนาดต่างๆ

ค่าความยุบตัว (ซม.)	ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 ม^3 สำหรับวัสดุผสมขนาดต่างๆ(มม)							
	10	12.5	20	25	40	50	75	150
คอนกรีตที่ไม่มีสารกระจายกักฟองอากาศ								
3-5	205	200	185	180	160	155	145	125
8-10	225	215	200	195	175	170	160	140
15-18	240	230	210	205	185	180	170	-
ปริมาณฟองอากาศ (%) โดยปริมาตร	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
คอนกรีตที่มีสารกระจายกักฟองอากาศ								
3-5	180	175	165	160	145	140	135	120
8-10	200	190	180	175	160	155	150	135
15-18	215	205	190	185	170	165	160	-
ปริมาณฟองอากาศ (%) โดยปริมาตร	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

ส่วนขนาดคละและลักษณะของวัสดุผสม

ส่วนขนาดคละของหินและทรายมีผลต่อสัดส่วนการผสม ถ้ามีทรายหยาบอยู่มากจะทำให้งานนั้นทำงานลำบาก ถ้ามีทรายละเอียดอยู่มากก็ทำให้ไม่ประหยัด ถ้าสัดส่วนขนาดคละของหินไม่ดีจะต้องใช้ทรายมากขึ้นเพื่อช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้น ทรายที่เหมาะสมต้องมีคมและสะอาด และหินที่ใช้ควรมีลักษณะผิวขรุขระหินที่เป็นแผ่นบางไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ทำคอนกรีต

ปริมาณของวัสดุผสมคอนกรีต

ในการทำคอนกรีต มักเลือกใช้ปริมาณของวัสดุผสมให้สูง แต่จะอยู่ในเกณฑ์ที่จะเทและทำงานง่าย โดยใช้ปริมาณน้ำผสมให้ต่ำและให้ได้กำลังคอนกรีตออกมาตามต้องการหินและทรายที่ใช้ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับขนาดโตสุดของวัสดุผสมนั้นและค่าความละเอียดของทราย

อัตราส่วนระหว่างทรายต่อหิน เป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง ส่วนผสมที่มีทรายมากเกินไป จะช่วยให้ทำงานง่าย แต่จะทำให้คอนกรีตแตกร้าวง่าย ไม่ทนทานและไม่ประหยัดสำหรับส่วนผสมที่มีหินมากเกินไป จะทำให้คอนกรีตเป็นรูโพรง เนื้อไม่แน่น และทำงานยากอัตราส่วนระหว่างทรายต่อหินควรอยู่ระหว่าง 33 – 16 % สำหรับส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์มากเกินไป จะทำให้คอนกรีตแตกร้าวง่าย ไม่ทนทาน และไม่ประหยัด

ขนาดโตสุดของวัสดุ

โดยทั่วไปจะพยายามใช้วัสดุผสมที่มีขนาดโตที่สุดเท่าที่จะยอมให้ได้ ทั้งนี้เพราะการใช้วัสดุผสมขนาดใหญ่จะทำให้ผิวที่สัมผัสกับซีเมนต์ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักน้อยลง อย่างไรก็ตาม ขนาดโตสุดของวัสดุผสมไม่ควรโตกว่าสามในสี่ส่วนของระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม และจะต้องไม่เกินกว่าหนึ่งกว่าหนึ่งในห้าเท่าของด้านที่แคบที่สุดของโครงสร้างอาคารที่จะเท

1.3 การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต

จะเป็นการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างปริมาณของส่วนประกอบแต่ละอย่างของคอนกรีต สำหรับงานหนึ่งๆ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความเข้มข้นเหลวพอเหมาะ และสะดวกในการทำงาน และเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว มีความทนทานและกำลังตามต้องการและได้ราคาที่ประหยัดที่สุด

การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับใช้ในงานเล็กๆ ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก อาจกำหนดได้เลยโดยอาศัยข้อมูลและสถิติต่างๆที่ได้ปฏิบัติมาแล้วเป็นเกณฑ์ เช่นใช้คอนกรีต 1:2:4 โดยปริมาตรหรือโดยน้ำหนัก แต่สำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่ที่สำคัญควรออกแบบหาปริภาคส่วนผสมของคอนกรีต ที่จะใช้ตามสภาพของงาน เพื่อจะได้กำลังคอนกรีตตามต้องการและในราคาที่ประหยัด

การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต อาจทำได้โดยวิธีการทดลองผสม หรือใช้วิธีของ ACI ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ แต่ในการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่คำนวณได้นั้นจะให้ได้ผลตามความต้องการนั้นเป็นไปไม่ได้ทั้งนี้เพราะวัสดุที่ใช้อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม และคุณสมบัติไม่ตรงตามที่คำนวณ นอกจากนี้การทดลองในห้องปฏิบัติการก็อาจจะให้ผลไม่ตรงกับการ

นำไปผสมใช้ในงานต่างๆ ดังนั้นการหาสัดส่วนผสมที่ดีที่สุด นอกจากการคำนวณอย่างเดียวแล้ว ยังต้องทำการทดลองผสมจริง เพื่อจะได้ทำการตรวจสอบและปรับสัดส่วนจนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

1.3.1 การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธีทดลองผสม

วิธีทดลองผสม เป็นการหาส่วนผสมโดยตรง เพื่อให้ได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ หรือให้ได้กำลังตามต้องการ ขนาดรูปร่าง ลักษณะผิวและส่วนขนาดคละของวัสดุผสมซึ่งเป็นตัวประกอบสำคัญในการหาสัดส่วน ที่จะให้การทำงานที่ต้องการและใช้ค่าใช้จ่ายต่ำ

ตารางที่ ผ.ก.2. ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่างๆ

ประเภทของงาน	ค่าความยุบตัว (ซม.)	
	ค่าสูงสุด*	ค่าต่ำสุด
งานฐานราก กำแพง คอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก งานก่อสร้างใต้น้ำ	8.0	2.0
งานพื้น คาน และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานคอนกรีตขนาดใหญ่	5.0	2.0

* อาจเพิ่มได้อีก 2 ซม. สำหรับการทำคอนกรีตให้แน่นตัวโดยวิธีการอื่น ที่นอกเหนือไปจากการใช้เครื่องสั่น (Vibrator)

