การเปรียบเทียบเพื่อหาการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต (Self-Compacting Concrete : SCC) ที่ใช้ในงานเข็มเจาะขนาดใหญ่

Comparative Study of Test Method of Self-Compacting Concrete for Bore Pile Application

นาย ณพนัย คำเขื่อน 54364535
นาย ธนากร รุ่งเรือง 54364634
นาย มีเดช อนันตวงศ์ 54364801

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ
เลขทะเบียน 1690949
เลขเรียกหนังสือ
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การเปรียบเทียบเพื่อหาการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต (Self-Compacting Concrete : SCC) ที่ใช้ในงานเข็มเจาะขนาดใหญ่

ผู้ดาเนินโครงงาน นาย ณพนัย คำเขื่อน 54364535
นาย ธนากร รุ่งเรือง 54364634
นาย มีเดช อนันตวงศ์ 54364801

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร. รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2557

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

..... ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา)

..... กรรมการ
(ดร.ทรงศักดิ์ สุธาสุประดิษฐ)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน การเปรียบเทียบเพื่อหาการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต (Self-Compacting Concrete : SCC) ที่ใช้ในงานเข็มเจาะขนาดใหญ่

ผู้ดำเนินโครงงาน นาย ณพนัย คำเขื่อน 54364535
นาย ธนากร รุ่งเรื่อง 54364634
นาย มีเดช อนันตวงศ์ 54364801

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร. รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบการทดสอบความสามารถการทำงานได้ของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง(Self-Compacting Concrete : SCC) ในงานเข็มเจาะขนาดใหญ่ เพื่อศึกษาคุณสมบัติความสามารถในการทำงานได้ของคอนกรีตไหลเข้าแบบได้ง่าย (Self-Compacting Concrete : SCC) โดยแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลานซึ่งประกอบไปด้วย Fly Ash, Silica fume และเติมสาร Polycarboxylate ether (PCE) โดยทำการทดสอบทั้งหมด 4 การทดสอบ ประกอบด้วยการดทดสอบ J-Ring Test (ASTM C 1621/C 1621M), Slump Flow Test(ASTM C 1611/C 1611M), Column Technique (ASTM C 1610/C 1610M – 06), Bleeding (ASTM C232/C232M – 09) จากการทดสอบ พบว่า การทดสอบ Column Technique (ASTM C 1610/C 1610M – 06) เป็นการทดสอบที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากการทดสอบ Column Technique (ASTM C 1610/C 1610M – 06) เป็นการทดสอบในแนวดิ่งและสามารถบอกค่า %Segregation ซึ่งในงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่มักเกิดปัญหาคอนกรีตเกิดการแยกตัว (Segregation) ทั้งยังมีโอกาสความผิดพลาดจากผลการทดสอบน้อยที่สุด

Project title Comparison of Self-Compacting Concrete's function to find for the suitable test in the bored pile

Name Mr.Noppanai Khamkhuen 54364535
Mr.Thanakorn RungRaung 54364634
Mr.Meedach Anuntawong 54364801

Project advisor Dr.Rattapoohm Parichatpreecha

Major Civil Engineering, Naresuan University.

Department Civil Engineering

Academic year 2014

Abstract

This research project aims to Comparative Study of Test Method of Self-Compacting Concrete for Bore Pile Application by study the work ability of Self-Compacting Concrete (SCC). Seven proportions of concrete are conducted by varying percent replacement of binder and Polycarboxylate ether (PCE) admixture with the target are slump flow during 650 – 800 mm. J-Ring Test (ASTM C 1621/C 1621M), Slump Flow Test(ASTM C 1611/C 1611M), Column Technique (ASTM C 1610/C 1610M – 06), Bleeding (ASTM C232/C232M – 09). Based on the results obtained, Column Technique (ASTM C 1610/C 1610M – 06) is the most suitable because Column Technique (ASTM C 1610/C 1610M – 06) is a vertical test and it can Show %Segregation which in the large bored pile's work always have a segregation of concrete problem and it has minimum error.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ล่วงลุด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก ดร. รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแก้ไขรายงานโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง มา ณ ที่นี้ด้วย ขอขอบพระคุณ นางสาวฐาปนี ศุภกิจวัฒนา และนายวันรุ่ง ทรงปัญญาวุฒิ นิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง ที่ชี้แนะแก้ไขรายงานและแนะนำขั้นตอนการดำเนินโครงงาน ในการปฏิบัติการทดสอบเกี่ยวกับโครงงาน ขอขอบพระคุณเพื่อนนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยเหลือ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่สนับสนุนส่งเสริมในเรื่องการศึกษา

นาย ณพนัย คำเขื่อน 54364535
นาย ธนากร รุ่งเรือง 54364634
นาย มีเดช อนันตวงศ์ 54364801
มิถุนายน 2557

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 แผนการดำเนินการ	3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน	3
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่(Bored Piles)	4
2.2 Self-Compacting Concrete	5
2.3 การเยิ้มของคอนกรีต (Bleeding)	5
2.4 การแยกตัวของคอนกรีต (Segregation)	6
2.5 Thai Standardization of the Construction of Wet Process Bored Piles in Line with Global Standards (ณรงค์ ทัศนนิพันธ์),2543	7
2.6 ปูนซีเมนต์ (Cement)	8
2.7 เถ้าลอย (fly ash)	8
2.8 ซิลิกาฟูม (silica fume) หรือ ไมโครซิลิกา (microsilica)	9
2.9 Polycarboxylate ether (PCE)	9
2.10 ENHANCING FRESH TREMIE CONCRETE PROPERTIES FOR BORED/DEEP PILE APPLICATIONS by Muhammad Talha Junaid,2005	10
2.11 Additivity effects in the rheology of fresh concrete containing water-reducing admixtures P.F.G. Banfill	11
2.12 Development of a mix design method for SCC based on the rheological	

2.13 The influence of mineral admixtures on the rheology of cement paste and concrete Chiara F. Ferrarisa, Karthik H. Oblab, Russell Hillb 12
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานและการทดสอบ 13
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ 13
3.2 วัสดุ 14
3.2.1 ปูนซีเมนต์ 14
3.2.2 ซิลิกาฟูม (silica fume) หรือ ไมโครซิลิก้า (microsilica) 14
3.2.3 เถ้าลอย (fly ash) 15
3.2.4 Polycarboxylate ether (PCE) 16
3.2.5 น้ำ (Water) 17
3.2.6 มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) 17
3.2.7 มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) 18
3.3 การออกแบบส่วนผสม 18
3.4 การทดสอบ 19
3.4.1 การทดสอบ Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique (ASTM C1610/C1610M-06) 19
3.3.2 การทดสอบ Slump Flow of Self-Consolidating Concrete (ASTM C1611/C1611M) 21
3.3.3 การทดสอบ Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring (ASTM C1621/1621M) 22
3.3.4 Bleeding of Concrete (ASTM C232/C232M-09) 23
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 25
4.1 ผลการทดลอง 25
4.1.1 ผลการทดสอบ Slump Flow of Self-Consolidating Concrete 25
4.1.2 ผลการทดสอบ Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring 26
4.1.3 ผลการทดสอบ Bleeding 27
4.1.4 ผลการทดสอบ Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique[1] 28
4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ 29
4.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ J-Ring Test (Passing Ability) 29
4.2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ % segregation

4.2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ %Bleeding 31

4.2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง J-Ring Test (Passing Ability) กับ %segregate 32

4.2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง %Bleeding กับ %segregate 33

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 34

5.1 สรุปผลการทดสอบ 34

เอกสารอ้างอิง 39

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การเทคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะ (ณรงค์ ทัศนนิพันธ์)	4
รูปที่ 2.2 การเจาะดินในงานเสาเข็มเจาะ (ณรงค์ ทัศนนิพันธ์)	5
รูปที่ 2.3 การเยิ้ม (Bleeding)	6
รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	14
รูปที่ 3.2 ไมโครซิลิก้า microsilica	14
รูปที่ 3.3 Fly Ashจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	15
รูปที่ 3.4 Polycarboxylate ether (PCE)	16
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงขนาดคละของมวลรวมละเอียด	17
รูปที่ 3.6 มวลรวมละเอียด	17
รูปที่ 3.7 การทดสอบหาค่าสารอินทรีย์ในมวลรวมหยาบ	18
รูปที่ 3.8 มวลรวมหยาบ	18
รูปที่ 3.9 มวลรวมละเอียด	18
รูปที่ 3.10 Detail of Column Mold	20
รูปที่ 3.11 เทคอนกรีตลงในแบบ column ภายใน 2 นาที	20
รูปที่ 3.12 ทิ้งไว้ 15 นาทีก่อนทำการทดสอบ	21
รูปที่ 3.13 วางแผ่นCollector Plate และทำการผลักcolumnเพื่อรองรับคอนกรีต	21
รูปที่ 3.14 หลังจากล้างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 นำมาทำให้อิ่มตัวผิวแห้งแล้วนำไปชั่ง เพื่อหาน้ำหนักหิน	22
รูปที่ 3.15 การเทคอนกรีตใส่กรวย จากนั้นดึงกรวยขึ้น และจับเวลาจนคอนกรีตหยุดไหล	23
รูปที่ 3.16 วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอนกรีต 23	
รูปที่ 3.17 เทคอนกรีตในกรวย แล้วดึงขึ้นปล่อยให้คอนกรีตไหลเป็นเวลา 150 วินาที	24
รูปที่ 3.18 ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง,ความสูง ของคอนกรีต	24
รูปที่ 3.19 คอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบการเยิ้ม(Bleeding)	25
รูปที่ 3.20 ทำการดูดน้ำส่วนที่เหลือที่เกิดจากการเยิ้มออก	26
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบ slump flow	27
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดสอบ J-ring	28
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดสอบ Bleeding 29	
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบ Column Technique	30
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ J-Ring Test (Passing Ability	31
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ % segregation	32

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ %Bleeding 33
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง J-Ring Test (Passing Ability) กับ %segregation 34
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง %Bleeding กับ %segregation 35

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของแต่ละวิธีการทดสอบ(EFNARC)	5
ตารางที่ 2.2 ส่วนผสมที่เหมาะสมในงานเสาเข็มเจาะ(Muhammad Talha Junaid)	10
ตารางที่ 2.3 ตารางส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบ(P.F.G. Banfill)	11
ตารางที่ 2.4 ตารางส่วนผสมที่แทนที่ปูนซีเมนต์	12
ตารางที่ 3.1 ความถ่วงจำเพาะของ ไมโครซิลิก้า (microsilica)	15
ตารางที่ 3.2 ความถ่วงจำเพาะของ Fly Ash	16
ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงสัดส่วนผสมของแต่ละการทดสอบ	19
ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปผลการทดสอบทั้ง 4 การทดสอบ	36
ตารางที่ 5.2 ตารางผลเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการทดสอบ	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

การเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะเป็นการเทคอนกรีตผ่านท่อ (Tremie Concreting) ที่ไม่สามารถใช้เครื่องจี้ไล่ฟองอากาศในคอนกรีตออกได้ จึงต้องออกแบบคอนกรีตที่นำมาใช้ในงานเสาเข็มเจาะชนิดนี้ให้มีคุณลักษณะพิเศษหลากหลายกว่าคอนกรีตที่ใช้ในโครงสร้างบนดินทั่วไป เพราะหากนำเอาคอนกรีตที่มีคุณภาพหรือมีคุณลักษณะที่ไม่เหมาะสมกับงานก่อสร้างเสาเข็มระบบเจาะเปียกที่มีธรรมชาติและสภาพแวดล้อมในการก่อสร้างที่แตกต่างจากงานเทคอนกรีตโครงสร้างประเภทอื่นๆ คอนกรีตประเภทดังกล่าวคือ คอนกรีตไหลเข้าแบบได้ง่าย (Self-Compacting Concrete) แต่การใช้งานคอนกรีตประเภทนี้มักพบปัญหาเรื่อง คอนกรีตเกิดการแยกตัว (Segregation) และเกิดการเยิ้ม (Bleeding) ซึ่งเป็นปัญหาทำให้เกิดคือ"หัวเสาเข็มเสีย"ผลที่ตามมาคือ การเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการการซ่อมแซม หรือจากการตัดหัวเสา
(8000 บาท/ต้น ระยะ 1-3 เมตร) หรือจากการแก้ปัญหาอื่นๆ

ปัจจุบันงานเสาเข็มเจาะมีการทดสอบคุณภาพของคอนกรีตได้มีการทดสอบการไหล แบบ Slump Flow Test และกำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งไม่สามารถบอกถึงการเกิดการแยกตัว (Segregation), เกิดการเยิ้ม (Bleeding)ของคอนกรีตได้อย่างชัดเจน

โครงงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปรียบเทียบเพื่อหาการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต (Self-Compacting Concrete : SCC) ที่ใช้ในงานเข็มเจาะขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการทำนาย หรือการประมาณการการเกิดการแยกตัว(Segregation), เกิดการเยิ้ม (Bleeding) ของคอนกรีต เมื่อทำกาทดสอบ Slump Flow Test หรือการทดสอบที่สามารถทดสอบบริเวณหน้างานได้เพื่อเปรียบเทียบการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต(Self-Compacting Concrete : SCC) ที่ใช้ในงานเข็มเจาะขนาดใหญ่

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 การเปรียบเทียบการทดสอบความสามารถการทำงานได้ของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอ (Self-Compacting Concrete : SCC) ในงานเข็มเจาะขนาดใหญ่

1.2.1.1 ศึกษาคุณสมบัติด้านความสามารถในการทำงานได้ของ (Self-Compacting Concrete : SCC)แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลานซึ่งประกอบไปด้วย Fly Ash, Silica fume และเติมสาร Polycarboxylate ether (PCE)

1.2.1.2 เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต (Self-Compacting Concrete : SCC) ซึ่งประกอบไปด้วยการทดสอบ

- J-Ring Test (ASTM C 1621/C 1621M)
- Slump Flow Test (ASTM C 1611/C 1611M)
- Column Technique (ASTM C 1610/C 1610M – 06)
- Bleeding (ASTM C232/C232M – 09)

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงความสามารถของการทำงานได้และหลักการทดสอบของคอนกรีตประเภทไหลเข้าแบบได้ง่าย ที่แทนปริมาณปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลาน ซึ่งประกอบด้วย Fly Ash, Silica fume และเติม Polycarboxylate ether (PCE)

1.3.2 สามารถหาความสัมพันธ์ด้านการทดสอบความสามารถในการทำงานได้ของคอนกรีตประเภทไหลเข้าแบบได้ง่าย เพื่อประยุกต์ใช้ในการประมาณการเกิดการแยกตัว (Segregation), เกิดการเยิ้ม (Bleeding) ของคอนกรีตในการทำงานหน้างานได้ด้วยการทดสอบเพียงการทดสอบ Slump Flow Test

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.3.1 คอนกรีต Self-Compacting Concrete (SCC) ที่มีส่วนผสมที่มีการปรับสัดส่วนผสมของวัสดุปอซโซลาน ซึ่งประกอบด้วย Fly Ash, Silica fume และเติม Polycarboxylate ether(PCE) โดยปรับปริมาณสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ดังนี้

- เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 20,30 โดยน้ำหนัก
- ซิลิกาฟูมแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 2, 5 และ 8 โดยน้ำหนัก

1.3.2 ทำการทดสอบคอนกรีต Self-Compacting Concrete (SCC) ที่มีส่วนผสมที่แตกต่างกันเพื่อทดสอบความสามรถในการทำงานได้และประสิทธิภาพในการไหลของคอนกรีต

- Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring (ASTM C 1621/C 1621M)
- Slump Flow of Self-Consolidating Concrete (ASTM C 1611/C 1611M)
- Bleeding (ASTM C232/C232M – 09)
- Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique (ASTM C 1610/C 1610M – 06)

1.5 แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	งาน	ระยะเวลา																			
		มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	นำเสนอโครงงาน																				
2	จัดหาวัสดุ																				
3	เตรียมอุปกรณ์																				
4	ทดสอบวัสดุ																				
5	เตรียมการผสม																				
6	Mix และทำการทดสอบ																				
7	รวบรวมผลการทดสอบ																				
8	สรุปผลการทดสอบ																				
9	วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น																				
10	สรุปผลจัดทำรูปเล่ม																				
ความคืบหน้า(%)		100%																			

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. ซื้อวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ 1,500 บาท
2. ทำรูปเล่มโครงงาน 1,000 บาท
3. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ 500 บาท

รวมเป็นเงิน 3,000 บาท (สี่พันสองร้อยบาทถ้วน)

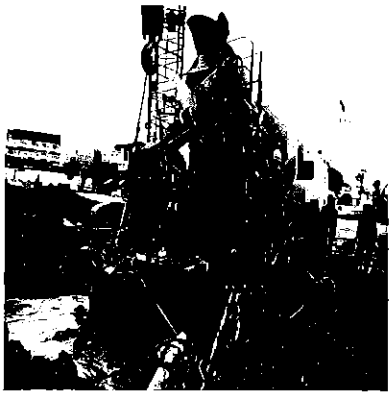
บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

2.1 เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ (Bored Piles)

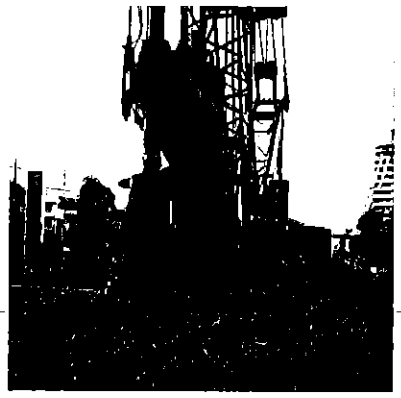
เสาเข็มเจาะระบบเปียก คือ เสาเข็มเจาะหล่อในที่ (Cast In-Situ Bored Piles) หมายถึง เสาเข็มที่ผลิตขึ้นโดยมีหลักการง่ายๆ ที่ Tomlinson (1994) กล่าวไว้คือทำการขุดเจาะดินให้ได้ขนาด ความกว้าง, ความลึกตามที่ออกแบบไว้แล้วทำการ เทคอนกรีตลงไปในรูที่เจาะไว้ให้เต็ม

เสาเข็มระบบเจาะระบบเปียกในกรุงเทพได้นำมาใช้กันมากกว่า 20 ปีแล้วขนาดเสาเข็มที่ใช้กันมี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 80 ซม. ถึง 150 ซม. ปลายเสาเข็มลึกประมาณ 60 เมตรซึ่งเป็นความลึกปกติที่ออกแบบกันอย่างแพรหลายบริเวณที่ราบลุ่มในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล

โดยทั่วไปเสาเข็มระบบเจาะเปียกจะใช้สารละลายเบ็นโทไนท์ ช่วยป้องกันไม่ให้หลุมเจาะพังทลายการเจาะจะใช้เครื่องเจาะระบบ Rotary ติดสว่าน (Auger) และถังขุดเจาะ (Bucket) เมื่อขุดเจาะแล้วต้องทำความสะอาดหลุมเจาะโดยการใช้ Cleaning Bucket แล้วจึงลงเหล็กเสริมแล้วทำการเทคอนกรีตผ่านท่อเทใต้น้ำ (Tremie Pipe)การก่อสร้างในงานเสาเข็มเจาะระบบเปียกจะใช้วิธีการหล่อคอนกรีตเป็นการหล่อคอนกรีตใต้น้ำผ่านท่อเท (Tremie Pipe) ซึ่งไม่สามารถใช้เครื่องจี้ไล่ฟองอากาศในคอนกรีตออกเพื่อให้คอนกรีตอัดตัวแน่นได้



รูปที่2.1 การเทคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะ(ณรงค์ ทัศนนิพันธ์),2543



รูปที่2.2 การเจาะดินในงานเสาเข็มเจาะ(ณรงค์ ทัศนนิพันธ์),2543

งานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ เป็นอุตสาหกรรมที่มีการพัฒนาและมีการใช้งานมาอย่างต่อเนื่อง ด้วยปัจจุบันงานอุตสาหกรรมการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่กำลังขยายตลาดอย่างต่อเนื่อง โดยคอนกรีตที่มักใช้ในงานประเภทนี้คือ คอนกรีตไหลเข้าแบบด้วยตัวเอง (Safe-Compacting Concrete: SCC) เนื่องจากงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ มีการขุดเจาะเสาเข็มที่ลึก มีโครงสร้างเหล็กเสริม และยากต่อการทำงาน เพื่อตรวจสอบคุณภาพในขณะเทได้ โดยส่วนใหญ่มักตรวจสอบคุณภาพภายหลังการเทคอนกรีตเรียบร้อยแล้ว ซึ่งปัญหาที่เกิดกับงานคอนกรีตที่ใช้สำหรับงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่นั้น คือ คอนกรีตมักเกิดการเยิ้ม และการแยกตัวของคอนกรีต ทำให้เสาเข็มมีคุณภาพที่ไม่เท่ากันทั้งต้น

2.2 Self-Compacting Concrete

Self-Compacting Concrete คือ คอนกรีตสามารถไหลเข้าแบบด้วยตัวเองโดยไม่ต้องจี้เขย่า

Self-Compacting Concrete ได้รับการพัฒนาครั้งแรกในปี 1986 ในประเทศญี่ปุ่น โดยศาสตราจารย์ Hajime Okamura ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายไปทั่วโลกเพื่อไปใช้ในงานโครงสร้างชนิดต่าง และได้มีการ Self-Compacting Concrete ไปทำการศึกษาต่ออย่างแผ่หลายซึ่งได้แบ่งการทดสอบไว้ดังนี้

ตารางที่2.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของแต่ละวิธีกำทดสอบ (EFNARC)

Method	Property
Slump-flow	Filing ability
J-ring	Passing ability
Bleeding	Bleeding resistance
Column Technique	Segregation resistance

Self-Compacting Concrete มีคุณสมบัติ คือ

1.สามารถเพิ่มความรวดเร็วและความสะดวกในการเท

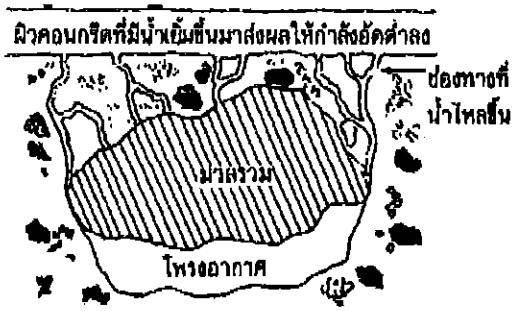
2.การประหยัดค่าแรงและอุปกรณ์จี้เขย่าในการเท

3.ลดความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาทางเทคนิค

4.มีคุณภาพที่ดีกว่าคอนกรีตทั่วไปของคอนกรีตในโครงสร้าง

2.3 การเยิ้มของคอนกรีต (Bleeding)

การเยิ้ม (Bleeding) คือ การคายน้ำจากส่วนผสมคอนกรีตที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์โดยลักษณะสำคัญคือ น้ำบางส่วนจะถูกดันให้ลอยตัวขึ้นมาบนผิวหน้าของคอนกรีต เนื่องมาจากการจมลงของมวลรวมโดยการเยิ้มเป็นรูปแบบหนึ่งของการแยกตัวซึ่งมีสาเหตุจากส่วนผสมไม่สามารถที่จะกักน้ำที่แผ่กระจายอยู่เอาไว้ขณะที่มวลรวมจมลง และการเยิ้มจะหยุดเมื่อซีเมนต์เพสแข็งตัวพอที่จะหยุดกระบวนการจมลงของมวลรวม



รูปที่2.3 การเยิ้ม (Bleeding)

<u>การเยิ้มส่งผลต่อคุณภาพของคอนกรีต 2 ลักษณะ</u>

1.การเยิ้มจะส่งผลให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่บริเวณผิวสูงขึ้น กำลังอัดและความทนทานจะลดลง

2.น้ำบางส่วนจะถูกกักไว้มวลรวมหยาบหรือเหล็กเสริมทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์เพสกับมวลรวมหรือเหล็กเสริมลดลงอย่างมาก เมื่อคอนกรีตแข็งตัวจะเกิดช่องว่างโพรงอากาศทำให้ความสามารถในการรับแรงของคอนกรีตต่ำลง

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการเยิ้ม (Bleeding)</u>

1.คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ การเยิ้มจะลดลงเมื่อใช้ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น

2.องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่เป็นด่างมากจะมีการเยิ้มน้อย

2.4 การแยกตัวของคอนกรีต (Segregation)

การแยกตัวของคอนกรีต (Segregation) คือ การที่ส่วนผสมของคอนกรีตแยกตัวออกจากกันทำให้เนื้อคอนกรีตสดมีส่วนผสมไม่สม่ำเสมอการแยกตัวของวัสดุในคอนกรีตมี 2 รูปแบบ คือ

1.มวลรวมหยาบแยกตัวออกจากส่วนผสม เนื่องจากการเคลื่อนที่ของคอนกรีตผ่านทางชันหรือมวลรวมหยาบจมตัวลงมากกว่ามวลรวมละเอียด

