

## สารบัญ

### คู่มือการทำงานคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ

อธิบายรหัสหนังสือ	I
สารจากนายก	II
คำนำ	III
คณะกรรมการอำนวยการ	IV
คณะกรรมการนโยบายมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรม	V
คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา	VI
คณะกรรมการสาขาคอนกรีตและวัสดุ	VII
คณะกรรมการจัดทำคู่มือการทำงานคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	VIII
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของคู่มือ	1
1.3 ทั่วไป	1
1.4 ที่มาของปัญหา	1
1.5 ประเภทของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	2
1.5.1 ประเภทของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษแบ่งตามสมบัติของคอนกรีตสด	2
1.5.2 ประเภทของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษแบ่งตามสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว	3
1.6 ข้อดีและข้อควรคำนึงของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	3
<b>บทที่ 2 วัสดุ</b>	<b>6</b>
2.1 ทั่วไป	6
2.2 ปูนซีเมนต์	6
2.3 วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์	7
2.4 สารเคมีผสมเพิ่ม	9
2.4.1 สารลดน้ำ	9
2.4.2 สารลดการหดตัว	9
2.4.3 สารกำจัดฟองอากาศ (anti-foaming agent)	9
2.5 มวลรวม	10
2.6 น้ำ	11
2.7 เส้นใย	11
2.8 เหล็กเสริม	12
2.9 เหล็กและลวดอัดแรง	12

<b>บทที่ 3 สมบัติของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ</b>	<b>13</b>
3.1 ทั่วไป	13
3.2 สมบัติในสภาวะคอนกรีตสด และสภาวะพลาสติก (properties in fresh and plastic states)	14
3.2.1 ความสามารถในการเท (workability)	14
3.2.2 ปริมาณฟองอากาศ (air content)	14
3.2.3 การก่อตัว (setting times)	15
3.2.4 การหดตัวพลาสติก (plastic shrinkage)	15
3.2.5 การเยิ้ม (bleeding)	15
3.3 สมบัติเชิงกลในสภาวะที่แข็งตัวแล้ว (mechanical properties)	16
3.3.1 กำลังอัด	16
3.3.2 กำลังดึงและกำลังดัด	16
3.3.3 มอดูลัสยืดหยุ่นแบบสถิตและอัตราส่วนปัวซอง	18
3.4 สมบัติด้านความคงทน (durability properties)	19
3.4.1 การหดตัว	19
3.4.2 การดูดซึมน้ำ (water absorption)	20
3.4.3 การซึมผ่านของคลอไรด์	20
3.4.4 คาร์บอนเนชัน	21
3.4.5 ความต้านทานวัฏจักรการแข็งตัวสลับหลอมเหลวของน้ำในคอนกรีต (freezing and thawing resistance)	21
3.4.6 การทำลายโดยกรดและซัลเฟต	21
3.4.7 ปฏิกริยาระหว่างต่างกับมวลรวม	22
3.4.8 การขัดสี	22
3.4.9 การถูกชะล้างและการเกิดคราบ (leaching and efflorescence)	22
3.4.10 การทนไฟ	22
3.5 สมบัติด้านอื่นๆ	23
3.5.1 สมบัติด้านความร้อน	23
3.5.2 การคืบ (creep)	24
<b>บทที่ 4 ข้อเสนอแนะการเลือกส่วนผสม</b>	<b>25</b>
4.1 ทั่วไป	25
4.2 สมรรถนะที่ต้องการ	25
4.3 ขั้นตอนการเลือกส่วนผสม	26
<b>บทที่ 5 การผลิตคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ และการก่อสร้าง</b>	<b>28</b>
5.1 ทั่วไป	28
5.2 การเก็บวัสดุ	28
5.2.1 วัสดุประสาน และวัสดุผง	28
5.2.2 มวลรวม	28

5.2.3	สารเคมีผสมเพิ่ม	28
5.2.4	เส้นใย	29
5.3	การชั่งตวงวัสดุ	29
5.4	การผสมคอนกรีต	30
5.5	การควบคุมคุณภาพคอนกรีต	32
5.5.1	ทั่วไป	32
5.5.2	การทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพ	33
5.6	การลำเลียง และการเทคอนกรีต	34
5.7	การทำให้แน่น	35
5.8	การแต่งผิว	35
5.9	การบ่ม	35
5.10	แบบหล่อและค้ำยัน	37
5.11	รอยต่อก่อสร้าง	37
5.12	การตรวจสอบสภาพหลังการก่อสร้าง	37
<b>บทที่ 6 การทดสอบ</b>		<b>38</b>
6.1	ทั่วไป	38
6.2	สรุปมาตรฐานวิธีการทดสอบ	38
<b>มาตรฐานและเอกสารอ้างอิง</b>		<b>41</b>

## สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	ตัวอย่างสะพานสองแห่งที่สร้างโดยใช้คอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	4
รูปที่ 2.1	ตัวอย่างทรายละเอียดที่ใช้สำหรับการผลิตคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	11
รูปที่ 2.2	ตัวอย่างเส้นใยเหล็กที่ใช้สำหรับการผลิตคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	12
รูปที่ 3.1	ตัวอย่างสภาพของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษหลังการทดสอบค่าเส้นผ่านศูนย์กลางการไหล (slump flow)	15
รูปที่ 3.2	ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดอัดของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	16
รูปที่ 3.3	ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับความเครียดดึงของคอนกรีต 4 ประเภท คือคอนกรีตธรรมดา (Plain concrete) คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced concrete) คอนกรีตเสริมเส้นใยทั่วไป (Fiber-reinforced concrete, FRC) และคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ (UHPC)	17
รูปที่ 4.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	27
รูปที่ 5.1	การตรวจสอบสภาพคอนกรีตในระหว่างการผสมด้วยแอมป์มิเตอร์ที่ติดตั้งเข้ากับชุดโรผสม และกล้องที่ติดตั้งไว้ด้านบนของเครื่องผสม	31
รูปที่ 5.2	ตัวอย่างส่วนผสมแห่งสำเร็จรูปที่บรรจุในถุงกันความชื้นสำหรับใช้ผสมหน้างาน	32

รูปที่ 5.3 การเก็บแท่งตัวอย่างทดสอบกำลังอัดโดยใช้แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 10×10×10 ซม. และทรงกระบอกขนาด ๑0×20 ซม.	33
รูปที่ 5.4 ตัวอย่างการบ่มคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษด้วยอุณหภูมิสูงอย่างง่ายโดยการใช้เต็นท์ผ้าใบ ประกอบกับการพ่นไอน้ำ	36

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ประเภทของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษแบ่งตามความสามารถในการไหล (ACF-120001-2020)	2
ตารางที่ 1.2 ประเภทของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษที่แบ่งตามสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว (ACF-120001-2020)	3
ตารางที่ 2.1 สมบัติของเส้นใยเหล็กขนาดเล็กที่ใช้กับคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ (ACF-120001-2020)	11
ตารางที่ 2.2 สมบัติของเส้นใยที่เหมาะสมสำหรับใช้ในคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ (JSCE Concrete Engineering Series 82)	12
ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของคอนกรีตธรรมดากับคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ (ACI 239R-18)	13
ตารางที่ 3.2 สมบัติเชิงกลและสมบัติอื่นๆ ของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ (FHWA-HRT-13-060)	13
ตารางที่ 3.3 ประสิทธิภาพกำลังดึงตรง (direct tensile strength) ตามชั้นกำลังอัดของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	17
ตารางที่ 3.4 ค่าการนำความร้อนและความร้อนจำเพาะของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดา (JSCE Concrete Engineering Series 82)	24
ตารางที่ 5.1 ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ของการชั่งตวงวัสดุสำหรับการผลิตคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	30
ตารางที่ 6.1 สรุปปรายการทดสอบและมาตรฐานวิธีการทดสอบสมบัติของคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	39