

โปรแกรมมิกคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยในการออกแบบ
สะพานคอนกรีตอัดแรงแบบช่วงต่อเนื่อง



นายวินัย วัฒนกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

ISBN 974-569-605-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015936

I 17614678

A MINICOMPUTER-AIDED DESIGN PROGRAM FOR
CONTINUOUS PRESTRESSED CONCRETE BRIDGES

Mr. Winai Wattanagul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-569-605-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์

โปรแกรมมิกคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยในการออกแบบสะพานคอนกรีต
อัดแรงแบบช่วงต่อเนื่อง

โดย

นายวินัย วัฒนกุล

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรารักษ์
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรารักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุกรี กัมปนาทนันทน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อนุภักย์ อิศรเสนา ณ ออยุธยา)

..... กรรมการ
(ดร.มานะ มหาสุวีระชัย)



วิทย วัฒนกุล : โปรแกรมมินิคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยในการออกแบบสะพานคอนกรีตอัดแรง
แบบช่วงต่อเนื่อง (A MINICOMPUTER-AIDED DESIGN PROGRAM FOR CONTINUOUS
PRESTRESSED CONCRETE BRIDGES) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ, 125 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษา เกี่ยวกับการ ใช้มินิคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างโปรแกรม เพื่อช่วยใน
การออกแบบคานหลักของสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบช่วงต่อเนื่อง ซึ่งสามารถออกแบบได้ทั้งกรณีโมเมนต์
อินเนอร์ เชียของหน้าตัดคงที่หรือเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวของช่วงสะพานแบบเส้นตรงและแบบโค้ง
พาราโบลา ส่วนการอัดแรงใช้ระบบดึงทีหลัง ที่จุดปลายสุดทั้งสองด้านของเหล็กอัดแรง สำหรับข้อกำหนด
ในการออกแบบ เป็นไปตามมาตรฐานการออกแบบสะพานทางหลวงของ AASHTO-1977

โปรแกรมเขียนด้วยภาษาฟอร์แทรน 77 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ซึ่งส่วนแรกเป็นการบันทึก
ข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ โดยอ่านจากแฟ้มข้อมูลที่จัดเตรียมไว้หรือจากการได้คอบททางจอภาพกับ
ผู้ใช้ ส่วนที่สองเป็นการคำนวณโดยอัตโนมัติสำหรับวิเคราะห์หาหน่วยแรงที่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบรรทุก
ภายนอกกระทำ ด้วยการหาค่าออร์ดิเนตของอินฟลูเอนซ์ไลน์และใช้วิธีการกระจายโมเมนต์สำหรับหา
ค่าโมเมนต์และแรงเฉือนที่ตำแหน่งใด ๆ บนช่วงความยาวของคานหลัก ในส่วนสุดท้ายเป็นการออกแบบหา
ตำแหน่งของเหล็กอัดแรง ค่าการเสื่อมสูญแรงอัดเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ โมเมนต์เอกและโมเมนต์โท
ขนาดของแรงอัดและจำนวนเหล็กอัดแรง พร้อมทั้งตรวจสอบกำลังรับแรงดัดและแรงเฉือนที่สภาวะประลัย
อีกด้วย สำหรับค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบทั้งหมด จะถูกเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล ซึ่งสามารถ
เรียกมาแสดงทางจอภาพหรือสิ่งพิมพ์ หลังจากการทำงานงของโปรแกรมสิ้นสุดลง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา



WINAI WATTANAGUL : A MINICOMPUTER-AIDED DESIGN PROGRAM FOR CONTINUOUS
PRESTRESSED CONCRETE BRIDGES. THESIS ADVISOR : PROF.DIREK LAVANSIRI,
Ph.D., 125 PP.

This thesis study is to investigate a strategy for developing a minicomputer program for interactive design girders of continuous prestressed concrete bridges. The program can be designed with a constant or a variable moment of inertia which composed of straight haunch and parabolic haunch along the span lengths. Jacking of tendons at both ends by posttensioned system. The standard specifications for highway bridges of AASHTO-1977 design code was adapted as criterion in the study.

The program is written in Fortran 77 and consisted of three control modules. First, data input module which can be retrieved from the data files have been prepared or interaction on screen with users during the program execution. Second module is automatically computed to determine the fiber stresses for each loading case, by developing of the ordinates to the influence lines. Also, the moment distribution method is used to compute bending moments and shears along the entire length of the girder. The last module is used to determine the profile of tendons, all losses of prestress, primary and secondary moments, jacking forces and number of strand required. Ultimate flexural and shear strengths are also computed at the final step of this module. All results of analysis and design are stored in output files which can be shown on screen or printed to hard copy after the program has been finished.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อผู้พิมพ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงต่อท่านศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวณิชย์ศิริ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็น และเสนอแนะแนวทางในการศึกษา ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงต่อท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ศุภกรี กัมภักานนท์ รองศาสตราจารย์ อนุภักย์ อิศรเสนา ณ ออยุธยา และ ดร.มานะ มหาสุวีระชัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์ นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการใช้และเทคนิคต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องคอมพิวเตอร์ตลอดช่วงการวิจัยมา ณ ที่นี้ด้วย

อนึ่ง ผู้เขียนมีความสำนึกในพระคุณของคณาจารย์ทุกท่าน ที่เคยอบรมสั่งสอนวิทยาการต่าง ๆ และขอสำนึกในพระคุณบิดา มารดา และคุณศิรินรณ ฉายาวิวัฒนา ที่ได้ให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่ผู้เขียน จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ท้ายที่สุดนี้ คุณความดีและคุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งในอดีตและในปัจจุบัน

วินัย วัฒนกุล

กันยายน 2531



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่.....	
1. บทนำ.....	1
1.1 บททั่วไปและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 ทบทวนผลงานที่ผ่านมา.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	4
2. มาตรฐานการออกแบบ.....	5
2.1 น้ำหนักบรรทุก.....	5
2.2 การคำนวณน้ำหนักบรรทุกจร.....	8
2.3 การกระจายของน้ำหนักบรรทุก.....	8
2.4 หน่วยแรงที่ยอมให้.....	9
2.5 การเสียมเสถียรองัด.....	10
2.6 กำลังตัดประลัย.....	14
2.7 กำลังรับแรงเฉือน.....	16
2.8 ระยะคูลุมและระยะช่วงของเสริมเหล็ก.....	18
3. ทฤษฎีและวิธีการออกแบบ.....	20
3.1 สมมติฐานในการออกแบบ.....	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ความยาวและจำนวนช่วงของสะพาน.....	20
3.3 รูปร่างหน้าตัดของคานหลัก.....	21
3.4 การวิเคราะห์แรงในโครงสร้าง.....	23
3.5 การจัดวางแนวของเหล็กอัดแรงตามความยาวของคานหลัก..	29
3.6 การคำนวณหาการเสียดสีแรงอัด.....	29
3.7 โมเมนต์เอกและ โมเมนต์โท.....	31
3.8 หน่วยแรงดัดในช่วงอัสติค.....	31
3.9 การตรวจสอบที่สภาวะประลัย.....	32
3.10 สรุปรูปขั้นตอนการออกแบบ.....	33
4. โปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	35
4.1 องค์ประกอบของโปรแกรม.....	35
4.2 ระบบข้อมูล.....	39
5. ตัวอย่างการออกแบบ.....	53
5.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์.....	53
5.2 ตัวอย่างการออกแบบคานหลัก.....	55
5.3 ตัวอย่างแสดงวิธีการใช้โปรแกรม.....	55
6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	64
6.1 สรุปผลการศึกษา.....	64
6.2 ข้อเสนอแนะในการนำโปรแกรมไปใช้งาน.....	65
6.3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ.....	66
เอกสารอ้างอิง.....	67
ภาคผนวก.....	69
ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	70
ภาคผนวก ข. ผลการคำนวณจากโปรแกรมของตัวอย่างการออกแบบ.....	77
ประวัติผู้เขียน.....	125



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1	แสดงค่า k และ μ ของเหล็กอัดแรงและท่อชนิดต่าง ๆ.....	11
2.2	ค่าประมาณของการเสื่อมสูญเสียแรงอัดทั้งหมด.....	14
5.1	ค่าออร์ดิเนตสำหรับอินฟลูเอนซ์ไดอะแกรมของ โมเมนต์อัด.....	58
5.2	ค่าออร์ดิเนตสำหรับอินฟลูเอนซ์ไดอะแกรมของแรงเฉือน.....	58
5.3	ผลรวมค่าออร์ดิเนตอินฟลูเอนซ์ไลน์.....	59
5.4	ค่าโมเมนต์ตัดกระทำต่อคานหลักในกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบเทียบเท่า	59
5.5	ค่าโมเมนต์ตัดกระทำต่อคานหลักในกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบ HS20-44	60
5.6	ค่าแรงเฉือนกระทำต่อคานหลักในกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบเทียบเท่า	60
5.7	ค่าแรงเฉือนกระทำต่อคานหลักในกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบ HS20-44	61
5.8	แสดงการเปรียบเทียบค่า โมเมนต์ตัดและแรงเฉือน ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบ.....	61
5.9	แสดงการเปรียบเทียบผลการออกแบบ.....	63

สารบัญภาพ

รูปภาพที่

หน้า

2.1	รถบรรทุกมาตรฐานแบบ HS.....	6
2.2	น้ำหนักบนช่องทาง (Lane Load).....	6
3.1	รูปร่างหน้าตัดต่าง ๆ ตามแนวขวางของคานหลัก.....	22
3.2	รูปร่างหน้าตัดต่าง ๆ ตามแนวยาวของคานหลัก.....	22
3.3	คานช่วงในของคานต่อเนื่อง.....	24
3.4	แสดงค่า Fixed-end Moment สำหรับกรณีแรงต่าง ๆ กระทำ..	25
3.5	แสดงรูปแบบของน้ำหนักกระทำต่อคาน.....	27
3.6	แสดงการแบ่งแยกชิ้นส่วนของคาน.....	28
3.7	แสดงผลของการคิดค่าแรงตัด.....	28
4.1	แผนภูมিরวมแสดงการทำงานของโปรแกรม.....	41
4.2	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "EDTIT".....	42
4.3	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "EDMAT".....	42
4.4	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "EDLOAD".....	43
4.5	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "EDBRDIM".....	43
4.6	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "EDPARA".....	44
4.7	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "EDBAR".....	45
4.8	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "EDCOV".....	45
4.9	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "EDLOSS".....	46
4.10	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "EDSTM".....	46
4.11	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "PRECAL".....	47
4.12	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "COMPI".....	47
4.13	แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "DISTAN".....	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
4.14 แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "COMLOAD".....	48
4.15 แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "ANALYSIS".....	49
4.16 แผนภูมิแสดง โปรแกรมย่อย "GDESIGN".....	51
5.1 ความยาวช่วงของคานหลัก.....	57
5.2 จุดแบ่งย่อยบนคานหลัก.....	57
5.3 ขนาดหน้าตัดขวางของสะพาน.....	57
5.4 ไตอะแกรมของ โมเมนต์.....	57
5.5 ไตอะแกรมของแรงเฉือน.....	58
5.6 การวางลักษณะ โครงสร้างของสะพาน.....	62
5.7 แนวโปรไฟล์ของเหล็กอัดแรง.....	62
5.8 ความยาวช่วงและลักษณะหน้าตัดตามแนวยาวของคานหลัก.....	63