ANALYSIS OF CONCRETE PAVEMENT DESIGN: A DESK STUDY COMPARED TO AS-BUILT CONSTRUCTION

Miss Wassana Sriluangoon and Mr. Kumpee Kanarsa
| Advisor : Assoc. Prof. Acting Maj. Ittiporn Sirisawat, D.Eng.
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

Problem Statement

This capstone project re-designs the concrete pavement of an existing road as a desk study. Construction drawings and road data were collected from published sources, and the pavement was recalculated using civil engineering knowledge. The slab thickness, concrete compressive strength and steel reinforcement were then compared with the actual construction drawings. The results serve as a guideline for applying theory to practical road design.

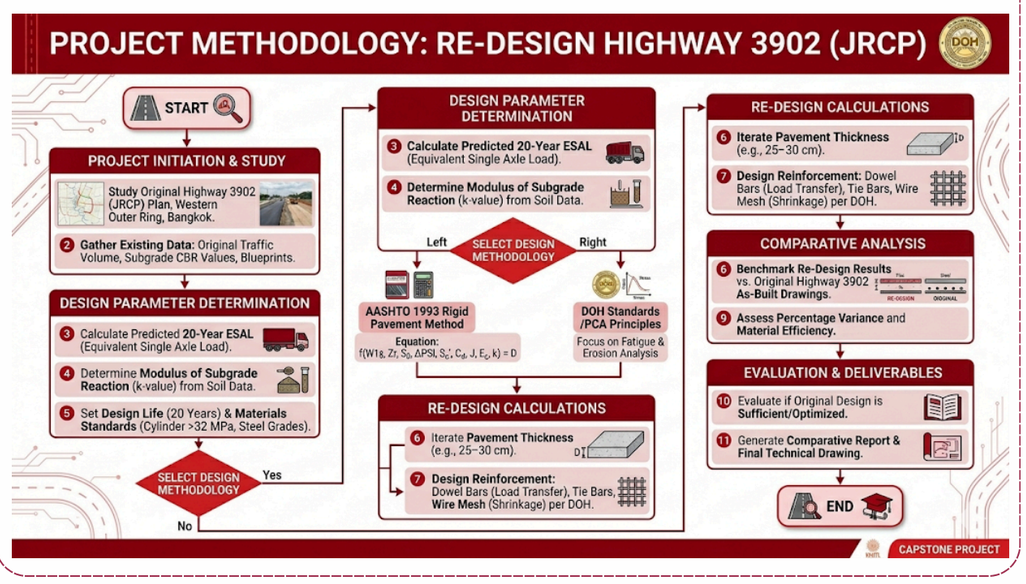
Design Objective

- To study the specifications of an actual concrete road project using published and reliable data.
- To re-design the pavement, focusing on concrete strength, slab thickness and reinforcement.

Project Scope

Re-design of the concrete pavement of Highway No. 3902 (about 12.759 km) for comparison with the constructed project.

Design Approach



Key Courses used in the Project

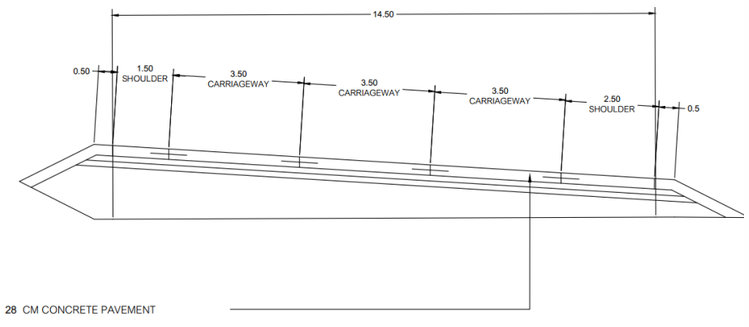
- Highway Engineering: PCA, AASHTO
- Soil Mechanics: CBR, k value
- Structural Analysis : slab stress
- RC Design: dowel, tie bars

Conclusion / Recommendation

The study in this project involves a re-design for comparative purposes against an already constructed concrete road construction project, namely the Construction Project of Highway No. 3902 with a total length of approximately 12.759 kilometers.

Project Methodology/Result (cont.)

- **Re-Design Pavement**



28 CM CONCRETE PAVEMENT

Engineering Standard

- Department of Highways (Thailand) for material specifications and JRCP patterns
  - DOH Standard No. DH-S 309/2544 Standard for material specifications
  - DOH Standard Drawings and Specifications for Portland Cement Concrete Roads
- AASHTO 1993 Guide for Design of Pavement Structures.
- Portland Cement Association (PCA) guidelines for concrete thickness design.
- ACI / ASTM: Standards for concrete testing and steel reinforcement quality.

Project Methodology/Result

- **Portland Cement Association Method**

การออกแบบความหนาผิวถนนโดยวิธี PCA

A. ข้อกำหนด

- ออกแบบถนนแบบมีไหล่ทางคอนกรีต	3	ช่องจราจร	แบบมีไหล่ทางคอนกรีต	620.13286	
- ค่า CBR สำหรับการออกแบบ	10	%		4.2756578	Mpa
- ค่า Flexural Strength ของคอนกรีตที่ 28 วัน	620.1328624	psi	, 4.27565784 Mpa	4713.735	psi
- ออกแบบถนนเป็นแบบ Joint Reinforce Concrete Pavement			4713.735 psi	32.5	Mpa
- Load Safety Factor	1.2			331.4025	ksc
- ออกแบบให้มีอายุการใช้งาน	20	ปี			

B. ข้อมูลการจราจร

- ปริมาณการจราจรทั้งหมด (ADT)	95918	คันต่อวัน	
- อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจร	5	% ต่อปี	
- ปริมาณรถบรรทุกหนัก	14691	15%	% ของปริมาณการจราจรทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย
4874 - รถโดยสารขนาดใหญ่ (Heavy Bus)		5.0814237	
5202 - รถบรรทุกขนาดกลาง (Medium Truck)		5.4233825	
4615 - รถบรรทุกขนาดใหญ่ (Heavy Truck)		4.8114014	15.316208

C. การคำนวณ

คำนวณค่า Modulas of Subgrade Reaction (k)

- CBR ของ Subgrade	2	%
- ค่า k ของ Subgrade	100	pci
- ใช้ชั้นรองพื้นทางลูกรังหนา	15 เซนติเมตร,หรือ 6	นิ้ว
- จากตารางที่ 1 ค่า Modulas of Subgrade - Subbase Reaction =	140	pci

คำนวณจำนวนเที่ยวของเพลาขนาดต่าง ๆ

1. จำนวนเที่ยวสะสมของยานพาหนะตลอดระยะเวลาการออกแบบ

$$= ADT \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \times 365 = 1{,}157{,}641{,}368 \text{ เที่ยว}$$

จำนวนเที่ยวสะสมของยานพาหนะใน Design Lane

= 520,938,615 เที่ยว

- Single Axles (Medium Truck)

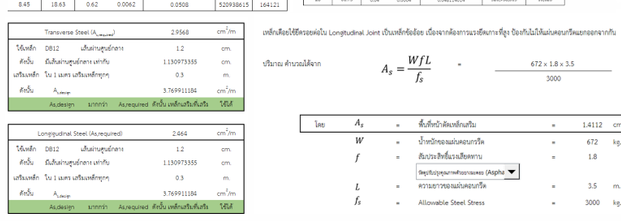
Axle Load, Tons	Axle Load, kips	Proportion of loads (%/100)	Proportion of Axle Group (%/100)	Design Traffic	Expected Repetitions
2.6	5.73	43.38	0.4338	0.054233825	520,938,615	12,255,932
3.25	7.17	8.14	0.0814	0.054233825	520,938,615	2,299,753
3.9	8.60	9.54	0.0954	0.054233825	520,938,615	2,695,288
4.55	10.03	9.85	0.0985	0.054233825	520,938,615	2,782,871
5.2	11.46	7.23	0.0723	0.054233825	520,938,615	2,042,655
5.85	12.90	6.26	0.0626	0.054233825	520,938,615	1,768,606
6.5	14.33	5.18	0.0518	0.054233825	520,938,615	1,463,479
7.15	15.76	3.02	0.0302	0.054233825	520,938,615	853,225
7.8	17.20	2.33	0.0233	0.054233825	520,938,615	658,283
8.45	18.63	0.51	0.0051	0.054233825	520,938,615	144,088
9.1	20.06	0.85	0.0085	0.054233825	520,938,615	240,146
9.75	21.50	0.4	0.004	0.054233825	520,938,615	113,010
10.4	22.93	1.2	0.012	0.054233825	520,938,615	339,030
11.05	24.36	1.37	0.0137	0.054233825	520,938,615	387,059
11.7	25.79	0.23	0.0023	0.054233825	520,938,615	64,981

- Single Axles (Heavy Bus)

Axle Load, Tons	Axle Load, kips	Proportion of loads (%/100)	Proportion of Axle Group (%/100)	Design Traffic	Expected Repetitions
5.2	11.46	5.3	0.053	0.0508	520938615	1402968
5.85	12.90	29.39	0.2939	0.0508	520938615	7779856
6.5	14.33	40.86	0.4086	0.0508	520938615	10816091
7.15	15.76	17.74	0.1774	0.0508	520938615	4695973
7.8	17.20	6.09	0.0609	0.0508	520938615	1612090
8.45	18.63	0.62	0.0062	0.0508	520938615	164121

ตารางที่ 4-6 ข้อมูล Expected Repetition ประเภท Tandem Axles ของรถโดยสารขนาดใหญ่

Axle Load, Tons	Axle Load, kips	Proportion of loads (%/100)	Proportion of Axle Group (%/100)	Design Traffic	Expected Repetitions
6.4	14.11	39.74	0.3974	0.048114014	520,938,615	9,960,612
7.2	15.87	1.41	0.0141	0.048114014	520,938,615	353,409
8.8	19.40	0.97	0.0097	0.048114014	520,938,615	243,125
8.99	19.82	1.13	0.0113	0.048114014	520,938,615	283,228
9.6	21.16	1.02	0.0102	0.048114014	520,938,615	255,657
10.4	22.93	1.1	0.0110	0.048114014	520,938,615	275,709
11.2	24.69	1.04	0.0104	0.048114014	520,938,615	260,670
12	26.46	1.93	0.0193	0.048114014	520,938,615	483,744
12.8	28.22	2.06	0.0206	0.048114014	520,938,615	516,328
13.6	29.98	1.36	0.0136	0.048114014	520,938,615	340,876
14.4	31.75	6.25	0.0625	0.048114014	520,938,615	1,566,528
15.2	33.51	3.33	0.0333	0.048114014	520,938,615	834,646
16	35.27	7.66	0.0766	0.048114014	520,938,615	1,919,937
16.8	37.04	19.08	0.1908	0.048114014	520,938,615	4,782,297
17.6	38.80	2.34	0.0234	0.048114014	520,938,615	586,508
18.4	40.57	0.84	0.0084	0.048114014	520,938,615	210,541
19.2	42.33	0.35	0.0035	0.048114014	520,938,615	87,726
20	44.09	0.45	0.0045	0.048114014	520,938,615	112,790
20.8	45.86	0.71	0.0071	0.048114014	520,938,615	177,958
21.6	47.62	0.45	0.0045	0.048114014	520,938,615	112,790
22.4	49.38	1.36	0.0136	0.048114014	520,938,615	340,876
23.2	51.15	3.29	0.0329	0.048114014	520,938,615	824,620
24	52.91	0.22	0.0022	0.048114014	520,938,615	55,142
24.8	54.67	0.32	0.0032	0.048114014	520,938,615	80,206
25.6	56.44	0.41	0.0041	0.048114014	520,938,615	102,764
26.4	58.20	0.76	0.0076	0.048114014	520,938,615	190,490
27.2	59.97	0.22	0.0022	0.048114014	520,938,615	55,142
28	61.73	0.04	0.0004	0.048114014	520,938,615	10,026



= จากผลรวมของอัตราส่วน Fatigue และ Erosion มีค่า

Total %Fatigue	0.00
Total %Damage	30.88

ต่ำกว่า 100% หมายความว่าคอนกรีต 28 เซนติเมตร สามารถรองรับปริมาณการจราจรในช่วงระยะที่ออกแบบได้

จากการคำนวณได้ พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม A_s เท่ากับ 1.4112 $cm^2/m.$

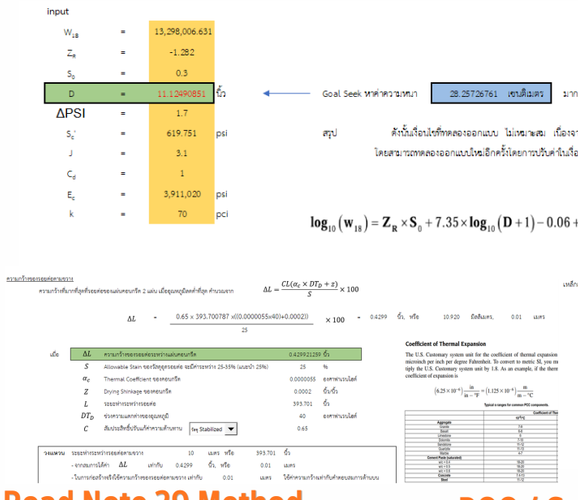
ดังนั้น ใช้เหล็ก DB16 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร,หรือ 1.6 เซนติเมตร มีพื้นที่หน้าตัด 2.0106193 cm^2 โดยวางเรียงระหว่าง (S) เท่ากับ 142.48 เซนติเมตร

ความยาวของ Tie Bar คำนวณได้จาก $L_t = \frac{2f_s A_{s1}}{\Sigma o \mu} = \frac{2 \times 3000 \times 2.0106192982747}{5.026548245743674 \times 24.6} = 97.56$ cm.

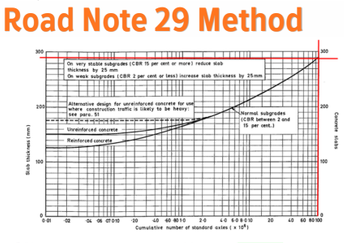
โดย L_t = ความยาวของ Tie Bar = 97.56 cm.
f_s = Allowable Steel Stress = 3000 kg/cm²
A_{s1} = พื้นที่หน้าตัดเหล็กเส้นใน 1 เส้น, DB16 = 2.0106193 cm^2
Σo = เส้นรอบรอบของ Tie Bar = 5.0265482 cm.
μ = ค่าแรงยึดเกาะระหว่างคอนกรีต = 24.6 kg/cm²

โดย A_s = พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม = 1.4112 $cm^2/m.$
W = น้ำหนักของแผ่นคอนกรีต = 672 kg/m^2
f = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน = 1.8
L = ความยาวของแผ่นคอนกรีต = 3.5 m.
f_s = Allowable Steel Stress = 3000 kg/cm²

- **AASHTO 1993 Method**



- **Road Note 29 Method**



ได้ค่าความหนาของ Concrete pavement slab 30 ซม.
ดังนั้น กำหนดความหนาของผิวคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 30 ซม.

จากการกราฟได้ค่า ความหนาของผิวคอนกรีต 30 เซนติเมตร

*The Road Note 29 method could not be utilized for the analysis, as the calculated values exceeded the parameters provided in the design charts.

- **BOQ / Cost Estimate**

BILL OF QUANTITIES

Project: Concrete pavement, Highway No. 3902 (per 1 km, width 14.50 m incl. shoulders)

No.	Description	Qty	Unit	Material (THB/unit)	Labour (THB/unit)	Amount (THB)
1. Subgrade and sub-base						
1.1	Grading and compaction of existing subgrade (14.50 m × 1,000 m)	14,500.00	m²	18.00	0.00	261,000.00
1.2	Crushed rock / laterite sub-base, 15 cm	2,250.00	m³	420.00	0.00	945,000.00
2. Concrete pavement						
2.1	PE sheet 0.125 mm under slab (+5% overlap)	15,225.00	m²	25.00	0.00	380,625.00
2.2	PCC slab 28 cm, f'c ≥ 325 ksc (cube)	4,060.00	m³	2,400.00	0.00	9,744,000.00
2.3	Wire mesh DB12 @ 0.30 m both ways	85.98	t	32,000.00	0.00	2,751,360.00
3. Joint reinforcement						
3.1	Dowel bars RB35, 0.50 m long (transverse joints every 10 m, @ 0.30 m)	18.50	t	34,000.00	0.00	629,000.00
3.2	Tie bars DB16, 0.98 m long (longitudinal joints, @ 0.50 m)	9.29	t	32,500.00	0.00	301,925.00
4. Joint sealing						
4.1	Saw-cut joints and mastic sealant (1,450 m transverse + 3,000 m longitudinal)	4,450.00	m	65.00	0.00	289,250.00
				Direct cost (materials + labour)		15,302,160.00
				VAT	7%	1,071,151.20
				GRAND TOTAL		**16,373,311.20**