Structural Steel Construction

การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก

■ รองศาสตราจารย์ ดร.พิภพ สุนทรสมัย

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

การก่อสร้าง
โครงสร้างเหล็ก

(Structural Steel Construction)

โดย

รศ. ดร.พิภพ สุนทรสมัย

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

420.-

การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก

โดย... รศ. ดร.พิภพ สุนทรสมัย

ราคา 420 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2550 จำนวนพิมพ์ 2,000 เล่ม

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

พิภพ สุนทรสมัย.

การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก. - - กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550.

476 หน้า.

1. โครงสร้างเหล็ก 2. การก่อสร้าง. I. ชื่อเรื่อง.

691

ISBN 978-974-443-279-7

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดย สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดพิมพ์โดย สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

5-7 ซอยสุขุมวิท 29 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทร. 0-2258-0320 (6 เลขหมายอัตโนมัติ), 0-2259-9160 (10 เลขหมายอัตโนมัติ)
http://www.tpabookcentre.com

จัดจำหน่ายโดย **บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)**

1858/87-90 อาคารเนชั่นทาวเวอร์ ชั้น 19 ถนนบางนา-ตราด
แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260
โทร. 0-2739-8000, 0-2739-8222 โทรสาร 0-2739-8356-9
http://www.se-ed.com

"ถ้าหนังสือมีข้อผิดพลาดเนื่องจากการพิมพ์ ให้นำมาแลกเปลี่ยนได้ที่สมาคมฯ" โทร. 0-2258-0320, 0-2259-9160 ต่อ 1560, 1570

■ **บรรณาธิการที่ปรึกษา** ทิพวรรณ อภิวันท์วรรัตน์ **บรรณาธิการบริหาร** ทวิยา วัณณะวิโรจน์ **หัวหน้าบรรณาธิการ** แทนพร เลิศวุฒิภัทร **บรรณาธิการ** จิตราพร รัตนชาติวิเชียร, สุนีนุช อร่ามพจมาน **ออกแบบปก** ภาณุพันธ์ โนวยุทธ, ธีนิดา ทรงดาวเรือง **ออกแบบรูปเล่ม** ประเทือง คชเสนีย์, **ธุรการสำนักพิมพ์** อังคณา อรรถพงศ์ธร ■ **พิมพ์ที่** : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที. เอส. บี. โปรดักส์

คำนำนายกสมาคม

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2516 ด้วยความร่วมมือร่วมใจกัน ของกลุ่มบุคคลที่ได้ผ่านการศึกษาระดับต่าง ๆ จากประเทศญี่ปุ่น โดยได้รับความร่วมมือทางด้านทุนทรัพย์บางส่วนจาก The Japan-Thailand Economic Cooperation Society (JTECS) เพื่อใช้จ่ายในการดำเนินงานกิจกรรมของสมาคมฯ ซึ่งประกอบด้วย ฝ่ายสำนักพิมพ์ ฝ่ายภาษาและวัฒนธรรม ฝ่ายการศึกษาและฝึกอบรม ฝ่ายบริการสอบเทียบและวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ฝ่ายวินิจฉัยและให้คำปรึกษาสถานประกอบการ และฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งแต่ละฝ่ายจัดดำเนินการโดยสมาชิกของสมาคมฯ ทำหน้าที่เป็นคณะที่ปรึกษารับผิดชอบบริหารงานให้เป็นไปตามเป้าหมาย

สำหรับฝ่ายสำนักพิมพ์ฯ โดยส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม มีนโยบายพื้นฐานคือการส่งเสริมและเร่งรัดให้มีการจัดพิมพ์หนังสือตำราทางเทคโนโลยีทุกประเภท รวมถึงหนังสือทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ อุตสาหกรรม ทั้งที่เป็นงานแปลโดยตรง งานแปลเรียบเรียง งานถอดความ งานรวบรวม งานแต่ง และงานสำรวจวิจัยทางด้านอุตสาหกรรม โดยที่สมาคมฯ มีความเห็นว่า หนังสือตำราภาษาไทย โดยเฉพาะในระดับอาชีวศึกษาแขนงวิชาเทคโนโลยีต่าง ๆ ยังมีอยู่ในปริมาณจำกัดไม่พอเพียง ถ้าส่งเสริมให้มีหนังสือเช่นนี้เพิ่มขึ้นย่อมมีส่วนช่วยยกระดับมาตรฐานการศึกษาทางเทคโนโลยีให้สูงขึ้นและแพร่หลายขึ้นโดยปริยาย อีกทั้งยังช่วยสร้างสรรค์ปัญญา ความคิดริเริ่ม และความรู้ความเข้าใจอันถูกต้องซึ่งจะเป็นการปูรากฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยเป็นประโยชน์แก่สังคมอุตสาหกรรมโดยส่วนรวม

ปัจจุบัน สมาคมฯ ยังคงมีเจตนารมณ์อันแน่วแน่ที่จะขยายงานทุก ๆ ฝ่ายต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าด้วยเจตนาอันบริสุทธิ์ของสมาคมฯ ในการดำเนินกิจการที่มิใช่การแสวงหาผลกำไรหากมุ่งมั่นที่จะให้นักศึกษาและประชาชนได้มีโอกาสซื้อหาหนังสือตำราในราคาย่อมเยาเช่นนี้ คงเกิดประโยชน์แก่สังคมส่วนรวมทั้งในทางตรงและทางอ้อม และหากสถาบันการศึกษาใดต้องการใช้ส่วนหนึ่งส่วนใดเพื่อใช้ประกอบการศึกษา ทางสมาคมฯ ก็มิได้ขัดข้อง แต่ใคร่ขอให้ทำเรื่องขออนุญาตต่อทางสมาคมฯ ก่อน

อนึ่ง สมาคมฯ ใคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อผู้เขียนและคณะผู้จัดทำที่ได้พากเพียรจนทำให้ตำราชุดนี้สำเร็จขึ้นมาได้ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

(นายประยูร เชี่ยววัฒนา)

นายกสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำแถลงของสำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. โดยแผนกตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม วิวัฒนาการมาจากโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อว่า โครงการตำรา ซึ่งจัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2516 พร้อม ๆ กับการก่อตั้งสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยมุ่งหวังที่จะให้มีตำราทางด้านวิทยาการต่าง ๆ ทั้งในระดับอาชีวศึกษา และประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางด้านช่างที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้

