

การใช้ชี้อัดออยแม่เมาะในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสด



นายกรกฎ วิจิตรพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

ISBN -974-568-519-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014316

UTILIZATION OF MAE MOH FLY ASH TO IMPROVE  
WORKABILITY OF FRESH CONCRETE



Mr. Korakot Wichitpong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Civil Engineering  
Graduate School  
Chulalongkorn University

1988

ISBN-974-568-519-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การใช้ชี้อัดลดยแม่เมาะในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ของ  
คอนกรีตสด  
โดย                              นาย กรกฎ วิจิตรพงศ์  
ภาควิชา                              วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา              ศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรากัญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ วัฒนา ธรรมมงคล)

.....กรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)


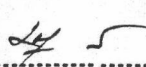
.....กรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรวงศ์)

กรกฎ วิจารณ์พงษ์ : การใช้ซีเมนต์ลอยแม่เมาะในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสด (UTILIZATION OF MAE MOH FLY ASH TO IMPROVE WORK-ABILITY OF FRESH CONCRETE) อ.ที่ปรึกษา ศ.ดร. เอกสิทธิ์ ลีสมบูรณ์, 109 หน้า.

ความสามารถทำงานได้เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งสำหรับคอนกรีต การศึกษาการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสด โดยใช้ซีเมนต์ลอย จึงเป็นที่น่าสนใจเพราะเป็นวิธีการที่ประหยัดค่าใช้จ่ายและสามารถใช้ของเหลือจากการเผาไหม้ประโยชน์ ซีเมนต์ลอยที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้จากการเผาของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง นอกจากนี้จะสามารถปรับปรุงความสามารถทำงานได้แล้วยังมีแนวโน้มให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในระยะยาวเพิ่มขึ้นอีกด้วย ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตในแง่ของการยุบตัว การไหล การอัดแน่น ปริมาณฟองอากาศ ระยะเวลาก่อตัว การสูญเสียการยุบตัว ส่วนคุณสมบัติในคอนกรีตแข็งจะทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์ ตัวแปรหลักในการวิจัยนี้ประกอบด้วย ปริมาณซีเมนต์ที่ 250, 300 และ 350 กก./ม<sup>3</sup> สัดส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียดที่ 0.4, 0.5 และ 0.6 และปริมาณซีเมนต์ลอยที่ 15, 30, 45 และ 60% โดยน้ำหนัก การทดสอบจะเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่ไม่ใส่ซีเมนต์ลอยประกอบด้วยผลการทดสอบพบว่าซีเมนต์ลอยสามารถช่วยในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ตามปริมาณซีเมนต์ลอยที่ผสมและสามารถเป็นสารลดน้ำได้ในอัตราที่สามารถลดสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้ 0.03 ต่อ การเติมซีเมนต์ลอยทุก 10% โดยน้ำหนัก ซีเมนต์ลอยยังลดปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตลง 0.1% โดยปริมาตรทุก ๆ ปริมาณซีเมนต์ลอย 15% โดยน้ำหนัก การก่อตัวของคอนกรีตที่ผสมซีเมนต์ลอยจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยทั้งการก่อตัวเริ่มแรกและการก่อตัวสุดท้าย ทางด้านกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน ของคอนกรีต ผสมซีเมนต์ลอยจะลดลงตามสัดส่วนของปริมาณซีเมนต์ลอยที่ผสม งานวิจัยนี้ได้สร้างสูตรหาค่าประมาณของค่าการยุบตัว ค่าการไหลและกำลังอัดที่อายุ 28 วันของคอนกรีตตามปริมาณซีเมนต์ลอยที่ผสม

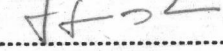
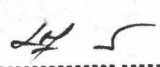
ภาควิชา ..... วิศวกรรมโยธา .....  
สาขาวิชา ..... โครงสร้าง .....  
ปีการศึกษา ..... 2530 .....

ลายมือชื่อนิสิต .....  .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  .....

KORAKOT WICHITPONG : UTILIZATION OF MAE MOH FLY ASH TO  
IMPROVE WORKABILITY OF FRESH CONCRETE. THESIS ADVISOR :  
PROF. EKASIT LIMSUWAN, Ph. D. 109 pp.

Workability is one of the most important properties of fresh concrete. It is very interesting to improve workability of fresh concrete by means of adding fly ash in concrete mixture since it is very economic and make-use of waste residue. The fly ash using in this study was from Mae Moh Power plant, in Lumpang, which is expected to improve not only workability but also slightly long term compressive strength as well. Several tests had been conducted in this research; for fresh - concrete properties including slump, compaction factor, air content, setting time and slump loss and for hardened concrete, compressive strength at 28 day were tested. Three major variables are used in the study; cement content of 250, 300 and 350 kg/m<sup>3</sup>; water to ultra-fine content ratio at 0.4, 0.5 and 0.6; fly ash content of 15, 30, 45 and 60% by weight. Each tests were also compare with control specimens of which no fly ash added. The results have shown that fly ash can reasonable improve workability of fresh concrete and the degree of improvement mainly depends the fly ash content. It is also found that fly ash can act as a water reducing agent which water to cement ratio can be reduced by 0.03 of each 10% of fly ash content by weight. Fly ash can also reduce airvoid in concrete mixture by 0.1% by volume as the 15% of fly ash by weight is added. It is very less influence of with initial and final setting time of concrete. Compressive strength of fly ash concrete at 28 day of age is found to be reduced by the percent fly ash content. Simple form of prediction the slump, flow and concrete strength at 28 day with amount of fly ash content, was introduced in this study.

ภาควิชา ..... วิศวกรรมโยธา .....  
สาขาวิชา ..... โครงสร้าง .....  
ปีการศึกษา ..... 2530 .....

ลายมือชื่อนิสิต .....  .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  .....

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งความกรุณาตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปอย่างสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบด้วย ศาสตราจารย์ วัฒนา ธรรมมงคล ศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี และรองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ ที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นอย่างมาก

ท้ายสุดนี้ คุณประโยชน์อันพึงจะได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอมอบให้แก่บิดา มารดา และครูบาอาจารย์ทุกท่าน เพื่อน้อมรำลึกถึงพระคุณในการอบรมให้การศึกษาแก่ผู้เขียนตลอดมา

กรกฎ วิจิตรพงศ์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
รายการตารางประกอบ .....	ญ
รายการรูปประกอบ .....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเค้ม .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	3
บทที่ 2 คอนกรีตผสมซีเมนต์ได้ลอย .....	5
2.1 ซีเมนต์ได้ลอย .....	5
2.1.1 ส่วนประกอบทางเคมี .....	5
2.1.2 ประเภทของซีเมนต์ได้ลอย .....	5
2.1.3 ปฏิกิริยาทางเคมี .....	6
2.2 การผสมซีเมนต์ได้ลอยในคอนกรีต .....	7
2.2.1 การแทนที่ .....	7
2.2.2 การผสมเพิ่ม .....	7
2.2.3 การแทนที่และผสมเพิ่มรวมกัน .....	8
2.3 อิทธิพลของซีเมนต์ได้ลอยต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสด .....	8
2.3.1 ลักษณะของคอนกรีตสด .....	8
2.3.1.1 บทบาทของส่วนผสมในคอนกรีตสด .....	8
2.3.1.2 แรงกระทำระหว่างอนุภาคในซีเมนต์เฟสค์ ...	9
2.3.1.3 กลไกการเปลี่ยนความชื้น เหลวของซีเมนต์เฟสค์	9



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 ความสามารถทำงานได้ .....	9
2.3.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถทำงานได้ .....	10
2.3.2.2 ผลของซีโต้ลอยต่อความสามารถทำงานได้ ..	11
2.3.2.3 การแยกตัว .....	13
2.3.3 ปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตสด .....	14
2.3.3.1 รูปแบบของฟองอากาศ .....	14
2.3.3.2 ผลของฟองอากาศ .....	15
2.3.3.3 ผลของซีโต้ลอยต่อปริมาณฟองอากาศ .....	15
2.3.4 การก่อตัว .....	16
2.3.4.1 อิทธิพลของซีโต้ลอยต่อการก่อตัว .....	16
2.3.4.2 การสูญเสียค่ายุบตัว .....	17
2.4 อิทธิพลของซีโต้ลอยต่อกำลังอัด .....	18
บทที่ 3 การทดสอบและผลการทดสอบ .....	21
3.1 รายการทดสอบ .....	21
3.2 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย .....	21
3.3 การทดสอบ .....	22
3.4 ผลการทดสอบ .....	24
3.4.1 ค่ายุบตัว .....	24
3.4.2 ค่าการไหล .....	25
3.4.3 ค่าการอัดแน่น .....	25
3.4.4 ปริมาณฟองอากาศ .....	25
3.4.5 การสูญเสียค่ายุบตัว .....	26
3.4.6 ระยะเวลาก่อตัว .....	26
3.4.7 กำลังอัด .....	26



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการวิจัย .....	28
4.1 วิเคราะห์คุณสมบัติของคอนกรีตสด .....	28
4.2 วิเคราะห์คุณสมบัติของคอนกรีตแข็ง .....	30
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	31
5.1 สรุปผลงานวิจัย .....	31
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	32
เอกสารอ้างอิง .....	33
ภาคผนวก ก .....	79
ภาคผนวก ข .....	95
ประวัติผู้เขียน .....	109

## รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของซีเมนต์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ .....	41
3.1 แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย .....	41
3.2 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมซีเมนต์และปูนซีเมนต์ต่าง ๆ กัน ..	42
3.3 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมซีเมนต์และปูนซีเมนต์รวม ซีเมนต์ต่าง ๆ กัน .....	43
3.4 แสดงลักษณะผสมคอนกรีต .....	44
3.5 แสดงค่าการสูญเสียค่าของคอนกรีตผสมซีเมนต์และปูนซีเมนต์ในสภาวะเหลว .....	45
3.6 ระยะเวลาก่อตัวของคอนกรีตเมื่อปริมาณซีเมนต์ต่าง ๆ กัน .....	46
3.7 ระยะเวลาก่อตัวของคอนกรีตผสมซีเมนต์และปูนซีเมนต์ต่าง ๆ กัน ..	46
3.8 ระยะเวลาก่อตัวของคอนกรีตผสมซีเมนต์และปูนซีเมนต์ต่าง ๆ กัน .....	47
3.9 แสดงกำลังอัดประลัยของคอนกรีตผสมซีเมนต์และปูนซีเมนต์ต่าง ๆ กัน	47
3.10 แสดงกำลังอัดประลัยของคอนกรีตผสมซีเมนต์และปูนซีเมนต์ต่าง ๆ กัน .....	48
4.1 แสดงค่าคงที่ของซีเมนต์และปูนซีเมนต์ในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้	49
4.2 แสดงค่าคงที่ในสมการลดน้ำที่ 4.2 .....	51
4.3 แสดงค่าคงที่ในสมการลดน้ำที่ 4.3 .....	51

## รายการประกอบ

รูปที่		หน้า
3.1	แสดงปริมาณคละของหินตามมาตรฐาน ASTM C33 .....	52
3.2	แสดงปริมาณคละของทรายตามมาตรฐาน ASTM C33 .....	53
3.3	การยุบตัวของมวลซีเมนต์เมื่อปริมาณซีเมนต์คงที่ 300 กก./ม <sup>3</sup> .....	54
3.4	การยุบตัวของมวลซีเมนต์เมื่ออัตราส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียดคงที่เท่ากับ 0.5 .....	55
3.5	ค่าการไหลตามปริมาณซีเมนต์เมื่อปริมาณซีเมนต์คงที่ 300 กก./ม <sup>3</sup> .....	56
3.6	ค่าการไหลตามปริมาณซีเมนต์เมื่ออัตราส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียดคงที่เท่ากับ 0.5 .....	57
3.7	ค่าการอัดแน่นตามปริมาณซีเมนต์เมื่อปริมาณซีเมนต์คงที่ 300 กก./ม <sup>3</sup> ..	58
3.8	ค่าการอัดแน่นตามปริมาณซีเมนต์เมื่ออัตราส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียดคงที่เท่ากับ 0.5 .....	59
3.9	ปริมาณฟองอากาศตามปริมาณซีเมนต์เมื่อปริมาณซีเมนต์คงที่ 300 กก./ม <sup>3</sup>	60
3.10	ปริมาณฟองอากาศตามปริมาณซีเมนต์เมื่ออัตราส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียดคงที่เท่ากับ 0.5 .....	61
3.11	การสูญเสียการยุบตัวของคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตผสมซีเมนต์เมื่ออัตราส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียดคงที่เท่ากับ 0.5 .....	62
3.12	การสูญเสียการยุบตัวของคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตผสมซีเมนต์เมื่อปริมาณซีเมนต์คงที่ 300 กก./ม <sup>3</sup> .....	63
3.13	การสูญเสียการยุบตัวของมวลซีเมนต์เมื่อปริมาณซีเมนต์คงที่ .....	64
3.14	ระยะเวลาที่ตัวซีเมนต์เมื่อปริมาณซีเมนต์คงที่ .....	65
3.15	ระยะเวลาที่ตัวซีเมนต์ขึ้นต้นตามอัตราส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียด .....	66
3.16	ระยะเวลาที่ตัวซีเมนต์ขึ้นปลายตามอัตราส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียด .....	67
3.17	ระยะเวลาที่ตัวซีเมนต์ขึ้นต้นตามปริมาณซีเมนต์ .....	68
3.18	ระยะเวลาที่ตัวซีเมนต์ขึ้นปลายตามปริมาณซีเมนต์ .....	69
3.19	กำลังอัดที่อายุ 28 วัน ของคอนกรีตตามปริมาณซีเมนต์เมื่อปริมาณซีเมนต์คงที่ 300 กก./ม <sup>3</sup> .....	70

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.20	กำลังอัดที่อายุ 28 วัน ของคอนกรีตตามปริมาณซีเมนต์ลดยเมื่ออัตราส่วนน้ำ ต่ออนุภาคละเอียดคงที่เท่ากับ 0.5 .....	71
3.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยุบตัวและ W/C .....	72
3.22	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยุบตัวและ W/C-0.3 F/C .....	73
3.23	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลและ W/C .....	74
3.24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลและ W/C-0.3 F/C .....	75
3.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดที่อายุ 28 วัน และ W/C .....	76
3.26	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดที่อายุ 28 วัน และ W/C-0.3 F/C .....	77