บทที่ 1

บทนำ

1.1 บททั่วไป

ในโครงสร้างทั่วไปที่สร้างไว้อยู่กลางแจ้งนั้นจะได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทั่วไป อันจะเป็นผลให้มีผลตอบสนองจากโครงสร้างได้ ผลจากอุณหภูมินั้นมีผลต่อโครงสร้างตลอดเวลา

ข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ในการออกแบบโครงสร้างสะพานนั้นมีส่วนครอบคลุมถึงผลกระทบของอุณหภูมิน้อยมาก ดังนั้นผู้ออกแบบจึงไม่สามารถรู้ถึงผลอุณหภูมิที่โครงสร้างนั้น ๆ ได้

ในบางครั้งโครงสร้างคานสะพานบางแห่งเกิดรอยร้าวได้จากผลของอุณหภูมิในตัวโครงสร้างดังรายงานของ Leonhardt และ Lippoth[10] ซึ่งได้รายงานว่าเกิดรอยร้าวขึ้นในคานต่อเนื่อง 2 ช่วงที่ผิวใต้คานช่วงใน อันเนื่องมาจากความร้อน

และจากการทดลองในหลาย ๆ แห่งได้สนับสนุนว่าอุณหภูมินั้นมีผลต่อโครงสร้างคานพอสมควรต่อการเคลื่อนที่ (Movement) และหน่วยแรง (Stress) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

Willem[18] (1973) ได้ทดลองกับสะพานพื้นคอนกรีตต่อเนื่อง 3 ช่วง โดยวัดความเครียดของเหล็กเสริมในพื้นคอนกรีตหนาตั้งแต่ 24" ที่ปลายไปยัง 38" ที่ช่วงใน ซึ่งได้ผลสรุปว่า ผลของอุณหภูมินั้นมีผลต่อโครงสร้างเท่ากันหรือมากกว่าผลของน้ำหนักคงที่และมากกว่าผลของน้ำหนักจร

Matlock และผู้ร่วมงาน[11] (1970) ได้ทำการทดลองกับสะพานคอนกรีด Post-tension ต่อเนื่อง 3 ช่วง โดยแผ่นพื้นหนาตั้งแต่ 17" ที่ปลายนอกและ 34" ที่ช่วงใน พบว่าอุณหภูมิมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความชันและความเครียดที่ผิวขึ้นในขนาดที่พอ ๆ กับผลของน้ำหนักจร

1.2 ผลของการกระจายอุณหภูมิ

การกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดโครงสร้างคานใด ๆ นั้น สามารถทำให้เกิดผลต่าง ๆ

ขึ้นซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การขยายตัว-หดตัวตามความยาว ซึ่งเกิดจากการที่ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของหน้าตัดเพิ่มขึ้นหรือลดลง ทำให้เกิดการขยายตัวหรือหดตัวของโครงสร้าง ซึ่งยังผลให้เกิดหน่วยแรงภายในโครงสร้างได้เมื่อมีการยึดเหนี่ยวไว้

2. เกิดการโก่งงอและหมุนในโครงสร้าง เนื่องจากค่าการนำความร้อนของคอนกรีตมีค่าต่ำ ทำให้การถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออกไม่อาจเกิดขึ้นได้ง่าย ตลอดความลึกของคาน ทำให้ความแตกต่างของผิวบนและผิวล่างคานเกิดขึ้นมาก โดยผิวบนนั้นจะขยายตัวหรือหดตัวได้มากกว่าผิวล่าง เพราะจะได้รับอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ง่ายและโดยตรงกว่าผิวล่าง จึงเกิดการโก่งงอขึ้นและการหมุนของตัวโครงสร้างขึ้นและถ้าหากโครงสร้างนั้นเป็นแบบต่อเนื่องกันนั้นทำให้การโก่งงอและการหมุนตัวถูกยึดไว้ หน่วยแรงจึงเกิดขึ้น

3. เกิดจากการกระจายอุณหภูมิในแนวดิ่งของคานไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear) และแตกต่างมาก เนื่องจากค่าความร้อนของคอนกรีตต่ำเช่นเดียวกับในข้อ 2 ทำให้เกิดการขยายตัวแบบไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งจากสมมติฐานของหน้าตัดคานที่รับน้ำหนักในแนวดิ่งนั้น จะให้หน้าตัดหน้าตัดยังคงเป็นระนาบคู่ในการเปลี่ยนรูป (Deformation) จึงมีหน่วยแร่งขึ้นภายในหน้าตัด

จะเห็นว่า การกระจายของอุณหภูมิในหน้าตัดนั้นมีผลอย่างมาก ซึ่งถ้าสามารถรู้ถึงลักษณะการกระจายของอุณหภูมิแล้วจะทำให้สามารถทำการออกแบบโครงสร้างได้ดียิ่งขึ้น

1.3 <u>ข้อกำหนดของการออกแบบจาก AASHTO</u>

ในการออกแบบโครงสร้างตามที่ได้รับความร้อน (โดยทั่วไปจะเน้นหนักกับสะพาน) นั้นในประเทศไทยจะนิยมใช้ข้อกำหนดจาก AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges เกี่ยวกับการออกแบบสะพานอันเนื่องจากอุณหภูมิดังนี้

1.2.15 แรงอันเนื่องจากความร้อน (Thermal Forces)

กล่าวว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงให้พิจารณาจากอุณหภูมิที่สมมติขึ้นที่เวลาติดตั้ง (Time of Erection) โดยช่วงที่จะพิจารณาถึง

โครงสร้างคอนกรีต	อุณหภูมิที่เพิ่ม	อุณหภูมิที่ลด
อากาศทั่วไป	30^{0}ฟ	40^{0}ฟ
อากาศหนาว	35^{0}ฟ	45^{0}ฟ

1.5.23 (B) การขยายตัวและหดตัวของคอนกรีต โดยในข้อกำหนดให้ว่า

1. ข้อกำหนดสำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะกำหนดในโครงสร้างช่วงเดียวที่มีช่วงยาวกว่า 40 ฟุต

2. ในสะพานต่อเนื่อง จะต้องทำการออกแบบให้รับหน่วยแรงความร้อน (Thermal Stress) ที่เกิดขึ้น หรือค่าเฉลี่ยที่ทำให้เกิดการเกิดที่โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

1.5.23 Thermal and Shrinkage Coefficient (Concrete) ข้อกำหนดได้ให้ใช้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. สัมประสิทธิ์การขยายตัวสำหรับคอนกรีตธรรมดา = 0.000006 ต่อ ^{0}ฟ

2. สัมประสิทธิ์การหดตัวสำหรับคอนกรีตธรรมดา = 0.0002

จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้นนี้ จะเห็นว่า ข้อกำหนดได้กำหนดแต่ช่วงการขยายตัวตามความยาวของคอนกรีตและสัมประสิทธิ์การขยายตัวและหดตัวเท่านั้น แต่ลักษณะของการกระจายของอุณหภูมิมิได้บอกไว้เลย โดยกำหนดถึงผลของอุณหภูมิของรูปแบบที่ 1 ที่ได้กล่าวมาแล้ว

1.4 บททบทวนการวิจัยที่ได้กระทำมาแล้ว

Narouka, Hirai, Yamaguti[12] (1957) ได้กำหนดการทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิบนสะพาน Composite Steel โดยแผ่นพื้นเป็นคอนกรีตแต่คานเป็นเหล็กรูปตัว I ในประเทศญี่ปุ่น ได้ผลว่า การกระจายของอุณหภูมิตลอดความหนาของพื้นคอนกรีตจะเป็นแบบ Nonlinear โดยมีอุณหภูมิที่ผิวบนและผิวล่างต่างกันถึง 16^{0}ฟ แต่ที่ผิวบนของปีกบนและผิวล่างของปีกล่างของ

