# การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบแผ่นพื้นไร้คานท้องเรียบโดยวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าบนอินเตอร์เน็ต

# DEVELOPMENT OF COMPUTER PROGRAM FOR FLAT-PLATE DESIGN BY EQUIVALENT FRAME METHOD ON INTERNET

ปิติ ศิริศรีโร
วรรัตน์ แซ่ล้อ
นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PITI SIRISRIRO
WORARAT SAELOW
Undergraduate Students, Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

ดร.วัฒนชัย สมิทธากร
อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

DR. WATANACHAI SMITTAKORN
Lecturer, Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Project Advisor

## บทคัดย่อ

โครงงานนี้ ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานท้องเรียบ โดยวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าตามมาตรฐานของ ACI และ ว.ส.ท. ซึ่งสามารถใช้งานได้ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยใช้ภาษาจาวาในการเขียนโปรแกรม ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคือ หลังจากผู้ใช้ทำการป้อนข้อมูล โปรแกรมก็จะแสดงน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ, โมเมนต์ที่ปลายยึดแน่น, สติฟเนสของแผ่นพื้น, สติฟเนสของเสา, สติฟเนสการบิดของชิ้นส่วนทางขวาง, สติฟเนสการดัดของเสาเทียบเท่า, และค่าตัวประกอบเพื่อกระจายโมเมนต์ จากนั้นจึงแสดงค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของแถบออกแบบที่คำนวณโดยใช้วิธีกระจายโมเมนต์แบบสองรอบ รวมทั้งการกระจายโมเมนต์ที่คำนวณได้เข้าสู่แถบเสา และแถบกลางเพื่อทำการเสริมเหล็กรับโมเมนต์ดัด ตรวจสอบแรงเฉือน และออกแบบเหล็กเสริมรับแรงเฉือน(ถ้าต้องการ) โดยปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมดนี้จะแสดงสำหรับเหล็กทุกขนาดที่มีขายตามท้องตลาด เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการ

ข้อดีของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ ไม่เพียงแต่การที่โปรแกรมสามารถใช้งานได้ผ่านทางอินเตอร์เน็ตโดยผู้ใช้สามารถใช้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบใดก็ได้ โปรแกรมนี้ยังสามารถคำนวณออกแบบแผ่นพื้นได้โดยไม่จำกัดจำนวนช่วง อย่างไรก็ตามโปรแกรมนี้กำหนดให้มีข้อจำกัดคือ ความหนาของแผ่นพื้นมีค่าเท่ากันทุกช่วง น้ำหนักบรรทุกเป็นแบบแผ่สม่ำเสมอเท่านั้น โครงสร้างไม่มีพื้นส่วนยื่นออกนอกแนวเสาต้นริม และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตมีค่าคงที่

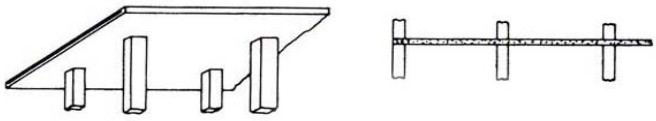
## ABSTRACT

This project aims to develop a computer program for flat-plate design by Equivalent Frame Method according to ACI and E.I.T. standards. The program is designed to run via the Internet, as an applet written by JAVA language. Procedures of the program are as follows: after a user inputs the data, the program will show the uniform loads, fixed-end moments, slab stiffnesses, column stiffnesses, attached torsional member stiffnesses, equivalent column stiffnesses, distribution factors, and the maximum moments by the method of two-cycle moment distribution. These moments are then distributed into column strips and middle strips and the reinforcements are computed. Next the shear capacities are checked and, if needed, shear reinforcements are designed. All of the reinforcements are given for every bar size available on the market.

