สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โปรแกรมสื่อการเรียนการสอนวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

REINFORCED CONCRETE DESIGN SELF-STUDY TRAINING PROGRAM

T042421

โดย

นายฉัตรชัย ภู่จิรเกษม

นายชาคริต ศรีสุวรรณรัตน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42421
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b11209312

โปรแกรมสื่อการเรียนการสอนวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

REINFORCED CONCRETE DESIGN SELF-STUDY TRAINING PROGRAM

โดย

นายฉัตรชัย ภู่จิรเกษม

นายชาคริต ศรีสุวรรณรัตน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REINFORCED CONCRETE DESIGN SELF-STUDY TRAINING PROGRAM

MR.CHATCHAI PHUJIRAKASEM
MR.CHACHRIST SRISUWANARAT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงาน	โปรแกรมสื่อการเรียนการสอนวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก		
นักศึกษา	นายฉัตรชัย ภู่จิรเกษม	รหัสประจำตัว	40010149
	นายชาคริต ศรีสุวรรณรัตน์	รหัสประจำตัว	39014570
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ		

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ อ.ศิลป์ชัย จานสุวรรณ ผศ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)

หัวหน้าภาควิศวกรรมโยธา

วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	โปรแกรมสื่อการเรียนการสอนวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก REINFORCED CONCRETE DESIGN SELF-STUDY TRAINING PROGRAM
นักศึกษา	นายฉัตรชัย ภู่จิรเกษม นายชาคริต ศรีสุวรรณรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

การศึกษาด้วยตนเอง หนึ่งในรูปแบบพื้นฐานของการเรียนรู้ ซึ่งขจัดปัจจัยภายนอกออกไป หนึ่งในนั้นคือเรื่องของเวลา โดยผู้ที่ทำการศึกษาสามารถเลือกเวลาเรียนด้วยตนเองได้ ดังนั้นส่วนสำคัญที่ยังคงอยู่คือตัวผู้ศึกษาและสื่อ สื่อทั่วไปได้แก่หนังสือ แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้ก้าวหน้าขึ้น ดังนั้นจึงได้เกิดสื่อประเภทใหม่ขึ้นซึ่งมีลักษณะพื้นฐานคือถ่ายทอดความรู้ แต่มีสิ่งที่เพิ่มเข้ามาคือการคำนวณและการตอบสนองต่อข้อมูล ซึ่งความสามารถสองอย่างหลังนี้จะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างการศึกษารูปแบบเก่าและใหม่ จากคุณสมบัติทางด้านการคำนวนซึ่งจะคอยอำนวยความสะดวกได้ดีในเชิงตัวเลข อย่างไรก็ตามส่วนของเนื้อหาก็ยังคงเป็นส่วนที่ผู้ทำการศึกษาต้องทำความเข้าใจ โดยมีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลเป็นส่วนที่ทำการตรวจสอบและทำการวิเคราะห์ข้อมูลให้อีกที เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาของตัวผู้ใช้ หัวใจหลักของสื่อประเภทนี้หาใช่อยู่ที่เนื้อหาไม่ แต่อยู่ที่ความสะดวกในการใช้งานและประสิทธิภาพในการตอบโต้กับผู้ใช้ทั้งในส่วนของข้อมูลที่ผู้ใช้ได้กำหนดและข้อมูลที่ได้ทำการคำนวณออกมาโดยตัวสื่อ จากประสิทธิภาพทั้งหมดข้างต้นได้ชี้ไปยังสื่อว่าสื่อประเภทนี้จะรูปแบบการนำเสนอในลักษณะของโปรแกรม ดังนั้นเราจึงเรียกสื่อประเภทนี้ว่าโปรแกรมสื่อการสอน

โครงการพิเศษนี้ได้นำเนื้อหาในรายวิชาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังประลัยมาเป็นเนื้อหาที่ จะให้ผู้ใช้ได้ทำการศึกษาด้วยตนเองควบคู่ไปกับการใช้โปรแกรมสื่อการสอน ดังนั้นจึงเรียกโครงการพิเศษนี้ว่า โปรแกรมสื่อการเรียนการสอนวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	REINFORCED CONCRETE DESIGN SELF-STUDY TRAINING PROGRAM
Name	:	MR.CHATCHAI PHUJIRAKASEM
	:	MR.CHACHRIST SRISUWANARAT
Field	:	CONSTRUCTION ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	ASST.PROF.SIKRIT HIRANMAS

ABSTRACT

Self study, a supplement to in-class study, allows students to study at their own leisure time. In the past, self study media is in the form of books and video tape. These media provides a form of one way instruction whereas students have to review particular subjects by themselves a number of times for better understanding on those subjects.

With present technology, CD rom has taken over as a popular self study media. And the form of instruction has transformed from one way instruction to interactive computer assisted instruction (CAI). A well written CAI will guide students in basic theory and even acts as a tutor helping students solving practical problems.

It is the intention of this special project to pioneer the CAI in civil engineering courses teaching at King Mongkut's Institute of Technology – Ladkarbang. The chosen course is "Reinforced Concrete Design". The instruction includes basic theory and step-by-step procedure in designing of all basic reinforced concrete members.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ไม่มีคำกล่าวใดที่สามารถใช้บ่งบอกถึงความกรุณา และความอนุเคราะห์ของอาจารย์ศรีกริช หิรัญมาศ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ได้ อันเนื่องท่านเปรียบเสมือนผู้ให้กำเนิดแนวความคิดในการทำโครงงานพิเศษนี้ เพราะตลอดเวลาที่ได้รับการถ่ายทอดความรู้จากท่าน ผู้ประพันธ์มีความรู้สึกประทับใจและชื่นชมในรูปแบบการสอนของท่านตลอดมา ท่านได้ทุ่มเทกำลังกายกำลังใจในการสอน เพื่อให้นักศึกษาสามารถเข้าใจและกระจ่างในเนื้อหาวิชาเรียน โดยมีระเบียบการสอนที่เป็นระบบเข้าใจง่าย ทั้งหมดนี้ได้จุดประกายให้ผู้ประพันธ์ริเริ่มทำโครงงานพิเศษนี้ นอกจากนี้ความรู้ทั้งหมดที่ได้นำมาใช้ประกอบในโครงงานพิเศษนี้ ได้รับการถ่ายทอดมาจากอาจารย์ศรีกริชทั้งสิ้น จึงขอกล่าวคำขอบคุณอย่างซาบซึ้งและนับถือแด่ อาจารย์ศรีกริช หิรัญมาศ ไว้ ณ ที่นี้

ขอกล่าวคำขอบคุณอย่างซาบซึ้งสำหรับผู้ให้ช่วยเหลือทุกท่าน เพราะโครงงานพิเศษนี้ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยความสามารถทางด้านการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างหลากหลาย เพื่อความสมบูรณ์ของโครงงานพิเศษ แน่นอนที่สุดว่าโครงงานพิเศษนี้มิอาจสำเร็จและสมบูรณ์ได้ หากไม่ได้ความร่วมมือและช่วยเหลือจากหลายๆ ฝ่าย จึงขอกล่าวคำขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะบุคคลเหล่านี้ คือ

1. นายจิระศักดิ์ รัตนไพบูลย์เจริญ ผู้ซึ่งให้ความช่วยเหลือในการสร้างภาพสามมิติ และให้คำแนะนำด้านศิลปะการจัดรูปแบบหน้าตาของโปรแกรม
2. นายสุทัศน์ กันธง ,นายสุริยันต์ เลาหประภานนท์ , นายวุฒิชัย มณีโชติ ผู้ซึ่งให้คำแนะนำในด้านการเขียนโปรแกรม ตลอดทั้งเทคนิคการโปรแกรมที่มิอาจศึกษาจากที่ใดได้

นอกจากนี้ บุคคลสำคัญที่สุดที่ผู้ประพันธ์มิอาจจะลืมในพระคุณที่ทำให้ผู้ประพันธ์มีวันนี้ได้ ก็คือ บิดา มารดา ท่านผู้เป็นต้นแบบแห่งความสำเร็จ ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจเรื่อยมา อันจะหาที่เปรียบมิได้ ผู้ประพันธ์ตระหนักและสำนึกในพระคุณอันยิ่งใหญ่นี้เป็นอย่างดี และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายฉัตรชัย ภู่จิรเกษม
นายชาคริต ศรีสุวรรณรัตน์
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน(ภาษาไทย)	ก
	ปกใน(ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญรูป	ฎ
1	**บทนำ**	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.4. ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา	3
	1.5. วิธีการศึกษา	6
2	**หลักการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลัง และส่วนประกอบหลักของโปรแกรม**	
	2.1. กล่าวนำ	7
	2.2. หลักการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลัง	7
	2.3. ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม	8
	2.3.1. เอกสาร(Text)	10
	2.3.2. โปรแกรมออกแบบ(Program)	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
3	**การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก**	
	3.1. กล่าวนำ	14
	3.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ	15
	3.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	16
	3.3.1. คานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง	16
	3.3.2. คานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด	16
	3.4. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง	17
	3.5. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด	29
	3.6. วิธีการใช้โปรแกรมช่วยสำหรับเสริมเหล็กรับแรงดึง	44
	3.7. วิธีการใช้โปรแกรมช่วยสำหรับเสริมเหล็กรับแรงอัด	46
4	**การออกแบบแรงเฉือน**	
	4.1. กล่าวนำ	49
	4.2. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบแรงเฉือนสำหรับคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	50
	4.3. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบแรงเฉือนสำหรับคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	50
5	**การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก**	
	5.1. กล่าวนำ	61
	5.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	5.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	63
	5.4. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยวซึ่งรับโมเมนต์ดัดเดียว	64
	5.5. วิธีการใช้โปรแกรมช่วยเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	75
	5.6. วิธีการใช้งานโปรแกรมสร้าง Interaction Diagram ของเสาปลอกเดียว	77
6	**การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก**	
	6.1. กล่าวนำ	79
	6.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ	80
	6.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว	80
	6.4. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง	81
	6.5. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทพื้นทางเดียว	81
	6.6. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทสองทาง	95
7	**การออกแบบบันได้คอนกรีตเสริมเหล็ก**	
	7.1. กล่าวนำ	110
	7.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ	111
	7.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว	112
	7.4. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว	112
	7.5. การใช้งานโปรแกรมกำหนดสัดส่วนบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
8	**การออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก**	
	8.1. กล่าวนำ	126
	8.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ	127
	8.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	127
	8.4. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	128
	8.5. การใช้งานโปรแกรมช่วยจัดวางตำแหน่งเสาเข็ม	141
9	**ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ**	
	9.1. ผลที่ได้รับจากโครงงาน	143
	9.2. ข้อจำกัดของโครงงาน	144
	9.3. บทสรุปของโครงงาน	144
บรรณานุกรม		145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
1.1	แสดงตัวอย่างหน้าต่างของส่วนเอกสารพิเศษ	4
1.2	แสดงตัวอย่างหน้าต่างสำหรับการเลือกหัวข้อสำหรับการศึกษาในรูปแบบวีดีโอ	4
1.3	แสดงตัวอย่างหน้าต่างสำหรับการนำเสนอในรูปแบบวีดีโอ	5
1.4	แสดงตัวอย่างหน้าต่างของผลการคำนวณขั้นต้นโดยอาศัยพื้นฐานการออกแบบทั่วไป	5
1.5	แสดงตัวอย่างหน้าต่างซึ่งมีบางส่วนที่ผู้ออกแบบสามารถระบุค่าได้ตามต้องการ	6
2.1	แสดงหน้าต่างแรกของโปรแกรมสอนออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	9
2.2	แสดงหน้าต่างสำหรับเลือกรูปแบบที่ต้องการศึกษา	10
2.3	แสดงหน้าต่างหลักของส่วนเอกสาร(Text)	10
2.4	แสดงหน้าต่างสำหรับเลือกโครงสร้างพื้นฐานที่ต้องการออกแบบ	12
3.1	แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	14
3.2	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง	17
3.3	แสดงหน้าต่างรายละเอียดโดยสรุปของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	18
3.4	แสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอสำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	18
3.5	แสดงหน้าต่างการออกแบบขั้นที่1 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง	20
3.6	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่2 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
3.7	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง	22
3.8	แสดงหน้าต่างของโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงดึง	23
3.9	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 จะปรากฏปุ่มคำนวณซ้ำหลังจากออกจากหน้าต่างช่วยเสริมเหล็กรับแรงดึง	24
3.10	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง หลังจากกดปุ่มคำนวณซ้ำ	25
3.11	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง	26
3.12	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่5 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง	27
3.13	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่6 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง	28
3.14	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด	29
3.15	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่1 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด	30
3.16	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่2 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด	32
3.17	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด	34
3.18	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด	35
3.19	แสดงหน้าต่างของโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงอัด	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
3.20	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 ภายหลังจากออกจากหน้าต่างช่วยเสริมเหล็กรับแรงอัด	37
3.21	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่5 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด	38
3.22	แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงดึง	39
3.23	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 ภายหลังจากออกจากหน้าต่างของโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กรับแรงดึง จะปรากฏปุ่ม คำนวณซ้ำ	40
3.24	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 ภายหลังจากกดปุ่มคำนวณซ้ำ	40
3.25	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่6 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด	42
3.26	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่7 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด	43
3.27	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่8 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด	44
3.28	แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงดึง	45
3.29	แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงอัด	47
4.1	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	51
4.2	แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	52
4.3	แสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอสำหรับการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	52
4.4	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุมิติต่างๆ ในการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
4.5	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุคุณสมบัติของวัสดุในการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	53
4.6	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุน้ำหนักบรรทุก และแรงภายในที่กระทำต่อโครงสร้างในการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	53
4.7	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	54
4.8	แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดเชิงรูปภาพของการออกแบบในขั้นที่1	55
4.9	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	56
4.10	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	57
4.11	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	58
4.12	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า	59
4.13	แสดงหน้าต่างสรุปการเสริมเหล็กปลอก	60
5.1	แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	61
5.2	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยวรับโมเมนต์ดัดทางเดียว	64
5.3	แสดงหน้าต่างรายละเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	65
5.4	แสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอสำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	65
5.5	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
5.6	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	67
5.7	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	68
5.8	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	69
5.9	แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กเสาปลอกเดี่ยว	70
5.10	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว หลังจากออกจากหน้าต่างโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กเสาปลอกเดี่ยว	71
5.11	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	72
5.12	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่6 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	73
5.13	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่7 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	74
5.14	แสดงหน้าต่างช่วยในการเสริมเหล็กเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	75
5.15	แสดงหน้าต่าง Interaction Diagram สำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว	77
6.1	แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับ	79
6.2	แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดชนิดและขนาดพื้นที่ต้องการออกแบบ	82
6.3	แสดงหน้าต่างสำหรับเริ่มการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
6.4	แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	84
6.5	แสดงหน้าต่างซึ่งแสดงหัวข้อ วีดีโอสำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	84
6.6	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับประเภทพื้นทางเดียว	85
6.7	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับ ชนิดพื้นทางเดียว	86
6.8	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	87
6.9	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	88
6.10	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	90
6.11	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่6 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	91
6.12	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่7 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	92
6.13	แสดงรายการเสริมเหล็กโดยสรุปของการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	93
6.14	แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กช่วงสั้นของพื้นทางเดียว	94
6.15	แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดชนิดและขนาดพื้นที่ต้องการออกแบบ	95
6.16	แสดงหน้าต่างสำหรับเริ่มการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
6.17	แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง	97
6.18	แสดงหน้าต่างซึ่งแสดงหัวข้อวีดีโอ สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง	97
6.19	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับประเภทพื้นสองทาง	98
6.20	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง	99
6.21	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง	100
6.22	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง	102
6.23	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5.1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	103
6.24	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5.2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง	104
6.25	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่6.1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว	105
6.26	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่6.2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง	106
6.27	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่7 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง	107
6.28	แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กช่วงสั้นของพื้นสองทาง	108
6.29	แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กช่วงยาวของพื้นสองทาง	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
7.1	แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว	110
7.2	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	112
7.3	แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	113
7.4	แสดงหน้าต่างซึ่งแสดงหัวข้อวีดีโอ สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	114
7.5	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุระยะต่างๆ และสัดส่วนของบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	114
7.6	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	115
7.7	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	116
7.8	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	117
7.9	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	119
7.10	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	120
7.11	แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่6 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	121
7.12	แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กช่วงล่าง	122
7.13	แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กช่วงบน	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
7.14	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุระยะต่างๆ และสัดส่วนของบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว	124
8.1	แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	126
8.2	แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	128
8.3	แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	129
8.4	แสดงหน้าต่างซึ่งแสดงหัวข้อวีดีโอสำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	129
8.5	แสดงหน้าต่างสำหรับการระบุภาระกระทำต่อฐานราก	130
8.6	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	131
8.7	แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการวางเสาเข็มเพื่อหาขนาดฐานราก และแรงในเสาเข็มแต่ละต้น	132
8.8	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม (หลังจากออกจากหน้าต่างช่วยจัดวางเสาเข็ม)	132
8.9	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่2 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	133
8.10	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่3 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	135
8.11	แสดงหน้าตัดวิกฤตสำหรับแรงเฉือนทะลุ	135
8.12	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่4 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
8.13	แสดงหน้าตัดวิกฤตสำหรับแรงเฉือนแบบคานกว้าง	138
8.14	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่5 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	138
8.15	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่6 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	139
8.16	แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่7 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม	140
8.17	แสดงหน้าต่างของโปรแกรมช่วยในการจัดวางตำแหน่งเสาเข็ม	141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

การเรียนการสอนในปัจจุบันได้มุ่งเน้นให้ความสำคัญต่อการศึกษาในห้องเรียน อันเนื่องจากลักษณะของความพร้อมในการตอบปัญหาข้อสงสัยต่างๆ ของนักศึกษา และเห็นได้ชัดว่าทุกครั้งเมื่อนักศึกษาได้ศึกษาในห้องเรียนก็จะมีความรู้สึกว่าสามารถเข้าใจเนื้อหาวิชาเรียนเป็นอย่างดีและมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น จึงเกิดคำถามขึ้นมาว่าเป็นไปได้หรือไม่ที่จะทำการเพิ่มช่วงเวลาแห่งความสนใจและเข้าใจเนื้อหาวิชาเรียนให้มากขึ้นนอกเหนือจากการศึกษาในห้องเรียน เพื่อประสิทธิภาพในการศึกษา โดยจะมุ่งเน้นประเด็นไปที่การศึกษาด้วยตนเอง

เป็นที่ยอมรับกันว่า ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิต ทำให้เกิดแนวความคิดเพื่อที่จะสร้างโปรแกรมสื่อการเรียนการสอนขึ้นมา ที่มีคุณสมบัติพร้อมต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง อันหมายถึง ประกอบด้วยเนื้อหาที่สมบูรณ์ แบบทดสอบเพื่อฝึกฝนประสบการณ์ นอกจากนี้สื่อการสอนที่ดีควรจะมีส่วนตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนรู้เพื่อให้เกิดความรู้สึกสะดวกต่อการศึกษา เช่น ควรจะสามารถตอบคำถามและแสดงถึงที่มาของหลักการต่างๆ ที่ผู้ศึกษาต้องการทราบได้อย่างชัดเจนและกระชับ ยิ่งไปกว่านั้นสื่อการสอนควรจะมีลักษณะดึงดูดความสนใจต่อผู้ศึกษาด้วยมีความแปลกใหม่ทำให้ผู้ศึกษาไม่เบื่อหน่ายต่อการศึกษา

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นับตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบันการศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของมนุษย์ และมีแนวโน้มทวีความสำคัญยิ่งขึ้นในอนาคต ในอดีตที่ผ่านมาถือได้ว่าการแข่งขันเป็นพฤติกรรมของการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่พึงมีเพื่อการอรอด และแน่นอนว่ามนุษย์ก็เป็นส่วนหนึ่งของสัจจะธรรมข้อนี้ จากความจริงข้างต้นที่จะปรากฏเด่นชัดขึ้นเรื่อยๆ ประกอบกับการแข่งขันในทุกกระบวนการของการดำรงชีพอยู่ซึ่งจะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น จะชี้ให้เห็นว่าสิ่งซึ่งมนุษย์สามารถและพึงกระทำในทุกวาระที่เอื้ออำนวยได้ก็คือ การเรียนรู้ เพื่อเป็นการสร้างศักยภาพแก่ตนเองควบคู่กับความมั่นคงในการดำรงชีพ ดังนั้นเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการสร้างทุกวินาทีให้เป็นประโยชน์ โดยไม่ขึ้นกับวิถีของเวลาในชีวิตปัจจุบัน ไม่ขึ้นกับตารางเรียนใดๆ และไม่ขึ้นกับลักษณะการถ่ายทอดความรู้ในรูปแบบใดๆ โดยใครหรือสิ่งหนึ่งสิ่งใด นั่นคือขึ้นอยู่กับความต้องการของตนเองเป็นสำคัญ เพราะฉะนั้นทางออกซึ่งจะสามารถขจัดข้อกำหนดต่างๆ ออกไปในขั้นต้นก็คือ เรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อการตอบสนองความต้องการในการเรียนรู้ในทุกๆ เวลาที่ตนเองต้องการ

รูปแบบการถ่ายทอดทางความรู้ในปัจจุบันมีด้วยกันอยู่หลายวิธี หนึ่งในนั้นคือ การศึกษาด้วยตนเองโดยการใช้อุปกรณ์ประเภทคอมพิวเตอร์ ซึ่งด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน บุคคลากรทั่วไปสามารถทำการสรรสร้างสื่อการสอนของตนเองได้ไม่ยากนักโดยการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป หาใช่องค์กรขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์ใหญ่โต จากอุดมคติด้านการศึกษาอย่างไร้ข้อจำกัดจากภายนอกประกอบกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน และเล็งเห็นความสำคัญทางการศึกษา จึงได้มีการสรรสร้างโปรแกรมสื่อการเรียนสอนด้วยตนเองขึ้น โดยเลือกวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลังประลัย เนื่องจากเป็นวิธีที่มีหลักการและให้ความสอดคล้องระหว่างลักษณะของโครงสร้างต่อพฤติกรรมทางวัสดุสูง

แต่อย่างไรก็ดีสิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือ ลักษณะการถ่ายทอดความรู้ และการส่งเสริมการเรียนรู้ด้วนตนเองมากกว่า หาใช่เนื้อหาตามรายวิชานั้นๆ เมื่อได้ทำการเข้าใจถึงจุดประสงค์แล้วไม่ว่าจะทำการนำรายวิชาใดๆ ก็ตามมาสร้างเป็นโปรแกรมสื่อการสอนแล้ว ก็ล้วนแต่เป็นประโยชน์ต่อผู้นำไปใช้ศึกษาด้วยตนเองทั้งสิ้น

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อต้องการสร้างโปรแกรมสื่อการสอนที่มีคุณสมบัติพร้อมต่อการศึกษาด้วยตนเอง อันจะประกอบด้วย

1. สื่อการสอนจะต้องประกอบด้วย เอกสารเพื่อการค้นคว้าสำหรับการศึกษาที่มีความสมบูรณ์ด้านเนื้อหา และง่ายต่อการค้นคว้าหาข้อมูล โดยจะมุ่งเน้นสร้างความแตกต่างในแง่ความสะดวกในการค้นคว้าเมื่อเทียบกับการศึกษาโดยเปิดจากตำราเรียนทั่วไป
2. สื่อการสอนจะต้องประกอบด้วยส่วนของการทดสอบ หลังจากที่ผู้ศึกษาได้ศึกษาเนื้อหาทั้งหมดแล้ว โดยมุ่งเน้นการทดสอบที่เป็นระบบมีขั้นตอนที่ชัดเจน และกระชับ เพื่อให้ผู้ศึกษาเกิดความรู้สึกง่ายต่อการศึกษา และเกิดความมั่นใจจนสามารถนำไปใช้จริงในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการทดสอบนี้จะต้องมีความยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับการสร้างโจทย์ที่หลากหลายเพื่อให้ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ออกมา ของแต่ละปัญหาที่ผู้ศึกษาได้กำหนดไป

3. สื่อการสอนต้องมีความแตกต่างจากสื่อการสอนที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยสื่อการสอนจะต้องมีความน่าสนใจ หรือดึงดูดใจผู้ศึกษา

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตและแนวทางการดำเนินของโครงการนี้ก็คือ ความเข้าใจของผู้ใช้โปรแกรมสื่อการสอนซึ่งเป็นการยากที่จะทำการวัดผลในขั้นต้นได้ ประกอบกับลักษณะพื้นฐานทางการเรียนรู้ซึ่งมีทั้งการเรียนรู้ด้วยตนเองและเรียนรู้ด้วยสิ่งอื่น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแบ่งตัวโปรแกรมออกเป็นส่วนย่อยเพื่อประสิทธิภาพในการถ่ายทอดความรู้ตามลักษณะเฉพาะทางของส่วนนั้นๆ โดยได้แบ่งโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่

1. ส่วนของเอกสาร เป็นที่ยอมรับว่าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ส่วนนี้ถือเป็นองค์ประกอบเบื้องต้นในการศึกษาด้วยตนเอง โดยส่วนนี้จะเป็นส่วนซึ่งผู้ใช้จำเป็นต้องศึกษาด้วยตนเองทั้งหมด ทั้งการอ่านและทำความเข้าใจ ซึ่งส่วนของโปรแกรมจะเข้ามามีส่วนช่วยเฉพาะทางด้านการอำนวยความสะดวกเท่านั้น แต่อย่างไรก็ดี ส่วนนี้ถือได้ว่าเป็นฐานของข้อมูลที่จำเป็นต้องมีทั้งเพื่อใช้ในการศึกษาและอ้างอิง

2. ส่วนของโปรแกรมคำนวณออกแบบเป็นส่วนซึ่งมีผลโดยตรงมาจากการพัฒนาการทางเทคโนโลยี ซึ่งส่วนนี้จะต้องมีความสามารถทั้งทางการนำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และทำการตอบสนองต่อผลของข้อมูลต่อตัวผู้ใช้ หากทำการพินิจพิจารณาแล้วจะเล็งเห็นว่าส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างรูปแบบการศึกษาในอดีตกับรูปแบบการศึกษาในอนาคตด้วยตนเอง โดยในส่วนนี้จำเป็นต้องตอบสนองในทุกความต้องการขั้นพื้นฐาน ดังนั้นในส่วนนี้ยังคงต้องแยกย่อยไปด้วย

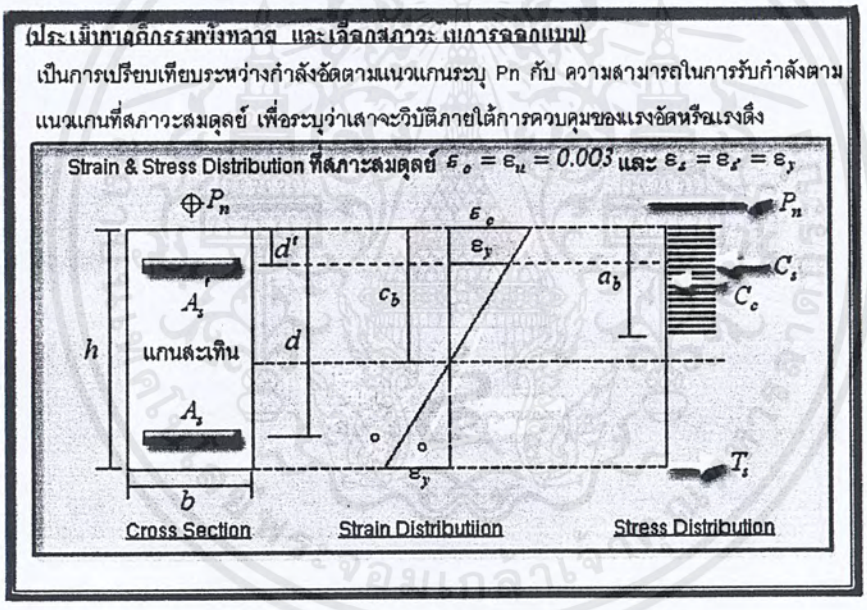
- ส่วนเอกสารพิเศษ เป็นส่วนเอกสารที่ได้จัดทำขึ้นเป็นพิเศษ ซึ่งมีการสรุปเนื้อหาออกเป็นเนื้อหาย่อยที่สอดคล้องกับขั้นตอนการออกแบบ ตลอดทั้งใช้ภาษากระชับความเพื่อความง่ายต่อความเข้าใจ (ดูรูปที่ 1.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

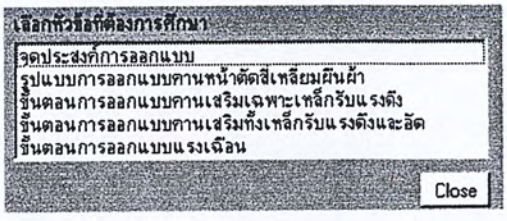
- ส่วนวีดีโอทัศน์ เป็นส่วนหนึ่งในรูปแบบของการนำเสนอหลักการออกแบบโดยสรุปที่พยายามอธิบายถึง เป้าหมาย ข้อจำกัด และขั้นตอนของการออกแบบ รวมไปถึงรายละเอียดบางประการที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ (ดูรูปที่ 1.2 และ รูปที่ 1.3)

- ส่วนวิเคราะห์ เป็นส่วนที่มีการคำนวณผลลัพธ์โดยอาศัยพื้นฐานการออกแบบทั่วไปเพื่อรองรับต่อผู้ศึกษาที่ยังไม่มีความชำนาญในการออกแบบ หรืออีกนัยหนึ่งคือ ส่วนนี้เป็นส่วนชี้นำสำหรับผู้ออกแบบซึ่งยังขาดความชำนาญในการออกแบบ (ดูรูปที่ 1.4)

- ส่วนตอบสนองต่อข้อมูล เป็นส่วนซึ่งรองรับต่อผู้ออกแบบที่มีความชำนาญในการออกแบบ กล่าวคือ ผู้ออกแบบสามารถทำการเปลี่ยนข้อมูลบางประเภท ตลอดทั้งผลลัพธ์ที่ปรากฏตามความต้องการของผู้ออกแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่จะต้องอยู่ภายใต้พื้นฐานของความเป็นไปได้เพื่อให้ผู้ออกแบบได้มีส่วนร่วมในการออกแบบด้วย (ดูรูปที่ 1.5)



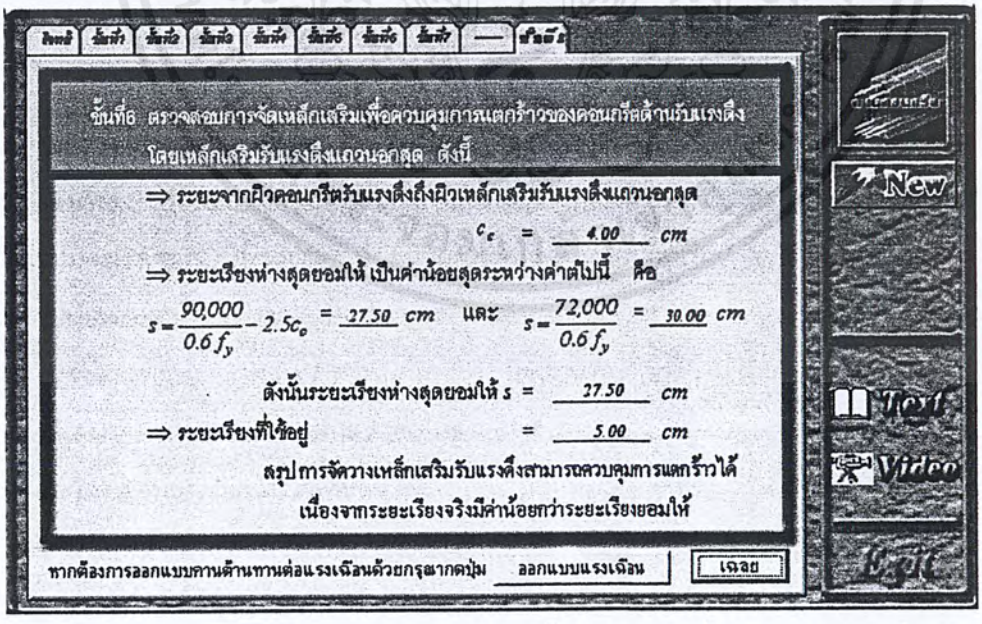
รูปที่ 1.1 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของส่วนเอกสารพิเศษ



รูปที่1.2 แสดงตัวอย่างหน้าต่างสำหรับการเลือกหัวข้อสำหรับการศึกษาในรูปแบบวีดีโอ

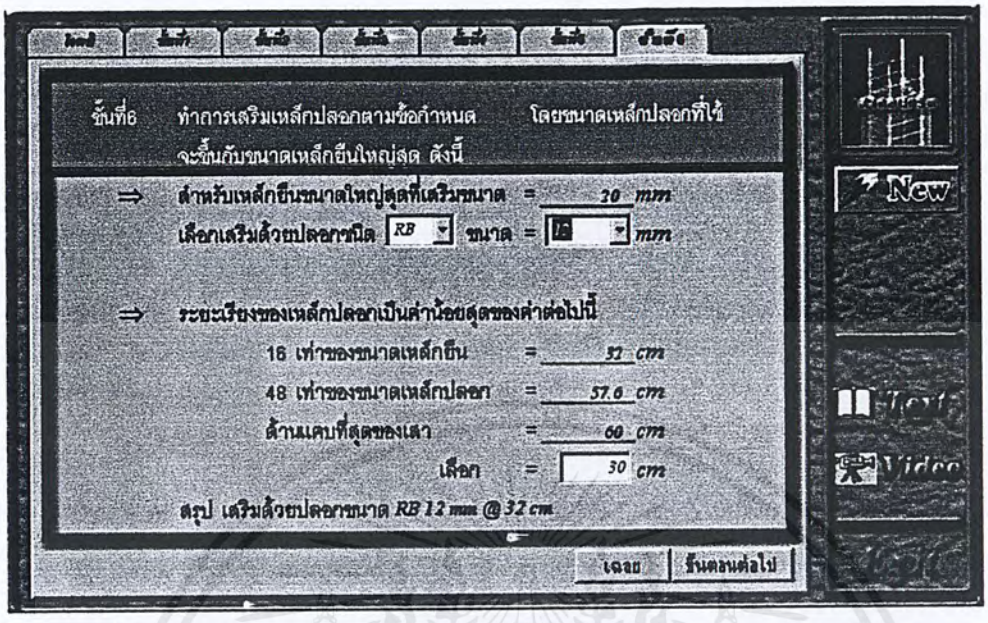
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.3 แสดงตัวอย่างหน้าต่างสำหรับการนำเสนอในรูปแบบวีดีโอ



รูปที่ 1.4 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของผลการคำนวณขั้นต้น โดยอาศัยพื้นฐานการออกแบบทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 แสดงตัวอย่างหน้าต่างซึ่งมีบางส่วนที่ผู้ออกแบบสามารถระบุค่าได้ตามต้องการ

1.5 วิธีการศึกษา

สำหรับการศึกษาโครงงานพิเศษชิ้นนี้มีวิธีการศึกษาดังต่อไปนี้

1. กำหนดรูปแบบหน้าตาโดยรวมตลอดทั้งองค์ประกอบทั้งหมดของโครงงานพิเศษ เพื่อทราบถึงความจำเป็นในการศึกษาความรู้ด้านต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในโครงงานพิเศษ

2. ศึกษาความรู้ด้าน การเขียนโปรแกรม เนื้อหาวิชาที่จะนำมาใช้ในโครงงานพิเศษ คือ วิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ตลอดทั้งศึกษาการใช้งานโปรแกรมต่าง ๆ ที่จำเป็น

3. เริ่มเขียนโปรแกรมสร้างโครงงานพิเศษ โดยจะแบ่งงานออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของเอกสารการค้นคว้า(Text) และส่วนแบบทดสอบ หรือโปรแกรมออกแบบ(Program)

4. นำทั้งสองส่วนของโปรแกรมมารวมเข้าด้วยกัน และตรวจสอบความถูกต้องของแต่ละส่วน ตลอดทั้งพัฒนาแต่ละส่วนของโครงงานพิเศษให้มีความสะดวกต่อการใช้งาน คือเพิ่มในส่วนของ วีดีโอ เอกสารพิเศษ

5. ทดลองใช้โปรแกรม และนำเสนอโปรแกรมต่อผู้ใช้หลายประเภทเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลในด้าน ความถูกต้องของโปรแกรม และความน่าสนใจของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
หลักการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลัง และ ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม

2.1 กล่าวนำ

สำหรับเนื้อหาในบทนี้ จะกล่าวถึงหลักการของการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลังโดยสังเขป และอธิบายถึงส่วนประกอบหลักของโปรแกรมสื่อการสอนตลอดทั้งการใช้งานโปรแกรมในบางส่วน

2.2 หลักการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลัง

การออกแบบด้วยวิธีกำลัง(Strength Design Method) เป็นการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการพิจารณาทั้งทางด้านกำลัง(Strength) และ สภาวะการใช้งาน (Serviceability) การออกแบบด้วยวิธีกำลังเป็นการพิจารณาหาขนาดของส่วนโครงสร้างคอนกรีตและปริมาณของเหล็กเสริมที่สภาวะก่อนที่ส่วนโครงสร้างนั้นจะเกิดการวิบัติจากการบรรทุกน้ำหนักเกินกว่าที่คาดไว้ ทั้งนี้อนุญาตให้วิเคราะห์หาค่าแรงภายในต่างๆ ที่กระทำต่อส่วนของโครงสร้าง โดยอาศัยทฤษฎีอิลาสติกได้แทนที่จะต้องวิเคราะห์อย่างละเอียด เพราะพบว่าการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีอิลาสติกให้ความปลอดภัยพอเพียงและช่วยให้การคำนวณออกแบบง่ายขึ้นมาก ปัจจุบันการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลังเป็นวิธีที่นิยมมากในต่างประเทศ โดยเหตุผลของการเลือกใช้วิธีกำลังในการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ได้แก่

1. วิธีกำลังสามารถคาดหมายกำลังต้านทานสูงสุดของส่วนของโครงสร้างได้ถูกต้องกว่าวิธีหน่วยแรงใช้งาน อันเนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีพฤติกรรมแบบไม่ยืดหยุ่นเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกมากๆ

2. วิธีกำลังให้ทางเลือกของการใช้ค่าตัวคูณเพิ่มน้ำหนักบรรทุก(Load Factor) ได้อย่างมีเหตุผล กล่าวคือน้ำหนักบรรทุกใดที่ทราบค่าค่อนข้างจะแน่นอน เช่นน้ำหนักบรรทุกคงที่ ก็ใช้ค่าตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คูณเพิ่มกำลังที่ต่ำลง ส่วนน้ำหนักบรรทุกจรที่ไม่ทราบค่าแน่นอนก็ใช้ตัวคูณเพิ่มกำลังที่สูงขึ้น นอกจากนี้การออกแบบโดยวิธีกำลังยังสามารถสำรองกำลังต้านทานของส่วนโครงสร้างที่คำนวณได้อีกตามความเข้มงวดของการควบคุมงานโดยใช้ตัวคูณลดกำลังต้านทาน (Strength Reduction Factor) ตามที่ควรจะเป็นได้ด้วยจึงทำให้ทราบอัตราส่วนปลอดภัยที่แท้จริง

3. วิธีกำลังไม่ต้องคำนึงถึงการล้าของคอนกรีต (Creep) แต่อย่างใด ซึ่งในขณะที่การออกแบบด้วยหน่วยแรงใช้งานต้องพิจารณาถึงผลของการล้าของคอนกรีตด้วยเนื่องจากอัตราส่วนโมดูลัสของเหล็กเสริมต่อคอนกรีต (Modular Ratio) มีค่าไม่คงที่ และแปรเปลี่ยนตามระยะเวลาที่ใช้งาน ทำให้หน่วยแรงใช้งานที่เกิดขึ้นจริงมีค่าต่างจากที่คำนวณได้

4. วิธีกำลังช่วยให้เลือกเหล็กเสริมที่มีกำลังจุดคราดสูงขึ้นได้ ทำให้ประหยัดมากขึ้นเพราะอาจจะไม่จำเป็นต้องเสริมเหล็กรับแรงอัด

5. วิธีกำลังสามารถคาดคะเนความเหนียวของส่วนของโครงสร้างก่อนที่จะเกิดการวิบัติได้ดีกว่า

โดยสมมุติฐานเบื้องต้นสำหรับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลังมีดังต่อไปนี้

1. ระนาบรูปตัดยังคงเป็นระนาบทั้งก่อนและหลังการรับแรงดัด นั่นคือการกระจายของหน่วยการยืดหดตัวบนหน้าตัดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะที่ห่างจากแนวแกนสะเทิน

2. วัสดุคอนกรีตและเหล็กเสริมเป็นไปตามกฎของฮุค นั่นคือ หน่วยแรงกับการยืดหดตัวมีความสัมพันธ์ในรูปของเส้นตรง

3. การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมเป็นไปอย่างสมบูรณ์

4. ไม่มีการคิดกำลังต้านทานต่อแรงดึงของคอนกรีต

5. กำหนดใช้โมดุลลัสของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ $w^{1.5}(4,271)\sqrt{f_c'}$ กก./ซม^2

6. กำหนดใช้โมดุลลัสของเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับ 2.04×10^6 กก./ซม^2

2.3 ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม

สำหรับการใช้งานโปรแกรมสื่อการสอนที่ได้สร้างขึ้นนี้ ผู้ใช้โปรแกรมจะเห็นได้ว่าการใช้งานโปรแกรมนี้ค่อนข้างจะง่ายไม่ค่อยซับซ้อนมากนัก ประกอบด้วยหน้าตาของโปรแกรมจะมีความแตกต่างจากโปรแกรมเชิงวิชาการโดยทั่วไป ซึ่งพยายามมุ่งเน้นให้เกิดความสวยงามและน่าใช้ เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

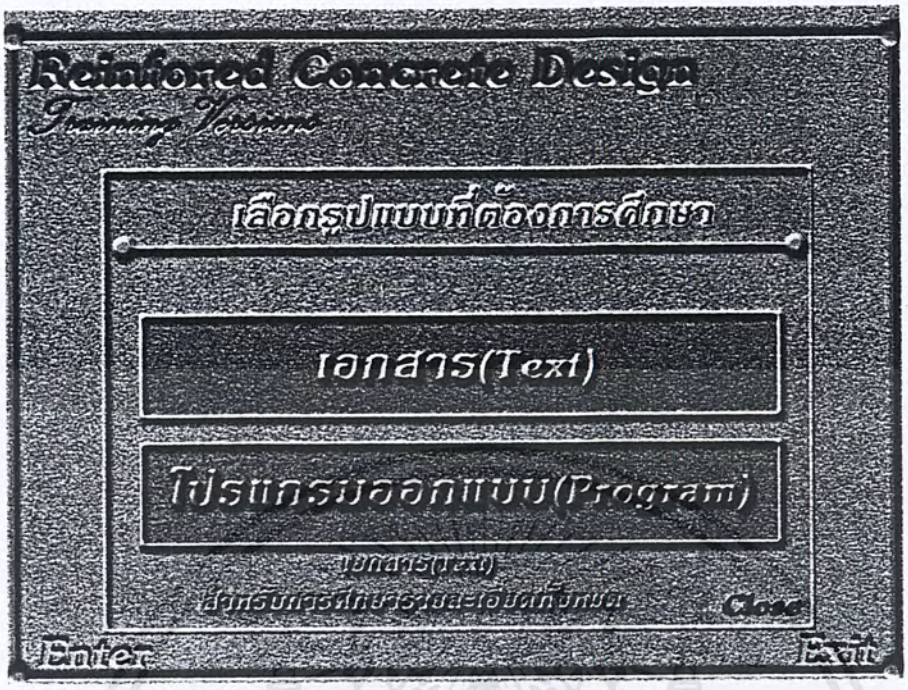
สำคัญ เมื่อเข้าสู่โปรแกรมสื่อการสอนการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กจะปรากฏตาของโปรแกรม ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 แสดงหน้าต่างแรกของโปรแกรมสอนออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

สำหรับการใช้งานในเบื้องต้น คือ กดปุ่ม **Enter** เพื่อเข้าสู่หน้าต่างหลักของโปรแกรม ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างสำหรับเลือกรูปแบบในการศึกษา แสดงดังรูปที่ 2.2 และ กดปุ่ม **Exit** เพื่อออกจากการใช้งานโปรแกรม

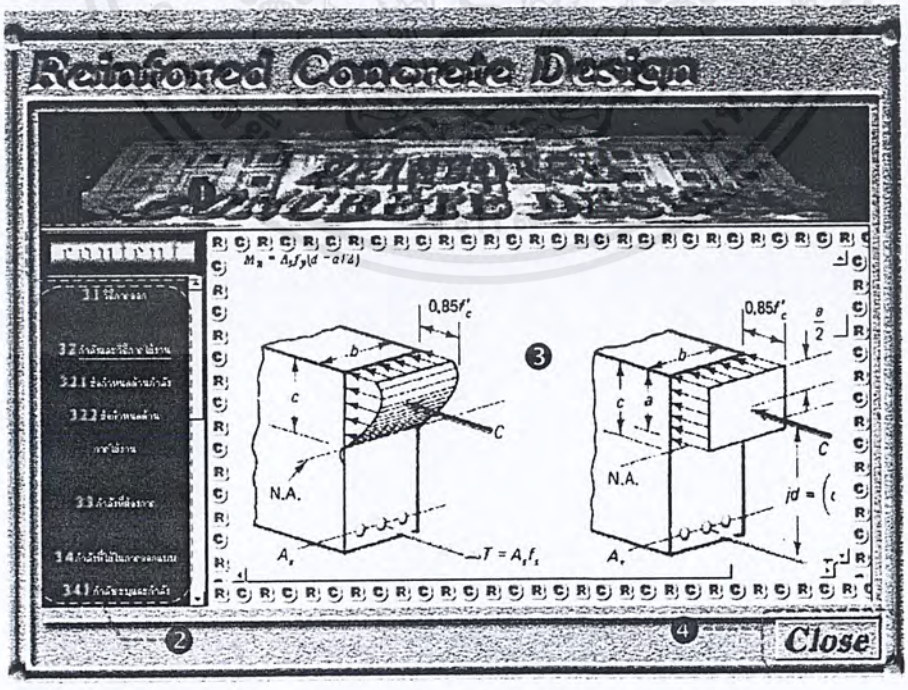
เมื่อกดปุ่ม Enter ผู้ใช้โปรแกรมหรือผู้ศึกษาสามารถเลือกรูปแบบในการศึกษาได้ 2 รูปแบบ คือ ศึกษาในรูปแบบของเอกสาร(Text) หรือศึกษาโดยการทดลองออกแบบโดยใช้โปรแกรมออกแบบ(Program) สำหรับการเข้าสู่แต่ละรูปแบบของการศึกษาสามารถกระทำได้โดยการเลื่อนเมาส์ ให้ตรงกับหัวข้อที่ต้องการเลือกจนปรากฏการเรืองแสงของหัวข้อนั้นๆ จากนั้นจึงกดเพื่อเข้าสู่แต่ละส่วน เช่น เมื่อใช้เมาส์กดลงบนส่วนของเอกสาร ก็จะปรากฏหน้าต่าง ดังรูปที่ 2.3 และถ้าหากใช้เมาส์กดลงบนส่วนของโปรแกรมออกแบบ ก็จะปรากฏหน้าต่าง ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2. 2 แสดงหน้าต่างสำหรับเลือกรูปแบบที่ต้องการศึกษา

2.3.1 เอกสาร(Text)



รูปที่ 2. 3 แสดงหน้าต่างหลักของส่วนเอกสาร(Text)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเอกสาร(Text) เป็นส่วนของโปรแกรมสื่อการสอนที่ประกอบด้วยเนื้อหา และรายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเนื้อหาทั้งหมดได้อ้างอิงจากเอกสารการสอนในชั้นเรียนของ ผศ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ อาจารย์ประจำรายวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ฯ ลาดกระบัง โดยเนื้อหาทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็นบทย่อยๆ รวม 11 บท คลอบคลุมเนื้อหาการออกแบบ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลัง และเนื้อหาแต่ละบทจะถูกแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อย ซึ่งได้มีการเชื่อมโยงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน เพื่อความสะดวกในการศึกษา กล่าวคือ หากผู้ศึกษาหรือผู้ใช้โปรแกรมกำลังศึกษาในหัวข้อใดๆ แล้วได้มีการกล่าวอ้างถึงอีกหัวข้อหนึ่ง ก็สามารถข้ามไปดูอีกหัวข้อได้ทันทีทำให้ไม่เสียเวลาในการค้นหา สำหรับตัวอย่างของส่วนเอกสาร(Text) ได้แสดงดังรูปที่ 2.3 ส่วนรายละเอียดการใช้งานในส่วนนี้(ดูรูปที่2.3 ประกอบ) จะมีรายละเอียดในการใช้งานดังต่อไปนี้

