ความต้านทานของซีเมนต์ และคอนกรีตที่มีต่อสารอินทรีย์เคมี

โดย

เอมอร พิบูลธรรม

วท.บ., Dip. in Ed., M. S.

วท
วศ ๑๕
๐๐๑๒๗

โครงการวิจัยเลขที่ 8-E-2516

ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ
มิถุนายน 2519

ความต้านทานของซีเมนต์และคอนกรีตที่มีต่อสารอินทรีย์เคมี

โดย

เอมอร พิบูลธรรม

วท.บ., Dip.in Ed., M.S.

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการวิจัยเลขที่ 8-IE-2516
ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ
มิถุนายน 2519

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

069072

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยได้เริ่มตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2516 และเสร็จสิ้นในเดือนพฤษภาคม 2519

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เป็นประธานคณะกรรมการวิจัย วิศวกรรมศาสตร์ และกรรมการวิจัยทุกท่าน โดยเฉพาะศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพชร ที่ได้ให้กำลังใจและพยายามสนับสนุนโครงการนี้แก่ผู้วิจัย ในการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จเป็นอย่างดีและขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ประดิษฐ์ เชี่ยวสกุล ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำต่างๆ แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณแผนกวิชาวิศวกรรมเคมี ที่ได้ให้ยืมเครื่องมือต่างๆ ตลอดจนสถานที่เพื่อใช้ในการค้นคว้าทดลองตลอดเวลาการวิจัย.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงอัตราการกัดกร่อนสารอินทรีย์ที่มีต่อซีเมนต์และคอนกรีต โดยเน้นหนักให้เกิดประโยชน์แก่โรงงานอุตสาหกรรมเคมีที่ต้องการเก็บสารเคมีในถังซีเมนต์หรือคอนกรีต จึงได้เลือกใช้สารเคมีที่ใช้กันโดยมากในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย ส่วนประกอบในการผสมซีเมนต์และคอนกรีตเป็นไปดังนี้ คือ

ซีเมนต์ : ใช้ซีเมนต์ตราช้าง

อัตราส่วนผสม :

น้ำ: ปูน: ทราย = 1: 2: 2 โดยน้ำหนัก

คอนกรีต : ใช้ซีเมนต์ตราช้าง

อัตราส่วนผสม :

ปูน :ทราย: หิน = 1: 2: 2.85 โดยน้ำหนัก

(ตามมาตรฐานของบริษัท ป.ค.ส)

และ น้ำ :ปูน = 1 :2 โดยน้ำหนัก

ในการหล่อซีเมนต์และคอนกรีตผู้วิจัยได้ทดลองใช้น้ำทั้งสองชนิด คือ น้ำธรรมดาและน้ำทะเลผสม การทดลองจึงมี 4 ชุด ด้วยกัน คือ

1. คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาแช่สารเคมีเป็นเวลา 10 วัน, 40 วัน และ 70 วัน รวมเป็น 120 วัน
2. คอนกรีตผสมน้ำทะเลแช่สารเคมีเป็นเวลา 20 วัน, 40 วัน และ 70 วัน รวมเป็น 130 วัน
3. ซีเมนต์ผสมน้ำธรรมดาแช่สารเคมีเป็นเวลา 20 วัน, 40 วัน รวม 60 วัน

4. ซีเมนต์ผสมน้ำทะเลแช่สารเคมีเป็นเวลา 20 วัน, 40 วัน รวม 60 วัน สารเคมีที่ใช้แช่มี 5 ชนิด

1. Toluene
2. Benzene
3. Formaldehyde
4. Acetone
5. Xylene

การทดลองนี้ทำโดยวิธี static phase คือแช่ในน้ำยาเคมีที่อยู่นิ่ง และได้ใช้น้ำหนักที่เปลี่ยนไปตามเวลาที่แช่เป็นเครื่องวัดในการกัดกร่อน

ผลจากการทดลองนี้พบว่าอัตราการกัดกร่อนของสารเคมีที่มีต่อซีเมนต์และคอนกรีตขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสารเคมีนั้นๆ ซึ่งสารเคมีทั้ง 5 ตัวที่ใช้แช่ เราสามารถแบ่งออกได้ตามโครงสร้างเป็น 2 ชนิด คือ

1. Reactive substance เป็นสารซึ่งมี functional group ($-\overset{O}{C}-$) ทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกริยากับสารอื่น ได้แก่ formaldehyde ซึ่งถ้านำมาแช่ในถังซีเมนต์หรือคอนกรีต จะทำให้ผนังของถังอ่อนยุยได้

2. Non-reactive substance เป็นสารซึ่งไม่มี functional group ($-\overset{O}{C}-$) จึงมีคุณสมบัติที่เชื่องช้าไม่ว่องไวในการทำปฏิกริยา ได้แก่ Benzene, Toluene และ Xylene

ส่วน Acetone เป็นสารที่มี functional group แต่มีคุณสมบัติ inert ต้องมีด่างแก่ๆ และเข้มข้นอยู่ด้วย จึงจะทำปฏิกริยากับสารอื่นแต่ด่างของลูกปูนเป็นด่างอ่อน acetone จึงไม่ทำปฏิกริยากับลูกปูน ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงจัด acetone อยู่ในสารพวกที่ 2 ซึ่งถ้านำสารเหล่านี้มาแช่ในถังซีเมนต์หรือคอนกรีตก็ใช้ได้ โดยไม่มี effect ใดๆ เลย และจะแช่ไว้นานเท่าใดก็ได้.

Abstract

In this research the rate of corrosion of cement and concrete caused by organic substances is studied. This is of special interests to chemical industries since chemical substances are mostly contained in cement or concrete containers. The chemical substances used in the study were Toluene, Benzene, Formaldehyde, Acetone and Xylene. Cement and concrete cubes were cast and placed stationarity in chemical solutions in the static phase tests. The weight of the cube was measured and its change with time indicates the rate at which cement or concrete has been corroded.

Four sets of tests were performed :

(a) Placing concrete cubes which were mixed with ordinary water in chemical substances for the period of 10, 40 and 70 days; totaling 120 days.

(b) Placing concrete cubes which were mixed with sea water in chemical substances for the period of 20, 40 and 70 days; totaling 130 days.

(c) Placing cement cubes which were mixed with ordinary water in chemical substances for the period of 20 and 40 days; totaling 60 days

(d) Placing cement cubes which were mixed with sea water in chemical substances for the period of 20 and 40 day; totaling 60 days.

Elephant trade mark cement was used to make both the cement and concrete cubes. The mix for the cement cube is water:cement:sand =1:2:2 (by weight) and that for the concrete cube is cement:sand:gravel = 1:2:2.85(*) (by weight) with a water cement ratio of 1:2. Ordinary water as well as sea water were used.

(*) This was adopted from the standard of The Construction Material Marketing Co.Ltd.

It is found that the rate of corrosion of cement and concrete depends on the structure of the chemical substances which attack them.

The chemicals used can be categorized into two groups according to their structures as follows :

(1) Reactive substance which consists of functional group (-C-) that stimulates the active substance to react with another substance. Formaldehyde is an example. If formaldehyde is put in cement or concrete container, the inner surface of the container will be corroded.

(2) Non-reactive substance which consists of non-functional group that possesses inert property to react with another chemical substance. Benzene, Toluene and Xylene are examples.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

			หน้า
กิตติกรรมประกาศ			ii
บทคัดย่อ			iii
Abstract			iv
สารบัญ			v
บทที่ 1		บทนำ	1
	1.1	ความเป็นมาของปัญหา	1
	1.2	วัตถุประสงค์ของปัญหา	1
	1.3	แผนการวิจัย	2
	1.4	ข้อสรุปจากผลการวิจัย	3
บทที่ 2		รายละเอียดและวิธีการทดลอง	4
	2.1	วัสดุที่ใช้ในการหล่อลูกปูน	4
	2.2	การหล่อลูกปูน (ทั้งซีเมนต์และคอนกรีต)	4
	2.3	สารเคมีที่ใช้	5
	2.4	การแช่ลูกปูนและระยะเวลาที่ใช้	5
	2.5	วิธีการทดลอง	6
บทที่ 3		Data ทั้งหมดจากการทดลอง	7
	3.1	ลูกปูน(คอนกรีต) ซึ่งใช้น้ำธรรมดาผสม(ชุด1 และ ชุด 2)	7
		3.1.1 น้ำหนักเดิม	7
		3.1.2 แช่ 10 วันและอบจนน้ำหนักคงที่	8
		3.1.3 แช่ 40 วันและอบจนน้ำหนักคงที่	9
		3.1.4 แช่ 70 วันและอบจนน้ำหนักคงที่	10

หน้า

บทที่ 3 11

3.2 ลูกปูน (คอนกรีต) ซึ่งใช้น้ำทะเลผสม (ชุด 1 และ ชุด 2) 11

3.2.1 น้ำหนักเดิม 11

3.2.2 แช่ 20 วันและอบจนน้ำหนักคงที่ 12

3.3.3 แช่ 40 วันและอบจนน้ำหนักคงที่ 13

3.3.4 แช่ 70 วันและอบจนน้ำหนักคงที่ 14

3.3 ลูกปูน (ซีเมนต์) ซึ่งใช้น้ำธรรมดาผสม 15

3.3.1 น้ำหนักเดิม 15

3.3.2 แช่ 20 วันและอบจนน้ำหนักคงที่ 15

3.3.3 แช่ 40 วันและอบจนน้ำหนักคงที่ 16

3.4 ลูกปูน (ซีเมนต์) ซึ่งใช้น้ำทะเลผสม 17

3.4.1 น้ำหนักเดิม 17

3.4.2 แช่ 20 วันและอบจนน้ำหนักคงที่ 17

3.4.3 แช่ 40 วันและอบจนน้ำหนักคงที่ 18

บทที่ 4 ผลการทดลอง 19

4.1 ตารางสรุปผลการทดลองของน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูนชนิดต่างๆ 19

ตารางที่ 4.1.1 น้ำหนักเฉลี่ย(เป็นกรัม)ของลูกปูน(คอนกรีต) ซึ่งใช้น้ำธรรมดาผสม ชุดที่1 และ ชุดที่2 19

ตารางที่ 4.1.2 น้ำหนักเฉลี่ย(เป็นกรัม) ของลูกปูน(คอนกรีต) ซึ่งใช้น้ำทะเลผสม ชุดที่1 และ ชุดที่ 2 20

หน้า

บทที่ 4

4.1 ตารางที่ 4.1.3 น้ำหนักเฉลี่ย(เป็นกรัม) ของลูกปูน(ซีเมนต์) ซึ่งใช้น้ำธรรมดาผสม 21

ตารางที่ 4.1.4 น้ำหนักเฉลี่ย(เป็นกรัม) ของลูกปูน(ซีเมนต์) ซึ่งใช้น้ำทะเลผสม 21

4.2 ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักลูกปูนชนิดต่างๆ ที่แช่ในสารเคมี 22

ตารางที่ 4.2.1 ลูกปูนแช่ใน TOLUENE 22

ตารางที่ 4.2.2 ลูกปูนแช่ใน BENZENE 23

ตารางที่ 4.2.3 ลูกปูนแช่ใน FORMALDEHYDE 24

ตารางที่ 4.2.4 ลูกปูนแช่ใน ACETONE 25

ตารางที่ 4.2.5 ลูกปูนแช่ใน XYLENE 26

4.3 ตารางสรุปผลเฉพาะน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงและอัตราการกัดกร่อนของลูกปูนชนิดต่างๆ 27

ตารางที่ 4.3.1 คอนกรีตผสมน้ำธรรมดา 27

ตารางที่ 4.3.2 คอนกรีตผสมน้ำทะเล 29

ตารางที่ 4.3.3 ซีเมนต์ผสมน้ำธรรมดา 31

ตารางที่ 4.3.4 ซีเมนต์ผสมน้ำทะเล 32

4.4 อัตราการกัดกร่อน(กรัม/วัน)ของลูกปูนชนิดต่างๆ ที่แช่ในสารเคมี 33

ตารางที่ 4.4.1 ลูกปูนแช่ใน TOLUENE 33

ตารางที่ 4.4.2 ลูกปูนแช่ใน BENZENE 34

ตารางที่ 4.4.3 ลูกปูนแช่ใน FORMALDEHYDE 35

ตารางที่ 4.4.4 ลูกปูนแช่ใน ACETONE 36

ตารางที่ 4.4.5 ลูกปูนแช่ใน XYLENE 37

หน้า

4.5 การทดลองใช้ลูกปูนที่บ่มแล้วแช่น้ำโดยใช้เวลาเท่ากับการแช่สารเคมี 38

4.6 ผลของการวิเคราะห์เกล็ดที่เกิดจากการแช่ลูกปูนใน Formaldehyde (ที่ติดกับลูกปูน)

4.6.1 Physical Properties 38

4.6.2 วิธีวิเคราะห์หา cation 39

4.6.3 การวิเคราะห์หา Anion 39

บทที่ 5 ข้อสรุป, วิจารณ์และข้อเสนอแนะ 41

5.1 ข้อสรุปผลและวิจารณ์ 41

5.2 Effect ต่างๆ ที่ควรคำนึงถึง 43

5.3 ข้อเสนอแนะและประโยชน์ที่ได้จากการทดลอง 44

เอกสารอ้างอิง 46

ภาคผนวก 47

ผ. 1. การทดลองหา Finess Modulus ของทรายที่ใช้หล่อลูกปูน 47

ผ. 2. Water of crystallization 48

ผ. 3. รูปการทดลองแช่ลูกปูนในสารเคมีและรูปเครื่องเขย่า 49

ผ. 4. ศัพท์ 50

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ก่อนที่จะทำโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความทนทานของซีเมนต์และคอนกรีตที่มีต่อสารอนินทรีย์เคมี (Inorganic chemicals) (จากการวิจัยเรื่อง "ความต้านทานของซีเมนต์และคอนกรีตที่มีต่อสารอนินทรีย์เคมี" โดยผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมูลนิธิซีเมนต์ไทย) เช่น กรดกำมะถัน (H_2SO_4) กรดดินประสิว (HNO_3) และ กรดเกลือ (HCl) เป็นต้นมาแล้ว และได้พบว่าการกัดกร่อนของซีเมนต์และคอนกรีตที่มีต่อสารอนินทรีย์เคมีเหล่านี้เปลี่ยนแปลงน้ำหนักโดยลดลงรวดเร็วมากตามระยะเวลาและความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ที่ใช้ จึงเกิดความคิดว่าถ้าเป็นพวกสารอินทรีย์เคมี (Organic chemicals) บ้าง จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

เนื่องจากผู้วิจัยทำงานในแผนกวิศวกรรมเคมี จึงตั้งวัตถุประสงค์ที่จะทำการค้นคว้าเพื่อโรงงานอุตสาหกรรมเคมีที่จะใช้ซีเมนต์หรือคอนกรีตเป็นถังสำหรับเก็บสารอินทรีย์หรือใช้ทำเป็นท่อต่างๆ ในโรงงานที่ใช้สารเคมีเป็นส่วนประกอบในขบวนการผลิตซึ่งไม่อาจจะใช้ท่อที่ทำด้วยโลหะธรรมดาได้, จึงได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. Static Phase เป็น phase ที่ทดลองแช่ในสารเคมีที่หยุดนิ่ง เพื่อศึกษาดูการกัดกร่อนกับการเก็บสารเคมีในถังซีเมนต์หรือคอนกรีต

2. Dynamic Phase เป็น phase ที่ทดลองแช่ในสารเคมีที่ถูกเขย่าตลอดเวลา เพื่อศึกษาดูการกดกร่อนเกี่ยวกับการไหลของสารเคมีในท่อที่ทำด้วยซีเมนต์และคอนกรีต

ซึ่งการทดลองนี้ทำได้เพียง Static phase เดียวเท่านั้น เพราะระยะเวลาที่ได้รับในการวิจัยสั้นไป แต่ในขณะทำการทดลอง phase แรกอยู่ ก็ได้ออกแบบสร้างเครื่องเขย่าสำหรับใช้ใน phase ที่สอง คือ Dynamic phase ด้วยจนเสร็จเรียบร้อยและใช้ได้ดี ซึ่งจะทำการมอบเครื่องมือชิ้นนี้ให้แก่หน่วยวิจัยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่จะทำการทดลองต่อไป

เมื่อตั้งวัตถุประสงค์ที่จะทำการวิจัยเพื่องานทางอุตสาหกรรม สารอินทรีย์ (Organic Chemicals) ที่ใช้จึงพยายามเลือกสารที่ใช้ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมเคมี ซึ่งก็เลือกมาได้ 5 ชนิด คือ

1. Toluene
2. Benzene
3. Formaldehyde
4. Acetone
5. Xylene

1.3 แผนการวิจัย

การวิจัยได้เริ่มตามลำดับขั้น ดังนี้

1.3.1 Static Phase

1.3.1.1 ได้ทำการหล่อลูกปูนซีเมนต์และคอนกรีตโดยใช้น้ำธรรมดาและน้ำทะเลผสมโดยแบ่งเป็น 4 ชุดๆ ละ 30 ลูก ซึ่งใช้แช่ในสารเคมีชนิดละ 6 ลูก

1.3.1.2 ทำการบ่มลูกปูนทั้งหมดในน้ำเป็นเวลา 28 วัน แล้วนำไปอบในตู้อบจนน้ำหนักคงที่

1.3.1.3 นำลูกปูนลงแช่ในสารเคมีทั้ง 5 ชนิด เป็นเวลา 20 วัน, 40 วัน และ 70 วัน โดยก่อนแช่ทุกครั้งจะต้องนำเข้าอบในตู้อบให้น้ำหนักคงที่

1.3.1.4 นำตัวเลขที่ได้จากการทดลองมาศึกษาถึงอัตราการกัดกร่อนของแต่ละชุดที่มีต่อสารเคมีแต่ละชนิด

1.3.2 Dynamic Phase

ทำตามข้อ 1.3.1 ทุกประการ เพียงแต่การทำการทดลองแช่ทุกครั้งจะทำในเครื่องเขย่าเพื่อให้สารเคมีไม่หยุดนิ่งตลอดเวลา

1.4 ข้อสรุปจากผลการวิจัย

ผลการทดลองนี้ พอจะสรุปได้ว่า ถ้าต้องการจะแช่สารพวก Toluene, Benzene และ Xylene ซึ่งเป็นพวก non-reactive (คือไม่มี functional group) ใน concrete หรือ cement ก็จะใช้ได้โดยไม่มี effect ใดๆ เลย และจะแช่ไว้นานเท่าใดก็ได้

สำหรับสารพวก reactive (คือมี functional group) เช่น formaldehyde จะใช้ซีเมนต์หรือคอนกรีต เป็น container ไม่ได้ เพราะมันจะทำให้ผนัง container อ่อนยุยได้

ส่วน acetone ถึงแม้จะเป็นพวก reactive เช่นเดียวกับ formaldehyde แต่ inert กว่า จึงคงใช้ได้เช่นเดียวกับพวก non-reactive แต่ถ้ามีต่างแกๆ และเข้มข้นก็ใช้ไม่ได้เช่นกัน

บทที่ 2

รายละเอียดและวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุที่ใช้ในการหล่อลูกปูน

2.1.1 ใช้ปูนซีเมนต์ตราช้าง

2.2.2 ใช้ทรายซึ่งมี Finess Modulus = 2.28 (ดูในภาคผนวก 1)

2.2.3 ใช้หินขนาด 4

2.2 การหล่อลูกปูน

2.2.1 ใช้แบบไม้ในการหล่อลูกปูนขนาดก้อนละ 2 x 2 x 2 x ล.ป. นิ้ว

2.2.2 ส่วนประกอบในการผสมซีเมนต์และคอนกรีตเป็นไปดังนี้ คือ

ซีเมนต์ : ใช้ซีเมนต์ตราช้าง

อัตราส่วนผสม :

น้ำ : ปูน : ทราย = 1 : 2 : 2 โดยน้ำหนัก

คอนกรีต : ใช้ซีเมนต์ตราช้าง

อัตราส่วนผสม :

ปูน : ทราย : หิน = 1 : 1 : 2.85 โดยน้ำหนัก

(ตามมาตราฐานของบริษัท บ.ค.ส.)

และ น้ำ : ปูน = 1 : 2 โดยน้ำหนัก

หมายเหตุ น้ำที่ใช้มี 2 ชนิด คือ น้ำธรรมดาและน้ำทะเลที่มีปริมาณ ซัลเฟรต 0.0816%

2.3 <u>สารเคมีที่ใช้มีอยู่ 5 ชนิด</u> (เป็น organic substance ทั้งหมด)

- Toluene
- Benzene
- Formaldehyde
- Acetone
- Xylene

การเลือกใช้สารพวกนี้เพราะเป็นสาร organic solvent และในโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศใช้กันเป็นส่วนมาก

2.4 <u>การทดลองนี้ใช้ลูกปูน 4 ชนิด</u>

- ลูกปูน (concrete) ผสมน้ำธรรมดาในการหล่อมี 2 ชุดๆ ละ 30 ลูก ทั้งสองชุดแช่ในสารเคมี 10วัน, 40วัน, และ 70วัน รวมแช่ 120วัน
- ลูกปูน (concrete) ผสมน้ำทะเลในการหล่อมี 2 ชุดๆ ละ 30 ลูก แช่ในสารเคมีพร้อมกันทั้ง 2 ชุด แช่ 20วัน, 40วัน, และ 70วัน รวมแช่ 130วัน
- ลูกปูน (cement) ผสมน้ำธรรมดาในการหล่อ จำนวน 30 ลูก แช่ 20วัน, 40วัน, รวม 60 วัน
- ลูกปูน (cement) ผสมน้ำทะเลในการหล่อจำนวน 30 ลูก แช่ 20วัน, 40วัน, รวม 60วัน

<u>หมายเหตุ</u> การที่ 2 ชุดหลังทำชุดละ 30 ลูก เพราะ Capacity ของเครื่องอบมีจำกัดและไม่ได้แช่อีก 70 วัน เพราะเวลาไม่พอ

2.5 วิธีการทดลอง

นำลูกปูนที่หล่อเสร็จไปบ่มในน้ำเป็นเวลา 28 วัน เพื่อให้ปฏิกริยาภายในของลูกปูนเป็นไปอย่างสมบูรณ์จนได้ลูกปูนที่มีคุณสมบัติดี จากนั้นนำมาอบให้แห้ง นำไปชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (ใช้อุณหภูมิประมาณ 130° ซี) คือ ครั้งแรกนำไปอบในตู้อบประมาณ 3 วัน แล้วนำออกชั่ง จากนั้นนำไปอบอีกแล้วนำไปชั่งอีกครั้ง ทำเช่นนี้เรื่อยไป จนน้ำหนักครั้งหลังสุด 2 ครั้ง เท่ากัน ก็จะถือว่าน้ำหนักคงที่

พอได้น้ำหนักคงที่นำลูกปูนไปแช่ในสารเคมีต่างๆ เป็นช่วงเวลาต่างๆ (10 วัน, 20 วัน, 40 วัน 70 วัน) แต่ละช่วงนำลูกปูนขึ้นจากสารเคมีมาอบให้แห้งด้วยอุณหภูมิเดิม 130° ซี และชั่งจนน้ำหนักคงที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

Data ทั้งหมดจากการทดลอง

3.1 ลูกปูน (Concrete) ที่ใช้น้ำธรรมดาผสมในการหล่อ (30 ลูก)

3.1.1 น.น เดิม

	Toluene 1	Benzene 1	Formaldehyde 1	Acetone 1	Xylene 1
	329.5	336.5	311.2	328.4	337.0
	320.3	347.5	315.6	314.0	310.3
	321.1	324.1	311.0	314.0	345.6
	324.2	328.0	325.2	305.5	324.1
	316.2	319.6	319.8	322.2	333.0
	338.0	329.6	327.1	322.7	328.3
น.น เฉลี่ย	324.9	330.9	318.3	317.8	329.7

น.น เดิม

	Toluene 2	Benzene 2	Formaldehyde 2	Acetone 2	Xylene 2
	329.3	306.3	303.0	311.8	300.4
	315.3	305.0	306.7	309.5	324.4
	325.8	295.7	311.5	319.7	324.3
	314.3	328.6	327.6	324.2	316.3
	329.8	310.0	321.0	305.5	323.8
	308.9	294.4	316.9	315.8	314.4
น.น เฉลี่ย	320.6	306.6	316.1	314.4	317.3

หมายเหตุ หมายเลข 1 หมายถึงชุดที่ 1 หมายเลข 2 หมายถึงชุดที่ 2

3.1.2 แช่ 10 วัน น.น. ที่ลงที่

	Toluene 1	Benzene 1	Formaldehyde1	Acetone 1	Xylene 1
	329.4	336.5	313.4	328.4	337.0
	320.3	347.6	320.0	314.0	310.5
	321.2	324.1	314.6	314.0	345.7
	324.0	328.0	328.6	305.4	324.0
	316.0	319.5	322.5	322.2	333.3
	337.8	329.6	330.0	322.6	328.5
น.น เฉลี่ย	324.8	330.9	321.5	317.7	329.9
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-0.1	0	+3.2	-0.1	+0.2

	Toluene 2	Benzene 2	Formaldehyde 2	Acetone 2	Xylene 2
	329.3	306.3	313.9	312.0	300.7
	315.0	304.5	308.2	309.7	324.7
	325.9	295.4	315.7	319.3	324.2
	314.2	328.5	329.7	324.3	316.5
	329.5	310.0	322.6	305.4	323.5
	308.4	294.6	320.8	315.4	314.2
น.น เฉลี่ย	320.4	306.5	318.8	314.3	317.2
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-0.2	-0.1	+2.7	-0.1	0

หมายเหตุ หมายเลข 1 หมายถึงชุดที่ 1 หมายเลข 2 หมายถึงชุดที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.3 แช่ 40 วัน (รวมแช่ 50 วัน) น.น ที่คงที่

	Toluene 1	Benzene 1	Formaldehyde 1	Acetone 1	Xylene 1
	327.3	335.4	314.2	327.8	335.7
	319.0	346.4	321.8	313.2	308.9
	319.9	322.6	315.3	312.8	344.6
	322.7	326.6	329.1	304.7	322.5
	314.6	318.4	323.0	321.2	331.9
	336.7	328.5	330.9	322.1	327.1
น.น เฉลี่ย	323.7	329.7	322.4	317.0	326.8
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-1.2	-1.2	+4.1	-0.8	-2.9

	Toluene 2	Benzene 2	Formaldehyde 2	Acetone 2	Xylene 2
	327.3	305.4	316.0	310.7	299.4
	313.4	303.6	310.5	308.5	323.5
	323.9	294.2	317.1	318.0	303.0
	312.5	327.4	332.3	323.2	315.2
	327.6	307.5	324.6	303.6	322.3
	306.8	293.5	321.7	314.2	312.7
น.น เฉลี่ย	318.6	305.3	320.4	313.0	316.0
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-2.0	-1.3	+4.3	-1.4	-1.2

หมายเหตุ หมายเลข 1 หมายถึงชุดที่ 1 หมายเลข 2 หมายถึงชุดที่ 2

เครื่องหมาย + หมายถึง น.น เพิ่มขึ้นจากเดิม

เครื่องหมาย - หมายถึง น.น ลดลงจากเดิม

3.1.4 แ่ 70 วัน (รวมแ่ 120 วัน) น.น ที่ลงที่

	Toluene 1	Benzene 1	Formaldehyde 1	Acetone 1	Xylene 1
	325.4	333.3	311.6	325.2	334.0
	317.1	344.2	318.8	310.7	306.8
	317.8	320.2	316.9	310.3	343.0
	321.0	324.4	325.8	302.2	320.6
	321.6	316.1	319.5	318.7	330.3
	334.5	326.2	327.1	320.0	325.5
น.น เฉลี่ย	322.9	327.4	319.1	314.5	326.7
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-2.0	-3.5	+0.8	-3.3	-3.0

	Toluene 2	Benzene 2	Formaldehyde 2	Acetone 2	Xylene 2
	325.6	313/4	303.3	308.4	298.0
	311.9	307.6	301.6	306.2	319.8
	322.4	314.8	292.3	315.4	321.1
	310.4	329.5	325.0	321.3	313.5
	325.9	322.9	325.5	300.9	320.2
	305.0	319.1	291.7	311.8	320.7
น.น เฉลี่ย	316.9	317.9	303.2	310.7	313.9
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-3.7	-3.4	+1.8	-3.7	-3.4

หมายเหตุ หมายเลข 1 หมายถึง ชุดที่ 1 หมายเลข 2 หมายถึงชุดที่ 2

เครื่องหมาย + หมายถึง น.น เพิ่มขึ้นจากเดิม

เครื่องหมาย - หมายถึง น.น ลดลงจากเดิม

3.2 ลูกปูน (concrete) ซึ่งใช้น้ำทะเลผสมในการหล่อ(30 ลูก)

3.2.1 น.น เดิม

	Toluene 1	Benzene 1	Formaldehyde 1	Acetone 1	Xylene 1
	326.0	317.0	306.8	312.9	304.0
	310.1	296.5	310.3	306.1	308.7
	290.4	308.2	299.1	291.0	302.1
	316.1	289.5	318.2	313.9	312.1
	301.1	305.3	314.1	314.7	316.6
	301.4	336.1	311.6	327.7	323.0
น.นเฉลี่ย	307.5	308.8	310.0	311.1	311.1

น.น เดิม

	Toluene 2	Benzene 2	Formaldehyde 2	Acetone 2	Xylene 2
	309.4	319.3	282.7	309.7	298.2
	302.0	290.0	318.3	321.2	317.2
	323.0	312.5	300.5	307.3	303.4
	289.4	316.5	296.4	311.9	330.4
	307.8	285.5	306.7	286.3	337.2
	324.9	334.9	334.6	309.0	312.6
น.นเฉลี่ย	309.4	309.3	305.5	307.6	316.5

หมายเหตุ

หมายเลข 1 หมายถึงชุดที่ 1 หมายเลข 2 หมายถึงชุดที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 แช่ 20 วัน น.น ที่คงที่

	Toluene 1	Benzene 1	Formaldehyde 1	Acetone 1	Xylene 1
	324.7	315.5	310.9	311.8	302.8
	304.8	295.3	313.8	304.8	307.4
	288.8	306.8	302.9	289.5	300.8
	315.0	287.9	321.7	312.5	310.8
	300.3	304.1	318.2	313.1	315.1
	300.6	334.5	316.8	326.1	321.4
น.น เฉลี่ย	306.4	307.4	313.1	309.6	309.7
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-1.1	-1.4	+3.1	-1.5	-1.4

	Toluene 2	Benzene 2	Formaldehyde 2	Acetone 2	Xylene 2
	308.1	317.7	286.3	308.4	295.8
	300.8	288.8	321.4	320.1	315.5
	322.3	310.9	303.7	305.7	302.2
	287.9	315.0	299.9	310.6	329.4
	306.2	283.8	304.2	285.0	335.6
	324.3	333.1	338.3	307.0	311.2
น.น เฉลี่ย	308.3	308.2	309.0	306.1	315.0
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-1.1	-1.6	+3.5	-1.5	-1.5

หมายเหตุ หมายเลข 1 หมายถึงชุดที่ 1 หมายเลข 2 หมายถึงชุดที่ 2
เครื่องหมาย + หมายถึง น.น เพิ่มขึ้นจากเดิม
เครื่องหมาย - หมายถึง น.น ลดลงจากเดิม

3.2.3 แช่ 40 วัน (แช่รวม 60 วัน) น.น ที่คงที่

	Toluene 1	Benzene 1	Formaldehyde 1	Acetone 1	Xylene 1
	324.2	315.0	313.6	311.5	302.9
	308.4	294.8	316.3	304.6	307.3
	288.2	306.3	305.4	289.4	300.8
	304.4	287.4	324.3	312.4	310.5
	299.7	303.7	321.1	312.8	315.0
	299.7	334.1	319.6	326.0	321.4
น.น เฉลี่ย	304.1	306.9	316.7	309.5	309.7
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-3.4	-1.9	+6.7	-1.6	-1.4

	Toluene 2	Benzene 2	Formaldehyde 2	Acetone 2	Xylene 2
	307.6	317.1	289.6	308.0	295.5
	300.3	288.3	324.2	319.9	315.3
	321.8	310.4	306.4	305.2	301.9
	287.3	314.5	301.9	310.3	329.3
	305.4	283.4	306.5	285.0	335.2
	323.9	332.6	341.5	306.7	311.4
น.น เฉลี่ย	307.7	307.7	311.7	306.0	314.8
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-1.7	-2.1	+6.2	-6.2	-1.7

หมายเหตุ หมายเลข 1 หมายถึงชุดที่ 1 หมายเลข 2 หมายถึงชุดที่ 2

เครื่องหมาย + หมายถึง น.น เพิ่มขึ้นจากเดิม

เครื่องหมาย - หมายถึง น.น ลดลงจากเดิม

3.2.4 แช่ 70 วัน (แช่รวม 130 วัน) น.น ที่ลงที่

	Toluene 1	Benzene 1	Formaldehyde 1	Acetone 1	Xylene 1
	325.4	315.9	315.4	312.3	303.6
	309.3	295.3	317.8	305.5	307.8
	239.1	307.3	306.4	290.2	301.3
	305.2	288.7	325.7	313.6	311.0
	300.5	304.5	322.8	313.9	315.6
	300.5	335.0	320.6	327.0	322.3
น.น เฉลี่ย	305.0	307.7	316.7	310.4	310.3
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-2.5	-1.1	+8.1	-0.7	-0.8

	Toluene 2	Benzene 2	Formaldehyde 2	Acetone 2	Xylene 2
	308.0	317.7	290.8	303.7	296.1
	300.7	288.7	325.7	320.8	315.9
	322.0	310.8	307.4	305.4	302.5
	287.9	315.4	303.2	310.6	330.0
	305.9	283.8	307.6	285.1	335.8
	324.6	333.0	343.0	307.2	311.9
น.น เฉลี่ย	308.2	308.2	313.0	306.3	315.4
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-1.2	-1.6	+7.5	-1.3	-1.1

หมายเหตุ หมายเลข 1 หมายถึงชุดที่ 1 หมายเลข 2 หมายถึงชุดที่ 2

เครื่องหมาย + หมายถึง น.น เพิ่มขึ้นจากเดิม

เครื่องหมาย - หมายถึง น.น ลดลงจากเดิม

3.3 ลูกปูน (Cement) ซึ่งใช้น้ำธรรมดาผสม

	Toluene	Benzene	Formaldehyde	Acetone	Xylene
3.3.น.น เดิม	248.0	260.8	249.1	247.3	237.1
	241.9	253.9	249.9	246.0	237.7
	245.2	241.4	255.4	234.6	250.0
	262.2	245.7	260.4	246.4	243.0
	252.2	245.1	250.7	243.7	249.6
	243.6	252.3	248.1	242.5	250.5
น.น เฉลี่ย	248.9	249.9	252.3	243.3	244.65

3.3.2 แช่สารเคมี 20 วัน น.น คงที่ (ลูกปูน)

	Toluene	Benzene	Formaldehyde	Acetone	Xylene
	248.3	260.5	262.7	246.9	237.1
	242.1	253.7	261.6	248.1	237.5
	245.4	241.0	268.7	235.0	249.9
	262.3	245.5	277.7	246.8	243.0
	252.5	244.9	262.1	244.7	249.7
	244.6	252.3	261.3	243.4	250.6
น.น เฉลี่ย	249.1	249.7	265.7	244.2	244.9
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	+0.2	-0.2	+13.4	+0.8	+0.25

หมายเหตุ เครื่องหมาย + หมายถึง น.น เพิ่มขึ้นจากเดิม
เครื่องหมาย - หมายถึง น.น ลดลงจากเดิม

3.3.3 แช่สารเคมี 40 วัน (รวมแช่ 60 วัน) น.น ลูกปูน

	Toluene	Benzene	Formaldehyde	Acetone	Xylene
	245.7	259.9	272.4	246.3	237.6
	244.3	253.2	270.9	247.8	237.9
	241.5	240.3	278.6	234.5	250.6
	261.8	245.3	289.6	246.5	242.7
	251.8	244.1	269.3	244.2	250.0
	243.1	252.1	270.9	243.0	251.6
น.น เฉลี่ย	248.3	249.2	275.3	242.2	245.1
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-0.6	-0.7	+23.0	-1.2	+0.45

หมายเหตุ เครื่องหมาย + หมายถึง น.น เพิ่มขึ้นจากเดิม

เครื่องหมาย - หมายถึง น.น ลดลงจากเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 ลูกปูน(Cement) ซึ่งใช้น้ำทะเลผสม

	Toluene	Benzene	Formaldehyde	Acetone	Xylene
3.4.1 น.น เดิม	233.3	248.1	244.3	232.9	252.3
	234.1	248.3	239.6	251.9	255.9
	240.7	249.2	247.8	244.7	257.8
	246.8	243.2	249.4	243.7	245.1
	248.8	242.0	238.6	240.3	241.5
	238.8	250.0	257.0	240.7	249.0
น.น เฉลี่ย	240.4	246.8	246.1	246.0	250.3

3.4.2 แช่ 20 วัน

	Toluene	Benzene	Formaldehyde	Acetone	Xylene
	233.7	248.3	257.6	233.9	252.3
	234.4	247.7	252.6	253.3	255.7
	240.9	244.0	260.8	246.0	257.6
	246.8	241.5	262.5	255.3	242.8
	249.0	241.9	251.5	241.9	240.5
	239.0	249.9	270.8	241.9	248.9
น.น เฉลี่ย	240.8	245.6	259.3	245.4	249.6
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	+0.4	-1.2	+13.2	-0.6	-0.7

หมายเหตุ เครื่องหมาย + หมายถึง น.น เพิ่มขึ้นจากเดิม
เครื่องหมาย - หมายถึง น.น ลดลงจากเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.3 แช่ในสารเคมี 40 วัน (รวมแช่ 60 วัน) น.น ถูกปูนที่คงที่

	Toluene	Benzene	Formaldehyde	Acetone	Xylene
	233.0	249.1	268.3	234.1	252.1
	234.0	248.4	263.5	253.5	255.7
	240.7	244.1	272.2	246.2	257.7
	246.5	241.7	273.7	255.3	242.6
	248.7	242.0	263.1	242.0	240.5
	239.0	249.8	282.3	242.0	248.7
น.น เฉลี่ย	240.3	245.9	270.5	245.5	249.6
น.น ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม	-01.	0.9	+24.4	-0.5	-0.7

หมายเหตุ เครื่องหมาย + หมายถึง น.น เพิ่มขึ้นจากเดิม

เครื่องหมาย - หมายถึง น.น ลดลงจากเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ตารางสรุปผลการทดลองของน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูนชนิดต่างๆ

4.1.1 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูน (concrete) ซึ่งใช้น้ำธรรมดาผสมในการหล่อ

รูปที่ 1

สารเคมีที่ใช้	น.น เฉลี่ยเป็นกรัมของลูกปูน(concrete)ที่ใช้น้ำธรรมดาผสมชุด1			
	1	2	3	4
	น.น เดิม	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
Toluene	324.9	324.8	323.7	322.9
Benzene	330.9	330.9	329.7	327.4
Formaldehyde	318.3	321.5	322.4	319.1
Acetone	317.8	318.4	317.0	313.5
Xylene	329.7	329.9	326.8	326.7

รูปที่ 2

สารเคมีที่ใช้	น.น เฉลี่ยเป็นกรัมของลูกปูน(concrete)ที่ใช้น้ำธรรมดาผสมชุด2			
	1	2	3	4
	น.น เดิม	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
Toluene	320.6	320.4	318.6	316.9
Benzene	306.6	306.5	305.3	303.2
Formaldehyde	316.1	318.8	320.4	317.9
Acetone	314.4	314.3	313.0	310.7
Xylene	317.3	317.3	316.0	313.9

4.1.2 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูน(concrete)ที่ใช้น้ำทะเลผสมในการหล่อ

รูปที่ 3

สารเคมีที่ใช้	น.นเฉลี่ยเป็นกรัมของลูกปูน(concrete)ที่ใช้น้ำทะเลผสมชุด1			
	1	2	3.	4
	น.น เดิม	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน	แช่ 130 วัน
Toluene6	307.5	306.4	304.1	305.0
Benzene	308.8	307.4	306.9	307.7
Formaldehyde	310.0	313.1	316.7	318.1
Acetone	311.1	309.0	309.5	310.4
Xylene	311.1	309.7	309.7	310.3

รูปที่ 4

สารเคมีที่ใช้	น.นเฉลี่ยเป็นกรัมของลูกปูน(concrete)ที่ใช้น้ำทะเลผสมชุด2			
	1	2	3	4
	น.น เดิม	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน	แช่ 130 วัน
Toluene	309.4	308.3	307.7	308.2
Benzene	309.8	308.2	307.7	308.2
Formaldehyde	305.5	309.0	311.7	313.0
Acetone	307.6	306.1	306.1	306.3
Xylene	316.5	315.0	314.8	315.4

4.1.3 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูน(cement) ที่ใช้น้ำธรรมดาผสม

รูปที่ 5

สารเคมีที่ใช้	น.นเฉลี่ยเป็นกรัมของลูกปูน(cement)ที่ใช้น้ำธรรมดาผสม		
	1	2	3
	น.น เดิม	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
Toluene	248.9	249.1	248.3
Benzene	249.9	249.7	249.2
Formaldehyde	252.3	265.7	275.3
Acetone	243.4	244.2	242.2
Xylene	244.6	244.9	245.1

4.1.4 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูน(cement)ที่ใช้น้ำทะเลผสม

รูปที่ 6

สารเคมีที่ใช้	น.นเฉลี่ยเป็นกรัมของลูกปูน(cement)ที่ใช้น้ำทะเลผสม		
	1	2	3
	น.น เดิม	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
Toluene	240.4	240.4	240.3
Benzene	246.8	245.6	245.9
Formaldehyde	246.1	259.3	270.5
Acetone	246.4	245.4	245.5
Xylene	250.3	249.6	249.6

4.2 ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักลูกปูนชนิดต่างๆ ที่แช่ในสารเคมี

4.2.1 ลูกปูนแช่ใน TOLUENE

รูปที่ 7

คอนกรีต

รายการ	น.น เดิม	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดแรก	324.9	324.8	323.7	322.9
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดหลัง	320.9	320.4	318.6	316.9
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดแรก	307.5	306.4	304.1	305.0
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดหลัง	309.4	308.3	307.7	308.2

ซีเมนต์

รายการ	น.น เดิม	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ใช้น้ำธรรมดาผสม	248.9	249.1	248.3
ซีเมนต์ใช้น้ำทะเลผสม	240.4	240.4	240.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 ลูกปูนแช่ใน BENZENE

รูปที่ 8

คอนกรีต

รายการ	น.น เดิม	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดแรก	330.9	330.9	329.7	322.9
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดหลัง	306.6	306.5	305.3	303.2
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดแรก	308.8	307.4	306.9	307.7
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดหลัง	309.8	308.2	307.7	308.2

ซีเมนต์

รายการ	น.น เดิม	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ใช้น้ำธรรมดาผสม	249.9	249.7	249.2
ซีเมนต์ใช้น้ำทะเลผสม	246.8	245.6	245.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 ลูกปูนแช่ใน FORMALDEHYDE

รูปที่ 9

คอนกรีต

รายการ	น.น เดิม	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดแรก	318.3	321.5	322.4	319.1
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดหลัง	316.1	318.8	320.4	317.9
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดแรก	310.0	303.1	316.7	318.1
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดหลัง	305.5	309.0	311.7	313.0

ซีเมนต์

รายการ	น.น เดิม	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ใช้น้ำธรรมดาผสม	252.3	265.7	275.3
ซีเมนต์ใช้น้ำทะเลผสม	246.1	259.3	270.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.4 ลูกปูนแช่ใน ACETONE

รูปที่ 10

คอนกรีต

รายการ	น.น เดิม	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดแรก	317.8	318.4	317.0	313.5
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดหลัง	314.4	314.3	313.0	310.7
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดแรก	311.1	309.0	309.5	310.4
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดหลัง	307.6	306.1	306.1	306.3

ซีเมนต์

รายการ	น.น เดิม	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ใช้น้ำธรรมดาผสม	243.4	244.2	242.3
ซีเมนต์ใช้น้ำทะเลผสม	246.4	245.4	245.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.5 ลูกปูนแช่ใน XYLENE

รูปที่ 11

คอนกรีต

รายการ	น.น เดิม	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดแรก	329.7	329.9	326.8	326.7
คอนกรีตใช้น้ำธรรมดาผสมชุดหลัง	317.3	317.3	316.0	313.9
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดแรก	311.1	309.7	309.7	310.3
คอนกรีตใช้น้ำทะเลผสมชุดหลัง	316.5	315.0	314.8	315.4

ซีเมนต์

รายการ	น.น เดิม	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ใช้น้ำธรรมดาผสม	244.6	244.9	245.1
ซีเมนต์ใช้น้ำทะเลผสม	250.3	249.6	249.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ตารางสรุปผลเฉพาะน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงและอัตราการกัดกร่อนของลูกปูนชนิดต่างๆ

ตารางสรุปผล

4.3.1 คอนกรีตผสมน้ำธรรมดา

รูปที่ 12

สารเคมีที่ใช้	ลูกปูน(concrete) ที่ใช้น้ำธรรมดาผสมชุดแรก น.น ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วง		
	1	2	3
	แช่ 10 วัน	แช่ 10-50 วัน	แช่ 50-120 วัน
Toluene	+0.1	-1.1	-0.8
Benzene	0	-1.2	-2.3
Formaldehyde	+3.2	+0.9	-3.3
Acetone	+0.6	-3.1	-0.1
Xylene	+0.2	-3.1	-0.1

อัตราการกัดกร่อน กรัม/วัน

สารเคมีที่ใช้	1	2	3
	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
Toluene	+0.01	-0.0275	-0.0114
Benzene	0	-0.0303	-0.0328
Formaldehyde	+0.32	+0.225	-0.0472
Acetone	+0.06	-0.035	-0.0358
Xylene	+0.02	-0.0775	-0.0014

รูปที่ 13

สารเคมีที่ใช้	ลูกปูน(concrete)ที่ใช้น้ำธรรมดาผสมชุด 2		
	น.น ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วง		
	1	2	3
	แช่ 10 วัน	แช่ 10-50 วัน	แช่ 50-120 วัน
Toluene	- 0.2	-1.8	-1.7
Benzene	- 0.1	-1.2	-2.2
Formaldehyde	+ 2.7	+1.6	-2.1
Acetone	- 0.1	-1.3	-2.3
Xylene	0	-1.3	-2.1

อัตราการกัดกร่อน กรัม/วัน

สารเคมีที่ใช้	1	2	3
	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
Toluene	-0.02	-0.045	-0.0243
Benzene	-0.01	-0.03	-0.0314
Formaldehyde	+0.27	+0.04	-0.03
Acetone	-0.01	-0.0325	-0.0329
Xylene	0	-0.325	-0.03

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 คอนกรีตผสมน้ำทะเล

รูปที่ 14

สารเคมีที่ใช้	ลูกปูน (concrete)ที่ใช้น้ำทะเลผสมชุดแรก		
	น.น ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วง		
	1	2	3
	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน	แช่ 130 วัน
Toluene	-1.1	-2.3	+0.9
Benzene	-1.4	-0.5	+0.8
Formaldehyde	+3.6	+3.6	+1.4
Acetone	-1.5	-0.1	+0.9
Xylene	-1.4	0.0	+0.6

อัตราการกัดกร่อน กรัม/วัน

สารเคมีที่ใช้	1	2	3
	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน	แช่ 130 วัน
Toluene	-0.045	-0.0575	+0.0129
Benzene	-0.07	-0.0125	+0.0114
Formaldehyde	+0.155	+0.09	+0.02
Acetone	-0.075	-0.0025	+0.0129
Xylene	-0.07	-0.0025	+0.0086

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รูปที่ 15

สารเคมีที่ใช้	ลูกปูน (concrete) ที่ใช้น้ำทะเลผสมชุด 2		
	น.น ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วง		
	1	2	3
	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน	แช่ 130 วัน
Toluene	-1.1	-0.6	+0.5
Benzene	-1.6	-0.5	+0.5
Formaldehyde	+3.5	+2.7	+1.3
Acetone	-1.5	0.0	+0.2
Xylene	-1.5	-0.2	+0.6

อัตราการกัดกร่อน กรัม/วัน

สารเคมีที่ใช้	1	2	3
	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน	แช่ 120 วัน
Toluene	-0.055	-0.015	+0.0071
Benzene	-0.08	-0.0125	+0.0071
Formaldehyde	+0.175	+0.0675	+0.0186
Acetone	-0.075	0.0	+ .0029
Xylene	-0.075	-0.055	+ .0086

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3 ซีเมนต์ผสมน้ำธรรมดา

รูปที่ 16

สารเคมีที่ใช้	ลูกปูน (cement) ที่ใช้น้ำธรรมดาผสม	
	น.น ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วง	
	1	2
	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
Toluene	+0.2	-0.8
Benzene	-0.2	-0.5
Formaldehyde	+13.4	+9.6
Acetone	+0.8	-2.0
Xylene	+0.3	+0.2

อัตราการกัดกร่อน กรัม/วัน

สารเคมีที่ใช้	1	2
	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
Toluene	+0.01	-0.02
Benzene	-0.01	-0.0125
Formaldehyde	+0.67	+0.24
Acetone	+0.04	-0.05
Xylene	+0.015	+0.005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4 ซีเมนต์ผสมน้ำทะเล

รูปที่ 17

สารเคมีที่ใช้	ลูกปูน(cement) ที่ใช้น้ำทะเลผสม น.น ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วง	
	1	2
	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
Toluene	0	-0.1
Benzene	-1.2	+0.3
Formaldehyde	+13.2	+11.2
Acetone	-1.0	+0.1
Xylene	-0.7	0

อัตราการกัดกร่อน กรัม/วัน

สารเคมีที่ใช้	1	2
	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
Toluene	0	-0.0025
Benzene	-0.06	+0.0075
Formaldehyde	+0.66	+0.028
Acetone	-0.05	+0.0025
Xylene	-0.035	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 อัตราการกัดกร่อน (กรัม/วัน) ของลูกปูนชนิดต่างๆ ที่แช่ในสารเคมี

4.4.1 ลูกปูนแช่ใน TOLUENE

รูปที่ 18

คอนกรีต

รายการ	1 แช่ 10 วัน	2 แช่ 50 วัน	3 แช่ 120 วัน
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดแรก	+0.01	-0.0278	-0.0114
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดหลัง	-0.02	-0.045	-0.0243
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดแรก	-0.045	-0.0575	+0.0129
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดหลัง	-0.055	-0.015	+0.0071

ซีเมนต์

รายการ	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ผสมน้ำธรรมดา	+0.01	-0.02
ซีเมนต์ผสมน้ำทะเล	0.00	-0.0025

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 ลูกปูนแช่ใน BENZENE

รูปที่ 19

คอนกรีต

รายการ	1 แช่ 10 วัน	2 แช่ 50 วัน	3 แช่ 120 วัน
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดแรก	0.00	-0.030	-0.0328
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดหลัง	-0.01	-0.03	-0.0314
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดแรก	-0.07	-0.0125	+0.0114
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดหลัง	-0.08	-0.0125	+0.0071

ซีเมนต์

รายการ	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ผสมน้ำธรรมดา	-0.01	-0.0125
ซีเมนต์ผสมน้ำทะเล	-0.06	+ 0.0075

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3 ลูกปูนแช่ใน FORMALDEHYDE

รูปที่ 20

คอนกรีต

รายการ	1 แช่ 10 วัน	2 แช่ 50 วัน	3 แช่ 120 วัน
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดแรก	+0.32	+0.225	-0.0472
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดหลัง	+0.27	+0.04	-0.03
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดแรก	+0.155	+0.09	+0.02
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดหลัง	+0.175	+0.0675	+0.0186

ซีเมนต์

รายการ	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ผสมน้ำธรรมดา	+0.67	+0.24
ซีเมนต์ผสมน้ำทะเล	+0.66	+0.028

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

069072

4.4.4 ลูกปูนแช่ใน ACETONE

รูปที่ 21

คอนกรีต

รายการ	1	2	3
	แช่ 10 วัน	แช่ 50 วัน	แช่ 120 วัน
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดแรก	+0.06	-0.035	-0.0358
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดหลัง	-0.01	-0.0325	-0.0329
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดแรก	-0.075	-0.0025	+ 0.0129
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดหลัง	-0.075	-0.00	+ 0.0029

ซีเมนต์

รายการ	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ผสมน้ำธรรมดา	+ 0.04	-0.05
ซีเมนต์ผสมน้ำทะเล	-0.05	+0.0025

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.5 ลูกปูนแช่ใน XYLENE

รูปที่ 22

คอนกรีต

รายการ	1 แช่ 10 วัน	2 แช่ 50 วัน	3 แช่ 120 วัน
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดแรก	+0.02	-0.0775	-0.0014
คอนกรีตผสมน้ำธรรมดาชุดหลัง	0.00	-0.325	-0.03
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดแรก	-0.07	0.0	+0.0086
คอนกรีตผสมน้ำทะเลชุดหลัง	-0.075	-0.055	+0.0086

ซีเมนต์

รายการ	แช่ 20 วัน	แช่ 60 วัน
ซีเมนต์ผสมน้ำธรรมดา	+0.015	+0.005
ซีเมนต์ผสมน้ำทะเล	-0.035	0.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ผลการทดลองใช้ลูกปูนที่บ่มแล้วแช่น้ำโดยใช้เวลาเท่ากับการแช่สารเคมี

เนื่องจากการทดลองนี้ได้อบลูกปูนที่อุณหภูมิ 130° ซี เพื่อจะดูว่าการอบนี้จะมีผลต่อน้ำที่อยู่ในช่องว่างของคอนกรีต (pore water) หรือไม่ จึงทำการทดลองดังต่อไปนี้

ใช้ลูกปูนที่บ่มแล้ว 2 ลูก โดยมีน้ำหนัก 319.1 กรัม และ 320.8 กรัม ปรากฏว่าช่วง 10 วัน น้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง

ช่วง 40 วัน น้ำหนัก 319.0 กรัม และ 320.8 กรัม

ช่วง 70 วัน น้ำหนัก 318.9 กรัม และ 320.7 กรัม

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการอบ (ที่อุณหภูมิเดียวกับการทดลองแช่สารเคมี 130° ซี) มี effect ต่อน้ำหนักลูกปูนน้อยมาก

การทดลองนี้อธิบายเสริมได้โดย water of crystallizion (ดูในภาคผนวก 2)

4.6 ผลของการวิเคราะห์เกล็ดที่เกิดจากการแช่ลูกปูนใน Formaldehyde (ที่ติดกับลูกปูน) (Ref.4)

4.6.1 Physical Properties

1. ลักษณะของสารที่วิเคราะห์เป็นผลึกและมี transparent property ซึ่งตรงกับคุณสมบัติของสาร $CaSO_4\ 2H_2O$
2. การละลายสารที่นำมาวิเคราะห์ปรากฏว่าไม่ละลายในน้ำเย็นและร้อน, ไม่ละลายในกรด HCl เจือจางและไม่ละลายในกรด HNO_3 เจือจาง

4.6.2 วิธีวิเคราะห์

นำเอาสารซึ่งจะวิเคราะห์ที่เป็นของแข็งมาผสมกับ fusion mixture(Na_2CO_3 และ K_2CO_3 ผสมกันในอัตราส่วน 1 :1) ต่อจากนั้นนำไป fused เมื่อ fused เรียบร้อยแล้ว นำเอา residue ที่ได้ไปทำให้เป็นกรดด้วย HCl(dil.) หลังจากนั้นนำเอาสารละลายไปวิเคราะห์ cationหมู่ต่างๆ ปรากฏว่า cation ซึ่งอยู่ในสารละลายที่นำมาวิเคราะห์ตกตะกอนออกมาในหมู่ 4 (Ba^{++}, Ca^{++}, Sr^{++}) เมื่อนำเอาตะกอนมาละลายใน CH_3COOH (dil.) แล้วทำให้สารละลายเป็นด่าง ต่อจากนั้นเติม $(NH_4)_2C_2O_4$ ลงไปในสารละลายปรากฏว่าได้ตะกอนสีขาวตกออกมา แสดงว่าในสารตัวอย่างที่วิเคราะห์มาประกอบด้วย Ca^{++}

Flame test จากตะกอนที่ตกออกมาในหมู่ 4 เมื่อนำไปทดสอบ flame test ปรากฏว่าให้สีของเปลวไฟเป็นสีอิฐ แสดงว่าสารตัวอย่างประกอบไปด้วย Ca^{++}

4.6.3 การวิเคราะห์หา Anion

จากการวิเคราะห์ Anionต่างๆ อาทิเช่น $PO_4^{=}$, X^{-}(halides) และ NO_3^{-} ปรากฏผลออกมาเป็น negative test หมด แสดงว่าไม่มี Anion ต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

แต่เมื่อนำไปทดสอบอนุมูลย์ $SO_4^{=}$ โดยเติม $BaCl_2$ ลงไป ปรากฏว่าได้ตะกอนสีขาวตกออกมา และตะกอนสีขาวที่ได้นี้ไม่ละลายใน HCl แสดงว่าสารตัวอย่างประกอบไปด้วย $SO_4^{=}$

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สรุป</u> จากผลการทดสอบข้างต้น แสดงว่าสารที่นำมาวิเคราะห์เป็นพวก $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ส่วนสารเคมีที่เคลือบยังมีสีเหลืองแก่นั้น ได้ทำการทดลองทางกายภาพพบว่าเป็น calcium formate ซึ่งเป็นสารไม่มีสี, มีรูปผลึกเป็นรูปแปดเหลี่ยม (Rhombic) และไม่มี melting point เพราะเป็นสารที่สลายตัว (decomposition).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ข้อสรุปและวิจารณ์

5.1 ข้อสรุปผลและวิจารณ์

จากผลการทดลองจะเห็นว่าอัตราการกัดกร่อนของสารเคมีที่มีต่อลูกปูนขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสารเคมีนั้นๆ ซึ่งสารเคมีทั้ง 5 ตัวนี้ เราสามารถแบ่งออกได้ตามโครงสร้างเป็น 2 ชนิด คือ

1. Reactive substance เป็นสารซึ่งมี functional group($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$) ทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกริยากับสารอื่น ได้แก่ formaldehyde และ acetone
2. Non-reactive substance เป็นสารซึ่งไม่มี functional group จึงมีคุณสมบัติที่เชื่องช้าไม่ว่องไวในการทำปฏิกริยา ได้แก่ Benzene, Toluene และ Xylene

ส่วน acetone ถึงแม้ว่าจะเป็นสารที่มี functional group แต่มีคุณสมบัติ inert ต้องมีด่างแก่ๆ และเข้มข้นมากๆ อยู่ด้วย จึงจะทำปฏิกริยากับสารอื่น แต่เนื่องจากด่างของลูกปูนเป็นด่างอ่อน , acetone จึงไม่ทำปฏิกริยากับลูกปูน จึงจัดอยู่ในพวก non-reactive substance

ดังนั้นจึงพบว่าลูกปูนที่แช่ใน formaldehyde จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 2-3% แต่ใน acetone, benzene, toluene และ xylene จะมีน้ำหนักลดลงแต่น้อยมากประมาณ 1 %

การที่ลูกปูนที่แช่ใน formaldehyde มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เพราะ formaldehyde เป็นสารซึ่งมี functional group (HC^{O}_{H}) ทำให้มีความ active มากในการทำปฏิกริยากับสารอื่น เมื่อจุ่มลูกปูนลงไป ลูกปูนมีคุณสมบัติเป็นด่าง (เพราะรวมกับน้ำแล้ว) จึงทำปฏิกริยาได้สารประกอบตัวใหม่ ซึ่งเมื่อเอามาวิเคราะห์ดูก็เป็น $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (ดูในข้อ 4.4 ของบทที่ 4) และมีเกลือ formate ของ Ca ซึ่งมีอยู่นอยมากเหลือเกินติดมาด้วย

และอีกทางหนึ่ง คือ ในขณะที่ทำการแช่การปิดภาชนะที่ใช้แช่ไม่แน่นพอทำให้ O_2 ในอากาศเข้าไปในภาชนะที่ใช้แช่ได้ เมื่อ formaldehyde ถูก oxidise จน form เป็น formic acid และทำปฏิกริยากับเกลือ Ca,Mg ในลูกปูน เกิดเป็นสาร formate ขึ้น ซึ่งจะแทรกเข้าไปอยู่ในระหว่าง $CaSO_4$, $CaSiO_3$ ในลูกปูนซึ่งเคย uniform ทำให้เกิด unstability ขึ้นกับลูกปูน และในขณะเดียวกันก็เข้าไปแทนที่ดันให้ $CaSO_4$, $CaSiO_3$ โผล่ออกมาจากลูกปูนและห่อหุ้มลูกปูนเอาไว้ ทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นและเกลือ formate ที่ไปแทนก็มีน้ำหนักมากกว่าเกลือเดิม ซึ่งอยู่ใน form ของด่าง

ส่วน Benzene, Toluene, Xylene เป็นพวก non-reactive เพราะไม่มี functional group มีคุณสมบัติ inert ไม่ react กับสารใดได้ง่ายๆ ต้องใช้กรดแรงๆ เช่น H_2SO_4, HNO_3 จึงจะเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ในการทำวิจัยนี้เป็นเพียงการแช่ลูกปูนในสารเหล่านี้ จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น แต่ที่น้ำหนักลดลงตามเวลานั้น เป็นเพราะพวก oily substance เหล่านี้เข้าไปไล่ที่น้ำในลูกปูนออก (น้ำในที่นี้ไม่ใช่ water of crystallization) ตัวเองเข้าไปอยู่แทน เมื่อถูกเอาไปอบให้ร้อนก็จะหนีออกมาหมด ทำให้น้ำหนักของลูกปูนลดลง ซึ่งลดน้อยมาก

Acetone เป็นสารที่มีลักษณะเดียวกับ formaldehyde คือมี functional group เป็น polar compound แต่ inert กว่ามาก ทำปฏิกริยากับด่างเหมือนกัน แต่ต้องเข้มข้นและ strong มากๆ เช่น NaOH จึงจะเกิดปฏิกริยา Aldol condensation, เกิดเป็นสารใหม่ขึ้น แต่ด่างของลูกปูน เช่น $Ca(OH)_2$ เป็นด่างอ่อน จึงทำให้ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น แต่จะ inert แบบเดียวกับพวก non-reactive substance น้ำหนักจึงไม่เพิ่มขึ้นตามเวลา แต่จะลดลงตามเวลา เพราะตัวมันเองจะเข้าไปไล่ที่น้ำในลูกปูน พอเอาไปอบก็จะสลายออกไปหมด ทำให้น้ำหนักลดลง

ดังนั้นจากการทดลองนี้ เราพอจะสรุปได้ว่าถ้าจะเก็บสารพวก Toluene, Benzene และ Xylene ใน concrete หรือ cement container ก็จะใช้ได้โดยไม่มี effect ใดๆ เลย และจะแช่ไว้นานเท่าใดก็ได้

สำหรับ formaldehyde จะใช้ concrete หรือซีเมนต์ เป็น container ไม่ได้ เพราะมันจะทำให้ผนังของ container ออนยุยได้

ส่วน acetone ก็ควรจะใช้ได้เช่นเดียวกับ Toluene, Benzene และ Xylene แต่ถ้ามีด่างแก่ๆและเข้มข้นมากๆอยู่ด้วยก็ใช้ไม่ได้เช่นกัน

5.2 <u>Effect ต่างๆ ที่ควรคำนึงถึงในการทดลองนี้</u>

1. <u>พื้นที่ๆ สัมผัสกับสารเคมี</u> ในการทดลองนี้ พื้นที่ของลูกปูนที่สัมผัสกับสารเคมี = 24 ตารางนิ้ว ดังนั้นถ้า พ.ท. สัมผัสมากการกัดกร่อนจะเกิดมาก และถ้า พ.ท. สัมผัสน้อยการกัดกร่อนจะเกิดน้อย ในการทดลองเรื่องนี้ จึงควรกำหนดว่าใช้ พ.ท. เท่าใดที่สัมผัสกับสารเคมี ไม่ควรกำหนดเป็นปริมาตร เพราะแม้ว่าสารเคมีซึมเข้าไปในลูกปูนได้แต่การกัดกร่อนของเนื้อปูนจะเกิดเพียงผิวเท่านั้น และไม่ควรกำหนดเทียบกับน้ำหนักลูกปูน เพราะน้ำหนักลูกปูนกับพื้นที่ของแต่ละลูกไม่เท่ากัน

2. อุณหภูมิของการทดลอง ที่ อุณหภูมิหนึ่งๆ อาจทำให้สารเคมีกัดกร่อนปูนได้มากน้อยผิดกัน แต่เนื่องจากการทดลองนี้อุณหภูมิเกือบคงที่ (อุณหภูมิห้อง) และผลการกัดกร่อนน้อย ผลของข้อนี้จึงน้อยมาก

3. จำนวนวันที่แช่ ถ้าแช่นานน้ำหนักที่เพิ่มหรือลดอาจมากน้อยขึ้นเรื่อยๆ

4. สภาพของการทดลอง ในการทดลองนี้เป็นแบบ Static สารเคมีไม่ได้ไหลแต่อยู่นิ่ง การกัดกร่อนจะเปลี่ยนแปลงไปถ้าเป็นแบบ Dynamics ซึ่งควรศึกษาเปรียบเทียบด้วย

5. สารเคมีที่ใช้ ถ้าเป็นพวกกรด Inorganic เช่น H_2SO_4 กัดกร่อนมากดังที่ได้เคยทำการทดลองมาแล้ว (ในโครงการวิจัยของทุนมูลนิธิซีเมนต์ไทย)

6. ชนิดของลูกปูน จาก data และกราฟจะเห็นว่าการทดลองนี้ไม่สามารถบอกได้ว่าลูกปูนที่ใช้น้ำทะเลผสมจะมีความทนทานต่อสารเคมีมากกว่าลูกปูนที่ใช้น้ำธรรมดาผสม เพราะการกัดกร่อนของสารเคมีที่ใช้ต่อลูกปูนน้อยมาก ไม่ชัดเจนพอ

5.3 ข้อเสนอแนะและประโยชน์ที่ได้จากการทดลอง

ในโรงงานที่ใช้สารเคมีเหล่านี้เป็นส่วนประกอบในกรรมวิธีการผลิต ซึ่งอาจไม่สามารถใช้ท่อโลหะธรรมดาได้หรืออาจต้องใช้ภาชนะบรรจุสารเคมีพวกนี้ไว้ซึ่งไม่สามารถหาวัตถุนี้ที่จะนำมาบรรจุได้เหมาะสม เราสามารถทำท่อหรือภาชนะโดยใช้ปูนซีเมนต์หล่อคอนกรีตบรรจุแทนได้ เพราะได้เห็นแล้วว่าสารเคมีเหล่านี้เกือบจะไม่กัดกร่อนลูกปูนชนิดต่างๆ ที่ทดลองเลย แต่มีปัญหาอยู่อีกประการหนึ่ง คือ ระยะเวลาที่ทำการกัดกร่อนสั้นไปและการทดลองที่ทำนี้เราไม่สามารถศึกษาเปรียบเทียบ ความแข็งแรงทางกายภาพ (physical tension) ของลูกปูนทุกครั้งที่แช่สารเคมีได้ แต่ก็คิดว่าถ้าอุณหภูมิไม่สูงเกินไป (120° ซี) -

ผลของความแข็งแรงต่อ structure ก็จะไม่มีผลมากนัก ความแข็งแรงทางกายภาพ คือความสามารถในการรับ compression หรือ tension ของลูกปูนที่ได้ เพราะด้วยเหตุดังที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยเห็นว่าคุณสมบัติความแข็งแรงทางกายภาพเป็นสิ่งสำคัญอันหนึ่งที่จำเป็นจะต้องศึกษาเปรียบเทียบ เพราะในงานจริงๆ เราจะต้องหล่อท่อหรือภาชนะขึ้นเพื่อสำหรับบรรจุสารเคมี ดังนั้น structure ที่ทำขึ้นจะต้องมีความแข็งแรงและคงทนพอ ซึ่งจะเห็นว่าสารเคมีสามารถซึมทะลุเข้าไปในเนื้อปูนได้ และอาจจะมีผลอย่างมากต่อความแข็งแรงของ structure ด้วย แต่อย่างไรก็ดีถ้าได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบในเรื่องความแข็งแรงทางกายภาพของลูกปูน จนได้ผลเป็นที่พอใจแล้ว ท่อหรือภาชนะซีเมนต์และคอนกรีตก็จะเป็นวัตถุที่เหมาะสม เพราะใช้เงินลงทุนน้อยและวิธีการสร้างก็ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับท่อหรือภาชนะที่ทำจากวัสดุอื่นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. T.N.W. AKROYD : "Concrete properties and manufacture"., Percamon press, 1962.

2. United States, Department of the interior Bureau of Reclamation. : "Concrete Manual"., seventh edition, Revised reprint, Denver, Colorado; 1966.

3. บริษัทค้าวัตถุก่อสร้าง เอกสารแนะนำในการผลิตคอนกรีต, 2510

4. WELELER & HALN : QUALITATIVE ANALYSIS.,

5. EM-ORN PIBULDHAM : รายงานเรื่อง " ความต้านทานของซีเมนต์และคอนกรีตที่มีต่อสารอนินทรีย์เคมี" ซึ่งทำเสนอมูลนิธิซีเมนต์ไทย. เมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2517

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผ.1. การทดลองหา Finess Modulus ของทรายที่ใช้หล่อลูกปูน

ใช้ mechanical shaker ซึ่งประกอบด้วยตะแกรง เบอร์ 4, 8, 16, 30 และ 100, ชั่งทรายน้ำหนัก 500 กรัม ใส่ลงบนตะแกรงบนสุด (ขนาดรูของตะแกรงใหญ่ที่สุด) แล้วเปิดเครื่องให้สั่นประมาณ 10 นาที ชั่งน้ำหนักของทรายที่อยู่ในตะแกรงบันทึกค่าไว้แล้วนำมาคำนวณค่า ซึ่งตัวเลขที่ได้มีดังนี้

Screen size	Weight retained gms	Precent retained	
		Individual	Cumulative
No. 4	-	-	-
No. 8	20.80	4.18	4.18
No. 16	52.40	10.50	14.68
No. 30	103.70	20.75	35.43
No. 50	212.42	42.50	77.93
No. 100	89.38	17.99	95.92
Pan	19.78	3.93	
Total	498.48		$\sum$ 228.14

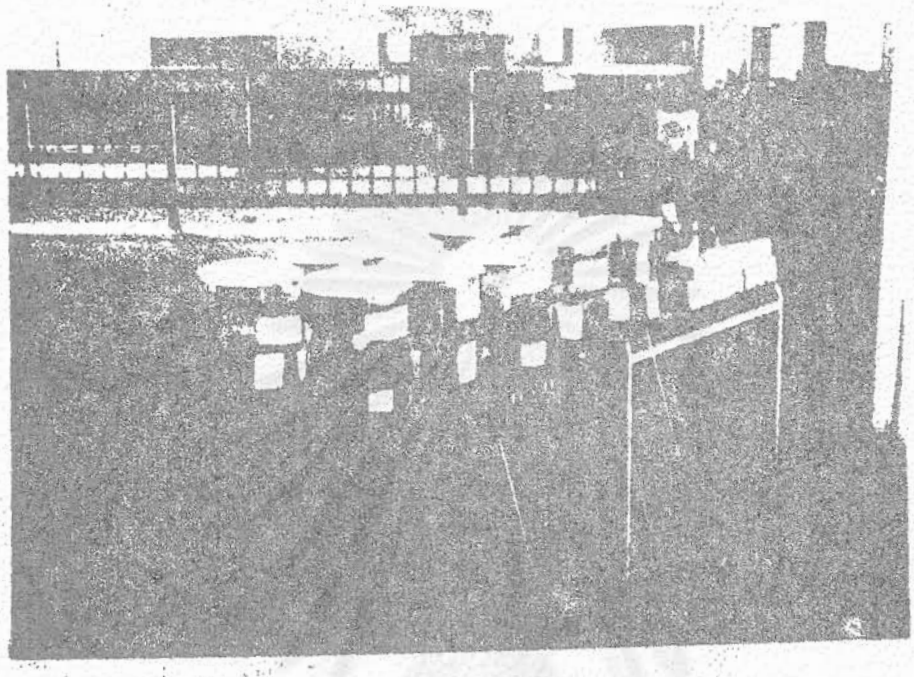
(Fineness Modulus of Sand sample = $\frac{228.14}{100}$ = 2.28)

ข.2. Water of Crystallization

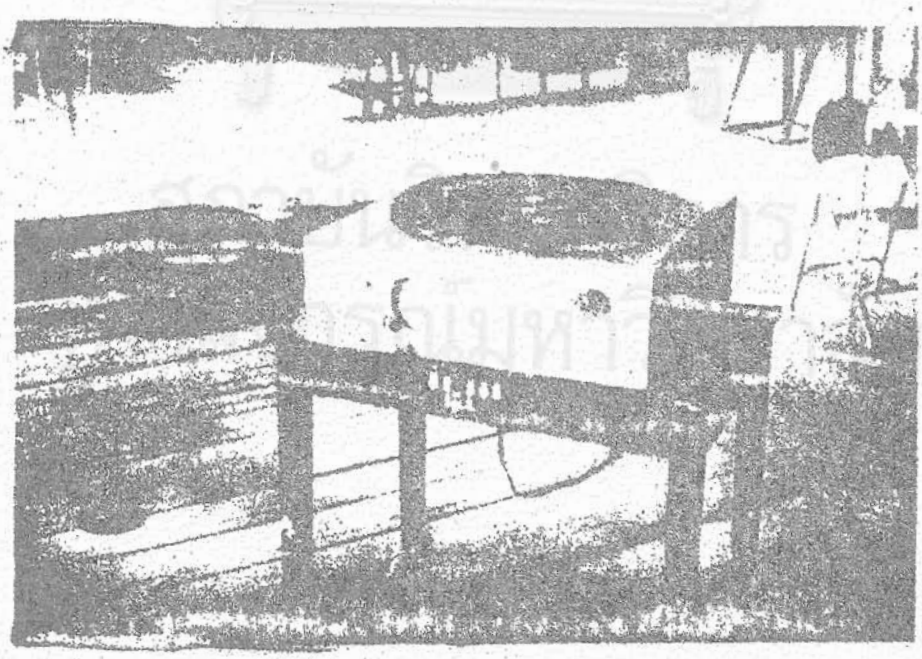
ปูนซีเมนต์ประกอบด้วย $CaSO_4$, $CaSiO_3$ และ $CaCO_3$ เป็นส่วนใหญ่ เมื่อผสมกับน้ำ $CaSO_4$ จะ form crystal กับน้ำ เป็น gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) และ plaster of Paris ($CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$) แต่น้ำที่เราใส่เข้าไป excess, โอกาสที่จะเกิดเป็น $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ จะไม่มี แต่จะ form เป็น $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ หมด ทำให้เกิดแรงยึดขึ้นในลูกปูน ส่วน $CaSiO_3$ & $CaCO_3$ ไม่รวมกับน้ำจึงไม่ form crystal

ปกติ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ถ้าเป็นเม็ดๆ โดยไม่มีสารอื่นเจือปนจะ heat ให้น้ำหลุดได้ที่ temp 120°C แต่ถ้ามีสารอื่นปะปนอยู่ในลักษณะห่อหุ้มมันเอาไว้ก็ต้องใช้ความร้อนสูงมากๆ จึงหลุด ดังนั้นในการทดลองนี้ถึงแม้จะ heat ถึง 130°C จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงคือไม่ออนยุ่ย ยังมีความแข็งเหมือนเดิม แต่คงไม่แข็งแรงขนาดรับน้ำหนักได้มากๆ เช่น ถนน แต่เราก็มีจุดมุ่งหมายที่จะใช้กับ container ในโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น จึงไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อการวิจัยนี้แต่อย่างใด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 ขวดโหลที่ใช้แช่ลูกปูน



รูปที่ 2 เครื่องเขย่า

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ
กรดกำมะถัน	Sulfuric acid
กรดดินประสิว	nitric acid
กรดเกลือ	hydrochloric acid
เครื่องเขย่า	mechanical shaker
ตะแกรง	screen

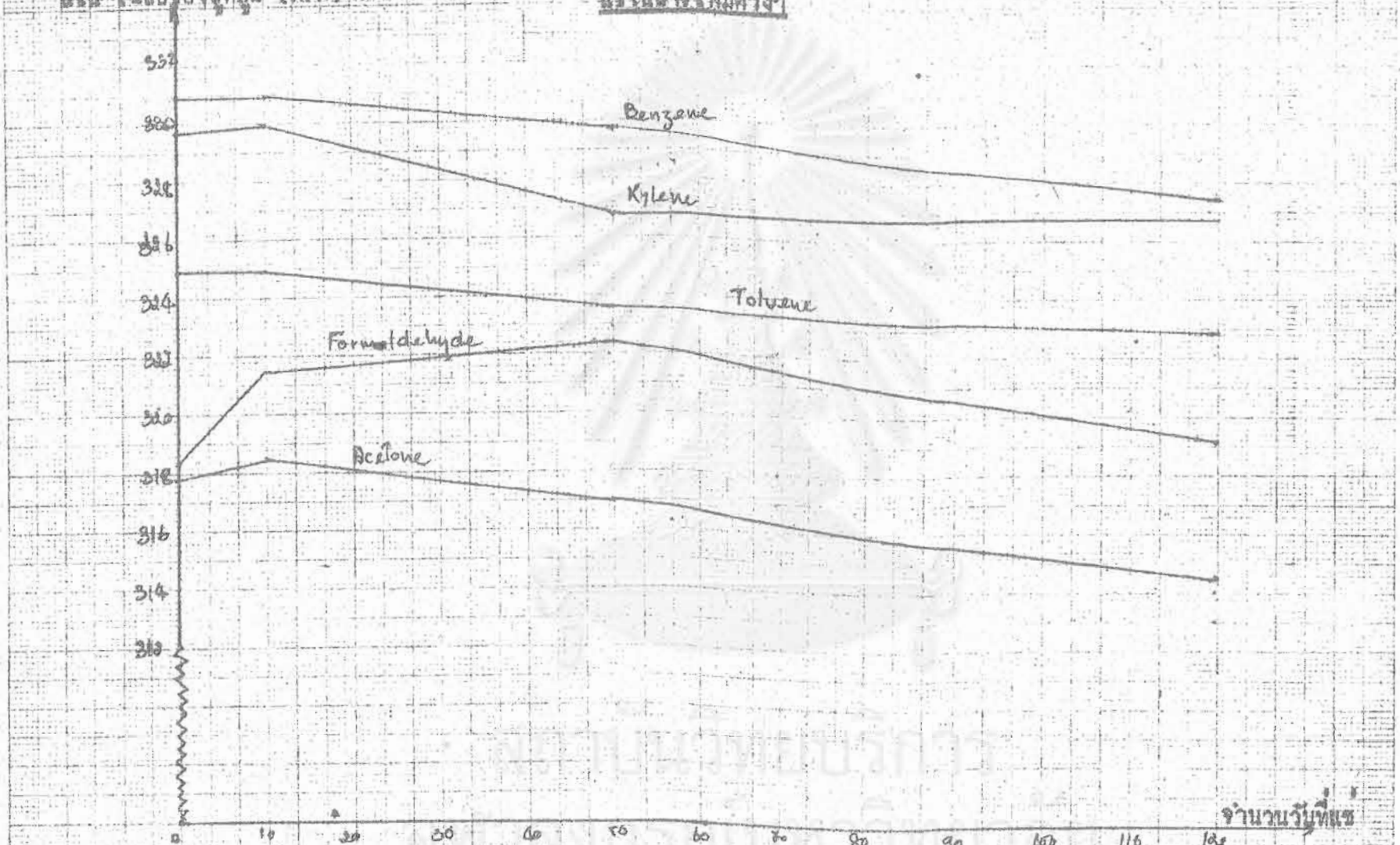
ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย
1. Aldol condensation	การรวมตัวระหว่าง aldehyde หรือ ketone กับตัวเอง
2. capacity	ความจุ
3. cement container	ภาชนะที่ทำด้วยซีเมนต์
4. concrete container	ภาชนะที่ทำด้วยคอนกรีต
5. dynamic phase	สภาวะที่เคลื่อนไหว
6. finess modulus	ความยืดหยุ่นของเม็ดทรายในเนื้อปูน
7. function at group	หมู่ของสารที่ทำให้เกิดปฏิกริยา
8. inert	เฉื่อย
9. non-reactive	ไม่มีปฏิกริยา
10. organic solvent	สารอินทรีย์เหลวที่ทำให้สิ่งอื่นละลายได้
11. organic substance	สารประกอบอินทรีย์
12. pore water	น้ำในช่องว่าง
13. rate of corrosion	อัตราการกัดกร่อน
14. ratio of composition	อัตราส่วนผสม
15. reactive	มีปฏิกริยา

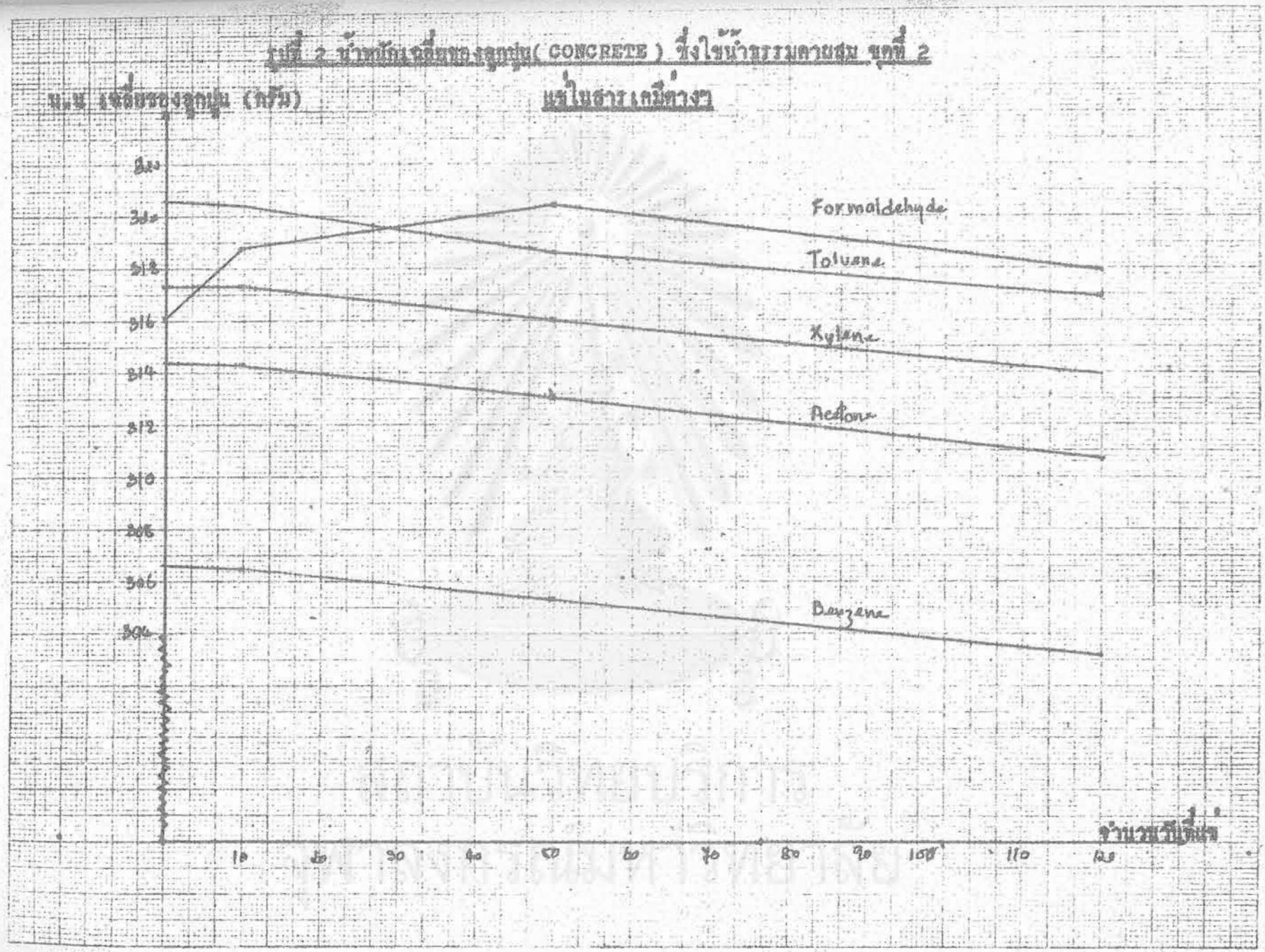
สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย
16. sand sample	ตัวอย่างทรายที่ใช้
17. static phase	สภาวะที่หยุดนิ่ง
18. water of crystallization	การเกิดน้ำผลึก
19. weight retained	น้ำหนักที่เหลือ

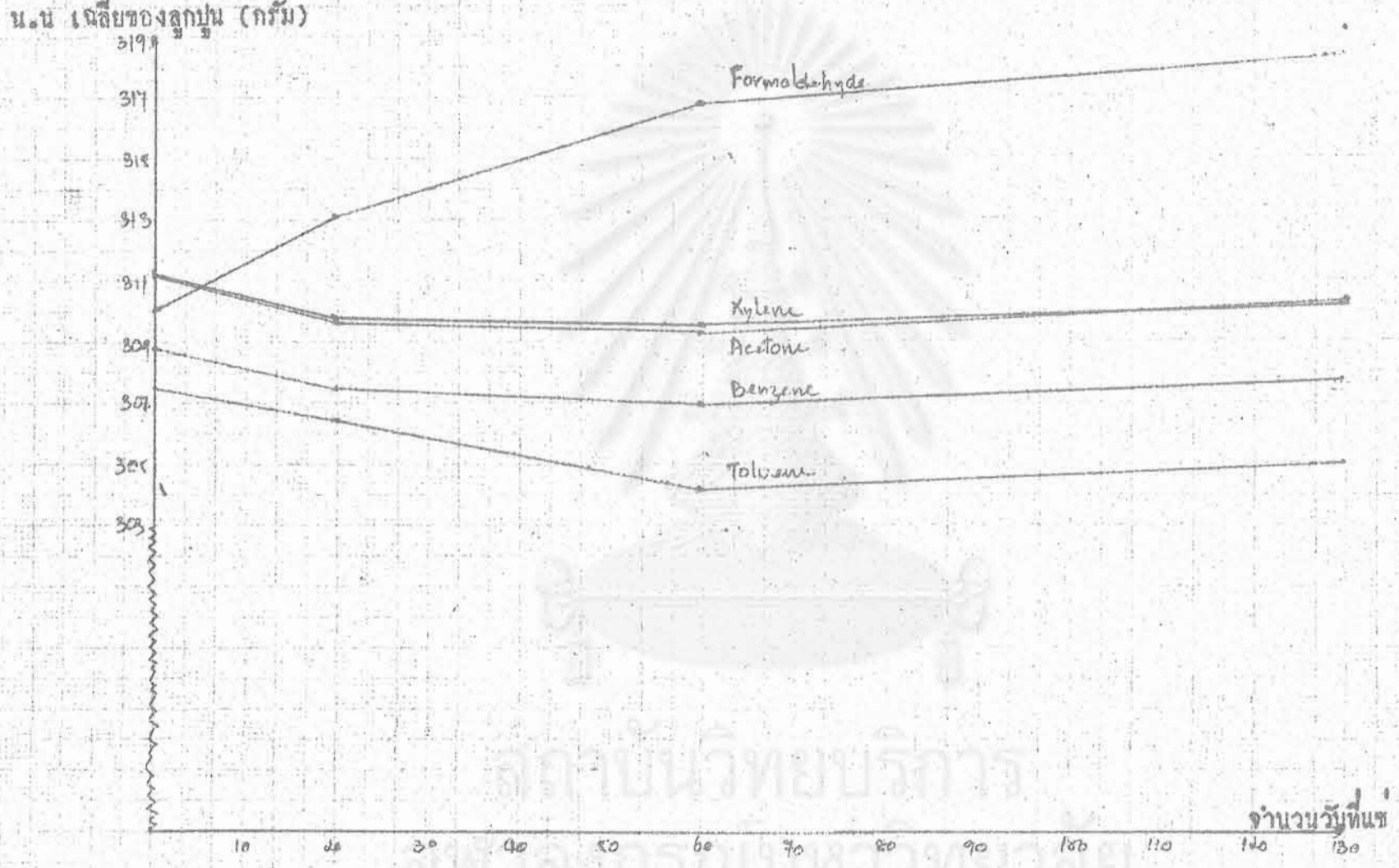
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูน (CONCRETE) ซึ่งใช้น้ำธรรมดาผสม ชุดแรก
แช่ในสารเคมีต่างๆ

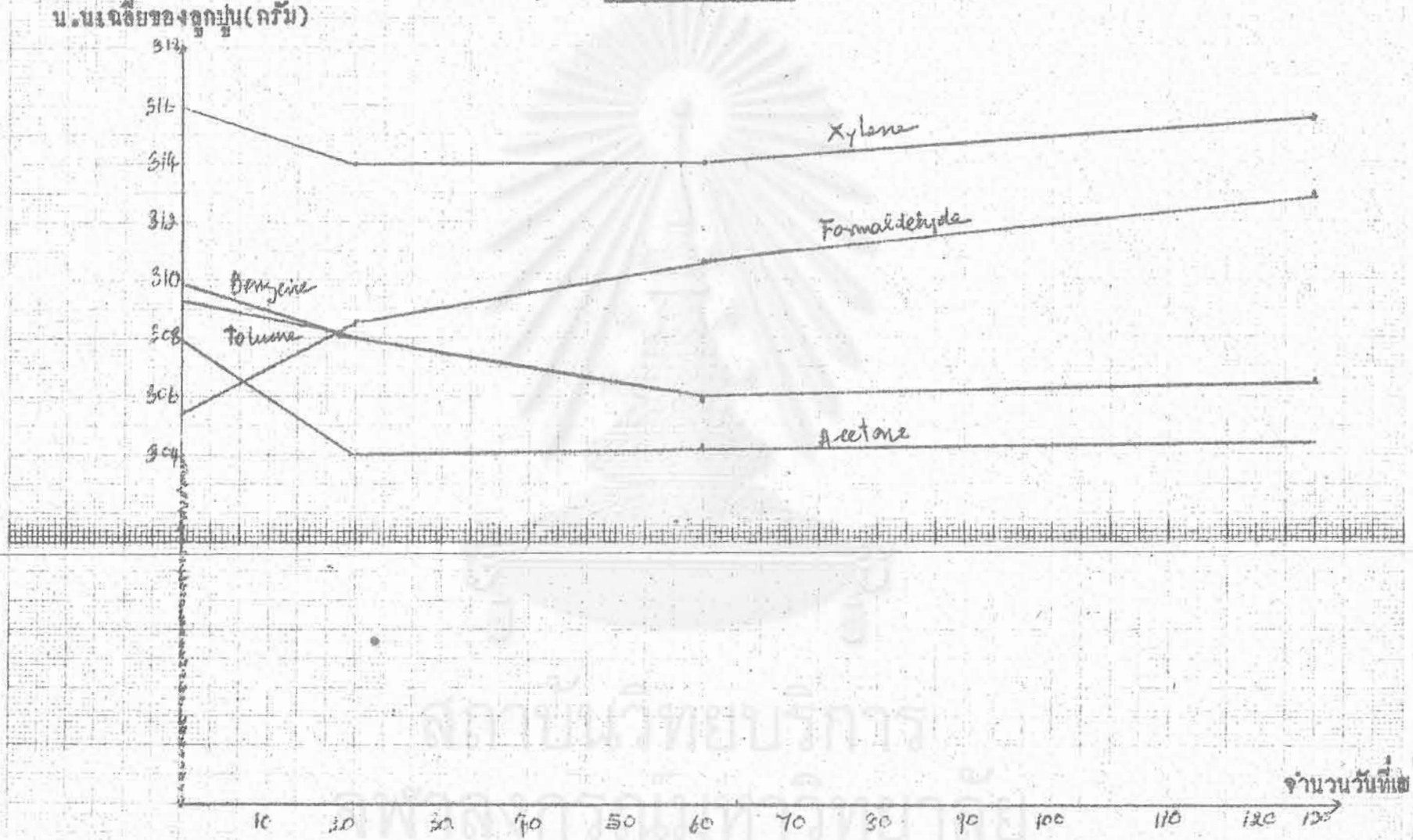



รูปที่ 2 น้ำหนักเสื่อมของลูกปูน (CONCRETE) ซึ่งใช้น้ำธรรมดาผสม ชุดที่ 2
แช่ในสารเคมีต่างๆ
น.น. เสื่อมของลูกปูน (กรัม)
Formaldehyde
Toluene
Xylene
Aceton
Benzene
จำนวนวันที่แช่

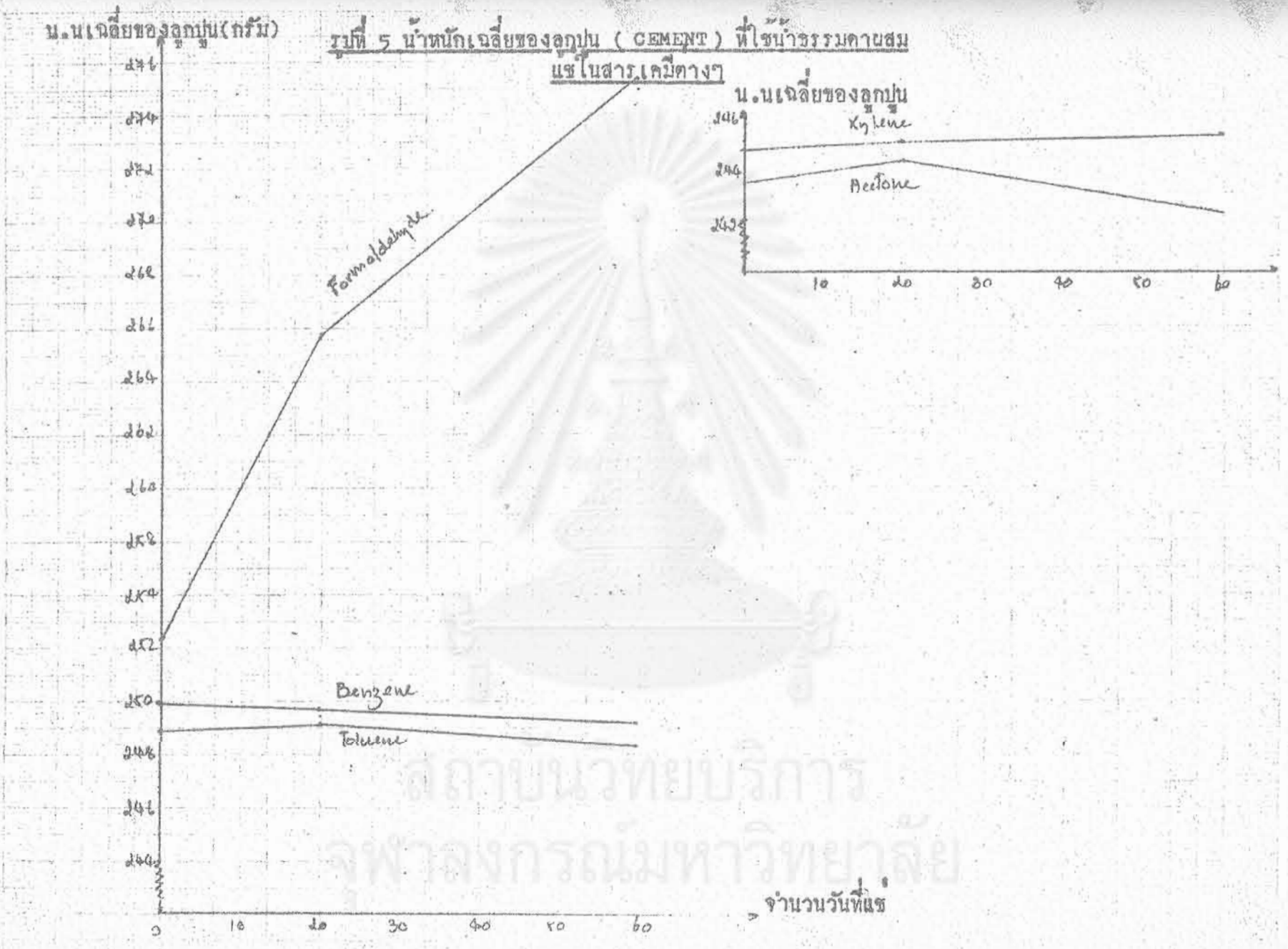
รูปที่ 3 น้ำหนักของลูกปูน (CONCRETE) ใช้น้ำทะเลผสม ชุดที่ 1
แช่ในสารเคมีต่างๆ



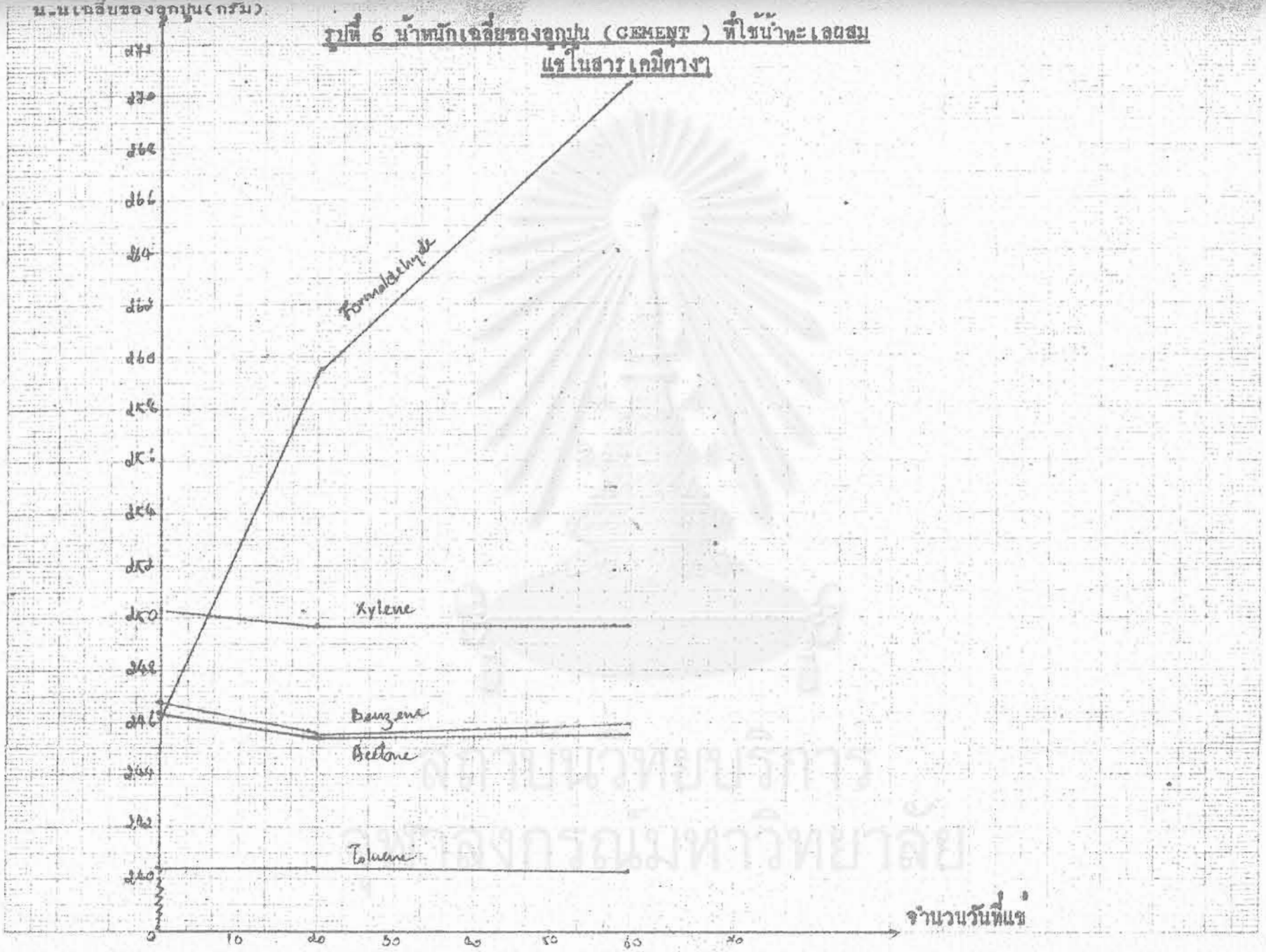
รูปที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูน (CONCRETE) ใช้น้ำทะเลผสม ชุดที่ 2
แช่ในสารเคมีต่างๆ



รูปที่ 5 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูน (CEMENT) ที่ใช้น้ำธรรมดาผสมแช่ในสารเคมีต่างๆ



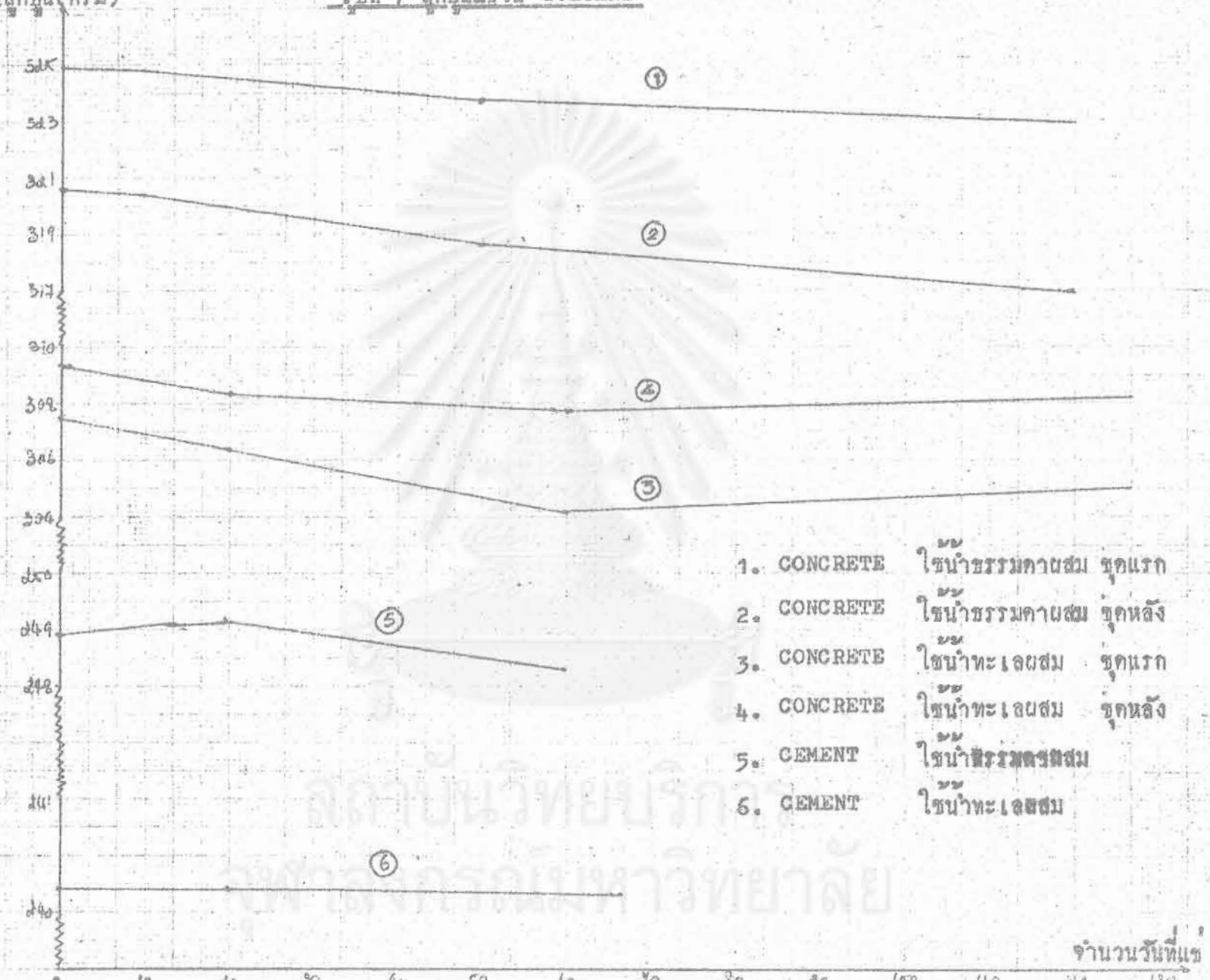
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปูน (CEMENT) ที่ใช้น้ำทะเลผสม แช่ในสารเคมีต่างๆ

น.น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)

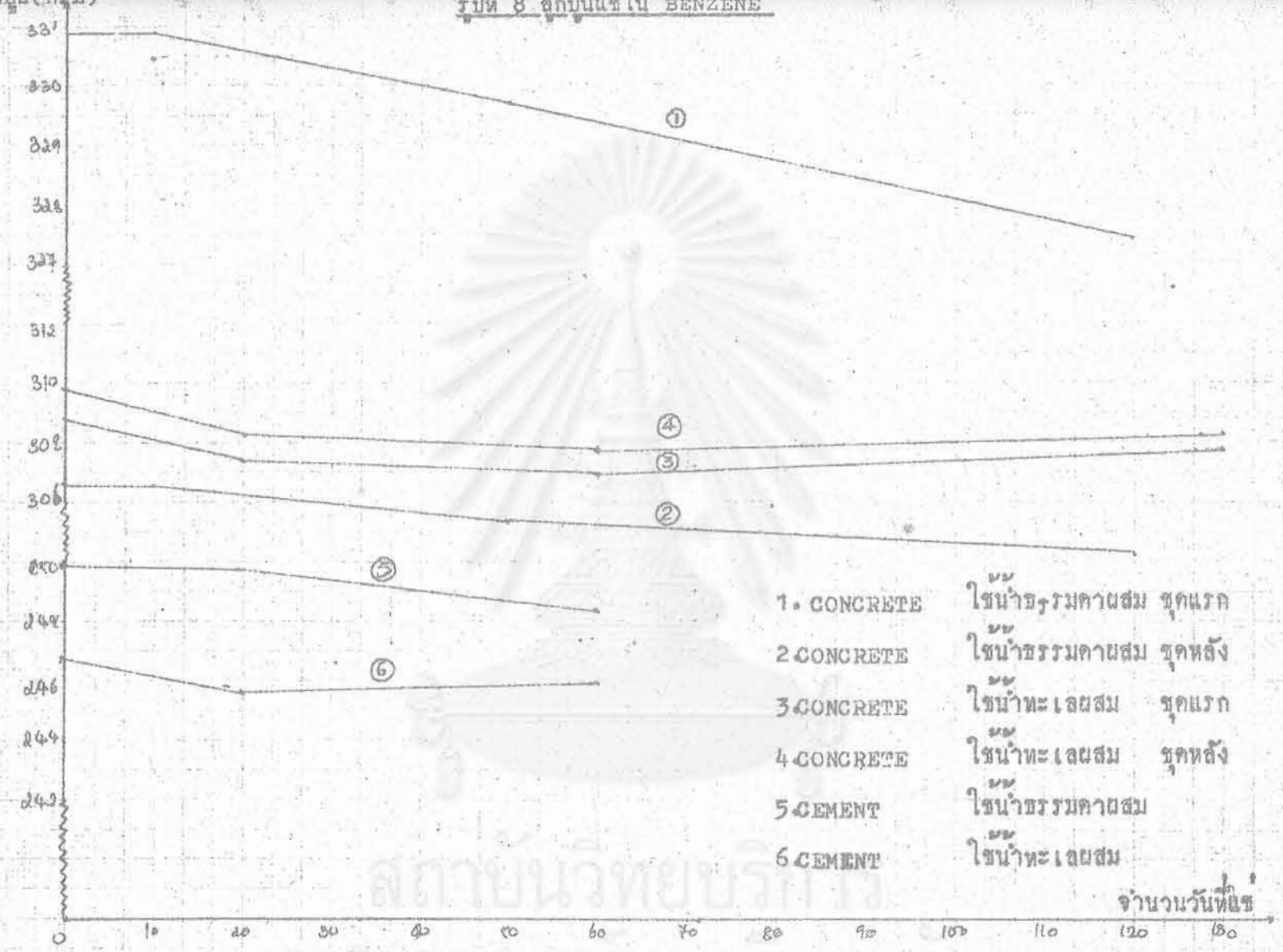
รูปที่ 7 ลูกปูนแช่ใน TOLUENE



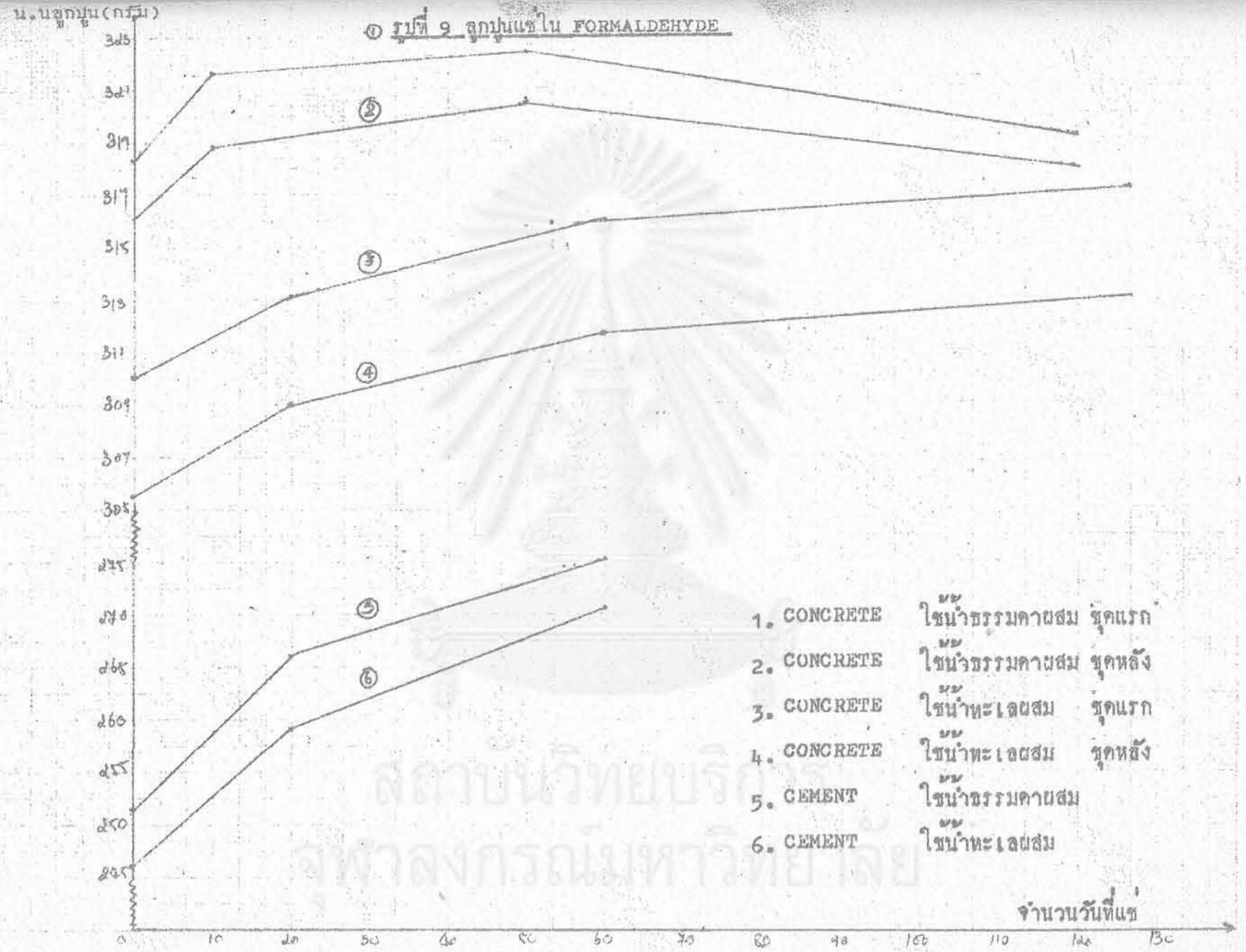
1. CONCRETE ใช้น้ำธรรมดาผสม ชุดแรก
2. CONCRETE ใช้น้ำธรรมดาผสม ชุดหลัง
3. CONCRETE ใช้น้ำทะเลผสม ชุดแรก
4. CONCRETE ใช้น้ำทะเลผสม ชุดหลัง
5. CEMENT ใช้น้ำธรรมดาผสม
6. CEMENT ใช้น้ำทะเลผสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

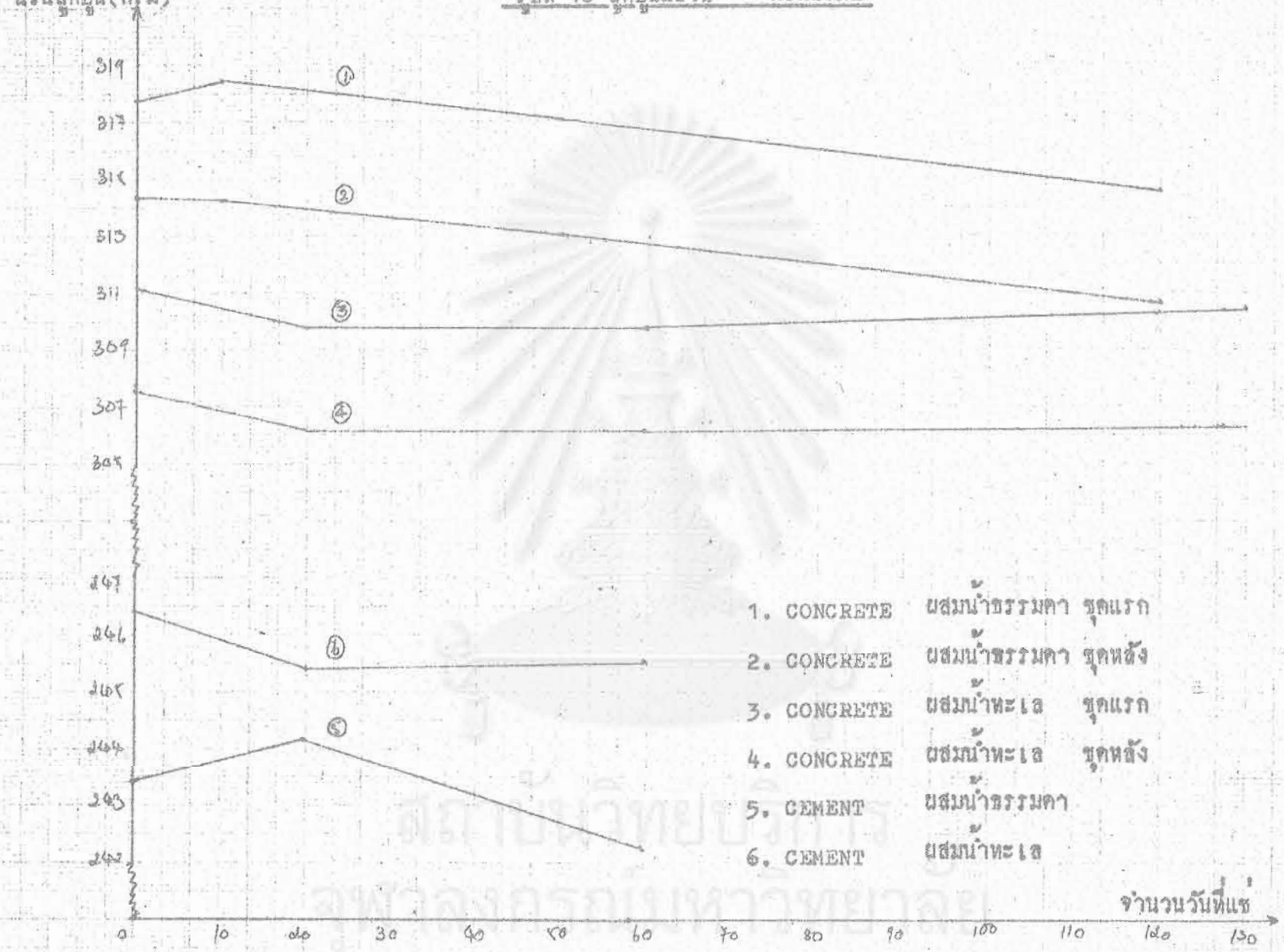
รูปที่ 8 ลูกปูนแช่ใน BENZENE



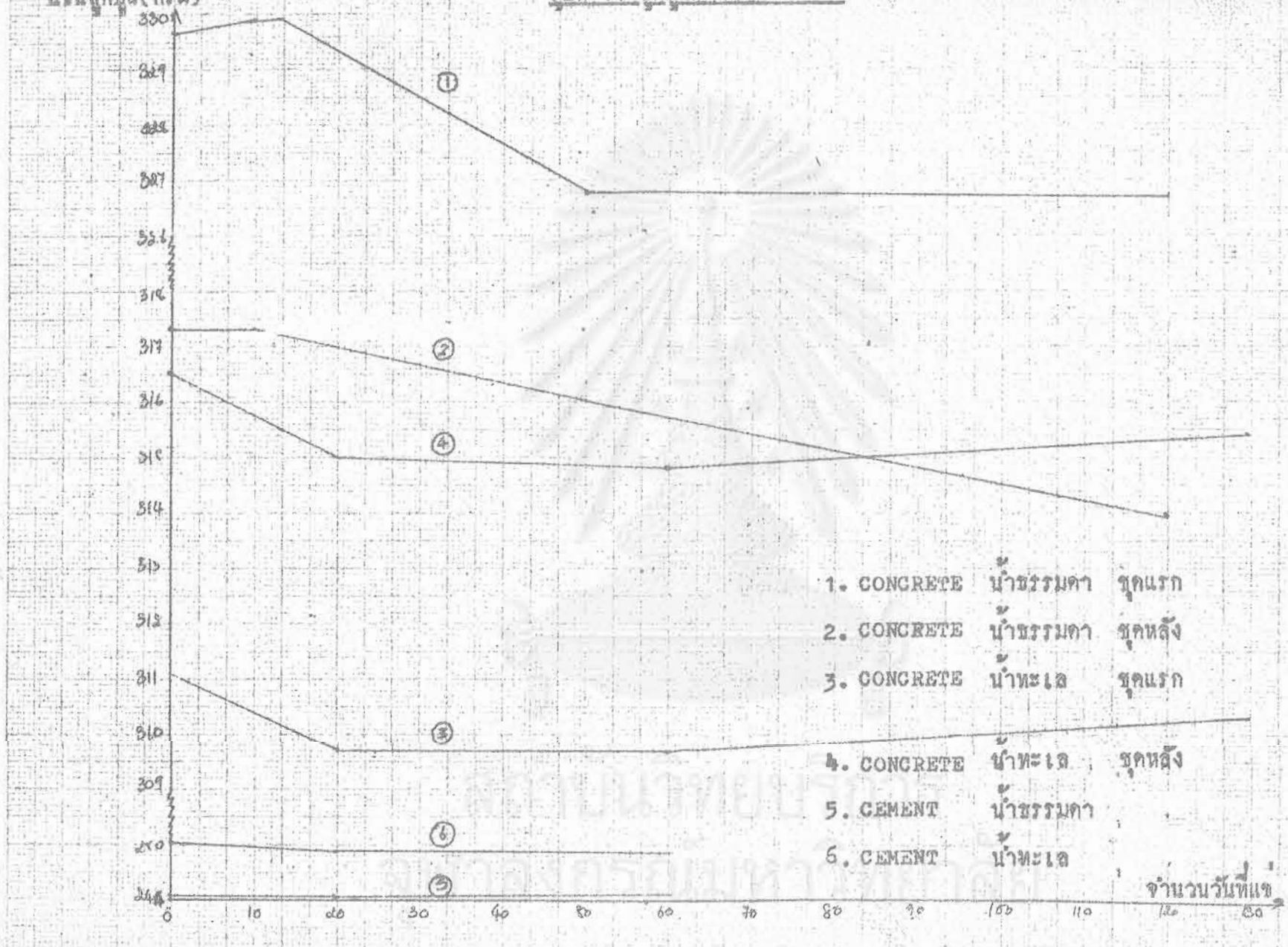
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

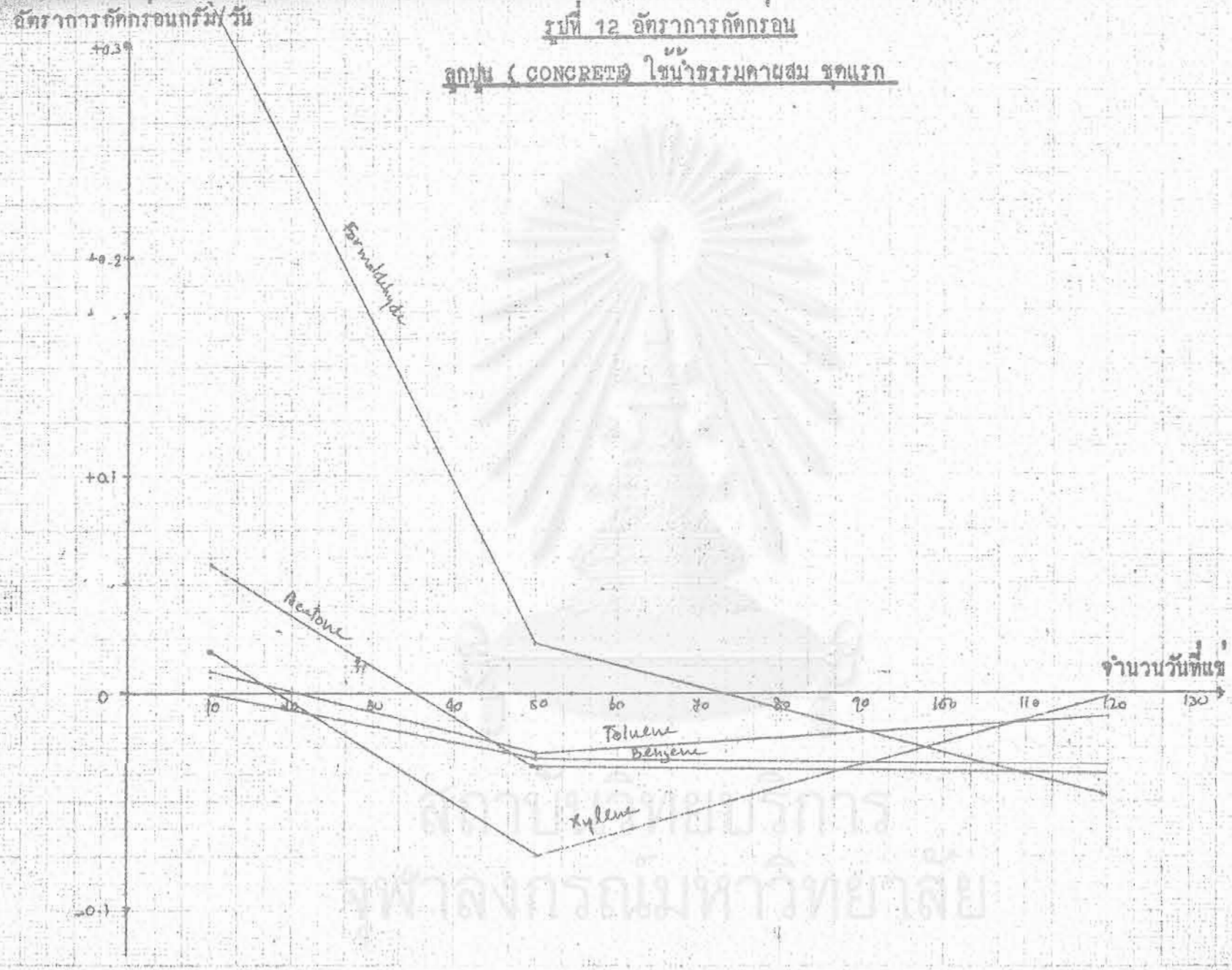

น.น.ลูกปูน (กรัม)
① รูปที่ 9 ลูกปูนแช่ใน FORMALDEHYDE
1. CONCRETE ใช้น้ำธรรมดาผสม ชุดแรก
2. CONCRETE ใช้น้ำธรรมดาผสม ชุดหลัง
3. CONCRETE ใช้น้ำทะเลผสม ชุดแรก
4. CONCRETE ใช้น้ำทะเลผสม ชุดหลัง
5. CEMENT ใช้น้ำธรรมดาผสม
6. CEMENT ใช้น้ำทะเลผสม
จำนวนวันที่แช่

รูปที่ 10 ลูกปูนแช่ใน ACETONE



รูปที่ 11 ลูกปูนแช่ใน XYLENE



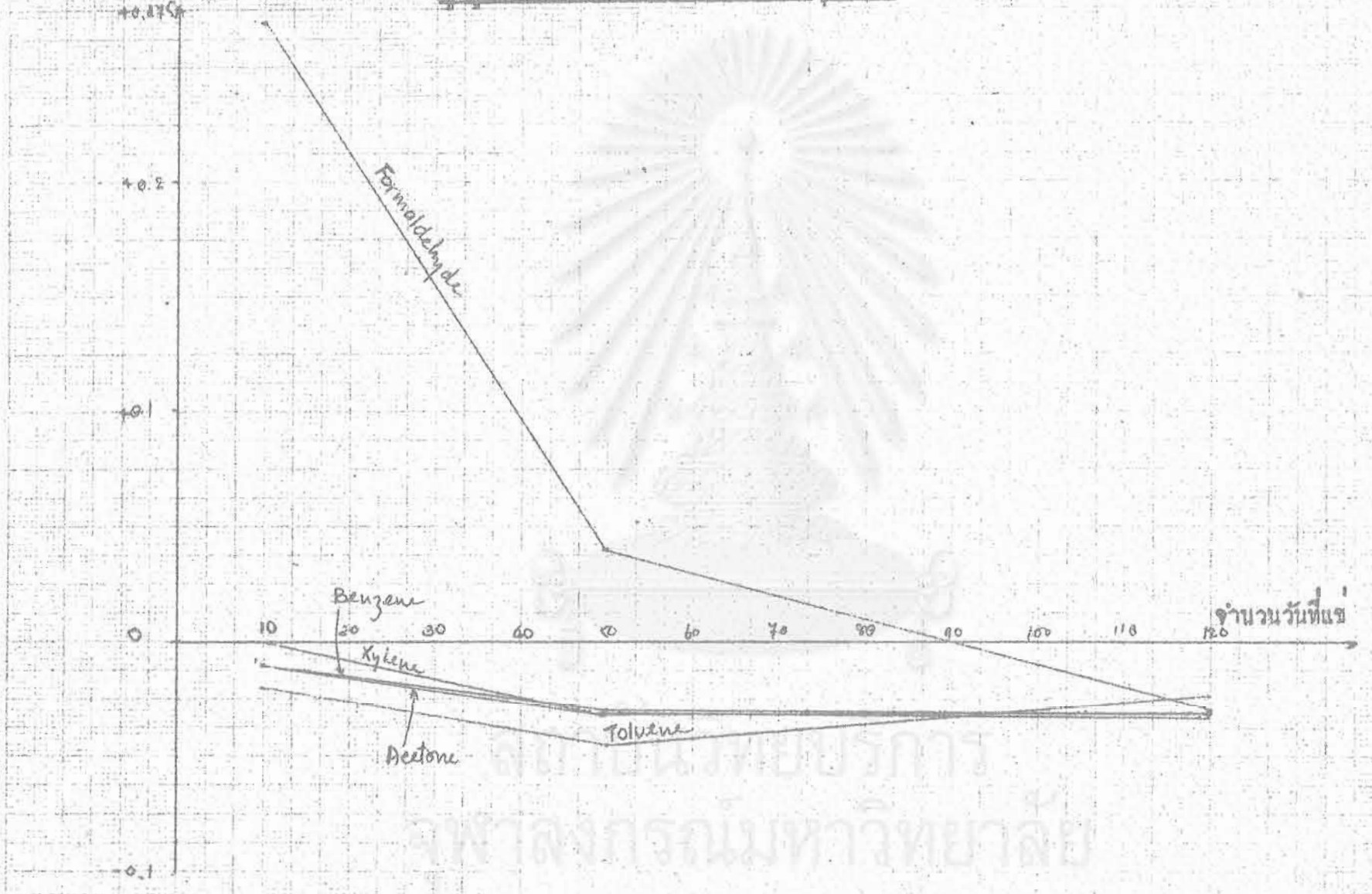


รูปที่ 12 อัตราการกัดกร่อน

ลูกปูน (CONCRETE) ใช้น้ำยรรมดาผสม ชุดแรก

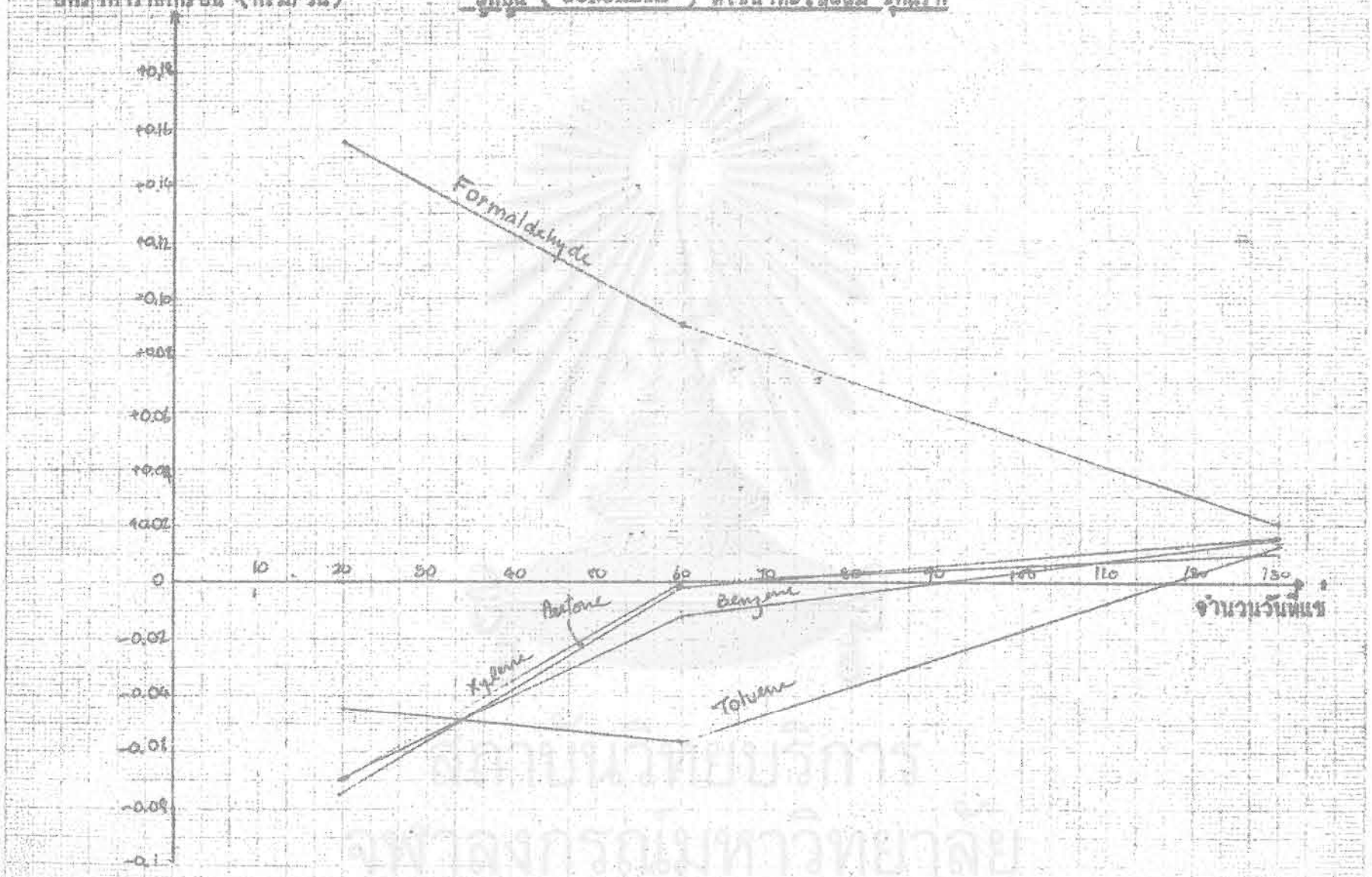
รูปที่ 13 อัตราการกัดกร่อน

ลูกปูน (CONCRETE) ใช้น้ำธรรมดา ชุด ๓.

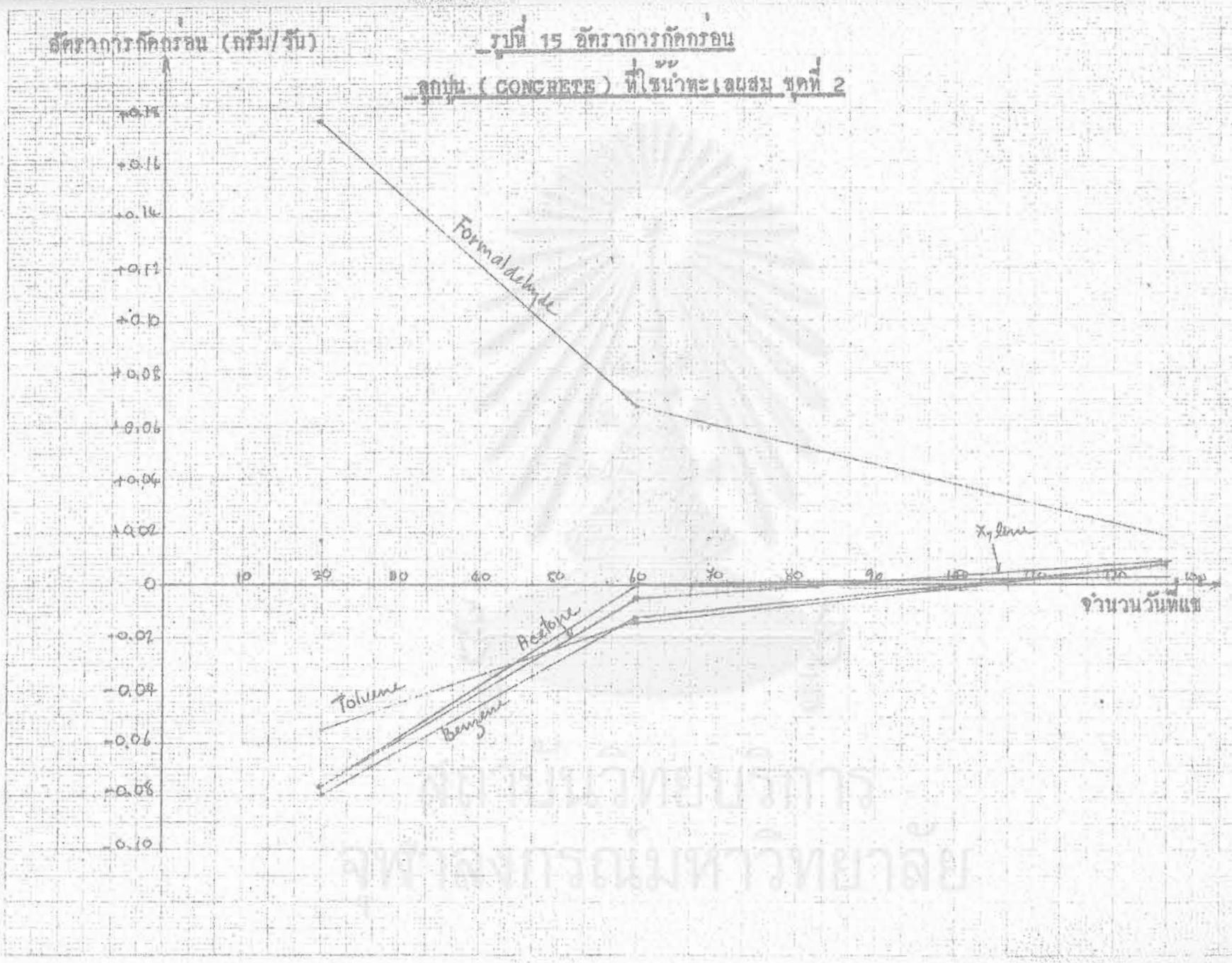


รูปที่ 14 อัตราการกัดกร่อน

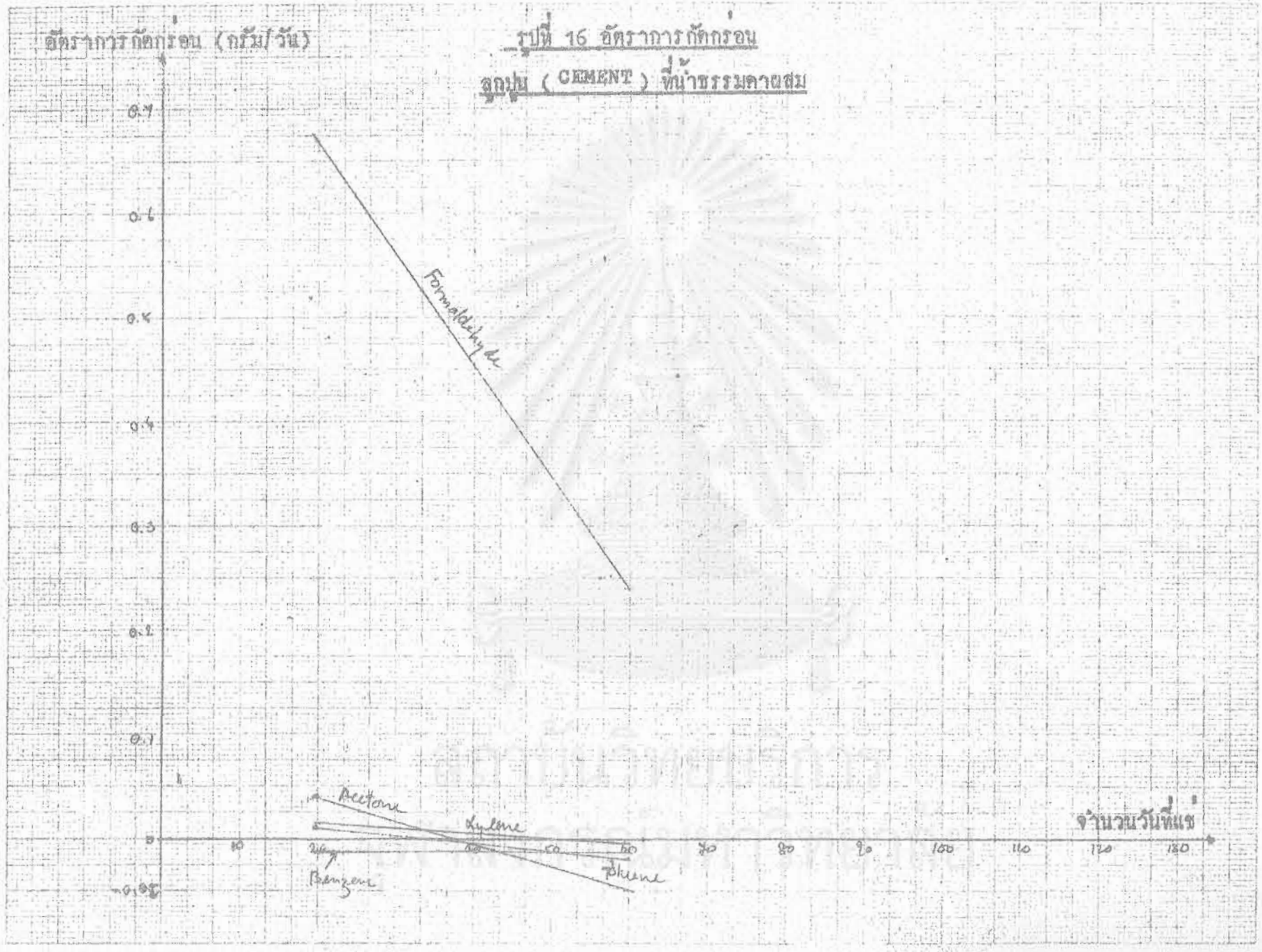
อัตราการกัดกร่อน (กรัม/วัน) ลูกปูน (CONCRETE) ที่ใช้น้ำทะเลผสม ชุดแรก



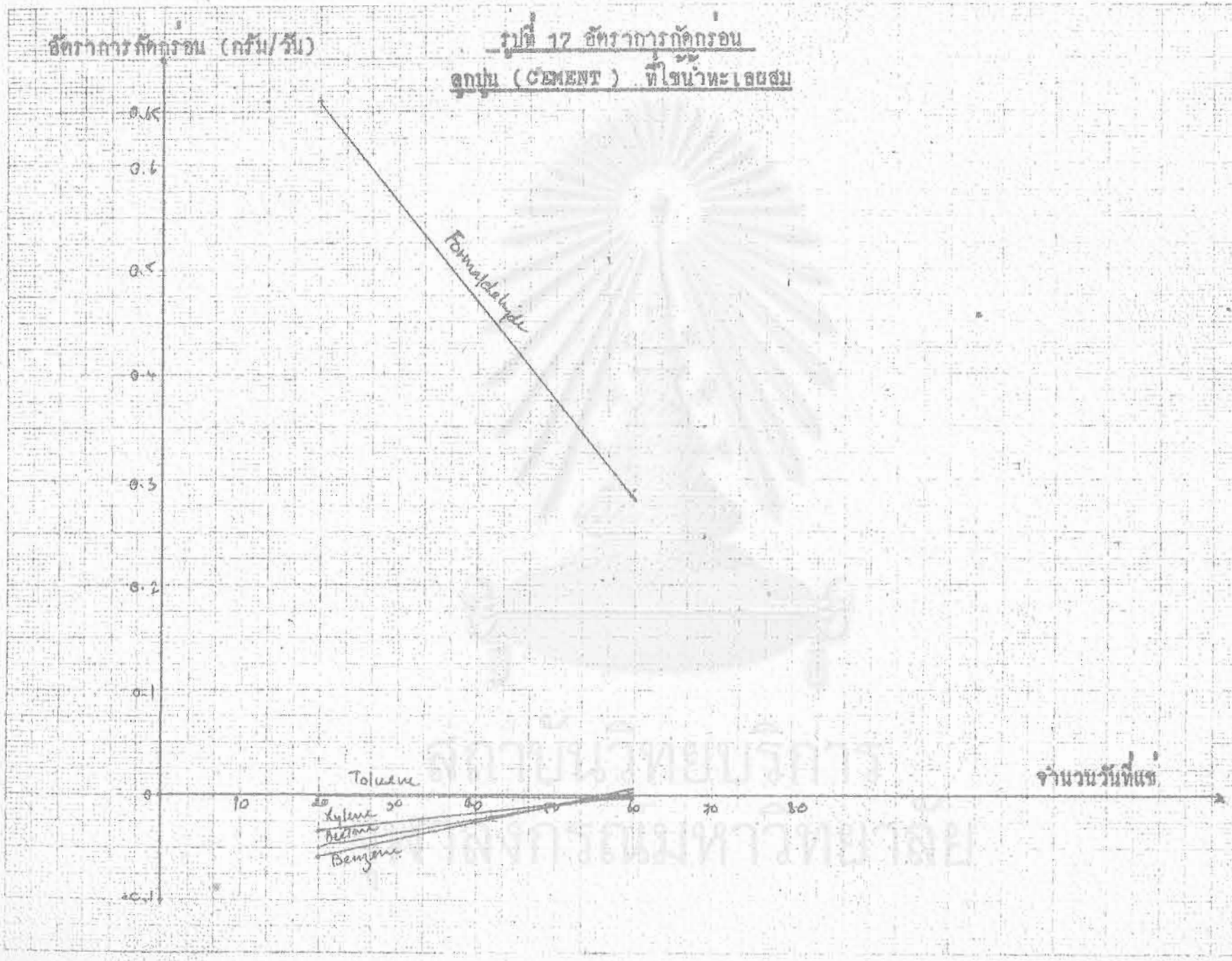
รูปที่ 15 อัตราการกัดกร่อนลูกปูน (CONCRETE) ที่ใช้น้ำทะเลผสม ชุดที่ 2



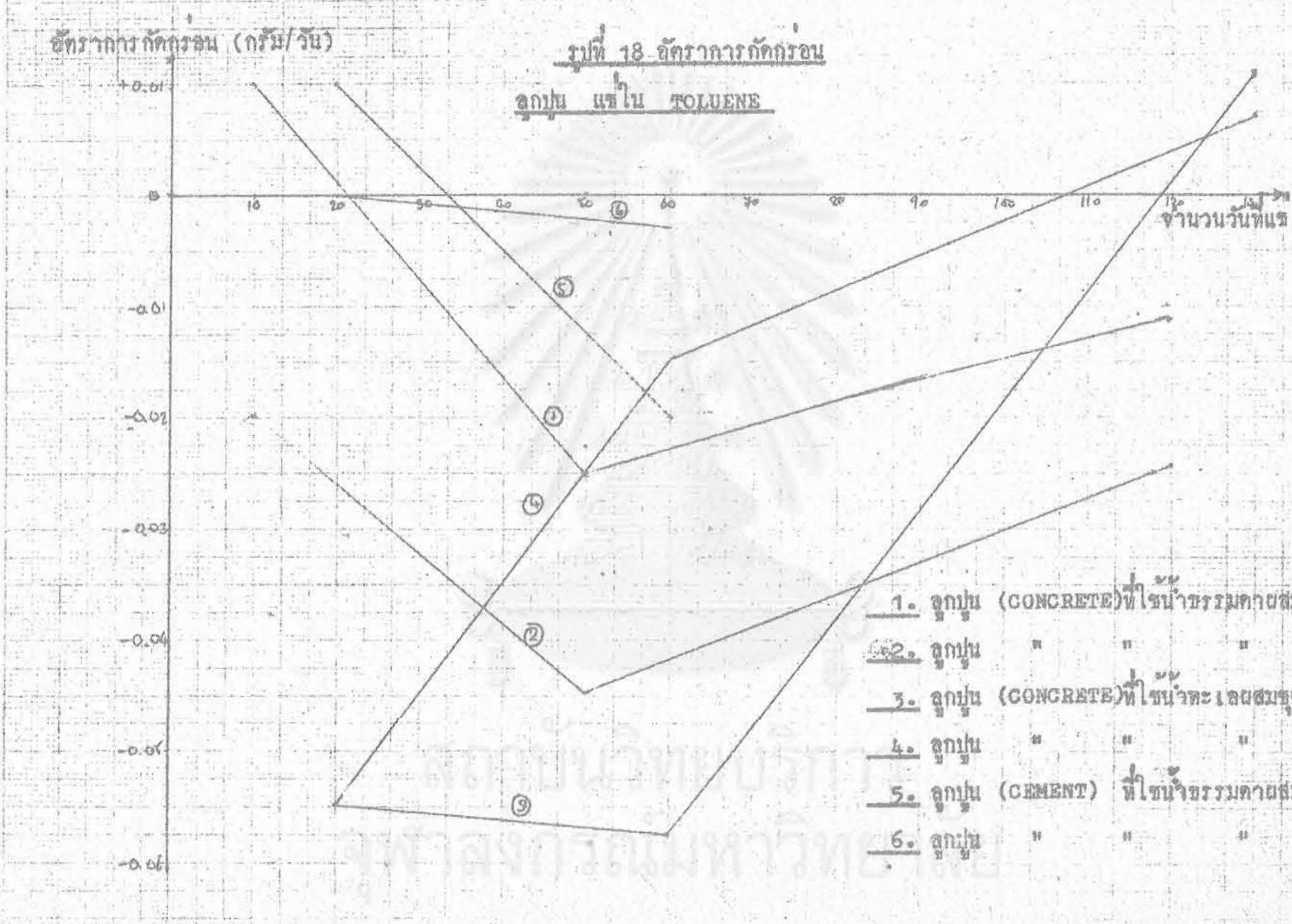
รูปที่ 16 อัตราการกัดกร่อนลูกปูน (CEMENT) ที่น้ำธรรมดาผสม



รูปที่ 17 อัตราการกัดกร่อน
ลูกปูน (CEMENT) ที่ใช้น้ำทะเลผสม

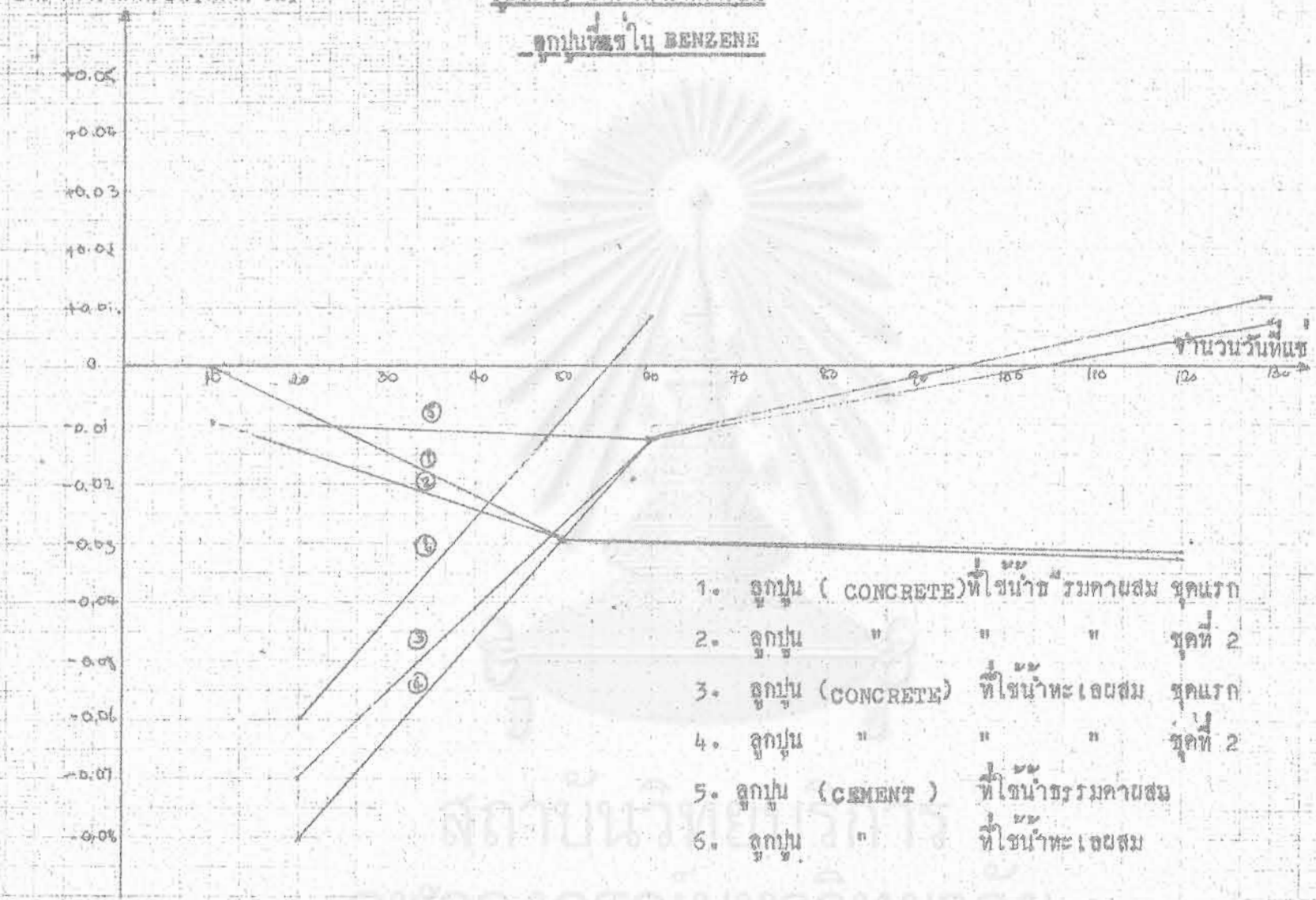


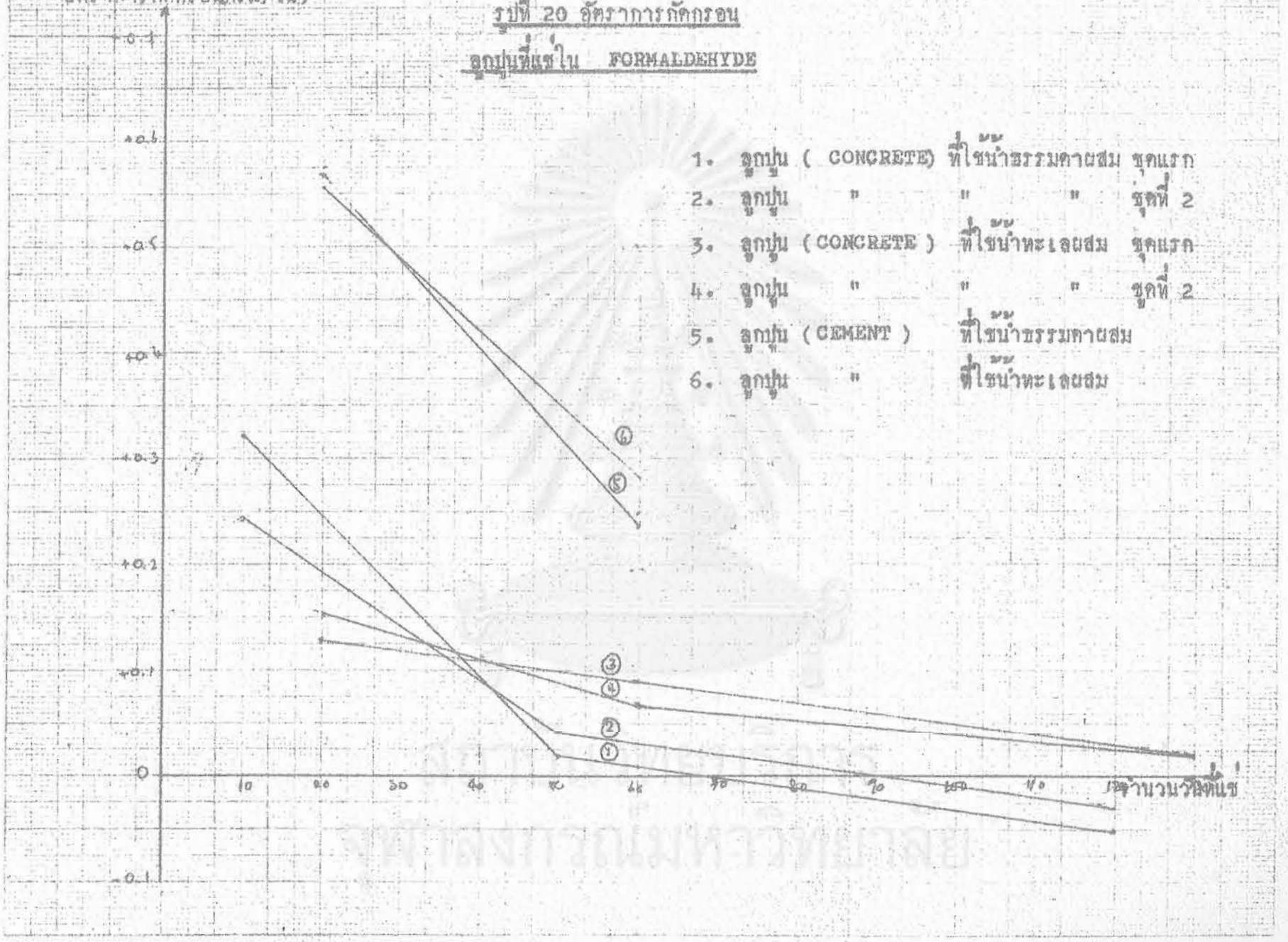
รูปที่ 18 อัตราการกัดกร่อน
ลูกปูน แช่ใน TOLUENE



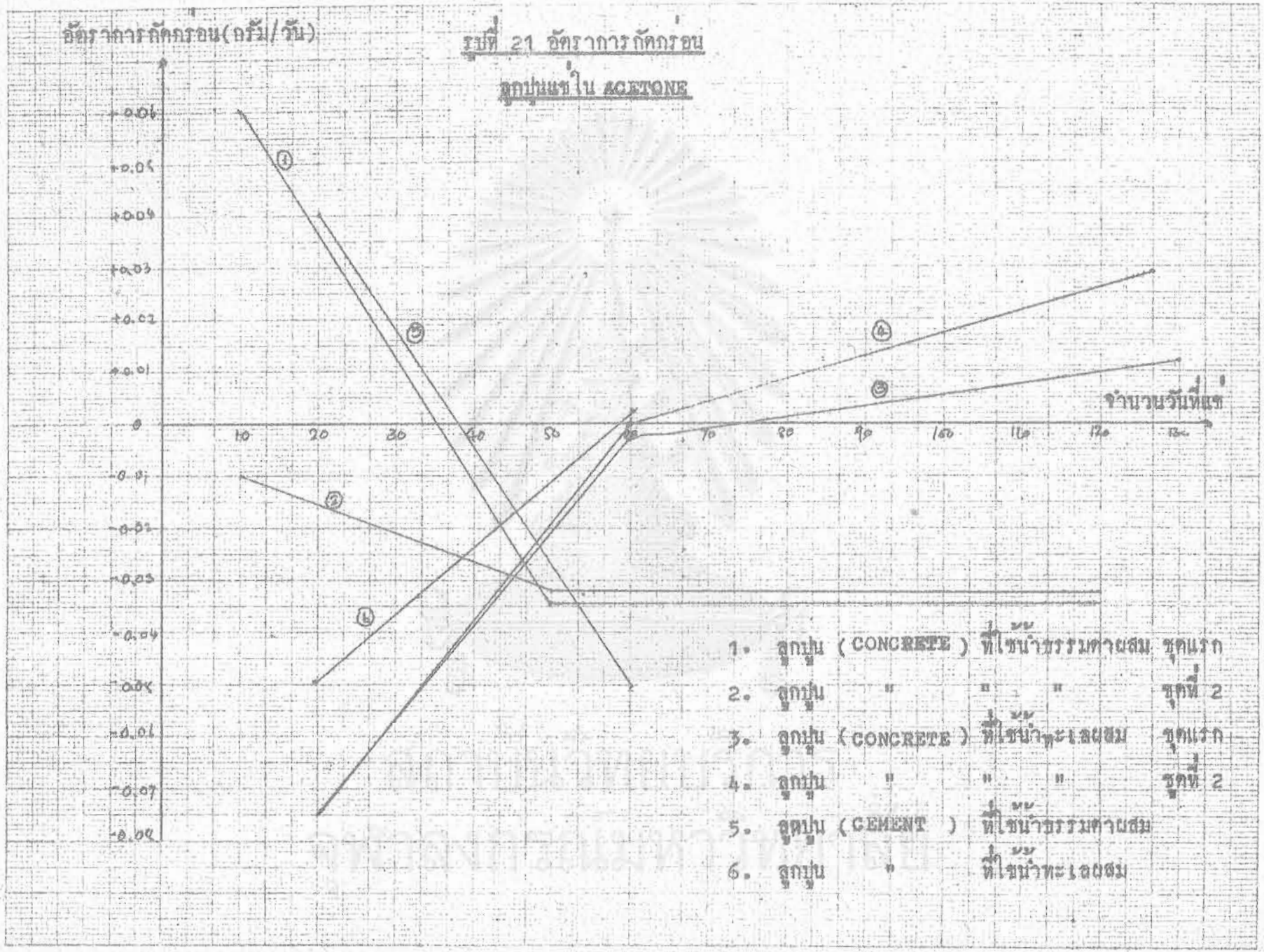
1. ลูกปูน (CONCRETE)ที่ใช้น้ำธรรมดาผสมชุดที่
2. ลูกปูน " " " ชุดที่
3. ลูกปูน (CONCRETE)ที่ใช้น้ำทะเลผสมชุดแรก
4. ลูกปูน " " " ชุดที่
5. ลูกปูน (CEMENT) ที่ใช้น้ำธรรมดาผสมชุดที่
6. ลูกปูน " " " ชุดที่

รูปที่ 19 อัตราการกัดกร่อน
ลูกปูนที่แช่ใน BENZENE

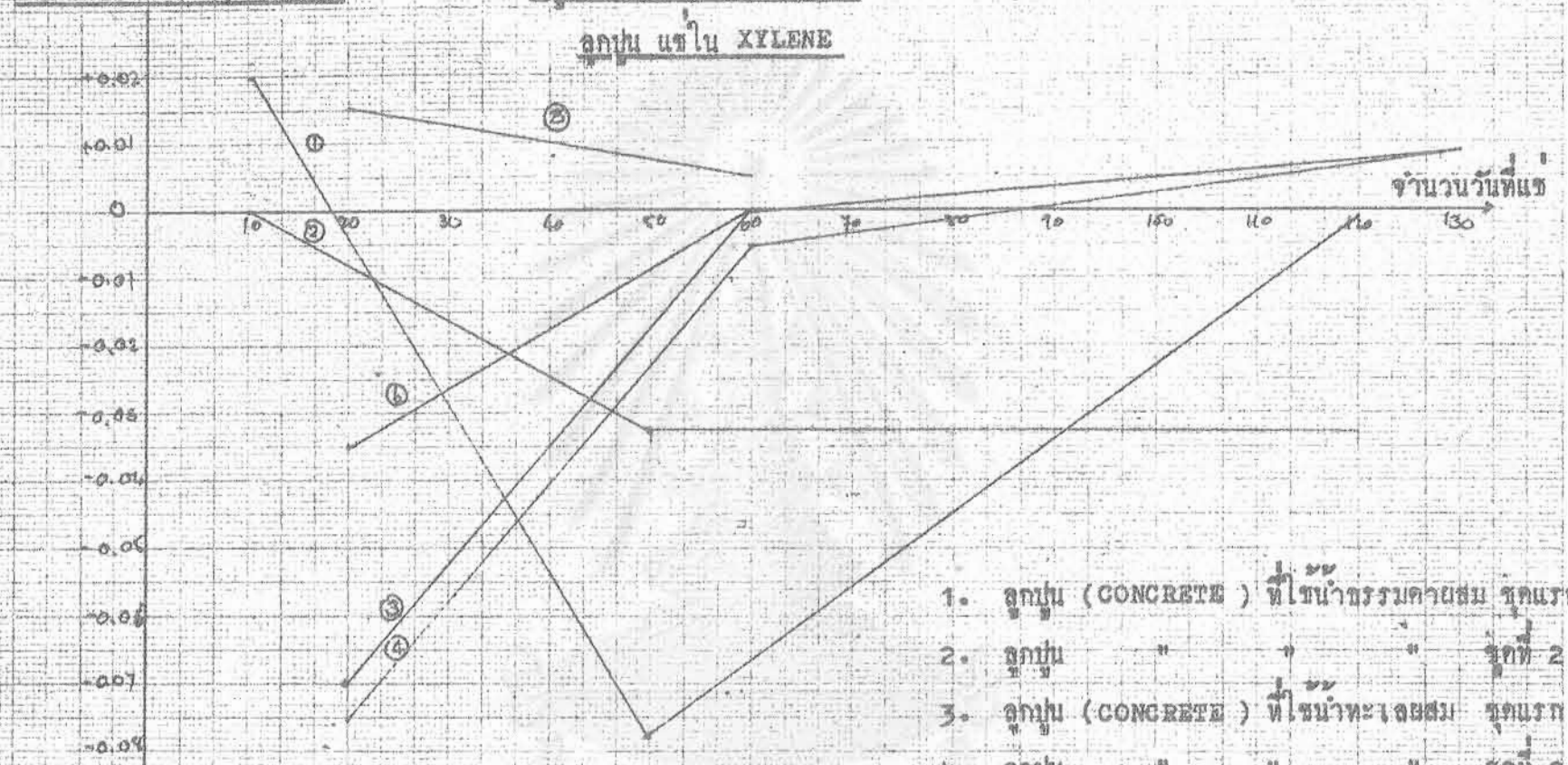




รูปที่ 20 อัตราการกัดกร่อน
ลูกปูนที่แช่ใน FORMALDEHYDE



รูปที่ 21 อัตราการกัดกร่อน
ลูกปูนแช่ใน ACETONE



รูปที่ 22 อัตราการกัดกร่อน

ลูกปูน แช่ใน XYLENE

1. ลูกปูน (CONCRETE) ที่ใช้น้ำธรรมดาผสม ชุดแรก
2. ลูกปูน " " " ชุดที่ 2
3. ลูกปูน (CONCRETE) ที่ใช้น้ำทะเลผสม ชุดแรก
4. ลูกปูน " " " ชุดที่ 2
5. ลูกปูน (CEMENT) ที่ใช้น้ำธรรมดาผสม
6. ลูกปูน " ที่ใช้น้ำทะเลผสม