สื่อการเรียนผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนตในสาขาวิศวกรรมโครงสร้าง

WEB-BASED LEARNING IN STRUCTURAL ENGINEERING

ธีรุตม์ อินทชาติ
ภูริศร์ ตรีกิตตินุรักษ์
วิภพ เฉลียวจิตติกุล
นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THEERUT INTASHART
PURIS TREEKITTINYRAK
VIPOB CHALEUJITTIKUL
Undergraduate Students, Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

ดร. วัฒนชัย สมิทธากร
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

DR. WATANACHAI SMITTAKORN
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Project Advisor

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนสำหรับเนื้อหาในสาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้าง สำหรับนิสิต นักศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมโยธา โดยอาศัยเครือข่ายอินเตอร์เนตใช้เทคนิคของภาพกราฟฟิคและภาพเคลื่อนไหวประกอบการแสดงตัวอย่าง เพื่อลดความน่าเบื่อหน่ายในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตสื่อการเรียนต่าง ๆ อีกทั้งยังบำรุงรักษาได้ง่ายอีกด้วย เว็ปเพจที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ภาษาไทยในการอธิบายเป็นหลัก

เนื้อหาในเว็ปเพจประกอบด้วยเนื้อหาใน 4 หัวข้อหลัก คือ (1) วงกลมของมอร์ ใช้ในการหาค่าหน่วยแรงตั้งฉากและหน่วยแรงเฉือนที่ระนาบใด ๆในสองมิติ (2) หลักการของมึลเลอร์-เบรสเลา ใช้สำหรับช่วยในการเขียนเส้นอินฟลูเอ็นซไลน์ (3) พฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งานและวิธีกำลังประลัย และ (4) การคำนวณแรงลัพท์ที่เกิดขึ้นในข้อต่อประเภทหมุดย้ำหรือสลักเกลียวเนื่องจากแรงกระทำเยื้องศูนย์

ABSTRACT

The objective of this project is to develop a web page for web-based learning in structural engineering. The materials are intended for undergraduate students in civil engineering interested to study via the Internet. Employing graphic and animation techniques in the presentation helps alleviate the boredom while studying. In addition to those advantages, the concept of web-based learning helps reduce the cost of conventional studying materials. Furthermore, they are easy to maintain. The web pages are written in Thai.

Contents in this web page consist of four majors topics: (1) Mohr's circle - a method to find the normal stress and shearing stress on any particular plane in two dimensions, (2) Müller-Breslau principle - a means of constructing an influence line, (3) flexural behavior of reinforced concrete beam by the methods of Working Stress Design and Ultimate Strength Design, and (4) connection - showing how to calculate the forces in the connectors under an applied eccentric load.

บทนำ

ในปัจจุบันการเรียนการสอนวิชาทางวิศวกรรมโยธาส่วนมากยังใช้สื่อการสอนเป็นกระดานกับแผ่นใส ซึ่งมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถแสดงภาพที่มีการเคลื่อนไหวได้ ทำให้การอธิบายเรื่องบางเรื่อง จะเข้าใจได้ยาก ปัญหาอีกอย่างหนึ่งของการศึกษา คือ ระยะทาง ในที่ห่างไกลยังขาดแคลนอาจารย์ ทำให้ไม่สามารถจักการเรียนการสอน เพื่อเป็นการแก้ปัญหาต่าง ๆดังกล่าว เราจึงทำโครงงานสื่อการเรียนผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนตโดยเลือกใช้เนื้อหาวิชาในสาขาวิศวกรรมโครงสร้างจำนวน4บท ซึ่งได้แก่ (1) Mohr's circle (2) Müller-Breslau principle (3) Flexural behavior of reinforced concrete beam และ (4) Connection สื่อการเรียนที่จะจัดทำขึ้นจะมีความสามารถแสดงภาพกราฟฟิคและภาพเคลื่อนไหวประกอบคำอธิบาย ทำให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น การใช้สื่อการเรียนผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนตจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษานอกเวลาด้วยตัวเองได้ จึงเป็นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ ทั้งยังเป็นการสนับสนุนการศึกษาแบบไร้พรมแดนอีกด้วย

MOHR'S CIRCLE

เนื้อหาในบทนี้อ้างอิงมาจาก [1] และ [2] จะกล่าวถึงเมื่อส่วนของโครงสร้างภายใต้แรงกระทำใด ๆทั้งแรงตามแนวแกน แรงเฉือน แรงดัด และแรงบิด หน่วยแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้น ณ จุดใด ๆ จะอยู่ในรูปของหน่วยแรงตั้งฉากและหน่วยแรงเฉือน หน่วยแรงตั้งฉากและหน่วยแรงเฉือนนี้จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเมื่อระนาบที่พิจารณาทำมุมต่าง ๆกัน

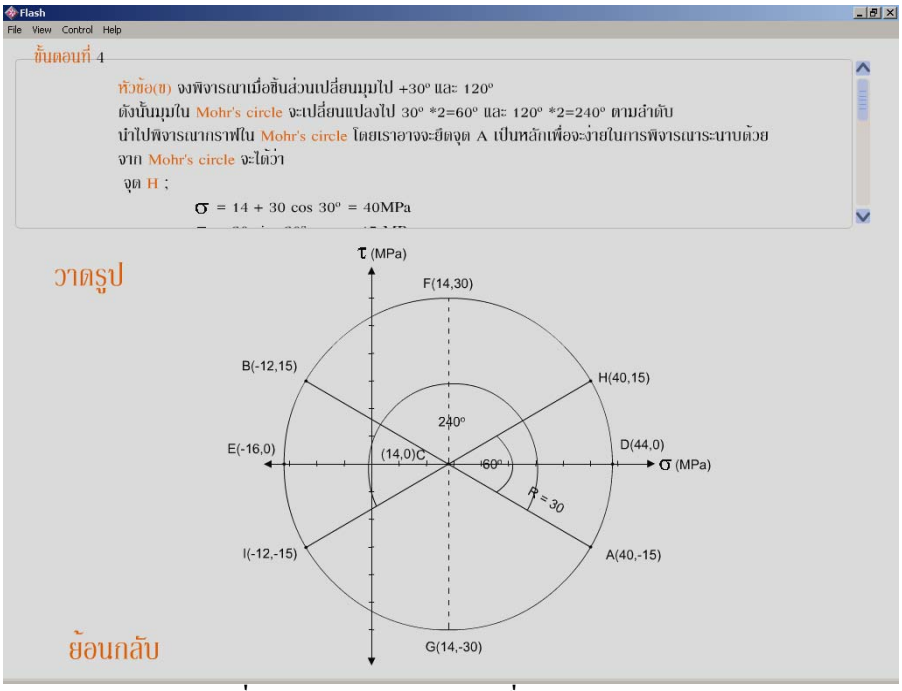
ค่าหน่วยแรงตั้งฉากและหน่วยแรงเฉือน ณ จุดใดจุดหนึ่งในระนาบเริ่มต้นที่ตั้งฉากกัน สามารถนำมาวาดวงกลมของมอร์ (Mohr's Circle) ได้ ซึ่งจากกราฟวงกลมของมอร์จะสามารถหาค่าของหน่วยแรงตั้งฉากและหน่วยแรงเฉือนในระนาบใด ๆได้ รวมทั้งหน่วยแรงตั้งฉากสูงสุด และ หน่วยแรงเฉือนสูงสุด ณ จุดนั้นได้

<u>การแสดงตัวอย่าง</u>

การอธิบายเนื้อหาเรื่อง Mohr's Circle นั้น จะแสดงอยู่ในรูปของโปรแกรม Macromedia Flash โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พิจารณาหน่วยแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนเล็ก ๆ โดยพิจารณาหน่วยแรงตั้งฉากและหน่วยแรงเฉือน
2. นำหน่วยแรงตั้งฉากและหน่วยแรงเฉือนมาวาดวงกลม Mohr's Circle โดยคำนวณจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลม
3. พิจารณามุมของระนาบที่เปลี่ยนแปลงไป
4. พิจารณาชิ้นส่วนเมื่อเปลี่ยนระนาบเป็นมุมต่าง ๆ

การแสดงตัวอย่างเรื่อง Mohr's Circle จะแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างการแสดงผลเรื่อง Mohr's Circle

MüLLER-BRESLAU PRINCIPLE

เนื้อหาในบทนี้อ้างอิงมาจาก [3] และ [4] ในปี คศ.1886 Professor Heinrich Müller-Breslau ได้คิดวิธีเขียนรูปร่างของอินฟลูเอ็นซไลน์สำหรับฟังชั่น เช่น แรงปฏิกิริยา แรงเฉือน และ โมเมนต์ ในคานได้อย่างรวดเร็ว โดยเรียกวิธีนั้นว่า Müller-Breslau principle คำจำกัดความของ อินฟลูเอ็นซไลน์ (influence line) คือ กราฟที่แสดงการแปรเปลี่ยนของฟังก์ชันหนึ่ง ๆ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งในโครงสร้าง ภายใต้น้ำหนักบรรทุกเคลื่อนที่หนึ่งหน่วย

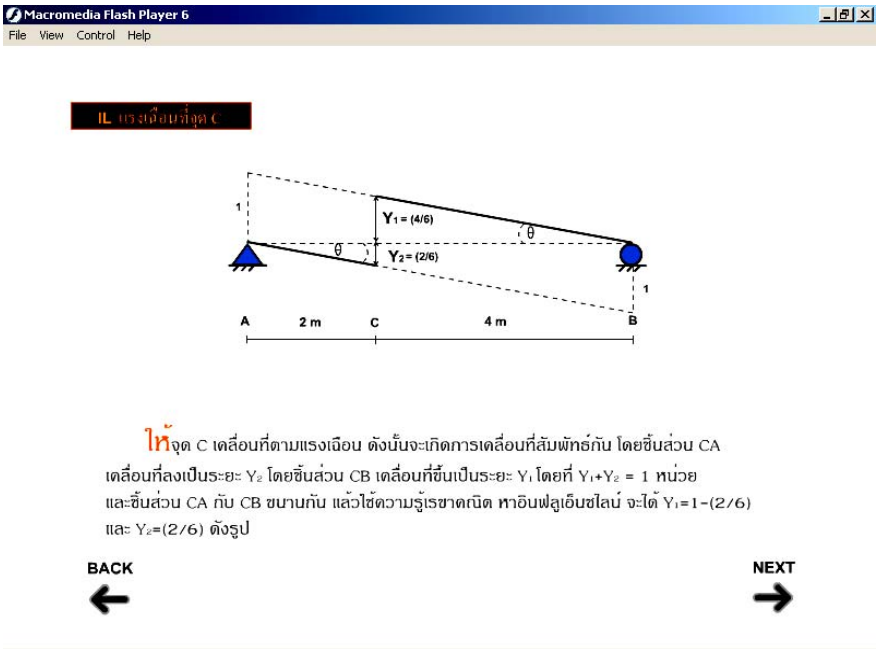
วิธีการหาอินฟลูเอ็นซไลน์ตามวิธีของ Müller-Breslau กล่าวไว้ว่า " อินฟลูเอ็นซไลน์ของฟังชันใด ๆ ณ จุดที่ต้องการในโครงสร้างแบบดีเทอร์มิเนทหรืออินดีเทอมิเนท จะมีค่าและรูปร่างเป็นสัดส่วนกับรูปแสดงการโก่งตัว (deflection curve) ของโครงสร้างที่เรียกว่า released structure ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ได้จากการทำให้จุดที่ต้องการนั้นไม่สามารถรับแรงในทิศทางของฟังก์ชันที่ต้องการ แต่ให้ตรงจุดที่ต้องการนั้นมีการเปลี่ยนตำแหน่งในทิศทางของฟังก์ชันที่ต้องการเท่ากับหนึ่งหน่วย "

<u>การแสดงตัวอย่าง</u>

การอธิบายเนื้อหาเรื่อง Müller-Breslau principle นั้น จะแสดงอยู่ในรูปของโปรแกรม Macromedia Flash โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พิจารณาน้ำหนักบรรทุกจร 1 หน่วย
2. Release Structure ณ จุดที่พิจารณา แล้วทำให้โครงสร้างเกิดการเคลื่อนที่หรือหมุนไปในทิศทางที่แรงกระทำเท่ากับหนึ่งหน่วย
3. เขียนเส้นโค้งอิลาสติกแสดงการโก่งตัวของ Released Structure ซึ่งจะได้เป็นกราฟของอินฟลูเอ็นซไลน์

การแสดงตัวอย่างเรื่อง Müller-Breslau principle จะแสดงดังรูปที่ 2 เป็นการจะแสดง influence line ของแรงเฉือน



รูปที่ 2 ตัวอย่างการแสดงผลเรื่อง Müller-Breslau principle

FLEXURAL BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE BEAM

เนื้อหาในบทนี้อ้างอิงมาจาก [5] คานคอนกรีตล้วนจะรับแรงไม่ได้มากเนื่องจากคอนกรีตจะร้าวและคานจะแตกหักที่ด้านรับแรงดึงเสียก่อนเนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติต้านทานแรงดึงได้น้อยมากนั่นเอง แต่ถ้านำเหล็กเส้นมาหล่อรวมกับคอนกรีตโดยให้เหล็กเส้นอยู่ในตำแหน่งที่จะทำหน้าที่รับแรงดึงทั้งหมดภายหลังจากที่คอนกรีตแตกร้าว คานที่ได้จะเรียกว่าคานคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยในเนื้อหาจะพิจารณาเฉพาะกรณีที่คานมีการเสริมเหล็กรับแรงดึงแต่เพียงอย่างเดียว ในสภาวะที่คานรับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน หน่วยแรงอัดสูงสุดในคอนกรีตยังมีค่าไม่เกินกว่า 0.5 f'_c และหน่วยแรงดึงสูงสุดในเหล็กเสริมยังไม่ถึงจุดคราก ดังนั้นหน่วยแรงต่าง ๆที่เกิดขึ้นจึงอยู่ในช่วงอิลาสติก การวิเคราะห์คานจะใช้วิธีหน่วยแรงใช้งาน แต่เมื่อคานรับน้ำหนักบรรทุกเกินกว่าน้ำหนักบรรทุกใช้งาน หน่วยแรงต่าง ๆบนหน้าตัดก็มีค่าเพิ่มขึ้นและเกินกว่าพิกัดยืดหยุ่นซึ่งหน่วยแรงเริ่มไม่เป็นสัดส่วนกับการยืดหดตัวที่เพิ่มขึ้นตามคุณสมบัติของวัสดุ ฉะนั้นคานคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีพฤติกรรมแบบอินอิลาสติก การวิเคราะห์คานจะใช้วิธีกำลัง

การวิเคราะห์คานคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งวิธีหน่วยแรงใช้งานและวิธีกำลังจะเริ่มต้นจากการสมมุติให้การกระจายของหน่วยการยืดหดตัวบนหน้าตัดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะห่างจากแกนสะเทิน จากนั้นจึงคำนวณหาตำแหน่งของแกนสะเทินโดยพิจารณาหน่วยแรงอัดในคอนกรีตที่อยู่เหนือแกนสะเทินและหน่วยแรงดึงในเหล็กเสริม ตามหลักการสมดุลก็จะได้กำลังต้านทานโมเมนต์สูงสุด

<u>การแสดงตัวอย่าง</u>

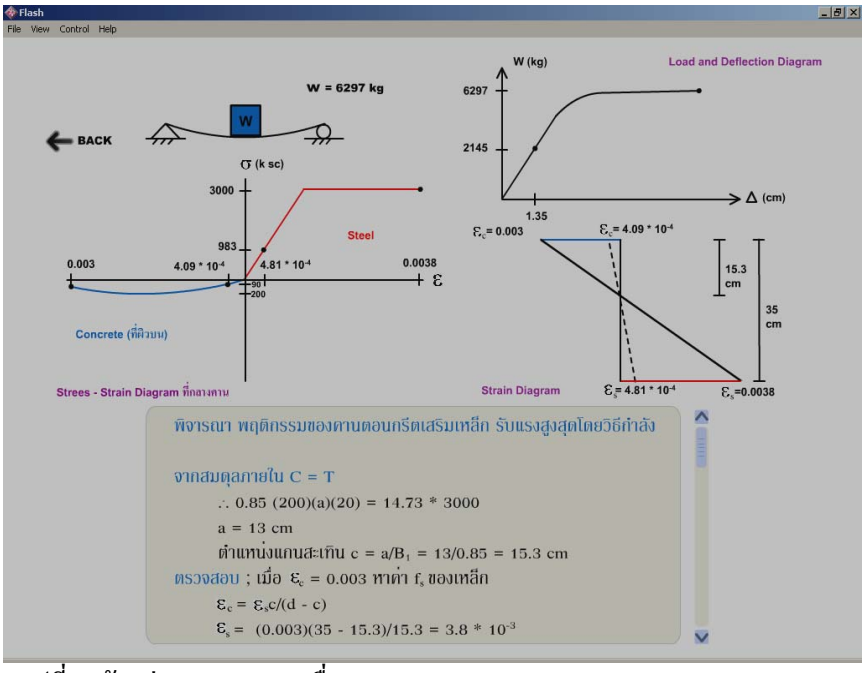
การอธิบายเนื้อหาเรื่องพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น จะแสดงอยู่ในรูปของโปรแกรม Macromedia Flash โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เพิ่มน้ำหนักบรรทุกที่กระทำลงบนคานตัวอย่างที่กำหนดให้
2. พิจารณาผลที่เกิดขึ้นที่กึ่งกลางคาน ซึ่งได้แก่
   - หน่วยการยืดหดตัวของคอนกรีตและเหล็กเสริม
   - หน่วยแรงอัดในคอนกรีตและหน่วยแรงดึงในเหล็กเสริม

- ค่าการโก่งตัวสูงสุด

3. เพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนถึงค่าสูงสุดที่คานจะสามารถรับได้ แล้วพิจารณาผลที่เกิดขึ้น

การแสดงตัวอย่างเรื่อง Flexural behavior of reinforced concrete beam จะแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างการแสดงผลเรื่อง Flexural behavior of reinforced concrete beam

CONNECTIONS

เนื้อหาในบทนี้อ้างอิงมาจาก [1] และ [2] โครงสร้างเหล็กประกอบขึ้นจากการนำองค์อาคารเหล็กแต่ละส่วนมายึดต่อกัน บริเวณที่มีการยึดต่อนี้เรียกว่า รอยต่อ (connection) ซึ่งจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ เพื่อให้เกิดการถ่ายแรงระหว่างองค์อาคารที่นำมายึดต่อกันได้อย่างปลอดภัย ดังนั้นการออกแบบรอยต่อดังกล่าว ตลอดจนวิธีการยึดต่อองค์อาคาร จึงมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการออกแบบองค์อาคารอื่นๆ ในที่นี้จะกล่าวถึงการยึดต่อโดยใช้ตัวยึด (connector) ซึ่งได้แก่ หมุดย้ำ (rivet) และสลักเกลียว (bolt)

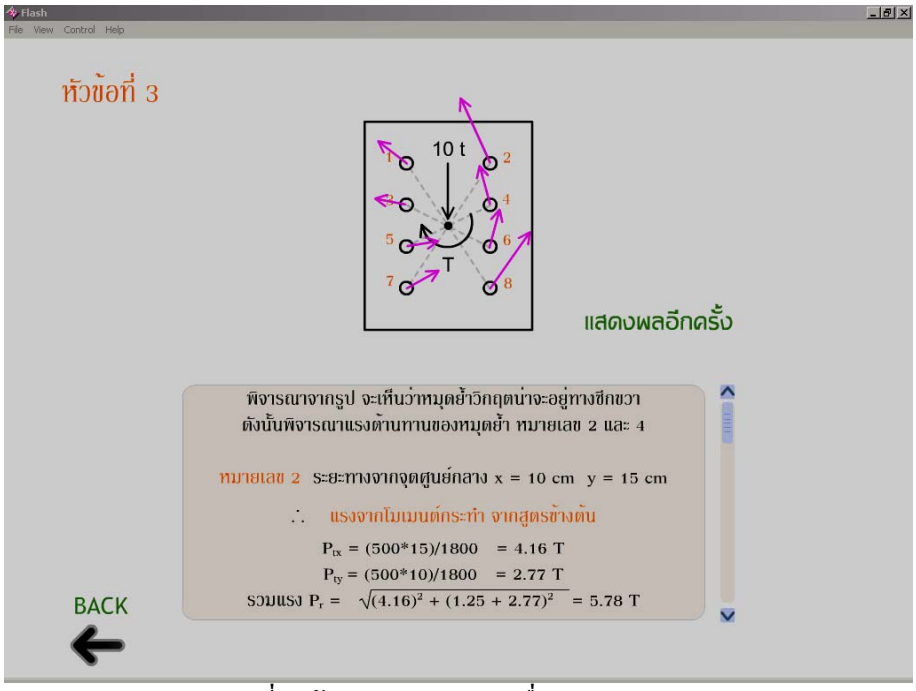
แรงกระทำที่ไม่ผ่านจุดศูนย์ถ่วงของจุดต่อ (แรงกระทำเยื้องศูนย์) สามารถแยกพิจารณาเป็นแรงกระทำที่ผ่านจุดศูนย์ถ่วง (แรงโดยตรง) บวกกับโมเมนต์คู่ควบกระทำรอบจุดศูนย์ถ่วง แรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นที่ตัวยึดแต่ละตัวสามารถหาได้จากผลของแรงโดยตรงรวมกับผลจากโมเมนต์คู่ควบ

<u>การแสดงตัวอย่าง</u>

การแสดงตัวอย่างประกอบเพื่ออธิบายเนื้อหาเรื่องข้อต่อแบบหมุดย้ำหรือสลักเกลียวนั้น จะแสดงอยู่ในรูปของโปรแกรม Macromedia Flash โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเกิดแรงที่จุดศูนย์ถ่วงของหมุดย้ำ ซึ่งประกอบด้วยแรงโดยตรงและโมเมนต์คู่ควบ
2. พิจารณาผลเนื่องจากแรงโดยตรง
3. พิจารณาผลเนื่องจากโมเมนต์คู่ควบ
4. พิจารณาผลรวมเนื่องจากแรงโดยตรงและโมเมนต์คู่ควบ
5. หาแรงลัพธ์ของหมุดย้ำมากที่สุดที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงที่มากระทำ

การแสดงตัวอย่างเรื่อง Connection จะแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างการแสดงผลเรื่อง Connection

เอกสารอ้างอิง

1. วินิต ช่อวิเชียร , กำลังวัสดุ , ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. สัมพันธ์พานิชย์ ดุสิต กรุงเทพ
2. Andrew Pytel , Ferdinand L. Singer , Strength of materials Forth Edition , Harper Collins Publishers
3. วินิต ช่อวิเชียร , การวิเคราะห์โครงสร้าง , ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. สัมพันธ์พานิชย์ ดุสิต กรุงเทพ
4. Structural Analysis , Louis C. Tartaglione , International Edition 1991 , McGraw-Hill,Inc.
5. วินิต ช่อวิเชียร , การออกแบบโครงสร้างเหล็ก , ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. สัมพันธ์พานิชย์ ดุสิต กรุงเทพ