รายงาน

โครงงานพิเศษ (SPECIAL PROJECT)

หัวข้อเรื่อง

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตด้วยคอมพิวเตอร์

โดย

นาย วิสิทธิ์ จรรยาพาณิชย์

รหัส 291918

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา SPECIAL PROJECT

ภาควิชา เทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้

หน้าอนุมัติ

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

.....

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

กรรมการวัดผล ..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. สุรัตน์ หวังเจริญ)

..... กรรมการ

(อ. เกษม อมันตกุล)

..... กรรมการ

(อ. สุพจน์ ศรีนิล)

..... กรรมการ

(ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ)

..... กรรมการ

(อ. อำนวย พานิชกุลพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027105

..... กรรมการ

(ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ)

..... กรรมการ

(อ. ศิลป์ชัย จานสุวรรณ)

..... กรรมการ

(อ. วิบูลย์ วุฒิญาณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันนี้เครื่องคอมพิวเตอร์ มีบทบาทเข้ามาสู่ชีวิตของมนุษย์เรามากขึ้น ในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าด้านการศึกษา ด้านธุรกิจต่างๆ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งนี้เพราะว่ามนุษย์เริ่มประจักษ์เห็นคุณค่า และความสามารถของคอมพิวเตอร์ ที่จะช่วยแก้ปัญหาและลดความยุ่งยากซับซ้อนของการทำงานที่ซ้ำซาก งานที่ต้องอาศัยความรวดเร็วและความถูกต้องในการทำงานสูง รวมทั้งสาเหตุจากที่คอมพิวเตอร์ซึ่งในอดีตมีการใช้งานที่ยุ่งยาก มีขนาดใหญ่โต มีหน่วยความจำไม่มาก และราคาแพงเกินกว่าที่จะนำมาใช้ในงานทั่วไป แต่ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์ มีการใช้งานที่ง่ายขึ้นมีประสิทธิภาพสูงและมีราคาไม่แพงมากนัก จึงเป็นเหตุให้คอมพิวเตอร์แพร่หลายไปอย่างกว้างขวาง ซึ่งต่อไปก็คงเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

โครงการพิเศษ (SPECIAL PROJECT) ชิ้นนี้เป็นการนำเอาความสามารถของคอมพิวเตอร์มาออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต (CONCRETE MIXED DESIGN) ซึ่งเป็นงานที่ยุ่งยากซับซ้อนพอสมควร แต่การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้โดยที่ผู้ใช้จะโต้ตอบและ ให้ข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต มีลักษณะการใช้งานอย่างง่ายๆ แต่ให้ความถูกต้องและมีความรวดเร็วสูง จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการพิเศษชิ้นนี้จะ เกิดประโยชน์ต่อผู้สนใจ นักศึกษา วิศวกร ผู้ประกอบอาชีพทางด้านการก่อสร้าง ซึ่งต้องใช้งานด้าน CONCRETE MIXED DESIGN

ผู้จัดทำ

(นายวิสิทธิ์ จรรยาพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทที่ 1 การกำหนดส่วนผสมของคอนกรีต	
การกำหนดส่วนผสมของคอนกรีต	1
วิธีของ NIls Odemark	4
วิธีของ ACI	5
วิธีของชลประทานซีเมนต์ (Modified)	5
การเปรียบเทียบการออกแบบส่วนผสมที่เหมาะสม	6
บทที่ 2 วิธีหาส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธี Modified	
วิธีหาส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธี Modified	26
บทที่ 3 การใช้งานโปรแกรม Mixed Design	
ขั้นตอนการใช้งาน	33
รายละเอียดของแต่ละคำสั่ง	37
บทที่ 4 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
ข้อสรุปและเสนอแนะ	45
ภาคผนวก ก ประวัติภาษาปาสคาล	47
ภาคผนวก ข การตั้งชื่อแฟ้ม (File) ของ DOS	49
ภาคผนวก ค แสดงโปรแกรม Concrete Mixed Design	50
บรรณานุกรม	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษ (Special Project) ชิ้นนี้เป็นงานเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการออกแบบส่วนผสมของคอมพิวเตอร์ (Concrete Mixed Design) โดยใช้วิธีการออกแบบส่วนผสมของ บริษัท ชลประทานซีเมนต์ จำกัด ซึ่งอาจเรียกว่าวิธี Modified เพราะเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการออกแบบของ American Concrete Institute (ACI) การเขียนโปรแกรมใช้ภาษาปาสคาล โดยผ่าน Compliler ของ TURBO PASCAL version 5.0

สำหรับเนื้อหาของรายงานฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาเป็น 4 บท โดยในแต่ละบทมีเนื้อหาที่พอจะสรุปได้ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงหลักการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต วิธีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตในแบบต่าง ๆ ภาคหลังของบทนี้จะเปรียบเทียบวิธีการออกแบบส่วนผสมที่นิยมใช้กันทั่วไป 3 วิธี คือ วิธีของ Odemark , ACI และ Modified ว่าวิธีไหนจะเหมาะสมสำหรับการใช้งานในประเทศไทย และเหตุผลของการเลือกวิธี Modified มาใช้ในการเขียนโปรแกรมออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต โดยพิจารณาถึง ราคาของคอนกรีต ความยากง่ายในการทำงาน โดยที่มีคุณสมบัติในการรับกำลังอัด และค่าการยุบตัวคงเดิม

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตโดยวิธี Modified ของชลประทานซีเมนต์ โดยอธิบายขั้นตอนการออกแบบ พร้อมยกตัวอย่างการออกแบบประกอบ

บทที่ 3 กล่าวถึงการใช้งาน (User's Manual) ของโปรแกรม Concrete Mixed Design

บทที่ 4 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

การกำหนดส่วนผสมของคอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยวัสดุต่าง ๆ ซึ่งถูกนำมาผสมเข้าด้วยกันให้เป็นคอนกรีตที่มีคุณภาพตามต้องการ โดยอาจเป็นเพียงคอนกรีตที่ทำขึ้นเพื่อให้ได้รับกำลังอัดเพียงเล็กน้อย เช่น เป็นตัวรับแรงกระแทก หรือเป็นคอนกรีตที่ต้องรับกำลังสูง เพื่อใช้ในโครงสร้างบางจำพวก หรือ เป็นคอนกรีตชนิดแน่นและหนักอันอาจทนแรงอัดได้ถึง 700 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่อใช้เป็นฉากป้องกันการแผ่กระจายรังสี หรือเป็นคอนกรีตที่เกิดความร้อนน้อย เพื่อที่จะใช้กับงานเทคอนกรีตที่หนา ๆ หรือเป็นคอนกรีตที่มีราคาถูกจนสามารถที่จะนำไปใช้สร้างเขื่อนได้ถูกกว่าเขื่อนที่ทำด้วยดินเป็นต้น ฉะนั้นการกำหนดส่วนผสมของคอนกรีตจึงขึ้นกับความต้องการดังตัวอย่างที่นำมากล่าวแล้วเป็นส่วนหนึ่ง

นอกเหนือไปจากคุณภาพที่ต้องการดังกล่าวแล้ว การกำหนดส่วนผสมของคอนกรีตยังต้องพิจารณาถึงวัสดุที่ใช้ซึ่งหมายรวมไปถึง ขนาด รูปร่าง ความลดหลั่นของขนาด ซึ่งล้วนมีอิทธิพลต่อส่วนผสมอันจะทำให้เกิดความยากง่ายในการทำงาน หรือความแน่นของเนื้อคอนกรีต หรือความสะดวกในการตบแต่งผิวหน้าของคอนกรีต เป็นต้น

อาจกล่าวได้ว่าส่วนผสมที่ถูกต้องของคอนกรีตคือ ส่วนผสมที่ทำให้ประหยัดที่สุด และมีสัดส่วนของวัสดุต่าง ๆ ซึ่งทำให้คอนกรีตทำงานได้ง่ายในเมื่อยังไม่แข็งตัว อีกทั้งเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จะมีกำลังและคุณภาพตามต้องการ

ความยากง่ายในการทำงานนั้น ไม่อาจวัดหรือกำหนดได้ง่าย ๆ นอกเหนือจะอาศัยความชำนาญและความช่างสังเกต อีกทั้งวัสดุที่ใช้ในแต่ละครั้ง และแต่ละงาน ย่อมมีความแตกต่างและเปลี่ยนแปลงไปมาก ฉะนั้นการกำหนดส่วนผสมที่ถูกต้องจึงไม่เพียงแต่ศาสตร์ (Science) แต่เพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยศิลปะ (Art) เข้าร่วมด้วย กล่าวคือ ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิศวกรผู้ใดสามารถกำหนดส่วนผสมของคอนกรีตที่ถูกต้องได้โดยอาศัยการนั่งคำนวณอยู่บนโต๊ะทำงานเท่านั้น แต่ต้องอาศัยการปรับแก้ไขสัดส่วนต่าง ๆ อันเป็นผลที่ได้จากคำนวณเป็นหลักการกำหนดส่วนผสมของคอนกรีตที่จะกล่าวต่อไปนี้

การกล่าวถึงส่วนผสมของคอนกรีตนั้น ในปัจจุบันใช้อยู่ 2 อย่างคือโดยปริมาณและโดยน้ำหนัก การผสมโดยปริมาณนั้นสามารถทำได้ง่าย เพราะอาจใช้ภาชนะอะไรเป็นเครื่องตวงวัดก็ได้ แต่ผลที่ได้คลาดเคลื่อนได้มากไม่ค่อยแน่นอน โดยเฉพาะการตวงวัดทรายซึ่งเมื่อมีความชื้นเข้าร่วมปริมาตรจะเปลี่ยนแปลงไปได้มาก ฉะนั้นถ้าสามารถทำได้ ควรวัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก ซึ่งจะให้ผลที่ถูกต้องกว่าและถึงแม้ว่าทรายจะชื้น น้ำหนักก็จะเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย

ก่อนจะลงมือหาส่วนผสมของคอนกรีต จะต้องทราบถึงวัตถุประสงค์ที่จะต้องนำไปใช้เสียก่อน อันได้แก่

1. กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดเป็นกำลังอัดที่ของคอนกรีตเมื่อมีอายุ 28 วัน

2. ชนิดของงาน เพื่อที่จะกำหนดความข้นเหลวของส่วนผสมให้ทำงานได้สะดวกความข้นเหลวที่พอเหมาะนี้ใช้ค่าเกณฑ์ยุบตัว (Slump) ของคอนกรีตเป็นตัวกำหนด

3. คุณสมบัติพิเศษของคอนกรีต เช่น ให้สามารถทนซัลเฟตได้สูงเป็นต้น ทั้งนี้เพื่อจะได้เลือกใช้ปูนซีเมนต์ให้ถูกประเภท

4. ใช้สารที่ทำให้เกิดฟองอากาศร่วมด้วยหรือไม่

5. ขนาดของคอนกรีตที่ทำขึ้น เพราะจะเป็นตัวที่กำหนดขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้

นอกเหนือไปจากวัตถุประสงค์ดังกล่าวมาข้างต้น คุณสมบัติของวัสดุที่จะใช้ก็เป็นสิ่งหนึ่งซึ่งจะต้องทราบ อันได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความลดหลั่นของขนาด (Gradation) ของหินและทราย ซึ่งได้มาจากการร่อนหินหรือทรายผ่านตะแกรงมาตรฐานหลาย ๆ ขนาดแล้วหาเปอร์เซนต์ของหินหรือทรายในแต่ละขนาด

2. ค่าแห่งความละเอียด (Fineness Modulus) ของหินและทราย เป็นตัวเลขซึ่งไม่มีหน่วย ได้จากการรวมเปอร์เซนต์ของหินหรือทรายขนาดต่าง ๆ ที่ค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานแต่ละขนาด แล้วหารผลรวมด้วย 100 โดยทั่วไปค่าแห่งความละเอียดของทรายจะอยู่ระหว่าง 2.20 ถึง 3.20 และของหินมีค่าประมาณ 6.50,7.00 และ 7.50 ในเมื่อหินก้อนใหญ่สุดมีขนาด 3/4" , 1" และ 1 1/2 " ตามลำดับ ยิ่งตัวเลขนี้มีค่าสูงจะแสดงว่าหินหรือทรายมีความหยาบมาก ค่านี้มีประโยชน์ในการหาส่วนผสมของคอนกรีต ขอยกตัวอย่างการหาค่าแห่งความละเอียดของทราย ซึ่งเมื่อนำตัวอย่างไปร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานแล้วได้ผลดังตารางที่ 1

3. ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของวัสดุที่ใช้ สำหรับปูนซีเมนต์ ถ้าไม่สามารถหาได้อาจใช้ค่า 3.15 ส่วนหินหรือทรายนั้น ความชื้นที่ติดมาอาจทำให้ความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนแปลงไปได้

4. น้ำหนักต่อ 1 ลูกบาศ์เมตร (Bulk Unit Weight) ของหินหรือทราย หมายถึง น้ำหนักของหินหรือทรายที่เติมลงไปจนเต็มภาชนะจุ 1 ลูกบาศก์เมตร น้ำหนักที่กล่าวถึงนี้เป็น น้ำหนักของวัสดุรวมกับช่องว่างระหว่างเม็ดด้วยโดยปกติจะมีค่าระหว่าง 1,440 ถึง 1,940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร น้ำหนักที่ใช้ในที่นี้เป็นน้ำหนักของหินหรือทรายในสภาพ " แห้งและอิ่มตัว " (Saturated Surface Dry)

5. ความชื้น (Surface Moisture) ของหินหรือทราย หมายถึงปริมาณน้ำที่ห่อหุ้ม หรือติดกับเม็ดดินหรือเม็ดทรายตามสภาพที่แท้จริง ปริมาณน้ำจากความชื้นนี้เป็นปริมาณที่นอกเหนือไปจากที่เม็ดหินหรือทรายจะสามารถดูดเข้าไปในเม็ดได้อีกแล้ว ซึ่งที่เป็นส่วนที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดมาตรฐานตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างที่ผ่าน	เปอร์เซนต์ของตัวอย่างที่ค้าง
4	98	2
8	85	15
16	65	35
30	45	55
50	21	79
100	3	97
		รวม 283

ตัวอย่างการหาค่าความละเอียดของทรายที่ทดสอบ

= 283 / 100 = 2.83

ตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้อง นำไปหักออกจากส่วนผสมในการคำนวณหาส่วนผสม โดยปกติจะกำหนดมาเป็นเปอร์เซนต์ของ น้ำหนักหินหรือทราย

จากวัตถุประสงค์ของคอนกรีตที่จะนำไปใช้ ซึ่งเราจะต้องทราบเสียก่อน และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ ดังได้กล่าวมาแล้วทำให้เกิดการคำนวณหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตโดยการทดลองผสมและอาศัยการปรับแก้สัดส่วนต่าง ๆ อันเป็นผลที่ทำได้มาจากการคำนวณนั้น ๆ และเก็บผลของการทดลองนั้น โดยอาศัยวิธีการทางสถิติ (Statistical method) ก่อให้เกิดวิธีคำนวณหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตด้วยวิธีต่าง ๆ มากมาย เช่นวิธีของ ACI วิธีของ Nils Odmeark หรือวิธีของ Stock home และวิธี Modified ของชลประทานซิ-เมนต์

ในที่นี้ จะแยกพิจารณาถึงวิธีคำนวนหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตในแต่ละวิธีโดยจะพิจารณาและศึกษาเพื่อสรุปว่าวิธีใดใน 3 วิธีที่กล่าวมาข้างต้นเป็นวิธีที่ดีที่สุด เหมาะสมกับการใช้งานคอนกรีตในสนามทั้งในด้านความข้น-เหลว และค่ากำลังที่กำหนด

<u>วิธีของ Nils Odemark</u>

วิธีการนี้ Nils Odemark วิศวกรโยธาที่ Royal Highway Institute ได้อธิบายการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต เป็น 7 ขั้นตอนดังนี้

1. หาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของคอนกรีตกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

2. ความข้น-เหลว หรือความสามารถเทได้ โดยพิจารณาจากค่า Slump หรือ Vebe

3. พิจารณาขนาดต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการออกแบบส่วนผสมที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sive analysis เช่นค่า Fineness Modulus

4. การหาจำนวนสำหรับคอนกรีต

5. การหาจำนวนซีเมนต์ จำนวนมวลรวมละเอียด (ทราย) และ มวลรวมหยาบ

6. หาอัตราส่วนผสม

7. การทดลองผสม

วิธีของ ACI

การคำนวณปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต โดยวิธีของ American Concrete Institute ได้แบ่งขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมเป็น 8 ขั้นตอน คือ

1. เลือกค่าความยุบตัวที่เหมาะสมกับประเภทของงาน

2. เลือกขนาดโตสุดของวัสดุผสม

3. คำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ผสมและปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น

4. เลือกอัตราส่วนผสมของน้ำต่อซีเมนต์

5. คำนวณปริมาณซีเมนต์ที่ต้องใช้

6. คำนวณปริมาณวัสดุผสมหยาบ

7. คำนวณปริมาณวัสดุผสมละเอียด

8. ปรับอัตราส่วนผสมเนื่องจากความชื้นของวัสดุผสม

วิธี Modified ของชลประทานซีเมนต์

เป็นวิธีการที่ปรับปรุงมาจากวิธีของ ACI เพื่อให้มีความสะดวกในการคำนวณส่วนผสมได้ดีขึ้น โดยแบ่งขั้นตอนการออกแบบส่วนผสม เป็น 8 ขั้นตอน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซิเมนต์

2. หาปริมาณน้ำในส่วนผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

3. หาปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสม

4. หาปริมาณหินในส่วนผสม

5. หาปริมาณอากาศในส่วนผสม

6. หาปริมาณทรายในส่วนผสม

7. ปรับแก้ส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

8. กำหนดส่วนผสมขั้นสุดท้าย

<u>การเปรียบเทียบวิธีออกแบบส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย</u>

เรื่องที่จะนำมากล่าวต่อไปนี้เป็นส่วนที่คัดลอกมาจากวิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาตรีของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี โดย นายจรัล จินดีมณีศิริกุล นายไทยรัฐ พงษ์สนิท นายสุทัศน์ ชุมศรี และนายสุมาน เอี่ยมอร่าม ซึ่งทั้ง 4 ท่านได้ศึกษาในเรื่องการเปรียบเทียบศึกษาวิธีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยวิธี Nils Odemark , ACI และวิธี Modified ของชลประทานซีเมนต์ ซึ่งมีหลักการศึกษาพอที่จะสรุปได้ดังนี้

1. คุณสมบัติของส่วนประกอบคอนกรีตที่จะศึกษา

ปูนซีเมนต์

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท I

- ค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15

มวลรวมละเอียด

- ค่าความถ่วงจำเพาะ 2.85

- โมดูลัสความละเอียด 2.742

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความชื้น 2 %

มวลรวมหยาบ

- ค่าความถ่วงจำเพาะ 2.87

- หน่วยน้ำหนัก 1,677 กก./ ลูกบาศก์เมตร

- ความชื้น น้อยมากไม่นำมาคิด

- ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ 1.5 นิ้ว

2. ช่วงค่าการยุบตัวที่พิจารณา (SLUMP)

แบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ

2.1 ช่วงความข้นเหลวแบบ Stiff Plastic มีค่าการยุบตัว 2.5 - 5 ซม.

2.2 ช่วงความข้นเหลวแบบ Plastic มีค่าการยุบตัว 7.5 - 10 ซม.

2.3 ช่วงความข้นเหลวแบบ Heavy Flowing มีค่าการยุบตัว 12.5 - 15 ซม.

3. ค่ารับกำลังอัดประลัยที่พิจารณา

แบ่งออกเป็น 4 ช่วงคือ

3.1 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

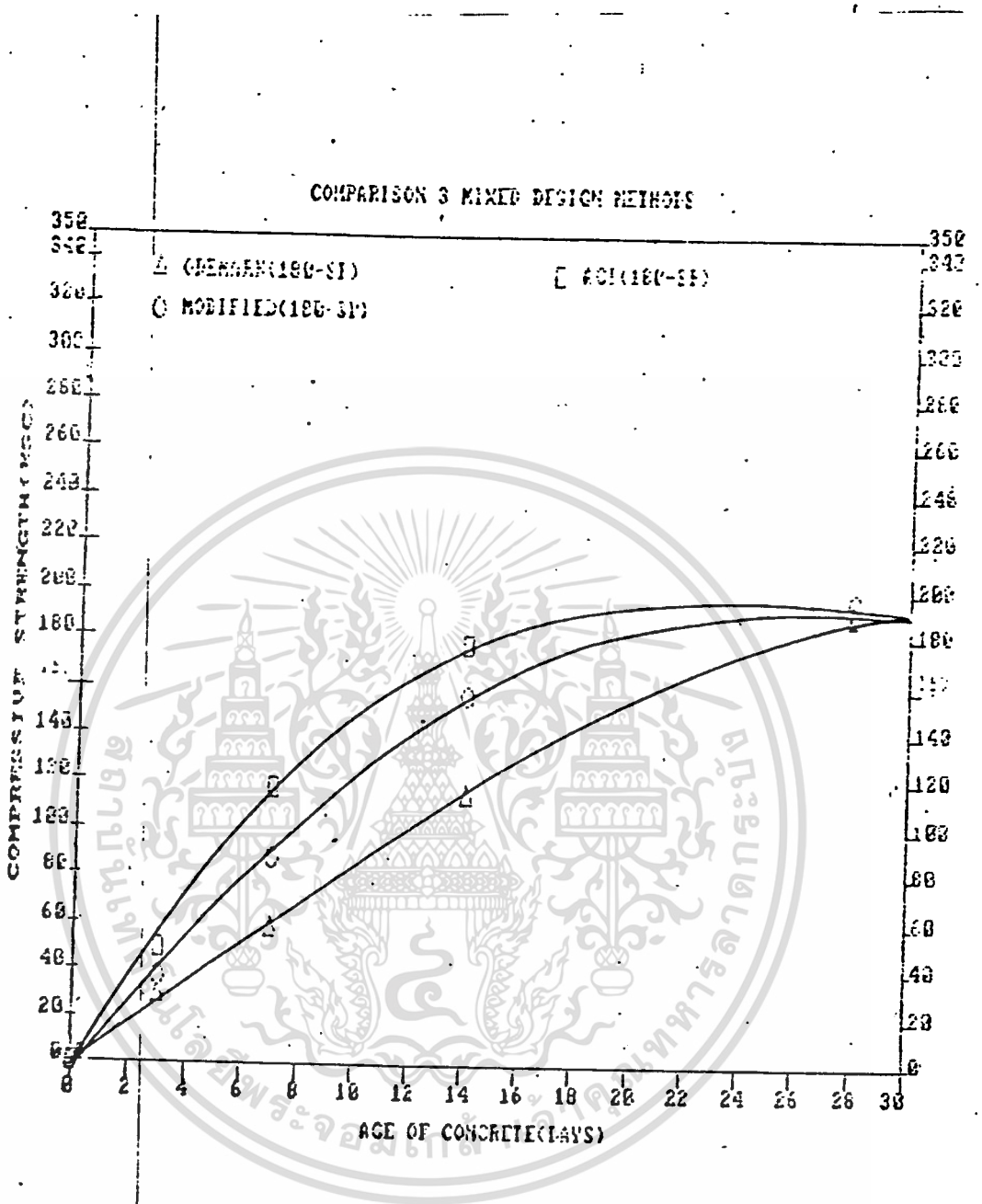
3.2 210 " ---------- "

3.3 250 " ---------- "

3.4 280 " ---------- "

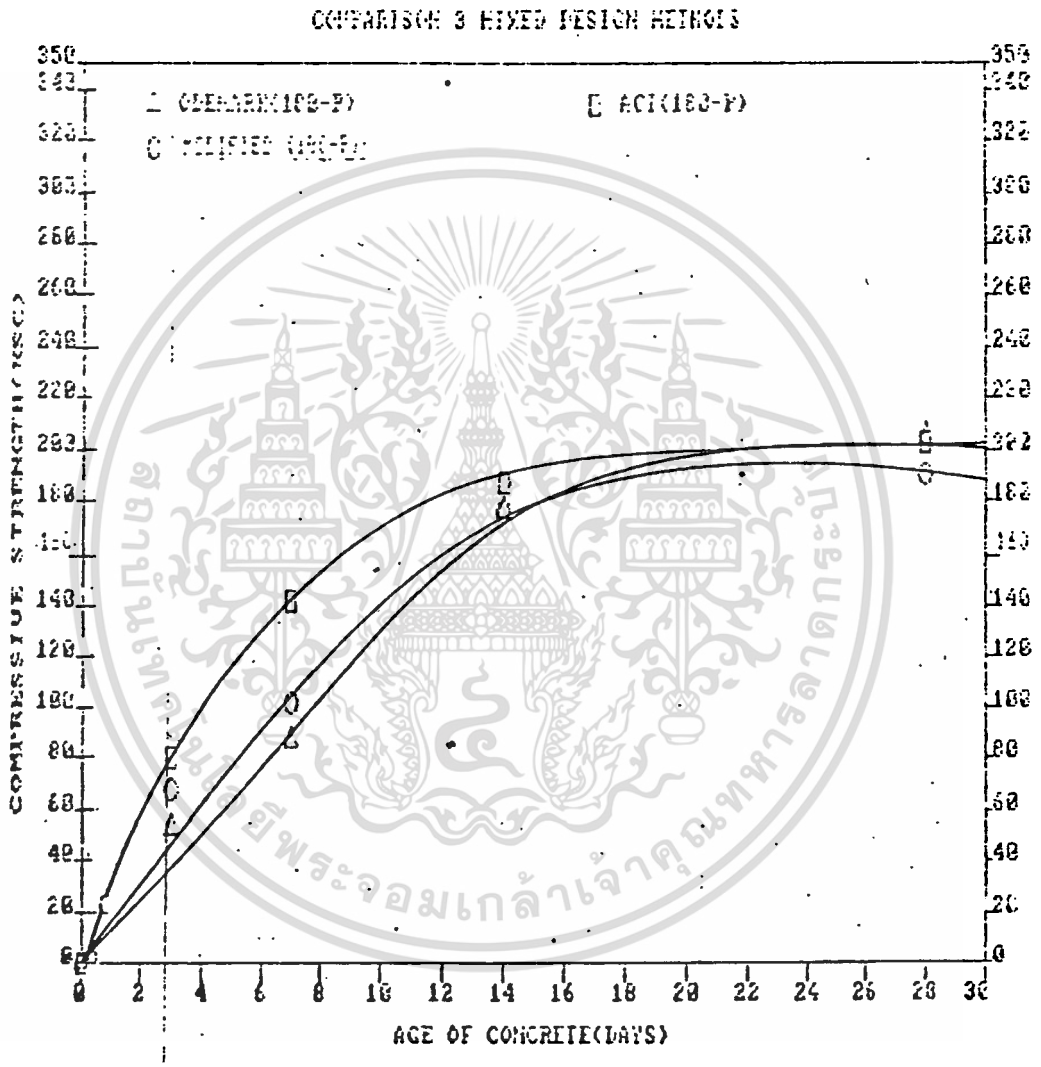
หลังจากทดลองเพื่อหาวิธีออกแบบส่วนผสมที่ดีที่สุด โดยมีเงื่อนไขข้อกำหนดข้างต้น สามารถได้ข้อสรุปอยู่ในรูปของกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1

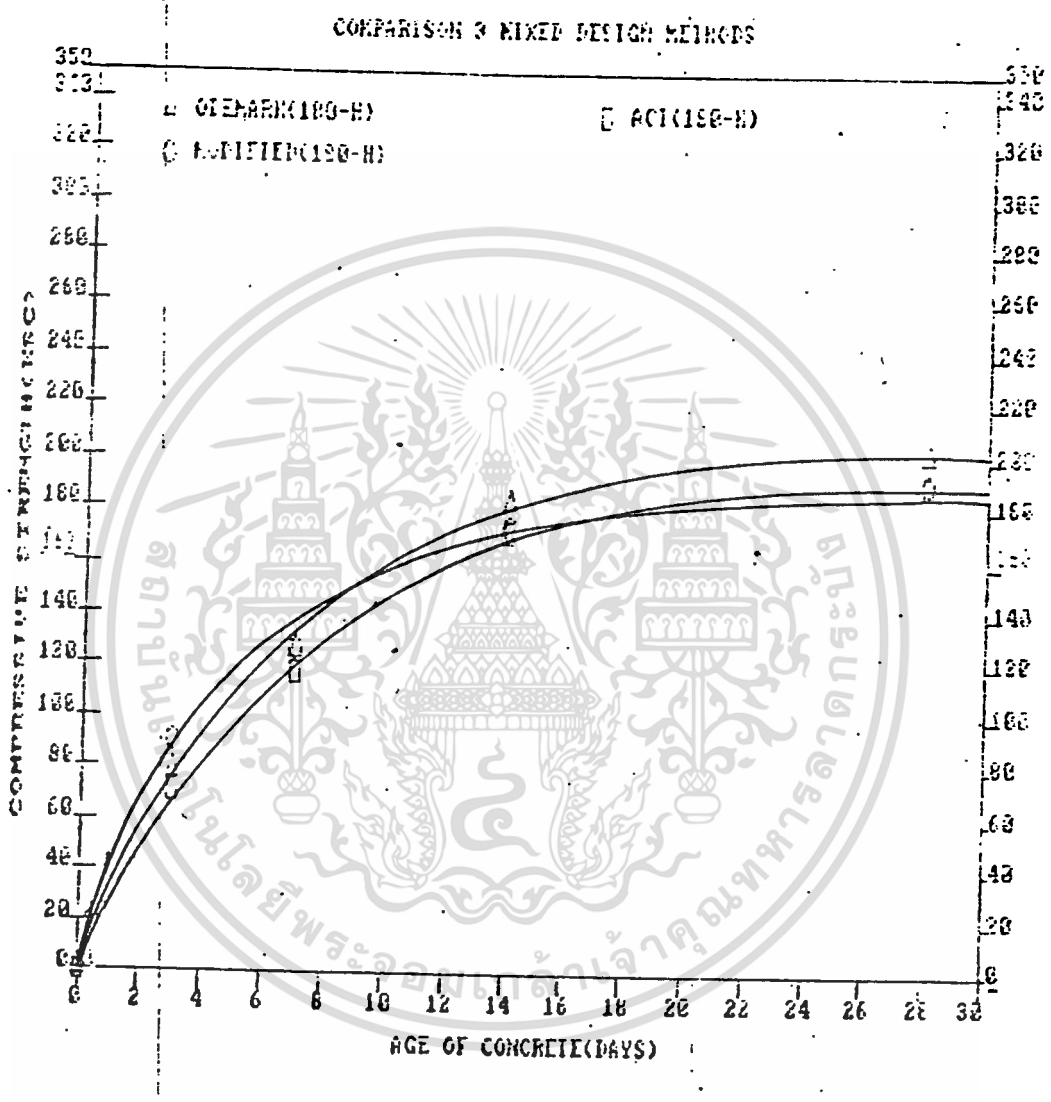
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2

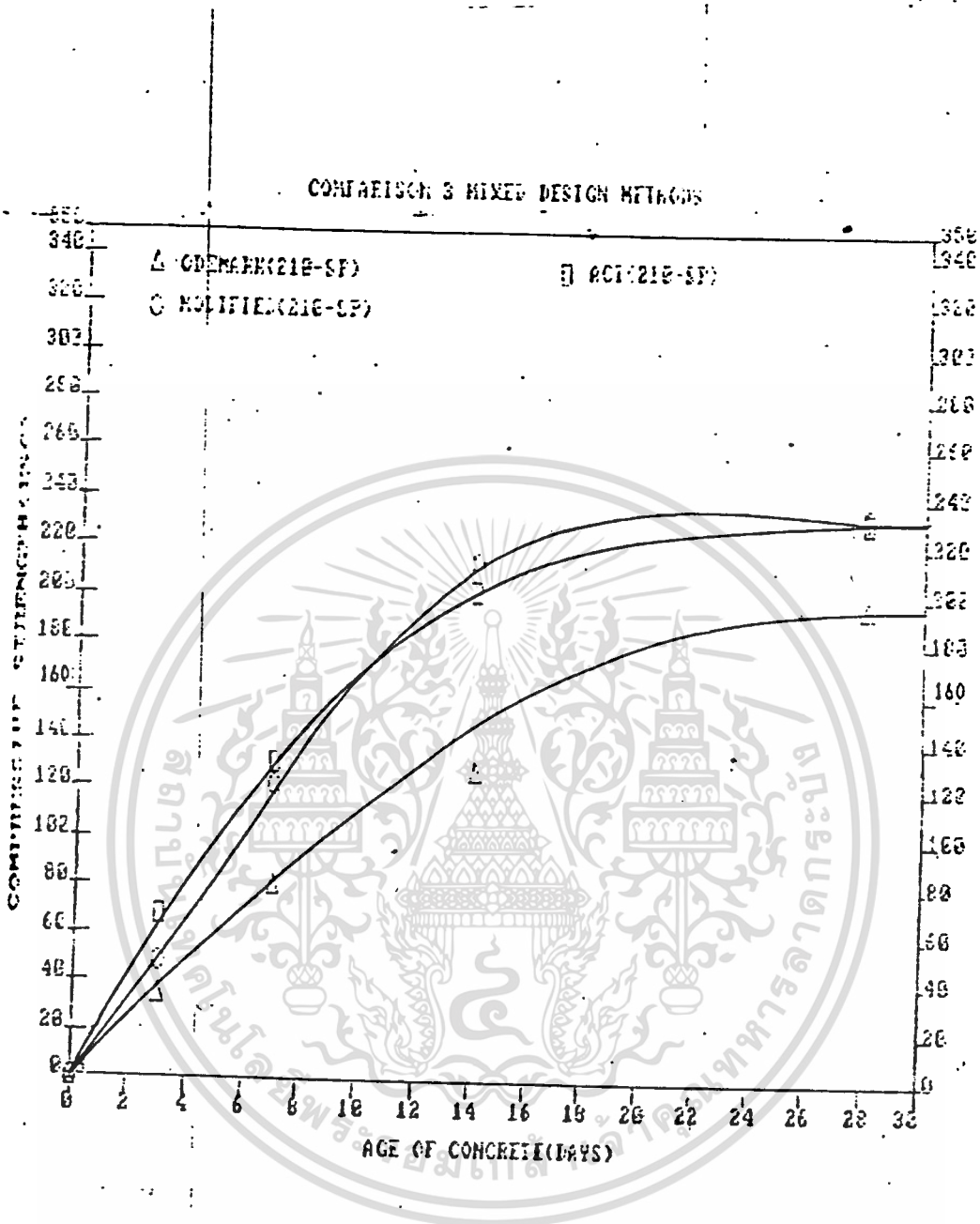
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027105



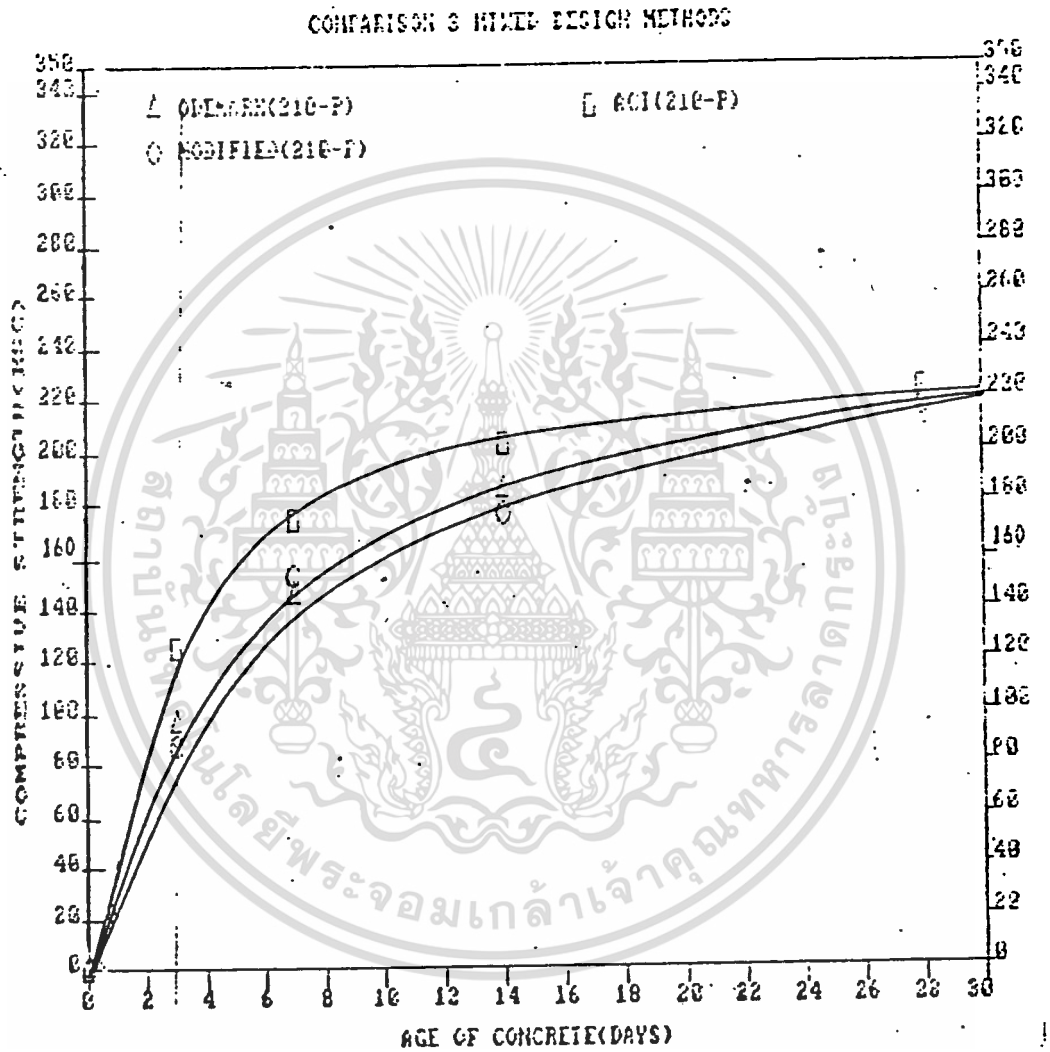
รูปที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



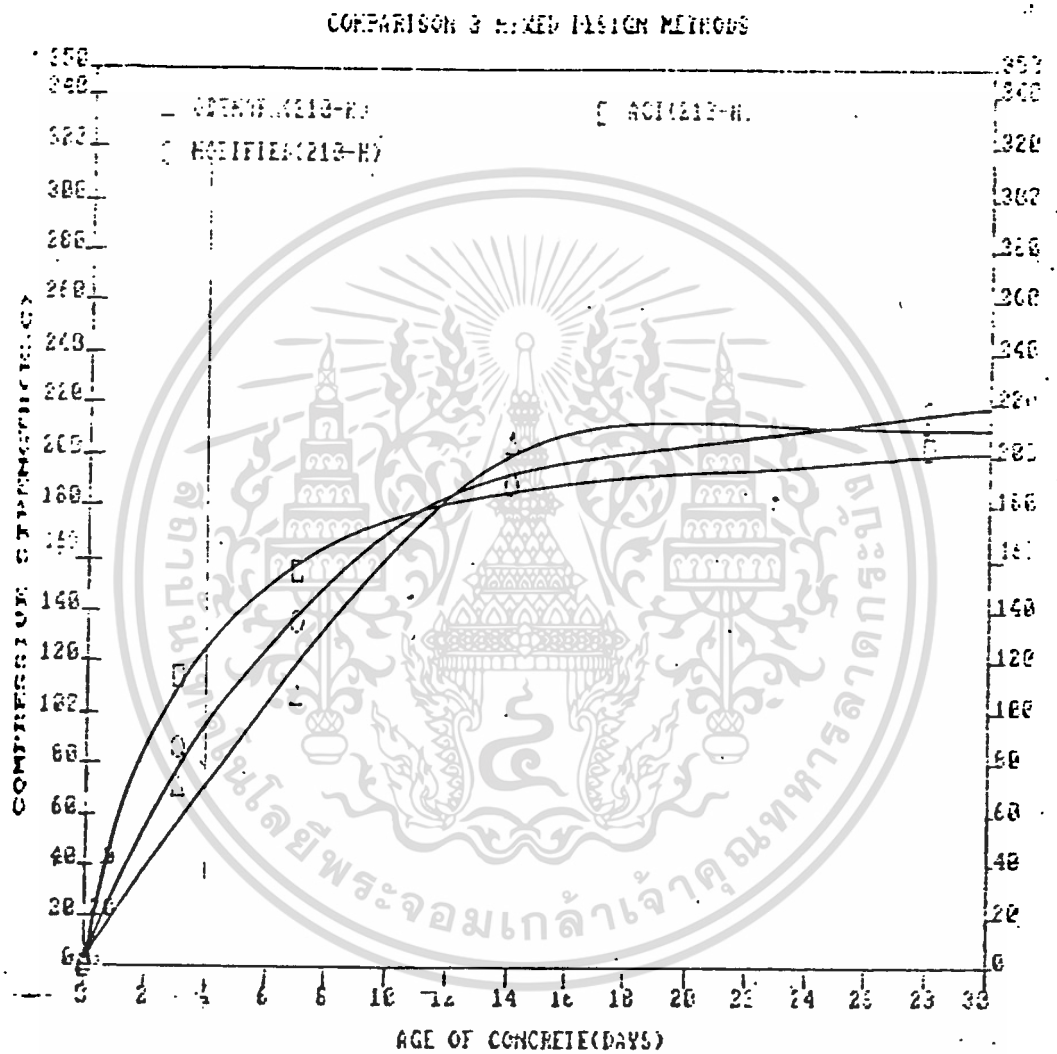
รูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



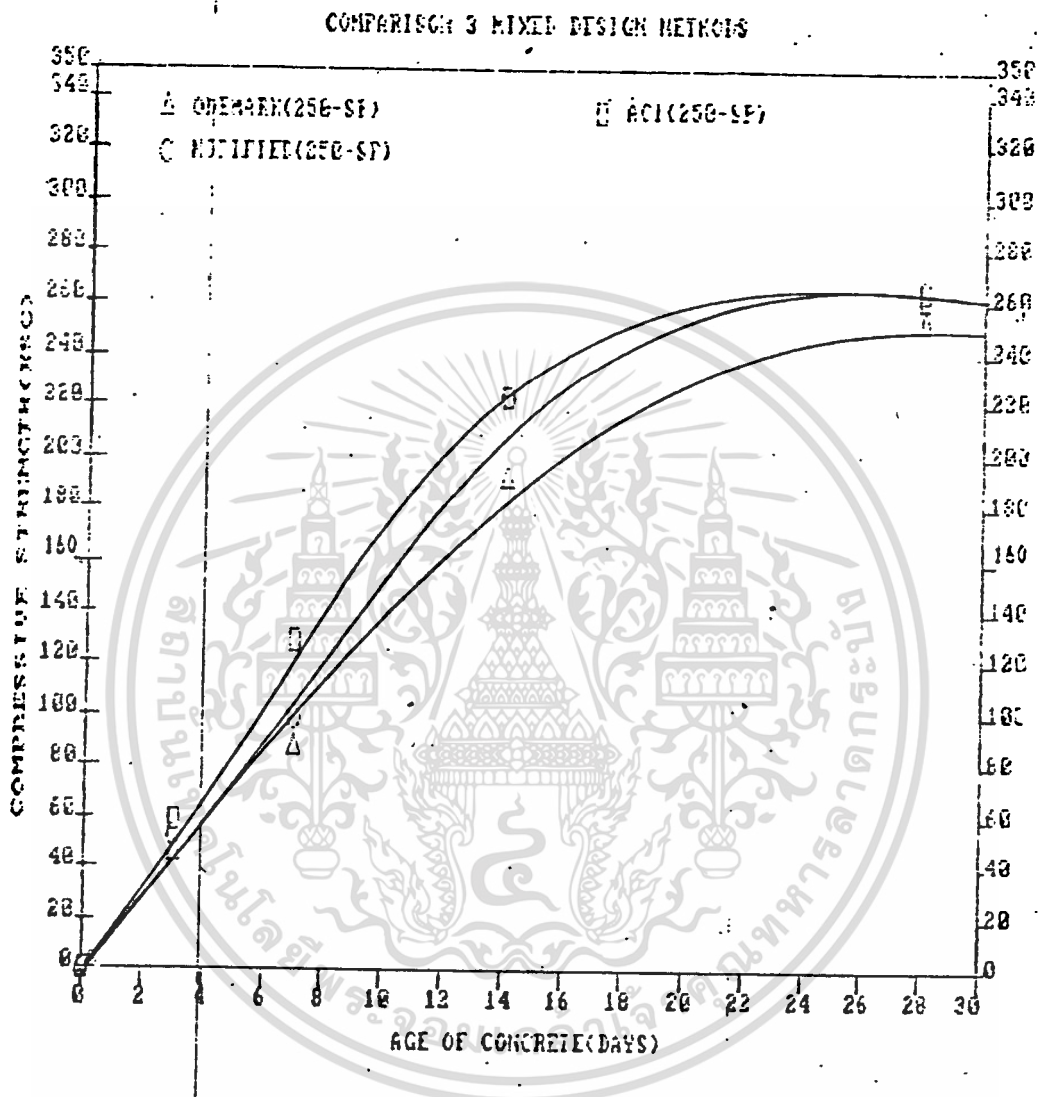
รูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



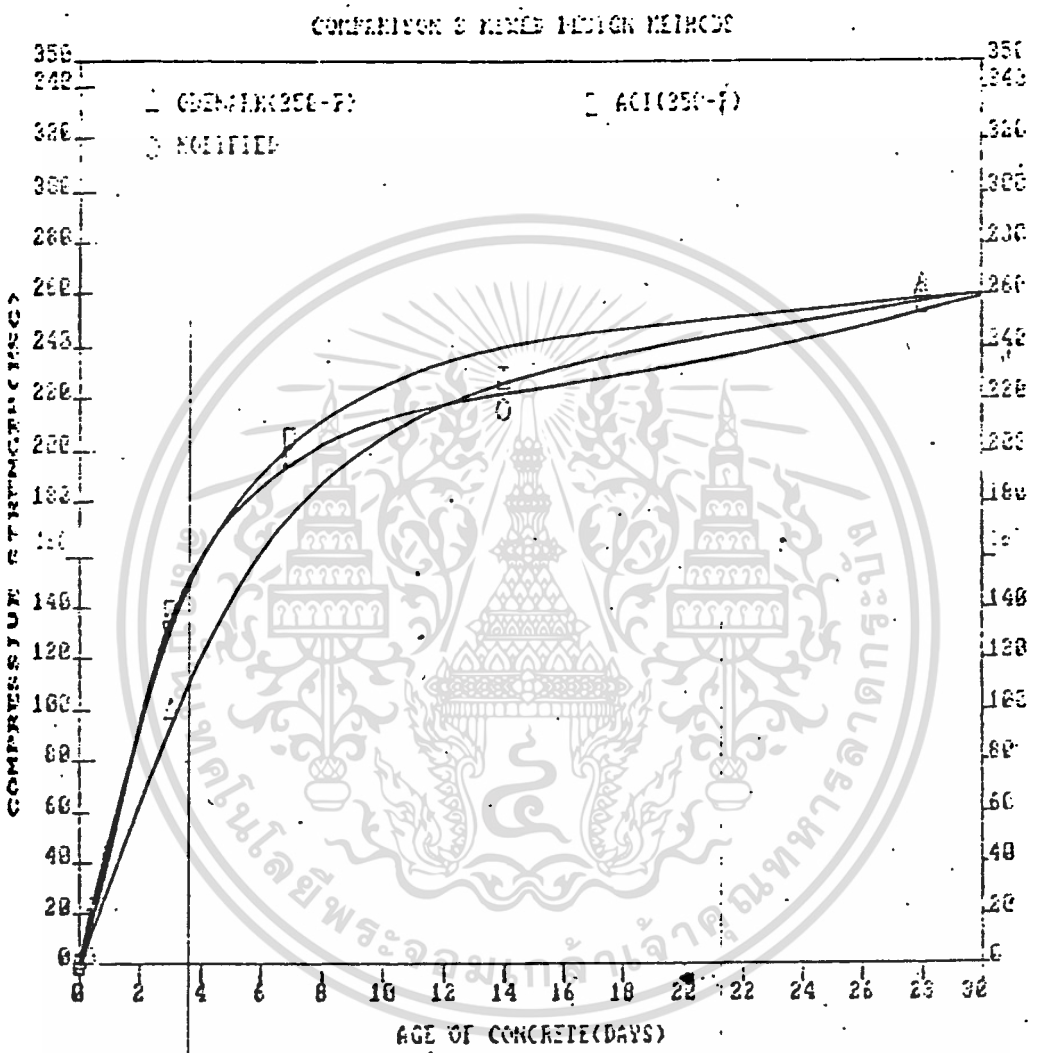
รูปที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



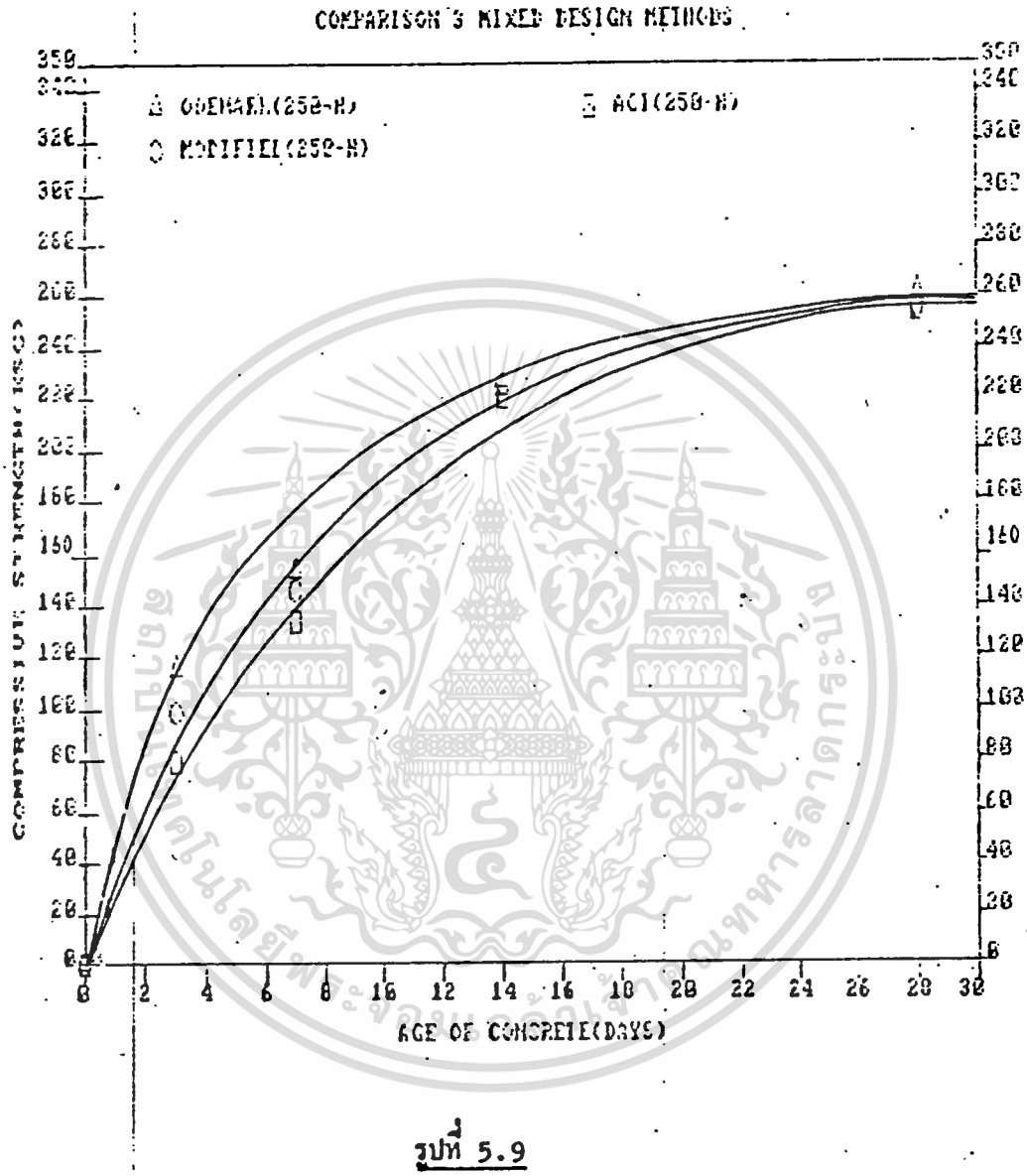
รูปที่ 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



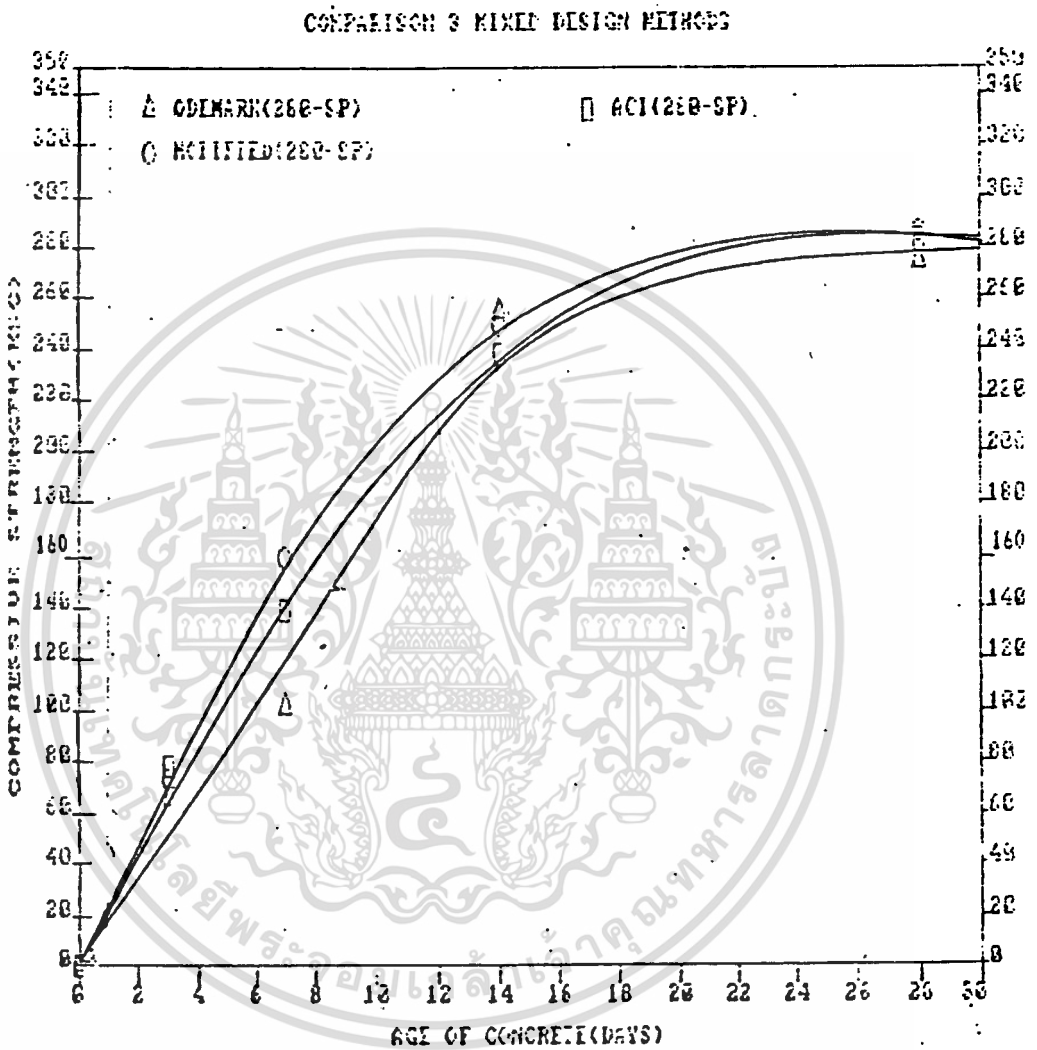
รูปที่ 5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



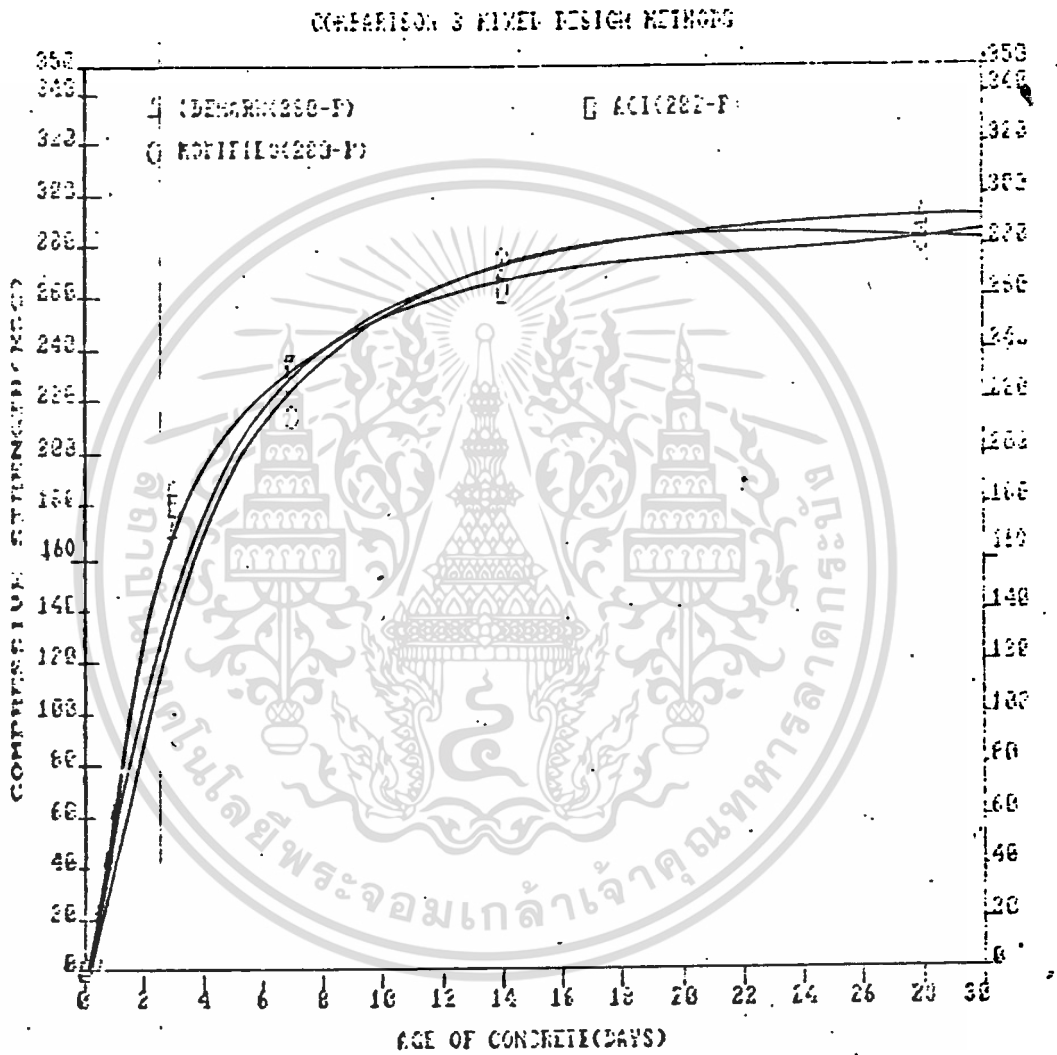
รูปที่ 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



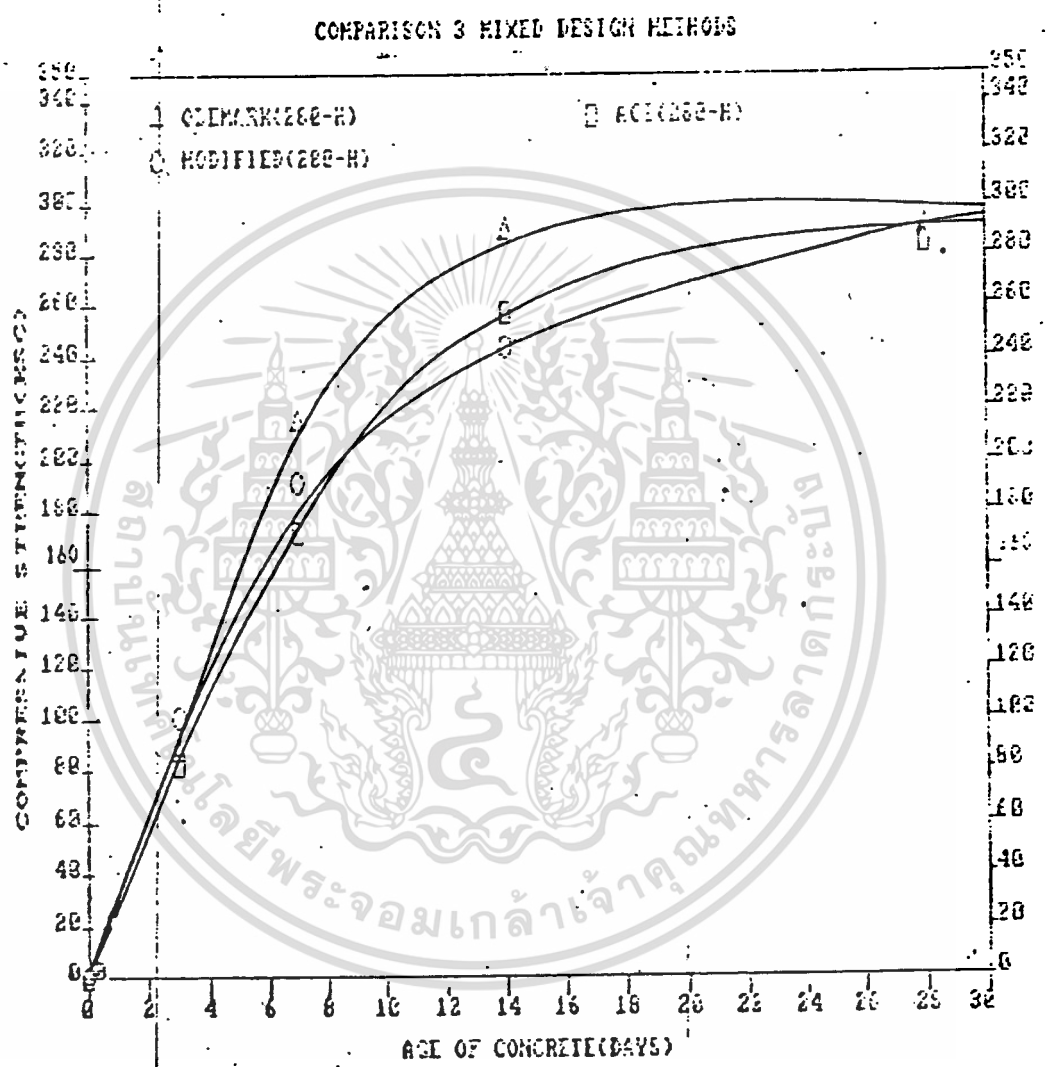
รูปที่ 5.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดสอบและการวิเคราะห์ สามารถสรุปได้ว่า

สำหรับความข้นเหลวแบบ Stiff plastic

มีค่าความยุบตัว 2 - 5 เซนติเมตร

ก. เมื่อค่ากำลังอัดที่ต้องการต่ำกว่า 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

วิธีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตของ A.C.I. และ Modified จะให้ค่าความสามารถในการรับกำลังอัดในช่วง อายุการบ่มที่ต่ำกว่า 28 วัน ได้สูงกว่าวิธีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตของ Odemark จึงมีความเหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่สูงในระยะเวลาอันสั้น แต่อย่างไรก็ตาม เมื่ออายุการบ่มถึง 28 วันแล้วทั้ง 3 วิธีจะให้ค่ากำลังอัดที่ต้องการใกล้เคียงกัน

ข. เมื่อค่ากำลังอัดที่ต้องการสูงกว่า 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ทั้ง 3 วิธี จะให้ค่ากำลังอัดที่ใกล้เคียงกันตลอดช่วงอายุบ่ม 28 วัน

สำหรับความข้นเหลวแบบ Plastic และ Heavy Flowing

เมื่อค่าการยุบตัว 7.5 - 15 ซม.