2.น้ำปูนแยกตัวออกจากส่วนผสม เนื่องจากส่วนผสมเหลวมากเกินไป

<u>สาเหตุของการแยกตัวของคอนกรีต</u>

1.ใช้หินทรายที่มีความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันมาก

2.ใช้สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม เหลวหรือแข็งมากเกินไป

3.การขนย้าย การเทลงแบบ ปล่อยคอนกรีตผ่านสิ่งกีดขวาง

2.5 การสร้างมาตรฐานงานก่อสร้างเสาเข็มระบบเจาะเปียกในประเทศไทยที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากลในยุคโลกาภิวัฒน์ (Thai Standardization of the Construction of Wet Process Bored Piles in Line with Global Standards)

ณรงค์ ทัศนนิพันธ์,2543

มาตรฐานงานเสาเข็มระบบเจาะเปียกในประเทศไทย ในอดีตจนถึงปัจจุบันถึงแม้นว่าจะยังไม่มีหน่วยงานทางวิศวกรรมกำหนดมาตรฐานงานเสาเข็มระบบเจาะเปียกออกมาให้ผู้เกี่ยวข้องทั่วไปใช้ก็ตาม แต่ผู้ออกแบบในแต่ละกรมกองหรือผู้ออกแบบภาคเอกชนก็ได้ทำการกำหนดมาตรฐานของตนเองขึ้นมาใช้งาน ซึ่งมาตรฐานบางฉบับก็มีความสอดคล้องไม่มีข้อความขัดแย้งกันเองเมื่อนำมาใช้ปฏิบัติก็ใช้งานได้ดี แต่บางฉบับมีข้อกำหนดบางประการที่ยังไม่เหมาะสมต่อการปฏิบัติในสนามจนทำให้งานติดตั้ง(Installation) เสาเข็มเจาะเกิดปัญหา เช่น เรื่องข้อกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติและการทดสอบของสารละลายฯ, ระยะเวลาสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในการติดตั้ง(Maximum construction time and Maximum contact time), ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้และคุณภาพของคอนกรีตที่ใช้ เป็นต้นจากการที่ไม่มีมาตรฐานกลางที่เหมาะสม เสาเข็มที่ติดตั้งแล้วเสร็จจึงมีสมรรถนะหลากหลายระดับที่ไม่อยู่ในระดับมาตรฐาน

Reese and O' Neil, (1988) ได้ศึกษาและให้คำแนะนำว่าคอนกรีตที่เหมาะกับเสาเข็มระบบเจาะเปียกต้องผสมให้มีคุณสมบัติพิเศษมากกว่าคอนกรีตโครงสร้างปกติหลายประการคือต้องผสมให้มีคุณสมบัติดังนี้

1.ต้องมีความสามารถในการเคลื่อนไหลดี

2. ต้องมีความสามารถในการอัดตัวแน่นด้วยน้ำหนักตัวเอง

3.ต้องมีการทนทานต่อการแยกตัวและการเยิ้ม

4.ต้องสามารถควบคุมเวลาการก่อตัวได้

5.ต้องมีกำลังอัดและความแข็งแรงตามที่ออกแบบไว้

2.6 ปูนซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะผลิตตามมาตรฐานของ อเมริกา (ASTM C. 150) และของอังกฤษ(British Standard ; B.S.) ซึ่งตามมาตรฐาน มอก.15 ของไทย ได้แบ่งปูนซีเมนต์ออกเป็น 5 ประเภท ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Normal Portland Cement)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Normal Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะกับงานก่อสร้างคอนกรีตทั่วๆ ไปที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม เช่น คาน เสา พื้น ถนน เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับเกลือซัลเฟต

ปฏิกิริยาของแต่ละสารประกอบในปูนซีเมนต์กับน้ำ

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของไตรแคลเซียมซิลิเกต(C_3S)

$$2C_3S+6H_2O \longrightarrow C_3S_2H_3+3Ca(OH)_2$$

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของโดรแคลเซียมซิลิเกต(C_2S)

$$2C_2S+6H_2O \longrightarrow C_3S_2H_3+3Ca(OH)_2$$

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของไตรแคลเซียมอะลูมิเนต(C_3A)

$$C_3A+6H_2O \longrightarrow C_3AH_6$$

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของเตตราแคลเซียม อะลูมิโนเฟอร์ไรท์(C_3AF)

$$C_4AF+CaS0_42H_2O+Ca(OH)_2 \longrightarrow 3CaO(Al_2O_3Fe_2O_3)+3Ca(OH)_2.3CaSO_4$$

2.7 เถ้าลอย (fly ash)

เถ้าลอย(fly ash) คือ ขี้เถ้าที่หลงเหลือจากกระบวนการเผาไหม้ของถ่านหินหรือลิกไนต์ มีขนาดเล็กและละเอียดมาก ประกอบด้วยสาร ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO)

เถ้าลอย(fly ash) โรงไฟฟ้าแม่เมาะมีองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในเกณฑ์Class C ตามมาตรฐานมาตรฐาน ASTM C 618 (Specification for Fly ash and Raw or Calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in portland cement concrete) โรงไฟฟ้าแม่เมาะมีการติดตามคุณภาพเถ้าลอย(fly ash) โดยจะมีการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM C-311

เถ้าลอย(fly ash) เป็นสารเชื่อมประสานคล้ายปูนซีเมนต์แต่จะทำปฏิกิริยาไม่เหมือนปูนซีเมนต์ โดยจะทำปฏิกิริยาต่อเนื่องจากปูนซีเมนต์โดยใช้สารที่เหลือจากปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์เข้ามาใช้ในการทำปฏิกิริยาให้เกิดสารเชื่อมประสาน ซึ่งเราเรียกสารชนิดนี้ว่าสาร "Pozzolan"

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย(Fly Ash) โดยทั่วไปจะประกอบด้วย SIO_2 ,Al_2O_3 ,Fe_2O_3 และ Cao เป็นองค์ประกอบหลัก อาจมีปริมาณมากถึง 80-90% มี MgO มีออกไซด์ของอัลคาไลในรูป Na_2O,K_2O และ SO_3 เป็นองค์ประกอบรอง

<u>คุณสมบัติเถ้าลอย(fly ash)ในงานคอนกรีต</u>

1. เพิ่มความสามารถในการเท(Workability)
2. เพิ่มความสามารถในการรับแรงอัดให้สูงขึ้น
3. ลดปริมาณการเยิ้ม(Bleeding)
4. ลดการแยกตัวของคอนกรีต(Segregation)

2.8 ซิลิกาฟูม (silica fume) หรือ ไมโครซิลิกา (microsilica)

เป็นชื่อเรียกวัสดุผสมเพิ่มชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตซิลิกอนเมทัลและเฟอร์โรซิลิกอนอัลลอยด์เป็นกระบวนการรีดักชั่นจากควอร์ด (quartz) โดยวิธี electric arc ที่อุณหภูมิสูงถึง 2,000 องศาเซลเซียสทำให้เกิดไอ (fume) ของ SiO^2 ซึ่งต่อมาจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและกลั่นตัวที่อุณหภูมิต่ำได้เป็นอนุภาคของซิลิกาขนาดเล็กมากที่ไม่เป็นผลึก ซิลิกาฟูมจะถูกดักจับในตัว

<u>คุณสมบัติของซิลิกาฟูมที่มีผลต่อคอนกรีต</u>

1.ลดการเยิ้ม (Bleeding) และการแยกตัวของคอนกรีตสด

2.เพิ่มกำลังอัด ของคอนกรีตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

3.เพิ่มความหนาแน่นทำให้คอนกรีตมีความทนทานสูงการซึมผ่านน้ำและอากาศเป็นไปได้ยาก

2.9 Polycarboxylate ether (PCE)

เป็นสารลดน้ำพิเศษ มีสีน้ำตาลอ่อน มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.06 ที่อุณหภูมิ 20 °C มีค่าpH 4.25 ± 0.5 เป็นสารผสมเพิ่มประเภท F

Polycarboxylate ether (PCE) มีกลไกในการทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ที่แตกต่างจากพฤติกรรมทั่วไป โดยสารละลายเข้าไปกระจายตัว และถูกดูดซับบริเวณพื้นผิวของซีเมนต์โดยทั่วขณะเดียวกันกลไกการทำปฏิกิริยานั้น จะกระทำในบางส่วนกับซีเมนต์ ในที่นี้รวมถึงขบวนการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ด้วยคุณลักษณะเด่นดังต่อไปนี้

1.มีความสามารถในการลดน้ำสูงมาก (เป็นผลให้ความทึบน้ำสูง ให้กำลังอัดสูง และลดอัตราการซึมผ่าน)

2.มีความสามารถในการไหลตัวดีเยี่ยม

3.ลดการหดตัวระหว่างการบ่ม และลดการคืบเมื่อคอนกรีตแข็งตัว

2.10 การปรับคุณสมบัติของคอนกรีตสดเพื่อปรับใช้ในงานเสาเข็มเจาะ (ENHANCING FRESH TREMIE CONCRETE PROPERTIES FOR BORED/DEEP PILE APPLICATIONS) (Muhammad Talha Junaid,2005)

เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการก่อสร้างทั้งในและรอบๆ กรุงเทพมหานครหนึ่งในปัญหาที่สำคัญในขณะเทคอนกรีตผ่านท่อtremie คือ การเยิ้ม (Bleeding)ซึ่งนำไปสู่ปัญหาความแข็งแรงและความทนทานในส่วนบนของของเสาเข็มเจาะ

เสาเข็มเจาะเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและคุณภาพของการผลิตขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย อย่างรวมทั้งคุณสมบัติคอนกรีต,วิธีการเทคอนกรีต หลังจากการเทคอนกรีตเสร็จไม่มีตรวจสอบ การทำงานของคอนกรีตและ การควบคุณภาพของคอนกรีต เพื่อให้มั่นใจว่าเสาเข็มเจาะที่เป็นที่ น่าพอใจและเป็นไปตามการออกแบบMuhammad Talha Junaid ได้เสนอส่วนผสมที่ เหมาะสมในงานเสาเข็มเจาะไว้ดังนี้

ตารางที่2.2 ส่วนผสมที่เหมาะสมในงานเสาเข็มเจาะ(Muhammad Talha Junaid)

Cement (kg/m^3)	FA (kg/m^3)	CA (kg/m^3)	Water (kg/m^3)	Admixture		W/B
				Type	Amount	
360	800	1000	180	D(ml)	850	0.45
				Pfa	40	
320	800	1000	175	D(ml)	800	0.43
				Pfa	80	

ในการทดสอบ Muhammad Talha Junaid ใช้ Fly Ach 10-20% ในการแทนที่ ปูนซีเมนต์ส่งผลให้เกิดการเยิ้ม(Bleeding)น้อยมากและยังมีความสามารถในการทำงานได้

2.11 ผลกระทบในการไหลของคอนกรีตสดที่มีน้ำลดส่วนผสม (Additivity effects in the rheology of fresh concrete containing water reducing admixtures) (Banfill,2010)

เป็นการศึกษาผลกระทบของคอนกรีตสดโดยการลดน้ำของคอนกรีตว่ามีผลต่อการแยกตัวของคอนกรีต(segregation)

ตารางที่2.3 ตารางส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบ(P.F.G. Banfill)

Material	Type	Mass (kg)
20 mm coarse aggregate	Crushed limestone	7
10 mm coarse aggregate	Crushed limestone	11.94
Fine aggregate	Siliceous sand grade M	16.15
Cement	Various blends – see text	7

จากการทดสอบพบว่าเมื่อทำการลดน้ำคอนกรีตความหนืดของคอนกรีตก็จะมีมากขึ้นซึ่งส่งผลให้การแยกตัวของคอนกรีต(segregation)

2.12 การพัฒนาวิธีการออกแบบส่วนผสมสำหรับคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง (SCC) บนพื้นฐานของการไหล (Development of a mix design method for SCC based on the rheological characteristics of paste),(Qiong Wu, Xuehui An,2013)

บทความนี้เป็นเป็นการนำเสนอส่วนผสมของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง (self-compacting concrete : SCC) เพื่อที่จะลดการแยกตัวของคอนกรีต(segregation) และเพิ่มความสามารถในการไหลโดยทำการทดสอบ mini-slump flow และ V-funnel เพื่อที่จะหาการทดสอบที่เหมาะสม

ส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบเป็นส่วนผสมมาตรฐานของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง (self-compacting concrete : SCC) โดยขนาดคละของทรายอยู่ที่ (0.075–4.75 mm) และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 1.06

จากผลการทดสอบพบว่าการทดสอบ V-funnel เป็นการทดสอบที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับการทดสอบ mini-slump flow

2.13 อิทธิพลของสารผสมแร่ธาตุในการไหลของปูนซีเมนต์การวางและคอนกรีต (The influence of mineral admixtures on the rheology of cement paste and concrete),(Ferrarisa, Karthik H. Oblab, Russell Hillb,2000)

ในการทดสอบหาการไหลของปูนซีเมนต์ โดยมีการปรับส่วนผสมโดยใช้แร่ธาตุต่างๆเช่น ultrafine fly ash (UFFA) ในการผสม และทำการทดสอบ 2 การทดสอบคือ mini-slump flow และ Marsh cone เพื่อตรวจสอบความสามารถในการไหลของคอนกรีตโดยใช้น้ำต่อซีเมนต์ 0.28-035 ปริมาณสวนผสมที่แทนที่ปูนซีเมนต์ 0-16%

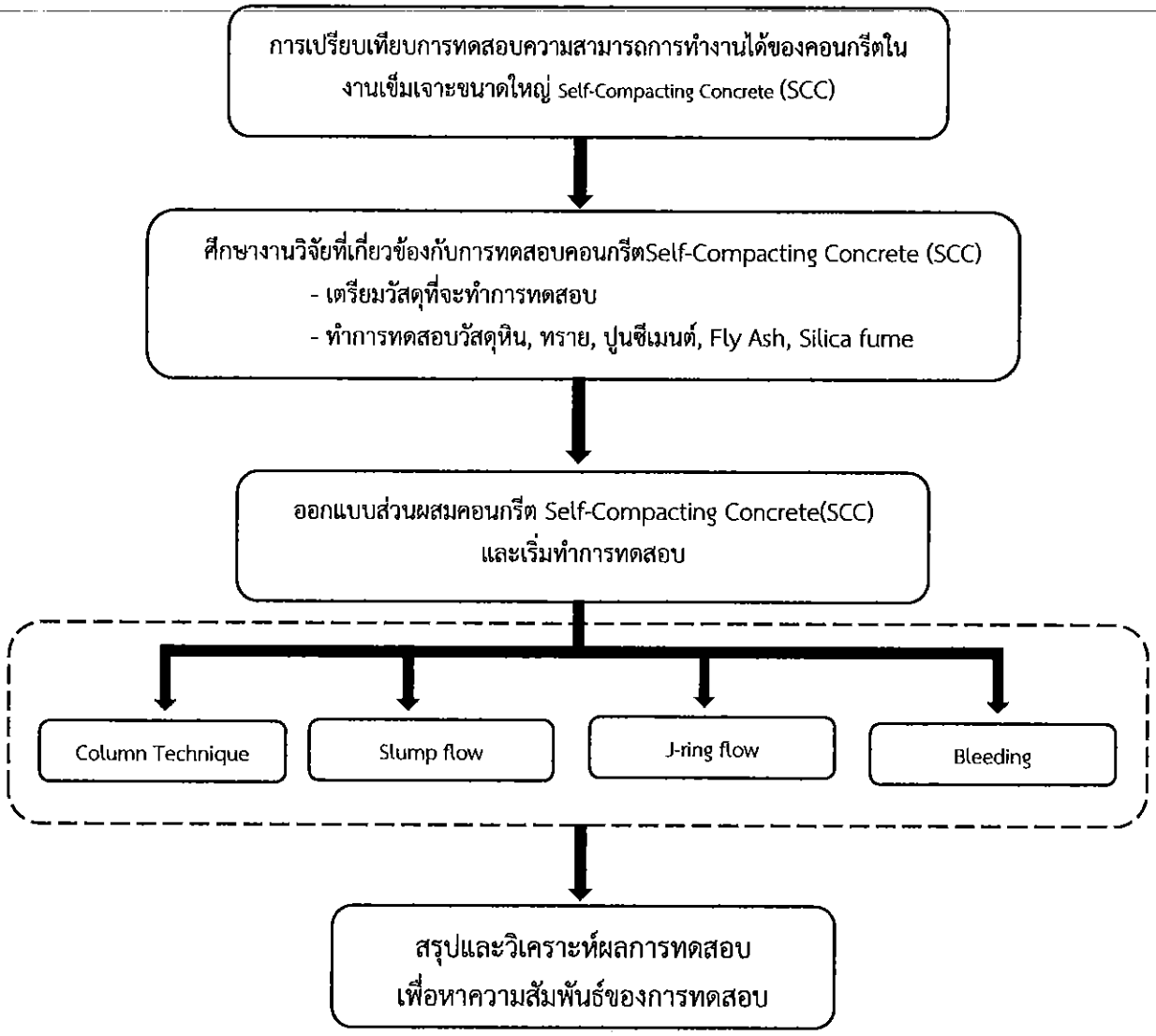
ตารางที่2.3 ตารางส่วนผสมที่แทนที่ปูนซีเมนต์

No.	Name	Mend PM (μm)
1	Coarse Fly Ash (CFA)	18
2	Fly Ash (FA)	10.9
3	Fine Fly Ash (FFA)	57.7
4	Ultra Fine Fly Ash (UFFA)	3.1
5	Metakaolin (MK)	7.4
6	Silica Fume (SF)	≈0.1

จากการทดสอบพบว่าการแทนที่ปริมาณปูนซีมเนต์ด้วย Ultra Fine Fly Ash(UFFA) ช่วยลด|ปริมาณการใช้สารผสมเพิ่ม HRWR และ W/C ratio ได้และทำให้ความหนืดในเนื้องคอนกรีตลดลง (Higher Slump) จึงไม่ควรใช้เกินร้อยละ 12

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ



3.2 วัสดุ

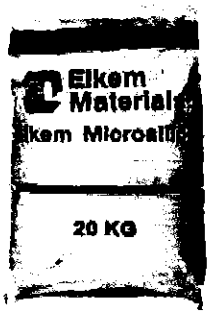
3.2.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ตราดอกบัวแดง เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง ที่ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 15 เล่ม 1-2547 และมาตรฐาน ASTM C 150 ของประเทศสหรัฐอเมริกาเหมาะกับงานคอนกรีตทั่วไป และงานคอนกรีตขนาดใหญ่ทุกชนิด มีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15

รูปที่3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

3.2.2 ซิลิกาฟูม (silica fume) หรือ ไมโครซิลิก้า (microsilica)

เป็นสารที่มีอนุภาค 0.1 มม. มีพื้นที่ผิวสัมผัส 20-25 $m.^2/g$ มีคุณสมบัติลดการเยิ้ม (Bleeding) มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.15



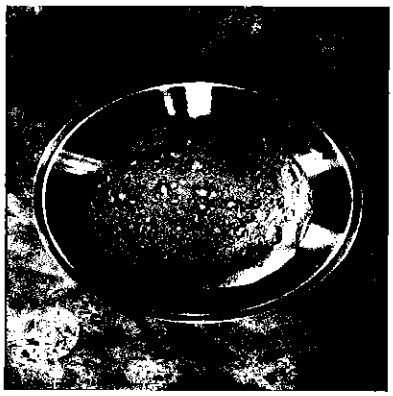
รูปที่ 3.2 ไมโครซิลิก้า microsilica

ตารางที่3.1 ความถ่วงจะเพาะของ ไมโครซิลิก้า (microsilica)

รายการ	การทดลองครั้งที่	
	1	2
1.ขีดปริมาตรของน้ำมันก๊าดครั้งแรก , มล.	0	0
2.น้ำหนักซีเมนต์และถาดครั้งแรก, ก.	247.2	250
3.ขีดปริมาตรของน้ำมันก๊าดครั้งหลัก, มล.	18.5	18.4
4.น้ำหนักซีเมนต์และถาดครั้งหลัง , ก.	209.2	210.2
5.น้ำหนักของซีเมนต์ที่ใช้, ก.,	17.8	18.4
6.ปริมาตรของน้ำมันก๊าดที่ถูกแทนที่, มล,	38	39.8
7.ความถ่วงจำเพาะ	2.13	2.16
8.ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย	2.15	

3.2.3 เถ้าลอย (fly ash)

ซึ่งในที่นี้ได้ใช้ Fly Ash ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานASTM C 618 เป็น Class C มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.4



รูปที่3.3 Fly Ashจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

ตารางที่3.2 ความถ่วงจะเพาะของ Fly Ash

รายการ	การทดลองครั้งที่	
	1	2
1.ขีดปริมาตรของน้ำมันก๊าดครั้งแรก , มล.	0	0
2.น้ำหนักซีเมนต์และถาดครั้งแรก, ก.	355	350
3.ขีดปริมาตรของน้ำมันก๊าดครั้งหลัก, มล.	19.7	19
4.น้ำหนักซีเมนต์และถาดครั้งหลัง , ก.	306.5	305.5
5.น้ำหนักของซีเมนต์ที่ใช้, ก.,	48.5	44.5
6.ปริมาตรของน้ำมันก๊าดที่ถูกแทนที่, มล,	19.7	19
7.ความถ่วงจำเพาะ	2.46	2.34
8.ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย	2.4	

3.2.4 Polycarboxylate ether (PCE)

มีลักษณะ ของเหลวสีน้ำตาลอ่อน ความหนาแน่น 1.06 กิโลกรัมต่อลิตร (ที่อุณหภูมิ +20OC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.25 ± 0.5

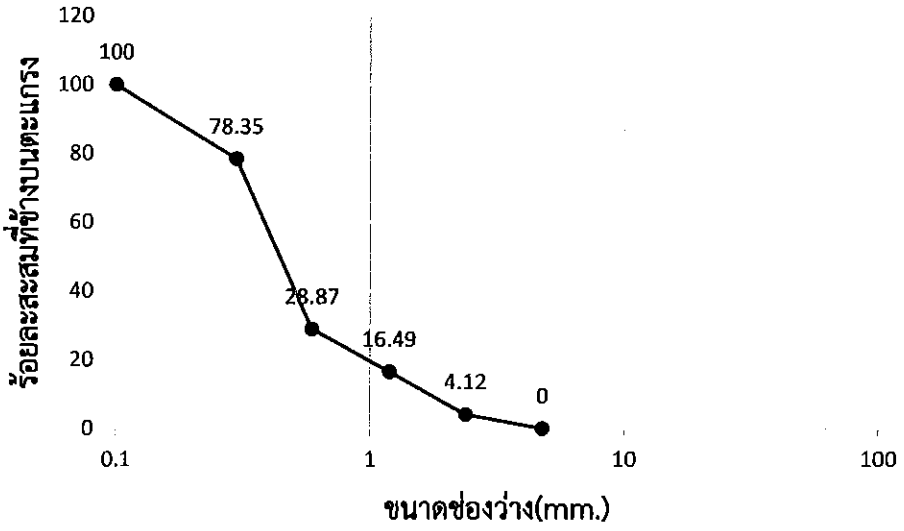
รูปที่3.4 Polycarboxylate ether (PCE)

3.2.5 น้ำ (Water)

น้ำเป็นส่วนผสมหลักในงานคอนกรีต น้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตไม่มีสี ไม่มีกลิ่นไม่มีรสและไม่มีสิ่งเจือปนต่างๆ ที่ส่งผลต่อความแข็งแรงและความคงทนของคอนกรีตสำหรับการทดสอบ น้ำที่ใช้ทำการทดสอบเป็นน้ำประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

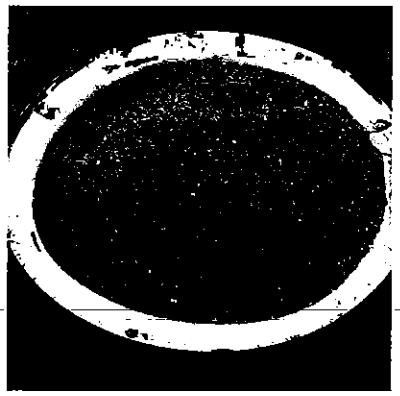
3.2.6 มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)

มวลรวมละเอียดที่นำมาใช้ในการทดสอบ เป็นทรายหยาบ มีลักษณะเป็นทรายเม็ดใหญ่ สีน้ำตาลขุ่น ค่าโมดูลัสความละเอียด 2.28 มีค่าสารอินทรีย์เจือปนโดยการพิจารณาจากแผ่นกระจก สารอินทรีย์ก็ได้เบอร์ 2 ซึ่งไม่เกินมาตรฐาน ASTM C 40



