บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ทั่วไป

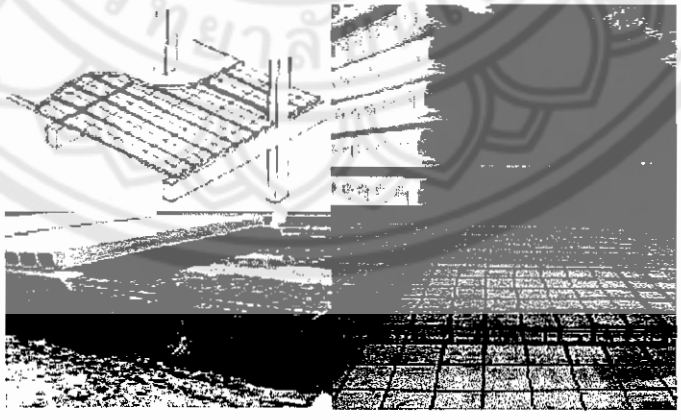
ในการออกแบบและการคำนวณแผ่นพื้น ประกอบไปด้วยแผ่นพื้นทางเดียว ซึ่งมีพฤติกรรมรับน้ำหนักหรือต้านทานแรงคล้ายกับคาน ดังนั้น อาจนิยามพื้นให้เข้าใจง่าย ๆ ว่า คล้ายกับคาน ซึ่งกว้าง 1 หน่วย (เช่น 1 เมตร) แต่มีความหนาน้อยกว่าความกว้าง แผ่นพื้นสองทางมีการกระจายน้ำหนัก หรือแรงลมที่รองรับรับซับซ้อนกว่าแผ่นพื้นทางเดียว นอกจากนั้น ได้กล่าวถึงแผ่นพื้นไร้คาน ทางลาด หรือบันได ซึ่งมีบริบทเดียวกันกับ แผ่นพื้นแบบใดแบบหนึ่ง แผ่นพื้นอาจวางบนคาน กำแพง เสา หรือแม้แต่กระทั้งบางส่วนหรือแถบในพื้นนั้น ซึ่งมีความหนาเท่ากับแผ่นพื้นนั้นเอง แต่มีความแข็งแรง หรือแกร่งกว่า เนื่องจากเสริมเหล็กเป็นพิเศษ ในทางปฏิบัติจะออกแบบแผ่นพื้นให้รับน้ำหนักบรรทุกคงที่ได้แก่ น้ำหนักของพื้นเองรวมกับน้ำหนักบรรทุกคงที่อื่น ๆ เช่น วัสดุตกแต่ง นอกจากนั้นยังต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจร น้ำหนักบรรทุกคงที่ และน้ำหนักจรนิยมนิยมให้เป็นน้ำหนักแผ่ต่อหน่วยพื้นที่ ในทางปฏิบัติบางครั้งน้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้นอาจกระทำเป็นจุด (Concentrated load) หรือน้ำหนักต่อหน่วยความยาว เช่น กำแพงก่อ เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ อาจให้ทีคานรองรับน้ำหนักดังกล่าว หรืออาจยอมให้น้ำหนักดังกล่าว กระทำต่อแผ่นพื้นโดยตรง หากได้พิจารณาตรวจสอบแล้วน้ำหนักแผ่กระจายเป็นแถบ หรือบริเวณกว้างเพียงพอที่แผ่นพื้นจะไม่แตกร้าวหรือเสียหาย การออกแบบแผ่นพื้นต้องคำนึงถึง ความหนาของแผ่นพื้นที่เหมาะสมที่จะมีกำลังต้านทานโมเมนต์ดัด หรือแรงเฉือนได้เพียงพอ หรือโก่งตัวไม่มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนั้น ยังต้องคำนึงถึง พื้นที่ หรือระยะเรียงของเหล็กเสริมต้านทานโมเมนต์ดัด หรือต้านทานการยืดหดเนื่องจากอุณหภูมิ ต้องคำนึงถึงระยะเรียงของเหล็กและเส้นรอบรูป สำหรับถ่ายแรงระหว่างเหล็กกับคอนกรีตที่ไม่ทำให้หน่วยแรงยึดหน่วงเกินเกณฑ์ที่กำหนด

2.2 พฤติกรรมขององค์อาคาร หรือโครงสร้าง

พฤติกรรมขององค์ อาคาร หรือโครงสร้าง ขึ้นอยู่กับ 2 กรณี คือคุณสมบัติทางกายภาพขององค์อาคาร หรือโครงสร้างเอง และกลสมบัติของวัสดุ อีกกรณีหนึ่งคือน้ำหนัก หรือแรงที่กระทำ ดังนั้น พฤติกรรมขององค์อาคาร หรือโครงสร้างจึงเกิดภายใต้น้ำหนักหรือแรงกระทำโดยผลลัพท์ อาทิ เช่น หน่วยแรงภายในองค์อาคาร หรือโครงสร้างการเคลื่อนตัวการโก่งตัว พิกัดแตกร้าว หรือเสถียรภาพอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ ทางกายภาพขององค์อาคารหรือโครงสร้างเอง และกลสมบัติของวัสดุ ที่ใช้เป็นองค์อาคาร หรือโครงสร้างนั้น

2.3 ระบบแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จ (Slab System)

ระบบแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จประกอบด้วยส่วนที่ผลิตจากโรงงาน ยกมาติดตั้ง หรือวางบนคาน แล้วเสริมเหล็กเทคอนกรีตทับหน้า (Topping) เพื่อให้เป็นผืนเดียวกัน ปัจจุบันนิยมใช้แผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จหรือแผ่นพื้นสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดแผ่นเรียบ (Precuts plank) รูปหน้าตัดสี่เหลี่ยมทึบตัน เสริมลวดอัดแรงความหนาจึงไม่มากนัก นิยมใช้โดยเฉพาะอาคารขนาดเล็ก หรือที่พักอาศัย เพราะคล้ายแผ่นกระดานที่วางพาดบนคานเรียงกัน โดยไม่ต้องใช้ไม้แบบ ผูกเหล็กเสริมกันร้าว และเทคอนกรีตทับหน้าได้ทันที และใช้ค้ำยันเท่าที่จำเป็นตามคำแนะนำของผู้ผลิต เช่น ที่กึ่งกลางของช่วงพื้นเท่านั้น พื้นชนิดนี้คือใต้ท้องพื้นจะเรียบจึงไม่จำต้องฉาบแต่งผิว หรือทำฝ้าปิด อนึ่ง แผ่นพื้นชนิดนี้ เมื่อช่วงยาวขึ้น หรือมีความหนาเพิ่มขึ้น ผู้ผลิตก็อาจทำให้แกนกลางตามยาวของแผ่นพื้นกลวง (Hollow core Slab) เพื่อลดทอนน้ำหนักของแผ่นพื้นนั่นเอง



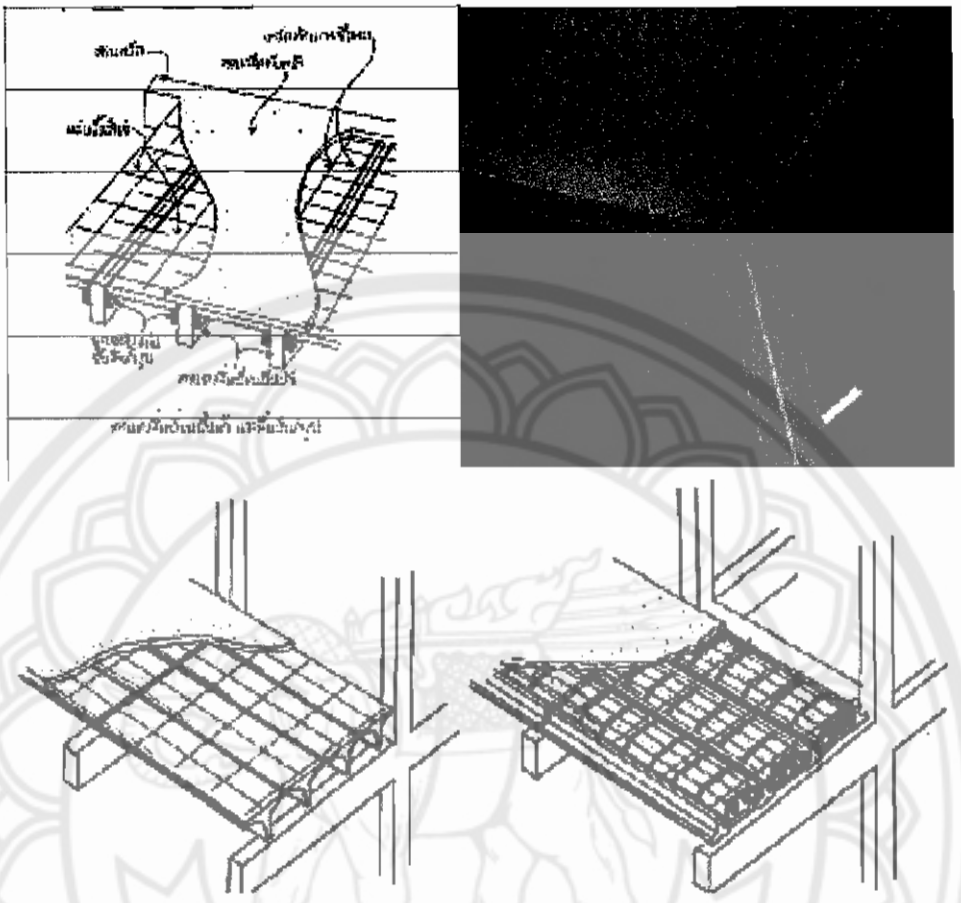
รูปที่ 2.1 รูปแสดงตัวอย่างระบบพื้นคอนกรีตอัด แรงสำเร็จรูปชนิดแผ่นเรียบ หรือ กลวง

ระบบแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปชนิดอื่นๆ ได้แก่ แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูป รูปตัวยูคว่ำ ระบบตงคอนกรีตอัดแรงแผ่นพื้นชนิดนี้ต้องใช้คอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป มาพาดบนคานแล้วประกอบไม้แบบ ที่ช่องว่างระหว่างตงเสริมเหล็ก และเทคอนกรีต วิธีนี้ จะก่อสร้างง่ายกว่าระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา เพราะสามารถตั้งแบบกับตงสำเร็จรูป ดังนั้นไม่ต้องใช้แบบและค้ำยันมากเท่ากับระบบพื้นคอนกรีตทั่วไป ตงสำเร็จรูปชนิดนี้จะมีรูสำหรับเสียบสลักที่ใช้ไว้สำหรับรับแบบไม้ในตัว ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้

ระบบแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปชนิดหน้าตัดรูปตัวที แผ่นพื้นชนิดนี้ใช้ปริมาณคอนกรีตน้อย และแอ่นตัวน้อย ก่อสร้างได้รวดเร็วโดยการนำมาวางพาดกับคานเรียงชิดติดกันเสริมเหล็ก และเทคอนกรีตทับหน้าเพื่อให้เป็นแผ่นพื้นเดียวกัน แต่ต้องระมัดระวังขณะก่อสร้าง เพราะแผ่นพื้นที่วางบนคานนั้นอาจพลิกตัวได้ง่าย ก่อนที่จะเทคอนกรีตทับ ข้อเสียของพื้นระบบนี้คือ ด้านใต้พื้นหากไม่มีฝ้าปิด มักเป็นอุปสรรคต่อการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้า หรือระบบส่องสว่าง และ ท่อของวิศวกรรมงานระบบต่าง ๆ

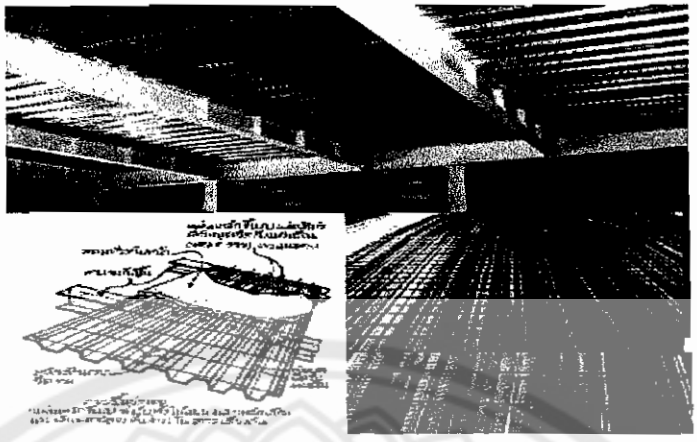
ระบบแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อกและตงรูปตัวทีคว่ำ พื้นชนิดนี้ใช้ตงคอนกรีตรูปตัวทีคว่ำ วางพาดบนคานตามระยะที่กำหนด และใช้คอนกรีตบล็อกชนิดกลวงวางเรียงระหว่างตงดังกล่าวจนเต็ม เสริมเหล็ก และเทคอนกรีตทับหน้าเติม พื้นชนิดนี้ใช้ในอาคารขนาดเล็ก และที่พักอาศัย เพราะก่อสร้างได้รวดเร็ว ข้อเสียคือน้ำอาจรั่วซึมได้ง่าย และรับน้ำหนักได้น้อยกว่าพื้นสำเร็จระบบอื่น ๆ เนื่องจากคอนกรีตบล็อกนั้นเป็นเพียงแบบหล่อคอนกรีตถาวรเท่านั้น มิได้มีส่วนช่วยรับน้ำาหนักใด ๆ (ขณะที่เฉพาะตงรูปตัวทีคว่ำรับน้ำหนักบรรทุก) ดังนั้น หากฉาบปิดใต้ท้องพื้นไปแล้ว อาจไม่ทราบตำแหน่ง หรือแนวของตงรูปตัวทีคว่ำ จะหาตำแหน่งแขวนยึดสิ่งที่มีน้ำหนักมากนั้นได้ลำบาก ปัจจุบันพื้นชนิดนี้เสื่อมความนิยมลงไป เพราะมีข้อด้อยกว่าแผ่นพื้นชนิดเรียบในเกือบทุกด้าน

การใช้แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปจะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำผู้ผลิต โดยเฉพาะการค้ำยันระหว่างก่อสร้างเหล็กเสริม และการเทคอนกรีตทับหน้า การใช้แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปผิดแผกจากคำแนะนำโดยปราศจากการคำนวณตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน อาจเกิดข้อผิดพลาดเสียหายได้ เช่น ใช่แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จทำเป็นส่วนยื่น (Overhanging) แม้จะเสริมเหล็กด้านทานโมเมนต์ดัด หรือแรงดึงที่ผิวบนอย่างเพียงพอ แต่หน่วยแรงอัดในคอนกรีตที่ผิวล่างอาจเกินกว่าหน่วยแรงใช้งาน ตำแหน่งเจาะ หรือยึดอุปกรณ์กับด้านล่างของแผ่นพื้น อาจตรงกับตำแหน่งของลวดอัดแรง แผ่นพื้นชนิดกลวงหากรับน้ำหนักที่ทำให้ เกิดแรงเฉือนสูง ๆ หน่วยแรงแบกทานบริเวณที่รองรับอาจสูงเกินกว่าหน่วยแรงใช้งาน หรือวิบัติ เป็นต้น รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างแผ่นพื้นระบบอื่น ๆ



รูปที่ 2.2 รูปแสดงตัวอย่างแผ่นพื้นระบบอื่นๆ

ระบบพื้นคอนกรีตแผ่นพื้นเหล็ก (Composite Metal Deck) แผ่นพื้นชนิดนี้ยังหล่อในที่โดยใช้แผ่นเหล็กพับขึ้นรูปเป็นลอนลักษณะต่าง ๆ ที่ผลิตจากโรงงาน แผ่นเหล็กที่วางพาดบนคานจะต้องมี หัวหมุดเหล็ก (Shear stud) ยึดเป็นระยะ ๆ และแผ่นเหล็กนี้จะเป็นทั้งแบบ และเหล็กเสริมไปในตัว ดังนั้น เหล็กเสริมจะลดน้อยลงกว่าแผ่นพื้นระบบอื่น ๆ (แต่ยังคงต้องเสริมเหล็ก เช่น เพื่อกันร้าว) แผ่นเหล็กจะเป็นทั้งไม้แบบ และฝ้าเพดานสำหรับชั้นใต้พื้นนั้นไปในตัวด้วย อย่างไรก็ตามจะต้องป้องกันเหล็กไม่ให้เป็นสนิม และต้องกันไฟด้วยพื้นชนิดนี้ค่อนข้างเบา และก่อสร้างรวดเร็ว แต่จะมีราคาค่อนข้างแพง มักใช้ประกอบกับโครงสร้างเหล็กเช่นวางบนคานเหล็กเป็นต้น รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างระบบพื้นคอนกรีตแผ่นพื้นเหล็ก



รูปที่ 2.3 รูปแสดงตัวอย่างระบบพื้นคอนกรีตแผ่นพื้นเหล็ก

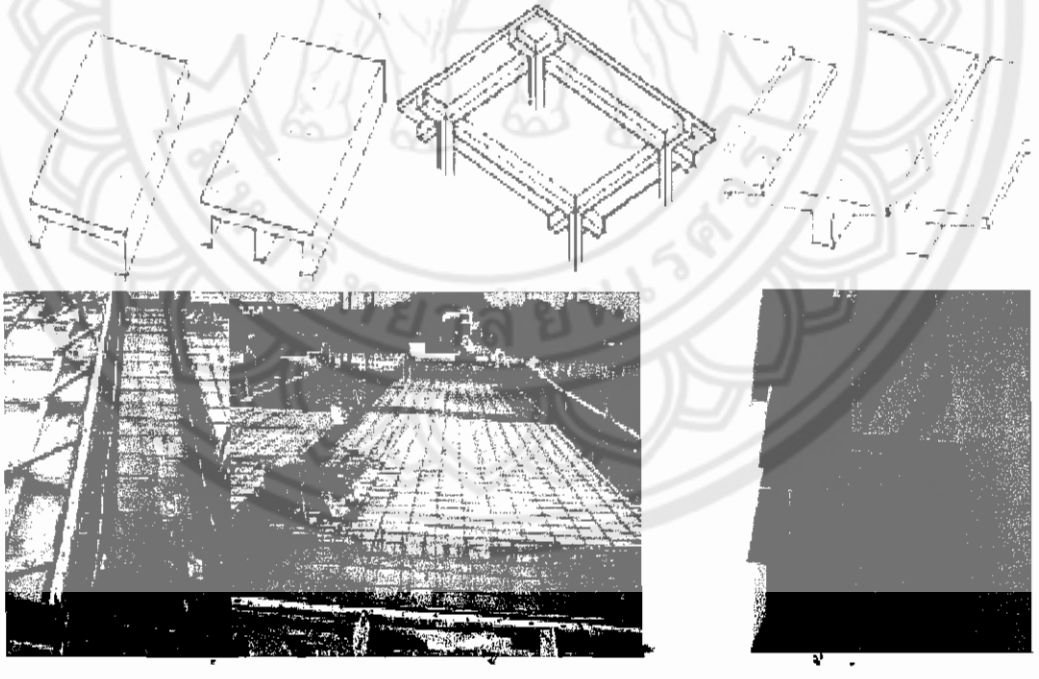
2.4 พื้นเหล็ก (Steel deck)

พื้นเหล็ก (Steel deck) ประกอบด้วยระบบดงเหล็ก วางบนคานเหล็ก หรือคานคอนกรีต แล้วปูปิดทับด้วยแผ่นเหล็กผิวเรียบ หรือผิวมีลวดลายผลิตจากโรงงานไม่นิยมนัก เนื่องมีราคาค่อนข้างแพงและ เช่นเดียวกับโครงสร้างเหล็กอื่น ๆ ที่ต้องใช้ฝีมือแรงงานในการประกอบหรือเชื่อมต่อส่วนประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ข้อด้อยของพื้นเหล็กได้แก่ ลื่น เสียงดัง ทำความสะอาดยาก มีปัญหาเรื่องสนิม และอัคคีภัยจึงมักใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่ไม่ได้รับน้ำหนักบรรทุกมากนัก เช่น สะพานทางเดินในโกดังเก็บสินค้า หรือชั้นลอยต่าง ๆ อาจใช้พื้นแบบโปร่งที่ถักเป็นตารางคล้ายฝาตะแกรง เพื่อให้น้ำหนักเบา บางกรณีอาจต้องเคลือบ หรือทับผิวหน้าด้วยวัสดุอื่น เพื่อลดข้อด้อยดังกล่าวข้างต้น

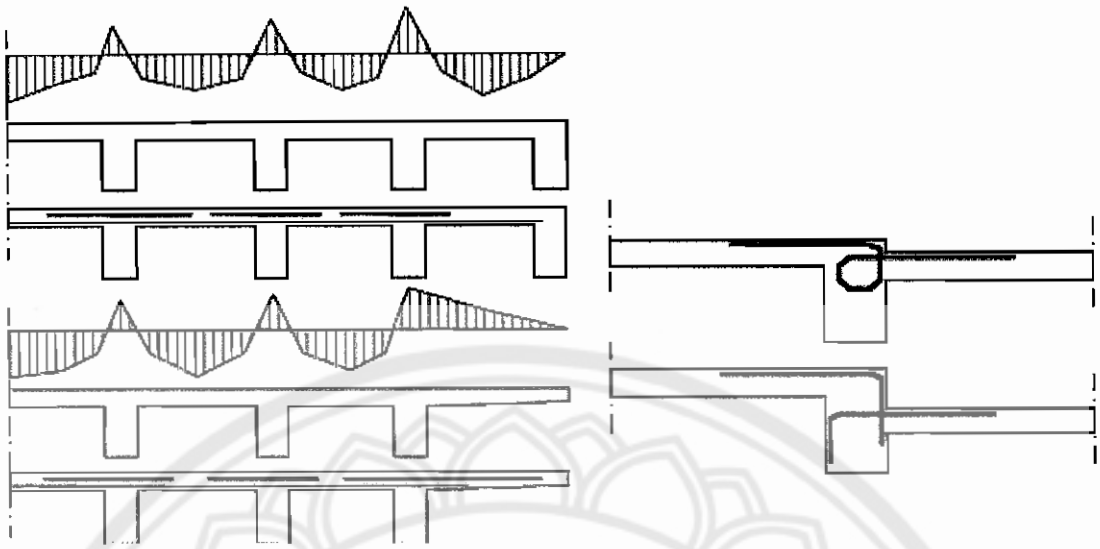
รูปที่ 2.4 รูปแสดงตัวอย่างการเคลือบระบบแผ่นพื้นเหล็ก (Vermiculite) เพื่อป้องกันอัคคีภัย

2.5 แผ่นพื้นคอนกรีตหล่อในที่ (Cast in place slab)

แผ่นพื้นคอนกรีตหล่อในที่ (Cast in place slab) จะต้องตั้งแบบพื้นผูกเหล็กเสริม แล้วจึงเทคอนกรีตพร้อมกับส่วนบนของคานที่อยู่รอบ ๆ เพื่อให้พื้นเป็นผืนเดียวกับคาน และต้องค้ำยันแบบเพื่อรับน้ำหนักพื้นก่อนที่พื้นคอนกรีตแข็งตัวและรับน้ำหนักได้ อาจมีฝ้าเพดาน หรือสิ่งอื่นๆ แขวนหรือยึดเกาะใต้แผ่นพื้น เช่น ท่อน้ำ ท่อระบบปรับอากาศ ต่างก็เป็นน้ำหนักบรรทุกที่แขวน หรือยึดกับแผ่นพื้น ความหนา หรือเหล็กเสริมของพื้นขึ้นอยู่กับความกว้าง ความยาวของพื้น และน้ำหนักบรรทุก แผ่นพื้นหล่อในที่ อาจเป็นแผ่นพื้นทางเดียว (One-way slab) ซึ่งมีช่วงสั้น ๆ หรือสัดส่วนความยาวต่อความกว้างของแผ่นพื้นมาก ก็จะกระจายน้ำหนักในทิศทางเดียว คือกระจายน้ำหนักลงยังที่รองรับสองด้าน ซึ่งรองรับพื้นในช่วงสั้นแผ่นพื้นสองทาง (Two-way Slab) สัดส่วนด้านกว้างยาวพอ ๆ กัน หรือแตกต่างกันไม่มาก ดังนั้น น้ำหนักบรรทุกจะกระจายสองทิศทาง ส่วนแผ่นพื้นยื่น (Cantilever slab) มีที่รองรับดานเดียว อีกปลายหนึ่งอิสระปราศจากที่รองรับปกติมักพบเห็นแผ่นพื้นยื่นเป็นชายคาหรือกันสาด รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างแผ่นพื้นทางเดียว สองทาง และพื้นยื่น อนึ่ง ในทางปฏิบัติแผ่นพื้นแต่ละชนิดอาจต่อเนื่องกันหลายช่วง หรือต่อเนื่องกับแผ่นพื้นอื่นๆ เสมือนแผ่นพื้นต่อเนื่องอีกทั้งอาจมีระดับที่แตกต่างกันดังแสดงสาธิตใน รูปที่ 2.6



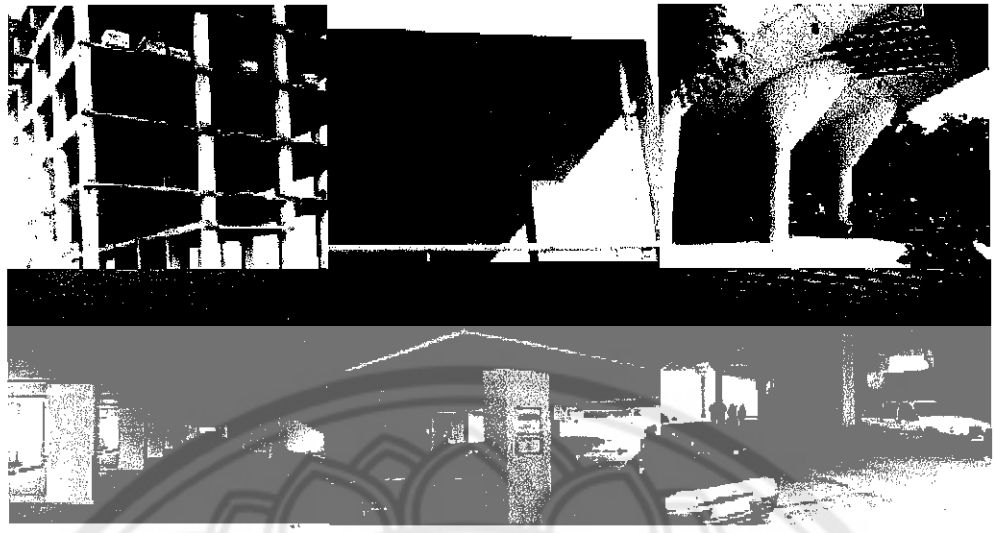
รูปที่ 2.5 รูปแสดงแสดงตัวอย่างแผ่นพื้นทางเดียว สองทาง และพื้นยื่น



รูปที่ 2.6 รูปแสดงตัวอย่างแผ่นพื้นที่ต่อเนื่องกัน และต่างระดับ

2.6 แผ่นพื้นไร้คาน (Flat plate)

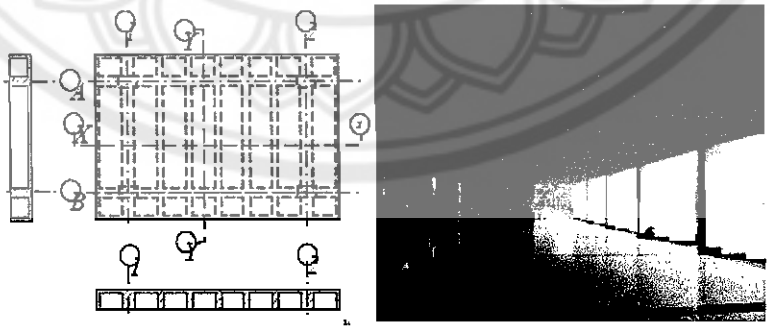
แผ่นพื้นไร้คาน (Flat plate) เป็นแผ่นพื้นสองทางชนิดหนึ่ง เพียงแต่คานมีความหนาเท่ากับแผ่นพื้น หรืออีกนัยหนึ่งคือแถบแผ่นพื้นซึ่งเชื่อมต่อระหว่างที่รองรับ เช่นเสา ถือเสมือนเป็นคาน แผ่นพื้นไร้คานอาจเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หรืออาจเป็นคอนกรีตอัดแรงหล่อในที่ (Post-Tensioned) ทำให้พื้นรับน้ำหนักได้มากขึ้นในขณะที่ความหนาของพื้นไม่มากนักน้ำหนักโดยรวมของพื้นน้อยลง ซึ่งทำให้ ขนาดองค์อาคารอื่น ๆ ลดลงด้วย เป็นระบบที่ก่อสร้างได้รวดเร็ว นิยมใช้กับอาคารขนาดใหญ่ บางครั้งอาจจำเป็นต้องเพิ่มความหนาของแผ่นพื้นไร้คานที่บริเวณหัวเสา เพื่อเพิ่มกำลังต้านทานแรง (และป้องกันมิให้แผ่นพื้นถูกเฉือนจนแตกทะลุรอบ ๆ หัวเสา) เรียกความหนาส่วนเพิ่มนี้ว่า แป้นหัวเสา (Drop panel) หากบริเวณหัวเสาที่รองรับแผ่นพื้น หรือแป้นหัวเสาขยายขนาดให้โตขึ้น เรียกว่า หมวกเสา (Capital) รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างแผ่นพื้นไร้คาน ชนิดแผ่นเรียบ หรือมีแป้นหัวเสา หรือหมวกเสา อนึ่ง พื้นระบบนี้ไม่นิยมใช้ในอาคารขนาดเล็ก หรือที่พักอาศัย เนื่องจากมีราคาแพงกว่าแบบแรก มักใช้ในอาคารที่ต้องการจำนวนชั้นมาก ๆ ไม่ต้องการให้มีคานเกะกะ เช่นอาคารจอดรถเป็นต้น



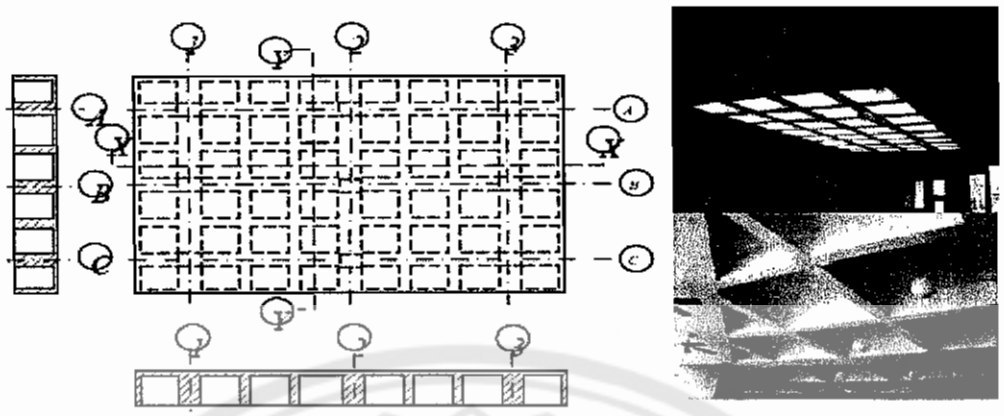
รูปที่ 2.7 รูปแสดงตัวอย่างแผ่นพื้นไร้คาน ชนิดแผ่นเรียบ มีแป้นหัวเสา หรือหมวกเสา

2.7 แผ่นพื้นกระทง (One-way joist)

แผ่นพื้นระบบกระทงทางเดียว (One-way joist) ประกอบด้วยแผ่นพื้นทางเดียวหลายผืนต่อเนื่องกัน หล่อเป็นเนื้อเดียวกับคาน หรือวางบนคานสำเร็จรูป (เช่นกรณีของสะพาน) หรือเกิดจากการเอาคานรูปตัวที มาวางเรียงให้ปีกคานชิดติดกัน แล้วหล่อคอนกรีตพื้นให้เป็นผืนต่อเนื่องกัน ส่วนแผ่นพื้นกระทงสองทาง (Waffle slab) เป็นแผ่นพื้นสองทางที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้น ภายในแผ่นพื้นซึ่งรองรับด้วยคานหลักที่เชื่อมยึดระหว่างหัวเสา จึงแบ่งซอยเป็นคานย่อย ๆ ทั้งสองทิศทางเสมือนประกอบด้วยแผ่นพื้นสองทางเล็ก ๆ หลายผืนแผ่นพื้นชนิดนี้แม้จะใช้ได้ กับอาคารที่มีช่วงระหว่างเสาห่างมาก ๆ แต่ก็ก่อสร้างยุ่งยาก เช่น ไม้แบบต้องซับซ้อนตามรูปร่างแผ่นพื้น และอาจมีข้อยุ่งยากเรื่องวิศวกรรมระบบ เช่น การติดตั้งดวงโคมไฟฟ้า เดินสายไฟ หรือท่อน้ำดับเพลิงเป็นต้น รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างแผ่นพื้นกระทงทางเดียวและสองทาง



ก. แผ่นพื้นกระทงทางเดียว



ข. แผ่นพื้น กระทงสองทาง

รูปที่ 2.8 รูปแสดงตัวอย่างแผ่นพื้นกระทงทางเดียว และสองทาง

2.8 คอนกรีต (Concrete)

การกำหนดชั้นคุณภาพ หรือกำลังของคอนกรีตเป็นปัจจัยสำคัญที่มีนัยสำคัญต่อความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร และค่าก่อสร้าง คอนกรีตที่มีคุณภาพดี หรือคอนกรีตกำลังสูง นอกจากราคาจะแพงแล้ว ยังต้องพิถีพิถันในการควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอน ทั้งวัตถุดิบ (มวลรวม ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ น้ำ หรือส่วนผสมอื่น ๆ) ปฏิภาคผสม การผสม การลำเลียง การเทการสั่น และการบ่ม ในทางปฏิบัติ และการผลิตคอนกรีตในเชิงอุตสาหกรรม (เช่น คอนกรีตผสมเสร็จ) มักจะกำหนด หรือระบุชั้นคุณภาพของคอนกรีตด้วยค่ากำลังอัดประลัย หน่วยเป็นเมกะปาสกาล หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากผลทดสอบกำลังอัดแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาด 0.30 x 0.15Øเซนติเมตร หรือรูปทรงกระบอกขนาด 0.15 x 0.15 x 0.15 (ว.ส.ท. 3100 ค) ตารางที่ 2 แสดงชั้นคุณภาพ และกำลังอัดประลัยของคอนกรีตตาม มอก.213-2520

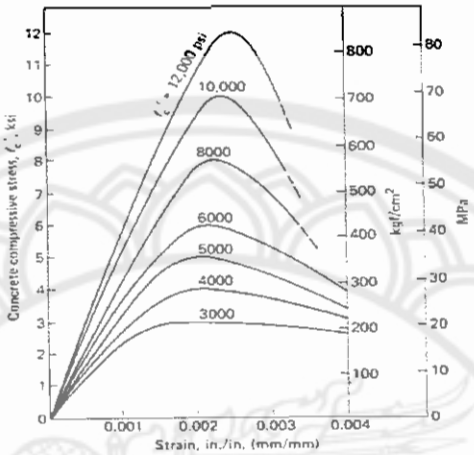
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงชั้นคุณภาพ และกำลังอัดประลัยของคอนกรีตตาม มอก. 213-2520

ชั้นคุณภาพ	กำลังต้านทานแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน)	
	แท่งตัวอย่างลูกบาศก์	แท่งตัวอย่างทรงกระบอก
C 10/ 8	100	80
C12.5/10	125	100
C 15/12	150	120
C 20/15	200	150
C 25/20	250	200
C 30/25	300	250
C 35/30	350	300
C 40/35	400	350
C 45/40	450	400

คอนกรีตชั้นคุณภาพสูง ๆ จะต้องควบคุมกรรมวิธีการผลิต และการทำงานอย่างเข้มงวด มีต้นทุนผลิต และการทำงานที่สูงขึ้น ตามนัยของ ACI 10.2.7.3 และ R 11.1.2 คอนกรีตธรรมดา (Normal concrete) หมายถึง คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยไม่ เกิน 55 เมกะปาสกาลโดยประมาณ งานวิจัยในปัจจุบันได้กำหนดเกณฑ์จำแนกคอนกรีตปกติและคอนกรีตกำลังสูงไว้แตกต่างกันค่อนข้างมาก การกำหนดชั้นคุณภาพ หรือกำลังคอนกรีต ที่เหมาะสมสำหรับอาคาร หรือองค์อาคาร อาจกำหนดจากขนาดขององค์อาคารนั่นเองโดยเฉพาะในกรณีที่รูปแบบทางสถาปัตยกรรมจำเป็นจะต้องคงมิติ หรือขนาดขององค์อาคาร เช่น ความลึกคาน หรือหน้าตัดเสา ผู้คำนวณออกแบบ ควรใช้วิธีประมาณโดยสมมติฐานว่าหากคงมิติ หรือขนาดขององค์อาคารดังกล่าว เพื่อกำหนดกำลังของคอนกรีตที่เหมาะสมจะทำให้องค์อาคารแข็งแรงและประหยัด อาทิ เช่น กำลังของคอนกรีตพอดีที่จะทำให้คานส่วนใหญ่เสริมเฉพาะเหล็กต้านทานแรงดึง หรือกำลังของคอนกรีตพอดีที่จะทำให้ เสาเสริมเหล็กไม่มากนัก อย่างไรก็ตาม การกำหนดชั้นคุณภาพ หรือกำลังของคอนกรีต เป็นกระบวนที่ต้องทำควบคู่กับการออกแบบ องค์อาคารเบื้องต้น ดังที่ได้กล่าวข้างต้น เนื่องจากกระบวนตรวจสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต กระทำโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างจากคอนกรีตที่ใช้งานจริง และถือเอากำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตตัวอย่างที่อายุการบ่ม 28 วัน เป็นสำคัญ (ว.ส.ท. 3101 ง กล่าวว่า ถ้าไม่กำหนดเป็นอย่างอื่นให้ถือผลการทดสอบที่ 28 วันเป็นเกณฑ์ สำหรับคอนกรีตแข็งตัวเร็วให้ใช้เวลาที่กำหนดไว้ในแบบหรือรายการ) ในทางปฏิบัติรายการก่อสร้างหรือข้อกำหนด (Specification) มักระบุปริมาณ หรือ

น้ำหนักร้อยละต่ำสุดของซีเมนต์ ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต (เช่นกิโลกรัมต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตรของคอนกรีต) ควบคู่ไปกับการระบุกำลังอัดประลัยของคอนกรีต การระบุดังกล่าวคล้ายจะซับซ้อน และทำให้ต้นทุนของคอนกรีต และค่าก่อสร้างสูงขึ้น แต่น่าจะเป็นทางเลือกปฏิบัติที่ลดทอนความเสี่ยงหรือความไม่แน่นอนทำให้ผู้ผลิตคอนกรีต ผู้ก่อสร้าง และผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ มั่นใจในคุณภาพ และกำลังอัดประลัยของคอนกรีตในเบื้องต้น แทนที่จะต้องรอคอยผลทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างที่อายุการบ่ม 28 วันแต่เพียงอย่างเดียว กลสมบัติของคอนกรีตหมายถึงคุณสมบัติที่เกี่ยวแก่การต้านทานแรงรวมถึงพฤติกรรมต่าง ๆ ภายใต้ การกระทำกลสมบัติดังกล่าว ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด-ความเค้น โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity, Ec) กำลังอัดหรือกำลังอัดประลัย (Ultimate compressive strength, fc') โมดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture, rf) อัตราส่วนปัวซองส์ (Poisson's ratio) โมดูลัสยืดหยุ่นแสดงความต้านทานการเปลี่ยนรูปของวัสดุคือความลาดชันของเส้นความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด - ความเค้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเครียด - ความเค้น ของคอนกรีตชั้นคุณภาพต่าง ๆ (รูปที่ 29) เห็นได้ว่ารูปความสัมพันธ์เปลี่ยนแปลง หรือแตกต่างกันไปตามชั้นคุณภาพของคอนกรีต (fc') ทุกเส้นความสัมพันธ์แทบไม่ปรากฏส่วนใดที่เป็นเส้นตรง ณ ตำแหน่งที่มีกำลังอัดสูงสุด (Characteristic strength, fcu) ของคอนกรีตทุกชั้นคุณภาพสอดคล้องกับความเครียดประมาณ 0.002 ณ จุดพัง (Rupture strength, fult) ค่า

ความเครียดแปรผันระหว่าง 0.003 ถึง 0.004 เว้นแต่ในกรณีคอนกรีตพิเศษค่าความเครียดอาจสูงถึง 0.008 (ACI R10.2.3; 1995) ดังนั้น ในการหาความสัมพันธ์ภายใต้การดัดขององค์อาคารด้านทานแรงดัด (Flexural Members) จึงกำหนดค่าความเครียดของคอนกรีต ณ ผิวด้านที่เกิดหน่วยแรงอัดที่ 0.003 (ว.ส.ท. 2534; ACI 10.2.3; 1995; AASHTO 8.16.2.3; 1994) หรือ 0.0035 (BS5400; BS8110)



รูปที่ 2.9 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความความเครียด– ความเค้นของคอนกรีตชั้นคุณภาพต่างๆ (Wang, 1997)

เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุเปราะ จึงไม่ปรากฏจุดคราก (Yield Point) ดังนั้นสิ่งที่จะได้จากการทดสอบคือ กำลังอัดประลัย (Ultimate Compressive Strength) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด-ความเค้น ในระหว่างทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด หากกำลังอัดไม่เกินร้อยละ 30 ของกำลังอัดประลัย ($f'_c \leq 0.30 f'_c$) รอยแตกเล็กๆ (Micro cracks) ที่ปรากฏในคอนกรีดก่อนการทดสอบยังคงสภาพไม่ขยายตัว ที่กำลังอัดระหว่างร้อยละ 30 ถึง 50 ของกำลังอัดประลัย($0.30 f'_c < f'_c \leq 0.50 f'_c$) จะเกิด Bond cracks เนื่องจาก Stress concentration (หรือ Confinement) ที่บริเวณปลายรอยแตก(Crack tip) รอยแตกจะขยายและมีความยาวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแม้แรง หรือความเค้นจะไม่เพิ่มขึ้น ที่ค่ากำลังอัดระหว่างร้อยละ 50 ถึง 75 ของกำลังอัดประลัย ($0.50 f'_c < f'_c \leq 0.75 f'_c$) Bond crack ขยายตัวต่อเนื่องและเกิดรอยแตกในมอร์ต้าแรง หรือความเค้นจะไม่เพิ่มขึ้น รอยแตกจะยังขยายอย่างต่อเนื่องในอัตราที่ช้าลง ที่ค่ากำลังอัดสูงกว่าร้อยละ 75 ($f'_c > 0.75 f'_c$) รอยแตกในคอนกรีตขยายตัวจนไม่เสถียร (Unstable) ความเค้นลดลงอย่างรวดเร็วจนวิบัติ หรือถูกอัดจนแตก (Crush failure) ที่ $f'_c \geq 0.85 f'_c$)โดยประมาณในทางปฏิบัติ มาตรฐานออกแบบจึงมักกำหนดให้ประมาณค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตจากกำลังอัดประลัยดังแสดงในตารางที่ 3 สมการ Empirical ที่ แสดงในตารางได้จากผลทดสอบคอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนัก หรือ

ความหนาแน่นระหว่าง 90 – 155 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต (1.443 - 2.485 ตันต่อลูกบาศก์เมตร) ในช่วงเวลาสั้น ค่าที่คำนวณได้จะใกล้เคียงกับ Secant Modulus ณ ตำแหน่งที่คอนกรีตมีกำลังอัดประมาณร้อยละ 45 (หรือระหว่างร้อยละ 45 - 50) ของกำลังอัดประลัย('c f 45 . 0 · หรือ 'c'c f 50 . 0 f 45) และ ณ ค่ากำลังอัดนี้ ค่า Initial Tangent Modulus จะสูงกว่าค่าที่คำนวณตามสมการดังกล่าว หรือค่า Secant Modulus ประมาณร้อยละ 10 (MacGregor, 1997) สำหรับกรณีคอนกรีตกำลังสูงหรือ คอนกรีตคุณภาพสูง (High Strength or High Performance Concrete, HSC or HPC) โมดูลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้น จึงควรประมาณค่าโมดูลัสยืดหยุ่นโดยวิธีอื่น เช่น ใช้ความสัมพันธ์ ที่ได้จากผลทดสอบและวิจัย หรือ แม้แต่ตามคำแนะนำของ ACI(หมายเหตุ (*) c cu f , f ′ กำลังอัดประลัยของคอนกรีต)

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตประมาณจากกำลังอัดประลัย

มาตรฐาน	โมดูลัสความยืดหยุ่น E_c	หน่วย		
		ω ที่ใช้ในสมการ	f'_c (*)	E_c
ว.ส.ท. 4105(ก)	$4,270 \cdot \omega^{1.5} \cdot \sqrt{f'_c}$ หรือ $15,210 \cdot \sqrt{f'_c}$ (3)	$1.45 - 2.48\ ton/m^3$ $2.33\ ton/m^3$	ksc	ksc
ACI 8.5.1 ; 1999	$0.043 \cdot \omega^{1.5} \cdot \sqrt{f'_c}$ หรือ $4,700 \cdot \sqrt{f'_c}$ (5)	$1,500 - 2,500\ kg/m^3$	MPa	MPa
AASHTO 8.7.1	$0.0428 \cdot \omega^{1.5} \cdot \sqrt{f'_c}$ หรือ $4,729.77 \cdot \sqrt{f'_c}$	$1.45 - 2.48\ ton/m^3$ $2.33\ ton/m^3$	MPa	MPa
BS 8110	$9,500 \cdot (f_{cu} + 8)^{0.33}$ ดูหมายเหตุ(*)	-	MPa	MPa

(หมายเหตุ (*) fcu , fc′ กำลังอัดประลัยของคอนกรีต)

2.9 เหล็กเสริม (Steel)

เหล็กเส้นที่ใช้กับองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) ซึ่งได้จากกระบวนการผลิตแบบรีดร้อน (Hot-rolled process) คือ ขึ้นรูป หรือรีดเหล็กเป็นเส้นในขณะที่เหล็กยังมีอุณหภูมิสูงมาก โดยวิธีนี้เหล็กจะไม่มีความเค้นคงค้าง (Residual stress) ภายในจึงเหมาะที่จะเสริมในองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเฉพาะเพื่อต้านทานแรงดึงแรงอัด แรงเฉือน และแรงยึดหน่วง มาตรฐานทดสอบกลสมบัติ และเกณฑ์กำหนดสำหรับเหล็กเส้น ประกอบด้วยคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกลคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่องค์ประกอบและสัดส่วนของธาตุต่าง ๆ ในเนื้อเหล็กโดยเฉพาะคาร์บอน

กำมะถัน มังกานีส และฟอสฟอรัส ซึ่งทำให้เหล็กมีกลสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น เหนียว เปราะ เป็นต้น ส่วนคุณสมบัติทางกลได้แก่ โมดูลัสความยืดหยุ่น ความเค้นดึงสูงสุด ความเค้นที่จุดครากความยืด การดัดโค้งเย็น และมุมดัดโค้งเย็น มาตรฐานที่ใช้ควบคุมคุณภาพของเหล็กเส้นในประเทศไทย คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ประกอบด้วย มอก. 20 – 2543 (เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ) และ มอก. 24 – 2536 (เหล็กข้ออ้อย) และนอกจากนั้นยังนิยมอ้างอิงมาตรฐาน ASTM เพราะนอกเหนือจากเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ และเหล็กข้ออ้อยแล้ว ยังกล่าวถึงลวดเหล็ก (Wire) และลวดตะแกรงเหล็ก (Welded Wire Fabric) ซึ่งมีทั้งแบบผิวเรียบ และผิวไม่เรียบ มอก. 20 และ 24 กำหนดปริมาณธาตุเจือปนหลักที่มักพบปะปนในเหล็กกล้าละมุนอันได้แก่ คาร์บอนด์ แมงกานีส ฟอสฟอรัส และ กำมะถัน รวมทั้งกำหนดคุณสมบัติ และกลสมบัติของเหล็กเสริมตามมอก.) และ ASTM แสดงในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 ตามลำดับ

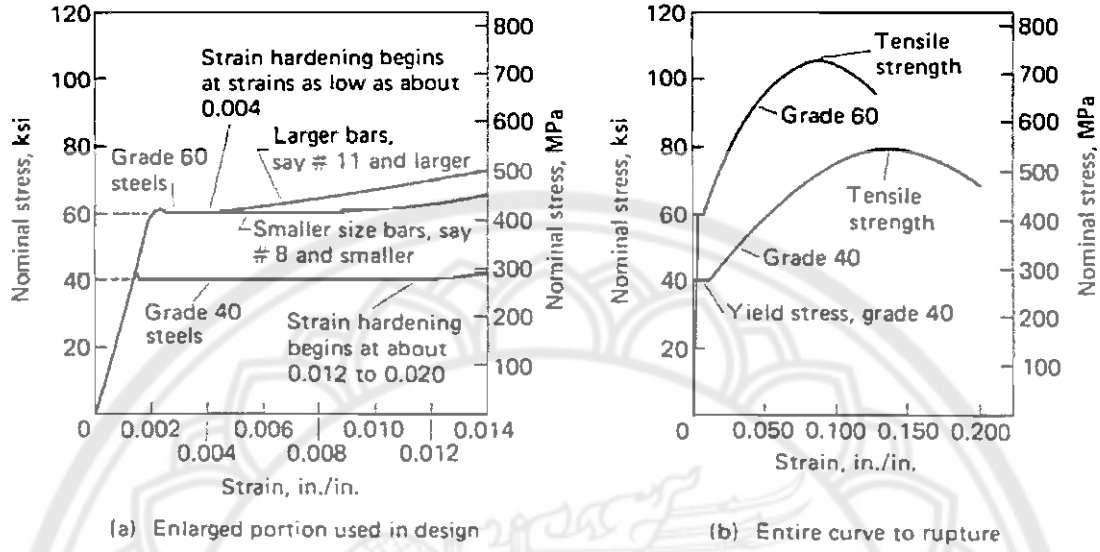
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบชั้นคุณภาพ SR 24 (มอก. 20-2543)

การทดสอบหาแรงเค้นดึง			การทดสอบการดัดโค้งเย็น	
ความเค้นดึงที่จุดคราก เมกะปาสกาล (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)	ความเค้นดึงสูงสุด เมกะปาสกาล (กิโลกรัมต่อ ตารางมิลลิเมตร)	ความยืด ไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	มุมดัดโค้งเย็น (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของส่วนโค้ง
235 (24)	385 (39)	21	180	1.5 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงกลสมบัติของเหล็กข้ออ้อยตาม มอก. 24-2536.

ชั้นคุณภาพ	ความเค้นสูงสุด ไม่น้อยกว่า เมกะปาสกาล (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)	การทดสอบหาแรงเค้นดึง		การทดสอบการดัดโค้งเย็น	
		ความเค้นดึงที่จุดคราก เมกะปาสกาล (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)	ความยืด ไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	มุมดัดโค้งเย็น (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของส่วนโค้ง
SD 30(*)	480 (49)	295 (30)	17	180	4 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 40	560 (57)	390 (40)	15	180	5 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 50	620 (63)	490 (50)	13	90	5 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ

หมายเหตุ (*) เหล็กข้ออ้อยที่มีสัญลักษณ์ SD 30 เป็นเหล็กกล้าชนิดที่มีธาตุถ่านอยู่อย่างธรรมดา (ปัจจุบันเลิกผลิต) ส่วนเหล็กที่มีสัญลักษณ์ SD 40 และ SD 50 เป็นเหล็กกล้าชนิดที่มีธาตุอื่นผสมอยู่น้อย



ก. ส่วนขยายที่ใช้คำนวณออกแบบ ข. ณ ภาวะที่พังภายใต้แรงดึง

รูปที่ 2.10 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง ระยะยืด และกลสมบัติของเหล็กกล้าละมุน (Nawy, 1997)

การทดสอบแรงดึงของเหล็กมีวัตถุประสงค์ เพื่อหากลสมบัติ ที่จะใช้กำหนดพารามิเตอร์ออกแบบ กลสมบัติดังกล่าว ได้แก่ขีดปฏิภาค (Proportional limit) กำลังคราก (Yield strength) กำลังประลัย (Ultimate strength) ระยะยืด (Elongation) ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความเครียดของเหล็กกล้าละมุน ปกติจะปรากฏจุดครากบนและล่าง (Upper and lower yield) ทำให้ประมาณกำลังครากคลาดเคลื่อนได้ มาตรฐานทดสอบส่วนใหญ่ จึงกำหนดให้หากำลังครากโดยใช้ความเครียดที่ร้อยละ 0.2 หรือระยะเยื้อง (Offset = 0.002) เพื่อลากเส้นตรง ขนานกับส่วนที่แสดงคุณสมบัติยืดหยุ่นไปตัดกับรูปความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความเครียดความลาดชันของเส้นดังกล่าวปกติ จะหมายถึงโมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็กนั่นเอง (ดูรูปที่ 2.10 ประกอบ)

เนื่องจากเหล็กกล้าละมุนสามารถควบคุมมาตรฐานการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กกล้าละมุน (Es) จึงไม่ผันแปรมากนัก มาตรฐานออกแบบจึงมักกำหนดให้โมดูลัสยืดหยุ่นเป็นค่าคงที่ ว.ส.ท. 4105 (ข), ว.ส.ท.6000 และ ว.ส.ท. 6203 กำหนด Es = 2,040,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ACI 8.5.2, AASHTO 8.7.2 และ BS 8110 กำหนด Es = 200,000 เมกะปาสคาล หน่วยแรงที่ยอมให้ หรือกำลังใช้งาน (Allowable or working strength,fs) ของเหล็กเสริมขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็ก (ชั้น

คุณภาพ) กำลังต้านทานแรงหรือหน่วยแรง (ว.ส.ท. 6103 ก-ค) สำหรับอัตราส่วนโมดูลัส (Modular ratio; n) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนระหว่ างโมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็กต่อคอนกรีต (n =Ec /Es) เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ ว.ส.ท. 6001 กำหนดให้คำนวณอัตราส่วนโมดูลัสจาก

$$n = \frac{2,040,000}{w^{1.5} \cdot 4,270 \cdot \sqrt{f'_c}} \qquad 2.1$$

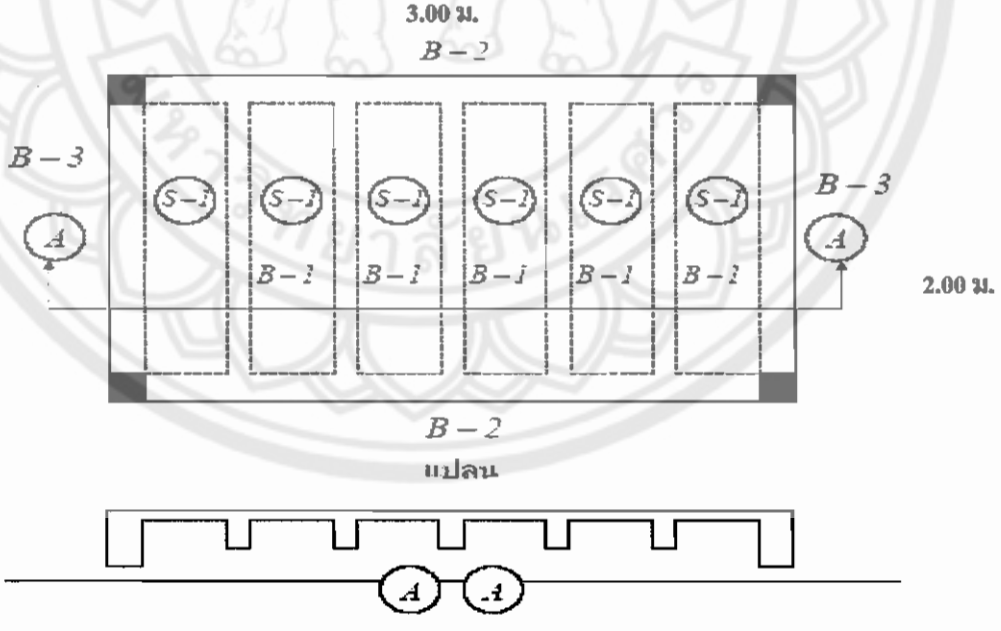
สำหรับคอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนัก (w) 2.323 ตันต่อลูกบาศก์เมตร (ดู ว.ส.ท. 6200) จะได้

$$n = \frac{2,040,000}{15,120 \cdot \sqrt{f'_c}} \qquad 2.2$$

นอกจากนั้นยังกำหนดเพื่อเติมว่า ค่าอัตราส่วนโมดูลัสจะต้องไม่น้อยกว่า 6 และจะต้องเป็นจำนวนเต็ม (กรณีมีเศษให้ปัดเป็นจำนวนเต็มที่ใกล้เคียง)

2.10 เกี่ยวกับนิยามและข้อกำหนดทาง ว.ส.ท. ของแผ่นพื้นทางเดียว (One – way Slab)

แผ่นพื้นทางเดียว (One – way slab) หมายถึงแผ่นพื้นที่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นมากกว่า 2 (หรือกลับกัน ด้านยาวต่อด้านสั้น น้อยกว่า 0.5)



รูปที่ 2.11 รูปแสดงแผ่นพื้นทางเดียว

วิธีการคำนวณ

แผ่นพื้นทางเดียว = 3 / 2

= 1.5 **น้อยกว่า 2 แสดงว่าเป็นพื้นทางเดียว**

หรือ

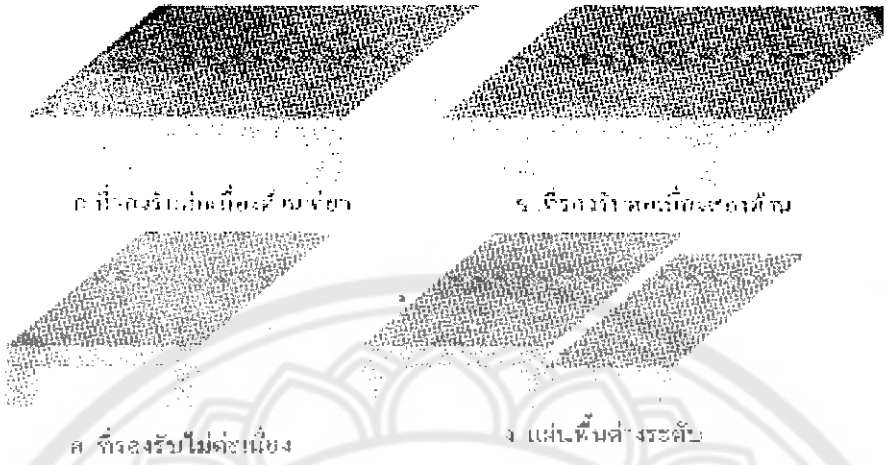
= 1.5 / 3

= 0.5 ถ้าน้อยกว่า 0.5 หรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าเป็นพื้นทางเดียว

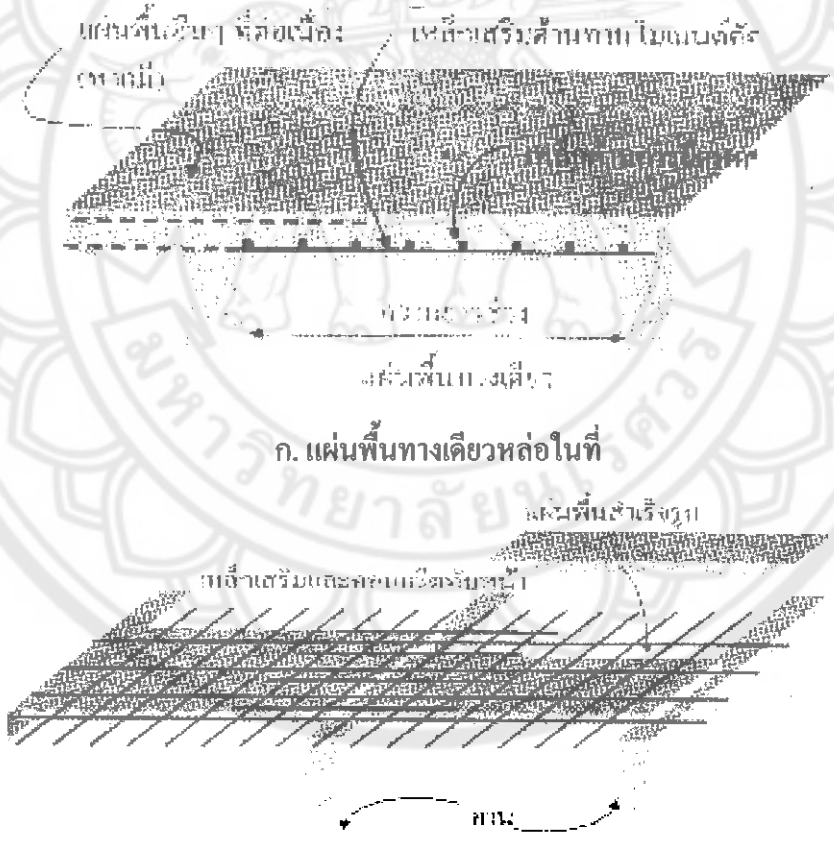
ดังนั้นแผ่นพื้นจึงมีสภาพคล้ายกับคานบาง ๆ ซึ่งมีที่รองรับได้แก่คาน หรือกำแพง ซึ่งรองรับทั้ง 2 ด้านของแผ่นพื้น โดยที่รองรับทั้งสองด้านจะรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ที่ถ่ายจากแผ่นพื้น ในทางปฏิบัติด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านของแผ่นพื้น แผ่นพื้นทางเดียวมักต่อเนื่องกับแผ่นพื้นหรือองค์อาคารอื่น ๆ ดังนั้น นอกจากแผ่นพื้นทางเดียวจะออกแบบ หรือเสริมเหล็กให้ต้านทานแรงดัดเพียงด้านเดียวคล้ายกับคานช่วงเดียวแล้วจะต้องพิจารณาเหล็กเสริมในอีกด้านหนึ่งตรงบริเวณที่รองรับซึ่งต่อเนื่องกับแผ่นพื้นหรือองค์อาคารอื่นด้วย ไม่ว่าด้านนั้นจะเป็นด้านสั้นหรือด้านยาวของแผ่นพื้นทางเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ก. กรณีแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่วางบนคานก็เช่นกัน แต่ละช่วงของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่วางบนคานหลักจะเป็นเสมือนคานช่วงเดียว แต่ภายหลังเมื่อเทคอนกรีตทับหน้า (Topping) แล้ว ณ ที่รองรับช่วงในของแผ่นพื้นดังกล่าวจะมีสภาพต่อเนื่อง ดังนั้นจึงต้องมีการเสริมเหล็กดังกล่าวเพื่อรับโมเมนต์ลบ ณ บริเวณที่รองรับ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ข. กรณีที่ไม่ได้คำนวณระยะโก่งตัว ว.ส.ท. 4500 กำหนดความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้นทางเดียวดังนี้

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงข้อกำหนดความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้นทางเดียว ตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. 4500

กรณี	ความหนาต่ำสุด
แผ่นพื้นทางเดียวปลายไม่ต่อเนื่อง 2 ด้าน	L / 20
ปลายที่รองรับต่อเนื่องด้านหนึ่ง	L / 24
ปลายที่รองรับทั้งสองด้านต่อเนื่อง	L / 28
ปลายยื่น	L / 10



รูปที่ 2.12 รูปแสดงแผ่นพื้นทางเดียว



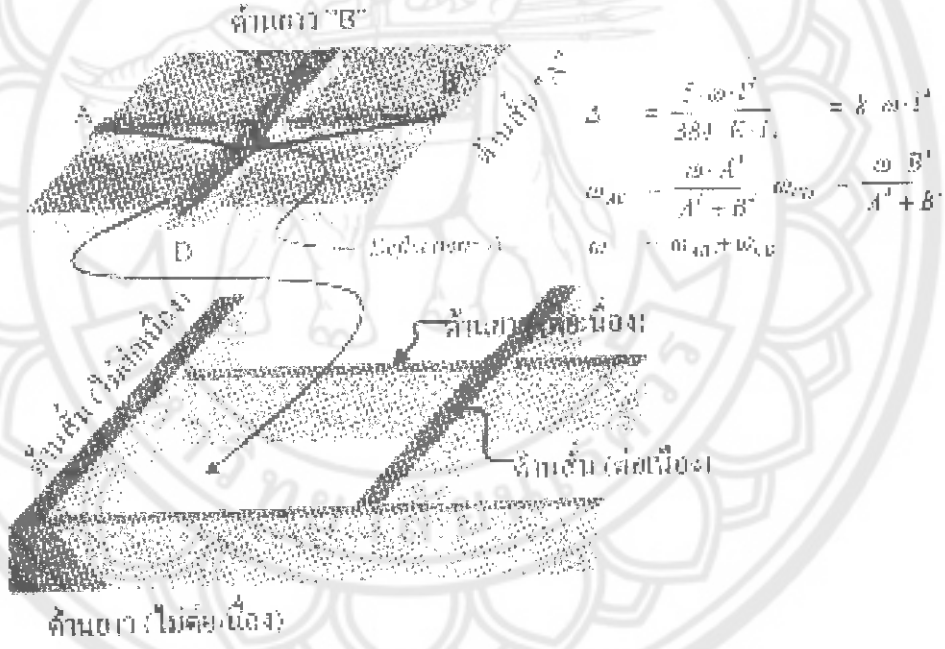
ก. แผ่นพื้นทางเดียวหล่อในที่

ข. แผ่นพื้นสำเร็จรูปเทคดนกรีตทับหน้า

รูปที่ 2.13 รูปแสดงเหล็กเสริมต้านทานโมเมนต์ลบในแผ่นพื้นทางเดียว ณ บริเวณที่รองรับซึ่งต่อเนื่อง

2.11 เกี่ยวกับนิยามและข้อกำหนดของแผ่นพื้นสองทาง (Tow - way slabs)

แผ่นพื้นสองทาง (Tow - way slabs) หมายถึง แผ่นพื้นซึ่งมีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นไม่เกิน 2 ดังนั้น แผ่นพื้นสองทางอาจเป็นแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้ อาจมีคานหรือผนังรองรับโดยหล่อเป็นเนื้อเดียวกับแผ่นพื้นสองทาง อาจมีสภาพการยึดรั้งที่มั่นคงแข็งแรงหรือต่อเนื่องกับแผ่นพื้นอื่น ๆ ซึ่งต้านทานการบิดตัวของที่รองรับนั้น หรือบางกรณีอาจมิได้ถูกยึดรั้ง หรือ ไม่ต่อเนื่องกับพื้นอื่น ๆ ซึ่งทำให้ที่รองรับนั้นต้านการบิดได้น้อย หลักการง่าย ๆ ในการออกแบบแผ่นพื้น 2 ทาง คือ คิดว่าจุดหรือตำแหน่งใดๆ บนแผ่นพื้น 2 ทาง ประกอบด้วยแถบทางด้านสั้น และด้านยาว เมื่อรับน้ำหนักหรือแรง ณ จุดกึ่งกลางหรือจุดตัดของแถบทั้งสองนี้จะโก่งตัว(Deflect or Sag) เท่ากัน ดังนั้นมุมตัด (Deflection angle) ณ ที่รองรับด้านสั้นจึงต้องมากกว่ามุมตัด ณ ที่รองรับด้านยาว หรือกล่าวได้ว่าโมเมนต์ดัดในด้านสั้นจะมากกว่าโมเมนต์ดัดในด้านยาว เหล็กเสริมหลักของพื้นสองคานจะวางขนานกับด้านสั้น และอยู่ที่ผิวนอกเสมอ



รูปที่ 2.14 รูปแสดงแผ่นพื้นสองทาง

น้ำหนักที่กระทำต่อแผ่นพื้น 2 ทาง (w) มักกำหนดเป็นน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ว.ส.ท. 9102 และ ว.ส.ท. 9103) ประกอบด้วยน้ำหนักบรรทุกคงที่ ได้แก่ น้ำหนักของแผ่นพื้นเอง น้ำหนักบรรทุกคงที่อื่นๆ เช่น วัสดุตกแต่งพื้น เป็นต้น และน้ำหนักบรรทุกจร

การวิเคราะห์หาแรงและออกแบบแผ่นพื้น 2 ทางมีหลายวิธี อาทิเช่น วิธี Direct elastic analysis ซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องรูปร่างของแผ่นพื้น ที่รองรับ หรือความต่อเนื่อง วิธี Moment Coefficientเหมาะกับแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมหรือกลม มีสัดส่วนระหว่างด้าน และความต่อเนื่องต่างๆกัน สามารถวิเคราะห์แยกแยะเป็นกรณี แล้วสรุปค่าสัมประสิทธิ์ของแรง (โมเมนต์ดัด หรือแรงเฉือน) ในรูปตาราง หรือเส้นความสัมพันธ์ที่ใช้งานสะดวก วิธี Strip method สมมติรูปแบบ (Pattern) ของน้ำหนักของแผ่นในแต่ละทิศทาง แล้วพิจารณาแถบในแต่ละทิศทาง (พิจารณา M_x หรือ M_y แต่ละเลย M_{xy}) วิธี Yield line จะสมมติรูปแบบการวิบัติ (Yield line Pattern or collapse or failure line) แล้วคำนวณหากำลัง (ต้านทานแรง) ของแต่ละรูปแบบ กำลังรับน้ำหนักของแผ่นพื้นคือ กำลังต่ำสุดระหว่างแต่ละรูปแบบการวิบัติที่พิจารณา มาตรฐาน ว.ส.ท. เสนอวิธีออกแบบพื้น 2 ทางไว้ 3 วิธี วิธีที่นิยมใช้คือ วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 การออแบบโดยใช้สัมประสิทธิ์ตามวิธีดังกล่าว คานที่รองรับควรมีความลึกเพียงพอ เช่น ไม่น้อยกว่า 3 เท่าของความหนาพื้น ข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับแผ่นพื้น 2 ทางมีดังนี้

1. พิกัด (ว.ส.ท.9102ก และ ว.ส.ท. 9103ก)
    1.1 แถบกลาง(Middle strip) มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้น โดนสมมาตรกับเส้นแบ่งกึ่งกลางของช่วง และต่อเลยออกไปในช่วงพื้นในทิศทางที่คิดโมเมนต์
    1.2 แถบเสา (Column strip) มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้น โดยมีขนาดเท่ากับพื้นที่ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ 1 ใน 4 ของช่วงพื้น 2 ผืน ที่อยู่นอกแถบกลาง
2. ความหนาต่ำสุด (ว.ส.ท.7102จ)
    ความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้น 2 ทาง ให้ถือเอาค่าที่มากกว่าระหว่าง
    2.1 ความยาวเส้นรอบรูปหารด้วย 180 หรือ
    2.2 8 เซนติเมตร
3. หน้าตัดวิกฤตสำหรับคำนวณโมเมนต์(ว.ส.ท.9102ก)
    3.1 สำหรับโมเมนต์ลบ คิดที่ขอบโดยรอบของช่วงพื้นตรงขอบคานรองรับ
    3.2 สำหรับโมเมนต์บวก คิดที่เส้นแบ่งกึ่งกลางของช่วงพื้น
4. กรณีที่ต้องพิจารณา

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงกรณีที่ต้องพิจารณา

วิธี	กรณี
2 5 กรณี	โดยพิจารณาความต่อเนื่อง หรือสภาพยึดรั้งของที่รองรับ(รูปที่ 7.4)
3 9 กรณี	โดยพิจารณาทั้งความต่อเนื่อง หรือสภาพยึดรั้งและมิติ ด้านสั้น หรือด้านยาว ณ ที่รองรับนั้นๆ (รูปที่ 7.6)

5. การคำนวณโมเมนต์ในแผ่นพื้น และแรงเฉือนที่ถ่ายลงที่รองรับ

5.1 วิธีที่ 2 (ว.ส.ท. 9102) ได้แบ่งพื้นเป็น 5 กรณีโดยพิจารณาถึงความต่อเนื่อง หรือสภาพยึดรั้ง ของที่รองรับเพียงอย่างเดียว โมเมนต์ดัดที่เกิดในแผ่นพื้น คำนวณจาก

$$M = C \cdot w \cdot s^2 \qquad (7.1)$$

เมื่อ M : โมเมนต์ดัดบวกหรือลบ แล้วแต่กรณี

C : สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บวก (ว.ส.ท. ตาราง 9103) ซึ่งประกอบด้วยสัมประสิทธิ์โมเมนต์บวกโมเมนต์ลบ ของด้านที่ต่อเนื่อง และโมเมนต์ลบของด้านที่ไม่ต่อเนื่อง

W : น้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายทั้งหมดต่อหน่วยพื้นที่บนแผ่นพื้น

S : ความยาวของช่วงสั้นของแผ่นพื้นสองทางโดยคิดจากค่าที่น้อยกว่าระหว่างระยะระหว่างศูนย์กลางที่รองรับกับระยะช่องว่าง (Clear span) บวกกับสองเท่าของความหนาแผ่นพื้น (รูปที่7.5)

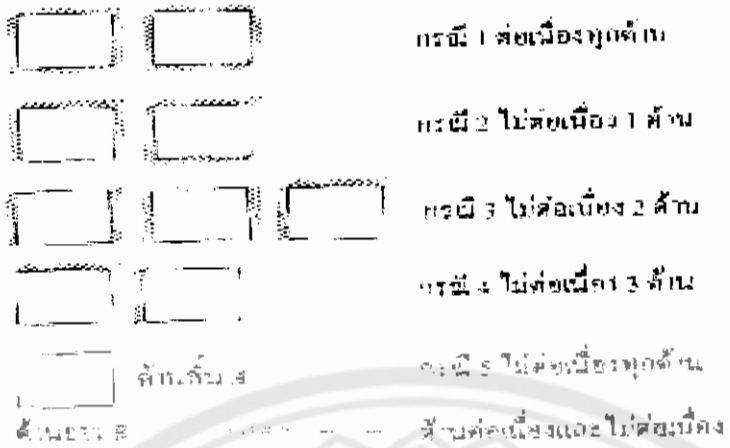
น้ำหนักถ่ายลงบนที่รองรับด้านสั้น (V_A) และด้านยาว(V_B) คำนวณดังนี้

$$V_A = w.s / 3 \qquad (7.2)$$

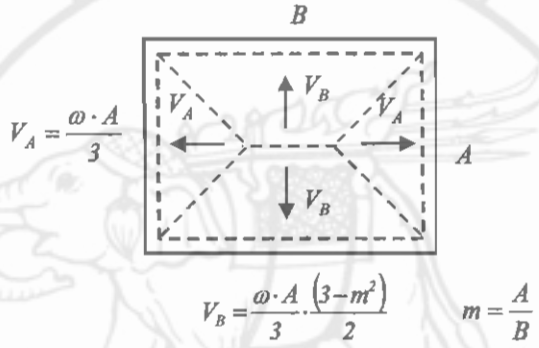
และ $V_B = \frac{w.s.(3 - m^2)}{3 \quad 2}$ (7.3)

ป
TA
638
.2
W992ก
2548

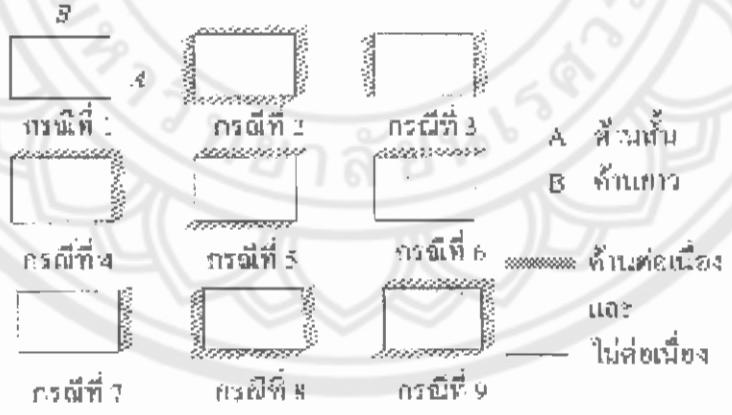
สำนักหอสมุด
- 4 W.A. 2549
4840542



รูปที่ 2.15 รูปแสดงกรณีแผ่นพื้นสองทางตาม ว.ส.ท. ก.9102 (วิธีที่ 2)



รูปที่ 2.16 รูปแสดงมิติและการถ่ายน้ำหนักของพื้นสองทางตามวิธีออกแบบที่ 2 และ 3 (ว.ส.ท. ข.9102)



รูปที่ 2.17 รูปแสดงกรณีแผ่นพื้นสองทางตาม ว.ส.ท. ก.9102 (วิธีที่ 3)

5.2 **วิธีที่ 3 (ว.ส.ท. 9103) จำแนกแผ่นพื้นสองทางเป็น 9 กรณี โดยขนาด**

มิติ (ด้านสั้นหรือด้านหรือด้านยาว) ของที่รองรับนั้น ๆ ด้วย วิธีที่ 3 นี้ ได้ให้ตารางสัมประสิทธิ์ สำหรับโมเมนต์ลบ กรณีน้ำหนักบรรทุกคงที่บวกน้ำหนักบรรทุกจร (W_{DL+LL}) ในด้านสั้น (C_A) และด้านยาว (C_B) ไว้ในตาราง 9104 สัมประสิทธิ์ โมเมนต์บวกทางด้านสั้นและด้านยาว กรณีคิดเฉพาะน้ำหนักบรรทุกคงที่ (W_{DL}, ตาราง 9105) สัมประสิทธิ์สำหรับโมเมนต์บวกกรณีคิดเฉพาะน้ำหนักจร (W_L , ตาราง9106) ส่วนกรณีการคิดแรงเฉือน ในแผ่นพื้นและ น้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลง บนที่รองรับ (V_AและV_B) ได้แสดงในตาราง 9107 อย่างไรก็ตามไม่ว่ากรณีใดน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงบนคานด้านสั้น จะน้อยกว่าน้ำหนักบรรทุก ที่อยู่ภายในพื้นที่ของช่วงพื้น ซึ่งล้อมรอบโดยเส้นที่ลากทำมุม 45 องศา จากมุมทั้ง 4 มาตัดกันไม่ได้ น้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอเทียบเท่า (Equivalent Uniformed Distributed Unit Load) โดยเฉลี่ยต่อหน่วยความยาวที่ใช้คำนวณ โมเมนต์ดัดในคานดัด ในคานด้านสั้นจะเท่ากับ w.A/3 (ว.ส.ท.9103 ง)

$$M_A = C.w.A^2 \qquad (7.4)$$

$$M_B = C.w.A^2 \qquad (7.5)$$

เมื่อ

A = ด้านสั้น

B = ด้านยาว

C = สัมประสิทธิ์สำหรับโมเมนต์ (ว.ส.ท. ตาราง 9104 ถึง 9106)

w = น้ำหนักแผ่บนแผ่นพื้นโดยเท่ากับน้ำหนักบรรทุกคงที่กับน้ำหนักบรรทุกจรจร (W_{DL+LL} , กรณีคิดโมเมนต์บวก)

อนึ่ง ในตาราง 9104 ไม่ปรากฏสัมประสิทธิ์สำหรับโมเมนต์ลบ ณ ด้านที่ไม่ต่อเนื่องแต่ ว.ส.ท. 9103 (ก) ระบุให้คิดโมเมนต์ลบเท่ากับ 1 ใน 3 ของโมเมนต์บวกที่หน้าตัดวิกฤตสำหรับใช้ในการคำนวณโมเมนต์ (ดูข้อ 3)

6. การกระจายของโมเมนต์

6.1 วิธีที่ 2 กำหนดดังนี้

6.1.1 ให้คำนวณค่าโมเมนต์ดัดสำหรับแถบกลาง ($M = C.w.s^2$)

6.1.2 ค่าโมเมนต์เฉลี่ย (ต่อหน่วยความกว้าง 1 เมตร) ของแถบเสาเท่ากับ 2 ใน 3 ของโมเมนต์อย่างเดียวกัน(โมเมนต์บวกหรือลบ) ในแถบกลาง

6.1.3 ในแถบเสา ให้ถือว่าโมเมนต์มีค่าสูงสุดที่ขอบของแถบกลางและลดลงเรื่อยๆ จนถึงค่าต่ำสุดที่ขอบของช่วงพื้น

6.1.4 หากโมเมนต์ลบที่ด้านของที่รองรับ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 80 ของโมเมนต์อีกด้านหนึ่งให้กระจาย 2 ใน 3 ของผลต่างโมเมนต์ออกไปตามสัดส่วนของ Stiffness สัมพันธ์ของแผ่นพื้น

6.2 วิธีที่ 3 กำหนดดังนี้

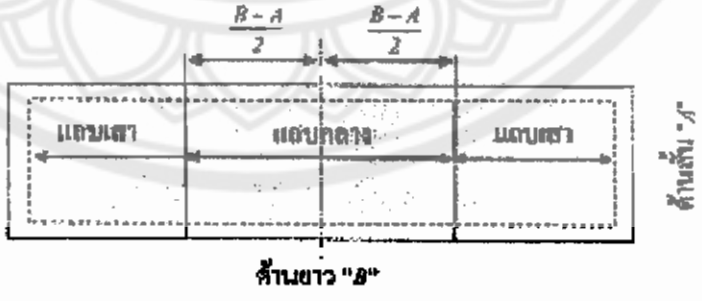
6.2.1 ให้คำนวณโมเมนต์ดัดของแถบกลาง ($M_A = C.w.A^2$) หรือ ($M_B = C.w.B^2$, ตาราง 9104 , 9105 และ 9106)

6.2.2 ให้ถือว่าค่าโมเมนต์ดัดในแถบเสา (M_A และ M_B) มีค่ามากที่สุดที่ขอบของแถบกลาง และค่อยๆ ลดลงจนเหลือ 1 ใน 3 ของค่าเหล่านี้ที่ขอบของช่วงพื้น

6.2.3 หากโมเมนต์ลบที่ด้านใดของที่รองรับ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 80 ของโมเมนต์อีกด้านหนึ่ง ให้กระจาย 2 ใน 3 ของผลต่างโมเมนต์ออไปตามสัดส่วนของ Stiffness สัมพันธ์ของแผ่นพื้น

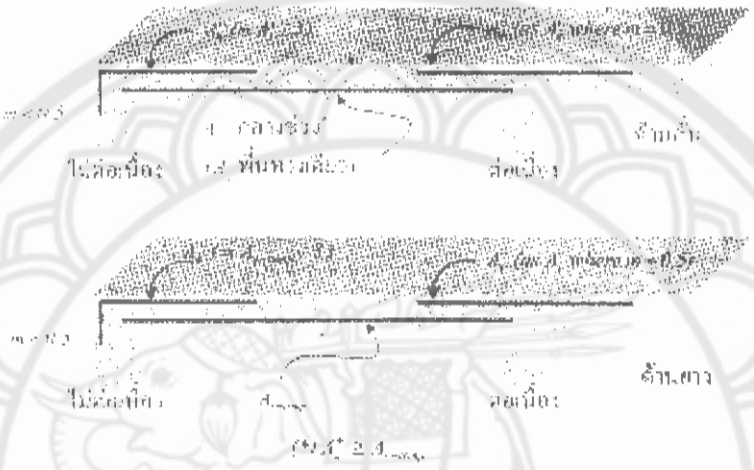
7. กรณีที่อัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาว มีค่าน้อยกว่า 0.5

7.1 วิธีที่ 2 ให้ถือว่าแถบกลางในทิศทางด้านสั้นมีความกว้างเท่ากับผลต่างระหว่างช่วงยาวกับช่วงสั้น (B - A) พื้นที่ที่เหลือจะเป็นแถบเสา 2 แถว (ว.ส.ท. 9102 ก)



รูปที่ 2.18 รูปแสดงแถบกลางและแถบเสา ในทิศทางด้านสั้นของทิศทางที่มีอัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวน้อยกว่า 0.5 กรณีที่ออกแบบโดย วิธีที่ 2 (ว.ส.ท. 9102)

7.2 วิธีที่ 3 ให้ถือว่าเป็นแผ่นพื้นทางเดียวและ ให้คำนวณออกแบบตามที่ระบุในภาค 5 แต่ทั้งนี้ให้เสริมเหล็กลบตามที่ต้องการสำหรับอัตราส่วน 0.5 (คือ เหล็กเสริมรับโมเมนต์ลบของด้านที่ต่อเนื่อง และ ด้านที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งกำหนด 1 ใน 3ของโมเมนต์บวกโดยทั้ง 2 กรณีพิจารณาที่ m = 0.5) ตลอดขอบบนของด้านสั้นดังแสดงในรูปที่ 7.19



รูปที่ 2.19 รูปแสดงเหล็กเสริมด้านทานโมเมนต์ลบของพื้นสองทางที่มีอัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวน้อยกว่า 0.5 กรณีออกแบบโดยวิธี 3 (ว.ส.ท. 9103)

ข้อแนะนำทั่วไปในการออกแบบพื้นสองทางมีดังนี้

1. ควรพิจารณาจัดกลุ่มพื้นสองทาง ซึ่งมีหลายขนาด (กว้าง x ยาว) ให้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ โดยคำนึงถึงองค์ประกอบ ต่อไปนี้

1.1 มีขนาดใกล้เคียงกัน เช่นจัดให้พื้นนขนาด 2.50 x 3.50 และ 2.75 x 3.50 เมตรเป็นกลุ่มเดียวกันหรือจำแนกพื้นขนาด 3.50 x 4.50 , 3.60 x 4.40 และ 3.60 x 4.5 เมตรออกเป็นอีกกลุ่มหนึ่ง

1.2 พื้นที่ที่อยู่กลุ่มเดียวกัน ควรจะมีน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

1.3 กำหนด สภาพยึดรั้งหรือความต่อเนื่องของที่รองรับทั้ง 4 ด้าน

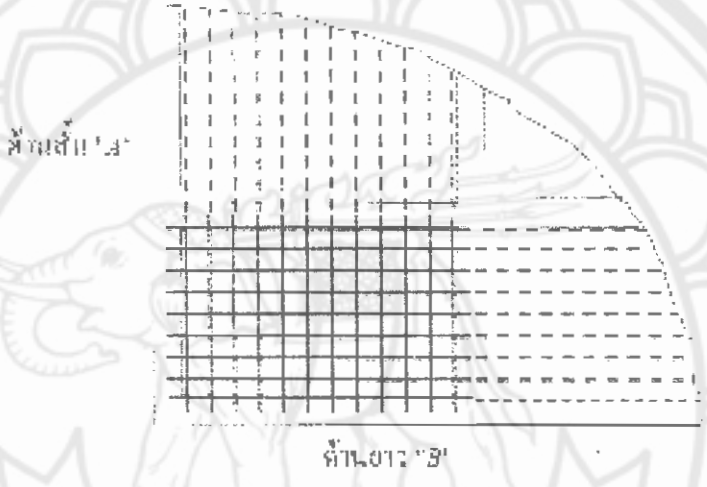
1.4 ออกแบบพื้นแต่ละกลุ่ม โดยเลือกเอากรณีพื้นที่ครอบคลุมขนาดหรือประเภทอื่น ๆในกลุ่มออกแบบ ส่วนการคำนวณออกแบบคาน ที่รองรับควรถ่ายน้ำหนักลงคานที่รอง

รับตามความเป็นจริง

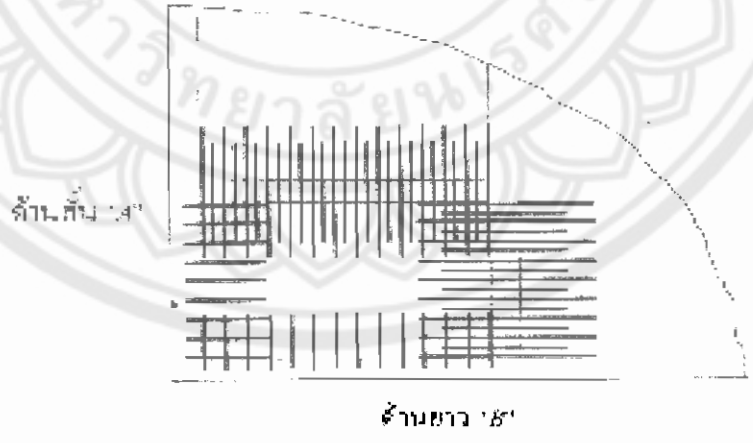
1.5 ควรเลือกใช้เหล็กเสริมขนดเดียวกัน และเลือกใช้ระยะเรียงที่ลงตัว เช่น 0.10, 0.15 , 0.20, 0.25 เมตร เป็นต้นเพราะจะช่วยให้การจัดเรียงเหล็กเสริม ระหว่างแผ่นพื้นที่ต่อ

เนื่องกันมีความต่อเนื่องและลงตัว และ ในแผ่นพื้นเดียวกันการเลือกใช้ระยะเรียงสำหรับเหล็กบนและเหล็กล่างที่เหมาะสมจะช่วยให้วิธีหักดอม้าได้สะดวกและประหยัด

รูปที่ 7.7 แสดงการให้รายละเอียดเหล็กเสริมในแผ่นพื้นสองทาง



ก. เหล็กเสริมที่ผิวล่าง



ข. เหล็กเสริมที่ผิวบน

รูปที่ 2.20 รูปแสดงตัวอย่างการให้รายละเอียดเหล็กเสริมในแผ่นพื้นสองทาง

2.12 แผ่นพื้นยื่น (Cantilever slab)

แผ่นพื้นยื่น (cantilever lab) ออกแบบเหมือนคานยื่นที่กว้าง1หน่วย เช่น 1 เมตรทั่วไปจะพบแผ่นพื้นยื่นเป็นชายคากันสาดหรือแม้แต่บันไดที่ลูกขั้นยื่นออกมาจากผนัง หรือ คานแม่บันไดก็คำนวณออกแบบได้ เช่น เดียวกับพื้นยื่นสิ่งที่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษในการออกแบบแผ่นพื้นยื่น คือ ต้องทราบว่าแผ่นพื้นยื่นนั้นยึดอยู่กับคาน หรือ ผนังโดยมีความต่อเนื่องดังกล่าว มีผลต่อการต้านแรงบิดของที่รองรับพื้นยื่น รูปที่ 2.21 แสดงแผ่นพื้นยื่นลักษณะต่าง ๆ

รูปที่ 2.21 รูปแสดงแผ่นพื้นยื่น (cantilever lab)

กรณีที่แผ่นพื้นยื่นต่อเนื่องกัน พื้นช่วงในความยาวของแผ่นพื้นช่วงที่ยื่นออกไปนั้น จะต้องไม่เกิน 1ใน 3 ของความยาวช่วงของแผ่นพื้นที่อยู่ถัดจากแผ่นพื้นยื่นนั้นกรณีที่ไม่ได้คำนวณการ โก่งตัวอย่างละเอียด ว.ส.ท.กำหนดให้ความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้นยื่นเท่ากับ 1/10 เมื่อlคือระยะยื่นความหนาของแผ่นพื้นยื่นอาจสอบลดน้อยลง (Tapered) ได้จากที่รองรับไปจนถึงปลายพื้นยื่นในทางทฤษฎี โมเมนต์ดัดที่จุดปลายมีค่าเป็นศูนย์ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและมีค่ามากสุด ณ จุดรองรับอย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติความหนาของแผ่นพื้นยื่นที่จุดปลายจะต้องมีค่าเพียงพอ อย่างน้อยเท่ากับระยะหุ้มของเหล็กเสริม

นอกจากน้ำหนักคงที่ซึ่งได้แก่ น้ำหนักของแผ่นพื้นยื่นเอง และ น้ำหนักคงที่อื่นๆ อาจได้แก่น้ำหนักวัสดุก่อรวมทั้งองค์อาคารประกอบอื่นๆ เช่นครีม (Fin) แผง (Lovers) หรือผนัง(Parapet) ซึ่งเป็นน้ำหนักต่อหน่วยความยาว หรือ น้ำหนักที่กระทำเป็นจุดบนพื้นยื่น ควรตรวจสอบน้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำบนแผ่นพื้นยื่นให้แน่ใจก่อนคำนวณออกแบบ เช่น น้ำฝน ดินปลูกต้นไม้ เครื่องปรับอากาศ หรืออื่น ๆ

2.13 เหล็กเสริมในแผ่นพื้น (Wire mesh)

นอกจากเสริมเหล็กต้านทานโมเมนต์ แล้วจะต้องคำนึงถึงเหล็กเสริมต้านทานการยืดหดในแผ่นพื้นด้วยในแผ่นพื้นทางเดียวบันไดและ แผ่นพื้นยื่นเหล็กเสริมต้านทาโมเมนต์ดัด ต้องไม่น้อยกว่าเหล็กเสริมต้านทานการยืดหด กรณีที่อีกทิศทางหนึ่งของแผ่นพื้น หรือบัน ไดมิต้องเสริมเหล็กต้านทานโมเมนต์ดัด เช่น ในแผ่นพื้นทางเดียว หรือ แผ่นพื้นยื่นก็จะต้องเสริมเหล็กต้านทานการยืดหดในทิศทางดังกล่าว ในแผ่นพื้นสองทาง เหล็กที่เสริมเพื่อต้านทานโมเมนต์ดัดทุกแห่งต้องไม่น้อยกว่าเหล็กเสริมต้านทานการหด ว. ส.ท. 3407ระบุปริมาณเหล็กเสริมต้าน ทานยืดหดเป็นร้อยละของหน้าตัดคอนกรีตทั้งหมดไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงเหล็กเสริมต้านการทานยืดหดของหน้าตัดคอนกรีต (ว.ส.ท. 3407)

เหล็กเสริมในแผ่นพื้น	ร้อยละ
เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ	0.0025
เหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD 30	0.0020
เหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD 40	0.0018
ลวดตะแกรง (Wire mesh) ซึ่งระยะเรียงในทิศที่รับแรงห่างไม่เกิน	0.0018

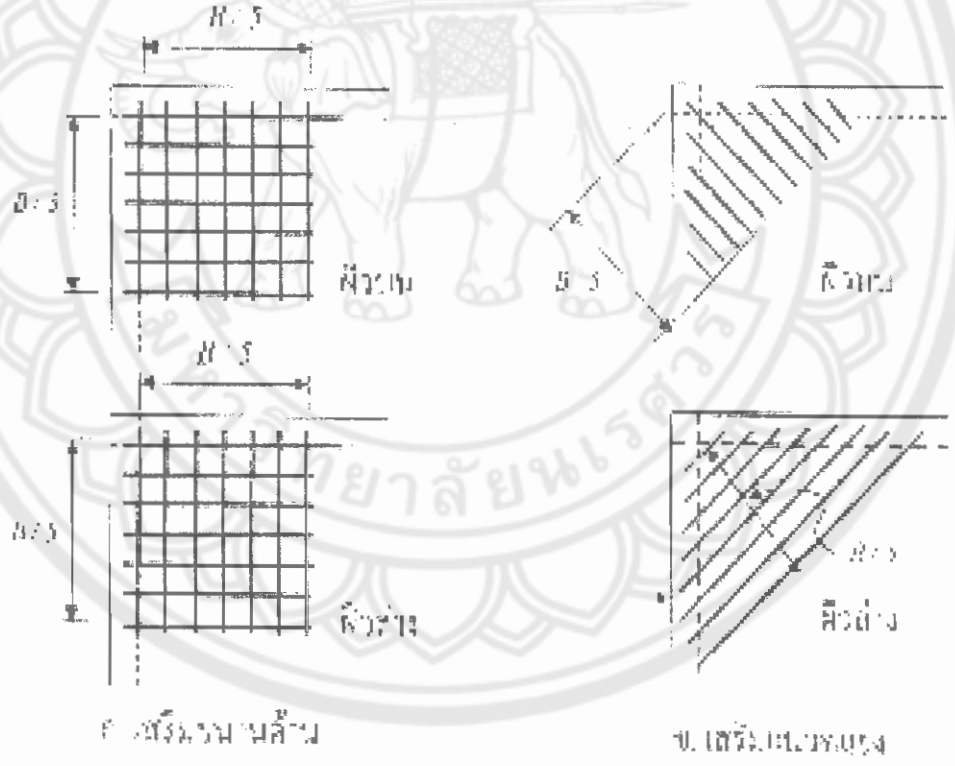
7.5.1 ระยะเรียงของเหล็กเสริม ว.ส.ท. 3404 และ ว.ส.ท. 3407 ระบุระยะเรียงของเหล็กเสริมในแผ่นพื้นไว้ ดังนี้

7.5.1.1 ช่องว่างระหว่างเหล็ก ที่ขนานกันต้องไม่แคบกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมนั้นๆ หรือ 1.3 เท่า ของขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ หรือ 2.5 cm (ว.ส.ท. 3404 ก.)

7.5.1.2 เหล็กเสริมหลักในแผ่นพื้น จะต้องมีระยะเรียงไม่ห่างกว่า 3 เท่าของความหนาแผ่นพื้น หรือ ไม่เกิน 0.30 เมตรทั้งนี้ไม่ใช้กับระบบพื้นแบบตงตอนกรีต(ว.ส.ท. 3404 ค.)

7.5.1.3 เหล็กเสริมต้านทานการยืดหด ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 6 มิลลิเมตร ระยะเรียงต้องไม่ห่างเกิน 3 เท่าของความหนาแผ่นพื้นหรือไม่เกิน 0.30 เมตร (ว.ส.ท. 3407)

ว.ส.ท.7102 (ข) ระบุที่มุมนอกของแผ่นพื้น ต้องเสริมเหล็กพิเศษ ทั้งด้านบนและด้านล่างโดยเหล็กเสริมพิเศษนี้จะต้องเรียงออกไปจากมุมในทิศทาง เป็นระยะ 1 ใน 5 ของด้านยาว (B/5) เหล็กเสริมพิเศษด้านบน ให้ขนานกับแนวทแยงนั้น ส่วนเหล็กเสริมพิเศษด้านล่าง ให้ตั้งฉากกับแนวของเหล็กเสริมพิเศษด้านบน หรือ อาจใช้เหล็กเสริมพิเศษสองทาง ในแนวที่ขนานกับด้านของแผ่นพื้นก็ได้เหล็กเสริมพิเศษในแต่ละแถบต้องมีขนาด และระยะเรียงเท่ากับปริมาณที่ต้องใช้เพื่อต้านทานโมเมนต์บวกสูงสุดในแผ่นพื้นนั้น



รูปที่ 2.22 รูปแสดงเหล็กเสริมพิเศษที่มุมนอกของแผ่นพื้น

2.14 แผ่นพื้นไร้คาน (Flat plate)

แผ่นพื้นไร้คาน อาจเป็นแผ่นพื้นชนิดเรียบ (Flat plate) หรือเป็นแผ่นพื้นเรียบที่มีหมวกหัวเสา (Capital) หรือเป็นหัวเสา (Drop panel) แผ่นพื้นไร้คานเสริมเหล็กสองทิศทาง คล้ายแผ่นพื้นสองทางเพียง แต่ไม่มีคานรองรับยกเว้นอาจมีคานขอบที่อยู่ริมนอก หรือรอบช่องเปิด (Spandrel) แผ่น ว.ส.ท. 7201 นิยาม แผ่นพื้นไร้คานไว้ดังนี้ (ดูรูปที่ 2.23 ประกอบ)

7.6.1 หมายถึงแผ่นพื้นคอนกรีตที่เสริมเหล็กสองทางหรือมากกว่านั้นโดยปกติจะไม่มีคานสำหรับถ่ายน้ำหนักไปยังองค์อาคารที่รองรับ

7.6.2 แผ่นพื้นที่ถือเสมือนเป็นแผ่นพื้นไร้คานได้แก่แผ่นพื้นซึ่งเนื้อคอนกรีตระหว่างเหล็กเสริมเอกเว้าเข้าไปเป็นรูปใด ๆ เช่น กระทะคว่ำ และแผ่นพื้นที่ลดความหนา ณ บริเวณที่ตัดกันของแถบกลาง โดยความหนาของแผ่นพื้นบริเวณนั้นต้องไม่น้อยกว่า 2/3 ของความหนาของแผ่นพื้นทั่วไปที่ไม่รวมความหนาของแป้นหัวเสาแต่ต้องไม่น้อยกว่า 10 cm

7.6.3 หมวกหัวเสาคือส่วนปลายบนของเสาที่ขยายออกโดยออกแบบ และสร้างให้เป็นเนื้อเดียวกับตัวเสาและแผ่นพื้นไร้คานส่วนของหมวกหัวเสา ที่อยู่นอกของรูปกรวยกลมซึ่งมีมุมก้นกรวยเท่ากับ 90 องศา ไม่ถือว่าเป็น โครงสร้างส่วนแผ่นพื้นไร้คานที่ไม่มีหมวกหัวเสา ให้ถือว่าขอบของเสาเป็นเหมือน ขอบหมวกหัวเสา

7.6.4 แป้นหัวเสาคือ ส่วนหนึ่งของแผ่นพื้นไร้คาน อยู่เหนือเสาหมวกหัวเสา หรือ แป้นหูช้างส่วนโดยรอบโดยมีความหนามากกว่าแผ่นพื้นส่วนอื่น ๆ

7.6.5 การคำนวณออกแบบถือว่าแผ่นพื้นไร้คาน ช่วงหนึ่งๆประกอบด้วยแถบต่าง ๆ ในแต่ ละทิศทางดังนี้ 7.6.5.1 แถบกลาง (Middle strips) มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงแผ่นพื้นและสมมาตรกับเส้นแบ่งกึ่งกลางของช่วงแผ่นพื้นนั้น 7.6.5.2 แถบเสา (Column strips)ประกอบด้วยแผ่นพื้นสองส่วนที่อยู่ติดกัน แต่ละส่วนอยู่ติดกับเส้นแบ่งกึ่งกลางของเสา และมีความกว้าง ¼ ของช่วงแผ่นนั้น ๆ

ว.ส.ท. 7204 (ก) กำหนดคุณสมบัติแผ่นพื้นไร้คาน ที่จะคำนวณออกแบบ โดยใช้สูตรสำเร็จ ดังนี้

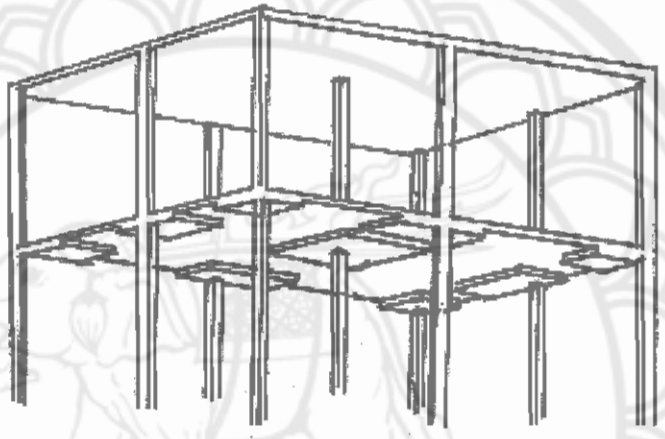
7.6.1 ต้องมีอย่างน้อย 3 ช่วงต่อเนื่องกันในแต่ละทิศทาง

7.6.2 อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของช่วงพื้นต้องไม่เกิน 1.33

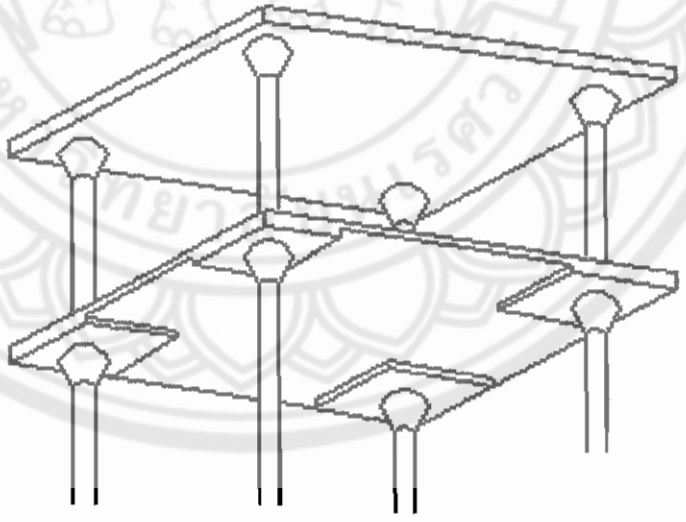
7.6.3 ระบบตะแกรง (Grillage system) ต้องประกอบด้วยช่วงพื้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยประมาณ

ความยาวช่วงที่ติดกันในแต่ละทิศทาง ต่างกันได้ไม่เกิน ร้อยละ 20 ของช่วงที่ติดกันในแต่ละทิศทางต่างกันได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของช่วงที่อยู่ในทิศทางที่เยื้องนั้นเมื่อนับจากแกนใดแกนหนึ่งระหว่างเส้นแบ่งศูนย์กลาง ของเสาที่อยู่ติดต่อกัน

7.6.4 โมเมนต์ที่คำนวณได้ อันเนื่องจากแรงลมหรือแผ่นดินไหว อาจนำมารวมกับโมเมนต์วิกฤติที่คำนวณโดยสูตรสำเร็จได้ โดย ให้กระจายค่าโมเมนต์เนื่องจากแรงดังกล่าวระหว่างแถบเสาและแถบกลางให้ได้สัดส่วนตามที่กำหนด ไว้สำหรับโมเมนต์ลบที่เกิดในแถบทั้งสอง ทั้งนี้ให้ใช้กับโครงสร้างที่สูงไม่เกิน 4 เมตร



ก. เสาสี่เหลี่ยม

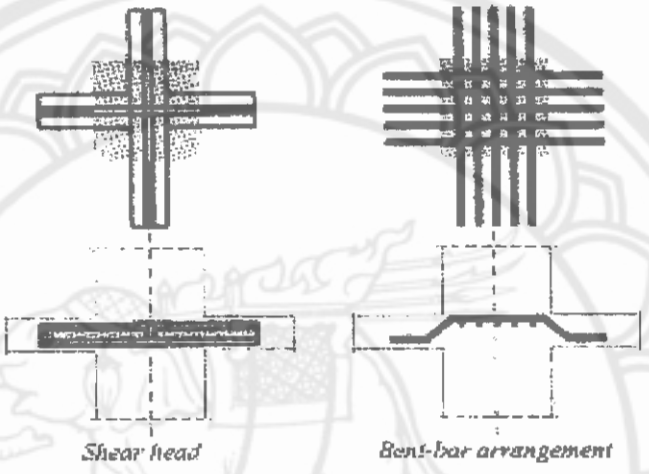


ข. เสากลม

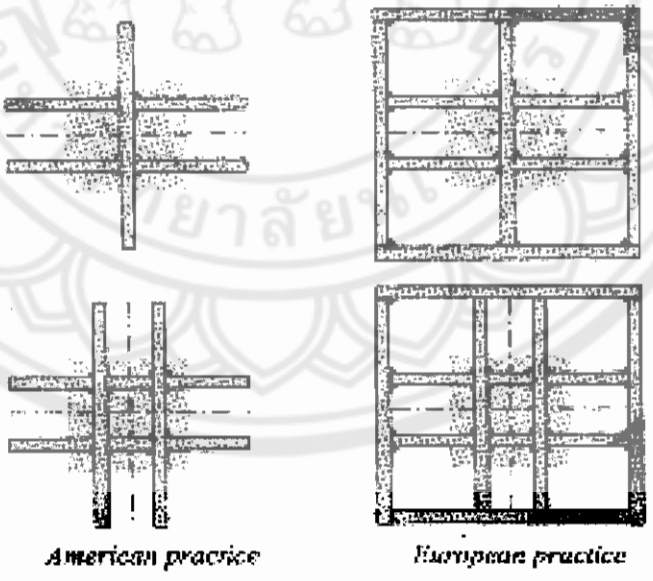
รูปที่ 2.23 รูปแสดงแผ่นพื้นไร่คาน และส่วนประกอบ

2.15 เหล็กเสริมต้านทานแรงเฉือนที่หัวเสา (Shear head)

ในกรณีบริเวณรอบ ๆ หัวเสาต้นในมีค่าหน่วยแรงเฉือนสูงมาก อาจเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนของแผ่นพื้น โดยใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือนที่หัวเสา (Shear head) บางกรณีอาจเพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือนของแผ่นพื้นได้ถึงร้อยละ 75 (McCormack, 1978) โดยอาจใช้เหล็กกล้าละมุนที่เสริมคอนกรีตหรือเหล็กรูปพรรณต่าง ๆ เช่น Wide Flange , Channel เป็นต้น รูปที่ 7.15 แสดงเหล็กเสริมต้านทานแรงเฉือนที่หัวเสา



รูปที่ 2.24 รูปแสดงตัวอย่างต้านทานแรงเฉือนที่หัวเสา



รูปที่ 2.24 รูปแสดงตัวอย่างต้านทานแรงเฉือนที่หัวเสา (ต่อ)

2.16 ช่องเปิดในแผ่นพื้น (Open Slab)

ในแผ่นพื้นอาจมีช่องเปิดได้ตามความจำเป็น เช่น เป็นทางเดินของท่อระบายต่าง ๆ เป็นช่องเปิดสำหรับงานสำรวจ หรือ ควบคุมระดับแต่ช่องเปิดของแผ่นพื้น จะต้องมีขนาดไม่ใหญ่จนทำให้แผ่นพื้นด้อยความแข็งแรง โดยเฉพาะช่องเปิดของแผ่นพื้นที่อยู่ใกล้เสา หรือ คานที่รองรับแผ่นพื้นซึ่งบ่อยครั้งจะต้องมีผนังก่ออยู่โดยรอบเพื่อปิดช่องเปิดเหล่านั้นด้วย ซึ่งจะทำให้แผ่นพื้นไม่สามารถถ่ายน้ำหนักไปสู่ที่รองรับนั้นได้ รูปที่ 7.16 แสดงตัวอย่างช่องเปิดแบบก่อผนังปิด เช่น ช่องท่อ อาจเสริมเหล็กหน้าจาน (Fange) และเหล็กเส้นรอบ ๆ บริเวณที่เป็นปลอกท่อหรือท่อเหล็กที่ทะลุผ่านแผ่นพื้น ในกรณีแผ่นพื้นไร้คานช่องเปิดที่อยู่ใกล้กับเสา จะทำให้พื้นที่คอนกรีตโดยรอบเสาที่ต้านทานแรงเฉือนลดน้อยลง ว.ส.ท. กำหนดช่องเปิดในแผ่นพื้นไร้คานดังนี้

7.8.1 ว.ส.ท. 5202 (ข) กำหนดว่า เมื่อช่องเปิดในแผ่นพื้นอยู่ห่างจากตำแหน่งของแรงกระทำเป็นจุด หรือรองรับด้วยแรงน้อยกว่า 10 เท่าความหนาของแผ่นพื้น หรือ เมื่อช่องเปิดในแผ่นพื้นไร้คานอยู่ในแถบเสาตามระบุในข้อ 7202 (จ) เส้นรอบรูปของหน้าตัดวิกฤตสำหรับแรงเฉือนต้องลดลงเท่ากับส่วนของเส้นรอบรูป ที่อยู่ในส่วนฉายระหว่างรัศมีจากศูนย์ถ่วงของพื้นที่รับแรงไปยังขอบนอกของช่องเปิด (ดู ว.ส.ท. ภาคผนวก ข)

7.8.2 ว.ส.ท. 7202 (จ) ระบุว่าแผ่นพื้นไร้คาน อาจทำช่องเปิดขนาดกว้างเท่าใดก็ได้ โดยที่ค่าโมเมนต์บวก และ ลบทั้งหมดตลอดจนแรงเฉือน ต้องไม่ทำให้หน่วยแรงเกินค่าที่ยอมให้ยกเว้นในกรณีที่คำนวณออกแบบโดยสูตรสำเร็จ (ว.ส.ท. 7204) ข้อพิกัดต่างๆ ต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ ณ ที่นั้น (ว.ส.ท. 7204) ด้วย

7.8.3 ว.ส.ท. 7204 (ซ)

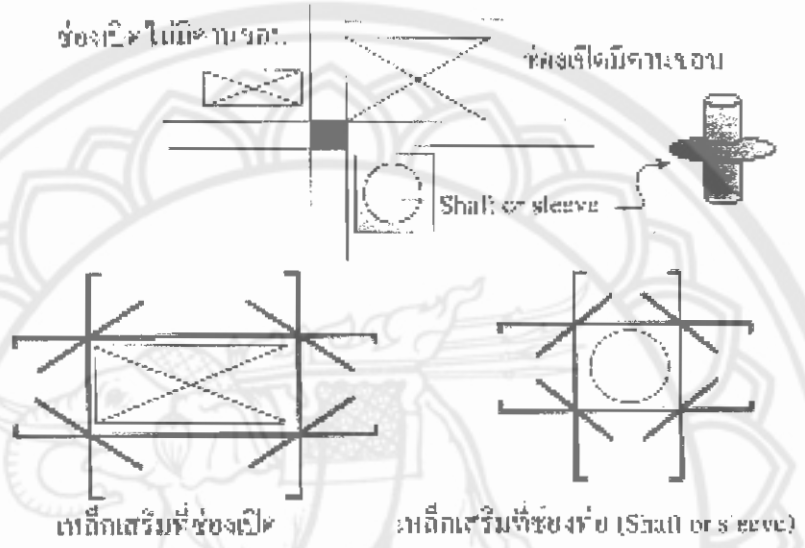
7.8.3.1 ในแผ่นพื้นไร้คานอาจทำช่องเปิดขนาดเท่าใดก็ได้ ในเนื้อที่ร่วมของแถบกลางสองแถบกลางสองแถบตัดกัน ทั้งนี้ต้องใช้เหล็กเสริมบวกและลบทั้งหมดที่หาได้จากข้อ ว.ส.ท. 7204 (ฉ)ให้มีปริมาณเท่าเดิม

7.8.3.2 ในเนื้อที่ร่วมของสองแถบเสาสองแถบตัดกัน จะทำช่องเปิดในช่วงใด ๆได้ไม่เกิน 1 ใน 8 ของความกว้างของแถบในด้านนั้น และต้องเสริมเหล็กพิเศษข้างช่องเปิดให้มีปริมาณ เท่ากับเหล็กเสริมที่ถูกตัดหายไป หน่วยแรงเฉือนที่ให้ไว้ในข้อ 7202 (ค) ต้องไม่เกินค่าที่คำนวณตามข้อ 6307

7.8.3.3 ในเนื้อที่ร่วมของแถบเสาหนึ่งแถบ และแถบกลางหนึ่งแถบอาจทำช่องเปิดได้โดย

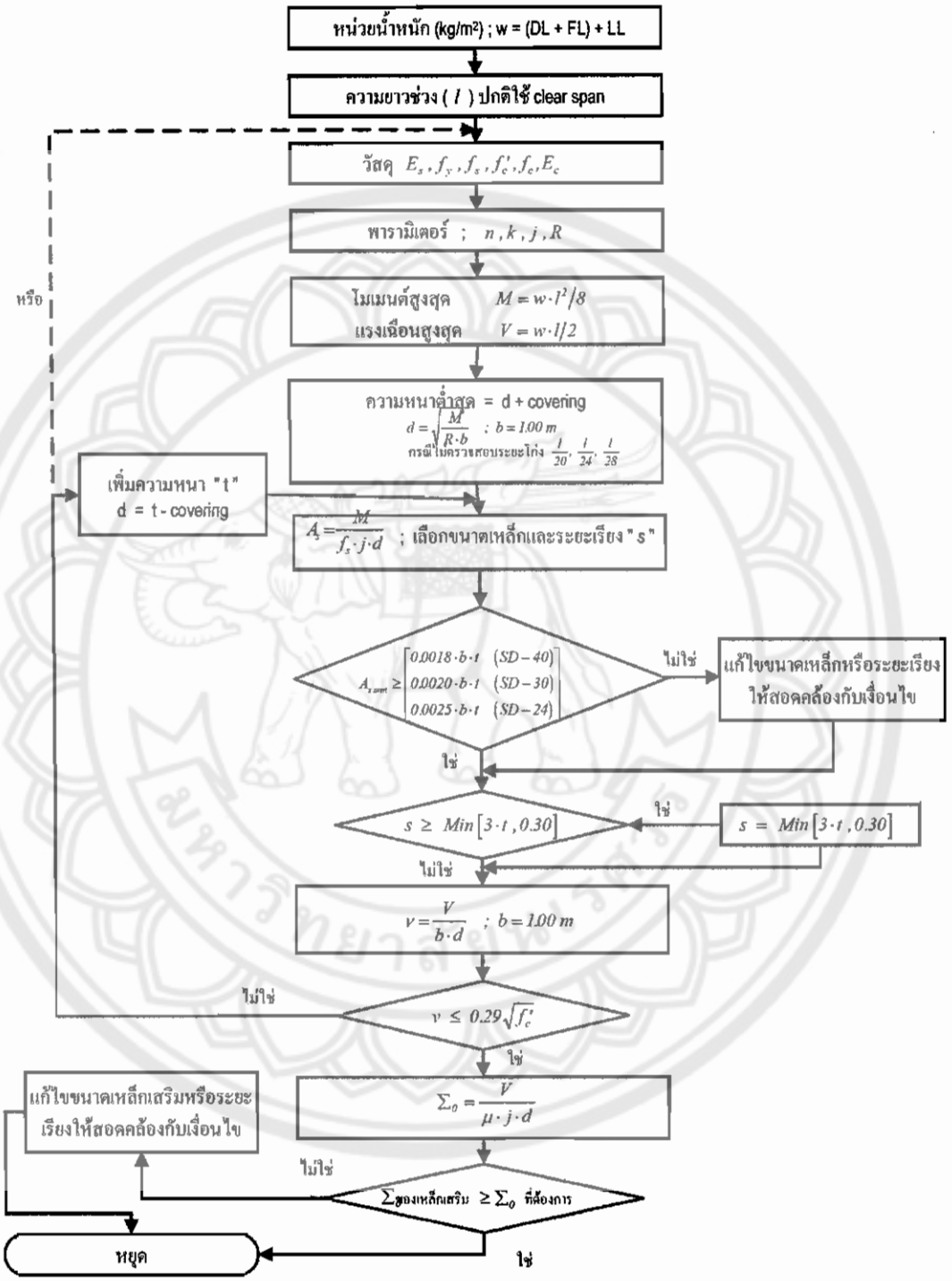
ให้ตัดเหล็กเสริมออกได้ไม่เกินหนึ่งในสี่ส่วนของเหล็กในแถบนั้น ๆ และต้องเหล็กเสริมพิเศษข้างช่องเปิดให้มีปริมาณเท่ากับเหล็กเสริมส่วนที่ถูกตัดหายไป

7.8.3.4 ถ้าช่องเปิดใดใหญ่กว่าที่ระบุไว้ข้างต้น ต้องวิเคราะห์ตามหลักวิชาวิศวกรรมซึ่งเป็นที่ยอมรับกันแล้ว และ ต้องจัดโครงสร้างให้สามารถถ่ายน้ำหนักทั้งหมดไปยังเสาที่รองรับได้



รูปที่ 2.25 รูปแสดงช่องเปิดในแผ่นพื้น

2.17 สรุปขั้นตอนการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก(พื้นทางเดียว)



2.18 สรุปขั้นตอนการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก(พื้นสองทาง)