

Chulalongkorn University

Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2021

การเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างอาคารสูงภายใต้แรงลมและแผ่นดินไหวด้วยคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง

ฐิติภูมิ ขัวจินดา เนตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd>



Part of the [Civil Engineering Commons](#), and the [Construction Engineering and Management Commons](#)

Recommended Citation

ขัวจินดา เนตร, ฐิติภูมิ, "การเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างอาคารสูงภายใต้แรงลมและแผ่นดินไหวด้วยคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง" (2021). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 5457.
<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/5457>

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

การเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างอาคารสูงภายใต้แรงลมและแผ่นดินไหวด้วยคอนกรีตโมดูลัส
ยืดหยุ่นสูง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Structural Efficiency Improvement of Tall Buildings under Wind and Earthquake Loads
using High Modulus Concrete



Mr. Thitipoom Puajindanetr

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

Department of Civil Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างอาคารสูงภายใต้แรงลม
และแผ่นดินไหวด้วยคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง

โดย

นายฐิติภูมิ พัวจินดาเนตร

สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ศาสตราจารย์ ดร.ทศพล ปิ่นแก้ว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.ทศพล ปิ่นแก้ว)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ธนศรีสถิตย์)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ฐิติภูมิ พัวจินดาเนตร : การเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างอาคารสูงภายใต้แรงลมและแผ่นดินไหว
ด้วยคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง. (Structural Efficiency Improvement of Tall Buildings
under Wind and Earthquake Loads using High Modulus Concrete) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ.
ดร.ทศพล ปิ่นแก้ว

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง (High Modulus Concrete, HMC) ที่มีต่อการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารสูง โดยการประเมินประสิทธิภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำ HMC มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ (1) สร้างแบบจำลองอาคาร และ วิเคราะห์การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) และ สัดส่วนความปลอดภัย (D/C Ratio) ของอาคารตัวอย่างเมื่อได้รับแรงด้านข้างตามมาตรฐานแรงลมและแรงแผ่นดินไหว ในโปรแกรม ETABS (2) ศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีต่อการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) ภายใต้แรงลม โดยเสนอสมการประมาณสมการการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RDE) และทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้กับค่าจากโปรแกรม ETABS (3) ศึกษากรณีขยายขนาดหน้าตัดอาคารโดยวิธีการพอก (Concrete Jacketing) ด้วยคอนกรีตทั่วไป (4) วิเคราะห์และหาค่า RD และ ค่า D/C หลังการประยุกต์ใช้ HMC และการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (5) ศึกษาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่าง การประยุกต์ใช้ HMC และ การเพิ่มหน้าตัดโดยการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า (1) สมการประมาณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคาให้ค่าที่แม่นยำโดยมีความแตกต่างจากค่าที่คำนวณโดย ETABS คิดเป็นค่าร้อยละเฉลี่ยเท่ากับ $0.63\% \pm 1.22\%$ (2) บริเวณช่วงล่างของอาคาร (Lower Portion) เป็นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด (Suitable Position) สำหรับการประยุกต์ใช้ HMC เพื่อควบคุมการเคลื่อนตัวด้านข้างให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (3) การประยุกต์ใช้ HMC ในอาคารจะไม่ทำให้อาคารสูญเสียพื้นที่ใช้สอย (Usage Area) เมื่อเทียบกับการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (4) เมื่อพิจารณามูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์จะพบว่าการประยุกต์ใช้ HMC ให้ประโยชน์เชิงเศรษฐศาสตร์ สูงกว่า การพอก ดังนั้นการประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง (HMC) จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการควบคุมการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารสูงอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ากว่าวิธีการเพิ่มขนาดหน้าตัดขององค์อาคาร

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6270070821 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORD: High Modulus Concrete (HMC), Wind Load, Earthquake Load, Lateral Displacement, Roof Displacement

Thitipoom Puajindanetr : Structural Efficiency Improvement of Tall Buildings under Wind and Earthquake Loads using High Modulus Concrete. Advisor: Prof. Assoc. Prof. TOSPOL PINKAEW, Ph.D.

This research aims to study the effect of applying High Modulus Concrete (HMC) on Lateral Displacement and examine the effectiveness and economic value of applying HMC to Tall Building Construction design. The method of the research follows this procedure (1) Set up the building models and examined the Roof Displacement (RD) and Safety Ratio (D/C Ratio) when exciting the lateral forces following wind and earthquake force standards in ETABS Software. (2) Studied the effect of HMC application on Roof Displacement (RD) under wind force by proposing the approximating Roof Displacement Equation (RDE). (3) Studied the case of expanding the cross-section of Shear Walls and Columns by Concrete Jacketing Method using Ordinary Concrete (4) Analyzed the RD and D/C after the application of HMC and Concrete Jacketing (5) Studied the economic value between HMC application, and Concrete Jacketing The obtained results indicated that (1) The precision of approximating Roof Displacement Equation (RDE) was $0.63\% \pm 1.22\%$ (2) The Lower Portion of the building was the most suitable position to control the Building's Lateral Displacement within the standard. (3) Applying HMC remained the building's Usage Area if compared to expanding the cross-sectional area by Concrete Jacketing (4) the economic value and the utility of applying HMC were higher and worthier Concrete Jacketing respectively Therefore, Applying HMC may be an appropriate option to control Building's Lateral Displacement under the lateral force and may be more effective than increasing the cross-sectional by Concrete Jacketing

Field of Study: Civil Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2021

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงไปด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของ ศาสตราจารย์ ดร. ทศพล ปิ่นแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาแนะนำแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดการทำ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ ธนศรีสถิต กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความ กรุณาเสนอแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ มากยิ่งขึ้น

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬารักษ์ กองแก้ว อาจารย์ ผู้สอนวิชา Academic Presentation for Graduate Students (5500 550) สถาบันภาษา จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย (CULI) สำหรับความรู้และคำแนะนำในการนำเสนอผลงานวิชาการในต่างประเทศของ ข้าพเจ้า ซึ่งส่งผลให้การนำเสนอของข้าพเจ้าสมบูรณ์แบบและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ นาย ณัฐดนัย อมรปฏิเวธ สำหรับคำแนะนำในการประยุกต์ใช้โปรแกรม ETABS นาย ณรงค์ชัย ปักษา และผู้ปฏิบัติการทดสอบ คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง (High Modulus Concrete) ที่ทำให้ผลการทดสอบสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ นางสาวธัญวรัตน์ สดคมขำ เจ้าหน้าที่ หอสมุดกลาง กลุ่มภารกิจ ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรสารสนเทศ สำหรับคำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการใช้งานระบบ I- Thesis และ Endnote ให้เป็นไปได้อย่างดี

ท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สำหรับการสนับสนุนค่าใช้จ่าย ในการ นำเสนอผลงานในต่างประเทศ

ฐิติภูมิ พัวจินดาเนตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ด
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 การพัฒนาคอนกรีตโม่ดูล์สความยี่ดหยุ่นสูงในต่างประเทศ.....	4
2.1.1 การพัฒนาคอนกรีตโม่ดูล์สความยี่ดหยุ่นสูงสำหรับอาคารสูงชะลูดในประเทศฮ่องกง. 4	
2.1.1.1 การประยุกต์ใช้คอนกรีตโม่ดูล์สยี่ดหยุ่นสูงในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Beam) ในประเทศฮ่องกง.....	6
2.1.2 การศึกษาค่าโม่ดูล์สยี่ดหยุ่นจากคอนกรีตกำลังสูง High Strength Concrete (HSC)..	9
2.1.3 การศึกษาค่าโม่ดูล์สยี่ดหยุ่นจาก Reactive Powder Concrete (RPC)	10
2.2 การพัฒนาคอนกรีตโม่ดูล์สยี่ดหยุ่นสูง ในประเทศไทย	11
2.2.1 ผลการทดสอบกำลังของคอนกรีต	13

2.2.2 สรุปผลการวิจัยของการพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงสำหรับโครงสร้างแข็งเกร็งพิเศษ	14
2.3 การประยุกต์ใช้และพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง	15
2.3.1 การประยุกต์ใช้และพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงในต่างประเทศ	15
2.3.1.1 Trump Tower (Chicago).....	15
2.3.1.2 200 North Michigan Avenue	15
2.3.1.3 150 North Riverside Avenue	16
2.3.1.4 One Bennet Park, Chicago	17
2.3.1.5 Jeddah Tower	17
2.3.1.6 Burj Khalifa.....	18
2.3.2 การประยุกต์ใช้และพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงในประเทศไทย.....	18
2.3.2.1 ตึกมหานคร	18
2.4 การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Evaluation).....	20
บทที่ 3 สมการประมาณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (Roof Displacement Equation; RDE)	22
3.1 สมการการโก่งตัวพื้นฐาน (Basic Equation; BEQ).....	22
3.2 สมการการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (Roof Displacement Equation; RDE)	22
3.2.1 ขั้นตอนการสร้างสมการการเคลื่อนตัวชั้นหลังคา (RDE).....	23
บทที่ 4 การศึกษาการประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง.....	27
4.1 แบบจำลองของอาคารตัวอย่างในโปรแกรม ETABS.....	27
4.1.1 ข้อมูลแรงลม.....	27
4.1.2 ข้อมูลแรงแผ่นดินไหว	28
4.2 การประเมินผลรวมของแรงต่างๆ (Load Combination).....	43
4.2.1 การประเมินผลการรวมในสภาวะใช้งาน (Load Combinations- Service).....	43
4.2.2 การประเมินผลการรวมแรงในสภาวะกำลัง (Load Combinations- Ultimate).....	43

4.3 การศึกษาการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีต่อการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) เนื่องจากแรงลมโดย RDE.....	43
4.3.1 การคำนวณแรงกระจายสามเหลี่ยม Triangular Distributed Load (W)	43
4.3.2 การคำนวณค่า EI (Flexural Rigidity) และ EI*(Lower Control Limit of EI).....	44
4.3.2.1 การคำนวณค่า EI (Flexural Rigidity)	44
4.3.3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและระดับความสูงของ HMC ที่มีต่อ RD.....	44
4.3.3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	44
4.3.3.2 การผันแปรตำแหน่งและระดับความสูงของ HMC ที่มีต่อ RD และ RD/d*..	45
4.4 การปรับปรุงโครงสร้างอาคารโดยการขยายหน้าตัดด้วยวิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (OC)46	
4.5 ศึกษาผลของ Demand to Capacity Ratio (D/C) หลังการประยุกต์ใช้ HMCและการพอกด้วย OC	46
4.6 การประเมินมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการปรับปรุงโครงสร้างอาคาร (ΔU)	46
4.6.1 ข้อกำหนด	47
4.6.2 นิยามและความสัมพันธ์ของผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์	49
4.6.3 ขั้นตอนการประเมินมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์	53
4.7 การวิเคราะห์หาจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (OC) และวิธีประยุกต์ใช้ HMC	55
4.7.1 กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i).....	55
4.7.2 กรณีผลลัพธ์ของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i).....	56
บทที่ 5 ผลการศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้ HMC และวิธีการพอก OC.....	58
5.1 ผลการตอบสนองของอาคารภายใต้แรงลมและแรงแผ่นดินไหว ก่อนปรับปรุงโครงสร้าง	58
5.1.1 ผลการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคาร	58
5.1.1.1 การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคาเนื่องจากแรงลม (Roof Displacement; RD).....	58
5.1.1.2 การเคลื่อนที่สัมพันธ์ระหว่างชั้นของอาคารตัวอย่าง (Story Drift)	58
5.1.2 ผลการประเมินสัดส่วนความปลอดภัย	58

5.2 ผลการคำนวณค่า EI และ EI * ของ อาคาร A และ B จาก RDE	59
5.2.1 ผลการคำนวณค่า EI	59
5.2.2 ผลการคำนวณค่า EI*	59
5.2.3 การอธิบายผลของการคำนวณ EI และ EI*	59
5.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่ง และ ระดับความสูงของ HMC ที่มีต่อแรงลม... 60	
5.3.1 ผลการปรับตำแหน่งและระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC โดย RDE และ ETABS	60
5.3.1.1 กรณีอาคาร A.....	60
5.3.1.2 กรณีอาคาร B.....	61
5.3.2 การอธิบายผลของตำแหน่งและระดับความสูงของ HMC.....	61
5.4 ผลการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีต่อการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) เนื่องจากแรงลม	61
5.4.1 กรณีอาคาร A.....	61
5.4.2 กรณีอาคาร B.....	62
5.4.3 การอธิบายผลของการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีผลต่อ RD.....	63
5.5 การประเมินความถูกต้องของสมการประมาณการเคลื่อนที่ของชั้นหลังคา (RDE)	63
5.6 ผลการเคลื่อนตัวชั้นหลังคา (RD) เมื่อปรับปรุงโครงสร้างด้วยวิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป 65	
5.6.1 ผลของ RD เมื่อพอกด้วยคอนกรีตทั่วไปของอาคาร A.....	65
5.6.2 ผลของ RD เมื่อพอกด้วยคอนกรีตทั่วไปของอาคาร B.....	65
5.7 ผลการประเมิน D/C เนื่องจากแรงลมหลังการปรับปรุงโครงสร้างอาคารตัวอย่าง	66
5.7.1 ผลการประเมิน D/C ของ อาคาร A และ B หลังการปรับปรุงโครงสร้าง	66
5.7.1.1 กรณีอาคาร A.....	66
5.7.1.2 กรณีอาคาร B.....	67
5.7.1.3 สรุปผลของ D/C ของ กรณี อาคาร A และ B.....	67
5.7.2 การอธิบายผลของ D/C หลังการปรับปรุงโครงสร้างอาคาร	67

บทที่ 6 ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์	130
6.1 ผลการประเมินเชิงเศรษฐศาสตร์ของอาคารตัวอย่าง	130
6.1.1 อาคาร A	130
6.1.2 อาคาร B	136
6.2 ผลการวิเคราะห์จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีประยุกต์ใช้ HMC	141
6.2.1 อาคาร A	141
6.2.2 อาคาร B	143
6.3 บทสรุป	144
6.3.1 อาคาร A	144
6.3.2 อาคาร B	147
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา	177
7.1 สรุปผลการพัฒนาสมการประมาณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RDE) เนื่องจากแรงลม	177
7.2 การปรับปรุงโครงสร้างอาคาร	177
7.2.1 ประสิทธิภาพภายใต้แรงลม	177
7.2.2 ประสิทธิภาพภายใต้แผ่นดินไหว	178
7.2.3 สรุปผลประสิทธิภาพโดยรวม	178
7.3 สรุปผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์	179
7.3.1 สรุปผลการประเมินเชิงเศรษฐศาสตร์	179
7.4 งานวิจัยในอนาคต	180
บรรณานุกรม	181
ประวัติผู้เขียน	183

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราส่วนผสม C45,C80,HEC & UHEC (Fan and Li 2017)	7
ตารางที่ 2.2 แสดงค่ากำลังอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของ คอนกรีต C45,C80,HEC & UHEC	7
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติเชิงกลของ Reactive Powder Concrete (RPC)	11
ตารางที่ 2.4 ตารางส่วนผสมคอนกรีต	12
ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของคุณภาพและผลการทดสอบของคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง ตึก มหานคร	18
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลโดยพื้นฐานของอาคาร A และ B โดยรวม	28
ตารางที่ 4.2 การกำหนดค่าสถิติเอนสขององค์อาคารคอนกรีต	31
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลแรงลมสถิติเทียบเท่า สำหรับสภาวะใช้งาน ของอาคาร A (จาก มยผ.1311-50) 31	
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลแรงลมสถิติเทียบเท่าของ สำหรับสภาวะกำลัง ของอาคาร A (จาก มยผ.1311-50)	32
ตารางที่ 4.5 แรงลมสถิติเทียบเท่าทิศทาง X สำหรับสภาวะใช้งาน (ทิศทางลม 250 องศา) ของ อาคาร B.....	33
ตารางที่ 4.6 แรงลมสถิติเทียบเท่าทิศทาง Y สำหรับสภาวะใช้งาน (ในทิศทางลม 260 องศา) ของ อาคาร B.....	34
ตารางที่ 4.7 แรงลมสถิติเทียบเท่าทิศทาง Rz สำหรับสภาวะใช้งาน (ทิศทางลม 210 องศา) ของ อาคาร B.....	35
ตารางที่ 4.8 แรงลมสถิติเทียบเท่าทิศทาง X สำหรับสภาวะกำลัง (ทิศทางลม 250 องศา) ของ อาคาร B.....	36
ตารางที่ 4.9 แรงลมสถิติเทียบเท่าทิศทาง Y สำหรับสภาวะกำลัง (ทิศทางลม 260 องศา) ของ อาคาร B.....	37
ตารางที่ 4.10 แรงลมสถิติเทียบเท่าทิศทาง Rz สำหรับสภาวะกำลังกำลัง (ทิศทางลม 210 องศา) ของอาคาร B	38
ตารางที่ 4.11 รูปแบบการรวมผลแรงลมสำหรับตรวจสอบที่ สภาวะใช้งาน ของอาคาร B.....	39

ตารางที่ 4.12 รูปแบบการรวมผลแรงลมสำหรับตรวจสอบที่ สภาวะกำลังของอาคาร B.....	40
ตารางที่ 4.13 ผลการรวมแรงสถิตเทียบเท่าที่วิกฤติที่สุด สำหรับสภาวะใช้งานของอาคาร B จาก รายงานการประเมินแรงลมฯ ม.ธรรมศาสตร์ พ.ศ.2562.....	41
ตารางที่ 4.14 ผลการรวมแรงสถิตเทียบเท่าที่วิกฤติที่สุด สำหรับสภาวะกำลัง ของอาคาร B จาก รายงานการประเมินแรงลมฯ ม.ธรรมศาสตร์ พ.ศ.2562.....	41
ตารางที่ 4.14 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมการการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RDE) เมื่อประยุกต์ใช้ HMC 45	
ตารางที่ 5.1 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall ก่อนปรับปรุง ที่ด้อยกว่ามาตรฐาน สำหรับ อาคาร A	71
ตารางที่ 5.2 คือ D/C ของ Column ก่อนปรับปรุง ที่ด้อยกว่ามาตรฐาน สำหรับอาคาร B.....	74
ตารางที่ 5.3 ผลการคำนวณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) และ Flexural Rigidity (EI)	79
ตารางที่ 5.4 ผลการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และหรือ CO ที่ตอนล่าง (L1) ขณะที่ประยุกต์ใช้ OC ที่ตอนกลาง (L2) และบน (L3) ที่มีต่อ Roof Displacement (RD) และ RD-Ratio (RD/d*) สำหรับ อาคาร A	82
ตารางที่ 5.5 ผลจากการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ หรือ CO ที่ตอนกลาง (L2) ขณะที่ประยุกต์ใช้ OC ที่ตอนล่าง (L1) และบน (L3) ที่มีต่อ Roof Displacement (RD) และ RD-Ratio (RD/d*) สำหรับ อาคาร A.....	83
ตารางที่ 5.6 ผลจากการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ หรือ CO ที่ตอนบน (L3) ขณะที่ประยุกต์ใช้ OC ที่ตอนล่าง (L1) และกลาง (L2) ที่มีต่อ Roof Displacement (RD) และ RD-Ratio (RD/d*) สำหรับ อาคาร A.....	84
ตารางที่ 5.7 ผลจากการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ หรือ CO ที่ตอนล่าง (L1) ขณะที่ประยุกต์ใช้ OC ที่ตอนกลาง (L2) และบน (L3) ที่มีต่อ Roof Displacement (RD) และ RD-Ratio (RD/d*) สำหรับ อาคาร B.....	85
ตารางที่ 5.8 ผลจากการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ หรือ CO ที่ตอนกลาง (L2) และที่ตอนบน (L3) ขณะที่ประยุกต์ใช้ OC ที่ตอนล่าง (L1) และบน (L3) และที่ตอนล่าง (L1) และกลาง (L2) ตามลำดับ ที่มีต่อ Roof Displacement (RD) และ RD-Ratio (RD/d*) สำหรับ อาคาร B.....	86
ตารางที่ 5.9 สรุปค่า%ความแตกต่างของการเคลื่อนตัวชั้นหลังคา (RD) ที่ได้จาก RDE เปรียบเทียบ กับ ETABS ของอาคาร A อาคาร B และโดยรวม	92

ตารางที่ 5.10 สรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการพอก OC ที่ SW และ CO สำหรับอาคาร A.....	92
ตารางที่ 5.11 สรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการพอก OC ที่ SW และ CO สำหรับอาคาร B.....	92
ตารางที่ 5.12 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Column	93
ตารางที่ 5.13 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall..	96
ตารางที่ 5.14 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column	99
ตารางที่ 5.15 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Column (OC(CO+)) .	102
ตารางที่ 5.16 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+))	105
ตารางที่ 5.17 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+))	108
ตารางที่ 5.18 คือ D/C ของ Column เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column	111
ตารางที่ 5.19 คือ D/C ของ Column เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+)).....	116
ตารางที่ 5.20 คือ D/C ของ Column เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+))	121
ตารางที่ 5.21 ตารางสรุป D/C เปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุง และหลังการประยุกต์ใช้ HMC สำหรับอาคาร A.....	126
ตารางที่ 5.22 ตารางสรุป D/C เปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุง และหลังการประยุกต์ใช้ HMC สำหรับอาคาร A.....	127
ตารางที่ 5.23 ตารางสรุป D/C เปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุง และหลังการประยุกต์ใช้ HMC 1 และการพอก สำหรับอาคาร B (ชั้นที่ 1-5)	128
ตารางที่ 5.24 ตารางสรุป D/C เปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุง และหลังการประยุกต์ใช้ HMC 1 และการพอก สำหรับอาคาร B (ชั้นที่ 6-21)	129

ตารางที่ 6.1 ผลการคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ใช้สอยของวิธีการพอกแบบต่างๆ เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง.....	150
ตารางที่ 6.2 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานและผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของ ส่วนที่พอกสำหรับวิธีการพอกแบบต่างๆ เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง	151
ตารางที่ 6.3 ผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง.....	152
ตารางที่ 6.4 ผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ CO เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง.....	153
ตารางที่ 6.5 ผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง.....	154
ตารางที่ 6.6 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ใดๆ.....	155
ตารางที่ 6.7 ราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก กรณี ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) ต่ำสุด ของอาคาร A	155
ตารางที่ 6.8 ผลการคำนวณมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้าน แรงงาน และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW เทียบกับอาคาร A ก่อนการ ปรับปรุง เมื่อกำหนดราคา HMC เท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร	156
ตารางที่ 6.9 ผลการคำนวณมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้าน แรงงาน และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ CO เทียบกับอาคาร A ก่อนการ ปรับปรุง เมื่อกำหนดราคา HMC เท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร	157
ตารางที่ 6.10 ผลการคำนวณมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้าน แรงงาน และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง เมื่อกำหนดราคา HMC เท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร.....	158
ตารางที่ 6.11 สรุปเปรียบเทียบผลต่างของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างวิธีการพอกแบบต่างๆ กับ อาคาร A ก่อนการปรับปรุง	159
ตารางที่ 6.12 สรุปเปรียบเทียบผลต่างของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ ขึ้นส่วนโครงสร้างแบบต่างๆกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง	159

ตารางที่ 6.13 ข้อมูลความสูงอาคาร B.....	160
ตารางที่ 6.14 ข้อมูลพื้นที่และความสูงของอาคาร B.....	160
ตารางที่ 6.15 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ SW ของอาคาร B (เดิมก่อนการปรับปรุง)	160
ตารางที่ 6.16 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ CO ของอาคาร B (เดิมก่อนการปรับปรุง).....	161
ตารางที่ 6.17 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ SW หลังพอกที่ความหนา 1.25 เมตร ชั้นที่ 1-42 ของอาคาร B.....	162
ตารางที่ 6.18 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ SW หลังพอกที่ความหนา 1.2 เมตร ชั้นที่ 1-42 ของอาคาร B.....	163
ตารางที่ 6.19 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ CO หลังการพอก OC ที่ความหนา 1.75 เท่าของพื้นที่หน้าตัดเดิม ชั้นที่ 1-20 ของอาคาร B.....	164
ตารางที่ 6.20 ผลการคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ใช้สอยของวิธีการพอกแบบต่างๆ เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง.....	165
ตารางที่ 6.21 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานและผลต่างมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการพอกแบบต่างๆ เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง.....	166
ตารางที่ 6.22 ผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง.....	167
ตารางที่ 6.23 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO สำหรับอาคาร B	168
ตารางที่ 6.24 ราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) ต่ำสุด ของอาคาร B	168
ตารางที่ 6.25 ผลการคำนวณมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง.....	169
ตารางที่ 6.26 สรุปเปรียบเทียบผลต่างของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างวิธีการพอกแบบต่างๆและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง	170
ตารางที่ 6.27 สรุปผลค่าตัวแปรของวิธีการต่างๆระหว่างการพอกและการประยุกต์ใช้ HMC สำหรับอาคาร A	170

ตารางที่ 6.28 ราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอภาคของค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก ตามลำดับ ของอาคาร A	171
ตารางที่ 6.29 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้ HMC หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร ของอาคาร A	171
ตารางที่ 6.30 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า $-\Delta U_i$ ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ใดๆ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร.....	172
ตารางที่ 6.31 สรุปผลค่าตัวแปรของวิธีการต่างๆระหว่างการพอกและการประยุกต์ใช้ HMC สำหรับ อาคาร B.....	173
ตารางที่ 6.32 ราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอภาคของค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก ตามลำดับ ของอาคาร B....	174
ตารางที่ 6.33 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO หลังการกำหนดราคา HMC เท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร ของอาคาร B	174
ตารางที่ 6.34 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า $-\Delta U_i$ ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ใดๆ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร ของอาคาร B.....	175
ตารางที่ 6.35 สรุปวิธีการที่ให้ค่าการสูญเสียผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอย ($-\Delta U_{Ai}$) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และค่าการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) ต่ำที่สุด ตามลำดับ ของอาคาร A	176
ตารางที่ 6.36 สรุปราคา HMC สูงสุด ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการใช้ HMC กับวิธีการพอกของ อาคาร A	176
ตารางที่ 6.37 วิธีการที่ให้ค่าการสูญเสียผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอย ($-\Delta U_{Ai}$) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และค่าการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) ต่ำที่สุด ตามลำดับ ของอาคาร B	176
ตารางที่ 6.38 สรุปราคา HMC สูงสุด ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการใช้ HMC กับวิธีการพอกของ อาคาร B.....	176

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 ขนาดอนุภาคของมวลรวมหยาบ 2 ประเภท (Fan and Li, 2017).....	5
รูปที่ 2.2 หินบดละเอียดและทรายแม่น้ำที่ใช้เป็นวัสดุมวลรวมละเอียด (Fan and Li, 2017).....	5
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังอัดของคอนกรีต (Fan and Li, 2017).....	6
รูปที่ 2.4 แสดงการติดตั้งเครื่องมือการวัดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง (LVDT) ในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Fan and Li 2017)	6
รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Load-Deflection ของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Fan and Li , 2017).....	8
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกระทำแนวดิ่ง (Load) และการเคลื่อนตัวที่กลางคาน (Mid-Span) ในแนวดิ่ง(Deflection) (Fan and Li , 2017)	9
รูปที่ 2.7 อาคาร Two Union Square building.....	10
รูปที่ 2.8 วัสดุมวลรวมหยาบและละเอียดที่ใช้	12
รูปที่ 2.9 กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้วัสดุมวลรวมหยาบประเภท หินปูน หินบะซอลต์ และตะกรันเหล็ก	13
รูปที่ 2.10 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ใช้วัสดุมวลรวมหยาบประเภท หินปูน หินบะซอลต์ และตะกรันเหล็ก.....	14
รูปที่ 2.11 อาคาร Trump Tower.....	15
รูปที่ 2.12 อาคาร 200 North Michigan Avenue (CTBUH 2010).....	16
รูปที่ 2.13 อาคาร 150 North Riverside Avenue (Council on Tall Buildings and Urban Habitat 2010: CTBUH 2010)	16
รูปที่ 2.14 One Bennet Park, Chicago	17
รูปที่ 2.15 Jeddah Tower	17
รูปที่ 2.16 Burj Khalifa.....	18
รูปที่ 2.17 ตึกมหานคร.....	19

รูปที่ 3.1 โครงสร้างอาคารอย่างง่าย	25
รูปที่ 3.2 โครงสร้างที่ถูกแบ่งออกเป็น 3 ตอน ภายใต้ W.....	25
รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ ($M(y)$) และ ทิศทางตามความสูงของอาคาร (y) กรณี Bending Moment Diagram (BMD)	25
รูปที่ 3.4 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง M/EI และ ทิศทางตามความสูงของอาคาร (y).....	26
รูปที่ 4.1 ผังอาคารของ Typical Building (อาคาร A) ดั้งเดิม จาก Jeong, et. al, 2021.....	29
รูปที่ 4.2 แบบจำลองใน ETABS ของ Typical Building (อาคาร A) สำหรับงานวิจัยนี้	29
รูปที่ 4.3 แบบจำลองใน ETABS ของ Non-Typical Building (อาคาร B).....	30
รูปที่ 4.4 แพลนอาคาร (Layout) ของ Non-Typical Building (อาคาร B).....	30
รูปที่ 4.5 สเปกตรัมตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีสถิติเทียบเท่าของกรุงเทพมหานคร (โซน 5)	42
รูปที่ 4.6 สเปกตรัมตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีพลศาสตร์ของกรุงเทพมหานคร (โซน 5)	42
รูปที่ 4.7 แรงกระจายสามเหลี่ยมเนื่องจากแรงลม (W) ของอาคาร A และ B ที่ใช้คำนวณ RD จาก RDE.....	46
รูปที่ 5.1 การเคลื่อนตัวด้านข้างภายใต้แรงลม ของอาคาร A.....	68
รูปที่ 5.2 การเคลื่อนตัวด้านข้างภายใต้แรงลม ของอาคาร B.....	68
รูปที่ 5.3 สัดส่วนการเคลื่อนตัวด้านข้าง (Displacement Ratio) เนื่องจากแรงลม ของอาคาร A และ B	69
รูปที่ 5.4 Story Drift Ratio ของอาคาร A ภายใต้แรงแผ่นดินไหว	69
รูปที่ 5.5 Story Drift Ratio ของอาคาร B ภายใต้แรงแผ่นดินไหว	70
รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง RD และ EI ของอาคาร A.....	80
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง RD และ EI ของอาคาร B.....	80
รูปที่ 5.8 การเปรียบเทียบค่าของ EI และ EI^* สำหรับอาคาร A.....	81
รูปที่ 5.9 การเปรียบเทียบค่าของ EI และ EI^* สำหรับอาคาร B.....	81

รูปที่ 5.10 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) และ Column (CO) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร A	87
รูปที่ 5.11 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร A.....	87
รูปที่ 5.12 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Column (CO) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และ ตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร A	88
รูปที่ 5.13 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) และ Column (CO) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และ ตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร B.....	88
รูปที่ 5.14 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW)) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร B.....	89
รูปที่ 5.15 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Column (CO) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และ ตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร B.....	89
รูปที่ 5.16 เปรียบเทียบค่า Height- Ratio ที่คำนวณจาก RDE และ ETABS เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนล่าง (L_1) ของอาคาร A	90
รูปที่ 5.17 เปรียบเทียบค่า Height- Ratio ที่คำนวณจาก RDE และ ETABS เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนกลาง (L_2) ของอาคาร A.....	90
รูปที่ 5.18 เปรียบเทียบค่า Height- Ratio ที่คำนวณจาก RDE และ ETABS เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนบน (L_3) ของอาคาร A.....	91
รูปที่ 5.19 เปรียบเทียบค่า Height- Ratio ที่คำนวณจาก RDE และ ETABS เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนล่าง (L_1) และตอนบน (L_3) ของอาคาร B	91
รูปที่ 6.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ สำหรับอาคาร A	155

รูปที่ 6.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการ
ประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ สำหรับ
อาคาร B..... 168

รูปที่ 6.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการ
ประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ หลังการ
กำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร A..... 172

รูปที่ 6.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการ
ประยุกต์ใช้ HMC กรณีสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ หลังการ
กำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร A..... 173

รูปที่ 6.5 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการ
ประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ หลังการ
กำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร B..... 174

รูปที่ 6.6 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการ
ประยุกต์ใช้ HMC กรณีสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ หลังการ
กำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร B..... 175

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เกณฑ์การเคลื่อนตัวด้านข้าง (Lateral Deformation Criteria) เป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบอาคารสูง ในมุมมองของวิศวกรโครงสร้างนั้น อาคารสูงจะถูกกระทำโดยแรงด้านข้าง (Lateral Load) อันเนื่องมาจาก แรงแผ่นดินไหว (Seismic Load) และ แรงลม (Wind Load) ซึ่งในหลายๆกรณีพบว่าแรงด้านข้างดังกล่าวเป็นส่วนสำคัญที่กระทบต่อการออกแบบและราคาของโครงสร้างอาคาร โดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้าง ความสูง ขนาดของแรงแผ่นดินไหวและแรงลมมาตรฐาน สำหรับกรุงเทพมหานครซึ่งอาคารสูงต้องออกแบบโดยคำนึงถึงทั้งแรงแผ่นดินไหวและแรงลมพบว่าอาคารที่มีความสูงชะลูดโดยมากจะมีการโก่งตัวที่สูง ทำให้การพิจารณาถึงความแข็งแกร่ง (Stiffness) ขององค์อาคารและข้อจำกัดของการเคลื่อนตัวด้านข้างกลายมาเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเช่นเดียวกับประเด็นความแข็งแรง (Strength) และความเสถียรภาพ (Stability) ของอาคาร ดังนั้นการประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง (High Modulus Concrete: HMC) จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการควบคุมการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการเพิ่มหน้าตัดขององค์อาคาร

การใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงได้รับความนิยมแพร่หลายในหลายๆประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการประยุกต์ใช้ HMC ใน อาคาร TRUMP TOWER ในปี 2005 โดยใช้ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีต (Modulus of Elasticity of Concrete) เฉลี่ยเท่ากับ 42.75 GPa ในประเทศ ซาอุดีอาระเบียได้มีการประยุกต์ใช้ HMC ใน อาคาร โดยใช้ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตเฉลี่ยเท่ากับ 5,500 ksi (38 GPa) สำหรับโซนชั้นบนของอาคาร เท่ากับ 5,900 ksi (41 GPa) สำหรับโซนชั้นกลางของอาคาร และ เท่ากับ 6,300 ksi (43 GPa) สำหรับชั้นล่างของอาคาร

อย่างไรก็ดีในประเทศไทยในปัจจุบันยังไม่มีรายงานการใช้หรือการพัฒนา HMC เพื่อลดการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารสูง อาจจะด้วยเพราะความเข้าใจที่ว่า ยิ่งเพิ่มกำลังคอนกรีต (Ultimate Compressive Strength) มากเท่าใด ก็จะทำให้ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตมากขึ้นเท่านั้น จึงนิยมใช้คอนกรีตกำลังสูง (High Strength Concrete) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันแรงด้านข้างและอีกเหตุผลหนึ่งในแง่ของการพัฒนากระบวนการผลิตคอนกรีตโมดูลัสความยืดหยุ่นสูงนั้นเป็นเรื่องใหม่สำหรับผู้ผลิตคอนกรีตสำเร็จรูปในปัจจุบันยังไม่ได้ให้ความสนใจ

ถึงแม้ว่าแนวคิดที่จะเพิ่มกำลังของคอนกรีตเพื่อให้โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเพิ่มขึ้นโดยใช้ HSC นั้นจะเป็นที่นิยมแต่หากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง E_c และ f_c' แล้ว การเพิ่มโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีต(E_c) โดยเพิ่มกำลังอัดประลัย(f_c') นั้นไม่มีประสิทธิภาพเพราะ $E \propto \sqrt{f_c'}$ ยิ่งไปกว่านั้นการเพิ่มโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต (E_c) สามารถพัฒนาได้โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มกำลังอัดประลัย (f_c')

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นในการนำคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงมาประยุกต์ใช้ในองค์อาคารหลักของอาคารสูงเพื่อที่จะสามารถควบคุมการเคลื่อนตัวด้านข้างเมื่อได้รับผลของแรงแผ่นดินไหวและแรงลมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาพฤติกรรมของอาคารเมื่อการประยุกต์ใช้ HMC ในองค์อาคารหลักลำเสนอสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารสูงภายใต้แรงด้านข้าง
- 1.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำ HMC มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบก่อสร้างอาคารสูง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษาอาคารสูงตัวอย่างจำนวน 2 อาคารโดยพิจารณาออกแบบตามมาตรฐานสำหรับอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร
- 1.3.2 ออกแบบโดยใช้คอนกรีตโมดูลัสสูงเปรียบเทียบการเพิ่มขนาดหน้าตัดโดยการพอกเพื่อควบคุมให้การเคลื่อนตัวผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
- 1.3.3 พิจารณาโครงสร้างเหนือระดับพื้นดินขึ้นไป
- 1.3.4 พิจารณาแรงลมที่กระทำต่ออาคารอ้างอิง มาตรฐาน มยผ.1311-50
- 1.3.5 พิจารณาแรงแผ่นดินไหวโดยอ้างอิงมาตรฐาน มยผ.1301/1302-61

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

- 1.4.1 ทำให้ทราบพฤติกรรมรับแรงด้านข้างของอาคารสูงเมื่อนำคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงมาประยุกต์ใช้
- 1.4.2 สมการประมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารสูงภายใต้แรงกระทำด้านข้าง
- 1.4.3 สามารถเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตทั่วไปในการออกแบบอาคารสูง

- 1.4.4 เป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาและปรับปรุงระบบโครงสร้างรับแรงต้านข้างในอาคารสูง
โดยนำคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงมาประยุกต์ใช้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- 1.5.1 ศึกษางานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและประยุกต์ใช้ HMC
- 1.5.2 นำเสนอสมการประมาณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา
- 1.5.3 วิเคราะห์การเคลื่อนตัวด้านข้าง และ D/C ของอาคารตัวอย่างเมื่อได้รับแรงต้านข้างตาม
มาตรฐานแรงแรงลม และแรงแผ่นดินไหว
- 1.5.4 ออกแบบการเพิ่มค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตให้กับองค์อาคารหลักอย่างมี
ประสิทธิภาพจนสามารถควบคุมการเคลื่อนตัวด้านข้างให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
- 1.5.5 ศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีต่อเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) โดยพัฒนา
สมการคำนวณการเคลื่อนตัวที่หลังคา (RDE) ภายใต้แรงลม
- 1.5.6 วิเคราะห์ RD และ D/C หลังการประยุกต์ใช้ HMC และการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป
(Ordinary Concrete: OC)
- 1.5.7 ศึกษาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่าง การประยุกต์ใช้ HMC และ การเพิ่มหน้าตัด
โดยการพอกคอนกรีตทั่วไป
- 1.5.8 สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา

บทที่ 2

บททวนวรรณกรรม

2.1 การพัฒนาคอนกรีตโม่ดูลัสความยืดยุ่นสูงในต่างประเทศ

2.1.1 การพัฒนาคอนกรีตโม่ดูลัสความยืดยุ่นสูงสำหรับอาคารสูงชะลูดในประเทศฮ่องกง

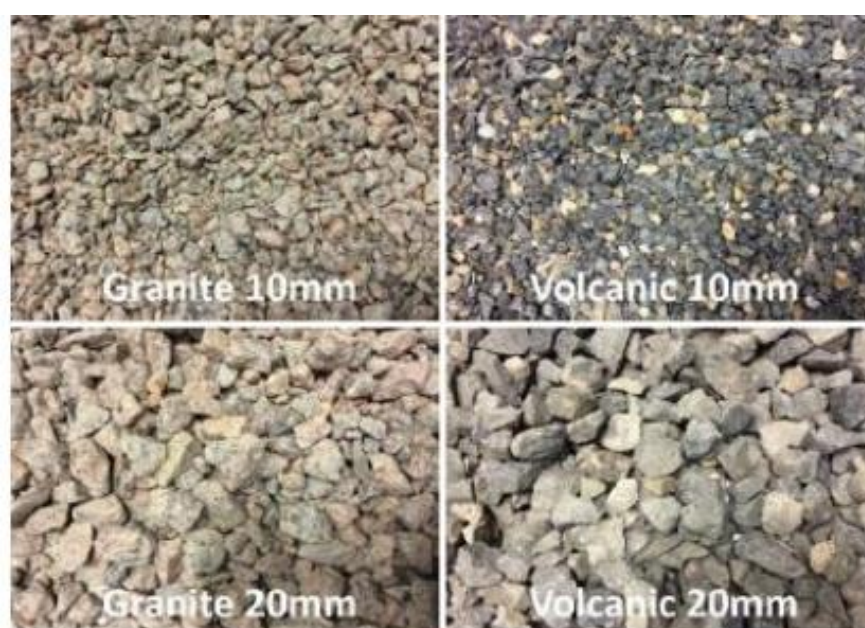
การศึกษาและพัฒนาคอนกรีตโม่ดูลัสยืดยุ่นสูงเพื่อใช้ในโครงสร้างอาคารสูงชะลูดเพื่อลดผลจากแรงด้านข้างเนื่องจากผลของแรงลมและแรงแผ่นดินไหว โดยมหาวิทยาลัย Hong Kong University of science and Technology (HKST) Fan (2017) เน้นให้ความสำคัญโม่ดูลัสยืดยุ่นมีมากกว่ากำลังรับแรงอัด ในมุมมองของวิศวกรโครงสร้างเมื่อต้องออกแบบโครงสร้างที่การเปลี่ยนรูปร่างของโครงสร้างกลายมาเป็นข้อจำกัดหลักในการออกแบบแทนความสามารถในการรับแรงการใช้คอนกรีตโม่ดูลัสยืดยุ่นสูงจึงมีประสิทธิภาพมากกว่าการเพิ่มขนาดของหน้าตัดโครงสร้างในการจำกัดการเคลื่อนตัว อีกทั้งยังสามารถเพิ่มพื้นที่ใช้สอยและประหยัดงบประมาณในการก่อสร้างและวัสดุก่อสร้างได้อีกด้วย

การศึกษาและพัฒนาคอนกรีตโม่ดูลัสยืดยุ่นสูงทำโดยกาปรับเปลี่ยนขนาดของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดเพราะมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต โดยจะศึกษาและทดสอบเปรียบเทียบ หิน 2 ประเภท ได้แก่ หินแกรนิต (Granite rock) และหินภูเขาไฟ (Volcanic rock) โดยจะใช้ขนาดอนุภาค 10 มม. และ 20 มม. ดังรูปที่ 2.1 ส่วนมวลรวมละเอียดจะใช้ 2 ประเภท หินบดละเอียด (Crushed rock fines) และทรายแม่น้ำ (River Sand) ดังรูปที่ 2.2 รวมไปถึงการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ขนาดคละของมวลรวมละเอียด และอัตราส่วนของมวลรวมต่อซีเมนต์ ซึ่งทั้งหมดนี้จะถูกนำไปทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด โม่ดูลัสยืดยุ่น การหดตัว การคืบ และการดัดในตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

ผลการศึกษาพบว่ามวลรวมหยาบประเภทหินภูเขาไฟ (Volcanic rock) และมวลรวมละเอียดประเภททรายแม่น้ำ(River Sand)สามารถพัฒนาค่าโม่ดูลัสยืดยุ่นของคอนกรีตได้สูงสุด 53.5 GPa ซึ่งสามารถเพิ่มความแข็งแรง (Stiffness) ได้ถึง 20% เมื่อเทียบกับค่าโม่ดูลัสยืดยุ่นจากสมการในมาตรฐานดังสมการที่ 2.1 (Code of Practice for Structural Use of Concrete 2004) เมื่อ E_c คือ ค่าโม่ดูลัสความยืดยุ่นของคอนกรีต และ f_{cu} คือ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

$$E_c = 3.46 f_{cu}^{0.5} + 3.2 \quad (2.1)$$

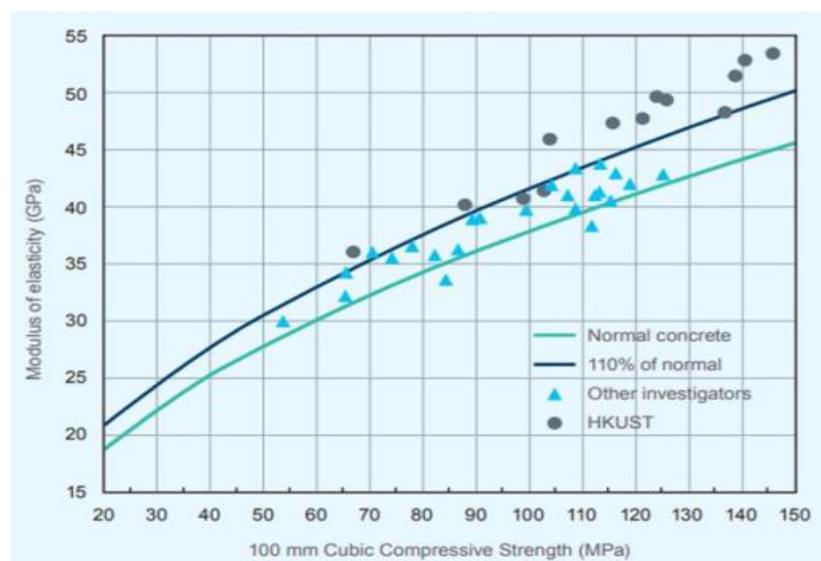
จากการทดสอบชี้ให้เห็นว่าประเภทของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดส่งผลอย่างมากกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตดังรูปที่ 2.3 โดย HKUST คือคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 53.5 GPa และมีกำลังอัด 145 MPa โดยประเภทของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่ให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุดนั้นคือหินภูเขาไฟและทรายแม่น้ำ และทั้งอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่น้อยและขนาดของมวลรวมละเอียดที่มีขนาดละเอียดที่จะให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่สูงขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 2.1 ขนาดอนุภาคของมวลรวมหยาบ 2 ประเภท (Fan and Li, 2017)



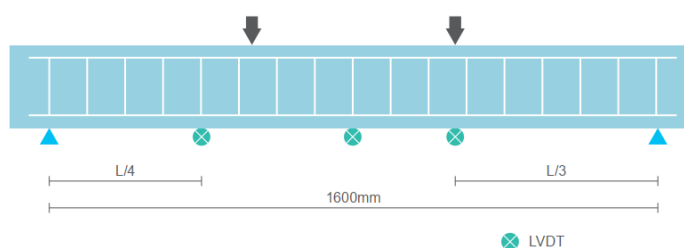
รูปที่ 2.2 หินบดละเอียดและทรายแม่น้ำที่ใช้เป็นวัสดุมวลรวมละเอียด (Fan and Li, 2017)



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังอัดของคอนกรีต (Fan and Li, 2017)

2.1.1.1 การประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Beam) ในประเทศฮ่องกง

T. Fan and Z. Li (2017) ได้ทำการศึกษการประยุกต์ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce Concrete (Beam) ที่มีหน้าตัดขนาด 120 มิลลิเมตร x 220 มิลลิเมตร มี Clear Span เท่ากับ 160 มิลลิเมตร เหล็กเสริมหลัก DB 12 (SD 50) และเหล็กปลอก RB 8 (SR 25) ในการทดสอบ RC Beam นั้นจะเป็นการทดสอบแบบ 4 Point Bending มีอัตราการให้แรง (Loading Rate) เท่ากับ 0.02 มม./วินาที และมีการติดตั้งเครื่องวัดการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง (Linear Variable Differential Transformer: LVDT) ไว้ 3 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการติดตั้งเครื่องมือการวัดการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง (LVDT) ในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Fan and Li 2017)

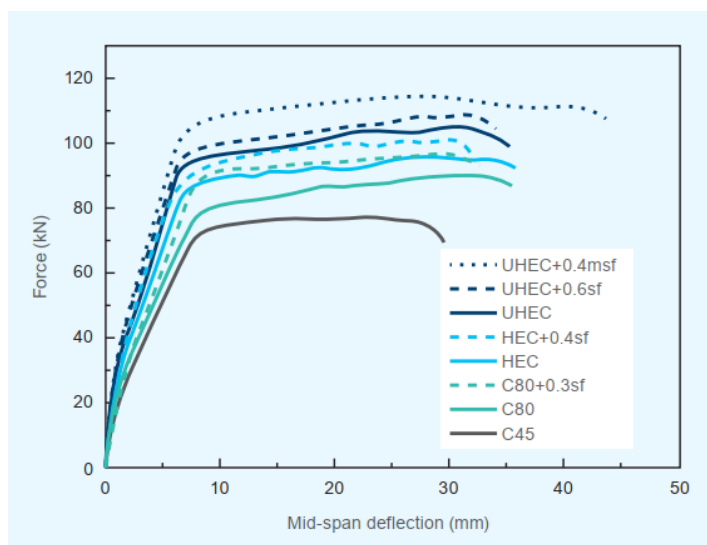
โดยการศึกษาพิจารณา คอนกรีต 4 ประเภทได้แก่”C45”, ” C80”, “HEC (High Stiffness Concrete)” และ”UHEC (Ultra High Stiffness Concrete)” โดยแต่ละประเภทมีอัตราส่วนผสมดังตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงค่ากำลังอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 2 และมีการใช้ Steel Fiber เพื่อเพิ่มความแข็งแรง (Stiffness) สำหรับคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงและใช้ในการเพิ่มความเหนียว ซึ่ง Steel Fiber ที่ใช้ในการศึกษานั้นประกอบด้วย Normal Steel Fiber (SF) และ Micro Steel Fiber (MSF)

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราส่วนผสม C45,C80,HEC & UHEC (Fan and Li 2017)

No.	OPC kg/m ³	PFA kg/m ³	20mm Gra. kg/m ³	10mm Gra. kg/m ³	S/F kg/m ³	Water L/m ³	KFDN-100 L/m ³	KFDN-SP8G L/m ³
C45	345	115	515	415	720	200	3	2
No.	OPC kg/m ³	PFA kg/m ³	CSF kg/m ³	20mm Gra. kg/m ³	10mm Gra. kg/m ³	S/F kg/m ³	Water L/m ³	SP 8S L/m ³
C80	398	105	32	530	430	740	150	12
No.	OPC kg/m ³	PFA kg/m ³	CSF kg/m ³	20mm Vol. kg/m ³	10mm Vol. kg/m ³	River Sand kg/m ³	Water L/m ³	SP 8S L/m ³
HEC	440	90	55	530	430	740	135	18
No.	OPC kg/m ³	PFA kg/m ³	CSF kg/m ³	20mm Vol. kg/m ³	10mm Vol. kg/m ³	River Sand kg/m ³	Water L/m ³	SP 8S L/m ³
UHEC	435	85	55	545	445	755	115	20

ตารางที่ 2.2 แสดงค่ากำลังอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของ คอนกรีต C45,C80,HEC & UHEC (Fan and Li 2017)

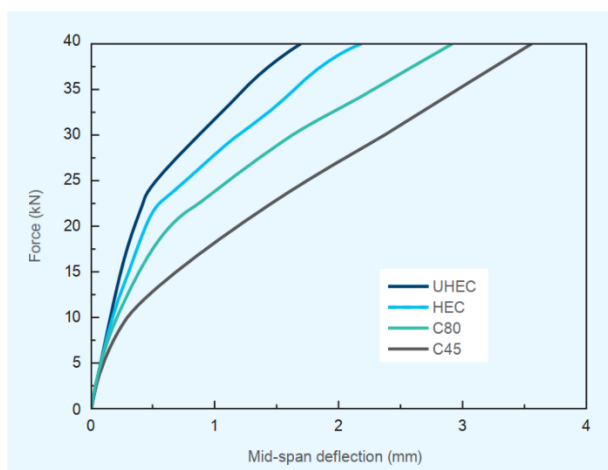
Specimen	Compressive strength (MPa)	Modulus of elasticity (GPa)
C45	63.6	33.7
C80	102.0	39.5
HEC	116.3	47.3
UHEC	139.3	51.5
HEC: high stiffness concrete		
UHEC: ultra-high stiffness concrete		



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Load-Deflection ของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
(Fan and Li , 2017)

ปริมาณ Steel Fiber จะมีสัดส่วน 0.3 0.4 และ 0.6 โดยปริมาตร (Volume Fraction) ผลจากการทดสอบเป็นไปตามรูปที่ 2.5

จากนั้นได้มีการทดสอบคานทั้ง 4 ประเภท โดยให้ใส่แรงกระทำในแนวตั้ง 40 KN เพื่อเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของคานเมื่อความแข็งแรง (Stiffness) เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งผลการทดสอบพบว่า การเคลื่อนที่ที่กลางคานของ คานทั้ง C45 C80 HEC UHEC นั้นมีค่า 3.6, 2.93, 2.24 และ 1.67 มม. ตามลำดับ(ดังรูปที่ 2.6) โดยผลการทดสอบได้ชี้ให้เห็นประโยชน์ในเรื่องของการเพิ่ม Stiffness หรือในแง่ของการเพิ่มโมดูลัสยืดหยุ่นให้กับคอนกรีตในชิ้นส่วนโครงสร้างของอาคาร ยิ่งไปกว่านั้นหาประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงโดยการเพิ่ม Steel Fiber เข้าไปจะช่วยลดรอยแตกร้าว (Crack) ในคานมากกว่าคานคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่ไม่ใส่ Steel Fiber ได้อีกด้วย ทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงช่วยให้ชิ้นส่วนโครงสร้างของอาคาร (Structural Members) อาทิ คาน หรือ เสา ลดการเคลื่อนตัวเมื่อได้รับแรงกระทำได้มากขึ้นแทนการเพิ่มหน้าตัด



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกระทำแนวดิ่ง (Load) และการเคลื่อนตัวที่กลางคาน (Mid-Span) ในแนวดิ่ง (Deflection) (Fan and Li , 2017)

2.1.2 การศึกษาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากคอนกรีตกำลังสูง High Strength Concrete (HSC)

การนิยามของคำว่าคอนกรีตกำลังสูง หรือ HSC นั้น American Concrete Institute (ACI) ได้ให้คำนิยามว่า คอนกรีตที่มีกำลังตั้งแต่ 6000 psi (41MPa) ขึ้นไปถือว่าเป็น High Strength Concrete ซึ่งการคำนวณหาค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นใน HSC นั้นสามารถคำนวณจาก สมการ 2.2 (ACI 363 Committee 363 ,1992)

$$E_c = 3320\sqrt{f'_c} + 6900 \text{ MPa} \quad (2.2)$$

ในปลายปี ค.ศ.1980 ได้มีการสร้างอาคาร Two Union Square building ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งมีความสูงเท่ากับ 225.56 เมตร ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการประยุกต์ใช้คอนกรีตกำลังสูงใน Shear Wall และเสา โดยมีกำลังเท่ากับ 19,000 psi (131 MPa) และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 49.65 GPa (Bong, 1998)



รูปที่ 2.7 อาคาร Two Union Square building

จากการวิจัยของ Murray (2001) พบว่าการผลิตคอนกรีตกำลังแรงสูง (HSC) นั้นไม่เพียงแต่เพิ่มกำลังของคอนกรีต (Strength) เท่านั้น แต่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตก็เพิ่มขึ้นเช่นกันเพราะเนื่องจากโมดูลัสความยืดหยุ่นแปรผันตรงกับกำลังของคอนกรีต ซึ่งอาจจะตีความในอีกแง่หนึ่งว่าการเพิ่มขึ้นของโมดูลัสความยืดหยุ่นในคอนกรีตนั้นเป็นผลพลอยได้จากการพัฒนาคอนกรีตกำลังสูง (Murray, 2001) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ HSC ขึ้นส่วนโครงสร้างอาคาร (Structural Members) จากนั้นพบว่า ถึงแม้ว่าการประยุกต์ใช้ HSC จะเพิ่มความแข็งแกร่งให้กับเสา แต่ก็เกิดผลกระทบจาก P-delta effect มากขึ้นเนื่องจากหน้าตัดเสา และผลกระทบอีกอย่างหนึ่งก็คือ การเกิด spalling ก่อนที่จะเกิดการวิบัติ จึงไม่แนะนำให้ใช้ HSC ในคานเท่ากับเสา และที่สำคัญคือจะไม่ประยุกต์ใช้กับผนังรับแรงเฉือน (Shear Wall) เพราะผนังรับแรงเฉือนนั้นต้องการความแข็งแกร่ง (Stiffness) มากกว่าด้านกำลัง (Strength)

2.1.3 การศึกษาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจาก Reactive Powder Concrete (RPC)

RPC เป็นคอนกรีตที่อยู่ในประเภท Ultra High Performance Concrete (UHPC) ซึ่งพัฒนาโดย บริษัท Bouygues ในปี 1993 โดยความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง RPC และ High Performance Concrete (HPC) คือ RPC มีกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) และแรงดัด (Flexural Strength) ที่สูงกว่า HPC กำลังรับแรงอัดของ RPC โดยทั่วไปนั้นจะอยู่ที่ 200 MPa – 810 MPa (Sanjuán & Andrade, 2021) นอกจากนี้ยังพบว่า Elastic Modulus ของ RPC มีค่าสูงสุดเท่ากับ 60 GPa (Perry 1998) ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติเชิงกลของ Reactive Powder Concrete (RPC)

Property	Unit	80 MPa	RPC
Compressive strength	MPa (psi)	80 (11,600)	200 (29,000)
Flexural strength	MPa (psi)	7 (1000)	40 (5800)
Tensile strength	MPa (psi)		8 (1160)
Modulus of Elasticity	GPa (psi)	40 (5.8 x 10 ⁶)	60 (8.7 x 10 ⁶)
Fracture Toughness	10 ³ J/m ²	<1	30
Freeze-thaw, ASTM C 666	RDF	90	100
Carbonation depth: 36 days in CO ₂	mm	2	0
Abrasion	10 ⁻¹² m ² /s	275	1.2

จากข้อมูล Elastic Modulus ของ RPC พบว่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 60 GPa ทั้งนี้ผู้วิจัยมีความเชื่อว่าหากมีการพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีต RPC ขึ้นไปอีก อาจทำให้ Elastic Modulus เพิ่มขึ้นได้ด้วย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสมมติให้ HMC มีค่า Elastic Modulus เท่ากับ 64 GPa

2.2 การพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง ในประเทศไทย

คอนกรีตเทคโนโลยีเป็นวัสดุที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างอย่างกว้างขวางเนื่องจากคอนกรีตมีข้อได้เปรียบกว่าวัสดุอื่นหลายประการ เช่นความสามารถในการหล่อ ความประหยัด ความทนทาน และความสามารถด้านการเคลื่อนตัวของโครงสร้างภายใต้แรงกระทำ ซึ่งมีความเหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโครงสร้างเชิงเกร็งพิเศษ เช่น เสาตอม่อของโครงการรถไฟความเร็วสูงที่ต้องออกแบบให้เกิดการเคลื่อนตัวที่ต่ำมากภายใต้แรงเบรกและแรงเครื่องของขบวนรถ หรือผนังรับแรงเฉือนในอาคารสูงชะลูดที่ต้องออกแบบให้มีการเคลื่อนตัวภายใต้แรงกระทำด้านข้างที่ต่ำกว่าเกณฑ์การใช้งานตามมาตรฐานเป็นต้น การพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง จึงจำเป็นเมื่อต้องออกแบบโครงสร้างคอนกรีตที่การเคลื่อนตัวเป็นข้อจำกัดหลักในการออกแบบ

ณรงค์ชัย ปึกษา และ ทศพล (2563) ได้ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติโมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus) ของคอนกรีตเพื่อประยุกต์ใช้กับโครงการ รถไฟความเร็วสูงของประเทศไทย โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงวัสดุมวลหยาบเป็นหินบะซอลต์ขนาดระหว่าง 9.5-25 มม. และตะกรันจากเตาอาร์คไฟฟ้า (EAF slag) ขนาดระหว่าง 9.5-19 มม. ดังรูปที่ 2.8

ผสมอัตราส่วนผสมใช้ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.38 0.34 โดยมีมวลรวมหยาบประกอบด้วย 3 ส่วน หินบะซอลต์จากโรงโม่หินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 2 แหล่งขนาดอนุภาคระหว่าง 9.5 - 25 มม. และใช้ตะกรันเหล็กจากเตาอาร์คไฟฟ้าซึ่งได้จากโรงหลอมเหล็กจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือขนาดอนุภาคระหว่าง 9.5 - 19 มม. เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้หินปูนโดยทุกส่วนผสมใช้ทรายแม่น้ำ(River Sand) เป็นวัสดุมวลละเอียดและใช้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 และเติมสารลดน้ำพิเศษจากโพลีคาร์บอกซิเลต (Polycarboxylate) ปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปูนซีเมนต์แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.4 หลังจากนั้นจึงได้หล่อตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่อายุ 14 และ 28 วัน แล้วเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตัวอย่างคอนกรีตที่พัฒนาขึ้นกับคอนกรีตทั่วไปที่ใช้วัสดุมวลรวมเป็นหินปูน



รูปที่ 2.8 วัสดุมวลรวมหยาบและละเอียดที่ใช้

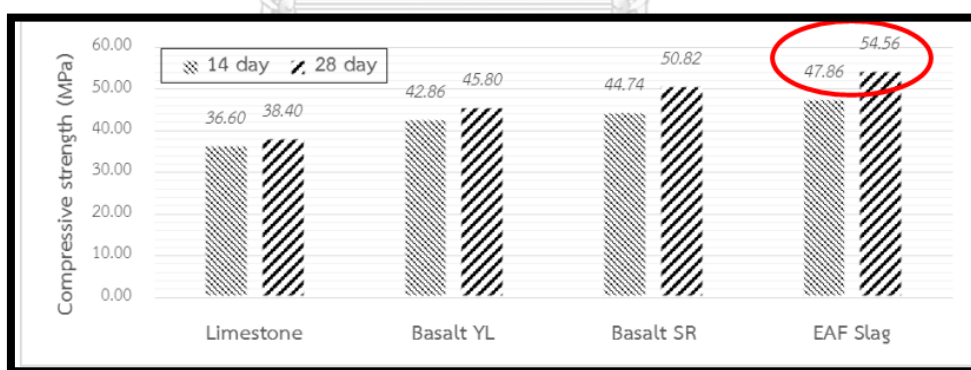
ตารางที่ 2.4 ตารางส่วนผสมคอนกรีต

Composition	Limestone concretes (LS)	Basalt concretes-YL (BS1)	Basalt concretes-SR (BS2)	EAF concrete (EAF)
Water (L)	181.6	202.9	181.6	181.6
Cement (kg)	534	534	534	534
River sand (kg)	528	538.1	538.1	504.8
Limestone (kg)	1197.5	-	-	-
Basalt YL (kg)	-	1224.3	-	-
Basalt SR (kg)	-	-	1224.3	-
EAF slag (kg)	-	-	-	1552.2
Superplasticizer (%)	0.5	0.5	0.5	0.5
w/c	0.34	0.38	0.34	0.34
Slump (cm)	4.5	16	3.5	6

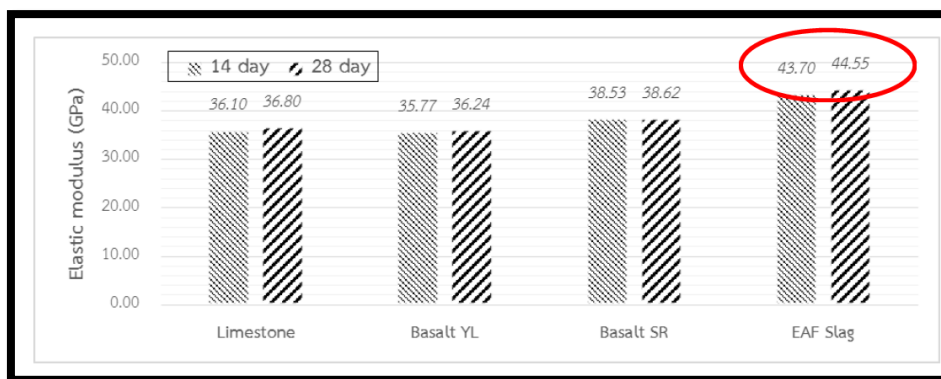
2.2.1 ผลการทดสอบกำลังของคอนกรีต

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตในการใช้มวลรวมหยาบแต่ละประเภทแสดงในรูปที่ 2.8 พบว่าประเภทของมวลรวมหยาบมีอิทธิพลต่อทั้งกำลังอัดของคอนกรีตที่ 14 และ 28 วัน อย่างมีนัยสำคัญ จะสังเกตได้ว่าคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์และตะกรันเหล็กเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ มีค่ากำลังอัดที่สูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนอย่างเห็นได้ชัดโดยมีส่วนผสมของมอร์ตาร์เหมือนกัน คอนกรีตที่ให้กำลังสูงสุดถึง 54.6 MPa ที่อายุ 28 วัน คือคอนกรีตที่ใช้ตะกรันเหล็กเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ รองลงมาคือหินบะซอลต์ซึ่งจะมีกำลังอัดสูงสุดประมาณ 50.8 MPa และน้อยที่สุดคือคอนกรีตที่ใช้หินปูนเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ ซึ่งได้กำลังอัดของคอนกรีตเพียง 38.4 MPa เท่านั้น

ผลการทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตดังรูปที่ 2.9 บ่งชี้ว่าการเปลี่ยนประเภทของมวลรวมส่งผลต่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตด้วยเช่นกัน โดยค่าโมดูลัสจากคอนกรีตที่ใช้ตะกรันเหล็กเป็นวัสดุมวลรวมหยาบให้ค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบประเภทอื่น แม้ใช้ส่วนผสมของมอร์ตาร์เดียวกัน โดยมีค่าโมดูลัสสูงถึง 44.6 GPa และพบว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 36.8 GPa ผลการทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตดังรูปที่ 2.10 บ่งชี้ว่าการเปลี่ยนประเภทของมวลรวมส่งผลต่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตด้วยเช่นกัน โดยค่าโมดูลัสจากคอนกรีตที่ใช้ตะกรันเหล็กเป็นวัสดุมวลรวมหยาบให้ค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบประเภทอื่น



รูปที่ 2.9 กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้วัสดุมวลรวมหยาบประเภท หินปูน หินบะซอลต์ และตะกรันเหล็ก



รูปที่ 2.10 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ใช้วัสดุมวลรวมหยาบประเภท หินปูน หินบะซอลต์ และ ตะกรันเหล็ก

2.2.2 สรุปผลการวิจัยของการพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงสำหรับโครงสร้างเชิงเกร็งพิเศษ

จากผลการทดสอบ (ปึกษา & ปิ่นแก้ว, 2020) แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของประเภทมวลรวมส่งผลทั้งต่อกำลังรับแรงอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ทั้งคอนกรีตอายุ 14 วัน และ 28 วัน โดยคอนกรีตที่ใช้ตะกรันเหล็กจากเตาอาร์คไฟฟ้าให้กำลังรับแรงอัดสูงที่สุดถึง 54.6 MPa เนื่องจากมีหน่วยน้ำหนักและคุณสมบัติของมวลรวมที่ดีกว่ามวลรวมโดยทั่วไปที่ใช้หินปูนซึ่งให้ค่ากำลังอัดเพียงแค่ 38.70 MPa เท่านั้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดโดยใช้ตะกรันเหล็กจากเตาอาร์คไฟฟ้าเท่ากับ 42.1% และได้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูงสุดถึง 44.6 GPa อันเนื่องมาจากผิวของตะกรันที่ขรุขระช่วยปรับปรุงกำลังระหว่างรอยต่อของมวลรวมและเนื้อซีเมนต์ให้ดีขึ้นซึ่งมากกว่าคอนกรีตทั่วไปที่ใช้หินปูนเป็นวัสดุมวลรวมซึ่งให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเพียง 36.8 GPa ซึ่งคิดเป็นเป็นการเพิ่มขึ้นของโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต 20%

จากผลการศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้อย่างยิ่งที่จะพัฒนาคอนกรีตให้มีคุณสมบัติโมดูลัสยืดหยุ่นที่ดีขึ้น โดยการเลือกใช้ประเภทของมวลรวมหยาบที่เหมาะสม และออกแบบให้มีขนาดคละที่เหลือช่องว่างน้อย คอนกรีตที่ได้อาจมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่สูงกว่าปกติมากกว่าร้อยละ 20 โดยมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย (ประหยัดกว่าการใช้คอนกรีตที่กำลังสูงขึ้น) อันเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้กับงานโครงสร้างอาคารสูงที่ต้องการโครงสร้างที่มีคุณสมบัติเชิงเกร็งพิเศษได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2.3 การประยุกต์ใช้และพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง

2.3.1 การประยุกต์ใช้และพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงในต่างประเทศ

2.3.1.1 Trump Tower (Chicago)

ในปี ค.ศ. 2005 Prairie Material.inc ได้พัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่ใช้สำหรับในการสร้างหลัก จำนวนชั้น 98 ชั้น ความสูงรวมยอดอาคาร 423.2 เมตร โดยโมดูลัสยืดหยุ่นที่ใช้มีค่าเฉลี่ย 6,200 ksi (42.75 GPa)



รูปที่ 2.11 อาคาร Trump Tower
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.1.2 200 North Michigan Avenue

อาคาร 200 North Michigan Avenue เป็นอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวนชั้น 40 ชั้น ความสูงของอาคาร 135.47 เมตร ได้ถูกสร้างเสร็จในปี ค.ศ. 2016 โดย บริษัท Prairie Material.inc ได้พัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่ใช้สำหรับในการสร้างอาคารหลังนี้โดยโมดูลัสยืดหยุ่นที่ใช้มีค่าเฉลี่ย 6,755 ksi (46.6 GPa)



รูปที่ 2.12 อาคาร 200 North Michigan Avenue (CTBUH 2010)

2.3.1.3 150 North Riverside Avenue

ในปี ค.ศ.2017 Prairie Material, Inc. ได้พัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่ใช้สำหรับการสร้างอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวนชั้น 51 ชั้น ความสูงของอาคาร 220.8 เมตร โดยโมดูลัสยืดหยุ่นที่ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,600 ksi (45.5 GPa) สำหรับชั้นฐานรากถึงชั้นที่ 9 เท่ากับ 6,000 ksi (41.4 GPa) สำหรับชั้นที่ 10-22 และ เท่ากับ 5,400 ksi (37.23) สำหรับชั้น 23-51



รูปที่ 2.13 อาคาร 150 North Riverside Avenue
(Council on Tall Buildings and Urban Habitat 2010; CTBUH 2010)

2.3.1.4 One Bennet Park, Chicago

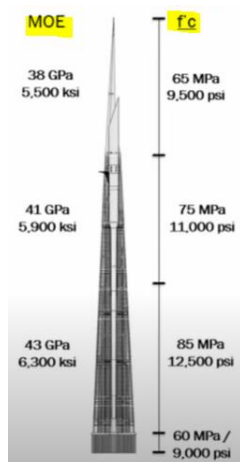
ในปี ค.ศ.2017 Thornton Tomasetti; Structural Engineer และ DYWIDAG Group ได้มีการประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงเฉลี่ยเท่ากับ 6,250 ksi (43.1 GPa) ให้กับอาคาร One Bennet Park ซึ่งเป็นอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวนชั้น 69 ชั้น ความสูงของอาคาร 255.17 เมตร ในนคร Chicago



รูปที่ 2.14 One Bennet Park, Chicago

2.3.1.5 Jeddah Tower

อาคาร Jeddah Tower อาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใหญ่ที่สุดในโลก จำนวนชั้น 167 ชั้น ความสูงของอาคาร 1000 เมตร ได้มีการประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสสูงเฉลี่ยสำหรับโซนเท่ากับ 5500 ksi (36 GPa) สำหรับโซนชั้นกลางของอาคารเท่ากับ 5,900 ksi (41 GPa) และ ชั้นบนของอาคารเท่ากับ เท่ากับ 6,300 ksi (43 GPa) สำหรับชั้นล่างของอาคารลงไป ตามลำดับ



รูปที่ 2.15 Jeddah Tower

2.3.1.6 Burj Khalifa

อาคาร Burj Khalifa อาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวนชั้น 163 ชั้น ความสูงของอาคาร 828 เมตร ถูกออกแบบโดย Skidmore, Owings & Merrill LLP และได้ประยุกต์ใช้ High Strength Concrete 50 MPa ถึง 80MPa ซึ่งค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าระหว่าง 33 GPa. ถึง 42GPa. (สมการของ ACI 318 ; $E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c}$: MPa unit)



รูปที่ 2.16 Burj Khalifa

2.3.2 การประยุกต์ใช้และพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงในประเทศไทย

2.3.2.1 ตึกมหานคร

จากรายงานของ “CTBHU, Research Center: The Structural Design and Construction of Mahanakon Tower (2015)” พบว่าอาคารหลังนี้ประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงซึ่งผลจากการทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่นมีค่ามากกว่าสมการ ACI

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของคุณภาพและผลการทดสอบของคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง ตึก มหานคร

Concrete strength (MPa)	ACI 8.5.1 Elastic modulus (MPa)	Laboratory Elastic modulus (MPa)	Applied stresses (40% of compressive strength, MPa)	Elastic strains based on ACI elastic modulus (x10-6)	Creep & Shrinkage strains from test results (x10-6)	Actual long term creep coefficients (based on ACI elastic modulus)
35	29,910	40,245	14	468	895	1.91
40	31,975	40,632	16	500	840	1.68
50	35,750	44,612	20	559	843	1.51
60	39,162	47,104	24	613	668	1.09

Table 2: Elastic modulus and creep & shrinkage test results. Source: Bouygues Thai Ltd

(CTBHU 2015, Research Center “ The Structural Design and Construction of Mahanakon Tower”)



รูปที่ 2.17 ตึกมหานคร

สำหรับประเทศไทย วิศวกรมักจะคุ้นเคยกับวิธีการออกแบบโครงสร้างอาคารสูง โดยใช้คอนกรีตกำลังสูง (High Strength Concrete : HSC) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักของอาคารและวิธีเพิ่มขนาดหน้าตัดกำแพงรับแรงเฉือนและเสาเพื่อควบคุมการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารให้น้อยกว่ามาตรฐาน หากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต (E_c) และกำลังของคอนกรีต (f_c') แล้ว ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต (E_c) จะแปรผันตรงกับรากที่สองของกำลังคอนกรีต (f_c') หากพิจารณาในแง่ของต้นทุนในการก่อสร้างแล้ว E_c ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ HSC นั้นจะเพิ่มเพียงแค่ $\sqrt{f_c'}$ เท่า ในขณะที่ต้นทุนค่าวัสดุคอนกรีตเพิ่มขึ้นมากกว่าจึงไม่คุ้มค่าต่อเท่าที่ควร ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงจึงเป็นอีกทางเลือกในการเพิ่มความแข็งแกร่ง (Stiffness) ในการเคลื่อนตัวด้านข้าง ให้กับอาคารสูง ซึ่งจะคุ้มค่ากว่าการใช้ HSC เพื่อเพิ่ม E_c ให้กับคอนกรีตมาก

ในอีกแง่หนึ่งของการแก้ปัญหาการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารสูงภายใต้แรงลมและแรงแผ่นดินไหว อย่างที่รู้กันดีว่าในปัจจุบันมีโครงสร้างพิเศษต่างๆ เพื่อป้องกันแรงด้านข้าง อาทิเช่น การใช้ Tune Mass Damper , Fluid Viscous Damper, Bracing , Base /Floor Isolation System และโครงสร้างพิเศษอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวถึง แต่ที่นิยมในประเทศไทยคือ ผนังรับแรงเฉือนคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Shear Core/ Wall) ผู้วิจัยจึงมีมุมมองว่าการประยุกต์ใช้ HMC ในผนังรับแรงเฉือนนั้นจะเป็นวิธีการแก้ปัญหาการเคลื่อนตัวด้านข้างให้กับอาคารสูงที่เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด

รวมทั้งการประยุกต์ใช้ HMC ให้กับอาคารสูงนั้นจะนำไปสู่การลดหน้าตัดของ Shear Wall และส่งผลกับการเพิ่มพื้นที่ใช้สอยหรือพื้นที่ขายของอาคารอีกด้วย

2.4 การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Evaluation)

การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Evaluation) คือ กระบวนการหนึ่งที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการประเมินมูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ (input) และผลได้ (Output) หรือผลลัพธ์ (Outcome) ที่ได้ของโครงการหรือกิจกรรมต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการเปรียบเทียบและการตัดสินใจเลือกโครงการหรือกิจกรรมที่ดีที่สุดในการลงทุน

Dawoud and Baines (2017) ได้อ้างถึงวิธีการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 วิธีหลักในการวิเคราะห์ ได้แก่ (1) วิธีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่ำสุด (Cost Minimization) (2) วิธีต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost and Benefit) (3) วิธีต้นทุนและประสิทธิผล (Cost and Effectiveness) และ (4) วิธีต้นทุนและอรรถประโยชน์ (Cost and Utility)

1. วิธีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่ำ (Cost Minimization) คือ วิธีการวิเคราะห์หรือประเมินที่ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ใช้ของแต่ละโครงการหรือกิจกรรมที่อยู่ในข่ายของการพิจารณา ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายจะอยู่ในรูปของตัวเงิน จากนั้นจะเลือกโครงการหรือกิจกรรมที่มีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่ำสุด โดยอยู่บนพื้นฐานของทุกโครงการให้ผลลัพธ์เท่าเทียมกัน หรืออาจไม่ได้คำนึงถึงผลลัพธ์ที่ได้
2. วิธีต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost and Benefit) คือ วิธีการวิเคราะห์หรือประเมินความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนที่ใช้กับผลประโยชน์ที่ได้รับของแต่ละโครงการหรือกิจกรรมที่อยู่ในข่ายของการพิจารณา โดยทั่วไปผลประโยชน์ที่ได้รับจะอยู่ในรูปของผลตอบแทนที่เป็นตัวเงินเดียวกันกับต้นทุน ความสัมพันธ์อาจอยู่ในรูปแบบของ (1) อัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับต่อต้นทุนที่ใช้ (หรือต้นทุนที่ใช้ต่อผลประโยชน์ที่ได้รับ) หรือ (2) ผลลัพธ์ของมูลค่าระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับลบด้วยต้นทุนที่ใช้ การพิจารณาโครงการ จะเลือกโครงการหรือกิจกรรมที่ให้ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน หรือผลลัพธ์ของมูลค่าสูงสุด ถ้าพิจารณาที่อัตราส่วนต้นทุนต่อผลประโยชน์จะเลือกโครงการที่ให้ค่าอัตราส่วนต่ำสุด
3. วิธีต้นทุนและประสิทธิผล (Cost and Effectiveness) คือ วิธีการวิเคราะห์หรือประเมินความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนที่ใช้กับประสิทธิผลที่ได้รับของแต่ละโครงการหรือกิจกรรมที่อยู่ในข่ายของการพิจารณา ประสิทธิผลที่ได้รับนี้ หมายถึงผลลัพธ์ที่วัดตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เช่น จำนวนคนที่รอดจากโครงการ(หรือวิธีการ) รักษาโรค (หรือการป้องกันโรค) เป็นต้น ดังนั้นหน่วย

วัดของประสิทธิผลจึงอาจแตกต่างจากหน่วยของต้นทุนที่อยู่ในรูปของตัวเงิน ความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปของอัตราส่วนระหว่างต้นทุนต่อประสิทธิผล การพิจารณาโครงการ จะเลือกโครงการหรือกิจกรรมที่ให้ค่าอัตราส่วนต่ำสุด วิธีการนี้มักถูกใช้ในการประเมินผลโครงการที่เกี่ยวข้องกับทางด้านการแพทย์ สุขภาพ หรือสาธารณสุข

4. วิธีต้นทุนและอรรถประโยชน์ (Cost and Utility) วิธีการวิเคราะห์หรือประเมินความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนที่ใช้กับอรรถประโยชน์ที่ได้รับของแต่ละโครงการหรือกิจกรรมที่อยู่ในข่ายของการพิจารณา อรรถประโยชน์ที่ได้รับนี้ เป็นการพิจารณาที่คุณภาพชีวิต (Quality of Life) หรือความสามารถในการดำเนินชีวิต (Ability of Life) มักถูกปรับเทียบเป็นอายุที่ยาวนานขึ้น หน่วยวัดของอรรถประโยชน์จึงแตกต่างจากหน่วยของต้นทุนที่อยู่ในรูปของตัวเงิน ความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปของอัตราส่วนระหว่างต้นทุนต่ออรรถประโยชน์ การพิจารณาโครงการ จะเลือกโครงการที่ให้ค่าอัตราส่วนต่ำสุด วิธีการนี้จึงมักถูกนำไปประเมินโครงการที่เกี่ยวข้องกับด้านการแพทย์ สุขภาพ หรือสาธารณสุข

อย่างไรก็ดี ในวิทยานิพนธ์นี้ การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ จะประยุกต์ใช้วิธีการที่ 1 การประเมินผลต้นทุนต่ำ (Cost Minimization) และวิธีการที่ 2 การประเมินผลต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost and Benefit) เพื่อเลือกวิธีการปรับปรุงโครงสร้างอาคารที่ชั้นส่วน Shear Wall (SW) และเสา (Column; CO) โดยกำหนดให้ต้นทุนที่ใช้ (Cost) จะพิจารณาที่ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน ของชั้นส่วน Shear Wall (SW) และเสา (Column; CO) เพราะเป็นชั้นส่วนที่มีผลกระทบโดยตรงต่อระยะการเคลื่อนตัวของหลังคา (Roof Displacement; RD) และผลประโยชน์ที่ได้รับ (Benefit) จะพิจารณาที่ผลตอบแทนจากพื้นที่ใช้สอยของอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

บทที่ 3

สมการประมาณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (Roof Displacement Equation; RDE)

เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์แรงลมที่มีผลต่อการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคาร จะสมมติแรงลม (Wind Load) เป็นแรงกระจายสามเหลี่ยม (Triangular Distributed Load) และสมมติให้อาคารที่ศึกษามีโครงสร้างเสมือนเป็น Cantilever Column และจะเรียกการโก่งตัวที่ปลายเสา ว่า การเคลื่อนตัวที่หลังคา (Roof displacement; RD) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ในการศึกษาครั้งนี้จะการสร้างสมการการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (Roof Displacement Equation; RDE) เพื่อที่จะศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีต่อการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (Roof displacement; RD)

3.1 สมการการโก่งตัวพื้นฐาน (Basic Equation; BEQ)

โดยทั่วไปนั้นจะสามารถคำนวณการโก่งตัวเนื่องจากแรงกระจายสามเหลี่ยมจากการคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$RD = \frac{11}{120} \left(\frac{W \cdot H^4}{EI} \right) \quad (3.1)$$

RD = Roof Displacement / Deflection (cm)

W = Triangular Distributed Load (N/m)

H = ความสูงของโครงสร้าง หรือ เสา (m)

EI = Flexural Rigidity of ของโครงสร้าง หรือ เสา (N-m²)

3.2 สมการการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (Roof Displacement Equation; RDE)

ในการสร้างสมการการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (Roof Displacement Equation; RDE) จะนำหลักการของ Moment Area Method มาประกอบการสร้างสมการโดยจะ แบ่งความสูงของอาคารออกเป็น 3 ตอน (3 Portions) โดยจะประกอบไปด้วย ตอนล่าง (Lower Portion; L₁) ตอนกลาง (Middle Portion; L₂) และตอนบน (Upper Portion; L₃) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องจะเป็นดังนี้

L₁, L₂, L₃ = ความสูงของตอนล่าง (1) กลาง (2) และ บน (3); (m)

M(y) = สมการ Bending Moment

y = ทิศทางตามความสูงของอาคาร

H = ความสูงของอาคาร

a_1, a_2, a_3 = พื้นที่ใต้กราฟ ของ M/EI Diagram ของ ตอนล่าง (1) กลาง (2) และตอนบน (3) ตามลำดับ
 y_1, y_2, y_3 = ระยะจาก $y=H$ ถึง Centroid ของ a_1, a_2, a_3 ตามลำดับ
 $CG1, CG2, CG3$ = ศูนย์กลางของ a_1, a_2, a_3
 $(EI)_1, (EI)_2, (EI)_3$ = EI ของ L_1, L_2, L_3 ตามลำดับ (N-m²)
 RD = Roof Displacement

3.2.1 ขั้นตอนการสร้างสมการการเคลื่อนตัวชั้นหลังคา (RDE)

คำนวณ Bending Moment $M(y)$ และสร้าง Bending Moment Diagram ได้ดังรูปที่

3.3 และสมการ (3.2)

$$M(y) = W \left(\frac{y^3}{6H} - \frac{Hy}{2} + \frac{H^2}{3} \right) \quad (3.2)$$

คำนวณ $M(y)/EI$ ในแต่ละ Portion ดังรูปที่ 3.4

$$\frac{M(y)}{(EI)_1} = \frac{W}{(EI)_1} \left(\frac{y^3}{6H} - \frac{Hy}{2} + \frac{H^2}{3} \right) \quad (3.3)$$

$$\frac{M(y)}{(EI)_2} = \frac{W}{(EI)_2} \left(\frac{y^3}{6H} - \frac{Hy}{2} + \frac{H^2}{3} \right) \quad (3.4)$$

$$\frac{M(y)}{(EI)_3} = \frac{W}{(EI)_3} \left(\frac{y^3}{6H} - \frac{Hy}{2} + \frac{H^2}{3} \right) \quad (3.5)$$

ซึ่งสามารถคำนวณ a_1, a_2, a_3 ในแต่ละ Portion ดังรูปที่ 3.4

$$a_1 = \int_0^{h_1=L_1} \frac{M(y)}{(EI)_1} dy = \frac{W}{(EI)_1} \left(\frac{L_1^4}{24H} - \frac{H \cdot L_1^2}{4} + \frac{H^2 \cdot L_1}{3} \right) \quad (3.6)$$

$$a_2 = \int_{h_1=L_1}^{h_2=L_2} \frac{M(y)}{(EI)_1} dy = \frac{W}{(EI)_2} \left(\frac{L_2^4 - L_1^4}{24H} - \frac{H \cdot (L_2^2 - L_1^2)}{4} + \frac{H^2 \cdot (L_2 - L_1)}{3} \right) \quad (3.7)$$

$$a_3 = \int_{h_2=L_2}^{h_3=H} \frac{M(y)}{(EI)_1} dy = \frac{W}{(EI)_3} \left[\frac{H^3}{8} - \left(\frac{L_2^4}{24H} - \frac{H \cdot L_2^2}{4} + \frac{H^2 \cdot L_2}{3} \right) \right] \quad (3.8)$$

$$\bar{y}_1 = \frac{\int_0^{h_1=L_1} y \cdot M(y) dy}{\int_0^{h_1=L_1} M(y) dy} = \frac{\left[\frac{L_1^5}{30H} - \frac{H \cdot L_1^3}{6} + \left(\frac{H \cdot L_1}{6} \right)^2 \right]}{\left(\frac{L_1^4}{24H} - \frac{H \cdot L_1^2}{4} + \frac{H^2 \cdot L_1}{3} \right)} \quad (3.9)$$

จากนั้นจึง คำนวณ y_1, y_2, y_3 ในแต่ละ Portion ดังรูปที่ 3.4

$$y_1 = H - \frac{\left[\frac{L_1^5}{30H} - \frac{H \cdot L_1^3}{6} + \left(\frac{H \cdot L_1}{6} \right)^2 \right]}{\left(\frac{L_1^4}{24H} - \frac{H \cdot L_1^2}{4} + \frac{H^2 \cdot L_1}{3} \right)} \quad (3.10)$$

$$\overline{y}_2 = \frac{\int_0^{h_2=h_1} y \cdot M(y) dy}{\int_0^{h_2=h_1} M(y)} dy = \frac{8}{30} (h_2 - h_1) \quad (3.11)$$

$$y_2 = (H - h_1) - \frac{8}{30} (h_2 - h_1) \quad (3.12)$$

$$y_2 = L_3 + \frac{22}{30} L_2 \quad (3.13)$$

$$\overline{y}_3 = \frac{\int_0^{H-L_2} y \cdot M(y) dy}{\int_0^{H-L_2} M(y)} dy = \frac{8}{30} (H - L_2) \quad (3.14)$$

$$y_3 = \frac{22}{30} (H - L_2) \quad (3.15)$$

$$y_3 = \frac{22}{30} L_3 \quad (3.16)$$

เมื่อพิจารณาสมการที่ (3.6), (3.7), (3.8), (3.10), (3.12) และ (3.15) จะได้สมการที่ (3.18)

$$RD = a_1 \cdot y_1 + a_2 \cdot y_2 + a_3 y_3 \quad (3.17)$$

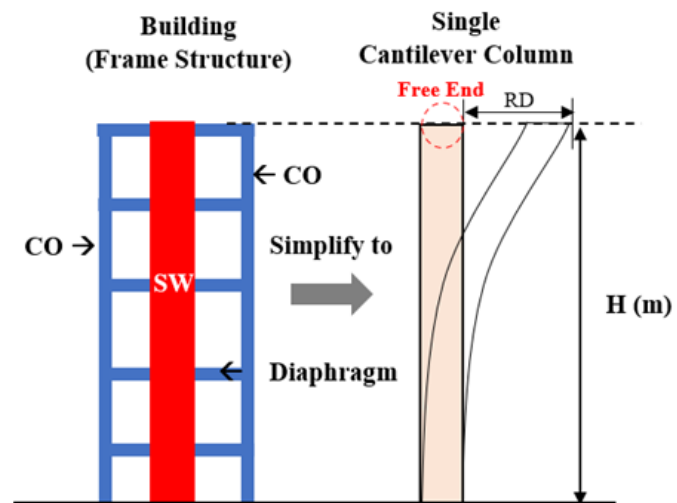
$$RD = W \left\{ \frac{(A_1 H - C_1)}{(EI)_1} + \frac{(A_2 - A_1) \cdot \left(L_3 + \frac{22}{30} L_2 \right)}{(EI)_2} + \frac{22 B_2 \cdot L_3}{30 (EI)_3} \right\} \quad (3.18)$$

โดยที่

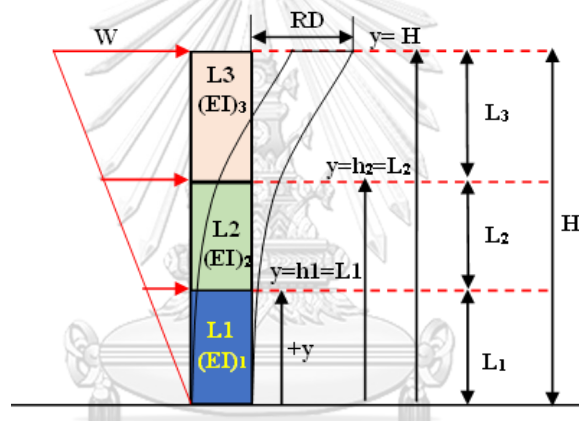
$$A_1 = \left(\frac{L_1^4}{24H} - \frac{H \cdot L_1^2}{4} + \frac{H^2 \cdot L_1}{3} \right), \quad C_1 = \frac{L_1^5}{30H} - \frac{H \cdot L_1^3}{6} + \frac{(H \cdot L_1)^2}{6} \quad (3.19)$$

$$A_2 = \left(\frac{L_2^4}{24H} - \frac{H \cdot L_2^2}{4} + \frac{H^2 \cdot L_2}{3} \right), \quad B_2 = \frac{H^3}{8} - A_2 \quad (3.20)$$

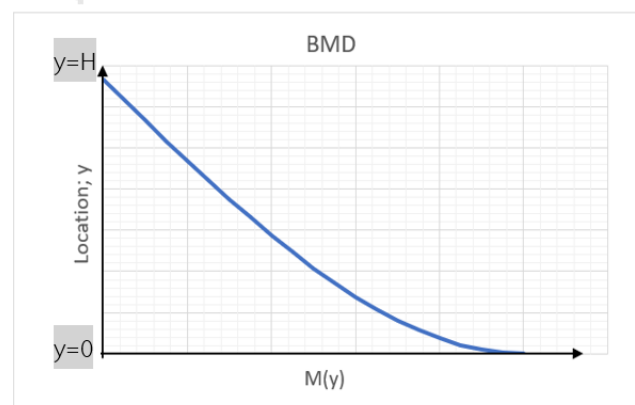
สมการที่ 3.18 ข้างต้น จะเรียกว่า “Roof Displacement Equation (RDE)”



รูปที่ 3.1 โครงสร้างอาคารอย่างง่าย

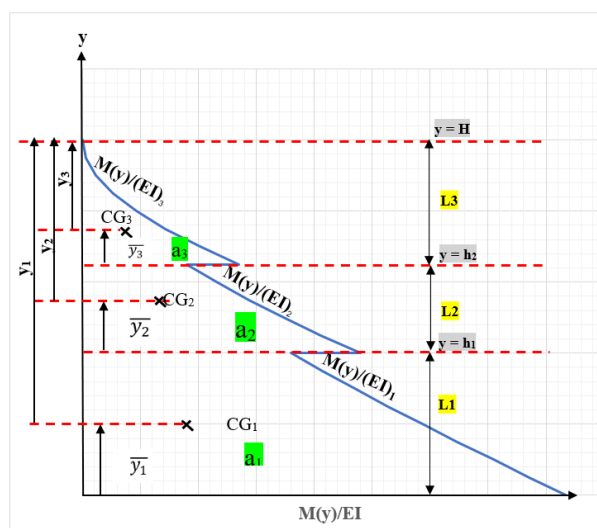


รูปที่ 3.2 โครงสร้างที่ถูกแบ่งออกเป็น 3 ตอน ภายใต้ W



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ ($M(y)$) และ ทิศทางตามความสูงของอาคาร (y)

กรณี Bending Moment Diagram (BMD)



รูปที่ 3.4 แผนภูมิความล้มน้ระหว่าง M/EI และ ทิศทางตามความสูงของอาคาร (y)



บทที่ 4

การศึกษาการประยุกต์ใช้คอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูง

4.1 แบบจำลองของอาคารตัวอย่างในโปรแกรม ETABS

สร้างแบบจำลองอาคารตัวอย่างที่นำมาศึกษาจะมี 2 หลัง ใน โปรแกรม ETABS โดยหลังที่ 1 (อาคาร A) จะเป็นอาคารโดยทั่วไป (Typical Building; อาคาร A) ที่มีรูปร่างสม่ำเสมอซึ่งจะสมมติให้รูปร่างของอาคารคล้ายกับอาคารที่ศึกษาในงานวิจัยของ Jeong et al. (2021) ดังรูปที่ 4.1 โดยมีความสูง 45 ชั้น มีขนาด กว้าง ยาว สูง เท่ากับ 36, 36 และ 180 เมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.2

การสร้างแบบจำลองโครงสร้างของอาคารตัวอย่างในโปรแกรม ETABS ต้องมีการกำหนดค่าสติฟเนสขององค์อาคารคอนกรีตและอิฐก่อจะต้องคำนึงถึงผลของการแตกร้าวที่มีต่อค่าสติฟเนสโดยในกรณีที่ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ห้อย่างละเอียดโดยอนุญาตให้ประมาณค่าสติฟเนสจากค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิผล (I_{eff}) และค่าพื้นที่หน้าตัดประสิทธิผล (A_{eff}) แผ่นพื้นคอนกรีตของอาคารนี้สมมติให้เป็นไดอะแฟรมแบบแข็ง (Rigid Floor Diaphragm) ในการรับแรงในแนวราบของแผ่นพื้น ดังตารางที่ 4.2

อาคารหลังที่ 2 (อาคาร B) เป็นอาคารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ (Non-Typical Building; อาคาร B) โดยมีความสูงเท่ากับ 42 ชั้น มีขนาดกว้าง ยาว สูง โดยประมาณ 14,129 และ 126.55 เมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

สำหรับคอนกรีตเริ่มต้นของอาคารทั้ง 2 นี้ จะเป็นคอนกรีตทั่วไป (Ordinary Concrete) ซึ่งจะสมมติให้ใช้คอนกรีตที่มี ค่า Elastic Modulus เท่ากับ 27.54 GPa ($f_c' = 350 \text{ ksc}$) กับทุกๆ ชั้นส่วนโครงสร้างของอาคาร และสมมติคอนกรีตโมดูลัสสูงที่จะนำมาใช้ปรับปรุงโครงสร้างอาคารให้มีค่า Elastic Modulus เท่ากับ 64 GPa. ดังตารางที่ 4.2

4.1.1 ข้อมูลแรงลม

สำหรับอาคาร A จะสมมติให้แรงลมของสภาวะใช้งาน (Serviceability) และ สภาวะกำลัง (Ultimate) ตามงานศึกษาวิจัยของ Jeong, et. al, 2021 โดยจะสมมติให้มีแรงลมกระทำทั้งสองทิศทางของอาคาร ดังแสดงใน ตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4 ตามลำดับ

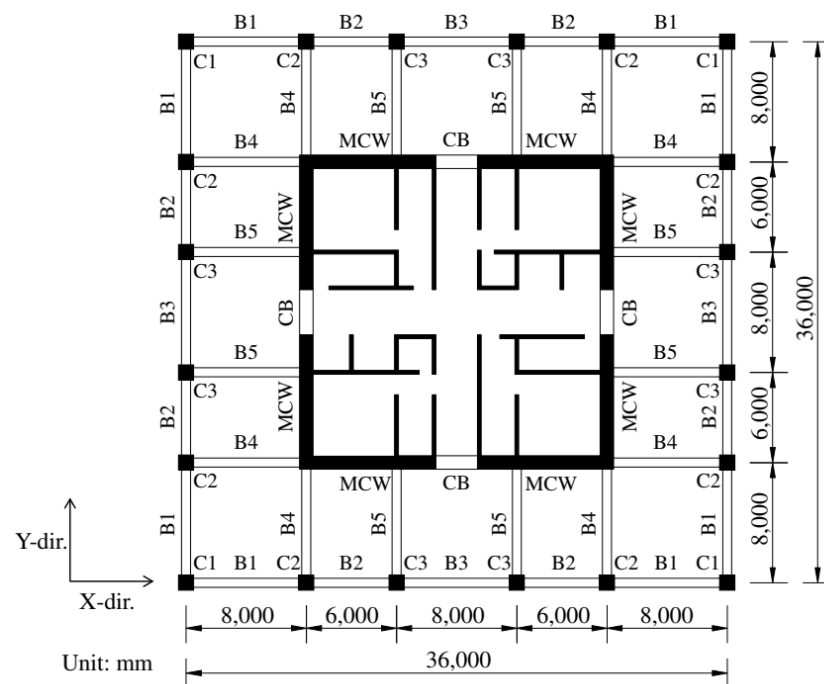
ในขณะที่ อาคาร B จะใช้ข้อมูลแรงลมจากการทดสอบอุโมงค์ลม จาก “รายงานการประเมินแรงลม ฯ ม.ธรรมศาสตร์ พศ.2562 ” ดังตารางที่ 4.5 ถึง ตารางที่ 4.10 ซึ่งผลรวมของแรงลมสำหรับสภาวะใช้งาน และ สภาวะกำลังที่วิกฤติที่สุดจะแสดงในตารางที่ 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ

4.1.2 ข้อมูลแรงแผ่นดินไหว

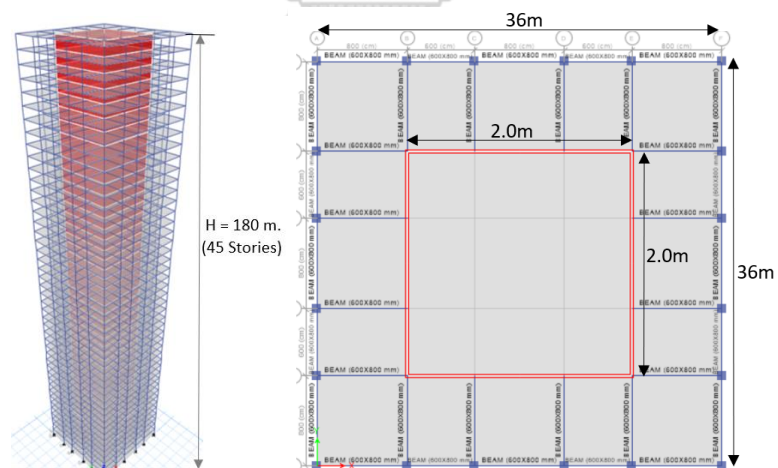
ข้อมูลแผ่นดินไหวจะอาศัยความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม โดยอ้างอิงจากมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ 1301/1302-61 ซึ่งกำหนดให้อาคาร A และ B อยู่ในกรุงเทพมหานคร (โซน 5) โดยมีสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบวิธีสถิติเทียบเท่า และสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีพลศาสตร์ ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลโดยพื้นฐานของอาคาร A และ B โดยรวม

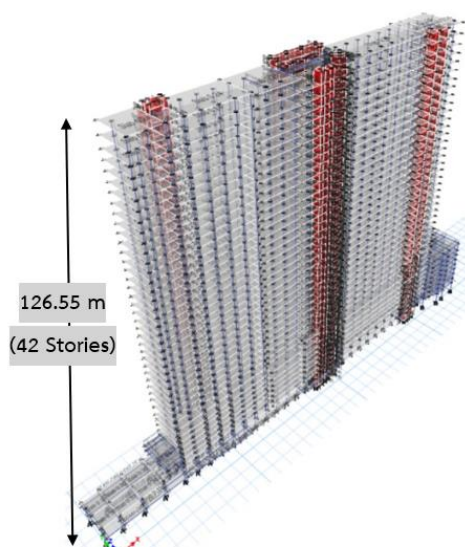
Items	Units	Building	
		A	B
1. Building sizes and stories			
1.1 Floor plan sizes (Width x Length)	mxm	36x36	14x129
1.2 Building Height (H)	m	180	126.55
1.3 Number of stories	Stories	45	42
1.4 Story height	m	4	Story 1: 5 Story 2-8: 2.6 Story 9; 40: 3.5 Story 10-39: 3 Story 41; 42: 3.65; 2.7 Average: 3.013
2. Structural element information			
2.1 Column (CO) sizes (Width x Length)	mxm	Story1-45: 0.8x0.8	Story1-10: 0.35x2 0.35x2.4 Story11-42: 0.35x1.5 0.35x1.7
2.2 Shear wall (SW) thickness	m	0.28	0.5
2.3 Slab thickness	m	0.21	0.22
2.4 Beam sizes (Width x Length)	mxm	0.6x0.8	(1) 0.2x0.5; (2) 0.2x0.7 (3) 0.25x0.6; (4) 0.25x0.7 (5) 0.3x0.7
3. Material Properties			
3.1 Modulus of elasticity of Ordinary Concrete (OC)	GPa	27.54	27.54
3.2 Modulus of elasticity of High Modulus Concrete (HMC)	GPa	64	64
3.3 Yield Strength Reinforcing Bar	MPa	500	500
4. Gravity Load			
4.1 Live Load	Kg/m ²	200	200
4.2 Super Imposed Dead Load	Kg/m ²	220	220



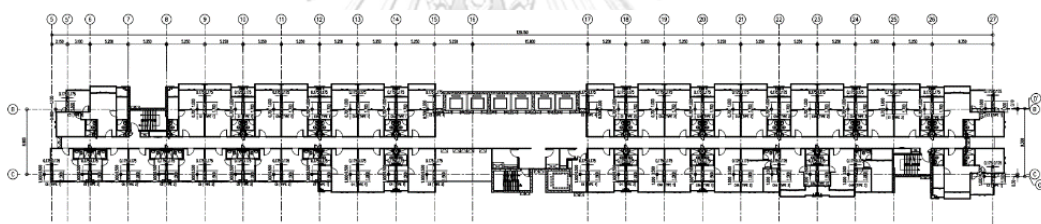
รูปที่ 4.1 แผนผังของ Typical Building (อาคาร A) ดัดแปลงจาก Jeong, et. al, 2021



รูปที่ 4.2 แบบจำลองใน ETABS ของ Typical Building (อาคาร A) สำหรับงานวิจัยนี้



รูปที่ 4.3 แบบจำลองใน ETABS ของ Non-Typical Building (อาคาร B)



รูปที่ 4.4 แพลนอาคาร (Layout) ของ Non-Typical Building (อาคาร B)

ตารางที่ 4.2 การกำหนดค่าสถิติขององค์อาคารคอนกรีต

โมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิผล I_{eff} และค่าพื้นที่หน้าตัดประสิทธิผล A_{eff} ดังต่อไปนี้

คาน : $I_{eff} = 0.35I_g$

เสา : $I_{eff} = 0.70I_g$

$A_{eff} = 1.0A_g$

กำแพงที่ไม่แตกร้าว: $I_{eff} = 0.70I_g$

กำแพงที่มีการแตกร้าว: $I_{eff} = 0.35I_g$

แผ่นพื้นไร้คาน: $I_{eff} = 0.25I_g$

โดยที่ I_g และ A_g คือ ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย และพื้นที่หน้าตัดที่คำนวณจากหน้าตัดเต็ม

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลแรงลมสถิติเทียบเท่า สำหรับสภาวะใช้งาน ของอาคาร A (จาก มยพ.1311-50)

Service Wind Load							
Story	Elevation	Wind Force (KN)		Story	Elevation	Wind Force (KN)	
	m	Fx	Fy		m	Fx	Fy
23	92	786.32	786.32	45	180	769.23	769.23
22	88	752.14	752.14	44	176	1,504.27	1,504.27
21	84	717.95	717.95	43	172	1,470.09	1,470.09
20	80	683.76	683.76	42	168	1,435.90	1,435.90
19	76	649.57	649.57	41	164	1,401.71	1,401.71
18	72	615.38	615.38	40	160	1,367.52	1,367.52
17	68	581.20	581.20	39	156	1,333.33	1,333.33
16	64	547.01	547.01	38	152	1,299.15	1,299.15
15	60	512.82	512.82	37	148	1,264.96	1,264.96
14	56	478.63	478.63	36	144	1,230.77	1,230.77
13	52	444.44	444.44	35	140	1,196.58	1,196.58
12	48	410.26	410.26	34	136	1,162.39	1,162.39
11	44	376.07	376.07	33	132	1,128.21	1,128.21
10	40	341.88	341.88	32	128	1,094.02	1,094.02
9	36	307.69	307.69	31	124	1,059.83	1,059.83
8	32	273.50	273.50	30	120	1,025.64	1,025.64
7	28	239.32	239.32	29	116	991.45	991.45
6	24	205.13	205.13	28	112	957.26	957.26
5	20	170.94	170.94	27	108	923.08	923.08
4	16	136.75	136.75	26	104	888.89	888.89
3	12	102.56	102.56	25	100	854.70	854.70
2	8	68.38	68.38	24	96	820.51	820.51
1	4	34.19	34.19	Total Pi (KN)		34,615.38	34,615.38

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลแรงลมสถิตเทียบเท่าของ สำหรับสภาวะกำลัง ของอาคาร A (จาก มยพ.1311-50)

Ultimate Wind Load							
Story	Elevation	Wind Force (KN)		Story	Elevation	Wind Force (KN)	
	m	Fx	Fy		m	Fx	Fy
23	92	2,044.44	2,044.44	45	180	2,000.00	2,000.00
22	88	1,955.56	1,955.56	44	176	3,911.11	3,911.11
21	84	1,866.67	1,866.67	43	172	3,822.22	3,822.22
20	80	1,777.78	1,777.78	42	168	3,733.33	3,733.33
19	76	1,688.89	1,688.89	41	164	3,644.44	3,644.44
18	72	1,600.00	1,600.00	40	160	3,555.56	3,555.56
17	68	1,511.11	1,511.11	39	156	3,466.67	3,466.67
16	64	1,422.22	1,422.22	38	152	3,377.78	3,377.78
15	60	1,333.33	1,333.33	37	148	3,288.89	3,288.89
14	56	1,244.44	1,244.44	36	144	3,200.00	3,200.00
13	52	1,155.56	1,155.56	35	140	3,111.11	3,111.11
12	48	1,066.67	1,066.67	34	136	3,022.22	3,022.22
11	44	977.78	977.78	33	132	2,933.33	2,933.33
10	40	888.89	888.89	32	128	2,844.44	2,844.44
9	36	800.00	800.00	31	124	2,755.56	2,755.56
8	32	711.11	711.11	30	120	2,666.67	2,666.67
7	28	622.22	622.22	29	116	2,577.78	2,577.78
6	24	533.33	533.33	28	112	2,488.89	2,488.89
5	20	444.44	444.44	27	108	2,400.00	2,400.00
4	16	355.56	355.56	26	104	2,311.11	2,311.11
3	12	266.67	266.67	25	100	2,222.22	2,222.22
2	8	177.78	177.78	24	96	2,133.33	2,133.33
1	4	88.89	88.89	Total Pi (KN)		90,000.00	90,000.00



ตารางที่ 4.5 แรงลมสถิตยเทียบเท่าทิศทาง X สำหรับสภาวะใช้งาน (ทิศทางลม 250 องศา)

ของอาคาร B

Elev.	X-direction					Elev.	X-direction (cont.)				
	P mean	P back	P Reso	P total	P per area		P mean	P back	P Reso	P total	P per area
(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(N/m ²)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(N/m ²)
126.80	4	19	5	24	618	59.70	3	13	41	45	1,208
123.70	4	21	12	29	663	56.70	3	12	38	42	1,128
120.20	4	21	95	100	2,284	53.70	2	12	35	39	1,049
116.70	4	18	100	104	2,764	50.70	2	12	32	36	971
113.70	4	18	96	100	2,656	47.70	2	11	30	34	895
110.70	4	17	93	97	2,581	44.70	2	11	27	31	820
107.70	4	17	90	94	2,505	41.70	2	11	24	28	748
104.70	3	17	88	91	2,428	38.70	2	10	21	25	678
101.70	3	17	85	88	2,350	35.70	2	10	19	23	611
98.70	3	16	82	85	2,271	32.70	2	9	16	21	547
95.70	3	16	79	82	2,192	29.70	2	9	14	18	486
92.70	3	16	76	79	2,112	26.70	2	10	15	20	457
89.70	3	16	73	76	2,031	23.20	1	7	11	14	428
86.70	3	15	70	73	1,949	20.55	1	6	9	12	369
83.70	3	15	66	70	1,867	17.95	1	6	7	10	319
80.70	3	15	63	67	1,785	15.35	1	6	5	9	273
77.70	3	14	60	64	1,702	12.75	1	5	4	8	232
74.70	3	14	57	61	1,619	10.15	1	4	3	6	195
71.70	3	14	54	58	1,537	7.55	1	4	2	5	158
68.70	3	14	51	54	1,453	4.95	1	6	1	7	118
65.70	3	13	48	51	1,372	0.25	0	0	0	0	0
62.70	3	13	45	48	1,289						
						Base shear (kN)	110	529	1,842	2,030	
						Base Moment (MN-m)	8.43	40.69	157.00	171.00	

ตารางที่ 4.6 แรงลมสถิตยเทียบเท่าทิศทาง Y สำหรับสภาวะใช้งาน (ในทิศทางลม 260 องศา)

ของอาคาร B

Elev.	X-direction					Elev.	X-direction (cont.)				
	P mean	P back	P Reso	P total	P per area		P mean	P back	P Reso	P total	P per area
(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(N/m ²)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(N/m ²)
126.80	66	102	19	168	1,035	59.70	108	167	173	345	888
123.70	74	114	45	194	1,057	56.70	105	162	161	331	851
120.20	179	276	364	629	1,387	53.70	102	158	149	316	814
116.70	151	233	380	590	1,519	50.70	99	154	136	302	777
113.70	149	230	367	575	1,481	47.70	96	149	124	288	740
110.70	147	227	358	565	1,453	44.70	93	144	112	274	704
107.70	145	224	349	554	1,425	41.70	90	139	101	260	668
104.70	143	221	340	542	1,396	38.70	87	134	89	246	632
101.70	141	218	331	531	1,366	35.70	83	129	78	232	597
98.70	139	214	321	519	1,336	32.70	80	123	67	218	562
95.70	137	211	311	507	1,305	29.70	76	117	57	205	527
92.70	135	208	301	495	1,273	26.70	96	148	56	252	488
89.70	132	204	291	482	1,241	23.20	68	104	38	178	453
86.70	130	201	280	469	1,208	20.55	62	96	30	162	422
83.70	128	197	269	456	1,174	17.95	58	90	24	150	391
80.70	126	194	257	443	1,140	15.35	54	83	18	138	359
77.70	123	190	246	429	1,105	12.75	49	76	13	125	325
74.70	121	186	234	416	1,070	10.15	44	67	10	111	288
71.70	118	183	222	402	1,034	7.55	37	58	6	95	247
68.70	116	179	210	388	998	4.95	54	84	4	137	198
65.70	113	175	198	374	962	0.25	0	0	1	1	0
62.70	111	171	186	359	925						
						Base shear (kN)	4,368	6,741	7,331	14,452	
						Base Moment (MN-m)	-322.00	-497.00	-621.00	-1117.00	

ตารางที่ 4.7 แรงลมสถิตเทียบเท่าทิศทาง Rz สำหรับสภาวะใช้งาน (ทิศทางลม 210 องศา)

ของอาคาร B

Rz-Direction					Rz-Direction (cont.)				
Elev.	P mean	P back	P Reso	P total	Elev.	P mean	P back	P Reso	P total
(m)	(KN)	(KN)	(KN)	(KN)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
126.80	-757	-1,053	-6	-1,776	59.70	-1,239	-1,723	-2,170	-3,922
123.70	-844	-1,174	-21	-1,981	56.70	-1,207	-1,679	-1,998	-3,734
120.20	-2,053	-2,855	-4,149	-6,931	53.70	-1,174	-1,634	-1,825	-3,546
116.70	-1,734	-2,412	-4,736	-6,885	50.70	-1,141	-1,587	-1,656	-3,362
113.70	-1,711	-2,380	-4,592	-6,724	47.70	-1,107	-1,539	-1,487	-3,178
110.70	-1,688	-2,349	-4,506	-6,613	44.70	-1,071	-1,490	-1,317	-2,996
107.70	-1,665	-2,316	-4,420	-6,502	41.70	-1,034	-1,439	-1,157	-2,821
104.70	-1,642	-2,284	-4,305	-6,365	38.70	-996	-1,386	-999	-2,649
101.70	-1,618	-2,251	-4,219	-6,253	35.70	-956	-1,331	-852	-2,486
98.70	-1,594	-2,217	-4,104	-6,115	32.70	-915	-1,273	-712	-2,326
95.70	-1,570	-2,183	-3,989	-5,977	29.70	-872	-1,213	-588	-2,176
92.70	-1,545	-2,149	-3,846	-5,814	26.70	-1,101	-1,532	-832	-2,788
89.70	-1,519	-2,114	-3,731	-5,675	23.20	-777	-1,080	-576	-1,962
86.70	-1,494	-2,078	-3,588	-5,511	20.55	-717	-997	-452	-1,776
83.70	-1,468	-2,041	-3,444	-5,347	17.95	-669	-931	-353	-1,633
80.70	-1,441	-2,004	-3,301	-5,182	15.35	-618	-860	-267	-1,489
77.70	-1,414	-1,967	-3,157	-5,017	12.75	-562	-782	-190	-1,341
74.70	-1,386	-1,928	-2,985	-4,829	10.15	-500	-696	-143	-1,188
71.70	-1,358	-1,889	-2,838	-4,661	7.55	-430	-598	-85	-1,014
68.70	-1,329	-1,849	-2,675	-4,479	4.95	-623	-867	-73	-1,465
65.70	-1,300	-1,808	-2,508	-4,294	0.25	0	0	-9	-9
62.70	-1,270	-1,766	-2,339	-4,108					
					Base Moment (MN-m)	-50.11	-69.70	-91.20	-165.00

ตารางที่ 4.8 แรงลมสถิตยเทียบเท่าทิศทาง X สำหรับสภาวะกำลัง (ทิศทางลม 250 องศา) ของอาคาร B

X-direction						X-direction (cont.)					
Elev.	P mean	P back	P Reso	P total	P per area	Elev.	P mean	P back	P Reso	P total	P per area
(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(N/m2)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(N/m2)
126.80	-17	-44	-6	-61	-1,578	59.70	-12	-29	-47	-66	-1,750
123.70	-19	-49	-15	-70	-1,595	56.70	-11	-28	-44	-62	-1,653
120.20	-19	-48	-117	-142	-3,235	53.70	-11	-27	-40	-58	-1,557
116.70	-16	-40	-123	-141	-3,771	50.70	-11	-27	-37	-55	-1,464
113.70	-16	-40	-117	-136	-3,630	47.70	-10	-26	-33	-51	-1,372
110.70	-16	-39	-114	-132	-3,526	44.70	-10	-25	-30	-48	-1,284
107.70	-16	-39	-110	-128	-3,422	41.70	-10	-24	-27	-45	-1,198
104.70	-15	-38	-106	-124	-3,317	38.70	-9	-23	-24	-42	-1,115
101.70	-15	-38	-102	-120	-3,212	35.70	-9	-22	-21	-39	-1,035
98.70	-15	-37	-98	-117	-3,107	32.70	-9	-21	-18	-36	-958
95.70	-15	-37	-94	-113	-3,001	29.70	-8	-20	-15	-33	-885
92.70	-14	-36	-90	-109	-2,895	26.70	-9	-22	-17	-37	-835
89.70	-14	-35	-86	-105	-2,789	23.20	-6	-16	-12	-26	-778
86.70	-14	-35	-82	-101	-2,682	20.55	-6	-15	-9	-23	-706
83.70	-14	-34	-78	-97	-2,576	17.95	-5	-14	-7	-21	-641
80.70	-13	-34	-74	-93	-2,470	15.35	-5	-13	-6	-19	-578
77.70	-13	-33	-70	-89	-2,365	12.75	-5	-11	-4	-17	-515
74.70	-13	-32	-67	-85	-2,260	10.15	-4	-10	-3	-15	-452
71.70	-13	-32	-63	-81	-2,156	7.55	-4	-9	-2	-12	-383
68.70	-12	-31	-59	-77	-2,053	4.95	-5	-13	-1	-18	-303
65.70	-12	-30	-55	-73	-1,950	0.25	0	0	0	0	0
62.70	-12	-30	-51	-69	-1,850						
						Base shear (kN)	-483	-1,207	-2,175	-2,983	
						Base Moment (MN-m)	-37.12	-92.77	-187	-246	

ตารางที่ 4.9 แรงลมสถิตยเทียบเท่าทิศทาง Y สำหรับสภาวะกำลัง (ทิศทางลม 260 องศา)

ของอาคาร B

X-direction						X-direction (cont.)					
Elev.	P mean	P back	P Reso	P total	P per area	Elev.	P mean	P back	P Reso	P total	P per area
(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(N/m2)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(N/m2)
126.80	101	152	38	255	1,568	59.70	165	249	310	556	1,430
123.70	112	169	90	302	1,641	56.70	160	242	286	529	1,362
120.20	273	412	724	1,092	2,410	53.70	156	236	262	503	1,295
116.70	230	348	756	1,049	2,699	50.70	152	229	239	477	1,229
113.70	227	343	726	1,017	2,617	47.70	147	222	216	452	1,163
110.70	224	339	705	993	2,557	44.70	142	215	194	427	1,100
107.70	221	334	684	970	2,496	41.70	137	208	172	403	1,037
104.70	218	329	663	946	2,434	38.70	132	200	151	379	976
101.70	215	325	641	921	2,371	35.70	127	192	131	356	917
98.70	212	320	619	897	2,308	32.70	122	184	112	334	860
95.70	209	315	597	872	2,244	29.70	116	175	95	312	804
92.70	205	310	574	846	2,179	26.70	146	221	93	383	740
89.70	202	305	551	821	2,113	23.20	103	156	63	269	687
86.70	198	300	528	795	2,047	20.55	95	144	49	245	638
83.70	195	294	504	769	1,979	17.95	89	134	39	227	590
80.70	191	289	480	743	1,912	15.35	82	124	29	208	541
77.70	188	284	456	716	1,843	12.75	75	113	21	188	489
74.70	184	278	432	689	1,774	10.15	66	100	15	167	434
71.70	180	272	407	663	1,705	7.55	57	86	9	143	371
68.70	177	267	383	636	1,636	4.95	83	125	7	207	297
65.70	173	261	359	609	1,567	0.25	0	0	1	1	0
62.70	169	255	334	582	1,498						
						Base shear (kN)	6,657	10,053	13,744	23,948	
						Base Moment (MN-m)	-491	-741	-1,182	-1,886	

ตารางที่ 4.10 แรงลมสถิตยเทียบเท่าทิศทาง Rz สำหรับสภาวะกำลังกำลัง (ทิศทางลม 210 องศา)
ของอาคาร B

Rz-Direction					Rz-Direction (cont.)				
Elev.	P mean	P back	P Reso	P total	Elev.	P mean	P back	P Reso	P total
(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
126.80	-1,317	-1,375	-9	-2,642	59.70	-2,154	-2,250	-3,115	-5,869
123.70	-1,468	-1,533	-32	-2,947	56.70	-2,099	-2,192	-2,860	-5,582
120.20	-3,570	-3,728	-6,197	-10,566	53.70	-2,043	-2,133	-2,605	-5,296
116.70	-3,015	-3,148	-7,083	-10,523	50.70	-1,984	-2,072	-2,353	-5,014
113.70	-2,976	-3,108	-6,855	-10,266	47.70	-1,925	-2,010	-2,105	-4,736
110.70	-2,936	-3,066	-6,708	-10,080	44.70	-1,863	-1,945	-1,863	-4,464
107.70	-2,896	-3,024	-6,555	-9,887	41.70	-1,799	-1,878	-1,629	-4,199
104.70	-2,855	-2,982	-6,395	-9,689	38.70	-1,732	-1,809	-1,406	-3,944
101.70	-2,814	-2,939	-6,228	-9,482	35.70	-1,663	-1,737	-1,195	-3,698
98.70	-2,772	-2,895	-6,053	-9,269	32.70	-1,592	-1,662	-999	-3,463
95.70	-2,730	-2,850	-5,869	-9,047	29.70	-1,516	-1,583	-822	-3,237
92.70	-2,686	-2,805	-5,677	-8,817	26.70	-1,915	-2,000	-1,161	-4,146
89.70	-2,642	-2,759	-5,477	-8,580	23.20	-1,351	-1,411	-795	-2,913
86.70	-2,598	-2,713	-5,269	-8,334	20.55	-1,246	-1,302	-615	-2,635
83.70	-2,552	-2,665	-5,053	-8,082	17.95	-1,164	-1,215	-476	-2,423
80.70	-2,506	-2,617	-4,830	-7,822	15.35	-1,075	-1,123	-353	-2,210
77.70	-2,459	-2,568	-4,600	-7,556	12.75	-978	-1,021	-246	-1,991
74.70	-2,411	-2,517	-4,363	-7,285	10.15	-870	-909	-181	-1,764
71.70	-2,362	-2,466	-4,121	-7,008	7.55	-747	-781	-103	-1,507
68.70	-2,311	-2,414	-3,874	-6,727	4.95	-1,084	-1,132	-84	-2,179
65.70	-2,260	-2,360	-3,624	-6,443	0.25	0	0	-10	-9
62.70	-2,208	-2,306	-3,370	-6,156					
					Base Moment (MN-m)	-87.15	-91.	-133	-248

ตารางที่ 4.11 รูปแบบการรวมผลแรงลมสำหรับตรวจสอบที่ สภาวะใช้งาน ของอาคาร B

Load case	Direction (degree)	Equivalent Incoming Wind Direction (Parallel)	Description	My (MN-m) (%) ¹	Mx (MN-m) (%) ¹	Mz (MN-m) (%) ¹
1	50	Y	Peak(+) My	171	477	-113.24
				(100)	(-43)	(69)
2	110	Y	Peak(-) My	-166	583	-68.96
				(-97)	(-52)	(42)
3	100	Y	Peak(+) Mx	-52	1,054	-59.89
				(-31)	(-94)	(36)
4	260	Y	Peak(-) Mx	-64	-1,117	46.03
				(-37)	(100)	(-28)
5	320	X	Peak(+) Mz	-69	-449	146.93
				(-40)	(40)	(-89)
6	50	Y	Peak(-) Mz	98	477	-164.90
				(57)	(-43)	(100)
7	80	Y	Max. vector resultant in Q1	42	976	-74.22
				(25)	(-87)	(45)
8	100	Y	Max. vector resultant in Q2	-52	1,054	-59.89
				(-31)	(-94)	(36)
9	260	Y	Max. vector resultant in Q3	-64	-1,117	46.03
				(-37)	(100)	(-28)
10	270	Y	Max. vector resultant in Q4	-55	-1,105	65.78
				(-32)	(99)	(-40)

ตารางที่ 4.12 รูปแบบการรวมผลแรงลมสำหรับตรวจสอบที่ สภาวะกำลังของอาคาร B

Load case	Direction (degree)	Equivalent Incoming Wind Direction (Parallel)	Description	My (MN-m) (%) ¹	Mx (MN-m) (%) ¹	Mz (MN-m) (%) ¹
1	60	Y	Peak(+) My	203	816	-165.16
				(-82)	(-43)	(66)
2	250	Y	Peak(-) My	-246	-999	-117.38
				(100)	(53)	(47)
3	110	Y	Peak(+) Mx	-97	1,750	-73.94
				(39)	(-93)	(30)
4	260	Y	Peak(-) Mx	-97	-1,886	71.70
				(39)	(100)	(-29)
5	160	X	Peak(+) Mz	90	627	233.92
				(-37)	(-33)	(-94)
6	210	Y	Peak(-) Mz	94	-651	-248.48
				(-38)	(35)	(100)
7	70	Y	Max. vector resultant in Q1	66	1,573	-121.03
				(-27)	(-83)	(49)
8	110	Y	Max. vector resultant in Q2	-97	1,750	-73.94
				(39)	(-93)	(30)
9	260	Y	Max. vector resultant in Q3	-97	-1,886	71.70
				(39)	(100)	(-29)
10	270	Y	Max. vector resultant in Q4	-85	-1,856	99.83
				(34)	(98)	(-40)

ตารางที่ 4.13 ผลการรวมแรงสถิตเทียบเท่าที่วิกฤติที่สุด สำหรับสภาวะใช้งานของอาคาร B

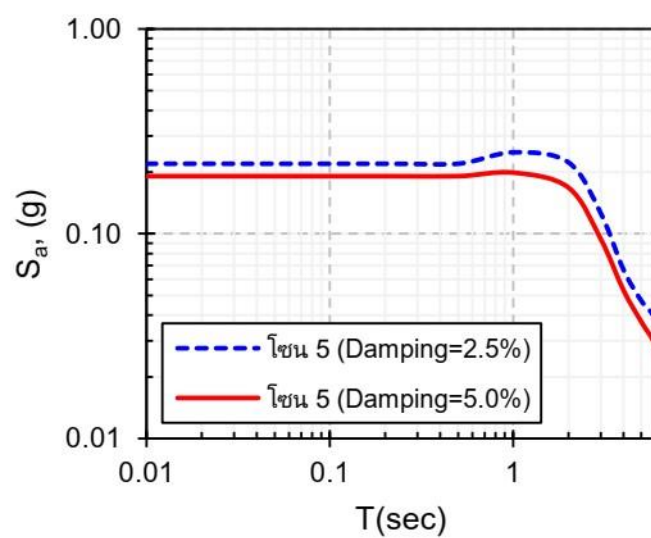
จาก รายงานการประเมินแรงลมฯ ม.ธรรมศาสตร์ พ.ศ.2562

The most critical case of Wind Load Combination for Servability (Serv_4)									
Story	Elevation	Wind Force			Story	Elevation	Wind Force		
	(m)	Fx (KN)	Fy (KN)	Mz (KN-m)		(m)	Fx (KN)	Fy (KN)	Mz (KN-m)
21	62.7	17.76	-359	1150.24	42	126.55	8.88	-168	497.28
20	59.7	16.65	-345	607.6	41	123.8	10.73	-194	554.68
19	56.7	15.54	-331	559.44	40	120.2	37	-629	1940.68
18	53.7	14.43	-316	511	39	116.7	38.48	-590	1927.8
17	50.7	13.32	-302	463.68	38	113.7	37	-575	1882.72
16	47.7	12.58	-288	416.36	37	110.7	35.89	-565	1851.64
15	44.7	11.47	-274	368.76	36	107.7	34.78	-554	1820.56
14	41.7	10.36	-260	323.96	35	104.7	33.67	-542	1782.2
13	38.7	9.25	-246	279.72	34	101.7	32.56	-531	1750.84
12	35.7	8.51	-232	238.56	33	98.7	31.45	-519	1712.2
11	32.7	7.77	-218	48.16	32	95.7	30.34	-507	1673.56
10	29.7	6.66	-205	164.64	31	92.7	29.23	-495	1627.92
9	26.7	7.4	-252	232.96	30	89.7	27.01	-482	1589
8	23.2	5.18	-178	161.28	29	86.7	25.9	-469	1543.08
7	20.6	4.44	-162	126.56	28	83.7	24.79	-456	1497.16
6	18	3.7	-150	98.84	27	80.7	23.68	-443	1450.96
5	15.4	3.33	-138	74.76	26	77.7	22.57	-429	1404.76
4	12.8	2.96	-125	53.2	25	74.7	21.46	-416	1352.12
3	10.2	2.22	-111	40.04	24	71.7	-29.97	-402	1305.08
2	7.6	1.85	-95	23.8	23	68.7	19.98	-388	1254.12
1	5	2.59	-137	20.44	22	65.7	18.87	-374	1202.32

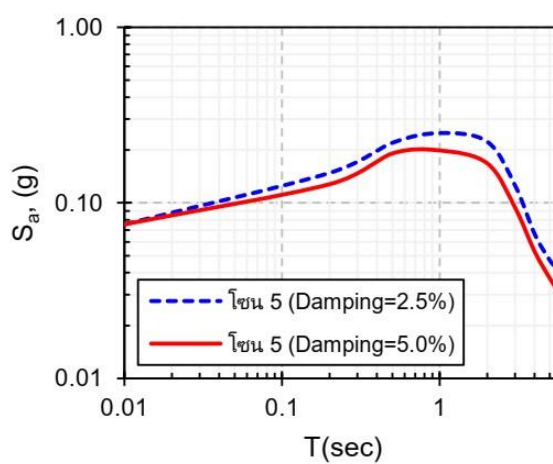
ตารางที่ 4.14 ผลการรวมแรงสถิตเทียบเท่าที่วิกฤติที่สุด สำหรับสภาวะกำลัง ของอาคาร B

จาก รายงานการประเมินแรงลมฯ ม.ธรรมศาสตร์ พ.ศ.2562

The most critical case of Wind Load Combination for Ultimate (Ult_10)									
Story	Elevation	Wind Force			Story	Elevation	Wind Force		
	(m)	Fx (KN)	Fy (KN)	Mz (KN-m)		(m)	Fx (KN)	Fy (KN)	Mz (KN-m)
21	62.7	-23.46	570.36	2462.4	42	126.55	-20.74	249.9	1056.8
20	59.7	-22.44	544.88	2347.6	41	123.8	-23.8	295.96	1178.8
19	56.7	-21.08	518.42	2232.8	40	120.2	-48.28	1070.16	4226.4
18	53.7	-19.72	492.94	2118.4	39	116.7	-47.94	1028.02	4209.2
17	50.7	-18.7	467.46	2005.6	38	113.7	-46.24	996.66	4106.4
16	47.7	-17.34	442.96	1894.4	37	110.7	-44.88	973.14	4032
15	44.7	-16.32	394.94	1785.6	36	107.7	-43.52	950.6	3954.8
14	41.7	-15.3	371.42	1679.6	35	104.7	-42.16	927.08	3875.6
13	38.7	-14.28	348.88	1577.6	34	101.7	-40.8	902.58	3792.8
12	35.7	-13.26	327.32	1479.2	33	98.7	-39.78	879.06	3707.6
11	32.7	-12.24	305.76	1385.2	32	95.7	-38.42	854.56	3618.8
10	29.7	-11.22	375.34	1294.8	31	92.7	-37.06	829.08	3526.8
9	26.7	-12.58	263.62	1658.4	30	89.7	-35.7	804.58	3432
8	23.2	-8.84	240.1	1165.2	29	86.7	-34.34	779.1	3333.6
7	20.6	-7.82	222.46	1054	28	83.7	-32.98	753.62	3232.8
6	18	-7.14	203.84	969.2	27	80.7	-31.62	728.14	3128.8
5	15.4	-6.46	184.24	884	26	77.7	-30.26	701.68	3022.4
4	12.8	-5.78	163.66	796.4	25	74.7	-28.9	675.22	2914
3	10.2	-5.1	140.14	705.6	24	71.7	-27.54	649.74	2803.2
2	7.6	-4.08	202.86	602.8	23	68.7	-26.18	623.28	2690.8
1	5	-6.12	0.98	871.6	22	65.7	-24.82	596.82	2577.2



รูปที่ 4.5 สเปกตรัมตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีสถิติเทียบเท่าของกรุงเทพมหานคร (โซน 5)



รูปที่ 4.6 สเปกตรัมตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีพลศาสตร์ของกรุงเทพมหานคร (โซน 5)

4.2 การประเมินผลรวมของแรงต่างๆ (Load Combination)

4.2.1 การประเมินผลการรวมในสภาวะใช้งาน (Load Combinations- Service)

$$S1 = 0.75 (DL+LL+WL) \quad (4.1)$$

4.2.2 การประเมินผลการรวมแรงในสภาวะกำลัง (Load Combinations- Ultimate)

$$U1 = 1.4DL+1.7LL \quad (4.2)$$

$$U2 = 0.75 (1.4DL+1.7LL+1.7WL) \quad (4.3)$$

$$U3 = 1.2DL+1.0LL+1.0EQY+0.3EQY \quad (4.4)$$

$$U4 = 1.2DL+1.0LL+0.3EQY+1.0EQY \quad (4.5)$$

$$U4 = 0.9DL+1.0EQX+0.3EQY \quad (4.6)$$

$$U5 = 0.9DL+1.0LL+0.3EQX+1.0EQY \quad (4.7)$$

4.3 การศึกษาการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีต่อการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) เนื่องจากแรงลมโดย RDE

4.3.1 การคำนวณแรงกระจายสามเหลี่ยม Triangular Distributed Load (W)

ประมาณแรงกระทำแบบจุด (Point Load ;P) ของแรงลมที่กระทำในแต่ละชั้นให้ เป็นแรงกระจายสามเหลี่ยม (Triangular Distributed Load (W)) โดยแนวคิดที่ว่า ผลรวมของ Point Load ของแรงลมที่กระทำในตั้งแต่ชั้นที่ 1 จนถึงชั้นที่ n จะเท่ากับผลรวมของพื้นที่ใต้แรงกระจายสามเหลี่ยม โดยข้อมูลแรงลมที่นำมาคำนวณ W จะเป็นข้อมูลแรงลมที่สภาวะใช้งาน (Serviceability) ดังสมการที่ 4.8

ผลการคำนวณ W ของอาคาร A และ B ที่คำนวณโดยสมการที่ 4.1 มีค่าเท่ากับ 384.6 KN/m และ 228.4 KN/m ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.7

$$\sum_{i=1}^n P_i = \frac{1}{2} W \cdot H \quad (4.8)$$

P_i = Point Load ของลมที่กระทำกับอาคารตั้งแต่ชั้นที่ $i=1$ จนถึงชั้นที่ n

W = แรงกระจายสามเหลี่ยม (Triangular Distributed Load)

n = จำนวนชั้นของอาคาร

H = ความสูงของอาคาร

4.3.2 การคำนวณค่า EI (Flexural Rigidity) และ EI*(Lower Control Limit of EI)

4.3.2.1 การคำนวณค่า EI (Flexural Rigidity)

โดย ค่า EI ของแต่ละอาคารจากการคำนวณโดย BEQ มี 4 กรณี ดังนี้ (1) ค่า EI เมื่อประยุกต์ใช้ Original Concrete ทั้งอาคาร; EI (OC) (2) ค่า EI เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ Shear Wall และ Column ทั้งอาคาร ; EI (HMC_{SWCO}) (3) ค่า EI เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ Shear Wall ทั้งอาคาร; EI (HMC_{SW}) และ (4) ค่า EI เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ Column ทั้งอาคาร; EI (HMC_{CO}) ผลของการคำนวณ EI ทั้ง 4 กรณี ของทั้ง 2 อาคารจะแสดงในตารางที่ 4.14

ขั้นตอนการคำนวณหา EI มีดังนี้ เริ่มจากการนำเข้าแรงกระจายสามเหลี่ยม (W) ที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ 4.8 ที่บริเวณ Diaphragm ของอาคารตัวอย่าง ใน ETABS แล้ว Run ค่า RD และ นำมาคำนวณค่า EI โดย BEQ (สมการ 3.1) ได้ดังสมการที่ 4.9

$$EI = \frac{11}{120} \left(\frac{W \cdot H^4}{RD} \right) \quad (4.9)$$

W = แรงกระจายสามเหลี่ยม จากการคำนวณในสมการที่ 4.6

H = ความสูงของอาคาร

RD = Roof Displacement ที่ Run ได้ จาก ETABS

EI = Flexural Rigidity ของอาคารตัวอย่าง

4.3.2.2 การคำนวณค่า EI* (Lower Control Limit of EI)

EI*(Lower Control Limit of EI) คือ ค่า EI ที่น้อยที่สุดของอาคารที่ทำให้การเคลื่อนตัวของชั้นหลังคาผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มยผ. 1311-50 (d*) โดยสามารถคำนวณ EI* ได้ดังสมการที่ 4.10 ผลการคำนวณ EI* ของแต่ละอาคาร จะแสดงในตารางที่ 4.14

$$EI^* = \frac{11}{120} \left(\frac{W \cdot H^4}{d^*} \right) \quad (4.10)$$

W = แรงกระจายสามเหลี่ยม ของอาคาร A และ B แสดงในตารางที่ 4.14

d* = เกณฑ์มาตรฐานการเคลื่อนตัวของชั้นหลังคายอมให้ ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50 มีค่าเท่ากับ H/500

4.3.3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและระดับความสูงของ HMC ที่มีต่อ RD

4.3.3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย 3 ประเภท (1) ตัวแปรที่คงที่ (Constant Variables) จะประกอบด้วยความสูงของอาคาร (H), แรงกระจายสามเหลี่ยม (W) , เกณฑ์มาตรฐานการเคลื่อนตัวของชั้นหลังคายอมให้ (d*) และ EI* (2) ตัวแปรผันแปร (Varied Variables) จะประกอบด้วย EI ทั้ง 4

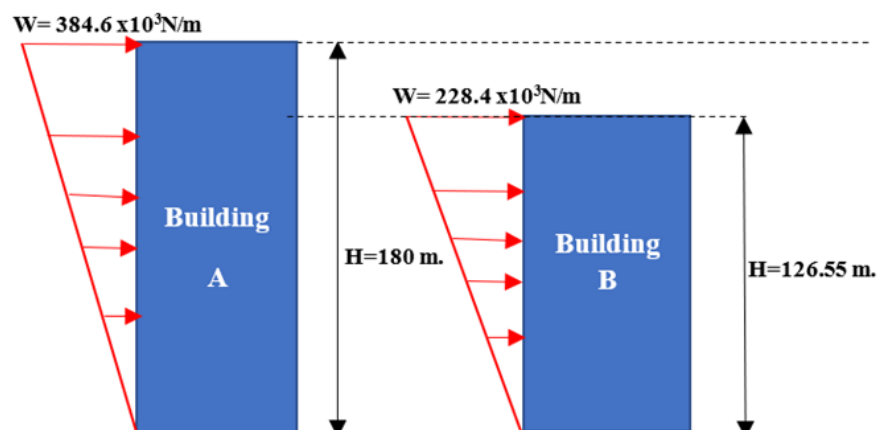
กรณีศึกษาดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ และ ความสูงความสูงของตอนล่าง (Lower Portion; L_1), ตอนกลาง (Middle Portion; L_2) และตอนบน (Upper Portion; L_3) (3) ตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) จะประกอบด้วย RD, RD-Ratio (RD/d^*) ดังตารางที่ 4.14

4.3.3.2 การผันแปรตำแหน่งและระดับความสูงของ HMC ที่มีต่อ RD และ RD/d^*

การผันแปรตำแหน่งและปริมาณการประยุกต์ใช้ HMC มีขั้นตอนโดยสังเขปดังต่อไปนี้ ขั้นแรก ทำการผันแปรตำแหน่งของการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (HMC_{SW}), Column (HMC_{CO}), และทั้ง Shear Wall และ Column (HMC_{SWCO}) ที่บริเวณ ตอนล่าง (Lower Portion; L_1), ตอนกลาง (Middle Portion; L_2) และตอนบน (Upper Portion; L_3) ของอาคารที่ศึกษา ต่อมา ทำการผันแปรปริมาณของ HMC ในรูปของสัดส่วนความสูง (HMC- Height Ratio) ที่บริเวณ ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และตอนบน (L_3) ตามลำดับ จากนั้น คำนวณ Roof Displacement (RD) จาก RDE และจาก โปรแกรม ETABS หลังจากนั้น นำค่า RD ที่ได้จากการคำนวณของทั้ง 2 วิธี มาเปรียบเทียบกับในรูปของ % ความแตกต่าง (% Difference)

ตารางที่ 4.15 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมการการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RDE) เมื่อประยุกต์ใช้ HMC

Items	Symbols	Units	Building		
			A	B	
1. Constant variables					
1.1	Height of building	H	m	180	126.55
1.2	Triangular distribution loads	W	N/m	384.6x10 ³	228.4x10 ³
1.3	Upper Control Limit (UCL) of Roof Displacement (RD)	d* ⁽¹⁾	m	0.36	0.253
1.4	Lower Control Limit (LCL) of Flexural Rigidity (EI)	EI* ⁽²⁾	N-m ²	10.28x10 ¹³	2.122x10 ¹³
2. Varied variables					
2.1	Flexural Rigidity of OC applied to all elements	EI(OC)	N-m ²	9.021x10 ¹³	1.334x10 ¹³
2.2	Flexural Rigidity of HMC applied to CO	EI(HMC _{CO})	N-m ²	12.55x10 ¹³	1.488x10 ¹³
2.3	Flexural Rigidity of HMC applied to SW	EI(HMC _{SW})	N-m ²	14.56x10 ¹³	2.038x10 ¹³
2.4	Flexural Rigidity of HMC applied to SW and CO	EI(HMC _{SWCO})	N-m ²	18.43x10 ¹³	2.204x10 ¹³
2.5	Height of lower Portion	L1	m		
2.6	Height of Middle Portion	L2	m		
2.7	Height of Upper Portion	L3	m		
3. Response variables					
3.1	Roof displacement (RD)	RD	m		
3.2	Roof displacement ratio	RD/d*			



รูปที่ 4.7 แรงกระจายสามเหลี่ยมเนื่องจากแรงลม (W) ของอาคาร A และ B ที่ใช้คำนวณ RD จาก RDE

4.4 การปรับปรุงโครงสร้างอาคารโดยการขยายหน้าตัดด้วยวิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (OC)

เพื่อประเมินความคุ้มค่าของการประยุกต์ใช้ HMC กับองค์อาคารหลักของอาคารตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงศึกษาการปรับปรุงโครงสร้างอาคารโดยอาศัยการขยายหน้าตัดขององค์อาคาร ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมในปัจจุบัน โดยจะทำการขยายหน้าตัดของ Shear Wall และ หรือ Column ของอาคารตัวอย่าง โดยการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (OC+) จนกว่าอาคารตัวอย่างจะมีการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) เนื่องจากแรงลมจะอยู่ในมาตรฐาน

4.5 ศึกษาผลของ Demand to Capacity Ratio (D/C) หลังการประยุกต์ใช้ HMC และการพอกด้วย OC

ทำการตรวจสอบ Demand to Capacity Ratio (D/C) ใน Column และ Shear Wall หลังจากการปรับปรุงโครงสร้างโดยการประยุกต์ใช้ HMC และการขยายหน้าตัดขององค์อาคารหลักด้วยวิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (OC) โดยงานวิจัยนี้ยอมให้ค่า D/C ไม่เกิน 1.0 จึงจะถือว่าองค์อาคารดังกล่าวปลอดภัยหรืออยู่ในมาตรฐาน

4.6 การประเมินมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการปรับปรุงโครงสร้างอาคาร (ΔU_i)

ในการศึกษาี้ ได้กำหนดดัชนีชี้วัดในการพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการปรับปรุงไว้ 2 มุมมอง ดังนี้

1. ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่ำสุด (Cost-Minimization) โดยในการศึกษาี้ ได้พิจารณาต้นทุนที่เกี่ยวข้องโดยตรงคือ ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานที่ใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างที่ Shear wall (SW) และเสา (Column; CO)

2. ผลต่างระหว่างมูลค่าผลประโยชน์กับต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย (Benefit-Cost) สูงสุด หรือในที่นี้เรียกว่า มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์สูงสุด โดยมูลค่าผลประโยชน์ได้พิจารณาจากมูลค่าของพื้นที่ใช้สอยที่ได้จากวิธีการปรับปรุง

4.6.1 ข้อกำหนด

ก. ข้อกำหนดการใช้วัสดุ

1) คอนกรีตทั่วไป (Ordinary Concrete; OC) ที่ใช้มีกำลังรับแรงอัดประลัย (f_c') เท่ากับ 350ksc

2) คอนกรีตที่มีค่าโมดูลัสสูง (High Modulus Concrete; HMC) ที่ใช้มีค่าโมดูลัส เท่ากับ 64 GPa

3) ปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ กำหนดให้เท่ากับปริมาตรของ Shear Wall (SW) และหรือ เสา (Column; CO)

4) เหล็กเสริมยี่ห้อ SW และ CO กำหนดใช้เกรดและขนาดเท่ากับ DB20 SD50 โดยมี ข้อกำหนดปริมาณการใช้ ดังนี้

(1) ที่ Shear Wall (SW) กำหนดปริมาณการใช้เท่ากับ 0.25%ของพื้นที่หน้าตัด คอนกรีต

(2) ที่ Column (CO) กำหนดปริมาณการใช้เท่ากับ 1%ของพื้นที่หน้าตัด คอนกรีต

(3) ไม่คิดระยะทับ เนื่องจากการพอกตามแต่ละชั้นๆ มีความสูงไม่เกินความ ยาวเหล็ก

(4) กำหนดให้ การสูญเสียเท่ากับ 5%ของปริมาณเหล็กยี่ห้อที่ใช้

(5) กำหนดให้ ความหนาแน่นของเหล็กเสริมยี่ห้อ เท่ากับ 7,850 กก./ลบ.เมตร

5) เหล็กปลอกที่ SW และ CO กำหนดใช้เกรดและขนาดเท่ากับ DB12 SD50 โดยมี ข้อกำหนดการใช้ ดังนี้

(1) ระยะทับต่อปลอก มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 12D เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กปลอกที่ใช้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12×10^{-3} เมตร หรือในที่นี้ ระยะทับเท่ากับ 0.15 เมตร

(2) ระยะห่างระหว่างปลอกต่อเสา (CO) หรือ Shear Wall (SW) เท่ากับ 0.1 เมตร

- (3) กำหนดให้การสูญเสียเท่ากับ 5%ของปริมาณเหล็กปลอกที่ใช้
- (4) กำหนดให้ ความหนาแน่นของเหล็กปลอก เท่ากับ 7,850 กก./ลบ.เมตร
- 6) ลวดผูกเหล็ก กำหนดใช้เบอร์ 18 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.25 มม. และกำหนดปริมาณการใช้เท่ากับ 3% ของปริมาณการใช้เหล็กยื่นและเหล็กปลอก
- 7) ตะปู กำหนดให้ปริมาณการใช้เท่ากับ 1.15 กิโลกรัมต่อลบ.เมตรของคอนกรีต
- 8) ไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยัน กำหนดให้มีความหนา 1 นิ้ว มีปริมาณการใช้เท่ากับ 6 ตร.เมตรต่อลบ.เมตรของคอนกรีต

ข. ข้อกำหนดด้านราคาวัสดุ

การกำหนดราคาด้านวัสดุและแรงงาน ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้อ้างอิงจาก “ บัญชีราคาวัสดุและแรงงานสำหรับปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ” รวบรวมโดย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ) และกำหนดสัญลักษณ์ ดังนี้

- 1) P1 คือ ราคาคอนกรีตทั่วไป (Original Concrete; OC) ที่ใช้มีกำลังรับแรงอัดประลัย (f_c') เท่ากับ 350ksc เท่ากับ 2,632 บาท/ลบ. เมตร
- 2) P2 คือ ราคาคอนกรีตประเภทโมดูลัสสูง (High Modulus Concrete; HMC) ที่ใช้มีค่าโมดูลัส เท่ากับ 64 GPa (ยังไม่พบการกำหนดราคา)
- 3) P3 คือ ราคาเหล็กเสริมขนาดและเกรด DB20 SD50 เท่ากับ 23.8 บาท/กก.
- 4) P4 คือ ราคาเหล็กเสริมขนาดและเกรด DB12 SD50 เท่ากับ 24.3 บาท/กก.
- 5) P5 คือ ราคาลวดผูกเหล็ก เบอร์ 18 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.25 มม. เท่ากับ 28 บาท/กก.
- 6) P6 คือ ราคาตะปู ขนาดต่างๆ เท่ากับ 32 บาท/กก.
- 7) P7 คือ ราคาไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยัน หนา 1 นิ้ว เท่ากับ 200 บาท/ตร.เมตร

ค. ข้อกำหนดด้านราคาแรงงาน

- 1) Q1 คือ งานคอนกรีต เท่ากับ 485 บาท/ลบ.เมตร
- 2) Q2 คือ งานเหล็กเสริม DB20 SD50 เท่ากับ 2.9 บาท/กก.
- 3) Q3 คือ งานเหล็กเสริม DB12 SD50 เท่ากับ 3.3 บาท/กก.
- 4) Q4 คือ งานไม้แบบ ไม้คร่าว ไม้ค้ำยันและตะปู เท่ากับ 115 บาท/ตร.เมตร

ง. ข้อกำหนดด้านราคาพื้นที่ใช้สอย

1) P_0 คือ ราคาพื้นที่ใช้สอยของอาคาร A และ B สมมติเท่ากับ 100,000 บาท/ตร.

เมตร

4.6.2 นิยามและความสัมพันธ์ของผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

ตัวแปรและความสัมพันธ์ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้ มีดังนี้

1) ผลลัพธ์ของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการปรับปรุงของวิธีการปรับปรุงที่ i ; (ΔU_i) ในที่นี้หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าผลประโยชน์กับค่าใช้จ่ายรวม (Benefit-Cost) โดยมูลค่าผลประโยชน์ได้พิจารณาจากมูลค่าของพื้นที่ใช้สอย (ΔU_{Ai}) และค่าใช้จ่ายรวม (ΔTE_i) ได้พิจารณาจากผลรวมระหว่างค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔME_i) และด้านแรงงาน (ΔLE_i) ที่ได้จากวิธีการปรับปรุง (i) และวิธีเดิมของอาคารก่อนการปรับปรุง (0) ตามลำดับ ดังแสดงในสมการที่ 4.11

2) มูลค่าด้านผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอยที่ได้จากวิธีการปรับปรุง (ΔU_{Ai}) ประเมินได้จากผลคูณระหว่างพื้นที่ใช้สอยที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการปรับปรุงเมื่อเทียบกับอาคารเดิมก่อนปรับปรุง (ΔA_i) กับราคาพื้นที่ใช้สอย (P_0) ดังสมการที่ 4.12

3) ค่าใช้จ่ายโดยรวม (ΔTE_i) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายโดยรวมด้านวัสดุ (ΔME_i) และด้านแรงงาน (ΔLE_i) ดังสมการที่ 4.13

4) ค่าใช้จ่ายโดยรวมด้านวัสดุ (ΔME_i) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายของคอนกรีต ($\Delta M1_i$) เหล็กเสริมยื่น ($\Delta M2_i$) เหล็กปลอก ($\Delta M3_i$) ลวดผูกเหล็ก ($\Delta M4_i$) ตะปู ($\Delta M5_i$) และไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยัน ($\Delta M6_i$) ดังสมการที่ 4.14

4.1) ค่าใช้จ่ายของคอนกรีต ($\Delta M1_i$) คำนวณจากผลรวมระหว่างมูลค่าของคอนกรีตทั่วไป (Original Concrete; OC) และคอนกรีตโมดูลัสสูง (High Modulus Concrete; HMC) ที่ใช้ในการปรับปรุง โดยมูลค่าคอนกรีตของแต่ละชนิดเท่ากับปริมาตรคอนกรีตที่ใช้คูณด้วยราคาต่อปริมาตร ดังสมการที่ 4.14.1

4.2) ค่าใช้จ่ายของเหล็กเสริมยื่น ($\Delta M2_i$) คำนวณจากผลคูณของปริมาณน้ำหนักเหล็กยื่นที่ใช้ทั้งหมดและราคาเหล็กยื่นต่อน้ำหนัก โดยกำหนดให้ปริมาณเหล็กยื่นที่ใช้ในคอนกรีตเท่ากับ 0.25% ของพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต ความหนาแน่นเหล็กยื่นเท่ากับ 7,850 กก./ลบ.เมตร และเผื่อค่าสูญเสีย 5% ของปริมาณเหล็กยื่นที่ใช้ ดังแสดงในสมการที่ 4.14.2

4.3) ค่าใช้จ่ายของเหล็กปลอก ($\Delta M3i$) คำนวณจากผลคูณของปริมาณน้ำหนักเหล็กปลอกที่ใช้ทั้งหมดและราคาเหล็กปลอกต่อน้ำหนัก โดยกำหนดให้ ระยะทาบทอปลอกเท่ากับ 12D ต่อปลอก ระยะห่างระหว่างปลอกเท่ากับ 0.1 เมตร ความหนาแน่นเหล็กปลอกเท่ากับ 7,850 กก./ลบ.เมตร และเผื่อค่าสูญเสีย 5%ของปริมาณเหล็กปลอกที่ใช้ ดังแสดงในสมการที่ 4.14.3

4.4) ค่าใช้จ่ายของลวดผูกเหล็ก ($\Delta M4i$) ประเมินจากผลคูณของปริมาณน้ำหนักลวดผูกเหล็กที่ใช้ทั้งหมดและราคาลวดผูกเหล็กต่อน้ำหนัก โดยกำหนดให้ ปริมาณน้ำหนักลวดผูกเหล็กที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 3%ของน้ำหนักรวมระหว่างเหล็กเสริมยืนและเหล็กปลอก ดังแสดงในสมการที่ 4.14.4

4.5) ค่าใช้จ่ายของตะปู ($\Delta M5i$) คัดจากผลคูณของปริมาณน้ำหนักตะปูที่ใช้ทั้งหมดและราคาตะปูต่อน้ำหนัก โดยกำหนดให้ ปริมาณน้ำหนักของตะปูที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 1.15 กก./ลบ.เมตรของคอนกรีต ดังแสดงในสมการที่ 4.14.5

4.6) ค่าใช้จ่ายของไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยัน ($\Delta M6i$) คัดจากผลคูณของพื้นที่ของไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันที่ใช้ทั้งหมดและราคาต่อตร.เมตร ที่ความหนา 1 นิ้ว โดยกำหนดให้ ปริมาณพื้นที่ที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 6 ตร.เมตร/ลบ.เมตรของคอนกรีต ดังแสดงในสมการที่ 4.14.6

5) ค่าใช้จ่ายโดยรวมด้านแรงงาน (ΔLEi) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายของงานคอนกรีต ($\Delta L1i$) งานเหล็กเสริมยืน ($\Delta L2i$) งานเหล็กปลอก ($\Delta L3i$) และงานไม้แบบ ไม้คร่าว ไม้ค้ำยันและตะปู ($\Delta L4i$) ดังสมการที่ 4.15

5.1) ค่าใช้จ่ายของงานคอนกรีต ($\Delta L1i$) ประเมินจากปริมาตรคอนกรีตที่ใช้คูณด้วยค่าแรงงานคอนกรีต ดังสมการที่ 4.15.1

5.2) ค่าใช้จ่ายของงานเหล็กเสริมยืน ($\Delta L2i$) ประเมินจากปริมาณเหล็กยืนที่ใช้คูณด้วยค่าแรงงานเหล็กยืน ดังสมการที่ 4.15.2

5.3) ค่าใช้จ่ายของงานเหล็กปลอก ($\Delta L3i$) คำนวณจากปริมาณเหล็กปลอกที่ใช้คูณด้วยค่าแรงงานเหล็กปลอกดังสมการที่ 4.15.3

5.4) ค่าใช้จ่ายของงานไม้แบบ ไม้คร่าว ไม้ค้ำยันและตะปู ($\Delta L4i$) ประเมินจากปริมาณพื้นที่ไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันที่ใช้คูณด้วยค่าแรงงานด้านไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันและตะปู ดังสมการที่ 4.15.4

$$\Delta U_i = \Delta U A_i - \Delta T E_i \quad (4.11)$$

$$\Delta U A_i = \Delta A_i \times P0 = (A_i - A_0) \times P0 \quad (4.12)$$

$$\Delta T E_i = \Delta M E_i - \Delta L E_i \quad (4.13)$$

$$\Delta M E_i = \Delta M1_i + \Delta M2_i + \Delta M3_i + \Delta M4_i + \Delta M5_i + \Delta M6_i \quad (4.14)$$

$$\Delta M1_i = \Delta V1_i \times P1 + \Delta V2_i \times P2 \quad (4.14.1)$$

$$\Delta M2_i = \rho \times [0.25\% \times \Delta A_i \times h \times n] \times 1.05 \times P3 \quad (4.14.2)$$

$$\Delta M3_i = \rho \times \left[(l + 12D) \times \left(\frac{h}{0.1} + 1 \right) \times m \times n \right] \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1.05 \times P4 \quad (4.14.3)$$

$$\Delta M4_i = 3\% \left(\frac{\Delta M2_i}{P3} + \frac{\Delta M3_i}{P4} \right) \times P5 \quad (4.14.4)$$

$$\Delta M5_i = 1.15 \times (\Delta V1_i + \Delta V2_i) \times P6 \quad (4.14.5)$$

$$\Delta M6_i = 6 \times (\Delta V1_i + \Delta V2_i) \times P7 \quad (4.14.6)$$

$$\Delta L E_i = \Delta L1_i + \Delta L2_i + \Delta L3_i + \Delta L4_i \quad (4.15)$$

$$\Delta L1_i = (\Delta V1_i + \Delta V2_i) \times Q1 \quad (4.15.1)$$

$$\Delta L2_i = \left(\frac{\Delta M2_i}{P3} \right) \times Q2 \quad (4.15.2)$$

$$\Delta L3_i = \left(\frac{\Delta M3_i}{P4} \right) \times Q3 \quad (4.15.3)$$

$$\Delta L4_i = \left(\frac{\Delta M6_i}{P7} \right) \times Q4 \quad (4.15.4)$$

โดย i = วิธีการในการปรับปรุง; i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6

0 = วิธีการเดิมก่อนปรับปรุง (อาคารเดิม)

1 = วิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป ที่ Shear wall (OC(SW+))

2 = วิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป ที่ Column (OC(CO+))

3 = วิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป ที่ SW และ CO (OC(SWCO+))

4 = วิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ Shear Wall (HMC_{SW})

5 = วิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ Column (HMC_{CO})

- 6 = วิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ Shear Wall และ Column (HMC_{SWCO})
- ΔU_i = ผลต่างของผลลัพธ์ทางการเงินระหว่าง วิธีการปรับปรุง i และ วิธีการเดิมก่อนปรับปรุง (i=0) หรือ $U_i - U_0$
- ΔUA_i = ผลต่างของมูลค่าพื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารระหว่างวิธีการปรับปรุง i และวิธีการเดิมก่อนการปรับปรุง (i=0) หรือ $UA_i - UA_0$
- ΔTE_i = ผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมระหว่างวิธีการปรับปรุง i และวิธีการเดิมก่อนการปรับปรุง (i=0)
- ΔME_i = ผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมด้านวัสดุระหว่างวิธีการปรับปรุง i และวิธีการเดิมก่อนการปรับปรุง (i=0)
- ΔLE_i = ผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมด้านแรงงานระหว่างวิธีการปรับปรุง i และวิธีการเดิมก่อนการปรับปรุง (i=0)
- $\Delta M1_i$ = ค่าใช้จ่ายของคอนกรีตที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i
- $\Delta M2_i$ = ค่าใช้จ่ายรวมของเหล็กเสริมยื่นที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และหรือ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i
- $\Delta M3_i$ = ค่าใช้จ่ายรวมของเหล็กปลอกที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และหรือ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i
- $\Delta M4_i$ = ค่าใช้จ่ายรวมของลวดผูกเหล็กที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และหรือ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i
- $\Delta M5_i$ = ค่าใช้จ่ายรวมของตะปูที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และหรือ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i
- $\Delta M6_i$ = ค่าใช้จ่ายรวมของไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และหรือ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i
- $\Delta L1_i$ = ค่าใช้จ่ายรวมของงานคอนกรีตที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และหรือ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i
- $\Delta L2_i$ = ค่าใช้จ่ายรวมของงานเหล็กเสริมยื่นที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และหรือ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i

- $\Delta L3_i$ = ค่าใช้จ่ายรวมของงานเหล็กปลอกที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และหรือ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i
- $\Delta L4_i$ = ค่าใช้จ่ายรวมของงานไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยัน และงานตะปูที่ใช้ในส่วนพอกที่ Shear Wall (SW) และหรือ Columns (CO) ทั้งอาคารของวิธีการปรับปรุง i
- $A_i ; A_0$ = พื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารหลังหักพื้นที่ SW และ CO ที่ได้ โดยวิธีการปรับปรุง i และ วิธีเดิม (อาคารเดิม) ตามลำดับ (ตร.เมตร)
- $V1_i ; V1_0$ = ปริมาตรคอนกรีตทั่วไป (OC) ที่ใช้ใน SW และ CO โดยวิธีการปรับปรุง i และ วิธีเดิม (อาคารเดิม) ตามลำดับ (ลบ.เมตร)
- $V2_i ; V2_0$ = ปริมาตรคอนกรีตโมดูลัสสูง (HMC) ที่ใช้ใน SW และ CO โดยวิธีการปรับปรุง i และ วิธีเดิม (อาคารเดิม) ตามลำดับ (ลบ.เมตร)
- ρ = ความหนาแน่นของเหล็กเสริมหรือเหล็กปลอก เท่ากับ 7,850 กก./ลบ.เมตร
- h = ระยะความสูงต่อชั้น (เมตร)
- l = ระยะความยาวต่อปลอกของเส้นรอบรูปพื้นที่หน้าตัดของ SW และหรือ เสา (CO) ที่พอก (เมตร)
- $12D$ = ระยะทาบท่อปลอก เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กปลอกซึ่งเท่ากับ 0.012 เมตร หรือในที่นี้ ระยะทาบท่อเท่ากับ 0.15 เมตร
- $(h/0.1) + 1$ = จำนวนปลอกต่อเสาหรือ SW ที่พอก กำหนดให้ระยะห่างระหว่างปลอก เท่ากับ 0.1 เมตร
- m = จำนวน Shear Wall (SW) และหรือ เสา (CO) ที่พอกต่อชั้น
- n = จำนวนชั้นที่พอก

4.6.3 ขั้นตอนการประเมินมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

ขั้นตอนการคำนวณค่าตัวแปรจากความสัมพันธ์ต่างๆ มีดังนี้

1. หาค่าผลต่างของพื้นที่ใช้สอยรวมทุกชั้นของอาคารที่ได้จากแต่ละวิธีการปรับปรุง (A_i) กับวิธีการเดิม (อาคารเดิมก่อนปรับปรุง) (A_0) โดยพื้นที่ใช้สอยมีค่าเท่ากับพื้นที่ทุกชั้น

รวมทั้งอาคารลบด้วยผลรวมของพื้นที่หน้าตัดรวมทุกชั้นทั้งอาคารของ Shear Wall (SW) และ Column (CO)

2. คำนวณค่า ΔU_i จากสมการ 4.12

3. หาปริมาตรคอนกรีตประเภท OC ($V1_i$) และ HMC ($V2_i$) ที่ใช้ของแต่ละวิธีการปรับปรุง (i) โดย i มีค่าตั้งแต่ 0 1 2 3 4 5 และ 6

4. คำนวณค่า $\Delta M1_i$ จากสมการ 4.14.1

5. หาค่าปริมาณการใช้เหล็กยื่นทั้งหมดที่ใช้ของแต่ละวิธีการปรับปรุง (i) ได้แก่ ที่ SW และ CO

6. คำนวณค่า $\Delta M2_i$ จากสมการ 4.14.2

7. หาค่าปริมาณการใช้เหล็กปลอกทั้งหมดของแต่ละวิธีการปรับปรุง (i) ได้แก่ ที่ SW และ CO และ คำนวณค่า $\Delta M3_i$ จากสมการ 4.14.3

8. หาค่าปริมาณการใช้ลวดผูกเหล็กทั้งหมดของแต่ละวิธีการปรับปรุง (i) และค่า $\Delta M4_i$ จากสมการ 4.14.4

9. หาค่าปริมาณการใช้ตะปูทั้งหมดของแต่ละวิธีการปรับปรุง (i) และค่า $\Delta M5_i$ จากสมการ 4.14.5

10. หาค่าปริมาณการใช้ไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันทั้งหมดของแต่ละวิธีการปรับปรุง (i) และค่า $\Delta M6_i$ จากสมการ 4.14.6

11. คำนวณค่าใช้จ่ายด้านวัสดุทั้งหมดของแต่ละวิธีการปรับปรุง (ΔME_i) ได้จากผลรวมของค่า $\Delta M1_i$, $\Delta M2_i$, $\Delta M3_i$, $\Delta M4_i$, $\Delta M5_i$ และ $\Delta M6_i$ หรือนำค่าต่างๆนี้ แทนลงในสมการที่ 14.4

12. หาค่าใช้จ่ายแรงงานด้านคอนกรีตของแต่ละวิธีการปรับปรุง ($\Delta L1_i$) ได้จากสมการที่ 4.15.1

13. หาค่าใช้จ่ายแรงงานด้านเหล็กยื่นของแต่ละวิธีการปรับปรุง ($\Delta L2_i$) ได้จากสมการที่ 4.15.2

14. หาค่าใช้จ่ายแรงงานด้านเหล็กปลอกของแต่ละวิธีการปรับปรุง ($\Delta L3_i$) ได้จากสมการที่ 4.15.3

15. หาค่าใช้จ่ายแรงงานด้านไม้แบบ ไม้คร่าว ไม้ค้ำยันและตะปูของแต่ละวิธีการปรับปรุง ($\Delta L4_i$) ได้จากสมการที่ 4.15.4

16. คำนวณค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทั้งหมดของแต่ละวิธีการปรับปรุง (ΔLE_i) ได้จากผลรวมของค่า $\Delta L1_i$, $\Delta L2_i$, $\Delta L3_i$ และ $\Delta L4_i$ หรือนำค่าต่างๆนี้ แทนลงในสมการที่ 14.5
17. คำนวณค่า ΔTE_i ของแต่ละวิธีการปรับปรุง (i) โดยแทนค่า ΔME_i และ ΔLE_i ลงในสมการที่ 4.13
18. คำนวณค่า ΔU_i ของแต่ละวิธีการปรับปรุง (i) โดยแทนค่า ΔUA_i และ ΔTE_i ลงในสมการที่ 4.11

4.7 การวิเคราะห์หาจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (OC) และวิธีประยุกต์ใช้ HMC

4.7.1 กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i)

- 1) กำหนดให้ x คือตัวแทนของกลุ่มวิธีการพอก (i = 1 2 หรือ 3) และ y คือตัวแทนของกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC (i = 4 5 หรือ 6)
- 2) กรณีกลุ่มวิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (OC) จากสมการที่ 4.13 ได้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน ดังสมการที่ 4.13x

$$\Delta TE_x = \Delta ME_x + \Delta LE_x \quad (4.13x1)$$

เนื่องจากวิธีการพอกและอาคารเดิม มีการใช้เฉพาะคอนกรีตทั่วไป (OC) ดังนั้น ปริมาตรคอนกรีต HMC ($V2_x$ และ $V2_0$) มีค่าเท่ากับ 0 เช่น จากสมการที่ 4.14.1 4.14.5 4.14.6 และ 4.15.1 จะได้ ดังสมการที่ 4.14.1x 4.14.5x 4.14.6x และ 4.15.1x ตามลำดับ ขณะที่ ตัวแปรค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานอื่นๆ คงเดิม

$$\Delta M1_x = \Delta V1_x \times P1 \quad (4.14.1x)$$

$$\Delta M5_x = 1.15 \times (\Delta V1_x) \times P6 \quad (4.14.5x)$$

$$\Delta M6_x = 6 \times (\Delta V1_x) \times P7 \quad (4.14.6x)$$

$$\Delta L1_x = (\Delta V1_x) \times Q1 \quad (4.15.1x)$$

- 3) กรณีกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC แทนคอนกรีตทั่วไป (OC) ที่ชิ้นส่วนของโครงสร้าง SW และหรือ CO ทำให้พื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO หลังประยุกต์ไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้น จะได้ว่า $\Delta A_y = 0$; $V1_y - V1_0 = -V2_y$ และ $V2_0 = 0$ ดังนั้น จากสมการที่ 4.14.1 จะได้ดังสมการ 4.14.1y ขณะที่ ตัวแปรค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานอื่นๆ เป็นศูนย์

$$\Delta M1_y = (V1_y - V1_0) \times P1 + (V2_y - V2_0) \times P2$$

$$= V2_y \times (P2 - P1) \quad (4.14.1y)$$

จากสมการที่ 4.13 ได้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน ดังสมการที่ 4.13y

$$\begin{aligned} \Delta TE_y &= \Delta M1_y \\ &= V2_y \times (P2 - P1) \end{aligned} \quad (4.13y1)$$

4) จากข้อที่ 2 และ 3 กำหนดให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของทั้ง 2 วิธีการเท่ากัน

$$\begin{aligned} \Delta TE_y &= \Delta TE_x \text{ หรือ} \\ V2_y \times (P2 - P1) &= \Delta ME_x + \Delta LE_x \end{aligned} \quad (4.16)$$

5) จากข้อที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า P2 (ราคา HMC) ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งสองเท่ากัน ดังนั้นจากสมการที่ 4.16 จะได้

$$P2 = \frac{[\Delta ME_x + \Delta LE_x]}{[V2_y]} + P1 \quad (4.17)$$

4.7.2 กรณีผลลัพธ์ของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i)

- 1) ทำนองเดียวกันกับหัวข้อที่ 4.7.1 กำหนดให้ x คือตัวแทนของกลุ่มวิธีการพอก ($i = 1, 2$ หรือ 3) และ y คือตัวแทนของกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ($i = 4, 5$ หรือ 6)
- 2) กรณีกลุ่มวิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (OC) จากสมการที่ 4.11 ได้ผลลัพธ์ของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ดังสมการที่ 4.11x

$$\Delta U_x = \Delta UA_x + \Delta TE_x \quad (4.13x2)$$

- 3) กรณีกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC แทนคอนกรีตทั่วไป (OC) ที่ขึ้นส่วนของโครงสร้าง SW และหรือ CO ทำให้พื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO หลังประยุกต์ไม่เปลี่ยนแปลง จากสมการที่ 4.11 ได้ผลลัพธ์ของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ดังสมการที่ 4.11y

$$\begin{aligned} \Delta U_y &= \Delta M1_y \\ &= V2_y \times (P2 - P1) \end{aligned} \quad (4.13y2)$$

- 4) จากข้อที่ 2 และ 3 กำหนดให้ค่าผลลัพธ์ของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของทั้ง 2 วิธีการเท่ากัน

$$\begin{aligned} \Delta U_y &= \Delta U_x \text{ หรือ} \\ V2_y \times (P2 - P1) &= \Delta UA_x + \Delta TE_x \end{aligned} \quad (4.18)$$

- 5) จากข้อที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า $P2$ (ราคา HMC) ที่ทำให้ค่าผลลัพธ์ของมูลค่าเชิงเศรษฐกิจศาสตร์ทั้งสองเท่ากัน ดังนั้น จากสมการที่ 4.18 จะได้

$$P2 = \frac{[\Delta UA_x + \Delta TE_x]}{[V_{2y}]} + P1 \quad (4.19)$$



บทที่ 5

ผลการศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้ HMC และวิธีการพอก OC

5.1 ผลการตอบสนองของอาคารภายใต้แรงลมและแรงแผ่นดินไหว ก่อนปรับปรุงโครงสร้าง

5.1.1 ผลการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคาร

5.1.1.1 การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคาเนื่องจากแรงลม (Roof Displacement; RD)

จากการจำลองแรงลมสถิตเทียบเท่ากับอาคารที่ศึกษา ใน ETABS เบื้องต้น พบว่า อาคาร A มีการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) เกินเกณฑ์มาตรฐาน มยผ .1311-50 ที่ยอมให้ ($180/500 = 0.36$ m หรือ 36 cm) ทั้ง 2 ทิศทาง ซึ่งเท่ากับ 41.026 หรือคิดเป็น 1.14 เท่าของ เกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ RD ของ อาคาร B เท่ากับ 40.253 cm ซึ่งมากกว่า เกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้ ($126.55/500 = 0.253$ m หรือ 25.3 cm) หรือคิดเป็น 1.59 เท่าของ เกณฑ์มาตรฐาน ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.1-5.3

5.1.1.2 การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นของอาคารตัวอย่าง (Story Drift)

จากการประเมินความเสถียรภาพโดยรวมภายใต้แรงแผ่นดินไหวตามมาตรฐาน 1301/1302-61 พบว่า ในส่วนของ อาคาร A มีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นสูงสุดที่บริเวณชั้นที่ 38-40 โดยมีค่าเท่ากับ 0.00893 ในแนวแกน X และ Y ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ในขณะที่ อาคาร B เท่ากับ 0.0094 บริเวณชั้นที่ 35 ในแนวแกน Y ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่ ดังรูปที่ 5.5 ตามลำดับ จึงถือว่าอาคารมีเสถียรภาพด้านการเคลื่อนตัวจากแรงแผ่นดินไหวเพียงพอตามมาตรฐาน (กำหนดไว้ เท่ากับ 0.015)

5.1.2 ผลการประเมินสัดส่วนความปลอดภัย

เมื่อพิจารณาผลของ Demand to Capacity Ratio (D/C) ในสถานะกำลังของอาคารทั้งสอง พบว่า ในเบื้องต้น ทั้ง Column และ Shear Wall สามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวตั้งได้ ($D/C < 1.0$) เมื่อพิจารณากรณีผลของแรงลม ในอาคาร A จะพบว่า มีเสา (Column) และ Shear Wall จำนวนหนึ่งอยู่ในชั้นที่ 1-10 ไม่ได้มาตรฐาน และเมื่อพิจารณาผลของแผ่นดินไหว จะพบว่า D/C ทั้งเสา และ Shear Wall ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ในทางกลับกันพบว่า เมื่อพิจารณาผลของแรงลมและแผ่นดินไหวในอาคาร B พบว่า มี เสา (Column) อยู่จำนวนหนึ่งอยู่ในชั้นที่ 1-21 และ Shear Wall บางส่วนอยู่ในชั้นที่ 1-16 ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 5.2

5.2 ผลการคำนวณค่า EI และ EI * ของ อาคาร A และ B จาก RDE

5.2.1 ผลการคำนวณค่า EI

จากการคำนวณค่า EI ทั้ง 4 กรณีศึกษาของทั้ง 2 อาคาร พบว่าสำหรับอาคาร A ค่า EI ของอาคารเมื่อประยุกต์ใช้คอนกรีตดั้งเดิม (OC) , ประยุกต์ใช้ HMC กับ Column ทั้งอาคาร ($EI(HMC_{CO})$), ประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall ทั้งอาคาร ($EI(HMC_{SW})$) และ ประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column ทั้งอาคาร ($EI(HMC_{SWCO})$) เท่ากับ 9.021×10^{13} , 12.551×10^{13} , 14.55×10^{13} และ $18.427 \times 10^{13} \text{ N-m}^2$ ตามลำดับ ในขณะที่ อาคาร B มีค่าเท่ากับ 1.334×10^{13} , 1.488×10^{13} , 2.04×10^{13} และ $2.204 \times 10^{13} \text{ N-m}^2$ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.3

5.2.2 ผลการคำนวณค่า EI*

จากการคำนวณค่า EI* (Lower Control Limit of EI) ของ ทั้ง 2 อาคารพบว่า EI* ของอาคาร A มีค่าเท่ากับ $1.028 \times 10^{14} \text{ N-m}^2$ ในขณะที่ อาคาร B เท่ากับ $2.122 \times 10^{13} \text{ N-m}^2$ ดัง รูปที่ 5.6 และ รูปที่ 5.7 ตามลำดับ

5.2.3 การอภิปรายผลของการคำนวณ EI และ EI*

จากการเปรียบเทียบค่า EI และ EI* ของอาคาร A ดัง รูปที่ 5.8 พบว่า ค่า EI ของอาคารเมื่อประยุกต์ใช้คอนกรีตดั้งเดิม (OC) มีค่าน้อยกว่า EI* ในขณะที่ อาคาร B มีเพียงแค่การประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column (HMC_{SWCO}) เท่านั้นที่ทำให้ค่า EI มากกว่า EI* ดัง รูปที่ 5.9

ค่า EI และ EI* ที่คำนวณได้นั้นเป็นค่าโดยรวมของอาคารตัวอย่างที่สอดคล้องกับแรงลมโดยสมมติให้เป็นแรงกระจายสามเหลี่ยมเพื่อประมาณค่าการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) โดย RDE อย่างไรก็ดี หากสมมติแรงลมเป็นแรงกระจายรูปแบบอื่นอาจจะทำให้ ค่า EI และ EI* ไม่สอดคล้องกับในงานวิจัยนี้

5.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่ง และ ระดับความสูงของ HMC ที่มีต่อแรงลม

5.3.1 ผลการผันแปรตำแหน่งและระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC โดย RDE และ ETABS

5.3.1.1 กรณีอาคาร A

สำหรับอาคาร A เมื่อผันแปรตำแหน่งและระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC (HMC Height)(HMC Height) ที่ตอนล่างของอาคาร (Lower Portion; L_1) ที่น้อยที่สุดที่จะทำให้การเคลื่อนตัวของหลังคา (RD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ ตอนกลาง (Middle Portion; L_2) และ ตอนบน (Upper Portion; L_3) ของอาคาร ประยุกต์ใช้คอนกรีตดั้งเดิม (OC) พบว่าระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC (HMC Height)น้อยที่สุด (Minimum HMC Height) กับ (1) ทั้ง Shear Wall และ Column (HMC_{SWCO}) เท่ากับ 16 m. (ชั้นที่1-4) ซึ่งคำนวณการเคลื่อนตัวของหลังคา (RD) โดย ETABS และ RDE ได้เท่ากับ 34.98 cm และ 34.91 cm ตามลำดับ (2) ประยุกต์ใช้กับ Shear Wall (HMC_{SW}) เท่ากับ 20 m. (ชั้นที่ 1-5) ซึ่งคำนวณการเคลื่อนตัวของหลังคา (RD) โดย ETABS และ RDE ได้เท่ากับ 35.92 cm และ 35.47 cm ตามลำดับ รวมถึง (3) ประยุกต์ใช้กับ Column (HMC_{CO}) เท่ากับ 32 m. (ชั้นที่ 1-8) ซึ่งคำนวณการเคลื่อนตัวของหลังคา (RD) โดย ETABS และ RDE ได้เท่ากับ 35.98 cm และ 35.00 cm ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.4

สำหรับอาคาร A เมื่อผันแปรตำแหน่งและระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC (HMC Height)(HMC Height) ที่ตอนกลางของอาคาร (Middle Portion; L_2) ในขณะที่ ตอนล่าง (Lower Portion; L_1) และ ตอนบน(Upper Portion; L_3)ของอาคาร ประยุกต์ใช้คอนกรีตดั้งเดิม (OC) พบว่าระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC (HMC Height)น้อยที่สุด (Minimum HMC Height) ที่ทำให้การเคลื่อนตัวของหลังคา (RD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน กับ(1) ทั้ง Shear Wall และ Column (HMC_{SWCO}) เท่ากับ 76 m. (ชั้นที่ 14-32) ซึ่งคำนวณการเคลื่อนตัวของหลังคา (RD) โดย ETABS และ RDE ได้เท่ากับ 35.90 cm และ 35.76 cm ตามลำดับ (2) ประยุกต์ใช้กับ Shear Wall (HMC_{SW}) เท่ากับ 100 m. (ชั้นที่ 11-35) ซึ่งคำนวณการเคลื่อนตัวของหลังคา (RD) โดย ETABS และ RDE ได้เท่ากับ 35.93 cm 35.66 cm ตามลำดับ และ (3) ประยุกต์ใช้กับ Column (HMC_{CO}) เท่ากับ 124 m. (ชั้นที่ 8-28) ซึ่งคำนวณการเคลื่อนตัวของหลังคา (RD) โดย ETABS และ RDE ได้เท่ากับ 35.95 cm 35.75 cm ตามลำดับดังแสดงตารางที่ 5.5

สำหรับอาคาร A เมื่อผันแปรตำแหน่งและระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC (HMC Height)ที่ตอนบน (Upper Portion; L_3) ในขณะที่ ตอนล่าง(Lower Portion; L_1) และ ตอนบน (Upper Portion; L_3) ประยุกต์ใช้คอนกรีตดั้งเดิม (OC) พบว่าระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC

(HMC Height)น้อยที่สุด (Minimum HMC Height) ที่ทำให้การเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน กับ(1) ทั้ง Shear Wall และ Column (HMC_{SWCO}) เท่ากับ 124 m. (ชั้นที่ 15-45) ซึ่งคำนวณการเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) โดย ETABS และ RDE ได้เท่ากับ 35.83 cm และ 35.73 cm ตามลำดับ (2) ประยุกต์ใช้กับ Shear Wall (HMC_{SW}) เท่ากับ 136 m. (ชั้นที่ 12-45) ซึ่งคำนวณการเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) โดย ETABS และ RDE ได้เท่ากับ 35.57 cm 35.43 cm ตามลำดับ และ (3) ประยุกต์ใช้กับ Column (HMC_{CO}) เท่ากับ 144 m. (ชั้นที่ 10-45) ซึ่งคำนวณการเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) โดย ETABS และ RDE ได้เท่ากับ 35.91 cm 35.88 cm ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 5.6

5.3.1.2 กรณีอาคาร B

สำหรับอาคาร B จากการผันแปรตำแหน่งและ ระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC (HMC Height) ที่ตอนล่าง (Lower Portion; L_1) ตอนกลาง (Middle Portion; L_2) และ ตอนบน (Upper Portion; L_3) พบว่า ระดับความสูงในการประยุกต์ใช้ HMC (HMC Height) น้อยที่สุด (Minimum HMC Height) ที่ทำให้การเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน กับ ทั้ง Shear Wall และ Column (HMC_{SWCO}) เท่ากับ 68.7 m. (ชั้นที่ 1-23) ซึ่งคำนวณ RD โดย ETABS และ RDE เท่ากับ ได้เท่ากับ 25.29 cm และ 25.17 cm ดังแสดงใน ตารางที่ 5.7 และ เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ใน ตอนบนของอาคาร (HMC_{SWCO} @ L_3) จะเท่ากับ 126.55 m. (ชั้นที่ 1-42) ซึ่งคำนวณ RD โดย ETABS และ RDE เท่ากับ ได้เท่ากับ 24.36 cm และ 24.37 cm ดังแสดงใน ตารางที่ 5.8

5.3.2 การอภิปรายผลของตำแหน่งและระดับความสูงของ HMC

จากการผันแปรตำแหน่งของการประยุกต์ใช้ HMC ทั้ง 2 อาคาร พบว่า ตำแหน่งของการประยุกต์ใช้มีผลต่อปริมาณที่ใช้ในเชิงความสูง (HMC Height) กล่าวคือ ตำแหน่งตอนล่างของอาคาร เป็นตำแหน่งที่ใช้ปริมาณ HMC ในเชิงความสูงน้อยที่สุดเพื่อควบคุมการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคาให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

5.4 ผลการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีต่อการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) เนื่องจากแรงลม

5.4.1 กรณีอาคาร A

รูปที่ 5.10 แสดงผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) และ Column (CO) ที่ ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD Ratio (RD/d^*) ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร A ผลจากการคำนวณ HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุดที่ทำให้การเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้ (d^*) หรือ $RD/d^* < 1.0$ เป็นดังนี้ (1) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนล่าง (L_1) จะได้ HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุด เท่ากับ 0.07 และ 0.09 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ (2) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนกลาง (L_2) จะทำให้

HMC-Height ที่น้อยที่สุด Ratio มีค่า เท่ากับ 0.41 และ 0.42 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ (3) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอมบน (L_3) จะทำให้ HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุด มีค่า เท่ากับ 0.68 และ 0.69 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ

รูปที่ 5.11 แสดงผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) ที่ตอมล่าง (L_1) ตอมกลาง (L_2) และตอมบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio (RD/d^*) ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร A พบว่า HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุดที่ทำให้การเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้ (d^*) หรือ $RD/d^* < 1.0$ เป็นดังนี้ (1) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอมล่าง (L_1) จะได้ HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุด เท่ากับ 0.10 และ 0.11 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ (2) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอมกลาง (L_2) จะทำให้ HMC-Height ที่น้อยที่สุด Ratio มีค่า เท่ากับ 0.53 และ 0.52 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ (3) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอมบน (L_3) จะทำให้ HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุด มีค่า เท่ากับ 0.73 และ 0.76 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ

รูปที่ 5.12 แสดงผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Column (CO) ที่ตอมล่าง (L_1) ตอมกลาง (L_2) และ ตอมบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio (RD/d^*) ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับ อาคาร A พบว่า HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุดที่ทำให้การเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) อยู่ในเกณฑ์ มาตรฐานที่ยอมให้ (d^*) หรือ $RD/d^* < 1.0$ เป็นดังนี้ (1) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอมล่าง (L_1) จะ ได้ HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุด เท่ากับ 0.14 และ 0.18 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ (2) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอมกลาง (L_2) จะทำให้ HMC-Height ที่น้อยที่สุด Ratio มีค่า เท่ากับ 0.67 และ 0.68 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ (3) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ ตอมบน (L_3) จะทำให้ HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุด มีค่า เท่ากับ 0.78 และ 0.80 เมื่อคำนวณ โดย RDE และ ETABS ตามลำดับ

5.4.2 กรณีอาคาร B

รูปที่ 5.13 -5.15 แสดงผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) และ หรือ Column (CO) ที่ตอมล่าง (L_1) ตอมกลาง (L_2) และ ตอมบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณ จาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร B พบว่า HMC-Height Ratio ที่น้อยที่สุดที่ทำให้การเคลื่อน ตัวที่หลังคา (RD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้ (d^*) หรือ $RD/d^* < 1.0$ เป็นดังนี้ (1) หาก ประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall และ Column ที่ตอมล่าง (L_1) จะได้ HMC-Height Ratio ที่น้อย

ที่สุด เท่ากับ 0.52 และ 0.54 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall และ Column ที่ตอนบน (L3) จะได้ HMC-Height Ratio ที่มากขึ้น และ เท่ากับ 1.0 และ 0.98 เมื่อคำนวณโดย RDE และ ETABS ตามลำดับ ซึ่งสรุปค่าเอาไว้ในรูปที่ รูปที่ 5.19

สำหรับอาคาร A สามารถสรุปผลการคำนวณและการเปรียบเทียบ RD/d^* ระหว่าง การคำนวณโดย RDE และ ETABS เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column, Shear Wall และ Column ที่ ตอนล่าง (L1) ตอนกลาง (L2) และตอนบน (L3) ได้ใน รูปที่ 5.15 รูปที่ 5.16 และ รูปที่ 5.17 ตามลำดับ ในขณะที่ อาคาร B สามารถสรุปได้ดังรูปที่ รูปที่ 5.18

5.4.3 การอภิปรายผลของการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีผลต่อ RD

จากการผันแปรตำแหน่งของการประยุกต์ใช้ HMC ที่มีผลต่อการเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) ของทั้ง 2 อาคาร สามารถอภิปรายผลได้ว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการประยุกต์ใช้ HMC คือที่ ตำแหน่งตอนล่างของอาคาร (Lower Portion: L_1) หากสังเกตจาก รูปที่ 5.10-5.15 จะพบว่า (1) หากประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนล่าง (Lower Portion: L_1) ของอาคาร จะทำให้การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) ลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การประยุกต์ HMC ใช้ที่ ตอนกลาง Middle Portion; L_2 และ ตอนบน (Upper Portion; L_3) ในปริมาณที่เท่ากัน อีกทั้ง (2) ที่ตอนล่างของอาคาร (Lower Portion; L_1) เป็นตำแหน่งที่ใช้ปริมาณ HMC น้อยที่สุดเพื่อที่จะควบคุมให้การเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับ การประยุกต์ใช้ที่ ตอนกลาง (Middle Portion; L_2) และ ตอนบน (Upper Portion; L_3) ของอาคาร ตามลำดับ

5.5 การประเมินความถูกต้องของสมการประมาณการเคลื่อนที่ของชั้นหลังคา (RDE)

% ความแตกต่างของการคำนวณ RD โดย RDE และ ETABS สำหรับอาคาร A พบว่า มีค่าสูงสุด น้อยที่สุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.01%, -4.71%, -0.81% และ 1.19% ในขณะที่ อาคาร B มีค่าสูงสุด น้อยสุด ค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.08%, -2.49%, -0.41% และ 1.23% นอกจากนี้ ความแตกต่างของการเคลื่อนตัวชั้นหลังคา (RD) จาก RDE เปรียบเทียบกับ ETABS โดยรวมมีค่ามากที่สุด ต่ำสุด เฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.08% -4.71% -0.63% และ 1.22 % ดังแสดงใน ตารางที่ 5.9 ตามลำดับ

% ความแตกต่างของการคำนวณ RD โดย RDE และ ETABS เกิดจาก (1) การคำนวณค่า RD จาก สมการการเคลื่อนตัวที่หลังคา (RDE) นั้น จะสมมติให้อาคารตัวอย่างให้เป็นเสาเอ็น (Cantilever Column) เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณ RD ในขณะที่การวิเคราะห์ระบบโครงสร้างของอาคารใน ETABS นั้นเป็นแบบ โครงข้อแข็ง (Frame Structure) (2) RDE จะสมมติให้แรงลมที่กระทำกับอาคารให้เป็นแรงกระจายสามเหลี่ยม (Triangular Distributed Load) ในขณะที่ข้อมูลแรงลมในโปรแกรม ETABS นั้น เป็นลักษณะแรงกระทำแบบจุด (Point Load) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความสูงของอาคาร ซึ่งอาจทำให้การคำนวณผลของ Bending Moment ที่ฐานของโครงสร้างแตกต่างจาก แรงกระจายสามเหลี่ยม (Triangular Distributed Load) (3) การคำนวณ RD จาก RDE นั้นยังไม่ได้รวมผลของแรงในแนวตั้ง ผลของ $P-\Delta$ และ ตัวคูณปรับค่าตามมาตรฐานที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งผลของแรงดังกล่าวและตัวคูณปรับค่าดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์ในโปรแกรม ETABS โดยเฉพาะอย่างยิ่ง (4) สำหรับอาคาร B นั้น เมื่อพิจารณาการคำนวณ RD จาก ETABS จะพบว่า ข้อมูลแรงลมมีผลรวมของแรงบิด (M_z) ในขณะที่ RDE นั้นไม่ได้พิจารณาผลของแรงดังกล่าว ในส่วนของอาคาร A นั้น เมื่อพิจารณาการคำนวณ RD จาก ETABS จะพบว่าไม่มีผลของแรงบิด ซึ่งทำให้สอดคล้องกับรูปแบบของสมการการเคลื่อนตัว (RDE) มากกว่า จึงทำให้ % ความแตกต่างของการคำนวณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) โดย RDE และ ETABS โดยรวม ของอาคาร A น้อยกว่า อาคาร B ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จึงส่งผลให้ การคำนวณ RD จาก RDE มีความแตกต่างจากโปรแกรม ETABS

อย่างไรก็ดี สมการการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RDE) เป็นแค่แนวทางเบื้องต้นในการประมาณค่า RD ซึ่งยังไม่ได้รวมผลของแรงแนวตั้ง, ผลของ $P-\Delta$, ผลของแรงบิด (M_z) และ ตัวคูณปรับค่าตามมาตรฐาน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงแนะนำให้ใช้ RDE และ ETABS ควบคู่กับมาตรฐานการออกแบบ เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร นอกจากนี้หากนำ RDE มาประยุกต์ใช้ควบคู่กับสิ่งที่กล่าวมาแล้ว จะช่วยให้วิศวกรสามารถออกแบบอาคารได้รวดเร็วมากขึ้น และสามารถเห็นแนวโน้มของการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคาเมื่อประยุกต์ใช้คอนกรีตที่มี Modulus of Elasticity ที่แตกต่างกัน ในแต่ละช่วงความสูงของอาคาร ได้ชัดเจนมากขึ้น

5.6 ผลการเคลื่อนตัวชั้นหลังคา (RD) เมื่อปรับปรุงโครงสร้างด้วยวิธีการพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป

จากผลการประยุกต์ใช้ HMC ทำให้เห็นว่า ควรประยุกต์ใช้ HMC ที่ตำแหน่งตอนล่างของโครงสร้างของอาคารจึงจะทำให้ควบคุมการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตอนอื่นๆ ดังนั้นจะปรับปรุงโครงสร้างด้วยพอกตั้งแต่ชั้นที่ 1 ขึ้นมาจนถึงชั้นบน ในลักษณะเดียวกันกับการประยุกต์ใช้ HMC

5.6.1 ผลของ RD เมื่อพอกด้วยคอนกรีตทั่วไปของอาคาร A

จากการปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการพอกของอาคาร A ดังสรุปใน ตารางที่ 5.10 เป็นดังนี้

1. เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+)) พบว่าความหนาที่ต้องพอกเพิ่มเท่ากับ 9 cm ในทุกๆ แกน (เดิม หนา 28 cm และพอกจนมีความหนาเป็น 37 cm) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-45 จะทำให้การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา(RD) เท่ากับ 35.83 cm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้ ($180/500 = 0.36$ m. หรือ 36 cm.) โดยใช้คอนกรีตในการพอกรวมเท่ากับ $1,254 \text{ m}^3$
2. เมื่อพอก OC ที่ Column (OC(CO+)) พบว่าความหนาที่ต้องพอกเพิ่มเท่ากับ 25 cm ทั้ง 2 แกน (เดิม 80×80 cm และพอกเป็น 105×105) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-45 จะทำให้การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา(RD) เท่ากับ 35.88 cm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้ ($180/500 = 0.36$ m. หรือ 36 cm.) โดยใช้คอนกรีตในการพอกรวมเท่ากับ $1,655 \text{ m}^3$
3. เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+)) พบว่าความหนาที่ต้องพอกเพิ่มให้กับ Shear Wall เท่ากับ 7 cm (เดิม หนา 28 cm และพอกจนมีความหนาเป็น 35 cm) ในทุกๆ ทิศทาง ตั้งแต่ชั้นที่ 1-45 และการพอกที่ เสา (Column) นั้น จะพอกเพิ่มเท่ากับ 7.5 cm ทั้ง 2 แกน (เดิม 80×80 cm และพอกเป็น $87.5 \text{ cm} \times 87.5 \text{ cm}$) จะทำให้การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) เท่ากับ 35.945 cm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้ ($180/500 = 0.36$ m หรือ 36 cm) โดยใช้คอนกรีตในการพอกรวมเท่ากับ $1,127 \text{ m}^3$ ซึ่งจะเป็นวิธีการพอกที่ใช้ปริมาณ OC น้อยที่สุด

5.6.2 ผลของ RD เมื่อพอกด้วยคอนกรีตทั่วไปของอาคาร B

จากการปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการพอกของอาคาร B ดังสรุปใน ตารางที่ 5.11 เป็นดังนี้

1. เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+)) พบว่าความหนาที่ต้องพอกเพิ่มเท่ากับ 75 cm. (เดิม หนา 50 cm และพอกจนมีความหนาเป็น 125 cm) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-42 จึงจะทำให้การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) เท่ากับ 25.22 cm. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้

($126.55/500 = 0.253$ m. หรือ 25.3 cm) โดยใช้คอนกรีตในการพอกรวมเท่ากับ $10,852 \text{ m}^3$ ซึ่งจะเป็นวิธีการพอกที่ใช้ปริมาณ OC น้อยที่สุด

2. เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SWCO+)) พบว่าความหนาที่ต้องพอกเพิ่มเท่ากับ 70 cm. (เดิม หนา 50 cm และพอกจนมีความหนาเป็น 120 cm) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-42 และการพอกที่ เสา (Column) นั้น จะพอกเพิ่มเท่ากับ 140 cm จึงจะทำให้การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) เท่ากับ 25.22 cm. อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้ ($126.55/500 = 0.253$ m. หรือ 25.3 cm) โดยใช้คอนกรีตในการพอกรวมเท่ากับ $11,779 \text{ m}^3$

5.7 ผลการประเมิน D/C เนื่องจากแรงลมหลังการปรับปรุงโครงสร้างอาคารตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้จะแสดงผล D/C เฉพาะวิธีการปรับปรุงโครงสร้าง โดยการประยุกต์ใช้ HMC ที่ใช้ปริมาณเชิงความสูงน้อยที่สุด (Minimum HMC Height Ratio) นั่นคือกรณีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนล่างของอาคาร (Lower Portion) รวมถึงวิธีการพอกที่ใช้ปริมาณ OC ที่น้อยที่สุดที่ทำให้การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้ ($RD/d < 1.0$)

5.7.1 ผลการประเมิน D/C ของ อาคาร A และ B หลังการปรับปรุงโครงสร้าง

5.7.1.1 กรณีอาคาร A

ตารางที่ 5.12 แสดงผลของ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-8 (32 เมตร) สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 5.13 แสดงผลของ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall ตั้งแต่ชั้นที่ 1-5 (20 เมตร) สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 5.14 แสดงผลของ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-4 (16 เมตร) สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 5.15 แสดงผลของ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Column (OC(CO+)) สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 5.16 แสดงผลของ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+)) สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 5.17 แสดงผลของ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column สำหรับอาคาร A

5.7.1.2 กรณีอาคาร B

ตารางที่ 5.18 แสดงผลของ D/C ของ Column เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-23 (68.7 m) สำหรับอาคาร B

ตารางที่ 5.19 แสดงผลของ D/C ของ Column เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+)) สำหรับอาคาร B

ตารางที่ 5.20 แสดงผลของ D/C ของ Column เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+)) สำหรับอาคาร B

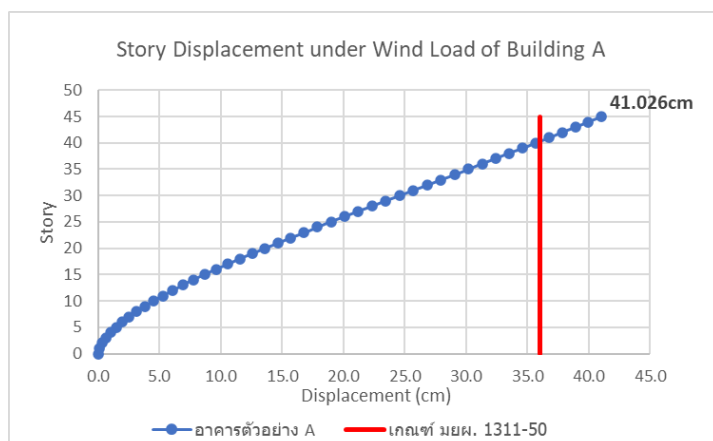
5.7.1.3 สรุปผลของ D/C ของ กรณี อาคาร A และ B

ตารางที่ 5.21 ถึง ตารางที่ 5.22 และ ตารางที่ 5.23 ถึง 5.24 แสดงการสรุปผล ของ D/C ของ Column และ Shear Wall กรณีก่อนปรับปรุงอาคาร กรณีประยุกต์ใช้ HMC และ กรณีการพอก OC สำหรับ อาคาร A และ อาคาร B ตามลำดับ

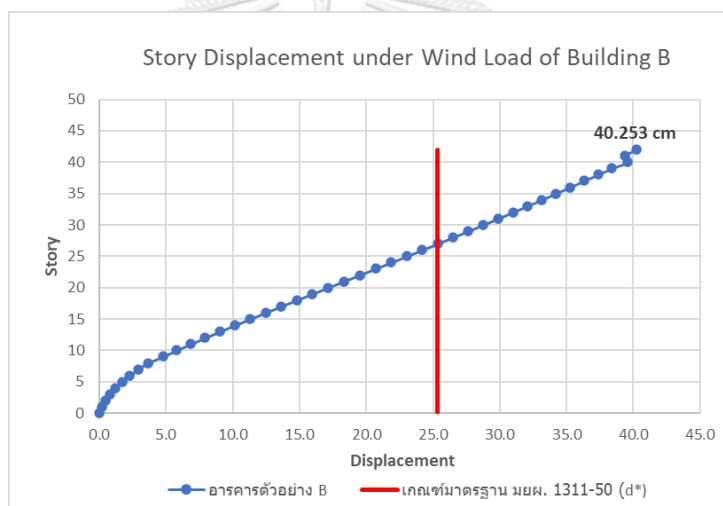
5.7.2 การอภิปรายผลของ D/C หลังการปรับปรุงโครงสร้างอาคาร

เมื่อได้ปรับปรุงโครงสร้างอาคาร ที่ Shear Wall หรือ Column ด้วยการประยุกต์ใช้ HMC หรือ การพอก OC อย่างใดอย่างหนึ่งนั้นจะพบว่า เมื่อปรับปรุงโครงสร้างอย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว จะส่งผลให้ D/C ของทั้ง 2 ลดลงจนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ($D/C < 1.0$) ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะการที่ปรับปรุงโครงสร้างอาคารอย่างใดอย่างหนึ่ง จะทำให้ Stiffness ขององค์อาคารที่ได้รับการปรับปรุง (Improved members) เพิ่มขึ้น และส่งผลให้สัดส่วนของการรับแรงมากขึ้นตามสัดส่วนของการเพิ่มขึ้นของ Stiffness พร้อมๆกับ การเพิ่มขึ้นของ Capacity ขององค์อาคาร ด้วยสัดส่วนที่มากกว่า จึงมีผลให้ D/C ขององค์อาคารที่ได้รับการปรับปรุง (Improved members) ลดลง ในขณะเดียวกันก็จะส่งผลให้องค์อาคารที่ไม่ได้ปรับปรุง (Unimproved Member) รับแรงน้อยลงตามสัดส่วนของ Stiffness ที่เพิ่มขึ้นจากองค์อาคารที่ได้รับการปรับปรุง (Improved members) จึงส่งผลให้ D/C ลดลงเช่นกัน ด้วยเหตุนี้การปรับปรุงองค์อาคาร ไม่ว่าจะเป็น Shear Wall หรือ Column ก็ส่งผลให้ D/C ทั้ง Shear Wall และ Column ลดลงด้วยประการฉะนี้

จากการปรับปรุงโครงสร้างโดยการประยุกต์ใช้ HMC และ การพอกด้วย OC ทำให้เห็นความสัมพันธ์อย่างหนึ่งว่า หากควบคุมการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคาของอาคาร (RD) ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ก็จะสามารถควบคุมให้ D/C อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้เช่นเดียวกัน



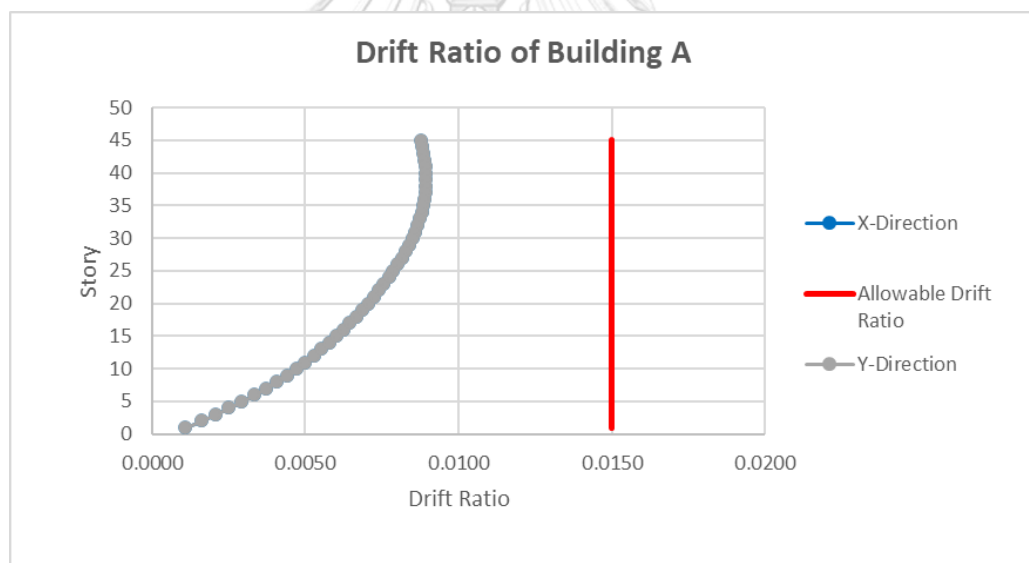
รูปที่ 5.1 การเคลื่อนตัวด้านข้างภายใต้แรงลม ของอาคาร A



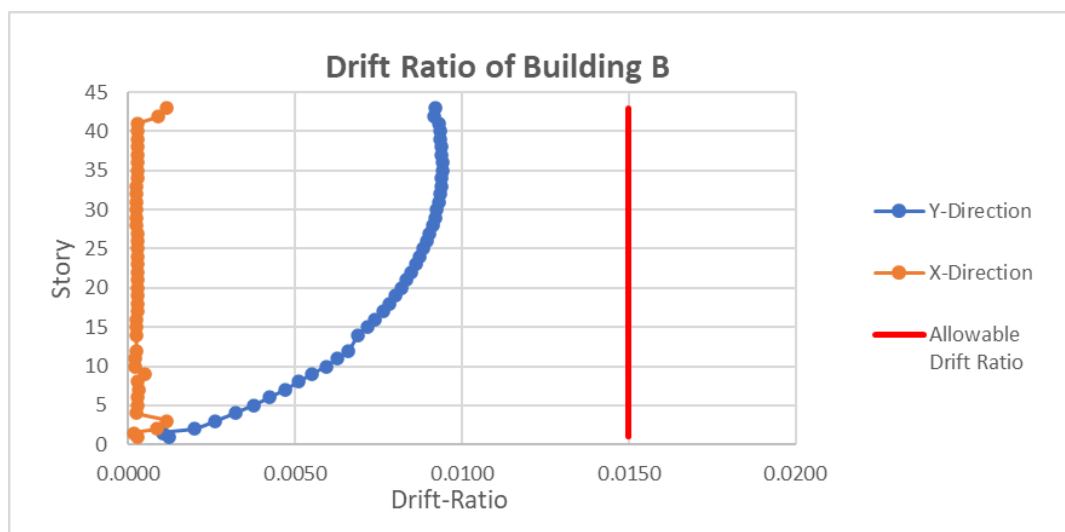
รูปที่ 5.2 การเคลื่อนตัวด้านข้างภายใต้แรงลม ของอาคาร B



รูปที่ 5.3 สัดส่วนการเคลื่อนตัวด้านข้าง (Displacement Ratio) เนื่องจากแรงลม
ของอาคาร A และ B



รูปที่ 5.4 Story Drift Ratio ของอาคาร A ภายใต้แรงแผ่นดินไหว



รูปที่ 5.5 Story Drift Ratio ของอาคาร B ภายใต้แรงแผ่นดินไหว



ตารางที่ 5.1 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall ก่อนปรับปรุง ที่ด้อยกว่ามาตรฐาน
สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 5.1-1 D/C ของ Column และ Shear Wall ก่อนปรับปรุง ที่ด้อยกว่ามาตรฐาน
สำหรับอาคาร A (ชั้น 1-4)

DC	D/C	GRD	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							

DC	D/C	GRD	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							

DC	D/C	GRD	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							

DC	D/C	GRD	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQM(U3)							

Floor 1	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	7	1 (SW1)
Eql	0	0

Floor 2	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	5	1 (SW1)
Eql	0	0

Floor 3	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	5	1 (SW1)
Eql	0	0

Floor 4	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	5	1 (SW1)
Eql	0	0

หมายเหตุ : (1) แสดง D/C เฉพาะเสา (CO) และ Shear Wall (SW) ที่ มากกว่า 1.0 เท่านั้น

หมายเหตุ : แสดง D/C เฉพาะเสา (CO) และ Shear Wall (SW) ที่ มากกว่า 1.0 เท่านั้น

ตารางที่ 5.1-3 D/C ของ Column และ Shear Wall ก่อนปรับปรุง ที่ด้อยกว่ามาตรฐาน
สำหรับอาคาร A (ชั้น 9-10)

OC	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
9	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

OC	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
10	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 9	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.41	0.39
Wind	2	1 (SW1)	1.11	1.32
Eqk	0	0	0.44	0.53

Floor 10	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.37	0.39
Wind	1	1 (SW1)	1.169	1.15
Eqk	0	0	0.47	0.35

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุกทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม

EQK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

หมายเหตุ : แสดง D/C เฉพาะเสา (CO) และ Shear Wall (SW) ที่ มากกว่า 1.0 เท่านั้น

ตารางที่ 5.2-2 D/C ของ Column ก่อนปรับปรุง สำหรับอาคาร B (ชั้น 9-16)

FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
9	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
10	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
11	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
12	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
13	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
14	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
15	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
16	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
16	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
16	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
16	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							
16	Grav (U3)																							
	Grav (U4)																							
	Grav (U5)																							
	Grav (U6)																							
FLOOR	D/C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																							
	Grav (U1)																							
	Grav (U2)																							

ตารางที่ 5.2-3 D/C ของ Column ก่อนปรับปรุง ที่ด้อยกว่ามาตรฐาน สำหรับอาคาร B (ชั้น 17-21)

FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																								C52	
	Grav (U1)	B																							0.521	
	WL (U2)																								1.178	
	EOK (U3)																								0.589	
17	Label	C																								
	Grav (U1)																									
	WL (U2)																									
	EOK (U3)																									
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																								C52	
	Grav (U1)	B																							0.525	
	WL (U2)																								1.111	
	EOK (U3)																								0.556	
18	Label	C																								
	Grav (U1)																									
	WL (U2)																									
	EOK (U3)																									
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																								C52	
	Grav (U1)	B																							0.519	
	WL (U2)																								1.185	
	EOK (U3)																								0.593	
19	Label	C																								
	Grav (U1)																									
	WL (U2)																									
	EOK (U3)																									
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																								C52	
	Grav (U1)	B																							0.512	
	WL (U2)																								1.114	
	EOK (U3)																								0.557	
20	Label	C																								
	Grav (U1)																									
	WL (U2)																									
	EOK (U3)																									
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																								C52	
	Grav (U1)	B																							0.511	
	WL (U2)																								1.04	
	EOK (U3)																								0.520	
21	Label	C																								
	Grav (U1)																									
	WL (U2)																									
	EOK (U3)																									
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																								C52	
	Grav (U1)	B																							0.511	
	WL (U2)																								1.04	
	EOK (U3)																								0.520	
21	Label	C																								
	Grav (U1)																									
	WL (U2)																									
	EOK (U3)																									

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากฎแรงกดจากน้ำหนักบรรทุกทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากฎแรงจากผลของแรงลม EOK = พิจารณากฎแรงจากแผ่นดินไหว

หมายเหตุ : แสดง D/C เฉพาะเสา (CO) ที่ มากกว่า 1.0 เท่านั้น

ตารางที่ 5.2-5 D/C ของ Shear Wall ก่อนปรับปรุง ที่ต้อยกว่ามาตรฐาน สำหรับอาคาร B (ชั้น 9-16)

9	FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16													Failure SW	Max D/C
	Label	Grav (U1)	B													SW2													0.541	
	Grav (U1)	WAL(U2)														1.56													SW2-4	1.5
	EQN(U3)															0.556													Eqk	0.576
	Label	Grav (U1)	C													SW3	SW4													
10	FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16													Failure SW	Max D/C
	Label	Grav (U1)	B													SW2													0.548	
	Grav (U1)	WAL(U2)														1.43													SW2-4	2.84
	EQN(U3)															0.572													Eqk	0.852
	Label	Grav (U1)	C													SW3	SW4													
11	FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16													Failure SW	Max D/C
	Label	Grav (U1)	B													SW2													0.562	
	Grav (U1)	WAL(U2)														0.643													SW2-4	0.562
	EQN(U3)															0.52													Eqk	0.976
	Label	Grav (U1)	C													SW3	SW4													
12	FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16													Failure SW	Max D/C
	Label	Grav (U1)	B													SW2													0.535	
	Grav (U1)	WAL(U2)														0.855													SW2-4	0.535
	EQN(U3)															0.54													Eqk	0.69
	Label	Grav (U1)	C													SW3	SW4													
13	FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16													Failure SW	Max D/C
	Label	Grav (U1)	B													SW2													0.581	
	Grav (U1)	WAL(U2)														0.513													SW2-4	2.13
	EQN(U3)															0.482													Eqk	0.639
	Label	Grav (U1)	C													SW3	SW4													
14	FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16													Failure SW	Max D/C
	Label	Grav (U1)	B													SW2													0.578	
	Grav (U1)	WAL(U2)														0.841													SW2-4	0.578
	EQN(U3)															1.81													Eqk	0.534
	Label	Grav (U1)	C													SW3	SW4													
15	FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16													Failure SW	Max D/C
	Label	Grav (U1)	B													SW2													0.581	
	Grav (U1)	WAL(U2)														0.935													SW2-4	1.43
	EQN(U3)															0.459													Eqk	0.429
	Label	Grav (U1)	C													SW3	SW4													
16	FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16													Failure SW	Max D/C
	Label	Grav (U1)	B													SW2													0.512	
	Grav (U1)	WAL(U2)														1.26													SW2-4	0.512
	EQN(U3)															0.429													Eqk	0.429
	Label	Grav (U1)	C													SW3	SW4													

หมายเหตุ : แสดง D/C เฉพาะ Shear Wall (SW) ที่มากกว่า 1.0 เท่านั้น

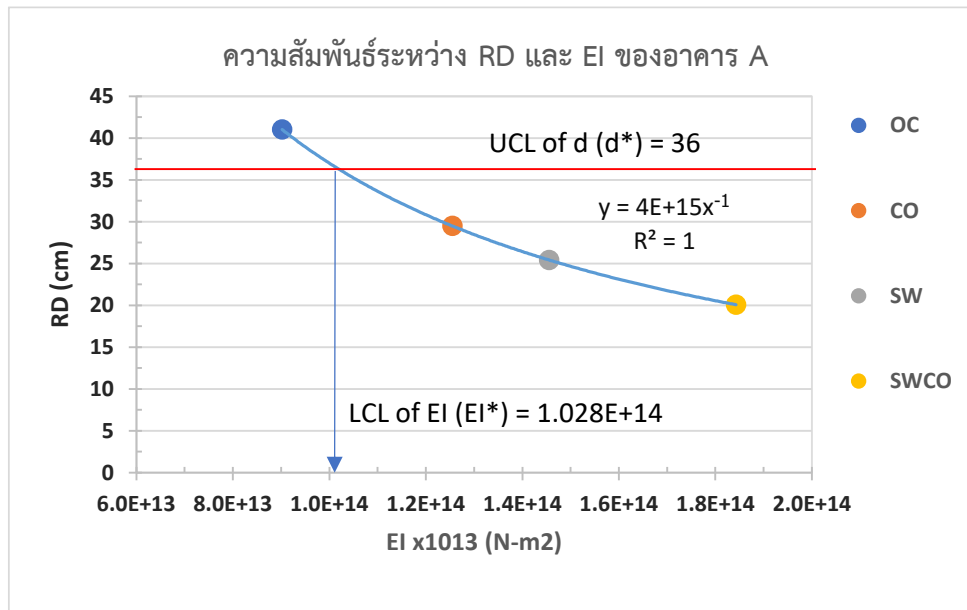
ตารางที่ 5.3 ผลการคำนวณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) และ Flexural Rigidity (EI)

ตารางที่ 5.3-1 ผลการคำนวณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) และ Flexural Rigidity (EI) ที่ได้จาก ETABS และ RDE ตามลำดับ ของอาคาร A และ B

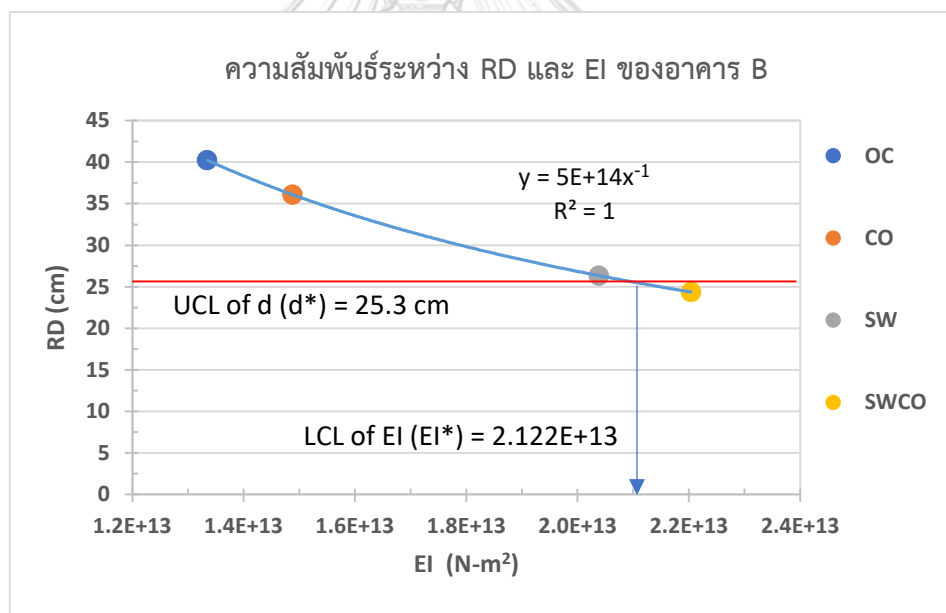
Building	Descriptions of case (j) j = 1, 2, 3, 4	Input variables										Calculated results by	
		W (kN/m)	H (m)	Shear Walls (SW)			Columns (CO)				ETABS	BEQ	
				Story	H1 (m)	E (GPa)	T (m)	Story	H2 (m)	E (GPa)			width x Length (m x m)
A	(1) OC	384.6	180	1-45	180	27.54	0.28	1-45	180	27.54	0.8x0.8	41.026	9.021
	(2) HMC applied to CO					27.54				64		29.487	12.551
	(3) HMC applied to SW					64				27.54		25.427	14.555
	(4) HMC applied to SW and CO					64				64		20.084	18.427
B	(1) OC	228.4	126.55	1-42	126.55	27.54	0.5	1-10	29.7	27.54	0.35x2; 0.35x2.4	40.253	1.334
	(2) HMC applied to CO					27.54		11-42	96.85	64	0.35x1.5; 0.351.7	36.087	1.488
	(3) HMC applied to SW					64				27.54		26.348	2.038
	(4) HMC applied to SW and CO					64				64		24.364	2.204

Remarks H1, H2 = Element Height of shear wall and column, respectively; E = Modulus of Elasticity of concrete applied; T = Thickness.

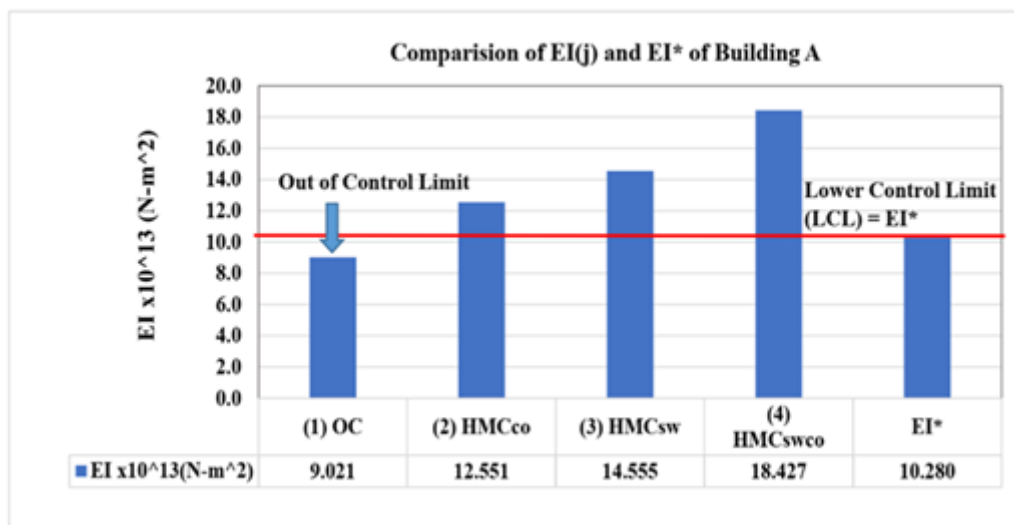
$$RD(j), EI(j) = \text{Roof Displacement and Flexural Rigidity of Description (j), respectively; } BEQ \text{ (Basic Equation); } EI(j) = \frac{11WH^4}{120RD(j)}$$



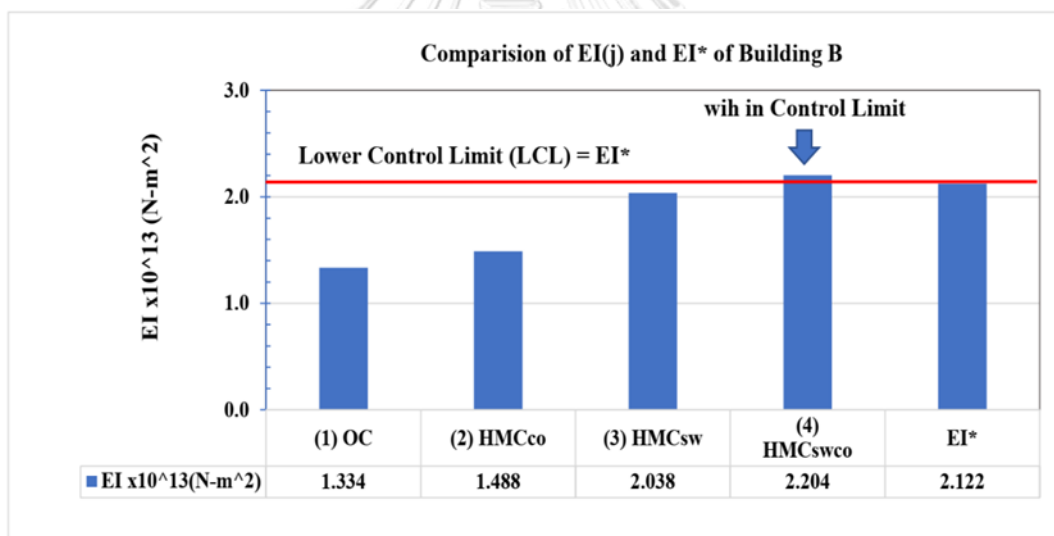
รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง RD และ EI ของอาคาร A



รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง RD และ EI ของอาคาร B



รูปที่ 5.8 การเปรียบเทียบค่าของ EI และ EI* สำหรับอาคาร A



รูปที่ 5.9 การเปรียบเทียบค่าของ EI และ EI* สำหรับอาคาร B

ตารางที่ 5.4 ผลการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และหรือ CO ที่ตอนล่าง (L1) ขณะที่ประยุกต์ใช้ OC ที่ตอนกลาง (L2) และบน (L3) ที่เมื่อ Roof Displacement (RD) และ RD-Ratio (RD/d*) สำหรับ อาคาร A

Description	Lower Portion (L1)				Middle Portion (L2)				Upper Portion (L3)				RD (cm)				RD/d*		REMARK
	EI ₁ (N-m ³)	Story	Height	Height Ratio	EI ₂ (N-m ²)	Story	Height	Height Ratio	EI ₃ (N-m ²)	Story	Height	Height Ratio	ETABS	RDE	% Diff	ETABS	RDE		
HMC _{SWCO} @ L1	1.8427E+14	1-45	180.00	1.00			0.00	0.00			0.00	0.00	20.084	20.085	0.01%	0.558	0.558		
		1-30	120.00	0.67			30.00	0.17			30.00	0.17	21.027	20.396	-3.00%	0.584	0.567		
		1-25	100.00	0.56			40.00	0.22			40.00	0.22	21.779	21.041	-3.39%	0.605	0.584		
		1-20	80.00	0.44			50.00	0.28			50.00	0.28	23.157	22.350	-3.48%	0.643	0.621		
		1-10	40.00	0.22			70.00	0.39			70.00	0.39	29.000	28.267	-2.53%	0.806	0.785		
		1-4	16.00	0.09			82.00	0.46			82.00	0.46	34.978	34.906	-0.21%	0.972	0.970	1* Applicable	
HMC _{SW} @ L1	1.4550E+14	1-3-22	12.96	0.07			83.52	0.46			83.52	0.46		35.998	-	-	0.9999	2* Ideal	
		-	0.00	0.00			90.00	0.50			90.00	0.50	41.026	41.026	0.00%	1.13961	1.140		
		1-45	180.00	1.00			0.00	0.00			0.00	0.00	25.427	25.427	0.00%	0.706	0.706		
		1-30	120.00	0.67			30.00	0.17			30.00	0.17	25.794	25.656	-0.53%	0.716	0.713		
		1-25	100.00	0.56			40.00	0.22			40.00	0.22	26.315	26.132	-0.70%	0.731	0.726		
		1-20	80.00	0.44			50.00	0.28			50.00	0.28	27.350	27.101	-0.91%	0.760	0.753		
HMC _{CO} @ L1	1.2551E+14	1-10	40.00	0.22			70.00	0.39			70.00	0.39	31.957	31.496	-1.44%	0.888	0.875		
		1-5	20.00	0.11			80.00	0.44			80.00	0.44	35.923	35.473	-1.25%	0.998	0.985	1* Applicable	
		1-4.5	18.00	0.10			81.00	0.45			81.00	0.45	-	35.998	-	-	0.9999	2* Ideal	
		-	0.00	0.00			90.00	0.50			90.00	0.50	41.026	41.026	0.00%	1.140	1.140		
		1-45	180.00	1.00			0.00	0.00			0.00	0.00	29.487	29.487	0.00%	0.819	0.819		
		1-30	120.00	0.67			30.00	0.17			30.00	0.17	30.766	29.654	-3.61%	0.855	0.824		
HMC _{CO} @ L1	1.2551E+14	1-25	100.00	0.56			40.00	0.22			40.00	0.22	31.484	30.001	-4.71%	0.875	0.833		
		1-20	80.00	0.44			50.00	0.28			50.00	0.28	32.210	30.711	-4.65%	0.895	0.853		
		1-10	40.00	0.22			70.00	0.39			70.00	0.39	35.135	33.950	-3.37%	0.976	0.943		
		1-8	32.00	0.18			74.00	0.41			74.00	0.41	35.981	35.001	-2.72%	0.999	0.972	1* Applicable	
		1-7	28.00	0.16			76.00	0.42			76.00	0.42	36.501	35.588	-2.50%	1.014	0.989		
		1-6.3	25.20	0.14			77.40	0.43			77.40	0.43	-	35.998	-	-	0.9999	2* Ideal	

หมายเหตุ (1) Applicable solution (ผลลัพธ์ที่สามารถปฏิบัติจริง) หมายถึง ความสูงน้อยสุดที่สามารถประยุกต์ใช้ HMC สมมุติกับระดับชั้นของอาคาร
(2) Ideal solution (ผลลัพธ์อุดมคติ) หมายถึง ความสูงน้อยสุดที่สามารถประยุกต์ใช้ HMC อาจไม่สมมุติกับระดับชั้นของอาคาร

ตารางที่ 5.5 ผลจากการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ หรือ CO ที่ตอนกลาง (L2) ขณะที่ใช้ประยุกต์ใช้ OC ที่ตอนล่าง (L1) และบน (L3) ที่มีต่อ Roof Displacement (RD) และ RD-Ratio (RD/d*) สำหรับ อาคาร A

Description	Lower Portion (L1)			Middle Portion (L2)			Upper Portion (L3)			RD (cm)			RD/d*		REMARK
	EI ₁ (N-m ²)	Story	Height	Height Ratio	EI ₂ (N-m ²)	Story	Height	Height Ratio	ETABS	RDE	% Diff	ETABS	RDE		
HMC _{SWCO} @ L2			0.00	0.00		1-45	180.00	1.00	0.00	20.084	20.085	0.007%	0.558	0.558	
			8.00	0.04		4-44	164.00	0.91	0.04	23.851	23.548	-1.271%	0.663	0.654	
			20.00	0.11		9-43	140.00	0.78	0.04	27.988	27.948	-0.142%	0.777	0.776	
			36.00	0.20	1.84E+14	10-36	108.00	0.60	0.20	32.987	32.478	-1.542%	0.916	0.902	
			52.00	0.29		14-32	76.00	0.42	0.29	35.900	35.760	-0.390%	0.997	0.993	1* Applicable
			53.37	0.30		13-31.32	73.26	0.41	0.30	-	35.995	-	-	0.999	2* Ideal
			68.00	0.38		18-28	44.00	0.24	0.38	38.486	38.185	-0.781%	1.069	1.061	
			76.00	0.42		20-26	28.00	0.16	0.42	39.410	39.220	-0.482%	1.095	1.089	
			90.00	0.50		-	0.00	0.00	0.50	41.026	41.026	-0.001%	1.140	1.140	
			0.00	0.00		1-45	180.00	1.00	0.00	0.00	25.427	25.427	0.001%	0.706	0.706
HMC _{SW} @ L2			8.00	0.04		4-44	164.00	0.91	0.04	28.544	28.143	-1.403%	0.793	0.782	
			20.00	0.11		9-43	140.00	0.78	0.11	31.560	31.555	-0.015%	0.877	0.877	
			36.00	0.20		10-36	108.00	0.60	0.20	35.010	34.977	-0.094%	0.973	0.972	
			40.00	0.22	1.4550E+14	11-35	100.00	0.56	0.22	35.930	35.656	-0.762%	0.998	0.990	1* Applicable
			42.18	0.23		11-34.13	95.65	0.53	0.23	-	35.999	-	-	0.99999	2* Ideal
			68.00	0.38		18-28	44.00	0.24	0.38	39.213	39.022	-0.488%	1.089	1.084	
			76.00	0.42		20-26	28.00	0.16	0.42	39.839	39.729	-0.276%	1.107	1.104	
			90.00	0.50		-	0.00	0.00	0.50	41.026	41.026	-0.001%	1.140	1.140	
			0.00	0.00		1-45	180.00	1.00	0.00	29.498	29.487	-0.036%	0.819	0.819	
			8.00	0.04		4-44	164.00	0.91	0.04	31.963	31.636	-1.023%	0.888	0.879	
HMC _{CO} @ L2			20.00	0.11		9-43	140.00	0.78	0.11	34.495	34.296	-0.576%	0.958	0.953	
			28.00	0.16	1.2551E+14	8-38	124.00	0.69	0.16	35.950	35.715	-0.654%	0.999	0.992	1* Applicable
			29.82	0.17		8-37.1	120.37	0.67	0.17	-	36.000	-	-	1.000	2* Ideal
			36.00	0.20		10-36	108.00	0.60	0.20	36.985	36.876	-0.294%	1.027	1.024	
			68.00	0.38		18-28	44.00	0.24	0.38	39.867	39.657	-0.526%	1.107	1.102	
			76.00	0.42		20-26	28.00	0.16	0.42	40.236	40.116	-0.299%	1.118	1.114	
		90.00	0.50		-	0.00	0.00	0.50	41.026	41.026	-0.001%	1.140	1.140		

ตารางที่ 5.6 ผลจากการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ หรือ CO ที่ตอนบน (L3) ขณะที่ใช้ประยุกต์ใช้ OC ที่ตอนล่าง (L1) และกลาง (L2) ที่มั่ว Roof Displacement (RD) และ RD-Ratio (RD/d*) สำหรับ อาคาร A

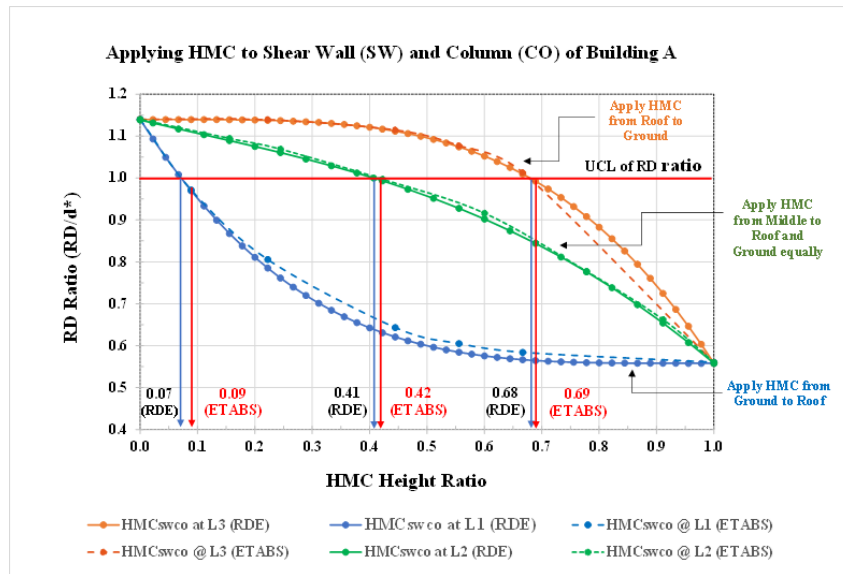
Description	Lower Portion (L1)			Middle Portion (L2)			Upper Portion (L3)			RD (cm)			RD/d*		REMARK		
	EI ₁ (N-m ³)	Story	Height	Height Ratio	EI ₂ (N-m ²)	Story	Height	Height Ratio	ETABS	RDE	% Diff	ETABS	RDE				
HMC _{SWCO} @ L3			0.00	0.00			0.00	0.00	1.8427E+14	1-45	180.00	20.084	20.085	0.558	1* Applicable 2* Ideal		
			28.00	0.16			28.80	0.16		15-45	124.00	35.733	-0.28%	0.993			
			28.80	0.16			30.00	0.17		15.4-45	122.40	0.68	35.986	-		0.9996	
			30.00	0.17			40.00	0.22		16-45	120.00	0.67	36.472	36.348		-0.34%	1.013
			40.00	0.22			50.00	0.28		21-45	100.00	0.56	38.783	38.683		-0.26%	1.077
			50.00	0.28			70.00	0.39		26-45	80.00	0.44	40.130	40.030		-0.25%	1.115
			70.00	0.39			90.00	0.50		36-45	40.00	0.22	41.016	40.959		-0.14%	1.139
			90.00	0.50			0.00	0.00		-	0.00	0.00	41.026	41.026		0.00%	1.140
			0.00	0.00			0.00	0.00		1-45	180.00	25.427	25.427	0.00%		0.706	
			22.00	0.12			22.00	0.12		12-45	136.00	0.76	35.571	35.429		-0.40%	0.988
HMC _{SW} @ L3	9.021E+13	-	23.93	0.13	9.021E+13	-	23.93	0.13	1.4550E+14	12.8-45	132.15	0.73	35.998	-	1* Applicable 2* Ideal		
			30.00	0.17			30.00	0.17		16-45	120.00	0.67	37.721	37.520		-0.53%	1.048
			40.00	0.22			40.00	0.22		21-45	100.00	0.56	39.367	39.267		-0.25%	1.094
			50.00	0.28			50.00	0.28		26-45	80.00	0.44	40.377	40.277		-0.25%	1.122
			70.00	0.39			70.00	0.39		36-45	40.00	0.22	41.026	40.975		-0.12%	1.140
			90.00	0.50			90.00	0.50		45-45	0.00	0.00	41.046	41.026		-0.05%	1.140
			0.00	0.00			0.00	0.00		1-45	180.00	1.00	29.487	29.487		0.00%	0.819
			18.00	0.10			18.00	0.10		10-45	144.00	0.80	35.910	35.883		-0.08%	0.997
			19.80	0.11			19.80	0.11		140.40	0.78	-	35.998	-		0.9999	
			30.00	0.17			30.00	0.17		16-45	120.00	0.67	38.611	38.411		-0.52%	1.073
HMC _{CO} @ L3			40.00	0.22	1.2551E+14		40.00	0.22	21-45	100.00	0.56	39.911	39.711	-0.50%	1.103		
			50.00	0.28			50.00	0.28	26-45	80.00	0.44	40.565	40.465	-0.25%	1.124		
			70.00	0.39			70.00	0.39	36-45	40.00	0.22	41.036	40.988	-0.12%	1.140		
			90.00	0.50			90.00	0.50	-	0.00	0.00	41.026	41.026	0.00%	1.140		
			0.00	0.00			0.00	0.00	1-45	180.00	29.487	29.487	0.00%	0.819			
			18.00	0.10			18.00	0.10	10-45	144.00	0.80	35.910	35.883	-0.08%	0.997		
Remarks																	
1* An applicable solution, the minimum HMC Height applied is equivalent to story level																	
2* An Ideal solution , the minimum HMC Height may not be equivalent to story level																	
											Max	0.01%					
											Min	-4.71%					
											Average	-0.81%					
											SD	1.19%					

ตารางที่ 5.7 ผลจากการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ หรือ CO ที่ตอนล่าง (L1) ขณะที่ใช้ประยุกต์ใช้ OC ที่ตอนกลาง (L2) และบน (L3) ที่มีต่อ Roof

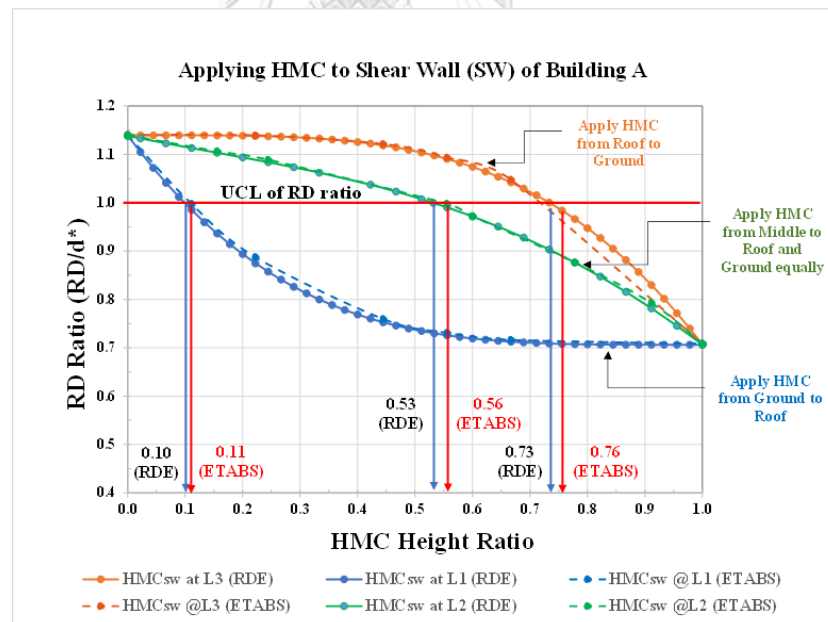
Displacement (RD) และ RD-Ratio (RD/d*) สำหรับ อาคาร B

Description	Lower Portion (L1)			Middle Portion (L2)			Upper Portion (L3)			RD (cm)			RD/d*		REMARK
	EI ₁ (N-m2)	Story	Height	Height Ratio	EI ₂ (N-m2)	Story	Height	Height Ratio	EI ₃ (N-m2)	Story	Height	Height Ratio	ETABS	RDE	
		1-45	126.55	1.00			0.00	0.00			0.00	0.00	24.364	24.365	
HMC _{swco} @ L1	2.20E+13	1-39	116.70	0.92	1.334E+13		4.93	0.04	1.334E+13		4.93	0.04	24.080	24.366	0.96
		1-29	86.70	0.69			19.93	0.16			19.93	0.16	24.698	24.552	0.98
		1-23	68.70	0.54			28.93	0.23			28.93	0.23	25.293	25.167	0.997
		1-22.22	66.35	0.52			30.10	0.24			30.10	0.24	-	25.300	1* Applicable 2* Ideal
		1-22	65.70	0.52			30.43	0.24			30.43	0.24	25.475	25.341	1.000
		1-19	56.70	0.45			34.93	0.28			34.93	0.28	26.107	26.029	1.0016
		1-10	29.70	0.23			48.43	0.38			48.43	0.38	30.950	30.180	1.03
HMC _{sw} @ L1	2.04E+13	-	0.00	0.00	1.334E+13		63.27	0.50	1.334E+13		63.27	0.50	40.253	40.247	1.22
		1-45	126.55	1.00			0.00	0.00			0.00	0.00	26.348	26.350	1.59
		1-39	116.70	0.92			4.93	0.04			4.93	0.04	25.580	26.351	1.04
		1-29	86.70	0.69			19.93	0.16			19.93	0.16	28.230	27.800	1.01
		1-19	56.70	0.45			34.93	0.28			34.93	0.28	31.944	31.426	1.02
		1-10	29.70	0.23			48.43	0.38			48.43	0.38	31.944	31.426	1.10
		-	0.00	0.00			63.27	0.50			63.27	0.50	40.253	40.247	1.24
HMC _{co} @ L1	1.49E+13	1-45	126.55	1.00	1.334E+13		0.00	0.00	1.334E+13		0.00	0.00	36.087	36.096	1.59
		1-39	116.70	0.92			4.93	0.04			4.93	0.04	36.850	36.097	1.43
		1-29	86.70	0.69			19.93	0.16			19.93	0.16	36.920	36.139	1.46
		1-19	56.70	0.45			34.93	0.28			34.93	0.28	37.210	36.494	1.43
		1-10	29.70	0.23			48.43	0.38			48.43	0.38	38.200	37.544	1.47
		-	0.00	0.00			63.27	0.50			63.27	0.50	40.253	40.247	1.51

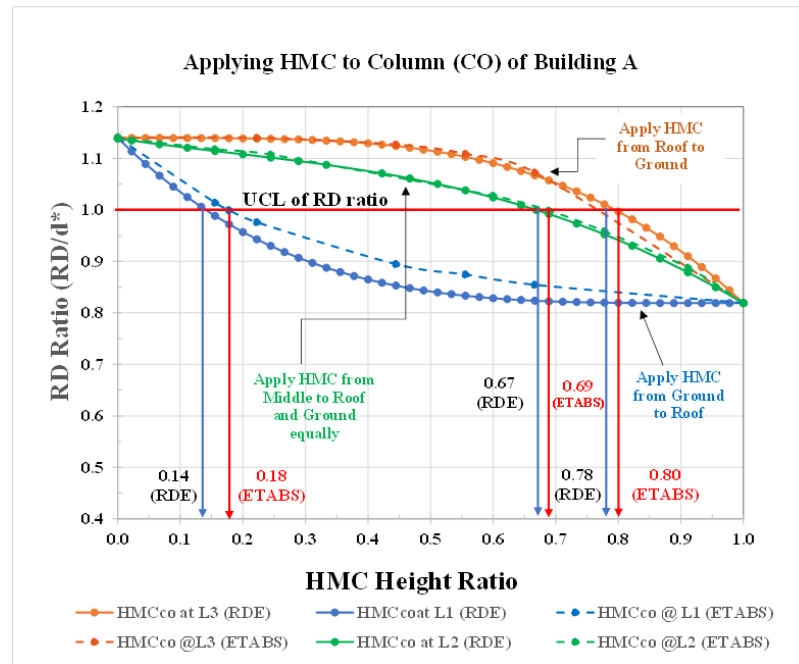
หมายเหตุ (1) Applicable solution (ผลลัพธ์ที่สามารถปฏิบัติจริง) หมายถึง ความสูงน้อยสุดที่สามารถประยุกต์ใช้ HMC สมมูลกับระดับชั้นของอาคาร
(2) Ideal solution (ผลลัพธ์อุดมคติ) หมายถึง ความสูงน้อยสุดที่สามารถประยุกต์ใช้ HMC อาจไม่สมมูลกับระดับชั้นของอาคาร



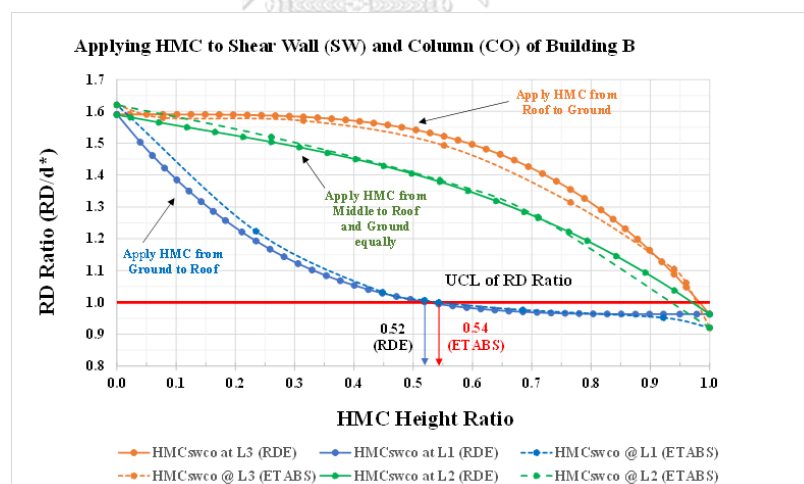
รูปที่ 5.10 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) และ Column (CO) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร A



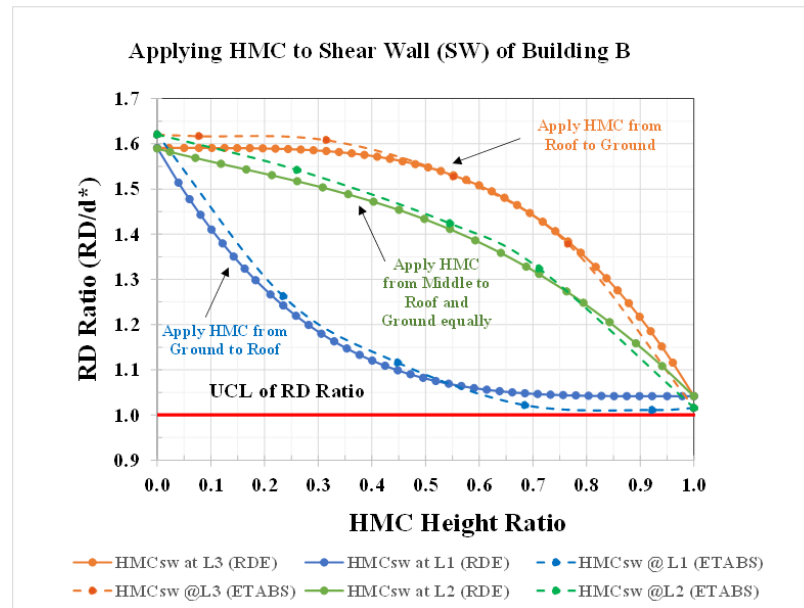
รูปที่ 5.11 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร A



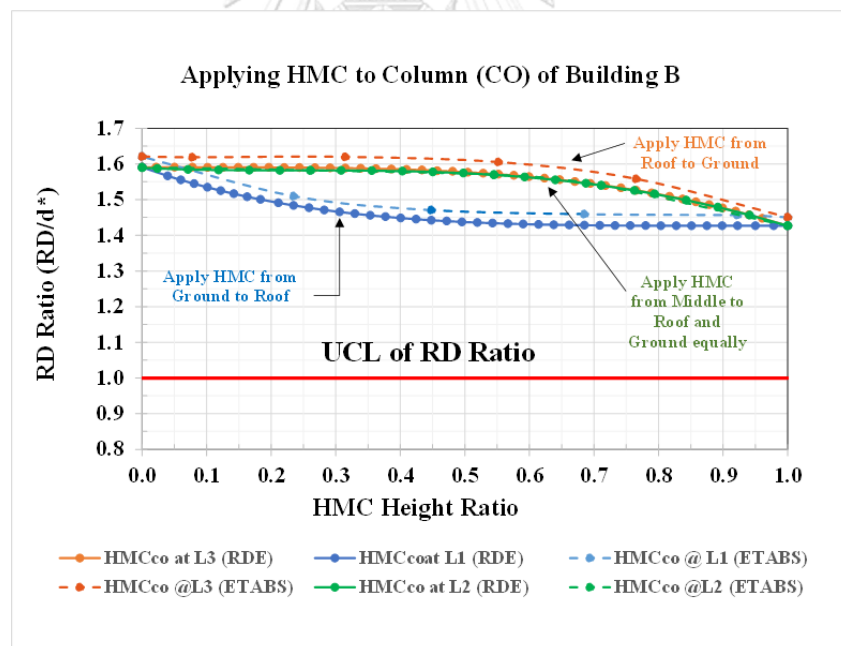
รูปที่ 5.12 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Column (CO) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และ ตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร A



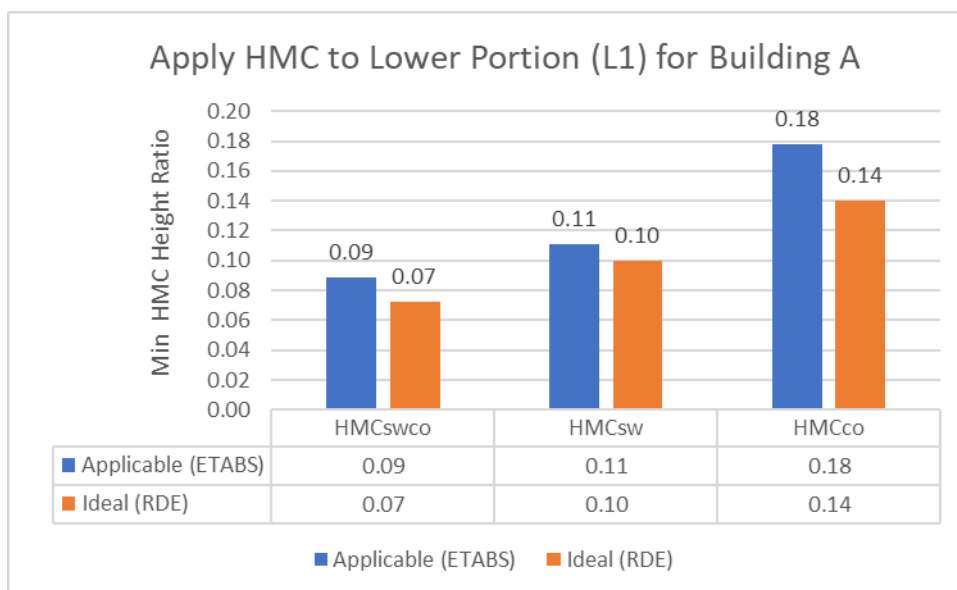
รูปที่ 5.13 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) และ Column (CO) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และ ตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร B



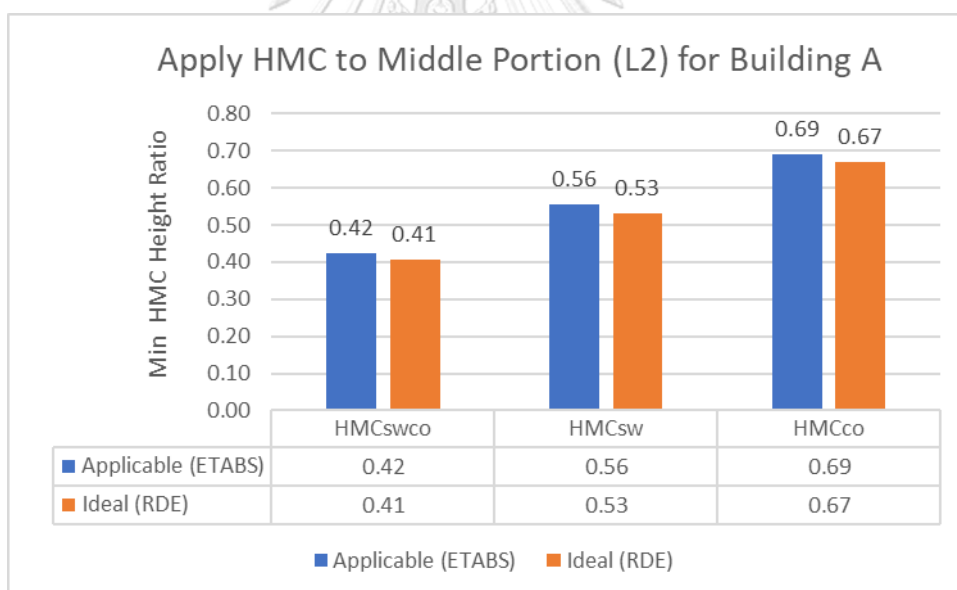
รูปที่ 5.14 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall (SW) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และ ตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร B



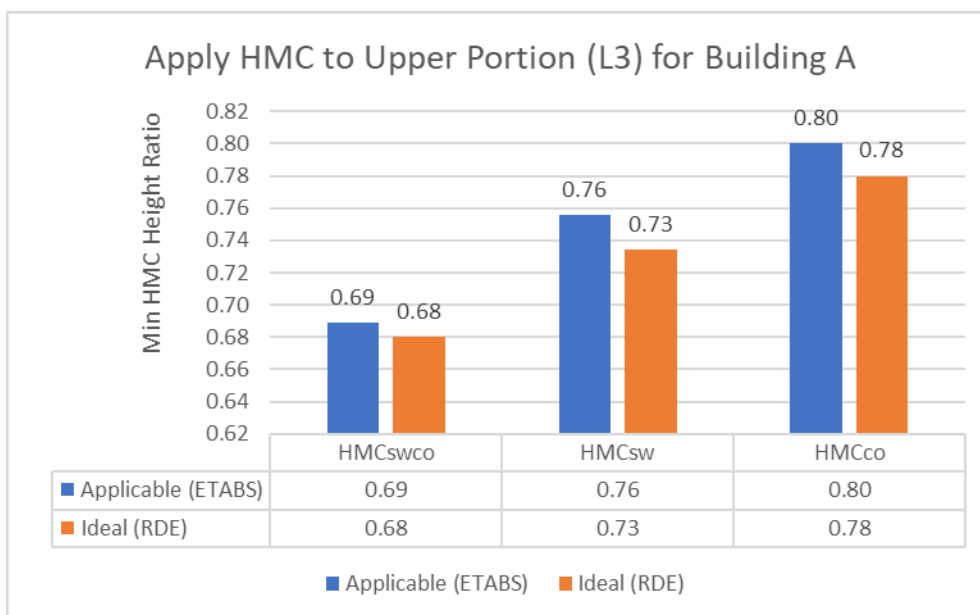
รูปที่ 5.15 ผลการประยุกต์ใช้ HMC กับ Column (CO) ที่ตอนล่าง (L_1) ตอนกลาง (L_2) และ ตอนบน (L_3) ที่มีผลต่อ RD ratio ซึ่งคำนวณจาก RDE และ ETABS สำหรับอาคาร B



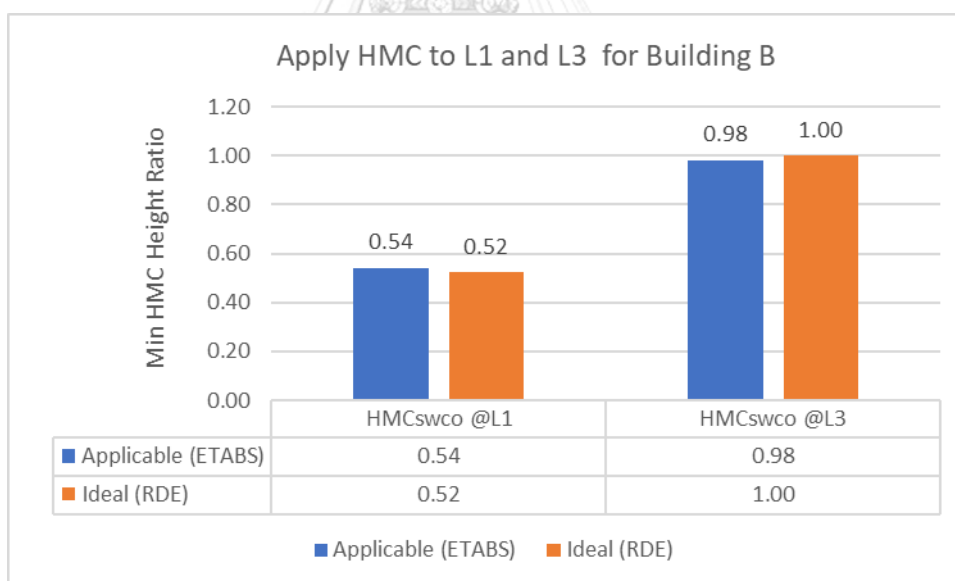
รูปที่ 5.16 เปรียบเทียบค่า Height- Ratio ที่คำนวณจาก RDE และ ETABS เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนล่าง (L_1) ของอาคาร A



รูปที่ 5.17 เปรียบเทียบค่า Height- Ratio ที่คำนวณจาก RDE และ ETABS เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนกลาง (L_2) ของอาคาร A



รูปที่ 5.18 เปรียบเทียบค่า Height- Ratio ที่คำนวณจาก RDE และ ETABS เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนบน (L_3) ของอาคาร A



รูปที่ 5.19 เปรียบเทียบค่า Height- Ratio ที่คำนวณจาก RDE และ ETABS เมื่อประยุกต์ใช้ HMC ที่ตอนล่าง (L_1) และตอนบน (L_3) ของอาคาร B

ตารางที่ 5.9 สรุปค่า%ความแตกต่างของการเคลื่อนตัวชั้นหลังคา (RD) ที่ได้จาก RDE เปรียบเทียบกับ ETABS ของอาคาร A อาคาร B และโดยรวม

รายการ	ความแตกต่างของ RD ที่ได้จาก RDE เปรียบเทียบกับ ETABS		
	อาคาร A	อาคาร B	โดยรวม
ค่าสูงสุด	0.01%	3.08%	3.08%
ค่าต่ำสุด	-4.71%	-2.49%	-4.71%
ค่าเฉลี่ย	-0.81%	-0.41%	-0.63%
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.19%	1.23%	1.22%

หมายเหตุ 1) เครื่องหมายลบ (-) หมายถึง ค่า RD ที่คำนวณได้จาก RDE มีค่าน้อยกว่า ETABS

ตารางที่ 5.10 สรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการพอก OC ที่ SW และ CO สำหรับอาคาร A

รายการ	หน่วย	อาคารเดิม (ก่อนปรับปรุง)	การพอก OC ที่ชั้นส่วน SW และ CO		
			OC(SW+)	OC(CO+)	OC(SWCO+)
(1) การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) (โดย ETABS)	ชม.	41.026	35.828	35.880	35.945
(1.1) อัตราส่วน RD/d*			0.995	0.997	0.998
(2) ความหนาของการพอกที่ Shear Walls (SW)	ชม.	-	9.00	-	7.00
(2.1) ลำดับชั้นที่พอก	ชั้น	-	ชั้นที่ 1-45	-	ชั้นที่ 1-45
(2.2) แกนของการพอก (x, y)	-	-	x และ y	-	x และ y
(3) ความหนาของการพอกที่ Columns (CO)	ชม.	-	-	25.00	7.50
(3.1) ลำดับชั้นที่พอก	Story	-	-	ชั้นที่ 1-45	ชั้นที่ 1-15
(3.2) แกนของการพอก (x, y)		-	-	x และ y	x และ y
(4) ปริมาตรของการพอก	ลบ.เมตร	-	1,254	1,665	1,127
(5) พื้นที่ใช้สอย (Usage Area)	ตร.เมตร	56,750	56,437	56,334	56,468
(6) พื้นที่ใช้สอยที่ลดลง (-)	ตร.เมตร	-	-313.47	-416.25	-281.75

ตารางที่ 5.11 สรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการพอก OC ที่ SW และ CO สำหรับอาคาร B

รายการ	หน่วย	อาคารเดิม (ก่อนปรับปรุง)	การพอก OC ที่ SW และ CO	
			OC(SW+)	OC(SWCO+)
(1) การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) (โดย ETABS)	ชม.	40.253	25.22	25.21
(1.1) อัตราส่วน RD/d*		1.591	0.997	0.996
(2) ความหนาของการพอกที่ Shear Walls (SW)	ชม.	-	75.00	70.00
(2.1) ลำดับชั้นที่พอก	ชั้น	-	ชั้นที่ 1-42	ชั้นที่ 1-42
(2.2) แกนของการพอก (x, y)	-	-	x และ y	x และ y
(3) ความหนาของการพอกที่ Columns (CO)	ชม.	-	-	1.40
(3.1) ลำดับชั้นที่พอก	Story	-	-	ชั้นที่ 1-20
(3.2) แกนของการพอก (x, y)		-	-	y
(4) ปริมาตรของการพอก	ลบ.เมตร	-	10,851.89	11,779.23
(5) พื้นที่ใช้สอย (Usage Area)	ตร.เมตร	70,667.91	67,076.17	66,765.70
(6) พื้นที่ใช้สอยที่ลดลง (-)	ตร.เมตร	0.00	-3,591.75	-3,902.21

ตารางที่ 5.12 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Column

ตารางที่ 5.12-1 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-8 (32 เมตร) สำหรับอาคาร A (ชั้น 1-4)

HMC _{co} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	C15						
	WL(U2)	0.301						
	EQK(U3)	0.360						
	Label							
	Grav (U1)	C14						
	WL(U2)	0.350						
	EQK(U3)	0.582						
	Label							
	Grav (U1)	C13						
	WL(U2)	0.321						
	EQK(U3)	0.741						
	Label							
	Grav (U1)	C12	C17	C18	C19			
	WL(U2)	0.318	0.310	0.347	0.301			
	EQK(U3)	0.770	0.739	0.577	0.360			
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)	0.308	0.296	0.231	0.144			
	EQK(U3)							

Floor 1	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	0	0
Eqk	0	0
	Column	SW
	0	0.350
	0	0.340
	0	0.770
	0	0.765
	0	0.308
	0	0.306

HMC _{co} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	C15						
	WL(U2)	0.301						
	EQK(U3)	0.360						
	Label							
	Grav (U1)	C14						
	WL(U2)	0.350						
	EQK(U3)	0.582						
	Label							
	Grav (U1)	C13						
	WL(U2)	0.321						
	EQK(U3)	0.741						
	Label							
	Grav (U1)	C12	C17	C18	C19			
	WL(U2)	0.318	0.310	0.347	0.301			
	EQK(U3)	0.770	0.739	0.577	0.360			
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)	0.308	0.296	0.231	0.144			
	EQK(U3)							

Floor 2	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	0	0
Eqk	0	0
	Column	SW
	0	0.341
	0	0.325
	0	0.708
	0	0.715
	0	0.283
	0	0.286

HMC _{co} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	C15						
	WL(U2)	0.301						
	EQK(U3)	0.360						
	Label							
	Grav (U1)	C14						
	WL(U2)	0.350						
	EQK(U3)	0.582						
	Label							
	Grav (U1)	C13						
	WL(U2)	0.321						
	EQK(U3)	0.741						
	Label							
	Grav (U1)	C12	C17	C18	C19			
	WL(U2)	0.318	0.310	0.347	0.301			
	EQK(U3)	0.770	0.739	0.577	0.360			
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)	0.308	0.296	0.231	0.144			
	EQK(U3)							

Floor 3	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	0	0
Eqk	0	0
	Column	SW
	0	0.341
	0	0.325
	0	0.708
	0	0.715
	0	0.283
	0	0.286

HMC _{co} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	C15						
	WL(U2)	0.301						
	EQK(U3)	0.360						
	Label							
	Grav (U1)	C14						
	WL(U2)	0.350						
	EQK(U3)	0.582						
	Label							
	Grav (U1)	C13						
	WL(U2)	0.321						
	EQK(U3)	0.741						
	Label							
	Grav (U1)	C12	C17	C18	C19			
	WL(U2)	0.318	0.310	0.347	0.301			
	EQK(U3)	0.770	0.739	0.577	0.360			
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)	0.308	0.296	0.231	0.144			
	EQK(U3)							

Floor 4	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	0	0
Eqk	0	0
	Column	SW
	0	0.342
	0	0.310
	0	0.587
	0	0.555
	0	0.235
	0	0.222

HMC _{co} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	C15						
	WL(U2)	0.301						
	EQK(U3)	0.360						
	Label							
	Grav (U1)	C14						
	WL(U2)	0.350						
	EQK(U3)	0.582						
	Label							
	Grav (U1)	C13						
	WL(U2)	0.321						
	EQK(U3)	0.741						
	Label							
	Grav (U1)	C12	C17	C18	C19			
	WL(U2)	0.318	0.310	0.347	0.301			
	EQK(U3)	0.770	0.739	0.577	0.360			
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)	0.308	0.296	0.231	0.144			
	EQK(U3)							

Floor 4	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	0	0
Eqk	0	0
	Column	SW
	0	0.342
	0	0.310
	0	0.587
	0	0.555
	0	0.235
	0	0.222

ตารางที่ 5.12-2 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Column ตั้งแต่
ชั้นที่ 1-8 (32 เมตร) สำหรับอาคาร A (ชั้น 5-8)

HMC _{CD} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
5	FLOOR	Label						
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.310					
	WL(U2)		0.417					
	EQK(U3)		0.167					
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.340					
	WL(U2)		0.538					
	EQK(U3)		0.215					
	Label	1	C12	C17	C18			
	Grav (U1)		0.339	0.340	0.313			
	WL(U2)		0.528	0.537	0.411			
	EQK(U3)		0.211	0.215	0.164			

Floor 5	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.340	0.309
Wind	0	0	0.538	0.540
Eql	0	0	0.215	0.216

HMC _{CD} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
6	FLOOR	Label						
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.327					
	WL(U2)		0.417					
	EQK(U3)		0.167					
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1	C12	C17	C18			
	Grav (U1)		0.338	0.340	0.313			
	WL(U2)		0.528	0.537	0.411			
	EQK(U3)		0.211	0.215	0.164			

Floor 6	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.340	0.292
Wind	0	0	0.537	0.502
Eql	0	0	0.215	0.201

HMC _{CD} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
7	FLOOR	Label						
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.296					
	WL(U2)		0.342					
	EQK(U3)		0.137					
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.321					
	WL(U2)		0.450					
	EQK(U3)		0.180					
	Label	1	C12	C17	C18			
	Grav (U1)		0.319	0.327	0.296			
	WL(U2)		0.414	0.449	0.336			
	EQK(U3)		0.166	0.180	0.135			

Floor 7	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.327	0.290
Wind	0	0	0.450	0.496
Eql	0	0	0.180	0.199

HMC _{CD} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
8	FLOOR	Label						
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.319					
	WL(U2)		0.414					
	EQK(U3)		0.166					
	Label	1	C12	C17				
	Grav (U1)		0.296	0.319				
	WL(U2)		0.359	0.413				
	EQK(U3)		0.144	0.165				

Floor 8	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.319	0.291
Wind	0	0	0.414	0.423
Eql	0	0	0.166	0.169

ตารางที่ 5.12-3 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Column ตั้งแต่
ชั้นที่ 1-8 (32 เมตร) สำหรับอาคาร A (ชั้น 9-10)

HMC _{co} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
9	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2			C13			
	Grav (U1)				0.296			
	WL(U2)				0.371			
	EQK(U3)				0.148			
	Label	1			C17			
	Grav (U1)				0.304			
	WL(U2)				0.369			
	EQK(U3)				0.148			

Floor 9	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.304	0.290
Wind	0	0	0.371	0.385
Eqk	0	0	0.148	0.154

HMC _{co} (Story 1-8)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
10	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2			C13			
	Grav (U1)				0.273			
	WL(U2)				0.392			
	EQK(U3)				0.157			
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 10	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.273	0.289
Wind	0	0	0.392	0.336
Eqk	0	0	0.157	0.134

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม

EQK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.13 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall

ตารางที่ 5.13-1 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall ตั้งแต่ชั้นที่ 1-5 (20เมตร) สำหรับอาคาร A (ชั้น 1-4)

HMC _{col} @L1 >20m	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	C15						
	WL(U2)	0.283						
	EQK(U3)	0.334						
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)	0.283						
	EQK(U3)	0.334						
	Label							
	Grav (U1)	C14						
	WL(U2)	0.330						
	EQK(U3)	0.540						
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)	0.283						
	EQK(U3)	0.216						
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)	0.283						
	EQK(U3)	0.275						
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)	0.299						
	EQK(U3)	0.715						
	Label							
	Grav (U1)	C12						
	WL(U2)	0.299						
	EQK(U3)	0.274						

Floor 1	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.330	0.320
Wind	0	0	0.715	0.740
Eqk	0	0	0.286	0.296

HMC _{col} @L1 >20m	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)	0.306						
	EQK(U3)	0.692						
	Label							
	Grav (U1)	C14						
	WL(U2)	0.321						
	EQK(U3)	0.500						
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)	0.282						
	EQK(U3)	0.639						
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)	0.282						
	EQK(U3)	0.256						
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)	0.286						
	EQK(U3)	0.657						

Floor 2	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.321	0.306
Wind	0	0	0.657	0.692
Eqk	0	0	0.263	0.277

HMC _{col} @L1 >20m	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)	0.306						
	EQK(U3)	0.461						
	Label							
	Grav (U1)	C14						
	WL(U2)	0.306						
	EQK(U3)	0.461						
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)	0.285						
	EQK(U3)	0.591						
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)	0.285						
	EQK(U3)	0.236						
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)	0.287						
	EQK(U3)	0.601						

Floor 3	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.311	0.279
Wind	0	0	0.601	0.568
Eqk	0	0	0.240	0.227

HMC _{col} @L1 >20m	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)	0.291						
	EQK(U3)	0.537						
	Label							
	Grav (U1)	C14						
	WL(U2)	0.322						
	EQK(U3)	0.423						
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)	0.311						
	EQK(U3)	0.544						
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)	0.311						
	EQK(U3)	0.218						
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)	0.318						
	EQK(U3)	0.218						

Floor 4	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.322	0.291
Wind	0	0	0.545	0.537
Eqk	0	0	0.218	0.215

ตารางที่ 5.13-2 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall ตั้งแต่
ชั้นที่ 1-5 (20เมตร) สำหรับอาคาร A (ชั้น 5-8)

HMC _{20m} @L1 +20m	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
5	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
6	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
7	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
8	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 5	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.320	0.291
Wind	0	0	0.499	0.523
Eqk	0	0	0.200	0.209

Floor 6	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.320	0.275
Wind	0	0	0.498	0.486
Eqk	0	0	0.199	0.194

Floor 7	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.308	0.273
Wind	0	0	0.418	0.480
Eqk	0	0	0.167	0.192

Floor 8	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.301	0.274
Wind	0	0	0.385	0.410
Eqk	0	0	0.154	0.164

ตารางที่ 5.13-3 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ Shear Wall ตั้งแต่
ชั้นที่ 1-5 (20เมตร) สำหรับอาคาร A (ชั้น 5-8)

HMC _{SW} @L1=20m	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
9	FLOOR	Label						
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 9	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.286	0.273
Wind	0	0	0.344	0.373
Eqk	0	0	0.138	0.149

HMC _{SW} @L1=20m	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
10	FLOOR	Label						
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 10	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.257	0.272
Wind	0	0	0.364	0.325
Eqk	0	0	0.145	0.130

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุกทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม

EQK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.14 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column

ตารางที่ 5.14-1 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-4 (16 เมตร) สำหรับอาคาร A (ชั้น 1-4)

HMC _{max} (Story1-4)	D/C	GRND	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQU(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQU(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)							
	EQU(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)							
	EQU(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)							
	EQU(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)							
	EQU(U3)							

Floor 1	No. Fall Elements	Max D/C
	Column	SW
GravBy	0	0
Wind	0	0
Eql	0	0

Floor 2	No. Fall Elements	Max D/C
	Column	SW
GravBy	0	0
Wind	0	0
Eql	0	0

Floor 3	No. Fall Elements	Max D/C
	Column	SW
GravBy	0	0
Wind	0	0
Eql	0	0

Floor 4	No. Fall Elements	Max D/C
	Column	SW
GravBy	0	0
Wind	0	0
Eql	0	0

ตารางที่ 5.14-2 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-4 (16 เมตร) สำหรับอาคาร A (ชั้น 5-8)

HMC _{max} (Story1-4)		D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
5	FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6							
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	5							
	Grav (U1)								
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	4							
	Grav (U1)								
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	C14							
	Grav (U1)	3	0.274						
	WL(U2)		0.374						
	EQK(U3)		0.149						
	Label	C13							
	Grav (U1)	2	0.300						
	WL(U2)		0.482						
	EQK(U3)		0.193						
	Label	C12	C17	C18					
	Grav (U1)	1	0.299	0.300	0.276				
	WL(U2)		0.474	0.481	0.368				
	EQK(U3)		0.189	0.192	0.147				

Floor 5	No. Fail Elements	Max D/C		
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.300	0.116
Wind	0	0	0.482	0.515
Eqk	0	0	0.193	0.206

HMC _{max} (Story1-4)		D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
6	FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6							
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	5							
	Grav (U1)								
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	4							
	Grav (U1)								
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	C14							
	Grav (U1)	3	0.288						
	WL(U2)		0.374						
	EQK(U3)		0.149						
	Label	C13							
	Grav (U1)	2							
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	C12	C17	C18					
	Grav (U1)	1	0.298	0.300	0.276				
	WL(U2)		0.474	0.481	0.368				
	EQK(U3)		0.189	0.192	0.147				

Floor 6	No. Fail Elements	Max D/C		
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.300	0.110
Wind	0	0	0.481	0.479
Eqk	0	0	0.192	0.192

HMC _{max} (Story1-4)		D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
7	FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6							
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	5							
	Grav (U1)								
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	4							
	Grav (U1)								
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	C14							
	Grav (U1)	3	0.262						
	WL(U2)		0.307						
	EQK(U3)		0.123						
	Label	C13							
	Grav (U1)	2	0.283						
	WL(U2)		0.404						
	EQK(U3)		0.161						
	Label	C12	C17	C18					
	Grav (U1)	1	0.282	0.289	0.262				
	WL(U2)		0.371	0.403	0.301				
	EQK(U3)		0.148	0.161	0.121				

Floor 7	No. Fail Elements	Max D/C		
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.289	0.109
Wind	0	0	0.404	0.474
Eqk	0	0	0.161	0.189

HMC _{max} (Story1-4)		D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
8	FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6							
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	5							
	Grav (U1)								
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	4							
	Grav (U1)								
	WL(U2)								
	EQK(U3)								
	Label	C14							
	Grav (U1)	3	0.282						
	WL(U2)		0.371						
	EQK(U3)		0.148						
	Label	C13							
	Grav (U1)	2	0.282						
	WL(U2)		0.371						
	EQK(U3)		0.148						
	Label	C12	C17						
	Grav (U1)	1	0.262	0.282					
	WL(U2)		0.322	0.370					
	EQK(U3)		0.148						

Floor 8	No. Fail Elements	Max D/C		
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.282	0.110
Wind	0	0	0.371	0.404
Eqk	0	0	0.148	0.162

ตารางที่ 5.14-3 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-4 (16 เมตร) สำหรับอาคาร A (ชั้น 9-10)

HMC _{SWCO} (Story1-4)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
9	FLOOR	Label						
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
10	FLOOR	Label						
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 9	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.268	0.109
Wind	0	0	0.332	0.368
Eqk	0	0	0.133	0.147

Floor 10	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.241	0.109
Wind	0	0	0.351	0.320
Eqk	0	0	0.140	0.128

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุกทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม

EQK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.15 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Column (OC(CO+))

ตาราง 5.15-1 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Column (OC(CO+))
สำหรับอาคาร A (ชั้น 1-4)

OC(CO+)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
1	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
2	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
3	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
4	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 1	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	0	0
Eqk	0	0

Floor 2	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	0	0
Eqk	0	0

Floor 3	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	0	0
Eqk	0	0

Floor 4	No. Fail Elements	Max D/C
	Column	SW
Gravity	0	0
Wind	0	0
Eqk	0	0

ตาราง 5.15-2 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Column (OC(CO+))
สำหรับอาคาร A (ชั้น 5-8)

OC(CO+)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
5	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
6	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
7	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
8	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 5	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.350	0.318
Wind	0	0	0.545	0.544
Eqk	0	0	0.218	0.217

Floor 6	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.350	0.301
Wind	0	0	0.544	0.505
Eqk	0	0	0.218	0.202

Floor 7	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.337	0.298
Wind	0	0	0.456	0.500
Eqk	0	0	0.182	0.200

Floor 8	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.329	0.300
Wind	0	0	0.420	0.426
Eqk	0	0	0.168	0.170

ตาราง 5.15-3 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Column (OC(CO+)) สำหรับอาคาร A (ชั้น 9-10)

OC(CO+)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
9	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 9	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.313	0.298
Wind	0	0	0.376	0.388
Eqk	0	0	0.150	0.155

OC(CO+)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
10	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	1						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 10	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.281	0.298
Wind	0	0	0.397	0.338
Eqk	0	0	0.159	0.135

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุกทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม

EQK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.16 คือ D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+))

ตารางที่ 5.16-1 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+)) สำหรับอาคาร A (ชั้น 1-4)

OC(SW+) FLOOR	D/C Label	GRID	A	B	C	D	E	F
1	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4	C15					
	Grav (U1)		0.292					
	WL(U2)		0.337					
	EQK(U3)		0.135					
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.340					
	WL(U2)		0.544					
	EQK(U3)		0.218					
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.302					
	WL(U2)		0.693					
	EQK(U3)		0.277					
	Label	1	C12	C17	C18	C19		
	Grav (U1)		0.308	0.301	0.337	0.292		
	WL(U2)		0.720	0.691	0.540	0.337		
	EQK(U3)		0.288	0.276	0.216	0.135		

Floor 1	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.340	0.330
Wind	0	0	0.720	0.750
Eqk	0	0	0.288	0.300

OC(SW+) FLOOR	D/C Label	GRID	A	B	C	D	E	F
2	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.331					
	WL(U2)		0.504					
	EQK(U3)		0.202					
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.291					
	WL(U2)		0.643					
	EQK(U3)		0.257					
	Label	1	C12	C17	C18			
	Grav (U1)		0.295	0.291	0.329			
	WL(U2)		0.662	0.641	0.499			
	EQK(U3)		0.265	0.257	0.200			

Floor 2	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.331	0.316
Wind	0	0	0.662	0.701
Eqk	0	0	0.265	0.281

OC(SW+) FLOOR	D/C Label	GRID	A	B	C	D	E	F
3	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.316					
	WL(U2)		0.464					
	EQK(U3)		0.186					
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.294					
	WL(U2)		0.595					
	EQK(U3)		0.238					
	Label	1	C12	C17	C18			
	Grav (U1)		0.296	0.300	0.321			
	WL(U2)		0.605	0.593	0.460			
	EQK(U3)		0.242	0.237	0.184			

Floor 3	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.321	0.288
Wind	0	0	0.605	0.575
Eqk	0	0	0.242	0.230

OC(SW+) FLOOR	D/C Label	GRID	A	B	C	D	E	F
4	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.332					
	WL(U2)		0.426					
	EQK(U3)		0.171					
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.321					
	WL(U2)		0.548					
	EQK(U3)		0.219					
	Label	1	C12	C17	C18			
	Grav (U1)		0.328	0.321	0.311			
	WL(U2)		0.549	0.547	0.421			
	EQK(U3)		0.220	0.219	0.169			

Floor 4	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.332	0.301
Wind	0	0	0.549	0.544
Eqk	0	0	0.220	0.218

ตารางที่ 5.16-2 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+))
สำหรับอาคาร A (ชั้น 5-8)

OC(SW+) FLOOR	D/C Label	GRID	A	B	C	D	E	F
5	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.301					
	WL(U2)		0.390					
	EQK(U3)		0.156					
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.330					
	WL(U2)		0.503					
	EQK(U3)		0.201					
	Label	1	C12	C17	C18			
	Grav (U1)		0.329	0.330	0.303			
	WL(U2)		0.494	0.502	0.384			
	EQK(U3)		0.198	0.201	0.154			

Floor 5	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.330	0.300
Wind	0	0	0.503	0.530
Eqk	0	0	0.201	0.212

OC(SW+) FLOOR	D/C Label	GRID	A	B	C	D	E	F
6	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.317					
	WL(U2)		0.390					
	EQK(U3)		0.156					
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.291					
	WL(U2)		0.038					
	EQK(U3)		0.015					
	Label	1	C12	C17	C18			
	Grav (U1)		0.328	0.330	0.303			
	WL(U2)		0.494	0.502	0.384			
	EQK(U3)		0.198	0.201	0.154			

Floor 6	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.330	0.283
Wind	0	0	0.502	0.492
Eqk	0	0	0.201	0.197

OC(SW+) FLOOR	D/C Label	GRID	A	B	C	D	E	F
7	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3	C14					
	Grav (U1)		0.288					
	WL(U2)		0.320					
	EQK(U3)		0.128					
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.311					
	WL(U2)		0.421					
	EQK(U3)		0.168					
	Label	1	C12	C17	C18			
	Grav (U1)		0.310	0.318	0.288			
	WL(U2)		0.387	0.420	0.315			
	EQK(U3)		0.155	0.168	0.126			

Floor 7	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.318	0.281
Wind	0	0	0.421	0.487
Eqk	0	0	0.168	0.195

OC(SW+) FLOOR	D/C Label	GRID	A	B	C	D	E	F
8	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	5						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	4						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	3						
	Grav (U1)							
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label	2	C13					
	Grav (U1)		0.310					
	WL(U2)		0.387					
	EQK(U3)		0.155					
	Label	1	C12	C17				
	Grav (U1)		0.288	0.310				
	WL(U2)		0.336	0.386				
	EQK(U3)		0.134	0.154				

Floor 8	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.310	0.283
Wind	0	0	0.387	0.415
Eqk	0	0	0.155	0.166

ตารางที่ 5.16-3 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+))
สำหรับอาคาร A (ชั้น 9-10)

OC(SW+)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
9	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
10	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							

Floor 9	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.295	0.392
Wind	0	0	0.347	0.378
Eqk	0	0	0.139	0.151

Floor 10	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.265	0.392
Wind	0	0	0.366	0.329
Eqk	0	0	0.147	0.132

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุกทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม

EQK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.17-2 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+)) สำหรับอาคาร A (ชั้น 5-8)

OC(SWCO+)		D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR		Label							
5		Grav (U1)	6						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	5						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	4						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	3						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	2						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	1						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							

Floor 5	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.143	0.130
Wind	0	0	0.489	0.551
Eqk	0	0	0.195	0.220

OC(SWCO+)		D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR		Label							
6		Grav (U1)	6						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	5						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	4						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	3						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	2						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	1						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							

Floor 6	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.143	0.122
Wind	0	0	0.488	0.512
Eqk	0	0	0.195	0.205

OC(SWCO+)		D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR		Label							
7		Grav (U1)	6						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	5						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	4						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	3						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	2						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	1						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							

Floor 7	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.137	0.122
Wind	0	0	0.409	0.506
Eqk	0	0	0.164	0.202

OC(SWCO+)		D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR		Label							
8		Grav (U1)	6						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	5						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	4						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	3						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	2						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							
		Label							
		Grav (U1)	1						
		WL(U2)							
		EQK(U3)							

Floor 8	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.134	0.122
Wind	0	0	0.377	0.432
Eqk	0	0	0.151	0.173

ตารางที่ 5.17-3 D/C ของ Column และ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+)) สำหรับอาคาร A (ชั้น 9-10)

OC(SWCO+)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

OC(SWCO+)	D/C	GRID	A	B	C	D	E	F
FLOOR	Label							
	Grav (U1)	6						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	5						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	4						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	3						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	2						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							
	Label							
	Grav (U1)	1						
	WL(U2)							
	EQK(U3)							

Floor 9	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.127	0.122
Wind	0	0	0.337	0.393
Eqk	0	0	0.135	0.157

Floor 10	No. Fail Elements		Max D/C	
	Column	SW	Column	SW
Gravity	0	0	0.114	0.121
Wind	0	0	0.356	0.342
Eqk			0.142	0.137

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุกทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม

EQK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.18-2 D/C ของ Column เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-23 (68.7 m) สำหรับอาคาร B (ชั้น 9-16)

HMC _{Core} (Story 1-33) FLOOR 9	D/C		GRHD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																										
	Grav (U1)																										
	Wind (U2)		B																								
	E2K(U3)																								0.288	0.27	
HMC _{Core} (Story 1-33) FLOOR 10	D/C		GRHD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																										
	Grav (U1)																										
	Wind (U2)		B																								
	E2K(U3)																								0.405	0.275	
HMC _{Core} (Story 1-33) FLOOR 11	D/C		GRHD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																										
	Grav (U1)																										
	Wind (U2)		B																								
	E2K(U3)																								0.405	0.275	
HMC _{Core} (Story 1-33) FLOOR 12	D/C		GRHD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																										
	Grav (U1)																										
	Wind (U2)		B																								
	E2K(U3)																								0.248	0.27	
HMC _{Core} (Story 1-33) FLOOR 13	D/C		GRHD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																										
	Grav (U1)																										
	Wind (U2)		B																								
	E2K(U3)																								0.439	0.413	
HMC _{Core} (Story 1-33) FLOOR 14	D/C		GRHD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																										
	Grav (U1)																										
	Wind (U2)		B																								
	E2K(U3)																								0.439	0.413	
HMC _{Core} (Story 1-33) FLOOR 15	D/C		GRHD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																										
	Grav (U1)																										
	Wind (U2)		B																								
	E2K(U3)																								0.395	0.462	
HMC _{Core} (Story 1-33) FLOOR 16	D/C		GRHD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Label																										
	Grav (U1)																										
	Wind (U2)		B																								
	E2K(U3)																								0.375	0.461	

Floor 9	No. Rail Columns	Max D/C
Gravity	0	0.27
Wind	0	0.40
Eig	0	

Floor 10	No. Rail Columns	Max D/C
Gravity	0	0.27
Wind	0	0.40
Eig	0	

Floor 11	No. Rail Columns	Max D/C
Gravity	0	0.27
Wind	0	0.40
Eig	0	

Floor 12	No. Rail Columns	Max D/C
Gravity	0	0.27
Wind	0	0.40
Eig	0	

Floor 13	No. Rail Columns	Max D/C
Gravity	0	0.27
Wind	0	0.40
Eig	0	

Floor 14	No. Rail Columns	Max D/C
Gravity	0	0.27
Wind	0	0.40
Eig	0	

Floor 15	No. Rail Columns	Max D/C
Gravity	0	0.27
Wind	0	0.40
Eig	0	

Floor 16	No. Rail Columns	Max D/C
Gravity	0	0.27
Wind	0	0.40
Eig	0	

ตารางที่ 5.18-4 D/C ของ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-23 (68.7 m) สำหรับอาคาร B (ชั้น 1-8)

1	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Label															SW1							26
	Grav (U1)															0.272							25
	Vol (U1)															0.860							24
2	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Label															SW1							26
	Grav (U1)															0.272							25
	Vol (U1)															0.860							24
3	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Label															SW1							26
	Grav (U1)															0.272							25
	Vol (U1)															0.860							24
4	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Label															SW1							26
	Grav (U1)															0.272							25
	Vol (U1)															0.860							24
5	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Label															SW1							26
	Grav (U1)															0.272							25
	Vol (U1)															0.860							24
6	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Label															SW1							26
	Grav (U1)															0.272							25
	Vol (U1)															0.860							24
7	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Label															SW1							26
	Grav (U1)															0.272							25
	Vol (U1)															0.860							24
8	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Label															SW1							26
	Grav (U1)															0.272							25
	Vol (U1)															0.860							24

Floor 1	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Grav (U1)															0.272							26
	Vol (U1)															0.860							25
	Label															SW1							24
Floor 2	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Grav (U1)															0.272							26
	Vol (U1)															0.860							25
	Label															SW1							24
Floor 3	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Grav (U1)															0.272							26
	Vol (U1)															0.860							25
	Label															SW1							24
Floor 4	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Grav (U1)															0.272							26
	Vol (U1)															0.860							25
	Label															SW1							24
Floor 5	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Grav (U1)															0.272							26
	Vol (U1)															0.860							25
	Label															SW1							24
Floor 6	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Grav (U1)															0.272							26
	Vol (U1)															0.860							25
	Label															SW1							24
Floor 7	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Grav (U1)															0.272							26
	Vol (U1)															0.860							25
	Label															SW1							24
Floor 8	HMC5000 (Story 1-23) FLOOR																						
	D/C	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2							27
	Grav (U1)															0.272							26
	Vol (U1)															0.860							25
	Label															SW1							24

Floor 1	Failure SW	Max D/C
Grav	0	0.76
Vol	0	0.53
Label		

Floor 2	Failure SW	Max D/C
Grav	0	0.69
Vol	0	0.49
Label		

Floor 3	Failure SW	Max D/C
Grav	0	0.58
Vol	0	0.46
Label		

Floor 4	Failure SW	Max D/C
Grav	0	0.58
Vol	0	0.46
Label		

Floor 5	Failure SW	Max D/C
Grav	0	0.58
Vol	0	0.50
Label		

Floor 6	Failure SW	Max D/C
Grav	0	0.49
Vol	0	0.49
Label		

Floor 7	Failure SW	Max D/C
Grav	0	0.65
Vol	0	0.47
Label		

Floor 8	Failure SW	Max D/C
Grav	SW2-4	0.64
Vol	0	0.45
Label		

ตารางที่ 5.18-5 D/C ของ Shear Wall เมื่อประยุกต์ใช้ HMC กับ ทั้ง Shear Wall และ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-23 (68.7 m) สำหรับอาคาร B (ชั้น 9-16)

9	HMC _{Design} (Story 1-23) FLOOR		D/C Lvl=1	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S/W2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	D/C Grav (U3) EOK (U3)	Fabric SW Wind EOK	Max D/C Grav Wind EOK	
			Grav (U3) EOK (U3)	B															0.272 0.319												0 0	0.58 0.58	
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)	C															S/W2 S/W3 S/W4 0.38 0.52 0.44												0 0	0 0	0.58 0.58
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)																														
10	HMC _{Design} (Story 1-23) FLOOR		D/C Lvl=1	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S/W2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	D/C Grav (U3) EOK (U3)	Fabric SW Wind EOK	Max D/C Grav Wind EOK	
			Grav (U3) EOK (U3)	B															0.272 0.319												0 0	0.58 0.58	
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)	C															S/W2 S/W3 S/W4 0.38 0.52 0.44												0 0	0 0	0.58 0.58
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)																														
11	HMC _{Design} (Story 1-23) FLOOR		D/C Lvl=1	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S/W2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	D/C Grav (U3) EOK (U3)	Fabric SW Wind EOK	Max D/C Grav Wind EOK	
			Grav (U3) EOK (U3)	B															0.272 0.319												0 0	0.58 0.58	
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)	C															S/W2 S/W3 S/W4 0.38 0.52 0.44												0 0	0 0	0.58 0.58
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)																														
12	HMC _{Design} (Story 1-23) FLOOR		D/C Lvl=1	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S/W2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	D/C Grav (U3) EOK (U3)	Fabric SW Wind EOK	Max D/C Grav Wind EOK	
			Grav (U3) EOK (U3)	B															0.272 0.319												0 0	0.58 0.58	
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)	C															S/W2 S/W3 S/W4 0.38 0.52 0.44												0 0	0 0	0.58 0.58
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)																														
13	HMC _{Design} (Story 1-23) FLOOR		D/C Lvl=1	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S/W2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	D/C Grav (U3) EOK (U3)	Fabric SW Wind EOK	Max D/C Grav Wind EOK	
			Grav (U3) EOK (U3)	B															0.272 0.319												0 0	0.58 0.58	
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)	C															S/W2 S/W3 S/W4 0.38 0.52 0.44												0 0	0 0	0.58 0.58
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)																														
14	HMC _{Design} (Story 1-23) FLOOR		D/C Lvl=1	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S/W2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	D/C Grav (U3) EOK (U3)	Fabric SW Wind EOK	Max D/C Grav Wind EOK	
			Grav (U3) EOK (U3)	B															0.272 0.319												0 0	0.58 0.58	
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)	C															S/W2 S/W3 S/W4 0.38 0.52 0.44												0 0	0 0	0.58 0.58
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)																														
15	HMC _{Design} (Story 1-23) FLOOR		D/C Lvl=1	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S/W2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	D/C Grav (U3) EOK (U3)	Fabric SW Wind EOK	Max D/C Grav Wind EOK	
			Grav (U3) EOK (U3)	B															0.272 0.319												0 0	0.58 0.58	
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)	C															S/W2 S/W3 S/W4 0.38 0.52 0.44												0 0	0 0	0.58 0.58
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)																														
16	HMC _{Design} (Story 1-23) FLOOR		D/C Lvl=1	GRND	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S/W2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	D/C Grav (U3) EOK (U3)	Fabric SW Wind EOK	Max D/C Grav Wind EOK	
			Grav (U3) EOK (U3)	B															0.272 0.319												0 0	0.58 0.58	
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)	C															S/W2 S/W3 S/W4 0.38 0.52 0.44												0 0	0 0	0.58 0.58
			Lvl=1 Grav (U3) EOK (U3)																														

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม

EOK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.19-2 D/C ของ Column เมื่อกวอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+)) สำหรับอาคาร B (ชั้น 9-16)

Floor 9	No. Fall Columns	Area D/C
	Gravity	0.34
	Wind	0.13
	Wind	0.13
	Wind	0.13
Floor 10	No. Fall Columns	Area D/C
	Gravity	0.34
	Wind	0.13
	Wind	0.13
	Wind	0.13
Floor 11	No. Fall Columns	Area D/C
	Gravity	0.34
	Wind	0.13
	Wind	0.13
	Wind	0.13
Floor 12	No. Fall Columns	Area D/C
	Gravity	0.34
	Wind	0.13
	Wind	0.13
	Wind	0.13
Floor 13	No. Fall Columns	Area D/C
	Gravity	0.34
	Wind	0.13
	Wind	0.13
	Wind	0.13
Floor 14	No. Fall Columns	Area D/C
	Gravity	0.34
	Wind	0.13
	Wind	0.13
	Wind	0.13
Floor 15	No. Fall Columns	Area D/C
	Gravity	0.34
	Wind	0.13
	Wind	0.13
	Wind	0.13
Floor 16	No. Fall Columns	Area D/C
	Gravity	0.34
	Wind	0.13
	Wind	0.13
	Wind	0.13

Floor 9	No. Init Columns	Area D/C
Gravity	0	0.33
Wind	0	0.33
Eqm	0	0.44

Floor 10	No. Init Columns	Area D/C
Gravity	0	0.33
Wind	0	0.33
Eqm	0	0.44

Floor 11	No. Init Columns	Area D/C
Gravity	0	0.33
Wind	0	0.33
Eqm	0	0.44

Floor 12	No. Init Columns	Area D/C
Gravity	0	0.32
Wind	0	0.32
Eqm	0	0.44

Floor 13	No. Init Columns	Area D/C
Gravity	0	0.34
Wind	0	0.34
Eqm	0	0.37

Floor 14	No. Init Columns	Area D/C
Gravity	0	0.33
Wind	0	0.33
Eqm	0	0.34

Floor 15	No. Init Columns	Area D/C
Gravity	0	0.33
Wind	0	0.33
Eqm	0	0.34

Floor 16	No. Init Columns	Area D/C
Gravity	0	0.33
Wind	0	0.33
Eqm	0	0.33

ตารางที่ 5.19-3 D/C ของ Column เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+)) สำหรับอาคาร B (ชั้น 17-21)

17	OK(SW+)		D/C	GRD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	FLOOR		Label																									
			Grav (U1)																								C52	
			WL(U2)																								0.323	0.32
			EQK(U3)	B																							0	0.72
18	OK(SW+)		Label																									
			Grav (U1)																									0.504
			WL(U2)																									
			EQK(U3)	C																								
			Label																									
19	OK(SW+)		D/C	GRD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	FLOOR		Label																									
			Grav (U1)																								C52	
			WL(U2)																								0.325	0.32
			EQK(U3)	B																							0.340	0.72
20	OK(SW+)		Label																									
			Grav (U1)																									0.254
			WL(U2)																									
			EQK(U3)	C																								
			Label																									
21	OK(SW+)		D/C	GRD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	FLOOR		Label																									
			Grav (U1)																								C52	
			WL(U2)																								0.317	0.32
			EQK(U3)	B																							0.651	0.68
22	OK(SW+)		Label																									
			Grav (U1)																									0.477
			WL(U2)																									
			EQK(U3)	C																								
			Label																									
23	OK(SW+)		D/C	GRD	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	FLOOR		Label																									
			Grav (U1)																								C52	
			WL(U2)																								0.317	0.32
			EQK(U3)	B																							0.416	0.45
24	OK(SW+)		Label																									
			Grav (U1)																									0.445
			WL(U2)																									
			EQK(U3)	C																								
			Label																									

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากฎแรงกดจากน้ำหนักบรรทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากฎแรงกดจากผลของแรงลม EQK = พิจารณากฎแรงกดจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.19-5 D/C ของ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall (OC(SW+)) สำหรับอาคาร B (ชั้น 9-16)

9	OK (SW+) FLOOR	D/C	GRND	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2 0.318 0.332	SW4 0.330 0.334	Failure SW 0	Max D/C 0.33
		Grav (U1)	B																
		Wind (U2)																	
		Earth (U3)																	
10	OK (SW+) FLOOR	D/C	GRND	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2 0.318 0.332	SW4 0.330 0.334	Failure SW 0	Max D/C 0.33
		Grav (U1)	B																
		Wind (U2)																	
		Earth (U3)																	
11	OK (SW+) FLOOR	D/C	GRND	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2 0.318 0.332	SW4 0.330 0.334	Failure SW 0	Max D/C 0.33
		Grav (U1)	B																
		Wind (U2)																	
		Earth (U3)																	
12	OK (SW+) FLOOR	D/C	GRND	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2 0.318 0.332	SW4 0.330 0.334	Failure SW 0	Max D/C 0.33
		Grav (U1)	B																
		Wind (U2)																	
		Earth (U3)																	
13	OK (SW+) FLOOR	D/C	GRND	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2 0.318 0.332	SW4 0.330 0.334	Failure SW 0	Max D/C 0.33
		Grav (U1)	B																
		Wind (U2)																	
		Earth (U3)																	
14	OK (SW+) FLOOR	D/C	GRND	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2 0.318 0.332	SW4 0.330 0.334	Failure SW 0	Max D/C 0.33
		Grav (U1)	B																
		Wind (U2)																	
		Earth (U3)																	
15	OK (SW+) FLOOR	D/C	GRND	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2 0.318 0.332	SW4 0.330 0.334	Failure SW 0	Max D/C 0.33
		Grav (U1)	B																
		Wind (U2)																	
		Earth (U3)																	
16	OK (SW+) FLOOR	D/C	GRND	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	SW2 0.318 0.332	SW4 0.330 0.334	Failure SW 0	Max D/C 0.33
		Grav (U1)	B																
		Wind (U2)																	
		Earth (U3)																	

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุก (1.4DL+1.7LL)
WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม EQK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.20 คือ D/C ของ Column เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+))

ตารางที่ 5.20-1 D/C ของ Column เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+)) สำหรับอาคาร B (ชั้น 1-8)

DC(SWCO+) FLOOR	D/C Label Grav (U3) Wind (U3) EQM (U3)	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	27
			C50	C36	C36	C36	C36	C36	C36	C36	C36	C36	C36	C36	C36	
1	B	Label Grav (U3) Wind (U3) EQM (U3)	0.303	0.324	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
2	B	Label Grav (U3) Wind (U3) EQM (U3)	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
3	B	Label Grav (U3) Wind (U3) EQM (U3)	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
4	B	Label Grav (U3) Wind (U3) EQM (U3)	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
5	B	Label Grav (U3) Wind (U3) EQM (U3)	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
6	B	Label Grav (U3) Wind (U3) EQM (U3)	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
7	B	Label Grav (U3) Wind (U3) EQM (U3)	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
8	B	Label Grav (U3) Wind (U3) EQM (U3)	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
			0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303

Floor 1	No. Full Columns	Max D/C
Grav	0	0.31
Wind	0	0.09
EQM	0	0.08

Floor 2	No. Full Columns	Max D/C
Grav	0	0.31
Wind	0	0.09
EQM	0	0.08

Floor 3	No. Full Columns	Max D/C
Grav	0	0.31
Wind	0	0.09
EQM	0	0.08

Floor 4	No. Full Columns	Max D/C
Grav	0	0.31
Wind	0	0.09
EQM	0	0.08

Floor 5	No. Full Columns	Max D/C
Grav	0	0.30
Wind	0	0.77
EQM	0	0.24

Floor 6	No. Full Columns	Max D/C
Grav	0	0.30
Wind	0	0.77
EQM	0	0.24

Floor 7	No. Full Columns	Max D/C
Grav	0	0.30
Wind	0	0.77
EQM	0	0.27

Floor 8	No. Full Columns	Max D/C
Grav	0	0.30
Wind	0	0.08
EQM	0	0.27

ตารางที่ 5.20-2 D/C ของ Column เมื่อกอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+)) สำหรับอาคาร B (ชั้น 9-16)

OC(SWCO+) FLOOR 9	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Grav (U3)																							0.214	0.19	
	Wind																							0	0.19	
	Eqh																							0	0.41	
	Label																									
OC(SWCO+) FLOOR 10	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Grav (U3)																							0.200	0.18	
	Wind																							0.179	0.167	
	Eqh																							0.172	0.411	
	Label																									
OC(SWCO+) FLOOR 11	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Grav (U3)																							0.204	0.18	
	Wind																							0.194	0.18	
	Eqh																							0.181	0.411	
	Label																									
OC(SWCO+) FLOOR 12	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Grav (U3)																							0.209	0.18	
	Wind																							0.209	0.18	
	Eqh																							0.209	0.411	
	Label																									
OC(SWCO+) FLOOR 13	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Grav (U3)																							0.212	0.18	
	Wind																							0.212	0.18	
	Eqh																							0.212	0.411	
	Label																									
OC(SWCO+) FLOOR 14	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Grav (U3)																							0.208	0.18	
	Wind																							0.208	0.18	
	Eqh																							0.208	0.411	
	Label																									
OC(SWCO+) FLOOR 15	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Grav (U3)																							0.209	0.18	
	Wind																							0.209	0.18	
	Eqh																							0.209	0.411	
	Label																									
OC(SWCO+) FLOOR 16	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Grav (U3)																							0.208	0.18	
	Wind																							0.208	0.18	
	Eqh																							0.208	0.411	
	Label																									

Factor 9	No. Fail Columns	Mass D/C
Grav	0	0.19
Wind	0	0.19
Eqh	0	0.41

Factor 10	No. Fail Columns	Mass D/C
Grav	0	0.18
Wind	0	0.18
Eqh	0	0.41

Factor 11	No. Fail Columns	Mass D/C
Grav	0	0.18
Wind	0	0.18
Eqh	0	0.41

Factor 12	No. Fail Columns	Mass D/C
Grav	0	0.18
Wind	0	0.18
Eqh	0	0.41

Factor 13	No. Fail Columns	Mass D/C
Grav	0	0.18
Wind	0	0.18
Eqh	0	0.41

Factor 14	No. Fail Columns	Mass D/C
Grav	0	0.18
Wind	0	0.18
Eqh	0	0.41

Factor 15	No. Fail Columns	Mass D/C
Grav	0	0.18
Wind	0	0.18
Eqh	0	0.41

Factor 16	No. Fail Columns	Mass D/C
Grav	0	0.18
Wind	0	0.18
Eqh	0	0.41

ตารางที่ 5.20-3 D/C ของ Column เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+)) สำหรับอาคาร B (ชั้น 17-21)

OC(SWCO+)																						Floor 17		No. Fall Columns	Max D/C			
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
17	Label																									Gravity	0	0.30
	Grav (U1)	B																								0.304	0	0.67
	WL(U2)																									Wind	0	0.67
	EQN(U3)																									Eqk	0	0.47
		Label																										
		Grav (U1)																										
		WL(U2)																										
		EQN(U3)																										
OC(SWCO+)																								Floor 18		No. Fall Columns	Max D/C	
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
18	Label																									Gravity	0	0.31
	Grav (U1)	B																								0.307	0	0.63
	WL(U2)																									0.633	0	0.44
	EQN(U3)																									0.443		
		Label																										
		Grav (U1)																										
		WL(U2)																										
		EQN(U3)																										
OC(SWCO+)																									Floor 19		No. Fall Columns	Max D/C
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
19	Label																									Gravity	0	0.30
	Grav (U1)	B																								0.649	0	0.68
	WL(U2)																									0.675	0	0.47
	EQN(U3)																									0.473		
		Label																										
		Grav (U1)																										
		WL(U2)																										
		EQN(U3)																										
OC(SWCO+)																									Floor 20		No. Fall Columns	Max D/C
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
20	Label																									Gravity	0	0.30
	Grav (U1)	B																								0.299	0	0.63
	WL(U2)																									0.635	0	0.44
	EQN(U3)																									0.444		
		Label																										
		Grav (U1)																										
		WL(U2)																										
		EQN(U3)																										
OC(SWCO+)																									Floor 21		No. Fall Columns	Max D/C
FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
21	Label																									Gravity	0	0.30
	Grav (U1)	B																								0.298	0	0.59
	WL(U2)																									0.593	0	0.41
	EQN(U3)																									0.415		
		Label																										
		Grav (U1)																										
		WL(U2)																										
		EQN(U3)																										

ทั้งนี้ Grav = พิจารณากรณีแรงกดจากน้ำหนักบรรทุก (1.4DL+1.7LL)

WL = พิจารณากรณีแรงจากผลของแรงลม

EQK = พิจารณากรณีแรงจากแผ่นดินไหว

ตารางที่ 5.20-4 D/C ของ Shear Wall เมื่อพอก OC ที่ Shear Wall และ Column (OC(SWCO+)) สำหรับอาคาร B (ชั้น 1-8)

OK (SWCO+) FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16											Floor 1			Failure SW	Max D/C
	Grav (L1)	B					0.305								0.300													0	0.78	
	WAL (U2)						0.517								0.572													0	0.95	
	EQCN (U3)														0.380															
1	Label																													
	Grav (L1)	C													SWW3															
	WAL (U2)														0.60															
	EQCN (U3)														0.78															
OK (SWCO+) FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16											Floor 2			Failure SW	Max D/C
	Grav (L1)	B													0.300													0	0.71	
	WAL (U2)														0.522													0	0.90	
	EQCN (U3)														0.385															
2	Label																													
	Grav (L1)	C													SWW3															
	WAL (U2)														0.55															
	EQCN (U3)														0.71															
OK (SWCO+) FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16											Floor 3			Failure SW	Max D/C
	Grav (L1)	B													0.300													0	0.67	
	WAL (U2)														0.485													0	0.87	
	EQCN (U3)														0.380															
3	Label																													
	Grav (L1)	C													SWW3															
	WAL (U2)														0.52															
	EQCN (U3)														0.67															
OK (SWCO+) FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16											Floor 4			Failure SW	Max D/C
	Grav (L1)	B													0.300													0	0.67	
	WAL (U2)														0.485													0	0.87	
	EQCN (U3)														0.380															
4	Label																													
	Grav (L1)	C													SWW3															
	WAL (U2)														0.52															
	EQCN (U3)														0.67															
OK (SWCO+) FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16											Floor 5			Failure SW	Max D/C
	Grav (L1)	B													0.300													0	0.68	
	WAL (U2)														0.485													0	0.88	
	EQCN (U3)														0.380															
5	Label																													
	Grav (L1)	C													SWW3															
	WAL (U2)														0.58															
	EQCN (U3)														0.72															
OK (SWCO+) FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16											Floor 6			Failure SW	Max D/C
	Grav (L1)	B													0.300													0	0.68	
	WAL (U2)														0.485													0	0.88	
	EQCN (U3)														0.380															
6	Label																													
	Grav (L1)	C													SWW3															
	WAL (U2)														0.58															
	EQCN (U3)														0.72															
OK (SWCO+) FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16											Floor 7			Failure SW	Max D/C
	Grav (L1)	B													0.300													0	0.68	
	WAL (U2)														0.485													0	0.88	
	EQCN (U3)														0.380															
7	Label																													
	Grav (L1)	C													SWW3															
	WAL (U2)														0.58															
	EQCN (U3)														0.72															
OK (SWCO+) FLOOR	D/C	GRID	5	5'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16											Floor 8			Failure SW	Max D/C
	Grav (L1)	B													0.300													0	0.68	
	WAL (U2)														0.485													0	0.88	
	EQCN (U3)														0.380															
8	Label																													
	Grav (L1)	C													SWW3															
	WAL (U2)														0.58															
	EQCN (U3)														0.72															

ตารางที่ 5.21 ตารางสรุป D/C เปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุง และหลังการประยุกต์ใช้ HMC
สำหรับอาคาร A

อาคาร A

ชั้น	ชั้นส่วน	Grid		Label	ก่อนปรับปรุง			วิธีการประยุกต์ใช้ HMC								
		OC			HMCsw (Story1-5)			HMCco (Story1-8)			HMCswco (Story1-4)					
		Grav	WL		EQK	Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK		
1	CO	4	A	C15	0.407	1.074	0.430	0.283	0.334	0.134	0.301	0.360	0.144	0.265	0.322	0.129
		3	A	C14	0.474	1.737	0.695	0.330	0.540	0.216	0.350	0.582	0.233	0.309	0.522	0.209
		2	A	C13	0.421	2.212	0.885	0.293	0.688	0.275	0.311	0.741	0.296	0.275	0.664	0.266
		1	A	C12	0.430	2.298	0.919	0.299	0.715	0.286	0.318	0.770	0.308	0.280	0.690	0.276
		1	B	C17	0.420	2.205	0.882	0.292	0.686	0.274	0.310	0.739	0.296	0.274	0.662	0.265
		1	C	C18	0.470	1.722	0.689	0.327	0.536	0.214	0.347	0.577	0.231	0.307	0.517	0.207
	1	D	C19	0.407	1.074	0.430	0.283	0.334	0.134	0.301	0.360	0.144	0.265	0.322	0.129	
SW	2-5	B-E	SW1	0.460	2.620	0.786	0.320	0.740	0.296	0.340	0.765	0.306	0.128	0.730	0.292	
2	CO	3	A	C14	0.461	1.608	0.643	0.321	0.500	0.200	0.341	0.539	0.216	0.301	0.483	0.193
		2	A	C13	0.405	2.053	0.821	0.282	0.639	0.256	0.299	0.688	0.275	0.264	0.616	0.247
		1	A	C12	0.411	2.113	0.845	0.286	0.657	0.263	0.304	0.708	0.283	0.268	0.634	0.254
		1	B	C17	0.405	2.047	0.819	0.282	0.637	0.255	0.299	0.686	0.274	0.264	0.615	0.246
		1	C	C18	0.459	1.592	0.637	0.319	0.495	0.198	0.339	0.533	0.213	0.299	0.478	0.191
	SW	2-5	B-E	SW1	0.440	2.450	0.804	0.306	0.692	0.277	0.325	0.715	0.286	0.123	0.683	0.273
3	CO	3	A	C14	0.440	1.482	0.593	0.306	0.461	0.184	0.325	0.497	0.199	0.287	0.445	0.178
		2	A	C13	0.410	1.899	0.760	0.285	0.591	0.236	0.303	0.636	0.255	0.267	0.570	0.228
		1	A	C12	0.412	1.931	0.772	0.287	0.601	0.240	0.305	0.647	0.259	0.269	0.580	0.232
		1	B	C17	0.418	1.894	0.758	0.291	0.589	0.236	0.309	0.635	0.254	0.273	0.569	0.227
		1	C	C18	0.447	1.467	0.587	0.311	0.456	0.183	0.330	0.492	0.197	0.292	0.440	0.176
	SW	2-5	B-E	SW1	0.401	2.010	0.804	0.279	0.568	0.227	0.296	0.587	0.235	0.112	0.560	0.224
4	CO	3	A	C14	0.463	1.361	0.544	0.322	0.423	0.169	0.342	0.456	0.182	0.302	0.409	0.163
		2	A	C13	0.447	1.749	0.700	0.311	0.544	0.218	0.330	0.586	0.234	0.292	0.525	0.210
		1	A	C12	0.457	1.753	0.701	0.318	0.545	0.218	0.338	0.587	0.235	0.298	0.526	0.211
		1	B	C17	0.447	1.745	0.698	0.311	0.543	0.217	0.330	0.585	0.234	0.292	0.524	0.210
		1	C	C18	0.434	1.345	0.538	0.302	0.418	0.167	0.321	0.451	0.180	0.283	0.404	0.162
	SW	2-5	B-E	SW1	0.419	1.900	0.570	0.291	0.537	0.215	0.310	0.555	0.222	0.117	0.529	0.212
5	CO	3	A	C14	0.420	1.244	0.498	0.292	0.387	0.155	0.310	0.417	0.167	0.274	0.374	0.149
		2	A	C13	0.460	1.605	0.642	0.320	0.499	0.200	0.340	0.538	0.215	0.300	0.482	0.193
		1	A	C12	0.458	1.577	0.631	0.319	0.491	0.196	0.339	0.528	0.211	0.299	0.474	0.189
		1	B	C17	0.460	1.602	0.641	0.320	0.498	0.199	0.340	0.537	0.215	0.300	0.481	0.192
		1	C	C18	0.423	1.227	0.491	0.294	0.382	0.153	0.313	0.411	0.164	0.276	0.368	0.147
	SW	2-5	B-E	SW1	0.418	1.850	0.740	0.291	0.523	0.209	0.309	0.540	0.216	0.116	0.515	0.206
6	CO	3	A	C14	0.442	1.244	0.498	0.307	0.387	0.155	0.327	0.417	0.167	0.288	0.374	0.149
		1	A	C12	0.457	1.577	0.631	0.318	0.491	0.196	0.338	0.528	0.211	0.298	0.474	0.189
		1	B	C17	0.460	1.602	0.641	0.320	0.498	0.199	0.340	0.537	0.215	0.300	0.481	0.192
		1	C	C18	0.423	1.227	0.491	0.294	0.382	0.153	0.313	0.411	0.164	0.276	0.368	0.147
	SW	2-5	B-E	SW1	0.395	1.720	0.688	0.275	0.486	0.194	0.292	0.502	0.201	0.110	0.479	0.192
7	CO	3	A	C14	0.401	1.022	0.409	0.279	0.318	0.127	0.296	0.342	0.137	0.262	0.307	0.123
		2	A	C13	0.434	1.344	0.538	0.302	0.418	0.167	0.321	0.450	0.180	0.283	0.404	0.161
		1	A	C12	0.432	1.235	0.494	0.301	0.384	0.154	0.319	0.414	0.166	0.282	0.371	0.148
		1	B	C17	0.443	1.341	0.536	0.308	0.417	0.167	0.327	0.449	0.180	0.289	0.403	0.161
		1	C	C18	0.401	1.004	0.402	0.279	0.312	0.125	0.296	0.336	0.135	0.262	0.301	0.121
	SW	2-5	B-E	SW1	0.392	1.700	0.510	0.273	0.480	0.192	0.290	0.496	0.199	0.109	0.474	0.189
8	CO	2	A	C13	0.432	1.236	0.494	0.301	0.385	0.154	0.319	0.414	0.166	0.282	0.371	0.148
		1	A	C12	0.401	1.072	0.429	0.279	0.334	0.133	0.296	0.359	0.144	0.262	0.322	0.129
		1	B	C17	0.432	1.232	0.493	0.301	0.383	0.153	0.319	0.413	0.165	0.282	0.370	0.148
	SW	2-5	B-E	SW1	0.394	1.450	0.580	0.274	0.410	0.164	0.291	0.423	0.169	0.110	0.404	0.162
9	CO	2	A	C13	0.401	1.107	0.443	0.279	0.344	0.138	0.296	0.371	0.148	0.262	0.332	0.133
		1	B	C17	0.411	1.102	0.441	0.286	0.343	0.137	0.304	0.369	0.148	0.268	0.331	0.132
	SW	2-5	B-E	SW1	0.392	1.320	0.528	0.273	0.373	0.149	0.290	0.385	0.154	0.109	0.368	0.147
10	CO	2	A	C13	0.369	1.169	0.468	0.257	0.364	0.145	0.273	0.392	0.157	0.241	0.351	0.140
	SW	2-5	B-E	SW1	0.391	1.150	0.345	0.272	0.325	0.130	0.289	0.336	0.134	0.109	0.320	0.128

หมายเหตุ (1) แถบสีแดงแสดงถึงค่า D/C ที่มากกว่า 1.0

ตารางที่ 5.22 ตารางสรุป D/C เปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุง และหลังการประยุกต์ใช้ HMC
สำหรับอาคาร A

อาคาร A

ชั้น	ชั้นส่วน	Grid		Label	ก่อนปรับปรุง			วิธีการประยุกต์ใช้ HMC								
		OC			HMCsw (Story1-5)			HMCco (Story1-8)			HMCswco (Story1-4)					
		Grav	WL		EQK	Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK		
1	CO	4	A	C15	0.407	1.074	0.430	0.283	0.334	0.134	0.301	0.360	0.144	0.265	0.322	0.129
		3	A	C14	0.474	1.737	0.695	0.330	0.540	0.216	0.350	0.582	0.233	0.309	0.522	0.209
		2	A	C13	0.421	2.212	0.885	0.293	0.688	0.275	0.311	0.741	0.296	0.275	0.664	0.266
		1	A	C12	0.430	2.298	0.919	0.299	0.715	0.286	0.318	0.770	0.308	0.280	0.690	0.276
		1	B	C17	0.420	2.205	0.882	0.292	0.686	0.274	0.310	0.739	0.296	0.274	0.662	0.265
		1	C	C18	0.470	1.722	0.689	0.327	0.536	0.214	0.347	0.577	0.231	0.307	0.517	0.207
	1	D	C19	0.407	1.074	0.430	0.283	0.334	0.134	0.301	0.360	0.144	0.265	0.322	0.129	
SW	2-5	B-E	SW1	0.460	2.620	0.786	0.320	0.740	0.296	0.340	0.765	0.306	0.128	0.730	0.292	
2	CO	3	A	C14	0.461	1.608	0.643	0.321	0.500	0.200	0.341	0.539	0.216	0.301	0.483	0.193
		2	A	C13	0.405	2.053	0.821	0.282	0.639	0.256	0.299	0.688	0.275	0.264	0.616	0.247
		1	A	C12	0.411	2.113	0.845	0.286	0.657	0.263	0.304	0.708	0.283	0.268	0.634	0.254
		1	B	C17	0.405	2.047	0.819	0.282	0.637	0.255	0.299	0.686	0.274	0.264	0.615	0.246
		1	C	C18	0.459	1.592	0.637	0.319	0.495	0.198	0.339	0.533	0.213	0.299	0.478	0.191
	SW	2-5	B-E	SW1	0.440	2.450	0.804	0.306	0.692	0.277	0.325	0.715	0.286	0.123	0.683	0.273
3	CO	3	A	C14	0.440	1.482	0.593	0.306	0.461	0.184	0.325	0.497	0.199	0.287	0.445	0.178
		2	A	C13	0.410	1.899	0.760	0.285	0.591	0.236	0.303	0.636	0.255	0.267	0.570	0.228
		1	A	C12	0.412	1.931	0.772	0.287	0.601	0.240	0.305	0.647	0.259	0.269	0.580	0.232
		1	B	C17	0.418	1.894	0.758	0.291	0.589	0.236	0.309	0.635	0.254	0.273	0.569	0.227
		1	C	C18	0.447	1.467	0.587	0.311	0.456	0.183	0.330	0.492	0.197	0.292	0.440	0.176
	SW	2-5	B-E	SW1	0.401	2.010	0.804	0.279	0.568	0.227	0.296	0.587	0.235	0.112	0.560	0.224
4	CO	3	A	C14	0.463	1.361	0.544	0.322	0.423	0.169	0.342	0.456	0.182	0.302	0.409	0.163
		2	A	C13	0.447	1.749	0.700	0.311	0.544	0.218	0.330	0.586	0.234	0.292	0.525	0.210
		1	A	C12	0.457	1.753	0.701	0.318	0.545	0.218	0.338	0.587	0.235	0.298	0.526	0.211
		1	B	C17	0.447	1.745	0.698	0.311	0.543	0.217	0.330	0.585	0.234	0.292	0.524	0.210
		1	C	C18	0.434	1.345	0.538	0.302	0.418	0.167	0.321	0.451	0.180	0.283	0.404	0.162
	SW	2-5	B-E	SW1	0.419	1.900	0.570	0.291	0.537	0.215	0.310	0.555	0.222	0.117	0.529	0.212
5	CO	3	A	C14	0.420	1.244	0.498	0.292	0.387	0.155	0.310	0.417	0.167	0.274	0.374	0.149
		2	A	C13	0.460	1.605	0.642	0.320	0.499	0.200	0.340	0.538	0.215	0.300	0.482	0.193
		1	A	C12	0.458	1.577	0.631	0.319	0.491	0.196	0.339	0.528	0.211	0.299	0.474	0.189
		1	B	C17	0.460	1.602	0.641	0.320	0.498	0.199	0.340	0.537	0.215	0.300	0.481	0.192
		1	C	C18	0.423	1.227	0.491	0.294	0.382	0.153	0.313	0.411	0.164	0.276	0.368	0.147
	SW	2-5	B-E	SW1	0.418	1.850	0.740	0.291	0.523	0.209	0.309	0.540	0.216	0.116	0.515	0.206
6	CO	3	A	C14	0.442	1.244	0.498	0.307	0.387	0.155	0.327	0.417	0.167	0.288	0.374	0.149
		1	A	C12	0.457	1.577	0.631	0.318	0.491	0.196	0.338	0.528	0.211	0.298	0.474	0.189
		1	B	C17	0.460	1.602	0.641	0.320	0.498	0.199	0.340	0.537	0.215	0.300	0.481	0.192
		1	C	C18	0.423	1.227	0.491	0.294	0.382	0.153	0.313	0.411	0.164	0.276	0.368	0.147
SW	2-5	B-E	SW1	0.395	1.720	0.688	0.275	0.486	0.194	0.292	0.502	0.201	0.110	0.479	0.192	
7	CO	3	A	C14	0.401	1.022	0.409	0.279	0.318	0.127	0.296	0.342	0.137	0.262	0.307	0.123
		2	A	C13	0.434	1.344	0.538	0.302	0.418	0.167	0.321	0.450	0.180	0.283	0.404	0.161
		1	A	C12	0.432	1.235	0.494	0.301	0.384	0.154	0.319	0.414	0.166	0.282	0.371	0.148
		1	B	C17	0.443	1.341	0.536	0.308	0.417	0.167	0.327	0.449	0.180	0.289	0.403	0.161
		1	C	C18	0.401	1.004	0.402	0.279	0.312	0.125	0.296	0.336	0.135	0.262	0.301	0.121
	SW	2-5	B-E	SW1	0.392	1.700	0.510	0.273	0.480	0.192	0.290	0.496	0.199	0.109	0.474	0.189
8	CO	2	A	C13	0.432	1.236	0.494	0.301	0.385	0.154	0.319	0.414	0.166	0.282	0.371	0.148
		1	A	C12	0.401	1.072	0.429	0.279	0.334	0.133	0.296	0.359	0.144	0.262	0.322	0.129
		1	B	C17	0.432	1.232	0.493	0.301	0.383	0.153	0.319	0.413	0.165	0.282	0.370	0.148
		SW	2-5	B-E	SW1	0.394	1.450	0.580	0.274	0.410	0.164	0.291	0.423	0.169	0.110	0.404
9	CO	2	A	C13	0.401	1.107	0.443	0.279	0.344	0.138	0.296	0.371	0.148	0.262	0.332	0.133
		1	B	C17	0.411	1.102	0.441	0.286	0.343	0.137	0.304	0.369	0.148	0.268	0.331	0.132
		SW	2-5	B-E	SW1	0.392	1.320	0.528	0.273	0.373	0.149	0.290	0.385	0.154	0.109	0.368
10	CO	2	A	C13	0.369	1.169	0.468	0.257	0.364	0.145	0.273	0.392	0.157	0.241	0.351	0.140
	SW	2-5	B-E	SW1	0.391	1.150	0.345	0.272	0.325	0.130	0.289	0.336	0.134	0.109	0.320	0.128

หมายเหตุ (1) แถบสีแดงแสดงถึงค่า D/C ที่มากกว่า 1.0

ตารางที่ 5.23 ตารางสรุป D/C เปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุง และหลังการประยุกต์ใช้ HMC 1 และ การพอก สำหรับอาคาร B (ชั้นที่ 1-5)

อาคาร B

ชั้น	ชั้นส่วน	Grid		Label	ก่อนปรับปรุง			วิธีการประยุกต์ใช้ HMC			พอก OC						
		x	y		OC			HMCswco (Story1-23)			OC(SW+)			OC(SWCO+)			
					Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK	
1	CO	B	10	C19	0.518	1.211	1.090	0.275	0.673	0.471	0.321	0.741	0.518	0.303	0.690	0.483	
			11	C28	0.554	1.002	0.902	0.294	0.557	0.390	0.343	0.613	0.429	0.324	0.571	0.400	
			12	C30	0.515	1.003	0.903	0.273	0.558	0.390	0.319	0.613	0.429	0.301	0.572	0.400	
			13	C32	0.549	1.004	0.904	0.292	0.558	0.391	0.340	0.614	0.430	0.321	0.572	0.400	
			18	C25	0.515	1.063	0.957	0.273	0.591	0.414	0.319	0.650	0.455	0.301	0.606	0.424	
			19	C36	0.545	1.014	0.913	0.289	0.564	0.395	0.338	0.620	0.434	0.318	0.578	0.404	
			20	C38	0.514	1.001	0.901	0.273	0.556	0.390	0.318	0.612	0.429	0.300	0.570	0.399	
			21	C48	0.514	1.001	0.901	0.273	0.556	0.390	0.318	0.612	0.429	0.300	0.570	0.399	
			22	C49	0.515	1.004	0.904	0.273	0.558	0.391	0.319	0.614	0.430	0.301	0.572	0.400	
			23	C50	0.514	1.008	0.907	0.273	0.560	0.392	0.318	0.616	0.431	0.300	0.574	0.402	
			24	C51	0.516	1.055	0.950	0.274	0.587	0.411	0.320	0.645	0.452	0.301	0.601	0.421	
			25	C41	0.522	1.020	0.918	0.277	0.567	0.397	0.323	0.624	0.437	0.305	0.581	0.407	
			26	C52	0.524	1.040	0.936	0.278	0.578	0.405	0.325	0.636	0.445	0.306	0.593	0.415	
	SW	B	7-8	SW1	0.522	2.210	0.884	0.277	0.724	0.507	0.323	0.755	0.528	0.739	0.739	0.517	
			16-17	SW2	0.513	1.710	0.684	0.272	0.560	0.392	0.318	0.584	0.409	0.300	0.572	0.400	
			C	16-17	SW3	0.580	1.800	0.720	0.308	0.589	0.413	0.580	0.615	0.430	0.580	0.602	0.421
				16-17	SW4	0.533	2.330	0.932	0.283	0.763	0.534	0.533	0.796	0.557	0.533	0.779	0.546
	2	CO	B	11	C28	0.521	1.014	0.700	0.538	0.389	0.272	0.323	0.620	0.434	0.592	0.399	0.279
				13	C32	0.511	1.012	0.698	0.537	0.388	0.272	0.317	0.619	0.433	0.591	0.398	0.279
				19	C36	0.512	1.038	0.716	0.551	0.398	0.279	0.317	0.635	0.444	0.606	0.408	0.286
20				C38	0.523	1.015	0.700	0.539	0.389	0.273	0.324	0.621	0.434	0.593	0.399	0.279	
21				C48	0.513	1.014	0.700	0.538	0.389	0.272	0.318	0.620	0.434	0.592	0.399	0.279	
22				C49	0.512	1.019	0.703	0.541	0.391	0.274	0.317	0.623	0.436	0.595	0.401	0.280	
23				C50	0.511	1.027	0.709	0.545	0.394	0.276	0.317	0.628	0.440	0.600	0.404	0.283	
24				C51	0.515	1.086	0.749	0.577	0.417	0.292	0.319	0.664	0.465	0.634	0.427	0.299	
26				C52	0.512	1.396	0.963	0.741	0.536	0.375	0.317	0.854	0.598	0.815	0.549	0.384	
SW		B	16-17	SW2	0.520	1.560	0.624	0.272	0.511	0.358	0.318	0.533	0.373	0.300	0.522	0.365	
			16-17	SW3	0.564	1.640	0.656	0.580	0.537	0.376	0.580	0.560	0.392	0.580	0.549	0.384	
			16-17	SW4	0.531	2.120	0.848	0.530	0.694	0.486	0.533	0.724	0.507	0.533	0.709	0.496	
		CO	B	11	C28	0.517	1.014	0.710	0.538	0.395	0.276	0.320	0.620	0.434	0.302	0.578	0.404
13	C32			0.528	1.012	0.708	0.537	0.394	0.276	0.327	0.619	0.433	0.308	0.577	0.404		
19	C36			0.509	1.038	0.727	0.551	0.404	0.283	0.315	0.635	0.444	0.297	0.591	0.414		
20	C38			0.510	1.015	0.711	0.539	0.395	0.276	0.316	0.621	0.434	0.298	0.578	0.405		
21	C48			0.511	1.014	0.710	0.538	0.395	0.276	0.317	0.620	0.434	0.298	0.578	0.404		
22	C49			0.508	1.019	0.713	0.541	0.397	0.278	0.315	0.623	0.436	0.297	0.581	0.406		
23	C50			0.507	1.027	0.719	0.545	0.400	0.280	0.314	0.628	0.440	0.296	0.585	0.410		
24	C51			0.509	1.086	0.760	0.577	0.423	0.296	0.315	0.664	0.465	0.297	0.619	0.433		
26	C52			0.511	1.396	0.977	0.741	0.543	0.380	0.317	0.854	0.598	0.298	0.795	0.557		
SW	B	16-17	SW2	0.515	1.450	0.580	0.272	0.475	0.332	0.318	0.495	0.347	0.300	0.485	0.340		
		16-17	SW3	0.553	1.560	0.624	0.580	0.511	0.358	0.580	0.533	0.373	0.580	0.522	0.365		
		16-17	SW4	0.501	2.010	0.804	0.530	0.658	0.461	0.533	0.687	0.481	0.533	0.672	0.471		
	CO	B	11	C28	0.513	1.014	0.507	0.538	0.282	0.197	0.318	0.620	0.434	0.300	0.578	0.404	
13			C32	0.512	1.012	0.506	0.537	0.281	0.197	0.317	0.619	0.433	0.299	0.577	0.404		
19			C36	0.551	1.038	0.519	0.551	0.289	0.202	0.341	0.635	0.444	0.322	0.591	0.414		
20			C38	0.554	1.015	0.508	0.539	0.282	0.197	0.343	0.621	0.434	0.324	0.578	0.405		
21			C48	0.524	1.014	0.507	0.538	0.282	0.197	0.325	0.620	0.434	0.306	0.578	0.404		
22			C49	0.539	1.019	0.510	0.541	0.283	0.198	0.334	0.623	0.436	0.315	0.581	0.406		
23			C50	0.541	1.027	0.514	0.545	0.285	0.200	0.335	0.628	0.440	0.316	0.585	0.410		
24			C51	0.565	1.086	0.543	0.577	0.302	0.211	0.350	0.664	0.465	0.330	0.619	0.433		
26			C52	0.524	1.396	0.698	0.741	0.388	0.272	0.325	0.854	0.598	0.306	0.795	0.557		
SW	B	7-8	SW1	0.511	1.100	0.440	0.271	0.360	0.308	0.175	0.376	0.263	0.672	0.368	0.258		
		16-17	SW2	0.560	1.600	0.640	0.272	0.524	0.448	0.318	0.546	0.383	0.300	0.535	0.375		
		16-17	SW3	0.561	1.560	0.624	0.580	0.511	0.437	0.580	0.533	0.373	0.580	0.522	0.365		
	16-17	SW4	0.501	2.010	0.804	0.530	0.658	0.563	0.533	0.687	0.481	0.533	0.672	0.471			
5	CO	B	24	C51	0.511	1.026	0.513	0.545	0.285	0.200	0.317	0.627	0.439	0.298	0.291	0.204	
			26	C52	0.521	1.356	0.678	0.720	0.377	0.264	0.323	0.829	0.580	0.304	0.297	0.208	
	SW	B	16-17	SW2	0.545	1.450	0.580	0.272	0.475	0.406	0.318	0.495	0.347	0.300	0.485	0.340	
			16-17	SW3	0.535	1.350	0.540	0.580	0.442	0.378	0.580	0.461	0.323	0.580	0.452	0.316	
		C	16-17	SW4	0.522	2.200	0.880	0.530	0.720	0.616	0.533	0.751	0.526	0.533	0.736	0.515	

หมายเหตุ (1) แถบสีแดงแสดงถึงค่า D/C ที่มากกว่า1.0

ตารางที่ 5.24 ตารางสรุป D/C เปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุง และหลังการประยุกต์ใช้ HMC 1 และ การพอก สำหรับอาคาร B (ชั้นที่ 6-21)

อาคาร B

ชั้น	ชั้นส่วน	Grid		Label	ก่อนปรับปรุง			วิธีการประยุกต์ใช้ HMC			พอก OC					
		x	y		OC			HMCswco (Story1-23)			OC(SW+)			OC(SWCO+)		
					Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK	Grav	WL	EQK
6	CO	B	24	C51	0.518	1.019	0.510	0.541	0.283	0.198	0.321	0.348	0.244	0.303	0.581	0.406
			26	C52	0.512	1.352	0.676	0.718	0.376	0.263	0.317	0.462	0.323	0.299	0.385	0.270
	SW	C	16-17	SW2	0.534	1.340	0.536	0.272	0.439	0.375	0.318	0.458	0.320	0.300	0.448	0.314
			16-17	SW3	0.528	1.280	0.540	0.580	0.419	0.378	0.580	0.437	0.306	0.580	0.428	0.300
			16-17	SW4	0.522	2.150	0.880	0.530	0.704	0.616	0.533	0.734	0.514	0.533	0.719	0.503
7	CO	B	23	C50	0.511	1.008	0.786	0.535	0.437	0.306	0.317	0.616	0.431	0.298	0.448	0.314
			24	C51	0.509	1.055	0.823	0.560	0.457	0.320	0.315	0.332	0.232	0.297	0.469	0.328
			26	C52	0.514	1.439	1.122	0.764	0.624	0.437	0.318	0.427	0.299	0.300	0.640	0.448
	SW	C	16-17	SW2	0.564	1.340	0.536	0.272	0.439	0.375	0.318	0.458	0.320	0.300	0.448	0.314
			16-17	SW3	0.560	1.600	0.664	0.580	0.524	0.465	0.580	0.546	0.383	0.580	0.535	0.375
8	CO	B	16-17	SW4	0.590	1.950	0.812	0.530	0.639	0.568	0.533	0.666	0.466	0.533	0.652	0.457
			26	C52	0.528	1.190	0.928	0.632	0.516	0.361	0.327	0.728	0.509	0.308	0.678	0.475
			SW	C	16-17	SW2	0.539	1.390	0.556	0.272	0.455	0.389	0.318	0.475	0.332	0.300
	16-17	SW3			0.560	1.600	0.664	0.580	0.524	0.465	0.580	0.546	0.383	0.580	0.535	0.375
	9	CO	B	16-17	SW4	0.590	1.950	0.812	0.530	0.639	0.568	0.533	0.666	0.466	0.533	0.652
26				C52	0.533	1.030	0.711	0.547	0.395	0.277	0.330	0.630	0.441	0.311	0.587	0.411
SW				C	16-17	SW2	0.541	1.390	0.556	0.272	0.455	0.389	0.318	0.475	0.332	0.300
		16-17	SW3		0.516	1.560	0.624	0.580	0.511	0.437	0.580	0.533	0.373	0.580	0.522	0.365
10		CO	B	16-17	SW4	0.520	1.900	0.760	0.530	0.622	0.532	0.533	0.649	0.454	0.533	0.636
	24			C51	0.514	1.191	0.929	0.632	0.516	0.362	0.318	0.728	0.510	0.300	0.293	0.205
	26			C52	0.518	1.030	0.803	0.547	0.447	0.313	0.321	0.630	0.441	0.303	0.295	0.207
	SW	C	16-17	SW2	0.543	1.430	0.572	0.272	0.468	0.400	0.318	0.488	0.342	0.300	0.478	0.335
			16-17	SW3	0.524	2.350	0.705	0.580	0.770	0.494	0.580	0.803	0.562	0.580	0.786	0.550
11	CO	B	16-17	SW4	0.548	2.840	0.852	0.530	0.930	0.596	0.533	0.970	0.679	0.533	0.950	0.665
			25	C41	0.554	1.131	0.780	0.601	0.434	0.304	0.343	0.692	0.484	0.324	0.644	0.451
			SW	C	7-8	SW1	0.512	1.220	0.976	0.530	0.400	0.683	0.175	0.417	0.292	0.408
	16-17	SW2			0.512	1.300	0.520	0.272	0.426	0.364	0.318	0.444	0.311	0.300	0.435	0.304
	12	CO	B	16-17	SW3	0.518	2.180	0.654	0.580	0.714	0.458	0.580	0.745	0.521	0.580	0.729
16-17				SW4	0.562	2.620	0.786	0.530	0.858	0.550	0.533	0.895	0.626	0.533	0.876	0.613
25				C41	0.512	1.023	0.818	0.543	0.455	0.318	0.317	0.626	0.438	0.299	0.583	0.408
SW		C	16-17	SW2	0.535	1.350	0.540	0.272	0.442	0.378	0.318	0.461	0.323	0.300	0.452	0.316
			16-17	SW3	0.510	1.910	0.573	0.580	0.625	0.401	0.580	0.652	0.457	0.580	0.639	0.447
13	CO	B	16-17	SW4	0.530	2.300	0.690	0.530	0.753	0.483	0.533	0.786	0.550	0.533	0.769	0.539
			25	C41	0.515	1.127	0.902	0.598	0.501	0.351	0.319	0.689	0.482	0.301	0.642	0.450
			26	C52	0.541	1.325	1.060	0.704	0.589	0.413	0.335	0.810	0.567	0.316	0.755	0.529
	SW	C	16-17	SW2	0.513	1.130	0.452	0.272	0.370	0.316	0.318	0.386	0.270	0.300	0.378	0.265
			16-17	SW3	0.581	1.810	0.543	0.580	0.593	0.380	0.580	0.618	0.433	0.580	0.605	0.424
14	CO	B	16-17	SW4	0.513	2.130	0.639	0.530	0.698	0.447	0.533	0.728	0.509	0.533	0.713	0.499
			25	C41	0.510	1.076	0.872	0.571	0.485	0.339	0.316	0.658	0.461	0.298	0.613	0.429
			26	C52	0.534	1.251	1.013	0.664	0.563	0.394	0.331	0.765	0.536	0.312	0.713	0.499
	SW	C	16-17	SW3	0.535	1.530	0.459	0.580	0.501	0.321	0.580	0.523	0.366	0.300	0.512	0.358
			16-17	SW4	0.578	1.780	0.534	0.530	0.583	0.374	0.533	0.608	0.426	0.580	0.595	0.417
15	CO	B	25	C41	0.510	1.076	0.872	0.571	0.485	0.339	0.316	0.658	0.461	0.298	0.613	0.429
			26	C52	0.534	1.251	1.013	0.664	0.563	0.394	0.331	0.765	0.536	0.312	0.713	0.499
			SW	C	16-17	SW3	0.521	1.260	0.378	0.580	0.413	0.265	0.580	0.430	0.301	0.580
	16-17	SW4			0.543	1.430	0.429	0.530	0.468	0.300	0.533	0.488	0.342	0.533	0.478	0.335
	16	CO	B	25	C41	0.511	1.074	0.913	0.570	0.508	0.355	0.317	0.558	0.391	0.627	0.520
26				C52	0.531	1.245	1.058	0.661	0.588	0.412	0.771	0.647	0.453	0.727	0.603	0.422
16-17				SW4	0.512	1.150	0.345	0.530	0.377	0.242	0.533	0.393	0.275	0.533	0.385	0.269
SW		C	25	C41	0.521	1.178	0.589	0.625	0.327	0.229	0.323	0.720	0.504	0.304	0.671	0.470
			26	C52	0.525	1.111	0.556	0.590	0.309	0.216	0.325	0.679	0.476	0.307	0.633	0.443
	16-17		SW4	0.519	1.185	0.593	0.629	0.329	0.231	0.322	0.725	0.507	0.303	0.675	0.473	
CO	B	26	C52	0.512	1.114	0.557	0.592	0.310	0.217	0.317	0.681	0.477	0.299	0.635	0.444	
		20	C51	0.511	1.040	0.520	0.552	0.289	0.202	0.317	0.636	0.445	0.298	0.593	0.415	
		21	C52	0.511	1.040	0.520	0.552	0.289	0.202	0.317	0.636	0.445	0.298	0.593	0.415	

บทที่ 6

ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

6.1 ผลการประเมินเชิงเศรษฐศาสตร์ของอาคารตัวอย่าง

6.1.1 อาคาร A

ตารางที่ 6.1 แสดงวิธีการและผลการคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔAU_i) ของวิธีการพอกแบบต่างๆ ได้แก่ วิธีที่ (1) การพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (Ordinary Concrete; OC) ที่ Shear Wall หรือ OC(SW+) วิธีที่ (2) การพอกด้วย OC ที่ Column หรือ OC(CO+) และ วิธีที่ (3) การพอก OC ที่ Shear Wall และ Column หรือ OC(SWCO+) เปรียบเทียบกับอาคาร A เดิมก่อนการปรับปรุง จากผลการคำนวณสรุปได้ ดังนี้

- (1) วิธีพอกแบบที่ 1 OC(SW+) การพอก OC ที่ Shear Wall ตั้งแต่ชั้นที่ 1-45 จะให้พื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารลดลงจากเดิม (ΔA_1) เท่ากับ -313 ตร.เมตร คิดเป็นมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ลดลงจากอาคารเดิมก่อนปรับปรุง (ΔAU_1) เท่ากับ -31.3 ล้านบาท (โปรดดูหัวข้อที่ 6 พื้นที่ใช้สอย และ 7 ผลต่างของมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอยตามลำดับ)
- (2) วิธีพอกแบบที่ 2 OC(CO+) การพอก OC ที่ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-45 จะให้พื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารลดลงจากเดิม (ΔA_2) เท่ากับ -416 ตร.เมตร คิดเป็นมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ลดลงจากอาคารเดิมก่อนปรับปรุง (ΔAU_2) เท่ากับ -41.6 ล้านบาท (โปรดดูหัวข้อที่ 6 พื้นที่ใช้สอย และ 7 ผลต่างของมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอยตามลำดับ)
- (3) วิธีพอกแบบที่ 3 OC(SWCO+) การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-45 และที่ Column (CO) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-15 พบว่าพื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารลดลงจากเดิม (ΔA_3) เท่ากับ -282 ตร.เมตร คิดเป็นมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ลดลงจากอาคารเดิมก่อนปรับปรุง (ΔAU_3) เท่ากับ -28.2 ล้านบาท (โปรดดูหัวข้อที่ 6 พื้นที่ใช้สอย และ 7 ผลต่างของมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ตามลำดับ) ซึ่งเป็นค่าการสูญเสียด้านผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอยน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีพอกแบบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.2 แสดงวิธีการและผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานที่โครงสร้าง (Shear Wall และ Column) (ΔTE_1) และผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_1) ตามลำดับ ของวิธีการพอกแบบต่างๆ ได้แก่ วิธีที่ (1) การพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (Ordinary Concrete; OC) ที่ Shear Wall หรือ OC(SW+) วิธีที่ (2) การพอกด้วย OC ที่ Column หรือ OC(CO+) และ วิธีที่ (3) การพอก OC ที่ Shear Wall และ Column หรือ OC(SWCO+) เปรียบเทียบกับอาคาร A เดิมก่อนการปรับปรุง จากผลการคำนวณสรุปได้ ดังนี้

- (1) วิธีพอกแบบที่ 1 OC(SW+) การพอก OC ที่ Shear Wall ตั้งแต่ชั้นที่ 1-45 พบว่า จะต้องใช้ปริมาณคอนกรีตทั่วไป (OC) เพิ่มขึ้นจากเดิม เท่ากับ 1,254 ลบ.เมตร ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔME_1) ซึ่งประกอบด้วย ค่าคอนกรีต เหล็กเสริมยืน เหล็กปลอก ลวดผูกเหล็ก ตะปู และค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันรวมเท่ากับ 8.97 ล้านบาท และ ค่าจ่ายด้านแรงงาน (ΔLE_1) ซึ่งประกอบด้วย งานคอนกรีต งานเหล็กเสริมยืน งานเหล็กปลอก และงานค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันและตะปูรวมเท่ากับ 2.005 ล้านบาท รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_1) เท่ากับ 11.0 ล้านบาท และเมื่อนำไปหักจาก มูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔUA_1) ที่ลดลงจากเดิม เท่ากับ -31.3 ล้านบาท ทำให้ค่าผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงจากอาคารเดิม (ΔU_1) หรือให้ค่าสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เท่ากับ -42.3 ล้านบาท
- (2) วิธีพอกแบบที่ 2 OC(CO+) การพอก OC ที่ Column ตั้งแต่ชั้นที่ 1-45 พบว่าใช้ ปริมาณคอนกรีตทั่วไป (OC) เพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 1,665 ลบ.เมตร ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔME_1) ซึ่งประกอบด้วย ค่าคอนกรีต เหล็กเสริมยืน เหล็กปลอก ลวดผูกเหล็ก ตะปู และค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันรวมเท่ากับ 13.58 ล้านบาท และค่าจ่ายด้าน แรงงาน (ΔLE_1) ซึ่งประกอบด้วย งานคอนกรีต งานเหล็กเสริมยืน งานเหล็กปลอก และ งานค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันและตะปูรวมเท่ากับ 2.85 ล้านบาท รวมค่าใช้จ่าย ด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_1) เท่ากับ 16.4 ล้านบาท และเมื่อนำไปลบจากมูลค่า ผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔUA_1) ที่ลดลงจากเดิม เท่ากับ -41.6 ล้านบาท ทำให้ค่า ผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงจากอาคารเดิม (ΔU_1) หรือให้ค่าสูญเสียมูลค่าเชิง เศรษฐศาสตร์ เท่ากับ -58.1 ล้านบาท

- (3) วิธีพอกแบบที่ 3 OC(SWCO+) การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-45 และที่ Column (CO) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-15 พบว่าใช้ปริมาณคอนกรีตทั่วไป (OC) เพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 1,127 ลบ.เมตร ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔME_1) ซึ่งประกอบด้วย ค่าคอนกรีต เหล็กเสริมยื่น เหล็กปลอก ลวดผูกเหล็ก ตะปู และค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันรวมเท่ากับ 9.69 ล้านบาท และค่าจ่ายด้านแรงงาน (ΔLE_1) ซึ่งประกอบด้วย งานคอนกรีต งานเหล็กเสริมยื่น งานเหล็กปลอก และงานค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยัน และตะปูรวมเท่ากับ 2.013 ล้านบาท รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_1) เท่ากับ 11.7 ล้านบาท และเมื่อนำไปลบจากมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔUA_1) ที่ลดลงจากเดิม เท่ากับ -28.2 ล้านบาท ทำให้ค่าผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงจากอาคารเดิม (ΔU_1) หรือให้ค่าสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เท่ากับ -39.9 ล้านบาท และเป็นค่าที่ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีการพอกแบบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.3 แสดงวิธีการและผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการที่ 4 HMC(SW) ชั้นที่ 1-5 เปรียบเทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง พบว่าวิธีการที่ 4 ใช้ปริมาตรคอนกรีต HMC และ OC เท่ากับ 442 และ 5,838 ลบ.เมตร ตามลำดับ ขณะที่ อาคารเดิมมีการใช้คอนกรีต OC เท่ากับ 6,280 ลบ.เมตร

ตารางที่ 6.4 แสดงวิธีการและผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการที่ 5 HMC(CO) ชั้นที่ 1-8 เปรียบเทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง พบว่าวิธีการที่ 5 ใช้ปริมาตรคอนกรีต HMC และ OC เท่ากับ 410 และ 5,870 ลบ.เมตร ตามลำดับ ขณะที่ อาคารเดิมมีการใช้คอนกรีต OC เท่ากับ 6,280 ลบ.เมตร

ตารางที่ 6.5 แสดงวิธีการและผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการที่ 6 HMC(SWCO) ชั้นที่ 1-4 เปรียบเทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง พบว่าวิธีการที่ 6 ใช้ปริมาตรคอนกรีต HMC และ OC เท่ากับ 558.2 และ 5,721.4 ลบ.เมตร ตามลำดับ ขณะที่ อาคารเดิมมีการใช้คอนกรีต OC เท่ากับ 6,280 ลบ.เมตร

เนื่องจากวิธีที่ 4 5 และ 6 เป็นการประยุกต์ใช้ HMC ทดแทน OC ในบางชิ้นส่วนของโครงสร้าง SW และหรือ CO นั้น โดยยังคงพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO เท่ากับของอาคาร A เดิม ดังนั้น จึงทำให้ไม่เกิดการสูญเสียพื้นที่ใช้สอย เมื่อเทียบกับอาคารเดิม (หรือ $\Delta A_i = 0$ เมื่อ $i = 4, 5$, และ 6) และทำให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ ได้แก่ เหล็กยื่น เหล็กปลอก ลวดผูกเหล็ก ตะปู และไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยัน และค่าแรงงานเกิดการหักล้างกับของอาคารเดิม ตามลำดับ หรือทำให้ค่า $\Delta M2_i$,

$\Delta M3i$, $\Delta M4i$, $\Delta M5i$, $\Delta M6i$ และ ΔLEi มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อ $i = 4, 5$, และ 6 ตามลำดับ) ยกเว้นมีเพียงค่าใช้จ่ายของวัสดุคอนกรีต HMC ที่เพิ่มขึ้นจากอาคารเดิม เนื่องจากราคา HMC มีราคาสูงกว่าคอนกรีตทั่วไป (OC) ดังนั้น ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงจึงมีค่าเท่ากับผลคูณของปริมาตรคอนกรีต HMC ที่ใช้กับค่าความแตกต่างระหว่างราคาคอนกรีต HMC (P2) กับราคาคอนกรีต OC (P1) หรือ $\Delta TEi = V2i * (P2-P1)$ และเมื่อต้องการหาค่า P2 ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของทั้ง 2 กลุ่มวิธีเท่ากัน ได้แก่ กลุ่มวิธีการพอก (x) และกลุ่มวิธีประยุกต์ใช้ HMC (y) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.17) ดังได้แสดงไว้ในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.7.1 กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTEi)

ตารางที่ 6.6 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTEi ของแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ได้แก่ วิธีที่ (4) HMC(SW) วิธีที่ (5) HMC(CO) วิธีที่ (6) HMC(SWCO) พบว่าค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTEi) ของวิธีที่ (4) HMC(SW), (5) HMC(CO), และ (6) HMC(SWCO) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อราคา HMC (P2) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น เมื่อกำหนดให้ราคา OC (P1) คงที่เท่ากับ 2,632 บาท/ลบ.เมตร

ตารางที่ 6.7 แสดงผลการคำนวณราคา HMC (P2) สูงสุดที่ได้จากสมการที่ 4.17 ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTEi) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC (ΔTEy) กับวิธีการพอก (ΔTE_x) เท่ากันสำหรับอาคาร A โดยพบได้ดังกรณีต่อไปนี้ (1) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 29,424 บาท/ลบ.เมตร สำหรับกรณีวิธีการที่ 5 ประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW ซึ่งให้ค่า (ΔTE_5) ต่ำสุดในกลุ่มวิธีการ HMC เท่ากับ 2.0 ล้านบาท เปรียบเทียบให้มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าวิธีที่ 1 การพอกที่ SW+ ซึ่งให้ค่า (ΔTE_1) ต่ำสุดในกลุ่มวิธีการพอกเช่นกัน เท่ากับ 11.0 ล้านบาท (2) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดได้ไม่เกิน 42,752 บาท/ลบ.เมตร สำหรับกรณีวิธีการที่ 5 ประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW ซึ่งให้ค่า (ΔTE_5) ต่ำสุดในกลุ่มวิธีการ HMC เท่ากับ 2.0 ล้านบาท เปรียบเทียบให้มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าวิธีที่ 2 การพอกที่ CO+ ซึ่งให้ค่า (ΔTE_2) สูงสุดในกลุ่มวิธีการพอกเช่นกัน เท่ากับ 16.4 ล้านบาท (3) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 22,292 บาท/ลบ.เมตร สำหรับกรณีวิธีการที่ 6 ประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO ซึ่งให้ค่า (ΔTE_6) สูงสุดในกลุ่มวิธีการ HMC เท่ากับ 2.7 ล้านบาท เปรียบเทียบให้มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าวิธีที่ 1 การพอกที่ SW+ ซึ่งให้ค่า (ΔTE_1) ต่ำสุดในกลุ่มวิธีการพอกเช่นกัน เท่ากับ 11.0 ล้านบาท และ (4) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 32,072 บาท/ลบ.เมตร สำหรับกรณีวิธีการที่ 6 ประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO ซึ่งให้ค่า (ΔTE_6) สูงสุดในกลุ่มวิธีการ HMC เท่ากับ 2.7 ล้านบาท เปรียบเทียบให้มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าวิธีที่ 2 การพอกที่ CO+ ซึ่งให้ค่า (ΔTE_2) ต่ำสุดในกลุ่มวิธีการพอกเช่นกัน เท่ากับ 16.4 ล้านบาท

รูปที่ 6.1 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ สำหรับอาคาร A โดยรูปที่ 6.1 ได้ผลมาจากตารางที่ 6.6 และ ตารางที่ 6.7 ตามลำดับ

จากผลการคำนวณราคา HMC (P2) สูงสุดที่ทำให้เกิดจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการ HMC กับวิธีการพอกนั้น ไม่ว่าจะพิจารณาใน 4 กรณี ดังได้กล่าวในตารางที่ 4.7 แล้วนั้น จะเห็นว่า ราคาต่ำสุดของราคา HMC สูงสุด (หรือ Minimum of P2max) มีค่าเท่ากับ 22,292 บาท/ลบ.เมตร ขณะที่ราคาสูงสุดของราคา HMC สูงสุด (หรือ Maximum of P2max) ไม่เกิน 42,752 บาท/ลบ.เมตร

อย่างไรก็ดี เนื่องจากราคาคอนกรีต HMC ไม่พบว่าได้ถูกระบุไว้ในหนังสือ “บัญชีราคาค่าวัสดุก่อสร้างและแรงงาน ประจำปี พ.ศ. 2565” และคอนกรีต OC ที่มีกำลังอัดสูงสุดที่มีขายในท้องตลาดมีค่าในช่วง 800-900 ksc และมีราคาขายประมาณ 5,000 และอาจไม่เกิน 6,000 บาท/ลบ.เมตร ดังนั้น ในการกำหนดราคา HMC (P2) เพื่อใช้ในการคำนวณผลมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์นี้ ที่พอเป็นไปได้ ณ ปัจจุบัน ควรมีค่าเท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร (ขอแนะนำโดย ศ. ดร. ทศพล ปิ่นแก้ว)

ตารางที่ 6.8 ตารางที่ 6.9 และตารางที่ 6.10 แสดงวิธีการและผลการคำนวณมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC แบบต่างๆกัน ได้แก่ วิธีที่ (4) การใช้ HMC ที่ Shear Wall หรือ HMC(SW) วิธีที่ (5) การใช้ HMC ที่ Column หรือ HMC(CO) และวิธีที่ (6) การใช้ HMC ที่ Shear Wall และ Column หรือ HMC (SWCO) เทียบกับอาคาร A เดิมก่อนการปรับปรุง ตามลำดับ จากผลการคำนวณสรุปได้ ดังนี้

(1) วิธีที่ 4 แบบประยุกต์ใช้ HMC ที่ Shear Wall หรือ HMC(SW) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-5 พบว่า

- (1) มูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอยเทียบเท่ากับอาคารเดิมก่อนปรับปรุง (ΔAU_4) และค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน (ΔLE_4) เท่ากับ 0 ล้านบาท ตามลำดับ (2) ต้องใช้ปริมาณคอนกรีต HMC เท่ากับ 442 และ OC เท่ากับ 5,838 ลบ.เมตร ตามลำดับ คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านคอนกรีตรวมเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ ($\Delta M1_4$) เท่ากับ 2.2 ล้านบาท และ
- (3) ค่าผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงจากอาคารเดิม เท่ากับ (ΔU_4) -2.2 ล้านบาท

(2) วิธีที่ 5 แบบประยุกต์ใช้ HMC ที่ Column หรือ HMC(CO) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-8 พบว่า (1) มูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอยเทียบเท่ากับอาคารเดิมก่อนปรับปรุง (ΔAU_5) และค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน (ΔLE_5) เท่ากับ 0 ล้านบาท ตามลำดับ (2) ต้องใช้ปริมาณ

คอนกรีต HMC เท่ากับ 410 และ OC เท่ากับ 5,870 ลบ.เมตร ตามลำดับ คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านคอนกรีตรวมเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ (ΔM_{15}) เท่ากับ 2.0 ล้านบาท และ

(3) ค่าผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงจากอาคารเดิม เท่ากับ (ΔU_4) -2.0 ล้านบาท หรือให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ต่ำสุด

- (3) วิธีที่ 6 แบบประยุกต์ใช้ HMC ที่ Shear Wall และ Column หรือ HMC(SWCO) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-4 พบว่า (1) มูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอยเทียบเท่ากับอาคารเดิม ก่อนปรับปรุง (ΔAU_6) และค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน (ΔLE_6) เท่ากับ 0 ล้านบาท ตามลำดับ (2) ต้องใช้ปริมาณคอนกรีต HMC เท่ากับ 558.2 และ OC เท่ากับ 5,721.4 ลบ.เมตร ตามลำดับ คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านคอนกรีตรวมเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ (ΔM_{16}) เท่ากับ 2.7 ล้านบาท และ (3) ค่าผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงจากอาคารเดิม เท่ากับ (ΔU_6) -2.7 ล้านบาท หรือมีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์สูงที่สุด

ตารางที่ 6.11 ได้สรุปเปรียบเทียบมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔAU_i) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน (ΔTE_i) และผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ระหว่างวิธีการออกแบบต่างๆ กับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง พบว่า (1) วิธีที่ 3 OC(SWCO+) การพอกด้วย OC ที่ SW หนาขึ้น 0.07 เมตร ชั้นที่ 1-45 และที่ CO หนาขึ้น 0.075 เมตรทั้งด้านกว้างและด้านหนา ชั้นที่ 1-15 จะให้มูลค่าด้านพื้นที่ใช้สอยทั้งอาคาร (ΔUA_3) และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_3) ลดลงจากอาคารเดิมน้อยที่สุด เท่ากับ -28.2 ล้านบาท และ -39.9 ล้านบาท (2) วิธีที่ 1 OC(SW) การพอก OC ที่ SW หนาขึ้น จากเดิม 0.09 เมตร ชั้นที่ 1-45 ให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน (ΔTE_1) ต่ำที่สุดเท่ากับ 11.0 ล้านบาท และ (3) วิธีที่ 2 OC(OC+) การพอก OC ที่ CO หนาขึ้นจากเดิม 0.025 เมตร ทั้งด้านกว้างและด้านหนา ชั้นที่ 1-45 จะให้มูลค่าด้านผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอย (ΔUA_2) ลดลงมากที่สุดเท่ากับ -41.6 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_2) สูงสุดเท่ากับ 16.4 ล้านบาท และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงมากที่สุด (ΔU_2) เท่ากับ -58.1 ล้านบาท

ตารางที่ 6.12 ได้สรุปเปรียบเทียบมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔAU_i) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน (ΔTE_i) และผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC แบบต่างๆ กับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง พบว่า (1) ทุกวิธีการประยุกต์ใช้ HMC นั้นจะมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอยเทียบกับอาคารเดิมไม่เปลี่ยนแปลง (2) วิธีที่ 5 HMC(CO) การประยุกต์ด้วย HMC ที่ CO ชั้นที่ 1-8 จะให้ค่าใช้จ่ายด้านคอนกรีตต่ำสุด (ΔM_{15}) เท่ากับ 2.0 ล้านบาท และผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์สูงที่สุด (ΔU_3) เท่ากับ -2.0 ล้านบาท รองลงมาได้แก่ วิธีที่ 4

HMC(SW) การใช้ HMC ที่ SW ชั้นที่ 1-5 และวิธีที่ 6 HMC(SWCO) การใช้ HMC ที่ SW และ CO ชั้นที่ 1-4 โดยให้ผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_4) และ (ΔU_6) เท่ากับ -2.2 ล้านบาท และ -2.7 ล้านบาท ตามลำดับ

กล่าวโดยสรุป ได้ดังนี้

- 1) กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน (ΔTE_i) ต่ำสุด สำหรับวิธีการพอกและHMC ได้แก่
 - 1.1) วิธีที่ (1) OC(SW+) ให้ค่าใช้จ่าย ΔTE_1 ต่ำสุดเท่ากับ 11.0 ล้านบาท
 - 1.2) วิธีที่ (5) HMC(CO) ให้ค่าใช้จ่าย ΔTE_5 ต่ำสุดเท่ากับ 2.0 ล้านบาท
- 2) กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุด สำหรับวิธีการพอกและHMC ได้แก่
 - 2.1) วิธีที่ (2) OC(CO+) ให้ค่าใช้จ่าย ΔTE_2 สูงสุดเท่ากับ 16.4 ล้านบาท
 - 2.2) วิธีที่ (6) HMC(SWCO) ให้ค่าใช้จ่าย ΔTE_6 สูงสุดเท่ากับ 2.7 ล้านบาท
- 3) กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) ต่ำสุด สำหรับวิธีการพอกและHMC ได้แก่
 - 3.1) วิธีที่ (3) OC(SWCO+) ให้ค่า $-\Delta U_3$ ต่ำสุดเท่ากับ 39.9 ล้านบาท
 - 3.2) วิธีที่ (5) HMC(CO) ให้ค่า $-\Delta U_5$ ต่ำสุดเท่ากับ 2.0 ล้านบาท
- 4) กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) สูงสุด สำหรับวิธีการพอกและHMC ได้แก่
 - 4.1) วิธีที่ (2) OC(CO+) ให้ค่า $-\Delta U_2$ สูงสุดเท่ากับ 58.1 ล้านบาท
 - 4.2) วิธีที่ (6) HMC(SWCO) ให้ค่า $-\Delta U_6$ สูงสุดเท่ากับ 2.7 ล้านบาท

6.1.2 อาคาร B

ตารางที่ 6.13 และ ตารางที่ 6.14 แสดงข้อมูลพื้นฐานและความสูงของอาคาร B

ตารางที่ 6.15 และ ตารางที่ 6.16 แสดงผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ Shear Wall (SW) และ Column (CO) ของอาคาร B (เดิมก่อนการปรับปรุง) ตามลำดับ พื้นที่หน้าตัดและปริมาตรโดยรวมของ (SW) และ (CO) ของอาคาร ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของขนาดมิติของ Shear Wall (SW) ทั้งหมด 5 ขนาดมิติ ได้แก่ SW1 SW2 SW3 SW4 และ SW5) และ Column (CO) มีทั้งหมด 8 ขนาดมิติ ได้แก่ C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 และ C8) ที่ใช้ในแต่ละช่วงชั้นต่างๆทั้งหมด

42 ชั้น ของอาคารก่อนปรับปรุง โดยพบว่า (1) Shear Wall (SW) มีพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรรวมทั้งอาคาร เท่ากับ 2,394.5 ตร.เมตร และ 7,234.6 ลบ.เมตร ตามลำดับ ขณะที่ (2) Column (CO) มีพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรรวมทั้งอาคาร เท่ากับ 1,310.715 ตร.เมตร และ 3,959.522 ลบ.เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 6.17 แสดงผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ SW หลังพอกที่ความหนา 1.25 เมตร ชั้นที่ 1-42 ของอาคาร B พบว่า Shear Wall (SW) มีพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรรวมทั้งอาคาร เท่ากับ 5,986.25 ตร.เมตร และ 18,086.49 ลบ.เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 6.18 แสดงผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ SW หลังพอกที่ความหนา 1.2 เมตร ชั้นที่ 1-42 ของอาคาร B พบว่า Shear Wall (SW) มีพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรรวมทั้งอาคาร เท่ากับ 5,746.8 ตร.เมตร และ 17,363.028 ลบ.เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 6.19 แสดงผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ CO หลังการพอก OC ที่ความหนา 1.75 เท่าของพื้นที่หน้าตัดเดิม ชั้นที่ 1-20 ของอาคาร B พบว่า Column (CO) มีพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรรวมทั้งอาคาร เท่ากับ 1,860.63 ตร.เมตร และ 5,610.32 ลบ.เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 6.20 แสดงวิธีการและผลการคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ใช้สอย (ΔAU_i) ของวิธีการพอกที่ (1) OC(SW+) และวิธีการพอกที่ (3) OC(SWCO+) เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง จากผลการคำนวณสรุปได้ ดังนี้

- (1) วิธีพอกแบบที่ 1 OC(SW+) การพอก OC ที่ Shear Wall ตั้งแต่ชั้นที่ 1-42 จะให้พื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารลดลงจากเดิม (ΔA_1) เท่ากับ -3,592 ตร.เมตร คิดเป็นมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ลดลงจากอาคารเดิมก่อนปรับปรุง (ΔAU_1) เท่ากับ -359.2 ล้านบาท (โปรดดูหัวข้อที่ 6 พื้นที่ใช้สอย และ 7 ผลต่างของมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ตามลำดับ)
- (2) วิธีพอกแบบที่ 3 OC(SWCO+) การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-42 และที่ Column (CO) ตั้งแต่ชั้นที่ 1-20 พบว่าพื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารลดลงจากเดิม (ΔA_3) เท่ากับ -3,902 ตร.เมตร คิดเป็นมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ลดลงจากอาคารเดิมก่อนปรับปรุง (ΔAU_3) เท่ากับ -390.2 ล้านบาท (โปรดดูหัวข้อที่ 6 พื้นที่ใช้สอย และ 7 ผลต่างของมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ตามลำดับ) ซึ่งเป็นค่าการสูญเสียด้านผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอยมากที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีพอกแบบที่ 1

ตารางที่ 6.21 แสดงวิธีการและผลการคำนวณ ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน (ΔTE_i) และผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ของวิธีการพอกแบบต่างๆ ได้แก่ วิธีที่ (1) การพอกด้วยคอนกรีตทั่วไป (Ordinary Concrete; OC) ที่ Shear Wall หรือ OC(SW+) และ วิธีที่ (3) การพอก OC ที่ Shear Wall และ Column หรือ OC(SWCO+) เทียบกับอาคาร B เดิมก่อนการปรับปรุง จากผลการคำนวณสรุปได้ ดังนี้

- (1) วิธีพอกแบบที่ 1 OC(SW+) การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) หนาขึ้น 0.75 เมตร ตั้งแต่ชั้นที่ 1-42 พบว่าต้องใช้ปริมาณคอนกรีตทั่วไปเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 10,852 ลบ.เมตร ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔME_1) ซึ่งประกอบด้วย ค่าคอนกรีต เหล็กเสริมยืน เหล็กปลอก ลวดผูกเหล็ก ตะปู และค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันรวมเท่ากับ 54.8 ล้านบาท และค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน (ΔLE_1) ซึ่งประกอบด้วย งานคอนกรีต งานเหล็กเสริมยืน งานเหล็กปลอก และงานค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันและตะปูรวมเท่ากับ 14.5 ล้านบาท รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_1) เท่ากับ 69.3 ล้านบาท และเมื่อนำไปหักจากมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔUA_1) ที่ลดลงจากเดิม เท่ากับ -359.2 ล้านบาท ทำให้ค่าผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงจากอาคารเดิม (ΔU_1) หรือให้ค่าสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_1) เท่ากับ -428.5 ล้านบาท
- (2) วิธีพอกแบบที่ 3 OC(SWCO+) การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) หนาขึ้น 0.7 เมตร ชั้นที่ 1-42 และ Column (CO) หนาขึ้น 1.75 เท่าของพื้นที่หน้าตัดเดิม ตั้งแต่ชั้นที่ 1-20 พบว่าต้องใช้ปริมาณคอนกรีตทั่วไปเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 11,779 ลบ.เมตร ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔME_1) ซึ่งประกอบด้วย ค่าคอนกรีต เหล็กเสริมยืน เหล็กปลอก ลวดผูกเหล็ก ตะปู และค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันรวมเท่ากับ 64.1 ล้านบาท และค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน (ΔLE_3) ซึ่งประกอบด้วย งานคอนกรีต งานเหล็กเสริมยืน งานเหล็กปลอก และงานค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยันและตะปูรวมเท่ากับ 16.3 ล้านบาท รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_3) เท่ากับ 80.4 ล้านบาท และเมื่อนำไปหักจากมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔUA_3) ที่ลดลงจากเดิม เท่ากับ -390.2 ล้านบาท ทำให้ค่าผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงจากอาคารเดิม (ΔU_3) หรือให้ค่าสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_3) เท่ากับ -470.6 ล้านบาท

- (3) วิธีพอกแบบที่ 1 นี้ จะให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_1) ต่ำที่สุดเท่ากับ 69.3 ล้านบาท และให้มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์สูงที่สุดเท่ากับ -428.5 ล้านบาท (หรือสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ต่ำที่สุด) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการพอกแบบที่ 3

ตารางที่ 6.22 แสดงวิธีการและผลการคำนวณปริมาณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการที่ 6 HMC(SWCO) ชั้นที่ 1-23 เปรียบเทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง พบว่าวิธีการที่ 6 ใช้ปริมาณคอนกรีต HMC และ OC เท่ากับ 6,440 และ 4,754 ลบ.เมตร ตามลำดับ ขณะที่ อาคารเดิมมีการใช้คอนกรีต OC เท่ากับ 6,280 ลบ.เมตร

ตารางที่ 6.23 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้ HMC วิธีที่ (6) HMC(SWCO) พบว่าค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อราคา HMC (P2) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น เมื่อกำหนดให้ราคา OC (P1) คงที่เท่ากับ 2,632 บาท/ลบ.เมตร

ตารางที่ 6.24 แสดงผลการคำนวณราคา HMC (P2) สูงสุดที่ได้จากสมการที่ 4.17 ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC (ΔTE_y) กับวิธีการพอก (ΔTE_x) เท่ากันสำหรับอาคาร B โดยพบได้ดังกรณีต่อไปนี้ (1) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 13,392 บาท/ลบ.เมตร สำหรับกรณีวิธีการที่ 6 ประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO ซึ่งให้ค่า (ΔTE_6) เท่ากับ 31.4 ล้านบาท เปรียบเทียบให้มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าวิธีที่ 1 การพอกที่ SW+ ซึ่งให้ค่า (ΔTE_1) ต่ำสุดในกลุ่มวิธีการพอก เท่ากับ 69.3 ล้านบาท (2) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดได้ไม่เกิน 15,109 บาท/ลบ.เมตร กรณีวิธีการที่ 6 ประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO เปรียบเทียบให้มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าวิธีที่ 2 การพอกที่ CO+ ซึ่งให้ค่า (ΔTE_2) สูงสุดในกลุ่มวิธีการพอกเท่ากับ 80.4 ล้านบาท

รูปที่ 6.2 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC และวิธีการพอก กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ สำหรับอาคาร B โดยรูปที่ 6.2 ได้ผลมาจากตารางที่ 6.23 และ ตารางที่ 6.24 ตามลำดับ

จากผลการคำนวณราคา HMC (P2) สูงสุดที่ทำให้เกิดจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการ HMC กับวิธีการพอกนั้น ไม่ว่าจะพิจารณาใน 2 กรณี ดังได้กล่าวในตารางที่ 6.24 แล้วนั้น จะเห็นว่า ราคาต่ำสุดของราคา HMC สูงสุด (หรือ Minimum of P2max) มีค่าเท่ากับ 13,392 บาท/ลบ.เมตร ขณะที่ราคาสูงสุดของราคา HMC สูงสุด (หรือ Maximum of P2max) ไม่เกิน 15,109 บาท/ลบ.เมตร

อย่างไรก็ดี ราคาต่ำสุดของราคา HMC สูงสุด (หรือ Minimum of P2max) มีค่าเท่ากับ 13,392 บาท/ลบ.เมตร และขณะที่ราคาสูงสุดของราคา HMC สูงสุด (หรือ Maximum of P2max) ไม่เกิน 15,109 บาท/ลบ.เมตร ดังนั้น ด้วยเหตุผลในทำนองเดียวกันกับกรณีของ อาคาร A จึงได้ กำหนดราคา HMC ของอาคาร B เท่ากันกับอาคาร A เท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร

ตารางที่ 6.25 แสดงวิธีการและผลการคำนวณมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการที่ 6 การประยุกต์ใช้ HMC ที่ Shear Wall และ Column หรือ (6) HMC (SWCO) ชั้นที่ 1-23 เทียบกับอาคาร B เดิมก่อน ปรับปรุง ผลการคำนวณสรุปได้ ดังนี้

(1) มูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอยเทียบเท่ากับอาคารเดิมก่อนปรับปรุง (ΔU_6) และ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน (ΔLE_6) เท่ากับ 0 ล้านบาท ตามลำดับ

(2) ใช้ปริมาณคอนกรีต HMC เท่ากับ 6,440 และ OC เท่ากับ 4,754 ลบ.เมตร ตามลำดับ คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านคอนกรีตรวมเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ ($\Delta M1_6$) เท่ากับ 31.4 ล้านบาท

(3) มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ลดลงจากอาคารเดิม เท่ากับ (ΔU_6) -31.4 ล้านบาท

ตารางที่ 2.26 ได้สรุปเปรียบเทียบมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔU_i) ค่าใช้จ่ายด้าน วัสดุและด้านแรงงาน (ΔTE_i) และผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ระหว่างวิธีการออกแบบต่างๆ และวิธีประยุกต์ใช้ HMC กับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง ได้ผลสรุป ดังนี้

(1) วิธีที่ 1 OC(SW+) การพอกด้วย OC ที่ SW หนาขึ้น 0.75 เมตร ชั้นที่ 1-42 จะให้มูลค่า ด้านพื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารลดลงจากอาคารเดิมน้อยที่สุด (ΔU_1) เท่ากับ -359.2 ล้านบาท ค่าใช้จ่าย ด้านวัสดุและด้านแรงงานต่ำสุด (ΔTE_1) เท่ากับ 69.3 ล้านบาท และผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ลดลงน้อยที่สุด (ΔU_1) เท่ากับ -428.5 ล้านบาท เมื่อเทียบกับวิธีที่ 3 ตามลำดับ

(2) วิธีที่ 3 OC(SWCO+) การพอกด้วย OC ที่ SW หนาขึ้น 0.7 เมตร ชั้นที่ 1-42 และที่ CO หนาขึ้น 1.75 เท่าของพื้นที่หน้าตัดเดิม ชั้นที่ 1-20 จะให้มูลค่าด้านพื้นที่ใช้สอยทั้งอาคาร (ΔU_3) ลดลงจากอาคารเดิมมากที่สุดเท่ากับ -390.2 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงานสูงที่สุด (ΔTE_3) เท่ากับ 80.4 ล้านบาทละมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_3) ลดลงจากอาคารเดิมมากที่สุดเท่ากับ -470.6 ล้านบาท เมื่อเทียบกับวิธีที่ 1 ตามลำดับ

(3) วิธีที่ 6 HMC(SWCO) การประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO ตั้งแต่ชั้นที่ 1-13 จะให้ มูลค่าด้านพื้นที่ใช้สอยทั้งอาคาร (ΔU_6) ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับอาคารเดิม ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ

และด้านแรงงาน (ΔTE_6) เท่ากับ 31.4 ล้านบาท และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_3) ลดลงจากอาคารเดิม เท่ากับ -31.4 ล้านบาท

กล่าวโดยสรุป ได้ดังนี้

- 1) กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน (ΔTE_i) ต่ำสุด สำหรับวิธีการพอกและHMC ได้แก่
 - 1.1) วิธีที่ (1) OC(SW+) ให้ค่าใช้จ่าย ΔTE_1 ต่ำสุดเท่ากับ 69.3 ล้านบาท
 - 1.2) วิธีที่ (6) HMC(SWCO) ให้ค่าใช้จ่าย ΔTE_6 ต่ำสุดเท่ากับ 31.4 ล้านบาท
- 2) กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุด สำหรับวิธีการพอก คือ
 - 2.1) วิธีที่ (3) OC(SWCO+) ให้ค่าใช้จ่าย ΔTE_2 สูงสุดเท่ากับ 80.4 ล้านบาท
- 3) กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) ต่ำสุด สำหรับวิธีการพอกและHMC ได้แก่
 - 3.1) วิธีที่ (1) OC(SW+) ให้ค่า ($-\Delta U_3$) ต่ำสุดเท่ากับ 428.5 ล้านบาท
 - 3.2) วิธีที่ (6) HMC(SWCO) ให้ค่า ($-\Delta U_6$) ต่ำสุดเท่ากับ 31.4 ล้านบาท
- 4) กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) สูงสุด สำหรับวิธีการพอก คือ
 - 4.1) วิธีที่ (3) OC(SWCO+) ให้ค่า ($-\Delta U_2$) สูงสุดเท่ากับ 470.6 ล้านบาท

6.2 ผลการวิเคราะห์จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีประยุกต์ใช้ HMC

6.2.1 อาคาร A

ตารางที่ 6.27 ได้สรุปค่าตัวแปรของวิธีการพอกและวิธีประยุกต์ใช้ HMC แบบต่างๆที่เกี่ยวข้องในคำนวณหาค่าราคา HMC (P2) สูงสุด ที่ทำให้เกิดการเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 6.28 แสดงผลการคำนวณราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอภาคของค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก ตามลำดับ ของอาคาร A สรุปผลได้ ดังนี้

1. กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i)
 - 1) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_5) ของวิธีที่ (5) HMC(CO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 11.0 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (1) OC(SW+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 29,424 บาท/ลบ.เมตร

- 2) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_5) ของวิธีที่ (5) HMC(CO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 16.4 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (2) OC(CO+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 42,752 บาท/ลบ.เมตร
 - 3) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_6) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 11.0 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (1) OC(SW+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 22,292 บาท/ลบ.เมตร
 - 4) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_6) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 16.4 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (2) OC(CO+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 32,072 บาท/ลบ.เมตร
2. กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$)
- 1) การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_5$) ของวิธีที่ (5) HMC(CO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 39.9 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (3) OC(SWCO+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 99,995 บาท/ลบ.เมตร
 - 2) การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_5$) ของวิธีที่ (5) HMC(CO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 58.1 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (2) OC(CO+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 144,375 บาท/ลบ.เมตร
 - 3) การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_6) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 39.9 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (3) OC(SWCO+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 74,078 บาท/ลบ.เมตร
 - 4) การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_6) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 58.1 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (2) OC(CO+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 106,645 บาท/ลบ.เมตร

ตารางที่ 6.29 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ได้แก่ วิธีที่ (4) HMC(SW) วิธีที่ (5) HMC(CO) วิธีที่ (6) HMC(SWCO) พบว่าค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) ของวิธีที่ (4) HMC(SW), (5) HMC(CO), และ (6) HMC(SWCO) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อราคา HMC (P2) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อกำหนดให้ราคา OC (P1) คงที่เท่ากับ 2,632 บาท/ลบ.เมตร และรูปที่ 6.3 ได้แสดงกราฟของผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่าย

ด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 6.30 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่าสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) ของแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ได้แก่ วิธีที่ (4) HMC(SW) วิธีที่ (5) HMC(CO) วิธีที่ (6) HMC(SWCO) พบว่าค่าสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) ของวิธีที่ (4) HMC(SW), (5) HMC(CO), และ (6) HMC(SWCO) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อราคา HMC (P2) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อกำหนดให้ราคา OC (P1) คงที่เท่ากับ 2,632 บาท/ลบ.เมตร และรูปที่ 6.4 ได้แสดงกราฟของผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร A

6.2.2 อาคาร B

ตารางที่ 6.31 ได้สรุปค่าตัวแปรของวิธีการพอกและวิธีประยุกต์ใช้ HMC ที่เกี่ยวข้องในคำนวณหาค่าราคา HMC (P2) สูงสุด ที่ทำให้เกิดการเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC สำหรับอาคาร B

ตารางที่ 6.32 แสดงผลการคำนวณราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอภาคของค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก ตามลำดับ ของอาคาร B สรุปผลได้ ดังนี้

1. กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i)
 - 1) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_6) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 69.3 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (1) OC(SW+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 13,392 บาท/ลบ.เมตร
 - 2) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_6) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 80.4 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (3) OC(SWCO+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,109 บาท/ลบ.เมตร
2. กรณีมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i)

- 1) มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_6) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ -428.5 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (1) OC(SW+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 69,165 บาท/ลบ.เมตร
- 2) มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_6) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ -470.6 ล้านบาท โดยวิธีพอกที่ (3) OC(SWCO+) ต่อเมื่อราคา HMC (P2) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 75,702 บาท/ลบ.เมตร

ตารางที่ 6.33 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC (6) HMC(SWCO) พบว่าค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อราคา HMC (P2) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อกำหนดให้ราคา OC (P1) คงที่เท่ากับ 2,632 บาท/ลบ.เมตร และรูปที่ 6.5 ได้แสดงกราฟของผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร B

ตารางที่ 6.34 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_6$) ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ (6) HMC(SWCO) พบว่าการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_6$) ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อราคา HMC (P2) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อกำหนดให้ราคา OC (P1) คงที่เท่ากับ 2,632 บาท/ลบ.เมตร และรูปที่ 6.6 ได้แสดงกราฟของผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร B

6.3 บทสรุป

6.3.1 อาคาร A

ก. ผลการประเมินผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

1. กรณีการสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta UA_i$)

- 1) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (3) OC(SWCO+) ให้การสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta UA_3$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 28.2 ล้าน

บาท รองลงมาได้แก่ วิธีที่ (1) OC(SW+) และวิธีที่ (2) OC(CO+) เท่ากับ 31.3 และ 41.6 ล้านบาท ตามลำดับ

2) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC พบว่าทุกวิธีการไม่มีการสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta U_{A_y}$)

3) เมื่อเปรียบเทียบในระหว่างทุกวิธีการทั้งหมด พบว่า ทุกวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ไม่มีการสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta U_{A_y}$) แต่อย่างใด

2. กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i)

1) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (1) OC(SW+) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_1) ต่ำที่สุดเท่ากับ 11.0 ล้านบาท รองลงมาได้แก่ วิธีที่ (3) OC(SWCO+) และวิธีที่ (2) OC(CO+) เท่ากับ 11.7 และ 16.4 ล้านบาท ตามลำดับ

2) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC พบว่าวิธีที่ (5) HMC(CO) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_5) ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.0 ล้านบาท รองลงมาได้แก่ วิธีที่ (4) HMC(SW) และวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับ 2.2 และ 2.7 ล้านบาท ตามลำดับ

3) เมื่อเปรียบเทียบในระหว่างทุกวิธีการทั้งหมด พบว่าวิธีที่ (5) HMC(CO) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_5) ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.0 ล้านบาท

3. กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$)

1) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (3) OC(SWCO+) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_3$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 39.9 ล้านบาท รองลงมาได้แก่ วิธีที่ (1) OC(SW+) และวิธีที่ (2) OC(CO+) เท่ากับ 42.3 และ 58.1 ล้านบาท ตามลำดับ

2) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC พบว่าวิธีที่ (5) HMC(CO) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_5$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.0 ล้านบาท

บาท รองลงมาได้แก่ วิธีที่ (4) HMC(SW) และวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับ 2.2 และ 2.7 ล้านบาท ตามลำดับ

3) เมื่อเปรียบเทียบในระหว่างทุกวิธีการทั้งหมด พบว่าวิธีที่ (5) HMC(CO) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_5$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.0 ล้านบาท

อย่างไรก็ดี ตารางที่ 6.35 ได้สรุปลำดับวิธีการต่างๆ ของทั้งสามดังกล่าวไว้กรณีข้างต้น

ข. ผลการวิเคราะห์หาราคา HMC ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC

1. กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i)

- 1) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 29,424 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของวิธีที่ (5) HMC(CO) เท่ากับวิธีที่ (1) OC(SW+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.0 ล้านบาท
- 2) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 42,752 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของวิธีที่ (5) HMC(CO) เท่ากับวิธีที่ (2) OC(CO+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.4 ล้านบาท
- 3) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 22,292 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับวิธีที่ (1) OC(SW+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.0 ล้านบาท
- 4) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 32,072 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับวิธีที่ (2) OC(CO+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.4 ล้านบาท

2. กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$)

- 1) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 99,995 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีที่ (5) HMC(CO) เท่ากับวิธีที่ (3) OC(SWCO+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.9 ล้านบาท
- 2) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 144,375 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีที่ (5) HMC(CO) เท่ากับวิธีที่ (2) OC(CO+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 58.1 ล้านบาท

- 3) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 22,292 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับวิธีที่ (3) OC(SWCO+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.9 ล้านบาท
- 4) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 106,645 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับวิธีที่ (2) OC(CO+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 58.1 ล้านบาท

เมื่อพิจารณาทั้งสองกรณีร่วมกัน จะพบว่าราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 42,752 บาท/ลบ.เมตร ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_y) โดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC มีโอกาสน้อยกว่าหรือเท่ากับ (ΔTE_x) โดยวิธีการพอก ขณะที่ การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_y$) โดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC มีค่าน้อยกว่า (ΔU_x) โดยวิธีการพอกเสมอ อย่างไรก็ตาม ตารางที่ 6.36 ได้สรุปราคา HMC (P2max) สูงสุด ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก

6.3.2 อาคาร B

ก. ผลการประเมินผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

1. กรณีการสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta UA_y$)

- 1) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (1) OC(SW+) ให้การสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta UA_1$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 359.2 ล้านบาท รองลงมาคือ วิธีที่ (3) OC(SWCO+) เท่ากับ 390.2 ล้านบาท
- 2) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC พบว่าทุกวิธีการไม่มีการสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta UA_y$)
- 3) เมื่อเปรียบเทียบในระหว่างทุกวิธีการทั้งหมด พบว่า ทุกวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ไม่มีการสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta UA_y$) แต่อย่างใด

2. กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_y)

- 1) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (1) OC(SW+) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_1) ต่ำที่สุดเท่ากับ 69.3 ล้านบาท รองลงมาคือ วิธีที่ (3) OC(SWCO+) เท่ากับ 80.4 ล้านบาท

- 2) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC พบว่าวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_6) ต่ำที่สุดเท่ากับ 31.4 ล้านบาท
- 3) เมื่อเปรียบเทียบในระหว่างทุกวิธีการทั้งหมด พบว่าวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_6) ต่ำที่สุดเท่ากับ 31.4 ล้านบาท

3. กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$)

- 1) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (1) OC(SW+) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_1$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 428.5 ล้านบาท รองลงมา คือ วิธีที่ (3) OC(SWCO+) เท่ากับ 470.6 ล้านบาท
- 2) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC พบว่าวิธีที่ (6) HMC(SWCO) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_6$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 31.4 ล้านบาท
- 3) เมื่อเปรียบเทียบในระหว่างทุกวิธีการทั้งหมด พบว่าวิธีที่ (6) HMC(SWCO) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_6$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 31.4 ล้านบาท

อย่างไรก็ดี ตารางที่ 6.37 ได้สรุปลำดับวิธีการต่างๆ ของทั้งสามดังกล่าวไว้กรณีข้างต้น

ข. ผลการวิเคราะห์หาราคา HMC ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC

1. กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i)

- 1) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 13,392 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับวิธีที่ (1) OC(SW+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 69.3 ล้านบาท
- 2) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 15,109 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับวิธีที่ (3) OC(SWCO+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 80.4 ล้านบาท

2. กรณีการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$)

- 1) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 69,165 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับวิธีที่ (1) OC(SW+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 428.5 ล้านบาท
- 2) ราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 75,702 บาท/ลบ.เมตร เมื่อกำหนดให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีที่ (6) HMC(SWCO) เท่ากับวิธีที่ (3) OC(SWCO+) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 470.6 ล้านบาท

เมื่อพิจารณาทั้งสองกรณีร่วมกัน จะพบว่าราคา HMC (P2) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 15,109 บาท/ลบ.เมตร ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_y) โดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC มีโอกาสน้อยกว่าหรือเท่ากับ (ΔTE_x) โดยวิธีการพอก ขณะที่ การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_y$) โดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC มีค่าน้อยกว่า (ΔU_x) โดยวิธีการพอกเสมอ อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ดี ตารางที่ 6.38 ได้สรุปราคา HMC (P2max) สูงสุด ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก

ตารางที่ 6.1 ผลการคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ใช้สอยของวิธีการพอกแบบต่างๆ เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร A	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(1) OC(SW+)		(2) OC(CO+)		(3) OC(SWCO+)		
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	SW+0.09m (1)	Δ ผลต่าง (1)-(0)	CO+0.25m (2)	Δ ผลต่าง (2)-(0)	SW+0.07m ชั้นที่ 1-45	CO+0.075m ชั้นที่ 1-15	รวม (3) Δ ผลต่าง (3)-(0)
0. อาคาร A									
0.1 ระดับชั้น		1-45	1-45		1-45		1-45		
0.2 สูง/ชั้น	เมตร/ชั้น	4	4		4		4		
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	45	45		45		45		
0.4 ความสูงรวม	เมตร	180	180		180		180		
1. พื้น (Floor)									
1.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	45		45		15	30	45
1.2 พื้น/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,296	1,296		1,296		1,296	1,296	1,296
1.3 พื้นทั้งหมดของอาคาร	ตร.เมตร	58,320	58,320		58,320		19,440	38,880	58,320
2. Shear Wall							ชั้นที่ 1-15	ชั้นที่ 6-45	รวม
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	45		45		15	30	45
2.2 กว้างและยาว (L1, L2)	เมตร	20	20		20		20	20	20
2.3 หนา	เมตร	0.28	0.37	0.09	0.28		0.35	0.35	0.35
2.4 พื้นหน้าตัด/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	22.09	29.05	6.97	22.09		27.51	27.51	27.51
2.5 พื้นหน้าตัด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	994	1307	313	994		413	825	1,238
2.6 ปริมาตร SW/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	88.3	116.2	27.9	88		110.0	110.0	110.0
2.7 ปริมาตร SW รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	3,976	5,229	1,254	3,976		1,651	3,301	4,952
3. เสา (Column; CO)							ชั้นที่ 1-15	ชั้นที่ 6-45	รวม
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	45		45		15	30	45
3.2 กว้าง (bi)	เมตร	0.8	0.8		1.05	0.25	0.875	0.8	
3.3 หนา (hi)	เมตร	0.8	0.8		1.05	0.25	0.875	0.8	0.075
3.4 พื้นหน้าตัด/เสา (Ai)	ตร.เมตร/เสา	0.64	0.64		1.10	0.46	0.77	0.64	
3.5 จำนวนเสา/ชั้น	เสา/ชั้น	20	20		20		20	20	
3.6 พื้นหน้าตัดเสารวม/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	12.80	12.80		22.05	9.25	15.31	12.80	28.11
3.7 รวมพื้นที่หน้าตัดเสา (CO) ทั้งอาคาร	ตร.เมตร	576.00	576.00		992.25	416.25	229.69	384.00	613.69
3.8 ปริมาตรเสา (CO) รวม/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	51.20	51.20		88.20	37.00	61.25	51.20	112.45
3.9 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	2,304	2,304		3,969	1,665	919	1,536	2,455
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO									
4.1 พื้นหน้าตัด SW และ CO รวม (2.5)+(3.7)	ตร.เมตร	1,570	1,883	313	1,986	416	642	1,209	1,852
4.2 พื้นหน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	35	42	7	44	9	43	40	41
5. รวมปริมาตร SW และ CO									
5.1 ปริมาตรทั้งอาคาร (2.7)+(3.9)	ลบ.เมตร	6,280	7,533	1,254	7,945	1,665	2,569	4,837	7,407
5.2 ปริมาตรรวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	139.55	167.41	27.86	176.55	37.00	171.29	161.24	164.59
6. พื้นที่ใช้สอย									
6.1 พื้นที่ใช้สอยทั้งอาคาร (1.3-4.1)	ตร.เมตร	56,750	56,437	-313	56,334	-416	18,798	37,671	56,468
สัดส่วนร้อยละ	%	100%	99.4%	-0.6%	99.3%	-0.7%	33.1%	66.4%	99.5%
6.2 พื้นที่ใช้สอยเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,261	1,254	-7.0	1,252	-9	1,253.18	1,255.69	1,255
7. ผลคำนวณค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔUAI)									
7.1 ราคาประเมินพื้นที่ใช้สอย	บาท/ตร.เมตร	100,000	100,000		100,000		100,000	100,000	100,000
7.2 มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย $(6.1) \times (7.1) / 10^6$	ล้านบาท	5.675	5.644	-31.3	5.633	-41.6	1.880	3.767	5.646.8
สัดส่วนร้อยละ	%	100.0%	99.4%	-0.6%	99.3%	-0.7%	33.1%	66.4%	99.5%

หมายเหตุ 1. (1) OC(SW+) หมายถึง การพอก Original Concrete (OC) ที่ Shear Wall (SW) หนาขึ้นจากเดิม
 2. (2) OC(CO+) หมายถึง การพอก OC ที่ Column (CO) หนาขึ้นจากเดิม
 3. (3) OC(SWCO+) หมายถึง การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) และ ที่ Column (CO) หนาขึ้นจากเดิม
 4. SW+0.09m และ SW+0.07m หมายถึง การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) หนาขึ้นจากเดิม 0.09 เมตร และ 0.07 เมตร ตามลำดับ
 5. CO+0.25m และ CO+0.075m หมายถึง การพอก OC ที่ Column (CO) หนาขึ้นจากเดิม 0.25 และ 0.075 เมตร ของทั้งด้านกว้างและหนา ตามลำดับ

ตารางที่ 6.2 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานและผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของ
ส่วนที่พอกสำหรับวิธีการพอกแบบต่างๆ เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง

รายการ	วิธีปรับปรุง (i)	1. OC(SW+)	2. OC(CO+)	3. OC(SWCO+)
	หน่วย	SW+0.09m	CO+0.25m	SW+0.07m CO+0.075m
1. อาคาร A				
1.1 ระดับชั้น		1-45	1-45	1-45
1.2 สูง/ชั้น	เมตร/ชั้น	4	4	4
1.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	45	45	45
1.4 ความสูงรวม	เมตร	180	180	180
2. Shear Wall				
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45		45
2.2 กว้างและยาว (L1, L2)	เมตร	20		20
2.3 หนา	เมตร	0.09		0.07
2.4 พื้นที่หน้าตัด/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	6.97		5.42
2.5 พื้นที่หน้าตัด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	313		244
2.6 ปริมาตร SW/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	28		22
2.7 ปริมาตร SW รวมทั้งอาคาร (Vi)	ลบ.เมตร	1,254		976
3. เสา (Column; CO)				
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น		45	15
3.2 กว้าง (bi = 0.8 เมตร)	เมตร		0.25	0.075
3.3 หนา (hi = 0.8 เมตร)	เมตร		0.25	0.075
3.4 พื้นที่หน้าตัดเสา (Ai)	ตร.เมตร/เสา		0.46	
3.5 จำนวนเสา/ชั้น	เสา/ชั้น		20	
3.6 พื้นที่หน้าตัดเสารวม/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น		9.25	15.31
3.7 รวมพื้นที่หน้าตัดเสา (CO) ทั้งอาคาร	ตร.เมตร		416.25	37.69
3.8 ปริมาตรเสา (CO) รวม/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น		37.00	61.25
3.9 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร		1,665	151
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO ของส่วนที่พอก				
4.1 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวม (2.5)+(3.7)	ตร.เมตร	313	416	282
4.2 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	7	9	6
5. รวมปริมาตร SW และ CO				
5.1 ปริมาตรทั้งอาคาร (Vi); (2.7)+(3.9)	ลบ.เมตร	1,254	1,665	1,127
5.2 ปริมาตรรวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	27.86	37.00	25.04
6. ปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ของส่วนที่พอก				
6.1 ปริมาตรคอนกรีต (คิดเท่ากับ Vi หรือหวัข้อ 5.1)	ลบ.เมตร	1,254	1,665	1,127
7. ปริมาณเหล็กเสริมยื่นที่ใช้ DB20 (SD50) ของส่วนที่พอก				
7.1 ที่ SW				
1) ปริมาตรเหล็กยื่น (0.25%ของพื้นที่หน้าตัดคอนกรีต)	ลบ.เมตร	3.13	0	2.44
2) รวมน้ำหนักเหล็กยื่นที่ SW (7,850กก./ลบ.เมตร)	กก.	24,607	0	19,159
7.2 ที่ CO				
1) ปริมาตรเหล็กยื่น (1.0%ของพื้นที่หน้าตัดคอนกรีต)	ลบ.เมตร	0	16.7	1.51
2) รวมน้ำหนักเหล็กยื่นที่ CO (7,850กก./ลบ.เมตร)	กก.	0	130,703	11,834
7.3 รวมน้ำหนักเหล็กยื่นของ SW และ CO	กก.	24,607	130,703	30,993
7.4 รวมน้ำหนักเหล็กยื่นทั้งหมดของ SW และ CO (รวมสูญเสีย 5% โดยน้ำหนัก)	กก.	25,838	137,238	32,542
8. ปริมาณเหล็กปลอกที่ใช้ DB12 (SD50) ของส่วนที่พอก				
8.1 ที่ SW				
1) ความยาวเหล็กปลอกที่ SW ต่อปลอก (รวมระยะทาน 12D)	เมตร/ปลอก	80.5		80.4
2) จำนวนปลอก; (ระยะห่างระหว่างปลอก 0.1 เมตร)	ปลอก/สูงชั้น	41		41
3) รวมปริมาตรเหล็กปลอกที่ SW	ลบ.เมตร	16.8		16.8
4) รวมน้ำหนักเหล็กปลอกที่ SW (7,850 กก./ลบ.เมตร)	กก.	131,877		131,746
8.2 ที่ CO				
1) ความยาวเหล็กปลอกที่ CO (รวมระยะทาน 12D)	เมตร/ปลอก		4.35	3.65
2) จำนวนปลอกต่อเสา; (ระยะห่างระหว่างปลอก 0.1 เมตร)	ปลอก/สูงชั้น		41	41
3) รวมปริมาตรเหล็กปลอกที่ CO	ลบ.เมตร		18.2	5.1
4) รวมน้ำหนักเหล็กปลอกที่ CO (7,850 กก./ลบ.เมตร)	กก.		142,507	39,858
8.3 รวมปริมาตรเหล็กปลอกทั้งหมด (ที่ SW และ CO); (8.1.3+8.2.3)	ลบ.เมตร	16.8	18.2	21.9
8.4 รวมน้ำหนักเหล็กปลอก (ที่ SW และ CO); (8.1.4+8.2.4)	กก.	131,877	142,507	171,604
8.5 รวมน้ำหนักเหล็กปลอกทั้งหมดของ SW และ CO (รวมสูญเสีย 5% โดยน้ำหนัก)	กก.	138,471	149,633	180,184
9. ปริมาณลวดผูกเหล็กที่ใช้ (คิด 3%ของเหล็กยื่นและเหล็กปลอกโดยน้ำหนัก)	กก.	4,929	8,606	6,382
10. ปริมาณตะปูที่ใช้ (คิด 1.15 กก./ลบ.เมตร คอนกรีต)	กก.	1,442	1,915	1,296
11. ปริมาณไม้แบบ ไม้คร่าว ไม้ค้ำยัน (คิด 6 ตร.เมตร/ลบ.เมตร คอนกรีต)	ตร.เมตร	7,523	9,990	6,762
12. ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุของส่วนที่พอก; (AMEi)				
12.1 ค่าคอนกรีต OC (คิดราคา 2,632 บาท/ลบ.เมตร)	ล้านบาท	3.30	4.38	2.97
12.2 ค่าเหล็กเสริมยื่น DB20 (SD50) (ราคา 23.8 บาท/กก.)	ล้านบาท	0.61	3.27	0.77
12.3 ค่าเหล็กปลอก DB12 (SD50) (ราคา 24.3 บาท/กก.)	ล้านบาท	3.36	3.64	4.38
12.4 ค่าลวดผูกเหล็กขนาด 1.25มม. เบอร์ 18 (ราคา 28 บาท/กก.)	ล้านบาท	0.14	0.24	0.18
12.5 ค่าตะปูขนาดต่างๆ (คิดเฉลี่ย 32 บาท/กก.)	ล้านบาท	0.05	0.06	0.04
12.6 ค่าไม้แบบ ไม้คร่าว และไม้ค้ำยัน หนา 1 นิ้ว (ราคา 200 บาท/ตร.เมตร)	ล้านบาท	1.50	2.00	1.35
12.7 รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ; (AMEi)	ล้านบาท	8.97	13.58	9.69
13. ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานของส่วนที่พอก; (ALEi)				
13.1 งานคอนกรีต (ราคา 485 บาท/ลบ.เมตร คอนกรีต)	ล้านบาท	0.61	0.81	0.55
13.2 งานเหล็กเสริม DB20 (SD50) (ราคา 2.9 บาท/กก.)	ล้านบาท	0.07	0.40	0.09
13.3 งานเหล็กปลอก DB12 (SD50) (ราคา 3.3 บาท/กก.)	ล้านบาท	0.46	0.49	0.59
13.4 งานไม้แบบ ไม้คร่าว ไม้ค้ำยันและตะปู (ราคา 115 บาท/ตร.เมตร)	ล้านบาท	0.87	1.15	0.78
13.5 รวมค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน; (ALEi)	ล้านบาท	2.005	2.85	2.013
14. รวมผลต่างค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของส่วนที่พอก; (ATEi) (ATEi) = (AMEi) + (ALEi)	ล้านบาท	11.0	16.4	11.7
15. ผลต่างมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔUAI)	ล้านบาท	-31.3	-41.6	-28.2
16. ผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์หลังการปรับปรุง $\Delta U_i = \Delta U_{Ai} - \Delta TE_i$	ล้านบาท	-42.3	-58.1	-39.9

ตารางที่ 6.3 ผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร A	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(4) HMC(SW) ชั้นที่ 1-5			
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	คอนกรีต		รวม (4)	Δ ผลต่าง (4)-(0)
			HMC	OC		
0. อาคาร A						
0.1 ระดับชั้น		1-45	1-45			
0.2 สูง/ชั้น	เมตร/ชั้น	4	4			
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	45	45			
0.4 ความสูงรวม	เมตร	180	180			
1. พื้น (Floor)						
1.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	ชั้นที่ 1-5 5	ชั้นที่ 6-45 40	ชั้นที่ 1-45 45	
1.2 พื้นท/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,296	1,296	1,296	1,296	
1.3 พื้นทรวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	58,320	6,480	51,840	58,320	
2. Shear Wall						
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	ชั้นที่ 1-5 5	ชั้นที่ 6-45 40	ชั้นที่ 1-45 45	
2.2 กว้างและยาว (L1, L2)	เมตร	20	20	20		
2.3 หนา	เมตร	0.28	0.28	0.28		
2.4 พื้นทหน้าตัด/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	22.09	22.09	22.09		
2.5 พื้นทหน้าตัด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	994	110	883	994	0
2.6 ปริมาตร SW เฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	88.3	88.3	88.3		
2.7 ปริมาตร SW รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	3,976	442	3,534	3,976	0
3. เสา (Column; CO)						
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	ชั้นที่ 1-45		ชั้นที่ 1-45	
3.2 กว้าง (bi)	เมตร	0.8				
3.3 หนา (hi)	เมตร	0.8				
3.4 พื้นทหน้าตัด/เสา (Ai)	ตร.เมตร/เสา	0.64				
3.5 จำนวนเสา/ชั้น	เสา/ชั้น	20				
3.6 พื้นทหน้าตัดเสาเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	12.8				
3.7 รวมพื้นทหน้าตัดเสา (CO) ทั้งอาคาร	ตร.เมตร	576			576	0
3.8 ปริมาตรเสา (CO) เฉลี่ย รวม/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	51.2				
3.9 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	2,304		2,304	2,304	0
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO						
4.1 พื้นทหน้าตัด SW และ CO รวม (2.5)+(3.7)	ตร.เมตร	1,570	ชั้นที่ 1-5 110	ชั้นที่ 6-45 1,459	ชั้นที่ 1-45 1,570	0
4.2 พื้นทหน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	35	22	36	35	0
5. รวมปริมาตร SW และ CO						
5.1 ปริมาตรทั้งอาคาร (2.7)+(3.9)	ลบ.เมตร	6,280	ชั้นที่ 1-5 442	ชั้นที่ 6-45 5,838	6,280	0
5.2 ปริมาตรรวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	139.5	88.3	145.9	139.5	0
6. รวมปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ที่ SW และ CO (กรณีคิดเท่าปริมาตรรวมที่ SW และ CO)	ลบ.เมตร	6,280	442	5,838	6,280	0

หมายเหตุ 1. (4) HMC(SW) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ shear wall (SW)

ตารางที่ 6.4 ผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ CO เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร A	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(5) HMC(CO) ชั้นที่ 1-8			
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	คอนกรีต		รวม (5)	Δ ผลต่าง (5)-(0)
			HMC	OC		
0. อาคาร A						
0.1 ระดับชั้น		1-45		1-45		
0.2 สูง/ชั้น	เมตร/ชั้น	4		4		
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	45		45		
0.4 ความสูงรวม	เมตร	180		180		
1. พื้น (Floor)						
1.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	ชั้นที่ 1-8 8	ชั้นที่ 9-45 37	ชั้นที่ 1-45 45	
1.2 พื้นที่/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,296	1,296	1,296	1,296	
1.3 พื้นที่รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	58,320	10,368	47,952	58,320	
2. Shear Wall						
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45		ชั้นที่ 1-45 45	ชั้นที่ 1-45	
2.2 กว้างและยาว (L1, L2)	เมตร	20.00		20.00		
2.3 หน้า	เมตร	0.28		0.28		
2.4 พื้นที่หน้าตัด/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	22.09		22.09		
2.5 พื้นที่หน้าตัด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	994		994	994	0
2.6 ปริมาตร SW/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	88.35		88.35		
2.7 ปริมาตร SW รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	3,976		3,976	3,976	0
3. เสา (Column; CO)						
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	ชั้นที่ 1-8 8	ชั้นที่ 9-45 37	ชั้นที่ 1-45 45	
3.2 กว้าง (bi)	เมตร	0.80	0.80	0.80		
3.3 หน้า (hi)	เมตร	0.80	0.80	0.80		
3.4 พื้นที่หน้าตัด/เสา (Ai)	ตร.เมตร/เสา	0.64	0.64	0.64		
3.5 จำนวนเสา/ชั้น	เสา/ชั้น	20.00	20.00	20.00		
3.6 พื้นที่หน้าตัดเสารวม/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	12.80	12.80	12.80		
3.7 รวมพื้นที่หน้าตัดเสา (CO) ทั้งอาคาร	ตร.เมตร	576	102	474	576	0
3.8 ปริมาตรเสา (CO) รวม/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	51.2	51.2	51.2		
3.9 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	2,304	410	1,894	2,304	0
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO			ชั้นที่ 1-8	ชั้นที่ 9-45	ชั้นที่ 1-45	
4.1 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวม (2.5)+(3.7)	ตร.เมตร	1,570	102	1,467	1,570	0
4.2 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	35	13	40	35	0
5. รวมปริมาตร SW และ CO			ชั้นที่ 1-8	ชั้นที่ 9-45	ชั้นที่ 1-45	
5.1 ปริมาตรทั้งอาคาร (2.7)+(3.9)	ลบ.เมตร	6,280	410	5,870	6,280	0
5.2 ปริมาตรรวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	139.5	51.2	158.6	139.5	0
6. รวมปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ที่ SW และ CO (กรณีคิดเท่าปริมาตรรวมที่ SW และ CO)	ลบ.เมตร	6,280	410	5,870	6,280	0

หมายเหตุ 1. (5) HMC(CO) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ Column (CO)

ตารางที่ 6.5 ผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีต OC และ HMC ที่ใช้สำหรับวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร A	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(6) HMC(SWCO) ชั้นที่ 1-4			
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	คอนกรีต		รวม (6)	Δ ผลต่าง (6)-(0)
			HMC	OC		
0. อาคาร A						
0.1 ระดับชั้น		1-45		1-45		
0.2 สูง/ชั้น	เมตร/ชั้น	4		4		
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	45		45		
0.4 ความสูงรวม	เมตร	180		180		
1. พื้น (Floor)			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
1.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	4	41	45	
1.2 พื้น/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,296	1,296	1,296	1,296	
1.3 พื้นทั้งหมดอาคาร	ตร.เมตร	58,320	5,184	53,136	58,320	
2. Shear Wall			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	4	41	45	
2.2 กว้างและยาว (L1, L2)	เมตร	20	20	20		
2.3 หนา	เมตร	0.28	0.28	0.28		
2.4 พื้นทั้งหมด/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	22.09	22.09	22.09		
2.5 พื้นทั้งหมด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	993.89	88.35	905.54	993.89	0
2.6 ปริมาตร SW/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	88.35	88.35	88.35		
2.7 ปริมาตร SW รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	3,976	353	3,622	3,976	0
3. เสา (Column; CO)			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	4	41	45	
3.2 กว้าง (bi)	เมตร	0.80	0.80	0.80		
3.3 หนา (hi)	เมตร	0.80	0.80	0.80		
3.4 พื้นทั้งหมด/เสา (Ai)	ตร.เมตร/เสา	0.64	0.64	0.64		
3.5 จำนวนเสา/ชั้น	เสา/ชั้น	20	20	20		
3.6 พื้นทั้งหมดเสารวม/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	12.8	12.8	12.8		
3.7 รวมพื้นที่หน้าตัดเสา (CO) ทั้งอาคาร	ตร.เมตร	576	51.2	524.8	576	0
3.8 ปริมาตรเสาเฉลี่ย (CO) รวม/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	51.2	51.2	51.2		
3.9 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	2,304	205	2,099	2,304	0
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
4.1 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวม (2.5)+(3.7)	ตร.เมตร	1,570	140	1,430	1,570	0
4.2 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	35	35	35	35	
5. รวมปริมาตร SW และ CO			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
5.1 ปริมาตรทั้งอาคาร (2.7)+(3.9)	ลบ.เมตร	6,280	558.2	5,721.4	6,280	0
5.2 ปริมาตรรวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	139.5	139.5	139.5	139.5	
6. รวมปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ที่ SW และ CO (กรณีคิดเท่าปริมาตรรวมที่ SW และ CO)	ลบ.เมตร	6,280	558.2	5,721.4	6,280	0

หมายเหตุ 1. (6) HMC(SWCO) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ shear wall (SW) และ Column (CO)

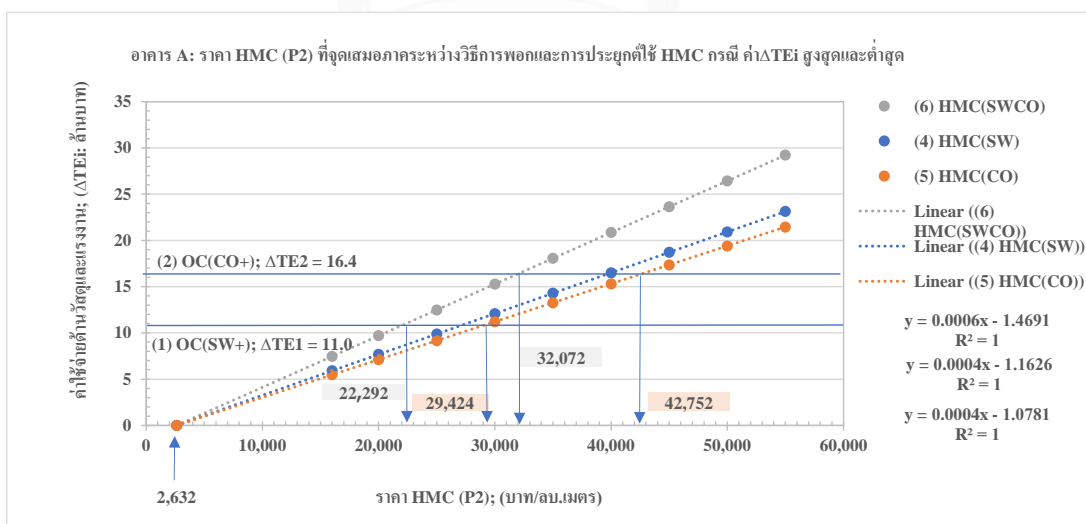
ตารางที่ 6.6 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ใดๆ

อาคาร A

P1 (บาท/ลบ.เมตร)	P2 (บาท/ลบ.เมตร)	P2/P1	ΔTE_i (ล้านบาท)		
			(4) HMC(SW)	(5) HMC(CO)	(6) HMC(SWCO)
2,632	2,632	1.0	0.0	0.0	0.0
	16,000	6.1	5.9	5.5	7.5
	20,000	7.6	7.7	7.1	9.7
	25,000	9.5	9.9	9.2	12.5
	30,000	11.4	12.1	11.2	15.3
	35,000	13.3	14.3	13.3	18.1
	40,000	15.2	16.5	15.3	20.9
	45,000	17.1	18.7	17.4	23.6
	50,000	19.0	20.9	19.4	26.4
	55,000	20.9	23.1	21.4	29.2

ตารางที่ 6.7 ราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก กรณี
ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) ต่ำสุด ของอาคาร A

อาคาร A					P2 \leq (หรือ P2 max)
วิธีประยุกต์ HMC	ΔTE_y ; (ล้านบาท)	เท่ากับหรือต่ำกว่า	วิธีการพอก	ΔTE_x ; (ล้านบาท)	(บาท/ลบ.เมตร)
(5) HMC(CO)	2.0	\leq	(1) OC(SW+)	11.0	29,424
	2.0	\leq	(2) OC(CO+)	16.4	42,752
(6) HMC(SWCO)	2.7	\leq	(1) OC(SW+)	11.0	22,292
	2.7	\leq	(2) OC(CO+)	16.4	32,072



รูปที่ 6.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการ
ประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ สำหรับ
อาคาร A

ตารางที่ 6.8 ผลการคำนวณมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง เมื่อกำหนดราคา HMC เท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร

รายการ อาคาร A	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(4) HMC(SW) ชั้นที่ 1-5			
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	คอนกรีต		รวม (4)	Δ ผลต่าง (4)-(0)
			HMC	OC		
0. อาคาร A						
0.1 ระดับชั้น		1-45	1-45			
0.2 สูง/ชั้น	เมตร/ชั้น	4	4			
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	45	45			
0.4 ความสูงรวม	เมตร	180	180			
1. พื้น (Floor)			ชั้นที่ 1-5	ชั้นที่ 6-45	ชั้นที่ 1-45	
1.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	5	40	45	
1.2 พื้น/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,296	1,296	1,296	1,296	
1.3 พื้นทั้งหมดอาคาร	ตร.เมตร	58,320	6,480	51,840	58,320	
2. Shear Wall			ชั้นที่ 1-5	ชั้นที่ 6-45	ชั้นที่ 1-45	
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	5	40	45	
2.2 กว้างและยาว (L1, L2)	เมตร	20	20	20		
2.3 ทน	เมตร	0.28	0.28	0.28		
2.4 พื้นหน้าตัด/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	22.09	22.09	22.09		
2.5 พื้นหน้าตัด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	994	110	883	994	0
2.6 ปริมาตร SW เฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	88.3	88.3	88.3		
2.7 ปริมาตร SW รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	3,976	442	3,534	3,976	0
3. เสา (Column; CO)				ชั้นที่ 1-45	ชั้นที่ 1-45	
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45		45	45	
3.2 กว้าง (bi)	เมตร	0.8		0.8		
3.3 ทน (hi)	เมตร	0.8		0.8		
3.4 พื้นหน้าตัด/เสา (Ai)	ตร.เมตร/เสา	0.64		0.64		
3.5 จำนวนเสา/ชั้น	เสา/ชั้น	20		20		
3.6 พื้นหน้าตัดเสาเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	12.8		12.8		
3.7 รวมพื้นที่หน้าตัดเสา (CO) ทั้งอาคาร	ตร.เมตร	576		576	576	0
3.8 ปริมาตรเสา (CO) เฉลี่ย รวม/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	51.2		51.2		
3.9 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	2,304		2,304	2,304	0
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO			ชั้นที่ 1-5	ชั้นที่ 6-45	ชั้นที่ 1-45	
4.1 พื้นหน้าตัด SW และ CO รวม (2.5)+(3.7)	ตร.เมตร	1,570	110	1,459	1,570	0
4.2 พื้นหน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	35	22	36	35	0
5. รวมปริมาตร SW และ CO			ชั้นที่ 1-5	ชั้นที่ 6-45		
5.1 ปริมาตรทั้งอาคาร (2.7)+(3.9)	ลบ.เมตร	6,280	442	5,838	6,280	0
5.2 ปริมาตรรวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	139.5	88.3	145.9	139.5	0
6. พื้นที่ใช้สอย			ชั้นที่ 1-5	ชั้นที่ 6-45	ชั้นที่ 1-45	
6.1 พื้นที่ใช้สอยทั้งอาคาร (1.3)-(4.1)	ตร.เมตร	56,750	6,370	50,381	56,750	0
สัดส่วนร้อยละ	%	100%	11%	89%	100%	0%
6.2 พื้นที่ใช้สอยเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,261	1,274	1,260	1,261	0
7. มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔUi)						
7.1 ราคาประเมินพื้นที่ใช้สอย	บาท/ตร.เมตร	100,000	100,000	100,000	100,000	
7.2 มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (6.1)*(7.1)/10 ⁶	ล้านบาท	5,675	637	5,038	5,675	0
8. ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุที่ใช้ใน SW และ CO; (ΔMEi)						
8.0 ราคาคอนกรีต (OC หรือ HMC)	บาท/ลบ.เมตร	2,632	7,500	2,632		
8.1 ค่าใช้จ่ายด้านคอนกรีตที่ใช้ใน SW และ CO; (5.1)*(8.0)/10 ⁶	ล้านบาท	16.5	3.3	15.4	18.7	2.2
8.2 ค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ (เหล็กเสริม ยึด ปลอก ลวด ตะปูและไม้แบบต่างๆ)	ล้านบาท					0
8.3 รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔMEi)	ล้านบาท					2.2
9. ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน; (ΔLEi)						
9.1 งานคอนกรีต งานเหล็ก และงานไม้แบบต่างๆและตะปู	ล้านบาท					0
10. มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการปรับปรุง (ΔUi); (ΔUi) = (ΔUi) - (ΔMEi) - (ΔLEi)	ล้านบาท	5,658.5	633.6	5022.7	5,656.3	-2.2

หมายเหตุ 1. (4) HMC(SW) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ shear wall (SW)

ตารางที่ 6.9 ผลการคำนวณมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ CO เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง เมื่อกำหนดราคา HMC เท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร

รายการ อาคาร A	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(5) HMC(CO) ชั้นที่ 1-8			
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	คอนกรีต		รวม (5)	Δ ผลต่าง (5)-(0)
			HMC	OC		
0. อาคาร A						
0.1 ระดับชั้น		1-45		1-45		
0.2 สูง/ชั้น	เมตร/ชั้น	4		4		
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	45		45		
0.4 ความสูงรวม	เมตร	180		180		
1. พื้น (Floor)			ชั้นที่ 1-8	ชั้นที่ 9-45	ชั้นที่ 1-45	
1.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	8	37	45	
1.2 พื้นท/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,296	1,296	1,296	1,296	
1.3 พื้นทั้งหมดอาคาร	ตร.เมตร	58,320	10,368	47,952	58,320	
2. Shear Wall				ชั้นที่ 1-45	ชั้นที่ 1-45	
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45		45		
2.2 กว้างและยาว (L1, L2)	เมตร	20.00		20.00		
2.3 หนา	เมตร	0.28		0.28		
2.4 พื้นหน้าตัด/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	22.09		22.09		
2.5 พื้นหน้าตัด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	994		994	994	0
2.6 ปริมาตร SW/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	88.35		88.35		
2.7 ปริมาตร SW รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	3,976		3,976	3,976	0
3. เสา (Column; CO)			ชั้นที่ 1-8	ชั้นที่ 9-45	ชั้นที่ 1-45	
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	8	37	45	
3.2 กว้าง (bi)	เมตร	0.80	0.80	0.80		
3.3 หนา (hi)	เมตร	0.80	0.80	0.80		
3.4 พื้นหน้าตัด/เสา (Ai)	ตร.เมตร/เสา	0.64	0.64	0.64		
3.5 จำนวนเสา/ชั้น	เสา/ชั้น	20.00	20.00	20.00		
3.6 พื้นหน้าตัดเสารวม/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	12.80	12.80	12.80		
3.7 รวมพื้นที่หน้าตัดเสา (CO) ทั้งอาคาร	ตร.เมตร	576	102	474	576	0
3.8 ปริมาตรเสา (CO) รวม/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	51.2	51.2	51.2		
3.9 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	2,304	410	1,894	2,304	0
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO			ชั้นที่ 1-8	ชั้นที่ 9-45	ชั้นที่ 1-45	
4.1 พื้นหน้าตัด SW และ CO รวม (2.5)+(3.7)	ตร.เมตร	1,570	102	1,467	1,570	0
4.2 พื้นหน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	35	13	40	35	0
5. รวมปริมาตร SW และ CO			ชั้นที่ 1-8	ชั้นที่ 9-45	ชั้นที่ 1-45	
5.1 ปริมาตรทั้งอาคาร (2.7)+(3.9)	ลบ.เมตร	6,280	410	5,870	6,280	0
5.2 ปริมาตรรวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	139.5	51.2	158.6	139.5	0.0
6. พื้นที่ใช้สอย			ชั้นที่ 1-8	ชั้นที่ 9-45	ชั้นที่ 1-45	
6.1 พื้นที่ใช้สอยทั้งอาคาร (1.3)-(4.1)	ตร.เมตร	56,750	10,266	46,485	56,750	0
สัดส่วนร้อยละ	%	100%	18%	82%	100%	0.00
6.2 พื้นเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,261	1,283	1,256	1,261	0.0
7. มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (UAi)						
7.1 ราคาประเมินพื้นที่ใช้สอย	บาท/ตร.เมตร	100,000	100,000	100,000	100,000	
7.2 มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย $(6.1)*(7.1)/10^6$	ล้านบาท	5,675	1,027	4,648	5,675	0
8. ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุที่ใช้ใน SW และ CO; (ΔMEi)						
8.0 ราคาคอนกรีต (OC หรือ HMC)	บาท/ลบ.เมตร	2,632	7,500	2,632		
8.1 ค่าใช้จ่ายด้านคอนกรีตที่ใช้ใน SW และ CO; $(5.1)*(8.0)/10^6$	ล้านบาท	16.5	3.1	15.4	18.5	2.0
8.2 ค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ (เหล็กเสริมยื่น ปลอก ลวด ตะปูและไม้แบบต่างๆ)	ล้านบาท					0
8.3 รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔMEi)	ล้านบาท					2.0
9. ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน; (ΔLEi)						
9.1 งานคอนกรีต งานเหล็ก และงานไม้แบบต่างๆและตะปู	ล้านบาท					0
10. มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการปรับปรุง (ΔUi); $(ΔUi) = (ΔUAi) - (ΔMEi) - (ΔLEi)$	ล้านบาท	5,658	1,023	4,633	5,656	-2.0

หมายเหตุ 1. (5) HMC(CO) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ Column (CO)

ตารางที่ 6.10 ผลการคำนวณมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและด้านแรงงาน และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO เทียบกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง เมื่อกำหนดราคา HMC เท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร

รายการ อาคาร A	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(6) HMC(SWCO) ชั้นที่ 1-4			
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	คอนกรีต		รวม (6)	Δ ผลต่าง (6)-(0)
			HMC	OC		
0. อาคาร A						
0.1 ระดับชั้น		1-45	1-45			
0.2 สูงชั้น	เมตร/ชั้น	4	4			
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	45	45			
0.4 ความสูงรวม	เมตร	180	180			
1. พื้น (Floor)			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
1.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	4	41	45	
1.2 พื้นที่/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,296	1,296	1,296	1,296	
1.3 พื้นทั้งหมดทั้งอาคาร	ตร.เมตร	58,320	5,184	53,136	58,320	
2. Shear Wall			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	4	41	45	
2.2 กว้างและยาว (L1, L2)	เมตร	20	20	20		
2.3 หนา	เมตร	0.28	0.28	0.28		
2.4 พื้นที่หน้าตัด/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	22.09	22.09	22.09		
2.5 พื้นที่หน้าตัด SW ทั้งหมดอาคาร	ตร.เมตร	993.89	88.35	905.54	993.89	0
2.6 ปริมาตร SW/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	88.35	88.35	88.35		
2.7 ปริมาตร SW ทั้งหมดอาคาร	ลบ.เมตร	3,976	353	3,622	3,976	0
3. เสา (Column; CO)			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	45	4	41	45	
3.2 กว้าง (bi)	เมตร	0.80	0.80	0.80		
3.3 หนา (hi)	เมตร	0.80	0.80	0.80		
3.4 พื้นที่หน้าตัด/เสา (Ai)	ตร.เมตร/เสา	0.64	0.64	0.64		
3.5 จำนวนเสา/ชั้น	เสา/ชั้น	20	20	20		
3.6 พื้นที่หน้าตัดเสาทั้งหมด/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	12.8	12.8	12.8		
3.7 รวมพื้นที่หน้าตัดเสา (CO) ทั้งหมดอาคาร	ตร.เมตร	576	51.2	524.8	576	0
3.8 ปริมาตรเสาเหลี่ยม (CO) รวม/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	51.2	51.2	51.2		
3.9 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งหมดอาคาร	ลบ.เมตร	2,304	205	2,099	2,304	0
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
4.1 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวม (2.5)+(3.7)	ตร.เมตร	1,570	140	1,430	1,570	0
4.2 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	35	35	35	35	
5. รวมปริมาตร SW และ CO			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
5.1 ปริมาตรทั้งหมดอาคาร (2.7)+(3.9)	ลบ.เมตร	6,280	558.2	5,721.4	6,280	0
5.2 ปริมาตรรวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	139.5	139.5	139.5	139.5	
6. พื้นที่ใช้สอย			ชั้นที่ 1-4	ชั้นที่ 5-45	ชั้นที่ 1-45	
6.1 พื้นที่ใช้สอยทั้งหมดอาคาร (1.3)-(4.1)	ตร.เมตร	56,750	5,044	51,706	56,750	0
สัดส่วนร้อยละ	%	100%	9%	91%	100%	0%
6.2 พื้นที่เฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,261	1,261	1,261	1,261	
7. มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (UAI)						
7.1 ราคาประเมินพื้นที่ใช้สอย	บาท/ตร.เมตร	100,000	100,000	100,000		
7.2 มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย $(6.1) \times (7.1) / 10^6$	ล้านบาท	5,675	504	5,171	5,675	0
8. ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุที่ใช้ใน SW และ CO; (ΔMEi)						
8.0 ราคาคอนกรีต (OC หรือ HMC)	บาท/ลบ.เมตร	2,632	7,500	2,632		
8.1 ค่าใช้จ่ายด้านคอนกรีตที่ใช้ใน SW และ CO; $(5.1) \times (8.0) / 10^6$	ล้านบาท	16.5	4.2	15.1	19.2	2.7
8.2 ค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ (เหล็กเสริมอื่น ปลอก ลวด ตะปูและไม้แบบต่างๆ)	ล้านบาท					0
8.3 รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔMEi)	ล้านบาท					2.7
9. ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน; (ΔLEi)						
9.1 งานคอนกรีต งานเหล็ก และงานไม้แบบต่างๆและตะปู	ล้านบาท					0
10. มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการปรับปรุง (ΔUi); $(\Delta Ui) = (\Delta U Ai) - (\Delta MEi) - (\Delta LEi)$	ล้านบาท	5,658.5	500.3	5,155.5	5,655.8	-2.7

หมายเหตุ 1. (6) HMC(SWCO) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ shear wall (SW) และ Column (CO)

ตารางที่ 6.11 สรุปเปรียบเทียบผลต่างของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างวิธีการออกแบบต่างๆ กับ
อาคาร A ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร A	สัญลักษณ์	วิธีการปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม (ก่อนปรับปรุง)	(1) OC(SW+) SW+0.09m ชั้นที่ 1-45	(2) OC(CO+) CO+0.25m ชั้นที่ 1-45	(3) OC(SWCO+) SW+0.07m ชั้นที่ 1-45 CO+0.075m ชั้นที่ 1-15
		หน่วย				
1. การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) (โดย ETABS)		ซม.	41.026	35.828	35.880	35.945
1.1 อัตราส่วน RD/d*			1.140	0.995	0.997	0.998
1.2 อัตราส่วน D/C ของ SW (กรณีแรงในแนวตั้ง แรงลม และแรงแผ่นดินไหว)			0.39 - 2.62	0.28 - 0.75	0.3 - 0.77	0.121 - 0.78
1.3 อัตราส่วน D/C ของ CO (กรณีแรงในแนวตั้ง แรงลม และแรงแผ่นดินไหว)			0.4 - 2.11	0.3 - 0.72	0.3 - 0.78	0.1 - 0.7
2. ปริมาตร คอนกรีตรวมที่ใช้ใน SW และ CO	VI+V2i	ลบ.เมตร	6,280	7,533	7,945	7,407
2.1 ปริมาตรคอนกรีต OC ที่ใช้:	VIi	ลบ.เมตร	6,280	7,533	7,945	7,407
2.2 ปริมาตรคอนกรีต HMC ที่ใช้:	V2i	ลบ.เมตร	0	0	0	0
2.3 ราคาคอนกรีต OC	P1	บาท/ลบ.เมตร	2,632	2,632	2,632	2,632
2.4 ราคาคอนกรีต HMC	P2	บาท/ลบ.เมตร	7,500	7,500	7,500	7,500
3. พื้นที่ใช้สอยหลังหัก SW และ CO	Ai	ตร. เมตร	56,750	56,437	56,334	56,468
3.1 ผลต่างของพื้นที่ใช้สอยหลังและก่อนปรับปรุง	Ai - A ₀	ตร. เมตร	0	-313	-416	-282
3.2 ราคาประเมินพื้นที่ใช้สอย	P3	บาท/ตร. เมตร	100,000	100,000	100,000	100,000
4. ค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย	UAi	ล้านบาท	5,675	5,644	5,633	5,647
4.1 ผลต่างของผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอยและก่อนการปรับปรุง	$\Delta UA_i = UA_i - UA_0$	ล้านบาท	0	-31.3	-41.6	-28.2
5. ผลต่างค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน	ΔTE_i					
5.1 ด้านวัสดุ	ΔME_i	ล้านบาท	0	8.97	13.58	9.69
5.2 ด้านแรงงาน	ΔLE_i	ล้านบาท	0	2.005	2.85	2.013
5.3 รวมผลต่างค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน	$\Delta TE_i = \Delta ME_i + \Delta LE_i$	ล้านบาท	0	11.0	16.4	11.7
6. ผลสัมมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์หลังการปรับปรุง	$\Delta U_i = \Delta UA_i - \Delta TE_i$	ล้านบาท	0	-42.3	-58.1	-39.9

หมายเหตุ 1. OC(SW+) หมายถึง การพอก Original Concrete (OC) ที่ Shear Wall (SW) หมายถึงจากเดิม
2. OC(CO+) หมายถึง การพอก OC ที่ Column (CO) หมายถึงจากเดิม
3. OC(SWCO+) หมายถึง การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) และ ที่ Column (CO) หมายถึงจากเดิม
4. SW+0.09m และ SW+0.07m หมายถึง การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) หมายถึงจากเดิม 0.09 เมตร และ 0.07 เมตร ตามลำดับ
5. CO+0.25m และ CO+0.075m หมายถึง การพอก OC ที่ Column (CO) หมายถึงจากเดิม 0.25 และ 0.075 เมตร ของทั้งด้านกว้างและหนา ตามลำดับ

ตารางที่ 6.12 สรุปเปรียบเทียบผลต่างของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่
ขึ้นส่วนโครงสร้างแบบต่างๆกับอาคาร A ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร A	สัญลักษณ์	วิธีการปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม (ก่อนปรับปรุง)	(4) HMC(SW) ชั้นที่ 1-5	(5) HMC(CO) ชั้นที่ 1-8	(6) HMC(SWCO) ชั้นที่ 1-4
		หน่วย				
1. การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) (โดย ETABS)		ซม.	41.026	35.923	35.981	34.978
1.1 อัตราส่วน RD/d*			1.140	0.998	0.999	0.972
1.2 อัตราส่วน D/C ของ SW (กรณีแรงในแนวตั้ง แรงลม และแรงแผ่นดินไหว)			0.39 - 2.62	0.27 - 0.74	0.3 - 0.765	0.11 - 0.73
1.3 อัตราส่วน D/C ของ CO (กรณีแรงในแนวตั้ง แรงลม และแรงแผ่นดินไหว)			0.4 - 2.11	0.3 - 0.72	0.3 - 0.77	0.3 - 0.69
2. ปริมาตร คอนกรีตรวมที่ใช้ใน SW และ CO	VI+V2i	ลบ.เมตร	6,280	6,280	6,280	6,280
2.1 ปริมาตรคอนกรีต OC ที่ใช้:	VIi	ลบ.เมตร	6,280	5,838	5,870	5,721
2.2 ปริมาตรคอนกรีต HMC ที่ใช้:	V2i	ลบ.เมตร	0	442	410	558
2.3 ราคาคอนกรีต OC	P1	บาท/ลบ.เมตร	2,632	2,632	2,632	2,632
2.4 ราคาคอนกรีต HMC	P2	บาท/ลบ.เมตร	7,500	7,500	7,500	7,500
3. พื้นที่ใช้สอยหลังหัก SW และ CO	Ai	ตร. เมตร	56,750	56,750	56,750	56,750
3.1 ผลต่างของพื้นที่ใช้สอยหลังและก่อนปรับปรุง	Ai - A ₀	ตร. เมตร	0	0	0	0
3.2 ราคาประเมินพื้นที่ใช้สอย	P3	บาท/ตร. เมตร	100,000	100,000	100,000	100,000
4. ค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย	UAi	ล้านบาท	5,675	5,675	5,675	5,675
4.1 ผลต่างของผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอยและก่อนการปรับปรุง	$\Delta UA_i = UA_i - UA_0$	ล้านบาท	0	0	0	0
5. ผลต่างค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน	ΔTE_i					
5.1 ด้านวัสดุ	ΔME_i	ล้านบาท				
1) คอนกรีต		ล้านบาท		2.2	2.0	2.7
2) เหล็กเสริมยื่น ปลอก ลวดผูกเหล็ก ตะปู และไม้แบบอื่นๆ		ล้านบาท		0	0	0
5.2 ด้านแรงงาน	ΔLE_i	ล้านบาท		0	0	0
5.3 รวมผลต่างค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน	$\Delta TE_i = \Delta ME_i + \Delta LE_i$	ล้านบาท		2.2	2.0	2.7
6. ผลสัมมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์หลังการปรับปรุง	$\Delta U_i = \Delta UA_i - \Delta TE_i$	ล้านบาท		-2.2	-2.0	-2.7

หมายเหตุ 1. (4) HMC(SW) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ shear wall (SW)
2. (5) HMC(CO) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ Column (CO)
3. (6) HMC(SWCO) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ shear wall (SW) และ Column (CO)

ตารางที่ 6.13 ข้อมูลความสูงอาคาร B

ความสูง ของ อาคาร B	ช่วงชั้น	สูง/ชั้น (เมตร/ชั้น)	จำนวนชั้น (ชั้น)	รวมความสูง (เมตร)
	1	5	1	5
	2-8	2.6	7	18.2
	9	3.5	1	3.5
	10-39	3	30	90
	40	3.5	1	3.5
	41	3.65	1	3.65
	42	2.7	1	2.7
รวม			42	126.55

ตารางที่ 6.14 ข้อมูลพื้นที่และความสูงของอาคาร B

พื้นที่ (Floor) ของ อาคาร B	ช่วงชั้น	พื้นที่/ชั้น ตร.เมตร/ชั้น	จำนวนชั้น (ชั้น)	รวมทั้งอาคาร (ตร.เมตร)
	1	2,900.78	1	2,900.78
	2	2,216.03	1	2,216.03
	3-10	2,073.04	8	16,584.32
	11-42	1,646.00	32	52,672.00
รวม			42	74,373.13

ตารางที่ 6.15 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ SW ของอาคาร B (เดิมก่อนการปรับปรุง)

SW-ID	ช่วงชั้น	สูง/ชั้น (เมตร/ชั้น)	จำนวนชั้น (ชั้น)	มิติ		พื้นที่/ชั้น		ปริมาตร	
				ผลรวม L1-L9 (เมตร)	หนา (เมตร)	พื้นที่/ชั้น (ตร.เมตร/ชั้น)	รวม (ตร.เมตร)	ปริมาตร/ชั้น (ลบ.เมตร/ชั้น)	รวม (ลบ.เมตร)
SW1	1	5	1	21	0.5	10.5	10.50	52.50	52.50
	2-8	2.6	7	18.1	0.5	9.05	63.35	23.53	164.71
	9	3.5	1	18.1	0.5	9.05	9.05	31.68	31.68
	10	3	1	18.1	0.5	9.05	9.05	27.15	27.15
	11	3	1	20.6	0.5	10.3	10.30	30.90	30.90
	12-39	3	28	17.3	0.5	8.65	242.20	25.95	726.60
	40	3.5	1	17.3	0.5	8.65	8.65	30.28	30.28
SW2	41	3.65	1	17.3	0.5	8.65	8.65	31.57	31.57
	1	5	1	58.5	0.5	29.25	29.25	146.25	146.25
	2-8	2.6	7	58.5	0.5	25.95	181.65	67.47	472.29
	9	3.5	1	58.5	0.5	25.95	25.95	90.83	90.83
	10-39	3	30	58.5	0.5	25.95	778.5	77.85	2,335.50
	40	3.5	1	58.5	0.5	25.95	25.95	90.83	90.83
	41	3.65	1	58.5	0.5	25.95	25.95	94.72	94.72
SW3	42	2.7	1	58.5	0.5	25.95	25.95	70.07	70.07
	1	5	1	17.6	0.5	8.8	8.8	44.00	44.00
	2-8	2.6	7	16.15	0.5	8.075	56.525	21.00	146.97
	9	3.5	1	16.15	0.5	8.075	8.075	28.26	28.26
	10-13	3	4	16.15	0.5	8.075	32.3	24.23	96.90
	14-39	3	26	14.7	0.5	7.35	191.1	22.05	573.30
	40	3.5	1	14.7	0.5	7.35	7.35	25.73	25.73
SW4	41	3.65	1	14.7	0.5	7.35	7.35	26.83	26.83
	42	2.7	1	14.7	0.5	7.35	7.35	19.85	19.85
	1	5	1	13.6	0.5	6.8	6.8	34.00	34.00
	2-8	2.6	7	12.3	0.5	6.15	43.05	15.99	111.93
	9	3.5	1	12.3	0.5	6.15	6.15	21.53	21.53
	10-13	3	4	12.3	0.5	6.15	24.6	18.45	73.80
	14-39	3	26	12.3	0.5	6.15	159.9	18.45	479.70
SW5	40	3.5	1	12.3	0.5	6.15	6.15	21.53	21.53
	41	3.65	1	12.3	0.5	6.15	6.15	22.45	22.45
	42	2.7	1	12.3	0.5	6.15	6.15	16.61	16.61
	1	5	1	21	0.5	10.5	10.5	52.50	52.50
	2-8	2.6	7	18.1	0.5	9.05	63.35	23.53	164.71
	9	3.5	1	18.1	0.5	9.05	9.05	31.68	31.68
	10	3	1	18.1	0.5	9.05	9.05	27.15	27.15
รวมทั้งอาคาร	11	3	1	20.6	0.5	10.3	10.3	30.90	30.90
	12-39	3	28	17.3	0.5	8.65	242.2	25.95	726.60
	40	3.5	1	17.3	0.5	8.65	8.65	30.28	30.28
	41	3.65	1	17.3	0.5	8.65	8.65	31.57	31.57
				รวมทั้งอาคาร			2,394.50		7,234.60

ตารางที่ 6.16 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ CO ของอาคาร B (เดิมก่อนการปรับปรุง)

CO ID	ช่วงชั้น	ความสูง (เมตร/ชั้น)	จำนวนชั้น (ชั้น)	มิติ (เมตร)		พื้นที่หน้าตัด (ตร.เมตร/ชั้น)	จำนวนเสา/ชั้น (เสา/ชั้น)	รวมพื้นที่หน้าตัด (ตร.เมตร)	ปริมาตรรวม (ลบ.เมตร)
				กว้าง (b0)	หนา (h0)				
C1 (c1)	1	5	1	0.35	2.6	0.91	4	3.640	18.200
	2-4	2.6	3	0.35	2.6	0.91	4	10.920	28.392
	5-8	2.6	4	0.35	2	0.7	4	11.200	29.120
	9	3.5	1	0.35	2	0.7	4	2.800	9.800
	10	3	1	0.35	2	0.7	4	2.800	8.400
	11-39	3	29	0.35	1.7	0.595	4	69.020	207.060
	40	3.5	1	0.35	1.7	0.595	4	2.380	8.330
	41	3.65	1	0.35	1.7	0.595	4	2.380	8.687
C1A (c2)	1	5	1	0.35	2.8	0.98	15	14.700	73.500
	2-4	2.6	3	0.35	2.8	0.98	15	44.100	114.660
	5-8	2.6	4	0.35	2.4	0.84	15	50.400	131.040
	9	3.5	1	0.35	2.4	0.84	15	12.600	44.100
	10	3	1	0.35	2.4	0.84	15	12.600	37.800
	11-18	3	8	0.35	2	0.7	15	84.000	252.000
	19-39	3	21	0.35	1.7	0.595	15	187.425	562.275
	40	3.5	1	0.35	1.7	0.595	15	8.925	31.238
	41	3.65	1	0.35	1.7	0.595	15	8.925	32.576
	42	2.7	1	0.35	1.7	0.595	3	1.785	4.820
C3 (c3)	1	5	1	0.35	2.4	0.84	7	5.880	29.400
	2-4	2.6	3	0.35	2.4	0.84	7	17.640	45.864
	5-8	2.6	4	0.35	2	0.7	7	19.600	50.960
	9	3.5	1	0.35	2	0.7	7	4.900	17.150
	10	3	1	0.35	2	0.7	7	4.900	14.700
	11-39	3	29	0.35	1.8	0.63	7	127.890	383.670
	40	3.5	1	0.35	1.8	0.63	7	4.410	15.435
	41	3.65	1	0.35	1.8	0.63	7	4.410	16.097
	42	2.7	1	0.35	1.8	0.63	10	6.300	17.010
C4 (c4)	1	5	1	0.35	2.4	0.84	5	4.200	21.000
	2-4	2.6	3	0.35	2.4	0.84	5	12.600	32.760
	5-8	2.6	4	0.35	2	0.7	5	14.000	36.400
	9	3.5	1	0.35	2	0.7	5	3.500	12.250
	10	3	1	0.35	2	0.7	5	3.500	10.500
	11-13	3	3	0.35	1.8	0.63	5	9.450	28.350
	14-39	3	26	0.35	1.5	0.525	5	68.250	204.750
	40	3.5	1	0.35	1.5	0.525	5	2.625	9.188
	41	3.65	1	0.35	1.5	0.525	5	2.625	9.581
	42	2.7	1	0.35	1.5	0.525	4	2.100	5.670
C4A (c5)	1	5	1	0.35	2.4	0.84	6	5.040	25.200
	2-4	2.6	3	0.35	2.4	0.84	6	15.120	39.312
	5-8	2.6	4	0.35	2.4	0.84	6	20.160	52.416
	9	3.5	1	0.35	2.4	0.84	6	5.040	17.640
	10	3	1	0.35	2.4	0.84	6	5.040	15.120
	11-39	3	29	0.35	1.5	0.525	6	91.350	274.050
	40	3.5	1	0.35	1.5	0.525	6	3.150	11.025
	41	3.65	1	0.35	1.5	0.525	6	3.150	11.498
	42	2.7	1	0.35	1.5	0.525	6	3.150	8.505
C5 (c6)	1	5	1	0.35	2.4	0.84	11	9.240	46.200
	2-4	2.6	3	0.35	2.4	0.84	11	27.720	72.072
	5-8	2.6	4	0.35	2	0.7	11	30.800	80.080
	9	3.5	1	0.35	2	0.7	11	7.700	26.950
	10	3	1	0.35	2	0.7	11	7.700	23.100
	11-39	3	29	0.35	1.5	0.525	10	152.250	456.750
	40	3.5	1	0.35	1.5	0.525	10	5.250	18.375
	41	3.65	1	0.35	1.5	0.525	10	5.250	19.163
	42	2.7	1	0.35	1.5	0.525	5	2.625	7.088
C6 (c7)	1	5	1	0.35	2	0.7	8	5.600	28.000
	2	2.6	1	0.35	2	0.7	8	5.600	14.560
C7 (c8)	1	5	1	0.3	1.2	0.36	14	5.040	25.200
	2-4	2.6	3	0.3	1.2	0.36	14	15.120	39.312
	5-8	2.6	4	0.3	1.2	0.36	14	20.160	52.416
	9	3.5	1	0.3	1.2	0.36	14	5.040	17.640
	10	3	1	0.3	1.2	0.36	14	5.040	15.120
รวมทั้งอาคาร								1,310.715	3,959.522

ตารางที่ 6.17 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ SW หลังพอกที่ความหนา 1.25 เมตร ชั้นที่ 1-42
ของอาคาร B

SW-ID	ช่วงชั้น	สูง/ชั้น (เมตร/ชั้น)	จำนวนชั้น (ชั้น)	มิติ		พื้นที่หน้าตัด		ปริมาตร	
				ผลรวม L1-L9 (เมตร)	หนา (เมตร)	พื้นที่/ชั้น (ตร.เมตร/ชั้น)	รวม (ตร.เมตร)	ปริมาตร/ชั้น (ลบ.เมตร/ชั้น)	รวม (ลบ.เมตร)
SW1	1	5	1	21.0	1.25	26.25	26.25	131.25	131.25
	2-8	2.6	7	18.1	1.25	22.625	158.38	58.83	411.78
	9	3.5	1	18.1	1.25	22.625	22.63	79.19	79.19
	10	3	1	18.1	1.25	22.625	22.63	67.88	67.88
	11	3	1	20.6	1.25	25.75	25.75	77.25	77.25
	12-39	3	28	17.3	1.25	21.625	605.50	64.88	1,816.50
	40	3.5	1	17.3	1.25	21.625	21.63	75.69	75.69
SW2	41	3.65	1	17.3	1.25	21.625	21.63	78.93	78.93
	1	5	1	58.5	1.25	73.125	73.125	365.63	365.63
	2-8	2.6	7	58.5	1.25	64.875	454.125	168.68	1,180.73
	9	3.5	1	58.5	1.25	64.875	64.875	227.06	227.06
	10-39	3	30	58.5	1.25	64.875	1946.25	194.63	5,838.75
	40	3.5	1	58.5	1.25	64.875	64.875	227.06	227.06
	41	3.65	1	58.5	1.25	64.875	64.875	236.79	236.79
SW3	42	2.7	1	58.5	1.25	64.875	64.875	175.16	175.16
	1	5	1	17.6	1.25	22	22	110.00	110.00
	2-8	2.6	7	16.15	1.25	20.1875	141.3125	52.49	367.41
	9	3.5	1	16.15	1.25	20.1875	20.1875	70.66	70.66
	10-13	3	4	16.15	1.25	20.1875	80.75	60.56	242.25
	14-39	3	26	14.70	1.25	18.375	477.75	55.13	1,433.25
	40	3.5	1	14.70	1.25	18.375	18.375	64.31	64.31
SW4	41	3.65	1	14.70	1.25	18.375	18.375	67.07	67.07
	42	2.7	1	14.70	1.25	18.375	18.375	49.61	49.61
	1	5	1	13.60	1.25	17	17	85.00	85.00
	2-8	2.6	7	12.30	1.25	15.375	107.625	39.98	279.83
	9	3.5	1	12.3	1.25	15.375	15.375	53.81	53.81
	10-13	3	4	12.3	1.25	15.375	61.5	46.13	184.50
	14-39	3	26	12.3	1.25	15.375	399.75	46.13	1,199.25
SW5	40	3.5	1	12.3	1.25	15.375	15.375	53.81	53.81
	41	3.65	1	12.3	1.25	15.375	15.375	56.12	56.12
	42	2.7	1	12.3	1.25	15.375	15.375	41.51	41.51
	1	5	1	21	1.25	26.25	26.25	131.25	131.25
	2-8	2.6	7	18.1	1.25	22.625	158.375	58.83	411.78
	9	3.5	1	18.1	1.25	22.625	22.625	79.19	79.19
	10	3	1	18.1	1.25	22.625	22.625	67.88	67.88
SW5	11	3	1	20.6	1.25	25.75	25.75	77.25	77.25
	12-39	3	28	17.3	1.25	21.625	605.5	64.88	1,816.50
	40	3.5	1	17.3	1.25	21.625	21.625	75.69	75.69
	41	3.65	1	17.3	1.25	21.625	21.625	78.93	78.93
				รวมทั้งอาคาร			5,986.25		18,086.49

ตารางที่ 6.18 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ SW หลังพอกที่ความหนา 1.2 เมตร ชั้นที่ 1-42
ของอาคาร B

SW-ID	ช่วงชั้น	สูง/ชั้น (เมตร/ชั้น)	จำนวนชั้น (ชั้น)	มิติ		พื้นที่/ชั้น		ปริมาตร	
				ผลรวม LI-L9 (เมตร)	หนา (เมตร)	พื้นที่/ชั้น (ตร.เมตร/ชั้น)	รวม (ตร.เมตร)	ปริมาตร/ชั้น (ลบ.เมตร/ชั้น)	รวม (ลบ.เมตร)
SW1	1	5	1	21.0	1.2	25.2	25.20	126.00	126.00
	2-8	2.6	7	18.1	1.2	21.72	152.04	56.47	395.30
	9	3.5	1	18.1	1.2	21.72	21.72	76.02	76.02
	10	3	1	18.1	1.2	21.72	21.72	65.16	65.16
	11	3	1	20.6	1.2	24.72	24.72	74.16	74.16
	12-39	3	28	17.3	1.2	20.76	581.28	62.28	1,743.84
	40	3.5	1	17.3	1.2	20.76	20.76	72.66	72.66
SW2	41	3.65	1	17.3	1.2	20.76	20.76	75.77	75.77
	1	5	1	58.5	1.2	70.2	70.2	351.00	351.00
	2-8	2.6	7	58.5	1.2	62.28	435.96	161.93	1,133.50
	9	3.5	1	58.5	1.2	62.28	62.28	217.98	217.98
	10-39	3	30	58.5	1.2	62.28	1868.4	186.84	5,605.20
	40	3.5	1	58.5	1.2	62.28	62.28	217.98	217.98
	41	3.65	1	58.5	1.2	62.28	62.28	227.32	227.32
SW3	42	2.7	1	58.5	1.2	62.28	62.28	168.16	168.16
	1	5	1	17.6	1.2	21.12	21.12	105.60	105.60
	2-8	2.6	7	16.2	1.2	19.38	135.66	50.39	352.72
	9	3.5	1	16.15	1.2	19.38	19.38	67.83	67.83
	10-13	3	4	16.15	1.2	19.38	77.52	58.14	232.56
	14-39	3	26	14.70	1.2	17.64	458.64	52.92	1,375.92
	40	3.5	1	14.70	1.2	17.64	17.64	61.74	61.74
SW4	41	3.65	1	14.70	1.2	17.64	17.64	64.39	64.39
	42	2.7	1	14.70	1.2	17.64	17.64	47.63	47.63
	1	5	1	13.60	1.2	16.32	16.32	81.60	81.60
	2-8	2.6	7	12.30	1.2	14.76	103.32	38.38	268.63
	9	3.5	1	12.3	1.2	14.76	14.76	51.66	51.66
	10-13	3	4	12.3	1.2	14.76	59.04	44.28	177.12
	14-39	3	26	12.3	1.2	14.76	383.76	44.28	1,151.28
SW5	40	3.5	1	12.3	1.2	14.76	14.76	51.66	51.66
	41	3.65	1	12.3	1.2	14.76	14.76	53.87	53.87
	42	2.7	1	12.3	1.2	14.76	14.76	39.85	39.85
	1	5	1	21	1.2	25.2	25.2	126.00	126.00
	2-8	2.6	7	18.1	1.2	21.72	152.04	56.47	395.30
	9	3.5	1	18.1	1.2	21.72	21.72	76.02	76.02
	10	3	1	18.1	1.2	21.72	21.72	65.16	65.16
SW5	11	3	1	20.6	1.2	24.72	24.72	74.16	74.16
	12-39	3	28	17.3	1.2	20.76	581.28	62.28	1,743.84
	40	3.5	1	17.3	1.2	20.76	20.76	72.66	72.66
	41	3.65	1	17.3	1.2	20.76	20.76	75.77	75.77
รวมทั้งอาคาร							5,746.80		17,363.0280

ตารางที่ 6.19 ผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของ CO หลังการพอก OC ที่ความหนา 1.75 เท่าของพื้นที่หน้าตัดเดิม ชั้นที่ 1-20 ของอาคาร B

CO ID	ช่วงชั้น	ความสูง (เมตร/ชั้น)	จำนวน ชั้น	มิติ (เมตร)		f=1.75 ชั้นที่ 1-20	พื้นที่หน้าตัด (ตร.เมตร/ชั้น)	จำนวนเสา/ชั้น (เสา/ชั้น)	รวมพื้นที่หน้าตัด (ตร.เมตร)	ปริมาตรรวม (ลบ.เมตร)
				กว้าง (b0)	หนา (h0)					
C1 (c1)	1	5	1	0.35	2.6	1.75	1.59	4	6.370	31.850
	2-4	2.6	3	0.35	2.6	1.75	1.59	4	19.110	49.686
	5-8	2.6	4	0.35	2	1.75	1.23	4	19.600	50.960
	9	3.5	1	0.35	2	1.75	1.23	4	4.900	17.150
	10	3	1	0.35	2	1.75	1.23	4	4.900	14.700
	11-20	3	10	0.35	1.7	1.75	1.04	4	41.650	124.950
	21-39	3	19	0.35	1.7	1	0.60	4	45.220	135.660
	40	3.5	1	0.35	1.7	1	0.60	4	2.380	8.330
CIA (c2)	41	3.65	1	0.35	1.7	1	0.60	4	2.380	8.687
	1	5	1	0.35	2.8	1.75	1.72	15	25.725	128.625
	2-4	2.6	3	0.35	2.8	1.75	1.72	15	77.175	200.655
	5-8	2.6	4	0.35	2.4	1.75	1.47	15	88.200	229.320
	9	3.5	1	0.35	2.4	1.75	1.47	15	22.050	77.175
	10	3	1	0.35	2.4	1.75	1.47	15	22.050	66.150
	11-18	3	8	0.35	2	1.75	1.23	15	147.000	441.000
	19-20	3	2	0.35	1.7	1.75	1.04	15	31.238	93.713
C3 (c3)	21-39	3	19	0.35	1.7	1	0.60	15	169.575	508.725
	40	3.5	1	0.35	1.7	1	0.60	15	8.925	31.238
	41	3.65	1	0.35	1.7	1	0.60	15	8.925	32.576
	42	2.7	1	0.35	1.7	1	0.60	3	1.785	4.820
	1	5	1	0.35	2.4	1.75	1.47	7	10.290	51.450
	2-4	2.6	3	0.35	2.4	1.75	1.47	7	30.870	80.262
	5-8	2.6	4	0.35	2	1.75	1.23	7	34.300	89.180
	9	3.5	1	0.35	2	1.75	1.23	7	8.575	30.013
C4 (c4)	10	3	1	0.35	2	1.75	1.23	7	8.575	25.725
	11-20	3	10	0.35	1.8	1.75	1.10	7	77.175	231.525
	21-39	3	19	0.35	1.8	1	0.63	7	83.790	251.370
	40	3.5	1	0.35	1.8	1	0.63	7	4.410	15.435
	41	3.65	1	0.35	1.8	1	0.63	7	4.410	16.097
	42	2.7	1	0.35	1.8	1	0.63	10	6.300	17.010
	1	5	1	0.35	2.4	1.75	1.47	5	7.350	36.750
	2-4	2.6	3	0.35	2.4	1.75	1.47	5	22.050	57.330
C4A (c5)	5-8	2.6	4	0.35	2	1.75	1.23	5	24.500	63.700
	9	3.5	1	0.35	2	1.75	1.23	5	6.125	21.438
	10	3	1	0.35	2	1.75	1.23	5	6.125	18.375
	11-13	3	3	0.35	1.8	1.75	1.10	5	16.538	49.613
	14-20	3	7	0.35	1.5	1.75	0.92	5	32.156	96.469
	21-39	3	19	0.35	1.5	1	0.53	5	49.875	149.625
	40	3.5	1	0.35	1.5	1	0.53	5	2.625	9.188
	41	3.65	1	0.35	1.5	1	0.53	5	2.625	9.581
C5 (c6)	42	2.7	1	0.35	1.5	1	0.53	4	2.100	5.670
	1	5	1	0.35	2.4	1.75	1.47	6	8.820	44.100
	2-4	2.6	3	0.35	2.4	1.75	1.47	6	26.460	68.796
	5-8	2.6	4	0.35	2.4	1.75	1.47	6	35.280	91.728
	9	3.5	1	0.35	2.4	1.75	1.47	6	8.820	30.870
	10	3	1	0.35	2.4	1.75	1.47	6	8.820	26.460
	11-20	3	10	0.35	1.5	1.75	0.92	6	55.125	165.375
	21-39	3	19	0.35	1.5	1	0.53	6	59.850	179.550
C6 (c7)	40	3.5	1	0.35	1.5	1	0.53	6	3.150	11.025
	41	3.65	1	0.35	1.5	1	0.53	6	3.150	11.498
	42	2.7	1	0.35	1.5	1	0.53	6	3.150	8.505
	1	5	1	0.35	2.4	1.75	1.47	11	16.170	80.850
	2-4	2.6	3	0.35	2.4	1.75	1.47	11	48.510	126.126
	5-8	2.6	4	0.35	2	1.75	1.23	11	53.900	140.140
	9	3.5	1	0.35	2	1.75	1.23	11	13.475	47.163
	10	3	1	0.35	2	1.75	1.23	11	13.475	40.425
C7 (c8)	11-20	3	10	0.35	1.5	1.75	0.92	10	91.875	275.625
	21-39	3	19	0.35	1.5	1	0.53	10	99.750	299.250
	40	3.5	1	0.35	1.5	1	0.53	10	5.250	18.375
	41	3.65	1	0.35	1.5	1	0.53	10	5.250	19.163
	42	2.7	1	0.35	1.5	1	0.53	5	2.625	7.088
	1	5	1	0.35	2	1.75	1.23	8	9.800	49.000
	2	2.6	1	0.35	2	1.75	1.23	8	9.800	25.480
	1	5	1	0.3	1.2	1.75	0.63	14	8.820	44.100
C7 (c8)	2-4	2.6	3	0.3	1.2	1.75	0.63	14	26.460	68.796
	5-8	2.6	4	0.3	1.2	1.75	0.63	14	35.280	91.728
	9	3.5	1	0.3	1.2	1.75	0.63	14	8.820	30.870
	10	3	1	0.3	1.2	1.75	0.63	14	8.820	26.460
รวมทั้งอาคาร									1,860.63	5,610.32

ตารางที่ 6.20 ผลการคำนวณมูลค่าผลประโยชน์ใช้สอยของวิธีการพอกแบบต่างๆ เทียบกับอาคาร B
ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร B	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(1) OC(SW+) ชั้นที่ 1-42		(3) OC(SWCO+)			
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	SW+0.75m (1)	Δ ผลต่าง (1)-(0)	COx1.75a ชั้นที่ 1-20	SW+0.7m ชั้นที่ 1-42	รวม (3)	Δ ผลต่าง (3)-(0)
0. อาคาร B								
0.1 ระดับชั้น		1-42	1-42			1-42		
0.2 สูงเฉลี่ย/ชั้น	เมตร/ชั้น	3.01	3.01			3.01		
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	42	42			42		
0.4 ความสูงรวม	เมตร	126.55	126.55			126.55		
1. พื้น (Floor)								
1.1 จำนวนชั้น		42	42		20	22	42	
1.2 พื้นทั้งหมดอาคาร	ตร.เมตร	74,373	74,373		38,161	36,212	74,373	
1.3 พื้นที่ใช้สอย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,770.8	1,770.8		1,908.1	1,646.0	1,770.8	
2. Shear Wall (SW)								
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	42	42			42	42	
2.2 หนา	เมตร	0.50	1.25	0.75		1.20	1.20	0.70
2.3 พื้นหน้าตัด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	2,395	5,986	3,592		5,747	5,747	3,352
2.4 พื้นหน้าตัด SW เฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	57	143	86		137	137	80
2.5 ปริมาตร SW ทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	7,235	18,086	10,852		17,363	17,363	10,128
2.6 ปริมาตร SW เฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	172	431	258		413	413	241
3. เสา (Column; CO)					ชั้นที่ 1-20	ชั้นที่ 21-42		
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	42	42		20	22	42	
3.2 พื้นหน้าตัดเสา (CO) รวม ทั้งอาคาร	ตร.เมตร	1,311	1,311		1,283	578	1,861	550
3.3 พื้นหน้าตัดเสา (CO) รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	31.2	31.2		64.2	13.8	44.30	13.09
3.4 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	3,960	3,960		3,852	1,758	5,610	1,651
3.5 ปริมาตรเสา (CO) รวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	94.3	94.3		192.6	79.9	133.6	39.30
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO								
4.1 พื้นหน้าตัด SW และ CO รวม (2.3)+(3.2)	ตร.เมตร	3,705.22	7,296.97	3,591.75	1,283.13	6,324.30	7,607.43	3,902.21
4.2 พื้นหน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	88.22	173.74	85.52	64.16		181.13	92.91
5. รวมปริมาตรของ SW และ CO								
5.1 ปริมาตรของ SW และ CO รวมทั้งอาคาร (2.5)+(3.4)	ลบ.เมตร	11,194	22,046	10,852	3,852	19,121	22,973	11,779
5.2 ปริมาตรของ SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	266.5	524.9	258.4	192.6	455.3	547.0	280.46
6. พื้นที่ใช้สอย								
6.1 พื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารหลังหักพื้นที่ SW และ CO (1.2)-(4.1)	ตร.เมตร	70,668	67,076	-3,592	36,878	29,888	66,766	-3,902
6.2 พื้นที่ใช้สอยเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,682.6	1,597.1	-85.5	1,843.9	1,358.5	1,589.7	-92.9
7. มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (UIAi)								
7.1 ราคาประเมินพื้นที่ใช้สอย	บาท/ตร.เมตร	100,000	100,000		100,000	100,000	100,000	
7.2 มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (6.1)*(7.1)/10	ล้านบาท	7,066.8	6,707.6	-359.2	3,687.8	2,988.8	6,676.6	-390.2

หมายเหตุ 1. (1) OC(SW+) หมายถึง การพอก Original Concrete (OC) ที่ Shear Wall (SW)

2. (3) OC(SWCO+) หมายถึง การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) และ ที่ Column (CO)

3. SW+0.75m และ SW+0.7m หมายถึง การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) หนาขึ้นจากเดิม 0.75 เมตร ชั้นที่ 1-42 และ 0.7 เมตร ชั้นที่ 1-42 ตามลำดับ

4. COx1.75a หมายถึง การพอก OC ที่ Column (CO) หนา 1.75 ของพื้นที่หน้าตัดเดิม



ตารางที่ 6.21 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานและผลต่างมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของ
วิธีการออกแบบต่างๆ เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร B	วิธีปรับปรุง (i) หน่วย	(1) OC(SW+) SW+0.75m	(3) OC(SWCO+) SW+0.7m COx1.75a
1. อาคาร B			
1.1 ระดับชั้น		1-42	1-42
1.2 สูงเฉลี่ย/ชั้น	เมตร/ชั้น	3.01	3.01
1.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	42	42
1.4 ความสูงรวม	เมตร	126.55	126.55
2. Shear Wall (SW)		ชั้นที่ 1-42	ชั้นที่ 1-42
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	42	42
2.2 หนา	เมตร	0.75	0.70
2.3 พื้นที่หน้าตัด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	3,592	3,352
2.4 พื้นที่หน้าตัด SW เฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	86	80
2.5 ปริมาตร SW รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	10,852	10,128
2.6 ปริมาตร SW เฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	258	241
3. เสา (Column; CO)			ชั้นที่ 1-20
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น		20
3.2 พื้นที่หน้าตัดเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร		550
3.3 พื้นที่หน้าตัดเสา (CO) รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น		13.09
3.4 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร		1,651
3.5 ปริมาตรเสา (CO) รวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น		39.30
4. รวมพื้นที่หน้าตัดของ SW และ CO			
4.1 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวม (2.3)+(3.2)	ตร.เมตร	3,592	3,902.21
4.2 พื้นที่หน้าตัด SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	85.52	92.91
5. รวมปริมาตรของ SW และ CO			
5.1 ปริมาตรของ SW และ CO รวมทั้งอาคาร (2.5)+(3.4)	ลบ.เมตร	10,852	11,779
5.2 ปริมาตรของ SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	258	280.46
6. ปริมาณคอนกรีตที่ใช้ของส่วนที่พอก			
6.1 ปริมาตรคอนกรีต (คิดเท่ากับ Vi หรือหัวข้อ 5.1)	ลบ.เมตร	10,852	11,779
7. ปริมาณเหล็กเสริมยื่นที่ใช้ DB20 (SD50) ของส่วนที่พอก			
7.1 ที่ SW			
1) ปริมาตรเหล็กยื่น (0.25%ของพื้นที่หน้าตัดคอนกรีต)	ลบ.เมตร	27.1	25.3
2) รวมน้ำหนักเหล็กยื่นที่ SW (7,850กก./ลบ.เมตร)	กก.	212,968	198,770
7.2 ที่ CO			
1) ปริมาตรเหล็กยื่น (1.0%ของพื้นที่หน้าตัดคอนกรีต)	ลบ.เมตร	0	16.51
2) รวมน้ำหนักเหล็กยื่นที่ CO (7,850กก./ลบ.เมตร)	กก.	0	129,587
7.3 รวมน้ำหนักเหล็กยื่นของ SW และ CO	กก.	212,968	328,358
7.4 รวมน้ำหนักเหล็กยื่นทั้งหมดของ SW และ CO (รวมสูญเสีย 5%โดยน้ำหนัก)	กก.	223,617	344,776
8. ปริมาณเหล็กปลอกที่ใช้ DB12 (SD50) ของส่วนที่พอก			
8.1 ที่ SW			
1) ความยาวเหล็กปลอกที่ SW เฉลี่ยต่อปลอก (รวมระยะทาบ 12D)	เมตร/ปลอก	52.8	52.6
2) จำนวนปลอกเฉลี่ยต่อชั้น: (ระยะห่างระหว่างปลอก 0.1 เมตร)	ปลอก/ชั้น	154	154
3) รวมปริมาตรเหล็กปลอกที่ SW	ลบ.เมตร	38.7	38.6
4) รวมน้ำหนักเหล็กปลอกที่ SW (7,850 กก./ลบ.เมตร)	กก.	303,912	302,762
8.2 ที่ CO			
1) ความยาวเหล็กปลอกที่ CO เฉลี่ยต่อปลอก (รวมระยะทาบ 12D)	เมตร/ปลอก		3.72
2) จำนวนปลอกเฉลี่ยต่อชั้น: (ระยะห่างระหว่างปลอก 0.1 เมตร)	ปลอก/ชั้น		1,711
3) รวมปริมาตรเหล็กปลอกที่ CO	ลบ.เมตร		14.4
4) รวมน้ำหนักเหล็กปลอกที่ CO (7,850 กก./ลบ.เมตร)	กก.		112,968
8.3 รวมปริมาตรเหล็กปลอก (ที่ SW และ CO): (8.1.3+8.2.3)	ลบ.เมตร	38.7	53.0
8.4 รวมน้ำหนักเหล็กปลอก (ที่ SW และ CO): (8.1.4+8.2.4)	กก.	303,912	415,730
8.5 รวมน้ำหนักเหล็กปลอกทั้งหมดของ SW และ CO (รวมสูญเสีย 5%โดยน้ำหนัก)	กก.	319,108	436,516
9. ปริมาณลวดผูกเหล็กที่ใช้ (คิด 3%ของเหล็กยื่นและเหล็กปลอกโดยน้ำหนัก)	กก.	16,282	23,439
10. ปริมาณตะปูที่ใช้ (คิด 1.15 กก./ลบ.เมตร คอนกรีต)	กก.	12,480	13,546
11. ปริมาณไม้แบบ ไม่คร่าว ไม่ค้ำยัน (คิด 6 ตร.เมตร/ลบ.เมตร คอนกรีต)	ตร.เมตร	65,111	70,675
12. ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุของส่วนที่พอก: (AMEi)			
12.1 ค่าคอนกรีต OC (คิดราคา 2,632 บาท/ลบ.เมตร)	ล้านบาท	28.6	31.0
12.2 ค่าเหล็กเสริมยื่น DB20 (SD50) (ราคา 23.8 บาท/กก.)	ล้านบาท	5.07	7.81
12.3 ค่าเหล็กปลอก DB12 (SD50) (ราคา 24.3 บาท/กก.)	ล้านบาท	7.39	10.10
12.4 ค่าลวดผูกเหล็กขนาด 1.25มม. เบอร์ 18 (ราคา 28 บาท/กก.)	ล้านบาท	0.41	0.59
12.5 ค่าตะปูขนาดต่างๆ (คิดเฉลี่ย 32 บาท/กก.)	ล้านบาท	0.40	0.43
12.6 ค่าไม้แบบ ไม่คร่าว และไม่ค้ำยัน หนา 1 นิ้ว (ราคา 200 บาท/ตร.เมตร)	ล้านบาท	13.0	14.1
12.7 รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ: (AMEi)	ล้านบาท	54.8	64.1
13. ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานของส่วนที่พอก: (ALEi)			
13.1 งานคอนกรีต (ราคา 485 บาท/ลบ.เมตร คอนกรีต)	ล้านบาท	5.26	5.71
13.2 งานเหล็กเสริมยื่น DB20 (SD50) (ราคา 2.9 บาท/กก.)	ล้านบาท	0.65	1.00
13.3 งานเหล็กปลอก DB12 (SD50) (ราคา 3.3 บาท/กก.)	ล้านบาท	1.05	1.44
13.4 งานไม้แบบ ไม่คร่าว ไม่ค้ำยันและตะปู (ราคา 115 บาท/ตร.เมตร)	ล้านบาท	7.49	8.13
13.5 รวมค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน: (ALEi)	ล้านบาท	14.5	16.3
14. รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานของส่วนที่พอก: (ATEi) (ATEi) = (AMEi) + (ALEi)	ล้านบาท	69.3	80.4
15. ผลต่างมูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย (ΔU_{AI})	ล้านบาท	-359.2	-390.2
16. ผลสัมพัทธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์หลังการปรับปรุง $\Delta U_i = \Delta U_{Ai} - \Delta TE_i$	ล้านบาท	-428.5	-470.6

ตารางที่ 6.22 ผลการคำนวณปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO
เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร B	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(6) HMC(SWCO)			
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	HMC ชั้นที่ 1-23	OC ชั้นที่ 24-42	รวม (6)	Δ ผลต่าง (6)-(0)
0. อาคาร B						
0.1 ระดับชั้น		1-42		1-42		
0.2 สูงเฉลี่ย/ชั้น	เมตร/ชั้น	3.01		3.01		
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	42		42		
0.4 ความสูงรวม	เมตร	126.55		126.55		
1. พื้น (Floor)		ชั้นที่ 1-42	ชั้นที่ 1-23	ชั้นที่ 24-42	ชั้นที่ 1-42	
1.1 พื้นทั้งหมดอาคาร	ตร.เมตร	74,373	43,099	31,274	74,373	
1.2 พื้นที่เฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,770.8	1,873.9	1,646.0	1,770.8	
2. Shear Wall		ชั้นที่ 1-42	ชั้นที่ 1-23	ชั้นที่ 24-42	ชั้นที่ 1-42	
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	42	23	19	42	
2.2 หนา	เมตร	0.50	0.5	0.5		
2.3 พื้นที่หน้าตัด SW รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	2,395	1,334	1,061	2,395	
2.4 พื้นที่หน้าตัด SW เฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	57.0	58.0	55.8	57.0	
2.5 ปริมาตร SW รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	7,235	3,998	3,236	7,235	
2.6 ปริมาตร SW เฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	172.3	173.8	170.3	172.3	
3. เสา (Column; CO)		ชั้นที่ 1-42	ชั้นที่ 1-23	ชั้นที่ 24-42	ชั้นที่ 1-42	
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	42	23	19	42	
3.2 พื้นที่หน้าตัดเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ตร.เมตร	1,311	813	497	1,311	
3.3 พื้นที่หน้าตัดเสา (CO) รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	31.2	35.4	26.2	31.2	
3.4 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	3,960	2,442	1,518	3,960	
3.5 ปริมาตรเสา (CO) รวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	94.3	106.2	79.9	94.3	
4. รวมพื้นที่หน้าตัด SW และ CO		ชั้นที่ 1-42	ชั้นที่ 1-23	ชั้นที่ 24-42	ชั้นที่ 1-42	
4.1 พื้นที่ SW และ CO รวม (2.3)+(3.2)	ตร.เมตร	3,705	2,147	1,558	3,705	
4.2 พื้นที่ SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	88.2	93.3	82.0	88.2	
5. รวมปริมาตรของ SW และ CO		ชั้นที่ 1-42	ชั้นที่ 1-23	ชั้นที่ 24-42	ชั้นที่ 1-42	
5.1 ปริมาตร SW และ CO รวมทั้งอาคาร (2.5)+(3.4)	ลบ.เมตร	11,194	6,440	4,754	11,194	
5.2 ปริมาตร SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	266.5	280.0	250.2	266.5	
6. รวมปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ที่ SW และ CO (กรณีเกิดค่าปริมาตรรวมที่ SW และ CO)	ลบ.เมตร	11,194	6,440	4,754	11,194	0

หมายเหตุ 1. (6) HMC(SWCO) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ shear wall (SW) และ Column (CO)

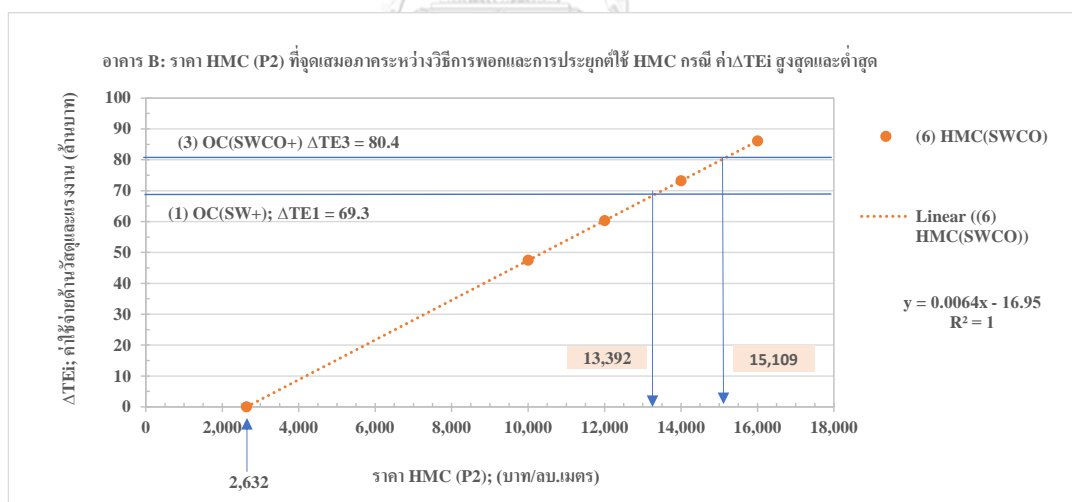
ตารางที่ 6.23 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO สำหรับอาคาร B

อาคาร B

P1 (บาท/ลบ.เมตร)	P2 (บาท/ลบ.เมตร)	P2/P1	ΔTE_i (ล้านบาท) (6) HMC(SWCO)
2,632	2,632	1.0	0.0
	16,000	6.1	86.1
	14,000	5.3	73.2
	12,000	4.6	60.3
	10,000	3.8	47.5

ตารางที่ 6.24 ราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) ต่ำสุด ของอาคาร B

อาคาร B					P2 \leq (หรือ P2 max) (บาท/ลบ.เมตร)
วิธีประยุกต์ HMC	ΔTE_i (ล้านบาท)	เท่ากับหรือต่ำกว่า	วิธีพอก	ΔTE_i (ล้านบาท)	
(6) HMC(SWCO)	31.4	\leq	(1) OC(SW+0.75m)	69.3	13,392
	31.4	\leq	(3) OC(SWCO+)	80.4	15,109



รูปที่ 6.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ สำหรับอาคาร B

ตารางที่ 6.25 ผลการคำนวณมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO
เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร B	วิธีปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม	(6) HMC(SWCO)			
	หน่วย	ก่อนปรับปรุง (0)	HMC ชั้นที่ 1-23	OC ชั้นที่ 24-42	รวม (6)	Δ ผลต่าง (6)-(0)
0. อาคาร B						
0.1 ระดับชั้น		1-42		1-42		
0.2 สูงเฉลี่ย/ชั้น	เมตร/ชั้น	3.01		3.01		
0.3 จำนวนชั้นรวม	ชั้น	42				
0.4 ความสูงรวม	เมตร	126.55		126.55		
1. พื้น (Floor)						
1.1 พื้นทั้งหมดอาคาร	ตร.เมตร	ชั้นที่ 1-42 74,373	ชั้นที่ 1-23 43,099	ชั้นที่ 24-42 31,274	ชั้นที่ 1-42 74,373	
1.2 พื้นเฉลีย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,770.8	1,873.9	1,646.0	1,770.8	
2. Shear Wall						
2.1 จำนวนชั้น	ชั้น	ชั้นที่ 1-42 42	ชั้นที่ 1-23 23	ชั้นที่ 24-42 19	ชั้นที่ 1-42 42	
2.2 หนา	เมตร	0.50	0.5	0.5		
2.3 พื้นหน้าตัด SW ทั้งหมดอาคาร	ตร.เมตร	2,395	1,334	1,061	2,395	
2.4 พื้นหน้าตัด SW เฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	57.0	58.0	55.8	57.0	
2.5 ปริมาตร SW ทั้งหมดอาคาร	ลบ.เมตร	7,235	3,998	3,236	7,235	
2.6 ปริมาตร SW เฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	172.3	173.8	170.3	172.3	
3. เสา (Column; CO)						
3.1 จำนวนชั้น	ชั้น	ชั้นที่ 1-42 42	ชั้นที่ 1-23 23	ชั้นที่ 24-42 19	ชั้นที่ 1-42 42	
3.2 พื้นหน้าตัดเสา (CO) รวม ทั้งอาคาร	ตร.เมตร	1,311	813	497	1,311	
3.3 พื้นหน้าตัดเสา (CO) รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	31.2	35.4	26.2	31.2	
3.4 ปริมาตรเสา (CO) รวมทั้งอาคาร	ลบ.เมตร	3,960	2,442	1,518	3,960	
3.5 ปริมาตรเสา (CO) รวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	94.3	106.2	79.9	94.3	
4. รวมพื้นที่หน้าตัด SW และ CO						
4.1 พื้น SW และ CO รวม (2.3)+(3.2)	ตร.เมตร	3,705	2,147	1,558	3,705	
4.2 พื้น SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	88.2	93.3	82.0	88.2	
5. รวมปริมาตรของ SW และ CO						
5.1 ปริมาตร SW และ CO รวมทั้งอาคาร (2.5)+(3.4)	ลบ.เมตร	11,194	6,440	4,754	11,194	
5.2 ปริมาตร SW และ CO รวมเฉลี่ย/ชั้น	ลบ.เมตร/ชั้น	266.5	280.0	250.2	266.5	
6. พื้นที่ใช้สอย						
6.1 พื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารหลังหักพื้นที่ SW และ CO (1.2)-(4.1)	ตร.เมตร	70,668	40,952	29,716	70,668	0.00
6.2 พื้นที่ใช้สอยเฉลี่ย/ชั้น	ตร.เมตร/ชั้น	1,682.6	1,780.5	1,564.0	1,682.6	
7. มูลค่าของผลประโยชน์ระดับพื้นที่ใช้สอย (U_{Ai})						
7.1 ราคาประเมินพื้นที่ใช้สอย	บาท/ตร.เมตร	100,000	100,000	100,000	100,000	
7.2 มูลค่าของผลประโยชน์ระดับพื้นที่ใช้สอย (6.1)*(7.1)/10 ⁶	ล้านบาท	7,066.8	4,095.2	2,971.6	7,066.8	0.0
8. ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุที่ใช้ใน SW และ CO; (ΔME_i)						
8.0 ราคาคอนกรีต (OC หรือ HMC)	บาท/ลบ.เมตร	2,632	7,500	2,632		
8.1 ค่าใช้จ่ายด้านคอนกรีตที่ใช้ใน SW และ CO; (5.1)*(8.0)/10 ⁶	ล้านบาท	29.5	48.3	12.5	60.8	31.4
8.2 ค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ (เหล็กเสริม ยิน ปลูก ลวด ตะปู และไม้แบบต่างๆ)	ล้านบาท					0
8.3 รวมค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ (ΔME _i)	ล้านบาท					31.4
9. ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน; (ΔLE_i)						
9.1 งานคอนกรีต งานเหล็ก และงานไม้แบบต่างๆและตะปู	ล้านบาท					0
10. มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของวิธีการปรับปรุง (ΔU_i); (ΔU _i) = (ΔU _{Ai}) - (ΔME _i) - (ΔLE _i)	ล้านบาท	7,037	4,047	2,959	7,006	-31.4

หมายเหตุ 1. (6) HMC(SWCO) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ shear wall (SW) และ Column (CO)

ตารางที่ 6.26 สรุปเปรียบเทียบผลต่างของมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างวิธีการพอกแบบต่างๆและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO เทียบกับอาคาร B ก่อนการปรับปรุง

รายการ อาคาร B	สัญลักษณ์	วิธีการปรับปรุง (i)	(0) อาคารเดิม (ก่อนปรับปรุง)	(1) OC(SW+)	(3) OC(SWCO+)	(6) HMC(SWCO)
		หน่วย	SW+0.75m ชั้นที่ 1-42	SW+0.7m ชั้น1-42 COx1.75a ชั้น1-20	ชั้นที่ 1-23	ชั้นที่ 1-23
1. การเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RD) (โดย ETABS)		ชน.	40.253	25.22	25.21	25.29
1.1 อัตราส่วน RD/d*			1.591	0.997	0.996	0.9996
1.2 อัตราส่วน D/C ของ SW (กรณีแรงในแนวตั้ง แรงลม และแรงแผ่นดินไหว)			0.345 - 2.84	0.27 - 0.8	0.258 - 0.78	0.259 - 0.76
1.3 อัตราส่วน D/C ของ CO (กรณีแรงในแนวตั้ง แรงลม และแรงแผ่นดินไหว)			0.506 - 1.439	0.217 - 0.891	0.202 - 0.84	0.197 - 0.764
2. ปริมาตร คอนกรีตรวมที่ใช้ใน SW และ CO	V _{1i} +V _{2i}	ลบ.เมตร	11,194	22,046	22,973	11,194
2.1 ปริมาตรคอนกรีต OC ที่ใช้:	V _{1i}	ลบ.เมตร	11,194	22,046	22,973	11,194
2.2 ปริมาตรคอนกรีต HMC ที่ใช้:	V _{2i}	ลบ.เมตร				6,440
2.3 ราคาคอนกรีต OC	P ₁	บาท/ลบ.เมตร				
2.4 ราคาคอนกรีต HMC	P ₂	บาท/ลบ.เมตร				
3. พื้นที่ใช้สอยพื้นที่ SW และ CO	A _i	ตร.เมตร	70,668	67,076	66,766	70,668
3.1 ผลต่างของพื้นที่ใช้สอยหลังและก่อนปรับปรุง	A _i - A ₀	ตร.เมตร		-3,592	-3,902	0
3.2 ราคาประเมินพื้นที่ใช้สอย	P ₃	บาท/ตร.เมตร	100,000	100,000	100,000	100,000
4. มูลค่าของผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย	UA _i	ล้านบาท	7,066.8	6,707.6	6,676.6	7,066.8
4.1 ผลต่างของมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอยและก่อนปรับปรุง	ΔUA _i = UA _i - UA ₀	ล้านบาท		-359.2	-390.2	0.0
5. ผลต่างค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงานเพิ่มขึ้น	ΔTE _i					
5.1 ด้านวัสดุ	ΔME _i	ล้านบาท		54.8	64.1	31.4
5.2 ด้านแรงงาน	ΔLE _i	ล้านบาท		14.5	16.3	0
5.3 รวมผลต่างค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน	ΔTE _i = ΔME _i + ΔLE _i	ล้านบาท		69.3	80.4	31.4
6. ผลลัพธ์มูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์หลังการปรับปรุง	ΔU _i = ΔUA _i - ΔTE _i	ล้านบาท		-428.5	-470.6	-31.4

หมายเหตุ: 1. (1) OC(SW+) หมายถึง การพอก Original Concrete (OC) ที่ Shear Wall (SW) หนาขึ้นจากเดิม
2. (3) OC(SWCO+) หมายถึง การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) และ ที่ Column (CO) หนาขึ้นจากเดิม
3. (6) HMC(SWCO) หมายถึง การประยุกต์ใช้ High Modulus Concrete (HMC) ที่ shear wall (SW) และ Column (CO)
4. SW+0.75m และ SW+0.7m หมายถึง การพอก OC ที่ Shear Wall (SW) หนาขึ้นจากเดิม 0.75 เมตร และ 0.7 เมตร ตามลำดับ
5. COx1.75a หมายถึง การพอก OC ที่ Column (CO) หนา 1.75 ของพื้นที่หน้าตัดเดิม

ตารางที่ 6.27 สรุปผลค่าตัวแปรของวิธีการต่างๆระหว่างการพอกและการประยุกต์ใช้ HMC สำหรับอาคาร A

วิธีการ	(0) อาคารเดิม	(1) OC(SW+)	(2) OC(CO+)	(3) OC(SWCO+)	(4) HMC(SW)	(5) HMC(CO)	(6) HMC(SWCO)
i	0	1	2	3	4	5	6
A _i	56,750	56,437	56,334	56,468	56,750	56,750	56,750
V _{1i}	6,280	7,533	7,945	7,407	5,838	5,870	5,721
V _{2i}	0	0	0	0	442	410	558
A _i - A ₀	0	-313	-416	-282	0	0	0
V _{1i} - V ₁₀	0	1,254	1,665	1,127	-442	-410	-558
V _{2i} - V ₂₀	0	0	0	0	442	410	558
ΔUA _i	0	-31.3	-41.6	-28.2	0	0	0
ΔME _i	0	9.0	13.6	9.7	2.2	2.0	2.7
ΔLE _i	0	2.0	2.8	2.0	0	0	0
ΔTE _i	0	11.0	16.4	11.7	2.2	2.0	2.7
ΔU _i	0	-42.3	-58.1	-39.9	-2.2	-2.0	-2.7

หมายเหตุ: i=0; คือ วิธีการเดิมก่อนปรับปรุง (อาคารเดิม)

i=1; OC(SW+) คือ วิธีพอก OC ที่ SW หนาขึ้นจากเดิม 0.09เมตร ชั้นที่ 1-45

i=2; OC(CO+) คือ วิธีพอก OC ที่ CO หนาขึ้นจากเดิม 0.25 เมตร ชั้นที่ 1-45

i=3; OC(SWCO+) คือ วิธีพอก OC ที่ SW หนาขึ้นจากเดิม 0.07 เมตร ชั้นที่ 1-45 และที่ CO หนาขึ้นจากเดิม 0.075 เมตร ชั้นที่ 1-15

i=4; HMC(SW) คือ วิธีประยุกต์ใช้ HMC ทดแทน OC ที่ SW ชั้นที่ 1-5

i=5; HMC(CO) คือ วิธีประยุกต์ใช้ HMC ทดแทน OC ที่ CO ชั้นที่ 1-8

i=6; HMC(SWCO) คือ วิธีประยุกต์ใช้ HMC ทดแทน OC ที่ SW และ CO ชั้นที่ 1-4

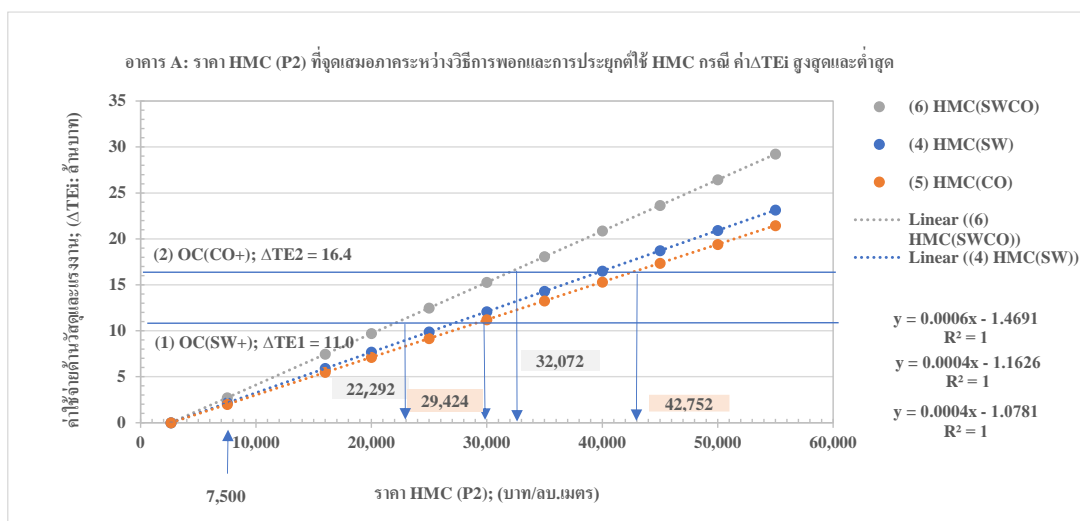
ตารางที่ 6.28 ราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอภาคของค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ΔU_i) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก ตามลำดับของอาคาร A

อาคาร A					P2 \leq (หรือ P2 max)
วิธีประยุกต์ HMC	ΔTE_i ; (ล้านบาท)	เท่ากับหรือต่ำกว่า	วิธีพอก	ΔTE_i ; (ล้านบาท)	(บาท/ลบ.เมตร)
(5) HMC(CO)	2.0	\leq	(1) OC(SW+)	11.0	29,424
	2.0	\leq	(2) OC(CO+)	16.4	42,752
(6) HMC(SWCO)	2.7	\leq	(1) OC(SW+)	11.0	22,292
	2.7	\leq	(2) OC(CO+)	16.4	32,072
วิธีประยุกต์ HMC	ΔU_i ; (ล้านบาท)	เท่ากับหรือมากกว่า	วิธีพอก	ΔU_i ; (ล้านบาท)	P2 \geq (หรือ P2 min)
(5) HMC(CO)	-2.0	\geq	(3) OC(SWCO+)	-39.9	99,995
	-2.0	\geq	(2) OC(CO+)	-58.1	144,375
(6) HMC(SWCO)	-2.7	\geq	(3) OC(SWCO+)	-39.9	74,078
	-2.7	\geq	(2) OC(CO+)	-58.1	106,645

ตารางที่ 6.29 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้ HMC หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร ของอาคาร A

อาคาร A

P1 (บาท/ลบ.เมตร)	P2 (บาท/ลบ.เมตร)	P2/P1	ΔTE_i (ล้านบาท)		
			(4) HMC(SW)	(5) HMC(CO)	(6) HMC(SWCO)
2,632	2,632	1.0	0.0	0.0	0.0
	7,500	2.8	2.2	2.0	2.7
	16,000	6.1	5.9	5.5	7.5
	20,000	7.6	7.7	7.1	9.7
	25,000	9.5	9.9	9.2	12.5
	30,000	11.4	12.1	11.2	15.3
	35,000	13.3	14.3	13.3	18.1
	40,000	15.2	16.5	15.3	20.9
	45,000	17.1	18.7	17.4	23.6
	50,000	19.0	20.9	19.4	26.4
	55,000	20.9	23.1	21.4	29.2

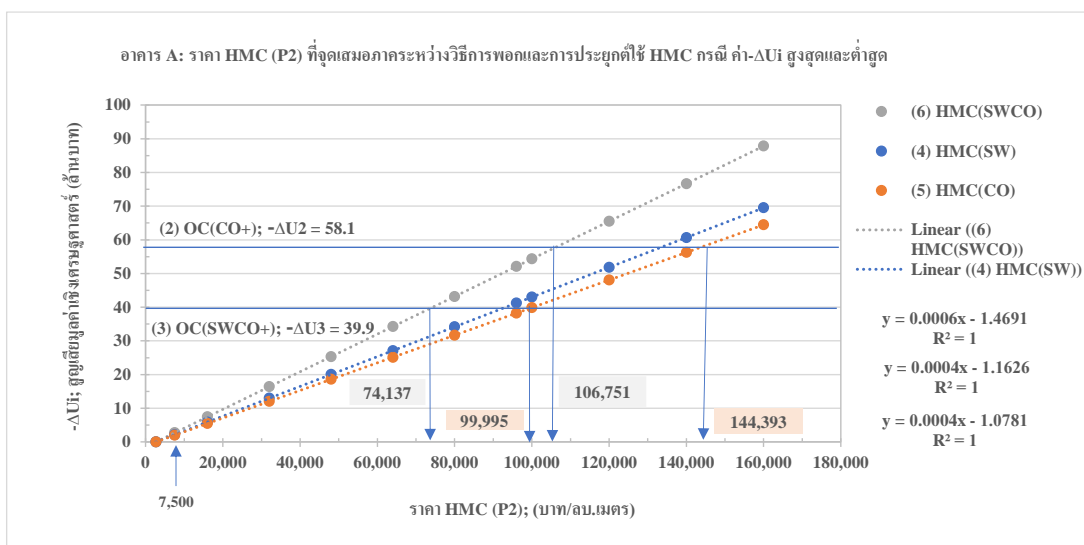


รูปที่ 6.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ยด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 6.30 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า $-\Delta U_i$ ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ใดๆ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร

อาคาร A

P1 (บาท/ลบ.เมตร)	P2 (บาท/ลบ.เมตร)	P2/P1	- ΔU_i (ล้านบาท)		
			(4) HMC(SW)	(5) HMC(CO)	(6) HMC(SWCO)
2,632	2,632	1.0	0.0	0.0	0.0
	7,500	2.8	2.2	2.0	2.7
	16,000	6.1	5.9	5.5	7.5
	32,000	12.2	13.0	12.0	16.4
	48,000	18.2	20.0	18.6	25.3
	64,000	24.3	27.1	25.1	34.3
	80,000	30.4	34.2	31.7	43.2
	96,000	36.5	41.2	38.2	52.1
	100,000	38.0	43.0	39.9	54.3
	120,000	45.6	51.8	48.1	65.5
	140,000	53.2	60.7	56.3	76.7
	160,000	60.8	69.5	64.5	87.8



รูปที่ 6.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร A

ตารางที่ 6.31 สรุปผลค่าตัวแปรของวิธีการต่างๆระหว่างการพอกและการประยุกต์ใช้ HMC สำหรับอาคาร B

อาคาร B

วิธีการ	อาคารเดิม	OC(SW+0.75m)	OC(SWCO+)	HMC(SWCO)
i	0	1	3	6
Ai	70,668	67,076	66,766	70,667.91500
V1i	11,194	22,046	22,973	4,754
V2i	0	0	0	6,440
Ai - A ₀	0	-3,592	-3,902	0
V1i - V1 ₀	0	10,852	11,779	-6,440
V2i - V2 ₀	0	0	0	6,440
ΔU_{Ai}	0	-359.2	-390.2	0
ΔM_{Ei}	0	54.8	64.1	31.4
ΔL_{Ei}	0	14.5	16.3	0.0
ΔT_{Ei}	0	69.297	80.36	31.4
ΔU_i	0	-428.5	-470.6	-31.4

หมายเหตุ i=0; คือ วิธีการเดิมก่อนปรับปรุง (อาคารเดิม)

i=1; OC(SW+) คือ วิธีพอก OC ที่ SW หนาขึ้นจากเดิม 0.75 เมตร ชั้นที่ 1-42

i=2; OC(SWCO+) คือ วิธีพอก OC ที่ SW หนาขึ้นจากเดิม 0.7 เมตร ชั้นที่ 1-42 และที่ CO หนาขึ้น 1.75 เท่า ของพื้นที่หน้าตัดเดิม ชั้นที่ 1-20

i=3; HMC(SWCO) คือ วิธีประยุกต์ใช้ HMC ทดแทน OC ที่ SW และ CO ชั้นที่ 1-23

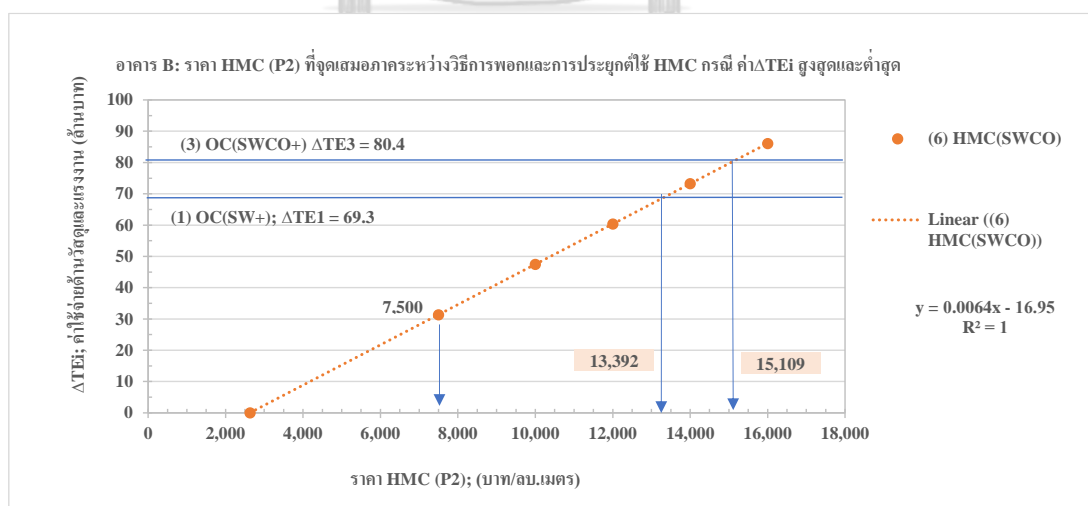
ตารางที่ 6.32 ราคา HMC (P2) ที่จุดเสมอของค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และมูลค่าเชิงเศรษฐกิจศาสตร์ (ΔU_i) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กับวิธีการพอก ตามลำดับของอาคาร B

อาคาร B					P2 \leq (หรือ P2 max) (บาท/ลบ.เมตร)
วิธีประยุกต์ HMC	ΔTE_i ; (ล้านบาท)	เท่ากับหรือต่ำกว่า	วิธีพอก	ΔTE_i ; (ล้านบาท)	
(6) HMC(SWCO)	31.4	\leq	(1) OC(SW+0.75m)	69.3	13,392
	31.4	\leq	(3) OC(SWCO+)	80.4	15,109
วิธีประยุกต์ HMC	ΔU_i ; (ล้านบาท)	เท่ากับหรือมากกว่า	วิธีพอก	ΔU_i ; (ล้านบาท)	P2 \geq (หรือ P2 min)
(6) HMC(SWCO)	-31.4	\geq	(1) OC(SW+0.75m)	-428.5	69,165
	-31.4	\geq	(3) OC(SWCO+)	-470.6	75,702

ตารางที่ 6.33 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า ΔTE_i ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ SW และ CO หลังการกำหนดราคา HMC เท่ากับ 7,500 บาท/ลบ.เมตร ของอาคาร B

อาคาร B

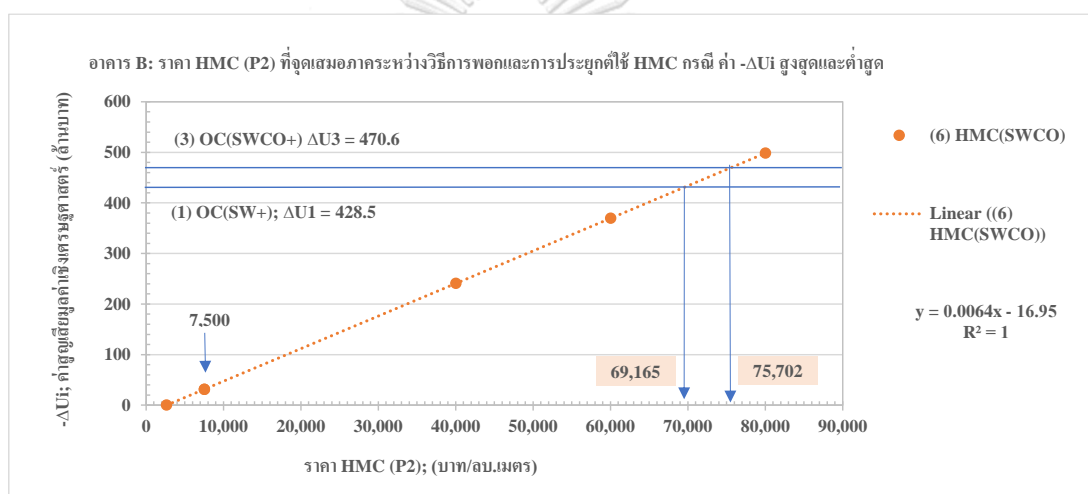
P1 (บาท/ลบ.เมตร)	P2 (บาท/ลบ.เมตร)	P2/P1	ΔTE_i (ล้านบาท) (6) HMC(SWCO)
2,632	2,632	1.0	0.0
	7,500	2.8	31.4
	16,000	6.1	86.1
	14,000	5.3	73.2
	12,000	4.6	60.3
	10,000	3.8	47.5



รูปที่ 6.5 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และจุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการประยุกต์ใช้ HMC กรณีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร B

ตารางที่ 6.34 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) ที่มีต่อค่า $-\Delta U_i$ ของวิธีการประยุกต์ใช้ HMC
ใดๆ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร ของอาคาร B

P1 (บาท/ลบ.เมตร)	P2 (บาท/ลบ.เมตร)	P2/P1	- ΔU_i (ล้านบาท) (6) HMC(SWCO)
2,632	2,632	1.0	0.0
	7,500	2.8	31.4
	7,501	2.8	31.4
	40,000	15.2	240.7
	60,000	22.8	369.5
	80,000	30.4	498.3



รูปที่ 6.6 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคา HMC (P2) และที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการพอกและวิธีการ
ประยุกต์ใช้ HMC กรณีสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) สูงสุดและต่ำสุด
ตามลำดับ หลังการกำหนดราคา HMC ที่ 7,500 บาท/ลบ.เมตร สำหรับอาคาร B

ตารางที่ 6.35 สรุปวิธีการที่ให้ค่าการสูญเสียผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอย ($-\Delta U_{Ai}$) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และค่าการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) ต่ำที่สุดตามลำดับ ของอาคาร A

อาคาร A							
ประเภทวิธีการ	การสูญเสียประโยชน์พื้นที่ใช้สอย (ล้านบาท)	(-ΔU _{Ai})	ค่าใช้จ่ายวัสดุและแรงงาน (ล้านบาท)	(ΔTE _i)	การสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ (ล้านบาท)	(-ΔU _i)	
วิธีการพอกที่	(3) OC(SWC+)	28.2	(1) OC(SW+)	11.0	(3) OC(SWC+)	39.9	
	(1) OC(SW+)	31.3	(3) OC(SWC+)	11.7	(1) OC(SW+)	42.3	
	(2) OC(CO+)	41.6	(2) OC(CO+)	16.4	(2) OC(CO+)	58.1	
วิธีการใช้ HMC ที่	(4) HMC(SW)	0	(5) HMC(CO)	2.0	(5) HMC(CO)	2.0	
	(5) HMC(CO)	0	(4) HMC(SW)	2.2	(4) HMC(SW)	2.2	
	(6) HMC(SWCO)	0	(6) HMC(SWCO)	2.7	(6) HMC(SWCO)	2.7	
วิธีที่ต่ำสุด	หาวิธีของการประยุกต์ใช้ HMC		0	วิธีค่าที่ (5) HMC(CO)	2.0	วิธีค่าที่ (5) HMC(CO)	2.0

ตารางที่ 6.36 สรุปราคา HMC สูงสุด ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการใช้ HMC กับวิธีการพอกของอาคาร A

อาคาร A					P2 ≤ (หรือ P2 max)	หมายเหตุ
วิธีประยุกต์ HMC	ΔTE_i (ล้านบาท)	เท่ากับหรือน้อยกว่า	วิธีการพอก	ΔTE_i (ล้านบาท)	(บาท/ลบ.เมตร)	
(5) HMC(CO)	2.0	≤	(1) OC(SW+)	11.0	29,424	*1 ค่าต่ำสุดของ P2max สำหรับกรณี ($-\Delta TE_i$) และ ($-\Delta U_i$)
	2.0	≤	(2) OC(CO+)	16.4	42,752	
(6) HMC(SWCO)	2.7	≤	(1) OC(SW+)	11.0	22,292	
	2.7	≤	(2) OC(CO+)	16.4	32,072	
วิธีประยุกต์ HMC	($-\Delta U_i$) (ล้านบาท)	เท่ากับหรือน้อยกว่า	วิธีการพอก	($-\Delta U_i$) (ล้านบาท)	P2 ≤ (หรือ P2 max)	
(5) HMC(CO)	2.0	≤	(3) OC(SWC+)	39.9	99,995	
	2.0	≤	(2) OC(CO+)	58.1	144,375	
(6) HMC(SWCO)	2.7	≤	(3) OC(SWC+)	39.9	74,078	
	2.7	≤	(2) OC(CO+)	58.1	106,645	

หมายเหตุ *1 ค่าต่ำสุดของ P2max ที่ทำให้ ค่า (ΔTE_y) โดยวิธีการใช้ HMC มีโอกาส ≤ ค่า (ΔTE_x) โดยวิธีการพอก ขณะที่ค่า ($-\Delta U_y$) โดยวิธีการใช้ HMC จะมีค่าน้อยกว่าค่า ($-\Delta U_x$) โดยวิธีการพอกเสมอ

ตารางที่ 6.37 วิธีการที่ให้ค่าการสูญเสียผลประโยชน์พื้นที่ใช้สอย ($-\Delta U_{Ai}$) ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_i) และค่าการสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_i$) ต่ำที่สุดตามลำดับ ของอาคาร B

อาคาร B							
ประเภทวิธีการ	การสูญเสียประโยชน์พื้นที่ใช้สอย (ล้านบาท) (-ΔU _{Ai})		ค่าใช้จ่ายวัสดุและแรงงาน (ล้านบาท) (ΔTE _i)		การสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ (ล้านบาท) (-ΔU _i)		
วิธีการพอกที่	(1) OC(SW+)	359.2	(1) OC(SW+)	69.3	(1) OC(SW+)	428.5	
	(3) OC(SWCO+)	390.2	(3) OC(SWCO+)	80.4	(3) OC(SWCO+)	470.6	
วิธีการใช้ HMC ที่	(6) HMC(SWCO)	0	(6) HMC(SWCO)	31.4	(6) HMC(SWCO)	31.4	
วิธีที่ต่ำสุด	ทุกวิธีของการประยุกต์ใช้ HMC		0	วิธีการที่ (6) HMC(SWCO)	31.4	วิธีการที่ (5) HMC(CO)	31.4

ตารางที่ 6.38 สรุปราคา HMC สูงสุด ที่จุดเสมอภาคระหว่างวิธีการใช้ HMC กับวิธีการพอกของอาคาร B

อาคาร B					P2 ≤ (หรือ P2 max)	หมายเหตุ
วิธีประยุกต์ HMC	ΔTE_i (ล้านบาท)	เท่ากับหรือน้อยกว่า	วิธีการพอก	ΔTE_i (ล้านบาท)	(บาท/ลบ.เมตร)	
(6) HMC(SWCO)	31.4	≤	(1) OC(SW+0.75m)	69.3	13,392	*1 ค่าต่ำสุดของ P2max สำหรับกรณี ($-\Delta TE_i$) และ ($-\Delta U_i$)
	31.4	≤	(3) OC(SWC+)	80.4	15,109	
วิธีประยุกต์ HMC	ΔU_i (ล้านบาท)	เท่ากับหรือน้อยกว่า	วิธีการพอก	ΔU_i (ล้านบาท)	P2 ≤ (หรือ P2 max)	
(6) HMC(SWCO)	31.4	≤	(1) OC(SW+0.75m)	428.5	69,165	
	31.4	≤	(3) OC(SWC+)	470.6	75,702	

หมายเหตุ *1 ค่าต่ำสุดของ P2max ที่ทำให้ ค่า (ΔTE_y) โดยวิธีการใช้ HMC มีโอกาส ≤ ค่า (ΔTE_x) โดยวิธีการพอก ขณะที่ค่า ($-\Delta U_y$) โดยวิธีการใช้ HMC มีค่า < ค่า ($-\Delta U_x$) โดยวิธีการพอกเสมอ

บทที่ 7

สรุปผลการศึกษา

7.1 สรุปผลการพัฒนาสมการประมาณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RDE) เนื่องจากแรงลม

- 1) สมการประมาณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RDE) เนื่องจากแรงลมที่พัฒนาขึ้นโดยการประยุกต์ใช้หลักการ Moment Area Method นั้น สามารถประยุกต์ใช้กับอาคารสูงที่มีการแบ่งช่วงตอนอาคารตามค่าความแข็งเชิงดัด (Flexural Rigidity; EI) ที่แตกต่างกัน 3 ช่วงตอน ได้แก่ ค่า EI สำหรับช่วงตอนล่าง ช่วงตอนกลาง และสำหรับช่วงตอนบนของอาคารตามลำดับ
- 2) ค่าการเคลื่อนตัวที่หลังคา (RD) และหรือสัดส่วนค่าการเคลื่อนตัวที่หลังต่อค่าการเคลื่อนตัวที่หลังคามาตรฐาน (RD/d^*) ที่คำนวณโดยสมการ RDE มีความแม่นยำสูงโดยพบความแตกต่างจากค่าที่คำนวณโดย ETABS คิดเป็นค่าร้อยละเฉลี่ยเท่ากับ $-0.63 \pm 1.22 \%$
- 3) ในการใช้โปรแกรม ETABS ร่วมกับมาตรฐานการออกแบบอาคารนั้น เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร และหากได้นำสมการประมาณการเคลื่อนตัวที่ชั้นหลังคา (RDE) ที่พัฒนาขึ้น มาประยุกต์ใช้ควบคู่กับโปรแกรม ETABS และมาตรฐานการออกแบบอาคารดังกล่าว จะทำให้วิศวกรสามารถออกแบบอาคารได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

7.2 การปรับปรุงโครงสร้างอาคาร

7.2.1 ประสิทธิภาพภายใต้แรงลม

ก. อาคาร A

- 1) ก่อนการปรับปรุง อาคาร A มีค่าสัดส่วนค่าการเคลื่อนตัวที่หลังต่อค่าการเคลื่อนตัวที่หลังคามาตรฐานของ มยผ. 1311-50 (RD/d^*) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ($RD/d^* > 1$) หรือมีค่าเท่ากับ 1.14 โดยอาคารมีค่า RD และ d^* เท่ากับ 0.41 และ 0.36 เมตร ตามลำดับ
- 2) การปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการพอกที่ (1) OC(SW+) หนาขึ้น 0.09 เมตร ชั้นที่ 1-45 วิธีที่ (2) OC(CO+) หนาขึ้น 0.25 เมตร ชั้นที่ 1-45 และวิธีที่ (3) OC(SWCO+) SW หนาขึ้น 0.07 เมตร ชั้นที่ 1-45 และ CO หนาขึ้น 0.075 เมตร ชั้นที่ 1-15 ช่วยให้ค่าสัดส่วนค่าการเคลื่อนตัวที่หลังต่อค่าการเคลื่อนตัวที่หลังคามาตรฐาน (RD/d^*) ของอาคาร A ลดลงเหลือเท่ากับ 0.995 0.997 และ 0.998 ตามลำดับ
- 3) การปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC ที่ (4) HMC(SW) ชั้นที่ 1-5 วิธีที่ (5) HMC(CO) ชั้นที่ 1-8 และวิธีที่ (6) HMC(SWCO) ชั้นที่ 1-4 ทำให้ค่าสัดส่วนค่าการเคลื่อนตัว

ที่หลังต่อค่าเคลื่อนตัวที่หลังคามมาตรฐาน (RD/d^*) ของอาคาร A ลดลงเป็น 0.998 0.999 และ 0.972 ตามลำดับ

- 4) ยิ่งไปกว่านั้น ในการปรับปรุงโครงสร้างทั้ง 6 วิธีการข้างต้น ยังคงให้ค่าอัตราส่วน DC ของทั้ง SW และ CO ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ($D/C < 1.0$)

ข. อาคาร B

- 1) อาคาร B ก่อนการปรับปรุง มีค่าสัดส่วนค่าการเคลื่อนตัวที่หลังต่อค่าการเคลื่อนตัวที่หลังคามมาตรฐานของ มยผ. 1311-50 (RD/d^*) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ($RD/d^* > 1$) หรือมีค่าเท่ากับ 1.591 โดยอาคารมีค่า RD และ d^* เท่ากับ 0.4025 และ 0.253 เมตร ตามลำดับ
- 2) การปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการพอก พบว่ามีเพียง 2 วิธีที่ทำให้ค่า $RD/d^* < 1$ คือ วิธีที่ (1) OC(SW+) หนาขึ้น 0.75 เมตร ชั้นที่ 1-42 และวิธีที่ (3) OC(SWCO+) SW หนาขึ้น 0.7 เมตร ชั้นที่ 1-42 และ CO หนาขึ้น 1.75 เท่า ชั้นที่ 1-20 ช่วยให้ค่าสัดส่วนค่าการเคลื่อนตัวที่หลังต่อค่าเคลื่อนตัวที่หลังคามมาตรฐาน (RD/d^*) ของอาคาร B ลดลงเหลือเท่ากับ 0.997 และ 0.996 ตามลำดับ
- 3) การปรับปรุงโครงสร้างโดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC พบว่ามีเพียง 1 วิธีที่ให้ค่า $RD/d^* < 1$ คือ วิธีที่ (6) HMC(SWCO) ชั้นที่ 1-23 โดยให้ค่าสัดส่วนค่าการเคลื่อนตัวที่หลังต่อค่าเคลื่อนตัวที่หลังคามมาตรฐาน (RD/d^*) ของอาคาร B ลดลงเป็น 0.9996

7.2.2 ประสิทธิภาพภายใต้แผ่นดินไหว

- 1) การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift) ของอาคารตัวอย่างทั้ง A และ B ก่อนการปรับปรุงโครงสร้าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มยผ.1301/1302-61
- 2) การประยุกต์ใช้ HMC มีผลต่อแรงแผ่นดินไหวที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากคาบธรรมชาติที่ลดลงของอาคาร แต่เนื่องจากมีน้ำหนักคงเดิม จึงทำให้แนวโน้มของแรงที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าวิธีการพอก

7.2.3 สรุปผลประสิทธิภาพโดยรวม

- 1) พิจารณาอาคารตัวอย่างที่ทำการศึกษาพบว่า แรงลมมีผลกระทบกับอาคารสูงมากกว่าแผ่นดินไหว ดังนั้น หากควบคุมผลของแรงลมให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ก็จะส่งผลให้ควบคุมผลของแผ่นดินไหวอยู่ในมาตรฐานได้เช่นกัน
- 2) การควบคุมผลของการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารภายใต้แรงลมและแผ่นดินไหวโดยวิธีการพอกและ HMC ก็จะส่งผลให้กำลังโดยรวมของอาคารเพิ่มขึ้น

- 3) ค่า EI ที่ช่วงล่าง (L1) ของอาคาร ควรมากกว่าที่ช่วงกลาง (L2) และช่วงบน (L3) โดยเรียงตามลำดับ
- 4) จากการแบ่งอาคารเป็น 3 ตอน พบว่า ตอนล่างของอาคาร เป็นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการประยุกต์ใช้ HMC และวิธีการพอก

7.3 สรุปผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

7.3.1 สรุปผลการประเมินเชิงเศรษฐศาสตร์

ก. อาคาร A

- 1) วิธีการพอกแบบที่ (3) OC(SWCO+) ให้การสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta U_{A_3}$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 28.2 ล้านบาท รองลงมาได้แก่ วิธีที่ (1) OC(SW+) และวิธีที่ (2) OC(CO+) เท่ากับ 31.3 และ 41.6 ล้านบาท ตามลำดับ ขณะที่ทุกวิธีของการประยุกต์ใช้ HMC นั้นไม่เกิดการสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้าง
- 2) ในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (1) OC(SW+) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_1) ต่ำที่สุดเท่ากับ 11.0 ล้านบาท ขณะที่ในกลุ่มวิธีการประยุกต์ใช้ HMC วิธีที่ (5) HMC(CO) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_5) ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.0 ล้านบาท
- 3) ในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (3) OC(SWCO+) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_3$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 39.9 ล้านบาท ขณะที่ วิธีที่ (5) HMC(CO) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_5$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.0 ล้านบาท
- 4) HMC (P2) สามารถผลิตด้วยต้นทุน เท่ากับ 42,752 บาท/ลบ. เมตร เพื่อให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_x) โดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC เท่ากับ (ΔTE_x) วิธีการพอก ขณะที่การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_x$) โดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC มีค่าน้อยกว่า (ΔU_x) โดยวิธีการพอกเสมอ

ข. อาคาร B

- 1) ในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (1) OC(SW+) ให้การสูญเสียมูลค่าผลประโยชน์ด้านพื้นที่ใช้สอย ($-\Delta UA_1$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 359.2 ล้านบาท ขณะที่วิธีการประยุกต์ใช้ HMC ให้เป็นศูนย์
- 2) ในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (1) OC(SW+) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_1) ต่ำที่สุดเท่ากับ 69.3 ล้านบาท ขณะที่ วิธีที่ (6) HMC(SWCO) เสียค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_6) ต่ำที่สุดเท่ากับ 31.4 ล้านบาท
- 3) ในกลุ่มวิธีการพอก พบว่าวิธีที่ (1) OC(SW+) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_1$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 428.5 ล้านบาท ขณะที่วิธีที่ (6) HMC(SWCO) ให้การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_6$) ต่ำที่สุดเท่ากับ 31.4 ล้านบาท
- 4) HMC (P2) สามารถผลิตด้วยต้นทุน สูงสุดเท่ากับ 15,109 บาท/ลบ.เมตร เพื่อให้ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุและแรงงาน (ΔTE_y) โดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC มีโอกาสน้อยกว่าหรือเท่ากับ (ΔTE_x) โดยวิธีการพอก ขณะที่การสูญเสียมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ($-\Delta U_y$) โดยวิธีการประยุกต์ใช้ HMC มีค่าน้อยกว่า (ΔU_x) โดยวิธีการพอกเสมอ

7.4 งานวิจัยในอนาคต

- 1) หากนำ HMC มาประยุกต์ใช้กับอาคารสูงในประเทศไทยมากขึ้น จะสามารถลดขนาดของหน้าตัดองค์อาคารอย่างเช่น เสา (Column) และ หรือ Shear Wall ลงได้ ซึ่งจะมีผลให้พื้นที่ใช้สอยของอาคารเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ต้นทุนการก่อสร้างและประโยชน์เชิงเศรษฐศาสตร์ของอาคารเพิ่มขึ้นตามลำดับ
- 2) การประยุกต์ใช้ HMC มีโอกาสที่จะเพิ่มความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์เพิ่มขึ้น แต่ต้องคำนึงเรื่องของจุดคุ้มทุนเพิ่มเติมในอนาคตต่อไป
- 3) โดยปกติการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมเป็นวิธีการแก้ไขปัญหามีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามหากพบว่าการกำหนดรูปแบบโครงสร้างมีข้อจำกัด การประยุกต์ใช้ HMC ควบคู่กับรูปแบบโครงสร้างที่เหมาะสมจะทำให้ควบคุมผลของแรงต้านข้างได้ดีกว่าวิธีประยุกต์ใช้ HMC เพียงอย่างเดียว

บรรณานุกรม

Bong, B. G. (1998). *Optimal applications of high-strength concrete in structural walls of tall buildings* Victoria University of Technology].

Fan, T. (2017). *Development of high modulus concrete for tall buildings*

Jeong, S. Y., Alinejad, H., & Kang, T. H.-K. (2021). Performance-Based Wind Design of High-Rise Buildings Using Generated Time-History Wind Loads. *Journal of Structural Engineering*, 147(9), 04021134.

Kanokpat Chanavaivit, S. D. M., Bougues Thailand (2015). The Structure Design and Construction of Mahanakhorn Tower [Book Chapter/ Part Chapter]. *CTBUH Research Paper*.

Murray, N. S. (2001). *Applicability of high strength concrete for buildings in active seismic regions* Massachusetts Institute of Technology].

Sanjuán, M. Á., & Andrade, C. (2021). Reactive powder concrete: Durability and applications. *Applied Sciences*, 11(12), 5629.

ณรงชัย ปักษา & ทศพล ปิ่นแก้ว (2020). การพัฒนาคอนกรีต โมดูลัสยืดหยุ่นสูง สำหรับ โครงสร้าง แข็งแรงพิเศษ. การประชุม วิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25, 25, MAT10-MAT10.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ฐิติภูมิ พัวจินดาเนตร
วัน เดือน ปี เกิด	25 มิถุนายน 2540
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาโยธา สาขา วิศวกรรมโครงสร้าง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กำลังศึกษาอยู่)
ที่อยู่ปัจจุบัน	304 จรัญสนิทวงศ์ 75 กทม 10700

