



การเปรียบเทียบราคา เวลาการก่อตัวเสถียร และกำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมระหว่าง ฟองดราฟาร์จ และพอตแลนด์ ซีเมนต์

COMPARISON COST TIME SETTING AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE FROM MIXED CEMENT BETWEEN FONDU LAFARGE AND PORTLAND CEMENT



นายเฉลิม แดงไธสง
CHALERM DANGTAISONG

โครงการพิเศษนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2535

COMPARISON COST TIME SETTING AND COMPRESSIVE STRENGTH OF
CONCRETE FROM MIXED CEMENT BETWEEN FONDULAFARGE AND PORTLAND
CEMENT



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG


1992

032563


ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การเปรียบเทียบราคาเวลาการก่อตัวเสร็จและกำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมระหว่างฟองดูราฟาร์จ และพอตแลนด์ซีเมนต์
COMPARISON COST TIME SETTING AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCREAT FROM MIXED CEMENT BETWEEN FONDULAFARGE AND PORTLAND CEMENT

นักศึกษา นายเฉลิม แดงไธสง รหัสประจำตัว 321065
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมก่อสร้าง
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ศรีกรีธ หิรัญมาศ

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
อาจารย์ สุนจน์ ศรีนิล	
อาจารย์ วิบูลย์ วุฒินยาน	
อาจารย์ ศิลป์ชัย จานสุวรรณ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว


(นายสุวัฒน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ. 2536

หัวข้อโครงการพิเศษ	การเปรียบเทียบราคา เวลาการก่อสร้างและกำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสม ระหว่างฟองดูราฟาร์จและปอตแลนด์ซีเมนต์
นักศึกษา	นายเฉลิม แดงไธสง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ศรีกรีข หิรัญมาศ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2535

บทคัดย่อ

ปัญหาการจราจรติดขัดในกรุงเทพฯ เป็นปัญหาที่ทำให้รัฐบาลทุกยุคทุกสมัยหันมาให้ความสนใจ สาเหตุหนึ่งที่ทำให้การจราจรติดขัดคือ การข่อมถนนบริเวณแยก หรือ ช่องทางต่าง ๆ หากใช้ปูนซีเมนต์ปอตแลนด์ธรรมดา จะต้องใช้เวลาอย่างน้อยที่สุด 7 วัน เพื่อให้คอนกรีตสามารถรับกำลังอัดได้ แต่ปัจจุบัน สามารถข่อมถนนโดยใช้เวลาเพียงหก ชั่วโมงคือ ข่อมตอนกลางคืน ในสภาวะที่การจราจรเบาบาง รุ่งเช้าสามารถเปิดให้รถใช้ถนนได้ โดยการข่อมดังกล่าวจะใช้ปูนซีเมนต์ ชื่อ ฟองดู ลาพาสท์ ซีเมนต์ เป็นซีเมนต์นำเข้ามาจากประเทศฝรั่งเศส เป็นอลูมินาซีเมนต์ เป็นซีเมนต์ที่มีระยะเวลาการก่อสร้างอยู่ที่ 6 ชม. และสามารถรับกำลังอัดได้ 350 ksc ที่ 6 ชม. นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติ ทนทานต่อสภาวะความเป็นกรดเป็นด่างได้ในช่วง PH 3-12 ทนความร้อนได้ถึง 1300 °C สามารถแข็งตัวได้ในอุณหภูมิต่ำ -20 °C และคงทนต่อความเย็นถึง -40 °C หากนำฟองดูราฟาร์จผสมกับปอตแลนด์ธรรมดา 18.8 เท่า แต่หากเราใช้ ฟองดูราฟาร์จและปอตแลนด์ Type 1 ผสมกัน ณ อัตราส่วนต่าง ๆ น่าจะมี อัตราส่วนใด อัตราส่วนหนึ่งที่ทำให้ กำลังอัดใกล้เคียงกับ 350 ksc และมีเวลาการก่อสร้างใกล้เคียง 6 ชม. แต่ให้ราคาถูกลงกว่า ดังนั้นโครงการพิเศษ ฉบับนี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อ พิสูจน์สมมติฐานดังกล่าว

PROJECT TITLE Comparison cost time setting and compressive strength of concrete from mixed cement between fondu lafarge and portland cement
STUDENT Mr. CHALERM DANGTAISONG
PROJECT ADVISOR Dr. SRIKRIJ HIRUNMAS
LEVEL OF STUDENT Bachelor of Engineering
DEPARTMENT Civil Engineering Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
ACADEMIC YEAR 1992

ABSTRACT

One of the big problems in Bangkok is the traffic jam. It's the big problem that the government in every generation try to find the way to solve. One of the reasons of traffic jam is repairing many roads at the junction. If we use the general cement we must to spent the time at least 14 days so it will can receive compressive strength.

At present, we can repairing many roads just spent the time only 6 hours by doing at night and we can use it again in the morning by use Fondu Lafarge cement (Imported From France). It's Aluminar cement that time setting at 6 hours and received compressive strength at 350 ksc at 6 hours and it can stability at PH 3-12, heat 1300 c, cool -40 c and can form a shape at temperature -20 c.

If mixed Fonda Lafarge and Portland cement Type 1 at foudu lafarge 70 % Portland 30 % will time setting at 1 minute. In face if we use Fondu Lafarge for building, it' will be expensive more than use general Portland type 1 mixed together at many rates, it's probably has some rates that can be make compressive streugth nearly 350 Ksc and time setting nearly 6 hours but cheoper. So this speeial Projeet is made for prove that assumption at above.



กิติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาโครงการพิเศษฉบับนี้ สำเร็จ สมบูรณ์ ลงได้ด้วยดีทั้งนี้เพราะได้รับความเมตตากรุณาจากหลายฝ่าย ขอบขอบพระคุณและขอมอบคุณความดีให้กับบุคคลที่ให้ความอนุเคราะห์ดังนี้

อาจารย์ สุนจน์ ศรีนิล	คณะกรรมการสอบหัวข้อโครงการพิเศษ
อาจารย์ วิบูลย์ วุฒินาน	คณะกรรมการสอบหัวข้อโครงการพิเศษ
อาจารย์ ศิลป์ชัย จานสุวรรณ	คณะกรรมการสอบหัวข้อโครงการพิเศษ
อาจารย์ ดร.แดง เจริญสุวรรณ	อาจารย์ที่ปรึกษาหัวข้อโครงการพิเศษเก่า
อาจารย์ ดร.ศรีกรีข หิรัญมาศ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
เพื่อนร่วมรุ่น ทล.012	ให้ทุนในการดำเนินงาน

คณาจารย์ทุกท่านที่ได้เป็นแสงประทีปส่องนำทาง

บิดา มารดา ผู้ให้ชีวิต ให้โอกาส ได้แสวงหาคณะค่าให้กับชีวิตตลอดจนกำลังใจ และความปรารถนาดี เสมอมา. พร้อมกันนี้ ขอบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่ได้ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนเสร็จสิ้นโครงการ

ผู้จัดทำ

นายเฉลิม แดงไธสง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	V
บทที่ 1	บทนำ
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
	1.2 วัตถุประสงค์โครงการพิเศษ 1
	1.3 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ 2
	1.4 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงการพิเศษ 2
	1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2	ฟองดูราฟาร์จ ซีเมนต์ กับปัญหากรดกัด
	2.1 การซ่อมถนนยุคใหม่เพียงชั่วข้ามคืน 4
	2.2 คุณสมบัติทั่วไปและการใช้งานของซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ 4
	2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ 12
	2.4 ความเป็นได้เปรียบและเสียเปรียบของฟองดูราฟาร์จที่เปรียบเทียบกับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทั่วไป 17
บทที่ 3	การศึกษาระยะการก่อตัวเสร็จ และกำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมระหว่าง Fonolu Lafarge และ Portland cement เพื่อลดต้นทุนการก่อสร้าง
	3.1 มูลเหตุแห่งการศึกษา 22
	3.2 ทฤษฎีว่าด้วยการก่อตัวเสร็จของคอนกรีต 23
	3.3 ทฤษฎีว่าด้วยกำลังอัดของคอนกรีต 24

	3.4 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาระยะเวลาการก่อตัว เสรีและกำลัง การอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสม	29
บทที่ 4	ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อตัว เสรีและกำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ ผสม	
	4.1 ผลการทดลองหาลำดับอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสม	48
	4.2 ผลการทดลองหาระยะเวลาการก่อตัว เสรีของคอนกรีตจากซี เมนต์ผสม	54
	4.3 เปรียบเทียบราคาตามอัตราส่วนผสมต่าง ๆ	56
บทที่ 5	สรุปการศึกษาระยะเวลาการก่อตัว เสรีและกำลังอัดของคอนกรีตจากซี เมนต์ผสมระหว่าง Foudu Lafarge และ Portland cement	
	5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Time setting และ อัตราส่วนผสม ของซีเมนต์	58
	5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength ของคอนกรีตและอัตราส่วน ผสม	60
	5.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Time setting และ Strength ของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสม	60
	5.4 ผลการเปรียบเทียบราคาการก่อสร้างตามอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมเทียบกับการก่อสร้างโดยใช้เฉพาะ Foudu Lafarge	60
	5.5 บทประยุกต์การใช้งานคอนกรีตจากซีเมนต์ผสม	64
	5.6 ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการศึกษา และข้อเสนอแนะหากจะนำ ไปใช้จริง	64
บทที่ 6	บทอ้างอิง	66
บทที่ 7	ภาคผนวก	67

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1	คุณสมบัติของ Fondu Lafarge สามารถรับกำลังอัดได้ในเวลาอันเร็ว	6
รูปที่ 2.2	Fondu Lafarge สามารถรับแรงกระแทก และทนต่อสภาพที่มีอุณหภูมิได้สูงถึง 1300 c	7
รูปที่ 2.3	ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี กรดต่าง PH 3-12	8
รูปที่ 2.4	Fondu Lafarge ทนทานต่อการชุบขี้ดสูง	9
รูปที่ 2.5	Fondu Lafarge มีระยะเวลาการก่อตัวเร็ว	10
รูปที่ 2.6	Fondu Lafarge ทนต่อความเย็นถึง -40 c	11
รูปที่ 2.7	คุณสมบัติประยุกต์ Fondu Lafarge ผสมกับ Portland Cement และการใช้งานกับคุณสมบัติประยุกต์	13
รูปที่ 3.1	ลักษณะการชำรุดของแท่งคอนกรีตรับแรง	27
รูปที่ 3.2	แสดงการเซค Slum	28
รูปที่ 3.3	แสดงเครื่องมือใช้ทดสอบการก่อตัวของปูนซีเมนต์ แบบไวแคต	39
รูปที่ 3.4	แสดงเครื่องมือการหา Time Setting แบบ กลิโมร์	41
รูปที่ 3.5	แสดงขบวนการเตรียมรูปปูน	44
รูปที่ 3.6	แสดงการ Copped ลูปูน	45
รูปที่ 3.7	แสดงการกดลูปูน	46
รูปที่ 3.8	ลักษณะการแตกของลูปูนจากซีเมนต์ผสม	47
รูปที่ 3.9	การหาความชื้นเหลือของวันซีเมนต์	47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คอนกรีต เป็นวัสดุเปรียบเสมือนหินที่มนุษย์สร้างขึ้นมาใช้งานเป็นโครงสร้างคอนกรีต มาจากการผสมกันระหว่าง ซีเมนต์ ซึ่งเป็นตัวประสานกับทราย หินหรือกรวด ซึ่งเป็นวัสดุผสมกับน้ำ โดยน้ำจะทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ ทำให้ซีเมนต์มีคุณสมบัติเป็นตัวประสานแทรกตามเม็ดทรายและก้อนหินรวมตัวกันเป็นก้อนคอนกรีตในแบบหล่อ หากเราใช้ซีเมนต์ธรรมดา (ปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์) จะแข็งตัวที่อายุประมาณ 24 ชม. และจะทนแรงอัดขึ้นเรื่อย ๆ ตามอายุ แต่หากเราใช้ซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จจะแข็งตัวที่อายุประมาณ 3-4 ชม. และจะสามารถรับแรงอัดได้สูงถึง 350 ksc ณ.อายุ 3-4 ชม. คุณสมบัติดังกล่าวของซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ จะเหมาะใช้กับงานที่เร่งรีบที่ต้องการถอดแบบเร็ว และถ้าหากเราทำคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมระหว่างฟองดูราฟาร์จและปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ จะเกิดอะไรขึ้น อัตราส่วนผสมระหว่างฟองดูราฟาร์จและปอร์ตแลนด์ ณ อัตราส่วนต่าง ๆ จะมีเวลาก่อตัวเสร็จและกำลังอัดอย่างไรสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานประเภทไหนได้บ้างราคาเป็นอย่างไรนี่คือปัญหาและเหตุจูงใจให้ทำโครงการพิเศษในหัวข้อเรื่องดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาก่อตัวเสร็จและอัตราส่วนผสมระหว่างฟองดูราฟาร์จซีเมนต์และปอร์ตแลนด์ซีเมนต์
2. เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอัตราส่วนผสมของฟองดูราฟาร์จซีเมนต์กับปอร์ตแลนด์
3. เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาก่อตัวเสร็จและกำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมระหว่าง ฟองดูราฟาร์จซีเมนต์และปอร์ตแลนด์
4. เปรียบเทียบราคาว่าอัตราส่วนไหนที่สามารถให้กำลังอัด และเวลาก่อตัวเสร็จในปริมาณที่พอต่อการใช้งาน แต่ราคาถูกกว่าการใช้ฟองดูราฟาร์จ

1.3 ทฤษฎีปรือแนวคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ

ทฤษฎีที่ใช้ในโครงการพิเศษ เป็นทฤษฎีการรับกำลังอัดของคอนกรีตซึ่งจะทำการทดลองและเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 1 วัน และ 3 วัน เปรียบเทียบอัตราส่วนผสมต่าง ๆ กับแบบทดลองมาตรฐาน และอีกทฤษฎีหนึ่งคือ ทฤษฎีเวลาก่อตัวเสร็จของคอนกรีต จะทำการทดลองและเปรียบเทียบ เวลาก่อตัวเสร็จของคอนกรีต ณ.อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

1.4 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงการพิเศษ

ในการดำเนินโครงการพิเศษจะมีวิธีดำเนินการดังนี้

1. ทำการทดลองหาเวลาก่อตัวเสร็จ และกำลังอัดของแบบมาตรฐาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ โดยทำการสร้างลูกปูน เพื่อทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 6 นิ้ว และสูง 12 นิ้ว เป็นลูกปูนของปอตแลนด์ซีเมนต์ล้วน 3 ลูก และของฟองดูราฟาร์จ 3 ลูก ทำการทดลองหาเวลาก่อตัวเสร็จและกำลังอัดของแต่ละลูกนำมาหาค่าเฉลี่ย เก็บไว้เปรียบเทียบ

2. ทำการทดลองตามข้อ 1 แต่ใช้ซีเมนต์ผสมระหว่าง ฟองดูราฟาร์จซีเมนต์ และปอตแลนด์ซีเมนต์ ในอัตราส่วนดังนี้

ปอตแลนด์ซีเมนต์ (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ฟองดูราฟาร์จซีเมนต์ (%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

3. ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง และเปรียบเทียบเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

4. สรุปผลการดำเนินงานโครงการพิเศษเตรียมนำเสนอต่อกรรมการ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. จะทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาก่อตัวเสร็จ และอัตราส่วนผสมระหว่าง ฟองดูราฟาร์จซีเมนต์ และปอตแลนด์ซีเมนต์

2. จะทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังอัดของคอนกรีต และอัตราส่วนผสมระหว่างฟองดูราฟาร์จซีเมนต์ และปอตแลนด์ซีเมนต์

3. จะทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาก่อตัวเสร็จ และกำลังอัดของคอนกรีต จากซีเมนต์ผสมระหว่าง ฟองดูราฟาร์จซีเมนต์และปอตแลนด์ซีเมนต์

4. จะทำให้ทราบถึงราคาว่า การซ่อมถนนโดยใช้ฟองดูราฟาร์จ 100 % กับการซ่อมโดยใช้ปอตแลนด์ ผสมฟองดูราฟาร์จ และการซ่อมโดยใช้ CPAC จะเป็นอย่างไร



บทที่ 2

ฟองดูราฟาร์จ ซีเมนต์แก้ปัญหาหารถติด

- 2.1 การซ่อมถนนยุคใหม่เพียงชั่วข้ามคืน
- 2.2 คุณสมบัติทั่วไป และการใช้งานของซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ
- 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพ ของซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ
- 2.4 ความได้เปรียบและเสียเปรียบ ของซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ เปรียบเทียบกับ ปอตแลนด์ ซีเมนต์ ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทั่วไป

2.1 การซ่อมถนนยุคใหม่เพียงชั่วข้ามคืน

เป็นเรื่องจริงที่ขณะนี้ ในประเทศไทยได้มีปูนซีเมนต์ ชนิดพิเศษที่สามารถ แก้ปัญหาหารถติดได้ เป็นอลูมินาซีเมนต์ จากประเทศฝรั่งเศส โดยปรกติบนถนนหรือสะพาน ที่มีการซ่อมแซม จะก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดอย่างมาก ทั้งนี้เพราะในสมัยก่อน นิยมใช้ ปอตแลนด์ ในการซ่อมถนน ซึ่งจะสามารถรับกำลังได้ที่เวลา อย่างน้อย 7 วัน ทำให้การจราจรบริเวณดังกล่าว เกิดติดขัด สร้างความรำคาญใจ ให้กับผู้ใช้รถใช้ถนน แต่ปัจจุบันในบางโครงการได้ทดลองนำฟองดูราฟาร์จซีเมนต์ไปใช้ ปรากฏว่า ลดปัญหาหารถติดจากเหตุการณ์ดังกล่าวได้ เพราะฟองดูราฟาร์จซีเมนต์สามารถแข็งตัว และรับน้ำหนักได้ที่ 6 ชั่วโมง โดยรับน้ำหนักได้ประมาณ 350 ksc ดังนั้นจึงสามารถซ่อมถนนได้ในเวลาชั่วข้ามคืน โดยทำการปิดถนนในเวลากลางคืน ที่มีการจราจรเบาบาง และดำเนินการซ่อม รุ่งเช้าของวันถัดมาสามารถเปิดถนนให้บริการแก่ผู้ขับขี่รถยนต์ได้ นอกจากนี้ฟองดูราฟาร์จ ยังสามารถใช้ได้เหมือนปอตแลนด์ ธรรมดา และมีคุณสมบัติบางประการที่เหนือกว่าปอตแลนด์ ธรรมดา ดังจะได้อธิบาย ต่อไป

2.2 คุณสมบัติทั่วไป และการใช้งานของซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ

ฟองดูราฟาร์จ เป็นไฮดรอริกซีเมนต์โดยมี แคลเซียม อลูมิเนต เป็นธาตุหลัก ในขณะที่ปอตแลนด์ซีเมนต์ มีแคลเซียมซิลิเกต เป็นธาตุหลัก ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ ฟองดูราฟาร์จ และปอตแลนด์ซีเมนต์ แตกต่างกัน โดยฟองดูราฟาร์จ มีคุณสมบัติทั่ว ๆ ไปดังนี้

คุณสมบัติทั่วไป	ลักษณะงานที่ใช้ฟองดูราฟาร์จ
1. สามารถรับแรงอัดได้ในเวลาอันรวดเร็ว (ประมาณ 350 ksc อายุประมาณ 6 ชั่วโมง	- งานคอนกรีตทุกประเภทที่มีเวลาจำกัด เช่นงานถนน สนามบิน และงานอาคารต่าง ๆ แทนเครื่องจักรขนาดใหญ่
2. สามารถรับแรงกระแทก และทนต่อการขูดขีดสูง	- พื้นโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการรับแรงกระแทกจากเครื่องจักรขนาดใหญ่ - แทนเครื่องจักรขนาดใหญ่ - รางลำเลียงวัตถุดิบ - ทางเข้า - ออก ของโรงงานที่มีการขูดขีดสูง
3. ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี กรดต่าง ช่วง PH 3-12 และซัลเฟต จากน้ำทะเล	- พื้นโรงงาน หรือระบบกำจัดน้ำเสีย ที่มีกับสารเคมี กรด ต่าง หรือซัลเฟต - เคลือบปล่องระบายอากาศที่มีการกัดกร่อนจากสารเคมี
4. สามารถทนความร้อนได้ถึง 1300 c	- ใช้ในกิจการทนไฟ เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานถลุงแร่ และโรงงานหลอมเหล็ก
5. สามารถแข็งตัวได้ในอุณหภูมิต่ำ - 20 c และคงทนต่อความเย็นถึง - 40 c	- พื้นห้องเย็น ห้องแช่แข็ง ทางเดินในห้องเย็น และสถานที่ ที่มีอุณหภูมิต่ำ

HIGH EARLY STRENGTH

Ciment Fondu Lafarge is a RAPID HARDENING, not a rapid setting cement. The initial setting time of Fondu cement is comparable to that of ordinary portland cement (2 or 3 hours) but thereafter strength develops rapidly. The final strength of the concrete depends on several factors :

- nature and composition of the aggregates
- water/cement ratio and the proportion of cement in the mix
- mixing time and machinery used
- ambient temperature

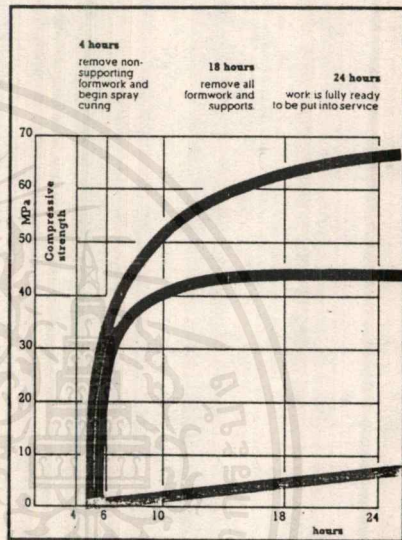
The high early strength achieved with Fondu based concretes permits early striking of formwork (4 to 5 hours after placing), and quick return to service, normally 24 hours after placing and following curing.

Concretes based on Ciment Fondu Lafarge develop high early mechanical strengths at concrete temperatures below 25° C. The estimated strength should be based on the minimum value obtained at different times and under comparable curing conditions.

The minimum value obtained 24 hours after placing will in all cases be greater than 40 N/mm²

(strength obtained on AFNOR P 15403 mortar using silico-calcareous aggregates). The rapid hardening properties of Ciment Fondu Lafarge make it indispensable for all work which requires a quick return to service and minimises disruption to traffic and downtime.

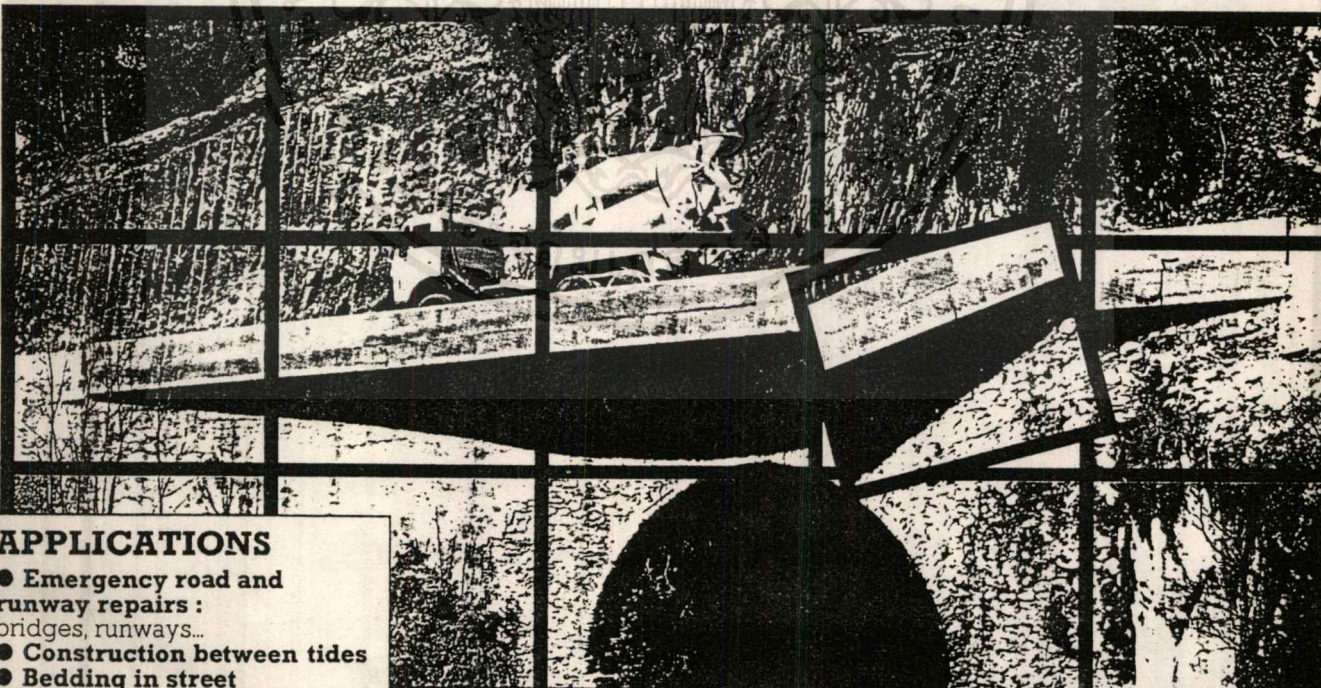
Strength development of Fondu concrete up to 24 hours.



Mechanical mixing : hardening without temperature rise (T 77° F or 25° C standard curing).

Mechanical mixing : hardening with temperature rise development within a massive concrete from heat of hydration (T 77° F or 25° C possible reaching 185° or 85° F).

Portland cement.



APPLICATIONS

- Emergency road and runway repairs : bridges, runways...
- Construction between tides
- Bedding in street furniture
- Industrial flooring

Reconstruction of the Paganin bridge (France)

RESISTANCE TO HIGH TEMPERATURE AND THERMAL SHOCKS

Ciment Fondu Lafarge is an ideal cement for inclusion in refractory concretes and mortars and may be used at temperatures up to 1350° C if combined with suitable aggregates. The unique refractory properties of Ciment Fondu Lafarge are due to its high alumina content and the absence of calcium hydroxide. When the cement is mixed with water the following benefits are produced :

- high early strength concrete which may be put into service 24 hours after placing if a gradual heating schedule is followed
- stability during thermal cycling
- high temperature strength and resistance to thermal shock
- versatility of placing ie. trowelling, gunning, casting, pumping. Complicated shapes can be formed in situ or precast. Special premixes are also available for all manner of permanent furnace lining or repairs.



APPLICATIONS

- tunnel kiln cars
- refractory lining for furnaces
- industrial chimneys
- construction and repair of domestic fireplaces - barbecues

รูปที่ 2.2 Fondu Lafarge สามารถรับแรงกระแทก และทนต่อสภาพที่มีอุณหภูมิได้

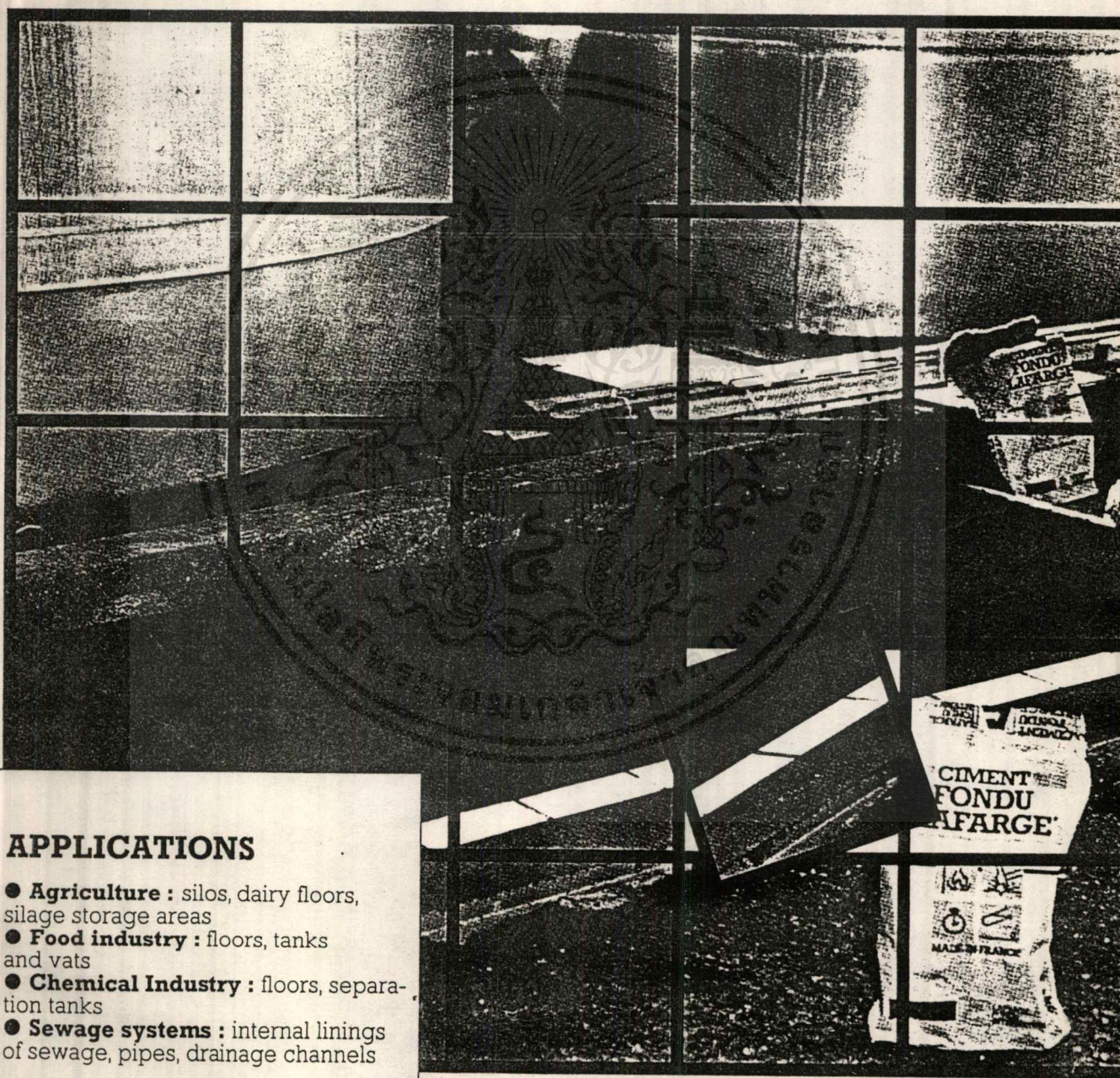
สูงถึง 1300 c

CORROSION RESISTANCE

Ciment Fondu Lafarge has an inherent resistance to many aggressive agents that attack portland cement based concretes, and is particularly suitable for use in concretes exposed to sea water, naturally occurring sulphates, mild acids no stronger than pH4 and many industrial effluents. Fondu based concrete possessing excellent

chemical resistance may be obtained by using clean well graded non calcareous aggregates (ALAG...). The concrete should be well compacted and then water cured for 24 hours following placing in order to achieve an impervious finish.

Note : Fondu concretes should not be used in the presence of strong caustic alkalis.



APPLICATIONS

- **Agriculture** : silos, dairy floors, silage storage areas
- **Food industry** : floors, tanks and vats
- **Chemical Industry** : floors, separation tanks
- **Sewage systems** : internal linings of sewage, pipes, drainage channels



HIGH RESISTANCE TO ABRASION

Concretes with excellent abrasion resistance may be produced by combining Ciment Fondu Lafarge with suitable aggregates. If dense aggregates such as our synthetic aggregate ALAG are used, an abrasion resistance that is far superior to many portland cement based concretes may be achieved. The density of a well made Ciment Fondu Lafarge based concrete and the exceptional abrasion resist-

ance of ALAG aggregate make it a particularly suitable material for urgent repairs of the construction of industrial floors subject to severe traffic. As Ciment Fondu Lafarge also possesses rapid hardening properties, a concrete incorporating this cement may be returned to service 24 hours after placing and following curing so minimising downtime (See our brochure on Industrial Flooring).



APPLICATIONS

- **Industrial floors** : Warehouses, garages, loading areas, quays, grinding stones, hoppers, silos
- **Steel industry** : coke wharves, flooring around furnaces
- **Sewage works** : pipes and channels for transporting fluids and solids.

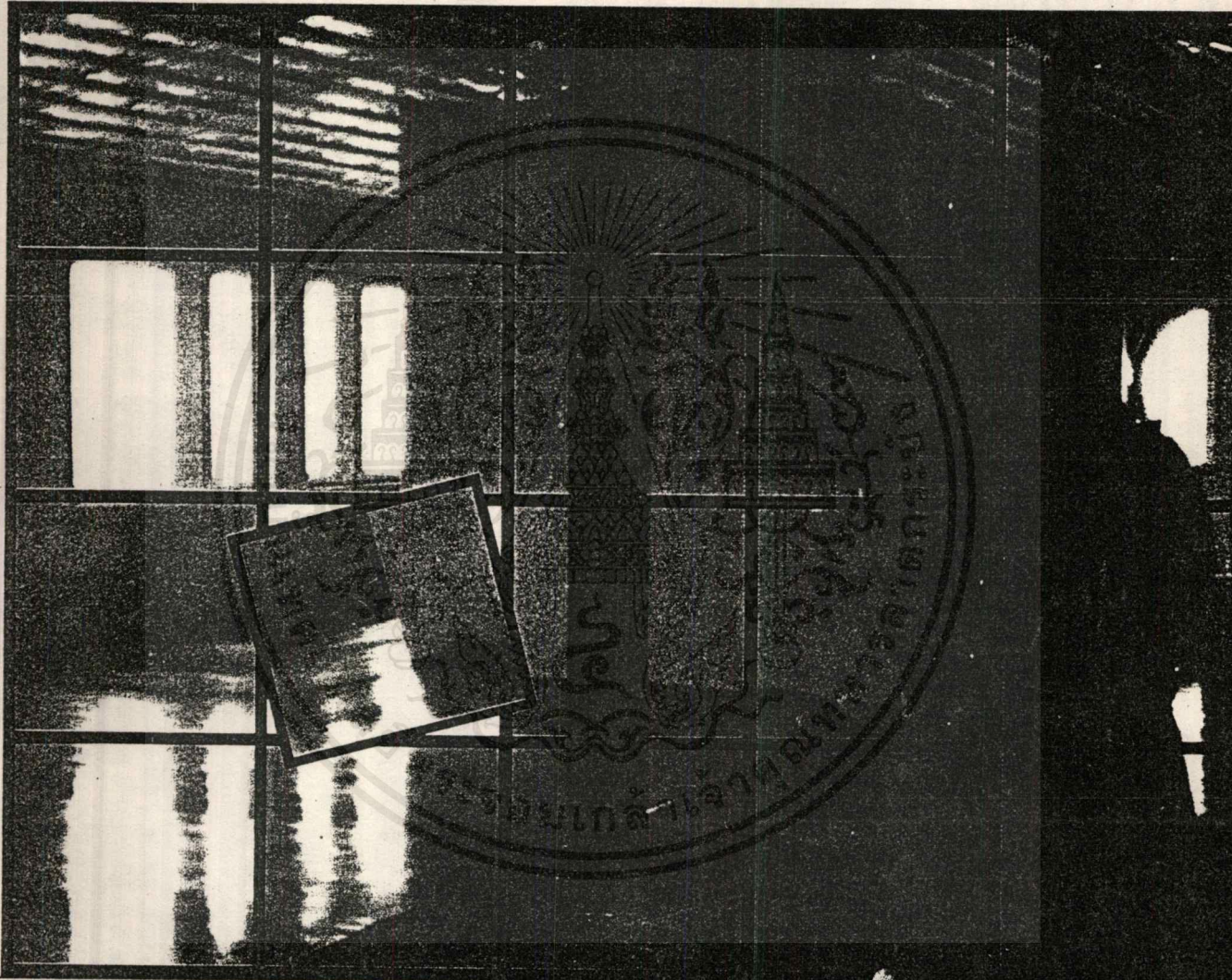
รูปที่ 2.4 Fondu Lafarge ทนทานต่อการขัดถู

RAPID SETTING MIXES

Adjustable rapid setting mixes can be made by adding Ciment Fondu Lafarge to ordinary portland cement. The setting time of such mixes may be controlled by increasing the proportion of Fondu to portland cement, until an instantaneous set is achieved at an addition of approximately 50 % Fondu (see Practical Guide).

These mixes are convenient for a wide variety of jobs on site such as rendering, cosmetic repair, grouting and bedding-in.

Note : Fondu/portland mixes should not be used for structural work or for those applications requiring resistance to chemicals.



APPLICATIONS

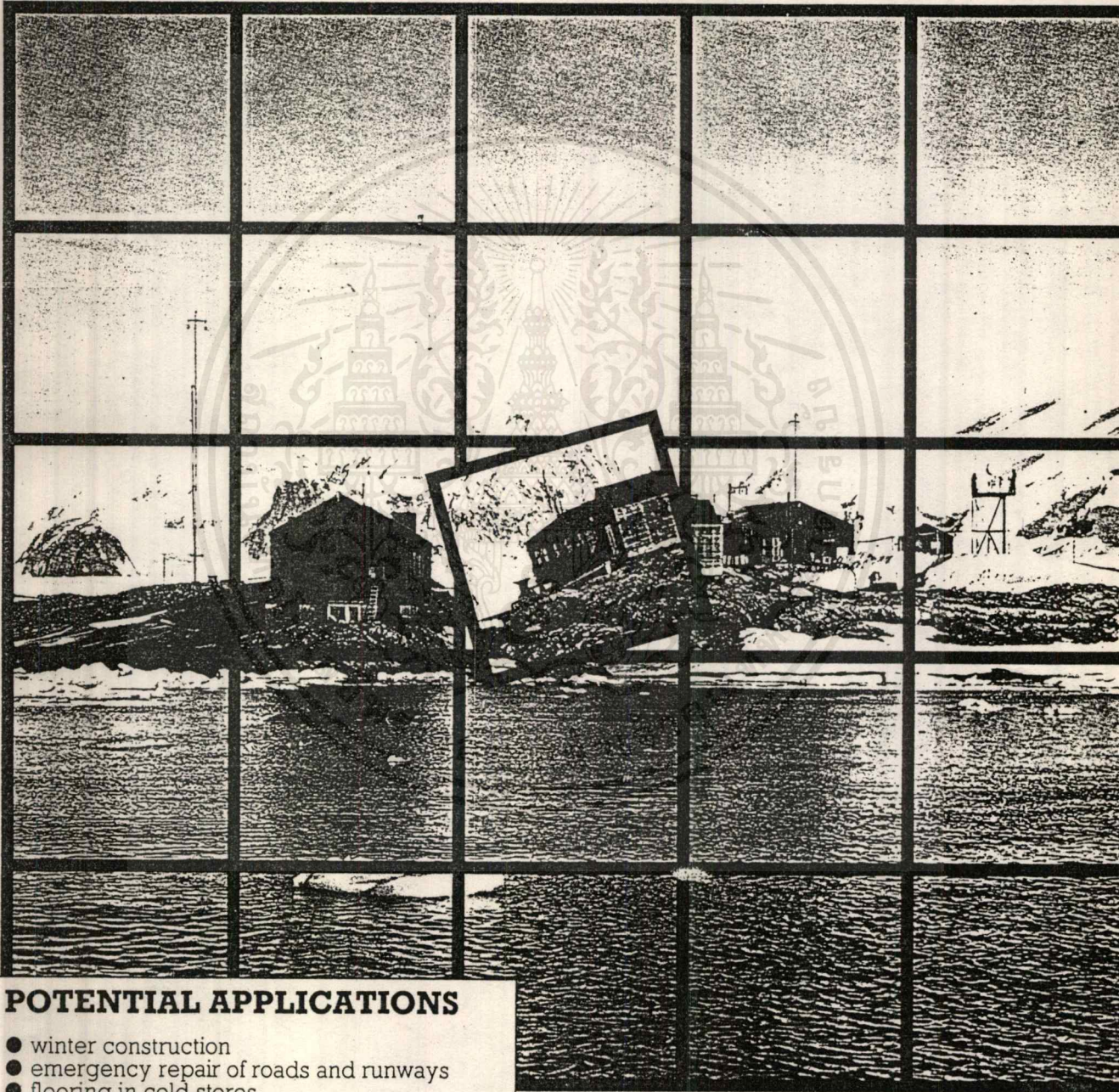
- Adjustable rapid setting mortars for small urgent jobs on site
- Building chemistry :
 - self-levelling floor screeds,
 - tile adhesives,
 - special grouts and mortars

Building chemistry application

COLD WEATHER CONCRETING

All cements evolve heat during hydration but in the case of Ciment Fondu Lafarge most of this heat is produced during the 24 hour period following placing. Therefore, it is possible to continue working in sub-zero temperatures as a Fondu based concrete will continue to gain strength whatever the ambient conditions. Although it is possible to place Ciment Fondu Lafarge concretes at temperatures of -10° , care must be taken to maintain the temperature of the

fresh concrete at a minimum of 5° C until it has set. This may be achieved by using aggregate and gauging water which have been stored above freezing point and by insulating the finished concrete with sacking or a tarpaulin until curing is complete. Well made Ciment Fondu Lafarge based concretes have good freeze/thaw resistance and also withstand the aggressive action of de-icing salts.



POTENTIAL APPLICATIONS

- winter construction
- emergency repair of roads and runways
- flooring in cold stores.

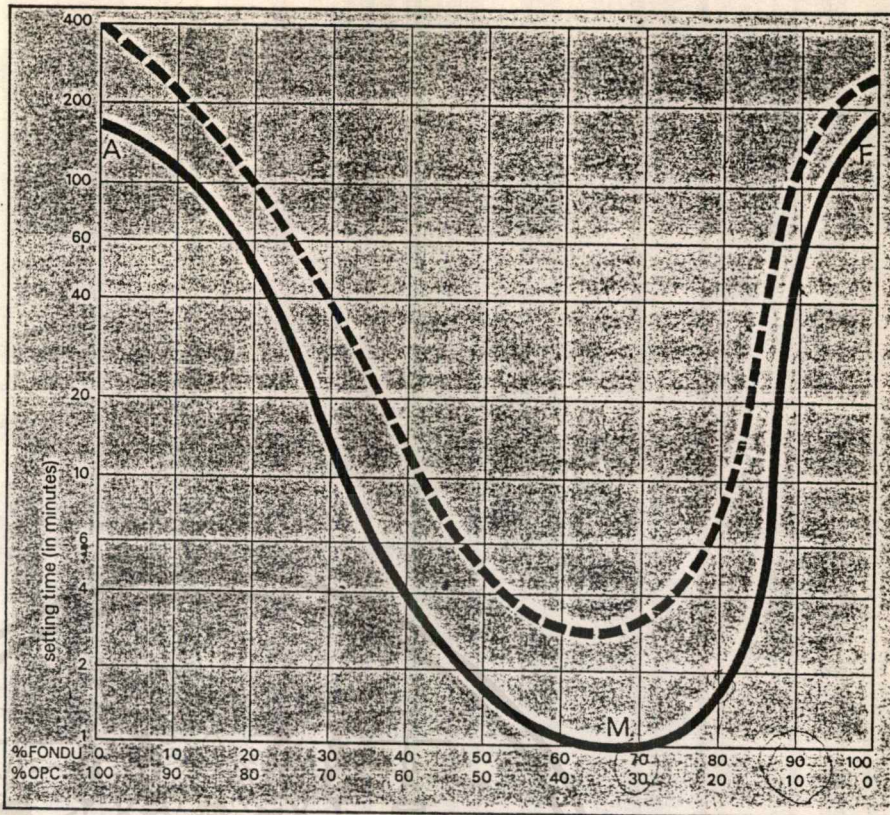
นอกจากคุณสมบัติทั่วไปดังกล่าวแล้ว ยังมีคุณสมบัติประยุกต์อีกประการหนึ่งคือ เมื่อนำ ฟองดูราฟาร์จซีเมนต์ และปอตแลนด์ซีเมนต์ มาผสมกันจะสามารถเร่งระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตได้ แต่กำลังอัดไม่แน่นอน จึงสามารถนำคุณสมบัติตัวนี้มาใช้ได้กับงาน Plugging water leaks (อุดรอยรั่วของน้ำ) grouting of parking meter (ใช้เทยัดมิเตอร์เก็บค่าจอดรถ) grouting of manholes (ใช้ยัดหรืออุดปากทางเข้าออกขนาดใหญ่) ยังมีความสามารถของฟองดูราฟาร์จ อีกหลายอย่าง ที่เหมาะจะนำมาใช้กับเมืองไทยได้

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ

1. จำพวกลสารประกอบที่รวมอยู่ในฟองดูราฟาร์จ

Main Constituent (%)				
	Al_2O_3	CaO	SiO_2	$F_{=2}O_3+FeO$
Typical average values	38-40	37-39	3-5	
values range	>37	<41	<6	<18.5

Minor Constituent (%)			
TiO	MgO	K_2O+Na_2O	SO_3
< 4	< 1.5	< 0.4	< 0.3



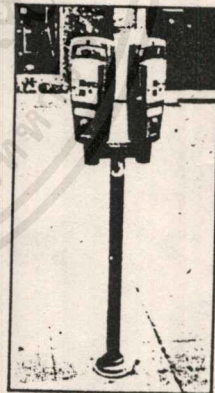
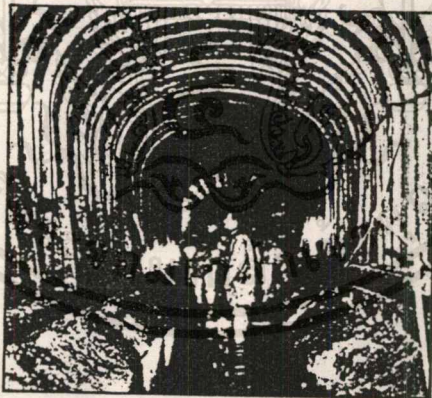
— initial set

— final set

These curves based on laboratory testing of neat paste are illustrative.

The setting times are dependant on a number of factors, the most important of which are :

- composition of portland cement,
- mixing time,
- temperature.



plugging water leaks.

grouting of parking meter, etc.

grouting of manholes.



finishing works in building construction.

รูปที่ 2.7 คุณสมบัติประยุกต์ Fondur Lafarge ผสมกับ Portland Cement และการใช้งานกับคุณสมบัติประยุกต์

2. ลักษณะของสารประกอบที่เกิดขึ้นในฟองดรูฟาร์จ

ให้ $C = \text{CaO}$ $S = \text{SiO}_2$ $A = \text{Al}_2\text{O}_3$ $F = \text{Fe}_2\text{O}_3$

สารประกอบที่เกิดขึ้นในฟองดรูฟาร์จได้แก่ CA (Monocalcium Aluminate) $C_{1.2}A_7$, C_2S , C_4AF

3. คุณสมบัติทางฟิสิกส์

- ความหนาแน่นของฟองดรูฟาร์จซีเมนต์ : 1150 Kg/m³
- ความถ่วงจำเพาะ : 3.2-3.3
- ความละเอียด (Finess) : 2850 - 3450 cm²/g
- ส่วนด้านบนตะแกรงเบอร์ 90 มากที่สุดไม่เกิน 8 %

4. คุณสมบัติทางไอครอลิค

4.1 Timesetting ฟองดรูฟาร์จมีระยะเวลาการก่อตัวดังนี้

กรณีที่ 1 ระยะเวลาการก่อตัว ตามมาตรฐาน AFNOR (P15401)

- มอร์ต้า 1/2.7 (cement / aggregate ratio)
- Water Cement ratio 0.4
- Siliceous Sand AFNOR P15403 = 1350 g.
- Cement Fondu Lafarge = 500 g.
- Water = 200 g.

โดยจัดเวลาการก่อตัวที่อุณหภูมิ 20 c ด้วยวิธี Vicat จะมีเวลาการก่อตัวดังนี้

	Initial Set	Final Set
Typical average values	2h10-2h30	2h30-3h10
value rang	> 2h	> 3h
Curunteed limit	> 1h30	-

กรณีที่ 2 วันซีเมนต์ มีส่วนผสมตามมาตรฐาน Bs915

Initial Set \leq 6h and Initial Set \geq 2h

Final Set จะไม่มากกว่า 2h ต่อจาก Initial Set นั่นคือ

หาก Initial Set อยู่ที่ 3h Final Set จะไม่เกิน 5 h

4.2 Workability at 20 C

ความสามารถทำงานได้ที่มีส่วนผสมตามมาตรฐาน AFNOR วัดโดย
เครื่องมือ LCPC จะได้ว่า

Resting time = 15 minutes

Spreading time under vibration = 50 - 150 seconds.

4.3 Mechanical Strangth at 20 C

มาตรฐานของ AFNOR P 15401/P15451 มอร์ต้า 1/2.7 Water
cement Rotio 0.4 จะมีความสามารถในการรับกำลังอัดดังนี้

	AGE	6h	24h	7 days	28 days
Typical average values (MPa)	Flexural Strangth.	4.5-6.5	6.5-8.5	7.5-9	8-12
	Compressive Strangth	35-45	60-70	75-85	80-95
Value rang (MPa)	Flexural Strangth	>4	>5.5	>6.5	>7.5
	Compressive Strangth	>30	>50	>65	>75

เมื่อได้รับการปรับปรุงโดย COPLA ตามมาตรฐาน B 5915 มอริตา

1.3 Water Cement ratio = 0.4 จะได้ Strangth ดังนี้

Age	24h	3 days
Compressive Strangth	ไม่น้อยกว่า 42 MPa	ไม่น้อยกว่า 49 MPa

4.4 ความยู่ตัว (Soundness)

ไม่เกิน 1 mm จากการจัดโดยวิธี BS 915

4.5 Heat of Hgdration

Age	6h	1 days	5 days
Heat of Hyration (Cal/g)	98	113	114
Guaran feed minimum	-	75	-

2.4 ความได้เปรียบและเสียเปรียบของซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จและ ปอต
แลนต์ ซีเมนต์ ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทั่วไป

เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างฟองดูราฟาร์จและ
ปอตแลนต์ซีเมนต์ Type 1

คุณสมบัติปูนซีเมนต์	ปอตแลนต์ซีเมนต์	ฟองดูราฟาร์จซีเมนต์
1. ความละเอียด ผิวจำเพาะ cm^2/g ค่าเฉลี่ยต่ำสุด	1600	2850
2. ความคงตัว การขยายตัว อบไอน้ำสูงสุด	0.5	-
3. เวลาการก่อตัว Initial set (min)	>45	2h10-2h30
Final set (Hour)	>10	2h30-3h10
4. ความสามารถในการรับแรงอัด สำหรับ Mix Design ซีเมนต์ = 400 Kg/m^3 ทราย = 780 Kg/m^3 หิน = $1,000 \text{ Kg/m}^3$ w/c = 0.39 Slum = 3-8 cm		-

คุณสมบัติปูนซีเมนต์	ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์	ฟองดูราฟาร์จซีเมนต์
Strangth 6h	-	244.2-253.8
Strangth 24h	-	238.1-322.0
Strangth 3 days	308	>350
Strangth 7 days	352	>409
Strangth 14 days	396	-
Strangth 28 days	440	-

5. ความถ่วงจำเพาะ 3.12-3.16 3.2-3.3
6. ส่วนผสมทางเคมี แคลเซียมซิลิเกต แคลเซียมอลูมิเนต
สารประกอบหลัก
7. ความหนาแน่น - 1150

วิเคราะห์ความได้เปรียบของฟองดูราฟาร์จ

จากตารางจะเห็นว่า มีคุณสมบัติที่ฟองดูราฟาร์จได้เปรียบ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์หลายคุณสมบัติ เช่น ความละเอียด ฟองดูราฟาร์จมีความละเอียดมากกว่าซึ่งหาซีเมนต์ชนิดไหนมีความละเอียดมาก มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันได้เร็วมีความน่าจะเป็นที่ก่อตัวได้เร็วกว่า และรับกำลังอัดได้เร็วกว่า สำหรับการรับกำลังอัดฟองดูราฟาร์จจะสามารถรับกำลังอัดได้เต็มที่หลังจากผสมเสร็จ 3 ชั่วโมง รับกำลังอัดได้มากกว่า 350 KSC ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว ฟองดูราฟาร์จจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ก่อสร้างหรือซ่อมแซมงานที่ต้องการการถอดแบบเร็ว นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติพิเศษที่ได้กล่าวไว้ตอนต้นที่ปอร์ตแลนด์ไม่มี

วิเคราะห์ข้อเสียเปรียบของฟองดูราฟาร์จ

จากคุณสมบัติต่าง ๆ จะเห็นว่า ฟองดูราฟาร์จดีและเหมาะที่จะนำมาแก้ปัญหาการจราจรติดขัด แต่ทำไมจนถึงปัจจุบันฟองดูราฟาร์จ จึงเป็นที่รู้จักน้อยทั้งที่เข้ามาในเมืองไทยเมื่อ 4 ปีที่แล้ว สาเหตุหนึ่งที่ฟองดูราฟาร์จเป็นที่รู้จักน้อยเพราะราคาของฟองดูราฟาร์จแพงมาก ฟองดูราฟาร์จ ฤกษ์ประมาณ 1,605 บาท ในขณะที่ ปอตแลนด์ ชนิดหนึ่งฤกษ์ ประมาณ 85 บาท ราคาต่างกันถึง 1,520 บาท หรือประมาณ 18.8 เท่า นอกจากนี้ยังมีสาเหตุจากฟองดูราฟาร์จ มีตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยเพียงบริษัทเดียว ทำให้กำลังเรื่องบริการมีน้อย ปริมาณวิศวกรที่รู้เกี่ยวกับฟองดูราฟาร์จจริง ๆ มีน้อย อัตราส่วนผสมต่าง ๆ มาจากบริษัทผู้นำเข้าเป็นผู้ทดลองลองผิดลองถูกเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่องานต่าง ๆ เช่น

งานซ่อมผิวถนนคอนกรีต

ซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ	400	กก/ม ³
ทราย	780	กก/ม ³
หิน	1,100	กก/ม ³
น้ำ/ซีเมนต์	0.4	
Slump	7	cm

งาน Grouting แทนเครื่องจักรขนาดใหญ่ สามารถใช้แทน NON-SHRINK CEMENT ได้และจะถูกกว่า

ส่วนผสม	ปูนซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ	700	กก/ม ³
	ทราย	1,400	กก/ม ³
	น้ำไม่เกิน	280	กก/ม ³

งานทนความร้อน เช่น งาน Lining ส่วนต่าง ๆ (ปล่องไฟ, BOILER, ผนังเตา)

ส่วนผสม	ปูนซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ	550	กก/ม ³
	ทราย	1,650	กก/ม ³
	น้ำไม่เกิน	220	กก/ม ³

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการซ่อมผิวคอนกรีตที่เสียหาย ในลักษณะตักทั้ง
แผงหรือบางส่วนเป็นการคิดราคา ต่อ 1 ตารางเมตร เปรียบเทียบระหว่างงานซ่อมด้วย
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปูนซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ

รายการ	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	ฟองดูราฟาร์จ (ชื่อจำนวนมาก/ปี)	ฟองดูราฟาร์จ (ชื่อจำนวนน้อย/ปี)
1. ทูบรี้อแผ่นคอนกรีต และขุดดินออกลึก 53 cm พร้อมทั้ง แต่งให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม จัตุรัสหรือผืนผ้าแฉก ให้ตัดตรงเป็นแนวตั้ง	56 บาท	56 บาท	56 บาท
2. ขนวัสดุที่ขุดรี้อออกส่งคืน แขวงระยะทางโดย เฉลี่ย 20 กม.	14 บาท	14 บาท	14 บาท
3. หินคลุกบดอัดแน่นหนา	100 บาท	100 บาท	100 บาท
4. ทราฮายาหนา 10 cm	30 บาท	30 บาท	30 บาท

รายการ	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	ฟองตุราฟาร์จ (ชื่อจำนวนมาก/ปี)	ฟองตุราฟาร์จ (ชื่อจำนวนน้อย/ปี)
5. คอนกรีตผสมเสร็จหนา 23 cm พร้อมใส่ตะ แกรงเหล็ก ผูกเหล็ก เหล็กเคลือบตันข้างตาม แบบแล้วหยดรอยต่อด้วย ยางยานว	525+125	525+1,380	525+1,660
รวมเป็นเงิน	850 บาท	2,205	2,385

เพราะฉะนั้น เมื่อเปรียบเทียบการซ่อมผิวถนนด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ซึ่งต้องใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 7 วันปิดการจราจร กับการซ่อมผิวถนนด้วยปูนซีเมนต์ฟองตุราฟาร์จซึ่งใช้เวลาเพียงข้ามคืนเดียว การซ่อมผิวถนน ด้วยปูนซีเมนต์ฟองตุราฟาร์จ จะแพงกว่า 2.4-2.8 เท่า ขึ้นกับปริมาณการซื้อใน 1 ปี แต่สามารถลดตามเสียหายอันเกิดจากการปิดการจราจร 7 วัน เป็นมูลค่าเกินกว่าจะคิดคำนวณออกมาเป็นตัวเลขได้

บทที่ 3

การศึกษาระยะเวลาการก่อตัวเสร็จและกำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมระหว่าง Fondu Lafarge และ Portland Cement เพื่อลดต้นทุนการก่อสร้าง

3.1 มูลเหตุแห่งการศึกษา

จากความได้เปรียบของ Fondu Lafarge Cement ที่สามารถใช้ได้กับปัญหาการจราจรติดขัดและใช้กับงานบางงานที่ต้องการความรวดเร็วในการถอดแบบ แต่ในขณะเดียวกัน Fondu Lafarge ก็มีความเสียเปรียบ นั่นคือ ฟองดูราฟาร์จ จะแพงมาก ฤกษ์ประมาณ 1,605 บาท รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 % ในขณะที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 1 เช่น ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราเพชรเม็ดเดียว จะมีราคาเพียงฤกษ์ 85 บาท คิดแล้ว ฟองดูราฟาร์จ แพงกว่าประมาณ 18.8 เท่า

และจากการทดลองของบริษัทผู้ผลิต พบว่า เมื่อนำฟองดูราฟาร์จรวมกับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ จะทำให้ระยะเวลาการก่อตัวเสร็จของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมจะเร็วขึ้นตามรูปที่ 2.7 จะเห็นว่า ที่อัตราส่วนประมาณ Fondu Lafarge 70 % และ Portland 30 % จะมีระยะเวลาการก่อตัวเสร็จ ประมาณ 1 นาที แต่การรับกำลังอัดไม่ทราบเป็นที่แน่นอน

ดังนั้น หากเรานำ Fondu Lafarge และปอร์ตแลนด์ มาผสมกันตามอัตราส่วนต่าง ๆ และทำการทดสอบการรับ กำลังอัด และระยะเวลาการก่อตัวเสร็จ หากกำลังอัดประลัยอยู่ในช่วง 180-350 ksc และ Final Time Setting อยู่ระหว่าง 4-6 ชั่วโมง แสดงว่าอัตราส่วนเหล่านั้น จะสามารถนำมาใช้ในการซ่อมถนนคอนกรีตที่ต้องใช้ Fondu Lafarge ทั้งหมดได้ เพราะราคาจะถูกลงกว่าการใช้เพียง Fondu Lafarge cement เพียงอย่างเดียว ทั้งหมดนี้คือสาเหตุแห่งการศึกษานี้

3.2 ทฤษฎีว่าด้วยการก่อตัวเสรีจของคอนกรีต

คอนกรีตสดที่เทลงในแบบและปล่อยทิ้งไว้โดยไม่มีสิ่งรบกวนจะค่อย ๆ กระด้างและก่อตัว หลังจากนั้นก็จะแข็งตัว ไม่มีข้อกำหนดที่แน่นอน ถึงระยะเวลา ก่อตัวของคอนกรีต แต่ในทางปฏิบัติคอนกรีตสด ควรมีสภาพพลาสติกอย่างน้อยที่สุด ครึ่งชั่วโมง เพื่อให้มีระยะเวลาเพียงพอในการลำเลียง และเทลงแบบหล่อ และควรแข็งตัวภายในระยะเวลาที่เหมาะสม

พบว่าระยะเวลาก่อตัวของคอนกรีต ไม่เหมือนกับระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์ แต่มีส่วนคล้ายกับระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ต้า มีการแบ่งการก่อตัวออกเป็น 2 ชั้น ชั้นแรกคือการก่อตัวครั้งแรก (Initial Set) ซึ่งกำหนดไว้โดยการทดสอบแบบไวแคต (Vicat) ใช้เวลาไม่มากกว่า 45 นาที แต่ทดสอบแบบกิลล์มอร์ (Gillmore) ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 60 นาที ส่วนชั้นที่สองคือ การก่อตัวครั้งสุดท้าย (Final Set) ซึ่งจะเกิดขึ้นไม่มากกว่า 10 ชม. เป็นต้น

สำหรับการหาเวลาการก่อตัวครั้งแรก และก่อตัวครั้งสุดท้ายทำได้โดย นำตัวอย่างมอร์ต้า ที่ได้จากการผสมน้ำ หิน ทราย ในอัตราส่วนที่ได้จากการหา water cement Ratio อย่างเหมาะสม นำไปใส่ภาชนะแล้วตรวจระยะเวลาการจมของแท่งปลายแบน ที่มีเนื้อที่หน้าตัด $1-1/40 \text{ in}^2$ หาค่าความต้านทานของการจมต่อเนื้อที่หน้าตัด ของแท่งนั้น นำไปเขียนกราฟ ระหว่างเวลากับแรงต้านทานการจม

ระยะเวลาเริ่มก่อตัวคือ จุดที่ปลายเข็มจมลงในคอนกรีต 1" ใช้แรง 500 PSI

ระยะเวลาการก่อตัวเสรีจจะอยู่ที่จุดที่เข็มจมลงไป 1" ใช้แรง 4000 PSI

อุณหภูมิของอากาศอาจมีผลต่อระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต อุณหภูมิต่ำคอนกรีตจะก่อตัวช้า อุณหภูมิสูงจะก่อตัวเร็ว

3.3 ทฤษฎีว่าด้วยกำลังอัดของคอนกรีต

คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วต้องมีกำลังตามต้องการ มีความสม่ำเสมอ น้ำไม่ซึมและทนทานต่อลมฟ้า อากาศ ความสีกหรือและตัวทำลายอื่น ๆ จะต้องไม่หดตัวมากเกินไปเมื่อถูกความเย็นหรือความร้อน บางทีอาจต้องการให้มีน้ำหนักเบา มีผิวเรียบเป็นพิเศษ หรือให้มีผิวพรุน

กำลังต้านทานของคอนกรีต เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด กำลังของคอนกรีตมีอยู่หลายอย่างด้วยกัน เช่น กำลังต้านทานแรงดึง กำลังต้านทานแรงอัด กำลังต้านทานแรงเฉือน หรือกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยว เป็นต้น แต่กำลังที่ต้องการมากที่สุดคือ กำลังต้านทานแรงอัด เพราะกำลังต้านทานอื่น ๆ เป็นสัดส่วนกับกำลังต้านทานแรงอัด

กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีต เป็นตัวบอกให้ทราบถึงคุณสมบัติอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี เพราะกำลังต้านทาน หรือรับแรงแบบอื่นเป็นสัดส่วนกับ กำลังต้านทานแรงอัด ด้วยเหตุที่คอนกรีตมีกำลังต้านทานต่อแรงอัดมากกว่ากำลังต้านทานต่อ แรงดึงหลายเท่า ดังนั้นในการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กจึงออกแบบ โดยให้คอนกรีตรับเฉพาะแรงอัดเพียงอย่างเดียว ส่วนแรงดึงที่เกิดขึ้นให้เหล็กเสริมซึ่งหล่ออยู่ในคอนกรีต ทำหน้าที่ต้านทาน

การทดสอบแรงอัดประลัยของคอนกรีต ทำได้โดยการกด หรืออัดแท่งทดสอบมาตรฐาน ซึ่งบ่มขึ้นตามระยะเวลากำหนด ด้วยเครื่องทดสอบมาตรฐาน จนกระทั่งคอนกรีตถูกอัดแตก น้ำหนักกดหรืออัดสูงสุดที่ได้ หารด้วยเนื้อที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างจะเป็นค่า หน่วยแรงอัดประลัย ของคอนกรีตนั้น ค่ากำลังต้านทานต่อแรงอัดนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสม ปริมาณน้ำ อายุแท่งทดสอบ การบ่ม เป็นต้น

แท่งทดสอบมาตรฐาน โดยทั่วไปแท่งทดสอบเป็นรูปทรงระบอกตามมาตรฐานอเมริกัน โดยมีส่วนสูงเป็นสองเท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาดปกติที่ใช้กันคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ซึ่งใช้กับวัสดุผสมขนาดไม่โตกว่า 50 มม.(2") ในกรณีที่ขนาดวัสดุผสมโตกว่า 50 มม.(2") ก็ใช้ทรงระบอกมาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. สูง 40 ซม. การหล่อแท่งทดสอบ ทำได้โดยเทคอนกรีตลงในแบบ ซึ่งทำด้วยโลหะกันน้ำซึม เป็นจำนวน 3 ชั้น ๆ ละ เท่า ๆ กัน แต่ละชั้นกระทุ้งด้วยเหล็ก

เส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 ซม. ยาว 60 ซม. ปลายมนเป็นจำนวนชั้นละ 25 ครั้ง ถ้าเป็นทรงกระบอกใหญ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. สูง 40 ซม. ให้กระทุ้งชั้นละ 50 ครั้งแทน

ส่วนแท่งทดสอบตามมาตรฐานอังกฤษ ใช้ก้อนลูกบาศก์คอนกรีตขนาด 15x15 x15 เซนติเมตร กับวัสดุผสมที่มีขนาดไม่โตกว่า 50 มม. (2") โดยใส่คอนกรีตลงในแบบเป็นจำนวน 3 ชั้น ๆ ละเท่า ๆ กัน แต่ละชั้นกระทุ้งด้วยเหล็กขนาด 4 ปอนด์ เนื้อที่หน้าตัด 1 ตารางนิ้ว ปลายมนเป็นจำนวนชั้นละ 35 ครั้ง

ก่อนที่จะเริ่มหล่อทำแท่งทดสอบ จะต้องทำความสะอาดแบบหล่อให้เรียบร้อยอย่าให้มีฝุ่น หรือปูนของเก่าติดเหลืออยู่ในแบบ แบบด้านใดที่สัมผัสกับคอนกรีต จะต้องทาน้ำมันให้ทั่วเพื่อไม่ให้มีออร์ตเกาะ หรือรั่วไหลออกมาตามรอยต่อได้ แบบเมื่อประกอบแล้วต้องมีสกรู หรือที่รัดแบบยึดติดกันแน่นทั้งด้านข้างและฐานโดยไม่แยกออกจากกัน ในขณะที่กระทุ้งหรือใช้เครื่องสั่นคอนกรีต

แท่งทดสอบจะทำอย่างน้อย 3 แท่ง สำหรับอายุหนึ่ง ๆ เช่นถ้าจะทดสอบเมื่อคอนกรีตอายุ 7 วัน และ 28 วัน ก็ต้องทำแท่งทดสอบชนิดนั้น ๆ 3 แท่ง สำหรับ 7 วัน และอีก 3 แท่ง สำหรับ 28 วัน

เมื่อหล่อขึ้นตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ให้ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงถอดแบบออกเขียนหมายเลขที่ และวันที่หล่อ คอนกรีตบนแท่งทดสอบนี้ด้วยดินสอ หรือสีก็ได้ แล้วนำไปบ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 18 ถึง 24 องศาเซลเซียส จนถึงเวลาทดสอบ การ "บ่มขึ้น" หมายถึง สภาพที่มีน้ำหล่ออยู่ทุก ๆ ด้านของแท่งตัวอย่างตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม แท่งตัวอย่างไม่ควรจะให้ถูกน้ำไหลผ่านโดยตรง

ปกติอายุของการทดสอบ เพื่อหาค่ากำลังของคอนกรีตมักใช้ 28 วัน แต่ก็อาจทดสอบเมื่อมีอายุเพียง 7 วัน เพื่อช่วยในการปรับปรุงส่วนผสม เมื่อตอนเริ่มงานใหม่ ภายใต้สภาวะที่กำหนดให้อาจหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่อายุ 28 วัน และที่อายุน้อยกว่านั้นเช่น 7 วัน ได้โดยการทดสอบ หลังจากนั้นก็ใช้การทดสอบที่อายุน้อย ๆ นี้ ในการควบคุมคอนกรีต สำหรับ ซีเมนต์ซูเปอร์ การทดสอบที่อายุ 1 หรือ 3 วัน ก็อาจให้ค่า

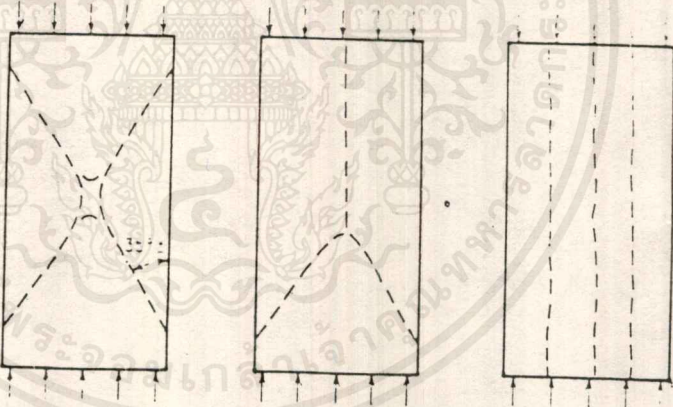
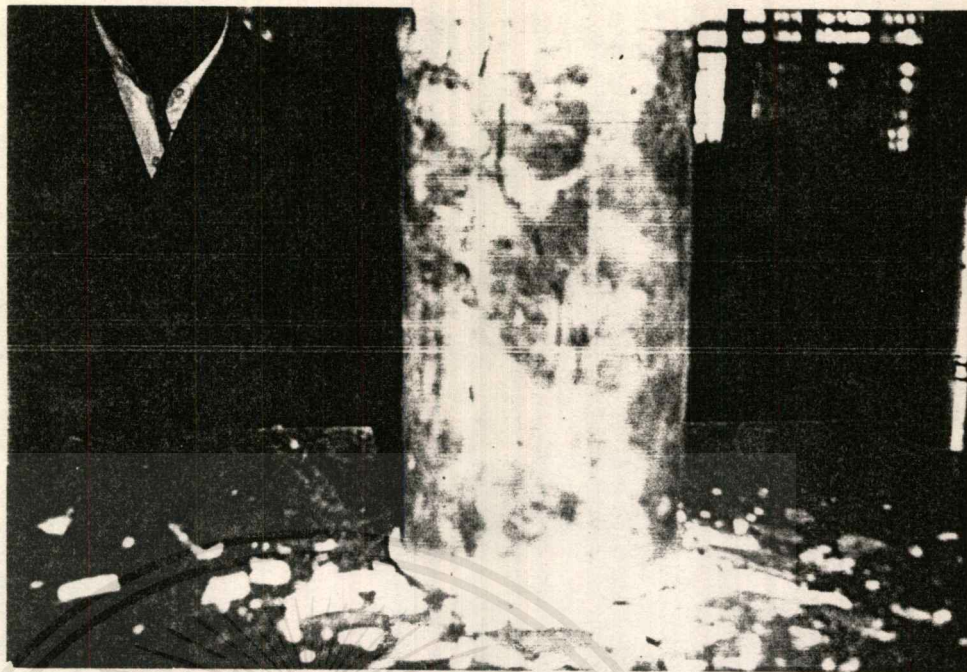
กำลังสูงสุดได้

เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบรูปทรงกระบอก ที่ถอดแบบหล่อออกแล้ว ควรจะวัดให้ละเอียดถึง 0.025 ซม. โดยการเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ค่าที่กำมวมฉากกันตรงใกล้ ๆ กับกึ่งกลางความยาวของแท่งทดสอบ

ก่อนการทดสอบควรหล่อฝา (capping) ทับขึ้นตัวอย่างซึ่งจะรับแรงกด ให้ได้พื้นราบเพราะความขรุขระจะทำให้ได้ค่าต่ำและผิดพลาด และควรทำให้บางที่สุดเท่าที่จะทำได้ (ประมาณ $1/16 - 1/8$ นิ้ว) ฝาจะต้องมั่นคงและมีกำลังรับแรงกด อย่างน้อยเท่ากับของตัวคอนกรีตเอง วัสดุที่ใช้ในการหล่อฝา มักจะใช้สารประกอบกำมะถัน วัสดุอย่างอื่นได้แก่ ซีเมนต์กับน้ำที่มีแคลเซียมคลอไรด์เป็นตัวเร่ง ซีเมนต์รับแรงเร็ว สารผสมของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และปูนพลาสเตอร์ แร่ใยหินแรงสูงพิเศษ

การทดสอบแรงอัดประลัย กระทำโดยการกดหรืออัดแรงเข้าไปในแท่งทดสอบซึ่งอยู่ในสภาพชื้น (การทดสอบในสภาพ Air-dry จะให้กำลังสูงกว่า 20 ถึง 40%) ด้วยอัตราการกดที่สม่ำเสมอ สำหรับเครื่องทดสอบใช้ระบบน้ำมัน อัตราการเพิ่มน้ำหนักทางแรงอัดควรเป็น 2.5 ± 1.0 กก. ต่อตารางเซนติเมตร ต่อ 1 วินาที จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างถูกอัดแตก ถ้าเพิ่มอัตราการกดให้เร็วขึ้นค่ากำลังอัดที่ได้จะเพิ่มขึ้น ข้อควรระวังคือผิวของปลายทั้งสองต้องมีผิวเรียบและขนานกัน เพื่อให้มีหน่วยแรงแผ่สม่ำเสมอบนหน้าตัดนั้น น้ำหนักหรือแรงอัดประลัยคือน้ำหนักกดสูงสุด หน่วยแรงอัดประลัยได้จากการหารน้ำหนักกดสูงสุดด้วยเนื้อที่หน้าตัดของแท่งทดสอบ

ลักษณะการชำรุดแตกหักของชิ้นตัวอย่างคอนกรีตที่รับแรงอัด มักแตกออกเป็นรูปกรวยคู่ โดยมีปลายกรวยอยู่ที่กึ่งกลางของทรงกระบอก ดังรูปที่ 3.1 โดยเกิดจากการถูกเฉือนในระนาบที่เอียงกับแรงกด อันเนื่องมาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุผสมและความเสียดทานภายใน ดังนั้นมุมของการแตกหัก จึงมีค่าเท่ากับ $45 - \phi/2$ เมื่อ ϕ เป็นมุมของความเสียดทานภายใน ของคอนกรีต ซึ่งมีค่าประมาณ 20 องศา ดังนั้นระนาบของความเสียหายของตัวอย่างคอนกรีต จึงเอียงประมาณ 35 องศา ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ข หรือ อาจเป็นการรวมของลักษณะการชำรุด ของทั้งสองแบบที่กล่าวแล้ว ดังในรูปที่ 3.1 ค



Shear or 'cone' failure

Combination shear and splitting failure

Splitting or 'columnar' failure

(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 3.1 ลักษณะการชำรุดของแท่งคอนกรีตรับแรง



ก



ข

รูปที่ 3.2 แสดงการแตก Slum

3.4 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาระยะเวลาการก่อตัวเสี้ยว และกำลังอัดของคอนกรีต จากซีเมนต์ผสม

1. การหาลังอัดของคอนกรีต

1.1 เตรียมขนาดล่วนผสม

ในการทดลองหาลังอัดของคอนกรีต จะใช้ Mixed Design ของบริษัท ฟาสท์ - พรีเม็กซ์ เอเซียติก เซอร์วิสแอนด์เทคนิค จำกัด เพราะเป็นบริษัทผู้นำเข้า ฟองดูราฟาร์จ ซีเมนต์ แต่เพียงผู้เดียวในประเทศไทย และมีความเชี่ยวชาญ ในเรื่องฟองดูราฟาร์จมาก ทั้งนี้ บริษัท ฟาสท์ - พรีเม็กซ์ ได้ให้อัตราล่วนผสมสำหรับงานซ่อมถนนคอนกรีต ดังนี้

ซีเมนต์	400	Kg/m ³
ทราย	780	Kg/m ³
หิน	1100	Kg/m ³
W/C	0.34	
Slum	3-8	cm

ซึ่ง Mixed Design ตัวนี้หากเป็นซีเมนต์ ฟองดูราฟาร์จ 100 % จะให้กำลังอัดที่อายุ 6 ชั่วโมง ประมาณ 247 ksc อายุ 8 ชั่วโมง 270 ksc อายุ 18 ชั่วโมง 348 ksc ดังรายงานการซ่อมถนนของบริษัท ฟาสท์-พรีเม็กซ์ ในภาคผนวก และเมื่อนำ W/C 0.39 เป็นคอนกรีตไม่กระจายกักฟองอากาศ จะให้กำลังอัดที่ 28 วัน ประมาณ 440 ksc เป็นกำลังของคอนกรีต จากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 100 % ทั้งนี้จะให้กำลังที่ 3 วัน ประมาณ 308 ksc 7 วันประมาณ 352 ksc และ 14 วัน ประมาณ 396 ksc

ตารางที่ 1 ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต

ขนาดโตสุดของหิน	ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่นต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต สำหรับค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายต่าง ๆ กัน			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8" (10 มม.)	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2" (12.5 มม.)	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4" (20 มม.)	0.66	0.64	0.62	0.60
1" (25 มม.)	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2" (40 มม.)	0.76	0.74	0.72	0.70
2" (50 มม.)	0.78	0.76	0.74	0.72
3" (75 มม.)	0.81	0.79	0.77	0.75
6" (150 มม.)	0.87	0.85	0.83	0.81

หมายเหตุ ค่าที่กำหนดให้ นี้ เป็นค่าสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่ว ๆ ไป สำหรับงานคอนกรีตที่ทำได้ง่ายกว่า เช่น ถนน พื้น เป็นต้น อาจเพิ่มค่าเหล่านี้ขึ้นได้อีก 10 %

เพื่อให้ง่ายในการทดลอง จะต้องหา น้ำหนักของ ซีเมนต์ ทราย หิน น้ำออกมาเป็น น้ำหนักต่อ 1 ลูกปุ่น โดยปริมาตรของลูกปุ่น 1 ลูก เท่ากับ $\pi D^2 W / 4 = (\pi (0.15)^2 / 4) \times 0.3$ เท่ากับ 0.0053 m^3 จาก w/c 0.35 ใช้ซีเมนต์ 400 Kg/m^3 ดังนั้น จะใช้น้ำเท่ากับ $400 \times 0.39 = 156 \text{ Kg/m}^3$ เพราะฉะนั้นจะได้ส่วนผสมต่าง ๆ ต่อ 1 ลูกปุ่นดังนี้

$$\text{ซีเมนต์} = 0.0053 \times 400 = 2.12 \text{ Kg/1 ลูกปูน}$$

$$\text{ทราย} = 0.0053 \times 780 = 4.134 \text{ Kg/1 ลูกปูน}$$

$$\text{หิน} = 0.0053 \times 1100 = 5.83 \text{ Kg/1 ลูกปูน}$$

$$\text{น้ำ} = 0.0053 \times 156 = 0.827 \text{ Kg/1 ลูกปูน}$$

ทั้งนี้จะต้องควบคุมให้ ทราย หิน และน้ำ อยู่ในสภาพเดิมตลอดจะได้คอนกรีตที่มี S_{100} อยู่ในช่วง 3 - 8 cm สำหรับซีเมนต์ จะต้องนำ น้ำหนักต่อ 1 ลูกปูนมาแบ่ง เป็น ฟองดูราฟาร์จ และปอตแลนด์ ซีเมนต์ ตามอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ดังนี้



ตารางที่ 2 ส่วนผสมโดยน้ำหนักโดยฟองคราฟาร์จ และปอร์ตแลนด์ซีเมนต์

% Cement												Total
Fondu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Portland	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
ระยะเวลาค และ จำนวนลูป												
6h	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33 ลู
3days	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33 ลู
7days	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33 ลู
น้ำหนักซีเมนต์ 1 ลูป (Kg)												
Fondu	0	0.212	0.424	0.636	0.848	1.06	1.272	1.484	1.696	1.908	2.12	11.66
Portland	2.12	1.908	1.696	1.484	1.272	1.06	0.848	0.636	0.424	0.212	0	11.66
น้ำหนักซีเมนต์ 3 ลูป (Kg)												
Fondu	0	0.636	1.272	1.908	2.544	3.18	3.816	4.452	5.088	5.724	6.36	34.98
Portland	6.36	5.724	5.088	4.452	3.816	3.18	2.544	1.908	1.272	0.636	0	34.98

ในการปฏิบัติจริงจะมีการเพิ่มส่วนผสมต่าง ๆ เพื่อให้พอดีกับ Mold

1.2 เตรียมวัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องมือทดสอบกำลังอัด (Universal Testing Machine)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก Electronic
3. เครื่องผสมซีเมนต์ ใช้ตะแกรงเบอร์ 40 , 100 , 200 วางซ้อนกัน และเขย่าบนเครื่องเขย่า
4. เครื่องมือวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง
5. เครื่องหล่อหวมก (Capped) หัวท้ายของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง
6. แบบหล่อลูกปูน ϕ 15 cm สูง 30 cm 33 ลูก
7. น้ำมันทาแบบ
8. เหล็กเส้นกลม ขนาด ϕ 9 mm ยาวประมาณ 80 cm 1 เส้น
9. เกวียงฉาบปูน
10. ฟองดูราฟาร์จซีเมนต์ 2 ถัง
11. ปอตแลนด์ซีเมนต์ 3 ถัง
12. หินและทราย
13. ภาตสำหรับผสมคอนกรีตด้วยมือ

1.3 วางแผนการทดลอง ในการทดลองหากลึงอัดของคอนกรีตมีงานต้องทำดังนี้

1. เชงอุปกรณ์การทดลอง
2. ลั่งชื่อวัสดุการทดลอง
3. หล่อลูกปูนระยะเวลาบ่ม 7 วัน
4. หล่อลูกปูนระยะเวลาบ่ม 3 วัน
5. หล่อลูกปูนระยะเวลาบ่ม 6 ชั่วโมง พร้อมกด และเก็บผลการทดลอง
6. กดลูกปูนพร้อมเก็บผลการทดลองของลูกปูนระยะเวลาบ่ม 3 วัน
7. กดลูกปูนพร้อมเก็บผลการทดลองของลูกปูนระยะเวลาบ่ม 7 วัน
8. นำผลการทดลองที่ได้ไปสรุป และวิเคราะห์ผล

ซึ่งมี Barchart การทำงานดังนี้

ลำดับที่	Activity	ระยะเวลาการดำเนินงาน (วันที่)																
		พฤษภาคม				มิถุนายน												
		28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	เชคอุปกรณ์การทดลอง																	
2.	ซื้อวัสดุการทดลอง																	
3.	หล่อลูกปูนระยะเวลาบ่ม 7 วัน																	
4.	หล่อลูกปูนระยะเวลาบ่ม 3 วัน																	
5.	หล่อและกดลูกปูนระยะเวลาบ่ม 6 ชม																	
6.	กดและเก็บผลลูกปูนระยะเวลาบ่ม 3 วัน																	
7.	กดลูกปูนพร้อมเก็บผลระยะเวลาบ่ม 7 วัน																	
8.	นำผลการทดลองที่ได้ไปสรุปและวิเคราะห์ผล																	

1.4 วิธีการทดลอง

1. การเตรียมลูกปูน

1.1 ชั่งน้ำหนักซีเมนต์ ตามตารางที่ 2 ในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

เช่นที่อัตราส่วน ฟอสฟู 50 % ปอตแลนค์ 50 % จะได้ฟอสฟู 3.18 กกและปอตแลนค์ 3.18 กก ต่อลูกปูน 3 ลูก นำซีเมนต์มาผสมกันโดยผสมด้วยมือให้เข้ากันแล้วนำไปใส่ตะแกรง 1 นาทีจากนั้นนำมาผสมด้วยมืออีกครั้ง

1.2 ชั่งทราย 12.402 กก /ลูกปูน 3 ลูก นำไปผสมกันซีเมนต์ผสม

ผสมให้เข้ากัน

1.3 ชั่งน้ำ 2.481 Kg/ลูกปูน 3 ลูก นำไปผสมกับทรายและซีเมนต์ที่ทำการผสมเข้ากันแล้ว

1.4 ชั่งหิน 17.49 Kg/ลูกปูน 3 ลูก นำไปผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน

1.5 เชค Slum ของคอนกรีตโดยนำคอนกรีตที่ได้บรรจุในกรวย 3 ชั้น แต่ละชั้นจะต้องกระทุ้งด้วยเหล็ก 25 ครั้ง จากนั้นถอดกรวยออกหงายกรวยขึ้นแล้วนำเหล็กที่กระทุ้งลงพาดปากกรวยใช้ไม้เมตรจัดการทรุดตัวดังรูปที่ 3.2 หาก Slum อยู่ระหว่าง 3-8 cm ให้ทำการทดลองข้อต่อไปหาก Slum มากกว่า 8 cm ให้ใส่ส่วนผสมลงไปอีกหาก Slum น้อยกว่า 3 cm ให้เติมน้ำเข้าไป

1.6 นำคอนกรีตที่ได้บรรจุลงในแบบหล่อลูกปูนขนาด 15 cm สูง 30 cm โดยใส่ทีละชั้นแต่ละชั้นกระทุ้งด้วยเหล็ก 25 ครั้ง จนครบ 3 ชั้น ดังรูปที่ 3.2

1.7 เมื่อครบ 3 ชั้นให้ปาดหน้าเก็บไว้ 24 ชั่วโมง

1.8 รุ่งเช้าถอดแบบหล่อคอนกรีตเขียนเวลาและวันหล่อลูกปูนพร้อมระยะเวลาบ่มลงบนลูกปูน

1.9 นำลูกปูนที่ได้ไปบ่มในน้ำ (บ่มขึ้น) สำหรับอัตราส่วนผสมต่าง ๆ และระยะเวลาบ่มต่าง ๆ ก็กระทำในทำนองเดียวกัน

2. การกดลูกปูน

2.1 นำลูกปูนขึ้นจากน้ำก่อนการกด 24 ชั่วโมง

2.2 หล่อหมวกหั่วท้ายลูกปูน (Capped) และทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกปูนโดยวัดตรงกึ่งกลางวัดสองทิศทางตั้งฉากกันแล้วหาค่าเฉลี่ยบันทึกค่าไว้

2.3 นำลูกปูนไปกดจะได้แรงอัดประลัยต่อลูกปูนและนำแรงอัดประลัยที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเค้นอัดประลัยของแท่งคอนกรีต

3. การคำนวณ

ค่าความเค้นอัดประลัยของคอนกรีต (f) หาได้จากสูตร

$$f = P/A$$

โดยที่ P = แรงกระทำสูงสุดต่อแท่งตัวอย่าง

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างที่จัดตั้งฉากกับแรงกระทำ

$$= \pi D^2 / 4$$

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย จากการวัดสองทิศทางตั้งฉากกัน ที่กึ่งกลางของแท่งตัวอย่าง

จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้ไปเขียนกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด และอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

2. การหาระยะเวลาการก่อตัวเสี้ยวของคอนกรีต

1. การหาความชื้นเหลวของซีเมนต์เพลส คือการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับ ซีเมนต์ผสม

1.1 เตรียมวัสดุอุปกรณ์

1. น้ำกลั่น หรือ น้ำบริสุทธิ์สำหรับผสมซีเมนต์
2. อุปกรณ์ไวแคท
3. ตาชั่ง
4. กระบอกลูกต่างขนาด 100 cc
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เกรียงเหล็ก
7. ถาดผสมปูน
8. ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในอัตราส่วนต่าง ๆ อัตราส่วนละ 1000 กรัม
ตั้งรายละเอียด

% Cement											
Fondu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Portland	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
น้ำหนักซีเมนต์ (Kg) จากน้ำหนัก 1 Kg											
Fondu	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Portland	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0

ตารางที่ 3 ส่วนผสมโดยน้ำหนักของ Cement ตามอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำ cement Portland และ Fondu rafarge มาผสมกันตามน้ำหนักในอัตราส่วนต่าง ๆ เช่น อัตราส่วน Fondu 60 % Portland 40 % จะได้มี Fondu 0.6 Kg และ Portland 0.4 kg นำมาผสมให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน

2. เนื่องจากการทดสอบหาความเหลวของปูนซีเมนต์นั้นจุดสำคัญคือ เราต้องทราบว่า จะต้องใช้ปริมาณน้ำในสัดส่วนเท่าไรจึงจะพอดี ซึ่งซีเมนต์แต่ละชนิดจะมีสัดส่วนแตกต่างกันไปโดยทั่วไปปริมาณน้ำที่เหมาะสมจะอยู่ราว 25-35 % เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักซีเมนต์ ดังนั้นการเริ่มต้นใส่น้ำควรเริ่มที่ปริมาณน้ำต่ำก่อนแล้วจึงเพิ่มร้อยละ 5 % จนกว่าจะได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุด

3. การผสมซีเมนต์กับน้ำเพื่อให้เป็นวุ้นสำหรับทดสอบนั้นขึ้นอยู่กับเวลาในการผสมซึ่งสำคัญมากเริ่มด้วยการนำซีเมนต์ผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ มาส่วนหนึ่งประมาณ 250 Kg ใส่ลงในภาชนะหรือรองรับซึ่งไม่ดูดซึมน้ำเกลือเป็นกองและทำ

อ่างตรงกลางเทน้ำที่เตรียมไว้ลงในอ่างและเกลี่ยซีเมนต์รอบ ๆ เข้ามารวมในอ่าง โดยพยายามรักษาเวลาภายใน 30 วินาที ปล่อยซีเมนต์ให้ตุน้ำจนทั่วอีกประมาณ 30 วินาที

4. จากนั้นจึงเริ่มขั้นตอนของการคลุกเคล้าซีเมนต์ด้วยการขยำ ส่วนผสมแรง ๆ ประมาณ 1.5 นาที และปั่นให้เป็นลูกกลม โยนลูกปูนไปมาระหว่างมือทั้ง 2 ข้าง ประมาณ 5-6 ครั้ง โดยพยายามรักษาระยะห่างของมือทั้งสองข้างไว้ 15 cm

5. อัดลูกปูนในแบบกรวยของอุปกรณ์ไวแคทให้แน่น อาจเขย่า เล็กน้อยเพื่อไล่ฟองอากาศออกแล้วจึงปาดกฉิวหน้าปูนให้เรียบและนำมาวางบนแท่นโปรดลิ่ง เกตว่าเวลาทั้งสี่ตั้งแต่เริ่มแรก หลังจากเทน้ำใส่ลงในอ่างจนกระทั่งนำซีเมนต์ที่คลุกเคล้า เป็นวันแล้วนำมาวางในอ่างควรรีให้อยู่ระหว่าง 3-5 นาที

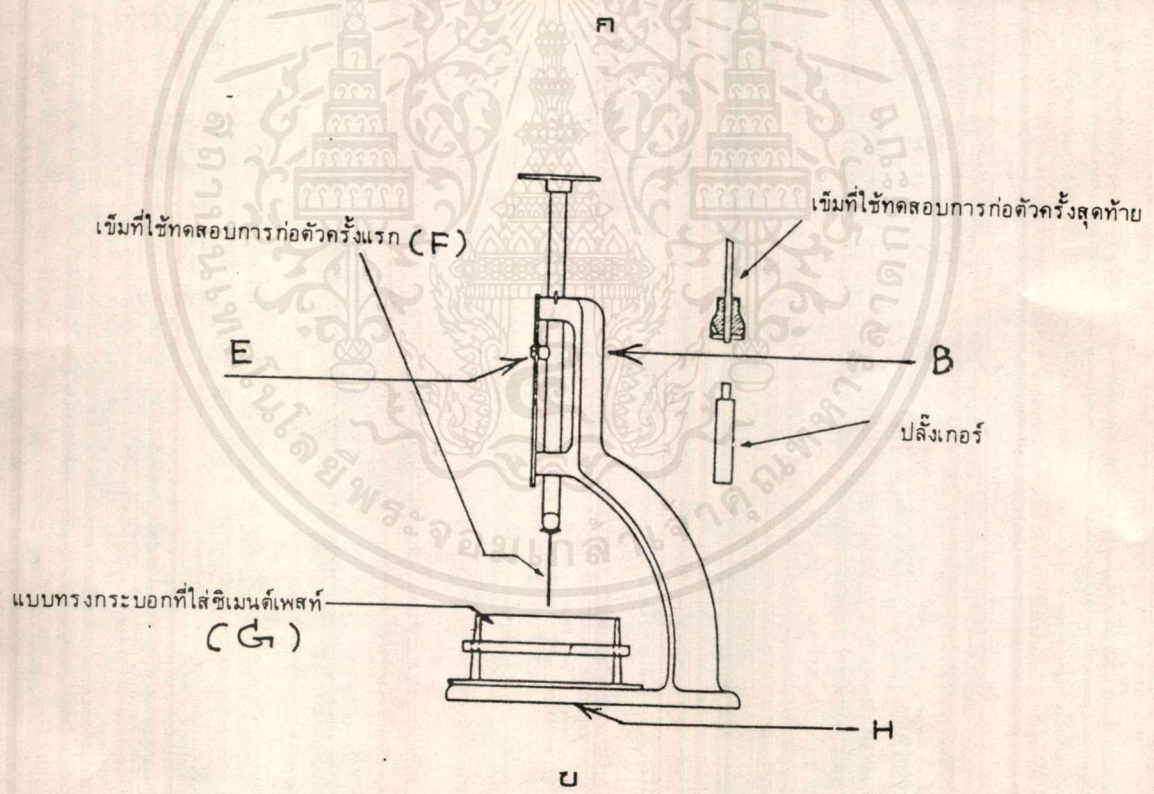
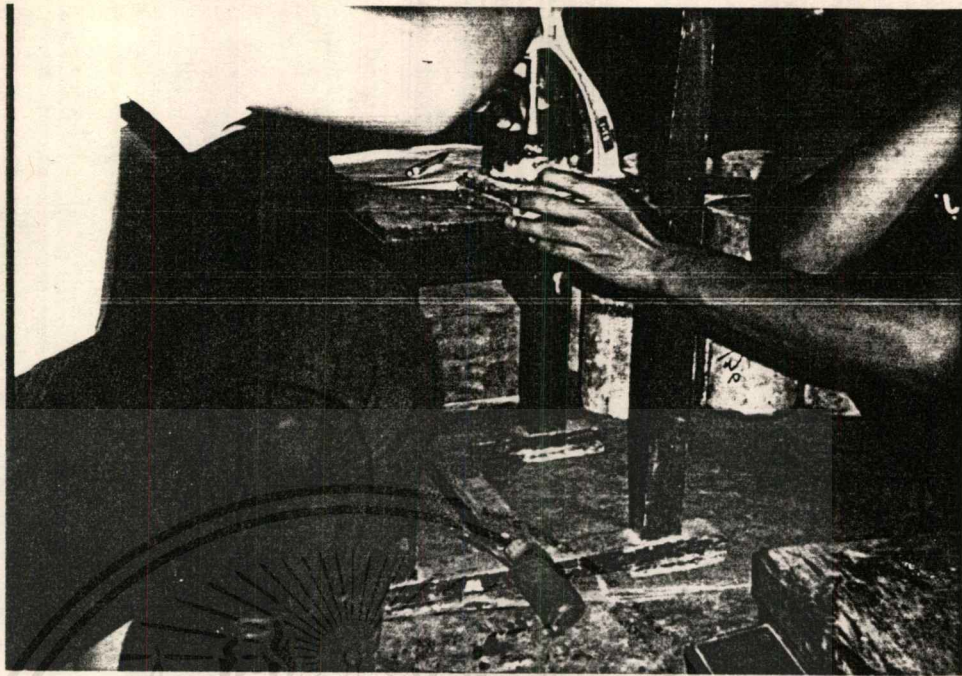
6. เลื่อนแบบกรวย (G) ที่อัดลูกปูนเรียบร้อยแล้วจากขั้นตอนที่ แล้ววางลงบนแท่น H ของอุปกรณ์ไวแคท เลื่อนกึ่งกลางของกรวยให้ตรงแนวของแท่ง B

7. ปรับแท่ง B ให้ได้ด้าน Plunger ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm เลื่อนลงมาแตะผิวหน้าของปูนที่บรรจุในแบบกรวยแล้วล็อกไว้ด้วยสกรู E จากนั้นจึง ปรับเข็ม F บนหน้าปัดให้อยู่ที่ตำแหน่ง 0

8. คลายสกรู E เพื่อให้ปลาย plunger จมลงในปูนตัวน้ำ หนักตัวมันเองแล้วอ่านค่าบนหน้าปัดเมื่อปล่อยให้ปลายเข็มจมลงอิสระเป็นเวลา 30 วินาที

9. ความชันเหลวของวันซีเมนต์ที่เหมาะสมจะอยู่ที่ ระยะจม ของปลาย plunger ในปูนเท่ากับ 10 ± 1 มม. ที่ตำแหน่งดังกล่าว จะให้ปริมาณน้ำที่ เหมาะสม

10. ในการทดลองไม่สามารถที่จะผสมวันซีเมนต์ด้วยปริมาณน้ำ ที่พอเหมาะดังกล่าวและได้ระยะจมตามที่ต้องการ จึงจำเป็นที่จะต้องทดลองหลาย ๆ ครั้ง ด้วยการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำทุก ๆ ครั้ง แต่ละครั้งให้เปลี่ยนใช้ซีเมนต์ใหม่เสมอ พร้อมกับทำความสะอาดปลาย plunger ให้เรียบร้อยก่อนปล่อยจมลงในปูน จนกระทั่งได้ค่าที่สามารถจะนำมาพล็อตกราฟระหว่าง ระยะจมเทียบกับอัตราส่วนของน้ำ และสามารถที่จะชี้ บอกอัตราส่วนของน้ำที่จม 10 ± 1 มม. ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องมือใช้ทดสอบการก่อตัวของปูนซีเมนต์ แบบไวแคต

2.2 การทดลองหาระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสม

เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสม ระหว่างน้ำกับซีเมนต์แล้ว ให้นำอัตราส่วนความเหมาะสมนั้นมาหาเวลาการก่อตัวโดย จะหาเวลาการก่อตัวทั้งก่อตัวเสร็จและเริ่มก่อตัวโดยจะใช้วิธีการทดลองแบบกิลโม (Gillmore test)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมซีเมนต์ผสมตามอัตราส่วนต่าง ๆ อัตราส่วนละ 1,000 ๕ และผสมน้ำตามอัตราส่วนตามที่ได้จากการทดลองหาความชื้นเหลวของของซีเมนต์ผสม

2. นำวงซีเมนต์ที่ได้ปั้นบนแผ่นกระดาษสีเหลืองมีขนาดประมาณ 100 * 100 mm การปั้นให้ปั้นเป็นวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 76 mm และกดให้แบนโดยมีความหนาประมาณ 13 mm และให้เกรียงปาดปูนให้ลาดลงจากขอบบนถึงขอบล่างเสร็จแล้วทิ้งไว้สักครู่

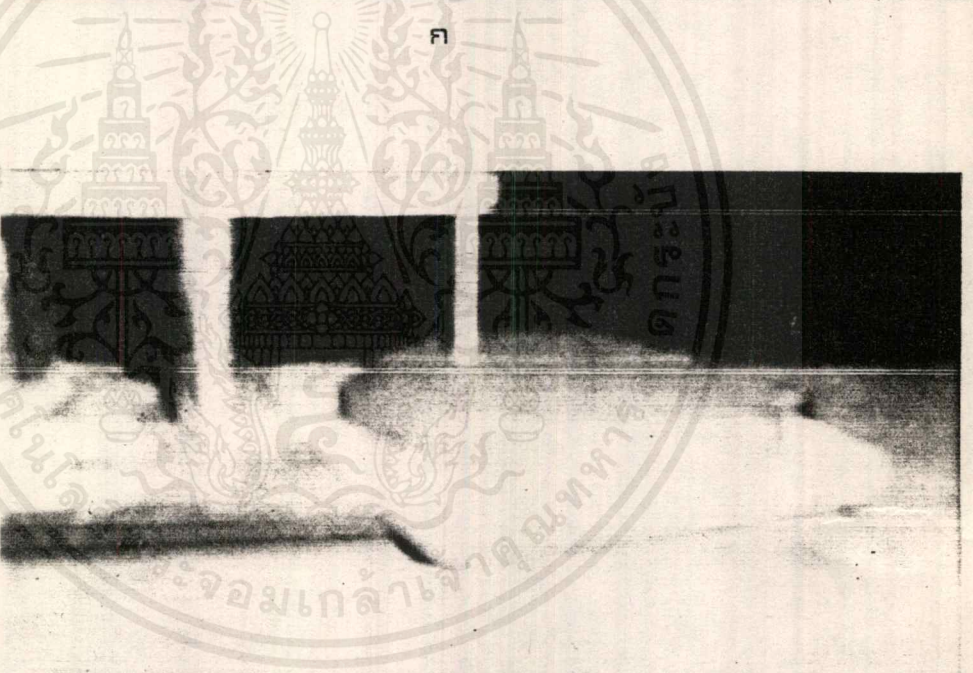
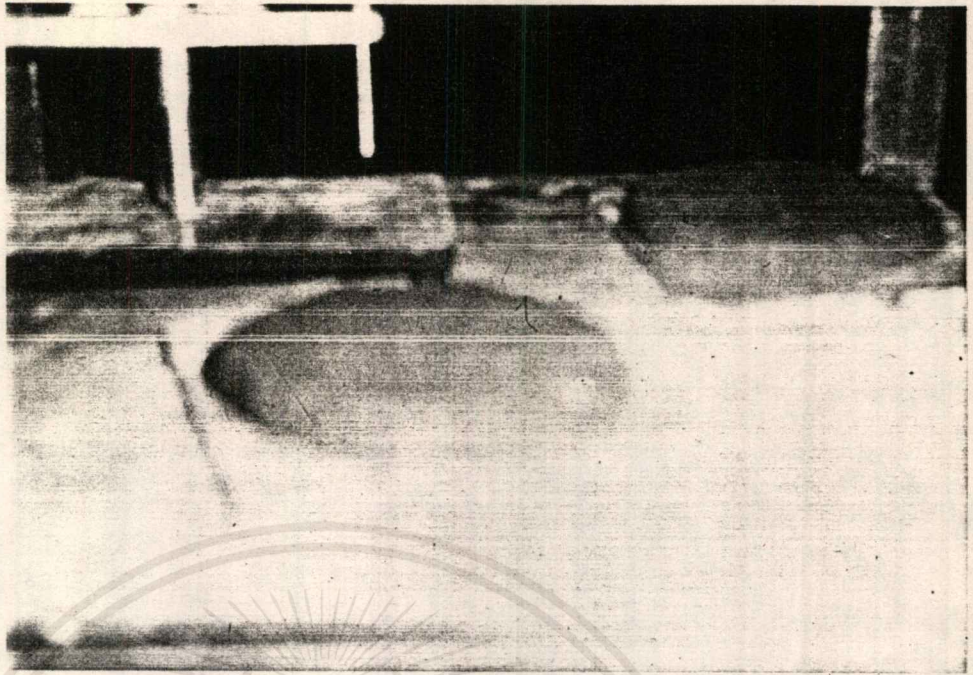
3. จากนั้นให้นำตัวอย่างดังกล่าว มาวางบนแท่นของอุปกรณ์กิลโมร์ เลื่อนตัวอย่างให้อยู่ใต้เข็มขนาดเล็ก ซึ่งใช้สำหรับวัดเวลาการเริ่มก่อตัว

4. เวลาการเริ่มก่อตัวของวงซีเมนต์ คือเวลาที่ผ่านไปตั้งแต่เริ่มผสมวงซีเมนต์ จนกระทั่งเมื่อตัวอย่างสามารถรับน้ำหนักเข็มขนาดเล็กได้โดยไม่จมลงไป (เห็นเพียงรอยเข็ม)

5. จากนั้นจึงตั้งตัวอย่างทิ้งไว้เฉย ๆ สักประมาณทุก ๆ 10 นาทีจึงเลื่อนตัวอย่างมาอยู่ใต้เข็มขนาดใหญ่ซึ่งใช้วัดระยะเวลาการก่อตัวเสร็จ

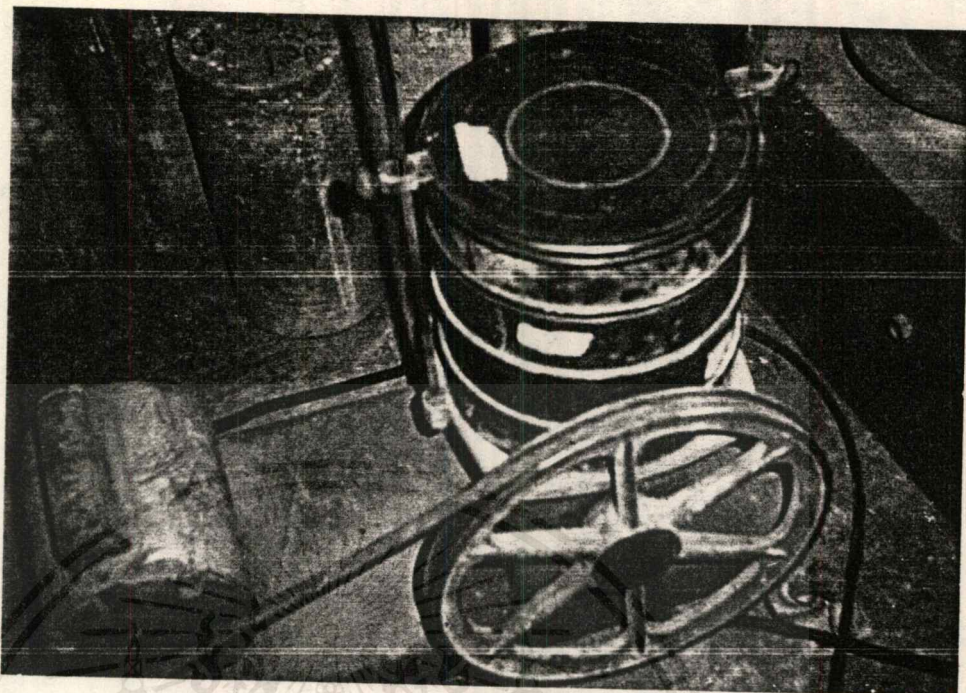
6. ระยะเวลาการก่อตัวเสร็จ คือเวลาที่ผ่านไปตั้งแต่เริ่มผสมวงซีเมนต์ จนกระทั่ง เมื่อตัวอย่างสามารถรับน้ำหนักเข็มใหญ่ ได้โดยไม่จมลงไป (เห็นเพียงรอยเข็ม)

7. เมื่อได้ระยะเวลาเริ่มก่อตัวและก่อตัวเสร็จแล้วจึงนำไปวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

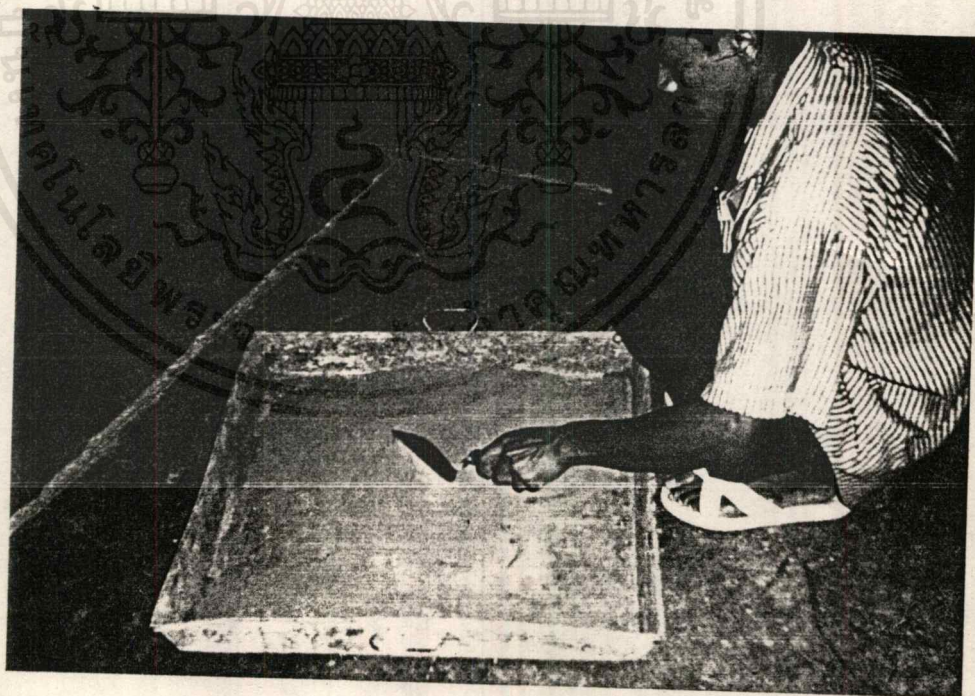


บ

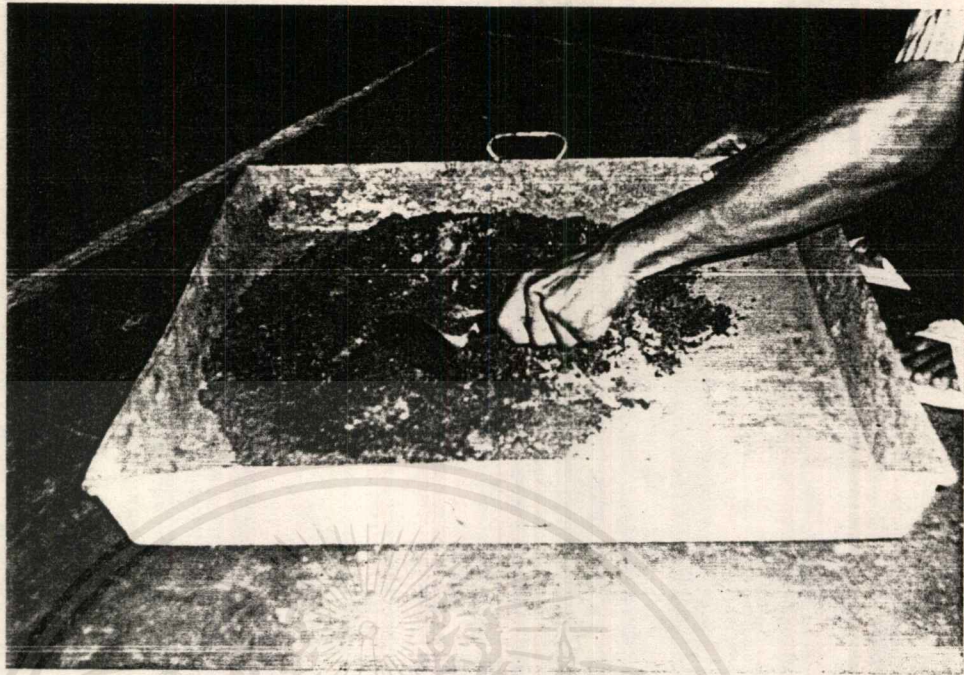
รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องมือการหา Time Setting แบบ กลิโมร์



ก



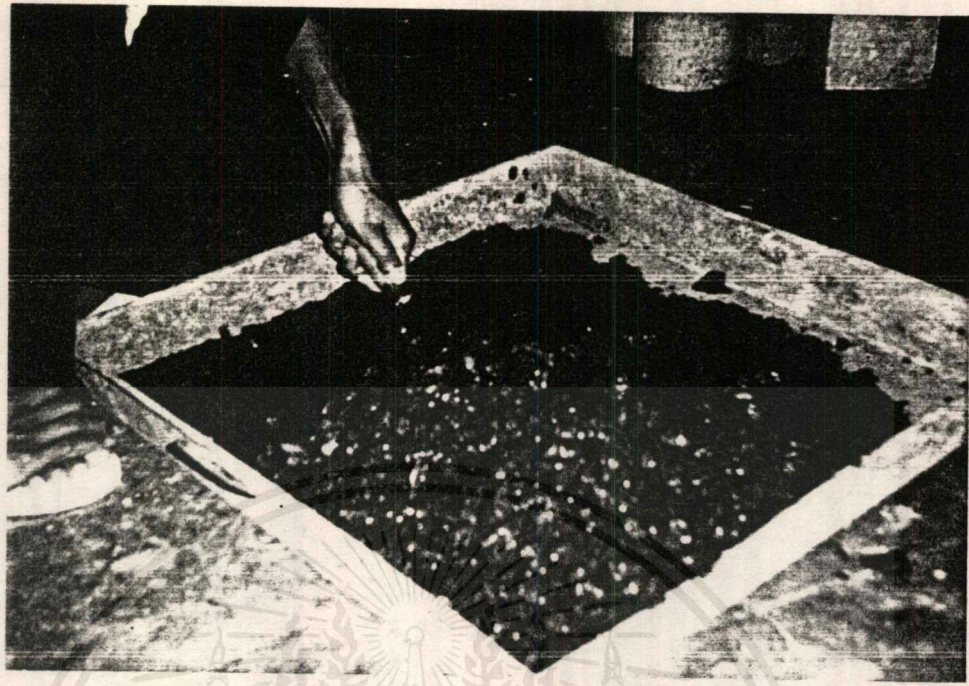
ข



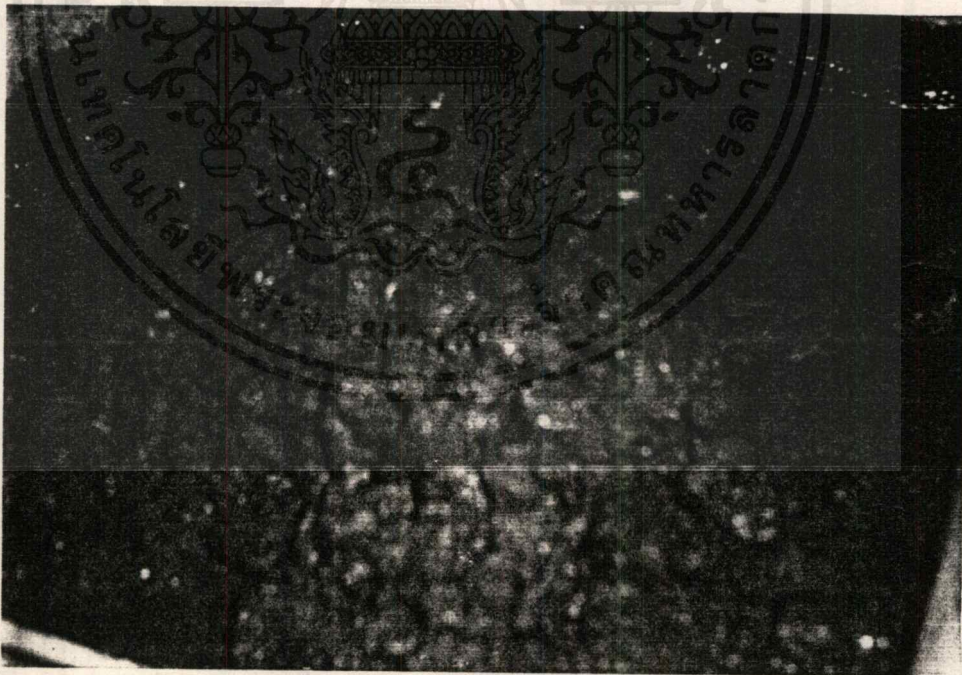
ค



ง

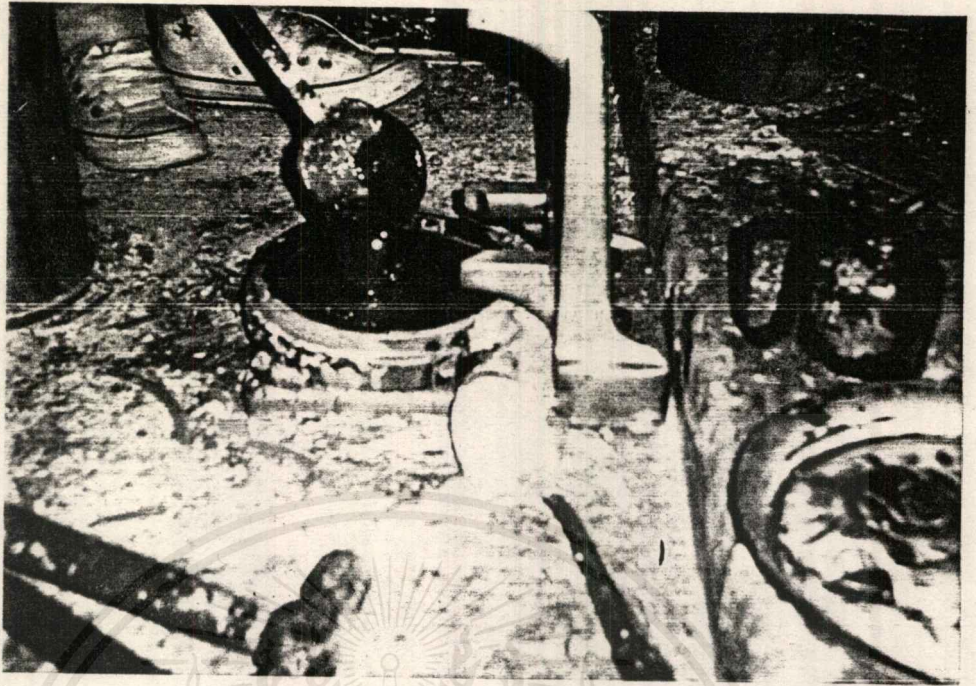


จ



ฉ

รูปที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการเตรียมรูปปูน

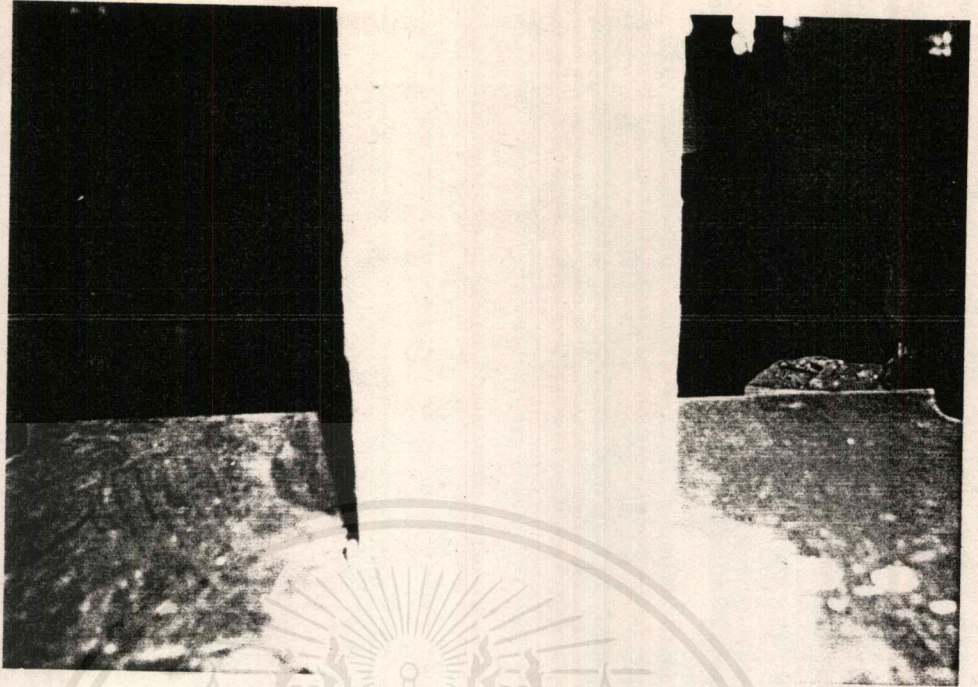


ก

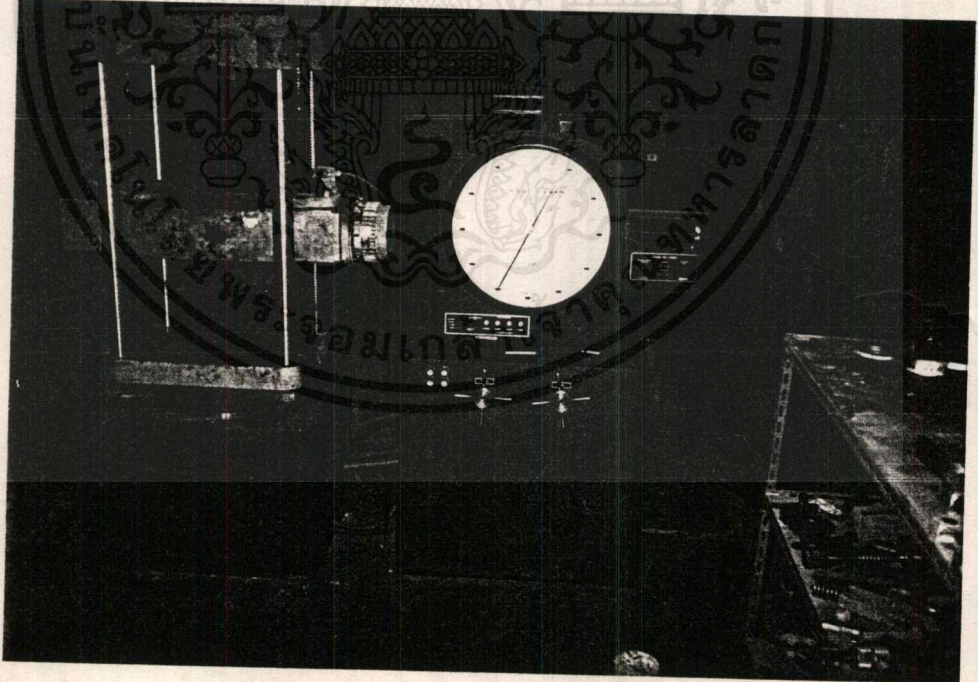


ข

รูปที่ 3.6 แสดงการ Copped ลูกปูน

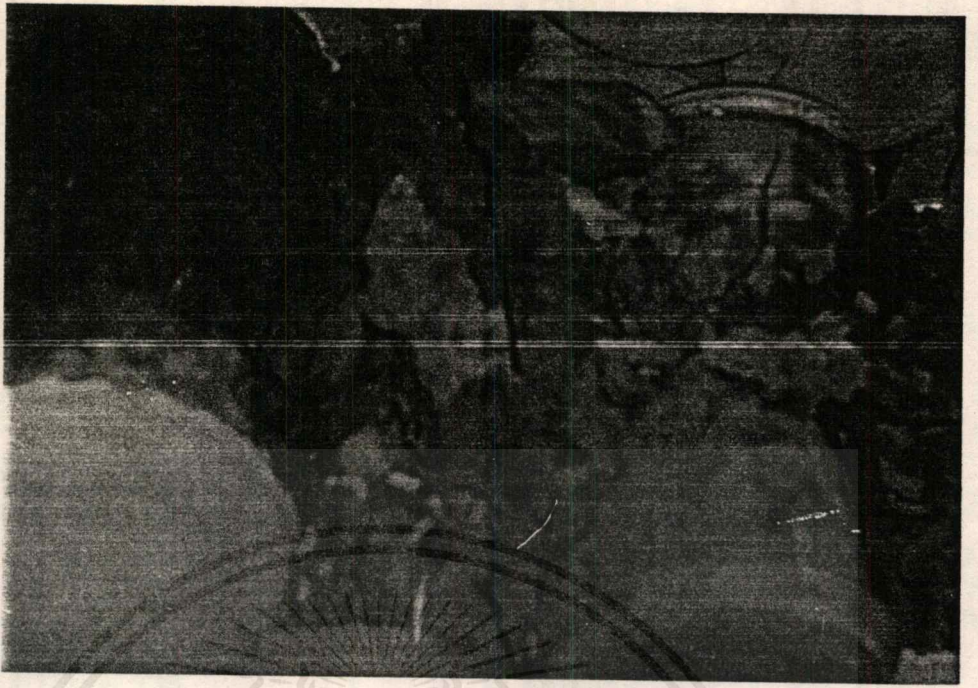


ก



ข

รูปที่ 3.7 แสดงการทดลอง



รูปที่ 3.8 ลักษณะการแตกของลูกปุ่นจากซีเมนต์ผสม



รูปที่ 3.9 การหาความต้านแรงของวันซีเมนต์

บทที่ 4

ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อตัวเสี้ยว และกำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสม

4.1 ผลการทดลองพหุกำลังอัดของคอนกรีต จากซีเมนต์ผสม

ตารางที่ 4.1 กำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมระยะเวลาบ่ม 6 hours

% Cement	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Fondu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Portland	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Diameter(cm)											
ลูกที่ 1	15.15	15.03	15.12	15.20	14.98	14.99	15.23	15.08	15.07	15.11	15.22
ลูกที่ 2	15.07	15.20	15.09	14.97	15.14	15.17	14.96	15.12	15.21	14.99	15.00
ลูกที่ 3	15.14	15.08	15.23	15.21	15.06	15.10	15.11	15.07	15.05	15.13	15.12
Load (Kg)											
ลูกที่ 1	4511.4	4403.5	4147.4	3684.7	3459.8	3378.6	9217.8	12391.6	25387.4	34791.7	55813.4
ลูกที่ 2	4398.2	4409.2	4136.9	3714.3	3576.6	3346.5	9107.4	11338.6	25491.1	35246.1	54726.2
ลูกที่ 3	4457.3	4401.7	4135.26	3659.2	3512.7	3297.2	9314.8	12709.2	24730.6	35130.9	55711.7

% Cement		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Fondu		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Portland		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
AREA (cm ²)												
กลุ่ม 1		179.31	177.4	179.55	181.45	176.2	176.47	182.17	178.6	178.36	179.31	179.58
กลุ่ม 2		178.36	181.45	178.8	176.0	180.0	180.7	175.77	179.55	181.69	176.48	177.65
กลุ่ม 3		180	178.6	182.17	181.69	178.1	179.1	179.31	178.36	177.89	179.75	179.55
Strength (ksc)												
กลุ่ม 1		25.16	24.8	23.1	20.3	19.6	19.1	50.6	96.38	142.3	194.03	310.8
กลุ่ม 2		24.65	24.3	23.1	21.1	19.87	18.52	51.8	63.15	140.3	199.7	308.06
กลุ่ม 3		24.76	24.6	22.7	20.1	19.7	18.4	51.9	71.25	134.02	195.4	310.28
Strength (ksc) average (ksc)												
		24.86	24.5	22.9	20.5	19.7	18.6	51.4	76.9	140.54	196.37	309.7

ตารางที่ 4.2 กำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมเวลาบ่ม 3 วัน

% Cement												
Fondu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Portland	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
Diameter(cm)												
ลูกที่ 1	15.084	15.039	15.14	15.091	15.022	15.102	15.13	15.109	15.092	15.097	15.095	
ลูกที่ 2	15.20	15.046	15.045	15.126	14.977	15.032	15.097	15.086	15.063	15.091	15.139	
ลูกที่ 3	15.15	15.12	15.19	15.13	15.011	15.111	15.031	15.121	15.103	15.084	15.121	
LOad (Xg)												
ลูกที่ 1	26823.1	26111.6	26100	25981.7	25521.1	25077.6	28838.3	32363.6	37566.9	36318.1	73195.5	
ลูกที่ 2	27943.2	27315.2	26953.2	26412.1	27424.2	26321.5	27483.5	33721.4	36475.3	37297.4	74231.1	
ลูกที่ 3	26754.7	26139.7	25987.4	26069.7	26537.1	24981.3	27975.1	31452.3	35873.6	36671.3	72875.2	
AREA (cm ²)												
ลูกที่ 1	178.82	177.63	180	178.86	177.23	179.126	179.79	179.4	178.89	179.01	178.96	
ลูกที่ 2	181.46	177.8	177.78	179.69	176.22	177.47	179.01	178.75	178.20	178.87	180.00	

% Cement												
Fondu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Portland	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
ลูกที่ 3	180.27	179.56	179.10	179.79	176.97	176.34	177.75	179.58	179.15	178.818	179.58	
Strength (ksc)												
ลูกที่ 1	150.0	146.9	145	145.26	144	139.9	160.39	180.50	210.0	202.84	409.01	
ลูกที่ 2	153.9	153.6	151.6	146.55	140.28	148.32	153.53	188.65	204.7	208.5	412.395	
ลูกที่ 3	148.4	145.58	145.1	145.0	149.95	141.67	157.65	175.14	200.2	205.07	405.809	
Strength (ksc) average (ksc)												
	150.7	148.69	147.2	145.75	144.74	143.25	157.19	181.43	204.97	205.49	409.06	

ตารางที่ 4.3 กำลังอัดของคอนกรีตจากที่เมตต์ผสมเวลาบ่ม 7 วัน

% Cement		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Fondu		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Portland		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Diameter(cm)												
ลูกที่ 1		15.121	15.211	15.10	15.210	15.250	14.98	15.11	15.03	14.99	15.05	15.008
ลูกที่ 2		15.132	15.108	15.17	15.09	15.30	14.98	15.06	15.05	15.05	14.95	15.099
ลูกที่ 3		15.121	15.09	15.13	15.07	15.20	15.01	15.21	15.09	15.1	15.06	15.10
LOad (Xg)												
ลูกที่ 1		41301.1	37325.2	34634.1	34504.5	32776.8	28273.7	51504.2	53806.3	62664.8	69430.4	74290.2
ลูกที่ 2		42751.8	36831.9	36521.7	35763.2	34159.0	28354.1	50762.5	54212.3	63287.6	68759.3	74563.1
ลูกที่ 3		41972.5	36412.3	36018.3	34871.4	33278.6	28070.3	49893.4	55072.5	63532.1	67314.2	75134.0
AREA (cm ²)												
ลูกที่ 1		179.57	181.7	179	181.8	183.8	176.2	179.4	177.5	176.6	177.8	176.9
ลูกที่ 2		179.84	179.2	180.7	178.9	183.9	176.4	178.2	177.9	177.8	175.6	179.0

%											
Cement											
Fondu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Portland	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
ความแข็งแรง	179.58	179.1	179.7	178.5	181.4	176.9	181.6	187.8	179.0	178.1	179.1
Strength (ksc)											
ความแข็งแรง	230	205.4	193.4	189.7	178.3	160.4	292.19	303.1	354.7	390.2	419.9
ความแข็งแรง	237.7	205.45	202.03	199.86	185.7	160.7	287.04	304.5	353.2	391.3	416.4
ความแข็งแรง	233.7	203.4	200.33	195.3	183.37	158.6	284.81	307.9	354.7	377.8	419.3
Strength (ksc) average (ksc)											
	233.8	204.7	198.6	194.9	182.4	159.9	274.6	305.2	354.8	386.5	418.5

4.2 ผลการทดลองหาระยะเวลาการก่อตัวเสี้ยว ของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสม

ตารางที่ 4.4 ระยะการก่อตัวเสี้ยวของคอนกรีต

% Cement											
Fondu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Portland	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Initial set (min)	195	124	56	17	5	3	2	1	4	66	162
Final set	408	210	114	43	71	7	5	2	9	127	210

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบ Strength ของคอนกรีต (ksc)

ระยะเวลาบ่มคอนกรีต	คอนกรีตจาก Fondu 100%	คอนกรีตจาก CPAC ธรรมดา	คอนกรีตจาก CPAC High early Strength (Type I+Admixture)	ซีเมนต์ธรรมดา
6 hours	244.2-253.8	-	< 100	-
24 hours	238.1-322.0	-	240	-
3 days	> 350	209	> 350	308
5 days	-	228	-	-
7 days	> 409	304	-	352
14 days	-	342	-	396
28 days	-	380	-	440

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบ Time Setting ของคอนกรีต

Time Setting	Fondu Lafarge 100%	CPAC ธรรมดา	CPAC High early Strength	ปอดไล่ต์
Initial Set	2h10 - 2h30	-	6h.	> 45 min
Final Set	2h30 - 3h10	-	3h	> 10 h

4.3 เปรียบเทียบราคาคอนกรีตตามอัตราส่วนผสมต่าง ๆ และคอนกรีตแบบต่าง ๆ

1. ราคาคงของคอนกรีต จาก Fondu Lafarge 100 %

เป็นค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 30 บาท/Kg

หรือประมาณ 12,000 บาท/ม³

2. ราคา CPAC ธรรมดา คอนกรีตสำเร็จ

ราคาประมาณ 1,385 บาท/ม³

3. ราคา CPAC High early strength คอนกรีตผสมเสร็จ

ราคาประมาณ 2,640 บาท/ม³

4. ราคาคอนกรีตตามอัตราส่วนผสมต่างๆ

ราคากว้าง 220 บาท/ม³

ราคาหิน 280 บาท/ม³

และคิดราคา Fondu Lafarge ที่ราคาขาย 1,500บาท/ถุง

% Cement											
Fondu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Portland	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
ราคา cement ต่อ 0.0053 ม ³											
Fondu	0	6.3	12.7	19.1	25.4	31.8	38.2	44.5	50.9	57.2	63.6
Portland	3.6	3.2	2.8	2.5	2.1	1.8	1.4	1.1	0.7	0.4	0
Total Cost	3.6	9.5	15.5	21.6	27.5	33.6	39.6	45.6	51.6	57.6	63.6

จากตารางที่ 4.7 จะได้ว่าราคา ต่อ 1 m^3 ตามอัตราส่วนต่าง ๆ ดังนี้

Fondu	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Portland	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
ราคา / m^3	679.2	1992	2924	4075	5188	6339.6	7471.6	8603.7	9735.8	10867.9	12000



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาระยะเวลาการก่อตัวเสี้ยว และกำลังอัดของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสมระหว่าง Fondu Lafarge และ Portland Cement

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Time Setting และอัตราส่วนผสมของซีเมนต์

จากผลการทดลองนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Time Setting และอัตราส่วนผสมของซีเมนต์โดยให้แกนนอนเป็นอัตราส่วนผสมและแกนยืนเป็น เวลาการก่อตัวได้ความสัมพันธ์ ดังกราฟรูปที่ 1 จากกราฟสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ Fondu Lafarge Initial Time Setting จะเร็วขึ้นจนกระทั่งถึงอัตราส่วนผสม Fondu 70 Portland 30 Initial Time Setting จะเริ่มช้าและจะช้าขึ้นเรื่อย ๆ ส่วน Final Time Setting จะเหมือนกัน

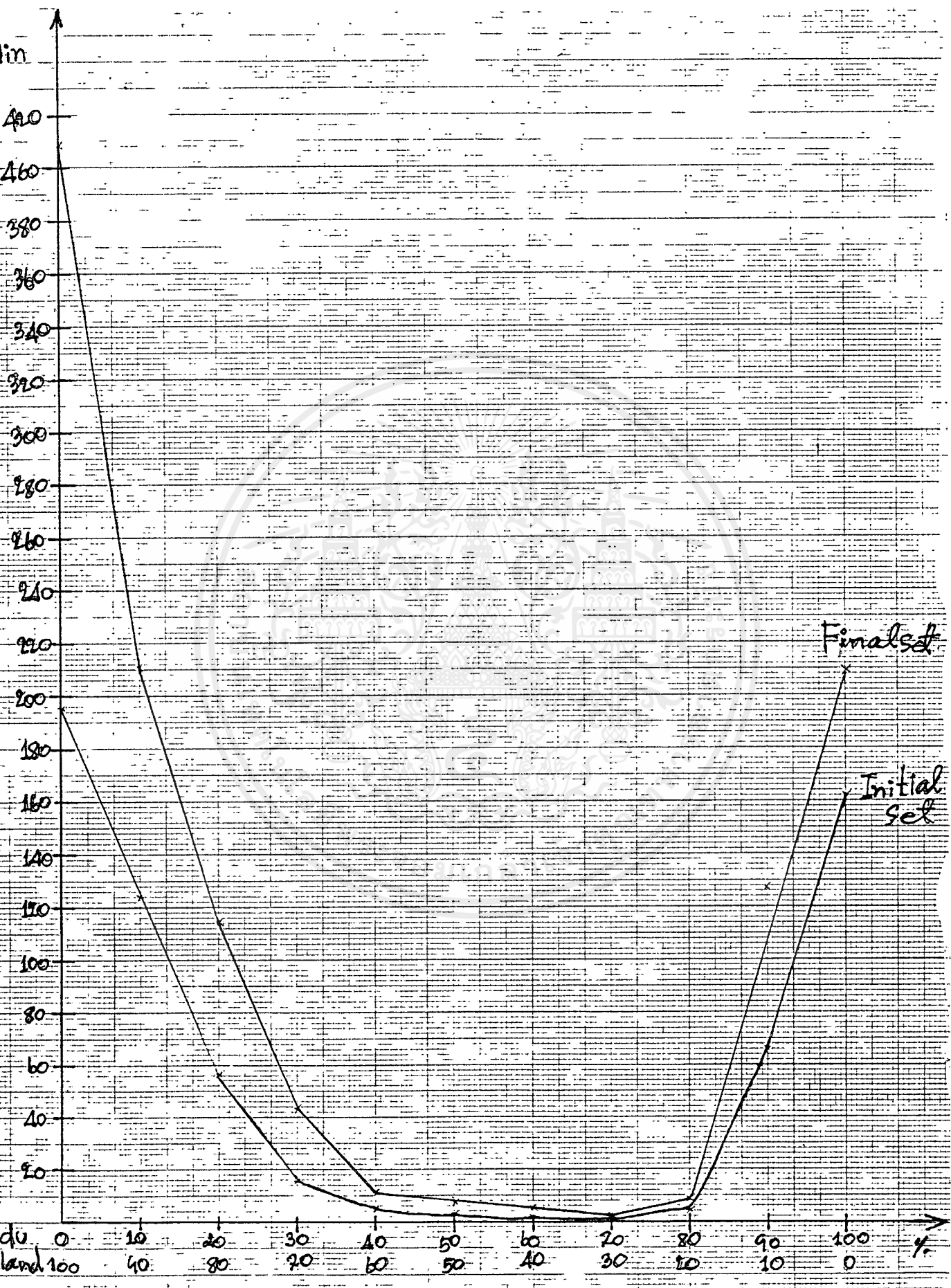
จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะได้อัตราส่วนผสมที่มี Final Time Setting อยู่ระหว่าง 0-6 h คืออัตราส่วนผสมต่อไปนี้

Fondu	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Portland	90	80	70	60	50	40	30	20	10

สาเหตุที่กราฟมีลักษณะดังกล่าวอาจเนื่องมาจากความละเอียดของซีเมนต์ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน. อัตราส่วนผสม Fondu เพิ่มจนถึงประมาณ 50 % จะเป็นช่วงที่ Well grade Cement และหลังจากนั้นจะเริ่มคละกันได้แฝลงไป เพราะเนื้อซีเมนต์ส่วนใหญ่จะเป็น Fondu ทำให้การคละกันไม่ดี การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันจึงเกิดช้า Time Setting ก็เลยช้า

กราฟรูปที่ 1

ความสัมพันธ์ ระหว่างเวลาก่อตัวและอัตราส่วนผสมของซีเมนต์



5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength ของคอนกรีตและอัตราส่วนผสม

จากผลการทดลองนำมาเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ อัตราส่วนผสมโดยให้แกนนอนเป็นอัตราส่วนผสมและแกนยืนเป็นกำลังอัดทั้งนี้ทั้งระยะเวลา 6 h 3 days 7 days จะเขียนอยู่ในกราฟแผ่นเดียวกันได้ความสัมพันธ์ดัง กราฟรูปที่ 2 จากกราฟความสัมพันธ์จะได้ว่าปริมาณของFondu rafargeจะมีผลต่อกำลังอัดมากยิ่งขึ้นปริมาณ Fondu rafarge มากกำลังอัดจะมากเพิ่มขึ้นตามลำดับยกเว้นช่วง บริเวณที่cement Portland มีมากกว่า 50 % - 60 % กำลังอัดจะลดลง

และอัตราส่วนผสมที่มี Strength ตั้งแต่ 180 KSC (เพราะโดยทั่วไป จะใช้กำลังอัดของคอนกรีตในการ Desing ประมาณ 180 KSC ที่อายุ 6 h ได้แก่อัตรา ส่วนผสม Fondu 90 % Portland 10 % และ Fondu 100 % Portlan 0 %

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Time Setting และ Strangth ของคอนกรีตจากซีเมนต์ผสม

จากกราฟจะได้ว่า Time Setting และ Strangth จะไม่เกี่ยวเนื่องกัน Time Setting น้อย Strangth อาจจะมีมากก็ได้ หรือ Time Setting น้อย Strangth อาจจะมีน้อยก็ได้

5.4 ผลการเปรียบเทียบราคาก่อสร้างตามอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ของ Concrete จาก ซีเมนต์ผสม,Fondu rafarge 100 % , CPAC ธรรมดา,CPAC High carly Strength

ในการออกแบบถนนคอนกรีตโดยทั่วไปต้องการกำลังอัด > 180 KSC และ Final Time Setting ควรอยู่ระหว่าง 4 - 6 h จากผลการทดลองจะเห็นว่า มีคอนกรีตที่สามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างดังกล่าวได้ดังนี้ คือ

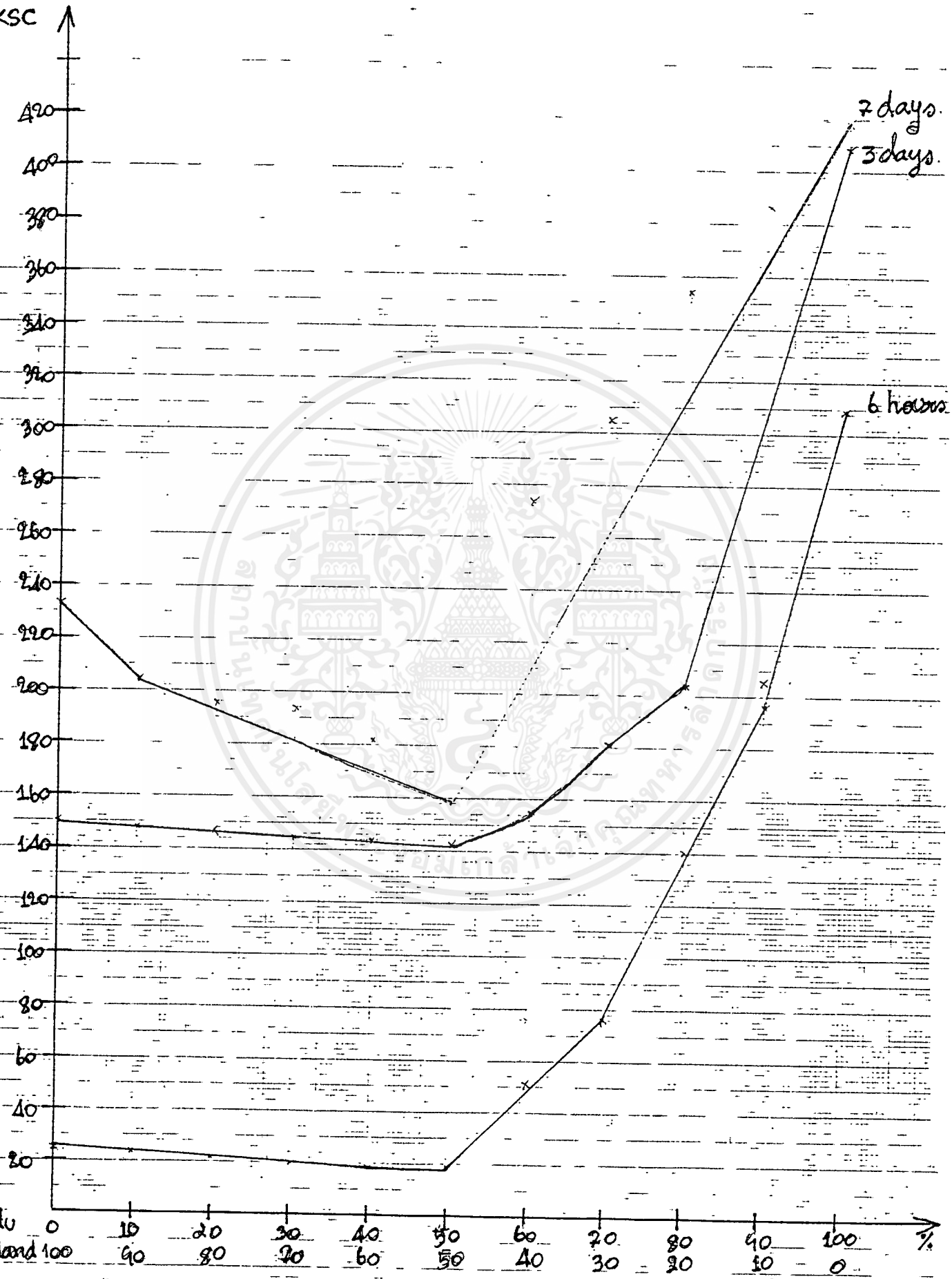
1. Fondu rafarge 100 %

Strength ณ.อายุ 6 ชั่วโมง

2. Fondu rafarge 90 % Portland 10 %

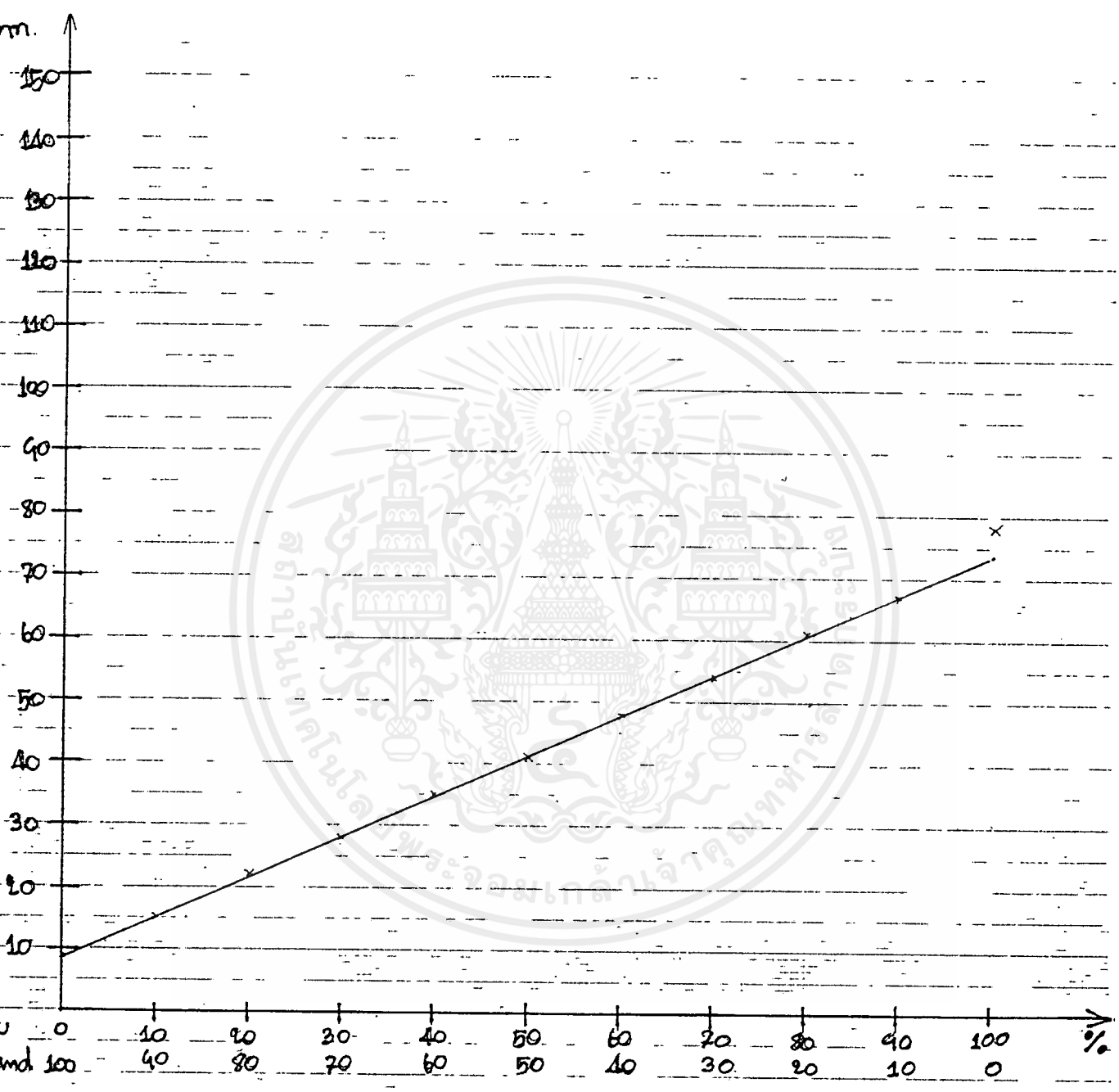
กราฟรูปที่ 2

ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าลึบอัดและอัตราส่วนผสมของซีเมนต์



กราฟรูปที่ 3

ความสัมพันธ์ ระหว่าง ราคาและอัตราส่วนผสมของซีเมนต์



Strength ณ.อายุ 6 ชั่วโมง ประมาณ 196 KSC

3. CPAC ธรรมดา

Strength ณ.อายุ 3 วัน ประมาณ 209 KSC

4. CPAC High early Strength

Strength ณ.อายุ 24 ชั่วโมง ประมาณ 240 KSC

แต่หากเราดูราคาคอนกรีตต่าง ๆ เหล่านี้จะเห็นว่า

1. Fondu rafarge 100 % ราคาเท่ากับ 12,000 บาท/ม³
2. Fondu rafarge 90 % Portland 10 % ราคาเท่ากับ 10,867.5 บาท/ม³
3. CPAC ธรรมดา ราคาเท่ากับ 1,385 บาท/ม³
4. CPAC High early Strength ราคาเท่ากับ 2,640 บาท/ม³

หากเราก่อสร้างโดยใช้ Fondu rafarge 100 % จะแพงมาก แต่เราสามารถทำการสร้างถนนหรือซ่อมเพียงคืนเดียวได้ แต่หากเราก่อสร้างโดยใช้คอนกรีตจากซีเมนต์ผสม Fondu rafarge 90 % Portland 10 % จะถูกกว่าการใช้ Fondu rafarge 100 % อยู่ประมาณ 1,132.1 บาท/ม³ เพราะฉะนั้นควรจะใช้คอนกรีตจากซีเมนต์ผสมแทน Fondu rafarge 100 % แต่หากเทียบกับ CPAC ธรรมดาและ CPAC High early Strength คอนกรีตจากซีเมนต์ผสมจะมีส่วนได้เปรียบ ดังนี้

เปรียบเทียบการใช้ CPAC ธรรมดา กับ คอนกรีตจาก Fondu rafarge 90 % Portland 10 %

หากใช้ Fondu rafarge 90 % Portland 10 % จะแพงกว่าการใช้ CPAC ธรรมดา ประมาณ 9,482.9 บาท/ม³ แต่หากใช้ CPAC ธรรมดาจะต้องปิดถนนในการก่อสร้างเพราะต้องรอให้ คอนกรีตได้ strength อย่างน้อย 3 วัน แต่หากใช้ Fondu rafarge 90 % Portland 10 % จะก่อสร้างโดยไม่ต้องปิดถนน เพราะฉะนั้นหากมองมูลค่าโดยรวมจะเห็นว่าใช้ Fondu rafarge 90 % Portland 10 % จะประหยัดกว่าเยอะมาก

เปรียบเทียบการใช้ CPAC High early Strength และ Fondu rafarge 90 % Portland 10 %

หากใช้ Fondu rafarge 90 % Portland 10 % ในการก่อสร้างจะแพงกว่าการใช้ CPAC High early Strength ประมาณ 8,227.9 บาท/ม³ แต่หากซ่อมหรือสร้างถนนโดยใช้ CPAC อย่างน้อยต้องใช้เวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้คอนกรีตได้ Syrength > 180 KSC นั่นคือจะต้องมีการปิดถนนอย่างน้อย 1 วัน แต่หากซ่อมโดยใช้ Fondu rafarge 90 % Portland 10 % จะก่อสร้างโดยไม่ต้องปิดถนนเลย หากมองมูลค่ารวมทั้งหมดจะเห็นว่า การก่อสร้างหรือซ่อมถนนโดยใช้ Fondu rafarge 90 % Portland 10 % จะถูกกว่าการใช้ CPAC High early Strength

5.5 บทประยุกต์การใช้งาน Concret จากซีเมนต์ผสม

หากจะนำ Concrete จากซีเมนต์ผสม ไปใช้งานจะมีแนวทางการใช้ดังนี้

งานที่ต้องการ Concrete ก่อตัวเร็วอาจจะรับกำลังหรือไม่รับกำลังก็ได้ หากไม่รับกำลังที่อัตราส่วนประมาณ Fondu 70 % cement Portland 30 % จะมีเวลาการก่อตัวเร็วมาก แต่หากรับกำลังต้องดูว่าต้องการกำลังเท่าใดแล้วเลือกอัตราส่วนที่มีกำลังตามต้องการ

5.6 ข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดจากการศึกษาและข้อเสนอแนะหากจะนำไปใช้จริง

ข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นมาจากสาเหตุดังนี้

1. ในช่วงที่ทำการทดลองวันแรกฝนตกทำให้หินทรายเปียกแต่พอวันที่ 2 ฝนไม่ตก หิน ทราย แห้ง เลยต้องเอาน้ำรดเพื่อให้มีสภาพใกล้เคียงกับในวันแรก
2. ในช่วงทดลอง หา ปริมาณซีเมนต์ผสม เครื่องมือไม่สมบูรณ์ เข็มของไวแคทไม่มีจึงต้องประยุกต์ใช้เข็มทดแทนเข็มจริงอาจผิดพลาดได้
3. เครื่องกดลูกปูนเกิดการชำรุดในช่วงจะทำการกดลูกปูนทำให้ช่างต้องมาเห็นที่ใหม่ซึ่งอาจทำให้เกิดการผิดพลาดได้

4. ในช่วงทดลองหล่อรูปนการกระทั่งรูปน กระทำกันหลายคนซึ่งนำ
หนักในการกระทั่งอาจจะไม่เท่ากันก็ได้ หากจะมีการนำไปใช้งานจริงควรทำการทดลอง
ใหม่ ควบคุม หิน ทราย ให้อยู่ในสภาพเดียวกันตลอดการทดลองและเครื่องมือจะต้องพร้อม
มากกว่านี้



บทที่ 6
บทอ้างอิง

1. ปฏิบัติการ คอนกรีตเทคโนโลยี ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ
พิมพ์เมื่อ พ.ศ.2530
2. วัสดุวิศวกรรม การก่อสร้าง รศ.ดร.พิภพ สุนทรสมัย
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)
พิมพ์เมื่อ 1 พฤศจิกายน 2532
3. วัสดุก่อสร้าง คาสตราราย์ ดร.วิทยา เพียรวิจิตร
วศ.บ. (จุฬาฯ), M.S. (Illinois), PH.D. (London)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉลอง เกิดพิทักษ์
ศป.บ. (เกษตร), M.Sc. (Manitoba)
อาจารย์ วรณศรี บุญรัตน์พันธุ์
วศ.บ., วศ.ม. (จุฬาฯ)
พิมพ์เมื่อ พฤษภาคม 2524
4. คอนกรีตเทคโนโลยี อาจารย์ วินิต ช่อวิเชียร
พิมพ์เมื่อ 2529
5. วิศวกรรมการทาง รศ. จิรวัฒน์ โชติกไกร วศ.บ. AIT
6. ปรุณีกลศาสตร์
 - อ. วัฒนา ธรรมมงคล วศ.บ., วศ.ม. (AIT)
 - อ. วินิต ช่อวิเชียร วศ.บ., PH.D. (Purdue)
 พิมพ์เมื่อ พ.ศ. 2532



ภาคผนวก

ภาคที่ 1 **Fondu rafarge Cement.**



CIMENT FONDU LAFARGE

CONSTRUCTION APPLICATIONS

General characteristics

CIMENT FONDU LAFARGE is a hydraulic cement, based on Calcium Aluminates, rather than Calcium Silicates which are the basis of Ordinary Portland cement. This difference confers on CIMENT FONDU LAFARGE special properties which suit it ideally for specific applications which in general complement the traditional uses of Portland cement.

Ciment Fondu Lafarge has a normal setting time, similar to Portland cement.



CIMENT FONDU LAFARGE is rapid hardening. Concretes and mortars based upon it achieve high early strength allowing fast stripping of formwork, and return to service normally in the space of 6 hours to 24 hours.



Unlike ordinary Portland cement, CIMENT FONDU LAFARGE does not release free lime on hydration with water. This means that low porosity concretes, based upon it, show excellent resistance to chemical attack, from a wide range of aggressive substances.



CIMENT FONDU LAFARGE is ideally suited for heat resistant and for refractory concretes.



Concretes and mortars based on CIMENT FONDU LAFARGE, because of their high mechanical performance and low porosity are particularly suited to those applications where the concrete is subject to abrasion. For example industrial floors, flumes, linings etc...



CIMENT FONDU LAFARGE is an accelerator for Portland cements. Mixtures may be used for finishes, fillers and grouting materials. Fondu/Portland mixes should not be used in structural concreting.



CIMENT FONDU LAFARGE is normally supplied in multiwall paper sacks which include a moisture resistant barrier. However, in common with all hydraulic cements Ciment Fondu Lafarge must be stored in dry conditions. Ciment Fondu Lafarge will retain its properties for up to six months. In many instances properties are maintained for over a year.

CIMENT FONDU LAFARGE can also be delivered in bulk or big bags.

Typical properties

The properties of CIMENT FONDU LAFARGE conform to the following standards :

- Circular No 79-34 of the French Ministry of the Environment 27 th March 1979, concerning the use of calcium aluminate cements.

- CIMENT FONDU LAFARGE, Guide for Use produced in collaboration with the Central Laboratory of the French Highways Department and given the approval of the Commission Permanente des Liants Hydrauliques et des Adjuvants du Béton (COPLA). The guide is issued through Lafarge Fondu International.

- British Standards Institution - BS915 1980 (Part 2)

CIMENT FONDU LAFARGE is monitored on a monthly basis by the laboratories of the Ville de Paris, the official organisation of the French Standards Association (AFNOR)

1 Chemical Analysis

MAIN CONSTITUENTS (%)				
	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ +FeO
Typical average values	38-40	37-39	3-5	15-18
Values range	>37	<41	<6	< 18,5

MINOR CONSTITUENTS (%)			
TiO ₂	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃
< 4	< 1.5	< 0.4	< 0.3

2 Mineralogical composition

C = CaO - S = SiO₂ - A = Al₂O₃ - F = Fe₂O₃

- Principal mineralogical phase

CA Monocalcium aluminate

- Secondary phases

C₁₂A₇, C₂S, Ferrites - C₄ AF



LAFARGE
FONDU
INTERNATIONAL

Physical properties

Bulk density : 1150 kg / m³

Specific gravity : 3.2 - 3.3

Fineness : specific surface area (Blaine) : 2850 - 3050 cm² / g (typical average value)
 Residue on 90 micron sieve : 8 % maximum value

Residue on 90 micron sieve : 8 % maximum value

Hydraulic properties

Setting time

Modified AFNOR (P15401) standard mortar :

Mortar 1 / 2.7 (cement/aggregate ratio)

Water / cement ratio = 0.4

siliceous sand AFNOR P15403 = 1350 g

Ciment Fondu Lafarge = 500 g

Water = 200 g

Setting time measured at 20 °C by VICAT needle
 according to AFNOR Standard P15431 or BS 4550)

	INITIAL SET	FINAL SET
Typical average values	2h10-2h30	2h30-3h10
Value range	> 2h	> 3h20
Guaranteed limit	> 1h30	-

Heat cement paste according to BS915

Initial set : not less than 2h not more than 6 h.

Final set : not more than 2 hours after the initial set.

Workability at 20°C

Dynamic workability of the AFNOR mortar is measured on an LCPC workability apparatus (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées). (AFNOR

Standard P15431 assesses the rheological behaviour (ease of spreading) of a vibrated mortar.

The AFNOR mortar defined for setting time measurements is used for this test.

Setting time of the mortar in the apparatus : 15 minutes.
 Spreading time under vibration - indicative value : 15 seconds.

c) Mechanical strength at 20°C

(80 % relative humidity)

* according to AFNOR standard P15401 / P15451

- Mortar : 1 / 2.7 (cement/aggregate ratio)

- Water / cement ratio : 0.4

	Age	6 h	24 h	7days	28days
Typical average values	Flexural strength	4,5-6,5	6,5-8,5	7,5-9	8-12
	compressive strength	35-45	60-70	75-85	80-95
Value range	Flexural strength	>4	>5.5	>6.5	>7.5
	compressive strength	>30	>50	>65	>75

Mechanical strengths are expressed in MPa.

At later age there is a change in the mechanical performance - a phenomenon known as "conversion" which produces a temporary loss in strength. To take this effect into account specific recommendations concerning the use of Ciment Fondu Lafarge should be followed. These are given in the Guide for Use produced in collaboration with LCPC

and approved by COPLA.

* according to BS915

- Mortar 1.3 (cement/aggregate ratio)

Age	24 hours	3 days
Compressive	Not less than 42	Greater than 24 h strength, and not less than 49

- Water cement ratio : 0.4

d) Soundness

- Nil measured by the Le Chatelier test (French AFNOR Standard P15432).

- Not more than 1 mm measured by the BS 915 method.

e) Heat of Hydration

Age	6 h	1 day	5 days
Heat of Hydration (cal/g)	98	113	114
Guaranteed minimum		75	

Note : The value ranges shown in the tables are determined according to normal sampling procedures given in ISO 3951 with acceptable quality levels defined by this standard, fixed at 2.5 %.

STRENGTH DEVELOPMENT OF CONCRETES AND MORTARS BASED ON CIMENT FONDU LAFARGE.

The strength development of concretes and mortars based on Ciment Fondu Lafarge is a function of the heat liberated during the hydration of the calcium aluminates, the surrounding environment, and time.

- During mass concreting, where there is a very high initial heat evolution, the strength at 24 hours is lower than that achieved if the concrete had been kept cool. However, for practical purposes, this strength will not decrease further, and may be considered as the minimum value.

For concretes of small cross section, maintained at a temperature of 20°C and kept cool during hardening, higher strengths may be achieved at very early ages. With further time, depending upon conditions of temperature and humidity, the compressive strength decreases to a minimum before increasing again ; this minimum is comparable to the 24 hour compressive strength of a concrete subjected to hot conditions during curing. The reduction in strength, due to the conversion of calcium aluminates, is accelerated in hot and humid environments.

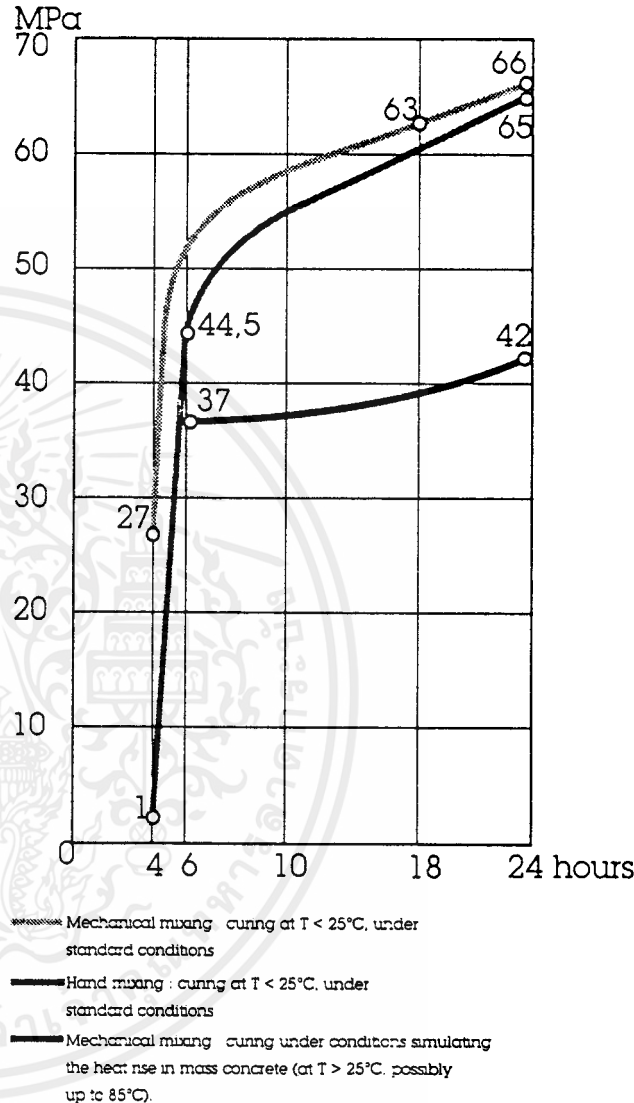
The level of strength is significantly influenced by the nature of the aggregates. Calcereous aggregates give the highest mechanical strengths.

From the practical point of view and from the large number of tests that have been carried out, it has been shown, for a correctly made concrete with carefully selected quality aggregates (limestone or silico-calcareous aggregates) - with a maximum total water / cement ratio of 0.40 and a minimum cement content of 400 kg / m³, that the minimum strength will exceed 30 MPa within 6 hours after casting and will remain in excess of 40 MPa from the age of 24 hours onwards, for all practical temperatures of initial hydration and conditions of subsequent service.

Still higher strengths are obtained with lower water / cement ratios.

In all cases compressive strengths assumed in design should not exceed 40 MPa.

Results determined on micro-concrete, based on siliceous aggregates 0.8 - 0.5 mm, cement content of 465 kg / m³, total water / cement ratio 0.40. Measured on concrete prisms 40 mm x 40 mm x 160 mm.



The conditions of use for Ciment Fondu are detailed in the specific brochure concerning the use of aluminous cements from LAFARGE FONDU INTERNATIONAL.

rapid hardening

FONDU is a RAPID HARDENING, not a RAPID SETTING cement.

Set begins at roughly the same time as with Portland cement (2 to 3 hours), thereafter strength develops rapidly.

The level of strength obtained depends on several factors:

- nature and composition of aggregates
- workability of concrete (proportion of cement and mixing water)
- method of mixing
- ambient temperature

achievement of high strength after a short time enables:

- early striking of formwork
- new concrete to be in service 12 hours after placing and not more than 24 hours for structural concrete

To obtain these results which enable minimum DOWNTIME of equipment, it is suggested that the recommendations contained in our literature are strictly observed. for example.

- F202 concretes and mortars based on FONDU

These recommendations are designed to ensure that the minimum compressive strength 24 hours after placing will be at least 5800 psi for all practical conditions of curing.

Strength development of FONDU concrete up to 24 hours
of laboratory tests w/c = 0.4).

4 hours

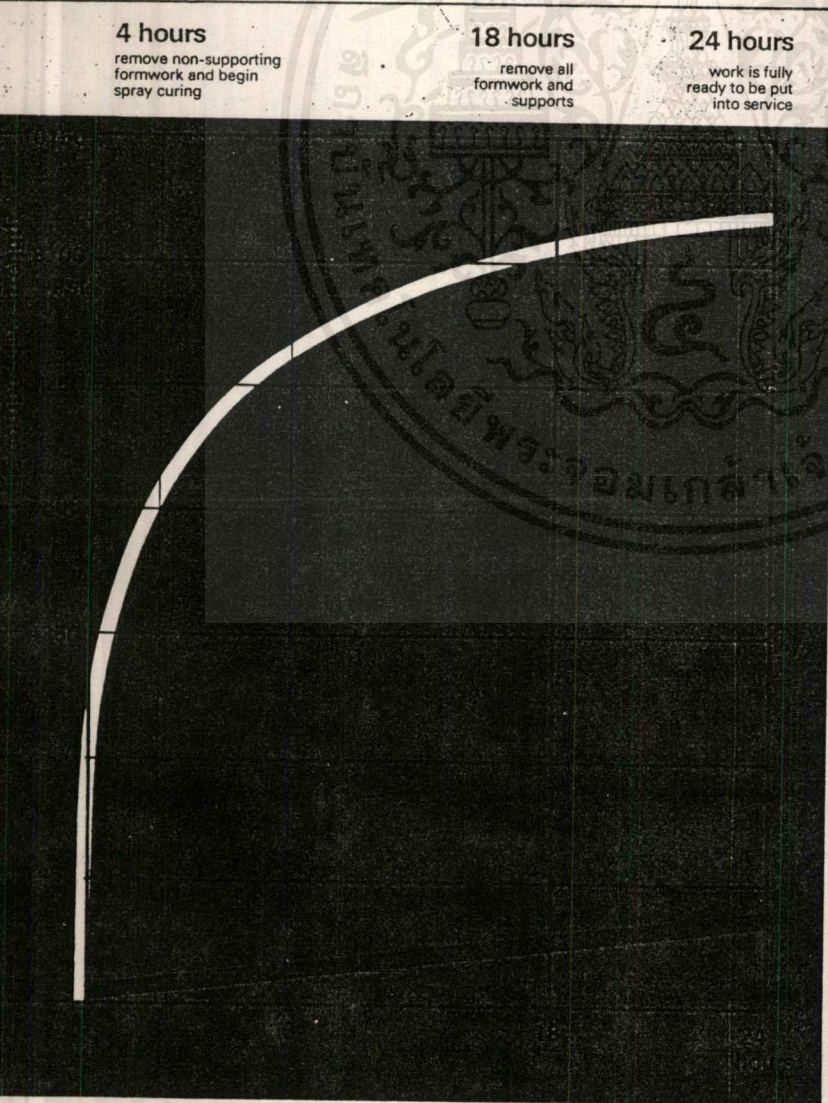
remove non-supporting formwork and begin spray curing

18 hours

remove all formwork and supports

24 hours

work is fully ready to be put into service



mechanical mixing - hardening without temperature
rise (T = 77°F or 25°C standard curing)

portland cement

mechanical mixing - hardening with temperature
rise development with in massive concrete from heat of hydration
(T = 77°C or 25°C possibly reaching 185° or 85°C)

REPARATION DE CHAUSSEE ROAD REPAIR



MATRE D'OUVRAGE

Departement des autoroutes
BANGKOK - THAILANDE

APPLICATION

Reparation de chaussées

ANNEE : 1990

DEFI

Le trafic a Bangkok est extrêmement dense. Il fallait réparer dans la nuit les dalles de béton présentant des dégradations superficielles.

LA SOLUTION L.F.I.

Rabotage de la dalle sur 7 cm et coulage d'un béton de CFI/Agrégats traditionnels (7 m x 4 m)

RESULTAT ET TENUE DANS LE TEMPS

La circulation n'est interrompue que pendant la nuit.

Un tonnage important est prévu pour cette utilisation en 1991.

PRESCRIPTEUR :

Departement des autoroutes

ENTREPRISE APPLICATRICE

Entreprise FAST

SOCIETY

Motorways Department
BANGKOK - TAILAND

APPLICATION

Road repairs.

YEAR : 1990

CHALLENGE

Traffic in Bangkok is extremely heavy, and it was necessary to carry out repairs to damaged sections of the road at night.

L.F.I.'S SOLUTION

The old concrete was cut back to a depth of 7 cm and then an ordinary Fondu concrete was used to resurface the slabs (area 7 m x 4 m).

RESULT AND PERFORMANCE

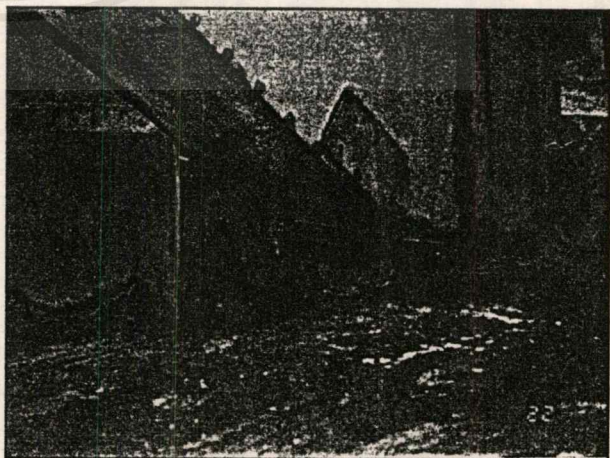
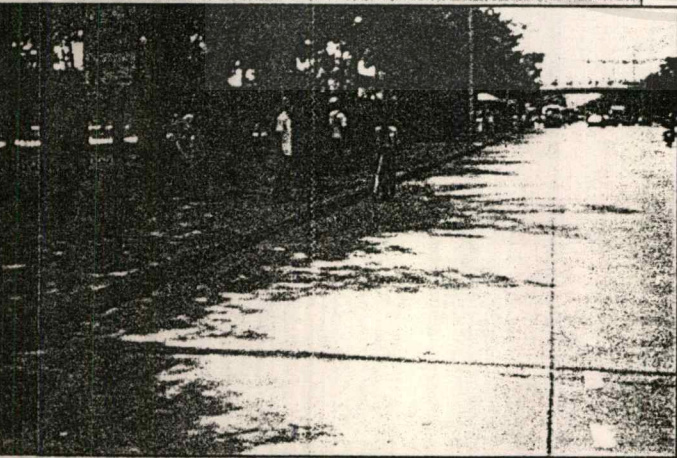
Traffic was halted only at night. Further work is envisaged in 1991 involving a considerable tonnage of cement.

SPECIFIER :

Motorways Department

CONTRACTOR

FAST Company



LAFARGE
FONDU
INTERNATIONAL

DALLE D' AUTOROUTE MOTORWAY SLAB



MAITRE D'OUVRAGE
FAST - BANGKOK

APPLICATION
Réparation - dalle, autoroute

ANNEE : 1989-1990

DEFI

Le trafic à Bangkok est extrêmement dense. Le département des autoroutes cherchait une solution qui permettait de réaliser les travaux en interrompant la circulation le moins longtemps possible.

SOLUTION L.F.I.

Les dalles font 7 m x 4 m x 0,25 sans joint.

Le Béton de CFI/Agrégats traditionnels permet de faire les travaux dans la première partie de la nuit pour ouverture à la circulation le matin.

RESULTAT ET TENUE DANS LE TEMPS

Toutes les solutions concurrentes à base de Portland n'ont pas donné satisfaction. Malgré un coût 5 fois plus élevé que la solution traditionnelle, le résultat économique est satisfaisant (contrainte de circulation supprimée).

COMPANY
FAST - BANGKOK

APPLICATION
Motorway slab repairs

YEAR : 1989-1990

CHALLENGE

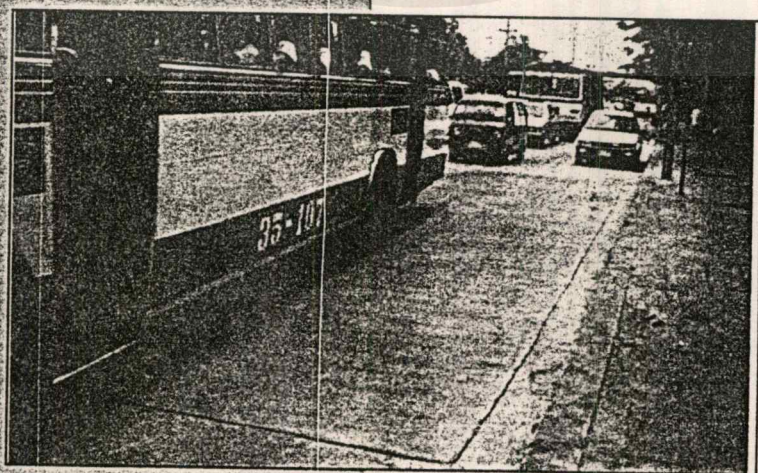
The traffic in Bangkok is extremely heavy. The motorways Department was looking for a solution which would minimise the interruption of traffic flow.

L.F.I.'S SOLUTION

The slabs are 7 m x 4 m x 0,25 deep. An ordinary CFL concrete is used allowing work to be completed during the night and the road reopened to traffic the following morning.

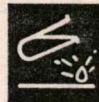
RESULT AND PERFORMANCE

None of the competitive solutions based on Portland Cement had been satisfactory. In spite of a cost 5 times higher than the traditional method, it is still economical in terms of minimising traffic hold ups.



LAFARGE
FONDU
INTERNATIONAL

PISTE D'AEROPORT RUNWAY REPAIRS



MATRE D'OUVRAGE

Ville de STUTTGART - ALLEMAGNE

APPLICATION

Réparation de piste d'aéroport

ANNEE : 1988

DEFI

Il fallait remplacer des dalles endommagées par un béton coulé in situ et cela dans un temps très court. Les contraintes auxquelles sont soumises les dalles sont d'ordre mécaniques. Il y a également de la corrosion due aux hydrocarbures.

SOLUTION CONCURRENTE

Les bétons de Portland.

LA SOLUTION L.F.I.

30 dalles de 7,5 x 1,2 x 0,35 m en béton de CFI/Agrégats traditionnels soit 30 tonnes de ciment.

RESULTAT ET TENUE DANS LE TEMPS

12 heures après coulage, le béton atteint 50 bars à la traction. 180 dalles devaient être remplacées.

PRESCRIPTEUR : Bureau d'Etudes de l'aéroport

ENTREPRISE APPLICATRICE

Aéroport de Stuttgart.

COMPANY

SUTTIGART TOWN - GERMANY

APPLICATION

Runway repairs

YEAR : 1988

CHALLENGE

It was necessary to carry out repairs to damaged sections of the concrete in the shortest time possible. The main constraints for this application are mechanical loading on the concrete slabs and corrosion due to fuel spillage.

COMPETITORS SOLUTIONS

Portland concrete.

L.F.I.'S SOLUTION

30 concrete slabs 7,5 x 1,2 x 0,35 m were cast using ordinary Fondu concrete. In total 30 tonnes of Ciment Fondu Lafarge were used.

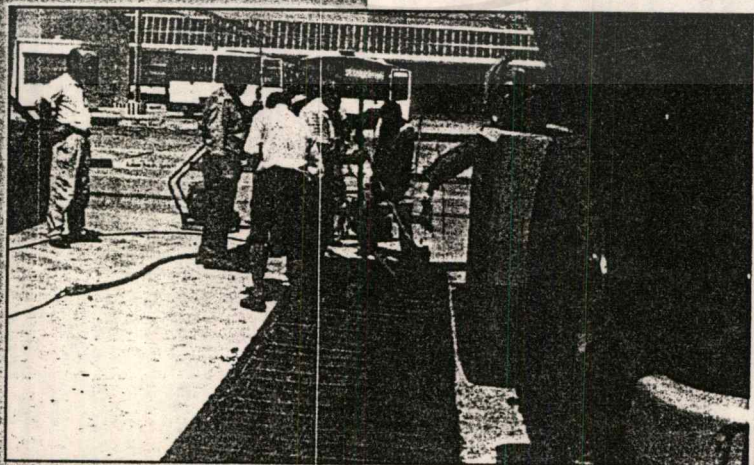
RESULT AND PERFORMANCE

12 hours after casting the 5.0 MPa tensile strength required was achieved. In all 180 slabs will need replacing.

SPECIFIER : Airport Design Office

CONTRACTOR

Stuttgart Airport



LAFARGE
FONDU
INTERNATIONAL

TABLIER DE PONT BRIDGE DECK



MAITRE D'OUVRAGE
DDE ALPES MARITIME - FRANCE
APPLICATION
Elargissement d'un tablier de pont
ANNEE : 1989

DEFI
Le pont de Nocé devait être élargi de 4,5 à 8 m. Mais la route seule accès reliant les communes avoisinantes et axe très fréquenté devait être coupé un minimum de temps.

SOLUTION L.F.I.
Coulage d'un béton de CFI/Agrégats traditionnels représentant 90 m³.

RESULTAT ET TENUE DANS LE TEMPS
12 h 30 après l'interruption de la circulation, la route est réouverte. La plus-value globale environ 3 % a été compensée par le gain économique représenté par cet arrêt réduit au minimum.

PRESCRIPTEUR :
C.E.T. Méditerranéen Aix-en-Provence
Division Ouvrages d'Art
ENTREPRISE APPLICATRICE
G.T.M. - NICE

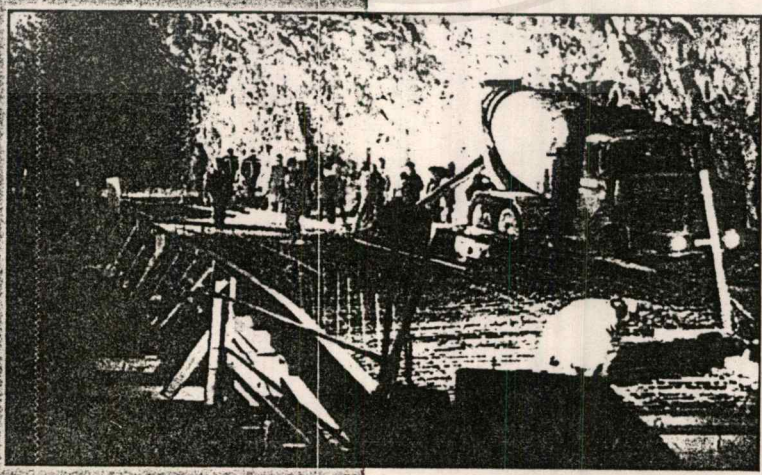
COMPANY
ALPES MARITIME DDE - FRANCE
APPLICATION
Enlarging a bridge deck
YEAR : 1989

CHALLENGE
The Nocé bridge had to be widened from 4.5 to 8.0 m. But the road was the only access between two neighbouring communities. Frequently used, and so could only be closed for the minimum of time. Portland concrete even when accelerated could not give the required early strengths.

L.F.I.'S SOLUTION
Cast an ordinary Fondu concrete slab totalling 90 m³.

RESULT AND PERFORMANCE
12 and half hours after closing the road, it was reopened to traffic again. The extra 3 % on the total cost was more than compensated by the economies achieved by keeping the closure to minimum.

SPECIFIER :
C.E.T. Méditerranéen - Aix-en-Provence ; Civil Engineering Division
CONTRACTOR
G.T.M. - NICE



LAFARGE
FONDU
INTERNATIONAL

FONDATIONS FOUNDATIONS



MAITRE D'OUVRAGE

Kominco - CANADA

APPLICATION

Fondations

ANNEE : 1988

DEFI

Il s'agissait de faire des fondations dans un sol gelé, tout au long de l'année et d'obtenir des résistances, à court terme, au minimum de 42 MPa.

SOLUTION CONCURRENTE

Le ciment Portland adjuvanté, ainsi que le ciment ASTM type III n'obtiennent pas les résistances mécaniques minimum.

SOLUTION L.F.I.

Forage de piliers de 150 mm de diamètre sur 6 m de profondeur. Ferrailage de l'installation et mise en place d'un mortier de CFL gaché avec de l'eau à 20°C.

RESULTAT ET TENUE DANS LE TEMPS

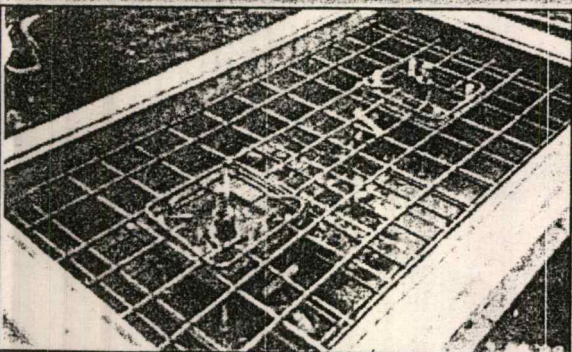
La température finale générée monte à 60°C évitant l'utilisation d'équipements coûteux pour chauffer les bétons traditionnels.

PRESCRIPTEUR :

Ralph M. Parsons PASADENA - CALIFORNIE

ENTREPRISE APPLICATRICE

Osborn Construction - SEATTLE
Queen Construction - TEXAS



COMPANY

Kominco - CANADA

APPLICATION

Foundations in Permafrost

YEAR : 1988

CHALLENGE

To establish a working foundation for mining support buildings which would set and harden in the very low temperatures encountered in Alaska. Maximum temperature - 1° C strength 42 MPa.

COMPETITORS SOLUTION

- blended Portland cements
- ASTM Type III cements

L.F.I.'S SOLUTION

The contractor drilled 150 mm diameter, 6 m deep piles.

Reinforcing steel set into the pile holes and grouted in with a neat Ciment Fondu Lafarge slurry

RESULT AND PERFORMANCE

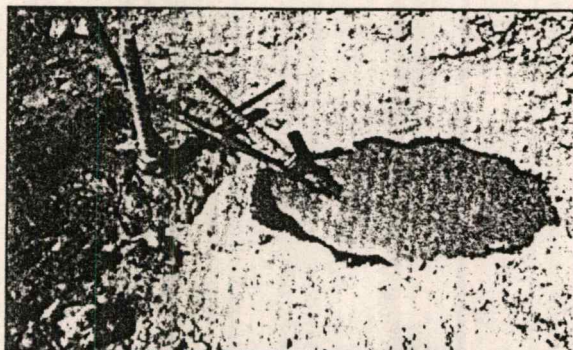
The CFL slurry was mixed for 6 minutes with water at 20 °C to ensure good workability. The final temperature generated after the set was about 60 °C in 8-10 hours, avoiding the necessity of expensive heating equipment. To date construction is still in progress with no evidence of problems in the concrete.

SPECIFIER :

Ralph M. Parsons PASADENA CALIFORNIA

CONTRACTOR : Entreprise Roucal

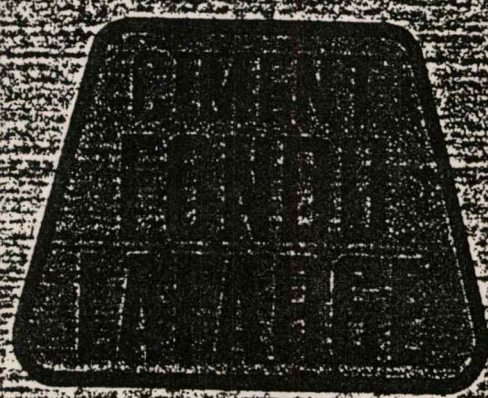
Osborn Construction - SEATTLE
Queen Construction - TEXAS



LAFARGE
FONDU
INTERNATIONAL



MAINTENANCE
of **ROADS,**
MOTORWAYS
and **RUNWAYS**



FA.S.T.'s French Asiatic Services
 and Transport Co. Ltd.
 4th, Lumpini Court, 239/23, Sarasin Road,
 Bangkok, P.O. Box 11007, Bangkok 10111, TH
 2323720-2328552 Tel: 0287-6451-TH

GRANDE FONDU INTERNATIONALE 157, Avenue de Charles de Gaulle - 92521 Neuilly-sur-Seine Cedex - Tel: 747-51-00

**CONCRETES BASED ON
CIMENT FONDU LAFARGE
ALLOW REINSTATEMENT OF ROADS
MOTORWAYS AND AIRPORT RUNWAYS
WITH MINIMUM DISRUPTION
OF TRAFFIC FLOW.**

The particular properties of Ciment Fondu Lafarge, and its wide range of applications make it particularly suitable for the maintenance and repair of concrete roads and motorways.

It is also a first class cement for the repair of concrete runways, where maintenance problems are closely related to those of roads and motorways.

Furthermore, the use of Ciment Fondu Lafarge offers considerable strategic benefits, with damaged military emplacements returned to service in the minimum time.

**PROPERTIES OF CONCRETES AND MORTARS
BASED ON CIMENT FONDU LAFARGE**

- *Ultra rapid hardening in all weathers, even the cold, enabling a rapid return to service of repaired areas.*
- *High mechanical resistance necessary for the severe constraints of traffic and weather (compression, wear, shock...).*
- *Compatibility with existing base materials giving excellent adherence to hardened Portland concrete together with similar expansion characteristics.*
- *Resistance to corrosion from the de-icing salts widely used during freezing conditions.*
- *Resistance to sulphates.*
- *Ease and rapidity of placing.*

Concretos and mortars based on Ciment Fondu Lafarge also provide an economic solution to the problems of repair and maintenance.

The particular properties of Fondu concretos and mortars are therefore well adapted to the exigencies of maintenance work where prolonged closure to road and aerial traffic is prohibited.



Ciment Fondu Lafarge has provided a valuable contribution to both maintenance and construction of roads, motorways and runways throughout the world. Of these applications, the following are examples where the benefits of Ciment Fondu-Lafarge have been fully exploited.

■ **REPAIR OF PAVING**

on the autoroute du Nord (France).

Following subsidence of the underlying ground, 8 sections of the carriage-way representing a total area of 200 m², were replaced using Fondu concrete.

Concrete mix design per m³:

Ciment Fondu Lafarge	400 kg
Sand (6 mm-0)	680 kg
Shingle (25-5 mm)	640 kg
Ballast (40-20 mm)	640 kg
Total Water/Cement ratio	0.30

The concrete was delivered from a central ready mix plant and transported to the works in mixer trucks. It was decided to employ an additive to retard the setting time by 2 hours to take into account the prerequisites of the work (duration of the mix, in the ready mix truck from the plant to the site, placing of the concrete...).

The construction work was carried out during the night so that traffic delay was kept to a minimum. Compression tests on concrete cylinders taken on site gave 24 hour strengths ranging from 47 to 51 N/mm².

Four bays per night were cast alternately with butt joints between the concrete bays. Placing was carried out using poker vibrators.

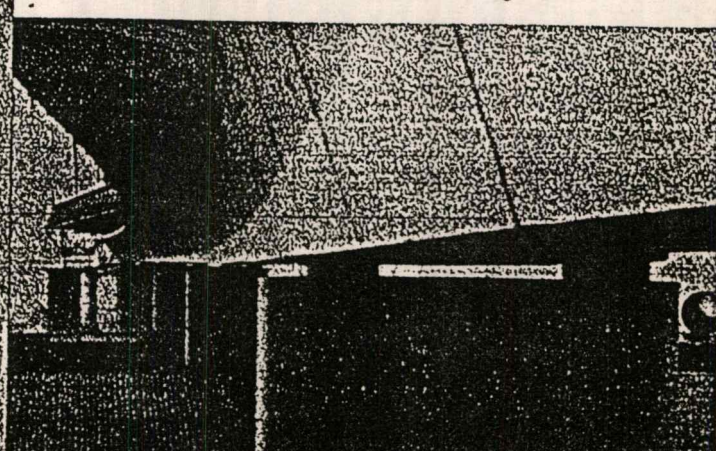
■ **BEARER PADS**

for the Viaduc d'Arcenc on the Littoral Aix-Marseille motorway (France).

Bearer pads assure a bond support between the columns and the bridge deck.

The minimum compressive strength required for the pads was 15.0 N/mm² and because of delays and requirements of early strength development, the bearer pads were cast with a Fondu mortar.

The mortar consisted of 6 mm-0.4 mm sand, and Ciment Fondu Lafarge at 600 kg/m³ (total water/cement ratio 0.40). The placing of the supports was completed in 6 hours.



ROAD EXPANSION JOINTS on the Pont de Neuilly (France).

All work on busy roads poses problems of reduction, partial interruption, or complete stoppage of traffic, with its associated inconvenience.

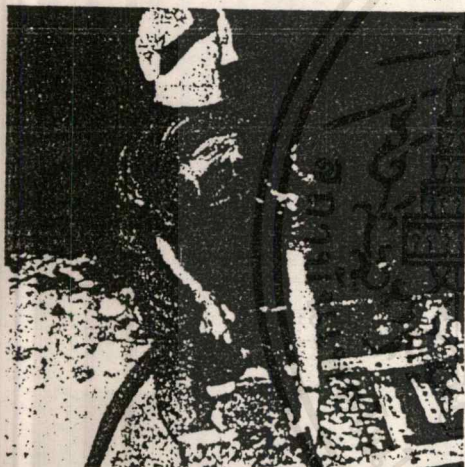
This repair job was effected at night with the minimum delay.

A total of 28 m³ of Fondu concrete were placed using conventional techniques :

- removal of the old joint.
- cutting back of the old base concrete to a width of 400 mm on each side of the joint. The surface being coated with a synthetic bonding agent based on epoxy resin.
- placing of the new joint.
- compacting the Fondu concrete with poker vibrators.
- curing the concrete with water for the remainder of the night.

The mix design per cubic metre was :

Ciment Fondu Lafarge	400 kg
Sand (Seine)	620 kg
Shingle (25-5 mm)	1 130 kg
Total water/cement ratio	0.38



The concrete was prepared at a central batching plant, with a retarder added to the mix to allow for the particular constraints of the work, notably transport hold-ups between the plant and the site.

Similar installations have been completed on the following bridges :

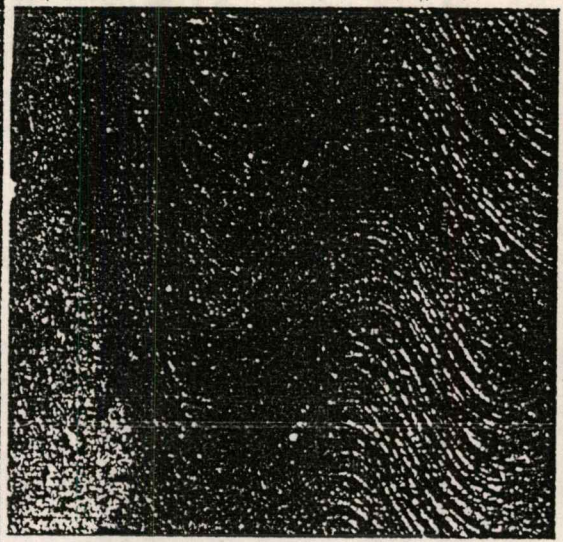
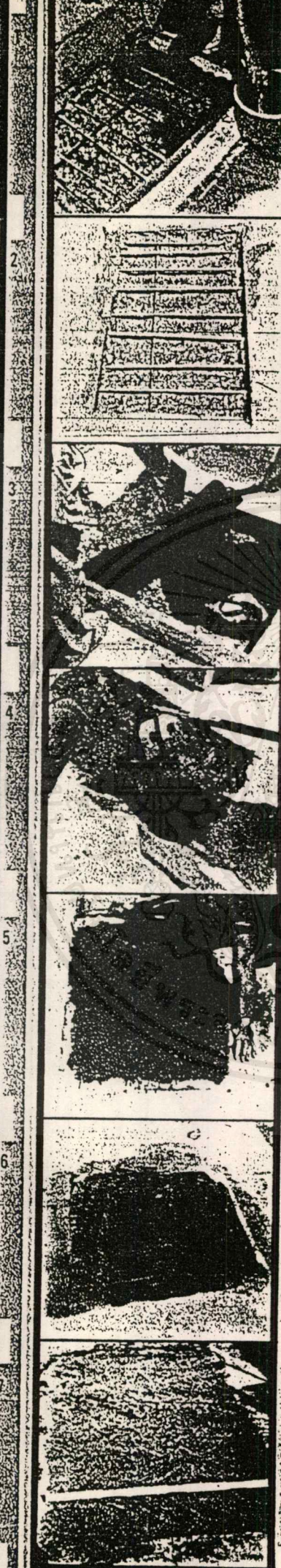
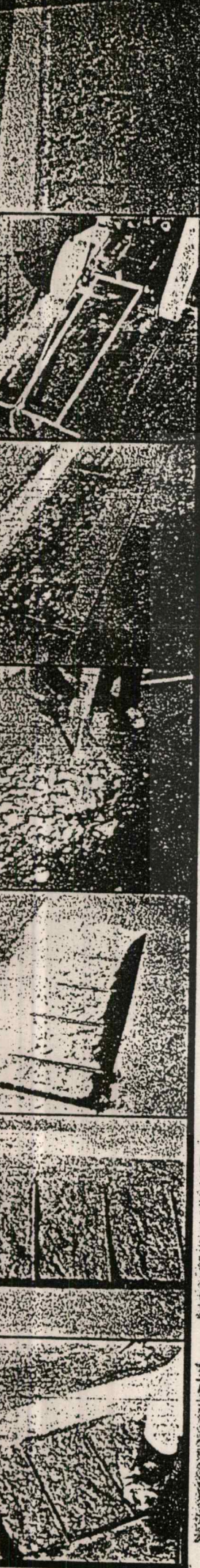
- Pont Joffre Route Nationale 20 near Orleans (1971, France).
- Bridge on motorway A6 - underpass exit at Longjumeau (1971, France).
- Pont Saint Christophe at Lorient (1972 France).

REPAIR OF A MOTORWAY in the United States of America.

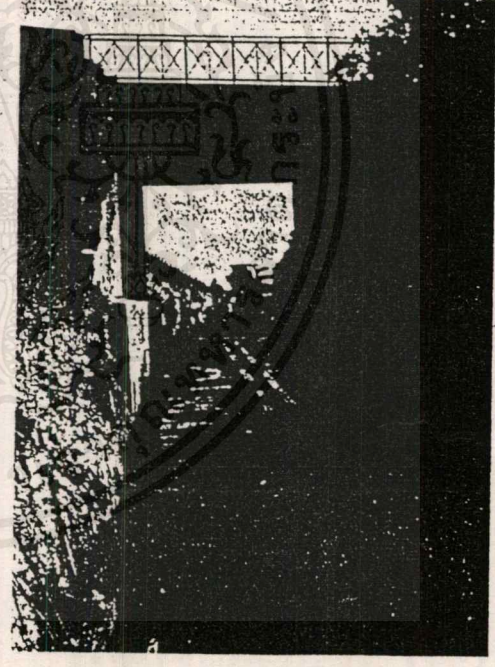
The following photographs illustrate the sequence of operations carried out during repair of a stretch of highway (US 80 Monroe) in Louisiana, U.S.A. during May 1973.

1. The Portland concrete road has deteriorated badly, with a number of cracks in evidence. A repair in Fondu concrete became necessary to minimise traffic delays over the broken section of road.
2. The defective section is cut back with a special saw to a depth of 25 mm.
3. View after cutting.
4. The old concrete is removed with a pneumatic hammer down to the level of the reinforcement approximately 70 mm.
5. The old concrete has been removed and the reinforcement exposed.
6. The reinforcement is sand blasted to remove any traces of rust etc.
7. Prior to placing of the Fondu concrete, the base concrete is presoaked and any excess water removed.
8. A creamy grout of neat Ciment-Fondu Lafarge and water is applied to the damp base concrete.
9. After application of the grout is completed, it is allowed to dry a little (until the surface sheen disappears), before the concrete is placed.
10. The mix of Ciment Fondu Lafarge and aggregates is prepared. As a preliminary the aggregates are selected (correct grading, no particles less than 0.20 mm and no soluble or releaseable alkalis present), and the weights and volumes are measured to ensure a minimum cement content of 400 kg/m³. The amount of gauging water, previously determined in order to keep within the water/cement ratio requirements (i.e. equal to or less than the maximum total water/cement ratio 0.40) is added to the mix. The whole is then mixed.
11. The Fondu concrete is placed and carefully compacted. The good workability of the concrete should be noted. The mix design per cubic metre was:

Ciment Fondu Lafarge	425 kg
Sand	670 kg
Shingle	800 kg
Water	145 litres
Total water/cement ratio	0.34
12. After light trowelling a brushed finish is given to the surface using a large broom.
13. Curing is carried out by covering with "burlap" which is continuously wetted.
14. A view of the finished repair. The traffic was able to run normally 6 hours after placing the concrete. Work began at 8.30 in the evening and by 5.30 the following morning the road was reopened to traffic. Throughout the United States, approximately 1 000 tonnes of Ciment Fondu Lafarge were employed in this manner during 1975.



18 months later and the Fondu concrete is behaving perfectly, successfully resisting wear from the heavy traffic using the road.



Quarry access road from the Haubourdin cement plant (France) - Construction of the road surface in Fondu concrete allowed the passage of 60 tonne lorries only 24 hours after completion of the work.

Concretes based on Ciment Fondu Lafarge are ready for all vehicular traffic 24 hours after placing and often earlier.

■ RAPID CONCRETE RUNWAY REPAIRS

Orly Airport (France).

Ciment Fondu Lafarge has allowed the repair of sections of runway, during the 9 hours between the last flight at night and landing of the first fully laden aircraft the following morning, without interfering with aerial traffic.

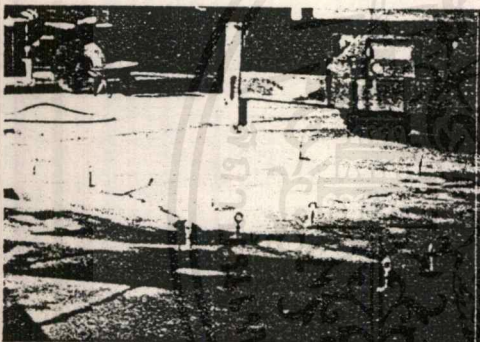
Only a Fondu concrete was able to comply with the requirements of aerial traffic and permit the sort of speed which is indispensable to repair works. The following timetable gives a brief idea of its suitability.

It should be mentioned that much of this work was carried out in winter, with temperatures frequently below 0° C.

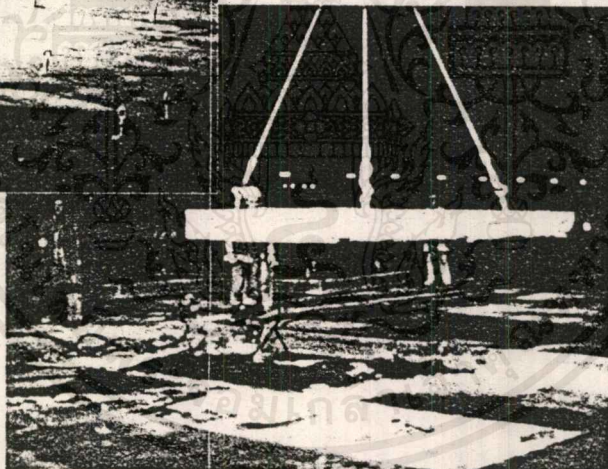
23 h 00	Take off of the last aeroplane. Assembly of the work force. Beraking out of the slab, removal of the formwork.
01 h 30	Placing the concrete, by vibration.
02 h 30	Placing is finished and the surface screeded level.
03 h 00	All concreting work now completed. The work force leave the site. The concrete is cured by spraying with water.
08 h 00	The first fully laden aircraft of the day, a Boeing 707 lands on the repaired slab.

Stuttgart airport (West Germany)

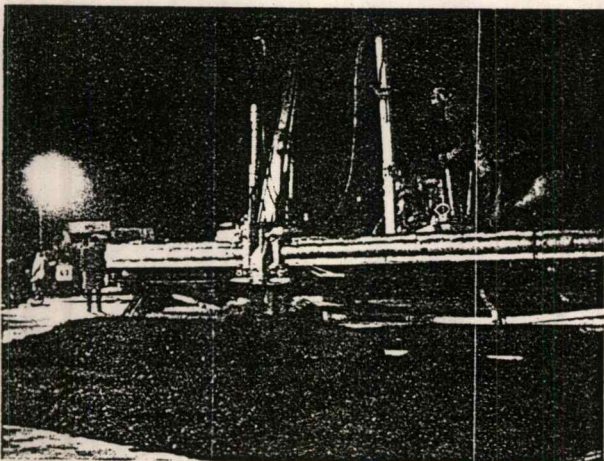
A concrete based on Ciment Fondu Lafarge facilitated the replacement of concrete runway slabs without any interruption to normal aerial traffic.



The damaged slabs were lifted out by means of anchorage bolts fixed into the old concrete.



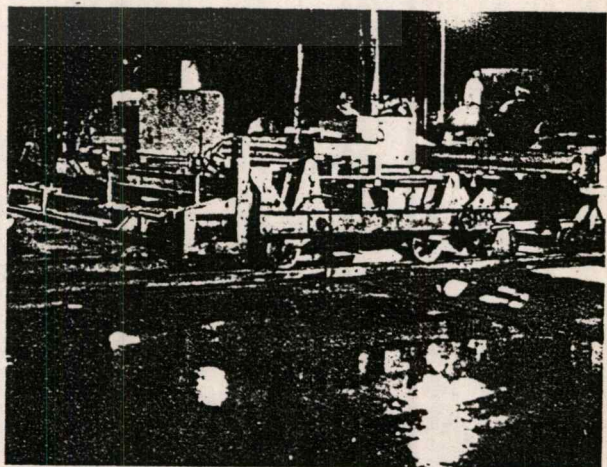
The Fondu concrete was then installed and compacted, using a modern road paving machine.



A total of only 8 hours was available each night for complete removal of the damaged slabs, and placing and hardening of the fresh concrete. For this reason, the number of slabs replaced each night had to be limited, to allow sufficient time for the fresh concrete to attain the necessary strength to support an aircraft by the following morning.

The concrete achieved a flexural strength of 4 N/mm² at 5 hours, and 6 N/mm² at 6 hours.

The work was effected on consecutive nights from November 15 th to December 11 th, 1975, and employed 625 m³ of concrete, covering 2300 m² of runway.

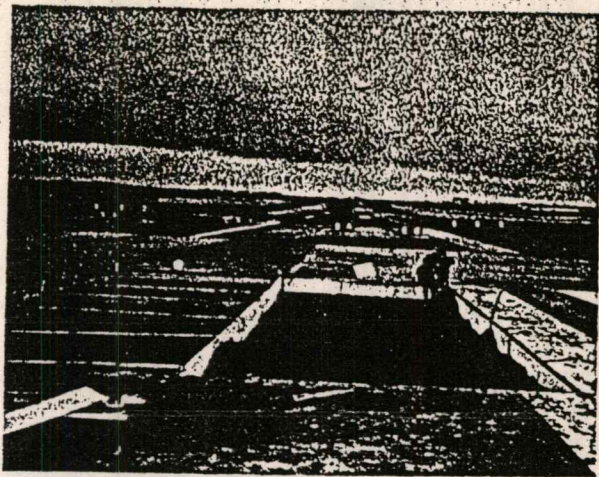


Once a slab was completed, the equipment was immediately removed for the installation of the next area.

Similar work has been carried out at a number of airports throughout the world.

In the U.K., large repair works have been undertaken on runways at Glasgow, Luton, Guernsey... The airports serving London (Heathrow and Gatwick) have relied upon Ciment Fondu Lafarge during raising of runway light supports.

Guernsey airport.

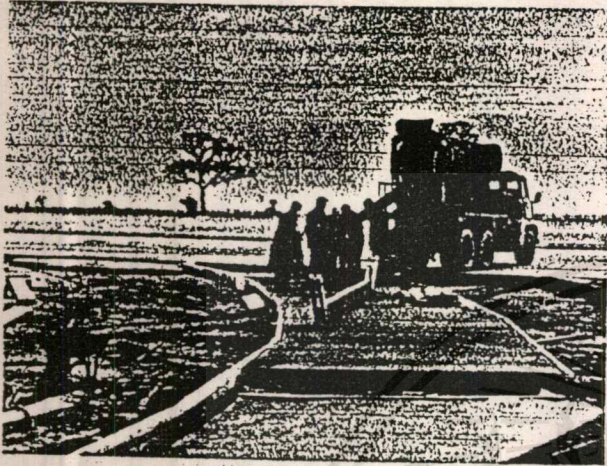


In South Africa, Ciment Fondu Lafarge provided the solution for the rapid installation of service channels beneath the runway at Durban airport.

At Frankfurt airport (West Germany) taxi-ways and areas of minor runways were repaired in the minimum time using Fondu concrete.

Additionally, a fire fighting practice area, 43 m in diameter, was similarly constructed.

Glasgow airport.



In all the above cases the urgency of the job necessitated the use of Ciment Fondu Lafarge.

Apart from applications entirely in Fondu concrete, there are numerous other situations where concrete may be employed:

- Widening of bridges
- Repair of gutters at toll gates on motorways, broken up by movement of the gratings due to traffic
- Grouting of traffic direction signposts, indicator boards etc.
- Positioning of drains
- Practically everywhere where the exigencies of air or road traffic require rapid repairs.

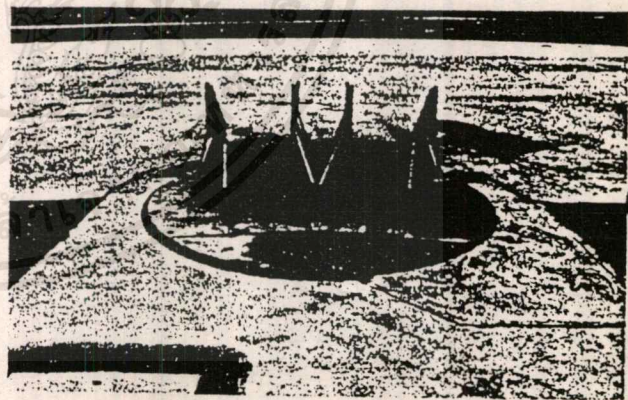
FOG DISPERSAL SYSTEM

Charles de Gaulle airport - Roissy, France.

Ciment Fondu Lafarge because of its mineralogical composition, and notably its alumina content, is well adapted to the construction of concretes which must resist high temperatures.

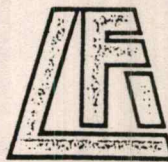
The fog dispersal system comprises of a number of units situated along the length of runway No. 1., and during operation, the ground temperature can reach 400° C.

Around each unit a base of approximately 50 m² and 200 mm deep has been cast using Ciment Fondu Lafarge and porphyry. This concrete fully resists the temperatures of the hot gases.



The use of Ciment Fondu Lafarge is subjected to certain simple rules. All these useful instructions can be found in our technical data sheets:

- C1 - "Ciment Fondu Lafarge - Non Refractory Applications".
- CA1 - "Concretes and Mortars based on Ciment Fondu Lafarge - General Information & Instructions for Use".
- CA2 - "Concretes and Mortars based on Ciment Fondu Lafarge - Specific Applications".
- R1 - "Ciment Fondu Lafarge - Refractory Applications".
- RA1 - "Refractory and Insulating Concretes and Mortars - General Recommendations".
- RA2 - "Refractory and Insulating Concretes and Mortars based on 'secondary' aggregates - General Recommendations".



**LAFARGE FONDU
INTERNATIONAL**

157, avenue Charles de Gaulle
92521 NEUILLY-SUR-SEINE
Tél. 747 51-00

Télex LAFARFI 620742 F - LAFAREX 630544 F

Any advice, recommendation or information given by the LAFARGE FONDU INTERNATIONAL is believed to be accurate, but no liability or responsibility of any kind (including liability for negligence) is accepted in this respect by the Company, its servants or agents, save in relation to any liability for death or personal injury for which LFI is held to be responsible.

CIMENT FONDU LAFARGE

ปูนซีเมนต์พิเศษ หรือ อลูมินาซีเมนต์ จากประเทศฝรั่งเศสที่สามารถใช้ได้ง่ายเหมือนปูนซีเมนต์ธรรมดา

คุณสมบัติพิเศษของ CIMENT FONDU LAFARGE ที่พิเศษกว่าปูนธรรมดา คือ

คุณสมบัติพิเศษ	งานที่จำเป็นต้องใช้ CIMENT FONDU LAFARGE
1. สามารถรับแรงอัดได้สูงในเวลาอันรวดเร็ว (ประมาณ 350 KSC ที่อายุ 6 ชั่วโมง)	- งานคอนกรีตทุกประเภทที่มีเวลาจำกัด เช่น งานถนน, สนามบิน และงานอาคารต่าง ๆ แทนเครื่องจักรขนาดใหญ่
2. สามารถรับแรงกระแทกและทนทานต่อการขูดขีดสูง	- พื้นโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการรับแรงกระแทกจากเครื่องจักรขนาดใหญ่ - ทางเข้า - ออก ของโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการขูดขีดสูง - แทนเครื่องจักรขนาดใหญ่ - รางลาเลียงวัตถุดิบ
3. ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมีกรด, ด่าง ช่วง pH 3-12 และ ซัลเฟตจากน้ำทะเล	- พื้นโรงงาน หรือ ระบบกำจัดน้ำเสียที่มีกับสารเคมี, กรด, ด่าง หรือ ซัลเฟต - เคลือบปล่องระบายอากาศที่มีการกัดกร่อนจากสารเคมี
4. สามารถทนความร้อนได้ถึง 1300°C	- ใช้ในกิจการทนไฟ เช่น โรงงานน้ำตาล, โรงงานถลุงแร่ และ โรงงานหลอมเหล็ก
5. สามารถแข็งตัวได้ในอุณหภูมิต่ำ -20°C และคงทนต่อความเย็นถึง -40°C	- พื้นห้องเย็น, ห้องแช่แข็ง, ทางเดินในห้องเย็น และ สถานที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ

ทางบริษัทฯ มีกลุ่มวิศวกรที่มีประสบการณ์ และเชี่ยวชาญในอลูมินาซีเมนต์ พร้อมทั้งจะให้คำแนะนำปรึกษา และดูแลการใช้งานอย่างใกล้ชิด

ติดต่อสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

บริษัท ฟาสท์-เทรดดิ้ง เอเซียติก เซอร์วิส แอนด์ เทคโนโลยี จำกัด

ชั้น 5 อาคารลุมพินี 2, 247 ถ.สารสิน ปทุมวัน กรุงเทพฯ

TEL: 252-8552, 252-8720, 253-5119 FAX: 253-5465



รายงานผลการใช้ CIMENT FONDU LAFARGE

ข้อมูลผิวคอนกรีต ณ. สถานที่ต่าง ๆ

1. รายงานผลการทดสอบการซ่อมผิวถนนคอนกรีตบนถนนเวียงาวดี - รังสิต
บริเวณหน้าสนามบินคอนเมือง (งานของกรมทางหลวงฯ) ...1...
2. รายงานผลการซ่อมผิวถนนคอนกรีตบนถนนเวียงาวดี - รังสิต
บริเวณใต้สะพานลอยสุทธิสาร (งานขององค์การโทรศัพท์ฯ) ...6...
3. รายงานผลการซ่อมผิวถนนคอนกรีตบนถนนลาดพร้าว
บริเวณปากซอยลาดพร้าว 74 (งานขององค์การโทรศัพท์ฯ) ...7...
4. รายงานผลการซ่อมผิวถนนคอนกรีต บนถนนบางกะปิ
บริเวณหน้าศูนย์การค้าอิมพีเรียล - สำนักงานเขตบางกะปิ
(งานขององค์การโทรศัพท์ฯ) ...8...



รายงานผลการทดสอบการซ่อมผิวถนนคอนกรีต
บนถนนวิภาวดี-รังสิตด้วย CIMENT FONDU LAFARGE

จากการพบกันระหว่างเจ้าหน้าที่บริษัทฯ กับท่านอธิบดีกรมทางหลวง เมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2531 และได้สนทนากันถึงปัญหาความแออัดของการจราจรบนถนนวิภาวดี-รังสิต ซึ่งมีปัญหาความยุ่งยาก และความเสียหายมากในการปิดการจราจรเพื่อซ่อมผิวถนนดังกล่าว จากการสนทนาในครั้งนั้น เราได้แสดงให้เห็นว่าปัญหาและความเสียหายต่าง ๆ ในการปิดการจราจรเพื่อซ่อมผิวถนนที่มีความแออัดของการจราจรมาก ๆ และมีความเร่งด่วนในการเปิดใช้งาน สามารถจะแก้ไขได้ เพื่อให้ความมั่นใจว่าเรื่องดังกล่าวเป็นจริง เรายินดีจะทำการสาธิตการซ่อมแผ่นพื้นผิวถนนวิภาวดี-รังสิต ช่วงบริเวณหน้าเขตการทางกรุงเทพด้วย CIMENT FONDU LAFARGE ซึ่งเป็นผงซีเมนต์ชนิดพิเศษจากประเทศฝรั่งเศส ซึ่งการซ่อมครั้งนี้จะใช้เวลาเพียงข้ามคืนเดียว

เพื่อเป็นการป้องกันความบกพร่องที่คาดไม่ถึงอันอาจจะเกิดขึ้นได้ ทางบริษัทฯ จึงขอความร่วมมือไปยังเขตการทางกรุงเทพ และโครงการมีนบุรี-บางกะปิ โดยความอนุเคราะห์ในเรื่องเครื่องผสมคอนกรีตและรถบรรทุกคอนกรีตจากบริษัท วิจิตรภัณฑ์ เพื่อทำการทดสอบการซ่อมถนนขึ้นอีก 2 ครั้ง ในวันที่ 19, 20 มกราคม 2532 ก่อนที่จะทำการทดสอบจริงในวันที่ 21 มกราคม 2532

บัดนี้การทดสอบทุกขั้นตอนได้บรรลุผลสำเร็จเรียบร้อยดีแล้ว และถนนวิภาวดี-รังสิต บริเวณหน้าที่ทำการเขตการทางกรุงเทพที่ซ่อมด้วยปูน CIMENT FONDU LAFARGE ก็ได้เปิดใช้งานตามเวลาที่กำหนดไว้ทุกประการ ดังนั้น จึงใคร่ขอเรียนชี้แจงถึงผลการทดลองในครั้งนี้อย่างนี้



การทดสอบในวันเสาร์ที่ 21 มกราคม 2532 เป็นการทดสอบการเทแผ่นคอนกรีต slab บริเวณถนนวิภาวดี-รังสิต หน้าที่ทำการเขตการทางกรุงเทพฯ กม. 21 + 952.70 - กท. 21 + 967.90 เลนส์กลางขาเข้ากรุงเทพฯ ใช้คอนกรีตประมาณ 14 m³ โดยใช้ สัดส่วนการผสมดังนี้

ซีเมนต์พองคู	=	400 ก.ก./m ³
ทราย	=	780 ก.ก./m ³
หิน	=	1,100 ก.ก./m ³
w/c	=	0.39
น้ำยาผสมคอนกรีต CHRYSO "CHRYTARD"	=	0.3%

ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ดังนี้ (โปรดดูภาพแสดงในใบแนบที่ 2)

19.30 น.	เสร็จสิ้นการเตรียมพื้นถนน
19.32 - 19.45 น.	เริ่มผสมคอนกรีต (ที่ Plant ที่โครงการ บางกะปิ - ภิรมย์)
19.50	ใช้ SLUMP ได้ประมาณ 6-7 ซม.
20.00	เริ่มเก็บตัวอย่าง 6 ชุด (18 ตัวอย่าง)
20.40 - 20.46 น.	รถคอนกรีตถึงหน้างาน
22.32	เทคอนกรีตแล้วเสร็จทั้งหมด
00.05	แต่งหน้าคอนกรีตแล้วเสร็จ
00.15	เริ่มบ่มคอนกรีตและตัด Joint
03.30	ให้รถบรรทุกทับโป๊บนแผ่นคอนกรีตที่ซ่อม.
05.00	หยุด Joint
06.00	เปิดการจราจร

อีกครั้งหนึ่ง การทดสอบครั้งนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอน สามารถทำได้โดยสะดวกง่ายดายไม่มีความยุ่งยากเกินกว่าการซ่อมผิวถนนตามปกติ และ ประสบผลสำเร็จอย่างงดงาม



วันที่ทดลอง	ความขรุขระ	อายุ (ชม.)	หน่วยแรงอัด กก/ซม ²	ค่าเฉลี่ย
21/1/89	7 cm	4	68.4	69
		4	48.9	
		4	87.9	
		6	244.2	247
		6	244.2	
		6	253.8	
		8	263.7	270
		8	273.5	
		8	273.5	
		10	292.9	290
		10	292.9	
		10	283.3	
		18	381.3	348
		18	332.0	
		18	332.0	
		24	283.1	309
24	322.0			
24	322.0			



การซ่อมผิวถนนวิภาวดี-รังสิตบริเวณหน้าสนามบินดอนเมือง-แคว
 ด้วยปูน CEMENT FONDU-LAFARGE ที่ใช้เวลาเพียงข้ามคืน
 สามารถเปิดใช้งานได้ โดยแขวงการทางกรุงเทพ และ ใ้รับ
 สนับสนุนฟองคูซีเมนต์จาก F.A.S.T.-French Asiatic
 Services and Transport Co.,Ltd.

21/01/89

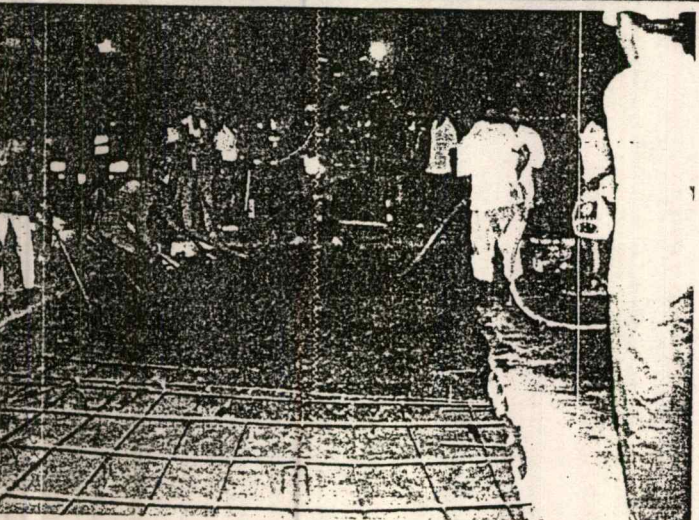
- 19.30 น. เสร็จสิ้นการเตรียมพื้นถนน



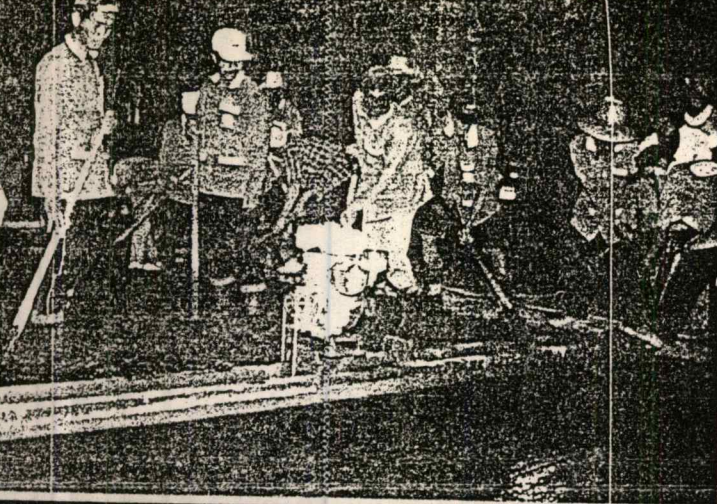
- 19.45 น. เริ่มผสมคอนกรีตคันแรก



- 20.45 น. รถคันแรกถึงหน้างาน และ เริ่มเทคอนกรีต



- 22.25 น. รถคันที่ 2, 3, และ 4 ถึงหน้างานและ
 กอนกรีต



22/01/89

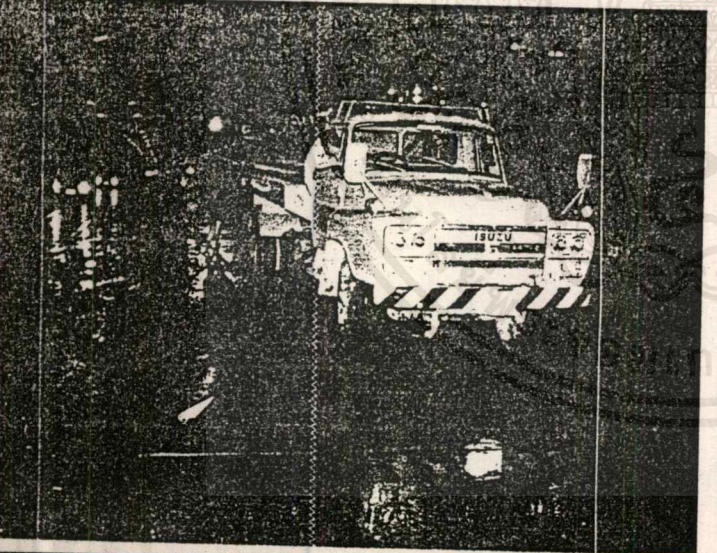
- 00.05 น.

เสร็จสิ้นการเทคอนกรีตและการแต่งผิว
คอนกรีต



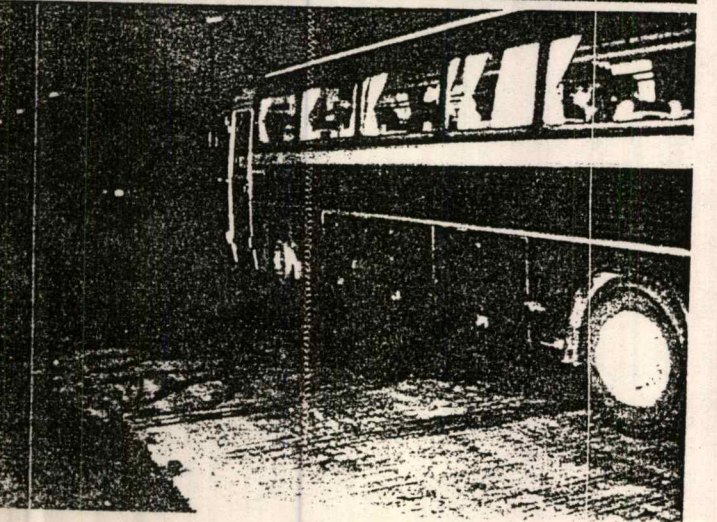
- 00.15 น.

เริ่มทำการบ่มคอนกรีตและตัดรอยเชื่อม



- 03.30 น.

บ่มคอนกรีตและใช้รถบรรทุกหัดบนแผ่น
คอนกรีต



- 06.00 น.

เปิดการจราจร





รายงานผลการซ่อมผิวถนนคอนกรีต

บนถนนวิภาวดี-รังสิต บริเวณใต้สะพานลอยสหอิสสาร ค่าย Ciment Fondu Lafarge

เนื่องจากทางองค์การโทรศัพท์ฯ มีความจำเป็นต้องขุดถนนบริเวณใต้สะพานลอยสหอิสสาร เมื่อ วันที่ 22 กรกฎาคม 2532 เพื่อวางท่อร้อยสายโทรศัพท์ ในบริเวณดังกล่าวเป็นจุดที่มีการจราจรคับคั่ง ดังนั้น การซ่อมผิวถนนจะต้องเปิดการจราจรโดยเร็วที่สุด โดยความเห็นชอบของเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงกรุงเทพเขตการทางกรุงเทพ ทางองค์การโทรศัพท์ฯ โดยความสําคัญตลอดเวลากว่า การให้บริการที่ดีที่สุดแก่ประชาชนคือหน้าที่ขององค์การ เพื่อที่จะขจัดปัญหาการจราจรคับคั่งในการที่จะต้องปิดถนนถึง 7 วัน เพื่อรอนถนนคอนกรีตบ่มตัวจนใช้งานได้ องค์การจึงตัดสินใจใช้ Ciment Fondu Lafarge จากบริษัท FAST - French Asiatic Services & Transport Co.,Ltd. ในการซ่อมผิวถนนคอนกรีตซึ่งใช้เวลาเพียง 6 ชั่วโมง ถนนที่ซ่อมก็สามารถใช้งานได้ตามปกติ

การซ่อมผิวถนนคอนกรีตครั้งนี้ใช้คอนกรีตทั้งสิ้น 13 ม³ โดยใช้สัดส่วนผสมดังนี้

ซีเมนต์พองดู	=	400	กก/ม ³
ทราย	=	780	กก/ม ³
หิน 3/4"	=	1100	กก/ม ³
น้ำ	=	-	กก/ม ³
น้ำยา Chrytard	=	1.2	ลิตร/ม ³
Slump	~	7	เซนติเมตร

ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ดังนี้ (วันที่ 23 กรกฎาคม 2532)

- 13.30 น. เสร็จสิ้นการเตรียมพื้นผิวทั้งหมด
- 13.40 น. เริ่มเทคอนกรีต
- 16.10 น. แต่งหน้าคอนกรีตแล้วเสร็จ
- 24.00 น. เปิดการจราจร



รายงานผลการซ่อมผิวถนนคอนกรีต

บนถนนลาดพร้าว บริเวณซอยลาดพร้าว 74 ด้วย Ciment Fondu Lafarge

องค์การโทรศัพท์มีความจำเป็นต้องขุดถนน ลาดพร้าว บริเวณปากซอยลาดพร้าว 74 เพื่อทำการซ่อมท่อร้อยสายโทรศัพท์ใหม่ที่ขุดค้น และต้องการเปิดการจราจรในเวลาอันสั้นเนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีการจราจรคับคั่งมาก เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการจราจรคับคั่งอย่างหนักเป็นเวลานาน ๆ วันติดต่อกันอันเนื่องจากการปิดถนนบางช่องทางเพื่อซ่อมผิวถนน องค์การโทรศัพท์จึงเลือกใช้ Ciment Fondu Lafarge จากบริษัท FAST - French Asiatic Services & Transport Co.,Ltd. ในการซ่อมผิวถนนคอนกรีตในครั้งนี้ซึ่งใช้เวลาเพียง 6 ชั่วโมง ก็สามารถเปิดให้ใช้ถนนได้ตามปกติ

การซ่อมผิวถนนคอนกรีตครั้งนี้ใช้คอนกรีตทั้งสิ้น 6.5 ม³ โดยใช้ส่วนผสมคอนกรีตดังนี้

ซีเมนต์พองฟู	=	400	กก./ม ³
ทราย	=	780	กก./ม ³
หิน 3/4"	=	1100	กก./ม ³
น้ำ	=	-	กก./ม ³
น้ำยา Chrytard	=	1.2	ลิตร/ม ³
Slump	=	8	เซนติเมตร

ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ดังนี้ (วันที่ 13 สิงหาคม 2532)

- 13.00 น. เสร็จสิ้นการเตรียมพื้นผิว
- 21.00 น. เริ่มเทคอนกรีต (ก่อนหน้านั้นฝนตกเทคอนกรีตไม่ได้)
- 21.30 น. แต่งหน้าคอนกรีตแล้วเสร็จ
- 06.00 น. เปิดการจราจร

รายงานผลการซ่อมผิวถนนคอนกรีตบนถนนบางกะปิ บริเวณหน้าศูนย์การค้าอิมพีเรียล - สำนักงานเขตบางกะปิด้วย CIMENT FONDU LAFARGE

ถนนบางกะปิหน้าศูนย์การค้าอิมพีเรียล - สำนักงานเขตบางกะปิ ซึ่งเป็นถนนคอนกรีตพื้นที่กว่า 1,000 ตารางเมตร ถูกขุดเพื่อวางท่อร้อยสายเคเบิลโทรศัพท์ โดยองค์การโทรศัพท์ฯ บริเวณดังกล่าว เป็นจุดที่มีความวิกฤติมากทางการจราจร หากจะต้องปิดถนนเป็นการชั่วคราวแม้เพียงวันเดียวก็จะก่อให้เกิดปัญหาการจราจรอย่างมากมายมหาศาล โดยปกติถ้าหากจะต้องขุดถนนคอนกรีตเพื่อจุดมุ่งหมายใดก็ตามจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 4-7 วัน เพื่อการซ่อมและให้คอนกรีตบ่มตัวจึงจะใช้งานได้ ทางองค์การโทรศัพท์ฯ ตระหนักถึงปัญหาความเดือดร้อนของประชาชนซึ่งจำเป็นต้องใช้เส้นทางดังกล่าว จึงเลือกใช้ CIMENT FONDU LAFARGE จากบริษัท F.A.S.T FRENCH ASIATIC SERVICES & TRANSPORT CO., LTD. ในการซ่อมผิวถนนคอนกรีตในครั้งนี้ซึ่งใช้เวลาเพียง 6 ชั่วโมงก็สามารถเปิดให้ใช้ถนนได้ตามปกติ หรือกล่าวอีกแง่หนึ่งคือ ใช้เวลาเพียงข้ามคืนตั้งแต่วันที่ 24.00 น. หลังจากแต่งหน้าคอนกรีตเสร็จ จนถึงเวลา 6.00 น. ของวันรุ่งขึ้นประชาชนก็สัญจรไปมาได้ตามปกติ

การซ่อมผิวถนนคอนกรีตครั้งนี้ใช้คอนกรีตทั้งสิ้นประมาณ 270 ม.³ โดยมีส่วนผสมคอนกรีตดังนี้

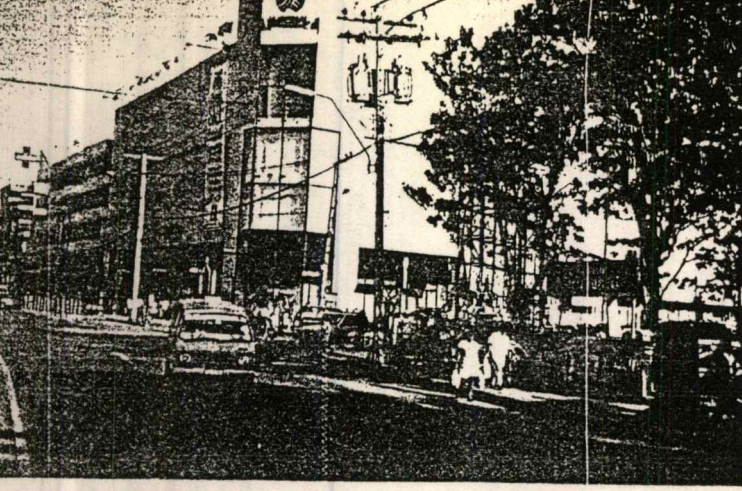
ซีเมนต์พองคู ราฟาร์จ	400 กก./ม. ³
ทราย	780 กก./ม. ³
หิน 3/4"	1,100 กก./ม. ³
น้ำ/ซีเมนต์	0.4
น้ำยา CHRYTARD	0.3 %
SLUMP	10 เซนติเมตร

ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ดังนี้

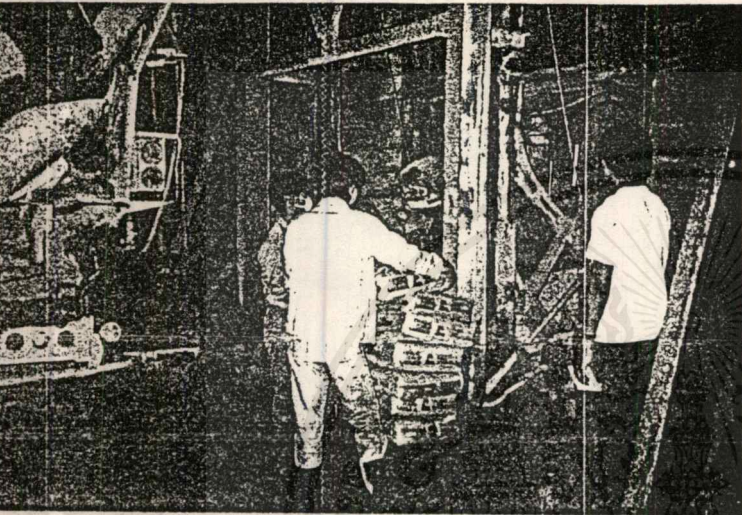
21.00 น.	ทุบพื้นคอนกรีต ขุดวัสดุออก
23.00 น.	เสร็จสิ้นการเตรียมพื้นที่ผิว
23.05 น.	เริ่มเทคอนกรีต
24.00 น.	แต่งหน้าคอนกรีตแล้วเสร็จ
06.00 น.	เปิดการจราจร

ผลการทดสอบการรับแรงอัด กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

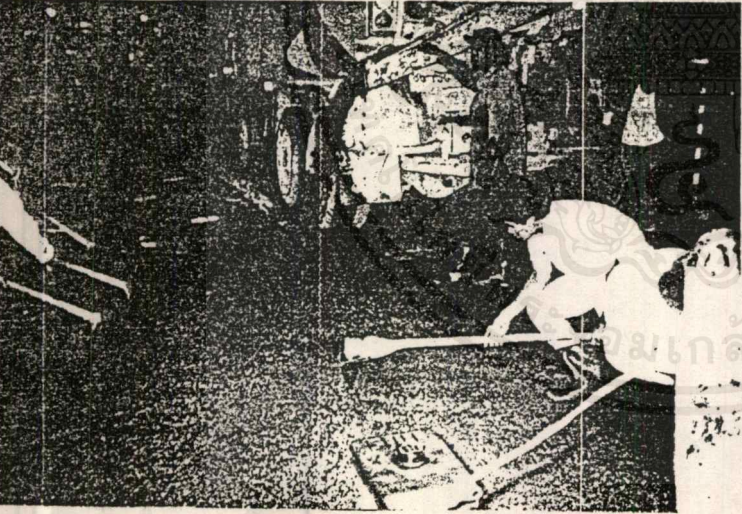
ที่อายุ 10 ชั่วโมง	เฉลี่ย 430
ที่อายุ 17 ชั่วโมง	เฉลี่ย 460



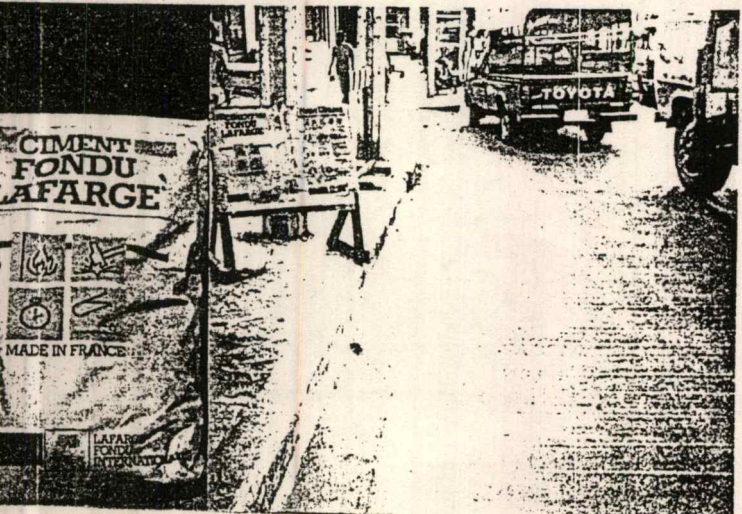
ถนนคอนกรีตหน้าศูนย์การค้าอิมพีเรียล-สำนักงานเขตบางกะปิ
กว่า 1,000 ตารางเมตร ถูกขุดเพื่อวางท่อร้อยสายโทรศัพท์
โดยองค์การโทรศัพท์ และเลือกใช้ปูนซีเมนต์ฟองดูราฟาร์จ
จากบริษัท ฟาสท์-เฟรนด์เอเชียติกเซอร์วิส แอนด์ ทรานสปอร์ต
จำกัด ในการซ่อมถนนและสามารถเปิดถนนให้ใช้งานได้ตาม
ปกติภายในระยะเวลาเพียงข้ามคืนเท่านั้น



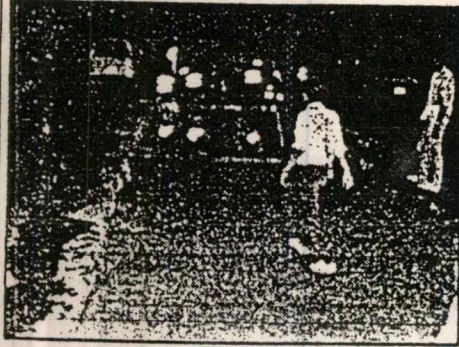
22.30 น. เริ่มผสมคอนกรีต



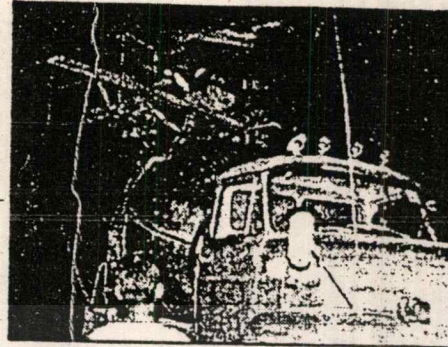
24.00 น. เทคอนกรีตและแต่งหน้าเรียงร้อย



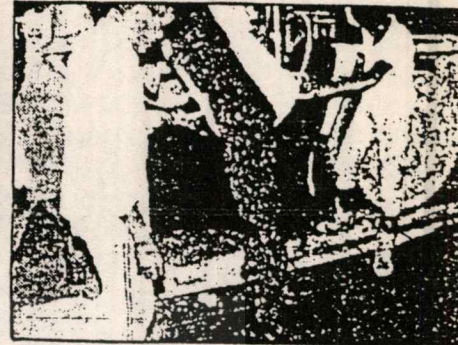
06.00 น. เปิดการจราจร



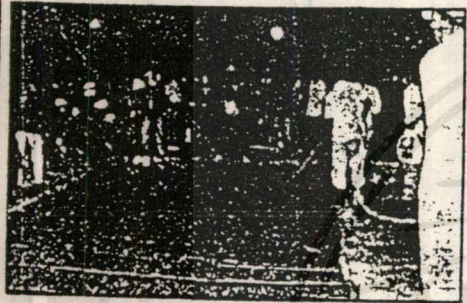
19.30 น. เสร็จสิ้นการเตรียมพื้นถนน



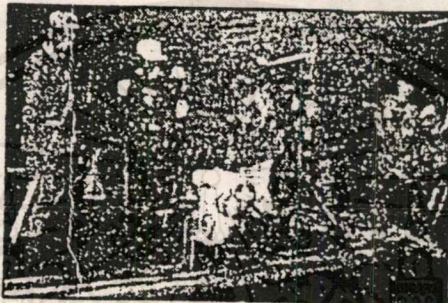
19.45 น. เริ่มผสมคอนกรีตคันแรก



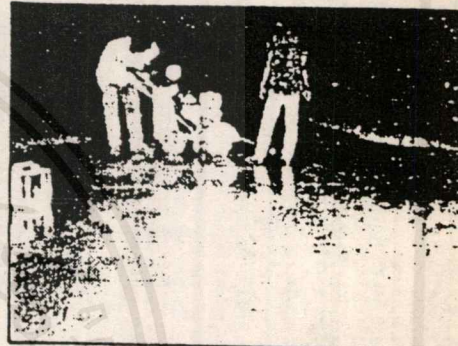
20.45 น. รถคันแรกถึงหน้างาน และเริ่มเทคอนกรีต



22.25 น. รถคันที่ 2, 3 และ 4 ถึงหน้างานและเทคอนกรีต



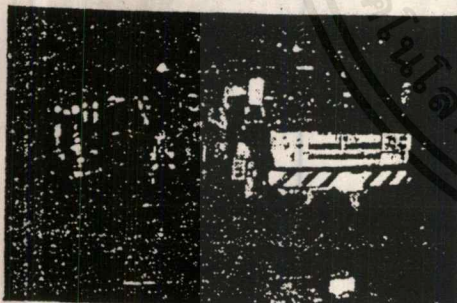
00.05 น. เสร็จสิ้นการเทคอนกรีตและการแต่งผิวหน้าคอนกรีต



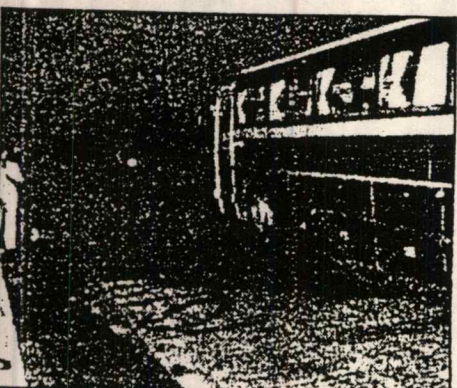
00.15 น. เริ่มทำการบ่มคอนกรีตและตัดรอยเชื่อม

ซ่อมถนนชั่วคราวคืนเดียว

รายงาน



03.30 น. บ่มคอนกรีตและใช้รถบรรทุกทับบนแผ่นคอนกรีต



06.00 น. เปิดการจราจร

ขีดความสามารถในการสร้างสรรค์และแก้ไข ปัญหาในเรื่องการโยธาได้ถูกพัฒนาให้ก้าวไกล ไปจากอดีตที่ผ่านมาอีกขั้นหนึ่งสิ่งที่เราไม่เคยคาด คิดมาก่อนว่าจะสามารถทำได้ ขณะนี้ได้กลายเป็น ความจริงขึ้นมา ซึ่งปัญหาการจราจรติดขัดบนท้อง ถนนอื่นเนื่องมาจากความล่าช้าในการปิดการจราจร ซ่อมพื้นถนนหรือสร้างถนนเพิ่มเติมจะไม่เกิดขึ้น อีกต่อไป

กรุงเทพมหานครวันนี้เป็นที่ประจักษ์แก่คนโดยทั่วไปแล้วว่า การคมนาคมเป็นปัญหาที่สำคัญและยิ่งใหญ่ปัญหาหนึ่งซึ่งมีผลร้ายกระทบต่อชีวิตประจำวันของคนทั่วไป และปัญหาการคมนาคม ดังกล่าวถ้าจะบ่งชี้ให้ชัดเจนลงไปก็คือปัญหาการจราจรนั่นเอง โดยสภาพที่แท้จริงของการจราจร ในกรุงเทพมหานครและรอบ ๆ เมืองขณะนี้ มีปัญหาหนักในเรื่อง "รถติด" จนกระทั่งคนทั่ว ๆ ไปหากจะทำการนัดหมายเพื่อธุรกิจ หรือเพื่อกิจ ส่วนตัวก็ตาม สิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาพร้อมอยู่ ด้วยก็คือสภาพ "รถติด" แล้ว "รถติด" ก็กลายเป็น ส่วนหนึ่งของความลำบากของชีวิตคนกรุงเทพฯ ที่ไม่อาจจะหลีกเลี่ยงได้ นอกจากทุกวันนี้สภาพ การจราจรในกรุงเทพฯ จะเลวร้ายมากอยู่แล้ว บางครั้งการปิดถนนเพื่อซ่อมแซมหรือสร้างเพิ่ม

เติม ยังเป็นสิ่งที่ย้ำเติมสภาวะปัญหาการจราจร รถติดให้เลวร้ายเพิ่มขึ้นอีกเป็นทวีคูณ ตัวอย่างที่เป็นจริงที่คนกรุงเทพฯ ได้พบมาแล้วเช่น การปิดซ่อมถนนวิภาวดีรังสิตช่วงคอสะพานลาดพร้าว และบางช่วงบริเวณบางเขนและบริเวณหลักสี่ แม้จะเป็นช่วงปิดภาคเรียนของโรงเรียนก็ยังคงมีปัญหาการจราจรติดขัดยาวเหยียด ตั้งแต่ลาดพร้าว ไปถึงบริเวณรังสิต ซึ่งยังความเสียหายแก่ประชาชน เป็นมูลค่ามากมายมหาศาล

บัดนี้กรมทางหลวงร่วมกับบริษัท ฟาสท์ เพรินซ์-เอเซียติกเซอร์วิส แอนด์ ทรานสปอร์ต จำกัด ซึ่งเป็นผู้แทนจำหน่ายปูนซีเมนต์พิเศษจากประเทศฝรั่งเศส ชื่อ ปูนซีเมนต์ฟองคู ลาฟาร์จ ได้ทดลองซ่อมถนนวิภาวดี-รังสิต ช่วงหน้าบริเวณสนามบินดอนเมือง โดยใช้เวลาเพียงข้ามคืนเดียวก็สามารถเปิดการจราจรได้ตามปกติ การทดลองดังกล่าวได้กระทำกันในวันที่ 21 มกราคม 2532 และถนนเปิดใช้งานได้ในวันรุ่งขึ้น ซึ่งประสบผลสำเร็จอย่างงดงาม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ การซ่อมถนนแต่เดิมที่ผ่านมา จำเป็นต้องใช้เวลาปิดการจราจรถึง 7 วันกว่าจะเปิดการจราจรตามปกติได้ และต่อไปนี่คือภาพเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในการซ่อมถนนวิภาวดี-รังสิตดังกล่าว



การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการซ่อมผิวคอนกรีตที่เสียหายในลักษณะแตกกึ่งแผงหรือบางส่วน เป็นการคิดราคาต่อ 1 ตารางเมตร เปรียบเทียบระหว่างงานซ่อมด้วยปูนซีเมนต์ทั่วไป กับปูนซีเมนต์ฟองคู ลาฟาร์จ

รายการ	ปูนซีเมนต์ทั่วไป	ปูนฟองคู (ซื้อจำนวนมาก/ปี)	ปูนฟองคู (ซื้อจำนวนน้อยต่อ/ปี)
1. ทูบร้อยแผ่นคอนกรีต และชุดคินออกสีก 53 ซม. พร้อมทั้งแต่งให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือผืนผ้าแนวสีกให้ตัดตรงเป็นแนวตั้ง	56 บาท	56 บาท	56 บาท
2. ขนวัสดุที่ขุดหรือออกส่งคืนแหวงๆ ระยะทางโดยเฉลี่ย 20 กม.	14 บาท	14 บาท	14 บาท
3. หินเคลือบอัดแน่น ทน 20 ซม.	100 บาท	100 บาท	100 บาท
4. ทรายหยาบหนา 10 ซม.	30 บาท	30 บาท	30 บาท
5. คอนกรีตผสมเสร็จ หนา 23 ซม. พร้อมใส่ตะแกรงเหล็ก ผูกเหล็ก เหล็กเดือยค้ำข้างตามแบบ แล้วหยอดรอยต่อด้วยยางยาแนว	525+125 บาท	525+1,380 บาท	525+1,660. บาท
รวมเป็นเงิน	850 บาท	2,105 บาท	2,385 บาท

เพราะฉะนั้นเมื่อเปรียบเทียบการซ่อมผิวถนนด้วยปูนซีเมนต์ธรรมดาซึ่งต้องใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 7 วันปิดการจราจร กับการซ่อมผิวถนนด้วยปูนซีเมนต์ฟองคู ลาฟาร์จ ซึ่งใช้เวลาเพียงข้ามคืนเดียว การซ่อมผิวถนนด้วยปูนซีเมนต์ฟองคู ลาฟาร์จจะแพงกว่า 2.4 - 2.8 เท่าขึ้นอยู่กับปริมาณการซื้อในช่วงเวลา 1 ปี แต่สามารถลดความเสียหายอันเกิดจากการปิดการจราจร 7 วัน เป็นมูลค่ามหาศาลเกินกว่าจะคิดคำนวณออกมาเป็นตัวเลขได้



รายนามลูกค้าที่ใช้บน CIMENT FONDU LAFARGE
งานถนน (CIVIL)

1. องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย
2. กรุงเทพมหานคร
3. กองควบคุมระบบระบายน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร
4. กรมทางหลวง
5. กรมการbinพาณิชย
6. บริษัท ไทศลก่อสร้าง จำกัด
7. บริษัท สุรการโยธา จำกัด
8. บริษัท ธนันท์ จำกัด
9. บริษัท ไทยฟรุคควา ยูนิคอม คอนสตรัคชั่น จำกัด
10. บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด
11. NASPHI CO., LTD.
12. ERICSSON THAI NETWORKS CO., LTD.
13. H J V CO., LTD.
14. SUMITOMO ELECTRIC COMMUNICATIONS ENGINEERING (THAILAND) LTD.
15. THE JOINT VENTURE OF T M N

งานแทนเครื่องจักรขนาดใหญ่ (GROUTING AND LEVELLING)

1. บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด
2. บริษัท น้ำตาลเกษตรผล จำกัด
3. บริษัท น้ำตาลเกษตรไทย จำกัด
4. บริษัท น้ำตาล ที เอ็น จำกัด
5. บริษัท ไทย-เยอรมัน เซรามิค อินดัสตรี จำกัด
6. บริษัท เอสโซ่ สแตนคาร์ด (ไทยแลนด์) จำกัด
7. บริษัท นครไทยสตีลเวอร์ค จำกัด
8. บริษัท อี เต็น กรุป จำกัด
9. บริษัท CPIC จำกัด
10. บริษัท ไทยพัฒนากระดาษ จำกัด
11. บริษัท บางกอกโลหะการ จำกัด
12. บริษัท สีนการช่าง จำกัด
13. บริษัท ไทยออยล์ จำกัด
14. บริษัท ธารงกิจ จำกัด



รายนามลูกค้าที่เข้าเป็น CIMENT FONDU LAFARGE
กิจการทนไฟ (REFRACTORY)

1. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด
2. บริษัท บางกอกแสงไทย จำกัด
3. บริษัท ไทยแลนด์สเผลตังแอนดรีไฟนัง จำกัด
4. บริษัท จี เอส เซรามิค จำกัด
5. บริษัท ชลประทานซีเมนต์ จำกัด
6. บริษัท สัมบูรณ์ซีพหลาย จำกัด
7. บริษัท บุญเยี่ยมและสหลาย จำกัด
8. การไฟฟ้าฝ่ายผลิต พระนครใต้
9. การไฟฟ้าฝ่ายผลิต พระนครเหนือ
10. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนขนอม นครศรีธรรมราช

งานพื้นโรงงานและห้องเย็น (FLOORING)

1. บริษัท โอสโตสภาก (เติกเซ่งหญ) จำกัด
2. บริษัท คิกคาปู จำกัด
3. บริษัท อาหารสยาม จำกัด
4. บริษัท สับประคไทย จำกัด
5. บริษัท กรุงเทพค้ำสัศว์ จำกัด
6. บริษัท ซี.พี. ผลิตภัณท์อาหาร จำกัด
7. บริษัท ไทยเอ็กเซล ฟู้ดส์ จำกัด
8. บริษัท ทิพย์วันชัย ซีฟู้ดส์ จำกัด
9. บริษัท ห้องเย็นชัยวรุตม์ จำกัด
10. บริษัท ปากพณังห้องเย็น จำกัด
11. บริษัท ฌรงค์ซีฟู้ด จำกัด
12. บริษัท ไทยยูเนี่ยน ไพรเซ็น โปรดักส์ จำกัด
13. บริษัท ไทยรวมสินพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด
14. บริษัท ยูนิคอร์ค จำกัด
15. บริษัท แปซิฟิค มาร์น ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด
16. บริษัท ไพบูลย์มาร์นฟู้ด จำกัด
17. บริษัท โอคินอส จำกัด
18. บริษัท ธารสยามฟู้ด จำกัด
19. บริษัท ชัยนาวีห้องเย็น จำกัด
20. บริษัท ลัคกี้ ยูเนี่ยน ฟู้ดส์ จำกัด

ภาคที่ 2 CPAC คอนกรีตผสมเสร็จ



CPAC

1พธส1:13ล1

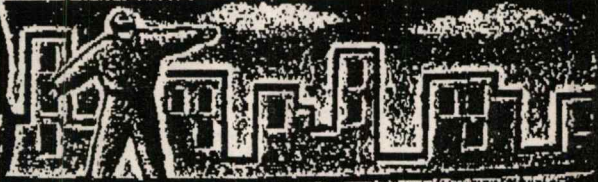
เปิดของมีค่า

ในยุคปัจจุบัน 24 ชั่วโมงต่อ
วันจะน้อยเกินไปสำหรับกิจกรรม
เราต้องทำ "เวลา" จึงกลายเป็น
ปัญหาและข้อจำกัดของมนุษย์ไป
นั่นหมายรวมถึงงานก่อสร้างที่
ได้รับผิดชอบอยู่ด้วย

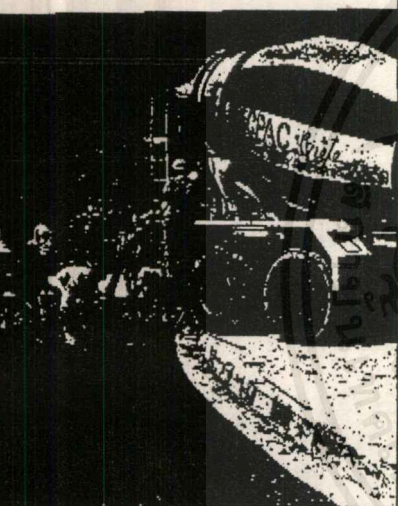
เพราะงานก่อสร้างบางประเภท
ยิ่งเสร็จเร็วเท่าใด ก็ยิ่งทวีประโยชน์
ให้เกิดมากขึ้นเท่านั้น หรือบางงาน
จำเป็นต้องการเปิดใช้อย่างเร่งด่วน
ในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้มัก
จะหมายถึงการระดมแรงงานและการ
เตรียมพร้อมขนาดใหญ่ ซึ่งคุณสามารถ
จัดหาได้ ...แต่สำหรับงานคอนกรีต
แล้วนับว่าเป็นเรื่องสวนทางกับเวลา
อย่างสิ้นเชิง เพราะการป่มเพื่อรอให้
คอนกรีตได้กำลังอัดตามที่ออกแบบ
ไว้ก่อนใช้งานเป็นเวลาหลายสัปดาห์
จะทำให้ไม่ทันการณ์แน่ๆ

แต่เดี๋ยวนี้คุณสบายใจได้เพราะ
คอนกรีตผสมเสร็จซีแพคผู้นำด้าน
เทคโนโลยีคอนกรีตผสมเสร็จ ได้นำ
วิทยาการอันทันสมัย และส่วนผสม
คอนกรีต ซึ่งถูกค้นคว้าพัฒนาขึ้นจน
เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้ในต่างประ-
เทศมาสู่เมืองไทยเป็นรายแรกแล้ว ...
คุณสามารถย่องานลงให้ทันเวลาได้
ด้วยคอนกรีตชนิดพิเศษที่จะแข็งตัว
เร็วได้ภายใน 24 ชั่วโมง ในนาม
ของ "คอนกรีตแข็งตัวเร็วซีแพค"
(CPAC FAST SETTING CONCRETE)

แม้ในอดีตกรุงโรมจะสร้างไม่ได้
ในคืนเดียว แต่บัดนี้คอนกรีตแข็งตัว
เร็วซีแพคจะเป็นปรากฏการณ์ใหม่ใน
วงการก่อสร้างที่ทำให้งานของคุณเสร็จ
และสามารถเปิดใช้ได้ในวันเดียว!



อุดร
สำเร็จ
ข้ามวัน
เสร็จกับ
ใช้งาน



คอนกรีตแข็งตัวเร็วซีแพค (CPAC FAST SETTING CONCRETE) คือ คอนกรีตผสมเสร็จที่มีคุณสมบัติเหนือกว่าคอนกรีตธรรมดาทั่วไป เพราะสามารถแข็งตัว และให้กำลังอัดสูงตามข้อกำหนดในเวลาอันรวดเร็ว จึงทำให้สามารถใช้งานได้ภายใน 24 ชั่วโมง

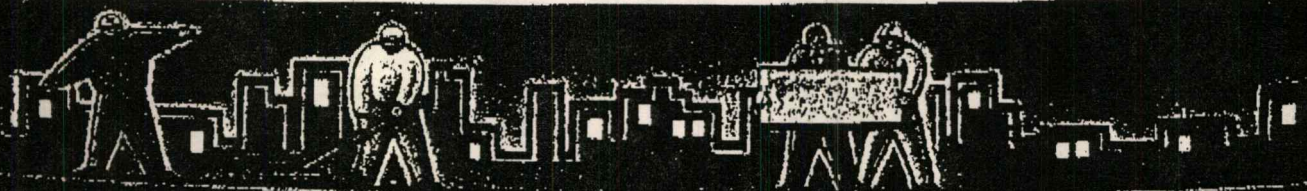
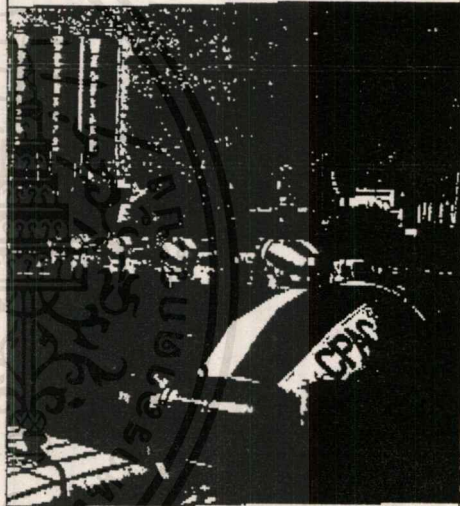
ดังนั้น คอนกรีตแข็งตัวเร็วซีแพค จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับงานเร่งด่วน หรืองานที่มีผลเสียต่อเนื่องถึงสิ่งอื่น หากใช้เวลานานไป อาทิ เช่น งานสร้างถนน การซ่อมแซมผิวจราจร การทำพื้นสะพาน ลานจอดรถ พื้นปั้มน้ำมัน พื้นโรงงาน ที่อาจเป็นตัวสร้างปัญหาเกิดขวางการจราจรที่มีมากอยู่แล้วให้เพิ่มขึ้นไปอีก ซึ่งแต่เดิมนั้นกว่าทุกอย่างจะคลี่คลายคงต้องกินเวลาเกือบ 30 วัน แต่หากคุณตัดสินใจเลือกคอนกรีตชนิดพิเศษนี้ เวลายาวนาน 1 เดือนจะถูกย่อลงเหลือ 1 วันทันที พร้อมกับความยุ่งยากต่างๆ ที่หมดไปภายใน 24 ชั่วโมงด้วย

บทพิสูจน์ถึงประสิทธิภาพของคอนกรีตแข็งตัวเร็วซีแพค

บทพิสูจน์ของคอนกรีตแข็งตัวเร็วซีแพคซึ่งใช้ได้ผลจริง และเป็นที่ยอมรับแล้วในงานต่างๆ คือ

- การซ่อมแซมถนนลูกรัง
- การซ่อมแซมถนนลาดพร้าว
- การซ่อมแซมถนนพหลโยธิน
- การซ่อมแซมถนนรัตนวิบูลย์
- การซ่อมแซมถนนปู่เจ้าสมิงพราย
- การซ่อมแซมถนนแจ้งวัฒนะ
- การทำพื้นโกดังอีสต์เอเชียติก
- การทำพื้นถนนภายในโรงงานสามมิตรมอเตอร์
- การทำลานจอดรถโรงงานบางกอกกลาส
- การทำลานจอดรถขององค์การโทรศัพท์ แจ้งวัฒนะ

เปี่ยม
คุณภาพ
ในทุก
ขั้นตอน



ผู้บอง การนิโกล เลือกใช้ ซีแพค

ไม่เพียงประสิทธิภาพในการ
แข็งตัวของคอนกรีตชนิดพิเศษนี้
เท่านั้นที่คุณจะได้รับจากซีแพค หาก
แต่คุณสามารถจะวางใจได้ว่าเบื้อง
หลังความสำเร็จในงานของคุณเรา
ได้ให้ความใส่ใจในคุณภาพทุกจุด ทุก
ขั้นตอน นับจากก่อนเริ่มเป็นคอนกรีต
จนกระทั่งแม้งานนั้นจะเสร็จเรียบร้อยแล้ว
ไปแล้วก็ตาม ซึ่งการควบคุมคุณภาพ
นี้ได้ถูกดำเนินการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่

1. **ชั้นวัตถุดิบ** ได้ทำการทดสอบ
จากต้นแหล่ง คัดเลือกเอาแต่
เฉพาะที่ได้มาตรฐาน และเก็บรักษา
อย่างดีในที่ซึ่งเหมาะสมเพื่อคงคุณภาพ
จนถึงเวลาใช้

2. **สัดส่วนและกาผสม**
วัตถุดิบทุกอย่างจะถูกลำเลียงผ่าน
เครื่องซึ่งตรงซึ่งควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
เพื่อความเที่ยงตรงสูงสุด โดย
สัดส่วนแต่ละอย่างได้ถูกค้นคว้าพัฒนา
จากผู้เชี่ยวชาญแล้วจนมั่นใจ

3. **กาจัดตั้ง** ด้วยจำนวน
โรงงานซีแพคที่ครอบคลุมทุกพื้นที่ของ
ประเทศ ประกอบกับระบบการสื่อสาร
อันทันสมัยที่สามารถติดต่อกับรถไม่
ฟ้าขาวทุกคันได้ตลอดเวลา จึงทำให้
คอนกรีตผสมเสร็จซีแพคจะถูกจัดส่ง
ถึงจุดหมายปลายทางไม่ว่ากรณีใด
ในทุกเวลาที่เหมาะสมที่สุดของการ
ทำงานเสมอ

4. **กาทดสอบคุณภาพ** เรา
ทำการจัดเก็บตัวอย่างคอนกรีตจาก
หน้างาน มาบ่มและทดสอบกำลังอัด
ด้วยขบวนการตามหลักวิศวกรรม
พร้อมแสดงผลยืนยันกลับสู่เจ้าของ
งานให้มีความมั่นใจในคุณภาพคอน-
กรีตอย่างเต็มที่ด้วย



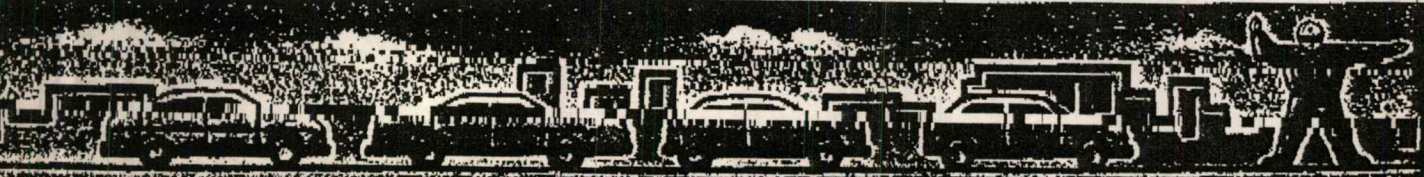
จนถึงจุดนี้ คอนกรีตแข็งตัวเร็ว
ซีแพคก็คงจะเป็นทางเลือกที่ถูกต้อง
และเหมาะสมที่สุดกับงานเร่งด่วนของ
คุณ ตั้งแต่

งานเสร็จทันใช้ จากคุณสมบัติ
เฉพาะตัวของเนื้อคอนกรีตที่มีอัตรา
ส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำมาก ทำให้คอน-
กรีตแข็งตัวเร็วและได้กำลังอัดมากกว่า
240 กก./ตร.ซม. ในเวลาเพียง 24
ชั่วโมง จึงทำให้งานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
และรวดเร็ว

ทำชานชาลา ถึงแม้ปริมาณน้ำ
ในเนื้อคอนกรีตที่มีเพียง 160 ลิตร/
ลูกบาศก์เมตร ซึ่งโดยปกติแล้วส่วน
ผสมนี้ไม่สามารถทำให้คอนกรีตเหลว
พอทำงานได้ แต่ด้วยการเติมน้ำยา
ผสมคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM
C494 TYPE F ประเภทลดน้ำจำนวนมาก
(SUPERPLASTICIZER) ก็ช่วย
ช่วยให้คอนกรีตมีค่ายุบตัว (SLUMP)
มากพอที่จะทำงานได้สะดวกโดยไม่ต้อง
เติมน้ำเพิ่มอีก และจะยิ่งเบาแรง
ไปด้วยความสามารถของรถไม่ฟ้าขาว
ที่เข้าเทคอนกรีตถึงหน้างานที่คุณ
เตรียมไว้ จนช่วยลดความยุ่งยากของ
งานไปอีกมากมายด้วย

คุณภาพกล้ารับภาระ
นอกจากกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้
ตามความต้องการแล้ว เมื่อใส่เส้นใย
สังเคราะห์ (POLYPROPYLENE) ซึ่ง
มีคุณสมบัติเสริมกำลังและยึดเหนี่ยว
เนื้อคอนกรีตให้ยึดแน่นเข้าด้วยกัน
เพื่อป้องกันการแตกร้าวบริเวณผิวหน้า
(PLASTIC SHRINKAGE CRACK)
เนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต

และด้วยเหตุผลเหล่านี้ ที่ทำให้
คุณเชื่อได้ว่าคอนกรีตแข็งตัวเร็วซีแพค
จะช่วยให้ผลงานของคุณคุ้มค่า คุ้ม
เวลาอย่างที่สุด



รู้จัก รู้จัก ได้ประโยชน์ เกือบที่

ด้วยคุณสมบัติพิเศษของคอนกรีตแข็งตัวเร็วซีแพค ทำให้การเทใช้งานใช้เวลาค่อนข้างเร็วคือประมาณ 15-60 นาที ดังนั้นเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรทราบหลักปฏิบัติในการทำงาน ดังนี้

ก่อนการเทคอนกรีต

- ควรเตรียมสถานที่ก่อสร้าง งาน และเครื่องมือให้พร้อมและเพียงพอ
- พื้นที่ที่จะเทคอนกรีต ควรจัดวางและบดอัดทรายให้แน่น

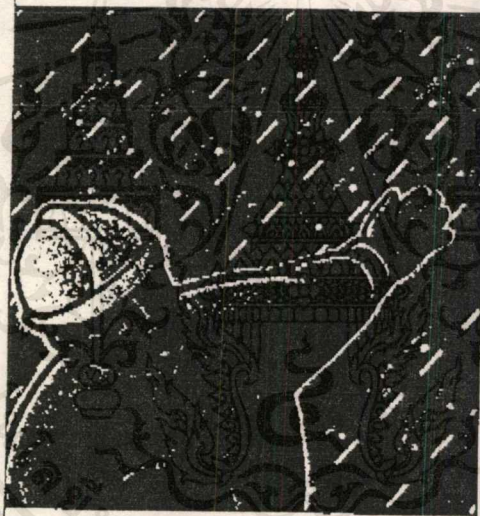
ขณะทำการเทคอนกรีต

- ไม่ควรเติมน้ำเพิ่มในคอนกรีต เพราะจะทำให้คอนกรีตรับน้ำหนักลดลง
- ใช้เครื่องจี้คอนกรีตทุกครั้ง เพื่อไม่ให้เกิดรูพรุนในเนื้อคอนกรีต เพราะรูพรุนจะทำให้คอนกรีตแตกร้าว และรับน้ำหนักไม่ได้ตามต้องการ

หลังการเทคอนกรีต

- ควรบ่มด้วยกระดาษชุบน้ำ เนื้อคอนกรีตเริ่มแข็งตัว (ประมาณ 4 ชั่วโมงหลังเทเสร็จ) และควรบ่มต่อเนื่องจนครบ 24 ชั่วโมงเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกจากคอนกรีตมากเกินไป

- การตัดรอยต่อพื้นถนนด้วยเครื่องตัด ต้องใช้ความระมัดระวังมากกว่าธรรมดา และควรทำการตัดรอยต่อทันทีหลังจากเทเสร็จแล้ว 3-6 ชั่วโมง



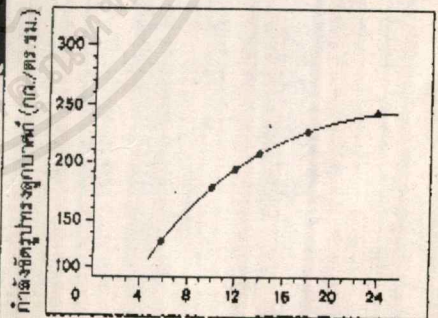
ข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับ
คุณสมบัติของคอนกรีต
แข็งตัวเร็ว

คอนกรีตสด

- WATER CEMENT RATIO (w/c) = 0.36
- ค่ายุบตัว (SLUMP) ประมาณ 5-10 ซม.
- เวลาในการทำงานขณะเป็นคอนกรีตสด 45-60 นาที

คอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

- คอนกรีตเริ่มแข็งตัวหลังเท 3-4 ชั่วโมง
- กำลังอัดคอนกรีตมากกว่า 240 กก./ตร.ซม. ที่อายุคอนกรีต 24 ชั่วโมง



เวลานับตั้งแต่เริ่มผสม (ชั่วโมง)

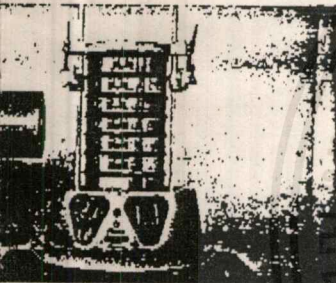
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา
หลังผสม-กำลังอัดคอนกรีต

การควบคุมคุณภาพ

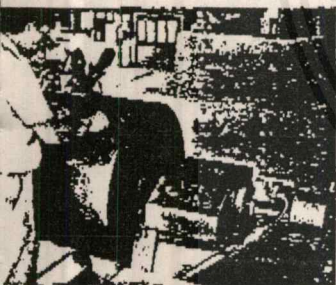
เพื่อให้ได้คอนกรีตผสมเสร็จที่ได้
งานมีคุณภาพสม่ำเสมอเหมาะกั
งาน จำเป็นต้องมีการตรวจสอบ
ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ
การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ

ซีเมนต์ ทดสอบคุณสมบัติทาง
ทางกายภาพ

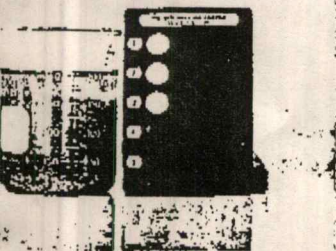
หีบทราย ทำการทดสอบความ
ความอยู่ตัว, ความสะอาด,
และขนาดคละ



a)



b)



c)

7 การทดสอบหีบทราย

a) ทดสอบขนาดคละ

b) ทดสอบ Abrasion

c) ทดสอบความสะอาดของทราย

ทดสอบคุณสมบัติทางเคมี และ
วิธีที่มีผลต่อการแข็งตัว และกำลัง
คอนกรีต

น้ำยาผสมคอนกรีต ทดสอบความ
สม่ำเสมอ โดยพิจารณาจากความถ่วง
จำเพาะ

2. การควบคุมคุณภาพคอนกรีตสด

เมื่อรผสมคอนกรีตถึงหน่วยงาน

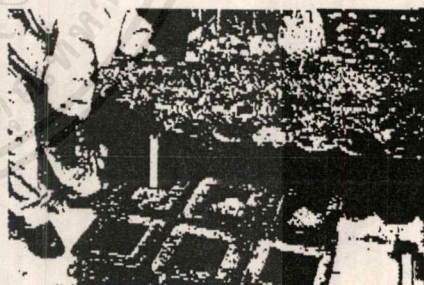
ก่อสร้างจะต้องสุ่มทำการทดสอบความ
สามารถเทได้ โดยทดสอบค่ายุบตัว เพื่อ
พิจารณาว่าคอนกรีตมีความเหลวได้ตาม
ข้อกำหนดหรือไม่ ค่ายุบตัวที่เหมาะสม
สำหรับงานก่อสร้างในประเทศไทยมีดังนี้

ประเภทของงาน	ค่ายุบตัวที่เหมาะสม (ซม.)
พื้นถนน พื้นสนามบิน	5.0 ± 2.5 หรือ 7.5 ± 2.5
คอนกรีตสำหรับงานทั่วไป	7.5 ± 2.5
คอนกรีตสำหรับงานคอนกรีตบ่ม	10.0 ± 2.5
คอนกรีตสำหรับงานเสาเข็มเจาะ	
- เสาเข็มเจาะขนาดเล็ก	10.0 ± 2.5
- เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่	มากกว่า 15
คอนกรีตสำหรับงานฐานรากแผ่ขนาดใหญ่หรือ งานที่มีเหล็กเสริมหนาแน่น	มากกว่า 15

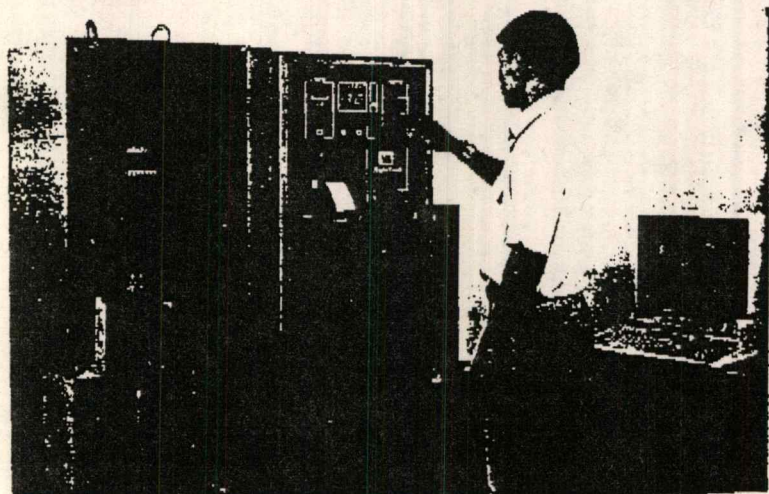
ตารางที่ 1 ค่ายุบตัวที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างในประเทศไทย

3. การควบคุมคุณภาพคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

ความแข็งแรงและความทนทานเป็น
คุณสมบัติที่สำคัญ สำหรับคอนกรีตที่แข็ง
ตัวแล้ว แต่การวัดความทนทานของคอน
กรีตทำได้ยาก ดังนั้นการควบคุมคุณภาพ
จึงทำเฉพาะการทดสอบความแข็งแรง
โดยการทดสอบการรับแรงอัด



a)



b)

รูปที่ ๑ การทดสอบการรับแรงอัด

a) การสุ่มทำก่อนตัวอย่าง

b) การทดสอบ

การทดสอบการรับแรงอัดของคอนกรีต ทำโดยการนำก้อนตัวอย่างคอนกรีต ซึ่งอาจเป็นรูปทรงลูกบาศก์หรือรูปทรงกระบอก ที่ได้จากการสุ่มเก็บ ณ หน่วยงานก่อสร้าง นำมาบ่มและทดสอบเมื่อมีความชื้นความที่น้ำหนึ่ง ๒๘ โดยไม่ได้ค่ากำลังอัดคอนกรีตแล้ว จะนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่า Moving Average รวมทั้งนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Cusum

กำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบคอนกรีตผสมเสร็จ โดยทั่วไปในประเทศไทยมีดังนี้

สามารถช่วยให้งานเทคอนกรีตดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว และลดจำนวนคนงานที่ใช้ในการผสมคอนกรีตและเทคอนกรีตลงอย่างมาก

4. แก่ปัญหางานก่อสร้างที่มีบริเวณก่อสร้างจำกัด ไม่สามารถที่จะยกเครื่องปั้นทราย หรือ ไม้งานก่อสร้างที่จะต้องเปลี่ยนสถานที่ที่เทคอนกรีตตลอดเวลา เช่น งานถนน งานคลองส่งน้ำ เป็นต้น

5. แก่ปัญหางานก่อสร้างที่ต้องการใช้คอนกรีตปริมาณครั้งละไม่มากนัก หรืองานที่ต้องการใช้คอนกรีตเป็นระยะเวลาห่าง ๆ กัน ซึ่งไม่คุ้มกับการลงทุนซื้อวัสดุ

ผสมเสร็จที่จัดส่งให้กับหน่วยงานก่อสร้าง ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น กำลังอัด ประสิทธิภาพ ความยุบตัว เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการใช้คอนกรีตผสมเสร็จ

1. เพื่อให้ได้รับคอนกรีตที่สดเสมอ ระยะทางจากโรงงานถึงหน่วยงานก่อสร้างไม่ควรเกิน 15 กิโลเมตร
2. เพื่อให้รถผสมคอนกรีตเข้าถึงหน่วยงานได้อย่างสะดวก ถนนเข้าหน่วยงานก่อสร้างต้องกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร สายไฟ สายโทรศัพท์ หรือสิ่งกีดขวางอื่น ๆ ควรอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 4 เมตร
3. หากรถผสมคอนกรีตเข้าถึงบริเวณที่จะเทไม่ได้ ควรจัดกะเบาะขนาดความจุ 0.5-1 ลบ.ม. ไว้รองรับคอนกรีต
4. เพื่อให้การเทคอนกรีตทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง หน่วยงานควรสั่งคอนกรีตในปริมาณที่เหมาะสมกับวิธีการทำงาน

กำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)

รูปทรงลูกบาศก์ 15×15×15 ซม.	รูปทรงกระบอก 15×30 ซม.
180	140
210	180
240	210
280	240
320	280
350	300
380	320
400	350

ตารางที่ 2 ค่ากำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบ

คุณลักษณะเด่นของคอนกรีตผสมเสร็จ

1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานงานก่อสร้างทั่วไป
2. มีการควบคุมสัดส่วนผสมของคอนกรีตด้วยวิธีการซึ่งน้ำหนัก ทำให้ได้ส่วนผสมคอนกรีตที่ถูกต้อง แน่นอนและสม่ำเสมอ
3. โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จได้รับการพัฒนาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอยู่เสมอ และสามารถผลิตคอนกรีตได้ตั้งแต่ 30-150 ลบ.ม./ชั่วโมง ซึ่ง

ผสมมาเก็บไว้ใช้งานเอง

6. ในงานก่อสร้างที่อัตราค่าเทคอนกรีตค่อนข้างต่ำ สามารถแก้ไขได้โดยเติมน้ำยาผสมคอนกรีตที่มีคุณลักษณะยึดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต

7. โดยปกติคอนกรีตผสมเสร็จจะมีราคาแพงกว่า คอนกรีตผสมเองอยู่บ้างเล็กน้อย แต่ก็สามารถทดแทนด้วยคุณภาพของคอนกรีตที่ดีและสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังช่วยให้ทำงานได้โดยสะดวกและที่สำคัญมากคือ ประหยัดเวลาในการก่อสร้าง

8. เป็นหน้าที่ของผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จที่ต้องรับรองคุณภาพคอนกรีต

วิธีเทคอนกรีต	อัตราค่าเทคอนกรีตที่เหมาะสม ลบ.ม./ชั่วโมง
ใช้ลิฟท์	10
ใช้เครน	15
ใช้คอนกรีตปั๊ม	40

5. เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพ ควรใช้คอนกรีตให้หมดภายใน 1 ชั่วโมง หลังจากรถผสมคอนกรีตถึงหน่วยงาน
6. เพื่อความสะดวกในการจัดส่งคอนกรีต ควรเขียนแผนที่แสดงตำแหน่งหน่วยงานก่อสร้างอย่างละเอียด ส่งให้โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จก่อนเริ่มการใช้งาน