บทที่ 4

การสร้างกราฟเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบความหนา และใช้ประเมินหาอายุการใช้งานของถนน

วัตถุประสงค์ของการสร้างกราฟขึ้นมาใหม่ ก็เพื่อใช้ในการออกแบบความหนาถนนให้ได้ด้วยความสะดวกรวดเร็วไม่ยุ่งยากในการใช้จนเกินไป เพราะว่ากราฟออกแบบที่ Asphalt Institute (11) ได้ทำขึ้นมานั้นเป็นกราฟออกแบบที่อายุ 20 ปี ถ้าต้องการออกแบบถนนที่อายุอื่นๆก็ต้องอาศัยตารางหาค่า Adjustment Factor เสียก่อน เพื่อเปลี่ยนเป็นที่อายุอื่นๆที่ต้องการ ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4.3 ซึ่งไม่สะดวกในการใช้อย่างยิ่ง โดยเฉพาะผู้ที่ไม่ต้องการใช้ตารางในการออกแบบ

สำหรับกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้ นอกจากจะใช้ออกแบบความหนาถนนแล้วยังสามารถนำมาใช้ประเมินหาอายุการใช้งานของถนนได้อีกด้วย นับได้ว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งเพื่อให้มีกราฟต่างๆที่ใช้ประกอบในการออกแบบความหนาหรือประเมินหาอายุการใช้งานของถนนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับสภาพของรถบรรทุกหนักในประเทศไทยเรา จึงได้สร้างกราฟขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อใช้หาค่า Load Equivalency Factor ของรถบรรทุกหนักประเภทต่างๆที่พบว่ามีวิ่งอยู่เป็นจำนวนมากบนถนนสายต่างๆในเมืองไทยเรา(ดูรูปในภาคผนวก ง.)

อนึ่งในการสร้างกราฟต่างๆขึ้นมานี้ได้ใช้เกณฑ์กำหนดในการออกแบบถนนของ Asphalt Institute ทุกประการ

4.1 <u>การสร้างสมการเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบความหนาและใช้ประเมินหาอายุการใช้งานของถนน</u>

เพื่อให้สมการที่ใช้ออกแบบความหนามีความสัมพันธ์กับอายุการใช้งานของถนนและอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร จึงอาศัยสมการออกแบบพื้นฐานจากบทที่ 3 ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว คือสมการที่ (3.20) ดังนี้

$$TA = (-4.25 + 2.75 \text{ Log } W_{18})(2.5/CBR)^{0.4} \quad \text{-----(3.20)}$$

จากสมการพื้นฐานนี้ค่า W_{18} นี้คือจำนวน Equivalent 18 Kips Applications ตลอดอายุการใช้งานของถนน (PSI = 2.5) เพื่อให้ค่า W_{18} นี้มีความสัมพันธ์กับอายุการใช้งานและอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร โดยเปลี่ยนจำนวน Equivalent 18 Kips Applications (W_{18}) ไปเป็นเทอมของ ITN (Initial Traffic Number) คือจำนวน Equivalent 18 Kips Applications เฉลี่ยต่อวันในปีแรกที่เปิดรับปริมาณการจราจร สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$W_{18} = 365.\ ITN.\ SCA. \quad \text{-------(4.1)}$$

$$SCA = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad \text{-------(4.2)}$$

โดยที่ ITN = จำนวน Equivalent 18 Kips Applications เฉลี่ยต่อวันในช่องจราจรที่ออกแบบในปีแรกที่เปิดรับปริมาณการจราจร

W_{18} = จำนวน Equivalent 18 Kips Applications ตลอดอายุการใช้งานของถนน (PSI = 2.5)

SCA = Compound Amount Factor (34)

r = อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรต่อปี เป็นเปอร์เซนต์

n = อายุการใช้งานของถนน เป็นปี

สำหรับค่า SCA หรือ Compound Amount Factor นี้ ถ้าสังเกตให้ดีจะพบว่าต่างจากค่า ITN Adjustment Factor ที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ก็ตรงที่ว่า ค่า ITN Adjustment Factor เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยใน 20 ปี และมีความสัมพันธ์กับค่า SCA (Compound Amount Factor) ดังนี้ ITN Adjustment Factor = SCA/20 หรือ $\frac{(1+r)^n - 1}{20\ r}$ นั่นเอง

โดยการแทนค่า W_{18} ในสมการที่ (3.20) ดังนี้

$$TA = (- 4.25 + 2.75 \text{ Log } 365.ITN.SCA)(2.5/CBR)^{0.4}$$

$$TA = (2.80 + 2.75 \text{ Log } ITN.SCA.)(2.5/CBR)^{0.4}$$

$$TA\,(CBR/2.5)^{0.4} - 2.80 = 2.75 \text{ Log } ITN.SCA$$

$$0.252.\ TA.\ CBR^{0.4} - 1.018 = \text{Log } ITN.\ SCA \quad \text{-----(4.3)}$$

สมการที่ (4.3) จึงเป็นสมการที่ได้สร้างขึ้นมาใหม่ที่ใช้ในการออกแบบความหนาและใช้ประเมินหาอายุการใช้งานของถนนได้ จะเห็นว่าสมการนี้ได้รวมความสัมพันธ์ของความหนาที่ออกแบบ, อายุการใช้งาน, จำนวน Equivalent 18 Kips Applications ในเทอมของ ITN และอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร

4.2 <u>การสร้างกราฟจากสมการที่ Develop ไว้แล้ว</u>

จากหัวข้อ 4.1 ได้สร้างสมการที่มีความสัมพันธ์ต่างๆตามที่ต้องการไว้แล้ว คือ สมการที่ (4.3) ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการออกแบบความหนาและใช้ประเมินหาอายุการใช้งานของถนนดังนี้

$$0.252\ TA.CBR^{0.4} - 1.018 = \text{Log } ITN.\ SCA \quad \text{------(4.3)}$$

เพื่อให้สะดวกในการใช้และหลีกเลี่ยงการใช้สูตร โดยการสร้างกราฟขึ้นมาใหม่ และให้มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (4.3) แต่จากสมการนี้มีตัวแปรหลายตัวการเขียนกราฟให้อยู่ในแผ่นเดียวกันจึงทำได้ยาก เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วควรแยกสมการนี้ออกเป็น ส่วน จึงง่ายกว่ามาก ดังนั้นจึงสมมุติค่า X" เป็นค่าคงที่ที่สมมุติขึ้นค่าหนึ่งซึ่งต่อไปจะเรียกว่า "Design Constant" โดยให้มีค่าเท่ากับข้างซ้ายหรือขวาของสมการที่ (4.3) ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$0.252\ TA.CBR^{0.4} - 1.018 = \text{Log } ITN.\ SCA = X \quad \text{(Design-constant)}$$

หรือ $$X = 0.252\ TA.CBR^{0.4} - 1.018 \quad \text{---------(4.4)}$$

และ $$X = \text{Log } ITN.\ SCA \quad \text{---------(4.5}$$

จากสมการที่ (4.4) เขียน Nomograph ได้ตามรูปที่ 4.1 โดยมีความสัมพันธ์ของค่าความหนาที่ออกแบบ, ค่า Subgrade Soil Strength เป็น CBR และค่า Design Constant ส่วนสมการที่ (4.5) เขียน Nomograph ได้ตามรูปที่ 4.2 โดยมีความสัมพันธ์ของค่า ITN, ค่า Design Constant และค่า SCA. (Compound Amount Factor) โดยที่ค่า $SCA = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$ จึงได้ทำเป็นตารางดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าค่า SCA นี้เป็นฟังก์ชั่นของอายุการใช้งานของถนนที่ออกแบบ และอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร กราฟในรูปที่ 4.1, 4.2 และตารางที่ 4.1 ใช้เป็นกราฟออกแบบความหนาของถนนที่อายุต่างๆ ได้ และใช้ประเมินหาอายุการใช้งานของถนนได้เช่นเดียวกัน สำหรับวิธีการใช้กราฟเหล่านั้นก็ไม่ยุ่งยากนัก ตัวอย่างเช่นต้องการออกแบบความหนาของถนนให้มีอายุการใช้งาน 10 ปี, ค่า ITN เฉลี่ยต่อวันในปีแรกที่เปิดรับปริมาณการจราจรในช่องจราจรที่ออกแบบเท่ากับ 100 (Equivalent 18 Kips Applications) อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรเท่ากับ 7 % ต่อปี และ Design Subgrade CBR = 4 จากข้อมูลที่กำหนดมาให้นี้ สามารถหาความหนาได้ดังนี้ จากตารางที่ 4.1 ที่อายุการใช้งาน 10 ปี และอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรเท่ากับ 7 % ต่อปี จะได้ค่า Compound Amount Factor จากตารางเท่ากับ 13.82. ขั้นต่อไปจากรูปที่ 4.2 ลากเส้นตรงต่อจุดที่ค่า ITN = 100 (สะเกล A) และค่า Compound Amount Factor เท่ากับ 13.82 (สะเกล C) ก็จะได้ค่า Design Constant = 3.15 ต่อไปก็จะเป็นการหาความหนาที่ต้องการออกแบบจากรูปที่ 4.1 โดยลากเส้นตรงต่อจุดที่ค่าของ Design Constant = 3.15 กับค่า CBR = 4 ไปตัดสะเกล A จะได้ TA = 9.5" A.C. เป็นความหนาที่ต้องการ

แต่จากที่เคยกล่าวมาแล้วข้างต้นว่า การใช้ตารางในการออกแบบความหนาถนนไม่สะดวกอย่างยิ่ง และอาจทำให้สับสนได้ เพื่อให้การใช้สะดวกยิ่งขึ้นจึงได้สร้าง

กราฟเพิ่มเติมอีกโดยให้ค่า ITN มีความสัมพันธ์กับอายุการใช้งานที่ออกแบบที่แต่ละอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร คือเส้นด้านขวาสุดของกราฟรูปที่ 4.2 วิธีการเปลี่ยนเป็นอายุการใช้งานจาก Compound Amount Factor โดยการใช้ตารางที่ 4.1 หรือจาก SCA = $\frac{(1+r)^n-1}{r}$ ก็ได้ สำหรับสะเกล A(ITN) และสะเกล B (Design Constant) นั้นเหมือนเดิม ในงานวิจัยนี้ได้สร้างกราฟที่มีอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรตั้งแต่ 1-15 % ต่อปี ที่สร้างไว้ที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรสูงถึง 15 % เพราะว่าที่เมืองไทยเราอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรสูงนั่นเอง ส่วนอายุการใช้งานที่ออกแบบมีตั้งแต่ 1 ปีไปจนถึง 20 กว่าปีขึ้นไป กราฟเหล่านี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 - 4.17 ดังนั้นตั้งแต่กราฟรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.3 - 4.17 จึงเป็นกราฟที่สร้างขึ้นใหม่โดยไม่ต้องใช้ตารางช่วย ส่วนตัวอย่างวิธีการใช้นั้นก็จะขอยกตัวอย่างเดิมที่เคยกล่าวมาแล้วเพียงแต่คราวนี้ไม่ต้องใช้ตารางก็หาความหนาที่ออกแบบได้ จากกราฟในรูปที่ 4.9 เป็นกราฟที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรเท่ากับ 7 % ต่อปี ที่อายุการใช้งาน 10 ปี และค่า ITN เท่ากับ 100 ลากเส้นตรงตัดค่า Design Constant ได้เท่ากับ 3.15 ซึ่งเท่ากับที่หาได้เมื่อใช้ตารางจากที่กล่าวมาแล้ว จากกราฟในรูปที่ 4.1 จะได้ความหนาที่ออกแบบเท่ากับ 9.5" A.C. เท่ากัน