ตารางที่ ผ.ก.3. ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต

ขนาดโตสุดของหิน (มม.)	ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่นต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต สำหรับค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายต่างๆกัน			
	2.4	2.6	2.8	3.0
10	0.5	0.48	0.46	0.44
12.55	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

ตารางที่ ผ.ก.4. ขนาดโตสุดของวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง

ขนาดความหนาของโครงสร้าง (ซม.)	ขนาดโตสุดของวัสดุผสม			
	คาน ผนัง เสา คสล. (มม.)	ผนังคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก (มม.)	พื้นถนน คสล. รับน้ำหนักมาก (มม.)	พื้นคอนกรีตรับน้ำหนักน้อย (มม.)
5.0 – 15.0	12.5 – 20	20	20 – 25	20 – 40
15.0 – 30.0	20 – 40	40	40	40 – 75
30.0 - 75.0	40 – 75	75	40 – 75	75
มากกว่า 75.0	40 -75	150	40 – 75	75 - 150

1.4 การออกแบบส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสำหรับประเทศไทยนี้ เป็นวิธีการออกแบบที่นำมาตรฐานการออกแบบของประเทศอเมริกา และของประเทศอังกฤษ มาประยุกต์ให้เข้ากับสภาพของวัตถุดิบที่มีในประเทศไทย คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในประเทศไทยได้ถูกทดสอบและเก็บรวบรวมหาค่าเฉลี่ยดังค่าในตาราง

ผ.ก.5. ตารางแสดงคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในประเทศไทย

วัตถุดิบ	ค่าความถ่วงจำเพาะ	ค่าการดูดซึม
ปูนซีเมนต์	3.15	-
หินย่อย	2.70	0.50
ทรายแม่น้ำ	2.65	0.70

ปริมาณน้ำและค่าการยุบตัว

ปริมาณน้ำที่ทำให้ค่าการยุบตัวมาตรฐานเมื่อใช้หินย่อยและทรายแม่น้ำที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง แสดงไว้ในตาราง

ผ.ก.6. ตารางแสดงปริมาณน้ำที่ทำให้ค่าการยุบตัวมาตรฐาน

ค่ายุบตัว (ซม.)	ปริมาณน้ำต่อ 1 ลบ.ม. คอนกรีต	
	หินย่อยขนาด 1" - #4	หินย่อยขนาด 3/4" - #4
7.5 ± 2.5	180	190
10.0 ± 2.5	190	200
12.5 ± 2.5	200	210

ปริมาณส่วนละเอียด

จากการประยุกต์การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตตามมาตรฐานต่างๆทำให้สามารถสรุปได้ว่าเมื่อใช้หินย่อย และทรายแม่น้ำ เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในประเทศไทย ปริมาณส่วนละเอียดอันได้แก่ปูนซีเมนต์ และปริมาณทรายที่เหมาะสมที่จะทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ ไม่แยกตัว และได้กำลังอัดที่ต้องการ มีค่าแสดงดังในตาราง

ผ.ก.7. ตารางแสดงปริมาณส่วนละเอียดอันได้แก่ปูนซีเมนต์ และปริมาณทรายที่เหมาะสมที่จะทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้

ขนาดหิน	ปริมาตรปูนซีเมนต์ + ปริมาตรทราย
1" - #4	38 % โดยปริมาตร หรือ 380 ลิตร
3/4" - #4	40 % โดยปริมาตร หรือ 400 ลิตร

สำหรับงานพิเศษบางประเภทเช่น งานคอนกรีตเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ที่มีค่าการยุบตัวมากกว่า 15 ซม. นั้น ในการออกแบบอาจจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณส่วนละเอียดขึ้นไปเป็น 42-45% โดยปริมาตรเพื่อป้องกันปัญหาการแยกตัวของคอนกรีต

ผลของน้ำยาต่อการออกแบบส่วนผสม

น้ำยาผสมคอนกรีตที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการคือ

1. ลดน้ำในส่วนผสม
2. ยืดเวลาการก่อตัวของคอนกรีต

น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทลดน้ำนี้ เมื่อผสมเข้าไปในส่วนผสมจะส่งให้ลดปริมาณน้ำที่ได้ 5-10% ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตาราง

ผ.ก.8. ตารางแสดงน้ำยาผสมคอนกรีตผสมเข้าไปในส่วนผสมต่อลดปริมาณน้ำ

ค่ายุบตัว (ซม.)	ปริมาณน้ำต่อ 1 ลบ.ม. คอนกรีต เมื่อใส่น้ำยาประเภทน้ำ	
	หินย่อยขนาด 1" - #4	หินย่อยขนาด 3/4" - #4
7.5 ± 2.5	170	180

10.0 ± 2.5	180	190
12.5 ± 2.5	190	200

นอกจากนี้ในปัจจุบันยังนิยมใช้น้ำยาประเภทลดน้ำจำนวนมาก หรือ น้ำยา Superplasticizer ซึ่งสามารถลดน้ำได้ 15-30% ดังนั้นปริมาณน้ำที่จะใช้เพื่อให้ได้ค่ายุบตัวมาตรฐานลดลงไปด้วย

ขั้นตอนในการออกแบบ

ขั้นตอนที่ (1)

รวบรวมความต้องการของผู้ออกแบบหรือผู้รับเหมา เช่น

- กำลังอัด
- ค่ายุบตัว
- ขนาดใหญ่สุดของหินที่จะใช้
- ใส่น้ำยาผสมคอนกรีตหรือไม่

ขั้นตอนที่ (2)

1. หาปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้ได้ค่ายุบตัวตามความต้องการ
2. หาค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดตามต้องการ
3. หาค่าน้ำหนักซีเมนต์ = ปริมาณน้ำ/ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

ขั้นตอนที่ (3)

ปริมาตรซีเมนต์ = น้ำหนักปูนซีเมนต์/ความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์

ขั้นตอนที่ (4)

ปริมาตรทราย = (380 หรือ 400) – ปริมาตรปูนซีเมนต์ (ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3)

ขั้นตอนที่(5)

น้ำหนักทราย = ปริมาตรทราย×ความถ่วงจำเพาะของทราย

ขั้นตอนที่(6)

ปริมาตรหิน = 1000 – ปริมาตรซีเมนต์ – ปริมาตรน้ำ – ปริมาตรทราย

ขั้นตอนที่(7)

น้ำหนักหิน = ปริมาตรหิน x ความถ่วงจำเพาะของหิน

ขั้นตอนที่(8)

หาปริมาตรน้ำยาที่ใช้

Test method of autogeneous shrinkage and autogeneous expansion of cement paste. mortar and concrete

1. Scope

This test method covers the determination of autogeneous shrinkage and autogeneous expansion of cement paste, mortar and concrete specimens.