<u>ส่วนที่1</u> สำหรับการย้อนกลับมายังหน้าต่างหลักในการเลือกบทเรียนที่ต้องการศึกษา
<u>สวนที่2</u> สำหรับเลือกบทเรียน และหัวข้อย่อยที่ต้องการศึกษา
<u>ส่วนที่3</u> สำหรับศึกษารายละเอียดประจำบทเรียนหรือหัวข้อย่อย ซึ่งได้ทำการเชื่อมโยงกับหัวข้อย่อยอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน
<u>ส่วนที่4</u> สำหรับออกจากการศึกษาในรูปแบบของเอกสาร(Text) ไปสู่หน้าต่าง เพื่อเลือกรูปแบบในการศึกษา แสดงดังรูปที่2.2 อีกครั้ง

2.3.2 โปรแกรมออกแบบ(Program)

โปรแกรมออกแบบ เป็นส่วนของโปรแกรมสื่อการสอนการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งช่วยในการออกแบบโครงสร้างอาคารรูปแบบพื้นฐาน อันได้แก่ คานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีคานรองรับ บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามแนวยาว และฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยวซึ่งวางบนเสาเข็ม

โดยการออกแบบในแต่ละโครงสร้างจะถูกแยกย่อยขั้นตอนในการออกแบบออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดในการคำนวณอย่างชัดเจน ง่ายต่อการทำความเข้าใจในแต่ละขั้นตอน และทำให้ผู้ศึกษามองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่คำตอบอย่างเป็นระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2. 4 แสดงหน้าต่างสำหรับเลือกโครงสร้างพื้นฐานที่ต้องการออกแบบ

ลักษณะเด่นของตัวโปรแกรมออกแบบ(Program) อยู่ตรงที่โปรแกรมสามารถคำนวณผลลัพธ์ได้เองโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการคำนวณโดยอาศัยสมมุติฐานการออกแบบทั่วไป เช่น ในการออกแบบคานในขั้นต้น ผู้ออกแบบจำเป็นจะต้องทำการสมมุติค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึงเพื่อใช้ในการคำนวณ ดังนั้นโปรแกรมก็จะทำการสมมติค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมให้ก่อน โดยมีค่าเท่ากับ 0.65 ของอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล ซึ่งประโยชน์ของการคำนวณให้โดยอัตโนมัติก็เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับรองรับต่อผู้ออกแบบหรือผู้ศึกษาซึ่งยังไม่ชำนาญในการออกแบบหรือขาดทักษะในการสมมติค่าตัวแปรให้เหมาะสมที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบ

นอกเหนือจากนี้ โปรแกรมยังมีความยืดหยุ่นอีกคือ หลังจากที่โปรแกรมได้คำนวณหาผลลัพธ์โดยอัตโนมัติแล้ว โปรแกรมจะอนุญาตให้ผู้ออกแบบหรือผู้ศึกษาสามารถเปลี่ยนแปลงค่าผลลัพธ์ได้ตามความเหมาะสมในบางจุดของแต่ละขั้นตอนซึ่งผู้ออกแบบต้องการระบุค่าเอง จุดประสงค์เพื่อต้องการให้ผู้ศึกษาได้สังเกตเห็นซึ่งการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรในแต่ละขั้นตอนได้อย่างชัดเจน อันจะส่งให้ผู้ศึกษาสามารถเรียนรู้และเข้าใจถึงอิทธิผลของตัวแปรต้นที่ผู้ศึกษาระบุต่อผลลัพธ์ต่างๆ ทำให้การเรียนรู้สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ในบางกรณีที่ผู้ออกแบบหรือผู้ศึกษาระบุค่าซึ่งไม่เหมาะสม โปรแกรมก็จะทำการฟ้อง และแนะนำค่าที่เหมาะสมให้ จึงถือได้ว่ามีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการศึกษาด้วยตนเอง ด้วยคุณสมบัติดังที่กล่าวมา พบว่าเมื่อผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาได้ลองออกแบบบ่อยครั้ง จะส่งผลให้ผู้ออกแบบสามารถคาดเดาแนวโน้มของผลลัพธ์ในการคำนวณได้

ยิ่งไปกว่านั้นในขณะที่กำลังคำนวณในขั้นตอนต่างๆ หากเกิดความสงสัยในหลักการออกแบบหรือที่มาของการคำนวณ ผู้ใช้สามารถเรียกดูสมการหรือหลักการที่ใช้ในการคำนวณแต่ละขั้นตอนได้โดยการกดเมาส์ลงบนตัวแปรที่ต้องการทราบ โปรแกรมก็จะทำการแสดงสูตรการคำนวณหรือที่มาของตัวแปรนั้นๆ ทันที จึงทำให้สะดวกในการทำความเข้าใจการออกแบบได้อย่างดี สำหรับการใช้งานหน้าต่างการเลือกส่วนของโครงสร้างที่ต้องการออกแบบ (ดูรูปที่2.4 ประกอบ) มีรายละเอียดการใช้งานแต่ละส่วนดังนี้

<u>ส่วนที่1</u> สำหรับการเลือกโครงสร้างที่ต้องการออกแบบโดยการเลื่อนเมาส์ให้ตรงกับส่วนของโครงสร้างที่ต้องการศึกษาแล้วกด

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับออกจากหน้าต่างเลือกโครงสร้างที่ต้องการออกแบบ เพื่อกลับไปสู่หน้าต่าง แสดงดังรูปที่ 2.2

สำหรับโปรแกรมออกแบบที่ได้สร้างขึ้นมาเพื่อการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จะมีขีดความสามารถเพื่อรองรับต่อการคำนวณออกแบบเสริมเหล็กในแต่ละส่วนของโครงสร้างต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. **โปรแกรมการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก** สำหรับรองรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง และ คานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด
2. **โปรแกรมการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก** สำหรับรองรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาสั้นหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดเสาปลอกเดี่ยว
3. **โปรแกรมการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก** สำหรับรองรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับประเภทพื้นทางเดียว และพื้นสองทาง
4. **โปรแกรมการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก** สำหรับรองรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามแนวยาว
5. **โปรแกรมการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก** สำหรับรองรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยวซึ่งรองรับด้วยเสาเข็ม

สำหรับการใช้งานแต่ละการออกแบบจะกล่าวในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

รูปที่3. 1 แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3.1. กล่าวนำ

สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า หากจำแนกออกตามลักษณะการเสริมเหล็กเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดแล้ว จะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ คานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง ในกรณีที่เหล็กเสริมรับแรงดึงสามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด แต่ในกรณีที่เหล็กเสริมรับแรงดึงไม่สามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดได้ ประกอบกับคานที่ออกแบบถูกจำกัดขนาดหน้าตัดไว้ ก็จำเป็นจะต้องออกแบบเสริมเหล็กเป็นคานคอนกรีตซึ่งเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการรับโมเมนต์ดัดสูงสุดได้อย่างปลอดภัย โดยที่ยังคงใช้ขนาดหน้าตัดเท่าเดิม

ส่วนของโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่จะนำมาใช้งาน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบให้โครงสร้างมีพฤติกรรมแบบเหนียว(Ductile) ก่อนที่จะเกิดการพิบัติ กล่าวคือ ให้สามารถเปลี่ยนรูปได้มาก ภายหลังที่เหล็กเกิดการคราก ซึ่งจะเป็นการเตือนให้ผู้อาศัยทราบล่วงหน้าว่าการวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังจะเกิดขึ้นตามมา ในทางตรงกันข้าม ถ้าออกแบบแล้วโครงสร้างคอนกรีตมีพฤติกรรมเปราะง่าย การวิบัติก็จะเกิดขึ้นอย่างฉับพลันโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้าก่อน ซึ่งจัดได้ว่าอันตรายมากต่อชีวิตและทรัพย์สิน และเพื่อให้โครงสร้างมีความเหนียวมากขึ้นจะต้องทำการเสริมเหล็กรับแรงดึงให้มีปริมาณอัตราส่วนเหล็กเสริมไม่เกินค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมสูงสุดยอมให้

สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่จะกล่าวถึงในบทนี้ จะเป็นการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมุ่งเน้นการออกแบบเสริมเหล็กเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด และการจัดวางเหล็กเสริมรับแรงดึงเพื่อควบคุมการแตกร้าว เป็นสำคัญ

3.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ

โดยทั่วไปการออกแบบเสริมเหล็กคานคอนกรีต มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด
2. ความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนสูงสุด
3. คานมีความเหนียวเพียงพอต่อการใช้งานได้อย่างปลอดภัย และการเสริมเหล็กรับแรงดึงสามารถควบคุมรอยร้าวของคอนกรีตได้

คุณสมบัติข้างต้นทั้งหมดอยู่ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของการออกแบบ อันได้แก่

1. ขนาดมิติซึ่งถูกจำกัดไว้สำหรับการออกแบบ อันได้แก่ ขนาดหน้าตัดคาน
2. คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาออกแบบ อันได้แก่ กำลังอัดสูงสุดของคอนกรีต กำลังครากของเหล็กเสริม
3. ข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม อันได้แก่ ค่าความสามารถยอมให้ต่างๆ ในการออกแบบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3.3.1. คานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

เริ่มต้นการออกแบบโดยทำการระบุปัญหา และข้อจำกัดต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ อันได้แก่ ขนาดหน้าตัดคาน ขนาดของโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อโครงสร้าง คุณสมบัติวัสดุ เป็นต้น จากนั้นจึงคำนวณดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. คำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล และคำนวณหาขนาดโมเมนต์ดัดสูงสุด
2. พิจารณาเพื่อตัดสินใจว่าสามารถออกแบบเป็นคานคอนกรีตซึ่งเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวได้หรือไม่
3. คำนวณปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง และ เสริมเหล็กรับแรงดึง
4. ทำการตรวจสอบปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง
(หรือตรวจสอบการดรากของเหล็กเสริมรับแรงดึงนั่นเอง)
5. ทำการตรวจสอบความสามารถในการรับโมเมนต์ดัดสูงสุดของคาน
6. ทำการตรวจสอบการจัดเหล็กเสริมรับแรงดึงเพื่อควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีต
7. ทำการตรวจสอบและออกแบบความสามารถในการต้านทานแรงเฉือน

3.3.2. คานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

เช่นเดียวกับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง คือ เริ่มต้นการออกแบบโดยทำการระบุปัญหา และข้อจำกัดต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ อันได้แก่ ขนาดหน้าตัดคาน ขนาดของโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อโครงสร้าง คุณสมบัติวัสดุ เป็นต้น จากนั้นจึงคำนวณตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. คำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล และคำนวณหาขนาดโมเมนต์ดัดสูงสุด
2. พิจารณาเพื่อตัดสินใจว่าควรออกแบบเป็นคานซึ่งเสริมเหล็กรับแรงอัดด้วยหรือไม่
3. ประมาณหาสัดส่วนโมเมนต์ดัดออกแบบระหว่างเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด
4. คำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด และเสริมเหล็กรับแรงอัด
5. คำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงและเสริมเหล็กรับแรงดึง

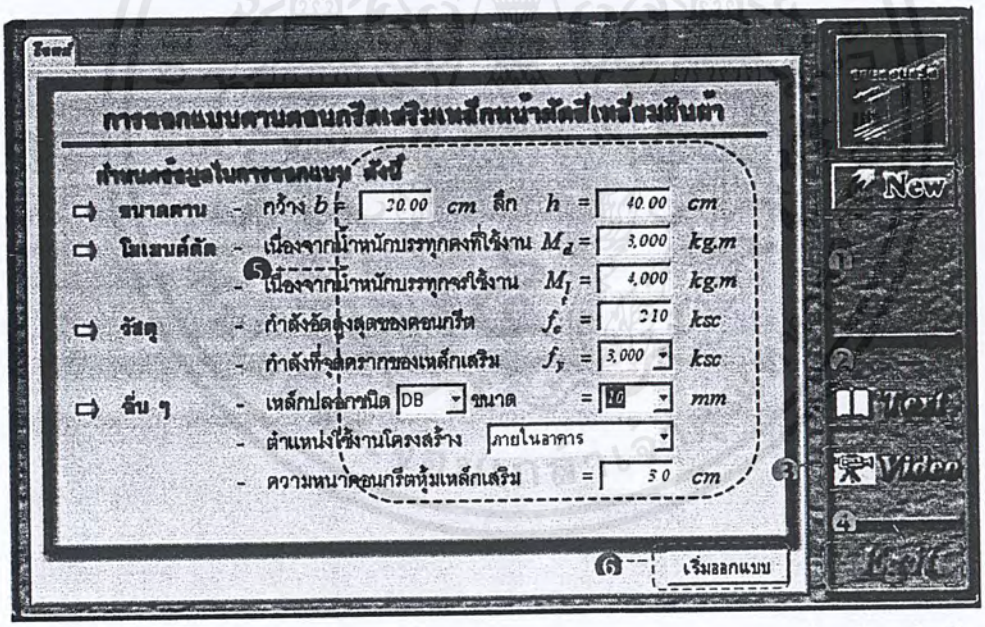
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

6. ทำการตรวจสอบปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง และเหล็กเสริมรับแรงอัด (หรือตรวจสอบการคราก ของเหล็กเสริมรับแรงดึงและอัดนั่นเอง)
7. ทำการตรวจสอบความสามารถในการรับโมเมนต์ดัดสูงสุดของคาน
8. ทำการตรวจสอบการจัดเหล็กเสริมรับแรงดึงเพื่อควบคุมการแตกร้าว
8. ทำการตรวจสอบและออกแบบความสามารถในการต้านทานแรงเฉือน

3.4. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

เริ่มต้นใช้โปรแกรมออกแบบ โดยการระบุค่าต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่3. 2 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

การใช้งานโปรแกรม สำหรับหน้าต่างแสดงดังรูปที่ 3.2 มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้คือ

ส่วนที่1 ปุ่ม **New** สำหรับกดเพื่อการเริ่มต้นการออกแบบใหม่ทั้งหมด โดยโปรแกรมจะกลับมาสู่หน้าต่าง แสดงดังรูปที่ 3.2 ทุกครั้งเมื่อกดปุ่มนี้เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการออกแบบอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

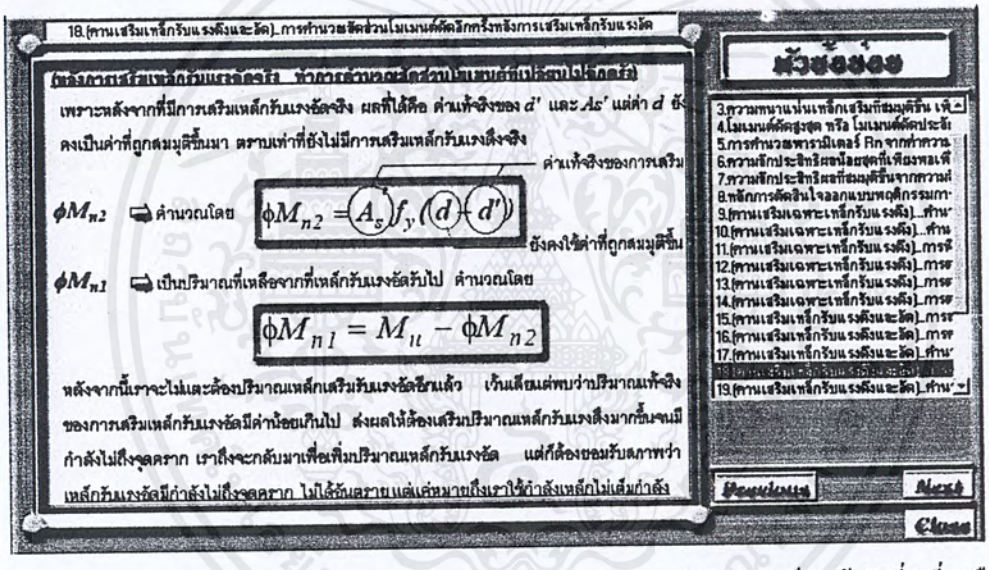
<u>ส่วนที่2</u> ปุ่ม **Text** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างรายละเอียดโดยสรุปทั้งหมดในรูปแบบเอกสารพิเศษ สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก แสดงดังรูปที่ 3.3

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **Video** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอ ที่ต้องการศึกษา ดังรูปที่ 3.4

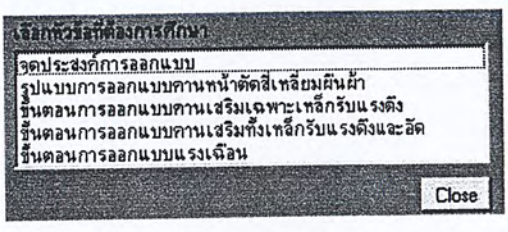
<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **Exit** สำหรับกดเพื่อออกจากหน้าต่างการออกแบบ แล้วกลับไปสู่หน้าต่างเลือกโครงสร้างออกแบบ แสดงดังรูปที่ 2.4

<u>ส่วนที่5</u> สำหรับระบุค่าต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ

<u>ส่วนที่6</u> ปุ่ม เริ่มการคำนวณ สำหรับกดเพื่อเริ่มการออกแบบใน ขั้นที่1



รูปที่3. 3 แสดงหน้าต่างรายละเอียดโดยสรุปของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่3. 4 แสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอสำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1. ขั้นที่1 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.1.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาอัตราส่วนของเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล (*balance steel ratio:* ρ_b) และรู้จักการประมาณค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมที่จะสมมุติขึ้นเพื่อใช้ในการออกแบบขั้นต้น โดยเงื่อนไขของการควบคุมให้โครงสร้างมีพฤติกรรมเหนียว คือ ให้เหล็กเสริมรับแรงดึงมีกำลังถึงจุดครากก่อนการพิบัติ ตลอดทั้งสามารถคำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุด ด้วยการคูณด้วยตัวคูณเพิ่มกำลัง เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบเหล็กเสริม และตรวจสอบด้านกำลังต่อไป

สำหรับหลักการในการระบุเพื่อสมมุติใช้ค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมนั้น จะกำหนดเท่าใดก็ได้แต่ไม่ควรมีค่าเกินค่าสูงสุดยอมให้ คือ 0.75 ของอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล อย่างไรก็ตามในการออกแบบจริงเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการออกแบบสำหรับการเสริมเหล็ก เพราะเป็นที่รู้กันว่าการเสริมเหล็กให้พอดีกับปริมาณที่คำนวณได้นั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะยาก และโดยทั่วไปมักจะเสริมให้มีปริมาณมากกว่าค่าที่คำนวณได้ ตลอดทั้งความพยายามในการออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงโดยที่หน้าตัดยังคงถูกกำหนดอยู่ เหล่านี้เป็นเหตุผลที่ไม่ควรทำการสมมุติค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมให้มีค่าเป็น 0.75ของอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล จึงขอแนะนำให้สมมุติค่าที่น้อยกว่า แต่ก็ไม่ควรน้อยเกินไป ในที่นี้โปรแกรมจะทำการสมมุติให้มีค่าเป็น 0.65 ของอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล

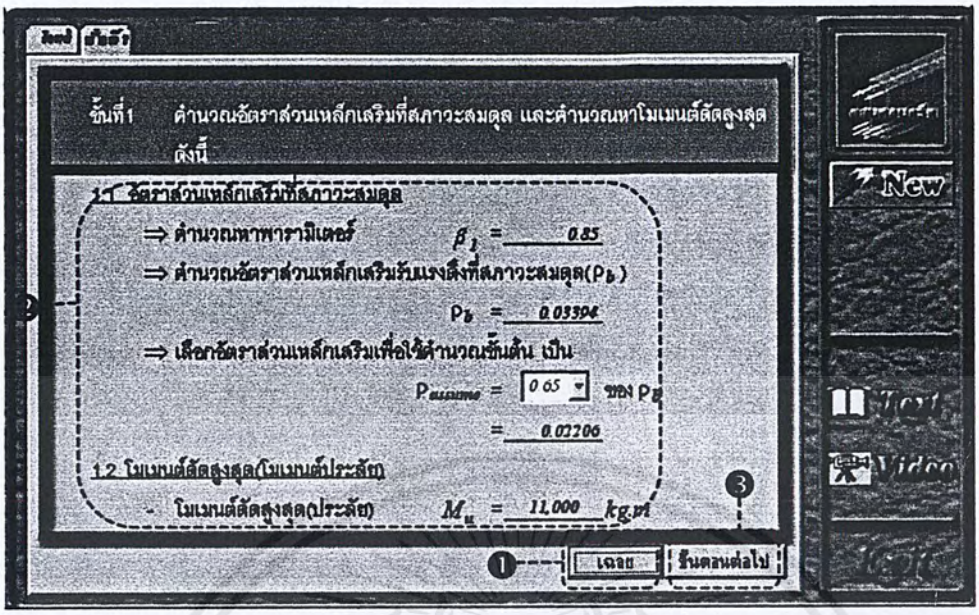
3.4.1.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม (ดูรูป3.5 ประกอบ)

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ โดยบางส่วนผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรได้ตามความเหมาะสม อันได้แก่ ปริมาณความหนาแน่นของเหล็กเสริมรับแรงดึงที่สมมุติขึ้น

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3. 5 แสดงหน้าต่างการออกแบบขั้นที่1 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.2. ขั้นที่2 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.2.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถพิจารณาตัดสินใจเลือกพฤติกรรมการเสริมเหล็กได้ ว่าจะออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง หรือเป็นคานคอนกรีตเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด โดยพิจารณาจากความสามารถในการรับกำลังสูงสุด(M_u) ในรูปของตัวแปรความลึกประสิทธิผลพอดีสำหรับออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง($d_{optimum}$) กล่าวคือ หากเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงแล้วคานสามารถรับกำลังสูงสุดได้ ก็ให้ออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง แต่หากไม่สามารถรับกำลังสูงสุดได้โดยที่ขนาดความลึกคานถูกจำกัดไว้ จำเป็นจะต้องออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงอัดด้วยเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับกำลังส่วนเกินจากปริมาณที่เหล็กเสริมรับแรงดึงรับไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3. 6 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่2 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.2.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

ส่วนที่2 สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การออกแบบในขั้นที่2 โดยบางส่วนผู้ออกแบบสามารถทำการระบุค่าได้ตามเหมาะสม อันได้แก่ ค่าสมมุติของความลึกประสิทธิผล

ส่วนที่3 ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

3.4.3. ขั้นที่3 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.3.1. จุดประสงค์การออกแบบ

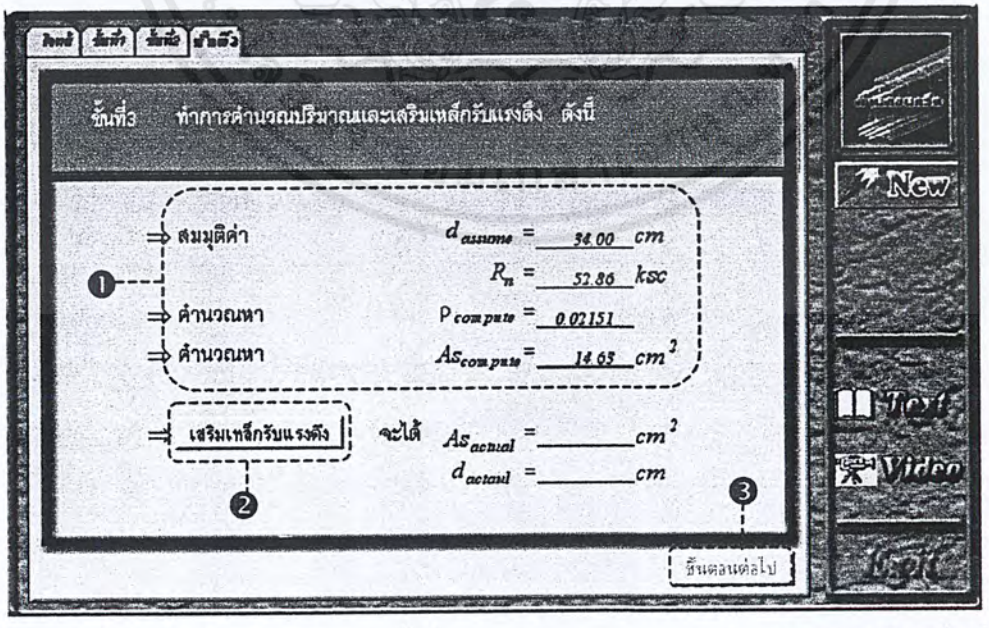
สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง($A_{s\ compute}$) ที่ต้องการตามเงื่อนไขของค่าที่ได้สมมุติไว้ในตอนแรก และทำการเสริมเหล็กรับแรงดึง($A_{s\ actual}$) โดยหลังจากที่ได้ทำการเสริมเหล็กรับแรงดึงแล้วจะต้องทำการคำนวณตรวจสอบซ้ำทันทีเพื่อตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบระหว่างปริมาณเหล็กเสริมที่ได้เสริมไป($A_{s\ actual}$) กับปริมาณที่คำนวณได้ล่าสุด ($A_{s\ compute}$) ซึ่งการคำนวณคำนวณครั้งล่าสุดนี้คำนวณโดยนำเอาพารามิเตอร์ต่างๆ ของการเสริมเหล็กจริงมาคำนวณ จึงทำให้ผลลัพธ์มีแนวโน้มใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

นั่นคือ หากปริมาณที่คำนวณได้ล่าสุด($A_{s\ compute}$) มีค่าน้อยกว่าปริมาณเสริมจริง ($A_{s\ actual}$) แสดงว่าปริมาณที่เสริมไปเพียงพอต่อการต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุดแล้ว ในทางกลับกันหากหากปริมาณที่คำนวณได้ล่าสุด($A_{s\ compute}$) มีค่ามากกว่าปริมาณเสริมจริง($A_{s\ actual}$) แสดงว่าปริมาณที่เสริมไปไม่เพียงพอต่อการต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุด จะต้องทำการเสริมเพิ่ม ในการเสริมเพิ่มสิ่งที่ควรระวังมากที่สุดคือ จะต้องไม่ให้อัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึงเกินกว่าค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมสูงสุด(ρ_{max}) ยอมให้ เพราะจะทำให้โครงสร้างคานมีพฤติกรรมแบบเปราะ โดยเหล็กเสริมรับแรงดึงจะมีกำลังไม่ถึงจุดครากก่อนการพิบัติ เข้าข่ายการพิบัติแบบฉับพลัน ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินมาก

ในการใช้งานโปรแกรมผู้ออกแบบสามารถทราบถึงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณอัตราส่วนเหล็กเสริมขณะที่กำลังเสริมเหล็กกับปริมาณอัตราส่วนเหล็กเสริมสูงสุดยอมให้ได้ โดยดูจากการรายงานผลในส่วนของโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กรับแรงดึง ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดอีกครั้งในหัวข้อ 3.6



รูปที่3. 7 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

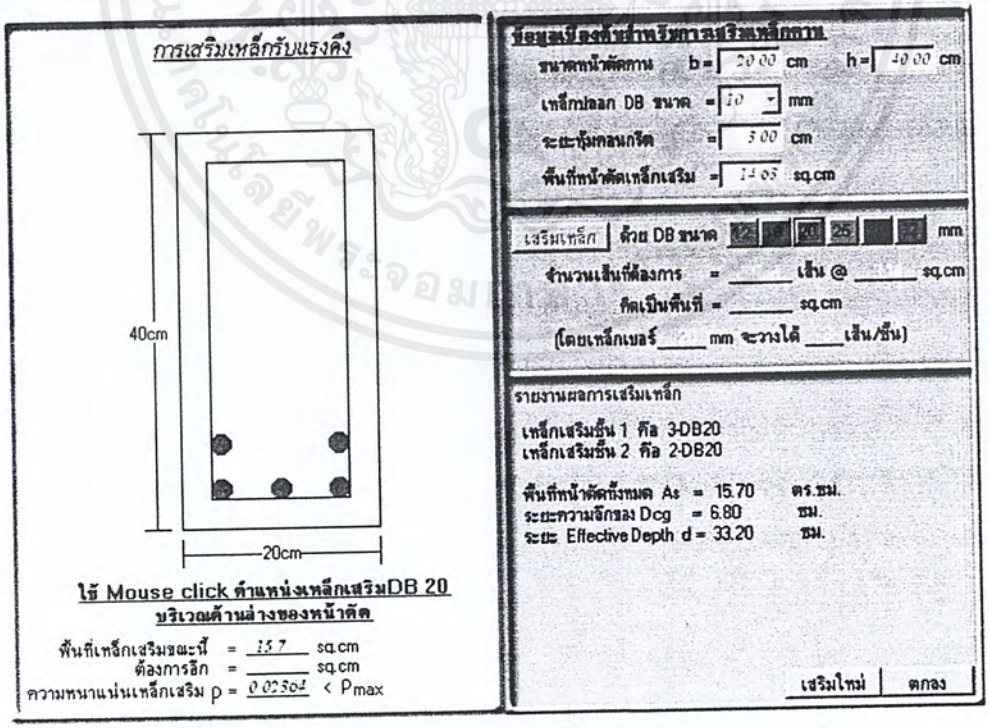
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u>สำหรับแสดงผลลัพธ์การคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงตามเงื่อนไขค่าต่างๆ ที่ได้สมมุติขึ้นสำหรับใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณเหล็กเสริมและนำไปเสริมเหล็กจริง โดยค่าเหล่านี้จะทำการแสดงผลอัตโนมัติเมื่อหน้าต่างขั้นที่ 3 ปรากฏเป็นครั้งแรก

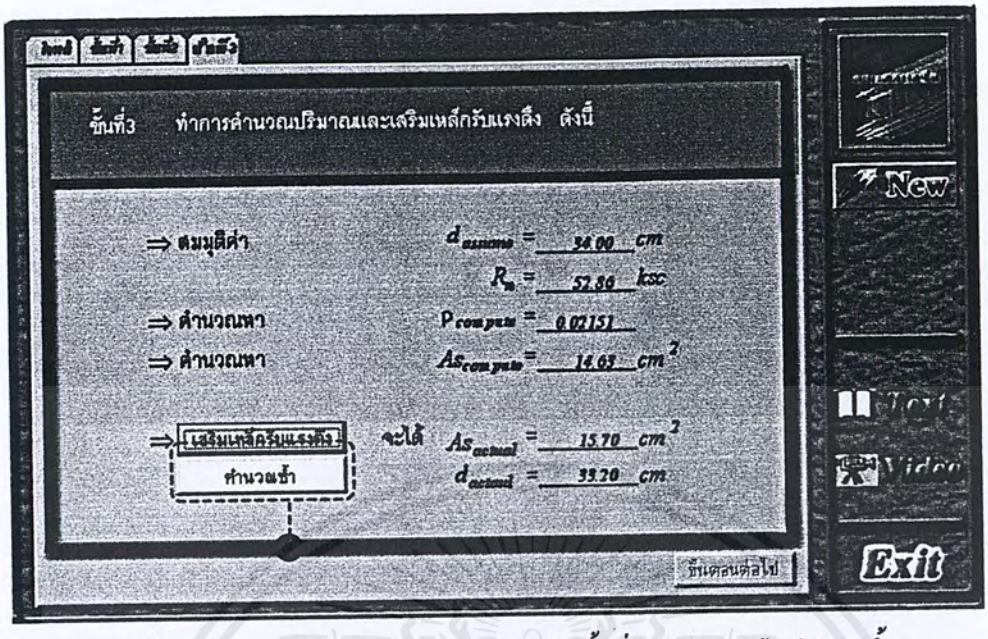
<u>ส่วนที่2</u> ปุ่ม **เสริมเหล็กรับแรงดึง** สำหรับแสดงหน้าต่างของโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงดึง แสดงดังรูปที่3.8 โดยเมื่อออกจากโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กรับแรงดึงแล้ว โปรแกรมก็จะทำการแสดงหน้าต่างการคำนวณในขั้นตอนที่3 อีกครั้ง แต่จะปรากฏปุ่ม **คำนวณซ้ำ** ขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 3.9

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งปุ่มนี้จะยังคงอยู่ในสภาพไม่อนุญาตให้ใช้งาน จนกว่าจะมีการเสริมเหล็กจริง และมีการคำนวณซ้ำแล้วเท่านั้น



รูปที่3. 8 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

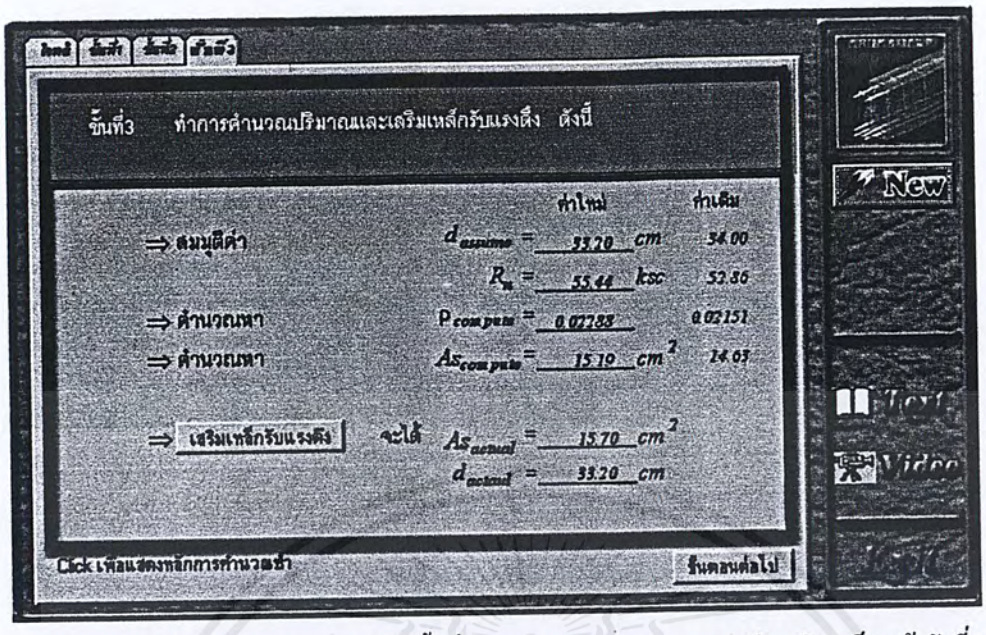


รูปที่3. 9 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 จะปรากฏ ปุ่ม คำนวณซ้ำ หลังจากออกจากหน้าต่างช่วยเสริมเหล็กรับแรงดึง

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **คำนวณซ้ำ** (ดูรูป 3.9 ประกอบ) สำหรับกดเพื่อแสดงผลการคำนวณซ้ำ เพื่อดูว่าหลังจากเสริมเหล็กแล้วทำการคำนวณใหม่โดยใช้ตัวแปรของการเสริมเหล็กจริง คานคอนกรีตต้องการปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงเป็นเท่าไร โดยผลการคำนวณซ้ำหลังจากกดปุ่มคำนวณซ้ำ ได้แสดงดังรูปที่ 3.10 ซึ่งจะเห็นได้ว่าหากปริมาณเหล็กเสริมที่คำนวณได้ใหม่ล่าสุดมีค่าน้อยกว่าปริมาณที่เสริมไป ก็จะทำให้ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** อนุญาติให้ใช้งานได้ ทันที

โดยหลังจากกดปุ่มคำนวณซ้ำ ผู้ออกแบบจะต้องทำการสังเกตปริมาณเหล็กเสริมที่คำนวณได้ล่าสุด กับปริมาณเหล็กเสริมที่เสริมไปแล้วทันที หากปริมาณที่คำนวณใหม่มีค่าน้อยกว่าที่เสริมไปแสดงว่าการเสริมเหล็กต้านทานต่อโมเมนต์ดัดใช้ได้ โปรแกรมก็จะทำการอนุญาติให้กดปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** เพื่อแสดงรายละเอียดการคำนวณในขั้นตอนต่อไป ในทางกลับกันหากปริมาณที่คำนวณได้ใหม่มีค่ามากกว่าที่เสริมจริงผู้ออกแบบจะต้องทำการเสริมเหล็กใหม่โดยการกดปุ่ม **เสริมเหล็กรับแรงดึง** เพื่อทำการเสริมเหล็กรับแรงดึงให้มากกว่าค่าที่คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3. 10 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง หลังจากกดปุ่ม คำนวณซ้ำ

3.4.4. ขั้นที่4 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

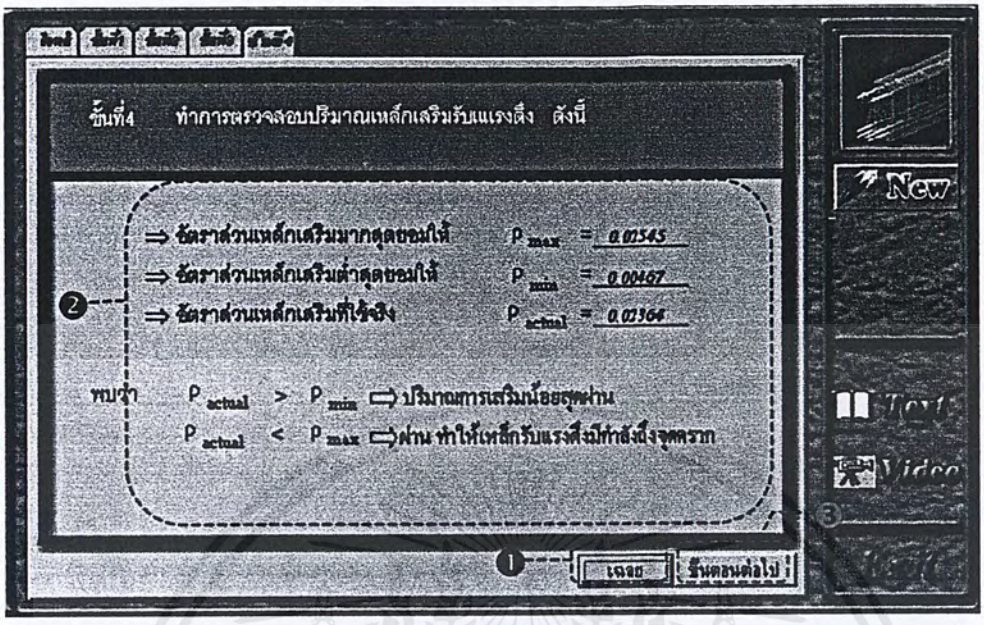
3.4.4.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจปริมาณเหล็กเสริมที่เสริมไปกับปริมาณเหล็กเสริมตามข้อกำหนด เพื่อใช้ตรวจสอบสองประเด็นหลักคือ คือ

ประเด็นแรก เพื่อดูว่าปริมาณที่เสริมไปเพียงพอหรือไม่ในการต้านทานต่อโมเมนต์ดัดแตกร้าว โดยตรวจสอบจากปริมาณการเสริมต่ำสุดยอมให้ นั้นคือ ปริมาณอัตราส่วนเหล็กที่เสริมจริงต้องไม่น้อยกว่าอัตราส่วนเหล็กเสริมต่ำสุดยอมให้ คานจึงจะสามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดแตกร้าวได้

ประเด็นที่สอง เพื่อดูว่าปริมาณเหล็กที่เสริมไปเหมาะสมหรือไม่ที่จะทำให้เหล็กเสริมรับแรงดึงมีกำลังถึงจุดครากก่อนการวิบัติ โดยตรวจสอบกับปริมาณการเสริมมากสุดยอมให้ นั้นคือ ปริมาณอัตราส่วนเหล็กเสริมที่เสริมจริงต้องไม่มากกว่าอัตราส่วนเหล็กเสริมมากสุดยอมให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3. 11 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.4.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

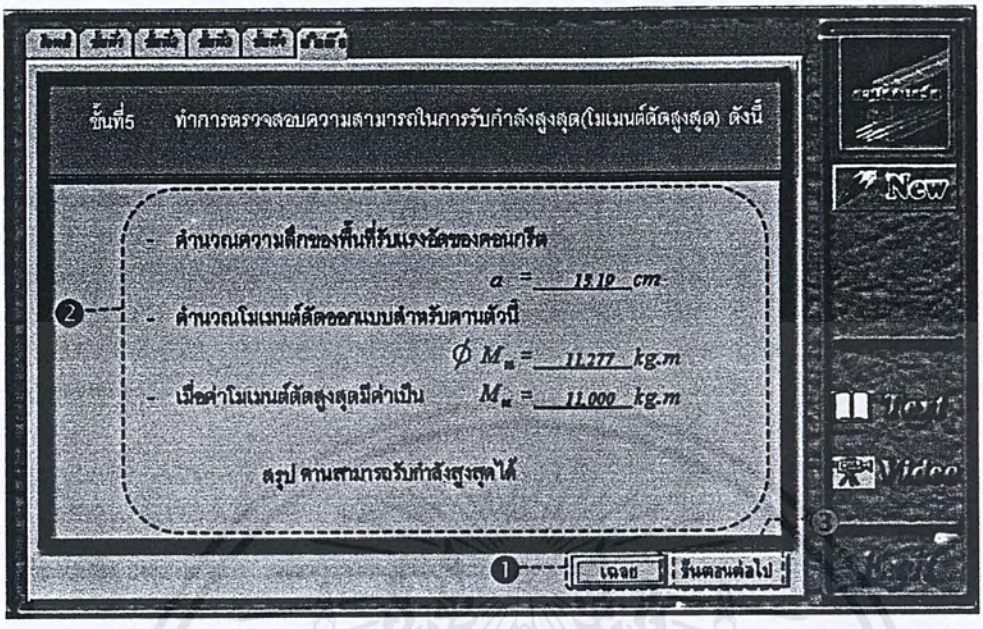
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

3.4.5. ขั้นที่5 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.5.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหากำลังความสามารถในการรับโมเมนต์ดัดออกแบบ(ϕMn)ของคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงที่ได้ออกแบบเสริมเหล็กไป และตรวจสอบดูว่าสามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด(M_u)ได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3. 12 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่5 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป
ส่วนที่2 สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ
ส่วนที่3 ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

3.4.6. ขั้นที่6 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.6.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบความเหมาะสมในการจัดวางเหล็กเสริมรับแรงดึงเพื่อควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตด้านรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3. 13 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่6 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

3.4.6.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

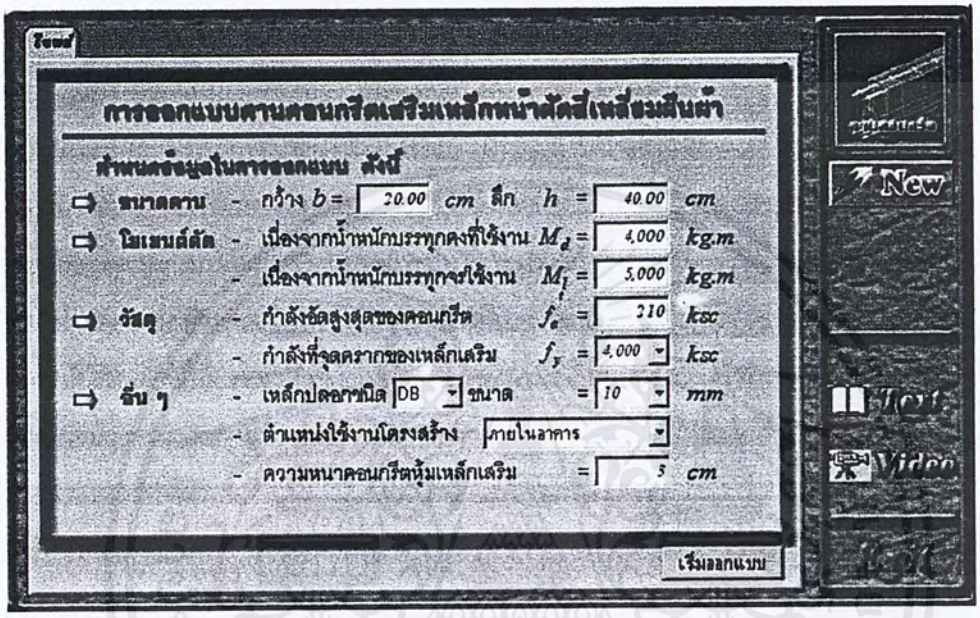
<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ออกแบบแรงเฉือน สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดของการออกแบบแรงเฉือน (สำหรับการออกแบบแรงเฉือนจะกล่าวรายละเอียดอีกครั้งหนึ่งในหัวข้อการออกแบบแรงเฉือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด

เริ่มต้นการใช้โปรแกรมโดยการระบุค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่3. 14 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด

รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม ที่ปรากฏดังรูปที่ 3.14 ใช้งานเช่นเดียวกับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงซึ่งได้กล่าวมาแล้ว

3.5.1. ขั้นที่1 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด

3.5.1.1. จุดประสงค์การออกแบบ

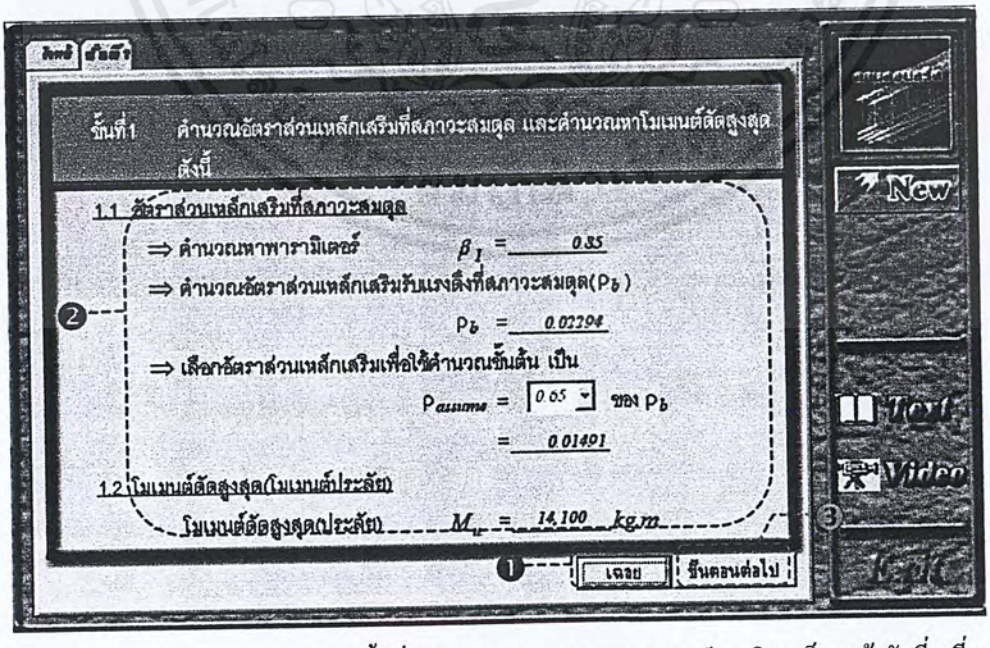
(เช่นเดียวกับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง)

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาอัตราส่วนของเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล (*balance steel ratio: ρ_b*) และรู้จักการประมาณค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมที่จะสมมุติขึ้นเพื่อใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบขั้นต้นสำหรับการออกแบบคานซึ่งเสริมเหล็กรับแรงอัดด้วย โดยเงื่อนไขของการควบคุมให้โครงสร้างมีพฤติกรรมเหนียว คือ ให้เหล็กเสริมรับแรงดึงมีกำลังถึงจุดคราก่อนการพิบัติ ตลอดทั้งสามารถคำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุด ด้วยการคูณด้วยตัวคูณเพิ่มกำลัง เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบเหล็กเสริม และตรวจสอบค้านกำลังต่อไป

สำหรับหลักการในการระบุเพื่อสมมุติใช้ค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมนั้น จะกำหนดเท่าใดก็ได้แต่ไม่ควรมีค่าเกินค่าสูงสุดยอมให้ คือ 0.75 ของอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล อย่างไรก็ตามในการออกแบบจริงเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการออกแบบสำหรับการเสริมเหล็ก เพราะเป็นที่รู้กันว่าการเสริมเหล็กให้พอดีกับปริมาณที่คำนวณได้นั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะยาก และโดยทั่วไปมักจะเสริมให้มีปริมาณมากกว่าค่าที่คำนวณได้ ตลอดทั้งความพยายามของผู้ออกแบบที่จะออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงโดยที่หน้าตัดยังคงถูกกำหนดให้คงที่อยู่(ซึ่งเป็นแค่ความพยายามเท่านั้น อาจจะสมหวังหรือผิดหวังก็ได้) เหล่านี้เป็นเหตุผลที่ไม่ควรทำการสมมุติค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมให้มีค่าเป็น 0.75ของอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล เพราะอาจจะทำให้อัตราส่วนของเหล็กเสริมจริงมีค่ามากกว่าอัตราส่วนเหล็กเสริมมากสุดยอมให้ส่งผลให้เหล็กเสริมรับแรงดึงมีกำลังไม่ถึงจุดครากได้ซึ่งอันตรายอย่างยิ่ง จึงขอแนะนำให้สมมุติค่าที่น้อยกว่า แต่ก็ไม่ควรน้อยเกินไป ในที่นี้โปรแกรมจะทำการสมมุติให้มีค่าเป็น 0.65 ของอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล



รูปที่3. 15 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่1 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ โดยบางส่วนผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรได้ตามความเหมาะสม อันได้แก่ ปริมาณอัตราส่วนของเหล็กเสริมรับแรงดึงที่สมมุติขึ้น

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

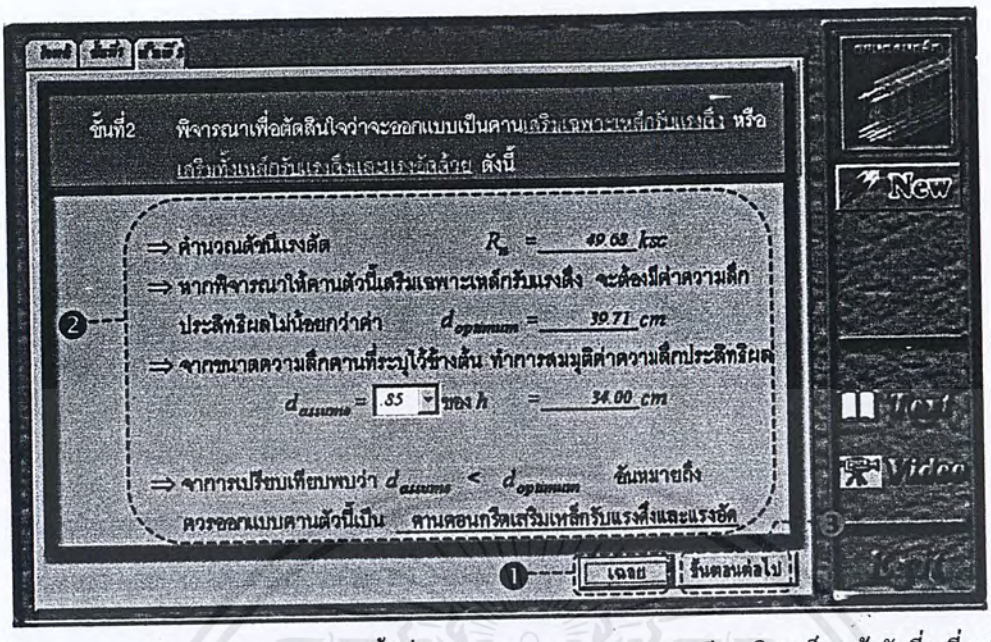
3.5.2. ขั้นที่2 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด

3.5.2.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถพิจารณาตัดสินใจเลือกพฤติกรรมการเสริมเหล็กได้ ว่าจะออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง หรือเป็นคานคอนกรีตเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด โดยพิจารณาจากความสามารถในการรับกำลังสูงสุด(M_u) ในรูปของตัวแปรความลึกประสิทธิผลพอดีสำหรับออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง($d_{optimum}$) หรืออาจจะเรียกว่าเป็นความลึกประสิทธิผลต่ำสุดที่ต้องการสำหรับการออกแบบเป็นคานเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง กล่าวคือ หากเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงแล้วคานสามารถรับกำลังสูงสุดได้ ก็ให้ออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง แต่หากไม่สามารถรับกำลังสูงสุดได้โดยที่ขนาดความลึกคานถูกจำกัดไว้ ก็จำเป็นจะต้องออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงอัดด้วยเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับกำลังส่วนเกินจากปริมาณที่เหล็กเสริมรับแรงดึงรับไว้

สำหรับตัวอย่างนี้พบว่าจะต้องออกแบบเป็นคานเสริมเหล็กรับแรงอัดด้วย อันเนื่องจากความลึกประสิทธิผลต่ำสุดที่ต้องการ(หรือค่าความลึกประสิทธิผลพอดีสำหรับออกแบบเป็นคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง) มีค่ามากกว่าค่าความลึกประสิทธิผลจริง ซึ่งในขั้นต้นเป็นค่าประมาณอันเกิดจากการสมมุติให้ $d = 0.85h$ หรืออาจเป็นค่าอื่นได้ตามดุลยพินิจของผู้ออกแบบโดยอาศัยความชำนาญในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3. 16 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่2 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด

3.5.2.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การออกแบบในขั้นที่2 โดยบางส่วนผู้ออกแบบสามารถทำการระบุค่าได้ตามเหมาะสม อันได้แก่ ค่าสมมุติของความลึกประสิทธิผล

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

3.5.3. ขั้นที่3 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด

3.5.3.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาสัดส่วนโมเมนต์ดัดในการออกแบบ เพื่อให้ทราบถึงสัดส่วนของโมเมนต์ดัดที่จะนำมาออกแบบหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด และปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง ทำให้ผู้ออกแบบทราบถึงแนวโน้มของปริมาณเหล็กเสริมทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตามต้องไม่ลืมว่าปริมาณที่ออกมาในขั้นตอนนี้ยังคงเป็นเพียงค่าสมมุติเท่านั้น เพราะได้คำนวณมาจากพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิเตอร์ที่ได้ทำการสมมุติขึ้นมาทั้งสิ้น โดยอยู่ภายใต้ความพยายามที่ให้เหล็กเสริมรับแรงอัดและเหล็กเสริมรับแรงดึงมีกำลังถึงจุดครากก่อนการพิบัติ ดังนั้น ในขั้นตอนนี้ผลลัพธ์ที่ออกมาจึงบอกได้เพียงแนวโน้มเท่านั้น และแน่นอนว่าเมื่อทำการเสริมเหล็กจริงแล้ว สัดส่วนโมเมนต์ดัดจะต้องเปลี่ยนไปอย่างแน่นอน แต่จะเปลี่ยนไปอย่างไรขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ออกแบบเป็นสำคัญ ว่าจะพยายามออกแบบให้สอดคล้องสมมุติฐานได้หรือไม่ เพราะมีบางกรณีการออกแบบให้สอดคล้องกับสมมุติฐานไม่สามารถกระทำได้ จึงจำเป็นจะต้องยอมรับในข้อขัดแย้งของการออกแบบจริงกับสมมุติฐานที่วางไว้ ในประเด็นของการครากของเหล็กเสริมรับแรงอัด ก็คือ ไม่จำเป็นที่เหล็กเสริมรับแรงอัดจะต้องมีกำลังถึงจุดคราก เพราะการครากของเหล็กเสริมรับแรงอัดไม่ใช่ปัจจัยเสี่ยงในแง่ความปลอดภัย แต่จะส่งผลกระทบต่อการออกแบบดังนี้ คือ หากเหล็กเสริมรับแรงอัดครากแสดงว่าการออกแบบได้ใช้กำลังเหล็กเสริมรับแรงอัดเต็มกำลัง ส่งผลให้เป็นการประหยัดในการออกแบบ แต่หากเหล็กเสริมรับแรงอัดไม่คราก แสดงว่าการออกแบบไม่สามารถใช้กำลังของเหล็กเสริมรับแรงอัดเต็มกำลัง อันจะทำให้ต้องเสริมเหล็กรับแรงอัดมากขึ้นเพื่อพยายามต้านทานต่อโมเมนต์ดัดส่วนเกินจากเหล็กเสริมรับแรงดึง หรือเป็นการสิ้นเปลืองนั่นเอง

จากรูปที่ 3.17 ขอให้ผู้ออกแบบสังเกตค่าที่ได้สมมุติขึ้นมาในส่วนของค่า d' ค่านี้เป็นค่าที่โปรแกรมเลือกให้ โดยพยายามให้ผลการคำนวณและเสริมเหล็กรับแรงอัดมีกำลังถึงจุดคราก อันหมายถึงหากผู้ออกแบบคำนวณปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดโดยใช้ค่า d' ที่สมมุติให้ และปรากฏว่าค่า d' ของการเสริมเหล็กจริงมีค่าไม่เกินค่าที่สมมุติไว้ ก็ขอให้ผู้ออกแบบมั่นใจได้อย่างแน่นอนว่าเหล็กเสริมรับแรงอัดมีแนวโน้มมีกำลังถึงจุดคราก ดังนั้นขณะที่ผู้ออกแบบกำลังเสริมเหล็กรับแรงอัด ก็ควรจะทำการสังเกตค่า d' ด้วยว่ามีค่าเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่สมมุติไว้ในตอนแรก เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมในการรับทราบต่อผลลัพธ์ในการออกแบบเท่านั้นเอง

ดังนั้น ความสำคัญของขั้นตอนนี้อยู่ตรงที่ปริมาณโมเมนต์ดัดที่คำนวณออกมาได้ เพื่อที่จะนำไปออกแบบหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด ในที่นี้คือ ϕM_{n2} และนำไปเสริมเหล็กรับแรงอัดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3. 17 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด

3.5.3.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่3

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

3.5.4. ขั้นที่4 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด

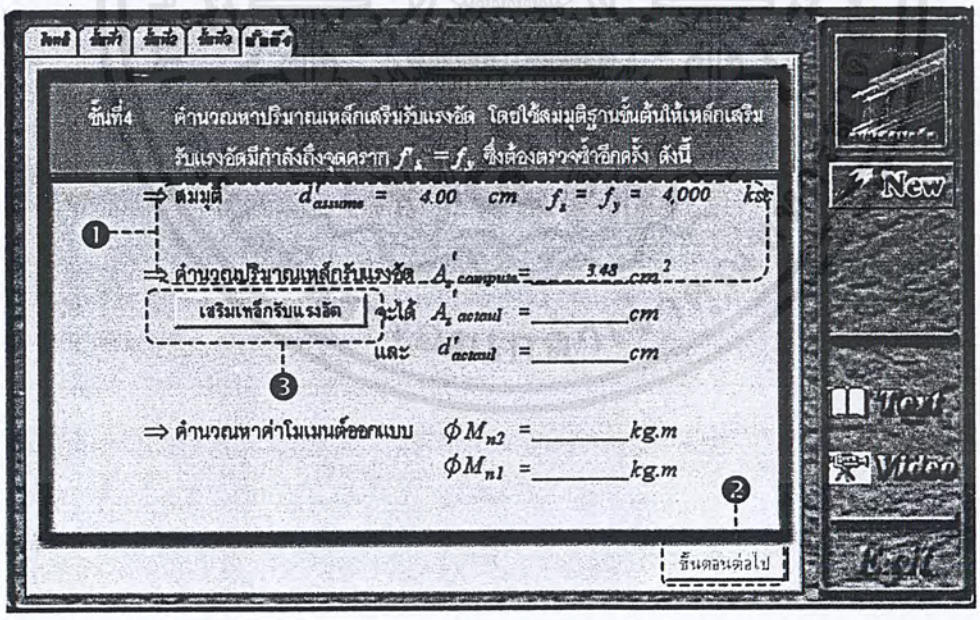
3.5.4.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดจากค่าต่างๆ ที่ได้สมมุติขึ้นมาในตอนแรกโดยเฉพาะค่าประมาณของ ϕM_{n2} เพื่อจะได้นำไปเสริมเหล็กรับแรงอัด จากนั้นจึงนำผลการเสริมเหล็กรับแรงอัดมาคำนวณสัดส่วนโมเมนต์ดัดอีกครั้ง ซึ่งจะทำให้สัดส่วนโมเมนต์ดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนไปจากเดิม อันเนื่องจากผลของการเสริมเหล็กรับแรงอัด ที่จะทำให้ตัวแปรบางตัวเกิดขึ้นจริงและมีค่าคงที่ขึ้นมา เช่น A_s' และ d' เป็นต้น

หลังจากการเสริมเหล็กรับแรงอัดแล้ว หากไม่จำเป็นผู้ออกแบบไม่ควรทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณการเสริมของเหล็กรับแรงอัดอีก คำถามอยู่ตรงที่ว่าเมื่อไรที่จะต้องทำการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงปริมาณการเสริมเหล็กรับแรงอัด คำตอบคือเมื่อปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงที่คำนวณได้มีค่ามากจนทำให้อัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึงมีค่ามากกว่าอัตราส่วนเหล็กเสริมยอมให้ ก็ให้ผู้ออกแบบแก้ไขโดยการเพิ่มปริมาณเหล็กรับแรงอัดขึ้นอีกเพื่อเป็นการดึงสัดส่วนโมเมนต์ดัดมาใส่ให้กับเหล็กรับแรงอัด หรือเป็นการลดภาระของเหล็กเสริมรับแรงดึงลงเพื่อให้ผลการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงมีค่าลดลง แต่ต้องระวังให้ดีว่าการเพิ่มประมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดมากขึ้นจะส่งผลให้เหล็กเสริมรับแรงอัดมีกำลังไม่ถึงจุดคราก ก็จะยิ่งทำให้เหล็กเสริมรับแรงดึงมีแนวโน้มไม่ครากด้วยซึ่งอันตรายอย่างยิ่ง ดังนั้นจึงขอแนะนำว่าการปรับปรุงปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดให้มีค่ามากขึ้นจากเดิมนั้นไม่ควรเสริมให้มีจำนวนชั้นมากกว่าเดิมเพื่อเป็นรักษาระยะ d' เอาไว้ให้คงที่



รูปที่3. 18 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด

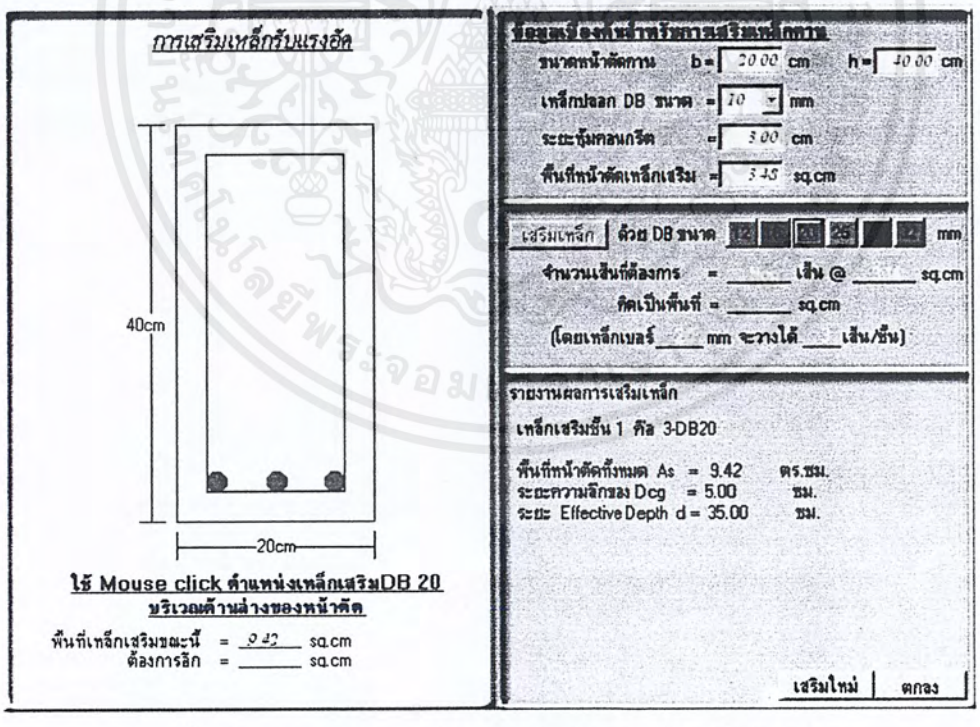
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์การคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดตามเงื่อนไขค่าต่างๆ ที่ได้สมมุติขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณเหล็กเสริมและนำไปเสริมเหล็กจริง โดยค่าเหล่านี้จะทำการแสดงผลอัตโนมัติเมื่อหน้าต่างขั้นที่ 4 ปรากฏขึ้นเป็นครั้งแรก

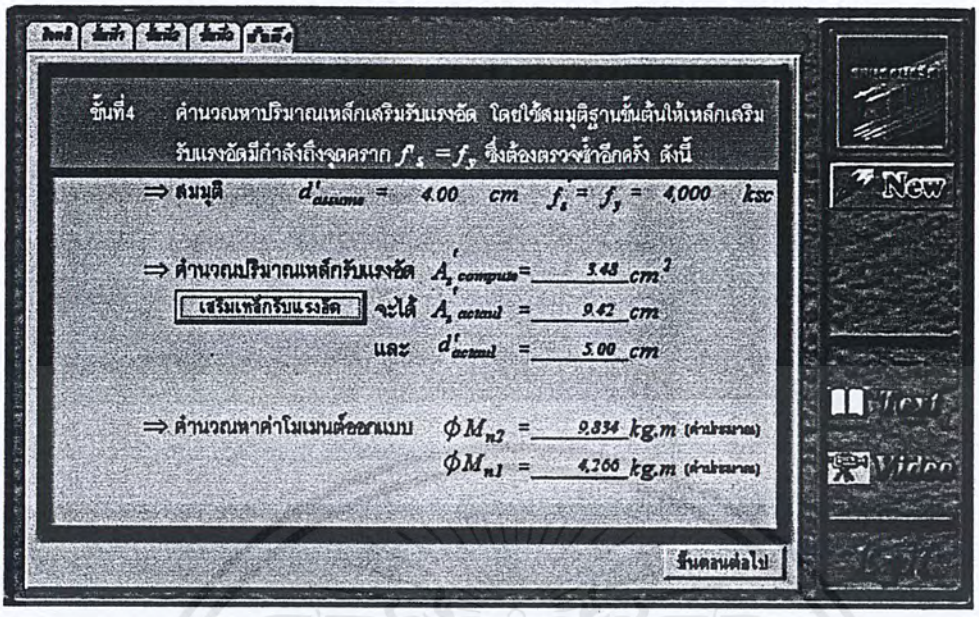
<u>ส่วนที่2</u> ปุ่ม **เสริมเหล็กรับแรงอัด** สำหรับแสดงหน้าต่างเพื่อช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงอัด แสดงดังรูปที่3.19 โดยหลังจากออกจากหน้าต่างของโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กรับแรงอัดเพื่อกลับมาสู่หน้าต่างขั้นตอนที่4 โปรแกรมจะทำการคำนวณสัดส่วนสัดส่วนโมเมนต์ดัดใหม่ให้ทันที่แสดงดังรูปที่ 3.20

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งปุ่มนี้จะยังคงอยู่ในสภาพไม่อนุญาตให้ใช้งาน จนกว่าจะมีการเสริมเหล็กอัด



รูปที่3. 19 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3. 20 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 ภายหลังจากออกจากหน้าต่างช่วยเสริมเหล็กรับแรงอัด

จะเห็นได้ว่าสัดส่วนโมเมนต์ดัดจะเปลี่ยนไปจากขั้นตอนที่3 อันเนื่องจากผลของการเสริมเหล็กรับแรงอัด เพราะเมื่อลองสังเกตจะพบว่าสันส่วนโมเมนต์ดัดใหม่นี้เกิดจากการคำนวณโดยอาศัยพารามิเตอร์แท้จริงของการเสริมเหล็กรับแรงอัด คือ จากเดิมที่เคยสมมุติใช้ค่า $d' = 4\ cm$ (ดูรูป 3.18) หลังจากเสริมเหล็กจริงก็จะมีค่าเปลี่ยนไปเป็น *5.00 cm* (ดูรูป3.20)

จากตรงนี้ผู้ออกแบบสามารถทราบกำลังของเหล็กเสริมรับแรงอัดได้ทันทีว่ามีกำลังไม่ถึงจุดครากแน่นอนเพราะค่าระยะ d' ของการเสริมจริงมากกว่าค่าที่สมมุต ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น

3.5.5. ขั้นที่5 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด

3.5.5.1. จุดประสงค์การออกแบบ

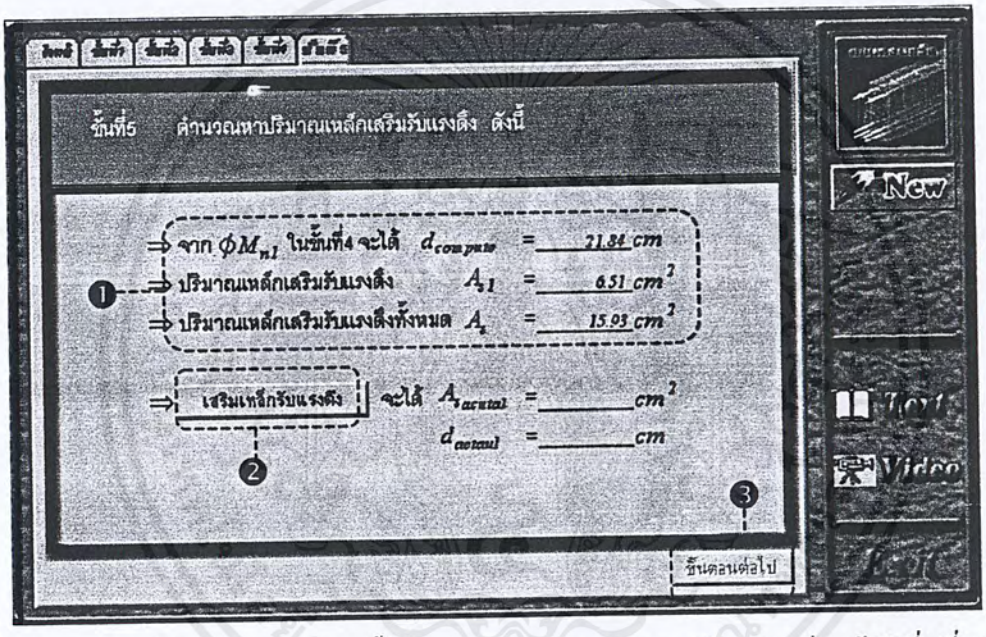
สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง($A_{s\ compute}$)ที่ต้องการตามเงื่อนไขของค่าที่ได้สมมุติไว้ในแรก และทำการเสริมเหล็กรับแรงดึง($A_{s\ actual}$) โดยหลังจากที่ได้ทำการเสริมเหล็กรับแรงดึงไปแล้วผู้ออกแบบจะต้องทำการคำนวณตรวจสอบซ้ำทันทีเพื่อตรวจสอบเปรียบเทียบ 2 ประเด็น คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเด็นที่1 ระหว่างปริมาณเหล็กเสริมที่ได้เสริมไป($A_{s\ actual}$) กับปริมาณที่คำนวณได้ล่าสุด($A_{s\ compute}$)ซึ่งคำนวณโดยอาศัยพารามิเตอร์ต่างๆ ของการเสริมเหล็กจริง(ทั้งเหล็กเสริมรับแรงดึงและเหล็กเสริมรับแรงอัด) มาคำนวณ

ประเด็นที่2 ระหว่างขนาดความลึกประสิทธิผลที่คำนวณได้($d_{compute}$) กับค่าความลึกประสิทธิผลจริง(d_{actual})

ซึ่งทั้งสองประเด็นนี้จะเป็นตัวช่วยในการพิจารณาความสามารถในการรับกำลังของคานตัวนี้



รูปที่3. 21 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่5 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด

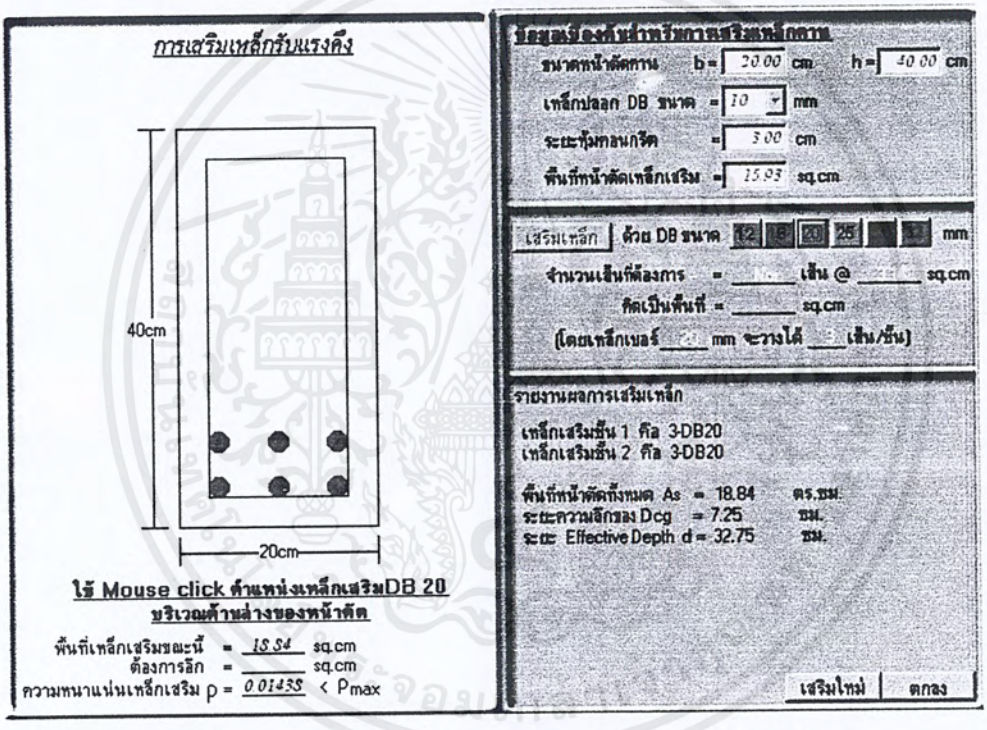
3.5.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์การคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงตามเงื่อนไขค่าต่างๆ ที่ได้สมมุติขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณเหล็กเสริมเพื่อนำไปเสริมเหล็กจริง โดยค่าเหล่านี้จะทำการแสดงผลอัตโนมัติเมื่อหน้าต่างขั้นที่ 5 ปรากฏเป็นครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนที่2</u> ปุ่ม **เสริมเหล็กรับแรงดึง** สำหรับแสดงหน้าต่างเพื่อช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงดึง แสดงดังรูปที่ 3.22 โดยหลังจากการเสริมเหล็กรับแรงดึง และออกจากหน้าต่างการเสริมเหล็กแล้วกลับมาสู่หน้าต่างขั้นที่5 ก็จะปรากฏปุ่ม **คำนวณซ้ำ** ดังรูปที่ 3.23

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งปุ่มนี้จะยังคงอยู่ในสภาพไม่อนุญาตให้ใช้งาน จนกว่าจะมีการเสริมเหล็กจริง และมีการคำนวณซ้ำแล้วเท่านั้น

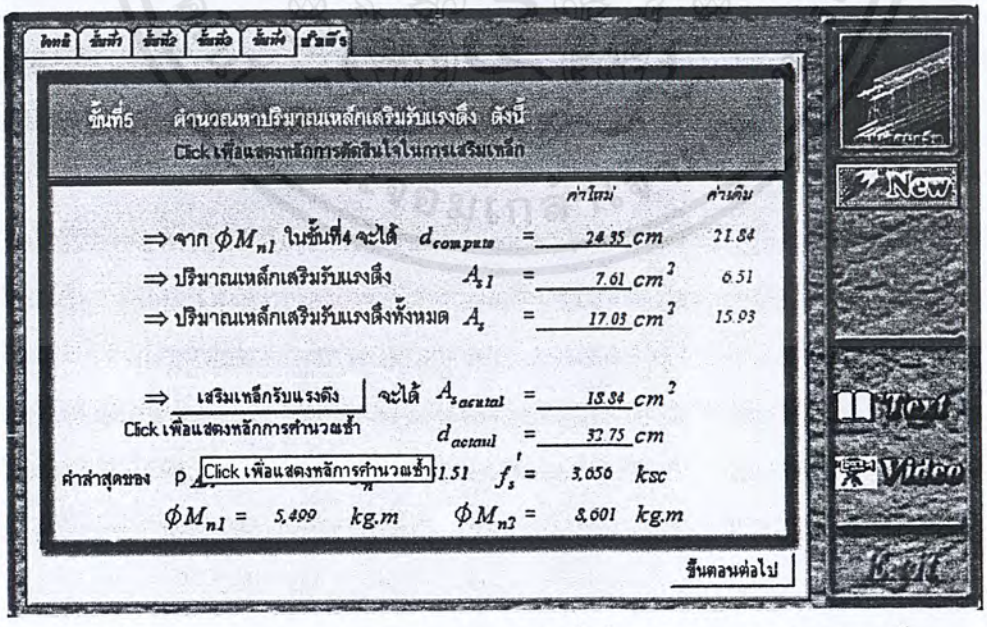


รูปที่3. 22 แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3. 23 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 ภายหลังจากออกจากหน้าต่างของโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กรับแรงดึง จะปรากฏปุ่ม คำนวณซ้ำ

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **คำนวณซ้ำ** สำหรับกดเพื่อแสดงผลการคำนวณซ้ำว่าหลังจากเสริมเหล็กจริงแล้วเมื่อคำนวณใหม่โดยใช้ตัวแปรของการเสริมเหล็กจริง ดานต้องการปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงเป็นเท่าไร โดยผลการคำนวณซ้ำหลังจากกดปุ่มคำนวณซ้ำ ได้แสดงดังรูปที่3.24



รูปที่3. 24 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 ภายหลังจากกดปุ่มคำนวณซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากกดปุ่มคำนวณซ้ำ ผู้ออกแบบจะต้องทำการสังเกตปริมาณเหล็กเสริมที่คำนวณได้ล่าสุด กับปริมาณเหล็กเสริมที่เสริมไปแล้ว หากปริมาณที่คำนวณใหม่มีค่าไม่เกินที่เสริมไป และระยะความลึกประสิทธิผลที่คำนวณได้มีค่าไม่เกินค่าความลึกประสิทธิผลที่ได้จากการเสริมเหล็กจริง แสดงว่าการเสริมเหล็กต้านทานต่อโมเมนต์ดัดใช้ได้ โปรแกรมก็จะทำการอนุญาติให้กดปุ่ม ขั้นตอนต่อไป เพื่อแสดงรายละเอียดการคำนวณในขั้นตอนต่อไปทันที ซึ่งในขั้นตอนการคำนวณซ้ำนี้โปรแกรมก็จะทำการรายงานผลทางด้านกำลังออกมาให้เห็นด้วย เพื่อให้ผู้ออกแบบได้ทราบถึงความเคลื่อนไหวด้านกำลังที่เปลี่ยนแปลงไป

3.5.6. ขั้นที่6 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด

3.5.6.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจปริมาณเหล็กเสริมที่เสริมไปกับปริมาณเหล็กเสริมตามข้อกำหนดเพื่อเป็นการตรวจสอบสองประเด็นคือ

1. เพื่อดูว่าปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงที่ได้เสริมไปเหมาะสมหรือไม่ที่จะทำให้เหล็กเสริมรับแรงดึงมีกำลังถึงจุดครากก่อนการวิบัติ โดยตรวจสอบกับปริมาณการเสริมมากสุดยอมให้ นั้นคือ อัตราส่วนเหล็กเสริมที่เสริมจริงต้องไม่มากกว่าอัตราส่วนเหล็กเสริมมากสุดยอมให้

2. ตรวจสอบสมมุติฐานขั้นต้นที่กำหนดให้เหล็กเสริมรับแรงอัดมีกำลังถึงจุดครากก่อนการวิบัติ โดยการตรวจสอบจากปริมาณอัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึงกับอัตราส่วนเหล็กเสริมน้อยสุด ซึ่งผลลัพธ์ของการตรวจสอบบอกได้เพียงว่าเหล็กเสริมรับแรงอัดครากหรือไม่เท่านั้น นั่นคือ ถ้าปริมาณอัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึงมีค่ามากกว่าอัตราส่วนเหล็กเสริมต่ำสุด แสดงว่าสมมุติฐานการครากของเหล็กเสริมรับแรงอัดถูกต้อง ในทางกลับกัน หากเหล็กเสริมรับแรงอัดไม่ครากจะต้องทำการคำนวณหากำลังแท้จริงของเหล็กเสริมรับแรงอัดออกมา แล้วตรวจสอบการคำนวณทั้งหมดอีกครั้ง

แต่หากออกแบบโดยใช้โปรแกรมนี้ ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องออกแบบใหม่เพราะโปรแกรมทำการตรวจสอบให้อยู่ตลอดเวลาอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3. 25 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่6 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด

3.5.6.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

3.5.7. ขั้นที่7 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด

3.5.7.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจกำลังความสามารถในการรับโมเมนต์ออกแบบ (ϕMn)ของคานที่ได้ออกแบบเสริมเหล็กไป เพื่อตรวจสอบดูว่าสามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด (M_u) ได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3. 26 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่7 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด

3.5.7.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

ส่วนที่2 สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

ส่วนที่3 ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

3.5.8. ขั้นที่8 สำหรับการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและอัด

3.5.8.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบความเหมาะสมในการจัดวางเหล็กเสริมรับแรงดึงเพื่อควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตด้านรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3. 27 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่8 ของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเสริมทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด

3.5.8.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

ส่วนที่2 สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

ส่วนที่3 ปุ่ม ออกแบบแรงเฉือน สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดของการออกแบบแรงเฉือน (สำหรับการออกแบบแรงเฉือนจะกล่าวรายละเอียดอีกครั้งหนึ่งในบทของการออกแบบแรงเฉือน)

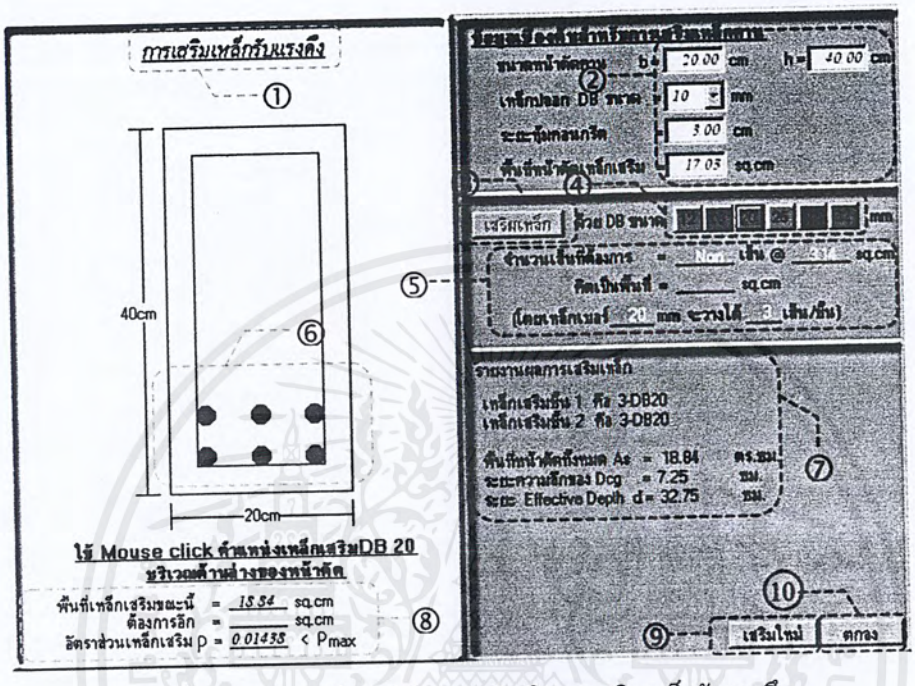
3.6. วิธีการใช้โปรแกรมช่วยสำหรับเสริมเหล็กรับแรงดึง

3.6.1. จุดประสงค์ของโปรแกรม

สำหรับช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้ออกแบบสามารถเสริมเหล็กได้อย่างหลากหลาย พร้อมทั้งสามารถสังเกตุผลลัพธ์ของการเสริมเหล็กที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากมีการเสริมเหล็กแต่ละเส้น สำหรับโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กรับแรงดึงจะถูกจำกัดให้ผู้ออกแบบเสริมเหล็กบริเวณด้านล่างของคานเท่านั้น เพราะการออกแบบตอนต้นไม่ได้มีข้อตกลงหรือระบุว่าเป็นการออกแบบรับโมเมนต์บวกหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลบ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กนี้ก็เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานในการเสริมเหล็กได้เป็นอย่างดี



รูปที่3. 28 แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงดึง

3.6.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> เป็นส่วนสำหรับแสดงชนิดของการเสริมเหล็กว่าเป็นการเสริมเหล็กรับแรงดึง

<u>ส่วนที่2</u> แสดงข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการเสริมเหล็ก ซึ่งถูกส่งมาจากหน้าต่างการคำนวณในตอนต้น ซึ่งผู้ออกแบบไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ แต่ถ้าหากต้องการเปลี่ยนแปลงค่าก็สามารถทำได้โดยการกลับไปยังหน้าต่างของการคำนวณ

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **เสริมเหล็ก** สำหรับกดเพื่อทำการวาดหน้าตัดคานตามสัดส่วนที่เป็นจริง เพียงแต่ยังไม่มีการเสริมเหล็กใด ๆ ทั้งสิ้น

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **เบอร์เหล็กเสริม** สำหรับเพื่อเลือกขนาดเหล็กเสริม ในที่นี้จะถูกกำหนดให้ใช้เหล็กข้ออ้อย โดยหลังกดปุ่มนี้โปรแกรมจะทำการรายงานส่วนที่ 5 ทันที เพื่อให้ผู้ออกแบบทราบถึงข้อจำกัดเท่าที่จำเป็นของขนาดเหล็กเสริมที่ได้เลือกไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่5 เพื่อแสดงจำนวนเส้นที่สามารถวางได้ต่อชั้นของขนาดเหล็กเสริมที่ได้เลือกเอาไว้ ทั้งจำนวนเหล็กเสริมที่ต้องการเพื่อให้ได้ปริมาณเหล็กเสริมตามต้องการ โดยในส่วนนี้โปรแกรมจะทำการแสดงทันทีหลังจากที่กดปุ่มเลือกเบอร์เหล็กเสริม

ส่วนที่6 เป็นบริเวณพื้นที่สำหรับเสริมเหล็ก โดยการ Click mouse ลงบนตำแหน่งที่ต้องการซึ่งจะถูกกำหนดให้อยู่บริเวณด้านล่างของหน้าตัดคาน โดยผู้ออกแบบจะต้องเริ่มวางเหล็กเสริมจากขอบล่างคานก่อนแล้วจึงเสริมเหล็กเสริมชั้นบนต่อไปเรื่อยๆ ตามต้องการ เน้นหลักการเสริมตามความเป็นจริงเป็นสำคัญ

ส่วนที่7 เป็นส่วนของการรายงานผลการเสริมเหล็กว่าขณะนี้ได้เสริมเหล็กอะไรไปบ้างแล้ว และมีความลึกประสิทธิผลเป็นเท่าไร

ส่วนที่8 เป็นส่วนของการรายงานว่าขณะนี้ปริมาณการเสริมเป็นเท่าไร และยังขาดอีกเท่าไร ทั้งยังช่วยตรวจสอบปริมาณการเสริมจริงกับอัตราส่วนเหล็กเสริมสูงสุดยอมให้ โดยโปรแกรมจะเป็นตัวช่วยควบคุมให้ผู้ออกแบบเสริมได้ไม่เกินค่าสูงสุดยอมให้ เพื่อความเหมาะสมในการออกแบบ

ส่วนที่9 ปุ่ม **เสริมใหม่** สำหรับกดเพื่อยกเลิกการเสริมเหล็กปัจจุบันทั้งหมด แล้วเสริมเหล็กใหม่ เมื่อการเสริมที่ผ่านมาไม่สมบูณร์หรือมีข้อบกพร่องขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ออกแบบเป็นสำคัญ

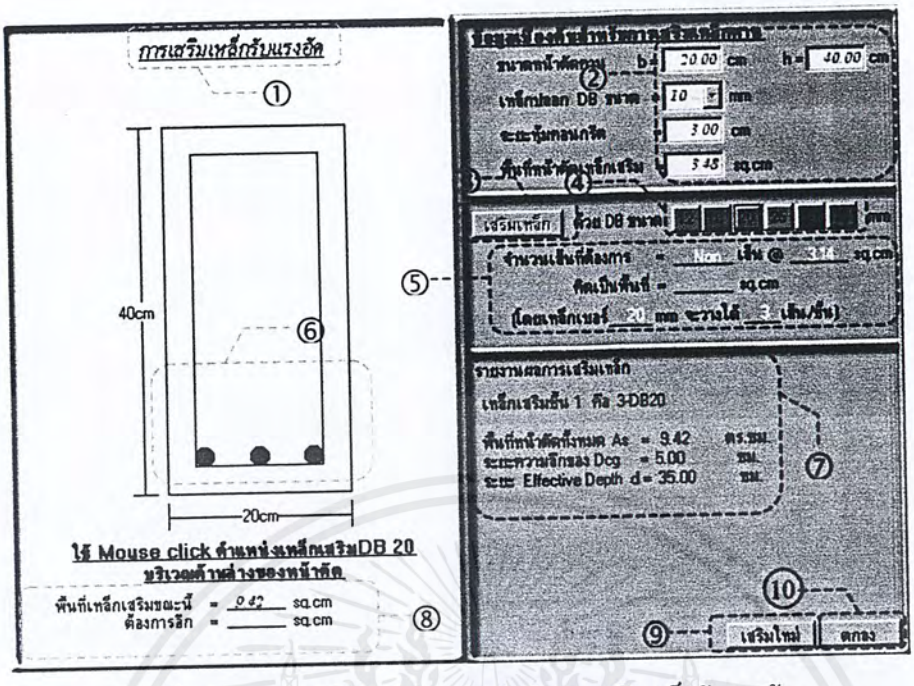
ส่วนที่10 ปุ่ม **ตกลง** สำหรับกดเพื่อยอมรับการเสริมเหล็กข้างต้น แล้วกลับไปสู่หน้าต่างการออกแบบอีกครั้ง

3.7. วิธีการใช้โปรแกรมช่วยสำหรับเสริมเหล็กรับแรงอัด

3.7.1. จุดประสงค์ของโปรแกรม

สำหรับช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้ออกแบบสามารถเสริมเหล็กได้อย่างหลากหลาย พร้อมทั้งสามารถสังเกตุผลลัพธ์ของการเสริมเหล็กที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากมีการเสริมเหล็กแต่ละเส้น สำหรับโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กรับแรงอัดจะถูกจำกัดเช่นเดียวกับโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กรับแรงดึง คือยอมให้ผู้ออกแบบเสริมเหล็กบริเวณด้านล่างของคานเท่านั้น ด้วยเหตุผลเดียวกันคือการออกแบบในตอนต้นไม่ได้มีการระบุว่าเป็นการออกแบบเพื่อรับโมเมนต์บวกหรือลบ แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กนี้ก็เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานในการเสริมเหล็กได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3. 29 แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงอัด

3.7.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> เป็นส่วนสำหรับแสดงชนิดของการเสริมเหล็กว่าเป็นการเสริมเหล็กรับแรงอัด

<u>ส่วนที่2</u> แสดงข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการเสริมเหล็ก ซึ่งถูกส่งมาจากหน้าต่างการคำนวณใน ซึ่งผู้ออกแบบไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ แต่ถ้าหากต้องการเปลี่ยนแปลงค่าก็สามารถทำได้โดยการกลับไปยังหน้าต่างของการคำนวณ

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **เสริมเหล็ก** สำหรับกดเพื่อทำการวาดหน้าตัดคานตามสัดส่วนที่เป็นจริง เพียงแต่ยังไม่มีการเสริมเหล็กใด ๆ ทั้งสิ้น

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **เบอร์เหล็กเสริม** สำหรับเพื่อเลือกขนาดเหล็กเสริม ในที่นี้จะถูกกำหนดให้ใช้เหล็กข้ออ้อย โดยหลังกดปุ่มนี้โปรแกรมจะทำการรายงานส่วนที่ 5 ทันที เพื่อให้ผู้ออกแบบทราบถึงข้อจำกัดเท่าที่จำเป็นของขนาดเหล็กเสริมที่ได้เลือกไว้

<u>ส่วนที่5</u> เพื่อ:แสดงจำนวนเส้นที่สามารถวางได้ต่อชั้นของขนาดเหล็กเสริมที่ได้เลือกเอาไว้ ทั้งจำนวนเหล็กเสริมที่ต้องการเพื่อให้ได้ปริมาณเหล็กเสริมตามต้องการ โดยในส่วนนี้โปรแกรมจะทำการแสดงทันที่หลังจากที่กดปุ่มเลือกเบอร์เหล็กเสริม

<u>ส่วนที่6</u> เป็นบริเวณพื้นที่สำหรับเสริมเหล็ก โดยการ Click mouse ลงบนตำแหน่งที่ต้องการซึ่งจะถูกกำหนดให้อยู่บริเวณด้านล่างของหน้าตัดคาน โดยผู้ออกแบบจะต้องเริ่มวางเหล็กเสริมจากขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล่างดานก่อนแล้วจึงเสริมเหล็กเสริมชั้นบนต่อไปเรื่อยๆ ตามต้องการ เน้นหลักการเสริมตามความเป็นจริงเป็นสำคัญ

<u>ส่วนที่7</u> เป็นส่วนของการรายงานผลการเสริมเหล็กว่าขณะนี้ได้เสริมเหล็กอะไรไปบ้างแล้ว และมีความลึกประสิทธิผลเป็นเท่าไร

<u>ส่วนที่8</u> เป็นส่วนของการรายงานว่าขณะนี้ปริมาณการเสริมเป็นเท่าไร และยังขาดอีกเท่าไร จะเห็นได้ว่าไม่มีการตรวจสอบปริมาณเหล็กเสริม เพราะการเสริมเหล็กรับแรงอัดไม่จำเป็นต้องตรวจสอบปริมาณการเสริม

<u>ส่วนที่9</u> ปุ่ม เสริมใหม่ สำหรับกดเพื่อยกเลิกการเสริมเหล็กปัจจุบันทั้งหมด แล้วเสริมเหล็กใหม่เมื่อการเสริมที่ผ่านมาไม่สมบูณร์หรือมีข้อบกพร่องขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ออกแบบเป็นสำคัญ

<u>ส่วนที่10</u> ปุ่ม ตกลง สำหรับกดเพื่อยอมรับการเสริมเหล็กข้างต้น แล้วกลับไปสู่หน้าต่างการออกแบบอีกครั้งหนึ่ง

จากรูปที่3.29 สังเกตได้ว่าปริมาณที่คำนวณสำหรับเสริมเหล็กรับแรงอัดคือ *3.48* ตร.ซม แต่เสริมจริงได้พื้นที่ทั้งหมด *9.42* ตร.ซม ซึ่งมากกว่าที่คำนวณได้มาก อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบต้องไม่ลืมว่าผลการคำนวณ *3.48* ตร.ซม เป็นค่าที่คำนวณได้มาจากการสมมุติพารามิเตอร์ขึ้นมาก่อน ดังนั้นหากเสริมจริงมากไป หรือน้อยไปไม่ใช่สิ่งที่ผิดพลาดอะไร เพียงแต่จะทำให้สัดสวนโมเมนต์คัดเปลี่ยนไปเท่านั้นเอง

สำหรับการเสริมเหล็กรับแรงอัด ผู้ออกแบบจะเสริมมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่คำนวณไว้ก็ได้ แต่เพื่อให้การออกแบบสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ได้กำหนดไว้ ขอแนะนำการเสริมเหล็กรับแรงอัดควรจะ

1. เสริมให้มากกว่าปริมาณที่คำนวณได้สักเล็กน้อย(หากทำได้) เพื่อช่วยลดปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง ทำให้เหล็กเสริมรับแรงดึงมีโอกาสถึงจุดครากได้
2. หากไม่จำเป็นไม่ควรเสริมให้มีจำนวนชั้นการเสริมมาก เพราะจะเป็นการเพิ่มค่าระยะ d' ซึ่งจะสงผลให้เหล็กเสริมรับแรงอัดมีกำลังไม่ถึงจุดคราก แต่ไม่ได้หมายความว่าการออกแบบจะไม่ผ่าน เพียงแต่หากเหล็กเสริมรับแรงอัดมีกำลังไม่ถึงจุดครากตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ก็จะทำให้ต้องใช้ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดมากขึ้น ทำให้สิ้นเปลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
การออกแบบแรงเฉือน

4.1. กล่าวนำ

นอกจากคานต้องรับโมเมนต์ดัดซึ่งเกิดจากน้ำหนักบรรทุกที่กระทำแล้ว คานยังต้องรับแรงอย่างอื่นอีก ซึ่งได้แก่ แรงเฉือน และอื่นๆ ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในที่นี้ โดยแรงเฉือนคืออีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถทำให้คานวิบัติได้อย่างฉับพลัน ซึ่งเป็นเหตุให้คานไม่สามารถรับโมเมนต์ดัดได้ถึงกำลังที่ต้องการ การวิบัติอย่างฉับพลันอันเนื่องจากแรงเฉือน โดยทั่วไปไม่ได้เกิดจากการกระทำของแรงเฉือนโดยตรง แต่จะเกิดจากแรงดึงแทยง ซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำร่วมของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

ดังนั้นในการออกแบบคานจึงต้องจำเป็นในการพิจารณาเสริมเหล็กทางขวางให้พอเพียงเพื่อให้คานนั้นเกิดการวิบัติเนื่องจากโมเมนต์ดัดก่อนที่จะเกิดการวิบัติอันเนื่องจากแรงเฉือน ทั้งนี้เพราะพฤติกรรมในการต้านทานโมเมนต์ดัดมีความชัดเจนมากกว่าพฤติกรรมของการต้านทานต่อแรงเฉือน

สำหรับบทนี้จะเป็นการพิจารณาและออกแบบความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนของคานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยการคำนวณการเสริมเหล็กปลอกนั้นจะแบ่งช่วงของการพิจารณาออกเป็นสองช่วงด้วยกันคือ **ช่วงแรก** เป็นช่วงที่คอนกรีตมีความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนมากกว่าค่าแรงเฉือนซึ่งเกิดขึ้นบนหน้าตัด ดังนั้นในช่วงนี้จึงทำการเสริมเหล็กปลอกตามข้อกำหนดเท่านั้น **ช่วงที่สอง** เป็นช่วงที่คอนกรีตมีความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนน้อยกว่าค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนหน้าตัด จึงจำเป็นต้องออกแบบเสริมเหล็กปลอกเพื่อต้านทานต่อแรงเฉือนส่วนเกินี้ ซึ่งผู้ออกแบบจะได้ทำการศึกษารายละเอียดต่างๆ ได้จากตัวอย่างการออกแบบในบทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบแรงเฉือนสำหรับคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

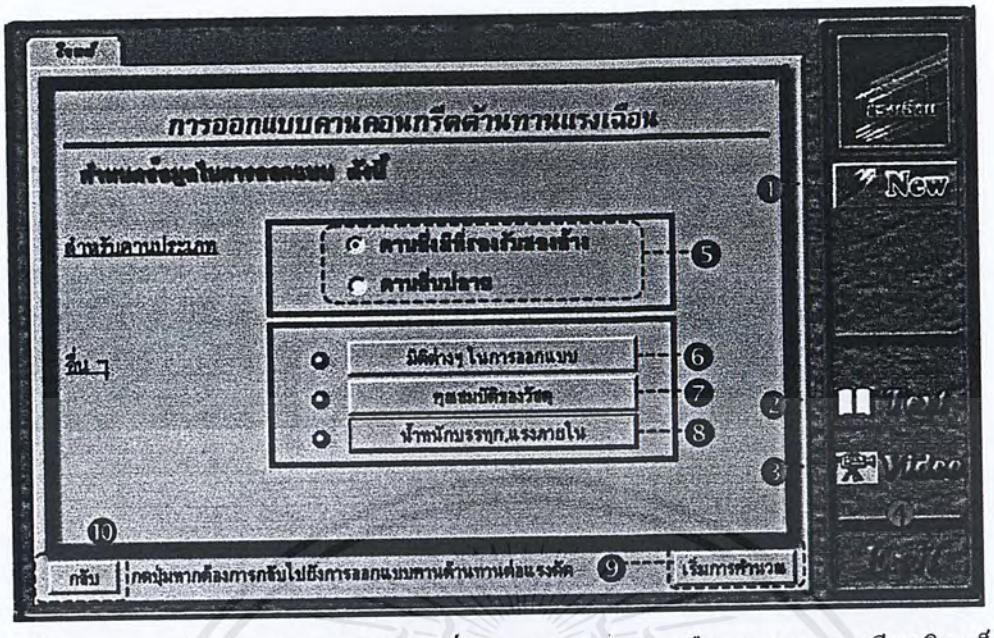
ทำการระบุปัญหา และข้อจำกัดต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบแรงเฉือน จากนั้นจึงคำนวณดังขั้นตอนต่อไปนี้(กล่าวรายละเอียดอีกครั้งในหัวข้อ 4.3.)

