บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 รายละเอียดของโปรแกรมและข้อจำกัดของการใช้งาน

4.1.1 เป็นโปรแกรมที่ใช้งานภายใต้โปรแกรม Microsoft Excel

4.1.2 ใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ได้ทุกรุ่นที่มีโปรแกรม Microsoft Excel

4.1.3 การทำงานเป็น Worksheet ที่มีหลายๆ Sheet ทำงานสัมพันธ์กันภายใต้โปรแกรม Microsoft Excel

4.2 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

เมื่อพิจารณาจากโปรแกรม ผู้ใช้จะต้องใส่ข้อมูลใน Sheet "input"ดังตัวอย่างขั้นต้น

ขั้นที่1 คือการใส่ค่าข้อมูลเบื้องต้น(สังเกตจะเป็นตัวหนังสือสีน้ำเงิน) หมายถึง มีการใส่ข้อมูลเพียงครั้งเดียวต่อ โจทย์ หนึ่งข้อ ซึ่งได้แก่

1.ในส่วนของหน้าที่เป็นข้อกำหนด ได้แก่

1.1 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต fc'

1.2 ชั้นคุณภาพ (มอก.20-2527) ของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ

1.3 ชั้นคุณภาพ (มอก24-2527) ของเหล็กข้ออ้อย

2.ในส่วนของหน้าที่เป็นรายการเสริมเหล็ก ได้แก่

2.1 Beam number (หมายเลขของคาย)

2.2 Section (ขนาดหน้าตัดคาน)

2.3 โมเมนต์ดัด แรงเฉือน โมเมนต์บิด

2.4 ระยะหุ้ม ความยาวช่วงคาน

ขั้นที่ 2 คือการใส่ค่าข้อมูลที่มีการแปรผัน(สังเกตจะเป็นดังหนังสือสีชมพู) หมายถึงให้มีการใส่ค่าตามความต้องการของผู้ใช้โปรแกรม ได้แก่ค่า ตารางการออกแบบจะมีให้กรอกขนาดเหล็กเสริม **และจำนวนเส้น และขนาดของเหล็กปลอก รวมไปถึงจำนวนขาของเหล็กปลอก**

หมายเหตุ

ผู้ใช้สามารถใส่ข้อมูลใดๆลงไปก็ได้โดยไม่มีข้อจำกัด

ผู้ใช้ควรตรวจสอบหน่วยของข้อมูลให้ดีก่อนทำการกรอกข้อมูลลงไป

4.3 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม และการวิเคราะห์โจทย์

ตัวอย่างที่ 1 จงออกแบบคานรับพื้นยื่น ซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกจร 100 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยกำหนดให้เป็นคานช่วงเดียวยาว 3.5 เมตร พิจารณาคานดังกล่าวเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

วิธีคิดมือ

น้ำหนักพื้น $= 2400 \times \frac{(0.15+0.10)}{2}$

$= 300$ kg/m

น้ำหนักจร $= 100$ kg/m

น้ำหนักรวม $= 300+100$

$= 400$ kg/m

$M_{max} = \frac{400 \times 1.00^2}{2} = 200$ kg – m

(เป็นโมเมนต์บิดถ่ายลงคาน)

$V_{max} = 400 \times 1.00$

$= 400$ kg/m

(เป็นน้ำหนักต่อหน่วยความยาวที่ถ่ายลงคาน)

น้ำหนักคาน $= 2400 \times 0.25 \times 0.45$

$= 270$ kg/m

น้ำหนักรวม $= 270+400$

$= 670$ kg/m

$M^+_{max} = \frac{670 \times 3.50^2}{8} = 1026$ kg – m

ใช้ระยะหุ้ม 3 เซนติเมตรทุกด้าน DB 12 และ RB 6 เป็นเหล็กตามยาวและปลอกตามลำดับ

d $= 45 - 3 - 0.6 - \frac{1.2}{2}$ (ใช้ d = 40.8 cm)

ตรวจสอบ $\frac{l}{b} = \frac{3.50}{0.25} < 30$ (ไม่เป็นคานแคบ)