2. The specimens

2.1 Size of test specimens

For cement paste and mortar,specimens shall be 40 x 40 x 160. For concrete, the width and height of test specimens shall the same, and shall be more than 3 time the maximum size of coare aggregate. The length of test specimens shall be more than 3.5 time the width or the height, For concrete containing coarse aggregate having maximum size less than 30 mm, the dimensions of the test specimens is 100 x 100 x 400 mm. (or 500 mm)

2.2 The number of test specimens

A minimum of three specimen shall be prepared for each test

3. Apparatus

3.1 Mold

The mold for the specimens shall be made of steel and shell be rigid, The mold shall have a hold 3~5 mm. in diameter at the center of each end plate, so that gauge plugs can be set through the holds.

3.2 Gauge plug

The gauge are used ad marking points for length change measurement, which are to be in contact with the spindles of dial gauge. Examples of gauge plugs are shown in Fig. 2.

3.3 Dial gauge *1

The diagauge shall conform to JIS B 7503 and shall be accurate to 0.001 mm.

*1 Other sensors with the same accuracy as the dial gauge may be used.

3.4 Length comparator

For length change measurement after mold removal, comparator method or contact gauge method conforming to JIS A 1129 shall be used.

4. Procedure

4.1 Change in length of specimens until mold removal

(1) A polytetrafluoroethylene(PTTE) sheet(thickness 1 mm) shall be placed on the bottom of the mold and a polystyrene sheet (thickness 3 mm) shall be placed inside each end plate of the mold so that free movement of the specimens is not restrained by the mold. Polyester film (thickness 0.1 mm) shall be placed on the PTFE sheet, on the polystyrene sheet and on the both sides of the mold so that the specimen is not in contact with the mold.

(2) Insert the gauge plugs into the mokd through the holes of end plates, where the principal axes of the gauge plugs shall coincide with longitudinal axis of the test specimen. Gauge plugs shall be installed so that they extend into cement paste and mortar specimens 15 ± 5 mm, and into concrete specimens 30 ± 5 mm. Measure the original distance between the innermost ends of the gauge plugs (L) by accuracy of 1 mm.

(3) Place the mixture in the mold and compact it *2 , taking care not to move the gauge plugs by vibration

*2 Where compaction by vibration may cause segregation in the mixture, such as high fluidity concrete, place it by the other proper method.

(4) Finish the surface of the mixture, then cover the serface with polyester film (thickness 0.1 mm) and also with wet cloth on order to prevent water evaporation from the mixture. Store the specimens at a temperature of 20 ± 2 °c

(5) At the time of initial setting *3 , put spindles of the dial gauges on the gauge plugs os that their principal axes coincide with the principal axis of the specimens, and record the initial reading of dial gauges (Xoa and Xob)

*3 The time of initial setting shall be determined by Test Method JIS A 6204 for mortar and concrete, and JIS R 5201 for cement paste.

(6) Record the reading of the dial gauge at the age of 24 hours *4 (Xia and Xib). If desired, record readings of the dial gauge at the specified age between the initial setting time and the age of 24 hours. Then remove promptly the test specimens from the molds and the test as shown in 4.2 shall be continuously conducted

*4 If the specimens cannot be removed from the molds at the age of 24 hour due th delayed setting they will have to be removed at the proper age. In this case, readings of the dial gauges just before mold removal shall be taken as Xia and Xib

(7) Measure the temperature of the mixtures at the center of specimens at every length measurement. Thermal strain should be subtracted from the observed strain assuming that thermal coefficient of expansion is 20 x 10 -6 / °c for cement paste and 10 x 10-6/°c *5 for concrete.

*5 Coefficient of thermal expansion of mortar should be determined taking the volume fraction of aggregate into account.

4.2 Change in length of specimen after removal from the mold

(1) After the test described in chapter 4.1, remove the specimens promptly, Measure the mass of the specimens and seal all the surfaces f the specimens with alumimun adhesive tape (thickness 0.50 mm) *6

*6 If contact chips are to be put on the surface of the specimens strip the aluminum tape of minimum area, then attach them directly on the specimens,

(2) Measure the lengh of the specimens.

(3) Put the specimens in vinyl bags and seal them, then store them in a room at a temperature of 20 ± 2 °c . Change in mass of the specimens shall be 0.05 % or less during the test period after form removal.

(4) Measure changes in length and mass of the specimens at the ages of 3,7,14 and 28 days *8 . If desired, the test may be continued until the later ages.

*8 The length change measurements shall be Test by Test Method JIS A 1129, "Test method for length change of mortar and concrete".

5 Calculation

Express autogeneous shrinkage strain and autogeneous expansion stain as the liner strain (ΔL) by the following equations and show the average value of tested specimens. Before mold removal,

$$\Delta L = \Delta L1$$

After mold removal,

$$\Delta L = \Delta L1 + \Delta L2$$

Where

ΔL : Length change :

$\Delta L1$: Length change before mold removal

$$\Delta L_1 = \frac{(X_{ia} - X_{0a}) + (X_{ib} + X_{0b})}{L}$$

$\Delta L2$: Length change after mold removal, which shall be determined by test Method JIS A 1129 " Test method for length change of mortar and concrete " and shall not expressed in percentage.

L : Distance between the innermost ends of gauge plugs measures in 4.1 (2)

X0a , X 0b : Initial reading of dial gauge *9

Xia , Xib : Reading of dial gauge at time i *9

*9 Unit of L , X0a , X0b , Xib shall be this same

6 Report,

The report shall include the followings:

(1) Source and identification of each material used

(2) Mix proportion

(3) Preparation of specimen

(4) Initial setting time

(5) Age of mixture at from removal*10

(6) Size of the specimens and effective gauge length

(7) Ambient temperature at time of measurements

(8) Ambient temperature at time of measurements

(9) Length change at each measuring time

(10)Mass of the specimens at each measurement

*10 In case that the specimens can not be removed at the age of 24 hours.

Reference Documents

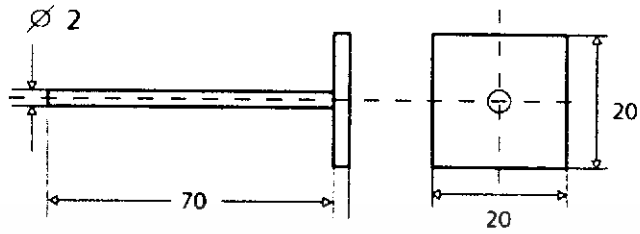
Japan Industrial Standards :

JIS A 1129 Test Method for length change of mortar and concrete

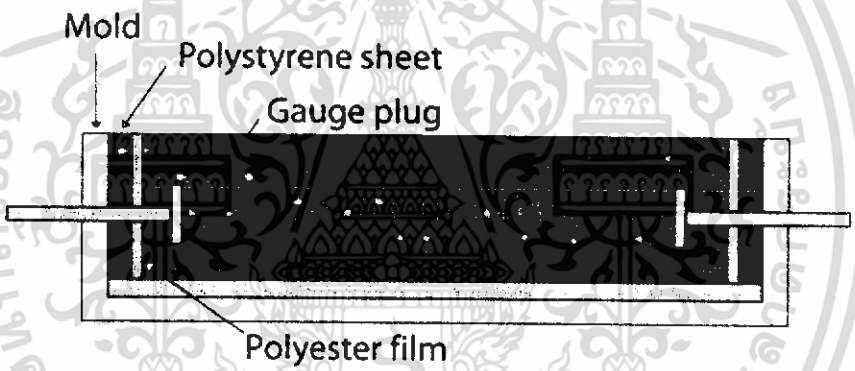
JIS A 6204 Chemical admixture for concrete

JIS B 7503 Dial gauge

JIS R 5201 Tet method for physical properties of cement


Ø 2
70
20
20

CONCRETE


Mold
Polystyrene sheet
Gauge plug
Polyester film

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

1. ผลในส่วนคุณสมบัติของทรายและซีเมนต์

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARMENT OF CIVIL ENGINEERING

CONCRETE TECHNOLOGY LABORATORY
Test For Specific Gravity Of Cement
ASTM : C150-84

PROJECT: DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH CEMENT

TEST DATE : 8/5/2005

TIME : 12

TEMPERATURE : 22 Celsius

TEST BY : DM EFFECT GROUP

SAMPLE NO.	1	2	3	REMARK
TYPE OF CEMENT	1			
ขวด + เบนซิน(g.) , W1 (1)	360.70			
ปริมาตรเบนซิน(cm^3) , N1 (2)	18.00			
น้ำหนักขวด + เบนซิน + ซีเมนต์(g.) , W2 (3)	369.60			
ปริมาตรเบนซิน + ซีเมนต์(cm3) , N2 (4)	20.82			
น้ำหนักซีเมนต์(g.) , (3) - (2) = (5)	8.90			
ปริมาตรของซีเมนต์(cm^3) , (4) - (2) = (6)	2.82			
ความหนาแน่นของซีเมนต์ (5)/(6)	3.16			
ความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์	3.16			*
	3.16			

* ความหนาแน่นของน้ำที่ 4°C = 1 g/cm3

ผ.ข.1. แสดงผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARMENT OF CIVIL ENGINEERING

CONCRETE TECHNOLOGY LABORATORY
Test For Specific Gravity Of Sand

PROJECT: DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH CEMENT

TEST DATE : 19/06/05

TIME : 12.00

TEMPERATURE : 29 Celsius

TEST BY DM EFFECT GROUP

SAMPLE NO.	1	2	REMARK
WT. FLASK	168.97	168.86	
WT. SAND (SAT. SURF.DRY) (B), g.	500.05	500.02	
WT. FLASK + SAND (SAND (SAT.SUFT.DRY)) + WATER (W), g.	972.52	972.01	
WT. BOWL, g.	268.50	127.26	
WT. FLASK + WATER (W_C), g.	664.48	664.48	
WT. DRY SAND + WT. BOWL , g.	765.65	623.68	
WT. DRY SAND (A), g.	497.15	496.42	
BULK SPECIFIC GRAVITY(สภาพแห้ง), A/(W_C + B - W)	2.59	2.58	
BULK SPECIFIC GRAVITY(สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง), B/(W_C + B - W)	2.60	2.60	
APPARENT SPECIFIC GRAVITY, A/(W_C + A - W)	2.63	2.63	
ABSORBTION % ((B - A)/A) x 100	0.58	0.73	
AVERAGE BULK SPECIFIC GRAVITY(สภาพแห้ง)	2.58		
AVERAGE BULK SPECIFIC GRAVITY(สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง)	2.60		
AVERAGE APPARENT SPECIFIC GRAVITY	2.63		
AVERAGE ABSORBTION %	0.65		

ผ.ข.2. แสดงผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของทราย

2. ตารางผลในส่วนของซีเมนต์เพสท์

2.1. ตารางผลความสามารถในการไหลของซีเมนต์เพสท์

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD)
ASTM C 939 - 97, JSCE - F531 - 1993

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH CEMENT PLATE

CLIENT :

DATE OF TEST : July 4,2005

TIME : 13:00

TEMPERATURE : 32° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : SM(40)

TEST APPARATUS : The Flow of Grout Apparatus : The Flow Cone of size 178 mm. in diameter x 265 mm. in height and the discharge tube of size 12.7 mm in diameter x 38.1 mm. in height, receiving container having capacity 2000 mL , Ring Stand and Stop Watch are used for testing.

TEST RESULTS : The results of flow of grout of test sample are tabulted below.

Test No.	W/C Ratio	Observed Time (minutes)	ASTM Flow cone Flow Time (second)	J14-Funnel Flow time (second)	Remark
1	0.40	0	-	7.09	
2	0.40	0	-	7.11	
3	0.40	0	-	6.99	
				7.06	

Note : The ambient temperature is 32° Celsius, the sample temperature is 32° Celsius and the relative humidity is 51 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.3. แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสมโดยวิธี Single Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.40

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD)

ASTM C 939 - 97, JSCE - F531 - 1993

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH CEMENT PLATE

CLIENT :

DATE OF TEST : July 4,2005

TIME : 13:00

TEMPERATURE : 30° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : DM(40)

TEST APPARATUS : The Flow of Grout Apparatus : The Flow Cone of size 178 mm. in diameter x 265 mm. in height and the discharge tube of size 12.7 mm in diameter x 38.1 mm. in height, receiving container having capacity 2000 mL , Ring Stand and Stop Watch are used for testing.

TEST RESULTS : The results of flow of grout of test sample are tabulted below.

Test No.	W1/C Ratio	Observed Time (minutes)	ASTM Flow cone Flow Time (second)	J14-Funnel Flow time (second)	Remark
1	0.27	0	19.42	2.82	
2	0.27	0	19.66	2.98	
3	0.27	0	18.93	2.89	
			19.34	2.90	

Note : The ambient temperature is 30° Celsius, the sample temperature is 30.5° Celsius and the relative humidity is 59 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.4. แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสมโดยวิธี Double Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.27)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD)

ASTM C 939 - 97, JSCE - F531 - 1993

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH CEMENT PLATE

CLIENT :

DATE OF TEST : July 4,2005

TIME : 13:00

TEMPERATURE : 32° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : SM(50)

TEST APPARATUS : The Flow of Grout Apparatus : The Flow Cone of size 178 mm. in diameter x 265 mm. in height and the discharge tube of size 12.7 mm in diameter x 38.1 mm. in height, receiving container having capacity 2000 mL , Ring Stand and Stop Watch are used for testing.

TEST RESULTS : The results of flow of grout of test sample are tabulted below.

Test No.	W/C Ratio	Observed Time (minutes)	ASTM Flow cone Flow Time (second)	J14-Funnel Flow time (second)	Remark
1	0.50	0	15.92	2.44	
2	0.50	0	17.96	2.69	
3	0.50	0	18.40	2.61	
			17.43	2.58	

Note : The ambient temperature is 32° Celsius, the sample temperature is 32° Celsius and the relative humidity is 51 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.5. แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสมโดยวิธี Single Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.50

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD)

ASTM C 939 - 97, JSCE - F531 - 1993

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH CEMENT PLATE

CLIENT :

DATE OF TEST : July 4,2005

TIME : 13:00

TEMPERATURE : 30° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : DM(50)

TEST APPARATUS : The Flow of Grout Apparatus : The Flow Cone of size 178 mm. in diameter x 265 mm. in height and the discharge tube of size 12.7 mm in diameter x 38.1 mm. in height, receiving container having capacity 2000 mL , Ring Stand and Stop Watch are used for testing.

TEST RESULTS : The results of flow of grout of test sample are tabulted below.

Test No.	W1/C Ratio	Observed Time (minutes)	ASTM Flow cone Flow Time (second)	J14-Funnel Flow time (second)	Remark
1	0.27	0	10.65	1.96	
2	0.27	0	11.10	2.10	
3	0.27	0	10.59	1.98	
			10.78	2.01	

Note : The ambient temperature is 30° Celsius, the sample temperature is 30.5° Celsius and the relative humidity is 59 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.6. แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสมโดยวิธี Double Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.50 (w1/c 0.27)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD)
ASTM C 939 - 97, JSCE - F531 - 1993

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH CEMENT PLATE

CLIENT :

DATE OF TEST : July 4,2005

TIME : 13:00

TEMPERATURE : 32° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : SM(60)

TEST APPARATUS : The Flow of Grout Apparatus : The Flow Cone of size 178 mm. in diameter x 265 mm. in height and the discharge tube of size 12.7 mm in diameter x 38.1 mm. in height, receiving container having capacity 2000 mL , Ring Stand and Stop Watch are used for testing.

TEST RESULTS : The results of flow of grout of test sample are tabulted below.

Test No.	W/C Ratio	Observed Time (minutes)	ASTM Flow cone Flow Time (second)	J14-Funnel Flow time (second)	Remark
1	0.60	0	10.28	2.18	
2	0.60	0	10.35	1.92	
3	0.60	0	10.80	2.04	
			10.48	2.05	

Note : The ambient temperature is 32° Celsius, the sample temperature is 32° Celsius and the relative humidity is 51 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.7. แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสมโดยวิธี Single Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.60

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD)

ASTM C 939 - 97, JSCE - F531 - 1993

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH CEMENT PLATE

CLIENT :

DATE OF TEST : July 4,2005

TIME : 13:00

TEMPERATURE : 30° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : DM(60)

TEST APPARATUS : The Flow of Grout Apparatus : The Flow Cone of size 178 mm. in diameter x 265 mm. in height and the discharge tube of size 12.7 mm in diameter x 38.1 mm. in height, receiving container having capacity 2000 mL , Ring Stand and Stop Watch are used for testing.

TEST RESULTS : The results of flow of grout of test sample are tabulted below.

Test No.	W1/C Ratio	Observed Time (minutes)	ASTM Flow cone Flow Time (second)	J14-Funnel Flow time (second)	Remark
1	0.27	0	9.64	1.98	
2	0.27	0	9.47	1.90	
3	0.27	0	9.53	1.95	
			9.55	1.94	

Note : The ambient temperature is 30° Celsius, the sample temperature is 30.5° Celsius and the relative humidity is 59 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.8. แสดงผลการหาค่าความสามารถในการไหลของ ซีเมนต์เพสท์ผสมโดยวิธี Double Mixing โดยวิธี ASTM และ วิธี JSCE ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.27)

2.2. ตารางผลค่าการคายน้ำของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.4,0.5,0.6 ที่ผสมด้วยวิธี DM , SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : DM Mixing w/c 0.4

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time (hr:min)	Elaped Time (hour)	Volume of sample (ml.)	Expansion (%)	Bleeding (%)
	5:13	0.00	400	0.00	0.23
	5:43	0.50	400	0.00	0.45
	6:13	1.00	400	0.00	0.45
	6:43	1.50	400	0.00	0.45
	7:43	2.00	400	0.00	0.23
	8:43	2.50	400	0.00	0.23
	9:43	3.00	400	0.00	0.00

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.9. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.27)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : DM Mixing w/c 0.5

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
	6:07	0.00	400	0.00	0.61
	6:37	0.50	400	0.00	1.30
	7:07	1.00	400	0.00	1.74
	7:37	1.50	400	0.00	1.74
	8:37	2.00	400	0.00	1.74
	9:37	2.50	400	0.00	1.74
	10:37	3.00	400	0.00	1.74

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.10. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.50 (w1/c 0.27)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : DM Mixing w/c 0.6

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time (hr:min)	Elaped Time (hour)	Volume of sample (ml.)	Expansion (%)	Bleeding (%)
	6:45	0.00	400	0.00	1.25
	7:15	0.50	400	0.00	2.16
	7:45	1.00	400	0.00	3.18
	8:15	1.50	400	0.00	3.52
	9:15	2.00	400	0.00	3.52
	10:15	2.50	400	0.00	3.52
	11:15	3.00	400	0.00	3.52

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.11. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.27)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : SM Mixing w/c 0.4

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
	4:00	0.00	400	0.00	0.45
	4:30	0.50	400	0.00	1.20
	5:00	1.00	400	0.00	1.23
	5:30	1.50	400	0.00	1.23
	6:30	2.00	400	0.00	1.23
	7:30	2.50	400	0.00	1.00
	8:30	3.00	400	0.00	1.00

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.12. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.40

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : SM Mixing w/c 0.5

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time (hr:min)	Elaped Time (hour)	Volume of sample (ml.)	Expansion (%)	Bleeding (%)
	5:44	0.00	400	0.00	1.82
	6:14	0.50	400	0.00	3.07
	6:44	1.00	400	0.00	3.41
	7:14	1.50	400	0.00	3.41
	8:14	2.00	400	0.00	3.41
	9:14	2.50	400	0.00	3.41
	10:14	3.00	400	0.00	3.41

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.13. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.50

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : SM Mixing w/c 0.6

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
	5:44	0.00	400	0.00	2.50
	6:14	0.50	400	0.00	5.45
	6:44	1.00	400	0.00	6.82
	7:14	1.50	400	0.00	6.97
	8:14	2.00	400	0.00	7.27
	9:14	2.50	400	0.00	7.27
	10:14	3.00	400	0.00	7.27

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.14. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.60

2.3. ผลการหาค่า w1/c ที่ให้ค่าการคายน้ำน้อยที่สุด เมื่อใช้ w/c 0.4 , 0.6

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste SM w/c 0.4

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	1:00	0.00	400	0.00	0.00
	1:30	0.50	400	0.00	0.45
	2:00	1.00	400	0.00	0.68
	3:00	2.00	400	0.00	1.36
	4:00	3.00	400	0.00	1.59

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.15. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี SM ที่ w/c 0.40

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.03)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	1:15	0.00	400	0.00	0.00
	1:45	0.50	400	0.00	0.91
	2:15	1.00	400	0.00	1.59
	3:15	2.00	400	0.00	2.05
	4:15	3.00	400	0.00	2.27

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.16. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.03)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.06)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	1:30	0.00	400	0.00	0.00
	2:00	0.50	400	0.00	0.68
	2:30	1.00	400	0.00	1.14
	3:30	2.00	400	0.00	1.82
	4:30	3.00	400	0.00	1.93

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.17. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.06)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.09)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	1:45	0.00	400	0.00	0.00
	2:15	0.50	400	0.00	0.45
	2:45	1.00	400	0.00	0.68
	3:45	2.00	400	0.00	1.00
	4:45	3.00	400	0.00	1.14

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.18. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.09)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.12)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	2:00	0.00	400	0.00	0.00
	2:30	0.50	400	0.00	0.45
	3:00	1.00	400	0.00	0.55
	3:45	2.00	400	0.00	0.91
	4:45	3.00	400	0.00	1.02

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.19. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.12)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.15)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	2:15	0.00	400	0.00	0.00
	2:45	0.50	400	0.00	0.23
	3:15	1.00	400	0.00	0.45
	4:15	2.00	400	0.00	0.91
	5:15	3.00	400	0.00	0.91

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.20. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.15)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.18)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	2:30	0.00	400	0.00	0.00
	3:00	0.50	400	0.00	0.23
	3:30	1.00	400	0.00	0.45
	4:30	2.00	400	0.00	0.82
	5:00	3.00	400	0.00	0.82

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.21. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.18)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.21)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	2:45	0.00	400	0.00	0.00
	3:15	0.50	400	0.00	0.23
	3:45	1.00	400	0.00	0.45
	4:45	2.00	400	0.00	0.80
	5:45	3.00	400	0.00	0.80

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.22. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.21)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.24)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr.min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	3:00	0.00	400	0.00	0.00
	3:30	0.50	400	0.00	0.09
	4:00	1.00	400	0.00	0.45
	5:00	2.00	400	0.00	0.68
	6:00	3.00	400	0.00	0.68

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.23. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.24)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.27)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	3:00	0.00	400	0.00	0.00
	3:30	0.50	400	0.00	0.09
	4:00	1.00	400	0.00	0.23
	5:00	2.00	400	0.00	0.45
	6:00	3.00	400	0.00	0.45

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.24. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.27)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.30)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
31/03/06	3:00	0.00	400	0.00	0.00
	3:30	0.50	400	0.00	0.23
	4:00	1.00	400	0.00	0.45
	5:00	2.00	400	0.00	0.57
	6:00	3.00	400	0.00	0.57

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.25. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.40 (w1/c 0.30)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.6 (w1/c 0.06)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
14-07-05	10:00	0.00	400	0.00	1.64
	10:30	0.50	400	0.00	4.32
	11:00	1.00	400	0.00	6.36
	12:00	2.00	400	0.00	7.09
	13:00	3.00	400	0.00	7.36
	14:00	4.00	400	0.00	7.36
	15:00	5.00	400	0.00	7.36

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.26. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.06)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.6 (w1/c 0.09)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
14-07-05	10:30	0.00	400	0.00	1.72
	11:00	0.50	400	0.00	4.26
	12:30	1.00	400	0.00	6.97
	13:30	2.00	400	0.00	7.52
	14:30	3.00	400	0.00	7.61
	15:30	4.00	400	0.00	7.61
	16:30	5.00	400	0.00	7.61

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.27. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.09)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.6 (w1/c 0.24)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
14-07-05	11:00	0.00	400	0.00	0.91
	12:30	0.50	400	0.00	1.76
	13:00	1.00	400	0.00	2.58
	14:00	2.00	400	0.00	2.58
	15:00	3.00	400	0.00	2.58
	16:00	4.00	400	0.00	2.58
	17:00	5.00	400	0.00	2.58

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.28. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.24)

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Expansion and Bleeding of Freshly Cement Paste
ASTM C 940-89

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.6 (w1/c 0.27)

TEST APPARATUS : Expansion and Bleeding Apparatus

TEST RESULTS : The results of expansion and bleeding of test sample are tabulted below.

