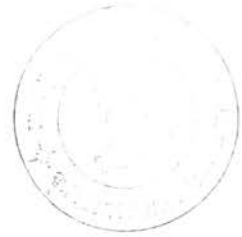


## บทที่ 5

### ตัวอย่างการออกแบบและการเปรียบเทียบ



#### 5.1 กล่าวนำ

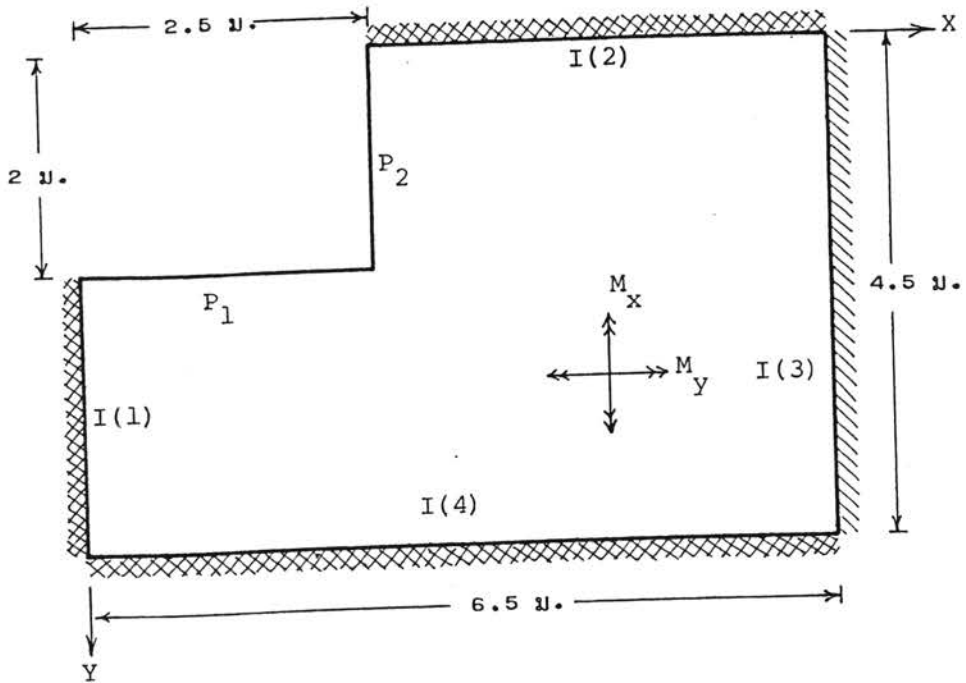
ในบทนี้จะกล่าวถึงตัวอย่างการออกแบบแผ่นพื้นเพียง 3 ชนิดคือ แผ่นพื้นชนิดที่ 4, 5 และ 7 สำหรับการเปรียบเทียบกับวิธีอื่นจะเปรียบเทียบเฉพาะแผ่นพื้นที่มีรูปร่างและสภาวะเงื่อนไขที่สามารถเปรียบเทียบกับวิธีอื่นได้ไม่ยาก คือแผ่นพื้นชนิดที่ 1

#### 5.2 ตัวอย่างการออกแบบ

ในตัวอย่างการออกแบบนี้ใช้คุณสมบัติของวัสดุและตัวประกอบภาระเหมือนกันทุกตัวอย่าง

- กำลังคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานที่อายุ 28 วัน =  $200 \text{ กก/ซม}^2$
- เหล็กเสริมชนิดผิวเรียบกำลังที่จุดคดง =  $2,400 \text{ กก/ซม}^2$
- ตัวประกอบภาระสำหรับน้ำหนักถาวร = 1.4
- ตัวประกอบภาระสำหรับน้ำหนักบรรทุกจร = 1.7

5.2.1 ตัวอย่างที่ 1 (แผ่นพื้นชนิดที่ 4)



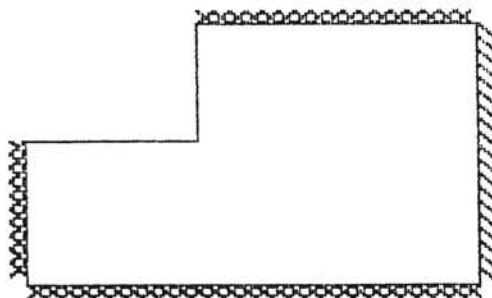
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างแผ่นพื้นชนิดที่ 4 (ตัวอย่างที่ 1)

- รับน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ  $400 \text{ กก/ม}^2$ .
- รับน้ำหนักแนวเส้นรอบช่องเปิด
  - $P_1 = 500 \text{ กก/ม.}$
  - $P_2 = 100 \text{ กก/ม.}$
- อัตราส่วน  $\frac{\text{แรงคัตที่ขอบที่รองรับ}}{\text{แรงคัตภายในแผ่นพื้น}}$ 
  - $I(1) = 1.2$
  - $I(2) = 1.3$
  - $I(3) = 0$
  - $I(4) = 1.5$
- อัตราส่วน  $M_y/M_x = 1.34$

การป้อนข้อมูลในตัวอย่างที่ 1

SLAB TYPE ..... = 4  
 STEEL TYPE. (RB= Round bar ;DB= Deform bar) . = RB  
 YIELD STRENGTH OF STEEL. (ksc.) ..... = 2400  
 TOP STEEL DIAMETER. (mm.) ..... = 9  
 BOTTOM STEEL DIAMETER. (mm.) ..... = 9  
 CYLINDER STRENGTH OF CONCRETE. (ksc.) . = 200  
 DEAD LOAD FACTOR .. = 1.4  
 LIVE LOAD FACTOR .. = 1.7  
 LENGTH OF SPAN Lx. (meter) ..... = 6.5  
 LENGTH OF SPAN Ly. (meter) ..... = 4.5  
 LENGTH OF OPENING, LO. (meter) .. = 2.5  
 WIDTH OF OPENING, WO. (meter) ... = 2  
 UNIFORM LOAD. (kg/squar meter) .. = 400  
 LINE LOAD P1. (kg/meter) ..... = 500  
 LINE LOAD P2. (kg/meter) ..... = 100  
 VALUE I(1) ..... = 1.2  
 VALUE I(2) ..... = 1.3  
 VALUE I(3) ..... = 0  
 VALUE I(4) ..... = 1.5  
 RATIO My/Mx. .... = 1.34  
 INITIAL SLAB THICKNESS . (cm.) .. = 11  
 STEP SIZE FOR ITERATION ..... = .05

-----  
 PLOT DATA  
 -----



ผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ 1 จากไมโครคอมพิวเตอร์

```

%%%%%%%%%%
%
% MOMENT IN X-direction %
% (kg-meter/meter) %
%
%
%%%%%%%%%%

```

```

PATTERN 1 , My = 804.549238
PATTERN 2 , My = 717.057207
PATTERN 3 , My = 741.347662
PATTERN 4 , My = 741.347662
PATTERN 5 , My = 781.170347
PATTERN 6 , My = 705.447784
PATTERN 7 , My = 783.712608

```

MOMENT FOR DESIGN (My) = 804.549238

\*\*\*\*\*

%% RESULT SLAB TYPE 4 %%

\*\*\*\*\*

```

- Lx SPAN = 6.5 m.
- Ly SPAN = 4.5 m.
- OPENING LENGTH (LO) = 2.5 m.
- OPENING WIDTH (WO) = 2 m.
- SLAB THICKNESS = 11 cm.
- CYLINDER STRENGTH OF CONCRETE = 200 ksc.
- YIELD STRENGTH OF STEEL = 2400 ksc.

```

%% TOP STEEL %  
 %%%%%%%%%%

- ROUND BAR DIAMETER = 9 mm.

SIDE (No.)	AREA (cm <sup>2</sup> /m)	SPACING (cm)	LENGTH FROM SUPPORT (cm)
%%%%%%%%%	%%%%%%%%%	%%%%%%%%%	%%%%%%%%%
1	3.85	16.5306122	146
2	5.65000001	11.2642225	104
3	0	650	0
4	6.55000001	9.71646673	104

%% BOTTOM STEEL %  
 %%%%%%%%%%

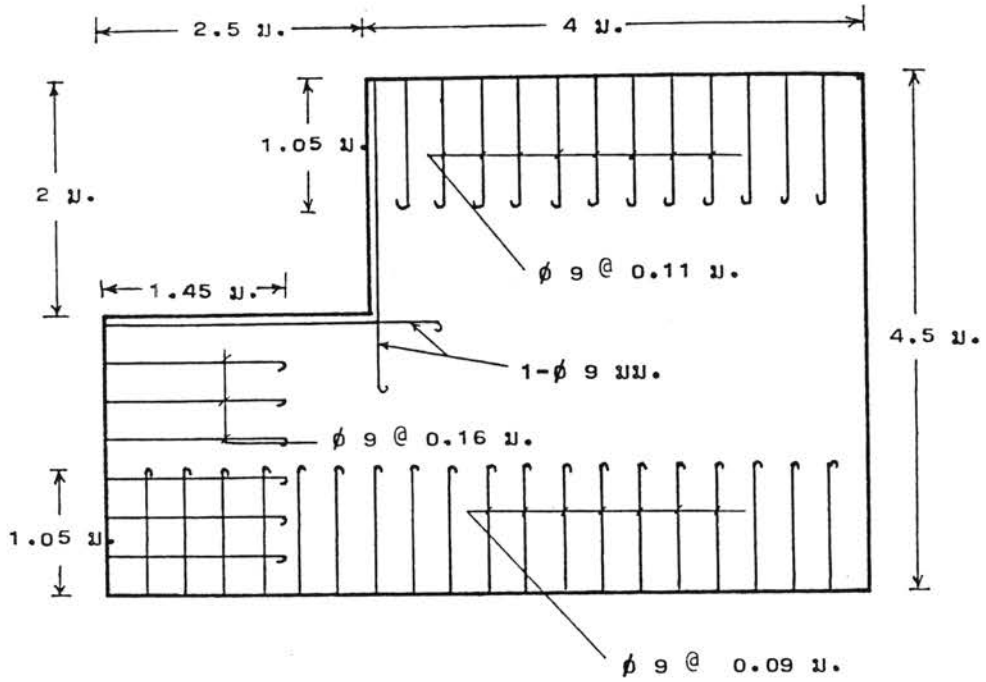
- ROUND BAR DIAMETER = 9 mm.

SPAN DIRECTION	STEEL AREA (cm <sup>2</sup> /m)	SPACING (cm)
%%%%%%%%%	%%%%%%%%%	%%%%%%%%%
Lx	3.65	17.4363992
Ly	4.35000001	14.6305419

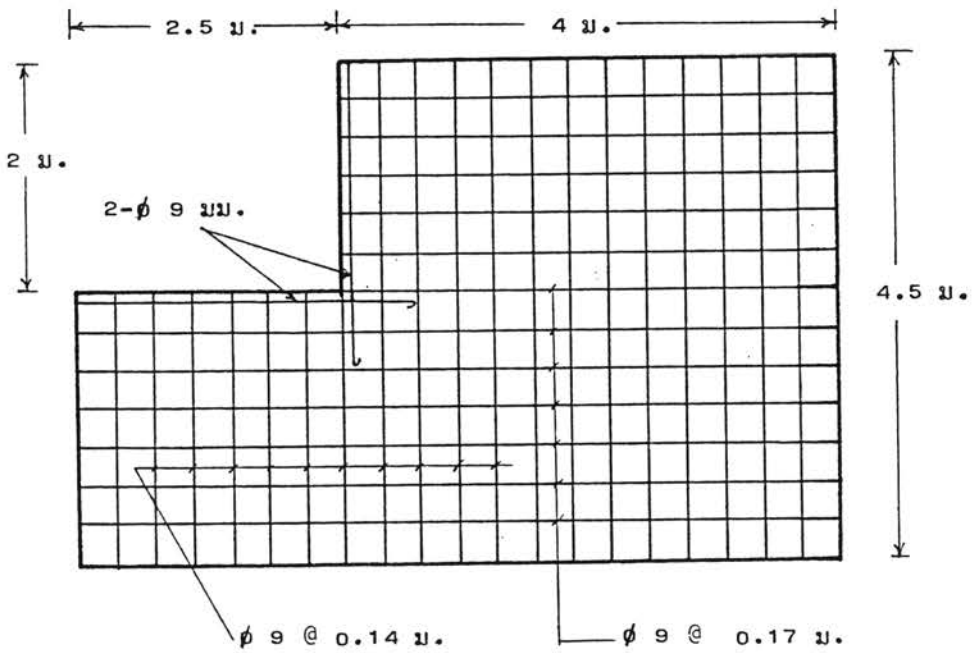
%% STEEL AROUND OPENING %  
 %%%%%%%%%%

# 3 ROUND BAR DIAMETER = 9 mm.

\*\*\*\*\*



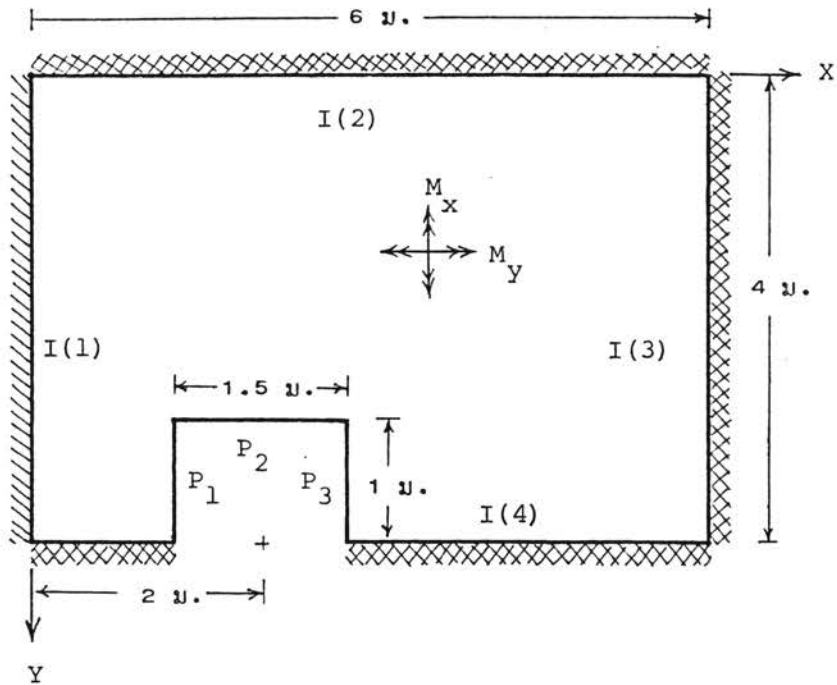
(ก) เหล็กบน



(ข) เหล็กล่าง

รูปที่ 5.2 การเสริมเหล็กในตัวอย่างที่ 1

## 5.2.2 ตัวอย่างที่ 2 (แผ่นพื้นชนิดที่ 5)



## รูปที่ 5.3 ตัวอย่างแผ่นพื้นชนิดที่ 5 (ตัวอย่างที่ 2)

- รับน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ  $400 \text{ กก/ม}^2$ .
- รับน้ำหนักแนวเส้นรอบช่องเปิด
 

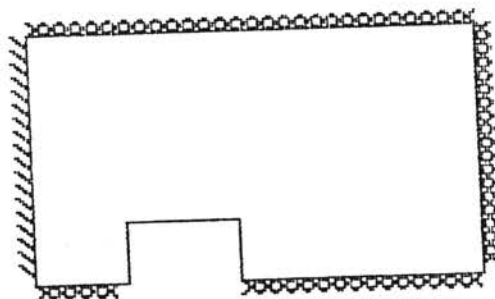
$P_1 = 0$
$P_2 = 200 \text{ กก/ม}$ .
$P_3 = 250 \text{ กก/ม}$ .
- อัตราส่วน  $\frac{\text{แรงค้ำที่ขอบที่รองรับ}}{\text{แรงค้ำภายในแผ่นพื้น}}$ 

$I(1) = 0$
$I(2) = 1.8$
$I(3) = 1.5$
$I(4) = 1$
- อัตราส่วน  $M_Y/M_X = 1.4$

การป้อนข้อมูลในตัวอย่างที่ 2

SLAB TYPE ..... = 5  
 STEEL TYPE. (RB= Round bar ;DB= Deform bar) . = RB  
 YIELD STRENGTH OF STEEL. (ksc.) ..... = 2400  
 TOP STEEL DIAMETER. (mm.) ..... = 9  
 BOTTOM STEEL DIAMETER. (mm.) ..... = 9  
 CYLINDER STRENGTH OF CONCRETE. (ksc.) . = 200  
 DEAD LOAD FACTOR .. = 1.4  
 LIVE LOAD FACTOR .. = 1.7  
 LENGTH OF SPAN Lx. (meter) ..... = 6  
 LENGTH OF SPAN Ly. (meter) ..... = 4  
 CENTER CO-ORDINATE OF OPENING FROM Y axi, X. (meter) = 2  
 LENGTH OF OPENING, LO. (meter) .. = 1.5  
 WIDTH OF OPENING, WO. (meter) ... = 1  
 UNIFORM LOAD. (kg/squar meter) .. = 400  
 LINE LOAD P1. (kg/meter) ..... = 0  
 LINE LOAD P2. (kg/meter) ..... = 200  
 LINE LOAD P3. (kg/meter) ..... = 250  
 VALUE I(1) ..... = 0  
 VALUE I(2) ..... = 1.8  
 VALUE I(3) ..... = 1.5  
 VALUE I(4) ..... = 1  
 RATIO My/Mx. .... = 1.4  
 INITIAL SLAB THICKNESS . (cm.) .. = 11  
 STEP SIZE FOR ITERATION ..... = .05

-----  
 PLOT DATA  
 -----



ผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ 2 จากไมโครคอมพิวเตอร์

```

%%%%%%%%%%
%
% MOMENT IN X-direction %
% (kg-meter/meter) %
%
%
%%%%%%%%%%

```

```

PATTERN 1 , My = 535.637119
PATTERN 2 , My = 489.368149
PATTERN 3 , My = 520.710368
PATTERN 4 , My = 526.878023
PATTERN 5 , My = 504.839868
PATTERN 6 , My = 524.265803
PATTERN 7 , My = 537.663173
PATTERN 8 , My = 526.772521
PATTERN 9 , My = 515.384428
PATTERN 10 , My = 513.844806
PATTERN 11 , My = 515.13101

```

MOMENT FOR DESIGN (My) = 537.663173

\*\*\*\*\*

% RESULT SLAB TYPE 5 %

\*\*\*\*\*

- Lx SPAN = 6 m.
- Ly SPAN = 4 m.
- OPENING LENGTH (LO) = 1.5 m.
- OPENING WIDTH (WO) = 1 m.
- SLAB THICKNESS = 11 cm.
- CYLINDER STRENGTH OF CONCRETE = 200 ksc.
- YIELD STRENGTH OF STEEL = 2400 ksc.

% TOP STEEL %  
%%%%%%%%%

- ROUND BAR DIAMETER = 9 mm.

SIDE (No.)	AREA (cm <sup>2</sup> /m)	SPACING (cm)	LENGTH FROM SUPPORT (cm)
%%%%%%%%%	%%%%%%%%%	%%%%%%%%%	%%%%%%%%%
1	0	600	0
2	5.25000001	12.122449	94
3	3.05	20.8665105	135
4	2.85	22.3308271	94

% BOTTOM STEEL %  
%%%%%%%%%

- ROUND BAR DIAMETER = 9 mm.

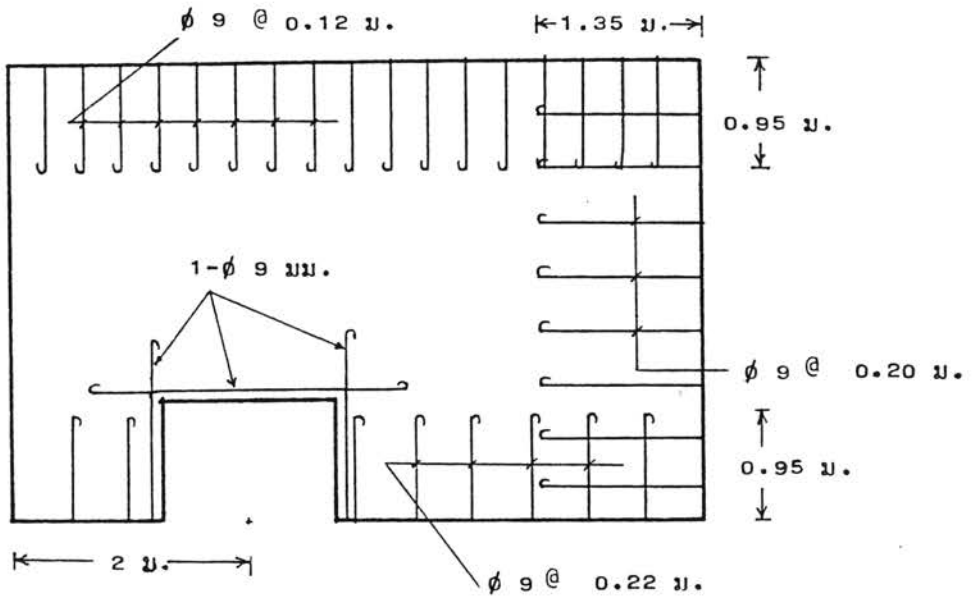
SPAN DIRECTION	STEEL AREA (cm <sup>2</sup> /m)	SPACING (cm)
%%%%%%%%%	%%%%%%%%%	%%%%%%%%%
Lx	2.75	23.1428572
Ly	2.85	22.3308271

% STEEL AROUND OPENING %  
%%%%%%%%%

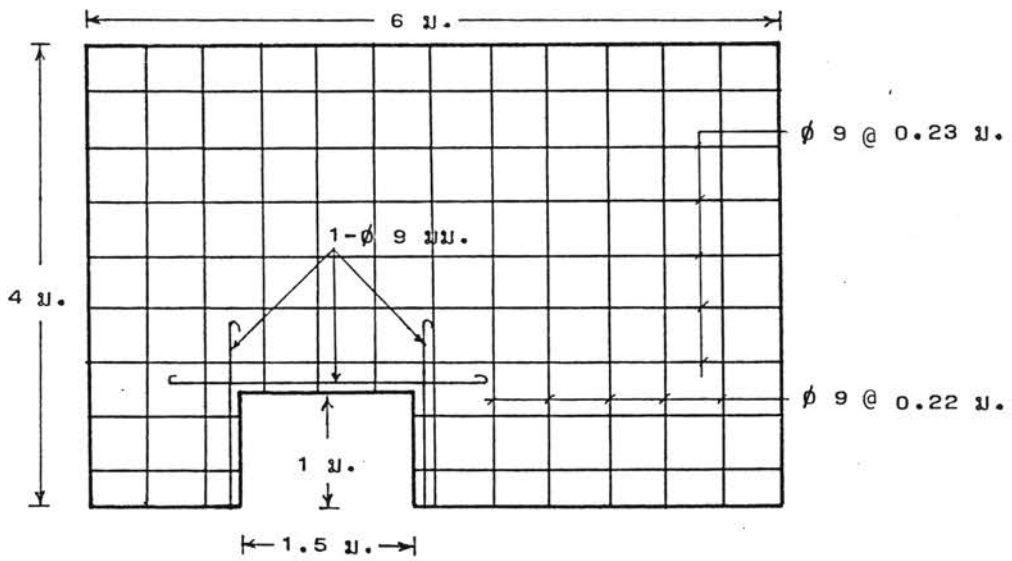
# 2 ROUND BAR DIAMETER = 9 mm.

\*\*\*\*\*





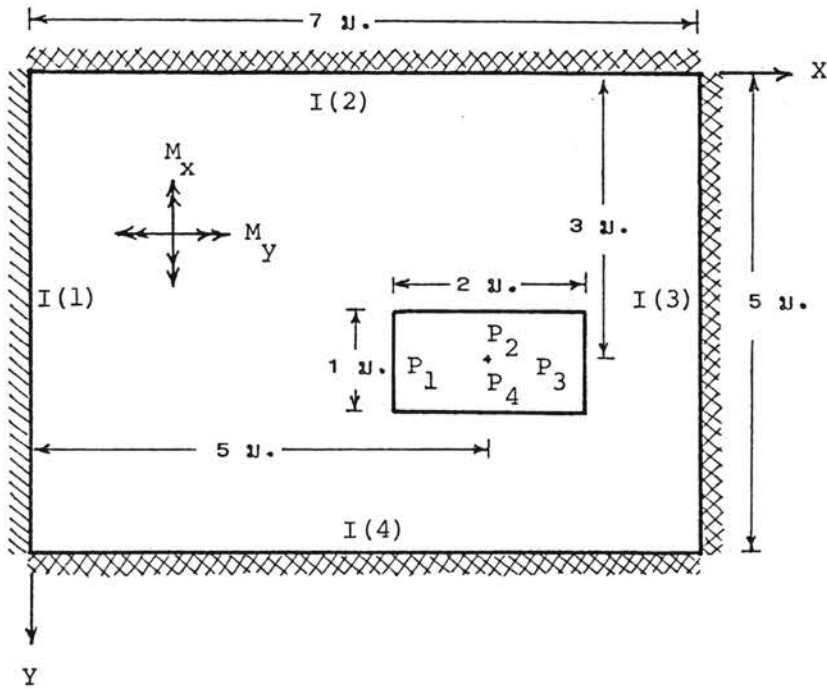
(ก) เหล็กบน



(ข) เหล็กล่าง

รูปที่ 5.4 การเสริมเหล็กในตัวอย่างที่ 2

## 5.2.3 ตัวอย่างที่ 3 (แผ่นพื้นชนิดที่ 7)



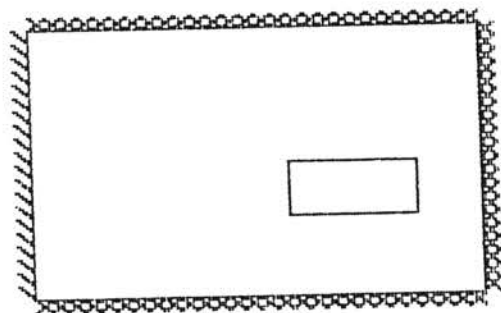
รูปที่ 5.5 ตัวอย่างแผ่นพื้นชนิดที่ 7 (ตัวอย่างที่ 3)

- รับน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ  $400 \text{ กก/ม}^2$ .
- รับน้ำหนักแนวเส้นรอบช่องเปิด
  - $P_1 = 250 \text{ กก/ม.}$
  - $P_2 = 300 \text{ กก/ม.}$
  - $P_3 = 400 \text{ กก/ม.}$
  - $P_4 = 500 \text{ กก/ม.}$
- อัตราส่วน  $\frac{\text{แรงคัตที่ขอบที่รองรับ}}{\text{แรงคัตภายในแผ่นพื้น}}$ 
  - $I(1) = 0$
  - $I(2) = 1$
  - $I(3) = 1$
  - $I(4) = 1.3$
- อัตราส่วน  $M_y/M_x = 1.4$

การป้อนข้อมูลในตัวอย่างที่ 3

SLAB TYPE ..... = 7  
 STEEL TYPE. (RB= Round bar ;DB= Deform bar) . = RB  
 YIELD STRENGTH OF STEEL. (ksc.) ..... = 2400  
 TOP STEEL DIAMETER. (mm.) ..... = 9  
 BOTTOM STEEL DIAMETER. (mm.) ..... = 9  
 CYLINDER STRENGTH OF CONCRETE. (ksc.) . = 200  
 DEAD LOAD FACTOR .. = 1.4  
 LIVE LOAD FACTOR .. = 1.7  
 LENGTH OF SPAN Lx. (meter) ..... = 7  
 LENGTH OF SPAN Ly. (meter) ..... = 5  
 CENTER CO-ORDINATE OF OPENING, (X,Y). (meter) = 5,3  
 LENGTH OF OPENING, LO. (meter) .. = 2  
 WIDTH OF OPENING, WO. (meter) ... = 1  
 UNIFORM LOAD. (kg/squar meter) .. = 400  
 LINE LOAD P1. (kg/meter) ..... = 250  
 LINE LOAD P2. (kg/meter) ..... = 300  
 LINE LOAD P3. (kg/meter) ..... = 400  
 LINE LOAD P4. (kg/meter) ..... = 500  
 VALUE I(1) ..... = 0  
 VALUE I(2) ..... = 1  
 VALUE I(3) ..... = 1  
 VALUE I(4) ..... = 1.3  
 RATIO My/Mx. .... = 1.4  
 INITIAL SLAB THICKNESS . (cm.) .. = 13  
 STEP SIZE FOR ITERATION ..... = .05

-----  
 PLOT DATA  
 -----



ผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ 3 จากไมโครคอมพิวเตอร์

```

%%%%%%%%%%
%
% MOMENT IN X-direction %
% (kg-meter/meter) %
%
%%%%%%%%%%

```

```

PATTERN 1 , My = 923.93755
PATTERN 4 , My = 964.364632
PATTERN 5 , My = 1045.4951
PATTERN 6 , My = 1054.77711
PATTERN 7 , My = 985.095399
PATTERN 8 , My = 1011.38801
PATTERN 10 , My = 1012.86754
PATTERN 11 , My = 898.56084
PATTERN 12 , My = 868.184293
PATTERN 13 , My = 908.999274
PATTERN 14 , My = 893.141559
PATTERN 15 , My = 868.184293
PATTERN 16 , My = 896.386131

```

MOMENT FOR DESIGN (My) = 1054.77711

\*\*\*\*\*

% RESULT SLAB TYPE 7 %

\*\*\*\*\*

- Lx SPAN = 7 m.
- Ly SPAN = 5 m.
- OPENING LENGTH (LO) = 2 m.
- OPENING WIDTH (WO) = 1 m.
- SLAB THICKNESS = 13 cm.
- CYLINDER STRENGTH OF CONCRETE = 200 ksc.
- YIELD STRENGTH OF STEEL = 2400 ksc.

% TOP STEEL %

%%%%%%%%%

- ROUND BAR DIAMETER = 9 mm.

SIDE (No.)	AREA (cm <sup>2</sup> /m)	SPACING (cm)	LENGTH FROM SUPPORT (cm)
%%%%%%%%%	%%%%%%%%%	%%%%%%%%%	%%%%%%%%%
1	0	700	0
2	4.65000001	13.6866359	115
3	3.25	19.5824176	156
4	6.05000001	10.5194805	115

% BOTTOM STEEL %

%%%%%%%%%

- ROUND BAR DIAMETER = 9 mm.

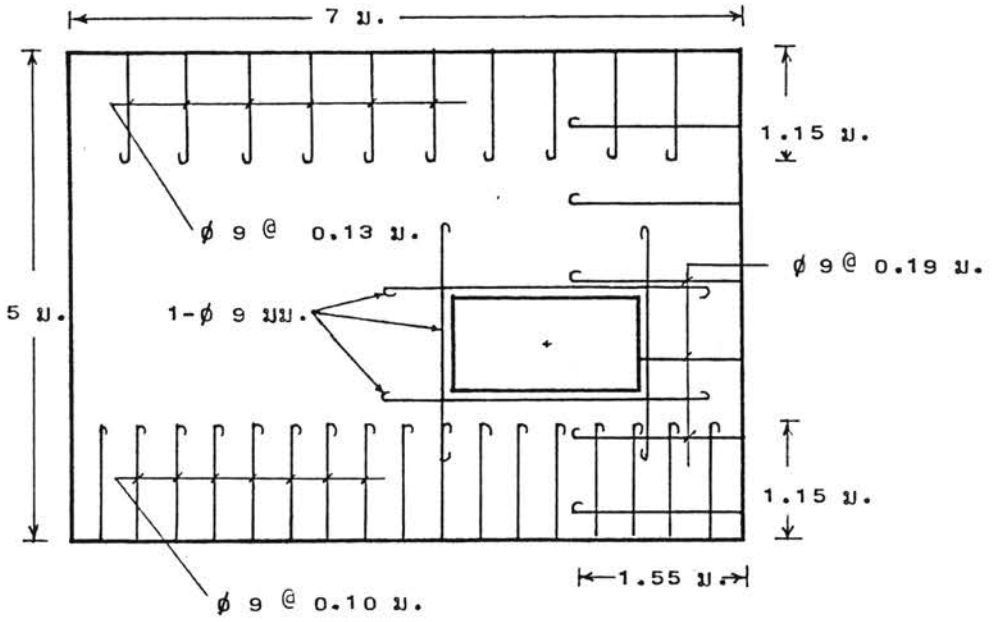
SPAN DIRECTION	STEEL AREA (cm <sup>2</sup> /m)	SPACING (cm)
%%%%%%%%%	%%%%%%%%%	%%%%%%%%%
Lx	3.65	17.4363992
Ly	4.65000001	13.6866359

% STEEL AROUND OPENING %

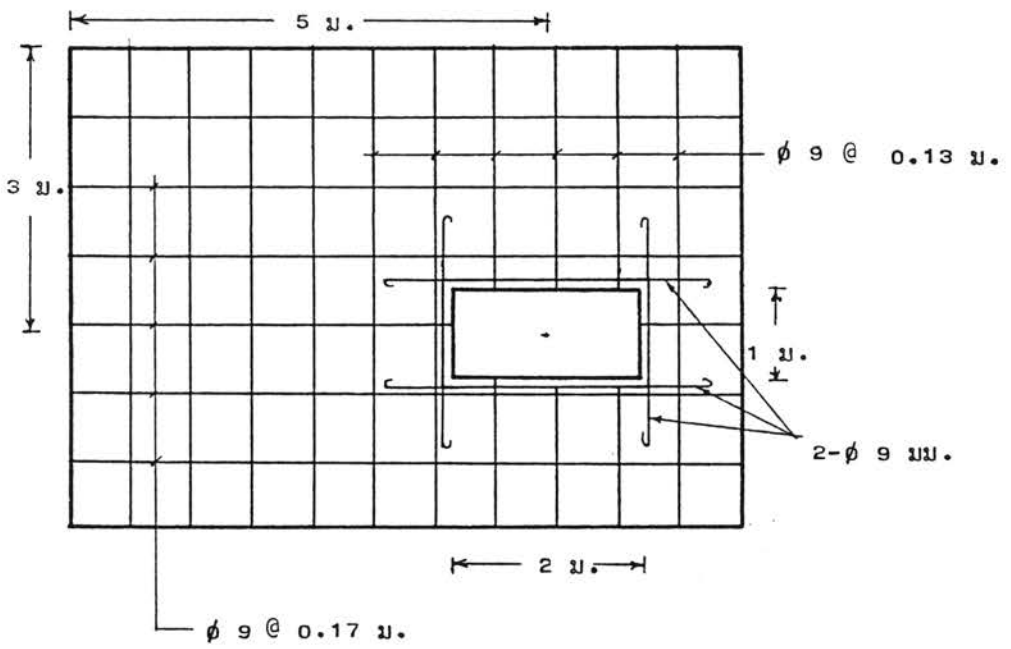
%%%%%%%%%

# 3 ROUND BAR DIAMETER = 9 mm.

\*\*\*\*\*



(ก) เหล็กบน



(ข) เหล็กล่าง

รูปที่ 5.6 การเสริมเหล็กในตัวอย่างที่ 3

ผลลัพธ์จากการคำนวณของไมโครคอมพิวเตอร์ จากตัวอย่างที่ 1 ทำให้ทราบว่า ยิลด์ไลน์รูปแบบที่ 1 (รูปที่ พ-4(2) ในภาคผนวก ก) ให้ค่าแรงดัดชนิดบวก ( $M_y$ ) สูงสุดเท่ากับ 804.55 กก-ม/ม. และใช้การคำนวณแบบทำซ้ำสองรอบจึงได้คำตอบของแรงดัดดังกล่าว ความหนาของแผ่นพื้นที่ออกแบบได้เท่ากับ 11 ซม. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบเท่ากับ 3:25 นาที รายละเอียดการเสริมเหล็กตามตำแหน่งต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 5.2

