บทที่ 2

ผลงานในอดีต

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลงานวินิจฉัยในอดีต เท่าที่อยู่ในเมืองไทยก็มีแต่งานวิจัยของ นายมนัส คอวนิช[37] เรื่อง"ปัญหาที่เกิดจากรถบรรทุกหนัก" เอกสารวิจัยส่วนบุคคลวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักรพ.ศ.2515 – 2516 ซึ่งพอจะนำมากล่าวเพื่อให้ทราบว่าได้มีการวิจัยมาอย่างไร ผลงานวิจัยมีอะไรบ้าง และในตอนท้ายๆ ของบทนี้จะได้วิจารณ์ผลงานในอดีตในประเทศไทย เพื่อเป็นแนวความคิดสำหรับผู้อ่านที่สนใจต่อไป

2.1 น้ำหนักพิกัดสูงสุดของรถบรรทุกประเภทต่างๆที่ทางราชการกำหนดใช้บังคับในประเทศไทย

ข้อกำหนดกฎหมายเกี่ยวกับน้ำหนักพิกัดของรถบรรทุกประเภทต่างๆที่วิ่งอยู่บนทางหลวง ก็มีกฎหมายที่สำคัญๆคือ ประกาศของผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินฉบับล่าสุดเมื่อ ธ.ค.2519 (เพิ่มน้ำหนักพิกัดให้อีก) และฉบับเก่าที่ประกาศใช้ก่อน ธ.ค. 2519 (ฉบับ พ.ศ. 2511 และ 2517) รายละเอียดดูในภาคผนวก ค.

จากข้อกำหนดน้ำหนักพิกัดตามประกาศของผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดิน คือ ฉบับเก่า (ฉบับ พ.ศ. 2511 และ 2517) และฉบับใหม่ (พ.ศ.2519) พอจะสรุปน้ำหนักรวม (Gross weight)ของรถประเภทต่างๆที่สำคัญ 6 ประเภท (ดูรูปในภาคผนวก ง.) เพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักพิกัดฉบับเก่าและฉบับใหม่ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหนเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาต่อไป ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 น้ำหนักพิกัดของรถบรรทุกประเภทต่าง ๆ (6 ประเภท) ตามประกาศของผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินฉบับเก่า (บังคับก่อนปี 2519) และฉบับใหม่ (บังคับหลัง พ.ศ.2519 ถึงปัจจุบัน)

ประเภทของรถบรรทุก	น้ำหนักรวม(ตัน) (Gross-weight) ฉบับเก่า	น้ำหนักรวม(ตัน) (Gross-weight) ฉบับใหม่
รถ 2 เพลา (4ล้อยาง) เพลาหลังใช้ยางเดี่ยว	7.50	8.50
รถ 2 เพลา (6ล้อยาง) เพลาหลังใช้ยางคู่	10.00	12.00
รถ 3 เพลา (10 ล้อยาง) เพลาที่ 2 และ 3 เป็นเพลาคู่	18.00	21.00
รถ 4 เพลา (กึ่งพ่วง 14ล้อยาง) รถลากเพลาที่ 2เป็นเพลาเดี่ยว รถพ่วงชนิดเพลาคู่	24.40	28.40
รถ 4 เพลา(กึ่งพ่วง14ล้อยาง) รถลากเพลาที่2และ3เป็นเพลาคู่ รถพ่วงชนิดเพลาเดี่ยว	26.00	30.10
รถ5เพลา(กึ่งพ่วง18ล้อยาง) รถลากเพลาที่2และ3เป็นเพลาคู่ รถพ่วงชนิดเพลาคู่	32.40	37.40

2.2 สถิติน้ำหนักบรรทุกเกินพิกัดในประเทศไทย

สถิติน้ำหนักบรรทุกเกินพิกัดที่ยกมานี้ เป็นสถิติที่ได้จากด่านชั่งน้ำหนักต่างๆของกรมทางหลวงแผ่นดิน (เท่าที่รวบรวมมาได้) เพื่อชี้ให้เห็นว่ามีการบรรทุกหนักเกินพิกัดจริงๆและสถิติเหล่านี้ มนัส คอวนิช ได้นำมาคิดใช้หาอายุการใช้งานของถนนเนื่องจากการบรรทุกเกินพิกัด ซึ่งจะได้กล่าวให้ทราบในตอนต่อไป

ตารางที่ 2.2 สถิติจำนวนรถบรรทุกเกินพิกัดตลอดปี (น้ำหนักพิกัดตามฉบับเก่าใช้บังคับก่อน ธ.ค.2519 สรุปไว้ในตารางที่2.1

ด่านชั่งน้ำหนัก	จำนวนรถเข้าชั่ง (คัน)	รถบรรทุกเกินพิกัด (คัน)	รถบรรทุกเกินพิกัด (ร้อยละ)
รังสิต			
ก.ม. 31 + 000			
คอนเมือง – วังน้อย			
พ.ศ. 2510	125777	7768	6.10
2511	140571	8881	6.30
2512	498539	22265	4.45
2513	482346	21795	4.52
2514	395288	27057	6.84
2515	408699	19640	4.80
2516	444954	21722	4.88
2517	400946	31374	7.82