Date	Observed Time	Elaped Time	Volume of sample	Expansion	Bleeding
	(hr:min)	(hour)	(ml.)	(%)	(%)
14-07-05	11:30	0.00	400	0.00	0.91
	12:00	0.50	400	0.00	2.27
	13:30	1.00	400	0.00	3.00
	14:30	2.00	400	0.00	3.13
	15:30	3.00	400	0.00	3.13
	16:30	4.00	400	0.00	3.13
	17:30	5.00	400	0.00	3.13

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 41 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.29. แสดงผลค่าการคายน้ำ Bleeding ของซีเมนต์เพสท์ที่ผสมด้วยวิธี DM ที่ w/c 0.60 (w1/c 0.27)

2.4. ตารางผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.4 (w1/c 0.27)

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	12.976	0.00
0.25	12.976	0.00
0.29	12.976	78.13
0.33	12.976	78.13
1	12.976	78.13
2	12.976	156.25
3	12.976	156.25
4	12.976	156.25
5	12.976	156.25
6	12.976	470.22
7	12.976	470.22
14	12.976	546.88

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.30. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.4 (w1/c 0.27) เมื่อผสมด้วยวิธี DM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.5 (w1/c 0.27)

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	12.976	0.00
0.25	12.976	0.00
0.29	12.976	76.90
0.33	12.976	76.90
1	12.976	76.90
2	12.976	153.79
3	12.976	153.79
4	12.976	153.79
5	12.976	153.79
6	12.976	230.69
7	12.976	230.69
14	12.976	307.35

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.31. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.5 (w1/c 0.27) เมื่อผสมด้วยวิธี DM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.6 (w1/c 0.27)

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	12.976	0.00
0.25	12.976	0.00
0.29	12.976	75.67
0.33	12.976	75.67
1	12.976	75.67
2	12.976	151.34
3	12.976	151.34
4	12.976	151.34
5	12.976	151.34
6	12.976	227.02
7	12.976	227.02
14	12.976	378.36

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.32. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.6 (w1/c 0.27) เมื่อผสมด้วยวิธี DM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste SM w/c 0.4

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	12.976	0.00
0.25	12.976	0.00
0.29	12.976	77.77
0.33	12.976	77.77
1	12.976	77.77
2	12.976	155.54
3	12.976	155.54
4	12.976	155.54
5	12.976	155.54
6	12.976	472.12
7	12.976	472.12
14	12.976	548.76

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.33. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.4 เมื่อผสมด้วยวิธี SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste SM w/c 0.5

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	12.976	0.00
0.25	12.976	0.00
0.29	12.976	77.20
0.33	12.976	77.20
1	12.976	77.20
2	12.976	154.40
3	12.976	154.40
4	12.976	154.40
5	12.976	154.40
6	12.976	231.61
7	12.976	231.61
14	12.976	308.81

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.34. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.5 เมื่อผสมด้วยวิธี SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Cement paste DM w/c 0.6

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	12.976	0.00
0.25	12.976	0.00
0.29	12.976	77.78
0.33	12.976	77.78
1	12.976	77.78
2	12.976	155.71
3	12.976	155.71
4	12.976	155.71
5	12.976	155.71
6	12.976	233.57
7	12.976	233.57
14	12.976	386.67

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.35. แสดงผลค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสท์ที่ w/c 0.6 เมื่อผสมด้วยวิธี SM

3. ผลในส่วนของคอนกรีต

3.1. ตารางผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.4, 0.5, 0.6 เมื่อผสมด้วยวิธี DM , SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

COMPRESSIVE STRENGTH OF MORTAR
ASTM C 109-95

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST : Feb 03,2006

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete SM w/c 0.4

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS : The results of compressive strength of test sample are tabulted below.

Specimen No.	Compressive strength of 50-mm. mortar cubes at different ages,(ksc.)				Remark
	24hr.	3 days	7 days	28 days	
1	118.20	254.65	420.36	468.90	
2	119.25	245.36	412.50	460.69	
3	130.20	225.65	415.56	485.65	
4	127.56	236.56	406.65	435.65	
5	125.68	218.56	404.65	492.65	
6	100.98	236.94	412.56	498.56	
Average	118.98	236.94	412.87	475.94	

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 45 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.36. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.4 เมื่อผสมด้วยวิธี SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE
ASTM C 109-95

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST : Feb 03,2006

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete SM w/c 0.5

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS : The results of compressive strength of test sample are tabulted below.

Specimen No.	Compressive strength of 50-mm mortar cubes at different ages,(ksc.)				Remark
	24hr.	3 days	7 days	28 days	
1	106.90	207.65	331.12	464.17	
2	112.36	200.36	324.70	456.00	
3	115.65	210.50	337.49	423.21	
4	116.36	200.36	342.17	402.40	
5	103.65	212.36	341.78	446.85	
6	108.90	206.36	349.51	398.61	
7	105.65	204.63	367.42	442.85	
8	102.36	215.63	347.21	444.12	
Average	108.95	206.86	342.67	434.78	

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 45 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.37. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.5 เมื่อผสมด้วยวิธี SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE
ASTM C 109-95

PROJECT : **DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE**

CLIENT :

DATE OF TEST : Feb 03,2006

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : **P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO**

TEST SPECIMEN : Concrete SM w/c 0.6

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS : The results of compressive strength of test sample are tabulted below.

Specimen No.	Compressive strength of 50-mm. mortar cubes at different ages,(ksc.)				Remark
	24hr.	3 days	7 days	28 days	
1	78.65	165.65	240.07	327.72	
2	98.75	180.65	239.75	320.79	
3	105.65	165.85	230.70	328.88	
4	102.65	170.65	272.01	285.61	
5	99.54	180.56	281.58	310.49	
6	105.63	176.36	275.33	287.05	
Average	98.0	170.0	256.57	310.09	

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 45 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.38. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.6 เมื่อผสมด้วยวิธี SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE
ASTM C 109-95

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST : Feb 03,2006

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete DM w/c 0.4

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS : The results of compressive strength of test sample are tabulted below.

Specimen No.	Compressive strength of 50-mm. mortar cubes at different ages,(ksc.)				Remark
	24hr.	3 days	7 days	28 days	
1	150.63	252.98	450.63	486.96	
2	125.68	250.46	500.63	490.60	
3	100.56	236.58	400.36	490.36	
4	124.65	268.36	445.63	486.36	
5					
6					
Average	124.21	252.65	449.51	489.43	

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 45 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.39. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.4 (w1/c 0.27) เมื่อผสมด้วยวิธี DM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE
ASTM C 109-95

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST : Feb 03,2006

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete DM w/c 0.5

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS : The results of compressive strength of test sample are tabulted below.

Specimen No.	Compressive strength of 50-mm. mortar cubes at different ages,(ksc.)				Remark
	24hr.	3 days	7 days	28 days	
1	100.32	290.26	334.85	431.36	
2	120.36	250.36	358.85	462.25	
3	120.36	180.69	344.93	446.93	
4	125.36	190.26	338.98	487.25	
5	100.36	240.32	336.15	410.92	
6	90.36	200.33	359.21	398.14	
7	100.36	205.36	356.15	417.20	
8	120.36	180.23	349.67	463.20	
Average	109.62	208.86	347.35	439.66	

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 45 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.40. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.5 (w1/c 0.27) เมื่อผสมด้วยวิธี DM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE
ASTM C 109-95

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST : Feb 03,2006

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete DM w/c 0.6

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS : The results of compressive strength of test sample are tabulted below.

Specimen No.	Compressive strength of 50-mm. mortar cubes at different ages,(ksc.)				Remark
	24hr.	3 days	7 days	28 days	
1	115.25	175.55	306.60	351.50	
2	80.59	180.25	299.07	366.29	
3	90.25	160.25	303.40	351.52	
4	100.25	180.25	253.81	305.36	
5	130.57	190.25	255.59	328.31	
6	75.25	150.25		299.20	
Average	97.51	172.53	262.56	333.70	

Note : The ambient temperature is 22° Celsius and the relative humidity is 45 % RH.

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.41. แสดงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ w/c 0.6 (w1/c 0.27) เมื่อผสมด้วยวิธี DM

3.2. ตารางผลค่าการหดตัวของคอนกรีต

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete DM w/c 0.4 (w1/c 0.27)

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	39.000	0.0000
1	39.000	0.0000
2	39.000	50.8906
3	39.000	50.8906
6	39.000	76.3359
7	39.000	76.3359
9	39.000	76.3359
11	39.000	127.2265
12	39.000	127.2265
14	39.000	203.5623

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.42. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.4 (w1/c 0.27) เมื่อผสมด้วยวิธี DM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete DM w/c 0.5 (w1/c 0.27)

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	39.000	0.0000
1	39.000	0.0000
2	39.000	50.8906
3	39.000	50.8906
6	39.000	76.3359
7	39.000	76.3359
9	39.000	76.3359
11	39.000	101.7812
12	39.000	101.7812
14	39.000	115.3600

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.43. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.5 (w1/c 0.27) เมื่อผสมด้วยวิธี DM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete DM w/c 0.6 (w1/c 0.27)

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	39.000	0.0000
1	39.000	0.0000
2	39.000	51.5467
3	39.000	51.5467
6	39.000	74.6269
7	39.000	74.6269
9	39.000	74.6269
11	39.000	118.9675
12	39.000	118.9675
14	39.000	149.2537

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.44. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.6 (w1/c 0.27) เมื่อผสมด้วยวิธี DM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete SM w/c 0.4

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	39.000	0.0000
1	39.000	0.0000
2	39.000	50.8906
3	39.000	50.8906
6	39.000	76.3359
7	39.000	76.3359
9	39.000	76.3359
11	39.000	132.6718
12	39.000	132.6718
14	39.000	215.5638

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.45. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.4 เมื่อผสมด้วยวิธี SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete SM w/c 0.5

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	39.000	0.0000
1	39.000	0.0000
2	39.000	50.8906
3	39.000	50.8906
6	39.000	76.3359
7	39.000	76.3359
9	39.000	76.3359
11	39.000	104.8520
12	39.000	104.8520
14	39.000	117.2265

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.46. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.5 เมื่อผสมด้วยวิธี SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Autogeneous Shrinkage
JIS A 1129

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete SM w/c 0.6

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

E.Time	L_0	%Shrinkage
0	39.000	0.0000
1	39.000	0.0000
2	39.000	51.5467
3	39.000	51.5467
6	39.000	77.3994
7	39.000	77.3994
9	39.000	77.3994
11	39.000	120.5674
12	39.000	120.5674
14	39.000	154.7988

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.47. แสดงผลค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.6 เมื่อผสมด้วยวิธี SM

3.3. ตารางผลค่าการยุบตัวของคอนกรีต

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

SLUM CONCRETE

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete w/c 0.4,0.5,0.6 (SM)

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

w/c Ratio	Slum (cm.)
0.4	10
0.5	10
0.6	10

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.48. แสดงผลค่าการยุบตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.4,0.5,0.6 ที่ผสมด้วยวิธี SM

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

SLUMP CONCRETE

PROJECT : DOUBLE MIXING EFFECT OF FRESH PASTE

CLIENT :

DATE OF TEST :

TIME :

TEMPERATURE : 22° Celsius

TEST BY : P.PENGTO, N.CHAIRAT, P.MATTAYOMPOBPINYO

TEST SPECIMEN : Concrete w/c 0.4,0.5,0.6 (DM)

TEST APPARATUS :

TEST RESULTS :

w/c Ratio	Slum (cm.)
0.4	10.5
0.5	11
0.6	12.5

Note :

Dr.KOMSAN MALEESEE
Material Consultant

ผ.ข.49. แสดงผลค่าการยุบตัวของคอนกรีตที่ w/c 0.4,0.5,0.6 (w1/c 0.27) ที่ผสมด้วยวิธี DM