



การประเมินวิธีการออกแบบพื้นไร้คานอัดแรงที่ใช้ทั่วไป

โดยการวิเคราะห์แผ่นพื้นภายใต้แรงหักเหของเคเบิล

โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Evaluation of Conventional Design Practices of Prestressed Flat Slabs by Analysing the Slabs Under Deflected Cable Forces Using the Finite Element Method

ณัฐพล กันติวังศ์ และ อานุสรณ์ อินทร์งษ์

Nuttapol Gunteewong and Anusorn Intarangsi

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,
Chiang Mai University, 50200, Thailand

E-mail: nuttapon.gu@hotmail.com, anusorn@chiangmai.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นรายงานการประเมินวิธีการออกแบบพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรง โดยใช้แรงหักเหของลวดอัดแรงเป็นแรงกระทำกับแผ่นพื้นและใช้วิธีวิเคราะห์ดังกล่าวตรวจสอบประเมินสมมุติฐานและแนวปฏิบัติทั่วไปที่ใช้ในการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรง จากการศึกษาพบว่าเมื่อออกแบบให้แรงจากลวดอัดแรงพุงน้ำหนักบรรทุกพอดี ทั้งกรณีแผ่นพื้นช่วงเดียวและแผ่นพื้นต่อเนื่องค้ำการ โกงตัวและโมเมนต์ดัดที่ตำแหน่งต่างๆกรณีที่มีการกระจายลวดอัดแรงในแถบเสาและแถบกลางเป็นสัดส่วน 90:10 75:25 60:40 และ 50:50 ดีกว่ากันตามลำดับ ส่วนในกรณีศึกษาผลของการใช้ลวดอัดแรงในทางปฏิบัติเปรียบเทียบกับการใช้ลวดอัดแรงในอุดมคติ ผลของค่าการ โกงตัวและโมเมนต์ดัดที่บริเวณใกล้กับเสาที่รองรับตัวในเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระทำร่วมกับลวดอัดแรง กรณีแนวลวดอัดแรงในทางอุดมคติมีค่าน้อยกว่ากรณีแนวลวดอัดแรงในทางปฏิบัติ

Copyright©by

ABSTRACT

This paper is a report on a method of analysis of prestressed concrete flat slabs by using deflected cable forces acting on the slabs, and using this method to evaluate the conventional design practices for prestressed concrete flat slabs. The results shows that both single panel slabs and four panel slabs the deflection values and bending moments at various positions under uniform load combined with cable forces are better for the distribution ratios of 90:10, 75:25, 60:40 and 50:50, respectively. In case of the use of practical cable profiles compared with ideal cable profiles with kinks over the supports, the deflection values, and bending moments adjacent to interior columns under uniform load combined with cable forces from the ideal cable profile are less than the practical cable profile.

1. บทนำ

การก่อสร้างแผ่นพื้นไร้คาน (Flat Slabs) เป็นที่นิยมใช้ในการก่อสร้างกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากทำแบบหล่อได้ง่าย การจัดวางเหล็กเสริมและเทคอนกรีตทำได้ง่าย สะดวกรวดเร็วรวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่าย เหมาะที่จะใช้กับอาคารประเภทต่างๆ ที่มีช่วงยาวปานกลางหรือต้องการลดความสูงของช่วงพื้นแต่ละชั้น

ในการออกแบบทั่วไป วิธีวิเคราะห์แผ่นพื้นไร้คานที่นิยมทั่วไปคือ วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า (Equivalent Frame Method) โดยที่โครงสร้างจริง 3 มิติจะถูกจำลองเป็นโครงข้อแข็ง 2 มิติ และใช้ร่วมกับหลักการแรงพุง (Load Balancing Concept) ซึ่งเป็นการพิจารณาแรงเนื่องจากการอัดแรงในลวดอัดแรงเป็นการต้านทานน้ำหนักบรรทุกทุกภายนอก แต่ในปัจจุบันมีโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์มากมายที่ใช้ในการจำลองวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างชนิดต่างๆ ได้แม่นยำและรวดเร็ว ดังนั้นการสร้างแบบจำลองแผ่นพื้นไร้คาน 2 มิติและนำแรงที่เกิดจากลวดอัดแรงมาใส่บนแบบจำลอง และวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์น่าจะเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ละเอียดถูกต้องมากกว่าวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า ที่ผ่านมาการใช้วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ตรวจสอบหน่วยแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการอัดแรงในแผ่นพื้นไร้คานอัดแรงมีน้อยมาก การวิเคราะห์ออกแบบแผ่นพื้นไร้คานอัดแรงยังใช้วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าอยู่

ฉัตร สุจินดา (2008) ได้ทำการเปรียบเทียบผลการออกแบบพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรงด้วยวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่ากับวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ โดยได้ตั้งกรณีศึกษาเปรียบเทียบ การวางของตำแหน่งเสาที่แตกต่างกัน พบว่าในกรณีที่มีการจัดเรียงของเสาไม่อยู่ในแนวที่ตั้งฉากกัน หากเป็นไปได้ควรใช้วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์มากกว่าวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า เนื่องจากผลการวิเคราะห์หน่วยแรงใกล้เคียงกับพฤติกรรมของโครงสร้างจริงกว่า

Akhtar and Ramakrishuan (2008) ได้วิเคราะห์หาความเค้นและการโก่งตัวที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีตอัดแรงต่อเนื่อง 2 ช่วง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกภายนอก

กระทำสม่ำเสมอและแบบจุด โดยจำลองแนวลวดอัดแรงเป็นแบบ B-Spline เปรียบเทียบกับแนวลวดอัดแรงเป็นแบบโค้งในทางอุดมคติและแบบโค้งในทางปฏิบัติ พบว่าการรับน้ำหนักบรรทุกทุกกระทำภายนอกสม่ำเสมอและแบบจุด ความเค้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากแนวลวดอัดแรงเป็นแบบ B-Spline มีค่าใกล้เคียงกับแนวลวดอัดแรงเป็นแบบโค้งในทางปฏิบัติ ส่วนค่าการโก่งตัวที่เกิดขึ้นที่กึ่งกลางช่วงเนื่องจากรับน้ำหนักบรรทุกทุกกระทำภายนอกแบบสม่ำเสมอแนวลวดอัดแรงเป็นแบบ B-Spline มีค่าใกล้เคียงกับแนวลวดอัดเป็นแบบโค้งในทางปฏิบัติ แต่ค่าการโก่งตัวที่เกิดขึ้นที่กึ่งกลางช่วงเนื่องจากรับน้ำหนักบรรทุกทุกกระทำภายนอกแบบจุด แนวลวดอัดแรงเป็นแบบโค้งในทางปฏิบัติมีค่าใกล้เคียงกับแนวลวดอัดแรงเป็นแบบโค้งในทางอุดมคติ

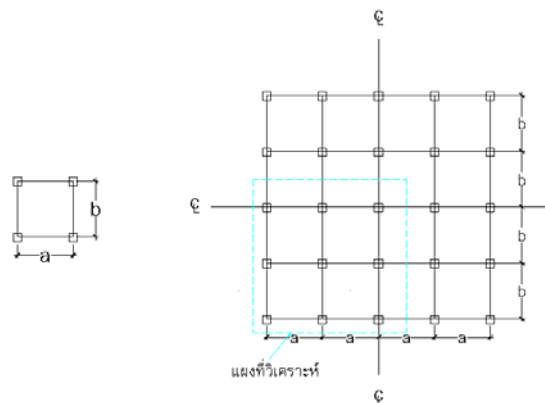
2. วิธีการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

2.1.1 ผลของสัดส่วนการกระจายแรงจากการหักเหของลวดอัดแรงระหว่างแถบเสาและแถบกลาง

แบบจำลองแผ่นพื้นไร้คาน ที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 2 กรณีศึกษา ประกอบด้วย Single Panel Flat Slab แสดงดังรูปที่ 1 (a) และ Four Panel Flat Slab โดยกำหนดให้เป็นแผ่นพื้นขนาด 4x4 แผง แต่วิเคราะห์เพียง 2x2 แผง โดยอาศัยหลักสมมาตร แสดงดังรูปที่ 1 (b)



(a) Single Panel Flat Slab (b) Four Panel Flat Slab

รูปที่ 1 แบบจำลองแผ่นพื้นไร้คาน

ขนาดของแบบจำลองแผ่นพื้นไร้คาน ประกอบด้วย

- ความกว้าง (a) เท่ากับ 10 เมตร/แผง
- ความยาว (b) เท่ากับ 10 เมตร/แผง
- ความหนาของแผ่นพื้น เท่ากับ 0.25 เมตร
- ขนาดหน้าตัดของเสาที่รองรับ เท่ากับ 0.35x0.35 เมตร โดยใช้เพื่อหา Stiffness แต่ไม่ใช้กำหนดความกว้างของเสา
- ความสูงของเสาที่รองรับ เท่ากับ 3 เมตร

คุณสมบัติของแบบจำลองแผ่นพื้นไร้คาน ประกอบด้วย

- ค่าโมดูลัสของยัง (E) เท่ากับ $2.7 \times 10^4 \text{ kg./m}^2$.
- อัตราส่วนของปัวซอง (ν) เท่ากับ 0.3

ขั้นตอนการวิเคราะห์แผ่นพื้นไร้คาน มีดังนี้

1. กำหนดน้ำหนักบรรทุกทุกสมมูล เท่ากับน้ำหนักของแผ่นพื้นรวมกับน้ำหนักบรรทุกคงที่ภายนอก กำหนดให้เท่ากับ 700 kg./m^2 . เพื่อการวิเคราะห์

2. กำหนดแนวลวดอัดแรง (Cable Profile) เป็นโค้งในอุดมคติ คือเป็น โค้งพาราโบลาและมีเส้นหักเหที่จุดรองรับ กำหนดหาแรงดึงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรง โดยใช้หลักการแรงพยุ

3. กระจายแรงดึงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรงทั้งหมดไปยังแถบเสาและแถบกลางเท่ากันทั้งสองทิศทางเป็นสัดส่วน 50:50 60:40 75:25 และ 90:10 ตามลำดับ

4. คำนวณย้อนกลับหาแรงในแนวตั้งที่กระทำกับแผ่นพื้นเนื่องจากแรงดึงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรง นำแรงในแนวตั้งที่ได้นี้ไปใส่ที่ node ในโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์ต่อไป โดยกำหนดให้แนวของลวดอัดแรงตรงกับแนวของ node

5. ใส่น้ำหนักบรรทุกคงที่กระทำภายนอกในโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์โดยใส่เป็นน้ำหนักของอีลิเมนต์ ประเมินค่าการโก่งตัวและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่กระทำภายนอกรวมกับแรงในแนวตั้งเนื่องจากแรงดึงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรงที่กระจายไปยังแถบเสาและแถบกลางเป็นสัดส่วนต่างๆดังที่ได้กล่าวมา ว่ามีค่าเท่ากับศูนย์หรือเกิดสมมูล เป็นไปตามหลักการแรงพยุ

ซึ่งเป็นวิธีการออกแบบพื้นไร้คานอัดแรงที่ใช้ทั่วไปหรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบการกระจายโมเมนต์ไปยังแถบเสาและแถบกลางว่าเป็นไปตามข้อแนะนำตามมาตรฐานหรือไม่

2.1.2 ผลของการใส่ลวดอัดแรงเป็นเส้นโค้งในทางปฏิบัติ แทนแนวลวดอัดแรงในอุดมคติ

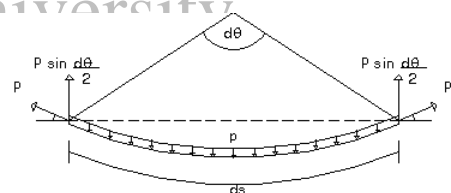
แบบจำลองแผ่นพื้นไร้คาน ใช้แบบจำลองเดียวกันกับงานวิจัยส่วนที่ 2.1.1 กรณี Four Panel Flat Slab โดยกระจายแรงจากการหักเหของลวดอัดแรงไปยังแถบเสาและแถบกลางเท่ากับ 60:40 ทั้งสองทิศทาง แต่กำหนดแนวลวดอัดแรง (Cable Profile) เป็นโค้งในทางปฏิบัติแทนโค้งในอุดมคติซึ่งเป็นเส้นหักเหที่จุดรองรับ ส่วนโค้งในทางปฏิบัติได้ใส่โค้งพาราโบลาว่าในช่วง 1 ใน 5 ของช่วงเสาจากจุดรองรับทั้งสองข้าง ประเมินค่าการโก่งตัวและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงจากการหักเหของลวดอัดแรงที่เป็นเส้นโค้งในอุดมคติกับเส้นโค้งในทางปฏิบัติว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

2.2 การคำนวณหาแรงในแนวตั้งจากแรงดึงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรง

พิจารณา Free body ของเหล็กอัดแรงเป็นเส้นโค้งบนส่วนโค้งที่มีความยาว ds แสดงดังรูปที่ 2 ที่ปลายของเหล็กอัดแรงมี component ของแรงในแนวตั้งเท่ากับ $P \sin \frac{d\theta}{2}$ ตลอดแนวของเหล็กอัดแรงมีแรงกระทำตั้งฉากกับแนวแกนของเหล็ก มีค่าสม่ำเสมอเท่ากับ p แต่อาจสมมุติให้อยู่ในแนวตั้งได้หากมุม $d\theta$ มีค่าน้อยมาก เหล็กอัดแรงจะอยู่ในสมดุล ดังสมการที่ 1

$$p = P \frac{d\theta}{ds} \quad (1)$$

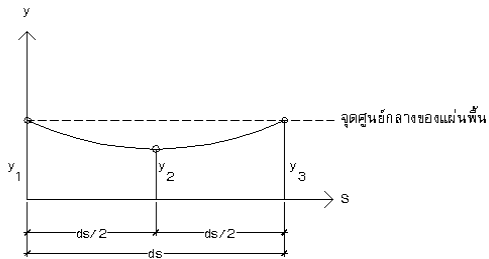
โดยที่ p = แรงกระทำแบบสม่ำเสมอบนลวดอัดแรง
 P = แรงดึงในลวดอัดแรง



รูปที่ 2 แรงกระทำบนเหล็กอัดแรงที่เป็นส่วนโค้ง

ณ.กันตัง และ อ.อินทร์มี

เมื่อเราทราบแนวเหล็กเสริมอัดแรง จะหา $\frac{d\theta}{ds}$ ได้ กรณีที่เส้นโค้งเป็นพาราโบลา เราสามารถหาแรงกระทำในแนวตั้งฉากได้ โดยพิจารณาจากจุดบนแนวเหล็กเสริมอัดแรง 3 จุด แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แนวเหล็กเสริมอัดแรงบนส่วนโค้งพาราโบลาคความยาว ds

พิจารณาแนวเหล็กเสริมอัดแรงในรูปที่ 3 จะหา $\frac{d\theta}{ds}$ ที่

ตำแหน่ง $s = \frac{ds}{2}$ ได้จากสมการที่ 2

$$\frac{d\theta}{ds} = \frac{\left(\frac{y_3 - y_2}{ds/2} - \frac{y_2 - y_1}{ds/2} \right)}{ds} = \frac{2(y_3 - 2y_2 + y_1)}{(ds)^2} \quad (2)$$

โดย y_1, y_2 และ y_3 คือ ระยะที่วัดจากขอบล่างของแผ่นพื้นไปยังจุดบนแนวเหล็กเสริมอัดแรงที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

แทนค่า $\frac{d\theta}{ds}$ จากสมการที่ 2 ในสมการที่ 1 จะได้ p

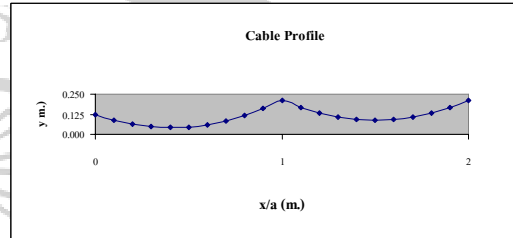
ที่ตำแหน่ง $s = \frac{ds}{2}$ ใช้หลักการเดียวกันนี้หา p ที่

ตำแหน่งต่างๆบนแนวเหล็กเสริมอัดแรงต่อไป

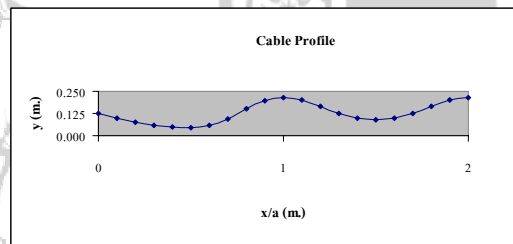
2.3 แนวเหล็กเสริมอัดแรงในอุดมคติกับในทางปฏิบัติ