ด่านชั่งน้ำหนัก	จำนวนรถเข้าชั่ง (คัน)	รถบรรทุกเกินพิกัด (คัน)	(ร้อยละ)
รังสิต			
ก.ม. 31 + 000			
คอนเมือง – วังน้อย			
พ.ศ. 2518	391484	40059	10.23
2519	365565	49483	13.53
เฉลี่ย	-	-	6.95
หินกอง			
ก.ม. 92 + 700			
วังน้อย – สระบุรี			
พ.ศ. 2510	125675	13085	10.40
2511	203388	22906	11.20
2512	461863	26944	5.80
2513	492506	20119	4.08
2514	359155	13224	3.68
2515	422682	20383	4.82
2516	380843	13955	3.67
2517	360832	27546	7.63
2518	331885	29495	8.89
2519	341819	30791	9.01
เฉลี่ย	-	-	6.92

ด่านชั่งน้ำหนัก	จำนวนรถเข้าชั่ง (คัน)	รถบรรทุกเกินพิกัด (คัน)	(ร้อยละ)
บางแพ			
กม. 89 + 00			
นครปฐม – ราชบุรี			
พ.ศ. 2514	188233	7615	4.05
2515	250014	30918	12.35
2516	246120	17414	7.05
2517	213481	13276	6.22
2518	235725	34317	14.56
2519	184476	27898	15.12
เฉลี่ย	-	-	9.89
ศรีสำราญ			
กม. 23 + 000			
กรุงเทพ – นครปฐม			
พ.ศ. 2512	231884	13126	5.65
2513	241997	16195	6.70
2514	266688	11564	4.35
2515	389342	36035	9.25
2516	456078	37069	8.13
2517	402275	40674	10.11
2518	488389	54359	11.13
2519	411182	68668	16.70
เฉลี่ย	-	-	9.00

ด่านชั่งน้ำหนัก	จำนวนรถเข้าชั่ง (คัน)	รถบรรทุกเกินพิกัด (คัน)	(ร้อยละ)
ฉะเชิงเทรา			
กม. 76 + 700			
มีนบุรี – ฉะเชิงเทรา			
พ.ศ. 2512	37410	784	2.10
2513	24182	265	1.09
2514	37503	451	1.11
2515	50981	1061	2.08
2516	50777	848	1.67
2517	73257	5693	7.77
2518	78339	7626	9.73
2519	75857	17705	23.34
เฉลี่ย	-	-	6.11
หนองไม้แดง			
กม. 89 + 000			
บางปะกง – ชลบุรี			
พ.ศ. 2512	26993	237	0.85
2513	139376	757	0.54
2514	171854	961	0.56
2515	208044	1284	0.62
2516	212704	541	0.25
2517	148507	8305	5.60

ด่านชั่งน้ำหนัก	จำนวนรถเข้าชั่ง	รถบรรทุกเกินพิกัด (คัน)	(ร้อยละ)
หนองไม้แดง			
กม. 89 + 000			
บางประกง — ชลบุรี			
พ.ศ. 2518	178350	16470	9.23
2519	164154	26055	15.87
เฉลี่ย	-	-	4.19
สี่คิ้ว			
กม. 199 + 000			
สระบุรี — นครราชสีมา			
พ.ศ. 2514	188233	7615	4.05
2515	250014	30918	12.35
2516	278025	14591	5.25
2517	203599	18419	9.05
2518	250976	19094	7.61
2519	255305	29687	11.63
เฉลี่ย	-	-	8.32

ด่านชั่งน้ำหนัก	จำนวนรถเข้าชั่ง (คัน)	รถบรรทุกเกินพิกัด (คัน)	(ร้อยละ)
ประตูน้ำพระอินทร์			
กม. 47 + 200			
ดอนเมือง – สระบุรี			
พ.ศ. 2518	163299	15568	9.58
2519	177476	25934	14.61
เฉลี่ย	-	-	12.10

ตารางที่ 2.3 สถิติอัตราน้ำหนักบรรทุกเกินพิกัด (น้ำหนักพิกัดตามฉบับเก่าใช้บังคับก่อน พ.ศ. 2519 สรุปไว้ในตารางที่ 2.1)

ด่านชั่งน้ำหนัก	อัตราน้ำหนักบรรทุกเกินพิกัด, ร้อยละ					
	1 ตัน	1-2ตัน	2-4 ตัน	4-8 ตัน	8-10ตัน	10-12ตัน
รังสิต						
ธ.ค. 2514	75.0	9.7	8.5	5.7	0.5	0.6
ม.ค. 2515	75.5	15.2	6.4	2.6	0.1	0.2
ก.พ. 2515	76.6	17.4	4.6	1.3	0.1	-
มี.ค. 2515	80.0	16.8	2.7	0.4	0.1	-
หินกอง						
ธ.ค. 2514	60.7	12.7	10.2	11.9	1.9	2.6
ม.ค. 2515	86.0	8.8	3.9	1.3	-	-
ก.พ. 2515	93.1	4.7	1.7	0.5	-	-
มี.ค. 2515	95.8	2.7	1.2	0.3	-	-
ศรีสำราญ						
ธ.ค. 2514	57.6	8.6	12.1	15.2	3.1	1.4
ม.ค. 2515	57.5	17.3	14.8	9.4	0.8	0.2
ก.พ. 2515	88.5	5.9	4.1	1.4	0.1	-
มี.ค. 2515	90.4	4.5	3.5	1.4	0.1	0.1
ฉะเชิงเทรา						
ธ.ค. 2514	-	92.9	7.7	-	-	-
ม.ค. 2515	1.1	83.0	11.4	4.5	-	-
ก.พ. 2515	-	59.0	27.3	9.1	4.6	-
มี.ค. 2515	-	85.7	12.3	2.0	-	-

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ด่านชั่งน้ำหนัก	อัตราน้ำหนักรถบรรทุกเกินพิกัด ร้อยละ					
	1ตัน	1-2ตัน	2-4ตัน	4-8ตัน	8-10ตัน	10-12ตัน
หนองไม้แดง						
ธ.ค. 2514	4.9	76.1	16.4	1.7	0.9	-
ม.ค. 2515	17.2	66.0	16.4	0.4	-	-
ก.พ. 2515	15.2	75.3	8.6	0.9	-	-
มี.ค. 2515	-	74.0	26.0	-	-	-
สี่คิ้ว						
ธ.ค. 2514	62.5	14.6	11.1	12.1	3.7	6.0
ม.ค. 2515	90.0	6.4	2.6	0.8	0.1	0.1
ก.พ. 2515	93.7	4.6	1.1	0.4	0.2	-
มี.ค. 2515	94.2	4.0	1.3	0.4	0.1	-
บางแพ						
ธ.ค. 2514	31.7	16.8	20.0	22.5	6.2	2.8
ม.ค. 2515	90.0	5.8	2.8	1.2	0.1	0.1
ก.พ. 2515	95.2	3.4	1.5	0.7	0.1	0.1
มี.ค. 2515	98.0	1.3	0.5	0.2	-	-

2.3 วิธีการหาอายุการใช้งานของถนนเมื่อมีการบรรทุกเกินพิกัด

ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการหาอายุการใช้งานของถนนเมื่อมีการบรรทุกน้ำหนักเกินตั้งแต่หลักการหา, การ Develop สูตร, ตลอดจนการประเมินหาอายุการใช้งานของถนนที่หดสั้นลง จากผลงานวิจัยของ มนัส คอวนิช ดังนี้

2.3.1 หลักการคิดหาอายุการใช้งานของถนน

ก่อนจะกล่าวถึงหลักการหาอายุการใช้งานของถนนก็ควรจะทราบขอบเขตเสียก่อน เพราะว่าอายุการใช้งานของถนนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น วัสดุที่ใช้ทำถนนความแข็งแรงของชั้น Subgrade สภาพแวดล้อมของภูมิประเทศและการจราจร (หมายถึงจำนวนน้ำหนักล้อที่กระทำกับถนน) เป็นต้น แต่ในงานวิจัยนี้กล่าวเฉพาะผลเนื่องจากการจราจรเพียงอย่างเดียวโดยถือว่า องค์ประกอบอื่น ๆ ถูกต้องตามข้อกำหนด

การออกแบบถนนโดยทั่วไปมักจะใช้น้ำหนักล้อเป็นเกณฑ์ตามที่ทางราชการกำหนดซึ่งตามปกติแล้วถนนแต่ละสายต้องรับปริมาณการจราจรด้วยรถหลายชนิด และน้ำหนักล้อที่กระทำกับถนนก็มีหลายขนาดด้วย ดังนั้นหลักการที่นำมาคิดหาอายุการใช้งานของถนนจึงคิดจากการเปลี่ยนน้ำหนักล้อขนาดต่าง ๆ ให้เป็นจำนวนเท่าของน้ำหนักล้อมาตรฐาน (Equivalent Wheel Load Factor) โดยให้ Performance ของถนนเท่ากัน มนัส คอวนิช ได้เลือกใช้น้ำหนักล้อ 5000 ปอนด์ เป็นน้ำหนักมาตรฐาน หมายความว่าน้ำหนักล้อใด ๆ จะมีผลการทำลายถนนเทียบเป็นจำนวนกี่เท่าของน้ำหนักล้อมาตรฐาน 5000 ปอนด์ ที่ Performance ของถนนเดียวกัน ค่า Equivalent Wheel Load Factor ได้จากตารางที่ 4.7 ในบทที่ 4 เรื่อง"Pavement Behavier Under Moving Load" ในหนังสือ " Principle of Pavement Design" พิมพ์เมื่อ ค.ศ. 1959 เรียบเรียงโดย E.J.Yoder[1] ได้นำมาแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ค่าของ Equivalent wheel Load Factor ของน้ำหนักล้อต่าง ๆ

น้ำหนักล้อ, ปอนด์	Load Factor	
5,000	1	2^0
6,000	2	2^1
7,000	4	2^2
8,000	8	2^3
9,000	16	2^4
10,000	32	2^5
11,000	64	2^6
12,000	128	2^7
13,000	256	2^8

จากที่กล่าวมาแล้วนี้จะเห็นว่าการออกแบบถนนมักจะกำหนดอายุของถนนขึ้นอยู่กับจำนวน Applications ของน้ำหนักล้อเทียบเท่าล้อมาตรฐาน ถ้าถนนที่ออกแบบไว้มีจำนวน Applications ของน้ำหนักล้อเทียบเท่าล้อมาตรฐานตามที่ออกแบบไว้เมื่อไร แสดงว่าอายุการใช้งานของถนนสายนั้นสิ้นสุดลงแล้ว (Failure) อายุการใช้งานของถนนจะสั้นหรือยาวจึงขึ้นอยู่กับจำนวนApplications ของน้ำหนักล้อต่าง ๆ เทียบเท่าน้ำหนักล้อมาตรฐานนั่นเอง

006604

2.3.2 <u>การDevelop สูตรสำหรับใช้คำนวณหาอายุการใช้งานของถนนจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด</u>

มนัส คอวนิช ได้ตั้งสมมุติฐานในการDevelop สูตรดังนี้

a = Truck Traffic Growth เป็นอัตราเฉลี่ยร้อยละต่อปีและเป็น Linear Function.

$x_1, x_2, x_3,$ เป็น overloading Percentage Increments ของจำนวนรถบรรทุกหนักเกินพิกัดทุกๆ 1000 ปอนด์ หรือ $x_1+x_2+x_3+\ldots\ldots$ เปอร์เซนต์รถบรรทุกน้ำหนักเกินเฉลี่ยใน 1 ปี

$2^1, 2^2, 2^3, \ldots\ldots$ = Equivalent wheel Load Factor

n = Probable Service Life ปี

n′ = Reduced Service Life ปี

Vo = Imaginary Truck Traffic volume ในปีเริ่มต้นเมื่อ Traffic Growth เป็น Linear Function

Vn = Truck Traffic volume ในปีสุดท้ายของ Probable Service Life

Vn′ = Equivalent Truck Traffic volume ในปีสุดท้ายของ Reduced Service Life

Volume of Truck Traffic at n year

$Vn = Vo + navo$

$Vn = (1 + na)vo \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$

Equivalent Destructive Truck Traffic Volume at n′ year

$$Vn' = (1 + na')vo + (1 + na')vo.x_1(2)^1 + (1+ na')vo.x_2(2)^2 + (1+na')vo\ x_3.(2)^3 + \ldots\ldots\ldots\ldots (2.2)$$

Equate สมการ (2.1) = (2.2) เมื่อถนนหมดอายุการใช้งาน Truck Traffic Volume ต้องเท่ากัน

$$Vn = V_n'$$

$$(1+na)Vo = (1+n'a)V_o+(1+n'a)x_1.(2)^1+(1+n'a)Vo.x_2(2)^2+$$
$$(1+n'a)Vo.x_3(2)^3+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$(1+na)vo = (1+n'a)vo\ \left(1+x_1(2)^1+x_2(2)^2+x_3(2)^3+\ldots.\right)$$

$$(1+n'a) = \frac{1+na}{1+x_1'(2)^1+x_2(2)^2+x_3(2)^3+\ldots\ldots\ldots}$$

$$n' = \frac{1}{a}\left[\frac{1+na}{1+x_1(2)^1+x_2(2)^2+x_3(2)^3+\ldots\ldots\ldots} - 1\right]$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots(2.3)$$

(2.3) เป็นสมการที่ใช้หาอายุการใช้งานของถนนเมื่อมีการ overload ของรถบรรทุกหนัก

2.3.3 <u>การประเมินหาอายุการใช้งานของถนน</u> ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงตัวอย่างการประเมินหาอายุการใช้งานของถนนเนื่องจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดซึ่ง มนัส คอวนิช ได้ประเมินหาอายุการใช้งานจากสมการที่ (2.3) ดังนี้

$$n' = \frac{1}{a}\left(\frac{1+na}{1+x_1(2)^1+x_2(2)^2+x_3(2)^3+\ldots..} - 1\right) \ldots(2.3)$$

จากสมการที่ยกมานี้ จำเป็นต้องรู้ค่าต่างๆจากสมการดังนี้

1) ค่า a = อัตราการเพิ่มรถบรรทุก = 14% ได้จากอัตราการเพิ่มของรถบรรทุกที่จดทะเบียนทั่วประเทศ

2) ค่า n = อายุของถนนที่ควรจะเป็น = 13 ปี (ถนน Asphalt) ได้จากข้อมูลการศึกษาอายุการใช้งานของถนน Asphalt ในสหรัฐอเมริกา เป็นอายุเฉลี่ยตั้งแต่ คศ. 1941 -1952 ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 19.2 บทที่ 19

เรื่อง " Pavement Distress,Performance Surveys, and Evaluation" ในหนังสือ " Principle of Pavement Design " เรียบเรียงโดย E.J Yoder[1] 1959

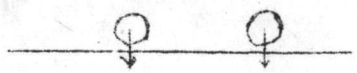
3) จำนวนรถบรรทุกเกินพิกัดร้อยละต่อปี ค่าเฉลี่ยตลอดปีจากสถิติในตาราง ที่ 2.2 (พ.ศ. 2510 - 2515) เป็นค่าประมาณ 5.32 % ต่อปี ซึ่งจะได้นำมาใช้หาค่า X_1, X_2, X_3,.... ที่เป็นอัตราการบรรทุกน้ำหนักเกินของจำนวนรถที่น้ำหนักเกินพิกัดทุก ๆ 1000 ปอนด์ที่เพิ่มขึ้น

ในการประเมินหาอายุการใช้งาน มนัส กอวนิช ได้เลือกเอาสถิติในตาราง ที่ 2.3 ของกรณีร้างแรงที่สุด และเบาที่สุดมาคิดคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อัตราการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดกรณีร้ายแรงที่สุดและเบาที่สุด

ด่านชั่งน้ำหนัก	อัตราการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด ร้อยละ					
	1 ตัน	1-2 ตัน	2-4 ตัน	4-8 ตัน	8-10 ตัน	10-12ตัน
หินกอง มี.ค.15	95.8	2.7	1.2	0.3	-	-
บางแพ ธ.ค.14	31.7	16.8	20.0	22.5	6.2	2.8

สถิติในตารางที่ 2.5 นี้ เป็นสถิติจากน้ำหนักรวม (Gross - weight) ของรถบรรทุกจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนให้เป็นน้ำหนักล้อเสียก่อนจึงจะหาค่าของ Equivalent wheel Load Factor ได้ โดยอาศัยการกระจายน้ำหนักล้อดังนี้ (จากการศึกษาการกระจายน้ำหนักลงเพลา ถนนสายดอนเมือง - สระบุรี กรมทางหลวง 2510)[36]

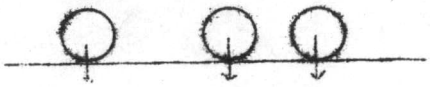


รถ 2 เพลา (6 ล้อยาง)

น้ำหนักเพลา 0.35W 0.65W

น้ำหนักล้อ 0.175W 0.325W

W = น้ำหนักรวมของรถ (Gross-Wt)



รถ 3 เพลา (10 ล้อยาง)

น้ำหนักเพลา 0.20 W 0.40 W 0.40 W

น้ำหนักล้อ 0.10 W 0.20 W 0.20 W

จากการกระจายน้ำหนักล้อดังกล่าว มนัส คอวนิช ได้คิดประเมินหาอายุการใช้งานของถนนเฉพาะผลจากรถ 3 เพลา (10 ล้อ) เป็นส่วนใหญ่ และเนื่องจากรถ 3 เพลา(10 ล้อ)มีเพลาที่ 2 และ 3 เป็นเพลาคู่ (Tandem Axle) จึงเปลี่ยนน้ำหนักเพลาให้เป็นน้ำหนักล้อเทียบเท่าน้ำหนักล้อเดี่ยวมาตรฐาน (Equivalent Single wheel load) ดังนี้ = $(0.2\ w + 0.2\ w) \times \frac{1800}{3200} = 0.225\ W$

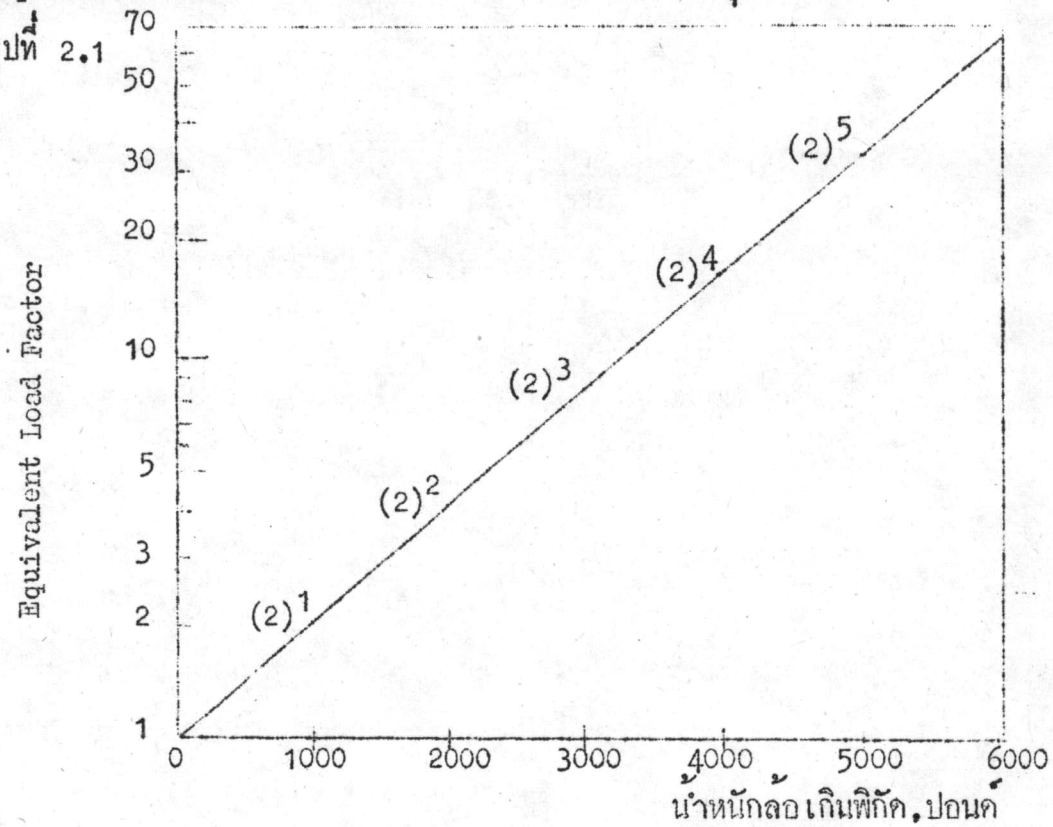
เมื่อได้น้ำหนักเทียบเท่าล้อเดี่ยวมาตรฐานแล้ว สถิติอัตราบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดจากตารางที่ 2.5 จึงเขียนใหม่ในรูปของน้ำหนักล้อ ตามตารางที่ 2.6 ดังนี้

ตารางที่ 2.6 อัตราการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดกรณีร้ายแรงที่สุดและเบาที่สุด (คิดเป็นน้ำหนักล้อ)

ด่านชั่งน้ำหนัก	อัตราน้ำหนักล้อเกินพิกัด, ร้อยละ					
	225 ก.ก	225 ถึง 550 ก.ก	550 ถึง 900 ก.ก	900 ถึง 1800 ก.ก	1800 ถึง 2250 ก.ก	2250 ถึง 2700 ก.ก
หินกอง มี.ค. 15	95.8	2.7	1.2	0.3	-	-
บางแพ ธ.ค. 14	31.7	16.8	20.0	22.5	6.2	2.8

จากอัตราน้ำหนักล้อเกินพิกัดตามตารางที่ 2.6 ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานไว้ คือ ต้องเพิ่มทุก ๆ 1000 ปอนด์ เพื่อให้สอดคล้องกับตารางที่ 2.6 จึงสมมุติให้ x'_1 $x'_2, x'_3, x'_4, x'_5, x'_6$, ... เป็นอัตราการบรรทุกน้ำหนักเกินของจำนวนรถบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดที่ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักล้อเกินพิกัด 247.5 ปอนด์ $(\frac{0+225}{2}$ ก.ก)

852.5 ปอนด์($\frac{225+550}{2}$ ก.ก.), 1595 ปอนด์($\frac{550+900}{2}$ ก.ก.), 2970 ปอนด์($\frac{900+1800}{2}$ ก.ก.) 4455 ปอนด์($\frac{1800+2250}{2}$ ก.ก.) และ 5445 ปอนด์ ($\frac{2250+2700}{2}$ ก.ก.) ตามลำดับ น้ำหนักเกินพิกัดเหล่านี้ นำไปหา Equivalent wheel Load Factor ได้จากกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Equivalent wheel Load Factor กับน้ำหนักล้อที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1000 ปอนด์ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Equivalent wheel Load Factor กับน้ำหนักล้อที่เพิ่มขึ้น

จากกราฟในรูปที่ 2.1 จะได้ค่า Equivalent wheel Load Factor ที่สอดคล้องกับ $x'_1, x'_2, x'_3, x'_4, x'_5, x'_6$, (Overloading Percentage Increments - ของจำนวนรถบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด) ที่ค่าเฉลี่ยอัตราน้ำหนักล้อเกินพิกัด 247.5 ปอนด์, 852.5 ปอนด์, 1595 ปอนด์, 2790 ปอนด์, 4455 ปอนด์, และ 5446

ปอนด์ ดังนี้ 0.495, 1.605, 3.19, 7.88, 23.28 และ 46.24 ตามลำดับ

ที่ด่านหินกอง มี.ค. 15

$x_1' = 0.958 \times 0.0532 = 0.05100$

$x_2' = 0.027 \times 0.0532 = 0.00144$

$x_3' = 0.012 \times 0.0532 = 0.00064$

$x_4' = 0.003 \times 0.0532 = 0.00016$

ที่ด่านบางแพ ธ.ค. 14

$x_1' = 0.317 \times 0.0532 = 0.01689$

$x_2' = 0.168 \times 0.0532 = 0.00894$

$x_3' = 0.200 \times 0.0532 = 0.01064$

$x_4' = 0.225 \times 0.0532 = 0.01198$

$x_5' = 0.065 \times 0.0532 = 0.00346$

$x_6' = 0.028 \times 0.0532 = 0.00149$

จากข้อมูลต่างๆที่ได้มาก็จะสามารถคำนวณหาอายุการใช้งานจริงๆของถนนได้จากสม
การที่ (2.3) ดังนี้

กรณีที่เบาที่สุด

$$n' = \frac{1}{0.14}\left[\frac{1 + 13 \times 0.14}{1+x_1' \times 0.495+x_2' \times 1.605+x_3' \times 2.19+x_4' \times 7.88} - 1\right]$$

$n' = 12.7$ ปี

กรณีที่รายแรงที่สุด (ทำนองเดียวกับกรณีเบาที่สุด จะได้ $n' = 8.32$ ปี

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

2.4 ผลที่ได้จากการวิจัยน้ำหนักบรรทุกเกินพิกัดในประเทศไทย

จากการวิจัยของ มนัส คอวนิช[37] อายุการใช้งานของถนนที่หดสั้นลงจากผลของการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดของรถบรรทุกน้ำหนัก ที่กล่าวมาแล้วถนนจะมีอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 8.32 ปี ถึง 12.7 ปี และใช้อายุเฉลี่ย 10.5 ปี เป็นอายุที่ใช้ในการคำนวณความสูญเสียในทางเศรษฐกิจ ซึ่งพอจะกล่าวถึงความสูญเสีย ดังนี้

ความสูญเสียจากการลงทุนบูรณะถนนก่อนกำหนด ความสูญเสียจากอายุการใช้งานของถนนสั้นลง เนื่องจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด รัฐบาลจะต้องลงทุนบูรณะถนนเร็วกว่ากำหนดเท่าที่ควร โดยไม่อาจใช้เงินจำนวนนี้ไปพัฒนาประเทศทางด้านอื่นได้ ซึ่งความสูญเสียอันนี้คำนวณเป็นเงินดอกเบี้ยได้

ความสูญเสียจากค่าบำรุงทางที่เพิ่มขึ้น เมื่ออายุใช้งานของถนนหดสั้นลงค่าบำรุงถนนก็ต้องเสียเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ เพื่อให้ถนนใช้การได้ดีตามอายุถนนที่ควรจะเป็น

ความสูญเสียจากค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุก อายุการใช้งานของรถบรรทุกโดยทั่วไปจะมีอายุประมาณ 8 ปี และมีการเสื่อมราคาปีละประมาณ 12.5 เปอร์เซนต์รถบรรทุกที่ใช้บรรทุกเกินพิกัดมาก ๆ เมื่อใช้งานหนักมาได้ประมาณ 2 - 3 ปี รถบรรทุกจะเสื่อมราคาลงอย่างรวดเร็ว เหลือเพียง 50 % เท่านั้น (จากการสอบถามเจ้าของรถบรรทุก)

จากความสูญเสียที่กล่าวมานี้ มนัส คอวนิช ได้สรุปผลเสียหายจากการที่อายุการใช้งานของถนนหดสั้นลงทั่วประเทศ เนื่องจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด โดยคิดว่าถนนทุกสายมีอายุการใช้งานหดสั้นลง 2.5 ปี จากอายุการใช้งานที่ควรจะเป็น 13 ปี ดังแสดงในตารางที่ 2.7 (รายละเอียดดูจาก "ปัญหาที่เกิดจากรถบรรทุกหนัก" มนัส คอวนิช 2516)

ตารางที่ 2.7 สรุปผลเสียหายทางเศรษฐกิจเนื่องจากบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดของรถบรรทุกหนัก

พ.ศ.	ลงทุนบูรณะก่อนกำหนดเป็นดอกเบี้ย (ล้านบาท)	ค่าบำรุงทางที่เพิ่มขึ้น (ล้านบาท)	ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุก (ล้านบาท)	รวมเป็นเงินที่สูญเสีย (ล้านบาท)
2509	59.9	-	87.5	147.4
2510	71.6	-	175.0	246.6
2511	90.9	-	262.5	353.4
2512	107.3	7.7	340.0	455.0
2513	119.4	24.3	437.5	581.2
2514	135.4	27.9	481.2	644.5
2515	151.4	41.1	481.2	673.7
2516	158.0	55.8	481.2	695.0
รวม	893.9	156.8	2746.1	3796.8

2.5 <u>สรุปและวิจารณ์ผลงานในอดีต</u>

2.5.1 <u>สรุป</u> จะเห็นว่างานวิจัยในอดีตของประเทศไทยเราเกี่ยวกับผลอันเกิดจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดต่ออายุการใช้งานของถนนยังไม่ได้มีการวิจัยอย่างแพร่หลายเท่าที่ควรจะมีผลงานวิจัยแต่เฉพาะของ มนัส คอวนิช เท่านั้น ซึ่งจากงานวิจัยนี้ พอจะสรุปได้ดังนี้

1. ถนนสายต่าง ๆ มีจำนวนรถบรรทุกเกินพิกัดวิ่งอยู่เป็นจำนวนมากตามสถิติในหัวข้อที่ 2.2 แสดงว่าถนนแทบจะทุกสายจะมีอายุการใช้งานน้อยกว่าที่ควรจะเป็นอย่างแน่นอน

2) ใช้หลักการของ Load Equivalency Factor ในการรวมผลการทำลายถนนของน้ำหนักล้อต่าง ๆ ให้เป็นจำนวนเทียบเท่าล้อมาตรฐาน 5000 ปอนด์และจากหลักการอันนี้ได้ Develop สูตร เพื่อใช้หาอายุการใช้งานของถนนเมื่อมีการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด

3) ได้ประเมินหาอายุการใช้งานของถนนในประเทศไทยจากผลของการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด และพบว่ามีอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 8.32 - 12.7 ปี จากอายุที่ควรจะเป็น 13 ปี

4) ได้สรุปความเสียหายทางเศรษฐกิจเมื่ออายุการใช้งานของถนนหดสั้นลง เนื่องจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด (ตามตารางที่ 2.7)

จากผลงานวิจัยนี้ นับว่ามีประโยชน์เป็นอย่างมาก สำหรับผู้ที่สนใจเกี่ยวกับผลอันเกิดจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดของรถบรรทุกหนักต่ออายุการใช้งานของถนน และเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.5.2 <u>วิจารณ์ผลงานวิจัยในอดีต</u>

ในหัวข้อนี้จะได้วิจารณ์ถึงผลงานวิจัยในอดีตที่ได้กล่าวมาแล้วแต่ต้น ว่าผลงานที่ทำมานั้นมีอะไรบ้างที่คิดว่ายังไม่ดีเท่าที่ควร เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไปซึ่งพอจะกล่าวเฉพาะที่สำคัญ ดังนี้

1) การเลือกใช้อายุถนนชนิดแอสฟัลท์ 13 ปี ซึ่งได้จากการศึกษาอายุถนนในสหรัฐอเมริกา มาคิดคำนวณแทนอายุการใช้งานของถนนในเมืองไทยนั้นจึงไม่ค่อยถูกต้องเท่าใดนัก เพราะว่าอายุการใช้งานของถนนแต่ละสายไม่เท่ากันแน่นอน ขึ้นอยู่กับการออกแบบความหนาของโครงสร้างถนน และจำนวนรถบรรทุกหนักที่วิ่งอยู่บนถนนสายนั้นด้วย

2. การเลือกใช้ค่า Load Equivalency Factor เพื่อใช้เปลี่ยนน้ำหนักล้อต่างๆให้เป็นน้ำหนักล้อเทียบเท่าน้ำหนักล้อมาตรฐานนั้น ได้เลือกใช้จากตารางที่ 4.7 ในบทที่ 4 เรื่อง "Pavement Behavier Under Moving Load" ในหนังสือ" Principle of Pavement Design" เรียบเรียงโดย E.J.Yoder 1959 ซึ่งค่า Load Equivalency Factor นี้ Mcleod (31) ได้วิเคราะห์ข้อมูลจากกรมทางหลวงในประเทศแคนาดา 1956 ค่า Load Equivalency Factor นี้ ค่อนข้างจะเก่าเกินไปมีความถูกต้องน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองของ AASHO Road Test (1956 - 1962) (7) จากการทดลองนี้ได้มีหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบถนนได้นำข้อมูลจาก AASHO Road Test ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่างๆที่ใช้ในการออกแบบถนน และได้ค่าของ Load Equivalency Factor โดยคิด Performance ของถนนรวมเข้าไปด้วย เช่น วิธีของ Asphalt Institute วิธีของ AASHO เป็นต้น

3. การเลือกใช้อัตราการเพิ่มของรถบรรทุกเป็น 4 % ต่อปี ได้จากการจดทะเบียนเพิ่มของรถบรรทุกทั่วประเทศ จึงเป็นการไม่ค่อยถูกต้องเท่าที่ควรในการนำมาคิดคำนวณหาอายุการใช้งานของถนน เนื่องจากถนนแต่ละสายมีปริมาณการจราจรไม่เท่ากัน อัตราการเพิ่มของรถแต่ละปีจึงเป็นไปได้ยากที่ถนนแต่ละสายจะมีอัตราการเพิ่มเท่ากัน ดังนั้นในการคำนวณหาอายุการใช้งานของถนนให้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด จึงควรคิดจากอัตราการเพิ่มของรถบรรทุกในแต่ละสายที่จะพิจารณา สำหรับอัตราการเพิ่มของรถบรรทุกอาศัยข้อมูล ADT จากกรมทางหลวงแผ่นดิน ซึ่งสำรวจเก็บไว้ทุกปีก็นับว่าเพียงพอในการหาอัตราการเพิ่มของรถในแต่ละปี แต่ละสายได้

4. ในการคิดน้ำหนักล้อเทียบเท่าน้ำหนักล้อมาตรฐาน (Equivalent Single wheel Load) ของรถ 3 เพลา (10ล้อ) นั้นหาได้เท่ากับ 0.225W, (0.20 W+0.20 W)(1800/3200) ซึ่งค่าที่ถูกต้องควรจะเป็น 0.1125 W, (0.10W + 0.10W)(1800/3200) เพราะเป็นค่าที่ได้จากน้ำหนักล้อเดี่ยวจริงๆส่วนค่า 0.225 W เป็นค่าที่ได้จากน้ำหนักล้อคู่

5. ค่า Load Equivalency Factor ที่ได้จากกราฟในรูปที่ 2.1 ไม่ควรได้ค่าต่ำกว่า 1.00 เพราะว่าจากกราฟที่อัตราการบรรทุกเกินพิกัดของน้ำหนักล้อเท่ากับ ๐ ค่าของ Load Equivalency Factor เท่ากับ 1.00พอดี แต่จากงานวิจัยนี้ที่น้ำหนักเกินพิกัด 247.5 ปอนด์ แต่อ่านค่า Load Equivalency Factor ได้แค่ 0.495 เท่านั้น

6. ในการคิดค่าของ Load Equivalency Factor จากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดของน้ำหนักล้อนั้น คิดเฉพาะผลจากรถหลายประเภท (Mixed Traffic) ตั้งแต่รถ 2 เพลา (6 ล้อ) ขึ้นไป และรถแต่ละประเภทน้ำหนักเกินพิกัดแตกต่างกันด้วย (ดูตารางที่ 2.1) ดังนั้นการคิดเฉพาะรถ 3 เพลา (10ล้อ) ใช้แทนรถทั้งหมดที่เกินพิกัดจึงเป็นการไม่ถูกต้อง (สังเกตค่า Load Equivalency Factor ของน้ำหนักล้อ ในตารางที่ 2.4 จะเห็นว่าน้ำหนักล้อเพิ่มขึ้นเพียงแต่น้อย แต่ค่าของ Load Equivalency Factor เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สังเกตุได้ชัดที่น้ำหนักล้อมากๆ)

7. เมื่อมีการประกาศเพิ่มพิกัดน้ำหนักบรรทุก (ตามประกาศของผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดิน เมื่อ ธ.ค. 2519 ดูสรุปในตารางที่ 2.1) ก็จะทำให้การคิดคำนวณผิดพลาดมากขึ้น เพราะผลจากการเพิ่มพิกัดน้ำหนักล้อทำให้ค่าของ Load Equivalency Factor เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (จากข้อ 6) อัตราการเพิ่มของ

Load Equivalency Factor ไม่เป็นสัดส่วนเส้นตรงกับการเพิ่มของน้ำหนักล้อและผลที่เกิดจากน้ำหนักเพลาคู่และเพลาเดี่ยวมีอำนาจการทำลายถนนไม่เท่ากันด้วย ที่น้ำหนักพิกัดเท่ากัน เพลาเดี่ยวจะมีผลการทำลายถนนมากกว่าเพลาคู่ (รายละเอียดจะได้กล่าวในบทที่ 3)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จึงเห็นสมควรที่จะคิดหาวิธีการประเมินหาอายุการใช้งานของถนนให้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และให้สอดคล้องกับการออกแบบถนนแต่ละสายด้วย วิธีคิดคำนวณหาอายุการใช้งานของถนนควรจะเป็นวิธีที่ใช้ได้ทั่วๆไป และใช้ได้ทุกกรณีไม่ว่าการ " Overload" ของถนนจะเกิดจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดหรือการ " Overload"ของถนนเนื่องจากจำนวนของรถบรรทุกหนักมากกว่าที่ออกแบบไว้ (ถึงแม้จะไม่เกินพิกัดก็ตามแต่จำนวน Equivalent Applications มากกว่าที่ออกแบบไว้) สำหรับวิธีการคิดประเมินหาอายุการใช้งานของถนนตามที่กล่าวมานี้ จะได้เสนอในบทต่อๆไป ซึ่งวิธีการคิดจะแตกต่างจากงานวิจัยในอดีตโดยสิ้นเชิง