ก. เมื่อค่ากำลังอัดที่ต้องการมีค่าต่ำกว่า 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

วิธีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตของ A.C.I และ Modified จะให้ค่าความสามารถในการรับกำลังอัดในช่วงอายุการบ่มที่ต่ำกว่า 14 วัน ได้สูงกว่าวิธีการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตของ Odemark แต่เมื่ออายุการบ่มมากกว่า 14 วัน ค่ากำลังอัดของทั้ง 3 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน

ดังนั้นในการใช้งานที่ต้องการกำลังอัดสูงในช่วงอายุการบ่มที่ต่ำกว่า 14 วัน (ใช้งานเร็วกว่ากำหนด) ควรใช้วิธีของ A.C.I , Modified เพราะว่าให้กำลังอัดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่าวิธีของ Odemark

ข. เมื่อค่ากำลังอัดที่ต้องการสูงกว่า 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ทั้ง 3 วิธี จะให้ค่ากำลังอัดที่ใกล้เคียงกันตลอดช่วงอายุการบ่ม 28 วัน แต่วิธีของ Odemark จะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่าอีก 2 วิธี อยู่เล็กน้อย

ความสามารถในการเทได้ (workability)

วิธีของ Odemark

จากการทดสอบ พบว่าเป็นวิธีที่มีค่าการยุบตัวต่ำที่สุด ดังนั้นจึงมีความสามารถในการเทต่ำสุด จึงขาดความสะดวกในการปฏิบัติงาน ทั้งในการเทและการกระทุ้งคอนกรีต

วิธีของ A.C.I และ Modified

จากการทดสอบพบว่า เป็นวิธีที่มีค่าการยุบตัวสูงกว่าวิธีของ Odemark ดังนั้นจึงเหมาะสมในการใช้งาน เพราะมีความสามารถในการเทได้สูงและมีความสะดวกในการปฏิบัติงาน แต่ต้องระวังในการขนส่งหรือการเทคอนกรีตเพราะเกิดการแยกตัวได้ง่าย

ราคาของคอนกรีตต่อลูกบาศก์เมตร

เมื่อพิจารณาที่ ค่ากำลังอัด 250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความข้นเหลวแบบ Stiff Plactic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีของ Odemark

ใช้อัตราส่วนผสม 1 : 3.13 : 2.92

ใน คอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรใช้ส่วนผสม

ซีเมนต์	336.39	กิโลกรัม
น้ำ	160.59	"
ทราย	1031.84	"
หิน	982.60	"

ความหนาแน่นของทราย 1.723 ตัน / ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่นของหิน 1.678 " "

ราคาซีเมนต์ 100.00 บาท / ถุง = 2.00 บาท / ก.ก.

ราคาน้ำ 8.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ราคาทราย 200.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ราคาหิน 260.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้น

ราคาซีเมนต์	ใช้	336.39	ก.ก.	ราคา	672.78 บาท
ราคาน้ำ	ใช้	0.161	ลูกบาศก์เมตร	ราคา	1.29 บาท
ราคาทราย	ใช้	0.60	"	"	120.00 บาท
ราคาหิน	ใช้	0.59	"	"	153.40 บาท
				รวม	827.47 บาท

วิธีของ ACI

ใช้อัตราส่วนผสม 1 : 3.60 : 4.06

ใน คอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรใช้ส่วนผสม

ซีเมนต์	275.27	กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ 151.29 "

ทราย 988.38 "

หิน 1116.88 "

ความหนาแน่นของทราย 1.723 ตัน / ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่นของหิน 1.678 " "

ดังนั้น ราคาซีเมนต์ ใช้ 275.27 ก.ก. ราคา 550.54 บาท

ราคาน้ำ ใช้ 0.1512 ลูกบาศก์เมตร ราคา 1.29 บาท

ราคาทราย ใช้ 0.57 " " 114.00 บาท

ราคาหิน ใช้ 0.66 " " 171.60 บาท

รวม 837.43 บาท

<u>วิธีของ Modified</u>

ใช้อัตราส่วนผสม 1 : 3.30 : 4.18

ใน คอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรใช้ส่วนผสม

ซีเมนต์ 281.00 กิโลกรัม

น้ำ 152.00 "

ทราย 927.30 "

หิน 1173.90 "

ความหนาแน่นของทราย 1.723 ตัน / ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่นของหิน 1.678 " "

ดังนั้น ราคาซีเมนต์ ใช้ 281.00 ถุง ราคา 562.00

ราคาน้ำ ใช้ 0.152 ลูกบาศก์เมตร ราคา 1.29 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาทราย	ใช้	0.53	"	"	106.00 บาท
ราคาหิน	ใช้	0.70	"	"	182.10 บาท
				รวม	851.39 บาท

จากการเปรียบเทียบด้านราคาจะเห็นว่าใกล้เคียงกันมาก โดยการออกแบบส่วนผสมโดยวิธี Modified จะแพงกว่าวิธีอื่นเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามที่เป็นเช่นนี้เพราะราคาของวัสดุที่กำหนดขึ้น(อ้างอิงจากราคาต้นปี 2533) ถ้าเกิดราคาปูนซีเมนต์สูงขึ้นมาก วิธีของ Odemark ก็จะมีราคาสูงขึ้นจนอาจมากกว่าวิธีอื่นก็ได้

ดังนั้นในด้านราคาสรุปได้เพียงว่าใกล้เคียงกัน

ความถูกต้องต้องในการคำนวณ

วิธี Odemark ในการอ่านค่าจากกราฟ ทำให้เกิดความผิดพลาดจากการอ่านได้ง่าย เช่น การอ่านค่าตามแนวแกนประกอบกับการใช้การประมาณค่า

วิธี Modified และ ACI เป็นวิธีที่อ่านค่าจากตารางทำให้ง่ายต่อการคำนวณและเกิดการผิดพลาดยาก

สรุปการเปรียบเทียบ

- ค่ากำลังอัดของคอนกรีต
- ความสามารถในการเทได้
- ราคาคอนกรีตต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร
- ความถูกต้องในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่าวิธี Modified เป็นวิธีที่ดีที่สุด ซึ่งเหมาะแก่การใช้งานจริงในสนาม และจะนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วิธีหาส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธี Modified

เพื่อที่จะให้เข้าใจได้ง่าย จะแสดงตัวอย่างวิธีหาส่วนผสมของคอนกรีต โดยดำเนินต่อกันไป เช่น ต้องการหาส่วนผสมของคอนกรีตให้รับกำลังได้ 230 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อมีอายุครบ 28 วัน เพื่อนำไปสร้างกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 15 ซม. และหินกับทรายที่ใช้มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะ	2.65	2.63
ค่าแห่งความละเอียด	2.70	-
น้ำหนัก (กก. ต่อ ล.บ.เมตร)	-	1600
ความชื้น (เปอร์เซนต์)	3.50	0.3

ขั้นตอนที่ 1 หาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ (Water - Cement Ratio) เพื่อให้คอนกรีตมีกำลัง 230 กก./ตารางซม. เมื่ออายุ 28 วันตามต้องการ

พึงเข้าใจไว้ด้วยว่า กำลังของคอนกรีตขึ้นอยู่กับกำลังของซีเมนต์เพสต์ ซึ่งจะมากหรือจะน้อยก็แล้วแต่ปริมาณน้ำในส่วนผสม ถ้ารักษาอัตราส่วนนี้ให้คงที่แล้ว แม้ส่วนผสมอื่นจะเปลี่ยนแปลงไปบ้าง กำลังของคอนกรีตจะไม่เปลี่ยนแปลงไป ฉะนั้นจึงอาจกำหนดกำลังของคอนกรีตได้จากอัตราส่วนน้ำและปูนซีเมนต์ต่าง กัน เพื่อความสะดวกได้กำหนดปริมาณน้ำไว้เป็นลิตรต่อปูนซีเมนต์ที่ใช้ 1 ถุง (50 กก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง	กำลังของคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วัน กก./ตารางซม.	
		ส่วนผสมซึ่งไม่ใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ	ส่วนผสมที่ใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ
0.40	20.00	385	310
0.45	22.50	340	275
0.50	25.00	300	245
0.55	27.50	265	215
0.60	30.00	230	190
0.65	32.50	200	165
0.70	35.00	175	140

ค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ใช้สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

ข้อบกพร่องที่พบได้เสมอคือ การกำหนดส่วนผสมคอนกรีตโดยไม่ระบุปริมาณน้ำ เช่นให้ใช้ส่วนผสม 1 : 2 : 4 โดยปริมาตร แต่ไม่กล่าวถึงปริมาณน้ำเลย ซึ่งจะเห็นได้ว่าคอนกรีตที่ทำขึ้นอาจมีกำลังแตกต่างกันได้มาก

จากตัวอย่างข้างต้นอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำและปูนซีเมนต์ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1 จะเป็นน้ำ 30 ลิตร ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง

ขั้นที่ 2 หาปริมาณน้ำในส่วนผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ยุบตัวของคอนกรีต	ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 ลบ.เมตร ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้เป็นนิ้ว							
ซม.	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4
2.50-5.0	208	198	183	178	163	153	143	124
7.50-10.0	227	218	203	193	178	168	158	138
12.5-14.0	242	227	213	203	188	178	168	148
ปริมาณอากาศที่เกิดขึ้น %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

ตารางที่ 2.1 สำหรับคอนกรีตไม่ใส่สารกักฟองอากาศ

เกณฑ์ยุบตัวของคอนกรีต	ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 ลบ.เมตร ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้เป็นนิ้ว							
ซม.	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4
2.50-5.0	183	178	163	153	143	134	124	109
7.50-10.0	203	193	178	168	158	148	138	119
12.5-14.0	213	203	188	178	168	158	148	129
ปริมาณอากาศที่เกิดขึ้น %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

ตารางที่ 2.2 สำหรับคอนกรีตที่ใส่สารกักฟองอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าปริมาณน้ำที่ถูกต้องในส่วนผสมคือ ปริมาณที่น้อยที่สุดที่คอนกรีตทำงานได้ง่าย ซึ่งกำหนดโดยอาศัยเกณฑ์ยุบตัว (Slump) ของคอนกรีตเป็นหลัก

ในตัวอย่างจะนำคอนกรีตไปเทยังกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก ฉนั้นเกณฑ์ยุบตัวของคอนกรีตเมื่อใช้เครื่องเขย่าคอนกรีต ควรมีค่าประมาณ 7.5 ซม.

ขนาดใหญ่ที่สุดและรูปร่างของหินที่ใช้เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่จะทำให้ต้องใช้น้ำในส่วนผสมน้อยหรือมาก แต่ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้ถูกกำหนดโดยขนาดของคอนกรีตอยู่แล้ว เช่น ในกรณีของตัวอย่างซึ่งเป็นกำแพงหนา 15 ซม. ฉะนั้นขนาดของหินที่ใหญ่ที่สุดไม่ควรเกิน 2.50 ซม. หรือใช้หินขนาด 1 "

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณน้ำเพื่อใช้ผสมคอนกรีต 1 ลบ.เมตร โดยใช้หินใหญ่ที่สุดที่ขนาดต่าง ๆ กัน และเพื่อให้คอนกรีตยุบตัวต่างๆ กัน

- ปริมาณน้ำที่แสดงเป็นค่าประมาณสูงสุดสำหรับหินที่รูปร่างดี ช่วยให้ทำงานได้ง่ายและลดหลั่นดีตามข้อกำหนด
- ถ้าจำเป็นต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม จะต้องเพิ่มปูนซีเมนต์ เพื่อให้อัตราส่วนน้ำและปูนซีเมนต์คงที่ นอกจากผลการทดสอบแสดงว่าคอนกรีตยังมีกำลังสูงกว่าต้องการ
- ถ้าส่วนผสมต้องการน้ำน้อยกว่ากำหนด ยังไม่ควรลดปริมาณปูนซีเมนต์ นอกจากผลการทดสอบแสดงว่าคอนกรีตกำลังสูงกว่าที่ต้องการ
- เนื่องจากการวัดและเรียกขนาดของหินยังใช้หน่วย " นิ้ว " ฉะนั้นในที่นี้จึงกำหนดขนาดของหินเป็น นิ้ว

<u>ขั้นตอนที่ 3 หาขนาดของปูนซีเมนต์ในส่วนผสม</u>

เมื่อทราบปริมาณน้ำสำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร และอัตราส่วนระหว่างน้ำและปูนซีเมนต์แล้ว ปริมาณปูนซีเมนต์สำหรับคอนกรีต 1 ลบ.เมตร ย่อมหาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตัวอย่างปริมาณปูนซีเมนต์สำหรับคอนกรีต 1 ลบ.เมตร

= 193 / 30 = 6.4 ถุง

ขั้นตอนที่ 4 ปริมาณหินในส่วนผสม

โดยหาได้จากตารางที่ 3 อันแสดงถึงปริมาณของหินในส่วนผสมต่อคอนกรีต 1 หน่วยปริมาตร ซึ่งแตกต่างกันตามค่าแห่งความละเอียดของทรายที่ใช้ และขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้

ตามตัวอย่าง ซึ่งใช้หินใหญ่ที่สุดขนาด 1" และค่าแห่งความละเอียดของทรายเป็น 2.70 ฉะนั้นจากตารางที่ 3 ในคอนกรีต 1 ลบ.เมตร จะต้องใช้หิน 0.67 ลบ.เมตร หรือคิดเป็นน้ำหนัก = 0.67*1600 = 1,072 กก.

ขั้นตอนที่ 5 หาปริมาณอากาศในส่วนผสม

ในคอนกรีตย่อมมีอากาศรวมอยู่ด้วย ตามปริมาณซึ่งดูได้จากตารางที่ 2 ในตัวอย่างซึ่งใช้หินใหญ่ที่สุดขนาด 1" และไม่ใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ จะมีอากาศ 1.5 เปอร์เซนต์ของปริมาณของคอนกรีต ฉะนั้นคอนกรีต 1 ลบ.เมตร จะมีอากาศในส่วนผสม 0.015 ลบ.เมตร สำหรับคอนกรีตที่ไม่ใช้สารสำหรับกักฟองอากาศ ค่านี้อาจไม่นำมาคิดหรือตัดทิ้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนที่ 6 หาปริมาณทรายในส่วนผสม</u>

เมื่อถึงขั้นนี้จะเห็นว่าส่วนผสมอื่น ๆ ในคอนกรีต 1 ลบ.เมตร ถูกกำหนดขึ้นมาแล้วยกเว้นทราย ฉะนั้นปริมาณทรายจะเท่ากับส่วนที่เหลือใน 1 ลบ.เมตร

สิ่งที่จะทำในขั้นนี้คือ เปลี่ยนส่วนผสมต่าง ๆ ที่หาได้เป็น "ปริมาตรอย่างแน่น" (Absolute Volume) หมายถึงปริมาณที่ไม่มีช่องว่างในเนื้อ โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณอย่างแน่น เป็น ลบ.เมตร} = \frac{\text{น้ำหนักวัสดุ กก.}}{\text{ถ.พ.วัสดุ} * 1000}$$

จากตัวอย่างปริมาณวัสดุต่าง ๆ คือ

ปูนซีเมนต์	320 กก.	= 320/(3.15*1000)	= 0.1016 ลบ.เมตร
น้ำ	193 ลิตร		= 0.1930 "
อากาศ			= 0.0150 "
หิน	1072 กก.	= 1072/(2.63*1000)	= 0.4076 "
		รวม	= 0.7172 "

ฉะนั้นปริมาณอย่างแน่นของทราย = 1 - 0.7172 = 0.2828 ลบ.เมตร

หรือน้ำหนักทรายในส่วนผสม = 0.2828 * 2.65 * 1000

= 749 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7 แก้ส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

โดยปกติหินและทรายที่ใช้งานจริงจะมีความชื้นสูงกว่าในสภาพแห้งและอิ่มตัว ฉะนั้นจึงต้องแก้ส่วนผสมให้เข้ากับสภาพจริง โดยเพิ่มน้ำหนักหินหรือทรายขึ้นเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ติดมา และลดน้ำในส่วนผสมออกในจำนวนเท่ากัน ในกรณีที่หินหรือทรายแห้งกว่าสภาพแห้งและอิ่มตัว จะต้องแก้ส่วนผสมเช่นเดียวกันในทางตรงข้าม

จากตัวอย่าง ทรายมีความชื้น 3.50 เปอร์เซนต์

หินมีความชื้น 0.30 เปอร์เซนต์

ปริมาณน้ำที่หุ้มห่อทราย = 749 * 0.035 = 26 กก.

ปริมาณน้ำที่ห่อหุ้มหิน = 1072 * 0.003 = 3 กก.

ปริมาณน้ำที่เกินมา = 26 + 3 = 29 กก.

ขั้นที่ 8 กำหนดส่วนผสมขั้นสุดท้าย

จากความต้องการตามตัวอย่าง ส่วนผสมของคอนกรีตควรเป็นดังนี้

ปูนซีเมนต์		320 กก.
น้ำ	(193-29)	164 กก.
ทราย	(749+26)	775 กก.
หิน	(1072+3)	1075 กก.

ส่วนผสมที่ได้จากการคำนวณนี้ เป็นอัตราส่วนมาจากเกณฑ์ต่าง ๆ โดยประมาณทั้งสิ้น ฉะนั้นจะต้องนำส่วนผสมนี้ไปทดลองผสมจริง และตรวจดูทั้งด้านกำลังของคอนกรีต และความยากง่ายในการทำงาน แล้วจึงปรับส่วนผสมที่ได้อีกชั้นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การใช้งานโปรแกรม MIXED DESIGN

โปรแกรม MIXED DESIGN เป็นซอฟแวร์สำเร็จรูป สำหรับคำนวณและหาค่าคำตอบของการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต (CONCRETE MIXED DESIGN)ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญมากเรื่องหนึ่งในวิชา คอนกรีตเทคโนโลยี่

การออกแบบโปรแกรม MIXED DESIGN เน้นที่เรื่องการใช้งานง่าย และให้ค่าคำตอบที่ถูกต้องในการคำนวณ หน่วยที่นำมาใช้ในการคำนวณก็เป็นหน่วยมาตรฐานที่นิยมใช้ทั่วไปในประเทศไทย (METRIC UNITS) วิธีที่ได้นำมาใช้ก็เป็นวิธี MODIFIED ของชลประทานซีเมนต์ ซึ่งได้กล่าวเหตุผลของการเลือกใช้วิธีนี้แล้ว

อุปกรณ์ที่จะใช้กับซอฟแวร์ MIXED DESIGN

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ ตระกูล IBM PC/XT/AT หรือ COMPATIBLE
2. จอโมโนโครม หรือ จอสี (อย่างไรก็ตาม โปรแกรมออกแบบมาสำหรับจอโมโนโครม)
3. เครื่องขับดิสค์เกตต์ หรือ ฮาร์ดดิสค์ อย่างน้อย 1 ตัว
4. เครื่องพิมพ์ (PRINTER)
5. แผ่น DOS (ควรเป็น version 2.0 ขึ้นไป)

ขั้นตอนการใช้งาน

1. นำแผ่น DOS ใส่เข้าไปในเครื่องขับ A แล้วเปิดสวิทช์เครื่องคอมพิวเตอร์ และสวิทช์เครื่องมอนิเตอร์ หลังจากเครื่องตรวจสอบหน่วยความจำภายในเครื่องแล้ว เครื่องขับดิสค์จะหมุนสักครู่แล้วปรากฏข้อความตามรูปที่ 1 ให้ผู้ใช้ป้อนค่าวันที่และเวลาให้แก่เครื่อง สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นที่มีสัญญาณนาฬิกาภายในเครื่องแล้วก็ไม่จำเป็นให้กด ENTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Current Date is Mon  4-16-1990

Enter new date (mm-dd-yy)  :

Current time is 20:56:11.01

Enter new time


The IBM Personal Computer DOS

version 3.30  (c) copyright International Business Machine

              (c) copyright Microsoft Corp 1981,1986

A >
```

รูปที่ 1

2. ขณะนี้เครื่อง (คอมพิวเตอร์) อยู่ในสภาวะพร้อมที่จะทำงานแล้ว ในกรณีที่ใช้ DOS จากฮาร์ดดิสก์ หลังจากให้ค่าเวลา และวันเดือนปีแก่เครื่องแล้ว เครื่องหมายสุดท้ายจะเป็น C> ให้พิมพ์ต่อว่า A: (ตามด้วยการกด ENTER)

3. นำแผ่น DOS ออกแล้วนำแผ่นโปรแกรม MIXED DESIGN ใส่ไว้ในเครื่องขับ A แล้วพิมพ์ดังนี้

A > CMD (ตามด้วยการกด ENTER อนึ่งทุกครั้งที่ให้คำสั่งแก่เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องตามด้วยการกด ENTER ทุกครั้ง ซึ่งต่อไปจะไม่กล่าวอีก)

รอสักครู่บนจอภาพจะปรากฏข้อความตามรูปที่ 2

4. ในกรณีที่เริ่มเปิดเครื่องโดยมีแผ่นโปรแกรม MIXED DESIGN อยู่ที่เครื่องขับ A แล้ว การทำงานขั้นต้นทั้งหมดจะเป็นไปโดยอัตโนมัติ เพราะแผ่นโปรแกรมสามารถบูตได้ด้วยตัวเอง (Bootable) และมีไฟล์ AUTOEXEC.BAT ซึ่งจะเรียกการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATE : 27/4/1990
TIME : 8:56:32

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
CONSTRUCTION TECHNOLOGY DEPARTMENT

==========

CONCRETE MIXED DESIGN

==========

programmed by Mr. Wisit Junyapanich

press ANY KEY to continue :

รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อกดแป้นของคีย์บอร์ด จอภาพจะเปลี่ยนเป็นเมนูหลักของการทำงานของโปรแกรม ตามรูปที่ 3

```
==========================================================================

                              MAIN  MENU

==========================================================================

                        1.  CONCRETE  MIXED  DESIGN

                        2.  RESULT  DISPLAY

                        3.  EXIT

                                                    select  ==>
```

รูปที่ 3

โปรแกรมจะรอให้เราเลือกคำสั่งคือ

กดแป้น 1 หรือ C (หรือ c ก็ได้) จะเป็นการเข้าสู่คำสั่งหาค่า mix design ซึ่งเป็นโปรแกรมหลักของโปรแกรม MIXED DESIGN

กดแป้น 2 หรือ R (หรือ r ก็ได้) จะเข้าสู่คำสั่งการแสองผลคำตอบที่ได้เก็บเป็นไฟล์ข้อมูลไว้

กดแป้น 3 หรือ E (หรือ e ก็ได้) จะเป็นการจบการทำงานของโปรแกรม MIX DESIGN และกลับไปสู่การทำงานของ OPERATING SYSTEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของแต่ละคำสั่ง

1. CONCRETE MIXED DESIGN เป็นการทำงานหลักของโปรแกรมการทำงานของโปรแกรมส่วนนี้อยู่ในลักษณะของการถามค่าข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้คำนวณออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต เมื่อเข้าสู่คำสั่งจะมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1.1 ให้ชื่อโครงการ

บนหน้าจอจะแสดงข้อความตามรูปที่ 4

```
ENTER PROJECT NAME  ==>
```

รูปที่ 4

หมายถึงให้ผู้ใช้ใส่ชื่อโครงการของงานออกแบบส่วนผสมครั้งนี้ ตัวอย่างเช่น

```
ENTER PROJECT NAME ==>  Site at Soi 10
```

รูปที่ 5

(ต่อไปนี้ส่วนที่ขีดเส้นใต้หมายถึง ข้อความที่ป้อนโดยผู้ใช้)

โดยมีข้อกำหนดว่าชื่อโครงการจะใส่เป็นตัวอักษรได้ไม่เกิน 20 ตัว การใส่ชื่อโครงการมีประโยชน์เมื่อผู้ใช้เก็บข้อมูลของคำตอบ (save result) เอาไว้เป็นไฟล์ (file) ซึ่งเมื่อนำเอาไฟล์กลับมาดู (โดยใช้คำสั่ง 2. result display จากเมนูหลัก) ผู้ใช้ก็สา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มารถทราบได้ง่ายว่าเป็นของโครงการอะไร อีกทั้งเป็นหัวข้อชื่อโครงการเมื่อนำเอาผลมาพิมพ์แสดงคำตอบทางเครื่องพิมพ์

ด้วยเหตุนี้ควรตั้งชื่อไฟล์ของโครงการ กับชื่อโครงการเป็นชื่อเดียวกัน หรือใกล้เคียงกันเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงในภายหลัง

1.2 ให้ค่ารับกำลังอัดประลัยที่ต้องการ

หลังจากการผ่านขั้นตอนที่ 1.1 ไปแล้วโปรแกรมจะแสดงคำถามคือ

```
ENTER  REQUIRE  STRENGTH < Ksc >

Cylinder Test  Fc' at  28  days  ===>
```

หมายถึง ให้ผู้ใช้ใส่ข้อมูลของค่ารับกำลังอัดของคอนกรีตที่ต้องการ โดยหมายถึงค่ารับกำลังอัดประลัยของตัวอย่างแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาด 15 * 30 ซม. เมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน ภายใต้การบ่มคอนกรีตอย่างดี โดยใช้หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

1.3 ป้อนค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์

หลังจากให้ค่ารับกำลังอัดประลัยแล้ว โปรแกรมจะแสดงค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ ซึ่งเก็บไว้ในไฟล์ชื่อ cement.dta และถามว่าจะใช้ค่าความถ่วงจำเพาะดังกล่าวหรือไม่ ดังรูปที่ 6

ถ้าผู้ใช้ต้องการค่าใหม่ ก็ให้ตอบ y โปรแกรมจะถามค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ที่ต้องการ ผู้ใช้ก็ป้อนค่าที่ต้องการให้แก่โปรแกรม โปรแกรม MIX DESIGN จะเก็บค่านี้ลงในไฟล์ชื่อ cement.dta แทนค่าที่มีอยู่เดิม ดังนั้นในการใช้งานครั้งต่อไปโปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกรมจะนำค่าดังกล่าวมาใช้

อนึ่งค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ของซีเมนต์ที่อยู่ในไฟล์ ชื่อ cement.dta นั้นจะมีค่าเป็น 3.15 ซึ่งเป็นค่าใช้งานโดยปกติ ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1 อยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์อีก

1.4 ให้ค่าคุณสมบัติของมวลรวมละเอียด (FINE AGGREGATE)

โปรแกรม MIXED DESIGN จะแสดงเมนูย่อยให้เลือก 2 แบบคือ

FINE AGGREGATE DATA

1. user input directly

2. data from file

you select ==>

รูปที่ 7

1.4.1 USER INPUT DIRECTLY

หมายถึงให้ผู้ใช้เลือกที่จะให้ค่าคุณสมบัติของมวลรวมละเอียดเอง โดยที่คุณสมบติของมวลรวมละเอียดที่โปรแกรมต้องการค่าคือ

1. Specific gravity

2. Fineness modulus

3. Moisture content (%)

(อ่านคำอธิบายของคำทั้งสามได้ในเรื่องการกำหนดส่วนผสมของคอนกรีต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากให้ค่าทั้งสามแล้ว โปรแกรมจะถามว่าต้องการเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้หรือไม่ โดยจะเก็บไว้ในรูปของไฟล์ ซึ่งถ้าตอบตกลง(ตอบ y) โปรแกรมจะถามชื่อของไฟล์ข้อมูล ซึ่งเราสามารถนำไปใช้ในครั้งต่อไปได้ (อ่านรายละเอียดในหัวข้อ 1.4.2)

ชื่อไฟล์ที่ผู้ใช้ตั้งขึ้นนั้น จะเป็นไปตามหลังการตั้งชื่อไฟล์ของ OPERATING SYSTEM ที่ควบคุมการทำงานของโปรแกรมอยู่ (อ่านรายละเอียดในภาคผนวก ข)

อนึ่งถ้าเราต้องการให้ข้อมูลนำไปเก็บยัง disk drive อื่นที่ไม่ใช้ drive ใช้งาน (หมายถึง drive ที่ไม่ใช่แผ่น โปรแกรม MIXED DESIGN) ผู้ใช้ต้องระบุลงไปที่หน้าชื่อไฟล์ด้วยว่าเป็น drive ไหน สำหรับขั้นตอนทั้งหมดที่กล่าวถึงแสดงไว้ตามรูปที่ 8

```
*****************************
      FINE  AGGREGATE
*****************************

  Specific  gravity          =  2.5
  Fineness modulus           =  2.7
  Moisture content (%)       =  3.52

 ACCEPT  ABOVE   <y/n>   y
 DO you want to save this data   (y/n)  y

ENTER  NAME OF FILE ..........===>   PETBUSI.SAN
```

รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 DATA FROM FILE

หมายถึงผู้ใช้จะใช้ข้อมูลของมวลรวมละเอียดจากไฟล์ข้อมูลในแผ่นโปรแกรม ซึ่งอาจเป็นไฟล์ที่ที่ผู้ใช้สร้างขึ้น (สร้างจาก 1.4.1) หรือไฟล์ที่มีอยู่แล้วในแผ่นโปรแกรม

เมื่อผู้ใช้เลือกข้อที่จะใช้ data from file จอภาพจะแสดงการทำงานดังรูปที่ 9

ENTER NAME OF FINE - AGGREGATE FILE

for example => b: KMIT.SAN

=> b: RAJBURI.SAN

รูปที่ 9

ถ้าไฟล์ที่ผู้ใช้เลือกนั้นอยู่ในแผ่น diskette อื่นที่ไม่ใช่แผ่นใช้งาน(แผ่นโปรแกรม MIXED DESIGN) ผู้ใช้ต้องกำหนดชื่อ drive ที่มีไฟล์นั้นอยู่หน้าชื่อไฟล์ด้วย จากรูปที่ 9 ผู้ใช้เรียกไฟล์ชื่อ rajburi.san จากแผ่น diskette ที่ B

ถ้าในกรณีที่โปรแกรมหาชื่อไฟล์ที่เราเรียกไม่พบ ไม่ว่าเกิดจากเหตุใดเช่น ใส่ชื่อไฟล์ผิดหรือกำหนด drive ผิด โปรแกรมจะฟ้องว่าหาไฟล์ไม่พบ(FILE NOT FOUND) และให้ผู้ใช้ใส่ชื่อไฟล์ใหม่จนกว่าโปรแกรมจะหาไฟล์พบ

1.5 ให้ค่าคุณสมบัติของมวลรวมหยาบ(COASE AGGREGATE)

เช่นเดียวกับขั้นตอนการให้ข้อมูลของมวลรวมละเอียดคือมีเมนูย่อยให้เลือก 2 แบบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
##############################
      COARSE  AGGREGATE
##############################

 Specific  gravity                  =   2.90

 Bulk Unit Weight (Kg/Cu.m)         =   1650

 Moisture content (%)               =   1.50

 Max. size of aggregate (inch.)     =   2


ACCEPT  ABOVE   <y/n>   Y

Do you want to save this data   (y/n)   Y

ENTER  NAME OF FILE .....===>   SARABURI.ROC
```

รูปที่ 10

```
ENTER NAME OF  COARSE  AGGREGATE FILE

for example =>  b:korat.roc

            =>   SARABURI.ROC
```

รูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.1 USER INPUT DIRECTLY

เช่นเดียวกับขั้นตอนของมวลรวมละเอียดแต่มีข้อแตกต่างกันคือคุณสมบัติมวลรวมละเอียดที่โปรแกรมต้องการทราบมี

1. Specific Gravity

2. Bulk Weight Units (Kg/m^3)

3. Moisture Content (%)

4. Maximum Size of Coarse Aggregate (Inch)

(อ่านคำอธิบายของคำทั้งสามในเรื่องการกำหนดส่วนผสมของคอนกรีต)

รายละเอียดในด้านอื่นก็เช่นเดียวกับหัวข้อ 1.4.1 แต่มีการแสดงผลตามรูปที่ 10

1.5.2 DATA FROM FILE.

รายละเอียดเช่นเดียวกับหัวข้อ 1.4.2 แต่มีการแสดงผลตามรูปที่ 11

1.6 ให้ค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump of Concrete)

โดยที่จอภาพจะแสดงข้อความดังรูปที่ 12

ENTER REQUIRED SLUMP ..... c.m.

enter 0 ..... for slump instruction

รูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. DISPLAY RESULT

เป็นการนำเอาไฟล์ของคำตอบที่เกิดจากการสร้างไฟล์ของการทำงานในช่วงการแสดงผลการคำนวณ (1.7) นำมาแสดงผล

3. EXIT

เป็นทางเลือกสำหรับการจบโปรแกรม CONCRETE MIXED DESIGN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการทำงานของโปรแกรมการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต ตามวิธี Modified ของชลประทานซีเมนต์ ผลการคำนวณออกแบบส่วนผสมที่ได้ และผลการทดลองเพื่อยืนยันการใช้งานพบว่า โปรแกรมนี้ให้ค่าความถูกต้องของคำตอบ และความรวดเร็วในการทำงานสูง และทำให้ประหยัดเวลาที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตได้มาก

อย่างไรก็ตามพบว่าโปรแกรมมีข้อจำกัดหลายประการในการทำงาน และอาจก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในการทำงานได้ โดยแยกสาเหตุออกมาได้เป็น

1. สาเหตุจากวิธีที่ใช้ในการออกแบบ

1.1 การออกแบบที่กำลังอัดประลัยจำกัดอยู่ในช่วง 175 - 460 Ksc. เท่านั้น โดยที่การออกแบบให้รับกำลังมากกว่า 460 Ksc. ค่า water cement ratio จะน้อยกว่าค่าที่ยอมให้ในการออกแบบ และมีผลให้ความสามารถในการทำงานต่ำมาก ไม่สามารถนำมาปฏิบัติได้จริงในสนาม

1.2 ค่าการยุบตัวที่นำมาใช้ออกแบบส่วนผสมอยู่ในช่วง 2.5 - 15.0 เท่านั้น ถ้าค่าที่ออกแบบไม่อยู่ในช่วงนี้ ผลที่ได้อาจจะผิดพลาดและไม่อาจยอมรับความถูกต้องได้

2. สาเหตุจากความสามารถของคอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรม

2.1 การตั้งชื่อไฟล์สามารถตั้งได้สูงสุดเพียง 8 ตัวอักษรเท่านั้น แม้จะเพิ่มที่ส่วนขยายได้อีก 3 ตัวอักษรแต่ก็ยังไม่เพียงพอ และอาจใช้ผิดพลาดได้

2.2 การแปลงค่าจากตารางและกราฟ อาจไม่ถูกต้องแม่นยำในทุกตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าโปรแกรมจะมีข้อจำกัดอยู่บ้าง แต่ก็ไม่มีผลต่อการใช้งานโดยปกติ สุดท้ายนี้ขอเน้นว่าส่วนผสมของคอนกรีตที่ได้จากการคำนวณไม่ว่าจะใช้วิธีใดก็ตาม เป็นอัตราที่คำนวณมาจากเกณฑ์ต่างๆ โดยประมาณทั้งสิ้น ดังนั้นต้องนำส่วนผสมนี้ไปทดลองผสมจริง และดูผลของกำลังของคอนกรีตที่ได้ตลอดจนความยากง่ายในการทำงาน แล้วจึงปรับส่วนผสมให้เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ประวัติภาษาปาสคาล

ภาษาปาสคาล (Pascal) แตกต่างจากภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงอื่น ๆ ตรงที่ภาษาเหล่านี้ถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานกันคอมพิวเตอร์โดยตรง แต่ภาษาปาสคาลถูกออกแบบมาเพื่อเป็นภาษาสำหรับการเรียนเขียนโปรแกรมโดยที่ ดร.เวียรต์(Professor Doctor Niklaus Wirth) แห่ง Swiss Federal Institute of Technology ซึ่งเป็นผู้สร้างภาษานี้เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2514 ได้กล่าวว่า " เพื่อให้มีภาษาสำหรับฝึกเขียนโปรแกรมอย่างมีระบบและระเบียบ จึงได้สร้างภาษานี้ขึ้นมา "

แต่ตัวภาษาปาสคาลเองมีสมรรถนะไม่ได้ยิ่งหย่อนไปกว่าภาษาอื่น ๆ และดีกว่าหลายภาษาด้วยซ้ำ การศึกษาภาษาปาสคาลจึงได้ทั้งภาษาที่ใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรงและการเขียนโปรแกรมอย่างถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในภาษาสูงอื่น ๆ และภาษาเครื่อง รวมทั้งซอฟต์แวร์กึ่งสำเร็จรูปเช่น ดีเบส ต่อไปได้

ชื่อภาษาคือคำว่า Pascal ก็แตกต่างกับภาษาอื่น ที่ส่วนมากเป็นคำย่อ เช่น BASIC ย่อมาจาก Beginners' All-Purpose Symbolic Instruction Code ส่วนภาษา FORTRAN ย่อมาจาก Formular Translation คำว่า Pascal ดร.เวียรต์ ได้ตั้งเพื่อเป็นเกียรติแก่ Blaise Pascal (พ.ศ. 2165-2205) นักคณิตศาสตร์ และปรัชญาเมธีชาวฝรั่งเศสผู้สร้างเครื่องคิดเลขเป็นคนแรกของโลก

ตัวภาษาปาสคาลได้พัฒนามาจากภาษา ALGOL (Algorithmic Language) จึงมีส่วนคล้ายกันมาก นอกจากนี้ ดร.เวียรต์ ยังได้พัฒนาภาษาต่อจากภาษาปาสคาลให้ชื่อว่า MODULA 2 กระทรวงกลาโหมของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ใช้ภาษาปาสคาลเป็นพื้นฐานในการพัฒนาภาษาใหม่ให้ชื่อว่า ADA (เพื่อเป็นเกียรติแก่เจ้าหญิง Ada Augusta Lovelace

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักเขียนโปรแกรมคนแรกของโลก) ซึ่งคาดว่าจะเป็นภาษาที่สำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายในอนาคต แต่เป็นภาษาที่ใหญ่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน วิธีที่ดีคือทำความเข้าใจกับภาษาปาสคาลก่อน การศึกษาภาษาปาสคาลจึงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างที่จำเป็นสำหรับปัจจุบันและอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การตั้งชื่อแฟ้มของ DOS

ในแผ่นแม่เหล็กหรือจานแม่เหล็ก (ฮาร์ดดิสค์) แต่ละอันสามารถบรรจุข้อมูลได้หลาย ๆ แฟ้ม ทั้งนี้ต้องมีชื่อไม่ซ้ำกันในแผ่นเดียวกัน ข้อกำหนดของการตั้งชื่อแฟ้มมีดังนี้

1. ชื่อของแฟ้มต้องขึ้นต้นด้วยตัวอักษร
2. มีความยาวได้ตั้งแต่ 1 ถึง 8 ตัวอักษร
3. ต้องไม่มีเว้นวรรคระหว่างชื่อ
4. ไม่มีเครื่องหมายต้องห้าม 14 อย่างดังต่อไปนี้

" / \ [ ] : ; < > + = ; , .

การตั้งชื่อแฟ้มในข้อกำหนดข้อ 2 กำหนดให้ความยาวของชื่อต้องไม่มากกว่า 8 ตัวอักษร ดังนั้นหากจำเป็นต้องตั้งให้ชื่อยาวกว่านี้ก็สามารถกำหนดชื่อไว้ในส่วนขยายที่เรียกว่า extention คือเติมจุดและตามด้วยตัวอักษรได้อีก 3 คำ

ควรตั้งชื่อให้เข้าใจได้ง่ายว่าเป็นที่เก็บข้อมูลของอะไร เช่น ข้อมูลคุณสมบัติของทรายจากจังหวัดราชบุรี อาจจะตั้งเป็น RAJBURI.SAN หรือ คุณสมบัติของหินจากสระบุรีอาจตั้งชื่อเป็น SARABURI.ROC เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แสดงโปรแกรม CONCRETE MIXED DESIGN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
program concrete_mix_design;
uses crt,dos,printer;
procedure demo;
type instring = string[12];
var strength,water :integer;
    weight,fineness,moisture,
    c_weight,unitweight,c_moisture,c_size,size,
    stonevolume,
    wc,cementweight,volumeofcement,
    volumeofair,
    volumeofwater,finalwater,
    volumeofstone,stoneweight,waterinstone,finalstone,
    volumeofsand,sandweight,waterinsand,finalsand,
    totalmoisture,totalweight,
    cementgravity,slump,dummy,percentair :real;
    select,c_select : char;
    waite : char;
    project_name,result_finame,c_finame,finame,dummystring : instring;
    year,month,date,day,h,m,s,f : word;

procedure beep;
begin    sound(1500);delay(300);nosound; end;


procedure error;
begin
            begin   gotoxy(1,22);beep;
            write('       INPUT  ERROR .....  PROGRAM  " STOP " ');
            halt;
            end;
end;

procedure  screen;
begin
     clrscr;highvideo;beep;
     getdate(year,month,date,day);gettime(h,m,s,f);
     gotoxy(55,1);writeln('DATE : ',date,'/',month,'/',year);
     gotoxy(55,2);writeln('TIME : ',h,':',m,':',s);
     writeln;
     writeln('             KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  ');
     writeln('                  CONSTRUCTION  TECHNOLOGY  DEPARTMENT     ');writeln;
     writeln('=============================================================================');
     writeln('                          CONCRETE  MIX  DESIGN          ');writeln;
     writeln('=============================================================================');
     writeln ;
     writeln('                    programmed by  Mr. Wisit  Junyapanich');
     gotoxy(1,21);lowvideo;
     writeln('                    press   ANY KEY   to  continue   ');
     waite := readkey;
     clrscr;highvideo;
end;

procedure getstrength;
begin
      writeln('   ENTER  REQUIRED  STRENGTH  < Esc > ');
      writeln;writeln;lowvideo;
      write('   Cylinder Test  Fc' at 28 days      ==>  ');{$I-} readln(dummy);{$I+}
      if ioresult <> 0 then error;
      if (dummy >460) or (dummy<175) then
         begin  writeln;beep;
                writeln('  *** OUT OF LIMITS TO GET CORRECT ANSWER ***');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                writeln;getstrength;
            end;
        strength := trunc(dummy);
end;

procedure helpforslump;
begin clrscr;gotoxy(1,5);
writeln('       ÉÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍ»');
writeln('       º      TYPE OF CONCRETE WORK      º         SLUMP  (Cm.)    º');
writeln('       º                                 º    Max      *     Min  º');
writeln('       ÌÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍ¹');
writeln('       º                                 º                         º');
writeln('       º   Footing , R.C. wall           º    8.0      *     2.5  º');
writeln('       º   Footing(no reinforced)        º    8.0      *     2.5  º');
writeln('       º   Sumerged Construction         º    8.0      *     2.5  º');
writeln('       º   R.C. Beam & Floor             º   10.0      *     2.5  º');
writeln('       º   R.C. Column                   º   10.0      *     2.5  º');
writeln('       º   R.C. Road                     º    8.0      *     2.5  º');
writeln('       º   Mass Concrete                 º    5.0      *     2.5  º');
writeln('       ÈÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍ¼');
gotoxy(40,20);write(' press  ANY KEY  ');readln;
end;

procedure read_resultfile;
type  result = record
          name   : string[12];
          cement : real;
          water  : real;
          sand   : real;
          stone  : real;
          end;
var    temfi : file of result;
       mydata : result;
label 885;

begin
    885:clrscr;
    highvideo;
    gotoxy(1,5);
    write('       ENTER NAME OF  RESULT  FILE     ==>   ');readln(result_finame);
    if result_finame = '' then goto 885;
    assign(temfi,result_finame);
    {$i-} reset(temfi); {$i+}
    if ioresult <> 0 then
        begin
             beep;
             writeln;writeln('          ! !  FILE  NOT  FOUND  ! !');
             gotoxy(40,20);write(' press  ANY KEY  ');readln;
             goto 885;
        end;
    read(temfi,mydata);
    with  mydata do
        begin
            project_name := name;
            cementweight := cement;
            finalwater := water;
            finalsand := sand;
            finalstone := stone;
        end;
    close(temfi)
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure cementdata;
var  afi : file of real;
     data : real;
     answer : char;
begin
     assign(afi,'cement.dta');
     reset(afi);
     read(afi,data);
     cementgravity := data;
     close(afi);
clrscr;gotoxy(10,5);writeln('CEMENT   : Specific Gravity  =  ',cementgravity:4:2);
       gotoxy(10,8);write('      Do you want to change <y/n>  ');readln(answer);
       if upcase(answer) = 'Y' then
           begin  gotoxy(10,15);write('CEMENT   : Specific  Gravity  =    ');readln(cementgravity);
           reset(afi);write(afi,cementgravity);close(afi);
           end;
end;



procedure water_cement_ratio(var strength:integer);
begin
     case strength of
           400..460 : wc := 0.39 - ((strength-400)/1500);
           386..399 : wc := 0.395;
           340..385 : wc := 0.45 - ((strength-340)/900);
           300..339 : wc := 0.5 - ((strehgth-300)/800);
           265..299 : wc := 0.55 - ((strength-265)/700);
           230..264 : wc := 0.60 - ((strength-230)/700);
           200..229 : wc := 0.65 - ((strength-200)/600);
           175..199 : wc := 0.7 - ((strength-175)/500);
      end;{case}
end;

procedure  savefile(weight : real;fineness :real;mois : real);
type sand = record
       specific_gravity : real;
       fineness_modulus :real;
       moisture :real;
       end;
var  fi_name : string[15];
     fi : file of sand;
     myfi : sand;

begin  {save  file}
       writeln;writeln;write('  ENTER  NAME OF FILE .....===>   ');
       readln(fi_name);
       assign(fi,fi_name);
       rewrite(fi);
       with myfi do
       begin
            specific_gravity := weight;
            fineness_modulus := fineness;
            moisture := mois;
       end;
       write(fi,myfi);
       close(fi);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;


procedure  c_savefile(projectname : instring;gravity : real;unitweight :real;mois : real;size :real);
type stone = record
       pro_name :string[12];
       c_specific_gravity : real;
       bulk_unit_weight :real;
       c_moisture :real;
       c_size : real;
       end;
var  filename : string[15];
     fi : file of stone;
     myfi : stone;

begin  {c_savefile}
       writeln;writeln;write('  ENTER  NAME OF FILE .....===>   ');
       readln(filename);
       assign(fi,filename);
       rewrite(fi);
       with myfi do
           begin
           pro_name := projectname ;
           c_specific_gravity := gravity;
           bulk_unit_weight := unitweight;
           c_moisture := mois;
           c_size := size;
        end;
        write(fi,myfi);
        close(fi);
end;


procedure fine_aggregate;
var q , w :char;
label 395;
begin
     395 :clrscr;
     writeln;writeln;writeln;
     writeln('          ***************************** ');
     writeln('                FINE  AGGREGATE      ');
     writeln('          ***************************** ');
     writeln;writeln;writeln;
     write('     Specific  gravity        = ');
     readln(weight);writeln;
     write('     Fineness modulus         = ');
     readln(fineness);writeln;
     write('     Moisture content (%)     = ');
     readln(moisture);
     writeln;writeln;writeln;
     write('    ACCEPT  ABOVE   <y/n>   ');readln(w);
     if upcase(w) = 'N' then goto 395;writeln;
     write('    DO you want to save this data   (y/n)  ');readln(q);
     if upcase(q) = 'Y' Then savefile(weight,fineness,moisture);
end;


procedure coarse_aggregate;
var l,k :char;
label 784,111;
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      784:clrscr;
      writeln;writeln;writeln;
      writeln('          ########################## ');
      writeln('               COARSE  AGGREGATE     ');
      writeln('          ########################## ');
      writeln;writeln;writeln;
      write('    Specific  gravity              =  ');
      readln(c_weight);writeln;
      write('    Bulk Unit Weight (Kg/Cu.m)     =  ');
      readln(unitweight);writeln;
      write('    Moisture content (%)           =  ');
      readln(c_moisture);writeln;
      111:write('    Max. size of aggregate (inch.)  =  ');
      readln(size);
      if (size < 0.35) or (size > 6) then
           begin
             writeln:write('     it is not accepable size .....  and make error of designing  ');
             writeln;writeln('       use size between  0.35 to 6 inch.  ');
             goto 111;
           end;
       if (size >= 0.35) and (size < 0.40) then c_size := 0.375;
       if (size >= 0.40) and (size < 0.60) then c_size := 0.5;
       if (size >= 0.60) and (size < 0.85) then c_size := 0.75;
       if (size >= 0.85) and (size < 1.25) then c_size := 1.0;
       if (size >= 1.25) and (size < 1.75) then c_size := 1.5;
       if (size >= 1.75) and (size < 2.50) then c_size := 2;
       if (size >= 2.50) and (size < 4.00) then c_size := 3;
       if (size >= 4.0) and (size <= 6.00) then c_size := 6;
       writeln;writeln;writeln;
       write('    ACCEPT  ABOVE   <y/n>   ');readln(i);writeln;
       if upcase(i) = 'N' then goto 784 ;
       write('    Do you want to save this data   (y/n)  ');readln(k);
       if upcase(k) = 'Y' then c_savefile(finame,c_weight,unitweight,c_moisture,c_size);
end;

procedure  fromslump(var c_size :real);
var  x,y : integer;
type lite = array[0..4,1..8] of word;
     air = array[1..8] of real;
const water_y : lite = ((208,198,183,178,163,153,143,124),
                        (218,205,193,186,170,160,151,131),
                        (227,218,203,193,178,168,158,138),
                        (234,223,208,198,183,173,163,143),
                        (242,227,213,203,188,178,168,148));
       percentair_y : air = (3,2.5,2,1.5,1,0.5,0.3,0.2);
     label 345;
begin
     345:clrscr;
     gotoxy(10,8);highvideo;
     write('ENTER  REQUIRED  SLUMP  ==>              c.m. ');
     lowvideo;gotoxy(10,12);
     write('Enter   0  ..... for SLUMP instruction');gotoxy(40,8);
     readln(slump);
       if slump = 0 then
            begin  helpforslump;goto 345;end;
       if c_size = 0.375 then y := 1;
       if c_size = 0.5   then y := 2;
       if c_size = 0.75  then y := 3;
       if c_size = 1     then y := 4;
       if c_size = 1.5   then y := 5;
       if c_size = 2     then y := 6;
       if c_size = 3     then y := 7;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      if c_size = 6     then y := 8;
      if (slump < 2.5) or (slump > 15) then
          begin
          beep;gotoxy(10,10);
          writeln('OUT OF RANGE TO DESIGN IN THIS METHOD ..... Press  any key ');
          normvideo;waite := readkey;
          fromslump(c_size);
          end;

         if (slump >=2.5) and (slump <= 5.0) then x :=0 ;
         if (slump >5.0) and (slump <7.5) then x :=1;
         if (slump >=7.5) and (slump <= 10) then x:=2;
         if (slump >10) and (slump <12.5) then x:= 3;
         if (slump >=12.5) and (slump <=15.0) then x:=4;
         water := water_y[x,y];
         percentair := percentair_y[y];
end;

procedure  volume_of_stone(var c_size:real;var fineness: real);
begin
       if c_size = 0.375 then stonevolume := (-0.1)*fineness + 0.7;
       if c_size = 0.5   then stonevolume := (-0.1)*fineness + 0.79;
       if c_size = 0.75  then stonevolume := (-0.1)*fineness + 0.89;
       if c_size = 1.0   then stonevolume := (-0.1)*fineness + 0.94;
       if c_size = 1.5   then stonevolume := (-0.1)*fineness + 1;
       if c_size = 2.0   then stonevolume := (-0.1)*fineness + 1.03;
       if c_size = 3.0   then stonevolume := (-0.1)*fineness + 1.08;
       if c_size = 6.0   then stonevolume := (-0.1)*fineness + 1.14;
end;



procedure  fine_aggregate_file;
type  sand = record
          specific_gravity : real;
          fineness_modulus : real;
          moisture_content :real;
          end;
var    infi : file of sand;
      mydata : sand;
label  888;
begin
    888:clrscr;
    highvideo;
    gotoxy(5,5);
    writeln('   ENTER NAME OF FINE - AGGREGATE FILE ');
    lowvideo;writeln;writeln;
    writeln('   for example =>   b:chonburi.san ');writeln;
    write('              =>   ');
    readln(finame);
    if finame = '' then goto 888;
    assign(infi,finame);
    {$i-} reset(infi); {$i+}
    if ioresult <> 0 then
          begin
              beep;
              writeln;writeln('          ? ? FILE  NOT  FOUND  ? ?');
              gotoxy(40,20);write(' press  ANY KEY  ');waite := readkey;
              goto 888;
              end;
     read(infi,mydata);
     with  mydata do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          writeln('                FINE  AGGREGATE  DATA ');lowvideo;
          writeln('               ----------------------');writeln;writeln;
          writeln('             specific  gravity   =    ',specific_gravity:5:2);
          writeln('             fineness  modulus   =    ',fineness_modulus:5:2);
          writeln('             moisture  [ % ]     =    ',moisture_content:5:2);
          weight := specific_gravity;
          fineness := fineness_modulus;
          moisture := moisture_content;
          end;
     gotoxy(25,17);write(' press  ANY KEY  to continue   ');waite := readkey;
     close(infi);
end;

procedure  coarse aggregate_file;
type  stone = record
          nill : string[12];
          c_specific_gravity : real;
          c_unitweight : real;
          c_moisture_content :real;
          c_sizeofstone : real;
          end;
var    infi : file of stone;
       mydata : stone;
label 885;

begin
     885:clrscr;
     highvideo;
     gotoxy(1,5);
     writeln('       ENTER NAME OF  COARSE  AGGREGATE FILE ');
     gotoxy(1,8);lowvideo;
     writeln('       for example =>  b:korat.roc ');
     writeln;
     write('                   =>   ');
     readln(c_finame);
     if c_finame = '' then goto 885;
     assign(infi,c_finame);
     {$i-} reset(infi); {$i+}
     if ioresult <> 0 then
          begin
          beep;
          writeln:writeln('          $ $  FILE  NOT  FOUND  $ $');
          gotoxy(40,20);write(' press  ANY KEY  ');readln;
          goto 885;
          end;
      read(infi,mydata);
      with  mydata do
           begin
           highvideo;clrscr;gotoxy(1,5);
           writeln( '                  COARSE  AGGREGATE  DATA ');lowvideo;
           writeln('                 ------------------------');gotoxy(1,10);
           writeln('           specific  gravity       = ',c_specific_gravity:5:2);
           writeln('           bulk unit weight        = ',c_unitweight:5:2);
           writeln('           moisture                = ',c_moisture_content:5:2);
           writeln('           max. size of aggregate  = ',c_sizeofstone:5:2);
           dummystring := nill;
           c_weight := c_specific_gravity;
           unitweight := c_unitweight;
           c_moisture := c_moisture_content;
           c_size := c_sizeofstone;
           lowvideo;
      end;
      gotoxy(25,20);write('press   ANY KEY  ');readln;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          writeln('                FINE  AGGREGATE  DATA ');lowvideo;
          writeln('               ----------------------');writeln;writeln;
          writeln('             specific  gravity   =    ',specific_gravity:5:2);
          writeln('             fineness  modulus   =    ',fineness_modulus:5:2);
          writeln('             moisture  ( % )     =    ',moisture_content:5:2);
          weight := specific_gravity;
          fineness := fineness_modulus;
          moisture := moisture_content;
          end;
     gotoxy(25,17);write('press  ANY KEY  to continue   ');waite := readkey;
     close(infi);
end;

procedure  coarse_aggregate_file;
type  stone = record
          nill : string[12];
          c_specific_gravity : real;
          c_unitweight : real;
          c_moisture_content :real;
          c_sizeofstone : real;
          end;
var    infi : file of stone;
       mydata : stone;
label 885;

begin
     885:clrscr;
     highvideo;
     gotoxy(1,5);
     writeln('       ENTER NAME OF  COARSE  AGGREGATE FILE ');
     gotoxy(1,8);lowvideo;
     writeln('       for example =>  b:korat.roc ');
     writeln;
     write('                  =>   ');
     readln(c_finame);
     if c_finame = '' then goto 885;
     assign(infi,c_finame);
     {$i-} reset(infi); {$i+}
     if ioresult <> 0 then
          begin
          beep;
          writeln;writeln('          $ $  FILE  NOT  FOUND  * *');
          gotoxy(40,20);write(' press  ANY KEY  ');readln;
          goto 885;
          end;
      read(infi,mydata);
      with  mydata do
           begin
           highvideo;clrscr;gotoxy(1,5);
           writeln( '                  COARSE  AGGREGATE  DATA ');lowvideo;
           writeln('                 ------------------------');gotoxy(1,10);
           writeln('           specific  gravity       = ',c_specific_gravity:5:2);
           writeln('           bulk unit weight        = ',c_unitweight:5:2);
           writeln('           moisture                = ',c_moisture_content:5:2);
           writeln('           max. size of aggregate  = ',c_sizeofstone:5:2);
           dummystring := nill;
           c_weight := c_specific_gravity;
           unitweight := c_unitweight;
           c_moisture := c_moisture_content;
           c_size := c_sizeofstone;
           lowvideo;
      end;
      gotoxy(25,20);write('press  ANY KEY  ');readln;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      close(infi)
end;


procedure fine_aggregate_menu;
label 222;
begin
     222:clrscr;
     highvideo;
     gotoxy(30,5);
     writeln('FINE  AGGREGATE   DATA ');
     gotoxy(30,6);
     writeln('======================');
     lowvideo;
     gotoxy(28,10);
     writeln(' 1.  user input directly ');
     gotoxy(28,12);
     writeln(' 2.  data from file ');
     gotoxy(40,15);
     highvideo;
     write(' you select  => ');
     select := readkey;
     writeln(select);
           case select of
              '1':begin finame := ' ';fine_aggregate;end;
              '2':fine_aggregate_file;
           else
           goto 222;
          end;{case}

end;

procedure coarse_aggregate_menu;
label 333;
begin
     333:clrscr;
     highvideo;
     gotoxy(30,5);
     writeln('COARSE  AGGREGATE   DATA ');
     gotoxy(30,6);
     writeln('**************************');
     lowvideo;
     gotoxy(26,10);
     writeln(' 1.  user input directly ');
     gotoxy(26,12);
     writeln(' 2.  data from file ');
     gotoxy(40,15);
     highvideo;
     write(' you select  => ');
     c_select := readkey;
     writeln(c_select);
           case c_select of
                    '1':begin
                     *      c_finame := ' ';
                            coarse_aggregate;
                        end;
                    '2':coarse_aggregate_file;
           else
                    goto 333;
           end;{case}
end;{procedore}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure compute;
begin
     cementweight := water/wc;
     volumecfcement := cementweight / (cementgravity *1000);
     volumeofair := percentair / 100;
     volumeofwater := water / 1000;
     stoneweight := unitweight * stonevolume;
     volumeofstone := stoneweight / (c_weight * 1000);
     volumeofsand := 1 - (volumeofcement + volumeofair + volumeofwater + volumeofstone);
     sandweight := volumeofsand * weight * 1000 ;
     waterinsand := sandweight * (moisture / 100);
     waterinstone := stoneweight * (c_moisture /100);
     totalmoisture := waterinsand + waterinstone;
     finalwater := water - totalmoisture;
     finalsand := sandweight + waterinsand;
     finalstone := stoneweight + waterinstone;

end;


procedure  solving;
var n : byte;
begin
     n :=8;
     repeat
        n := n-1;
        clrscr;delay(300);gotoxy(30,12);
        write('S  O  L  V  I  N  G ');
       delay(500)
     until  n =0;
end;


procedure  displayentry;
begin
     clrscr;
     writeln('                  DESIGH  OF  CONCRETE  MIXTURE ');
     writeln('                  ****************************** ');writeln;
     writeln('                 REQUIRED  STRENGTH   ( KSC ) ..... ',strength);
     writeln('                 WATER - CEMENT  RATIO  ..... ',wc:4:2);
     writeln('                 SLUMP                ( CM.)  ..... ',slump:5:2);
     writeln;writeln;
     writeln('                        FINE  AGGREGATE ');
     writeln('                       ---------------- ');
     writeln(' from  ==>  ',finame);
     writeln('                specific gravity .....   ',weight:5:2);
     writeln('                fineness modulus .....   ',fineness:5:2);
     write('               moisture content .....   ',moisture:5:2);writeln('    % ');writeln;
     writeln('                        COARSE  AGGREGATE ');
     writeln('                       ----------------- ');
     writeln(' from  ==>  ',c_finame);
     writeln('                specific gravity .....   ',c_weight:5:2);
     write('                bulk unit weight .....   ',unitweight:5:2);writeln('    Kgs/Cu.m ');
     write('                moisture content .....   ',c_moisture:5:2);writeln('    % ');
     write('                   maximum size .....   ',c_size:5:2);    writeln('    inch ');
     write('    press  any  key ');readln;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure displayresult;
begin
     clrscr;getdate(year,month,date,day);
     writeln(' DATE : ',date,'/',month,'/',year,'    <dd/mm/yy>  ');writeln;
     writeln(' PROJECT   ==>   ',project_name);writeln;
     writeln('                 ÉÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍ» ');
     writeln('                 º  PROPORTION OF CONCRETE MIXTURE  º ');
     writeln('                 ÈÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍ¼ ');
     writeln;
     writeln('                          1  : ',(finalsand/cementweight):4:2,' : ',(finalstone/cementweight):4:2);
     writeln;
     writeln('     CONCRETE one cu.m  use  :  ');writeln;
     write('                    CEMENT  :   ',cementweight:7:2);writeln('    Kgs. ');
     write('                     WATER  :   ',finalwater:7:2);  writeln('    Kgs. ');
     write('           FINE  AGGREGATE  :   ',finalsand:7:2);   writeln('    Kgs. ');
     write('         COARSE  AGGREGATE  :   ',finalstone:7:2);  writeln('    Kgs. ');writeln;
     totalweight := cementweight + finalwater + finalstone + finalsand;
     write('             TOTAL  WEIGHT  :   ',totalweight:7:2); writeln('    Kgs. ');
end;


procedure printresult;
begin
     writeln(lst);writeln(lst);writeln(lst);writeln(lst);
     writeln(lst,'         DATE : ',date,'/',month,'/',year,'    <dd/mm/yy>  ');
     writeln(lst);writeln(lst);
     writeln(lst,'         PROJECT   ==>   ',project_name);
     writeln(lst);writeln(lst);writeln(lst);
     writeln(lst,'                         ÉÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍ» ');writeln(lst);
     writeln(lst,'                         º  PROPORTION OF CONCRETE MIXTURE  º ');writeln(lst);
     writeln(lst,'                         ÈÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍ¼ ');
     writeln(lst);writeln(lst);
     writeln(lst,'                                  1  : ',(finalsand/cementweight):4:2,' : ',
     (finalstone/cementweight):4:2);writeln(lst);
     writeln(lst,'              REQUIRED  STRENGTH   :   ',strength,'   Ksc.');writeln(lst);
     writeln(lst,'                        SLUMP      :   ',slump:5:2,'    Cm.');
     writeln(lst);writeln(lst);
     writeln(lst,'          CONCRETE one cu.m  use  :  ');writeln(lst);
     writeln(lst);writeln(lst);
     writeln(lst,'                           CEMENT  :   ',cementweight:7:2,'    Kgs. ');writeln(lst);
     writeln(lst,'                            WATER  :   ',finalwater:7:2,'    Kgs. ');writeln(lst);
     writeln(lst,'                  FINE  AGGREGATE  :   ',finalsand:7:2,'    Kgs. ');writeln(lst);
     writeln(lst,'                COARSE  AGGREGATE  :   ',finalstone:7:2,'    Kgs. ');writeln(lst);writeln(lst);
     writeln(lst,'                   TOTAL  WEIGHT   :   ',totalweight:7:2,'    Kgs. ');
end;
procedure   saveornot;
begin
    gotoxy(5,21);
    write('    Do you want to  * SAVE *  this result   (y/n)  ');readln(select);
    if upcase(select) = 'Y' then c_savefile(project_name,cementweight,finalwater,finalsand,finalstone);
end;

procedure  printornot;
begin
   gotoxy(1,21);delline;delline;delline;
   write('    Do you want to  ** PRINT ** this result   (y/n)   ');readln(select);
   if upcase(select) = 'Y' then
      begin
      writeln;
      write('     PRESS ANY KEY WHEN  -  PRINTER  -  READY TO WORK');
      readln;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        printresult;
        end;
  end;
  procedure mainmenu;
  begin
       gotoxy(1,4);highvideo;
       writeln('================================================================================');
       writeln('                                MAIN  MENU ');
       writeln('================================================================================');
       gotoxy(1,10);
       write('                              1. C');lowvideo;writeln('ONCRETE MIXED DESIGN ');writeln;highvideo;
       write('                              2. R');lowvideo;writeln('ESULT DISPLAY ');writeln;highvideo;
       write('                              3. E');lowvideo;writeln('XIT       ');writeln;
       write('                                                    select ==> ');select := readkey;
       case select of
            '1','C','c' : exit;
            '2','R','r' : begin
                    read_resultfile;
                    displayresult;
                    readln; demo;
                    end;
            '3','E','e' : begin
                     clrscr;gotoxy(25,12);
                    write(' G O O D      L U C K  !');
                    halt;
                  end;
       else mainmenu;
       end; {case}
  end; {mainmenu}


  begin {demo}
       screen;
       mainmenu;
       clrscr;gotoxy(1,4);
       write('   ENTER  PROJECT  NAME     ===>    ');readln(project_name);gotoxy(1,8);
       getstrength;
       water_cement_ratio(strength);
       cementdata;
       fine_aggregate_menu;
       coarse_aggregate_menu;
       fromslump(c_size);
       volume_of_stone(c_size,fineness);
       compute;
       solving;
       displayentry;
       displayresult;
       saveornot;
       printornot;
       demo
  end;


  begin {main}
       demo;
  end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. บริษัทชลประทานซีเมนต์จำกัด : " เรื่องของคอนกรีต "

2. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา : " เรียนรู้ภาษาปาสคาล ด้วยเทอร์โบปาสคาล 4.0-5.0 "

3. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย : " คู่มือตรวจสอบคอนกรีตของสมาคมคอนกรีตอเมริกัน" ตุลาคม 2530

4. วินิต ช่อวิเชียร : " คอนกรีต เทคโนโลยี "

5. จรัล จินดามณีศิริกุล และคณะ " วิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบวิธีออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยวิธี Niles Odemark , ACI , Modified "

6. Orchard,D.F. :Concrete Technology,2 Ed.,John Wiely,Newyork 1962

7. Gambhir,M.L. :Concrete Technology,Mc Graw-Hill,New Delhi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้