ในระยะแรกนั้น ตำราที่ผลิตโดยโครงการตำรา ส่วนใหญ่จะเป็นหนังสือแปลจากต้นฉบับภาษาญี่ปุ่น ต่อมาจึงได้ขยายขอบข่ายของการจัดพิมพ์ครอบคลุมไปถึงงานแปลและเรียบเรียงจากต้นฉบับภาษาอื่น งานเรียบเรียง-เขียนตำราจากประสบการณ์ของผู้ชำนาญในแต่ละสาขา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอาจารย์จากสถาบันการศึกษา

ต่อมาในระยะ 4 - 5 ปีหลังจากการก่อตั้งสมาคมฯ โครงการตำราได้วิวัฒนาการเป็นโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม และเป็นส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2539 พร้อม ๆ กับการขยายขอบข่ายหนังสือที่จัดพิมพ์เพิ่มเติม ได้แก่ หนังสือทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ การบริหาร จัดการคุณภาพ และอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การดำเนินงาน

โดยที่หนังสือที่จัดพิมพ์โดยสมาคมฯได้รับการต้อนรับเป็นอย่างดีจากนักศึกษาและประชาชนทั่วไป ทางสมาคมฯ จึงใคร่ขอเชิญชวนให้ผู้เชี่ยวชาญในวงการอุตสาหกรรมและสถาบันการศึกษาได้ช่วยกันเขียน-เรียบเรียงหนังสือทางด้านเทคนิคอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ให้แพร่หลายยิ่งขึ้น โดยสมาคมฯ ยินดีให้การสนับสนุนในด้านการจัดพิมพ์

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ขอขอบคุณท่านผู้เขียน-เรียบเรียงและเจ้าหน้าที่ของสมาคมฯ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ และหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะมีส่วนช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ และหากท่านผู้อ่านมีข้อชี้แนะประการใดขอได้โปรดแจ้งให้ทางสำนักพิมพ์ทราบด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

การสร้างหลักสูตรทางวิศวกรรมโยธาและวิศวกรรมก่อสร้างในประเทศไทย จะมีวิชาการออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็กเป็นวิชาแกนทางวิศวกรรมโยธา ที่คณะกรรมการสภาวิศวกรได้กำหนดไว้สำหรับพื้นฐานอาชีพที่สำคัญ ผู้ศึกษาจะต้องผ่านวิชาวิศวกรรมที่เกี่ยวกับกำลังความแข็งแรงของวัสดุและการวิเคราะห์โครงสร้างมาแล้ว จึงจะนำความรู้มาพิจารณาวิเคราะห์การใช้หน่วยของแรงอัด แรงดัดและแรงตัด หรือแรงเฉือน รวมกับความรู้ทางการคำนวณเรขาคณิตและตรีโกณมิติตามที่เคยศึกษามา การสะสมความรู้อันต่อเนื่องจึงช่วยให้เกิดเข้าใจ และสามารถเรียนการออกแบบอาคารโครงสร้างเหล็กได้ พบว่าความยุ่งยากที่เกิดกับการคำนวณทำให้ต้องมีการทดสอบวิเคราะห์กันไป ระบุหน่วยเป็นตาราง เป็นลักษณะกราฟ ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายในการคำนวณ ไม่ต้องตั้งต้นคิดกันใหม่ โดยอาศัยสูตรและการแทนค่าสูตรให้ตรงตามกำหนด คำนวณได้ถูกต้อง การศึกษาค้นคว้าจากเอกสารจะแม่นยำกว่าการจดจำไว้แล้วนำไปใช้เฉพาะภาคคำนวณออกแบบทางวิศวกรรมแล้ว ถ้าจำสูตรคลาดเคลื่อนแทนค่าสูตรผิดพลาดไป อาจทำให้อาคารพังทลายได้ และคงจะต้องเป็นภาระที่จะต้องรับผิดชอบต่ออาคารที่ได้ก่อสร้างนั้น อาจต้องถูกลงโทษขั้นต้องเปลี่ยนจากอาชีพวิศวกรไปก็ได้

คงปฏิเสธไม่ได้ว่ามีความมั่นใจแค่ไหนในการออกแบบโครงสร้างอาคาร เมื่อตัวเลขที่คำนวณออกแบบเกี่ยวกับความมั่นคงของชิ้นส่วนของโครงสร้างประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างของอาคาร สะพานทำให้เกิดมีความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ประโยชน์ แม้อาคารจะสูงหลายชั้น การรับน้ำหนักที่โครงสร้างได้รับจะเพิ่มมากเพียงใด สามารถคำนวณการเลือกใช้ขนาดของเหล็กรูปพรรณ เพื่อความปลอดภัยไว้แล้วไม่น้อยกว่าเท่าตัว สำหรับวัสดุชนิดอื่น เช่น คอนกรีตเสริมเหล็กจะใช้ความปลอดภัยให้คำนวณไว้ 4 เท่า ฉะนั้นจึงต้องตรวจสอบแรงที่เกิดขึ้น การแทนค่าในสูตรและการประมาณชิ้นส่วนโครงสร้างขึ้นมาก่อน แล้วจึงคำนวณชิ้นส่วนนั้นให้มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งเป็นตัวเลขปรากฏอย่างชัดเจนว่า ถ้านำไปสร้างตามที่ประมาณไว้ต้องแข็งแรงปลอดภัยแน่นอน อย่างไรก็ดี ส่วนประกอบอื่นที่จำเป็นสำหรับวิศวกรออกแบบโครงสร้างอันเกี่ยวกับความรู้ความชำนาญ ความถูกต้องของการเลือกใช้สูตร และข้อจำกัดต่าง ๆ แบบก่อสร้างที่เป็นการประกอบของชิ้นส่วน การต่อของโครงสร้าง เช่น เสาต่อกับฐานราก เสาต่อกับเสา เสาต่อกับคาน คานต่อกับคาน คาน เสาต่อกับคานใหญ่ จุดต่อของโครงสร้างต่าง ๆ ในโครงหลังคาที่เป็นโครงถักต่าง ๆ โครงสร้างของสะพานรับพื้นสะพาน การต่อกันด้วยหลักการจะเกิดความมั่นคงแข็งแรงด้วย การพิจารณาจากวิธีการต่อกันของชิ้นส่วน อุปกรณ์ยึดติดอันนำหมุดย้ำ โบลต์หรือสลักเกลียว โดยเฉพาะการต่อของชิ้นส่วนโครงสร้างที่ใช้การเชื่อม แนวเชื่อม ขนาดของรอยเชื่อมหรือขารอยเชื่อม ลักษณะและวิธีการเตรียม

การเชื่อม การเชื่อมรอบ การเชื่อมตอนติดตั้ง บอกไว้ในแบบและรายละเอียดประกอบ โดยเฉพาะความแข็งแรงของแนวเชื่อม ต้องสามารถตรวจสอบควบคุมได้ จึงจะมั่นใจได้เท่าการต่อด้วยหมุดย้ำหรือสลักเกลียวที่ได้ขนาดมาตรฐาน ทดสอบความแข็งแรงได้เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะโครงสร้างเหล็กจะมีการออกแบบให้มีความแน่นอน ปลอดภัยมากกว่าโครงสร้างชนิดอื่นก็ตาม คงจะต้องเป็นหน้าที่ของวิศวกรที่มีความรับผิดชอบต่อผลการคำนวณนั้นด้วย

การคำนวณออกแบบทุกครั้ง ต้องการพื้นความรู้ทางด้านการประกอบกันของเหล็กรูปพรรณแต่ละชนิด เช่น เหล็กไวด์แฟลงก์ (Wide Flange), เหล็กแชนเนลหรือเหล็กตัวซี (Channel), เหล็กแองเกิลหรือเหล็กฉาก (Angle) ที่มีขาเท่ากันและขาไม่เท่ากัน เหล็กแผ่น (Plate) และอื่น ๆ เหล็กแต่ละชนิดมีขนาดจำกัดต้องดูจากตารางเหล็ก จะกำหนดขึ้นเองคงไม่ได้ โดยเฉพาะกำลังความแข็งแรงได้ถูกกำหนดขึ้นไว้จนรู้สึกว่าดูตารางเข้าใจ นำไปแทนค่าในสูตรการออกแบบชิ้นส่วนนั้นได้ แต่ข้อจำกัดที่ควรศึกษามีอีกหลายประการ เป็นต้น

โครงสร้างเหล็กหรือโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ (Structural Steel) สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว มีความมั่นคงแข็งแรงซึ่งทดสอบได้ สามารถนำวัสดุชนิดอื่นเข้าไปเป็นส่วนประกอบกันขึ้นเป็นผนัง เป็นรองพื้น เป็นวัสดุใช้มุงหลังคา หรือเป็นพื้นสะพานได้ เมื่อประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก หรือทำเป็นโครงแล้วยกโครงสร้างขนาดใหญ่ขึ้นติดตั้ง อาจเรียกว่าเป็นงานก่อสร้างสำเร็จรูปได้ง่ายกว่าโครงสร้างที่ใช้วัสดุชนิดอื่น

คาดว่า “การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก” จะเป็นความรู้ที่นำไปใช้ประกอบการคำนวณออกแบบโครงสร้าง เหล็ก การเขียนแบบโครงอาคารโรงงานที่ต้องการช่วงของหลังคาที่กว้าง การตรวจและควบคุมการจัดซื้อและจัดส่งวัสดุที่เป็นเหล็กรูปพรรณ รวมทั้งการนำไปประกอบเป็นโครงสร้างรับกำลังชิ้นส่วนของอาคาร เช่น การแก้ปัญหาความบกพร่องของการก่อสร้างด้วยวัสดุชนิดอื่นไม่เหมาะสม แม้อาคารทรุดยังต้องนำเข็มเหล็กมาช่วยแทนเข็มคอนกรีตที่ต้องการบริเวณและทำงานยาก สามารถเชื่อมต่อเข็มให้ยาวตามต้องการได้

คำนำ

หนังสือ “การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก” เล่มนี้ เป็นงานเขียนเล่มที่ 14 ด้วยเจตนาที่จะเสริมความรู้ให้กับผู้ที่มีอาชีพเป็นวิศวกรโยธา/ก่อสร้าง สถาปนิก ผู้รับเหมา และผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างที่ใช้โครงเหล็กรูปพรรณ โดยเฉพาะการตรวจและควบคุมงานโครงสร้างเหล็ก กรรมการตรวจการจ้าง ผู้เขียนรายการเพื่อการก่อสร้าง รวมทั้งผู้เตรียมตัวเพื่อการออกข้อสอบและเป็นผู้เข้าสอบด้วย

งานโครงสร้างเหล็กมีใช้กับงานอาคารต่อมาจนปัจจุบันสำหรับเป็นโครงสร้างให้กับอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถคำนวณตรวจสอบให้ความมั่นคงแก่อาคารได้ เพื่อให้วิศวกรมีความรู้เกี่ยวกับการประกอบโครงเหล็กและการใช้อุปกรณ์ยึดติดที่เป็นหมุดย้ำ สลักเกลียว หรืองานเชื่อม ขนาดของรอยเชื่อม การตรวจรอยเชื่อม รวมทั้งเทคนิคการประกอบกันของโครงเหล็กในชิ้นส่วนของโครงอาคาร เป็นต้น

เนื้อหาหนังสือเล่มนี้มีทั้งหมด 14 บท ดังนี้ บทที่ 1-2 แรงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างอาคารและการต่อชิ้นส่วนของโครงสร้างด้วยหมุดย้ำและสลักเกลียว บทที่ 3-4 การทดสอบในห้องประลองของงานโครงสร้างเหล็ก การเชื่อมและการต่อชิ้นงาน บทที่ 5-7 การกำหนดขนาดและสัญลักษณ์ของรอยเชื่อม การติดตั้งแผ่นฐานรองรับเสาเหล็ก และการต่อหัวคานเดี่ยวกับเสาเหล็ก ตามลำดับ

สำหรับบทที่ 8 การต่อหัวคานคู่ สามคาน สี่คาน เข้ากับเสาเหล็ก บทที่ 9-11 ประกอบคาน ต่อและยึดคาน โครงถักและการประกอบโครง โครงถักหลังคาเหล็กและโครงข้อแข็ง บทที่ 12-14 บันไดเหล็กและโครงรับแรงดึงด้วยเหล็กเส้น ช่องเปิดในโครงเหล็ก และคานหูช้างรับเครนโครงสร้างเหล็ก ฝาผนังและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมทั้งตารางการเปลี่ยนเป็นระบบเมทริกซ์ และตารางโครงเหล็กอย่างสมบูรณ์แม้จะใช้โครงเหล็กระบบอื่น ๆ

เพื่อให้เป็นประโยชน์อย่างแท้จริงแก่ผู้ใช้หนังสือ ผู้เขียนจึงได้รวบรวมความรู้ที่ใช้เป็นข้อมูลและเป็นคู่มือในการทำงานโครงสร้างเหล็กได้อย่างมั่นใจและถูกต้อง จึงใคร่ขอขอบคุณครู-อาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาการแขนงนี้ให้สืบค้น โดยหวังว่าจะใช้เป็นคุณประโยชน์อย่างสูงต่อวงการวิศวกรรมโยธาและก่อสร้าง โดยเฉพาะสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้ช่วยจัดพิมพ์ให้อย่างสวยงาม มีคุณค่าน่าใช้ศึกษาต่อไป

รศ. ดร.พิภพ สุนทรสมัย

สารบัญ

บทที่ 1 แรงที่เกิดในโครงสร้างอาคาร 1

1.1 แรง (Forces) 1

1.2 ชนิดของแรง (Kind of Stress) 2

1.3 แรงอัด (Compression Forces) 3

1.4 แรงเฉือน (Shear Forces) 3

1.5 แรงดัด (Bending Moment) 4

1.6 โมเมนต์ออฟอิเนอร์เทีย (Moment of Inertia) 10

1.7 เซกชันโมดูลัส (Section Modulus) 13

1.8 เรเดียสออฟไจเรชัน (Redius of Gyration) 15

1.9 เซนทรอยด์ (Centroid) 23

บทที่ 2 การต่อชิ้นส่วนของโครงสร้างด้วยหมุดย้ำและสลักเกลียว 29

2.1 กำลังและคุณสมบัติของเหล็กโครงสร้าง 30

2.1.1 กำลังความแข็งแรงของเหล็กโครงสร้าง 30

2.1.2 ชนิดของเหล็กโครงสร้าง (Type of Stuctural Steel) 33

2.1.3 รูปร่างของเหล็กรูปพรรณที่ใช้เป็นโครงสร้างทั่วไป 33

2.2 หยุดย้ำ (Rivets) 37

2.2.1 ลักษณะหัวของหมุดย้ำ 37

2.2.2 ชนิดของหมุดย้ำ (Type of Rivet) 38

2.2.3 การใช้หมุดย้ำในการรับแรงดึง (Rivet Subjected to Tension) 38

2.2.4 การรวมกันของแรงดึงและแรงเฉือนของการใช้หมุดย้ำ 43

2.3 สลักเกลียวหรือโบลต์ (Bolts) 44

2.3.1 ลักษณะของสลักเกลียวโดยทั่วไป 44

2.3.2 ลักษณะของสลักเกลียวโครงสร้างกำลังสูง 47

2.3.3 สลักเกลียวชนิดพิเศษ 47

2.3.4 การรับแรงดึงของสลักเกลียวที่ใช้ในโครงสร้างเหล็ก 47

2.3.5 การหาความยาวของสลักเกลียว 47

2.3.6 การหาพฤติกรรมของอุปกรณ์ยึดติดต่างชนิดกัน 54

2.3.7 มาตรฐานการเจาะรูขนาดเพิ่มขึ้นที่ใช้การเจาะรู รูที่เจาะตื้น และรูที่เจาะลึก 57

บทที่ 3 ผลการทดสอบในห้องประลองของงานโครงสร้างเหล็ก 65

3.1 การยืดรอยต่อที่มีแรงดึงเท่ากัน และเพิ่มกำลังดึงที่ทำให้ยืดตัวของสลักเกลียว 65

3.2 ผลกระทบอันเกิดจากความยาวของก้านสลักเกลียว 66

3.2.1 ผลกระทบอันเกิดจาก้านรับแรงดึงของสลักเกลียว 66
3.2.2 การเปรียบเทียบระหว่างกำลังของสลักเกลียว (ปกติ) A325 67
กับสลักเกลียวหัวพิเศษ
3.3 การเสียรูปอันเกิดจากแรงเค้นเฉือนสำหรับสลักเกลียว 68
3.3.1 ผลการทดสอบการเสียรูปอันเกิดจากแรงเค้นเฉือน 68
สำหรับสลักเกลียว A325 และ A490
3.3.2 การประกอบแท่นการทดสอบสำหรับสลักเกลียวเดี่ยว 70
3.3.3 ผลการทดสอบแรงเค้นเฉือนของสลักเกลียว A354 BC 70
3.4 ค่ากำลังเฉือนต่อกำลังดึงของสลักเกลียว 71
3.5 กำลังในสลักเกลียวที่ให้แรงดึงและแรงเฉือนสูงสุดมีผลทำให้เกิดระยะยืด 72
3.6 การเสียรูปอันเกิดจากแรงเฉือนโดยการทดสอบสลักเกลียวต่างลักษณะ 74
3.7 สัดส่วนของแรงเค้นดึงและแรงเฉือนของสลักเกลียวกำลังสูง 75
3.8 แรงดึงที่ทำให้สลักเกลียวยืดที่เกิดในช่วงเริ่มต้นและภายหลังการหมุนหัวนอต 76
3.8.1 การทดสอบกับสลักเกลียวเฉพาะชนิด A325 76
3.8.2 การทดสอบเปรียบเทียบกันของสลักเกลียวจำนวน 2 ชนิด 78
3.9 การทดสอบซ้ำและต่อกันของสลักเกลียว A325 หัวพิเศษ 79
3.10 การทดลองเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของกำลังดึงต่อระยะยืด 80
ของสลักเกลียว A325 ผิวธรรมดาและผิวเคลือบสังกะสี
3.11 การแผ่กระจายของแรงที่เป็นความฝืดสำหรับต่างกรณีศึกษา 81
3.12 การพังทลายโดยสภาพและการทดสอบ 82
3.12.1 การพังทลายเนื่องจากการครูดที่แผ่นเหล็กประดับยึดโดยสลักเกลียว 82
3.12.2 เงื่อนไขการแตกทลายพื้นฐาน 83
3.13 แรงดึงที่เกิดขึ้นของสลักเกลียว และแรงดึงที่ต้องการด้วยส่วนประกอบอื่น 85
3.13.1 แรงดึงที่เกิดขึ้นของสลักเกลียว 85
3.13.2 ระยะเผื่อให้มีขนาดของรูสลักเกลียว 87
3.13.3 ความกว้างที่มีผลสำหรับการใช้การยึดเป็นแผงของสลักเกลียว 87
3.14 การต่อหัวคานกับเสาเหล็กรูปพรรณ 88
3.14.1 การเสียรูปของส่วนต่อหัวคานกับเสาเหล็ก 88
3.14.2 การหาระยะหย่อนตัว (Deflection) การต่อกันของคานกับเสา 93
3.14.3 การต่อปลายคานด้วยเหล็กแผ่นและการทดสอบ 94

บทที่ 4 การเชื่อมและการต่อชิ้นงาน 99
4.1 ประวัติ 99
4.2 ชนิดของการเชื่อม 100
4.2.1 เชื่อมแบบหลอมละลาย (Fusion Welding) 100
4.2.2 เชื่อมแบบใช้แรงกด (Pressure Welding) 100

4.3 ลักษณะของการเชื่อมแบบหลอมละลาย 100
4.3.1 ลักษณะการเชื่อมแก๊ส 100
4.3.2 ลักษณะการเชื่อมอาร์กด้วยมือ (Arc Welding) 101
4.4 การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) 101
4.4.1 ใช้แก๊สอะเซทิลีน (Acetylene Gas) 101
4.4.2 การเผาไหม้ของแก๊สอะเซทิลีน 102
4.5 การเชื่อมไฟฟ้า (Arc Welding) 104
4.5.1 การเชื่อมโลหะ (Welding) 105
4.5.2 ชนิดของแรงดันไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 105
4.5.3 ลวดเชื่อม 105
4.5.4 กำลังของรอยเชื่อม 106
4.5.5 ตำแหน่งที่เป็นท่าสำหรับการเชื่อม 109
4.5.6 ลักษณะประกอบของรอยเชื่อม 110
4.6 ชนิดงานเชื่อมของรอยต่อชนและข้อจำกัด 115
4.7 ปัญหาและความผิดปกติที่มาจากรอยเชื่อม 119
4.7.1 ความผิดปกติของรอยเชื่อม 119
4.7.2 ลักษณะรอยแตกขาดของรอยเชื่อมเนื่องจากแรงดึง 121
4.7.3 การเกิดรอยร้าวในชิ้นงาน 122
4.7.4 การหดตัวของรอยเชื่อมทำให้ชิ้นงานเผล่ไป 129
4.8 การเข้าเชื่อมไม่ได้ และการแก้ไข 130
4.9 การตรวจควบคุมรอยเชื่อม 132

บทที่ 5 การกำหนดขนาดและสัญลักษณ์ของรอยเชื่อม 133
5.1 ส่วนประกอบของรอยเชื่อม 133
5.1.1 รอยเชื่อมต่อชน 133
5.1.2 รอยเชื่อมต่อฉาก 134
5.2 ลักษณะของรอยเชื่อมพอกฉาก 135
5.2.1 รอยเชื่อมผิวหน้าโค้งขึ้น 135
5.2.2 รอยเชื่อมผิวหน้าเว้าลง 135
5.3 การวัดระยะคอรอยเชื่อม 136
5.3.1 ระยะคอรอยเชื่อมตามทฤษฎี 136
5.3.2 การกำหนดระยะคอรอยเชื่อม 137
5.4 การเชื่อมเต็มรอยเชื่อมพอก 138
5.5 การกำหนดขนาดรอยเชื่อมและการวางตำแหน่งชิ้นงาน 141
5.5.1 การกำหนดขนาดรอยเชื่อม 141
5.5.2 การวางตำแหน่งของชิ้นงาน 141

5.5.3 ปัญหาเกี่ยวกับตำแหน่งของชิ้นงาน 145
5.6 รอยเชื่อมท่อกลมและท่อเหลี่ยม 146
5.6.1 การเชื่อมท่อกลม 146
5.6.2 การเชื่อมต่อของท่อแยก 147
5.6.3 การเชื่อมต่อท่อกลมกับท่อประธานกล่อง 147
5.6.4 การหาขนาดของรอยเชื่อมพอก 148
5.7 สัญลักษณ์ของวัสดุ 152
5.8 การออกแบบรอยเชื่อมโดยใช้สัญลักษณ์แทน 154

บทที่ 6 การติดตั้งแผ่นฐานรองรับเสาเหล็ก และการต่อประกอบเสา 173
6.1 การติดตั้งแผ่นฐานรองรับเสาเหล็ก 173
6.1.1 การสร้างฐานรองรับแรงอัด 174
6.1.2 แผ่นฐานรองรับการต่อเสารับโมเมนต์ 180
6.1.3 การวางเหล็กแผ่นรองเสาบนฐานเสาตอม่อคอนกรีตเสริมเหล็ก 180
6.1.4 การต่อแผ่นฐานด้วยการสอดเดือยเหล็กกลม 191
6.1.5 หัวต่อเป็นฐานรองโครงสร้างป้องกันการขยายตัวของโครงสร้าง 196
6.2 การติดตั้งงานเสาเหล็กและการประกอบชิ้นงาน 198
6.2.1 พฤติกรรมการหักงอปกติและการหักงอเนื่องจากการหมุนบิดของเสา 198
6.2.2 การประกอบขึ้นของเสาจากชิ้นส่วนของเหล็กแผ่นตัวที 198
เหล็กฉาก เหล็กแชนเนล
6.2.3 เสามีลักษณะเป็นโครงถัก 206
6.2.4 การต่อกันของเสาเหล็กไวด์แฟลงก์ (WF) ที่ต่างขนาดกัน 209
6.2.5 การต่อชนกันของเสาขนาดเดียวกัน 218

บทที่ 7 การต่อหัวคานเดี่ยวกับเสาเหล็ก 221
7.1 การต่อหัวคานด้วยเหล็กฉาก 221
7.1.1 การต่อหัวคานติดเสาเหล็กด้วยสลักเกลียว 221
7.1.2 การต่อหัวคานติดเสาด้วยเหล็กฉากรองรับ 222
7.1.3 การต่อหัวคานติดกับแกนเสายึดด้วยการเชื่อม 227
7.1.4 การต่อหัวคานโดยการเสริมเอวใต้ปีกหัวคาน 228
7.1.5 การต่อหัวคานโดยการใช้เหล็กประกับบนหัวและรองใต้คาน 228
7.1.6 การต่อหัวคานกับเสาเพื่อต้านทานแรงโมเมนต์ 229
7.1.7 การต่อหัวคานด้วยเหล็กแผ่นติดกับเสา 229
7.1.8 การต่อหัวคานด้วยเหล็กฉากยึดด้วยสลักเกลียวและการเชื่อม 230
7.2 การต่อหัวคานลักษณะพิเศษ 236

7.2.1 การต่อหัวคานที่เป็นโครงถักยึดด้วยเหล็กแผ่น 236
7.2.2 การต่อหัวคานด้วยการเสริมเหล็กแผ่นทั้งทางตั้งและทางนอน 236
7.2.3 การต่อหัวคานเฉียงกับเสาเหล็ก 236
7.2.4 การต่อหัวคานกับเสาท่อเหล็กกลวง 237

บทที่ 8 การต่อหัวคานคู่ สามคาน สี่คาน เข้ากับเสาเหล็ก 245
8.1 การต่อหัวคานคู่เข้ากับเสาเหล็ก 245
8.1.1 การต่อหัวคานคู่กับเสาแนวเดียวกัน 245
8.1.2 การต่อหัวคานคู่โครงถักเข้ากับคานโครงถักใหญ่ 248
8.1.3 การต่อคานคู่วางบนหัวเสา 255
8.1.4 การต่อคานคู่ตั้งฉากกัน 257
8.2 การต่อหัวคานทั้งสามคานกับเสาเหล็ก 262
8.2.1 การต่อหัวคานด้วยเหล็กแผ่นตั้ง ยึดปีกคาน และเสริมเหล็กแผ่นบน-ล่าง 262
8.2.2 การต่อคานใหญ่ใช้เหล็กแผ่นประกับและต่อคานเล็กแนวเดียวกัน 263
8.2.3 การต่อคานคู่ผ่านเสา และต่อคานเล็กแยกฉาก 263
8.2.4 การต่อคานคู่ใช้เหล็กประกับหัวและต่อคานเล็กแยกฉาก 264
8.2.5 การต่อคานแยกเฉียงกับคานคู่แนวเดียวกัน 264
8.3 การต่อหัวคานของสี่คานกับเสาเหล็ก 270
8.3.1 การต่อหัวคานตัวเอช (H) กับเสาเหล็ก 270
8.3.2 การต่อหัวคานที่เป็นโครงถัก 275

บทที่ 9 การประกอบคาน ต่อ และยึดคาน 277
9.1 การประกอบตัวคานเหล็ก 277
9.1.1 การประกอบตัวคานเหล็กให้แข็ง 277
9.1.2 การประกอบตัวคานด้วยเหล็กแผ่นและเหล็กฉาก 278
9.1.3 การประกอบตัวคานเหล็กด้วยชิ้นส่วนเหล็กต่างชนิด 279
9.2 การต่อกันของคานเหล็ก 283
9.2.1 การต่อคานด้วยแผ่นเหล็กแทรก 283
9.2.2 การต่อกันของคานลอยแถวเดียวกัน 283
9.2.3 การต่อกันของคานเหล็กที่ตั้งฉากและกากบาท 287
9.3 การต่อกันของคานโครงถักกับคานใหญ่ 296
9.3.1 การต่อตั้งฉากของคานโครงถักด้านเดียว 296
9.3.2 การต่อกากบาทของคานโครงถักที่ต่อแนวเดียวกันบนหลังคานใหญ่ 297
9.3.3 การต่อโครงถักรองใต้หล่อพื้น และใช้เหล็กฉากรอง 297
9.4 การต่อคานเอียงเยื้องศูนย์ด้วยเหล็กไวด์แฟลงก์ 300

บทที่ 10 โครงถักและการประกอบโครง 303
10.1 ลักษณะของโครงถัก 303
10.1.1 โครงถัก (Truss) หลังคาเหล็ก 303
10.1.2 การเปรียบเทียบลักษณะโครงวอร์เรนและโครงข้อแข็ง 305
10.1.3 โครงถักสะพานเหล็ก 305
10.1.4 โครงถักรับตัวอาคาร 306
10.2 การต่อกันของโครงถักเหล็กรูปพรรณ 312
10.2.1 การต่อโครงถักตัววีกลับหัว 312
10.2.2 การต่อโครงถักตัววีกลับหัวมีเสารับกลาง 312
10.2.3 การต่อโครงถักตัวเอกซ์ 317
10.2.4 การต่อโครงถักตัววีเยื้องศูนย์ 317
10.2.5 การต่อโครงถักตัวเอกซ์หรือกากบาท โครงยึดท่อเหล็กเหลี่ยม 317
10.2.6 การต่อโครงถักที่เป็นท่อกลม 318
10.3 การต่อของโครงถักต่อเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 326
10.3.1 การต่อคานและค้ำยันเหล็กรูปพรรณในเสา คสล. 326
10.3.2 การต่อโครงสร้างในท่อเหล็กเหลี่ยมใส่คอนกรีต 326
10.3.3 การต่อคานและค้ำยันเหล็กรูปพรรณเยื้องศูนย์ในเสา คสล. 326

บทที่ 11 โครงถักหลังคาเหล็ก และโครงข้อแข็ง 329
11.1 โครงถักหลังคา 329
11.1.1 ติดตั้งโครงถักบนคาน 329
11.1.2 ติดตั้งโครงถักลักษณะโครงข้อแข็ง 331
11.2 โครงเหล็กตัวเอช (H) ประกอบหลังคา 337
11.2.1 การต่อหัวโครงเหล็กตอนสุดจั่ว 337
11.2.2 การต่อหัวโครงเหล็กตอนริมล่าง 342
11.2.3 การวางโครงหลังคาบนคานตัวเอช 342

บทที่ 12 บันไดเหล็กและโครงรับแรงดึงด้วยเหล็กเส้น 347
12.1 บันไดเหล็กแชนแนล 347
12.1.1 การติดตั้งตีนบันได 347
12.1.2 การต่อกันของแม่บันไดกับคานพักบันได 347
12.1.3 การหล่อลูกขั้นบันไดลอย 347
12.1.4 การต่อกันของหัวแม่บันไดกับพื้นชั้นบน 347
12.2 โครงคานรับแรงดึงด้วยเหล็กเส้น 347
12.2.1 การรับหัวคานด้วยเหล็กเส้นกลม 347

12.2.2 การค้ำยันหัวคานเมื่อดึงขึ้นและลงเฉียงด้วยเหล็กเส้นกลม 349
12.2.3 การต่อหัวคานเหล็กกับเสาท่อกลม 349

บทที่ 13 ช่องเปิดในโครงเหล็ก และคานหูช้างรับเครน 361
13.1 ช่องเปิดในโครงเหล็ก 361
13.2 คานหูช้างรับเครน 363
13.2.1 ลักษณะคานหูช้างใช้เหล็กฉากตัวแอล (L) และเหล็กแผ่น 363
13.2.2 การใช้เหล็กฉาก เหล็กแผ่น และเหล็กแชนเนล ในการประกอบคานหูช้าง 363

บทที่ 14 โครงสร้างเหล็ก ฝาผนัง และเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 371
14.1 การต่อคานเข้ากับหัวผนังรับแรงหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 371
14.1.1 การต่อคานเข้ากับหัวผนังรับแรง 371
14.1.2 การสอดผนังเข้ากับเสาเหล็ก 372
14.2 การวางหัวคานบนผนังก่อหรือผนังตอม่อ 379
14.2.1 การวางหัวคานใหญ่บนผนังตอม่อ 379
14.2.2 การวางหัวตงโครงถักสำเร็จบนผนังตอม่อ 379
14.2.3 การวางหัวคานเหล็กบนผนังก่อ 379
14.3 การวางหัวคานติดกับเสาเพื่อรับพื้น 384
14.3.1 การวางหัวคานติดกับเสาตัวเอช 384
14.3.2 การวางหัวคานเหล็กบนคานหูช้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 384
14.4 การวางหัวคานเหล็กฝากไว้กับคานคอนกรีตเสริมเหล็ก 386
14.4.1 การวางหัวคานเหล็กที่ยึดด้วยสลักเกลียวและรองแบบโลหะสำเร็จรับพื้น 386
14.4.2 การใส่คานเหล็กในตอนกลางของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก 386
14.4.3 การเสริมแรงของคานคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยการประกับเหล็กแผ่น 386
14.4.4 การต่อหัวคานเหล็กกับคานใหญ่เพื่อรองรับพื้น 387
14.4.5 การวางแบบโลหะสำเร็จรองรับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก 387

ภาคผนวก (ตารางการเปลี่ยนระบบของตัวเลขเป็นมาตราเมทริกซ์ และตารางเหล็กรูปพรรณ
เพื่อการออกแบบโครงสร้างเหล็กอย่างสมบูรณ์)
ภาคผนวก ก ขนาด - รูปร่างของเหล็กโครงสร้าง 395
ภาคผนวก ข เหล็กแผ่น 446
ภาคผนวก ค ตารางเปลี่ยนมาตรา 452

บรรณานุกรม 458

แรงที่เกิด ในโครงสร้างอาคาร

บทที่ 1

กำลังความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials) ประกอบไปด้วยพฤติกรรมของรูปร่างวัสดุซึ่งได้รับการกระทำต่อแรงภายนอก ทำให้เกิดแรงเค้น (Stress) ขึ้นภายในรูปร่าง และอาจทำให้เสียรูปได้อันเนื่องมาจากแรงภายนอกเช่นเดียวกัน

1.1 แรง (Forces)

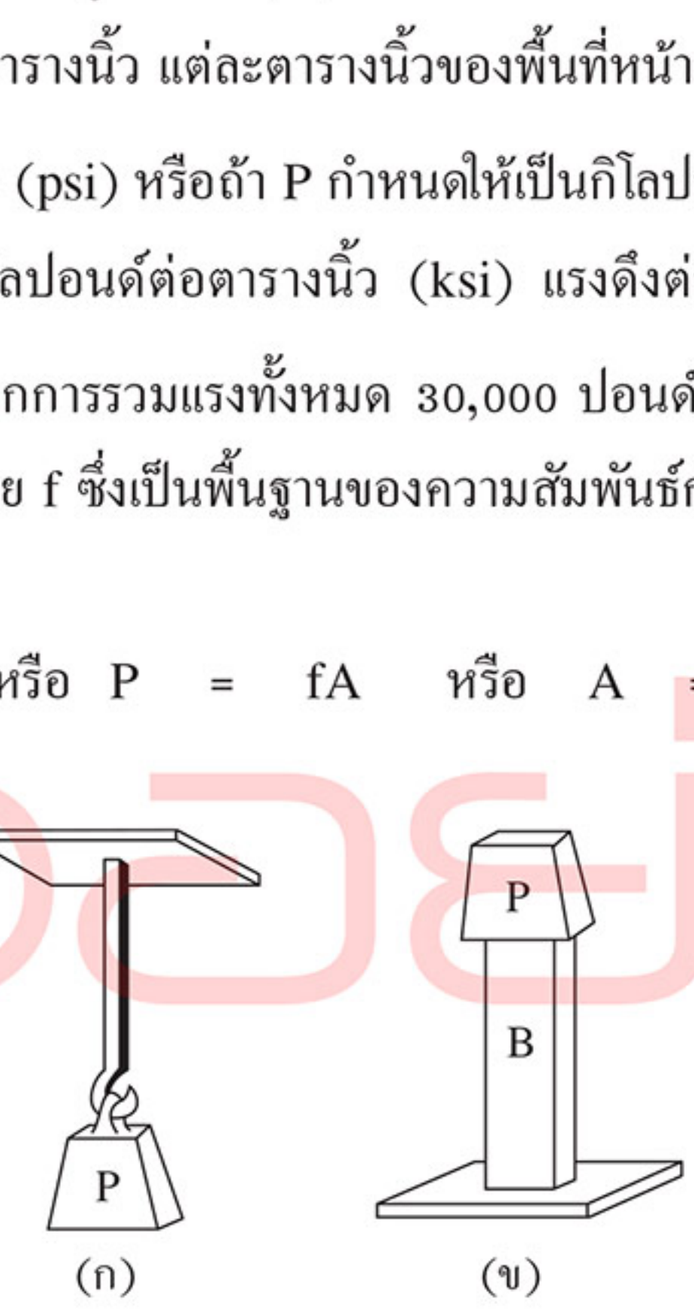
แรง หมายถึง **การที่ทำให้สิ่งของนั้นอยู่กับที่หรือเคลื่อนย้ายไป** อาจมีการดันหรือดึงสิ่งของนั้นหรืออาจทำให้สิ่งของนั้นอยู่กับที่เนื่องจากแรงต่าง ๆ เหล่านั้น การหาแรงที่สมบูรณ์แบบได้มีความเกี่ยวข้องกับขนาด ทิศทาง แนวแรงที่มากระทำ และจุดที่ต้องการทราบ ในการก่อสร้างอาคารแล้ว เกี่ยวข้องกับแรงในสภาพสมดุล ให้หมายความว่าวัตถุจะต้องอยู่กับที่ ตัวอย่างเช่น เสาเหล็ก (Steel Column) ได้รับน้ำหนักและถ่ายน้ำหนักลงตามจุดศูนย์ถ่วง เสาจะเป็นตัวส่งถ่ายน้ำหนักลงฐานรากที่อยู่เบื้องล่าง จะเกิดแรงดันด้านล่างขึ้นข้างบนเท่ากับน้ำหนักที่ลงบนฐานรากนั้น ทิศทางที่ชี้จากล่างขึ้นบนเรียกว่า “แรงโต้ตอบ” (Reaction) สองแรงที่อยู่ในทิศทางตรงข้ามกัน อยู่ในแนวเดียวกัน และมีขนาดเท่ากัน ผลลัพธ์ได้แก่ ความสมดุลกัน หมายถึง จะไม่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไป หน่วยของแรงเป็น ปอนด์ กิโลกรัม ตัน และอื่น ๆ ในทางวิศวกรรมเมื่อใช้คำว่า kip หมายถึง 1,000 ปอนด์ ซึ่งนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น 30,000 ปอนด์ เขียนไว้เท่ากับ 30 kips เป็นต้น

แรงเค้น (Stress) ที่เกิดในวัตถุ เป็นความต้านทานภายในที่มีต่อแรงที่มากระทำภายนอก สมมติมีการแขวนน้ำหนักไว้ P จะเกิดแรงตามแนวแกนเหล็กที่แขวน น้ำหนักที่เกิดขึ้นโดยตรงในแกนเหล็กเรียกว่า ***กำลังดึง*** หรือ***แรงดึง*** (Tensile Force) แกนเหล็กจะต้านทานแรงที่เกิดขึ้นอยู่ภายใน เรียกว่า แรงดึง

(Tensile Stress) เท่ากับกำลังดึงนั่นเอง แรงดึงที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่อยู่ในแกนเหล็กเรียกว่า ขนาดของแรง (Direct Stress)

ขนาดของแรง หมายความว่า เป็นความต้านทานภายใน ประมาณว่ามีการกระจายอยู่ทั่วบริเวณพื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่เกิดแรงนั้น ตาม*รูปที่ 1.1 (ก)* ให้ P มีน้ำหนัก 30,000 ปอนด์ และพื้นที่ของแกนเหล็กที่แขวนวัตถุน้ำหนัก 2 ตารางนิ้ว แต่ละตารางนิ้วของพื้นที่หน้าตัดที่เกิดแรงเท่ากับ $\frac{30,000}{2}$ หรือเท่ากับ 15,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) หรือถ้า P กำหนดให้เป็นกิโลปอนด์ (kips) แรงที่เกิดขึ้นในแกนเหล็กที่แขวนเท่ากับ $\frac{30}{2}$ = 15 กิโลปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ksi) แรงดึงต่อหน่วยของพื้นที่เรียกว่า แรงต่อหน่วย (Unit Stress) ที่เกิดขึ้นจากการรวมแรงทั้งหมด 30,000 ปอนด์ โดยนำแรงภายนอก P หารด้วยพื้นที่หน้าตัด A จะเป็นแรงต่อหน่วย f ซึ่งเป็นพื้นฐานของความสัมพันธ์กันโดยตรงได้ ดังนี้

$$f = \frac{P}{A} \quad \text{หรือ} \quad P = fA \quad \text{หรือ} \quad A = \frac{P}{f}$$



รูปที่ 1.1 แสดงแรงดึงและแรงอัดที่กระทำต่อวัตถุ

1.2 ชนิดของแรง (Kind of Stress)

แรงทั้งสามชนิดที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นฐาน เช่น แรงดึง (Tension) แรงอัด (Compression) และแรงเฉือน (Shear) กำลังดึง (Tension Forces) ถ่ายเข้าโดยตรงต่อชิ้นส่วนของโครงสร้าง (Structural Member) กำลังอัดจะเกิดในชิ้นส่วนที่สั้นกว่า และกำลังเฉือนอาจทำให้ชิ้นส่วนของโครงสร้างเลื่อนหลุดโดยเฉพาะแรงที่บิดในชิ้นส่วนของโครงสร้างเรียกว่า การบิด (Torsion) เป็นต้น

1.3 แรงอัด (Compression Forces)

น้ำหนัก P ตั้งบนแท่งวัตถุสี่เหลี่ยมจัตุรัส B ดังแสดงใน*รูปที่ 1.1 (ข)* แรงที่เกิดในแกนวัตถุเรียกว่า แรงอัด (Compression Force) เป็นแรงที่ต้านทานแรงเค้นภายในเท่ากับ P นั้น หน่วยของแรงเค้นอัด (Unit Compression Stress) โดยใช้สูตร $f = \frac{P}{A}$ อย่างไรก็ดี สามารถเขียนเป็นสูตรดังได้แสดงตามข้อ 1.1 แล้ว

ตัวอย่างที่ 1.1 เสาไม้สี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาดหน้าตัด 8 × 8 นิ้ว รองน้ำหนัก 50,000 ปอนด์ ให้หาหน่วยของแรงเค้นอัด (Unit Compression Stress) ในเสาต้นนี้

ข้อกำหนด

(1) ขนาดของเสา 8 × 8 นิ้ว แต่ขนาดการแต่งไสเสาที่เป็นมาตรฐาน "Standard Dressed Size" ที่ขนาดใช้งาน "Actual Size" เท่ากับ $7\frac{1}{2} \times 7\frac{1}{2}$ นิ้ว หาพื้นที่หน้าตัดได้ **56.25 ตารางนิ้ว**

(2) ตามที่กำหนดให้น้ำหนักกดลงจำนวน 50,000 ปอนด์ หน่วยของแรงเค้นอัดหาได้โดยรู้ค่าตามข้อ (1) จะเท่ากับ

$$f = \frac{P}{A} = \frac{50{,}000}{56.25} = \textbf{890 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว}$$

1.4 แรงเฉือน (Shear Forces)

แรงเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงสองแรงมากระทำต่อวัตถุในทางตรงกันข้าม แต่ไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน อธิบายได้ตาม*รูปที่ 1.2 (ก)* ซึ่งแสดงเหล็กแผ่นสองแผ่นวางแนบกัน และยึดต่อกันด้วยหมุดย้ำ (Rivet) ภายใต้แรงที่กระทำ P แรงเฉือนจะเกิดขึ้นที่หมุดย้ำที่ยึดเหล็กแผ่นไว้ อธิบายได้ตาม*รูปที่ 1.2 (ข)* สำหรับแรงเฉือนที่เกิดขึ้น ตาม*รูปที่ 1.2 (ค)* นั้น น้ำหนักที่ลงบนคาน จะมีจุดรองรับที่เป็นผนังทั้งสองข้างตอนปลายคาน คานจะเกิดขาดขึ้นใกล้ปลายทั้งสอง ซึ่งแรงเฉือนจะเกิดตามแนวตั้งที่จุด C และ D ดู*รูปที่ 1.2 (ง)* และเมื่อน้ำหนักลงกลางคานจะเกิดแรงดัดขึ้น ดูรูปที่ 1.2 (จ)

ตัวอย่างที่ 1.2 แรง P อยู่กับแผ่นเหล็ก ตาม*รูปที่ 1.2 (ก)* แต่ละข้างเท่ากับ 5,000 ปอนด์ ใช้หมุดย้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว ให้หาหน่วยแรงเค้นเฉือน (Unit Shearing Stress) ได้เท่าใด?