การเพิ่มความลึกของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

DEPTH ADDING OF REINFORCED CONCRETE BEAM

พิพรรธ คุณความสุข[1,*], พงศธร คำภาแย่[1], โยธิน บัวชุม[1], Mengky Sorn[1], Chhaya Samhean[1], สรศักดิ์ เชียวศิริกุล[1] และ มานิตย์ จรูญธรรม[1]
[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่อยู่ 150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
[*]Corresponding author address: Benz.nk5@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอาคารมีการปรับเปลี่ยนวัตถุประสงค์การใช้งานจากการออกแบบครั้งแรกเป็นจำนวนไม่น้อย และอาคารขนาดเล็กเป็นอาคารที่ถูกปรับเปลี่ยนบ่อย เนื่องจากการเปลี่ยนเจ้าของกิจการทำให้มีการปรับปรุงอาคารเพื่อรองรับการใช้ตามวัตถุประสงค์ เช่น การเพิ่มน้ำหนักบรรทุกของอาคาร คานเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างที่ต้องปรับปรุงให้สามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มมากขึ้น หนึ่งในการปรับปรุงคือการเพิ่มความลึกของคาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาการเพิ่มความสามารถในการรับแรงดัดของคานช่วงเดียวอย่างง่ายโดยการหล่อเพิ่มความลึกหน้าตัดคาน ตัวอย่างทดสอบใช้กำลังอัดประลัย 222 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานที่อายุการบ่ม 28 วัน จำนวน 4 ชุดตัวอย่างๆมีความลึก 20cm, 25cm, 30cm และ35cm แต่ละชุดมี 3 ตัวอย่าง ทุกหน้าตัดเสริมความลึกด้วยคอนกรีตอีก 8cm ยึดคอนกรีตเก่ากับใหม่โดยการเจาะเสียบเหล็กปลอกรูปตัวยูประสานด้วยกาวอีพ็อกซีและเสริมเหล็กตามยาวล่างรับแรงดัดที่ความลึกประสิทธิผลเท่ากับคานปรกติบ่มโดยการแช่น้ำเป็นเวลา 28 วัน แล้วทดสอบหากำลังต้านทานแรงดัดและค่าการโก่งตัว พบว่าคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดเสริมทั้งหมดรับแรงดัดได้เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการคำนวณคานคอนกรีตเสริมเหล็กปรกติที่มีความลึกประสิทธิผลเท่ากันมีค่าเฉลี่ย 3.53 เท่าของทฤษฎีโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) และ1.47 เท่าของทฤษฎีโดยวิธีกำลัง (SDM)

คำสำคัญ: *ความลึกประสิทธิผล, พฤติกรรมการรับแรงดัด, การเสริมเหล็กรับแรงดัด*

Abstract

At present, the building has been modified for the first time design purposes. Small buildings are frequently modified due to the change of owner, resulting in improvements to the building for purposes such as the increased of carry load of the building. Beams are structural parts that need to be improved to carry more weight, one improvement is to increase the depth of the beam. The researchers then studied the increased flexural capacity of a simple beam the beam by increasing the depth of beams. The compressive strength of a standard cylindrical concrete 222 kilograms per square centimeter were used for this research with a curing age 28 day. The 4 sample combinations have a depth of 20cm, 25cm, 30cm and35cm Each set has 3 examples. All cross-sided pages reinforce the depth with another 8cm of concrete before pouring, preparing the surface roughly, fastening the old concrete Fasten old and new concrete by drilling a U-shaped steel casing insert coordinated with epoxy adhesive. And reinforcing the bending force steel at the Effective depth normal beams, curing by soaking in water for 28 days then test for bending strength and deflection. It was found that all reinforced concrete beams received an increase in bending force compared to normal reinforced concrete beams with the same depth of effectiveness. It has an average of 3.53 times the theory by the Working Stress Design (WSD) and 1.47 times that of Strength Design Method theory (SDM).

Keywords: *Effective depth, Bending behavior, Flexural steel reinforcement*

1. บทนำ

ปัจจุบันอาคารมีการปรับเปลี่ยนวัตถุประสงค์การใช้งานจากการออกแบบครั้งแรกเป็นจำนวนไม่น้อยอาคารที่สร้างไปแล้วต้องการเปลี่ยนแปลงการใช้งาน ทำให้ภาระการรับน้ำหนักเพิ่มขึ้น การก่อสร้างอาคารขนาดเล็กอาจมีปัญหาเรื่องการก่อสร้างที่ผิดรูปแบบและเนื่องด้วยเจ้าของกิจการปรับปรุงอาคารเพื่อรองรับการใช้ตามวัตถุประสงค์อย่างเช่น การเพิ่มน้ำหนักบรรทุกของอาคารชิ้น ส่วนโครงสร้างที่เป็นคานต้องถูกปรับปรุงให้สามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มขึ้น หนึ่งในการปรับปรุงคือการเพิ่มความลึกของ การวิจัยจึงมุ่งเน้นการศึกษาการเสริมคานเพื่อเพิ่มความสามารถการรับแรงดัดและพฤติกรรมการดัดของคาน ในขณะที่อาคารเดิมไม่ได้ออกแบบให้รับน้ำหนักตามที่ต้องการโดยการเพิ่มความลึกเทียบกับผลการคำนวณคานปรกติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของคานในการใช้งาน

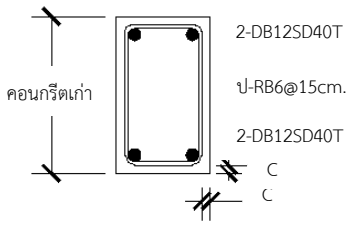
2. การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

ตัวอย่างคานทดสอบทั้งหมดใช้คอนกรีตกำลังอัดประลัยเฉลี่ย 222 กก/ซม^2 ที่อายุ 28 วัน รูปทรงกระบอกเสริมเหล็กยืนข้ออ้อยชั้นคุณภาพ 4,000 กก/ซม^2 ส่วนเหล็กปลอกใช้เหล็กเส้นกลมชั้นคุณภาพ 2,400 กก/ซม^2 คาน ค.ส.ล. หน้าตัดเสริมมีความลึกประสิทธิผล d ประกอบด้วย 21.5cm, 26.5cm, 31.5cm และ 36.5cm มีการเตรียมตัวอย่างทดสอบ ดังนี้

2.1 หล่อคาน ค.ส.ล. ขนาด 20cm, 25cm, 30cm และ35cm จำนวนชุดละ 3 ตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 1

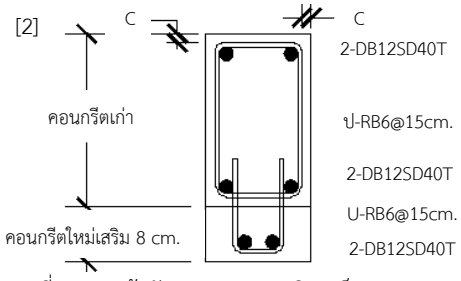
2.2 ก่อนเสริมคาน ค.ส.ล. จะต้องเตรียมผิวให้หยาบทุกครั้งเสียก่อนการเสริม คอนกรีตใหม่ที่เสริมมีความลึก 8 ซม. โดยเจาะเสียบเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. เป็นปลอกรูปตัวยูมีขาปลอกยาวข้างละ 7 ซม. ยึดเข้ากับคาน ค.ส.ล. ก่อนเสริมหน้าตัดด้วยกาว Epoxy และเสียบเหล็กข้ออ้อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. ตามยาวล่างมีระยะหุ้มคอนกรีต C, C1 2.5 ซม.และ 4.0 ซม. ตามลำดับ พร้อมติดกระจกแผ่นใสวัดการเลื่อนที่รอยต่อคอนกรีตระหว่างเก่ากับใหม่และทำการตีเส้นบนผิวข้างคานตรวจเช็ครอยร้าวที่เกิดจากการทดสอบแสดงดังรูปที่ 2, 3 และ4

[1]

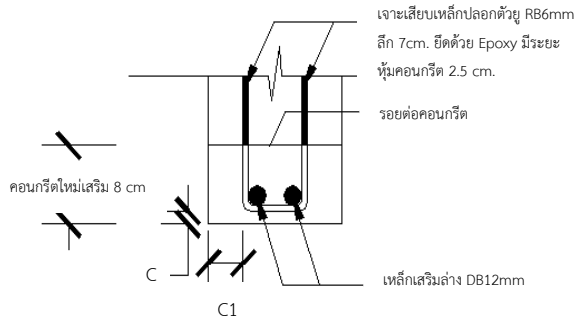


รูปที่ 1 หน้าตัดคาน ค.ส.ล. ก่อนเสริม

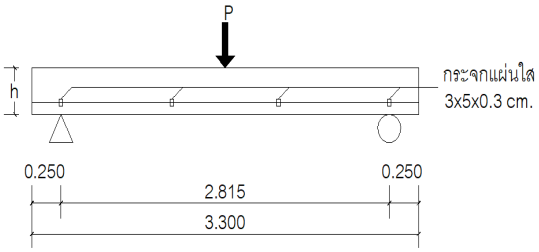
[2]



รูปที่ 2 หน้าตัดคานและการเสริมเหล็ก



รูปที่ 3 ขยายการเสียบเหล็กปลอกตัวยูยึดกับคอนกรีตเก่า



รูปที่ 4 ลักษณะการทดสอบคาน ค.ส.ล.

3. การติดตั้งและทดสอบ

3.1 ทำการทดสอบตัวอย่างทรงลูกบาศ์กมาตรฐาน 15x15x15cm ที่เก็บคาน ค.ส.ล. เพื่อนำกำลังที่กดคำนวณกำลังรับแรงดัดคานหน้าตัดปรกติโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน WSD และวิธีกำลัง SDM

3.2 ติดตั้ง Support เข้ากับเครื่องทดสอบ โดยมีระยะห่าง (Span Length) 2.815 เมตร

3.3 วางตัวอย่างคานคอนกรีตลงบน Support พร้อมทั้งนำแท่นกดด้านบน วางบนกึ่งกลางช่วง Span คาน แสดงดังรูปที่ 5

3.4 ให้น้ำหนักกดสม่ำเสมอโดยให้แรงด้วยไฮดรอลิกผ่าน Load cell กระทำตรงกลางช่วงคานและติดตั้ง Dial Gauge กึ่งกลางคานวัดการโก่งตัวทุกๆช่วงแรง 500 kg. ที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งวิบัติ

3.5 บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุด และค่าการโก่งตัวสูงสุดคาน ค.ส.ล. ของตัวอย่าง เพื่อนำไปคำนวณค่ากำลังดัด พร้อมทั้งวาดรูปลักษณะการวิบัติของตัวอย่างการทดสอบ

[3]

รูปที่ 5 คานและติดตั้งชุดเครื่องมือทดสอบ

4. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบคานทั้ง 4 ชุด 12 ตัวอย่างค่าของแรงกดและค่าการโก่งตัวที่จุดกึ่งกลางคานได้แสดงผลในตารางที่ 1 เมื่อนำแรงกดจากการทดสอบตารางที่ 1 ไปนำคำนวณวิธีหน่วยแรงใช้งาน WSD และวิธีกำลัง SDM สำหรับคานหน้าตัดปรกติเปรียบเทียบกับคานเสริมทุกหน้าตัดแสดงดังตารางที่ 2

ผลการทดสอบพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการโก่งตัวเฉลี่ยของคาน ค.ส.ล. หน้าตัดเสริม กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงใน

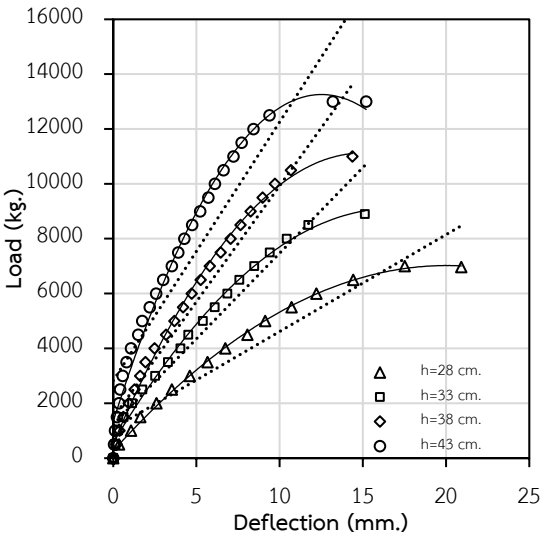
ช่วงแรกเช่นเดียวกันทุกชุดตัวอย่างทดสอบ เมื่อเพิ่มแรงกระทำมากขึ้นกราฟเริ่มโค้งสังเกตพบรอยร้าวบริเวณรอยต่อที่เพิ่มความลึกหลังจากนั้นคานไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นได้ดังชุดข้อมูลสุดท้ายตัวอย่าง จึงถือว่าคานถึงจุดประลัยดังแสดงดังรูปที่ 6 และคานที่ถูกทดสอบจนวิบัติดังแสดงในรูปที่ 7 ส่วนการเลื่อนของรอยต่อจะเกิดขึ้นเมื่อคานบรรทุกเกินจุดวิบัติดังแสดงในรูปที่ 8

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแรงกดและการโก่งตัวสูงสุดเฉลี่ย

ขนาด (cm.)	แรงกดเฉลี่ยสูงสุด (kg.)	ค่าการโก่งตัวเฉลี่ย (mm.)
15x28	7,000	17.51
15x33	8,900	15.12
15x38	11,000	14.44
15x43	13,000	13.20

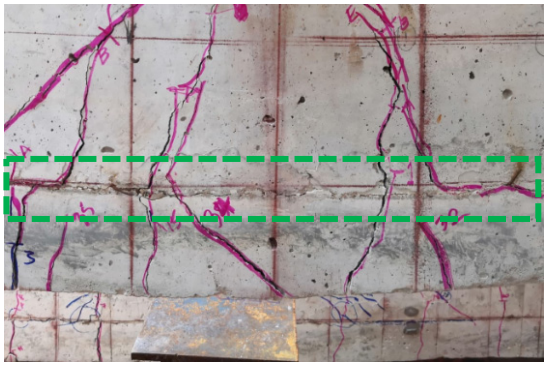
ตารางที่ 2 กำลังรับแรงดัดจากการทดสอบและทฤษฎีเฉลี่ยสูงสุด

ขนาด (cm.)	แรงดัดจากการทดสอบ (kg.-m)	แรงดัดทฤษฎีวิธี WSD (kg.-m)	แรงดัดทฤษฎีวิธี SDM (kg.-m)
15x28	5,026	1,467	3,499
15x33	6,381	1,837	4,402
15x38	7,877	2,194	5,296
15x43	9,302	2,569	6,189



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการโก่งตัวเฉลี่ยของคาน ค.ส.ล. หน้าตัดเสริม

รูปที่ 7 การวิบัติของคานทดสอบ



รูปที่ 8 รอยร้าวตามแนวรอยต่อ

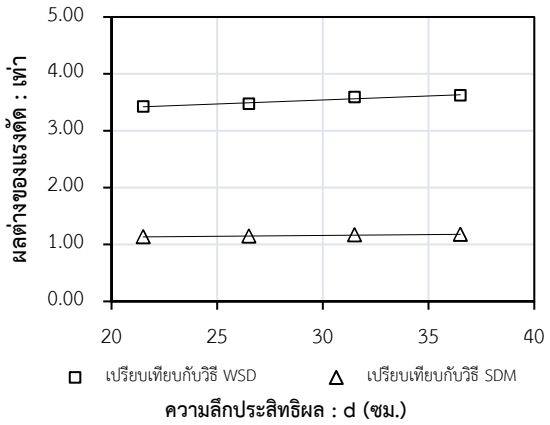
ผลการทดสอบความสามารถการรับแรงดัดคาน ค.ส.ล. หน้าตัดเสริมทั้งหมดโดยเปรียบเทียบกับผลการคำนวณโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน WSD และวิธีกำลัง SDM ดังแสดงในรูปที่ 9 แกน x คือ ความลึกประสิทธิผล (d) และแกน y คือ ผลต่างของแรงดัด (เท่า) และอธิบายรายละเอียดกราฟได้ดังต่อไปนี้

คานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดเสริม 0.28 m. ความลึกประสิทธิผล d เท่ากับ 21.5 cm. รับแรงกระทำที่กึ่งกลางคาน แรงดัดกระทำที่ได้จากการทดสอบมีค่ามากกว่าที่ตรวจสอบจากทฤษฎีได้ 3.43 เท่าของวิธีหน่วยแรงใช้งาน และ 1.44 เท่าของวิธีกำลัง

คานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดเสริม 0.33 m. ความลึกประสิทธิผล d เท่ากับ 26.5 cm. รับแรงกระทำที่กึ่งกลางคาน แรงดัดกระทำที่ได้จากการทดสอบมีค่ามากกว่าที่ตรวจสอบจากทฤษฎีได้ 3.47 เท่าของวิธีหน่วยแรงใช้งาน และ 1.45 เท่าของวิธีกำลัง

คานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดเสริม 0.38 m. ความลึกประสิทธิผล d เท่ากับ 31.5 cm. รับแรงกระทำที่กึ่งกลางคาน แรงกระทำที่ได้จากการทดสอบมีค่ามากกว่าที่ตรวจสอบจากทฤษฎีได้ 3.59 เท่าของวิธีหน่วยแรงใช้งาน และ 1.49 เท่าของวิธีกำลัง

คานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดเสริม 0.43 m. ความลึกประสิทธิผล d เท่ากับ 36.5 cm. รับแรงกระทำที่กึ่งกลางคาน แรงกระทำที่ได้จากการทดสอบมีค่ามากกว่าที่ตรวจสอบจากทฤษฎีได้ 3.62 เท่าของวิธีหน่วยแรงใช้งาน และ 1.50 เท่าของวิธีกำลัง



รูปที่ 9 ความสามารถการรับแรงดัดระหว่างผลการคำนวณ WSD และSDM กับคานหน้าตัดเสริม (รวมทั้งหมด)

5. การอภิปรายผล

การทดสอบแรงดัดคานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดเสริมทั้งหมดมีลักษณะการวิบัติเกิดจาก “โมเมนต์ดัดแตกร้าว” โดยรอยร้าวที่เกิดในช่วงแรกเกิดจากโมเมนต์ดัดจะปรากฏที่ผิวล่างบริเวณกลางคานก่อนมีแนวตั้งฉากกับความยาวคาน เมื่อน้ำหนักบรรทุกเพิ่มเกิน1.1 เท่าของการตรวจสอบทฤษฎีโดยวิธีกำลัง SDM รอยร้าวขยายขึ้นจนเลยแกนสะเทินและที่ปลายคานพบรอยร้าวในแนวเฉียงที่เกิดจากแรงดึงทแยงอันเนื่องมาจากแรงเฉือนและแรงดึง เมื่อพิจารณารอยต่อของคานไม่พบรอยแต่ร้าวตามรอยต่อซึ่งสังเกตจากกระจกที่ติดไม่ได้รับความเสียหายใด ต่อมาให้น้ำหนักบรรทุกได้1.5เท่าของการตรวจสอบทฤษฎีโดยวิธีกำลัง SDM คานคอนกรีตทุกหน้าตัดจะเกิดรอยร้าวแนวเอียงที่เกิดจากแรงดึงซึ่งเกิดต่อจากรอยร้าวที่เกิดจากโมเมนต์ดัดแตกร้าวขยายขึ้นไปยังจุดบรรทุกน้ำหนักจนคานไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้และเกิดรอยร้าวบริเวณรอยต่อ

6. สรุปผล

การเพิ่มความลึกของคานคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวน 4 ชุดตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง เพื่อหากำลังรับแรงดัดคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ได้ทำการเสริมหน้าตัดโดยมีความลึกประสิทธิผลเท่ากับคานคอนกรีตเสริมเหล็กปรกติ พบว่าการเสริมหน้าตัดสามารถรับแรงดัดได้เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการคำนวณคานคอนกรีตเสริมเหล็กปรกติที่มีความลึกประสิทธิผลเท่ากัน 3.53 เท่าของทฤษฎีโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD)เฉลี่ย และ1.47 เท่าของทฤษฎีโดยวิธีกำลัง (SDM)เฉลี่ย

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มานิตย์ จรูญธรรม และ อาจารย์ สรศักดิ์ เชียวศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่ง กรุณาให้ค่าปรึกษา แนะนำและช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับวิจัยตลอดจนควบคุมการทำวิจัยนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] R.B. Ataria, Y.C. Wang (2019). Bending and shear behaviour of two layer beams with one layer of rubber recycled aggregate concrete in tension University of Manchester, 214-225, United Kingdom.

[2] มงคล จิรวัชรเดช , (2557). *การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง SDM*, สาขาวิศวกรรมโยธา, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

[3] สมศักดิ์ คำปลิว (2558). *การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน WSD*, กรุงเทพมหานคร.

[4] พงษนธี มณีกุล, (2559). *การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD)*, หจก. เอ็ม แอนด์ เอ็ม เลเซอร์พริ้นต์.

[5] ไพโรจน์ ยอดสง่า, สรศักดิ์ เชียวศิริกุล (2561). *การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD)*, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

[6] ปนัสย์ชัย เชษฐ์โชติศักดิ์ (2561). *ออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง(SDM),* สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.