

การศึกษาผลกระทบของความสั่นสะเทือน จากการก่อสร้างเสาเข็มต่ออาคารใกล้เคียงใน กรุงเทพมหานคร

A study of impact of vibration from pile construction on surrounding buildings in Bangkok

จิราธิป ตรีทิพย์บุตร¹ ฟาริส บันจอร์² วรณิกา แสงอร่าม³ และ รศ.ดร. วิฑิต ปานสุข³

^{1,2,3} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีการดำเนินกิจกรรมทางวิศวกรรมที่ก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือนมากมาย โดยที่สังเกตเห็นได้ชัดคือกระบวนการก่อสร้างเสาเข็ม ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายกับตัวอาคารหรือแม้กระทั่งความปลอดภัยของผู้ใช้อาคารได้ งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลกระทบของแรงสั่นสะเทือนจากการก่อสร้างเสาเข็มต่ออาคารใกล้เคียง โดยได้ทำการศึกษาการสั่นสะเทือนของอาคาร จำนวน 2 อาคารโดยใช้เครื่อง Accelerometer ที่สามารถตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นโดยรอบของจุดที่ทำการติดตั้งเครื่องมือได้ ซึ่งได้ทำการติดตั้งเครื่อง Accelerometer ภายในอาคารที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับไซต์ก่อสร้างที่กำลังมีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ โดยใช้ค่าแรงสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้เป็นตัวชี้วัดความเสียหาย จากการวิเคราะห์ค่าความสั่นสะเทือนที่ได้แปลงผลมาเป็นค่าความเร็วอนุภาคสูงสุด รวมถึงพิจารณา ค่าความถี่ของการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น และนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่มีอยู่เพื่อประเมินความเสียหายพบว่า

คำสำคัญ: แรงสั่นสะเทือน, Accelerometer, เสาเข็มเจาะ

Abstract

At present, there are many engineering operations in Bangkok which can cause the vibration. For obvious example, the pile construction. These operations may damage nearby engineering structures or concern residents about their own safety. This study is about investigation of the impact of vibration caused by the pile construction on nearby buildings. The study proceeded by investigating 2 buildings which can be affected by the

vibration. The accelerometer, the measuring device with an ability to track and record the vibration force, was installed in the target buildings located nearby construction site that has ongoing pile construction and utilized the recorded vibration force as the indicator for the damage. From the analysis of the occurred vibration force converted to the Peak Particle Velocity including the consideration of the frequency of vibration force, the result of the study which was compared with existing standards showed that ...

Keywords: Vibration, Accelerometer, Pile construction

1. คำนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากการปรับแก้กฎกระทรวง เรื่องกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ.2564 เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการณ์ปัจจุบันที่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวมากขึ้น และเทคนิคการก่อสร้างอาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวมีความทันสมัย แสดงให้เห็นถึงการตื่นตัว ในการเฝ้าระวัง ความมั่นคงของโครงสร้างอาคารต่อแรงสั่นสะเทือนมากขึ้น โดยในความเป็นจริงแล้ว แรงสั่นสะเทือนที่มีผลต่อความมั่นคงของโครงสร้างอาคาร ไม่ได้มีเพียงแต่แรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวเท่านั้น แต่ยังมีแรงกระทำด้านข้างจากแรงลม หรือแม้กระทั่งแรงสั่นสะเทือนจากการก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็ม

เนื่องด้วยปัจจุบันกรุงเทพมหานครได้มีการขยายตัวของสังคมเมืองอย่างกว้างขวาง จึงเกิดการก่อสร้างตลอดเวลา และแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมดังกล่าว มักก่อให้เกิดความวิตกกังวล ต่อความปลอดภัยของโครงสร้างอาคารรอบข้าง งานวิจัยนี้จึงนำเครื่องมือตรวจวัดความเร่ง (accelerometer) ที่มักถูกใช้ในการตรวจวัดการสั่นไหวของอาคารจากแรงแผ่นดินไหว มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากการก่อสร้างและศึกษาพฤติกรรมของอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้รับแรงสั่นสะเทือน

เพื่อประเมินความปลอดภัยของโครงสร้างอาคารตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้มีการกำหนดมาตรฐานความสั่นสะเทือน โดยใช้หลักการ Peak Particle Velocity และความถี่ที่เกิดในช่วงเวลานั้นจึงทำให้สามารถสรุปผลการตอบสนองของอาคารต่อแรงสั่นสะเทือนจากการก่อสร้างโดยรอบ

1.2 วัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา

1.2.1 เพื่อนำเสนอถึงการสั่นสะเทือนของอาคาร เมื่อเทียบกับมาตรฐาน.....และ ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 37

1.2.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของ โครงสร้างอาคาร จากกิจกรรมก่อสร้างรอบข้าง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 การศึกษาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของอาคาร ที่มีกิจกรรมก่อสร้างเสาเข็มอยู่ใกล้เคียง โดยทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือตรวจวัดความเร่ง

1.3.2 ทำการตรวจวัดความเร่งของอาคารตามมาตรฐาน..... โดยพิจารณาผลกระทบจากแรงสั่นสะเทือนจากพื้นดิน โดยติดตั้งที่ชั้น 1 และผลตอบสนองของอาคารโดยการติดตั้งที่ชั้นบนสุดของอาคาร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถประเมินผลกระทบของอาคาร จากแรงสั่นสะเทือนของกิจกรรมก่อสร้างใกล้เคียง

1.4.2 สามารถนำผลการทดลอง มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของอาคาร เพื่อพัฒนาการออกแบบโครงสร้างอาคารในอนาคต

1.4.3 เพื่อนำเครื่องมือวัดความเร่งของอาคาร มาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายวัตถุประสงค์มากขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Peak Particle Velocity (PPV)

คือ ค่าความเร็วของความสั่นสะเทือนในแนวแกนนอน (แกน X หรือ แกน Y) หรือแนวแกนตั้ง (แกน Z) ที่มีค่าสูงสุด ซึ่งหน่วยที่ใช้ทั่วไปคือ มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) หรือ นิ้วต่อวินาที (in/s) โดยค่านี้จะถูกใช้

เป็นค่าที่บ่งชี้ขนาดความรุนแรง ของความสั่นสะเทือนโดยนำไปพิจารณา ร่วมกับความถี่ในการสั่นสะเทือน ขนาดตัวอักษรและการเว้นระยะ

2.1.2 พลศาสตร์ของโครงสร้าง Dynamics of Structure

2.1.2.1 ธรรมชาติของการสั่นสะเทือน

การเคลื่อนที่ของระบบจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือน โดยทั่วไป การสั่นสะเทือนแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ การสั่นสะเทือนแบบอิสระ (Free Vibration) เกิดขึ้นในขณะที่ระบบเคลื่อนที่ไปมาและไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ความถี่ของการสั่นสะเทือนดังกล่าวเรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) และการสั่นสะเทือนแบบบังคับ (Forced Vibration) ที่เกิดขึ้นเมื่อระบบมีแรงภายนอกมากระทำ ส่งผลให้ระบบเคลื่อนที่ไปมาเช่นเดียวกับแรงที่มากระทำ หรือมีความถี่เท่ากับความถี่ของแรงภายนอก หากความถี่ของแรงภายนอกมีค่าตรงกับความถี่ ธรรมชาติของระบบ สภาพเช่นนี้เรียกว่า ระบบเกิดการสั่นพ้อง (Resonance) ส่งผลทำให้เกิดการ สั่นสะเทือนที่รุนแรงและเป็นอันตรายต่อระบบมาก การชำรุดเสียหายของโครงสร้างส่วนใหญ่มักมี สาเหตุมาจากการสั่นพ้อง ดังนั้นในการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของโครงสร้างจึงจำเป็นต้องทราบ ความถี่ธรรมชาติของระบบเป็นสำคัญ

แรงภายนอกที่มากระทำกับโครงสร้างแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ (1) แรงสถิต (Static Force) โครงสร้างที่รับแรงประเภทนี้จะมีแรงกระทำ เป็นแรงคงที่ และแรงที่โครงสร้างต้านเพื่อให้อยู่ในสภาพสมดุลจะเป็นแรงยืดหยุ่น ผลตอบสนองที่ได้มี เฉพาะค่าการเคลื่อนที่ (u) เท่านั้น (2) แรงพลศาสตร์ (Dynamic Force) โครงสร้างที่รับแรงประเภทนี้มีแรงกระทำ เป็นฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กัเวลา และแรงที่โครงสร้างต้านเพื่อให้อยู่ในสภาพสมดุลเป็นแรงยืดหยุ่น แรงเฉื่อยและแรงหน่วง ผลตอบสนองที่ได้จะมีทั้ง การเคลื่อนที่ ความเร็ว และความเร่ง

2.1.2.2 คาบการสั่นธรรมชาติ

คาบการสั่นธรรมชาติของอาคาร คือเวลาที่ใช้ในการสั่นไปกลับของอาคาร 1 รอบ ซึ่งตัวแปรที่ส่งผลต่อคาบการสั่นธรรมชาติ คือ มวลของอาคาร(mass) และค่า Stiffness ของอาคาร โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

เมื่อ T คือ คาบการสั่น (วินาที) , m คือ มวล (กิโลกรัม) และ k คือ stiffness (N.m⁻¹)

2.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๓๗ (พ.ศ. ๒๕๕๓)

เรื่อง กำหนดมาตรฐานความสั่นสะเทือนเพื่อป้องกันผลกระทบต่ออาคาร

การสมควรกำหนดมาตรฐานความสั่นสะเทือน เพื่อป้องกันผลกระทบต่ออาคารเพื่อเป็นเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ และจากประกาศไว้ ดังนี้

ข้อที่ ๑ ในประกาศนี้ (บางส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย)

“อาคารประเภทที่ ๒” หมายความว่า

(๑) อาคารอยู่อาศัย อาคารอยู่อาศัยรวม ห้องแถว ตึกแถว บ้านแถว บ้านแฝด ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

(๒) อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด

(๓) หอพักตามกฎหมายว่าด้วยหอพัก

(๔) อาคารที่ใช้เป็นสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล และอาคารที่ใช้เป็นโรงพยาบาลของทางราชการ

(๕) อาคารที่ใช้เป็นสถานที่ศึกษาตามกฎหมายว่าด้วยโรงเรียนเอกชน อาคารที่ใช้เป็นโรงเรียนของทางราชการ อาคารที่ใช้เป็นสถานที่ศึกษาของสถาบันอุดมศึกษาของเอกชนตามกฎหมายว่าด้วยสถาบันอุดมศึกษาเอกชน และอาคารที่ใช้เป็นสถานที่ศึกษาของสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ

(๖) อาคารที่ใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมทางศาสนา

(๗) อาคารอื่นใดที่มีลักษณะของการใช้ประโยชน์ในอาคารเช่นเดียวกันกับอาคารตาม (๑) (๒) (๓) (๔) (๕) และ (๖)

“ความเร็วอนุภาคสูงสุด (Peak Particle Velocity: PPV, Vmax)” หมายความว่า ความเร็ว ของความสั่นสะเทือนในแนวแกนนอน (แกน X หรือ แกน Y) หรือแนวแกนตั้ง (แกน Z) ที่มีค่าสูงสุด

“ความสั่นสะเทือนกรณีที่ ๑” หมายความว่า ความสั่นสะเทือนที่ไม่ทำให้เกิดการล้มและ การสั่นพ้องของ โครงสร้างอาคาร

“ความสั่นสะเทือนกรณีที่ ๒” หมายความว่า ความสั่นสะเทือนที่ทำให้เกิดการล้มหรือ การสั่นพ้องของ โครงสร้างอาคาร

“การสั่นพ้อง (Resonance) ของโครงสร้างอาคาร” หมายความว่า ปรากฏการณ์ใด ๆ ที่ก่อให้เกิด การสั่นสะเทือนใกล้เคียงหรือมีความเท่ากับความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ของโครงสร้างอาคารนั้น

“ความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ของโครงสร้างอาคาร” หมายความว่า ความถี่ในการ สั่นสะเทือนของโครงสร้างอาคารหรือ ส่วนประกอบของอาคารแต่ละอาคารที่มีลักษณะเฉพาะภายใต้ การสั่นแบบอิสระ

“โครงสร้างอาคาร” หมายความว่า ส่วนของอาคารที่เป็นเสา คาน ตง พื้นหรือส่วนอื่น ซึ่งโดยสภาพถือได้ว่ามีความสำคัญต่อความมั่นคงแข็งแรงของอาคารนั้น

“ส่วนประกอบของอาคาร” หมายความว่า ส่วนของอาคารที่นอกเหนือจากโครงสร้างอาคาร ที่มีการยึดอย่างมั่นคงกับโครงสร้างอาคาร ค่าความเร็วของความสั่นสะเทือนในแนวแกนนอน (แกน X หรือ แกน Y) หรือแนวแกนตั้ง (แกน Z) ที่มีค่าสูงสุด ซึ่งหน่วยที่ใช้ทั่วไปคือ มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) หรือ นิ้วต่อวินาที (in/s) โดยค่านี้อาจใช้เป็นค่าที่บ่งชี้ขนาดความรุนแรง ของความสั่นสะเทือนโดยนำไปพิจารณาร่วมกับความถี่ ในการสั่นสะเทือน ขนาดตัวอักษรและการเว้นระยะ

ข้อที่ ๒ กล่าวเกี่ยวกับการกำหนดมาตรฐานความสั่นสะเทือน เพื่อป้องกันผลกระทบต่ออาคารดังนี้

อาคารประเภทที่	จุดตรวจวัด	ความถี่ (เฮิรตซ์)	ความเร็วอนุภาคสูงสุดไม่เกิน (มิลลิเมตรต่อวินาที)	
			ความสั่นสะเทือนกรณีที่ ๑	ความสั่นสะเทือนกรณีที่ ๒
๑	๑.๑ ฐานรากหรือชั้นล่างของอาคาร	$f \leq ๑๐$	๒๐	-
		$๑๐ < f \leq ๕๐$	$๐.๕ f + ๑๕$	
		$๕๐ < f \leq ๑๐๐$	$๐.๒ f + ๓๐$	
		$f > ๑๐๐$	๕๐	
	๑.๒ ชั้นบนสุดของอาคาร	ทุกความถี่	๔๐'	๑๐'
๑.๓ พื้นอาคารในแต่ละชั้น	ทุกความถี่	๒๐''	๑๐''	
๒	๒.๑ ฐานรากหรือชั้นล่างของอาคาร	$f \leq ๑๐$	๕	-
		$๑๐ < f \leq ๕๐$	$๐.๒๕ f + ๒.๕$	
		$๕๐ < f \leq ๑๐๐$	$๐.๑ f + ๑๐$	
		$f > ๑๐๐$	๒๐	
	๒.๒ ชั้นบนสุดของอาคาร	ทุกความถี่	๑๕'	๕'
๒.๓ พื้นอาคารในแต่ละชั้น	ทุกความถี่	๒๐''	๑๐''	
๓	๓.๑ ฐานรากหรือชั้นล่างของอาคาร	$f \leq ๑๐$	๓	-
		$๑๐ < f \leq ๕๐$	$๐.๑๒๕ f + ๑.๗๕$	
		$๕๐ < f \leq ๑๐๐$	$๐.๐๔ f + ๖$	
		$f > ๑๐๐$	๑๐	
	๓.๒ ชั้นบนสุดของอาคาร	ทุกความถี่	๘'	๒.๕'
๓.๓ พื้นอาคารในแต่ละชั้น	ทุกความถี่	๒๐''	๑๐''	

หมายเหตุ

- ๑) f = ความถี่ของความสั่นสะเทือน ณ เวลาที่มีความเร็วอนุภาคสูงสุดมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์
- ๒) * = กำหนดมาตรฐานไว้เฉพาะค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดในแกนนอน
- ๓) ** = กำหนดมาตรฐานไว้เฉพาะค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดในแกนตั้ง
- ๔) การวัดค่าความสั่นสะเทือนสูงสุดสำหรับความถี่กรณีที่ ๒ ตามข้อ ๑.๒, ๒.๒ และ ๓.๒ ให้อัตราความถี่สูงสุดของอาคารหรือชั้นอื่นซึ่งมีค่าความถี่สูงสุด
- ๕) การวัดค่าความสั่นสะเทือนที่พื้นอาคารในแต่ละชั้นตามข้อ ๑.๓, ๒.๓ และ ๓.๓ ให้อัตราความถี่ที่ฐานรากหรือชั้นล่างของอาคาร

รูปที่

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่

๓๗ (พ.ศ. ๒๕๕๓)

3. ระเบียบวิจัย

3.1 ตัวอย่างสถานที่ที่เลือกทำการศึกษา

3.1.1 อาคารเรียน โรงเรียนวัดเศวตฉัตร

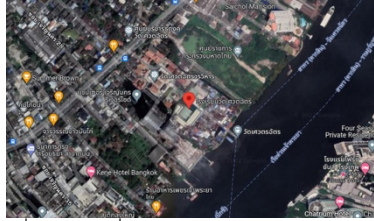
เป็นอาคารที่ตั้งอยู่ในโรงเรียนวัดเศวตฉัตร เลขที่ 8 ซอย 25 ถนนเจริญนคร แขวงบางลำภูล่าง เขตคลองสาน กรุงเทพมหานคร มีความสูง --- ชั้น ประมาณ --- เมตร มีขนาดความกว้างประมาณ --- และความยาวประมาณ --- เมตร เป็นโครงสร้างแบบเสา-คาน และมีพื้นที่ใช้งานประมาณ ตารางเมตร ก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อปี --- มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นอาคารเรียนสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา

(รูปตัด)

ภาพที่ 3.1 รูปอาคารที่ทำการการศึกษา



ภาพที่ 3.2 ป้ายหน้าโรงเรียนวัดเสด็จ



ภาพที่ 3.3 แผนที่โรงเรียนวัดเสด็จ (ดาวเทียม)

3.1.2 อาคารสาขาวิชาศิลปศึกษา (อาคาร 8) คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

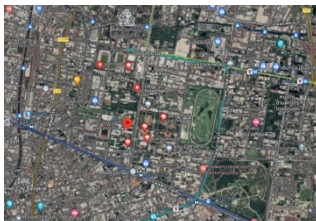
เป็นอาคารที่ตั้งอยู่ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร มีความสูง --- ชั้น ประมาณ --- เมตร มีความกว้างประมาณ --- และความยาวประมาณ --- เมตร เป็นโครงสร้างแบบเสา-คาน และมีพื้นที่ใช้งานประมาณ ตารางเมตร ก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อปี --- มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นอาคารเรียนสำหรับนิสิตคณะครุศาสตร์ สาขาวิชาศิลปศึกษา

(รูปอาคาร)

ภาพที่ 3.4 อาคารสาขาวิชาศิลปศึกษา (อาคาร 8) คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.5 แผนที่อาคารสาขาวิชาศิลปศึกษา (อาคาร 8) คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (แผนที่ภายในมหาวิทยาลัย)



ภาพที่ 3.6 แผนที่อาคารสาขาวิชาศิลปศึกษา (อาคาร 8) คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ดาวเทียม)

3.2 การตรวจสอบการสั่นสะเทือนและพฤติกรรมทางพลศาสตร์ของอาคาร

3.2.1 เครื่องมือตรวจวัดและเครื่องบันทึกข้อมูล

3.2.1.1 Accelerometer sensors

ใช้สำหรับการวัดค่าความเร่งของตัวตึก โดยในการวิจัยครั้งนี้ เราได้เลือกใช้ Accelerometer sensors รุ่น VP-8013 ของบริษัท IMV ที่สามารถตรวจวัดได้ 3 แกน และสามารถวัดความเร่งได้ในช่วง $- 58.8 \text{ m/s}$ ถึง 58.8 m/s โดยตั้งอัตราการบันทึกข้อมูลไว้ที่ 500 Hz และตรวจวัดเป็นเวลา 7 วัน



ภาพที่ 3.7 Accelerometer sensors รุ่น VP-8013 ของบริษัท IMV

3.2.1.2 Data logger

ใช้สำหรับแปลงสัญญาณที่ได้รับจาก Accelerometer sensors เป็นสัญญาณ digital เพื่อเก็บข้อมูลลงใน computer ต่อไป โดย Data logger ที่เราเลือกใช้เป็น Data logger รุ่น EDS-400A ของบริษัท KYOWA



ภาพที่ 3.8 ภายนอกและภายในของ Data logger รุ่น EDS-400A ของบริษัท KYOWA

3.2.1.2 Computer

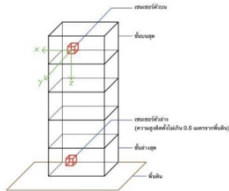
ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด โดยทำการเชื่อมต่อ computer เข้ากับ Data logger เพื่อโอนถ่ายข้อมูลออกมา และหลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ออกไปวิเคราะห์ผลทั้งในเรื่องผลของแรงสั่นสะเทือนและคาบการสั่นธรรมชาติของตึก



ภาพที่ 3.9 การเชื่อมต่อ computer เข้ากับ Data logger เพื่อเก็บข้อมูล

3.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

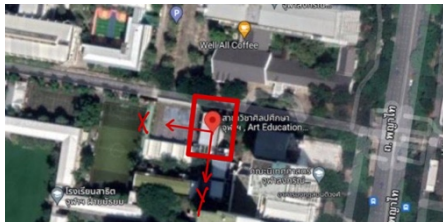
การติดตั้งเครื่องมือจะทำการติดตั้ง 2 จุด คือ ชั้นล่างของอาคาร (ชั้นติดพื้นดิน หรือ Ground Floor) และชั้นบนสุดของอาคาร ที่บริเวณผนังชั้นนอกสุด โดยในชั้นล่างนั้นควมคุมตำแหน่งของเครื่องมือไม่ให้สูงจากพื้นดินมากกว่า 0.5 เมตร และมีทิศทางของ X และ Y ขนานไปกับด้านของตึก ดังแสดงตามภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.10 ตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ตรวจวัด



ภาพที่ 3.11 อาคาร ณ โณงเรียนวัดเสวตรฉัตร และทิศทางในการติดตั้งเซนเซอร์

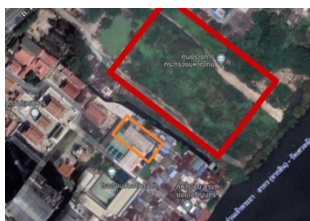


ภาพที่ 3.12 อาคาร 8 คณะครุศาสตร์ และทิศทางในการติดตั้งเซนเซอร์

3.3 แหล่งกำเนิดของแรงสั่นสะเทือน ที่ใกล้เคียงกับอาคารที่ทำการตรวจวัด

3.3.1 โรงเรียนวัดเสวตรฉัตร

มีโครงการก่อสร้างใกล้เคียง ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็ม ห่างออกไป 300 เมตร จากอาคารที่ทำการติดตั้งเซนเซอร์



ภาพที่ 3.13 อาคาร ณ โณงเรียนวัดเสวตรฉัตร และโครงการก่อสร้างใกล้เคียง

3.3.2 อาคาร 8 คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มีโครงการก่อสร้างใกล้เคียง ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็ม ห่างออกไป 20 เมตร จากอาคารที่ทำการติดตั้งเซนเซอร์

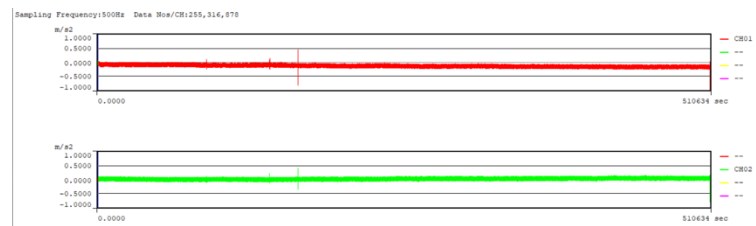


ภาพที่ 3.14 อาคาร 8 คณะครุศาสตร์ และโครงการก่อสร้างใกล้เคียง

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

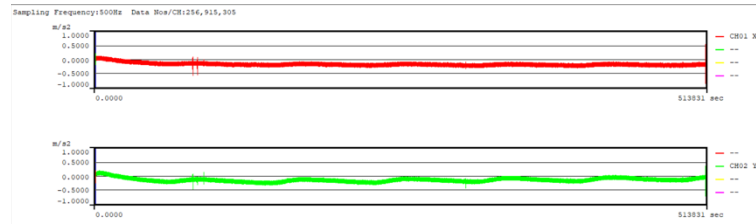
4.1 ผลการตรวจวัด

4.1.1 อาคารเรียน ณ โรงเรียนวัดเสวตรฉัตร



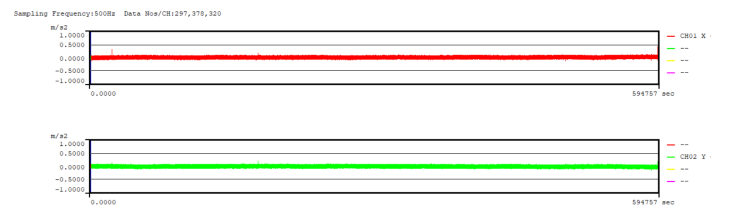
รูปภาพ 4.1 กราฟความเร่งเทียบกับเวลาของอาคาร ชั้น1 วันที่

23/02/2022 – 01/03/2022



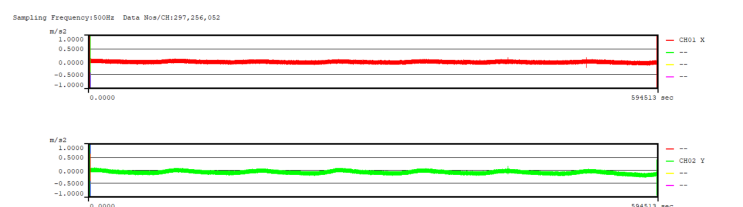
ภาพที่ 4.2 กราฟความเร่งเทียบกับเวลาของอาคาร ชั้น3 วันที่

23/02/2022 – 01/03/2022



ภาพที่ 4.3 กราฟความเร่งเทียบกับเวลาของอาคาร ชั้น1 วันที่

01/03/2022 – 08/03/2022

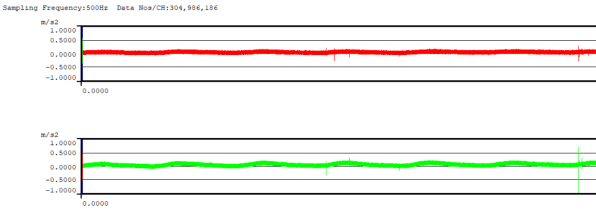


ภาพที่ 4.4 กราฟความเร่งเทียบกับเวลาของอาคาร ชั้น3 วันที่

01/03/2022 – 08/03/2022



ภาพที่ 4.5 กราฟความเร่งเทียบกับเวลาของอาคาร ชั้น 1 วันที่
08/03/2022 – 15/03/2022

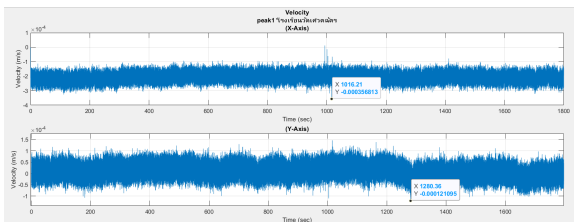


ภาพที่ 4.6 กราฟความเร่งเทียบกับเวลาของอาคาร ชั้น 3 วันที่
08/03/2022 – 15/03/2022

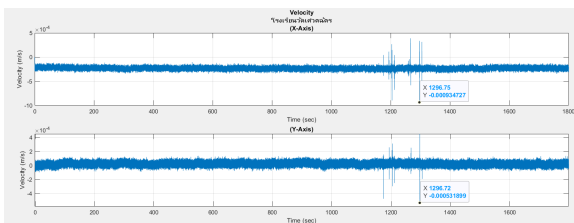
4.2 การประเมินผลตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 37

4.2.1 อาคารเรียน ณ โรงเรียนวัดเศวตฉัตร

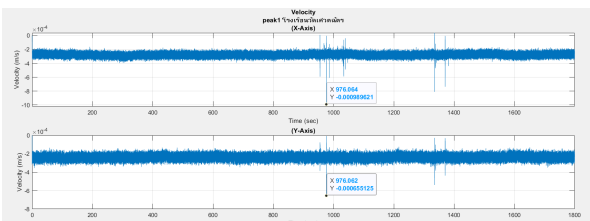
จากการนำค่าความเร่งต่อเวลาของอาคาร ในช่วงเวลาที่มีการดำเนินการก่อสร้าง และมีการแสดงค่าความเร่งต่อเวลาสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ มาแปลงเป็นความเร็วต่อเวลา และหาค่า PPV



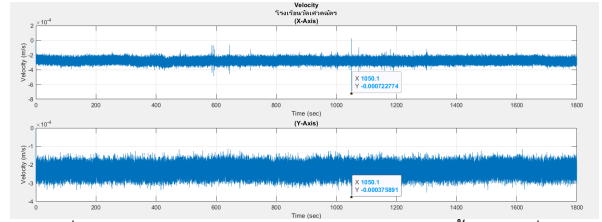
ภาพที่ 4.7 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของอาคารชั้น 1 วันที่ 24
กุมภาพันธ์ 2565 เวลา 16.05 – 16.35 น.



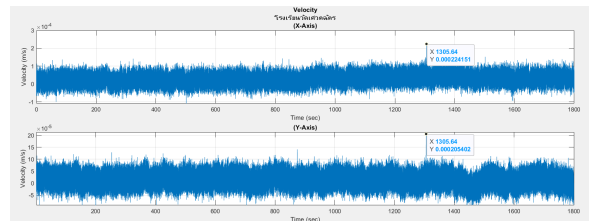
ภาพที่ 4.8 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของอาคารชั้น 1 วันที่ 25
กุมภาพันธ์ 2565 เวลา 13.25 – 13.55 น.



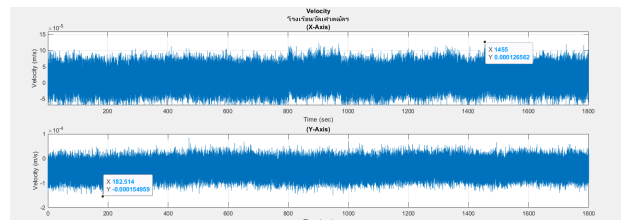
ภาพที่ 4.9 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของอาคารชั้น 3 วันที่ 24
กุมภาพันธ์ 2565 เวลา 13.45 – 14.15 น.



