

ผลของช่อง เปิด ในผนังด้านแรง เสียงภายในได้แรงกระแทกด้านข้าง



นายวิเชียร เจียรสนานวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นล่วงหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-861-3

013682

EFFECTS OF OPENINGS IN SHEAR WALLS

SUBJECTED TO LATERAL LOADING

Mr. Winich Chiarasathawong

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของช่อง เปิดในผนังด้านแรง เสื่อนภายในได้แรงกระทำด้านข้าง

โดย

นายวินิจ เจียรสถาวงศ์

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุญาตให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....  
.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สรชัย พิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  
.....

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กานต์ จันทรางค์)

.....  
.....

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดชา รัชตพิริย์)

.....  
.....

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี)

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของช่อง เปิด ในผนังด้านแรง เฉือนภายในได้แรงกระทำด้านข้าง

ชื่อนิสิต

นายวินิจ เจียรสถาวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาครี

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา

2528



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาถึงการวิเคราะห์ผนังด้านแรง เฉือนแบบมีช่อง เปิดแบบต่างๆ กัน เช่น ผนังด้านแรง เฉือนแบบมีช่อง เปิดแคบ เดียว แบบมีช่อง เปิดสองแฉว ผนังด้านแรง เฉือนแบบมีช่อง เปิดแคบ เดียวที่มีขนาดความกว้างของผนังไม่เท่ากันตลอดความสูง โดยผนังด้านแรง เฉือนดังกล่าวรับแรงกระทำด้านข้าง นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงผลของช่อง เปิดในผนังด้านแรง เฉือน ตลอดจนการทรุดตัวไม่เท่ากันของฐานราก การวิเคราะห์ผนังด้านแรง เฉือนข้างต้น ทำโดยการจำลองโครงสร้าง เป็นโครงข้อแข็งในระบบ ทั้งนี้คิดผลการเคลื่อนที่เนื่องจากแรง เฉือน (Shear Deformation) และผลของความแข็งอนันต์ที่ล่วนปลายของชิ้นล่วน (Rigid End Part) การวิเคราะห์ผนังด้านแรง เฉือนโดยการจำลองโครงสร้าง เป็นโครงข้อแข็งนี้ ใช้วิธีการฟรอนทัล (Frontal Method) ในการรวมสัมประสิทธิ์สติฟ เนส เมตริกซ์และเวก เดอร์ ของแรง และการคำจัดของเก้าร์ (Gauss Elimination) โดยเขียนเป็นโปรแกรมไมโคร คอมพิวเตอร์ (Microcomputer) ใช้ภาษาแอปเปิลซอฟต์ เบสิก (Applesoft BASIC)

ผลการวิเคราะห์ผนังด้านแรง เฉือนโดยการจำลองโครงสร้าง เป็นโครงข้อแข็ง นี้ จะทำการเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟโน่ เอ เล เมนต์และการทดลอง เพื่อศึกษาถึงความแม่นของวิธีการวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า การวิเคราะห์ผนังด้านแรง เฉือนโดยการจำลองโครงสร้าง เป็นโครงข้อแข็งนั้น ให้ค่าการโถงตัวด้านข้างผิดพลาดไปบ้างบริเวณยอดของผนังด้านแรง เฉือน ในขณะที่หน่วยแรงในผนังที่บริเวณฐานนั้นมีความแม่นอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ส่วนหน่วยแรงในผนังที่ระดับสูงขึ้นไป ถึงแม้ว่าจะมีความผิดพลาดบ้างประมาณ 20 - 50 % แต่อย่างไรก็ตาม หน่วยแรงเหล่านั้นมีค่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยแรงที่ฐานซึ่ง เป็นหน่วยแรงที่มีค่าสูงสุด

สำหรับผลของช่อง เปิดในผนังค้านแรงเฉือนแบบมีช่อง เปิดแคล เดียวันนั้นพบว่า ถึงแม้ ช่อง เปิดจะมีขนาดเล็ก แต่พุทธิกรรมของผนังค้านแรงเฉือนไม่เข้าใกล้ผนังค้านแรงเฉือนแบบ ไม่มีช่อง เปิด และในกรณีที่ช่อง เปิดมีขนาดกว้างไม่เกินครึ่งหนึ่งของความกว้างผนัง พุทธิกรรม ของผนังค้านแรงเฉือนก็ไม่เข้าใกล้โครงข้อแมง ส่วนในกรณีตำแหน่งของช่อง เปิดในผนังค้าน แรงเฉือนนั้นจะมีผลต่อการวิเคราะห์ด้วยวิธี Shear Connection เมื่อ  $\lambda_2 < 5$  โดยไม่มีผล ต่อการวิเคราะห์โดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแมง

เกี่ยวกับการทรุดตัวของฐานรากในผนังค้านแรงเฉือนแบบมีช่อง เปิดนั้น พบว่าหน่วย แรงในผนังและหน่วยแรงเฉือนจะเชื่อมอยู่กับอัตราส่วนการทรุดตัวของฐานรากต่อระยะระหว่างศูนย์ กลางผนังทั้งสอง,  $\Delta/l$  อัตราส่วนความกว้างของช่อง เปิดต่อความกว้างผนัง,  $S$  และอัตราส่วน ศีพ เนสของผนังต่อศีพ เนสของคาน,  $\lambda_2$  โดยไม่มีข้อจำกัดความสูงของผนัง

Thesis Title                    Effects of Openings in Shear Walls Subjected  
                                  to Lateral Loading

Name                            Mr. Winich Chiarasathawong

Thesis Advisor                Associate Professor Taksin Thepchatri

Department                    Civil Engineering

Academic Year                1985



#### ABSTRACT

This research presents the study of analytical results of various types of shear walls with openings, i.e., shear walls with a single row of openings, two rows of openings and shear walls with different width over the height. Moreover, the effect of the openings and the effect of differential settlement of foundation are taken into account. The analysis is performed by idealizing shear walls as frames. Both shear deformation and the rigid end part of members are considered in the analysis. The analysis is performed on a microcomputer program developed in Applesoft BASIC by using the frontal method for solution.

The analytical results are compared with finite element solution and experimental results in order to check the accuracy. The results from the frame method show that the lateral deflections at the top are somewhat different but the stresses at the base are accurate, however the stresses at the upper part of shear walls have error of 20 ~ 50 % but they are relatively small compared to the maximum stresses at the base.

The results show that the behavior of the shear walls with a small single row of openings do not close to a normal shear walls without openings, especially the stresses in the two walls at the base and in the case that the opening width is equal or less than half of the shear wall width the behavior of the structure is not similar to that of rigid frame. The position of the openings have an effect on the analysis by shear connection method where  $\lambda_2 < 5$ , and have no effect on the analysis by using rigid frame method.

Considering the settlement of foundation of the shear walls with openings it is shown that the stresses and shear forces are depending upon the ratio of the settlement to the distance between centroidal axes of the two walls,  $\Delta/l$ , the ratio of openings width to the width of the shear walls,  $S$ , and the ratio of wall stiffness to beam stiffness,  $\lambda_2$  but not depending on the height of the shear walls.



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ และคำปรึกษาแนะนำด้านๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไข วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจน์ จันทรากุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริง เดชา รัชตโพธ์ ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย



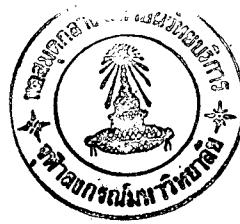
บทคัดย่อภาษาไทย .....	๔
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	๘
กิติกรรมประกาศ .....	๙
สารบัญ .....	๑๐
สัญญาลักษณ์ .....	๑๑
<b>บทที่</b>	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความนำ .....	1
1.2 ความเป็นมาของมัญหา .....	1
1.3 ภูมิหลังของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	5
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	7
2. การวิเคราะห์ผังด้านแรงเรือนแบบมีช่องเบิดโดยวิธีจำลอง โครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง .....	9
2.1 ความนำ .....	9
2.2 สติฟเนสของชื่นส่วนที่คิดผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรง เรือนและส่วนปลายที่มีความแข็งอนันต์ .....	9
2.3 สติฟเนส เมตริกซ์ของโครงสร้างและการแก้สมการสมดุลย์ ของแรง .....	16
2.4 เวก เดอร์ของแรงรวม .....	16
2.5 การแก้ไขสติฟเนส เมตริกซ์และเวก เดอร์ของแรงให้สอด คล้องกับสภาพเงื่อนไขที่จุดรองรับ .....	18
2.6 การแก้ไขสติฟเนส เมตริกซ์และเวก เเดอร์ของแรงให้สอด คล้องกับสภาพเงื่อนไขที่จุดรองรับ .....	18

3. วิธีการฟรอนทัล .....	23
3.1 ความนำ .....	23
3.2 วิธีการฟรอนทัลในการวิเคราะห์โครงสร้าง.....	23
3.3 โปรแกรมการวิเคราะห์ด้วยวิธีการฟรอนทัล.....	35
4. ผลการวิเคราะห์ผนังด้านแรง เสื่อนแบบมีช่อง เปิด .....	79
4.1 ความนำ .....	79
4.2 ผนังด้านแรง เสื่อนแบบมีช่อง เปิดแคล้ว เดียว .....	79
4.3 ผนังด้านแรง เสื่อนแบบมีช่องแบบสองแคล้ว .....	88
4.4 ผนังด้านแรง เสื่อนที่มีความกว้างไม่เท่ากันตลอดความสูง	91
4.5 การทรุดตัวของฐานรากในผนังด้านแรง เสื่อนแบบมีช่อง เปิด แคล้ว เดียว	99
5. ผลของช่อง เปิดในผนังด้านแรง เสื่อนแบบมีช่อง เปิดแคล้ว เดียว...	100
5.1 ความนำ .....	100
5.2 ขนาดของช่อง เปิดต่อการโค้งตัวด้านข้างและหน่วยแรงใน ผนังด้านแรง เสื่อน .....	100
5.3 ตำแหน่งของช่อง เปิดในผนังด้านแรง เสื่อนต่อผลการวิเคราะห์ ด้วยวิธีจำลองโครงสร้าง เป็นโครงข้อแข็ง .....	103
5.4 การทรุดตัวของฐานรากที่มีต่อผนังด้านแรง เสื่อนแบบมีช่อง เปิดแคล้ว เดียว .....	106
6. วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย .....	114
6.1 ความแม่นของวิธีการวิเคราะห์ผนังด้านแรง เสื่อนแบบมีช่อง เปิดโดยวิธีจำลองโครงสร้าง เป็นโครงข้อแข็ง .....	114
6.2 ผลของช่อง เปิด ในผนังด้านแรง เสื่อน .....	114
6.3 การทรุดตัวของฐานรากในผนังด้านแรง เสื่อนแบบมีช่อง เปิด	115
6.4 สรุป .....	115

## หน้า

เอกสารอ้างอิง .....	117
ภาคผนวก ก .....	121
ภาคผนวก ข .....	145
ประวัติ .....	180

สัญลักษณ์



A	พื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วนย่อย
$A_{C1}, A_{C2}, A_{C3}$	พื้นที่หน้าตัดของผนังที่ 1 ผนังที่ 2 ผนังที่ 3
AMOC	แคลว์ลำดับสำหรับใช้เก็บหมายเลขอั้วในฟรอนต์ปัจจุบัน
Ar	พื้นที่รับแรงเนื่องประลิทธิผล (Effective Shear Area)
BMOC	แคลว์ลำดับสำหรับใช้เก็บหมายเลขอั้วในฟรอนต์ต่อไป
b	อัตราส่วนระหว่างความกว้างของส่วนปลายที่มีความแข็งอนันต์ด้านขวาต่อกวามยาวของชิ้นส่วน
b	ขนาดของช่องเปิดในผนังด้านแรงเฉือน
c	อัตราส่วนความยาวของชิ้นส่วนไม่คิดส่วนปลายที่มีความแข็งอนันต์ต่อกวามยาวของชิ้นส่วน
C	ความกว้างของผนังด้านแรงเฉือน
{ D }	เวกเตอร์การเคลื่อนที่ข้าวในพิกัดของโครงสร้าง X,Y,Z
{ DM }	เวกเตอร์การเคลื่อนที่ข้าวของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดของชิ้นส่วนย่อย x,y,z
{ DJ }	เวกเตอร์การเคลื่อนที่ข้าวของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดของโครงสร้าง X,Y,Z
{ D* }	เวกเตอร์การเคลื่อนที่ข้าวของชิ้นส่วนย่อยในการซึ่งศักดิ์ความแข็งอนันต์ที่ปลาย
d	อัตราส่วนระหว่างความกว้างของส่วนปลายที่มีความแข็งอนันต์ด้านซ้ายต่อกวามยาวชิ้นส่วน
E	โมดูลัส
$E_c$	โมดูลัสของผนัง
$E_b$	โมดูลัสของคาน
e	ระยะเยื่องศูนย์ของผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแคลเดียว (จากขอบค้านซ้าย)
{F}	เวกเตอร์ของแรงรวมในพิกัดของโครงสร้าง X,Y,Z
$\{F\}_{EM}$	เวกเตอร์ของแรงที่ข้าวที่ได้จากแรงภายในชิ้นส่วนในพิกัดของชิ้นส่วนย่อย x,y,z
$\{F\}_J$	เวกเตอร์ของแรงที่ข้าวของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดของโครงสร้าง X,Y,Z
$\{F\}_S$	เวกเตอร์ของแรงรวมที่ข้าวของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดของโครงสร้าง X,Y,Z
$\{F\}_M$	เวกเตอร์ของแรงลักษณะที่ข้าวของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดของชิ้นส่วนย่อย x,y,z

G	โมดูลัสแรงเฉือน
H	ความสูงผนังต้านแรงเฉือน
h	ความยาวชิ้นส่วนยื่อย
	ความสูงระหว่างชั้น (ช่องเบิด) ในผนังต้านแรงเฉือน
I	โมเมนต์อินเนอเชียร์
$I_b$	โมเมนต์อินเนอเชียร์ของคาน
$I_{b1}, I_{b2}, I_{b3}$	โมเมนต์อินเนอเชียร์ของผนังที่ 1 ผนังที่ 2 ผนังที่ 3
$I_{c1}, I_{c2}$	โมเมนต์อินเนอเชียร์ของคานแคลว์ที่ 1 และที่ 2
[K]	สติฟเนสเมตริกซ์ของโครงสร้างรวม
LE	แคลดับท่าหน้าที่พิจารณาข้อของชิ้นส่วนที่จะเข้ามาในพรอนต์ปัจจุบัน
LF	แคลดับท่าหน้าที่พิจารณาข้อที่ไม่ได้ถูกกำจัดในพรอนต์ปัจจุบัน
$\lambda$	ระยะระหว่างศูนย์กลางผนังที่ 1 กับผนังที่ 2
M	จำนวนข้อที่ถูกกำจัดออกในพรอนต์
MOC	แคลดับที่แสดงว่าแต่ละพรอนต์มีข้อหมายเลขอีก
MQ	ระดับขั้นความเสรีที่ถูกกำจัดออกในพรอนต์
MR	ระดับขั้นความเสรีทึ้งหมดในพรอนต์ต่อไป
M2	จำนวนข้อที่ถูกกำจัดออกในพรอนต์ต่อไป
m	อัตราส่วนระหว่างระยะเยื่องศูนย์ของผนังต้านแรงเฉือนต่อความกว้างต้านแรงเฉือน
N	จำนวนข้อทึ้งหมดในพรอนต์
NQ	ระดับขั้นความเสรีทึ้งหมดในพรอนต์
NR	ระดับขั้นความเสรีทึ้งหมดในพรอนต์ต่อไป
N2	จำนวนข้อทึ้งหมดในพรอนต์ต่อไป
[RT]	ทราบฟอร์มขั้นเบตริกซ์
[S]	สติฟเนสเมตริกซ์ของชิ้นส่วนยื่อยในพิกัดของชิ้นส่วนยื่อย $x, y, z$
[S*]	สติฟเนสเมตริกซ์ของชิ้นส่วนยื่อยที่คิดผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงเฉือนและความแข็งอนันต์ที่ปลายในพิกัดของชิ้นส่วนยื่อย $x, y, z$

$[S^*]_M$	สติฟเนส เมตริกซ์ของชีนส่วนยึดอยู่ที่คิดผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงเฉือน และความแข็งอันดั่งที่ปลายในพิกัดของโครงสร้าง X,Y,Z
t	ความหนาของผนังด้านแรงเฉือน
w	น้ำหนักบรรทุกกระจายสมมูละเมื่อ
x,y,z	ระบบพิกัดของชีนส่วนยึดอยู่
X,Y,Z	ระบบพิกัดของโครงสร้าง
$\gamma$	$= \frac{12EI}{h^2 GA_r}$
$\lambda_2$	อัตราส่วนสติฟเนสของผนังที่ 1 ต่อสติฟเนสของคาน $= \frac{E_c I_{cl}}{h} / \frac{E_b I_b}{b}$
v	อัตราส่วนพอยซอง (Poisson's Ratio)
$\Delta$	ค่าการทรุดตัวของฐานราก