

บทที่ 2

วรรณคดีวิจารณ์

2.1 คำนำ

การที่คอนกรีตหรือปูนซีเมนต์มอร์ตาร์ที่แข็งตัวแล้ว เมื่อถูก Organic Monomer แทรกซึมผ่านเข้าไปในช่องว่างหรือโพรงภายในปูนซีเมนต์มอร์ตาร์โดยการ Polymerization ของ โมโนเมอร์ ด้วยวิธีการแผ่กระจายความร้อน (Thermal Catalytic) ผลจากกระบวนการนี้ เป็นวิธีการที่ปรับปรุงคุณสมบัติของปูนซีเมนต์มอร์ตาร์ (Thaulaw , 1974) ซึ่งทำให้มีการเพิ่มขึ้นของการรับกำลัง ความคงทนและยังลดการไหลซึมผ่านและการเปลี่ยนแปลงปริมาตร (Maing and Hope,1971) และกำมะถัน (Sulphur) เป็น Organic Monomer ที่เหมาะสมและประหยัดกว่า โพลีเมอร์ (Hope and Nashid,1979)

2.2 วัสดุที่ใช้ในการอินฟิลเทรท

โดยตามธรรมชาติ กำมะถันจะมีสภาพที่เป็นของแข็ง กำมะถันเป็นธาตุจำพวกอโลหะที่มีสีเหลืองปนขาว ไม่มีกลิ่น ไม่ละลายน้ำ ไม่นำความร้อนและไฟฟ้า ลักษณะของโครงสร้างทางเคมีของกำมะถันมีอยู่ 2 ลักษณะคือ อสังฐาน (Amorphous Form) และรูปผลึก (Crystalline Form)

1. อสังฐาน (Amorphous Form) เป็นกำมะถันที่มีโครงสร้างของโมเลกุลเป็นลูกโซ่ คืออะตอมติดต่อกันเป็นเส้นเชือก ได้แก่ กำมะถันเหนียว (Plastic Sulphur,SY) กำมะถันนม (White Amorphous Sulphur) และกำมะถันคอลลอยด์ (Colloidal Sulphur)

1.1 กำมะถันเหนียว (Plastic Sulphur) หรือกำมะถันอสังฐานอื่นๆ จากการหลอมและเคี่ยวกำมะถันรอมบิก ที่อุณหภูมิสูงๆ จนมีสีเหลืองอำพัน หรือสีน้ำตาล โปร่งใสความหนาแน่น 1.92 g/cm^3 มีจุดหลอมเหลวไม่แน่นอนมีลักษณะอ่อนเหนียว

ยึดเหนี่ยวได้คล้ายยาง เมื่อทิ้งไว้จะแข็งและมีบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นกำมะถันรอมบิก (Rhombic Sulphur)

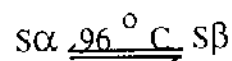
1.2 กำมะถันนม (White amorphous sulphur) มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเกือบขาว

1.3 กำมะถันคอลลอยด์ (Colloidal sulphur) มีลักษณะเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็ก

2. กำมะถันรูปผลึก (Crystalline form) ลักษณะโครงสร้างจะเป็นผลึกรูปแบบเหลี่ยม (Rhombic) และมีลักษณะเป็นรูปเข็ม

2.1 กำมะถันรูปเหลี่ยม (Rhombic Sulphur, $S\alpha$) เป็นกำมะถันชนิดผลึก มีสีเหลือง เป็นลักษณะโครงสร้างอะตอมที่อยู่ตัวที่สุดที่อุณหภูมิห้อง ไม่ละลายน้ำ และละลายในคาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS_2) ในโมเลกุลมีกำมะถัน 3 อะตอมจับกันเป็นวงแหวน และมีหลายวงแหวนอีกต่อกันเป็นชั้น จึงมักเขียนสูตรว่า S_8 หรือ $S\alpha$ อยู่ต่ำกว่า 95.5 องศาเซลเซียส

2.2 กำมะถันรูปเข็ม (Monoclinic Sulphur) เป็นกำมะถันผลึก มีสีเหลืองซีด สูตรโมเลกุลเป็น S_8 และมีกำมะถัน 6 อะตอมจับเป็นวงแหวน และมี 2 อะตอมอยู่ข้างนอกเขียนสูตรเป็น $S\beta$



ดังนั้นคุณสมบัติกำมะถันรูปเหลี่ยม (Rhombic Sulphur) และกำมะถันรูปเข็ม (Monoclinic Sulphur) แสดงในตารางที่ 2.1

ส่วนในทางด้านคุณสมบัติฟิสิกส์ของกำมะถันเพียงอย่างเดียว นั้น Dele (1961) ได้ศึกษาทางด้านการรับกำลังของแรงอัด แรงดึง และแรงดัดประลัย (Modulus of Rupture) ที่อายุ 1, 7 และ 28 วัน ซึ่งพบว่ากำลังรับแรงอัดประลัยประมาณ 300 psi. กำลังรับแรงดึงประลัยประมาณ 160 psi. และแรงอัดประลัยประมาณ 200 psi. ซึ่งแสดงในภาพที่ 2.1

2.3 เทคนิคการอินฟิลเทรท (Infiltrated Technique)

เทคนิคการอินฟิลเทรท เป็นกระบวนการที่นำกำมะถันแทรกซึมผ่านไปอุดช่องว่างของมอร์ตาร์ ซึ่งกระบวนการที่ใช้นี้ จะใช้วิธีการของ Malhotra (1975) โดยมีขั้นตอนในการทำดังนี้

1. หลังจากตีบ่มแท่งทดสอบครบอายุ 28 วันแล้ว นำแท่งทดสอบอบ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง
2. เมื่อนำแท่งทดสอบออกจากกรอบแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นนำไปแช่ในสารละลายกำมะถัน (Molten Sulphur) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบ 3 ชั่วโมงแล้วก็นำแท่งทดสอบออกจากสารละลายกำมะถัน (Molten Sulphur) และจัดสารละลายกำมะถัน (Molten Sulphur) ที่ผิวของแท่งทดสอบออก และผึ่งไว้ที่อุณหภูมิของห้อง 1 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนัก เพื่อที่คำนวณหาปริมาณการแทรกซึมกำมะถัน (Sulphur Loading) ของแท่งทดสอบ

อัตราการแทรกซึมผ่านของกำมะถัน (Rate of Impregnate Sulfur) เป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่ง ซึ่งอัตราการแทรกซึมผ่านของกำมะถันที่เข้าไปในคอนกรีตหรือมอร์ตาร์นั้น องค์ประกอบที่มีอิทธิพลส่วนหนึ่งก็คือระยะเวลาและ อุณหภูมิที่ใช้ในการอินฟิลเทรท ระยะเวลาที่ใช้ในการอินฟิลเทรท Berry และ Hope (1979) แสดงดังในตารางที่ 2.2

การซัลเฟอร์อินฟิลเทรท (Sulphur Infiltrated) เป็นวิธีการที่พัฒนาปรับปรุงมาจากการคอนกรีตโพลีเมอร์ Dikeou และคณะ (1969) ได้ศึกษาอิทธิพลของเวลาที่ใช้อินฟิลเทรทของโพลีเมอร์ กับปริมาณการแทรกซึมผ่านของโพลีเมอร์ (Polymer Loading) ดังแสดงในตารางที่ 2.3 จะพบระยะเวลาที่ใช้ 3 และ 5 ชั่วโมง ปริมาณการแทรกซึมผ่านของโพลีเมอร์แตกต่างกันไม่มากนัก

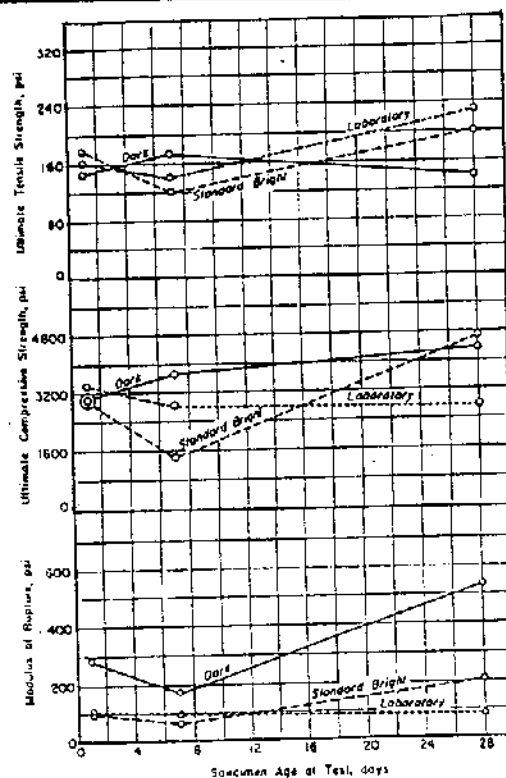
2.4 คุณสมบัติทางคาน้ำดึงของปูนซีเมนต์

2.4.1 คาน้ำดึงรับแรงอัดของคอนกรีตกับปริมาณการแทรกซึมผ่านกำมะถัน

Thaulow (1974) พบว่าปริมาณของกำมะถันที่แทรกซึมผ่านมีปริมาณมาก ก็จะทำให้คาน้ำดึงของการรับแรงอัดก็จะสูงตามด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2.2 (ก) ซึ่งมีค่าโดยเฉลี่ยสูงประมาณ 2.7 เท่า เมื่อเทียบกับคอนกรีตที่มีปริมาณกำมะถัน (Sulfur Loading)

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของกำมะถัน (Thaulow, 1974)

คุณสมบัติ	กำมะถันรูปเหลี่ยม	กำมะถันรูปเข็ม
จุดหลอมเหลว	442.8°C	119°C
จุดเดือด	445°C	44°C
ความหนืด		
ที่ 120°C	12.5 centipose	12.5 centipose
ที่ 160°C	6.6 centipose	6.6 centipose
Relative high vapor pressure		
ที่ 20°C	1.1×10^{-6} torr	1.1×10^{-6} torr
ที่ 50°C	4.7×10^{-6} torr	4.7×10^{-6} torr
ความถ่วงจำเพาะ (g/m^3)	2.07	2.07



ภาพที่ 2.1 แสดงอิทธิพลของการแปรเปลี่ยนชนิดของกำมะถันและอายุของการรับกำลังแรงดึง แรงอัด และแรงคัต (Modulus of Rupture)

ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราการแทรกซึมผ่านของกำมะถัน(Berry และ Hope, 1979)

	ปริมาณการแทรกซึมผ่านกำมะถัน		ปริมาณการแทรกซึมผ่านกำมะถัน	
	ความดันบรรยากาศ		ความดันบรรยากาศ	
ระยะเวลา	การผสมแบบที่ 4		การผสมแบบที่ 3	
(ชั่วโมง)	% โดยน้ำหนัก	α^*	% โดยน้ำหนัก	α^*
0.50	5.86	0.39	2.60	0.21
1	8.70	0.67	3.40	0.27
2	10.00	0.67	4.60	0.37
4	11.00	0.74	5.20	0.42
5	11.80	0.79	7.00	0.56

$$\alpha^* = \frac{\text{ปริมาณการแทรกซึมผ่านกำมะถันจากการทดลอง(Experimental sulfur loading)}}{\text{ปริมาณการแทรกซึมผ่านที่เป็นไปได้สูงสุดจากคำนวณ(Calculated Maximum Possible Sulfur Loading)}}$$

ตารางที่ 2.3 แสดงอัตราการแทรกซึมผ่านของโพลีเมอร์ในคอนกรีต (Dikeou และคณะ, 1969)

แท่งตัวอย่าง No.	ระยะเวลาแช่โมโนเมอร์ (ชั่วโมง)	ความดัน ksc.	ปริมาณการแทรกซึม ผ่าน (% โดยน้ำหนัก)
1	3	0	1.89
2	3	0	4.61
3	1	0.4	3.62
4	3	0.4	4.62
5	5	0.4	4.81
6	1	0	4.54
7	3	6	5.44
8	5	6	6.32
9	1	0.4	6.64
10	2	0.4	6.15
11	3	0.4	6.43
12	1	0.4	6.51

หมายเหตุ

* แท่งตัวอย่างที่นำไปอบแห้งก่อนที่จะนำไปแช่

ที่มีค่าเป็นศูนย์หรือกับคอนกรีตธรรมดาที่ไม่ทำการซัลเฟอร์อินฟิลเทรท

การศึกษาของ Hope และ Nashid (1979) พบว่าอัตราส่วนของน้ำต่อสารซีเมนต์ 0.40 จะมีค่าของกำลังรับแรงอัดประลัย สูงกว่าอัตราส่วนของน้ำต่อสารซีเมนต์ที่ 0.48 และ 0.75 ตามลำดับ และแสดงให้เห็นว่าถ้ามีปริมาณของกำมะถัน (Volume Fraction of Sulfur) มาก ก็จะสามารถในการรับกำลังอัดประลัยสูงขึ้นตาม ดังแสดงในภาพที่ 2.2 (ข)

Brown และ Baluch (1980) พบว่ากำลังรับแรงอัดประลัยจะขึ้นอยู่กับปริมาณการแทรกซึมผ่านของกำมะถัน (Sulfur Loading : S) แสดงดังในภาพที่ 2.3(ก) และได้ทำการสมการความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดกับปริมาณของกำมะถัน (S) โดยที่จะใช้ในช่วง BC , EF และ HJ มีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

ช่วงระหว่าง (a/c = 4) Linear equation for fsic

BC (W/C = 0.50) $4.68(S+0.74)$ MPa เมื่อ $S > 4.20$ %

EF (W/C = 0.70) $3.81(S-2.50)$ MPa เมื่อ $S > 5.70$ %

HJ (W/C = 0.90) $3.09(S-7.01)$ MPa เมื่อ $S > 10.8$ %

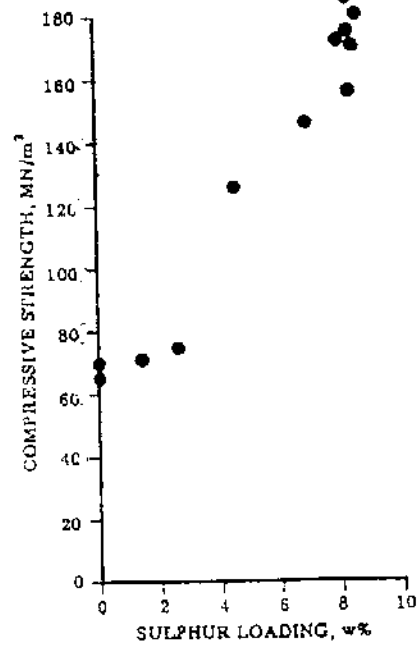
และได้ศึกษาของกำลังรับแรงอัดกับปริมาณของกำมะถัน โดยที่มีอัตราส่วนของมวลรวมละเอียดกับสารซีเมนต์ เป็นตัวแปรดังแสดงในภาพที่ 2.3 (ข)

2.4.2 กำลังรับแรงดึง

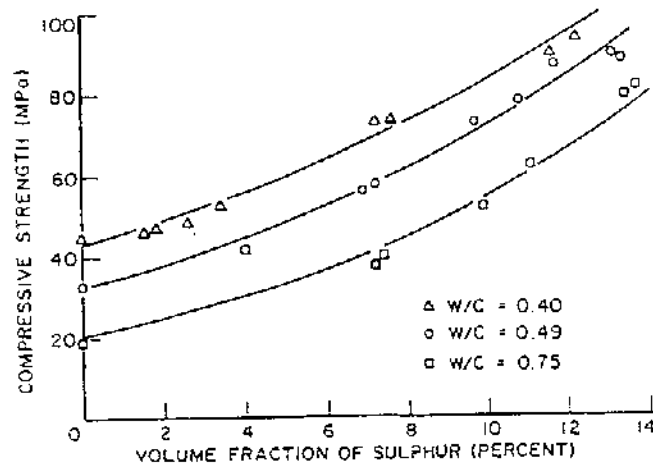
การศึกษากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่ซึบกำมะถัน (Sulfur Infiltrated) ของ Malhotra (1975) Hope และ Nashid (1971) พบว่าผลของกำลังรับแรงดึงก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณของกำมะถัน (Sulfur Loading) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับกำลังของแรงอัดจากการศึกษาของ Hope และ Nashid (1979) พบว่าอัตราส่วนของน้ำต่อสารซีเมนต์ 0.40 จะมีค่าของกำลังรับแรงดึงมากกว่าอัตราส่วนของน้ำต่อสารซีเมนต์ 0.48 และ 0.75 ตามลำดับ ซึ่งแสดงดังในภาพที่ 2.4

2.4.3 โมดูลัสความยืดหยุ่น

การศึกษาอิทธิพลของการแทรกซึมผ่านกำมะถัน (Sulfur infiltrated) ที่มีต่อโมดูลัสความยืดหยุ่น Malhotra (1975) ที่ได้ศึกษาพบว่าแท่งตัวอย่างที่มีปริมาณการแทรกซึมผ่านของกำมะถันที่อายุ 28 และ 45 วัน จะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วน Hope และ Nashid (1979) ได้ศึกษาผลระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณกำมะถัน (Volume

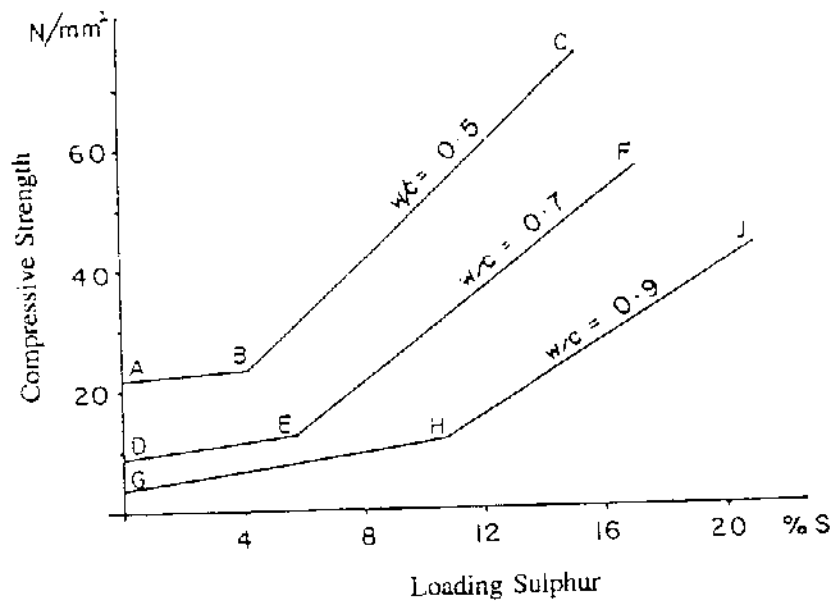


(ก.)

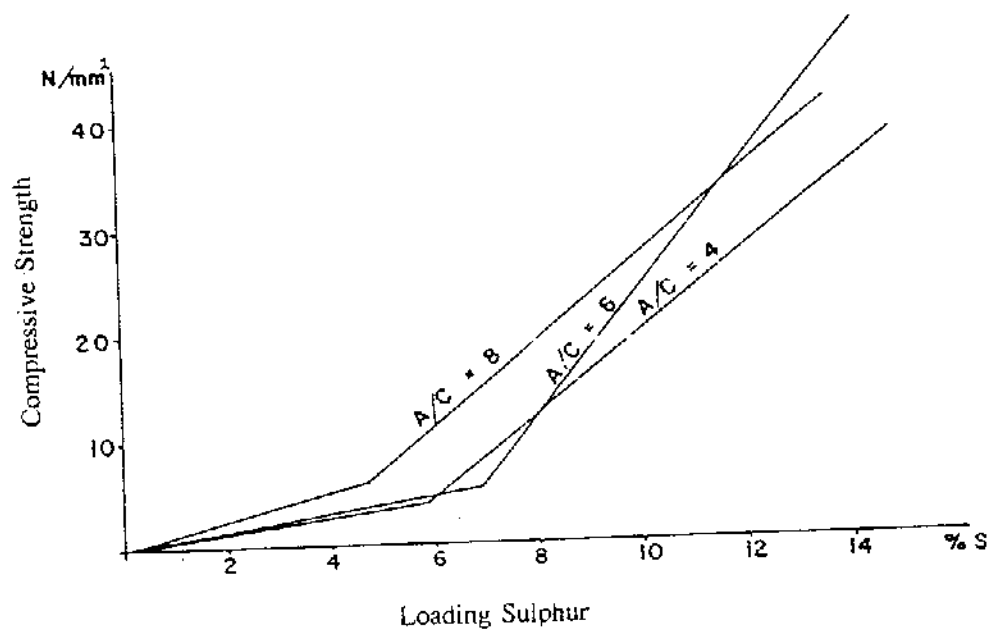


(ข.)

ภาพที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับปริมาณการแทรก
ซึมของกำมะถัน (ก) Thawlow 1974, (ข) Hope และ Nashid 1979

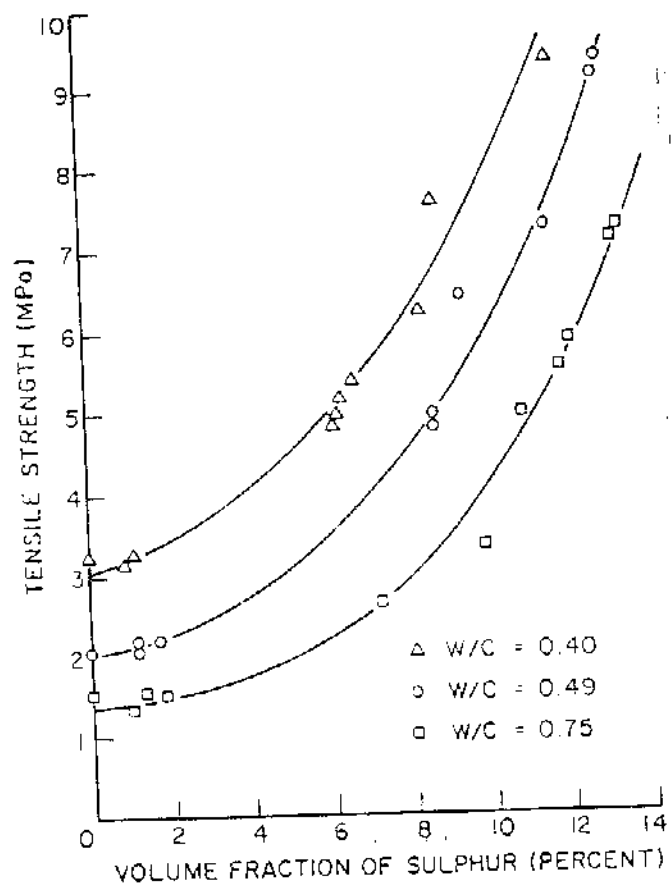


(ก.)



(ข.)

ภาพที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของกำลังแรงอัดประลักษ์กับปริมาณของ
 ก้อนหิน (Brown และ Baluch, 1980)
 (ก) อัตราส่วนของน้ำต่อสารซีเมนต์
 (ข) อัตราส่วนของมวลรวมละเอียดต่อสารซีเมนต์



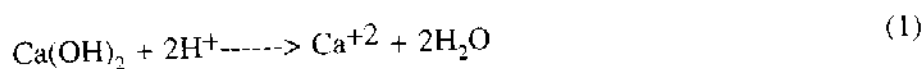
ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงดึงกับปริมาณการแทรกซึมผ่านของ
กำมะถัน (Hope และ Nashid, 1979)

Fraction of Sulfur) ดังแสดงในภาพที่ 2.5 (Hope และ Nashid, 1979) ซึ่งผลแสดงเป็นขอบเขตในช่วงของเส้นขนานและพบว่าโมดูลัสยืดหยุ่นก็จะขึ้นกับปริมาณของกำมะถัน

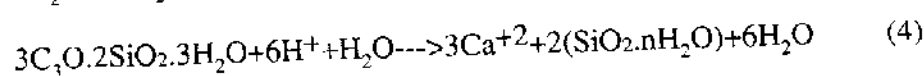
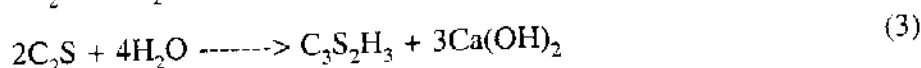
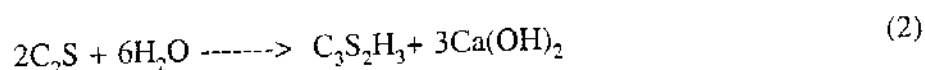
2.5 คุณสมบัติของปูนซีเมนต์

2.5.1 การต้านทานสารเคมี

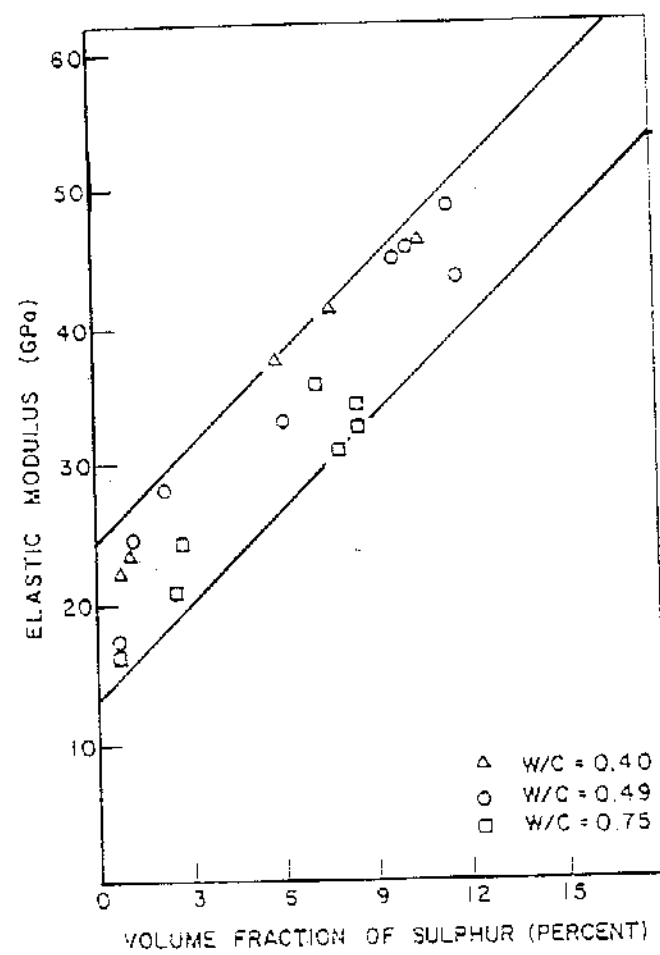
Mindess และ Young (1981) ได้อธิบายว่าคอนกรีตมีสถานะเป็นต่างจากการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน จึงไม่มีผลกระทบจากน้ำโดยตรงที่มีสภาพเป็นต่าง แต่ถ้าในกรณีที่น้ำมีสภาพเป็นกรด คอนกรีตจะไวต่อความเป็นกรด แม้จะเจือจางมาก ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเมื่อรวมตัวกับน้ำ ก็จะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก กรดซัลฟูริก และกรดไนตริกอ่อนๆ ที่มาจากน้ำใต้ดิน เนื่องจากเพราะว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์จากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ จะสามารถทำปฏิกิริยาทันทีกับไอออนบวกของไฮโดรเจนเพื่อกลายเป็นน้ำ และเกิดเกลือของเหล่านั่น ดังสมการ



ถ้าเป็นกรดที่มีความเข้มข้นสูงมาก จะสามารถทำลายแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate) ซึ่งเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาทางเคมีของปูนซีเมนต์กับน้ำ ดังสมการที่ (2) และ (3) ให้การสลายตัวเป็นซิลิกาเจล ดังสมการที่ (4) อันจะทำให้โครงสร้างทางเคมีของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไป



Brown และ Baluch (1980) ได้ศึกษามอร์ตาร์ที่ชุบกำมะถัน (Sulphur Infiltrated) ในการศึกษาจะใช้ทั้งกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่มีความเข้มข้นของกรดร้อยละ 5 และ 3 ตามลำดับ โดยมอร์ตาร์จะมีอัตราส่วนของ



ภาพที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณกำมะถัน

มวลรวมละเอียดต่อสารซีเมนต์ 6 และ 4 พบว่ามอร์ตาร์จะมีอัตราส่วนของมวลรวมละเอียดต่อสารซีเมนต์ 6 และ 4 พบว่ามอร์ตาร์ที่แช่กรด โซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 และมีอัตราส่วนของมวลรวมละเอียดต่อสารซีเมนต์ 6 ซึ่งมีแท่งมอร์ตาร์จำนวนหนึ่งก้อน เกิดการแตกร้าว (Major Cracking) เมื่อแช่ได้อายุ 24 ชั่วโมง และส่วนที่เหลืออีก 5 ก้อน ก็เกิดการเสียหาย เนื่องจาก High internal stress ที่มีอายุได้ 3 วัน ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 2.4

Yuzuqullu (1986) ได้ศึกษาเฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement) ชุบกำมะถัน (Sulphur Infiltrated) ที่แช่ในกรดซัลฟูริก ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 20 ชั่วโมง พบว่าแท่งทดสอบที่ชุบกำมะถันมีอัตราสูญเสียของน้ำหนักน้อยกว่า แท่งทดสอบที่ไม่ชุบกำมะถัน (Non-Impregnate) ดังแสดงในภาพที่ 2.6

2.5.2 การต้านทานต่อการแข็งตัวของน้ำและการละลาย (Resistance to Freeze-Thaw Conditions)

Malhotra (1975) รายงานว่าคอนกรีตที่ชุบกำมะถัน (Sulphur Infiltrated) พบว่าจะมีความต้านทานต่อการแข็งตัวของน้ำและละลายได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา ซึ่งคอนกรีตที่ชุบกำมะถันสามารถต้านทานต่อการแข็งตัวของน้ำและการละลายได้ถึง 480รอบ ส่วนคอนกรีตธรรมดาสามารถต้านทานได้เพียง 40รอบ

2.5.3 ความสามารถซึมผ่านได้ (Permeability)

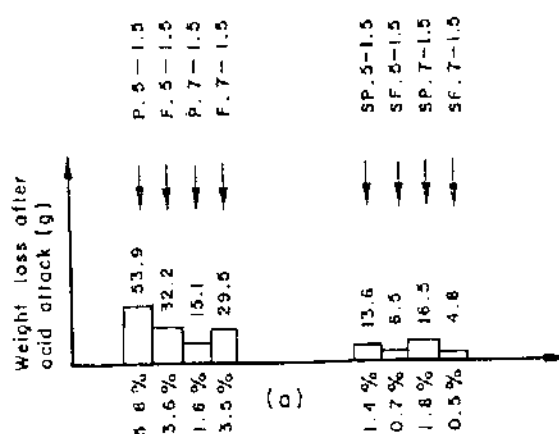
ชัชวาลย์ (2536) ได้อธิบายว่าคอนกรีตทั่วไป ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ จะถูกควบคุมโดยความพรุนของซีเมนต์เพสต์ ดังแสดงในภาพที่ 2.7 โดยที่ ความพรุน (Capillary Porosity) จะมากขึ้นกับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ และความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Degree of Hydration) ภาพที่ 2.8 แสดงให้เห็นว่า ณ ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชันที่กำหนด ความสามารถซึมผ่านได้จะต่ำสำหรับเพสต์ที่มีอัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ W/Cต่ำกว่า 0.6 ซึ่งช่องทางไหลของน้ำ (Capillary) จะถูกแบ่งหรือทำให้แยกออกไม่ต่อเนื่องกัน ในส่วนผสมที่กำหนด W/C ให้ความสามารถซึมผ่านจะลดลงถ้าสารซีเมนต์มีการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพที่ 2.9

Yuzuqullu(1986) ได้ศึกษาความสามารถซึมผ่านของน้ำที่ซึมผ่านเฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement) ที่ชุบกำมะถัน(Sulphur Infiltrated)ซึ่งพบว่าส่วนของที่ชุบ

ตารางที่ 2.4 แสดงอิทธิพลของความรุนแรงของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อกำลังรับแรงอัด
(f'_{sc})(Brown และ Baluch, 1980)

ชนิดของความรุนแรง ของสิ่งแวดล้อม	W/C	a/c	ระยะเวลาการแช่ (วัน)	การเปลี่ยนแปลงของ กำลัง (%)
5 % H ₂ SO ₄	0.50	6	3	-56
		4	42	-35
3 % NaCl	0.50	6	3	*
		4	42	-32
Distilled water	0.50	4	42	-32

* หมายถึงแท่งทดสอบเกิดการแตกร้าว (cracked open)



ภาพที่ 2.6 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของการทดสอบการต้านทานสารเคมี

กำหนดนั้น จะมีอัตราการสูญเสียของน้ำน้อยกว่าส่วนที่เป็นเฟอร์โรซีเมนต์ธรรมดา ดังแสดงในภาพที่ 2.10

2.5.4 การหดตัว

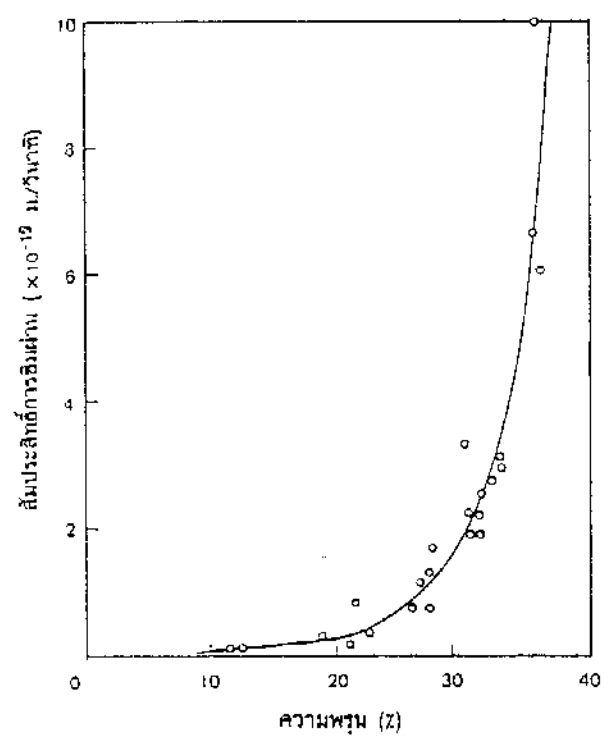
Granville (1962) ได้ศึกษาการหดตัวของคอนกรีต โดยที่มีขนาดของแท่งตัวอย่างทดสอบ มีหน้าตัด 6 นิ้ว x 6 นิ้ว ยาว 36 นิ้ว และมีเหล็กเสริมตามยาว ซึ่งจะเห็นว่าในส่วนที่มีมวลรวมมีค่ามากจะเกิดการหดตัวน้อย แสดงดังในภาพที่ 2.11 (ก)

Odman (1968) ผลของมวลรวมและอัตราส่วนของน้ำต่อสารซีเมนต์ ดังแสดงในภาพที่ 2.11 (ข) จะเห็นได้ว่าถ้ามีปริมาณของอัตราส่วนของน้ำต่อสารซีเมนต์สูง ก็จะทำให้เกิดการหดตัวมาก ซึ่งในทางตรงกันข้าม ถ้ามีปริมาณของมวลรวมมาก จะทำให้อัตราการเกิดการหดตัวน้อยลง

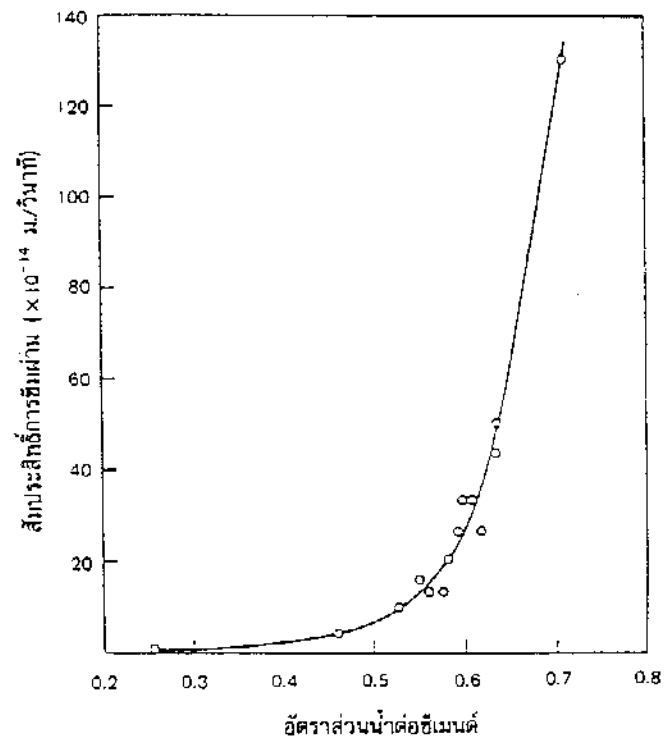
Zollo (1986) ได้รายงานถึงคอนกรีตที่ผสมไฟเบอร์ (CFP) ซึ่งศึกษาการหดตัวทั้งในช่วงที่พลาสติกและหดตัวเมื่อตากแห้ง ซึ่งแสดงดังในภาพที่ 2.12

2.6 อิทธิพลของความพรุน (Effect of Final Porosity)

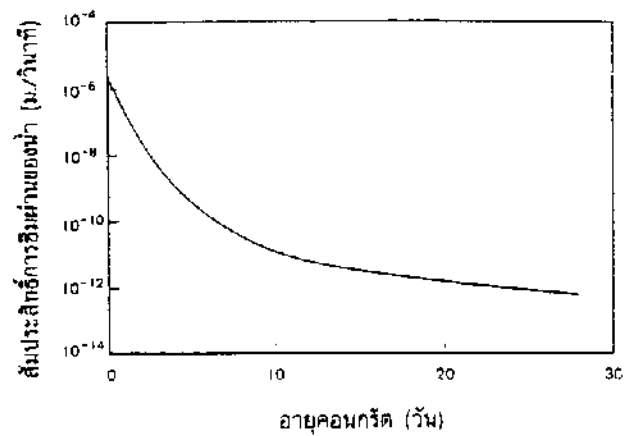
Hopell และ Nashid (1983) ได้กล่าวอธิบายถึงผลกระทบของความพรุน (Final Porosity) ที่มีผลกับทางด้านการรับกำลังและมีพฤติกรรมที่คล้ายกับคอนกรีตโพลิเมอร์อิมเพกเนต (PIC) ในการศึกษาจะไม่พิจารณาถึงผลของการออกแบบสัดส่วนผสมของคอนกรีต ซึ่งผลทางด้านการรับกำลังแรงอัด ดังแสดงภาพที่ 2.13 (ก) ส่วนทางด้านการรับกำลังแรงถึงแตกแยก (Split Cylinder) จะมีพฤติกรรมที่คล้ายกับการรับกำลังแรงอัด ดังแสดงภาพที่ 2.13 (ข) ลักษณะของผลการกระจายของข้อมูล เนื่องมาจากเป็นวัสดุที่เปราะ เนื่องจากภายใต้แรงดึง การที่เป็นวัสดุที่เปราะภายใต้แรงดึงก็จะทำให้มีการขยายตัวของช่องว่างภายในและจะทำให้เกิด Stress concentrated ซึ่งส่งผลให้มีการลดลงของพื้นที่หน้าตัด และส่วนของค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ก็จะมีพฤติกรรมที่คล้ายกับในส่วนของการรับกำลังแรงอัดและแรงดึง ดังแสดงภาพที่ 2.13 (ค)



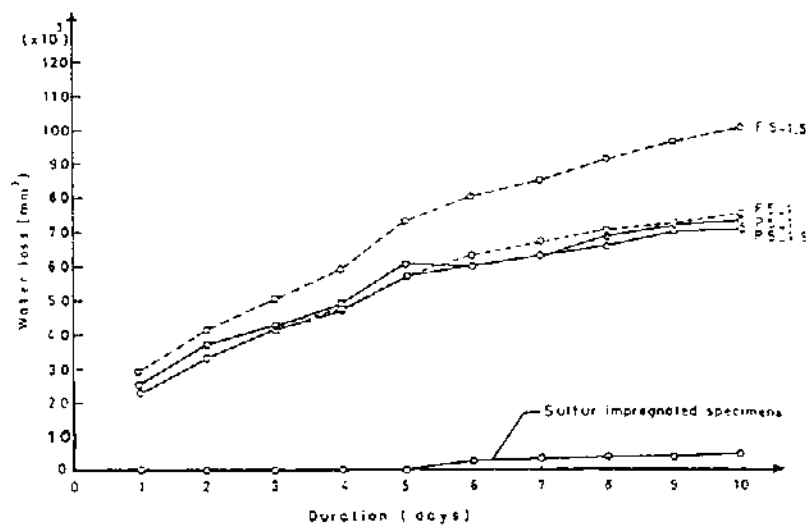
ภาพที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำและ ความพองภายในเนื้อคอนกรีต (ชัชวาลย์, 2536)



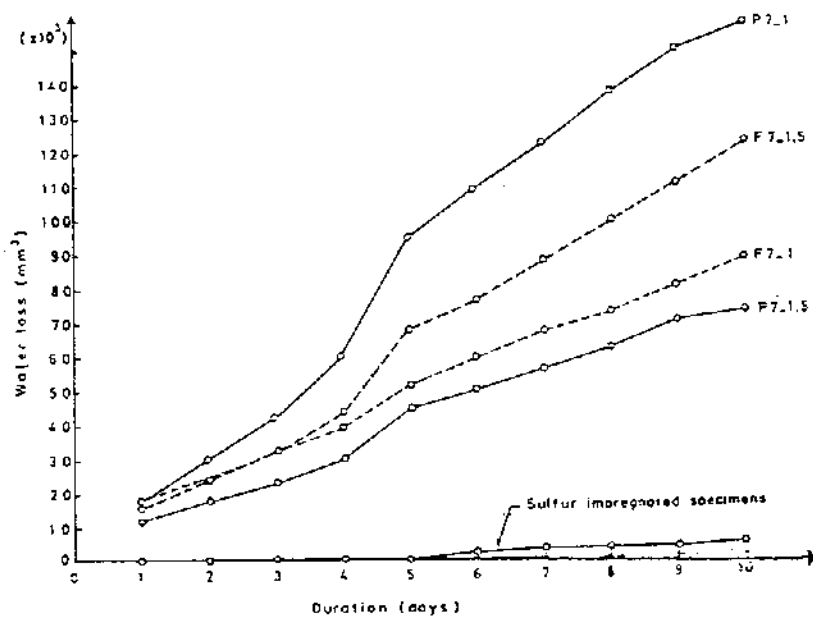
ภาพที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างการซึมผ่านของน้ำกับอัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์



ภาพที่ 2.9 ความสามารถซึมผ่านของน้ำลดลงเมื่อปฏิกิริยาไฮเดรชันสมบูรณ์ขึ้น



(ก.)

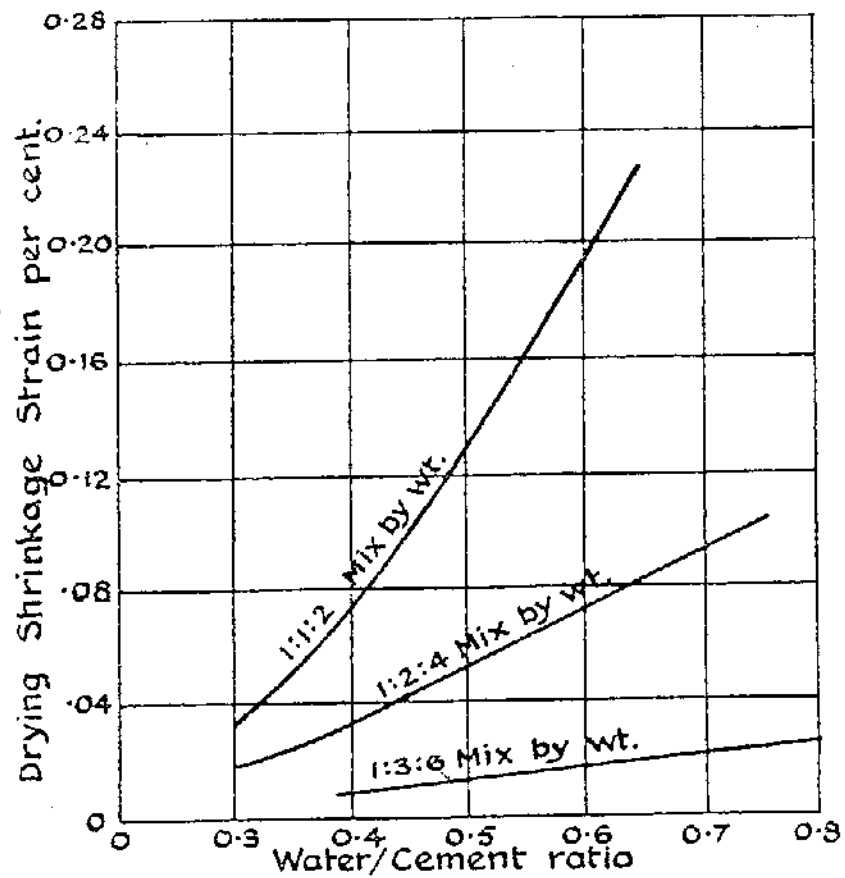


(ข.)

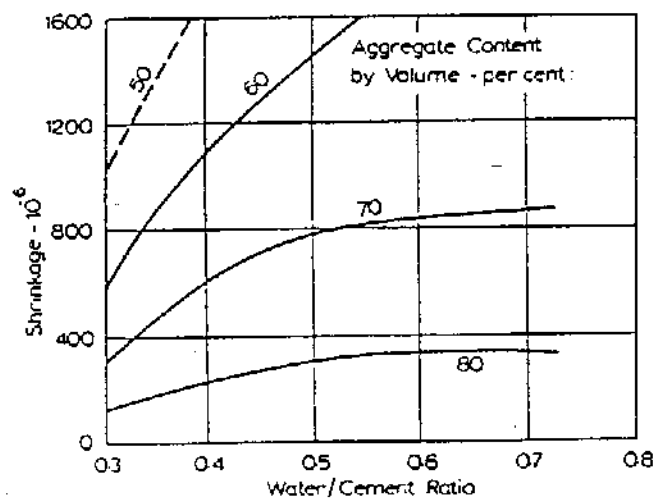
ภาพที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูญเสียของน้ำ (Yuzuqullu, 1986)

(ก.) อัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์ 0.50

(ข.) อัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์ 0.70



(ก.)

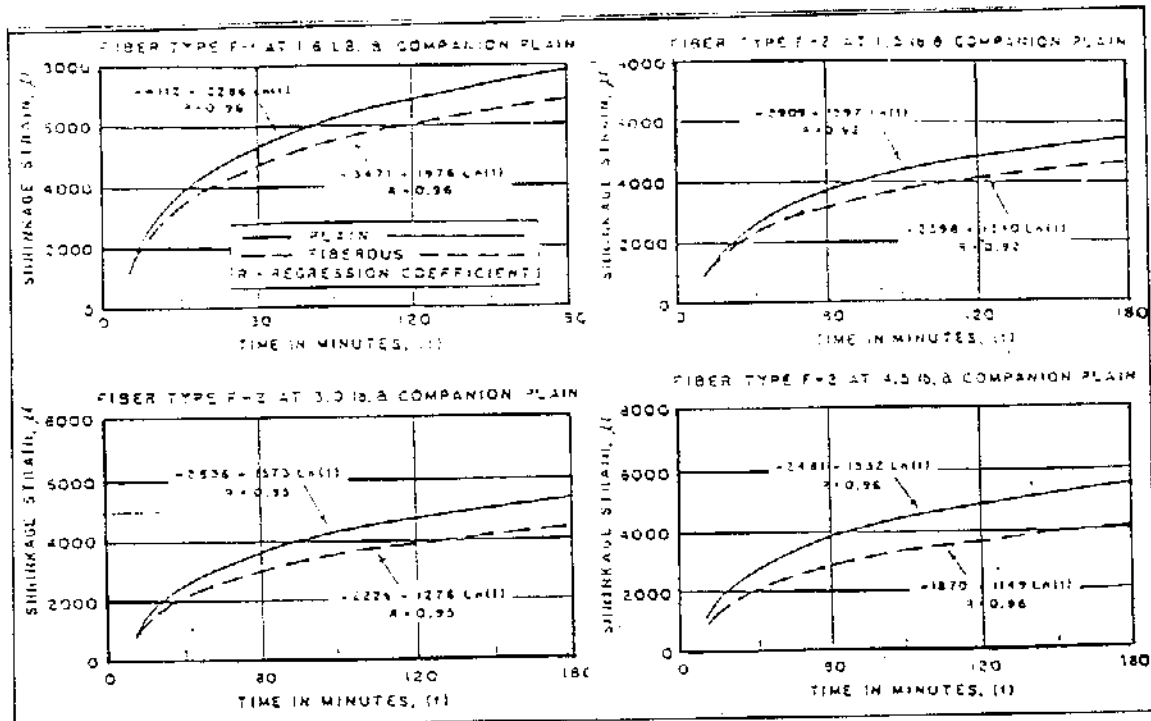


(ข.)

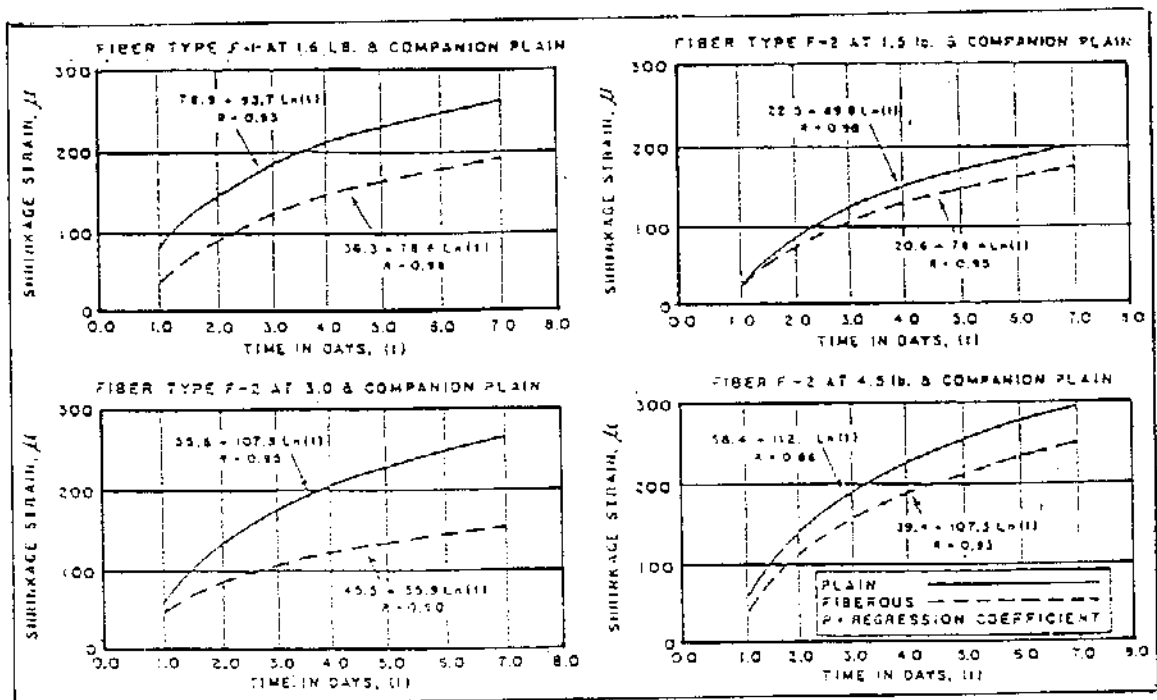
ภาพที่ 2.11 แสดงผลกระทบของอัตราส่วนของน้ำต่อสารซีเมนต์

(ก.) Granville

(ข.) Odman, 1968



(ก.)

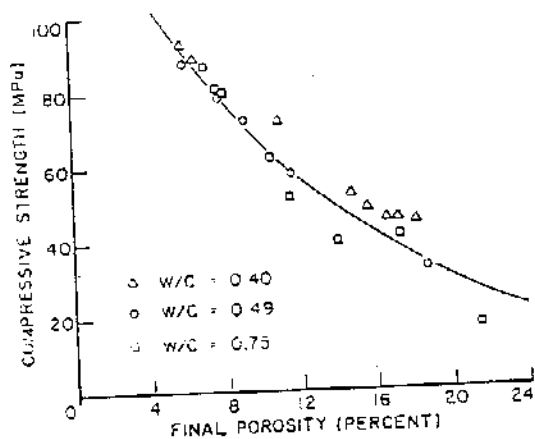


(ข.)

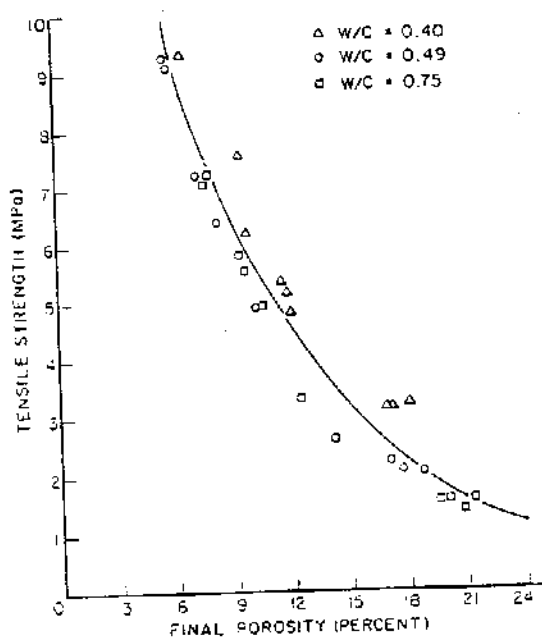
ภาพที่ 2.12 แสดงการหดตัวของคอนกรีตกับเวลา (Zollo, 1986)

(ก.) การหดตัวแบบพลาสติก

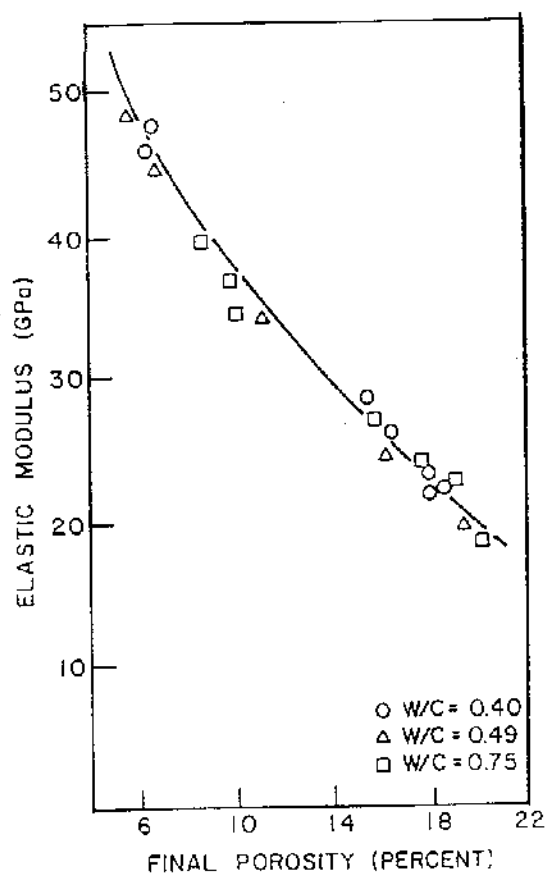
(ข.) การหดตัวแบบเมื่อดากแห้ง



(ก.)



(ข.)



(ค.)

ภาพที่ 2.13 แสดงอิทธิพลของความพรุนกับทางด้านกำลัง(HopeและNashid,1983)

(ก.) ทางด้านการรับกำลังแรงอัด

(ข.) ทางด้านการรับกำลังแรงดึง

(ค.) ทางด้านโมดูลัสยืดหยุ่น