

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเพื่อลดการสั่นสะเทือนของเครื่องเป่าอากาศ โดยวิธี ไฟไนต์อีลิเมนต์และการทดสอบแบบกระแทก

Concrete Structure Design to Reduce Vibration of Air Blower by Finite Element and Impact Test

วิเชียร บาทวงศ์¹ และ ตะวัน สุจริตกุล²

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
โทร 053-944146 โทรสาร 053-944145 อีเมลล์ wichian.b@egat.co.th, thawansu@yahoo.com

Wichian Bahtwong¹ and Thawan Sucharitakul²

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University,
Chiang Mai 50200, Thailand.

Tel: 053-944146, Fax: 053-944145, Email: wichian.b@egat.co.th¹, thawansu@yahoo.com²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีต เพื่อลดการสั่นสะเทือนของเครื่องเป่าอากาศของระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 9 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปแบบไฟไนต์อีลิเมนต์ (FEA) โดยการวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบโปรแกรม FEA เทียบกับการทดสอบแบบกระแทก (Impact Test) ของ C-Beam และ เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสม หลังจากนั้นนำคุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเหล็กที่ได้รับไปใช้ในการจำลองรูปแบบการสั่นสะเทือนของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของฐานรองรับเครื่องเป่าอากาศ ที่ความหนา 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90 และ 1.00 เมตร ตามลำดับ โดยกำหนดคุณสมบัติของวัสดุในการวิเคราะห์เป็นแบบ line และ Plate และเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับการทดสอบแบบกระแทกกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของฐานรองรับเครื่องเป่าอากาศ ที่ความหนา 0.30 เมตร และ 0.60 เมตร พบว่าผลที่ได้รับจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปแบบไฟไนต์อีลิเมนต์มีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน 10 %

อนึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปแบบไฟไนต์อีลิเมนต์ (FEA) พบว่าขนาดความหนาของฐานรองรับเครื่องเป่าอากาศที่มีผลกระทบจากการสั่นสะเทือนน้อยที่สุดคือ 0.90 เมตร แต่ที่ความหนาดังกล่าวไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ดังนั้น จากการศึกษาได้พบว่าความหนา 0.40 เมตร เป็นความหนาที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงโครงสร้างซึ่งสามารถลดผลกระทบได้ประมาณ 28 %

Abstract

The objective of this research is to find the suitable method of concrete structure design for vibration reduction of air blower of Mae Moh power plant by using finite element method (FEA) and impact test. The FEA was validated using the impact test data of C-Beam & concrete column and finding out the physical properties of concrete. After that, FEA was used to simulate the vibration of concrete structure at 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, & 1.00 meter thickness. In this analysis, the properties of material were defined as lines and plates. The simulation results at 0.30 and 0.60 meter thickness were also compared with the data of impact test. It was found that that FEA could predict the experimental results quite well and the error was less than 10%.

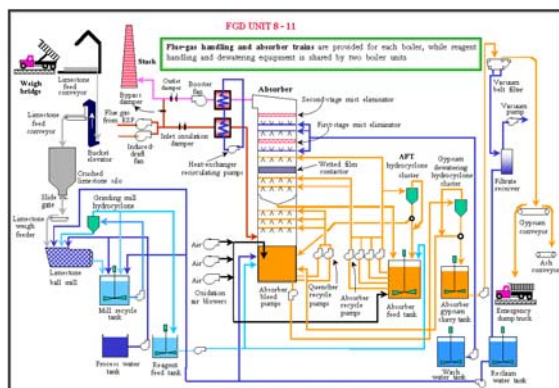
From this analysis, it was also found that the suitable thickness of concrete structure for minimizing the vibration is 0.90 meter. However, this thickness is not practical and the proper thickness of concrete structure is 0.40 meter which result in 28% reduction of vibration.

บทนำ

จากปัญหาเรื่องมลภาวะทางอากาศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จึงได้ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะเพื่อลดปัญหามลภาวะทางอากาศ ซึ่งสามารถลดมลภาวะทาง

อากาศให้อยู่ในเกณฑ์ตามกฎหมายกำหนดคือไม่เกิน 320 ppm [1] ในการติดตั้งอุปกรณ์มีปัญหาเกิดขึ้นกับอุปกรณ์หลายปัญหา ปัญหาหนึ่งคือ การสั่นสะเทือนของอุปกรณ์เดิมอากาศของระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (FGD) เครื่องที่ 8-11 ที่มีกระบวนการทำงาน [8] ดังรูปที่ 1 และ 2 ซึ่งค่าการสั่นสะเทือนสูงเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน ISO 2372 ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และโรงไฟฟ้าสูญเสียกำลังการผลิตบ่อยครั้ง โดยความเสียหายที่เกิดขึ้น เช่น การแตกของแบริ่งแล้วทำให้ อุปกรณ์เดิมอากาศ (Oxidation Air Blower) ใหม่ ดังรูปที่ 3 จากความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์เดิมอากาศส่งผลให้โรงไฟฟ้าต้องหยุดการผลิตไฟฟ้าคิดค่าความสูญเสียโอกาสในการผลิตไฟฟ้าเป็นเงินประมาณ 10.8 ล้านบาทต่อวัน ในการวิเคราะห์ปัญหาการสั่นสะเทือนเบื้องต้นพบสาเหตุของการสั่นสะเทือน ดังนี้

1. การสั่นสะเทือนจากการออกแบบตัวอุปกรณ์ เป็นการสั่นสะเทือนที่เกิดจากลักษณะการทำงานที่แก้ไขไม่ได้
2. การสั่นสะเทือนจากการซ่อม แก้ไขโดย การจัดทำคู่มือมาตรฐานการซ่อม
3. การสั่นสะเทือนจากการหลวมของแบริ่ง แก้ไขโดยเปลี่ยนอุปกรณ์ที่หลวม
4. การสั่นสะเทือนจากการเกิดการเสริมกันของการสั่นสะเทือน (Resonance) ระหว่างความถี่ธรรมชาติของโครงสร้างกับความถี่ของตัวอุปกรณ์ แก้ไขโดยการปรับปรุงโครงสร้าง



รูปที่ 1 แสดง Diagram การทำงานของ FGD#8-11



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของอุปกรณ์เดิมอากาศ



รูปที่ 3 แสดงความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์เดิมอากาศ

ดังนั้นเพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์และเพิ่มความมั่นคงในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จึงมีโครงการปรับปรุงโครงสร้างคอนกรีต โดยการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเพื่อลดการสั่นสะเทือนของเครื่องเดิมอากาศโดยวิธีไฟในทอิลิเมนต์และการทดสอบแบบกระแทก ซึ่งงานวิจัยนี้จะหาความหนาของโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ มีดังนี้

2.1 ทฤษฎีความถี่ธรรมชาติของอุปกรณ์

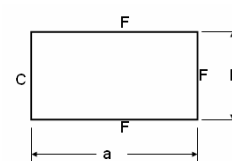
ความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) [6] คือ ความถี่ที่มีอยู่ภายในระบบหรืออุปกรณ์ ใช้สัญลักษณ์ ω_n สามารถคำนวณได้จาก รากที่สองของความแข็งแรงสัมบูรณ์ k_{eq} หารด้วยมวลสัมบูรณ์ของระบบหรืออุปกรณ์ m_{eq} ดังสมการที่ 1

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k_{eq}}{m_{eq}}} \quad (1)$$

การคำนวณหาความถี่ธรรมชาติของโปรแกรมสำเร็จรูป FEA ใช้สูตรในการคำนวณดัง สมการที่ 2 [4] ในการคำนวณหาความถี่ธรรมชาติ

$$\omega_{ij} = \frac{\lambda_{ij}^2}{2\pi a^2} \left[\frac{Eh^3}{12\rho(1-\nu^2)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

โดยมีแบบจำลองการคำนวณหาความถี่ธรรมชาติ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4

โดย

ω_{ij} = ความถี่ธรรมชาติ

$i = 1, 2, 3, \dots$

$j = 1, 2, 3, \dots$

a = ความยาวของแผ่น

b = ความกว้างของแผ่น

h = ความหนาของแผ่น

i = จำนวนของครึ่งคลื่นของการสั่นสะเทือนตามแนวระดับกับแกน

j = จำนวนของครึ่งคลื่นของการสั่นสะเทือนตามแนวตั้งฉากกับแกน

C = ขอบที่ถูกยึด

- F = ขอบที่ไม่ถูกยึด
 E = modulus of elasticity
 γ = มวลต่อหน่วยพื้นที่ของแผ่น
 ν = Poisson ratio

2.1 ทฤษฎีการส่งถ่ายแรงไปที่ฐาน

การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์หรือโครงสร้างที่ตรวจวัดได้คือการตรวจวัดแรงที่เกิดขึ้นจากต้นกำเนิดแล้วส่งถ่ายแรงมาที่ฐานรองรับ จากลักษณะการทำงานของอุปกรณ์หมุนพบว่า ชิ้นส่วนที่รองรับแรงที่เกิดขึ้นเป็นลำดับแรกคือ แบริ่ง หลังจากนั้นแรงจะส่งถ่ายมาที่ ตัวอุปกรณ์แล้วลงมาที่ฐานโครงสร้าง การส่งถ่ายแรงสามารถอธิบายได้ดังสมการที่ 3 [2]

$$TR = \sqrt{\frac{1 + \left(2\zeta \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(2\zeta \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}} \quad (3)$$

โดยที่

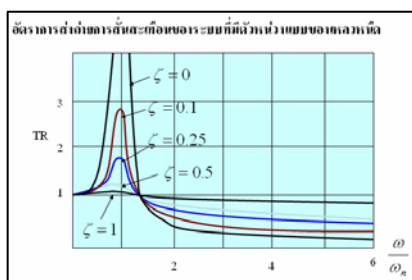
TR = อัตราการส่งถ่ายแรงไปที่ฐาน

ω_n = ความถี่ธรรมชาติ

ω = ความถี่กระตุ้น

ζ = อัตราส่วนความหน่วงของระบบ

อัตราส่วนความรุนแรงของการส่งถ่ายแรงในระบบที่มีตัวหน่วงแสดงได้ดังรูปที่ 5 [3] ซึ่งจากรูปจะพบว่า ถ้าความถี่ธรรมชาติของระบบเท่ากับความถี่กระตุ้นจะส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนที่รุนแรง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิด Resonance



รูปที่ 5 แสดงอัตราส่วนการส่งถ่ายแรงของระบบที่มีตัวหน่วงแบบของเหลวหนืด

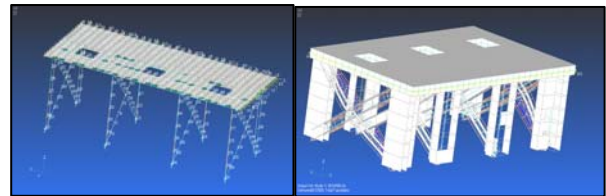
3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยกับโครงสร้างคอนกรีตของเครื่องเดิมอากาศในระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 9 โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

2.1 ทดสอบโปรแกรมสำเร็จรูปไฟไนท์อีลิเมนต์ (FEA) โดยการทดสอบรูปแบบการสั่นสะเทือน (Mode Shape) ที่ได้จากโปรแกรมเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทก (Impact

test) ของเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือนยี่ห้อ CSI 2120 โดยใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ 1 เหล็ก C-Beam ขนาด C180x18.2 สูง 1700 mm ที่ผลิตตามมาตรฐาน ASTM A36 มีคุณสมบัติดังนี้ Young's Modulus = 200 GPa, Poisson's Ratio = 0.29 Yield Strength = 250 MPa, Mass Density = 7,860 kg/m³ และ 2 เสาคอนกรีตขนาด 15x15x 210 cm ที่มีคุณสมบัติดังนี้ Young's Modulus = 25 GPa, Poisson's Ratio = 0.15 Yield Strength = 28 MPa, Mass Density = 2,320 kg/m³ [5]

2.2 นำคุณสมบัติของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบจากข้อ 2.1 ไปใช้ในการจำลองหารูปแบบการสั่นสะเทือน (Mode shape) ของโครงสร้างคอนกรีตที่มีความหนา 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, และ 1.00 เมตร ซึ่งการจำลองแบบ ดังรูปที่ 6 โดยกำหนดคุณสมบัติของวัสดุในการวิเคราะห์เป็นแบบ line และ Plate

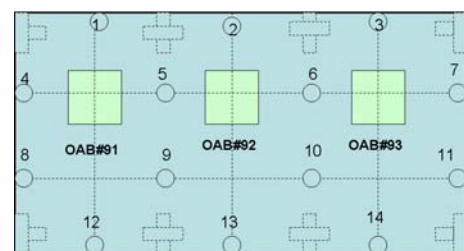


รูปที่ 6 แสดงการจำลองในโปรแกรมสำเร็จรูป FEA

2.3 ทดสอบแบบกระแทก (Impact Test) [6] กับโครงสร้างคอนกรีตที่มีความหนา 0.30 เมตร และ 0.60 เมตร โดยใช้เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน ยี่ห้อ CSI รุ่น 2120 และใช้หัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่ง มีหลักการและวิธีการ ดังรูปที่ 7 และมีการกำหนดตำแหน่งในการ Impact Test ดังรูปที่ 8 หลังจากนั้นเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทกกับ ค่าที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป (FEA)



รูปที่ 7 แสดงหลักการและวิธีการทดสอบแบบกระแทก Impact Test



รูปที่ 8 แสดงตำแหน่งการทดสอบแบบกระแทก Impact Test

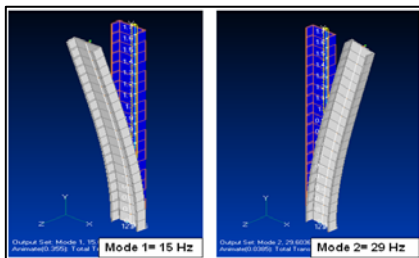
2.4 เลือกความหนาที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงโครงคอนกรีตโดยเลือกความหนาที่เกิดผลกระทบจากความความถี่พื้นฐานของเครื่องเติมอากาศน้อยที่สุด (เครื่องเติมอากาศเป็นแบบ 2 บวบ มีรอบการทำงาน 990 rpm ความถี่พื้นฐานคือ 16.5, และ 33 Hz)

4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

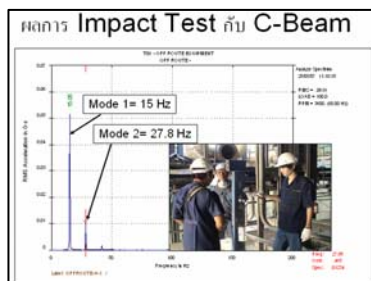
3.1.1 ผลการทดสอบโปรแกรมสำเร็จรูปกับ C-Beam โดยเทียบกับการทดสอบแบบกระแทก (Impact Test) พบว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป (FEA) มีความแตกต่างจากค่าที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทก ไม่เกิน 7 % ดังตารางที่ 1 และผลที่ได้จากการโปรแกรมสำเร็จรูปแสดง ดังรูปที่ 9 ส่วนผลที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทกแสดงดังรูปที่ 10

	C-Beam	FEA	% ความแตกต่าง
Impact Test			
ความถี่ (Hz)	ความถี่ (Hz)		
mode 1	15	15.05	0.3
mode 2	27.88	29.7	6.2

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความถี่ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป FEA เทียบกับค่าความถี่ที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทกกับ C-Beam



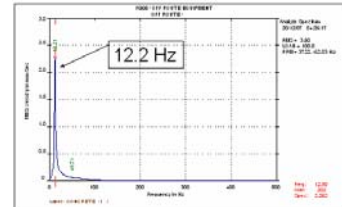
รูปที่ 9 แสดงผลที่ได้จากการจำลองการสั่นสะเทือนของ C-Beam ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป FEA



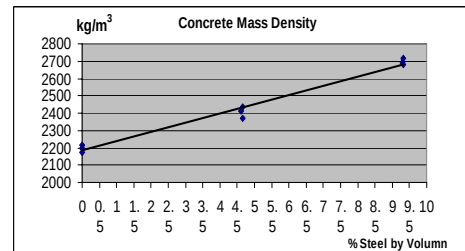
รูปที่ 10 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทก (Impact Test) กับ C-Beam ด้วยเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน

3.1.2 ผลการทดสอบกับเสาคอนกรีต โดยใช้คุณสมบัติคอนกรีตตามข้อ 2.1 ผลที่ได้คือ ค่าที่ได้จากการโปรแกรมสำเร็จรูปที่ Mode 1 มีค่า 15 Hz แต่ค่าที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทก (Impact

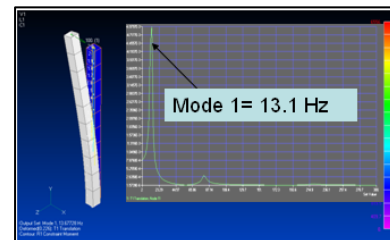
Test) เสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีค่า 12.2 Hz ดังรูปที่ 11 ซึ่งต่างกันประมาณ 23 % คณะวิจัยจึงได้ทำการทดลองหาความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็กประมาณ 6.5 % ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งมีค่าประมาณ 2,550 kg/m³ แสดงดังรูป 12 และได้ใช้ค่า Young's Modulus 23 GPa [7] ผลที่ได้โปรแกรม FEA ที่ Mode 1 คือ 13.1 Hz ดังรูปที่ 13 เมื่อเทียบกับการ Impact Test อุปกรณ์จริงมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 7.3 %



รูปที่ 11 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทก (Impact Test) กับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน



รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็กกับอัตราส่วนผสมโดยปริมาตรของเหล็กในคอนกรีต



รูปที่ 13 แสดงผลที่ได้จากการจำลองการสั่นสะเทือนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป FEA

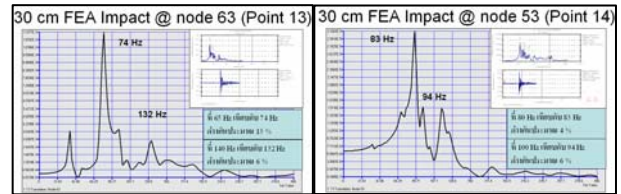
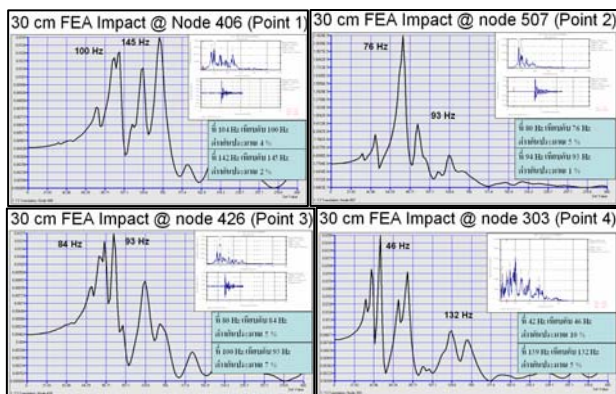
คณะวิจัยจึงได้นำค่าความหนาแน่นของคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค่าประมาณ 2,550 kg/m³) และค่า Young's Modulus 23 GPa [7] ใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหารูปแบบการสั่นสะเทือนของโครงสร้างคอนกรีตของเครื่องเติมอากาศ

3.2 ผลการจำลองรูปแบบการสั่นสะเทือนของโครงสร้างคอนกรีตจากโปรแกรมสำเร็จรูป (FEA) ที่ความหนา 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, และ 1.00 เมตร พบรูปแบบการสั่นสะเทือน (Mode shape) ของโครงสร้างคอนกรีตมีหลายค่า เมื่อวิเคราะห์ตามโครงสร้างและลักษณะการทำงานของอุปกรณ์พบว่า รูปแบบของการสั่นสะเทือน (Mode shape) ที่มีผลกระทบจากการทำงานของอุปกรณ์ คือ Mode shape ที่เกิดการสั่นสะเทือน ดังรูปที่ 14

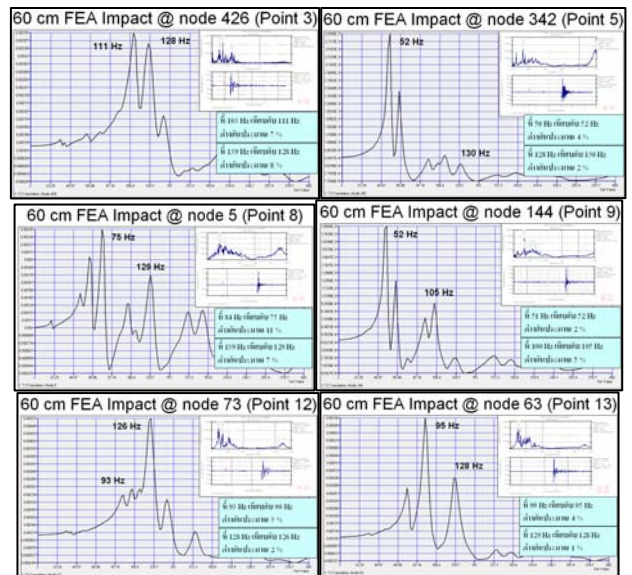


รูปที่ 14 แสดงลักษณะการสั่นของโครงสร้างที่ความหนา 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, และ 1.00 เมตร

3.3 การ Impact Test กับโครงสร้างคอนกรีตที่ความหนา 30 เซนติเมตร เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตเป็นแบบสมมาตร จึงได้มีการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการ Impact Test โครงสร้างคอนกรีต เทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป FEA โดยเปรียบเทียบความถี่ที่เกิดขึ้นบริเวณจุดที่ 1, 2, 3, 4, 13, 14, ดังรูปที่ 15 ผลที่ได้ มีความแตกต่างกันไม่เกิน 10 % และการวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมสำเร็จรูป FEA กับการ Impact Test โครงสร้างที่ความหนา 60 เซนติเมตร โดยเปรียบเทียบความถี่ที่เกิดขึ้นบริเวณจุดที่ 3, 5, 8, 9, 12, 13, ดังรูปที่ 16 ผลที่ได้มีความแตกต่างกันไม่เกิน 10 %

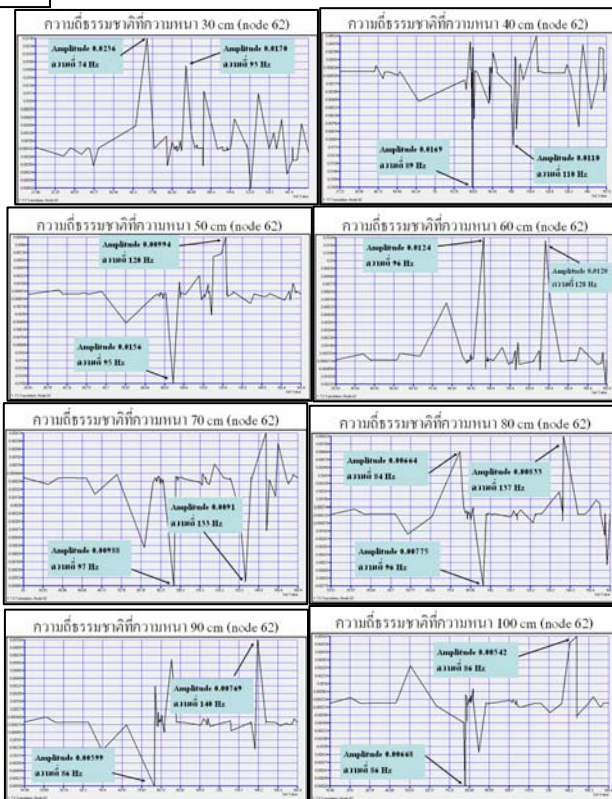


รูปที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าความถี่ที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทก (Impact Test) กับค่าที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป FEA ของโครงสร้างคอนกรีตที่ความหนา 0.30 เมตร

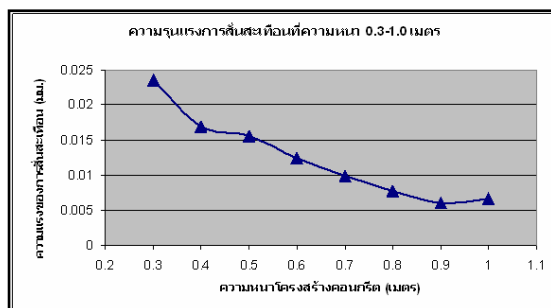


รูปที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าความถี่ที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทก (Impact Test) กับค่าที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป FEA ของโครงสร้างคอนกรีตที่ความหนา 0.60 เมตร

จากการเปรียบเทียบผลระหว่างค่าค่าที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป FEA กับค่าความถี่ที่ได้จากการทดสอบแบบกระแทก Impact Test พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันไม่เกิน 10 % และเมื่อนำคุณสมบัติของคอนกรีตที่ความหนาแน่น 2,550 kg/m³ และ ค่า Young's modulus 23 GPa เป็นข้อมูลในการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป FEA และทำการปรับเปลี่ยนความหนาของโครงสร้างคอนกรีต ดังนี้คือ 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, และ 1.00 เมตร ตามลำดับ โดยค่าความถี่ธรรมชาติ และความรุนแรงของการสั่นสะเทือน (Amplitude) ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป FEA ของความหนาต่างๆ ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 17 เมื่อนำค่าความถี่ธรรมชาติและความรุนแรงของการสั่นสะเทือนสูงสุดของแต่ละความหนา เปรียบเทียบกัน โดยเปรียบเทียบค่าความรุนแรงการสั่นสะเทือนในทิศทางตั้งฉากกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก พบว่า เมื่อเพิ่มความหนาของพื้นคอนกรีตจะส่งผลให้ค่าความรุนแรงของการสั่นสะเทือนลดลงและพบว่าที่ความหนา 0.90 เมตร จะมีค่าความรุนแรงของการสั่นสะเทือนต่ำที่สุด แสดงดังรูปที่ 18



รูปที่ 17 ที่แสดงค่าการสั่นสะเทือนกับความรุนแรงของการสั่นที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป FEA ที่ความหนาโครงสร้าง 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, และ 1.00 เมตร ของ Node 62



รูปที่ 18 แสดงความรุนแรงของการสั่นสะเทือนเทียบกับความหนาของโครงสร้างคอนกรีตที่ 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.90, และ 1.00 เมตร

5. สรุปผล

จากการวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (FEA) พบว่า โครงสร้างคอนกรีตที่สามารถรองรับการสั่นสะเทือนได้ดีที่สุด คือ โครงสร้างคอนกรีตที่มีความหนา 0.90 เมตร ซึ่งเมื่อเทียบกับความหนาของโครงสร้างปัจจุบันที่ 0.30 เมตร สามารถลดผลกระทบจากการสั่นสะเทือนได้ประมาณ 67 % แต่ในทางปฏิบัติทำไม่ได้ เพราะไม่มีพื้นที่ ดังนั้น ค่าความหนาที่เหมาะสมในการปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบจากการสั่นสะเทือน คือ ความหนา 0.40 เมตร ซึ่งสามารถลดผลกระทบได้ประมาณ 28 %

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยแม่เมาะ ที่ให้การสนับสนุนการทําวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี “มาตรฐานการปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ” <http://www.pcd.go.th/>
- [2] ก่อเกียรติ บุญชูกุล, สมศักดิ์ ไชยะภินันท์, ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ “การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน-การเฝ้าตรวจและจัดการการบำรุงรักษา” สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2540
- [3] ดร.ธัญ ญูฉาย “การสั่นสะเทือนเชิงกล” 2541
- [4] http://www.mscsoftware.com/support/online_ex/n4w/N4w102/prob01_n4w_Modal_Plate.pdf
- [5] Arthur P. Bosesi, Richard J.Schmidt, Omar M.Sidebottom, “Advanced Mechanicals of Materials” 5 th edition, John Wiley & Sons , 1993
- [6] CSI Reference Manual “Model 2120 and Model 2120A Series Analyzer” 2000
- [7] <http://www.tfhr.gov/safety/pubs/05062/chapt2c.htm>
- [8] <http://mmfgd.egat.co.th/Diagram/diagram811.pdf>