

## สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(I)
กิตติกรรมประกาศ	(III)
สารบัญ	(IV)
สัญลักษณ์และคำย่อ	(X)
บทที่ 1 ปูนซีเมนต์และปฏิกิริยาไฮเดรชัน	1
1.1 บทบาทและการพัฒนาปูนซีเมนต์	1
1.2 สารองค์ประกอบหลัก	5
1.3 สารองค์ประกอบรอง	9
1.4 ปฏิกิริยาไฮเดรชันของระบบปูนซีเมนต์-น้ำ	15
1.5 แนวโน้มการใช้ปูนซีเมนต์และการพัฒนาวัสดุเชื่อมประสานในอนาคต	24
บทที่ 2 ปฏิกิริยาไฮเดรชันและการพัฒนาโครงสร้างจุลภาค	34
2.1 ความสำคัญของโครงสร้างจุลภาค	34
2.2 การพัฒนาโครงสร้างจุลภาค Inner Product , Outer Product, Hadley grain	36
2.3 ระบบช่องว่าง	45
2.4 บริเวณรอยต่อ ITZ	52
2.5 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาโครงสร้างจุลภาค	57
2.5.1 องค์ประกอบทางเคมี	58
2.5.2 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน	58
2.5.3 การใช้สารผสมเพิ่มทั้งทางเคมีและแร่ธาตุ	59
2.5.4 สภาวะการบ่มและอุณหภูมิ	60
2.6 ผลกระทบของโครงสร้างจุลภาคต่อสมบัติคอนกรีต	63
2.6.1 ความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสด	63
2.6.2 การพัฒนากำลัง	63
2.6.3 การพัฒนาในด้านความคงทน	64
2.6.4 การพัฒนาโครงสร้างจุลภาคต่อการเปลี่ยนแปลงกลไกการวิบัติ	64
บทที่ 3 สารผสมเพิ่มและการใช้งาน	73
3.1 ความเป็นมาและชนิดของสารผสมเพิ่ม	73
3.1 สารผสมเพิ่มชนิดสารกักกระจายฟองอากาศ	77
3.2 สารผสมเพิ่มทางเคมี	80

3.3.1 สารผสมเพิ่มชนิดลดน้ำ	83
3.3.2 สารผสมเพิ่มชนิดลดน้ำปริมาณมาก	88
3.3.3 สารผสมเพิ่มประเภทอื่น	90
3.4 สารผสมเพิ่มแร่ธาตุ	94
3.4.1 ซิลิกาฟูม	97
3.4.2 เถ้าลอย	102
3.4.3 เมตาคาโอลิน	107
3.4.4 เถ้าจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร	111
3.4.4.1 เถ้าแกลบ	111
3.4.4.2 เถ้าขานอ้อย	112
3.4.4.3 เถ้าปาล์มน้ำมัน	115
3.4.5 ตะกรันกากเตาถลุง	116
บทที่ 4 สมบัติของคอนกรีต	130
4.1 Rheology และสมบัติของคอนกรีตสด	130
4.1.1 ลักษณะการไหล	132
4.1.2 สมบัติของคอนกรีตสด	135
4.2 การก่อตัวและแข็งตัวของคอนกรีต	142
4.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการก่อตัวและแข็งตัว	143
4.3 ความพรุน	148
4.4 สมบัติด้านกำลังและความคงทนของคอนกรีต ปัจจัยที่มีผลกระทบ	148
4.4.1 สมบัติด้านกำลัง	149
4.4.2 แนวคิดMaturity	156
4.4.3 สมบัติอื่นที่เกี่ยวข้องกับกำลัง	159
4.4.4 สมบัติอื่นๆ	161
4.5 สมบัติด้านความคงทนของคอนกรีต	164
4.6 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีต	165
บทที่ 5 การเสื่อมสภาพของคอนกรีต	175
5.1 ปัญหาการเสื่อมสภาพของคอนกรีต	175
5.2 สาเหตุการเสื่อมสภาพของคอนกรีตทางกล กลไกและลักษณะ	177
5.2.1 การขีดสี	177
5.2.2 การกร่อน	178
5.2.3 การเกิดโพรง	179

5.3 ความเสียหายและการเสื่อมสภาพของคอนกรีตทางกายภาพกลไกและลักษณะ	179
5.3.1 การแตกร้าว	180
5.3.2 การเยือกแข็งและหลอมละลาย	182
5.3.3 ความเสียหายจากไฟไหม้	182
5.3.4 ความเสียหายจากสาเหตุอื่นๆ	189
5.4 กลไกการเสื่อมสภาพทางเคมีของคอนกรีต และลักษณะ	190
5.4.1 การกัดกร่อนจากซัลเฟต	191
5.4.1.1 การเสื่อมสภาพเนื่องจากซัลเฟตจากแหล่งภายนอก	192
5.4.1.2 การเสื่อมสภาพเนื่องจากซัลเฟตจากแหล่งภายใน	196
5.4.2 การเสื่อมสภาพจากกรด	201
5.4.3 การเสื่อมสภาพจากอิทธิพลน้ำทะเล	202
5.4.4 การเสื่อมสภาพจากปฏิกิริยาระหว่างต่างและมวลรวม	207
5.4.4.1 Alkali Carbonate Reaction	208
5.4.4.2 Alkali Silica Reaction	210
5.4.5 คาร์บอนเนชั่น	218
5.4.6 การเสื่อมสภาพจากจากคลอไรด์	220
5.4.7 การเสื่อมสภาพทางเคมีอื่น ๆ	221
5.4.7.1 การเสื่อมสภาพจากแอมโมเนียมไนเตรท	222
5.4.7.2 การเสื่อมสภาพจากไฟไรต์	225
5.4.7.3 การเกิดฝ้าขาว	229
5.4.7.4 การเสื่อมสภาพจากผลกระทบบรรเทาเนื่องจากการปนเปื้อนของดิน	232
5.4.8 การเกิดสนิมของเหล็กเสริม	235
5.4.8.1 กลไกที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสนิมเหล็ก	238
5.4.9 การป้องกันและแก้ไขการเสื่อมสภาพของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	243
บทที่ 6 คอนกรีตผสมสารปอซโซลาน	264
6.1 คอนกรีตผสมสารปอซโซลาน	264
6.2 ชนิดของสารปอซโซลานในงานคอนกรีต	265
6.3 ปฏิกิริยาของระบบปูนซีเมนต์-ปอซโซลาน	267
6.4 ถ้ำลอย และคอนกรีตผสมถ้ำลอย	270
6.4.1 คอนกรีตผสมถ้ำลอย	273
6.4.2 กลไกที่เกิดขึ้น	274
6.4.3 ผลกระทบต่อคอนกรีต	276

6.4.4 การใช้คอนกรีตผสมเถ้าลอยเพื่อความต้องการเฉพาะ	286
6.4.4.1 คอนกรีตผสมเถ้าลอยปริมาณสูง	286
6.4.1.2 คอนกรีตบดอัดผสมเถ้าลอยปริมาณสูง	292
6.5 คอนกรีตผสมซิลิกาฟูม	298
6.6 คอนกรีตผสมเมตาคาโอลิน	301
6.7 คอนกรีตผสมเถ้าชีวมวล	305
6.7.1 คอนกรีตผสมเถ้าแกลบ	305
6.7.2 คอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อย	308
6.7.3 คอนกรีตผสมเถ้าปาล์มน้ำมันและ/หรือเถ้าเปลือกไม้ อื่นๆ	309
บทที่ 7 คอนกรีตกำลังสูงและคอนกรีตกำลังสูงที่อายุน้อย	322
7.1 คอนกรีตกำลังสูง	325
7.1.1 วัสดุที่ดี	326
7.1.2 การออกแบบที่ดี	328
7.1.3 การทำงานที่ดี	328
7.1.4 การทำงานหลังการเท	329
7.2 คอนกรีตกำลังสูงมากที่เป็นคอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ	330
7.2.1 วัสดุที่ใช้และปัจจัยที่เกี่ยวข้องของของคอนกรีต UHPC	333
7.2.2 สมบัติอื่นที่ควรพิจารณาสำหรับคอนกรีต UHPC	337
7.3 คอนกรีตกำลังสูงที่อายุน้อย	338
7.3.1 ชนิดของคอนกรีตกำลังสูงที่อายุน้อย	338
7.3.2 การผลิตคอนกรีตกำลังสูงที่อายุน้อย	340
7.3.3 การประยุกต์ใช้คอนกรีตกำลังสูงที่อายุน้อย	343
บทที่ 8 คอนกรีตเสริมเส้นใยและโพลีเมอร์คอนกรีต	349
8.1 คอนกรีตเสริมเส้นใย	349
8.1.1 ประวัติการใช้เส้นใยในงานก่อสร้าง	353
8.1.2 ชนิดและการพัฒนาเส้นใยในงานคอนกรีต	355
8.1.3 กลไกของคอนกรีตผสมเส้นใย	359
8.1.4 ปัจจัยหลักของคอนกรีตเสริมเส้นใย	361
8.1.4.1 รูปร่างและลักษณะการกระจายตัวของเส้นใย	361
8.1.4.2 ปริมาณของเส้นใยที่ใช้	362
8.1.4.3 Aspect Ratio	362
8.1.4.4 ค่าความยาวประสิทธิผลที่น้อยที่สุด	363

8.1.4.5 การจัดเรียงตัวของเส้นใย	363
8.1.4.6 ค่า fiber denier	363
8.1.4.7 Spacing Factor	364
8.1.5 ผลกระทบของเส้นใยต่อคอนกรีต	364
8.1.5.1 สมบัติของคอนกรีตสด	364
8.1.5.2 กลสมบัติของคอนกรีตเสริมเส้นใย	366
8.1.5.3 ความคงทนต่อการเกิดสนิมของคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็ก	369
8.1.6 ลักษณะการเติมเส้นใยในคอนกรีต	370
8.1.7 ชนิดของคอนกรีตเสริมเส้นใย	371
8.1.8 การใช้งานคอนกรีตเสริมเส้นใย	371
8.2 โพลีเมอร์คอนกรีต	373
8.2.1 ชนิดของโพลีเมอร์ที่ใช้กับคอนกรีต	374
8.2.2 ประเภทและการใช้งานโพลีเมอร์คอนกรีต	376
8.2.2.1 โพลีเมอร์คอนกรีตและโพลีเมอร์มอร์ตาร์	376
8.2.2.2 โพลีเมอร์อิมเพรคเนตคอนกรีต	378
8.2.2.3 โพลีเมอร์พอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต	381
บทที่ 9 คอนกรีตพิเศษชนิดอื่น	396
9.1 การจำแนกประเภทคอนกรีต	396
9.2 คอนกรีตเบา	396
9.2.1 การผลิตคอนกรีตเบา	398
9.2.2 ประเภทของคอนกรีตเบา	400
9.2.2.1 Cellular Concrete	400
9.2.2.2 คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด	403
9.2.2.3 คอนกรีตเบาแบบใช้มวลรวมน้ำหนักเบา	403
9.2.3 สมบัติของมวลรวม	404
9.2.3.1 รูปร่างและลักษณะของมวลรวมที่ใช้	404
9.2.3.2 ความถ่วงจำเพาะ	404
9.2.3.3 การดูดซึมน้ำของมวลรวม	405
9.2.3.4 กำลังของมวลรวม	405
9.2.4 สมบัติของคอนกรีตเบา	406
9.2.5 แนวทางการจัดการวัสดุเพื่องานคอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง	407

9.3 คอนกรีตหนัก	407
9.3.1 วิธีการผลิตคอนกรีตหนัก	408
9.3.1.1 การออกแบบส่วนผสมและการทำงาน	408
9.3.1.2 การประยุกต์ใช้งาน	410
9.3.2 ลักษณะคอนกรีตที่ใช้เป็นวัสดุกำบังรังสี	411
9.4 คอนกรีตอัดแน่นด้วยตัวเอง	413
9.4.1 หลักการออกแบบ	414
9.4.2 สมบัติที่ต้องการ	415
9.4.3 การใช้งาน	416
9.4.3.1 การผลิต	418
9.4.3.2 การทดสอบ	419
บทที่ 10 แนวโน้มการพัฒนาคอนกรีตในอนาคต	425
10.1 ปูนซีเมนต์	427
10.2 วัสดุเชื่อมประสานชนิดอื่น	430
10.3 สารผสมเพิ่มทางเคมี	437
10.4 พัฒนาการใหม่ ๆ ในงานคอนกรีต	438
10.4.1 นวัตกรรมเทคโนโลยีกับงานคอนกรีต	438
10.4.2 Geopolymer	443
10.4.3 Self-Healing Concrete	445
10.5 การพัฒนาเทคโนโลยีด้านเครื่องมือ	446
10.6 รูปแบบข้อกำหนดในอนาคต	447
10.7 การกำจัด"จุดอ่อน"และเตรียมพร้อม	449
10.8 ความสำคัญและผลกระทบของคอนกรีตเทคโนโลยีต่อสังคมในระดับมหภาค	450
ดัชนี	461