โมเมนต์ต้านทาน $M_r = 17.28 \times 0.25 \times 40^2$

$= 7190.41 > 1026$ kg – m

เหล็กเสริม $A_s^+ = \frac{1026}{1700 \times 0.879 \times 0.40}$

$= 1.68$ cm^2

$1.34 \cdot A_a^+ = 1.34 \times 1.72$

$= 2.25$ cm^2

$A_{s\min}$ $= \frac{14}{4000} \times 25 \times 40$

$= 3.57$ cm^2

(ใช้ $2-DB12mm, A_s = 2.26 \approx 2.30 cm^2$)

ตรวจสอบ $\frac{h}{l}$ $= \frac{0.45}{3.50} \quad \langle \quad \frac{2}{5}$ (ไม่เป็นคานลึก)

$V_{\max}$ $= \frac{670 \times 3.50}{2} \quad = 1173$ kg

สามเหลี่ยมคล้าย $\frac{V_{\max}}{\frac{l}{2}} = \frac{V_d}{\frac{l}{2} - d}$

V_d $= \frac{2 \cdot V_{\max}}{l} \cdot \left(\frac{l}{2} - d\right)$

$= \frac{2 \times 1173}{3.50} \times (1.75 - 0.40)$

$= 905$ kg

v $= \frac{905}{25 \times 40} \quad = 0.91$ ksc

V_c $= 0.29 \times \sqrt{240} \quad \rangle \quad 0.91$ ksc ใช้ได้

โมเมนต์บิดสูงสุด M_t $= \frac{1}{2} \times 200 \times (3.50 - 0.40)$

$= 310$ kg – m

$\Sigma x^2 \cdot y$ $= 25^2 \times 40$

$= 25000$ cm^2

A_c $= [25 - 2 \times (3 + 0.60)] \times [45 - 2 \times (3 + 0.60)]$

$= 700$ cm^2

z $= 2 \times (25 - 2 \times (3 + 0.6 + 1.2/2)) + \frac{2 \times (45 - 2 \times (3 + 0.6 + 1.2/2))}{4}$

$= 29.00$ cm

หน่วยแรงเฉือนบิด v_t $= \frac{3.50 \times 310 \times 100}{25000}$

$= 4.34$ ksc

$v + v_t$ $= 0.91 + 4.34$

$= 5.25$ ksc

v_c $= 1.25 \times 1.32 \times \sqrt{240}$

$\rangle \quad 5.25$ ksc ใช้ได้

เหล็กเสริมที่มุม A_{sc} $= \frac{M_t \cdot z}{2 \cdot A_c \cdot f_s}$

$$= \frac{310 \times 100 \times 29.00}{2 \times 700 \times 1700} \quad = 0.36 \quad cm^2$$

(ใช้ $DB12mm, A_s = 1.13cm^2$ ที่มุมทั้ง 4)

เหล็กปลอก $A_v = 0.28 \quad cm^2$ (ขาเดียว)

$$A_v = \frac{M_t \cdot s}{2 \cdot A_c \cdot f_v}$$

$$0.28 = \frac{310 \times s \times 100}{2 \times 700 \times 1200}$$

$$s = \frac{0.28 \times 2 \times 700 \times 1200}{310 \times 100}$$

$$= 15.32 \quad cm$$

(ใช้ $RB6mm@0.15m$)

วิธีคิดจากโปรแกรม

ข้อกำหนดและมาตรฐานในการออกแบบโครงสร้าง

โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

ข้อกำหนดและมาตรฐานในการออกแบบโครงสร้าง

รายการคำนวณนี้อ้างอิงตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 และ พ.ศ.2535 (ฉบับที่2) และกฎกระทรวงฉบับที่6 (พ.ศ.2527) ส่วนอื่นที่มิได้กำหนดไว้จะอ้างอิงตามมาตรฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก พ.ศ.2517 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และข้อกำหนดมาตรฐานของ AISC

คอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้โดยอัตรส่วนปริมาตร ซีเมนต์ : ทราย : หิน 1:2:4 หรือ Mixed Design โดยอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ (Water ratio) อยู่ระหว่าง 0.50-0.60 เพื่อให้กำลังประลัยของแท่งทดสอบคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน ค่ากำลังอัดประลัย ไม่น้อยกว่า 145 กก./ตร.ม.