รูปที่3.4 กราฟแสดงขนาดคละของมวลรวมละเอียด

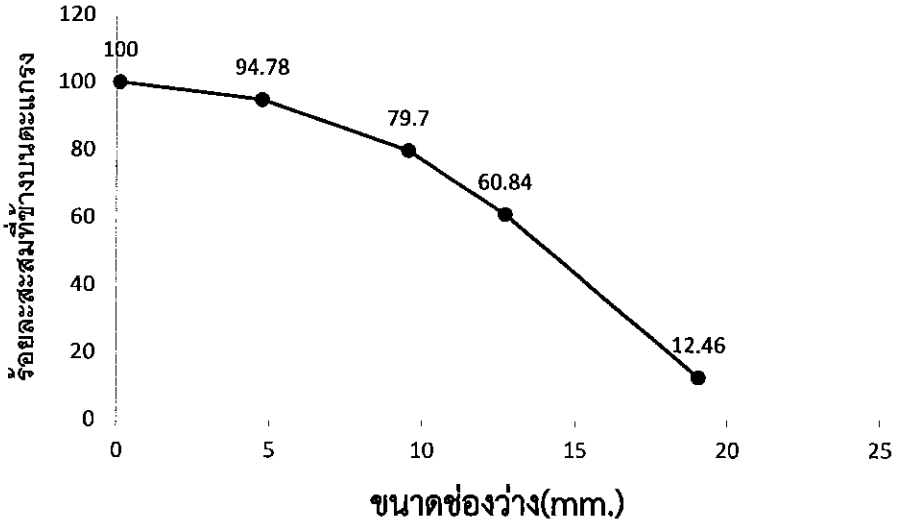
รูปที่3.5 การทดสอบหาค่าสารอินทรีย์ในมวลรวมละเอียด



รูปที่3.6 มวลรวมละเอียด

3.2.7 มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate)

มวลรวมหยาบหรือหินที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตร ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ค่าโมดูลัสความละเอียด 3.53



รูปที่3.7 กราฟแสดงขนาดคละของมวลรวมหยาบ

รูปที่3.8 มวลรวมละหยาบ

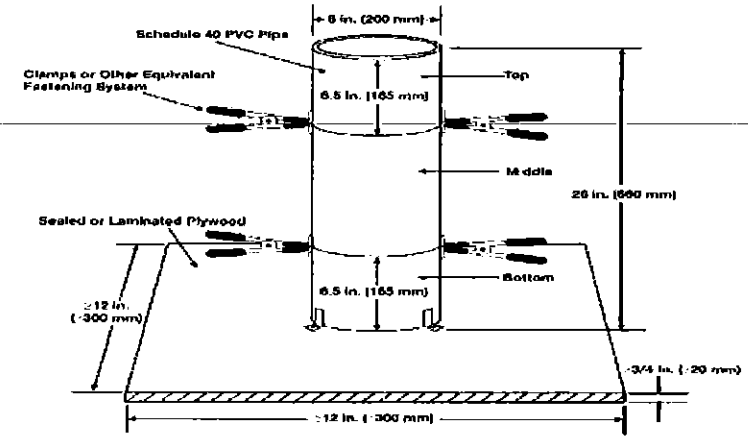
3.3 การออกแบบส่วนผสม

ตารางที่3.3 ตารางแสดงส่วนผสมของแต่ละการทดสอบ

No.	Specimen Code	Portland Cement	Fly Ash	Silica Flume	Admixture	W/B
		Kg/m^3	Kg/m^3	Kg/m^3	% by binder	
1	Control	400	0	0	1.3	0.48
2	RHA20SCF02	312	80	8	0.9	0.48
3	RHA20SCF05	300	80	20	1	0.48
4	RHA20SCF08	288	80	32	1.1	0.48
5	RHA30SCF02	272	120	8	0.9	0.48
6	RHA30SCF05	260	120	20	0.95	0.48
7	RHA30SCF08	248	120	32	1	0.48

3.4 การทดสอบ

3.2.1 การทดสอบ Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique (ASTM C1610/C1610M-06)

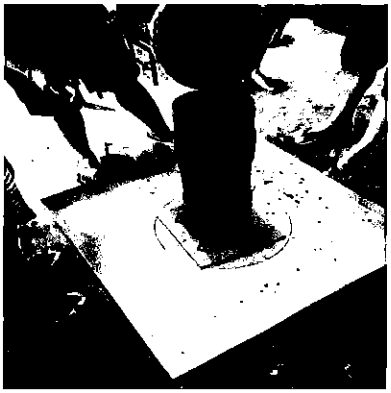


รูปที่3.9 Detail of Column Mold

วิธีการทดสอบนี้สามารถตรวจสอบการแยกตัวของคอนกรีต(Segregation)

ขั้นตอนการทดสอบ

1.) นำคอนกรีตเทลง column ให้เต็มภายใน 2 นาที จากนั้นปาดผิวบนให้เรียบจากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 15 นาทีจึงเริ่มทำการทดสอบ (ใช้เวลาภายใน 20 นาที)



รูปที่3.10 เทคอนกรีตลงในแบบ column ภายใน 2 นาที

รูปที่3.11 ทิ้งไว้ 15 นาทีก่อนทำการทดสอบ

2.) วางแผ่น Collector Plate ให้ต่ำกว่ารอยต่อระหว่างชั้นบน กับชั้นกลาง จากนั้นบิดส่วนของชิ้นบนของ column ออกแบบ horizontal rotating motion เก็บคอนกรีตส่วนที่ล้นออกให้หมด ในส่วนของชั้นกลางเช่นเดียวกัน

รูปที่3.12 วางแผ่นCollector Plate และทำการผลักcolumnเพื่อรองรับคอนกรีต

3.) คอนกรีตชั้นบนและชั้นล่างที่นำออกมานั้นนำไปล้างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทำให้อิ่มตัวผิวแห้งแล้วจึงหาค่าน้ำหนักของหินในแต่ละชั้นที่ได้ ไปคำนวณ

รูปที่3.13 หลังจากล้างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 นำมาทำให้อิ่มตัวผิวแห้งแล้วนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักหิน

วิธีการคำนวณ

$$S = 2\left[\frac{(CA_B - CA_T)}{(CA_B + CA_T)}\right] \times 100 \quad \text{if } CA_B > CA_T$$

$$S = 0 \quad \text{if } CA_B \leq CA_T$$

S = เปอร์เซ็นต์การแยกตัวแบบคงที่

CA_T = มวลรวมหยาบด้านบนของคอลัมน์

CA_B = มวลรวมหยาบด้านล่างของคอลัมน์

3.2.2 การทดสอบ Slump Flow of Self-Consolidating Concrete (ASTM C1611/C1611M)

เป็นการทดสอบความสามรถในการไหลของคอนกรีตนอกจากนี้ Slump flow สามารถบอกถึงการเกิดการแยกตัวของคอนกรีต (Segregation)

ขั้นตอนการทดสอบ

1.) ทำการแบ่งคอนกรีตใส่กรวยเป็น 3 ครั้งจนเต็มภายใน 2 นาที จากนั้นดึงกรวยขึ้นให้คอนกรีตไหลอย่างอิสระจับเวลาจนคอนกรีตไหลจนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 500 มิลลิเมตร บันทึกผล (T_{50}, วินาที) และทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ตั้งฉากกัน พร้อมหาค่าเฉลี่ย

รูปที่3.14 การเทคอนกรีตใส่กรวย จากนั้นดึงกรวยขึ้น และจับเวลาจนคอนกรีตหยุดไหล

รูปที่3.15 วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอนกรีต

วิธีการคำนวณ

$$\text{Slump Flow} = \frac{d^1+d^2}{2}$$

d^1 = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุด

d^2 = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ตั้งฉากกับ d^1

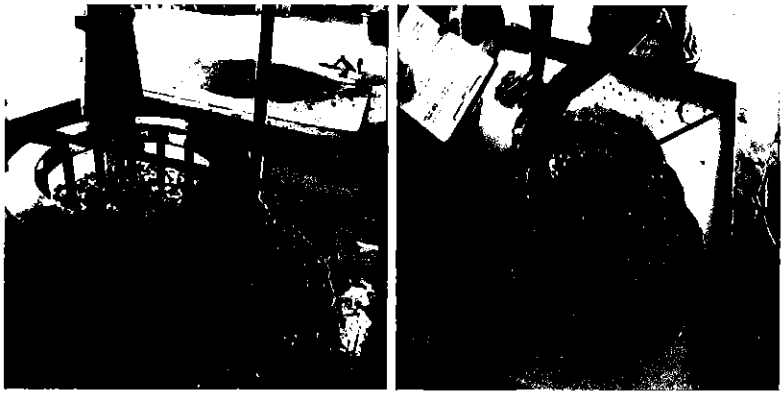
3.2.3 การทดสอบ Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring (ASTM C1621/1621M)

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบความสามารถในการไหลของคอนกรีต

ขั้นตอนการทดสอบ

1.) เทคอนกรีตลงในกรวย หลังจากนั้นปาดหน้าให้เรียบ ทำการดึงกรวยขึ้นให้คอนกรีตไหลอย่างอิสระผ่านโครงเหล็กตามลักษณะของ J-ring เป็นเวลา 150 วินาที จากนั้นทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง วัดความสูงและบันทึกผล

รูปที่3.16 เทคอนกรีตในกรวย แล้วดึงขึ้นปล่อยให้คอนกรีตไหลเป็นเวลา 150 วินาที



รูปที่3.17 ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง,ความสูง ของคอนกรีต

วิธีการคำนวณ

$$\Delta h = \frac{hx_1+hx_2+hy_1+hy_2}{4} - h_0$$

hx_1 = ความสูงจากคอนกรีตถึงขอบบน J-ring ในแนวแกน x_1

hx_2 = ความสูงจากคอนกรีตถึงขอบบน J-ring ในแนวแกน x_2

hy_1 = ความสูงจากคอนกรีตถึงขอบบน J-ring ในแนวแกน y_1

hy_2 = ความสูงจากคอนกรีตถึงขอบบน J-ring ในแนวแกน y_2

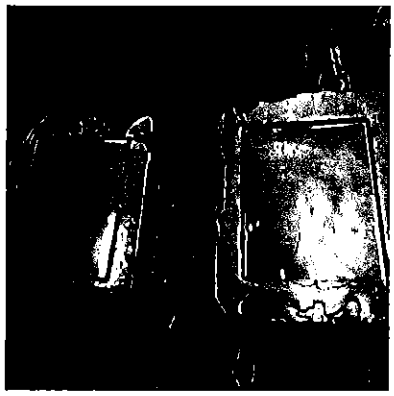
h_0 = ความสูงตรงกลางจากคอนกรีตถึงขอบบน J-ring

3.2.4 Bleeding of Concrete (ASTM C232/C232M-09)

การทดสอบนี้เพื่อหาค่าการเยิ้มของคอนกรีตซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของผิวด้านบนคอนกรีต และกำลังอัด

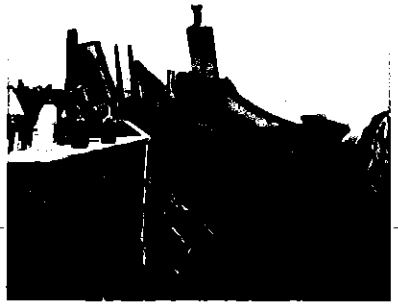
ขั้นตอนการทดสอบ

1.) ตักคอนกรีตใส่ลงในภาชนะ ปรับระดับผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบโดยพยายามใช้เกรียงให้น้อยที่สุด ผิวบนสุดควรต่ำกว่าขอบของภาชนะ 3±0.3 ซม.



รูปที่3.18 คอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบการเยิ้ม(Bleeding)

2.) หลังจากปาดผิวเรียบร้อย เริ่มจับเวลาและดูดน้ำที่เยิ้มออกมาทุก 10นาที ในช่วงเวลา 40นาทีแรกหลังจากนั้นทุกๆ 30 นาทีจนกระทั่งไม่มีการเยิ้มออกมาอีก



รูปที่3.19 ทำการดูดน้ำส่วนที่เหลือที่เกิดจากการเยิ้มออก

3.) คำนวณค่าปริมาตรการเยิ้มต่อพื้นที่ผิวหน้าคอนกรีต

วิธีการคำนวณ

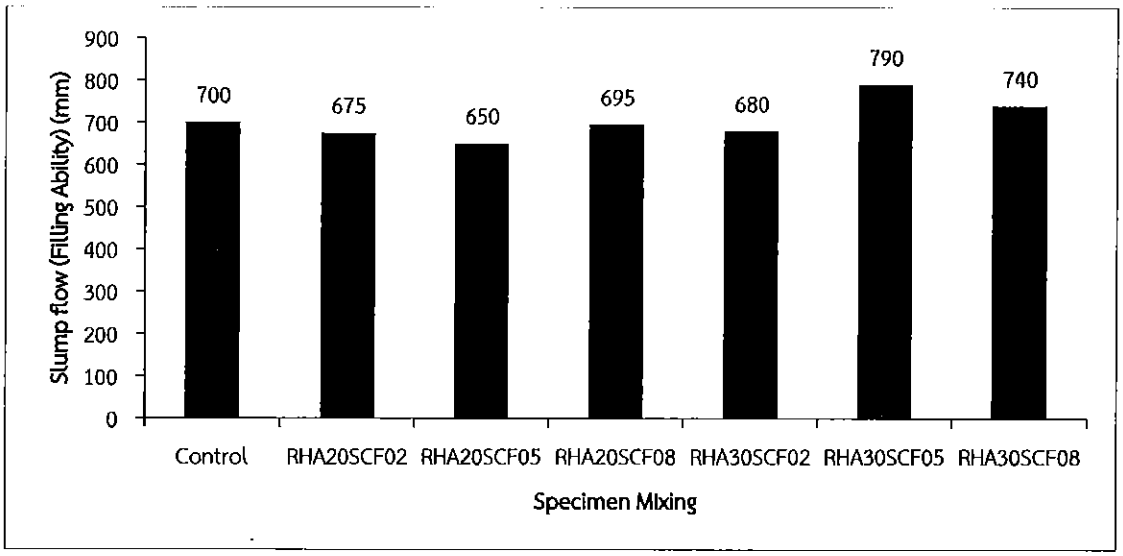
$$\text{ปริมาตรการเยิ้ม} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำทั้งหมดที่เยิ้มออกมาต่อพื้นที่ผิวหน้า}}{\text{พื้นที่ผิวหน้าของคอนกรีตในภาชนะ}}$$

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดสอบ Slump Flow of Self-Consolidating Concrete

ผลการทดสอบค่าการไหลตัวของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง(SCC) จำนวน 7 ตัวอย่าง ที่มีอัตราส่วนผสม(Cement:Flash:silica fume และ PCE)



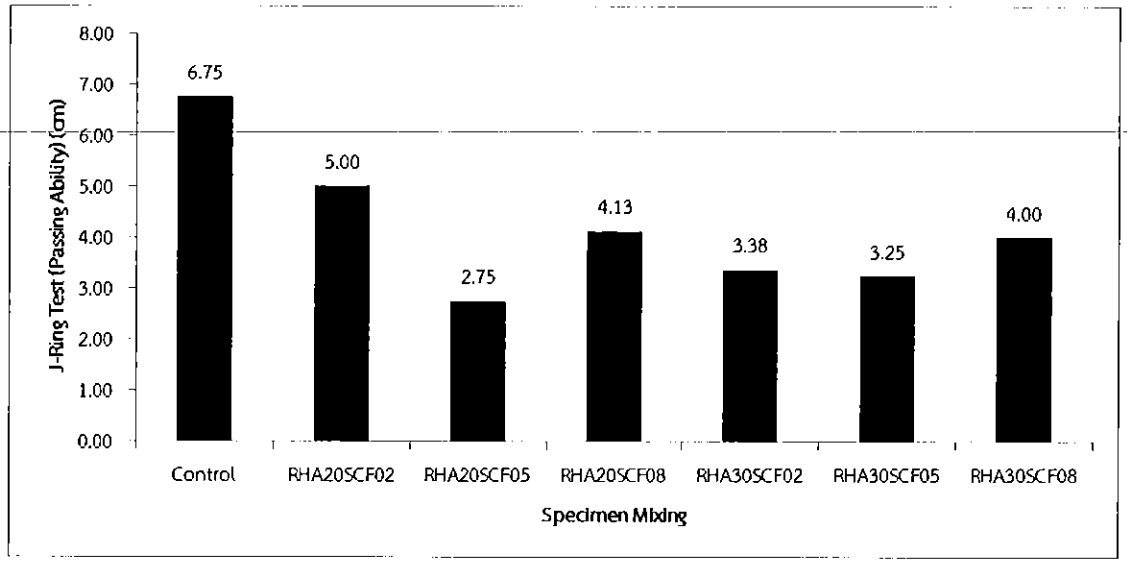
รูปที่4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบ slump flow

จากรูปที่ 4.1 ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณ (Cement:Fly ash: silica fume และ PCE)แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุเชื่อมประสานที่ร้อยละ(100:0:0 และ PCE 1.3 %),(78:20:2 และ PCE 0.9%),(75:20:5 และ PCE 1%),(72:20:8 และ PCE 1.1%),(68:30:2 และPCE 0.9%),(65:30:2 และ PCE 0.95%),(62:30:8 และ PCE 1%)ให้ค่าการไหลตัวของคอนกรีตเท่ากับ 700, 675, 650, 695, 680, 790 และ 740 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จากผลการทดสอบที่อัตราส่วนผสม(Cement:Fly ash:silica fume และ PCE)แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานที่ร้อยละ (65:30:2 และ PCE 0.95%) ให้ค่าการไหลตัวของคอนกรีตมากที่สุดที่ 790 มิลลิเมตร และที่อัตราส่วนผสม(Fly ash: silica fume: PCE) แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานที่ร้อยและ (75:20:5 และ PCE 1%) ให้ค่าการไหลตัวของคอนกรีตน้อยที่สุดที่ 650 มิลลิเมตร

4.1.2 ผลการทดสอบ Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring

ผลการทดสอบค่าการไหลตัวของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง(SCC) ผ่านช่องว่างของเหล็ก J-ring จำนวน 7 ตัวอย่างที่มีอัตราส่วนผสม(Cement:Flash:silica fume และ PCE)



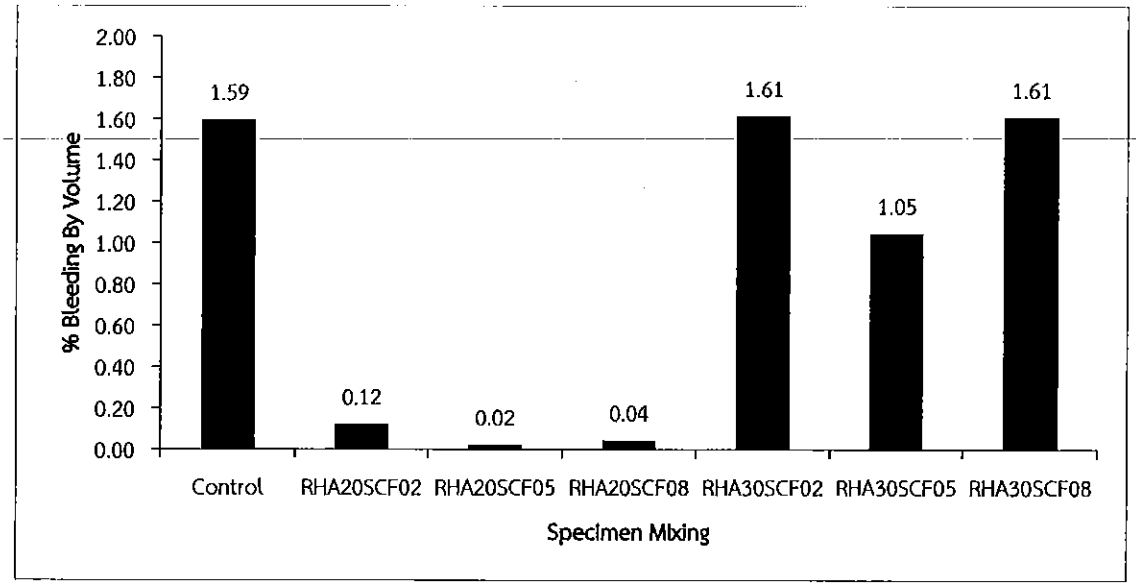
รูปที่4.2 กราฟแสดงผลการทดสอบ J-ring

จากรูปที่ 4.2 ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณ (Cement:Flash: silica fume และ PCE) แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุเชื่อมประสานที่ร้อยละ(100:0:0 และ PCE 1.3 %),(78:20:2 และ PCE0.9%),(75:20:5 และ PCE 1%),(72:20:8 และ PCE 1.1%),(68:30:2 และPCE 0.9%),(65:30:2 และ PCE 0.95%),(62:30:8 และ PCE1%)ให้ค่าการไหลตัวของคอนกรีตผ่านช่องว่างของเหล็ก J-ring เท่ากับ 6.75, 5.00, 2.75, 4.13, 3.38, 3.25และ 4.00 เซนติเมตร ตามลำดับ

จากผลการทดสอบ ที่อัตราส่วนผสม (Cement:Fly ash:silica fume และ PCE) แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานที่ร้อยละ(100:0:0 และ PCE 1.3 %)ให้ค่าการไหลตัวของคอนกรีตมากที่สุด และที่อัตราส่วนผสม(Cement:Fly ash:silica fume และ PCE) แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานที่ร้อยละ (75:20:5 และ PCE 1%)ให้ค่าการไหลตัวของคอนกรีตผ่านช่องว่างของเหล็กน้อยที่สุด

4.1.3 ผลการทดสอบ Bleeding

ผลการทดสอบค่าการเยิ้มตัวของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง(SCC) จำนวน 7 ตัวอย่าง ที่มีอัตราส่วนผสม(Cement:Flash:silica fume และ PCE)



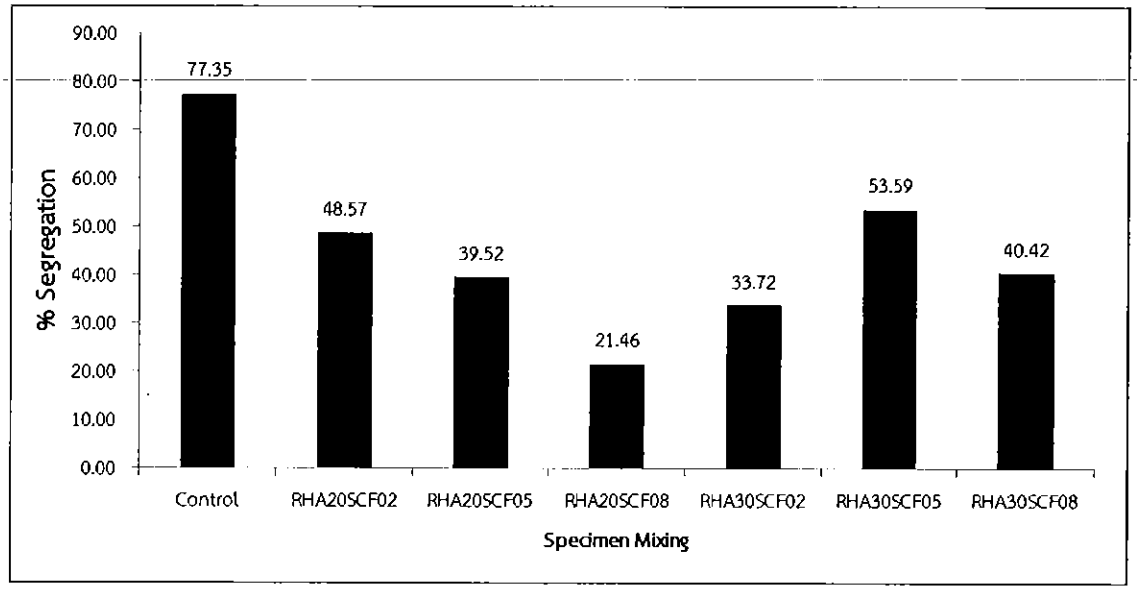
รูปที่4.3 กราฟแสดงผลการทดสอบ Bleeding

จากรูปที่ 4.3 ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณ (Cement:Flash: silica fume และ PCE) แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุเชื่อมประสานที่ร้อยละ(100:0:0 และ PCE 1.3 %),(78:20:2 และ PCE0.9%),(75:20:5 และ PCE 1%),(72:20:8 และ PCE 1.1%),(68:30:2 และPCE 0.9%),(65:30:2 และ PCE 0.95%),(62:30:8 และ PCE1%)ให้ค่าร้อยละการเยิ้มตัวของคอนกรีต เท่ากับ 1.59, 0.12, 0.02, 0.04, 1.61, 1.05 และ1.61 ตามลำดับ

ซึ่งจากผลการทดสอบ ที่อัตราส่วนผสม (Cement:Flash:silica fume และ PCE) แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานที่ร้อยละ (68:30:2 และPCE 0.9%)และ(62:30:8 และ PCE1%) มีค่าการเยิ้มตัวของคอนกรีตมากที่สุด และที่อัตราส่วนผสม(Cement:Flash: silica fume และ PCE)แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานที่ร้อยละ(75:20:5 และ PCE 1%) มีค่าการเยิ้มตัวของคอนกรีตน้อยที่สุด

4.1.4 ผลการทดสอบ Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique[1]

ผลการทดสอบค่าร้อยละการแยกตัวของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง(SCC) จำนวน 7 ตัวอย่าง ที่มีอัตราส่วนผสมระหว่าง (Cement:Flash:silica fume และ PCE)



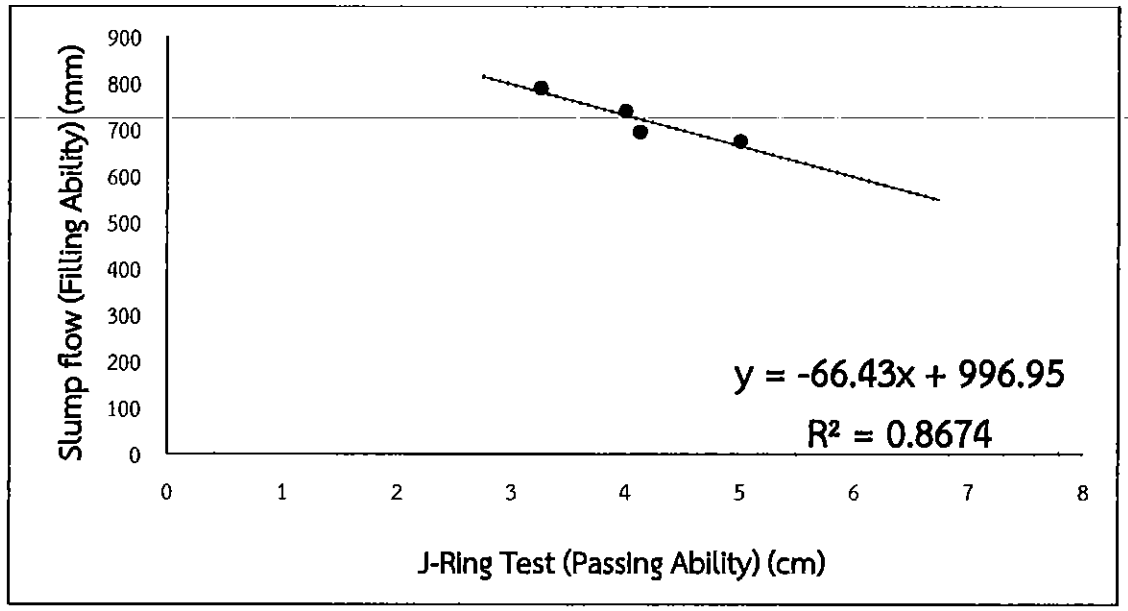
รูปที่4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบ Column Technique

จากรูปที่4.4 ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณ(Cement:Flash: silica fume และ PCE) แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุเชื่อมประสานที่ร้อยละ(100:0:0 และ PCE 1.3 %),(78:20:2 และ PCE0.9%),(75:20:5 และ PCE 1%),(72:20:8 และ PCE 1.1%),(68:30:2 และPCE 0.9%),(65:30:2 และ PCE 0.95%),(62:30:8 และ PCE1%) ให้ค่าร้อยละการแยกตัวของคอนกรีต เท่ากับ 77.35, 48.57, 39.52, 21.46, 33.72, 53.59 และ40.42 ตามลำดับ

ซึ่งจากผลการทดสอบ ที่อัตราส่วนผสม(Cement:Flash:silica fume และ PCE) แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานที่ร้อยละ (100:0:0 และ PCE 1.3 %) มีค่าร้อยละการแยกตัวของคอนกรีตมากที่สุดและที่อัตราส่วนผสม(Cement:Flash:silica fume และ PCE) แทนที่ปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานที่ร้อยละ(72:20:8 และ PCE 1.1%)มีค่าร้อยละการแยกตัวของคอนกรีตน้อยที่สุด

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ J-Ring Test (Passing Ability)

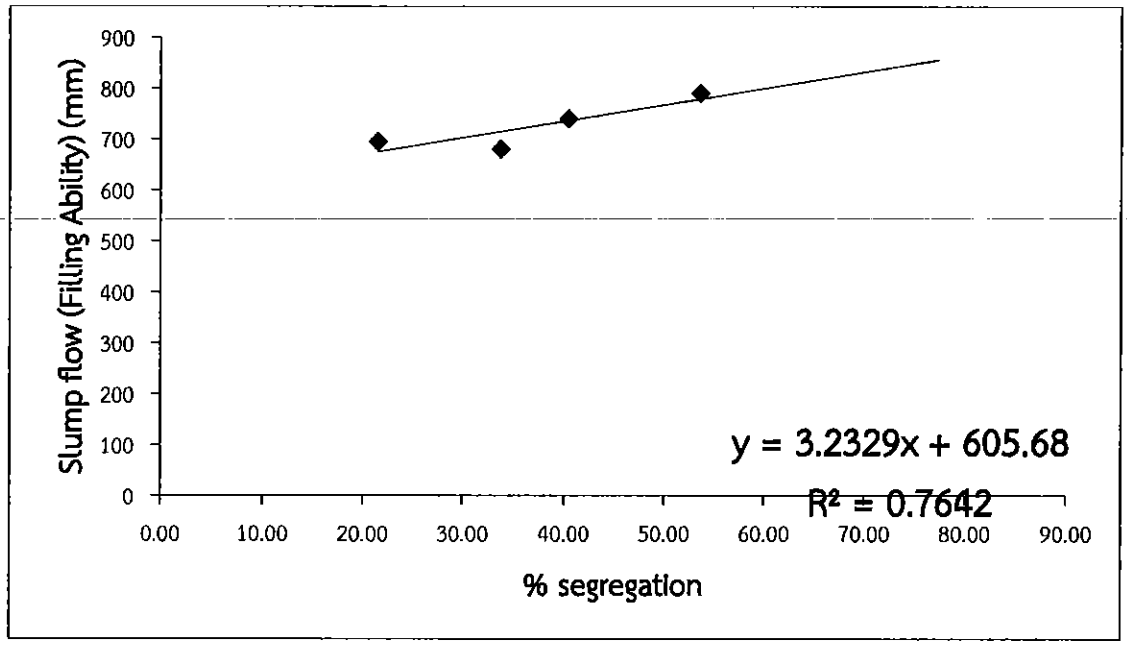


รูปที่4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ J-Ring Test (Passing Ability)

เมื่อนำผลการทดสอบ Slump Flow of Self-Consolidating Concrete กับ Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring มาเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.5

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ค่า Filling ability (slump flow) มีค่ามาก ค่า Passing ability (J-ring) จะมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าถ้าทำการทดสอบ Slump flow สามารถประมาณค่า Passing ability (J-ring) ได้เช่นเดียวกันกับการทดสอบJ-ring สามารถประมาณค่า Filling ability (slump flow) ได้เพราะว่าค่าทั้งสองแปรผันตามกัน

4.2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ %segregation

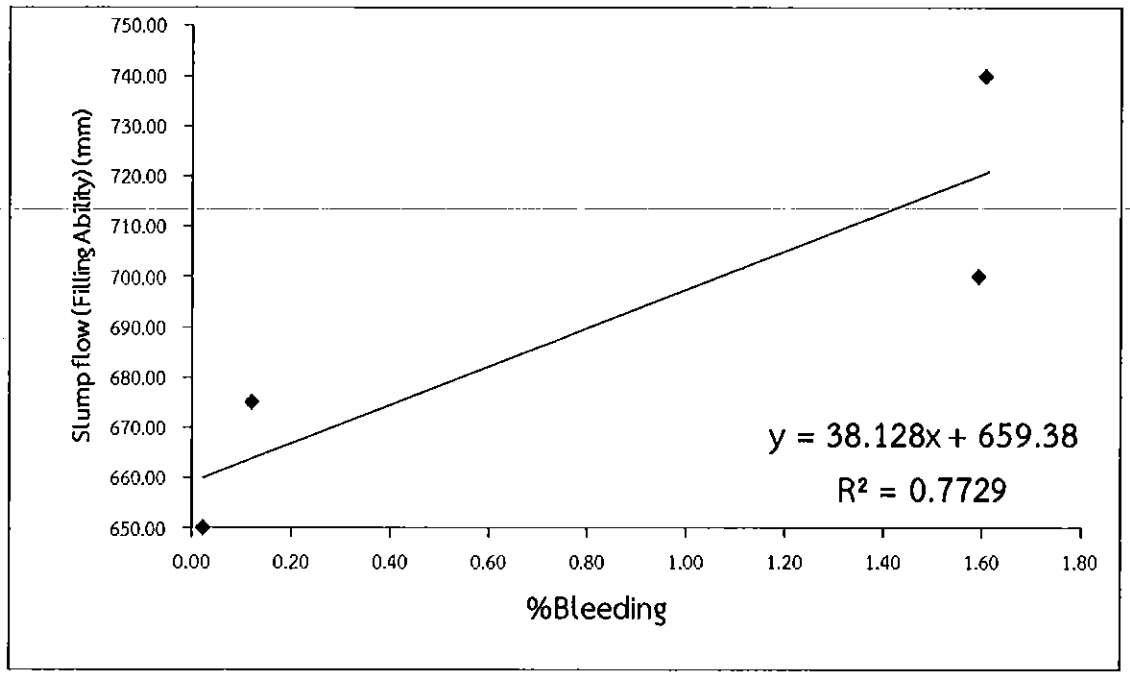


รูปที่4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ % segregation

เมื่อนำผลการทดสอบ Slump Flow of Self-Consolidating Concrete กับ Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique มาเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.6

จากกราฟความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าค่าFilling ability (slump flow) มีค่ามาก ค่า% Segregation (Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique) จะมากขึ้นถ้าคอนกรีตSCC มีค่าการไหลตัวมากจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวมากขึ้นตาม ดังนั้นควรใช้คอนกรีตที่มีค่าการไหลตัวที่พอดีกับงานจะทำให้ลดการเกิดการแยกตัวของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง(Self-Compacting Concrete) ได้

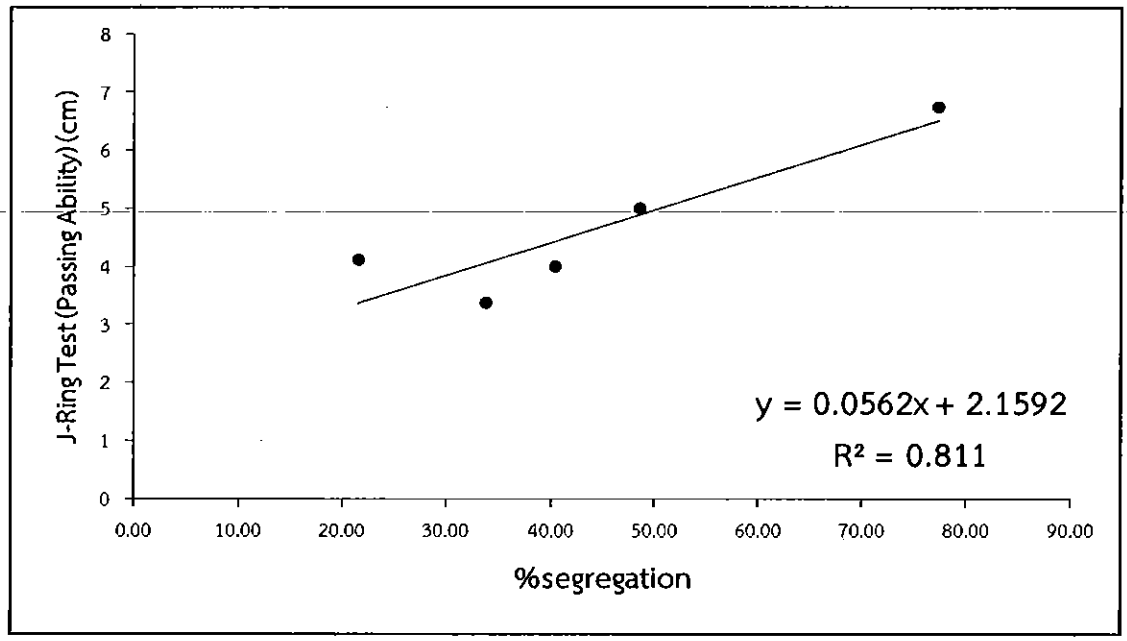
4.2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ %Bleeding



รูปที่4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างSlump flow (Filling Ability) กับ %Bleeding

เมื่อนำผลการทดสอบ Slump Flow of Self-Consolidating Concrete กับการทดสอบ Bleeding มาเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.7 จากกราฟความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าค่า % Bleeding มีค่ามาก ค่า Filling ability(slump flow) จะมากขึ้น ถ้าคอนกรีตSCC มีการเกิดการเยิ้มตัวมากขึ้นจะทำให้คอนกรีตมีการไหลตัวมากดังนั้นควรใช้คอนกรีตที่มีค่าการไหลตัวที่พอดีกับงานจะทำให้ลดการเกิดการเยิ้มตัวของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง(Self-Compacting Concrete)ได้

4.2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง J-Ring Test (Passing Ability) กับ %segregation

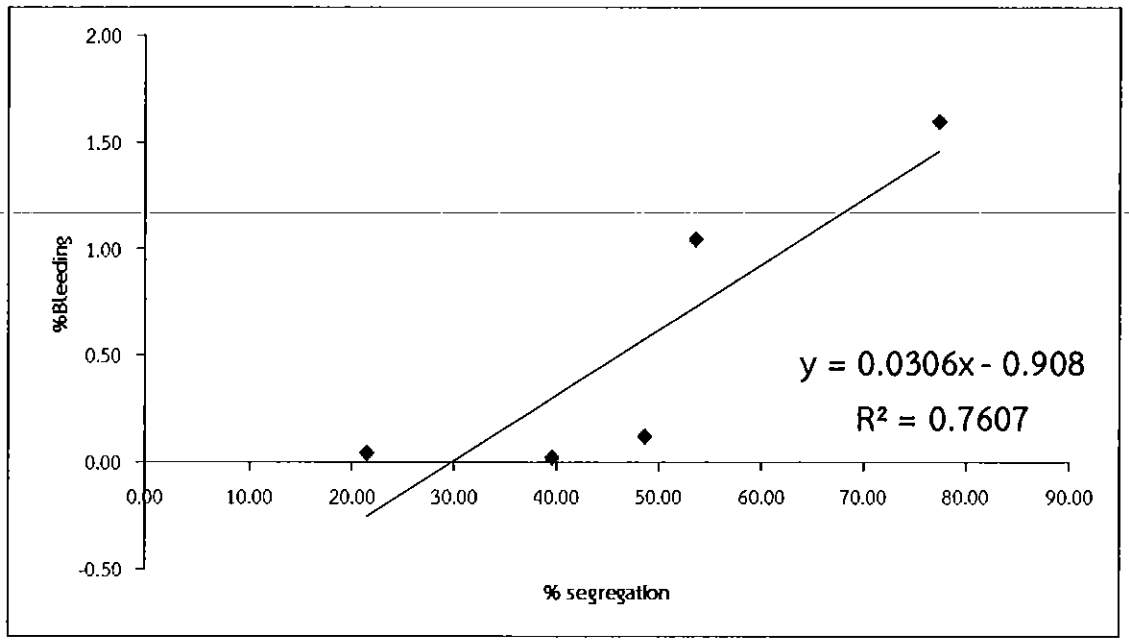


รูปที่4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง J-Ring Test (Passing Ability) กับ %segregation

เมื่อนำผลการทดสอบ Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring กับStatic Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique มาเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.8

จากกราฟความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าค่า % Segregation (Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique) มีค่ามาก ค่า Passing ability (J-ring) จะมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าถ้า ทำการทดสอบ Passing ability (J-ring) สามารถประมาณค่า% Segregation ได้เพราะว่าค่าทั้งสองแปรผันตามกัน

4.2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง %Bleeding กับ %segregation



รูปที่4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง %Bleeding กับ %segregation

เมื่อนำผลการทดสอบ Slump Flow of Self-Consolidating Concrete กับ PassingAbility of Self-Consolidating Concrete by J-Ring มาเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.9 จากกราฟความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าค่า % Segregation (Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique) มีค่ามาก ค่า %Bleeding จะมากขึ้นถ้าคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง(Self-Compacting Concrete)มีการเกิดการเยิ้มตัวมากขึ้นจะทำให้คอนกรีตมีการแยกตัวมากดังนั้นควรใช้คอนกรีตที่มีค่าการเยิ้มตัวที่พอดีกับงานจะทำให้ลดการเกิดการแยกตัวของคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้เอง (Self-Compacting Concrete)ได้เพราะค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ตารางที่5.1 ตารางผลการทดสอบทั้ง 4 การทดสอบ

ตัวอย่าง / การทดสอบ	J-Ring Test (cm.)	Slump Flow Test (mm.)	Column Technique (% segregation)	Bleeding (% Bleeding)
Control	6.75	700	77.35	1.59
RHA20SCF02	5.00	675	48.57	0.12
RHA20SCF05	2.75	650	39.52	0.02
RHA20SCF08	4.13	695	21.46	0.04
RHA30SCF02	3.38	680	33.72	1.61
RHA30SCF05	3.25	790	53.59	1.05
RHA30SCF08	4.00	740	40.42	1.61

5.1.1 คอนกรีตที่แทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ด้วย Fly Ash, Silica fume และการเติมสารผสมเพิ่ม PCE ช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานได้ของคอนกรีต

- คอนกรีตที่แทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ด้วย Fly Ash, Silica fume บางส่วน และการเติมสารผสมเพิ่ม PCE ช่วยเพิ่มสามารถในการไหลผ่าน (Pass ability) ของคอนกรีตได้ร้อยละ 26 - 59 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม
- คอนกรีตที่แทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ด้วย Fly Ash, Silica fume บางส่วน และการเติมสารผสมเพิ่ม PCE ช่วยเพิ่มสามารถในการไหล (Fill ability) ของคอนกรีตได้ถึงร้อยละ13 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม
- คอนกรีตที่แทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ด้วย Fly Ash, Silica fume บางส่วน และการเติมสารผสมเพิ่ม PCE ช่วยลดการเกิดการแยกตัว (%Segregation) ของคอนกรีตได้ร้อยละ 30 - 72 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม
- คอนกรีตที่แทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ด้วย Fly Ash, Silica fume บางส่วน และการเติมสารผสมเพิ่ม PCE ช่วยลดการเกิดการเยิ้ม (%Bleeding) ของคอนกรีตได้

5.1.2 เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ด้านความสามารถในการทำงานได้ของคอนกรีต พบว่าผลการทดสอบค่าความสามรถในด้านความสามารถในการไหลของคอนกรีตมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ

- ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบการไหล Slump Flow กับผลการทดสอบความสามารถในการไหลผ่าน (Pass ability) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ดังสมการ Slump Flow (cm) = -66.43(J-Ring)+996.95
- ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบการไหล Slump Flowกับผลการทดสอบการเยิ้ม (%Bleeding) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ดังสมการ Slump Flow (cm) = 3.2329(%Bleeding)+605.68
- ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบการไหล Slump Flow กับผลการทดสอบการเกิดการแยกตัว (%Segregation) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ดังสมการ Slump Flow(cm) = 38.128(%Segregation)+659.38
- ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบการเกิดการแยกตัว (%Segregation) กับผลการทดสอบความสามารถในการไหลผ่าน (Pass ability) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ดังสมการ J-Ring (cm) = 0.0562(%Segregation) + 2.1592
- ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบการเยิ้ม (%Bleeding) กับผลการทดสอบการเกิดการแยกตัว (%Segregation) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ดังสมการ (%Bleeding) = 0.0306(%Bleeding) -0.908

5.1.3 จากการทดสอบทั้งหมด 4 การทดสอบพบว่าแต่ละการทดสอบมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน

ตารางที่5.2 ตารางผลเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการทดสอบ

การทดสอบ	เวลาในการทดสอบ (minute)	ข้อดี	ข้อเสีย
J-Ring Test	15	1.การทดสอบสามารถทำได้ง่ายเหมาะสำหรับหน้างาน	1.ผิดพลาดได้ง่าย ถ้าขนาดของหินใหญ่เกินมาตรฐาน ASTM C1621/1621M
Slump Flow Test	15	1.การทดสอบสามารถทำได้ง่ายเหมาะสำหรับหน้างาน	1.สามารถประมาณค่า Segregation ได้แต่ไม่มีผลเชิงตัวเลขที่แน่นอนอาจทำให้ผิดพลาดได้
Column Technique	60	1.เป็นการทดสอบในแนวดิ่งที่เหมาะสมกับงานเสาเข็มเจาะ 2.สามารถให้ผล Segregation เชิงตัวเลขได้	1.เป็นการทดสอบที่ใช้เวลานานจึงไม่เหมาะสมสำหรับหน้างาน
Bleeding	60	1.สามารถให้ผล Bleeding เชิงตัวเลขได้	1.เป็นการทดสอบที่ใช้เวลานานจึงไม่เหมาะสมสำหรับหน้างาน

จากตารางที่5.2 การทดสอบ Column Technique เป็นการทดสอบที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ เพราะการทดสอบ Column Technique สามารถบอก % Segregation ออกมาเป็นค่าในเชิงตัวเลขได้ ทั้งยังมีโอกาสในการผิดพลาดน้อยที่สุด และเป็นการทดสอบในแนวดิ่งซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับการเทคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ ทัศนนิพันธ์,ทรงศักดิ์ วิสุทธิพิทักษ์กุล,สุเมธ ประเวศวรารัตน์.(2543). **ปัญหาในงานเสาเข็มเจาะที่เกิดจากคุณภาพคอนกรีต** กรุงเทพฯ : บริษัท ซีฟโก้ จำกัด

ณรงค์ ทัศนนิพันธ์.(2543). **Thai Standardization of the Construction of Wet Process Bored Piles in Line with Global** กรุงเทพฯ : บริษัท ซีฟโก้ จำกัด

EFNARC.(2002). **Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete** from http://www.efnarc.org

Muhammad Talha Junaid.(2005). **ENHANCING FRESH TREMIE CONCRETE PROPERTIES FOR BORED/DEEP PILE APPLICATIONS** Bangkok : Asian Institute of Technology

Chiara F. Ferraris, Karthik H. Obla, Russell Hill.(2000) **The influence of mineral admixtures on the rheology of cementpaste and concrete** USA : Boral Material Technologies

P.F.G. Banfill.(2010). **Additivity effects in the rheology of fresh concrete containing water-reducing admixtures** UK : Heriot-Watt University

Qiong Wu, Xuehui An.(2013). **Development of a mix design method for SCC based on the rheological characteristics of paste** Beijing : Tsinghua University

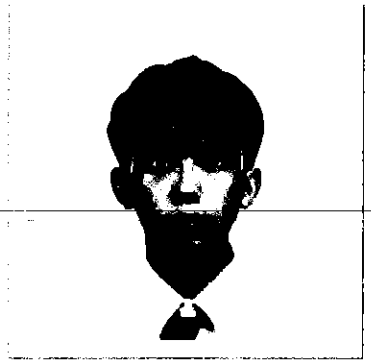
ASTM C1610/C1610M-06 **Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique**

ASTM C1611/C1611M **Slump Flow of Self-Consolidating Concrete**

ASTM C1621/1621M **Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring**

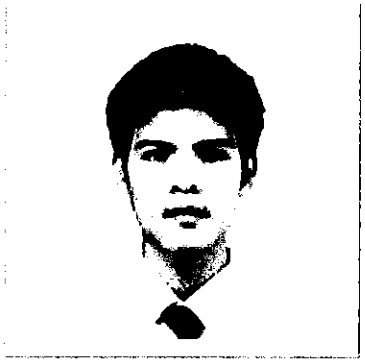
ASTM C232/C232M-09 **Bleeding of Concrete**

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



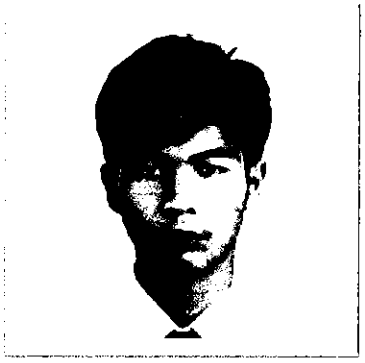
ชื่อ นาย ณพนัย คำเขื่อน
ภูมิลำเนา 498 หมู่ 1 ต.กล้วยแพะ อ.เมือง จ.ลำปาง
ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: samer_same@hotmail.com



ชื่อ นาย ธนากร รุ่งเรือง
ภูมิลำเนา 95 หมู่ที่ 15 ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ จ.พะเยา
ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเชียงคำวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: korn_kan_@hotmail.com



ชื่อ นาย มีเดช อนันตวงศ์
ภูมิลำเนา 110/1 หมู่ที่ 7 ต.มะขามสูง อ.เมือง จ.พิษณุโลก
ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: jojoebangpu@hotmail.com