คานซึ่ง เป็น เหล็ก มีค่าต่างกัน เพียง 5°ฟ

Barber[4] (1957) ได้ทำการทดลองหาอุณหภูมิของพื้นปู (Pavement) ของสะพาน โดยอาศัยสูตรที่หาบาจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมซึ่งแสดงให้ เห็นว่า มีความ เป็นไปได้ที่จะหาความสัมพันธ์ที่ผิวกับค่าต่าง ๆที่ได้จากสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่นการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ความ เร็วลม อุณหภูมิอากาศ ณ บริ เวณหนึ่ง ๆ ได้

Liu, Zuk[9] (1963) ได้ศึกษาถึงผลของอุณหภูมิต่อสะพานรูป I แบบช่วง เดียวกับสะพานทั่วไปที่ เป็นคอนกรีตอัดแรง ได้ผลว่าค่าความโก่งตัวจะน้อยกว่า 0.4 % ของความยาวช่วง และการ เปลี่ยนแปลงของแรงในลวดอัดแรงจะอยู่ในระหว่าง -3 % ถึง 5 % ของแรงดึงครั้งแรก

Zuk[20] (1965) ได้พยายามหาสูตรสมการในการตรวจ เช็คแรงจากความร้อนในคานช่วง เดี่ยวและคานคอนกรีตอัดแรง ระหว่างพื้นคอนกรีตกับคาน เหล็กรูปตัว I สูตรนี้ได้ให้ความสัมพันธ์กับหน่วยแรงจากความร้อนที่ผิวล่างของคานกับอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างผิวบนและผิวล่างของพื้นและความลึกของคาน

Zuk[21] (1969) ได้ศึกษาถึงการขยายตัวที่ปลายของค้ำยันของสะพานแบบต่าง ๆ อัน เนื่องจากอุณหภูมิ ซึ่งได้สรุปว่า ในการออกแบบของสะพานช่วง เดี่ยวจะต้อง เผื่อช่องว่างสำหรับการ เคลื่อนที่ที่ปลายช่วงไว้ เท่ากับ 2 เท่าของผลคูณของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุกับความยาวของโครงสร้างกับการ เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ

Wah และ Kirksey[16] (1969) ได้ทำการทดลองกับคานช่วง เดี่ยวถึงผลของอุณหภูมิโดยติดตั้ง Thermocouple และ Strain Gage ไว้กับโครงสร้างขณะก่อสร้างและได้ตั้งสมการ เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง จากผลการวิ เคราะห์และการทดลองนั้นได้ให้ค่าที่ผิดไปจากกันมาก (ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่ง เป็นผลจากการ เปรียบ เทียบในวันที่ 8 สิงหาคม 1967) ของผู้ทดลองได้ให้ความ เห็น เกี่ยวกับสา เหตุของการแตกร้าวนี้ว่า เกิดจากความไม่แน่นอนของการวัดต่อแบบที่วิ เคราะห์และการคืนตัว (Creep) ของโครงสร้าง

Emerson[13] (1973) ได้ใช้วิธีคำนวณการกระจายของอุณหภูมิของสะพานบนทางหลวง โดยวิธีไฟไนท์ดีฟเฟอเรนซ์(Finite Difference) และหลักของการกระจายความร้อนแบบเส้นตรงในทางเดียว(One Dimensional Linear Flow of Heat) โดยโครงสร้างที่ใช้เป็นคาน เหล็กตัว I ในผลที่ออกมานี้ค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณใกล้เคียงกับที่เป็นจริงพอสมควร

Radalli,Green[14] (1975) ได้กล่าวแนะว่า การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการแตกต่างอุณหภูมิแบบไม่เป็นเส้นตรง(Nonlinear Temperature Gradient) ในโครงสร้างคอนกรีตและจากการศึกษาคานตัว I และT ได้ว่าการกระจายของอุณหภูมิ หน่วยแรง การโก่งตัวนั้นขึ้นกับความลึกของคานด้วย และกล่าวว่าการยืด-หดตัวนั้นให้พิจารณาเริ่มจากอุณหภูมิเฉลี่ยของหน้าตัดโครงสร้างเป็นหลัก

นายทักษิณ[15] (1978) ได้ใช้วิธีการทางไฟไนท์เอเลเมนท์ในการคาดคะเนการกระจายของอุณหภูมิของคานคอนกรีตรูปตัว I โดยอาศัยทฤษฎีการกระจายความร้อนสองทางและข้อมูลที่บ้อนเข้าไปเป็นการแผ่รังสีของแสงแดดทั้งคลื่นสั้นและคลื่นยาว ซึ่งได้สรุปว่า ผลต่อการยืด-หดตัวและการโก่งตัวของโครงสร้างต่างๆจะเปลี่ยนไปตามรูปร่างหน้าตัด สถานะของเสาและลักษณะโครงสร้าง การกระจายของอุณหภูมิภายในหน้าตัดของโครงสร้างนั้นๆ

Will[17] (1977) ได้ทำการทดลองรูปแบบโครงสร้างที่นายทักษิณได้ใช้วิธีไฟไนท์เอเลเมนท์วิเคราะห์ออกมา และได้ว่าในสันคาน(Web)ของสะพานรูป T นี้จะมีการกระจายของอุณหภูมิที่สามารถแทนได้ด้วยสมการกำลังที่ 4

Churchward, Sokai[5] (1979) ทำการหาความสัมพันธของค่าความแตกต่างของอุณหภูมิในหน้าตัดกับการแผ่รังสี และอุณหภูมิที่มีค่าน้อยที่สุดในหน้าตัดกับอุณหภูมิของสะพานรูปกล่องทั้งแบบ 1 และ 2 เซลล์ โดยเป็นโครงสร้างของสะพานที่เมือง Queensland ประเทศ Australia

1.5 <u>วัตถุประสงค์และขั้นตอนของการวิจัย</u>

เนื่องจากข้อกำหนดการออกแบบที่ใช้ในประเทศไทยนั้นยังไม่กำหนดข้อมูลในการออกแบบโครงสร้างสะพานเกี่ยวกับอุณหภูมิมากนัก ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองและความไม่แน่ใจต่อการออกแบบในประเทศไทย

การวิจัยครั้งนี้ได้เลือกคานคอนกรีตรูปกล่อง เป็นแบบทดลองในการวิจัย โดยรูปลักษณะของคานนั้นดูจากรูปที่ 2 ซึ่งเป็นการจำลองความหนาของส่วนปีกและสันของหน้าตัดให้เท่ากับของสะพานตากสิน แต่ย่อขนาดลงมา เพื่อได้รักษาสภาพอุณหภูมิตามความหนา

ในการวิจัยนี้ได้ยึดวัตถุประสงค์หลักคือ

1. ศึกษาลักษณะการกระจายของอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆตามความหนาของโครงสร้างคอนกรีตรูปกล่องโดยให้หน้าตัดอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก

2. ประมาณค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวบนกับผิวล่างของหน้าตัดคาน

3. ประมาณค่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของหน้าตัดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง เพื่อการวิเคราะห์โครงสร้าง

4. เป็นแนวทางในการพิจารณาถึงการออกแบบคานคอนกรีตรูปกล่อง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเกิดขึ้น

ในการวิจัยนี้ จะทำการวัดในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2525 - กุมภาพันธ์ 2526 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการหล่อแบบจำลองขึ้นโดยติดตั้ง Thermocouple ไว้ขณะทำการหล่อแบบตามจุดต่างๆดังรูปที่ 3

2. ทำการวัดค่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิของจุดต่างๆที่ได้กำหนดไว้โดยจะเน้นหนักในตอนกลางวันตั้งแต่ 8.00-17.00 น. แต่จะมีในบางช่วงที่เป็นกลางคืน เมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำ

3. นำข้อมูลที่วัดได้ ไปทำการวิเคราะห์ทางคอมพิวเตอร์ เปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ตลอดความหนาของแผ่นพื้นบนช่วงกลาง และหาค่าอุณหภูมิภายในของจุดต่างๆบนหน้าตัดโครงสร้าง

4. ศึกษาลักษณะการกระจายของอุณหภูมิตลอดหน้าตัด และหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของหน้าตักในช่วงของการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย