การคำนวณเหล็กเสริมของแผ่นพื้น

โดยวิธีแถบ

ผู้แต่ง

คุณฉลาด ชุ่มฤทธิ์

วศ.04 จุฬาฯ

ฉลาด ชุ่มฤทธิ์ ได้รับปริญญา วศ.บ. (เกียรตินิยม) สาขาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2507 ปริญญา M. Eng. สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง จาก Asian Institute of Technology ปี พ.ศ. 2509 และปริญญา M. Eng. Sc. สาขาวิศวกรรมทางหลวงจาก School of Highway Engineering University of New South Wales, Australia ในปี พ.ศ. 2515

เคยปฏิบัติงานเป็น Research Associateกับ AIT ในปี 2510-2511 และลาออกมาทำงานกับบริษัท Vallentine, Laurie & Davies, Consulting Civil & Structural Engineering ถึงปี พ.ศ. 2514 แล้วถูกส่งไปทำงานที่สำนักงานใหญ่ ณ กรุง Sydney, ประเทศ Australia เป็นเวลา 2 ปีครึ่ง ปัจจุบันกลับมาประจำอยู่ที่สำนักงานกรุงเทพฯ ในตำแหน่ง Civil/Traffic Engineer

นายฉลาด ชุ่มฤทธิ์ เป็นสามัญสมาชิกของ ว.ส.ท. และ ก.ว. เป็น Member Institute of Engineer (Australia)และเป็น Associate Member ของ American Society of Civil Engineers.

ด้วยความบังเอิญของผมไปเจอหนังสือเล่มหนึ่ง ที่ชั้นหนังสือเก่าของคุณพ่อ เป็นหนังสืออนุสรณ์พระราชทานเพลิงศพ "คุณฉลาด ชุ่มฤทธิ์" หรือ หลายๆท่านในวงการวิศวกรรมงานทางและขนส่งที่รู้จักกันในนามของ "คุณอ๊อด หรือ อาจารย์อ๊อด" ประเด็นที่ผมสนใจก็คือท่านเป็นวิศวกรท่านหนึ่งซึ่งผมเองก็ไม่รู้จักท่านเลย จึงพยายามที่จะอ่านประวัติของท่านและเรื่องราวต่างๆ ในหนังสืออนุสรณ์นี้ ทำให้ได้ทราบว่าคุณฉลาด ชุ่มฤทธิ์ ได้เคยเขียนบทความที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์ถึง 4 บทความให้แก่ วสท. จึงได้อ่านดูและเห็นว่าบทความทั้ง 4 เป็นประโยชน์อย่างมากในยุคนั้น และบางบทความก็ยังคงเป็นประโยชน์แก่วิศวกรรุ่นหลังๆมา บางบทความอาจจะดูเป็นเรื่องเก่าและดูล้าสมัย แต่โดยส่วนตัวผมเองมีมุมมองที่ว่า สิ่งที่คนรุ่นก่อนได้สร้างไว้ มักจะเป็นแนวทางและข้อคิดในการทำงาน ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้หรือประยุกต์ใช้ในยุคปัจจุบันได้ด้วยการบูรณาการ และสิ่งหนึ่งผมมักจะเชื่อว่าบางสิ่งบางอย่าง "ย่อมกลับคืนสู่สามัญ และ อนัตตา"

คุณงามความดีของบทความนี้ กระผมขออุทิศให้เพื่อเป็นกุศลและผลบุญแด่ผู้แต่งบทความที่ล่วงลับไปแล้ว "คุณฉลาด ชุ่มฤทธิ์"

ขออนุโมทนา

Thitapath Prom

ผู้รวบรวมบทความ

การคำนวณเหล็กเสริมของแผ่นพื้นโดยวิธีแถบ

โดย ฉลาด ขุ่มฤทธิ์

ฉลาด ชุ่มฤทธิ์ ได้รับปริญญา วศ.บ. (เกียรตินิยม) สาขาวิศวกรรมโยธาฯ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2507 ปริญญา M. Eng. สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง จาก Asian Institute of Technology ปี พ.ศ. 2509 และปริญญา M. Eng. Sc. สาขาวิศวกรรมทางหลวงจาก School of Highway Engineering University of New South Wales, Australia ในปี พ.ศ. 2515

เคยปฏิบัติงานเป็น Research Associateกับ AIT ในปี 2510-2511 และลาออกมาทำงานกับบริษัท Vallentine, Laurie & Davies. Consulting Civil & Structural Engineering ถึงปี พ.ศ. 2514 แล้วถูกส่งไปทำงานที่สำนักงานใหญ่ ณ กรุง Sydney. ประเทศ Australia เป็นเวลา 2 ปีครึ่ง ปัจจุบันกลับมาประจำอยู่ที่สำนักงานกรุงเทพฯ ในตำแหน่ง Civil/Traffic Engineer

นายฉลาด ชุ่มฤทธิ์ เป็นสามัญสมาชิกของ ว.ส.ท. และ ก.ว. เป็น Member Institute of Engineer (Australia)และเป็น Associate Member ของ American Society of Civil Engineers.

คำนำ

การคำณวนเหล็กเสริมในแผ่นพื้นจะเป็นไปโดยสะดวกถ้าแผ่นพื้นนั้นมีรูปทรงง่าย เช่น สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือจตุรัส เป็นต้น หรือการจัดเรียงเสา คาน หรือผนังรองรับเป็นไปตามรูปเรียง (Pattern) ที่เหมือนๆ กัน แต่ในทางปฏิบัติ การจัดรูปโครงสร้างจะเป็นไปตามรูปร่างของเนื้อที่ของที่ปลูกสร้างนั้น ๆ ในยุคของตึกระฟ้าที่ซอกแซกตามพื้นที่ซึ่งอัดแอและจำกัดของกรุงเทพมหานคร เพื่อให้ได้เนื้อที่ใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด บ่อยครั้งสถาปนิกจำเป็นจะต้องกำจัดเสาภายในอาคาร หรือพยายามออกแบบให้มีจำนวนเสาน้อย ซึ่งจะทำให้แผ่นพื้นของอาคารมีรูปร่างและสภาวะรอบด้าน (Edge Conditions) ยุ่งยาก ความยุ่งยากนี้จะถูกถ่ายทอดมายังวิศวกรผู้คำนวณโครงสร้าง ซึ่งบางครั้งจำเป็นต้องใช้วิธีกะประมาณ (Approximation) และคำนวณหรือเสริมเหล็กเผื่อเอาไว้ เนื่องจากทฤษฎียืดหยุ่นซึ่งกล่าวกันว่าได้ค่าถูกต้องพอดีและเป็นที่นิยมทั่วไปนั้นมักไม่คุ้มค่าเมื่อใช้กับกรณีเช่นนี้ เพราะต้องการเวลาคำนวณมากและส่วนประหยัดจากผลคำนวณที่ได้น้อย

ประมาณ 10 ปีมาแล้ว วิศวกรชาวสวีเดนชื่อ Arne Hillerborge ได้คิดค้นวิธีคำนวณเหล็กเสริมของแผ่นพื้นที่มีรูปร่างไม่อยู่ในทรงง่าย เช่น รูปตัวแอล (L – shaped) เป็นต้น เขาได้พิมพ์วิธีนี้ออกเผยแพร่ในสวีเดน และต่อมาในปี พ.ศ. 2507 Dr. Blackey ขององค์การ C. S. I. R. O. แห่งประเทศออสเตรเลียได้แปลออกมาเป็นภาษาอังกฤษ และผู้เขียนได้ใช้ฉบับแปลของ Dr. Blackey เล่มนี้เป็นหนังสืออ้างอิงในการเขียนบทวิชาการชุดนี้ (1)

วิธีคำนาณของ Hillerborge เป็นวิธีง่ายมาก* อาจจะเรียกได้ว่าเป็นวิธีโดยประมาณเหมือนกัน แต่ถูกต้องและประหยัดเวลาในการคำนวณมาก

เป็นที่รู้กันอยู่แล้วในปัจจุบันนี้ว่า การวิจัย (Analysis) แผ่นพื้นนั้น ทฤษฎีพลาสติกใช้ได้ง่ายกว่าทฤษฎียืดหยุ่นมาก และจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการหลาย ๆ แห่งในหลาย ๆ ประเทศ ปรากฏว่าสภาวะของแผ่นพื้นในภาวะประลัยใกล้เคียงกับผลที่คาดคะเนจากทฤษฎีพลาสติกมากกว่าทฤษฎียืดหยุ่น

ทฤษฎีพลาสติกนี้แบ่งออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 2 ทฤษฎี คือ :

1. Yield Line Theory
2. Equilibrium Theory

วิธีแถบนี้ใช้ทฤษฎีที่ 2 เป็นหลัก เพราะได้ผลออกมาในด้านปลอดภัย ผู้เขียนจะกล่าวโครงรากของทฤษฎีโดยสังเขปเท่านั้น รายละเอียดแจกแจงจะหาอ่านได้ในหนังสืออื่น (2)

EQUILIBRIUM THEORY

วิธีนี้อาจจะกล่าวโดยย่อ คือ

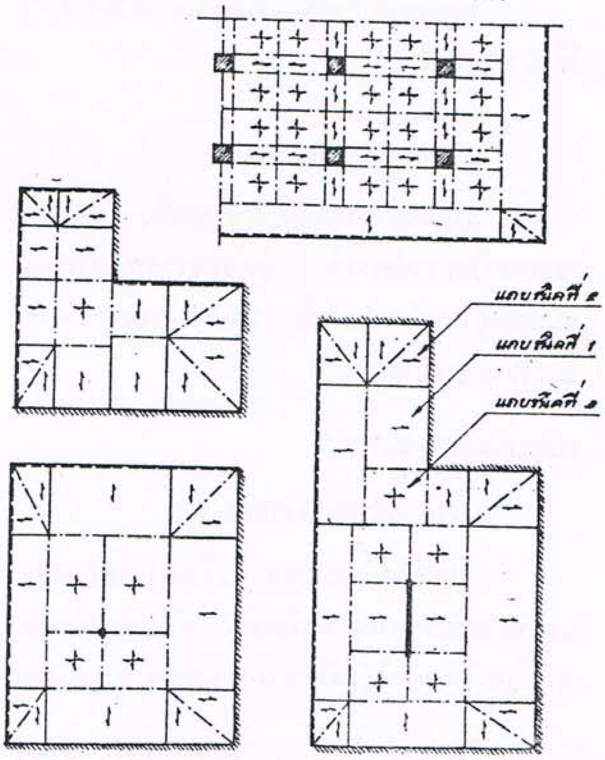
สมมุติว่าน้ำหนักบนแผ่นพื้นถ่ายทอดลงบนแถบขนานกับทิศทางของเหล็กเสริม ถ้าเสริมเหล็กสองทางน้ำหนักจะแบ่งไปแต่ละทาง และอัตราการแบ่งจะ

---

* หลังจากปี พ.ศ. 2507 มีผู้สนใจและพิมพ์บทวิชาการเกี่ยวกับวิธีนี้มากมาย เป็นการปฏิรูปวิธีนี้ให้ดีขึ้นและถูกต้องแน่นอนมากขึ้น แต่ได้เพิ่มความยุ่งยากทางคณิตศาสตร์มากขึ้นด้วย

เปลี่ยนไปตามคุณสมบัติของแผ่นพื้น เช่น Edge Conditions เป็นต้น และแถบแต่ละแถบสามารถแยกคำนวณได้คล้ายคาน การแบ่งน้ำหนักและผลลัพธ์ที่จะได้จากวิธีแถบนี้ ขึ้นอยู่กับการพิจารณามูลฐานสามประการ คือ

1. *ต้องพยายามทำให้การคำนวณง่ายที่สุด*
2. *พยายามทำให้โครงสร้างถูกที่สุด (เช่นว่า ลักษณะของการจัดเหล็กเสริมควรให้ง่ายต่อการก่อสร้าง เป็นต้น)*
3. *การจัดเหล็กควรคิดถึงการป้องกันรอยแตกเส้นขน ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากการตกท้องช้างของแผ่นพื้น ซึ่งอาจจะเกิดจากน้ำหนักจร หรือกาลเวลา*



รูปที่ 1 การแบ่งแถบ

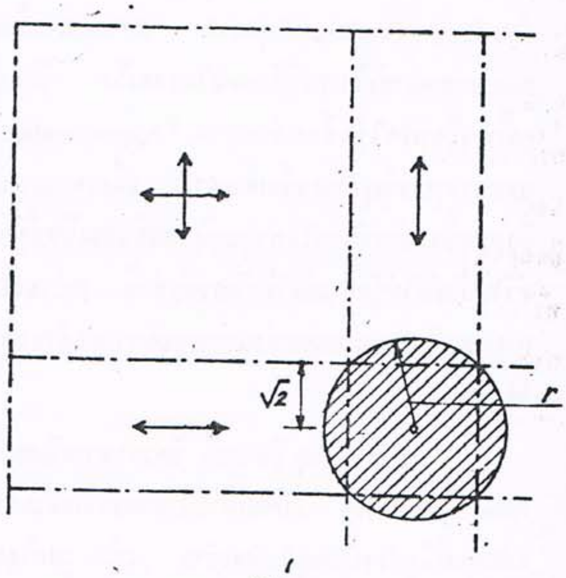
วิธีคำนวณ

การคำนวณอาจจะแยกออกเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. แบ่งแผ่นพื้นออกเป็นส่วน

แผ่นพื้นสามารถแบ่งออกเป็นแผ่นย่อยได้ 3 ชนิด (ดูรูปประกอบที่ 1) ลูกศรในรูปแสดงทิศทางของช่วงของแผ่นพื้นที่แบ่งแล้ว

จากสมมุติฐานที่ว่าตามเส้นขอบเขตของแผ่นย่อยให้แรงเฉือนเป็นศูนย์* ดังนั้น โมเมนต์บวกตามแนวนั้นก็จะมีค่าสูงสุด จะเห็นได้ว่าการแบ่งแผ่นย่อยหรือขนาดของแผ่นย่อยขึ้นอยู่กับการกระจายโมเมนต์ซึ่งจะกล่าวในตอนหลัง



รูปที่ ๒.๒

2. ขนาดของที่รองรับและช่วงตามทฤษฎี

สำหรับเสาสี่เหลี่ยมคิดขนาดเท่าเสาจริง

สำหรับเสากลมคิดขนาดของที่รองรับเท่ากับสี่เหลี่ยมจตุรัสที่บรรจุในวงรอบเสานั้น (ดูรูป 2.2)

---

* เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกเต็มแผ่นพื้น ซึ่งเป็นกรณีที่เราพิจารณาในการคำนวณโดยทั่วไป

สำหรับแผ่นย่อยชนิดที่ 3 ซึ่งวางอยู่บนกำแพงหักฉากเป็นมุม (ดูรูปประกอบที่ 2.1) จะได้ค่าความกว้างประสิทธิผลของที่รองรับ (f) ดังนี้

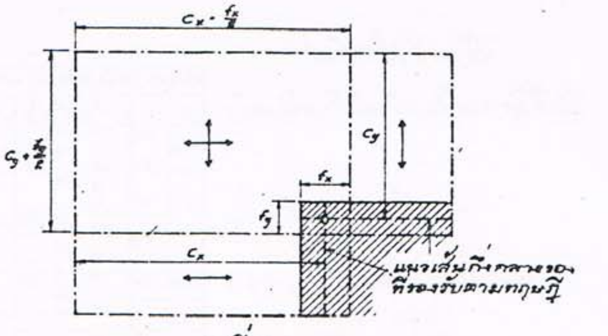
$$f = \frac{C}{\sqrt{\frac{\sigma t}{q} - \frac{1}{2}}}$$

C = ความยาวของแผ่นย่อย

σt = หน่วยแรงแบกทานได้ของที่รองรับ

q = น้ำหนักบรรทุกรวมต่อตารางพื้นที่ของแผ่นพื้น

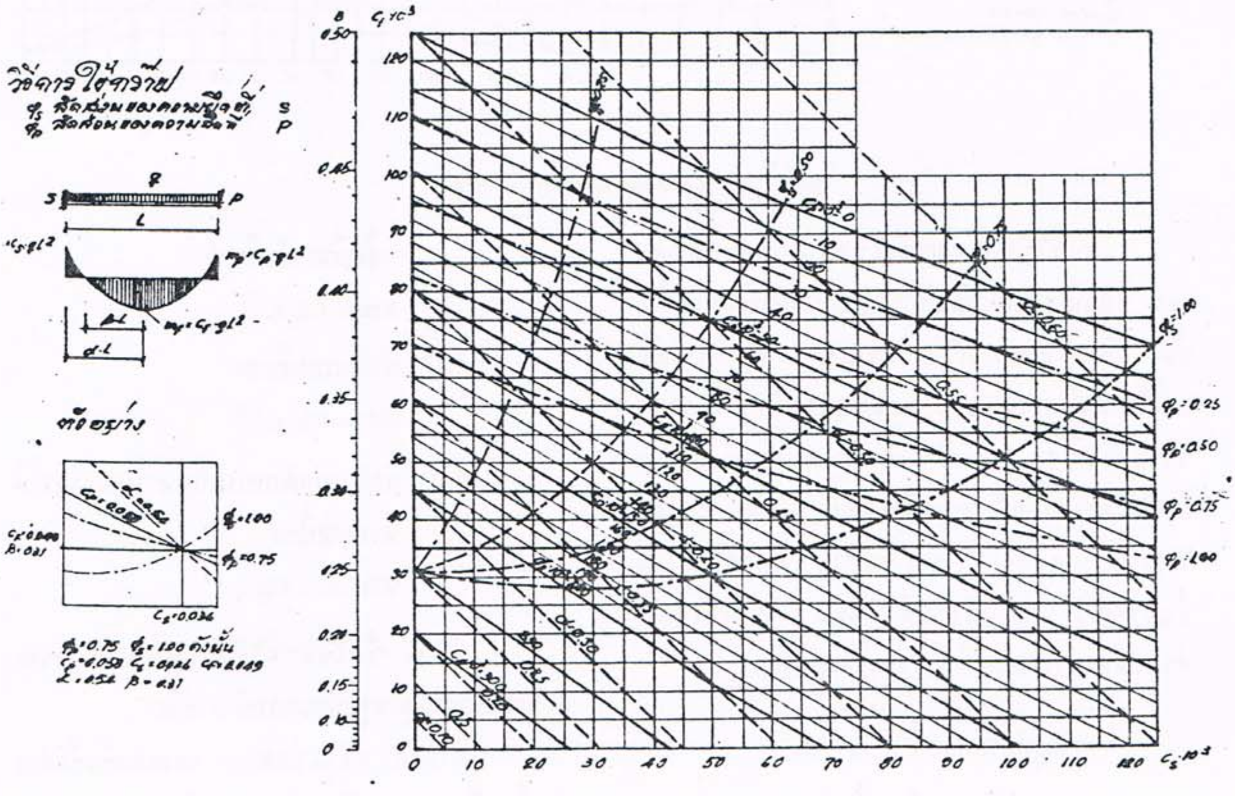
ในสวีเดน ค่า f นั้นทั่ว ๆ ไปสมมุติให้เท่ากับ 14 ซ.ม. เขาพบว่าจากค่าสมมุตินี้ความผิดพลาดของผลรวมโมเมนต์ไม่เกิน 1 %



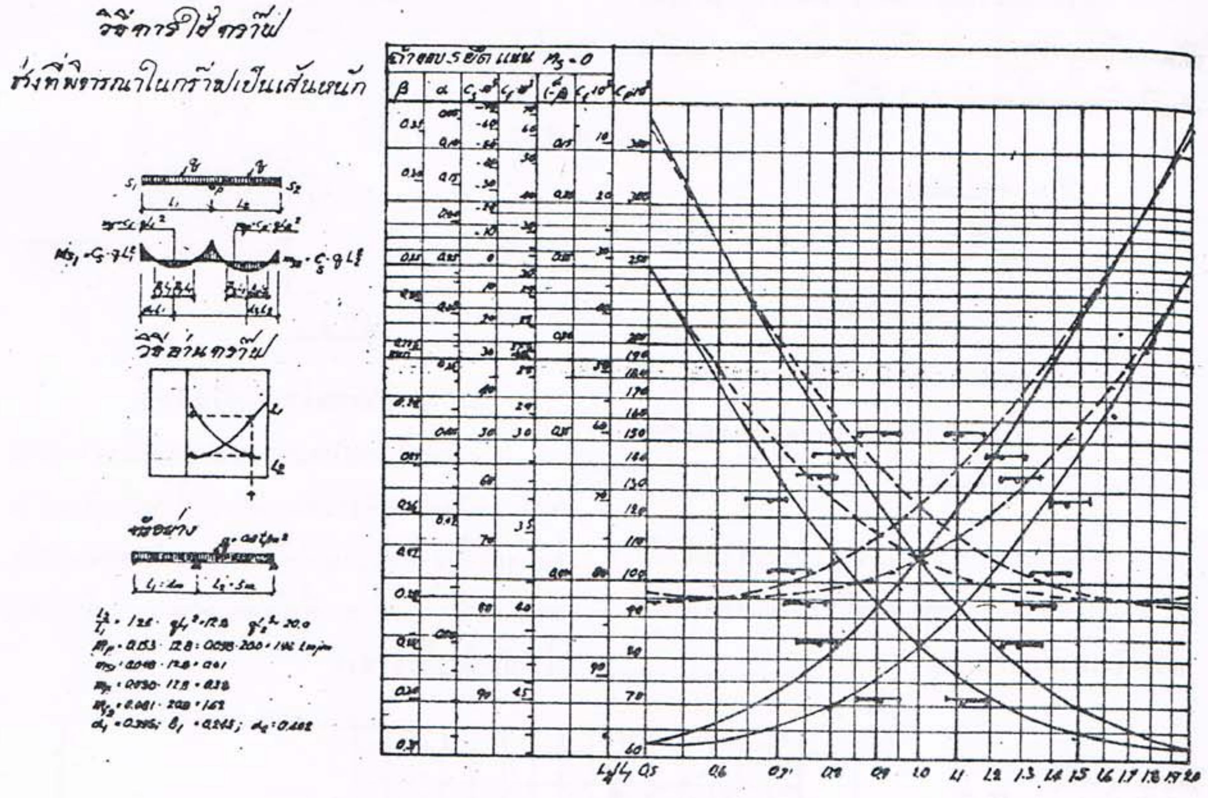
รูปที่ 2.1

3. การคำนวณโมเมนต์ในแถบ

การคำนวณโมเมนต์ในแถบจะต้องทำทั้งสองทาง โดยสมมุติให้แต่ละแถบรับน้ำหนักทั้งหมดในแผ่นย่อยที่มีลูกศรขนานกับทิศทางของช่วงของแถบสำหรับแผ่นย่อยชนิดที่ 3 ซึ่งมีลูกศรสองทาง พิจารณาน้ำหนักเต็มทั้งสองทาง



รูปที่ 3 ความเกี่ยวพันระหว่างโมเมนต์ ฯลฯ ในแถบช่วงเดียว



รูปที่ 4 แถบมากกว่า 2 ช่วง

แถบที่ใช้พิจารณาทั่วไปจะประกอบด้วยแผ่นย่อย ชนิดที่ 1 และชนิดที่ 3 สำหรับแผ่นย่อยชนิดที่ 2 นั้น เพื่อความสะดวกในการคำนวณ สมมุติค่าเฉลี่ยของโมเมนต์เท่ากับ 1/3 ของโมเมนต์ในแผ่นย่อยที่ขนานชนิดที่ 1 จากนี้ เราสามารถหาค่า unknown ต่างได้โดยง่ายโดยใช้ทฤษฎียืดหยุ่น หลังจากรู้ค่าโมเมนต์ต่าง ๆ แล้ว การคำนวณหาเหล็กเสริมก็ไม่มีปัญหาอะไร รูปประกอบที่ 3 และ 4 จะช่วยให้การคำนวณหาค่าโมเมนต์ต่าง ๆ ง่ายขึ้นอีกมาก

จากรูปประกอบที่ 3 เราจะได้

(1) ค่าโมเมนต์ลบที่เสา

$$Mp = Cp.q.l^2$$

(2) ค่าโมเมนต์ลบเหนือคาน ฝาผนัง หรือที่รองรับอื่น ๆ

$$Ms = Cs.q.l^2$$

(3) ค่าโมเมนต์บวก

$$Mf = Cf.q.l^2$$

(4) ค่าโมเมนต์ลบเหนือเสาของแถบที่มีช่วงต่อเนื่อง

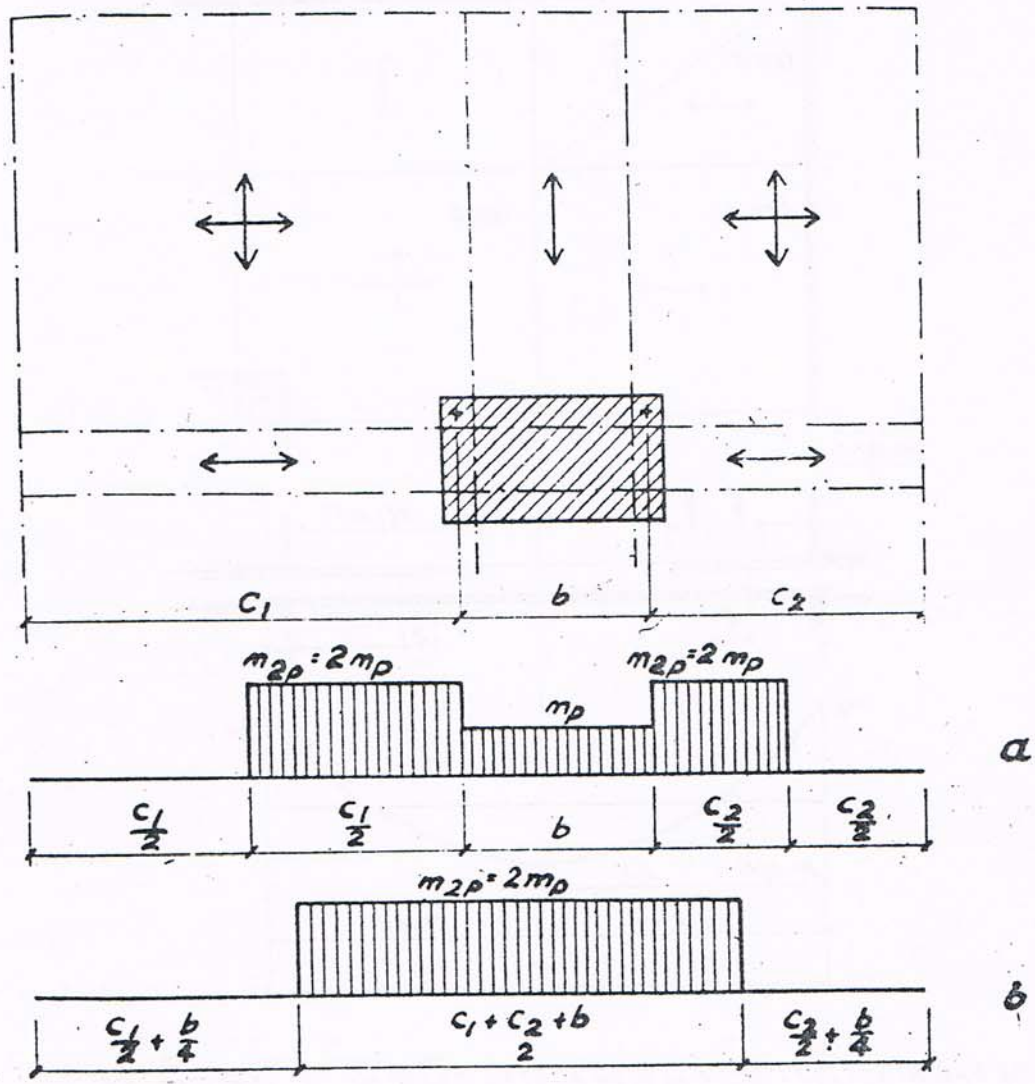
$$M2p = 2.Cp.q.l^2$$

ค่า ∝ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้คำนวณหาขนาดของแผ่นย่อยก็รวมอยู่ในรูปประกอบที่ 3 ด้วย

สำหรับ ค่า C และ ∝ ของแผ่นพื้นที่มีช่วงต่อเนื่องกัน แสดงอยู่ในรูปประกอบที่ 4

Cp, Cs & Cf. = ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ

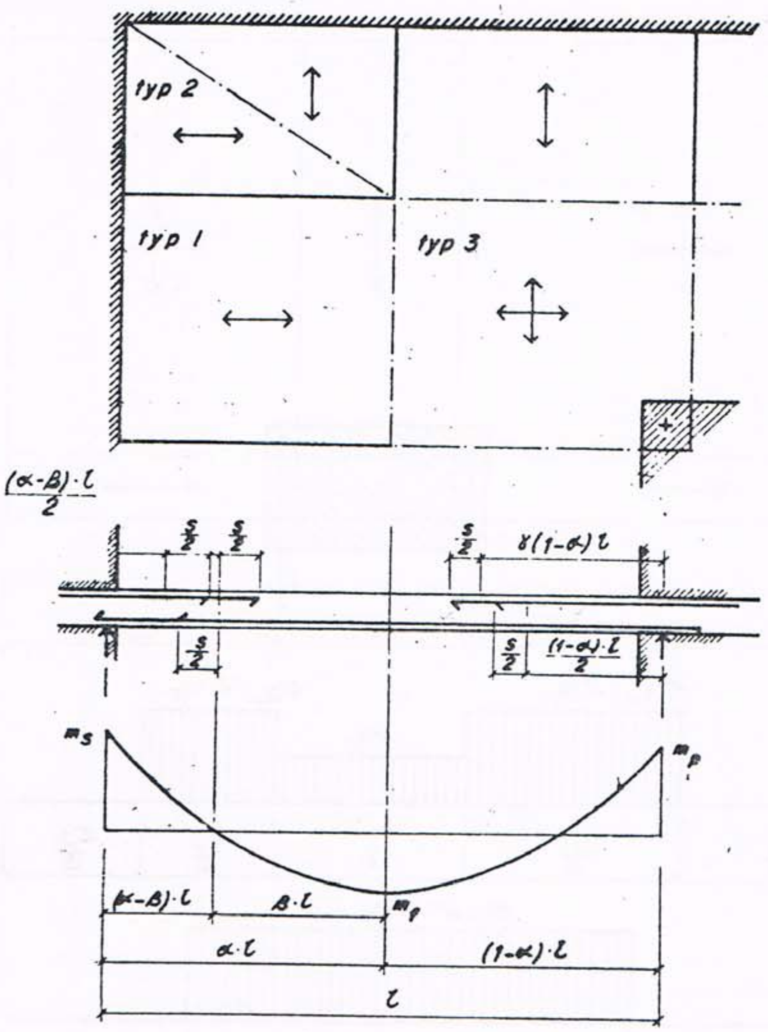
l = ช่วงยาวของแผ่นพื้น



รูปที่ 5 การกระจายโมเมนต์ ลบตอนเหนือเสา

a) การกระจายแท้จริง

b) การกระจายที่ทำให้ง่ายขึ้น เมื่อ b มีค่าน้อย (น้อยกว่า 6 เท่าของความหนาของแผ่นพื้นและน้อยกว่า-ครึ่งหนึ่งของค่า c ที่น้อยที่สุด)



การหยุดเหล็กของแผ่นย่อยชนิดที่ 1, และที่ 3,
ค่า α และ β หาได้จากรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ส่วนค่า γ หา
ได้จากรูปที่ 7 หรือใช้จากหนังสืออ้างอิงเล่มที่ 3 แต่
จะต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าของความหนาประสิทธิผลของแผ่นพื้น
และจากจุดนี้เราสามารถหยุดเหล็กเสริมได้ครึ่งหนึ่ง

<u>รูปที่ 6</u>

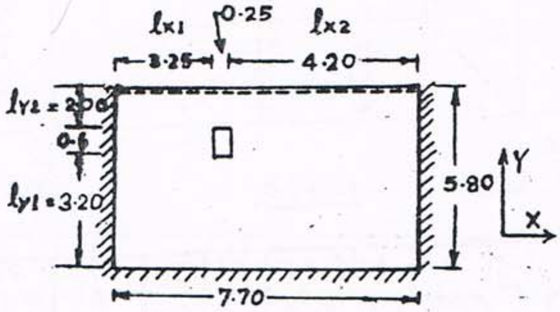
4. การจัดเสริมเหล็ก การจัดเหล็กเสริมนั้น โดยทั่วไปสมมุติว่าโมเมนต์กระจายเท่า ๆ กันตลอดทั่วทั้งแถบ ยกเว้นตอนอยู่เหนือเสาในช่วงต่อเนื่อง ซึ่งแสดงอยู่ในรูปประกอบที่ 5

การหยุดเหล็กเสริมในกรณีทั่ว ๆ ไป แสดงอยู่ในรูปประกอบที่ 6

ความยาวของเหล็กเสริมลบเหนือเสาแสดงอยู่ในรูปประกอบที่ 7

ตัวอย่างการคำนวณ เพื่อแสดงให้เห็นความง่ายของการใช้วิธีนี้ ผู้เขียนจะทำตัวอย่างการคำนวณเหล็กเสริมของแผ่นพื้นโดยละเอียด

ตัวอย่าง



หมายเหตุ

แสดงความต่อเนื่องของแผ่นพื้นกับช่วงอื่น

แสดงความไม่ต่อเนื่องของแผ่นพื้นกับช่วงอื่น หน่วยความกว้าง ยาวต่าง ๆ เป็นเมตรทั้งหมด

สมมุติน้ำหนักเฉลี่ยแผ่นพื้นนี้ 800 กก. / ม.^{2} ก่อนอื่นจะต้องกำหนดความหนาของแผ่นพื้นไม่ให้ยาวเกินไปจนกระทั่งแผ่นพื้นตกท้องช้างหรือทำให้แผ่นพื้นประลัยด้วยแรงเฉือน

จากหนังสืออ้างอิงเล่มที่ 4 จะเห็นได้ว่าจะต้องน้อยที่สุดเท่ากับ L/35

$$\text{ซึ่ง } L/35 = \frac{420}{35} = 12 \text{ ซม.}$$

ความหนา 12 ซม. นี้จะแสดงภายหลังว่าไม่พอสำหรับต้านแรงเฉือนที่หัวเสา ดังนั้นสมมุติให้ความหนา 15 ซม. และ Cover = 2.5 ซม.

แถบ X_1 ช่วง l_1 = 3.25 ม.

แถบ X_2 „ l_2 = 4.20 ม.

$l_2 / l_1 = 4.20/3.25 = 1.29$

จากรูปประกอบที่ 4 สำหรับแถบ

$$Cp = 115\times10^{-3}$$
$$2\,Cp = 2\times115\times10^{-3} = 230\times10^{-3}$$
$$Cs = 68\times10^{-3}$$
$$Cf = 36\times10^{-3}$$
$$ql^2 = 0.8\times(3.25)^2 = 8.45$$
$$M\,2\,Cp = 8.45\times230\times10^{-3} = 1.94$$
$$Ms = 8.45\times68\times10^{-3} = 0.57$$
$$Mf = 9.45\times36\times10^{-3} = 0.30$$

ดังนั้นเหล็กเสริมสามารถคำนวณหาได้ดังต่อไปนี้คือ

สมมุติกำลังอัดพิกัดของคอนกรีต 90 กก./ซม.^{2}

แรงดึงพิกัดของเหล็กข้ออ้อย 1400 กก./ซม.^{2}

อัตราส่วนโมดูลัส 11

$$As\,2\,Cp = \frac{1.94 \times 100}{1.4\times0.870\times12.5} = 12.8 \text{ cm}^2$$

ให้เหล็ก ∅ 15.8 มม. ห่างกัน 15 ซม.

$$As_s = \frac{0.57 \times 100}{1.4 \times 0.870 \times 12.5} = 3.8 \text{ cm}^2$$

ใช้เหล็ก Ø 9.0 มม. ห่างกัน 18 ซม.

$$Asf = \frac{0.30 \times 100}{1.4 \times 0.870 \times 12.5} = 1.97 \text{ cm}^2$$

ให้เหล็ก 9 มม. ห่างกัน 30 ซม.

การหาขนาดของแผ่นย่อย

จากรูปประกอบที่ 4

$\alpha = 0.45,\quad \beta = 0.27,\quad \gamma = 0.60$

เราจะได้

$\alpha \ell = 0.45 \times 3.25 = 1.47$

$(\alpha - \beta)\ell = (0.45 - 0.27)\ 3.25 = 0.59$

$(1-\alpha)\gamma\ell = (1-0.45)\ 0.60 \times 3.25 = 1.07$

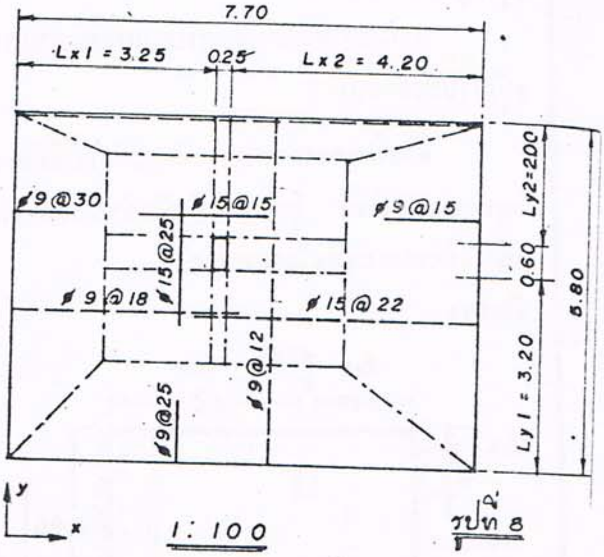
เพื่อความสะดวกการคำนวณมักทำเป็นตาราง ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 8 ได้แสดงการจัดเหล็กเสริมอยู่ด้วย จากขนาดของแผ่นย่อยต่าง ๆ เราสามารถหาค่าที่ถูกต้องของแรงเฉือนในแผ่นพื้นได้

แรงเฉือนทั้งหมด

$= 80\ [\ (7.70-1.47-2.20)\ (5.80-1.67-0.66)$
$\quad -(.60+.125)\ (.25+.125)\ ]$

$= 0.80\ [\ (4.03)\ (3.477) - (.725)\ (.375)\ ]$

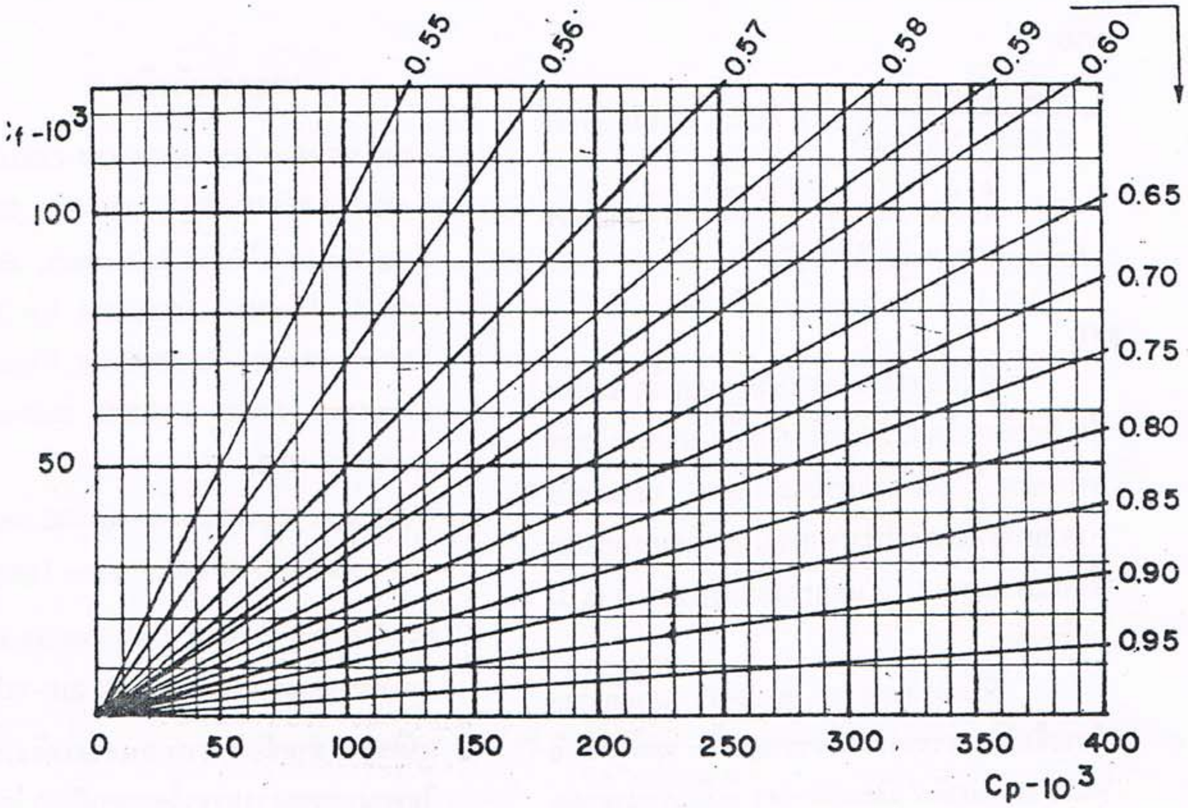
$= 0.80\ (14-0.262) = 11.00$ tons

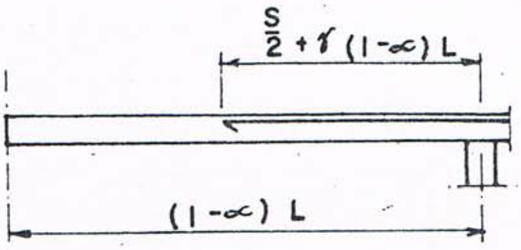


1:100 รูปที่ 8

แถบ	ℓ ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์	$c \cdot 10^3$	$q \cdot \ell^2$	M ตม/ม.	h ซ.ม	Ao ซม²/ม	Ø ม.ม	C/C ซ.ม	α β γ	α.ℓ (α.β).ℓ (1-α)·γ.ℓ
x_1	3.25	รูปที่ 4	2p	2·115	8.45	1.94	15·0	12·8	15·8	15	0.45	1.47
		l_2/l_1 = 1.29	s	68		0.57	15·0	3·8	9·0	18	0.27	0.59
			f	36		0.30	15·0	2·0	9·0	30	0.60	1.07
x_2	4.20		2p	2·69	14.1	1.94	15·0	12·8	15·8	15	0.52	2.20
			s	91		1.28	15·0	8·4	15·8	22	0.30	0.93
			f	46		0.65	15·0	4·3	9·0	15	0.56	1.13
y_1	3.20	รูปที่ 4	2p	2·68	8.2	1.12	15·0	7·4	15·8	25	0.52	1.67
		l_2/l_1 = 0.625	s	91		0.75	15·0	4·9	9·0	12	0.30	0.71
			f	46		0.38	15·0	2·5	9·0	25	0.56	0.86
y_2	2.00		2p	2·173	3.2	1.11	15·0	7·4	15·8	25	0.33	0.66
			f	54		0.17	15·0	1·1	9·0	45	0.33	0
											0.60	0.80

ความยาวของเหล็กเสริมลบเหนือเสา





รูปที่ 7

หรือ

$$= \frac{11.0 \times 1000}{2\,(72.5+37.5)\,(12.5)} = 4.0\ kg/cm^2 < 4.10 kg/cm^2$$

ซึ่งน้อยกว่าค่าพิกัด ดังนั้นค่าความหนาของแผ่นพื้น 15 ซม. ถูกต้องใช้ได้

สรุป

ผู้เขียนหวังว่า บทวิชาการแบบนี้คงจะเป็นประโยชน์อยู่บ้างกับวิศวกรโครงสร้าง แต่อย่างไรก็ดี การคำนวณในด้านวิศวกรรมอะไรก็ตาม ย่อมอาศัยพิจารณาญาณและประสพการณ์ของวิศวกรอยู่มาก ซึ่งในแต่ละงาน แต่ละกรณีปัญหาต่างๆ จะไม่เหมือนกัน.

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณปองสุข เสรีสันติวงศ์ ที่ช่วยพิมพ์ – ตรวจทานบทวิชาการบทนี้ และคุณอุทัย คุณสมาน คุณสุมิตร และคุณไกรสร ที่เขียนรูปประกอบต่างๆ.

เอกสารอ้างอิง

1. STRIP METHOD FOR SLABS ON COLUMNS, L-SHAPED PLATES, ETC. by Arne Hillerborg Sipores Central Laboratory, Sodertalje 2, Sweden, Translated by F. A. Blackey, Division of Building Research, Translation No. 2. C.S.I.R.O. Melbourne, Australia, 1964.
2. Wood, R.M., PLASTIC AND ELASTIC DESIGN – OF SLABS AND PLATES, London (1961)
3. ACI Standard Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318–71)
4. มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา 2513 – 14 มิถุนายน 2515 ว.ส.ท. 1001–14.