The advantages of the developed program are not only the capability of running via the Internet (intended for users with any types of platform), but also the unlimited number of spans of the flat-plate structure. However, restrictions are made such that the slab thicknesses must be equal in every span, only uniformly distributed loads are allowed, there must not be slab portions outside the exterior columns, and the modulus of elasticity of the concrete is constant.


## บทนำ

เนื่องด้วยปัจจุบัน เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ในทางวิศวกรรมได้ก้าวไกลไปมากเนื่องจากความรวดเร็วที่สามารถคำนวณผลลัพธ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำ ทำให้ผู้ประกอบการทั้งในประเทศและต่างประเทศ หันมาให้ความสนใจและใช้งานโปรแกรมซอฟแวร์ เพื่อใช้ในการคำนวณและออกแบบทางด้านวิศวกรรมกันมากขึ้น ในส่วนของโปรแกรมออกแบบแผ่นพื้นนั้น แม้ว่าจะมีโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแผ่นพื้นออกมาหลายโปรแกรม แต่โปรแกรมเหล่านี้มักจะมีราคาแพง และต้องทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เท่านั้น ผู้ใช้งานระบบปฏิบัติการอื่นๆ จึงไม่สามารถใช้งานได้ประกอบกับการที่ผู้ทำโครงการ ได้เรียนวิชา Reinforced Concrete Design ในชั้นปีที่ 3 ผู้ทำโครงการจึงมีความคิดที่จะนำความรู้และเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานท้องเรียบ (ดูรูปที่ 1 ) เพื่อให้สามารถใช้งานได้ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต



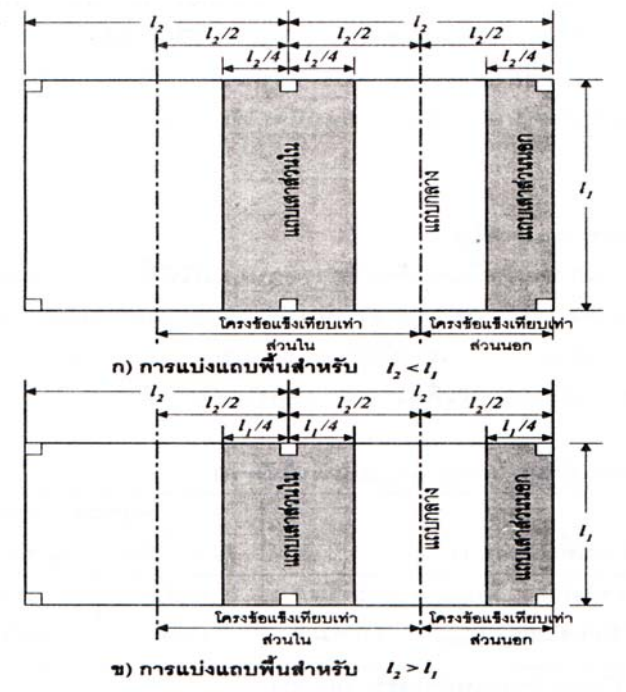
รูปที่ 1 แสดงภาพแผ่นพื้นไร้คานท้องเรียบ

## ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

สำหรับวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบใช้วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าหรือ Equivalent Frame Method ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณออกแบบโดยพิจารณาพฤติกรรมโครงสร้างในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ในวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าโครงสร้างจริง 3 มิติจะถูกแบ่งออกเป็นโครงข้อแข็ง 2 มิติ ทั้งทางยาวและทางขวางของอาคาร เรียกโครงข้อแข็งแต่ละอันว่า Equivalent frame ซึ่งจะ

ประกอบด้วยเสาหนึ่งแถว และแถบออกแบบของพื้นที่อยู่ระหว่างเส้นกึ่งกลางของแผ่นพื้นที่อยู่ในแต่ละด้านของเส้นกึ่งกลางของศูนย์เสาที่รองรับ