ผลลัพธ์จากการคำนวณของไมโครคอมพิวเตอร์ จากตัวอย่างที่ 2 ทำให้ทราบว่า ยิลด์ไลน์รูปแบบที่ 7 (รูปที่ พ-5(8) ในภาคผนวก ก) ให้ค่าแรงดัดชนิดบวก ( $M_y$ ) สูงสุดเท่ากับ 537.66 กก-ม/ม. และใช้การคำนวณแบบทำซ้ำสองรอบจึงได้คำตอบของแรงดัดดังกล่าว ความหนาของแผ่นพื้นที่ออกแบบได้เท่ากับ 11 ซม. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบเท่ากับ 5:33 นาที รายละเอียดการเสริมเหล็กตามตำแหน่งต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 5.4

ผลลัพธ์จากการคำนวณของไมโครคอมพิวเตอร์ จากตัวอย่างที่ 3 ทำให้ทราบว่า ยิลด์ไลน์รูปแบบที่ 6 (รูปที่ พ-7(7) ในภาคผนวก ก) ให้ค่าแรงดัดชนิดบวก ( $M_y$ ) สูงสุดเท่ากับ 1054.78 กก-ม/ม. และใช้การคำนวณแบบทำซ้ำสองรอบจึงได้คำตอบของแรงดัดดังกล่าว ความหนาของแผ่นพื้นที่ออกแบบได้เท่ากับ 13 ซม. ระยะเวลาในการวิเคราะห์และออกแบบเท่ากับ 5:38 นาที รายละเอียดการเสริมเหล็กตามตำแหน่งต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 5.6

### 5.3 การเปรียบเทียบแรงดัดที่วิเคราะห์ได้กับวิธีอื่น

ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบเฉพาะแผ่นพื้นชนิดที่ 1 รับน้ำหนักบรรทุกประลัยแผ่กระจายสม่ำเสมอ  $1,000 \text{ กก/ม}^2$ . การป้อนข้อมูลจะกำหนดให้อัตราส่วนของแรงดัดที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของแผ่นพื้นมีค่าสอดคล้องกับค่าที่ได้จากวิธีที่นำมาเปรียบเทียบ กล่าวคือ ป้อนค่า  $I(1)$ ,  $I(2)$ ,  $I(3)$ ,  $I(4)$  และ  $M_y/M_x$  เท่ากับวิธีที่นำมาเปรียบเทียบ

### 5.3.1 การเปรียบเทียบแรงค้ำกับค่าจากเอกสารอ้างอิง 22

การวิเคราะห์แรงค้ำประลัยโดยอาศัยเอกสารอ้างอิง 22 เป็นวิธีของ ทฤษฎีอีลาสติก โดยถือว่าค่าแรงค้ำบางจุด เริ่มคลากและมีการกระจายของแรงค้ำเป็นไปตาม ทฤษฎีอีลาสติก ซึ่งจัดอยู่ในประเภททฤษฎีขอบเขตต่าง ๆ (Lower Bound Theorem)

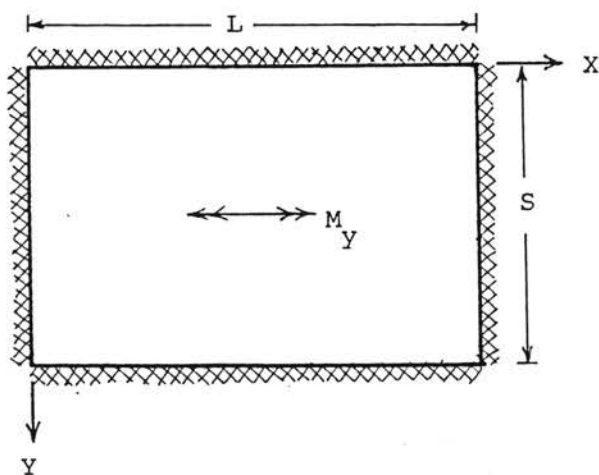
ตัวอย่างแผ่นพื้นที่พิจารณาขมยัดแน่นทั้งสี่ด้าน ในการเปรียบเทียบใช้ ค่าแรงค้ำชนิดบวกช่วงสั้นกลางแผ่นพื้น ( $M_y$ ) มาเปรียบเทียบ โดยที่ค่าแรงค้ำที่วิเคราะห์ ได้จากเอกสารอ้างอิง 22 ถือว่าเป็นค่าแรงค้ำสูงสุดของแผ่นพื้นที่เกิดการวิบัติ โดยที่ค่าแรง ค้ำทุกจุดมีค่าตามทฤษฎีอีลาสติก ส่วนค่าแรงค้ำที่วิเคราะห์ได้จากทฤษฎีอีลาสติกถือว่า เป็นค่า แรงค้ำที่จุดวิบัติ เป็นขั้นส่วนย่อยของแผ่นพื้นตามทฤษฎีอีลาสติกพอดี ผลการเปรียบเทียบจาก ตารางที่ 5.1 เมื่อกำหนดให้น้ำหนักบรรทุกประลัยเท่ากัน ค่าแรงค้ำประลัยจากทฤษฎี อีลาสติกที่ได้จากการวิเคราะห์ในเอกสารอ้างอิง 22 จะให้ค่าสูงกว่าค่าแรงค้ำประลัยที่ วิเคราะห์ได้จากทฤษฎีอีลาสติกอยู่ในช่วง 40 ถึง 44 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ โดยทฤษฎีอีลาสติกได้ใช้ค่าแรงค้ำต้านทาน เต็มที่ตลอดหน้าตัดของแผ่นพื้นจน เกิดการวิบัติ เป็นขั้น ส่วนย่อยของแผ่นพื้นนั้นแล้ว

### 5.3.2 การเปรียบเทียบแรงค้ำกับค่าจากเอกสารอ้างอิง 23

การวิเคราะห์แรงค้ำตามเอกสารอ้างอิง 23 ใช้สัมประสิทธิ์ของแรงค้ำใน การออกแบบแผ่นพื้นวิธีที่ 2 ของมาตรฐานการออกแบบ ACI ปี 1963 ซึ่งก็คือวิธีของ Westergard<sup>(24)</sup>

ในการเปรียบเทียบใช้ค่าแรงค้ำชนิดบวกช่วงสั้นภายในแผ่นพื้น ( $M_y$ ) มา เปรียบเทียบกัน โดยที่ค่าแรงค้ำที่วิเคราะห์ได้จากทฤษฎีอีลาสติก ถือว่าเป็นค่าแรงค้ำ ที่จุดวิบัติ เป็นขั้นส่วนย่อยของแผ่นพื้นตามทฤษฎีอีลาสติกพอดี ผลการ เปรียบเทียบจากตาราง ที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อแผ่นพื้นรับน้ำหนักบรรทุกประลัยเท่ากัน กรณีที่แผ่นพื้นมีด้านต่อ เนื่องทั้งสี่ด้าน การวิเคราะห์แรงค้ำจากเอกสารอ้างอิง 23 จะให้ค่าสูงกว่าการวิเคราะห์ โดยทฤษฎีอีลาสติก 30 เปอร์เซ็นต์ ด้านต่อเนื่องสามด้านสูงกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ด้านต่อ เนื่องสองด้านสูงกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ด้านต่อเนื่องด้านเดียวสูงกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ และ

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบแรงค้ดกับค่าจากเอกสารอ้างอิง 22



เมตร		แรงค้ด (กก.-ม.)		***
L	S	$M_{y1}$	$M_{y2}$	%
5	5	323.4	577.4	44
4.8	4	271.8	478.4	43.2
5.6	4	326.0	558.4	41.6
6	4	349.2	588.8	40.7
6.4	4	368.4	609.6	39.6

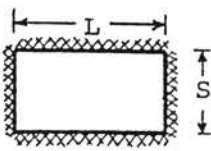
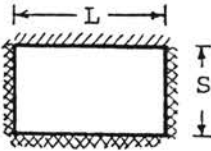
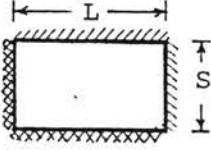
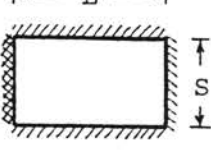
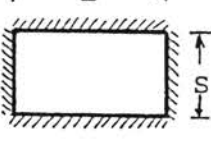
$M_{y1}$  - จากทฤษฎีลัดไลน์

$M_{y2}$  - จากเอกสารอ้างอิง 22

$$*** = \frac{(M_{y2} - M_{y1}) \times 100}{M_{y2}}$$



ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบแรงค้ดกับค่าจากวิธีที่ 2 ของเอกสารอ้างอิง 23

รูปแผ่นพื้น	เมตร		แรงค้ด (กก.-ม.)		***
	L	S	$M_{y1}$	$M_{y2}$	%
	4	4	287.4	400	28.1
	5	4	405	576	29.7
	5	3.5	352.4	502.2	29.8
	4	4	309.6	496	37.6
	5	4	433.4	656	33.9
	5	3.5	385.8	575.8	33
	4	4	335.6	592	43.3
	5	4	456.8	768	40.5
	5	3.5	400.8	661.4	39.4
	4	4	367.2	704	47.8
	5	4	506.8	896	43.4
	5	3.5	445.8	759.4	41.3
	4	4	401.6	800	49.8
	5	4	541.4	1024	47.1
	5	3.5	477.4	882	45.9

$M_{y1}$  - จากทฤษฎีอีลด์ไลน์

$M_{y2}$  - จากเอกสารอ้างอิง 22

$$*** - \frac{(M_{y2} - M_{y1}) \times 100}{M_{y2}}$$

ในกรณีที่แผ่นพื้นไม่มีด้านต่อเนื่อง เลเยอร์วิเคราะห์แรงตัดจากเอกสารอ้างอิง 23 จะให้ค่าสูงกว่าการวิเคราะห์โดยทฤษฎีอีลด์ไลน์ 50 เปอร์เซ็นต์

#### 5.4 การเปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริม

ในหัวข้อนี้จะทำการ เปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมในแผ่นพื้นชนิดที่ 1 ระหว่างการออกแบบโดยอาศัยผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีอีลด์ไลน์กับวิธีการออกแบบแผ่นพื้นวิธีที่ 2 จากเอกสารอ้างอิง 23 โดยใช้ทฤษฎีกำลังประลัย และจะทำการศึกษาเพียงตัวอย่างเดียว

ลักษณะแผ่นพื้นที่พิจารณา ด้านกว้างและด้านยาวเท่ากับ 4 และ 5 เมตร ตามลำดับ มีด้านต่อเนื่องทั้งสี่ด้าน มีความหนาไม่ต่ำกว่ามาตรฐานการออกแบบกำหนด คือ 9 เซนติเมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรแก่กระจายสม่ำเสมอค่าต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.3

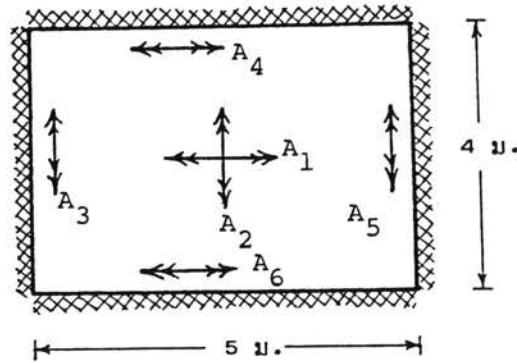
คุณสมบัติของวัสดุที่เลือกใช้ เหล็กเสริมชนิดข้ออ้อยมีกำลังที่จุดคลากเท่ากับ 3,000 กก/ซม<sup>2</sup>. กำลังคอนกรีตรูปทรงกระบอกเท่ากับ 200 กก/ซม<sup>2</sup>.

การบ่อนข้อมูล ในการออกแบบโดยทฤษฎีอีลด์ไลน์จะกำหนดให้อัตราส่วนของแรงตัดที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของแผ่นพื้นมีค่าสอดคล้องกับค่าจากวิธีการออกแบบในเอกสารอ้างอิง 23 (วิธีที่ 2)

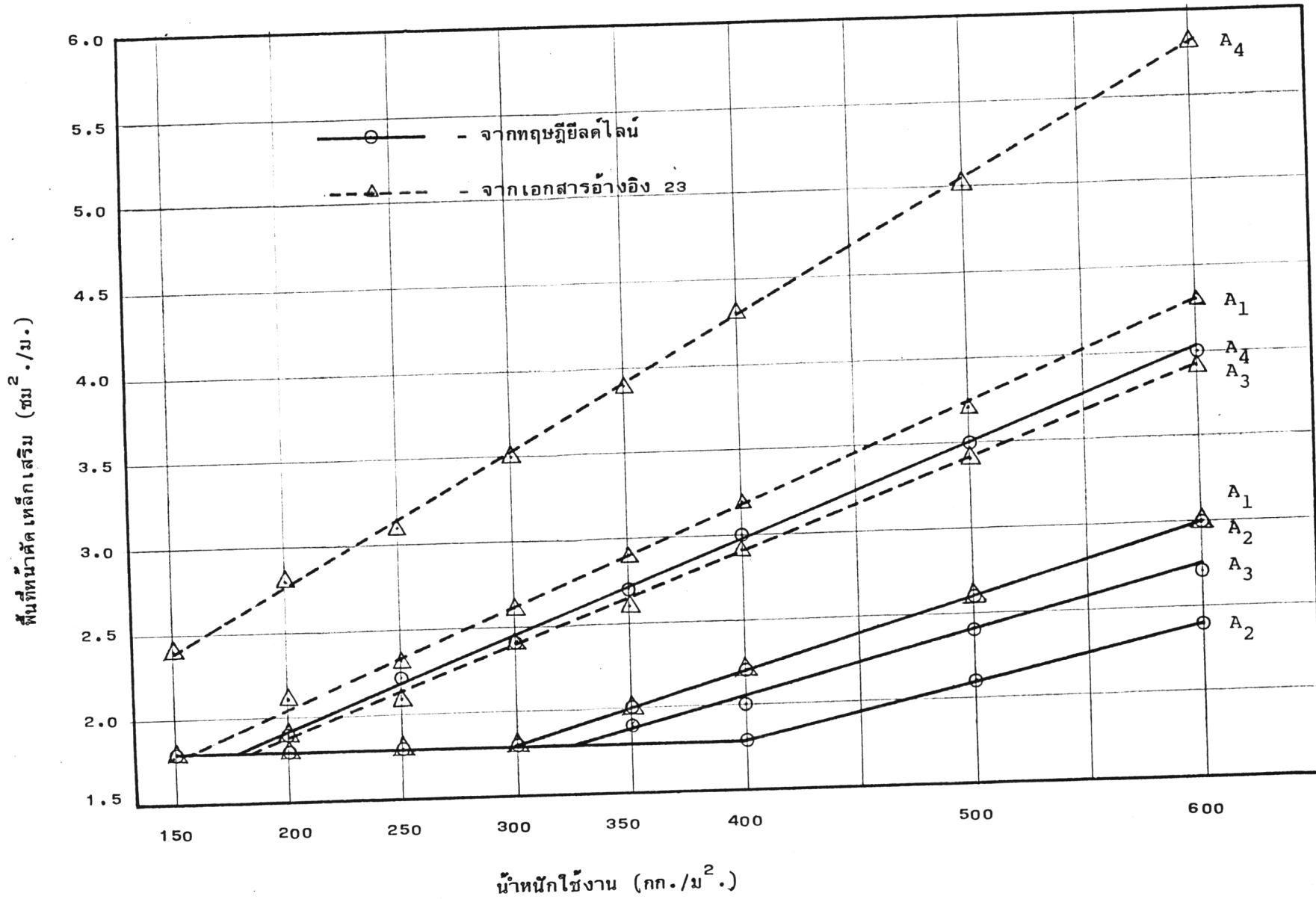
จากความหนาของแผ่นพื้นและคุณสมบัติของเหล็กเสริมที่ใช้จะต้องเสริมเหล็กอย่างน้อยเท่ากับเหล็กอุทกภูมิ คือ 1.8 ซม<sup>2</sup>. ต่อความกว้างของแผ่นพื้น 1 เมตร

ในการ เปรียบเทียบนี้จะทำการ เปลี่ยนค่าน้ำหนักบรรทุกจรจาก 150 ถึง 600 กก/ม<sup>2</sup>. ผลการ เปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมที่คำนวณได้ จากทั้งสองวิธีแสดงอยู่ในตารางที่ 5.3 นำผลจากตารางไป เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรกับพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมแถบกลางดังรูปที่ 5.7 จากกราฟจะเห็นว่า เมื่อน้ำหนักบรรทุกจรมีค่าน้อย พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมแถบกลางของทั้งสองวิธีจะถูกควบคุมด้วยเหล็กอุทกภูมิ คือ 1.8 ซม<sup>2</sup>/ม. เมื่อน้ำหนักมากขึ้นพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมแถบกลางที่ออกแบบโดยอาศัยผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีอีลด์ไลน์ จะมีค่าน้อยกว่าออกแบบโดยใช้เอกสารอ้างอิง 23 โดยที่ค่าความแตกต่างแต่ละจุดแสดงดังในรูปที่ 5.7

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมกับ เอกสารอ้างอิง 23



น้ำหนัก ใช้งาน (กก./ม <sup>2</sup> .)	พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมจากทฤษฎีคัลไลน์ (ซม <sup>2</sup> /ม.)			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> = A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub> = A <sub>6</sub>
150	1.8	1.8	1.8	1.8
200	1.8	1.8	1.8	1.9
250	1.8	1.8	1.8	2.2
300	1.8	1.8	1.8	2.4
350	2.0	1.8	1.9	2.7
400	2.2	1.8	2.0	3.0
500	2.6	2.1	2.4	3.5
600	3.0	2.4	2.7	4.0
	พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมแถบกลางจากเอกสารอ้างอิง 23 (ซม <sup>2</sup> /ม.)			
150	1.8	1.8	1.8	2.4
200	2.1	1.8	1.9	2.8
250	2.3	1.8	2.1	3.1
300	2.6	1.8	2.4	3.5
350	2.9	2.0	2.6	3.9
400	3.2	2.2	2.9	4.3
500	3.7	2.6	3.4	5.0
600	4.3	3.0	3.9	5.8



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบพื้นที่น้ำตัดเหล็กเสริมแถบกลางจากตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) เปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมกับเอกสารอ้างอิง 23

น้ำหนัก ใช้งาน (กก./ม <sup>2</sup> .)	พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมแถบเสาจจากเอกสารอ้างอิง 23 (ซม <sup>2</sup> /ม.)			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> = A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub> = A <sub>6</sub>
150	1.8	1.8	1.8	1.8
200	1.8	1.8	1.8	1.9
250	1.8	1.8	1.8	2.1
300	1.8	1.8	1.8	2.3
350	1.9	1.8	1.8	2.6
400	2.1	1.8	1.9	2.8
500	2.5	1.8	2.3	3.3
600	2.9	2.0	2.6	3.9

ตารางที่ 5.4 ปริมาตรเหล็กเสริมในแผ่นพื้นจากตารางที่ 5.3

(คิดเหล็กเสริมแถบกลางและแถบเสาจจากเอกสารอ้างอิง 23)

น้ำหนัก ใช้งาน (กก./ม <sup>2</sup> .)	ปริมาตรเหล็กเสริม (ซม <sup>3</sup> .)		***
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	%
150	108.0	111.0	2.7
200	109.0	117.0	6.8
250	112.0	122.5	8.6
300	114.0	130.0	12.3
350	122.0	140.5	13.2
400	132.0	152.5	13.4
500	153.0	176.0	13.1
600	175.0	203.0	13.8

V<sub>1</sub> - ปริมาตรเหล็กเสริมจากทฤษฎีอัลคไลน์

V<sub>2</sub> - ปริมาตรเหล็กเสริมจากเอกสารอ้างอิง 23  
 $(V_2 - V_1) \times 100$

\*\*\* -  $\frac{(V_2 - V_1) \times 100}{V_2}$

สำหรับการ เปรียบเทียบปริมาตร เหล็ก เสริมทั้งหมดที่ใช้ในแผ่นพื้น โดยคิดการลด ปริมาณ เหล็ก เสริมแถบเสาในการออกแบบของ เอกสารอ้างอิง 23 สัมพันธ์กับน้ำหนักบรรทุกจร นั้น ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 5.4 จะเห็นได้ว่า ในขณะที่น้ำหนักบรรทุกจรมีค่าน้อย ปริมาตร เหล็ก เสริมที่ใช้จะใกล้เคียงกัน เนื่องจากถูกควบคุมด้วย เหล็กคอกหมู และเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก จรมาก การออกแบบโดยอาศัยผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีอีลด์ไลน์จะประหยัด เหล็กกว่าประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์

#### 5.5 การ เปรียบเทียบแรงคัดของแผ่นพื้นต่างชนิดกันภายในโปรแกรม

ในหัวข้อนี้จะนำผลของแผ่นพื้นชนิดที่ 1, 6 และ 7 จากโปรแกรมมา เปรียบเทียบกัน โดยกำหนดข้อมูลที่ป้อน เข้าไปให้เหมือนกัน

##### 5.5.1 เปรียบเทียบแรงคัดของแผ่นพื้นชนิดที่ 1, 6 และ 7

ตัวอย่างแผ่นพื้นที่พิจารณา มีด้านกว้างและด้านยาวเท่ากับ 4 และ 6 เมตร ตามลำดับ อัตราส่วนของแรงคัดที่ขอบของที่รองรับคือแรงคัดภายในแผ่นพื้นเท่ากับ 1 ทุกขอบ ( $i_1 = i_2 = i_3 = i_4 = 1$ ) อัตราส่วน  $M_y/M_x = 1.5$  รับน้ำหนักประลัย  $1,016 \text{ กก/ม}^2$ . ใน แผ่นพื้นชนิดที่ 6 และ 7 ป้อนขนาดของช่องเปิดเท่ากับศูนย์ และช่วงการเปลี่ยนค่าตัวแปร ใน การคำนวณแบบทำซ้ำเท่ากับค่าที่กำหนดไว้ในโปรแกรม (0.05) ในแผ่นพื้นชนิดที่ 1 สมการแรง คัด เป็นสมการสำเร็จรูป วิเคราะห์จากวิธีสมดุลย์ ดังแสดงในภาคผนวก ก.

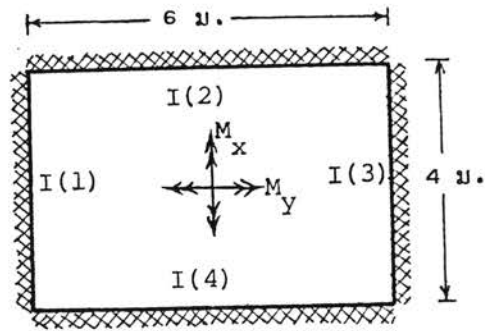
ผลของแรงคัดที่ได้ในตารางที่ 5.5 ของแผ่นพื้นสามชนิดมีค่าใกล้เคียงกันมาก ความแตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะเข้าใกล้ค่าศูนย์ แสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์โดยใช้ช่วง การเปลี่ยนค่าตัวแปรละเอียดเพียง 0.05 ในวิธีงานเสมือนแบบทำซ้ำ จะได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับ ค่าที่ได้จากสมการสำเร็จรูปมาก

### 5.5.2 เปรียบเทียบแรงดัดของแผ่นพื้นชนิดที่ 6 กับ 7

ตัวอย่างแผ่นพื้นที่พิจารณามีรูปทรงทางเรขาคณิตดังแสดงในตารางที่ 5.6 การป้อนข้อมูลในแผ่นพื้นชนิดที่ 7 ให้มีความสมมาตรสอดคล้องกับแผ่นพื้นชนิดที่ 6 ในตัวอย่างนี้อัตราส่วนของแรงดัดที่ขอบของที่รองรับคือแรงดัดภายในแผ่นพื้นเท่ากับ 1 ทุกค่า ( $i_1 = i_2 = i_3 = i_4 = 1$ ) น้ำหนักแนวเส้นประลัย  $P_1 = P_3 = 850$  กก/ม. และ  $P_2 = P_4 = 510$  กก/ม. อัตราส่วน  $M_y/M_x = 1.5$  น้ำหนักประลัยในแผ่นพื้น  $1,016$  กก/ม<sup>2</sup>. และใช้ช่วงการเปลี่ยนค่าตัวแปรในการคำนวณแบบทำซ้ำเท่าที่กำหนดในโปรแกรม (0.05)

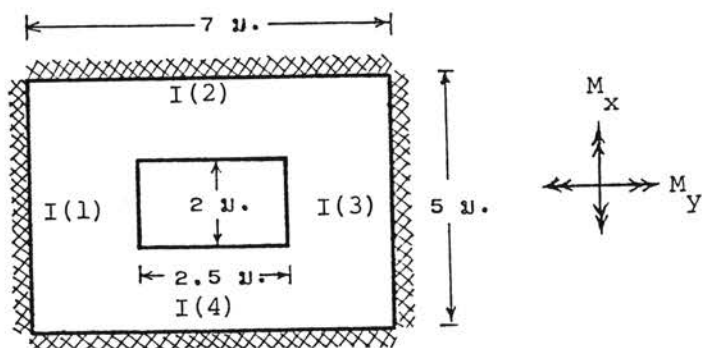
ผลของแรงดัดที่ได้ในตารางที่ 5.6 ค่าจากแผ่นพื้นชนิดที่ 6 มากกว่า 0.06 เปอร์เซนต์ แสดงว่าคำตอบที่ได้จากแผ่นพื้นทั้งสองชนิดถูกต้อง ต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากในแผ่นพื้นชนิดที่ 7 มีสมการยาวกว่าแผ่นพื้นชนิดที่ 6 มาก อีกทั้งจำนวนตัวแปรมากกว่าด้วยจึงเกิดความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในระหว่างการคำนวณ

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบแผ่นพื้นชนิดที่ 1, 6 และ 7



แผ่นพื้นชนิดที่	$M_y$ (กก.-ม./ม.)
1	547.302
6	547.280
7	547.280

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบแผ่นพื้นชนิดที่ 6 และ 7



แผ่นพื้นชนิดที่	$M_y$ (กก./ม./ม.)
6	992.744
7	992.171



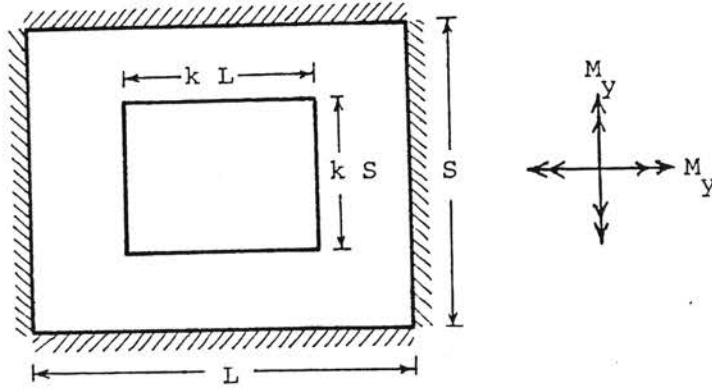
### 5.6 ผลกระทบของขนาดช่องเปิดต่อค่าแรงดัดที่เกิดขึ้น

ในหัวข้อนี้จะทำการศึกษาแรงดัดที่เกิดขึ้นของตัวอย่างแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีช่องเปิด เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใด ๆ เป็นอัตราส่วนของด้านวางอยู่กลางแผ่นพื้นที่มีรองรับแบบง่ายทั้งสี่ด้านและไม่มีน้ำหนักแนวเส้นบนขอบของช่องเปิด กำหนดให้แรงดัดที่เกิดขึ้นสองทางเท่ากัน ซึ่งเป็นลักษณะของแผ่นพื้นที่มีความสมมาตรรอบสองแกน

ผลจากตารางที่ 5.7 เมื่อนำไปเขียนกราฟดังรูปที่ 5.9 จะเห็นว่า เมื่อนำค่าแรงดัดที่ได้ในกรณีแผ่นพื้นมีช่องเปิดไป เปรียบเทียบกับกรณีที่แผ่นพื้นไม่มีช่องเปิด ที่ตำแหน่งอัตราส่วนขนาดช่องเปิดคือด้านของแผ่นพื้นอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.3 ทำให้ค่าแรงดัดเพิ่มขึ้นมากที่สุดประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อขนาดของช่องเปิดมากกว่าครึ่งหนึ่งของด้านแผ่นพื้น ค่าแรงดัดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าในกรณีที่ไม่มีช่องเปิด

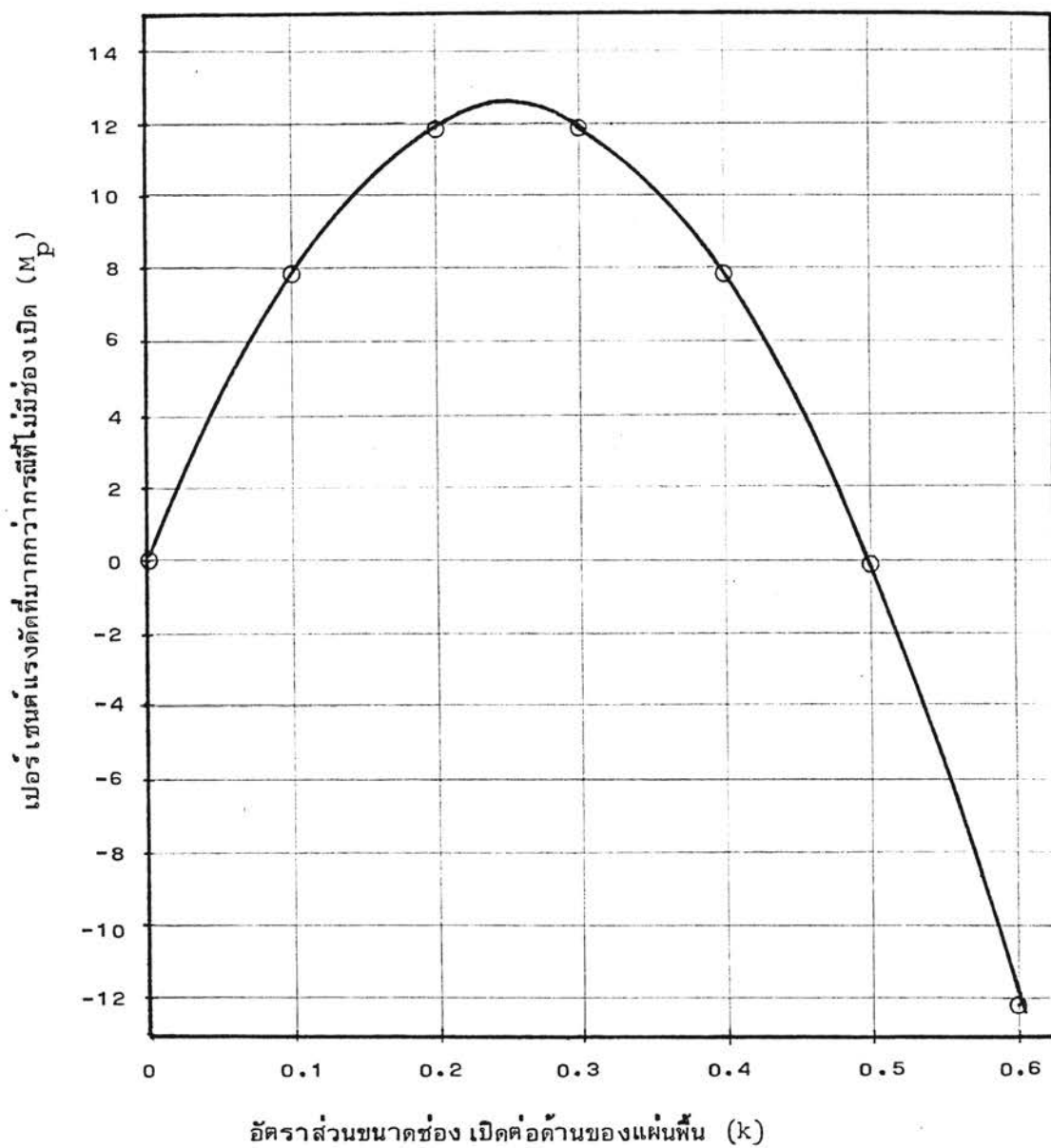
ผลกระทบของขนาดช่องเปิดต่อแรงดัดที่เกิดขึ้นนี้ เนื่องจากช่องเปิดทำให้ความยาวทั้งหมดของยิลด์ไลน์ลดลง (มีผลมากในแผ่นพื้นที่มีที่รองรับแบบง่าย) ทำให้งานภายในลดลงและในขณะเดียวกัน ช่องเปิดก็ทำให้น้ำหนักบนส่วนของช่องเปิดหายไป เป็นการลดงานภายนอกเช่นกัน

ตารางที่ 5.7 ผลกระทบของขนาดช่องเปิดอยู่กลางแผ่นพื้นต่อแรงคัตที่เกิดขึ้น



L	S	k	k L	k S	$M_p$ (%)
5	5	0.1	0.5	0.5	8.00
5	4.5	0.1	0.5	0.45	7.97
5	4	0.1	0.5	0.4	7.32
5	5	0.2	1.0	1.0	12.00
5	4.5	0.2	1.0	0.9	11.97
5	4	0.2	1.0	0.8	11.29
5	5	0.3	1.5	1.5	12.00
5	4.5	0.3	1.5	1.35	11.97
5	4	0.3	1.5	1.2	11.29
5	5	0.4	2.0	2.0	8.00
5	4.5	0.4	2.0	1.8	7.97
5	4	0.4	2.0	1.6	7.32
5	5	0.5	2.5	2.5	0
5	4.5	0.5	2.5	2.25	0
5	4	0.5	2.5	2.0	-0.06
5	5	0.6	3.0	3.0	-12.00
5	4.5	0.6	3.0	2.7	-12.02
5	4	0.6	3.0	2.4	-12.55

$M_p$  = เปอร์เซนต์แรงคัตที่มากกว่ากรณีไม่มีช่องเปิด



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงคัตที่เปลี่ยนไปกับขนาดของช่องเปิด  
อยู่กลางแผ่นพื้น