การประเมินความหนาของผิวทางคอนกรีตสำหรับถนนทางเข้า มหาวิทยาลัยมหาสารคาม บรรจบทางหลวงหมายเลข 213 (ดอนยม)

Evaluation of concrete pavement thickness for the entrance road of Mahasarakham Universityto Highway Route No. 213 (Don Yom)

นบปนม แก้วหานาม,[1*] Lon Lavy,[2] Seyha Yinh[3]
Nopanom Kaewhanam, [1*] Lon Lavy,[2] Seyha Yinh[3]

บทคัดย่อ

ความหนาผิวทางคอนกรีตของถนนที่เหมาะสมทำให้ถนนมีอายุการใช้งานที่ยาวนานและไม่สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างมากเกินไป การศึกษานี้ประเมิณความหนาผิวทางคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับถนนทางเข้ามหาวิทยาลัยมหาสารคาม บรรจบทางหลวงหมายเลข 213 ณ บ้านดอนยม ในการวิเคราะห์ใช้วิธีการคำนวณของสมาคมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และ ผลการสำรวจและทดสอบในสนามและห้องปฏิบัติการสองเรื่องคือ ข้อแรก การทดสอบหาค่าแคริฟอร์เนียแบริ่งเรโชของดินเดิมบนถนนโครงการฯตลอดแนวสายทางและการเลือกใช้ค่าที่เหมาะสม และข้อที่สอง การสำรวจปริมาณจราจรของถนนโครงการฯและการคาดการณ์ปริมาณจราจรในอนาคต ผลการศึกษาพบว่าความหนาชั้นทางที่เหมาะสมของถนนโครงการฯคือ 20 เซนติเมตร ซึ่งมหาวิทยาลัยมหาสารคามสามารถใช้ความหนาที่เหมาะสมนี้ในการก่อสร้างถนนทางเข้าได้อย่างปลอดภัยและประหยัด

คำสำคัญ:ความหนาผิวทางคอนกรีต สมาคมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทางหลวงหมายเลข 213 แคริฟอร์เนียแบริ่งเรโช ปริมาณจราจร

Abstract

The suitable thickness of concrete pavement of highway provides longer time in usage and save the construction cost. This study evaluates the reasonable thickness of concrete pavement for the entrance road of Mahasarakham University to Highway route no. 213 at Don Yom village. The method of Portland Cement Association (PCA) are applied in the analysis with two data sets

---

[1] อาจารย์, [2,3] นิสิตปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[1]Lecturer, [2,3] Undergraduate student, Civil Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University

* Corresponding author: Nopanom Kaewhanam, Civil Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

investigated in the field and the laboratory. The first set is the test results of the California Bearing Ratio (CBR) of the soil subgrade along the roadand the selection of the design value. The second set is the data about the traffic investigation in base year and the prediction of traffic in the future. The finding of this study is the suitable thickness of concrete pavement is 20 centimeter. Mahasarakham University can use this thickness in the construction with safety and economics.

Keywords: thickness of concrete pavement, Portland cement association, Mahasarakham University, Highway route no. 213, California Bearing Ratio, traffic volume

บทนำ

มหาวิทยาลัยมหาสารคามมีพื้นที่ครอบคลุมสองส่วนคือ ส่วนที่1 คือพื้นที่ในเมืองมหาสารคาม และส่วนที่ 2 คือพื้นที่ขามเรียง ในปัจจุบันมหาวิทยาลัยมหาสารคามมีศูนย์กลางบริหารงานตั้งอยู่ที่พื้นที่ขามเรียง ซึ่ง ณ พื้นที่ขามเรียงนี้ มีทางหลวงหมายเลข 2202 ตัดผ่านพื้นที่ของมหาวิทยาลัยฯ ทำให้มหาวิทยาลัยฯมีทางเชื่องเข้า-ออกได้หลายทาง เส้นทางเข้า-ออกมหาวิทยาลัยฯหลักๆมี 3 เส้นทาง ได้แก่

1.ทางหลวงหมายเลข 2202 –ไป อ.เชียงยืน เป็นถนนลาดยาง 2 ช่องทางจราจร ไม่มีเกาะกลางถนน สภาพถนนปานกลาง-ดี มีการซ่อมผิวจราจรเป็นบางส่วน ปริมาณจราจรหนาแน่น

ทางหลวงมายเลข 2202 – บรรจบทางหลวงหมายเลข 213 เป็นถนนลาดยาง 4 ช่องทางจราจรไม่มีไหล่ทางด้านนอก มีเกาะกลางถนนแบบทาสี (Painted Island) สภาพถนนปานกลาง-ดี มีการซ่อมผิวจราจรหลายส่วน ปริมาณจราจรหนาแน่น มีไฟสัญญาณจราจรตามสี่แยก

2.ถนนทางเชื่อมจากมหาวิทยาลัยฯ - บรรจบทางหลวงหมายเลข 213(บ้านดอนยม) เป็นถนนลาดยางมี 2 ช่องจราจร ชำรุดเสียหายจำนวนมาก น้ำท่วมขัง ปริมาณการจราจรมาก เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง

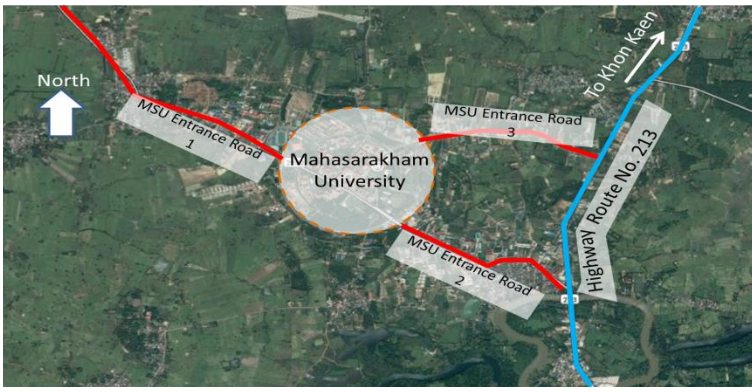

Figure 1 Location map of Mahasarakham University and entrance roads

แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งมหาวิทยาลัยฯ (พื้นที่ขามเรียง) และถนนทางเชื่อมเข้า-ออก ทั้ง 3 ดังแสดงในภาพที่ 1 จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่า ถนนทางเชื่อมจากมหาวิทยาลัยฯ–ทางหลวงหมายเลข 213 (บ้านดอนยม)เป็นเส้นทางที่มีความสำคัญมากเส้นทางหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเส้นทางเข้า-ออก มหาวิทยาลัยฯที่เชื่อมระหว่างมหาวิทยาลัยฯกับถนนเส้นหลักของจังหวัด (ทางหลวงหมายเลข 213) โดย ผู้ใช้งานถนนนอกจากจะเป็นบุคลากร และนิสิตของมหาวิทยาลัยแล้ว ยังรวมถึงชาวบ้านจากชุมชน ร้านค้า อาคารพาณิชย์ หอพัก ใกล้เคียงมหาวิทยาลัยฯ นอกจากนี้ยังมีผู้สัญจรที่มาจากหลายเส้นทางอื่นด้วย คือ จากทั้งทางด้าน อำเภอกันทรวิชัย และมาจากตัวเมืองมหาสารคาม

จากการสำรวจสภาพทั่วไปของถนนเชื่อมจากมหาวิทยาลัยฯ–ทางหลวงหมายเลข 213 (บ้านดอนยม) ในเบื้องต้น พบความเสียหายเป็นจำนวนมากตลอดแนวเส้นทาง โดยเฉพาะเมื่อมีฝนตกมากขึ้น ความเสียหายที่พบ เช่น ผิวจราจรกลายเป็นหลุมขนาดใหญ่ มีการแตกร้าวแบบหนังจระเข้ (Alligator Crack) ซึ่งสามารถหลุดร่อนและกลายเป็นหลุมขนาดใหญ่ได้ บางช่วงมีผิวจราจรกลายเป็นเนินลูกฟูก บางส่วนมีการเสริมยกระดับที่มีความลาดเอียงมากเกินไป อีกทั้งเมื่อมีฝนตกก็ทำให้เกิดน้ำท่วม จากการสอบถามผู้ประกอบการในพื้นที่พบว่า มีการเกิดอุบัติเหตุหลายครั้งในช่วงที่น้ำท่วมขังเนื่องจากผู้สัญจรมองไม่เห็นหลุมขนาดใหญ่ที่จมน้ำ นอกจากนี้มีการปล่อยน้ำเสียของร้านค้าและอาคารพาณิชย์สองข้างทางลงบนพื้นผิวจราจรด้วย ส่งกลิ่นเน่าเหม็น ผิวจราจรหลายช่วงเสียหายมากเหลือเพียง 1 ช่องจราจร ทำให้การจราจรทั้งสองทิศทางเกิดการตัดขัดและสัญจรได้ล่าช้า ภาพที่ 2 แสดงความเสียหายของถนนแบบต่างๆ ซึ่งทำการสำรวจในช่วงเดือนกันยายน 2556

ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาการจราจร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของผู้ใช้ถนน และแก้ปัญหาการระบายน้ำตลอดเส้นทางนี้ งานการสำรวจและออกแบบรายละเอียดใหม่ของถนนทางเข้าจากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม-ทางหลวงหมายเลข 213 (บ้านดอนยม) จึงมีความสำคัญมาก

งานวิจัยนี้ซึ่งเป็นงานวิจัยเพื่อการออกแบบถนนของมหาวิทยาลัยฯซึ่งจะใช้กระบวนการวิจัยเพื่อตอบคำถามว่าถนนทางเข้ามหาวิทยาลัยควรมีความหนาเท่าไรถึงจะเพียงพอต่อการรองรับปริมาณจราจรที่จะเกิดขึ้น โดยมีการรวบรวมข้อมูลเฉพาะในส่วนการออกแบบความหนาคือปริมาณจราจร และข้อมูลความแข็งแร็งของดินเดิม ทั้งนี้ได้ใช้แนวทางของการวิเคราะห์ตามหลักการของ PCA (Portland Cement Association) เพื่อเป็นแนวทางในการหาคำตอบดังกล่าว

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การสำรวจและรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น ซึ่งได้แก่ข้อมูลการเจาะสำรวจดิน และข้อมูลทางด้านจราจร และส่วนที่สองคือการวิเคราะห์เพื่อหาความหนาผิวทางคอนกรีตที่เหมาะสม

ตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจดินดังแสดงใน Figure 3 และข้อมูลการเจาะสำรวจดิน ดังแสดงในและ Table 1และ Table 2 ส่วนผลการสำรวจ

ปริมาณจราจรถนนโครงการสำหรับวันธรรมดา และวันหยุดดังแสดงใน Table 3และ Table 4 ตามลำดับ

Figure 2 Flood problems and pavement damagesalong the entrance road of Mahasarakham University (September 2556)

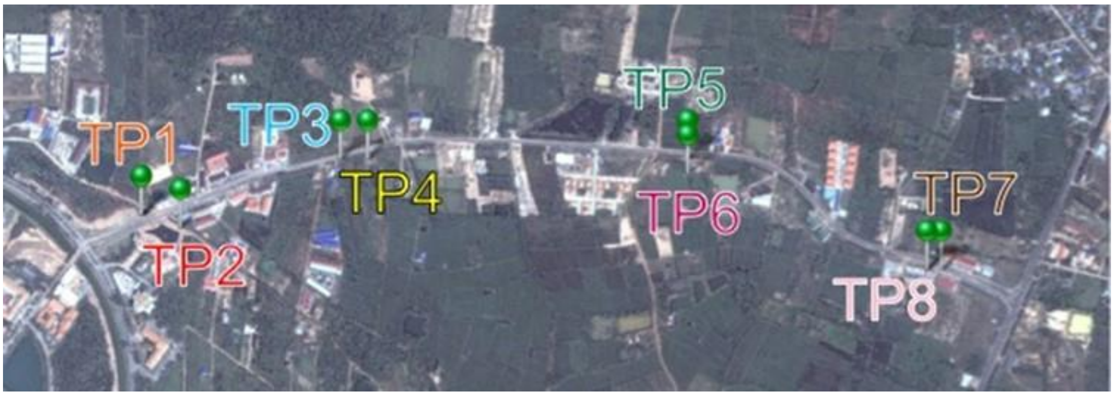

Figure 3 Location of test pit for soil sampling

Table 1 Latitude and Longitude of the location of test pit for soil sampling

Test Pit Number	Latitude (N)			Longitude (E)		
	°	'	"	°	'	"
TP1	16	14	57	103	15	19
TP2	16	14	56	103	15	20
TP3	16	15	1	103	15	34
TP4	16	15	1	103	15	36
TP5	16	15	1	103	16	0
TP6	16	15	0	103	16	0
TP7	16	14	53	103	16	19
TP8	16	14	53	103	16	18

Table 2 Soil testing summary

Test Pit #	%Passing Sieve					Atterberg's Limits			Compaction		CBR	Swelling
	3/4"	#4	#10	#40	#200	LL	PL	PI (%)	OMC (%)	$\gamma_{d\text{-}max}$ (t/m^3)	(%)	(%)
TP1	**100**	**100**	**56**	**30.6**	**19.2**	**24.87**	**16.19**	**8.68**	**13.55**	**1.542**	**1.52***	**1.551**
TP2	**100**	**100**	**78**	**52.3**	**8.58**	**19.41**	**13.32**	**6.09**	**9.60**	**1.693**	**10.13**	-
TP3	**100**	**100**	**68**	**40.1**	**14.9**	**48.5**	**16.37**	**32.13**	**14.50**	**1.456**	**17.33**	**0.88**
TP4	**100**	**100**	**74**	**47.2**	**13**	**26.35**	**15.84**	**10.51**	**11.60**	**1.584**	**14.67**	-
TP5	**100**	**100**	**65**	**40.2**	**9.57**	**27.06**	**19.13**	**7.93**	**11.80**	**1.508**	**3.13**	-
TP6	**100**	**100**	**79**	**54.7**	**13.5**	**30.74**	**12.44**	**18.3**	**13.50**	**1.570**	**1.9***	**0.014**
TP7	**100**	**100**	**73**	**46.2**	**16.3**	**23.68**	**18.13**	**5.55**	**11.13**	**1.552**	**7.9**	**1.168**
TP8	**100**	**100**	**82**	**62.1**	**14.6**	**17.36**	**15.32**	**2.04**	**8.00**	**1.670**	**14.67**	-

Remark: * denotes unreliable data due to sample damage

Table 3 Traffic investigation result(25th September 2556)

งานบริการด้านวิศวกรรมการสำรวจและออกแบบรายละเอียด

*โครงการ*____

แบบฟอร์มสำรวจปริมาณจราจร

จุดสำรวจ: ________________________ ชื่อ-นามสกุล ผู้สำรวจ: ____________________

ชื่อถนน: ________________________ สภาพอากาศ: ____________________

ทิศทาง: ________________________ วันที่สำรวจ: 25 กันยายน 2556

แผนที่แสดงช่วงถนนที่สำรวจโดยสังเขป :

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน (รถเก๋ง/รถแท็กซี่)	รถปิกอัพส่วนบุคคล	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน/ รถตู้	รถโดยสารขนาดเล็ก/ รถสองแถว	รถโดยสารขนาดกลาง	ถโดยสารขนาดให	รถบรรทุกขนาดเล็ก (ปิกอัพบรรทุกสินค้า)	รถบรรทุกขนาดกลาง (2 เพลา; 6ล้อ)	รถบรรทุกขนาดใหญ่ (3 เพลา; 10ล้อ)	รถพ่วง&รถกึ่งพ่วง
07:00 - 07:15	26	23	16	5	2	0	0	1	0	0	0
07:15 - 07:30	50	32	20	13	10	0	0	0	0	0	0
07:30 - 07:45	105	51	50	12	13	0	0	2	2	1	0
07:45 - 08:00	100	62	52	14	9	0	0	2	1	0	0
08:00 - 08:15	80	55	60	22	9	1	0	1	0	0	0
08:15 - 08:30	90	60	53	28	15	1	0	8	2	1	0
08:30 - 08:45	80	58	54	23	6	0	0	11	0	0	0
08:45 - 09:00	85	69	53	23	6	0	0	15	2	0	0
09:00 - 09:15	44	52	63	27	7	0	0	17	0	3	0
09:15 - 09:30	52	32	36	5	1	0	0	5	0	5	0
09:30 - 09:45	52	26	40	7	0	0	0	3	1	1	0
09:45 - 10:00	54	30	26	2	0	0	0	4	1	1	0
10:00 - 10:15	63	23	33	6	0	0	0	2	2	4	0
10:15 - 10:30	46	34	27	3	0	0	0	6	3	4	0
10:30 -10:45	51	27	40	4	0	0	0	4	3	5	0
10:45 - 11:00	72	24	41	3	0	0	0	5	0	5	0
11:00 - 11:15	67	29	32	9	0	0	0	11	2	0	0
11:15 - 11:30	71	40	41	8	5	0	0	2	2	2	0
11:30 - 11:45	69	34	37	5	0	0	0	6	0	2	0
11:45 - 12:00	54	32	41	3	1	0	0	4	3	0	0
12:00 - 12:15	33	27	17	8	0	0	0	0	0	1	0
12:15 - 12:30	60	32	28	5	1	0	0	1	0	1	0
12:30 - 12:45	60	34	29	7	4	0	0	0	1	0	0
12:45 - 13:00	40	25	20	5	0	0	1	0	0	0	1
13:00 - 13:15	77	39	35	6	4	0	1	5	0	2	0
13:15 - 13:30	70	33	30	6	1	0	0	3	0	4	0
13:30 - 13:45	76	31	41	7	0	0	0	3	1	1	1
13:45 - 14:00	45	46	32	7	0	0	0	2	0	3	0
14:00 - 14:15	59	31	29	3	0	0	1	3	1	1	0
14:15 - 14:30	48	34	26	7	0	0	0	1	2	2	0
14:30 - 14:45	43	37	29	6	0	1	0	1	4	0	0
14:45 - 15:00	52	30	35	4	0	1	0	0	1	0	0
15:00 - 15:15	40	48	23	3	1	1	0	3	4	0	0
15:15 - 15:30	53	36	39	8	2	3	0	6	0	0	0
15:30 - 15:45	50	40	26	6	0	0	0	3	0	0	0
15:45 - 16:00	43	38	33	7	0	0	0	1	2	0	0
16:00 - 16:15	48	40	23	10	0	0	0	1	0	0	0
16:15 - 16:30	69	45	37	3	4	1	0	1	0	0	0
16:30 - 16:45	49	42	38	5	0	0	0	1	0	0	0
16:45 - 17:00	51	49	47	6	1	0	0	1	0	0	0
17:00 - 17:15	73	48	48	15	0	0	0	11	0	0	0
17:15 - 17:30	70	50	35	12	0	0	0	7	1	0	0
17:30 - 17:45	53	50	43	6	0	0	0	3	1	0	1
17:45 - 18:00	30	14	12	2	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:15	59	38	19	1	0	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	65	30	25	3	0	0	0	5	0	0	0
18:30 - 18:45	65	40	35	7	0	0	0	0	2	0	0
18:45 - 19:00	110	53	22	7	3	0	0	1	1	0	0
รวม	2902	1853	1671	394	105	9	3	172	45	49	3

Table 4 Traffic investigation result (28th September 2556)

งานบริการด้านวิศวกรรมการสำรวจและออกแบบรายละเอียด

โครงการ ____

แบบฟอร์มสำรวจปริมาณจราจร

จุดสำรวจ: ____________________ **ชื่อ-นามสกุล ผู้สำรวจ:** ____________________

ชื่อถนน: ____________________ **สภาพอากาศ:** ____________________

ทิศทาง: ____________________ **วันที่สำรวจ:** __28 กันยายน 2556

แผนที่แสดงช่วงถนนที่สำรวจโดยสังเขป :

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน (รถเก๋ง/รถแท็กซี่)	รถปิกอัพส่วนบุคคล	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน/ รถตู้	รถโดยสารขนาดเล็ก/ รถสองแถว	รถ[illegible]สารขนาดกลาง	ถโดยสารขนาดให	รถบรรทุกขนาดเล็ก (ปิกอัพบรรทุกสินค้า)	รถบรรทุกขนาดกลาง (2 เพลา; 6ล้อ)	รถบรรทุกขนาดใหญ่ (3 เพลา; 10ล้อ)	รถพ่วง&รถกึ่งพ่วง
07:00 - 07:15	29	23	18	2	0	0	0	3	1	0	0
07:15 - 07:30	43	20	28	1	0	0	0	6	1	1	0
07:30 - 07:45	54	25	28	4	0	0	0	11	0	2	0
07:45 - 08:00	67	22	28	1	1	0	0	6	1	0	0
08:00 - 08:15	54	30	39	3	0	0	0	3	2	0	0
08:15 - 08:30	41	23	41	3	1	0	0	3	1	0	0
08:30 - 08:45	37	23	44	2	0	0	0	2	2	0	0
08:45 - 09:00	46	40	53	4	1	0	1	1	1	1	0
09:00 - 09:15	47	43	48	7	0	0	0	4	3	2	0
09:15 - 09:30	54	48	47	3	2	0	0	1	4	1	0
09:30 - 09:45	53	36	40	0	0	0	0	1	0	0	0
09:45 - 10:00	43	32	28	8	1	0	0	1	2	0	0
10:00 - 10:15	43	36	25	8	1	0	0	1	6	1	0
10:15 - 10:30	33	18	23	3	0	0	0	3	1	0	0
10:30 -10:45	30	17	19	5	0	0	0	4	1	0	0
10:45 - 11:00	25	23	13	4	1	0	0	1	1	0	0
11:00 - 11:15	25	18	16	2	0	0	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	42	33	28	3	0	0	0	0	7	0	0
11:30 - 11:45	54	35	33	5	0	0	0	0	2	0	0
11:45 - 12:00	35	43	35	4	0	0	0	1	1	0	0
12:00 - 12:15	33	38	49	3	0	0	0	1	5	1	0
12:15 - 12:30	38	50	39	6	0	0	0	0	1	2	0
12:30 - 12:45	63	58	35	7	0	1	0	1	1	1	0
12:45 - 13:00	64	39	49	10	1	0	0	3	1	2	0
13:00 - 13:15	63	48	47	8	0	0	0	1	1	1	0
13:15 - 13:30	54	49	48	14	0	0	0	0	1	0	0
13:30 - 13:45	48	43	47	11	0	0	0	0	3	1	0
13:45 - 14:00	40	47	33	5	0	0	0	4	0	2	0
14:00 - 14:15	38	43	35	5	0	0	0	3	0	0	0
14:15 - 14:30	25	30	35	6	0	0	0	1	1	0	0
14:30 - 14:45	30	33	37	4	0	0	0	1	3	0	0
14:45 - 15:00	39	32	48	5	0	0	0	1	1	0	0
15:00 - 15:15	53	49	46	7	0	0	0	5	3	1	0
15:15 - 15:30	44	48	47	7	0	0	0	1	1	0	0
15:30 - 15:45	39	43	48	9	0	0	0	4	0	3	0
15:45 - 16:00	43	50	30	5	0	0	0	2	0	0	0
16:00 - 16:15	28	30	45	0	0	1	0	2	0	0	0
16:15 - 16:30	43	48	40	4	1	1	0	2	1	0	0
16:30 - 16:45	45	48	50	3	0	0	0	0	1	0	0
16:45 - 17:00	45	49	43	4	1	0	0	12	1	0	0
17:00 - 17:15	44	44	48	6	0	1	0	1	1	0	0
17:15 - 17:30	53	52	43	11	0	0	0	9	0	2	0
17:30 - 17:45	47	45	30	12	0	0	0	0	0	0	0
17:45 - 18:00	40	38	40	6	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:15	25	28	48	4	0	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	30	35	37	3	0	0	0	0	0	0	0
18:30 - 18:45	30	20	43	3	0	0	0	1	1	0	0
18:45 - 19:00	35	18	44	8	0	0	0	2	1	0	0
รวม	2034	1743	1818	248	11	4	1	109	65	24	0

การวิเคราะห์ปริมาณจราจร

ปริมาณจราจรที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับออกแบบความหนาผิวทางคอนกรีตนี้ ได้สำรวจในช่วงเปิดการเรียนเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณจราจรจริงในเวลาส่วนใหญ่ของปี จากการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรที่รวบรวมมาได้นั้น มีการนับปริมาณจราจรในวัน 2 ประเภทคือ วันทำการทั่วไป และวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ ในการวิเคราะห์นี้จะกำหนดให้ปริมาณจราจรในวันพุธที่ 25 กันยายน 2556 เป็นตัวแทนปริมาณจราจรของวันทำการทั่วไป และปริมาณจราจรในวันเสาร์ที่ 28 กันยายน 2556 เป็นตัวแทนของปริมาณจราจรของวันหยุดเสาร์-อาทิตย์

ดังนั้นปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยตลอดสัปดาห์สามารถหาได้จากสมการที่ 1 และปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยทั้งปีสามารถหาได้จากสมการที่ 2

$$ADT = (5xA + 2xB)/7 \quad 1)$$

$$AADT = 365 \times ADT \quad 2)$$

เมื่อ

- AADT คือ ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยทั้งปี (Annual Average Daily Traffic) หน่วย คัน/วัน
- ADT คือปริมาณจราจรเฉลี่ยรายวัน (Average Daily Traffic) หน่วย คัน/วัน
- A คือปริมาณจราจรในวันทำการทั่วไปหน่วยคัน/วัน
- B คือปริมาณจราจรในวันหยุดเสาร์-อาทิตย์หน่วยคัน/วัน

นอกจากนี้ ในการออกแบบความหนาถนนคอนกรีตตามวิธี PCA กำหนดให้ใช้ Design Period เป็น 20 ปี เพื่อให้สถนนมีสภาพใช้งานได้ดีตลอดอายุการใช้งาน ดังนั้นปริมาณจราจรรวมทั้งหมดที่มาใช้งานถนนในช่วง20 ปี สามารถหาได้จาก สมาการที่ 3

$$T = AADT\left[\frac{(1+r)^n - 1}{r}\right] \quad 3)$$

เมื่อ

- T คือปริมาณจราจรโครงการตลอด 20 ปี หน่วยคัน
- r คือ อัตราการเพิ่มปริมาณจราจรต่อปี (Growth rate) หน่วย ร้อยละ(%)สำหรับถนนทั่วไป จะมีค่า r โดยประมาณ 4%-7% ดังนั้นโครงการฯ ได้กำหนดให้ใช้ค่า r = 7 % ต่อปี

จากข้อมูลใน Table3 และ Table4 ใช้การวิเคราะห์ตามสมการ 1) - 3) ทำให้ได้ปริมาณจราจราจรสำหรับรถแต่ละชนิดดังแสดงใน Table5

Table 5 Traffic volume summarized by vehicle type and type of date

No.	Type of vehicle	business day	holiday
1		1853	1743
2		1371	1818
3		394	248
4		105	11
5		9	4
6		3	1
7		172	109
8		45	65
9		49	24
10		3	0
	Total	4304	4023

รถที่จัดว่าเป็นรถบรรทุกหนักได้แก่ รถโดยสารขนาดกลาง รถโดยสารขนาดใหญ่ รถบรรทุกขนาดกลาง(2 เพลา 6ล้อ) รถบรรทุกขนาใหญ่ (3เพลา 10 ล้อ) และรถพ่วง และกึ่งพ่วง ซึ่งรถเหล่านี้จะมีผลต่อความทนทานของผิวถนนมากกว่ารถประเภทอื่น จากข้อมูลใน Table6 จะพบว่ารถบรรทุกหนักจะมีจำนวนเป็น 2.5% ของปริมาณจราจรทั้งหมด ซึ่งเป็นข้อมูลในปีสำรวจ จากข้อมูลเชิงประสบการณ์เมื่อถนนโครงการฯก่อสร้างเสร็จ ทำให้ความเจริญโดยรอบมากขึ้น ก็จะมีปริมาณรถบรรทุกหนักเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น ในการออกแบบนี้เลือกใช้ค่าเฉลี่ยรถบรรทุกหนัก เท่ากับ 5%

หลังจากที่ได้วิเคราะห์ปริมาณจราจรโครงการฯแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเลือกใช้ค่าปริมาณจราจรเพื่อการออกแบบสำหรับ 1 ช่องจราจร (Design Lane)ซึ่งจะต้องมีการแปลงค่ารถประเภทต่าง ๆเป็นรถมาตรฐานตามที่เสนอไว้ในวิธีการออกแบบของ PCA โดยรถแต่ละประเภทจะให้ตัวคูณปรับแก้ (Adjusted Factor) ที่ไม่เท่ากัน และมีน้ำหนักเพลาที่ไม่เท่ากัน ในขั้นตอนนี้ใช้ประกาศกรมทางหลวงว่าด้วยเรื่องน้ำหนักเพลาของรถบรรทุกแต่ละชนิดเพื่อประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรโครงการ ดังแสดงใน Table6

Table 6 Axle Load

Axle Weight (ton)	Axle Weight (1000 lb)	No. of Axle /100 truck	
		Single Axle	Tandem Axle
1.75	4	100.99	
2.5	6	8.49	
4	9	0.72	
5	11	0.63	
7	15	8.49	
11	24	0.79	
20	44		0.63

ปริมาณรถมาตรฐานแบบเพลาเดี่ยวเทียบเท่า (Equivalent Single Axle Load, ESAL) ตลอดโครงการ 20 ปีสำหรับถนน 4 ช่องจราจร หาได้จากสมการที่ 4

- T_{20}(Design Lane) = (L x T x HV)/2 4)

เมื่อ

- T_{20}(Design Lane) คือ ESALตลอดถนนโครงการฯ 20 ปีใน Design Lane
- L คือร้อยละของรถบรรทุกที่วิ่งใน DesignLane (ในที่นี้ถนน 4 ช่องจราจรเลือกใช้ค่า 0.45)
- T คือปริมาณเพลารถบรรทุกหนัก
- HV คือร้อยละของรถบรรทุกหนักของโครงการฯ (เท่ากับร้อยละ 5)

จากข้อมูลใน Table5 และ Table6 และสมการที่ 1) ถึง สมการที่ 4จะได้ถนนโครงการฯมี

ปริมาณจราจรรถบรรทุกมาตรฐานเพลาเดียวใน Design Lane เท่ากับ 1,015,729 คัน

การวิเคราะห์ ข้อมูลเจาะสำรวจดิน

จากข้อมูลเจาะสำรวจดินทั้งหมดที่ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตาม Table2จะพบว่าข้อมูล CBR มีค่าเพียงบางค่าต่ำเกินไปคือ 1.52% และ 1.9%ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่ามีแนวโน้มว่าเป็นผลจากความผิดพลาดในขณะทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในการออกแบบจึงไม่พิจารณาค่าดังกล่าวนี้ และนำข้อมูลส่วนที่เหลือมาวิเคราะห์และเลือกใช้ค่า CBR ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 (กรมทางหลวง) ดังแสดงใน Figure4 จาก Figure4 จะพบว่าที่เปอร์เซนต์ไทล์ที่ 80 ได้ค่า CBR เท่ากับประมาณ 7% ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า CBR สำหรับดินเดิมของถนนกรมทางหลวงเล็กน้อยซึ่งมีค่าประมาณ 4%-6% เพื่อไม่ให้ได้ค่าที่สูงเกินไป ในการออกแบบเลือกใช้ค่า CBR เท่ากับ 6%

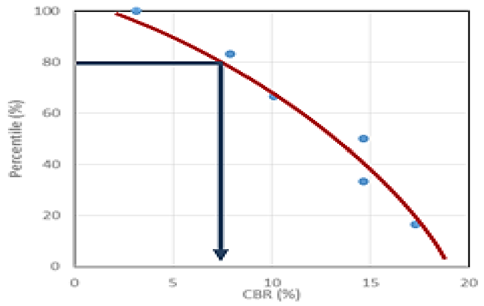

Figure 4 CBR Analysis

การออกแบบความหนา

ในการออกแบบเลือกความหนาที่เหมาะสมนั้นต้องใช้ข้อมูลปริมาณจราจรและข้อมูลเจาะสำรวจดินตามที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้จะต้องมีการสุ่มเลือกความหนาที่เหมาะสมเพื่อตรวจสอบว่ามีความแข็งแรงสามารถรับจำนวนการใช้งานได้จำนวนครั้งตามที่กำหนดด้วย โดยเงื่อนไขการตรวจสอบว่าความหนาที่ต้องการนั้นแผ่นพื้นคอนกรีตต้องมีความล้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้งานของปริมาณจราจรตลอดอายุ 20 ปี ไม่เกิน 125% จากการคำควรณตรวจสอบตามแนวทางของ PCA ความหนาที่ผ่านการเกณฑ์คือ 8นิ้ว หรือ 20 เซนติเมตร ซึ่งมีร้อยละความล้าเท่ากับ 43 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 125 ดังแสดงในตารางที่ 7

Table 7 Concrete pavement calculation for thickness of 8 inches or 20 centimeters by PCA method

Weight (kips)	No. of repettition in 20 years	Axle load x 1.2	stress lb/in^2	Stress Ratio	Allowable repetition	Percent damage
44T	6385	52.8	360	0.62	18000	35
24S	7981	28.8	327	0.56	100000	8
15S	86254	18	-	-	unlimited	-
11S	6385	13.2	-	-	unlimited	-
9S	7359	10.8	-	-	unlimited	-
6S	86254	7.2	-	-	unlimited	-
				Percent damage		43

Note: T= Tandem Axle, S= Single Axle

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ความหนาของถนนคอนกรีตด้วยวิธี PCA บวกกับข้อมูลเชิงประสบการณ์ของผู้วิจัย โดยพิจารณาความแข็งแรงปลอดภัยเป็นเหตุผลหลัก นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้คำนึงถึงผลกระทบเนื่องจากการก่อสร้างถนนล่าช้ากว่าแผนที่มหาวิทยาลัยได้วางแผนไว้ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงกับปริมาณจราจรในถนนโครงการฯที่มากขึ้นด้วยโดยตรง ทำให้ได้ข้อสรุปว่า ถนนโครงการฯ ควรจะมีความหนาอย่างน้อย 20 เซนติเมตร และหากความหนามากเกินกว่านี้ก็จะมีความแข็งแรงมากขึ้นแต่ก็ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการก่อสร้าง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่สนับสนุนทุนวิจัยและขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในการสนับสนุนอุปกรณ์ในการทดสอบและวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

1. จิรพัฒน์ โชติกไกร.การออกแบบทาง Pavement Design. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2546.
2. จิรพัฒน์ โชติกไกร. การออกแบบทาง Highway Engineering. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ, 2531.
3. American Association of State Highwayand Transportation (AASHTO). A policy of geometric design of Highways and Streets, 2004.
4. กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม. Design Guildline, 2550.
5. กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม. Design Guildline – Road median, 2554.