

**พฤติกรรมทางพลศาสตร์ ห้องประชุมชั้น 3 อาคาร 9**  
**ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**  
**Dynamic behaviors of the Conference room in Department Civil Engineering Building**

กิตติศักดิ์ อธิปอนันต์ ณัฐวัฒน์ โพร้ทอง

อ. ดร.ธีรพงศ์ จันทร์เพ็ง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
โทร. 0-2549-3429, 0-2549-3420 โทรสาร 0-2549-3422 E-mail: fengntk@ku.ac.th

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับการศึกษาพฤติกรรมทางพลศาสตร์ของห้องประชุม โดยใช้ผลการทดสอบ Ambient Vibration test และผลการจากวิเคราะห์แบบจำลองด้วย Finite Element Method ซึ่งพฤติกรรมทางพลศาสตร์จะแสดงออกมาในรูปของความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างการสั่นไหว โครงการนี้ได้เปรียบเทียบพฤติกรรมทางพลศาสตร์กับพฤติกรรมของแบบจำลอง เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมที่แท้จริงของห้องประชุม ซึ่งอาจแตกต่างกับพฤติกรรมของแบบจำลอง แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการทดสอบพฤติกรรมทางพลศาสตร์มีค่าใช้จ่ายที่สูงและมักทดสอบเฉพาะ โครงสร้างที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ จึงไม่นิยมทดสอบ ผู้จัดทำจึงศึกษาหาวิธีการทดสอบด้วยวิธีอื่นที่มีราคาถูก และสามารถทดสอบพฤติกรรมเบื้องต้นได้ คือ ใช้ iPhone4s / iPad2 ในการวัดการสั่นไหว นอกจากนี้ยังทำการศึกษาเพื่อประเมินสภาพการใช้งานของห้องประชุมนี้อีกด้วย

### ABSTRACT

This project studies the dynamics of the conference room. By using Ambient Vibration test and Finite Element Method, the dynamic behaviors of the conference room can be expressed in terms of natural frequencies and modeshapes. This project compares the dynamic behavior of the actual structure and its finite element model, which may be different from the behavior of the actual structure. However, due to the cost of the dynamic behavior test that is very expensive and often used only structures that are important to the economic value, this study presents the other way to test by using iPhone4s / iPad2. The serviceability of this conference room is also discussed.

## 1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โครงสร้างในงานวิศวกรรมโยธาจะต้องปลอดภัยและใช้งานได้  
อย่างไม่มีปัญหา เพื่อให้ปลอดภัยและใช้งานได้ไม่มีปัญหา  
ปัจจุบันใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์วิเคราะห์ออกแบบก่อนจะก่อสร้างจริง การ  
วิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ต้องใช้สมมติฐานซึ่งควรจะสอดคล้องกับ  
โครงสร้างจริงให้มากที่สุด เช่น จุดรองรับ(support) วัสดุ(material)  
น้ำหนักที่กระทำ(load) เป็นต้น อย่างไรก็ตามพฤติกรรมโครงสร้างจริง  
อาจแตกต่างกับสมมติฐานในแบบจำลองก็เป็นได้

ในกรณีโครงสร้างปกติที่ก่อสร้างกันทั่วไป ความแตกต่างระหว่าง  
พฤติกรรมโครงสร้างจริงกับไฟไนต์เอลิเมนต์อาจมีไม่มากนัก และ  
ความแตกต่างดังกล่าวได้ถูกแก้ไขไว้ในรูปของตัวประกอบความ  
ปลอดภัยแล้ว ขณะที่โครงสร้างที่มีลักษณะพิเศษ ความแตกต่าง  
ระหว่างพฤติกรรมโครงสร้างจริงกับไฟไนต์เอลิเมนต์อาจมีมากและ  
อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้งานของโครงสร้างอย่างมาก

พฤติกรรมจริงของโครงสร้างใดๆ หาได้จากการทดสอบหา  
คุณสมบัติทางพลศาสตร์ เช่น ความถี่ธรรมชาติ รูปร่างการสั่นค่าต่างๆ  
เหล่านี้ จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบบจำลองกับโครงสร้างที่ก่อสร้างไปแล้ว  
จริงแตกต่างกันเพียงใด ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาด้านความ  
ปลอดภัยและการใช้งานที่อาจจะเกิดขึ้นภายหลัง อย่างไรก็ตามการ  
ทดสอบดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายสูงมาก จึงจำกัดแค่เพียงโครงสร้างที่  
ซับซ้อน หรือมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น สะพานแขวน สะพาน  
ชิง เป็นต้น

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาได้ก่อสร้างอาคารหลังใหม่ซึ่งมีห้องประชุม  
ที่ชั้น 3 ห้องประชุมดังกล่าวเป็นโครงสร้างคล้ายกับคานยื่น ที่อาจจะ  
มีพฤติกรรมที่ต่างกับโครงสร้างทั่วไป และจากความร่วมมือระหว่าง  
บุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และหา  
วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ ได้ทำการทดสอบวัดการสั่นไหวตามสภาวะ  
แวดล้อม (Ambient Vibration) เพื่อหาค่าคุณสมบัติทาง  
พลศาสตร์ของห้องประชุมดังกล่าว

โครงการทางวิศวกรรมนี้ เพื่อนำข้อมูลที่มาใช้เพื่อตรวจสอบ  
พฤติกรรม นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์จากข้อมูลดังกล่าวในการ  
ประเมินสภาพการใช้งานของห้องประชุม แต่เนื่องการทดสอบการ  
สั่นสะเทือนไหวตามสภาวะแวดล้อมมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก โครงการทาง  
วิศวกรรมนี้จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำโทรศัพท์มือถือมา  
ประเมินพฤติกรรมจริงของห้องประชุมดังกล่าวด้วย วัตถุประสงค์ของ  
โครงการทางวิศวกรรมมีดังนี้

## 2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างพฤติกรรมทางพลศาสตร์ กับ แบบจำลองไฟ  
ไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้ห้องประชุมชั้น 3 อาคาร 9 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นกรณีศึกษา
- 2.2 ตรวจสอบพฤติกรรมการสั่นไหวของห้องประชุมฯ ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่  
ยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล หรือไม่
- 2.3 ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ iPhone4 หรือ iPad2 ในการวัด  
พฤติกรรมการสั่นไหวของโครงสร้าง

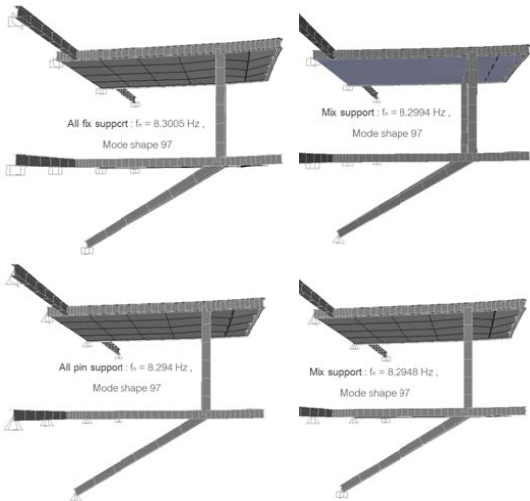
## 3. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา

- 3.1 เก็บข้อมูลที่จะนำมาสร้างแบบจำลองห้องประชุมฯ
- 3.2 นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม SAP2000
- 3.3 วิเคราะห์ผลการคำนวณต่างๆ ของแบบจำลองผ่านโปรแกรม
- 3.4 ศึกษาผลการวัดการสั่นไหว ( Ambient Vibration Test ) ของห้องประชุม  
ชั้น 3 อาคาร 9 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลการทดสอบของ  
รศ.ดร.นคร ภู่วโรดม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- 3.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบการวัดการสั่นไหวของห้องประชุมฯ โดยใช้  
โปรแกรม MATLAB
- 3.6 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบจำลองจากโปรแกรม และผลจากการ  
ทดสอบ Ambient Vibration Test เพื่อดูความแตกต่างระหว่างพฤติกรรม
- 3.7 ศึกษาและวิเคราะห์สภาวะการใช้งานของห้องประชุมฯ โดยใช้ผลการ  
วิเคราะห์ความเร็วการสั่นไหวที่ได้จากโปรแกรม MATLAB กับมาตรฐาน  
ของเยอรมัน ( DIN 4150-3 )
- 3.8 ใช้ iPhone4 หรือ iPad2 วัดการสั่นไหวของห้องประชุม แล้วเปรียบเทียบ  
กับผลจากการทดสอบ Ambient Vibration Test ว่าสามารถหาความถี่  
ธรรมชาติแบบคร่าวๆ ได้หรือไม่

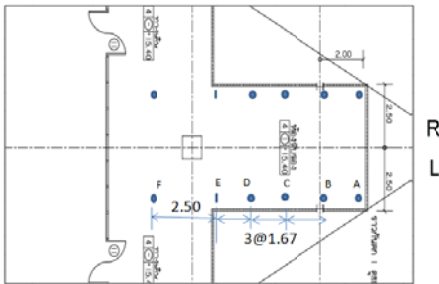
4. ผลการดำเนินการศึกษา

4.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์และพฤติกรรมจริงของห้องประชุม พฤติกรรมทางพลศาสตร์จากแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

รูปที่ 4.1 รูปแบบการสั่นไหวและความถี่ธรรมชาติ ของแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์



4.2 พฤติกรรมทางพลศาสตร์จากการวัดการสั่นไหวตามสภาวะแวดล้อม



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งการวางหัววัดการสั่นไหว ณ ตำแหน่งต่างๆ

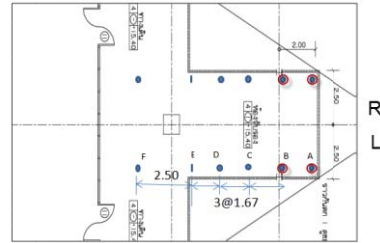
File's name	S1	S2	S3	S4	Remark
kast1642	AL	AR	BR	BL	4sensor(XZ)
kast1650	AL	AR	BR	BL	4sensor(XZ)
kast1700	AL	AR	CR	CL	4sensor(XZ)
kast1707	AL	AR	DR	DL	4sensor(XZ)
kast1712	AL	AR	DR	DL	4sensor(XZ)
kast1714	AL	AR	ER	EL	4sensor(XZ)
kast1722	AL	AR	FR	FL	4sensor(XZ)

ตารางที่ 4.1 ชื่อชุดข้อมูลกับหัววัดการสั่นไหว ณ ตำแหน่งต่างๆ

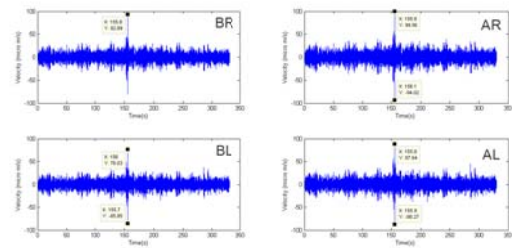
ผลการวัดและผลวิเคราะห์รูปร่างการสั่นและความถี่ธรรมชาติ

การวิเคราะห์ผลจากการทดสอบพฤติกรรมทางพลศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อศึกษาและหา ค่าความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างการสั่น ของห้องประชุมได้ผลดังนี้

ผลการวิเคราะห์ชุดข้อมูล "kast 1642" จากการทดสอบ Ambient Vibration Test

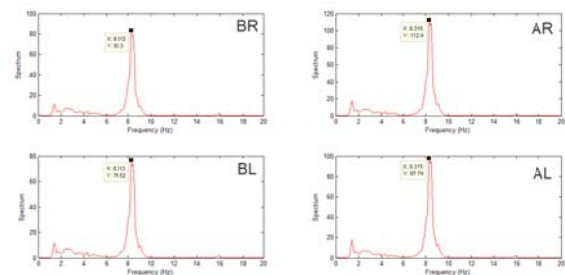


รูปที่ 4.3 ตำแหน่งการวางหัววัดเพื่อเก็บข้อมูล "kast1642"



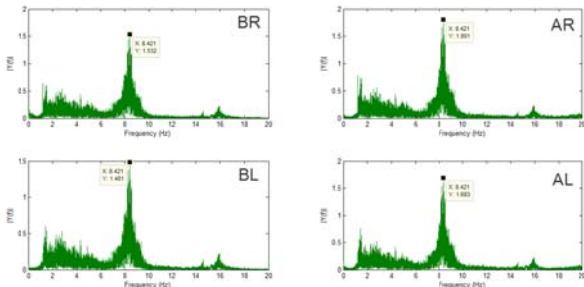
รูปที่ 4.4 กราฟ Time series ของชุดข้อมูล "kast1642"

จากกราฟในรูปที่ 4.4 พบว่าที่ตำแหน่ง AL , AR , BR , BL ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเท่ากับ 88.27, 99.56, 92.89 และ 85.85 micro mm/s



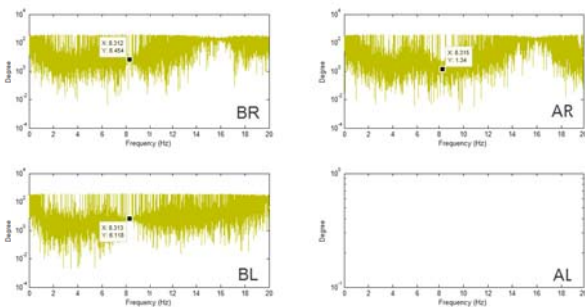
รูปที่ 4.5 กราฟ Power spectrum ชุดข้อมูล "kast1642"

จากกราฟในรูปที่ 4.5 จะหาความถี่ธรรมชาติได้จากจุดที่มีค่าพลังงานสเปกตรัมสูงสุด โดยกราฟนี้จะแปลงมาจากกราฟ Fourier spectrum ซึ่งทำให้สามารถหาความถี่ธรรมชาติได้ง่ายขึ้น ในตำแหน่ง AL มีค่าพลังงานสเปกตรัมสูงสุดเท่ากับ 97.74 มีความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 8.315 Hz ตำแหน่ง AR มีค่าพลังงานสเปกตรัมสูงสุดเท่ากับ 112.4 มีความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 8.315 Hz ตำแหน่ง BR มีค่าพลังงานสเปกตรัมสูงสุดเท่ากับ 83.3 มีความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 8.312 Hz ตำแหน่ง BL มีค่าพลังงานสเปกตรัมสูงสุดเท่ากับ 76.52 มีความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 8.313 Hz



รูปที่ 4.6 กราฟ Fourier spectrum ของชุดข้อมูล "kast1642"

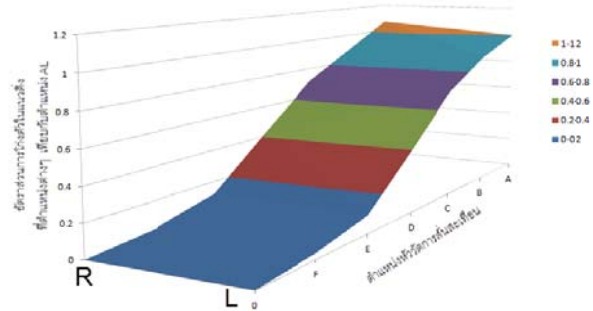
จากกราฟในรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าที่ความถี่เท่ากับ 8.421 Hz จะเกิดการโค้งตัวในแนวตั้งมากที่สุด ซึ่งจะเห็นว่าที่ตำแหน่ง AL,AR,BR,BL มีการโค้งตัวในแนวตั้งเท่ากับ 1.683, 1.801, 1.532 และ 1.481 หน่วย ตามลำดับ และอัตราการโค้งตัวในแนวตั้ง AL : AR : BR : BL เท่ากับ 1 : 1.07 : 0.91 : 0.88



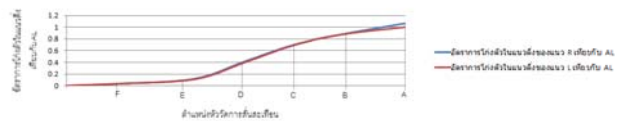
รูปที่ 4.7 กราฟ Phase spectrum ของชุดข้อมูล "kast1642"

จากกราฟในรูปที่ 4.7 เป็นกราฟแสดงค่าความต่างเฟสกับความถี่ธรรมชาติซึ่งจะสามารถบ่งบอกถึงรูปร่างการสั่นไหวของห้องประชุมได้ กล่าวคือ ที่ความถี่ธรรมชาติเดียวกันหากโครงสร้างเป็นโครงสร้างเดียวกันจะมีความต่างเฟสเท่ากับ 0 หรือ 360 องศาในกรณีที่โครงสร้างมีการสั่นไหวไปในทิศทางเดียวกัน และมีค่าความต่างเฟสเท่ากับ 180 องศาในกรณีที่การสั่นไหวไปในทิศทางตรงข้ามกัน ในกรณีนี้ จะใช้หัววัดที่ตำแหน่ง AL เป็นตัวอ้างอิง จึงไม่มีกราฟความต่างเฟส และจะเห็นว่าแต่ในตำแหน่ง AR,BR,BL มีค่าความต่างเฟสเท่ากับ 1.34, 6.454, และ 6.118 องศา ตามลำดับ จะเห็นว่ามีค่าเกือบเท่ากับศูนย์ แสดงว่าตำแหน่งที่วางหัววัด เป็นโครงสร้างเดียวกันและมีกรสั่นไหวไปในทิศทางเดียวกัน

จากกราฟ Fourier spectrum ของชุดข้อมูลkast1642, 1700, 1707, 1714, 1722 ค่าอัตราส่วนการโค้งตัวในแนวตั้งที่ตำแหน่งต่างๆ สามารถที่จะหารูปร่างการสั่นไหวของห้องประชุมได้ กล่าวคือ หากทราบการโค้งตัวที่ตำแหน่ง AL เท่ากับ 1 หน่วย การโค้งตัวในตำแหน่งอื่นๆ ก็ขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วนการโค้งตัวที่หามาได้ เมื่อนำค่าการโค้งตัวที่ตำแหน่งต่างๆ มาได้พอร์ตก็จะได้รูปร่างการสั่นไหวได้ดังภาพ



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราส่วนการโค้งตัวของห้องประชุม (3มิติ)



รูปที่ 4.9 กราฟอัตราส่วนการโค้งตัวของห้องประชุม (2มิติ)

อัตราส่วนการโค้งตัวในแนวตั้งเทียบกับ AL						
ตำแหน่ง	FR	ER	DR	CR	BR	AR
อัตราส่วนการโค้งตัว	0.033	0.12	0.42	0.70	0.89	1.07
ตำแหน่ง	FL	EL	DL	CL	BL	AL
อัตราส่วนการโค้งตัว	0.036	0.11	0.41	0.71	0.88	1.00

ตารางที่ 4.2 อัตราส่วนการโค้งตัวของห้องประชุม (2มิติ)

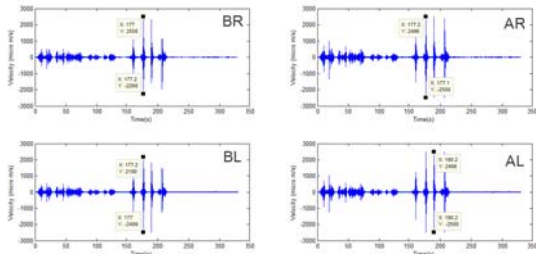
การทดสอบพฤติกรรมทางพลศาสตร์จะให้ค่าพลังงานสเปกตรัมและความถี่หลายค่าในตำแหน่งเดียวกัน และในแต่ละตำแหน่งก็จะมีค่าที่แตกต่างกันด้วย เนื่องจากตำแหน่งของกรวัดและ ช่วงเวลาในการวัดที่ไม่เหมือนกัน จึงทำให้เกิดค่าพลังงานสเปกตรัมสูงสุด และจะมีความถี่หนึ่งที่ทำให้เกิดค่าพลังงานสเปกตรัมสูงสุด ซึ่งเรียกความถี่นี้ว่าความถี่ธรรมชาติ เพราะฉะนั้น จึง ในส่วนที่เป็นส่วนของห้องประชุมคือตำแหน่งที่ A,B,C,D มีค่าความถี่ธรรมชาติโดยเฉลี่ยประมาณ 8.361 Hz และตำแหน่งที่เป็นทางเดิน คือ ตำแหน่งที่ E,F,D มีค่าความถี่ธรรมชาติโดยเฉลี่ยประมาณ 2.53 Hz ผลการเปรียบเทียบระหว่างพฤติกรรมจากแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์กับพฤติกรรมจริง

	ความถี่ธรรมชาติ (Hz)	ค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับการทดสอบด้วย Ambient Vibration Test
Ambient Vibration Test	8.36100	0.00 %
FEM รูปแบบที่ 1	8.30005	0.72 %
FEM รูปแบบที่ 2	8.29040	0.84 %
FEM รูปแบบที่ 3	8.29940	0.74 %
FEM รูปแบบที่ 4	8.29480	0.79 %

ตาราง 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าความถี่ธรรมชาติ ระหว่าง แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทดสอบด้วย Ambient Vibration Test

**4.2 การประเมินสภาพการใช้งานได้ของโครงสร้าง**

จากการแปลงข้อมูลผ่านโปรแกรม Matlab จะได้ข้อมูลความเร็วการสั่นไหวของชุดข้อมูลที่เกิดจากการกระโดด ของโครงสร้างห้องประชุมได้ดังนี้



รูปที่ 4.10 กราฟ Time series ของชุดข้อมูล "kast1650"

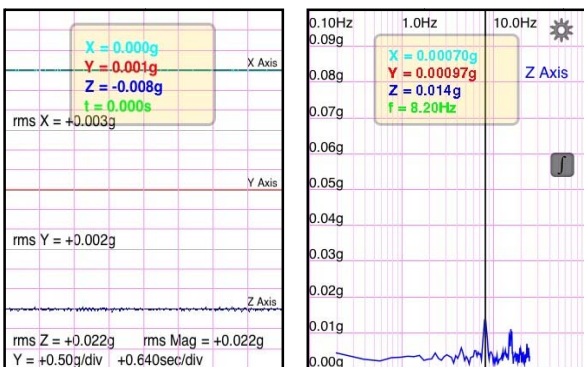
กราฟในรูปที่ 4.10 พบว่าที่ตำแหน่ง AL,AR,BR,BL ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเท่ากับ 2500,2500,2500 และ 2499 micro mm/s

ชุดข้อมูล	Velocity (mm/s)	Max. Velocity (mm/s)	
		Long-term	Short-term
Kast 1650	2.50	10	20
Kast 1712	2.50		

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบ ความเร็วการสั่นไหวที่มีค่าสูงสุด เนื่องจากการกระโดดของห้องประชุม เทียบกับมาตรฐานของประเทศเยอรมัน (DIN 4150-3)

จากการเปรียบเทียบทุกชุดข้อมูล พบว่า เมื่อเทียบกับมาตรฐานของประเทศเยอรมัน (DIN 4150-3) พบว่าห้องประชุมมีการสั่นไหวอยู่ในมาตรฐานที่ยอมรับได้ และมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน

**4.3 การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ iPhone4/iPad2 ในการวัดพฤติกรรมการสั่นไหว**



รูปที่ 4.11 หน้าจอแสดงผลการวัดค่าความถี่ธรรมชาติ (iPad2)

**การเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วย iPhone4 / iPad2 กับ การทดสอบ**

**Ambient Vibration Test**

ค่าที่วัดได้จาก iPhone4 / iPad2 ได้ค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 8.20 Hz แต่การทดสอบ Ambient Vibration Test ได้ค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 8.361 Hz แสดงว่า ค่าที่วัดได้จากการวัด iPhone4 / iPad2 มีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.93 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการทดสอบด้วย Ambient Vibration Test

ข้อมูล	Ambient Vibration Test	iPhone4 / iPad2
ค่าใช้จ่าย ทั้งอุปกรณ์ และ การติดตั้ง	แพง	ถูก
ความแม่นยำด้านการวัดค่าความถี่ธรรมชาติ	สูงมาก	ปานกลาง
ความไวต่อการสั่นไหว	สูง	ต่ำมาก
ความเร็วในการติดตั้งอุปกรณ์	ช้า	เร็ว
ความเร็วในการประมวลผล	ช้า	เร็ว

ตารางที่ 3.6 ผลการเปรียบเทียบระดับระหว่างการทดสอบ

Ambient Vibration Test กับ iPhone4 / iPad2

**5. สรุปผลการดำเนินการศึกษา**

**5.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์และพฤติกรรมจริงของห้องประชุม**

จากผลการศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมจริงทางพลศาสตร์ของโครงสร้างกับพฤติกรรมแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่าการศึกษาพฤติกรรมจริงทางพลศาสตร์ ได้ค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 8.361 Hz และความถี่ธรรมชาติที่ได้จากแบบจำลองเท่ากับ 8.3004 Hz ซึ่งจะเห็นว่าค่าความถี่ธรรมชาติจากทั้งสองกรณีไม่เท่ากัน แสดงว่าพฤติกรรมของโครงสร้างจะต่างกัน และจากการวิเคราะห์รูปร่างการสั่นพบว่าโครงสร้างห้องประชุมมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งไปในทิศทางเดียวกัน และในการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีความแตกต่างกันประมาณ 0.72 - 0.84%

**5.2 การประเมินสภาพการใช้งานของห้องประชุม**

จากการศึกษาและเปรียบเทียบชุดข้อมูลการสั่นไหว กับ เกณฑ์มาตรฐานเยอรมัน พบว่า ห้องประชุมชั้น 3

อาคาร 9 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีความเร็วการ สั่นไหวอยู่เกณฑ์ที่ยอมรับได้ ทั้งในระยะสั้น และระยะยาว และสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

### 5.3 การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ iPhone4 หรือ iPad2

#### ในการวัดพฤติกรรมการสั่น

จากการศึกษาและทดลองจริงพบว่า iPhone4/iPad2 มีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า ระยะเวลาติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้น้อยกว่า รวมทั้งการประมวลผลที่เร็วกว่า แต่มีความแม่นยำในการวัดค่าความถี่ธรรมชาติที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการทดสอบ Ambient Vibration Test ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงมาก รวมถึงระยะเวลาการติดตั้งและประมวลผลที่ใช้เวลานานกว่า iPhone4 / iPad2 ไม่สามารถวัดโครงสร้างที่มีการสั่นไหวเพียงเล็กน้อยได้ หากต้องการวัดจำเป็นต้องกระตุ้นให้เกิดแรงสั่นไหวในโครงสร้างนั้นๆ เช่นการกระโดด เป็นต้น iPhone4 / iPad2 มีความไวต่อการสั่นไหวน้อยมาก เมื่อเทียบกับเครื่องมือวัด จึงทำให้ iPhone4/iPad2 ไม่สามารถตรวจจับค่าที่มีการสั่นไหวเพียงเล็กน้อยได้ ดังนั้นการใช้ iPhone4 / iPad2 เพื่อวัดค่าพฤติกรรมการสั่นจึงถูกจำกัดด้วย ให้ใช้งานได้เพียงแก่โครงสร้างที่มีการสั่นไหวจนสามารถรู้สึกได้ เพราะตัวรับสัญญาณไม่ไวต่อการรับสัญญาณ

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้โอกาสนิสิตปริญญาตรีที่ทำโครงการที่มีประโยชน์ต่อสังคม และสร้างชื่อเสียงให้กับทางมหาวิทยาลัย

### 7. การอ้างอิงและเอกสารอ้างอิง

Kihong Shin, Joseph K. Hammond, "Fundamentals of Signal Processing for Sound and Vibration Engineers", Wiley 2008.