1. คำนวณหาแรงเฉือนสูงสุดที่หน้าตัดวิกฤต และความสามารถในการรับแรงเฉือนของคานคอนกรีต ตลอดจนระยะต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบ
2. ทำการตรวจสอบขนาดหน้าตัด ว่ามีความเหมาะสมในการรับแรงเฉือน แล้วทำให้เหล็กปลอกรับแรงเฉือนมีกำลังถึงจุดครากก่อนการวิบัติหรือไม่
3. คำนวณระยะเรียง และทำการเสริมเหล็กปลอกช่วงแรก(เสริมตามข้อกำหนด) ซึ่งเป็นช่วงที่คอนกรีตมีความสามารถมากพอต่อการต้านทานแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนหน้าตัด
4. คำนวณหาขอบเขตการเสริมจริงของระยะเรียงเหล็กปลอกช่วงแรก
5. คำนวณระยะเรียงและทำการเสริมเหล็กปลอกช่วงที่สอง(เพื่อต้านทานต่อแรงเฉือนส่วนเกิน) ซึ่งเป็นช่วงที่คอนกรีตมีความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดไม่เพียงพอ

4.3. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบแรงเฉือนสำหรับคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เริ่มต้นการใช้โปรแกรมโดยการระบุค่าต่างๆ ที่ต้องใช้ในการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4. 1 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

การใช้งานโปรแกรมออกแบบแรงเฉือน ดังรูปที่4.1 มีรายละเอียดการใช้งานดังต่อไปนี้

ส่วนที่1 ปุ่ม **New** สำหรับกดเพื่อการเริ่มต้นการออกแบบใหม่ทั้งหมด โดยโปรแกรมจะกลับมาสู่หน้าต่างเริ่มต้นการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังรูปที่ 3.2 ทุกครั้งเมื่อกดปุ่มนี้

ส่วนที่2 ปุ่ม **Text** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างรายละเอียดโดยสรุปทั้งหมดสำหรับการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 4.2

ส่วนที่3 ปุ่ม **Video** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอที่ต้องการศึกษา แสดงดังรูปที่ 4.3

ส่วนที่4 ปุ่ม **Exit** สำหรับกดเพื่อออกจากหน้าต่างการออกแบบ แล้วกลับไปสู่หน้าต่างเลือกโครงสร้าง

ส่วนที่5 สำหรับระบุว่าคานที่จะออกแบบแรงเฉือนเป็นคานประเภทใด

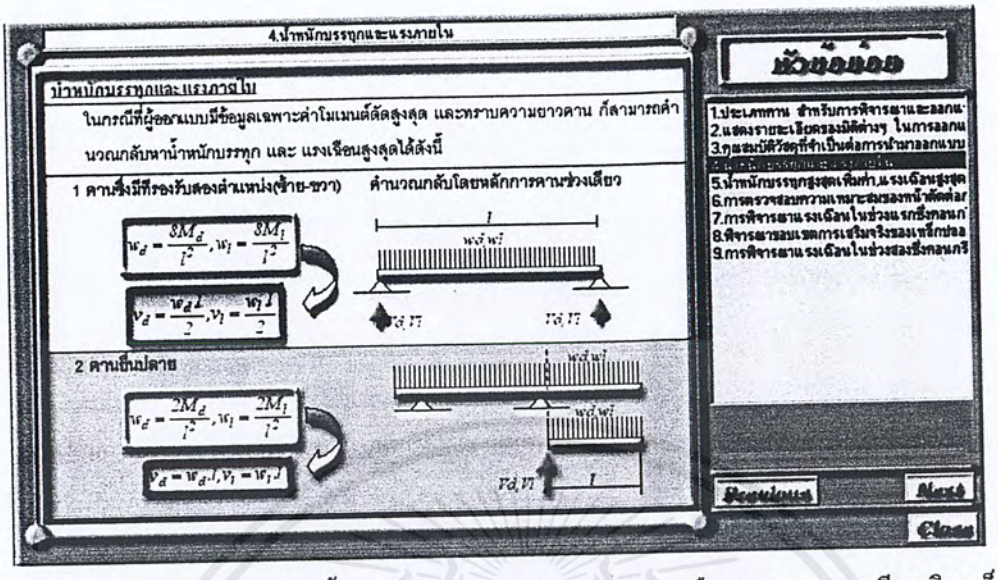
ส่วนที่6 ปุ่ม **มิติต่างๆ ในการออกแบบ** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างในการกำหนดมิติที่จำเป็นในการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 4.4

ส่วนที่7 ปุ่ม **คุณสมบัติของวัสดุ** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างในการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบแรงเฉือน แสดงดังรูปที่ 4.5

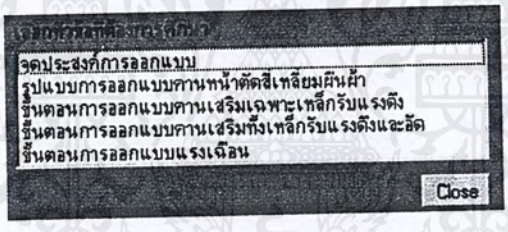
ส่วนที่8 ปุ่ม **น้ำหนักบรรทุก,แรงภายใน** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างในการกำหนดน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง และแรงเฉือนภายใน ดังรูปที่ 4.6

ส่วนที่9 ปุ่ม **เริ่มการคำนวณ** สำหรับกดเพื่อเริ่มการออกแบบในขั้นตอนที่1

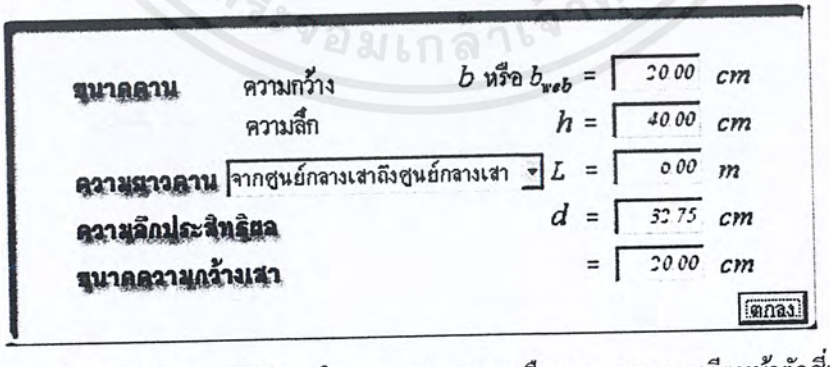
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4. 2 แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่4. 3 แสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอสำหรับการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

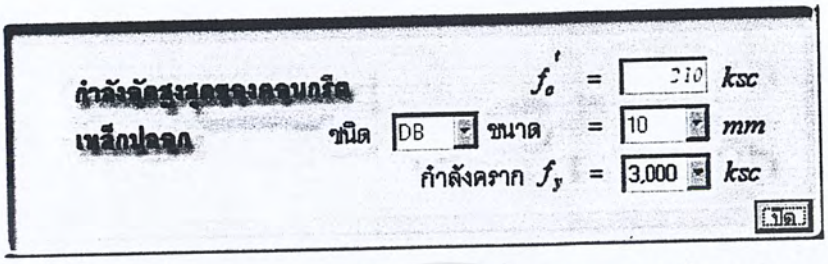


รูปที่4. 4 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุมิติต่างๆ ในการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

จากรูปที่4.4 ค่าที่ผู้ออกแบบต้องทำการระบุคือในส่วนของความยาวคานว่ามีขนาดเป็นเท่าไร ทั้งต้องระบุด้วยว่าเป็นความยาวที่วัดระยะจากไหนถึงไหน และระบุค่าขนาดความกว้างเสา

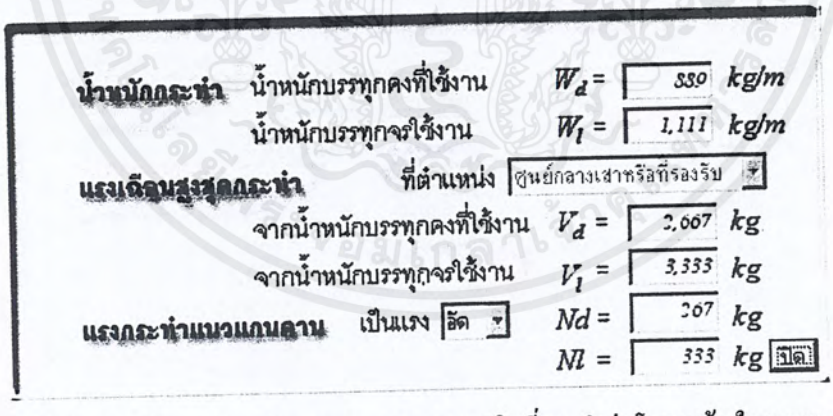
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่านอกเหนือจากนี้โปรแกรมจะทำการดึงค่ามาจากการออกแบบคานที่ผ่านมา อันได้แก่ ความกว้างคาน ความลึกคาน และความลึกประสิทธิผล



รูปที่4. 5 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุคุณสมบัติของวัสดุในการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

จากรูปที่4.5 ค่าที่ผู้ออกแบบต้องระบุคือ กำลังครากของเหล็กปลอกในกรณีที่ขณะออกแบบคานรับแรงดัดผู้ออกแบบได้ระบุว่าจะใช้เหล็กปลอกเป็นเหล็กข้ออ้อย ในทางกลับกันหากผู้ออกแบบระบุว่าจะใช้เหล็กเส้นกลมเป็นเหล็กปลอก ก็จะไม่ต้องระบุกำลังเพราะกำลังครากมีค่าเป็น 2,400 กก/ตร.ซม สำหรับค่าอื่นๆ นอกเหนือจากนี้โปรแกรมจะนำข้อมูลมาจากการออกแบบคานรับแรงดัดเพราะจำเป็นอย่างยิ่งที่ข้อมูลจะต้องสอดคล้องกันตลอดการออกแบบ



รูปที่4. 6 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุนำหนักบรรทุก และแรงภายในที่กระทำต่อโครงสร้างในการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

จากรูปที่ 4.6 เมื่อหน้าต่างนี้ปรากฏค่าข้อมูลในทุกช่องจะปรากฏให้เห็นทันที ซึ่งเป็นค่าที่โปรแกรมได้ทำการคำนวณให้โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยสมมุติฐานให้คานที่กำลังจะออกแบบเปรียบเสมือนเป็นคานช่วงเดี่ยว หรือเป็นคานยื่น ที่รับเฉพาะน้ำหนักกระจายเท่านั้น รายละเอียดนอกเหนือจากนี้ขอแนะนำให้ผู้ออกแบบศึกษาจากการใช้งานโปรแกรมจริง แสดงดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

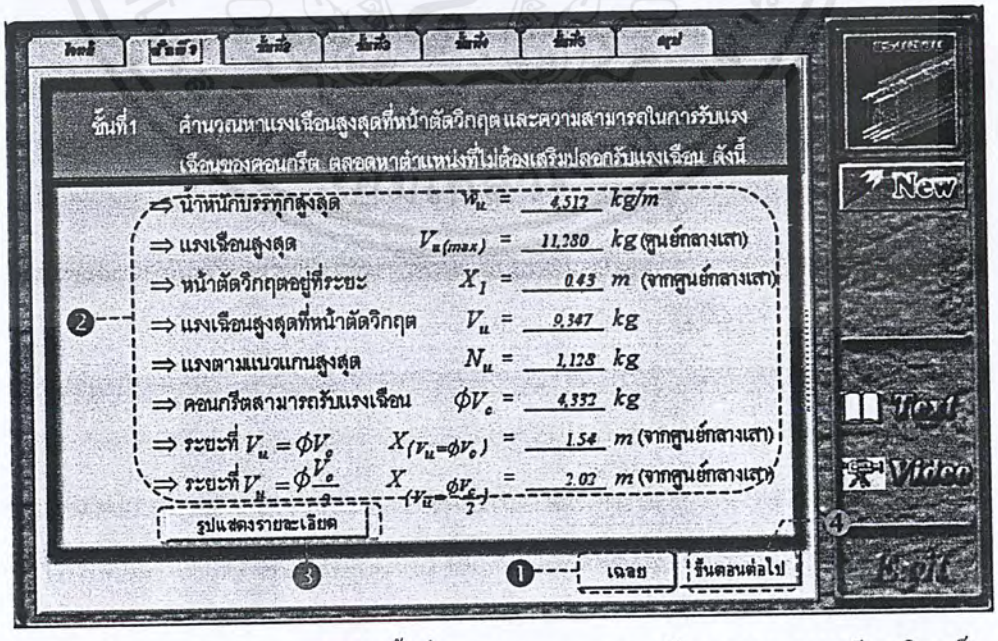
4.3.1. ขั้นที่1 สำหรับการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.3.1.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาภาระบรรทุกสูงสุด แรงเฉือนภายในสูงสุด แรงตามแนวแกนสูงสุด โดยการคูณค่าภาระบรรทุกและแรงเฉือนภายในด้วยตัวคูณเพิ่มกำลัง ตลอดทั้งคำนวณหาค่าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตซึ่งจะวัดออกมาจากขอบที่รองรับออกมาเป็นระยะเท่ากับความลึกประสิทธิผล

ในการคำนวณความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนของคอนกรีตนั้น จะทำการคำนวณโดยนำผลของแรงตามแนวแกนมาพิจารณาร่วมด้วย อันเนื่องอิทธิพลของแรงตามแนวแกนจะส่งผลต่อความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนของคานคอนกรีตคือ หากคานอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงอัดจะทำให้ความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนของคานสูงขึ้น ในทางกลับกันหากคานอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงดึงก็จะทำให้คานมีความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนลดลง

สำหรับการคำนวณหาระยะที่ค่าแรงเฉือนภายในที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดมีเท่ากับค่าความสามารถต้านทานต่อแรงเฉือนของคอนกรีต และมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าความสามารถต้านทานต่อแรงเฉือนของคอนกรีต สามารถคำนวณได้โดยอาศัยหลักการสมดุลของแรงบนหน้าตัด



รูปที่4. 7 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

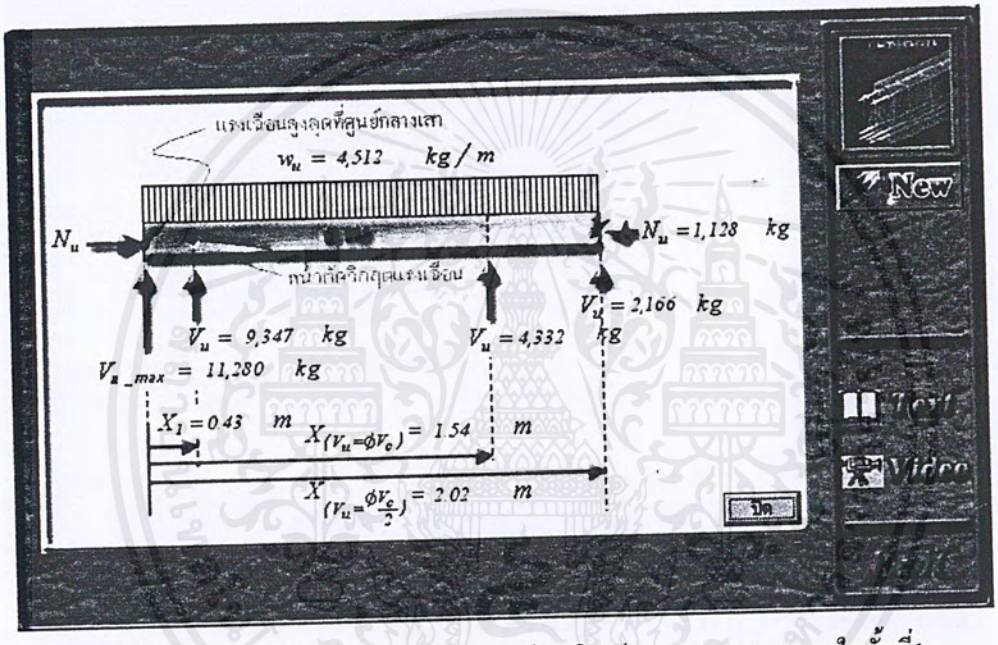
4.3.1.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **รูปแสดงรายละเอียด** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดเชิงรูปภาพ แสดงดังรูปที่ 4.8

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป



รูปที่4. 8 แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดเชิงรูปภาพของการออกแบบในขั้นที่1

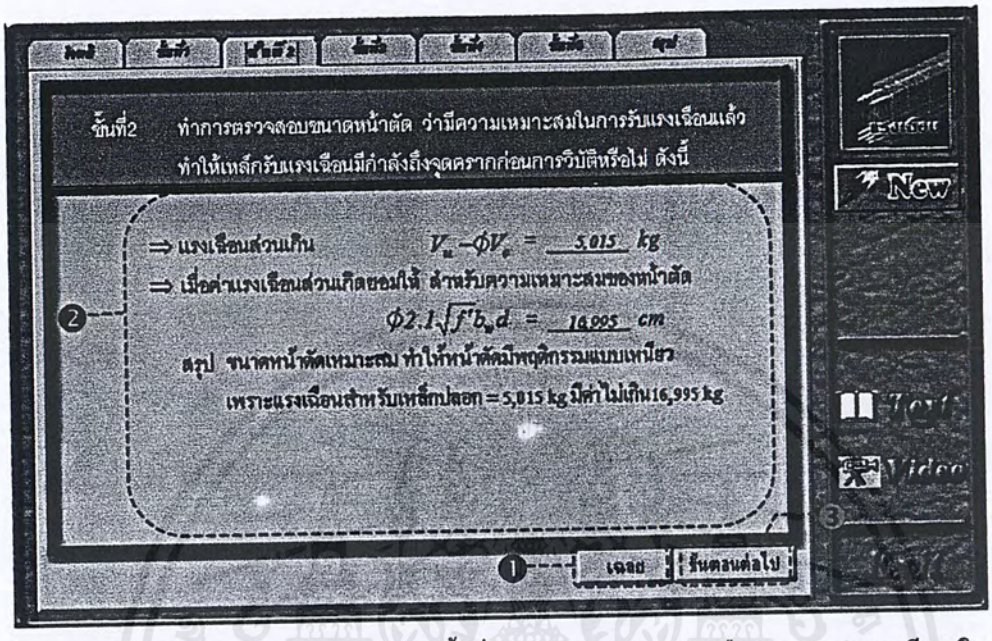
4.3.2. ขั้นที่2 สำหรับการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.3.2.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถทำการตรวจสอบความเหมาะสมของขนาดหน้าตัดในการพิจารณาเสริมเหล็กปลอกรับแรงเฉือน โดยทำการตรวจสอบจากปริมาณแรงเฉือนส่วนเกินจะต้องมีค่าไม่เกินค่ายอมให้ เพื่อเป็นการควบคุมให้เหล็กปลอกมีกำลังถึงจุดครากก่อนการพิบัติ สำหรับในกรณีที่ค่าแรงเฉือนส่วนเกินมีค่ามากกว่าค่ายอมให้จำเป็นจะต้องขยายหน้าตัดคานเพื่อให้คอนกรีตมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถรับแรงเฉือนเพิ่มขึ้น จึงช่วยลดขนาดแรงเฉือนส่วนเกินลงได้ ขณะเดียวกันทำให้ปริมาณของค่ายอมให้มีค่าสูงขึ้นด้วย



รูปที่4. 9 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.3.2.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป
<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

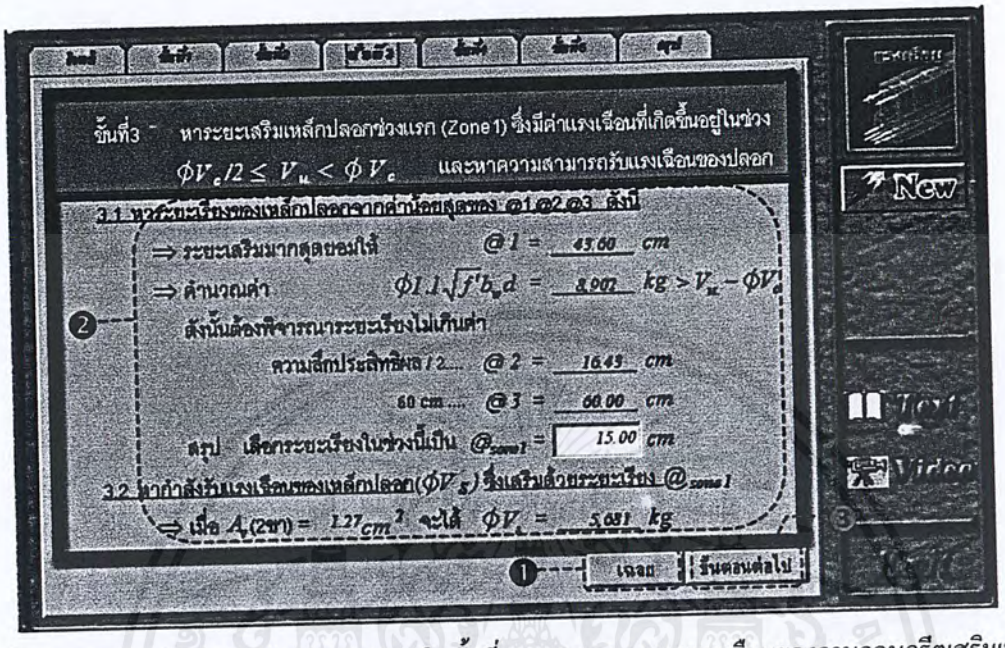
4.3.3. ขั้นที่3 สำหรับการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.3.3.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณระยะเรียงของการเสริมเหล็กปลอกในช่วงซึ่งคอนกรีตมีความสามารถเพียงพอต่อการต้านทานแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนหน้าตัด ด้วยระยะเรียงตามข้อกำหนด และสามารถคำนวณหาความสามารถรับแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ได้เสริมไปได้ เพื่อต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปคำนวณหาขอบเขตความสามารถในการรับแรงเฉือนของคานซึ่งเสริมเหล็กปลอกด้วยระยะเรียงนี้ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่4. 10 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.3.3.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ และผู้ออกแบบสามารถเลือกค่าระยะเรียงในการเสริมเหล็กปลอกได้ตามเหมาะสมแต่ต้องไม่เกินค่าน้อยสุดที่คำนวณได้

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

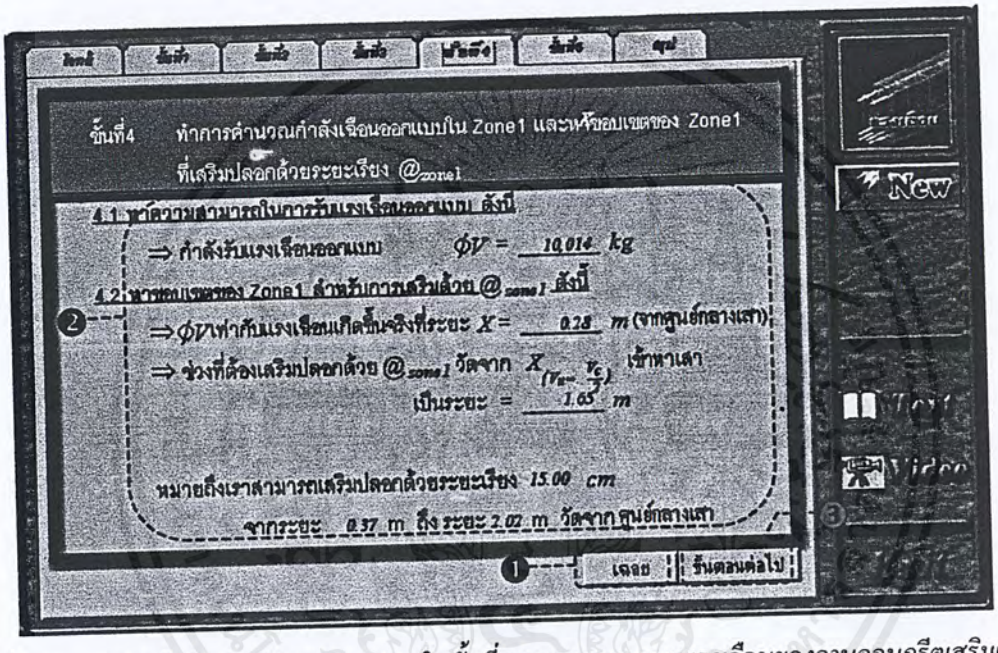
4.3.4. ขั้นที่4 สำหรับการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.3.4.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาความสามารถของคานคอนกรีตต่อการต้านทานแรงเฉือน หลังจากได้เสริมเหล็กปลอกไปในช่วงแรก ซึ่งเป็นช่วงที่คอนกรีตมีความสามารถเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอต่อการต้านทานแรงเฉือนบนหน้าตัดโดยไม่จำเป็นต้องเสริมเหล็กปลอกเพื่อต้านทานต่อแรงเฉือนส่วนเกิน แต่เมื่อคานคอนกรีตล้วนได้มีการเสริมเหล็กปลอกไปก็จะทำให้คุณสมบัติการต้านทานต่อแรงเฉือนของคานคอนกรีตซึ่งเสริมเหล็กปลอกมีค่าสูงขึ้น จนสามารถเสริมเหล็กปลอกด้วยระยะเรียงนี้ล้ำเข้าไปในส่วนซึ่งมีแรงเฉือนกระทำบนหน้าตัดเกินกว่าความสามารถต้านทานแรงเฉือนของคอนกรีตล้วนได้(ล้ำเข้าไปในช่วงที่สอง) ทำให้เป็นการประหยัดเพราะโดยทั่วไประยะเรียงที่เสริม(ของช่วงที่1) นี้จะมีระยะห่างมากกว่าค่าที่จะคำนวณได้ในช่วงที่สอง ซึ่งผู้ออกแบบจะได้คำนวณในขั้นตอนต่อไป



รูปที่4. 11 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.3.4.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ และผู้ออกแบบสามารถเลือกค่าระยะเรียงในการเสริมเหล็กปลอกได้ตามเหมาะสมแต่ต้องไม่เกินค่าน้อยสุดที่คำนวณได้

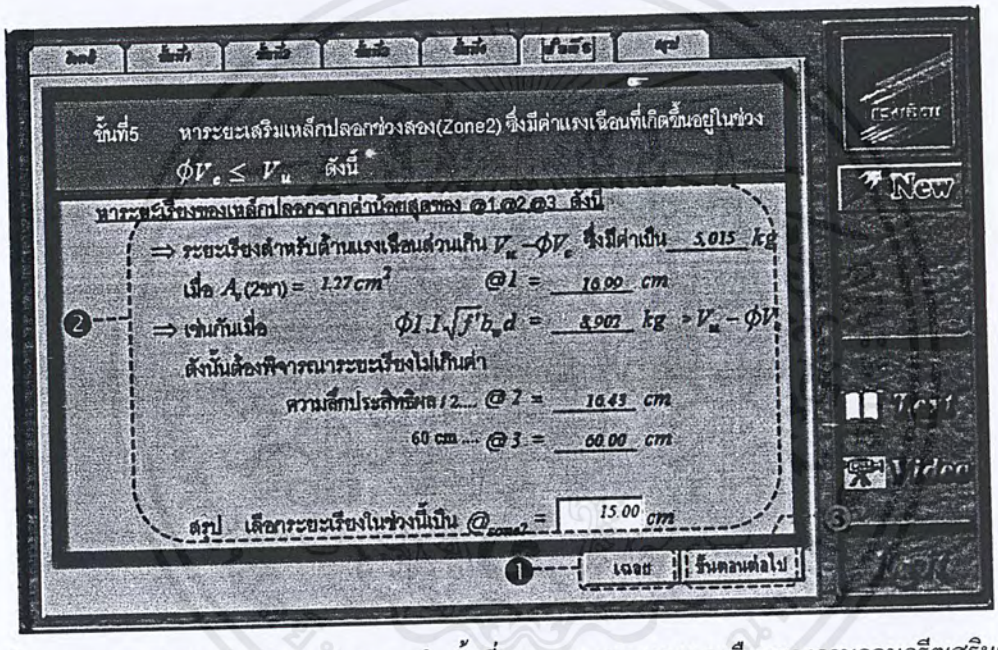
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5. ขั้นที่5 สำหรับการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.3.5.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาระยะเรียงของการเสริมเหล็กปลอกในช่วงที่สอง ซึ่งเป็นช่วงที่ความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนของคอนกรีตล้วนมีค่าน้อยกว่าค่าแรงเฉือนซึ่งเกิดขึ้นบนหน้าตัด จึงจำเป็นจะต้องออกแบบเสริมเหล็กปลอกเพื่อต้านทานต่อแรงเฉือนส่วนเกิน โดยการพิจารณาจากปริมาณแรงเฉือนส่วนเกิน และปริมาณการเสริมตามข้อกำหนด



รูปที่4. 12 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 ของการออกแบบแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

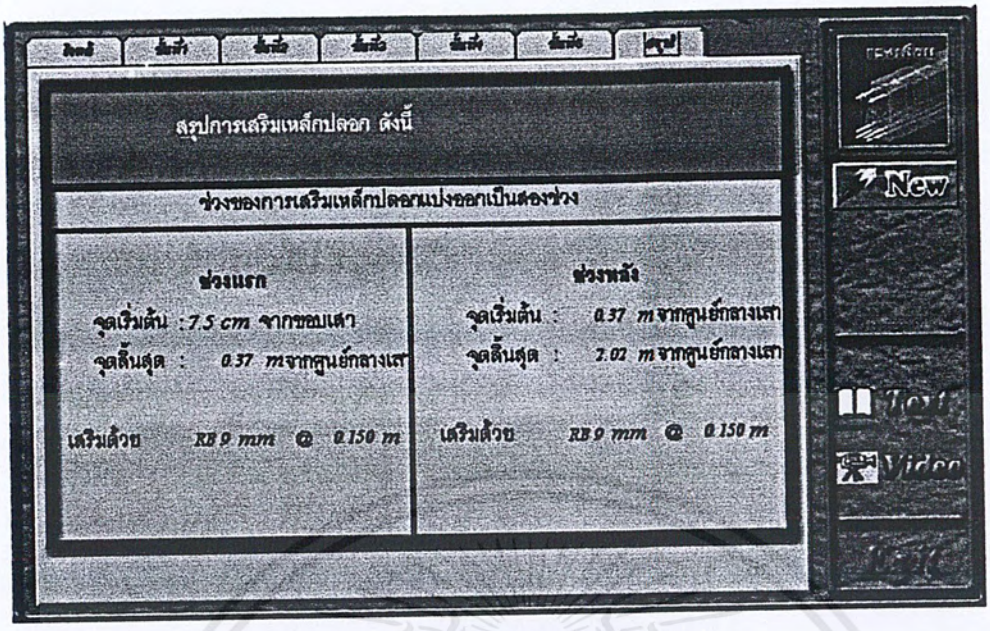
4.3.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ และผู้ออกแบบสามารถเลือกค่าระยะเรียงในการเสริมเหล็กปลอกได้ตามเหมาะสมแต่ต้องไม่เกินค่าน้อยสุดที่คำนวณได้

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป ในที่นี้หมายถึงการสรุปการเสริมเหล็กปลอกที่ได้คำนวณมาทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4. 13 แสดงหน้าต่างสรุปการเสริมเหล็กปลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก
ประเภท เสาปลอกเดี่ยว

รูปที่5. 1 แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

5.1. กล่าวนำ

เสาเป็นส่วนของโครงสร้างอาคารที่มักจะอยู่ในแนวดิ่ง ทำหน้าที่รับแรงอัดเป็นสำคัญ หรือบางกรณีรับทั้งแรงอัดและแรงดัด ซึ่งได้มาจากการถ่ายน้ำหนักบรรทุกของคาน หรือแผ่นพื้นไร้คานในชั้นต่างๆ แล้วจึงถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงสู่ดินโดยฐานราก หากเสาต้นใดต้นหนึ่งวิบัติ ก็จะทำให้ส่วนของโครงสร้างที่ยึดต่อเนื่องกันเกิดการชำรุดเสียหายได้ จนอาจทำให้โครงสร้างทั้งหมดถึงกับพังลงมา ฉะนั้น ในการคำนวณออกแบบเสาจึงต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษเกี่ยวกับน้ำหนักบรรทุกและโมเมนต์ดัดที่เสาต้องรองรับ

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กอาจจะมีรูปตัดกลม หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีเหล็กเสริมชนิดเหล็กยืนใช้ช่วยคอนกรีตรับน้ำหนัก และมีเหล็กเสริมทางข้างชนิดปลอกเกลียวซึ่งพันต่อเนื่องกันรอบเหล็กยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อยู่บนเส้นรอบวงขอววงกลม เรียกว่าเสาปลอกเกลียว เหล็กเสริมทางข้างอาจเป็นชนิดปลอกเดี่ยวพันรอบเหล็กยืนที่วางในตำแหน่งขอบของรูปสี่เหลี่ยมและเว้นเป็นระยะๆ เรียกว่าเสาปลอกเดี่ยว โดยเหล็กเสริมทางข้างจะเป็นตัวช่วยให้เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก รับน้ำหนักได้มากขึ้น และทำให้เสามีพฤติกรรมเหนียวก่อนการวิบัติ

หากจำแนกเสาออกตามเงื่อนไขความชะลูด สามารถแบ่งเสาคอนกรีตออกเป็นสองประเภท คือ เสาสั้นและเสายาว โดยเสาสั้นหมายถึงเสาที่มีอัตราส่วนความชะลูดน้อย ไม่เกินพิกัดที่จะทำให้เสานั้นวิบัติโดยการโก่งเดาะทางด้านข้าง กำลังรับน้ำหนักของเสาสั้นขึ้นอยู่กับกำลังความต้านทานของวัสดุที่ใช้และขนาดรูปตัดเสา ส่วนเสายาว หมายถึงเสาที่มีอัตราส่วนความชะลูดมาก ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสายาวจะน้อยกว่าเสาสั้นที่มีขนาดรูปตัดอย่างเดียวกัน เพราะเสายาวเกิดการโก่งเดาะทางด้านข้างก่อน

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีอัตราส่วนความชะลูดน้อยหรือเสาสั้น และเสริมเหล็กทางด้านข้างโดยใช้ปลอกเดี่ยว หรือเสาปลอกเดี่ยว ซึ่งกำหนดให้มีข้อจำกัดด้านการรับกำลังคือ ออกแบบเพื่อรับภาระแรงตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดกระทำร่วมอีก 1 ทิศทาง

5.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ

เพื่อให้ได้มาซึ่งเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยวรับโมเมนต์ดัดทางเดียวที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการต้านทานต่อแรงตามแนวแกนสูงสุด
2. ความสามารถในการต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด อันเนื่องจากการเยื้องศูนย์
3. ความสามารถต้านทานต่อแรงเฉือน

โดยคุณสมบัติข้างต้นต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบ อันได้แก่

1. คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาออกแบบ อันได้แก่ กำลังอัดสูงสุดคอนกรีต กำลังครากเหล็กเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม อันได้แก่ ค่าความสามารถยอมให้ต่างๆ ในการออกแบบ เป็นต้น

5.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยวซึ่งรับโมเมนต์ดัดทางเดียว

เริ่มต้นการออกแบบโดย ทำการระบุปัญหา และข้อจำกัดต่างๆ อันได้แก่ ขนาดของภาระที่กระทำต่อโครงสร้าง กำลังวัสดุ และค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบ จากนั้นจึงคำนวณดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. คำนวณและเลือกขนาดหน้าตัดเสาที่จะนำมาออกแบบ
2. คำนวณกำลังสูงสุด ,ตัวคูณปรับลดกำลัง ,กำลังระบุ ,ระยะเยื้องศูนย์
3. คำนวณกำลังความสามารถที่สภาวะสมดุล และพิจารณาพฤติกรรมพังทลาย
4. คำนวณซ้ำๆ (Trial & Error) หาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด และเสริมเหล็กเสา
5. ทำการตรวจสอบปริมาณเหล็กเสริมจริงกับปริมาณการเสริมตามข้อกำหนด
6. คำนวณและพิจารณาเสริมเหล็กปลอกตามข้อกำหนดเสาปลอกเดี่ยว
7. ทำการตรวจสอบความสามารถในการรับกำลังของเสาที่ออกแบบ พร้อมนำผลการคำนวณไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงตามแนวแกนกับโมเมนต์ดัดของเสาที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว ซึ่งรับโมเมนต์ดัดเดียว

เริ่มต้นการใช้โปรแกรมโดยทำการระบุค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบเสาปลอกเดี่ยว แสดงดังรูปที่ 5.2

รูปที่5. 2 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยวรับโมเมนต์ดัดทางเดียว

รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม ดังรูปที่ 5.2 มีรายละเอียดการใช้งานดังต่อไปนี้

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **New** สำหรับกดเพื่อการเริ่มต้นการออกแบบใหม่ทั้งหมด โดยโปรแกรมจะกลับมาสู่หน้าต่าง ดังรูปที่ 5.2 ทุกครั้งเมื่อกดปุ่มนี้

<u>ส่วนที่2</u> ปุ่ม **Text** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างรายละเอียดโดยสรุปทั้งหมดสำหรับการออกแบบ แสดงดังรูปที่5.3

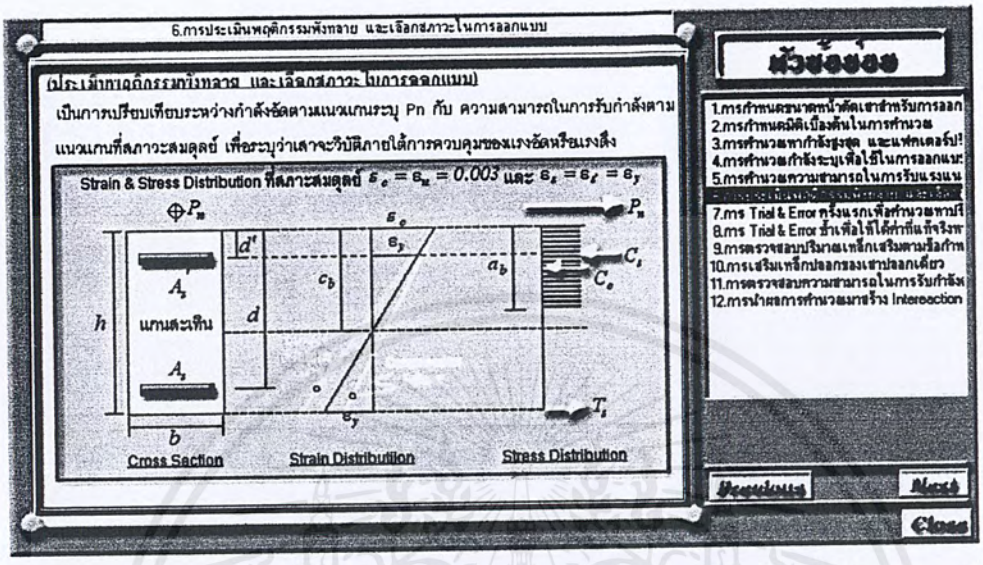
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **Video** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอที่ต้องการศึกษา ดังรูปที่ 5.4

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **Exit** สำหรับกดเพื่อออกจากหน้าต่างการออกแบบ แล้วกลับไปสู่หน้าต่างเลือกโครงสร้างออกแบบ

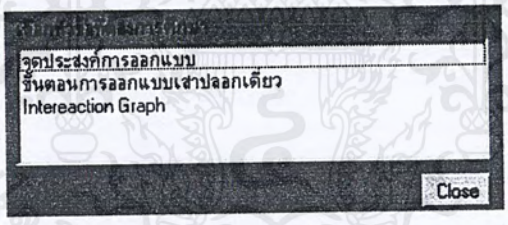
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนที่5</u> สำหรับระบุค่าต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ

<u>ส่วนที่6</u> ปุ่ม **เริ่มการคำนวณ** สำหรับกดเพื่อเริ่มการออกแบบในขั้นตอนที่1



รูปที่5. 3 แสดงหน้าต่างรายละเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว



รูปที่5. 4 แสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอสำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.1. ขั้นที่1 สำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

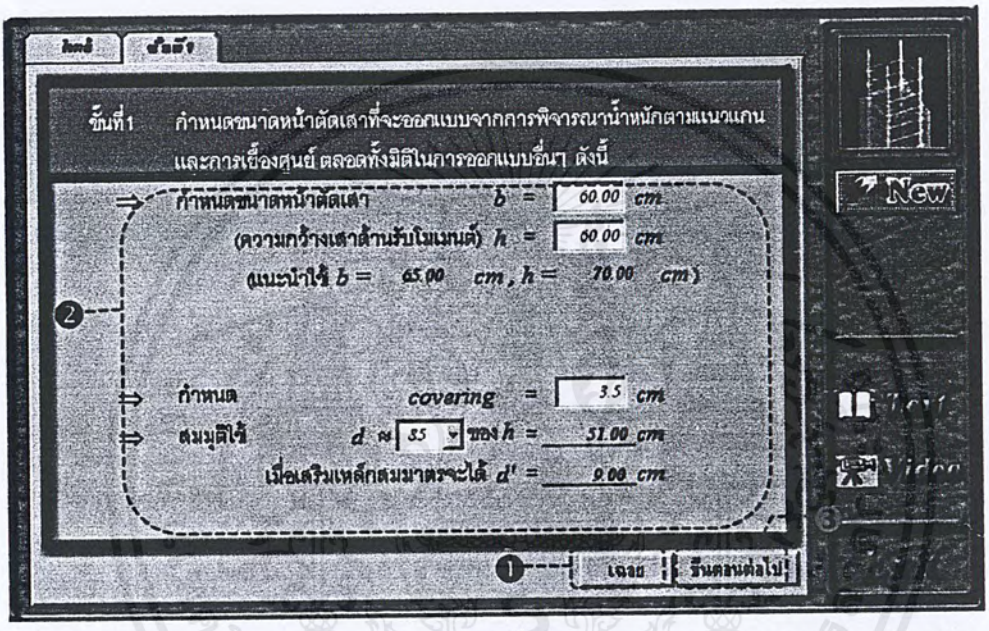
5.4.1.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถประมาณหาขนาดหน้าตัดเสาที่จะนำมาออกแบบเสริมเหล็กได้ โดยการสร้างสมมุติฐานด้านกำลัง พฤติกรรมพังทลาย ปริมาณเหล็กเสริม และสภาพการเยื้องศูนย์ เหล่านี้ขึ้นมา เพื่อนำมาหาและกำหนดหาขนาดหน้าตัดเสาที่เหมาะสม แต่สำหรับการออกแบบจริงก็ไม่จำเป็นจะต้องใช้ขนาดเสาดังที่คำนวณได้เสมอไป ขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ออกแบบและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐานความเป็นไปได้เป็นสำคัญ และที่สำคัญจะต้องไม่ลืมว่าค่าที่คำนวณได้มาจากสมมุติฐาน จึงอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เสมอ

ประเด็นหลักอยู่ตรงที่ว่าผู้ออกแบบสามารถเข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ และสามารถพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลง ตลอดทั้งปรับแก้ไขในกรณีที่ผลการออกแบบไม่เป็นไปตามข้อกำหนดได้หรือไม่ เป็นสำคัญ



รูปที่5. 5 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.1.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

ส่วนที่2 สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ และสามารถเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรได้ตามต้องการ อยู่บนพื้นฐานความเหมาะสม อันได้แก่ ขนาดหน้าตัดเสา ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม และ ค่าสมมุติของความลึกประสิทธิผล เป็นต้น

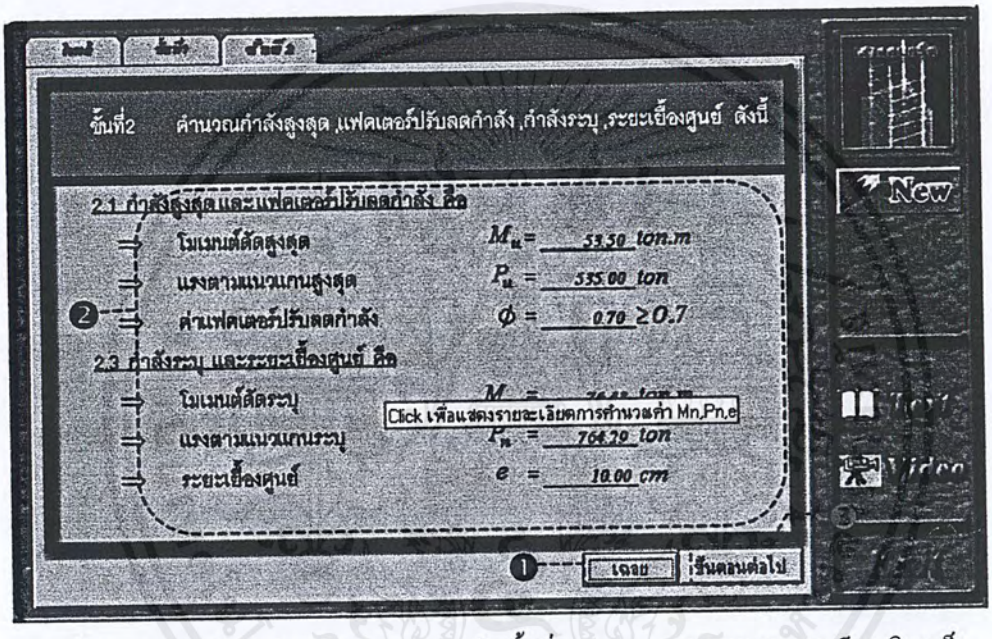
ส่วนที่3 ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2. ขั้นที่2 สำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.2.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหากำลังสูงสุด(M_u, P_u) ตัวคูณปรับลดกำลัง(ϕ) กำลังระบุ (M_n, P_n) และระยะเยื้องศูนย์(e) เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดของเสา



รูปที่5. 6 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.2.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

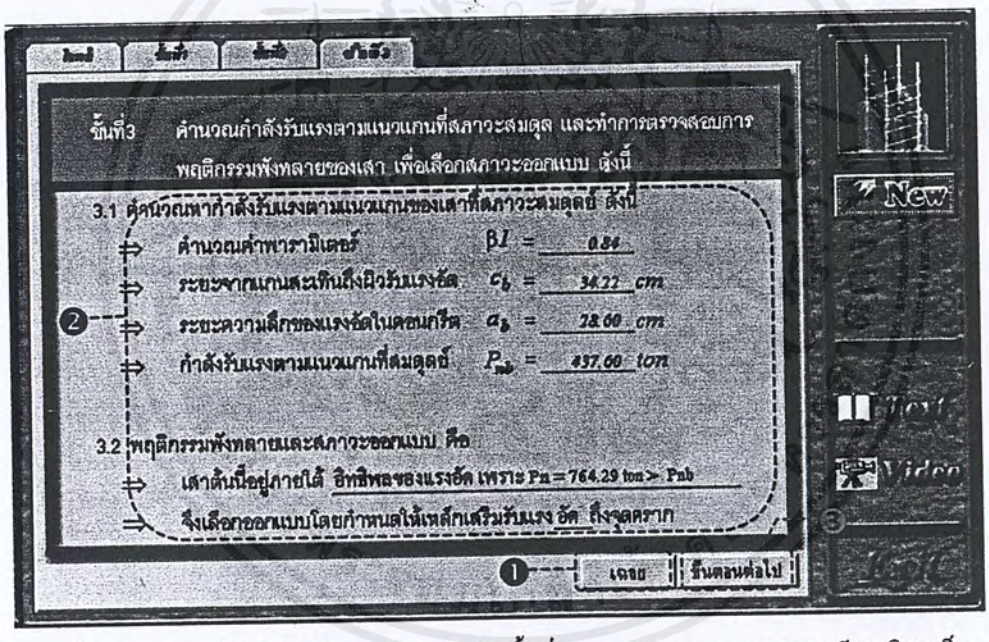
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3. ขั้นที่3 สำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.3.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหากำลังความสามารถในการรับแรงตามแนวแกนของเสาที่สภาวะสมดุล(P_{nb}) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแรงตามแนวแกนระบุ(P_n) เพื่อพิจารณาว่าเสาคอนกรีตที่กำลังออกแบบจะอยู่ภายใต้อิธิพลของแรงอัด หรืออิทธิพลของแรงดึง(โมเมนต์ดัด) อันจะส่งผลให้ผู้ออกแบบทราบถึงกำลังของเหล็กเสริมได้ทันที่ว่าเหล็กเสริมรับแรงอัด หรือเหล็กเสริมรับแรงดึงจะมีกำลังถึงจุดครากก่อนการพิบัติ



รูปที่5. 7 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.3.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4. ขั้นที่4 สำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.4.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดของเสา(A_s') และทำการเสริมเหล็กจริง($A_s'\ actual$) จากนั้นจึงนำผลการเสริมเหล็กจริงมาคำนวณซ้ำกลับหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดอีกครั้งเพื่อตรวจสอบดูว่าหลังการเสริมเหล็กจริงแล้ว ความต้องการปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร การเสริมเหล็กครั้งล่าสุดเพียงพอหรือไม่ต่อการต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุด(M_u)

รูปที่5. 8 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

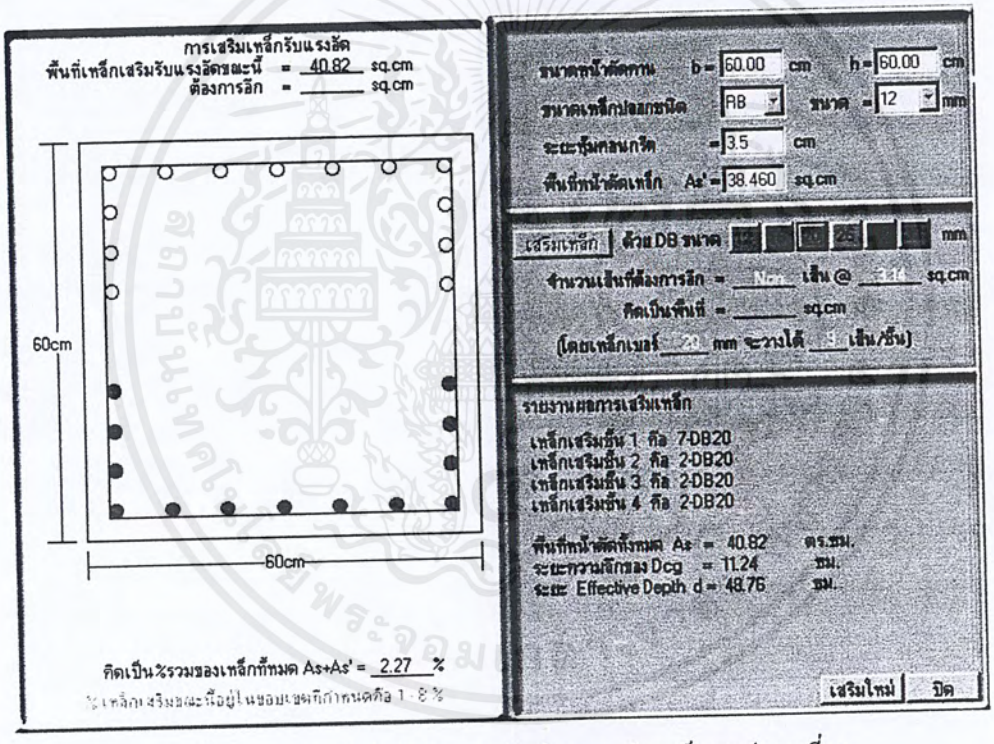
5.4.4.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์การคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดตามเงื่อนไข ที่ได้สมมุติขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด เพื่อที่จะนำไปเสริมเหล็กจริง โดยค่าเหล่านี้จะทำการแสดงผลอัตโนมัติเมื่อหน้าต่างขั้นที่ 4 ปรากฏ เป็นครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

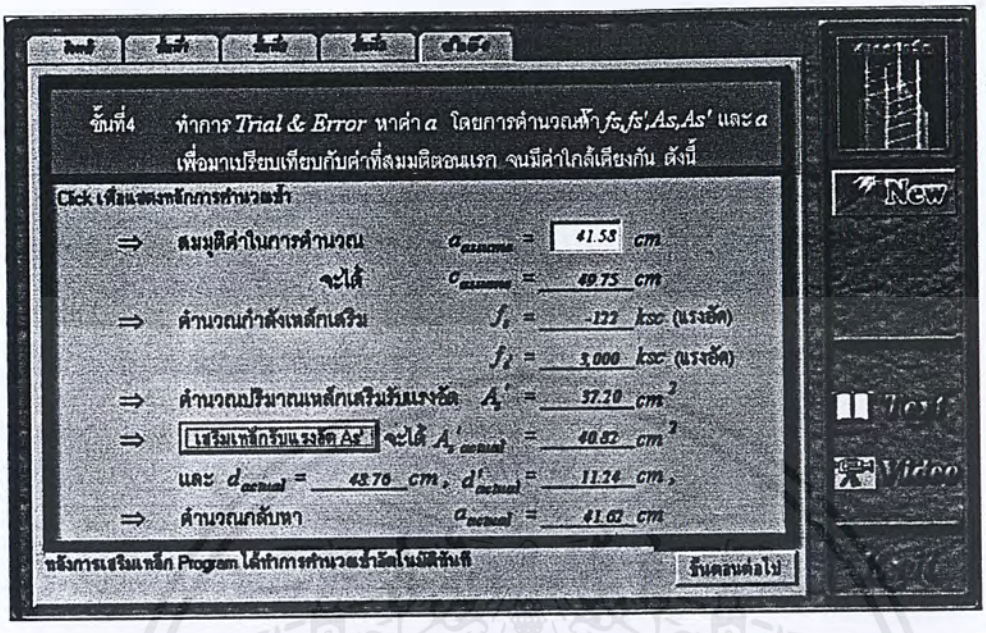
<u>ส่วนที่2</u> ปุ่ม **เสริมเหล็กรับแรงอัด** สำหรับแสดงหน้าต่างของโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กรับแรงอัด แสดงดังรูปที่ 5.9 โดยหลังจากเสร็จสิ้นการเสริมเหล็กรับแรงอัด และออกจากหน้าต่างของโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณซ้ำใหม่ทันที แสดงดังรูปที่ 5.10 เพื่อให้ผลการคำนวณใหม่สอดคล้องกับปริมาณเหล็กที่เสริมไป

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งปุ่มนี้จะยังคงอยู่ในสภาพไม่อนุญาตให้ใช้งาน จนกว่าจะมีการเสริมเหล็กจริง และมีการคำนวณซ้ำแล้วเท่านั้น



รูปที่5. 9 แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กเสาปลอกเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5. 10 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ประเภทเสาปลอกเดี่ยว หลังจากออกจากหน้าต่างโปรแกรมช่วยเสริมเหล็กเสาปลอกเดี่ยว

จากรูปที่5.10 จะเห็นว่าหลังจากออกจากหน้าต่างของโปรแกรมช่วยในการเสริมเหล็กเสาแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณซ้ำจนทำให้ได้ค่า a_{assume} กับ a_{actual} มีค่าใกล้เคียงกัน เพื่อนำผลการคำนวณด้านปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด มาตรวจสอบกับปริมาณที่เสริมจริงว่าควรเปลี่ยนแปลงการเสริมเหล็กหรือไม่ อันหมายถึง หากผลคำนวณพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงอัดมีค่าน้อยกว่าปริมาณที่เสริมจริงแสดงว่าการเสริมเหล็กผ่านในแง่ของกำลัง

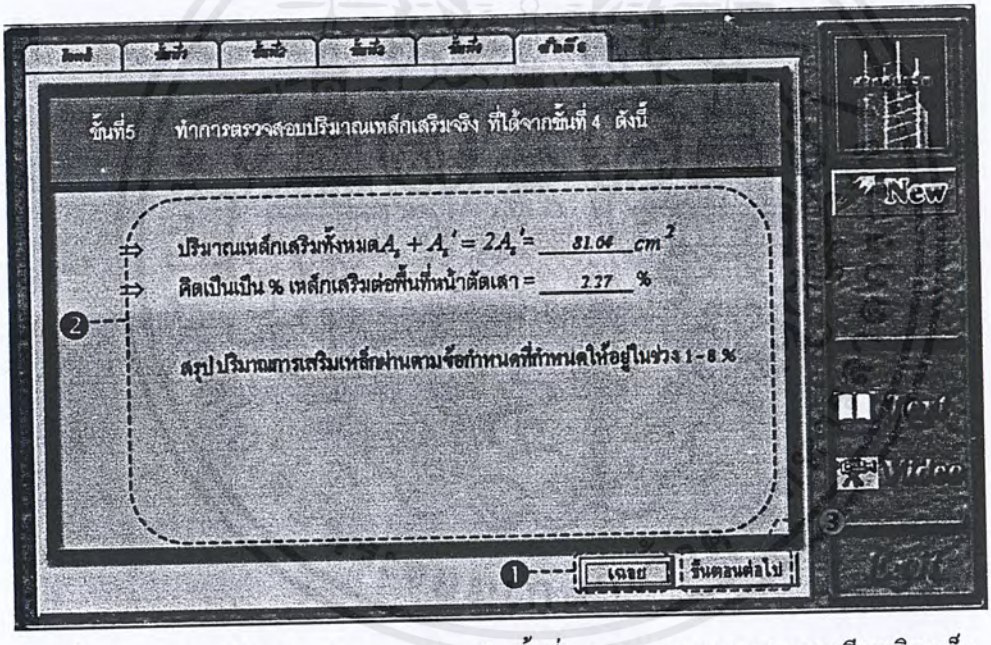
อย่างไรก็ตามมีบางกรณีที่โปรแกรมไม่สามารถทำการคำนวณซ้ำหาค่าซึ่งทำให้ ค่า a_{assume} กับ a_{actual} มีค่าใกล้เคียงกัน เหตุการณ์เช่นนี้สามารถเกิดได้เมื่อผู้ออกแบบกำหนดขนาดหน้าตัดไม่เหมาะสมในการรับภาระบรรทุก(แรงตามแนวแกน หรือ โมเมนต์ดัด) โดยมากแล้วจะเกิดกับกรณีที่เสามีขนาดหน้าตัดเล็กเกินไปสำหรับรับแรงตามแนวแกน หรืออีกกรณีคือ เมื่อความลึกของหน้าตัดด้านรับโมเมนต์ดัดมีค่าน้อยเกินไป สำหรับการแก้ไขเมื่อเจอกรณีเช่นนี้ คือ ให้ดูก่อนว่าเสาต้นนี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงอัดหรือแรงดึง แล้วทำการแก้ไขดังนี้ คือ หากเสาอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงอัดให้เพิ่มขนาดหน้าตัดเสาขึ้นอีก(ด้านใดก็ได้) แต่หากอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงดึงให้เพิ่มมิติของหน้าตัดด้านรับโมเมนต์ให้มากขึ้น จากนั้นจึงทำการคำนวณใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.5. ขั้นที่5 สำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.5.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถทำการตรวจสอบปริมาณการเสริมเหล็กยืนในเสาทั้งหมด กับข้อกำหนดด้านปริมาณการเสริมเหล็กยืน โดยคิดเป็น % เทียบกับพื้นที่หน้าตัดเสาทั้งหมด จะต้องอยู่ในช่วง 1 – 8 % หากผลการตรวจสอบมีค่าออกมาไม่เหมาะสม เช่น % เหล็กมากเกินไป แสดงว่าผู้ออกแบบจะต้องขยายขนาดหน้าตัดขึ้นอีก ในทางกลับกันหาก % เหล็กน้อยเกินไป แสดงว่าผู้ออกแบบสามารถลดขนาดหน้าตัดลงได้อีก



รูปที่5. 11 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

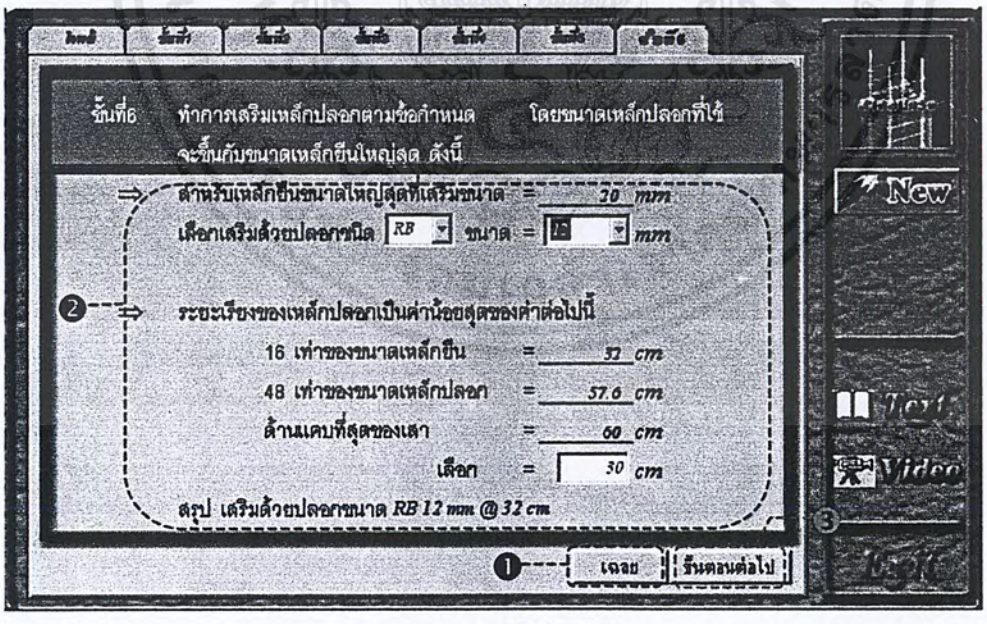
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.6. ขั้นที่6 สำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.6.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ชนิดและขนาดเหล็กปลอกเหมาะสมและสอดคล้องกับขนาดเหล็กยืนที่เสริมในเสา พร้อมทั้งสามารถคำนวณและเลือกเสริมเหล็กปลอกเสาตามข้อกำหนด โดยในที่นี้จะเป็นการเสริมเหล็กปลอกตามข้อกำหนดเท่านั้น ไม่ได้มีผลตามการพิจารณาด้านแรงเฉือน เพราะโดยทั่วไปแล้วเสาจะมีขีดความสามารถในการรับแรงเฉือนสูงมากอันเนื่องจากผลของแรงอัดตามแนวแกนนั่นเอง

ในกรณีที่ผู้ออกแบบต้องการศึกษารายละเอียดของการคำนวณเสริมเหล็กปลอกเพื่อต้านทานต่อแรงเฉือน สามารถศึกษาได้จากการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กในขั้นตอนของการออกแบบต้านทานต่อแรงเฉือนได้ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่4



รูปที่5. 12 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่6 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.6.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

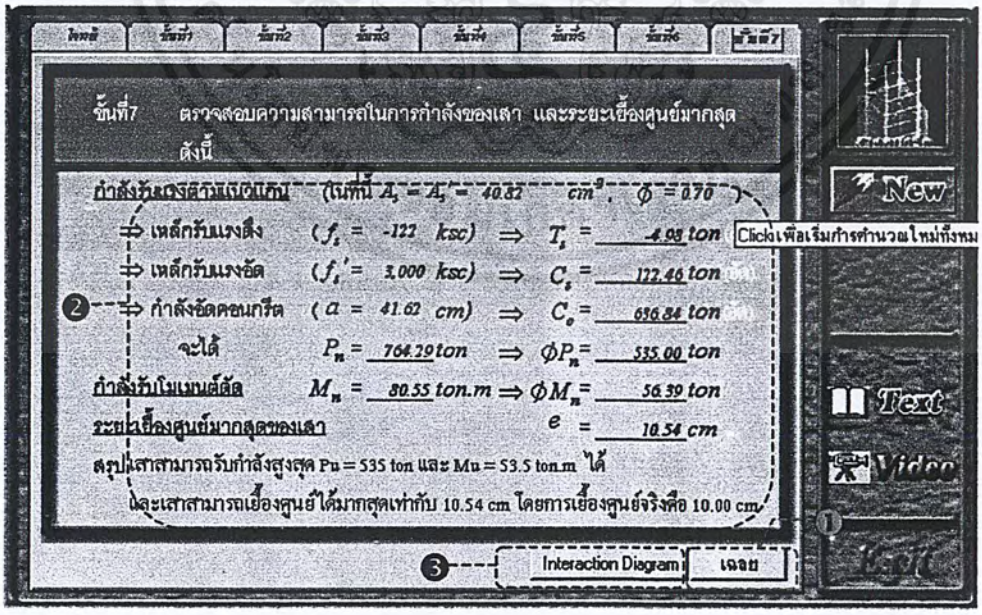
<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ และผู้ออกแบบสามารถเลือกระยะเรียงของเหล็กปลอกได้เอง แต่จะต้องไม่เกินกว่าค่าที่คำนวณให้

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

5.4.7. ขั้นที่7 สำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.4.7.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบความสามารถในการรับกำลังของเสา โดยการคำนวณหากำลังความสามารถออกแบบของเสาต่อการรับแรงตามแนวแกน(ϕP_n) และโมเมนต์ดัดสูงสุด(ϕM_n) เปรียบเทียบกับแรงตามแนวแกนสูงสุด(P_u) และโมเมนต์ดัดสูงสุด(M_u)



รูปที่5. 13 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่7 ของการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.7.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

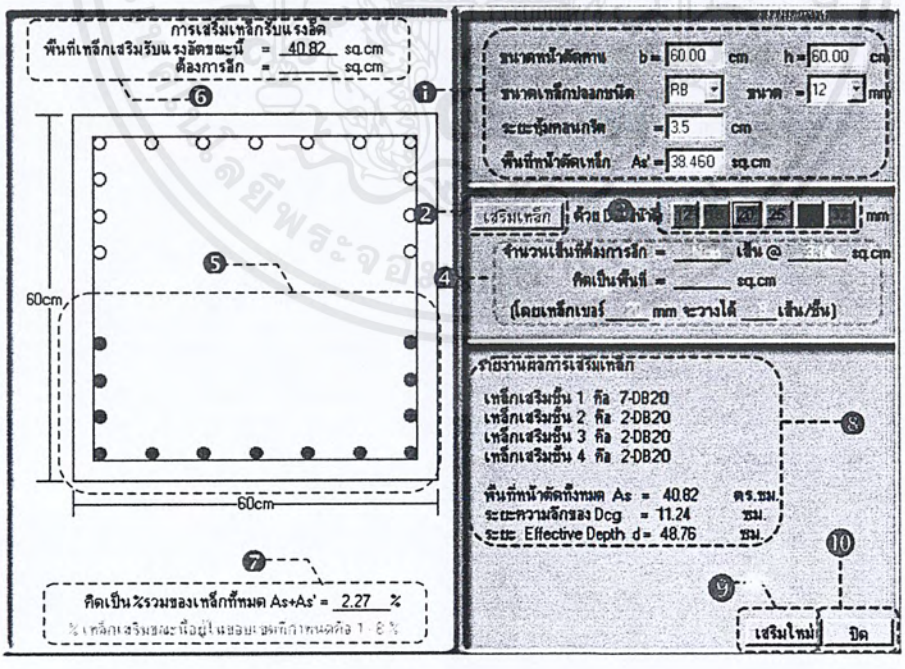
<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **Interaction Diagram** สำหรับกดเพื่อแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านทานต่อโมเมนต์ดัดและแรงตามแนวแกนของเสาที่ได้ออกแบบที่สภาวะรับภาระต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 5.15

5.5. วิธีการใช้โปรแกรมช่วยเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

5.5.1. จุดประสงค์ของโปรแกรม

สำหรับช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้ออกแบบสามารถเสริมเหล็กได้อย่างหลากหลาย พร้อมทั้งสามารถสังเกตพฤติกรรมการเสริมเหล็กที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากมีการเสริมเหล็กแต่ละเส้น



รูปที่5. 14 แสดงหน้าต่างช่วยในการเสริมเหล็กเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 แสดงข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการเสริมเหล็กเสา ซึ่งถูกส่งมาจากหน้าต่างการคำนวณ

ส่วนที่2 ปุ่ม **เสริมเหล็ก** สำหรับกดเพื่อทำการวาดหน้าตัดเสาตามขนาดที่ต้องการออกแบบ แต่ยังไม่มีการเสริมเหล็กใด ๆ ทั้งสิ้น

ส่วนที่3 ปุ่ม **เบอร์เหล็กเสริม** สำหรับเพื่อเลือกเบอร์เหล็กเสริม หลังกดปุ่มนี้โปรแกรมจะทำการรายงานส่วนที่ 4 ทันที

ส่วนที่4 เพื่อแสดงจำนวนเส้นที่สามารถวางได้ต่อชั้นของเหล็กเสริมเบอร์นั้นๆ ทั้งจำนวนเหล็กเสริมที่ต้องการอีกเพื่อให้ได้ปริมาณเหล็กเสริมตามต้องการ ในส่วนนี้โปรแกรมจะทำการแสดงทันทีหลังจากที่กดปุ่มเลือกเบอร์เหล็กเสริม

ส่วนที่5 เป็นบริเวณพื้นที่สำหรับเสริมเหล็ก โดยการ Click mouse ลงบนตำแหน่งที่ต้องการซึ่งจะอยู่บริเวณด้านล่างของหน้าตัดคาน ลำดับชั้นในการวางเหล็กจะต้องวางเหล็กในชั้นล่างก่อน

ส่วนที่6 เป็นส่วนของการรายงานว่าขณะนี้ปริมาณการเสริมเหล็กรับแรงอัดเป็นเท่าไร และยังขาดอีกเท่าไร

ส่วนที่7 เป็นส่วนของการรายงานว่าขณะนี้ปริมาณการเสริมเหล็กเมื่อคิดเป็น % ต่อหน้าตัดคอนกรีตเป็นเท่าไร ผ่านตามข้อกำหนดหรือไม่

ส่วนที่8 เป็นส่วนของการรายงานผลการเสริมเหล็กว่าขณะนี้ได้เสริมเหล็กอะไรไปบ้างแล้ว และมีความลึกประสิทธิผลเป็นเท่าไร

ส่วนที่9 ปุ่ม **ยกเลิก** สำหรับกดเพื่อยกเลิกการเสริมเหล็กปัจจุบันทังหมด แล้วเสริมเหล็กใหม่เมื่อการเสริมที่ผ่านมาไม่สมบูรณ์หรือมีข้อบกพร่องและต้องการเสริมใหม่ ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ออกแบบเป็นสำคัญ

ส่วนที่10 ปุ่ม **ปิด** สำหรับกดเพื่อยอมรับการเสริมเหล็กข้างต้น แล้วกลับไปสู่หน้าต่างการออกแบบ

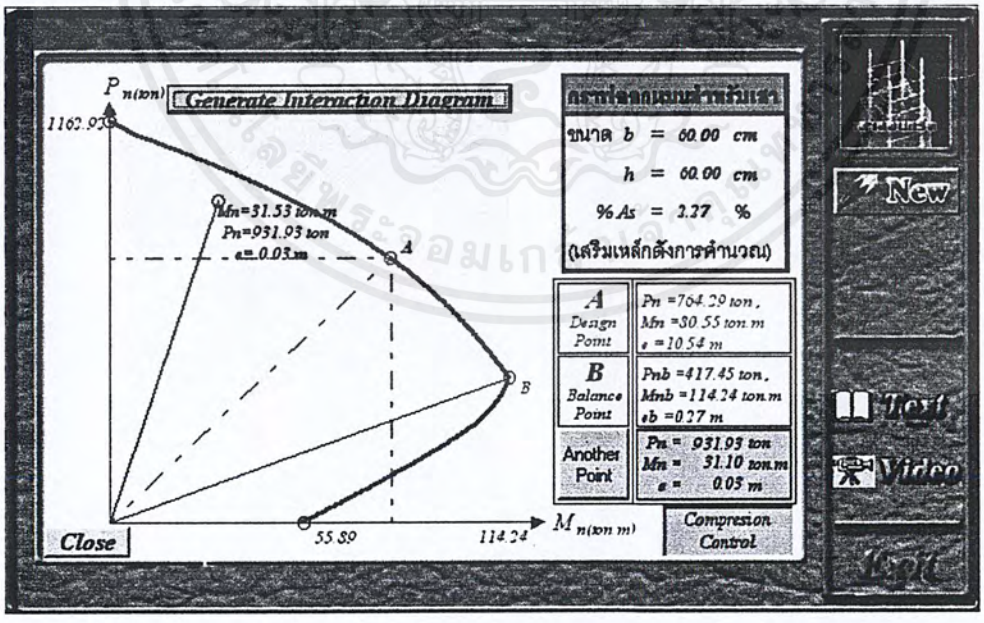
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6. วิธีการใช้งานโปรแกรมสร้าง Interaction Diagram ของเสาปลอกเดียว

5.6.1. จุดประสงค์ของโปรแกรม

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถเข้าใจถึงประโยชน์ในการนำ Interaction Diagram มาใช้งาน เพราะเสาที่ได้ออกแบบไปแล้วไม่ควรมีประโยชน์เฉพาะสภาวะรับน้ำหนักที่ออกแบบ แต่ควรมีประโยชน์ในการนำไปพิจารณาในการรับภาระ ณ. สภาวะรับกำลังที่ต่างกันออกไป เพื่อความรวดเร็วในการออกแบบเสาที่สภาวะรับน้ำหนักอื่นๆ กล่าวคือ

จากรูปที่ 5.15 เส้นสีน้ำเงินหมายถึงขอบเขตของการรับภาระของเสาที่ได้ออกแบบไป หากผู้ออกแบบต้องการจะออกแบบเสาอีกต้นซึ่งรับภาระเป็น $Mn = 31.53\ ton.m$, $Pn = 931.93\ ton$, $e = 0.03\ m$ ให้ผู้ออกแบบนำภาระดังกล่าวมากำหนดลงบนกราฟดังรูป พบว่าภาระดังกล่าวอยู่ภายในเส้นสีน้ำเงิน อันหมายถึงเสาที่ได้ออกแบบไปสามารถนำมาใช้กับภาระดังกล่าวได้อย่างปลอดภัย ในทางกลับกัน หากภาระดังกล่าวอยู่นอกเส้นสีนำเงินก็แสดงว่าเสาที่ได้ออกแบบไปไม่สามารถนำมารับภาระดังกล่าวได้จำเป็นจะต้องออกแบบใหม่



รูปที่5. 15 แสดงหน้าต่าง Interaction Diagram สำหรับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสาปลอกเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามการตัดสินใจออกแบบใหม่ก็ใช่มีเพียงกรณีที่เสารับภาระไม่ได้เท่านั้น บางกรณีที่เสารับภาระได้ แต่ตรวจพบว่าเสามีความสามารถในการรับกำลังได้มากเกินความจำเป็นเมื่อเทียบกับสภาวะรับกำลังจริง ก็จำเป็นจะต้องออกแบบเสาใหม่ให้มีความสามารถในการรับกำลังใกล้เคียงภาระที่ต้องรับจริงโดยอาจจะลดขนาดหน้าตัดลง หรือลดปริมาณเหล็กยืนเพื่อความประหยัด โดยสังเกตได้จากจุดที่กำหนดลงบนกราฟ หากห่างจากเส้นสีน้ำเงินมากแสดงว่าไม่ประหยัดแน่หากนำเสาที่ออกแบบไปใช้กับสภาวะรับกำลังดังกล่าว

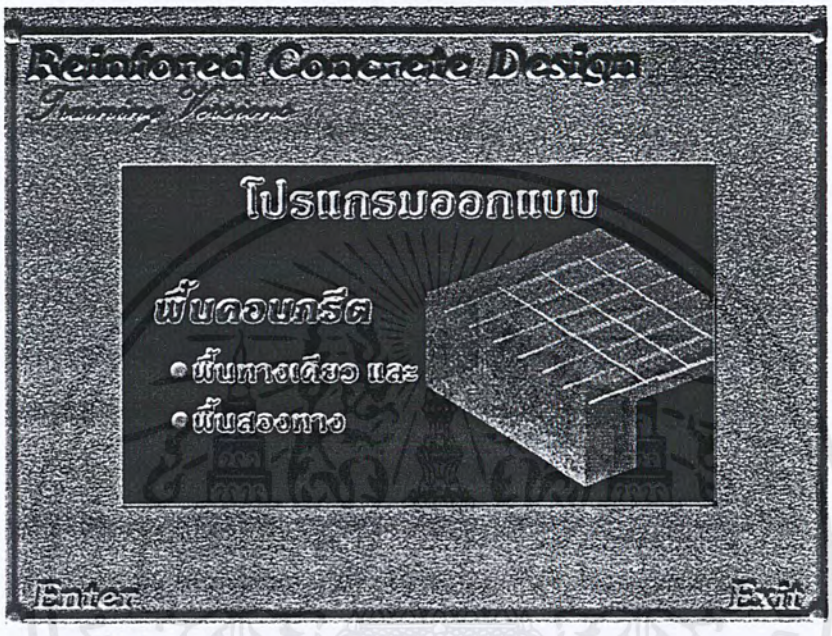
5.6.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม(ดูรูปที่ 5.15 ปรกอบ)

การกดปุ่ม **Generate Interaction Diagram** สำหรับสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรับแรงตามแนวแกนระบุและความสามารถในการรับโมเมนต์ดัดระบุ ของเสาที่ได้ออกแบบเสริมเหล็กไป

สำหรับปุ่ม **Close** ใช้สำหรับกดเพื่อออกจากหน้าต่าง Interaction Diagram และหากลองทำการเลื่อนเมาส์ ไปบนกราฟ ก็จะปรากฏการรายงานผลด้านกำลัง ณ. จุดที่เมาส์ชี้อยู่ ทันทีที่กดเมาส์ลงไป โปรแกรมก็จะทำการกำหนดจุดและแสดงค่าค่าลงบนกราฟ (ดูรูปที่ 5.15 ประกอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่6
การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก



รูปที่ 6. 1 แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับ

6.1. กล่าวนำ

พื้นเป็นส่วนหนึ่งของโครงอาคารที่มีผิวด้านบนราบและเรียบเป็นบริเวณกว้างเพื่อใช้เป็นพื้นที่ใช้สอยของอาคาร แผ่นพื้นทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำแบบแผ่สม่ำเสมอแล้วถ่ายน้ำหนักบรรทุกต่อไปให้กับคาน เสา หรือพื้นดินรองรับ

สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่จะกล่าวถึงนี้ จะทำการพิจารณาในส่วนของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งวางอยู่บนคานรองรับทั้งสี่ด้าน โดยสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ พื้นคอนกรีตทางเดียว และพื้นคอนกรีตสองทาง สำหรับการออกแบบเสริมเหล็กนั้น จะอาศัยพฤติกรรมการเสริมเหล็กเสมือนคานคอนกรีตเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ

เพื่อการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด
2. ความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนสูงสุด
3. ความเหมาะสมด้านการควบคุมการแอ่นตัวสำหรับการใช้งานโครงสร้าง

โดยคุณสมบัติข้างต้นต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดในการออกแบบ อันได้แก่

1. ภาระบรรทุกกระทำต่อพื้นอันเกิดจาก น้ำหนักโครงสร้างพื้น , น้ำหนักบรรทุกใช้งาน และน้ำหนักวัสดุตกแต่งผิวพื้น
2. มิติการออกแบบ อันได้แก่ ขนาดสัดส่วนกว้างยาวของพื้น
3. คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาออกแบบบันได อันได้แก่ กำลังอัดสูงสุดของคอนกรีต กำลังครากเหล็กเสริม
4. ข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม อันได้แก่ ค่าความสามารถยอมให้ต่างๆ ในการออกแบบ เป็นต้น

6.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว

เริ่มต้นการออกแบบโดยการระบุปัญหา และข้อจำกัดต่างๆ ในการออกแบบที่จำเป็น อันได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาออกแบบ ขนาดกว้างยาวของพื้นที่ออกแบบ ประเภทโครงสร้างเพื่อนำมากำหนดภาระบรรทุกจรใช้งาน เป็นต้น จากนั้นจึงคำนวณดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. คำนวณหาความหนาต่ำสุดในการออกแบบ โดยพิจารณาจากการแอ่นตัว
2. คำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุด จากน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มค่าแล้ว
3. ทำการตรวจสอบความหนาพื้นที่เลือก เพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด
4. คำนวณและเสริมเสริมเหล็กตามแนวยาว ด้วยปริมาณเหล็กกันร้าว
5. คำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมช่วงสั้นแต่ละตำแหน่ง เพื่อต้านทานโมเมนต์ดัด
6. คำนวณปริมาณเหล็กเสริมและเสริมเหล็กช่วงสั้น
7. ทำการตรวจสอบความสามารถในการรับแรงเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

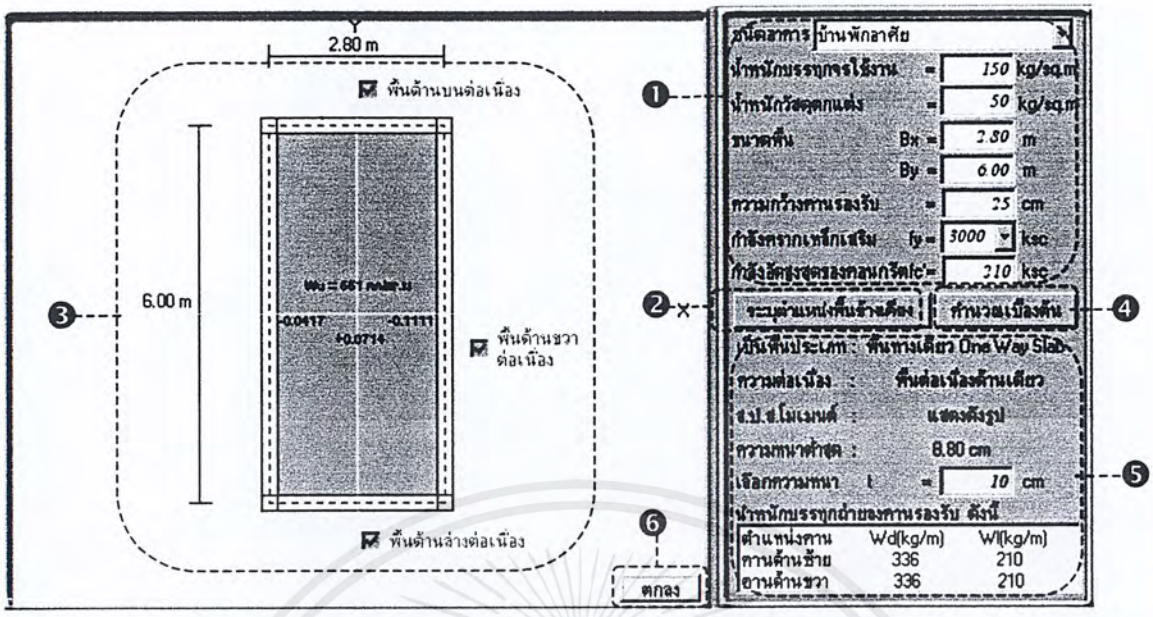
เริ่มต้นออกแบบโดยการระบุปัญหา และข้อจำกัดต่างๆ ในการออกแบบที่จำเป็น อันได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาออกแบบ ขนาดกว้างยาวของพื้นที่ออกแบบ ประเภทการใช้งานโครงสร้างเพื่อนำมากำหนดภาระบรรทุกจรใช้งาน เป็นต้น เช่นเดียวกับการออกแบบพื้นทางเดียว จากนั้นจึงคำนวณดังขั้นตอนต่อไปนี้

1 คำนวณหาความหนาต่ำสุดและเลือกความหนาในการออกแบบ โดยพิจารณาจากเงื่อนไขการควบคุมการแอ่นตัวของโครงสร้าง
2 คำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุด จากน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มค่าแล้ว
3 ทำการตรวจสอบความหนาพื้นที่เลือกไว้จากข้อ1 เพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด
4 คำนวณหาอัตราส่วนของปริมาณเหล็กกันร้าว เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ
5.1. คำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมช่วงสั้นแต่ละตำแหน่ง เพื่อต้านทานโมเมนต์ดัด
5.2. คำนวณปริมาณเหล็กเสริมและเสริมเหล็กช่วงสั้น
6.1. คำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมช่วงยาวแต่ละตำแหน่ง เพื่อต้านทานโมเมนต์ดัด
6.2. คำนวณปริมาณเหล็กเสริมและเสริมเหล็กช่วงยาว
7 ทำการตรวจสอบความสามารถในการรับแรงเฉือน

6.5. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว

เริ่มต้นการใช้โปรแกรมโดยการกำหนดขนาดพื้น ชนิดอาคาร และค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบ ลงในหน้าต่างกำหนดชนิดและขนาดพื้น แสดงดังรูปที่ 6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6. 2 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดชนิดและขนาดพื้นที่ต้องการออกแบบ

รายละเอียดการใช้งานโปรแกรมของหน้าต่างซึ่งแสดงดัง รูปที่ 6.2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>ส่วนที่1</u> สำหรับระบุชนิดอาคาร น้ำหนักบรรทุก ขนาดพื้นที่ต้องการออกแบบ(พื้นทางเดียวสัดส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวจะต้องน้อยกว่า 0.5) และค่าอื่นๆ ที่จำเป็นในการออกแบบ

<u>ส่วนที่2</u> ปุ่ม **ระบุตำแหน่งพื้นข้างเคียง** สำหรับกดเพื่อวาดรูปพื้นตามสัดส่วนที่กำหนด

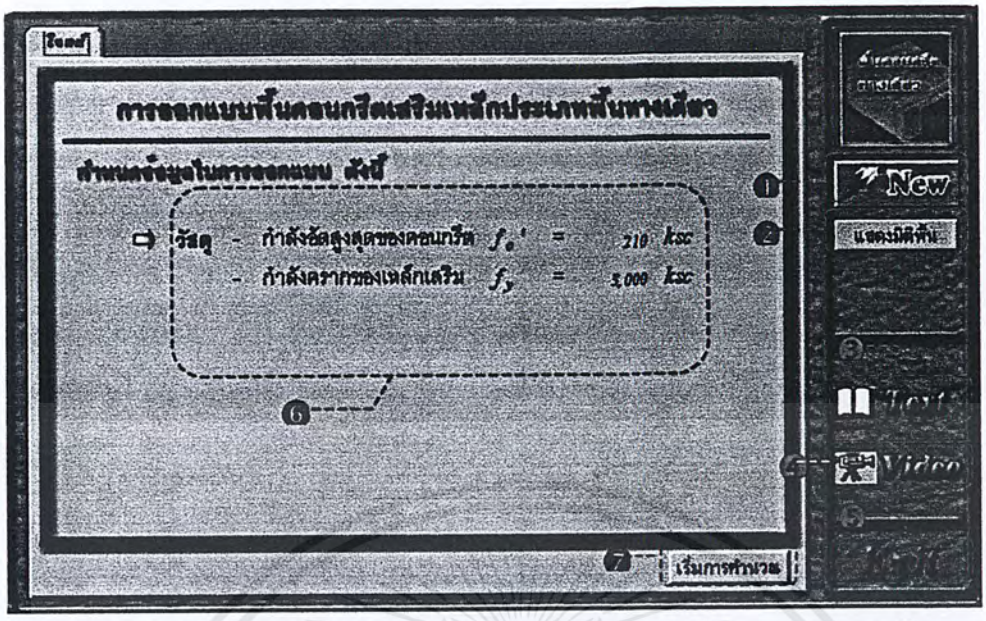
<u>ส่วนที่3</u> เป็นบริเวณพื้นที่เพื่อให้ผู้ออกแบบใช้เมาส์เป็นตัวกำหนดความต่อเนื่องของพื้นข้างเคียงโดยการกดเลือกลงบนด้านที่ต้องการให้เกิดความต่อเนื่องของพื้น

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **คำนวณเบื้องต้น** สำหรับกดเพื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณขั้นต้นเพื่อให้ผู้ออกแบบได้ทราบถึงข้อมูลขั้นพื้นฐานที่ผู้ออกแบบได้ระบุค่าต่างๆ ลงไปที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่กำลังออกแบบ

<u>ส่วนที่5</u> เป็นส่วนการรายงานผลการคำนวณเบื้องต้น อันได้แก่ ชนิดของพื้นที่กำลังออกแบบ รูปแบบความต่อเนื่อง ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ดัด ขนาดความหนาอย่างต่ำ โดยที่ผู้ออกแบบสามารถระบุความหนาได้เอง แต่จะต้องไม่น้อยกว่าความหนาต่ำสุดที่คำนวณได้ ตลอดทั้งรายงานในส่วนของน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายจากพื้นสู่คานรองรับทั้งสี่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบคานเป็นต้น

<u>ส่วนที่6</u> ปุ่ม **ตกลง** สำหรับกดเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการออกแบบพื้น ซึ่งเมื่อกดปุ่มนี้ก็จะปรากฏหน้าต่างเพื่อเริ่มการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีคานรองรับประเภทพื้นทางเดียว แสดงดังรูปที่ 6.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6. 3 แสดงหน้าต่างสำหรับเริ่มการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 6.3 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่1 ปุ่ม **New** สำหรับกดเพื่อการเริ่มต้นการออกแบบใหม่ทั้งหมด โดยโปรแกรมจะกลับมาสู่หน้าต่าง แสดงดังรูปที่ 6.2 ทุกครั้งเมื่อกดปุ่มนี้

ส่วนที่2 ปุ่ม **แสดงมิติพื้น** สำหรับกดเพื่อแสดงสัดส่วนพื้นที่กำลังออกแบบ โดยจะทำการแสดงหน้าต่าง ดังรูปที่6.2 ขึ้นมา หากผู้ออกแบบต้องการปิดหน้าต่างแสดงสัดส่วนพื้นก็ให้ กดปุ่ม **ตกลง** ก็จะกลับมาสู่หน้าต่างการออกแบบพื้นทางเดียวอีกครั้ง

ส่วนที่3 ปุ่ม **Text** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างรายละเอียดโดยสรุปทั้งหมดสำหรับการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 6.4

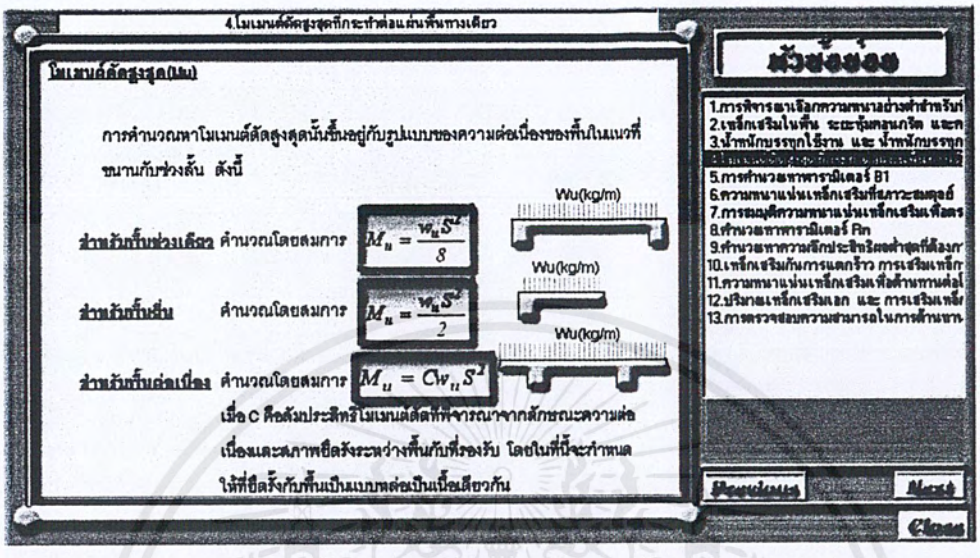
ส่วนที่4 ปุ่ม **Video** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอที่ต้องการศึกษา แสดงดังรูปที่ 6.5

ส่วนที่5 ปุ่ม **Exit** สำหรับกดเพื่อออกจากหน้าต่างการออกแบบ แล้วกลับไปสู่หน้าต่างเลือกโครงสร้างออกแบบ

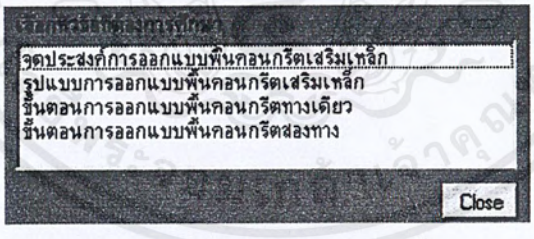
ส่วนที่6 สำหรับแสดงค่าคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบ

ส่วนที่7 ปุ่ม **เริ่มการคำนวณ** สำหรับกดเพื่อเริ่มการออกแบบในขั้นตอนที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6. 4 แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว



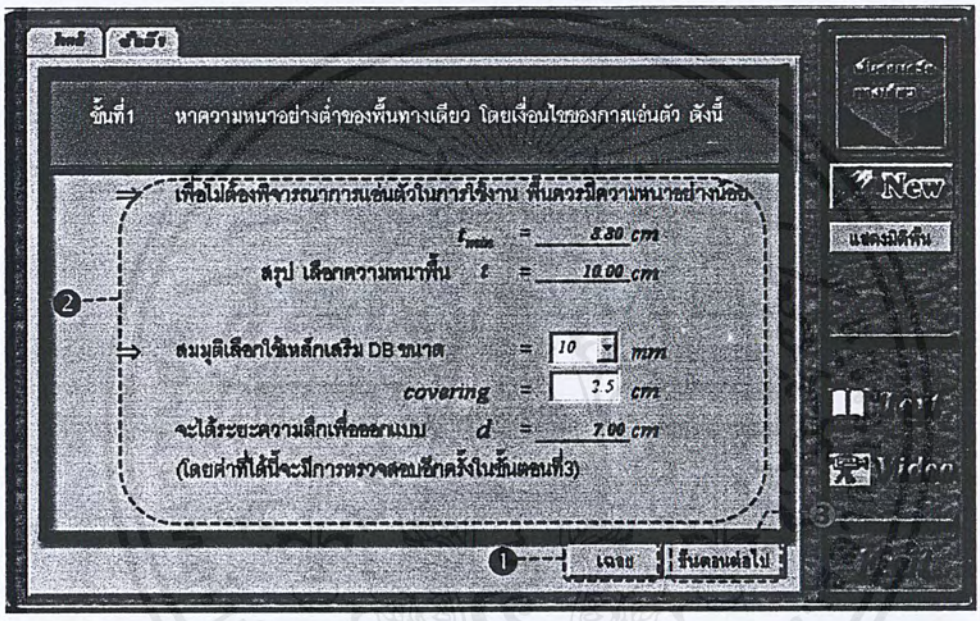
รูปที่ 6. 5 แสดงหน้าต่างซึ่งแสดงหัวข้อ วีดีโอสำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.1. ขั้นที่1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว

6.5.1.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาความหนาต่ำสุดโดยการพิจารณาจากเงื่อนไขควบคุมการแอ่นตัว สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีคานรองรับประเภทพื้นทางเดียว โดยจะขึ้นกับปัจจัยของความต่อเนื่องของพื้นตามแนวช่วงสั้นเป็นสำคัญ



รูปที่ 6. 6 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับประเภทพื้นทางเดียว

6.5.1.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไป และสามารถระบุค่าต่างๆ ตามต้องการได้ อันได้แก่ ความหนาพื้นที่ใช้ในการออกแบบ ขนาดเหล็กเสริม และระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม(Covering)

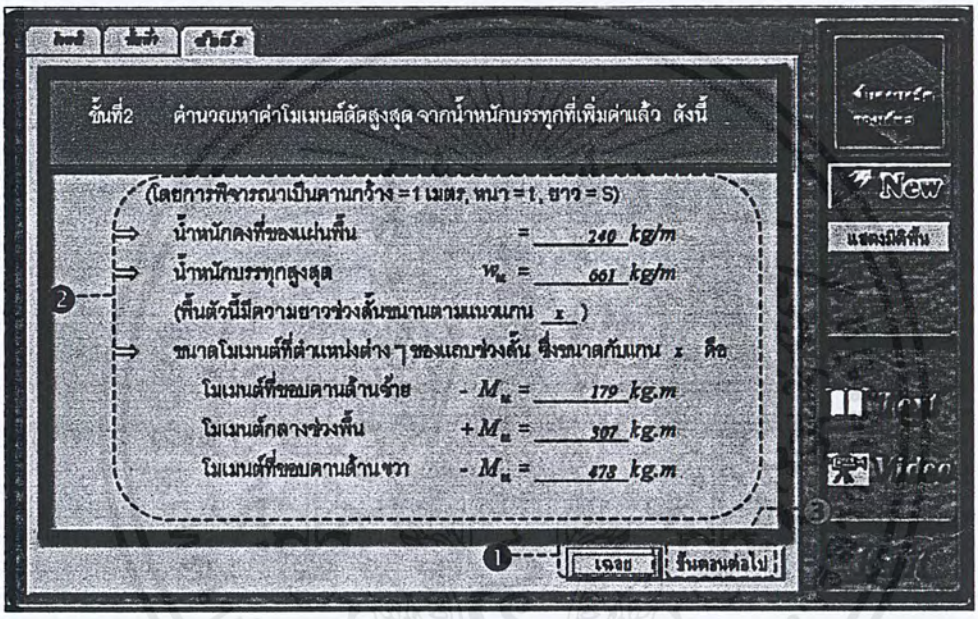
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.2. ขั้นที่2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว

6.5.2.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่กระทำต่อพื้น เพื่อนำมาคำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ดัด ณ.ตำแหน่งต่างๆของพื้นมาคำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุด สำหรับใช้ในการออกแบบต่อไป



รูปที่ 6. 7 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

6.5.2.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่2

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

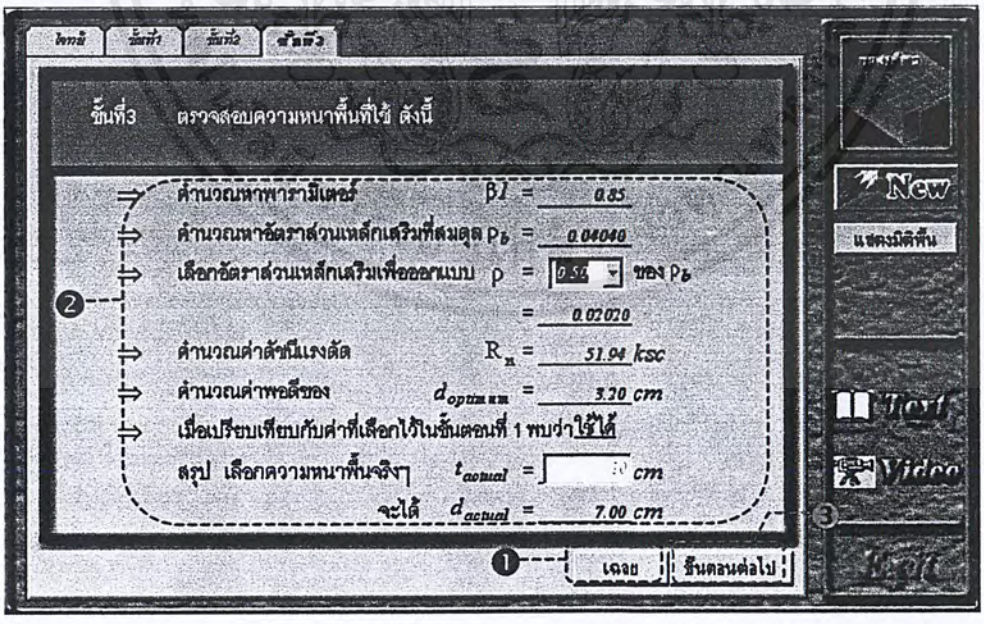
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.3. ขั้นที่3 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว

6.5.3.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบความหนาของพื้นทางเดียวที่ได้เลือกเอาไว้จากขั้นที่1 ว่าเหมาะสมในการนำมาออกแบบเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดได้หรือไม่ โดยที่ยังคงออกแบบเสริมเหล็กพื้นเสมือนคานคอนกรีตซึ่งเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง โดยมุ่งประเด็นการเปรียบเทียบระหว่างความลึกประสิทธิผลน้อยสุดที่ต้องการสำหรับออกแบบเป็นพื้นเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงกับความลึกประสิทธิผลจริงที่ได้จากการกำหนดความหนาพื้นไว้แล้วในขั้นตอนที่1

ซึ่งถ้าหากความลึกประสิทธิผลจริงที่เลือกไว้มีค่ามากกว่าความลึกประสิทธิผลน้อยสุดที่คำนวณได้ แสดงว่าความหนาที่เลือกไว้สามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดได้ โดยที่ยังคงเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง ในทางกลับกันหากความลึกประสิทธิผลจริงที่เลือกไว้มีค่าน้อยกว่าความลึกประสิทธิผลน้อยสุดที่คำนวณได้ แสดงว่าความหนาที่เลือกไว้ไม่สามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดได้โดยที่ยังคงเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง จึงจำเป็นต้องเพิ่มความหนาพื้นขึ้นอีก เพราะการออกแบบพื้นไม่นิยมเสริมเหล็กรับแรงอัดเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดส่วนเกินจากที่เหล็กรับแรงดึงจะรับได้



รูปที่ 6. 8 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.3.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

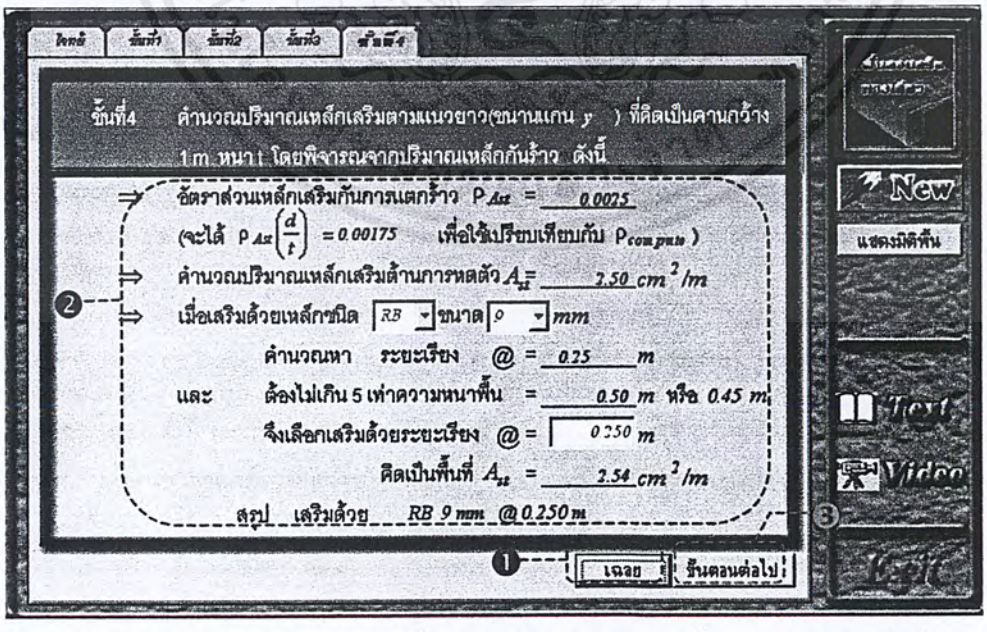
<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่3 โดยผู้ออกแบบสามารถทำการเพิ่มความหนาพื้นได้ในกรณีที่ตรวจสอบพบว่าความหนาพื้นที่กำหนดไว้ในตอนแรกมีค่าน้อยเกินไป

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

6.5.4. ขั้นที่4 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว

6.5.4.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณปริมาณเหล็กเสริมและเลือกเสริมเหล็กตามยาวของพื้นทางเดียวได้ โดยปริมาณการเสริมนี้ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากปริมาณเหล็กเสริมเพื่อควบคุมการแตกร้าวอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังต้องทำการพิจารณาเปรียบเทียบกับระยะการเสริมตามข้อกำหนดเหล็กเสริมตามยาว คือต้องไม่เกิน 5 เท่าของความหนาพื้น และต้องไม่เกิน 45 เซนติเมตร



รูปที่ 6. 9 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.4.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่4 โดยที่ผู้ออกแบบสามารถทำการระบุค่าระยะเรียงเหล็กเสริมตามยาวได้เองตามความเหมาะสม แต่ต้องไม่เกินค่าน้อยสุดที่คำนวณได้

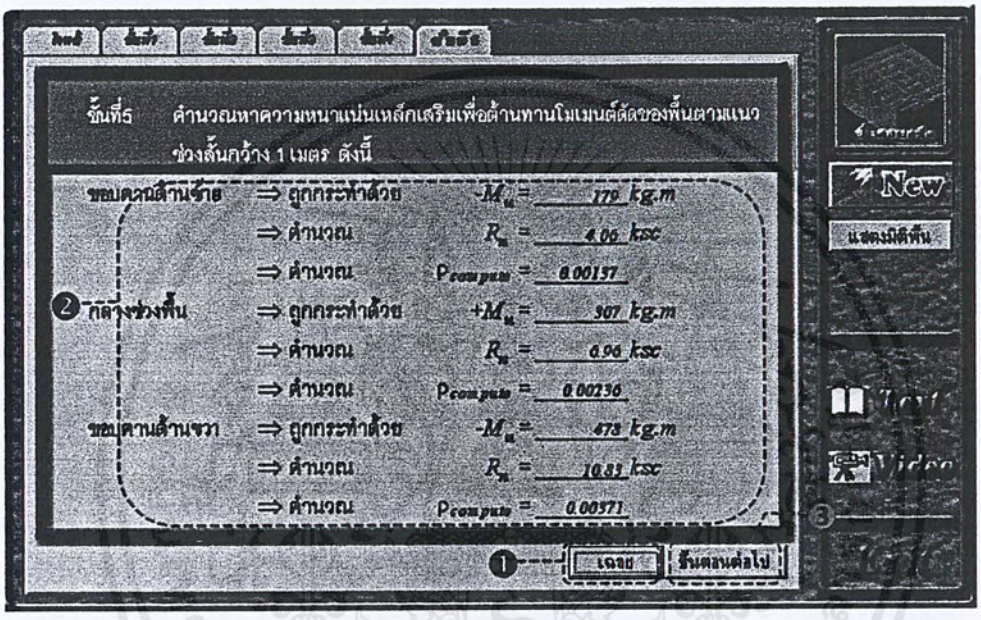
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.5. ขั้นที่5 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว

6.5.5.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาอัตราส่วนเหล็กเสริม เพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดในแต่ละตำแหน่งตามแนวขนานกับช่วงสั้นของพื้นได้



รูปที่ 6. 10 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

6.5.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่5 โดยที่ผู้ออกแบบสามารถทำการระบุค่าระยะเรียงเหล็กเสริมตามยาวได้เองตามความเหมาะสม แต่ต้องไม่เกินค่าน้อยสุดที่คำนวณได้

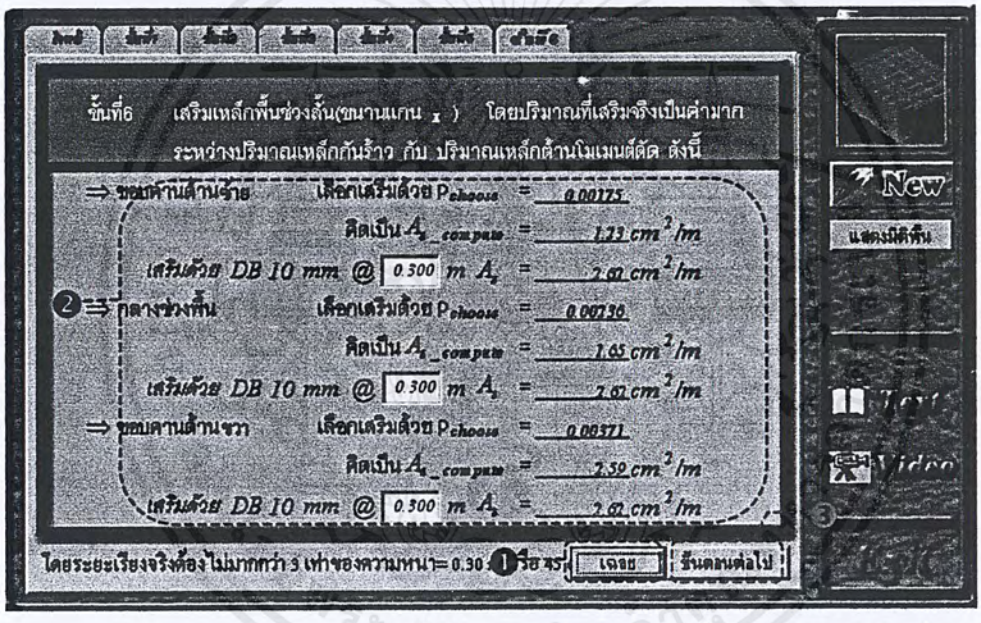
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.6. ขั้นที่6 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว

6.5.6.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณปริมาณเหล็กเสริม และทำการเสริมเหล็กในแนวขนานกับช่วงสั้นของพื้น(เหล็กเสริมเอก) ในแต่ละตำแหน่งของพื้นได้ โดยปริมาณการเสริมเลือกเสริมตามค่ามากระหว่างปริมาณเหล็กเสริมเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดกับปริมาณเหล็กเสริมเพื่อควบคุมการแตกร้าวอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาตามข้อกำหนดด้วย คือต้องมีระยะเรียงไม่เกิน 3 เท่าของความหนาพื้น และต้องไม่เกิน 45 เซนติเมตร



รูปที่ 6. 11 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่6 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

6.5.6.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่6 โดยที่ผู้ออกแบบสามารถทำการระบุค่าระยะเรียงเหล็กเสริมตามยาวได้เองตามความเหมาะสม แต่ต้องไม่เกินค่าน้อยสุดที่คำนวณได้

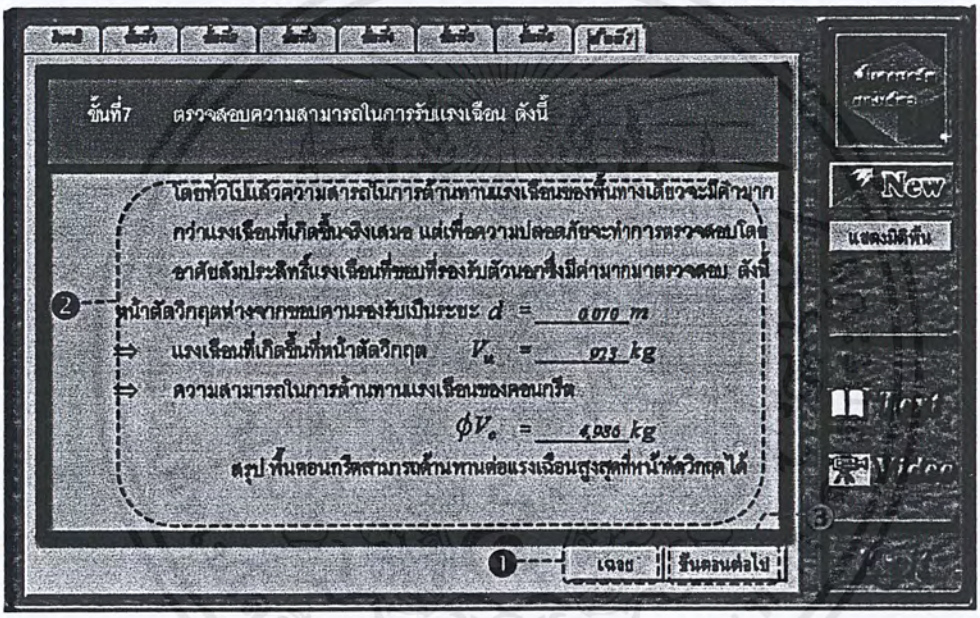
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.7. ขั้นที่7 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตทางเดียว

6.5.7.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถทำการตรวจสอบความสามารถของพื้นคอนกรีตทางเดียวสำหรับต้านทานต่อแรงเฉือนสูงสุดที่หน้าตัดวิกฤตได้ โดยการคำนวณแรงเฉือนสูงสุดที่กระทำต่อพื้นด้วยค่าประมาณซึ่งอาศัยการคำนวณตามค่าสัมประสิทธิของแรงเฉือน



รูปที่ 6. 12 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่7 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

6.5.7.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่7 โดยที่ผู้ออกแบบสามารถทำการระบุค่าระยะเรียงเหล็กเสริมตามยาวได้เองตามความเหมาะสม แต่ต้องไม่เกินค่าน้อยสุดที่คำนวณได้

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.8. สรุปและรายละเอียดสำหรับการเสริมเหล็กทางช่วงสั้น

6.5.8.1. จุดประสงค์การออกแบบ

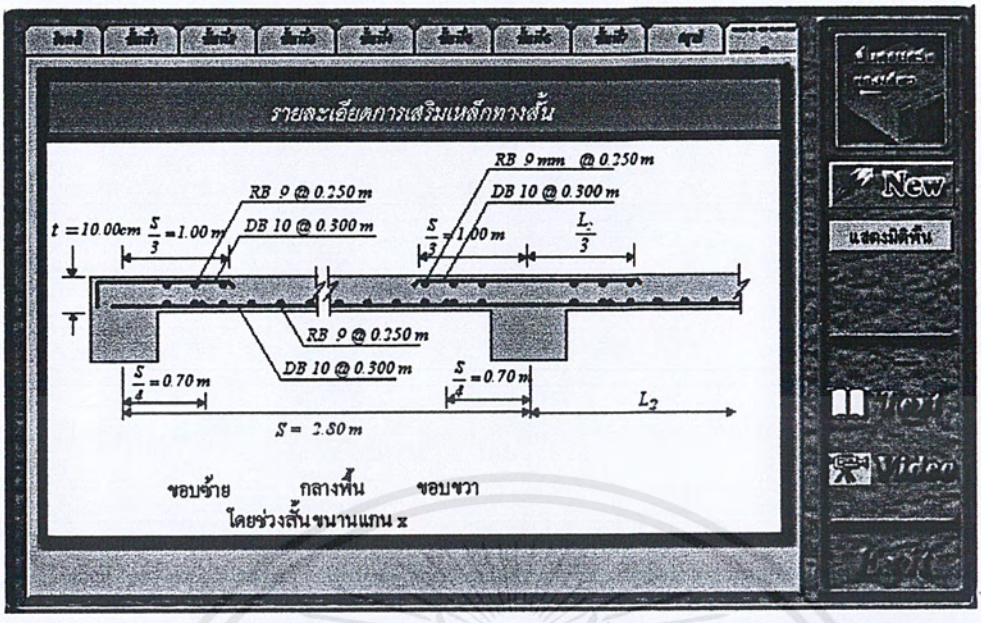
สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถทราบถึงรายละเอียดทั้งหมดของเหล็กเสริมที่จะทำการเสริมจริง และทราบถึงตำแหน่งของจัดวางเหล็กเสริมที่คำนวณได้ให้สอดคล้องกับหน้าที่หลักของเหล็กเสริมนั้นๆ เช่นเหล็กเสริมเอกก็จะวางอยู่ล่างสุดตามแนวขนานกับช่วงสั้นของพื้นเพื่อทำหน้าที่รับแรงดึงอันเนื่องจากโมเมนต์บวก ส่วนเหล็กเสริมรับโมเมนต์ลบก็จะวางบนสุดในแถบเสาหรือคานรองรับเพื่อทำหน้าที่รับโมเมนต์ลบ

รูปที่ 6. 13 แสดงรายการเสริมเหล็กโดยสรุปของการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

6.5.8.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรูปตัดการเสริมเหล็กทางช่วงสั้นของพื้น แสดงดังรูปที่ 6.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

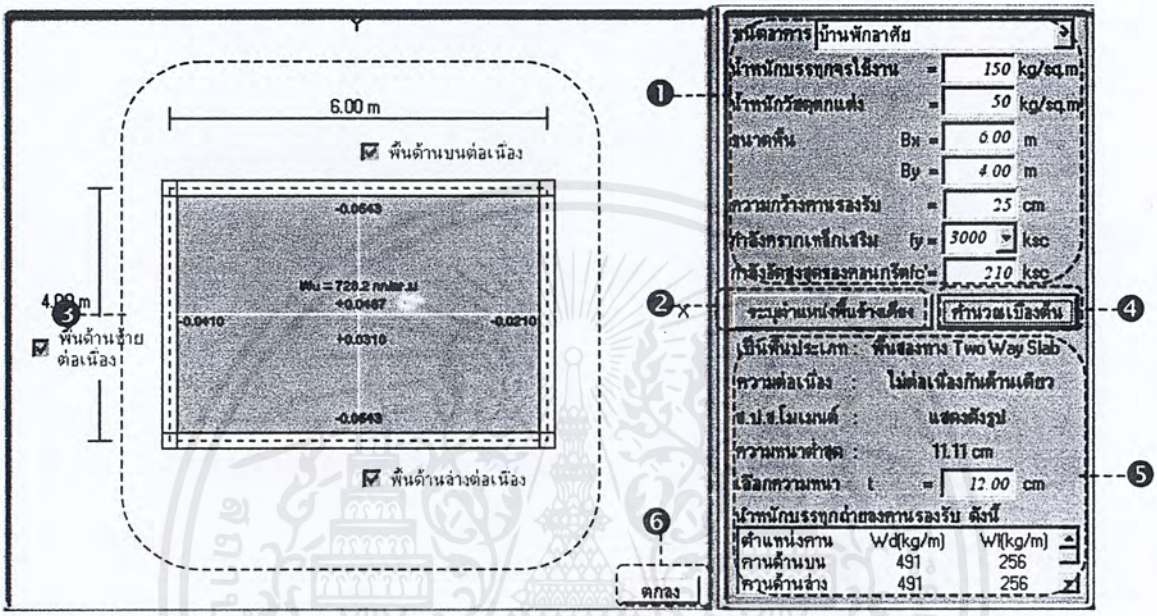


รูปที่ 6. 14 แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กช่วงสั้นของพื้นทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

เริ่มต้นการใช้โปรแกรมโดยการกำหนดขนาดพื้น ชนิดอาคาร และค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบ ลงในหน้าต่างกำหนดชนิดและขนาดพื้น ดังรูปที่ 6.15



รูปที่ 6. 15 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดชนิดและขนาดพื้นที่ต้องการออกแบบ

รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 6.15 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>ส่วนที่1</u> สำหรับระบุชนิดอาคาร น้ำหนักบรรทุก ขนาดพื้นที่ต้องการออกแบบ(พื้นทางเดียวสัดส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวจะต้องไม่น้อยกว่า 0.5) และค่าอื่นๆ ที่จำเป็นในการออกแบบ

<u>ส่วนที่2</u> ปุ่ม **ระบุตำแหน่งพื้นข้างเคียง** สำหรับกดเพื่อวาดพื้นตามสัดส่วนที่กำหนด

<u>ส่วนที่3</u> เป็นบริเวณพื้นที่เพื่อให้ผู้ออกแบบใช้เมาส์ เป็นตัวกำหนดความต่อเนื่องของพื้นข้างเคียงโดยการ Click ลงบนด้านที่ต้องการให้มีความต่อเนื่องของพื้นข้างเคียง

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **คำนวณเบื้องต้น** สำหรับกดเพื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณขั้นต้นเพื่อให้ผู้ออกแบบได้ทราบถึงข้อมูลขั้นพื้นฐานที่ผู้ออกแบบได้ระบุค่าต่างๆ ลงไปที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่กำลังออกแบบ

<u>ส่วนที่5</u> เป็นส่วนการรายงานผลการคำนวณเบื้องต้น อันได้แก่ ชนิดของพื้นที่กำลังออกแบบ รูปแบบความต่อเนื่อง ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ดัด ขนาดความหนาอย่างต่ำ โดยที่ผู้ออกแบบสามารถระบุความหนาได้เองแต่ต้องไม่น้อยกว่าความหนาต่ำสุดที่คำนวณได้ น้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายจากพื้นสู่คานรองรับทั้งสี่ด้าน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่6 ปุ่ม **ตกลง** สำหรับกดเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการออกแบบพื้น ซึ่งเมื่อกดปุ่มนี้ก็จะปรากฏหน้าต่างเพื่อเริ่มการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีคานรองรับประเภทพื้นสองทาง ดังรูปที่ 6.16

รูปที่ 6. 16 แสดงหน้าต่างสำหรับเริ่มการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง

รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 6.15 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่1 ปุ่ม **New** สำหรับกดเพื่อการเริ่มต้นการออกแบบใหม่ทั้งหมด โดยโปรแกรมจะกลับมาสู่หน้าต่าง แสดงดังรูปที่ 6.15 ทุกครั้งเมื่อกดปุ่มนี้

ส่วนที่2 ปุ่ม **แสดงมิติพื้น** สำหรับกดเพื่อแสดงสัดส่วนพื้นสองทางที่กำลังออกแบบโดยจะทำการแสดงหน้าต่าง แสดงดังรูปที่ 6.15 ขึ้นมา หากผู้ออกแบบต้องการปิดหน้าต่างแสดงสัดส่วนพื้นก็ให้กดปุ่ม **ตกลง** ก็จะกลับมาสู่หน้าต่างการออกแบบทันที

ส่วนที่3 ปุ่ม **Text** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างรายละเอียดโดยสรุปทั้งหมดสำหรับการออกแบบพื้นสองทาง แสดงดังรูปที่ 6.17

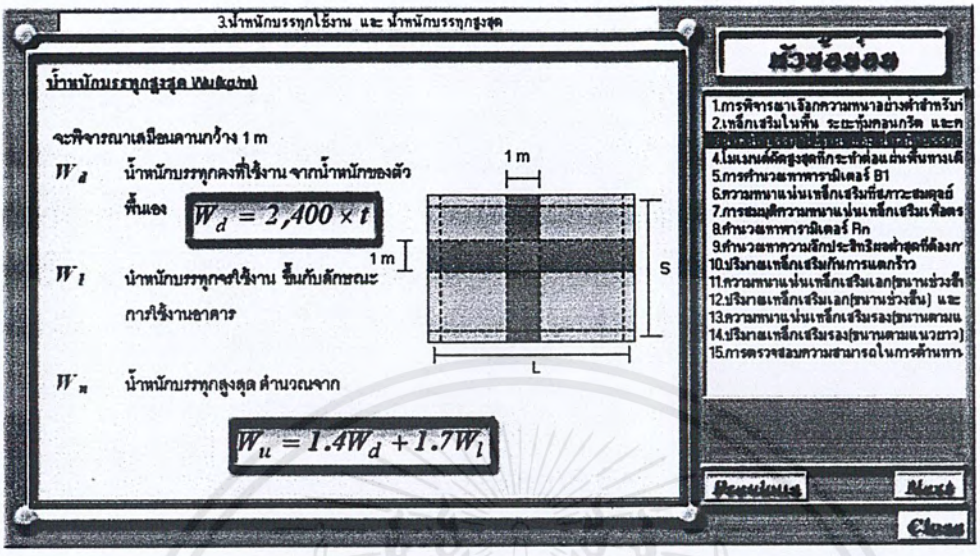
ส่วนที่4 ปุ่ม **Video** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอที่ต้องการศึกษาการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับ แสดงดังรูปที่ 6.18

ส่วนที่5 ปุ่ม **Exit** สำหรับกดเพื่อออกจากหน้าต่างการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับแล้วกลับไปสู่หน้าต่างเลือกโครงสร้างออกแบบ

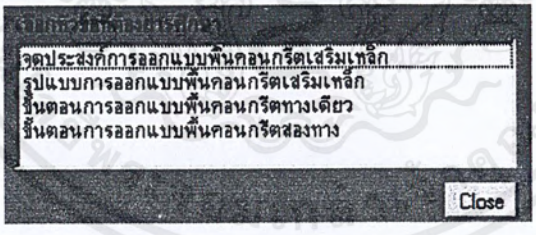
ส่วนที่6 สำหรับแสดงค่าคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบ

ส่วนที่7 ปุ่ม **เริ่มการคำนวณ** สำหรับกดเพื่อเริ่มการออกแบบในขั้นตอนที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6. 17 แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง



รูปที่ 6. 18 แสดงหน้าต่างซึ่งแสดงหัวข้อวีดีโอ สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.1. ขั้นที่1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.1.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาความหนาต่ำสุดโดยการพิจารณาจากเงื่อนไขควบคุมการแอ่นตัว สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีคานรองรับประเภทพื้นสองโดยจะขึ้นกับปัจจัยของขนาดเส้นรอบรูปพื้นที่กำลังออกแบบ และความหนาขั้นต่ำของพื้นคอนกรีตสองทางจะต้องไม่น้อยกว่า 8 เซ็นติเมตร

รูปที่ 6. 19 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับประเภทพื้นสองทาง

6.6.1.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไป และสามารถระบุค่าต่างๆ ตามต้องการได้ อันได้แก่ ขนาดเหล็กเสริม และระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม(Covering)

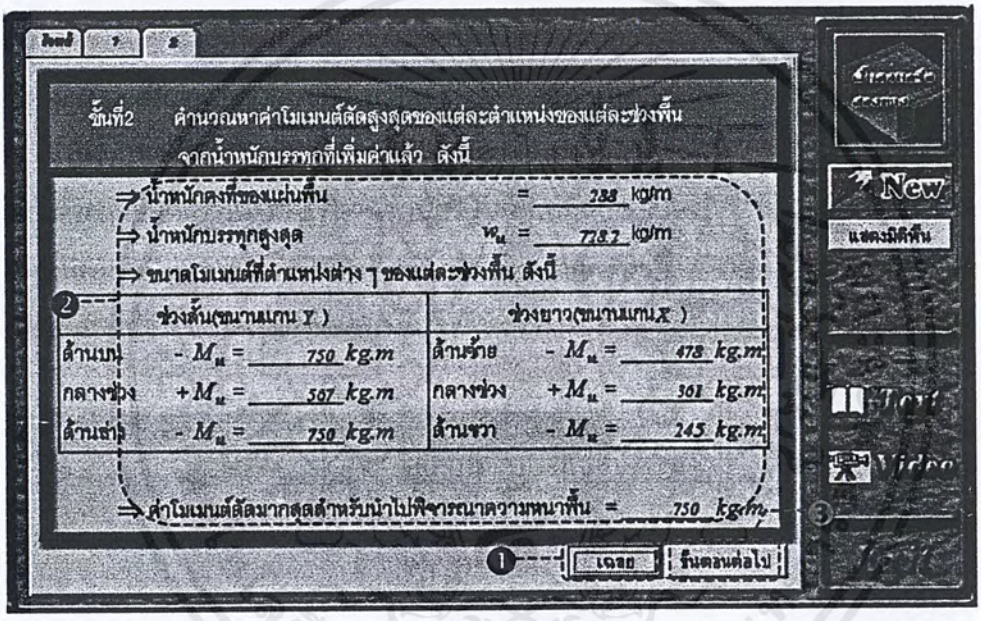
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.2. ขั้นที่2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.2.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่กระทำต่อพื้น เพื่อนำมาคำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุด(M_u)โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ดัด(C) ณ.ตำแหน่งต่างๆ ของพื้นทั้งทางช่วงสั้นและช่วงยาวมาคำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุด สำหรับใช้ในการตรวจสอบความหนาพื้นและออกแบบเหล็กเสริมต่อไป



รูปที่ 6. 20 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง

6.6.2.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่2

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

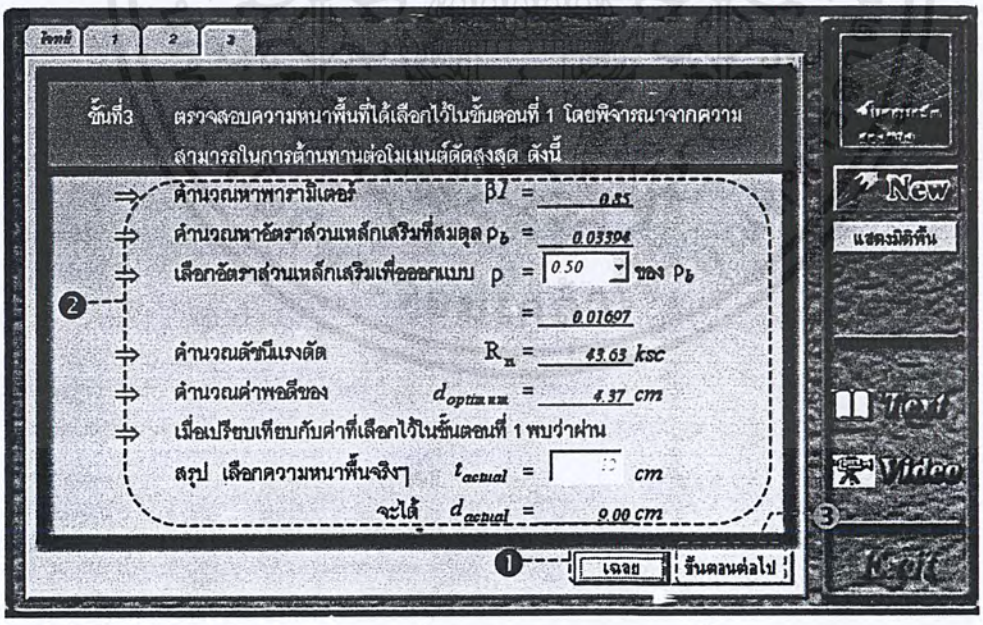
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.3. ขั้นที่3 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.3.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบความหนาของพื้นทางเดียวที่ได้เลือกเอาไว้จากขั้นที่1 ว่าเหมาะสมในการนำมาออกแบบเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด(M_u)ได้หรือไม่ โดยที่ยังคงออกแบบเสริมเหล็กพื้นเสมือนคานคอนกรีตซึ่งเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง โดยมุ่งประเด็นการเปรียบเทียบระหว่างความลึกประสิทธิผลน้อยสุดที่ต้องการสำหรับออกแบบเป็นพื้นเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง ($d_{optimum}$) กับความลึกประสิทธิผลจริง(d) ที่ได้จากการกำหนดความหนาพื้นไว้แล้วในขั้นตอนที่1

ซึ่งถ้าหากความลึกประสิทธิผลจริงที่เลือกไว้มีค่ามากกว่าความลึกประสิทธิผลน้อยสุดที่คำนวณได้ แสดงว่าความหนาที่เลือกไว้สามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดได้ โดยที่ยังคงเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง ในทางกลับกันหากความลึกประสิทธิผลจริงที่เลือกไว้มีค่าน้อยกว่าความลึกประสิทธิผลน้อยสุดที่คำนวณได้ แสดงว่าความหนาที่เลือกไว้ไม่สามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดได้ โดยที่ยังคงเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง จึงจำเป็นต้องเพิ่มความหนาพื้นขึ้นอีก เพราะการออกแบบพื้นไม่นิยมเสริมเหล็กรับแรงอัดเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดส่วนเกินจากที่เหล็กรับแรงดึงจะรับได้



รูปที่ 6. 21 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.3.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่3 โดยผู้ออกแบบสามารถทำการเพิ่มความหนาพื้นได้ในกรณีที่ตรวจสอบพบว่าความหนาพื้นที่กำหนดไว้ในตอนแรกมีค่าน้อยเกินไป

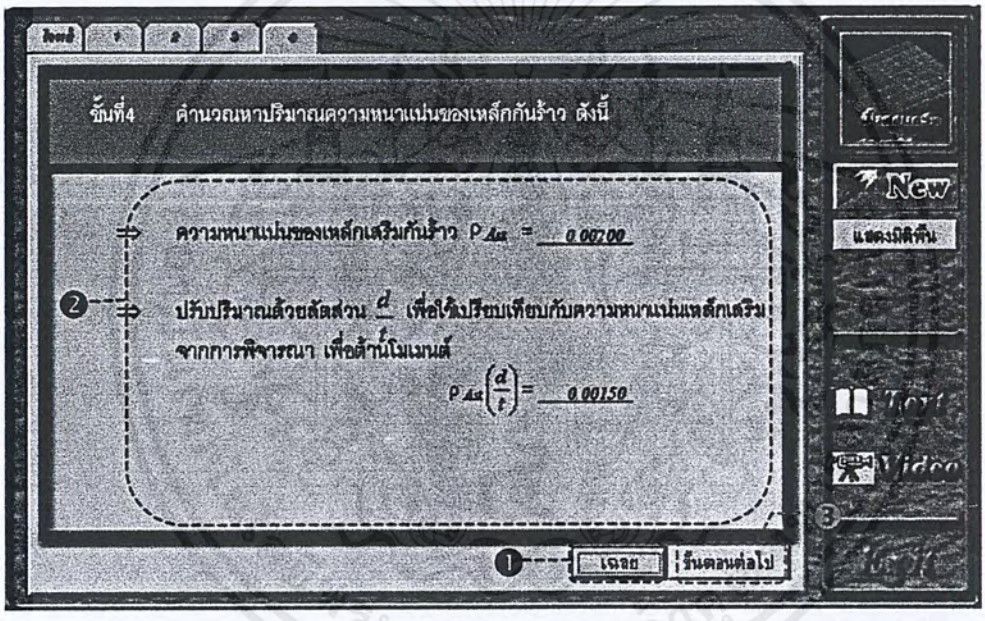
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.4. ขั้นที่4 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.4.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมเพื่อควบคุมการแตกร้าว (ρ_{Ast})อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับปริมาณอัตราส่วนเหล็กเสริมที่คำนวณได้จากการต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดในแต่ละตำแหน่งของพื้น($\rho_{compute}$)ทางช่วงสั้นและช่วงยาว



รูปที่ 6. 22 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง

6.6.4.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่4

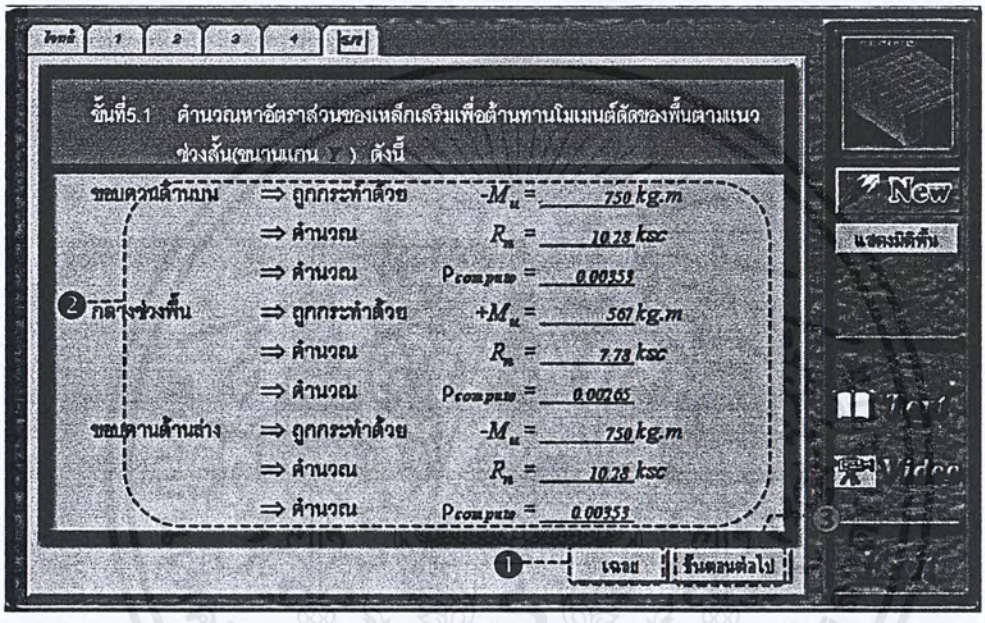
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.5. ขั้นที่5.1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.5.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาอัตราส่วนเหล็กเสริม($\rho_{compute}$) เพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดในแต่ละตำแหน่งตามแนวขนานกับช่วงสั้นของพื้นได้



รูปที่ 6. 23 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5.1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

6.6.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่5.1

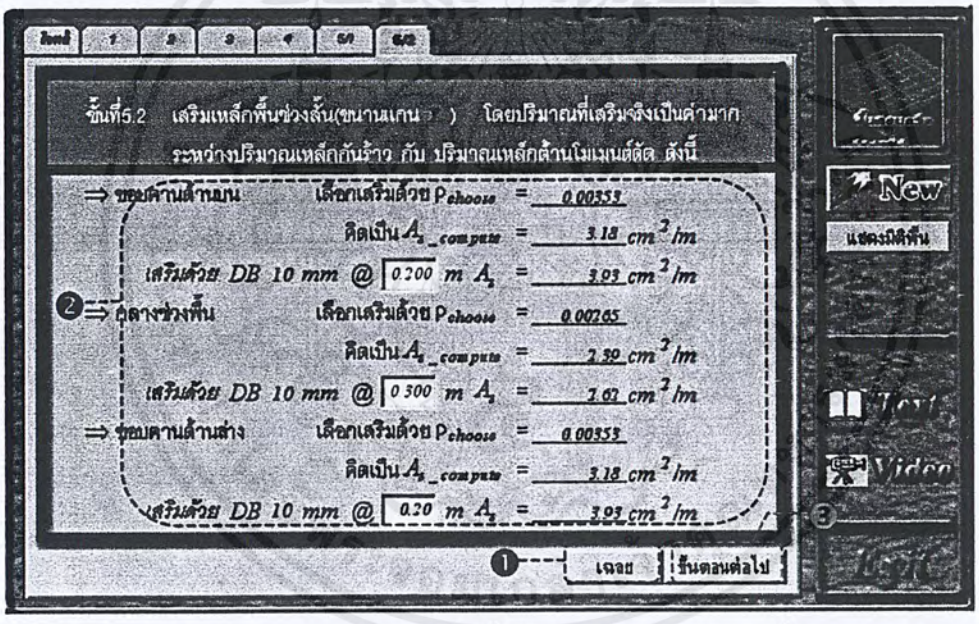
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.6. ขั้นที่5.2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.6.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณปริมาณเหล็กเสริม($As_{compute}$) และทำการเสริมเหล็กในแนวขนานกับช่วงสั้นของพื้น(เหล็กเสริมเอก) ในแต่ละตำแหน่งของพื้นได้ โดยปริมาณการเสริม(A_s)เลือกเสริมตามค่ามากระหว่างปริมาณเหล็กเสริมเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดกับปริมาณเหล็กเสริมเพื่อควบคุมการแตกร้าวอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาตามข้อกำหนดด้วย คือต้องเสริมด้วยระยะเรียงไม่เกิน 3 เท่าของความหนาพื้น และต้องไม่เกิน 45 เซนติเมตร



รูปที่ 6. 24 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5.2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง

6.6.6.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่5.2 โดยที่ผู้ออกแบบสามารถทำการระบุค่าระยะเรียงเหล็กเสริมได้เองตามความเหมาะสม แต่ต้องไม่เกินค่าน้อยสุดที่คำนวณได้

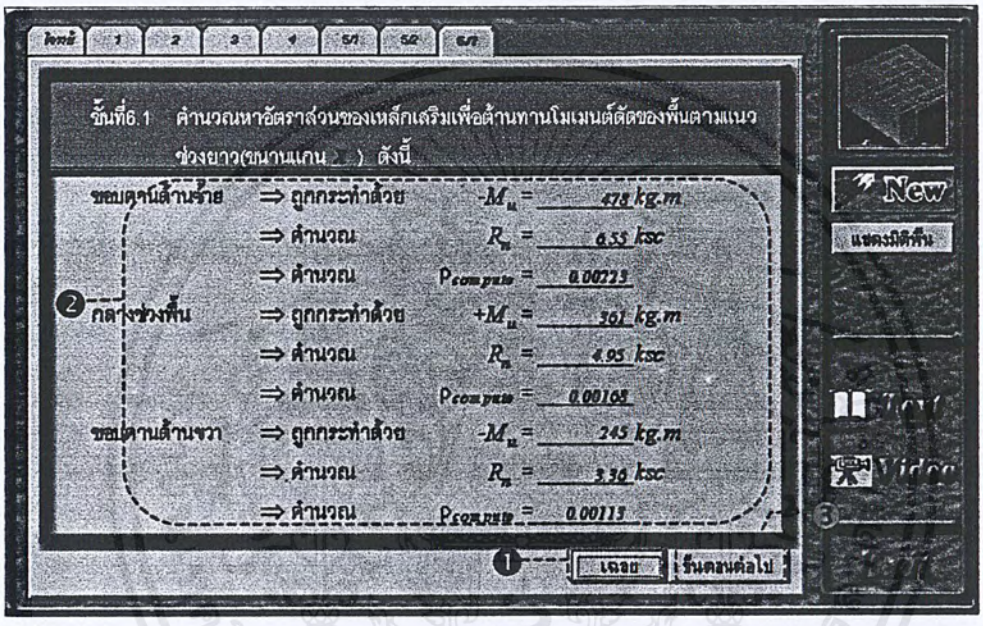
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.7. ขั้นที่6.1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.7.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาความหนาแน่นเหล็กเสริม($\rho_{compute}$) เพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดในแต่ละตำแหน่งตามแนวขนานกับช่วงยาวของพื้นได้



รูปที่ 6. 25 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่6.1 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นทางเดียว

6.6.7.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่6.1

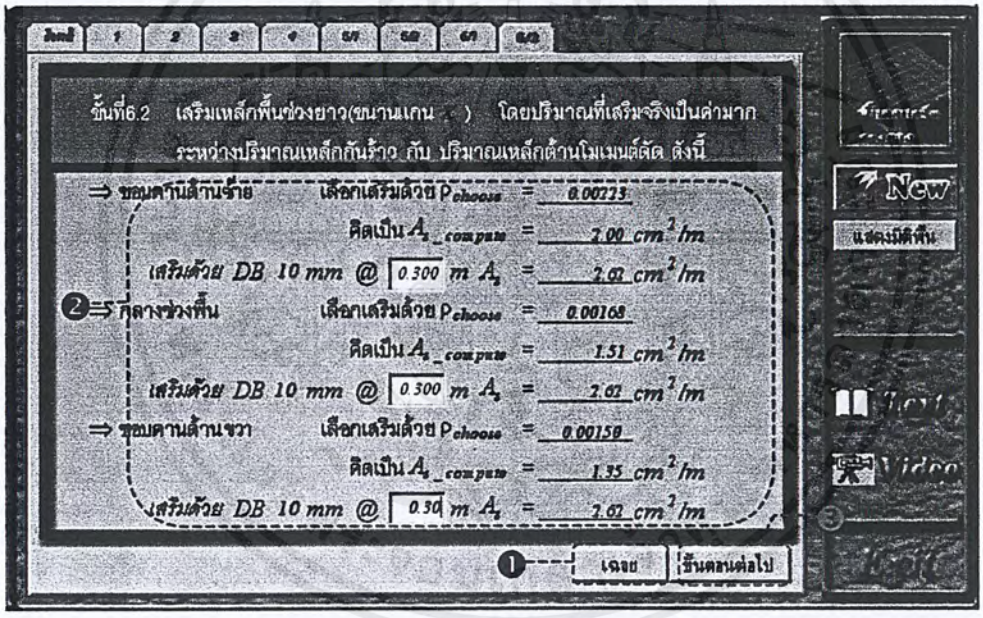
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.8. ขั้นที่6.2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.8.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณปริมาณเหล็กเสริม และทำการเสริมเหล็กในแนวขนานกับช่วงยาวของพื้น(เหล็กเสริมรอง) ในแต่ละตำแหน่งของพื้นได้ โดยปริมาณการเสริมเลือกเสริมตามค่ามากระหว่างปริมาณเหล็กเสริมเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดกับปริมาณเหล็กเสริมเพื่อควบคุมการแตกร้าวอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาตามข้อกำหนดด้วย คือต้องมีระยะเรียงไม่เกิน 3 เท่าของความหนาพื้น และต้องไม่เกิน 45 เซนติเมตร เช่นเดียวกับการเสริมเหล็กทางช่วงสั้น



รูปที่ 6. 26 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่6.2 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง

6.6.8.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่6.2 โดยที่ผู้ออกแบบสามารถทำการระบุค่าระยะเรียงเหล็กเสริมได้เองตามความเหมาะสม แต่ต้องไม่เกินค่าน้อยสุดที่คำนวณได้

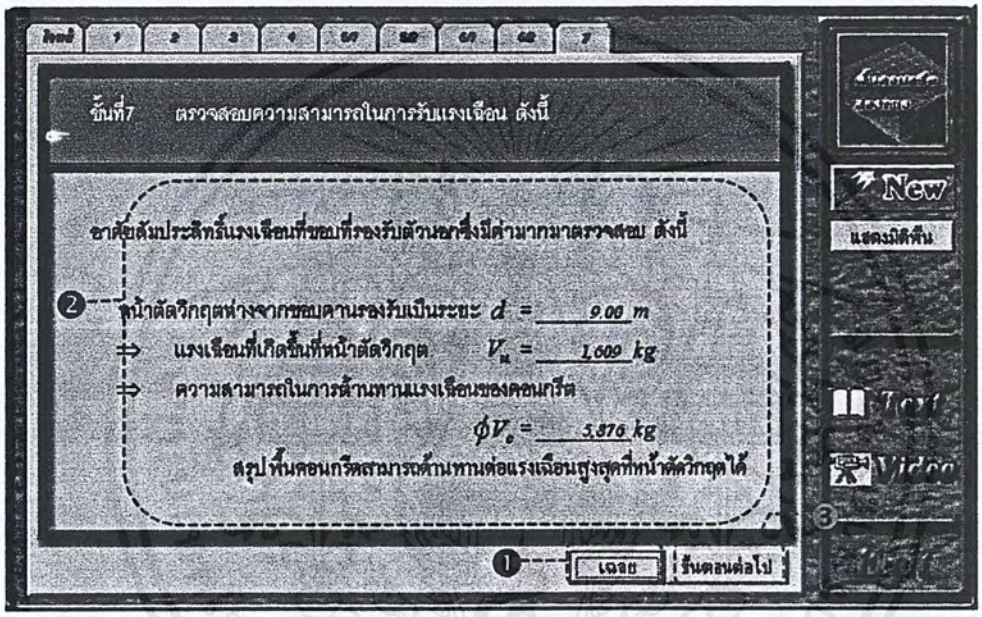
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.9. ขั้นที่7 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.9.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถทำการตรวจสอบความสามารถของพื้นคอนกรีตสองทางสำหรับต้านทานต่อแรงเฉือนสูงสุดที่หน้าตัดวิกฤตได้ โดยการคำนวณแรงเฉือนสูงสุดที่กระทำต่อพื้นด้วยค่าประมาณซึ่งอาศัยการคำนวณตามค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเฉือน



รูปที่ 6. 27 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่7 สำหรับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีคานรองรับชนิดพื้นสองทาง

6.6.9.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่7

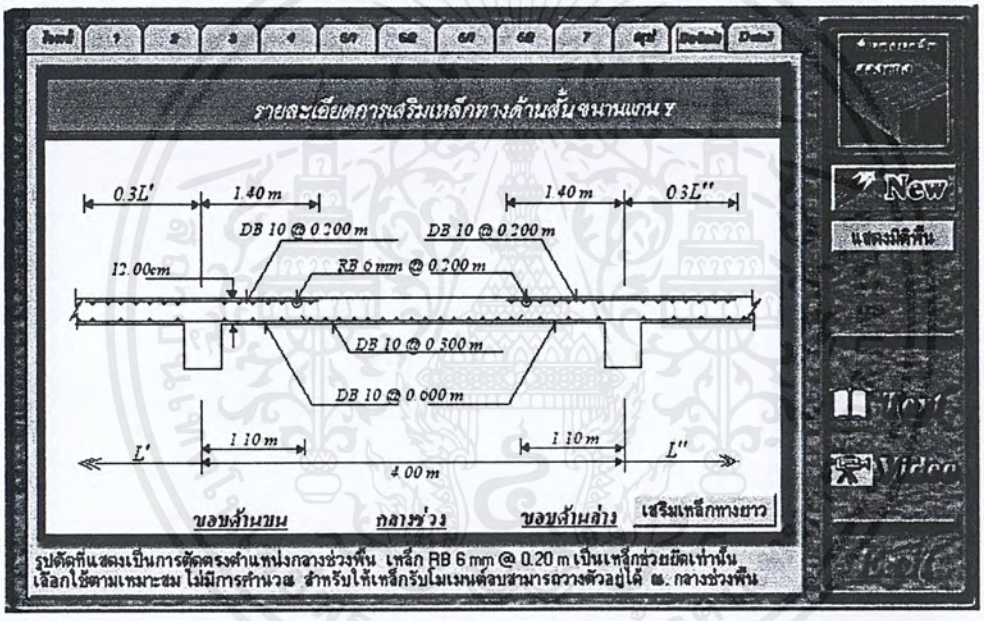
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดโดยสรุปของปริมาณเหล็กเสริมที่ได้พิจารณาเลือกเอาไว้เพื่อจะนำไปเสริมเหล็กจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.10. สรุป และรายละเอียดการเสริมเหล็กพื้นคอนกรีตสองทาง

6.6.10.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถทราบถึงรายละเอียดทั้งหมดของเหล็กเสริมตามแนวช่วงสั้นและช่วงยาวของพื้นสองทาง และทราบถึงตำแหน่งของจัดวางเหล็กเสริมที่คำนวณได้ให้สอดคล้องกับหน้าที่หลักของเหล็กเสริมนั้นๆ เช่น เหล็กเสริมเอกก็จะวางอยู่ล่างสุดตามแนวขนานกับช่วงสั้นของพื้นเพื่อทำหน้าที่รับแรงดึงหรือโมเมนต์ดัดสูงสุด ส่วนเหล็กเสริมรองก็จะวางอยู่บนเหล็กเสริมเอกเป็นต้น



รูปที่ 6. 28 แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กช่วงสั้นของพื้นสองทาง

6.6.10.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ปุ่ม **เสริมเหล็กทางยาว** สำหรับกดเพื่อแสดงรูปตัดการเสริมเหล็กทางช่วงยาวของพื้นแสดงดังรูปที่6.29

จากการเสริมเหล็กพื้นทางช่วงสั้นและช่วงยาว รูปตัดที่แสดงเป็นรูปตัดซึ่งตัดที่ตำแหน่งกลางช่วงพื้นตามแนวช่วงสั้นและช่วงยาว ขอให้ผู้ออกแบบสังเกตเหล็ก *RB 6 mm @ 0.20 m* จะทำหน้าที่เป็นเพียงเหล็กช่วยยึดเหล็กเสริมรับโมเมนต์ลบที่แถบริม ณ กลางช่วงพื้น ซึ่งจะไม่มีผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่7
การออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก
ประเภท บันไดท้องเรียบพาดตามยาว

รูปที่7. 1 แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว

7.1. กล่าวนำ

แผ่นพื้นบันไดเป็นทางขึ้นลงระหว่างชั้นอาคาร ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวที่อยู่ในแนวเอียงและมีคานรองรับระหว่างช่วง สัดส่วนของลูกตั้ง ลูกนอน และความกว้างของชานพักจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายควบคุมอาคาร แผ่นพื้นบันไดได้มีชื่อเรียกต่างๆ กันขึ้นกับลักษณะส่วนของโครงสร้าง เช่นบันไดพาดทางช่วงกว้าง หรือบันไดพาดทางช่วงยาว บันไดเวียน เป็นต้น

การคำนวณออกแบบบันได กระทำเช่นเดียวกับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งประกอบด้วยการหาโมเมนต์ดัด แรงเฉือน โมเมนต์บิด(ถ้ามี) ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะที่รองรับ สำหรับบันไดพาดทางช่วงกว้าง หรือพาดทางช่วงยาว อาจพิจารณาเป็นแบบช่วงเดียวและคำนวณโดยใช้ระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงว่างในแนวราบระหว่างที่รองรับ ส่วนการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นบันไดก็เหมือนกับการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ทางเดียวโดยมีเหล็กเสริมเอกว่างอยู่ด้านล่างและยื่นเข้าไปในคานรองรับ เว้นแต่จะออกแบบให้ปลายยึดแน่นกับที่รองรับซึ่งจะต้องทำการล้วงเหล็กเข้าไปในคานที่รองรับด้วยระยะฝังยึดที่เพียงพอเพื่อให้เกิดแรงตามต้องการ เหล็กทางขวางซึ่งตั้งฉากกับเหล็กเสริมเอกให้ใช้ตามอัตราส่วนของเหล็กเสริมด้านการยึดหดตัว สำหรับการออกแบบบันไดที่จะกล่าวถึงในบทนี้ จะทำการออกแบบเป็นบันไดชนิดบันไดท้องเรียบพาดตามแนวยาว

7.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ

สำหรับการออกแบบบันไดท้องเรียบพาดตามยาว ที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด
2. ความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนสูงสุด
3. สภาพการแอ่นตัวเหมาะสำหรับใช้งานโครงสร้าง

โดยคุณสมบัติข้างต้นต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบ อันได้แก่

1. ภาระบรรทุกกระทำต่อบันไดอันเกิดจาก น้ำหนักโครงสร้างบันได , น้ำหนักบรรทุกใช้งาน และน้ำหนักวัสดุตกแต่ง(ถ้ามี)
2. คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาออกแบบบันได อันได้แก่กำลังอัดสูงสุดของคอนกรีต กำลังครากเหล็กเสริม
3. ข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม อันได้แก่ ค่าความสามารถยอมให้ต่างๆ ในการออกแบบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

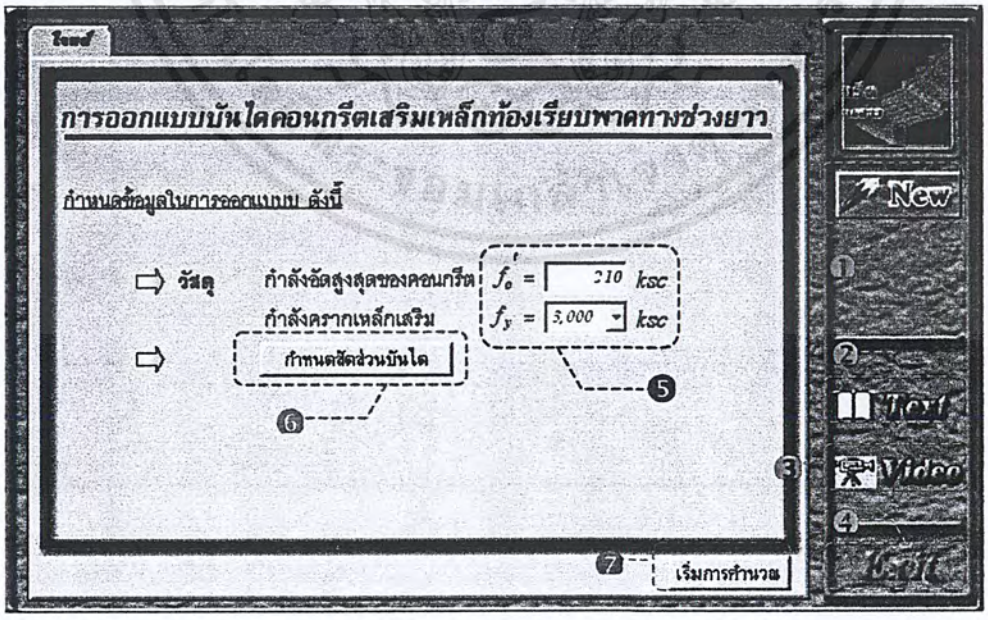
7.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว

ทำการระบุปัญหา และข้อจำกัดต่างๆ ในการออกแบบที่จำเป็น อันได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาออกแบบ และ ขนาดระยะสัดส่วนของบันได เช่น ช่วงความยาวบันได ขนาดลูกตั้ง ขนาดลูกนอน เป็นต้น จากนั้นจึงคำนวณดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. คำนวณหาความหนาท้องบันไดต่ำสุดในการออกแบบ
2. คำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุด จากน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มค่าแล้ว
3. ทำการตรวจสอบความหนาท้องบันไดที่เลือก เพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด
4. คำนวณและเสริมเสริมเหล็กตามขวางกับช่วงยาวบันได ด้วยปริมาณเหล็กกันร้าว
5. คำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมตามช่วงยาวของบันได เพื่อต้านทานโมเมนต์ดัด พร้อมทั้ง ทำการเสริมเหล็กตามแนวยาวของบันได
6. ทำการตรวจสอบความสามารถในการรับแรงเฉือน

7.4. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว

เริ่มต้นการใช้โปรแกรมโดยการระบุค่าต่างๆ ที่ต้องใช้ในการออกแบบ ดังรูปที่ 7.2



รูปที่7. 2 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม ดังรูปที่ 7.2 มีรายละเอียดการใช้งานดังต่อไปนี้

ส่วนที่1 ปุ่ม **New** สำหรับกดเพื่อการเริ่มต้นการออกแบบใหม่ทั้งหมด โดยโปรแกรมจะกลับมาสู่หน้าต่าง แสดงดังรูปที่ 7.2 ทุกครั้งเมื่อกดปุ่มนี้

ส่วนที่2 ปุ่ม **Text** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างรายละเอียดโดยสรุปทั้งหมดสำหรับการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 7.3

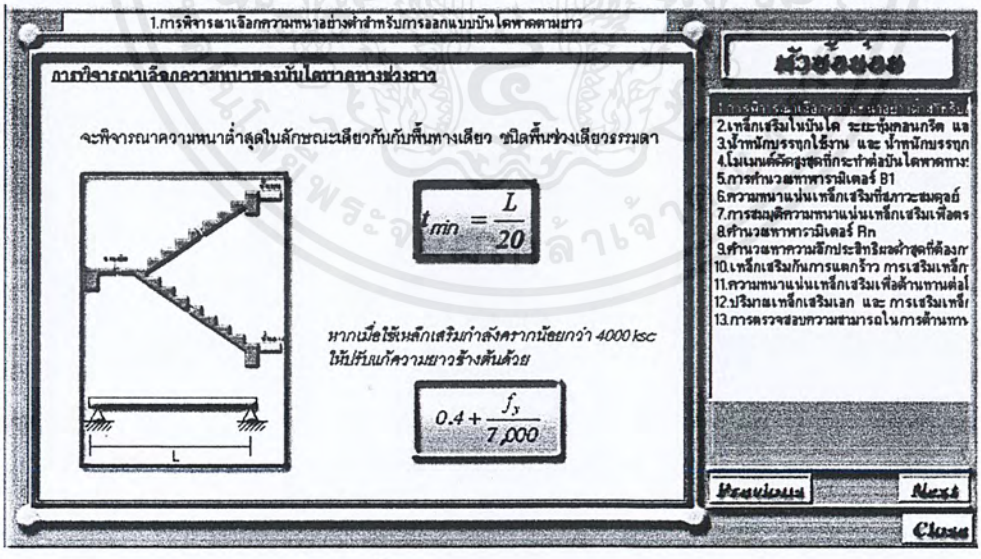
ส่วนที่3 ปุ่ม **Video** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอที่ต้องการศึกษา แสดงดังรูปที่ 7.4

ส่วนที่4 ปุ่ม **Exit** สำหรับกดเพื่อออกจากหน้าต่างการออกแบบ แล้วกลับไปสู่หน้าต่างเลือกโครงสร้างออกแบบ

ส่วนที่5 สำหรับระบุค่าคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับการออกแบบ

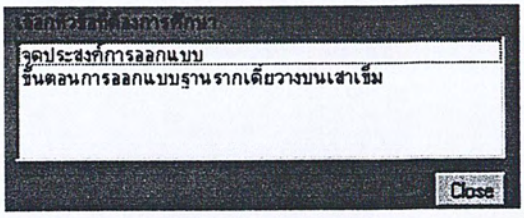
ส่วนที่6 ปุ่ม **กำหนดสัดส่วนบันได** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างสำหรับระบุระยะต่างๆ และสัดส่วนของบันไดตามข้อกำหนด ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง แสดงดังรูปที่ 7.5 (โดยการใช้งานจะกล่าวรายละเอียดอีกครั้งหนึ่ง)

ส่วนที่7 ปุ่ม **เริ่มการคำนวณ** สำหรับกดเพื่อเริ่มการออกแบบในขั้นตอนที่1

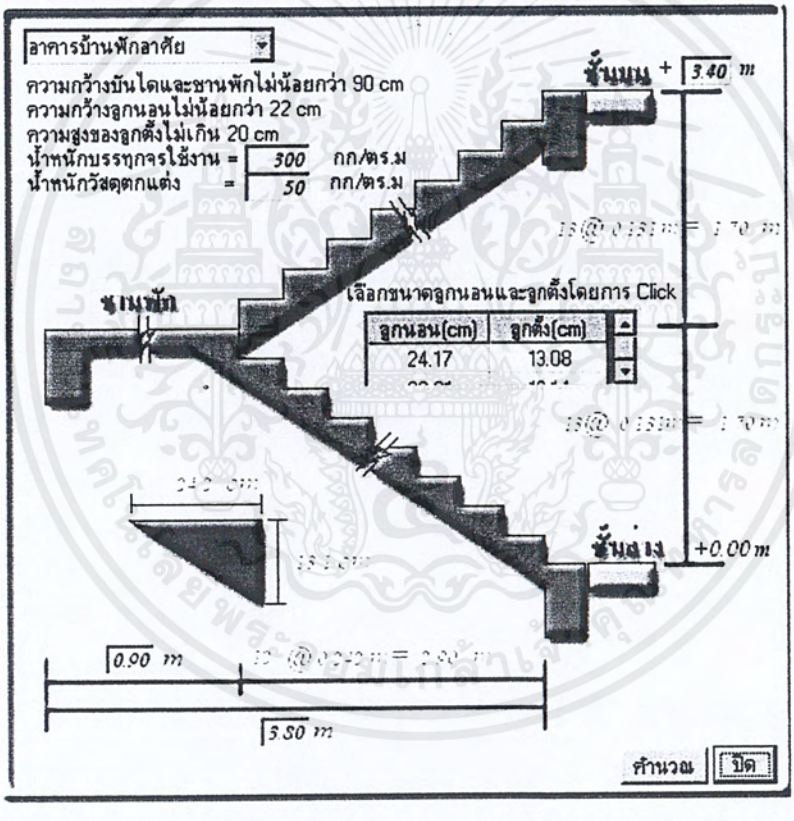


รูปที่7. 3 แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดห้องเรียบพาดตามยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7. 4 แสดงหน้าต่างซึ่งแสดงหัวข้อวีดีโอ สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก ประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว



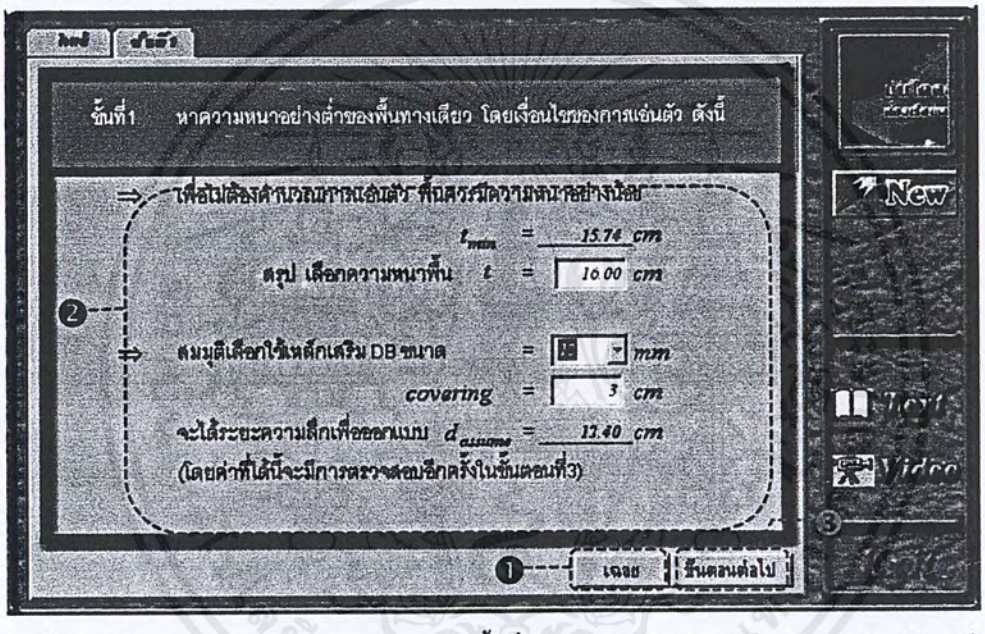
รูปที่7. 5 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุระยะต่างๆ และสัดส่วนของบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก ประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.1. ขั้นที่1 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กห้องเรียบพาดตามยาว

7.4.1.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาความหนาต่ำสุดของห้องบันไดหรือพื้นบันได สำหรับการออกแบบเป็นบันไดพาดตามยาว ซึ่งถือเสมือนเป็นคานช่วงเดียว โดยพิจารณาความหนาต่ำสุดตามเงื่อนไขควบคุมการแอ่นตัวของโครงสร้าง



รูปที่7. 6 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดห้องเรียบพาดตามยาว

7.4.1.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

ส่วนที่2 สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไป และสามารถระบุค่าต่างๆ ตามต้องการได้ อันได้แก่ ความหนาในการออกแบบ ขนาดเหล็กเสริม และระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม(Covering)

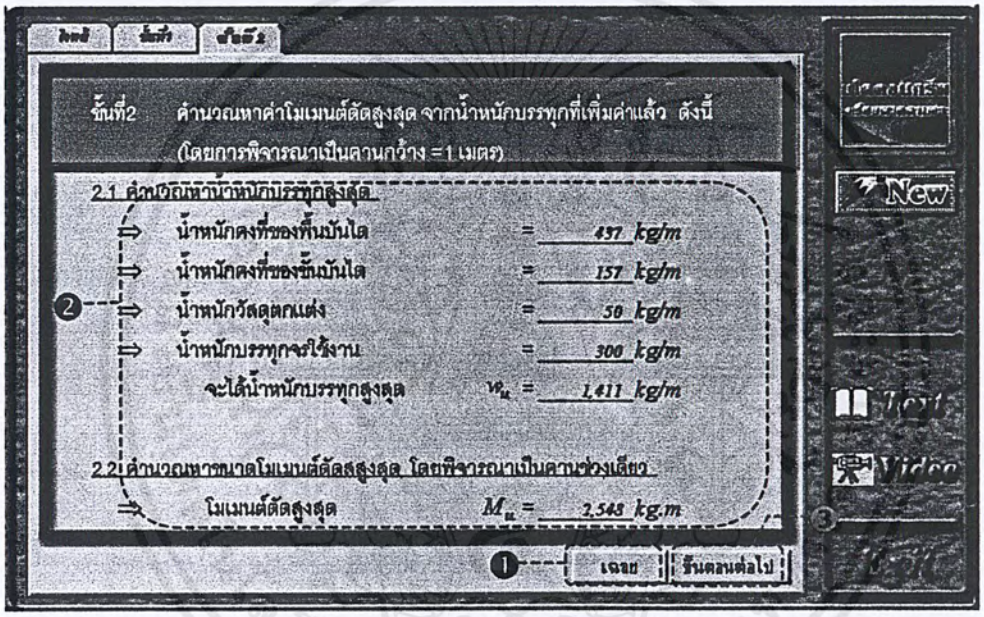
ส่วนที่3 ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.2. ขั้นที่2 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว

7.4.2.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกต่างๆที่กระทำต่อบันได ทั้งสามารถคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเพิ่มค่า เพื่อนำมาคำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุดสำหรับใช้ในการออกแบบต่อไป



รูปที่7. 7 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่2 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว

7.4.2.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

ส่วนที่2 สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่2

ส่วนที่3 ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

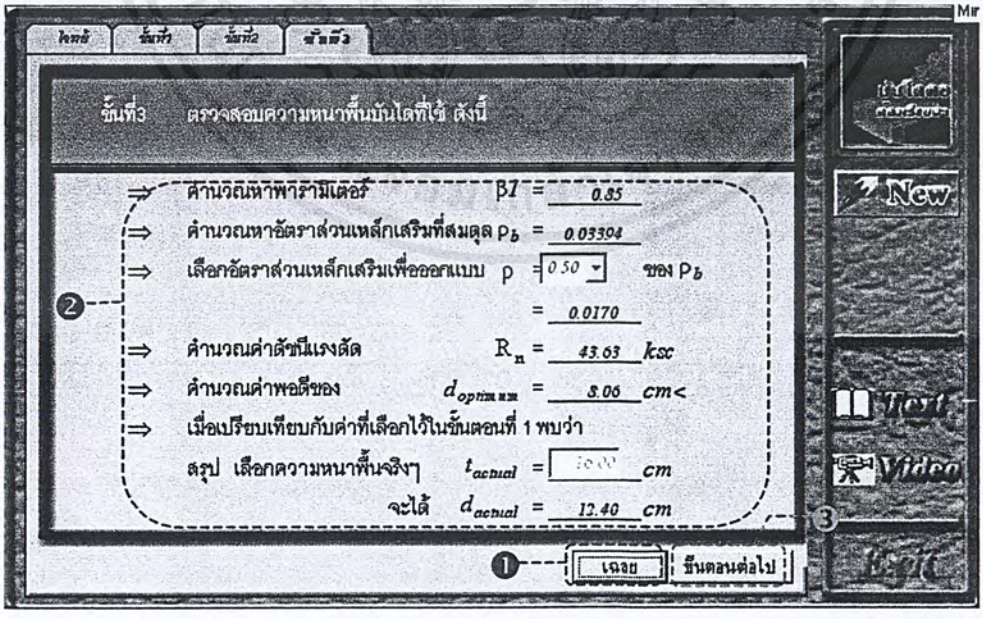
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.3. ขั้นที่3 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว

7.4.3.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบความหนาของบันไดที่ได้เลือกเอาไว้จากขั้นที่1 ว่าเหมาะสมในการนำมาออกแบบเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดได้หรือไม่ โดยที่ยังคงออกแบบเสริมเหล็กรับโมเมนต์ดัดของบันไดเสมือนเป็นคานคอนกรีตซึ่งเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างความลึกประสิทธิผลน้อยสุดที่ต้องการสำหรับออกแบบเป็นบันไดเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงกับความลึกประสิทธิผลจริงที่ได้จากการกำหนดความหนาบันไดไว้แล้วในขั้นตอนที่1

ซึ่งถ้าหากความลึกประสิทธิผลจริงที่เลือกไว้มีค่ามากกว่าความลึกประสิทธิผลน้อยสุดที่คำนวณได้ แสดงว่าความหนาบันไดที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่1 สามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดได้โดยที่ยังคงเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง ในทางกลับกันหากความลึกประสิทธิผลจริงที่เลือกไว้มีค่าน้อยกว่าความลึกประสิทธิผลน้อยสุดที่คำนวณได้ แสดงว่าความหนาบันไดที่เลือกไว้ในขั้นที่1 ไม่สามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดได้โดยที่ยังคงเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึง จึงจำเป็นต้องเพิ่มความหนาพื้นบันไดขึ้นอีก เพราะการออกแบบพื้นบันไดไม่นิยมเสริมเหล็กรับแรงอัดเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดส่วนเกินจากที่เหล็กรับแรงดึงจะรับได้



รูปที่7. 8 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่3 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.3.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่3

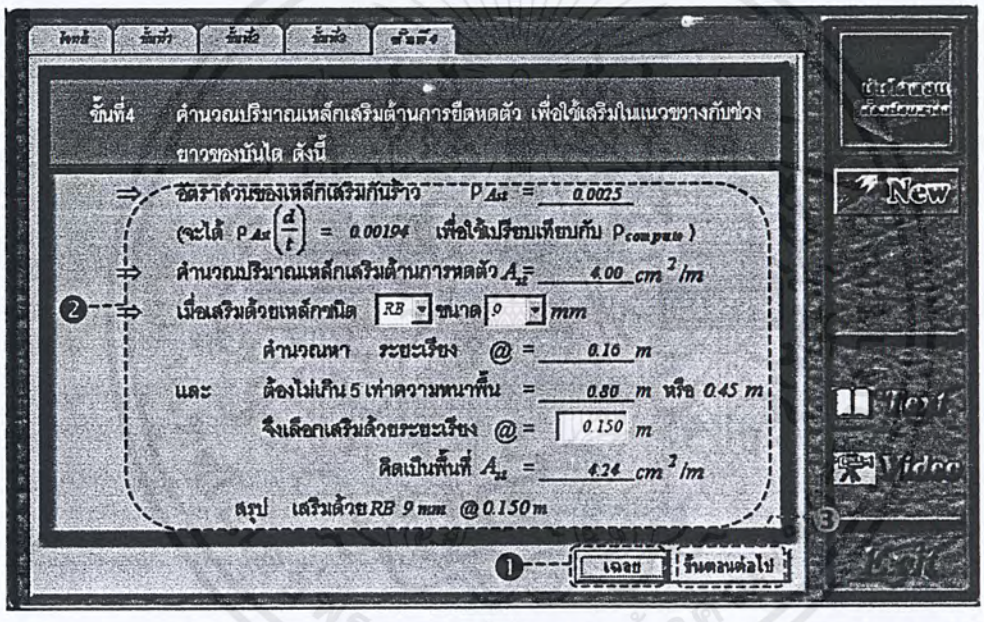
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.4. ขั้นที่4 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว

7.4.4.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณปริมาณเหล็กเสริมและเลือกเสริมเหล็กตามแนวขวางกับช่วงยาวของบันได โดยปริมาณการเสริมนี้ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากปริมาณเหล็กเสริมเพื่อควบคุมการแตกร้าวอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังต้องทำการพิจารณาเปรียบเทียบกับระยะการเสริมตามข้อกำหนดของเหล็กเสริมตามแนวขวางกับช่วงยาวของบันได คือต้องไม่เกิน 5 เท่าของความหนาบันได และต้องไม่เกิน 45 เซนติเมตร



รูปที่7. 9 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่4 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว

7.4.4.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไป และสามารถระบุค่าต่างๆ ตามต้องการได้ อันได้แก่ ชนิดและขนาดเหล็กเสริมตามแนวขวาง และ ระยะเรียงของการเสริมเหล็กตามแนวขวาง

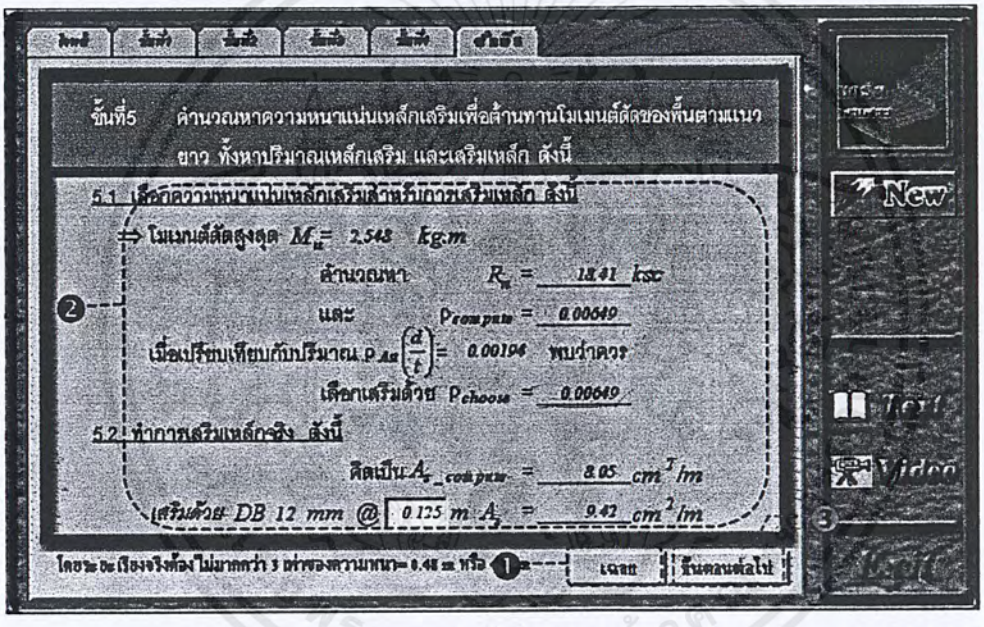
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.5. ขั้นที่5 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กท้องเรียบพาดตามยาว

7.4.5.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณปริมาณเหล็กเสริม และทำการเสริมเหล็กตามแนวยาวของบันไดได้ โดยปริมาณการเสริมเลือกเสริมตามค่ามากระหว่างปริมาณเหล็กเสริมเพื่อต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด และปริมาณเหล็กเสริมเพื่อควบคุมการแตกร้าวอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ตลอดทั้งพิจารณาตามข้อกำหนดการเสริมยอมให้คือไม่เกิน 3 เท่าของความหนาพื้นบันได และต้องไม่เกิน 45 เซนติเมตร



รูปที่7. 10 แสดงหน้าต่างสำหรับการออกแบบในขั้นที่5 สำหรับการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทบันไดท้องเรียบพาดตามยาว

7.4.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่5 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนที่ผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามเหมาะสม อันได้แก่ ระยะเรียงในการเสริมจริง

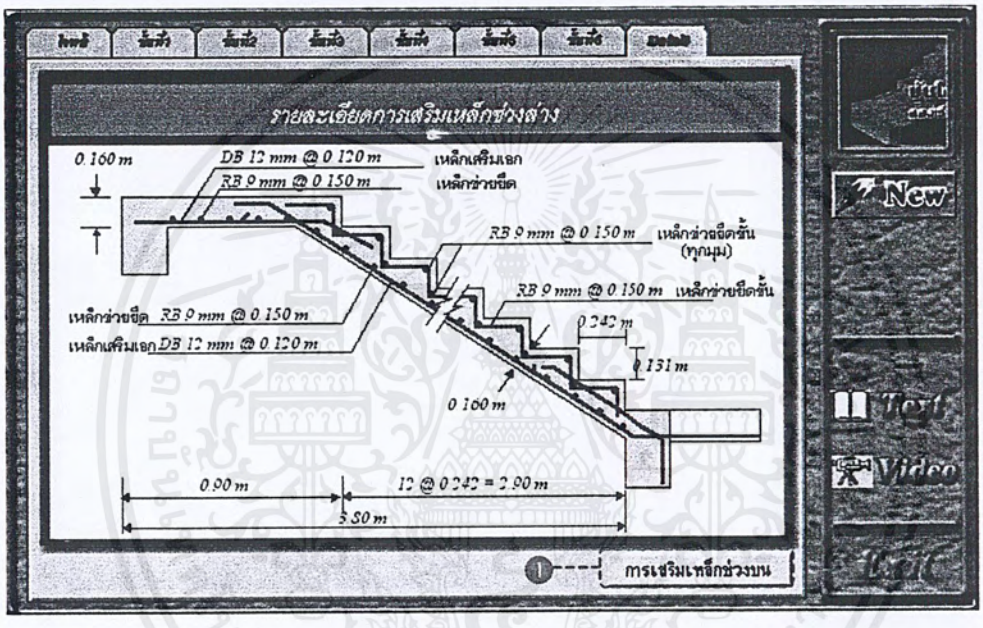
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.7. รายละเอียดการเสริมเหล็กบันไดคอนกรีตท้องเรียบพาดตามยาว

7.4.7.1. จุดประสงค์การออกแบบ

เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถทราบถึงตำแหน่งของจัดวางเหล็กเสริมที่คำนวณได้ ให้สอดคล้องกับหน้าที่หลักของเหล็กเสริมนั้นๆ เช่น เหล็กเสริมเอกก็จะวางตัวตามแนวยาวบันไดและวางอยู่ล่างสุดเพื่อทำหน้าที่รับแรงดึง เป็นต้น

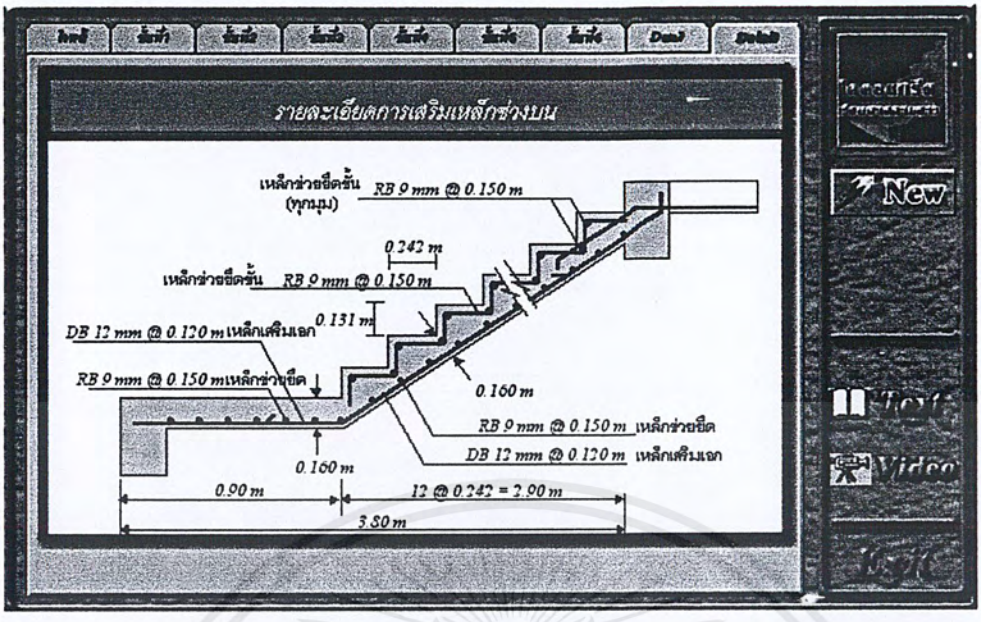


รูปที่7. 12 แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กช่วงล่าง

7.4.7.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม การเสริมเหล็กช่วงบน สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดของการเสริมเหล็กบันไดช่วงบน ดังรูปที่ 7.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



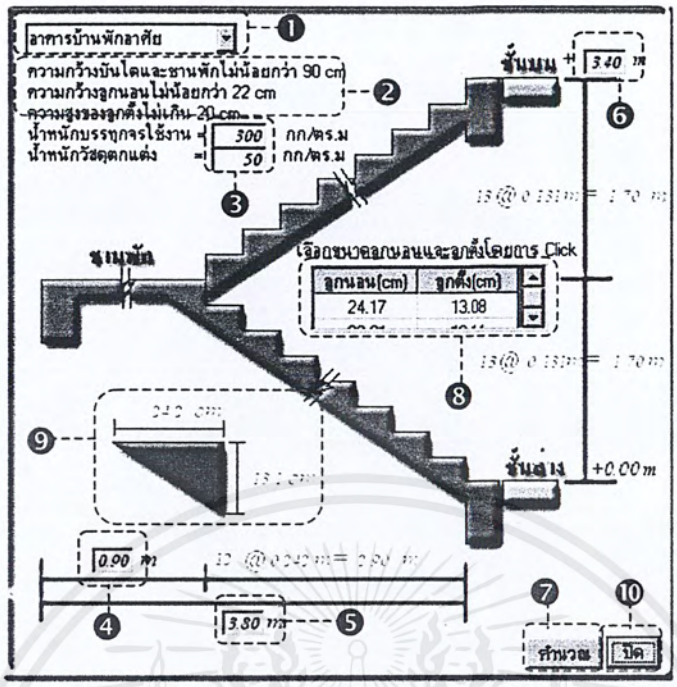
รูปที่7. 13 แสดงหน้าต่างสำหรับแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กช่วงบน

7.5. การใช้งานโปรแกรมกำหนดสัดส่วนบันไดท้องเรียบพาดตามยาว

7.5.1. จุดประสงค์โปรแกรม

สำหรับให้ผู้ออกแบบได้เข้าใจถึงการกำหนดขนาดสัดส่วนต่างๆ ของบันไดท้องเรียบพาดตามยาวซึ่งขนาดลูกตั้ง ขนาดลูกนอน และความกว้างของบันไดจะขึ้นกับลักษณะชนิดอาคารเป็นหลัก ตลอดทั้งผู้ออกแบบยังสามารถทดลองกำหนดสัดส่วนบันไดด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7. 14 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุระยะต่างๆ และสัดส่วนของบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก ประเภทบันไดห้องเรียบพาดตามยาว

7.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 สำหรับระบุชนิดอาคารสำหรับนำบันไดไปใช้งาน เพื่อนำไปเป็นเงื่อนไขในการกำหนดขนาดลูกตั้ง ขนาดลูกนอน ความกว้างบันไดและชานพัก ตลอดทั้งน้ำหนักบรรทุกจรใช้งาน

ส่วนที่2 ส่วนสำหรับทำการแสดงข้อกำหนดด้านขนาดลูกตั้ง ขนาดลูกนอน ความกว้างบันไดและชานพักที่สอดคล้องกับชนิดอาคารที่ได้เลือกไว้

ส่วนที่3 สำหรับแสดงน้ำหนักบรรทุกจรใช้งาน และน้ำหนักวัสดุตกแต่ง โดยผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามเหมาะสม

ส่วนที่4 สำหรับระบุขนาดความกว้างของบันได และความกว้างของชานพัก ซึ่งค่าที่ระบุจะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่แสดงให้

ส่วนที่5 สำหรับระบุช่วงความยาวของที่รองรับบันได

ส่วนที่6 สำหรับระบุความสูงระหว่างชั้นของอาคาร

ส่วนที่7 ปุ่ม **คำนวณ** สำหรับคำนวณหาขนาดลูกตั้งและลูกนอนที่สอดคล้องกับระยะต่างๆที่กำหนดและอยู่ภายใต้ข้อกำหนดทางกฎหมายควบคุมอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่8 สำหรับแสดงรายการที่เป็นไปได้ ด้านขนาดลูกตั้งและลูกนอนที่ตรงตามข้อกำหนดด้านกฎหมายควบคุมอาคาร เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ออกแบบมีทางเลือกสำหรับกำหนดขนาดลูกตั้งและลูกนอน

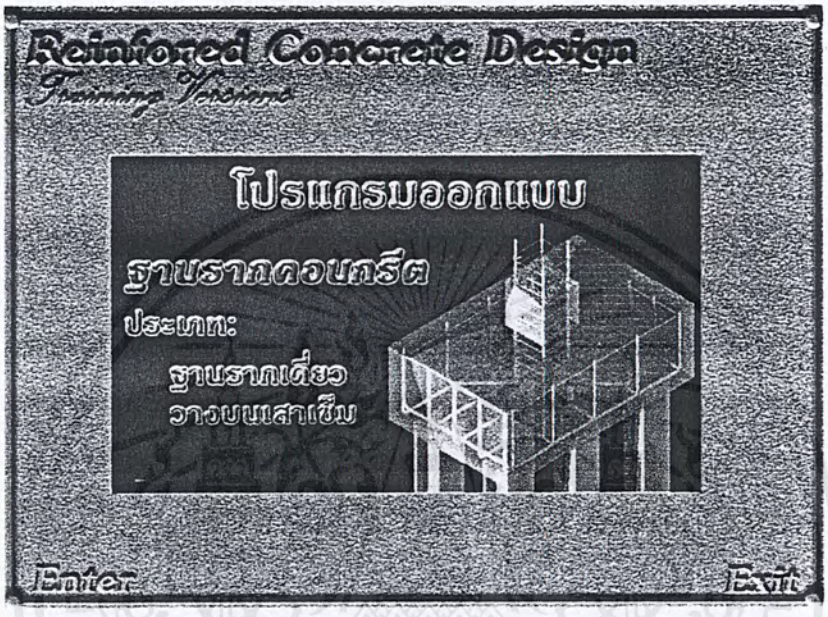
ส่วนที่9 สำหรับแสดงส่วนขยายของลูกตั้งและลูกนอน

ส่วนที่10 ปุ่ม **ตกลง** สำหรับยอมรับมิติต่างๆ ของบันได และกลับไปสู่หน้าต่าง แสดงดังรูปที่ 7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่8

การออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก



รูปที่ 8. 1 แสดงหน้าต่างแนะนำโปรแกรมออกแบบฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

8.1. กล่าวนำ

ฐานรากเป็นส่วนของโครงสร้างที่อยู่ใต้ดิน ทำหน้าที่รับและถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างส่วนที่อยู่เหนือดินลงสู่ชั้นหิน หรือชั้นดินแข็งได้อย่างปลอดภัย อย่างไรก็ดีเมื่อดินรับน้ำหนักหรือแรงกดอัด ดินจะเกิดการทรุดตัวตามธรรมชาติของดิน ดังนั้นในการพิจารณาคำนวณออกแบบฐานรากจะต้องพิจารณาและควบคุมให้การทรุดตัวโดยรวมทั้งโครงสร้างมีค่าไม่มากเกินไป โดยให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดซึ่งยอมรับได้ นอกจากนี้ต้องพิจารณาออกแบบให้ฐานรากทุกๆ ฐานมีการทรุดตัวเท่าๆ กัน เพื่อป้องกันการพังทลายของอาคารอันเนื่องจากผลต่างของการทรุดตัว

สำหรับการออกแบบฐานรากที่จะกล่าวถึงในบทนี้ เป็นการออกแบบฐานรากประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม คือ เป็นฐานรากซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกจากเสาตอม่อเพียงต้นเดียว และวางอยู่บนเสาเข็ม เพื่อช่วยในการถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงสู่ชั้นดินที่มีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกได้อย่างปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบ

เพื่อให้ได้มาซึ่งฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม ที่มีคุณสมบัติด้าน

1. ความสามารถในการต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุด
2. ความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนทะลุ
3. ความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนแบบคานกว้าง
4. ความสามารถในการต้านทานต่อแรงยึดหน่วง

โดยคุณสมบัติข้างต้น จะถูกจำกัดอยู่ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบ อันได้แก่

1. ภาระบรรทุกที่กระทำต่อฐานราก อันได้แก่ แรงตามแนวแกน และโมเมนต์ดัด
2. คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาออกแบบฐานราก
3. ข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม อันได้แก่ ค่าความสามารถยอมให้ต่างๆ ในการออกแบบ เป็นต้น

8.3. ขั้นตอนการออกแบบโดยสรุปสำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

เริ่มต้นการออกแบบโดย ทำการระบุปัญหาและข้อจำกัดต่างๆ ในการออกแบบที่จำเป็น อันได้แก่ ขนาดเสาตอม่อ ขนาดและชนิดเสาเข็ม ภาระบรรทุกกระทำต่อฐานราก เป็นต้น จากนั้นจึงคำนวณดังขั้นตอนต่อไปนี้

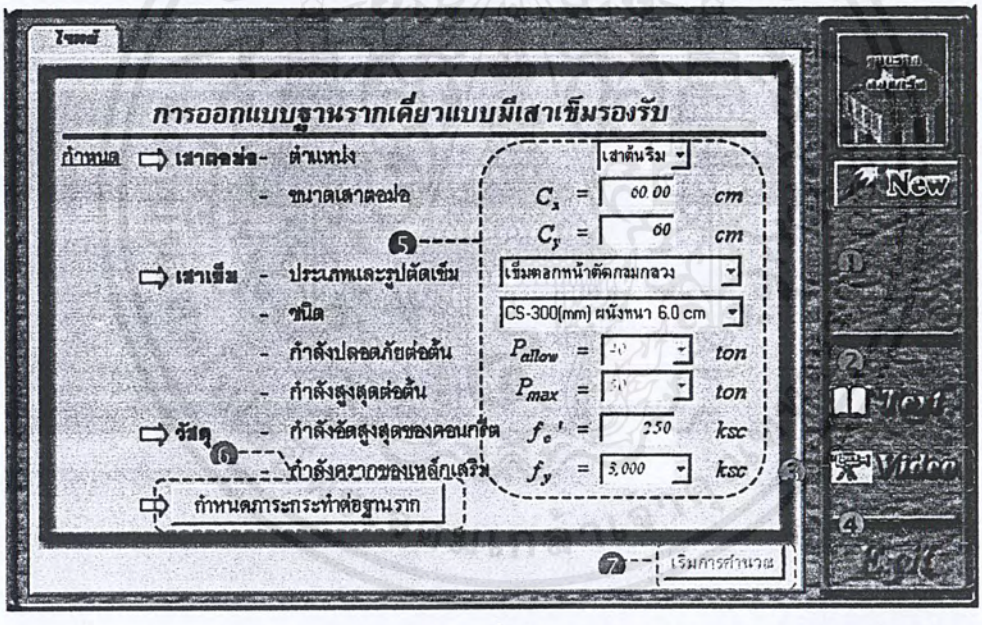
1. ประมาณหาจำนวนเสาเข็มโดยไม่คำนึงถึงผลของโมเมนต์ดัด และทำการจัดวางเสาเข็มเพื่อหาขนาดฐานรากซึ่งจะพิจารณาผลจากโมเมนต์ดัดด้วย
2. คำนวณหาแรงกระทำในเสาเข็ม และแรงกระทำสูงสุดเพิ่มค่า ในเสาเข็มแต่ละต้น
3. คำนวณหาความลึกประสิทธิผลที่พอดีสำหรับต้านทานต่อแรงเฉือนทะลุ
4. คำนวณหาความลึกประสิทธิผลที่พอดีสำหรับต้านทานต่อแรงเฉือนแบบคานกว้าง
5. พิจารณาเลือกความลึกจริงของฐานราก และคำนวณหาความลึกประสิทธิผลเพื่อใช้คำนวณ พร้อมทั้งตรวจสอบน้ำหนักฐานรากกับค่าที่สมมุติไว้ในตอนแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คำนวณหาปริมาณเหล็กเสริม จากค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่หน้าตัดวิกฤต(ที่ขอบเสาตอม่อ) และทำการเสริมเหล็กรับโมเมนต์ดัดของฐานราก
7. ทำการพิจารณาและตรวจสอบความยาวในการฝังยึดของเหล็กข้ออ้อยรับแรงดึงเพื่อต้านทานต่อแรงยึดหน่วง

8.4. ตัวอย่างและวิธีการใช้โปรแกรมออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

เริ่มต้นการใช้โปรแกรมโดยการระบุค่าต่างๆ ที่ต้องใช้ในการออกแบบ (ดูรูปที่ 8.2)



รูปที่ 8. 2 แสดงหน้าต่างสำหรับระบุค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม ดังรูปที่ 8.2 มีรายละเอียดการใช้งานดังต่อไปนี้

ส่วนที่1 ปุ่ม **New** สำหรับกดเพื่อการเริ่มต้นการออกแบบใหม่ทั้งหมด โดยโปรแกรมจะกลับมาสู่หน้าต่าง แสดงดังรูป 8.2 ที่ทุกครั้งเมื่อกดปุ่มนี้ เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการออกแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่2 ปุ่ม **Text** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างรายละเอียดโดยสรุปทั้งหมดสำหรับการออกแบบ ในรูปแบบของเอกสารพิเศษ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 8.3

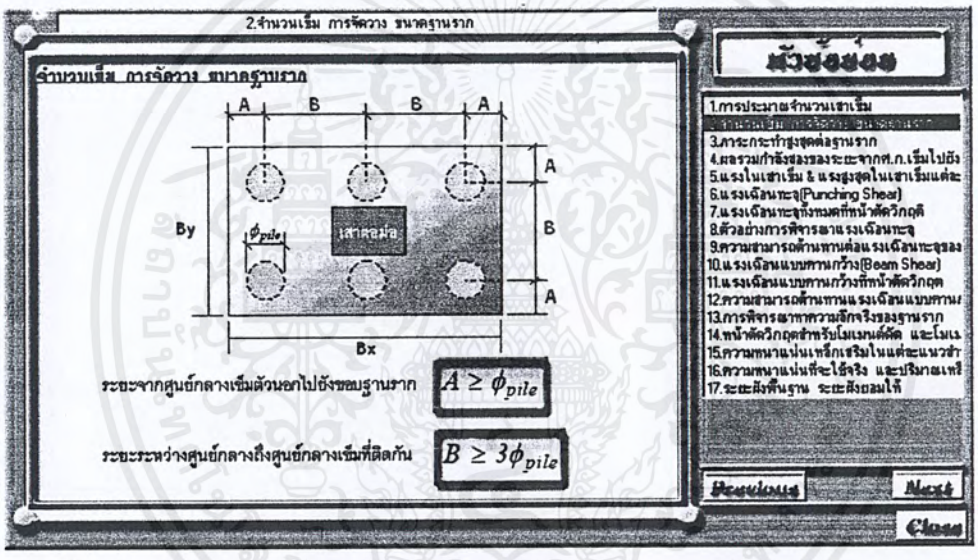
ส่วนที่3 ปุ่ม **Video** สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าต่างเลือกรายการวีดีโอที่ต้องการศึกษา แสดงดังรูปที่8.4

ส่วนที่4 ปุ่ม **Exit** สำหรับกดเพื่อออกจากหน้าต่างการออกแบบฐานราก แล้วกลับไปสู่หน้าต่างเลือกโครงสร้างออกแบบ

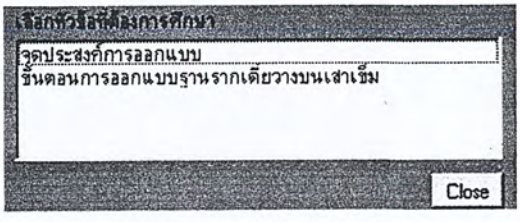
ส่วนที่5 สำหรับระบุค่าต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ

ส่วนที่6 ปุ่ม **กำหนดภาระกระทำต่อฐานราก** สำหรับกดเพื่อระบุภาระกระทำต่อฐานราก ดังรูปที่ 8.5

ส่วนที่7 ปุ่ม **เริ่มการคำนวณ** สำหรับกดเพื่อเริ่มต้นการออกแบบในขั้นตอนที่1

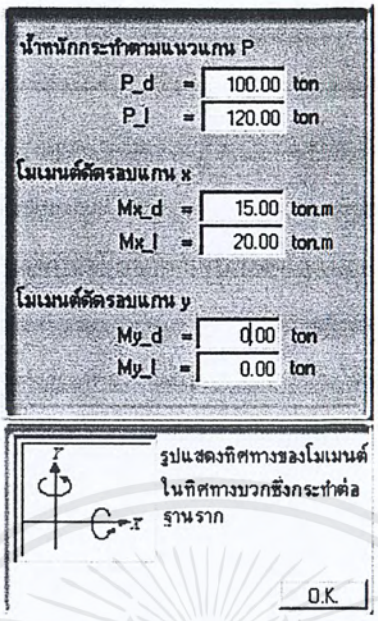


รูปที่ 8. 3 แสดงหน้าต่างรายเอียดทั้งหมดโดยสรุปของการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม



รูปที่ 8. 4 แสดงหน้าต่างซึ่งแสดงหัวข้อวีดีโอสำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8. 5 แสดงหน้าต่างสำหรับการระบุภาระกระทำต่อฐานราก

8.4.1. ขั้นที่1 สำหรับการออกแบบฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

8.4.1.1. จุดประสงค์การออกแบบ

เพียงเพื่อให้ผู้ออกแบบทราบและสามารถที่จะประมาณหาจำนวนเสาเข็มอย่างต่ำที่ต้องมีสำหรับการออกแบบฐานรากเข็ม โดยจะพิจารณาเฉพาะน้ำหนักทั้งหมด(รวมน้ำหนักฐานรากและดินถมที่ได้ทำการสมมุติขึ้นด้วย) ในขั้นนี้จะยังไม่พิจารณาถึงผลของโมเมนต์ดัด(สำหรับการออกแบบฐานรากซึ่งโมเมนต์ดัดกระทำร่วมด้วย) เป็นการยากในการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งจำนวนเสาเข็มที่แน่นอน จึงยกความรับผิดชอบนี้ให้กับโปรแกรมช่วยจัดวางเสาเข็ม(จะกล่าวรายละเอียดอีกครั้ง) อย่างไรก็ตามสิ่งที่ผู้ออกแบบควรทราบคือ จำนวนเสาเข็มที่จะใช้จริงจะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณต่ำสุดที่คำนวณได้

จากนั้นจึงทำการจัดวางเสาเข็ม อันจะประกอบด้วยการกำหนดจำนวนและระบุตำแหน่งเข็มที่ต้องการด้วยโปรแกรมจัดวางเสาเข็ม โดยขณะที่จัดวางเสาเข็มด้วยโปรแกรมจัดวางเสาเข็ม โปรแกรมจะทำการพิจารณาทุกอิทธิพลที่มีผลต่อกำลังในเสาเข็ม อันหมายถึงโปรแกรมจะคำนึงถึงอิทธิพลของโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อฐานรากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

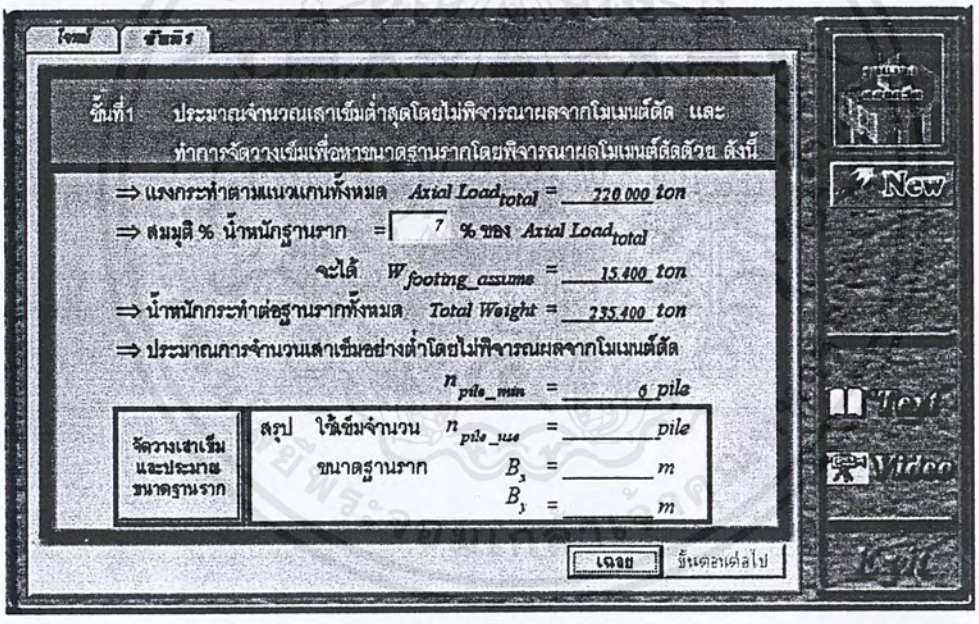
8.4.1.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม(ดูรูป 8.6 ประกอบ)

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไป

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์การออกแบบ

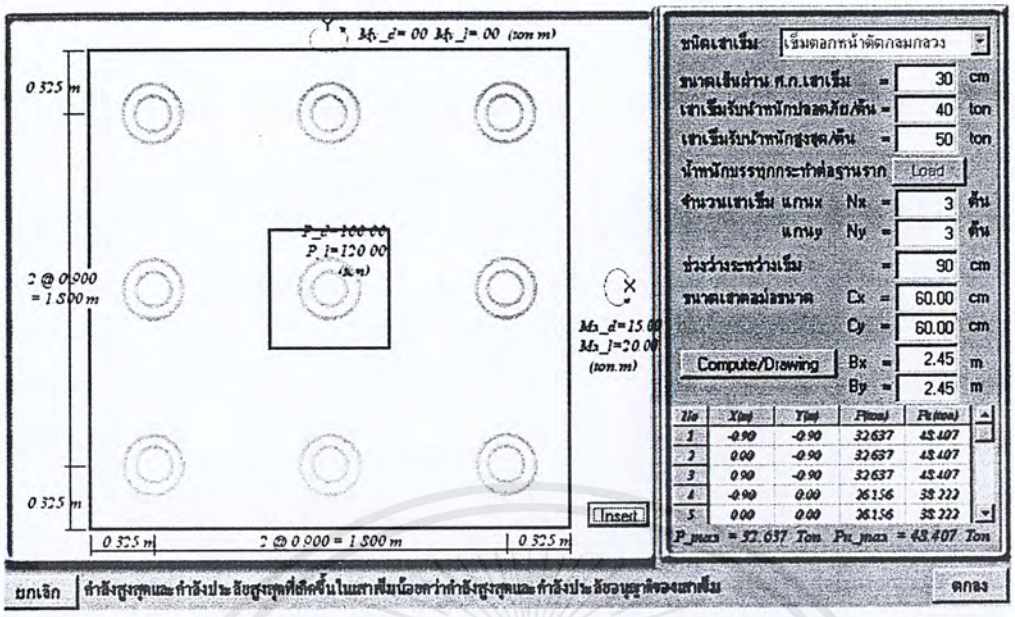
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **จัดวางเสาเข็มและประมาณขนาดฐานราก** สำหรับกดเพื่อระบุจำนวนเสาเข็มและจัดวางเสาเข็มเพื่อให้ได้มาซึ่งขนาดฐานราก และแรงในเสาเข็มแต่ละต้น โดยโปรแกรมจะทำการแสดงหน้าต่างเพื่อช่วยในการจัดวางเสาเข็ม แสดงดังรูปที่ 8.7 (โดยรายละเอียดการใช้งานจะกล่าวอีกครั้งหนึ่งในหัวข้อ 8.5) หลังจากจัดวางออกจากหน้าต่างการจัดวางเสาเข็มแล้ว โปรแกรมจะทำการแสดงผลเฉลยที่เหลือทันที แสดงดังรูปที่ 8.8

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

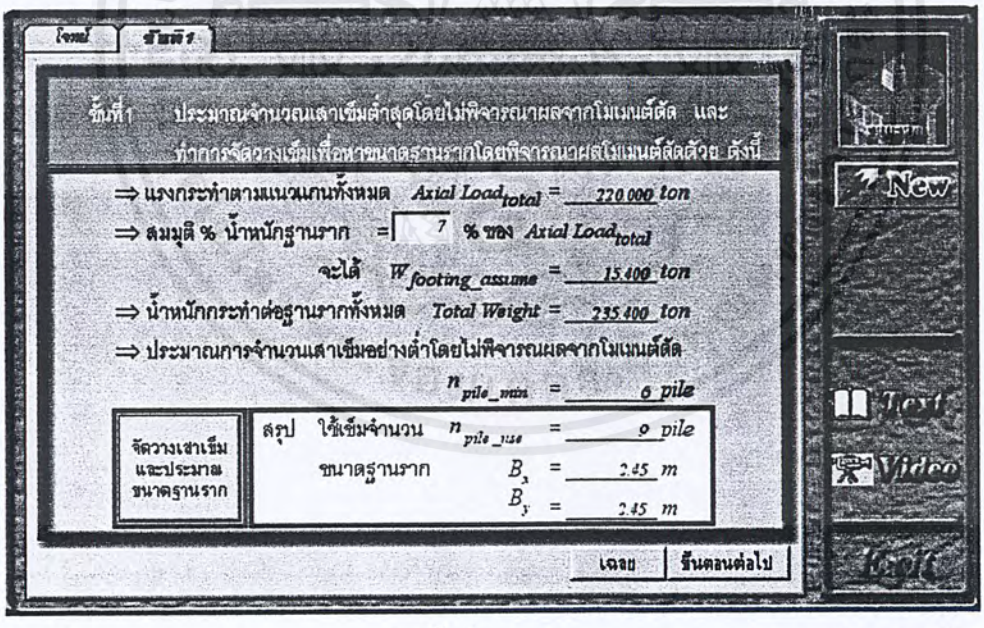


รูปที่ 8. 6 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8. 7 แสดงหน้าต่างโปรแกรมช่วยในการวางเสาเข็มเพื่อหาขนาดฐานราก และแรงในเสาเข็มแต่ละต้น



รูปที่ 8. 8 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่1 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม (หลังจากออกจากหน้าต่างช่วยจัดวางเสาเข็ม)

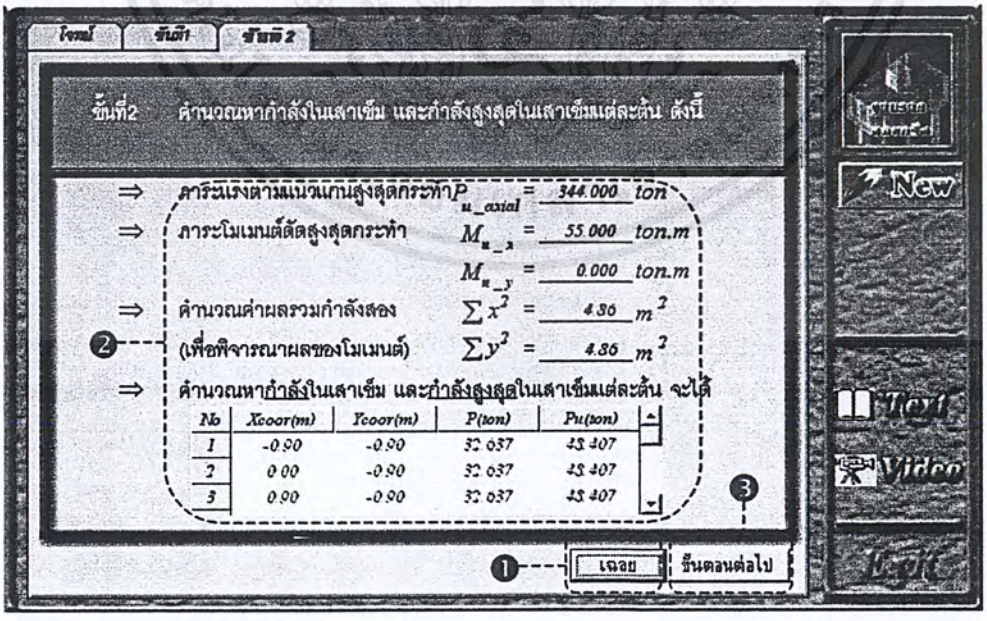
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4.2. ขั้นที่2 สำหรับการออกแบบฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

8.4.2.1. จุดประสงค์การออกแบบ

เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาภาระกระทำสูงสุดที่กระทำต่อฐานรากอันเกิดจากการคูณภาระกระทำด้วยตัวคูณเพิ่มกำลังได้ และคำนวณพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการพิจารณาหาผลกระทบต่อแรงในเสาเข็มแต่ละต้นอันเนื่องจากโมเมนต์ดัดซึ่งก็คือค่าผลรวมของระยะกำลังลังสองของเข็มแต่ละต้นในแต่ละแนว

นอกจากนี้ต้องสามารถคำนวณหาแรงที่เกิดในเสาเข็มแต่ละต้นเพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความปลอดภัยต่อความสามารถในการรับน้ำหนักปลอดภัยของเข็มโดยเฉพาะต้นที่มีแรงกระทำสูงสุด และคำนวณหาแรงสูงสุดอันเกิดจากการคูณด้วยตัวคูณเพิ่มกำลังที่เกิดในเสาเข็มแต่ละต้น เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความปลอดภัยต่อกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาเข็ม ซึ่งแรงสูงสุดที่เกิดในเสาเข็มแต่ละต้นนี้จถูกนำไปใช้ต่อในการคำนวณหาแรงภายใน อันได้แก่ แรงเฉือนทะลุ แรงเฉือนแบบคานกว้าง โมเมนต์ดัดสูงสุด เพื่อพิจารณาออกแบบหาความหนาฐานรากและคำนวณปริมาณเหล็กเสริมซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป



รูปที่ 8. 9 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่2 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4.2.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์
<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่2
<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

8.4.3. ขั้นที่3 สำหรับการออกแบบฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

8.4.3.1. จุดประสงค์การออกแบบ

เพื่อให้ผู้ออกแบบรู้จักการคำนวณหาความลึกประสิทธิผลของฐานรากที่เพียงพอต่อการต้านทานต่อแรงเฉือนทะลุโดยการสมมุติความลึกประสิทธิผลของฐานรากขึ้นมาก่อนค่าหนึ่ง จากนั้นจึงทำการพิจารณาดูว่า สำหรับฐานรากที่มีความลึกประสิทธิผลตามสมมุตจะมีโอกาสเกิดการพิบัติโดยแรงเฉือนทะลุหรือไม่ โดยการพิจารณาดูจากหน้าตัดวิกฤตแรงเฉือนทะลุซึ่งอยู่รอบเสาตอม่อวัดห่างจากขอบเสาทุกด้านออกมาเป็นระยะ d/2 เพื่อดูว่าหน้าตัดวิกฤตอยู่ภายในฐานรากหรือไม่ หากอยู่แสดงว่าผู้ออกแบบจะต้องทำการพิจารณาการพิบัติโดยแรงเฉือนทะลุด้วย โดยการนำค่าแรงเฉือนทะลุที่เกิด ณ หน้าตัดวิกฤต ไปเปรียบเทียบกับค่าความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนทะลุของคอนกรีต ว่าคอนกรีตมีความสามารถเพียงพอต่อการต้านทานแรงเฉือนทะลุหรือไม่ หากไม่จะต้องทำการเพิ่มความลึกประสิทธิผลขึ้นอีกตามดุลพิจของผู้ออกแบบ สำหรับกรณีที่หน้าตัดวิกฤตอยู่ภายนอกฐานราก ผู้ออกแบบก็ไม่ต้องทำการตรวจสอบการพิบัติอันเนื่องจากแรงเฉือนทะลุ

การคำนวณโดยโปรแกรมนี้จะทำการคำนวณโดยอาศัยหลักการข้างต้นทุกประการ ต่างกันเพียงโปรแกรมจะทำการคำนวณทุกๆ การเพิ่มค่าความลึกประสิทธิผลครั้งละ 1 ซ.ม. โดยโปรแกรมจะเริ่มคำนวณที่ระยะความลึกประสิทธิผลเริ่มต้นที่ 25 ซ.ม. ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างจะประหยัดคอนกรีตเพราะเป็นค่าความลึกประสิทธิผลที่พอดีต่อการต้านทานต่อแรงเฉือนทะลุของคอนกรีต สังเกตได้จากค่าความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนทะลุของคอนกรีต และค่าแรงเฉือนทะลุที่เกิดขึ้นพบว่าออกมาใกล้เคียงกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8. 10 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่3 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

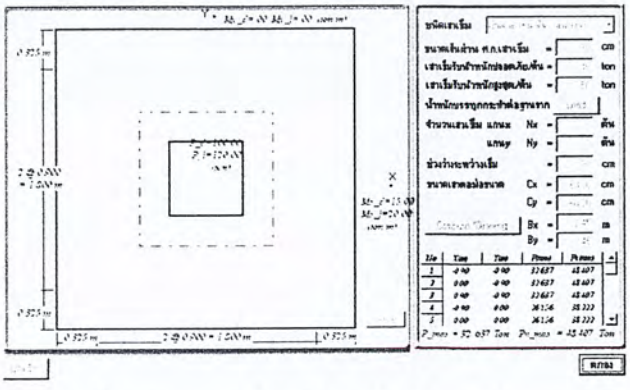
8.4.3.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่3

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม แสดงหน้าตัดวิกฤตสำหรับพิจารณาแรงเฉือนทะลุ สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าตัดวิกฤตในการพิจาณาแรงเฉือนทะลุที่สอดคล้องกับความลึกประสิทธิผลที่กำลังพิจารณา แสดงดังรูปที่ 8.11

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 8. 11 แสดงหน้าตัดวิกฤตสำหรับแรงเฉือนทะลุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4.4. ขั้นที่4 สำหรับการออกแบบฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

8.4.4.1. จุดประสงค์การออกแบบ

ในลักษณะเช่นเดียวกับการพิจารณาแรงเฉือนทะลุ เพื่อให้ผู้ออกแบบรู้จักการคำนวณหาความลึกประสิทธิผลของฐานรากที่เพียงพอต่อการต้านทานต่อแรงแบบคานกว้าง โดยการสมมุติความลึกประสิทธิผลของฐานรากขึ้นมาก่อนค่าหนึ่ง จากนั้นจึงทำการพิจารณาดูว่าที่ความลึกประสิทธิผลนี้ ฐานรากจะมีโอกาสเกิดการพิบัติโดยแรงเฉือนแบบคานกว้างหรือไม่ โดยการพิจารณาดูจากหน้าตัดวิกฤตแรงเฉือนแบบคานกว้างซึ่งวัดห่างจากขอบเสาออกมาเป็นระยะ d ดูว่าหน้าตัดวิกฤตอยู่ภายในฐานรากหรือไม่ หากอยู่แสดงว่าผู้ออกแบบจะต้องทำการพิจารณาการพิบัติโดยแรงเฉือนแบบคานกว้างด้วย โดยการนำค่าแรงแบบคานกว้าง ณ หน้าตัดวิกฤต ไปเปรียบเทียบกับค่าความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนแบบคานกว้างของคอนกรีต ว่าคอนกรีตมีความสามารถเพียงพอต่อการต้านทานแรงเฉือนแบบคานกว้างหรือไม่ หากไม่จะต้องทำการเพิ่มความลึกประสิทธิผลขึ้นอีกตามดุลพิจของผู้ออกแบบ สำหรับกรณีที่หน้าตัดวิกฤตอยู่ภายนอกฐานราก ผู้ออกแบบก็ไม่ต้องทำการตรวจสอบการพิบัติอันเนื่องจากแรงแบบคานกว้าง

เช่นกันสำหรับการคำนวณโดยโปรแกรม จะทำการคำนวณโดยอาศัยหลักการข้างต้นทุกประการ ต่างกันเพียงโปรแกรมจะทำการคำนวณทุกๆ การเพิ่มค่าความลึกประสิทธิผลครั้งละ 1 ซ.ม. โดยโปรแกรมจะเริ่มคำนวณที่ระยะความลึกประสิทธิผลเริ่มต้นที่ 25 ซ.ม. ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างจะประหยัดคอนกรีตเพราะเป็นค่าความลึกประสิทธิผลที่พอดีต่อการต้านทานต่อแรงเฉือนแบบคานกว้างของคอนกรีต สังเกตได้จากค่าความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือนแบบคานกว้างของคอนกรีต และค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นพบว่าออกมาใกล้เคียงกันมาก

สิ่งที่ควรระมัดระวังในการคำนวณหาแรงเฉือนแบบคานกว้าง คือฐานรากจะมีด้านซึ่งรับแรงเฉือนแบบคานกว้างทั้งหมด 4 ด้านที่มีค่าแรงเฉือนเกิดขึ้นแตกต่างกันในกรณีมีโมเมนต์ดัดกระทำสองทาง ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาหาดูว่าด้านใดมีค่าแรงเฉือนเกิดขึ้นสูงสุด ความยุ่งยากนี้จะยิ่งมากขึ้นในกรณีที่ขนาดด้านกว้างและด้านยาวของฐานรากมีค่าไม่เท่ากัน เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดขอแนะนำให้ผู้ออกแบบคำนวณผลการพิจาณาให้อยู่ในรูปของหน่วยแรงเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8. 12 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่4 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

8.4.4.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

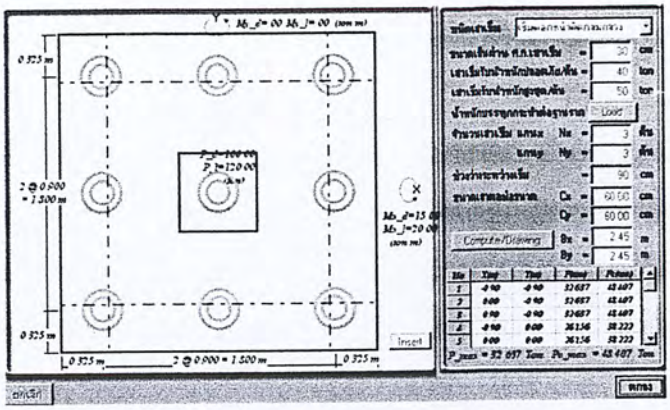
ส่วนที่1 ปุ่ม เฉลย สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

ส่วนที่2 สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่4

ส่วนที่3 ปุ่ม แสดงหน้าตัดวิกฤตสำหรับพิจารณาแรงเฉือนแบบคานกว้าง สำหรับกดเพื่อแสดงหน้าตัดวิกฤตสำหรับการพิจาณาแรงเฉือนแบบคานกว้างที่สอดคล้องกับความลึกประสิทธิผลที่กำลังพิจารณา แสดงดังรูปที่ 8.13

ส่วนที่4 ปุ่ม ขั้นตอนต่อไป สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

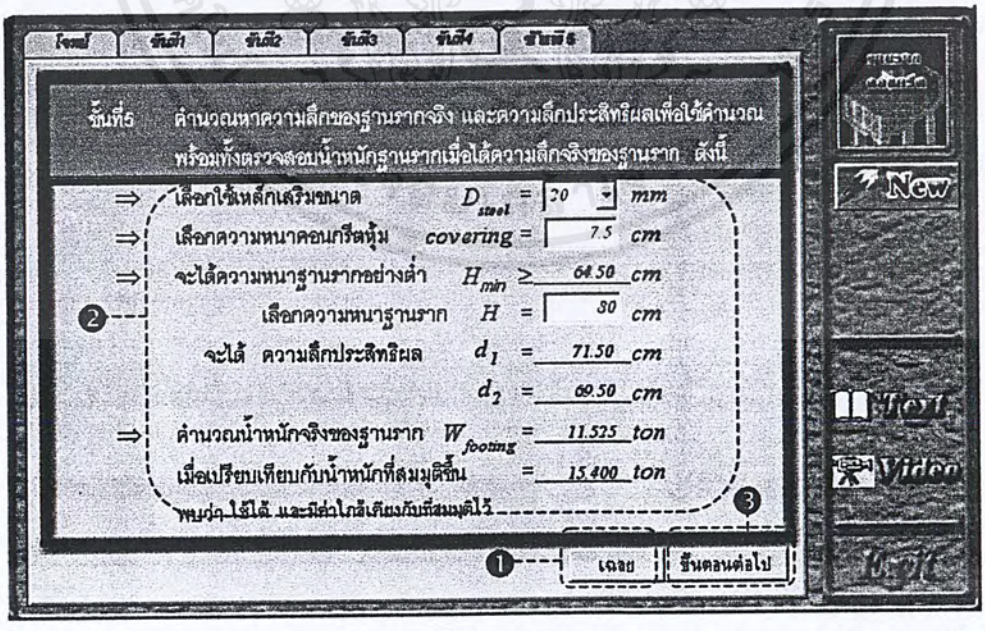


รูปที่ 8. 13 แสดงหน้าตัดวิกฤตสำหรับแรงเฉือนแบบคานกว้าง

8.4.5. ขั้นที่5 สำหรับการออกแบบฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

8.4.5.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถหาความลึกอย่างต่ำของฐานราก และเลือกความหนาฐานรากที่จะใช้จริง โดยการพิจารณาจากความลึกประสิทธิผล แล้วคำนวณหาความลึกประสิทธิผลจริงเพื่อใช้ในการออกแบบ ตลอดทั้งทำการตรวจสอบน้ำหนักฐานรากที่ได้สมมุติในขั้นตอนที่1 กับน้ำหนักจริง



รูปที่ 8. 14 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่5 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

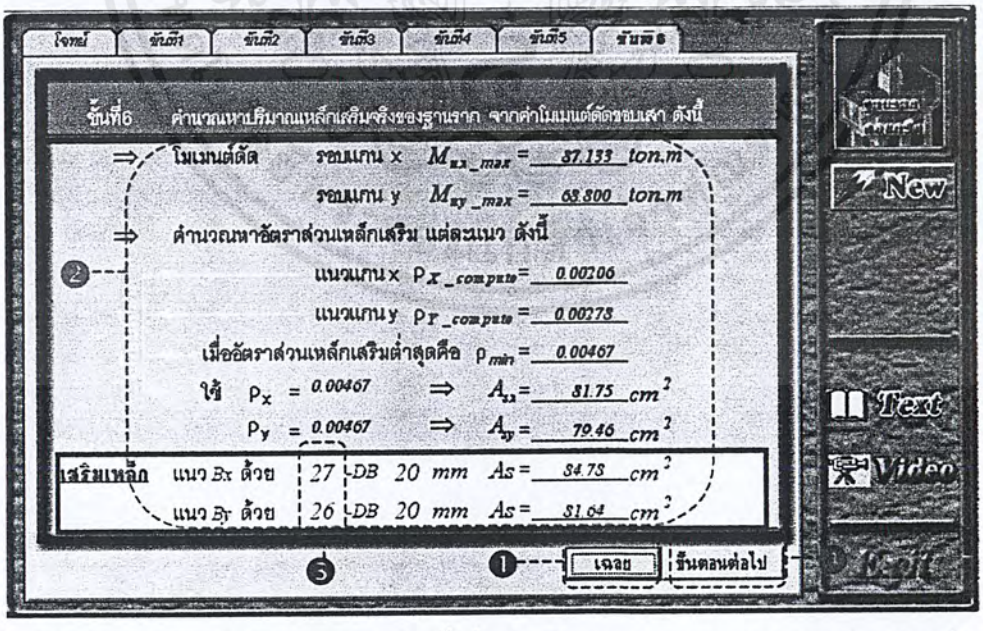
<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่5 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนที่ผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามเหมาะสม

<u>ส่วนที่3</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

8.4.6. ขั้นที่6 สำหรับการออกแบบฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

8.4.6.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุดที่หน้าตัดวิกฤติได้เพื่อนำมาคำนวณหาความหนาแน่นเหล็กเสริมที่จะใช้ในการเสริมเหล็กต้านทานต่อโมเมนต์ดัดสูงสุดในแต่ละแนว ซึ่งจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าปริมาณความหนาแน่นต่ำสุดที่พิจารณาจากความสามารถในการต้านทานต่อโมเมนต์ดัดแตกร้าวของคอนกรีต



รูปที่ 8. 15 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่6 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4.6.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่6

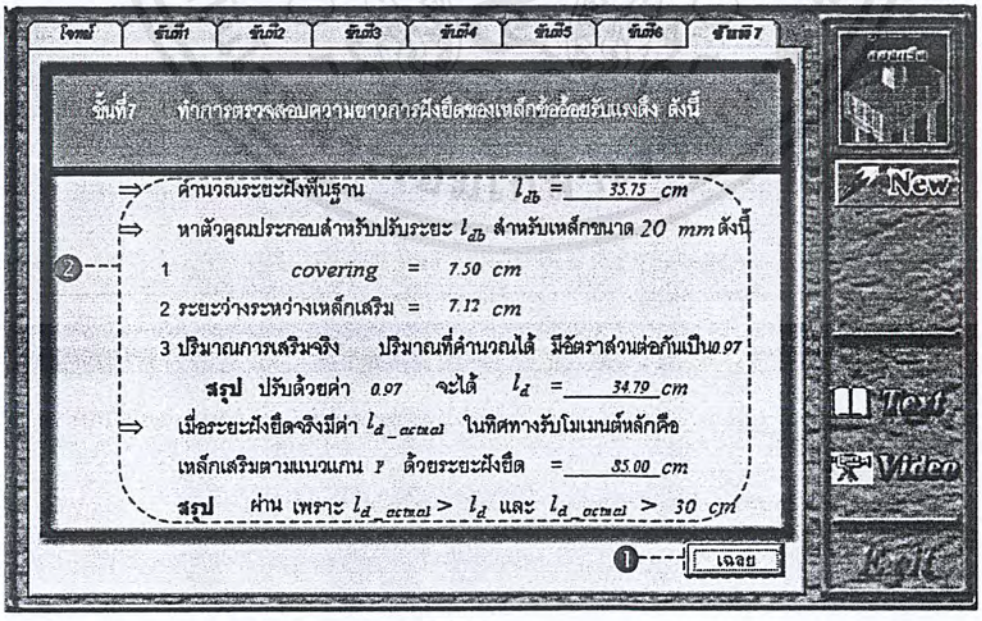
<u>ส่วนที่3</u> สำหรับให้ผู้ออกแบบระบุจำนวนเส้นเหล็กเสริมได้ตามต้องการแต่ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้

<u>ส่วนที่4</u> ปุ่ม **ขั้นตอนต่อไป** สำหรับกดเพื่อแสดงรายละเอียดการออกแบบในขั้นตอนต่อไป

8.4.7. ขั้นที่7 สำหรับการออกแบบฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

8.4.7.1. จุดประสงค์การออกแบบ

สำหรับให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบความสามารถในการต้านทานต่อแรงยึดหน่วงของเหล็กเสริมรับแรงดึงประเภทเหล็กข้ออ้อยได้ โดยตรวจสอบจากระยะฝังยึดจริงของเหล็กเสริมกับระยะฝังยึดยอมให้ตามข้อกำหนด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสามปัจจัยคือ ระยะว่างระหว่างเหล็กเสริม ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม และปริมาณเหล็กเสริมจริงกับที่คำนวณได้



รูปที่ 8. 16 แสดงหน้าต่างการออกแบบในขั้นที่7 สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4.7.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

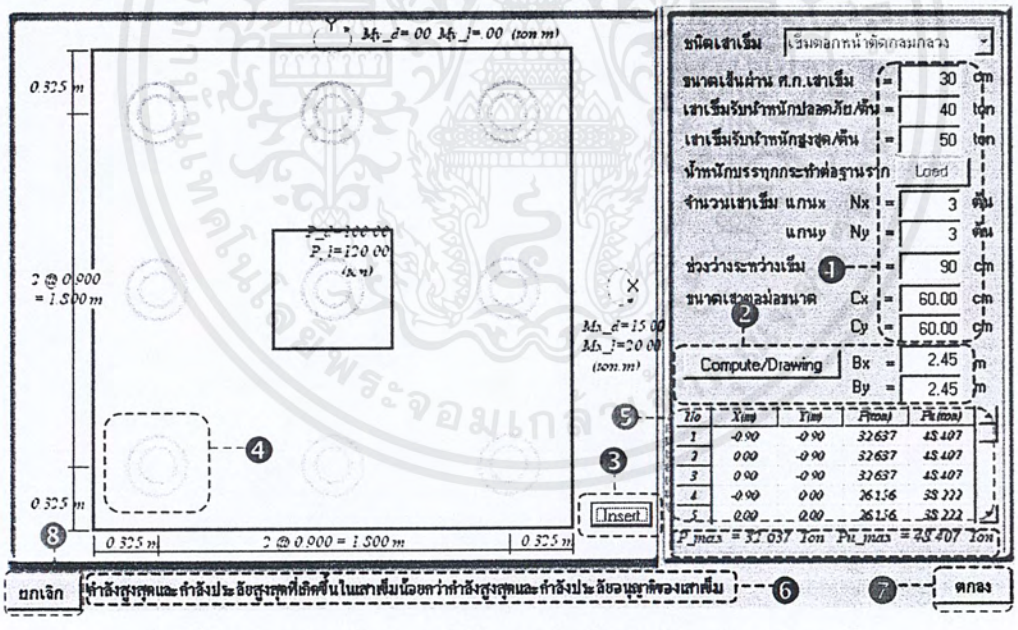
<u>ส่วนที่1</u> ปุ่ม **เฉลย** สำหรับกดเพื่อแสดงผลเฉลยทั่วไปตามจุดประสงค์

<u>ส่วนที่2</u> สำหรับแสดงผลลัพธ์ตามจุดประสงค์การคำนวณในขั้นที่6

8.5. การใช้งานโปรแกรมช่วยจัดวางตำแหน่งเสาเข็ม

8.5.1. จุดประสงค์โปรแกรม

สำหรับให้ผู้ออกแบบได้ทดลองจัดวางเสาเข็มเพื่อสังเกตุถึงผลการจัดวางเสาเข็มที่แตกต่างกันไปอันจะส่งผลต่อ ขนาดฐานราก และแรงกระทำในเสาเข็มแต่ละต้น



รูปที่ 8. 17 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมช่วยในการจัดวางตำแหน่งเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.5.2. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่1 สำหรับระบุขนาดเสาเข็ม กำลังยอมให้ และกำลังสูงสุดยอมให้ของเสาเข็มแต่ละต้น รวมทั้งจำนวนเสาเข็มในแต่ละแนวตามที่ผู้ออกแบบต้องการ ทั้งยังสามารถระบุระยะห่างระหว่างเข็มได้เพื่อความยืดหยุ่นในการจัดวางเสาเข็มให้ได้หลายรูปแบบ

ส่วนที่2 ปุ่ม **Compute/Drawing** สำหรับทำการคำนวณหาขนาดฐานรากตามจำนวนเสาเข็มที่ได้ระบุไป ซึ่งโปรแกรมจะทำการวาดขอบเขตกว้างยาวของฐานรากพร้อมทั้งจำนวนเสาเข็ม เพื่อรอให้ผู้ออกแบบระบุอีกครั้งว่าต้องการวางเสาเข็มที่ตำแหน่งใดอีกบ้าง

ส่วนที่3 ปุ่ม **Insert** สำหรับเริ่มทำการจัดวางเสาเข็มที่ต้องการลงไปโดยการใช้ เมาส์กดเพื่อเลือกตำแหน่งที่ต้องการวางเสาเข็ม

ส่วนที่4 หากต้องการจัดวางเสาเข็มลงที่ตำแหน่งใด ก็ให้ใช้ เมาส์กดลงไปที่ตำแหน่งเข็มนั้น

ส่วนที่5 เป็นตารางรายงานผลถึงตำแหน่ง แรงในเสาเข็ม และแรงสูงสุดในเสาเข็ม แต่ละต้นที่ได้จัดวางลงไป เพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงขณะที่มีการจัดวางเข็มลงไป

ส่วนที่6 เป็นส่วนซึ่งแสดงผลการยอมรับการจัดวางเสาเข็มในแง่แรงกระทำในเสาเข็มว่าการจัดวางเสาเข็มในขณะนั้นปลอดภัยหรือไม่

ส่วนที่7 ปุ่ม ตกลง สำหรับยอมรับผลการจัดวางเสาเข็ม

ส่วนที่8 เมื่อต้องการออกจากหน้าต่างช่วยในการจัดวางเสาเข็ม โดยยังไม่ต้องการจัดวางเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่9
ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

9.1. ผลที่ได้รับจากโครงงาน

จากการศึกษาและทดลองใช้โปรแกรมสอนวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก พบว่าโปรแกรมมีความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนรู้ ดังต่อไปนี้

1. โปรแกรมสามารถตอบสนองต่อการศึกษาในรูปแบบทั่วไป คือ การศึกษาโดยการอ่านจากเอกสารและตัวอย่างท้ายบทเรียน จากเอกสารที่ได้จัดทำขึ้นซึ่งมีลักษณะพิเศษแตกต่างจากตำราทั่วไปตรงที่ได้มีการเชื่อมโยงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการศึกษาด้วยตนเอง

2. โปรแกรมสามารถชี้นำให้ผู้ศึกษาเข้าใจถึงหลักการ และขั้นตอนการออกแบบในแต่ละโครงสร้างได้เป็นอย่างดี จากวีดีโอสรุปการออกแบบที่ได้จัดทำขึ้น ซึ่งมีลักษณะเด่นตรงที่การนำเสนอที่น่าสนใจในรูปแบบวีดีโอ และการนำเสนอที่กระชับเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ศึกษาเข้าใจและทราบถึงเป้าหมายของการออกแบบก่อนการออกแบบจริง อันถือว่าเป็นหัวใจของการศึกษาที่ได้ผลดีเป็นอย่างยิ่ง คือการให้ผู้เรียนรู้ทราบถึงความต้องการก่อน จากนั้นจึงพยายามหาวิธีการต่างๆ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการนั้นๆ

3. โปรแกรมสามารถตอบสนองต่อการศึกษาในรูปแบบของการเรียนรู้โดยการทดลองออกแบบจริง คือ ผู้ศึกษาสามารถทดลองออกแบบโครงสร้างได้จริง จากส่วนของโปรแกรมออกแบบที่ได้ทำขึ้นมา โดยมีลักษณะพิเศษตรงที่ระบบการทำงานของโปรแกรมที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 จังหวะ ดังนี้

จังหวะที่1

เป็นการคำนวณออกแบบโครงสร้างโดยอัตโนมัติ โดยอาศัยสมมุติฐานการออกแบบเบื้องต้นเพื่อให้โปรแกรมได้ทำการแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณแต่ละขั้นตอนออกมา จึงเหมาะสำหรับผู้ออกแบบหรือผู้ศึกษาที่ยังขาดความชำนาญ

จังหวะที่2

หลังจากปรากฏผลการคำนวณโดยอัตโนมัติแล้ว ผู้ออกแบบจะทำการพิจารณาลัพธ์ที่ออกมาแล้วสามารถทำการเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามเหมาะสมในส่วนของสมมุติฐานการออกแบบ และผลลัพธ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏ จึงเหมาะสำหรับผู้ออกแบบหรือผู้ศึกษาที่มีความชำนาญในการออกแบบ หรือมีความสนใจถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรในการออกแบบ เพื่อผลของการทำนายผลลัพธ์จากการทดลองเปลี่ยนแปลง

จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นการตอบสนองต่อการเรียนรู้ที่สมบูรณ์แบบ คือสามารถรองรับผู้ศึกษาได้สองรูปแบบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกเหนือจากนี้โปรแกรมออกแบบยังสามารถเรียกดูสมการหรือหลักการออกแบบแต่ละขั้นตอนได้อย่างง่ายดาย โดยการกดเมาส์ลงบนตัวแปรที่ต้องการทราบรายละเอียด จึงถือได้ว่าเป็นการสะดวกต่อการตอบข้อสงสัยของผู้ศึกษาได้เป็นอย่างดี เพราะสะดวกและรวดเร็ว ตลอดทั้งภาษาที่ใช้ในการอธิบายเน้นความกระชับเป็นสำคัญ

9.2. ข้อจำกัดของโครงงาน

อย่างไรก็ตาม โครงงานนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการในบางส่วนของโครงงาน อันได้แก่ ในส่วนของโปรแกรมออกแบบที่ตอบสนองการออกแบบไม่ได้ทุกโครงสร้าง อันเนื่องจากผู้จัดทำพยายามมุ่งเน้นประเด็นการศึกษาการออกแบบเฉพาะโครงสร้างพื้นฐานเท่านั้น เพื่อให้ตรงกับเป้าหมายของการจัดทำโครงงาน ที่มุ่งเน้นความเข้าใจการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานเป็นสำคัญ โดยถือหลักการที่ว่าหัวใจของสื่อการเรียนรู้จะดีหรือไม่ดี ไม่ได้ขึ้นกับปริมาณสื่อ แต่ขึ้นอยู่กับวิธีการของสื่อว่าจะทำอย่างไรที่จะให้ผู้เรียนรู้สนใจและสามารถเข้าใจถึงหลักการเบื้องต้นได้มากกว่า ประจวบกับระยะเวลาในการทำโครงการที่ถูกจำกัด จึงไม่สามารถสร้างโครงงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายได้

9.3. บทสรุปของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นโครงงานสื่อการเรียนรู้รูปแบบใหม่ ที่พยายามตอบสนองต่อความต้องการในการเรียนรู้ที่หลากหลายได้เป็นอย่างดี ตลอดทั้งพยายามจัดรูปแบบโปรแกรมให้มีความสวยงามดึงดูดใจแตกต่างจากโปรแกรมออกแบบที่มีอยู่ตามท้องตลาด จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการนำไปใช้ในการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือ ใช้ประกอบการเรียนการสอนในห้องเรียน ยิ่งไปกว่านั้นหากมองในแง่ของความสะดวกในการศึกษาแล้ว ถือได้ว่าเป็นข้อได้เปรียบที่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับตำราที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด จึงสรุปได้ว่าโครงงานนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร, 2540 , การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง, กรุงเทพ ฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. สัมพันธ์พาณิชย์
- ชัชวาล ศุภเกษม , 2542 , การเขียนโปรแกรมบนวินโดวน์ด้วย Microsoft Visual Basic 6.0 ภาคปฏิบัติ , กรุงเทพ ฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด
- กิตติ ภักดีวัฒนะกุล , จำลอง ครูอุตสาหะ , 2542 , Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์ , กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์
- ธาริน สิทธิธรรมชารี , 2542 , Visual Basic Version 6.0 ฉบับใช้งานจริง , กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชีย เพรส(1989) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้