แนวเหล็กเสริมอัดแรงของพื้นต่อเนื่องในทางปฏิบัติ จะแตกต่างไปจากแนวเหล็กเสริมในอุดมคติ โดยบริเวณที่รองรับภายใน แนวเหล็กเสริมอัดแรงในอุดมคติจะมีการหักมุมทันที แสดงดังรูปที่ 4 แต่ในทางปฏิบัติจริงจะไม่สามารถหักมุมทันที แต่จะต้องวางแนวเหล็กเสริมอัดแรงเป็นเส้นโค้งดังแทน อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในการติดตั้งของเหล็กเสริมอัดแรง ดังแสดงในรูปที่ 5 ในที่นี้ได้กำหนด

ระยะโค้งกว่าเป็น $0.21L$ จากจุดรองรับ โดยที่ L คือ ความยาวของแผ่นพื้นแต่ละช่วง



รูปที่ 4 แนวเหล็กเสริมอัดแรงในทางอุดมคติ



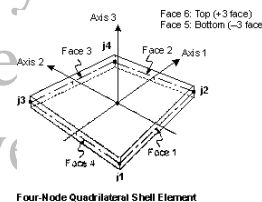
รูปที่ 5 แนวเหล็กเสริมอัดแรงในทางปฏิบัติ

2.4 การคำนวณโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.4.1 รูปแบบของเอลิเมนต์ที่ใช้จำลองแผ่นพื้นไร้คาน

รูปแบบของเอลิเมนต์ที่ใช้เป็นแบบจำลองของแผ่นพื้นไร้คานในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ใช้ Shell Element เป็นแบบจำลอง 3 มิติ โดยจำลองปัญหาเป็นแบบ Thin Plate ลักษณะรูปร่างของเอลิเมนต์ที่ใช้ในการจำลอง ประกอบขึ้นด้วย 4 โหนด (Node) แสดงดังรูปที่ 6 โดยแต่ละโหนดมีความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom) เท่ากับ 6 สามารถเคลื่อนที่และหมุนได้ตามแกน 1, 2 และ 3

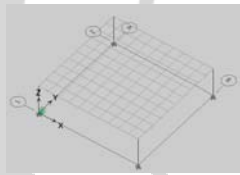
($U_1, U_2, U_3, R_1, R_2, R_3$)



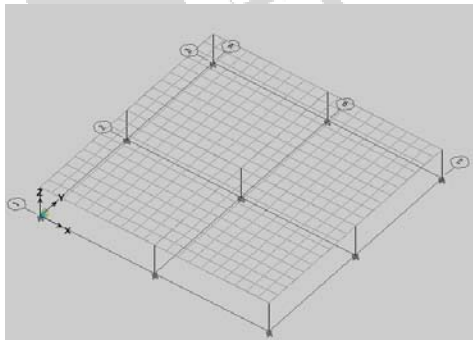
รูปที่ 6 ลักษณะของ Shell Element

2.4.2 แบบจำลองแผ่นพื้นไร้คานจากโปรแกรมไฟไนท์เอลิเมนต์

หลังจากกำหนดรูปแบบของอิลิเมนต์ ต่อมากำหนดขนาดและคุณสมบัติของแบบจำลองแผ่นพื้นไร้คาน ดังที่ได้กล่าวมาในหัวข้อ 2.1 จะได้แบบจำลอง แสดงดังรูปที่ 7 และ 8 โดยสมมุติให้เสาด้านล่างขนาด 0.35x0.35 เมตร สูง 3 เมตร เพื่อความสมจริง แต่ใช้เพียงเพื่อคำนวณ stiffness แต่ไม่ใช้กำหนดขนาดทางเรขาคณิตของเสา



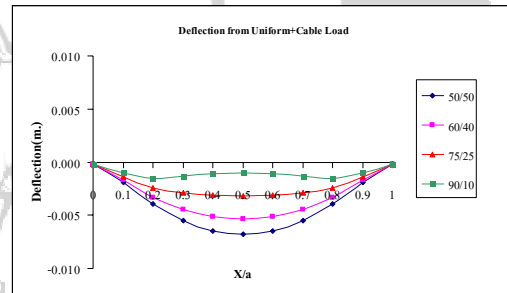
รูปที่ 7 แบบจำลอง Single Panel Flat Slab