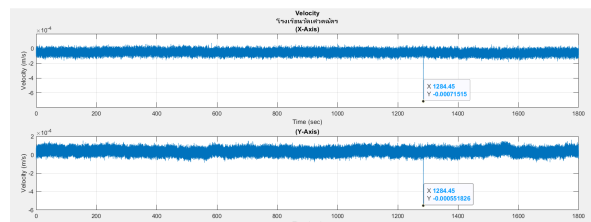
ภาพที่ 4.10 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของอาคารชั้น 3 วันที่ 24
กุมภาพันธ์ 2565 เวลา 14.50 – 15.20 น.



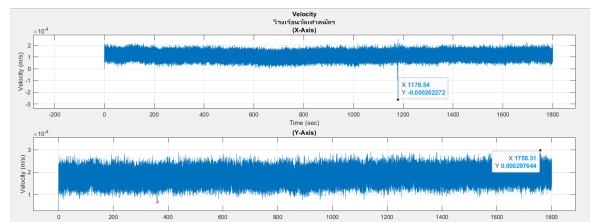
ภาพที่ 4.11 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของอาคารชั้น 1 วันที่ 3
มีนาคม 2565 เวลา 14.15 – 14.45 น.



ภาพที่ 4.12 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของอาคารชั้น 3 วันที่ 3
มีนาคม 2565 เวลา 14.15 – 14.45 น.



ภาพที่ 4.13 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของอาคารชั้น 1 วันที่ 9
มีนาคม 2565 เวลา 10.35 – 11.05 น.



ภาพที่ 4.14 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของอาคารชั้น 3 วันที่ 11
มีนาคม 2565 เวลา 11.45 – 12.15 น.

5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ตารางสรุปผล
อาคาร ณ โรงเรียนวัดเศวตฉัตร

ชนิดตรวจวัด	วันที่ตรวจวัด	ผลการตรวจวัด				มาตรฐาน PPV ดองไมเกิน (กัม/ส) อาคารประเภท 2
		เวลา	PPV (mm/s)	Frequency (Hz)	Trigger	
ชน1	24/2/2022	16.22	0.357	0.909	X	5
	25/2/2022	13.40	0.935	0.727	X	5
	3/3/2022	14.31	0.224	0.273	X	5
	9/3/2022	10.50	0.715	0.363	X	5
ชน3	24/2/2022	14.00	0.990	0.100	X	15
	24/2/2022	15.05	0.723	0.454	X	15
	3/3/2022	14.31	0.126	4.800	X	15
	11/3/2022	12.00	0.262	0.182	X	15

ตารางที่ 4.1 ค่า PPV ในแนวแกน X และค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน

ชนิดตรวจวัด	วันที่ตรวจวัด	ผลการตรวจวัด				มาตรฐาน PPV ดองไมเกิน (กัม/ส) อาคารประเภท 2
		เวลา	PPV (mm/s)	Frequency (Hz)	Trigger	
ชน1	24/2/2022	16.22	0.121	0.273	Y	5
	25/2/2022	13.40	0.532	0.200	Y	5
	3/3/2022	14.31	0.205	0.454	Y	5
	9/3/2022	10.50	0.552	0.454	Y	5
ชน3	24/2/2022	14.00	0.655	1.400	Y	15
	24/2/2022	15.05	0.376	1.454	Y	15
	3/3/2022	14.31	0.155	4.800	Y	15
	11/3/2022	12.00	0.298	0.454	Y	15

ตารางที่ 4.2 ค่า PPV ในแนวแกน Y และค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนิสิตที่ให้ความร่วมมือรักษาระเบียบการเขียนบทความ
อย่างเคร่งครัด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Mihail Garevski, Zoran Milutinovic, and Goran Jekic. *Definition of Dynamic Characteristics of Reinforced Concrete Building in Vina Del Mars, Chile, Using Low Intensity Ground Shaking Records*. *หาสนพไม่เจอ*, 2021, pp. 217-240.
- [2] ณรงค์ฤทธิ์ จันทน์วัฒนวงษ์ และ กริสน์ ชัยมูล, “พฤติกรรมเชิงพลศาสตร์ของเจดีย์คอนกรีตเสริมเหล็ก”, *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, ปีที่ 31, พ.ศ.2563, หน้า 101-110.