รายงานฉบับที่ วพ. 195 ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง
REPORT NO. RD 195 ROAD RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER

คอนกรีตแข็งตัวเร็วสำหรับงานบำรุงเร่งด่วน

โดย

ม.ล. วิจิตอัจฉรา สรรพกิจจำนง
เลิศ พัดฉวี

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
DEPARTMENT OF HIGHWAYS, MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS.
RATCHATHEWI. BANGKOK 10400, THAILAND

คอนกรีตแข็งตัวเร็วสำหรับงานบำรุงแร่งด่วน

โดย

ม.ล. วิจิตอัจฉรา ธรรพกิจจำนง
เฉิด พัดถวี

รายงานฉบับที่ วพ.195
ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง
เมษายน 2545
ISSN 0125-8044

รายงานนี้เป็นแนวความคิดของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนผูกพันแต่อย่างใด

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ คุณ วิชิต นามประเสริฐ วิศวกรโยธา 5 ที่กรุณาดูแลการเจาะเก็บตัวอย่างลูกปูนในสนาม คุณ ธานิส โอชาพันธุ์ ผู้ช่วยนายช่างแขวงกรุงเทพฯ และ คุณ สุนทร แก้วศรีใส นายช่างโยธา 6 ที่กรุณาถ่ายภาพขณะซ่อมบำรุง และขอขอบคุณบริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างที่กรุณาให้ใช้เครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงอัดและเครื่องมืออื่นๆ จนกระทั่งงานวิจัยแล้วเสร็จ

ม.ล. วิจิตอัจฉรา สรรพกิจจำนง

เลิศ พัดฉวี

คำนำ

คอนกรีตแข็งตัวเร็วสำหรับงานบำรุงเร่งด่วนนั้น ในปัจจุบันได้ใช้ซ่อมบำรุงถนนคอนกรีตที่มีปริมาณการจราจรสูง บริเวณกรุงเทพฯและปริมณฑล รวมทั้งทางหลวงสายหลัก คอนกรีตชนิดนี้ต้องใส่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยปริมาณที่สูงมาก และผสมน้ำน้อยๆเพื่อเพิ่มกำลังรับแรงอัดให้สูงสุดในระยะเวลาที่กำหนด เพื่อให้การทำงานสะดวก จึงต้องผสมน้ำยาคอนกรีตมาตรฐาน ASTM C 494 TYPE F ประเภทลดน้ำจำนวนมาก (Superplasticizer) ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตมีค่ายุบตัว (Slump) สูงขึ้น นอกจากนี้เพื่อป้องกันการแตกร้าวบริเวณผิวหน้า (Plastic Shrinkage Crack) เนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต จึงใส่เส้นใยสังเคราะห์ Polypropylene ซึ่งมีคุณสมบัติเสริมกำลังและยึดเหนี่ยวเนื้อคอนกรีตให้ยึดแน่นเข้าด้วยกัน คอนกรีตแข็งตัวเร็วนี้ จึงสามารถเปิดการจราจรได้ภายใน 24 ชั่วโมงภายหลังการซ่อมบำรุง

(นายจารึก อนุพงษ์)
อธิบดีกรมทางหลวง

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	**(1)**
รายการตารางประกอบ	**(3)**
รายการรูปประกอบ	**(5)**
บทคัดย่อภาษาไทย	**(8)**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**(9)**
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การศึกษาผลงานวิจัยในอดีตและทฤษฎี	
2.1 ผลการศึกษาวิจัยในอดีต	4
2.2 ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์	5
2.3 คุณสมบัติทางกลของคอนกรีตผสมเส้นใย	8
2.4 ชนิดของเส้นใย	9
2.5 สารเคมีผสมเพิ่ม	15
2.6 ขบวนการเกี่ยวกับคอนกรีตแข็งตัวเร็ว	16
บทที่ 3 การซ่อมบำรุงและการเก็บตัวอย่างศึกษาวิจัย	
3.1 ส่วนผสมคอนกรีตแข็งตัวเร็ว	18
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการซ่อมบำรุง	18
3.3 วัสดุที่ใช้ในการซ่อมบำรุง	19
3.4 วิธีการเปลี่ยนซ่อมแซมแผ่นพื้นคอนกรีตทั้งแผ่น	19
3.5 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะซ่อมบำรุง	21
3.6 การเจาะเก็บตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน	21
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์วิจารณ์	
4.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและการวิเคราะห์	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	32
4.3 การตรวจสอบสภาพผิวของถนนคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน	33
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย	54
5.2 ข้อแนะนำในการซ่อมบำรุงด้วยคอนกรีตแข็งตัวเร็ว	54
5.3 ข้อดีและข้อเสียในการใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็ว	55
5.4 ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก	59

รายการตารางประกอบ

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของ FIBER (เผดิจ งามเจริญ, 2540)	17
ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้านทานต่อการเสียดสี (คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)	33
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - มีนบุรี กม.7+168 - 7+223	44
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – มีนบุรี กม.7+440 - 7+470	45
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด กม.7+840 - 7+855	46
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด กม.8+350 - 8+365	47
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด กม.9+840 - 9+870	48
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน(820 วัน) ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – มีนบุรี กม.7+168 - 7+223	49
ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน(620 วัน) ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – มีนบุรี กม.7+440 - 7+470	50
ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน(265 วัน) ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด กม.7+840 - 7+855	51
ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน(265 วัน) ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด กม.8+350 - 8+365	52
ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน(265 วัน) ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด กม.9+840 - 9+870	53
ตารางภาคผนวกที่ 1 อิทธิพลของประเภทปูนซีเมนต์ที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต (คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)	60
ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลของระยะเวลารับน้ำหนักที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต (คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)	63

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

		หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 3	ผลของขนาดของแท่งทดสอบที่มีต่อกำลังรับแรงอัด (คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)	64
ตารางภาคผนวกที่ 4	ผลของส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบที่มีต่อกำลังรับแรงอัด (คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)	65

รายการรูปประกอบ

		หน้า
รูปที่ 2.1	อัตราความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของ C_3S	6
รูปที่ 2.2	การทดสอบของแท่งคอนกรีตเสริมเส้นใย ด้วย Tensile Load	8
รูปที่ 2.3	เส้นใยเหล็ก (Steel Fiber) (Fiber Reinforced Concrete, 1982)	10
รูปที่ 2.4	เส้นใยสังเคราะห์พลาสติก (Polypropylene Fiber) ชนิดไฟเบอร์เส้นเดี่ยว	11
รูปที่ 2.5	เส้นใยสังเคราะห์พลาสติก (Polypropylene Fiber) ชนิดไฟเบอร์ตาข่าย	11
รูปที่ 2.6	ภาพขยายเส้นใยสงเคราะห์พลาสติก (Polypropylene Fiber)	12
รูปที่ 2.7	ภาพขยายเส้นใยสงเคราะห์พลาสติก (Polypropylene Fiber) ขนาด 500 เท่า	12
รูปที่ 2.8	ภาพขยายเส้นใยสงเคราะห์พลาสติก (Polypropylene Fiber) ขนาด 4000 เท่า	13
รูปที่ 2.9	เส้นใยแก้ว (Glass Fiber) (Fiber Reinforced Concrete, 1982)	14
รูปที่ 2.10	เส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber) (Carbon Fiber Cement Composite, 1982)	15
รูปที่ 3.1	แผนผังสังเขป แสดงบริเวณที่เจาะผิวคอนกรีต ตอน หลักสี่ - มีนบุรี กม.7+168 - กม.7+223	22
รูปที่ 3.2	แผนผังสังเขป แสดงบริเวณที่เจาะผิวคอนกรีต ตอน หลักสี่ - มีนบุรี กม.7+440 - กม.7+740	22
รูปที่ 3.3	แผนผังสังเขป แสดงบริเวณที่เจาะผิวคอนกรีต ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.7+840 - กม.7+855	23
รูปที่ 3.4	แผนผังสังเขป แสดงบริเวณที่เจาะผิวคอนกรีต ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.8+350 - กม.8+365	23
รูปที่ 3.5	แผนผังสังเขป แสดงบริเวณที่เจาะผิวคอนกรีต ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.9+840 - กม.9+870	24
รูปที่ 3.6	สภาพถนนที่ต้องซ่อมบำรุงด้วยคอนกรีตแข็งตัวเร็ว	25
รูปที่ 3.7	ติดตั้งป้ายจราจรเพื่ออำนวยความสะดวกและปลอดภัย	25
รูปที่ 3.8	ตัดคอนกรีตที่บริเวณซ่อมบำรุงให้ได้แนว	26
รูปที่ 3.9	ทุบคอนกรีตด้วยรถทุบเพื่อเอาคอนกรีตบริเวณแตกร้าวออก	26
รูปที่ 3.10	ใช้รถ Back-Hoe ตักคอนกรีตที่ทุบออกแล้วนำไปทิ้ง	27
รูปที่ 3.11	ปรับระดับให้แน่นก่อนการเทคอนกรีตแข็งตัวเร็ว	27
รูปที่ 3.12	การเจาะรูสำหรับฝังเหล็กเดือยและเหล็กยึด	28
รูปที่ 3.13	ติดตั้งเหล็กเดือยและเหล็กยึดโดยใช้สารอีพ๊อกซี่เรซิน ฉีดเข้าไปในรูเพื่อเป็นตัวยึด	28

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.14	คอนกรีตแข็งตัวเร็วจากโรงงานได้ถูกนำมาเทลงบริเวณซ่อมบำรุง และการวางเหล็กรอยต่อ	29
รูปที่ 3.15	การแต่งผิวหน้าคอนกรีตแข็งตัวเร็ว	29
รูปที่ 3.16	ตัดรอยต่อคอนกรีตภายใน 3-6 ชั่วโมง	30
รูปที่ 3.17	ใช้วัสดุอุดรอยต่อตลอดแนว	30
รูปที่ 4.1	การชั่งน้ำหนักแท่งตัวอย่างคอนกรีต	34
รูปที่ 4.2	การทดสอบหากำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต	34
รูปที่ 4.3	Microstructure ของคอนกรีตผสมพิเศษ เมื่ออายุ 620 วัน ที่กำลังขยาย 7000 เท่า	35
รูปที่ 4.4	การติดตั้งเครื่องมือ Compressometer เพื่อทดสอบหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	35
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของ คอนกรีตแข็งตัวเร็วใน 24 ชั่วโมง	36
รูปที่ 4.6	เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแข็งตัวเร็วและคอนกรีตธรรมดา (มาตรฐานกรมทางหลวง)ในช่วงอายุ 28 วัน	37
รูปที่ 4.7	กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแข็งตัวเร็วซึ่งเก็บตัวอย่าง ณ.บริเวณซ่อมบำรุง ในช่วงอายุ 672 ชม. (ภายหลังการใช้งาน) เปรียบเทียบกับคอนกรีตแข็งตัวเร็ว จากการทดลองวิจัยในห้องปฏิบัติการ(ก่อนการใช้งาน)	38
รูปที่ 4.8	กำลังรับแรงอัดและอายุของคอนกรีตแข็งตัวเร็วในช่วง 28 วัน (ก่อนเปิดการจราจร)	39
รูปที่ 4.9	เปรียบเทียบหน่วยแรงอัดและอายุของคอนกรีตแข็งตัวเร็ว (หลังเปิดการจราจรได้ 265 620 และ 820 วัน)	40
รูปที่ 4.10	เปรียบเทียบความเค้นและความเครียดของคอนกรีตธรรมดาและ คอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังจากใช้งาน 265 620 และ 820 วัน	41
รูปที่ 4.11	สภาพผิวถนนที่ใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็วซ่อมบำรุง ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.8+350 - กม.8+365	42
รูปที่ 4.12	สภาพผิวถนนที่ใช้คอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวง ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.8+365 - กม.8+380	42
รูปที่ 4.13	สภาพผิวถนนที่ใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็ว ซ่อมบำรุง ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.9+840 - กม.9+870	43

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.14 สภาพผิวจราจนที่ใช้คอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวง 43
ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักที่ - ปากเกร็ด กม.9+900 - กม.9+930

รูปภาคผนวกที่ 1 แสดงแห่งคอนกรีตเมื่อรับแรง P 66

รูปภาคผนวกที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของระยะหดตัวของคอนกรีต 67
เปรียบเทียบกับระยะเวลา

คอนกรีตแข็งตัวเร็วสำหรับงานบำรุงเร่งด่วน

* * * * *

ม.ล.วิชิตอัจฉรา สรรพกิจจำนง
ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง

เดิศ พัดฉวี
ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง

บทคัดย่อ

หลังจากที่กรมทางหลวงมีนโยบายที่จะซ่อมบำรุงถนนคอนกรีต โดยใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็ว เพื่อให้เปิดการจราจรได้ภายใน 24 ชั่วโมง และมีกำลังรับแรงอัดได้ไม่น้อยกว่า 24 เมกกะพาสคัล (245 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์นี้ จึงได้นำน้ำยาผสมคอนกรีตมาตราฐาน ASTM C 494 TYPE F ประเภทลดน้ำจำนวนมาก (Superplasticizer) ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตมีค่ายุบตัว (Slump) มากพอที่จะทำงานได้สะดวกและเพื่อป้องกันการแตกร้าวบริเวณผิวหน้า (Plastic Shrinkage Crack) เนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต จึงได้ใส่เส้นใยสังเคราะห์ (Polypropylene) ซึ่งมีคุณสมบัติเสริมกำลังและยึดเหนี่ยวเนื้อคอนกรีตให้ยึดแน่นเข้าด้วยกัน

เมื่อเปิดการจราจรบริเวณที่ซ่อมบำรุงด้วยคอนกรีตแข็งตัวเร็วไปได้ช่วงเวลาหนึ่ง ก็ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วรูปทรงกระบอกจากบริเวณซ่อมบำรุงซึ่งมีอายุการใช้งาน 265, 620 และ 820 วัน เพื่อทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และนำมาเปรียบเทียบกับคอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวง ผลปรากฏว่าคอนกรีตทั้งสองชนิดมีค่ากำลังอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตแข็งตัวเร็วก่อนการใช้งานและหลังการใช้งานมาเปรียบเทียบกัน พบว่าหลังการใช้งานจะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่ำลง ซึ่งเกิดจากการรับน้ำหนักอย่างซ้ำซากเป็นเวลานาน

คอนกรีตแข็งตัวเร็วจะรับกำลังได้สูงกว่าคอนกรีตธรรมดาอยู่มาก สามารถเปิดการจราจรได้ภายใน 24 ชั่วโมง สามารถลดอุบัติเหตุจากการซ่อมบำรุงที่ใช้เวลานาน และลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากการจราจรติดขัดได้อีกด้วย ซึ่งเหมาะสมกับงานบำรุงทางที่ต้องการความเร่งด่วน

(9)

FAST SETTING CONCRETE FOR URGENT MAINTENANCE

* * * * *

M.L. WICHITASHARA SANPAKITJAMNONG
ROAD RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER
DEPARTMENT OF HIGHWAYS

LERT PATCHAWEE
ROAD RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER
DEPARTMENT OF HIGHWAYS

ABSTRACT

The DOH policy for Fast Setting Concrete maintenance are the purpose of opening traffic with in 24 hours and obtaining the compressive Strength not less than the 245 kg / cm^2. An admixture (ASTM C 494 TYPE F) were mixed with the concrete. The Polypropylene was also recommented to mix in the concrete mixture to prevent the plastic shrinkage crack.

After opening the traffic on the maintenance area at a certain period. Many cylendrical samples, 4 inches diameter were cored from Fast Setting Concrete pavement with various sections and ages at 265, 620, and 820 days. Compressive Strength and Modulus of Elasticity were tested. The Compressive Strength and Modulus of Elasticity of the loading Fast Setting Concrete are almost the same as The Unloading Ordinary Concrete Pavement. The other case is the comparison of Loading and Unloading Fast Setting Concrete. The Engineering properties of Loading Fast Setting Concrete are lower than unloading one. The reason is the long time repetition loading.

We have concluded that Fast Setting Concrete are suitable for maintenance because the deterioration of road will not occure with in a short time.

We can open traffic repidly with the higher strength pavement.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การก่อสร้างบางประเภทยิ่งสร้างเสร็จเร็วเท่าใด ก็จะยิ่งทวีประโยชน์ให้เกิดมากขึ้นเท่านั้น งานบางงานที่ต้องการเปิดโครงการอย่างเร่งด่วน หากใช้เวลาในการก่อสร้างนานเกินไปก็อาจจะมีผลเสีย อาทิ การซ่อมบำรุงทาง ก็สามารถซ่อมบำรุงและเปิดจราจรได้ภายใน 24 ชั่วโมง ก็จะเป็นประโยชน์กับผู้ขับขี่ สามารถลดอุบัติเหตุและลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจของชาติได้

ปัจจุบัน คอนกรีต เทคโนโลยี ได้เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว คอนกรีตแข็งตัวเร็วได้ถูกนำมาใช้กับงานบำรุงทาง หรือการก่อสร้างใด ๆ ที่ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้าง ในต่างประเทศนิยมใช้คอนกรีตชนิดนี้มาก โดยเฉพาะกับงานเร่งด่วน ประเทศอเมริกานิยมใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็ว ในการซ่อมบำรุงทาง ซ่อมสนามบิน หรือ Overlay บนพื้นโรงงานที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ การก่อสร้างอาคารสูงที่ต้องการความรวดเร็ว ในการก่อสร้างก็นิยมใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็วนี้ ในประเทศทางยุโรปก็ได้ทำวิธีการดังกล่าวไปใช้เช่นกัน

ประเทศไทยได้นำคอนกรีตแข็งตัวเร็วนี้มาใช้เป็นเวลานานกว่า 15 ปี เช่น การซ่อมผิวจราจรบริเวณได้สะพานลอยสุทธิสาร การซ่อมผิวจราจร ถนนปู่เจ้าสมิงพราย และถนนพหลโยธิน กรมทางหลวงได้ใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็วนี้ เพื่อการซ่อมบำรุง ในสายทางที่มีปริมาณจราจรสูง มากกว่า 10 ปี และใช้งบประมาณซ่อมบำรุงชนิดนี้ประมาณ 500 ล้านบาท/ปี คณะวิจัยเห็นสมควร ติดตามพฤติกรรมกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดนี้หลังการใช้งาน

คอนกรีตแข็งตัวเร็ว มุ่งความสำคัญ ในเรื่องกำลังอัดสูงในเวลาสั้น ๆ เป็นสำคัญ ดังนั้น อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) ต้องต่ำมากถึง 0.36 และใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 450 กก/ลบ. ม.

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และปริมาณปูนซีเมนต์ดังกล่าว ต้องใช้น้ำ 160 ลิตร/ลบ.ม ซึ่งน้ำจำนวนนี้ไม่สามารถทำให้คอนกรีตเหลวพอที่จะทำงานได้ จึงต้องใช้น้ำยาผสมคอนกรีตมาตรฐาน ASTM C 494 TYPE F ประเภทที่ลดน้ำจำนวนมาก (Superplasticizer) ซึ่งสามารถลดน้ำได้ 15 – 30 % ทำให้คอนกรีตนี้เหลวและมีค่ายุบตัวประมาณ 5-10 ซม. เหมาะที่จะนำไปใช้กับงานเร่งด่วน

น้ำยาผสมคอนกรีตมาตรฐาน ASTM C494 TYPE F มีลักษณะเป็นของเหลวเมื่อผสมในคอนกรีตจะทำให้ลดประมาณน้ำที่ต้องใช้ในการผสมคอนกรีตลง ทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นในเวลาสั้น ๆ การออกแบบให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดสูงในเวลาอันรวดเร็ว โดยกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) ต่ำ ซึ่งปริมาณน้ำจำนวน 160 ลิตร/ลบ.ม. ที่ใช้ในส่วนผสมไม่สามารถทำให้คอนกรีตเหลวพอที่จะทำงานได้ จึงได้เติมน้ำยาผสมคอนกรีตประเภทลดน้ำจำนวน

มาก (High Range Water Reducing Agent or Superplasticizer) ลงไปเพื่อให้คอนกรีตมีค่ายุบตัวมากพอที่จะทำงานได้

หลักการทำงานของน้ำยาประเภทนี้คือ น้ำยาจะไปจับอนุภาคซีเมนต์ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าที่ผิวขึ้น แรงผลักระหว่างประจุทำให้อนุภาคซีเมนต์กระจายตัวออกจากกัน ทำให้น้ำที่ถูกกักไว้สามารถเคลื่อนตัวออกมาได้ คอนกรีตจึงมีค่ายุบตัว หรือมีการไหลที่ดีขึ้น

คอนกรีตที่ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่มากถึง 450 กก./ลบ.ม. นี้ จะเกิดการหดตัวมากก่อให้เกิดการแตกร้าวบริเวณผิวหน้าคอนกรีต (Plastic Shrinkage Crack) เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว จึงได้ใส่เส้นใยสังเคราะห์ (Polypropylene) ลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตด้วย เส้นใยสังเคราะห์เหล่านี้จะทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวคอนกรีตไม่ให้เกิดการแตกร้าวบริเวณผิวหน้า ช่วยประสานและยึดแน่นรอบมวลรวม ส่งผลให้มีการยึดเหนี่ยว (Cohesion) ระหว่างมวลรวมและซีเมนต์เพสต์ ดีขึ้น และไม่มีการแยกตัว (Segregation) เส้นใยที่เหมาะสมกับคอนกรีตแข็งตัวเร็ว ได้แก่ เส้นใยสังเคราะห์ Polypropylene

หลังจากที่ได้นำคอนกรีตผสมเส้นใย Polypropylene และสารผสมเพิ่ม ASTM C494 TYPE F มาใช้ในการซ่อมบำรุงทางที่เสียหายในถนนบางสาย เช่น ถนนวิภาวดีฯ พหลโยธิน ปู่เจ้าสมิงพรายแล้วนั้น ได้มีการนำคอนกรีตผสมเส้นใย Polypropylene มาใช้อย่างต่อเนื่อง เพราะเห็นข้อดีที่สามารถรับกำลังรับแรงอัดได้เร็ว สามารถเปิดการจราจรได้ภายใน 24 ชม. ในการศึกษาวิจัยการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใย Polypropylene ได้นำมาทดลองในการก่อสร้างและซ่อมบำรุงถนนสาย 304 ตอนหลักสี่-มีนบุรี ช่วง กม.ที่ 7+168 – กม.ที่ 7+223 และช่วง กม.ที่ 7+440 – กม.ที่ 7+470 ทางสาย 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด ช่วง กม.ที่ 7+840 – กม..ที่ 7+885 ช่วง กม.ที่ 8+350 – กม.ที่ 8+365 และช่วงกม.ที่ 9+840 – กม.ที่ 9+870 ได้เจาะแท่งคอนกรีตเพื่อนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1.2.1 ศึกษาวิจัยคอนกรีตแข็งตัวเร็วที่ผ่านการใช้งาน

1.2.2 ศึกษาวิจัย วัสดุผสมเพิ่มเพื่อให้ได้คอนกรีตที่รับกำลังได้ดีขึ้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1.3.1 ศึกษาวิจัยคอนกรีตแข็งตัวเร็วทางกายภาพ

1.3.2 ศึกษาวิจัยคอนกรีตแข็งตัวเร็วด้วยการเจาะคอนกรีตแข็งตัวเร็วที่ผ่านการใช้งานแล้วมาทดสอบหากำลังแรงอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่น

1.3.3 ศึกษาและเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวง และคอนกรีตแข็งตัวเร็วก่อนและหลังการใช้งานหลาย ๆ ปี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 มีแนวทางในการคัดเลือกวัสดุผสมให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

1.4.2 เพื่อให้ได้ความมั่นใจในการตัดสินใจใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็วนี้ในการก่อสร้างหรือซ่อมบำรุงว่าตัดสินใจถูกต้องและได้ประโยชน์สูงสุดเพียงไร

บทที่ 2
ผลการศึกษาวิจัยในอดีตและทฤษฎี

2.1 ผลการศึกษาวิจัยในอดีต

คอนกรีตแข็งตัวเร็วซึ่งสามารถเปิดการจราจรได้ตั้งแต่ 6, 12 หรือ 24 ชั่วโมง จำเป็นต้องใส่ซีเมนต์จำนวนมากเพื่อให้แข็งตัวเร็ว และใส่น้ำน้อยๆ เพื่อเพิ่มกำลังอัดโดยรวดเร็ว คอนกรีตชนิดนี้จะมี Initial Setting Time และ Final Setting Time ต่างกันน้อยมาก ดังผลการทดลองของบริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง สำหรับคอนกรีตที่สามารถเปิดการจราจรได้ภายใน 6 ชั่วโมง

Technical Information of CPAC Super fast Setting Concrete

Type of Cement	Super High Early Strength Cement
Water Cement Ratio	0.32
Initial Setting Time	3:30 hr.
Final Setting Time	3:35 hr.
Cube Compressive Strength	240 kgf / cm^2 at 6 hr.

ผลจากการใส่ซีเมนต์มากและน้ำน้อยๆ ทำให้ความสะดวกในการทำงานลดลง (Workability) จึงจำเป็นต้องใส่น้ำยาลดน้ำจำนวนมาก (Superplasticizer) เพื่อช่วยให้คอนกรีตมีค่ายุบตัว มากพอที่จะทำงานได้สะดวก และเพื่อป้องกันการแตกร้าวบริเวณผิวหน้า (Plastic Shrinkage Crack) เนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต จึงได้ใส่เส้นใยสังเคราะห์ (Polypropylene) ซึ่งมีคุณสมบัติเสริมกำลังและอึดเหนียว เนื้อคอนกรีตให้อึดเหนียวเข้าด้วยกัน การศึกษาในเรื่องเส้นใยและสารเคมีผสมเพิ่มจึงเป็นเรื่องสำคัญสำหรับ งานวิจัยนี้

ในประเทศไทยได้มีการนำเส้นใยเข้ามาผสมในคอนกรีตที่มีกำลังสูง เพื่อช่วยลดการแตกร้าวของคอนกรีตเนื่องจากคอนกรีตชนิดนี้ ต้องใช้ปูนซีเมนต์ปริมาณสูงต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งทำให้คอนกรีตแข็งตัวเร็ว ซึ่งการแข็งตัวเร็วนี้จะทำให้เกิดการแตกร้าวได้ การใส่เส้นใยหลายผลิตภัณฑ์หลายรูปแบบที่นำมาใช้งาน ซึ่งส่วนมากจะเป็นงานทาง (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

เส้นใยป่านนาราชณ์เมื่อผสมในคอนกรีตจะเปราะภายในระยะเวลา 1 ปี ภายใต้สภาพอากาศเขตร้อน เนื่องจากเส้นใยเกิดการผุพังในสภาพความเป็นด่างในคอนกรีต การลดปริมาณความเป็นด่างสามารถกระทำได้ โดยการแทนที่บางส่วนของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ด้วยสารผสมบางอย่าง เช่น ผงซิลิกาฟูม ซึ่งพบว่าเมื่อแทนที่ในซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อย่างน้อย 40% สามารถช่วยลดการเกิดสภาพ

การเปราะง่ายของคอนกรีตผสมเส้นใยป่านนารายณ์ได้ (สถาบันวิจัยคอนกรีตและซีเมนต์ สวีเดน CBI, 1979)

ความทนทานของเส้นใยธรรมชาติเสริมในมอร์ต้าที่มีขี้เถ้าแกลบ แสดงให้เห็นว่าปริมาณที่เหมาะสมของขี้เถ้าแกลบ 30 % สามารถช่วยปรับปรุงความทนทานของเส้นใยธรรมชาติในมอร์ต้าได้ (Shatig, 1987)

คอนกรีตผสมเส้นใยเหล็กถูกกระทำภายได้แรงกระแทกจะสามารถรับแรงกระแทกได้ดี กว่าคอนกรีตธรรมดา เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติด้านความคงทน โดยผสมเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็กร้อยละ 0.5, 1.0 ตามลำดับ (T.F. Fwa and P. Paramasivam, 1987)

คอนกรีตที่ผสมเส้นใยแบบ Monofilament Polypropylene จะช่วยให้ทำงานได้ดีค่าโมดูลัสค่ากำลังอัด ค่ากำลังดัด ดัชนีความเหนียวและการรับแรงกระแทกจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่ใช้ (V. Ramakrishhnan, และคณะ, 1994)

การประเมินและการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใย Polypropylene ในอัตราผสมร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร แบ่งการประเมินเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกของคอนกรีตกำลังสด หาค่ายุบตัว, หน่วยน้ำหนัก, เวลาวีบี (Vebe Time), ปริมาณอากาศและอุณหภูมิ ส่วนที่สองคือ ส่วนที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว หาค่ากำลังอัด, ค่าโมดูลัสและค่าโมดูลัสแตกหักที่ 7-28 วัน (R.C.Zellers and V. Ramakrishhnan, 1994)

2.2 ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีแร่ธาตุต่างๆ ประกอบอยู่ 2 ประเภทคือ สารประกอบหลักและสารประกอบรอง เมื่อปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำจะทำให้ สารประกอบหลักที่ประกอบไปด้วย ไตรแคลเซี่ยมซิลิเกต ($3CaO.SiO_2$) มีชื่อย่อว่า C_3S ไดแคลเซี่ยมซิลิเกต ($CaO.SiO_2$) มีชื่อย่อว่า C_2S ไตรแคลเซียมอลูมิเนต ($3CaO.Al_2O_3$) มีชื่อย่อว่า C_3A และ เตตราแคลเซี่ยมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ ($4CaO.Al_2O_3Fe_2O_3$) มีชื่อย่อว่า C_4AF หวกสารประกอบหลักเหล่านี้มีปริมาณร้อยละ 90 สามารถแยกศึกษาปฏิกิริยาไฮโดรชั่น ของสารประกอบแต่ละตัวดังต่อไปนี้

ปฏิกิริยาแคลเซี่ยมซิลิเกต (C_3S และ C_2S) กับน้ำ สามารถเขียนในรูปสมการดังนี้

$$2C_3S + 6H_2O \rightarrow C_3S_2H_3 + 3Ca(OH)_2 \qquad 2.2.1$$

$$2C_2S + 4H_2O \rightarrow C_3S_2H_3 + Ca(OH)_2 \qquad 2.2.2$$

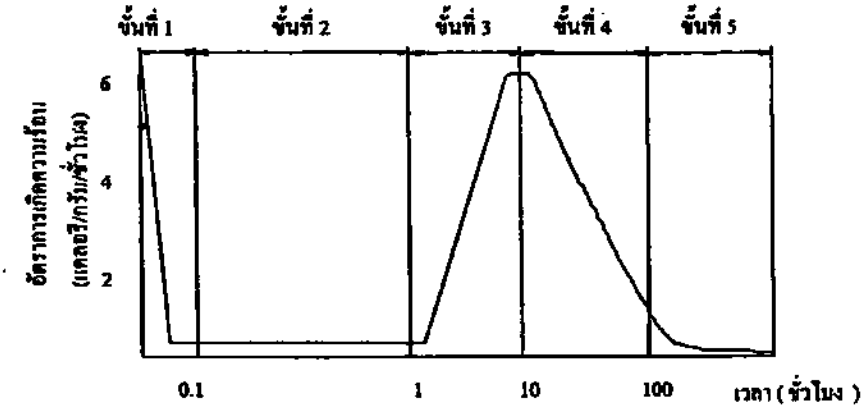
หรือ

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_23H_2O + 3Ca(OH)_2 \qquad 2.2.3$$

$$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_23H_2O + Ca(OH)_2 \qquad 2.2.4$$

ผลจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) และไดแคลเซียมซิลิเกต (C_2S) จะได้แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ใช้สื่อย่อว่า CSH และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ใช้สื่อย่อว่า CH

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของ C_3S ซึ่งเป็นปฏิกิริยาให้ความร้อนแบ่งเป็น 5 ขั้น (Mindess and Young, 1981) ดังรูปที่ 2.1 ปฏิกิริยาขั้นที่ 1 เกิดขึ้นเมื่อ C_3S ผสมกับน้ำจะเกิดความร้อนอย่างรวดเร็ว และจะหยุดภายใน 15 นาที ขั้นที่ 2 เรียกว่าระยะดอร์แมนต์ (Dormant Period) เป็นระยะที่ไม่ค่อยเกิดปฏิกิริยา ซึ่งทำให้คอนกรีตมีช่วงเวลาเป็นสภาพพลาสติก 2-3 ชั่วโมง จึงถึงปฏิกิริยาขั้นที่ 3 ซึ่งเป็นระยะเร่ง (Acceleration Period) ซึ่งตรงกับเวลาการก่อตัวระยะต้น อัตราความร้อนจะเกิดขึ้นเรื่อย จนถึงจุดสูงสุดในช่วงนี้ การก่อตัวระยะปลายได้เกิดขึ้นและคอนกรีตเริ่มแข็งตัวเรียกว่าระยะลด (Deceleration Period) เป็นขั้นที่ 4 ปฏิกิริยาเกิดขึ้นน้อยแต่ยังคงเกิดต่อไป ส่วนปฏิกิริยาไฮเดรชั่น เนื่องจาก C_2S จะเกิดช้ากว่าปฏิกิริยาของ C_3S และให้ความร้อนน้อยกว่า ขั้นที่ 5 ไม่เป็นปฏิกิริยาทางเคมีปฏิกิริยาไฮเดรชั่นใกล้จะสิ้นสุดและมีอุณหภูมิน้อยมาก



รูปที่ 2.1 อัตราความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของ C_3S (Mindess and Young, 1981)

ปฏิกิริยาของไตรแคลเซียมอลูมิเนต (C_3A) เนื่องจาก C_3A มีปฏิกิริยากับน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการก่อตัวอย่างฉับพลัน (Flash Set) จึงต้องผสมยิปซั่ม ($CaSO_4.2H_2O$)ลงในปูนซีเมนต์เพื่อหน่วงปฏิกิริยาของ C_3A กับน้ำซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$C_3A + CaSO_4.2H_2O \rightarrow 3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.31H_2O$ 2.2.5

หรือ

$3CaO.Al_2O_3 + 6H_2O \rightarrow 3CaO.Al_2O_3.6H_2O$ 2.2.6

$3CaO.Al_2O_3 + 3CaSO_4.2H_2O + 4H_2O \rightarrow 3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.6H_2O$ 2.2.7

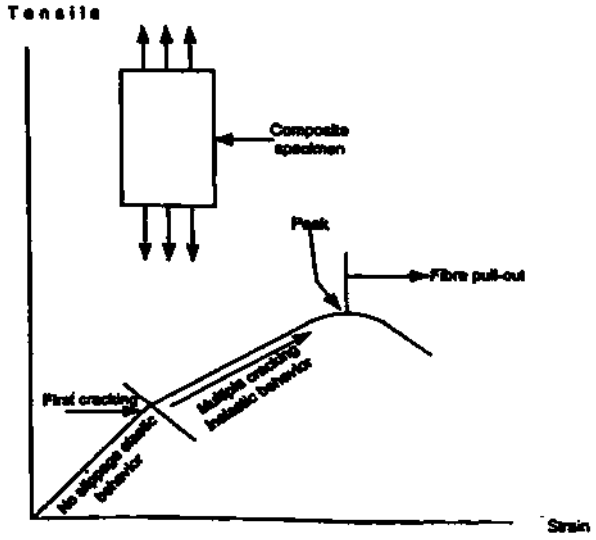
แคลเซี่ยมซัลโฟอลูมิเนตไฮเดรต มีชื่อย่อว่า $C_6AS_3H_{32}$ หรือเรียกว่าเอ็ททริงไกต์ (Ettrigite) ซึ่งมีลักษณะยาวคล้ายเข็มเกิดขึ้นรอบ C_3A ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นยากขึ้นเมื่ออิออนของซัลเฟตหมด จะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของ C_3A เปลี่ยนเอ็ททริงไกต์ให้เป็นโมโนซัลเฟต ดังนี้

$2C_3A + C_6AS_3H_{32} + 4H \rightarrow 3C_4ASH_{12}$ 2.2.8

ปฏิกิริยานี้ทำลายชั้นของเอ็ททริงไกต์ที่หุ้ม C_3A ซึ่ง C_3A จะทำปฏิกิริยาได้อีกอย่างรวดเร็ว ถ้ามียิปซั่มผสมมาก การเกิดเอ็ททริงไกต์จะเพิ่มขึ้นและเวลาในการเกิดโมโนซัลเฟตจะเลื่อนออกไป

ปฏิกิริยาของเตตราแคลเซี่ยมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (C_4AF) ปฏิกิริยานี้กับยิปซั่มซึ่งจะหน่วงการเกิดปฏิกิริยาให้ช้าลง ผลของปฏิกิริยานี้จะได้แคลเซี่ยมซัลโฟอลูมิเนต (Calcium Sulphoaluminate) เขียนเป็นสมดุลสมการสุดท้ายได้ดังนี้

$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3 + CaSO_4.2H_2O + Ca(OH)_2 \rightarrow 3CaO(Al_2O_3.Fe_2O_3).3CaSO_4$ 2.2.9



รูปที่ 2.2 การทดสอบของแท่งคอนกรีตเสริมเส้นใย ด้วย Tensile Load

2.3 คุณสมบัติทางกลของคอนกรีตผสมเส้นใย

แท่งตัวอย่างคอนกรีตผสมเส้นใยเมื่อรับแรงดึงเพิ่มขึ้นจะปรากฏรอยร้าวขนาดเล็กในเนื้อซีเมนต์เพสท์ (Cement Paste) แต่แท่งคอนกรีตต้องสามารถรับแรงดึงได้ เนื่องจากเส้นใยที่ผสมอยู่ในคอนกรีตทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวอยู่ การเพิ่มขึ้นของTensile Stress จนสูงสุดจะได้ค่าPeak Stress และค่า Peak Strain ซึ่งจะมีค่าสูงกว่า Peak Stress และ Peak Strain ของคอนกรีตธรรมชาติไม่ได้ผสมเส้นใย

จากรูป 2.2 เมื่อให้แรงดึงที่แท่งตัวอย่างจนเกิดรอยร้าว เส้นกราฟในช่วงนี้จะเรียกว่า No Slippage Elastic Behaviour แสดงให้เห็นว่าคอนกรีตและเส้นใยทำงานร่วมกันในช่วง Elastic แม้ว่าแท่งคอนกรีตจะเริ่มเกิดรอยร้าวแต่เมื่อให้แรงดึงเพิ่มขึ้นอีกความชันของเส้นความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain Curve) จะเปลี่ยนไป อธิบายได้ว่าเมื่อรอยร้าวเกิดขึ้นเส้นใยจะทำหน้าที่ต้านทานแรงดึง นี้ไปจนถึงจุดที่ทั้งซีเมนต์และเส้นใยเกิดวิบัติ (Failure) จะเรียกจุดนี้ว่าจุด Peak

จากรายงานเกี่ยวกับคอนกรีตผสมเส้นใย รายงานว่า แรงยึดเหนี่ยวของเส้นใยซึ่งอยู่ในรูปของความสามารถต้านทานแรงดึงขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใย

กับซีเมนต์เพสท์ จำนวนของเส้นใยที่ผ่านแนวร้าวและความยาวของขนาดเส้นใย เมื่อกำหนดให้ L คือ ความยาว และ D คือเส้นผ่าศูนย์กลางอัตราส่วน L/D เรียก Aspect Ratio

คอนกรีตผสมเส้นใยมีคุณสมบัติดีขึ้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านความแข็งแรงของเส้นใย ปริมาณของเส้นใย การกระจายของเส้นใยและชนิดของเส้นใย ที่มีความแข็งแรงสูง ความยาวและขนาดเล็กใหญ่ของเส้นใย พบว่าไม่มีส่วนสัมพันธ์กับคุณสมบัติของคอนกรีตแต่อย่างใด แต่การกระจายมีผลโดยตรงต่อกำลังของคอนกรีต ส่วนเส้นใยที่มีใยเป็นระเบียบ มีทิศทางสม่ำเสมอ ทำให้ได้ค่า Flexural Strength และ Flexural Shear Strength ดีขึ้น รูปร่างและค่า Aspect Ratio สูงจะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเส้นใยดีขึ้น

ข้อควรพิจารณาที่จะกำหนดสัดส่วนผสมของคอนกรีตเส้นใยจะต้องคำนึงถึงความละเอียดของเส้นใย เพราะการเพิ่มเส้นใยลงไปในส่วนผสมถือได้ว่าส่วนผสมที่มีส่วนละเอียดมากขึ้นอาจจะทำให้เกิดการแยกแยะ (Segregation) ได้ เส้นใยที่ใส่ลงไปในเนื้อคอนกรีตจะถูกหุ้มด้วยซีเมนต์เพสท์ ซึ่งหมายถึงว่าจะต้องใช้ปูนซีเมนต์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตปกติ ในส่วนผสมของคอนกรีตปกติจะมีซีเมนต์เพสท์ประมาณ 25-35 % ใน 1 หน่วยปริมาตร แต่คอนกรีตผสมเส้นใยจะต้องมีซีเมนต์เพสท์ประมาณ 35-45 % ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างพื้นฐานและปริมาณเส้นใย

2.4 <u>ชนิดของเส้นใย (Type of Fiber)</u>

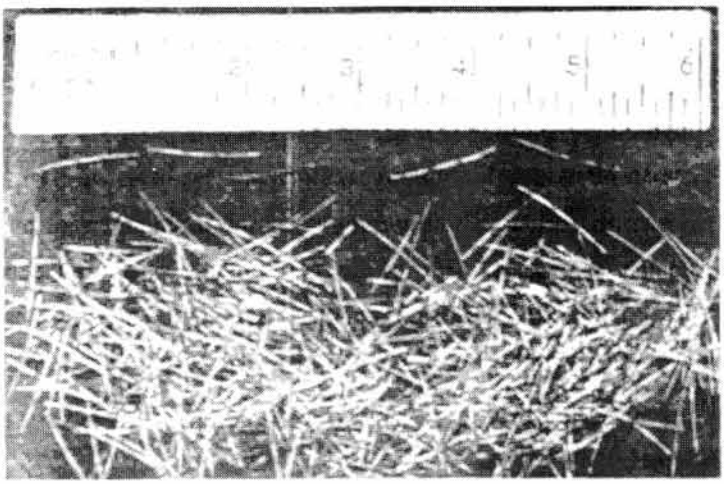
เส้นใยที่มีการผลิตขึ้น และใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยผลิตขึ้นจากวัสดุหลายประเภท สำหรับเส้นใยเหล็กและ นิยมใช้กับงานคอนกรีต, กระจก, แก้ว และการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตต่างๆ

2.4.1 เส้นใยเหล็ก (Steel Fiber)

Steel Fiber เป็นเหล็กเส้นกลมลักษณะแบบลวด เส้นผ่าศูนย์กลางที่นิยมใช้กันอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.75 ม.ม. นำมาตัดให้สั้น ๆ ตามแต่ขนาดที่ต้องการบางครั้งอาจพบเห็นรูปร่างสี่เหลี่ยมมีความหนาประมาณ 2.25 ม.ม. ผลิตได้โดยการไสแผ่นเหล็กอาจจะได้รูปแบบต่าง ๆ เช่น บิดงอ เกลียว ตาข่าย เป็นต้น

คุณสมบัติที่ดีของคอนกรีตที่แข็งตัวคือ มีการกระจายเส้นใยได้อย่างสม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีตก่อนจะเติมเส้นใยลงในส่วนผสมจะต้องรู้ว่าค่ายุบตัวของส่วนผสมอยู่ในเกณฑ์ที่เมื่อผสมแล้วคอนกรีตยังได้ค่าความแข็งตัวในเกณฑ์ที่ต้องการข้างต้น การใส่เส้นใยในส่วนผสมให้ใส่ร่วมกับมวลก่อนใส่ปูนซีเมนต์และน้ำตามมาตราฐาน ACI Committee : 544 (1978) ได้แนะนำในการทดสอบความสามารถในการทำงานของคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็กด้วยเครื่องมือกรวยทดลอง (Inverted Slump Cone Test) โดยได้กำหนดเวลาที่เหมาะสมระหว่าง 11-28 วินาที

ข้อดีของการใช้เส้นใยเหล็กจะให้ผลดีด้านกำลังต่าง ๆ Tensile Strength, Flexural Strength, Shear Strength, Torsional Strength และ Bearing Strength ด้านทานการเกิดรอยร้าว (Crack) ได้สูง ทำให้ค่า Stiffness, Ductility, Energy absorbtion, Resistance to freeze thaw damage, Impact, Fatique อยู่ในเกณฑ์ดี



รูปที่ 2.3 เส้นใยเหล็ก (Steel Fiber) (Fiber Reinforced Concrete, 1982)

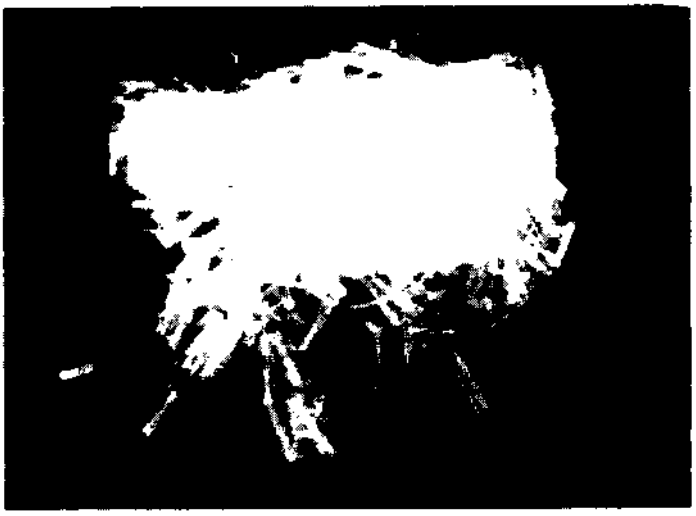
2.4.2 เส้นใยสังเคราะห์พลาสติก (Polypropylene Fiber)

เส้นใยสังเคราะห์จากพลาสติก (Polypropylene) สามารถต้านทานการกัดกร่อนของสารเคมีที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของคอนกรีตได้ดี เส้นใยสังเคราะห์ชนิดนี้มีผู้ผลิตขึ้นมาจำหน่ายโดยมีลักษณะแตกต่างกันไปเช่น เป็นเส้นยาวเกาะติดกันเมื่อยืดออกมาจะมีลักษณะเหมือนตาข่าย หรือเป็นแบบเส้นใยสั้น ๆ เกาะตัวแบบปุยฝ้ายเช่นกัน

คุณสมบัติของเส้นใยพลาสติกเมื่อผสมในคอนกรีตสด จะทำให้ความสามารถในการทำงาน (Workability) ของคอนกรีตลดลง แต่เมื่อแข็งตัวแล้วจะเพิ่มความสามารถในการรับกำลังต่าง ๆ เหมือนกับคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็ก แต่จะรับกำลังต่าง ๆ ได้น้อยกว่า เส้นใยพลาสติกไม่มีความคงทนต่อการแผ่รังสีอุลตร้าไวโอเลต ไม่มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาความร้อน

การนำเส้นใยพลาสติกไปใช้กับงานอื่นๆ เช่น ทำคาดเขาเพื่อลดความหนาของคอนกรีตทดแทนการเสริมเหล็กบางส่วน นำมาทำ Shortcrete เพื่อเพิ่มเสถียรภาพความชันของไหล่ทาง เป็นต้น

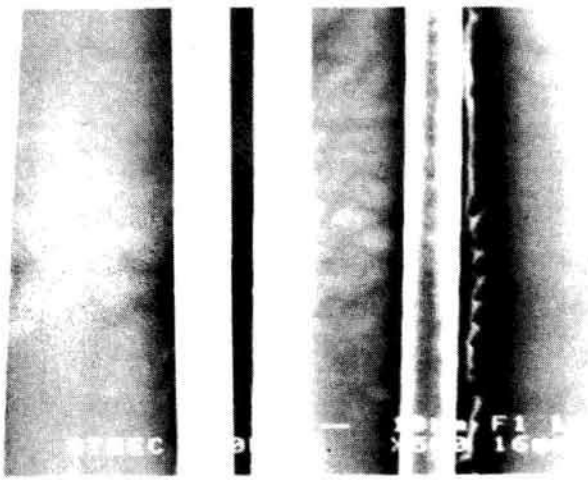
รูปที่ 2.4 เส้นใยสังเคราะห์พลาสติก (Polypropylene) ชนิดไฟเบอร์เส้นเดี่ยว 12.5 มม.



รูปที่ 2.5 เส้นใยสังเคราะห์พลาสติก (Polypropylene) ชนิดไฟเบอร์ตาข่าย 19.0 มม.

รูปที่ 2.6 เส้นใยสังเคราะห์พลาสติก (Polypropylene Fiber)

(Reinforced cement composites, 1976)



รูปที่ 2.7 ภาพขยายเส้นใยสงเคราะห์พลาสติก (Polypropylene Fiber) ขนาด 500 เท่า

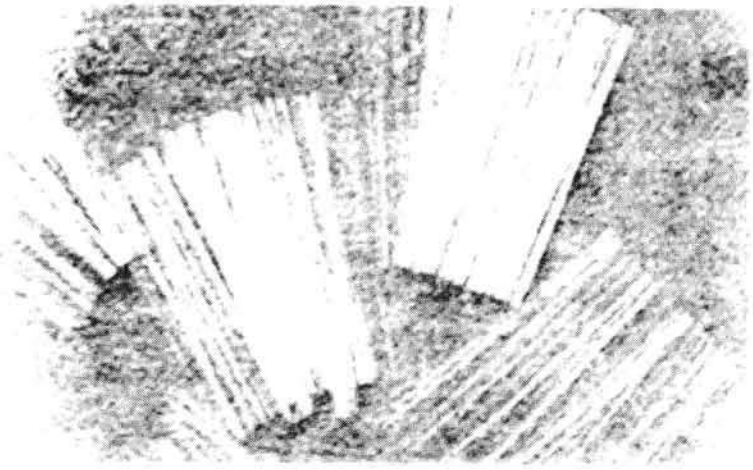
รูปที่ 2.8 ภาพขยายเส้นใยสงเคราะห์พลาสติก (Polypropylene Fiber) ขนาด 4000 เท่า

2.4.3 เส้นใยแก้ว (Glass Fiber)

คอนกรีตชนิดนี้จะผสมเส้นใยแก้วขนาดเล็กมากต้องซอยเป็นชิ้นเล็ก ๆ มีความหนาตามต้องการ ปริมาณการผสมที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 2% โดยประมาณ

คุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยแก้ว สามารถต้านทานการกัดกร่อนของอัลคาไล (Alkalai) ในซีเมนต์ เส้นใยแก้วที่ยาวพอเหมาะจะรับกำลังแรงดึง (Tensile Strength) ได้ดี แต่ถ้าสภาพเปียกชื้นจะรับแรงดึงได้น้อย ต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบฉับพลันได้ดีเพราะมีความคงทนในระยะยาวดี

การนำไปใช้งานส่วนมากจะทำเป็นวัสดุมุงหลังคา หรือผนังกันไฟ



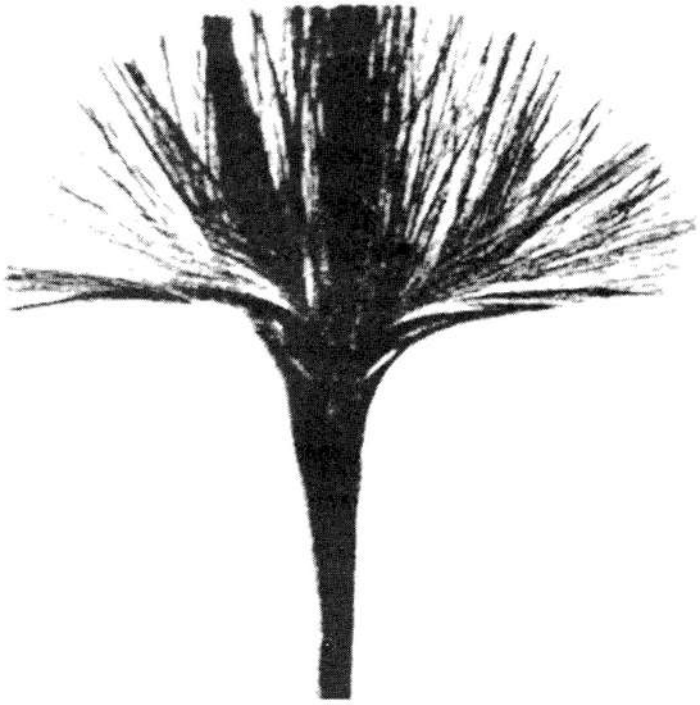
รูปที่ 2.9 เส้นใยแก้ว (Glass Fiber) (Fiber Reinforced Concrete, 1982)

2.4.4 เส้นใยหิน (Asbestos Fiber)

เส้นใยหินโดยทั่วไปผสมทำท่อระบายน้ำ วัสดุมุงหลังคา ฝ้าเพดาน ผนังทนไฟ ใช้ผสมด้วยสัดส่วน 8-16 % โดยปริมาณ จะมีค่า Flexural Strength สูงประมาณ 2-4 เท่าของคอนกรีตธรรมดา

2.4.5 เส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber)

ผลิตจากการนำผงคาร์บอนเคลือบด้วยยางเหนียว (Rasin) ทำให้เป็นเส้นเล็ก ๆ คุณสมบัติจะเหมือนกับคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็ก และมีราคาแพง



รูปที่ 2.10 เส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber) (Carbon Fiber Cement Composite, 1982)

2.4.6 เส้นใยอินทรีย์ (Organic Fiber)

เสื่อมง่ายมีคุณสมบัติด้านทานแรงกระแทกได้ดี

2.4.7 เส้นใยพืช (Vegetable Fiber)

เป็นเส้นใยจากธรรมชาติที่นำมาประยุกต์ใช้กันมากที่สุด ได้แก่ ปอกระเจา ไม้ไผ่ เป็นต้น คอนกรีตที่ผสมเส้นใยพวกนี้ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ไม่แตกต่างจากคอนกรีตธรรมดาเมื่ออยู่ในสภาพเปียก แต่จะดีขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง

2.5 สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixture)

สารเคมีผสมเพิ่มใช้ใส่ในส่วนผสมของคอนกรีต เพื่อที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของคอนกรีตขณะยังเหลวให้มีคุณสมบัติในการเพิ่มความสามารถเทได้ เร่งหรือหน่วงเวลาในการก่อตัว พัฒนากำลังรับแรงอัด ฯลฯ สารผสมเพิ่มผู้ใช้จะต้องใช้ให้ถูกต้อง ใช้ให้ถูกวัตถุประสงค์ จะทำให้ได้ประโยชน์และประหยัดราคาคอนกรีตลงได้ ตามมาตรฐาน ASTM C494 ได้แยกสารเคมีเหล่านี้ไว้ดังนี้

ประเภท A สารลดปริมาณน้ำ (Water Reducing)

ประเภท B สารยืดเวลาการก่อตัว (Retarding)

ประเภท C สารเร่งเวลาก่อตัวและแข็งตัว (Accelerating)

ประเภท D สารลดปริมาณน้ำและยืดเวลาการก่อตัว (Water Reducing and Retarding)

ประเภท E สารลดปริมาณน้ำและเร่งเวลาการก่อตัว (Water Retarding and Accelerating)

ประเภท F สารลดปริมาณน้ำจำนวนมาก (Water Reducing - High Range หรือ Super Plasticizer)

ประเภท G สารลดจำนวนน้ำปริมาณมากและยืดเวลาการก่อตัว (Water Reducing - High Range and Retarding)

ในการใช้คอนกรีตผสมพิเศษในส่วนผสมของคอนกรีตจะใช้สารผสมเพิ่มประเภท F ซึ่งเป็นสารลดน้ำจำนวนมาก ปริมาณที่ใช้ 4500 ซีซี ต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร สารลดน้ำนี้ช่วยให้คอนกรีตมีความสามารถในการทำงานได้เป็นอย่างดี

2.6 ขบวนการเกี่ยวกับคอนกรีตแข็งตัวเร็ว

2.6.1 การชั่งตวง ใช้วิธีวัดน้ำหนักแล้วแปลงเป็นปริมาตร

2.6.2 การผสม ใส่หินทรายลงในห้องผสมก่อน นำเส้นใย Polypropylene ใส่ตาม จากนั้นก็ใส่ ซีเมนต์ น้ำ และน้ำยาหรือสารเคมีผสมเพิ่มลงไปตามลำดับ จะทำให้ได้ส่วนผสมที่คละและกระจายวัสดุทุกส่วนผสมได้ทั่ว เวลาในการผสมจะต้องนานกว่าคอนกรีตธรรมดาประมาณ 1-2 นาที เส้นใยมีพลาสลักษณะขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต เมื่อนำมาผสมต้องระวังไม่ให้เข้าจมูกหรือ ถูกผิวหนัง อาจทำให้ระคายเคืองได้

2.6.3 การขนส่ง เส้นใย Polypropylene จะช่วยให้การยึดเหนี่ยวของคอนกรีตดีขึ้น เมื่อใส่สารเคมีผสมเพิ่ม ช่วยให้สามารถทำงานได้ดี สามารถบรรจุในรถคอนกรีตผสมเสร็จและถ่ายออกสู่ ณ หน้างานได้สะดวก ใส่รถเข็นหรือใช้กระป๋องตักก็ง่าย

2.6.4 การทำให้แน่น ต้องใช้การสั่นสะเทือนมากกว่าคอนกรีตปกติ การทำให้คอนกรีตผสมพิเศษแน่นด้วยวิธีใดนั้น ขึ้นอยู่กับเทคนิคการนำไปใช้งาน เช่น การใช้เครื่องเขย่าหรือใช้รถบดสั่นสะเทือน เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของ เส้นใย (เดช งามเจริญ, 2540)

Material	Specific Gravity	Effective Modulus, GPa	Tensile Strength, MPa	Elongation at Braking Point (%)
Acrylic	1.10	2.1	210-420	25.0-45.0
Asbestos (Chrysottile)	2.55	8.4-14	200-1800	2.0-4.0
Carbon				
(1) high modulus	1.9	380	1800	0.5
(2) high strength	1.9	230	2600	1.0
Cellulose	1.5	10-40	500	-
Cotton	1.5	5	420-700	3-10
Glass (Cem-FIL.filament)	2.7	80	1050-3870	1.5-3.5
Nylon	1.1	4.2	780-850	16.0-20.0
Polyester	1.4	8.5	750-880	11.0-13.0
Polyethylene (high modulus)	0.96	15-40	300-700	3.0-10.0
Polypropylene	0.91	3-15	560-780	8.0
Rayon	1.50	7.3	420-630	1.0-2.5
Steel	7.86	200	280-420	3.5
OPC paste	2.0-2.2	10-20	2-6	0.01-0.05
OPC Concrete	2.30	20-35	1-4	0.005-0.015

บทที่ 3
การซ่อมบำรุงและการเก็บตัวอย่างทึกษา

คอนกรีตแข็งตัวเร็วมีราคาแพงกว่าคอนกรีตตามมาตราฐานกรมทางหลวงประมาณ 1.5-1.8 เท่า จึงนำมาใช้ในการซ่อมบำรุงบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นเท่านั้น เพื่อจะเปิดการจราจรได้ภายใน 24 ชั่วโมงเพื่อลดการติดขัดการจราจรและเพิ่มความปลอดภัยให้ผู้ขับขี่

3.1 <u>ส่วนผสมของคอนกรีตแข็งตัวเร็ว</u>

ส่วนผสมของคอนกรีตแข็งตัวเร็วใน 1 ลูกบาศก์เมตรมีดังนี้

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	450	กก.
ทรายหยาบ	800	กก.
หิน3/4-#4	1080	กก.
น้ำสะอาด	160	ลิตร
น้ำยาผสมคอนกรีตมาตรฐาน ASTM C494 TYPE F	4.5	ลิตร
เส้นใยสังเคราะห์ Polypropylene	0.9	กก.

โดยมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C = 0.36) และมีค่าความยุบตัว 5-10 ซม.

3.2 <u>เครื่องมือที่ใช้ในการซ่อมบำรุง</u>

รถทุบคอนกรีต	1	คัน
รถขุด	1	คัน
รถบรรทุก	4	คัน
รถตัก	1	คัน
รถบดล้อเหล็ก	1	คัน
เครื่องตบดิน	1	เครื่อง
เครื่องจี้คอนกรีต	2	ชุด
ไม้ปาดหน้าคอนกรีต	1	ชุด
เครื่องตักคอนกรีต	1	เครื่อง

การไกรดัดเหล็ก ป้ายจราจรชนิดต่าง ๆ พร้อมสัญญาณไฟกระพริบเพื่อใช้ในการปิดกั้นจราจรและอำนวยความปลอดภัย

3.3 วัสดุที่ใช้ในการซ่อมบำรุง

วัสดุที่ใช้ในการซ่อมบำรุงสำหรับ 1 ช่วงแผ่นพื้น (3.50x10.00) โดยประมาณมีดังนี้

แผงเหล็ก Wire Mesh ขนาด 3.25*9.50 ตารางเมตร	จำนวน	2	แผง
เหล็ก Tie Bar ขนาด 5/8 นิ้ว ชนิดข้ออ้อยยาว 50 ซม.	จำนวน	25	ท่อน
เหล็ก Dowel Bar ขนาด 1 นิ้ว ชนิดกลมยาว 50 ซม.	จำนวน	12	ท่อน
คอนกรีตแข็งตัวเร็ว	จำนวน	13	ลูกบาศก์เมตร
วัสดุยารอยต่อชนิดเทร้อน	จำนวน	2	กก.

3.4 วิธีการเปลี่ยนซ่อมแผ่นพื้นคอนกรีตทั้งแผ่น(Full–Depth Repair)

(มาตรฐานที่ ทล.-ม 326/2544)

3.4.1 การกำหนดพื้นที่ความเสียหายที่จะทำการซ่อม พื้นที่ของแผ่นพื้นคอนกรีตที่จะต้องรื้อออกนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณความเสียหายที่ปรากฏ โดยมีหลักเกณฑ์พิจารณาดังนี้

ก) พื้นที่ที่จะทำการซ่อม จะต้องเป็นดังนี้

- ต้องซ่อมเต็มความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตเดิม
- ต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยม มีความยาวเปลี่ยนแปลงตามความเสียหาย แต่ต้องยาวไม่น้อยกว่า 2 เมตร
- แนวของรอยตัดซ่อมตามขวางจะต้องขนานกับแนวรอยต่อตามขวาง
- แนวของรอยตัดซ่อมตามขวางจะต้องห่างจากรอยแตกที่เสียหายไม่น้อยกว่า 0.3 เมตร

ข) ในกรณีที่แนวตัดซ่อมตามขวางของพื้นที่ที่จะทำการซ่อมที่อยู่ใกล้กันมีระยะห่างกันน้อยกว่า 2 เมตร ให้รวมเป็นพื้นที่เดียวกัน

ค) ในกรณีที่แนวตัดซ่อมตามขวางของพื้นที่ที่จะทำการซ่อมมีระยะห่างจากรอยต่อตามขวางน้อยกว่า 2 เมตร ให้ขยายความยาวโดยให้แนวตัดซ่อมตามขวางตรงกับรอยต่อตามขวางนั้น ๆ

ในการกำหนดพื้นที่ที่จะทำการซ่อม ให้นายช่างผู้ควบคุมงานทำเครื่องหมายแสดงขอบเขตไว้บนผิวคอนกรีตให้ชัดเจนก่อนลงมือทำการซ่อม

3.4.2 การรื้อคอนกรีตออก

การแยกพื้นที่ที่จะซ่อม ให้ตัดคอนกรีตโดยรอบพื้นที่ที่จะทำการซ่อม โดยใช้เครื่องตัดแผ่นพื้นคอนกรีต ในการตัดคอนกรีตจะต้องตัดให้ขาดตลอดความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีต รวมทั้งตัดเหล็กเดือยและเหล็กยึดให้ขาดจากกัน เพื่อให้เป็นอิสระจากแผ่นพื้นข้างเคียง ทั้งนี้ให้พิจารณาถึงเหตุประกอบดังนี้

ก) ถ้าแผ่นพื้นคอนกรีตข้างเคียงด้านรอยต่อตามยาวอยู่ในสภาพดี และสามารถใช้เป็นแบบข้างในการเทและปาดแต่งหน้าคอนกรีตได้ ให้ใช้แนวรอยต่อเป็นแนวการตัดได้

สำหรับรอยต่อตามยาวให้ตรวจสอบทิศทาง Shear Key ถ้าพบว่า Shear Key ของแผ่นพื้นคอนกรีตข้างเคียง ยื่นเข้ามาในพื้นที่ที่จะทำการซ่อมให้รื้อระยะแนวรอยตัดจากรอยต่อตามยาวเข้ามาในพื้นที่ที่จะทำการซ่อมประมาณ 50 มิลลิเมตร เพื่อรักษา Shear Key ไว้

ข) ถ้าแผ่นคอนกรีตข้างเคียงด้านรอยต่อตามยาวมีสภาพความเสียหายมากจนไม่สามารถใช้เป็นแบบข้างในการเทคอนกรีตได้ ให้กำหนดแนวรอยตัดล้ำเข้าไปในแผ่นพื้นคอนกรีตข้างเคียงนั้นประมาณ 0.5 เมตร เพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการเข้าแบบข้าง

ค) สำหรับด้านที่ติดกับไหล่ทาง ถ้าไหล่ทางยังคงสภาพดี ให้กำหนดแนวการตัดตามรอยต่อระหว่างไหล่ทางกับผิวคอนกรีต ถ้าไหล่ทางเสียหายจนไม่สามารถใช้เป็นแบบข้างได้ ให้กำหนดแนวการตัดล้ำเข้าไปในไหล่ทางบประมาณ 0.5 เมตร เพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการเข้าแบบข้าง

การเอาคอนกรีตในพื้นที่ที่จะทำการซ่อมออกจากพื้นที่อาจทำได้โดยวิธีการทุบให้แตกแล้วรื้อออก (Breakup and Clean-out Method) หรือวิธีการยกแผ่นพื้นคอนกรีตออก(Lift-out Method)ก็ได้ ทั้งนี้วิธีการดังกล่าวจะต้องไม่ทำให้กระทบกระเทือนเสียหายต่อแผ่นพื้นคอนกรีตข้างเคียงโดยผู้รับจ้างต้องเสนอวิธีการพร้อมเครื่องจักรและเครื่องมือให้นายช่างผู้ควบคุมงานตรวจสอบและอนุญาตก่อน

3.4.3 การปรับปรุงชั้นทางใต้แผ่นพื้นคอนกรีต

ภายหลังจากรื้อเอาคอนกรีตเดิมออกไปแล้ว ต้องทำการปรับปรุงชั้นทางใต้แผ่นพื้นคอนกรีตให้มีสภาพดีโดยให้พิจารณาความเสียหายที่ปรากฏจริงในสนาม ให้ขุดรื้อวัสดุที่ไม่เหมาะสมออกทิ้งไป และเติมวัสดุชั้นทางเข้าไปใหม่ พร้อมทั้งบดอัดแน่นเป็นชั้น ๆ ตามรูปแบบของโครงสร้างชั้นทางเดิม

ในกรณีที่มีน้ำขัง จะต้องสูบน้ำออกให้หมดก่อน หรือในกรณีที่มีความเร่งด่วนในการเปิดการจราจรสามารถกำหนดให้ใช้ Lean Concrete หรือคอนกรีตมวลเบา เป็นชั้นรองแผ่นพื้นคอนกรีตได้อัตราส่วนผสมให้ใช้ปูนซีเมนต์ประเภท 1 ไม่น้อยกว่า 150 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อให้แข็งตัวภายใน 2-3 ชั่วโมง ความหนาต้องไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร

3.4.4. การติดตั้งเหล็กเดือย และเหล็กยึด

ก) ทำการเจาะรูสำหรับฝังเหล็กเดือย และเหล็กยึด กับแผ่นพื้นคอนกรีตเดิมที่อยู่ตำแหน่งที่กำหนด ให้ฝังเหล็กเดือยและเหล็กยึด ให้ได้ขนาดและแนวระดับตามรูปแบบกำหนด ด้วยเครื่องเจาะรู

ข) ใช้เครื่องเป่าลม ทำความสะอาดรูเจาะ แล้วทำการฉีดสารยึดอีพ็อกซีเรซินสำหรับคอนกรีต ทุกรูรวมทั้งเหล็กยึดและเหล็กเดือย

ค) ในรอยต่อเผื่อขยาย จะต้องติดตั้งปลอกเหล็กเดือย โดยต้องรักษาระยะห่างระหว่างปลอกเหล็กเดือยกับเหล็กเดือยให้ได้ตามข้อกำหนด และการป้องกันไม่ให้น้ำปูนไหลเข้าไปใน

ปลอกเหล็กเดือยอาจใช้เหวนยาง กระดาษกาว หรือวัสดุใดที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้วพันทุ้มเหล็กเดือยตรงบริเวณปากปลอกเหล็กเดือยไว้

3.4.5 การเทคอนกรีต การตบแต่งผิวหน้า และการบ่มคอนกรีต

ก) คอนกรีตที่นำมาใช้งานจะต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดของคอนกรีต

ข) ควรดำเนินการในขั้นตอนการเทคอนกรีตและการตบแต่งผิวหน้าให้แล้วเสร็จอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันความเสียหายและหลีกเลี่ยงปัญหาจากฝนตกและปัญหาการจราจร

ค) ในขณะที่ทำการเทคอนกรีตและการตบแต่งผิวหน้า จะต้องมีผู้ควบคุมงานควบคุมการปฏิบัติงานอย่างใกล้ชิด จนกว่าจะสิ้นสุดการเทคอนกรีตและการตบแต่งผิวหน้า

ง) ภายหลังจากการกวาดและแต่งผิวหน้าเสร็จแล้ว ให้รีบบ่มคอนกรีตทันทีควรบ่มด้วยกระสอบบ่มน้ำเมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัว (ประมาณ 3-4 ชั่วโมงหลังเทเสร็จ) และควรบ่มต่อเนื่องจนครบ 24 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกจากคอนกรีตเร็วเกินไป เมื่อครบ 24 ชั่วโมงหลังการเทคอนกรีตแข็งตัวเร็ว ให้เปิดการจราจรได้

จ) ในกรณีเทคอนกรีตที่มีแผ่นพื้นคอนกรีตมากกว่า 1 แผง ให้ตัดรอยต่อตามขวางตามรูปแบบภายใน 3-6 ชั่วโมง

3.4.6. การอุดวัสดุยารอยต่อ

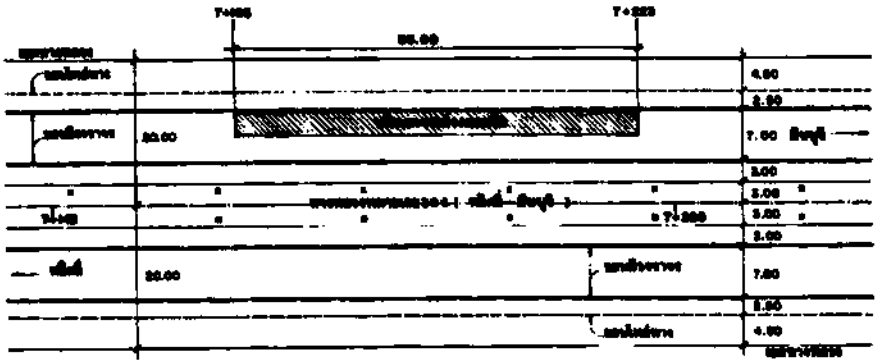
ให้ดำเนินการตามขั้นตอนในมาตรฐานที่ ทล.-ม.321 "การอุดซ่อมรอยแตกในถนนคอนกรีตด้วยวัสดุยารอยต่อชนิดเทร้อน"

3.5 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะซ่อมบำรุง

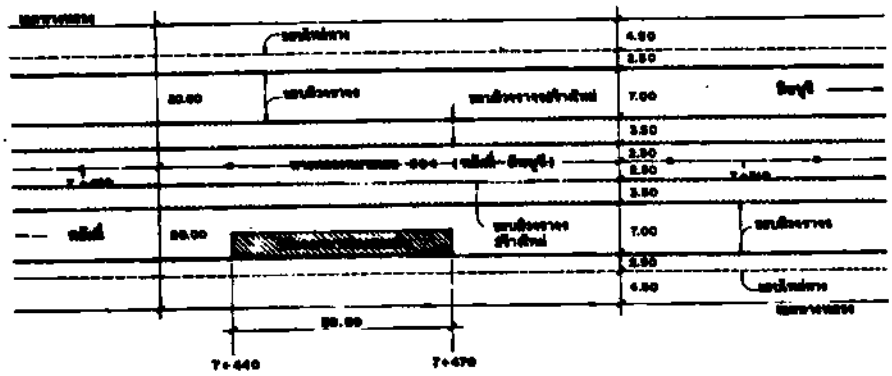
เมื่อรถบรรทุกตัวอย่างคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed) มาถึงบริเวณซ่อมบำรุงให้ทำการเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดสอบค่าความยุบตัว (Slump Test) และหล่อตัวอย่างลูกปูนรูปลูกบาศก์เพื่อทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดที่ 1,7 และ 28 วัน

3.6 การเจาะเก็บตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน

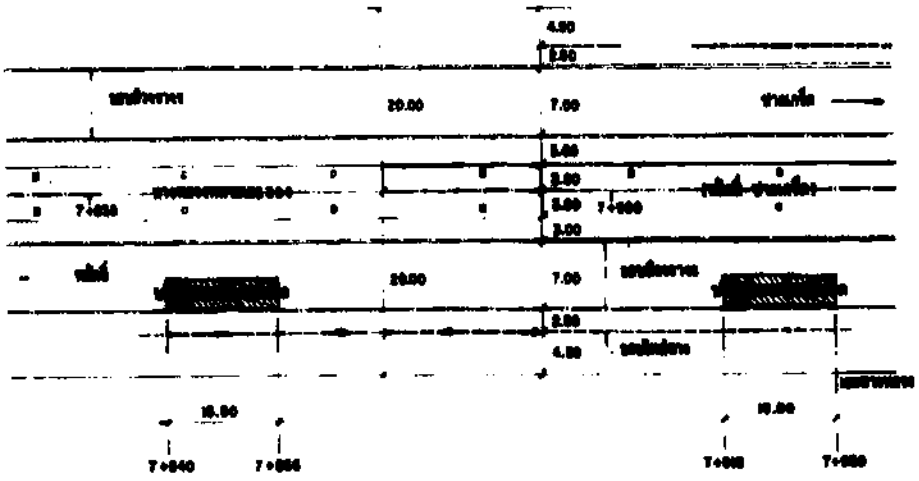
ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างจากผิวถนนคอนกรีตแข็งตัวเร็ว ฉ.ทางหลวง 304 จำนวน 5 ตำแหน่ง ด้วยกันซึ่งได้ซ่อมบำรุงไว้และมีอายุการใช้งาน 265,620,820 วัน ดังแสดงแผนที่โดยสังเขป ไว้ดังนี้



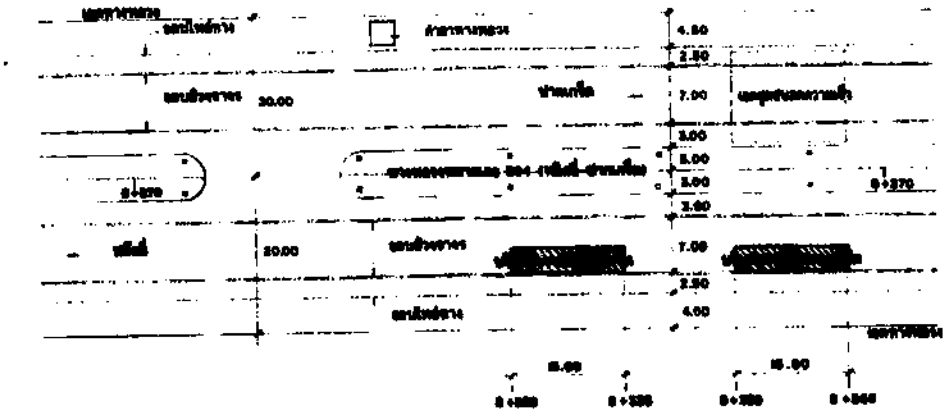
รูปที่ 3.1 คอนหลักสี่ - มีนบุรี กม.7+168-กม.7+223



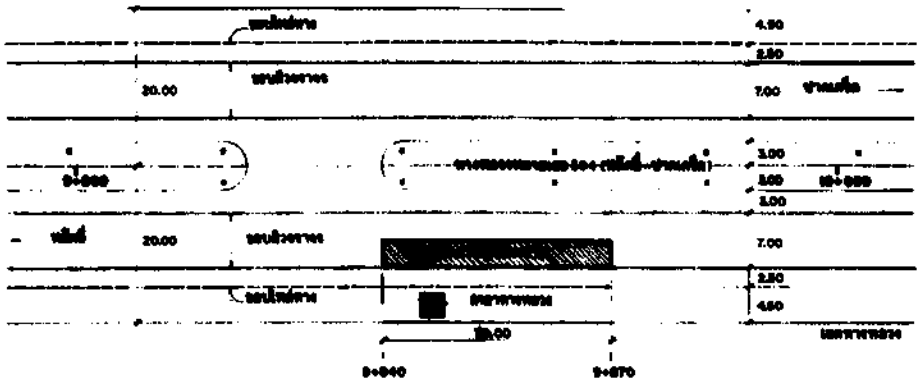
รูปที่ 3.2 คอนหลักสี่ - มีนบุรี กม.7+440- กม.7+740



รูปที่ 3.3 ตอนหลักสี่ - ปากเกร็ด กม. 7+840-กม.7+855



รูปที่ 3.4 ตอนหลักสี่ - ปากเกร็ด กม.8+350-กม.8+365



รูปที่ 3.5 คอนหลักสี่ – ปากเกร็ด กม.9+840-กม.9+870

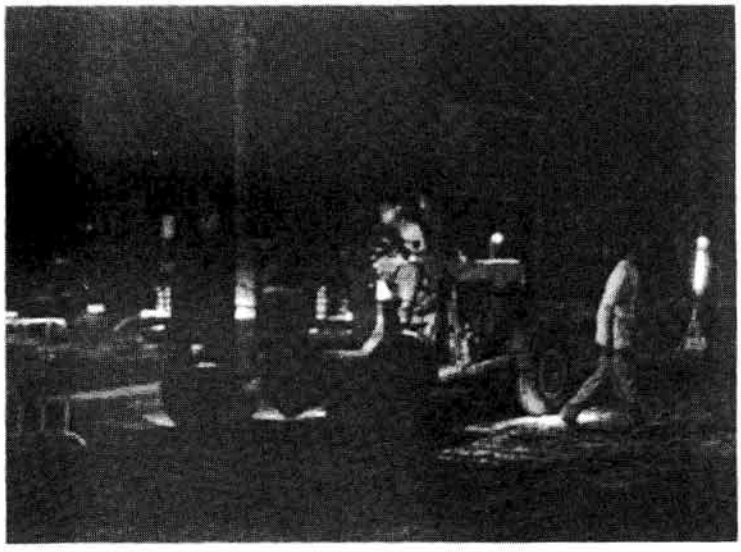
ได้ทำการเจาะแท่งตัวอย่างคอนกรีตเฉพาะช่องจราจรด้านซ้ายติดกับไหล่ทาง ซึ่งเป็นช่องจราจรที่มีรถบรรทุกหนักวิ่งโดยเจาะเก็บตัวอย่างคอนละ 9 ตัวอย่าง รวมเป็นตัวอย่างทั้งสิ้น 45 ตัวอย่าง

แท่งคอนกรีตตัวอย่างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว เจาะเก็บตลอดความหนาของผิวคอนกรีตเครื่องเจาะคอนกรีตที่ใช้เป็นระบบลูกสูบเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในกระบอกเจาะ 4 นิ้ว ขณะเจาะแท่งคอนกรีต จะต้องใช้น้ำหล่อเลี้ยงหัวเจาะตลอดเพื่อไม่ให้เกิดความร้อนมากและลดฝุ่น

รูปที่ 3.6 สภาพถนนที่ต้องซ่อมบำรุงด้วยคอนกรีตแข็งตัวเร็ว

รูปที่ 3.7 ติดตั้งป้ายจราจรเพื่ออำนวยความสะดวกและปลอดภัย

รูปที่ 3.8 ตัดคอนกรีตที่บริเวณซ่อมบำรุงให้ได้แนว

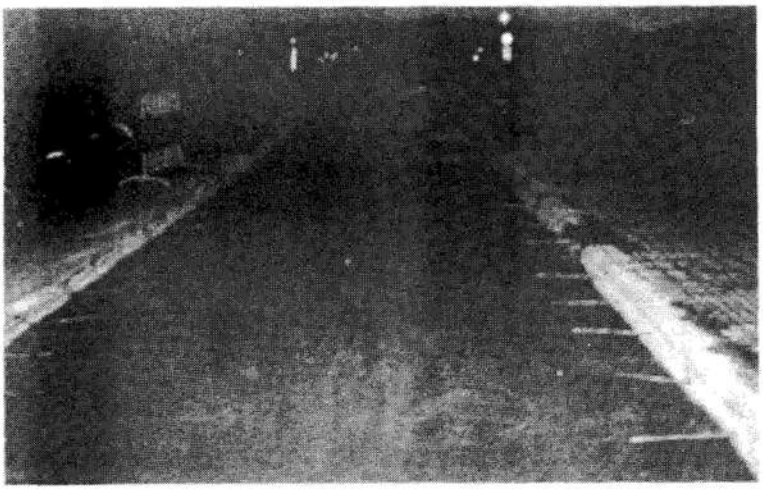


รูปที่ 3.9 ทุบคอนกรีตด้วยรถทุบเพื่อเอาคอนกรีตบริเวณแตกร้าวออก

รูปที่ 3.10 ใช้รถ Back-Hoe ตักคอนกรีตที่ทุบออกแล้วนำไปทิ้ง

รูปที่ 3.11 ปรับระดับให้แน่นก่อนการเทคอนกรีตแข็งตัวเร็ว

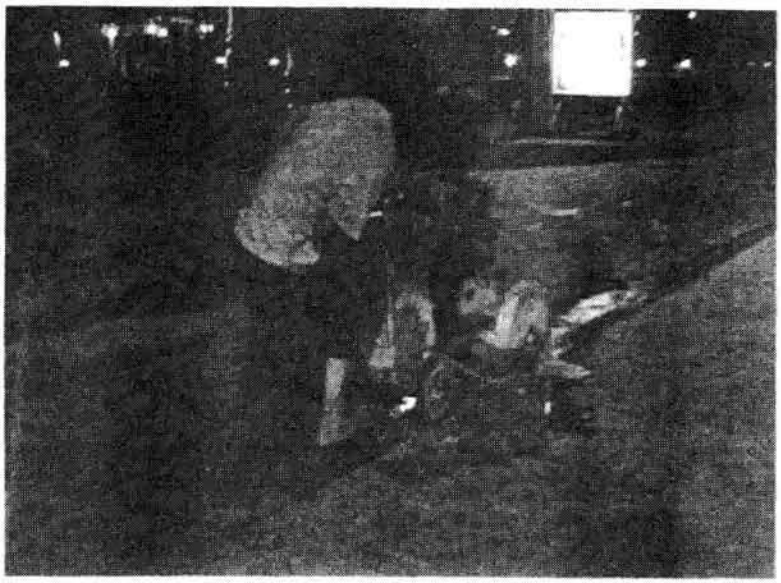
รูปที่ 3.12 การเจาะรูสำหรับฝังเหล็กเดือยและเหล็กยึด



รูปที่ 3.13 ติดตั้งเหล็กเดือยและเหล็กยึดโดยใช้สารอีพ๊อกซี่เรซินฉีดเข้าไปในรูเพื่อเป็นตัวยึด

รูปที่ 3.14 คอนกรีตแข็งตัวเร็วจากโรงงานได้ถูกนำมาเทลงบริเวณซ่อมบำรุง และการวางเหล็กรอยต่อ

รูปที่ 3.15 การแต่งผิวหน้าคอนกรีตแข็งตัวเร็ว



รูปที่ 3.16 ตัดรอยต่อคอนกรีตภายใน 3-6 ชั่วโมง

รูปที่ 3.17 ใช้วัสดุอุดรอยต่อตลอดแนว

บทที่ 4
ผลการทดสอบและวิเคราะห์วิจารณ์

4.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและการวิเคราะห์

ตัวอย่างที่เจาะเก็บได้ในแต่ละวันจะถูกลำเลียงไปทดสอบหากำลังรับแรงอัด และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นในห้องปฏิบัติการ ตัดแต่งตัวอย่างที่ความยาวประมาณ 20 ซม. เนื่องจากหินอาจหลุดร่อน นำแท่งตัวอย่างมาหล่อปิดหัวที่ตัดให้เรียบเสมอด้วยกำมะถัน ส่วนแท่งตัวอย่างที่สั้น (ดู condition ในภาคผนวก) ได้นำมาปรับแก้ด้วย Calibration Factor เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

1) เนื่องจากตัวอย่างที่เจาะมานั้น มาจาก กม. ต่างๆ ของสายทาง อายุแท่งตัวอย่างจึงแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาการซ่อมบำรุง ซึ่งมีระยะเวลาตั้งแต่ 265,620,820 วัน เมื่อนำมารวมกับข้อมูลการทดสอบเดิม ซึ่งได้ทดสอบไว้ที่เวลา 1,7,28 วัน นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและอายุของคอนกรีตแข็งตัวเร็ว ดังรูปที่ 4.5 - รูปที่ 4.7 พบว่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 24 ชั่วโมงแรกทุกตัวอย่าง และมีค่าระหว่าง 255 -325 กก./ซม.^{2}

2) ที่ 7 วันกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่อัตราการเพิ่มไม่สูงเท่า 24 ชั่วโมงแรก และมีค่าระหว่าง 262 - 423 กก./ซม.^{2}

3) ที่ 28 วัน อัตราการเพิ่มกำลังรับแรงอัดเป็นไปอย่างช้าๆ และมีค่าระหว่าง 353 -507 กก./ซม.^{2}

แท่งตัวอย่าง 45 ตัวอย่างของสายทางที่เป็นตัวแทนข้อมูล ทดสอบที่อายุ 265, 620 และ 820 วัน ต่างก็ให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นจากเดิมทั้งสิ้น และเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ มีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ย 496, 584 และ 759 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ

สรุปได้ว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแข็งตัวเร็วเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดได้ไม่น้อยกว่า 255 กก./ซม.^{2} และสามารถเพิ่มไปได้ถึง 325 กก./ซม.^{2} ในเวลาเพียง 24 ชั่วโมง

นอกจากนั้นพบว่าเส้นใยสังเคราะห์ที่ผสมในคอนกรีตผสมพิเศษ สามารถลดการแตกร้าวของผิวหน้าคอนกรีตได้เป็นอย่างดี ขณะทำการทดลองถูกปูนตัวอย่างเพื่อให้ถึงกำลังรับแรงอัดประลัยนั้น ถึงแม้คอนกรีตจะมีรอยแตกร้าวแต่เส้นใยสังเคราะห์ ก็จะช่วยดึงเนื้อคอนกรีตไว้ไม่ให้หลุดออกจากกัน โดยยังคงรูปทรงที่ดี ซึ่งแตกต่างกับลูกปูนที่ไม่มีเส้นใยสังเคราะห์จะพบว่ามีการแตกแยกได้ง่ายกว่า ที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นคุณสมบัติทางด้านกายภาพ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีอีกประการหนึ่งของเส้นใยสังเคราะห์

4.2 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น

คอนกรีตที่ได้ศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้เก็บข้อมูลของคอนกรีตขณะกำลังซ่อมถนน และได้ทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด ที่ 1,7 และ28 วัน เมื่อเวลาผ่านไปได้ทำการเจาะถนนคอนกรีตที่ได้ทำการซ่อมเพื่อหากำลังรับแรงอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ดังแสดงในรูป 4.5-4.9 คอนกรีตที่ใช้งานมีการเปลี่ยนรูปจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ

1) การเปลี่ยนรูปเนื่องจากตัวของวัสดุ ได้แก่ Shrinkage และ Thermal Expansion

2) การเปลี่ยนรูปเนื่องจากการรับน้ำหนักบรรทุก ได้แก่ Elastic Strain และ Creep

ในการศึกษาวิจัยได้ทดสอบ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตหลังการใช้งานทั้ง 5 ตำแหน่งที่ทางหลวงสาย 304 ได้นำมาเขียนรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัด กับความเครียดเพื่อจะได้รูปกราฟที่จะนำมาหาค่าโมดูลัสสัมผัสเบื้องต้น (Initial Tangent Modulus) และค่าโมดูลัสเชื่อมจุดเริ่มกับจุดบนส่วนโค้ง (Secant Modulus) โดยค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ทดสอบได้จะมีค่าโมดูลัสสัมผัสเบื้องต้น Initial Tangent Modulus และค่า Secant Modulus มีค่าต่ำกว่าค่าของการทดสอบจากตัวอย่างคอนกรีตในห้องปฏิบัติการ

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นดูได้จากรูปที่ 4.10 ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่าคอนกรีตที่ถูกใช้งานแล้วจะมีค่าโมดูลัสต่ำกว่าค่าโมดูลัสของคอนกรีตไม่ใช้งาน โดยเปรียบเทียบกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดกับความเครียดของคอนกรีตธรรมดา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดกับความเครียดของคอนกรีตผสมเส้นใย (Polypropylene) ที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง (รูปที่ 4.10)

คอนกรีตธรรมดาจะมีค่าโมดูลัสที่ต่ำกว่าค่าโมดูลัสคอนกรีตแข็งตัวเร็ว (คอนกรีตผสมเส้นใย Polypropylene) เนื่องจากคอนกรีตแข็งตัวเร็วมีกำลังรับแรงอัดประลัยสูง ซึ่งกำลังรับแรงอัดเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ชี้ว่าคอนกรีตมีค่าโมดูลัสสูงหรือต่ำ

ค่าโมดูลัสของคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตผสมเส้นใย Polypropylene ผลกระทบจากส่วนผสม วัสดุ และเทคนิคการผลิต ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ค่าโมดูลัสเปลี่ยนแปลงได้นอกจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการที่กล่าวมาแล้วคือ

ก) คุณสมบัติของมวลรวม

1. มวลรวมที่ใช้ผสมมีค่าโมดูลัสสูงทำให้ค่าโมดูลัสของคอนกรีตสูงด้วย
2. รูปร่างและลักษณะผิวจะมีผลต่อโมดูลัสของคอนกรีต
3. มวลรวมที่มีน้ำหนักมากจะมีผลให้ค่าโมดูลัสเพิ่มขึ้น
4. ใช้มวลรวมในการผสมมากจะมีผลให้ค่าโมดูลัสสูงขึ้น

ข) อายุของแท่งตัวอย่างคอนกรีต

1. แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่มีอายุมากจะมีค่ากำลังสูงขึ้น ทำให้ค่าโมดูลัสสูงขึ้น

ค) อุณหภูมิขณะบ่ม

1. คอนกรีตที่ทำการบ่มที่อุณหภูมิต่ำในช่วงแรกจะให้ค่าโมดูลัสสูงขึ้น
2. การบ่มแท่งคอนกรีตด้วยอุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าโมดูลัสลดลง

4.3 การตรวจสอบสภาพผิวของถนนคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน

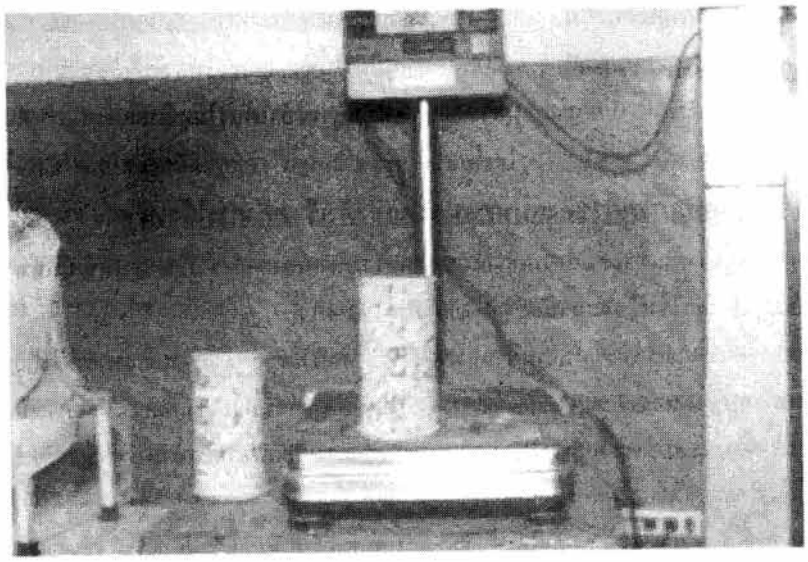
คอนกรีตแข็งตัวเร็วจะมีสีเข้มกว่าคอนกรีตธรรมดาเนื่องจากใช้ปริมาณปูนซีเมนต์มากกว่าคอนกรีตธรรมดาและใช้ปริมาณน้ำน้อย ดูได้จากรูปที่ 4.11-4.14

คอนกรีตแข็งตัวเร็วที่ใช้กับงานผิวถนนที่ได้นำมาศึกษาวิจัย จะมีความเสียหายที่เรียกว่าความเสียหายทางด้านกล (Mechanical Causes of Deterioration) ผิวคอนกรีตจะเกิดความเสียหายเนื่องจากการเสียดสี (Abrasion) อยู่อย่างสม่ำเสมอ ความทนทานต่อการเสียดสีจะต้องนำมาพิจารณาสำหรับการออกแบบด้วย

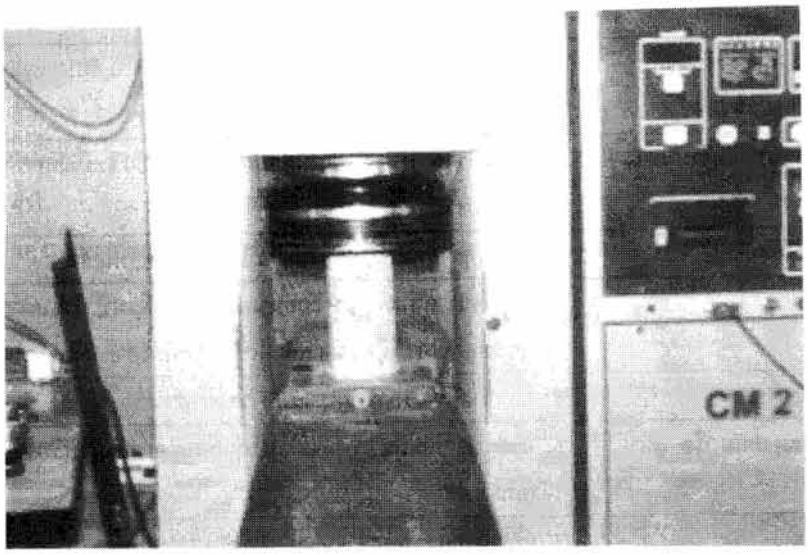
จากรูปที่ 4.11 และ 4.13 แสดงให้เห็นว่าผิวถนนคอนกรีตแข็งตัวเร็วผสมเส้นใย Polypropylene ผ่านการใช้งานที่อายุ 265, 620, 820 วัน มีรถยนต์ทุกประเภทวิ่งผ่าน ผิวหน้าของคอนกรีตยังมีสภาพดีไม่หลุดร่อน แสดงให้เห็นถึงความแข็งแกร่งเป็นพิเศษ

ตาราง 4.1 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้านทานต่อการเสียดสี (คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)

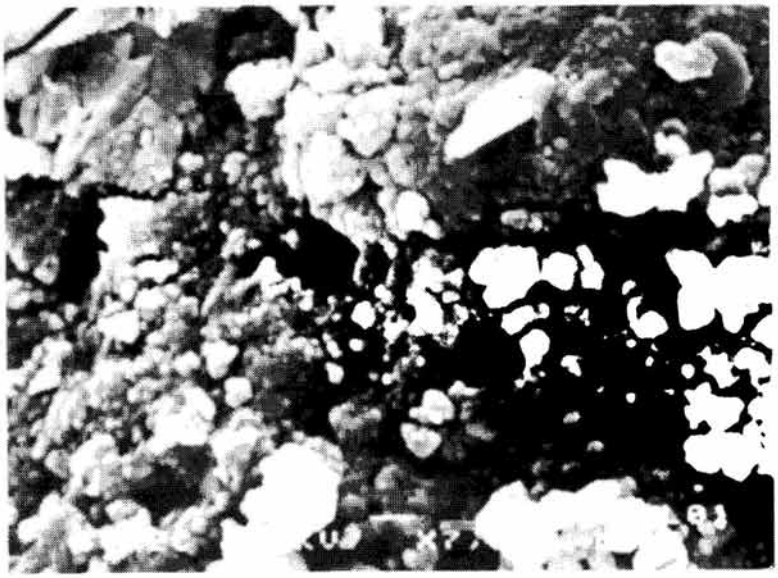
1. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	1. คอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดมากกว่า 280-420 กก./ซม. จะมีผล การต้านทานการเสียดสีที่ดีมาก
2. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	2. ลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ไม่เกิน 0.45-0.50 จะมีผลการต้านทานการเสียดสีที่ดีมาก
3. หิน ทราย	3. ใช้หินทรายที่มีความแข็งแกร่ง ใช้หินขนาดใหญ่ขึ้น
4. การเทและการแต่งหน้า	4. ต้องจี้เขย่าคอนกรีตให้อัดแน่นอย่างดีแต่งผิวหน้าให้เหมาะสมเพื่อคุณภาพที่ดีที่ผิวและลดปริมาณฟองอากาศในคอนกรีต
5. การบ่ม	5. ต้องบ่มด้วยวิธีการที่เหมาะสมในเวลานานพอ
6. ลักษณะผิวคอนกรีต	6. กรณีการเสียดสีมาก ต้องเลือกใช้คอนกรีตกำลังสูงหรือใช้วัสดุเคลือบผิว
7. รอยต่อ	7. ออกแบบและก่อสร้างรอยต่อให้เหมาะสมเพื่อลดการกระแทกและเสียดสี



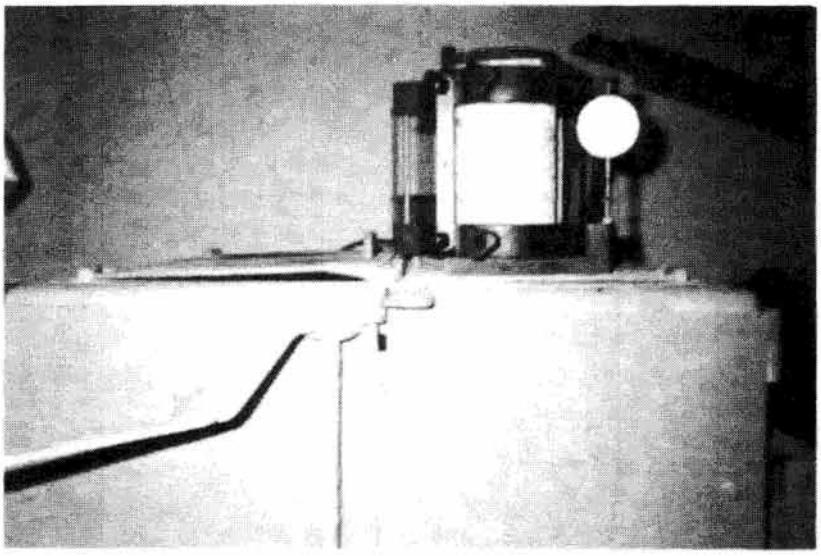
รูปที่ 4.1 การชั่งน้ำหนักแท่งตัวอย่างคอนกรีต



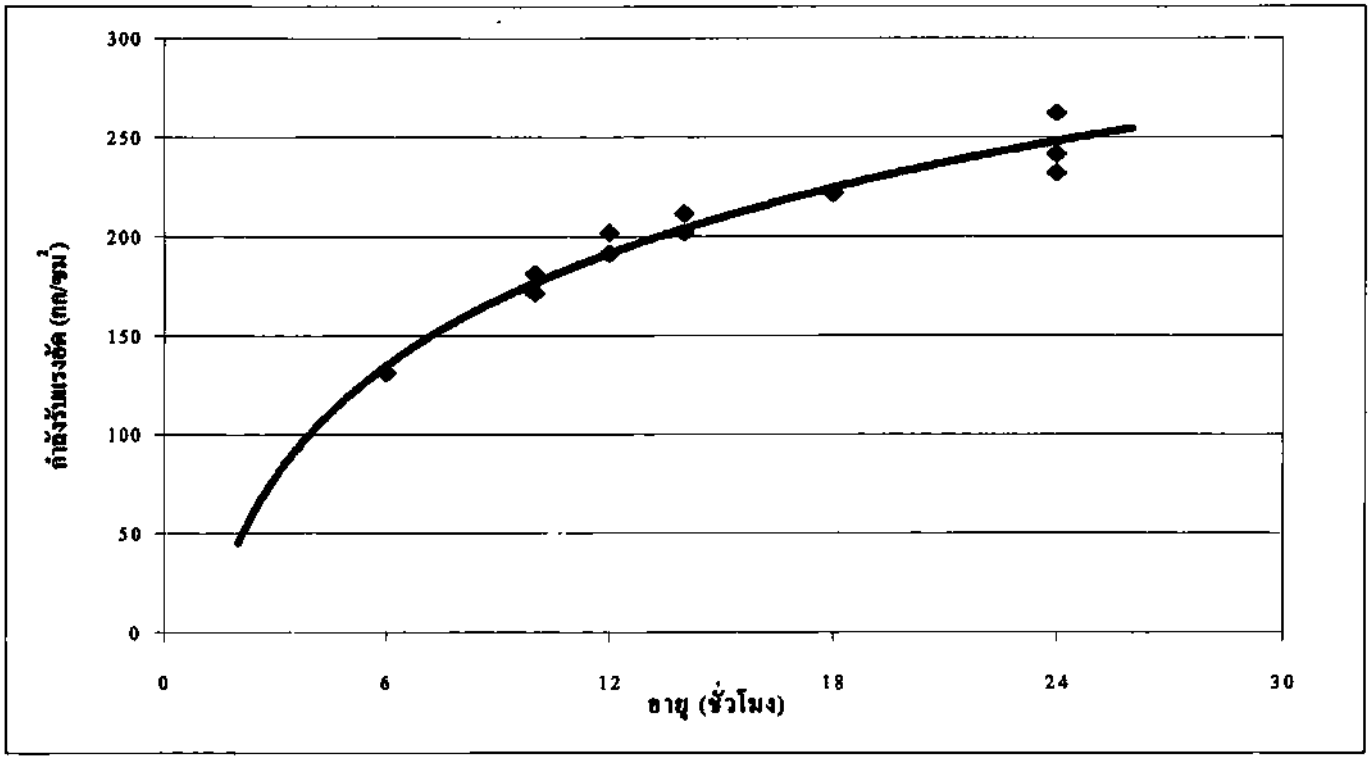
รูปที่ 4.2 การทดสอบหากำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต



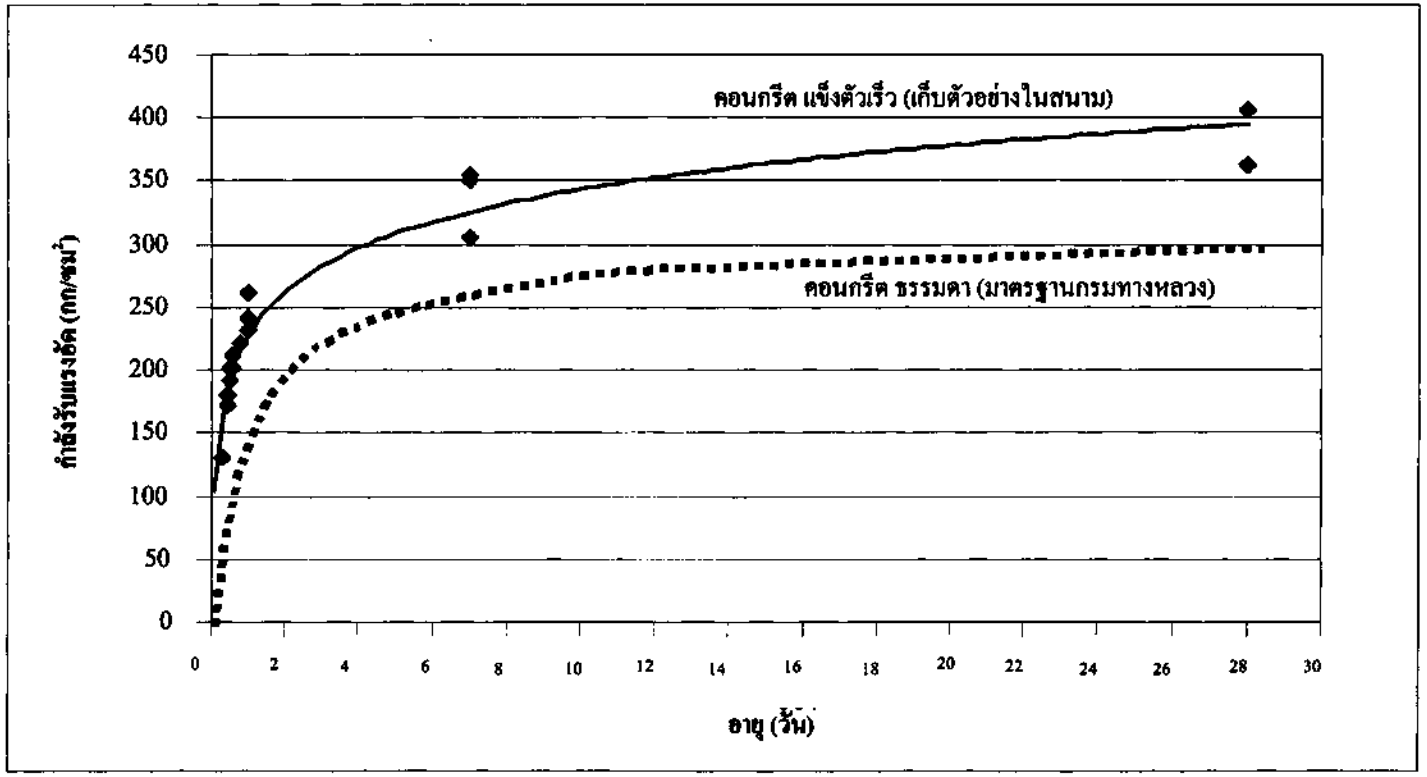
รูปที่ 4.3 Microstructure ของคอนกรีตแข็งตัวเร็ว เมื่ออายุ 620 วัน ที่กำลังขยาย 7000 เท่า



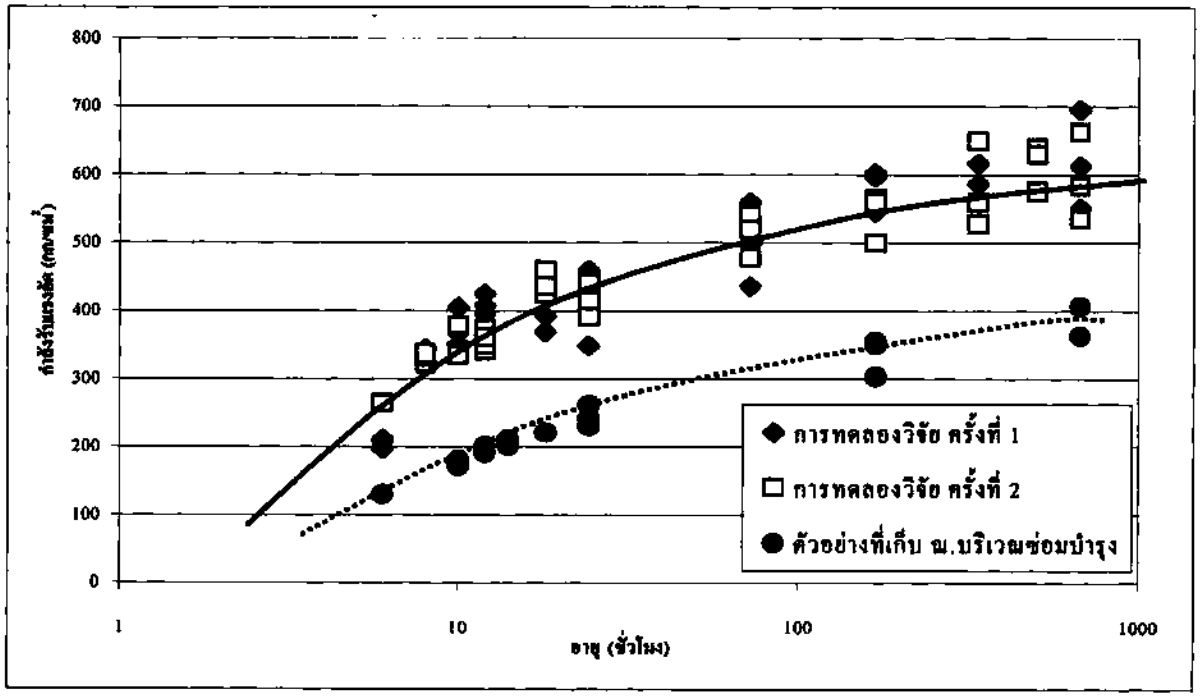
รูปที่ 4.4 การติดตั้งเครื่องมือ Compressometer เพื่อทดสอบหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น



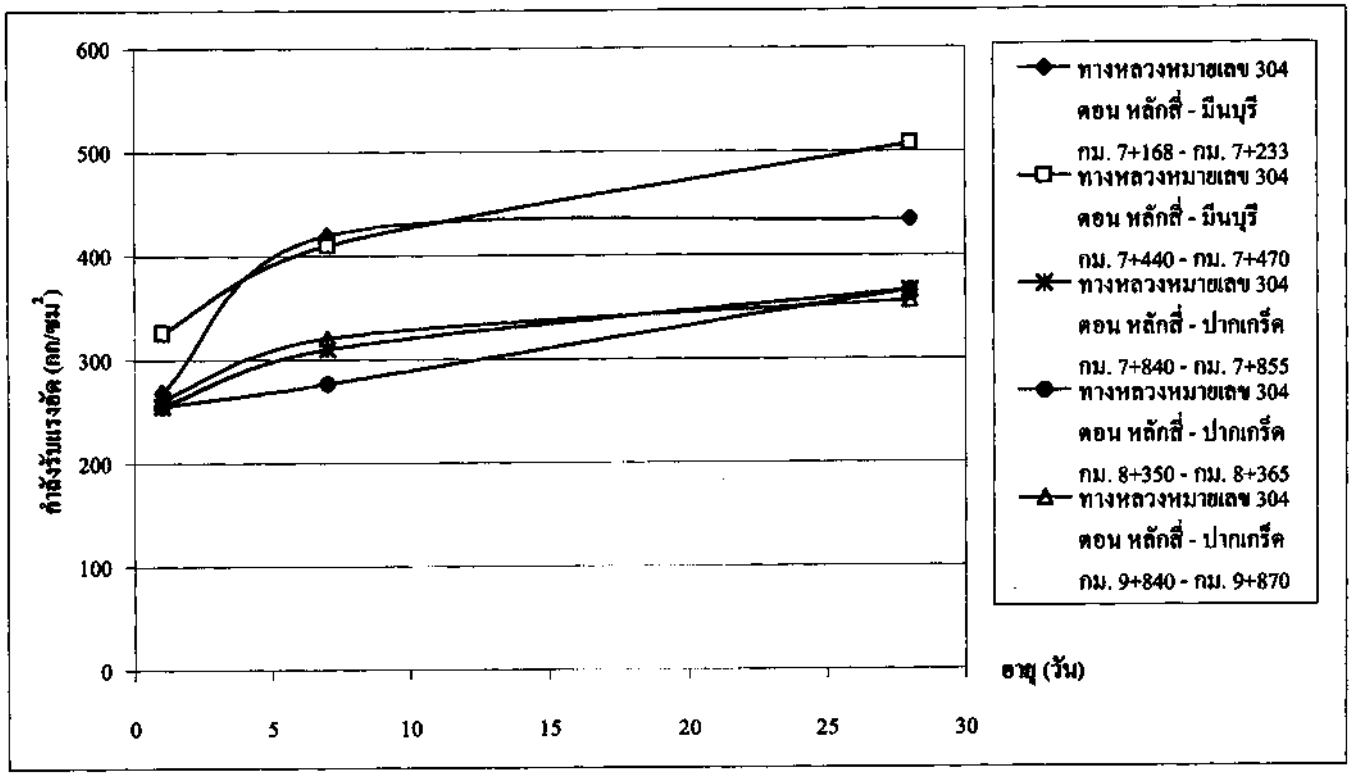
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีตแข็งตัวเร็วใน 24 ชั่วโมง



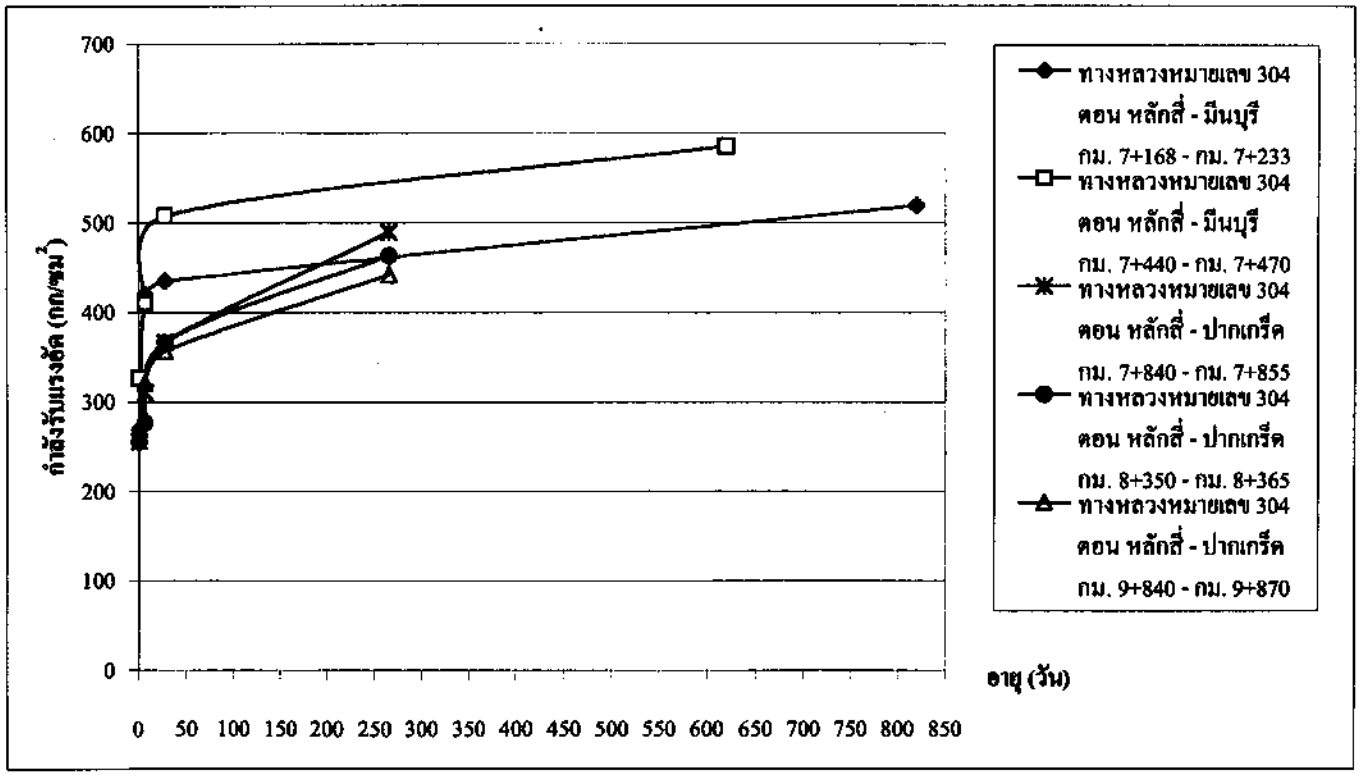
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแข็งตัวเร็วและคอนกรีตธรรมดา(มาตรฐานกรมทางหลวง)ในช่วงอายุ 28 วัน



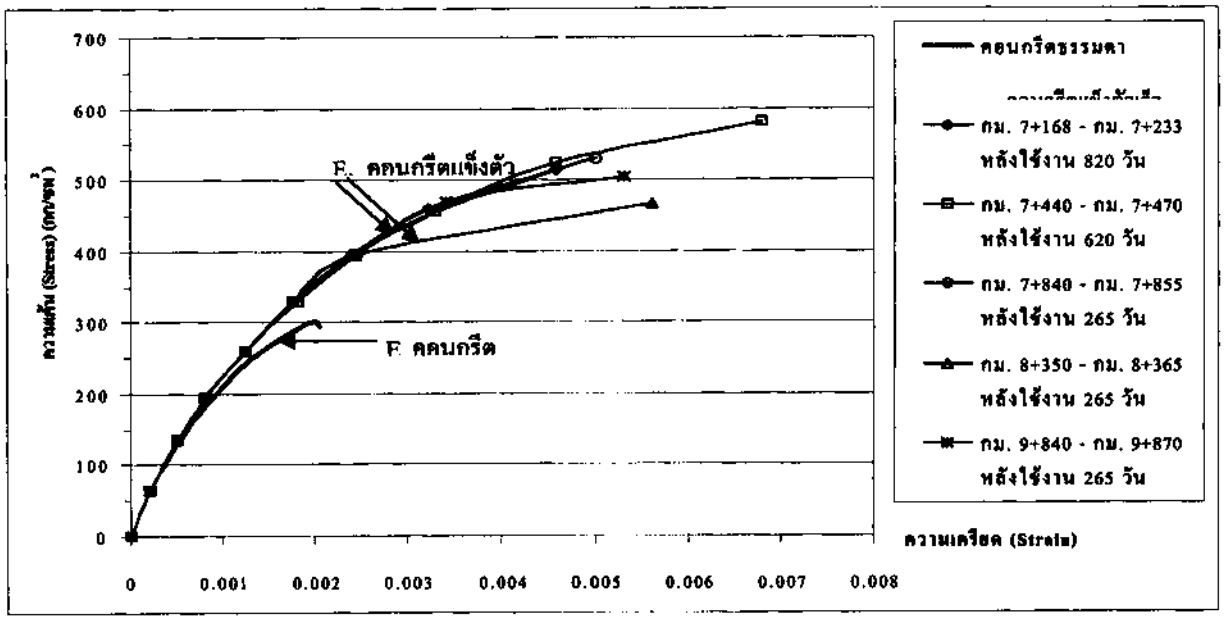
รูปที่ 4.7 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแข็งตัวเร็วซึ่งเก็บตัวอย่าง ณ.บริเวณซ่อมบำรุง ในช่วงอายุ 672 ชม. (ภายหลังการใช้งาน) เปรียบเทียบกับคอนกรีตแข็งตัวเร็วจากการทดลองวิจัยในห้องปฏิบัติการ(ก่อนการใช้งาน)



รูปที่ 4.8 กำลังรับแรงอัดและอายุของคอนกรีตแข็งตัวเร็วในช่วง 28 วัน (ก่อนเปิดการจราจร)



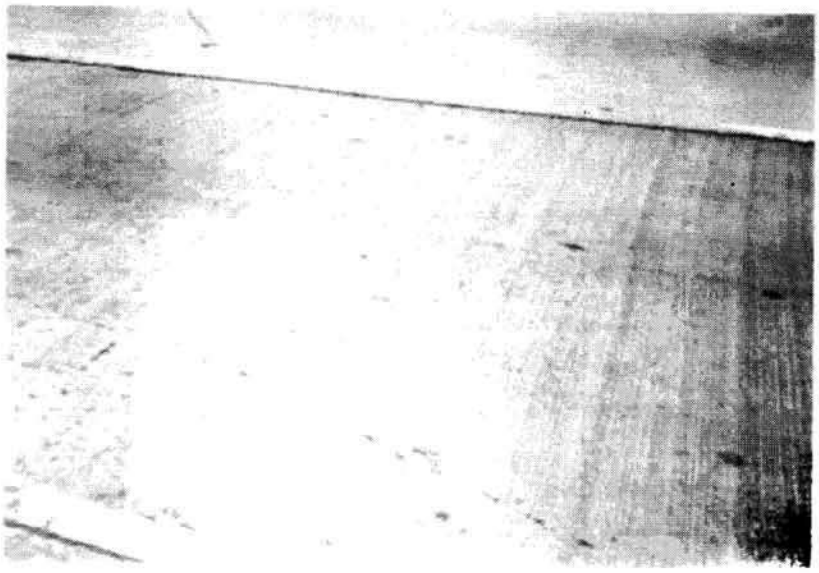
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบหน่วยแรงอัดและอายุของคอนกรีตแข็งตัวเร็ว (หลังเปิดการจราจรได้ 265 , 620 และ 820 วัน)



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบความเค้นและความเครียดของคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังจากใช้งาน 265 , 620 และ 820 วัน

รูปที่ 4.11 สภาพผิวถนนที่ใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็วซ่อมบำรุงทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่– ปากเกร็ด กม.8+350 – กม.8+365

รูปที่ 4.12 สภาพผิวถนนที่ใช้คอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด กม.8+365 – กม.8+380



รูปที่ 4.13 สภาพผิวถนนที่ใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็วซ่อมบำรุงทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด กม.9+840 – กม.9+870

รูปที่ 4.14 สภาพผิวถนนที่ใช้คอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ – ปากเกร็ด กม.9+900 – กม.9+930

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - มีนบุรี กม.7+168 - 7+223

ที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่หล่อ	วันทดลอง	อายุ วัน	แรงอัด ตัน	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:800:1080	ตราช้าง	5.5	240	20/11/35	21/11/35	1	21.36	272.00
2	2	"	"	"	5.0	"	"	"	1	21.36	272.00
3	3	"	"	"	5.5	"	"	"	1	20.59	262.20
4	1	"	"	"	5.5	350	"	27/11/35	7	31.65	403.10
5	2	"	"	"	5.0	"	"	"	7	33.25	423.50
6	3	"	"	"	6.5	"	"	"	7	34.02	433.30
7	1	"	"	"	5.5	"	"	18/12/35	28	36.36	463.10
8	2	"	"	"	5.0	"	"	"	28	32.21	410.18
9	3	"	"	"	6.5	"	"	"	28	33.88	431.50

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - มีนบุรี กม.7+440 - 7+470

ลำดับที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่หล่อ	วันทดลอง	อายุ วัน	แรงอัด ตัน	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:800:1080	ตราช้าง	7.0	240	14/06/36	15/06/36	1	26.12	332.60
2	2	"	"	"	6.5	"	"	"	1	26.12	332.60
3	3	"	"	"	7.5	"	"	"	1	24.54	312.50
4	1	"	"	"	7.0	350	"	22/06/36	7	31.65	403.10
5	2	"	"	"	6.5	"	"	"	7	31.65	403.10
6	3	"	"	"	7.5	"	"	"	7	33.25	423.50
7	1	"	"	"	7.0	"	"	13/07/36	28	38.97	496.23
8	2	"	"	"	6.5	"	"	"	28	40.94	521.35
9	3	"	"	"	7.5	"	"	"	28	39.65	505.00

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.7+840 - 7+855

ลำดับที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่หล่อ	วันทดลอง	อายุ วัน	แรงอัด ตัน	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:900:95	ตราพญานาค	6.5	240	22/05/37	23/05/37	1	19.78	252.00
2	2	"	0	"	7.0	"	"	"	1	19.78	252.00
3	3	"	"	"	6.0	"	"	"	1	20.58	262.10
4	1	"	"	"	6.5	350	"	29/05/37	7	23.26	296.20
5	2	"	"	"	7.0	"	"	"	7	24.54	312.50
6	3	"	"	"	6.0	"	"	"	7	25.20	320.90
7	1	"	"	"	6.5	"	"	19/06/37	28	28.51	363.10
8	2	"	"	"	7.0	"	"	"	28	29.28	372.90
9	3	"	"	"	6.0	"	"	"	28	28.51	363.10
			"								

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หนักสี่ - ปากน้ำ กม.8+350 - 8+365

ลำดับที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่หล่อ	วันทดสอบ	อายุ วัน	แรงอัด ตัน	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:900:950	ตราพญานาค	6.5	240	25/05/37	26/05/37	1	19.78	252.00
2	2	"	"	"	7.0	"	"	"	1	20.58	262.10
3	3	"	"	"	6.0	"	"	"	1	19.78	252.00
4	1	"	"	"	6.5	350	"	01/06/37	7	22.40	285.30
5	2	"	"	"	7.0	"	"	"	7	20.74	264.12
6	3	"	"	"	6.0	"	"	"	7	21.99	280.10
7	1	"	"	"	6.5	"	"	22/06/37	28	28.51	363.10
8	2	"	"	"	7.0	"	"	"	28	29.28	372.90
9	3	"	"	"	6.0	"	"	"	28	28.51	363.10

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขณะก่อสร้าง

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.9+840 - 9+870

ลำดับที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่หล่อ	วันทดสอบ	อายุวัน	แรงอัดต้น	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:900:950	ตราพญานาค	7.5	240	03/06/37	04/06/37	1	21.37	272.20
2	2	"	"	"	7.0	"	"	"	1	20.58	262.10
3	3	"	"	"	7.0	"	"	"	1	19.78	252.00
4	1	"	"	"	7.5	350	"	10/06/37	7	25.53	325.10
5	2	"	"	"	7.0	"	"	"	7	24.76	315.30
6	3	"	"	"	7.0	"	"	"	7	25.27	321.50
7	1	"	"	"	7.5	"	"	01/07/37	28	27.77	353.70
8	2	"	"	"	7.0	"	"	"	28	27.71	352.90
9	3	"	"	"	7.0	"	"	"	28	28.51	363.10

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน (820วัน)

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - มีนบุรี กม.7+168 - 7+223

ลำดับที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่เจาะเก็บตัวอย่าง	วันทดลอง	อายุวัน	แรงอัดตัน	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:800:1080	ตราช้าง	5.5	350	20/11/35	18/02/38	820	39.54	503.43
2	2	"	"	"	5.0	"	"	"	"	40.85	520.12
3	3	"	"	"	5.5	"	"	"	"	42.01	535.37
4	1	"	"	"	5.5	"	"	"	"	41.96	534.25
5	2	"	"	"	5.0	"	"	"	"	40.54	516.21
6	3	"	"	"	6.5	"	"	"	"	40.11	510.71
7	1	"	"	"	5.5	"	"	"	"	38.95	496.89
8	2	"	"	"	5.0	"	"	"	"	41.25	525.21
9	3	"	"	"	6.5	"	"	"	"	41.54	528.90

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตเชิงตัวเร็วหลังใช้งาน (620 วัน)

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - มีนบุรี กม.7+440 - 7+470

ลำดับที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่เจาะเก็บตัวอย่าง	วันทดลอง	อายุวัน	แรงอัดตัน	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:800:1080	ตราช้าง	7.0	350	14/06/35	25/02/38	620	51.96	648.65
2	2	"	"	"	6.5	"	"	"	"	52.07	649.92
3	3	"	"	"	7.5	"	"	"	"	51.15	638.47
4	1	"	"	"	7.0	"	"	"	"	43.00	539.72
5	2	"	"	"	6.5	"	"	"	"	46.05	574.88
6	3	"	"	"	7.5	"	"	"	"	46.26	577.42
7	1	"	"	"	7.0	"	"	"	"	43.40	541.81
8	2	"	"	"	6.5	"	"	"	"	45.75	571.06
9	3	"	"	"	7.5	"	"	"	"	41.98	524.00

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน (265 วัน)

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.7+840 - 7+855

ลำดับที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซิเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่เจาะเก็บตัวอย่าง	วันทดลอง	อายุ วัน	แรงอัด ตัน	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:900:950	ตราพญานาค	6.5	350	22/05/37	12/02/38	265	40.17	501.51
2	2	"	"	"	7.0	"	"	"	"	38.86	485.04
3	3	"	"	"	6.0	"	"	"	"	40.41	504.40
4	1	"	"	"	6.5	"	"	"	"	44.65	557.39
5	2	"	"	"	7.0	"	"	"	"	41.63	519.69
6	3	"	"	"	6.0	"	"	"	"	40.41	504.40
7	1	"	"	"	6.5	"	"	"	"	16.81	209.91
8	2	"	"	"	7.0	"	"	"	"	42.77	533.95
9	3	"	"	"	6.0	"	"	"	"	47.02	586.94

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน (265 วัน)

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.8+350 - 8+365

ลำดับที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่หล่อตัวอย่าง	วันทดลอง	อายุวัน	แรงอัดตัน	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:900:950	ตราพญานาค	6.5	350	25/05/37	15/02/38	265	42.28	527.84
2	2	"	"	"	7.0	"	"	"	"	50.20	626.68
3	3	"	"	"	6.0	"	"	"	"	29.88	372.95
4	1	"	"	"	6.5	"	"	"	"	49.06	612.41
5	2	"	"	"	7.0	"	"	"	"	26.53	331.17
6	3	"	"	"	6.0	"	"	"	"	42.45	529.88
7	1	"	"	"	6.5	"	"	"	"	38.53	480.96
8	2	"	"	"	7.0	"	"	"	"	25.30	315.89
9	3	"	"	"	6.0	"	"	"	"	29.71	370.91

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งาน (265 วัน)

ทางหลวงหมายเลข 304 ตอน หลักสี่ - ปากเกร็ด กม.9+840 - 9+870

ลำดับที่	แท่งที่	ส่วนของโครงสร้าง	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว ซม.	แรงอัดที่กำหนด	วันที่เจาะเก็บตัวอย่าง	วันทดลอง	อายุ วัน	แรงอัดต้น	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}
1	1	ผิวคอนกรีต	450:900:950	ตราพญานาค	7.5	350	03/06/37	24/02/38	265	28.98	361.74
2	2	"	"	"	7.0	"	"	"	"	41.63	519.69
3	3	"	"	"	7.0	"	"	"	"	46.20	576.75
4	1	"	"	"	7.5	"	"	"	"	41.71	520.70
5	2	"	"	"	7.0	"	"	"	"	32.24	402.50
6	3	"	"	"	7.0	"	"	"	"	18.45	230.29
7	1	"	"	"	7.5	"	"	"	"	43.35	541.08
8	2	"	"	"	7.0	"	"	"	"	18.85	235.38
9	3	"	"	"	7.0	"	"	"	"	47.02	586.94

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

สภาพของถนนคอนกรีตแข็งตัวเร็วภายหลังการใช้งาน ที่อายุ 265,620 และ 820 วัน ได้การสำรวจถนนที่ซ่อมบำรุงพบว่า

5.1.1 ผิวถนนที่ซ่อมบำรุงด้วยคอนกรีตแข็งตัวเร็วจะมีสีเข้มเพราะมีส่วนผสมของซีเมนต์สูงกว่าคอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวงโดยทั่วไปและผิวหน้าจะไม่ค่อยสึกกร่อน โดยสังเกตจากรอยคราดที่ผิวที่ยังคงสภาพดีอยู่มาก

5.1.2 ผิวถนนที่ซ่อมบำรุงด้วยคอนกรีตแข็งตัวเร็วจะมีรอยแตกเนื่องจาก Plastic Shrinkage Cracking ประมาณร้อยละ 2 ของพื้นที่ทั้งหมด เพราะมีเส้นใยสังเคราะห์ช่วยยึดเหนี่ยวเนื้อคอนกรีตเข้าด้วยกันจึงลดการแตกร้าวของผิวได้ดีกว่าคอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวงทั่วไปแม้จะใช้งานได้ระยะหนึ่ง การแตกร้าวก็มิได้เพิ่มขึ้นมาก

5.1.3 ผลการทดลองค่ากำลังรับแรงอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตแข็งตัวเร็วหลังการใช้งานมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าคอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวงทั่วไป ซึ่งจะต้องมีอายุการใช้งานได้นานกว่าคุ้มค่ากับการนำมาซ่อมบำรุง

5.1.4 ปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีเพียง 160 ลิตร/ลบ.ม. ไม่สามารถทำให้คอนกรีตเหลวพอที่จะทำงานได้สะดวก การเติมน้ำยา ASTM C494 TYPE F ประเภทลดน้ำจำนวนมาก (Super plasticizer) ทำให้คอนกรีตมีค่ายุบตัว 5-10 ซม. มากพอที่จะทำงานได้สะดวก

5.2 ข้อแนะนำในการซ่อมบำรุงด้วยคอนกรีตแข็งตัวเร็ว

5.2.1 ก่อนการเทคอนกรีต ควรเตรียมสถานที่ก่อสร้าง คนงานและเครื่องมือให้พร้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งป้ายเตือน และสัญญาณไฟเตือนควรเตรียมให้พร้อมเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในขณะซ่อมบำรุง

5.2.2 พื้นที่ที่จะเทคอนกรีต ควรฉีดน้ำและบดอัดทรายให้แน่น

5.2.3 การเทคอนกรีต ควรเทคอนกรีตเป็นช่วง ๆ ห้ามเทคอนกรีตเป็นกอง เพราะจะทำให้คอนกรีตแข็งตัวเร็ว ปาดผิวหน้าไม่ทัน

5.2.4 ใช้เครื่องมือจี้คอนกรีตทุกครั้งเพื่อไม่ให้เกิดรูพรุนในเนื้อคอนกรีต ซึ่งรูพรุนเหล่านี้จะทำให้คอนกรีตแตกร้าวและรับน้ำหนักไม่ได้ตามต้องการ การจี้ที่ดีต้องให้เครื่องจี้ตั้งฉากกับผิวถนน

5.2.5 ผู้ควบคุมงานควรชี้แจงการทำงานให้แก่คนงานอย่างชัดเจนว่าควรเทคอนกรีตและปาดตกแต่งให้เสร็จภายใน 1 ชั่วโมงครึ่ง นับจากเริ่มเท มิฉะนั้นคอนกรีตจะแข็งตัวจนไม่สามารถทำงานได้

5.2.6 การแต่งผิวหน้าคอนกรีต ห้ามใช้น้ำปรับแต่งผิวหน้าคอนกรีตโดยเด็ดขาด การปรับระดับผิวหน้าควรใช้เหล็กกล่องหรือไม้ปาดตามความกว้างของถนน

5.2.7 หลังการเทคอนกรีต ควรบ่มด้วยกระสอบชุบน้ำเมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัว หรือประมาณ 3-4 ชั่วโมง หลังการเทเสร็จและควรบ่มต่อเนื่องจนคอนกรีตอายุครบ24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำในคอนกรีตระเหยออกเร็วเกินไป ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการแตกร้าว

5.2.8 ในการตัดรอยต่อพื้นถนนด้วยเครื่องตัดต้องใช้ความระมัดระวัง มากกว่าคอนกรีตธรรมดา เวลาที่เหมาะสมคือหลังการเทคอนกรีตแล้วเสร็จประมาณ 3-6 ชั่วโมง ให้รีบทำการตัดรอยต่อทันที หรือใช้กระสอบทรายอ้อยกั้นรอยต่อถนนในระหว่างที่คอนกรีตกำลังแข็งตัว

5.2.9 การบ่มควรบ่มด้วยกระสอบชุบน้ำ เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัว (ประมาณ 3-4 ชั่วโมง หลังเทคอนกรีตเสร็จ) ควรบ่มต่อเนื่องจนครบ 24 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกจากคอนกรีตเร็วเกินไป

5.3 ข้อดีและข้อเสียในการใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็ว

ข้อดี

5.3.1 สามารถเพิ่มกำลังอัดได้รวดเร็วมากกว่า 240 กก./ตร.ซม ในเวลา 24 ชั่วโมง

5.3.2 สามารถเปิดการจราจรได้ภายใน 24 ชั่วโมงให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้ถนนและไม่เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ ซึ่งเกิดจากการที่จราจรติดขัดในระหว่างซ่อมบำรุง

5.3.3 ผิวถนนจะไม่มีรอยแตกร้าว หรือมีน้อยมากเพราะเส้นใยสังเคราะห์ Polypropylene สามารถต้านทานแรงดึง ลดการแตกร้าวของคอนกรีตและเพิ่มความเหนียวในคอนกรีตอีกด้วยเส้นใยละเอียดที่ประสานกับเส้นใยสงเคราะห์ ช่วยให้น้ำหรือความชื้นผ่านเข้าไปในคอนกรีตได้ยากยิ่งขึ้น

5.3.4 ให้ความรู้สึกดีทางด้านจิตใจต่อผู้ใช้ถนน เพราะการซ่อมผิวถนนทำได้อย่างรวดเร็วไม่ล่าช้าจนน่าเบื่อหน่าย

ข้อเสีย

5.3.5 มีราคาสูงกว่าคอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวงประมาณ 1.5 – 1.8 เท่า

5.4 ข้อเสนอแนะ

ในงานซ่อมบำรุงถนนคอนกรีต ซึ่งอยู่บริเวณชุมชน ถ้าจะใช้คอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวงทั่วไปซ่อมบำรุง กว่าจะเปิดการจราจรได้จะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 7 วัน ทำให้ระหว่างซ่อมบำรุงนั้นต้องสูญเสียทางวิ่งไปถึงหนึ่งช่องทาง ก่อให้เกิดการจราจรติดขัด อีกทั้งการเปลี่ยนช่องทางโดยกระทันหันของผู้ขับขี่เพื่อเลี่ยงบริเวณซ่อมบำรุงก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ง่ายเกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะชั่วโมงเร่งด่วนทำให้เกิดจราจรติดขัดมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจของชาติเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบราคาที่เพิ่มขึ้นต่อตารางเมตร พบว่าคอนกรีตแข็งตัวเร็วจะมีราคาสูงขึ้น 1.5 –1.8 เท่าของราคาคอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวงทั่วไป ถ้ากรมทางหลวงจะใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็วซ่อมบำรุงเฉพาะบริเวณชุมชนที่มีการจราจรมาก ก็จะเป็นประโยชน์กับประชาชนโดยทั่วไป เพราะสามารถเปิดจราจรได้ภายใน 24 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับงบประมาณของกรมฯ เป็นสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

1. กิตติพันธุ์ ทูลพิม และคณะ "กำลังแข็งแรงของคอนกรีตผสมใยสังเคราะห์" ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2532

2. รัชวาล เศรษฐบุตร, "คอนกรีตเทคโนโลยี",บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด กรกฎาคม,2536

3. เผด็จ งามเจริญ และคณะ "คอนกรีตไฟเบอร์",รายงานการศึกษาวิชาคอนกรีตเทคโนโลยีชั้นสูง, มหาวิทยาลัยรังสิต, 2540

4. สุชาติ คำอุไร "คอนกรีตผสมกาวหนังสัตว์", ปริญญานิพนธ์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, มีนาคม, 2532

5. สถาบันวิจัยคอนกรีตและซีเมนต์, สวีเดน, 1979

6. "Fiber-Reinforced Cement Composites", Technical Report 51.067, The Concrete Society, July, 1973

7. Herbert Krenchel, "Mix Design and Testing Methods of Fiber Reinforced Concrete V.5" Structural Engineering Research Center, Madras, 1987

8. Mindess, S and Young, J.F. Concrete : Prentice-Hall,1981

9. R.C.Zellers and V. Ramakkrishan "Evaluation and Comparison of the Physical Properties of Fibrillated Polypropylene Fiber-Reinforced Concrete", Transportation Research Record no.1458,pp.57-66,1944

10. Shafig, N."Durability of Natural Fibers in Mortar Containing Rice Husk Ash:, AIT Thesis, No.ST-87-20,1987

11. T.F.Fwa and P.Parmasivarn, "Properties of Fiber Reinforced Concrete for Rigid Pavement" Proceedings of the International Symposium on Fiber Reinforced Concrete V.2 , Structural Engineering Research centre, Madras, 1987

12. V. Ramakrishnan, Jim Speakman, Sidhesh Kakodkar, and V.R. Sure. Performance Characteristics of Monofilament Polypropylene Fiber-Reinforced Concrete", Transportation Research Record No. 1458 pp.48-56,1994

ภาคผนวก

1. อิทธิพลของวัสดุที่ใช้ทำคอนกรีต

1.1 ปูนซีเมนต์ ส่วนผสมทางเคมีและความละเอียดของปูนซีเมนต์ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กำลังด้านทานของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไป ปูนซีเมนต์ที่มีสารพวกปูนขาว (C_3S) มากจะทำให้มีกำลังรับน้ำหนักได้เร็วกว่า ปูนซีเมนต์ที่มีซิลิก้า (C_2S) มาก แต่กำลังของคอนกรีตเมื่ออายุมากๆ (ภายใต้การบ่มชื้นต่อเนื่องกัน) จะน้อยกว่า ส่วนปูนซีเมนต์ที่มีอลูมิน่า (C_3A) ผสมอยู่จะทำให้คอนกรีตมีกำลังรับน้ำหนักได้เร็วเช่นกัน ผงซีเมนต์ที่มีส่วนผสมทางเคมีเหมือนกันแต่บดละเอียดกว่าจะให้กำลังรับน้ำหนักได้เร็วกว่าผงซีเมนต์ที่หยาบ อย่างไรก็ดีเมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้น ความแตกต่างในด้านการรับน้ำหนักจะน้อยมาก จากการทดลองพบว่า ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 ซึ่งแข็งเร็วจะให้กำลังในระยะ 3 เดือนแรกสูงกว่าประเภทอื่นๆ หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มกำลังจะใกล้เคียงกับซีเมนต์ธรรมดา ปูนซีเมนต์ประเภทที่ สอง สี่ และห้า ซึ่งมีอลูมิน่า (C_3A) ต่ำ จะมีกำลังในระยะแรกค่อนข้างต่ำ แต่ปูนซีเมนต์ทั้ง สามประเภทนี้ ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 4 ซึ่งมีปูนขาว (C_3S) ต่ำสุดจะให้กำลังในระยะแรกต่ำสุด เมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้นกำลังคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ทั้งสามประเภทที่กล่าวจะมีกำลังไม่แตกต่างกัน และมีค่าเท่ากับหรืออาจมากกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ธรรมดา

ตารางภาคผนวกที่ 1 อิทธิพลของประเภทปูนซีเมนต์ที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต
(คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)

ประเภทปูนซีเมนต์	เปอร์เซนต์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุต่างๆ เมื่อใช้อัตราส่วนผสมอย่างเดียวกัน			
	1 วัน	7 วัน	28 วัน	90 วัน
ประเภทที่ 1	100	100	100	100
ประเภทที่ 2	75	85	90	110
ประเภทที่ 3	190	120	110	100
ประเภทที่ 4	55	55	75	100
ประเภทที่ 5	65	75	85	100

1.2 วัสดุผสม เมื่อน้ำหนักและส่วนขนาดคละของวัสดุคงที่ ชนิดของวัสดุผสมที่มีต่อกำลังด้านทาน ของคอนกรีตจะน้อยมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะวัสดุมีกำลังมากกว่าเพสต์ เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เท่ากันคอนกรีตที่ผสมด้วยวัสดุที่มีเหลี่ยมมุมและผิวขรุขระมาก จะให้ความแข็งแรงมากกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยวัสดุที่มีผิวเรียบและกลม อย่างไรก็ตามในส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์คงที่

วัสดุผสมที่ขรุขระและเป็นเหลี่ยมมุมต้องการน้ำผสมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพื่อให้ความสามารถในการเทได้เพิ่มขึ้น

คอนกรีตที่ใช้วัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบาจะไม่แข็งแรง และกำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตจะแปรตามน้ำหนักของวัสดุนั้น ทำให้กำลังของคอนกรีตที่ใช้วัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบา มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีตไม่เกินกว่า 350 กก./ ตร.ซม.

ปริมาณของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ก็มีผลต่อกำลังของคอนกรีตด้วยเช่นกัน กล่าวคือเมื่อใช้ปริมาณน้ำมากขึ้น คุณภาพหรือกำลังคอนกรีตก็จะลดลง ชนิดของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตมีผลต่อกำลังของคอนกรีต เมื่อใช้น้ำทะเลผสมคอนกรีตกำลังของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน จะลดลงประมาณ 12 %

1.3 สารเคมีผสมเพิ่ม การใช้สารเคมีผสมเพิ่มในส่วนผสมของคอนกรีต เช่น สารกักกระจายฟองอากาศและสารเร่งปฏิกิริยาเคมีมีผลต่อกำลังด้านทานของคอนกรีต ในขณะที่อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์คงที่สารกักกระจายฟองอากาศจะลดกำลังของคอนกรีตลง แต่เมื่อใช้สารกักกระจายฟองอากาศก็จะสามารถลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลงได้ ทำให้กำลังด้านทานของคอนกรีตไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้จำนวนฟองอากาศต้องอยู่ในช่วงที่แนะนำไว้ สารเร่งปฏิกิริยาส่วนใหญ่ซึ่งเป็นแคลเซี่ยมคลอไรด์ มีผลต่อกำลังของคอนกรีตมากโดยเฉพาะการหล่อคอนกรีตที่อุณหภูมิต่ำ และอายุของคอนกรีตยังน้อยอยู่ ส่วนการใช้สารเคมีชนิดลดปริมาณน้ำ ถ้านำไปใช้ตามคำแนะนำแล้วกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นได้ถึง 15 %

2. <u>อิทธิพลของอัตราส่วนผสม</u>

เมื่อใช้วัสดุผสมอย่างเดียวกันคอนกรีตที่ใช้อัตราส่วนผสมต่างกันจะให้กำลังด้านทานของคอนกรีตต่างกัน ซึ่งเห็นได้ชัดในกรณีที่ใช้ปริมาณน้ำผสมเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงาน จะมีผลให้ยืดหดตัวมาก และมีรูโพรงมากขึ้น

3. อิทธิพลของการหล่อและการบ่ม

การหล่อชิ้นตัวอย่างมีความสำคัญต่อกำลังด้านทานของคอนกรีต การกระทุ้งไม่แน่นพอมีผลให้เกิดฟองอากาศและเป็นเหตุให้กำลังลดลง แต่การกระทุ้งมากเกินไปมีผลให้เกิดการแยกตัวและกำลังลดลงเช่นกัน การบ่มซึ่งเกี่ยวข้องกับความชื้นและอุณหภูมิ มีผลต่อกำลังของคอนกรีตอย่างมาก คอนกรีตที่บ่มชื้นเป็นเวลานานจะมีกำลังมากขึ้น การปล่อยให้คอนกรีตแข็งตัวในอากาศไม่ให้ความชื้นเลย จะทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างน้ำกับซีเมนต์หยุดชะงักเป็นเหตุให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดต่ำลง เมื่อหล่อคอนกรีตและเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิที่กำหนด ถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้น (ไม่เกินข้อกำหนด) ปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับซีเมนต์จะเกิดเร็วขึ้น ทำให้กำลังของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าคอนกรีตนั้นมีอายุมากแล้ว วิธีนี้ก็จะไม่ได้ผล

4. อิทธิพลของสภาพการรับน้ำหนัก

กำลังของคอนกรีตจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพการรับน้ำหนัก กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ที่กระทำในห้องทดลอง ได้จากการเพิ่มน้ำหนักกดลงทีละน้อย จนกระทั่งคอนกรีตถูกอัดแตกภายในเวลาอันสั้น ซึ่งค่าที่ได้จะสูงกว่าตามสภาพการรับน้ำหนักจริงๆ เพราะในสภาพทั่วไปคอนกรีตจะต้องรับแรงกระทำสม่ำเสมอเป็นเวลานาน หรืออาจต้องรับแรงกระทำซ้ำซากหรือแรงกระแทก ทำให้กำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตลดต่ำลง

กำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตที่รับน้ำหนักบรรทุกคงที่เป็นเวลานานหลาย ๆ ปี (Sustained Loading) จะมีค่าเพียง 70 % ของกำลังรับน้ำหนักที่ได้จากการทดลองรับน้ำหนักในระยะเวลาอันสั้น ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อคอนกรีตรับน้ำหนักกระทำซ้ำซากกำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตจะลดลงประมาณ 45-50 %

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลของระยะเวลารับน้ำหนักที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต
(คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)

ระยะเวลารับน้ำหนัก				กำลังรับน้ำหนักอัดลง (%)
นาที	ชั่วโมง	วัน	ปี	
2				0
10				5
30				8
60				10
	4	0.17		12
		100		22
		365	1	23
			3	27
			30	31

5. อิทธิพลของขนาดและรูปร่างของชิ้นส่วนตัวอย่าง

คอนกรีตชนิดเดียวกันทดสอบหากำลังรับแรงอัดโดยใช้ทรงกระบอกที่มีรูปร่างเหมือนกันแต่ต่างขนาดกัน ขนาดของตัวอย่างที่ใหญ่กว่าจะให้กำลังรับแรงอัดที่ต่ำกว่า ตารางที่ 3 แสดงกำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาดต่างๆ คิดเทียบเป็นเปอร์เซนต์ของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดมาตรฐานซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลของขนาดของแท่งทดสอบที่มีต่อกำลังรับแรงอัด
(คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)

แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง x ความสูง	กำลังรับแรงอัดประลัยร้อยละ	แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง x ความสูง	กำลังรับแรงอัดประลัยร้อยละ
5x10 ซม.	109	30x60 ซม.	91
7.5x15 ซม.	106	45x90 ซม.	86
15x30 ซม.	100	90x180 ซม.	84
20x40 ซม.	96	90x180 ซม.	82

อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างทรงกระบอกก็มีผลต่อกำลังประลัยของคอนกรีตเช่นกัน ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวยิ่งมากเท่าใดกำลังรับแรงอัดจากการทดสอบจะต่ำลงเท่านั้น กำลังรับแรงอัดเทียบเท่า (Equivalent Strength) ของแท่งทดสอบที่มีรูปร่างไม่ได้มาตรฐานที่เทียบกับแท่งทดสอบมาตรฐาน (ส่วนสูงเป็นสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง) ทำได้โดยการคูณค่ากำลังแรงอัดที่ทดลองได้จากแท่งทดสอบนั้นด้วยแฟคเตอร์ที่ให้ไว้ในตารางภาคผนวกที่ 4 เช่นเมื่อแฟคเตอร์สำหรับแก้กำลังรับแรงอัดให้ถูกต้องสำหรับแท่งทดสอบที่มีอัตราส่วน h/d เท่ากับ 1 มีค่าเป็น 0.91 แสดงว่าแท่งทดสอบนั้นมี กำลังรับแรงอัดมากกว่าแท่งทดสอบมาตราฐาน 10 เปอร์เซนต์ (ซึ่งได้จาก 1.00/0.91 = 1.10)

นอกจากนี้กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตรูปลูกบาศก์จะสูงกว่าของแท่งทรงกระบอกประมาณ 13 ถึง 25 เปอร์เซนต์

ขนาดของคานก็มีผลต่อกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต ผลการทดลองจะคล้ายกับแท่งทดสอบรูปทรงกระบอกที่มีต่อกำลังรับแรงอัด โดยทั่วไปตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่จะได้กำลังน้อยกว่าตัวอย่างขนาดเล็ก

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลของส่วนความสูงต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทดสอบที่มีต่อกำลังรับแรงอัด
(คอนกรีตเทคโนโลยี, 2536)

อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง (h/d) ของแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก	ตัวคูณสำหรับแก้ค่ากำลังรับแรงอัดให้ถูกต้อง
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

6. คุณสมบัติยืดหยุ่นของคอนกรีต

คุณสมบัติยืดหยุ่นของคอนกรีต มีความสำคัญต่อการเสียรูปของโครงสร้างคอนกรีตภายใต้น้ำหนักบรรทุก เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่ไม่มีการยืดหยุ่นเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก ดังนั้นการเสียรูปอย่างถาวรอาจเกิดขึ้นได้ภายใต้น้ำหนักบรรทุกน้อยๆ พบว่าเมื่อน้ำหนักหรือแรงกระทำต่อโครงสร้างอยู่ในช่วงจำกัดยืดหยุ่น ซึ่งหน่วยการหดตัวเป็นสัดส่วนโดยตรงกับหน่วยแรงที่กระทำ คอนกรีตจะไม่เสียรูปมากนัก แต่เมื่อพ้นช่วงนี้แล้ว น้ำหนักหรือแรงกระทำจะทำให้เกิดการสูญเสียรูปเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดก็เกิดการแตกหัก อัตราส่วนของหน่วยแรงต่อหน่วยการหดตัว เรียกว่า โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต หาได้จากเส้นสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและหน่วยการหดตัวซึ่งได้จากการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต โดยทั่วไปเส้นสัมพันธ์นี้มีลักษณะเป็นรูปโค้งพาราโบลา การหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตมีวิธีหาต่างๆ กันดังนี้

1. Initial Tangent modulus คำนวณจากความลาดเอียงของเส้นสัมผัส ซึ่งได้จากการลากเส้นให้สัมผัสกับเส้นสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและหน่วยการหดตัว ณ. จุดเริ่มต้น (Origin)

2. Secant Modulus คำนวณจากความลาดเอียงของเส้นที่ลากจากจุดเริ่มต้นกับจุดใดๆ บนเส้นสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและหน่วยการหดตัวที่ต้องการหา

3. Tangent Modulus คำนวณจากความลาดเอียงของเส้นสัมผัสกับจุดใดๆ บนเส้นสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง และหน่วยการหดตัว

จากการทดลองพบว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตและหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ซึ่งอาจเขียนในรูปของสมการได้คือ

$$Ec = W^{1.5} * 4270 \sqrt{fc'} \text{ กก./ตร.ซม.}$$

เมื่อ Ec = โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ตัน /ตบ.เมตร

fc' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีตรูปทรงกระบอก เมื่ออายุ 28 วัน

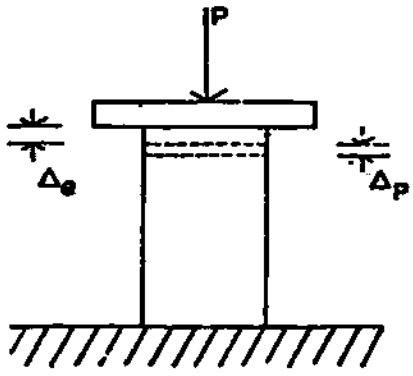
W = หน่วยน้ำหนักของคอนกรีต

7. การล้าของคอนกรีต

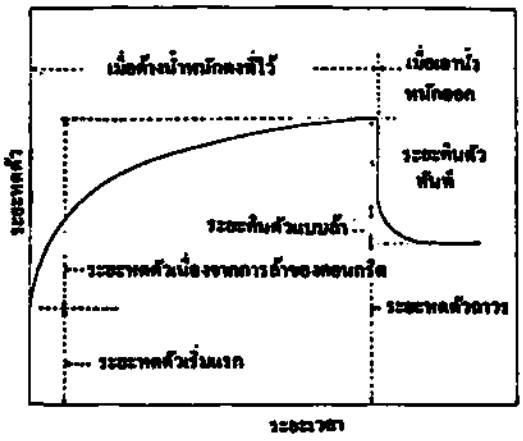
การล้าของคอนกรีต (Creep) เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของคอนกรีตในลักษณะที่หน่วยการหดตัวเพิ่มขึ้นภายใต้น้ำหนักหรือแรงอัดคงตัวโดยบรรทุกค้างไว้เป็นเวลานาน สันนิษฐานกันว่า การล้าของคอนกรีตเกิดจากการหดตัวของช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีต การไหลหนืด (viscous flow) ของซีเมนต์เพสต์ การไหลผลึก (crystalline flow) ในวัสดุผสม และจากการซึมของน้ำจากเจล (Gel) เมื่อมีน้ำหนักจากภายนอกมากระทำต่อคอนกรีต

พิจารณาแท่งคอนกรีตทรงกระบอกรับแรงกด P ตามรูปภาคผนวกที่ 1 แท่งคอนกรีตจะหดตัวทันทีโดยมีระยะหดตัวเริ่มแรก (Elastic Deformation) เมื่อปล่อยให้แรงกด P ค้างไว้เป็นเวลานาน จะพบว่าแท่งคอนกรีตหดตัวเพิ่มขึ้นอีกเป็นระยะ ซึ่งเป็นผลเนื่องจากความล้าของคอนกรีต เมื่อเทียบกับระยะเวลาตามปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้น

การล้าของคอนกรีตขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของคอนกรีตเช่น อัตราส่วนของวัสดุต่อซีเมนต์ อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ ชนิดและส่วนขนาดคละของวัสดุผสม ส่วนประกอบทางเคมีและความละเอียดของซีเมนต์ สารเคมีผสมเพิ่ม และอายุของคอนกรีตเมื่อได้รับน้ำหนัก นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาและขนาดของน้ำหนักที่กระทำความชื้นภายในคอนกรีต อุณหภูมิและสภาพแวดล้อม และขนาดของโครงสร้างอาคารคอนกรีต



รูปภาคผนวกที่ 1 แสดงแท่งคอนกรีตเมื่อรับแรง P



รูปภาคผนวกที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของระยะหดตัวของคอนกรีตเปรียบเทียบกับระยะเวลา

หลังจากที่เอาน้ำหนักกระทำออกไป คอนกรีตจะเริ่มคืนตัวอย่างรวดเร็วโดยมีระยะคืนตัวทันที (Elastic Recovery) และระยะคืนตัวแบบล้า (Creep Revovery) และมีการหดตัวถาวร (Permanent Deformation) เกิดขึ้นดังแสดงในรูปภาคผนวกที่ 2

อัตราการล้าของคอนกรีตจะล้าลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น พบว่าประมาณ 75 % ของการล้าเกิดขึ้นภายใน 6 เดือน และประมาณ 90 % ของการล้าจะเกิดขึ้นภายในหนึ่งปี การล้าของคอนกรีตอาจทำให้เกิดการถ่ายแรงจากคอนกรีตให้เหล็กเสริม ลดแรงอัดในคอนกรีตอัดแรงเปลี่ยนจุดดัดกลับในคานต่อเนื่อง เพิ่มการโก่งตัวของโครงสร้าง เนื่องจากโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตมีค่าลดลง และลดความแข็งแรงของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

8. <u>อิทธิพลต่างๆ ที่มีผลต่อการล้าของคอนกรีต</u>

1. น้ำหนักบรรทุกค้าง การล้าของคอนกรีตเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของน้ำหนักบรรทุก
2. ความแข็งแรงของคอนกรีต การล้าของคอนกรีตเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังความแข็งแรงของคอนกรีต ถ้าความแข็งแรงของคอนกรีตมีค่าสูง อัตราการล้าของคอนกรีตจะมีค่าต่ำ
3. ชนิดของปูนซีเมนต์ คอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาจะเกิดการล้าของคอนกรีตมากกว่า คอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทแข็งตัวเร็ว หรือปูนซีเมนต์อลูมินา

4. อัตราส่วนผสมคอนกรีต คอนกรีตที่ใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ การล้าของคอนกรีตจะมีค่าต่ำด้วย
5. วัสดุผสม การล้าของคอนกรีตจะลดลงเมื่อใช้วัสดุที่มีความละเอียด
6. การบ่ม คอนกรีตที่ได้รับการบ่มชื้นตลอดเวลาจะมีอัตราการล้าต่ำกว่าคอนกรีตที่บ่มในอากาศ
7. อายุของคอนกรีต อัตราการล้าของคอนกรีตจะลดลงเมื่ออายุของคอนกรีตเพิ่มขึ้น

9. คุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตผสมเส้นใยสังเคราะห์

ในต่างประเทศได้ทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวเร็ว ที่ผสมเส้นใย Polypropylene เปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดา โดยกำหนดให้มีปริมาณปูนซีเมนต์ 305 กก./ลบ.ม. ทั้งสองส่วนผสมทดสอบกำลังอัดที่อายุ 28 วัน มีผลการทดสอบดังนี้

การทดสอบ	คอนกรีตธรรมดา	คอนกรีตแข็งตัวเร็ว
1. ปริมาณอากาศ	1 %	1.4 %
2. ค่าความยุบตัว	165 mm.	115 mm.
3. หน่วยน้ำหนัก	2307 กก./ลบ.ซม.	2301 กก./ลบ.ม.
4. การเยิ้ม	0.7105 ml/cm	0.1085 ml/cm
5. กำลังอัด	31.1 mpa	36.20 mpa
6. แรงดึงแบบ Flexural Strength	3.7 mpa	3.4 mpa
7. แรงดึงแบบ Split Tensile Strength	2.28 mpa	3.03 mpa
8. แรงดึงแบบ Direct Tensile Strength	1. mpa	2.76 mpa
9. ดัชนีความเหนียว(Toughness Index)	9.43 in/lbs	10.88 in/lbs
10. การต้านทานการกัดกร่อน (Abrasion Resistance)	11.1 gm.	8.6 gm
11. การหดตัวตามยาว 6 เดือน (Linear Drying Shrinkage)	0.053	0.046
12. ความต้านทานแรงกระแทก (Impact Resistance)	271 kg.	299 kg.
13. ความซึมได้ (Hydrostatic permeability)	6.65×10^{-9} kcm/sec	2.97×10^{-9} kcm/sec
14. โมดูลัสยืดหยุ่น (Elasticity Modulus)	307000 ksc	315000 ksc
15. Poisson's Ratio	0.165	0.176

รายงานฉบับที่ : วพ. 195 ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

ผู้เขียน : ม.ล. วิจิตอัจฉรา สรรพกิจจำนง
เถิศ พัดฉวี

ชื่อเรื่อง : คอนกรีตแข็งตัวเร็วสำหรับงานบำรุงเร่งด่วน

บทคัดย่อ : หลังจากที่กรมทางหลวงมีนโยบายที่จะซ่อมบำรุงถนนคอนกรีต โดยใช้คอนกรีตแข็งตัวเร็ว เพื่อให้เปิดการจราจรได้ภายใน 24 ชั่วโมง และมีกำลังรับแรงอัดได้ไม่น้อยกว่า 24 เมกกะพาสคัล (245 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์นี้ จึงได้นำน้ำยาผสมคอนกรีตมาตรฐาน ASTM C 494 TYPE F ประเภทลดน้ำจำนวนมาก (Superplasticizer) ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตมีค่ายุบตัว (Slump) มากพอที่จะทำงานได้สะดวกและเพื่อป้องกันการแตกร้าวบริเวณผิวหน้า (Plastic Shrinkage Crack) เนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต จึงได้ใส่เส้นใยสังเคราะห์ (Polypropylene) ซึ่งมีคุณสมบัติเสริมกำลังและยึดเหนี่ยวเนื้อคอนกรีตให้ยึดแน่นเข้าด้วยกัน

เมื่อเปิดการจราจรบริเวณที่ซ่อมบำรุงด้วยคอนกรีตแข็งตัวเร็วไปได้ช่วงเวลาหนึ่ง ก็ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วรูปทรงกระบอกจากบริเวณซ่อมบำรุงซึ่งมีอายุการใช้งาน 265, 620 และ 820 วัน เพื่อทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และนำมาเปรียบเทียบกับคอนกรีตมาตรฐานกรมทางหลวง ผลปรากฏว่าคอนกรีตทั้งสองชนิดมีค่ากำลังอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตแข็งตัวเร็วก่อนการใช้งานและหลังการใช้งานมาเปรียบเทียบกัน พบว่าหลังการใช้งานจะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่ำลง ซึ่งเกิดจากการรับน้ำหนักอย่างซ้ำซากเป็นเวลานาน

คอนกรีตแข็งตัวเร็วจะรับกำลังได้สูงกว่าคอนกรีตธรรมดาอยู่มาก สามารถเปิดการจราจรได้ภายใน 24 ชั่วโมง สามารถลดอุบัติเหตุจากการซ่อมบำรุงที่ใช้เวลานาน และลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากการจราจรติดขัดได้อีกด้วย ซึ่งเหมาะสมกับงานบำรุงทางที่ต้องการความเร่งด่วน

ศัพท์เฉพาะเรื่อง : คอนกรีตแข็งตัวเร็ว, เส้นใยสังเคราะห์, สารเคมีผสมเพิ่ม

ทล.วพ. / ฐ / 2545 / ท

ISSN 0125 - 8044

Report No. : RD.195 Road Research and Development Center, Department of Highways

Authors : M.L. Wichitashara Sanpakitjamnong

Lert Patchavee

Title : Fast Setting Concrete For Urgent Maintenance

Abstract : The DOH policy for Fast Setting Concrete maintenance are the purpose of opening traffic with in 24 hours and obtaining the compressive Strength not less than the 245 kg / cm^2. An admixture (ASTM C 494 TYPE F) were mixed with the concrete. The Polypropylene was also recommented to mix in the concrete mixture to prevent the plastic shrinkage crack.

After opening the traffic on the maintenance area at a certain period. Many cylendrical samples, 4 inches diameter were cored from Fast Setting Concrete pavement with various sections and ages at 265, 620, and 820 days. Compressive Strength and Modulus of Elasticity were tested. The Compressive Strength and Modulus of Elasticity of the loading Fast Setting Concrete are almost the same as the Unloading Ordinary Concrete Pavement.

The other case is the comparison of Loading and Unloading Fast Setting Concrete. The Engineering properties of Loading Fast Setting Concrete are lower than unloading one. The reason is the long time repetition loading.

We have concluded that Fast Setting Concrete are suitable for maintenance because the deterioration of road will not occure with in a short time.

We can open traffic repidly with the higher strength pavement.

Keywords : Fast Setting Concrete, Polypropylene Fiber, Chemical Admixture

DH. RD./ F / 2002 / T

ISSN 0125 - 8044