การวิเคราะห์แบ่งออกเป็นชั้นๆ โดยสมมติว่าปลายด้านไกลของเสาบนและล่างของชั้นที่กำลังพิจารณามีสภาพยึดแน่น และเมื่อต้องการหาโมเมนต์ที่จุดรองรับใดๆ ให้สมมติว่าปลายของแผ่นพื้นที่อยู่ห่างออกไปจากจุดรองรับนั้นทั้งสองข้าง ข้างละหนึ่งช่วงพื้นมีสภาพยึดแน่น โดยแผ่นพื้นนั้นต้องมีความต่อเนื่องไปจากจุดรองรับที่กำลังพิจารณา ในการวิเคราะห์ระบบโครงดังกล่าวนี้ที่สมบูรณ์จะต้องทำการวิเคราะห์ โครงข้อแข็งภายนอกและโครงข้อแข็งภายใน ในช่วงตามยาวและตามขวางของอาคาร แล้วจึงนำมาประกอบกันเป็นอาคารทั้งหมด (ดูรูปที่ 2 )




รูปที่ 2 แสดงความกว้างของแถบเสาภายนอกและภายใน

ความกว้างของโครงข้อแข็ง มีค่าเท่ากับระยะกึ่งกลางระหว่างเสาเรียกว่า Design strip ซึ่งจะถูกแบ่งเป็น แถบเสา (Column strip) และแถบกลาง (Middle strip) ความหนาของแผ่นพื้นพิจารณาจากตารางมาตรฐานของ ว.ส.ท. 1008-38 และ ACI-318-99 และความหนาที่ผ่านการตรวจสอบแรงเฉือนโดยตรง ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลเริ่มต้นที่ผู้ใช้ได้ทำการป้อนเข้าไป ผู้ใช้สามารถพิจารณาใช้ค่าความหนาตามต้องการ แต่ความหนาน้อยที่สุดที่จะนำไปใช้งานได้จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าความหนาจากตารางมาตรฐาน จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณน้ำหนักบรรทุกแผ่ ทั้งน้ำหนักบรรทุกรวม และน้ำหนักบรรทุกคงที่ ซึ่งน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่ทำการเพิ่มค่าแล้ว และคำนวณค่าโมเมนต์ที่ปลายยึดแน่น(FEM) ทำการคำนวณหาค่าสติฟเนสการดัดของชิ้นส่วนต่างๆ ประกอบด้วย แผ่นพื้น(Ks), เสา(Kc), ค่าสติฟเนสการบิด(Kt)ของชิ้นส่วนทางขวางเพื่อใช้ในการหาค่าสติฟเนสการดัดของเสาเทียบเท่า(Kec) แล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าตัวประกอบเพื่อกระจายโมเมนต์(DF) เพื่อนำผลที่ได้ไปคำนวณค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆของแถบออกแบบที่พิจารณา โดยวิธีกระจายโมเมนต์แบบสองรอบ(Two-cycle moment distribution) ซึ่งไม่มีข้อจำกัดเรื่องการจัดน้ำหนักบรรทุกจร ใช้ค่าตัวประกอบสำหรับถ่ายโมเมนต์ (Carry-over factor) หรือ COF เท่ากับ 0.5 เพราะสมมติว่ารูปตัดของส่วนโครงสร้างมีรูปตัดตงที่ตลอดช่วงความยาวชิ้นส่วน (Prismatic member) และทำการกระจายโมเมนต์ที่คำนวณได้เข้าสู่แถบเสา(Column strip)และแถบกลาง(Middle strip)เพื่อทำการเสริมเหล็กรับโมเมนต์ดัด

การเสริมเหล็กรับโมเมนต์ดัด โปรแกรมจะทำการแสดงปริมาณและระยะเรียงของเหล็กRB6, RB9,RB12, RB15, RB19, RB25, DB10, DB12, DB16, DB20, DB25 ,DB28, DB32 เช่น DB12@0.20 แสดงว่าถ้าเลือกใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มิลลิเมตร จะต้องใช้ระยะเรียง 20 เซนติเมตร แล้วแต่ผู้ใช้จะเลือกใช้ตามความสะดวกเหมาะสม กับชนิดและจำนวนของเหล็กที่มีอยู่และสอดคล้องกับโครงสร้างใกล้เคียง

ค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบริเวณหัวเสา จะประกอบด้วยพฤติกรรมสองประเภทคือ ค่าแรงเฉือนโดยตรง (Direct shear) และค่าแรงเฉือนจากโมเมนต์ (Shear caused by moment transfer) โปรแกรมจะพิจารณาหน่วยแรงเฉือนจากทั้งสองกรณีรวมกันที่ทุกเสา ในกรณีที่หน่วยแรงเฉือนรวม($v_u$)มากกว่ากำลังต้านทานของคอนกรีต($\varnothing v_c$) โปรแกรมจะทำการคำนวณปริมาณเหล็กเสริมรับแรงเฉือนและระยะเรียงเพื่อเพิ่มความต้านทานแรงเฉือนของโครงสร้างให้เพียงพอ โปรแกรมจะทำการใช้เหล็ก RB6 ,RB9 ,DB10 ,RB12 ,DB12 แล้วแต่ผู้ใช้จะเลือกใช้ตามความเหมาะสม กับชนิดและจำนวนของเหล็กที่มีอยู่และสอดคล้องกับโครงสร้างใกล้เคียง

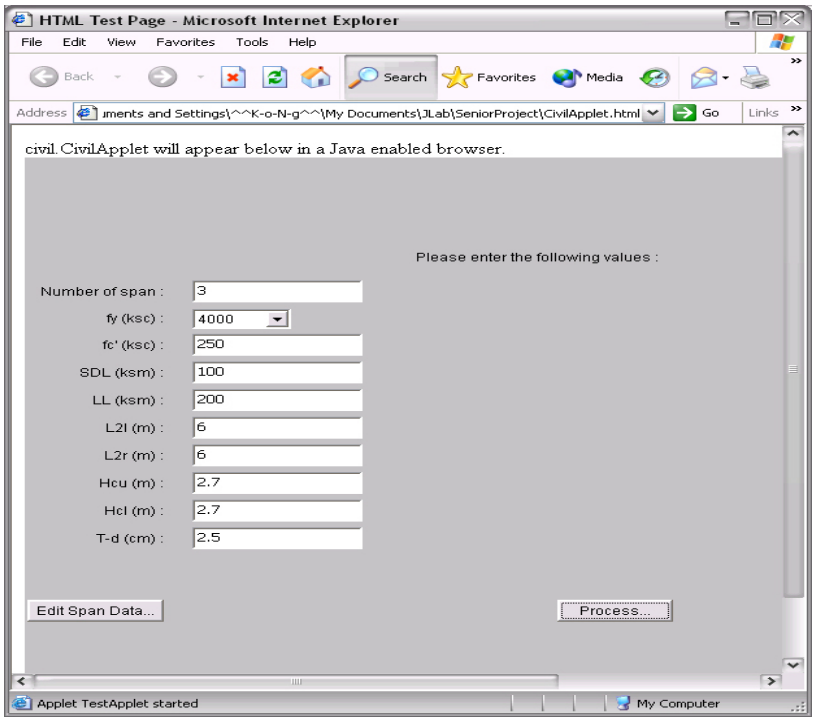
## ลำดับการทำงานของโปรแกรม

1.ป้อนข้อมูล
2.ตรวจสอบความหนาจากตารางมาตรฐาน ACI-318-99
3.ตรวจสอบความหนาต้านทานแรงเฉือนโดยตรง
4.คำนวณค่าสติฟเนสการดัดของแผ่นพื้น(Ks)และของเสา(Kc)
5.คำนวณค่าสติฟเนสการบิดของชิ้นส่วนทางขวาง(Kt)
6.คำนวณค่าสติฟเนสการดัดของเสาเทียบเท่า(Kec)
7.คำนวณตัวประกอบเพื่อการกระจายโมเมนต์(DF)
8.คำนวณค่าโมเมนต์ดัดที่ปลายยึดแน่น(FEM)
9.คำนวณค่าโมเมนต์โดยวิธีการกระจายโมเมนต์แบบสองรอบ
10.กระจายโมเมนต์ที่ใช้ในการออกแบบสู่ทางขวาง
11.เสริมเหล็กรับโมเมนต์ดัดและคำนวณระยะเรียง
12.คำนวณหน่วยแรงเฉือนรวม
13.เสริมเหล็กรับแรงเฉือนรวม(ถ้ามี)
14.แสดงค่าจากการคำนวณ

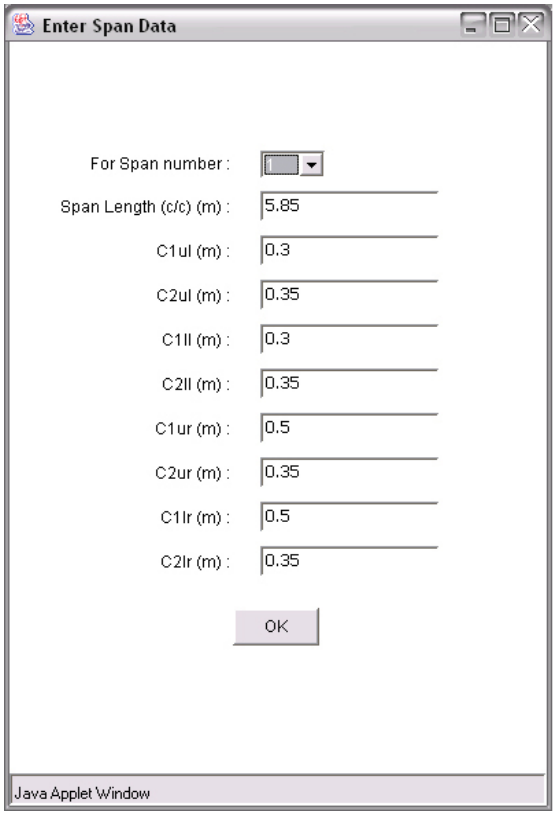
ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรม แสดงจากรูปที่ 3,4,5 ในหน้าถัดไป

## ข้อจำกัดของโปรแกรม

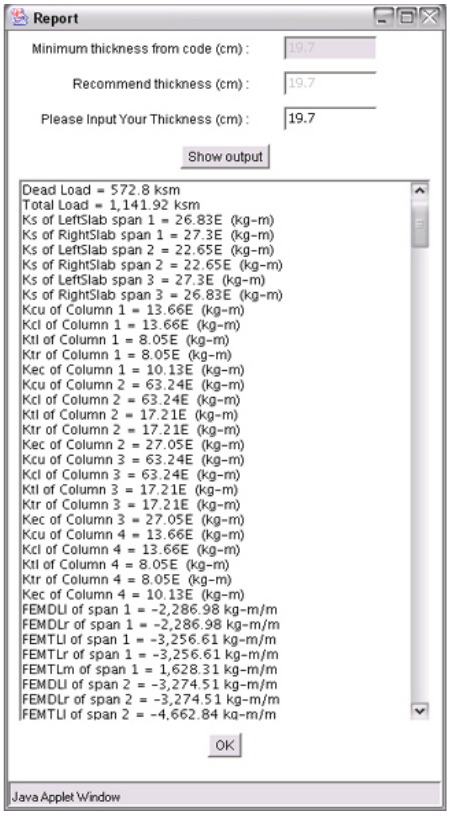
1.แผ่นพื้นมีความหนาเท่ากันตลอดทุกช่วงพื้นตลอดแถบออกแบบ
2.น้ำหนักที่กระทำเป็นแบบน้ำหนักบรรทุกแผ่สม่ำเสมอเท่านั้น
3.โครงสร้างไม่มีพื้นส่วนยื่นออกนอกแนวเสาต้นริม
4.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต(E) มีค่าเท่ากันตลอดทั้งโครงสร้าง




รูปที่ 3 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรม




รูปที่ 4 แสดงหน้าจอรับข้อมูลของแต่ละ span




รูปที่ 5 แสดงหน้าจอแสดงผล

## บทสรุป

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในโครงงานนี้ใช้สำหรับช่วยในการออกแบบโครงสร้างแผ่นพื้นไร้คานท้องเรียบ โดยวิธี Equivalent Frame Method พัฒนาขึ้นด้วยภาษา JAVA ให้สามารถประมวลผลได้ผ่านทางอินเตอร์เน็ต และสามารถวิเคราะห์และออกแบบแถบภายนอกหรือแถบภายในได้โดยไม่จำกัดจำนวนช่วง ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าต่าง ๆที่จำเป็นในการออกแบบ และแสดงปริมาณเหล็กเสริมทั้งเหล็กเสริมรับแรงดัด และเหล็กเสริมรับแรงเฉือน (ถ้ามี) จะแสดงทุกขนาดหน้าตัดทั้งเหล็กเสริมข้ออ้อย(DB) และเหล็กเสริมกลม(RB) ให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้สอดคล้องกับการทำงานจริง

โปรแกรมออกแบบแผ่นพื้นไร้คานท้องเรียบ จะเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบสำหรับผู้สนใจทั่วไป ให้สามารถออกแบบแผ่นพื้นไร้คานท้องเรียบได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีความถูกต้องเพียงพอที่จะนำไปใช้งานอย่างปลอดภัย แต่ทั้งนี้การนำไปใช้งานสำหรับการก่อสร้างจริง ๆนั้น ผู้ใช้งานต้องพึงที่จะระลึกไว้เสมอว่า ขั้นตอนและปัญหาในการก่อสร้างเป็นสิ่งที่ต้องระวังมากเป็นพิเศษ ผู้ใช้งานในการออกแบบจำเป็นที่จะต้องเอาใจใส่และดูแลงานในส่วนที่ตนเองรับผิดชอบอย่างใกล้ชิดเพื่อป้องกันเหตุอันไม่คาดฝันที่อาจเกิดขึ้นได้ โปรแกรมดังกล่าวยังมีข้อจำกัดอีกหลายประการซึ่งควรได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. วัฒนชัย สมิทธากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งได้อุทิศทั้งกำลังกาย กำลังใจ และสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำชี้แนะอันเป็นประโยชน์ รวมทั้งตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาในการทำการพัฒนาโปรแกรม และขอกราบขอบพระคุณ ศ.ดรทักษิณ เทพชาตรี ผู้ซึ่งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในเกี่ยวกับทฤษฎีต่าง ๆ

ท้ายที่สุดนี้ คุณประโยชน์อันใดทั้งหมดที่พึงจะได้รับจากโครงงานนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แก่ บิดา มารดา และครูบาอาจารย์ ทุก ๆท่าน ที่คอยให้การอบรม ดูแล ประสิทธ์ประสาทวิชาการความรู้ในแขนงต่าง ๆซึ่งผู้เขียนขอจดจำไว้จนกว่าชีวิตจะหาไม่

## เอกสารอ้างอิง

1. ผศ.ดร. ไพบูลย์ ปัญญาโคปะ: การออกแบบอาคาร Building Design , พิมพ์ครั้งแรก พ.ศ. 2545
2. มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลังประลัย – มาตรฐาน ว.ส.ท. , EIT-STD ว.ส.ท. 1008-38 , 2538
3. ACI-318-99, BUILDING CODE AND COMMENTARE, American Concrete Institute, Michigan , 1992