รายการอ้างอิง

Cao H., Reinhorn A.M. and Soong T. T. Design of an active mass damper for a tall TV tower in Nanjing, China. **Enginerring Structures** (1997): 134-143.

Carlson J.D. and Spencer Jr. B.F. Magneto-rheological fluid dampers for semi-active seismic control. **Proceedings of the 3rd International Conference on Motion and Vibration Control** Chiba, Japan. Vol. III, (1996): 35-40.

Chang C.C. Control of buildings using active tuned mass dampers. **Journal of Engineering Mechanic ASCE** (1993): 355-366.

Den Hartog, J.P. **Mechanical Vibrations** 4th edition. NY : McGraw-Hill, 1956.

Hart G. and Wong K. **Structural Dynamics for Structural Engineers.** (n.p.) : John Wiley & Sons, 1999.

Hrovat D., Barak P. and Rabins M. Semi-active versus passive or active tuned mass dampers for structural control. **Journal of Engineering Mechanic ASCE** (1983): 691-705.

Leonard M. **Dynamics and Control of Structures.** (n.p.) : John Wiley & Sons, 1990.

Lin C.C., Hu C.M., Wang J.F., and Hu R.Y. Vibration control effectiveness of passive tuned mass dampers. **Journal of the Chinese Institute of Engineers** (1994): 367-376.

Pinkaew T. and Fujino Y. Effectiveness of semi-active tuned mass dampers under harmonic excitation. **Enginerring Structures** (2001): 850-856.

Samali B., Kwok K. and Focioni R. A Wind Tunnel Comparison of Active and Passive Tune Mass Damper in Controlling Wind-Induced Vibration of Tall Buildings. **Movic'98, The Fourth International Conferrence on Motion and Vibration Control** August 25-28,1998, ETH Zurich, Switzweland, 1998.

Soong T.T. and Dargush G.F. **Passive energy dissipation systems in structural engineering.** UK : John Wiley & Sons, 1997.

Wu J. C., Yang J. N. and Schmitendorf W. E. Reduced-order H∞ and LQR control for wind-excited tall buildings. **Enginerring Structures** Vol. 20, No.3, (1998): 222-236

Yang J.N., Agrawal A.K, Samali B. and Wu J.C. **A Benchmark Problem For Response Control of Wind-Excited Tall Buildings** 2000.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

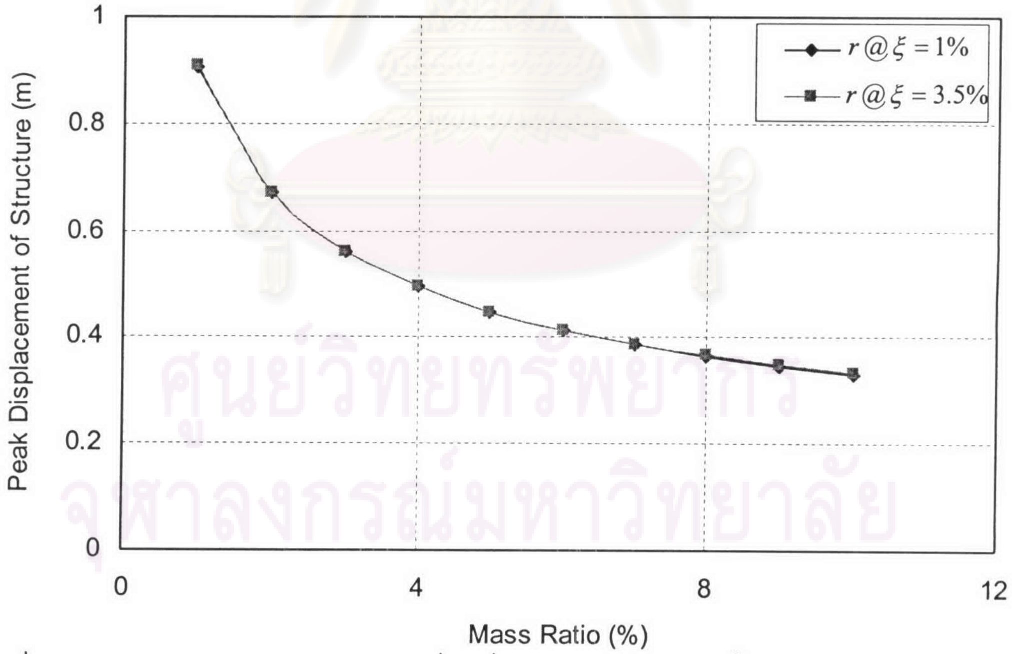
ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

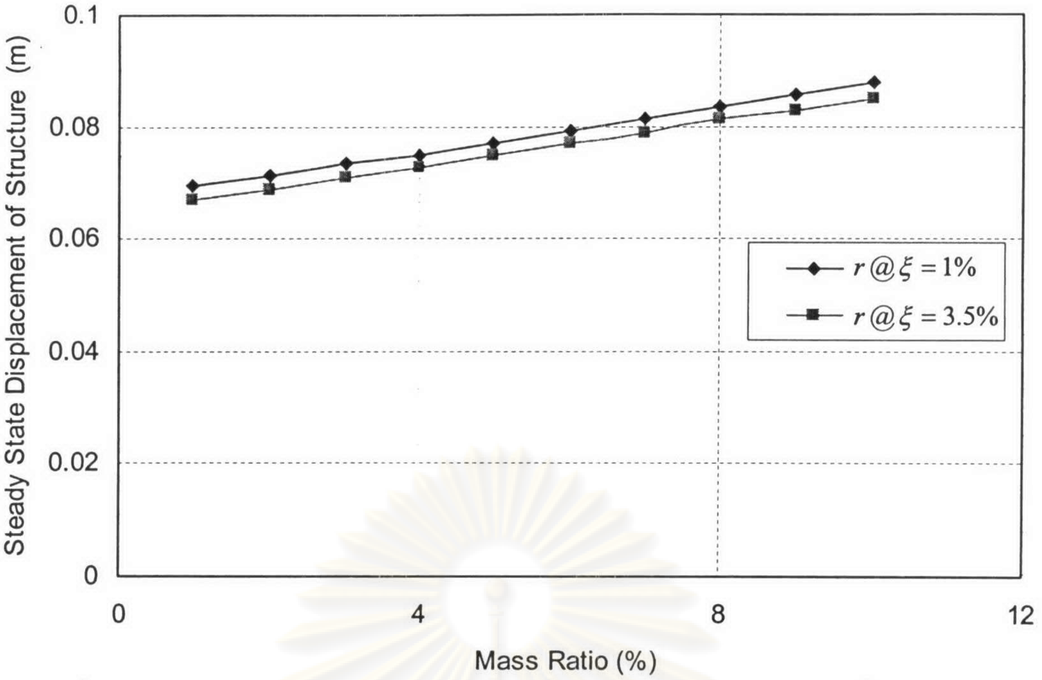
ภาคผนวก ก

การตรวจสอบความเหมาะสมในการใช้ค่าเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวที่ออกแบบจากโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์

