

การกระจายของอุณหภูมิมบนหน้าตัดคอนกรีตรูปกล่องที่อยู่กลางแจ้ง



นายสมยศ สิริไสถณศิลป์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

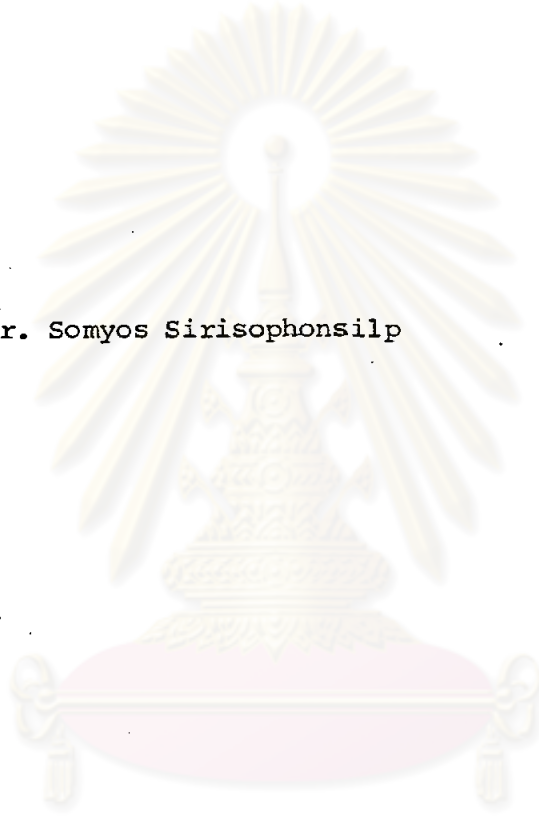
พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-443-8

011085

} i 17761293

Temperature Distributions Across an Exposed Box-Girder Concrete Section



Mr. Somyos Sirisophonilp

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

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดคอนกรีตรูปกล่องที่อยู่กลางแจ้ง

โดย

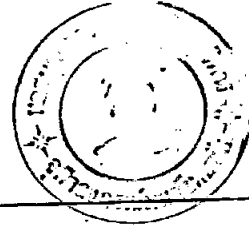
นายสมยศ ศิริโสภณศิลป์

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

สมยศ ศิริโสภณศิลป์

.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประสิทธิ์ มุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

มานะ วงศ์ศิริวัฒน์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์ศิริวัฒน์)

เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)

การุญ จันทรางศุ

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ)

ทักษิณ เทพชาตรี

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดคอนกรีตรูปกล่องที่อยู่กลางแจ้ง
ชื่อ นายสมยศ ศิริโสภณศิลป์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์.ดร. ทักษิณ เทพชาตรี
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2525



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาถึงลักษณะการกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดคานคอนกรีตรูปกล่อง โดยโครงสร้างตั้งอยู่กลางแจ้งซึ่งได้ทำการทดลองที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงเวลาระหว่าง เดือนพฤศจิกายน 2525- ธันวาคม 2526

ในการศึกษาได้ทำการหล่อแบบทดลองขึ้น โดยกำหนดความหนาของแผ่นพื้นบนเป็น 20 ซม. แผ่นพื้นล่างหนา 30 ซม. ลึนคานหนา 40 ซม. ตัวคานลึก 1.00 ม. พร้อมทั้งติดตั้ง Thermocouple ไว้ที่ผิวรอบในและในที่ตลอดความหนาของแผ่นพื้นบนช่วงกลางเพื่อทำการวัดอุณหภูมิทุกช่วงเวลา ส่วนอุณหภูมิที่ผิวนอกอื่น ๆ ได้จากการใช้ Thermocouple แบบจุ่มกับจุดที่ต้องการสำหรับอุณหภูมิที่มีจุดต่าง ๆ ภายในหาได้จากวิธีไฟไนท์เอเลเมนต์ ซึ่งการคำนวณเริ่มจากการจำลองโครงสร้างจริง ให้ประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อย ๆ รูปสี่เหลี่ยมมาต่อกันที่ข้อ โดยมีข้อสมมติฐานให้การไหลของความร้อน เป็นแบบ 2 ทางตลอดหน้าตัด ในขณะที่อุณหภูมิตามความยาวมีค่าสม่ำเสมอ

ผลการ เปรียบ เทียบลักษณะการกระจายของอุณหภูมิตลอดความหนาของแผ่นพื้นบนระหว่างการทดลองกับการวิเคราะห์ที่ได้ผลใกล้เคียงกันตลอดทุกช่วงเวลา ซึ่งพบว่า การกระจายมีลักษณะเป็นแบบ เส้นตรง ในขณะที่การวิเคราะห์ให้ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิตลอดความลึกของตัวคานเป็นแบบ เส้นโค้ง

การศึกษาพบว่า การกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดคานคอนกรีตรูปกล่องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศภายนอกและความร้อนจากแสงอาทิตย์ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวของแผ่นพื้นกับอุณหภูมิอากาศนั้น มีลักษณะแทนได้ด้วย เส้นตรง ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างผิวบน กับผิวล่างของแผ่นพื้นบนมีค่าต่างกันประมาณ $5-6^{\circ}\text{C}$ ส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวบนและผิวล่างของคานจะมีค่าต่างกันประมาณ $7-8^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิที่ผิวบนแผ่นพื้นและภายในตัวคานจะต่างกันประมาณ $8-9^{\circ}\text{C}$

นอกจากนี้ยังพบว่าการกระจายของอุณหภูมิในแนวราบของหน้าตัดนั้นมีความแตกต่างกันน้อยมาก ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของหน้าตัดในช่วงที่ทำการทดลองมีค่าระหว่าง $21.7-34^{\circ}\text{C}$ ซึ่งทำให้เกิดการขยายตัว-หดตัวในแนวราบตามความยาวของโครงสร้างได้เพียง 1.37×10^{-4} ม./ม. เท่านั้น



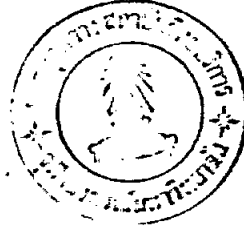
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 1.37×10^{-4} m/m.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

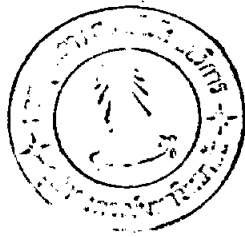


กิตติกรรมประกาศ

ในความสำ เร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสุดซึ้งในพระคุณของ รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาติศรี อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และชี้แนวทางแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำกรวิจัย ตลอดจนการแก้ไขตรวจสอบวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ เรียบร้อยและขอขอบพระคุณต่อคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน อาจารย์และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมโยธาและอาจารย์ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้ให้คำแนะนำต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อนึ่ง ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณสมบูรณ์ สุระอาษา ที่ได้ช่วยในการทำการทดลองต่าง ๆ พนักงานของบริษัท เลิศเกียรติชัย จำกัด และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สัญญาลักษณ์	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บททั่วไป	1
1.2 ผลของการกระจายอุณหภูมิ	1
1.3 ข้อกำหนดของการออกแบบจาก AASHTO	2
1.4 บทบทวนการวิจัยที่ได้กระทำมาแล้ว	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 การไหลของความร้อนโดยการพาความร้อน	12
2.2.3 การไหลโดยการนำความร้อน	13
3. ทฤษฎีหรือสมมติฐานและวิธีทางไฟไนต์เอ เล เมนท์	14
3.1 ทฤษฎีหรือสมมติฐาน	14
3.2 วิธีทางไฟไนต์เอ เล เมนท์	14
4. การติดตั้ง เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ	22
4.1 สภาพของสถานที่ที่ตั้งของแบบทดสอบและคุณสมบัติอื่น ๆ ของแบบทดลอง	22

สัญลักษณ์



c	=	ความร้อนจำเพาะ	$\text{btu/lb/}^{\circ}\text{F}$, $\text{Cal/m/}^{\circ}\text{C}$
D	=	เมทริกซ์ยืดหยุ่น (Elasticity Matrix)	
D^T	=	เมทริกซ์ค่า Transpose ของ D	
e	=	ความสามารถถ่ายเทความร้อนของวัสดุ	
h_c	=	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection film Coefficient)	$\text{btu/ft}^2/\text{hr/}^{\circ}\text{F}$, $\text{Cal/m}^2/\text{hr/}^{\circ}\text{C}$
$I(t)$	=	ความเข้มการแผ่รังสีที่เวลา t	
k	=	ค่าการนำความร้อนวัสดุ	$\text{btu/hr/ft/}^{\circ}\text{F}$, $\text{Cal/hr/m/}^{\circ}\text{C}$
\underline{k}	=	Tensor การนำความร้อนของวัสดุ	
K	=	Diffusivity	ft^2/hr , m^2/hr
\underline{n}	=	เมทริกซ์ Thermal unit vector	
N	=	เมทริกซ์ตัวประกอบรูป (Shape function)	
N^T	=	เมทริกซ์ค่า Transpose ของ N	
q	=	เวกเตอร์สนามความร้อน	
Q_c	=	ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปจากการนำความร้อน	$\text{btu/ft}^2/\text{hr}$
Q_e	=	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกมา	$\text{btu/ft}^2/\text{hr}$, $\text{Cal/m}^2/\text{hr}$
Q_L	=	ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว	$\text{btu/ft}^2/\text{hr}$, $\text{Cal/m}^2/\text{hr}$
Q_{LC}	=	ความร้อนสุทธิที่สูญเสียไปจากการแผ่รังสีคลื่นยาว	$\text{btu/ft}^2/\text{hr}$, $\text{Cal/m}^2/\text{hr}$
Q_s	=	ความร้อนที่ได้รับจากการแผ่รังสีคลื่นสั้น	$\text{btu/ft}^2/\text{hr}$, $\text{Cal/m}^2/\text{hr}$
r	=	ความสามารถกักความร้อนของผิววัสดุ	
R	=	ความร้อนที่ได้รับจากการสะท้อนรังสีคลื่นยาวกลับมา	$\text{btu/ft}^2/\text{hr}$
s	=	ผิวของ Domain	
S	=	ความเข้มของการแผ่รังสีทั้งหมดใน 1 วัน	$\text{btu/ft}^2/\text{hr}$, Cal/m^2
t	=	เวลา	ชม.
T	=	อุณหภูมิของวัสดุที่จุดใดแปรผันตามแกน x , y , z และ t	$^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{C}$

T	=	ความยาวของช่วง เวลาที่มีแสงอาทิตย์ ชม.
T_a	=	อุณหภูมิอากาศ $^{\circ}F$, $^{\circ}C$
T_s	=	อุณหภูมิผิว $^{\circ}F$, $^{\circ}C$
u	=	เวกเตอร์อุณหภูมิจุด
\dot{u}	=	อนุพันธ์เวกเตอร์อุณหภูมิ เทียบกับ เวลา
U	=	อุณหภูมิ
\dot{U}	=	อนุพันธ์อุณหภูมิ เทียบกับ เวลา
V	=	ปริมาตรของ Domain
x, y, z	=	แกนหลักตาม rectangular coordinate
α	=	คาบเวลาของการแผ่รังสี
σ	=	Stefan-Boltzmann Constant
θ	=	องศาสัมบูรณ์ $^{\circ}R$
θ_a	=	อุณหภูมิอากาศ $^{\circ}R$
θ_s	=	อุณหภูมิผิว $^{\circ}R$
ρ	=	ความหนาแน่น lb/ft ³ , kg/m ³
τ	=	พลังงานศักย์ทั้งหมด
∇	=	Gradient operation

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย