แผนการจัดการเรียนรู้

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

รหัสวิชา 3121-2102 และ 3108-9002 ท–ป–น 3-0-3

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557

จัดทำโดย

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

รายการตรวจสอบและอนุญาตให้ใช้

ชื่อวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

☐ ควรอนุญาตให้ใช้การสอนได้

☐ ควรปรับปรุงเกี่ยวกับ

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

...../...../.....

☐ เห็นควรอนุญาตให้ใช้การสอนได้

☐ ควรปรับปรุงดังเสนอ

☐ อื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

...../...../.....

☐ อนุญาตให้ใช้การสอนได้

☐ อื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้อำนวยการ

...../...../.....

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (ท-ป-น) 3-0-3 รหัสวิชา 3121–2102 และ 3108-9002** หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ผู้จัดทำได้ใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ การแก้ปัญหา การจัดกระบวนการ รวมทั้งการประเมินตามสภาพจริง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ในการเรียนรู้ ที่สามารถนำความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตประจำวันและการทำงาน นอกจากนี้ในแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ ยังมีการสอดแทรกความรู้ควบคู่คุณธรรม โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เช่น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความซื่อสัตย์สุจริต การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ความสามัคคีและความเป็นประชาธิปไตย ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อนักเรียนนักศึกษา อย่างสูงสุดในการเรียนรู้วิชานี้

รศ. กวี หวังนิเวศน์กุล

สารบัญ

คำนำ	ค
สารบัญ	ง
ลักษณะรายวิชา	จ
วิเคราะห์หัวข้อเรื่อง	ฉ
รายละเอียดหัวข้อเรื่อง	ช
รายละเอียดหัวข้อย่อย	ซ
รายละเอียดจุดประสงค์ปฏิบัติ	ญ
กำหนดการเรียนรู้	ฎ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	8
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	17
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	23
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	28
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	35
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	42
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8	53

	ลักษณะรายวิชา
	รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-9002 **ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ท-ป-น 3-0-3**
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. มีความรู้ความเข้าใจหลักการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน
2. มีความสามารถในการคำนวณออกแบบคาน พื้น บันได เสา และฐานราก
3. มีกิจนิสัยที่ดี สนใจใฝ่รู้ ทำงานด้วยความรอบคอบ และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและกระบวนการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. คำนวณออกแบบคาน พื้น บันได เสา และฐานราก

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับหลักการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คำนวณออกแบบคาน พื้น บันได เสา และฐานราก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

	วิเคราะห์หัวข้อเรื่อง
	รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-9002 **ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ท-ป-น 3-0-3**
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง แบบแผนภูมิลำดับ (Scalar Pattern) หรือ แบบแผนภูมิปะการัง (Coral Pattern)

	รายละเอียดหัวข้อเรื่อง
	รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-9002 **ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ท-ป-น 3-0-3**
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

หัวข้อหลัก (Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้ (Learning Unit)	**แหล่งข้อมูล**				
	A	B	C	D	E
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก	✓			✓	✓
2. การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน	✓			✓	✓
3. การออกแบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	✓			✓	✓
4. การออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก	✓			✓	✓
5. การออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	✓			✓	✓
6. การออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	✓			✓	✓
7. การออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก	✓			✓	✓
8. แบบฝึกทักษะการออกแบบอาคารสูง 2 ชั้น	✓			✓	✓

หมายเหตุ : A : คำอธิบายรายวิชา

B : ผู้เชี่ยวชาญ

C : ผู้ชำนาญงาน

D : ประสบการณ์ของครูผู้สอน

E : เอกสาร/ตำรา/คู่มือ

	รายละเอียดหัวข้อย่อย
	รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-9002 **ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ท-ป-น 3-0-3**
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
หัวข้อหลัก (Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้ (Learning Unit)	**หัวข้อย่อย (Element)**
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก	1.1 องค์ประกอบของคอนกรีต
	1.2 คำนิยามของคอนกรีตชนิดต่างๆ
	1.3 คุณสมบัติของคอนกรีต
	1.4 กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
	1.5 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
	1.6 การเก็บรักษาปูนซีเมนต์
	1.7 หินที่ใช้ในงานคอนกรีต
	1.8 ทรายที่ใช้ในงานคอนกรีต
	1.9 คุณสมบัติที่ต้องการของหินและทรายในงานก่อสร้าง
	1.10 เหล็กที่ใช้เสริมในงานคอนกรีต
	1.11 น้ำที่ใช้ผสมในงานคอนกรีต
	1.12 สารเคมีผสมเพิ่มในงานคอนกรีต
	1.13 การเทและระยะเวลาในการถอดแบบหล่อ
	1.14 ทฤษฎีและน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ
2. การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน	2.1 หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Working Stress)
	2.2 การวิเคราะห์คานคอนกรีตด้วยทฤษฎีอีลาสติก
	2.2.1 การคำนวณหาโมเมนต์ต้านทานของคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว
	2.2.2 การคำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน (กรณี คาน คสล. รับแรงดึงอย่างเดียว)
	2.2.3 การคำนวณหาโมเมนต์ต้านทานของคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับทั้งแรงดึงและแรงอัด
	2.2.4 การคำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน (กรณี คาน คสล. รับทั้งแรงดึงและแรงอัด)
	2.3 การวิเคราะห์โครงสร้างที่ต่อเนื่องกันหลายช่วง
3. การออกแบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	3.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
	3.2 พื้นคอนกรีตวางบนดิน
	3.3 พื้นคอนกรีตหล่อในที่วางบนโครงสร้าง
	3.3.1 พื้นชนิดเสริมเหล็กหลักทางเดียว
	3.3.2 แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ
	3.3.3 พื้นยื่น
	3.3.4 พื้นชนิดเสริมเหล็กหลักสองทาง

	รายละเอียดหัวข้อย่อย
	รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-9002 **ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ท-ป-น 3-0-3**
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
หัวข้อหลัก (Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้ (Learning Unit)	**หัวข้อย่อย (Element)**
4. การออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก	4.1 ข้อกำหนดของบันไดตามกฎกระทรวงควบคุมอาคารฉบับที่ 55
	4.2 ประเภทของบันได
	4.3 โครงสร้างบันไดที่วางพาดบนคานชั้นล่างกับคานชั้นบน
	4.4 บันไดท้องเรียบหรือพับผ้าที่มีคานรองรับด้านข้างทั้งสองข้างของขั้นบันได
	4.5 บันไดปลายยื่นที่ยึดติดกับคานหรือผนังข้างเดียว
5. การออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	5.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
	5.2 พฤติกรรมของโครงสร้างคานเมื่อมีน้ำหนักกระทำ
	5.3 ลักษณะการถ่ายน้ำหนักพื้นลงสู่คาน
	5.4 แรงเฉือนในคานและการเสริมเหล็กต้านทาน
	5.5 แรงบิดในคานและการเสริมเหล็กต้านทาน
6. การออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	6.1 ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก
	6.2 การออกแบบเสาสั้น
	6.3 การถ่ายน้ำหนักลงเสา
	6.4 การออกแบบเสายาว
	6.5 การออกแบบเสารับน้ำหนักเยื้องศูนย์
7. การออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก	7.1 ประเภทของฐานราก
	7.2 ประเภทของเสาเข็ม
	7.3 ชนิดของเสาเข็มสั้น
	7.4 ชนิดของเสาเข็มยาว
	7.5 การกระจายน้ำหนักของฐานราก
	7.6 หน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือน
	7.7 ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบฐานราก
8. แบบฝึกเสริมทักษะ การออกแบบอาคารพักอาศัยสูง 2 ชั้น	8.1 การพิจารณากำหนดโครงสร้างพื้นและการออกแบบ
	8.2 การพิจารณากำหนดโครงสร้างบันไดและการออกแบบ
	8.3 การพิจารณากำหนดโครงสร้างคานและการออกแบบ
	8.4 การพิจารณากำหนดโครงสร้างเสาและการออกแบบ
	8.5 การพิจารณากำหนดโครงสร้างฐานรากและการออกแบบ

	รายละเอียดจุดประสงค์การปฏิบัติ
	รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-9002 **ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ท-ป-น 3-0-3**
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
หัวข้อหลัก (Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้ (Learning Unit)	**จุดประสงค์การปฏิบัติ (Performance Objectives)**
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก	1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก 2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก 3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกต้องตามมาตรฐานทางช่างหรือวิศวกรรมอย่างถูกต้อง
2. การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน	1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Working Stress) และการวิเคราะห์คานคอนกรีตด้วยทฤษฎีอีลาสติกอย่างถูกต้อง 2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Working Stress) และการวิเคราะห์คานคอนกรีตด้วยทฤษฎีอีลาสติกอย่างถูกต้อง 3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Working Stress) และการวิเคราะห์คานคอนกรีตด้วยทฤษฎีอีลาสติกได้อย่างปลอดภัย
3. การออกแบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างปลอดภัย
4. การออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก	1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างปลอดภัย

	รายละเอียดจุดประสงค์การปฏิบัติ
	รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-9002 **ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ท-ป-น 3-0-3**
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
หัวข้อหลัก (Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้ (Learning Unit)	**จุดประสงค์การปฏิบัติ (Performance Objectives)**
5. การออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างปลอดภัย
6. การออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างปลอดภัย
7. การออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก	1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง 3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างปลอดภัย
8. แบบฝึกทักษะการออกแบบอาคารสูง 2 ชั้น	1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างพื้น บันได คาน เสา และฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างถูกต้อง 2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการคำนวณออกแบบโครงสร้างพื้น บันได คาน เสา และฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างถูกต้องตามลำดับขั้นตอน 3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

	กำหนดการเรียนรู้		
	รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-9002 **ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ท-ป-น 3-0-3**		
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม		
หน่วยที่	**ชื่อหน่วยการเรียนรู้**	**สัปดาห์ที่**	**ชั่วโมง**
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก	1	3
2.	การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน	2-3	6
3.	การออกแบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	4-6	9
4.	การออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก	7-8	6
5.	การออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	9-11	9
6.	การออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	12-13	6
7.	การออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก	14-16	9
8.	แบบฝึกทักษะการออกแบบอาคารสูง 2 ชั้น	17-18	6
รวม			54

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	**หน่วยที่ 1**
	ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	เวลาเรียนรวม 54 ชม.
	ชื่อหน่วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก	สอนครั้งที่ 1/18
ชื่อเรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก		จำนวน 3 คาบ

1. หัวข้อเรื่อง

1.1 องค์ประกอบของคอนกรีต
1.2 คำนิยามของคอนกรีตชนิดต่างๆ
1.3 คุณสมบัติของคอนกรีต
1.4 กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
1.5 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
1.6 การเก็บรักษาปูนซีเมนต์
1.7 หินที่ใช้ในงานคอนกรีต
1.8 ทรายที่ใช้ในงานคอนกรีต
1.9 คุณสมบัติที่ต้องการของหินและทรายในงานก่อสร้าง
1.10 เหล็กที่ใช้เสริมในงานคอนกรีต
1.11 น้ำที่ใช้ผสมในงานคอนกรีต
1.12 สารเคมีผสมเพิ่มในงานคอนกรีต
1.13 การเทและระยะเวลาในการถอดแบบหล่อ
1.14 ทฤษฎีและน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ

2. สาระสำคัญ

งานก่อสร้างในปัจจุบันนี้ ไม่ว่าจะเป็นอาคารแผงลอยเล็กๆ หรืออาคารตึกสูงระฟ้าต่างๆ แทบจะกล่าวได้ว่าหลีกเลี่ยงงานคอนกรีตไปไม่ได้เลย งานคอนกรีตถือได้ว่าเป็นสิ่งมหัศจรรย์อย่างหนึ่งของโลก โดยการนำส่วนผสมต่างๆคลุกเคล้ากันแล้วเทลงในแบบหล่อรูปร่างต่างๆ ตามที่จินตนาการไว้ได้อย่างง่ายๆ เมื่อแข็งตัวแล้วก็มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากมาย

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกต้องตามมาตรฐานทางช่างหรือวิศวกรรมอย่างถูกต้อง

4. สาระการเรียนรู้

4.1 องค์ประกอบของคอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ปูนซีเมนต์เพสต์และวัสดุผสมคละ

1.ปูนซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) คือส่วนผสมของปูนซีเมนต์ น้ำ และอากาศ ก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้ซีเมนต์เพสต์มีคุณสมบัติจับตัวเกาะแน่นกับวัสดุผสมได้ ปูนซีเมนต์จะเริ่มก่อตัวอย่างรวดเร็วในระยะแรก และค่อยๆ เกิด

ต่อเนื่องกันไปอย่างยาวนาน ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม ซีเมนต์เพสต์ที่เหลวเกินไปจะมีผลทำให้คอนกรีตรับกำลังได้ต่ำ คอนกรีตที่มีกำลังแข็งแรงดีนั้น จำเป็นต้องเลือกใช้ซีเมนต์เพสต์ที่มีความข้นเหลวที่เหมาะสม หรือเรียกว่ามีอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสม (Water Cement Ratio: W/C Ratio)

2.วัสดุผสมคละ (Aggregates) ได้แก่ วัสดุผสมหยาบและวัสดุผสมละเอียด วัสดุผสมหยาบ หมายถึงหินหรือ กรวด หรือวัสดุผสมที่ค้างบนตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 ส่วนวัสดุผสมละเอียด หมายถึงทราย หรือวัสดุผสมที่ร่อนผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 และค้างบนตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 200 ขนาดต่างๆ ของวัสดุผสมดูได้จากตารางที่ 1.1

4.2 คุณสมบัติของคอนกรีต

มาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ได้จัดทำกราฟสำหรับเปรียบเทียบค่ากำลังอัดไว้ ตามรูปที่ 1.1 โดยกำลังอัดของคอนกรีตทดสอบได้โดยใช้แบบหล่อรูปทรงกระบอก ∅ 15 x 30 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM–C192 หรือแบบหล่อรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. ตามมาตรฐาน BS 1881 : PART 3 ทำการทดสอบที่อายุ 3 วัน, 7 วันและ 28 วัน โดยทั่วไปถ้าทดสอบด้วยแบบหล่อรูปทรงลูกบาศก์ ค่าแรงอัดที่ได้จะมีค่าสูงกว่าทดสอบด้วยแบบหล่อรูปทรงกระบอกประมาณ 12–15%

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต (Modulus of Concrete; Ec) เป็นค่าหน่วยแรงต้านทานของแรงอัดกับค่าหน่วยแรงการหดตัวของคอนกรีต ซึ่งมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) กำหนดค่าของโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ดังนี้

$$Ec = w1.5 \times 4{,}270$$

$$= 15{,}210 \quad (\text{กก./ตร.ซม.})$$

เมื่อ w = หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตโดยประมาณ 2,323 - 2,400 กก./ลบ.ม.

fc’ = หน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน

4.3 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตามมาตรฐานของสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (American Society for Testing Materials; ASTM.) ได้แบ่งประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ไว้ 4 ประเภทคือ

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ รหัส C–150 ประเภทที่ 1 ถึง 5
2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักอากาศ รหัส C–175
3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เตาถลุง รหัส C–205
4. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน รหัส C–340

ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ รหัส C-150 ประเภทที่ 1 ถึง 5 เท่านั้น ส่วนปูนซีเมนต์ชนิดอื่นๆ นักศึกษาจะได้เรียนรู้อย่างละเอียดในวิชาคอนกรีตเทคโนโลยี ต่อไป

4.4 หินที่ใช้ในงานคอนกรีต

หินที่ใช้ในงานก่อสร้างนั้นได้มาจากการระเบิดหินจากภูเขา ซึ่งจะต้องมีการสำรวจทางธรณีวิทยาเสียก่อนว่าหินนั้นเป็นชนิดหินปูน (Lime Stone) หรือไม่ เนื่องจากเป็นหินที่นิยมนำมาย่อยใช้ในงานคอนกรีต หลังจากนั้นจึงขอสัมปทานในการทำเหมืองหิน ทำการระเบิดหินออกมาแล้วลำเลียงเข้าสู่เครื่องย่อยหิน (โม่) ชุดที่หนึ่ง หินที่มีขนาดเล็กกว่า 8 นิ้ว จะผ่านตะแกรงร่อนไปรวมกับหินที่ย่อยมาจากเครื่องย่อยที่หนึ่งไปสู่เครื่องย่อยชุดที่สองและชุดที่สาม เพื่อทำการย่อยหินให้เล็กลงอีกจนได้ขนาด 2”, 1½ ”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, หินเกล็ด, หินคลุก และหินฝุ่น ตามที่ต้องการ ส่วนหินที่ยังไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการก็นำกลับไปสู่เครื่องย่อยใหม่อีกครั้ง หินและทรายโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักประมาณ 1,400-1,600 กก./ลบ.ม. และมีค่าความ

ถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ประมาณ 2.4–2.9 ขนาดของหินที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปเรียกว่า หินสอง หมายถึงหินที่มีขนาดระหว่าง 1”–2”

4.5 ทรายที่ใช้ในงานคอนกรีต

รายเป็นวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างได้หลายประเภท เช่น ผสมในคอนกรีต ปรับระดับพื้นดิน ปรับพื้นที่จัดสวน ผสมปูนก่ออิฐและฉาบผนัง ใช้ผสมในอิฐบล็อก ใช้ผสมในงานตกแต่ง เช่น หินขัด หินล้าง เป็นต้น ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปจะมีขนาดเม็ดระหว่าง 0.075 – 2 มม. น้ำหนักเมื่ออยู่ในสภาพแห้งจะหนักประมาณ 1,400–1,650 กก./ลบ.ม. และ 1,800–2,000 กก./ลบ.ม. เมื่ออยู่ในสภาพเปียก

4.6 คุณสมบัติที่ต้องการของหินและทรายในงานวิศวกรรมก่อสร้าง

เนื่องจากหินและทราย (อาจเรียกว่า วัสดุมวลรวม หรือวัสดุผสมคละ) มีอัตราส่วนถึง 3 ใน 4 ส่วนของปริมาตรคอนกรีตหนึ่งหน่วย และถึงแม้ว่าวัสดุมวลรวมจะเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายก็ตาม ถ้าปราศจากการตรวจสอบคัดแยกวัสดุให้มีคุณสมบัติที่ถูกต้องแล้ว ย่อมทำให้งานก่อสร้างนั้นๆ ขาดคุณภาพ และอาจก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยได้

1. ความสะอาด (Clean)
2. การขนย้ายและกองเก็บ (Transport & Storage)
3. ให้ใช้ขนาดเม็ดใหญ่ที่สุด (Maximum Size of Aggregate)
4.ความแข็งแกร่ง (Strength)
5.ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี (Impact & Abrasion Resistance)
6. ความคงตัวต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability)
7. รูปร่างและลักษณะผิว (Particle Shape & Surface Texture)
8. ความลดหลั่นของขนาดหรือส่วนคละ (Gradation)
9. การดูดซึมและความชื้นที่ผิว (Moisture & Absorption)
10. ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

4.7 แนวทางการปองกันการประสบอันตรายเนื่องจากการทำงาน

มีแนวคิดหลักที่สำคัญอยู่ 3 ประการคือ

1. การปองกันที่ตนเหตุหรือแหลงที่กอใหเกิดอันตราย
2. การป้องกันที่ทางผานของสิ่งที่กอใหเกิดอันตรายมาสูคน และ
3. การป้องกันที่ตัวบุคคลที่เกี่ยวของ

4.8 เหล็กที่ใช้เสริมในงานคอนกรีต

เหล็กเส้นที่ใช้ในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก แบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

1.เหล็กเส้นกลม (Round Bars; RB)

ตามมาตรฐาน มอก. 20–2559 กำหนดให้เหล็กเส้นกลมมีชั้นคุณภาพที่ SR 24 ซึ่งหมายถึงเหล็กที่ต้องมีกำลังจุดครากไม่ต่ำกว่า 2,400 กก./ตร.ซม. ขนาดของเหล็กมีตั้งแต่ ∅ 6 มม. ถึง ∅ 25 มม. ส่วนความยาวมาตรฐานคือ 10 เมตร แต่ถ้าต้องการยาวมากกว่านี้ก็สามารถสั่งโรงงานได้เป็นพิเศษ

2. เหล็กข้ออ้อย (Deformed Bars; DB)

เนื่องจากผิวของเหล็กมีลักษณะเป็นปล้องๆ คล้ายอ้อย จึงเรียกว่า เหล็กข้ออ้อย ตามมาตรฐาน มอก. 24–2559 กำหนดให้เหล็กข้ออ้อยมีชั้นคุณภาพหลายชั้น เช่น SD30, SD40, SD50 ซึ่ง SD30 หมายถึงเหล็กที่ต้องมีกำลังจุดครากไม่ต่ำกว่า 3,000 กก./ตร.ซม หรือ SD40 หมายถึงเหล็กที่ต้องมีกำลังจุดครากไม่ต่ำกว่า 4,000 กก./ตร.ซม. ขนาดของเหล็กมีตั้งแต่ ∅ 12 มม. ถึง ∅ 40 มม.

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก (Modulus of Elasticity; Es)

เป็นค่าคงที่ของอัตราส่วนความเค้นต่อความเครียด ซึ่งค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นนี้ หมายถึงความเอียงลาดของกราฟเส้นตรงในช่วงที่เป็นพิกัดสัดส่วน (ดูรูปที่ 1.6) ซึ่งมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) กำหนดค่าของโมดูลัสยืดหยุ่น ไว้ดังนี้

Es = 2,040,000 (กก./ตร.ซม.)

อัตราส่วนโมดูลัส (Modulus Ratio; n)

เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก ต่อโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ดังนี้

$$n = \frac{Es}{Ec} = \frac{2,040,000}{15,210\sqrt{fc'}} = \frac{134.12}{\sqrt{fc'}}$$

4.9 การทาบเหล็ก ดามเหล็ก และงอปลาย

เป็นไปตามตารางที่ 1.8 และ 1.9

4.10 การเทและระยะเวลาในการถอดแบบหล่อ

คอนกรีตเมื่อเทลงในแบบหล่อแล้ว คอนกรีตก็จะเริ่มก่อตัวภายใน 24 ชั่วโมงแรกนี้ จึงต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการกระทบกระเทือนใดๆ กับโครงสร้างส่วนนั้นโดยเด็ดขาด

การเทคอนกรีตนั้นถ้าไม่สามารถเทให้เสร็จได้ในคราวเดียว ก็ให้หยุดตามที่กำหนด ดังนี้

- สำหรับเสา ให้เทถึงระดับ 2.50 ซม. ต่ำจากท้องคานหัวเสา
- สำหรับคาน ให้เทถึงกลางคาน และหยุดในแนวตั้งฉากเท่านั้น
- สำหรับพื้น ให้เทถึงกลางแผ่น และหยุดในแนวตั้งฉากเท่านั้น

4.11 ทฤษฎีและน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ

ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ มีอยู่ 2 วิธีคือ

1. ทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design) หรือทฤษฎีอีลาสติก (Elastic Design)

หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Stress) คือค่าความต้านทานสูงสุดของวัสดุนั้นๆ หารด้วยส่วนเผื่อความปลอดภัย มาตรฐานของสมาคมคอนกรีตแห่งอเมริกา (American Concrete Institute; ACI.) และมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ได้กำหนดค่าหน่วยแรงอัดที่ผิวของคอนกรีตที่ยอมให้ = 0.45 fc’ และหน่วยแรงดึงของเหล็กเสริมที่ยอมให้ = 0.50 fy เป็นต้น

2. ทฤษฎีกำลังประลัย (Ultimate Strength Design) หรือทฤษฎีกำลัง (Strength Design Method)

น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ออกแบบ แบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

1. น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load; DL) หมายถึงน้ำหนักบรรทุกที่มีลักษณะคงที่ตายตัว ไม่มีการเคลื่อนย้ายหรือเปลี่ยนแปลงขนาด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นชิ้นส่วนของโครงสร้างอาคารเป็นหลัก เช่น ฐานราก เสา คาน พื้น หลังคา ผนัง กระเบื้องปูพื้น เป็นต้น ดังตารางที่ 1.13

2. น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load; LL) หมายถึงน้ำหนักบรรทุกที่เป็นลักษณะมีการเคลื่อนย้าย หรือเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักได้ตลอดเวลา หรือบรรทุกอยู่ชั่วคราว เช่น น้ำหนักบรรทุกของผู้คนที่เข้าไปใช้ในอาคารนั้นๆ ตู้เก็บเอกสาร อุปกรณ์สำนักงาน รถยนต์ แรงลม เป็นต้น ดังตารางที่ 1.14

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูอธิบายเกี่ยวกับสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก**
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหรือซักถามก่อนเรียน

ขั้นสอน

3. ครูอธิบายเนื้อหาและให้ความรู้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 1 ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
5. นักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดที่ 1 หน้าชั้นเรียน พร้อมกับครูให้คำชี้แนะ

ขั้นสรุปและการประยุกต์

6. นักเรียนทำแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
7. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 1 พร้อมกับสรุปบทเรียนร่วมกัน

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนรายวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก** (**รหัส 3121-2102** และ **3108-9002**)

6.2 เว็บไซต์และสื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน

6.3 การอ้างอิงตามบรรณานุกรมของหนังสือเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีวัดผล

1. สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. ตรวจแบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 1
3. สังเกตและประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เครื่องมือวัดผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 1
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยอาจารย์และนักศึกษาร่วมกันประเมิน

เกณฑ์การประเมินผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล เกณฑ์ผ่าน ต้องไม่มีช่องปรับปรุง
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 1 เกณฑ์ผ่าน ทำถูกต้อง 80% ขึ้นไป
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คะแนนขึ้นอยู่กับการประเมินตามสภาพจริง

8. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

8.1 กิจกรรมเสนอแนะ

8.1.1 ให้นักศึกษาสังเกตสิ่งรอบตัว ทั้งในวิทยาลัยฯ และภายนอก ว่ามีสิ่งใดบ้างที่สัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนที่เรียนมา

8.2 งานที่มอบหมาย

8.2.1 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(.....)	(.....)
ตัวแทนนักเรียน	ครูผู้สอน

การประเมินผล
บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คำชี้แจง : คะแนนรวมต่อบท 100 คะแนนเต็ม

1. แบบฝึกหัดท้ายบท จำนวน 3 ข้อ ข้อละ 20 คะแนน รวม 60 คะแนน
3. ประเมินจิตพิสัยตามสภาพจริง 40 คะแนน

แบบประเมินผล

บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-900	**วิทยาลัย** ....
ชื่อ-สกุล..... **ระดับ**.....	**ครู** .....

ที่	**รายการประเมิน**	***คะแนนแบบทดสอบ (ถ้ามี)**		****คะแนนแบบประเมินผลการเรียนรู้ (แบบฝึกหัดท้ายบท)**		***ข้อที่**	****ข้อที่**
		คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้	คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้		
1	แบบฝึกหัดข้อที่ 1						
2	แบบฝึกหัดข้อที่ 2						
3	แบบฝึกหัดข้อที่ 3						
4	หรือข้อใดที่ครูเห็นสมควรกำหนดให้						
5							
6							
7							
8							
9							
10							
รวมคะแนนด้านทักษะ		**60**		**60**			
11	ความขยันหมั่นเพียร ความวิริยะอุตสาหะ			20			
12	ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์สุจริต			20			
รวมคะแนนด้านจิตพิสัย				**40**			
รวมคะแนนทั้งหมด				**100**		**รวม**	

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	**หน่วยที่ 2**
	ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	เวลาเรียนรวม 54 ชม.
	ชื่อหน่วย การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน	สอนครั้งที่ 2-3/18
ชื่อเรื่อง การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน		จำนวน 6 คาบ

1. หัวข้อเรื่อง

1.1 หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Working Stress)

1.2 การวิเคราะห์คานคอนกรีตด้วยทฤษฎีอีลาสติก

1.2.1 การคำนวณหาโมเมนต์ต้านทานของคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว

1.2.2 การคำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน (กรณีคาน คสล. รับแรงดึงอย่างเดียว)

1.2.3 การคำนวณหาโมเมนต์ต้านทานของคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับทั้งแรงดึงและแรงอัด

1.2.4 การคำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน (กรณีคาน คสล. รับทั้งแรงดึงและแรงอัด)

1.3 การวิเคราะห์โครงสร้างที่ต่อเนื่องกันหลายช่วง

2. สาระสำคัญ

การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน มีสมมติฐานดังนี้

1. กำหนดให้คอนกรีตและเหล็กเสริมเกิดการยืดหยุ่นตัวร่วมกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎของฮุค (Hook's Law) กล่าวคือความเค้นกับความเครียดจะเป็นสัดส่วนกันโดยตรงกับระยะจากแกนสะเทิน (Neutral Axis)

2. เมื่อเกิดแรงดัดขึ้นกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ระนาบรูปตัดเดิมจะยังคงอยู่ในแนวตั้งฉากกับแนวแกนนอน

3. แรงยึดเหนียว (Bonding) ระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม จะเกิดขึ้นร่วมกันอย่างสมบูรณ์เนื่องจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวของคอนกรีตและเหล็กเสริมมีค่าใกล้เคียงกัน

4. คอนกรีตที่อยู่ใต้แนวแกนสะเทิน จะไม่คิดกำลังต้านทานแรงดึงเลย แต่จะใช้เหล็กเสริมทำหน้าที่ต้านทานแรงดึง

5. กำหนดให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีคุณภาพสม่ำเสมอตลอดทั้งหน้าตัด มีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกคงที่

6. กำหนดให้ ค่าอัตราส่วนโมดูลัส (n) คืออัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม (Es) ต่ออัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต (Ec) ซึ่งค่า n นี้ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 6

$$n = Es/Ec$$

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน
2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน
3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานที่ถูกต้องตามมาตรฐานทางวิศวกรรมอย่างถูกต้อง

4. สาระการเรียนรู้

4.1 หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Working Stress)

1. หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต (fc)

ตามมาตรฐานของ วสท. 01007-19 กำหนดค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตไว้ดังนี้

เมื่อรับแรงดัด

- หน่วยแรงอัดที่ผิว fc = 0.45 fc’
- หน่วยแรงดึงที่ผิวฐานรากและกำแพงคอนกรีตล้วน fc = 0.42 $\sqrt{fc'}$

ตามกฎกระทรวงควบคุมอาคาร ฉบับที่ 6 ถ้าไม่มีผลทดสอบจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ ก็กำหนดให้ใช้ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตไว้ดังนี้

- หน่วยแรงอัดของคอนกรีตล้วน fc = 0.333 fc’ แต่ไม่เกิน 60 กก./ตร.ซม.
- หน่วยแรงอัดของคอนกรีตเสริมเหล็ก fc = 0.375 fc’ แต่ไม่เกิน 65 กก./ตร.ซม.

2. หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริม (fs)

ตามกฎกระทรวงควบคุมอาคาร ฉบับที่ 6 และมาตรฐาน วสท. 01007-19 กำหนดให้ใช้ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมไว้ดังนี้

- หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับเหล็กเสริม (fs) เมื่อโครงสร้างรับแรงดึง
- เหล็กเส้นกลม ที่มีกำลังคลาก fy = ตั้งแต่ 2,400 กก./ตร.ซม.

  fs = ไม่เกิน 1,200 กก./ตร.ซม.
- เหล็กข้ออ้อย ที่มีกำลังคลาก fy = 2,400 – 3,500 กก./ตร.ซม.

  fs = 0.5 fy แต่ไม่เกิน = 1,500 กก./ตร.ซม.

3. หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (v_c)

หน่วยแรงเฉือนสูงสุด (v) ที่เกิดขึ้นกับองค์อาคาร จะเกิดขึ้นที่ระยะ d ห่างจากขอบที่รองรับ โดยใช้สูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$v = \frac{V}{bd} \quad \text{(กก./ตร.ซม.)}$$

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (vc) สำหรับองค์อาคารคอนกรีต ยอมให้เกิดหน่วยแรงเฉือนได้ไม่เกิน ดังนี้

$$v_c = 0.29\sqrt{fc'} \quad \text{(กก./ตร.ซม.)}$$

4. หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ (u_a)

องค์อาคารคอนกรีตที่ต้องรับแรงดัดหรือแรงดึง จะมีเหล็กเสริมที่ทำหน้าที่ต้านทานหน่วยแรงดัดนั้นๆ และมีหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้น (u) จากแรงดัดที่หน้าตัดใดๆ สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$u = \frac{V}{\Sigma_0 j.d} \quad \text{เมื่อ } \Sigma_0 = \text{ผลรวมเส้นรอบรูปของเหล็ก}$$

คำนวณหาความยาวของระยะฝังเพื่อการยึดเหนี่ยว (L) ได้ดังนี้

แรงดึงของเหล็ก = แรงยึดเหนี่ยวของเหล็กกับคอนกรีต

$$\frac{\pi D^2}{4}.fs = \pi.D.L.u_a$$

$$\therefore \; L = \frac{D.fs}{4u_a}, \quad \text{เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก}$$

สำหรับหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ (u_a) คำนวณหาได้ ดังนี้

ตามมาตรฐาน ASTM - A305 สำหรับเหล็กข้ออ้อยรับแรงดึง

- กรณีเหล็กบน = $\frac{2.29\sqrt{fc'}}{D}$ แต่ต้องไม่เกิน 25 กก./ตร.ซม.

- เหล็กอื่นที่ไม่ใช่เหล็กบน = $\frac{3.23\sqrt{fc'}}{D}$ แต่ต้องไม่เกิน 35 กก./ตร.ซม.

4.2 การวิเคราะห์คานคอนกรีตด้วยทฤษฎีอีลาสติก

1. การคำนวณหาโมเมนต์ต้านทานของคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว ให้พิจารณารูปที่ 2.2 พฤติกรรมการต้านทานโมเมนต์ดัด

การคำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน (กรณีคาน คสล. รับแรงดึงอย่างเดียว)

การคำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทินก็คือ การคำนวณหาค่า k นั้นเอง โดยมีวิธีวิเคราะห์หาได้ดังนี้

กรณีที่ 1 : เมื่อทราบค่า fc, fs

จากรูปที่ 2.2 (ง) $$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = \frac{fc/Ec}{fs/Es} = \frac{fc.Es}{fs.Ec} = n\frac{fc}{fs}$$ .....(1)

จากรูปที่ 2.2 (ค) $$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = \frac{kd}{d - kd} = \frac{k}{1 - k}$$ .....(2)

จากสมการ (2) = (1) $$\frac{k}{1 - k} = n\frac{fc}{fs}$$ .....(3)

$$\therefore \quad k = \frac{1}{1 + \frac{fs}{n.fc}}$$ ... .(4)

กรณีที่ 2 : เมื่อทราบค่า n, p

จากรูปที่ 2.2 (ข) เมื่อ T = C

fs.As = ½ fc.b.kd ....(5)

และ Ms = T.jd = fs.As.jd

$$\therefore \quad As = \frac{M}{fs.jd}$$

หรือ Mc = C.j.d = ½ fc.b.kd.jd = ½ fc.k.j.bd^2

เมื่อให้ R = ½ fc.k.j

$\therefore$ Mc = R.bd^2

หรือ $d = \sqrt{\frac{M}{R.b}}$

เมื่อทราบร้อยละของเหล็กเสริม $p = \frac{As}{bd}$ หรือ As = p.b.d นำไปแทนค่าในสมการ (5)

$$fs.p.b.d = \tfrac{1}{2}\, fc.b.kd$$

$$fs = \frac{\frac{1}{2}\, fc.b.kd}{p.bd} = \frac{fc.k}{2p}$$

$$\frac{fs}{fc} = \frac{k}{2p}$$

จากสมการ (3) $\frac{k}{2p} = \frac{n\,(1 - k)}{k}$

$$\therefore\ k = \sqrt{2n.p + (n.p)^2} - n.p \quad \text{.....(6)}$$

อธิบายตามตัวอย่างที่ 2.1, 2.2 และ 2.3 ให้เข้าใจ

2. การคำนวณหาโมเมนต์ต้านทานของคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับทั้งแรงดึงและแรงอัด

การคำนวณหาเหล็กเสริมรับแรงอัด (As’)

$$M_1 = \tfrac{1}{2}\, fc.k.j.bd^2 = R.bd^2 = As_1.fs.jd$$

$$M_2 = As'.fs'\,(d - d') = As_2.fs\,(d - d')$$

$$\therefore\ As_1 = \frac{M_1}{fs.j.d}$$

และ $As_2 = \frac{M_2}{fs.(d - d')}$

∴ พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึงทั้งหมด $As = As_1 + As_2$

$$= \frac{M_1}{fs.j.d} + \frac{M_2}{fs.(d - d')}$$

สำหรับการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงอัด ต้องพิจารณาจากการสมดุลของแรงดังนี้

$$C_2 = T_2$$

$As'.fs' = As_2.fs$

ในช่วงอีลาสติกนั้น หน่วยแรงในเหล็กจะเป็นปฏิภาคกับระยะแนวแกนสะเทิน นั่นคือ

$$\frac{fs}{fs'} = \frac{d - kd}{kd - d'}$$

$$\therefore \quad fs' = fs.\frac{kd - d'}{d - kd} = fs.\frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k}$$

ตามมาตรฐานของ วสท. กำหนดให้หน่วยแรง fs' มีค่าเป็น 2 เท่าของหน่วยแรงที่คำนวณได้จากทฤษฎีอีลาสติก

$$\therefore \quad fs' = 2.fs\ \frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k}$$

แทนค่า fs' ลงในสมการสมดุล $As'.fs' = As_2.fs$

$$2As'.fs.\frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k} = As_2.fs$$

$$2As' = \frac{As_2.fs}{fs}\left[\frac{1 - k}{k - \frac{d'}{d}}\right]$$

$$\therefore \quad As' = \frac{1}{2}.As_2\left[\frac{1 - k}{k - \frac{d'}{d}}\right]$$

ถ้าให้ $K = \frac{1}{2}.\left[\frac{1 - k}{k - \frac{d'}{d}}\right]$, $\therefore \quad As' = k.As_2$

การคำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน (กรณีคาน คสล.รับทั้งแรงดึงและแรงอัด)

การคำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทินก็คือ การคำนวณหาค่า k นั้นเอง โดยมีวิธีวิเคราะห์หาได้ ดังนี้

กรณีที่ 1 : เมื่อทราบค่า n, fs และ fc สามารถหา k ได้จากสมการที่ (4)

$$k = \frac{1}{1 + \frac{fs}{n.fc}}$$

กรณีที่ 2 : เมื่อทราบค่า As, As', b และ d

จากสมการสมดุลพบว่า แรงอัดทั้งหมด = แรงดึงทั้งหมด

C1 + C2 = T1 + T2

½ fc.b.kd + As'fs' = As_1 .fs + As_2 .fs

½ fc.b.kd + As'fs' = As .fs ....(7)

จากการวิเคราะห์หน่วยแรงการยืดหดตัวของคอนกรีตและเหล็กเสริม จะได้

$$fs = n.fc\,\frac{(d - kd)}{(kd)} = n.fc\,\frac{(1 - k)}{(k)} \quad .....(8)$$

และ $$fs' = 2fs\,.\frac{(kd - d')}{(d - kd)} \quad ..... \quad (9)$$

แทนค่า (8) ลงใน (9) จะได้ $$fs' = 2n.fc.\frac{(kd - d')}{(kd)} \quad (10)$$

จากค่า $$p = \frac{As}{bd}, \quad \therefore As = pbd \quad .....(11)$$

และ $$p' = \frac{As'}{bd}, \quad \therefore As' = p'bd \quad .....(12)$$

นำสมการ (10), (11), (12) ไปแทนค่าลงใน (7)

$$\frac{1}{2}fc.b.kd + \left[(p'bd)(2n.fc\frac{(kd - d')}{(kd)}\right] = \left[(pbd).n.fc\frac{(kd - d')}{(kd)}\right] \quad .....(13)$$

จากสมการ (13) หารตลอดด้วย fc.bd และคูณตลอดด้วย 2k จะได้

$$k^2 + 4np'kd\frac{\left(\frac{k - d'}{d}\right)}{kd} = 2npd\frac{(1 - k)}{d}$$

$$k^2 + 2nk(p + 2p') = 2n\left[p - 2p'\left(\frac{d'}{d}\right)\right]$$

$$k^2 + 2nk(p + 2p') + n^2(p + 2p')^2 = 2n\left[p - 2p'\left(\frac{d'}{d}\right)\right] + n^2(p + 2p')^2$$

$$\left[k + n(p + 2p')\right]^2 = 2n\left[p - 2p'\left(\frac{d'}{d}\right)\right] + n^2(p + 2p')^2$$

$$k + n(p + 2p') = \sqrt{2n\left[p + 2p'\left(\frac{d'}{d}\right)\right] + n^2(p + 2p')^2}$$

$$k = \sqrt{2n\left(p + \frac{2p'd'}{d}\right) + n^2(p + 2p')^2} - n(p + 2p') \quad .....(14)$$

อธิบายตามตัวอย่างที่ 2.4 และ 2.5 ให้เข้าใจ

4.3 การวิเคราะห์โครงสร้างที่ต่อเนื่องกันหลายช่วง

ตามมาตรฐาน วสท.01007-19 อนุญาตให้ใช้วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างอย่างประมาณ เพื่อคำนวณหาค่าโมเมนต์และแรงเฉือน เพื่อออกแบบคานต่อเนื่อง และแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดัดทางเดียว โดยมีเงื่อนไขว่า

1. มีตั้งแต่ 2 ช่วงขึ้นไป และแต่ละช่วงเท่ากันโดยประมาณ โดยมีความยาวช่วงยาวยาวกว่าช่วงสั้นที่อยู่ติดกันไม่เกินร้อยละ 20
2. รับน้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายสม่ำเสมอเต็มช่วงองค์อาคาร
3. น้ำหนักบรรทุกจรไม่มากกว่าน้ำหนักบรรทุกคงที่เกิน 3 เท่า
4. องค์อาคารมีลักษณะเป็นแท่งหน้าตัดคงที่เท่ากันตลอด

ให้พิจารณาตามรูปที่ 2.4 และอธิบายให้เข้าใจ

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูอธิบายเกี่ยวกับสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ **การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน**
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหรือซักถามก่อนเรียน

ขั้นสอน

3. ครูอธิบายเนื้อหาและให้ความรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน
4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 2 ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
5. นักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดที่ 2 หน้าชั้นเรียน พร้อมกับครูให้คำชี้แนะ

ขั้นสรุปและการประยุกต์

6. นักเรียนทำแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 2 เรื่องการออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
7. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 2 พร้อมกับสรุปบทเรียนร่วมกัน

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนรายวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก** (รหัส 3121-2102 **และ** 3108-9002)

6.2 เว็บไซต์และสื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน

6.3 การอ้างอิงตามบรรณานุกรมของหนังสือเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีวัดผล

1. สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล

2. ตรวจแบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 2
3. สังเกตและประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เครื่องมือวัดผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 2
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยอาจารย์และนักศึกษาร่วมกันประเมิน

เกณฑ์การประเมินผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล เกณฑ์ผ่านต้องไม่มีช่องปรับปรุง
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 2 เกณฑ์ผ่านทำถูกต้อง 80% ขึ้นไป
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คะแนนขึ้นอยู่กับการประเมินตามสภาพจริง

8. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

8.1 กิจกรรมเสนอแนะ

8.1.1 ให้นักศึกษาสังเกตสิ่งรอบตัว ทั้งในวิทยาลัยฯ และภายนอกว่ามีสิ่งใดบ้างที่สัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนที่เรียนมา

8.2 งานที่มอบหมาย

8.2.1 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2 เรื่องการออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน

9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(.....)	(.....)
ตัวแทนนักเรียน	ครูผู้สอน

การประเมินผล
บทที่ 2 การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน

คำชี้แจง : คะแนนรวมต่อบท 100 คะแนนเต็ม

1. แบบฝึกหัดท้ายบท จำนวน 3 ข้อ ข้อละ 20 คะแนน รวม 60 คะแนน
2. ประเมินจิตพิสัยตามสภาพจริง 40 คะแนน

แบบประเมินผล
บทที่ 2 การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-900	**วิทยาลัย** ....
ชื่อ-สกุล..... **ระดับ**.....	**ครู** .....

ที่	**รายการประเมิน**	***คะแนนแบบทดสอบ (ถ้ามี)**		****คะแนนแบบประเมินผลการเรียนรู้ (แบบฝึกหัดท้ายบท)**		***ข้อที่**	****ข้อที่**
		คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้	คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้		
1	แบบฝึกหัดข้อที่ 1						
2	แบบฝึกหัดข้อที่ 2						
3	แบบฝึกหัดข้อที่ 3						
4	หรือข้อใดที่ครูเห็นสมควรกำหนดให้						
5							
6							
7							
8							
9							
10							
รวมคะแนนด้านทักษะ		**60**		**60**			
11	ความขยันหมั่นเพียร ความวิริยะอุตสาหะ			20			
12	ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์สุจริต			20			
รวมคะแนนด้านจิตพิสัย				**40**			
รวมคะแนนทั้งหมด				**100**		**รวม**	

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	**หน่วยที่ 3**
	ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	เวลาเรียนรวม 54 ชม.
	ชื่อหน่วย การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	สอนครั้งที่ 4-6/18
ชื่อเรื่อง การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก		จำนวน 9 คาบ

1. หัวข้อเรื่อง

1.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

1.2 พื้นคอนกรีตวางบนดิน

1.3 พื้นคอนกรีตหล่อในที่วางบนโครงสร้าง

1.3.1 พื้นชนิดเสริมเหล็กหลักทางเดียว

1.3.2 แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ

1.3.3 พื้นยื่น

1.3.4 พื้นชนิดเสริมเหล็กหลักสองทาง

2. สาระสำคัญ

พื้น (Slab) เป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของอาคารที่มีความสำคัญมาก เพราะทำหน้าที่รองรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆ แล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่คานและเสาต่อไป การเลือกใช้ชนิดหรือประเภทของโครงสร้างพื้นจึงต้องพิจารณาให้เกิดความเหมาะสมทั้งด้านความแข็งแรง ความสวยงาม และประหยัด รวมทั้งให้สอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอยด้วย โครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กมีวิธีการออกแบบอยู่หลายลักษณะ เช่น พื้นวางบนดินบดอัดแน่น พื้นคอนกรีตหล่อบนคาน พื้นคอนกรีตระบบไร้คาน พื้นคอนกรีตอัดแรงหล่อในที่ หรือพื้นคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จรูป ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอยู่มาก

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกต้องตามมาตรฐานทางวิศวกรรมอย่างถูกต้อง

4. สาระการเรียนรู้

4.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- พื้นเสริมเหล็กหลักทางเดียว (One way Slab) ถ้าไม่ได้คำนวณระยะโก่ง มาตรฐาน วสท. 011007-19 แนะนำความหนาขั้นต่ำไว้ ดังนี้ (S หมายถึงด้านสั้นของพื้น)

สำหรับพื้นช่วงเดียว	สำหรับพื้นสองช่วง	สำหรับพื้นสามช่วง	สำหรับพื้นยื่น
$S/20$	$S/24$	$S/28$	$S/10$

- พื้นเสริมเหล็กหลักสองทาง (Two way Slab) ประมาณความหนาแผ่นพื้นเบื้องต้นจากค่าของเส้นรอบรูปของแผ่นพื้นนั้น แต่ต้องไม่น้อยกว่า 8 ซม.

- กรณีเป็นพื้นโรงงาน โกดัง พื้นถนน หรือพื้นใดที่มีการเสียดสีมาก ควรเพิ่มความหนาอีกอย่างน้อย 1.5 ซม.
- เหล็กเสริมต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า ∅ 6 มม.
- ระยะเรียงของเหล็กต้องไม่เกิน 3 เท่าของความหนาพื้น หรือไม่เกิน 30 ซม.อย่างใดอย่างหนึ่งที่น้อยกว่า
- เหล็กเสริมกันร้าว (As^t) ในพื้นแบบเสริมเหล็กหลักทางเดียว (One way Slab) ให้ใช้ดังนี้

  As^t = 0.0025 x b x D สำหรับเหล็กเส้นกลม SR24

  As^t = 0.0020 x b x D สำหรับเหล็กข้ออ้อย SD30 และ

  As^t = 0.0018 x b x D สำหรับเหล็กข้ออ้อย SD40
- การออกแบบเสริมเหล็กในแผ่นพื้น ให้คิดต่อความกว้างเพียง 1 เมตร (100 ซม.)
- ระยะต่อทาบเหล็กและระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก ให้ดูตามมาตรฐานในบทที่ 1

4.2 พื้นคอนกรีตวางบนดิน

พื้นคอนกรีตวางบนดิน (Slab on Ground) เป็นชนิดของพื้นที่ตัดขาดจากโครงสร้างตัวอาคาร โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดน้ำหนักบรรทุกให้กับตัวอาคาร เช่น พื้นชั้นล่างของโกดัง ตึกแถว ทางเท้า ถนน ลานซักล้าง ฯลฯ โดยพื้นคอนกรีตจะแข็งแรงทนทานได้ดีนั้น ต้องขึ้นอยู่กับชนิดของชั้นดินที่รองรับและการบดอัดชั้นดินที่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดเท่านั้น

พื้นคอนกรีตวางบนดินชนิดหล่อในที่ (In-situ Concrete Slab) เป็นแผ่นพื้นที่ต้องการความต่อเนื่อง และถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงบนชั้นดินโดยตรง เราพบเห็นได้ทั่วไปในอาคารพักอาศัย เช่น ลานจอดรถ พื้นชั้นล่าง พื้นเฉลียง มีความหนาอยู่ระหว่าง 8–12 ซม. และพื้นที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ เช่น ถนนคอนกรีตทั่วไป มีความหนาอยู่ระหว่าง 15–30 ซม.

ข้อสังเกต เหล็กเสริมในพื้นจะเป็นเหล็กตะแกรงเสริมอยู่ด้านบนของผิวพื้นคอนกรีต เพื่อทำหน้าที่ต้านทานอุณหภูมิซึ่งอาจทำให้ผิวคอนกรีตแตกร้าวได้ ส่วนด้านล่างของแผ่นพื้นไม่จำเป็นต้องเสริมเหล็ก เพราะชั้นดินที่บดอัดแน่นดีแล้วจะเป็นตัวแบกรับน้ำหนักไว้

ข้อควรระวัง สำหรับแผ่นพื้นประเภทนี้คือ การทรุดตัวซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติของสภาพดิน ฉะนั้นพื้นประเภทนี้จึงไม่ควรอยู่ติดกับตัวอาคารหรือมีคานมากั้นอยู่ระหว่างกลาง ถ้าอยู่ติดกับตัวอาคารเราจะพบเห็นพื้นทรุดเอียงให้เห็นอยู่ทั่วไป หรือเมื่อพื้นทรุดคานก็จะโผล่ลอยขึ้นมา

เหล็กเสริมกันร้าว (As^t) ที่ใช้เสริมในพื้นวางบนดิน ใช้สูตรดังนี้

As^t = 0.0025 x b x D สำหรับเหล็กเส้นกลม

As^t = 0.0020 x b x D สำหรับเหล็กข้ออ้อย

4.3 พื้นคอนกรีตหล่อในที่วางบนโครงสร้าง

1.พื้นชนิดเสริมเหล็กหลักทางเดียว

พื้นคอนกรีตหล่อในที่ชนิดเสริมเหล็กหลักทางเดียว (One way Slab) นี้ เป็นการเรียกตามวิธีการคำนวณโครงสร้าง โดยพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างความกว้างหรือด้านสั้นของแผ่นพื้นต่อด้านยาวของแผ่นพื้น ต้องมีค่าไม่เกิน 0.50 เช่น พื้นกว้าง 1.50 เมตร และยาว 4.00 เมตร ∅ = 0.375 ซึ่งมีค่าไม่เกิน 0.50 จึงคำนวณโครงสร้างพื้นนี้เป็นชนิดเสริมเหล็กหลักเพียงทางเดียว โดยอาจมีช่วงพื้นเพียงช่วงเดียว หรือหลายช่วงติดต่อกัน หรือเป็นพื้นยื่น เช่น พื้นกันสาด

อธิบายตามตัวอย่างที่ 3.1 และ 3.2 ให้เข้าใจ

2. แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ

ข้อแนะนำในการติดตั้ง

1. ควรปรับผิวบนของหลังคานให้เรียบและได้ระดับเสียก่อนจึงนำแผ่นพื้นขึ้นวาง โดยขอบปลายของแผ่นพื้นต้องนั่งอยู่บนขอบคานไม่น้อยกว่า 5 ซม.

2. การค้ำยันแผ่นพื้น ถ้าความยาวแผ่นพื้นไม่เกิน 1 เมตร ไม่ต้องมีการค้ำยัน

- ถ้าความยาวแผ่นพื้นระหว่าง 1.00–3.00 เมตร ให้ค้ำยันกลาง 1 จุด
- ถ้าความยาวแผ่นพื้นมากกว่า 3.00 เมตร ให้ค้ำยันกลาง 2 จุด แบ่งระยะห่างเท่าๆ กัน
- ถ้าเป็นแผ่นพื้นแบบกลวง (Hollow Core) สามารถวางพาดได้โดยไม่ต้องมีค้ำยัน

3. เมื่อค้ำยันแผ่นพื้นเสร็จจึงวางเหล็กตะแกรง โดยทั่วไปใช้เหล็ก ∅ 6 มม.@ 0.20# หรือตะแกรงเหล็กสำเร็จรูป (Wire-mesh) ∅ 4 มม. @ 0.20#

4. เทคอนกรีตอัตราส่วน 1 : 2 : 4 ทับหน้า (Topping) หนาประมาณ 4–6 ซม.

5. บ่มคอนกรีตพื้นทับหน้าด้วยน้ำไม่น้อยกว่า 7 วัน และถอดค้ำยันได้เมื่ออายุ 14 วันขึ้นไป

การออกแบบแผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ ใช้หลักการออกแบบเป็นระบบเสริมเหล็กหลักทางเดียว แต่ใช้เหล็กเสริมเป็นลวดอัดแรง ส่วนวิธีการออกแบบนั้นจะไม่กล่าวถึงในที่นี้ เนื่องจากเป็นวิชาการออกแบบคอนกรีตอัดแรง ซึ่งจะมีเรียนในขั้นสูงต่อไป แต่จะสามารถเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปนี้ได้จากตารางสำเร็จรูป ดังตารางที่ 3.1

อธิบายตามตัวอย่างที่ 3.3 ให้เข้าใจ

3. พื้นยื่น

พื้นยื่น (Cantilever Slab) มีหลักการคำนวณโครงสร้างเหมือนพื้นเสริมเหล็กหลักทางเดียว แต่เหล็กเสริมหลักจะต้องอยู่ชิดด้านบนของแผ่นพื้น เนื่องจากพื้นยื่นจะมีพฤติกรรมแอ่นตัวโค้งลงตามลักษณะของโมเมนต์ที่กระทำ พื้นยื่นพบเห็นได้ทั่วไป เช่น พื้นกันสาด พื้นระเบียง ฯลฯ

อธิบายตามตัวอย่างที่ 3.4 ให้เข้าใจ

4. พื้นชนิดเสริมเหล็กหลักสองทาง

พื้นคอนกรีตหล่อในที่ชนิดเสริมเหล็กหลักสองทาง (Two Way Slab) นี้ เป็นการเรียกตามวิธีการคำนวณโครงสร้างเช่นเดียวกันพื้นระบบเสริมเหล็กทางเดียว โดยพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างความกว้างของแผ่นพื้นต่อความยาวของแผ่นพื้นที่มีค่าเกิน 0.50 เช่น พื้นกว้าง 3.00 เมตรและยาว 4.50 เมตร ∅ = 0.67 ซึ่งมีค่าเกิน 0.50 จึงต้องคำนวณโครงสร้างพื้นนี้เป็นชนิดเสริมเหล็กหลักสองทาง (โดยไม่ต้องเสริมเหล็กกันร้าว) และต้องมีคานรองรับทั้งสี่ด้าน อาจมีพื้นเพียงผืนเดียวหรือหลายพื้นติดต่อกัน

ความหนาของพื้นเสริมเหล็กแบบสองทาง ประมาณได้จากขอบเส้นรอบรูปของพื้นนั้น หรือไม่น้อยกว่า 8 ซม.

การออกแบบแผ่นพื้นให้พิจารณาที่ความกว้าง 1.00 เมตร และพิจารณาน้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามมาตรฐานของ วสท.1007-34 ได้กำหนดวิธีการออกแบบแผ่นพื้นสองทางไว้ 3 วิธี แต่วิธีที่ง่ายและนิยมใช้ออกแบบกันทั่วไปคือ วิธีที่สอง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ (Moment Coefficient) คูณกับน้ำหนักบรรทุกแผ่ เพื่อปรับค่าการโก่งตัวของพื้นทั้งช่วงสั้นและช่วงยาวให้มีค่าเท่ากัน

การคำนวณออกแบบวิธีที่สอง ตามมาตรฐานของ วสท.01007-19 กำหนดรายละเอียดไว้ดังนี้

C = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์สำหรับพื้นแบบเสริมเหล็กสองทาง (ตามตารางที่ 3.4)

m = อัตราส่วนระหว่างช่วงสั้นต่อช่วงยาวสำหรับพื้นแบบเสริมเหล็กสองทาง

S = ความยาวของช่วงสั้นสำหรับพื้นแบบเสริมเหล็กสองทาง ให้คิดระยะศูนย์กลางถึงศูนย์กลางระหว่างที่รองรับหรือช่วงว่าง (Clear Span) บวกกับอีก 2 เท่าของความหนาของพื้น แล้วแต่ค่าไหนจะน้อยกว่ากัน

w = น้ำหนักแผ่กระจายทั้งหมดต่อตารางเมตร

อธิบายตามตัวอย่างที่ 3.5 และ 3.6 ให้เข้าใจ

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูอธิบายเกี่ยวกับสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ **การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก**
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหรือซักถามก่อนเรียน

ขั้นสอน

3. ครูอธิบายเนื้อหาและให้ความรู้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 3 ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
5. นักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดที่ 3 หน้าชั้นเรียน พร้อมกับครูให้คำชี้แนะ

ขั้นสรุปและการประยุกต์

6. นักเรียนทำแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 3 เรื่องการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
7. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 3 พร้อมกับสรุปบทเรียนร่วมกัน

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนรายวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก** (รหัส 3121-2102 **และ** 3108-9002)

6.2 เว็บไซต์และสื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน

6.3 การอ้างอิงตามบรรณานุกรมของหนังสือเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีวัดผล

1. สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. ตรวจแบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 3
3. สังเกตและประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เครื่องมือวัดผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 3
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยอาจารย์และนักศึกษาร่วมกันประเมิน

เกณฑ์การประเมินผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล เกณฑ์ผ่าน ต้องไม่มีช่องปรับปรุง
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 3 เกณฑ์ผ่าน ทำถูกต้อง 80% ขึ้นไป
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คะแนนขึ้นอยู่กับการประเมินตามสภาพจริง

8. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

8.1 กิจกรรมเสนอแนะ

8.1.1 ให้นักศึกษาสังเกตสิ่งรอบตัว ทั้งในวิทยาลัยฯ และภายนอก ว่ามีสิ่งใดบ้างที่สัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนที่เรียนมา

8.2 งานที่มอบหมาย

8.2.1 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3 เรื่องการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(.....)	(.....)
ตัวแทนนักเรียน	ครูผู้สอน

การประเมินผล
บทที่ 3 การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

คำชี้แจง : คะแนนรวมต่อบท 100 คะแนนเต็ม

1. แบบฝึกหัดท้ายบท จำนวน 3 ข้อ ข้อละ 20 คะแนน รวม 60 คะแนน
3. ประเมินจิตพิสัยตามสภาพจริง 40 คะแนน

แบบประเมินผล
บทที่ 3 การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-900	**วิทยาลัย** ....
ชื่อ-สกุล..... **ระดับ**.....	**ครู** .....

ที่	**รายการประเมิน**	***คะแนนแบบทดสอบ (ถ้ามี)**		****คะแนนแบบประเมินผลการเรียนรู้ (แบบฝึกหัดท้ายบท)**		***ข้อที่**	****ข้อที่**
		คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้	คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้		
1	แบบฝึกหัดข้อที่ 1						
2	แบบฝึกหัดข้อที่ 2						
3	แบบฝึกหัดข้อที่ 3						
4	หรือข้อใดที่ครูเห็นสมควรกำหนดให้						
5							
6							
7							
8							
9							
10							
รวมคะแนนด้านทักษะ		**60**		**60**			
11	ความขยันหมั่นเพียร ความวิริยะอุตสาหะ			20			
12	ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์สุจริต			20			
รวมคะแนนด้านจิตพิสัย				**40**			
รวมคะแนนทั้งหมด				**100**		**รวม**	

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	**หน่วยที่ 4**
	ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	เวลาเรียนรวม 54 ชม.
	ชื่อหน่วย การออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก	สอนครั้งที่ 7-8/18
ชื่อเรื่อง การออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก		จำนวน 6 คาบ

1. หัวข้อเรื่อง

1. ข้อกำหนดทั่วไปของบันไดตามกฎกระทรวงควบคุมอาคาร ฉบับที่ 55
2. ประเภทของบันได
3. การคำนวณโครงสร้างบันไดที่วางพาดบนคานชั้นล่างกับคานชั้นบน
4. บันไดท้องเรียบหรือพับผ้าที่มีคานรองรับด้านข้างทั้งสองข้างของขั้นบันได
5. บันไดปลายยื่นที่ยึดติดกับคานหรือผนังข้างเดียว

2. สาระสำคัญ

บันได (Stairs) เป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของอาคารที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นแต่ละชั้น ลักษณะโครงสร้างของบันไดก็เปรียบเสมือนพื้นเสริมเหล็กทางเดียวที่มีช่วงกว้างยาวมาก และวางพาดทางเอียงจากพื้นชั้นล่างไปสู่พื้นชั้นบน วัสดุที่ใช้ทำเป็นบันไดอาจเป็นบันไดไม้ บันไดโลหะ และบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก รูปแบบของบันไดมีอยู่หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับการออกแบบของสถาปนิก เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้สอย มีความปลอดภัยขณะใช้งาน และสวยงาม

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง
2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง
3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างปลอดภัย

4. สาระการเรียนรู้

ประเภทของบันได

ถ้าแบ่งประเภทของบันไดออกตามลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างบันได สามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

ก. บันไดที่เกิดเฉพาะโมเมนต์ดัด (Bending Moment) และแรงเฉือน (Shear) เช่น

- บันไดแบบท้องเรียบหรือแบบพับผ้าที่วางพาดบนคานชั้นล่างกับคานชั้นบน
- บันไดแบบท้องเรียบหรือแบบพับผ้าที่มีคานรองรับด้านข้างทั้งสองข้างของขั้นบันได
- บันไดปลายยื่นที่ยึดติดกับคานหรือผนังข้างเดียว รูปแบบอาจเป็นบันไดท้องเรียบหรือพับผ้า หรือเป็น**ขั้นบันไดชนิดลูกนอนยื่นเป็นตัวๆ**

ข. บันไดที่เกิดทั้งโมเมนต์ดัด แรงเฉือน และแรงบิด (Torsion) เช่น

- บันไดท้องเรียบที่ชานพักลอยไม่มีคานรองรับ
- บันไดโค้งหรือบันไดเวียน

4.1 การคำนวณโครงสร้างบันไดที่วางพาดบนคานชั้นล่างกับคานชั้นบน

บันไดรูปแบบนี้เป็นบันไดที่พบเห็นได้ทั่วไป ออกแบบและก่อสร้างได้ง่าย โดยทั่วไปจะเป็นบันไดแบบท้องเรียบ อาจจะพาดช่วงเดียวหรือพับกลับมาเป็นรูปตัว L หรือรูปตัว U ถ้าเป็นบันไดแบบพับผ้ามักจะพบเห็นในอาคารสำนักงานหรืออาคารพิเศษที่ต้องการโชว์ความสวยงามของบันไดด้วย แต่การก่อสร้างจะเสียเวลามากขึ้น และการดัดเหล็กยุ่งยากมากขึ้น

หลักการคำนวณโครงสร้างเหมือนกับการออกแบบพื้นเสริมเหล็กทางเดียว (One way Slab) แต่ช่วงพาดของพื้นบันไดกับคานจะค่อนข้างยาวมากขึ้น โดยทั่วไปไม่ควรยาวมากกว่า 3.00–4.00 เมตร ถ้าความยาวมากกว่านี้จะทำให้ท้องพื้นต้องหนามากและหนักมากขึ้น ก็แก้ไขได้โดยการเสริมคานรองรับเพิ่มเติม

อธิบายตามตัวอย่างที่ 4.1 และ 4.2 ให้เข้าใจ

4.2 บันไดท้องเรียบหรือพับผ้าที่มีคานรองรับด้านข้างทั้งสองข้างของขั้นบันได

บันไดรูปแบบนี้มักจะเป็นบันไดทางขึ้นด้านหน้าสำนักงานหรืออาคารขนาดใหญ่ซึ่งมีความกว้างมาก หรืออาจเป็นบันไดที่ยาวมาก รับน้ำหนักบรรทุกจรมากขึ้น จึงออกแบบให้คานมารองรับตลอดความยาวของบันได การออกแบบและก่อสร้างได้ง่าย รูปแบบทั่วไปเป็นได้ทั้งบันไดแบบท้องเรียบหรือพับผ้า

หลักการคำนวณโครงสร้างเหมือนกับการออกแบบพื้นเสริมเหล็กทางเดียว (One way Slab) ที่มีช่วงพาดของพื้นบันไดกับคานไม่กว้างมากนัก แต่สามารถออกแบบได้ช่วงยาวโดยมีคานเป็นตัวรองรับทั้งสองข้างของบันได

อธิบายตามตัวอย่างที่ 4.3 และ 4.4 ให้เข้าใจ

4.3 บันไดปลายยื่นที่ยึดติดกับคานหรือผนังข้างเดียว

บันไดรูปแบบนี้มักจะเป็นบันไดทางขึ้น–ลงด้านข้างของตัวอาคาร ซึ่งใช้เป็นบันไดหนีไฟหรือที่พบเห็นกันมากคือบันไดทางขึ้น-ลงของบันไดสะพานลอยคนข้ามถนน โดยให้คานมารองรับด้านข้างตลอดความยาวของบันได การออกแบบและก่อสร้างยุ่งยากขึ้นบ้าง รูปแบบทั่วไปเป็นได้ทั้งบันไดแบบท้องเรียบหรือพับผ้า

หลักการคำนวณโครงสร้างเหมือนกับการออกแบบพื้นเสริมเหล็กทางเดียวชนิดปลายยื่น (Cantilever Slab) หรือคานยื่น (Cantilever Beam) โดยเหล็กเสริมหลักต้องอยู่ชิดด้านผิวบนของโครงสร้าง

อธิบายตามตัวอย่างที่ 4.5 และ 4.6 ให้เข้าใจ

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูอธิบายเกี่ยวกับสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ **การออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก**
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหรือซักถามก่อนเรียน

ขั้นสอน

3. ครูอธิบายเนื้อหาและให้ความรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 4 ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
5. นักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดที่ 4 หน้าชั้นเรียน พร้อมกับครูให้คำชี้แนะ

ขั้นสรุปและการประยุกต์

6. นักเรียนทำแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 4 เรื่อง การออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 4 พร้อมกับสรุปบทเรียนร่วมกัน

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนรายวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก** (รหัส 3121-2102 **และ** 3108-9002)

6.2 เว็บไซต์และสื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน

6.3 การอ้างอิงตามบรรณานุกรมของหนังสือเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีวัดผล

1. สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. ตรวจแบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 4
3. สังเกตและประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เครื่องมือวัดผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 4
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยอาจารย์และนักศึกษาร่วมกันประเมิน

เกณฑ์การประเมินผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล เกณฑ์ผ่าน ต้องไม่มีช่องปรับปรุง
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 4 เกณฑ์ผ่าน ทำถูกต้อง 80% ขึ้นไป
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คะแนนขึ้นอยู่กับการประเมินตามสภาพจริง

8. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

8.1 กิจกรรมเสนอแนะ

8.1.1 ให้นักศึกษาสังเกตสิ่งรอบตัว ทั้งในวิทยาลัยฯ และภายนอก ว่ามีสิ่งใดบ้างที่สัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนที่เรียนมา

8.2 งานที่มอบหมาย

8.2.1 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4 เรื่อง การออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก

9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(.....)	(.....)
ตัวแทนนักเรียน	ครูผู้สอน

การประเมินผล
บทที่ 4 การออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก

คำชี้แจง : คะแนนรวมต่อบท 100 คะแนนเต็ม

1. แบบฝึกหัดท้ายบทจำนวน 3 ข้อ ข้อละ 20 คะแนน รวม 60 คะแนน
3. ประเมินจิตพิสัยตามสภาพจริง 40 คะแนน

แบบประเมินผล

บทที่ 4 การออกแบบบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-900	**วิทยาลัย** ....
ชื่อ-สกุล..... **ระดับ**.....	**ครู** .....

ที่	**รายการประเมิน**	***คะแนนแบบทดสอบ (ถ้ามี)**		****คะแนนแบบประเมินผลการเรียนรู้ (แบบฝึกหัดท้ายบท)**		***ข้อที่**	****ข้อที่**
		คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้	คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้		
1	แบบฝึกหัดข้อที่ 1						
2	แบบฝึกหัดข้อที่ 2						
3	หรือข้อใดที่ครูเห็นสมควรกำหนดให้						
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
รวมคะแนนด้านทักษะ		**60**		**60**			
11	ความขยันหมั่นเพียร ความวิริยะอุตสาหะ			20			
12	ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์สุจริต			20			
รวมคะแนนด้านจิตพิสัย				**40**			
รวมคะแนนทั้งหมด				**100**		**รวม**	

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	**หน่วยที่ 5**
	ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	เวลาเรียนรวม 54 ชม.
	ชื่อหน่วย การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	สอนครั้งที่ 9-11/18
ชื่อเรื่อง การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก		จำนวน 9 คาบ

1. หัวข้อเรื่อง

1. ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. พฤติกรรมของโครงสร้างคานเมื่อมีน้ำหนักกระทำ
3. ลักษณะการถ่ายน้ำหนักพื้นลงสู่คาน
4. แรงเฉือนในคานและการเสริมเหล็กต้านทาน
5. แรงบิดในคานและการเสริมเหล็กต้านทาน

2. สาระสำคัญ

คาน (Beam) เป็นโครงสร้างหลักของอาคารที่ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆจากพื้นหรือผนังซึ่งเป็นน้ำหนักแบบแผ่เฉลี่ย (Uniformed Load) หรือน้ำหนักกดเป็นจุด (Point Load) จากคานฝากหรือคานซอย หรือเสาเอ็น หรือบันได แล้วถ่ายน้ำหนักรวมทั้งหมดลงสู่เสาต่อไป ลักษณะของโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทั่วไปจะมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า น้ำหนักต่างๆ ที่กระทำต่อคานก่อให้เกิดหน่วยแรงต่างๆ ขึ้นบนคาน เช่น แรงดัด แรงเฉือน และบางกรณีเกิดแรงบิด โครงสร้างคานจึงต้องออกแบบให้เหล็กเสริมทำหน้าที่รับแรงดึง คอนกรีตทำหน้าที่รับแรงอัด ส่วนเหล็กปลอกทำหน้าที่รัดเหล็กแกน รับแรงเฉือนและรับแรงบิด

โครงสร้างคานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่คือ

1. คานอย่างง่าย เช่น คานช่วงเดียว คานยื่น
2. คานอย่างยาก เช่น คานต่อเนื่องหลายช่วง คานรับแรงบิด

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง
2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง
3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างปลอดภัย

4. สาระการเรียนรู้

4.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตามข้อกำหนดมาตรฐานของ วสท.011007-19 แนะนำความลึกของคานขั้นต่ำ (กรณีไม่ได้คำนวณหาระยะการโก่ง) ไว้ดังนี้

สำหรับคานช่วงเดียว	สำหรับคานสองช่วง	สำหรับคานสามช่วงขึ้นไป	สำหรับคานยื่น
$L/16$	$L/18.5$	$L/21$	$L/8$

1. ประมาณอัตราส่วนหน้าตัดคานได้จากความกว้างของคานต่อความลึกของคาน 1 : 2, 1 : 3 เช่น คานขนาด 0.15 x 0.30, 0.20 x 0.40, 0.20 x 0.60 เป็นต้น
2. ประมาณความลึกของคานเทียบกับช่วงความยาวของคาน 1 : 10 เช่น คานยาว 6.00 เมตร ก็ควรจะมีความลึกโดยประมาณ 60 ซม. เป็นต้น
3. ความกว้างของหน้าตัดคานไม่ควรกว้างมากกว่าหน้าตัดของเสา
4. เหล็กเสริมแกนต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า ∅ 9 มม.
5. การเสริมเหล็กในคานที่มีเหล็กตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป ช่องว่างระหว่างเหล็กแต่ละชั้นต้องไม่แคบกว่า 2.50 ซม. และต้องไม่แคบกว่า 1½ เท่าของขนาดมวลหยาบใหญ่สุด และเหล็กที่อยู่ชั้นบนต้องเรียงให้ตรงกับเหล็กชั้นล่าง
6. เหล็กปลอกต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า ∅ 6 มม. และระยะห่างของเหล็กปลอกไม่ควรมากกว่าความกว้างของคาน หรือครึ่งหนึ่งของความลึกคาน หรือ 16 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กแกน หรือ 48 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอกอย่างใดอย่างหนึ่งที่มีค่าน้อยกว่า
7. ระยะต่อทาบเหล็กและระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก ให้ดูตามมาตรฐานในบทที่ 1

4.2 พฤติกรรมของโครงสร้างคานเมื่อมีน้ำหนักกระทำ

คานเป็นโครงสร้างแนวราบ เมื่อได้รับน้ำหนักบรรทุกกระทำก็จะเกิดโมเมนต์ดัดที่ท้องคานหรือการแอ่นตัว และเกิดแรงดึง ฉะนั้นจึงต้องเสริมเหล็กต้านทานที่ท้องคาน ขณะเดียวกัน ก็จะเกิดโมเมนต์ดัดที่หัวเสา ซึ่งก็ต้องเสริมเหล็กต้านทานที่หัวเสาเช่นกัน นอกจากนี้ยังเกิดแรงเฉือนและแรงบิดในคานได้ด้วย ซึ่งต้องใช้เหล็กปลอกเสริมต้านทาน การเสริมเหล็กต่างๆ ต้องใส่ให้ตรงตามตำแหน่งที่เกิดพฤติกรรมนั้น ซึ่งแสดงด้วยรูปตัวอย่างดังนี้

รูปที่ 5.1 ลักษณะการเกิดพฤติกรรมแรงดัด

รูปที่ 5.2 ลักษณะการเกิดพฤติกรรมแรงเฉือน

รูปที่ 5.3 ลักษณะการเกิดพฤติกรรมแรงบิด

รูปที่ 5.4 ระยะเสริมเหล็กคอม้าและเหล็กเสริมพิเศษตามมาตรฐาน ACI

4.3 ลักษณะการถ่ายน้ำหนักพื้นลงสู่คาน

การถ่ายน้ำหนักพื้นลงสู่คานนั้น พิจารณาจากลักษณะของพื้นซึ่งแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ พื้นเสริมเหล็กทางเดียวและพื้นเสริมเหล็กสองทาง ซึ่งลักษณะการถ่ายน้ำหนักแสดงได้ดังรูปที่ 5.5 และรูปที่ 5.6

1. ประเภทพื้นเสริมเหล็กทางเดียว หรือลักษณะของแผ่นพื้นสำเร็จรูป

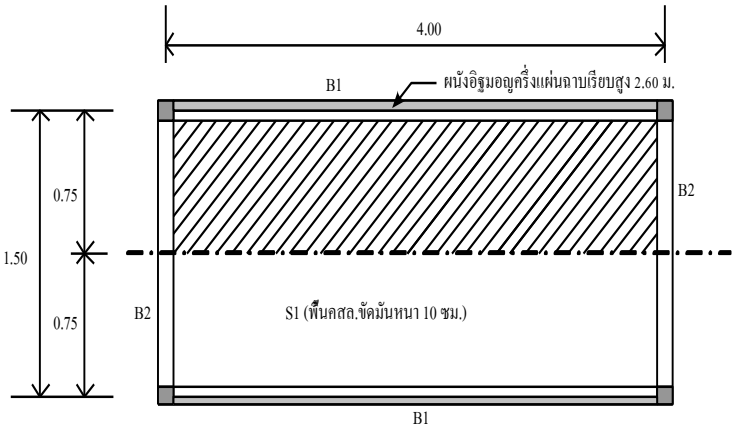
การแบ่งน้ำหนักพื้นลงคาน B1 ทำได้โดยแบ่งครึ่งช่วงสั้นของพื้นตลอดแนว ดังนี้

- น้ำหนักพื้น คสล. + น้ำหนักผิวขัดมัน + น้ำหนักบรรทุกจร

{(0.10 x 2,400 x 0.75 x 1.00) + (0.03 x 2,400 x 0.75 x 1.00) + (150 x 0.75 x 1.00)} = 347 กก./เมตร

- น้ำหนักผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ (180 x 2.60 x 1.00) = 468 กก./เมตร

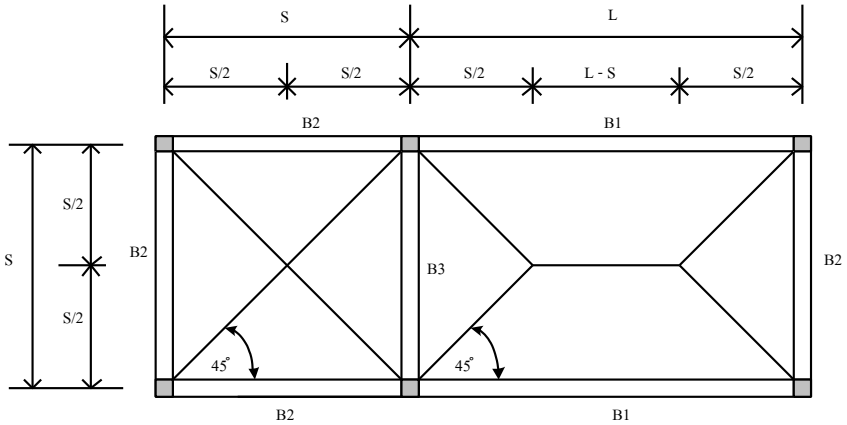
รวมน้ำหนักลงคาน B1 = 347 + 468 = 815 กก./เมตร



รูปที่ 5.5 การถ่ายน้ำหนักของพื้นเสริมเหล็กทางเดียว

4.4 ประเภทพื้นเสริมเหล็กสองทาง

การแบ่งน้ำหนักพื้นเสริมเหล็กสองทางตามมาตรฐานของ วสท. จะถ่ายน้ำหนักพื้นลงสู่คานทั้ง 4 ด้านด้วยการแบ่งพื้นที่เป็นมุม 45 องศา และประมาณค่าของโมเมนต์โดยใช้น้ำหนักเฉลี่ย ดังนี้



รูปที่ 5.6 แสดงการถ่ายน้ำหนักของพื้นเสริมเหล็กสองทาง

1 ค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้น

$$\text{แรงเฉือนเฉลี่ยด้านยาว} = \frac{wS^2}{4}\left(\frac{2-m}{m}\right)$$

$$\text{แรงเฉือนเฉลี่ยด้านสั้น} = \frac{wS^2}{4}$$

เมื่อ w คือ น้ำหนักพื้นคสล. + น้ำหนักผิวพื้นตบแต่ง + น้ำหนักบรรทุกจร

S คือ ช่วงด้านสั้นของพื้น

L คือ ช่วงด้านยาวของพื้น

m คือ อัตราส่วน S/L ของพื้น

2. การถ่ายน้ำหนักพื้นเพื่อหาค่าโมเมนต์ในคาน

สำหรับการถ่ายน้ำหนักเพื่อหาค่าโมเมนต์ในคานนั้น จะคำนวณจากน้ำหนักพื้นแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ ดังนี้

น้ำหนักพื้นถ่ายลงคาน B1 = $\frac{w.S}{3}\left(\frac{3 - m^2}{2}\right)$

น้ำหนักพื้นถ่ายลงคาน B2 = $\frac{w.S}{3}$

น้ำหนักพื้นถ่ายลงคาน B3 = $2 \times \left(\frac{w.S}{3}\right)$

4.5 แรงเฉือน ในคานและการเสริมเหล็กต้านทาน

เกณฑ์บังคับหน่วยแรงและเหล็กเสริม

1. หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมรับแรงเฉือน(fv) จะต้องมีค่าไม่เกิน 1,200 กก ./ตร.ซม.สำหรับเหล็กเส้นกลม และไม่เกิน 1,500 กก./ตร.ซม.หรือ 1,700 กก./ตร.ซม.สำหรับเหล็กข้ออ้อย SD30 และ SD40 ตามลำดับ

2. หน่วยแรงเฉือน(v) จะต้องไม่เกิน $1.32\sqrt{fc'}$ สำหรับหน้าตัดที่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

3. ระยะเรียงของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนต้องไม่เกิน $d/2$ และถ้าหน่วยแรงเฉือนเกินกว่า $0.795\sqrt{fc'}$ ระยะเรียงต้องไม่เกิน $d/4$

4. เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมแรงเฉือน (Av) จะต้องไม่น้อยกว่า 0.0015 ของเนื้อที่ b x s (โดย b คือ ความกว้างของหน้าตัดคาน, s คือ ระยะเรียงของเหล็กปลอก)

การคำนวณเหล็กปลอก (Stirrup) รับแรงเฉือน

$$Av = \frac{V'.s}{fv.d}$$

หรือ $$s = \frac{Av.fv.d}{V'}$$

การคำนวณเหล็กคอม้ารับแรงเฉือน

เหล็กคอม้ารับแรงเฉือน อาจเป็นเส้นเดียวหรือหลายเส้นที่งอขนานกันและมีระยะห่างจากที่รองรับเท่ากัน ให้คำนวณจากสูตรดังนี้

$$Av = \frac{V'}{fv.\sin\alpha}$$

อธิบายตัวอย่างที่ 5.1 และ ตัวอย่างที่ 5.2 ให้เข้าใจ

4.6 แรงบิด ในคานและการเสริมเหล็กต้านทาน

ลักษณะองค์อาคารของคานเมื่อถูกบิดด้วยโมเมนต์บิด (Mt) ก็จะทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนขึ้น โดยคานที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หน่วยแรงเฉือนนี้จะมีค่าสูงสุดที่กึ่งกลางของแต่ละด้านและค่อยๆลดลงไปจนเป็นศูนย์ที่มุมทั้งสี่ ค่าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะต้องมีค่าไม่เกินค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ ดังในบทที่ 2

ข้อกำหนดการออกแบบตามมาตรฐาน วสท.011007-19

1. คานที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปตัวแอล (L) หรือรูปตัวที (T) ให้คำนวณหน่วยแรงบิดสูงสุด ดังนี้

$$v_t = \frac{3.5M_t}{\Sigma x^2 y}$$

2. กรณีที่หน่วยแรงเฉือน (หน่วยแรงบิด) ตามข้อที่ 1. มีค่าเกินหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (v_a) = $1.32\sqrt{fc'}$ จะต้องเพิ่มขนาดหน้าตัดของคานจนกระทั่งหน่วยแรงเฉือนไม่เกินตามเกณฑ์นี้

3. กรณีที่คานรับแรงดัดและแรงบิดพร้อมกัน ให้รวมหน่วยแรงทั้งสองเข้าด้วยกัน

$$v_t + v = \frac{3.5M_t}{\Sigma x^2 y} + \frac{V}{bd}$$

4. ถ้าหน่วยแรงเฉือนจากข้อที่ 2. และจากข้อที่ 3. มีค่าเกินหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (สำหรับคานคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน) จะต้องเสริมเหล็กให้รับแรงส่วนที่เกินนั้น

5. คานที่มีหน้าตัดแบบต่างๆ เช่น หน้าตัดกลม สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือหลายเหลี่ยมด้านเท่า ให้เสริมเหล็กรับแรงบิด ได้ดังนี้

- เหล็กเสริมตามยาว และเหล็กลูกตั้ง ซึ่งพันครบรอบ หรือ
- เหล็กเสริมตามยาว และเหล็กปลอกเกลียว ซึ่งพันให้ทำมุม 45 องศากับแนวเหล็กเสริมตามยาวในทิศทางที่จะเกิดแรงดึงในเหล็กเสริมนั้นเมื่อเกิดแรงบิด

6. เหล็กเสริมรับแรงบิด คำนวณได้ดังนี้

- เหล็กปลอกเดี่ยวลูกตั้งหนึ่งขา $A_v = \frac{M_t.s}{2A_c f_v}$, เมื่อ $s = \frac{2A_v.A_c.f_v}{M_t}$
- เหล็กปลอกเกลียว $A_v = \frac{M_t.s}{2\sqrt{2}.A_c f_v}$, เมื่อ $s = \frac{2\sqrt{2}.A_v.A_c.f_v}{M_t}$
- เหล็กเสริมตามยาว $A_s = \frac{M_t.z}{2A_c f_s}$, เมื่อ $z = \frac{(2b) + (2d)}{4}$

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูอธิบายเกี่ยวกับสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ **การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก**
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหรือซักถามก่อนเรียน

ขั้นสอน

3. ครูอธิบายเนื้อหาและให้ความรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 5 ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
5. นักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดที่ 5 หน้าชั้นเรียน พร้อมกับครูให้คำชี้แนะ

ขั้นสรุปและการประยุกต์

6. นักเรียนทำแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 5 เรื่อง การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
7. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 5 พร้อมกับสรุปบทเรียนร่วมกัน

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนรายวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก** (รหัส 3121-2102 **และ** 3108-9002)

6.2 เว็บไซต์และสื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน

6.3 การอ้างอิงตามบรรณานุกรมของหนังสือเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีวัดผล

1. สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. ตรวจแบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 5
3. สังเกตและประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เครื่องมือวัดผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 5
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยอาจารย์และนักศึกษาร่วมกันประเมิน

เกณฑ์การประเมินผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล เกณฑ์ผ่าน ต้องไม่มีช่องปรับปรุง
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 5 เกณฑ์ผ่าน ทำถูกต้อง 80% ขึ้นไป
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คะแนนขึ้นอยู่กับการประเมินตามสภาพจริง

8. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

8.1 กิจกรรมเสนอแนะ

8.1.1 ให้นักศึกษาสังเกตสิ่งรอบตัว ทั้งในวิทยาลัยฯ และภายนอก ว่ามีสิ่งใดบ้างที่สัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนที่เรียนมา

8.2 งานที่มอบหมาย

8.2.1 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5 เรื่อง การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(.....)	(.....)
ตัวแทนนักเรียน	ครูผู้สอน

การประเมินผล
บทที่ 5 การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คำชี้แจง : คะแนนรวมต่อบท 100 คะแนนเต็ม

1. แบบฝึกหัดท้ายบท จำนวน 3 ข้อ ข้อละ 20 คะแนน รวม 60 คะแนน
3. ประเมินจิตพิสัยตามสภาพจริง 40 คะแนน

แบบประเมินผล

บทที่ 5 การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-900	**วิทยาลัย** ....
ชื่อ-สกุล..... **ระดับ**.....	**ครู** .....

ที่	**รายการประเมิน**	***คะแนนแบบทดสอบ(ถ้ามี)**		****คะแนนแบบประเมินผลการเรียนรู้ (แบบฝึกหัดท้ายบท)**		***ข้อที่**	****ข้อที่**
		คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้	คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้		
1	แบบฝึกหัด ข้อที่ 1						
2	หรือข้อใดที่ครูเห็นสมควรกำหนดให้						
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
รวมคะแนนด้านทักษะ		**60**		**60**			
11	ความขยันหมั่นเพียร ความวิริยะอุตสาหะ			20			
12	ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์สุจริต			20			
รวมคะแนนด้านจิตพิสัย				**40**			
รวมคะแนนทั้งหมด				**100**		**รวม**	

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	**หน่วยที่ 6**
	ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	เวลาเรียนรวม 54 ชม.
	ชื่อหน่วย การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	สอนครั้งที่ 12-13/18
ชื่อเรื่อง การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก		จำนวน 6 คาบ

1. หัวข้อเรื่อง

1. ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. การออกแบบเสาสั้น
3. การถ่ายน้ำหนักลงเสา
4. การออกแบบเสายาว
5. การออกแบบเสารับน้ำหนักเยื้องศูนย์

2. สาระสำคัญ

เสา (Column) เป็นโครงสร้างในแนวดิ่งและเป็นโครงสร้างหลักของอาคารที่ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆ จากโครงสร้างคานหรือจากโครงสร้างพื้นไร้คาน แล้วถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงเสาจากชั้นบนสุดลงสู่เสาชั้นล่างๆ จนถึงเสาตอม่อและฐานราก โดยทั่วไปเสาจะทำหน้าที่รับแรงอัด แต่บางกรณีเสาอาจรับแรงดัดร่วมด้วย เช่น เสาที่มีบ่าหูช้าง เสาที่มีความสูงมาก เสาที่มีแรงดันด้านข้าง หรือเสาที่อยู่ใกล้กับที่ที่มีแรงสั่นสะเทือน ลักษณะหน้าตัดของเสามักเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้ากรณีมีแรงดัดร่วมด้วย หรือเป็นเสากลม ขึ้นอยู่กับความต้องการของสถาปนิกผู้ออกแบบด้วย

ในการออกแบบกำลังของเสา ต้องพิจารณาเกี่ยวกับความสูงของเสาด้วย เสาที่มีความสูงมากก็จะมีโอกาสโก่งเดาะแตกหักได้ง่ายกว่าเสาที่สั้นกว่า เหล็กแกนในเสาจะทำหน้าที่ต้านทานแรงอัดร่วมกับคอนกรีต และต้านทานแรงดัด เหล็กปลอกในเสามีความสำคัญมาก จะช่วยยึดเหล็กแกนและช่วยต้านทานการปริแตกของเสาเมื่อต้องรับแรงกดมากๆ

การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก แบ่งออกตามมาตรฐาน วสท. ได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. เสาสั้น คือเสาที่มีอัตราส่วนความสูงต่อหน้าแคบของเสา (h/t) ไม่เกิน 15
2. เสายาว คือเสาที่มีค่า h/t มากกว่า 15 ต้องคำนวณออกแบบลดการรับกำลังของเสาให้น้อยลง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง
2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง
3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างปลอดภัย

4. สาระการเรียนรู้

4.1 ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตามมาตรฐาน วสท.011007-19 กำหนดไว้ดังนี้

ก. ด้านแคบที่สุดของเสาหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาต้องไม่น้อยกว่า 20 ซม. ยกเว้นเสาที่อยู่ระหว่างเสาหลักหรือเสาที่ไม่มีชั้นต่อเนื่อง ต้องมีด้านแคบไม่น้อยกว่า 15 ซม.

ข. พื้นที่หน้าตัดเหล็กแกนในเสา (As) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.01 และไม่เกิน 0.08 ของพื้นที่หน้าตัดเสาคอนกรีต (Ag)

ค. เหล็กแกนเสาต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า ∅ 12 มม. จำนวนไม่น้อยกว่า 4 เส้นสำหรับเสาสี่เหลี่ยมปลอกเดี่ยว และไม่น้อยกว่า 6 เส้นสำหรับเสากลมปลอกเกลียว

ง. เหล็กแกนเสาต้องเรียงห่างกันไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของขนาดเหล็กแกนนั้น หรือ 1.5 เท่าของขนาดมวลหยาบใหญ่สุด หรือไม่น้อยกว่า 4 ซม.

จ. เหล็กปลอกเดี่ยวต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า ∅ 6 มม. ระยะเรียงไม่เกิน 16 เท่าของขนาดเหล็กแกนนั้น หรือ 48 เท่าของขนาดเหล็กปลอกนั้น หรือไม่เกินด้านแคบของเสา

ฉ. ขนาดของเหล็กปลอกเสาสี่เหลี่ยม ควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า

- 6 มม. เมื่อใช้รัดรอบเหล็กแกนที่มีขนาดไม่เกิน ∅ 20 มม.
- 9 มม. เมื่อใช้รัดรอบเหล็กแกนที่มีขนาดระหว่าง ∅ 20 มม. ถึง 28 มม.
- 12 มม. เมื่อใช้รัดรอบเหล็กแกนที่มีขนาดใหญ่กว่า ∅ 28 มม. ขึ้นไป

ช. เหล็กปลอกเกลียวต้องพันต่อเนื่องกันไปและมีขนาดไม่เล็กกว่า ∅ 6 มม. ระยะเรียงไม่เกิน 1/6 เท่าของแกนเสาคอนกรีต หรือไม่แคบกว่า 1.5 เท่าของขนาดมวลหยาบใหญ่สุด หรือไม่เกิน 7 ซม. แต่ไม่แคบกว่า 3 ซม.

ซ. ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กต้องไม่น้อยกว่า 3.5 ซม. หรือตามมาตรฐานในบทที่ 1

ฌ. การต่อทาบเหล็กรับแรงอัดให้เป็นไปตามรูปที่ 6.1, 6.2 และ 6.3 ในหนังสือ **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

4.2 การออกแบบเสาสั้น (Short Column)

เสาสั้น หมายถึงเสาที่มีค่าอัตราส่วนความสูงต่อหน้าแคบของเสา (h/t) ไม่เกินค่า 15 เมื่อเสาได้รับแรงอัดตามแนวแกนเสาก็จะมีการหดตัวลงและมีการขยายตัวด้านข้าง ซึ่งก็จะเกิดการดันด้านข้างไปดันเหล็กแกนเสาให้โก่งออก ฉะนั้นเหล็กปลอกจึงทำหน้าที่รัดเหล็กแกนเสาและต้านทานการโก่งของเหล็กแกน เหล็กปลอกในเสาแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ เหล็กปลอกเดี่ยวและเหล็กปลอกเกลียว

ก. การออกแบบเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมและใช้เหล็กปลอกเดี่ยวรัดรอบ

ซึ่งจะมีความสามารถรับน้ำหนักปลอดภัยสูงสุดตามแกนเสาได้ 85% ของเสาที่เสริมด้วยเหล็กปลอกเกลียว คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$P=0.85Ag(0.25fc'+fsp_g)$$

ข. การออกแบบเสาหน้าตัดกลมและใช้เหล็กปลอกเกลียวรัดรอบ

$$P=Ag(0.25fc'+fsp_g)$$

จำนวนของเหล็กปลอกเกลียว (Ps) ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$Ps=0.45(\frac{Ag}{Ac}-1)\frac{fc'}{fy}$$

และ $S = \frac{4As}{PsDc}$

ค. เสา คสล. แกนเหล็กรูปพรรณ

$$P=0.225Agfc'+fsAst+f_rAr$$

ง. เสาเหล็กหุ้มด้วยคอนกรีต

โดยมีคอนกรีตหุ้มหนาไม่น้อยกว่า 6 ซม. จากผิวเหล็ก (ยกเว้นหัวหมุดย้ำ) โดยเสาเหล็กนี้ต้องออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกระหว่างก่อสร้างได้อย่างปลอดภัยก่อนที่จะมีการหุ้มคอนกรีต ให้คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$P=Arfr'(1+\frac{Ag}{100Ar})$$

จ. เสาท่อเหล็กแกนคอนกรีต

$$P=0.25fc'(1-0.000025\frac{h^2}{r_c^2})Ac+fr'Ar$$

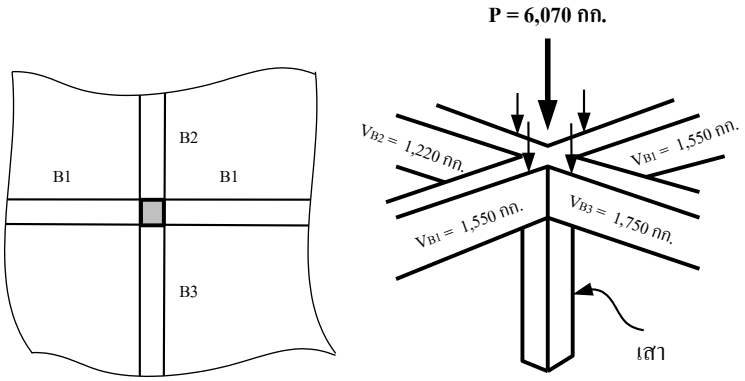
4.3 การถ่ายน้ำหนักลงเสา

การออกแบบโครงสร้างอาคาร จะเริ่มจากการออกแบบโครงสร้างพื้นก่อน จากนั้นถ่ายน้ำหนักพื้นทั้งหมดลงสู่คาน และออกแบบโครงสร้างคาน เมื่อออกแบบคานเสร็จก็จะรู้ว่าคานมีน้ำหนักบรรทุกเท่าไรที่จะต้องถ่ายลงสู่เสาต่อไป ซึ่งน้ำหนักที่จะกดลงที่เสาก็คือ แรงเฉือนของคานแต่ละข้างนั้นเอง

จากแบบแปลนโครงสร้างคานข้างนี้ สมมติให้แรงเฉือนของคานแต่ละตัวถ่ายลงเสา ดังนี้

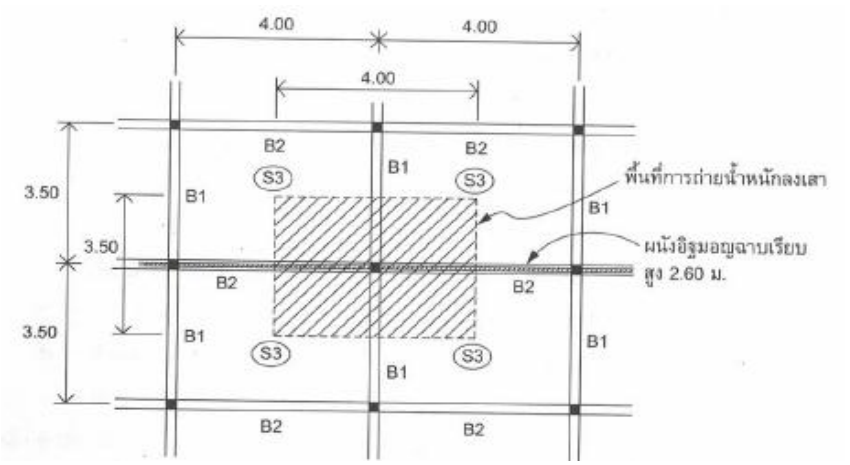
แรงเฉือนจากคาน VB1 = 1,550 กก., VB2 = 1,220 กก., VB3 = 1,750 กก.

∴ น้ำหนักรวมลงเสา = 2(1,550) + 1,220 + 1,750 = 6,070 กก.



ก.แปลนโครงสร้างคาน ข.แสดงการถ่ายน้ำหนักจากคานลงสู่เสา

รูปที่ 6.5 แสดงการถ่ายน้ำหนักลงเสาจากแรงเฉือนของคาน



รูปที่ 6.6 แปลนโครงสร้างพื้นแสดงการแบ่งพื้นที่ถ่ายน้ำหนักลงเสาชั้นล่าง

สมมติพื้น S3 หนา 0.12 ม. น้ำหนักจร 250 กก./ตร.ม. ผิวพื้นตกแต่งหนา 5 ซม.

คาน B1 ขนาด 0.20 x 0.40 คาน B2 ขนาด 0.20 x 0.50

ผนังอิฐมอญฉาบเรียบหนัก 180 กก./ตร.ม.

∴ น้ำหนักถ่ายลงเสาชั้นล่างประกอบด้วย

- น้ำหนักพื้น S3 = [(0.12 x 2,400) + (250) + (0.05 x 2,400)] x 3.50 x 4.00 = 9,212 กก.
- น้ำหนักคาน B1, B2 = (0.20 x 0.40 x 2,400 x 3.50) + (0.20 x 0.50 x 2,400 x 4.00) = 1,632 กก.

- น้ำหนักผนังอิฐมอญฉาบเรียบ = 180 x 2.60 x 4.00 = 1,872 กก.

รวมน้ำหนักถ่ายลงเสา = 9,212 + 1,632 + 1,872 = 12,716 กก.

อธิบายตัวอย่างที่ 6.1 ถึงตัวอย่างที่ 6.5 ให้เข้าใจ

4.4 การออกแบบเสายาว (Long Column)

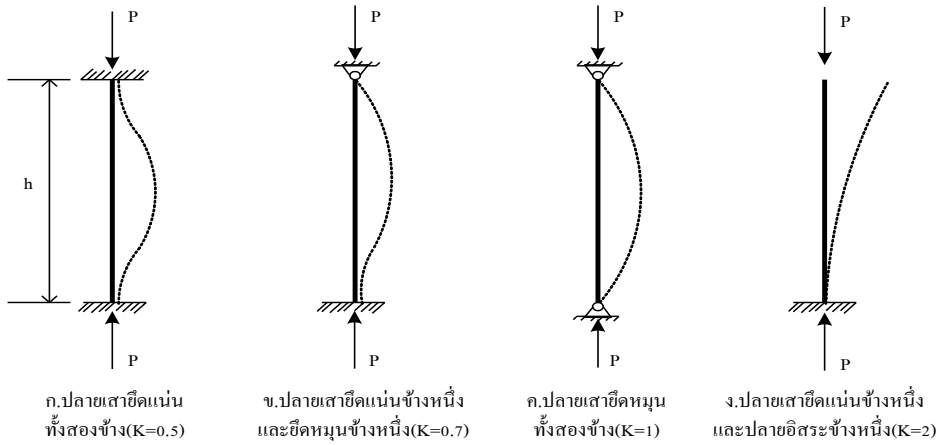
เสายาว หมายถึงเสาที่มีพื้นที่หน้าตัดน้อยมากเมื่อเทียบกับความสูงของเสานั้น ซึ่งตรวจสอบได้จากค่าอัตราส่วน h/t ที่มีค่ามากกว่า 15 แสดงว่าเป็นเสายาว ซึ่งการรับน้ำหนักบรรทุกของเสายาวก็จะมีความสามารถในการรับน้ำหนักน้อยกว่าเสาสั้นเมื่อเทียบหน้าตัดที่เท่ากัน เนื่องจากเสายาวจะมีความชะลูดมากและจะเกิดการโก่งงอตัวของเสา หลักการการออกแบบขนาดหน้าตัดเสายาวจะทำการออกแบบการรับกำลังเหมือนเสาสั้นก่อน จากนั้นจึงใช้ตัวคูณลดค่า (R) คูณลดความสามารถในการรับกำลังของเสาให้ลดน้อยลง เพื่อให้เสายาวนั้นสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้อย่างปลอดภัย

$$P'=PR$$

1. กรณีที่เป็นเสายาวรับน้ำหนักตามแนวแกนอย่างเดียว ให้ใช้ค่า R ดังนี้

$$R=1.07-0.008\frac{h}{r}$$

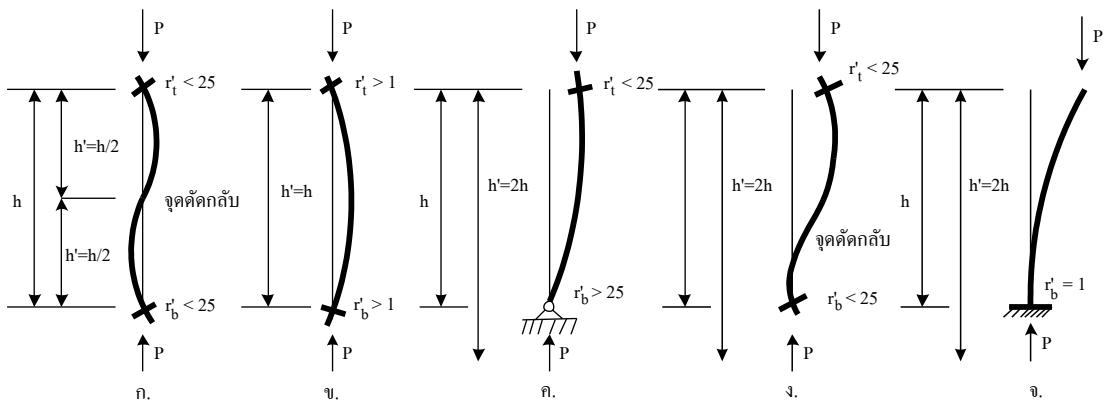
ความสูงประสิทธิผลของเสา (Effective Length of Column; h') คือช่วงระยะการโก่งตัวของเสา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของการยึดที่ปลายเสา ดังนี้



รูปที่ 6.12 แสดงการโก่งตัวและความสูงประสิทธิผลของเสาที่ยึดปลายแบบต่างๆ

2. การลดกำลังของเสายาวเนื่องจากความชะลูด

กรณีที่ 1 เมื่อเสารับแรงอัดเป็นหลัก (เมื่อ $e < e_b$)



รูปที่ 6.13 แสดงการลดกำลังของเสายาวสำหรับการยึดปลายเสาแบบต่างๆ

จากรูปที่ 6.13 ก. เมื่อปลายเสาทั้งสองข้างไม่เกิดการโยกคลอนสัมพัทธ์ และถูกยึดแน่นในลักษณะที่เกิดจุดดัดกลับขึ้นหนึ่งจุด ถ้าค่า h/r มีค่าไม่เกิน 60 ก็ไม่ต้องลดกำลังของเสา แต่ถ้าค่า h/r มีค่าระหว่าง 60–100 ก็ให้ใช้ตัวคูณลดค่า ดังนี้

$$R = 1.32 - 0.006\frac{h}{r} \leq 1$$

จากรูปที่ 6.13 ข. เมื่อปลายเสาทั้งสองข้างไม่เกิดการโยกคลอนสัมพัทธ์ และเสามีการโก่งตัวแบบโค้งเดี่ยว ให้ใช้ตัวคูณลดค่าเหมือนกับกรณีเสารับน้ำหนักตามแนวแกนอย่างเดียว ดังนี้

$$R = 1.07 - 0.008\frac{h}{r} \leq 1$$

อธิบายตัวอย่างที่ 6.6 ถึงตัวอย่างที่ 6.7 ให้เข้าใจ

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูอธิบายเกี่ยวกับสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ **การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก**
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหรือซักถามก่อนเรียน

ขั้นสอน

3. ครูอธิบายเนื้อหาและให้ความรู้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่องการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 6 ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
5. นักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดที่ 6 หน้าชั้นเรียน พร้อมกับครูให้คำชี้แนะ

ขั้นสรุปและการประยุกต์

6. นักเรียนทำแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 6 เรื่องการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
7. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 6 พร้อมกับสรุปบทเรียนร่วมกัน

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนรายวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก** (รหัส 3121-2102 **และ** 3108-9002)

6.2 เว็บไซต์และสื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน

6.3 การอ้างอิงตามบรรณานุกรมของหนังสือเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีวัดผล

1. สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. ตรวจแบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 6
3. สังเกตและประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เครื่องมือวัดผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล

2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 6

3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยอาจารย์และนักศึกษาร่วมกันประเมิน

เกณฑ์การประเมินผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล เกณฑ์ผ่านต้องไม่มีช่องปรับปรุง
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 6 เกณฑ์ผ่าน ทำถูกต้อง 80% ขึ้นไป
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คะแนนขึ้นอยู่กับการประเมินตามสภาพจริง

8. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

8.1 กิจกรรมเสนอแนะ

8.1.1 ให้นักศึกษาสังเกตสิ่งรอบตัว ทั้งในวิทยาลัยฯ และภายนอก ว่ามีสิ่งใดบ้างที่สัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนที่เรียนมา

8.2 งานที่มอบหมาย

8.2.1 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6 เรื่องการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(.....)	(.....)
ตัวแทนนักเรียน	ครูผู้สอน

การประเมินผล
บทที่ 6 การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

คำชี้แจง : คะแนนรวมต่อบท 100 คะแนนเต็ม

1. แบบฝึกหัดท้ายบท จำนวน 3 ข้อ ข้อละ 20 คะแนน รวม 60 คะแนน
3. ประเมินจิตพิสัยตามสภาพจริง 40 คะแนน

แบบประเมินผล

บทที่ 6 การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-900	**วิทยาลัย** ....
ชื่อ-สกุล..... **ระดับ**.....	**ครู** .....

ที่	**รายการประเมิน**	***คะแนนแบบทดสอบ (ถ้ามี)**		****คะแนนแบบประเมินผลการเรียนรู้ (แบบฝึกหัดท้ายบท)**		***ข้อที่**	****ข้อที่**
		คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้	คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้		
1	แบบฝึกหัดข้อที่ 1						
2	แบบฝึกหัดข้อที่ 2						
3	แบบฝึกหัดข้อที่ 3						
4	หรือข้อใดที่ครูเห็นสมควรกำหนดให้						
5							
6							
7							
8							
9							
10							
รวมคะแนนด้านทักษะ		**60**		**60**			
11	ความขยันหมั่นเพียร ความวิริยะอุตสาหะ			20			
12	ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์สุจริต			20			
รวมคะแนนด้านจิตพิสัย				**40**			
รวมคะแนนทั้งหมด				**100**		**รวม**	

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	**หน่วยที่ 7**
	ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	เวลาเรียนรวม 54 ชม.
	ชื่อหน่วย การออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก	สอนครั้งที่ 14-16/18
ชื่อเรื่อง การออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก		จำนวน 9 คาบ

1. หัวข้อเรื่อง

1. ประเภทของฐานราก
2. ประเภทของเสาเข็ม
3. ชนิดของเสาเข็มสั้น
4. ชนิดของเสาเข็มยาว
5. การกระจายน้ำหนักของฐานราก
6. หน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือน
7. ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบฐานราก

2. สาระสำคัญ

ดังที่ทราบกันมาแล้วว่า สภาพพื้นดินในโลกนี้มีความหลากหลาย เกิดจากการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนไหวของพื้นพิภพอยู่เป็นระยะๆ เกิดการพัดพาทับถมจนเกิดสภาพชั้นดินในแต่ละท้องถิ่นแตกต่างกันไป สำหรับประเทศไทยในเขตภาคกลางบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา-บางปะกง ตั้งแต่อยุธยาลงมาถึงทะเลนั้น สันนิษฐานว่าเคยเป็นทะเลมาก่อน และเกิดการทับถมของดินเหนียวและทรายสลับกันเป็นชั้นๆ ลักษณะของชั้นดินแบบนี้คล้ายกับมีสปริง เมื่อรับน้ำหนักแบบแผ่นดินไหวก็จะไม่รุนแรงมาก จากข้อมูลของกองอุทกวิทยาพบว่า ในเขตกรุงเทพมหานครมีระดับพื้นดินสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1.50 เมตร ฉะนั้นเมื่อเราขุดดินลงไปลึกประมาณ 1–2 เมตร ก็จะพบน้ำใต้ดินแล้วและเป็นดินเหนียว จากความลึก 2–14 เมตรจะเป็นดินเหนียวอ่อนอุ้มน้ำมาก ความลึกที่ 14–21 เมตรเป็นดินเหนียวแข็ง จนถึงความลึก 21 เมตรลงไป จะเป็นชั้นดินปนทรายที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจากอาคารได้ดี และเมื่อขุดลึกลงไปเรื่อยๆ ก็จะเป็นชั้นดินเหนียวแข็งมากสลับกับชั้นทรายไปเรื่อยๆ ตามสภาพของแต่ละท้องถิ่น สำหรับภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือค่อนข้างเป็นภูเขาและดินลูกรังแข็งรับกำลังบรรทุกได้มาก เมื่อขุดหลุมฐานรากสามารถทรงตัวได้ดี ไม่พบปัญหาน้ำใต้ดิน ส่วนภาคใต้เป็นสภาพของดินทรายเป็นส่วนใหญ่ สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ดี แต่อาจมีปัญหาการเคลื่อนไหลของชั้นดินทรายและมีน้ำใต้ดิน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง
2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างถูกต้อง
3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างปลอดภัย

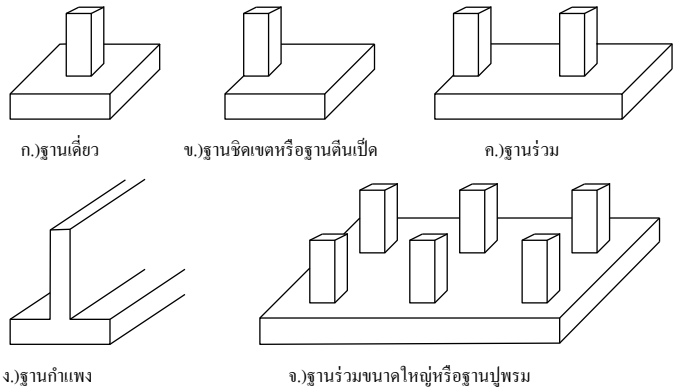
4. สาระการเรียนรู้

4.1 ประเภทของฐานราก

การแบ่งประเภทของฐานราก (Footing Type) สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ฐานรากแผ่ (Spread Footing)

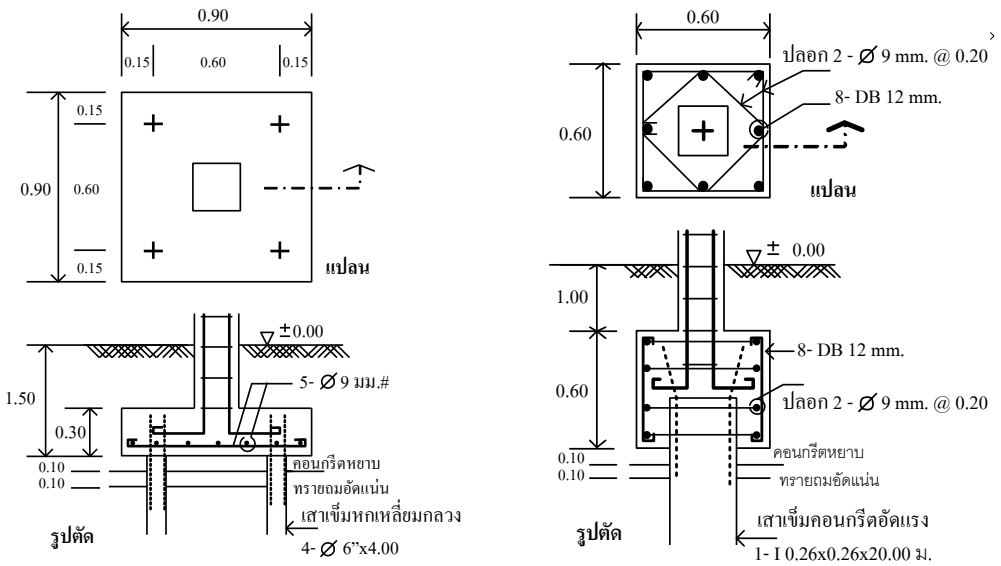
ฐานรากแผ่ คือฐานรากที่แบกรับน้ำหนักจากตัวอาคารแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่ชั้นดินนั้นโดยตรง ฉะนั้นการเลือกใช้ฐานรากแผ่จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยทางด้านขนาดของน้ำหนักที่บรรทุกว่ามีมากหรือไม่ และกลสมบัติของดินที่สามารถแบกรับน้ำหนักในท้องถิ่นนั้นๆ เช่น ในบริเวณภาคกลางและเขต กทม. กำหนดให้ดินมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ 2 ตัน/ตร.ม. ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ดินจะมีความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ประมาณ 8–15 ตัน/ตร.ม. และบริเวณที่อยู่ใกล้เชิงเขาหรือหาดทรายจะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้โดยประมาณถึง 15–30 ตัน/ตร.ม.

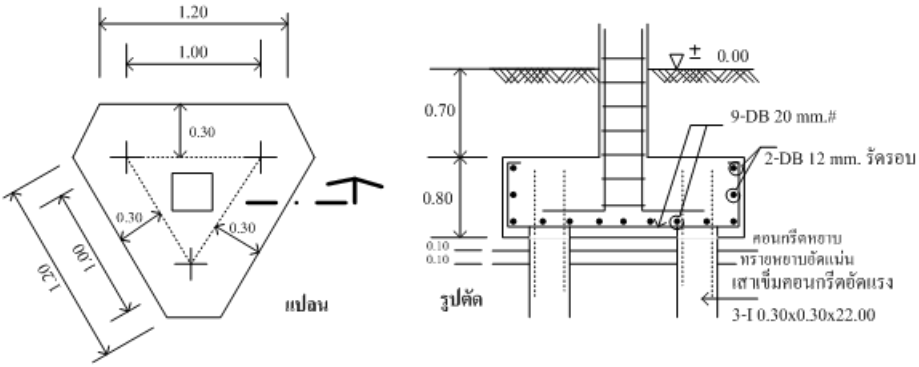


รูปที่ 7.1 รูปแบบต่างๆ ของฐานรากแผ่

2. ฐานรากเข็ม (Piling Footing)

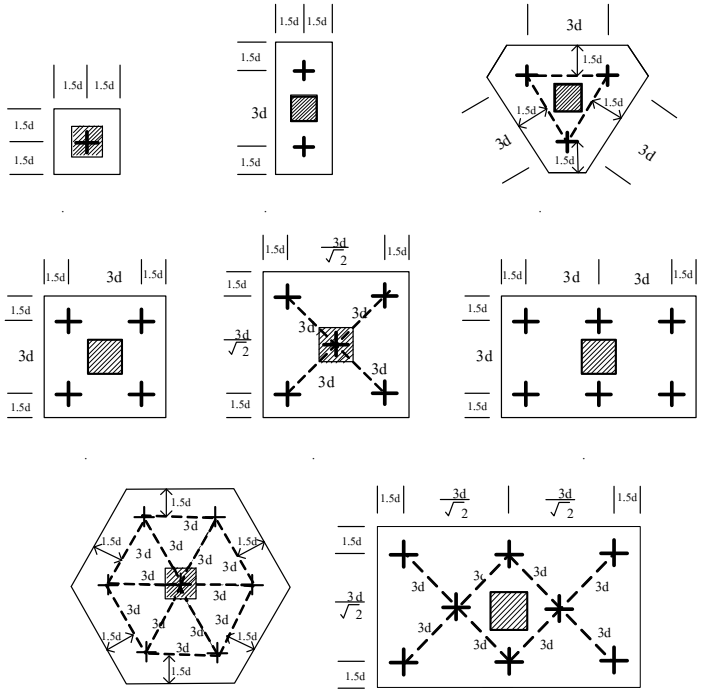
ฐานรากเข็ม คือฐานรากที่แบกรับน้ำหนักจากตัวอาคารแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่ตัวเสาเข็มก่อน จากนั้นเสาเข็มก็จะทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักลงสู่ชั้นดินที่ลึกลงไป การเลือกใช้ฐานรากที่ต้องมีเสาเข็มมารองรับนี้ จะต้องคำนึงถึงปัจจัยทางด้านขนาดของน้ำหนักที่บรรทุกว่า มีมากเกินกว่ากลสมบัติของดินจะรับได้หรือไม่ หรือกลสมบัติของดินในท้องถิ่นนั้นๆ อ่อนตัวมากๆ ถ้าไม่ใช้เสาเข็มมารองรับก็อาจทำให้ตัวอาคารนั้นๆ ทรงตัวอยู่ไม่ได้ เช่น ถ้าเราเอาเก้าอี้ซึ่งมีสี่ขาและแข็งแรงดีไปวางลงบนดินเลน ในไม่ช้าเก้าอี้นั้นก็อาจจะเอียงตัวจนล้มไปได้ แต่ถ้าเราต่อขาเก้าอี้ให้ยาวขึ้นจนทะลุชั้นดินเลนนั้นลงไป ก็จะพบกับชั้นดินที่แข็งขึ้น เป็นผลให้เก้าอี้นั้นมีเสถียรภาพ ฉะนั้นจึงไม่ควรประหยัดในเรื่องเสาเข็มจนเกินไป เพราะถ้าเสาเข็มแข็งแรงไม่เพียงพอหรือยาวลึกไม่เพียงพอ ตัวอาคารที่ก่อสร้างแข็งแรงเพียงใดก็ตาม ก็จะชำรุดแตกร้าวเสียหายได้ในระยะยาว





รูปที่ 7.2 รูปแบบต่างๆ ของฐานรากเข็ม

การจัดวางตำแหน่งเสาเข็มในฐานราก โดยทั่วไปกำหนดให้เสาเข็มแต่ละต้นควรอยู่ห่างกันจากศูนย์กลางเสาเข็มถึงศูนย์กลางเสาเข็มไม่น้อยกว่า 3 เท่าของขนาดหน้าตัดเสาเข็มนั้นๆ (3d, เมื่อ d = ขนาดหน้าตัดของเสาเข็ม) และขอบของฐานรากควรอยู่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของขนาดหน้าตัดเสาเข็มนั้นๆ ด้วย ดังตัวอย่างแบบแปลนการจัดวางเสาเข็ม ดังรูปที่ 7.3



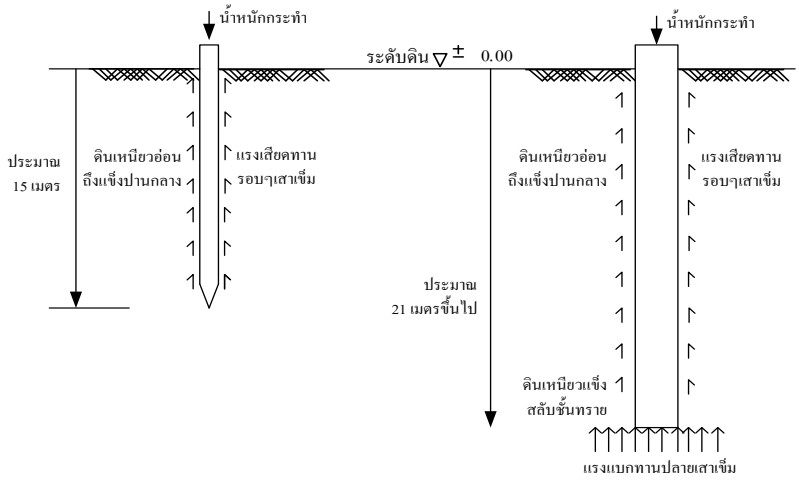
รูปที่ 7.3 การจัดวางตำแหน่งเสาเข็มในฐานราก

4.2 ประเภทของเสาเข็ม

ฐานรากเข็ม (Piling) ยังสามารถแบ่งประเภทของเสาเข็มที่มารองรับได้อีก 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ฐานรากเสาเข็มสั้น (Short Pile, Small Pile, Friction Pile)

ฐานรากเสาเข็มสั้น เป็นฐานรากที่แบกรับน้ำหนักไม่มากนัก และก่อสร้างอยู่บนชั้นดินอ่อน เช่น อาคารบ้านพักอาศัยทั่วไปที่ปลูกสร้างในเขตภาคกลาง การแบกรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจะอาศัยความเสียดทานหรือความฝืด (Friction) ของดินที่มาเกาะรอบๆ ตัวเสาเข็มเท่านั้น ความยาวของเสาเข็มสั้นที่สะดวกต่อการปฏิบัติงานโดยทั่วไปมีความยาวประมาณ 6–15 เมตร ถ้าความยาวไม่เกิน 6 เมตร ก็สามารถใช้แรงงานคนและสามเกลอตอกลงไปได้ แต่ถ้ายาวมากกว่า 6 เมตรขึ้นไป ต้องใช้ปั้นจั่นเป็นเครื่องตอก



ก. เสาเข็มสั้น ข. เสาเข็มยาว

รูปที่ 7.4 พฤติกรรมการแบกรับน้ำหนักของเสาเข็ม

2. ฐานรากเสาเข็มยาว (Long Pile, Bearing Pile)

ฐานรากเสาเข็มยาว เป็นฐานรากที่ต้องแบกรับน้ำหนักบรรทุกมากและก่อสร้างอยู่บนชั้นดินอ่อน เช่น อาคารสำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม โรงแรม ห้างสรรพสินค้า คอนโดมิเนียม ฯลฯ การแบกรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มยาวต้องอาศัยทั้งความเสียดทาน (Friction) ของดิน และการแบกรับน้ำหนักบรรทุกที่ปลายเสาเข็ม (End Bearing) ซึ่งหยั่งถึงชั้นทรายในระดับความลึก 21 เมตรขึ้นไป

4.3 ชนิดของเสาเข็มสั้น

เสาเข็มสั้น (Friction Pile) ยังสามารถแบ่งออกตามชนิดของวัสดุได้ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เสาเข็มไม้ (Wood Pile) ไม้ที่นำมาทำเป็นเสาเข็มในปัจจุบันนี้คือ ไม้สน และไม้ยูคาลิปตัส

2. เสาเข็มคอนกรีต (Concrete Pile) มีผลิตขายในหลายรูปร่าง เช่น รูปตัวที รูปตัวไอ รูปหกเหลี่ยมกลวง และรูปสี่เหลี่ยมตัน ขนาดหน้าตัดทั่วไปคือ 12 x 12, 15 x 15, 18 x 18 ซม. ส่วนความยาวสามารถสั่งซื้อได้ตั้ง 1–8 เมตร

4.4 ชนิดของเสาเข็มยาว

เสาเข็มยาว (Bearing Pile) สามารถแบ่งออกตามชนิดของการก่อสร้างได้ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรง ในปัจจุบันมีการผลิตขายกันหลายบริษัท และมีหน้าตัดต่างๆ กัน เช่น สี่เหลี่ยมตัน รูปตัวไอ รูปวงกลมกลวง เสาเข็มรูปวงกลมกลวง จะเป็นเสาเข็มที่รับกำลังได้สูงเป็นพิเศษ เรียกว่า เสาเข็มสปัน (Spun Pile)

2. เสาเข็มเจาะคอนกรีตเสริมเหล็ก แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่คือ

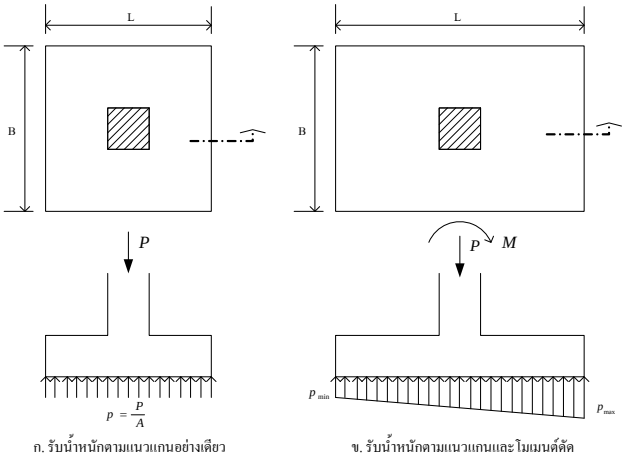
ก. เสาเข็มเจาะขนาดเล็ก (Small Bored Pile) เป็นเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 35–60 ซม. สามารถเจาะได้ลึกประมาณ 20–30 เมตรสำหรับบริเวณภาคกลาง ซึ่งเป็นชั้นทรายชั้นแรก และจะมีน้ำใต้ดินอยู่ที่ระดับลึกประมาณ 15–18 ม. ทำให้เจาะลึกกว่านี้ไม่ได้ เราจึงเรียกเสาเข็มเจาะขนาดเล็กนี้ว่าเป็น ระบบเจาะแบบแห้ง (Dry Process)

ข. เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ (Large Bored Pile) เป็นเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 60 ซม. ขึ้นไป และมีความลึกตั้งแต่ 25–60 เมตร สำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่มาก เช่น สะพานลอยฟ้า สะพานทางหลวง และอาคารสูงมาก

4.5 การกระจายน้ำหนักของฐานราก

เมื่อฐานรากรับน้ำหนักจากเสาตอม่อแล้ว ก็จะกระจายน้ำหนักไปยังชั้นดินแข็งใต้ฐานรากหรือเสาเข็ม เพื่อส่งถ่ายน้ำหนักไปยังชั้นดินที่ลึกต่อไป การกระจายน้ำหนักขึ้นอยู่กับลักษณะของฐานราก ดังนี้

กรณีเป็นฐานรากแผ่



รูปที่ 7.6 หน่วยแรงดันดินใต้ฐานรากแผ่

จากรูปที่ 7.6 ก. เมื่อมีน้ำหนักตามแนวแกนกระทำอย่างเดียว ให้ถือว่าหน่วยแรงดันขึ้นของดินมีค่าสม่ำเสมอเท่ากันทุกจุดตลอดหน้าตัดของฐานราก หน่วยแรงดันขึ้นของดิน (p) คำนวณได้ดังนี้

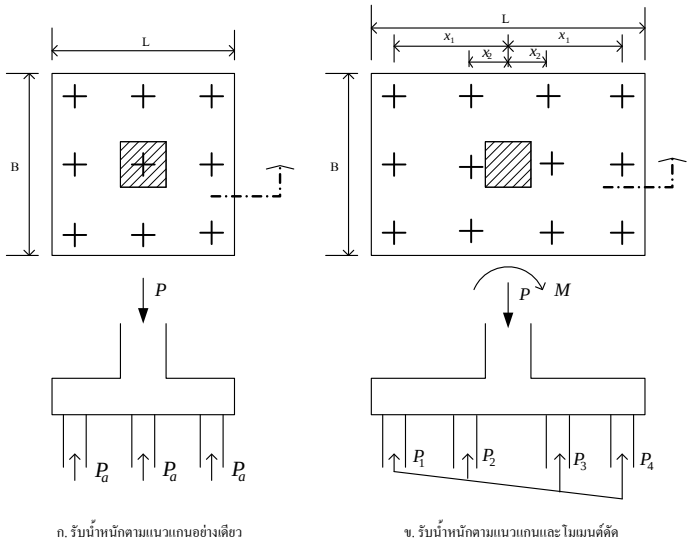
$$p = \frac{P}{A} = \frac{P}{B.L}$$

จากรูปที่ 7.6 ข. เมื่อมีน้ำหนักตามแนวแกนและโมเมนต์ดัด หน่วยแรงดันดินใต้ฐานรากจะมีค่าไม่สม่ำเสมอ และกระจายเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดย pmax เป็นหน่วยแรงดันดินที่มีค่าสูง และ p_{min} เป็นหน่วยแรงดันดินที่มีค่าต่ำ คำนวณได้ดังนี้

$$p_{max} = \frac{P}{B.L} + \frac{6M}{B.L^2}$$

$$p_{min} = \frac{P}{B.L} - \frac{6M}{B.L^2}$$

กรณีฐานรากเข็ม



รูปที่ 7.7 การรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม

จากรูปที่ 7.7 ก. เมื่อมีน้ำหนักตามแนวแกนกระทำอย่างเดียว ให้ถือว่าเสาเข็มทุกต้นแบกรับน้ำหนักบรรทุกจากฐานรากเฉลี่ยเท่ากันทุกต้น คำนวณได้ดังนี้

$$P_a = \frac{P}{N}$$

จากรูปที่ 7.7 ข. เมื่อมีน้ำหนักตามแนวแกนและโมเมนต์ดัด เสาเข็มแต่ละต้นจะแบกรับน้ำหนักบรรทุกลดหลั่นไม่เท่ากัน โดยเสาเข็มที่อยู่ด้านแรงดึงจะแบกรับน้ำหนักน้อย ส่วนเสาเข็มที่อยู่ด้านแรงอัดจะแบกรับน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น คำนวณได้ดังนี้

เสาเข็มด้านที่เกิดแรงดึง $P_1 = \frac{P}{N} - \frac{Mx_1}{\Sigma x^2}$

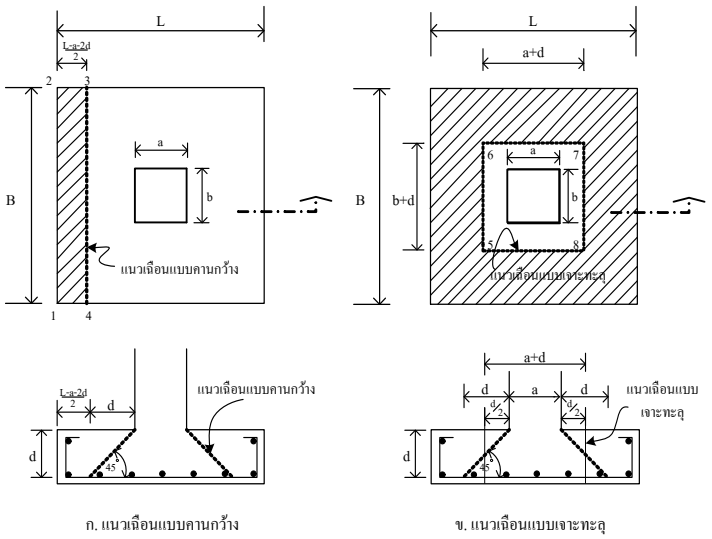
$$P_2 = \frac{P}{N} - \frac{Mx_2}{\Sigma x^2}$$

เสาเข็มด้านที่เกิดแรงอัด $P_3 = \frac{P}{N} + \frac{Mx_2}{\Sigma x^2}$

$$P_4 = \frac{P}{N} + \frac{Mx_1}{\Sigma x^2}$$

4.6 หน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือน

ความสามารถในการต้านทานแรงเฉือนของฐานรากจะขึ้นอยู่กับความหนาประสิทธิผล (d) การพิจารณาหน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือนแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี



รูปที่ 7.8 หน้าตัดวิกฤติของแรงเฉือน

กรณีที่ 1 พิจารณาแรงเฉือนแบบคานกว้าง (Diagonal Shear)

ให้พิจารณารูปที่ 7.8 ก. แรงเฉือนหรือรอยแตกร้าวจะเริ่มจากขอบเสาและเอียงลาดไปเป็นมุม 45 องศา และยาวตลอดความกว้างของฐานราก แรงเฉือนที่ทำให้เกิดการแตกร้าวคือ แรงดันของดินหรือเสาเข็มที่อยู่ใต้พื้นที่ 1234 นั่นเอง คำนวณได้ดังนี้

$$v = \frac{V}{B.d}$$

กรณีที่ 2 พิจารณาแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ (Punching Shear)

ให้พิจารณารูปที่ 7.8 ข. แรงเฉือนหรือรอยแตกร้าวแบบเจาะทะลุจะคิดที่ระยะห่างจากขอบเสาโดยรอบ แรงเฉือนที่ทำให้เกิดการแตกร้าวคือ แรงดันของดิน หรือเสาเข็มที่อยู่ภายนอกพื้นที่ 5678 คำนวณได้ดังนี้

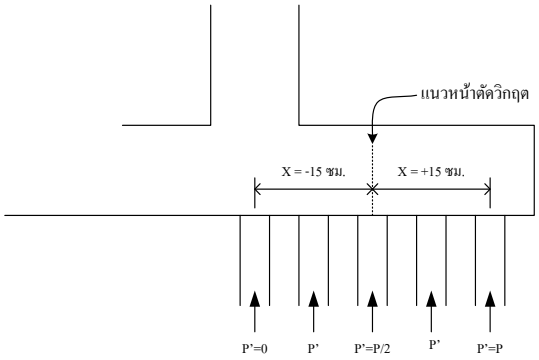
$$v = \frac{V}{b_o.d}$$

การคิดแรงต้านทานจากเสาเข็ม

กรณีฐานรากนั่งบนเสาเข็ม แรงดันขึ้นของเสาเข็มที่อยู่ห่างจากแนวหน้าตัดวิกฤติออกไปตั้งแต่ 15 ซม. ขึ้นไป ให้เสาเข็มมีความสามารถต้านทานแรงเฉือนได้เต็ม 100% ทุกต้น

แต่ถ้าเสาเข็มต้นใดอยู่ภายในระยะ 15 ซม. ในแนวหน้าตัดวิกฤติ เสาเข็มแต่ละต้นจะต้องลดความสามารถในการต้านทานแรงเฉือนลงตามสัดส่วน ดังนี้

$$P' = \frac{P}{30}(x + 15)$$



รูปที่ 7.9 การคิดลดค่าแรงต้านทานของเสาเข็ม

4.7 ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบฐานราก

ข้อกำหนดทั่วไปและมาตรฐานของ ว**สท.011007-19** กำหนดไว้ดังนี้

- ความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็ก ต้องไม่น้อยกว่า 7.50 ซม.
- ความหนาประสิทธิผลของฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ต้องไม่น้อยกว่า 15 ซม.สำหรับฐานแผ่หรือฐานรากเสาเข็มสั้น และต้องหนาไม่น้อยกว่า 30 ซม. ถ้าเป็นฐานรากเสาเข็มยาว
- เสาตอม่อที่เป็นเสากลมหรือเสาเหลี่ยมใดๆ ให้คิดขอบของเสานั้นเหมือนกับเสาสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- ก่อนเทคอนกรีตฐานราก ต้องมีทรายหยาบและคอนกรีตหยาบรองพื้น 5–10 ซม. เพื่อป้องกันดินโคลนหรือสิ่งสกปรกเปรอะเปื้อนเหล็กเสริมในฐานราก
- ประมาณน้ำหนักฐานรากเบื้องต้น 10–15% ของน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงมาจากเสาตอม่อ
- เสาตอม่อให้มีความลึกประมาณ 1.00–1.50 เมตร ขึ้นอยู่กับลักษณะของชั้นดินและงานระบบต่างๆที่ต้องลอดผ่านใต้คานคอดิน ถ้าเป็นฐานรากแผ่ก็ควรให้นั่งบนชั้นดินแข็งเดิมและบดอัดให้แน่นตามมาตรฐานกำหนด
- ฐานรากใดที่ต้องรองรับแรงสั่นสะเทือนหรือโมเมนต์ดัด เสาเข็มที่รองรับฐานรากนั้นควร เป็นเสาเข็มเจาะ หรือ**เสาเข็มตอกแต่**กำหนดให้เสริมเหล็กเดือยพิเศษ (Extra Dowel Steel) เพื่อยึดเหนี่ยวฐานรากกับเสาเข็มไม่ให้หลุดออกจากกัน

อธิบายตัวอย่างที่ 7.1 ถึงตัวอย่างที่ 7.7 ให้เข้าใจ

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูอธิบายเกี่ยวกับสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ **การออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก**
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหรือซักถามก่อนเรียน

ขั้นสอน

3. ครูอธิบายเนื้อหาและให้ความรู้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 7 ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**
5. นักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดที่ 7 หน้าชั้นเรียน พร้อมกับครูให้คำชี้แนะ

ขั้นสรุปและการประยุกต์

6. นักเรียนทำแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 7 เรื่องการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบประเมินผลการเรียนรู้บทที่ 7 พร้อมกับสรุปบทเรียนร่วมกัน

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนรายวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก** (รหัส 3121-2102 **และ** 3108-9002)

6.2 เว็บไซต์และสื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน

6.3 การอ้างอิงตามบรรณานุกรมของหนังสือเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีวัดผล

1. สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. ตรวจแบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 7
3. สังเกตและประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เครื่องมือวัดผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 7
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยอาจารย์และนักศึกษาร่วมกันประเมิน

เกณฑ์การประเมินผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล เกณฑ์ผ่านต้องไม่มีช่องปรับปรุง
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 7 เกณฑ์ผ่าน ทำถูกต้อง 80% ขึ้นไป
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คะแนนขึ้นอยู่กับการประเมินตามสภาพจริง

8. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

8.1 กิจกรรมเสนอแนะ

8.1.1 ให้นักศึกษาสังเกตสิ่งรอบตัว ทั้งในวิทยาลัยฯ และภายนอก ว่ามีสิ่งใดบ้างที่สัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนที่เรียนมา

8.2 งานที่มอบหมาย

8.2.1 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7 เรื่องการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

การประเมินผล
บทที่ 7 การออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

คำชี้แจง : คะแนนรวมต่อบท 100 คะแนนเต็ม

1. แบบฝึกหัดท้ายบทจำนวน 3 ข้อ ข้อละ 20 คะแนน รวม 60 คะแนน
3. ประเมินจิตพิสัยตามสภาพจริง 40 คะแนน

แบบประเมินผล

บทที่ 7 การออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-900	**วิทยาลัย** ....
ชื่อ-สกุล..... **ระดับ**.....	**ครู** .....

ที่	**รายการประเมิน**	***คะแนนแบบทดสอบ (ถ้ามี)**		****คะแนนแบบประเมินผลการเรียนรู้ (แบบฝึกหัดท้ายบท)**		***ข้อที่**	****ข้อที่**
		คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้	คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้		
1	แบบฝึกหัดข้อที่ 1						
2	แบบฝึกหัดข้อที่ 2						
3	แบบฝึกหัดข้อที่ 3						
4	แบบฝึกหัดข้อที่ 4						
5	แบบฝึกหัดข้อที่ 5						
6	หรือข้อใดที่ครูเห็นสมควรกำหนดให้						
7							
8							
9							
10							
รวมคะแนนด้านทักษะ		**60**		**60**			
11	ความขยันหมั่นเพียร ความวิริยะอุตสาหะ			20			
12	ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์สุจริต			20			
รวมคะแนนด้านจิตพิสัย				**40**			
รวมคะแนนทั้งหมด				**100**		**รวม**	

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8	**หน่วยที่ 8**
	ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	เวลาเรียนรวม 54 ชม.
	ชื่อหน่วย แบบฝึกเสริมทักษะการออกแบบอาคารพักอาศัยสูง 2 ชั้น	สอนครั้งที่ 17-18/18
ชื่อเรื่อง แบบฝึกเสริมทักษะการออกแบบอาคารพักอาศัยสูง 2 ชั้น		จำนวน 6 คาบ

1. หัวข้อเรื่อง

8.1 การพิจารณากำหนดโครงสร้างพื้นและการออกแบบ

8.2 การพิจารณากำหนดโครงสร้างบันไดและการออกแบบ

8.3 การพิจารณากำหนดโครงสร้างคานและการออกแบบ

8.4 การพิจารณากำหนดโครงสร้างเสาและการออกแบบ

8.5 การพิจารณากำหนดโครงสร้างฐานรากและการออกแบบ

2. สาระสำคัญ

เพื่อให้การเรียนรู้การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และนักศึกษามีความเข้าใจถึงการคำนวณออกแบบโครงสร้างของส่วนประกอบต่างๆ ขององค์อาคารได้อย่างถ่องแท้ การทำแบบฝึกทักษะอาคารพักอาศัยสูง 2 ชั้น จะเป็นแนวทางการตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาถึงความสัมพันธ์ขององค์อาคารในแต่ละส่วน การถ่ายโอนน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างในแต่ละองค์อาคารต้องถูกต้องตามลำดับทางวิศวกรรม และการคำนวณโครงสร้างในแต่ละชิ้นส่วนต้องไม่ผิดพลาด ความไม่เข้าใจและคำนวณไม่ถูกต้องจะมีผลร้ายแรงต่อการพังทลายของอาคารและสูญเสียทรัพย์สินหรือชีวิต

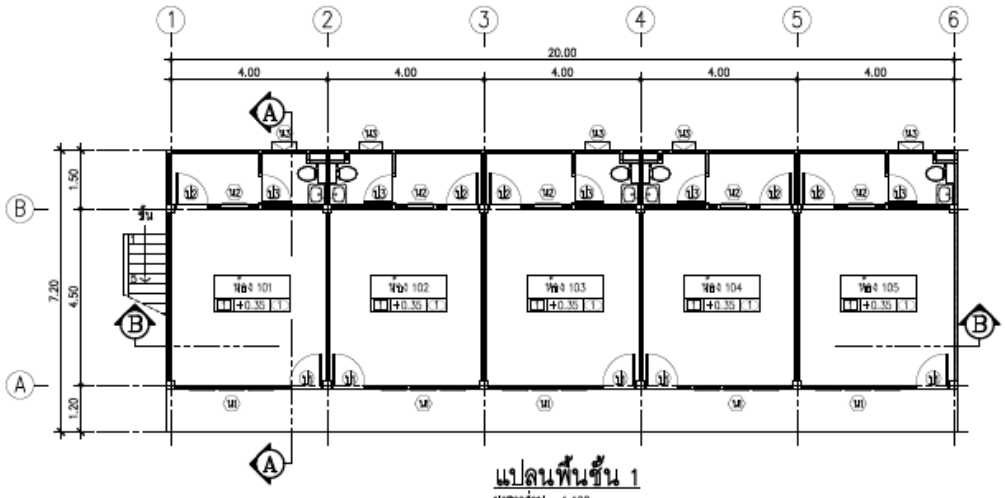
3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างพื้น บันได คาน เสา และฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างถูกต้อง
2. ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการเกี่ยวกับการคำนวณออกแบบโครงสร้างพื้น บันได คาน เสา และฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างถูกต้องตามลำดับขั้นตอน
3. ผู้เรียนมีเจตคติเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

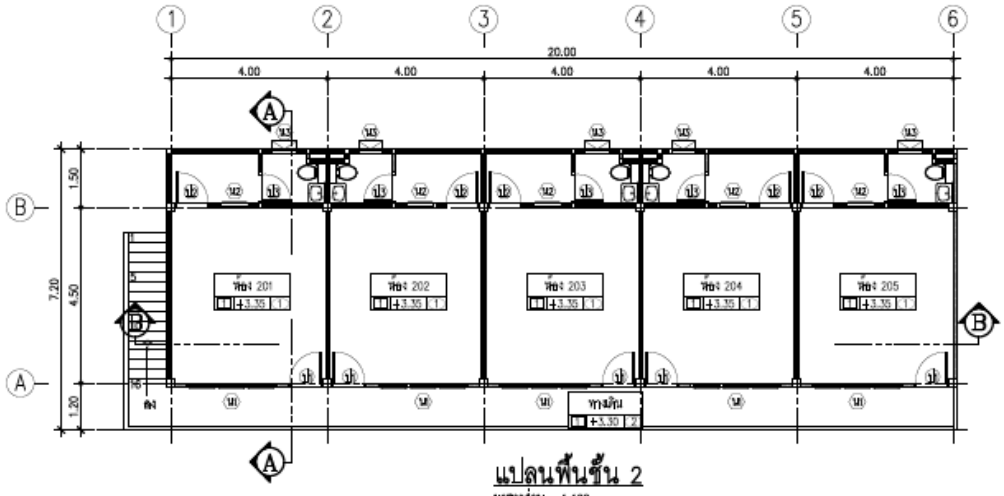
4. สาระการเรียนรู้

4.1 กำหนดแบบแปลนอาคารพักอาคารสูง 2 ชั้น

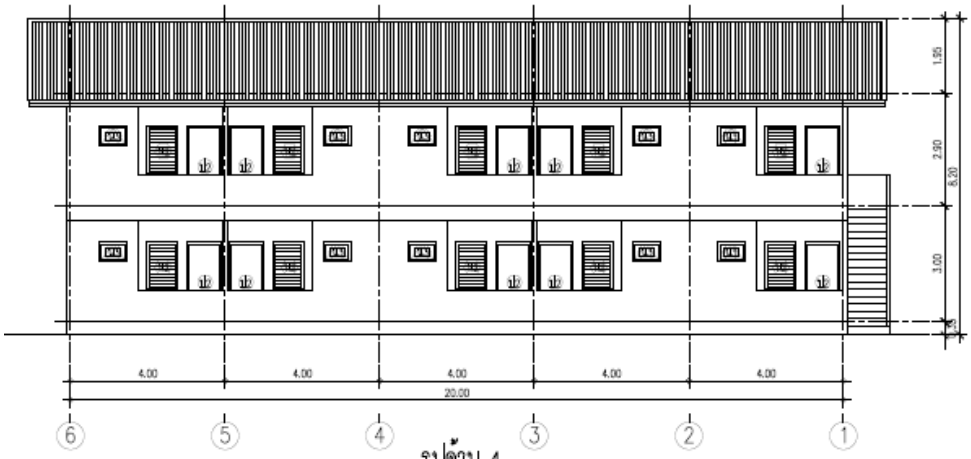
อาจารย์อธิบายองค์ประกอบของอาคารตามรูปแบบสถาปัตยกรรม และการอ่านแบบทางสถาปัตยกรรมให้เข้าใจในทุกส่วนของอาคาร



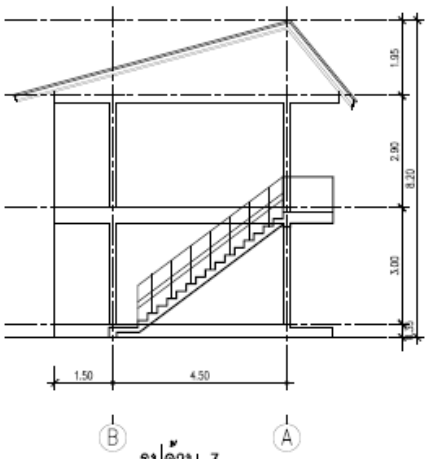
แปลนพื้นชั้น 1



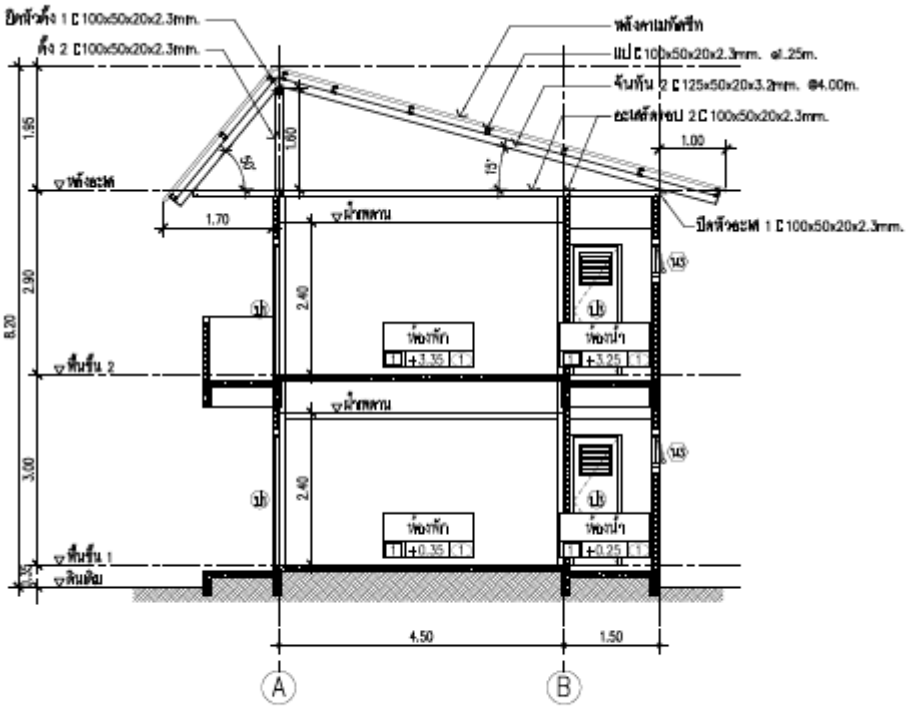
แปลนพื้นชั้น 2



รูปด้าน 4
มาตราส่วน 1:100



รูปด้าน 3
มาตราส่วน 1:100

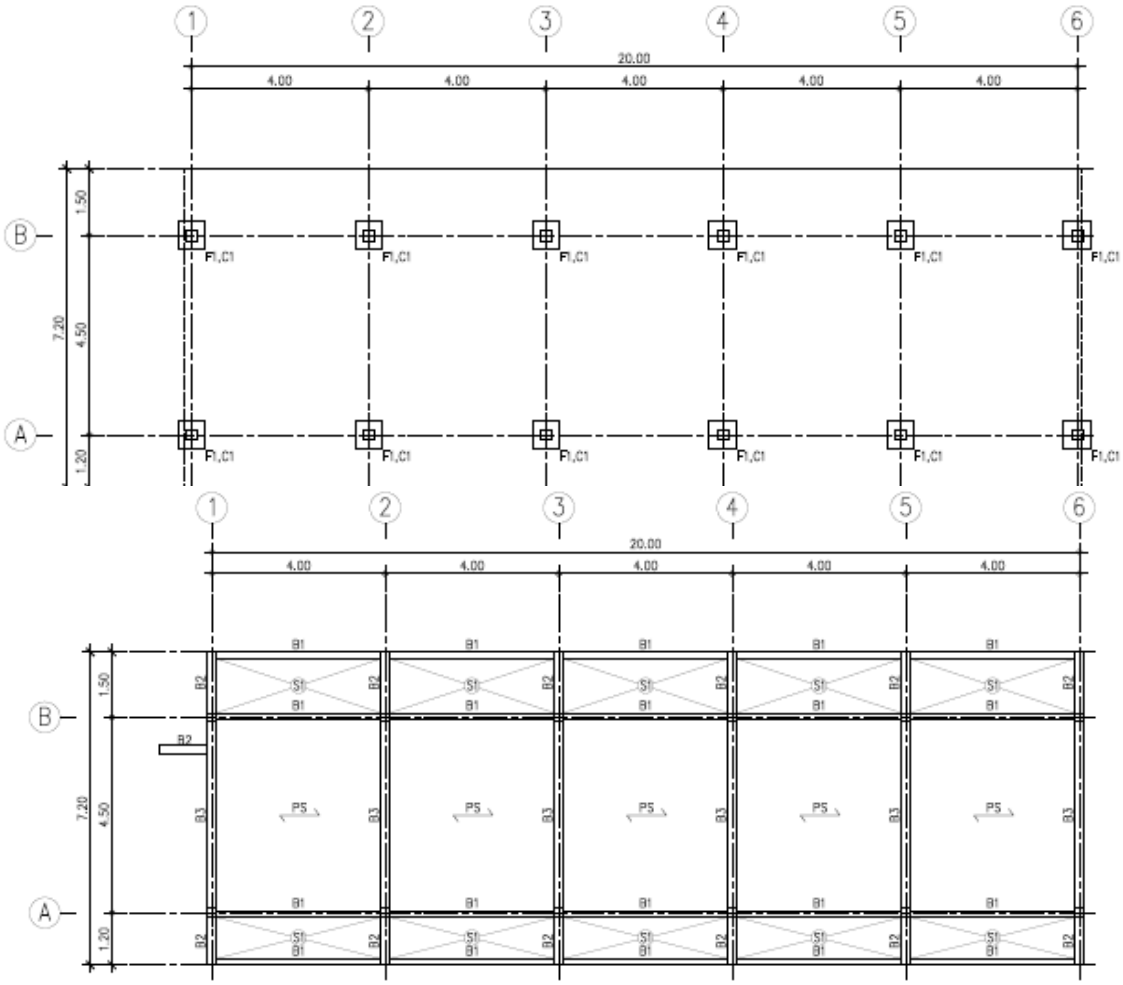


รูปตัด A–A
มาตราส่วน 1:75

4.2 กำหนดแนวทางการคำนวณโครงสร้างตามลำดับขั้นตอน

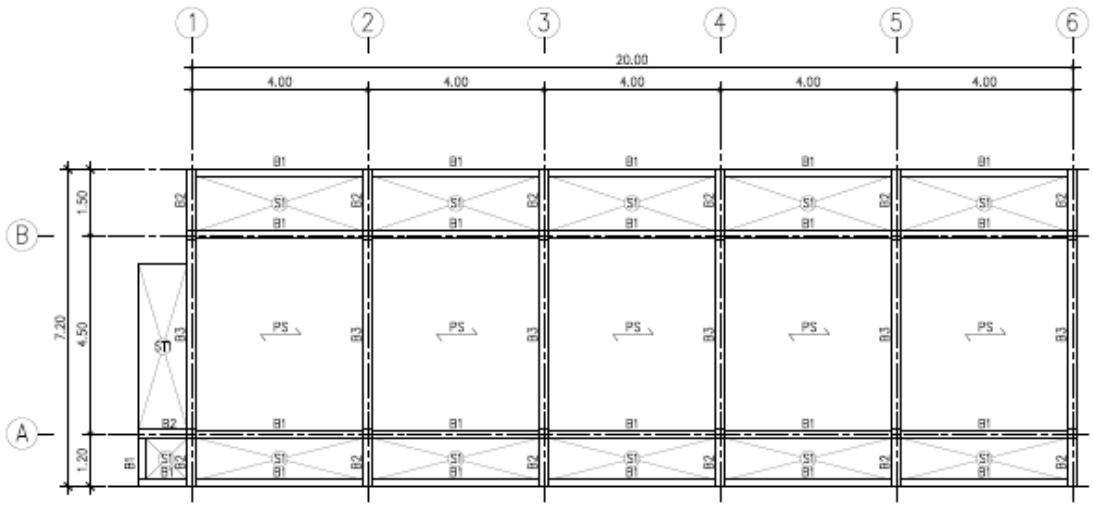
อธิบายข้อกำหนดทางกฎหมาย น้ำหนักต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบอาคารแต่ละประเภท

จัดทำแบบแปลนผังโครงสร้าง อาจารย์อธิบายแนวทางการกำหนดหมายเลขโครงสร้างต่างๆ แนวทางการเลือกออกแบบชนิดของพื้น ชนิดของคาน ชนิดของบันได ชนิดของเสา และชนิดของฐานราก เช่น หมายเลขของพื้นต่างๆ หมายเลขของบันไดต่างๆ หมายเลขของคานต่างๆ หมายเลขของเสาต่างๆ และหมายเลขของฐานรากต่างๆ



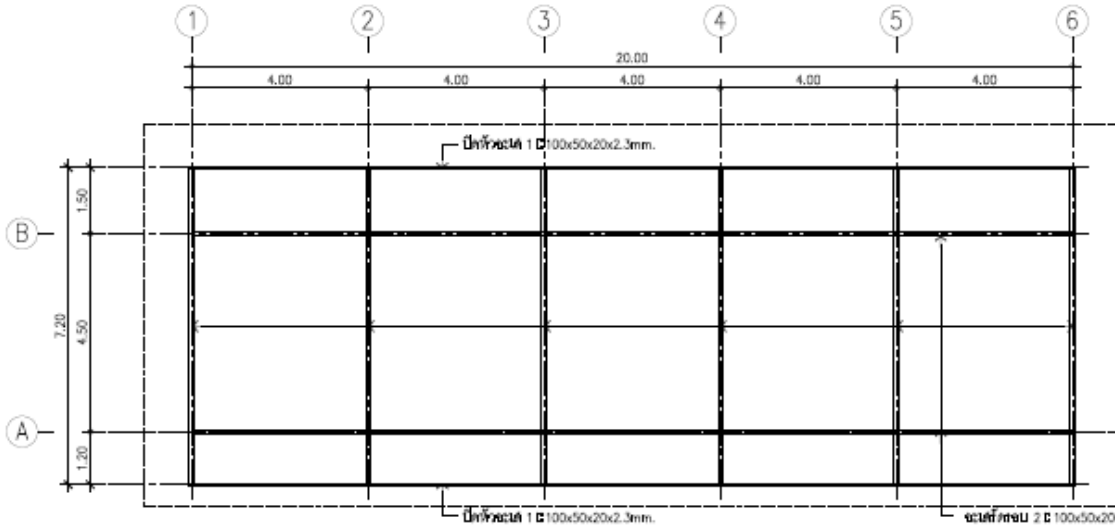
แปลนโครงสร้าง คาน/พื้น ชั้น 1

มาตราส่วน 1:100



แปลนโครงสร้าง คาน/พื้น ชั้น 2

มาตราส่วน 1:100



แปลนคานอะเสหลังคา

มาตราส่วน 1:100

4.3 เริ่มต้นการคำนวณโครงสร้างตามขั้นตอนและตามหลักวิศวกรรม

อาจารย์คอยติดตามชี้แนะทั้งในชั่วโมงปกติและนอกชั่วโมงให้ดำเนินการให้เสร็จสิ้นภายใน 2 สัปดาห์

4.4 รวบรวมเป็นรูปเล่ม เป็นผลงานประจำตัวของนักศึกษา

อาจารย์ตรวจสอบความถูกต้องและชี้แนะข้อผิดพลาดที่ต้องแก้ไขให้นักศึกษาได้ทราบ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตในอนาคตต่อไป

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูอธิบายเกี่ยวกับสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ **แบบฝึกทักษะการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารพักอาศัยสูง 2 ชั้น**

ขั้นสอน

1. ครูอธิบายแนวทางการเริ่มต้นคำนวณออกแบบในหน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่องแบบฝึกทักษะการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารพักอาศัยสูง 2 ชั้น

ขั้นสรุปและการประยุกต์

1. นักเรียนลงมือทำแบบฝึกทักษะด้วยตนเองตามบทที่ 8 เรื่องแบบฝึกทักษะการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารพักอาศัยสูง 2 ชั้น ตามแนวทางในหนังสือแบบเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนรายวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก** (รหัส 3121-2102 **และ** 3108-9002)

6.2 แบบแปลนสถาปัตยกรรมที่ครูจัดหามาให้

6.3 การอ้างอิงตามบรรณานุกรมของหนังสือเรียนวิชา **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**

7. การวัดผลประเมินผล

วิธีวัดผล

1. สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. ตรวจผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้หน่วยที่ 8
3. สังเกตและประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เครื่องมือวัดผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล
2. รูปเล่มความสมบูรณ์/ความถูกต้องตามหน่วยการเรียนรู้หน่วยที่ 8

เกณฑ์การประเมินผล

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานรายบุคคล เกณฑ์ผ่านต้องไม่มีช่องปรับปรุง
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 8 เกณฑ์ผ่าน ทำถูกต้อง 80% ขึ้นไป
3. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คะแนนขึ้นอยู่กับการประเมินตามสภาพจริง

8. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

8.1 กิจกรรมเสนอแนะ

8.1.1 ให้นักศึกษาสังเกตสิ่งรอบตัว ทั้งในวิทยาลัยฯ และภายนอก ว่ามีสิ่งใดบ้างที่สัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนที่เรียนมา

8.2 งานที่มอบหมาย

8.2.1 ให้แก้ไขปรับปรุงการคำนวณโครงสร้างในส่วนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้

9. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

การประเมินผล
บทที่ 8 แบบฝึกทักษะการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารพักอาศัยสูง 2 ชั้น

คำชี้แจง : คะแนนรวมต่อบท 100 คะแนนเต็ม

1. แบบฝึกหัดท้ายบทจำนวน 3 ข้อ ข้อละ 20 คะแนน รวม 60 คะแนน
3. ประเมินจิตพิสัยตามสภาพจริง 40 คะแนน

แบบประเมินผล

บทที่ 8 แบบฝึกทักษะการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารพักอาศัยสูง 2 ชั้น

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รหัสวิชา 3121-2102 **และ** 3108-900	**วิทยาลัย** ....
ชื่อ-สกุล..... **ระดับ**.....	**ครู** .....

ที่	**รายการประเมิน**	***คะแนนแบบทดสอบ (ถ้ามี)**		****คะแนนแบบประเมินผลการเรียนรู้ (แบบฝึกหัดท้ายบท)**		***ข้อที่**	****ข้อที่**
		คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้	คะแนนเต็ม	คะแนนทำได้		
1	ความถูกต้องของโครงสร้างพื้น						
2	ความถูกต้องของโครงสร้างบันได						
3	ความถูกต้องของโครงสร้างคาน						
4	ความถูกต้องของโครงสร้างเสา						
5	ความถูกต้องของโครงสร้างฐานราก						
6	หรือข้อใดที่ครูเห็นสมควรกำหนดให้						
7							
8							
9							
10							
รวมคะแนนด้านทักษะ		**60**		**60**			
11	ความขยันหมั่นเพียร ความวิริยะอุตสาหะ			20			
12	ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์สุจริต			20			
รวมคะแนนด้านจิตพิสัย				**40**			
รวมคะแนนทั้งหมด				**100**		**รวม**	