เอนก ศิริพานิชกร
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ในปีแห่งสหัสวรรษที่ตื่นเต้นไปทั่วโลก ทำให้กระแสของการใช้เทคโนโลยีเป็นความจำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อวานนี้เองได้มีโอกาสไปอ่านบทความฉบับหนึ่งที่ได้พูดถึงทักษะของเด็กในอนาคต ทำให้อดใจที่เขียนถึงวิศวกรรุ่นใหม่ๆ ไม่ได้ ประเด็นสำคัญ 2 ประเด็นที่น่าสนใจได้กล่าวถึงองค์ประกอบแห่งความสำเร็จที่นอกจากจะต้องรู้เท่าทันเทคโนโลยีแล้ว ยังได้แก่ทักษะในเชิงวิเคราะห์ และที่ไม่น่าเชื่อคือการเน้นไปที่ความเข้าใจในภูมิปัญญาและวัฒนธรรมท้องถิ่น

เป็นที่น่าเสียดายอย่างยิ่งเมื่อโลกทันสมัยขึ้น ผู้คนหันไปพึ่งพาเทคโนโลยีทันสมัย โดยเฉพาะนักออกแบบวิศวกรรมทั้งหลายที่ต่างก็มีความมั่นอกมั่นใจในสมรรถนะของเครื่องและโปรแกรมต่างๆ จนทำให้ความเข้าใจในพื้นฐานที่ทรงภูมิของงานวิศวกรรมในอดีตถูกบดบังโดยสิ้นเชิง

ในครั้งนี้ไม่ได้มาในฐานะผู้ต่อต้านความทันสมัย แต่อยากจะย้ำให้เห็นถึงความเข้าใจพื้นฐานที่มีความจำเป็นอย่างมากในการปฏิบัติงานวิศวกรรม ซึ่งเป็นความจริงเสมอในหมู่พวกเราที่ทำงานกับโจทย์คณิตศาสตร์ที่พบว่าโจทย์ในชีวิตประจำวัน จะมีบ้างนานๆ ครั้งที่ยากเย็นแสนเข็ญ แต่ส่วนใหญ่ก็มักจะเป็นโจทย์ง่ายๆ เท่านั้น ดังนั้นความรู้ที่อยู่ในบริบทของ Package สำเร็จรูปประมาณกลางๆ จึงไม่มีวันได้ใช้จริง และเมื่อเห็นต้นฉบับบทความของนายหรั่ง ช่างโยธา (เจ้าเก่า) ทำให้ต้องเรียบเรียงปรับแต่งและนำลงในฉบับนี้ หากท่านใดมีความเห็นหรือต้องการร่วมวงประสบการณ์ ขอความกรุณาติดต่อที่ โทรสาร 427-9063

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB member

โครงข้อหมุน

กับภูมิปัญญาของวิศวกร (โบราณ)

นายหรั่ง ช่างโยธา

โครงข้อหมุนหรือ Truss ที่เรารู้จักกันดีนั้น เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีการวิเคราะห์คำนวณง่ายๆ โดยอาศัยสมการสมดุลธรรมดา เพื่อเป็นการปูไปสู่ความเข้าใจในบทความนี้คงต้องกล่าวถึงพื้นฐานของโครงสร้างประเภทนี้พอสังเขป

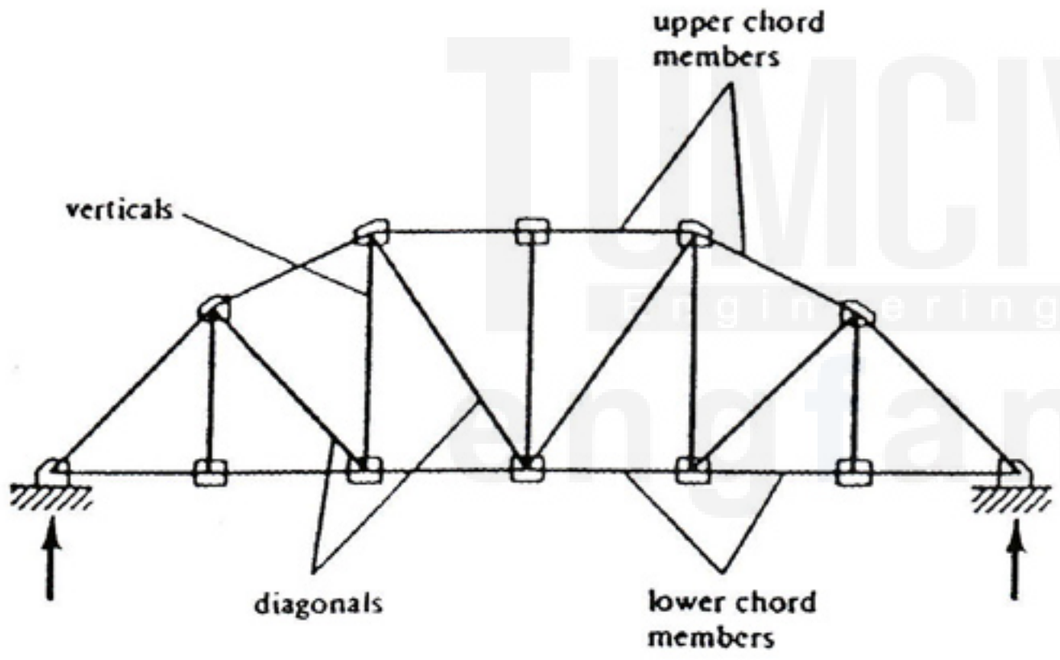
โครงข้อหมุนมักใช้ในโครงสร้างประเภทที่มีความยาวช่วงค่อนข้างมาก ซึ่งการกำหนดโครงสร้างเป็นคาน สามารถกระทำได้แต่จะมีขนาดใหญ่และทำให้ Dead Weight มีค่ามาก การใช้โครงข้อหมุนจึงมีวัตถุประสงค์แรกเพื่อลดน้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ไม่จำเป็นออกไป

เมื่อทราบวัตถุประสงค์แล้ว จึงควรย้อนกลับที่แนวคิดในการจัดองค์อาคารเพื่อรับแรงต่างๆ และด้วยเหตุที่โครงข้อหมุนเป็นโครงสร้างช่วงยาวที่ทำหน้าที่แทนคาน ดังนั้นจึงอาจกล่าวว่าพฤติกรรมเบื้องต้นของโครงข้อหมุนจะเหมือนกับคาน

พฤติกรรมการรับแรงของคานนั้น พิจารณาได้จากเกณฑ์การออกแบบเบื้องต้นของโครงสร้างโดยทั่วไปที่ได้แก่ การมีกำลังพอเพียง (Strength) และการนำไปใช้งานได้ (Servicability) ขององค์อาคาร ดังนั้นหากใน Model ขององค์อาคารซึ่งจำเป็นต้องกำหนดขนาด (Stiffness) ให้สอดรับกับความต้องการเบื้องต้นดังกล่าว

ความแข็งแรงซึ่งได้จากการกำหนดขนาดในโครงสร้างประเภทคานจะอยู่ในรูปของการดัด (Flexural Stiffness) ซึ่งมีเทอมง่ายๆ ในรูปของ EI นั่นคือหากกำหนดขนาดโตจะทำให้เกิดการเสียรูปน้อย และหน่วยแรง (Stress) น้อยไปด้วย

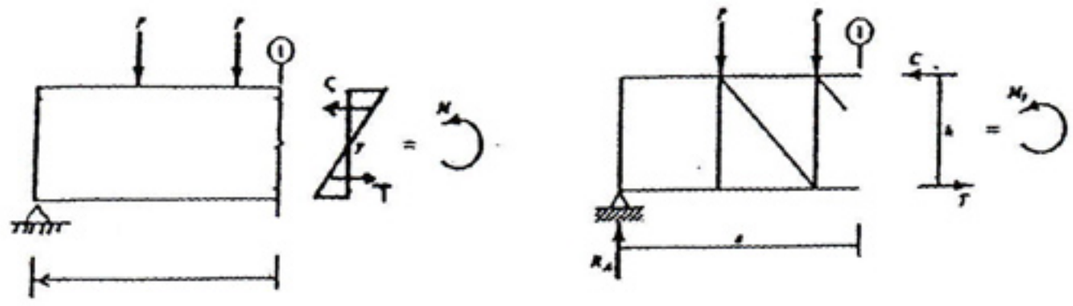
ดังนั้นในโครงข้อหมุนจึงจัดให้มีเนื้อวัสดุ 2 ก้อนอยู่ห่างกันให้มีความเฉื่อย (Inertia) ต่อการเคลื่อนที่ตามที่ต้องการ และเรียกก้อนสองก้อนนี้ว่า Upper และ Lower Chords แต่เนื่องจากมีวัตถุประสงค์ในการลดน้ำหนักบรรทุกคงที่ให้น้อยลง ชิ้นส่วนที่อยู่บนและล่างนี้จึงจำเป็นต้องลดขนาดเพื่อลดน้ำหนักตัวเอง จึงมีสภาพเป็นเพียงท่อนบอบบาง และต้องจัดชิ้นส่วนอื่นไว้เพื่อยึด Chords ทั้งสองไว้และทำหน้าที่ถ่ายผ่านน้ำหนักบรรทุกลงสู่ที่รองรับ เรียกกลุ่มของชิ้นส่วนหลังนี้ว่า Verticals and Diagonals และมักจัดรูปแบบของชิ้นส่วนต่างๆ ให้สมดุลอยู่ในรูปของสามเหลี่ยม รูปแบบเบื้องต้นของโครงข้อหมุนเป็นไปตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบเบื้องต้นของโครงข้อหมุน

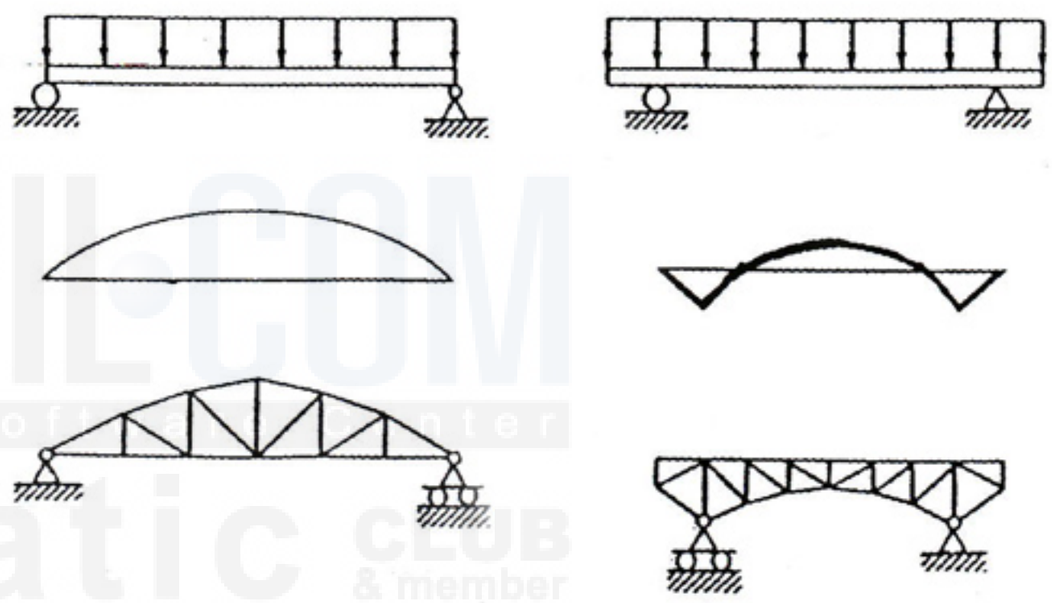
จะเห็นได้ว่า Upper และ Lower Chords เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญในการรับแรง ซึ่งปกติแล้วหากจัดให้โครงข้อหมุนช่วงธรรมดารับแรงในแนว Gravity แล้ว จะเกิด Tensite Stresses ที่ Lower Chords และ Compressive Stresses ที่ Upper Chords และขนาดของ Stresses ที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามทฤษฎีของคานที่จะเกิดหน่วยแรงแปรไปตามระยะที่วัดจากแกนสะเทิน (Neutral Axis) ดังรูปที่ 2 และขนาดของหน่วยแรงเป็นไปตามขนาดของโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น

เมื่อเป็นดังนี้ การจัดระยะห่างระหว่าง Chords ทั้งสองจึงต้องให้สอดรับ ทำให้โมเมนต์คู่ควบที่เกิดจากหน่วยแรงและขนาดของหน้าดัด Chords ที่ออกแบบไว้ มีค่าที่เป็นไปได้กับขนาดของโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น และอาจจะกล่าวว่า รูปแบบโครงสร้าง (Structural Form) ของโครงข้อหมุนมีรูปแบบเหมือนกับคาน ทั้งนี้หากพิจารณาโครงข้อหมุนเป็นคาน หน้าดัดของโครงข้อหมุนที่มีโมเมนต์ดัดมากต้องมีความลึกมากกว่าบริเวณที่หน้าตัดรับโมเมนต์ดัดน้อย



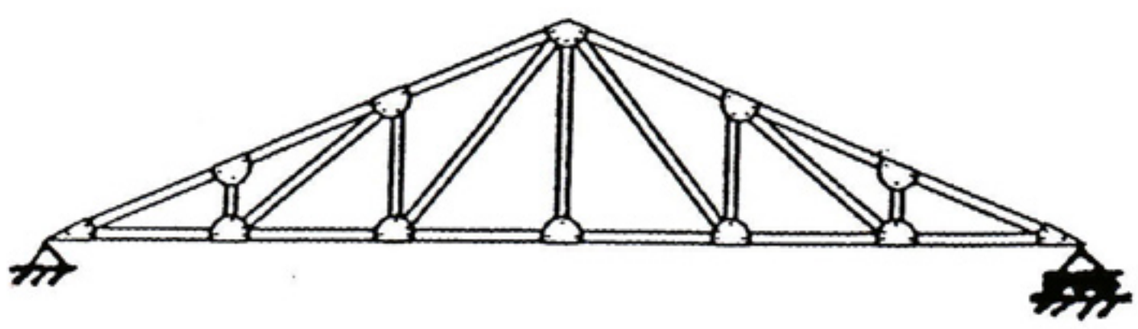
รูปที่ 2 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นที่หน้าตัดรับแรงดัด และแรงที่เกิดขึ้นใน Upper และ Lower Chords

รูปที่ 3 ข้างล่างนี้แสดงให้เห็นถึง Concept ในการกำหนดรูปร่าง (Configuration) ของโครงข้อหมุนที่พิจารณาว่ามีพื้นฐานมาจากคาน



รูปที่ 3 รูปแบบโครงสร้างของโครงข้อหมุนที่มีพฤติกรรมแบบคาน

ย้อนกลับมาในงานวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างในยุคสมัยปัจจุบัน ผู้ออกแบบที่เชื่อมั่นในเทคโนโลยียุคใหม่บางคนซึ่งอาจจะลืมความสำคัญของพื้นฐานความรู้ มักปล่อยภาระของการกำหนดรูปแบบของโครงข้อหมุนให้กับสมรรถนะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รูปทรงของโครงข้อหมุนสำหรับเขาเหล่านั้นรูปแบบหนึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงข้อหมุนที่การ Configuration กระทำได้ง่าย และอยู่ในความทรงจำของวิศวกรจำนวนหนึ่ง

โครงในรูปที่ 4 มีชื่อเรียก “Pratt Truss” จะเห็นว่าเป็นโครงข้อหมุนที่มีรูปแบบที่ง่าย การกำหนด Coordinate ของจุดต่อลำดับที่ของจุดต่อ (Node) และชิ้นส่วน (Element) กระทำได้ง่าย และการ input ข้อมูลที่สามารถใช้การเพิ่มจำนวนเท่าๆ กัน จะทำให้ผู้ออกแบบแก้ปัญหางานได้รวดเร็วมาก

Pratt Truss (และ Howe Truss โครงที่เหมือนกันต่างกันที่ diagonals ที่วางสลับกัน) จึงเป็นโครงข้อหมุนยอดนิยม ซึ่งก็ไม่แปลกอะไร ถ้าไม่พิจารณาปัจจัยอื่นๆ ในการออกแบบ

สิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เลยในการออกแบบ คือต้องคำนึงถึงผลของแรงนั้นๆ กับวัสดุที่ใช้ รวมทั้งผลกระทบอื่นๆ ด้วย ความรู้พื้นฐานของชิ้นส่วนรับแรงตามแนวแกน เช่น ชิ้นส่วนในโครงข้อหมุนนี้ จะพบว่ามีความแตกต่างกันในชิ้นส่วนที่มีแรงที่เกิดขึ้น หากเป็นแรงดึงหรือแรงอัด

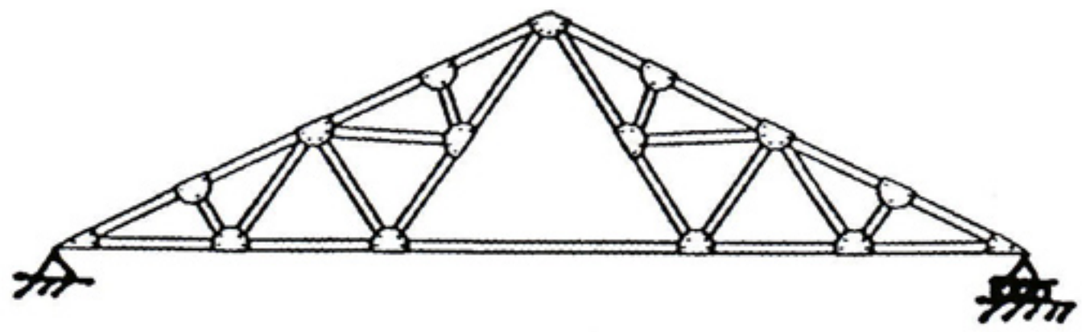
ชิ้นส่วนที่รับแรงดึงนั้น ความสามารถของหน้าตัดขึ้นอยู่กับขนาดของหน้าตัดนั้นกับชั้นคุณภาพของวัสดุที่ใช้ เช่น Yield Strength ของเหล็ก หรือ Strength ที่ Proportional Limit ของไม้ และอัตราส่วนความปลอดภัย โดยไม่ต้องคำนึงถึงความยาวของชิ้นส่วน แต่สำหรับชิ้นส่วนรับแรงอัดแล้ว จะพบว่าความสามารถของหน้าตัดนอกจากปัจจัยข้างต้นของกรณีรับแรงดึงแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความชะลูด (อัตราส่วนของความยาวต่อรัศมีไจเรชั่น) ของชิ้นส่วนนั้นด้วย

ภูมิปัญญาของคนโบราณเป็นสิ่งที่น่าสนใจตรงนี้ และคงไม่ยุติธรรมนักหากจะบอกว่าวิศวกรรุ่นก่อนมีความเก่งกาจกว่าพวกเราในยุคนี้ แต่อาจเป็นความจำเป็นที่วิศวกรในอดีตไม่ได้มีเครื่องมือในการวิเคราะห์เหมือนพวกเรา ความเข้าใจพื้นฐานในการรับแรงของโครงข้อหมุนจึงมีความจำเป็นมากกว่า และได้สร้างรูปแบบที่สำคัญๆ และถ่ายถอดลงมาจนถึงปัจจุบันนี้

โครงข้อหมุนในรูปที่ 5 นี้เป็นรูปแบบของการพิจารณาถึงปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด และโครงแบบ Pratt ได้ปรับเปลี่ยนไปเป็นโครงแบบ Fink Truss ซึ่งจะสังเกตเห็นว่า ความยาวของชิ้นส่วนใน Upper Chords จะถูกชอยให้สั้นลง และชิ้นส่วนล่างที่หน้าตัดกึ่งกลางช่วงอาจมีความยาวได้มากขึ้น เพราะรับแต่แรงดึง และหน้าตัดตรงนั้นมีความลึกของโครงมากนั่นเอง

ชื่อของโครงข้อหมุนเหล่านี้ ถูกลืมเลือนไปและผู้คนรุ่นใหม่ไม่รู้จักและไม่ค่อยสนใจที่จะทำความคุ้นเคยนัก หลายคนเชื่อว่า features ของโปรแกรมใหม่ๆ จะสามารถแก้ปัญหาได้ทุกสิ่งทุกอย่าง

ผลของการพิจารณาเลือกรูปแบบโครงสร้างตามตัวอย่างนี้นอกจากจะเป็นการใช้วัสดุอย่างชาญฉลาดสอดคล้องกับพฤติกรรม



รูปที่ 5 โครงข้อหมุน “Fink Truss”

จริงแล้ว อาจทำให้โครงสร้างมีราคาถูกขึ้นและยังคงไว้ซึ่งความปลอดภัย

ผู้เขียนไม่มีเจตนาที่จะคัดค้านการใช้คอมพิวเตอร์หรือวิธีการใหม่ๆ และยืนยันได้ว่าเป็นผู้บริโภคโปรแกรมต่างๆ ที่แพร่หลายมากที่สุดคนหนึ่ง เพียงแต่ว่าการกำหนดรูปแบบทางโครงสร้างนั้นไม่สามารถเลี่ยงความเข้าใจพื้นฐานของผู้ปฏิบัติงานนั้นได้ และเมื่อได้รูปแบบที่ดีเหมาะสมแล้ว จะใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยการคำนวณก็จะทำให้ได้งานที่ดี ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วเป็นอย่างยิ่ง

กลับมาที่ประเทศไทยของเรา นึกๆ ดูแล้วก็ต้องภาคภูมิใจในภูมิปัญญาของช่างในอดีต ซึ่งสังเกตดูจากงานวิศวกรรมโครงสร้างของบ้านทรงไทยแล้ว การจัดแจงเรื่องโครงหลังคาและตั้งชื่อต่างๆ มีจังหวะและเหมาะสมมาก ยิ่งไปกว่านั้นหากสังเกตกันให้ดีแล้วจะเห็นว่าการกำหนดเสาสอบเอียงเข้าหากันเป็นความสามารถในการกำหนดความแข็งแรงของเสาที่รับแรงด้านข้างเนื่องจากแรงลมกระทำกับหลังคาไทยทรงสูงที่ดีทีเดียว