Design Paramiter

กำลังอัดประลัยของคอนกรีต	**fc'**	=	**240**	ksc
หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต	**fc** =0.45fc'	=	81.00	ksc
หน่วยแรงเฉือนแบบคาน	**Vc1**	=	3.89	ksc
หน่วยแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ	**Vc2**	=	7.11	ksc
หน่วยแรงเฉือนจากโมเมนต์	**Vc3**	=	17.71	ksc
โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต	**Ec**	=	204064.00	ksc

เหล็กเส้นกลม (RB)

ชั้นคุณภาพ (มอก.20-2527) **SR24**

Fy	=	2400	ksc
Fs	=	1200	ksc
Es	=	2040000	ksc

เหล็กข้ออ้อย (DB)

ชั้นคุณภาพ (มอก24-2527) **SD40**

Fy	=	3000	ksc
Fs	=	1500	ksc
Es	=	2040000	ksc

Paramiter ของเหล็กเสริม

n=	10	
k=	0.403	SR24
	0.351	SD30
j=	0.866	SR24
	0.883	SD30
R=	14.134	SR24
	12.552	SD30

Calculation Sheet Design

Project : Date : 24 มีนาคม 2553

Beam number : GB3 Section : 0.25 x 0.45 m Design by

โมเมนต์ลัพ	1026	kg-m	ความกว้างคาน	0.25	m
แรงเฉือน(max)	1173	kg	ความลึกคาน	0.45	m
โมเมนต์บัส	310	kg-m	ระยะหุ้ม	0.03	m
หน่วยแรงเฉือนประลัย	3.86	ksc	ความยาวช่วงคาน	3.5	m

ประเภทของคาน(ในตารางใช้สำหรับระยะโค่ง)

1 ช่วงเดียวธรรมดา

ตรวจสอบความลึก 0.1 OK ไม่เป็นคานลึก ความลึกต่ำสุด 0.22

ตรวจสอบความแคบ 14 < 30 ไม่เป็นคานแคบ

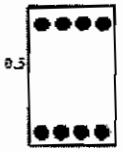
ประเภทของคาน
1.คานช่วงเดียวธรรมดา
2.คานปลายต่อเนื่องข้างเดียว
3.คานปลายต่อเนื่องสองข้าง
4.คานยื่น

ตารางออกแบบคาน

M	Tensile				Compressive				Stirrup	d	d'	Mr	Status	As				As'			As min, cm²			Vc	Vmax	Vs	Vw	V		
	1st		2nd		1st		2nd		Ø					cm²				cm²											s	spacing
kg-m	DB	=	DB	=	DB	=	DB	=	mm	cm	cm	kg-m		1	2	Needed	Provided	Needed	Provided		14/fy cm²	1.4 As cm²		0.29 kg	kg	0.795 kg	kg	ksc	kg		cm
1026	12	4			12	4			6	40.3	4.2	7590.41	Single			1.52	4.52	ok		4.52		3.57	2.26	ok	4630	1173	12562	1.55	0	2	20.40

Mr	Vr	Vr <	Ac	Z	XY	v	v	As		Asc				n	spacing	use spacing
						Vr-Vr	<	cm²		cm²					cm	
kg-m	ksc	1.32√f'c	cm²	m	m.cm²	ksc	1.65√f'c	1	2	Needed	Provided	Needed	Provided			Mr cm
310	3.86	ok	0.07	0.29	281.25	3.01	ok	2.3	0.5	3.8	4.52	ok	1	4.52	ok	2	15.82	15

สรุปรายการเหล็กเส้น



4-DB12 mm

RB6 mm @0.15

4-DB12 mm

ตัวอย่างที่ 2 จงออกแบบคานยื่นซึ่งรับน้ำหนักจากหลังคา 400 k/m กันสาดหนา 0.12 m ครีบหนา 0.10 m สูง 1.20 m น้ำหนักบรรทุกจรลงบนกันสาดให้คิด 100 kg/m

จากการวิเคราะห์โครงสร้าง จากโปรแกรม SUT Strutin ได้ค่าโมเมนต์=10813 kg.m

แรงเฉือน = 5196 kg โมเมนต์บิด = 1875 kg.m

วิธีทำ สมมติใช้คานขนาด 0.30 x 0.80 มี d = 0.75 m , M_R = 29078.93 kg.m

แรงเฉือน V = $1732\left(\frac{7.5}{2}-0.75\right)$ = 5196 kg

หน่วยแรงเฉือน $v_v = \frac{V}{bd} = \frac{5196}{30x75}$ = 2.31 kg/cm

$v_v < 0.29\sqrt{f_c'}$ = 3.49 kg/cm^2 แสดงว่าไม่ต้องเสริมเหล็กปลอกรับแรงเฉือนธรรมดา

โมเมนต์บิดสูงสุด $M_t = 625\left(\frac{7.5}{2}-0.75\right)$ = 1875 kg.m

หน่วยแรงเฉือนบิด $v_t = \frac{3.50\times1875}{30^2\times0.80}$ = 9.11 kg/cm^2

$v_t < 1.32\sqrt{f_c'}$ = 15.9 kg/cm^2 แสดงว่าหน้าตัดรับแรงเฉือนจากโมเมนต์บิดได้

$v + v_t$ = 2.13 + 9.11 = 11.42 kg/cm^2 < $1.65\sqrt{f_c'}$

= 19.9 kg/cm^2 แสดงว่าหน้าตัดนี้ใหญ่พอรับแรงเฉือนรวมได้

หาเหล็กปลอกโดยเลือใช้ ป 9 mm ได้ระยะเรียง s = $\frac{0.64\times2\times0.1776\times1200}{1875}$ = 0.145 ใช้ 0.125 m

หาเหล็กเสริมมุม

$A_s = \frac{M_t Z}{2A_c f_s} = \frac{1875(0.49)}{2(0.1776)(1200)}$ = 2.16 cm^2

หาเหล็กรับโมเมนต์ดัด เนื่องจาก $M < M_R$

$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{10813}{1200\times0.876\times0.75}$ = 13.72 cm^2

เสริมเหล็กล่าง 13.72 + 2(2.16) = 18.04 cm^2 ใช้ 4- DB 25

เสริมเหล็กบน 2(2.16) = 4.32 cm^2 ใช้ 2- DB 25

Calculation Sheet Design

Project : Date : 26 มีนาคม 2551

Beam number : GB5 Section : 0.30 x 0.50 m Design by

0.30

0.50

โมเมนต์ลบ 10813 kg-m ความกว้างคาน 0.30 m

แรงเฉือน(max) 5196 kg ความลึกคาน 0.50 m

โมเมนต์บวก 1875 kg-m ระยะหุ้ม 0.03 m

น้ำหนักบรรทุกบนคาน 9.11 ton/m ความยาวช่วงคาน 7.5 m

ประเภทของคาน(ในกรณีไม่ต้านแรงกระทำด้วย)

4 ปลายยึน

ตรวจสอบคานลึก 0.1 OK ไม่เป็นคานลึก ความลึกต่ำสุด 0.34

ตรวจสอบคานแคบ 25 < 30 ไม่เป็นคานแคบ

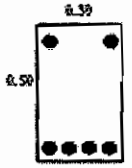
ประเภทของคาน
1.คานช่วงเดียวอย่างง่าย
2.คานปลายยื่นข้างเดียว
3.คานปลายยื่นสองข้างของช่วง
4.คานยื่น

ตารางออกแบบคาน

M	Tensile				Compressive				Stirrup	d	d'	Mr	Status	As cm²				As' cm²			As-min, cm²			Vc	Vmax	Vc	Vs	V		
	1st		2nd		1st		2nd		Ø					1	2	Needed	Provided	Needed	Provided		14 fy	1.34 As		0.29		0.795			n	spacing
kg-m	DB	#	DB	#	DB	#	DB	#	mm	cm	cm	kg-m									cm²	cm²		kg	kg	kg	ksc	kg		cm
10813	25	4			25	2			9	74.9	5.2	29078.93	Single			9.66	19.63	ok		9.82		7.86	12.94	ok	10089	5196	27674	5.31	0	1	30.00

Mr	Vr	Vr <	Ac	Z	XY	v	v	As cm²		As' cm²			Asc cm²			n	spacing cm	use spacing
						Vu-Vr	<											
kg-m	ksc	1.33√fc'	m²	m	m-cm²	ksc	1.61√fc'	1	2	Needed	Provided		Needed	Provided			Mr	cm
1875	5.31	ok	0.15	0.49	720	11.42	ok	24.1	2.1	18.3	19.63	ok	4.2	9.82	ok	2	14.66	12.5

สรุปรายการเหล็กเสริม



2 - DB 25 mm

ปลอก RB 9 mm @ 0.125 m

4 - DB 25 mm