

การกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดคอนกรีตระบุงกล่องที่อยู่กลางแจ้ง



นายสมยศ ศิริโสภาศิลป์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-443-8

011085 }
} 17761293

Temperature Distributions Across an Exposed Box-Girder Concrete Section

Mr. Somyos Sirisophasilp

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

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวขอวิทยานิพนธ์

การกระจายของอุณหภูมินบนหน้าตักคนกีดขวางกล่องที่อยู่กลางแจ้ง

โดย

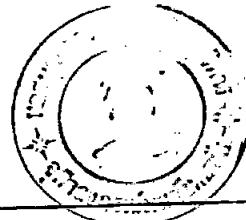
นายสมยศ ศรีไสวศิริ

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุญาตให้นับวิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอนวิทยานิพนธ์

.....

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ มนase วงศ์วิรุณ)

.....

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกลักษณ์ สืบสุวรรณ)

.....

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ภาณุย จันทร์คงศุ)

.....

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)

ผู้ติดเชื้อบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกระจายของอุณหภูมินหน้าตัดค้อนกรีดรูปกล่องท่ออยู่กลางแจ้ง
ชื่อ	นายสมยศ ศิริโภกผลิลป์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์. ดร. ทักษิณ เทพชาตรี
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2525



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาถึงลักษณะการกระจายของอุณหภูมินหน้าตัดค้อนค้อนกรีดรูปกล่อง โดยโครงสร้างตั้งอยู่กลางแจ้งซึ่งได้ทำการทดลองที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงเวลาระหว่าง เดือนพฤษจิกายน 2525- ธันวาคม 2526

ในการศึกษาได้ทำการทดลองแบบเดียวกันที่ความหนาของแผ่นพื้นบน เป็น 20 ซม. แผ่นพื้นล่างหนา 30 ซม. สันคานหนา 40 ซม. ตัวค่านลิก 1.00 ม. พร้อมห้องศึกษา Thermocouple ไว้ที่ผิวรอบในและในที่ตลอดความหนาของแผ่นพื้นบนช่วงกลางเพื่อทำการวัดอุณหภูมิทุกช่วงเวลา ส่วนอุณหภูมิที่ผิวนอกอื่น ๆ ได้จากการใช้ Thermocouple แบบจ่อ กับจุดที่ต้องการสำหรับอุณหภูมิที่มีจุดต่าง ๆ ภายในหาได้จากวิธีไฟไนท์เอเลเม้นท์ ชั้งการคำนวณเริ่มจากการจำลองโครงสร้างจริงให้ประกอบด้วยชั้นล้ำน้ำอยู่ รูปสี่เหลี่ยมมาต่อกันที่ข้าง โดยมีข้อสมมติฐานให้การไหลของความร้อนเป็นแบบ 2 ทางตลอดหน้าตัด ในขณะที่อุณหภูมิความขาวมีค่าスマ้ว่า เสมอ

ผลการ เปรียบเทียบ ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิตลอดความหนาของแผ่นพื้นบนระหว่าง การทดลองกับการวิเคราะห์ได้ผลใกล้เคียงกับตลอดทุกช่วงเวลา ชี้งบว่าการกระจายมีลักษณะเป็นแบบ เส้นตรง ในขณะที่การวิเคราะห์ให้ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิตลอดความลึกของตัวค่าน เป็นแบบเส้นโค้ง

การศึกษาพบว่าการกระจายของอุณหภูมินหน้าตัดค้อนค้อนกรีดรูปกล่องชั้นอยู่รับอุณหภูมิ อากาศภายนอกและความร้อนจากแสงอาทิตย์ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวด้วยของแผ่นพื้นกับอุณหภูมิอากาศนั้น มีลักษณะแทนได้ด้วย เส้นตรง ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างผิวนอก กับผิวล่างของแผ่นพื้นนั้นมีค่าต่างกันประมาณ $5-6^{\circ}\text{C}$ ส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวนอกและผิวล่างของคันจะมีค่าต่างกันประมาณ $7-8^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิที่ผิวนอกยังมีพื้นและภายในคันจะต่างกันประมาณ $8-9^{\circ}\text{C}$

นอกจากนี้ยังพบว่าการกระจายของอุณหภูมิในแนวราบทองหน้าศีกนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมาก ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของหน้าศีกในช่วงที่ทำการทดลองมีค่าระหว่าง $21.7-34^{\circ}\text{ช}$ ซึ่งทำให้เกิดการขยายตัว-หดตัวในแนวราบตามความยาวของโครงสร้างได้เพียง 1.37×10^{-4} ม./ม. เท่านั้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Temperature Distributions Across an Exposed
 Box-Girder Concrete Section

Name Mr. Somyos Sirisophsilp

Thesis Advisor Associate Professor Thaksin Thepchartri, Ph.D.

Department Civil Engineering

Academic Year 1982



ABSTRACT

This research was confined to the study of the characteristics of temperature distribution across an exposed box-girder concrete section. Experiments were conducted at the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University during November 1982-February 1983.

A model having the thickness of top slab 20 cm, bottom slab 30 cm, web 40 cm, and girder 1.00 m in depth was used in this study. Thermocouples were erected along the interior surface and across the middle section of top slab to measure temperatures at selected time intervals. Temperatures along the exterior surface, however, were measured by using probe Thermocouple. Finite Element procedure then was used to compute temperatures at inner points by assuming a two-dimensional heat flow across the cross-section but having constant temperature longitudinally.

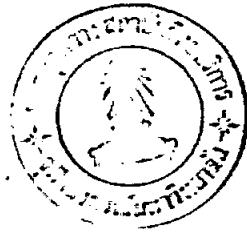
Comparisons of temperature distributions across the thickness of the top slab at different time interval between the measured and computed values are good. Temperature distribution across the slab is found to be linear. The distribution across the depth of web, on the other hand, is found to be nonlinear.

Studies have shown that temperature distribution across the box-girder section depends on ambient temperature and solar heat. Relationship between temperatures at top surface and ambient temperature is linear. Temperature gradient between top and bottom surface of top slab and girder are found to be $5-6^{\circ}\text{C}$, and $7-8^{\circ}\text{C}$ respectively.

Furthermore, temperatures at the same depth across the transverse directions are found to be nearly uniform. Average temperatures of the across-section is between $21.7-34^{\circ}\text{C}$ resulting the longitudinal expansion or contraction of $1.37 \times 10^{-4} \text{ m/m}$.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

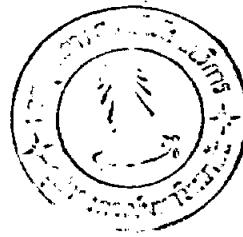
กิติกรรมประกาศ



ในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสุดซึ้งในพระบรมราชูปถัมภ์ของ รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และชี้แนวทางแก้ไขข้อบกพร่องค้าง ฯ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำการวิจัย ตลอดจนการแก้ไขตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เรียนร้อยและขอขอบพระคุณคุณครุภักดิ์ ศุภะภรณ์ สถาบันวิทยาศาสตร์ทุกท่าน อาจารย์และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมโยธาและอาจารย์ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้ให้คำแนะนำต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อนึ่ง ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณสมบูรณ์ สุระอาษา ที่ได้ช่วยในการทำกราฟดลงค้าง ฯ พนักงานของบริษัท เลิศเกียรติชัย จำกัด และเพื่อน ฯ ทุกคนที่ได้ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



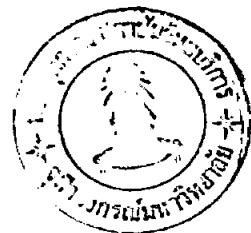
สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	๕
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๖
กิจกรรมประจำ	๗
สัญลักษณ์	๘
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทที่ไว้	1
1.2 ผลของการกระจายอุณหภูมิ	1
1.3 ข้อกำหนดของการออกแบบจาก AASHTO	2
1.4 บททบทวนการวิจัยที่ได้กระทำมาแล้ว	3
1.5 วัตถุประสงค์และขั้นตอนของการวิจัย	5
2. อิทธิพลของสภาพและสถานะการไหลของความร้อน	7
2.1 บทนำ	7
2.1.1 การแผ่รังสี	8
2.1.2 อุณหภูมิอากาศ	9
2.1.3 ความเร็วลม	9
2.2 การไหลของความร้อน	10
2.2.1 การไหลโดยการแผ่รังสี	10
2.2.2 การไหลของความร้อนโดยการพารามิเตอร์ความร้อน	12
2.2.3 การไหลโดยการนำความร้อน	13
3. ทฤษฎีหรือสมมติฐานและวิธีทางไฟไนท์เอเลเม้นท์	14
3.1 ทฤษฎีหรือสมมติฐาน	14
3.2 วิธีทางไฟไนท์เอเลเม้นท์	14
4. การติดตั้ง เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ	22
4.1 สภาพของสถานที่ที่ต้องของแบบทดสอบและคุณสมบัติอื่น ๆ ของแบบทดลอง	22

บทที่		หน้า
4.2	การติดตั้ง เครื่องและอุปกรณ์	23
5.	ผลการวิเคราะห์และตัวอย่าง	25
5.1	คุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้วิเคราะห์	25
5.2	การวิเคราะห์และผล	26
5.2.1	การวิเคราะห์ของวันที่ 3 พฤษภาคม 2525	26
5.2.2	การวิเคราะห์ของวันที่ 4 พฤษภาคม 2525	28
5.2.3	การวิเคราะห์ของวันที่ 17-18 ธันวาคม 2525	29
5.2.4	การวัดค่าของวันอื่น ๆ ในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2526	31
5.3	ผลของใบโคร์ไฟเบอร์	31
5.4	ข้อมูลผลิต	31
6.	สรุป วิจารณ์และข้อเสนอแนะ	33
6.1	สรุป	33
6.2	วิจารณ์และข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง		36
ภาคผนวก ก.	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โปรแกรมและตัวอย่าง	40
ภาคผนวก ข.	รูป	62
ภาคผนวก ค.	ตาราง	97
ประวัติ		102

สัญลักษณ์



c	= ความร้อนจำเพาะ $\text{btu/lb}/{}^{\circ}\text{F}$, $\text{Cal/m}/{}^{\circ}\text{C}$
D_{\approx}	= แมทริกซ์ยืดหยุ่น (Elasticity Matrix)
D_{\approx}^T	= แมทริกซ์ค่า Transpose ของ D_{\approx}
e	= ความสามารถถ่ายเทความร้อนของวัสดุ
h_c	= สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection film Coefficient) $\text{btu}/\text{ft}^2/\text{hr}/{}^{\circ}\text{F}$, $\text{Cal}/\text{m}^2/\text{hr}/{}^{\circ}\text{C}$
$I(t)$	= ความเข้มการแผ่รังสีที่เวลา t
k	= ค่าการนำความร้อนวัสดุ $\text{btu}/\text{hr}/\text{ft}/{}^{\circ}\text{F}$, $\text{Cal}/\text{hr}/\text{m}/{}^{\circ}\text{C}$
k_{\approx}	= Tensor การนำความร้อนของวัสดุ
K	= Diffusivity ft^2/hr , m^2/hr
\hat{n}	= แมทริกซ์ Thermal unit vector
N_{\approx}	= แมทริกซ์ตัวประกอบรูป (Shape function)
N_{\approx}^T	= แมทริกซ์ค่า Transpose ของ N_{\approx}
\mathbf{x}	= เวกเตอร์นามความร้อน
Q_c	= ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปจากการนำความร้อน $\text{btu}/\text{ft}^2/\text{hr}$
Q_e	= ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกมาก $\text{btu}/\text{ft}^2/\text{hr}$, $\text{Cal}/\text{m}^2/\text{hr}$
Q_L	= ปริมาณความร้อนที่เสียไปโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว $\text{btu}/\text{ft}^2/\text{hr}$, $\text{Cal}/\text{m}^2/\text{hr}$
Q_{LC}	= ความร้อนสูญเสียที่เสียไปจากการแผ่รังสีคลื่นยาว $\text{btu}/\text{ft}^2/\text{hr}$, $\text{Cal}/\text{m}^2/\text{hr}$
Q_s	= ความร้อนที่ได้รับจากการแผ่รังสีคลื่นสั้น $\text{btu}/\text{ft}^2/\text{hr}$, $\text{Cal}/\text{m}^2/\text{hr}$
r	= ความสามารถถูกความร้อนของผิววัสดุ
R	= ความร้อนที่ได้รับจากการสะท้อนรังสีคลื่นยาวกลับมา $\text{btu}/\text{ft}^2/\text{hr}$
s	= พื้นของ Domain
S	= ความเข้มของการแผ่รังสีทั้งหมดใน 1 วัน $\text{btu}/\text{ft}^2/\text{hr}$, Cal/m^2
t	= เวลา ชม.
T	= อุณหภูมิของวัสดุที่จุดโดยปรับพื้นตามแกน x , y , z และ t ${}^{\circ}\text{F}$, ${}^{\circ}\text{C}$

T	= ความยาวของช่วง เวลาที่มีแสงอาทิตย์ ชม.
T_a	= อุณหภูมิอากาศ $^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{C}$
T_s	= อุณหภูมิผิว $^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{C}$
Δt	= เวลา เทوار อุณหภูมิจุด
$\Delta t'$	= อันดับที่ Δt เครื่องอุณหภูมิ เทียบกับเวลา
U	= อุณหภูมิ
\dot{U}	= อันดับอุณหภูมิ เทียบกับเวลา
V	= ปริมาตรของ Domain
x,y,z	= แกนหลักสามมิติ rectangular coordinate
α	= ค่าเบลาของ การแผ่รังสี
σ	= Stefan-Boltzmann Constant
θ	= องศาสัมบูรณ์ $^{\circ}\text{R}$
θ_a	= อุณหภูมิอากาศ $^{\circ}\text{R}$
θ_s	= อุณหภูมิผิว $^{\circ}\text{R}$
ρ	= ความหนาแน่น $1\text{b}/\text{ft}^3$, kg/m^3
∇	= พลังงานศักย์ทึ่งหมด
∇	= Gradient operation

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย