การลดน้ำหนักโครงสร้างอาคารด้วยพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

นายไตรวุฒิ ฮวบกระโทก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE REDUCTION OF BUILDING STRUCTURAL WEIGHT USING FIBERGLASS COMPOSITE FLOOR.

Mr. Triwut Huabkratoke

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดน้ำหนักโครงสร้างอาคารด้วยพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส
โดย	นายไตรวุฒิ ฮวบกระโทก
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต นิตยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลรัตน์ อิสระธรรมนูญ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ณรงค์วิทย์ อารีย์มิตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไตรวุฒิ ฮวบกระโทก : การลดน้ำหนักโครงสร้างอาคารด้วยพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (THE REDUCTION OF BUILDING STRUCTURAL WEIGHT USING FIBERGLASS COMPOSITE FLOOR.) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์{, 85 หน้า.

อาคารในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย หาได้ง่าย มีความมั่นคงแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักได้สูง การก่อสร้างเป็นที่คุ้นเคยของช่างก่อสร้างซึ่งมีความชำนาญเนื่องจากมีการก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กมาเป็นระยะเวลายาวนาน แต่ข้อเสียของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือมีน้ำหนักค่อนข้างมาก ทำให้โครงสร้างมีขนาดใหญ่เพื่อรับน้ำหนักของตัววัสดุ (Dead load) เองเป็นส่วนใหญ่เมื่อเทียบกับน้ำหนักบรรทุกจร (Live load) บางโครงการต้องใช้เครื่องจักรหนักในการก่อสร้าง ซึ่งต้องใช้พลังงานในการก่อสร้างสูง

พื้นเป็นโครงสร้างหนึ่งของอาคาร ทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกจร (Live load)โดยตรง แล้วจึงถ่ายน้ำหนักลงคานหรือเสา พื้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อน้ำหนักวัสดุ (Dead load) ของโครงสร้างอาคาร หากพื้นมีน้ำหนักมากจะส่งผลให้ขนาดคาน และเสา ใหญ่ขึ้น น้ำหนักวัสดุ (Dead load) ก็มากตามมาด้วย แต่หากสามารถลดน้ำหนักวัสดุ (Dead load) ของพื้นให้น้อยลง ภายใต้น้ำหนักบรรทุกจร (Live load) เท่าเดิม จะทำให้น้ำหนักที่กระทำเสาและคานลดลงตามไปด้วย

พื้นประกอบไฟเบอร์กลาสเป็นพื้นที่มีน้ำหนักเบาและสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตรโดยปลอดภัย ทำให้สามารถลดน้ำหนักของโครงสร้างอาคารได้ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป พื้นประกอบไฟเบอร์กลาสเบากว่า 115.3 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือ 25.53 เท่า ราคาสูงกว่า 640 บาทต่อตารางเมตร หรือ 3.46 เท่า หากคิดจากโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร โครงสร้างที่ใช้ระบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ทำให้น้ำหนักอาคารลดลง ส่งผลให้ไม่ต้องตอกเสาเข็ม (ใช้ความต้านทานการรับน้ำหนักของดินไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลกรัมต่อตารางเมตรในการวิเคราะห์)) ทำให้ราคารวมของโครงสร้างไม่ต่างกันมากนักคืออยู่ระหว่าง 11 - 44 บาทต่อตารางเมตร แต่เมื่อเปรียบเทียบในกรณีที่ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้กันทั่วไป และใช้คานเหล็กรูปประพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสซึ่งเป็นระบบใหม่ จะสามารถประหยัดค่าก่อสร้างได้ 168 และ 217 บาทต่อตารางเมตร หากใช้เสาเข็มตอก และเสาเข็มเจาะ ตามลำดับ และใช้แรงงานน้อยกว่าโครงสร้างที่ใช้ระบบแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปสูงสุด 48.85 Man-day หรือก่อสร้างได้เร็วกว่า 9.77 วัน เมื่อใช้ทีมงานก่อสร้าง 5 คน

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5673320825 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: FIBERGLASS COMPOSITE FORM REDUCTION

TRIWUT HUABKRATOKE: THE REDUCTION OF BUILDING STRUCTURAL WEIGHT USING FIBERGLASS COMPOSITE FLOOR.. ADVISOR: ASSOC. PROF. VORASUN BURANAKARN, Ph.D.{, 85 pp.

Most of the present buildings are of reinforced concrete structure. This material is popular, easy to find, strong, and provides great weight support. However, reinforced concrete structure has a dead load which leads to large structures being able to support their own weight when compared to live loads.

The floor is the part of the building responsible for directly supporting live loads and transferring weight to the support beams and the pillars. Therefore, the floor is an important factor affecting the weight of the materials for a building's structure construction. If we can reduce the weight of the material used for the floor under the same live load weight, we will reduce the sizes of the beams and pillars and also the force acting on the foundation. We also do not have to use heavy machinery to install floor slabs.

The fiberglass composite floor is light and can safely support up to 150 kilograms per square meter which can reduce the building structural weight. If we calculate from the construction of a 2-storey building with the size of 8 x 8 square meters, the fiberglass composite floor lowers the building's weight, which results in not needing a pile driven foundation. The total cost of the structure is not significantly different which is between 11-44 baht per square meter. When comparing the reinforced concrete beam supporting the precast concrete floor and the skeleton steel beam supporting the fiberglass composite floor, the construction cost is lowered by 168 and 217 baht per square meter if using a driven pile and bored pile foundation respectively. The labor needed is also less than the precast concrete floor by 48.85 man-days at most. The construction is faster by 9.77 days.

Department: Architecture Student's Signature .....
Field of Study: Architecture Advisor's Signature .....
Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้คงสำเร็จลงไม่ได้ หากปราศจากบุคคลที่เป็นกำลังใจและกำลังสมองที่มอบความรู้ ความอุตสาหะ ความพยายาม ให้ผ่านอุปสรรคต่างๆ ในการทำวิจัยมาได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณบุคคลเหล่านั้นมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ผู้ประศาสน์วิชา ที่กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษา ตลอดจนเทคนิคต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำแนะนำและเสียละเวลาให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีในงานวิจัย ผลักดันจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต นิตยะ ที่เสียสละเวลาเข้าร่วมเป็นประธานกรรมการสอบ อีกทั้งให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนประสบการณ์ มุมมอง แง่คิดต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย และการทำงานต่อไป

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร และผู้ศาสตราจารย์ ดร.วิมลรัตน์ อิสระธรรมนูญที่เสียสละเวลาเข้าร่วมเป็นคณะกรรมการสอบ อีกทั้งยังให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัยของข้าพเจ้าเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณ ดร.ณรงค์วิทย์ อารีย์มิตร ที่เสียสละเวลาเข้าร่วมเป็นคณะกรรมการสอบ อีกทั้งยังให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณชัยฤทธิ์ จูสกุลวิจิตร์ ผู้อำนวยการกองแผนและวิชาการ การประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 ที่สนับสนุนและผลักดันในการศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษาของข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คุณไพฑูรย์ กองธนะ คุณทวีศักดิ์ ทองคำแก้ว คุณดนัยศักดิ์ เคียนทอง และพี่น้อง กผว.2 กปภ.2 ที่สนับสนุนข้อมูลต่างๆ อีกทั้งยังช่วยเหลือเรื่องงานในระหว่างการศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษาของข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ ในสาขาวิชา ที่ช่วยเหลือ และแนะนำวิธีการทำ e – thesis รวมทั้งตัวอย่างแบบฟอร์มต่างๆ ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ สะดวก รวดเร็ว ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณ น้องปอ ป้อง แตงโม เพื่อนร่วมรุ่น ที่คอยช่วยเหลือกันตลอดมา เป็นเพื่อนนั่งเรียนตั้งแต่วันแรกของการศึกษา จนกระทั่งวันจบการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แนวคิดในการศึกษา 4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 4
2.3 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 11
2.4 วัสดุที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 12
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 22
3.1 กรอบแนวคิดของการดำเนินการวิจัย 22
3.2 ระเบียบวิธีการวิจัย 22
3.3 ตัวอย่างทดสอบ 23
3.4 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 24
3.6 วิธีดำเนินการรวบรวมข้อมูล.....25
3.7 วิธีจัดการกับข้อมูล.....25
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....26
4.1 ขั้นตอนการออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส 28
4.2 ขั้นตอนการสร้างพื้นต้นแบบ 28
4.3 ขั้นตอนการทดสอบการรับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก.577-2531 31
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....49
รายการอ้างอิง 59
ภาคผนวก.....60
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร (I) [4] 7

ตารางที่ 2-2 สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างที่รับแรงในแนวราบ (K) [4] 7

ตารางที่ 2-3 สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดิน (S) [4] 8

ตารางที่ 2-4 ผลิตภาพของช่างโดยเฉลี่ยต่อวัน [5] 9

ตารางที่ 2-5 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต [10] 14

ตารางที่ 2-6 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผสมคอนกรีตที่ค่ายุบตัวต่างๆ [10] 15

ตารางที่ 2-7 การยุบตัวของคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับการเทคอนกรีตในงานประเภทต่างๆ [10] 15

ตารางที่ 2-8 ขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบ [10] 15

ตารางที่ 2-9 ปริมาณส่วนละเอียดที่เหมาะสมกับขนาดโตสุดของหิน [10] 16

ตารางที่ 2-10 หน่วยน้ำหนักของวัสดุผสมคอนกรีต [10] 16

ตารางที่ 2-11 คุณสมบัติของเส้นใยแก้วชนิดต่างๆ [11] 17

ตารางที่ 2-12 ตารางแสดงคุณสมบัติของเส้นใยชนิดต่างๆ [11] 19

ตารางที่ 2-13 กำลังรับแรงอัดและดึงในเวลา 1, 2 และ 3 วัน ของอีพ๊อกซี่ [14] 21

ตารางที่ 3-1 แผนการดำเนินการวิจัย 23

ตารางที่ 4-1 บันทึกระยะแอ่นตัวทุก 15 นาที เมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร 33

ตารางที่ 4-2 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125%และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร 35

ตารางที่ 4-3 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร 24 ชั่วโมง 36

ตารางที่ 4-4 บันทึกระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร 24 ชั่วโมง.....37

ตารางที่ 4-5 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125%และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร 38

ตารางที่ 4-6 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร 24 ชั่วโมง.....39

ตารางที่ 4-7 บันทึกระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร 24 ชั่วโมง.....40

ตารางที่ 4-8 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร 41

ตารางที่ 4-9 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร 24 ชั่วโมง.....42

ตารางที่ 4-10 บันทึกระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร 24 ชั่วโมง.....43

ตารางที่ 4-11 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ 16 % ของความกว้างและไม่เจาะ รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร.....44

ตารางที่ 4-12 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะค้างไว้ 24 ชั่วโมง.....45

ตารางที่ 4-13 บันทึกระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมดออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะ ปลดไว้ 24 ชั่วโมง.....46

ตารางที่ 4-14 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานที่ยอมให้กับค่าที่วัดได้จริง.....47

ตารางที่ 4-15 เปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักจากทฤษฎีกับค่าที่วัดได้จริง.....47

ตารางที่ 5-1 เปรียบเทียบการราคาของพื้นและการขนส่ง ระหว่างแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส 50

ตารางที่ 5-2 เปรียบเทียบการยกติดตั้งต่อการยก 1 ครั้ง ระหว่างแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส 51

ตารางที่ 5-3 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นทั้ง 2 ชนิด (กรณีใช้เสาเข็มตอก).....51

ตารางที่ 5-4 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นทั้ง 2 ชนิด (กรณีใช้เสาเข็มตอก).....52

ตารางที่ 5-5 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก) 52

ตารางที่ 5-6 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นทั้ง 2 ชนิด (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ) 53

ตารางที่ 5-7 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นทั้ง 2 ชนิด (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ).....53

ตารางที่ 5-8 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ).....54

ตารางที่ 5-9 เปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้าง ราคาต่อตารางเมตรระหว่างพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก).....54

ตารางที่ 5-10 เปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้าง ราคาต่อตารางเมตรระหว่างพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ).....55

ตารางที่ 5-11 แสดงน้ำหนักของอาคารที่ใช้ระบบพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป.....55

ตารางที่ 5-12 แสดงน้ำหนักของอาคารที่ใช้ระบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส.....55

ตารางที่ 5-13 เปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างเมื่อเกิดแผ่นดินไหว ของระบบพื้นอาคารที่ใช้พื้นสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส.....56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 ต้นมะพร้าว [1] 2

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างที่ไม่เป็นโครงสร้างเชิงประกอบ รอยต่อไม่สามารถรับและถ่ายแรงเฉือนไปอีกวัสดุได้ ทำให้วัสดุแต่ชิ้นรับทั้งแรงอัดและแรงดึง [2] 5

ภาพที่ 2.2 โครงสร้างที่เป็นโครงสร้างเชิงประกอบ รอยต่อสามารถรับและถ่ายแรงเฉือนไปอีกวัสดุได้ ทำให้วัสดุแต่ชิ้น รับแรงเพียงชนิดเดียว เช่นผิวบนรับแรงอัด และผิวล่างรับแรงดึง [2] 5

ภาพที่ 2.3 การแผ่กระจายของหน่วยแรงอัดและแรงดึงในชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็ก[3] 5

ภาพที่ 2.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 [9] 13

ภาพที่ 2.5 วัสดุผสม 13

ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ และกำลังอัดรูปทรงกระบอกมาตรฐาน [10] 14

ภาพที่ 2.7 ใยแก้วชนิด อี–กลาส 17

ภาพที่ 2.8 กราฟแสดงความเค้น – ความเครียดของเส้นใยชนิดต่างๆ [11] 18

ภาพที่ 2.9 โฟมอีพีเอส [12] 20

ภาพที่ 2.10 กำลังรับน้ำหนักของโฟมอีพีเอส [13] 20

ภาพที่ 2.11 อีพ๊อกซี่ 21

ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดของการดำเนินการวิจัย 22

ภาพที่ 4.1แบบร่างพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสเพื่อการขนส่ง 26

ภาพที่ 4.2 แบบร่างพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่เทคอนกรีตเพื่อรับแรงอัด 26

ภาพที่ 4.3 ขยายกรอบแนวคิดของการดำเนินการวิจัย 27

ภาพที่ 4.4 ตัดแผ่นโฟมอีพีเอส เพื่อเป็นส่วนประกอบของพื้น 28

ภาพที่ 4.5 ตัดตาข่าย อี-กลาส เพื่อประกอบกับโฟมอีพีเอส 29

ภาพที่ 4.6 เตรียมอีพ๊อกซี่เพื่อยึดตาข่ายไฟเบอร์กลาสกับโฟมอีพีเอส 29

ภาพที่ 4.7 อีพ๊อกซี่ประกอบไปด้วยส่วน A และ B (เรซิน และฮาร์ดเดนเนอร์) 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.8 เคลือบอีพ๊อกซี่เพื่อยึดตาข่ายไฟเบอร์กลาสกับโฟมอีพีเอส.....30

ภาพที่ 4.9 พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส 30

ภาพที่ 4.10 เทคอนกรีต Topping หนา 5 เซนติเมตรบนพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส.....30

ภาพที่ 4.11 พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส.....31

ภาพที่ 4.12 แสดงการค้ำยันเพื่อป้องกันการแอ่นตัวขณะเทคอนกรีตพื้น 31

ภาพที่ 4.13 แสดงการใส่น้ำหนักบรรทุกและตำแหน่งติดตั้งมาตรวัดการแอ่นตัว.....32

ภาพที่ 4.14 การทดสอบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ตามมาตรฐาน มอก. 577 – 2531.....32

ภาพที่ 4.15 วัดการแอ่นตัวของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสและบันทึกข้อมูล 32

ภาพที่ 4.16 ระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร 35

ภาพที่ 4.17 ระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร 24 ชั่วโมง 36

ภาพที่ 4.18 ระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร 24 ชั่วโมง.....37

ภาพที่ 4.19 ระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125%และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร 38

ภาพที่ 4.20 ระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร 24 ชั่วโมง 39

ภาพที่ 4.21 ระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร 24 ชั่วโมง.....40

ภาพที่ 4.22 ระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร 41

ภาพที่ 4.23 ระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร 24 ชั่วโมง 42

ภาพที่ 4.24 ระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร 24 ชั่วโมง 43

ภาพที่ 4.25 ระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะ รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร 44

ภาพที่ 4.26 ระยะแอ่นตัวเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะค้างไว้ 24 ชั่วโมง 45

ภาพที่ 4.27 ระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมดออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะ ปลดไว้ 24 ชั่วโมง 46

ภาพที่ 5.1 แปลนบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร 49

ภาพที่ 5.2 บ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่ใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป ต้องใช้เสาเข็มเพื่อรับน้ำหนักบรรทุก 49

ภาพที่ 5.3 บ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่ใช้พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ใช้เพียงฐานรากแผ่เพื่อรับน้ำหนักบรรทุก 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาคารในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย หาได้ง่าย มีความมั่นคงแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักได้สูง การก่อสร้างเป็นที่คุ้นเคยของช่างก่อสร้างซึ่งมีความชำนาญ เนื่องจากมีการก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กมาเป็นระยะเวลายาวนาน แต่โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ยังคงมีน้ำหนักมาก (Dead load) ทำให้โครงสร้างมีขนาดใหญ่เพื่อรับน้ำหนักของตัววัสดุเองเป็นส่วนใหญ่เมื่อเทียบกับน้ำหนักบรรทุกจร (Live load) บางโครงการต้องใช้เครื่องจักรหนักในการก่อสร้าง ซึ่งต้องใช้พลังงานในการก่อสร้างสูง ทำให้ต้นทุนสูงไปด้วย และต้องใช้เวลาในการก่อสร้างเป็นเวลานาน ทั้งระยะเวลาผูกเหล็ก เข้าแบบ เทคอนกรีต รวมไปถึง บ่มคอนกรีตอีกด้วย

พื้นเป็นโครงสร้างหนึ่งของอาคาร ทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกจรโดยตรง แล้วจึงถ่ายน้ำหนักลงคานหรือเสา พื้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อน้ำหนักวัสดุของโครงสร้างอาคาร หากพื้นมีน้ำหนักมากจะส่งผลให้ขนาดคาน และเสา ใหญ่ขึ้น น้ำหนักวัสดุ ก็มากตามมาด้วย แต่หากสามารถลดน้ำหนักวัสดุ ของพื้นให้น้อยลง ภายใต้น้ำหนักบรรทุกจร (Live load) เท่าเดิม ก็จะทำให้คานและเสาลดขนาดลงส่งผลให้แรงกระทำต่อฐานรากลดลง อีกทั้งยังไม่ต้องใช้เครื่องจักรหนักในการติดตั้งแผ่นพื้นอีกด้วย

จากการสังเกตต้นมะพร้าว ต้นมะพร้าวพันธุ์สูง มีความสูงประมาณ 20 – 25 เมตร ลักษณะลำต้นมีเปลือกแข็ง และแกนกลางที่อ่อน เบา ทำให้ลำต้นมีน้ำหนักเบา แต่สามารถรับแรงกระทำได้ทุกทิศทาง ลำต้นของมะพร้าวประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

- เปลือก มีลักษณะแข็ง หนาประมาณ 1 – 2 เซนติเมตร มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอด ลำต้น สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือ ในปีหนึ่งมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12- 14 ใบ ดังนั้นใน 1 ปี จะมีรอยแผลที่ลำต้น 12 – 14 รอยแผล ทำหน้า ห่อหุ้มแกนกลาง สามารถรับแรงได้ทั้งแรงดึง และแรงอัด
- แกนกลาง มีลักษณะเป็นเส้นใย น้ำหนักเบา ทำให้ที่กระจายแรงระหว่างแรงดึงกับแรงอัดไปสู่เปลือก

ภาพที่ 1.1 ต้นมะพร้าว [1]

ดังนั้นหากหาวัสดุที่มีคุณสมบัติคล้ายๆกับต้นมะพร้าวก็จะสามารถลดน้ำหนักของอาคารได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาระบบโครงสร้างพื้นน้ำหนักเบาที่ทำจากโฟมและไฟเบอร์กลาส

1.2.2 เพื่อศึกษากำลังการรับน้ำหนักของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบ ข้อดี – ข้อเสียระหว่างแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสและพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ทำการศึกษาเฉพาะกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นซึ่งเป็นพื้นช่วงเดียว มีความยาว 4.00 ม.

1.3.2 ใช้ไฟเบอร์กลาสชนิด อี – กลาสเป็นส่วนประกอบรับแรงดึงของพื้น

1.3.3 แรงทดสอบเป็นแรงกระทำตั้งฉากกับแผ่นพื้นและเป็นแรงกระทำสถิต (Static Load)

1.3.4 ใช้มาตรฐาน มอก. 577 – 2531 เป็นแนวทางการทดสอบการรับน้ำหนัก

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 เตรียมตัวอย่างพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกและเก็บข้อมูลนำมาวิเคราะห์

1.4.2 เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสกับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 โครงสร้างพื้นวัสดุเบา ทำมาจากระบบประกอบไฟเบอร์กลาส

1.5.2 พฤติกรรมการรับแรงของโครงสร้างพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

1.5.3 ทราบถึง ข้อดี – ข้อเสียระหว่างแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสและพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

1.5.4 เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้วัสดุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดในการศึกษา

แนวคิดในการออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีน้ำหนักเบาเพื่อลดน้ำหนักอาคาร ลดต้นทุนการก่อสร้าง และลดระยะเวลาในการก่อสร้าง โดยออกแบบเป็นพื้นคล้ายกับพื้นสำเร็จเพื่อง่ายต่อการขนส่ง และติดตั้ง โดยมีความยาว 4.00 เมตร ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในบ้านพักอาศัย ความหนาของแผ่นพื้นอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.25 เมตร ให้เป็นไปตามข้อกำหนดการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท.) คืออัตราส่วน ความหนาของพื้นต้องไม่น้อยกว่า L/20 โดยมีตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสดังนี้

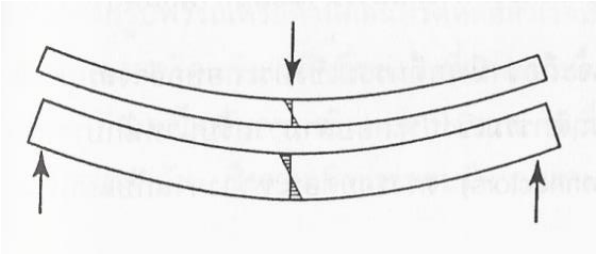
1. น้ำหนักบรรทุก (น้ำหนักจรและน้ำหนักคงที่)
2. ความหนาพื้น
3. ปริมาณเส้นใยไฟเบอร์กลาส

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

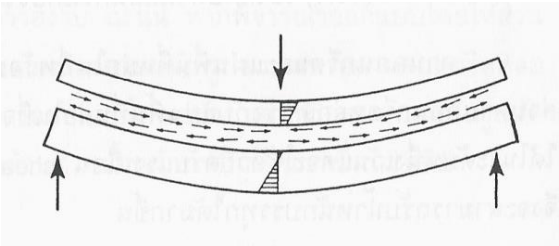
2.2.1 ทฤษฎีโครงสร้าง ใช้สำหรับการออกแบบรูปทรง ขนาด ความกว้างยาวของโครงสร้างเพื่อหาค่าโมเมนต์ดัด แรงเฉือนและแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับและแรงอื่นๆที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง ค่าที่ได้จะนำไปใช้สำหรับการออกแบบต่อไป ตัวแปรที่สำคัญของทฤษฎีนี้ก็คือ รูปทรง ความกว้าง ความยาว น้ำหนักตายตัวและน้ำหนักจร

2.2.2 ทฤษฎีการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ใช้สำหรับการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งระบบของโครงสร้าง โดยจะนำค่าที่ได้จากทฤษฎีโครงสร้าง มาทำการออกแบบส่วนรับแรงดึงและรับแรงอัดของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส รวมไปถึงการหาปริมาณเส้นใยไฟเบอร์กลาส

2.2.2.1 พฤติกรรมโครงสร้างเชิงประกอบ คือโครงสร้างที่ประกอบกันระหว่าง 2 วัสดุขึ้นไปที่รอยต่อสามารถรับและถ่ายแรงเฉือนไปอีกวัสดุที่อยู่ติดกันได้



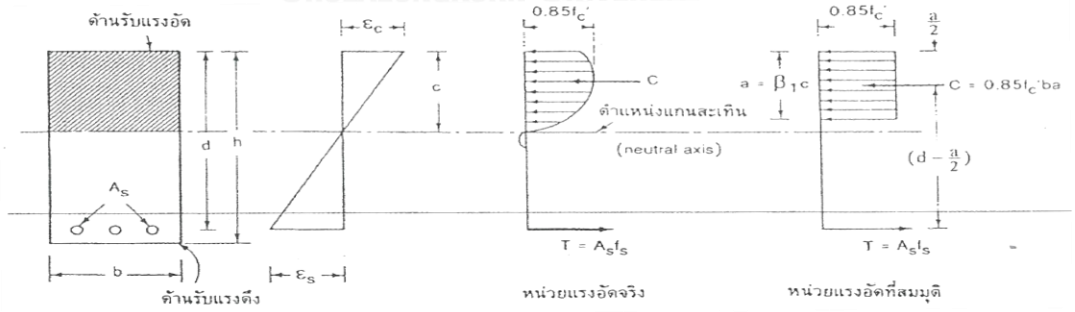
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างที่ไม่เป็นโครงสร้างเชิงประกอบ รอยต่อไม่สามารถรับและถ่ายแรงเฉือนไปอีกวัสดุได้ ทำให้วัสดุแต่ชิ้นรับทั้งแรงอัดและแรงดึง [2]



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างที่เป็นโครงสร้างเชิงประกอบ รอยต่อสามารถรับและถ่ายแรงเฉือนไปอีกวัสดุได้ ทำให้วัสดุแต่ชิ้น รับแรงเพียงชนิดเดียว เช่นผิวบนรับแรงอัด และผิวล่างรับแรงดึง [2]

2.2.2.2 การแผ่กระจายของหน่วยแรงอัดในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เมื่อชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้รับแรงกระทำ จะทำให้ผิวบนเกิดแรงอัด และเกิดแรงดึงที่ผิวล่าง คอนกรีตสามารถรับแรงอัดได้ดี จึงนำมาเป็นโครงสร้างเชิงประกอบ มาประกอบกับเหล็กที่รับแรงดึงที่ผิวล่างได้ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2.3 การแผ่กระจายของหน่วยแรงอัดและแรงดึงในชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็ก[3]

จากรูป หน่วยแรงอัด (C) = หน่วยแรงดึง (T) เมื่อ C = 0.85 fc’ b a และ T = As fs ดังนั้น โมเมนต์ (M) = T * (d – a/2) หรือ C * (d – a/2)

โดยที่ fc’ = แรงอัดประลัยของคอนกรีต

B= ความกว้างของคานหรือแผ่นพื้น

a = ระยะจากผิวบนถึงแกนสะเทินคูณ 0.85 เมื่อ fc' ไม่เกิน 280 กก./ตร.ซม.

As = พื้นที่หน้าตัดเหล็ก

fs= กำลังรับแรงดึงของเหล็ก

d = ความลึกประสิทธิผล

2.2.3 กฎกระทรวงฉบับปี พ.ศ. 2550

กรมโยธาธิการและผังเมือง ได้ออกกฎกระทรวงฉบับปี พ.ศ. 2550 ที่มีการกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแผ่นดินไหว เพื่อบังคับให้อาคารที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงจะต้องออกแบบให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้บริเวณที่บังคับใช้ประกอบไปด้วย

บริเวณที่ 1 เป็นพื้นที่หรือบริเวณที่เป็นดินอ่อนมากที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวระยะไกล ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสมุทรปราการ และสมุทรสาคร

บริเวณที่ 2 เป็นพื้นที่หรือบริเวณที่อยู่ใกล้รอยเลื่อนที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ ตาก น่าน พะเยา แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน และกาญจนบุรี

บริเวณพื้นที่เฝ้าระวัง เป็นบริเวณพื้นที่เฝ้าระวังตามกฎกระทรวงฯ ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ได้แก่ จังหวัดกระบี่ จังหวัดชุมพร จังหวัดพังงา จังหวัดภูเก็ต จังหวัดระนอง จังหวัดสงขลา และจังหวัดสุราษฎร์ธานี

สำหรับการวิเคราะห์และออกแบบด้วย วิธีแรงสถิตเทียบเท่า (Equivalent static load method) กฎกระทรวงฉบับปี พ.ศ. 2550 กำหนดว่า การออกแบบโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะเป็นตึก บ้าน เรือน หรือลักษณะคล้ายคลึงกัน และไม่อยู่ในบริเวณเฝ้าระวัง ให้คำนวณแรงเนื่องจากแผ่นไหว ดังนี้

$$V = ZIKCS.W$$

โดยที่ V คือ แรงเฉือนที่ฐานในแนวราบ

Z คือ สัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว

I คือ ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร

K คือ สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างที่รับแรงในแนวราบ

C คือ สัมประสิทธิ์ของคาบของโครงสร้าง

S คือ สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดิน

W คือ น้ำหนักของอาคาร

สัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว (Z) กฎกระทรวงฯ ได้กำหนดค่า Z ตามบริเวณที่กฎกระทรวงบังคับใช้ ได้แก่ บริเวณที่ 1 เท่ากับ 0.19 และบริเวณที่ 2 เท่ากับ 0.38

ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร (I) เป็นตัวคูณที่ขึ้นอยู่กับประเภทของอาคาร ว่าอาคารนั้นมีความสำคัญมากหรือน้อย และมีผู้ใช้งานอาคารมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 2-1 ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร (I) [4]

ชนิดของอาคาร	I
จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน	1.50
เป็นที่ชุมนุมคนครั้งหนึ่งๆ ได้มากกว่า 300 คน	1.25
อาคารอื่นๆ	1.00

สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างที่รับแรงในแนวราบ (K) กฎกระทรวง ฉบับปี พ.ศ. 2550 ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของโครงสร้างที่รับแรงในแนวราบ (K) โดยจำแนกตามระบบและชนิดของโครงสร้างรับแรงในแนวราบดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2-2 สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างที่รับแรงในแนวราบ (K) [4]

ระบบและชนิดของโครงสร้างรับแรงในแนวราบ	K
โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้กำแพงรับแรงเฉือนหรือแกงแนงต้านแรงในแนวราบ	1.33
โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียว ต้านทานแรงในแนวราบทั้งหมด	0.67
โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงต้านแรงในแนวราบ	0.80
หอถังน้ำ รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า 4 ต้น และมีแกงแนงยึดและไม่ตั้งอยู่บนอาคาร	2.50
โครงต้านทานแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดและโครงสร้างระบบอื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมา	1.00
หมายเหตุ ผลคูณระหว่างค่า K และค่า C ให้ใช้ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.12 และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.25	

คาบของโครงสร้าง (T) คาบของโครงสร้าง หรือคาบธรรมชาติของโครงสร้าง หมายถึงระยะเวลาที่โครงสร้างใช้ในการเคลื่อนที่ไปกลับครบหนึ่งรอบในระหว่างที่โครงสร้างสั่นไหว กฎกระทรวง ฉบับปี พ.ศ. 2550 ได้กำหนดสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$T = 0.09h_n / \sqrt{D}$ สำหรับอาคารทั่วไปทุกชนิด

$T = 0.10N$ สำหรับอาคารที่มีโครงสร้างต้านทานแรงดัดที่มีความเหนียว

โดยที่ h_n คือ ความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดิน (เมตร)

D คือ ความกว้างของโครงสร้างในทิศทางขนานกับแรงแผ่นดินไหว (เมตร)

N คือ จำนวนชั้นของโครงสร้างที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน

สัมประสิทธิ์ของคาบของโครงสร้าง (C) เมื่อทราบคาบธรรมชาติของอาคารแล้ว สามารถคำนวณสัมประสิทธิ์ของคาบโครงสร้างได้จากสมการ $C = 1 / 15\sqrt{T}$ โดยที่ค่า C ต้องไม่มากกว่า 0.12

สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดิน (S) กฎกระทรวง ฉบับปี พ.ศ. 2550 ได้จำแนกลักษณะของชั้นดินไว้ 4 ประเภท

ตารางที่ 2-3 สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดิน (S) [4]

ลักษณะของชั้นดิน	ค่า S
หิน	1.0
ดินแข็ง	1.2
ดินอ่อน	1.5
ดินอ่อนมาก	2.5

การกระจายแรงเฉือนเข้าสู่ชั้นอาคาร

แรงที่คำนวณจาก $V = ZIKCS.W$ เป็นแรงแผ่นดินไหวทั้งหมด ในการวิเคราะห์โครงสร้างจะต้องกระจายแรงดังกล่าวนี้ไปยังชั้นต่างๆของอาคารตามความสูง โดยแรงแผ่นดินไหวทั้งหมด (V) จะแบ่งเป็นสองส่วนคือ

1. แรงแผ่นดินไหวที่ยอดอาคาร (Ft)
2. แรงแผ่นดินไหวที่เหลือ = V - Ft

ตามกฎกระทรวงฉบับปี พ.ศ. 2550 ให้สูตรสำหรับการคำนวณแรงที่ชั้นบนสุดของอาคาร (Ft) ดังนี้

$Ft = 0$ หาก $T \leq 0.7$ วินาที

$Ft = \min(0.07TV, 0.25V)$ หาก $T > 0.7$ วินาที

การกระจายแรงเฉือนส่วนที่เหลือ $V - Ft$ ไปเป็นแรงในแนวราบกระทำต่อพื้นชั้นต่างๆ (Fx) (รวมชั้นบนสุด) ดังนี้

$$Fx = (V - Ft)\, Wxhx / (\sum Wi\, hi)$$

โดยที่ T = คาบของโครงสร้าง (วินาที)

Wx, Wi = น้ำหนักของพื้นชั้นที่ x และชั้นที่ i

hx, hi = ความสูงจากระดับพื้นดินถึงพื้นชั้นที่ x และชั้นที่ i

$\sum Wi\ hi$ = ผลรวมของผลคูณระหว่างน้ำหนักกับความสูงจากพื้นชั้นที่ 1 ถึง n

2.2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคนิคการก่อสร้าง ใช้สำหรับการทำงานให้ถูกหลักวิชาการ เช่น กระบวนการทำงาน การทำแบบหล่อ การถอดแบบหล่อ การค้ำยันแบบและโครงสร้าง การบ่มคอนกรีต การต่อทาบเหล็กและตำแหน่งการหยุดเทคอนกรีตเป็นต้น ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดส่งผลโดยตรงต่อกำลังของโครงสร้างอาคาร

2.2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการประมาณราคาการก่อสร้าง ใช้สำหรับการถอดแบบเพื่องบประมาณในการก่อสร้าง เช่น จำนวนวัสดุอุปกรณ์ จำนวนแรงงาน เป็นต้น

ตารางที่ 2-4 ผลิตภาพของช่างโดยเฉลี่ยต่อวัน [5]

ลำดับ	รายการ	ผลิตภาพ	(หน่วย/แรง)
1	งานดิน		
1.1	ขุดดิน	2.5-3.0	ลบ.ม.
1.2	กลบดิน	4.0-6.0	ลบ.ม.
1.3	ขุดร่องฝังท่อระบายน้ำ ศก. 0.6 ม.	6.0-8.0	ม.
2	งานตอกเสาเข็ม (ทีมงาน 5 คน)		
2.1	เข็มไม้ขนาด 4"-6"x5.00 ม.	10.0	ต้น/ทีม
2.2	เสาเข็มคอนกรีต ยาว 10-12 ม.	12.0-15.0	ต้น/ทีม
2.3	เสาเข็มคอนกรีต ยาว 20-24 ม.	4.0-6.0	ต้น/ทีม
3	งานคอนกรีต		
3.1	ผสมคอนกรีตด้วยเครื่อง	2.5-3.0	ลบ.ม.
3.2	เทคอนกรีตพื้น	1.0-1.5	ลบ.ม.
3.3	เทคอนกรีตถนน	1.5-2.0	ลบ.ม.
3.4	เทคอนกรีตคาน	1.5	ลบ.ม.
3.5	เทคอนกรีตเสา	1.75	ลบ.ม.
4	งานช่างปูน		
4.1	ก่ออิฐมอญ ครึ่งแผ่น ระดับพื้น	8.0	ตร.ม.
4.2	ก่ออิฐมอญ ครึ่งแผ่น สูง 3.00 ม.	4.0	ตร.ม.
4.3	ก่ออิฐบล็อก หนา 7 ซม.	6.5-8.0	ตร.ม.
4.4	ก่ออิฐ อ.ป.ก. โชว์แนว	3.0-5.0	ตร.ม.

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) ผลิตภาพของช่างโดยเฉลี่ยต่อวัน [5]

4.5	ฉาบปูนผนัง	8.0-10.0	ตร.ม.
4.6	ฉาบปูนคาน	1.0-1.5	ตร.ม.
4.7	ฉาบปูนเสา	1.20	ตร.ม.
4.8	ฉาบแต่งบัวปูน	4.0-5.0	ม.
4.9	เทปูนทราย ปรับระดับพื้น	10.0-12.0	ตร.ม.
4.10	เทปูนทรายขัดมัน	8.0-10.0	ตร.ม.
4.11	ปูกระเบื้องผนัง	3.0-4.0	ตร.ม.
4.12	ปูกระเบื้องพื้น	6.0-8.0	ตร.ม.
4.13	ปูหินอ่อนพื้น	0.9	ตร.ม.
5	งานช่างไม้		
5.1	ไม้แบบคอนกรีต	4.0-6.0	ตร.ม.
5.2	ตั้งเสาไม้ 6"x4.00 ม.	3.0-4.0	ต้น
5.3	โครงหลังคาไม้	4.0-6.0	ตร.ม.
5.4	มุงหลังคาสังกะสี	30.0-40.0	ตร.ม.
5.5	มุงหลังคากระเบื้องลอนคู่	10.0-20.0	ตร.ม.
5.6	มุงหลังคา ซีแพคโมเนีย	8.0-10.0	ตร.ม.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.5 มาตรฐานการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของพื้น ตาม มอก. 577 – 2531

2.2.5.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้งมาตรความแอ่นตัวที่กึ่งกลางแผ่นพื้น และแท่นธารทั้งสอง เพื่อใช้เปรียบเทียบความแอ่นตัว

2. เริ่มใส่น้ำหนักบนแผ่นคอนกรีตเป็นช่วงๆดังนี้ คือ 25% , 50% , 75% , 100% , 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกที่กำหนดไว้สำหรับแผ่นพื้นคอนกรีตแต่ละชั้นคุณภาพ หลังจากใส่น้ำหนักบรรทุกแต่ละค่าแล้วให้อ่านค่าความแอ่นตัวทันที และหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 15 นาทีให้อ่านค่าความแอ่นตัวอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงเพิ่มน้ำหนักบรรทุกช่วงต่อไป ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนครบช่วงการเพิ่มน้ำหนัก การใส่น้ำหนักบรรทุกต้องค่อยๆใส่ พยายามไม่ให้เกิดการกระแทกกับพื้นที่ทดสอบ

3. เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนถึง 150% ของน้ำหนักบรรทุกแล้วปล่อยไว้ 24 ชั่วโมง แล้วอ่านค่าความแอ่นตัวอีกครั้งหนึ่ง

4. เริ่มปลดน้ำหนักบรรทุก โดยปฏิบัติเป็นขั้นตอนย้อนกลับกับตอนใส่น้ำหนักบรรทุกทุกประการ

5. อ่านค่าการคืนตัว (Recovery of deflection) อีกครั้งหนึ่ง หลังจากปลดน้ำหนักบรรทุกออกหมดแล้ว 24 ชั่วโมง

2.2.5.2 ค่ามาตรฐานที่ยอมให้สำหรับการทดสอบ

1. ในช่วงน้ำหนักบรรทุกใดๆ ต้องไม่ปรากฏรอยร้าวกว้างเกิน 0.2 มิลลิเมตร ใต้ท้องแผ่นคอนกรีต หรือชิ้นส่วนคอนกรีต

2. ความแอ่นตัว (deflection) ต้องไม่เกิน ความยาวแผ่นพื้น2 / (20,000* ความหนาของแผ่นพื้น) แต่ถ้าแอ่นตัวเกิน จะต้องคืนตัวได้ไม่น้อยกว่า 75% ของการแอ่นตัวทั้งหมด

2.3 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การพัฒนาเทคนิคการก่อสร้าง และระบบโครงสร้างบ้านพอเพียง [6]

ปราการ ภูมิผล (2552) ได้ศึกษาวิจัยเทคนิคการออกแบบและระบบก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เป็นระบบผนังรับน้ำหนักโดยใช้วัสดุโฟมคอนกรีต หนา 8 นิ้ว พบว่า ทำให้บ้านมีน้ำหนักน้อยกว่าบ้านทั่วไปถึง 4 เท่า ทั้งยังมีระยะเวลา และงบประมาณในการก่อสร้างลดลง

2.3.2 โครงสร้างพื้นตงถี่เพื่อประหยัดพลังงาน [7]

กฤษฎา กาญจนรัชต์ (2553) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพื้นรูปแบบใหม่เปรียบเทียบกับพื้นรูปแบบเดิม โดยได้นำหลักการของทฤษฎีโครงสร้างทฤษฎีการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและเทคนิคก่อสร้าง มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบพื้นและคานรูปแบบใหม่ ซึ่งได้การออกแบบพื้นรูปแบบใหม่ให้มีความหนา 5 ซม. ความกว้างตั้งแต่ 1.20 – 3.60 ม. ยาว 1.00 – 10.00 ม. โดยได้ออกแบบเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 คือพื้นและคานมีความหนาคงที่ ตลอดความยาว และแบบที่ 2 พื้นมีความหนาคงที่ แต่คานมีความลึกแปรผันตามความยาว เปรียบเทียบกับพื้นรูปแบบเดิมที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน พบว่า พื้นรูปแบบใหม่ที่มีความกว้าง 1.20 ม. ทั้ง 2 แบบ มีน้ำหนักไม่แตกต่างจากพื้นรูปแบบเดิม พื้นรูปแบบใหม่ที่มีความกว้าง 2.40 ม. ทั้ง 2 แบบ มีน้ำหนักน้อยกว่าพื้นรูปแบบเดิม 37% และพื้นรูปแบบใหม่ที่มีความกว้าง 3.60 ม. มีน้ำหนักน้อยกว่าพื้นรูปแบบเดิม 75%

2.3.3 การศึกษาการเกิดความเข้มของหน่วยแรงในคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลังหรือซ่อมแซมด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ [8]

ปิยะ รัตนวุฒิสุวรรณ (2545) ได้ศึกษาวิจัย คานตัวอย่างขนาด 15 x 30 x 200 ซม. จำนวน 15 ตัวอย่าง ใช้น้ำหนักบรรทุกกระทำแบบจุด 2 จุด ใช้แถบพลาสติกเสริมเส้นใยคาร์บอนรับแรงดึงมีกำลังแรงดึงประลัย 31,000 กก./ตร.ม. และแผ่นเส้นใยคาร์บอนยึดปลายมีกำลังรับแรงดึงประลัย 35,700 กก./ตร.ม. ผลการทดสอบพบว่าคานที่เสริมกำลังหรือซ่อมแซมด้วยพลาสติกเส้นใยคาร์บอนจะมีกำลังสูงขึ้น 41% - 166% และมีค่าโก่งตัวสูงสุดที่กึ่งกลางลดลง 9% - 25%

2.4 วัสดุที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.4.1 คอนกรีต คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน อันได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หินหรือกรวด เมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง พอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็ง มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นวัตถุดิบที่ใช้ผสมคอนกรีต ได้แก่

2.4.1.1 ปูนซีเมนต์ เกิดจากส่วนผสมของดินเหนียว , ดินดาด , หินปูน , ยิปซั่ม และอื่นๆ ที่ได้จากการเผาและบดละเอียด มีคุณสมบัติเป็นด่าง เมื่อผงซีเมนต์ผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีรวมตัวกับน้ำเรียก ปฏิกิริยา ไฮเดรชั่น (Hydration) ทำให้เกิดความร้อน และเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ปูนซีเมนต์มีหลายชนิดตามลักษณะการใช้งานได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ใช้กับงานก่อสร้างส่วนใหญ่ , ปูนซีเมนต์ขาว นิยมใช้กับงานตบแต่งผิว , ปูนซีเมนต์ซิลิก้าหรือปูนซีเมนต์ผสมใช้ในงานก่ออิฐฉาบปูน และปูนซีเมนต์ปอซโซลานาได้จากการเผาถ่านหิน เป็นต้น

ปัจจุบันปูนซีเมนนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างส่วนใหญ่เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซึ่งแบ่งได้ 5 ประเภท ตามลักษณะการใช้งานดังนี้

ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) ที่ใช้ในงานโครงสร้างคอนกรีตทั่วๆไป

ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ใช้กับงานที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง

ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ให้กำลังอัดเร็ว (High Early Strength Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่พัฒนากำลังอัดได้สูงอย่างรวดเร็ว เหมาะกับงานคอนกรีตที่ต้องการใช้งานเร็ว หรือถอดแบบในเวลาสั้น

ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกิดความร้อนต่ำ (Low Heat Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่เกิดความร้อนขณะก่อตัวต่ำ ลดโอกาสการแตกร้าวเนื่องจากการสะสมความร้อนเหมาะกับงานเทคอนกรีตปริมาณมาก

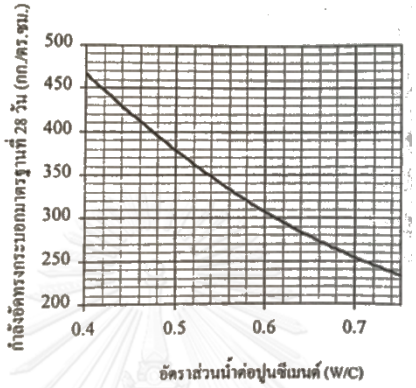
ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตสูง (Sulfate Resistance Portland Cement) ปูนซีเมนต์ประเภทนี้มีปริมาณสารไตรคัลเซี่ยมอลูมิเนตต่ำ ป้องกันไม่ให้ซัลเฟตจากภายนอกทำลายเนื้อคอนกรีตปูนซีเมนต์ มีความสามารถในการพัฒนากำลังอัดช้า

ภาพที่ 2.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 [9]

2.4.1.2 วัสดุผสม (Aggregate) ในที่นี้หมายถึง ทราย และหิน ซึ่งเป็นส่วนผสมที่มีปริมาณมากที่สุดในเนื้อคอนกรีต โดยทั่วไปมีปริมาณ 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ โดยวัสดุผสมทำหน้าที่รับกำลัง ในขณะที่ปูนซีเมนต์ทำหน้าที่เป็นวัสดุประสาน วัสดุผสมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุผสมละเอียด (Fine Aggregate) และวัสดุผสมหยาบ (Coarse Aggregate) เกณฑ์การแยกประเภทวัสดุผสม ทำได้โดยใช้ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 วัสดุผสมที่มีขนาดเล็กลอดผ่านตะแกรงได้ จัดเป็นวัสดุผสมละเอียด และหากวัสดุผสมค้างบนตะแกรงจัดเป็นวัสดุผสมหยาบ

ภาพที่ 2.5 วัสดุผสม

2.4.1.3 น้ำผสมคอนกรีต เกณฑ์ทั่วไปของน้ำที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตคือ น้ำที่สามารถดื่มได้ ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับกำลังคอนกรีต โดยทั่วไปปริมาณของน้ำถูกกำหนดเป็นอัตราส่วน ระหว่างน้ำหนักของน้ำกับน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (Water/Cement Ratio) ซึ่งอัตราส่วนที่ต่ำใช้น้ำน้อย คอนกรีตที่ได้จะมีกำลังสูง ในทางกลับกันหากอัตราส่วนนี้มีค่าสูงคอนกรีตจะมีกำลังต่ำลง เนื่องจากน้ำส่วนที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ทำให้เกิดการเยิ้ม (Bleeding) และเกิดโพรง (Honey comb) หรือช่องว่างในเนื้อคอนกรีตซึ่งมีผลเสียต่อกำลังอัดและความทนทาน



ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ และกำลังอัดรูปทรงกระบอกมาตรฐาน [10]

ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน แนะนำให้ใช้กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีต ตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2-5 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต [10]

กำลังรับแรงอัด (fc') (กก./ตร.ม.)	ส่วนเผื่อ (กก./ตร.ม.)	กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยที่ใช้ออกแบบ ส่วนผสมคอนกรีต (กก./ตร.ม.)
น้อยกว่า 210	70	fc' + 70
210 - 350	85	fc' + 85
350 - 450	100	fc' + 100

ปริมาณน้ำผสมคอนกรีต ควรมีปริมาณที่พอเพียงต่อความสามารถในการเท และไม่ควรมากไปจนคอนกรีตแยกตัว ปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ให้ค่าการยุบตัวต่างๆ ตามตารางที่ 2.6 และค่าการยุบตัวของคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับการเทคอนกรีตในงานประเภทต่างๆ ตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2-6 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผสมคอนกรีตที่ค่ายุบตัวต่างๆ [10]

ค่าการยุบตัว (ซ.ม.)	ปริมาณน้ำต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร (ลิตร)	
	หินขนาดใหญ่สุด 25 มม.	หินขนาดใหญ่สุด 20 มม.
7.50	175	180
10.00	180	190
12.50	190	200
15.00	200	210

ตารางที่ 2-7 การยุบตัวของคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับการเทคอนกรีตในงานประเภทต่างๆ [10]

ประเภทของงาน	ค่ายุบตัว (ซม.)	
	ค่าการยุบตัวต่ำสุด	ค่าการยุบตัวสูงสุด
ฐานราก	5.00	10.00
พื้นถนน	5.00	7.50
แผ่นพื้น คาน ผนัง	7.50	12.50
เสา	7.50	12.50
งานที่เทด้วยคอนกรีตปั๊ม	7.50	12.50
เสาเข็มเจาะระบบแห้ง	7.50	12.50

ขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบ ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ได้กำหนดขนาดใหญ่สุด โดยไม่เกิน 1/5 ของมิติที่แคบที่สุดของโครงสร้าง หรือ 2/3 ของระยะห่างของเหล็กเสริมที่น้อยที่สุด ขนาดโตของวัสดุผสมหยาบตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2-8 ขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบ [10]

ประเภทของโครงสร้าง	ขนาดโตสุด (มม.)
คอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป	20 หรือ 25
คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนามาก	40

ปริมาณส่วนละเอียดที่เหมาะสมกับขนาดโตสุดของหิน ตามตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2-9 ปริมาณส่วนละเอียดที่เหมาะสมกับขนาดโตสุดของหิน [10]

ขนาดโตสุดของหิน (มม.)	ปริมาณส่วนละเอียด
25	380 ลิตร หรือ ร้อยละ38
20	400 ลิตร หรือ ร้อยละ38

หน่วยน้ำหนักของวัสดุผสม จะมีหน่วยเป็น กก./ลบ.ม. ค่าของหน่วยน้ำหนักวัสดุผสมจะแปรเปลี่ยนไปตามสภาวะต่าง เช่น แห้ง ชื้น เปียก อัดแน่น หรือหลวม ตามตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2-10 หน่วยน้ำหนักของวัสดุผสมคอนกรีต [10]

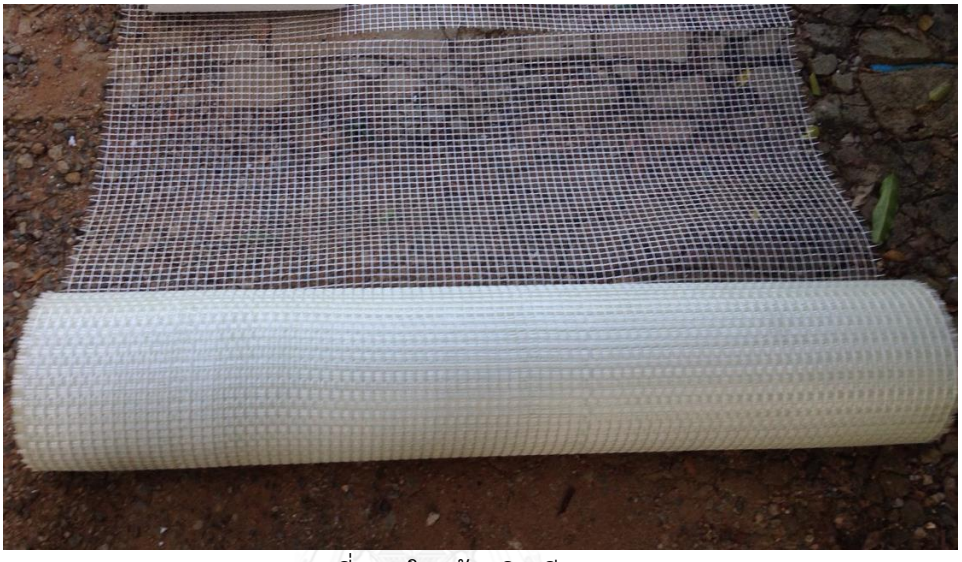
ชนิดของวัสดุผสม	สภาวะความชื้น	หน่วยน้ำหนัก (กก./ลบ.ม.)	
		หลวม	อัดแน่น
ทราย	แห้ง	1,440 – 1,600	1,520 – 1,840
	ชื้น	1,360 – 1,520	-
หินขนาด 0.5 – 0.75 นิ้ว	แห้ง หรือ ชื้น	1,410 – 1,500	1,520 – 1,650
หินขนาด 0.5 – 1.50 นิ้ว	แห้ง หรือ ชื้น	1,450 – 1,580	1,600 – 1,700

2.4.2 วัสดุผสมเส้นใยเสริมแรง (Fiber Reinforced Composite) เส้นใยเสริมแรงทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรง , ความต้านทานการล้าตัว , มอดุลัสของยัง และอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักของวัสดุผสมให้สูงขึ้น คุณสมบัติต่างๆเหล่านี้จะเกิดขึ้นร่วมกันระหว่างความแข็งแรง ความเหนียวของเส้นใยประสานกับความอ่อนเหนียวของแมทริกซ์ วัสดุที่เป็นแมทริกซ์จะทำหน้าที่ในการถ่ายแรงที่กระทำต่อเส้นใย ทำให้สามารถรับแรงได้ทั้งหมดโดยไม่เสียหายได้ง่าย วัสดุเสริมแรงมีหลายชนิด และถูกใช้งานมาเป็นเวลานานแล้ว เช่น เหล็กเสริมคอนกรีต , ใยแก้วเสริมในงานพลาสติก และเส้นใยเสริมแรงที่ผลิตมาจาก โบรอน , คาร์บอน และโพลิเมอร์ เป็นต้น

2.4.2.1 เส้นใย (Fiber) เป็นวัสดุเสริมแรง ได้แก่ เส้นใยแก้ว , เส้นใยคาร์บอน , เส้นใยแกรไฟต์ , เคฟลาร์ , เส้นใยโบรอน และเส้นใยซิลิคอนคาร์ไบด์

เส้นใยแก้ว (Fiber Glass) ผลิตมาจากทรายซิลิกาที่ผสมสารออกไซด์บางชนิดเพื่อลดอุณหภูมิหลอมเหลวและความหนืดขณะทรายแก้วหลอมเหลว เส้นใยแก้วแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ ใยแก้วชนิด A-glass เป็นเกรดแอลคาไลสูงที่มีส่วนผสมของโซดา-ไลม์-ซิลิกา ใช้ในงานที่ต้องการทนสารเคมี ใยแก้วชนิด E-glass หรือเกรดทางไฟฟ้า จะมีส่วนผสมของอะลูมิโน-โบโรซิลิเกต มีสมบัติ

ทางไฟฟ้าที่ดีและทนทานมาก จึงนิยมใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงมากที่สุด ใยแก้วชนิด ECR-glass มักใช้ในงานที่ต้องการสมบัติทางไฟฟ้าควบคู่กับความต้านทานทางเคมีไปพร้อมกัน ส่วนใยแก้วชนิด S- glass จะมีส่วนผสมของแมกนีเซียมอลูมิโนซิลิเกต ซึ่งจะไม่มีโบรอนออกไซด์และใช้ในงานที่ต้องการความแข็งแรงที่สูงมากๆ คงสภาพได้ที่อุณหภูมิสูงๆ แต่ราคาของ S-glass จะแพงกว่ากลุ่มอื่น



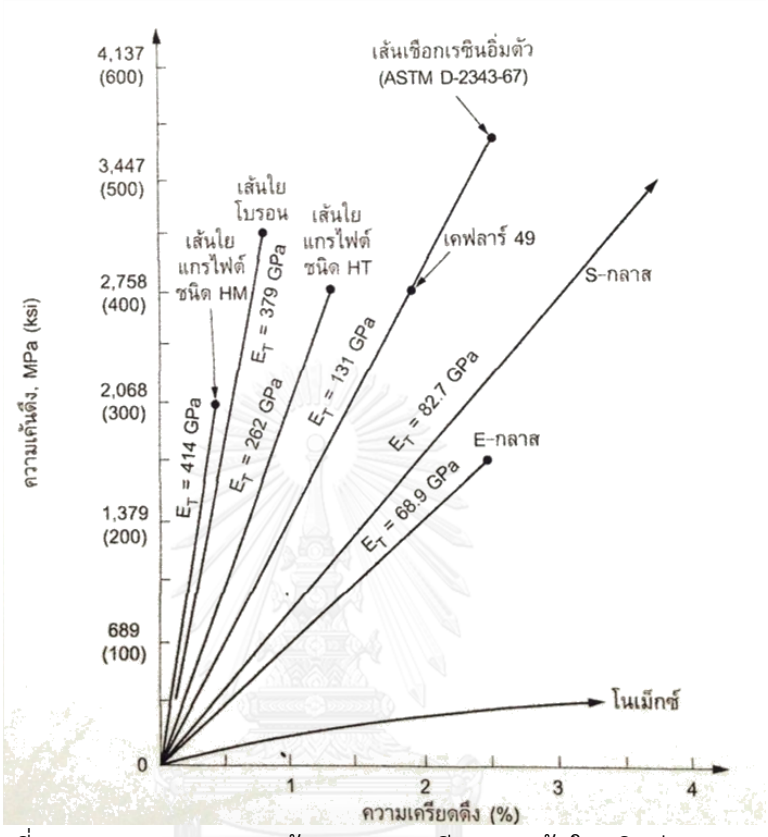
ภาพที่ 2.7 ใยแก้วชนิด อี–กลาส

ตารางที่ 2-11 คุณสมบัติของเส้นใยแก้วชนิดต่างๆ [11]

รายการ	ความถ่วงจำเพาะ	ความต้านทานแรงดึง		มอดุลัสแรงดึง		สัมประสิทธิ์การขยายตัว, 10^{-6}K	อุณหภูมิหลอมเหลว	
		MPa	ksi	GPa	10^6 psi		°C	°F
อี-กลาส	2.58	3,450	500	72.5	10.5	5.0	1,065	1,950
เอ-กลาส	2.50	3,040	440	69.0	10.0	8.6	996	1,825
อีซีอาร์-กลาส	2.62	3,625	525	72.5	10.5	5.0	1,204	2,200
เอส-กลาส	2.48	4,590	665	86.0	12.5	5.6	1,454	2,650

เส้นใยคาร์บอนและเส้นใยแกรไฟต์ เส้นใยทั้งสองชนิดนี้มีความแข็งแรงสูงมาก เส้นใยคาร์บอนและเส้นใยแกรไฟต์ผลิตจากสารอินทรีย์ ซึ่งได้แก่ เรยอน (Rayon) โพลิอะคริโลไนไตรด์ (Polyacrilonitride) หรือ (Pan) และยางมะตอย (Pitch) วัสดุเหล่านี้จะถูกนำมาขึ้นรูปเป็นเส้นใยเบื้องต้นก่อน ซึ่งเรียกว่า พรีเคอร์เซอร์ (Precursor) จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการทำให้เป็นเส้นใยคาร์บอนหรือแกรไฟต์ต่อไป เส้นใยคาร์บอนประเภทมอดุลัสต่ำ ผลิตมาจากพรีเคอร์เซอร์ของเรยอนและยางมะตอยชนิดไอโซทรอปิก ส่วนเส้นใยที่มอดุลัสสูงจะผลิตจาก Pan หรือยางมะตอยชนิดผลึก

เหลว เส้นใยคาร์บอนจะได้จากการเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 600 – 1,200 ^{0}C และหากนำเส้นใยคาร์บอนไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 1,800 ^{0}C จะได้เส้นใยแกรไฟต์



ภาพที่ 2.8 กราฟแสดงความเค้น – ความเครียดของเส้นใยชนิดต่างๆ [11]

เส้นใยอะรามิด (Aramid) หรือ เคฟลาร์ (Kevlar) ผลิตมาจากอะโรเมติกโพลิเอไมด์โพลิเมอร์ ซึ่งมีการเพิ่มความแข็งแรงโดยการเสริมวงแหวนของเบนซินเข้าไปเชื่อมต่อสายโซ่โพลิเมอร์ ขณะเกิดกระบวนการโพลิเมอรไรเซชัน ลักษณะของสายโซ่ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะยาวคล้ายเส้นลวด ส่งผลให้เส้นใยมีความแข็งแรงตามแนวยาวสูงมาก

เส้นใยโบรอน เป็นเส้นใยที่ใช้ทำวัสดุผสมเส้นใยเสริมแรงที่มีโลหะเป็นแมทริกซ์ วิธีการผลิตเส้นใยโบรอนจะใช้วิธีการเรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งเป็นวิธีการทำให้โบรอนกลายเป็นไอแล้ววิ่งไปเกาะที่ลวดทังสเตน แล้วเกิดการตกตะกอนขึ้นที่ผิวของลวดทังสเตน การผลิตเส้นใย Sic ก็จะอาศัยวิธีการเดียวกัน โดยเส้นใยคาร์บอนจะถูกไอระเหยของซิลิคอนคาร์ไบด์เคลือบที่บริเวณผิว

เส้นใยวิสเกอร์ (Whiskers) ลักษณะเส้นใยจะไม่ยาวต่อเนื่อง มีลักษณะคล้ายเข็ม เป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงและทนทานอุณหภูมิสูง

ตารางที่ 2-12 ตารางแสดงคุณสมบัติของเส้นใยชนิดต่างๆ [11]

วัสดุ	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความต้านทาน (kg/cm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (kg/cm^2)	อุณหภูมิหลอมเหลว (°C)
แก้ว :				
อี-กลาส	2,550	35,154	738,234	1,065
เอส-กลาส	2,500	45,700	885,881	1,454
คาร์บอน :				
HS (ความแข็งแรงสูง)	1,750	57,653	2,812,320	3,700
HM (มอดุลัสสูง)	1,900	18,983	5,413,716	3,700

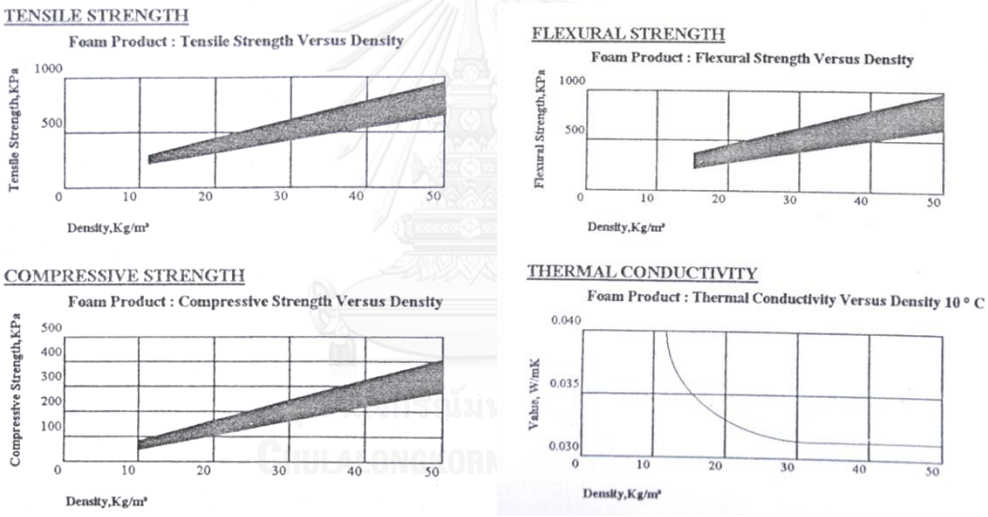
2.4.3 โฟมอีพีเอส (Expandable Polystyrene)เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดหนึ่งที่เกิดจากผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตปิโตรเลียม ซึ่งอยู่ในรูปของเม็ดพลาสติกเรซิ่น เมื่อผสมสารพองตัวก๊าซเพนเทนซึ่งเป็นสารประกอบคาร์บอนตามธรรมชาติ ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจากไอน้ำ ทำให้เกิดเป็นเม็ดโฟมอีพีเอส สีขาว ขยายตัวประมาณ 50 เท่าเป็นเม็ดๆ มีลักษณะเป็นเซลล์ปิดและเมื่อขยายตัวแล้วจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ถึง 98% ของปริมาตรมีเพียง 2% เท่านั้นที่เป็นเนื้อพลาสติก ทำให้โฟมมีขนาดใหญ่แต่มีน้ำหนักเบา จากนั้นจึงนำไปขึ้นรูปโฟมบล็อกและโฟมโมลด์ตามรูปแบบต่างๆ โฟมอีพีเอส แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดลามไฟ (P – Grade) และชนิดไม่ลามไฟ (F – Grade)

2.4.3.1 ชนิดลามไฟ (P – Grade) เป็นโฟมเกรดธรรมดา ซึ่งลุกติดไฟและลามหมดอย่างรวดเร็ว เหมาะกับการใช้งานทั่วไป ที่ไม่ใช่งานก่อสร้าง

2.4.3.2 ชนิดไม่ลามไฟ (F – Grade) เป็นโฟมชนิดที่ผสมสารกันไฟ ซึ่งคุณสมบัติไม่ลามไฟ จึงเหมาะสำหรับงานก่อสร้าง หรืองานที่ต้องการลดความเสี่ยงเรื่องอัคคีภัย

โฟมมีน้ำหนักเบามีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันทั้งความร้อนและความชื้นได้เป็นอย่างดี โฟมสามารถรับแรงกดได้ประมาณ 1 ksc เมื่อโฟมมีความหนาแน่น 10 kcm รับแรงได้สูงขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และสามารถรับแรงดึงได้ประมาณ 2.5 ksc รับแรงได้สูงขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งโฟมเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นและซับแรงได้ เหมาะสมที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบของพื้น โดยเป็นส่วนประกอบตรงกลางของพื้นประกอบ เพื่อทำหน้าที่ถ่ายแรงระหว่างผิวล่างและผิวบน

ภาพที่ 2.9 โฟมอีพีเอส [12]



ภาพที่ 2.10 กำลังรับน้ำหนักของโฟมอีพีเอส [13]

2.4.4 อีพ๊อกซี่ (epoxy) คือโคโพลิเมอร์ ที่เกิดจากสารเคมีที่แตกต่างกันสองสิ่ง ที่เรียกว่า เรซิน (ส่วน A) และฮาร์ดเดนเนอร์ (ส่วน B) อีพ๊อกซี่ ถูกนำมาใช้ในหลากหลายสาขาอาชีพ เช่น งานทางวิศวกรรมโยธา, งานทางไฟฟ้า ,งานทางเคมี (เคลือบผิวเพื่อปกป้องวัสดุชนิดอื่นๆ) และงานเชื่อมประสานวัสดุต่างๆ เป็นต้น เพราะอีพ๊อกซี่มีคุณสมบัติในการเกาะติดกับวัสดุอื่นได้ดี และมีสมบัติทางกลที่ดี ทนทานสารเคมี และเป็นฉนวนไฟฟ้า นอกจากนี้ ยังสามารถนำอีพ๊อกซี่ไปผสมกับสารเคมี หรือวัสดุอื่น เพื่อให้เกิดคุณสมบัติที่หลากหลายเหมาะกับการใช้งานเฉพาะด้านได้อีกด้วย

ภาพที่ 2.11 อีพ๊อกซี่

ตารางที่ 2-13 กำลังรับแรงอัดและดึงในเวลา 1, 2 และ 3 วัน ของอีพ๊อกซี่ [14]

กำลังรับแรง	1 วัน	3 วัน	7 วัน
แรงอัด (ksc)	704	710	800
แรงดึง (ksc)	545	587	593

2.4.5 แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปท้องเรียบ เป็นแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมลวดอัดแรง ปัจจุบันนิยมใช้ในอาคารต่างๆ ที่มีช่วงความกว้างไม่เกิน 4 – 5 เมตร เช่น ตึกแถว ทาวน์เฮาส์ สำนักงาน และบ้านพักอาศัย เป็นต้น เพราะติดตั้งได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว

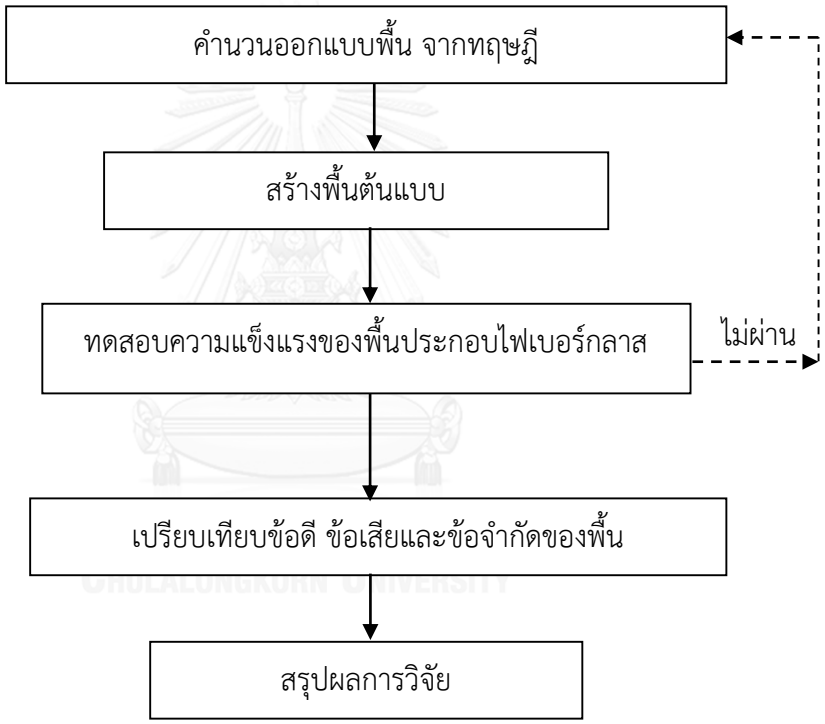
ข้อแนะนำในการติดตั้งแผ่นพื้นท้องเรียบมีรายละเอียดดังนี้

1) ปรับผิวบนหลังคานให้เรียบและได้ระดับก่อนวางแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป
2) การค้ำยันแผ่นพื้น
   - ความยาวแผ่นพื้นไม่เกิน 1.00 เมตร ไม่ต้องทำการค้ำยัน
   - ความยาวแผ่นพื้นอยู่ระหว่าง 1.00 – 3.00 เมตร ให้ค้ำยันที่จุดกึ่งกลาง 1 จุด
   - ความยาวแผ่นพื้นมากกว่า 3.00 เมตร ให้ค้ำยันที่จุดกึ่งกลาง 2 จุดโดยแบ่งระยะเท่าๆ กัน
3) วางตะแกรงเหล็กขนาด Ø6 มิลลิเมตร @ 0.20 เมตร แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป
4) เทคอนกรีตอัตราส่วน 1 : 2 : 4 ทับหน้าหนาประมาณ 4 - 6 เซนติเมตร
5) บ่มคอนกรีตทับหน้า ไม่น้อยกว่า 7 วัน จะสามารถถอดค้ำยันได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตทับหน้ามีอายุไม่น้อยกว่า 14 วัน

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

จากความสำคัญของเรื่องที่จะศึกษา และเพื่อสนองต่อวัตถุประสงค์ รวมทั้งแนวคิด และทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น วิธีการและขั้นตอนต่าง ๆที่จำเป็น เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการวิจัยมีดังนี้

3.1 กรอบแนวคิดของการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดของการดำเนินการวิจัย

3.2 ระเบียบวิธีการวิจัย

1) ศึกษาวิธีการออกแบบและก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก และพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป ด้วยวิธีการศึกษาจากข้อกำหนด และมาตรฐานต่างๆ จากรายการคำนวณ งบประมาณในการก่อสร้าง เทคนิคก่อสร้าง และเวลาในการก่อสร้าง

2) ออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

3) ก่อสร้างต้นแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

4) ทดสอบความแข็งแรงของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสและวัดค่าต่างๆเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูล

5) เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียและข้อจำกัดของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส กับก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก และพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

6) สรุปผลและแนวทางในการวิจัย

ตารางที่ 3-1 แผนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน			
1. ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																
2. ร่างแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส																
3. คำนวนออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส																
4. สร้างพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส																
5. ทดสอบความแข็งแรงของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส																
6. เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลที่ได้รับ																
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ																

3.3 ตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างการทดสอบของการวิจัยครั้งนี้คือพื้นทางเดียว (One - Way Slab) ได้แก่พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ที่มีโฟมอีพีเอส เป็นแกนกลางพื้นหนา 15 ซม. ควบคุมน้ำหนักบรรทุกที่ 150 กก/ตร.ม.

3.4 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเพื่อออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

3.4.1ข้อมูลปฐมภูมิได้จาก

1) คำนวนออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

2) ก่อสร้างพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

3) ทดสอบและเก็บข้อมูลต่างๆของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

3.4.2 ข้อมูลทุติยภูมิได้จาก

1) พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป ที่มีขนาดเท่าและใกล้เคียงกับพื้นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

2) รายการคำนวณโครงสร้างพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

3) บันทึกข้อมูลราคาก่อสร้างพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

4) บันทึกข้อมูลทางด้านเวลาการก่อสร้างพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 เครื่องมือและเอกสารที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1) ตารางบันทึกข้อมูล ขนาดและน้ำหนัก

2) ตารางบันทึกข้อมูล รายการคำนวณพื้นและคาน

3) ตารางบันทึกข้อมูล รายการประมาณราคา

4) ตารางบันทึกข้อมูลจุดบกพร่องแยกตามสาเหตุ (Check Sheet)

5) ตารางบันทึกการแอ่นตัวของพื้น

6) มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก วสท.

7) มาตรฐานการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของพื้น ตาม มอก. 577 – 2531

8) มาตรวัดการแอ่นตัว

3.5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) ตารางการเปรียบเทียบน้ำหนักพื้น

2) ตารางการเปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวมาตรฐานที่ยอมให้กับค่าที่วัดได้จริง

3) ตารางการเปรียบเทียบการขนส่ง

4) ตารางการเปรียบเทียบการก่อสร้าง

5) ตารางการเปรียบเทียบงบประมาณในการก่อสร้าง

3.5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการนำเสนอ

1) เอกสาร

2) โปรแกรมนำเสนองาน

3.6 วิธีดำเนินการรวบรวมข้อมูล

1) รวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

2) บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา สาเหตุและข้อจำกัด

3) บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

4) บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย

5) วิเคราะห์และสรุปผล

3.7 วิธีจัดการกับข้อมูล

3.7.1 ทำการเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆจากตารางและกราฟเพื่อหาผลต่างและร้อยละ

3.7.2 วิเคราะห์ข้อมูล

3.7.3 นำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อดำเนินการสรุปและเปรียบเทียบในเรื่อง

1) น้ำหนักของโครงสร้างพื้น

2) ระยะเวลาในการก่อสร้าง

3) งบประมาณในการก่อสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

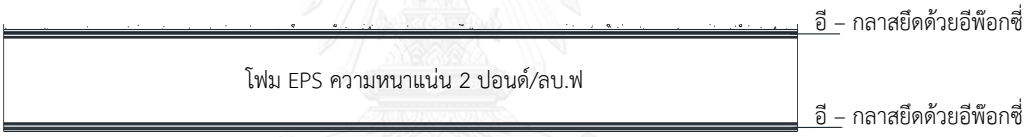
บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากกรอบแนวคิดของการดำเนินการวิจัย เริ่มต้นด้วยการคำนวนออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสเพื่อสร้างพื้นต้นแบบและเก็บข้อมูลจากการทดสอบกำลังการรับน้ำหนักของพื้น

พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส คือ พื้นที่มีส่วนประกอบของ คอนกรีต โฟม EPS และเส้นใยแก้ชนิด อี-กลาส โดยที่

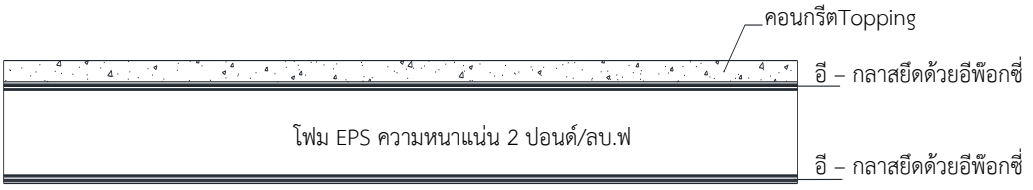
- คอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัด 240 กก./ตร.ซม. เป็นส่วนที่รับแรงอัด (ส่วนบนของพื้น)

- โฟมอีพีเอส ที่มีความหนาแน่น 2 ปอนด์/ลบ.ฟ. เป็นส่วนตรงกลางของแผ่นพื้นทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเส้นใยแก้วกับคอนกรีตให้เป็นชิ้นเดียวกัน

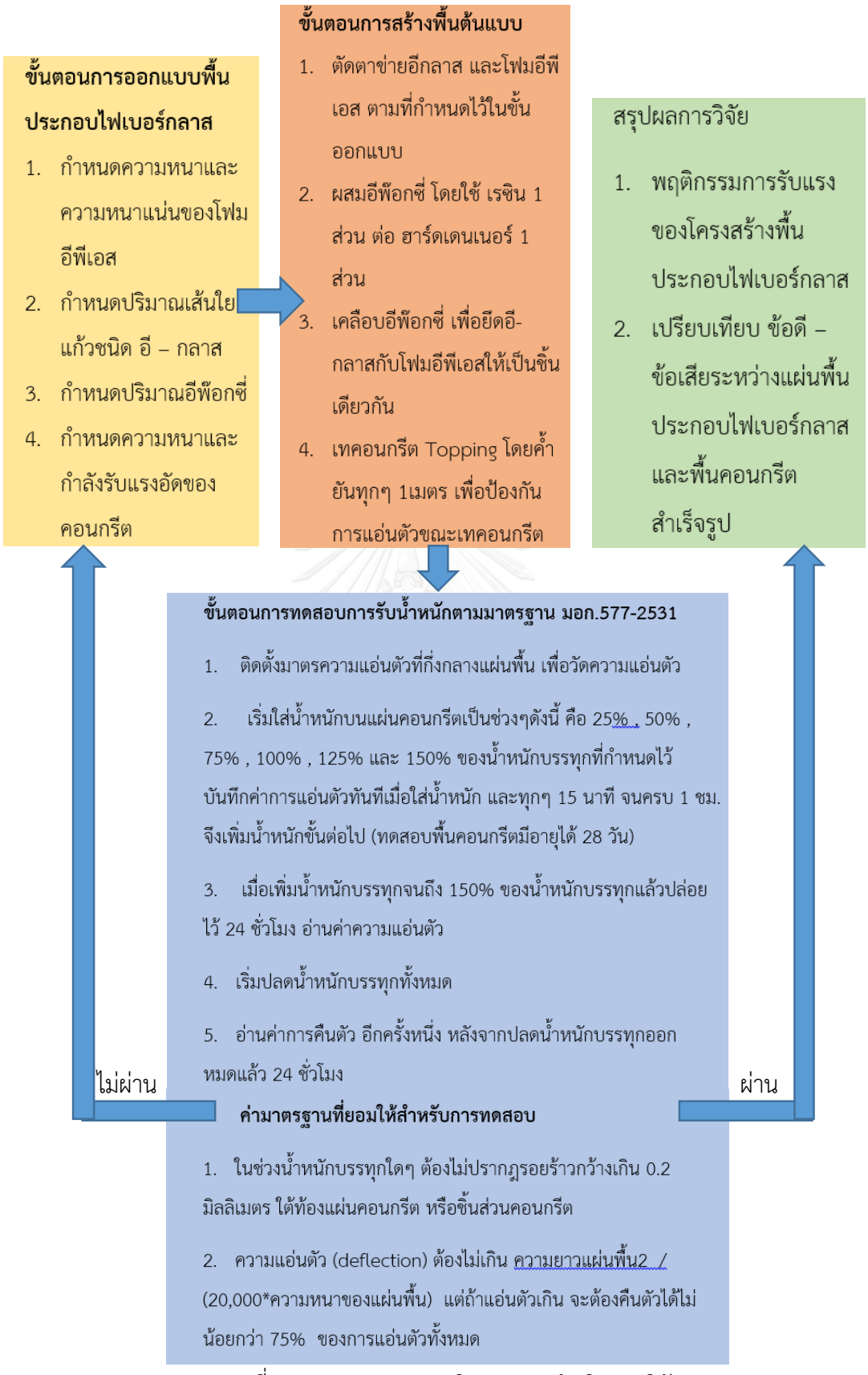


ภาพที่ 4.1แบบร่างพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสเพื่อการขนส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.2 แบบร่างพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่เทคอนกรีตเพื่อรับแรงอัด



ภาพที่ 4.3 ขยายกรอบแนวคิดของการดำเนินการวิจัย

4.1 ขั้นตอนการออกแบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

4.1.1 กำหนดความหนาและความหนาแน่นของโฟมอีพี่เอส

4.1.2 กำหนดปริมาณเส้นใยแก้วชนิด อี – กลาส

4.1.3 กำหนดปริมาณอีพ๊อกซี่

4.1.4 กำหนดความหนาและกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

4.2 ขั้นตอนการสร้างพื้นต้นแบบ

4.2.1 ตัดตาข่ายอีกลาส และโฟมอีพีเอส ตามที่กำหนดไว้ในขั้นออกแบบ

4.2.2 ผสมอีพ๊อกซี่ โดยใช้ เรซิน 1 ส่วน ต่อ ฮาร์ดเดนเนอร์ 1 ส่วน

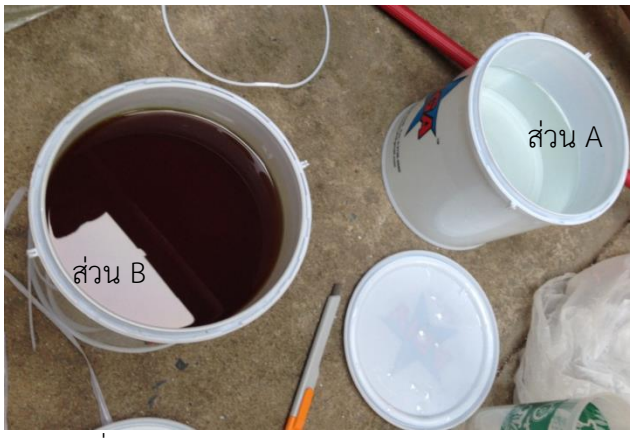
4.2.3 เคลือบอีพ๊อกซี่ เพื่อยึดอี-กลาสกับโฟมอีพีเอสให้เป็นชิ้นเดียวกัน

4.2.4 เทคอนกรีต Topping โดยค้ำยันทุกๆ 1เมตร เพื่อป้องกันการแอ่นตัวขณะเทคอนกรีต

ภาพที่ 4.4 ตัดแผ่นโฟมอีพีเอส เพื่อเป็นส่วนประกอบของพื้น

ภาพที่ 4.5 ตัดตาข่าย อี-กลาส เพื่อประกอบกับโฟมอีพีเอส

ภาพที่ 4.6 เตรียมอีพ๊อกซี่เพื่อยึดตาข่ายไฟเบอร์กลาสกับโฟมอีพีเอส



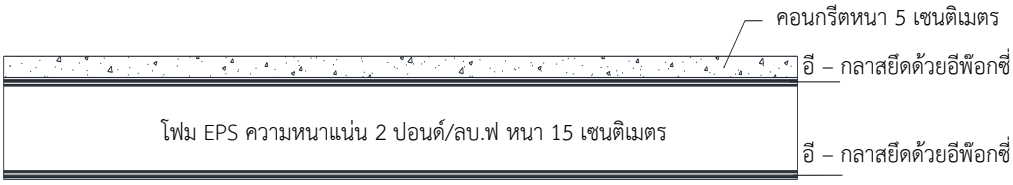
ภาพที่ 4.7 อีพ๊อกซี่ประกอบไปด้วยส่วน A และ B (เรซิน และฮาร์ดเดนเนอร์)

ภาพที่ 4.8 เคลือบอีพ๊อกซี่เพื่อยึดตาข่ายไฟเบอร์กลาสกับโฟมอีพีเอส

ภาพที่ 4.9 พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.10 เทคอนกรีต Topping หนา 5 เซนติเมตรบนพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส



ภาพที่ 4.11 พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

4.3 ขั้นตอนการทดสอบการรับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก.577-2531

4.3.1 ติดตั้งมาตรความแอ่นตัวที่กึ่งกลางแผ่นพื้น เพื่อวัดความแอ่นตัว

4.3.2 เริ่มใส่น้ำหนักบนแผ่นคอนกรีตเป็นช่วงๆดังนี้ คือ 25% , 50% , 75% , 100% , 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกที่กำหนดไว้ บันทึกค่าการแอ่นตัวทันทีเมื่อใส่น้ำหนัก และทุกๆ 15 นาที จนครบ 1 ชม. จึงเพิ่มน้ำหนักขั้นต่อไป (ทดสอบพื้นคอนกรีตมีอายุได้ 28 วัน)

4.3.3 เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนถึง 150% ของน้ำหนักบรรทุกแล้วปล่อยไว้ 24 ชั่วโมง อ่านค่าความแอ่นตัว

4.3.4 เริ่มปลดน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด

4.3.5 อ่านค่าการคืนตัว อีกครั้งหนึ่ง หลังจากปลดน้ำหนักบรรทุกออกหมดแล้ว 24 ชั่วโมง

ค่ามาตรฐานที่ยอมให้สำหรับการทดสอบ

- ในช่วงน้ำหนักบรรทุกใดๆ ต้องไม่ปรากฏรอยร้าวกว้างเกิน 0.2 มิลลิเมตร ใต้ท้องแผ่นคอนกรีต หรือชิ้นส่วนคอนกรีต

- ความแอ่นตัว (deflection) ต้องไม่เกิน ความยาวแผ่นพื้น2 / (20,000*ความหนาของแผ่นพื้น) แต่ถ้าแอ่นตัวเกิน จะต้องคืนตัวได้ไม่น้อยกว่า 75% ของการแอ่นตัวทั้งหมด

ภาพที่ 4.12 แสดงการค้ำยันเพื่อป้องกันการแอ่นตัวขณะเทคอนกรีตพื้น

ภาพที่ 4.13 แสดงการใส่น้ำหนักบรรทุกและตำแหน่งติดตั้งมาตรวัดการแอ่นตัว

ภาพที่ 4.14 การทดสอบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ตามมาตรฐาน มอก. 577 – 2531

ภาพที่ 4.15 วัดการแอ่นตัวของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสและบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลจากการทดสอบแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ตามมาตรฐาน มอก. 577 - 2531

ตารางที่ 4-1 บันทึกระยะแอ่นตัวทุก 15 นาที เมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

เวลา (นาที)	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2
เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก 0%	0	-0.02
เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก 25%		
0	-0.85	-1.1
15	-1.32	-1.75
30	-1.88	-2.38
45	-2.34	-2.98
60	-2.84	-3.54
เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก 50%		
0	-3.61	-4.52
15	-4.08	-5.02
30	-4.51	-5.45
45	-5.12	-5.84
60	-5.54	-6.23
เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก 75%		
0	-6.32	-7.01
15	-6.78	-7.39
30	-7.19	-7.78
45	-7.54	-8.13
60	-7.91	-8.53
เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก 100%		
0	-8.68	-9.41
15	-9.13	-9.84
30	-9.57	-10.23
45	-9.85	-10.62
60	-10.32	-11.01

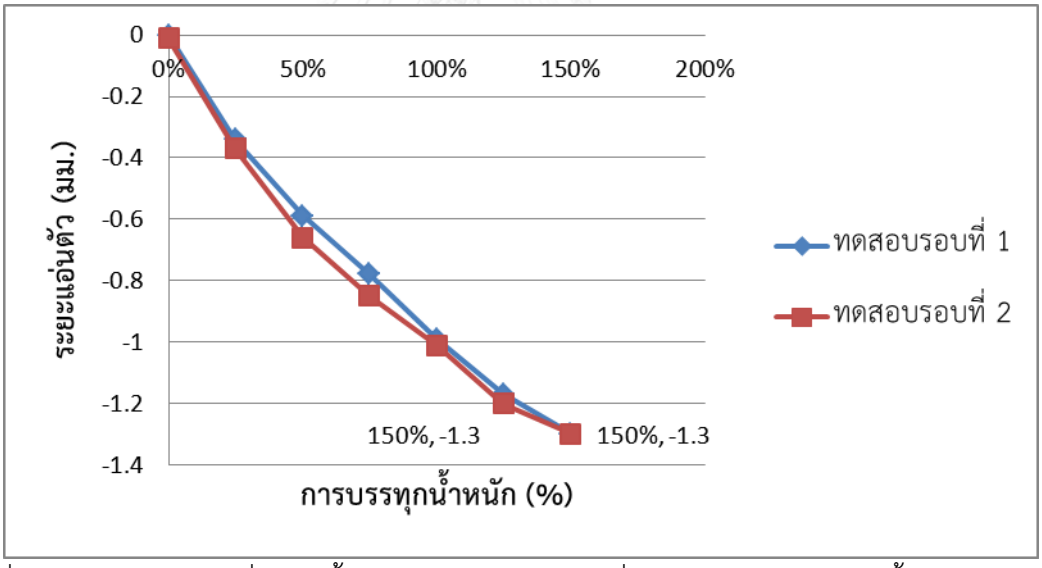
ตารางที่ 4 – 1 (ต่อ) บันทึกระยะแอ่นตัวตัวทุก 15 นาทีเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก 125%		
0	-11.12	-11.72
15	-11.62	-12.13
30	-12.01	-12.55
45	-12.41	-12.87
60	-12.75	-13.25
เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก 150%		
0	-13.72	-14.12
15	-14.23	-14.56
30	-14.71	-14.94
45	-15.28	-15.32
60	-15.76	-15.77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-2 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125%และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

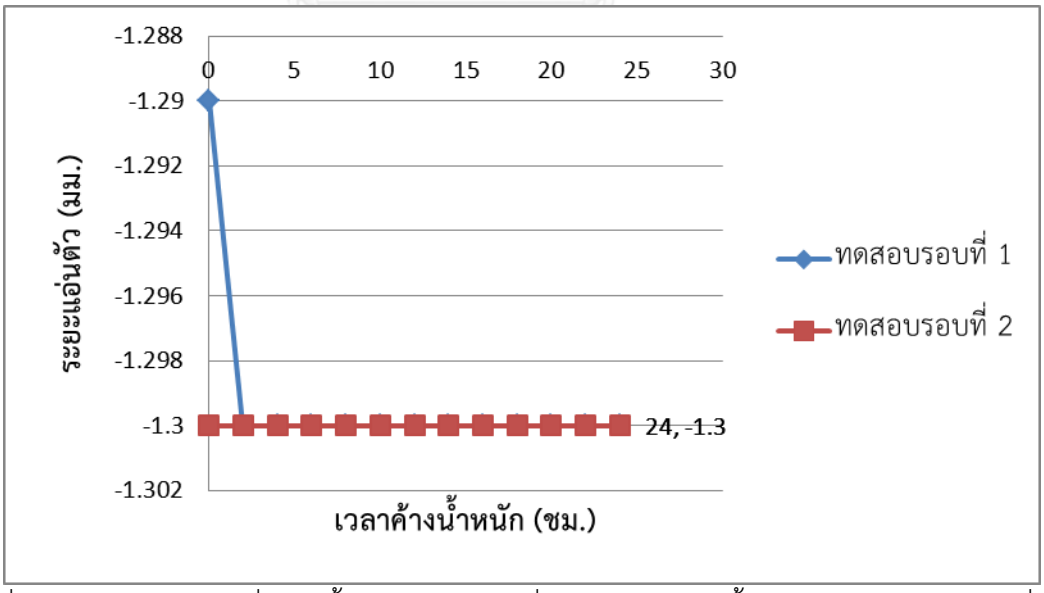
เปอร์น้ำหนักบรรทุก	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2
0%	0.00	0.00
25%	-0.34	-0.37
50%	-0.59	-0.66
75%	-0.78	-0.85
100%	-0.99	-1.01
125%	-1.17	-1.20
150%	-1.30	-1.30



ภาพที่ 4.16 ระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 4-3 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร 24 ชั่วโมง

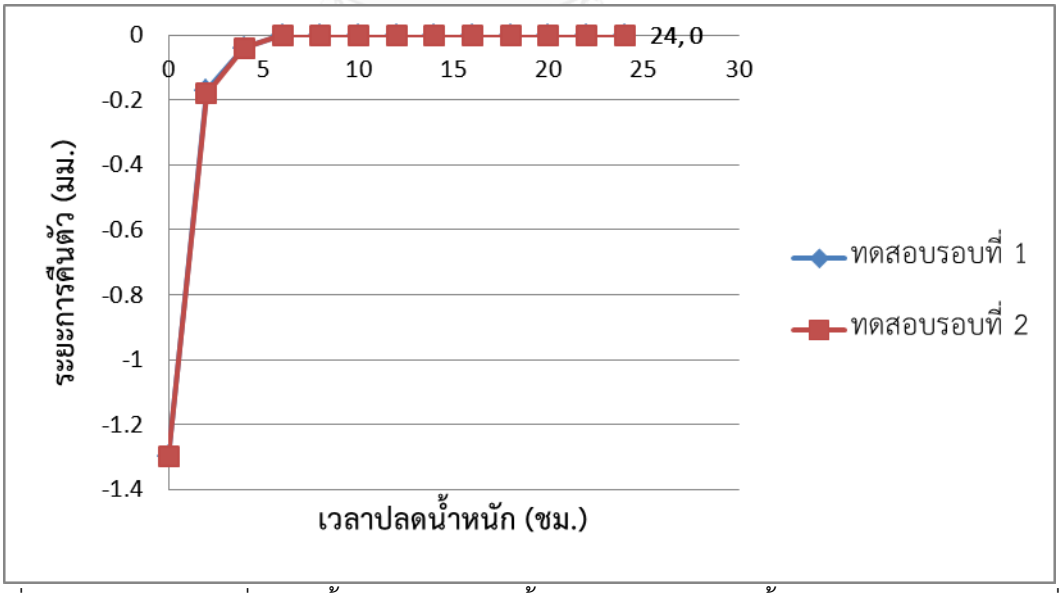
ชั่งโมงที่	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2
2	-1.29	-1.30
4	-1.30	-1.30
6	-1.30	-1.30
8	-1.30	-1.30
10	-1.30	-1.30
12	-1.30	-1.30
14	-1.30	-1.30
16	-1.30	-1.30
18	-1.30	-1.30
20	-1.30	-1.30
22	-1.30	-1.30
24	-1.30	-1.30



ภาพที่ 4.17 ระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4-4 บันทึกระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร 24 ชั่วโมง

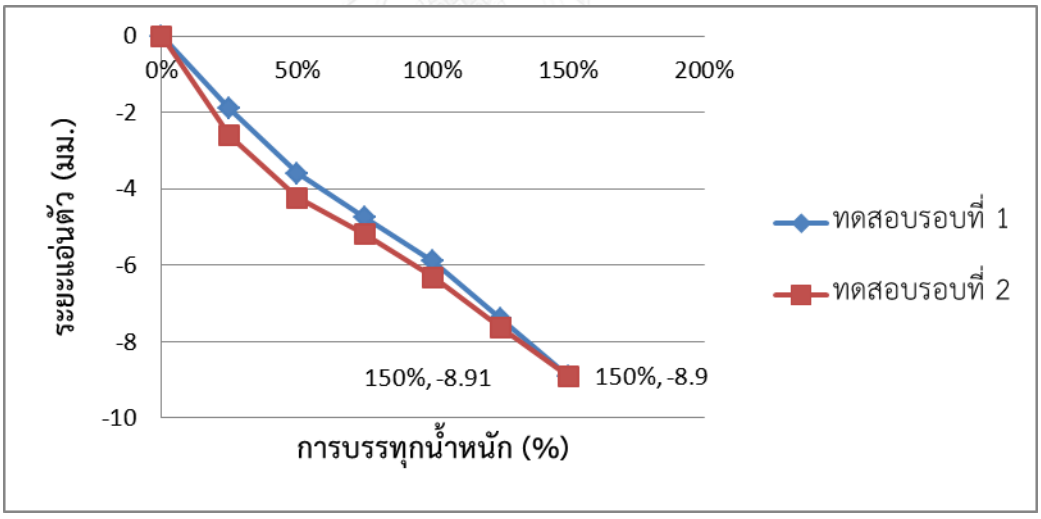
ชั่งโมงที่	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2
2	-1.30	-1.30
4	-0.17	-0.18
6	-0.04	-0.04
8	0.00	0.00
10	0.00	0.00
12	0.00	0.00
14	0.00	0.00
16	0.00	0.00
18	0.00	0.00
20	0.00	0.00
22	0.00	0.00
24	0.00	0.00



ภาพที่ 4.18 ระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 2 เมตร 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4-5 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125%และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

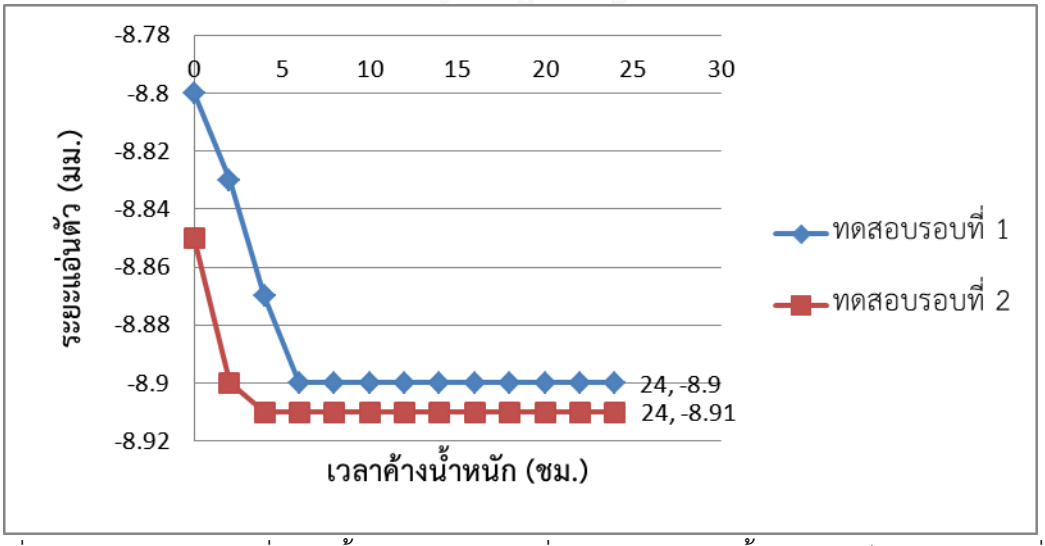
เปอร์น้ำหนักบรรทุก	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2
0%	0	-0.01
25%	-1.90	-2.61
50%	-3.60	-4.23
75%	-4.76	-5.20
100%	-5.89	-6.31
125%	-7.39	-7.62
150%	-8.90	-8.91



ภาพที่ 4.19 ระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125%และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 4-6 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร 24 ชั่วโมง

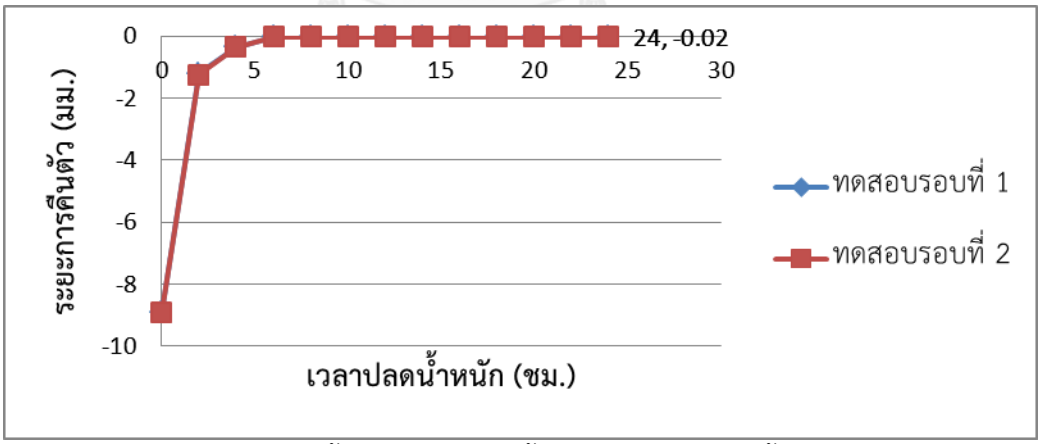
ชั่งโมงที่	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2
2	-8.80	-8.85
4	-8.83	-8.90
6	-8.87	-8.91
8	-8.90	-8.91
10	-8.90	-8.91
12	-8.90	-8.91
14	-8.90	-8.91
16	-8.90	-8.91
18	-8.90	-8.91
20	-8.90	-8.91
22	-8.90	-8.91
24	-8.90	-8.91



ภาพที่ 4.20 ระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4-7 บันทึกระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร 24 ชั่วโมง

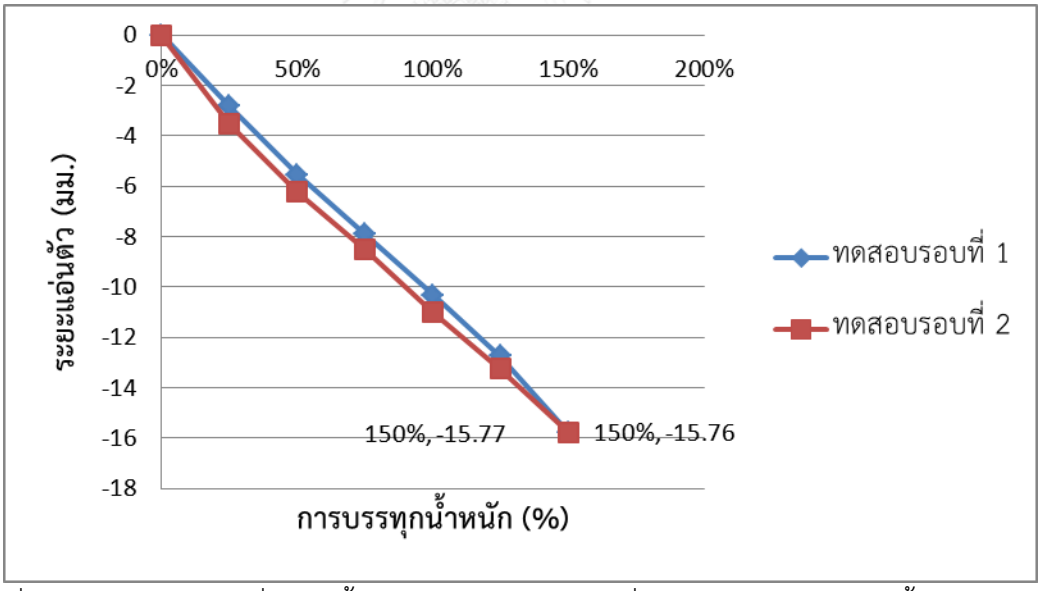
ชั่งโมงที่	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2
2	-8.90	-8.91
4	-1.21	-1.24
6	-0.35	-0.35
8	0.02	0.02
10	0.02	0.02
12	0.02	0.02
14	0.02	0.02
16	0.02	0.02
18	0.02	0.02
20	0.02	0.02
22	0.02	0.02
24	0.02	0.02



ภาพที่ 4.21 ระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 3 เมตร 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4-8 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

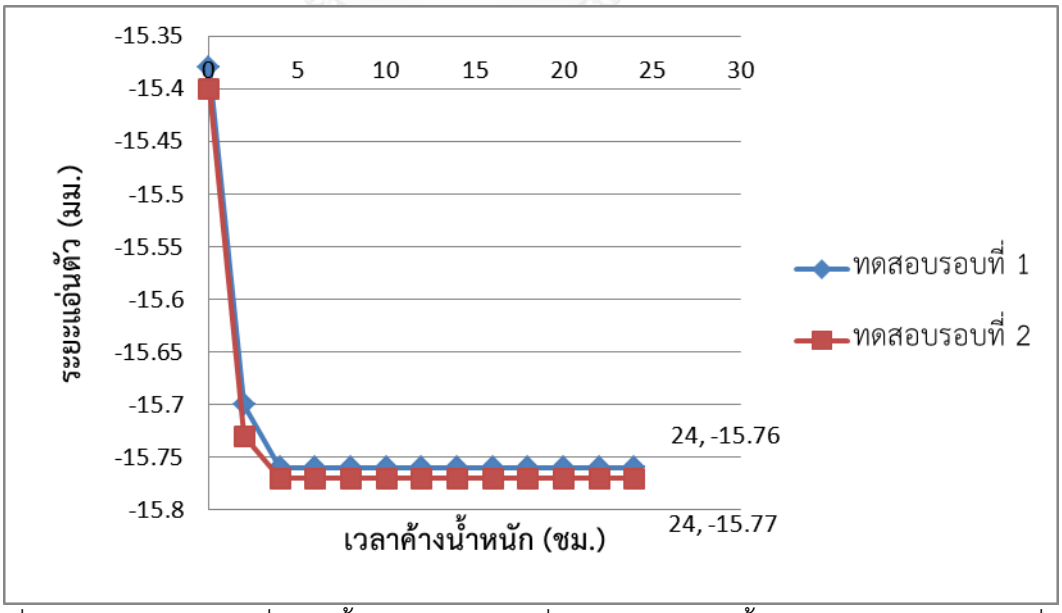
เปอร์น้ำหนักบรรทุก	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 1
0%	0	-0.02
25%	-2.84	-3.54
50%	-5.54	-6.23
75%	-7.91	-8.53
100%	-10.32	-11.01
125%	-12.75	-13.25
150%	-15.76	-15.77



ภาพที่ 4.22 ระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 4-9 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร 24 ชั่วโมง

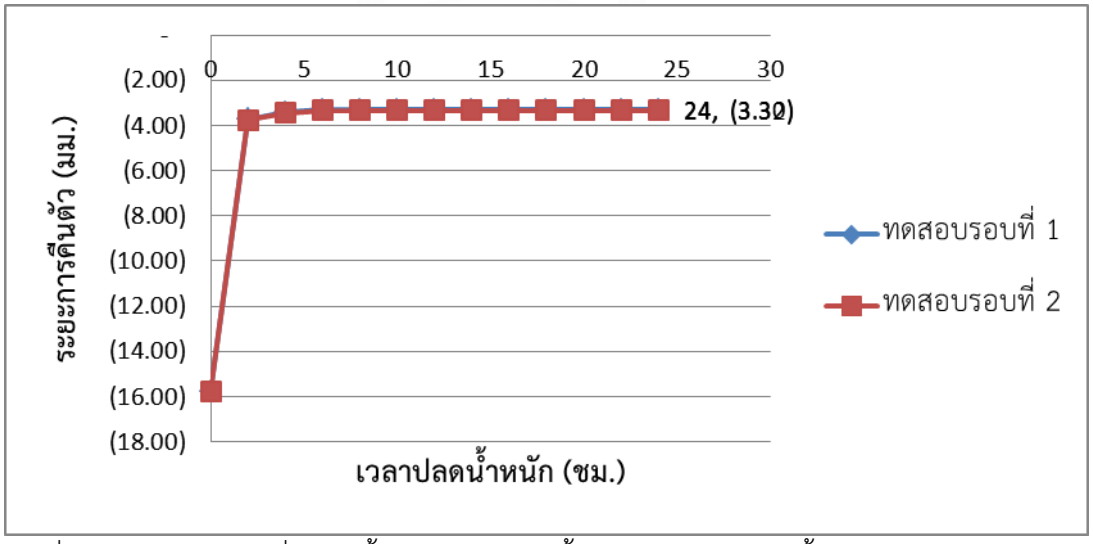
ชั่งโมงที่	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2
2	-15.38	-15.40
4	-15.70	-15.73
6	-15.76	-15.77
8	-15.76	-15.77
10	-15.76	-15.77
12	-15.76	-15.77
14	-15.76	-15.77
16	-15.76	-15.77
18	-15.76	-15.77
20	-15.76	-15.77
22	-15.76	-15.77
24	-15.76	-15.77



ภาพที่ 4.23 ระยะแอ่นตัวเมื่อค้างน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4-10 บันทึกระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร 24 ชั่วโมง

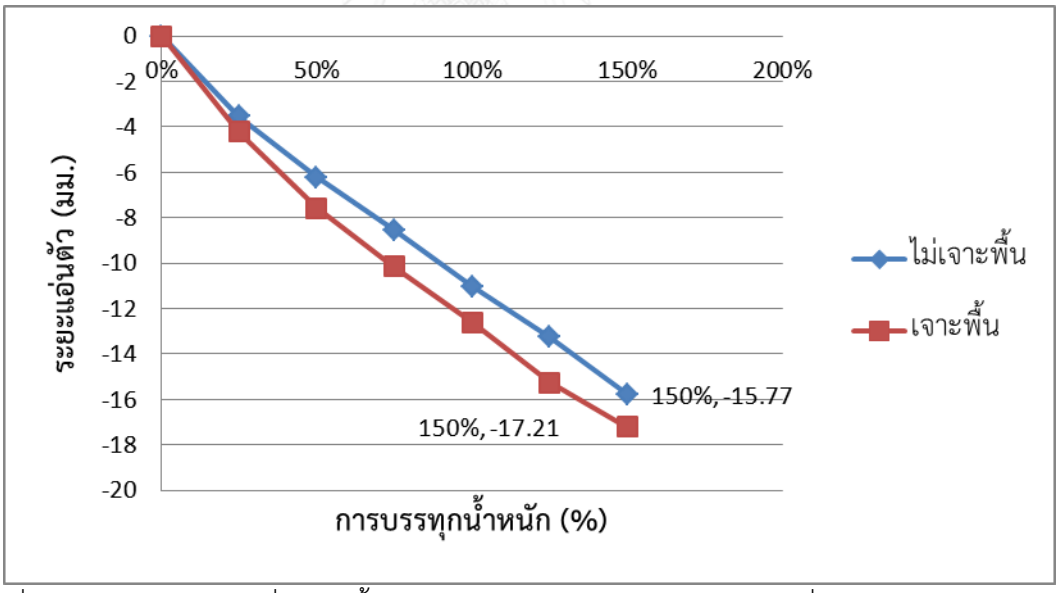
ชั่งโมงที่	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2
2	-15.76	-15.77
4	-3.72	-3.77
6	-3.42	-3.44
8	-3.30	-3.32
10	-3.30	-3.32
12	-3.30	-3.32
14	-3.30	-3.32
16	-3.30	-3.32
18	-3.30	-3.32
20	-3.30	-3.32
22	-3.30	-3.32
24	-3.30	-3.32



ภาพที่ 4.24 ระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมด ออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสที่มีความยาว 4 เมตร 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4-11 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ 16 % ของความกว้างและไม่เจาะ รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

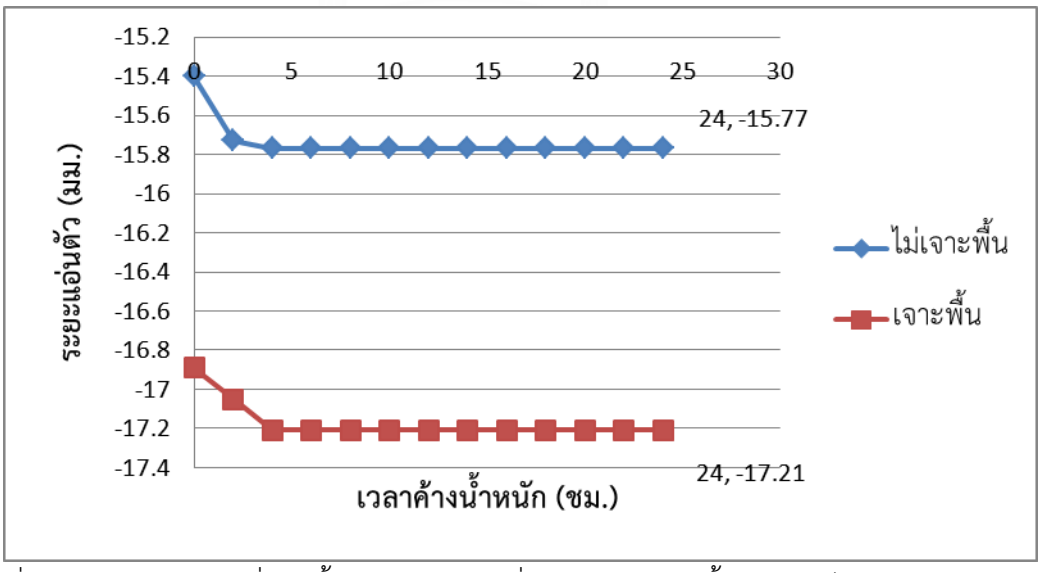
เปอร์น้ำหนักบรรทุก	ไม่เจาะพื้น	เจาะพื้น 16 % ของความกว้าง
0%	-0.02	-0.02
25%	-3.54	-4.22
50%	-6.23	-7.58
75%	-8.53	-10.14
100%	-11.01	-12.61
125%	-13.25	-15.26
150%	-15.77	-17.21



ภาพที่ 4.25 ระยะแอ่นตัวเมื่อแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะ รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 25%, 50%, 75%, 100%, 125% และ 150% ของน้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 4-12 บันทึกระยะแอ่นตัวเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะค้างไว้ 24 ชั่วโมง

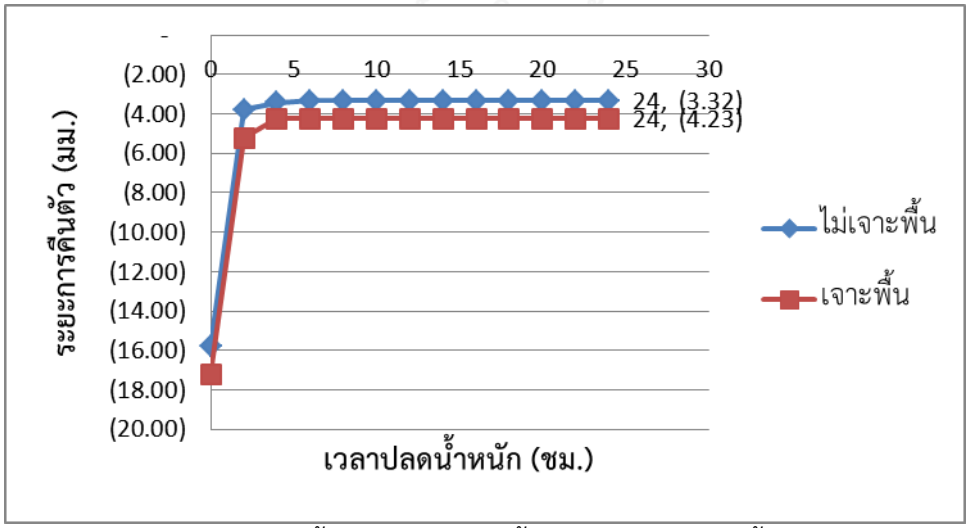
ชั่งโมงที่	ไม่เจาะพื้น	เจาะพื้น 16 % ของความกว้าง
2	-15.40	-16.89
4	-15.73	-17.05
6	-15.77	-17.21
8	-15.77	-17.21
10	-15.77	-17.21
12	-15.77	-17.21
14	-15.77	-17.21
16	-15.77	-17.21
18	-15.77	-17.21
20	-15.77	-17.21
22	-15.77	-17.21
24	-15.77	-17.21



ภาพที่ 4.26 ระยะแอ่นตัวเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 150% บนแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะค้างไว้ 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4-13 บันทึกระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมดออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะ ปลดไว้ 24 ชั่วโมง

ชั่งโมงที่	ไม่เจาะพื้น	เจาะพื้น 16 % ของความกว้าง
2	-15.77	-17.21
4	-3.77	-5.22
6	-3.44	-4.23
8	-3.32	-4.23
10	-3.32	-4.23
12	-3.32	-4.23
14	-3.32	-4.23
16	-3.32	-4.23
18	-3.32	-4.23
20	-3.32	-4.23
22	-3.32	-4.23
24	-3.32	-4.23



ภาพที่ 4.27 ระยะคืนตัวเมื่อปลดน้ำหนักบรรทุกจรทั้งหมดออกจากแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสยาว 4 เมตร ที่เจาะ16 % ของความกว้าง และไม่เจาะ ปลดไว้ 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4-14 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานที่ยอมให้กับค่าที่วัดได้จริง

ลำดับ	ความยาวแผ่นพื้น	ค่ามาตรฐานที่ยอมให้สำหรับการทดสอบมอก. 577 - 2531					
		รอยร้าวไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร	ความแอ่นตัวต้องไม่เกินความยาวของแผ่นพื้น²/(20,000xความหนาของแผ่นพื้น)	ความแอ่นตัวจริง	แต่ถ้าแอ่นเกินที่กำหนดจะต้องคืนตัวได้ไม่น้อยกว่า 75% ของการแอ่นตัวทั้งหมด	การคืนตัวจริง	ผลการทดสอบ
1	2 ม.	ไม่พบ	1.00 มม.	1.30 มม.	0.97 มม.	1.30 มม.	ผ่าน
2	3 ม.	ไม่พบ	2.25 มม.	8.91 มม.	6.67 มม.	8.89 มม.	ผ่าน
3	4 ม.	ไม่พบ	4.00 มม.	15.77 มม.	11.82 มม.	12.45 มม.	ผ่าน
4*	4 ม.	ไม่พบ	4.00 มิมม.	17.21 มม.	12.90 มม.	12.98 มม.	ผ่าน

*** กรณีที่เจาะแผ่นพื้นกว้าง 5 ซม. จากความกว้างพื้น 30 ซม. คิดเป็น 16% ของความกว้าง**

ตารางที่ 4-15 เปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักจากทฤษฎีกับค่าที่วัดได้จริง

รายการ	ทฤษฎีคอนกรีตเสริมเหล็ก	ผลที่ได้จากการทดสอบ	กำลังรับแรงพื้นประกอบไฟเบอร์เปรียบเทียบกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
ความยาว	4 ม.	4 ม.	
ความหนา	0.20 ม.	0.20 ม.	
กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด (w)	6,496 กก/ตร.ม.	225 กก/ตร.ม.	
กำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ws)	4,331 กก/ตร.ม.	150 กก/ตร.ม.	
พื้นที่หน้าตัดคอนกรีตรับแรงอัด (Ac) = b*a	30*3.48=104.4 ตร.ซม.	30x3.48=104.4 ตร.ซม.	
พื้นที่หน้าตัดไฟเบอร์กลาสรับแรงดึง	0.61 ตร.ซม.	0.61 ตร.ซม.	
กำลังรับแรงอัด (C) = 0.85*fc'*b*a	21,350 กก.	2,464 กก.	11.5%
กำลังรับแรงดึง (T) = Afg*ffg	21,350 กก.	2,464 กก.	11.5%
กำลังรับโมเมนต์ (M) = Afg*ffg*(d-a/2)	3,898 กก./ม.	450 กก./ม.	11.5%
กำลังรับแรงเฉือน (V) = 0.53*√fc*b*d	4,926 กก.	450 กก.	10.94%

จาก หน่วยแรงอัด (C) = หน่วยแรงดึง (T) เมื่อ C = 0.85*fc'*b*a และ T = Afg*ffg

โดยที่ fc' = แรงอัดประลัยของคอนกรีต

b = ความกว้างของคานหรือแผ่นพื้น

a = ระยะจากผิวบนถึงแกนสะเทินคูณ 0.85 เมื่อ fc' ไม่เกิน 280 กก./ตร.ซม.

Afg = พื้นที่หน้าตัดไฟเบอร์กลาส (E – glass)

ffg = กำลังรับแรงดึงของไฟเบอร์กลาส (E – glass)

d = ความลึกประสิทธิผล

โมเมนต์ (M) = T * (d – a/2) หรือ C * (d – a/2).....จากสูตรเดิม

จากการทดสอบการรับน้ำพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสไม่สามารถรับแรงได้ตามทฤษฎีคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งรับโมเมต์ได้จริงเพียง 11% ของทฤษฎีเท่านั้น ดังนั้นจึงปรับตัวคูณเพื่อให้สอดคล้องกับการทดสอบดังนี้

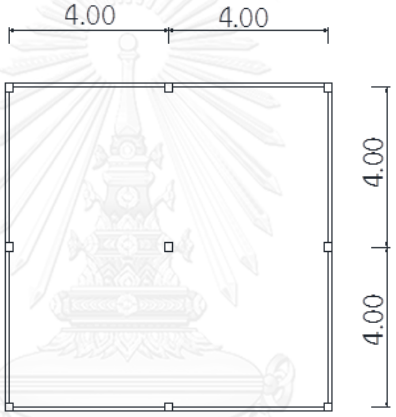
โมเมนต์ (M) = 0.11*T*(d – a/2)/1.5 หรือ 0.11*C*(d – a/2)/1.5.....จากการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

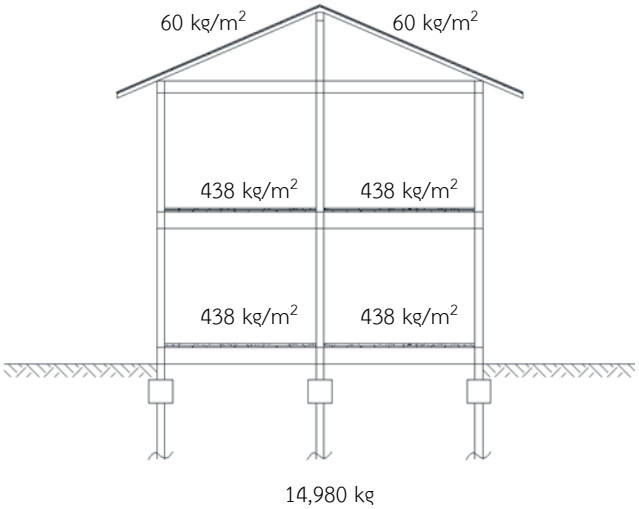
บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส สามารถนำแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสมาใช้ทดแทนแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปได้ ภายใต้ความยาวของแผ่นพื้นไม่เกิน 4.00 เมตร และรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานโดยปลอดภัยที่ 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

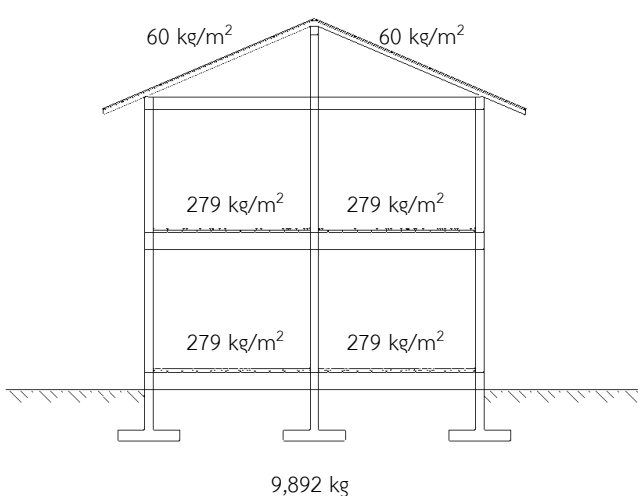
หากนำแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสมาใช้กับบ้านพักอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8.00 x 8.00 ตารางเมตร เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปจะได้ผลต่างๆดังนี้



ภาพที่ 5.1 แปลนบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร



ภาพที่ 5.2 บ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่ใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป ต้องใช้เสาเข็มเพื่อรับน้ำหนักบรรทุก



ภาพที่ 5.3 บ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่ใช้พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ใช้เพียงฐานรากแผ่เพื่อรับน้ำหนักบรรทุก

ตารางที่ 5-1 เปรียบเทียบการราคาของพื้นและการขนส่ง ระหว่างแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

รายการ	น้ำหนัก (kg/m^2)	ราคา (m^2)	การขนส่งต่อเที่ยวรถบรรทุก (m^2)	น้ำหนักต่อเที่ยวรถบรรทุก (kg)	ค่าความต้านทานความร้อน (R Value) ($ft^2.h.F/BTU$)
แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป	120	260	83	10,000	0.80
แผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	4.7	900	144	677	23.50

ตารางที่ 5-2 เปรียบเทียบการยกติดตั้งต่อการยก 1 ครั้ง ระหว่างแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

รายการ	ขนาดแผ่น	น้ำหนัก	จำนวนคนยกต่อแผ่น	งานติดตั้งต่อคน
	(m^2)	(kg / แผ่น)	(คน)	(m^2 / คน)
แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป	0.35x4 = 1.4	168	4	0.35
แผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	1.20x4 = 4.8	22.56	2	2.4

ตารางที่ 5-3 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นทั้ง 2 ชนิด (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ลำดับ	รายการ	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป			พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส			ส่วนต่าง (บาท)
		ราคา (บาท)	แรงงาน Man - day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	ราคา (บาท)	แรงงาน Man- day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	
1	งานเสาเข็มตอก	90,690.00	30.00	6.00	-	-	-	- 90,690.00
2	งานฐานราก - ตอม่อ	16,987.20	12.04	2.41	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	งานโครงสร้างเสา	33,769.88	17.57	3.51	33,769.88	17.57	3.51	-
4	งานโครงสร้างคาน	84,056.51	40.58	8.12	80,724.07	39.04	7.81	- 3,332.45
5	งานโครงสร้างพื้น	58,767.12	18.17	3.63	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
รวม		284,270.71			285,637.59			1,366.89
ราคา/ตร.ม. (บาท)		2,220			2,231			11.00
รวมแรงงาน Man - day		118.35			96.07			- 22.28
รวมจำนวนวันก่อสร้าง (วัน) (ทีมงาน 5 คน/วัน)		23.67			19.21			- 4.46

ตารางที่ 5-4 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นทั้ง 2 ชนิด (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ลำดับ	รายการ	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป			พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส			ส่วนต่าง (บาท)
		ราคา (บาท)	แรงงาน Man - day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	ราคา (บาท)	แรงงาน Man-day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	
1	งานเสาเข็มตอก	90,690.00	30.00	6.00	-	-	-	- 90,690.00
2	งานฐานราก - ตอม่อ	16,987.20	12.04	2.41	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	งานโครงสร้างเสา	33,769.88	17.57	3.51	33,769.88	17.57	3.51	-
4	งานโครงสร้างคาน	58,531.20	17.47	3.49	58,531.20	17.47	3.49	-
5	งานโครงสร้างพื้น	58,767.12	18.17	3.63	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
รวม		258,745.40			263,444.73			- 20,825.98
ราคา/ตร.ม. (บาท)		2,021			2,058			37.00
รวมแรงงาน Man - day		95.24			74.51			- 20.74
รวมจำนวนวันก่อสร้าง (วัน) (ทีมงาน 5 คน/วัน)		19.05			14.90			- 4.15

ตารางที่ 5-5 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ลำดับ	รายการ	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป			พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส			ส่วนต่าง (บาท)
		ราคา (บาท)	แรงงาน Man - day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	ราคา (บาท)	แรงงาน Man-day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	
1	งานเสาเข็มตอก	90,690.00	30.00	6.00	-	-	-	- 90,690.00
2	งานฐานราก - ตอม่อ	16,987.20	12.04	2.41	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	งานโครงสร้างเสา	33,769.88	17.57	3.51	33,769.88	17.57	3.51	-
4	งานโครงสร้างคาน	84,056.51	40.58	8.12	58,531.20	17.47	3.49	- 25,525.31
5	งานโครงสร้างพื้น	58,767.12	18.17	3.63	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
รวม		284,270.71			263,444.73			- 20,825.98
ราคา/ตร.ม. (บาท)		2,220			2,058			- 168.00
รวมแรงงาน Man - day		118.35			74.51			- 43.84
รวมจำนวนวันก่อสร้าง (วัน) (ทีมงาน 5 คน/วัน)		23.67			14.90			- 8.77

ตารางที่ 5-6 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นทั้ง 2 ชนิด (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ลำดับ	รายการ	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป			พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส			ส่วนต่าง (บาท)
		ราคา (บาท)	แรงงาน Man - day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	ราคา (บาท)	แรงงาน Man-day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	
1	งานเสาเข็มเจาะ	97,620.00	35.00	7.00	-	-	-	- 97,620.00
2	งานฐานราก - ตอม่อ	16,987.20	12.04	2.41	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	งานโครงสร้างเสา	33,769.88	17.57	3.51	33,769.88	17.57	3.51	-
4	งานโครงสร้างคาน	84,056.51	40.58	8.12	80,724.07	39.04	7.81	- 3,332.45
5	งานโครงสร้างพื้น	58,767.12	18.17	3.63	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
รวม		291,200.71			285,637.59			- 5,563.11
ราคา/ตร.ม. (บาท)		2,275			2,231			- 44.00
รวมแรงงาน Man - day		123.35			96.07			- 27.28
รวมจำนวนวันก่อสร้าง (วัน) (ทีมงาน 5 คน/วัน)		24.67			19.21			- 5.46

ตารางที่ 5-7 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นทั้ง 2 ชนิด (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ลำดับ	รายการ	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป			พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส			ส่วนต่าง (บาท)
		ราคา (บาท)	แรงงาน Man - day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	ราคา (บาท)	แรงงาน Man-day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	
1	งานเสาเข็มตอก	97,620.00	35.00	7.00	-	-	-	- 97,620.00
2	งานฐานราก - ตอม่อ	16,987.20	12.04	2.41	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	งานโครงสร้างเสา	33,769.88	17.57	3.51	33,769.88	17.57	3.51	-
4	งานโครงสร้างคาน	58,531.20	17.47	3.49	58,531.20	17.47	3.49	-
5	งานโครงสร้างพื้น	58,767.12	18.17	3.63	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
รวม		265,675.40			263,444.73			- 2,230.67
ราคา/ตร.ม. (บาท)		2,275			2,058			- 18.00
รวมแรงงาน Man - day		123.35			74.51			- 25.73
รวมจำนวนวันก่อสร้าง (วัน) (ทีมงาน 5 คน/วัน)		24.67			14.90			- 5.15

ตารางที่ 5-8 เปรียบเทียบราคาโครงสร้างอาคาร 2 ชั้น ขนาด 8 X 8 ตารางเมตร ระหว่างการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เมื่อใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ลำดับ	รายการ	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป			พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส			ส่วนต่าง (บาท)
		ราคา (บาท)	แรงงาน Man - day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	ราคา (บาท)	แรงงาน Man- day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	
1	งานเสาเข็มตอก	97,620.00	35.00	7.00	-	-	-	- 97,620.00
2	งานฐานราก - ตอม่อ	16,987.20	12.04	2.41	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	งานโครงสร้างเสา	33,769.88	17.57	3.51	33,769.88	17.57	3.51	-
4	งานโครงสร้างคาน	84,056.51	40.58	8.12	58,531.20	17.47	3.49	- 25,525.31
5	งานโครงสร้างพื้น	58,767.12	18.17	3.63	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
รวม		291,200.71			263,444.73			- 27,755.98
ราคา/ตร.ม. (บาท)		2,275			2,058			- 217.00
รวมแรงงาน Man - day		123.35			74.51			- 48.85
รวมจำนวนวันก่อสร้าง (วัน) (ทีมงาน 5 คน/วัน)		24.67			14.90			- 9.77

ตารางที่ 5-9 เปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้าง ราคาต่อตารางเมตรระหว่างพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ลำดับ	รายการ	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป	พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	ส่วนต่างราคา	ส่วนต่างระยะเวลาก่อสร้าง
		ราคา (บาท/ตร.ม.)	ราคา (บาท/ตร.ม.)	ราคา (บาท/ตร.ม.)	(ทีมงาน 5 คน/วัน) (วัน)
1	ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นทั้ง 2 ชนิด	2,220	2,231	11.00	- 4.46
2	ใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นทั้ง 2 ชนิด	2,021	2,058	37.00	- 4.15
3	ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	2,220	2,058	- 168.00	- 8.77

ตารางที่ 5-10 เปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้าง ราคาต่อตารางเมตรระหว่างพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ลำดับ	รายการ	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป	พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	ส่วนต่าง	ส่วนต่างระยะเวลาก่อสร้าง
		ราคา (บาท/ตร.ม.)	ราคา (บาท/ตร.ม.)	ราคา (บาท/ตร.ม.)	(ทีมงาน 5 คน/วัน) (วัน)
1	ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นทั้ง 2 ชนิด	2,275	2,231	- 44.00	- 5.46
2	ใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นทั้ง 2 ชนิด	2,275	2,058	- 18.00	- 5.15
3	ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	2,275	2,058	- 217.00	- 9.77

ตารางที่ 5-11 แสดงน้ำหนักของอาคารที่ใช้ระบบพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

ชั้น	คาน	พื้น	ผนัง	เสา	หลังคา	รวม
2	9,216	15,360	6,480	6,480	3,840	37,490
1	9,216	15,360	6,480	6,480	3,840	37,490
รวม						71,139

ตารางที่ 5-12 แสดงน้ำหนักของอาคารที่ใช้ระบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

ชั้น	คาน	พื้น	ผนัง	เสา	หลังคา	รวม
2	874	7,981	6,480	2,592	3,840	21,768
1	874	7,981	6,480	2,592	-	17,927
รวม						39,696

ตารางที่ 5-13 เปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างเมื่อเกิดแผ่นดินไหว ของระบบพื้นอาคารที่ใช้พื้นสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

V=ZIKCSW	Z	I	K	C	S	W	V
พื้นสำเร็จรูป	0.19	1.00	1.00	0.15	1.50	71,139	3,058
พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	0.19	1.00	1.00	0.15	1.50	39,696	1,706

จากตารางเปรียบเทียบข้างต้น พบว่า

1. จากการทดสอบกำลังการรับน้ำหนักของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสตามมาตรฐาน มอก. 577 – 2531 ปรากฏว่าพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสสามารถรับน้ำหนักได้ 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตรโดยปลอดภัย

2. พื้นประกอบไฟเบอร์กลาสราคา 900 บาทต่อตารางเมตร พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปราคา 260 บาทต่อตารางเมตร พื้นประกอบไฟเบอร์กลาสแพงกว่า 640 บาทต่อตารางเมตร หรือ 3.46 เท่า แต่โครงสร้างที่ใช้ระบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ทำให้น้ำหนักอาคารลดลง ส่งผลให้ไม่ต้องตอกเสาเข็ม (กรณีใช้เสาเข็มตอก และความต้านทานการรับน้ำหนักของดินไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลกรัมต่อตารางเมตรในการวิเคราะห์) ทำให้ราคารวมของโครงสร้างไม่ต่างกันมากหนัก อยู่ระหว่าง 11 – 44 บาท/ตารางเมตร แต่เมื่อเปรียบเทียบในกรณีที่ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้กันทั่วไป และใช้คานเหล็กรูปประพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสซึ่งเป็นระบบใหม่ โครงสร้างที่ใช้พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส จะสามารถประหยัดค่าก่อสร้างได้ 168 และ 217 บาทต่อตารางเมตร หากใช้เสาเข็มตอก และเสาเข็มเจาะ ตามลำดับ

3. พื้นประกอบไฟเบอร์กลาสมีน้ำหนัก 4.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปมีน้ำหนัก 120 กิโลกรัมต่อตารางเมตร พื้นประกอบไฟเบอร์กลาสเบากว่า 115.3 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

4. พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ขนส่งต่อเที่ยวได้มากกว่าพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป 61 ตารางเมตรต่อเที่ยว หรือมากกว่า 1.73 เท่า

5. โครงสร้างที่ใช้ระบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสใช้แรงงานน้อยกว่าโครงสร้างที่ใช้ระบบแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป 20.75 - 48.85 Man-day หรือก่อสร้างได้เร็วกว่า 4.15 – 9.77 วัน (ทีมงาน 5 คน/วัน) แล้วแต่กรณี

6. อาคารที่ใช้ระบบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสจะมีแรงกระทำด้านข้างเนื่องจากแผ่นดินไหว น้อยกว่าอาคารที่ใช้ระบบพื้นสำเร็จรูป 1,351 กิโลกรัม หรือ 44% (ใช้อาคารที่ตั้งอยู่บริเวณกรุงเทพมหานคร ในการวิเคราะห์แรงกระทำได้ข้างที่เกิดจากแผ่นดินไหว)

ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดของแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

1. ควรมีการป้องกันไฟเป็นยังดี เนื่องจากโฟมมีจุดหลอมเหลวต่ำเพียง 80 °C

2. การจากทดสอบการแอ่นตัวของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ถึงแม้การคืนตัวจะเป็นไปตามมาตรฐาน แต่การแอ่นตัวสูงกว่ามาตรฐาน ดังนั้นควรใช้วัสดุปูพื้นที่มีน้ำหนักไม่เกิน 10 กก./ตร.ม. และมีความยืดหยุ่น เช่น กระเบื้องยาง ไม้เทียม พรม เป็นต้น เพื่อลดน้ำหนักบรรทุกใช้งาน และลดความเสียหายของวัสดุปูพื้น เนื่องจากการโก่งตัวของพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

3. การติดตั้งฝ้าควรเป็นฝ้าที่มีน้ำหนักเบา เนื่องจากท้องพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสเป็นโฟมทำให้สกูรที่เจาะยึดเพื่อแขวนฝ้ารับแรงได้น้อย

4. ในการเจาะแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส เพื่อวางท่อต่างๆ จากการทดสอบเจาะแผ่นพื้นกว้าง 5 เซนติเมตร จากความกว้างแผ่นพื้น 30 เซนติเมตร คิดเป็น 16% ของความกว้างแผ่นพื้น ปรากฏว่าพื้นมีระยะแอ่นตัวมากกว่าเดิม การคืนตัวใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดที่ยอมให้คือ 75% ของการแอ่นตัวทั้งหมด จึงไม่สามารถเจาะเพิ่มได้มากกว่านี้ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดสอบพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส โดยการเจาะแผ่นพื้นบริเวณด้านข้างของพื้น ใกล้หัวแผ่นพื้นเท่านั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการเจาะในตำแหน่งอื่นเพิ่มเติม

5. ควรออกแบบโครงสร้างอื่น ที่ไม่ใช่โครงสร้างพื้น เพื่อรับแรงทางด้านข้างจากแผ่นดินไหว หากนำแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสไปใช้ในพื้นที่ที่เสี่ยงจากแผ่นดินไหว

6. ระบบโครงสร้างที่ใช้พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ที่ใช้ฐานรากแผ่จะมีการทรุดตัวพร้อมกับระดับดิน อาจมีปัญหากับพื้นที่ที่มีการทรุดตัวของดินต่อเนื่อง เมื่อมีการก่อสร้าง ถนน หรืออาคารรอบๆบริเวณดังกล่าว จะมีการถมดินเพื่อปรับระดับ ทำให้อาคารเดิมมีระดับต่ำกว่าอาคารที่สร้างใหม่ แตกต่างจากอาคารที่ใช้ฐานรากเสาเข็ม อาคารจะมีการทรุดน้อยกว่าการทรุดตัวของดิน ทำให้ระดับดินรอบๆจะต่ำกว่าอาคาร จึงจำเป็นต้องถมดินรอบๆอาคารเพื่อปรับระดับดิน

7. ควรก่อผนังอิฐตามแนวคานเท่านั้น หากจำเป็นต้องกั้นผนังบนพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ควรใช้ผนังที่มีน้ำหนักเบา เช่นผนังเบาเป็นต้น

8. อาจยกช่วงกลางแผ่นพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส ให้โก่งขึ้นก่อนเทคอนกรีต เพื่อลดการแอ่นตัวเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก

9. ไม่สามารถใช้เป็นพื้นยื่นได้ หากจำเป็นต้องมีส่วนยื่นออก ต้องใช้คานยื่นรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสเท่านั้น

10. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ความสามารถในการรับแรงเจาะทะลุ เช่นมีน้ำหนักมากระแทกเป็นจุดๆที่แผ่นพื้น เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. http://www.pixpros.net/forums/showthread.php?t=42889.
2. วินิต ช่อวิเชียร, การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง. 2550, กรุงเทพมหานคร.
3. สมศักดิ์ คำปลิว, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง. 2550, กรุงเทพมหานคร.
4. อมร พิมานมาศ และภาณุวัฒน์ จ้อยกลัด, การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กต้านแผ่นดินไหวขั้นสูง. 2555, กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีวิลเอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์แอนด์ เทรนนิ่ง จำกัด.
5. วิสูตร จิระดำเกิง, การประมาณราคาก่อสร้าง. 2553, ปทุมธานี.
6. ปราการ ภูมิผล, การพัฒนาเทคนิคการก่อสร้างและระบบโครงสร้างบ้านพอเพียง, in ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรม. 2552, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
7. กฤษฎา กาญจนรัชต์, โครงสร้างพื้นตงถี่ประหยัดพลังงาน, in ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. 2553, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
8. ปิยะ รัตนวุฒิสุวรรณ, การศึกษาการเกิดความเข้มของหน่วยแรงในคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลังหรือซ่อมแซมด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์, in ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2545, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
9. https://app.builk.com/vmat/products.
10. วิทวัส สิทธิกูล, เทคนิคก่อสร้าง. 2544, กรุงเทพมหานคร.
11. ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, วัสดุวิศวกรรม, ed. พ. 1. 2553, กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
12. http://www.foamthai.com/Foam_Block.htm.
13. http://asiapolyplastic.co.th/eps_foam.html.
14. http://www.lotuscon.com/#!lotus-epoxy-111/c1zmg.
15. กวี หวังนิเวศน์กุล, การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้น. 2548, กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก - 1 น้ำหนักพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสต่อตารางเมตร ไม่รวมคอนกรีตทับหน้า

รายการ	น้ำหนักต่อตารางเมตร (กก.)
E.P.S. โฟม หนา 0.15 ม.	29.79*0.15=4.5
พื้นที่หน้าตัด E – glass 0.61 ตร.ซม.	2,550*0.000061=0.2
รวม	4.7

ตารางที่ ก - 2 กำหนดน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้างอาคาร

รายการ	น้ำหนักต่อตารางเมตร (กก.)
น้ำหนักบรรทุกจรบนหลังคา	50
น้ำหนักบรรทุกจรบนพื้น	150
น้ำหนักหลังคา	10
น้ำหนักพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป	120
น้ำหนักพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	4.7
น้ำหนักคอนกรีตทับหน้า	120
น้ำหนักคานขนาด 0.2x0.4 ม.	192 กก/ม.
น้ำหนักคาน H 200x100	18.2 กก/ม.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำหนักกระทำต่อแปหลังคา = (50+10)*4

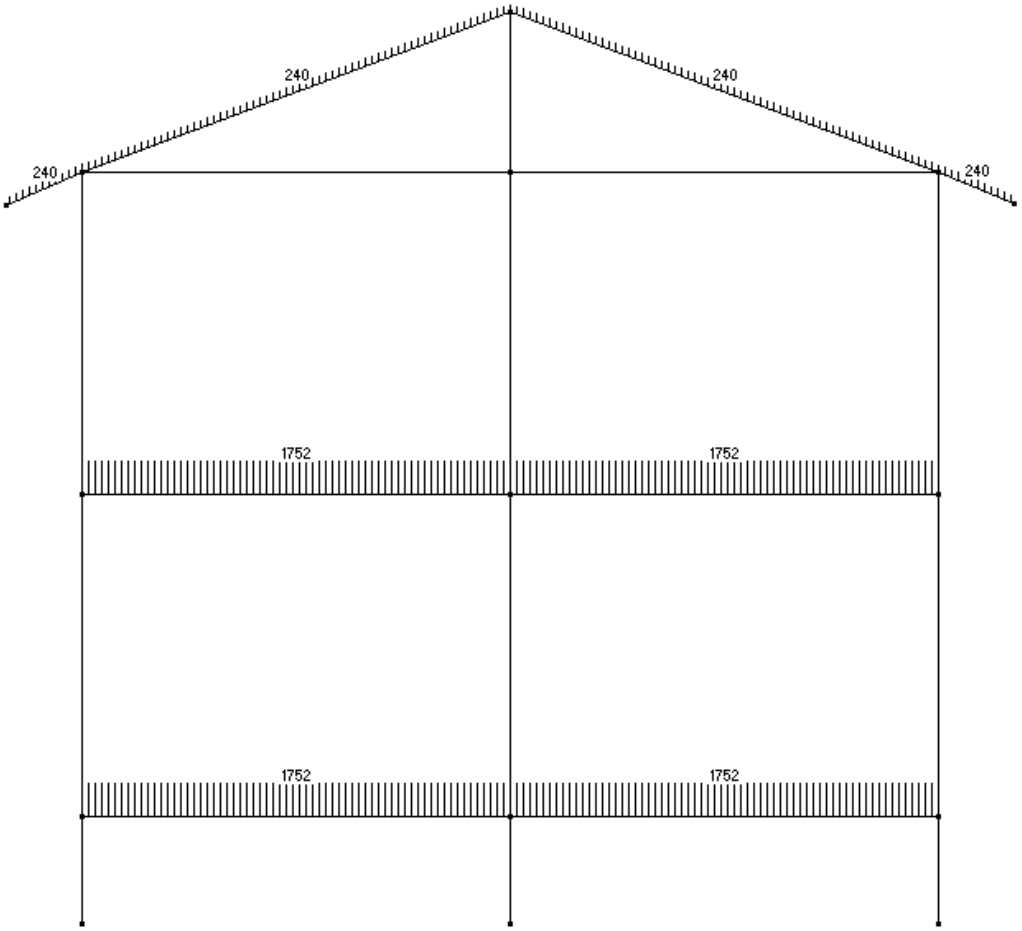
= 240 kg/m

น้ำหนักกระทำต่อคานรับที่พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป = (150+120+120)*4 +192

= 1,752 kg/m

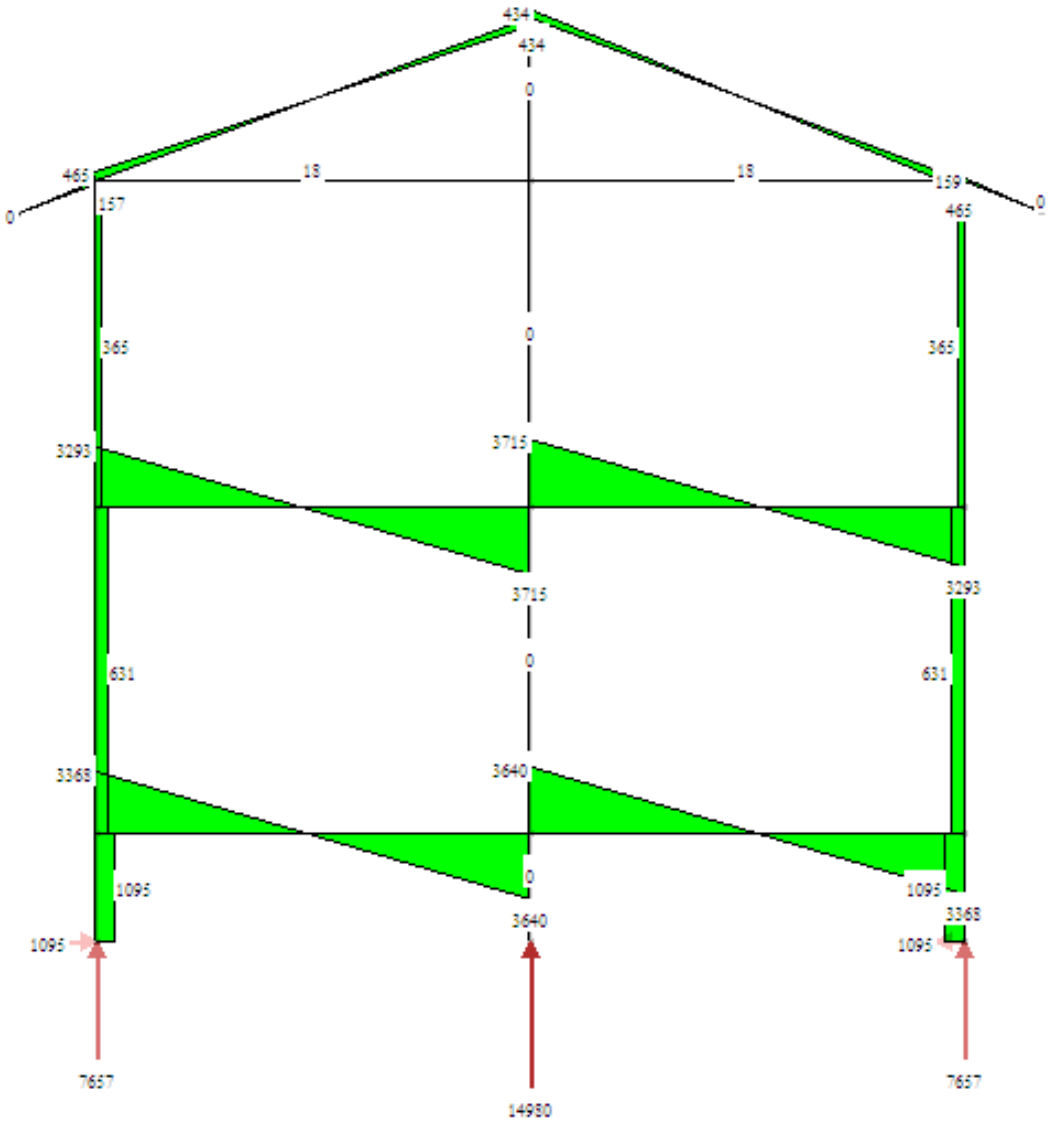
น้ำหนักกระทำต่อคานรับที่พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส = (150+4.7+120)*4+18.2

= 1,117 kg/m

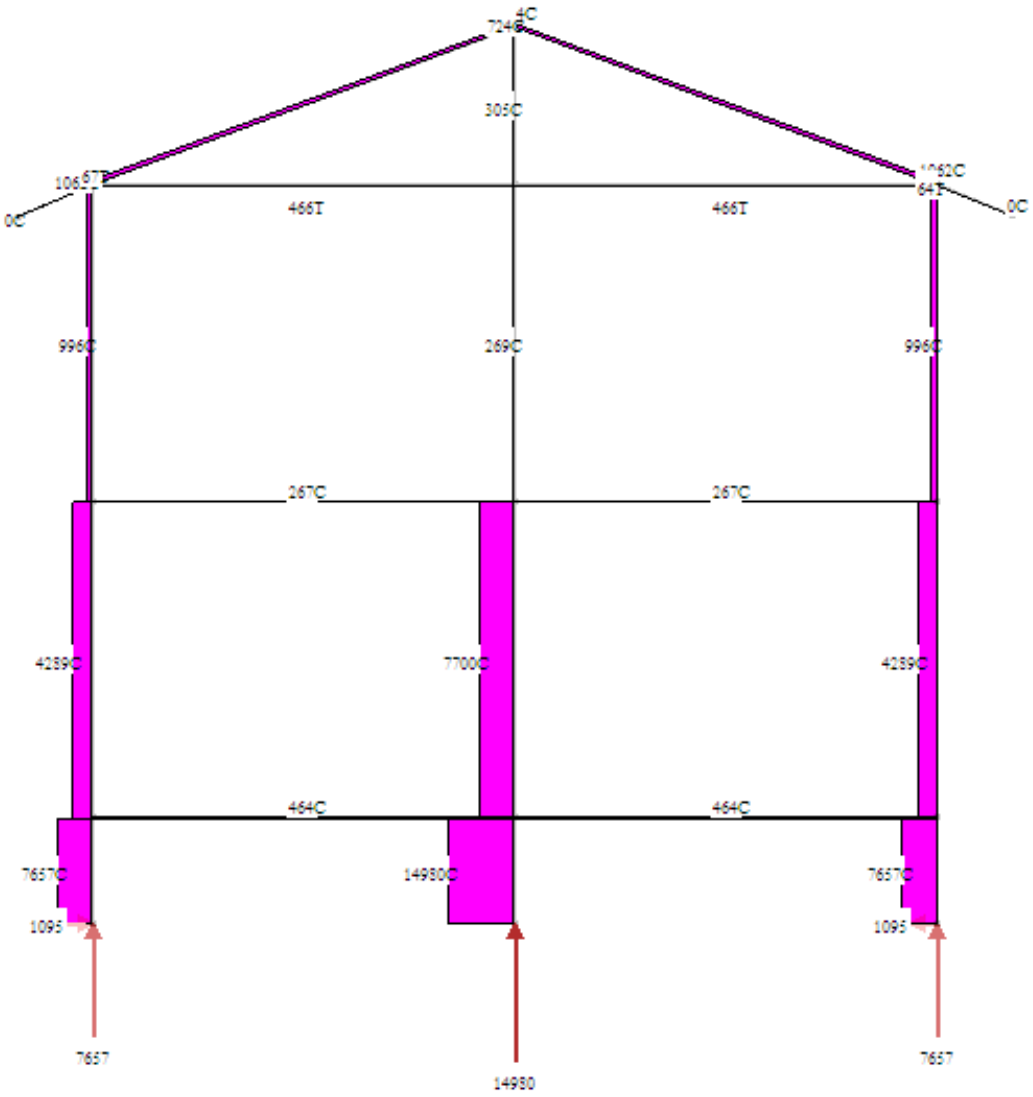


ภาพที่ ก - 2 แสดงการถ่ายน้ำหนักลงแปและคานสำหรับโครงสร้างที่ใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

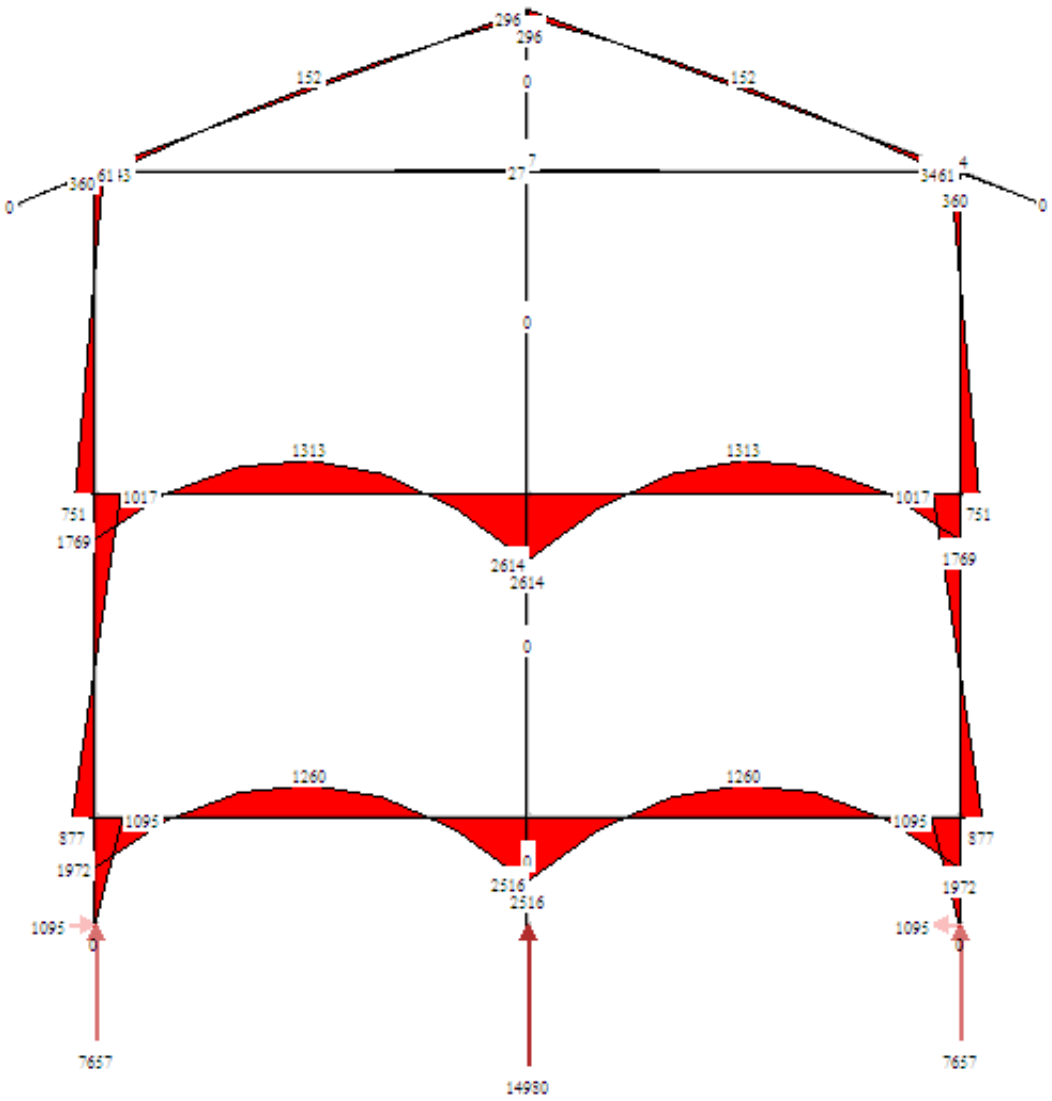
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ ก - 3 แสดงแรงเฉือนของแปและคานสำหรับโครงสร้างที่ใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป



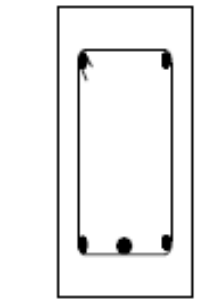
ภาพที่ ก - 4 แสดงแรงในแนวแกนของเสาสำหรับโครงสร้างที่ใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป



ภาพที่ ก - 5 แสดงโมเมนต์ของแปและคานสำหรับโครงสร้างที่ใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

คำนวนคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

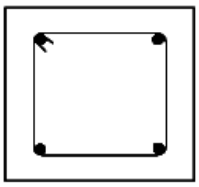
ชื่อคานเหล็ก	=	**B1**	
โมเมนต์สูงสุดในคานที่เกิดขึ้นจริง (M)	=	**2614**	กก.-ม.
แรงเฉือนสูงสุดในคานที่เกิดขึ้นจริง (V)	=	**3715**	กก.
คานกว้าง (b)	=	**0.2**	ม.
คานลึก (D)	=	**0.4**	ม.
ความลึกประสิทธิผล (d)	=	**0.35**	ม.
ปริมาณหน้าตัดเหล็กเสริม (As)	=	**5.54**	ตร.ซม.
ใช้เหล็กบนขนาด	=	**16**	มม.
จำนวน	=	**2**	เส้น
ใช้เหล็กล่างขนาด	=	**16**	มม.
จำนวน	=	**3**	เส้น
ใช้เหล็กปลอกขนาด	=	**6**	มม.
ระยะห่างปลอก	=	**0.15**	ม.



คำนวนกำลังรับน้ำหนักเสา กรณีเสาสั้นและรับแรงในแนวแกนอย่างเดียว

ชื่อเสา	**C1**		
ความสูงเสา (h)	**3**	ม.	
ด้านแคบของเสา (t)	**0.2**	ม.	
อัตราส่วน (h/t) <= 15	15		ใช้ได้
น้ำหนักที่ถ่ายลงเสา	**14,980**	กก.	
ด้านกว้าง	**20**	ซม.	
ด้านยาว	**20**	ซม.	
Ag	400	ตร.ซม.	
ขนาดเหล็กแกน	**12**	มม.	**DB**
ใช้จำนวน	**4**	เส้น	
Pg = (0.01-0.08)	0.011		ใช้ได้
กำลังที่เสารับได้	20,215	กก.	ใช้ได้
ขนาดเหล็กปลอก	**9**	มม.	**DB**
ระยะเรียงเหล็กปลอก	**0.15**	ม.	ใช้ได้

20 ซม.



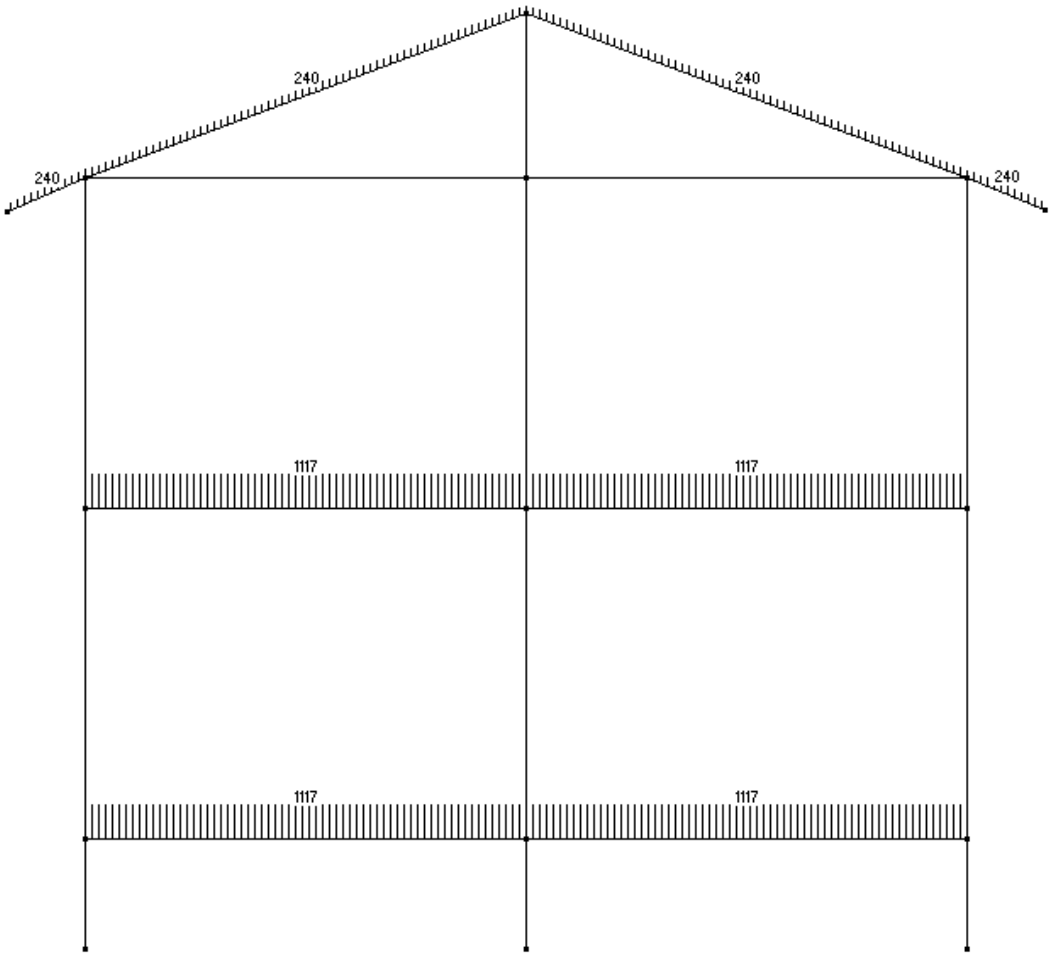
20 ซม.

4 — DB 12 มม.

ป — DB 9 มม. @ 0.15 ม.

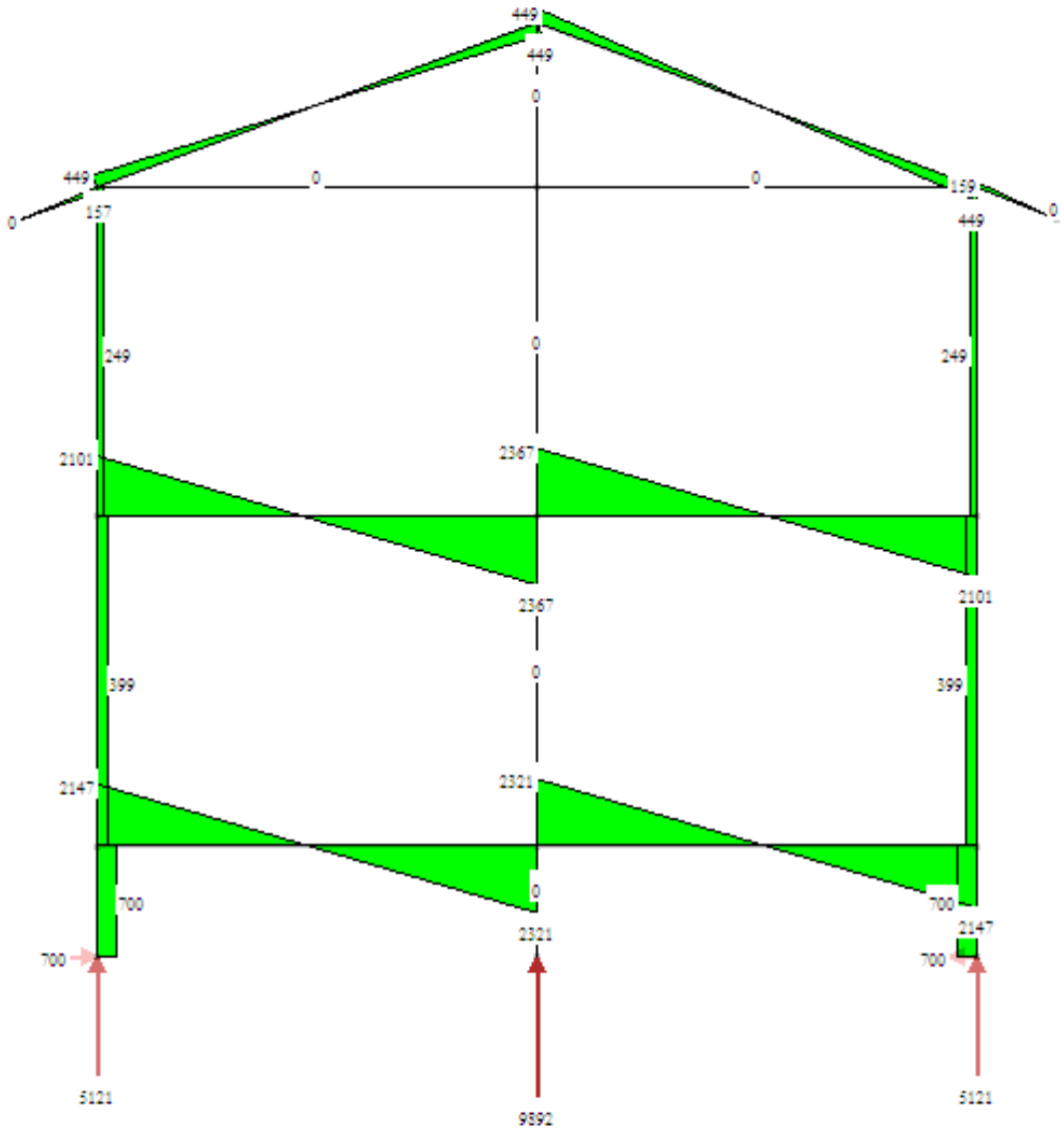
ตารางที่ ก – 3 ความสามารถการรับน้ำหนักของเสาเข็มตอก เลือกใช้ เข็มเสาสี่เหลี่ยมตัน 0.22x0.22-21.00 ม. [15]

รูปแบบหน้าตัด	ขนาดและความยาว (ม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	เส้นรอบรูป (ซม.)	น้ำหนัก (กก./ม.)	น้ำหนักที่รับได้ปลอดภัย (ตัน)
สี่เหลี่ยมตัน	0.15×0.15×4.00 – 8.00 ม.	223	58	54	4 – 6
รูปตัว I	0.18×0.18×4.00 – 14.00 ม.	242	72	58	6 – 8
สี่เหลี่ยมตัน	0.18×0.18×7.00 – 21.00 ม.	322	70	78	10 – 15
รูปตัว I	0.20×0.20×7.00 – 21.00 ม.	288	101	69	15 – 20
สี่เหลี่ยมตัน	0.20×0.20×7.00 – 21.00 ม.	398	78	96	15 – 20
รูปตัว I	0.22×0.22×7.00 – 21.00 ม.	342	107	82	20 – 25
สี่เหลี่ยมตัน	0.22×0.22×7.00 – 21.00 ม.	480	85	115	20 – 25
รูปตัว I	0.26×0.26×7.00 – 23.00 ม.	522	117	125	25 – 30
สี่เหลี่ยมตัน	0.26×0.26×7.00 – 23.00 ม.	674	102	162	30 – 35
รูปตัว I	0.30×0.30×7.00 – 23.00 ม.	662	136	159	30 – 35
สี่เหลี่ยมตัน	0.30×0.30×7.00 – 23.00 ม.	896	117	215	35 – 45
รูปตัว I	0.35×0.35×7.00 – 25.00 ม.	881	159	211	35 – 45
สี่เหลี่ยมตัน	0.35×0.35×7.00 – 25.00 ม.	1,221	136	293	40 – 50
รูปตัว I	0.40×0.40×7.00 – 25.00 ม.	1,247	189	299	45 – 55
สี่เหลี่ยมตัน	0.40×0.40×7.00 – 25.00 ม.	1,596	157	383	55 – 60
รูปตัว I	0.45×0.45×7.00 – 26.00 ม.	1,466	211	352	50 – 55
สี่เหลี่ยมตัน	0.45×0.45×7.00 – 26.00 ม.	2,021	177	485	60 – 70

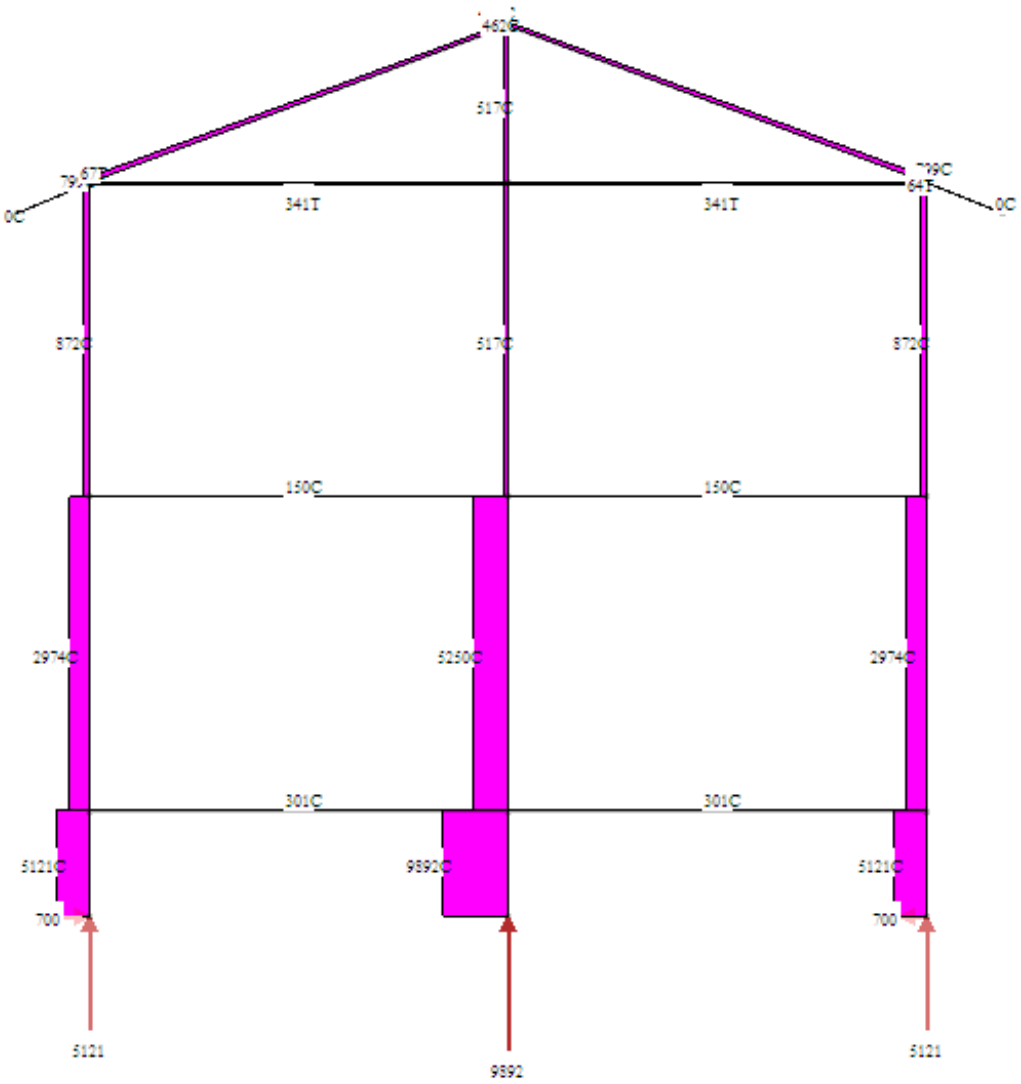


ภาพที่ ก – 6 แสดงการถ่ายน้ำหนักลงแปและคานสำหรับโครงสร้างที่ใช้พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

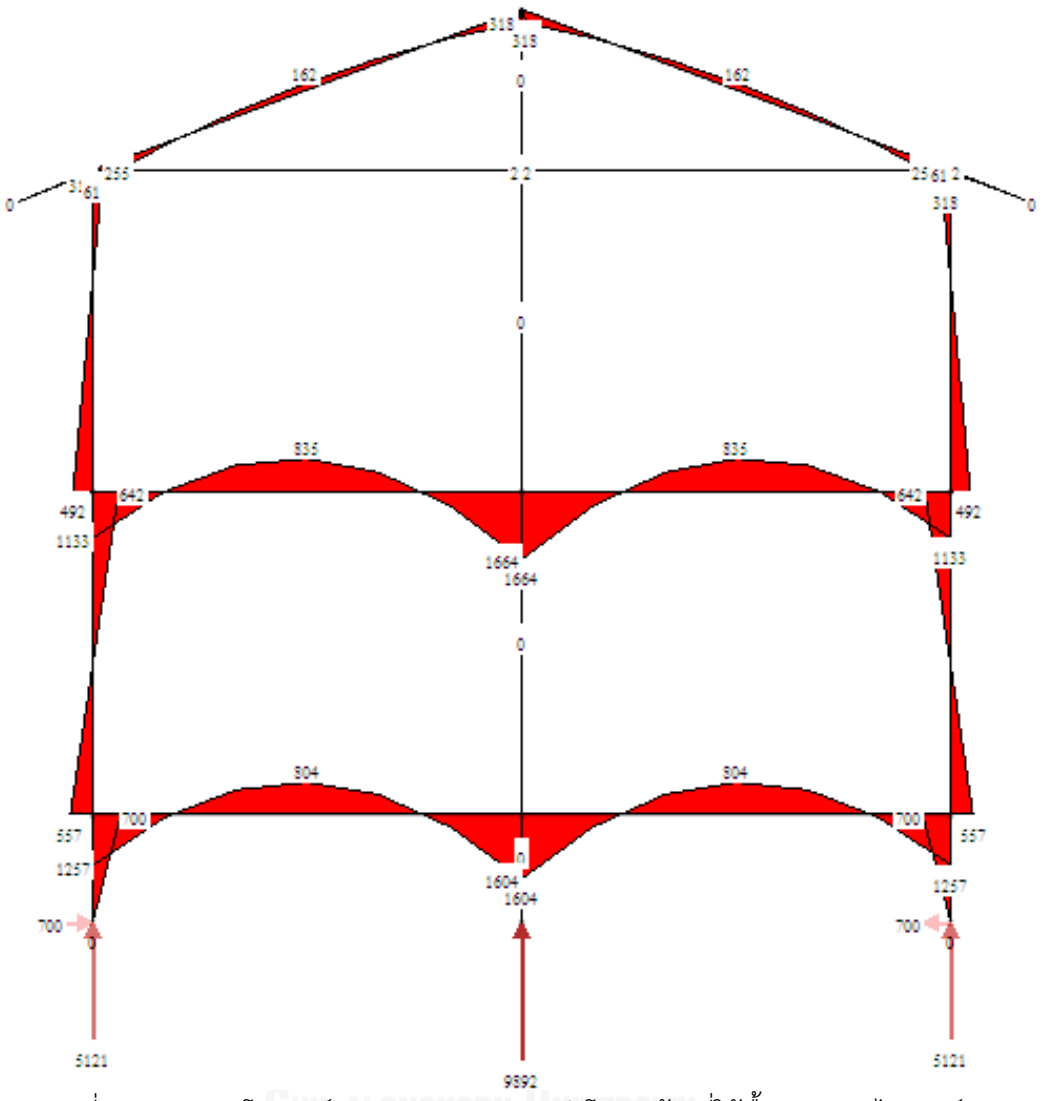
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ ก – 7 แสดงแรงเฉือนของแปและคานสำหรับโครงสร้างที่ใช้พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส



ภาพที่ ก – 8 แสดงแรงในแนวแกนของเสาสำหรับโครงสร้างที่ใช้พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส



ภาพที่ ก – 9 แสดงโมเมนต์ของแปและคานสำหรับโครงสร้างที่ใช้พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส

คำนวนกำลังคานเหล็กรับแรงดัด (กรณีค้ำยันเพียงพอ)

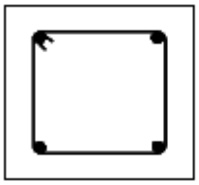
ชื่อคานเหล็ก	=	**B1**		
โมเมนต์สูงสุดในคานที่เกิดขึ้นจริง	=	**1164**	กก.-ม.	
แรงเฉือนสูงสุดในคานที่เกิดขึ้นจริง	=	**2367**	กก.	
คาดคะเน หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ (Fb)	=	1440	กก.	โดยประมาณ 60%ของ Fy
โมดูลัสหน้าตัด (Sx) = M/Fb	=	80.83	ลบ.ซม.3	
เลือกขนาดเหล็ก				
โมดูลัสหน้าตัด (Sx) เหล็กที่เลือก	=	**160.00**	ลบ.ซม.3	H 200 x 100 - 18.2 kg/m
ความลึก ผิวล่างถึงผิวบน (d)	=	**198**	มม.	
ความกว้างของปีก (bf)	=	**99.00**	มม.	
ความหนาของปีก (tf)	=	**7.00**	มม.	
ความหนาของเอว (tw)	=	**4.50**	มม.	
(1) ตรวจสอบค้ำยัน (636*bf/(Fy)^0.5))	=	128.52	ซม.	
(2) ตรวจสอบค้ำยัน (1,400,000)/(d/(bf*tf))*Fy	=	204.17	ซม.	
ระยะค้ำยันจริง (Lb)	=	**100.00**	ซม.	ใช้ได้ ค้ำยันเพียงพอ น้อยกว่าทั้ง 2 กรณี
ตรวจสอบหน้าตัดเหล็ก				
bf/(2*tf)	=	7.07		
544/(Fy)^0.5	=	11.10		
795/(Fy)^0.5	=	16.23		
หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ (Fb)	=	**1,584.00**	กก./ตร.ซม.	เป็นหน้าตัดอัดแน่น Fb = 0.66Fy
โมเมนต์ที่สามารถรับได้ของคานเหล็กนี้ M = Fb*Sx	=	**2,534.40**	กก.-ม.	ใช้ได้ > โมเมนต์สูงสุดในคานที่เกิดขึ้นจริง
ตรวจสอบความต้านทานแรงเฉือนที่ยอมให้ (Fv = 0.40Fy)	=	960.00	กก./ตร.ซม.	
แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจริง (fv = V/((d-2tf)*tw)	=	**285.87**	กก./ตร.ซม.	ใช้ได้ Fv > fv

CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำนวนกำลังรับน้ำหนักเสา กรณีเสาสั้นและรับแรงในแนวแกนอย่างเดียว

ชื่อเสา	C1		
ความสูงเสา (h)	3	ม.	
ด้านแคบของเสา (t)	0.2	ม.	
อัตราส่วน (h/t) <= 15	15		ใช้ได้
น้ำหนักที่ถ่ายลงเสา	9,892	กก.	
ด้านกว้าง	20	ซม.	
ด้านยาว	20	ซม.	
Ag	400	ตร.ซม.	
ขนาดเหล็กแกน	12	มม.	DB
ใช้จำนวน	4	เส้น	
Pg = (0.01-0.08)	0.011		ใช้ได้
กำลังที่เสารับได้	20,215	กก.	ใช้ได้
ขนาดเหล็กปลอก	9	มม.	DB
ระยะเรียงเหล็กปลอก	0.15	ม.	ใช้ได้

20 ซม.



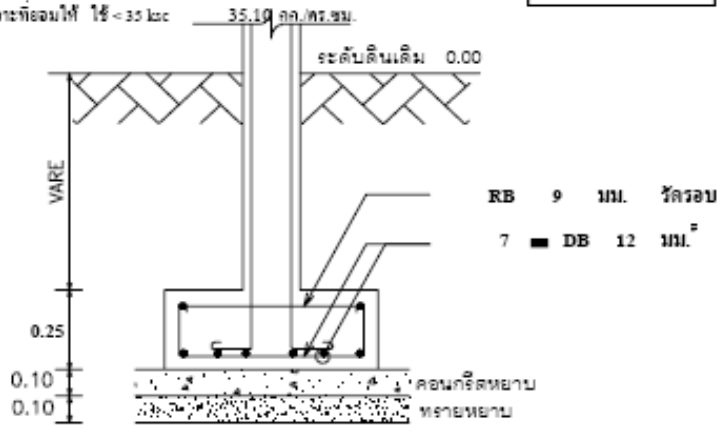
20 ซม.

4 — DB 12 มม.

ป — DB 9 มม. @ 0.15 ม.

C1

ชื่อฐานราก	F1								
น้ำหนักจากคอม่อ	9892	กก.							
น้ำหนักจากคอม่อ(เผื่อแล้ว 10%)	10881.2	กก.							
กำลังต้านทานโดยปลอดภัยของดิน	5000	กก./ตร.ม.							
ขนาดคอม่อ	0.2	X	0.2	ตร.ม.					
ความหนารวมของฐานราก	0.25	ม.							
ความหนาประสิทธิผลของฐานราก	0.2	ม.							
ขนาดฐานรากที่ต้องการ	2.18	ตร.ม.		หรือ	1.48	X	1.48	ตร.ม.	
เลือกใช้ขนาดของฐานราก	1.5	X	1.5	ตร.ม.					ใช้ได้
หน่วยแรงดันดินจริง	4836	กก./ตร.ม.							
ตรวจสอบแรงเฉือนแบบคานกว้าง	1.09	กก./ตร.ม.	หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้		3.81	=0.29X173^(1/2)			ใช้ได้
ตรวจสอบแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ	3.16	กก./ตร.ม.	หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้		6.97	=0.53X173^(1/2)			ใช้ได้
ปริมาณเหล็กที่ใช้	3.79	ตร.ซม.							
เลือกขนาดเหล็ก	12	มม.	DB						
ระยะเรียงที่ต้องการ <	0.30	ซม.							
เลือกระยะเรียงที่จะใช้จริง	0.25	ซม.	ใช้ได้						
ใช้เหล็กทั้งหมด	7	เส้น	ต่อด้าน						
ใช้เหล็กรัดรอบขนาด	9	มม.	RB						
หน่วยแรงยึดเกาะที่เกิดขึ้นต้อง	11.28	กก./ตร.ซม.	ใช้ได้						
หน่วยแรงยึดเกาะที่ยอมให้ ใช้ < 35 kgc	35.10	กก./ตร.ซม.							



F1 ดินรับน้ำหนักได้ 5.0 ตัน โดยปลอดภัย

1.5 X 1.5

ตารางที่ ข – 1 ตารางประมาณราคาเปรียบเทียบโครงสร้างที่ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ประมาณการค่างานบ้านหลัง 2 ชั้น ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ลำดับ	รายการ	หน่วย	จำนวน	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป						พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส						จำนวนวันก่อสร้าง (5 คน) (วัน)	ส่วนต่าง (บาท)
				ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)	แรงงาน man day	จำนวนวันก่อสร้าง (ที่แรงงาน 5 คน/วัน)	จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)	แรงงาน man day		
				ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม					ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม				
	บ้านพัก 2 ชั้น																		
1	**งานแบบหล่อ**																		
1.1	ไม้แบบ	เหมา	1.00	-	-	15,000.00	15,000.00		15.00		3	-	-	-	-				
1.2	เสาเข็มสแควร์ ปี 0.22 x 0.22 x 21 ม.	ต้น	9.00	6,800.00	61,200.00	1,430.00	12,870.00		10.00		2	-	-	-	-				
1.3	ไขลูกตั้งเสา	ต้น	9.00	-	-	180.00	1,620.00		5.00		1	-	-	-	-				
	รวมข้อ 1. งานแบบหล่อ				61,200.00		29,490.00	90,690.00	30.00	6.00			-		-	-	-	90,690.00	
2	**งานฐานราก - คอสอง**																		
2.1	ขุดดิน - กลบดิน	ลบ.ม.	22.00	-	-	81.00	1,782.00		5.50	1.10	74.00	-	-	81.00	5,994.00		18.50	3.70	
2.2	พาดขอบราบ	ลบ.ม.	0.50	362.09	181.05	64.00	32.00		0.08	0.02	2.63	362.09	952.30	64.00	168.32		0.44	0.09	
2.3	คอนกรีตพอราบ	ลบ.ม.	0.25	2,430.00	607.50	316.00	79.00		0.25	0.05	1.00	2,430.00	2,430.00	316.00	316.00		1.00	0.20	
2.4	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.00	2,470.00	4,940.00	276.00	552.00		2.00	0.40	5.20	2,470.00	12,844.00	276.00	1,435.20		5.20	1.04	
2.5	ไม้แบบ	ตร.ม.	13.00	268.00	3,484.00	105.00	1,365.00		2.60	0.52	13.50	268.00	3,618.00	105.00	1,417.50		2.70	0.54	
2.6	เหล็กเส้นคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม ดส 9 มม.	กก.	11.00	23.78	261.58	2.80	30.81		0.18	0.04	27.00	23.78	642.06	2.80	75.63		0.45	0.09	
	-เหล็กข้ออ้อย ดอ 12 มม.	กก.	142.00	23.06	3,274.52	2.80	397.74		1.42	0.28	168.00	23.06	3,874.08	2.80	470.57		1.68	0.34	
	รวมข้อ 2. งานฐานราก - คอสอง				12,748.65		4,238.55	16,987.20	12.04	2.41			24,360.44		9,877.22	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	**งานโครงสร้างหลา**																		
3.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	
3.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	
3.3	เหล็กเส้นคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม ดส 6 มม.	กก.	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	
	-เหล็กเส้นกลม ดส 9 มม.	กก.		23.78	-	2.80	-					23.78	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ดอ 12 มม.	กก.	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	
	-เหล็กข้ออ้อย ดอ 16 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ดอ 20 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	รวมข้อ 3. งานโครงสร้างหลา				26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51			26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51	-
4	**งานโครงสร้างหลา**																		
4.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	8.00	2,470.00	19,760.00	276.00	2,208.00		5.33	1.07	8.00	2,470.00	19,760.00	276.00	2,208.00		5.33	1.07	
4.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	96.00	268.00	25,728.00	105.00	10,080.00		24.00	4.80	96.00	268.00	25,728.00	105.00	10,080.00		24.00	4.80	
4.3	เหล็กเส้นคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม ดส 6 มม.	กก.	170.00	24.72	4,202.40	2.80	476.17		2.83	0.57	128.00	24.72	3,164.16	2.80	358.53		2.13	0.43	
	-เหล็กข้ออ้อย ดอ 16 มม.	กก.	841.82	22.86	19,244.01	2.80	2,357.94		8.42	1.68	757.00	22.86	17,305.02	2.80	2,120.36		7.57	1.51	
4.3	H 200 X 100 - 18.2 กก.	กก.	-	-	-	-	-				-	-	-	-	-		-	-	
	รวมข้อ 4. งานโครงสร้างหลา				68,934.41		15,122.11	84,056.51	40.58	8.12			65,957.18		14,766.89	80,724.07	39.04	7.81	3,332.45
5	**งานโครงสร้างกัน**																		
5.1	ไม้ค้ำยันแนวกัน	ตร.ม.	128.00	-	-	22.54	2,885.12				128.00	-	-	13.00	1,664.00				
5.2	แผ่นกันค้ำจิ้น / กันช่วยกดปิดแผ่นกด	ตร.ม.	128.00	260.00	33,280.00	25.00	3,200.00		10.67	2.13	128.00	900.00	115,200.00	5.00	640.00		2.00	0.40	
5.3	Wire Mesh 4.0 มม. ขนาดตาราง 0.20 x	ตร.ม.	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	
5.4	Topping	ลบ.ม.	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	
	รวมข้อ 5. งานโครงสร้างกัน				50,248.00		8,519.12	58,767.12	18.17	3.63			132,168.00		4,738.00	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
6	**อื่น ๆ**																		
	รวม บ้านพัก 2 ชั้น				220,057.00		64,214.00	284,270.71	118.35	23.67			240,777.00		30,943.00	285,637.59	96.07	19.21	1,366.89

ตารางที่ ข – 2 ตารางประมาณราคาเปรียบเทียบโครงสร้างที่ใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ประมาณราคาแบบบ้านพัก 2 ชั้น กรณีใช้คานเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ที่ผลิตจากโรงงาน							ที่ประกอบไฟเบอร์กลาส															สำนค่าง (บาท)
			จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)	แรงงาน man day	จำนวนวันก่อสร้าง (ทีมงาน 5 คน/วัน)	จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)	แรงงาน man day	จำนวนวันก่อสร้าง (5 คน) (วัน)							
				ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม					ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม										
	บ้านพัก 2 ชั้น																								
	1 งานสถาปัตย์																								
1.1	งานรื้อถอนสิ่งก่อสร้างเดิม	เหมา	1.00	-	-	15,000.00	15,000.00		15.00		-	-	-	-	-	-									
1.2	เสาเข็มขนาด ปี 0.22 x 0.22 x 21 ม.	ต้น	9.00	6,800.00	61,200.00	1,430.00	12,870.00		10.00		2	-	-	-	-	-									
1.3	ทุบหัวเสา	ต้น	9.00	-	-	180.00	1,620.00		5.00		1	-	-	-	-	-									
	รวมข้อ 1. งานสถาปัตย์				61,200.00		29,490.00	90,690.00	30.00	6.00			-		-	-	-	-	-	-	90,690.00				
	2 งานฐานราก - คสล																								
2.1	ขุดดิน - กลบดิน	ลบ.ม.	22.00	-	-	81.00	1,782.00		5.50	1.10	74.00	-	-	81.00	5,994.00		18.50	3.70							
2.2	พาดทอดราก	ลบ.ม.	0.50	362.09	181.05	64.00	32.00		0.08	0.02	2.63	362.09	952.30	64.00	168.32		0.44	0.09							
2.3	คอนกรีตหยาบ	ลบ.ม.	0.25	2,430.00	607.50	316.00	79.00		0.25	0.05	1.00	2,430.00	2,430.00	316.00	316.00		1.00	0.20							
2.4	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.00	2,470.00	4,940.00	276.00	552.00		2.00	0.40	5.20	2,470.00	12,844.00	276.00	1,435.20		5.20	1.04							
2.5	ไม้แบบ	ตร.ม.	13.00	268.00	3,484.00	105.00	1,365.00		2.60	0.52	13.50	268.00	3,618.00	105.00	1,417.50		2.70	0.54							
2.6	เหล็กเส้นคอนกรีต																								
	-เหล็กเส้นกลม เส้น 9 มม.	กก.	11.00	23.78	261.58	2.80	30.81		0.18	0.04	27.00	23.78	642.06	2.80	75.63		0.45	0.09							
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 12 มม.	กก.	142.00	23.06	3,274.52	2.80	397.74		1.42	0.28	168.00	23.06	3,874.08	2.80	470.57		1.68	0.34							
	รวมข้อ 2. งานฐานราก - คสล				12,748.65		4,238.55	16,987.20	12.04	2.41			24,360.44		9,877.22		29.97	5.99			17,250.45				
	3 งานโครงสร้างหลา																								
3.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	2.60	2,670.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30							
3.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52							
3.3	เหล็กเส้นคอนกรีต																								
	-เหล็กเส้นกลม เส้น 6 มม.	กก.	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25							
	-เหล็กเส้นกลม เส้น 9 มม.	กก.		23.78	-	2.80	-					23.78	-	2.80	-										
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 12 มม.	กก.	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45							
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 16 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-										
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 20 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-										
	รวมข้อ 3. งานโครงสร้างหลา				26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51			26,925.58		6,844.30		17.57	3.51			-				
	4 งานโครงสร้างหลา																								
4.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	-	2,470.00	-	276.00	-		-	-	-	-	-	-	-										
4.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	-	268.00	-	105.00	-		-	-	-	-	-	-	-										
4.3	เหล็กเส้นคอนกรีต																								
	-เหล็กเส้นกลม เส้น 6 มม.	กก.	-	24.72	-	2.80	-		-	-	-	-	-	-	-										
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 16 มม.	กก.	-	22.86	-	2.80	-		-	-	-	-	-	-	-										
4.3	H 200 X 100 - 18.2 กก.	กก.	1,747.20	25.00	43,680.00	8.50	14,851.20		17.47	3.49	1,747.20	25.00	43,680.00	8.50	14,851.20		17.47	3.49							
	รวมข้อ 4. งานโครงสร้างหลา				43,680.00		14,851.20	58,531.20	17.47	3.49			43,680.00		14,851.20		17.47	3.49			-				
	5 งานโครงสร้างพื้น																								
5.1	งานรื้อผนังเดิม	ตร.ม.	128.00	-	-	22.54	2,885.12				128.00	-	-	13.00	1,664.00										
5.2	แผ่นพื้นสำเร็จ / พื้นประกอบไฟเบอร์	ตร.ม.	128.00	260.00	33,280.00	25.00	3,200.00		10.67	2.13	128.00	900.00	115,200.00	5.00	640.00		2.00	0.40							
5.3	Wire Mesh 4.0 มม. ขนาดตาราง 0.2	ตร.ม.	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20							
5.4	Topping	ลบ.ม.	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30							
	รวมข้อ 5. งานโครงสร้างพื้น				50,248.00		8,519.12	58,767.12	18.17	3.63			132,168.00		4,738.00	136,906.00	9.50	1.90			76,138.88				
	6 อื่น ๆ																								
	รวม บ้านพัก 2 ชั้น				194,802.00		63,943.00	258,745.40	95.24	19.05			215,522.00		30,672.00	263,444.73	74.51	14.90			4,699.33				

ตารางที่ ข – 3 ตารางประมาณราคาเปรียบเทียบโครงสร้างที่ใช้คานคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและเหล็กรูปพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ประมาณราคาแบบบ้านพัก 2 ชั้น ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และใช้คานเหล็กรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มตอก)

ลำดับ	รายการ	หน่วย	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป								พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส								แรงงาน	จำนวนวันก่อสร้าง	ส่วนต่าง
			จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน	แรงงาน	จำนวนวันก่อสร้าง	จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน	แรงงาน	จำนวนวันก่อสร้าง	ส่วนต่าง
				ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม	(บาท)	man day	(ใช้แรงงาน 5 คน/วัน)		ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม	(บาท)	man day	(5 คน) (วัน)	(บาท)
	บ้านพัก 2 ชั้น																		
1	**งานสถาปัตย์**																		
1.1	ระบายน้ำบริเวณรอบตัวบ้าน	เมตร	1.00	-	-	15,000.00	15,000.00		15.00		3	-	-	-	-				
1.2	เสาเข็มขนาด ∅ 0.22 x 0.22 x 21 ม.	ต้น	9.00	6,800.00	61,200.00	1,430.00	12,870.00		10.00		2	-	-	-	-				
1.3	ขุดดินลึก	ต้น	9.00	-	-	180.00	1,620.00		5.00		1	-	-	-	-				
	รวมข้อ 1. งานสถาปัตย์				61,200.00		29,490.00	90,690.00	30.00	6.00			-		-	-	-	-	90,690.00
2	**งานฐานราก - คสล**																		
2.1	ขุดดิน - กลบดิน	ลบ.ม.	22.00	-	-	81.00	1,782.00		5.50	1.10	74.00	-	-	81.00	5,994.00		18.50	3.70	
2.2	พรหมทาน	ลบ.ม.	0.50	362.09	181.05	64.00	32.00		0.08	0.02	2.63	362.09	952.30	64.00	168.32		0.44	0.09	
2.3	คอนกรีตพอก	ลบ.ม.	0.25	2,430.00	607.50	316.00	79.00		0.25	0.05	1.00	2,430.00	2,430.00	316.00	316.00		1.00	0.20	
2.4	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.00	2,470.00	4,940.00	276.00	552.00		2.00	0.40	5.20	2,470.00	12,844.00	276.00	1,435.20		5.20	1.04	
2.5	ไม้แบบ	ตร.ม.	13.00	268.00	3,484.00	105.00	1,365.00		2.60	0.52	13.50	268.00	3,618.00	105.00	1,417.50		2.70	0.54	
2.6	เหล็กเส้นคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม เส้น 9 มม.	กก.	11.00	23.78	261.58	2.80	30.81		0.18	0.04	27.00	23.78	642.06	2.80	75.63		0.45	0.09	
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 12 มม.	กก.	142.00	23.06	3,274.52	2.80	397.74		1.42	0.28	168.00	23.06	3,874.08	2.80	470.57		1.68	0.34	
	รวมข้อ 2. งานฐานราก - คสล				12,748.65		4,238.55	16,987.20	12.04	2.41			24,360.44		9,877.22	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	**งานโครงสร้างเสา**																		
3.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	
3.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	
3.3	เหล็กเส้นคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม เส้น 6 มม.	กก.	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	
	-เหล็กเส้นกลม เส้น 9 มม.	กก.		23.78	-	2.80	-					23.78	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 12 มม.	กก.	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 16 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 20 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	รวมข้อ 3. งานโครงสร้างเสา				26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51			26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51	-
4	**งานโครงสร้างคาน**																		
4.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	8.00	2,470.00	19,760.00	276.00	2,208.00		5.33	1.07	-	-	-	-	-				
4.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	96.00	268.00	25,728.00	105.00	10,080.00		24.00	4.80	-	-	-	-	-				
4.3	เหล็กเส้นคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม เส้น 6 มม.	กก.	170.00	24.72	4,202.40	2.80	476.17		2.83	0.57	-	-	-	-	-				
	-เหล็กข้ออ้อย เส้น 16 มม.	กก.	841.82	22.86	19,244.01	2.80	2,357.96		8.42	1.68	-	-	-	-	-				
4.3	H 200 X 100 - 18.2 กก.	กก.	-	-	-	-	-				1,767.20	25.00	43,680.00	8.50	14,851.20		17.47	3.49	
	รวมข้อ 4. งานโครงสร้างคาน				68,934.41		15,122.11	84,056.51	40.58	8.12			43,680.00		14,851.20	58,531.20	17.47	3.49	- 25,525.31
5	**งานโครงสร้างพื้น**																		
5.1	พรบ.ขนาดเล็ก	ตร.ม.	128.00	-	-	22.54	2,885.12				128.00	-	-	13.00	1,664.00				
5.2	แผ่นพื้นสำเร็จ / พื้นประกอบไฟเบอร์	ตร.ม.	128.00	260.00	33,280.00	25.00	3,200.00		10.67	2.13	128.00	900.00	115,200.00	5.00	640.00		2.00	0.40	
5.3	Wire Mesh 4.0 มม. ระยะตาราง 0.2	ตร.ม.	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	
5.4	Topping	ลบ.ม.	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	
	รวมข้อ 5. งานโครงสร้างพื้น				50,248.00		8,519.12	58,767.12	18.17	3.63			132,168.00		4,738.00	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
6	**อื่น ๆ**																		
	รวม บ้านพัก 2 ชั้น				220,057.00		64,214.00	284,270.71	118.35	23.67			171,842.00		15,821.00	263,444.73	74.51	14.90	- 20,825.98

ตารางที่ ข – **4** ตารางประมาณราคาเปรียบเทียบโครงสร้างที่ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ประมาณราคาแบบบ้านพัก 2 ชั้น ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ลำดับ	รายการ	หน่วย	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป							พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส								ส่วนต่าง (บาท)
			จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)	แรงงาน man day	จำนวนวันก่อสร้าง (ที่แรงงาน 5 คน/วัน)	จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)	แรงงาน man day	จำนวนวันก่อสร้าง (5 คน/ วัน)	
				ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม					ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม				
	บ้านพัก 2 ชั้น																		
1	งานสถาปัตย์																		
1.1	ขนย้ายดินขึ้นพักด้านข้าง	เหมา	1.00	-	-	15,000.00	15,000.00		15.00		-	-	-	-	-				
1.2	เสาเข็มเจาะขนาด ø 0.35 x 21 ม.	ต้น	9.00	9,000.00	81,000.00	-	-		15.00	3	-	-	-	-	-				
1.3	ทุบรื้อเข็ม	ต้น	9.00	-	-	180.00	1,620.00		5.00	1	-	-	-	-	-				
	รวมข้อ 1. งานสถาปัตย์				81,000.00		16,620.00	97,620.00	35.00	7.00			-		-	-	-	-	97,620.00
2	งานฐานราก - คอสเข็ม																		
2.1	ขุดดิน - กลบดิน	ลบ.ม.	22.00	-	-	81.00	1,782.00		5.50	1.10	74.00	-	-	81.00	5,994.00		18.50	3.70	
2.2	ขุดลอกดิน	ลบ.ม.	0.50	362.09	181.05	64.00	32.00		0.08	0.02	2.63	362.09	952.50	64.00	168.32		0.44	0.09	
2.3	คอนกรีตหยาบ	ลบ.ม.	0.25	2,430.00	607.50	316.00	79.00		0.25	0.05	1.00	2,430.00	2,430.00	316.00	316.00		1.00	0.20	
2.4	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.00	2,470.00	4,940.00	276.00	552.00		2.00	0.40	5.20	2,470.00	12,844.00	276.00	1,435.20		5.20	1.04	
2.5	ไม้แบบ	ตร.ม.	13.00	268.00	3,484.00	105.00	1,365.00		2.60	0.52	13.50	268.00	3,618.00	105.00	1,417.50		2.70	0.54	
2.6	เหล็กเส้นรับแรงดึง																		
	-เหล็กเส้นกลม ø9 มม.	กก.	11.00	23.78	261.58	2.80	30.81		0.18	0.04	27.00	23.78	642.06	2.80	75.63		0.45	0.09	
	-เหล็กข้ออ้อย ø12 มม.	กก.	142.00	23.06	3,274.52	2.80	397.74		1.42	0.28	168.00	23.06	3,874.08	2.80	470.57		1.68	0.34	
	รวมข้อ 2. งานฐานราก - คอสเข็ม				12,748.65		4,238.55	16,987.20	12.04	2.41			24,360.44		9,877.22	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	งานโครงสร้างหลา																		
3.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	
3.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	
3.3	เหล็กเส้นรับแรงดึง																		
	-เหล็กเส้นกลม ø6 มม.	กก.	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	
	-เหล็กเส้นกลม ø9 มม.	กก.		23.78	-	2.80	-					23.78	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ø12 มม.	กก.	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	
	-เหล็กข้ออ้อย ø16 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ø20 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	รวมข้อ 3. งานโครงสร้างหลา				26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51			26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51	-
4	งานโครงสร้างคาน																		
4.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	8.00	2,470.00	19,760.00	276.00	2,208.00		5.33	1.07	8.00	2,470.00	19,760.00	276.00	2,208.00		5.33	1.07	
4.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	96.00	268.00	25,728.00	105.00	10,080.00		24.00	4.80	96.00	268.00	25,728.00	105.00	10,080.00		24.00	4.80	
4.3	เหล็กเส้นรับแรงดึง																		
	-เหล็กเส้นกลม ø6 มม.	กก.	170.00	24.72	4,202.40	2.80	476.17		2.83	0.57	128.00	24.72	3,164.16	2.80	358.53		2.13	0.43	
	-เหล็กข้ออ้อย ø16 มม.	กก.	841.82	22.86	19,244.01	2.80	2,357.94		8.42	1.68	757.00	22.86	17,305.02	2.80	2,120.36		7.57	1.51	
4.3	H 200 X 100 - 18.2 กก.	กก.	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	
	รวมข้อ 4. งานโครงสร้างคาน				68,934.41		15,122.11	84,056.51	40.58	8.12			65,957.18		14,766.89	80,724.07	39.04	7.81	- 3,332.45
5	งานโครงสร้างพื้น																		
5.1	ขนย้ายผนังพื้น	ตร.ม.	128.00	-	-	22.54	2,885.12				128.00	-	-	13.00	1,664.00				
5.2	แผ่นพื้นสำเร็จ / พื้นประกอบไฟเบอร์	ตร.ม.	128.00	260.00	33,280.00	25.00	3,200.00		10.67	2.13	128.00	900.00	115,200.00	5.00	640.00		2.00	0.40	
5.3	Wire Mesh 4.0 มม. ขนาดตาราง 0.2	ตร.ม.	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	
5.4	Topping	ลบ.ม.	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	
	รวมข้อ 5. งานโครงสร้างพื้น				50,248.00		8,519.12	58,767.12	18.17	3.63			132,168.00		4,738.00	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
6	อื่น ๆ																		
	รวม บ้านพัก 2 ชั้น				239,857.00		51,344.00	291,200.71	123.35	24.67			240,777.00		30,943.00	285,637.59	96.07	19.21	- 5,563.11

ตารางที่ ข – 5 ตารางประมาณราคาเปรียบเทียบโครงสร้างที่ใช้คานเหล็กรูปพรรณรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ประมาณราคางานบ้านพัก 2 ชั้น ใช้คานเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ที่/หัวข้อ	รายการ	หน่วย	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป							พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส							แรงงาน man day	จำนวนวันก่อสร้าง (5 คน) (วัน)	ส่วนต่าง (บาท)
			จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)	แรงงาน man day	จำนวนวันก่อสร้าง (ใช้แรงงาน 5 คน/วัน)	จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)			
				ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม					ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม				
	บ้านพัก 2 ชั้น																		
1	งานสำเร็จ																		
1.1	ชุดถังดักไขมัน/ถังเกรอะ/ถังกรอง	เซต	1.00	-	-	15,000.00	15,000.00		15.00	3	-	-	-	-	-				
1.2	เสาเข็มเจาะขนาด ø 0.35 x 21 ม.	ต้น	9.00	9,000.00	81,000.00	-	-		15.00	3	-	-	-	-	-				
1.3	ทุนดิน/ลิ่ม	ต้น	9.00	-	-	180.00	1,620.00		5.00	1	-	-	-	-	-				
	รวมข้อ 1. งานเสาเข็ม				81,000.00		16,620.00	97,620.00	35.00	7.00			-		-	-	-	-	97,620.00
2	งานฐานราก - คอสอง																		
2.1	ขุดดิน - ถมดิน	ลบ.ม.	22.00	-	-	81.00	1,782.00		5.50	1.10	74.00	-	-	81.00	5,994.00		18.50	3.70	
2.2	ทรายถมทราย	ลบ.ม.	0.50	362.09	181.05	64.00	32.00		0.08	0.02	2.63	362.09	952.30	64.00	168.32		0.44	0.09	
2.3	คอนกรีตหยาบ	ลบ.ม.	0.25	2,430.00	607.50	316.00	79.00		0.25	0.05	1.00	2,430.00	2,430.00	316.00	316.00		1.00	0.20	
2.4	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.00	2,470.00	4,940.00	276.00	552.00		2.00	0.40	5.20	2,470.00	12,844.00	276.00	1,435.20		5.20	1.04	
2.5	ไม้แบบ	ตร.ม.	13.00	268.00	3,484.00	105.00	1,365.00		2.60	0.52	13.50	268.00	3,618.00	105.00	1,417.50		2.70	0.54	
2.6	เหล็กเส้นคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม ชั้น 9 มม.	กก.	11.00	23.78	261.58	2.80	30.81		0.18	0.04	27.00	23.78	642.06	2.80	75.63		0.45	0.09	
	-เหล็กข้ออ้อย ชั้น 12 มม.	กก.	142.00	23.06	3,274.52	2.80	397.74		1.42	0.28	168.00	23.06	3,874.08	2.80	470.57		1.68	0.34	
	รวมข้อ 2. งานฐานราก - คอสอง				12,748.65		4,238.55	16,987.20	12.04	2.41			24,360.44		9,877.22	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	งานโครงสร้างหลา																		
3.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	
3.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	
3.3	เหล็กเส้นคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม ชั้น 6 มม.	กก.	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	
	-เหล็กเส้นกลม ชั้น 9 มม.	กก.		23.78	-	2.80	-					23.78	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ชั้น 12 มม.	กก.	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	
	-เหล็กข้ออ้อย ชั้น 16 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ชั้น 20 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	รวมข้อ 3. งานโครงสร้างหลา				26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51			26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51	-
4	งานโครงสร้างคาน																		
4.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	-	2,470.00	-	276.00	-		-	-	-	-	-	-	-				
4.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	-	268.00	-	105.00	-		-	-	-	-	-	-	-				
4.3	เหล็กเส้นคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม ชั้น 6 มม.	กก.	-	24.72	-	2.80	-		-	-	-	-	-	-	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ชั้น 16 มม.	กก.	-	22.86	-	2.80	-		-	-	-	-	-	-	-				
4.3	H 200 X 100 - 18.2 กก.	กก.	1,747.20	25.00	43,680.00	8.50	14,851.20		17.47	3.49	1,747.20	25.00	43,680.00	8.50	14,851.20		17.47	3.49	
	รวมข้อ 4. งานโครงสร้างคาน				43,680.00		14,851.20	58,531.20	17.47	3.49			43,680.00		14,851.20	58,531.20	17.47	3.49	-
5	งานโครงสร้างพื้น																		
5.1	ขุดดินและเทพื้น	ตร.ม.	128.00	-	-	22.54	2,885.12				128.00	-	-	13.00	1,664.00				
5.2	แผ่นพื้นสำเร็จ / พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	ตร.ม.	128.00	260.00	33,280.00	25.00	3,200.00		10.67	2.13	128.00	900.00	115,200.00	5.00	640.00		2.00	0.40	
5.3	Wire Mesh 4.0 มม. ขนาดตา 0.20 x 0.	ตร.ม.	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	
5.4	Topping	ลบ.ม.	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	
	รวมข้อ 5. งานโครงสร้างพื้น				50,248.00		8,519.12	58,767.12	18.17	3.63			132,168.00		4,738.00	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
6	อื่น ๆ																		
	รวม บ้านพัก 2 ชั้น				216,602.00		51,073.00	265,675.40	100.24	20.05			215,522.00		30,672.00	263,444.73	74.51	14.90	2,250.67

ตารางที่ ข – 6 ตารางประมาณราคาเปรียบเทียบโครงสร้างที่ใช้คานคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปและเหล็กรูปพรรณรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ประมาณราคาแบบบ้านหลัง 2 ชั้น ใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป และใช้คานเหล็กรับพื้นประกอบไฟเบอร์กลาส (กรณีใช้เสาเข็มเจาะ)

ลำดับ	รายการ	หน่วย	พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป							พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส							ค่าแรง main day	จำนวนวันก่อสร้าง (5 คน) (วัน)	ส่วนต่าง (บาท)
			จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)	แรงงาน main day	จำนวนวันก่อสร้าง (ใช้แรงงาน 5 คน/วัน)	จำนวน	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมเป็นเงิน (บาท)			
				ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม					ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม				
	บ้านหลัง 2 ชั้น																		
1	งานสถาปัตย์																		
1.1	ขนย้ายเก็บเศษวัสดุ	เหมา	1.00	-	-	15,000.00	15,000.00		15.00	3	-	-	-	-	-				
1.2	เสาเข็มเจาะขนาด ø 0.35 x 21 ม.	ต้น	9.00	9,000.00	81,000.00	-	-		15.00	3	-	-	-	-	-				
1.3	ขุดหลุม	ต้น	9.00	-	-	180.00	1,620.00		5.00	1	-	-	-	-	-				
	รวมข้อ 1. งานสถาปัตย์				81,000.00		16,620.00	97,620.00	35.00	7.00			-		-	-	-	-	97,620.00
2	งานงานราก - คอสอง																		
2.1	ขุดดิน - กลบดิน	ลบ.ม.	22.00	-	-	81.00	1,782.00		5.50	1.10	74.00	-	-	81.00	5,994.00		18.50	3.70	
2.2	พวงทราย	ลบ.ม.	0.50	362.09	181.05	64.00	32.00		0.08	0.02	2.63	362.09	952.50	64.00	168.32		0.44	0.09	
2.3	คอนกรีตหยาบ	ลบ.ม.	0.25	2,430.00	607.50	316.00	79.00		0.25	0.05	1.00	2,430.00	2,430.00	316.00	316.00		1.00	0.20	
2.4	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.00	2,470.00	4,940.00	276.00	552.00		2.00	0.40	5.20	2,470.00	12,844.00	276.00	1,435.20		5.20	1.04	
2.5	ไม้แบบ	ตร.ม.	13.00	268.00	3,484.00	105.00	1,365.00		2.60	0.52	13.50	268.00	3,618.00	105.00	1,417.50		2.70	0.54	
2.6	เหล็กเสริมคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม ø9 มม.	กก.	11.00	23.78	261.58	2.80	30.81		0.18	0.04	27.00	23.78	642.06	2.80	75.63		0.45	0.09	
	-เหล็กข้ออ้อย ø12 มม.	กก.	142.00	23.06	3,274.52	2.80	397.74		1.42	0.28	168.00	23.06	3,874.08	2.80	470.57		1.68	0.34	
	รวมข้อ 2. งานงานราก - คอสอง				12,748.65		4,238.55	16,987.20	12.04	2.41			24,360.44		9,877.22	34,237.65	29.97	5.99	17,250.45
3	งานโครงสร้างหลา																		
3.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	2.60	2,470.00	6,422.00	276.00	717.60		1.49	0.30	
3.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	50.40	268.00	13,507.20	105.00	5,292.00		12.60	2.52	
3.3	เหล็กเสริมคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม ø6 มม.	กก.	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	75.00	24.72	1,854.00	2.80	210.08		1.25	0.25	
	-เหล็กเส้นกลม ø9 มม.	กก.		23.78	-	2.80	-					23.78	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ø12 มม.	กก.	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	223.00	23.06	5,142.38	2.80	624.62		2.23	0.45	
	-เหล็กข้ออ้อย ø16 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ø20 มม.	กก.		22.86	-	2.80	-					22.86	-	2.80	-				
	รวมข้อ 3. งานโครงสร้างหลา				26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51			26,925.58		6,844.30	33,769.88	17.57	3.51	-
4	งานโครงสร้างหลาน																		
4.1	คอนกรีต	ลบ.ม.	8.00	2,470.00	19,760.00	276.00	2,208.00		5.33	1.07	-	-	-	-	-				
4.2	ไม้แบบ	ตร.ม.	96.00	268.00	25,728.00	105.00	10,080.00		24.00	4.80	-	-	-	-	-				
4.3	เหล็กเสริมคอนกรีต																		
	-เหล็กเส้นกลม ø6 มม.	กก.	170.00	24.72	4,202.40	2.80	476.17		2.83	0.57	-	-	-	-	-				
	-เหล็กข้ออ้อย ø16 มม.	กก.	841.82	22.86	19,244.01	2.80	2,357.94		8.42	1.68	-	-	-	-	-				
4.3	H 200 X 100 - 18.2 กก.	กก.	-	-	-	-	-				1,747.20	25.00	43,680.00	8.50	14,851.20		17.47	3.49	
	รวมข้อ 4. งานโครงสร้างหลาน				68,934.41		15,122.11	84,056.51	40.58	8.12			43,680.00		14,851.20	58,531.20	17.47	3.49	25,525.31
5	งานโครงสร้างหลัง																		
5.1	ขนย้ายเนินดิน	ตร.ม.	128.00	-	-	22.54	2,885.12				128.00	-	-	13.00	1,664.00				
5.2	แผ่นพื้นสำเร็จ / พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส	ตร.ม.	128.00	260.00	33,280.00	25.00	3,200.00		10.67	2.13	128.00	900.00	115,200.00	5.00	640.00		2.00	0.40	
5.3	Wire Mesh 4.0 มม. ขนาดตา 0.20 x	ตร.ม.	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	128.00	31.00	3,968.00	5.00	640.00		1.00	0.20	
5.4	Topping	ลบ.ม.	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	6.50	2,000.00	13,000.00	276.00	1,794.00		6.50	1.30	
	รวมข้อ 5. งานโครงสร้างหลัง				50,248.00		8,519.12	58,767.12	18.17	3.63			132,168.00		4,738.00	136,906.00	9.50	1.90	78,138.88
6	อื่น ๆ																		
	รวม บ้านหลัง 2 ชั้น				239,857.00		51,344.00	291,200.71	123.35	24.67			171,842.00		15,821.00	263,444.73	74.51	14.90	27,755.98

ตารางที่ ข –7 ราคาพื้นประกอบไฟเบอร์กลาสต่อตารางเมตร

รายการ	ราคาต่อตร.ม. (บาท)
E.P.S. โฟม หนา 0.15 ม.	540
Epoxy	280
E - glass	60
ค่าแรง	20
รวม	900

ตารางที่ ข – 8 ราคาค่าขนส่งรถบรรทุก

รายการ	ราคาต่อเที่ยวต่อ 100 กิโลเมตร (บาท)
รถบรรทุก 10 ล้อ	1871
พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป 1 ตร.ม.	22.54
พื้นประกอบไฟเบอร์กลาส 1 ตร.ม.	13

ตารางที่ ข – 9 ขนาดรถบรรทุก 10 ล้อ

รายการ	กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)	สูง (ม.)	หนัก (ตัน)
ขนาดรถบรรทุก 10 ล้อ	2.50	6.15	2.35	13

ตารางที่ ข – 10 ผลิตภาพของช่างโดยเฉลี่ยต่อวัน [5]

รายการ	ผลิตภาพ	(หน่วย/แรง)
ขุดดิน	2.5-3.0	ลบ.ม.
กลบดิน	4.0-6.0	ลบ.ม.
งานตอกเสาเข็ม (ทีมงาน 5 คน)		
เสาเข็มคอนกรีต ยาว 20-24 ม.	4.0-6.0	ต้น/ทีม
เทคอนกรีตพื้น	1.0-1.5	ลบ.ม.
เทคอนกรีตคาน	1.5	ลบ.ม.
เทคอนกรีตเสา	1.75	ลบ.ม.
เข้าแบบ	3-4	ตร.ม.
งานเหล็ก	60-100	กก.

รายการคำนวณอัตราส่วนผสมคอนกรีตสำหรับงานพื้น กำหนดกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก (fc') เท่ากับ 240 กก./ตร.ซม. ค่าการยุบตัวของคอนกรีต 10 ซม. ขนาดโตสุดหิน 20 มม. ค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ 3.15 ค่าความถ่วงจำเพาะของทรายในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง 2.65 ค่าความถ่วงจำเพาะของหินในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง 2.70

กำลังที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต = fc' + 85

= 240 + 85

= 325 กก/ตร.ม.

หาอัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์ ได้จากรูปที่ 2.6 ที่กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต 325 กก./ซม. ได้ค่าอัตราส่วนน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักของปูนซีเมนต์ = 0.57

หาปริมาตรน้ำที่ให้ได้ค่ายุบตัวของคอนกรีต 10 ซม. จากตารางที่ 2.6 ใช้น้ำ 190 ลิตร/คอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์

หาปริมาตรปูนซีเมนต์ได้จาก

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ = น้ำหนักน้ำ/น้ำหนักปูนซีเมนต์

0.57 = 190/น้ำหนักปูนซีเมนต์

น้ำหนักปูนซีเมนต์ = 333 กก./ลบ.ม.

หาปริมาตรทรายได้จาก ตารางที่..... ได้ปริมาณส่วนผสมละเอียด (ปูนซีเมนต์และทราย) = 400 ลิตร

ปริมาตรปูนซีเมนต์ = น้ำหนักปูนซีเมนต์/ค่าความถ่วงจำเพาะ

= 333/3.15

= 106 ลิตร

ปริมาตรทราย = 400 – 106

= 294 ลิตร

น้ำหนักทรายในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง= ปริมาตรทราย x ค่าความถ่วงจำเพาะทราย

= 294 x 2.65

= 779 กก./ลบ.ม.

หาปริมาตรหินได้จาก

คอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตรมีปริมาตร= 1,000 ลิตร

ปริมาตรน้ำ = 190 ลิตร

ปริมาตรปูนซีเมนต์ = 106 ลิตร

ปริมาตรทราย = 294 ลิตร

โดยทั่วไปคอนกรีตที่ไม่ได้ใส่สารกักกระจายฟองอากาศจะมีอากาศประมาณร้อยละ 1

ปริมาตรอากาศ	=	10	ลิตร
ดังนั้น ปริมาตรหิน	=	1,000 – 190 – 106 – 294 – 10	
	=	400	ลิตร
น้ำหนักหินในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง	=	ปริมาตรหิน x ความถ่วงจำเพาะหิน	
	=	400 x 2.70	
	=	1,080	กก./ลบ.ม.

ดังนั้น ส่วนผสมคอนกรีตต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตรมีค่าดังนี้

ปูนซีเมนต์	=	333 กก. หรือ 106 ลิตร
น้ำ	=	190 กก. หรือ 190 ลิตร
ทราย	=	779 กก. หรือ 294 ลิตร
หิน	=	1,080 กก. หรือ 400 ลิตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายไตรวุฒิ ฮวบกระโทก

สถานที่ทำงานปัจจุบัน :

การประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 เลขที่ 52 หมู่ 6 ตำบลตลิ่งชัน อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี

ตำแหน่ง :

วิศวกร 6 งานโครงการก่อสร้าง 1 กองแผนและวิชาการ

การศึกษา :

2544 อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมก่อสร้าง) มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

2555 บริหารธุรกิจบัณฑิต (การจัดการงานก่อสร้าง) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University