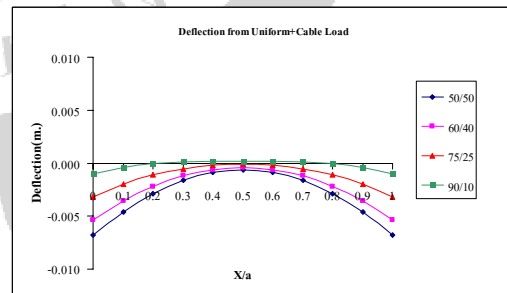
รูปที่ 8 แบบจำลอง Four Panel Flat Slab

90:10 มีค่าน้อยกว่า 75:25 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ โดยทุกกรณีเกิดสมมูล ดังรูปที่ 9 (a) และ 9 (b) ตามลำดับ

ที่ตำแหน่งตลอดแนวของเสาที่รองรับและที่แนวกึ่งกลางของแผ่นพื้น โมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระทำภายนอกพร้อมกับแรงกระทำจากลวดอัดแรงสัดส่วน 90:10 มีค่าน้อยกว่า 75:25 60:40 และ 50:50 ตามลำดับโดยโมเมนต์ทั้งสองทิศทางมีค่าเท่ากัน ในที่นี้แสดงให้เห็นทิศทางเดียว ดังรูปที่ 10 (a) และ 10 (b) ตามลำดับ



(a) การโค้งตัวตลอดแนวเสา



(b) การโค้งตัวตลอดแนวกึ่งกลางแผ่นพื้น

3. วิเคราะห์ผลการวิจัย

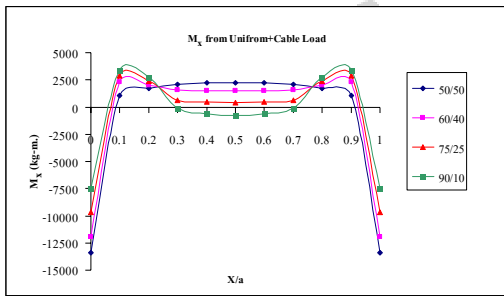
3.1 วิเคราะห์ผลของการกระจายแรงจากการหักเหของลวดอัดแรงระหว่างแถบเสาและแถบกลางในสัดส่วนต่างๆ

นำผลการโค้งตัวและโมเมนต์คัตที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นไร้คานเนื่องจากแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกทุกกระทำภายนอกพร้อมกับแรงกระทำจากลวดอัดแรงสัดส่วน 50:50 60:40 75:25 และ 90:10 มาเปรียบเทียบกัน พบว่า

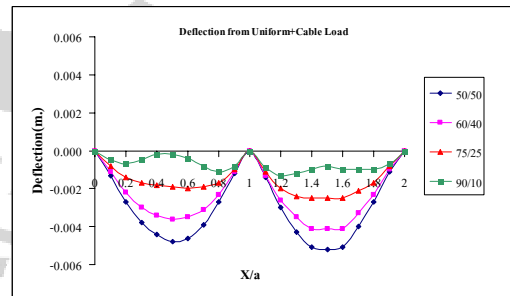
3.1.1 กรณี Single Panel Flat Slab

ที่ตำแหน่งตลอดแนวของเสาที่รองรับและที่แนวกึ่งกลางของแผ่นพื้น การโค้งตัวเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระทำภายนอกพร้อมกับแรงกระทำจากลวดอัดแรงสัดส่วน

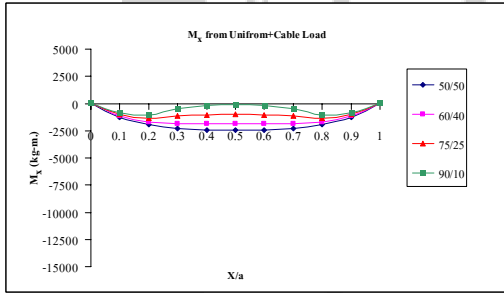
รูปที่ 9 เปรียบเทียบการโค้งตัว Single Panel Flat Slab



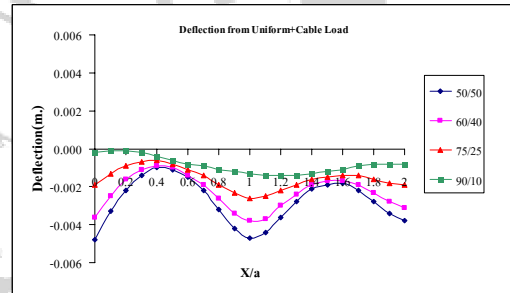
(a) โมเมนต์ตลอดแนวเสา



(a) การโก่งตัวตลอดแนวเสา



(b) โมเมนต์ตลอดแนวกึ่งกลางแผ่นพื้น



(b) การโก่งตัวตลอดแนวกึ่งกลางแผ่นพื้น

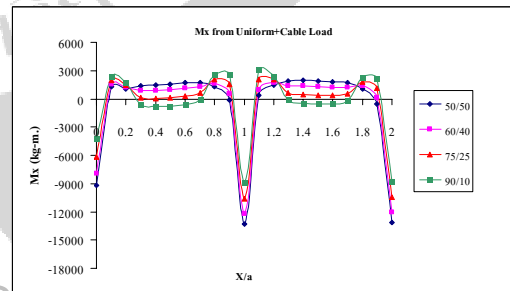
รูปที่ 10 เปรียบเทียบ โมเมนต์ Single Panel Flat Slab

รูปที่ 11 เปรียบเทียบการ โก่งตัว Four Panel Flat Slab

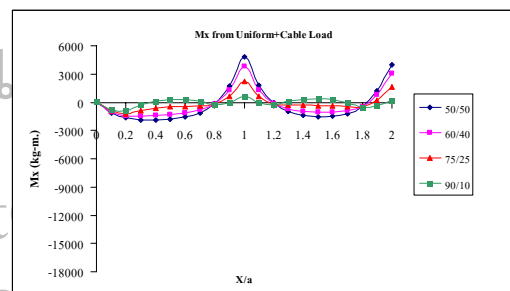
3.1.2 กรณี Four Panel Flat Slab

ที่ตำแหน่งตลอดแนวของเสาที่รองรับและที่แนวกึ่งกลางของแผ่นพื้น การโก่งตัวเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระทำภายนอกพร้อมกับแรงกระทำจากลวดอัดแรงสัดส่วน 90:10 มีค่าน้อยกว่า 75:25 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ โดยทุกกรณีเกิดสมมูล ดังรูปที่ 11 (a) และ 11 (b) ตามลำดับ

ที่ตำแหน่งตลอดแนวของเสาที่รองรับและที่แนวกึ่งกลางของแผ่นพื้น โมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระทำภายนอกพร้อมกับแรงกระทำจากลวดอัดแรงสัดส่วน 90:10 มีค่าน้อยกว่า 75:25 60:40 และ 50:50 ตามลำดับโดยโมเมนต์ทั้งสองทิศทางมีค่าเท่ากัน ในที่นี้แสดงให้เห็นทิศทางเดียว ดังรูปที่ 12 (a) และ 12 (b) ตามลำดับ



(a) โมเมนต์ตลอดแนวเสา



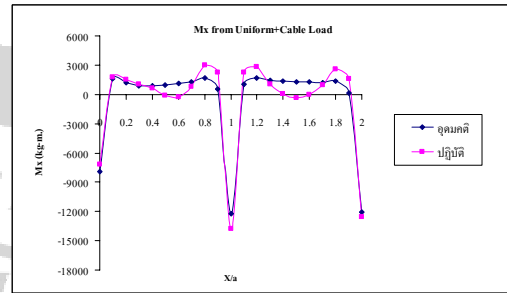
(b) โมเมนต์ตลอดแนวกึ่งกลางแผ่นพื้น

รูปที่ 12 เปรียบเทียบ โมเมนต์ Four Panel Flat Slab

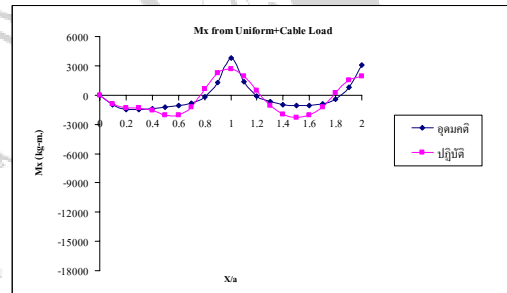
3.2 วิเคราะห์ผลการใส่ลวดอัดแรงเป็นเส้นโค้งในทางปฏิบัติ แทนแนวลวดอัดแรงในอุดมคติ

นำผลการ โกงตัวและ โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นไร้คานเนื่องจากแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกกระทำภายนอก รวมกับแรงกระทำจากลวดอัดแรงในทางปฏิบัติกับอุดมคติมาเปรียบเทียบกัน พบว่า

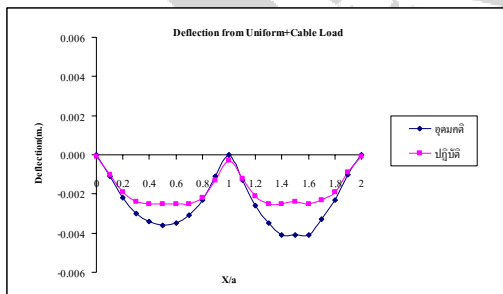
ค่าการ โกงตัวที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นไร้คานบริเวณใกล้กับเสาที่รองรับ กรณีแนวลวดอัดแรงในทางปฏิบัติมีค่าใกล้เคียงกรณีแนวลวดอัดแรงในอุดมคติ ทั้งที่ตำแหน่งตลอดแนวของเสาที่รองรับและที่แนวกึ่งกลางของแผ่นพื้นดังรูปที่ 13 (a) และ 13 (b) ตามลำดับ แต่โมเมนต์ที่เกิดขึ้น บริเวณใกล้กับเสาที่รองรับ กรณีแนวลวดอัดแรงในทางปฏิบัติมีค่ามากกว่ากรณีแนวลวดอัดแรงในอุดมคติ ทั้งที่ตำแหน่งตลอดแนวของเสาที่รองรับและที่แนวกึ่งกลางของแผ่นพื้นดังรูปที่ 14 (a) และ 14 (b)



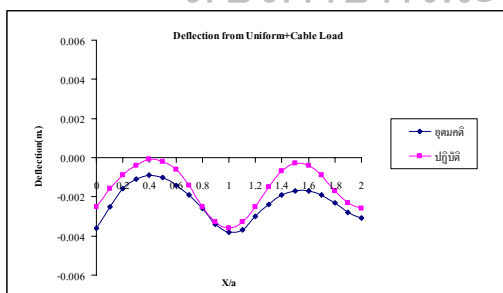
(a) โมเมนต์ดัดตลอดแนวเสา



(b) โมเมนต์ดัดตลอดแนวกึ่งกลางแผ่นพื้นรูปที่ 14 เปรียบเทียบโมเมนต์



(a) การ โกงตัวตลอดแนวเสา



(b) การ โกงตัวตลอดแนวกึ่งกลางแผ่นพื้นรูปที่ 13 เปรียบเทียบการ โกงตัว

4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์แผ่นพื้นไร้คาน ในแต่ละส่วน สรุปได้ว่า

4.1 ผลของสัดส่วนการกระจายแรงจากการหักเหของลวดอัดแรงระหว่างแถบเสาและแถบกลาง

ค่าการ โกงตัวและ โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นไร้คานเนื่องจากแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกกระทำภายนอก รวมกับแรงกระทำจากลวดอัดแรง เมื่อกระจายลวดอัดแรงในแถบเสาและแถบกลางเป็นสัดส่วน 90:10 75:25 60:40 50:50 ดีกว่ากันตามลำดับ ทั้งกรณี Single Panel Flat Slab และ Four Panel Flat Slab

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามหลักการแรงพยุ่งโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นควรจะมีค่าเป็นศูนย์ แต่กลับพบว่าบริเวณที่เสารองรับ โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นมีค่าเหลืออยู่มาก

4.2 ผลการวิจัยการใส่ลวดอัดแรงเป็นเส้นโค้งในทางปฏิบัติแทนแนวลวดอัดแรงในอุดมคติ

ค่าการ โกงตัวและ โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นไร้คานเนื่องจากแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกกระทำภายนอก รวมกับแรงกระทำจากลวดอัดแรง บริเวณใกล้กับเสาที่รองรับ กรณีแนวลวดอัดแรงในทางปฏิบัติมีค่าที่สูงกว่ากรณีแนวลวดอัดแรงในอุดมคติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฉัตร สุจินดา. (2551), “การเปรียบเทียบผลการออกแบบพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรงด้วยวิธีโครงข้อแข็งเสมือนสองมิติ และวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบแผ่นสามมิติ”. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 13, โรงแรมจอมเทียน ปาล์ม บีช พัทยา.
- [2] Akhtar, S., and Ramakrishuan, N. (2008). “Finite Element Analysis of Prestressed Concrete Beams Considering Realistic Cable Profile”. International Journal of Applied Engineering Research, pp.121-138.



ลิขสิทธิ์คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright©by
Faculty of Engineering
Chiang Mai University
All Right Reserved