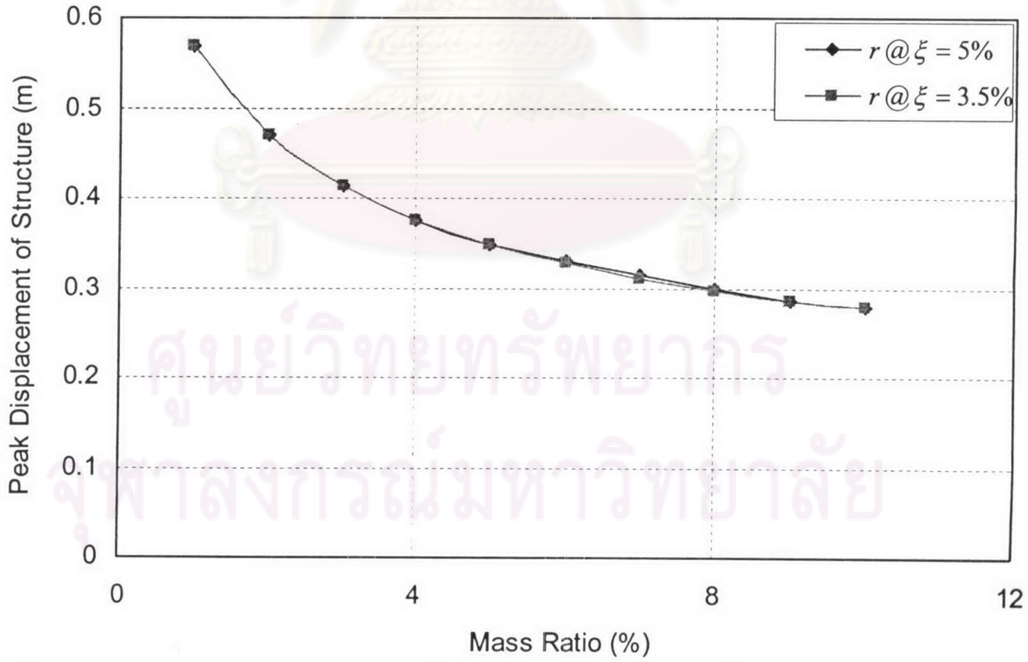
ในการวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบหาค่าเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหว (เมตริกซ์ r) ที่ใช้วิเคราะห์หาผลตอบสนองของโครงสร้างในกรณีที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ โดยสมมติให้โครงสร้างมีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำค่าเมตริกซ์น้ำหนักที่ได้ดังกล่าว ไปใช้กับทุก ๆ ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างที่ทำการพิจารณา ด้วยเหตุผลที่ว่า ไม่สามารถทราบค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างที่แน่นอนได้ ดังนั้นในส่วนนี้จึงทำการตรวจสอบความเหมาะสมของค่าเมตริกซ์น้ำหนักที่ใช้นั้น โดยการเปรียบเทียบผลตอบสนองของโครงสร้างที่ใช้เมตริกซ์น้ำหนักที่ออกแบบที่โครงสร้างมีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์ กับการใช้เมตริกซ์น้ำหนักที่ออกแบบที่ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างนั้น ๆ ซึ่งในที่นี้จะทำการพิจารณาโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่รับแรงกระทำที่เป็นแบบฮาร์โมนิคที่มีความถี่เท่ากับความถี่หลักของโครงสร้าง ดังรูปที่ ก.1 ถึง ก.4



รูปที่ ก.1 กราฟเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการใช้ค่าเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวที่ทำการออกแบบที่ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้าง $(\Omega = \omega_s)$

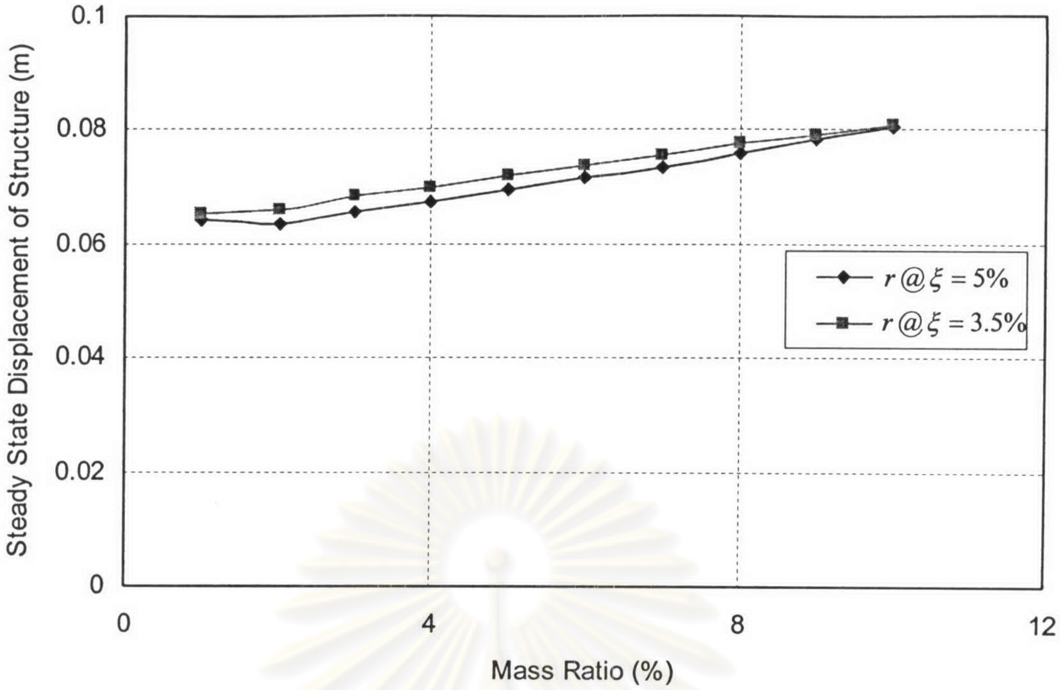


รูปที่ ก.2 กราฟเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่ในช่วงคงตัวของโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการใช้ค่าเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวที่ทำการออกแบบที่ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้าง $(\Omega = \omega_s)$



รูปที่ ก.3 กราฟเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการใช้ค่าเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวที่ทำการออกแบบที่ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้าง $(\Omega = \omega_s)$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.4 กราฟเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่ในช่วงคงตัวของโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการใช้ค่าเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวที่ทำการออกแบบที่ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้าง $(\Omega = \omega_s)$

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ได้จากการใช้เมตริกซ์น้ำหนักที่ออกแบบที่โครงสร้างมีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์ กับการใช้เมตริกซ์น้ำหนักที่ออกแบบที่ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างนั้น ๆ แทบจะไม่แตกต่างกัน แต่ระยะการเคลื่อนที่ในช่วงคงตัว จะมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ดังนั้นการที่ใช้เมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวที่ออกแบบที่โครงสร้างมีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์ มาทำการวิเคราะห์โครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงในช่วง 1 เปอร์เซ็นต์ ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ แทนนั้น ผลตอบสนองที่ได้ก็แตกต่างไม่มากนักจากการใช้ค่าเมตริกซ์น้ำหนักที่ทำการออกแบบที่ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเอง

เพื่อให้เห็นความแตกต่างของผลตอบสนองที่กล่าวมาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้ทำตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่ที่ได้จากการใช้เมตริกซ์น้ำหนักที่ทำการออกแบบจากโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์เทียบกับระยะการเคลื่อนที่ที่ได้จากการใช้ค่าเมตริกซ์น้ำหนักที่ทำการออกแบบที่ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเอง ดังตารางที่ ก.1

Mass Ratio (%)	Percentage of Difference (%)			
	Peak		Steady State	
	ξ = 1%	ξ = 5%	ξ = 1%	ξ = 5%
1	0.3953	0	3.3444	1.6592
2	0	0.1396	3.3886	3.5531
3	0.0896	0.1358	3.1308	4.1458
4	0.0077	0.2258	3.0126	3.9058
5	0.0077	0.0966	2.5519	3.4581
6	0.0027	0.802	2.7962	3.2155
7	0.0218	1.0809	2.9597	2.8007
8	0.4264	0.8502	2.5155	2.3936
9	1.8449	0.3545	3.4147	0.7414
10	1.689	0.0025	3.3218	0.379

ตารางที่ ก.1 ตารางค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่ที่ได้จากการใช้เมตริกซ์น้ำหนักที่ทำการออกแบบจากโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์เทียบกับระยะการเคลื่อนที่ที่ได้จากการใช้ค่าเมตริกซ์น้ำหนักที่ทำการออกแบบที่ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเอง $(\Omega = \omega_s)$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การสร้างเมตริกซ์น้ำหนักของการตอบสนองของโครงสร้างที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบสนองของโครงสร้างแบบหลายระดับขั้นความเสรี

เนื่องจากเมตริกซ์น้ำหนักของการตอบสนองของโครงสร้าง (เมตริกซ์ $\mathbf{Q}$) เป็นเมตริกซ์ที่ให้ค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในโครงสร้างหลักซึ่งรวมพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ไว้ในสมการดัชนีสมรรถนะ (สมการที่ (2.13)) ซึ่งอาคารสูง 76 ชั้น ที่ทำการพิจารณานั้น ถูกจำลองเป็น 76 ระดับขั้นความเสรี ซึ่งทำให้เมตริกซ์ของมวล สติฟเนส มีขนาดเท่ากับ 76x76 ดังนั้นเมตริกซ์น้ำหนักของการตอบสนองของโครงสร้าง จึงมีขนาด 152x152 เช่นกัน แต่การศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ทำการใช้วิธีการลดลำดับของแบบจำลอง เข้ามาช่วยในการคำนวณ เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณ โดยลดจาก 76 ระดับขั้นความเสรี ให้เหลือเพียง 23 ระดับขั้นความเสรี ดังนั้นเพื่อให้สามารถคงพลังงานที่เกิดขึ้นในโครงสร้างหลักซึ่งรวมพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ที่ได้จากใช้วิธีการลดลำดับของแบบจำลองซึ่งเมตริกซ์น้ำหนักของการตอบสนองของโครงสร้างในวิธีนี้มีขนาด 46x46 ให้เท่ากับพลังงานที่เกิดขึ้นในโครงสร้างหลักซึ่งรวมพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ที่ได้จากระบบที่เป็น 76 ระดับขั้นความเสรี จึงต้องทำการสร้างเมตริกซ์น้ำหนักของการตอบสนองของโครงสร้างที่มีขนาด 46x46 โดยวิธีดังต่อไปนี้

พิจารณาสมการพลังงานของทุกโหมดการสั่นไหวของโครงสร้างในสมการที่ (ข.1)

$$\mathrm{E}^* = 1/2\,\mathrm{x}(\mathbf{y}^\mathbf{T}\mathbf{K}^*\mathbf{y} + \mathbf{y}^\mathbf{T}\mathbf{M}^*\mathbf{y}) \qquad (ข.1)$$

โดยที่ E^* = พลังงานของทุกโหมดการสั่นไหวของโครงสร้าง

$\mathbf{K}^*$ = เมตริกซ์สติฟเนสเชิงโหมดของโครงสร้าง (76x76)

= $\boldsymbol{\phi}^\mathbf{T}\mathbf{K}\boldsymbol{\phi}$ โดยที่ $\mathbf{K}$ = เมตริกซ์สติฟเนสของโครงสร้าง (76x76)

$\mathbf{M}^*$ = เมตริกซ์มวลเชิงโหมดของโครงสร้าง (76x76)

= $\boldsymbol{\phi}^\mathbf{T}\mathbf{M}\boldsymbol{\phi}$ โดยที่ $\mathbf{M}$ = เมตริกซ์มวลของโครงสร้าง (76x76)

$\boldsymbol{\phi}$ = เวคเตอร์รูปร่างเชิงโหมดของโครงสร้าง (76x76)

$\mathbf{y}$ = เวคเตอร์พิกัดเชิงโหมดของระยะการเคลื่อนที่ (76x1)

= $\boldsymbol{\phi}^{-1}\mathbf{x}$

$\mathbf{x}$ = เวคเตอร์ของระยะการเคลื่อนที่ (76x1)

เนื่องจากโหมดการสั่นไหวโหมดแรก ๆ มีผลต่อการสั่นไหวมากที่สุด และค่อย ๆ ลดลงตามโหมดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นสมการพลังงานของ 23 โหมดการสั่นไหวแรกของโครงสร้าง จึงมีค่าใกล้เคียงกับสมการพลังงานของทุกโหมดการสั่นไหวของโครงสร้าง ซึ่งสมการพลังงานของ 23 โหมดการสั่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไหวแรกของโครงสร้างที่กล่าวมานั้น จะนำมาใช้ในสมการดัชนีสมรรถนะของการวิเคราะห์ผลตอบสนองของโครงสร้างที่มี 23 ระดับขั้นความเสรี

สมการพลังงานของ 23 โหมดการสั่นไหวแรกของโครงสร้างสามารถเขียนได้ในลักษณะเดียวกับสมการพลังงานของทุกโหมดการสั่นไหวของโครงสร้าง ดังสมการที่ (ข.2)

$$\begin{aligned} E_C^* &= 1/2\,x(\mathbf{y}_C^T\mathbf{K}_C^*\mathbf{y}_C + \mathbf{y}_C^T\mathbf{M}_C^*\mathbf{y}_C) \\ &= 1/2\,x\begin{bmatrix}\mathbf{y}_C^T & \dot{\mathbf{y}}_C^T\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\mathbf{K}_C^* & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{M}_C^*\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\mathbf{y}_C \\ \dot{\mathbf{y}}_C\end{bmatrix} \end{aligned} \qquad (ข.2)$$

โดยที่ E_C^* = พลังงานของ 23 โหมดการสั่นไหวแรกของโครงสร้าง

$\mathbf{K}_C^*$ = เมตริกซ์สติฟเนสเชิงโหมดของโครงสร้าง 23 โหมดแรก (23x23)

$\mathbf{M}_C^*$ = เมตริกซ์มวลเชิงโหมดของโครงสร้าง 23 โหมดแรก (23x23)

$\mathbf{y}_C$ = เวคเตอร์พิกัดเชิงโหมดของระยะการเคลื่อนที่ 23 โหมดแรก (23x1) ซึ่งหาได้จากสมการที่ (ข.3)

$$\mathbf{x} = \boldsymbol{\phi}\,\mathbf{y} \qquad (ข.3)$$

จากสมการที่ (ข.3) ทำการจัดรูปการแบ่งส่วนภายในของเมตริกซ์ใหม่ ได้ดังสมการที่ (ข.4)

$$\begin{bmatrix}\mathbf{x}_C \\ \mathbf{x}_R\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\boldsymbol{\phi}_C & \boldsymbol{\phi}_C \\ \boldsymbol{\phi}_{RC} & \boldsymbol{\phi}_R\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\mathbf{y}_C \\ \mathbf{y}_R\end{bmatrix} \qquad (ข.4)$$

โดยที่ สับสคริปต์ **c** แสดงถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับชั้นของอาคารและโหมดของการสั่นไหวของโครงสร้างที่ทำการเลือก

สับสคริปต์ **R** แสดงถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับชั้นของอาคารและโหมดของการสั่นไหวของโครงสร้างที่ไม่ได้ทำการเลือก

ทำการพิจารณาผลจาก 23 โหมดแรก ดังนั้นเวคเตอร์ระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างที่ชั้นที่ทำการเลือกนั้นจะมีค่าดังสมการที่ (ข.5)

$$\mathbf{x}_C \approx \boldsymbol{\phi}_C\,\mathbf{y}_C \qquad (ข.5)$$

จากสมการที่ (ข.5) สามารถหาค่า $\mathbf{y}_C$ และ $\dot{\mathbf{y}}_C$ ได้ดังสมการที่ (ข.6) และ (ข.7)

$$\mathbf{y}_C \approx \boldsymbol{\phi}_C^{-1}\mathbf{x}_C \qquad (ข.6)$$

$$\dot{\mathbf{y}}_C \approx \boldsymbol{\phi}_C^{-1}\dot{\mathbf{x}}_C \qquad (ข.7)$$

นำสมการที่ (ข.6) และ (ข.7) ไปแทนลงในสมการที่ (ข.2) แล้วทำการจัดรูปตามขั้นตอนที่แสดงข้างล่าง เพื่อหาค่าเมตริกซ์น้ำหนักของการตอบสนองของโครงสร้างที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบสนองของโครงสร้างสำหรับ 23 ระดับขั้นความเสรี (เมตริกซ์ $\mathbf{Q}_C$)

$$E_C^* = 1/2\,x\left[(\phi_C^{-1}\mathbf{x}_C)^T \quad (\phi_C^{-1}\dot{\mathbf{x}}_C)^T\right]\begin{bmatrix}\mathbf{K}_C^* & 0\\ 0 & \mathbf{M}_C^*\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\phi_C^{-1}\mathbf{x}_C\\ \phi_C^{-1}\dot{\mathbf{x}}_C\end{bmatrix}$$

$$= 1/2\,x\left[\mathbf{x}_C^T\phi_C^{-1^T} \quad \dot{\mathbf{x}}_C^T\phi_C^{-1^T}\right]\begin{bmatrix}\mathbf{K}_C^* & 0\\ 0 & \mathbf{M}_C^*\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\phi_C^{-1}\mathbf{x}_C\\ \phi_C^{-1}\dot{\mathbf{x}}_C\end{bmatrix}$$

$$= 1/2\,x\left[\mathbf{x}_C^T \quad \dot{\mathbf{x}}_C^T\right]\begin{bmatrix}\phi_C^{-1^T}\mathbf{K}_C^*\phi_C^{-1} & 0\\ 0 & \phi_C^{-1^T}\mathbf{M}_C^*\phi_C^{-1}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\mathbf{x}_C\\ \dot{\mathbf{x}}_C\end{bmatrix}$$

$$= \mathbf{Z}_C^T x 1/2\,x\begin{bmatrix}\phi_C^{-1^T}\mathbf{K}_C^*\phi_C^{-1} & 0\\ 0 & \phi_C^{-1^T}\mathbf{M}_C^*\phi_C^{-1}\end{bmatrix}\mathbf{Z}_C$$

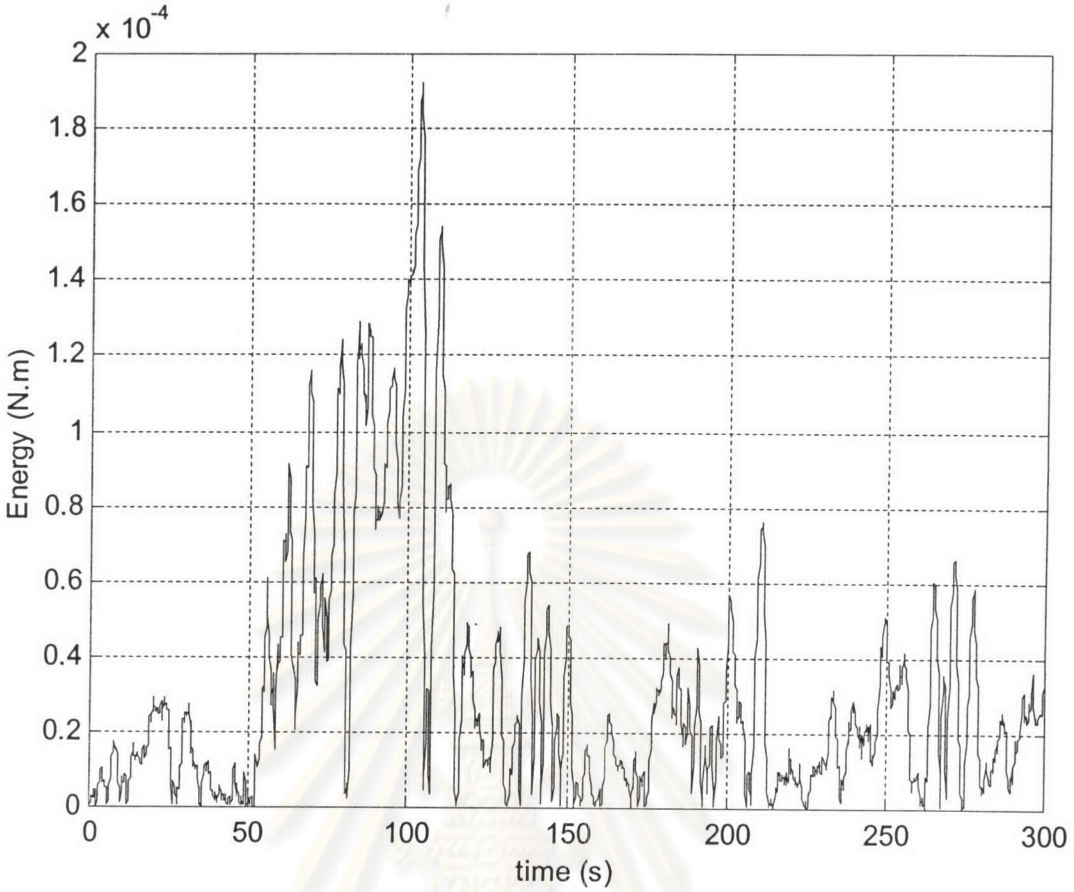
$$= \mathbf{Z}_C^T\mathbf{Q}_C\mathbf{Z}_C \qquad (ข.8)$$

$$\therefore \quad \mathbf{Q}_C = 1/2\,x\begin{bmatrix}\phi_C^{-1^T}\mathbf{K}_C^*\phi_C^{-1} & 0\\ 0 & \phi_C^{-1^T}\mathbf{M}_C^*\phi_C^{-1}\end{bmatrix} \qquad (ข.9)$$

เมตริกซ์ $\mathbf{Q}_C$ ในสมการ (ข.9) นั้นมีขนาดเท่ากับ 46x46 เป็นเมตริกซ์น้ำหนักที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบสนองของโครงสร้างสำหรับ 23 ระดับขั้นความเสรี แต่เมื่อทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงเข้าสู่โครงสร้าง จะทำให้โครงสร้างมี 24 ระดับขั้นความเสรี แต่เมตริกซ์ $\mathbf{Q}_C$ ที่ใช้ก็ยังมีลักษณะคล้ายคลึงเดิม เนื่องจากเป็นเมตริกซ์ที่ให้ค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในโครงสร้างหลักซึ่งรวมพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ โดยไม่รวมถึงพลังงานที่เกิดขึ้นกับระบบมวลหน่วง แต่ขนาดของเมตริกซ์มีขนาดเปลี่ยนไปจาก 46x46 เป็น 48x48 ซึ่งอิลิเมนต์ของเมตริกซ์ $\mathbf{Q}_C$ ใหม่ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมและเกี่ยวข้องกับระบบมวลหน่วงมีค่าเท่ากับ 0 ทุก ๆ อิลิเมนต์ เนื่องจากไม่สนใจพลังงานที่เกิดขึ้นกับระบบมวลหน่วงนั่นเอง

เพื่อทดสอบความถูกต้องของการสร้างเมตริกซ์น้ำหนักของการตอบสนองของโครงสร้างที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบสนองของโครงสร้างที่ทำการลดลำดับของแบบจำลองและทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ จึงทำการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างแบบ 76 ระดับขั้นความเสรี ที่ติดตั้งระบบมวลหน่วง กับพลังงานที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างที่ทำการลดลำดับของแบบจำลองให้เหลือ 23 ระดับขั้นความเสรี ที่ติดตั้งระบบมวลหน่วง ซึ่งแสดงค่าความแตกต่างของพลังงานในทุก ๆ ช่วงเวลา เมื่อโครงสร้างรับแรงลมที่ได้จากแฟ้มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม ดังรูปที่ ข.1

จากกราฟดังกล่าว จะเห็นได้ว่า พลังงานที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองระบบ นั้นมีค่าความแตกต่างน้อยมาก โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด ประมาณ $2\text{x}10^{-4}$ นิวตันเมตร แสดงว่าผลของโหมดการสั่นไหวที่นอกเหนือจาก 23 โหมดแรก มีผลน้อยมาก



รูปที่ ข.1 กราฟแสดงค่าความแตกต่างของพลังงานในทุก ๆ ช่วงเวลา เมื่อโครงสร้างรับแรงลมที่ได้จากแฟ้มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมของการวิเคราะห์โครงสร้างทั้งสองระบบ ในกรณีทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ศุภลักษณ์ ตั้งจารีตสกุล เกิดวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดตาก สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย