

การกระจายของแรงค้ำข้าง โดยประมาณในโครงสร้างที่แปรขนาดตามความสูง



นายธีรศักดิ์ แสงบุญส่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-968-7

013265

I 158445A4.

AN APPROXIMATE LATERAL LOAD DISTRIBUTION IN NONUNIFORM BUILDING FRAMES |



Mr. Theerasak Saengboonsong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering
Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกระจายของแรงต้านข้างโดยประมาณในโครงอาคารที่แปรขนาด
ตามความสูง
โดย นายธีรศักดิ์ แสงบุญส่ง
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี
ปีการศึกษา 2528



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการวิเคราะห์หาค่าการกระจายของแรงกระทำด้านข้างในอาคารสูง ประกอบด้วยโครงสร้างประเภทโครงข้อแข็ง ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยวที่แปรขนาดหรือผนังรับแรงเฉือนคู่ที่มีขนาดคงที่ตามความสูงรวมถึงโครงสร้างที่ลักษณะสมมาตรหรือไม่สมมาตร โดยสมมุติให้การกระจายแรงในโครงอาคารแต่ละตัวแทนด้วยแรงเดี่ยวกระทำเป็นจุดที่ชั้นยอดสุด รวมกับแรงกระจายในรูปของอนุกรมโพลีโนเมียลอันดับต่าง ๆ ตลอดความสูง จากนั้นอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเคลื่อนที่ในแต่ละโครงอาคารและโดยอาศัยสมการสมดุลย์และสมการความค้ำเนื่องที่ระดับอ้างอิงใด ๆ ที่กำหนดไว้ จะได้สมการในรูปของเมทริกซ์ ซึ่งสามารถที่จะหาค่าการกระจายแรงในแต่ละโครงอาคารได้

ผลลัพธ์ของวิธีการนี้ให้ค่าที่น่าพอใจ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวิจัยของผู้วิจัยอื่น ๆ ที่ได้เคยศึกษามา โดยการใช้ค่าระดับอ้างอิงไม่เกิน 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title AN APPROXIMATE LATERAL LOAD DISTRIBUTION IN
NONUNIFORM BUILDING FRAMES
Name Mr. Theerasak Saengboonsong
Department Civil Engineering
Thesis Advisor Associate Professor Thaksin Thepchatri, Ph.D.
Academic Year 1985



ABSTRACT

This research presents an approximate analysis of lateral load in high-rise buildings which composed of non-uniform rigid frames, shear walls or uniform coupled shear walls, symmetrical and non-symmetrical buildings can be applied as well. The load distribution on each assembly is assumed to be represented by a concentrated load at a top, together with a polynomial in the height coordinate. A set of flexibility influence coefficients, relating the deflection at any reference level to any particular load component, is established for each assembly. By making use of the equilibrium and compatibility equations at any desired set of reference levels, the equations are found in the matrix form and the results on each assembly may be determined.

The results of this method are satisfactory and agree fairly well with previous research of other authors by using no more than six reference levels.



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ และ คำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ สัมสุวรรณ และ รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม สุริยะมงคล ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ฅ
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการวิธีการหาสูตรการเคลื่อนที่	ฉ
รายการรายละเอียดโปรแกรม	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 บทนำทั่วไป	1
1.2 การสำรวจการวิจัยในอดีต	1
1.3 วัตถุประสงค์และขอบข่ายการวิจัย	4
2. วิธีวิเคราะห์	5
2.1 แนวความคิดที่ใช้	5
2.2 สมมุติฐาน	5
2.3 พฤติกรรมการรับแรงกระทำด้านข้างของโครงข้อแข็ง	6
2.4 พฤติกรรมการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว ..	8
2.5 พฤติกรรมการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังรับแรงเฉือนคู่	9
2.6 ทฤษฎีที่ใช้ในการทำวิจัย	10
2.7 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	14
3. ตัวอย่างและผลการวิเคราะห์	16
3.1 ตัวอย่างที่ 1 โครงสร้างที่สมมาตร	16
3.2 ตัวอย่างที่ 2 โครงสร้างที่ไม่สมมาตร	18
3.3 ตัวอย่างที่ 3 โครงสร้างที่สมมาตรและประกอบด้วยผนังรับแรงเฉือนคู่	18
3.4 ตัวอย่างที่ 4 ระดับอ้างอิงที่เปลี่ยนไป	19
3.5 ตัวอย่างที่ 5 การแปรขนาดโครงสร้างขององค์อาคาร	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	21
4.1 สรุปผลการวิจัย	21
4.2 ข้อเสนอแนะ	22
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก ก. ตารางประกอบ	25
ข. รูปประกอบ	37
ค. วิธีการหาสูตรการเคลื่อนที่	56
ง. รายละเอียดโปรแกรม	72
จ. ตัวอย่างแสดงข้อมูลและผลลัพธ์ (ตัวอย่างที่ 3)	89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการคำนวณ	26
3.1 ขนาดของชั้นส่วนในโครงข้อแข็ง (ตัวอย่างที่ 1)	27
3.2 ขนาดของชั้นส่วนในองค์อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ตัวอย่างที่ 1) ...	27
3.3 เปรียบเทียบค่าระยะเอนที่จุดยอดสุด และค่าโมเมนต์ฐาน ของผนังรับแรงเฉือนเดียว (ตัวอย่างที่ 1)	28
3.4 เปรียบเทียบค่าแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง (ตัวอย่างที่ 1)	28
3.5 เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ในผนังรับแรงเฉือนเดียว (ตัวอย่างที่ 1)	29
3.6 เปรียบเทียบค่าระยะเอนคงที่และค่าการหมุนของพื้นในระนาบราบ ที่จุดยอดสุดของโครงอาคาร (ตัวอย่างที่ 2)	30
3.7 เปรียบเทียบค่าระยะเอนของโครงข้อแข็งและผนังรับแรงเฉือนเดียว (ตัวอย่างที่ 2)	30
3.8 เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ในผนังรับแรงเฉือนเดียว (ตัวอย่างที่ 2)	31
3.9 คุณสมบัติต่าง ๆ ขององค์อาคาร (ตัวอย่างที่ 3).....	31
3.10 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ (ตัวอย่างที่ 3)	32
3.11 แสดงระดับอ้างอิงที่แปรเปลี่ยนไป (ตัวอย่างที่ 4)	33
3.12 เปรียบเทียบผลลัพธ์เมื่อเปลี่ยนระดับอ้างอิง (ตัวอย่างที่ 4).....	33
3.13 ขนาดของชั้นส่วนในโครงอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ (6 ระดับชั้นอ้างอิง) (ตัวอย่างที่ 5).....	34
3.14 เปรียบเทียบผลลัพธ์เมื่อเปลี่ยนค่าคุณสมบัติของโครงอาคาร(ตัวอย่างที่ 5),	34
3.15 เปรียบเทียบค่าแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง (ตัวอย่างที่ 5)	35
3.16 เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ในผนังรับแรงเฉือนเดียว (ตัวอย่างที่ 5).....	36
3.17 เปรียบเทียบสัดส่วนของค่าแรงเฉือนที่จุดยอดสุดต่อแรงกระทำทั้งหมด ในโครงข้อแข็ง (ตัวอย่างที่ 5)	36

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

- 3.18 เปรียบเทียบสัดส่วนของค่าแรงเดือนที่จุดยอดสุดต่อ
แรงกระทำทั้งหมดในผนังรับแรงเฉือนเดียว (ตัวอย่างที่ 5) 36



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่

2.1 ก.	ลักษณะการเอนของโครงข้อแข็งเมื่อรับแรงกระทำด้านข้าง	38
2.1 ข.	ลักษณะการเอนของหน่วยโครงข้อแข็ง	39
2.1 ค.	คุณสมบัติของโครงข้อแข็งที่แปรขนาดตามความสูง.....	40
2.2 ก.	ลักษณะการเอนของผนังรับแรงเฉือนเดียวเมื่อรับแรงกระทำด้านข้าง...	41
2.2 ข.	คุณสมบัติผนังรับแรงเฉือนที่แปรขนาดตามความสูง.....	42
2.3	ลักษณะการเอนของผนังรับแรงเฉือนคู่เมื่อรับแรงกระทำด้านข้าง.....	43
2.4	ผังโครงสร้างทั่ว ๆ ไป.....	44
2.5	ลักษณะการเคลื่อนที่ของโครงอาคาร.....	45
2.6	การแทนแรงกระทำด้านข้าง $p(x)$ ด้วยแรงกระทำเป็นจุด P_0 และแรง ในรูปของอนุกรมโพลีโนเมียลอันดับ 2	45
2.7	แสดงตำแหน่งระดับอ้างอิงสำหรับการวิเคราะห์.....	46
3.1 ก.	แสดงผังโครงสร้าง (ตัวอย่างที่ 1).....	47
3.1 ข.	แสดงรูปตั้งของโครงข้อแข็ง 1-7 (ตัวอย่างที่ 1).....	47
3.1 ค.	แสดงรูปตั้งของผนังรับแรงเฉือนเดียว 1-2	47
3.2	เปรียบเทียบค่าแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง (ตัวอย่างที่ 1).....	48
3.3	เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ในผนังรับแรงเฉือนเดียว (ตัวอย่างที่ 1).....	49
3.4	แสดงผังโครงสร้างลักษณะไม่สมมาตร (ตัวอย่างที่ 2).....	52
3.5	ระยะเอนของโครงข้อแข็งและผนังรับแรงเฉือนเดียว (ตัวอย่างที่ 2).....	50
3.6	เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ในผนังรับแรงเฉือนเดียว 2 (ตัวอย่างที่ 2).....	51
3.7	แสดงผังโครงสร้างและคุณสมบัติของโครงอาคาร (ตัวอย่างที่ 3).....	52
3.8	แสดงรูปตั้งของโครงอาคาร (ตัวอย่างที่ 3).....	53
3.9	เปรียบเทียบค่าแรงเฉือนในโครงข้อแข็ง (ตัวอย่างที่ 5).....	54
3.10	เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ในผนังรับแรงเฉือนเดียว (ตัวอย่างที่ 5).....	55

รายการวิธีการหาสูตรการเคลื่อนที่

หน้า

ค.1	วิธีวิเคราะห์หาสูตรการเคลื่อนที่ของโครงข้อแข็ง ที่มีขนาดแปรตามความสูง	57
ค.2	วิธีวิเคราะห์หาสูตรการเคลื่อนที่ของผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว ที่มีขนาดแปรตาม . . . ความสูง	60
ค.3	วิธีวิเคราะห์หาสูตรการเคลื่อนที่ของผนังรับแรงเฉือนคู่	64



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรายละเอียดโปรแกรม

	หน้า
ง.1 โปรแกรมการป้อนข้อมูล	77
ง.2 โปรแกรมแสดงข้อมูล	75
ง.3 โปรแกรมการเปลี่ยนข้อมูล	78
ง.4 โปรแกรมการวิเคราะห์ผลลัพธ์	82



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รายการสัญลักษณ์

A_{cw1} , A_{cw2}	=	พื้นที่หน้าตัดของผนังรับแรง เฉือนคู่
A_{cw}	=	$A_{cw1} + A_{cw2}$
b	=	ช่องว่างของคาน เชื่อม วัดจากช่วงภายในผนังของผนังรับแรง เฉือนคู่
b_l	=	ความยาวของคานตัวที่ l วัดจากระยะศูนย์กลางเสาในโครงข้อแข็ง
c_l	=	ช่องว่างของคานตัวที่ l วัดจากช่วงภายในเสาในโครงข้อแข็ง
d	=	ความลึกของคานในโครงข้อแข็ง
E	=	โมดูลัสยืดหยุ่น
F	=	เมตริกซ์การยึดหยุ่นของโครงอาคาร
h	=	ความสูงระหว่างชั้น
H	=	ความสูงทั้งหมดของโครงอาคาร
I_b	=	โมเมนต์อินเนอร์เซียของคานในโครงข้อแข็ง
I_c	=	โมเมนต์อินเนอร์เซียของเสาในโครงข้อแข็ง
I_{cb}	=	โมเมนต์อินเนอร์เซียของคาน เชื่อม ในผนังรับแรง เฉือนคู่
I_{cw1} , I_{cw2}	=	โมเมนต์อินเนอร์เซียของผนังรับแรง เฉือนคู่
I_{cw}	=	$I_{cw1} + I_{cw2}$
I_s	=	โมเมนต์อินเนอร์เซียของผนังรับแรง เฉือนเดี่ยว
j	=	ดัชนีชี้ค่าโครงอาคารตัวที่ j
J	=	จำนวนโครงอาคารทั้งหมดที่รวมขึ้น เป็นโครงสร้าง
l	=	ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางผนังของผนังรับแรง เฉือนคู่
m	=	จำนวนระดับอ้างอิง
M_T	=	โมเมนต์บิด เนื่องจากแรงภายนอก
\tilde{M}_T	=	เวกเตอร์ของโมเมนต์บิด เนื่องจากแรงภายนอก
n	=	จำนวนเสาทั้งหมดในแนวของโครงข้อแข็ง
O	=	ตำแหน่งจุดอ้างอิงในโครงสร้าง
p_i	=	แรงกระทำในรูปอนุกรมฟูรีเยในเมียลอันดับต่าง ๆ ($i = 0, 1, 2, \dots$)

P_o	=	แรงกระทำ เป็นจุดที่จุดยอดสุดในโครงอาคาร
P	=	เวกเตอร์ของแรงกระทำ
Q	=	แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในโครงอาคาร
Q_o	=	เวกเตอร์ของแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในโครงอาคาร
S	=	เมตริกซ์ซึ่งประกอบด้วยค่าคงที่
W	=	แรงเฉือน เนื่องจากแรงภายนอก
W^2	=	เวกเตอร์ของแรงเฉือน เนื่องจากแรงภายนอก
X	=	ระยะในแนวตั้งจากจุดสูงสุด ในโครงอาคาร
Y_{cw}	=	ระยะเอนในทิศทางของแรงของ โครงข้อแข็ง
Y_t	=	ระยะ เอนในทิศทางของแรงของ โครงข้อแข็ง
Y_s	=	ระยะ เอนในทิศทางของแรงของผนังรับแรง เฉือนคู่
\tilde{Y}	=	เวกเตอร์ของระยะ เอนในทิศทางของแรง
Z	=	ระยะของ โครงอาคารจากจุดพิกัด เริ่มต้น
ξ	=	สัดส่วนระหว่างระยะ ในแนวตั้งจากจุดสูงสุดในโครงอาคาร
θ	=	ค่าการหมุนของพื้นที่ในระนาบราบ
β	=	$\sqrt{\frac{12I_{cw} \ell}{hb^3 I_{cb}}}$
γ	=	$\beta \sqrt{\frac{A_{cw1} I_{cw} + \ell}{A_{cw1} A_{cw2} \ell}}$
μ	=	$\frac{2\beta^2 H^2}{\gamma^2}$

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย