



แผนการจัดการเรียนรู้

วิชา วิศวกรรมการทาง รหัสวิชา 30121-2103
หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567
ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างโยธา
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2569

จัดทำโดย
นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน
ครู คศ.1

แผนกวิชาช่างโยธา วิทยาลัยเทคนิคเขียงราย
สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ลักษณะรายวิชา

รหัสและรายวิชา	30121-2011 วิศวกรรมการทาง
(ภาษาอังกฤษ)	Highway Engineering
สภาพรายวิชา	หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน
เวลาศึกษา	45 ชั่วโมง เรียนตลอด 15 สัปดาห์ ทฤษฎี 3 ชั่วโมง/สัปดาห์
หน่วยกิต	3 หน่วยกิต

จุดประสงค์

1. มีความรู้ ความเข้าใจ หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการออกแบบถนน การระบายน้ำ การก่อสร้างทาง การซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง
2. มีความสามารถในการคำนวณ ออกแบบ ทางด้านเรขาคณิตและระบบการระบายน้ำ
3. มีกิจนิสัยในการทำงานด้วยความรอบคอบ
4. มีความสามารถประยุกต์ ในการคำนวณออกแบบ ทางด้านเรขาคณิต ลักษณะโครงสร้างทาง หลักการออกแบบถนน

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการ และกระบวนการก่อสร้างทาง และซ่อมบำรุงทาง
2. คำนวณออกแบบทางด้านเรขาคณิตและระบบการระบายน้ำ
3. เลือกวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างทาง และซ่อมบำรุงทางตามมาตรฐานงานทาง
4. ประยุกต์ใช้การคำนวณออกแบบ ทางด้านเรขาคณิต ลักษณะโครงสร้างทาง หลักการออกแบบถนน

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับถนนและทางหลวง มาตรฐานทางหลวงในประเทศไทย และคำนวณออกแบบ ทางด้านเรขาคณิต ลักษณะโครงสร้างทาง และวัสดุที่ใช้ก่อสร้างทาง หลักการออกแบบถนน ระบบการระบายน้ำ การก่อสร้างทาง การซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง

การแบ่งหน่วยเรียน
วิชา วิศวกรรมการทาง รหัสวิชา 30121-2011
3 หน่วยกิต จำนวน 3 คาบ/สัปดาห์

หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	จำนวนคาบ	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	3	-
2	การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	3	-
3	การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	3	-
4	โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	3	-
5	หลักการออกแบบถนน	9	-
6	การระบายน้ำบนทางหลวง	6	-
7	การก่อสร้างผิวทาง	6	-
8	การซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทาง	6	-
	รวมชั่วโมงสอน	39	-
	สอบกลางภาค	3	
	สอบปลายภาค	3	-
	รวมชั่วโมงต่อภาคเรียน	45	

การแบ่งหน่วยการเรียนรู้

วิชา วิศวกรรมการทาง รหัสวิชา 30121-2011

3 หน่วยกิต จำนวน 3 คาบ/สัปดาห์

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย 1.1 ความหมายและความสำคัญของทางหลวง 1.1.1 ความหมายของและความสำคัญทางหลวง 1.1.2 ทางหลวงในประเทศไทย 1.2 ชนิดของถนน 1.2.1 ถนนลาดยาง 1.2.2 ถนนคอนกรีต 1.3 น้ำหนักบรรทุกทุกของถนน 1.3.1 น้ำหนักบรรทุกทุกหกล้อ 1.3.2 น้ำหนักบรรทุกทุกสิบล้อ 1.3.3 น้ำหนักบรรทุกทุกกิ่งพ่วง 1.3.4 น้ำหนักบรรทุกทุกพ่วง 1.4 ประเภทของทางหลวง 1.4.1 ทางหลวงพิเศษ 1.4.2 ทางหลวงแผ่นดิน 1.4.3 ทางหลวงชนบทท้องถิ่น 1.4.4 ทางหลวงสัมปทาน 1.5 มาตรฐานทางหลวง 1.5.1 มาตรฐานทางหลวงได้ 1.5.2 รายการตัวอักษรหรือตัวเลขทางหลวง 1.6 ทางหลวงเอเชียในประเทศไทย 1.6.1 ทางหลวงเอเชียสายประธาน 1.6.2 ทางหลวงเอเชียสายรองประธาน	180	
2	การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร 2.1 ความหมายของการวางแผนและขั้นตอนในการวางแผนสร้างทาง 2.1.1 การวางแผนสร้างทาง	360	

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
	2.1.2 หลักเกณฑ์การวางแผนก่อสร้างทาง 2.1.3 ขั้นตอนการวางแผนก่อสร้างทาง 2.2 การศึกษาข้อมูลความเหมาะสมก่อนการลงทุน 2.2.1 ข้อมูลทางด้านวิศวกรรม 2.2.2 ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมจราจร 2.2.3 ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจการเงินและสังคม 2.3 หลักการวิเคราะห์ความเหมาะสมก่อนการลงทุน 2.3.1 วิธีอัตราผลประโยชน์กับการลงทุน 2.3.2 วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 2.3.3 วิธีอัตราส่วนผลตอบแทน 2.4 ความหมายของวิศวกรรมจราจร 2.4.1 ความหมายวิศวกรรมจราจร 2.4.2 การวางแผน การออกแบบ 2.4.3 การจัดทำเครื่องหมาย การควบคุมการจราจร 2.4.4 ลักษณะความจริงและกฎเกณฑ์ทั่วไปของจราจร 2.5 การศึกษาปริมาณการจราจร 2.5.1 ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี 2.5.2 ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน 2.5.3 ปริมาณจราจรต่อชั่วโมงที่สูงสุดของวัน 2.5.4 จำนวนยานพาหนะเป็นคันต่อวัน 2.5.5 จำนวนยานพาหนะเป็นคันต่อชั่วโมง 2.5.6 หน่วยนับของยานพาหนะเมื่อเทียบกับรถยนต์นั่ง 2.6 วิธีสำรวจปริมาณการจราจร 2.6.1 การสำรวจปริมาณจราจรโดยใช้คนเจ้านับ 2.6.2 การสำรวจปริมาณจราจรโดยใช้เครื่องสำรวจ 2.6.3 การสำรวจปริมาณจราจรโดยใช้ภาพถ่าย 2.6.4 การสำรวจปริมาณจราจรโดยการนับรถสวนทาง 2.7 ความล่าช้าและเครื่องหมายควบคุมระบบการจราจร 2.7.1 สาเหตุความล่าช้า 2.7.2 วิธีสำรวจเวลาการเดินทางและความล่าช้า 2.7.3 เครื่องหมายควบคุมระบบการจราจร		

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที่)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
3	การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต 3.1 ความหมายการออกแบบทางด้านเรขาคณิต 3.1.1 ความหมายการออกแบบทางด้านเรขาคณิต 3.1.2 แนวความคิดของการออกแบบเรขาคณิต 3.2 หลักการสำรวจเพื่อออกแบบทาง 3.2.1 การศึกษาข้อมูลต่างๆ และเตรียมเครื่องมือ 3.2.2 การสำรวจและตรวจสอบเพื่อวางแผน 3.3 ข้อมูลเพื่อเตรียมงานสำรวจในการออกแบบทาง 3.3.1 จุดประสงค์ที่จะก่อสร้างทาง และเตรียมเครื่องมือ 3.3.2 พิจารณาจุดและตำแหน่ง 3.3.3 เส้นทางที่จะสร้างและจุดมุ่งหมายที่สำรวจ 3.3.4 ศึกษาแนวทางจากแผนที่หลัก 3.3.5 การกำหนดเวลาเพื่อเตรียมงาน 3.3.6 การจัดเตรียมแบบแปลนและรูปตัดตามยาว 3.4 หลักการออกแบบด้านเรขาคณิต 3.4.1 การออกแบบด้านเรขาคณิต 3.4.2 การออกแบบทางด้านเรขาคณิตที่ปลอดภัย 3.5 การวิเคราะห์ระยะการมองเห็นโดยปลอดภัย 3.5.1 การพิจารณาระยะหยุดรถและแซงที่ปลอดภัย 3.5.2 การตรวจสอบระยะการมองเห็นของคนขับ 3.6 หลักการยกขอบทางโค้งของถนน 3.6.1 การคำนวณตัวอย่างที่ 3.1 3.6.2 การคำนวณตัวอย่างที่ 3.2	360	
4	โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง 4.1 ความหมายของโครงสร้างทาง 4.1.1 โครงสร้างทาง 4.1.2 แนวความคิดของโครงสร้างทาง 4.2 หลักการก่อสร้างโครงสร้างทาง และวัสดุก่อสร้างทาง 4.2.1 การเตรียมงานก่อสร้างโครงสร้างทาง	540	

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
5	4.2.2 งานถางป่า ขุดต่อ 4.2.3 งานดินตัด 4.2.4 งานวัสดุถม 4.3 การก่อสร้างโครงสร้างทาง 4.3.1 งานดินถมคันทาง 4.3.2 งานรองพื้นทาง 4.3.3 งานพื้นทาง 4.3.4 งานไหล่ทาง 4.4 เครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างทาง 4.4.1 การทำงานของรถบรรทุกเทท้าย 4.4.2 การทำงานของรถแบ็คโฮ 4.4.3 การทำงานของรถบด 4.4.4 การทำงานของรถเกรด 4.4.5 การทำงานของรถสำหรับงานปูแอสฟัลต์ 4.4.6 การทำงานของรถดันดิน 4.4.7 การทำงานของรถน้ำและรถกวาดถนน	360	
	หลักการออกแบบถนน 5.1 ความหมายของการออกแบบโครงสร้างถนน 5.1.1 การออกแบบโครงสร้างถนน 5.1.2 โครงสร้างถนนในประเทศไทย 5.2 หลักการออกแบบถนนลาดยาง 5.2.1 โครงสร้างของถนนลาดยาง 5.2.2 หลักการออกแบบถนนลาดยางโดยวิธีของ TAI 5.2.3 การหาค่ากำลังรับน้ำหนักของดินเดิมสำหรับการออกแบบ 5.2.4 การเลือกค่ากำลังรับน้ำหนักของดินสำหรับใช้ออกแบบ 5.2.5 วิธีหาค่า California Bearing Ratio (CBR) 5.2.6 ลักษณะโครงสร้างของถนนลาดยางในประเทศไทย 5.3 หลักการออกแบบถนนคอนกรีต 5.3.1 โครงสร้างของถนนคอนกรีต 5.3.2 หลักการออกแบบความหนาของถนนคอนกรีต โดยวิธีPCA		

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
6	5.4 วิธีการเสริมเหล็กรอยต่อแผ่นพื้นคอนกรีตถนนคอนกรีต 5.4.1 การควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีต 5.4.2 การหาขนาดและความยาวเหล็กยึด	360	
	การระบายน้ำบนทางหลวง 6.1 ความหมายของการระบายน้ำบนทางหลวง 6.1.1 การระบายน้ำ 6.1.2 ถนนตัดผ่านลำธาร 6.2 หลักการสำรวจเพื่อทำระบบการระบายน้ำบนทางหลวง 6.2.1 แพลน (Plan) 6.2.2 รูปตัด (Section) 6.3 การกำหนดขนาดของท่อหรือสะพาน 6.3.1 การกำหนดค่าระดับน้ำสูงสุดในสนาม 6.3.2 การหาพื้นที่ช่องน้ำวิธีใช้สูตร (Formula) 6.3.3 การใช้สถิติที่ใช้ในการออกแบบทางระบายน้ำ 6.4 หลักการเลือกใช้ท่อหรือสะพาน 6.4.1 การเลือกใช้ท่อกลม 6.4.2 การเลือกใช้ท่อเหลี่ยม 6.5 การออกแบบและการก่อสร้างระบบการระบายน้ำบนทางหลวง 6.5.1 หลักการพิจารณาการระบายน้ำออกจากถนน 6.5.2 การพิจารณาดำเนินการของการระบายน้ำ 6.5.3 การสำรวจเพื่อการระบายน้ำ 6.5.4 การระบายน้ำโดยทั่วไป 6.5.5 การออกแบบระบบการระบายน้ำบนผิวดิน		
7	การก่อสร้างผิวทาง 7.1 ความหมายของการก่อสร้างผิวทาง 7.1.1 การก่อสร้างผิวทาง 7.1.2 การปูชั้นพื้นผิวทาง 7.2 การก่อสร้างผิวทางแบบแอสฟัลต์ 7.2.1 ผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์ 7.2.2 ผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีต	360	

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
8	7.3 การก่อสร้างผิวทางแบบคอนกรีต	360	
	7.3.1 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผิวทางแบบคอนกรีต		
	7.3.2 แบบหล่อคอนกรีต		
	7.3.3 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง ผิวทางแบบคอนกรีต		
	7.3.4 การก่อสร้างรอยต่อ		
	7.3.5 การอัดแต่งครั้งสุดท้าย		
	7.3.6 การบ่มคอนกรีต		
	7.3.7 การรื้อแบบ		
	7.3.8 การป้องกันแผ่นพื้นคอนกรีต		
	7.3.9 การยาแนวรอยต่อ		
	7.3.10 การเปิดการจราจร		
	7.4 เครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างผิวทาง		
	7.4.1 เครื่องจักรกลที่ใช้ในการก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์		
	7.4.2 เครื่องจักรกลที่ใช้ในการก่อสร้างผิวจราจรแบบคอนกรีต		
	การซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทาง		
	8.1 ความหมายของการซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง		
	8.1.1 การซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง		
	8.1.2 กระบวนการในการปฏิบัติงานบำรุงปกติ		
	8.2 จุดประสงค์การซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง		
	8.2.1 เพื่อให้เส้นทางคงอยู่ในสภาพเดิม		
	8.2.2 เพื่อบริการประชาชน ผู้สัญจรไปมา		
	8.2.3 เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงเส้นทางและผิวทาง		
	8.2.4 เพื่อลดค่าใช้จ่าย		
	8.2.5 เพื่อให้ยานสามารถสัญจรได้ในทุกฤดูกาล		
	8.3 ประเภทของการซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทาง		
	8.3.1 งานซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทางตามปกติ		
	8.3.2 งานซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทางตามกำหนดเวลา		
	8.3.3 งานซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทางแบบพิเศษ		
	8.3.4 งานซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทางแบบฉุกเฉิน		

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาทื)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
	8.4 หลักเกณฑ์และวิธีการจัดลำดับในการพิจารณาซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง 8.4.1 หลักการพิจารณาซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง 8.4.2 วิธีการจัดลำดับในการซ่อมบำรุงทาง 8.5 การซ่อมบำรุงผิวทางแบบลาดยาง 8.5.1 การเกิดรอยแตกร้าวแบบหนังจระเข้ 8.5.2 การเกิดรอยแตกร้าวที่เกิดจากการหดตัว 8.5.3 การเกิดร่องล้อบนพื้นทาง 8.5.4 การชำรุดเป็นหลุมเป็นบ่อ 8.6 การซ่อมบำรุงผิวทางแบบคอนกรีต 8.6.1 สาเหตुरอยแตกร้าวและการแก้ไขผิวจราจรแบบคอนกรีต 8.6.2 สาเหตุการร่นแยกตัวและการแก้ไขผิวทางแบบคอนกรีต 8.6.3 สาเหตุการแตกร้าวและการแก้ไขผิวทางแบบคอนกรีต 8.7 เข้าใจการใช้แอสฟัลต์ในการบำรุงรักษาพื้นทางคอนกรีต 8.7.1 อธิบายการใช้แอสฟัลต์บำรุงรักษาพื้นทางคอนกรีต 8.7.2 อธิบายการใช้แอสฟัลต์อุดโพรงใต้พื้นคอนกรีต 8.7.3 อธิบายการใช้แอสฟัลต์ทำชั้นผิวทางทับบนผิวทางเดิมของผิวคอนกรีต		

จุดประสงค์การสอน

วิชา วิศวกรรมการทาง รหัสวิชา 30121-2011

3 หน่วยกิต จำนวน 3 คาบ/สัปดาห์

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย 1.1 รู้ความหมายและความสำคัญของทางหลวง 1.1.1 บอกความหมายของและความสำคัญทางหลวง 1.1.2 บอกเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย 1.2 รู้ชนิดของถนน 1.2.1 บอกความหมายถนนลาดยาง 1.2.2 บอกความหมายถนนคอนกรีต 1.3 รู้หน้าที่บรรทุกของถนน 1.3.1 บอกการรับน้ำหนักบรรทุกทุกหกล้อบนถนน 1.3.2 บอกการรับน้ำหนักบรรทุกทุกสี่ล้อบนถนน 1.3.3 บอกการรับน้ำหนักบรรทุกทุกกึ่งพ่วงบนถนน 1.3.4 บอกการรับน้ำหนักบรรทุกทุกพ่วงบนถนน 1.4 รู้จักประเภทของทางหลวง 1.4.1 บอกลักษณะการใช้ทางหลวงพิเศษ 1.4.2 บอกลักษณะการใช้ทางหลวงแผ่นดิน 1.4.3 บอกลักษณะการใช้ทางหลวงชนบทท้องถิ่น 1.4.4 บอกลักษณะการใช้ทางหลวงสัมปทาน 1.5 รู้มาตรฐานทางหลวง 1.5.1 บอกมาตรฐานทางหลวงได้ 1.5.2 บอกรายการตัวอักษรหรือตัวเลขทางหลวง 1.6 รู้ทางหลวงเอเชียในประเทศไทย 1.6.1 บอกลักษณะการใช้ทางหลวงเอเชียสายประธาน 1.6.2 บอกลักษณะการใช้ทางหลวงเอเชียสายรองประธาน	180	
2	การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร 2.1 รู้ความหมายของการวางแผนและขั้นตอนในการวางแผนสร้างทาง 2.1.1 บอกความหมายของการวางแผนสร้างทาง	360	

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
	2.1.2 บอกหลักเกณฑ์การวางแผนก่อสร้างทาง 2.1.3 บอกขั้นตอนวางแผนก่อสร้างทาง 2.2 เข้าใจการศึกษาข้อมูลความเหมาะสมก่อนการลงทุน 2.2.1 อธิบายข้อมูลทางด้านวิศวกรรม 2.2.2 อธิบายข้อมูลทางด้านวิศวกรรมจราจร 2.2.3 อธิบายข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจการเงินและสังคม 2.3 เข้าใจหลักการวิเคราะห์ความเหมาะสมก่อนการลงทุน 2.3.1 อธิบายขั้นตอนของวิธีอัตราผลประโยชน์กับการลงทุน 2.3.2 อธิบายขั้นตอนของวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 2.3.3 อธิบายขั้นตอนของวิธีอัตราส่วนผลตอบแทน 2.4 รู้ความหมายของวิศวกรรมจราจร 2.4.1 บอกความหมายวิศวกรรมจราจร 2.4.2 บอกการวางแผน การออกแบบ 2.4.3 บอกการจัดทำเครื่องหมาย การควบคุมการจราจร 2.4.4 บอกลักษณะความจริงและกฎเกณฑ์ทั่วไปของจราจร 2.5 รู้การศึกษาปริมาณการจราจร 2.5.1 บอกลักษณะปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี 2.5.2 บอกลักษณะปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน 2.5.3 บอกลักษณะของปริมาณจราจรต่อชั่วโมงที่สูงสุดของวัน 2.5.4 บอกลักษณะของจำนวนยานพาหนะเป็นคันต่อวัน 2.5.5 บอกลักษณะของจำนวนยานพาหนะเป็นคันต่อชั่วโมง 2.5.6 บอกลักษณะของหน่วยนับของยานพาหนะเมื่อเทียบกับรถยนต์นั่ง 2.6 เข้าใจวิธีการสำรวจปริมาณการจราจร 2.6.1 อธิบายวิธีการสำรวจปริมาณจราจรโดยใช้คนแฉ่งนับ 2.6.2 อธิบายวิธีการสำรวจปริมาณจราจรโดยใช้เครื่องสำรวจ 2.6.3 อธิบายวิธีการสำรวจปริมาณจราจรโดยใช้ภาพถ่าย 2.6.4 อธิบายวิธีการสำรวจปริมาณจราจรโดยการนับรถสวนทาง 2.7 เข้าใจความล่าช้าและเครื่องหมายควบคุมการจราจร 2.7.1 อธิบายถึงสาเหตุความล่าช้า 2.7.2 อธิบายวิธีสำรวจเวลาการเดินทางและความล่าช้า 2.7.3 อธิบายเครื่องหมายควบคุมการจราจร		

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
3	การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต 3.1 รู้ความหมายการออกแบบทางด้านเรขาคณิต 3.1.1 บอกความหมายการออกแบบทางด้านเรขาคณิต 3.1.2 บอกความหมายของแนวความคิดการออกแบบเรขาคณิต 3.2 รู้หลักการสำรวจเพื่อออกแบบทาง 3.2.1 บอกการศึกษาข้อมูลต่างๆ และการเตรียมเครื่องมือ 3.2.2 บอกวิธีการสำรวจและตรวจสอบเพื่อวางแผน 3.3 รู้ข้อมูลเพื่อเตรียมงานสำรวจในการออกแบบทาง 3.3.1 บอกจุดประสงค์ที่จะก่อสร้างทาง 3.3.2 บอกการพิจารณาจุดและตำแหน่ง 3.3.3 บอกความหมายเส้นทางที่จะสร้างและจุดมุ่งหมายที่สำรวจ 3.3.4 บอกการศึกษาแนวทางจากแผนที่หลัก 3.3.5 บอกการกำหนดเวลาเพื่อเตรียมงาน 3.3.6 บอกการจัดเตรียมแบบแปลนและรูปตัดตามยาว 3.4 เข้าใจหลักการออกแบบด้านเรขาคณิต 3.4.1 อธิบายการออกแบบด้านเรขาคณิต 3.4.2 อธิบายการออกแบบทางด้านเรขาคณิตที่ปลอดภัย 3.5 เข้าใจการวิเคราะห์ระยะการมองเห็นโดยปลอดภัย 3.5.1 อธิบายวิธีการพิจารณาระยะหยุดรถและแซงที่ปลอดภัย 3.5.2 อธิบายวิธีการตรวจสอบระยะการมองเห็นของคนขับ 3.6 การนำไปใช้ของหลักการยกขอบทางโค้งของถนน 3.6.1 ตรวจสอบการคำนวณตัวอย่างที่ 3.1 3.6.2 ตรวจสอบการคำนวณตัวอย่างที่ 3.2	360	
4	โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง 4.1 รู้ความหมายของโครงสร้างทาง 4.1.1 บอกความหมายโครงสร้างทาง 4.1.2 บอกความหมายของแนวความคิดของโครงสร้างทาง 4.2 รู้หลักการก่อสร้างโครงสร้างทาง และวัสดุก่อสร้างทาง 4.2.1 บอกการเตรียมงานก่อสร้างโครงสร้างทาง	540	

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
5	4.2.2 บอกการทำงานถางป่า ขุดต่อ	360	
	4.2.3 บอกการทำงานดินตัด		
	4.2.4 บอกการทำงานวัสดุถม		
	4.3 เข้าใจการก่อสร้างโครงสร้างทาง		
	4.3.1 อธิบายวิธีการทำงานดินถมคันทาง		
	4.3.2 อธิบายวิธีการทำงานรองพื้นทาง		
	4.3.3 อธิบายวิธีการทำงานพื้นทาง		
	4.3.4 อธิบายวิธีการทำงานไหล่ทาง		
	4.4. เข้าใจเกี่ยวกับเครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างทาง		
	4.4.1 อธิบายขั้นตอนการทำงานของรถบรรทุกเทท้าย		
	4.4.2 อธิบายขั้นตอนการทำงานของรถแบ็คโฮ		
	4.4.3 อธิบายขั้นตอนการทำงานของรถบด		
	4.4.4 อธิบายขั้นตอนการทำงานของรถเกรด		
	4.4.5 อธิบายขั้นตอนการทำงานของรถสำหรับงานปูแอสฟัลต์		
	4.4.6 อธิบายขั้นตอนการทำงานของรถดันดิน		
	4.4.7 อธิบายขั้นตอนการทำงานของรถน้ำและรถกวาดถนน		
	หลักการออกแบบถนน		
	5.1 รู้ความหมายของการออกแบบโครงสร้างถนน		
	5.1.1 บอกความหมายการออกแบบโครงสร้างถนน		
	5.1.2 บอกความหมายของโครงสร้างถนนในประเทศไทย		
	5.2 เข้าใจหลักการออกแบบถนนลาดยาง		
	5.2.1 บอกโครงสร้างของถนนลาดยาง		
	5.2.2 อธิบายหลักการออกแบบถนนลาดยางโดยวิธีของ TAI		
	5.2.3 อธิบายขั้นตอนการหาค่ากำลังรับน้ำหนักของดินเดิมสำหรับการออกแบบ		
	5.2.4 อธิบายการเลือกค่ากำลังรับน้ำหนักของดินสำหรับใช้ออกแบบ		
	5.2.5 อธิบายวิธีการหาค่า California Bearing Ratio (CBR)		
	5.2.6 อธิบายลักษณะโครงสร้างของถนนลาดยางในประเทศไทย		
	5.3 การนำไปใช้ของหลักการออกแบบถนนคอนกรีต		
	5.3.1 อธิบายโครงสร้างของถนนคอนกรีต		

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
6	5.3.2 ตรวจสอบหลักการออกแบบความหนาของถนนคอนกรีตโดยวิธี PCA 5.4 การนำไปใช้ของวิธีการเสริมเหล็กรอยต่อแผ่นพื้นคอนกรีต ถนนคอนกรีต 5.4.1 ตรวจสอบการควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีต 5.4.2 ตรวจสอบการหาขนาดและความยาวเหล็กยึด การระบายน้ำบนทางหลวง 6.1 รู้ความหมายของการระบายน้ำบนทางหลวง 6.1.1 บอกความหมายการระบายน้ำ 6.1.2 บอกลักษณะถนนตัดผ่านลำธาร 6.2 รู้หลักการสำรวจเพื่อทำระบบการระบายน้ำบนทางหลวง 6.2.1 บอกลักษณะการใช้งานของแปลน (Plan) 6.2.2 บอกลักษณะการใช้งานของรูปตัด (Section) 6.3 เข้าใจเกี่ยวกับการกำหนดขนาดของท่อหรือสะพาน 6.3.1 อธิบายการกำหนดค่าระดับน้ำสูงสุดในสนาม 6.3.2 อธิบายการหาพื้นที่ช่องน้ำวิธีใช้สูตร (Formula) 6.3.3 อธิบายการใช้สถิติที่ใช้ในการออกแบบทางระบายน้ำ 6.3.4 อธิบายการออกแบบทางระบายน้ำได้ 6.4 เข้าใจหลักการเลือกใช้ท่อหรือสะพาน 6.4.1 อธิบายการเลือกใช้ท่อกลม 6.4.2 อธิบายการเลือกใช้ท่อเหลี่ยม 6.5 การนำไปใช้ของการออกแบบและการก่อสร้างระบบการระบายน้ำบนทางหลวง 6.5.1 ตรวจสอบหลักการพิจารณาการระบายน้ำออกจากถนน 6.5.2 ตรวจสอบการพิจารณาดำเนินการของการระบายน้ำ 6.5.3 พิจารณาการสำรวจเพื่อการระบายน้ำ 6.5.4 พิจารณาการระบายน้ำโดยทั่วไป 6.5.5 คำนวณหาค่าการออกแบบระบบการระบายน้ำบนผิวดิน	360	
	7 การก่อสร้างผิวทาง 7.1 ความหมายของการก่อสร้างผิวทาง 7.1.1 การก่อสร้างผิวทาง 7.1.2 บอกวิธีการปูชั้นพื้นผิวทาง	360	

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
8	7.2 รู้การก่อสร้างผิวทางแบบแอสฟัลต์	360	
	7.2.1 บอกวิธีการก่อสร้างผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์		
	7.2.2 บอกวิธีการก่อสร้างผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีต		
	7.3 เข้าใจการก่อสร้างผิวทางแบบคอนกรีต		
	7.3.1 บอกวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผิวทางแบบคอนกรีต		
	7.3.2 อธิบายการประกอบแบบหล่อคอนกรีต		
	7.3.3 อธิบายการเตรียมการก่อนการก่อสร้าง ผิวทางแบบคอนกรีต		
	7.3.4 อธิบายวิธีการก่อสร้างรอยต่อ		
	7.3.5 อธิบายวิธีการอัดแต่งครั้งสุดท้าย		
	7.3.6 อธิบายวิธีการบ่มคอนกรีต		
	7.3.7 อธิบายวิธีการรื้อแบบ		
	7.3.8 อธิบายวิธีการป้องกันแผ่นพื้นคอนกรีต		
	7.3.9 อธิบายวิธีการยาแนวรอยต่อ		
	7.3.10 อธิบายวิธีการเปิดการจราจร		
	7.4 เข้าใจเครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างผิวทาง		
	7.4.1 อธิบายเครื่องจักรกลที่ใช้ในการก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์		
	7.4.2 อธิบายเครื่องจักรกลที่ใช้ในการก่อสร้างผิวจราจรแบบ		
	คอนกรีตการซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทาง		
	8.1 รู้ความหมายของการซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง		
	8.1.1 บอกความหมายการซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง		
	8.1.2 บอกกระบวนการในการปฏิบัติงานบำรุงปกติ		
	8.2 รู้จุดประสงค์การซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง		
	8.2.1 บอกความหมายการซ่อมบำรุงเพื่อให้เส้นทางคงอยู่ในสภาพเดิม		
	8.2.2 บอกความหมายการซ่อมบำรุงเพื่อบริการประชาชนผู้สัญจรไปมา		
	8.2.3 บอกความหมายการซ่อมบำรุงเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำรุง		
	เส้นทางและผิวทาง		
	8.2.4 บอกความหมายการซ่อมบำรุงเพื่อลดค่าใช้จ่าย		
	8.2.5 บอกความหมายการซ่อมบำรุงเพื่อให้ยานสามารถสัญจรได้ใน		
	ทุกฤดูกาล		

หน่วยที่	รายการ	เวลา(นาที)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
	8.3 รู้ประเภทของการซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทาง 8.3.1 บอกการซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทางตามปกติ 8.3.2 บอกการซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทางตาม กำหนดเวลา 8.3.3 บอกการซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทางแบบพิเศษ 8.3.4 บอกการซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทางแบบฉุกเฉิน 8.4 เข้าใจหลักเกณฑ์และวิธีการจัดลำดับในการพิจารณาซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง 8.4.1 อธิบายหลักการพิจารณาซ่อมบำรุงเส้นทางและผิวทาง 8.4.2 อธิบายวิธีการจัดลำดับในการซ่อมบำรุงทาง 8.5 การซ่อมบำรุงผิวทางแบบลาดยาง 8.5.1 การเกิดรอยแตกร้าวแบบหนังจระเข้ 8.5.2 การเกิดรอยแตกร้าวที่เกิดจากการหดตัว 8.5.3 การเกิดร่องล้อบนพื้นทาง 8.5.4 การชำรุดเป็นหลุมเป็นบ่อ 8.6 การซ่อมบำรุงผิวทางแบบคอนกรีต 8.6.1 อธิบายสาเหตุรอยแตกร้าวและการแก้ไขผิวจราจรแบบคอนกรีต 8.6.2 อธิบายสาเหตุการร่อนแตกตัวและการแก้ไขผิวทางแบบคอนกรีต 8.6.3 อธิบายสาเหตุการแตกตัวและการแก้ไขผิวทางแบบคอนกรีต 8.7 เข้าใจการใช้แอสฟัลต์ในการบำรุงรักษาพื้นทางคอนกรีต 8.7.1 อธิบายการใช้แอสฟัลต์บำรุงรักษาพื้นทางคอนกรีต 8.7.2 อธิบายการใช้แอสฟัลต์อุดโพรงใต้พื้นคอนกรีต 8.7.3 อธิบายการใช้แอสฟัลต์ทำชั้นผิวทางทับบนผิวทางเดิมของผิวคอนกรีต		

การวัดและการประเมินผลรายวิชา

วิชา วิศวกรรมการทาง

รหัสวิชา 30121-2011

จำนวน 3 หน่วยกิต

จำนวน ทฤษฎี 3 คาบ/สัปดาห์ รวม 54 คาบ

รายวิชานี้แบ่งเป็น 8 หน่วยเรียน การวัดและประเมินผลจะดำเนินการดังนี้			
1. วิธีการ	ดำเนินการรวบรวมข้อมูล เพื่อการประเมินผลแยกเป็น 2 ส่วน โดยแบ่งแยกคะแนนแต่ละส่วน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน 1.1 คะแนนระหว่างภาค 40 คะแนน หรือ 40% ได้แก่ 		

ตารางกำหนดน้ำหนักคะแนน

วิชา วิศวกรรมการทาง

รหัสวิชา 30121-2011

จำนวน 3 หน่วยกิต

จำนวน ทฤษฎี 3 คาบ/สัปดาห์ รวม 45 คาบ

หน่วยที่	คะแนนรายหน่วยและ น้ำหนักคะแนน ชื่อหน่วย	คะแนนรายหน่วย	น้ำหนักคะแนน				
			พุทธิพิสัย				ทักษะพิสัย
			ความรู้ - ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	
1	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	5	5	-	-	-	-
2	การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมการจราจร	15	5	10	-	-	-
3	การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	10	3	4	3	-	-
4	โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	15	5	10	-	-	-
5	หลักการออกแบบถนน	10	2	4	4	-	-
6	การระบายน้ำบนทางหลวง	15	5	5	5	-	-
7	การก่อสร้างผิวทาง	10	5	5	-	-	-
8	การซ่อมบำรุงรักษาเส้นทางและผิวทาง	10	5	5	-	-	-
	รวม	90	35	43	12	-	-
ก.	คะแนนภาคทฤษฎี	90					
ข.	คะแนนภาคปฏิบัติ	-					
ค.	คะแนนจิตพิสัย	10					
	รวมทั้งสิ้น	100					

บรรณานุกรม

- กวี หวังนิเวศน์กุล. การออกแบบผิวทาง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, 2548.
- จิรพัฒน์ โชติโกกร. วิศวกรรมการทาง (Highway Engineering). กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.
- นิรชร นกแก้ว. วิศวกรรมการทาง (Highway Engineering). กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรม-โยธาสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2541.
- บริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน). เทคนิคการก่อสร้างถนนคอนกรีต, ม.ป.ป.
- เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี. วิศวกรรมการทาง (Highway Engineering). กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์, 2534.
- วัชรินทร์ วิทยกุล. การออกแบบและวางแผนเส้นทาง. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2535.
- สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย. แผนที่ทางหลวงแห่งประเทศไทย (Thailand Highway Map). กรุงเทพฯ : สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย, 2537

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 1

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงไทย		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.		
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน		
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน			
1.1 อธิบายความหมายและความสำคัญของทางหลวงในประเทศไทยได้ 1.2 จำแนกชนิดของถนนได้ 1.3 บอกน้ำหนักบรรทุกทุกของถนนได้ 1.4 อธิบายประเภทของทางหลวงได้ 1.5 อธิบายมาตรฐานทางหลวงได้ 1.6 บอกทางหลวงเอเชียในประเทศไทยได้			ใบความรู้ (Information Sheet)			
2. การนำเข้าสู่บทเรียน						
คำถาม			ตอบ :			
3. การปฏิบัติการ						
เวลา (180 นาที)		40		120		20
หมายเลขวัตถุประสงค์		1.1 - 1.6				
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)						
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย					
	สาธิต					
	ถามตอบ					
ขั้นพยายาม (Application)						
ขั้นสำเร็จผล (Progress)						
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point					
	แบบร่างกระดานดำ					
	แบบฝึกหัด					
4. สิ่งที่แนบมา เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด						

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 1
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 1 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

หน่วยที่ 1

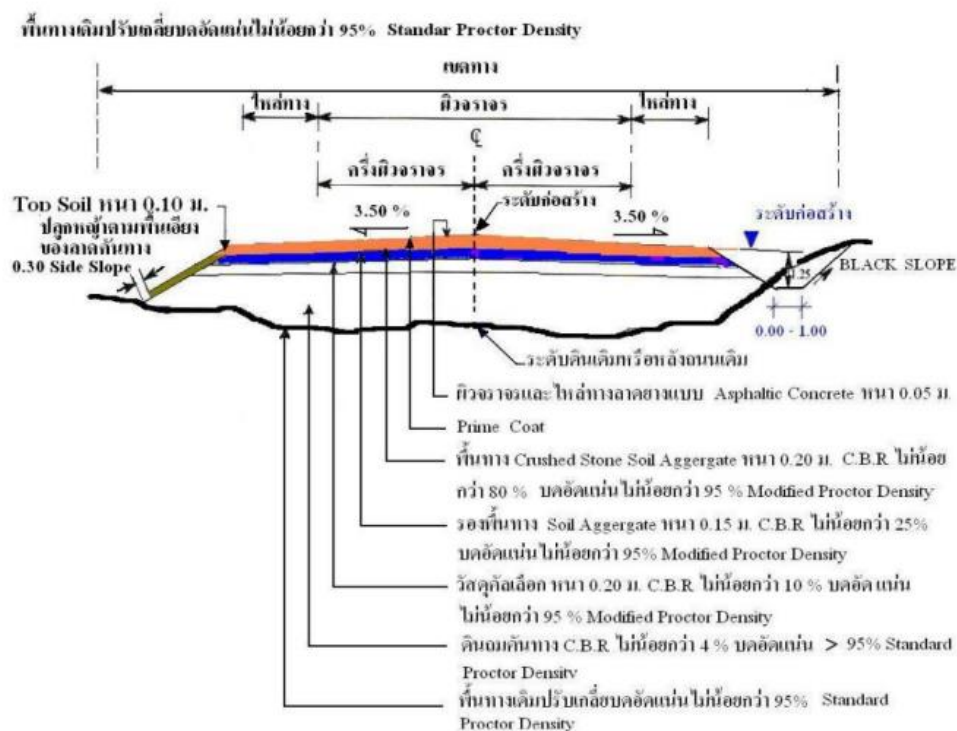
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย

1.1 ความหมายและความสำคัญของทางหลวงในประเทศไทย

ทางหลวง หมายถึงทางหรือถนนที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการจราจรทางบก สามารถรับน้ำหนักของยานพาหนะได้โดยปลอดภัยตามกฎหมาย และมีความสำคัญในด้านการคมนาคม หรือขนส่งสินค้า การพัฒนาแหล่งชุมชน การปกครอง การป้องกันราชอาณาจักร เป็นต้น

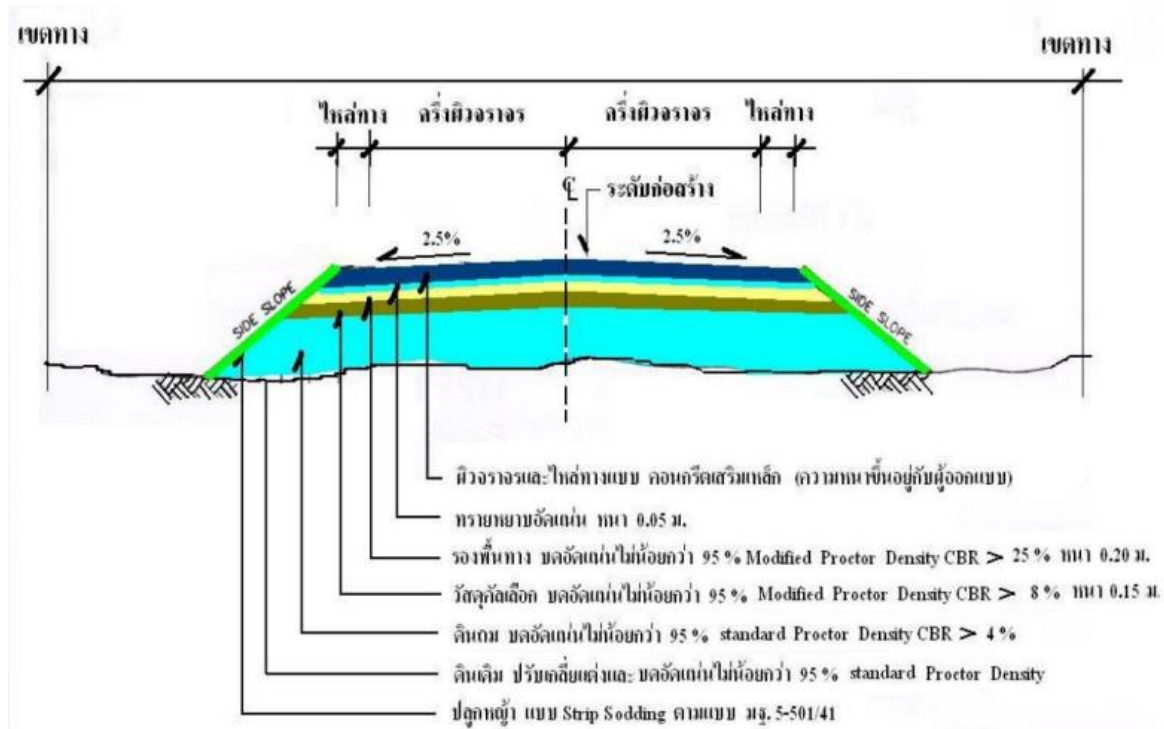
1.2 ชนิดของถนน (Type of Road)

ถนนมี 2 ชนิด คือถนนลาดยาง (Bituminous Pavement Road) เป็นถนนที่มีผิวหน้าเป็น Surface treatment หรือแอสฟัลต์คอนกรีต โครงสร้างทางมีลักษณะเป็นชั้นๆ (Layer) ตั้งแต่สองชั้น ขึ้นไป (ดังแสดงใน รูปที่ 1.1) และถนนคอนกรีต ผิวหน้าเป็นปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต (Portland Cement Concrete, PCC) อยู่บนดินที่มีการบดอัดแน่น (ดังแสดงใน รูปที่ 1.2)



รูปที่ 1.1 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างของถนนลาดยาง

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 1
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 1 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ปิไล งานขยัน	



รูปที่ 1.2 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างของถนนคอนกรีต

1.3 น้ำหนักของบรรทุกบนถนน

น้ำหนักบรรทุกบนถนน หมายถึงน้ำหนักของรถบรรทุก ทุกประเภทที่กรมทางหลวง ได้มีประกาศ กำหนดน้ำหนักบรรทุกขึ้นที่กำหนดเช่นนี้เพราะกรมทางหลวงในประเทศไทยได้ ออกแบบถนนให้รับ น้ำหนักเพลาคู่สูงสุดที่กำหนดไว้ในกฎหมายคือ 21 ตัน รถบรรทุกหนักที่มีอยู่ ตามท้องถนนทั่วไป สามารถ แบ่งได้เป็น 4 ประเภท (ดังแสดงใน รูปที่ 1.3) คือ

1.3.1 รถบรรทุกหกล้อ มี 2 เพลา กฎหมายกำหนดให้น้ำหนักรวมน้ำหนักบรรทุก ต้องไม่เกิน 12 ตัน

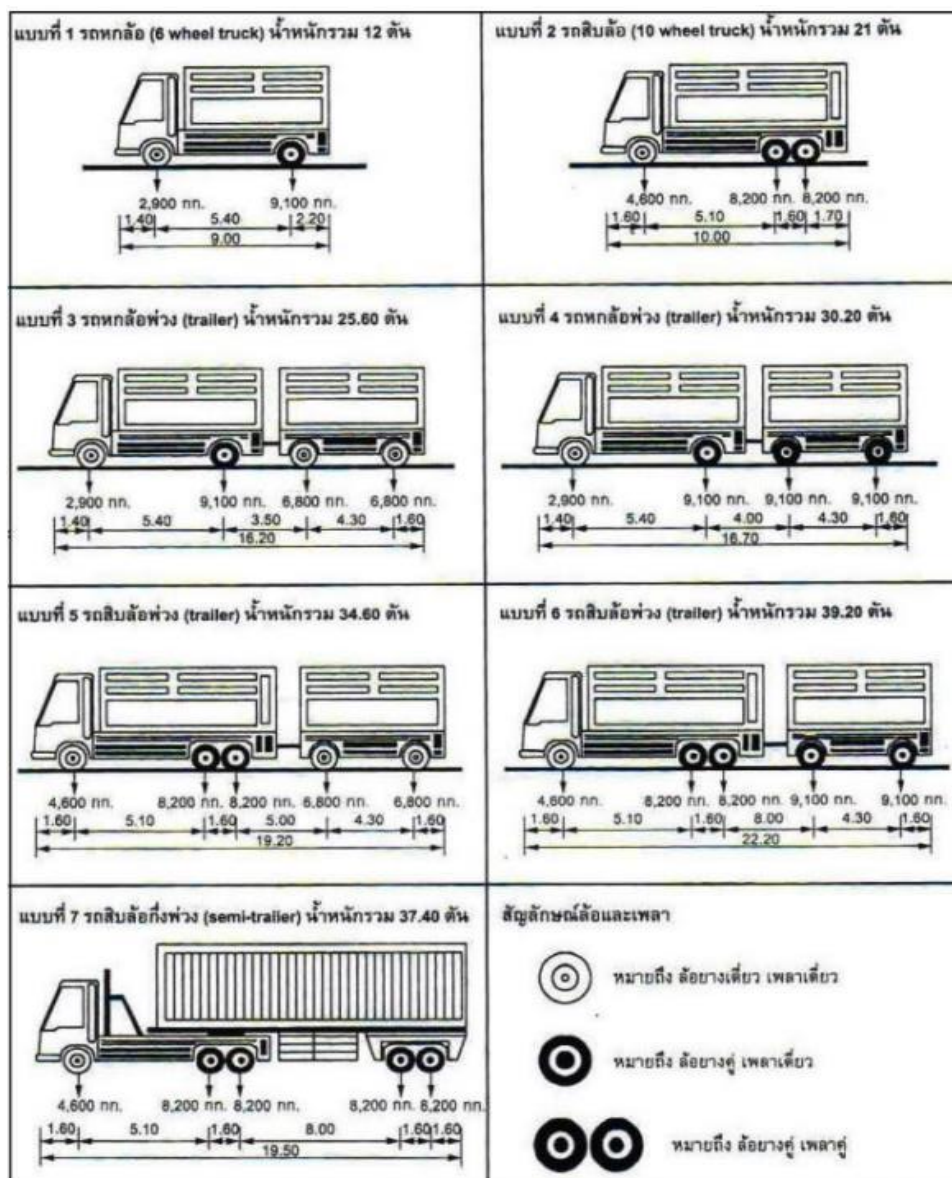
1.3.2 รถบรรทุกสิบล้อ มี 3 เพลา น้ำหนักรวมต้องไม่เกิน 21 ตัน

1.3.3 รถบรรทุกกึ่งพ่วง (Semi Trailer) มี 18 ล้อ 5 เพลา น้ำหนักรวมต้องไม่เกิน 37.49 ตัน

รถบรรทุกประเภทนี้ใช้บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์สินค้าที่ใช้ส่งทางเรือ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 1
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 1 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

1.3.4 รถบรรทุกพ่วง (Full Trailer) มี 18 ล้อ 5 เพลา น้ำหนักรวมต้องไม่เกิน 39.2 ตัน รถประเภทนี้มี 2 ส่วน คือ รถลากจูงเหมือนรถสิบล้อทั่วไป และรถพ่วงซึ่งมีลักษณะเป็น กระบะที่วางอยู่บนเพลาล้อ 2 เพลา



รูปที่ 1.3 แสดงน้ำหนักของล้อยานชนิดต่าง ๆ

ที่มา : การออกแบบผิวทาง กวี หวังนิเวศน์กุล, 2548 หน้า 23

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 1
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 1 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

1.4 ประเภทของทางหลวง

ทางหลวงในประเทศไทยที่อยู่ในความควบคุมของกรมทางหลวง แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ตามพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติทางหลวง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2549 แบ่งได้ดังนี้

1.4.1 ทางหลวงพิเศษ คือทางหลวงที่จัดไว้ให้การจราจรผ่านได้สะดวกรวดเร็ว เป็นพิเศษระหว่างเมืองสายหลักที่เชื่อมระหว่างกรุงเทพมหานคร ไปยังแต่ละภาคของประเทศ (ดังแสดงใน รูปที่ 1.4, รูปที่ 1.5) มีจำนวนทั้งหมด 5 สาย

1.4.1.1 ทางหลวงพิเศษหมายเลข 5 จากกรุงเทพมหานคร ไปภาคเหนือ คือ สายมอเตอร์เวย์สายบางปะอิน – นครสวรรค์ และสายมอเตอร์เวย์ สายลำปาง – เชียงใหม่

1.4.1.2 ทางหลวงพิเศษหมายเลข 6 จากกรุงเทพมหานครไปภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ คือ สายมอเตอร์เวย์บางปะอิน – นครราชสีมา

1.4.1.3 ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 จากกรุงเทพมหานครไปภาคตะวันออก คือ สายมอเตอร์เวย์กรุงเทพมหานคร – ชลบุรี

1.4.1.4 ทางหลวงพิเศษหมายเลข 8 จากกรุงเทพมหานครไปภาคใต้ คือ สาย มอเตอร์เวย์ นครปฐม - ชะอำ

1.4.1.5 ทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 จากถนนวงแหวนรอบนอก กรุงเทพมหานคร คือ ถนนกาญจนาภิเษก

1.4.2 ทางหลวงแผ่นดิน คือทางหลวงสายหลัก เป็นทางที่เชื่อมระหว่างภาคต่อภาค จังหวัดต่อจังหวัด จังหวัดกับอำเภอ กรมทางหลวงเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย และบำรุงรักษา จัดทะเบียนไว้ที่กรมทางหลวง อธิบดีกรมทางหลวงเป็นผู้จัดให้ลงทะเบียนไว้ ณ กรมทางหลวง ทางหลวงแผ่นดิน มี 2 สายคือ

1.4.2.1 ทางหลวงแผ่นดินสายประธาน (Primary Highways) คือ ทางหลวง แผ่นดินสายหลักที่ เชื่อมต่อระหว่างภาคต่อภาค จะใช้หมายเลขทางไว้ ตัวเดียวหรือ สองตัว เช่น 1, 2, 3, 4, หรือ11, 21,31, 41 เป็นต้น

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 1
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 1 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
1.4.2.2 ทางหลวงแผ่นดินสายรอง (Secondary Highways) คือ ทางหลวงแผ่นดิน ที่แยกออกจากสายประธานซึ่ง จะมีโครงข่ายทางที่ครอบคลุม พื้นที่ได้มากขึ้นจะใช้หมายเลขทางไว้สามตัว เช่น 106,212,323 เป็นต้น 1.4.3 ทางหลวงชนบท คือ ทางหลวงที่ก่อสร้างในท้องที่ห่างไกลความเจริญ โดยมี หน่วยงานทางหลวงชนบทเป็นผู้ดำเนินการ ก่อสร้าง ตลอดจน การซ่อมแซม และบำรุงรักษา อธิบดีกรมทางหลวงชนบทเป็นผู้จัดให้ลงทะเบียนไว้ ณ กรมทางหลวงชนบท 1.4.4 ทางหลวงท้องถิ่น คือทางหลวงที่องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินการ ก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษา ได้ลงทะเบียนไว้เป็นทางหลวงท้องถิ่น โดยผู้ว่าราชการ จังหวัดเป็นจัดให้ลงทะเบียนไว้ ณ ศาลากลางจังหวัด 1.4.5 ทางหลวงสัมปทาน คือทางหลวงที่รัฐบาลได้ให้ภาครัฐวิสาหกิจสัมปทาน ตาม กฎหมาย และตามพระราชบัญญัติทางหลวงสัมปทาน พ.ศ. 2542 ได้ให้นิยามไว้ว่า “ทางที่รัฐให้ สัมปทานแก่บุคคลใดๆ ในการสร้างหรือบำรุงรักษาโดยเก็บค่าใช้ทางไม่ว่าในระดับพื้นดิน ใต้หรือ เหนือดิน” อธิบดีกรมทางหลวงได้ลงทะเบียนไว้ ณ กรมทางหลวง 1.5 มาตรฐานทางหลวง 1.5.1 มาตรฐานทางหลวง คือการแบ่งมาตรฐานของทางหลวง ตามประเภทของทาง หลวง ดังนี้ 1.5.1.1 P (Primary Highways) หมายถึงทางหลวงแผ่นดินสายประธาน 1.5.1.2 S (Secondary Highways) หมายถึงทางหลวงแผ่นดินสายรองประธาน 1.5.1.3 F (Provincial Highways) หมายถึงทางหลวงจังหวัด 1.5.2 ตัวอักษรหรือตัวเลข หมายถึง ชั้นของทางหลวง เช่น PD, SD, FD หมายถึง เส้นทางคู่ ไป-กลับ มีความกว้างกว้าง 7.00 เมตร P1, S1, F1 หมายถึงทางผิวจราจรกว้าง 7.00 เมตรไหล่ทางกว้างข้างละ 2.50 เมตร S4, F4 หมายถึงทางผิวจราจรกว้าง 5.50 เมตร ไหล่ทาง กว้างข้างละ1.75 เมตรขึ้นไป F6 หมายถึงทางผิวเป็นทางลูกรัง		

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 1
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 1 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
1.5.3 ระบบหมายเลขของทางหลวง คือหมายเลขที่กำกับทางหลวง ซึ่งง่ายต่อการ จดจำเพื่อใช้กำกับทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงจังหวัด มีดังนี้ 1.5.3.1 แสดงที่ตั้งของทางหลวง เพื่อบอกตำแหน่งของถนนสายนั้นว่าอยู่ใน ภาคใดของประเทศ เช่น หมายเลข 1 อยู่ในภาคเหนือ หมายเลข 2 อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หมายเลข3 อยู่ในภาคกลาง หมายเลข 4 อยู่ในภาคใต้ 1.5.3.2 บอกประเภทของทางหลวง เช่นทางหลวงที่มีหมายเลขตัวเดียว หมายถึง ทางหลวงแผ่นดินสายประธาน ที่เชื่อมระหว่างภาคต่อภาค มี 4 สาย 1) ทางหลวงหมายเลข 1 (ถนนพหลโยธิน) จากกรุงเทพฯ - เชียงราย 2) ทางหลวงหมายเลข 2 (ถนนมิตรภาพ) สายสระบุรี– หนองคาย 3) ทางหลวงหมายเลข 3 (ถนนสุขุมวิท) สายกรุงเทพฯ - ตราด 4) ทางหลวงหมายเลข 4 (ถนนเพชรเกษม) สายกรุงเทพ ฯ-จ.สงขลา ส่วนทางหลวงที่มีหมายเลข สองตัว หมายถึงทางหลวงแผ่นดินสายรองประธาน 11, 21, 32, 43, ที่เชื่อมการจราจร ตามภาคต่างๆหรือ จังหวัดมีหมายเลข สามตัว สี่ตัว เช่น 116, 1015, 2113, 316, 3322, 411, 4201 1.6 ทางหลวงเอเชีย ในประเทศไทย ทางหลวงเอเชียในประเทศไทยมี 2 ประเภท แบ่งออกเป็น 6 สาย 1.6.1 ทางหลวงเอเชียสายประธาน ใช้อักษร A แทนคำว่า Asian หลวงเอเชียสาย ประธานมี 3 สาย คือ A-1 , A-2 และ A-12 1.6.2 ทางหลวงเอเชียสายรองประธาน ทางหลวงสายเอเชียสายรองมี 3 สาย คือ สาย A-14, A-15 และ A-18 1.6.2.1 สาย A-1 เริ่มต้นจากเขตแดนพม่าที่ อ.แม่สลด จรดชายแดนเขมรที่ อ. อรัญประเทศ มีระยะทางประมาณ 698 กิโลเมตร 1.6.2.2 สาย A-2 เริ่มต้นจากเขตแดนพม่าที่ อ.แม่สาย จรดเขตชายแดน มาเลเซียที่ อ. สะเดา มีระยะทางประมาณ 2,209 กิโลเมตร		

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 1
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 1 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	
1.6.2.3 สาย A-12 เริ่มแยกจากสาย A-1 ที่สามแยกหินกอง ไปทางหลวง หมายเลข1 ถึง จ. สระบุรี เลี้ยวขวาตรงไปทางหลวงหมายเลข2 สิ้นสุดที่หนองคาย มีระยะทางประมาณ 522 กิโลเมตร 1.6.2.4 สาย A-14 เริ่มแยกจากสาย A-2 ที่ จ. ตาก ตรงไป ทางหลวง หมายเลข 32 ผ่าน จ. สุโขทัย พิษณุโลก จรดชายแดนลาวที่ช่องเม็ก มีระยะทางประมาณ 870 กิโลเมตร 1.6.2.5 สาย A-15 เริ่มต้นจากแยกสาย A-2 ที่อุตรธานีไปตามทางหลวง หมายเลข22 ผ่าน จ. สกลนคร สิ้นสุดที่นครพนม มีระยะทางประมาณ 241 กิโลเมตร 1.6.2.6 สาย A-18 เริ่มจากแยกสาย A-2 ที่ จ. ชุมพรตรงไปทางหลวง หมายเลข 41 ผ่าน อ. หลังสวน ถึง จ. สุราษฎร์ธานี เลี้ยวซ้ายตรงไป จรดชายแดนมาเลเซีย มีระยะทางประมาณ 826 กิโลเมตร ระยะทางของทางหลวงเอเชียในประเทศไทยรวม 6 สาย เป็นระยะทางทั้งสิ้น ประมาณ 5,366 กิโลเมตร แต่ทางสาย A-2 มีช่วงทับกับสาย A-1 ระยะทาง 360 กิโลเมตร ทาง สาย A-14 มีช่วงทับกับสาย A-12 มีระยะทาง 45 กิโลเมตร A-18 มีช่วงทับกับสาย A-2 มี ระยะทาง 529 กิโลเมตร และเมื่อหักช่วงที่ทับกันเป็นเส้นทางในประเทศไทยประมาณ 4,837 กิโลเมตร		

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 1
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 1 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1.จงอธิบายความหมาย ความสำคัญของทางหลวงในประเทศไทย

.....

.....

.....

2. น้ำหนักของบรรทุกบนถนน มีกี่ประเภท และมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

3. ทางหลวงพิเศษ มีกี่สาย อะไรบ้าง

.....

.....

.....

4. มาตรฐานทางหลวง

 P (Primary Highways)

 หมายถึง.....

 S (Secondary Highways)

 หมายถึง.....

 F (Provincial Highways)

 หมายถึง.....

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 1
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 1 หน้าที่ 9
	ชื่อหัวข้อ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทางหลวงในประเทศไทย	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ปิไล งานขยัน	
1. ทางหลวง หมายถึงทางหรือถนนที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการจราจรทางบก สามารถรับน้ำหนักของยานยนต์ได้โดยปลอดภัยตามกฎหมาย 2. สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ 1) รถบรรทุกหกล้อ มี 2 เพลา กฎหมายกำหนดให้น้ำหนักรวมน้ำหนักบรรทุก ต้องไม่เกิน 12 ตัน 2) รถบรรทุกสิบล้อ มี 3 เพลา น้ำหนักรวมต้องไม่เกิน 21 ตัน 3) รถบรรทุกกึ่งพ่วง (Semi Trailer) มี18 ล้อ5 เพลา น้ำหนักรวมต้องไม่เกิน37.49 ตัน รถบรรทุกประเภทนี้ใช้บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์สินค้าที่ใช้ส่งทางเรือ 4) รถบรรทุกพ่วง (Full Trailer) มี 18 ล้อ 5 เพลา น้ำหนักรวมต้องไม่เกิน 39.2 ตัน 3. มีจำนวนทั้งหมด 5 สาย 1) ทางหลวงพิเศษหมายเลข 5 จากกรุงเทพมหานคร ไปภาคเหนือ คือ สายมอเตอร์เวย์สายบางปะอิน – นครสวรรค์ และสายมอเตอร์เวย์ สายลำปาง –เชียงใหม่ 2) ทางหลวงพิเศษหมายเลข 6 จากกรุงเทพมหานครไปภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ คือ สายมอเตอร์เวย์บางปะอิน – นครราชสีมา 3) ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 จากกรุงเทพมหานครไปภาคตะวันออก คือ สายมอเตอร์เวย์ กรุงเทพมหานคร – ชลบุรี 4) ทางหลวงพิเศษหมายเลข 8 จากกรุงเทพมหานครไปภาคใต้ คือ สาย มอเตอร์เวย์นครปฐม - ชะอำ 5) ทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 จากถนนวงแหวนรอบนอก กรุงเทพมหานคร คือ ถนนกาญจนาภิเษก 4. P (Primary Highways) หมายถึงทางหลวงแผ่นดินสายประธาน S (Secondary Highways) หมายถึงทางหลวงแผ่นดินสายรองประธาน F (Provincial Highways) หมายถึงทางหลวงจังหวัด		

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 2

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.		
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน		
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน			
2.1 รู้จักความหมายของการวางแผนและขั้นตอนในการวางแผนสร้างทาง 2.2 เข้าใจการศึกษาข้อมูลความเหมาะสมการก่อนลงทุน 2.3 เข้าใจหลักการวิเคราะห์ความเหมาะสมก่อนการลงทุน 2.4 รู้เกี่ยวกับความหมายของวิศวกรรมจราจร			ใบความรู้ (Information Sheet)			
2. การนำเข้าสู่บทเรียน						
คำถาม			ตอบ :			
3. การปฏิบัติการ						
เวลา (180 นาที)		40		120		20
หมายเลขวัตถุประสงค์		2.1 - 2.4				
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)						
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย					
	สาธิต					
	ถามตอบ					
ขั้นพยายาม (Application)						
ขั้นสำเร็จผล (Progress)						
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point					
	แบบร่างกระดานดำ					
	แบบฝึกหัด					
4. สิ่งที่เหมาะสม เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด						

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

หน่วยที่ 2

การวางแผนสร้างทาง การเงินและเศรษฐศาสตร์

การวางแผนเป็นการวางระบบการทำงานของโครงการต่างๆ เพื่อให้งานหรือโครงการนั้นๆ บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ จึงต้องรู้จักหลักในการวางแผนการสร้างทาง การวิเคราะห์การเงินและทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้โครงการที่จะทำมีผลประโยชน์ตอบแทนมากที่สุด

2.1 ความหมายของการวางแผนสร้างทาง

2.1.1 การวางแผนสร้างทาง หมายถึง การจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของโครงการก่อสร้างต่างๆ เพื่อเป็นการประหยัดในด้านทรัพยากรทางการเงิน และเครื่องจักรกล เป็นต้น รวมถึงการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของโครงการที่จะทำโดยมีจุดมุ่งหมายหลัก คือ ต้องการให้ได้มาซึ่งโครงการที่ให้ผลประโยชน์ตอบแทนต่อส่วนรวมมากที่สุด ดังนั้นจะต้องมีการวางแผนอย่างดีในการก่อสร้างทางจะมีผลดีทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไปตำแหน่ง, แนวถนน, และรูปร่างของทางหลวง ที่เหมาะสมที่สุดจะได้รับการคัดเลือกในระหว่างขั้นตอนการออกแบบ. การออกแบบทางหลวงเกี่ยวข้องกับการพิจารณาของสามปัจจัยสำคัญ (มนุษย์, พาหนะ, และถนน) และปัจจัยเหล่านี้มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างไรเพื่อให้มีความปลอดภัยบนทางหลวง. ปัจจัยมนุษย์รวมถึงเวลาการเกิดปฏิกิริยาสำหรับการเบรกและการหมุนพวงมาลัย, การมองเห็นป้ายและสัญญาณจราจร, และพฤติกรรมของรถที่ขับตามมา. การพิจารณาด้านยานพาหนะรวมถึงขนาดและพลวัตของยานพาหนะที่จำเป็นในการกำหนดความกว้างของช่องทางและความลาดชันสูงสุด, และสำหรับชนิดของยานพาหนะ. วิศวกรทางหลวงจะออกแบบเรขาคณิตของถนนเพื่อให้มั่นใจว่าในเสถียรภาพของยานพาหนะเมื่อมีการพิจารณาการสร้างแนวโค้งและเนินดินและเพื่อให้มีระยะการมองเห็นที่เพียงพอสำหรับการปรับวงเลี้ยวในการแซงช่วงทางโค้งบนถนนสองช่องทาง, ไป – กลับ

2.1.2 หลักเกณฑ์การวางแผนก่อสร้างทาง มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1.2.1 วางแผนให้สอดคล้องกับแนวนโยบายและเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

2.1.2.2 วางแผนเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมเป็นหลัก

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	
2.1.2.3 ดำเนินการก่อสร้าง และปรับปรุงเส้นทางตามลำดับความสำคัญ เพื่อใช้งบประมาณที่มีจำกัดอย่างประหยัดและเกิดประโยชน์สูงสุด 2.1.3 ขั้นตอนการวางแผนก่อสร้างทาง มี 4 ขั้นตอน ดังนี้ 2.1.3.1 รวบรวมความต้องการ โดยให้ส่วนราชการต่าง ๆ เช่น องค์การบริหาร ส่วนจังหวัด สำนักงานโยธาธิการและผังเมือง แขวงทางหลวง องค์การบริหารส่วนตำบล เพื่อที่จะได้ทราบความต้องการในการก่อสร้างถนนในท้องถิ่นนั้น ๆ 2.1.3.2 การคัดเลือกขั้นแรก คือการพิจารณาถึงความต้องการของโครงการที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในด้านเศรษฐกิจและด้านวิศวกรรม เช่น ปริมาณการจราจร การเกษตรกรรม และ การอุตสาหกรรม เป็นต้น 2.1.3.3 การศึกษาขั้นรายละเอียด เป็นการศึกษาหาเหมาะสมก่อนลงทุน (feasibility study) ทางด้านเศรษฐกิจและด้านวิศวกรรมของแต่ละโครงการ ว่าจะต้องลงทุนปรับปรุงเท่าใด ผลประโยชน์ตอบแทนอะไรบ้าง เป็นจำนวนเงินเท่าใด และ อัตราผลประโยชน์ตอบแทนที่มีผลต่อเงินลงทุนมากที่สุด จึงเหมาะสมที่จะลงทุน (project timing) 2.1.3.4 การจัดลำดับความสำคัญของโครงการ เป็นการจัดหาความเหมาะสมของโครงการต่างๆ สามารถจัดลำดับความสำคัญในการก่อสร้างของโครงการ โดย มีหลักเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญดังนี้ 1) คัดเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มทุนโดยการพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนของโครงการ และปริมาณการจราจร 2) คัดเลือกโครงการมีลักษณะของทางเป็นทางลัด 3) โครงการที่มีผลกระทบทางสังคมสูง โดยคำนึงถึงความเป็นอยู่ของประชากรในเขตพื้นที่ที่มีอิทธิพล จะตรวจสอบได้จากการร้องเรียนของราษฎร และหน่วยราชการอื่น ๆ 4) มีปัญหาทางการจราจร เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดในเมืองโดยจะก่อสร้างเป็นทางเลี่ยงเมือง		

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

2.2 การศึกษาข้อมูลความเหมาะสมก่อนการลงทุน (feasibility study)

การศึกษาความเหมาะสมก่อนการลงทุน คือการศึกษาโครงการก่อสร้าง เพื่อเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเงินลงทุน และผลประโยชน์ที่จะได้รับตลอดอายุโครงการว่าคุ้มค่าหรือไม่ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจดำเนินโครงการว่าจะไม่เป็นการสูญเปล่า นอกจากนี้ยังช่วยในการพิจารณาคัดเลือกโครงการเพื่อดำเนินการตามลำดับความสำคัญต่อไปการศึกษาความเหมาะสมก่อนการลงทุนจะต้องวิเคราะห์ทั้งทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐกิจ จึงมีข้อมูลหลายด้านที่ต้องใช้ประกอบการศึกษา ดังนี้

2.2.1 ข้อมูลทางด้านวิศวกรรม คือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลดังต่อไปนี้

2.2.1.1 แบบก่อสร้างจริง

2.2.1.2 โครงสร้างของทาง

2.2.1.3 บัญชีเขตทาง

2.2.1.4 ข้อมูลแหล่งวัสดุก่อสร้าง ปริมาณวัสดุ และคุณภาพวัสดุ

2.2.1.5 ราคาวัสดุ

2.2.1.6 ปัญหาทางด้านการคมนาคมขนส่ง

2.2.1.7 ระบบสาธารณูปโภคต่างๆ

2.2.1.8 ข้อมูลประวัติการบำรุงเส้นทางสายนี้ ย้อนหลัง 5-10 ปี

2.2.2 ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมจราจร คือ การศึกษาทางด้านวิศวกรรมจราจร เพื่อหาปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี ของปี ปัจจุบัน และเพื่อคาดคะเนปริมาณจราจรที่จะเกิดขึ้นในอนาคต มีข้อมูลดังนี้คือ

2.2.2.1 การสำรวจปริมาณการจราจร

2.2.2.2 การสำรวจจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง

2.2.2.3 จำนวนคนในยานพาหนะ และวัตถุประสงค์ในการเดินทาง

2.2.3 ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจการเงินและสังคม คือข้อมูลที่หาได้จากหน่วยงานต่างๆ เช่น หน่วยงาน ราชการหรือเอกชนในท้องถิ่นนั้นๆ วิธีดำเนินการหาข้อมูลโดยการส่งแบบสอบถามล่วงหน้า หรือให้เจ้าหน้าที่ออกไปสำรวจและเก็บข้อมูล ข้อมูลที่จะต้องรวบรวม มีดังนี้

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
2.2.3.1 ประชากร 1) จำนวนประชากรในระยะ 5 ปีที่ผ่านมา 2) จำนวนบ้านเรือน 3) จำนวนหมู่บ้าน ตำบล 4) รายได้และอาชีพของประชากร 2.2.3.2 การเกษตร 1) ชนิดของพืชผลที่ทำการเพาะปลูกในปัจจุบันของท้องถิ่น 2) พื้นที่ที่ใช้ทำการเพาะปลูกและลักษณะทั่วไปของการใช้ที่ดิน 3) ผลผลิตต่อไร่ 4) ราคาที่เกษตรกรขายได้ตลอดจนรายได้ที่เกษตรกรได้รับ 2.2.3.3 การอุตสาหกรรม 1) แหล่งผลิต 2) ปริมาณการผลิต 3) ชนิดของอุตสาหกรรม 4) แผนพัฒนาหรือโครงการต่าง ๆ ที่จะดำเนินการในท้องถิ่นนั้นๆ มีแหล่งข้อมูลดังนี้ (1) ระดับชาติ - กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ - กระทรวงคมนาคม - กระทรวงอุตสาหกรรม - กระทรวงมหาดไทย - สำนักงานสถิติแห่งชาติ - สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ - การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย - ธนาคารแห่งประเทศไทย		

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

(2) ระดับจังหวัด

- สำนักงานจังหวัด - เกษตรจังหวัด
- อุตสาหกรรมจังหวัด - โรงงานอุตสาหกรรม

(3) ระดับอำเภอ

- ที่ว่าการอำเภอ - เกษตรอำเภอ
- โรงเรียนในอำเภอ

(4) ระดับท้องถิ่น

- กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน - เกษตรกร
- อ.บ.ต.

2.2.4 ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม คือการพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ บนทางหลวงจนถึงเขตทางและบริเวณใกล้เคียง เช่น ระบบการระบายน้ำของแม่น้ำ ต้นไม้ หรือลำคลองที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงที่ไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมถนน การค้าขายบริเวณไหล่ทาง ทั้งนี้เพื่อความสะดวกสบายใน การจราจร ลดเวลาและค่าใช้จ่าย

2.3 หลักการวิเคราะห์ความเหมาะสมก่อนการลงทุน (Cost Benefit Analysis)

หลักการวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการ โดยทั่วไปจะใช้หลักวิเคราะห์ผลประโยชน์กับเงินลงทุน ซึ่งอาจหาผลประโยชน์ตอบแทนของโครงการ มี 3 วิธีคือ

2.3.1 วิธีอัตราผลประโยชน์กับการลงทุน (Benefit Cost Ratio ; BCR) วิธีอัตราผลประโยชน์กับการลงทุน คือ วิธีการศึกษาเปรียบเทียบ การลงทุนว่าการก่อสร้างถนนเส้นทางไหนจะได้ ผลตอบแทนสูงสุด โดยการนำเอามูลค่าของเงินลงทุนกับผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการลงทุนในแต่ละปีมาตัดทอน (discount) ให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน แล้วหาอัตราส่วนของผลประโยชน์ตอบแทนต่อเงินลงทุน คือ

BCR = PWB / PWC (2.1)

เมื่อ PWB = มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (Present Worth of Benefit)

PWC = มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน (Present Worth of Costs)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
ถ้า BCR มีค่า มากกว่าหนึ่ง แสดงว่าผลตอบแทนจากโครงการคุ้มกับเงินลงทุน ถ้า BCR มีค่า น้อยกว่าหนึ่ง แสดงว่าผลตอบแทนไม่คุ้มกับเงินลงทุน 2.3.2 วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth; NPW) คือการนำเอามูลค่าของเงินลงทุนกับผลประโยชน์ที่จะได้รับการลงทุนในแต่ละปีมาตัดทอนให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน แล้วหาผลต่างของยอดรวมของผลประโยชน์ ซึ่งหาได้ดังนี้ $NPW = PWB - PWC \dots\dots\dots (2.2)$ เมื่อ PWB = มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ PWC = มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน ถ้า ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็น บวก แสดงว่าโครงการนั้นให้ผลตอบแทนคุ้มทุน 2.3.3 วิธีอัตราส่วนผลตอบแทน (Internal Rate of Return; IRR) คือวิธีหาอัตราส่วนผลตอบแทนต่อปีตลอดอายุของโครงการ จากเงินทุนสำหรับโครงการทั่วไปผลประโยชน์จะเกิดขึ้นตามหลังการลงทุนตามวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ จะลดลงเมื่ออัตราการตัดทอนเพิ่มขึ้น มีอยู่จุดหนึ่งที่อัตราการตัดทอนนี้จะให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ ศูนย์ ซึ่งเรียกอัตราการตัดทอนนี้ว่า อัตราส่วนผลตอบแทนวิธีอัตราส่วนผลตอบแทนเป็นวิธีที่ดีมากสำหรับการวัดผลประโยชน์ตอบแทน ของโครงการ และสามารถหาได้โดยไม่ต้องสนใจถึงการหาอัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสมดังสองวิธีที่กล่าวการหาความเหมาะสมของโครงการก่อนลงทุน จำแนกเป็น 2 จำพวก คือ 2.3.3.1 โครงการก่อสร้างที่มีเส้นทางเดิมอยู่แล้ว (ในสภาพพอใช้ได้ตลอดปี) ผลประโยชน์ที่ควร นำมาคิดมีดังนี้ 1) เงินลงทุน - ค่าก่อสร้าง (Construction Cost) - ค่าบำรุงรักษา (Maintenance Cost)		

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
2) ผลประโยชน์ - ค่าประหยัดจากการใช้รถ - ค่าบำรุงรักษาที่ประหยัด (Saving In Maintenance Cost) - มูลค่าของถนนภายหลังสิ้นสุดอายุทางเศรษฐศาสตร์ 2.3.3.2 โครงการก่อสร้างที่ไม่มีเส้นทางเดิมหรือมีเส้นทางเดิม แต่สภาพไม่ดีสำหรับโครงการ จำพวกนี้เงินลงทุนและผลประโยชน์มีดังนี้ 1) เงินลงทุน - ค่าก่อสร้าง - ค่าบำรุงรักษา - ค่าลงทุนสำหรับพัฒนาพื้นที่ (Land Development Cost) 2) ผลประโยชน์ - ค่าประหยัดจากการใช้รถ - ผลประโยชน์จากการเพิ่มผลผลิต - มูลค่าของถนนภายหลังสิ้นสุดอายุทางเศรษฐศาสตร์แล้ว - มูลค่าของพื้นที่ที่เปิดพัฒนาแล้ว 2.4 การศึกษาด้านวิศวกรรมจราจร 2.4.1 วิศวกรรมจราจร หมายถึง การศึกษาที่เกี่ยวกับระบบการจราจร การวางแผนการจราจร และการออกแบบ การควบคุมระบบจราจรบนถนน ตลอดจนการจัดระบบควบคุมการจราจร ให้เคลื่อนไหวได้สะดวก รวดเร็ว และปลอดภัยหลักการทำงานของวิศวกรรมจราจร เป็นสาขาของวิศวกรรมโยธาที่ใช้เทคนิควิธีทางวิศวกรรมเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้คนและสินค้าอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ วิศวกรรมจราจรเน้นการวิจัยและการสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐานที่โยกย้ายไม่ได้ที่จำเป็นสำหรับการเคลื่อนย้ายเหล่านี้ เช่น ถนน, รางรถไฟ, สะพาน, สัญญาณจราจร และไฟจราจร		

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
การศึกษาทางด้านวิศวกรรมจราจร (Traffic Study) คือ การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการจราจรและวิเคราะห์ข้อมูลความจริงของการจราจรเกี่ยวกับลักษณะของการจราจร เพื่อใช้ประโยชน์ดังนี้ 2.4.2 เพื่อใช้ในการวางแผนการออกแบบถนน การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจ และการจัดทำโครงการก่อสร้าง และบูรณะทางหลวง 2.4.3 การจัดทำเครื่องหมาย การควบคุมการจราจร 2.4.4 ลักษณะความจริงและกฎเกณฑ์ทั่วไปของจราจรโดยทั่ว ไปมี 2 ลักษณะ คือ (1) ลักษณะการเคลื่อนไหวทางกายภาพของจราจร (2) การเกิดอุบัติเหตุ กฎหมายเบื้องต้นเกี่ยวกับวิศวกรรมจราจร ลักษณะสำคัญประการหนึ่งของกฎหมายก็คือ กฎหมายต้องเป็นคำสั่ง หรือข้อบังคับที่ใช้ได้เสมอไป (Continuity) หมายความว่ากฎหมายเมื่อประกาศมีผลบังคับใช้แล้วก็ใช้ได้ตลอดไปจนกว่าจะถูกแก้ไขเปลี่ยนแปลงหรือยกเลิก โดยกระบวนการที่ถูกต้องตามขั้นตอนในภายหลัง เพราะตราบใดที่ยังไม่มีการยกเลิกก็ต้องถือว่ากฎหมายนั้นยังมีอยู่ จะหยิบยกขึ้นมาใช้เมื่อใดก็ยังคงมีผลบังคับใช้ได้ดังสุภาษิตกฎหมายที่กล่าวว่า “กฎหมายนอนหลับบางครั้งแต่ไม่เคยตาย” (The Laws Sometime Sleep, Never die) การบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับการจราจรจะมีการปรับปรุงแก้ไขเปลี่ยนแปลง เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการจราจรอยู่ตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง		

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 9
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	
คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้ 1. หลักเกณฑ์การวางแผนก่อสร้างทาง มี.....ขั้นตอนคือ..... 2. ขั้นตอนการวางแผนก่อสร้างทาง มี ขั้นตอน 3. ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมที่จำเป็นต่อการวางแผนสร้างทาง คือ..... 4. ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจการเงินและสังคมเป็นข้อมูลที่หาได้จากหน่วยงานราชการหรือเอกชน ข้อมูลที่ต้องรวบรวม คือ 4.1 ข้อมูลด้านประชากร..... 4.2 ข้อมูลด้านการเกษตร..... 4.3 ข้อมูลด้านการอุตสาหกรรม..... 5. การศึกษาความเหมาะสมก่อนการลงทุน ต้องวิเคราะห์ทั้งทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐกิจข้อมูลที่ต้องใช้ประกอบการศึกษา คือ..... 		

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 2
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 2 หน้าที่ 10
	ชื่อหัวข้อ การวางแผนสร้างทาง และ วิศวกรรมจราจร	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
1. หลักเกณฑ์การวางแผนก่อสร้างทาง มี....3.....ขั้นตอนคือ 1. วางแผนตามนโยบาย 2. วางแผนตามแผนพัฒนา 3. วางแผนเพื่อนจัดลำดับความสำคัญ 2. ขั้นตอนการวางแผนก่อสร้างทาง มี...4.... ขั้นตอน 1. รวบรวมความต้องการ 2. คัดเลือกขั้นแรก 3. หาความคุ้มทุน 4.จัดลำดับความสำคัญของโครงการ 3. ข้อมูลทางด้านวิศวกรรม ที่จำเป็นต่อการวางแผนสร้างทาง คือ 1. แบบก่อสร้างจริง 2. ราคาวัสดุ 3. บัญชีเขตของ 4. ระบบสาธารณูปโภค 2.4 ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจการเงินและสังคม เป็นข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานราชการหรือเอกชน ข้อมูลที่ต้องรวบรวม คือ 1) ข้อมูลด้านประชากร จำนวนประชากร,จำนวนบ้านเรือน ,จำนวนหมู่บ้าน และรายได้ของประชากร 2) ข้อมูลด้านการเกษตร ชนิดของพืชผล , ผลผลิตต่อไร่, ลักษณะของดินเดิม , ราคาและรายได้ของเกษตรกร 3) ข้อมูลด้านการอุตสาหกรรม แหล่งผลิต , ปริมาณการผลิต , ชนิดของ อุตสาหกรรม , โครงการต่างๆ 2.5 การศึกษาความเหมาะสมก่อนการลงทุน ต้องวิเคราะห์ทั้งทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐกิจ ข้อมูลที่ต้องใช้ประกอบการศึกษา คือ 1. ข้อมูลด้านวิศวกรรม 2. ข้อมูลด้านวิศวกรรมจราจร 3. ข้อมูลด้านเศรษฐกิจการเงินและสังคม 4. ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม		

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 3

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง การสำรวจและออกแบบ ทางด้านเรขาคณิต		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.	
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไไล งานขยัน	
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน		
3.1 รู้ความหมายการออกแบบทางด้านเรขาคณิต 3.2 รู้หลักการสำรวจเพื่อออกแบบทาง 3.3 รู้ข้อมูลเพื่อเตรียมงานสำรวจในการออกแบบทาง			ใบความรู้ (Information Sheet)		
2. การนำเข้าสู่บทเรียน					
คำถาม			ตอบ :		
3. การปฏิบัติการ					
เวลา (180 นาที)		40		120 20	
หมายเลขวัตถุประสงค์		3.1 – 3.3			
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)					
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย				
	สาธิต				
	ถามตอบ				
ขั้นพยายาม (Application)					
ขั้นสำเร็จผล (Progress)					
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point				
	แบบร่างกระดาน ดำ				
	แบบฝึกหัด				
4. สิ่งที่น่าสนใจ เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด					

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 3
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

หน่วยที่ 3

การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต

3.1 ความหมายการออกแบบทางด้านเรขาคณิต

3.1.1 การออกแบบทางด้านเรขาคณิต หมายถึงการออกแบบ ขนาด รูปร่าง และลักษณะของทางที่สามารถมองเห็นได้ เช่น ความกว้างของช่องจราจร ความลาดชันของถนนเมื่อขึ้นและลงเนิน ระยะทางที่คนขับรถสามารถมองเห็นพร้อมที่จะหยุด หรือแซงได้โดยปลอดภัย

3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบเรขาคณิตกระบวนการแบบดั้งเดิมของการออกแบบถนนทางเรขาคณิตจะขึ้นอยู่กับทางเลือกของความเร็วในการออกแบบ (ในสเปนโครงการความเร็ว) คาดว่าจะเป็นความเร็วที่ต้องการโดยคนขับรถเมื่อเดินทางในส่วน พารามิเตอร์ต่างๆ ของแทร็คที่กำหนดโดยคำนึงถึงสำคัญ แต่ก็ไม่มีใครสังเกตเห็นว่าคนขับไม่ทราบและไม่สอดคล้องกับความเร็วนี้ แต่สิ่งที่เรียกว่าการไหลเวียนของความเร็วในการดำเนินงาน นี่นำไปสู่ในหลายกรณีปัญหาด้านความปลอดภัยที่สำคัญแม้จะยึดของถนนที่เป็นไปตามกฎระเบียบ ดังนั้นขั้นตอนการเสนอสำหรับการออกแบบถนนทางเรขาคณิตที่คำนึงถึงการดำเนินงานและเกณฑ์ความสม่ำเสมอในการออกแบบเพื่อผลิตถนนที่ดีกว่าให้พอดีกับความคาดหวังของคนขับที่นำเสนอในบทความนี้และ ทำให้พวกเขามีความปลอดภัย

3.2 หลักการสำรวจเพื่อออกแบบทาง

หลักการสำรวจเพื่อออกแบบทาง เพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบและการเตรียมการก่อสร้าง ต้องมีการวางแผนโดยแบ่งเป็นขั้นตอน ได้ดังนี้

3.2.1 ศึกษาข้อมูลต่างๆ ของสายทางนั้น ๆ พร้อมกับวางแผนการสำรวจไว้ล่วงหน้า

3.2.2 เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ ใช้ในการสำรวจทาง

3.2.3 สำรวจและตรวจสอบ ข้อมูลเบื้องต้น ในบริเวณที่แนวทางจะผ่าน

3.2.4 การสำรวจแนวทางอย่างคร่าว ๆ และ ศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาที่จะเกิดขึ้น

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 3
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
3.2.5 การสำรวจเพื่อวางแผน (Location Survey) คือการสำรวจขั้นสุดท้ายเพื่อนำไปเขียนแผนที่สำหรับออกแบบก่อสร้างต่อไป พร้อมทำหมุดหลักฐานไว้ในสนาม 3.3 การศึกษาข้อมูลในการเตรียมงานสำรวจเพื่อออกแบบทาง การสำรวจเส้นทางจะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อเตรียมงานที่จะออกแบบเส้นทางนั้นให้ได้ตามมาตรฐาน โดยมีขั้นตอนดังนี้ 3.3.1 จุดประสงค์ที่จะก่อสร้างทาง ต้องตั้งจุดจากจุดไหนไปจุดไหน 3.3.2 พิจารณาจุดและตำแหน่ง พิจารณาตำแหน่งว่าเป็นตำแหน่งที่บังคับของเส้นทาง 3.3.3 เส้นทางที่จะสร้าง เป็นแนวเส้นทางชั้นไหน และมีมาตรฐานอะไร 3.3.4 จุดมุ่งหมายที่สำรวจ เพื่องานอะไร เช่น เพื่อก่อสร้างใหม่ บำรุง เป็นต้น 3.3.5 ศึกษาแนวทางจากแผนที่หลัก (Base Map) หรือภาพถ่ายทางอากาศในบริเวณที่จะสำรวจแนวทางผ่านไป 3.3.6 การกำหนดเวลาเพื่อเตรียมงาน พนักงาน คนงาน และเครื่องมือ 3.3.7 การจัดเตรียมแบบแปลนและรูปตัดตามยาว (Plan & Profile) ที่จะต้องงาน		

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 3
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. Location Survey คือ.....

.....

.....

.....

2. การออกแบบด้านเรขาคณิต คือการออกแบบแนวทางที่ประกอบด้วย

.....

.....

.....

3. หลักการสำรวจเพื่อออกแบบทาง และการเตรียมการก่อสร้าง ต้องมีการวางแผน คือ.....

.....

.....

.....

4. หลักการออกแบบถนนที่ดี มีหลักสำคัญ ประการคือ.....

.....

.....

.....

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 3
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
1. Location Survey คือ การสำรวจเพื่อวางแผน 2. การออกแบบด้านเรขาคณิต คือการออกแบบแนวทางที่ประกอบด้วย 1. แนวทางในทางราบ (Horizontal Alignment) 2. แนวทางในทางตั้ง (Vertical Alignment) 3. แนวทางในทางโค้ง (Curve Alignment) 3. หลักการสำรวจเพื่อออกแบบทาง และการเตรียมการก่อสร้าง ต้องมีการวางแผน คือ 1. ศึกษาข้อมูล 2. เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ 3. สำรวจบริเวณที่แนวทางจะผ่าน 4. ศึกษาปัญหาที่จะเกิด 5. สำรวจเพื่อวางแผนทางขั้นสุดท้าย 4. หลักการออกแบบถนนที่ดี มีหลักสำคัญ 3..... ประการคือ 1. มีความปลอดภัย 2. มีประสิทธิภาพ 3. มีความประหยัด		

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 4

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง การสำรวจและออกแบบ ทางด้านเรขาคณิต		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.	
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไไล งานขยัน	
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน		
3.4 เข้าใจหลักการออกแบบด้านเรขาคณิต 3.5 รู้การวิเคราะห์ระยะการมองเห็นโดย ปลอดภัย			ใบความรู้ (Information Sheet)		
2. การนำเข้าสู่บทเรียน					
คำถาม			ตอบ :		
3. การปฏิบัติการ					
เวลา (180 นาที)		40		120 20	
หมายเลขวัตถุประสงค์		3.4 – 3.5			
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)					
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย				
	สาธิต				
	ถามตอบ				
ขั้นพยายาม (Application)					
ขั้นสำเร็จผล (Progress)					
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point				
	แบบร่างกระดาน ดำ				
	แบบฝึกหัด				
4. สิ่งที่น่าสนใจ เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด					

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

หน่วยที่ 3

การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต

3.4 หลักการออกแบบด้านเรขาคณิต (Principles Geometric Design)

3.4.1 การออกแบบด้านเรขาคณิต คือการออกแบบแนวทางที่ประกอบด้วยแนวในทางราบ (Horizontal Alignment) แนวในทางตั้ง (Vertical Alignment) และแนวทางโค้ง (Curve Alignment) การกำหนดแนวเส้นทางและการออกแบบด้านเรขาคณิต สำหรับทางหลวงจะต้องพิจารณาถึงความโค้ง (Curvature) เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (Percent Grade) ความเร็วออกแบบ (Design Speed) การระบายน้ำ (Drainage) สภาพของดิน (Soil Condition) ความปลอดภัย (Safety) ระยะการมองเห็นที่ปลอดภัย (Safe Sight Distance) ความกว้างของถนน เครื่องป้องกันข้างถนน (Roadside Safeguards) เป็นต้น

หลักการออกแบบถนนที่ดี มีหลักสำคัญ 3 ประการคือ

- 1) ความปลอดภัย (Safety) จะต้องให้ความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่ยานพาหนะ ให้มากที่สุด
- 2) มีประสิทธิภาพ (Efficiency) ถนนที่ดีจะต้องมีประสิทธิภาพสะดวกสบาย และปลอดภัยกับผู้ขับขี่รถยนต์ยานพาหนะ
- 3) มีความประหยัด (Economic) การออกแบบจะต้องคำนึงถึงความประหยัด การประหยัดในที่นี้ หมายถึง ได้ผลคุ้มค่ากับการที่ได้ลงทุนไป

3.4.2 การออกแบบทางเรขาคณิตของเส้นโค้งแนวนอนมีประเพณีการดำเนินการในรูปแบบของจุดมวล์มากที่สุดในการเปรียบเทียบของการออกแบบ แต่หนึ่งสงสัยว่าวิธีการออกแบบแบบดั้งเดิมก่อให้เกิดความปลอดภัยทางถนนการวิจัยดำเนินการในออสเตรเลียสหรัฐอเมริกาและซีลีได้แสดงให้เห็นว่าในการออกแบบถนนถนนที่มีประเภเฉลี่ยและต่ำความเร็วของการทำงานเกินกว่าความเร็วของการออกแบบในเส้นโค้งแนวนอน ให้ความจริงนี้คำถามของสิ่งที่เป็นอัตราความปลอดภัยที่แท้จริงที่น่าเสนอโดยการออกแบบของเส้นโค้งและวิธีการที่เป็นไปได้ในการประมาณการที่เกิดขึ้น

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

3.5 ระยะการมองเห็น (Sight Distance)

ระยะการมองเห็น หมายถึง ระยะทางที่ผู้ขับรถสามารถมองเห็นได้ไกลสุดหรือระยะทางที่ผู้ขับรถมองเห็นสิ่งกีดขวางได้ไกลสุด แล้วทำการตัดสินใจกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ตัดสินใจหยุดรถ หรือตัดสินใจแซงผ่าน หรือชะลอความเร็วรถ เป็นต้น

3.5.1 ระยะหยุดรถที่ปลอดภัย (Safe Stopping Distance) หมายถึง ระยะทางที่รถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดและสามารถที่จะหยุดได้ทันที่อย่างปลอดภัย โดยที่ไม่ชนสิ่งกีดขวางที่อยู่ข้างหน้าประกอบด้วย 2 ระยะทางคือ

3.5.1.1 ระยะตัดสินใจ (Perception And Reaction Distance; V_t) เป็นระยะทางที่คนขับรถตัดสินใจที่จะหยุดรถ เมื่อเห็นสิ่งกีดขวางระยะทางนี้สามารถคำนวณได้จากระยะเวลาตัดสินใจคูณกับความเร็วขณะเริ่มเหยียบเบรก

3.5.1.2 ระยะหยุดรถ (Braking Distance; d) เป็นระยะทางที่คนขับรถเริ่มเหยียบเบรกจนกระทั่งหยุด ระยะหยุดรถมี 2 ระยะคือ

1) ระยะหยุดรถในทางราบ หาได้จากสูตร

$$d = \frac{V^2}{30f} \dots\dots\dots (3.1)$$

เมื่อ d = ระยะหยุดรถ (ฟุต)

V = ความเร็วของรถเมื่อเริ่มเหยียบเบรก (ไมล์/ชั่วโมง)

f = สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยางล้อรถกับผิวถนน

ระยะหยุดรถที่ปลอดภัย = ระยะตัดสินใจ + ระยะหยุดรถ

$$= V_t + \frac{V^2}{30f} \dots\dots\dots (3.2)$$

2) ระยะหยุดรถในทางลาดชัน หาได้จากสูตร

$$d = \frac{V^2}{30(f \pm g)} \dots\dots\dots (3.3)$$

เมื่อ g = เปอร์เซ็นต์ของความลาดชันหารด้วย 100 ค่า (-) หมายถึงแนวราบหรือลงเขา ส่วนค่า (+) หมายถึงขึ้นเขา ระยะหยุดรถที่สั้นที่สุดโดยปลอดภัยในทางราบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.1)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ตารางที่ 3.1 แสดงระยะการหยุดรถที่สั้นที่สุด

ความเร็วที่ใช้ ออกแบบ(mile/hr)	ความเร็วที่ใช้ สำหรับถนน สภาพ ต่างๆ (mile/hr)	ระยะในการตัดสินใจที่ หยุดรถ		สัมประสิทธิ์ ของ แรงเสียดทาน (f)	ระยะ หยุดรถ บนทาง ราบ(ft)	ระยะ หยุดรถ ที่ ปลอดภัย (ft)
		เวลา (s)	ระยะทาง (ft)			
ก. กรณีที่ผิวถนนเปียก						
30	28	2.5	103	0.36	73	176
40	36	2.5	132	0.33	131	263
50	44	2.5	161	0.31	208	369
60	52	2.5	191	0.30	300	491
65	56	2.5	205	0.30	348	553
70	58	2.5	213	0.29	387	600
75	61	2.5	224	0.28	443	667
80	64	2.5	234	0.27	506	740
ข. กรณีที่ผิวถนนแห้ง						
30	30	2.5	110	0.62	48	158
40	40	2.5	147	0.60	89	236
50	50	2.5	183	0.58	144	327
60	60	2.5	220	0.66	182	402
65	65	2.5	238	0.56	251	489
70	70	2.5	257	0.55	297	554
75	75	2.5	275	0.54	347	622
80	80	2.5	293	0.53	403	696

1 mile = 1.6093 km

1 ft = 0.3046 m

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

ตัวอย่างที่ 3.1 รถยนต์แล่นด้วยความเร็ว 95 ไมล์/ชั่วโมง จงคำนวณหาระยะการหยุดรถมีระยะเท่าไร โดยกำหนดให้สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเท่ากับ 0.40 ในกรณีที่

- (1) รถวิ่งบนถนนในแนวราบ
- (2) ขับรถขึ้นเขาที่มีความลาดชัน 6%
- (3) ขับรถลงจากเขาที่มีความลาดชัน 8 %

วิธีทำ

(ก) รถวิ่งบนถนนในแนวราบ มีค่า $g = 0$

$$d = \frac{v^2}{30(f \pm g)}$$

$$= \frac{95^2}{30(0.40 + 0)}$$

$$= 752.10 \text{ ft}$$

ระยะหยุดรถในแนวราบ (d) = 752.10 ft ตอบ

(ข) ขับรถขึ้นเขาที่ความลาดชัน 6%

$$d = \frac{v^2}{30(f \pm g)}$$

$$= \frac{95^2}{30(0.40 + 0.06)}$$

$$= 654 \text{ ft}$$

ระยะหยุดรถในแนวราบ (d) = 654 ft ตอบ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

(ค) ขับรถลงจากเขาที่มีความลาดชัน 8%

$$d = \frac{v^2}{30(f \pm g)}$$

$$= \frac{95^2}{30(0.40 - 0.08)}$$

$$= 940 \text{ ft}$$

ระยะหยุดรถในแนวราบ (d) = 940 ft ตอบ

3.5.2 ระยะแซงที่ปลอดภัย (Passing Sight Distance) ระยะแซงที่ปลอดภัยเป็นระยะทางที่ผู้ขับเร่งความเร็วเพื่อแซงรถคันหน้าบนถนนซึ่งมีรถแล่นสวนทางมา และสามารถที่จะนำรถกลับเข้าไปในช่องทางเดิมได้อย่างปลอดภัย ในการหาระยะสั้นที่สุดสำหรับการแซงเพื่อใช้ในการออกแบบ จะต้องมีลักษณะดังนี้

3.5.2.1 รถคันที่ถูกแซงจะต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ

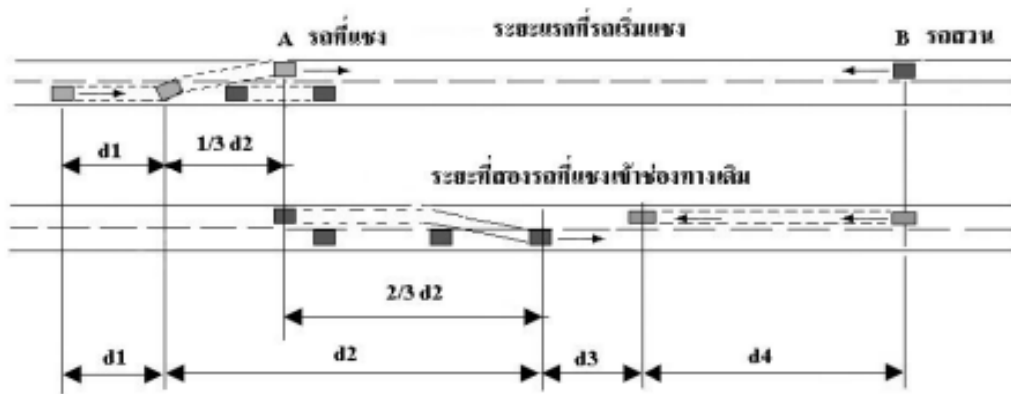
3.5.2.2 รถคันที่แซงจะต้องลดความเร็วลง และแล่นตามหลังรถคันที่ถูกแซงโดยจะแซงเมื่อมีจังหวะแซง

3.5.2.3 เมื่อเห็นระยะทางข้างหน้ามีระยะห่างจากรถคันที่สวนมาเป็นระยะทางที่จะแซงได้จึงเริ่มแซง

3.5.2.4 ขณะที่กำลังแซง รถคันที่แซงจะต้องมีความเร็วกว่ารถคันที่ถูกแซงอย่างน้อย 10 ไมล์ต่อชั่วโมง

3.5.2.5 เมื่อแซงแล้วและจะกลับเข้าช่องทางเดิม จะต้องมีความห่างจากรถคันที่สวนมาพอเพียง อย่างปลอดภัย

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	



รูปที่ 3.1 แสดงระยะแซงรถโดยปลอดภัยในถนน 2 ช่องจราจร

ระยะทางสำหรับการแซงรถ ดังรูปที่ 3.1 มีดังนี้

d_1 = ระยะทางอยู่ในระหว่างเวลาตัดสินใจแล้วจึงเริ่มแซง (ฟุต)

$$d_1 = 1.47t_1 \left(V - m + \frac{at_1}{2} \right)$$

d_2 = ระยะทางที่เริ่มแซงจนกลับเข้าอยู่ในช่องทางเดิม (ฟุต)

$$d_2 = 1.47 V \cdot t_2$$

d_3 = ระยะทางระหว่างรถที่แซงกลับเข้าอยู่ในช่องทางเดิมห่างจากรถที่สวนมา (ฟุต)
ประมาณ 100 ถึง 300 ฟุต

d_4 = ระยะทางของรถที่สวนมาเคลื่อนที่นับตั้งแต่เริ่มแซงจนกระทั่งรถที่แซงกลับเข้า

$$\text{อยู่ในช่องทางเดิม (ฟุต)} = \frac{2}{3} d_2$$

เมื่อ t_1 = เวลาที่ตัดสินใจแล้วเริ่มแซง (วินาที)

t_2 = เวลาที่เริ่มแซงแล้วกลับเข้าช่องทางเดิม (วินาที)

V = อัตราความเร็วเฉลี่ยของรถที่แซง (ไมล์/ชั่วโมง)

m = ความเร็วที่แตกต่างกันของรถที่แซงกับรถที่ถูกแซง (ไมล์/ชั่วโมง)

a = อัตราความเร่งเฉลี่ย (ไมล์/ชั่วโมง/วินาที)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ระยะทางที่แซงโดยปลอดภัยของถนนมี 2 ช่องจราจรเท่ากับ $d_1 + d_2 + d_3 + d_4$ ฟุต (ดังแสดงในตารางที่ 3.2) และระยะแซงโดยปลอดภัยของถนน 3 ช่องจราจรเท่ากับ $d_1 + d_2 + d$

ตารางที่ 3.2 แสดงระยะแซงรถปลอดภัยสำหรับทางหลวง 2 ช่องจราจร

กลุ่มความเร็ว (mile/hr)	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70
ความเร็วเฉลี่ยที่แซง (mile/hr)	34.9	43.8	52.6	62.0
การตัดสินใจเริ่มแซง a = อัตราความเร่งเฉลี่ย (mile/hr/s)	1.40	1.43	1.47	1.50
t_1 = เวลา (s)	3.6	4.0	4.3	4.5
d_1 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ (ft)	145	216	289	366
ขณะที่แซงอยู่ช่องจราจรด้านขวา t_2 = เวลา (s)	9.3	10.0	10.7	11.3
d_2 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ (ft)	477	644	827	1030
ระยะทางระหว่างรถที่แซงกลับเข้ามาอยู่ในช่องทางเดิมห่างจากรถที่สวนมา d_3 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ (ft)	100	180	250	300
รถที่แล่นสวนมา d_4 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ (ft)	318	429	551	687
ผลรวมของระยะแซงที่ปลอดภัย $= d_1 + d_2 + d_3 + d_4$ (ft)	1040	1469	1917	2383

3.5.3 ระยะการมองเห็นของคนขับ (Sight Distance) ระยะการมองเห็นของคนขับรถเพื่อแซงบนถนนโค้งในการขับรถถือว่าความสูงของสายตาของผู้ขับรถมีความสูงเท่ากันคือ $h_1 = h_2$ ซึ่งกรมทางหลวงได้กำหนดให้เท่ากับ 1.125 เมตร

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
3.5.3 ระยะการมองเห็นของคนขับ (Sight Distance) ระยะการมองเห็นของคนขับรถเพื่อแซงบนถนนโค้งในการขับรถถือว่าความสูงของสายตาของผู้ขับรถมีความสูงเท่ากันคือ $h_1 = h_2$ ซึ่งกรมทางหลวงได้กำหนดให้เท่ากับ 1.125 เมตร กรณีที่ 1 $S < L$ $L = \frac{AS^2}{890} \quad \text{เมตร} \quad \dots\dots\dots (3.4)$ กรณีที่ 2 $S > L$ $L = 2S - \frac{890}{A} \quad \text{เมตร} \quad \dots\dots\dots (3.5)$		

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 9
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- ระยะหยุดรถที่ปลอดภัย (Safe Stopping Distance) หมายถึง
.....มี.....ระยะ คือ
.....
- ระยะหยุดรถ (Braking Distance; d) หมายถึง.....
ระยะหยุดรถมี.....ระยะคือ.....
.....
- รถคันที่แซงจะต้องมีความเร็วกว่ารถคันที่ถูกแซงอย่างน้อย ไมล์/ชั่วโมง
- ยกขอบทางโค้งของถนน (Super Elevating)
.....

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 4
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 10
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

1. ระยะหยุดรถที่ปลอดภัย (Safe Stopping Distance) หมายถึง การหยุดรถทันทีอย่างปลอดภัยโดยไม่ชนสิ่งกีดขวาง มี.....2.....ระยะ คือ

1. ระยะตัดสินใจ (V)

2. ระยะหยุดรถ(d)

2. ระยะหยุดรถ (Braking Distance; d) หมายถึง.....ระยะทางที่คนขับรถเร็วเหยียบเบรก.....ระยะหยุดรถมี.....2.....ระยะคือ 1. ระยะหยุดรถในแนวราบ 2. ระยะหยุดรถในทางลาดชัน

3. รถคันที่แซงจะต้องมีความเร็วมากกว่ารถคันที่ถูกแซงอย่างน้อย 10.....ไมล์/ชั่วโมง

4. ยกขอบทางโค้งของถนน (Super Elevating) จะช่วยลดปัญหาการไถลออกนอกโค้งและปัญหาการพลิกคว่ำของรถลงได้

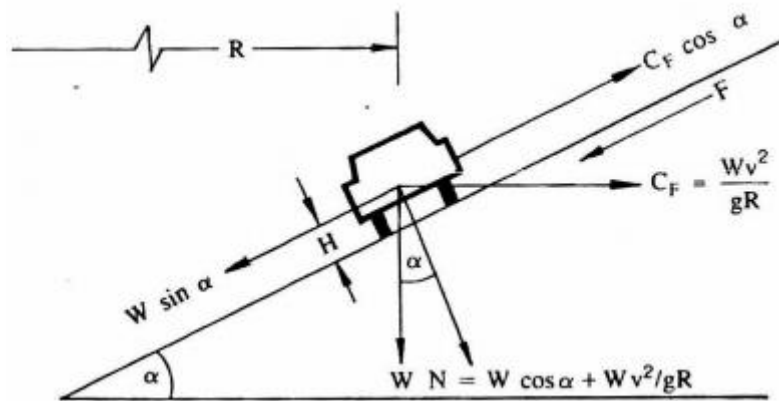
แผนการสอนสัปดาห์ที่ 5

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง การสำรวจแอกแบบ ทางด้าน เรขาคณิต		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.	
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไไล งานขยัน	
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน		
3.6 รู้หลักการยกขอบทางโค้งของถนน			ใบความรู้ (Information Sheet)		
2. การนำเข้าสู่บทเรียน					
คำถาม			ตอบ :		
3. การปฏิบัติการ					
เวลา (180 นาที)		40	120	20	
หมายเลขวัตถุประสงค์		3.6			
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)					
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย				
	สาธิต				
	ถามตอบ				
ขั้นพยายาม (Application)					
ขั้นสำเร็จผล (Progress)					
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point				
	แบบร่างกระดานดำ				
	แบบฝึกหัด				
4. สิ่งที่แนบมา เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด					

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 5
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

3.6 การยกขอบทางโค้งของถนน

รถที่วิ่งในทางโค้งจะมีโอกาสสั่นไถลออกนอกโค้งได้ หรือในบางครั้งอาจพลิกคว่ำได้เนื่องจากแรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางนี้จะทำให้เกิดโมเมนต์พลิกคว่ำ (Overturning Moment) และที่ตรงกันข้ามกับโมเมนต์พลิกคว่ำคือโมเมนต์ทรงตัว (Stabilizing Moment) รถจะคว่ำเมื่อโมเมนต์พลิกคว่ำมากกว่าโมเมนต์ทรงตัว การสร้างถนนแบบยกขอบทางโค้งของถนน (Super Elevating) จะช่วยลดปัญหาการไถลออกนอกโค้งและปัญหาการพลิกคว่ำของรถลงได้



รูปที่ 3.2 แสดงการยกขอบทางโค้งของถนน

- กำหนดให้
- W = น้ำหนักรถ (กิโลกรัม)
 - v = ความเร็วของรถบนทางโค้ง (เมตร / วินาที)
 - α = มุมของความลาดชัน
 - e = อัตราการยกกระดืบ = $\tan \alpha$
 - f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างถนนกับล้อรถ
 - g = อัตราเร่งของแรงโน้มถ่วงของโลก
 - R = รัศมีความโค้ง

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 5
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

เมื่ออยู่ในสภาวะสมดุล

$$W \sin \alpha + F = C_F \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$F = fN$$

$$= f(W \cos \frac{Wv^2}{gR} \sin \alpha)$$

แทนค่า F ลงในสมการ (1)

$$W \sin \alpha + \alpha (W \cos \alpha + \frac{Wv^2}{gR} \sin \alpha) = \frac{Wv^2}{gR} \cos \alpha$$

ค่า f มีค่าน้อยมาก ฉะนั้นเทอม $f \frac{Wv^2}{gR} \sin \alpha \approx 0$

ฉะนั้นจะได้สมการ

$$\tan \alpha + f + 0 = \frac{v^2}{gR}$$

$$\tan \alpha = e$$

$$e + f = \frac{v^2}{gR}$$

$$R = \frac{v^2}{g(e+f)} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

ค่า f มีค่าเปลี่ยนแปลงตามความเร็วของรถ เช่น ผิวแห้ง เปียกหรือลื่น เป็นต้น จากการศึกษาที่ความเร็วสูง 110 กิโลเมตร/ชั่วโมง ให้ค่า f = 0.14 และที่ความเร็วปานกลาง 50-90 กิโลเมตร/ชั่วโมง ให้ค่า f = 0.16 ฉะนั้นในการคำนวณ ต้องกำหนดค่า f ให้น้อยที่สุดเพื่อให้มีค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัยสูง โดยจะต้องให้ f = 0.10 และให้ e = 0.10 เมตร / เมตร

จาก $2e = \frac{(0.277)^2}{9.81R} (e = f)$ และ $(v = 0.2277v)$

$$e = \frac{0.004V^2}{R} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 5
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

R มีหน่วยเป็นเมตร และ V มีหน่วยเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง

R มีหน่วยเป็นฟุต และ V มีหน่วยเป็นไมล์/ชั่วโมง ค่าของ f จะแปรตามความเร็ว

สภาพล้อยางของรถ สภาพพื้นผิวถนน เช่น แห้ง เปียก ขรุขระ เรียบ เป็นต้น การหาค่ารัศมีความโค้ง ซึ่งมีค่าอัตราการยกกระดับและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างถนนกับล้อรถที่ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.2) ส่วนมาตรฐานที่ใช้ออกแบบตามมาตรฐานกรมทางหลวงของทางหลวงประเภทต่างๆ (ดังแสดงในตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.3 แสดงรัศมีความโค้ง

ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ (mile/hr.)	ค่าสูงสุดของ e	ค่าสูงสุดของ f	e + f	รัศมีต่ำสุด (ft)	องศาของความโค้งมีค่าสูงสุด	องศาของความโค้งที่ใช้ในการออกแบบ
30	0.06	0.16	0.22	273	21.0	21.0
40	0.06	0.15	0.21	508	11.3	11.5
50	0.06	0.14	0.20	833	6.9	7.0
60	0.06	0.13	0.19	1263	4.5	4.5
65	0.06	0.13	0.19	1483	3.9	4.0
70	0.06	0.12	0.18	1815	3.2	3.0
75	0.06	0.11	0.17	2206	2.6	2.5
80	0.06	0.11	0.17	2510	2.3	2.5
30	0.08	0.16	0.24	250	22.9	23.0
40	0.08	0.15	0.23	464	12.4	12.5
50	0.08	0.14	0.22	785	7.6	7.5
60	0.08	0.13	0.21	1143	5.0	5.5
65	0.08	0.13	0.21	1341	4.3	4.5
70	0.08	0.12	0.20	1633	3.5	3.5
75	0.08	0.11	0.19	1974	2.9	3.0
80	0.08	0.11	0.19	2246	2.5	2.5
30	0.10	0.16	0.26	231	24.6	25.0

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 5
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ตารางที่ 3.3 แสดงรัศมีความโค้ง (ต่อ)

ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ (mile/hr.)	ค่าสูงสุดของ e	ค่าสูงสุดของ f	e + f	รัศมีต่ำสุด (ft)	องศาของความโค้งมีค่าสูงสุด	องศาของความโค้งที่ใช้ในการออกแบบ
40	0.10	0.15	0.25	427	13.4	13.5
50	0.10	0.14	0.24	694	8.3	8.5
60	0.10	0.13	0.23	1043	5.5	5.5
65	0.10	0.13	0.23	1225	4.7	4.5
70	0.10	0.12	0.22	1485	3.9	4.0
75	0.10	0.11	0.21	1786	3.2	3.0
80	0.10	0.11	0.21	2032	2.8	3.0
30	0.12	0.16	0.28	21	26.7	26.5
40	0.12	0.15	0.27	395	14.5	14.5
50	0.12	0.14	0.26	641	8.9	9.0
60	0.12	0.13	0.25	960	6.0	6.0
65	0.12	0.13	0.24	1127	5.1	5.0
70	0.12	0.12	0.24	1361	4.2	4.0
75	0.12	0.11	0.23	1630	3.5	3.5
80	0.12	0.11	0.23	1855	3.1	3.0

ตัวอย่างที่ 3.2 การออกแบบความโค้งเพื่อให้รถสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 80 ไมล์/ชั่วโมงและต้องการยกกระดับขอบถนน 8% จงคำนวณหารัศมีของความโค้ง กำหนดสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานเท่ากับ 0.12

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \text{จาก} \quad R &= \frac{v^2}{15(e+f)} \\
 &= \frac{80^2}{15(0.08+0.12)}
 \end{aligned}$$

รัศมีความโค้ง = 213.33 ft

.....ตอบ

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 5
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้		
1. การออกแบบทางด้านเรขาคณิต มีความหมายตรงกับข้อใด?		
ก. การออกแบบถนนเป็นรูปทางโค้ง		
ข. การกำหนด ขนาด รูปร่าง ความลาดชันของถนน		
ค. การกำหนด มุมของถนน		
ง. การออกแบบถนนเป็นรูปทางแยก		
2. Location Survey หมายถึง		
ก. การสำรวจแนวทางอย่างคร่าว ๆ		
ข. การสำรวจเพื่อวางแนว		
ค. การสำรวจเพื่อก่อสร้าง		
ง. การสำรวจและตรวจสอบ		
3. Design Speed หมายถึง		
ก. การออกแบบความโค้ง		
ข. การออกแบบความเร็ว		
ค. ความประหยัด		
ง. ความปลอดภัย		
4. หลักการออกแบบถนนที่ดี มีความหมายตรงข้อใด?		
ก. มีความประหยัด		
ข. มีความปลอดภัย		
ค. มีประสิทธิภาพ		
ง. ถูกทุกข้อ		
5. ระยะหยุดรถที่ปลอดภัย มีกี่ระยะ ?		
ก. 2 ระยะ		
ข. 3 ระยะ		
ค. 4 ระยะ		
ง. 5 ระยะ		

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 5
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 3 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ การสำรวจและออกแบบทางด้านเรขาคณิต	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	
1. การออกแบบทางด้านเรขาคณิต มีความหมายตรงกับข้อใด? ก. การออกแบบถนนเป็นรูปทางโค้ง ข. การกำหนด ขนาด รูปร่าง ความลาดชันของถนน ค. การกำหนด มุมของถนน ง. การออกแบบถนนเป็นรูปทางแยก 2. Location Survey หมายถึง ก. การสำรวจแนวทางอย่างคร่าว ๆ ข. การสำรวจเพื่อวางแนว ค. การสำรวจเพื่อก่อสร้าง ง. การสำรวจและตรวจสอบ 3. Design Speed หมายถึง ก. การออกแบบความโค้ง ข. การออกแบบความเร็ว ค. ความประหยัด ง. ความปลอดภัย 4. หลักการออกแบบถนนที่ดี มีความหมายตรงข้อใด? ก. มีความประหยัด ข. มีความปลอดภัย ค. มีประสิทธิภาพ ง. ถูกทุกข้อ 5. ระยะหยุดรถที่ปลอดภัย มีกี่ระยะ ? ก. 2 ระยะ ข. 3 ระยะ ค. 4 ระยะ ง. 5 ระยะ		

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 6

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง ง โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.		
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไไล งานขยัน		
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน			
4.1 รู้ความหมายของโครงสร้างทาง 4.2 เข้าใจหลักการก่อสร้างโครงสร้างทางและวัสดุ ก่อสร้างทาง			ใบความรู้ (Information Sheet)			
2. การนำเข้าสู่บทเรียน						
คำถาม			ตอบ :			
3. การปฏิบัติการ						
เวลา (180 นาที)		40		120		20
หมายเลขวัตถุประสงค์		4.1 – 4.2				
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)						
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย					
	สาธิต					
	ถามตอบ					
ขั้นพยายาม (Application)						
ขั้นสำเร็จผล (Progress)						
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point					
	แบบร่างกระดานดำ					
	แบบฝึกหัด					
4. สิ่งที่แนบมา เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด						

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
หน่วยที่ 4		
โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง		
4.1 ความหมายของโครงสร้างทาง		
4.1.1 โครงสร้างทาง (Structural Highway) หมายถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างทางตั้งแต่การถางป่าขุดต่อ รวมไปถึงดินตัด ดินถม การบดอัดดินชั้นต่างๆ ให้ได้มาตรฐานตามรูปแบบและรายการ 4.1.2 โครงสร้างทางเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดที่ได้ ถ้าโครงสร้างทาง ก่อสร้างอย่างถูกวิธีอายุการใช้งานก็จะยืนนาน วัสดุก่อสร้างมีส่วนที่สำคัญอย่างยิ่ง ที่ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรง จึงต้องเรียนรู้ถึงขั้นตอนการทำงานและการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างให้ถูกต้องเหมาะสม		
4.2 หลักการก่อสร้างโครงสร้างทาง และวัสดุก่อสร้างทาง		
การก่อสร้างโครงสร้างทางมีขั้นตอนการก่อสร้างและวิธีการก่อสร้าง ดังต่อไปนี้ 1) การเตรียมงานก่อสร้างโครงสร้างทาง (Prepare Building Structural Highway) 2) งานถางป่า ขุดต่อ (Clearing and Grubbing) 3) งานดินตัด (Roadway Excavations) 4) งานวัสดุถม (Fill and Embankment) 5) งานก่อสร้างทาง (Building Highway) 4.2.1 การเตรียมงานก่อสร้างโครงสร้างทาง (Prepare Building Structural Highway) การเตรียมงานก่อสร้างโครงสร้างทาง มีเทคนิคการก่อสร้างและวิธีการก่อสร้างหลายวิธี ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการก่อสร้าง จะต้องทำการตรวจสอบสภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อมของสถานที่นั้นๆ และจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการดำเนินการก่อสร้าง เช่น การกำหนดตำแหน่งของสำนักงานสนามโรงเก็บวัสดุ ลานกองวัสดุ ที่พักช่างและคนงาน เป็นต้น ข้อมูลที่ต้องเตรียมก่อนทำงานและสำรวจมีดังนี้		

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
4.2.1.1 งานสำรวจและงานตรวจสอบเบื้องต้นคือ จะต้องพิจารณาถึงสภาพพื้นที่ก่อสร้างโดยทั่วไป ที่อาจจะเป็นปัญหาขณะการก่อสร้างได้ เช่น 1) สาธารณูปโภค คือ เสไฟฟ้า , ประปา , โทรศัพท์ 2) ที่ดิน สิ่งปลูกสร้าง 3) สภาพแวดล้อมต่างๆ ที่จะเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างได้ คือ สภาพการจราจร สภาพภูมิอากาศ แรงงานในพื้นที่ เป็นต้น 4.2.1.2 การตรวจสอบแบบแปลน เพื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ก่อสร้างหลังการตรวจสอบเบื้องต้นแล้ว ควรนำข้อมูลพื้นฐานที่ได้ มาพิจารณา ตรวจสอบกับแบบแปลนก่อสร้างจริงอีกครั้งแบบแปลนจากการสำรวจที่ออกแบบไว้ถูกต้องตรงกับสภาพพื้นที่ปฏิบัติงานหรือไม่โดยมีแนวทางปฏิบัติคือ 1) ตรวจสอบหาเหตุผลหลักฐานอ้างอิงที่ปรากฏในแบบก่อสร้างกับสภาพพื้นที่จริง 2) พิจารณาแนวถนน สภาพลำน้ำ ระดับน้ำสูงสุด 3) ตรวจสอบตำแหน่งและความยาวที่จะวางท่อระบายน้ำในแบบแปลน 4) ตรวจสอบว่าแนวก่อสร้างตามแบบ มีสิ่งกีดขวางหรือไม่ โดยคะแนน ด้วยสายตา เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นเมื่อมีการสำรวจเพื่อก่อสร้างจริงตรวจสอบเรื่องกรรมสิทธิ์ที่ดิน ในโฉนดที่ดิน 4.2.1.3 การตรวจสอบแผนการทำงาน (Progress Chart) ในการวางแผน และ การตรวจสอบแผน ถือว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดต้องการวางแผน และการตรวจสอบ ซึ่งส่วนมากทำในรูปแบบ Bar Chart การตรวจสอบ Bar Chart นี้ควรตรวจสอบร่วมกับผู้มีประสบการณ์ เพื่อให้การปฏิบัติงานได้ดียิ่งขึ้น การตรวจสอบแผนงานก่อสร้างในรูปแบบ Bar Chart ควรดำเนินการดังนี้ 1) ตรวจสอบกิจกรรมของงานที่จะก่อสร้าง แต่ละงานให้ครบตามแบบใบเสนอราคาและรายการสัญญา 2) ตรวจสอบปริมาณงานราคาต่อหน่วย และราคาของงานให้เป็นไปตามรายการสัญญา 3) ตรวจสอบระยะเวลาดำเนินงานของแต่ละงานที่เป็นเปอร์เซ็นต์ ของงานทั้งนี้ ต้องตรวจสอบลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละงานด้วย 4) การหาข้อสรุป หากมีความขัดแย้งกัน เพราะ Bar Chart จะต้องทำการปรับแก้แผนงานใหม่ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหา หรือจำเป็นต้องจัดทำแผนงานขึ้นมาใหม่		

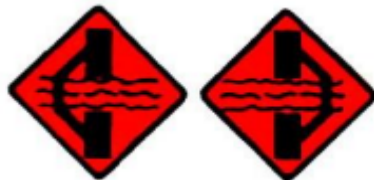
	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

4.2.1.4 การเตรียมป้ายบอกโครงการและป้ายเตือนอันตรายจากการก่อสร้างจะต้องเขียนรายละเอียดที่แผ่นป้ายประชาสัมพันธ์ตามรูปแบบ และรายละเอียดที่กำหนดของ หน่วยงาน และการติดตั้งสำหรับงานถนน ให้ติดตั้งบริเวณจุดเริ่มต้นโครงการด้านซ้าย การติดป้ายประชาสัมพันธ์ โครงการนี้ จะต้องเป็นจุดที่เห็นง่าย ไม่เกะกะ กีดขวางงานก่อสร้าง หรือเส้นทางสัญจร ขณะทำการก่อสร้างจะต้องมีการติดตั้งเครื่องหมายจราจรชั่วคราวไว้ สัญญาณ การติดตั้งเครื่องหมาย สัญญาณต่างๆ ให้ติดตั้งทางด้านซ้ายมือของทิศทางการจราจร ติดห่างจากขอบไหล่ทางประมาณ 0.60 – 4.00 เมตร สูง 1.50 – 2.00 เมตร เพื่อให้ผู้ขับขี่สังเกตเห็นได้ชัดเจน และไม่กีดขวางการจราจร และควรติดตั้งป้ายเตือนล่วงหน้า ประมาณ 100 – 300 เมตร ขึ้นอยู่กับบริเวณการจราจร (ดังแสดงใน รูปที่ 4.1, รูปที่ 4.2) ส่วนเครื่องหมายการจราจร สำหรับงานก่อสร้างและซ่อมบำรุงถนนสามารถดูได้จาก ตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการติดตั้งป้ายเตือนในเขตก่อสร้างทาง

	เอกสารประกอบการสอน		สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง		หน่วยที่ 4 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง		
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน		

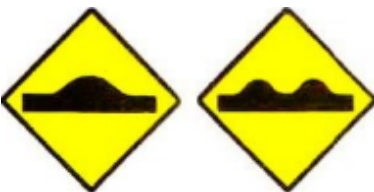
ตารางที่ 4.1 แสดงป้ายจราจรที่ใช้ในงานก่อสร้าง			
ชื่อป้าย	รูปแบบ	ขนาด	ระยะติดตั้ง
1.ป้ายเตือนทางเบี่ยง		0.75 x 0.75 เมตร 0.80 x 1.20 เมตร	ติดตั้งล่วงหน้า 150 เมตร ก่อนถึงจุดทางเบี่ยง
2.ป้ายเบี่ยงเบนการจราจร		0.60 x 0.60 เมตร	ติดตั้งประมาณ 50 – 150 เมตร ล่วงหน้าการ เปลี่ยนทิศทาง ของช่องจราจร
3.ป้ายเตือนแนวทาง		0.60 x 1.20 เมตร	ติดตั้งบริเวณที่มี การเปลี่ยน แนวทางใน แนวราบอย่าง ทันทีทันใด
4.ป้ายเตือนทางแคบ		0.90 x 0.90 เมตร	ติดตั้งก่อนถึงจุด ที่ทางที่มีลักษณะ ตามป้าย 150 – 200 เมตร
5.ป้ายให้สิทธิรถสวนก่อน		เส้นผ่าศูนย์กลาง กลาง 0.90 ม.	ติดตั้งด้านเดียว ในทิศทางที่มีการ ปิดช่องจราจร
6.ป้ายจำกัดความเร็ว		เส้นผ่าศูนย์กลาง กลาง 0.90 ม.	ติดตั้งก่อนถึงเขต บำรุง

	เอกสารประกอบการสอน		สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง		หน่วยที่ 4 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง		
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน		

ตารางที่ 4.1 แสดงป้ายจราจรที่ใช้ในงานก่อสร้าง (ต่อ)			
ชื่อป้าย	รูปแบบ	ขนาด	ระยะติดตั้ง
8.ป้ายให้ผ่าน ไปทาง ด้านซ้ายหรือขวา		เส้นผ่าศูนย์กลาง กลาง 0.90 ม.	ติดตั้งตรงจุดที่ บังคับหรือก่อน 3-5 เมตร
9.ป้ายเตือน งานซ่อมทาง หรือซ่อมสะพาน	งานก่อสร้าง ข้างหน้า งานก่อสร้าง โปรดระมัดระวัง	0.90 x 2.40 เมตร	ติดตั้งล่วงหน้า ก่อนถึงบริเวณ งาน 500 เมตร
10.ป้ายเตือน ทางปิด	ทางปิดข้างหน้า ROAD CLOSED A HEAD	0.90 x 1.20 เมตร	ติดตั้งล่วงหน้า ก่อนถึงบริเวณที่ ปิดกั้น 300 เมตร
11.ป้ายเตือน ลดความเร็ว	เขตชุมชน ลดความเร็ว CITY LIMIT REDUCE SPEED	0.60 x 1.80 เมตร	ติดตั้งล่วงหน้า ก่อนถึงบริเวณงาน
12.ป้ายเตือน มีกองวัสดุบน ไหล่ทาง	มีกองวัสดุ บนไหล่ทาง	0.60 x 1.35 เมตร	ติดตั้งใกล้ จุดเริ่มต้นมีกองวัสดุ
13.ป้ายเตือน ทางข้างหน้ามี การก่อสร้าง	งานก่อสร้างข้างหน้า 50 ม.	0.90 x 1.35 เมตร	ติดตั้งก่อนถึงเขต ก่อสร้าง
14.ป้ายเตือน น้ำท่วมทาง	น้ำท่วมข้างหน้า	0.90 x 1.50 เมตร	ก่อนทางที่ห้าม เข้า
15.ป้ายเตือน อุบัติเหตุ	อุบัติเหตุ ข้างหน้า ACCIDENT AHEAD	0.80 x 1.20 เมตร	ติดตั้งตรงจุดที่ บังคับหรือก่อน 3-5 เมตร

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ตารางที่ 4.1 แสดงป้ายจราจรที่ใช้ในงานก่อสร้าง (ต่อ)

ชื่อป้าย	รูปแบบ	ขนาด	ระยะติดตั้ง
16.ป้ายเตือน สำรวจทาง		0.60 x 0.60 เมตร	ติดตั้งล่วงหน้า ก่อนถึงบริเวณ งาน 500 เมตร
17.ป้ายเตือน คนงาน		0.75 x 0.75 เมตร	ติดตั้งล่วงหน้า ก่อนถึงบริเวณ งาน
19.ป้ายเตือน เนินลดความเร็ว		0.90 x 0.90 เมตร	ติดตั้งก่อนถึงจุด ที่ทางมีลักษณะ ตามป้าย 150 - 200 เมตร
20.ป้ายแสดง งานวางท่อ	งานวางท่อระบายน้ำเสีย ข้างหน้า	0.90 x 1.20 เมตร	ติดตั้งใกล้จุดเริ่ม บริเวณวางท่อ
21.ป้ายทางขาด		0.90 x 1.35 เมตร	ติดตั้งตรง ตำแหน่งที่ปิดกั้น การจราจรเพราะ ทางขาดเนื่องจาก ภัยธรรมชาติ

4.2.2 งานถางป่า ขุดตอ (Clearing and Grubbing)

งานถางป่า ขุดตอ (Clearing and Grubbing) หมายถึงการกำจัดต้นไม้ พุ่มไม้ชยะ วัชพืช และสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ออกจากเขตทางหรือบริเวณที่จะก่อสร้างเป็นคันทาง คูระบายน้ำ หรือบริเวณที่จะก่อสร้างโครงสร้างต่างๆ เนื่องจากอาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ความมั่นคงแข็งแรง ของคันทางที่จะก่อสร้างใหม่ วัสดุที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้หากคงไว้จะฝังภายหลังแล้วจะทำให้เกิดช่องว่างอันทำให้ถนนทรุดตัวได้นอกจากนี้บ่อยืมดิน (Borrow Pit) จะต้องทำการถางป่าขุดตอออกให้เรียบร้อยก่อนนำวัสดุมาใช้

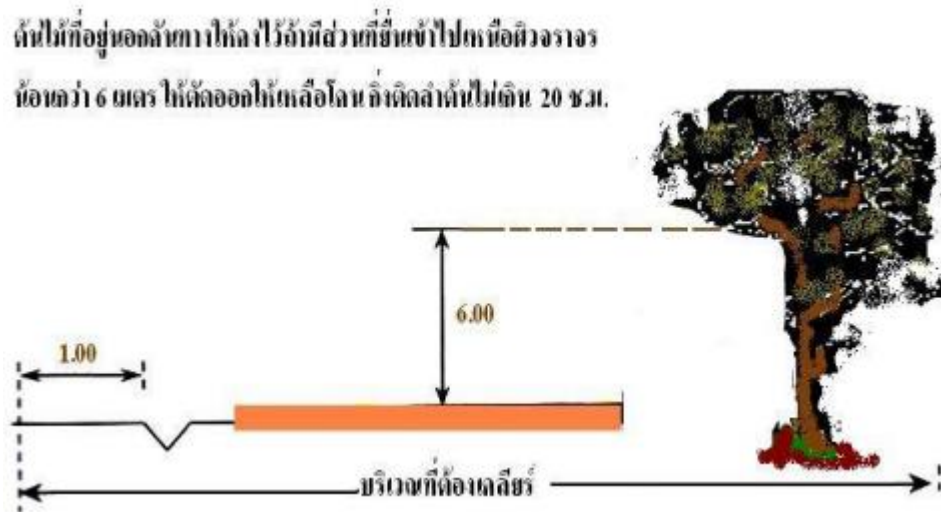
	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

บริเวณที่จะก่อสร้างคันทางให้ชิดตอ ราก และส่วนอื่นๆ ของต้นไม้อก ต่ำกว่าระดับดินเดิมไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร หรือตามแบบกำหนด (ดังแสดงใน รูปที่ 4.3,รูปที่ 4.4) ในกรณีซึ่งทำดินคันสูงกว่าระดับดินเดิมมากกว่า 60 เซนติเมตร ให้ตัดต้นไม้และตอไม้จนชิดใกล้ระดับดินเดิม ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การทำการถางป่า ขุดตอ (Clearing) ต้องทำให้ได้ความกว้างตามต้องการแต่ไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร จากขอบนอกของร่องน้ำแต่ละข้าง ต้นไม้บางต้นที่อยู่นอกคันทางหรือนอกเชิงลาดงานตัดดินคันทางที่ไม่อยู่ในพื้นที่การมองเห็นหยุดรถปลอดภัย (Stopping Sight Distance) ให้คงไว้ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ส่วนของต้นไม้ที่ให้คงไว้ถ้ายื่นเข้าไปเหนือผิวจราจรและสูงกว่าระดับผิวจราจรน้อยกว่า 6 เมตร ให้ตัดออกให้เรียบร้อยโดยให้เหลือโคนติดลำต้นยาวไม่เกิน 20 เซนติเมตร (ดังแสดงใน รูปที่ 4.4)

วัสดุซึ่งเกิดจากการถางป่า ขุดตอให้นำไปทิ้ง ณ บริเวณที่ไม่กีดขวางการระบายน้ำ หรือบริเวณซึ่งนายช่างควบคุมงานเห็นสมควร ภายหลังเมื่องานก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำการเกลี่ยแต่งกลบหลุมบ่อและกำจัดเศษวัสดุก่อสร้างให้สะอาดเรียบร้อย เมื่อดำเนินการถางป่า ขุดตอเรียบร้อยแล้วจะต้องมีการสอบระดับแนวเส้นทาง (Profile) และหน้าตัดถนน (Section) แต่ละช่วงความยาว (STA.) พร้อมทั้งวางแนวเอียงของดินถมคันทาง (Slope Stake) (ดังแสดงใน รูปที่ 4.5) ในขั้นตอนนี้ควรถางป่า ขุดตอให้ตลอดแนวทางก่อสร้าง แล้วทำการรังวัดปักแนวฐานล่างของดินคันทาง (Toe Slope) ให้ตลอดเพื่อให้รู้ขอบเขตและแนวเส้นทาง (ดังแสดงใน รูปที่ 4.7) อีกทั้งหากเกิดปัญหาเรื่องกรรมสิทธิ์ที่ดิน จะได้แก้ปัญหาได้ทันเหตุการณ์

รูปที่ 4.3 แสดงแนวเขตการถางป่า ขุดตอ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 9
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.4 แสดงการตัดแนวกิ่งไม้ที่กีดขวางแนวจราจร



รูปที่ 4.5 แสดงการขุดดินต่ำกว่าระดับดินเดิมไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 10
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.6 แสดงการวางแนวเอียงของดินถมคันทาง (Slope Stake)

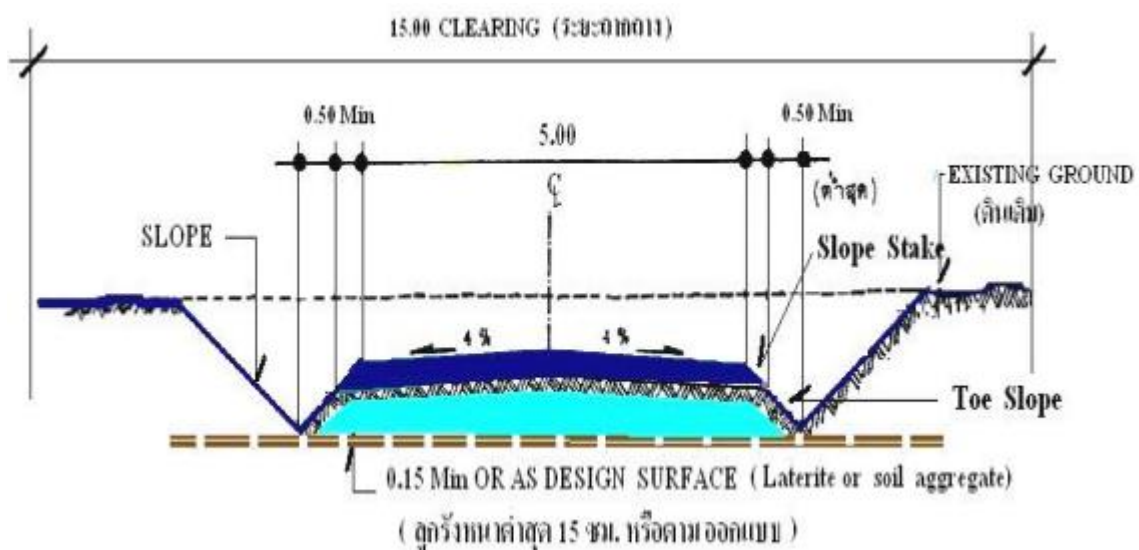


รูปที่ 4.7 แสดงการวางแนวขอบเขตและแนวเส้นทาง

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 11
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

4.2.3 งานดินตัด (Roadway Excavations)

งานดินตัด เป็นการขุดแต่งหน้าดิน บริเวณที่จะทำการก่อสร้างถนน และรวมถึงการตัดหน้าดินให้ได้ระดับถูกต้อง ดินขุดหรือดินตัดที่อยู่ในแนวคันทางถ้าไม่มีเศษไม้ เศษหญ้า หรือวัสดุอื่นเจือปนก็สามารถนำมาใช้เป็นดินถมคันทางได้ (ดังแสดงใน รูปที่ 4.8, รูปที่ 4.9, รูปที่ 4.10) ซึ่งผู้ควบคุมงานต้องพิจารณาว่าเป็นวัสดุที่จะนำไปใช้งานได้หรือไม่ หากใช้ไม่ได้ต้องนำไปทิ้งในที่ที่เห็นสมควร แล้วนำวัสดุที่เหมาะสมมาใช้แทน นอกจากนี้งานดินตัดยังรวมถึง งานขุดวัสดุออกจากแนวคันทางด้วยได้แก่ งานขุดวัสดุไม่เหมาะสม (Unsuitable Material Excavation) และงานขุดบริเวณดินอ่อน (Soft Material Excavation)



รูปที่ 4.8 แสดงหน้าตัดของถนนบริเวณที่มีงานดินตัด

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 12
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.9 แสดงการขุดแต่งหน้าดินบริเวณที่จะทำการก่อสร้างถนน



รูปที่ 4.10 แสดงงานตัดหน้าดินบริเวณที่จะทำการก่อสร้างถนน

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 13
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

4.2.3.1 งานขุดวัสดุไม่เหมาะสม (Unsuitable Material Excavation) เป็นการขุดวัสดุไม่เหมาะสม รวมถึงการขุดวัสดุที่มีคุณภาพต่ำไม่เหมาะสม สำหรับงานก่อสร้างนอกคันทางเดิม แต่อยู่ภายในขอบเขตของคันทางใหม่อันได้แก่ เศษวัสดุต่างๆ ดินเลน ดินอินทรีย์ วัสดุไม่พึงประสงค์ หรือวัสดุที่มีคุณภาพต่ำกว่าชั้นทางนั้น ๆ (ดังแสดงใน รูปที่ 4.11)



รูปที่ 4.11 แสดงการขุดดินไม่เหมาะสมและมีคุณภาพต่ำกว่าชั้นทาง

4.2.3.2 งานขุดบริเวณดินอ่อน (Soft Material Excavation) งานขุดบริเวณดินอ่อน หมายถึงงานตัดคันทางโดยขุดเอาวัสดุในบริเวณคันทางเดิมซึ่งอ่อนตัวที่ไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ เพื่อเปลี่ยนวัสดุใหม่ที่มีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ มาถมแทนที่ (ดังแสดงใน รูปที่ 4.12)



รูปที่ 4.12 แสดงงานขุดบริเวณของคันทางเดิมซึ่งดินอ่อนตัว

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 14
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

4.2.3.3 งานดินตัด เมื่อตัดถึงระดับงานดินที่กำหนดในแบบ (Finished Subgrade) ถ้าวัสดุมีคุณภาพใช้ได้ให้ทำการขุดคู้ (Scarify) ลึก 15 เซนติเมตรหรือตามที่ระบุไว้ในแบบแล้วเกลี่ยแต่งบดทับให้แน่นตามที่กำหนด และแสดงไว้ในแบบ (ดังแสดงใน รูปที่ 4.13, รูปที่ 4.14, รูปที่ 4.15)



รูปที่ 4.13 แสดงการขุดคู้ ลึก 15 เซนติเมตร



รูปที่ 4.14 แสดงการบดทับให้แน่น

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 15
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

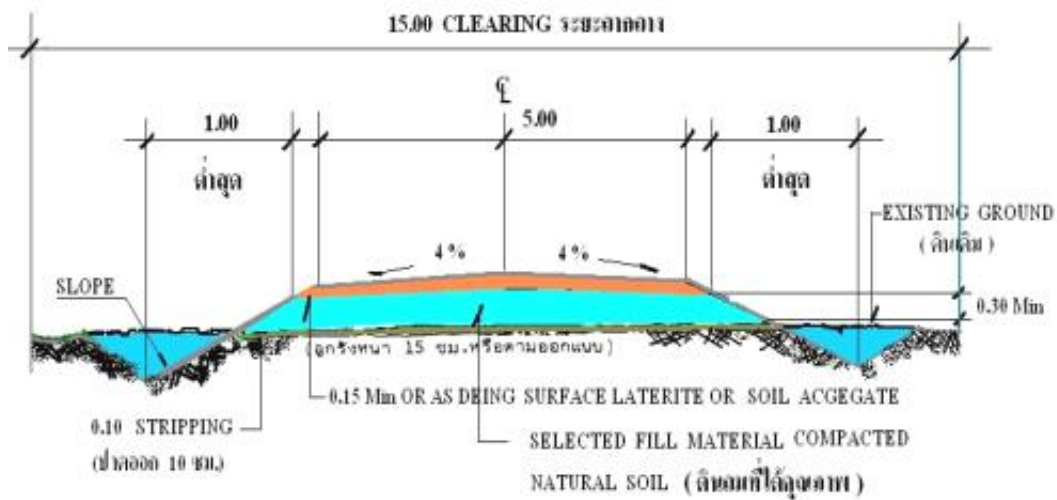


รูปที่ 4.15 แสดงการทดสอบความหนาแน่นเมื่อบดอัดแล้ว

4.2.4 งานวัสดุถม (Fill and Embankment)

งานวัสดุถม หมายถึงการก่อสร้างถมคันทาง และการตัดลาดคันทางเดิม เป็นแบบขั้นบันได (Benching) เพื่อถมขยายคันทาง (ดังแสดงใน รูปที่ 4.16 ,รูปที่ 5.17) รวมทั้งการกลบแต่งหลุมบ่อต่างๆ โดยการจัดหาดิน หรือวัสดุอื่นใดที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนดจากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว นำมาถมเป็นคันทาง โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนวระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ (ดังแสดงใน รูปที่ 4.18, รูปที่ 4.19) การนำวัสดุจากแหล่งวัสดุมาลงเพื่อใช้เป็นวัสดุคันทาง และวัสดุชั้นต่างๆ ของโครงสร้างถนน ย่อมแตกต่างกันไปตามการรับน้ำหนักของผู้ออกแบบรองพื้นทาง (ลูกรัง) ชั้นพื้นทาง (หินคลุก) หากต้องมีการ ถมคันทางเดิมให้มีระดับสูงขึ้นหรือต้องเพิ่มชั้นรองพื้นทาง (ลูกรัง) หรือชั้นพื้นทาง (หินคลุก) ให้ดำเนินการก่อสร้างในแต่ละชั้นมีลักษณะเหมือนกันในหลักการ คือ ทำโดยการเกลี่ยเป็นชั้นบางๆ แล้วบดอัด ขณะที่บริเวณน้ำใกล้เคียงค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสม (Optimum moisture content) ซึ่งจะทำให้ความหนาแน่นสูงสุดรับน้ำหนักได้มากขึ้น ลดการทรุดตัว (Settlement) ถ้าหากเราถมวัสดุโดยการเทลงจากรถบรรทุกเป็นชั้นหนามาก ๆ เนื้อวัสดุ ความหนาแน่น และความชื้นที่จุดต่างๆ จะแตกต่างกันมาก การทรุดตัวไม่เท่ากัน ซึ่งนำไปสู่ความวิบัติของถนนได้การบดอัดแน่น จะกำหนดเป็น 95 % ของ Standard Proctor Density หรือ Modified Proctor Density ขึ้นอยู่กับชั้นคุณภาพแต่ละชั้นของถนน

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 16
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.16 แสดงหน้าตัดของถนนบริเวณที่มีงานดินถม



รูปที่ 4.17 แสดงการถมดิน หรือ วัสดุถมคันทาง

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 17
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.18 แสดงการเกลี่ยเป็นชั้นบาง ๆ และบดทับให้ได้แนวระดับ



รูปที่ 4.19 แสดงการบดทับที่ได้แนวระดับ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 18
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	



รูปที่ 4.20 แสดงการทดสอบความหนาแน่นเมื่อบดอัดแล้ว

การเตรียมวัสดุเพื่องานวัสดุถมวัสดุมาจากแหล่งวัสดุในที่ต่างๆ เมื่อผ่านขบวนการทดสอบคุณภาพแล้วว่าใช้ได้ และเตรียมที่จะนำมาใช้งานหากไม่ได้นำมาลงบนดิน หรือคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ต้องกอง (Stockpile) ไว้เป็นกองๆ ในบริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ และจะต้องปราศจากสิ่งที่ไม่ประสงค์ต่างๆ (ดังแสดงใน รูปที่ 4.17)

1) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้างงานถมก่อนเริ่มงานดินถม จะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักร เครื่องมือในการทำงาน และ เครื่องหมายควบคุม การจราจรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง จะต้องเกลี่ย และกลบแต่งหลุม บ่อที่มีอยู่เดิม หรือส่วนที่เกิดจากการ ถางป่า และ ขุดต่อ แล้วบดทับให้แน่น ให้เรียบร้อยก่อนที่จะเริ่มงานดินถม หลังจากกำจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ต่างๆ ออกหมดแล้ว หลังจากไถคราดผิวทางเดิมแล้ว จะต้องทำการบดทับชั้น 15 เซนติเมตรสุดท้าย วัดจากระดับดินเดิม หรือผังถนนเดิมลงไป ได้ความ หนาแน่นแห้งของการบดอัด ไม่น้อยกว่า 95 % ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดสอบตามวิธีการทดลองการบดอัด แบบมาตรฐาน (Standard Compaction) ในกรณีที่จะก่อสร้างคันทางตามลาด เขียงเขาหรือจะทำการก่อสร้างขยายคันทางใหม่บนคันทางเดิมให้ตัดลาดเขียงเขาหรือลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได (Benching) จากปลายเขียงลาด จนถึงขอบไหล่ทาง ให้เกลี่ยแผ่ววัสดุสม่ำเสมอในแนวราบ มีความกว้างพอที่เครื่องมือบดอัดที่เหมาะสมลงไปทำงานได้ โดยกำหนดให้ดำเนินการเป็นชั้นๆ โดยให้มีความหนาแน่น แต่ละชั้นตามแบบกำหนด

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 19
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.21 แสดงการตัดลาดเชิงเขา เป็นแบบขั้นบันได (Benching)

2) การดำเนินการก่อสร้างชั้นวัสดุถม เมื่อได้เตรียมวัสดุพื้นที่ก่อสร้างแล้ว ให้พรมน้ำชั้นดินเดิม หรือ คั่นทางเดิมที่ได้เตรียมไว้แล้วให้ชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้ เครื่องจักรกลที่เหมาะสมขนดินไปปูบนชั้นดินที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่เกลี่ยวัสดุคลุกเคล้าผสมน้ำ ที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่เหมาะสม (Optimum moisture Content) $\pm 3\%$ จะทำให้บดอัดได้ความหนาแน่นสูงสุด บดทับทั่วผิวหน้า อย่างสม่ำเสมอจนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 20
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องการจราจรและวิเคราะห์ข้อมูลความจริงเป็นข้อมูลทางด้าน.....
.....
- กฎเกณฑ์โดยทั่วไปของการจราจร มี 2 ลักษณะ คือ
 - 1).....
 - 2).....
- Average Annual Daily Traffic (AADT) หมายถึง.....
.....
- การสำรวจปริมาณจราจรโดยใช้คนแฉ่งนับ (Manual Counting) คือ.....
.....
.....
- ความล่าช้า (Delay) คือ.....
แบ่งออกเป็น..... ประเภทคือ.....
.....

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 6
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 21
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
4.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องการจราจรและวิเคราะห์ข้อมูลความจริงเป็นข้อมูลทางด้าน วิศวกรรมจราจร 4.2 กฎเกณฑ์โดยทั่วไปของการจราจร มี 2 ลักษณะ คือ 1) การเคลื่อนไหวทางกายภาพของจราจร 2) การเกิดอุบัติเหตุ 4.3 Average Annual Daily Traffic (AADT) หมายถึง ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี 4.4 การสำรวจปริมาณจราจรโดยใช้คนแฉ่งนับ (Manual Counting) คือ การสำรวจปริมาณจราจรแทนใช้คนนับรถที่วิ่งผ่านจุดที่ต้องการทราบปริมาณจราจรผ่าน โดยการนับระหว่างช่วงเวลาตั้งแต่ 0.07 น. – 19.00 น. 4.5 ความล่าช้า (Delay) คือ เวลาที่สูญเสียไปอันเนื่องจากการสัญจรบนทางหลวง แบ่งออกเป็น 4..... ประเภทคือ 1. เวลาที่สูญเสียจากระบบควบคุมจราจร 2. เวลาที่สูญเสียจากจราจรติดขัด 3. เวลาที่สูญเสียจากการเกิดอุบัติเหตุ 4. เวลาที่สูญเสียจากการชะลอรถเพื่อจะหยุด		

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 7

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.	
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน		
4.3 เข้าใจการก่อสร้างโครงสร้างทาง			ใบความรู้ (Information Sheet)		
2. การนำเข้าสู่บทเรียน					
คำถาม			ตอบ :		
3. การปฏิบัติการ					
เวลา (180 นาที)		40	120	20	
หมายเลขวัตถุประสงค์		4.3			
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)					
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย				
	สาธิต				
	ถามตอบ				
ขั้นพยายาม (Application)					
ขั้นสำเร็จผล (Progress)					
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point				
	แบบร่างกระดานดำ				
	แบบฝึกหัด				
4. สิ่งที่แนบมา เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด					

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 7
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

4.3 การก่อสร้างโครงสร้างทาง

การก่อสร้างโครงสร้างทางจะก่อสร้างเป็นชั้นๆโดยให้ความหนาแน่นแต่ละชั้นตามมาตรฐาน โดยมีขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 งานดินถมคันทาง งานดินถมแต่ละชั้นหนาไม่เกิน 20 เซนติเมตร บดอัดแน่นไม่ต่ำกว่า 95 % โดยวิธีบดอัดแน่นแบบมาตรฐาน (Standard Procter Density)

4.3.2 งานรองพื้นทาง (ดินลูกรัง) ในการตอมถมแต่ละชั้นหนาไม่ควรให้เกิน 20 เซนติเมตร แล้วทำการบดอัดแน่นไม่ต่ำกว่า 95 % ตามมาตรฐาน (Modified Procter Density)

4.3.3 งานพื้นทาง (หินคลุก) ในการถมพื้นทางแต่ละชั้นหนาไม่เกิน 15 เซนติเมตร ให้แบ่งทำเป็น 2 ชั้น เท่า ๆ กันโดยประมาณ บดอัดแน่นไม่ต่ำกว่า 95 % โดยวิธีบดอัดแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Procter Density)

4.3.4 งานไหล่ทาง ในการถมไหล่ทางแต่ละชั้นไม่เกิน 15เซนติเมตร มีการบดอัดแน่น ไม่ต่ำกว่า 95 % โดยวิธีบดอัดแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Procter Density) ขั้นตอนการก่อสร้าง เมื่อได้ก่อสร้างชั้นวัสดุถมในแต่ละชั้นเสร็จให้เกลี่ยดินจนได้แนวระดับความลาดขนาดและรูปตัดตามที่แสดงไว้ในแบบไม่มีหลุมบ่อ ส่วนของคันทางที่อยู่ติดข้างท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือคอสะพาน หรือบริเวณใดก็ตามที่เครื่องมือบดทับขนาดใหญ่ไม่สามารถจะเข้าไปบดทับได้ทั่วถึง (ดังแสดงใน รูปที่ 4.22) ให้ทำการบดอัดแน่นเป็นชั้น ๆ ตามข้อกำหนดข้างต้น งานวัสดุถมในแต่ละชั้นจะต้องทำการบดอัดให้ได้ความหนาแน่นสม่ำเสมอตลอดพื้นที่บดอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างดินเก็บจากหน้างานในสนาม (ดังแสดงใน รูปที่ 4.23, รูปที่ 4.24, รูปที่ 4.25 และ รูปที่ 4.26) และจะต้องทำการทดสอบความหนาแน่นในสนาม (Field Density test) (ดังแสดงใน รูปที่ 4.27) ส่วนใหญ่จะทดสอบทุกช่วง 50 เมตร สลับซ้ายขวาและอาจจะเพิ่มทดสอบขึ้นอีกตามความเหมาะสม

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 7
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.22 แสดงการบดอัดบริเวณคอสะพานให้ได้ความแน่นที่กำหนด



รูปที่ 4.23 แสดงการพรมน้ำบนชั้นทางเพื่อใช้คลุกเคล้ากับวัสดุถม

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 7
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.24 ใช้รถเกรดเตอร์ตีแผ่เกลี่ยวัสดุคลุกเคล้าผสมให้มีปริมาณน้ำที่เหมาะสม



รูปที่ 4.25 แสดงการปรับแต่งระดับของชั้นวัสดุถมแต่ละชั้นให้ได้ตามกำหนด

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 7
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.26 แสดงการบดอัดชั้นวัสดุถมให้ได้ความแน่นตามที่กำหนด

งานวัสดุถมชั้นต่าง ๆ ที่ก่อสร้างเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตรทั้งตามแนวนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับ ให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ช่วงใดที่ค่าระดับผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่



	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 7
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 4.27 แสดงการทดสอบความหนาแน่นของชั้นวัสดุถมในสนามโดยวิธีใช้ทรายแทนที่
(Sand Replacement Inside Test Method)

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 7
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้

4.6 การสำรวจความล่าช้าที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการเดินทาง มี.....วิธี คือ.....
.....

4.7 Physical Delay หมายถึง

4.8 เครื่องหมายควบคุมระบบจราจร คือ.....
.....

4.9 สัญญาณไฟจราจรมี.....สี คือ.....

4.10 เส้นทึบคู่กับเส้นประ สีเหลือง หมายถึง.....
.....

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 7
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	
1. การสำรวจความล่าช้าที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการเดินทาง มี.....3.....วิธี คือ 1. วิธีรถทดลอง 2. วิธีจุดเลขทะเบียนรถ 3. วิธีการเคลื่อนที่ของรถ 2. Operational Delay หมายถึง ความล่าช้าจากปัญหาการจราจรติดขัด 3. เครื่องหมายควบคุมระบบจราจร คือ สัญลักษณ์ที่ใช้ในการควบคุมการจราจรเพื่อให้การจราจรไม่ติดขัด สะดวก ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ 4. สัญญาณไฟจราจรมี....3.....สี คือ สีเขียว สีแดง สีเหลือง 5. เส้นทึบคู่กับเส้นประ สีเหลือง หมายถึง รถที่วิ่งอยู่ด้านเส้นทึบห้ามแทรกรถที่อยู่ด้านเส้นประให้แทรกได้เมื่อไม่มีรถสวนมา		

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 9

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.		
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน		
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน			
4.4 รู้จักเครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างทาง			ใบความรู้ (Information Sheet)			
2. การนำเข้าสู่บทเรียน						
คำถาม			ตอบ :			
3. การปฏิบัติการ						
เวลา (180 นาที)		40		120		20
หมายเลขวัตถุประสงค์		4.4				
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)						
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย					
	สาธิต					
	ถามตอบ					
ขั้นพยายาม (Application)						
ขั้นสำเร็จผล (Progress)						
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point					
	แบบร่างกระดานดำ					
	แบบฝึกหัด					
4. สิ่งที่แนบมา เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด						

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

4.4 เครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างทาง

เนื่องจากการก่อสร้างถนนจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่หลายชนิด เพื่อให้งานดำเนินไปตามแผนที่วางไว้ ดังนั้นจึงควรรู้จักชนิด และลักษณะการใช้งานของเครื่องจักรกล ในการก่อสร้าง ให้ดียิ่งขึ้น

4.4.1 รถบรรทุกเทท้าย รถบรรทุกเทท้าย หรือรถดั้ม เป็นยานพาหนะที่ใช้บรรทุกวัสดุสิ่งของต่างๆ เช่น ดิน หิน ทราย เป็นต้น จากสถานที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง รถบรรทุกเทท้าย เหมาะสำหรับการบรรทุกวัสดุต่างๆ โดยที่วัสดุเหล่านั้นสามารถจะเทลงกองได้ทันที และไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่วัสดุแต่อย่างใด เช่น วัสดุจำพวก กรวด หิน ดิน ทราย แร่ ถ่านหิน เป็นต้น เมื่อกระบะของรถบรรทุกยกสูงขึ้นเพื่อเทวัสดุจะไหลออกทางด้านหลังจนหมดสิ้น (ดังแสดงในรูปที่ 4.28)



รูปที่ 4.28 แสดงรถบรรทุกเทท้ายหรือรถดั้ม

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

4.4.2 รถแบ็คโฮ เรียกได้อีกหลายชื่อ เช่น แบ็คโฮ แบ็คโฮเวล หรือพูลล์โฮเวล เป็นแบบตีนตะขาบ และแบบล้อลมยาง รถแบ็คโฮเป็นเครื่องจักรกลที่ใช้กันมากในงานขุดคูคลอง หรือบ่อน้ำสามารถทำงานได้ สะดวกและรวดเร็วกว่าพวกเพาเวอร์โฮเวล เพราะแบ็คโฮสามารถทำงานได้ขณะที่ตัวมันอยู่บนพื้นดินเดิม สำหรับที่เป็นล้อยาง นั้นบางรุ่นสามารถจะติดตั้งทั้งที่ตักและที่ขุดรวมอยู่ในรถคันเดียวกันได้ ซึ่งเรียกทั่วไปว่า “รถตักหน้าขุดหลัง” (ดังแสดงใน รูปที่ 4.29)



รูปที่ 4.29 แสดงรถแบ็คโฮ

รถขุดโป๊ะ รถนี้สามารถขับเคลื่อนในน้ำได้เพราะมีโป๊ะเป็นฐานอยู่ด้วย และสามารถขับเคลื่อนบนบกได้ ใช้ในการขุดคูคลองหรือเส้นทางก่อสร้างถนนที่ต้องผ่านแม่น้ำ เช่น การสร้างถนนตัดผ่านแม่น้ำ



รูปที่ 4.30 แสดงรถขุดโป๊ะ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

รถหน้าตักหลังชุด รถนี้สามารถทำการการขุด หรือการตักได้ ในคันเดียวกันได้ใช้ในพื้นที่ทางเรียบ



รูปที่ 4.31 แสดงรถหน้าตักหลังชุด

4.4.3 รถบด หลักการทำงานจะถ่ายกำลังของลูกกลิ้ง จะถ่ายไปยังขาทั้งหมด และส่งผ่านไปยังดิน จะทำการบดอัดไปเรื่อย ๆ ภายใต้เงื่อนไขที่ให้ จนกระทั่งขาจะไม่สามารถเจาะลึกลงไปได้อีก จะบดอัดไปแต่ละชั้นของดินจนกว่าได้ความหนาแน่นตามต้องการ

รถบดอัด จะแบ่งออกเป็น 3 ชนิดดังนี้

1) รถบดตีนแกะ เครื่องจักรกลชนิดนี้เหมาะกับการบดอัดดินเหนียว และดินเหนียวปนทราย แต่ไม่เหมาะกับการบดอัดดินที่มีลักษณะเป็นเม็ด เช่น ทรายและกรวด เป็นต้น (ดังแสดงใน รูปที่ 4.32)



รูปที่ 4.32 แสดงรถบดตีนแกะ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

หมายเหตุ รถบดดินแกละ เหมาะกับการบดอัดดินเหนียว และดินเหนียวปนทราย แต่ไม่เหมาะกับการบดอัดดินที่มีลักษณะเป็นเม็ด (granular soils) เช่น ทรายและกรวด เป็นต้น โดยที่ระยะความลึกของชั้นดินที่บดอัด จะถูกจำกัดความยาวด้วยขาของมัน

2) รถบดล้อเหล็กสี่ล้อสะเทือน เป็นเครื่องจักรที่เหมาะสมในการบดอัด กรวด ทราย การบดอัดได้ความหนาประมาณ 15 เซนติเมตร ถึง 45 เซนติเมตร ความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในการบดอัดเที่ยวแรก หลังจากนั้นความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นน้อยมาก รถบดล้อเหล็กนี้ใช้เพื่อบดอัดดินให้แน่นหลังจากเกลี่ยดินหรือปรับดิน และบดอัดด้วยรถบดล้อยางแล้ว

ข้อแนะนำ ควรใช้รถบดชนิด 3 ล้อเหล็กบดชั้นสุดท้าย ในชั้นพื้นทาง (หินคลุก) ก่อนทำผิวจราจร เพราะจะทำให้การทำผิวจราจรเรียบไม่เป็นคลื่น



รูปที่ 4.33 แสดงรถบดล้อเหล็กสี่ล้อสะเทือน



รูปที่ 4.34 แสดงรถบดล้อเหล็ก 3 ล้อ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

3) รถบดล้อยาง เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้กับดินเกือบทุกชนิดประสิทธิภาพในการบดอัดใช้ได้ความหนาแน่น 22 เซนติเมตร จำนวนเที่ยวในการบดอัดไม่เกิน 8 เที่ยว



รูปที่ 4.35 แสดงรถบดล้อยาง



รูปที่ 4.36 แสดงรถบดล้อยาง ล้อหน้าเป็นล้อเหล็ก

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

5) เครื่องบดอัดสันสะเทือนชนิดบังคับด้วยมือ เครื่องชนิดนี้เหมาะสำหรับงานที่ไม่ใหญ่มากนัก ใช้พื้นที่ในการทำงานน้อยเครื่องบดอัดชนิดนี้บังคับด้วยมือ ที่ใช้สำหรับ การบดอัดการยึดเกาะ หรือการผสมของดินในพื้นที่จำกัด



รูปที่ 4.37 แสดงเครื่องบดอัดสันสะเทือนชนิดบังคับด้วยมือ

6) เครื่องบดอัดถนนแบบเดินตาม เครื่องบดอัดถนนแบบเดินตามสามารถช่วยในการบดอัดถนนในพื้นที่ที่จำกัด หรือการเก็บรายละเอียดที่บกพร่องในการบดอัด หรือพื้นที่ถนนที่รถบดอัดขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงได้ และเครื่องนี้เป็นเครื่องที่ใช้คนในการบังคับแทนการขับเคลื่อน



รูปที่ 4.38 แสดงเครื่องบดอัดถนนแบบเดินตาม

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

4.4.4 รถเกรด เป็นเครื่องจักรกลซึ่งใช้กับงานหลายอย่างด้วยกัน เช่น การเกรดดิน การปรับปรุงรูปร่าง การทำความสะอาดเอียง การทำท้องร่อง การกขุดการผสมและการแยกดินที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไปและงานที่ใช้ในการก่อสร้างถนน และดินวัสดุต่าง ๆ ก็ได้



รูปที่ 4.39 แสดงรถเกรด

4.4.5 รถสำหรับงานปูแอสฟัลต์

1) ถังตัมยางแอสฟัลต์ เป็นถังตัมสำหรับตัมยางแอสฟัลต์ เป็นถังที่สามารถปรับอุณหภูมิในการตัมได้ เพื่อให้ควบคุมอุณหภูมิในการตัมยาง เพื่อให้ยางได้อุณหภูมิที่เหมาะสม



รูปที่ 4.40 แสดงถังตัมยางแอสฟัลต์

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

2) รถปูยางแอสฟัลต์ การใช้งาน ใช้ในการปูยางหลังจากการบดอัดถนนได้ตามที่ กำหนดไว้ แล้ว จึงทำการปูยางแอสฟัลต์ ที่ได้จากถังตัมยาง



รูปที่ 4.41 แสดงรถปูยางแอสฟัลต์

3) รถพ่นยางแอสฟัลต์ใช้ในการพ่นยาง หรือใช้ลาดยาง ผิวจราจร โดยตัมยาง แอสฟัลต์ให้ ได้ตามที่อุณหภูมิกำหนด



รูปที่ 4.42 แสดงรถพ่นยางแอสฟัลต์

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 9
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

4.4.6 รถดันดิน รถชนิดนี้ต้องเป็นล้อตีนตะขาบ ใช้ในการดันดิน ดันหิน ดันต้นไม้ ดันต่อไม้ ในทางที่ขรุขระ เป็นต้น



รูปที่ 4.43 แสดงรถดันดิน ล้อตีนตะขาบ

4.4.7 รถน้ำ เป็นรถบรรทุกน้ำที่ใช้พ่นน้ำเมื่อวัสดุที่นำมาถมมีความแห้งเกินไปเมื่อรถเกรด เคลี่ยวัสดุถมทางให้เข้ากัน ส่วนมากจะใช้เป็นรถ หกล้อหรือ สิบล้อ



รูปที่ 4.44 แสดงรถพ่นน้ำ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 10
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

4.4.8 รถกวาดถนน เป็นรถที่ใช้กวาด เศษหิน ฝุ่น และวัชพืชต่างๆ ก่อนการพ่นยางแอสฟัลต์ เพื่อจะทำผิวทาง รถกวาดถนนส่วนมากจะใช้พ่วงกับรถหกล้อ หรือรถไถนา (ดังแสดงใน รูปที่ 4.45)



รูปที่ 4.45 แสดงรถกวาดถนน

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 11
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	
คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้		
1. ความล่าช้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากระบบควบคุมการจราจร ตรงกับข้อใด?		
ก. Travel Time Delay		
ข. Stopped Time Delay		
ค. Operational Delay		
ง. Fixed Delay		
2. การเก็บข้อมูลเมื่อนำหมายเลขทะเบียนที่ตรงกัน ประมาณกี่คู่ จึงถือว่าเป็นข้อมูลที่ดีที่สุด		
ก. 20 คู่ ข. 30 คู่		
ค. 40 คู่ ง. 50 คู่		
3. สัญญาณไฟจราจร (Traffic Signals) ไฟเหลือง หมายถึงข้อใด?		
ก. ให้หยุดยานทุกคันหยุด		
ข. เตือนให้หยุดยานทุกคันลดความเร็ว		
ค. ให้หยุดยานทุกคันแล่นผ่านได้		
ง. เตือนให้หยุดยานทุกคันเตรียมผ่าน		
4. เส้นทึบสีเหลือง (Solid Yellow Line) หมายถึงข้อใด?		
ก. เส้นแนวขอบถนน		
ข. เส้นแบ่งช่องจราจร		
ค. แสงได้		
ง. ห้ามแซง		
5. เส้นทึบสีขาว (Solid White Line) หมายถึงข้อใด?		
ก. เส้นแนวขอบถนน		
ข. เส้นแบ่งช่องจราจร		
ค. แสงได้		
ง. ห้ามแซง		

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 9
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 4 หน้าที่ 12
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	
1. ความล่าช้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากระบบควบคุมการจราจร ตรงกับข้อใด? ก. Travel Time Delay ข. Stopped Time Delay ค. Operational Delay ง. Fixed Delay 2. การเก็บข้อมูลเหมือน ามายเลขทะเบียนที่ตรงกัน ประมาณกี่คู่ จึงถือว่าเป็นข้อมูลที่ดีที่สุด ก. 20 คู่ ข. 30 คู่ ค. 40 คู่ ง. 50 คู่ 3. สัญญาณไฟจราจร (Traffic Signals) ไฟเหลือง หมายถึงข้อใด? ก. ให้หยุดยานทุกคันหยุด ข. เตือนให้หยุดยานทุกคันลดความเร็ว ค. ให้หยุดยานทุกคันแล่นผ่านได้ ง. เตือนให้หยุดยานทุกคันเตรียมผ่าน 4. เส้นทึบสีเหลือง (Solid Yellow Line) หมายถึงข้อใด? ก. เส้นแนวขอบถนน ข. เส้นแบ่งช่องจราจร ค. แสงได้ ง. ห้ามแซง 5. เส้นทึบสีขาว (Solid White Line) หมายถึงข้อใด? ก. เส้นแนวขอบถนน ข. เส้นแบ่งช่องจราจร ค. แสงได้ ง. ห้ามแซง		

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 10

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง หลักการออกแบบถนน		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.		
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน		
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน			
5.1 รู้ความหมายของการออกแบบโครงสร้างถนน			ใบความรู้ (Information Sheet)			
5.2 รู้หลักการออกแบบถนนลาดยาง						
2. การนำเข้าสู่บทเรียน						
คำถาม			ตอบ :			
3. การปฏิบัติการ						
เวลา (180 นาที)		40		120		20
หมายเลขวัตถุประสงค์		5.1 - 5.2				
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)						
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย					
	สาธิต					
	ถามตอบ					
ขั้นพยายาม (Application)						
ขั้นสำเร็จผล (Progress)						
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point					
	แบบร่างกระดานดำ					
	แบบฝึกหัด					
4. สิ่งที่นำมา เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด						

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

หน่วยที่ 5

หลักการออกแบบถนน

5.1 ความหมายของการออกแบบโครงสร้างถนน

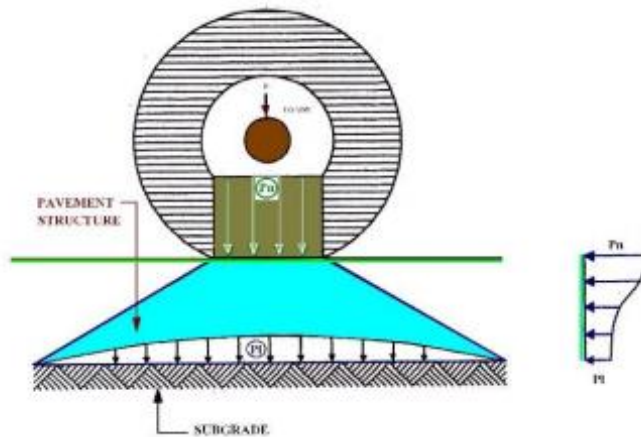
5.1.1 การออกแบบโครงสร้างถนน (Pavement Structural Design) หมายถึงการออกแบบความหนาของผิวจราจร โดยใช้ข้อมูลการทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการและในสนาม หาความเค้นความเครียดในชั้นทางมาเป็นสูตรหรือกราฟออกแบบเพื่อให้รับน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะตามกฎหมาย ได้อย่างปลอดภัย

5.1.2 ถนนคอนกรีตในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นถนนคอนกรีตประเภท JRPC ขนาดของแผ่นคอนกรีตกว้าง 3.50 เมตร ยาว 10.00 เมตร มีชั้นคอนกรีตหนา 23 – 25 ซม. และมีชั้นทรายหนา 10 ซม. อยู่ระหว่างแผ่นคอนกรีตกับชั้นลูกรังเพื่อป้องกันการเกิด Pumping

5.2 หลักการออกแบบถนนลาดยาง (Bituminous Pavement Design)

ถนนลาดยางเป็นถนนซึ่งมีผิวทางชนิดยืดหยุ่นได้ (Flexible Pavement) โครงสร้างมีลักษณะเป็นชั้นๆ มีตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป การรับน้ำหนักของผิวจราจรจะแผ่กระจายน้ำหนักจากล้อรถ มีลักษณะเป็นพื้นที่เล็กๆ เท่ากับผิวสัมผัสของล้อยาง แล้วแผ่กระจายลึกลงไปข้างใต้ผิวทาง ในลักษณะรูปกรวยคว่ำทำมุม 45 องศา กับชั้นดิน (ดังแสดงใน รูปที่ 5.1) ส่วนบนตรงผิวทางจะมีความเข้มของแรงต่อพื้นที่ (Stress Concentration) สูงสุดแล้วแผ่กระจายลดลงไปตามลำดับจนเท่ากับศูนย์ที่ Infinity ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำโครงสร้างถนนในชั้นผิวทางและพื้นทางจะต้องมีคุณสมบัติแข็งแรง ทนทานรับน้ำหนักหรือรับแรงกดได้สูง เช่น หิน กรวด เป็นต้น ส่วนที่อยู่ลึกลงไปก็อาจจะให้มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมน้อยลงไปตามลำดับ แต่วัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างถนน แต่ละชั้นต้องมีความสามารถรับแรงเฉือน (Shear Stress) ได้สูงกว่าน้ำหนักที่เกิดจากล้อรถแผ่กระจายลงไป

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	



รูปที่ 5.1 แสดงการกระจายของน้ำหนักจากล้อลงสู่ชั้นดินใต้ผิวทาง

ที่มา : วิศวกรรมการทาง จิรพัฒน์ โชติกไกร, 2549 หน้า 206

5.2.1 โครงสร้างของถนนลาดยาง (Structural Components Pavement)

5.2.1.1 ผิวทาง (Wearing Surface) คือผิวบนสุดของถนนทำหน้าที่รับน้ำหนัก โดยตรงจากล้อของยานพาหนะ ซึ่งมีพื้นที่แรงกระทำเท่ากับ พื้นที่สัมผัสระหว่างล้อรถกับผิวทางหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในชั้นผิวทางจึงสูงมาก วัสดุที่ใช้ต้องมีคุณภาพดี แข็งแรง ทนทาน เช่น หินบดอัดแน่น มียางแอสฟัลต์เป็นตัวยึดเกาะระหว่างผิวของก้อนหินและป้องกันน้ำมิให้ซึมผ่านผิวทางลงไปทำลายความแข็งแรงของถนน

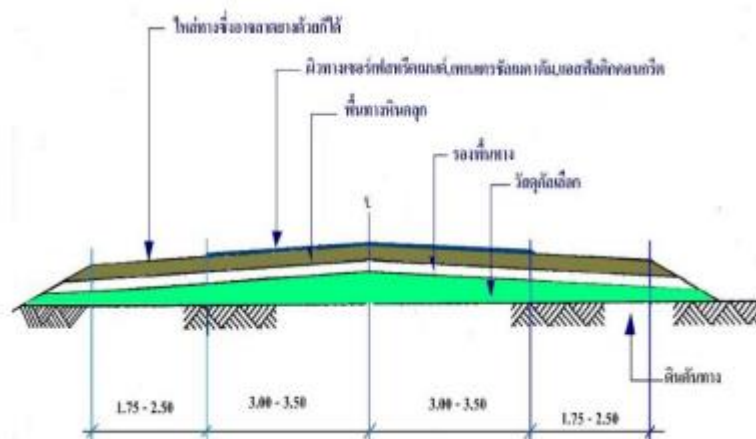
5.2.1.2 พื้นทาง (Base Course) ทำหน้าที่รับน้ำหนักจากผิวทาง ถ่ายลงสู่รองพื้นทาง และดินคันทาง วัสดุที่ใช้ต้องแข็งแรง เช่น หินคลุก กรวด มีค่า CBR ไม่น้อยกว่า 80 % การก่อสร้างต้องบดอัดเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นไม่เกิน 15 ซม. เมื่อบดอัดแล้วจะต้องมีความแน่น (Density) และความมั่นคง (Stability) สูง

5.2.1.3 รองพื้นทาง (Subbase Course) ใช้ในบริเวณที่ดินคันทางอ่อนมากหรือในบริเวณที่มีวัสดุสำหรับทำรองพื้นทางหาได้ง่าย และราคาถูก จึงลดความหนาของชั้นพื้นทาง และวัสดุซึ่งมีคุณภาพด้อยกว่าแต่ราคาถูกกว่าแทนวัสดุที่ใช้ ส่วนมากเป็นดินลูกรัง

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

5.2.1.4 วัสดุคัลเลือก (Selected Materai) เป็นวัสดุชั้นที่อยู่ใต้รองพื้นทาง มีจุดประสงค์ในการยกระดับของถนน ให้สูงขึ้นเพื่อให้พื้นระดับน้ำท่วมสูงสุด เพื่อลดหน่วยแรงที่จะเกิดในดินคันทางให้น้อยลงจนสามารถรับแรงเฉือนเนื่องจากน้ำหนักของล้อรถได้ วัสดุที่นำมาใช้ควรหาได้ง่ายราคาถูก และมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมดีกว่าดินคันทาง

5.2.1.5 ดินคันทาง (Subgrade) เป็นชั้นดินในบริเวณตัดพาดผ่าน ไปทำหน้าที่รับน้ำหนักล้อรถซึ่งถ่ายจากชั้นรองพื้นทางหรือชั้นพื้นทาง และวัสดุคัลเลือกก่อนทำการก่อสร้างจะต้องไถเปิดหน้าดิน (Clearing and Grubbing) เพื่อขจัดต้นไม้ รากไม้ ต้นหญ้าออกให้หมด แล้วจึงรื้อชั้นดินลงไปอีกสักอย่างน้อย 15 – 20 เซนติเมตร เพื่อบดอัดให้แน่นตามข้อกำหนด



รูปที่ 5.2 แสดงรูปตัดโดยทั่วไปของโครงสร้างถนนลาดยาง

5.2.2 หลักการออกแบบถนนลาดยางโดยวิธีของ TAI (The Asphalt Institute)

การออกแบบความหนาของชั้นทางของถนนลาดยาง โดยวิธีของ TAI จะแบ่งความหนาทั้งหมดของถนนออกเป็นชั้นๆ และใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงแตกต่างกันออกไป โดยจะให้วัสดุที่แข็งแรงกว่าอยู่ด้านบน และวัสดุที่แข็งแรงน้อยกว่าอยู่ด้านล่างตามลำดับ คือ ชั้นผิวทาง ชั้นพื้นทาง ชั้นรองพื้นทาง ชั้นวัสดุคัลเลือก และดินคันทางหรือดินเดิม

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ข้อมูลที่จะต้องพิจารณาในออกแบบ คือ ปริมาณการจราจร ปริมาณรถบรรทุกหนัก น้ำหนักบรรทุกตามกฎหมาย การเติบโตของปริมาณการจราจร อายุการออกแบบของถนนและความแข็งแรงของดินเดิม (CBR)

ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ด้านวิศวกรรมจราจร

1) เพลาเดี่ยวมาตรฐานหนัก 18,000 ปอนด์ ของเพลาเดี่ยวมาตรฐานโดยการอาศัยแฟกเตอร์น้ำหนักเทียบเท่า (Load Equivalent Factor)ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบคือ การปริมาณการจราจรต่อวัน ในปีแรกที่เริ่มการใช้งาน (Initial Daily Traffic ; IDT) อัตราการเพิ่มปริมาณการจราจร (Growth Rate) และจำนวนเที่ยวการสะสมของปริมาณการจราจรตลอดอายุการออกแบบ ในค่าเทียบเท่าเพลาเดี่ยวมาตรฐานหนัก 18,000 ปอนด์ (EAL 18K)

2) การประมาณปริมาณจราจร การหาค่าปริมาณการจราจรในอนาคตอาจหาได้จากข้อมูลของปริมาณการจราจรในปัจจุบัน และปริมาณอัตราการเพิ่มขึ้นของการจราจรในอนาคต ข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากกองวางแผนกรมทางหลวง และอาจทำการตรวจสอบเพิ่มเติม ในส่วนที่จำเป็น เช่น น้ำหนักของรถบรรทุก ปริมาณรถบรรทุกทิศทางที่รถบรรทุกหนักใช้ถนน

3) ข้อมูลที่ใช้เกี่ยวกับจราจร และการวิเคราะห์การจราจร มีดังนี้คือ

(1) ช่องจราจรออกแบบ (Design Lane) เป็นช่องทางจราจรที่คาดว่าจะมีปริมาณการจราจรมากที่สุด ในทิศทางกาเคลื่อนที่ของจราจร

(2) จำนวนปีที่ออกแบบ (Design Period) เป็นจำนวนปีที่นับจากการเปิดการจราจรในถนน จนถึงปีที่ทำการเพิ่มความแข็งแรงครั้งแรกของถนนนั้น

(3) จำนวนการจราจรที่ใช้ออกแบบ (Design Traffic Number ; DTN) เป็นค่าเฉลี่ยปริมาณการจราจรในช่วงปีที่ออกแบบของค่าเทียบเท่าเพลาเดี่ยวมาตรฐานหนัก 18,000 ปอนด์

(4) ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันในปีแรกที่เปิดใช้งาน IDT เป็นจำนวนยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันที่คาดว่าจะใช้ถนนที่ออกแบบในปีแรกที่ เปิดใช้งาน

(5) จำนวนการจราจรเฉลี่ยต่อวัน ที่เทียบเท่ากับจำนวนเที่ยวสะสมของเพลาเดี่ยวมาตรฐานหนัก 18,000 ปอนด์ ในปีแรกของการเปิดจราจรเรียกว่า Initial Traffic Number ; (ITN)

	เอกสารประกอบการสอน	ลัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

5.2.2.2 วิธีการหาจำนวนการจราจรที่ใช้รูปแบบ (DTN) หาได้จากจำนวนการจราจรที่ใช้รูปแบบในช่วงเวลา 20 ปี หาได้ดังนี้

จำนวนการจราจรที่ใช้รูปแบบในช่วง 20 ปี = W 18365 x 20

W 18 = น้ำหนักเทียบเท่าเพลาดียวมาตรฐานหนัก 18,000 ปอนด์

ถ้าจำนวนปีที่ออกแบบที่ไม่ใช่ 20 ปี จะต้องปรับแก้ด้วยค่า ITN จากค่าแฟกเตอร์ปรับแก้ (ดังแสดงในตารางที่ 5.1)

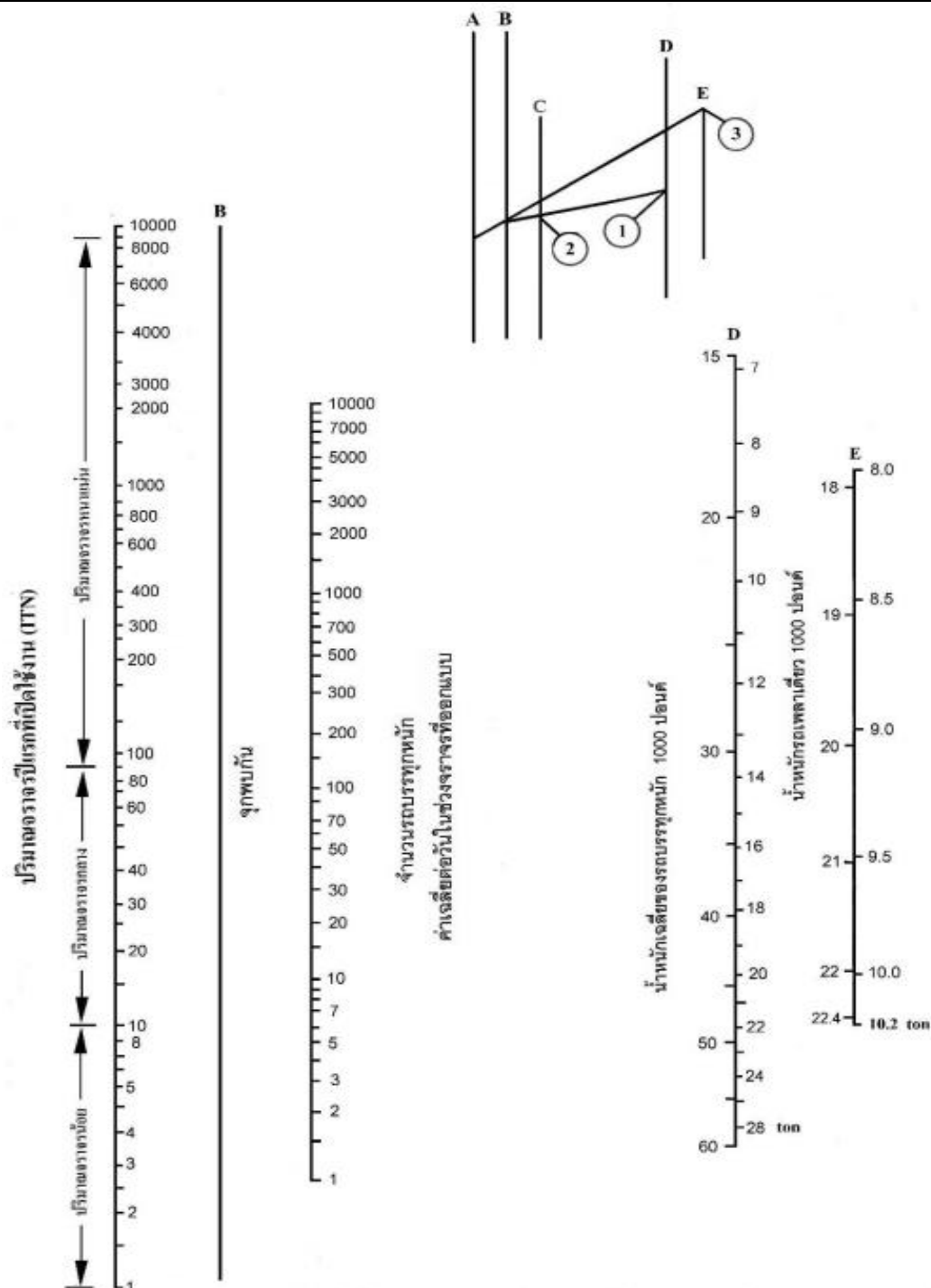
ตารางที่ 5.1 แสดงจำนวนการจราจร เฉลี่ยต่อวัน ในปีแรกของการ เปิดจราจร (ITN) และค่าแฟกเตอร์ปรับแก้

จำนวนออกแบบ (N)	เปอร์เซ็นต์การเพิ่มปริมาณการจราจร (r)				
	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
6	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
8	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
10	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
12	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
14	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
16	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
18	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
20	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
25	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
30	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03
35	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2521 หน้า 262

$$\text{หมายเหตุ : แฟกเตอร์ปรับแก้} = \frac{(1 + r)^n - 1}{20 r}$$

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 5.3 แสดงการหาค่าปริมาณจราจรในปีแรกที่เปิดใช้งาน (ITN)

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2521 หน้า 263

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ขั้นตอนการประมาณ จากปริมาณจราจรในปีแรก ที่เปิดใช้งานจากรูปที่ 5.3 มีวิธีการดังต่อไปนี้

(1) ประมาณค่า IDT ได้จากการเทียบกับข้อมูลการจราจร ของถนนสายที่อยู่ใกล้เคียง

(2) จากการสำรวจปริมาณการจราจร การนับจำนวนรถและแยกประเภทไว้ จะได้ข้อมูลเป็นร้อยละของรถบรรทุกหนัก (A) รถบรรทุกหนักในที่นี้หมายถึง รถบรรทุก 2 เพลา 6 ล้อขึ้นไป

(3) หาค่าเปอร์เซ็นต์ของรถบรรทุกหนัก (B) ในช่องจราจรที่ออกแบบอาจจะประมาณได้จากตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงร้อยละของรถบรรทุกหนักในช่องจราจรที่ออกแบบ

จำนวนช่องจราจรในสองทิศทาง	จำนวนร้อยละของรถบรรทุกหนักในช่องจราจรที่ออกแบบ
2	50
4	45 หรือ 35 - 48
6	40 หรือ 25 - 48

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจันทรพันธ์ศรี, 2521 หน้า 264

(4) ประมาณจำนวนรถบรรทุกหนักในช่องที่ออกแบบในทิศทางเดียวคือจำนวนรถบรรทุก
= (IDT) × A / 100 × B / 100 * ค่า A และ B หาได้จาก (2) และ (3) *

(5) จากข้อมูลการสำรวน้ำหนักของรถบรรทุกประมาณค่าเฉลี่ย ของน้ำหนักของรถบรรทุก
รถบรรทุกหนัก 10 ล้อหนัก 21 ตัน รถบรรทุก 6 ล้อหนัก 12 ตัน

(6) น้ำหนักเพลาเดี่ยวสูงสุด คือ น้ำหนัก 18,000 ปอนด์

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

(7) สามารถหาค่า ITN โดยการใช้ปริมาณจราจรในปีแรกที่เปิดใช้งาน

- จากน้ำหนักเฉลี่ยของรถบรรทุกทุกจาก (5) กำหนดจุดบนเส้น D
- จากจำนวนเฉลี่ยของรถบรรทุกทุกหนัก ในช่องจราจรที่ออกแบบ (4) จะกำหนดจุดบนเส้น C ได้
- ลากเส้นตรงเชื่อมจุด D และ C ไปยังแนวเส้น B เรียกว่า จุดพบกัน (Pivot Point)
- จากน้ำหนักเพลาเดี่ยวมาตรฐานสูงสุดของรถบรรทุก จาก (6) กำหนดจุดบนแนวเส้น E
- ลากเส้นตรงต่อจุดบนเส้น E และจุดพบบนเส้น Bไปยังแนว A
- จากจุดตัดบนเส้น A จะได้ค่า ITN ที่ต้องการ

(8) การกำหนดระยะจำนวนปีที่ออกแบบโดยปกติในการออกแบบถนนสายใหม่ตามมาตรฐานของยุโรป และสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ 20 ปี แต่สำหรับประเทศไทย กำหนดไว้ 7 ปี สำหรับทางหลวงจังหวัดส่วนทางหลวงแผ่นดินกำหนดไม่เกิน 15 ปี (ระหว่าง 7 – 15 ปี)

(9) ประมาณอัตราการเพิ่มปริมาณการจราจร คาคะเนแนวโน้มของการจราจรที่มีอยู่เดิม หรืออาจจะประมาณได้จากอัตรา การเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ ของบริเวณที่ถนนตัดผ่าน รายละเอียดของข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะหาได้จากกองวางแผนหรือสำนักงานวิศวกรรมการจราจรกรมทางหลวง

(10) จาก (7) และ (8) จะหาค่า DTNได้โดยการหาค่าแฟกเตอร์ ปรับแก้ก่อน (เพราะ ITN ใน (7) เป็นค่าสำหรับระยะเวลาการออกแบบ 20 ปี และอัตราการเพิ่มการจราจรเป็นศูนย์)

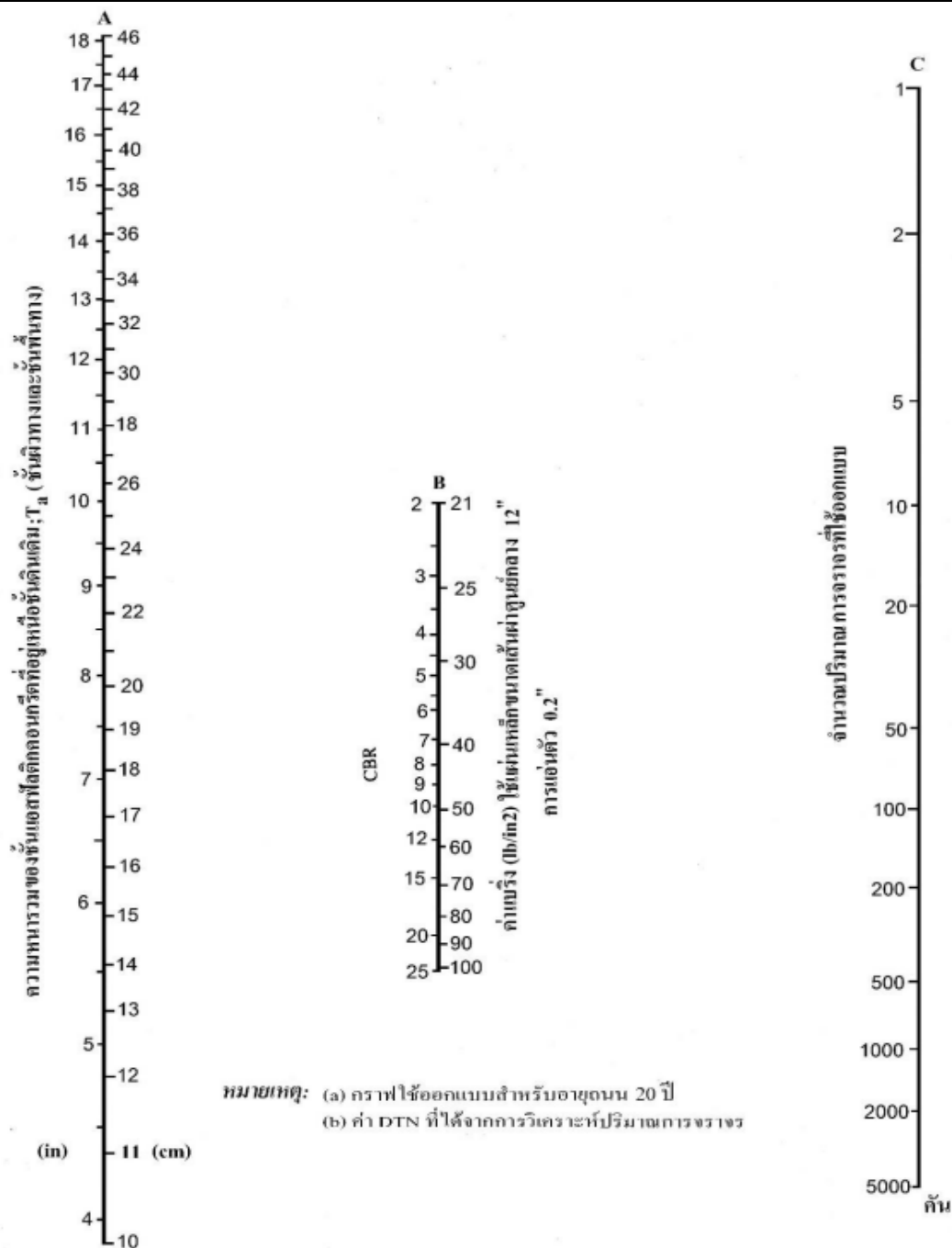
$$\text{แฟกเตอร์ปรับแก้} = \frac{(1 + r)^n - 1}{20 r}$$

เมื่อ r = อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร

n = ระยะเวลาการออกแบบ

(11) คูณ ITN จาก (7) กับค่าแฟกเตอร์ปรับแก้จาก(10) จะได้ DTN นำไปหาค่าความหนาของชั้นทางได้เมื่อรู้ค่า CBR ของดินเดิม โดยใช้แผนภูมิการออกแบบความหนาจาก รูปที่ 5.4

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 9
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	



รูปที่ 5.4 แสดงแผนภูมิออกแบบความหนา ของชั้นทางโดยใช้ผลทดสอบกดด้วยแผ่น

เหล็กหรือค่า CBR ของ The Asphalt Institute

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2521 หน้า 265

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 10
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

5.2.3 การหาค่ากำลังรับน้ำหนักของดินเดิมสำหรับการออกแบบ

การหาค่ากำลังของดินเดิมได้จากการเก็บตัวอย่างดินมาทดลองในห้องปฏิบัติการ หรือทำการทดลองในสนาม วิธีทดลองใช้CBR และแผ่นเหล็กกดน้ำหนัก ส่วนการประมาณค่ากำลังรับน้ำหนักของดินโดยการใช้ระบบการจำแนกของหน่วยงานต่างๆ

5.2.4 การเลือกค่ากำลังรับน้ำหนักของดินสำหรับใช้ในการออกแบบ

ค่ากำลังรับน้ำหนักของดินเดิมได้ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดิน มาทดลองในห้องปฏิบัติการ ทำการทดลองหาค่า CBR จะได้CBR มากลุ่มหนึ่ง แล้วนำมาเรียงลำดับจากค่าน้อยไปมากโดยเลือกค่ากำลังรับน้ำหนัก CBR ที่ 80 เปอร์เซนต์ไทม์ ดังนี้

5.2.4.1 จัดเรียงลำดับค่ารับกำลังน้ำหนักของดินเดิมที่ทดลองได้ จากค่าน้อยไปมาก

5.2.4.2 เริ่มจากค่าต่ำสุดแต่ละค่าที่ทดลอง คำนวณเปอร์เซนต์ของจำนวนค่าที่มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า

5.2.4.3 เขียนกราฟโดยให้ค่า CBR เป็นแกนนอน และเปอร์เซนต์ของค่า CBR ที่มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า เป็นแกนตั้ง แล้วลากเส้นโค้งผ่านจุดต่างๆ ที่พล็อตไว้

5.2.5 วิธีการหาค่า California Bearing Ratio (CBR) ที่ใช้ออกแบบโครงสร้างทาง

ตัวอย่างที่ 5.1 จากการเก็บตัวอย่างทดลองหาค่า CBR จำนวน 12 หลุม ของดินเดิมของถนนสายหนึ่งได้ค่าดังนี้ 8, 5, 11, 6, 7, 6, 5, 9, 8, 10, 9, 10 ให้หาค่า CBR ที่ใช้ออกแบบของถนนสายนี้ ที่เปอร์เซนต์ของค่า CBR ที่ 80 เปอร์เซนต์ไทม์

วิธีทำ (ก) เรียงลำดับค่า CBR ใหม่ (จากน้อยไปมาก) 5, 5, 6, 6, 7, 8, 8, 9, 9, 10, 10, 11

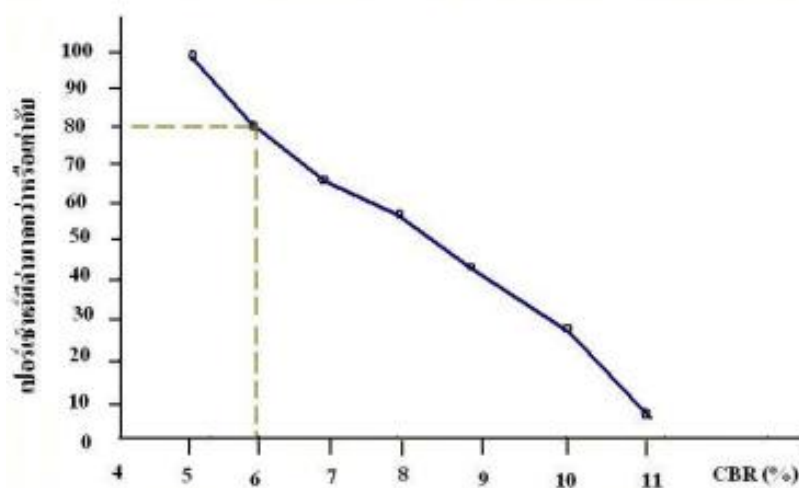
(ข) หาเปอร์เซนต์ของค่า CBR ที่มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าแต่ละค่าคือ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 11
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ตารางที่ 5.3 แสดงการหาค่า CBR ที่ใช้ออกแบบ

CBR (%)	จำนวนที่มีค่าเท่ากับหรือ มากกว่า	เปอร์เซ็นต์ที่มีค่าเท่ากับหรือ มากกว่า
5	12	$12/12 \times 100 = 100$
5		
6	10	$10/12 \times 100 = 80.3$
6		
7	8	$8/12 \times 100 = 66.7$
8	7	$7/12 \times 100 = 58.3$
8		
9	5	$5/12 \times 100 = 41.7$
9		
10	3	$3/12 \times 100 = 25$
10		
11	1	$1/12 \times 100 = 8.3$

(ค) เขียนกราฟหาค่า CBR ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ไทล์ (ดังแสดงใน รูปที่ 5.5)



รูปที่ 5.5 การเขียนกราฟของค่า CBR เพื่อหาค่าที่ใช้ ในการออกแบบ

(ง) จากรูปที่ 5.5 ค่า CBR ที่ใช้ในการออกแบบเท่ากับ 5.9 % ให้ใช้ 6%

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 12
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

5.2.6 ลักษณะโครงสร้างของถนนลาดยางในประเทศไทย แบ่งออก 3 แบบ คือ

5.2.6.1 ปริมาณการจราจรน้อย

- 1) ผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น
- 2) พื้นทางหินคลุก 20 เซนติเมตร
- 3) รองพื้นทางลูกรัง 15 - 20 เซนติเมตร
- 4) วัสดุคัดเลือกตามความจำเป็น (ส่วนมากใช้ 10-15 เซนติเมตร)

5.2.6.2 ปริมาณการจราจรสูง

- 1) ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 5 เซนติเมตร
- 2) พื้นทางหินคลุก 20 เซนติเมตร
- 3) รองพื้นทางลูกรัง 15 - 20 เซนติเมตร
- 4) วัสดุคัดเลือกตามความจำเป็น (ส่วนมากใช้ 10-15 เซนติเมตร)

5.2.6.3 ปริมาณการจราจรสูงมาก

- 1) ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 10 เซนติเมตร
- 2) พื้นทางหินคลุก 20 เซนติเมตร
- 3) รองพื้นทางลูกรัง 15 - 20 เซนติเมตร
- 4) วัสดุคัดเลือกตามความจำเป็น (ส่วนมากใช้ 10-15 เซนติเมตร)

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าความหนาต่ำสุดของค่า TA ที่กำหนดโดย TAI

จำนวนการจราจรที่ใช้ออกแบบ (DTN)	ค่าต่ำสุดของ TA (in)
< 10	4
10 - 100	5
100 - 1000	6
> 1000	7

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจันทรพันธ์ศรี, 2521 หน้า 269

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 13
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ตารางที่ 5.5 แสดงค่า Sr ที่กำหนดไว้โดย TAI

ชนิดของวัสดุ	Sr
ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต	1.0
พื้นทาง (หินคลุก) CBR 80 %	0.5
รองพื้นทาง (ดินมวลคละ) CBR 15 %	0.37
วัสดุคัดเลือก CBR 6 %	0.33

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2521 หน้า 270

ตัวอย่างที่ 5.2 ทางหลวงจังหวัดสายหนึ่งช่วง กม. 0 - 50 ทำการก่อสร้างในปีงบประมาณ 2549 – 2551 เป็นเงินงบประมาณ 80 ล้านบาท ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ ดังนี้

1. ปริมาณการจราจรปีแรกที่เริ่มใช้งาน (IDT) เท่ากับ 500 vpd
2. ปริมาณรถบรรทุกหนัก (Heavy Truck) เท่ากับ 8 %
3. อัตราการเพิ่มการจราจร (Growth Rate) เท่ากับ 5%
4. อายุการออกแบบ (Design Period) เท่ากับ 7 ปีค่า CBR ดังแสดงในตารางค่า CBR ของดินเดิมมีดังนี้

จาก กม.- กม.	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50
ค่า CBR	4	4	6	6	7

ใช้ค่า CBR ออกแบบ = 4 % ตลอดความยาวของถนน

วิธีทำ (1) จำนวนรถบรรทุกหนักในช่วงอายุการออกแบบ มีดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{จำนวนรถบรรทุกหนัก} &= \text{IDT} \times A/100 \times B/100 \\
 &= 500 \times 8/100 \times 50/100 \\
 &= 20 \text{ คัน}
 \end{aligned}$$

(2) หาค่า ITN

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักเฉลี่ยของรถบรรทุกหนัก} &= 21 \text{ ตัน (คิดรถบรรทุกหนัก 10 ล้อ)} \\
 \text{น้ำหนักเพลาคู่เดียว} &= 0.4 \times 21 \text{ ตัน (เพลาคู่ = 0.8)} \\
 &= 8.4 \text{ ตัน}
 \end{aligned}$$

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 14
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

จากรูปที่ 5.6 จะได้ค่า ITN = 20

(3) หาค่าแฟกเตอร์ปรับแก้ของ ITN

ช่วงอายุการออกแบบ (N) = 7 ปี

อัตราการเพิ่มการจราจร (r) = 5 %

แฟกเตอร์ปรับแก้ = $\frac{(1 + r)^n - 1}{20 r}$ สูตร

$= \frac{(1 + 0.05)^7 - 1}{20 (0.05)}$

= 0.41

(4) หาค่า DTN

DTN = 0.41 ITN

= 0.41 x 20

= 8.2 คัน

(5) ค่า CBR ของดินเดิมมีดังนี้

จาก กม.- กม.	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 27
ค่า CBR	4	4	6	6	7

ใช้ค่า CBR ออกแบบ = 4 % ตลอดความยาวของถนน

(6) หาคความหนาของชั้นทาง (จากรูปที่ 5.7) จะได้ TA = 18.6 cm

(7) หาคความหนาของชั้นทางจากค่า Sr ที่กำหนดไว้โดย TAI

- ผิวทาง = เซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น
- พื้นทาง CBR > 90 % = 20 cm

TA 1 = 20 x 0.5 (0.5 จากตารางที่ 5.5)

= 10 cm

- รองพื้นทาง CBR > 25 % = 15 cm

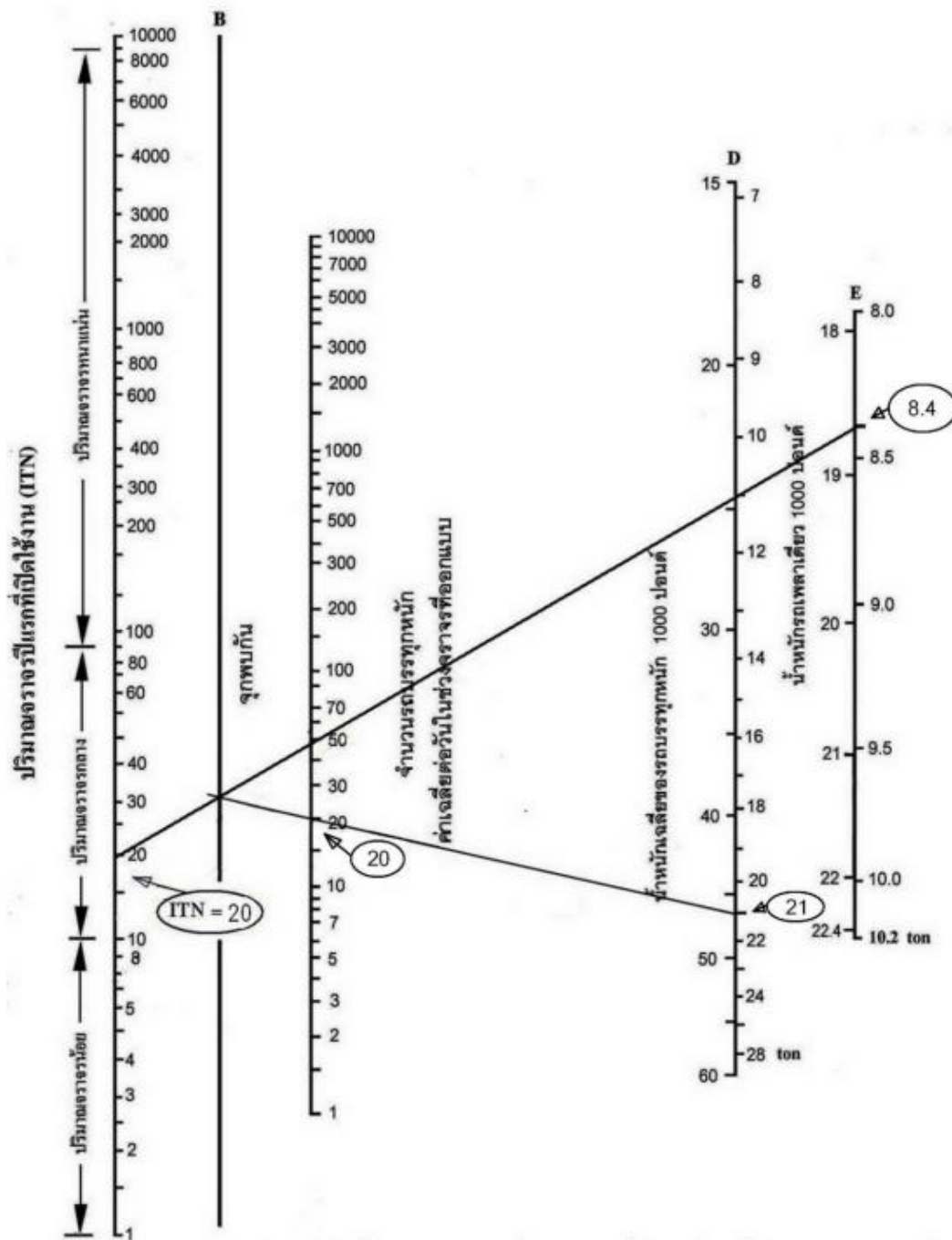
TA 2 = 15 x 0.37 (0.37 จากตารางที่ 5.5)

= 5.5 cm

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 15
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	
- วัสดุคัดเลือก “ ก ” CBR > 4 % = 10 cm $TA\ 3 = 10 \times 0.33$ (0.33 จากตารางที่ 5.5) = 3 cm ผลรวม TA = 18.5 เพราะฉะนั้นเลือกใช้ความหนาของชั้นทาง = 19 cm (ใช้ได้) ตอบ		

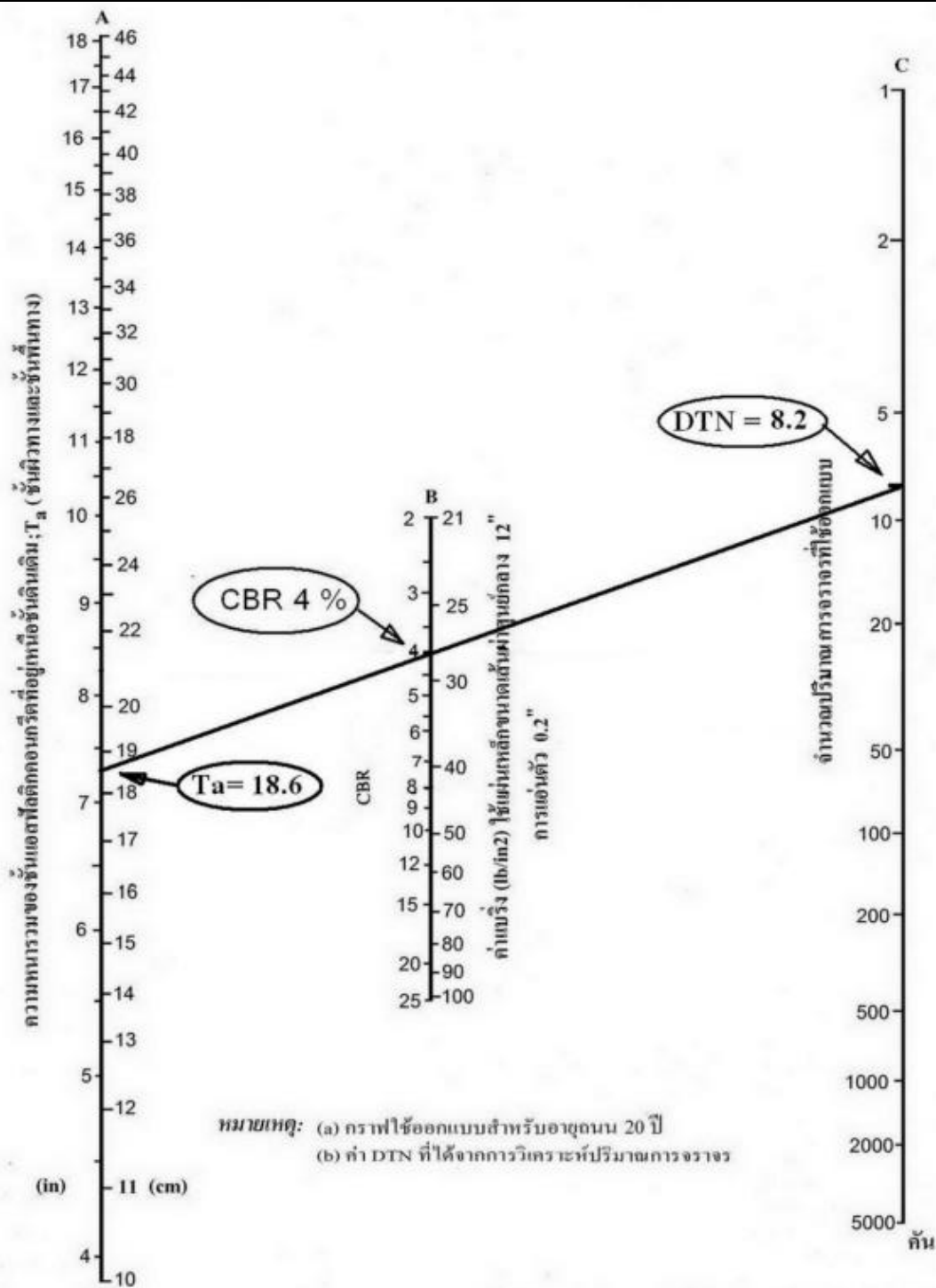
	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 16
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

(8) เขียนรูปตัดของถนน (ดังรูปที่ 5.8)



รูปที่ 5.6 แสดงการหาปริมาณจราจรในปีแรกที่เปิดใช้งาน (ตัวอย่างที่ 5.2)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 17
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 5.7 แสดงแผนภูมิออกแบบความหนาของชั้นทาง (ตัวอย่างที่ 5.2)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 19
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

ตัวอย่างที่ 5.3 จงออกแบบความหนาของโครงสร้างชั้นทาง ของทางหลวงสายหนึ่ง มี 2 ช่องจราจรเป็นงานบูรณะทาง มีผิวทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบดังนี้

(1) ปริมาณการจราจรในปีแรกที่เริ่มใช้งาน (IDT) = 900 vpd (2 ช่องจราจร)

(2) ปริมาณรถบรรทุกหนัก (heavy truck) = 15 %

(3) อัตราการเพิ่มการจราจร (growth rate) = 5 %

(4) อายุการออกแบบ (design period) = 7 ปี

(5) ค่า CBR ของดินเดิม = 8 %

(6) น้ำหนักเฉลี่ยของรถบรรทุกหนัก = 25 ตัน

วิธีทำ (1) จำนวนรถบรรทุกหนักในช่วงอายุการออกแบบ

จำนวนรถบรรทุกหนัก = $IDT \times A/100 \times B/100$

$= 900/2 \times 15/100 \times 50/100$

$= 34 \text{ คัน}$

(2) หาค่า ITN

น้ำหนักเฉลี่ยของรถบรรทุกหนัก = 25 ตัน

น้ำหนักเพลาดียว = $0.4 \times 25 \text{ ตัน}$

$= 10 \text{ ตัน}$

จากรูปที่ 6.9 จะได้ค่า ITN = 58

(3) หาค่าแฟกเตอร์ปรับแก้ของ ITN

ช่วงอายุการออกแบบ (N) = 7 ปี

อัตราการเพิ่มการจราจร (r) = 5 %

แฟกเตอร์ปรับแก้

$= \frac{(1 + r)^n - 1}{20 r}$

$= \frac{(1 + 0.05)^7 - 1}{20 (0.05)}$

$= 0.41$

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 20
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

(4) หาค่า DTN

DTN = 0.41 ITN

= 0.40 x 58

= 23 คัน

(5) ค่า CBR ของดินเดิม = 8 %

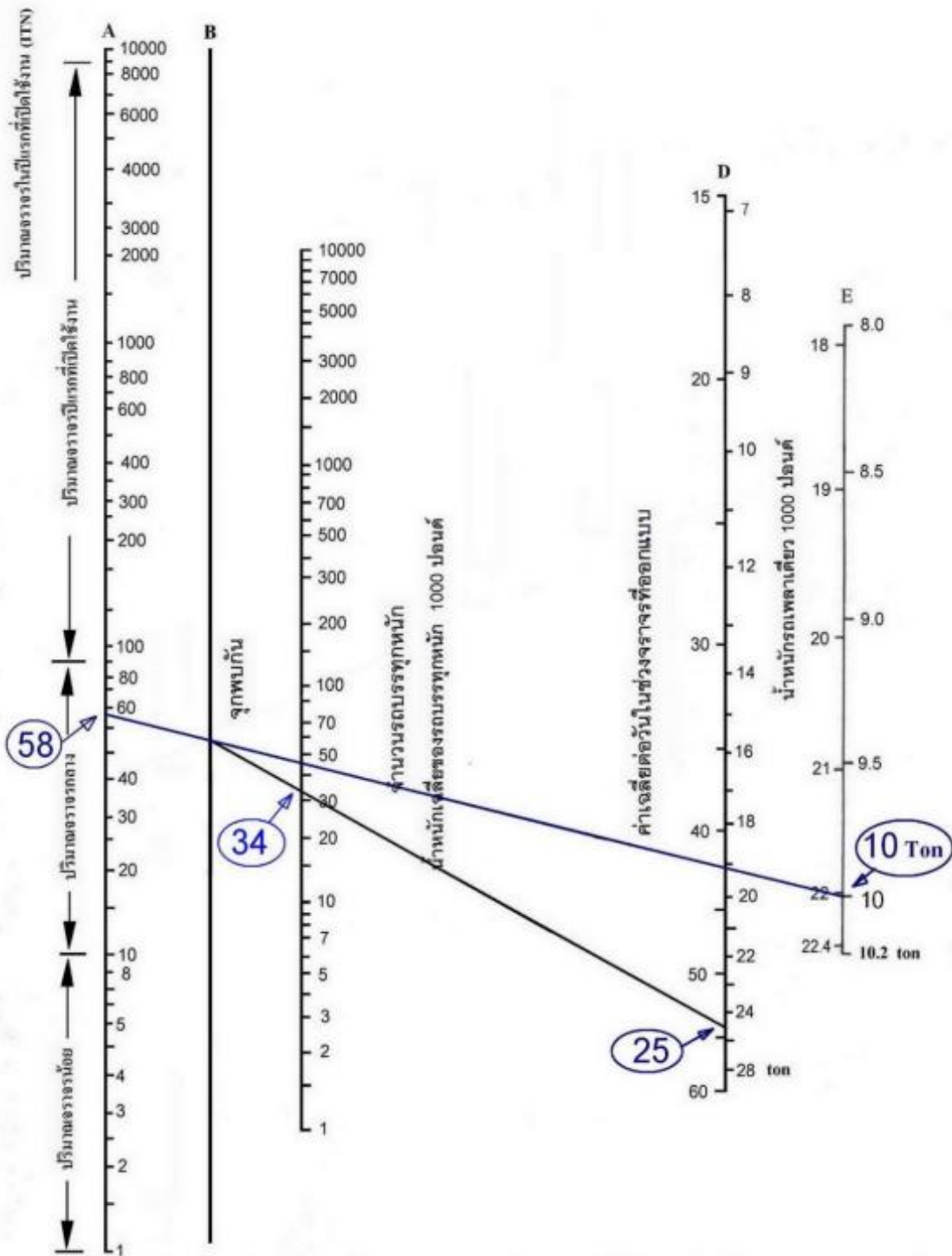
(6) หาคความหนาของชั้นทาง จากรูปที่ 5.10 จะได้ TA = 16 cm

ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต	= 5 cm
พื้นผิวทางหินคลุก CBR > 90 %	= 20 cm
TA 1 = 20 x 0.5	
= 10 cm	
รองพื้นทาง (ดินมวลคละ) CBR > 25 %	= 15 cm
TA2 = 15 x 0.37	
= 5.5 cm	
วัสดุคัลเลือก CBR > 8 %	= 10 cm
TA3 = 10 x 0.33	
= 3.3 cm	
ผลรวม TA = 18.5 < 16 cm (ใช้ได้)	

เพราะฉะนั้นเลือกใช้ความหนาของชั้นทาง = 18 cm (ใช้ได้).....ตอบ

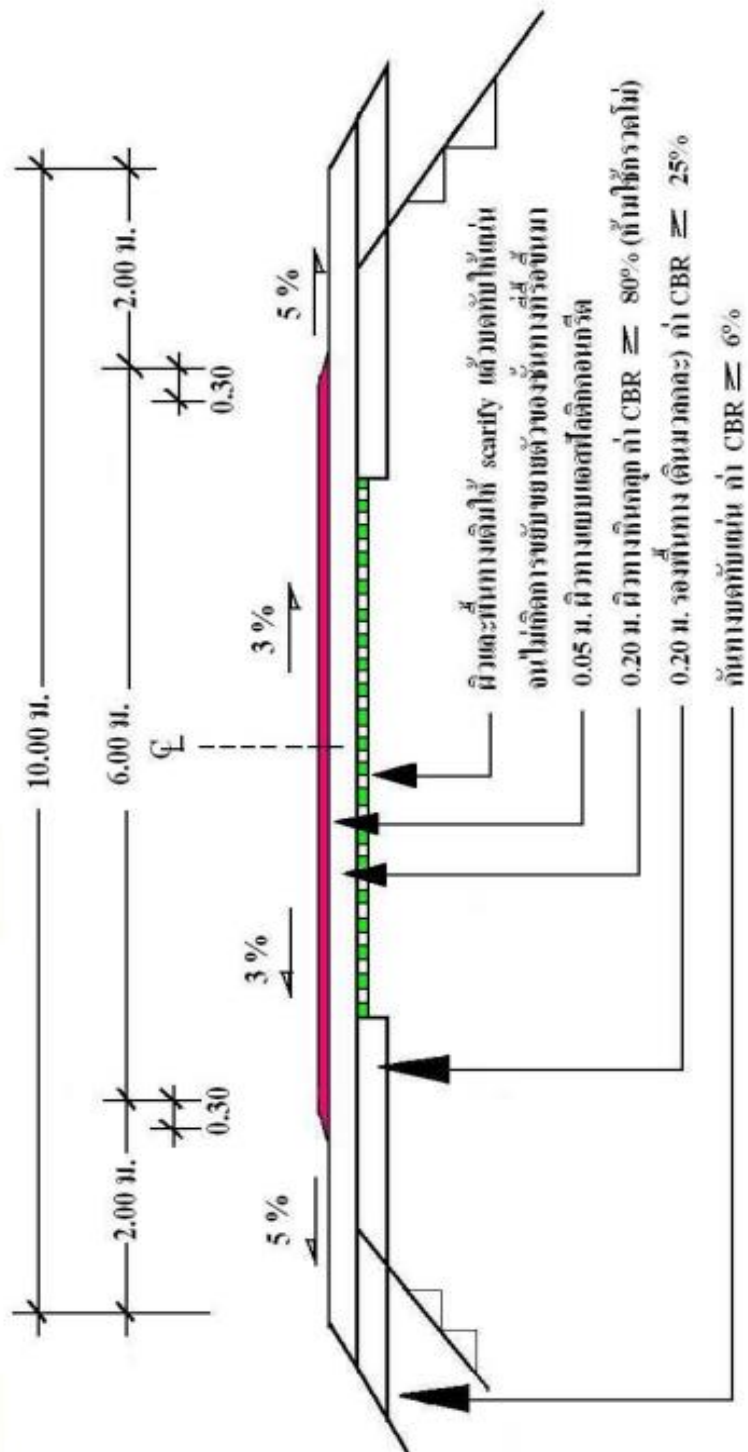
(7) เขียนรูปตัดถนนดังแสดงใน รูปที่ 5.11

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 21
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 5.9 แสดงการหาค่าปริมาณจราจรในปีแรกที่เปิดใช้งาน (ตัวอย่างที่ 5.3)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 23
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 5.11 แสดงรูปตัดของทางหลวง (ตัวอย่างที่ 5.3)

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 24
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. โครงสร้างทาง หมายถึง

.....

2. ข้อความต่อไปนี้หมายถึง

1) Prepare Building Structural Highway คือ

2) Clearing and Grubbing คือ

3) Fill and Embankment คือ

4) Building Highway คือ

3. การติดตั้งเครื่องหมายสัญญาณต่างๆ ต้องติดตั้งทางด้าน.....มือของทิศทางการจราจร
ห่างจากขอบไหล่ทางประมาณ เมตร สูง..... เมตร เพื่อให้ผู้ขับขี่
สังเกตเห็นได้ชัดเจน และไม่ ควรติดตั้งป้ายเตือนล่วงหน้าประมาณ เมตร

4. Optimum Moisture Content หมายถึง

.....

.....

5. งานพื้นทาง (หินคลุก) การถมพื้นทางแต่ละชั้น ต้องหนาไม่เกิน เซนติเมตร
ถ้าความหนาเกินให้แบ่งทำเป็น ชั้น และบดอัดแน่นไม่ต่ำกว่า % วิธีบดอัด
แน่นตามมาตรฐาน (Modified Procter Density)

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 10
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 25
	ชื่อหัวข้อ โครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

1. โครงสร้างทาง หมายถึง ส่วนต่างๆ ของชั้นทางที่ใช้วัสดุและทำการบดอัดให้ได้มาตรฐานตามรูปแบบและรายการ

2. ข้อความต่อไปนี้หมายถึง

1) Prepare Building Structural Highway คือ การเตรียมงานก่อสร้างโครงสร้างทาง

2) Clearing and Grubbing คือ งานถางป่าขุดตอ

3) Fill and Embankment คือ งานวัสดุงานถม

4) Building Highway คือ งานก่อสร้างทาง

3. การติดตั้งเครื่องหมายสัญญาณต่างๆ ต้องติดตั้งทางด้าน ซ้าย..... มือของทิศทางการจราจร ห่างจากขอบไหล่ทางประมาณ 0.60 - 4.00..... เมตร สูง 1.50 - 2.00..... เมตร เพื่อให้ผู้ขับขี่สังเกตเห็นได้ชัดเจน และไม่ ควรติดตั้งป้ายเตือนล่วงหน้าประมาณ 100 - 300.... เมตร

4. Optimum Moisture Content หมายถึง บริเวณน้ำใกล้เคียงค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสม

5. งานพื้นทาง (หินคลุก) การถมพื้นทางแต่ละชั้นต้องหนาไม่เกิน 15..... เซนติเมตร ถ้าความหนาเกินให้แบ่งทำเป็น ...2..... ชั้น และบดอัดแน่นไม่ต่ำกว่า 95.....% วิธีบดอัดแน่นตามมาตรฐาน (Modified Procter Density)

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 11

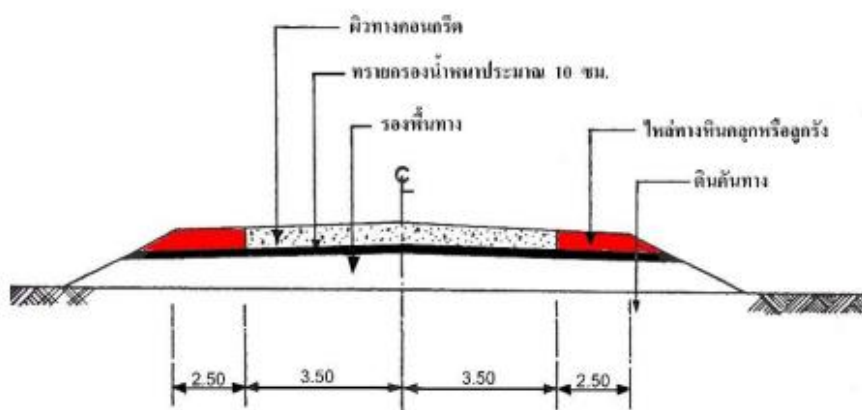
วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง หลักการออกแบบถนน		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.		
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน		
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน			
5.3 เข้าใจหลักการออกแบบถนนคอนกรีต			ใบความรู้ (Information Sheet)			
5.4 เข้าใจหลักการออกแบบหลักเสริมพื้นถนนคอนกรีต						
2. การนำเข้าสู่บทเรียน						
คำถาม			ตอบ :			
3. การปฏิบัติการ						
เวลา (180 นาที)		40		120		20
หมายเลขวัตถุประสงค์		5.3 - 5.4				
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)						
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย					
	สาธิต					
	ถามตอบ					
ขั้นพยายาม (Application)						
ขั้นสำเร็จผล (Progress)						
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point					
	แบบร่างกระดานดำ					
	แบบฝึกหัด					
4. สิ่งที่แนบมา		เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด				

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

5.3 หลักการออกแบบถนนคอนกรีต (Rigid Pavement Design)

ถนนคอนกรีต มีส่วนประกอบที่ผิวหน้าถนน เป็นปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต (Portland Cement Concrete, PCC) อยู่บนดินที่บดอัดแน่น ถนนคอนกรีตอาจจะมีหรือไม่มี ชั้นพื้นทางและรองพื้นทางก็ได้ ความหนาของผิวจราจรชนิดนี้คือความหนาของคอนกรีตนั่นเอง ลักษณะของการแผ่ร่น้ำหนักล้อลงบนชั้นดินเดิมสำหรับถนนคอนกรีต (Concrete Road) เนื่องจากคอนกรีตมีกำลังแข็งแรงของตัวเอง และมีค่าโมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นสูงมีการแผ่กระจายน้ำหนักล้อลงบนพื้นดินเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นความสามารถในการรับน้ำหนัก จึงเกิดจากตัวของคอนกรีตเอง

ถ้าหากมีการออกแบบให้เหมาะสมและถูกต้องตามหลักวิชาแล้ว จะมีความแข็งแรงทนทาน ใช้งานได้นานปี (ถึง 20 ปี) โดยเสียค่าบำรุงรักษาต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับถนนลาดยาง ถ้าพิจารณาถึงคุณสมบัติของถนนคอนกรีต ตัวคอนกรีตเองมีความสามารถรับแรงอัด (Compressive Stress) ได้ดีแต่รับแรงดึง (Tensile Stress) ได้น้อยมาก และขณะเดียวกันก็มีการยืดตัวเมื่อได้รับความร้อน และหดตัวเมื่อมีอุณหภูมิลดลง จากความรู้เรื่องคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ สามารถนำมากำหนดลักษณะการรับน้ำหนักของถนนคอนกรีต ตลอดจนการกำหนดขนาดของรอยต่อ และการเสริมเหล็กเพื่อรับแรงเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นในตัวคอนกรีตเนื่องจากมีแรงกระทำบนผิวถนน (ดังแสดงใน รูปที่ 5.12)



รูปที่ 5.12 แสดงรูปตัดตามขวางโดยทั่วไปของโครงสร้างถนนคอนกรีต

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

5.3.1 โครงสร้างของถนนคอนกรีต (Structural Rigid Pavement)

5.3.1.1 ผิวทาง (Surface Course) ผิวทางทำหน้าที่รับน้ำหนักจากล้อรถแล้วถ่ายลงสู่พื้นทาง และดินชั้นทางคุณสมบัติของหิน และทรายที่ใช้ก่อสร้างจะต้องมีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ซึ่งเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดปี ปูนซีเมนต์ที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตก็ควรเป็นพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ส่วนผสมของคอนกรีตจะต้องมีความสามารถรับกำลังอัดได้สูง เช่น $f_c = 250 - 300$ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ksc) การควบคุมคุณสมบัติของคอนกรีตในระหว่างการก่อสร้าง เช่น Water Cement Ratio, Slump Test จึงมีความจำเป็นมากถ้าคอนกรีตที่นำมาก่อสร้างมีคุณสมบัติต่ำแล้ว ผิวทางก็จะเกิดชำรุดเสียหายหลังจากเปิดใช้ถนนแล้ว

5.3.1.2 รองพื้นทาง (Subbase Course) วัสดุที่นำมาใช้ควรเป็น Granular Soil เช่น กรวด ทราย หิน ประโยชน์ของรองพื้นทางในถนน คอนกรีต นอกเหนือจากเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ดินชั้นทางแล้วยังช่วยป้องกันการชำรุดเสียหายของถนนเนื่องจากการ Pumping Action ช่วยในการยกระดับของผิวทางให้สูงพ้นระดับน้ำท่วม และช่วยในการควบคุมการบวมตัวและหดตัวของชั้นดินชั้นทาง

แรงกระทำที่เกิดในถนนคอนกรีต มาจากน้ำหนักของล้อรถเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ก็เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้มีการยืดและหดตัวเกิด Warping Stress, Friction Stress การเปลี่ยนแปลงความชื้นใน Subgrade และ Base Course ทำให้มีการบวมตัว และหดตัวของดิน ชั้นทางหรือพื้นทาง

Modulus of Subgrade Reaction (K) เป็นค่าตัวเลขมีหน่วยเป็นแรงต่อหน่วยปริมาตร เช่น lb/in³ (Pci) Kg/cm³ มีค่าประมาณ 50-800 Pci หรือ 1-22 กก/ลบ.ซม. ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของดินแต่ละชนิดค่า K ของดิน ได้จากการทดลอง Plate Bearing Test ในสนาม

ค่า K อาจหาได้จากการทดลองในสนามแต่ยุ่งยากและใช้เวลา อีกประการหนึ่งดังกล่าวแล้ว ค่า K มีผลต่อความหนาของแผ่นคอนกรีตไม่มากนัก ถ้าน้ำหนักล้อรถบรรทุกไม่สูงเกินกว่าที่ออกแบบมา การออกแบบอาจใช้ค่าเฉลี่ยจาก PCA Chart

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ตารางที่ 5.6 แสดง ค่า K ของวัสดุประเภทต่างๆ

ชนิดของวัสดุ	k (ปอนด์/ลบ.นิ้ว)
ดินเหนียว (Plastic Clay)	50 - 100
ดินเหนียว (Silt and Silty Clays)	100 - 200
ทราย, ดินผสมกรวด (Sands, Clayey Gravels)	200 - 300
กรวด(Gravel)	300 +
หินคลุกผสมซีเมนต์หรือผสมแอสฟัลต์ (CTB or ATB)	400 +

ผิวทางคอนกรีตมีความแข็งแรงและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E) สูงกว่าดินที่รองรับมากถึงแม้จะบดอัดให้แน่นได้มาตรฐานตามที่กำหนดออกแบบไว้ก็ตาม การแผ่กระจายของน้ำหนักผ่านแผ่นคอนกรีตจะลงในลักษณะของพื้นที่ที่กว้างกว่าขนาดของพื้นผิวสัมผัสจากล้อรถมาก แรงต่อหน่วยพื้นที่ ๆ กระทำในชั้นดินที่รองรับจึงต่ำกว่าในถนนลาดยาง เมื่อเปรียบเทียบในชั้นดินที่มีความหนาเท่ากัน การคำนวณหาแรงที่เกิดในตัวถนนคอนกรีตต้องพิจารณาจาก

- (1) ความแตกต่างของอุณหภูมิบนผิวคอนกรีต เช่น ในเวลากลางวันและกลางคืนทำให้ตัวคอนกรีตยืดและหดตัว ตลอดเวลาทุกวัน
- (2) การเปลี่ยนแปลงความชื้นในชั้นดินที่รองรับ ทำให้เกิดการบวมตัวและหดตัวของชั้นดิน
- (3) น้ำหนักกระทำจากล้อรถบรรทุกซึ่งมีผลอย่างมาก ต่อความทนทานของถนน ถ้าหากน้ำหนักรถที่แล่นสูงเกินกว่าที่ออกแบบไว้
- (4) การทรุดตัวของชั้นดินภายใต้พื้นถนนคอนกรีต ทำให้เกิดการรองรับใต้ผิวคอนกรีตไม่สม่ำเสมอ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

5.3.2.2 การออกแบบโดยคำนึงถึงน้ำหนักระทำซ้ำๆ เป็นหลัก PCA ได้พัฒนาวิธีการออกแบบความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีต โดย คำนึงถึงน้ำหนักระทำซ้ำ ๆ ของน้ำหนักของล้อรถขนาดต่าง ๆ เป็นหลักตามหลักดังกล่าว PCA ได้จัดสร้างกราฟการออกแบบ (ดังแสดงรูปที่ 5.14,5.15) เรียกว่าความเค้นที่เกิดขึ้นที่ผิวของแผ่นพื้นคอนกรีต อันเนื่องมาจากน้ำหนักเพลขนาดต่าง ๆ และจากค่าความเค้นที่เรียกว่าอัตราส่วนของความเค้น ซึ่งจะเป็นค่าเฉพาะสำหรับน้ำหนักเพลค่าหนึ่งๆค่าอัตราส่วนของความเค้นที่ได้นี้คือ ส่วนกลับของแฟกเตอร์ของความปลอดภัยสำหรับน้ำหนักเพลคู่หนึ่ง ๆ นั้นเอง ถ้า น้ำหนักเพลสูง ค่าแฟกเตอร์ของความปลอดภัยจะน้อยจากผลการทดลองโดยการก่อสร้างถนนทดลอง ทดลองการกระทำใน ห้องปฏิบัติการและทำรูปแบบจำลองทดสอบของแผ่นพื้นคอนกรีต PCA ได้พัฒนาตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราส่วนของความเค้น และค่าที่ยอมให้น้ำหนักระทำซ้ำสำหรับแผ่นพื้นคอนกรีตได้ (ดังแสดงในตารางที่ 5.7) จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนของความเค้นต่ำ แฟกเตอร์ความปลอดภัยสูง แสดงว่าน้ำหนักเพลหรือน้ำหนักล้อมีค่าต่ำ ดังนั้นแผ่นพื้นคอนกรีตจะรับน้ำหนักที่กระทำซ้ำๆ ได้มากในทางตรงกันข้ามถ้าอัตราส่วนของความเค้นสูง แฟกเตอร์ความปลอดภัยต่ำ แสดงว่าน้ำหนักเพลหรือน้ำหนักล้อมีค่าสูง อันจะมีผลให้แผ่นพื้นคอนกรีตรับน้ำหนักที่กระทำซ้ำ ๆ ได้น้อย

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ตารางที่ 5.7 แสดงอัตราส่วนของความเค้นกับค่าที่ยอมให้ของน้ำหนักที่กระทำซ้ำๆ (PCA, 2509)

อัตราส่วนความเค้น	ค่าที่ยอมให้ของน้ำหนักกระทำซ้ำ ๆ
0.51	400,000
0.52	300,000
0.53	240,000
0.54	180,000
0.55	130,000
0.56	100,000
0.57	75,000
0.58	57,000
0.59	42,000
0.60	32,000
0.61	24,000
0.62	18,000
0.63	14,000
0.64	11,000
0.65	8,000
0.66	6,000
0.67	4,500
0.68	3,500
0.69	2,500
0.70	2,000
0.71	1,500

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2521 หน้า 229

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

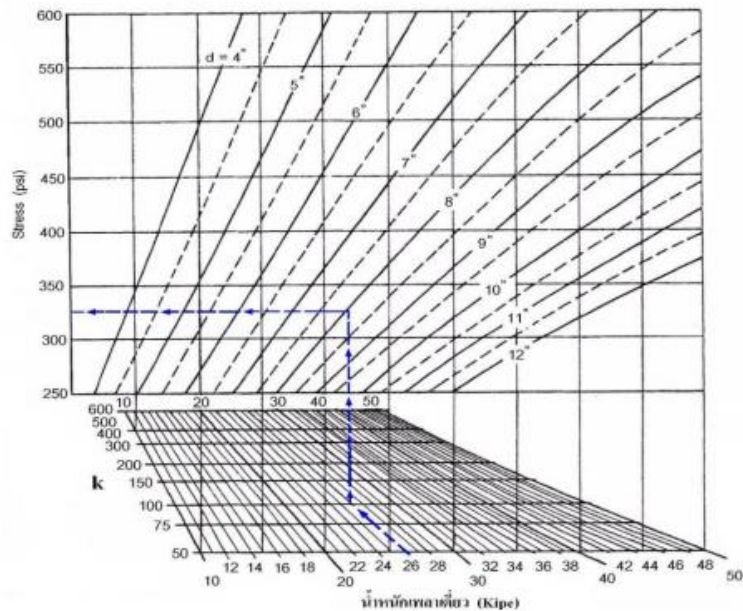
ตารางที่ 5.7 แสดงอัตราส่วนของความเค้นกับค่าที่ยอมให้ของน้ำหนักระทำซ้ำๆ (PCA ,2509) (ต่อ)

อัตราส่วนความเค้น	ค่าที่ยอมให้ของน้ำหนักระทำซ้ำ ๆ
0.72	1,100
0.73	850
0.74	650
0.75	490
0.76	360
0.77	270
0.78	210
0.79	160
0.80	120
0.81	90
0.82	70
0.83	50
0.84	40
0.85	30

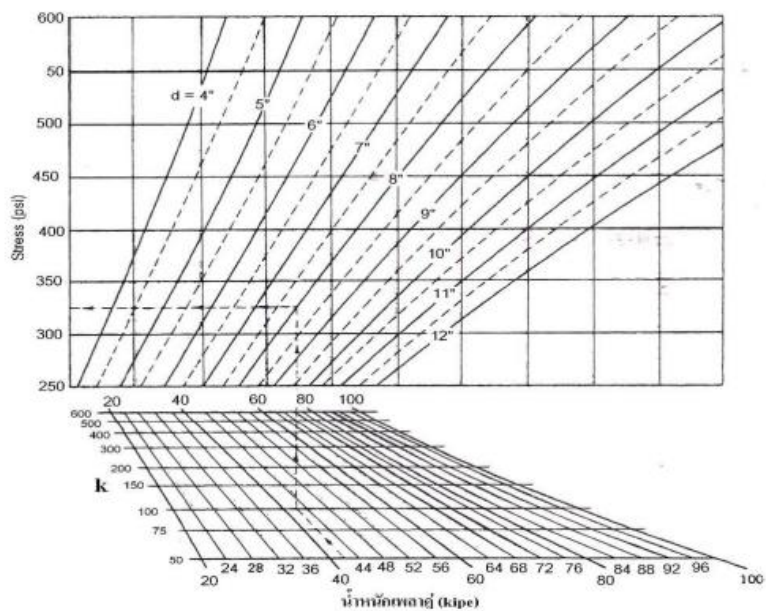
ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2521 หน้า 230

หมายเหตุ : อัตราส่วนความเค้น = $\frac{\text{ความเค้นเนื่องจากน้ำหนักระทำซ้ำ}}{\text{โมดูลัสของการแตกหัก (MR)}}$

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 5.14 แสดงกราฟการออกแบบชนิดเพลาดเดี่ยว (PCA , 2509)
ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2521 หน้า 232



รูปที่ 5.15 แสดงกราฟการออกแบบชนิดเพลาคู่ (PCA , 2509)
ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2521 หน้า 232

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 9
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ในกรณีที่อัตราส่วนของความเค้นมีค่าเท่ากับ 0.50 ซึ่งไม่ได้ (ดังแสดงใน ตารางที่ 5.7) ค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัยจะเท่ากับ 2 ซึ่งในกรณีแผ่นพื้นคอนกรีตจะรับน้ำหนักที่กระทำซ้ำๆ ได้ไม่จำกัดความหมายว่าน้ำหนักเพลา หรือน้ำหนักล้อที่ตกลงบนแผ่นพื้นคอนกรีตทำให้เกิดความเค้นที่ผิวของแผ่นพื้น ซึ่งความเค้นที่เกิดขึ้นนี้ เมื่อเอาไปหารค่าโมดูลัสการแตกหักของคอนกรีตแล้ว จะทำให้ค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัยเท่ากับ 2 ซึ่งเมื่อค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัยเท่ากับ 2 แผ่นพื้นคอนกรีตจะรับน้ำหนักล้อหรือน้ำหนักเพลาได้โดยไม่จำกัดจำนวนเที่ยว ผลอันนี้จะสอดคล้องกับกรณีของการออกแบบโดยใช้กราฟการออกแบบ PCA ดังกล่าวมาแล้วแฟกเตอร์ปรับแก้สำหรับอายุการออกแบบที่ 20 ปีและ 40 ปี (ดังแสดงในตารางที่ 5.8)

ตารางที่ 5.8 แสดงอัตราการเพิ่มต่อปีของปริมาณการจราจร และแฟกเตอร์ปรับแก้

อัตราการเพิ่มต่อปีของ ปริมาณจราจร (%)	แฟกเตอร์ปรับแก้สำหรับ 20 ปี (a)	แฟกเตอร์ปรับแก้สำหรับ 40 ปี (b)
1	1.2	1.2
1.5	1.3	1.3
2	1.5	1.5
2.5	1.6	1.7
3	1.8	1.9
3.5	2.0	2.2
4	2.2	2.5
4.5	2.4	2.8
5	2.7	3.2
5.5	2.9	3.6
6	3.2	4.1

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2521 หน้า 233

หมายเหตุ : (a) ค่าของแฟกเตอร์ปรับแก้ 20 ปี = $(1 + i)^{20}$

(b) ค่าของแฟกเตอร์ปรับแก้ 40 ปี = $(1 + i)^{40}$

i = อัตราการเพิ่มต่อปีของปริมาณจราจร (%)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 10
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ตัวอย่างที่ 5.4 ออกแบบความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีต โดยวิธีการใช้กราฟออกแบบของ PCA ,2509 อายุการออกแบบที่ 20 ปี ข้อมูลดังที่ใช้ออกแบบดังต่อไปนี้

ก) ปริมาณการจราจร (A D T) = 600 v p d (2 ทิศทาง)

ข) ปริมาณรถบรรทุก = 10 %

ค) อัตราการเพิ่มของปริมาณจราจร = 3 %

ง) โมดูลัสของการแตกหักของแผ่นคอนกรีต = 650 lb / in

จ) โมดูลัสของปฏิกิริยา ของดินเดิม ; (k) = 150 lb / in

การกระจายน้ำหนักของรถบรรทุก (ตามตารางที่ 5.9)

ตารางที่ 5.9 แสดงการกระจายน้ำหนักเพลารถบรรทุก

น้ำหนักเพลาน้ำหนัก (1,000 lb)	จำนวนเพลารถบรรทุก 100 คันบนถนน	
	เพลาดียว	เพลาคู่
28 – 32	2.0	-
32 – 36	1.5	-
36 - 40	1.1	-
40 – 44	0.5	-
44 – 48	-	1.5
48 – 52	-	1.0
52 – 56	-	0.8
56 – 60	-	0.1

วิธีทำ สมมติอายุการใช้งานของถนน = 20 ปี

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณรถบรรทุกที่เวลา 20 ปีในอนาคต} &= 600 / 2 \times 10 / 100 \times 1.8 \\ &= 54 \text{ คัน / วัน / ช่องจราจร}\end{aligned}$$

เลือกความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีต = 9 in

นำการกระจายน้ำหนักเพลารถบรรทุกใน ตารางที่ 5.9 สร้างตารางใหม่ โดยเรียงจากน้ำหนักเพลารถบรรทุกมากที่สุดที่ทำความเสียหายให้กับพื้นถนนไปจนถึงน้ำหนักเพลารถบรรทุกน้อยที่สุด ดังนี้

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 11
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ความถี่ของแผ่นพื้นคอนกรีต นำมาวิเคราะห์ได้ตามตาราง

1	2	3	4	5	6	7
น้ำหนัก เพลา (kips)	น้ำหนัก กระทำ ซ้ำ ๆ ในช่วง 20 ปี	น้ำหนัก เพลา x 1.2 (kips)	t = 9 in , k = 150 lb / in			
			ความ เค้น	อัตราส่วน ความ เค้น	น้ำหนักกระทำซ้ำๆ ยอมให้เกิดได้	เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก กระทำซ้ำๆ
58 T	394	70 T	390	0.60	32,000	1.2
54 T	3,154	65 T	375	0.58	57,000	5.5
50 T	3,942	60 T	350	0.54	180,000	2.2
46 T	5,913	55 T	320	0.49	ไม่จำกัดจำนวนเที่ยว	-
42 S	1,971	50 S	430	0.66	6,000	32.9
38 S	4,336	46 S	410	0.63	14,000	31
34 S	5,913	41 S	370	0.57	75,000	7.9
30 S	7,884	36. S	340	0.52	300,000	2.6

ผลรวมความถี่ทั้งหมด = 83 %

ความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีต ของถนนสายนี้ ออกแบบโดยวิธีการใช้กราฟออกแบบของ PCA - 2509 อายุการใช้งานที่ 20 ปี มีความหนา = 9 นิ้ว (22.5 ซม.)

อธิบายตารางในการคำนวณ

ช่องที่ 1 คำนวณน้ำหนักเพลาเฉลี่ยจาก ตารางที่ 6.9 เรียงจากน้ำหนักบรรทุกมากที่สุด

ช่องที่ 2 คำนวณน้ำหนักกระทำซ้ำที่คาดคะเนในช่วง 20 ปี

$$= (\text{จำนวนเพลา/รถบรรทุก 100 คัน})(\text{ปริมาณรถบรรทุก 20 ปี})(\text{จำนวนวัน})(\text{ปี})$$

$$= (0.10) (54/100) (365) (20)$$

$$= 394$$

ช่องที่ 3 น้ำหนักเพลา x 1.2

$$= 58T \times 1.2$$

$$= 70T \text{ kips}$$

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 12
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ช่องที่ 4 ค่าความเค้น ซึ่งได้จาก รูปที่ 6.16 และ รูปที่ 6.17 เมื่อ $d = 9$ นิ้ว และ $k = 150$ ปอนด์ / ตารางนิ้ว

$$= 390 \text{ psi}$$

ช่องที่ 5 ค่าอัตราส่วนความเค้น = ความเค้นของช่องที่ 4 MR

$$= 390 / 650$$

$$= 0.60$$

ช่องที่ 6 ค่าน้ำหนักกระทำซ้ำ ๆ (PCA,2509) ที่ยอมให้เกิดได้จากตารางที่ 6.7 จาก 0.60

$$= 32,000$$

ช่องที่ 7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรกระทำซ้ำ ๆ

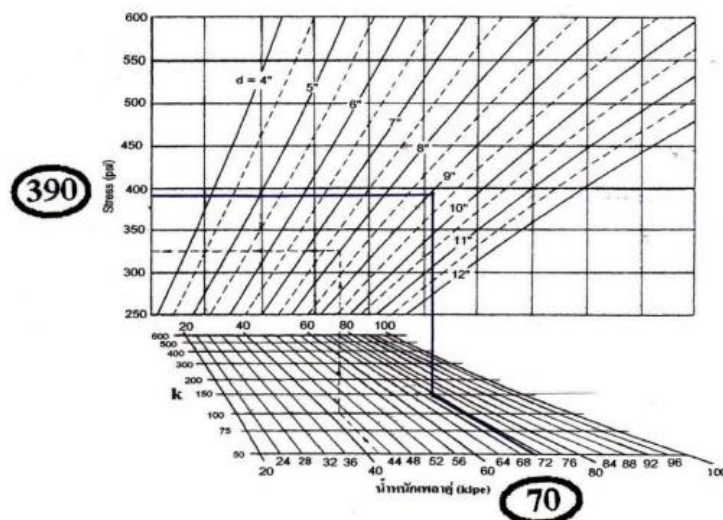
$$= \frac{\text{ช่องที่ 2}}{\text{ช่องที่ 6}} \times 100$$

$$= \frac{394}{100000} \times 100$$

$$= 1.2$$

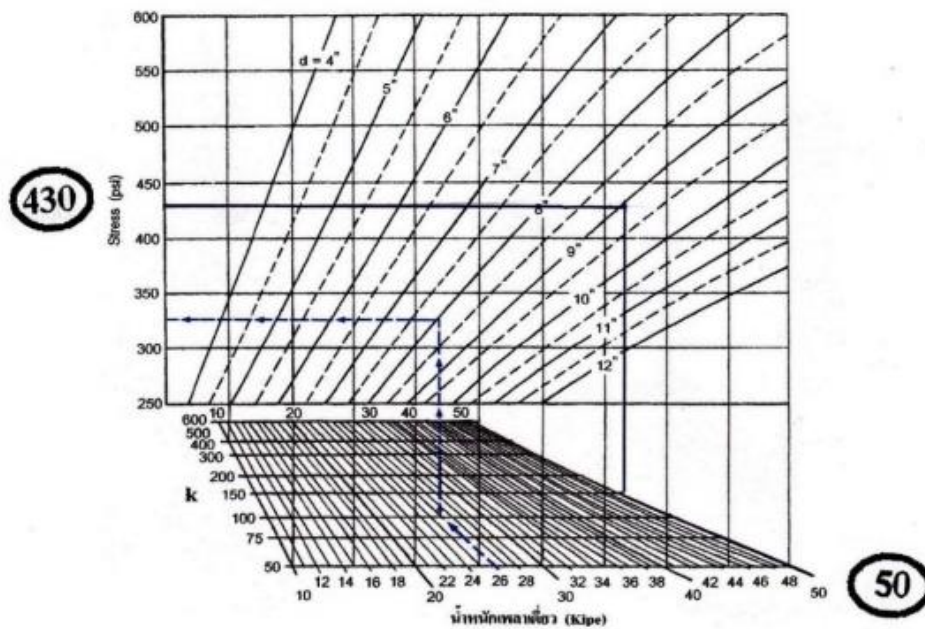
รวมความล้าทั้งหมด = 83 %

หมายเหตุ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรกระทำซ้ำๆซึ่งเกิดจากน้ำหนักบรรทุกทุกที่กระทำจะต้องมีค่ารวมไม่เกิน ร้อยละ 125 ถ้ามากกว่าจะต้องออกแบบใหม่โดยเพิ่ม ความหนา ของพื้นถนนให้มากขึ้น



รูปที่ 5.16 กราฟการออกแบบชนิดเพลาคู่ (ตัวอย่าง 6.4)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	หน้าที่ 13
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 5.17 กราฟการออกแบบชนิดเพลาดียว (ตัวอย่าง 6.4)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 14
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ตัวอย่างที่ 5.5 การออกแบบความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีตของถนนสายหนึ่ง โดยวิธีการใช้กราฟ
ออกแบบของ PCA 2509 อายุการใช้งานที่ 40 ปี กำหนดข้อมูลดังต่อไปนี้

- (ก) ปริมาณการจราจร (A D T) = 800 v p d (2 ทิศทาง)
- (ข) ปริมาณรถบรรทุก = 10 %
- (ค) อัตราการเพิ่มของปริมาณจราจร = 3 %
- (ง) โมดูลัสของการแตกหักของแผ่นคอนกรีต = 650 lb / in²
- (จ) โมดูลัสของปฏิกิริยา ของดินเดิม ; k = 200 lb / in²

การกระจายน้ำหนักของรถบรรทุก แสดงไว้ใน ตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 แสดงการกระจายน้ำหนักเพลารถบรรทุก

น้ำหนัก เพล (1,000 lb)	จำนวนเพลารถบรรทุก 100 คัน บนถนน	
	เพลเดี่ยว (S)	เพลคู่ (T)
30 – 32	1	-
32 – 34	0.8	-
34 – 36	0.1	-
36 – 38	-	2.5
38 – 40	-	2
40 – 42	-	1.5
42 – 44	-	1
44 – 46	-	0.5

วิธีวิเคราะห์เพื่อการออกแบบ

สมมติอายุการใช้งาน = 40 ปี

ปริมาณรถบรรทุกที่เวลา 20 ปีในอนาคต = $800/2 \times 10/100 \times 1.8$
= 76 คัน / วัน / ช่องจราจร

เลือกความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีต = 8 in

นำการกระจายน้ำหนักเพลารถบรรทุกใน ตารางที่ 5.10 สร้างตารางใหม่ โดยเรียงจากน้ำหนักเพลารถบรรทุก มากสุด ที่ทำความเสียหายให้กับพื้นถนน ไปจนถึงน้ำหนักเพลารถบรรทุก น้อยสุด

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 15
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ความล้าของแผ่นพื้นคอนกรีต สามารถประเมินได้ตามตาราง

1	2	3	4	5	6	7
น้ำหนัก เพลา (kips)	น้ำหนัก กระทำ ซ้ำ ๆ ในช่วง 40 ปี	น้ำหนัก เพลา x 1.2 (kips)	t = 8 in , k = 200 lb / in			
			ความ เค้น	อัตราส่วน ความ เค้น	น้ำหนักกระทำซ้ำ ๆ ยอมให้เกิดได้	เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก กระทำซ้ำ ๆ
45 T	5,548	54 T	345	0.53	240,000	2.3
43 T	11,096	52 T	340	0.52	300,000	3.7
41 T	16,644	49 T	315	0.48	ไม่จำกัดจำนวน เทียว	-
39 T	22,192	47 T	300	0.46	ไม่จำกัดจำนวน เทียว	-
37 T	27,740	44 T	280	0.43	ไม่จำกัดจำนวน เทียว	-
35 S	1,111	42 S	430	0.66	6,000	18.5
33 S	8,877	40 S	400	0.62	18,000	49
31 S	11,096	37 S	390	0.60	32,000	35

ผลรวมความล้าทั้งหมด = 108.5 %

ตอบ ความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีต ของถนนสายนี้ ออกแบบโดยวิธีการใช้กราฟออกแบบของ

PCA 2509 อายุการใช้งานที่ 40 ปี มีความหนา = 8 นิ้ว (20 ซม.)

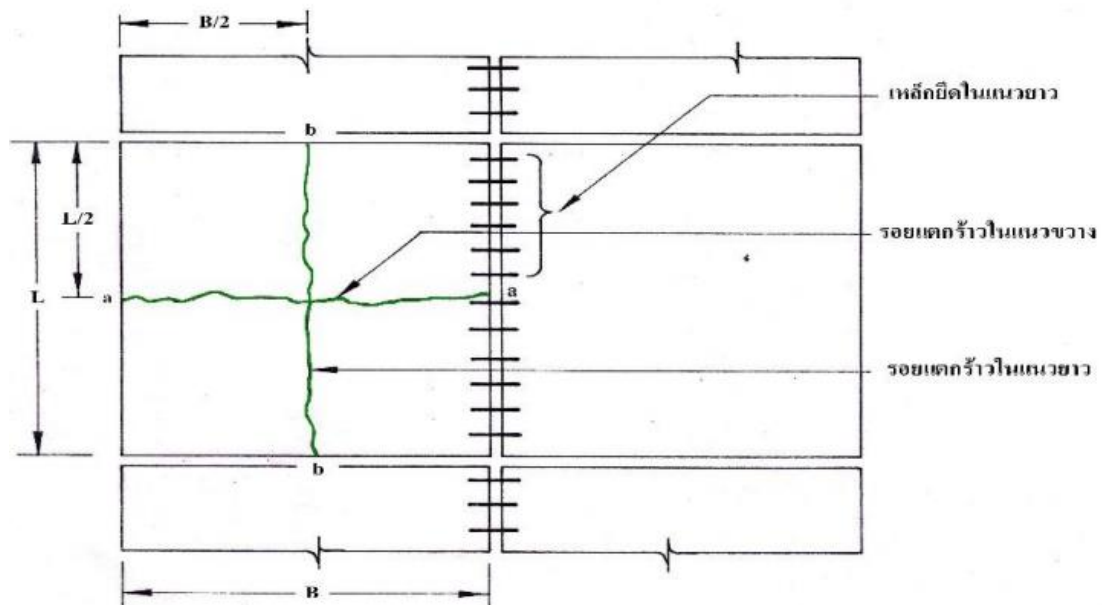
หมายเหตุ กราฟออกแบบของ PCA 2509 ให้ใช้ในรูปแบบที่ 5.16 และ รูปแบบที่ 5.17 หน้า 153

5.4 วิธีการเสริมเหล็กรอยต่อแผ่นพื้นถนนคอนกรีต

เหล็กเสริมรอยต่อในแผ่นพื้นคอนกรีต มีไว้เพื่อควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตตามแนวยาวและแนวขวาง อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางปริมาตรของคอนกรีตจึงจำเป็นต้องแบ่งคอนกรีตออกเป็นช่วงๆ เพื่อสะดวกในการก่อสร้าง แบ่งออก 4 ชนิดคือ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 17
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

รอยแตกร้าวในคอนกรีตอาจเกิดจากแรงจากการหดตัว แรงจากการค้ำงอ แรงเนื่องจากน้ำหนัก ล้อรถ แรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (ดังแสดงใน รูปที่ 5.19)



รูปที่ 5.19 แสดงรอยแตกร้าวในแผ่นพื้นคอนกรีต

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 18
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. Field Density Test คือ ส่วนใหญ่จะทดสอบทุกช่วง เมตร
และต้องทดสอบแบบ..... เครื่องจักรกลที่ใช้ในการบดอัดคือ.....
.....
2. รถเกรดเป็นเครื่องจักรกลซึ่งใช้กับงาน.....
.....
3. รถบดล้อยางกับรถบดล้อเหล็ก ลักษณะการใช้งานแตกต่างกันคือ.....
.....
4. รถบดตีนแกะ เหมาะกับการบดอัดดิน.....
.....

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 11
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 5 หน้าที่ 19
	ชื่อหัวข้อ หลักการออกแบบถนน	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

1. Field Density Test คือ การทดสอบความหนาแน่นในสนาม ส่วนใหญ่จะทดสอบทุกช่วง ..50.. เมตร และต้องทดสอบแบบ สลับซ้ายขวา..... เครื่องจักรกลที่ใช้ในการบดอัดคือ รถบดล้อเหล็กและรถบดล้อยาง

2. รถเกรด เป็นเครื่องจักรกลซึ่งใช้กับงาน ปรับดินให้ได้รูปร่าง ทำท้องร่องและคันวัสดุต่างๆ

3. รถบดล้อยางกับรถบดล้อเหล็ก ลักษณะการใช้งานแตกต่างกันคือ รถบดล้อยางจะบดอัดครั้งแรกเพื่อให้ถนนได้รูป ส่วนรถบดล้อเหล็กใช้บดตามหลังรถบดล้อยาง

4. รถบดตีนแกะ เหมาะกับการบดอัดดิน ที่เป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย ไม่เหมาะกับดินที่เป็นกรวดทราย

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 12

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง การระบายน้ำบนทางหลวง		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.	
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไไล งานขยัน	
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน		
6.1 รู้ความหมายของการระบายน้ำบนทางหลวง 6.2 รู้หลักการสำรวจเพื่อทำระบบการระบายน้ำบนทางหลวง 6.3 รู้หลักการกำหนดขนาดของท่อหรือสะพาน			ใบความรู้ (Information Sheet)		
2. การนำเข้าสู่บทเรียน					
คำถาม			ตอบ :		
3. การปฏิบัติการ					
เวลา (180 นาที)		40		120 20	
หมายเลขวัตถุประสงค์		6.1 - 6.3			
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)					
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย				
	สาธิต				
	ถามตอบ				
ขั้นพยายาม (Application)					
ขั้นสำเร็จผล (Progress)					
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point				
	แบบร่างกระดานดำ				
	แบบฝึกหัด				
4. สิ่งที่แนบมา เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด					

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 12
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

หน่วยที่ 6

การระบายน้ำบนทางหลวง

6.1 ความหมายของการระบายน้ำบนทางหลวง

6.1.1 การระบายน้ำ (Drainage) หมายถึง การระบายน้ำบนผิวดินในแนวเส้นทาง ให้ไหลออกนอกเส้นทาง ลงสู่แม่น้ำลำคลอง เพื่อไม่ให้น้ำท่วมบนถนน และระบายน้ำบนผิวทางไม่ให้ซึมเข้าไปในดิน เพื่อไปทำลายความแข็งแรงของโครงสร้างถนนได้

6.1.2 ถนนตัดผ่านลำธารหรือตัดขวางกับทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดิน จะต้องมียี่สิบสะพานหรือวางท่อไว้ตรงบริเวณดังกล่าว เพื่อให้ให้น้ำไหลได้เป็นปกติ เนื่องจากน้ำฝนที่ตกลงมาจะไหลที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ได้สะดวก

6.2 หลักการสำรวจเพื่อทำระบบการระบายน้ำบนทางหลวง

การสำรวจ (Survey) คือ การสำรวจเส้นทาง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประกอบการพิจารณาการในการสร้างสะพาน และการวางท่อระบายน้ำ (ดังแสดงใน รูปที่ 6.1) และมีรายละเอียดดังนี้

6.2.1 แพลน (Plan) จะต้องทำแผนที่บริเวณ ที่เปิดร่องน้ำของสะพานและท่อโดยละเอียดและจะต้องทำแผนที่แสดงเส้นชั้นความสูง (Contour) ในแพลน จะต้องแสดงแนวถนน ทางโค้ง แนวลำน้ำที่ผ่านถนน ทิศทางน้ำไหล ต้นไม้ใหญ่ ทางรถไฟเป็น ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจกระทบต่อการก่อสร้างสะพานและการวางท่อได้

6.2.2 รูปตัด (Section) จะต้องทำรูปตัดของร่องน้ำ ซึ่งประกอบด้วยระดับท้องคลอง ระดับดินเดิมทั้งสองฝั่ง ค่าระดับของถนนเดิม สะพานเดิม ถ้าเป็นทางเข้า จะต้องทำรูปตัดหรือแสดงรูปตัดด้านข้าง (Profile) ออกไปทั้งสองข้าง ของลำน้ำให้ยาวพอที่จะพิจารณากำหนดระดับหลังสะพานหรือหลังถนนได้ จะต้องให้ค่าระดับน้ำสูงสุด และต่ำสุด ให้สอบถามจากชาวบ้าน ในบริเวณนั้น ส่วนรายละเอียดอื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากแพลน และรูปตัด ขณะที่สำรวจยังจะต้องให้รายละเอียดอื่นๆ เพิ่มอีกเช่น

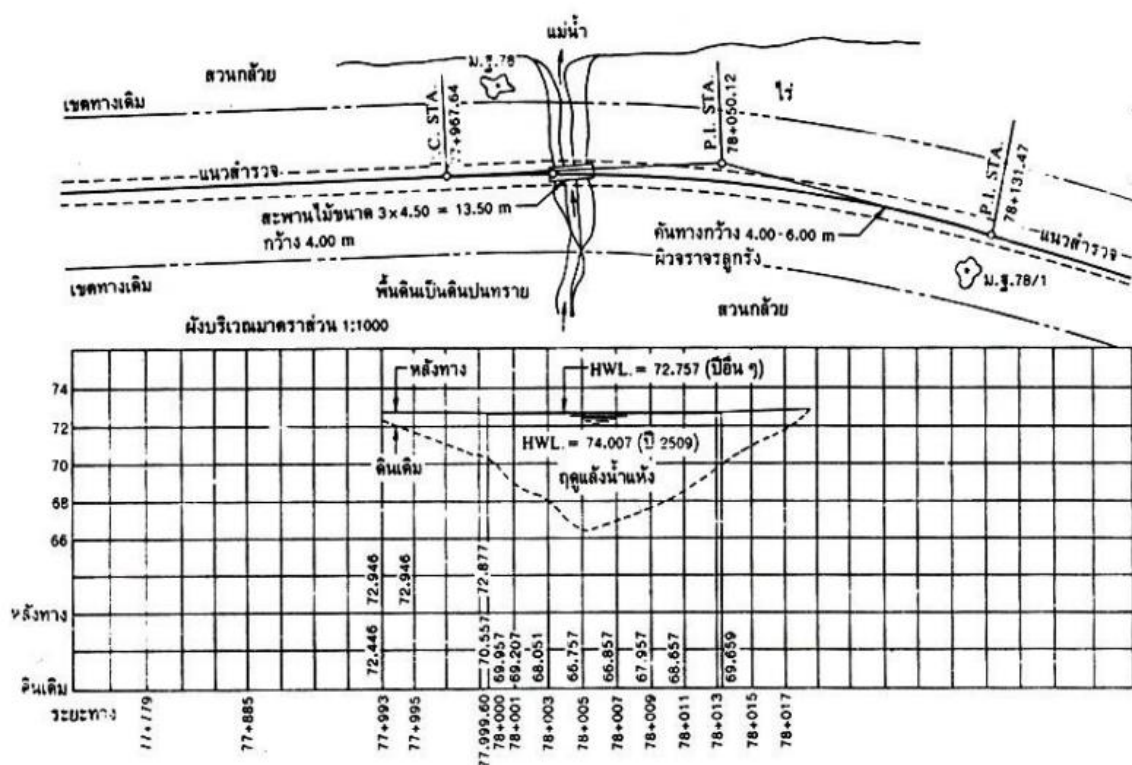
	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 12
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

6.2.2.1 รายละเอียดเกี่ยวกับสายทาง ประกอบด้วยระยะกิโลเมตร ที่จะก่อสร้าง สะพาน หรือท่อ ชื่อลำน้ำ ชื่อสายทาง เป็นต้น

6.2.2.2 ลักษณะของดิน โดยการสำรวจลักษณะดินริมฝั่ง และท้องน้ำว่าเป็นดินชนิดใด เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการพิจารณา การออกแบบฐานราก

6.2.2.3 สิ่งลอย หมายถึง สิ่งที่ลอยมากับน้ำ เช่น ขอนไม้ ซากของบ้านเรือน เพราะฉะนั้น จะต้องระบุนความกว้างความยาวและความสูงไว้ด้วย เพื่อใช้กำหนดระดับท้องสะพานและขนาดความยาวของช่วงสะพานได้

6.2.2.4 น้ำจะต้องสำรวจระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุด และจะต้องบอกว่าเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม มีการกักเซาะตลิ่งด้านซ้ายหรือขวา เป็นต้น



รูปที่ 6.1 แสดงรูปแบบและรูปตัดของการสำรวจการระบายน้ำ

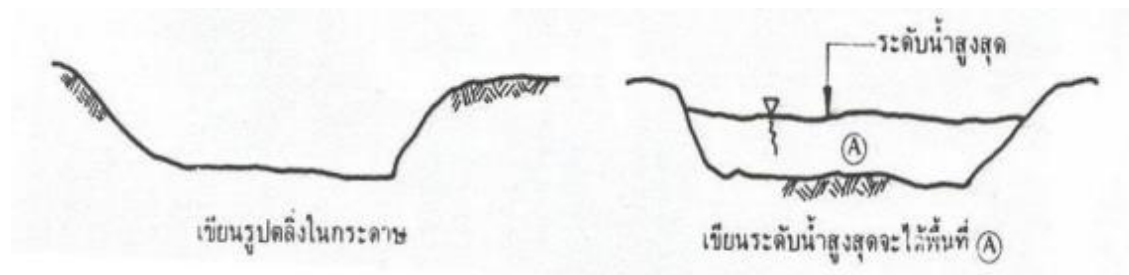
ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2534 หน้า 157

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 12
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

6.3 การกำหนดขนาดของท่อหรือสะพาน

การกำหนดขนาดของท่อหรือสะพาน มีจุดประสงค์เพื่อที่จะนำไปเขียนแบบแปลน (Plan) และรูปตัด (Section) มีขั้นตอนการกำหนดดังต่อไปนี้

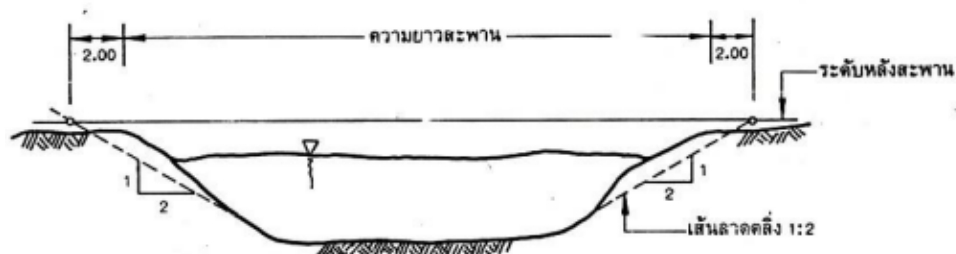
6.3.1 กำหนดค่าระดับน้ำสูงสุดในสนาม จากการสำรวจมาแล้ว ให้เขียนระดับน้ำ สูงสุดลงไปจะได้พื้นที่ (A) สำหรับขนาดของท่อนั้นก็กำหนดให้มีช่องเปิดเท่ากับ (A) (ดังแสดงในรูปที่ 6.3) ส่วนสะพานหาความยาวได้จากการลากเส้นลาดของตลิ่ง 1:2 จากกันคลองขึ้นไปตัดกับเส้นระดับหลังสะพาน แล้ววัดจากจุดตัดทั้งสองฝั่งเข้าไปในลำน้ำข้างละ 2.00 เมตร ก็จะได้ความยาวของสะพาน (ดังแสดงใน รูปที่ 6.4)



รูปที่ 6.2 แสดงพื้นที่ของช่องน้ำ



รูปที่ 6.3 แสดงช่องเปิดที่เป็นท่อหรือสะพาน



รูปที่ 6.4 แสดงการหาความยาวของสะพาน

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 12
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

6.3.2 การหาพื้นที่ช่องน้ำวิธีใช้สูตร (Formula) สิ่งแรกที่จะต้องทราบ คือ ระดับน้ำสูงสุด หรือปริมาณน้ำสูงสุดที่ไหลผ่านลำน้ำนั้น การหาปริมาณน้ำสูงสุด โดยใช้สูตรคำนวณหา ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำได้ คือวิธี Rational Formula เป็นวิธีหาปริมาณน้ำไหลมากที่สุด โดยใช้กับพื้นที่รับน้ำ (Catchment area) ไม่มากกว่า 25 ตารางกิโลเมตร คำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$Q = CIA \quad \text{ระบบอังกฤษ (ลูกบาศก์ฟุต/วินาที)} \dots\dots\dots 6.1$$

$$Q = 0.278 CIA \quad \text{เมตริก (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)} \dots\dots\dots 6.2$$

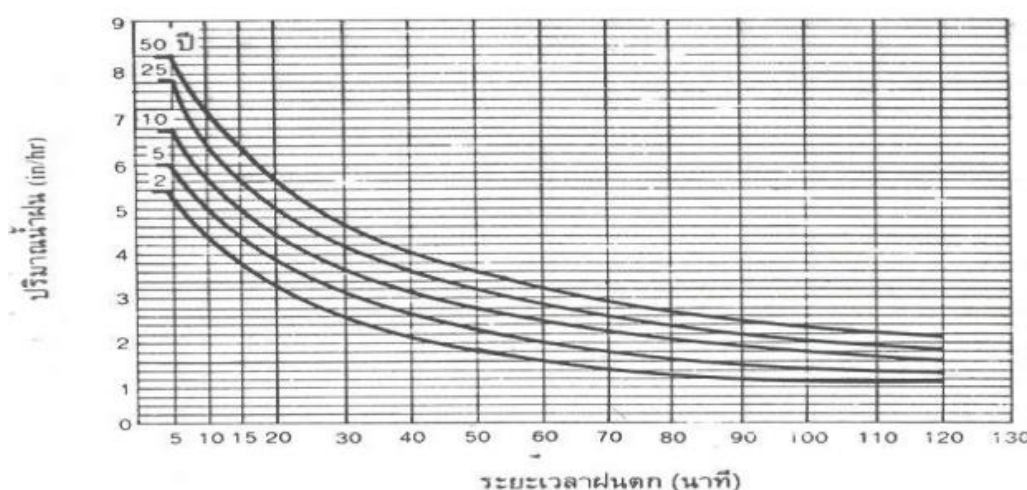
เมื่อ Q = ปริมาณน้ำมากที่สุดที่ไหลในช่องน้ำ

C = สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำบนพื้นดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศชนิดของดิน

I = ปริมาณน้ำฝนที่ตกในขณะหนึ่ง ๆ (นิ้ว/ชั่วโมงหรือมิลลิเมตร/ชั่วโมง)

A = พื้นที่รับน้ำ (เอเคอร์หรือตารางกิโลเมตร)

การกำหนด I หรือปริมาณน้ำฝนที่ตกเป็น มิลลิเมตร / ชั่วโมง ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับค่า Time of concentration (Tc) หรือระยะทาง เวลาไหลไปไกลสุด เมื่อฝนตกลงมายังบริเวณที่ต้องทำช่องระบายน้ำ กำหนดให้ระยะเวลาฝนตก (Duration) ซึ่งเกิดขึ้นภายในรอบปี ที่นำมาออกแบบ โดนทั่วไปใช้ในรอบ 20 ปี (ดังแสดงใน รูปที่ 6.5)



รูปที่ 6.5 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับระยะเวลา

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2534 หน้า 159

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 12
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ตารางที่ 6.1 แสดงสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำบนพื้นวัสดุชนิดต่าง ๆ

ชนิดของพื้นที่ระบายน้ำ	สัมประสิทธิ์การไหล (C)
ผิวคอนกรีตและผิวลาดยาง	0.70 – 0.95
ผิวทางเป็นกรดหรือแมคคาדם	0.40 – 0.70
ผิวดินที่น้ำไหลซึมไม่ได้	0.40 – 0.60
ผิวดินที่น้ำไหลซึมไม่ได้ที่มีความลาดชัน 1-2 %	0.30 – 0.55
ผิวดินที่น้ำซึมไหลได้บ้างเล็กน้อย	0.15 – 0.40
ผิวดินที่มีน้ำไหลซึม	0.05 – 0.10
บริเวณป่าไม้ (ขึ้นอยู่กับความลาดชันและสิ่งปกคลุมบนพื้นผิว)	0.05 – 0.02

ค่า T_C หาได้จากสูตร

$$T_C = \left(\frac{0.87L^{30.385}}{H} \right) \dots\dots\dots 6.3$$

เมื่อ L = ระยะทางไกลที่สุดของลำน้ำสายใหญ่จากอาคารระบายน้ำถึงแนวขอบพื้นที่รับน้ำวัดตามแนวลำน้ำ (กิโลเมตร)

H = ระดับความสูงต่างกัน ของจุดอาคารระบายน้ำกับจุดไกลสุดของพื้นที่รับน้ำ (เมตร)

ตัวอย่าง 6.1 ทางหลวงจังหวัดสายหนึ่งตอนแยกเป็นทางหลวงหมายเลข 1223 – บ้านเวียงชัย กม.ที่ 10 + 160 โดยมีข้อมูลดังนี้

- พื้นที่รับน้ำ 8 ตารางกิโลเมตร
- ระยะทางไกลที่สุด 8 กิโลเมตร
- ระดับความสูงของจุดอาคารระบายน้ำ 140 เมตร
- ระดับความสูงของจุดไกลสุดของพื้นที่รับน้ำ 120 เมตร
- ลักษณะดินเป็น Slightly Pervious Soil
- ความเร็วของน้ำในลำน้ำ = 3.5 เมตร / วินาที
- จงหาปริมาณน้ำที่ไหลในช่องน้ำ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 12
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

วิธีทำ

$$TC = \left(\frac{0.87L^{30.385}}{H} \right) \dots\dots\dots \text{จากสมการ (6.3)}$$

$$\text{เมื่อ } L = 8 \text{ km}$$

$$H = 140 - 120$$

$$= 20 \text{ m}$$

$$\text{แทนค่าสูตร } TC = \left(\frac{0.87 \times 8^{30.385}}{20} \right)$$

$$= 2.4 \text{ hr}$$

จาก รูปที่ 6.5 เส้นโค้งที่ 20 ปี จะได้ปริมาณน้ำฝน (I) = 52.5 mm/hr

เนื่องจากเป็นดินซึมผ่านได้เล็กน้อย ให้ค่า c = 0.30

$$Q = 0.278 CIA$$

$$= 0.278 \times 0.30 \times 52.5 \times 8$$

$$= 35.03 \text{ m}$$

$$\therefore \text{พื้นที่ช่องเปิด} = \frac{Q}{V} = \frac{35.03}{3.50}$$

$$= 10 \text{ m}^3$$

ตอบ ปริมาณน้ำที่ไหลในช่องน้ำ = 10 ลบ.ม ใช้ท่อลอดแบบสี่เหลี่ยม = 2 (2.10 x 2.40) (จากตารางที่ 6.5)

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 12
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. Pavement Design หมายถึง
 มี แบบ คือ

2. จงให้ความหมายของคา ต่อไปนี้ Wearing Surface คือ.....
 Base Course คือ.....Subbase Course คือ.....
 Selected Materai คือ..... Subgrade

3. ข้อมูลที่ใช้เกี่ยวกับการจราจร และข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์การจราจร คือ

4. น้ำหนักของรถบรรทุกตามกฎหมายในประเทศไทย ได้กำหนดการรับน้ำหนักไว้ดังนี้ คือ
 รถบรรทุก 10 ล้อ บรรทุกน้ำหนักได้ ตัน และรถบรรทุก 6 ล้อ บรรทุก
 น้ำหนักได้ ตัน

5. ลักษณะโครงสร้างของถนนลาดยางในประเทศไทย แบ่งออกเป็น.....แบบ คือ

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 12
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
1. Pavement Design หมายถึง การออกแบบผิวทาง มี 2..... แบบ คือ 1. การออกแบบผิวทางแบบถนนลาดยาง 2. การออกแบบผิวทางแบบถนน คอนกรีต 2. จงให้ความหมายของคำต่อไปนี้ Wearing Surface คือ ผิวทาง..... Base Course คือ พื้นทาง..... Subbase Course คือ รองพื้นทาง..... Selected Material คือ วัสดุคัดเลือก..... Subgrade ดินชั้นทาง..... 3. ข้อมูลที่ใช้เกี่ยวกับการจราจร และข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์การจราจร คือ 1. ปริมาณการจราจร 2. ปริมาณรถบรรทุก 3. การเจริญเติบโตของปริมาณจราจร 4. อายุการออกแบบ 5. CBR ของดินเดิม 4. น้ำหนักของรถบรรทุกตามกฎหมายในประเทศไทยได้กำหนดการรับน้ำหนักไว้ดังนี้ คือ รถบรรทุก 10 ล้อ บรรทุกน้ำหนักได้ 21..... ตัน และรถบรรทุก 6 ล้อ บรรทุกน้ำหนักได้ ...12.... ตัน 5. ลักษณะโครงสร้างของถนนลาดยางในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 3..... แบบ คือ 1. ปริมาณการจราจรน้อย 2. ปริมาณการจราจรสูง 3. ปริมาณการจราจรสูงมาก		

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 13

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง การระบายน้ำบนทางหลวง		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.	
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไไล งานขยัน	
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน		
6.3 รู้การกำหนดขนาดของท่อหรือสะพาน 6.4 รู้การเลือกใช้ท่อหรือสะพาน 6.5 เข้าใจการออกแบบและการก่อสร้างระบบการระบายน้ำบนทางหลวง			ใบความรู้ (Information Sheet)		
2. การนำเข้าสู่บทเรียน					
คำถาม			ตอบ :		
3. การปฏิบัติการ					
เวลา (180 นาที)		40		120 20	
หมายเลขวัตถุประสงค์		6.3 - 6.5			
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)					
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย				
	สาธิต				
	ถามตอบ				
ขั้นพยายาม (Application)					
ขั้นสำเร็จผล (Progress)					
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point				
	แบบร่างกระดานดำ				
	แบบฝึกหัด				
4. สิ่งที่แนบมา เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด					

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

6.3 การกำหนดขนาดของท่อหรือสะพาน

6.3.3 การใช้สถิติ ได้แก่สถิติค่าระดับน้ำหรือปริมาณน้ำ ซึ่งสำรวจและวัดโดยหน่วยราชการต่างๆ เช่น กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา การพลังงานแห่งชาติ เป็นต้น ถ้าสะพานหรือท่อที่จะก่อสร้าง อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับสถานีวัดระดับน้ำดังกล่าว ก็ใช้ค่าระดับน้ำและปริมาณน้ำที่วัดนั้นได้เลย

6.3.4 การออกแบบทางระบายน้ำ (Side Ditch) และทางน้ำไหล (Open Channel) สูตรที่ใช้ทั่วไปในการออกแบบคือ สูตรของ Manning ใช้กับสภาพ น้ำไหล อย่างสม่ำเสมอ

$$V = \frac{1.486R^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (\text{ฟุต/วินาที}) \dots\dots\dots 6.4$$

$$V = \frac{R^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (\text{เมตร/วินาที}) \dots\dots\dots 6.5$$

เมื่อ V = ความเร็วเฉลี่ยของไหล (ฟุต/วินาที, เมตร/วินาที)

R = รัศมีชลศาสตร์ (ฟุต) = พื้นที่รับน้ำ(A)/พื้นที่เปียกน้ำ(P)

S = ความลาดชันของท้องน้ำ (ฟุต/ฟุต, เมตร/เมตร)

N = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning

จาก $Q = VA$

จะได้ $Q = \frac{1.486R^{2/3}S^{1/2}}{n} A$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำไหล (ลูกบาศก์ฟุต/วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของข้างระบายน้ำ (ตารางฟุต)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

ตาราง 6.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning

ทางไหลน้ำ	n
คอนกรีตผิวเรียบ	0.013
คอนกรีตผิวหยาบ	0.022
หินเรียงยางแนว	0.03 - 0.04
ผิวแอสฟัลต์เรียบ	0.013
ผิวปลูกหญ้า มีน้ำไหลลึก	0.09 - 0.30
ผิวปลูกหญ้า มีน้ำไหลลึก	0.07 - 0.02
ผิวดินเรียบสม่ำเสมอและสะอาด	0.016
ผิวดินเรียบปานกลางไม่กล้าปลูก	0.022
ผิวคลองมีหญ้ามามาก	0.08

ที่มา : วิศวกรรมการทาง เผ่าพงศ์ นิ จันทรพันธ์ ศรี, 2534 หน้า 161

ตัวอย่างที่ 6.2 คลองระบายคอนกรีตน้ำแห่งหนึ่งมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูมีความลาดชัน

1 : 2 มีความลาดเอียงเท่ากับ(S) 0.0004 มีปริมาณน้ำไหล(Q) = 4.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของคอนกรีตผิวหยาบ (n) = 0.022 ความเร็วของน้ำไหลเท่ากับ (V) = 0.66 เมตรต่อวินาที จงคำนวณหาขนาดของคลองนี้

วิธีทำ

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

แทนค่าสูตร

$$0.66 = \frac{R^{2/3} (0.0004)^{1/2}}{0.022}$$

$$R^{2/3} = 0.726$$

$$R = 0.807 \text{ เมตร}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{4.5}{0.66} = 6.82 \text{ ตร.เมตร}$$

$$R = \frac{\text{พื้นที่รับน้ำ}}{\text{พื้นที่เปียกน้ำ}} = \frac{A}{P}$$

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{6.82}{0.807} = 8.45 \text{ เมตร} \\
 A &= (b + my)y \dots\dots\dots (1) \\
 6.82 &= (b + 2y) \\
 &= By + 2y^2 \\
 b &= \frac{6.82}{y} - 2y \\
 P &= b + 2y\sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots (2) \\
 8.45 &= b + 2y\sqrt{1 + 2^2} \\
 &= b + 4.47y \\
 b &= 8.45 - 4.47y \\
 \text{ให้ } y &= 0.60 \text{ เมตร} \quad b = 8.45 - (4.47 \times 0.60) = 5.7 \text{ เมตร} \\
 \text{ความกว้างของผิวหน้า, } T &= b + 2my = 5.7 + (2 \times 2 \times 0.60) \\
 &= 8.1 \text{ เมตร} \dots\dots\dots \text{ตอบ} \\
 \text{ความลึกของคู} &= 0.60 + 0.30 \\
 &= 0.90 \text{ เมตร} \dots\dots\dots \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

6.4 การเลือกใช้ท่อหรือสะพานเพื่อทำการระบายบนทางหลวง

การเลือกใช้แบบท่อหรือสะพานที่เหมาะสมนั้น นอกจากจะประหยัดแล้ว ยังใช้งานได้ดีและปลอดภัยอีกด้วย การพิจารณาเลือกใช้ท่อหรือสะพานนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ความรู้และประสบการณ์ของผู้เลือก วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง เครื่องจักรเครื่องมือต่าง ๆ แรงงาน แหล่งวัสดุ และการขนส่ง เป็นต้น แนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ท่อหรือสะพานมีดังนี้

6.4.1 ท่อกลม ใช้ในกรณีทางน้ำเล็ก ๆ ไม่ลึกมากนัก ฤดูแล้งน้ำแห้ง ไม่มีสิ่งลอยน้ำ เช่น ขอนไม้ใหญ่ ๆ ถ้ามีจะต้องไม่เป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำในท่อ ท่อกลมใช้ในกรณีที่ระบายน้ำเอ่อ เช่น เมื่อถนนตัดผ่านที่ลุ่ม เป็นต้น และใช้ในกรณีเร่งด่วน เช่น เมื่อสะพานไม้เดิมสั้นๆ ที่มีอยู่ชำรุดก็รื้อออกแล้วฝังท่อกลมแทน เพราะท่อกลมนี้ฝังได้เร็วมาก (ดังแสดงใน รูปที่ 6.6)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 6.6 แสดงท่อกลม

สำหรับแบบโครงสร้างมาตรฐานของท่อกลม ที่กรมทางหลวงใช้อยู่ในขณะนี้ เป็นแบบคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด ไม่ว่าจะมีความยาวท่อเล็กหรือใหญ่ก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากท่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกมากทั้งน้ำหนักดินหลังท่อ และน้ำหนักของยานพาหนะที่วิ่งไปมาบนท่อ ท่อกลมทุกขนาดจะหล่อไว้ยาวเพียงท่อนละ 1.00 เมตร เพื่อให้ท่อมีน้ำหนักเบา ซึ่งสะดวกในการขนส่ง ขนาดของท่อกลม ตามแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง (ดังแสดงใน ตารางที่ 6.3)

ตารางที่ 6.3 แสดงขนาดท่อกลมตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (m)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (m)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (m)
0.30	0.60	1.20
0.40	0.80	1.35
0.50	1.00	1.50

6.4.2 ท่อเหลี่ยม ใช้ในลำน้ำที่ไม่ใหญ่มาก ขนาดกว้างไม่เกิน 15.00 เมตร และลึกไม่เกิน 3.50 เมตร ในฤดูแล้งน้ำแห้ง (ถ้ามีน้ำตลอดปี การเลือกใช้ท่อเหลี่ยมไม่สู้จะเหมาะสมนัก) ไม่มีการจราจรทางน้ำ ไม่มีขอนไม้หรือสิ่งลอยน้ำอื่นๆ ที่อาจเป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำในท่อ (ดังแสดงใน รูปที่ 6.7 และ รูปที่ 6.8)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 6.7 แสดงท่อเหลี่ยม ค.ส.ล.



รูปที่ 6.8 แสดงท่อตัน ค.ส.ล.

แบบท่อเหลี่ยมตามมาตรฐานของกรมทางหลวงเป็นแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

6.4.2.1 ท่อเดี่ยว (Single Barrel) มีขนาดกว้าง x สูงต่างๆ กันหลายขนาด โดยมีขนาดความกว้าง (S) และความสูง (D) ดังนี้



รูปที่ 6.9 แสดงขนาดโดยทั่วไปของท่อเดี่ยว

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	

ตารางที่ 6.4 แสดงขนาดท่อเหลี่ยมตามมาตรฐานของกรมทางหลวง (แบบ Simple Span)

ความกว้าง (S)	ความสูง (D)
0.60 m	0.60 m
0.90 m	0.90 m
1.20 m	1.20 m
1.50 m	1.50 m
1.80 m	1.80 m

ตารางที่ 6.5 แสดงขนาดท่อเหลี่ยมตามมาตรฐานของกรมทางหลวง (แบบ Rigid Frame)

ความกว้าง (S)	ความสูง (D)	ความกว้าง (S)	ความสูง (D)
2.10 m	1.80 m	3.00 m	2.70 m
	2.10 m		3.00 m
2.10 m	2.10 m	3.30 m	3.00 m
	2.40 m		3.30 m
2.10 m	2.40 m	3.60 m	3.30 m
	2.70 m		3.60 m

6.4.2.2 ท่อดับ (Multiple Cells) มีขนาดความกว้าง x สูง (S x D) จึงอาจเป็น ขนาด 2(1.80x1.80) หรือ 3(3.30x3.00) ตัวเลข 2 หรือ 3 หมายถึงเป็นตัวเลขแสดงจำนวนท่อว่ามีกี่ตัว ส่วนตัวเลขในวงเล็บ เป็นขนาด S x D ของท่อ และเช่นเดียวกันกับท่อเดี่ยวที่มีความสูง D โดยปกติทั่วไปที่จะใช้ไม่มากกว่าขนาดความกว้าง S ท่อดับ (ดังแสดงในรูปที่ 7.8)



รูปที่ 6.10 แสดงเหล็กเสริมโดยทั่วไปของท่อดับ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

6.4.3 สะพาน (Bridge) ใช้กับลำน้ำที่ไม่สามารถใช้ทอกลมหรือท่อเหลี่ยมได้ สะพานควรใช้ในลำน้ำที่กว้าง เกินกว่า 10 เมตร และลึกเกินกว่า 4.00 เมตร มีน้ำไหลตลอดปี มีเรือวิ่ง และสิ่งลอยน้ำต่างๆ เช่น ขอนไม้ แพซุง เป็นต้น การเลือกขนาดของสะพานควรให้ตอม่อ อยู่ในลำน้ำน้อยที่สุด ในทางทฤษฎีแล้วไม่ควรมิตอม่ออยู่ในลำน้ำ แต่ในทางปฏิบัติแล้วทำไม่ได้ เพราะสะพานช่วงยาวมากๆ นั้นมีราคาแพง ดังนั้นจึงควรเลือกขนาดของช่วงสะพานให้พอเหมาะกับลำน้ำจะประหยัดค่าก่อสร้าง

สำหรับแบบมาตรฐานของกรมทางหลวงมีสะพานที่ใช้อยู่ 3 ชนิด คือ สะพานไม้ สะพานเหล็ก สะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก และสะพานคอนกรีตอัดแรง

6.4.3.1 สะพานไม้ (Wood Bridge) เป็นสะพานกึ่งถาวร ไม่มีทางเท้า อายุการใช้งานน้อย รวดสะพาน ซึ่งไม่จัดอยู่ในข่ายของตัวสะพานที่รับแรงได้ตามมาตรฐานสากล ของสะพาน รวดสะพานมีไว้แต่เพียงเพื่อให้เป็นที่สังเกต เมื่ออยู่ไกลได้ว่า มีสะพานอยู่ข้างหน้า คนเดินเท้าต้องคอยหาโอกาสข้ามสะพานตอนที่ไม่มียานวิ่ง



รูปที่ 6.11 แสดงสะพานไม้

6.4.3.2 สะพานเหล็ก (Steel Bridge) ไม่มีทางเท้า ไม่มีราวสะพาน โครงของ สะพานซึ่งเป็นตัวน้ำหนักของตัวสะพานโดยตรง โดยปกติกรมทางหลวงไม่ค่อยได้ใช้สะพานเหล็ก เนื่องจากมีราคาแพง

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 6.12 แสดงสะพานเหล็ก

6.4.3.3 สะพานคอนกรีตเสริมเหล็กและสะพานคอนกรีตอัดแรง (Reinforce Concrete Bridge and Compression Bridge) นับเป็นสะพาน สมบูรณ์แบบและมีประโยชน์ที่ใช้สอย และรับน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไป มีหลายแบบ ในที่นี้จะกล่าวถึงสะพานขนาดเล็กที่มีโอกาสใช้ มากตามตารางที่ 6.6



รูปที่ 6.13 แสดงสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กข้ามแม่น้ำ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 9
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 6.14 แสดงสะพานคอนกรีตอัดแรงข้ามถนน

6.5 หลักการออกแบบและการก่อสร้างระบบระบายน้ำบนทางหลวง

การออกแบบระบายน้ำออกจากบริเวณถนนเป็นสิ่งสำคัญมากควบคู่ไปกับการออกแบบแนวทางและความหนาของชั้นถนน ถนนที่มีระบบการระบายน้ำดีจะคงทน และมีอายุการใช้งานนานตามกำหนด และช่วยลดอุบัติเหตุเนื่องจากถนนลื่นเพราะน้ำขังบนถนน

การระบายน้ำออกจากถนน คือวิธีการควบคุมให้น้ำไหลออกจากถนน โดยเร็วทั้งจากบนผิวถนนและจากใต้คันทาง ถนนที่มีระบบระบายน้ำไม่ดี จะมีน้ำขังบริเวณผิวถนนน้ำที่ขังอยู่นี้จะซึมลงใต้ผิวถนนทำให้ชั้นทางใต้ถนนอืดตัว และอ่อนตัวลง ลดความแข็งแรงอันเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสียหายเมื่อรับน้ำหนักยานพาหนะ น้ำบริเวณผิวถนนส่วนใหญ่คือ น้ำฝน เมื่อตกลงมาบนถนน น้ำจะซึมลงใต้ผิวทางส่วนหนึ่งอีกส่วนหนึ่งจะไหลผ่านออกทางไหล่ทางผ่านลาดด้านข้างถนน (Side Slope) ลงสู่รางระบายน้ำข้างถนน (Side Ditch) (ดังแสดงใน รูปที่ 6.15 และ รูปที่ 6.16)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 10
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 6.15 รูปแสดงการระบายด้านข้างถนนลงร่องระบายน้ำ



รูปที่ 6.16 รูปแสดงการระบายน้ำลงรางระบายน้ำข้างถนน

6.5.1 หลักการพิจารณาการระบายน้ำออกจากถนนมี 3 ประการ คือ

6.5.1.1 การระบายน้ำบนคันทาง (Surface Drainage) คือน้ำฝน และ หิมะ

6.5.1.2 การจำกัดและควบคุมน้ำใต้ดิน (Subsurface Drainage) ซึ่งน้ำใต้ดินนี้จะทำให้ดินคันทางอ่อนตัวลง และรับกำลังน้อยลง ถ้าอากาศหนาว น้ำที่อยู่ชั้น Subgrade อาจจะทำให้เกิดแข็งตัว เป็นอันตรายของความมั่นคงของดินถมคันทาง

6.5.1.3 ความกว้างของลำน้ำ และความกว้างของคูระบายน้ำ ตามธรรมชาติที่ก่อสร้างขึ้น ประกอบกับการใช้ท่อระบายประเภทต่างๆ จะต้องพิจารณาถึงสภาพใกล้เคียงกันด้วย

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 11
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

6.5.2 การพิจารณาตำแหน่งของการระบายน้ำ

การพิจารณาจะเริ่มจาก Roadway ซึ่งได้กำหนดลงไปโดยคำนึงถึงการระบายน้ำตามธรรมชาติ แหล่งเกิดของน้ำธรรมชาติ ลำน้ำที่ตัดผ่านแนวทาง และต้องคำนึงถึง Subsurface Soil เพื่อประโยชน์ของการระบายน้ำอย่างง่าย ๆ เพราะต้องคำนึงถึงการบำรุงรักษาด้วย

6.5.3 การสำรวจเพื่อการระบายน้ำ

เป็นการสำรวจเพื่อให้ทราบถึงตำแหน่ง ของแต่ละลำน้ำที่ผ่านถนน เพื่อที่จะได้นำมาพิจารณาถึงระบบระบายน้ำโดยเฉพาะฉะนั้นจำเป็นจะต้องทราบลักษณะภูมิประเทศที่ถนนนั้นตัดผ่าน เช่น ภูเขา ป่า ไม้ แม่น้ำ ลำธาร

6.5.4 การระบายน้ำโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

6.5.4.1 Surface Drainage คือการระบายน้ำฝนบนผิวทาง ไหล่ทาง ลาดตัดของคันทาง หรือน้ำที่ไหลมาจากที่อื่น

6.5.4.2 Run off Drainage คือการระบายน้ำส่วนที่ไหลอยู่บนพื้นดิน และ การควบคุมการไหลของน้ำบนบริเวณผิวทาง (Surface Drainage) ปริมาณน้ำบางส่วนจะไหลซึมลงไปในดิน เมื่อรวมกันมากขึ้นจะเป็นน้ำใต้ดิน

6.5.5 การออกแบบระบบการระบายน้ำบนผิวดิน (Design of surface drainage system)

จุดมุ่งหมายของการออกแบบระบบระบายน้ำ เพื่อหาวิธีนำน้ำออกจากผิวทาง ให้เร็วพอที่จะไม่ทำอันตรายต่อส่วนประกอบต่างๆของทางหลวงได้ โดยเสียค่าใช้จ่ายให้น้อยที่สุด รวมทั้งการรับน้ำจากพื้นที่ใกล้เคียงเพื่อระบายออกสู่คูคลอง หรือแม่น้ำ ตามลำดับ บางโอกาสอาจต้องมีการระบายน้ำให้ลอดใต้คันทางด้วย

หลักการออกแบบระบบการระบายน้ำบนทางหลวง แบ่งงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

6.5.5.1 การประมาณราคา (Estimate)

6.5.5.2 การออกแบบทางชลศาสตร์ (Hydraulic Design)

6.5.5.3 การเลือกระบบการระบายน้ำ ที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เมื่อ เปรียบเทียบกับการใช้งาน

1) การประมาณ (Estimate) การหาปริมาณที่นิยมใช้ไป ได้แก่วิธี Rational Method คือการคำนวณหาปริมาณน้ำ วิธีนี้ เป็นการรวม Engineering Judgement

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 12
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

จากการคำนวณที่ได้จากผลการวิเคราะห์การวัดน้ำ และการคาดคะเนเข้าด้วยกัน วิธีนี้เป็นความสัมพันธ์โดยตรงระหว่าง Rainfall และ Run off ดังนี้

$$Q = C I A \dots\dots\dots 6.6$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่จะต้องระบาย (Run off) หน่วย ลบ.ฟุต / วินาที

C = ส. ป. ส. ของ Run off ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ดูใน ตารางที่ 7.7

I = Rainfall Intensity หน่วย นิ้วต่อชั่วโมง ในช่วงเวลาที่กำหนด

A = พื้นที่ทั้งหมดที่ต้องระบายน้ำ (Drainage Area) หน่วยเป็นเอเคอร์ จากสมการข้างบน
ทำเป็นระบบ Metric จะได้ ดังนี้

$$Q = 0.278 C I A \dots\dots\dots 6.7$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่จะต้องระบาย (Run off) มีหน่วยเป็น ลบ. เมตร/วินาที

C = ส.ป.ส. การไหลบนผิวดิน ไม่มีหน่วย

I = Rainfall Intensity มิลลิเมตร/ชั่วโมง

A = พื้นที่ทั้งหมดที่ต้องระบายน้ำ (Drainage Area) ตารางกิโลเมตร

ตารางที่ 6.7 แสดง Coefficient of Run off (c)

ชนิดของพื้นที่ระบายน้ำ	Coefficient of Run off (C)
ผิวทางคอนกรีต และ แอสฟัลท์ (Concrete Asphalt Pavement)	0.70 – 0.95
ผิวกรวดและผิวแมกคาדםไม่ลาดยาง(Gravel and Macadam Surface)	0.40 – 0.70
ดินที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ (Impervious Soil)	0.40 – 0.65
ดินที่น้ำผ่านซึมไม่ได้และหญ้าปกคลุม (Impervious soil with Turt)	0.30 – 0.55
ดินที่น้ำซึมผ่านได้บ้างเล็กน้อย (Slightly Pervious Soil)	0.15 – 0.40
ดินที่น้ำซึมผ่านได้ดี (Pervious Soil)	0.05 – 0.10
บริเวณป่าไม้ (Wood Areas)	0.05 – 0.20

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 13
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	
2) การออกแบบทางชลศาสตร์ (Hydraulic Design) เป็นการไหลผ่านท่อ และการไหลผ่าน Open Channels การไหลของน้ำผ่านท่อ โครงสร้างท่อที่นิยมใช้มาก ได้แก่ ค.ส.ล. หรือท่อเหล็ก การคำนวณขนาดใช้สูตรดังนี้ เมื่อ $Q = AV.....6.8$$V = 1.486R^{2/3}S^{1/2}$$Q = \text{ปริมาณน้ำผ่านท่อ (ลบ.ฟุต/วินาที)}$$A = \text{พื้นที่หน้าตัดของท่อที่น้ำไหลผ่าน (ตร.ฟุต)}$$R = \text{Hydraulic radius} = A/P \text{ (ฟุต)}$$V = \text{Average Velocity (ฟุต/วินาที)}$$N = \text{ส.ป.ส. ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวที่ระบาย}$$= 0.015 \text{ สำหรับท่อคอนกรีต}$$= 0.021 \text{ สำหรับท่อโลหะ}$ 3) การเลือกระบบการระบายน้ำ มีแนวปฏิบัติพอสรุปได้ ดังนี้ (ก) ระบบการระบายน้ำในเมือง (Urban Drainage) คือ ช่องระบายน้ำ (Inlet Gate) หรือประตูระบายน้ำ เมื่อกักเก็บวัสดุต่าง ๆ ที่ไหลมากับน้ำซึ่งอาจจะทำให้ช่องน้ำอุดตันได้ ขนาดของ Inlet Gate - ในกรณีที่น้ำไหลมายังปากช่องระบายน้ำ ที่สูงน้อยกว่า 0.40 ฟุต จะได้ปริมาณการไหลของน้ำ $Q = CPH(1)$ - เมื่อน้ำไหลมามีระดับสูงมากกว่า หรือเท่ากับ 1.4 ฟุต^{2/3} จะได้ปริมาณน้ำ $Q = CA.....(2)$ เมื่อ $Q = \text{Discharge CFS.}$$C = \text{Coeff of gate opening} = 3.0$$P = \text{Perimeter of gate opening excluded box - ft .}$$H = \text{Height of water - ft.}$		

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 14
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
G = Gravitational acceleration = 32.2 ft/ sec C = Coeff of discharge = 0.67 – 0.70 (ข) การระบายน้ำข้างทาง (Type of Side Ditch) เป็นการระบายน้ำ ออกข้างทาง คือระบายน้ำที่ไหลท่วมถนนออกจากคันทาง ปกติถนนจำเป็นจะต้องสร้างคูน้ำ (Side Ditch) โดยเฉพาะในดินที่ต้องการ (Cutting) เพราะว่าดินถมเข้าไป (Fill) พื้นผิวถนนจะอยู่สูงกว่าพื้นธรรมดาอยู่แล้ว น้ำไหลจากผิวถนนจะลงสู่พื้นผิวตามธรรมชาติ		

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 15
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	
คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้ 1. PCC หมายถึง..... 2. โครงสร้างของถนนคอนกรีต (Structural Rigid Pavement) มี..... 3. การคำนวณหาแรงที่เกิดในแผ่นถนนคอนกรีตมีหลักที่ต้องพิจารณาจาก..... 4. การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นคอนกรีต เพื่อ..... 5. เหตุใดรอยต่อของถนนคอนกรีตจึงต้องอุดด้วยแอสฟัลต์ผสมทราย..... 		

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 13
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 6 หน้าที่ 16
	ชื่อหัวข้อ การระบายน้ำบนทางหลวง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	
1. PCC หมายถึง Portland Coment Concrete คือ ถนนคอนกรีต 2. โครงสร้างของถนนคอนกรีต (Structural Rigid Pavement) มี 1) ผิวทาง (Surface Course) 2) รองพื้นทาง (Subbase Course) 3. การคำนวณหาแรงที่เกิดในแผ่นถนนคอนกรีตมีหลักที่ต้องพิจารณาจาก 1) อุณหภูมิบนผิวของคอนกรีต 2) การเปลี่ยนแปลงของชั้นดิน 3) น้ำหนักกระทำจากล้อรถ 4) การตรงตัวของดิน 4. การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นคอนกรีต เพื่อ ป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีตตามแนวยาว และแนวขวาง อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรคอนกรีต 5. เหตุใดรอยต่อของถนนคอนกรีตจึงต้องอุดด้วยแอสฟัลต์ผสมทราย เพื่อ ให้คอนกรีตขยายตัว และเพื่อป้องกันน้ำซึมเข้าในชั้นทาง		

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 14

วิชา วิศวกรรมการทาง		เรื่อง การก่อสร้างผิวทาง		กลุ่มนักศึกษา ปวส.2 ยธ.	
วันที่		เวลา 180 นาที		อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไโล งานขยัน	
1. จุดประสงค์การสอน			รายละเอียดไว้ใน		
7.1 รู้ความหมายของการก่อสร้างผิวทาง 7.2 เข้าใจการก่อสร้างผิวทางแบบแอสฟัลต์ 7.3 การก่อสร้างผิวทางแบบคอนกรีต			ใบความรู้ (Information Sheet)		
2. การนำเข้าสู่บทเรียน					
คำถาม			ตอบ :		
3. การปฏิบัติการ					
เวลา (180 นาที)		40	120	20	
หมายเลขวัตถุประสงค์		7.1 - 7.3			
ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)					
ขั้นศึกษา ข้อมูล (Information)	บรรยาย				
	สาธิต				
	ถามตอบ				
ขั้นพยายาม (Application)					
ขั้นสำเร็จผล (Progress)					
อุปกรณ์ ช่วยสอน	Power point				
	แบบร่างกระดานดำ				
	แบบฝึกหัด				
4. สิ่งที่แนบมา เอกสารประกอบการสอน, แบบฝึกหัด					

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 1
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

หน่วยที่ 7

การก่อสร้างผิวทาง

7.1 ความหมายของการก่อสร้างผิวทาง

7.1.1 การก่อสร้างผิวทาง หมายถึงการก่อสร้างผิวจราจรตามขั้นตอนด้วยวัสดุที่มีคุณภาพถูกต้องตามที่กำหนดที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ และการเลือกใช้เครื่องจักรกลให้เหมาะสมกับงาน

7.1.2 การปูชั้นพื้นผิว (surface course) มีสองประเภทที่ใช้กันมากที่สุดใน การก่อสร้างทางหลวง คือ: ประเภทยางมะตอยร้อนผสมและประเภทคอนกรีตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ การปูชั้นพื้นผิวเหล่านี้ให้พื้นผิวขี้ที่ราบรื่นและปลอดภัย, ในขณะเดียวกันก็มีการถ่ายโอนโหลดการจราจรที่หนาแน่นผ่านชั้น base ต่างๆไปพร้อมกัน และเข้าไปในดินฐานรากที่อยู่ด้านล่าง

7.2 การก่อสร้างผิวทางแบบแอสฟัลต์

การก่อสร้างผิวทางแบบแอสฟัลต์ หรือทั่วไปจะเรียกว่าผิวทางลาดยางมีหลายแบบ โดยการนำเอาหินย่อยขนาดต่างๆ มาผสมกับยางแอสฟัลต์ตามอัตราส่วนที่ได้ออกแบบไว้ มี 2 ชนิดคือ

7.2.1 ผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์ (Surface Treatment) ผิวทางชนิดนี้ประกอบด้วย การลาดแอสฟัลต์ และเกลี่ยวัสดุหินย่อย หรือกรวดย่อยปิดทับ จะสร้างเป็นชั้นเดียว หรือหลายชั้นก็ได้ บนพื้นทางที่ได้ทำไว้ถูกต้องตามข้อกำหนด และได้ทำการลง Prime Coat ไว้เรียบร้อยแล้ว หรือบนผิวทางแอสฟัลต์เดิม วัสดุที่ใช้ทำผิวมีดังนี้

7.2.1.1 วัสดุแอสฟัลท์ (Asphalt) แอสฟัลต์ที่ใช้จะต้องเป็นประเภท และเกรด (Grade) ดังต่อไปนี้ อย่างใดอย่างหนึ่ง Cut Back Asphalt RC – 3000, RC – 800, RC – 250, RC – 5, RC – 4, RC – 3, RC – 2 มีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานของกรมทางหลวง (ดังแสดงใน ตารางที่ 8.1)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 2
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ตารางที่ 7.1 แสดงอุณหภูมิของแอสฟัลต์ที่ใช้ลาด

ชนิดของยางแอสฟัลต์	อุณหภูมิที่ใช้ลาด	
	°C	°F
RC – 3000	120 – 160	250 – 310
RC – 800	100 – 120	210 – 250
RC – 250	80 – 110	180 – 235
RC – 5	130 – 150	265 – 300
RC – 4	115 – 130	240 – 265
RC – 3	105 – 115	220 – 240
RC – 2	80 – 105	8 – 220

7.2.1.2 หินย่อยหรือกรวดย่อย ต้องมีความแข็งแรงปราศจากฝุ่น ดิน หรือไม่มีวัชพืชเจือปน และจะต้องไม่มีขนาดบางหรือแบนมากเกินไป เมื่อเคลือบด้วยแอสฟัลต์แล้ว ภูน้ำจะต้องไม่หลุดออก หินย่อย หรือกรวดย่อยมีเปอร์เซ็นต์ของความสึกหรอไม่เกิน 35%

7.2.1.3 สารเคลือบผิวที่ใช้เคลือบวัสดุย่อย เพื่อในการเกาะยึดระหว่างหินกับแอสฟัลต์ให้ดียิ่งขึ้นต้องใช้สารบางชนิดช่วย

7.2.1.4 ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อยสำหรับผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์ (ดังแสดงใน ตารางที่ 7.2)

ตารางที่ 7.2 แสดงขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย

ขนาดที่ใช้	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักผ่านตะแกรง							
	1½”	1”	¾”	½”	3/8”	No.4	No.8	No.16
1”	100	90-100	0 - 45	0.10	0.5	-	0-2	0-0.5
¾”		100	90-100	0.30	0.8	-	0-2	0-0.5
½”			100	90-100	0.40	0-8	0-2	0-0.5
3/8”				100	90-100	0-30	0-8	0-2

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 3
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

7.2.1.5 การทำผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์ มี 2 แบบคือ

1) ผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์ชั้นเดียว (Single Surface Treatment) คือการลาดยางหนึ่งครั้งและโรยหินหนึ่งครั้ง การเลือกใช้หินให้ใช้หินย่อยหรือกรวดย่อยขนาด 1/2 " หรือ 3/8"

2) ผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์สองชั้น (Double Surface Treatment) คือการลาดยางสองครั้งและโรยหินสองครั้ง การเลือกใช้หินให้ใช้ได้เป็น 2 แบบคือ ชั้นแรกให้ใช้ขนาด 1" ชั้นที่สองให้ใช้ขนาด 1/2" หรือชั้นแรกให้ใช้ขนาด 3/4" ชั้นที่สองให้ใช้ขนาด 3/8" ปริมาณวัสดุที่ใช้โดยประมาณสำหรับงานลาดยางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์ ให้ใช้ตาม ตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 แสดงปริมาณวัสดุที่ใช้ลาดยาง

หินย่อยหรือกรวดย่อย ขนาดที่ใช้	ปริมาณของวัสดุที่ใช้โดยประมาณ	
	วัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อย กิโลกรัมต่อตารางเมตร	แอสฟัลท์ลิตร ตามตารางเมตร
1"	25 – 40	1.5 – 3.0
3/4 "	18 – 30	1.2 – 2.5
1/2 "	12 – 18	0.8 – 1.8
3/8 "	8 – 12	0.6 – 1.5

7.2.1.6 เครื่องจักรกลที่ใช้ในการก่อสร้างผิวแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์

1) เครื่องลาดยางแอสฟัลต์ ต้องควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามที่ กำหนดไว้ และควบคุมความเร็วของการลาด

2) เครื่องโรยหิน (Aggregate Spreader) สำหรับโรยหินให้ได้ สม่าเสมอตลอดความกว้างและความยาวของถนนตามปริมาณที่ต้องการ ความกว้างที่โรยหินต้องกว้างกว่าความกว้างของแอสฟัลต์ที่พ่นไว้แล้ว ห้ามเทหินจากระเบียงรถบรรทุกบนแอสฟัลต์ที่ลาดไว้แล้ว

3) รถบดล้อยาง ต้องเป็นชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self Propelled Pneumatic Tired Roller) ต้องมีความกว้างของการ บดอัดมากกว่า 1.51 เมตร และจะต้องมีความดันภายในของล้อยาง มากกว่า 2.81 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 4
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

7.2.1.7 ขั้นตอนการก่อสร้างผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์เมื่อได้เตรียมพื้นที่ๆ จะก่อสร้าง เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วให้ดำเนินการ ก่อสร้างดังต่อไปนี้

1) การก่อสร้างผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์ชั้นเดียว (Single Surface Treatment) คือการลาดยาง 1 ครั้งและโรยหินทับหน้า 1 ครั้ง และบดทับให้แน่นโดยดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) ใช้เครื่องลาดแอสฟัลต์ ลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้

(2) ทันทีที่ลาดแอสฟัลต์แล้วให้ใช้ เครื่องโรยหินโรยหินที่เตรียมไว้ ตามปริมาณที่ถูกต้องปิดทับหน้าด้วยแอสฟัลต์ ถ้าในพื้นที่บางส่วนไม่มีหินปิดทับหน้า ให้ใช้คนสาดหรือเกลี่ยช่วยโดยคว่นจันทันเรียงเม็ดติดกันแน่น

(3) ให้นำรถบดล้อยางบดอัดตามทันทีทิศทางการบดอัดต้องสวนทาง กับการโรยหิน และ การบดอัดอย่างน้อย 2 เที่ยว

(4) ใช้รถบดล้อเหล็ก บดทับเป็นครั้งสุดท้าย โดยบดให้เต็มหน้า 2 เที่ยว

(5) ปิดการจราจรไว้ให้นานที่สุด จนแน่ใจว่าผิวทางจับหินแน่นและแห้งดีแล้ว

ให้กวาดเก็บหินที่อาจจะเหลืออยู่อีกบนผิวออกทิ้งเสียให้หมด

2) ขั้นตอนการก่อสร้างผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์สองชั้น (Double Surface Treatment) คือการลาดยาง 2 ครั้งและโรยหินทับหน้า 2 ครั้งและบดทับให้แน่น

(1) สำหรับการลาดยางครั้งที่หนึ่ง และการโรยหินทับหน้าชั้นที่หนึ่ง ให้ทำเช่นเดียวกับการทำผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์ชั้นเดียว

(2) ภายหลังที่ลาดยางครั้งที่หนึ่ง และโรยทับหน้าชั้นที่หนึ่ง พร้อมทั้งบดทับเรียบร้อยแล้ว ให้ทิ้งผิวทางดังกล่าวจนกว่าแอสฟัลต์ จับหินแน่นก่อนที่จะลง ขั้นตอนไประยะเวลาที่ทิ้งไว้ดังนี้ สำหรับแอสฟัลต์ซีเมนต์ ให้ทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง สำหรับอิมัลซิไฟด์แอสฟัลต์ ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 ชั่วโมง สำหรับคัทแบคแอสฟัลต์ให้ทิ้งไว้อย่างน้อย 18 ชั่วโมง

(3) การลาดแอสฟัลต์ครั้งที่สอง ให้กวาดเศษหินที่เหลือค้างอยู่บนผิวทางชั้นที่หนึ่งออกให้หมด แล้วจึงลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ในอัตราที่กำหนด การลาดแอสฟัลต์ครั้งที่สองนี้ให้ รถลาดแอสฟัลต์ทำการวิ่งสวนทางกับการลาดครั้งแรก

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 5
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

(4) ทนที่ที่ลาดแอสฟัลต์ครั้งที่สอง ให้โรยหินชั้นที่สองทันทีด้วยเครื่องโรยหินตามวิธีการก่อสร้างโดยปฏิบัติเช่นเดียวกับการลาดยางครั้งที่หนึ่งและตลอดจนการบดทับ



รูปที่ 7.1 แสดงการทำความสะอาดพื้นทางก่อนการลาดแอสฟัลต์



รูปที่ 7.2 แสดงการเตรียมพื้นทางก่อนการลาดแอสฟัลต์



รูปที่ 7.3 แสดงการตรวจสอบความชื้นเหลวของแอสฟัลต์ก่อนลาด

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 6
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 7.4 แสดงการลาดยางครั้งแรก ด้วยเครื่องลาดยาง



รูปที่ 7.5 แสดงการโรยหินด้วยเครื่องโรยหิน



รูปที่ 7.6 แสดงการบดอัดด้วยเครื่องบดอัด

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 7
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

7.2.2 ผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete) เป็นผิวทางที่มีคุณภาพสูงสามารถรับน้ำหนักรถได้สูง มีผิวเรียบแน่น การผสมโดยการนำเอาหินที่มีคุณสมบัติตามที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ เฝ้าให้ร้อนในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 325 องศา (ฟ) ลงไปผสมกันให้สม่ำเสมอแล้วใส่รถบรรทุกไปเกลี่ยลงบนที่พ่น Prime Coat ไว้แล้วด้วยเครื่องปูลาดในขณะที่ยังร้อนอยู่ ขนาดของหินที่ใช้ ใหญ่สุดตั้งแต่ 1/2 นิ้ว (Coarse Aggregate) และหินฝุ่น (Fine Aggregate)



รูปที่ 7.7 แสดงผิวถนนเดิมก่อนทำผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีต



รูปที่ 7.8 แสดงการทำความสะอาดก่อนการพ่น Prime Coat

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 8
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 7.9 แสดงการพ่น Prime Coat ด้วยเครื่องพ่นยาง



รูปที่ 7.10 แสดงทำผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยเครื่องปูยาง



รูปที่ 7.11 แสดงการบดอัดทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยเครื่องบด

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 9
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	



รูปที่ 7.12 แสดงการตีเส้นจราจรเครื่องตีเส้น



รูปที่ 7.13 แสดงผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีต เมื่อตีเส้นจราจรแล้ว

7.3 การก่อสร้างผิวทางแบบคอนกรีต

งานก่อสร้างผิวทางแบบคอนกรีต หมายถึงการก่อสร้างผิวจราจรโดย ใช้คอนกรีตที่ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีส่วนผสมกับน้ำวัสดุชนิดเม็ดหนา (หิน) และวัสดุชนิดเม็ดละเอียด (ทราย)ตาม อัตราส่วนที่กำหนดไว้บนชั้นพื้นทาง หรือชั้นคันทางที่ได้เตรียมไว้แล้วโดยมีเหล็กเสริมอยู่ในตำแหน่งที่ ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 10
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

7.3.1 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผิวทางแบบคอนกรีต ใช้วัสดุดังต่อไปนี้

7.3.1.1 ปูนซีเมนต์ (Cement) ปูนซีเมนต์ ที่ใช้ต้องเป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มาตรฐานเลขที่ มอก.115 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นประเภท ดังต่อไปนี้

1) ประเภท 1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างทำคอนกรีตหรือ ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษ

2) ประเภท 3 ปูนซีเมนต์ที่ให้ความต้านแรงสูงเร็วในระยะแรก

3) ประเภท 5 ปูนซีเมนต์ที่ทนซัลเฟตสูงได้

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อื่นๆ ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่า โดยทั่วไปแล้ว ให้ใช้ปูนซีเมนต์ประเภท 1 ในงานก่อนสร้างผิวทางคอนกรีตและใช้ปูนซีเมนต์ประเภท 5 ในส่วนผสมคอนกรีตของส่วนที่ต้องป้องกันการกัดกร่อนของน้ำเค็ม ดินเค็ม หรือสภาวะแวดล้อมที่มีซัลเฟตสูง



ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
ประเภทที่ 1
อินทรีเพชร



ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
ประเภทที่ 3
อินทรีดำ



ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
ประเภทที่ 5
อินทรีฟ้า

รูปที่ 7.14 แสดงตัวอย่างยี่ห้อของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ผลิตได้มาตรฐาน มอก.15

7.3.1.2 น้ำ (water) น้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตและบ่มคอนกรีตต้องสะอาดปราศจากน้ำมัน กรดต่าง เกลือ น้ำตาล วัชพืช หรือสารอื่นใดซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อคอนกรีต หรือเหล็กเสริม น้ำที่นำมาใช้ต้องเป็นน้ำจากแหล่งเดียวกันและเมื่อทำการทดสอบ ตาม AASHTO T 26 : Quality of water to be used in concrete ต้องมีความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ในน้ำได้ไม่เกินกว่าที่กำหนด (ดังแสดงใน ตารางที่ 7.4)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 11
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

ตารางที่ 7.4 แสดงความเข้มข้นสูงสุดของสารละลายต่าง ๆ ในน้ำ

ประเภทคอนกรีต	ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำ (ppm.)		
	สารละลายอื่น ๆ	อนุมูลคลอไรด์	อนุมูลซัลเฟต
คอนกรีตล่วน	2000	2000	1500
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2000	1000	1000

วิธีการเลือกน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต แบบง่าย

- ความสะอาด** น้ำจะต้องไม่มีสิ่งเน่าเปื่อย ปฏิกูล หรือตะไคร่น้ำ
- สี** น้ำต้องใสถ้ามีสีแสดงว่ามีฝุ่นแขวนลอยต่าง ๆ มากมาย
- กลิ่น** น้ำจะต้องไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า ถ้ามีก็มักมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก
- รส** น้ำจะต้องไม่มีรส ถ้ามีรสกร่อยหรือเค็มแสดงว่ามีเกลือแร่อยู่มาก

7.3.1.3 สารผสมเพิ่มในคอนกรีต คือ สารเคมีที่ผสมเพิ่มกำลังอัดสำหรับคอนกรีต มีมาตรฐานเลขที่ มอก. 773 ส่วนประกอบของสารผสมเพิ่มจะต้องไม่มีสารเคมีในปริมาณที่อาจจะเป็นอันตรายต่อเหล็กเสริมและปูนซีเมนต์

ข้อมูลจำเพาะของสารผสมเพิ่ม อย่างน้อยต้องมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) ชนิดของสารผสมเพิ่มชื่อและองค์ประกอบทางเคมีเครื่องหมาย การค้า และโรงงานผู้ผลิต
- 2) ปริมาณ วิธีการใช้ และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง
- 3) ปริมาณของอนุมูลคลอไรด์ ในสารผสมเพิ่ม
- 4) ปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น ในคอนกรีตเมื่อใช้สารผสมเพิ่ม

7.3.1.4 มวลรวมละเอียด (ทราย) มวลรวมละเอียดรวมละเอียดต่อประกอบด้วย เม็ดทรายธรรมชาติหรือ อนุภาคของหิน ที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม หรือเหลี่ยม ไม่แบน เป็นเกล็ดมีผิวหยาบ และเม็ดแข็ง ทนทาน สะอาด ปราศจากฝุ่นผงเคลือบหากมิได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลรวมละเอียดที่ใช้ควรต้องมีคุณสมบัติต่อไปนี้

- 1) ต้องไม่มี ดิน ถ้าผ่าน สารอินทรีย์ต่างๆ ต่าง สารอินทรีย์ หรือสิ่งปลอมปนอื่นใด ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลอันไม่พึงประสงค์กับคอนกรีต หรือเหล็กเสริมได้เกินกว่าที่กำหนด (ดังแสดงในตารางที่ 8.5)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 12
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

2) มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เมื่อทดลองตามมาตรฐาน “ วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม ” โดยใช้โซเดียม ซัลเฟต จำนวน 5 รอบแล้ว ไม่เกินร้อยละ 9

3) สะอาด ปราศจากอินทรีย์วัตถุเจือปนในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อคอนกรีต

4) มีขนาดคละ เมื่อทดลองตามมาตรฐาน “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง”

ตารางที่ 7.5 แสดงปริมาณสูงสุดของสิ่งปลอมปนในมวลรวมละเอียด

สิ่งปลอมปนในมวลรวมละเอียด	ร้อยละโดยมวล
ก้อนดินและเศษผง	1.0
ถ่านและถ่านหิน	1.0
มวลรวมที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มม. (เบอร์ 200)	3.0
เกลือคลอไรด์	0.1

ตารางที่ 7.6 แสดงขนาดคละของมวลรวมละเอียดสำหรับงานผิวคอนกรีต

ขนาดตะแกรง		ปริมาณผ่านตะแกรง (ร้อยละโดยมวล)
มิลลิเมตร	(นิ้ว)	
9.5	(3/8)	100
4.75	(เบอร์ 4)	95 – 100
1.18	(เบอร์ 16)	45 – 85
0.300	(เบอร์ 50)	5 – 30
0.150	(เบอร์ 100)	0 – 10

7.3.1.5 มวลรวมหยาบ (หิน, กรวด) คือมวลรวมหยาบที่ใช้ผสมคอนกรีต ต้องเป็นหินย่อย กรวด หรือกรวดย่อย ที่มีลักษณะเป็นก้อนเหลี่ยม หรือกลมมีเนื้อแข็ง เหนียว ไม่ฝุ่น ไม่มีลักษณะแบนหรือ ยาวมากเกินไป สะอาด ไม่มีฝุ่น หรือวัชพืชเจือปน มวลรวมหยาบที่ใช้ผสมคอนกรีตควรมี คุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

1) มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน “วิธีการทดลองหาความสึกหรอ ของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 40

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 13
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

2) ไม่หยาบพรุน โดยที่เมื่อผ่านการทดลองแช่น้ำไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้ว น้ำหนักของมวลรวมนั้น จะต้องไม่เพิ่มขึ้นจากเดิมเกินกว่าร้อยละ 10

3) มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เมื่อทดลองตามมาตรฐาน “วิธีการ ทดลองหา ค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม” โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบแล้วไม่เกิน ร้อยละ 90 ต้องไม่มีวัสดุอื่นใดเจือปนอยู่เกินกว่าปริมาณที่กำหนดไว้ (ดังแสดงใน ตารางที่ 7.7) มีขนาดคละ เมื่อ ทดสอบตามมาตรฐาน “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบ ไม่ล้าง” เป็นไปตามตาราง ที่ 7.6

4) ห้ามกองมวลรวมหยาบกีดขวางการจราจร และมีวัสดุอื่นมาปะปน หากมีต้อง ล้างให้สะอาดก่อนนำมาใช้งาน

ตารางที่ 7.7 แสดงปริมาณสูงสุดของวัสดุไม่พึงประสงค์ในมวลรวม

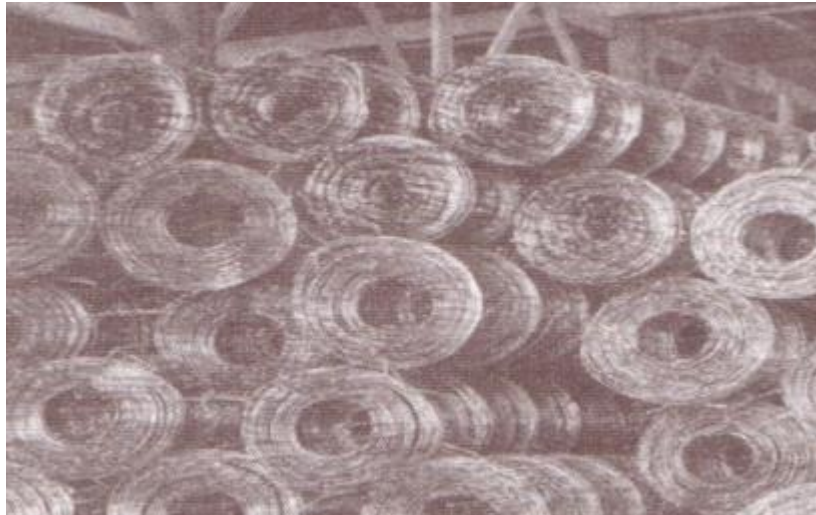
วัสดุไม่พึงประสงค์	ร้อยละโดยมวล
ก้อนดินและสะเก็ดวัสดุอ่อนที่แตกง่าย	2.0
ถ่านและถ่านหิน	0.5
มวลรวมที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มม. (เบอร์ 200)	
อนุภาคดิน	1.0
อนุภาคหิน	1.5
เกลือคลอไรด์	0.05

7.3.1.6 เหล็กเสริม จะต้องเป็นตะแกรงลวดเหล็กกล้า หรือตะแกรงเหล็กเส้น สำเร็จและ จะต้องมีเหล็กเดี่ยว เหล็กยึด ตะแกรงลวดเหล็กกล้าหรือตะแกรงเหล็กเส้น จะต้องอยู่ห่างจากขอบของ แผงคอนกรีตทุกด้านไม่เกิน 5 เซนติเมตร ตามมาตรฐานกรมทางหลวง

ข้อกำหนดของเหล็กเสริม ที่ใช้ในงานผิวจราจรแบบคอนกรีต

1) ตะแกรงลวดเหล็กกล้า (Wire mesh) ตะแกรงลวดเหล็กกล้าจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 737 ลวดเหล็กกล้าดัดเย็น เสริมคอนกรีต ตาม มาตรฐาน มอก. และขนาดของลวดที่เล็กที่สุดที่จะนำมาใช้ได้จะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางระบุ 3.15 มิลลิเมตรและพื้นที่หน้าตัดระบุที่ 7.74 ตารางมิลลิเมตร ความยาวของการทาบ เหลื่อมไม่ น้อย กว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง ของเส้นลวด

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 14
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 7.15 แสดงตะแกรงลวดเหล็กกล้า (wire mesh)

2) ตะแกรงเหล็กกล้า (เหล็กเส้น) เหล็กเส้นที่ใช้ทำตะแกรงเหล็กเส้นจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นกลมมาตรฐานเลขที่ มอก. 20 หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กข้ออ้อย มาตรฐานเลขที่ มอก. 24 มีขนาดและระยะเรียงตามที่แสดงไว้ในแบบ



รูปที่ 7.16 แสดงตะแกรงเหล็กกล้า (เหล็กเส้น)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 15
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

3) เหล็กเดือย (Dowel Bar) เหล็กเดือยต้องเป็นเส้นกลมที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นกลม มาตรฐานที่ 20 มีผิวเรียบ ปราศจากครีบ บั้ง หรือส่วนคดงออื่น ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการยึดติดในคอนกรีต ก่อนที่จะนำมาใช้งาน ครึ่งหนึ่ง ของความยาวเหล็กเดือยแต่ละท่อน จะต้องทาด้วยแอสฟัลต์หรือจะใช้สีน้ำมันทาจนทั่วแล้วทาทับด้วยจาระบีอีกชั้นหนึ่งก็ได้



รูปที่ 7.17 แสดงเหล็กเดือย (Dowel Bar)

4) เหล็กยึด (Tie Bar) เหล็กยึดต้องเป็นเหล็กข้ออ้อยที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กข้ออ้อย มาตรฐานที่ มอก. 24

7.3.1.7 ปลอกเหล็กเดือย ปลอกเหล็กเดือยจะต้องเป็นโลหะหรือวัสดุสังเคราะห์ ที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนจะนำไปใช้งาน ปลอกเหล็กเดือย จะต้องออกแบบให้สวมเหล็กเดือยเข้าไปได้ลึกไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ปลายข้างหนึ่งปิด และยึดปลอกให้มีช่องว่างภายในจากปลอกเหล็กเดือยที่สวมไว้ถึงปลายปลอกเหล็กเดือยข้างที่ปิดเป็นระยะเท่ากับความกว้างของรอยต่อ หรืออย่างน้อย 25 มิลลิเมตร ปลอกเหล็กเดือยจะต้องเป็นแบบที่ไม่โก่งหรือชำรุดเสียหายในระหว่างการก่อสร้าง การจัดวางจะต้องเป็นไปตามที่กำหนด หนาไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร.

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 16
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	



รูปที่ 7.18 แสดงปลอกเหล็กเดี่ยว (Dowel Bar)

7.3.1.8 วัสดุสำหรับใส่รอยต่อ

1) วัสดุอุดรอยต่อ (Joint Filler) วัสดุที่ใช้อุดรอยต่อเพื่อขยายจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ข้อกำหนดของวัสดุสำเร็จรูปอุดรอยต่อเพื่อขยายสำหรับงานคอนกรีตชนิดไม่ปลิ้นและยึดหยุ่นมีแอสฟัลต์เป็นส่วนประกอบและจะต้องเจาะรูให้สอดเหล็กเดี่ยวได้วัสดุอุดรอยต่อแต่ละรอยจะต้องเป็นแผ่นเดียวตลอดมีความยาวและความลึกตามที่ระบุไว้ในแบบ เว้นแต่นายช่างผู้ควบคุมงานจะอนุญาตเป็นอย่างอื่น ในกรณีที่ได้รับอนุญาตให้ใช้วัสดุอุดรอยต่อมากกว่า 1 แผ่นในรอบต่อเดียวกันจะต้องเป็นปลายที่ต่อกันให้แน่นสนิทหรือทำให้ต่อกันแน่นโดยวิธีการอื่นใดที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2) วัสดุยาแนวรอยต่อ (Concrete Joint Sealer) วัสดุยาแนวรอยต่อต้องเป็นชนิดเทร้อน (Hot Poured Elastic Type) มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วัสดุยาแนวรอยต่อคอนกรีตแบบยึดหยุ่นชนิดเทร้อนมาตรฐานเลขที่ มอก. 479 และได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน

7.3.1.9 วัสดุที่ใช้ในการบ่มคอนกรีต ที่นิยมใช้กันมีดังนี้

1) กระสอบ กระสอบที่นำมาใช้ต้องทำมาจากป่านหรือปอ และในขณะที่จะนำมาใช้จะต้องอยู่ในสภาพดีไม่เปรอะเปื้อนดินโคลนหรือวัสดุอื่นใดซึ่งจะทำให้กระสอบนั้นดูดซึมน้ำไม่ดีไม่ประกอบด้วยวัสดุที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต เมื่อจุ่มหรือราดน้ำสามารถดูดน้ำได้ดี

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 17
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

2) สารเหลวบ่มคอนกรีต (Liquid Membrane-forming Compound) สารเหลวบ่มคอนกรีตจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สารเหลวบ่มคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 841

3) แผ่นพลาสติกใส

7.3.2 แบบหล่อคอนกรีต แบบหล่อที่ใช้ต้องมีขอบตรงทำด้วยโลหะที่มีความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร ยกเว้นแบบหล่อที่ใช้ในแนวโค้ง อาจทำด้วยวัสดุอย่างอื่น แบบหล่อต้องมีความสูงมากพอที่จะทำให้ความหนาของผิวคอนกรีตได้ตามที่กำหนดไว้ในแบบ แบบโลหะแต่ละท่อนต้องยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร การปรับระดับสำหรับร่องที่เกิดจากการหมุนแบบหากจะอุดเพื่อป้องกันคอนกรีตไหลออกให้ใช้มอร์ตาร์หรือทรายผสมคอนกรีตจะต้องทำให้รัดกุม แข็งแรง และจะต้องแน่ใจว่าจะไม่เกิดการรั่วไหลของคอนกรีตออกนอกแบบ ในขณะที่เทคอนกรีตได้โดยเด็ดขาด หลังจากเทคอนกรีตแล้วแบบจะต้องคงไว้ตามระยะเวลาที่เหมาะสม



รูปที่ 7.19 แสดงการตั้งแบบหล่อเหล็กสำหรับถนนคอนกรีต

7.3.3 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง ผิวทางแบบคอนกรีต มีขั้นตอนดังนี้

7.3.3.1 การเตรียมชั้นรองใต้ผิวทางคอนกรีต ก่อนการตั้งแบบเพื่อเทคอนกรีตจะต้องเกลี่ยแต่งปรับระดับ และบดอัดให้ได้แนวความลาดถูกต้อง ตามแบบ แต่งคันทางส่วนที่กว้างเลยจากขอบบริเวณที่จะเทคอนกรีตออกไประยะไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร โดยทั่วไปให้เตรียมพื้นที่เพื่อตั้งแบบที่จะเทคอนกรีตให้ได้ระยะทางอย่างน้อย 50 เมตร ล่วงหน้าไปจากจุดที่กำลังเทคอนกรีต จากนั้นรดน้ำให้ชุ่มตลอดเวลาเพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำจากคอนกรีตในขณะที่เทลงแบบ หรืออาจใช้แผ่นพลาสติกปูทับพื้นทางแทนก็ได้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการรดน้ำให้รอยต่อของแผ่นพลาสติกทับเหลื่อมกันไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 18
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 7.20 แสดงการเตรียมแบบหล่อเหล็กสำหรับถนนคอนกรีต



รูปที่ 7.21 แสดงการตั้งแบบที่จะเทคอนกรีตให้ได้ระยะทางอย่างน้อย 50 เมตร



รูปที่ 7.22 แสดงการปูแผ่นพลาสติกตรงรอยต่อของแผ่นคอนกรีต

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 19
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

7.3.3.2 การตั้งแบบทำถนนผิวทางแบบคอนกรีต มีขั้นตอนดังนี้

1) ฐานรองรับแบบ ชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตจะต้องมีความแข็งแรง เมื่อตอกหมุดยึดแบบแล้ว หรือเมื่อวางแผ่นรองรับแบบแล้วจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรงไม่เกิดการขยับตัวและเมื่อลงชั้นทรายรองคอนกรีตแล้ว ขอบแบบจะต้องจมลงไปชั้นทราย อย่างน้อย 2 เซนติเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตไหลออกไปนอกแบบ ชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต ในแนวที่ตั้งแบบตอนใดตำแหน่งใดเกินไปก็ให้ลงวัสดุเสริมขึ้นเป็นชั้นๆ จนได้ระดับต่ำกว่าแบบไม่เกิน 1 เซนติเมตร

2) การตั้งแบบ ก่อนเริ่มเทคอนกรีต แต่ละวันจะต้องตั้งแบบให้เสร็จเรียบร้อย ไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของที่จะเทคอนกรีตได้ในวันนั้นๆ ในแต่ละวัน เมื่อถึงเวลาที่จะเริ่มเทคอนกรีต

3) การตอกยึดแบบ แบบจะต้องยึดแน่นให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยใช้หมุดไม่น้อยกว่า 3 ตัว ต่อความยาว 3 เมตร ปลายทุกปลายของแบบแต่ละท่อนให้ตอกหมุดยึดให้แน่น ต้องยึดแบบให้แน่นไม่เคลื่อนที่ หรือเลื่อนหลุดแนวของแบบไม่ว่าที่จุดใดก็ตามจะคลาดเคลื่อนจากแนวที่กำหนดได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร ให้ทำความสะอาดแบบและทาน้ำมันที่แบบก่อนเทคอนกรีต

4) การหาระดับและแนว ให้ตรวจสอบระดับและแนวของแบบที่ตั้งไว้ทุก ระยะ 2 เมตร หรือทุกรอยต่อปลายแบบเหล็กหรืออาจทำการ ตรวจสอบระดับได้โดยทดลองให้เครื่องปูและเครื่องแต่งผิวคอนกรีตผ่านไปบนแบบ ถ้าปรากฏว่าแบบที่ตั้งไว้หรือฐานรองรับแบบ ไม่มั่นคงแข็งแรงก็ให้ทำการแก้ไขและตรวจสอบให้เรียบร้อยภายหลังจากที่เครื่องปู และเครื่องแต่งผิวคอนกรีตผ่านไปบนแบบ แล้วขอบบนของแบบเมื่อวัดสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร คร่อมรอยต่อของแบบตอนใดก็ตามระดับจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และแนวจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร จากที่ได้ระบุไว้



รูปที่ 7.23 แสดงการตั้งแบบและปรับระดับ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 20
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	



รูปที่ 7.24 แสดงการตบแบบและปรับระดับทรายรองฐานแบบ



รูปที่ 7.25 แสดงการบอัดด้วยเครื่องบดอัดแบบเดินตาม



รูปที่ 7.26 แสดงการปรับผิวหน้าคอนกรีต

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 21
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

7.3.3.3 หลักเกณฑ์การผสมคอนกรีต และการเทคอนกรีต ของถนนคอนกรีตเกณฑ์การกำหนดในการผสมและเทคอนกรีต ห้ามผสม ห้ามเท และ ตบแต่งคอนกรีต หากไม่มีแสงสว่างตามธรรมชาติเพียงพอ ในกรณีดังกล่าวถ้ามีความประสงค์จะผสม เท และตบแต่งคอนกรีตจะต้อง จัดให้มีแสงสว่างมากพอในขณะปฏิบัติงาน การผสมคอนกรีตให้ผสมให้มีปริมาณมากพอที่จะใช้ในการเทแต่ละครั้ง ในการผสมคอนกรีตให้ได้ความชื้นเหลวตามที่ต้องการ การเทคอนกรีตในช่วงฤดูฝน จะต้องเตรียมอุปกรณ์สำหรับป้องกันน้ำฝนและจะต้องอยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งานได้ทันที ในกรณีที่เกิดฝนตกกะทันหันระหว่างเท หรือตบแต่งคอนกรีตเรียบร้อยแล้ว แต่คอนกรีตยังไม่แข็งตัวให้รีบดำเนินการทำรอยต่อก่อสร้างตามขวางเพื่อหยุดงานเทคอนกรีต

7.3.3.4 การผสมคอนกรีต

1) การผสมคอนกรีตที่หน้างาน สำหรับคอนกรีตซึ่งผสมที่หน้างาน เครื่องผสมต้องอยู่นอกช่องทาง ถ้ามีการใช้สารผสมรวมทั้งปริมาณที่จะใช้จะต้องเดินเครื่องให้ไม่ผสมหมุนด้วยความเร็ว ระหว่าง 14 – 20 รอบต่อนาที การปล่อยวัสดุผสมต่าง ๆ ลงในโม้ จะต้องเปิดให้น้ำ บางส่วนลงไปในโม้ก่อนเทวัสดุหิน กรวด หยาบและปูนซีเมนต์จากถังหรือภาชนะบรรจุ และน้ำจะต้องไหลลงติดต่อกันไป หลังจากทีปล่อยวัสดุหิน กรวด หยาบ และปูนซีเมนต์ลงในโม้แล้ว อย่างน้อย 5 วินาที ระยะเวลาผสมให้เริ่มนับหลังจากใส่วัสดุส่วนผสมต่าง ๆ นอกจากน้ำลงในโม้หมดแล้ว เครื่องผสมที่มีขนาดความจุผสมไม่มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลา ผสมจะต้องไม่น้อยกว่า 50 วินาที และไม่มากกว่า 70 วินาที สำหรับเครื่องผสมที่มีขนาดความจุผสมมากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ถ้าเครื่องผสม เป็นแบบโม้คู่ ระยะเวลาที่เหลื่อมกันระหว่างโม้ไม่นับรวมเป็นระยะเวลาผสมให้เทคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้ว ออกจากโม้แต่ละโม้ให้หมดก่อนที่จะใส่วัสดุส่วนผสมสำหรับโม้ต่อไป คอนกรีตที่ผสมไม่ถึงระยะเวลาผสมอย่างต่ำที่กำหนดห้ามนำมาใช้งานปริมาณคอนกรีตที่ผสมในแต่ละโม้ จะต้องไม่มากกว่าขนาดความจุ ซึ่งเครื่องผสมนั้นผสมได้ตามที่ระบุไว้บนแผ่นป้ายรับรองขนาดความจุของบริษัทผู้ผลิตซึ่งติดอยู่ที่เครื่องผสม แต่ก็อาจได้รับอนุญาตให้ผสมได้ เกินอีกร้อยละ 10 ของขนาดความจุดังกล่าว ถ้าหากผสมเกินแล้วผลการทดสอบความต้านแรงของแท่งคอนกรีตและความชื้นเหลวของคอนกรีตจะต้องสม่ำเสมอ และเป็นไปตามข้อกำหนด อีกทั้งคอนกรีตจะต้องไม่แยกตัว และไม่ล้นออกจากโม้ คอนกรีตที่ได้รับความชื้นเหลวไม่ถูกต้องตามที่กำหนดขณะที่จะเทห้มนำมาใช้งานอีก

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 22
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

2) การผสมโดยรถผสมคอนกรีตอาจจะใช้รถผสมคอนกรีต ทำการผสมให้แล้วเสร็จที่โรงผสม แล้วใช้รถผสมนั้นขนคอนกรีตจนแล้วเสร็จให้ผสมคอนกรีตแต่ละโม้ โดยระหว่างการขนส่งให้กวนคอนกรีตไปด้วย หรืออาจจะใช้รถผสมคอนกรีตให้แล้วเสร็จที่หน้างานก็ได้ถึงผสมคอนกรีตอาจเป็นแบบโม้หมุนแบบใบมีด หรือแบบใบพายหมุนกวนคอนกรีตก็ได้ระยะเวลาการผสมคอนกรีต ให้กำหนดจากจำนวนรอบหมุนของโม้ผสม ในกรณีที่ใช้รถผสมคอนกรีต เมื่อผสมคอนกรีตจนแล้วเสร็จให้ผสมคอนกรีตแต่ละโม้ โดยให้โม้หรือใบมีดหมุนไม่น้อยกว่า 70 รอบและไม่น้อยกว่า 100 รอบ โดยหมุนด้วยอัตราความเร็วในการผสมซึ่งผู้ผลิตโม้หมุนได้ระบุไว้บนแผ่นป้ายโลหะ ในการผสมคอนกรีตแต่ละครั้ง ถ้าปริมาณจากการผสมคอนกรีตในแต่ละโม้ลดลงมากกว่า 0.4 ลูกบาศก์เมตร จากปริมาณผู้ผลิตได้ระบุไว้บนแผ่นป้ายโลหะ ก็อาจลดจำนวนรอบในการผสมลงได้ แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 50 รอบ จำนวนรอบในการผสมที่เกิน 100 รอบ ให้ใช้อัตราความเร็วเท่ากับอัตราความเร็วในการกวนคอนกรีต การนับจำนวนรอบของโม้หรือใบมีดในโม้ให้ใช้เครื่องนับรอบ และให้เริ่มนับจำนวนรอบ เมื่อใส่วัสดุทั้งหมด รวมทั้งน้ำลงในโม้ผสมเสร็จแล้วในกรณีที่จะใช้น้ำล้างโม้เป็นส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมคอนกรีตในโม้ต่อไปก็ต้อง

ว ั ด ป ร ิ ม า ณ ข อ ง น ้ า น ้ น ไ ห้ ถู ก ต ้ อ ง แ น ' น อ น



รูปที่ 7.27 แสดงโรงผสมคอนกรีต

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 23
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

7.3.3.5 การขนส่งคอนกรีต การขนส่งคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้ว ออกจาก โรงผสมไปถึง หน่วยงานให้ใช้รถบรรทุกที่มีเครื่องกวนคอนกรีต การขนส่งคอนกรีตนั้นจะต้องดำเนินการให้เทคอนกรีต ติดต่อกันได้ตลอดเวลาเว้นแต่จะมีเหตุขัดข้องการเทเท่านั้นในขณะเทคอนกรีตถ้าจำเป็นต้องหยุดรอ จะต้องไม่นานจนทำให้คอนกรีตที่เทเริ่มแข็งตัวก่อนระยะเวลา 30 นาที ในการทดสอบความสม่ำเสมอของ คอนกรีตที่ขนส่งมาแต่ละเที่ยวให้ทำการทดสอบความยุบตัวของคอนกรีตโดยกำหนดการตามมาตรฐาน “ วิธีการทดสอบหาความยุบตัวของคอนกรีต ” ถ้าความยุบตัวของตัวอย่างคอนกรีตจากส่วนหนึ่งในสี่ส่วน แตกต่างจากส่วนที่เหลืออีกสามส่วนตามวิธีแบ่งสี่ของคอนกรีตที่ขนส่งแต่ละเที่ยวไม่มากกว่า 20 มิลลิเมตร และอยู่พิถีพิถันตามที่กำหนดไว้ ก็ให้ถือว่าความสม่ำเสมอของคอนกรีตนั้น ใช้ได้ (ดังแสดงใน รูปที่ 7.28) รถบรรทุกชนิดมี เครื่อง กวนคอนกรีตความเร็วในการกวนคอนกรีต ต้องไม่น้อย กว่า 2 รอบ ต่อนาที และ ไม่มากกว่า 6 รอบต่อนาที ปริมาณของคอนกรีตที่ใส่ลงไปในโมของรถบรรทุกต้องไม่เกินอัตราที่โรงงาน ผู้ผลิตกำหนดไว้ ซึ่งต้องไม่มากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณความจุของมโนั้น และต้องมีรายการแสดง ปริมาณของมโ่กวนคอนกรีตเป็นลูกบาศก์ ซึ่งออกโดยโรงงานผู้ผลิตไว้ด้วยเมื่อได้รับความเห็นชอบจากนาย ข่างผู้ควบคุมงานก็อาจใช้รถบรรทุกซึ่งมีที่ผสมคอนกรีตชนิดใช้ใบมีดกวนแทนรถบรรทุกชนิดไม่มีมโ่หมุน ในการขนส่งคอนกรีตจากโรงผสมได้ โดยที่คอนกรีตนั้นยังอยู่ในสภาพที่ผสมเข้ากันดีมีเนื้อคอนกรีต สม่ำเสมอ และสามารถเทออกได้สะดวก การเทคอนกรีตออกจากถังบรรจุที่ขนส่งมาจะต้องให้แล้วเสร็จ ภายใน 30 นาที



รูปที่ 7.28 แสดงรถขนส่งคอนกรีต

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 24
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 7.29 แสดงการทดสอบค่าความชื้นเหลวของคอนกรีตโดยวิธี Slump Test

7.3.3.6 การเทคอนกรีตในขณะที่ทำการเทคอนกรีต จะต้องควบคุมงานควบคุมการปฏิบัติงานอย่างใกล้ชิดทุกขั้นตอน จนกว่าจะสิ้นสุดการเทคอนกรีตในแต่ละช่วงให้เทคอนกรีตลงบนชั้นทางที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้วนั้นห้ามเทคอนกรีตในบริเวณรอบโครงสร้างสาธารณูปโภคอื่น ๆ เช่น บ่อพัก เป็นต้น จนกว่าจะปรับแนวระดับของโครงสร้างนั้น ๆ ให้ถูกต้องตามที่กำหนดและวัสดุอุดรอยต่อรอบโครงสร้างนั้นๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วเสียก่อนในกรณีที่ไม่ได้เทคอนกรีตจากรถผสมคอนกรีต รถกวนคอนกรีต หรือเครื่องมืออื่นใดที่ใช้ขนและเทคอนกรีต ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้วว่าจะต้องมีอุปกรณ์ที่จะช่วยให้เทคอนกรีตออกได้โดยเกิดการแยกตัวแล้ว ก็ให้เทคอนกรีตที่ขนมาลงในถัง ซึ่งยกหรือเลื่อนไปเทลงบนชั้นทางได้ โดยที่จะไม่ทำให้คอนกรีตนั้นแยกตัวหรืออัดแน่นเสียก่อนหากจำเป็นต้องเทคอนกรีตเสริมเหล็กเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างจะต้องอัดแต่งให้ได้ระดับที่จะวางเหล็ก หรือระดับที่ได้กำหนดไว้ในแบบ และคอนกรีตจะต้องมีผิวหน้าที่มีเม็ดหินโผล่ขรุขระที่ยึดติดกับคอนกรีตที่เททับชั้นบนให้วางเหล็กเสริมลงบนพื้นคอนกรีตชั้นล่างแล้วรีบเทคอนกรีตชั้นบนก่อนที่คอนกรีตชั้นล่างจะเริ่มแข็งตัว แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกิน 30 นาที ในระหว่างการเทคอนกรีตชั้นบนจะต้องป้องกันไม่ให้เหล็กเสริมเคลื่อนที่ ผู้รับจ้างจะต้องแสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลอง ให้นายช่างผู้ควบคุมงานตรวจสอบและอนุญาต

ก่อน หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาคอนกรีตชั้นบนและชั้นล่างไม่ยึดติดเป็นเนื้อเดียวกันหรือตำแหน่งของเหล็กเสริมไม่เป็นไปตามที่กำหนด

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 25
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

นายช่างผู้ควบคุมงาน อาจพิจารณาระบบการเทคอนกรีต 2 ชั้น ในกรณีที่เทคอนกรีตชั้นเดียว ถ้าวางเหล็กเสริมไว้ในตำแหน่งและระดับเรียบร้อยและจะต้องจัดเตรียมแท่งคอนกรีตหรือเหล็กขาหยั่ง เพื่อหนุนเหล็กเสริมไม่ให้แอ่นตัวตลอดแผงของเหล็กเสริม และต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน ก่อนแท่งคอนกรีตที่ใช้หนุนแผงเหล็กเสริมจะต้องมีความต้านแรงเป็นไปตามที่กำหนดเมื่อเทคอนกรีตลงไปแล้ว ห้ามใช้เครื่องสั่นสะเทือนในการทะลาน ในการเกลี่ยแต่งคอนกรีตให้ใช้เครื่องเกลี่ยตาม

ประเภทและแบบที่ได้รับความเห็นชอบแล้วเว้นแต่นายช่างผู้ควบคุมงานหรือใช้แรงงานคนเกลี่ย (ดังแสดงในรูปที่ 7.32) ให้เกลี่ยคอนกรีตที่เทแล้วให้แผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเมื่อทำให้ยุบตัวและแต่งเสร็จแล้วจะได้ความหนาไม่น้อยกว่าที่กำหนดโดยที่ไม่มีผิวตอนใดต่ำกว่าระดับที่ต้องการ การนำคอนกรีตมาปรับแต่งเพิ่มเติมให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้จะใช้คนเกลี่ยแต่งคอนกรีตที่รอบต่อโดยใช้พลั่วก็ได้ แต่ห้ามใช้คราด และห้ามเดินบนคอนกรีตที่เทเสร็จใหม่ๆ การเทคอนกรีตระหว่างรอยต่อตามขวาง 2 รอยจะต้องเทติดกันโดยตลอด เส้นแต่ในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน การเทคอนกรีตจะต้องเทให้ต่อเนื่องกันตลอดเวลาในระหว่างการเทคอนกรีตถ้าต้องหยุดรอคอนกรีตนานเกิน 30 นาที นายช่างผู้ควบคุมงานจะสั่งหยุดงานและสั่งทำรอยต่อก่อสร้างตามขวางโดยที่ผู้รับจ้างต้องเสียค่าใช้จ่ายเองจะต้องทำให้คอนกรีตยุบตัวมีเนื้อแน่น และเต็มตลอดผิวหน้าของแบบหล่อ โดยใช้เครื่องสั่นสะเทือนกดลงในคอนกรีต ห้ามกดเครื่องสั่นสะเทือนที่ส่วนต่าง ๆ ของรอยต่อที่ขึ้นทางใต้คอนกรีตหรือที่แบบหล่อและไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้นห้ามใช้เครื่องสั่นสะเทือนกด ณ ที่หนึ่งที่ใดนานเกิน 30 วินาที



รูปที่ 7.30 แสดงการเทคอนกรีตชั้นเดียว (วางเหล็กก่อน)

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 26
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไฉ่ งานขยัน	



รูปที่ 7.31 แสดงการวางเหล็กตะแกรงของถนนคอนกรีต (วางเหล็กที่หลัง)

ในกรณีที่จะต้องเทคอนกรีตต่อจากแผ่นคอนกรีตที่ได้ก่อสร้างไว้เดิม ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการต่าง ๆ ที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่าจำเป็นให้ได้รอยต่อที่ตีรวมทั้งการทำการเจาะสอดเหล็กเดือยและยึดเข้าไปในแผ่นคอนกรีตที่ได้สร้างไว้เดิม รวมทั้งการอุดรูรอบเหล็กเหล่านี้นั้นถ้าปรากฏว่ามีคอนกรีตตกหล่นอยู่บนผิวคอนกรีตที่เทเสร็จแล้ว หรือคอนกรีตที่กำลังเทใหม่ล้นเข้าไปในคอนกรีตเก่าผู้รับจ้างจะต้องรีบเอาออกทันที ด้วยวิธีซึ่งนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควรให้เทคอนกรีต ไกล่รอยต่อเพื่อขยายและรอยต่อเพื่อหดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้แต่อย่าให้กระทบกระเทือนรอบต่อนั้น ๆ ห้ามเทคอนกรีตจากถังลงบนส่วนประกอบ



รูปที่ 7.32 แสดงการเกลี่ยคอนกรีตที่เทแล้วให้แผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอ

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 27
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไพไล งานขยัน	

บริเวณรอยต่อเพื่อขยายและรอยต่อเพื่อหดทุกแห่ง ยกเว้นที่บริเวณรอยต่อกับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วหรือแบบหล่อ ให้ตัดคอนกรีตโดยให้ยื่นผนังสองข้างของรอยต่อไปพร้อมๆกันเพื่อให้แรงดันของคอนกรีตทั้งสองด้านเท่ากัน และจะต้องใส่คอนกรีตให้สูงกว่าความลึกของรอยต่อประมาณ 50 มิลลิเมตร แล้วทำให้คอนกรีตยุบตัวแน่น ไม่เป็นรูพรุนหรือมีฟองอากาศ โดยใช้เครื่องสั่นสะเทือนให้กดเครื่องสั่นสะเทือนลงในคอนกรีต และทำติดต่อกันไปตลอดความยาวของรอยต่อทั้งสองข้าง



รูปที่ 7.33 แสดงการใช้เครื่องสั่นสะเทือนกดลงในคอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตยุบตัวมีเนื้อแน่นและเต็มตลอดผิวหน้าของแบบหล่อ

7.3.3.7 การอัดแต่งครั้งแรกและการวางเหล็กเสริม

1) การอัดแต่งคอนกรีตสองชั้น จะต้องอัดแต่งคอนกรีตชั้นล่างตลอดเวลาความกว้างให้ได้รูปตัดหลังทางและต่ำกว่าระดับผิวทางตามที่กำหนดเมื่อสร้างเสร็จเพื่อวางเหล็กเสริม และเพื่อเทคอนกรีตชั้นบนให้ได้ความหนาที่ต้องการ การอัดแต่งนี้ให้ใช้เครื่องอัดแต่งคอนกรีต หรือยินยอมให้อัดแต่งโดยใช้แรงคนเฉพาะบางแห่ง เช่น ตอนที่ความกว้างเปลี่ยน หรือในกรณีฉุกเฉิน ให้วางตะแกรงลวดเหล็กหรือตะแกรงเหล็กเส้นลงบนผิวหน้าของคอนกรีตชั้นล่างโดยให้มีระยะห่างจากขอบแผ่นคอนกรีตเท่าๆ กัน ตะแกรงลวดเหล็กหรือตะแกรงเหล็กเส้นที่วางต่อกัน จะต้องให้เหลื่อมทับกันตามที่กำหนดไว้ ปลายเหล็กจะต้องอยู่ห่างจากรอยต่อเพื่อขยายตามขวางหรือรอยต่อเพื่อหดไม่เกิน 50 มิลลิเมตรและจะต้องไม่ยื่นล้ำรอยต่อนั้นๆ ออกไปตรงรอยต่อของตะแกรงลวดเหล็กกล้า หรือตะแกรงเหล็กเส้นที่เหลื่อมทับกัน ให้ผูกด้วยลวดเพื่อให้ยึดติดแน่นเป็นระยะๆ ห่างไม่เกิน 1 เมตร

	เอกสารประกอบการสอน	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 28
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

เหล็กเสริมที่นำมาวางจะต้องไม่เป็นดินโคลน หรือวัสดุที่ไม่พึงประสงค์อย่างอื่นและไม่เป็นสนิม จนทำให้ความยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กกับคอนกรีตเสียไป การต่อตะแกรงเหล็กเส้นหรือต่อเหล็กแต่ละเส้นในตะแกรงจะต้องเหลื่อมทับกันไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร

2) การอัดแต่งคอนกรีตชั้นเดียว ในกรณีที่จะเทคอนกรีตชั้นเดียว จะต้องจัดเตรียมแท่งคอนกรีตหือเหล็กขาหยั่งเพื่อใช้หนุนเหล็กเสริมไม่ให้แอ่นตลอดแผงเหล็กเสริมแท่งคอนกรีตที่ใช้หนุนแผงเหล็กเสริมจะต้องมีความต้านแรงเป็นไปตามกำหนด การเทคอนกรีตให้ดำเนินการตามหัวข้อการเทคอนกรีต การอัดแต่งคอนกรีตให้ดำเนินการเช่นเดียวกับ ข้อ1

	แบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 29
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	

คำสั่ง : จงตอบคำถามตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การระบายน้ำ (Drainage) หมายถึง.....

.....

2. สิ่งลอย หมายถึง

.....

3. การหาความยาวเส้นลาดของตลิ่งในอัตราส่วน จากก้นคลองขึ้นไปตัดกับ
เส้นระดับหลังสะพาน แล้ววัดจากจุดตัดทั้งสองฝั่งเข้าไปในลำน้ำ ข้างละ เมตร

4. จากสูตร $Q = CIA$ ให้ความหมายคำต่อไปนี้

Q หมายถึง

C หมายถึง

I หมายถึง

A หมายถึง

5. แบบท่อเหลี่ยมตามมาตรฐานของกรมทางหลวงเป็นแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก มี ประเภท
คือ.....

.....

	เฉลยแบบฝึกหัด	สัปดาห์ที่ 14
	วิชา วิศวกรรมการทาง	หน่วยที่ 7 หน้าที่ 30
	ชื่อหัวข้อ การก่อสร้างผิวทาง	
	อาจารย์ผู้สอน นางพิมพ์ไผ่ งานขยัน	
1. การระบายน้ำ (Drainage) หมายถึง การระบายน้ำบนผิวทางลงสู่แม่น้ำลำคลองเพื่อ ไม่ให้น้ำขังหรือซึมเข้าไปในชั้นทาง 2. สิ่งลอย หมายถึง วัสดุที่ลอยมากับน้ำ เช่น ขอนไม้, ซากของบ้านเรือน 3. การหาความยาวเส้นลาดของตลิ่งในอัตราส่วน 1:2.....จากกันคลองขึ้นไปตัดกับเส้นระดับหลังสะพาน แล้ววัดจากจุดตัดทั้งสองฝั่งเข้าไปในลำน้ำ ข้างละ 2.00..... เมตร 4. จากสูตร $Q = CIA$ ให้ความหมายค่า ต่อไปนี้ Q หมายถึง ปริมาณของน้ำที่ไหลในช่องน้ำ C หมายถึง สัมประสิทธิ์ของการไหลบนผิวดิน I หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ตกในครั้งหนึ่งๆ A หมายถึง พื้นที่รับน้ำฝน 5. แบบท่อเหลี่ยมตามมาตรฐานของกรมทางหลวงเป็นแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก มี ...2..... ประเภท คือ 1. ท่อเดี่ยว (Single Barrel) 2. ท่อตัน (Multiple Cells)		