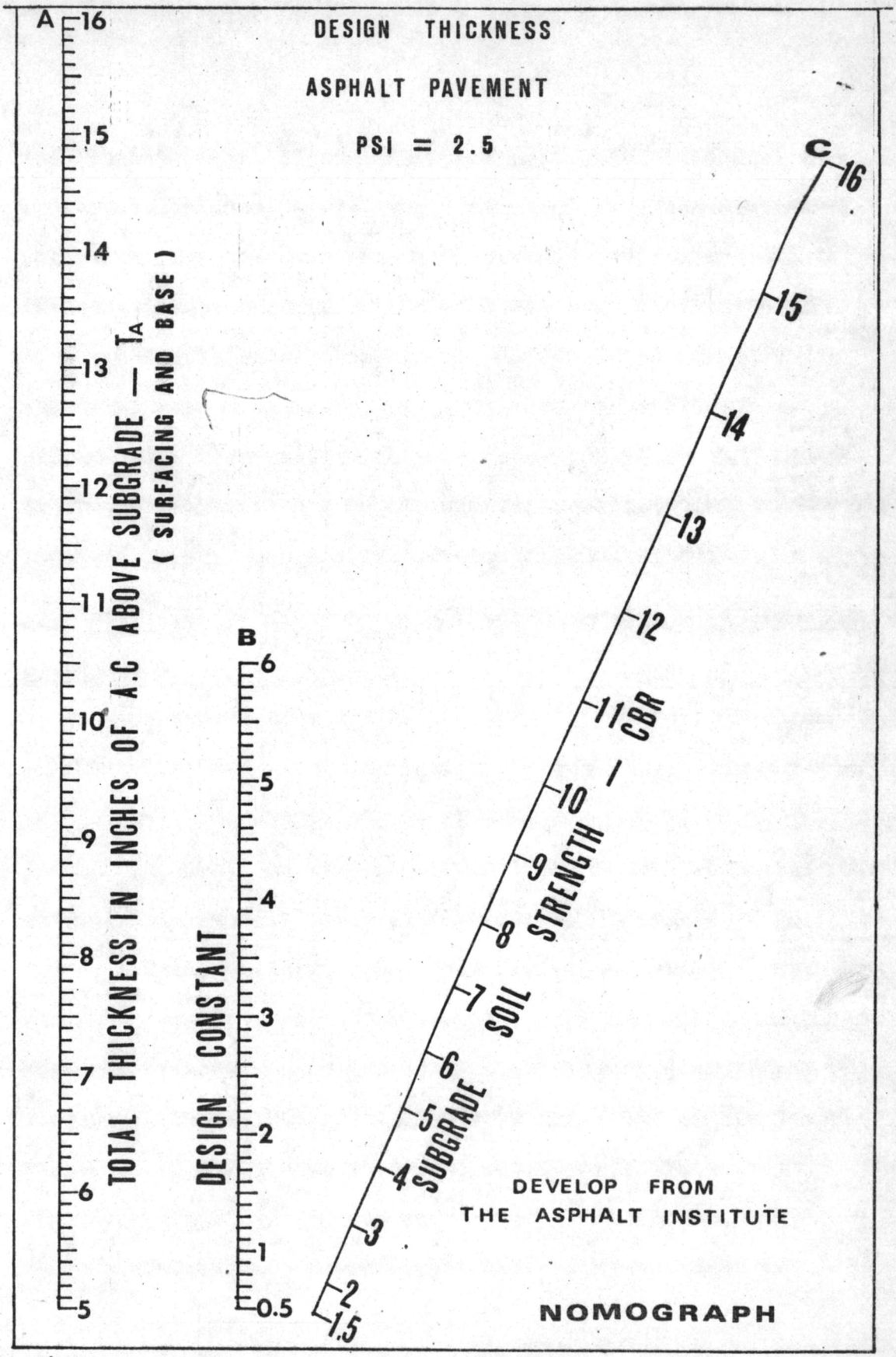
ส่วนการประเมินหาอายุการใช้งานของถนนก็ทำได้เช่นเดียวกัน เช่นจากถนนทั่วๆไปที่ออกแบบไว้แล้ว อย่างน้อยก็ควรจะรู้ว่าถนนสายนั้นออกแบบที่ความหนาเท่าใดประกอบด้วยชั้นอะไรบ้าง และค่า Subgrade CBR เป็นเท่าไร ถ้าทราบค่าเหล่านี้แล้ว ก็จะสามารถหาค่า Design Constant ได้จากรูปที่ 4.1 จากค่า Design Constant ที่หาได้แล้วก็ย้อนกลับมาที่กราฟรูปที่ 4.3 - 4.17 สามารถประเมินหาอายุการใช้งานของถนนได้จากการทราบค่า ITN จริงๆ ซึ่งค่านี้เวลาออกแบบต้องคาดคะเนเอาว่าจะใช้ค่าเท่าไร แต่พอเวลาเปิดรับการจราจร

จริงๆปรากฏว่าค่า ITN นี้ไม่เป็นไปตามที่คาดคะเนไว้แต่แรก(ตอนออกแบบ) อาจเป็นเพราะว่ามีรถหนักๆวิ่งอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นอายุการใช้งานของถนนจึงสั้นลง เนื่องจากค่า ITN จริงๆมากกว่าค่า ITN ตอนออกแบบ การคำนวณค่า ITN นี้ได้จากข้อมูลที่ด่านชั่งน้ำหนักซึ่งมีสถิติเกี่ยวกับน้ำหนักรถ ส่วนจำนวนรถได้จาก ADT ที่สำรวจโดยแยกประเภทรถ จากข้อมูลเหล่านี้ นำมาคำนวณหาค่า ITN จริงๆได้จากค่า ITN และค่า Design Constant ที่หาได้แต่แรก(จากกราฟรูปที่ 4.1) ประเมินหาอายุการใช้งานจริงๆของถนนได้จากกราฟในรูปที่ 4.3 - 4.17 แล้วแต่ว่า มีอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรเป็นเท่าใด รายละเอียดวิธีการจะได้กล่าวในบทที่ 5 ซึ่งเป็นเรื่องของการประเมินหาอายุการใช้งานโดยเฉพาะ

4.3 <u>การสร้างกราฟเพื่อใช้หาค่า Load Equivalency Factor ของรถบรรทุกประเภทต่าง ๆ</u>

วัตถุประสงค์ในการสร้างกราฟนี้ขึ้นมาก็เพื่อนำมาใช้ในการหาค่า Load Equivalency Factor ของรถบรรทุกประเภทต่าง ๆ ที่พบว่ามีวิ่งอยู่บนท้องถนนในเมืองไทยเรา ที่มีผลต่อการทำลายถนนให้เสียหาย ค่า Load Equivalency Factor เหล่านี้มีประโยชน์ในการนำมาใช้กับการออกแบบความหนาถนน หรือใช้ในการประเมินหาอายุการใช้งานของถนนให้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

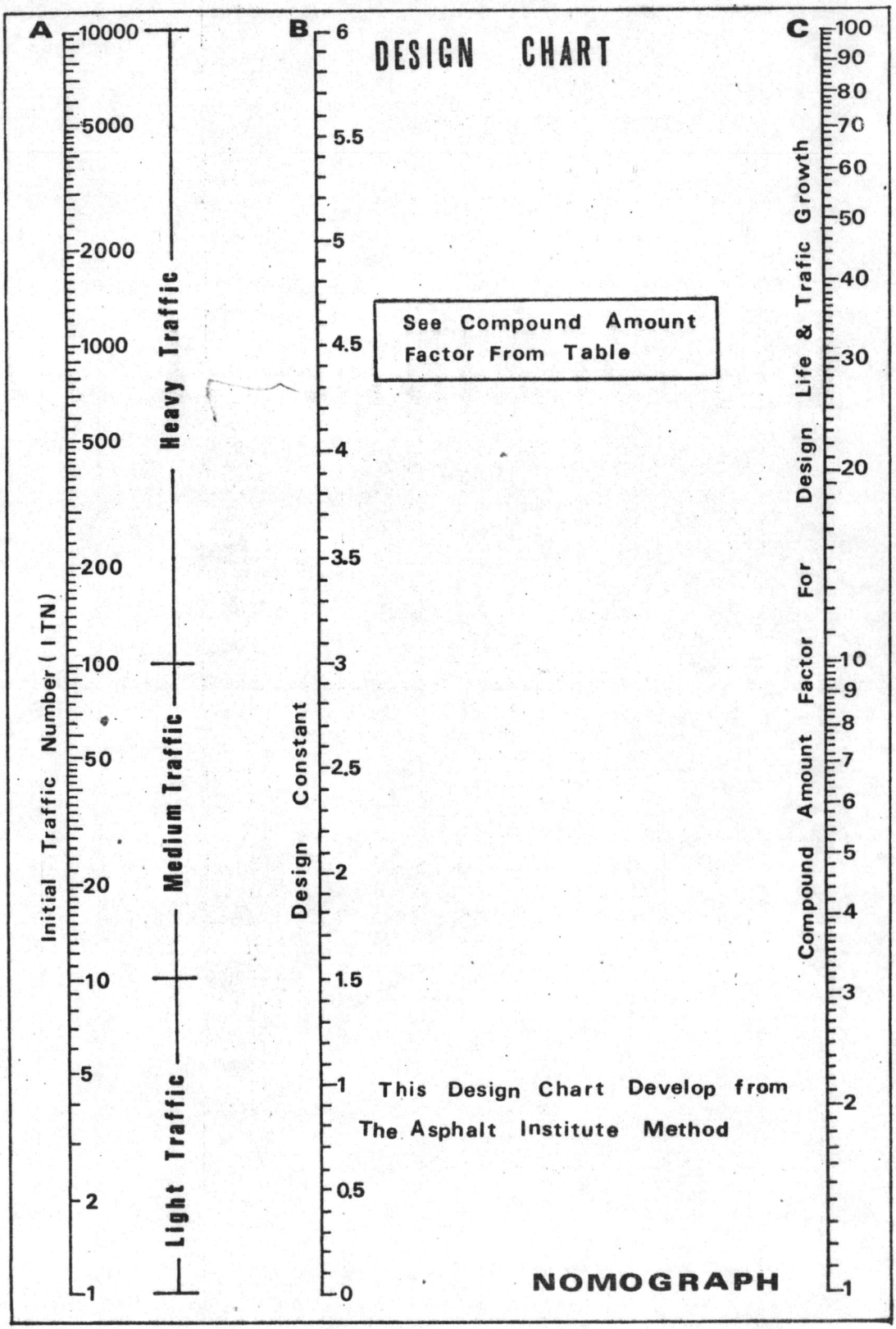
ในการสร้างกราฟเพื่อใช้หาค่า Load Equivalency Factor นี้นั้น สิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องรู้ก็คือการกระจายน้ำหนักลงเพลา (Axle Load Distribution) ของรถแต่ละประเภทว่ามีค่าเฉลี่ยแต่ละเพลาเป็นเท่าใดเสียก่อน โดยการศึกษาการชั่งน้ำหนักลงเพลาของรถประเภทต่างๆที่ด่านชั่งน้ำหนักยานพาหนะ แล้ววิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยทางสถิติ การที่จะกำหนดว่าน้ำหนักลงเพลาของรถประเภทหนึ่งประเภทใดให้ถูกต้องทีเดียวนั้นเป็นไปได้ยากมาก แต่ถ้าไม่ผิดมากหรือใกล้เคียงกับน้ำหนักจริง ๆ ก็นับว่าอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้แล้ว ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะรถแต่ละประเภทด้วย เช่น



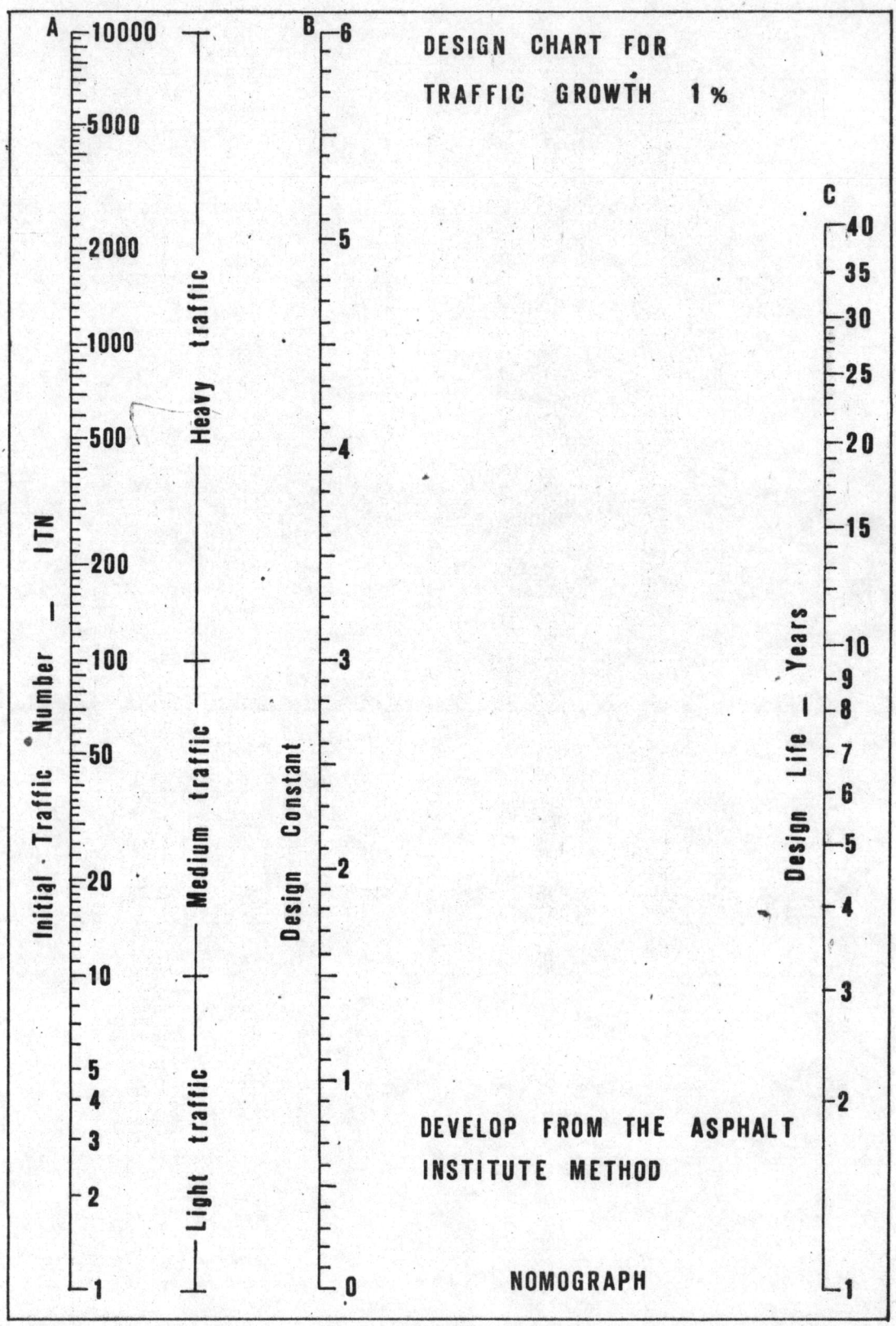
รูปที่ 4.1 กราฟออกแบบความหนาถนนโดยใช้ Subgrade Soil Strength เป็น CBR

ตารางที่ 4.1 COMPOUND AMOUNT FACTOR

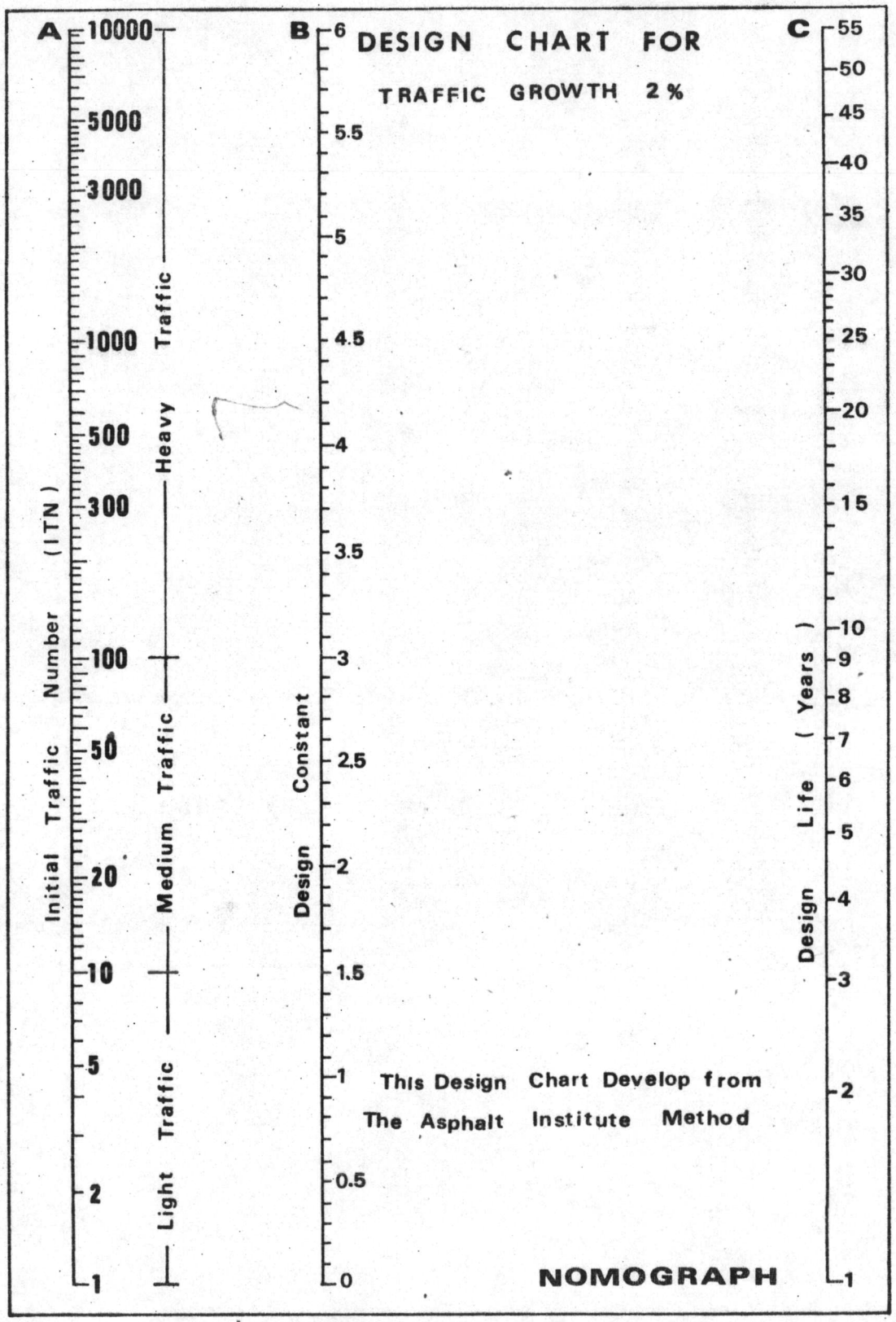
Design Service Life (years)	Traffic Growth Rate (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.01	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.09	2.10
3	3.03	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.28	3.31
4	4.06	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.57	4.64
5	5.10	5.20	5.31	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	5.98	6.11
6	6.15	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.52	7.72
7	7.21	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.20	9.49
8	8.28	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.03	11.44
9	9.37	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.02	13.58
10	10.46	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.19	15.94
11	11.57	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	17.56	18.53
12	12.68	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	20.14	21.38
13	13.81	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	22.95	24.52
14	14.95	15.97	17.09	18.29	19.60	21.02	22.55	24.21	26.02	27.97
15	16.10	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	29.36	31.77
16	17.26	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	33.00	35.95
17	18.43	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	36.97	40.54
18	19.61	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	41.30	45.60
19	20.81	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	46.02	51.16
20	22.20	24.30	26.87	29.78	33.07	36.79	41.00	45.76	51.16	57.27
21	23.24	25.78	28.68	31.97	35.72	40.00	44.87	50.42	56.76	64.00
22	24.47	27.30	30.54	34.25	38.51	43.39	49.00	55.46	62.87	71.40
23	25.72	28.84	32.45	36.62	41.43	47.00	53.44	60.89	69.53	79.54
24	26.97	30.42	34.43	39.08	44.50	50.82	58.18	66.76	76.79	88.50
25	28.24	32.03	36.46	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	84.70	98.35
26	29.53	33.67	38.55	44.31	51.11	59.16	68.68	79.95	93.32	109.2
27	30.82	35.34	40.71	47.08	54.67	63.71	74.48	87.35	102.7	
28	32.13	37.05	42.93	49.97	58.40	68.53	80.70	95.34		
29	33.45	38.79	45.22	52.97	62.32	73.64	87.35	104.0		
30	34.78	40.57	47.58	56.08	66.44	79.06	94.46			
31	36.13	42.38	50.00	59.33	70.76	84.80	102.0			
32	37.49	44.23	52.50	62.70	75.30	90.89				
33	38.87	46.11	55.08	66.21	80.06	97.34				
34	40.26	48.03	57.73	69.86	85.07	101.2				
35	41.66	49.99	60.46	73.65	90.32					



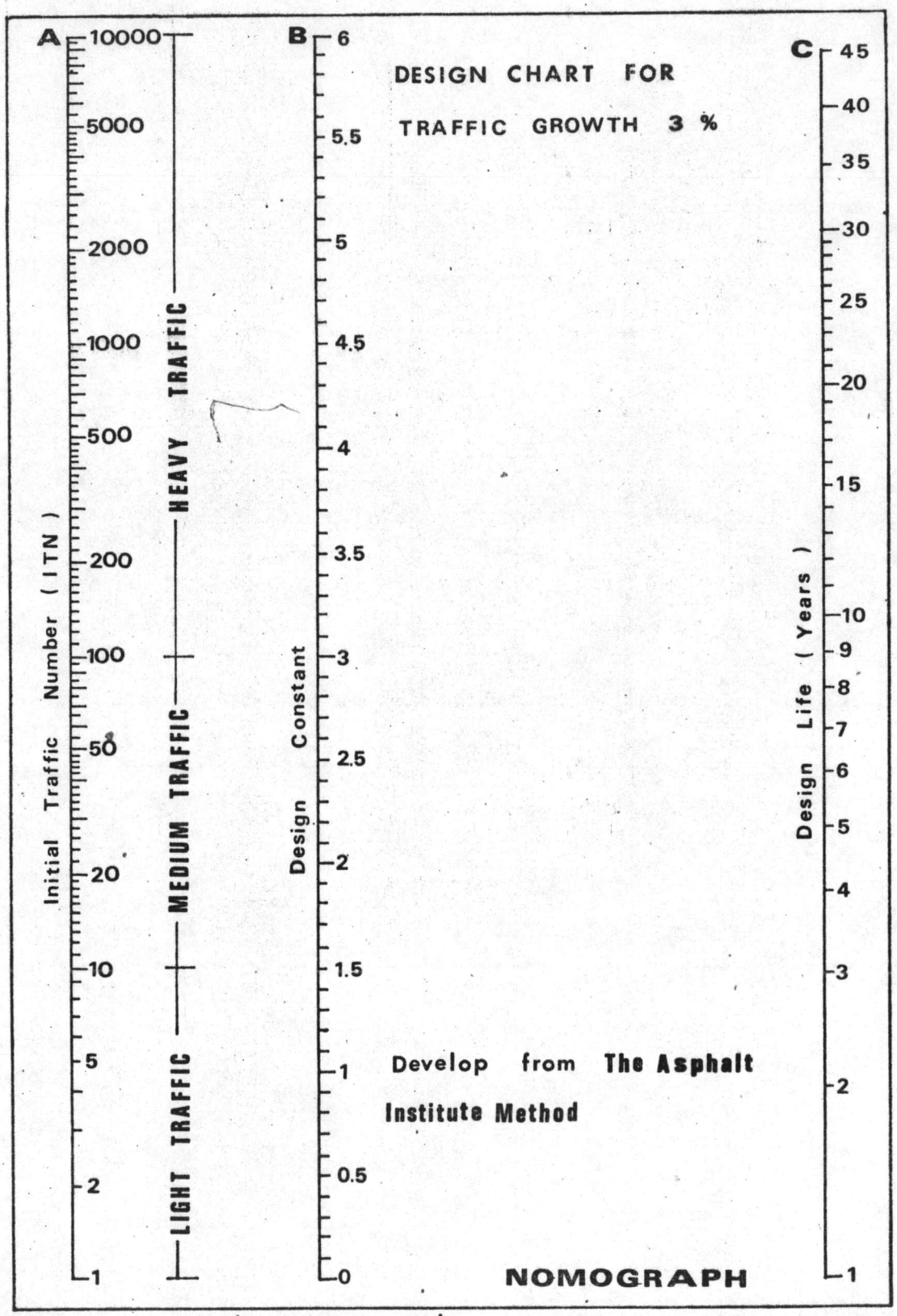
รูปที่ 4.2 กราฟออกแบบอายุถนนโดยใช้ Compound Amount Factor



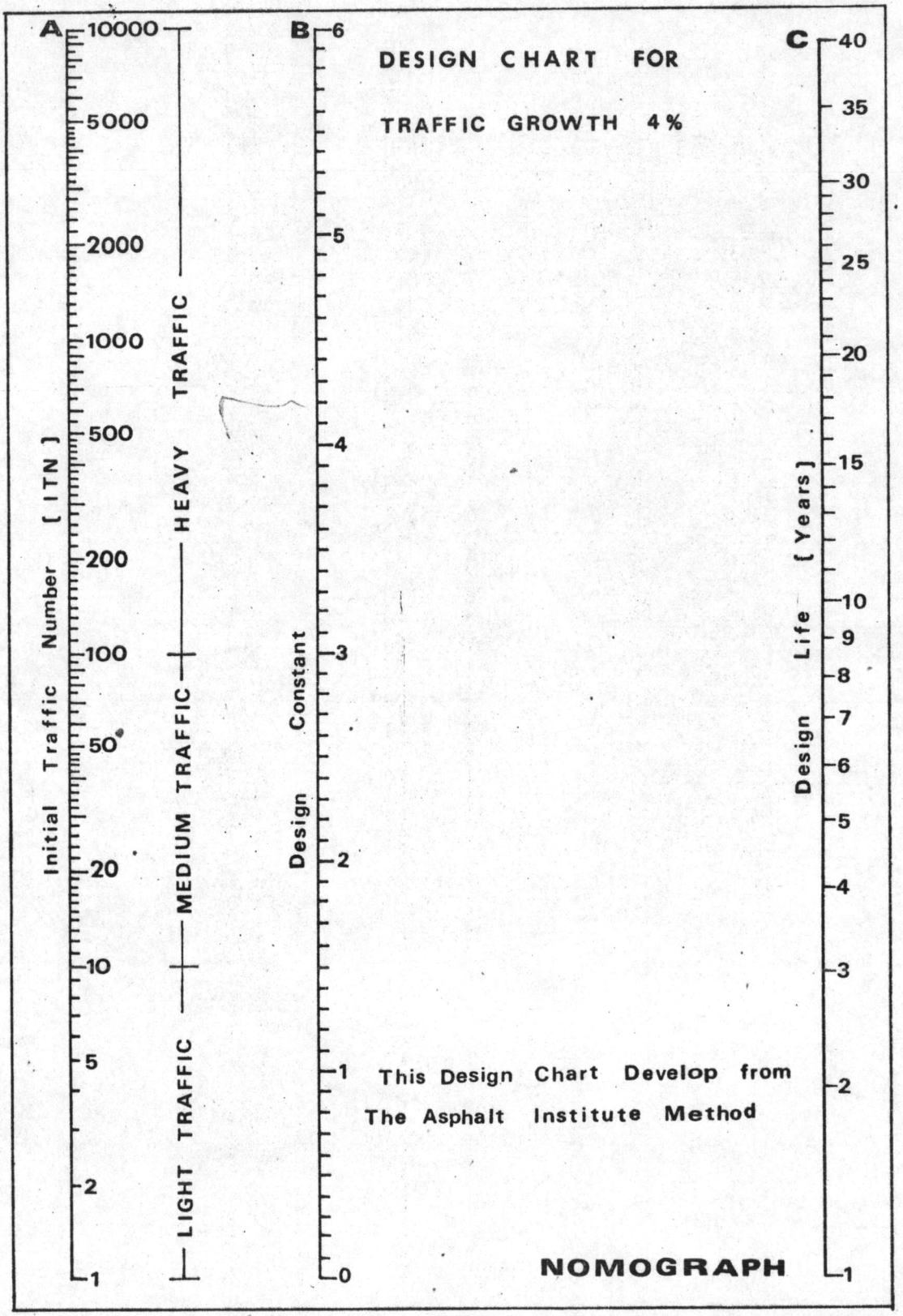
รูปที่ 4.3 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 1 % ต่อปี



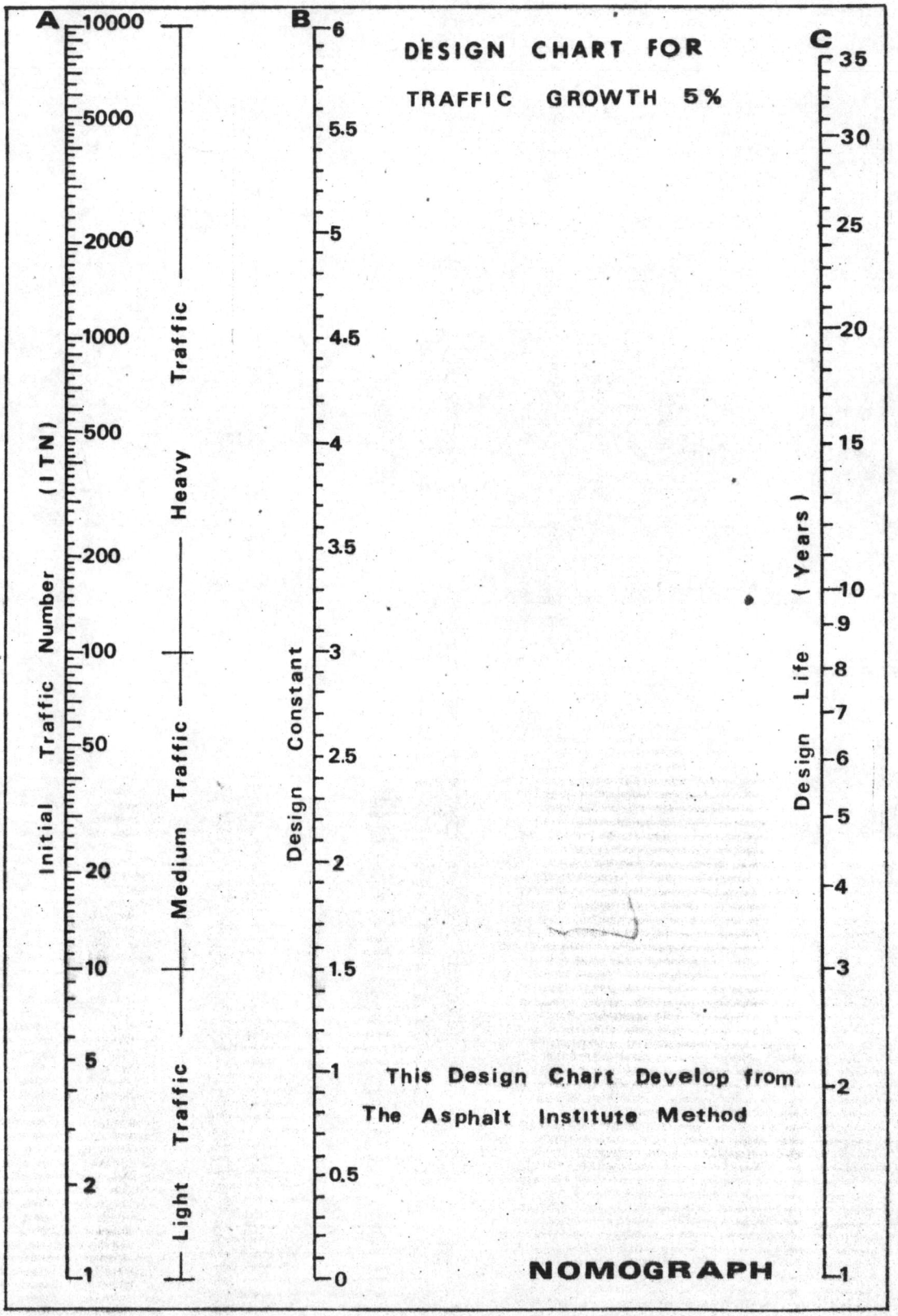
รูปที่ 4.4 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 2 % ต่อปี



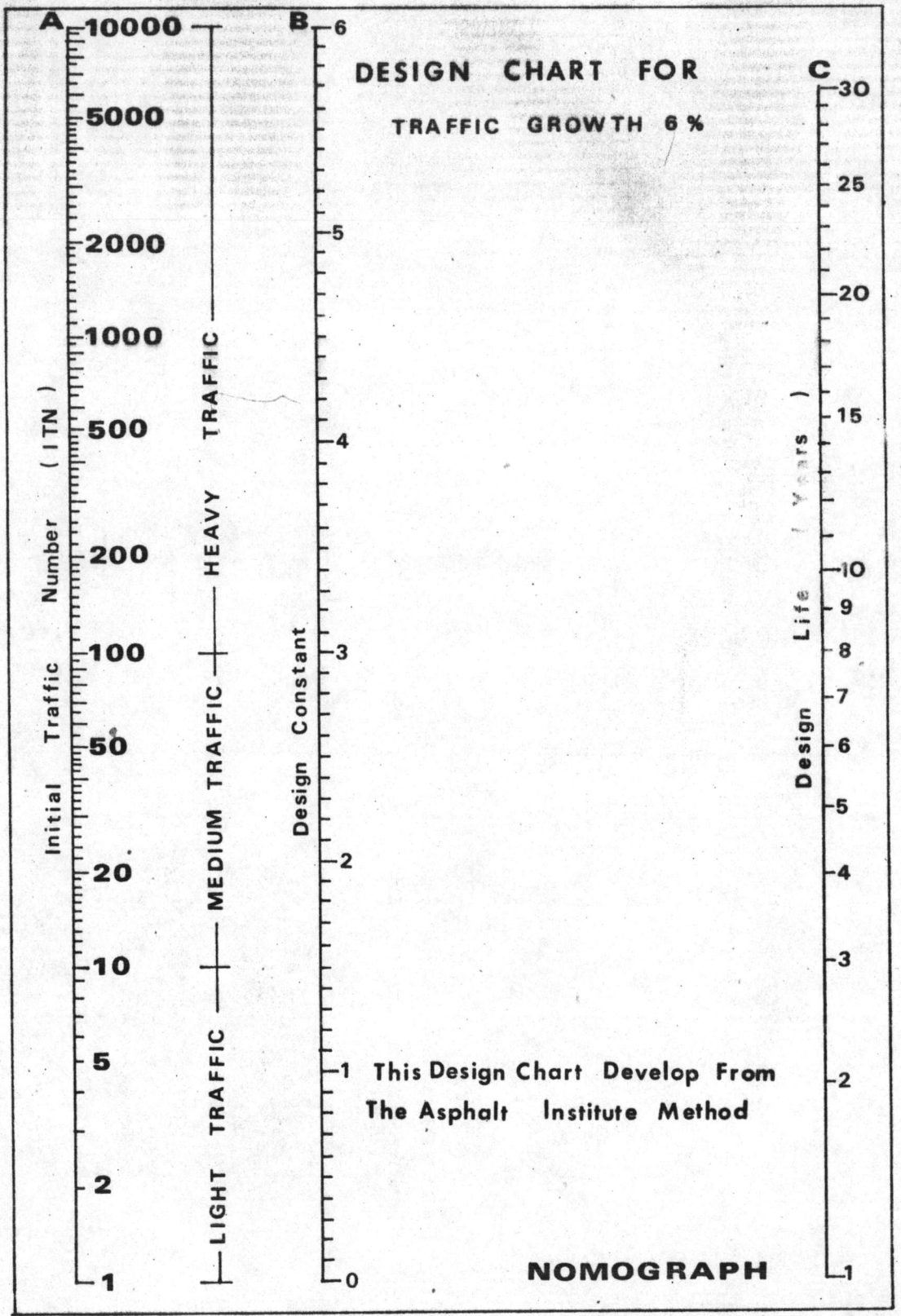
รูปที่ 4.5 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 3 % ต่อปี



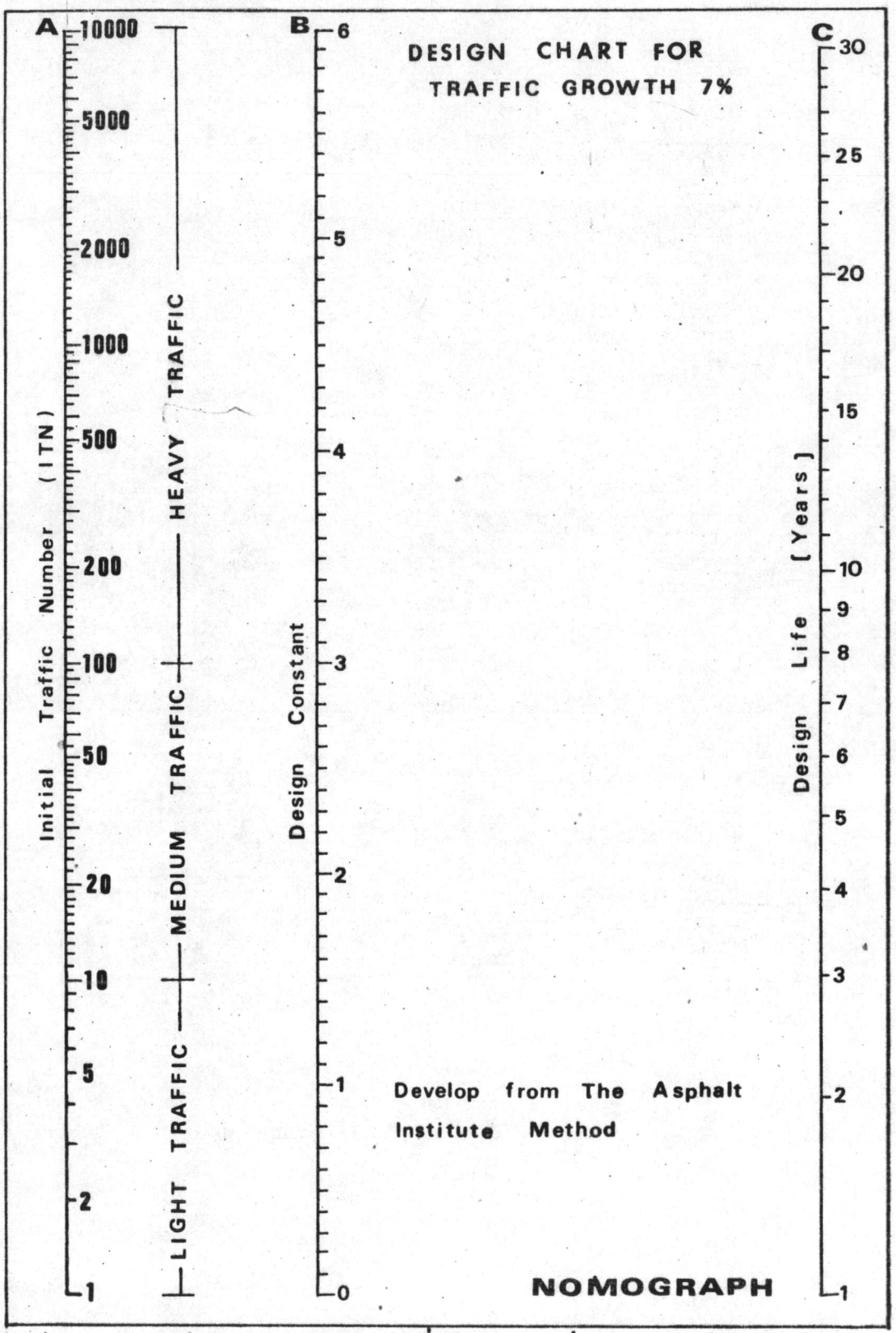
รูปที่ 4.6 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 4 % ต่อปี



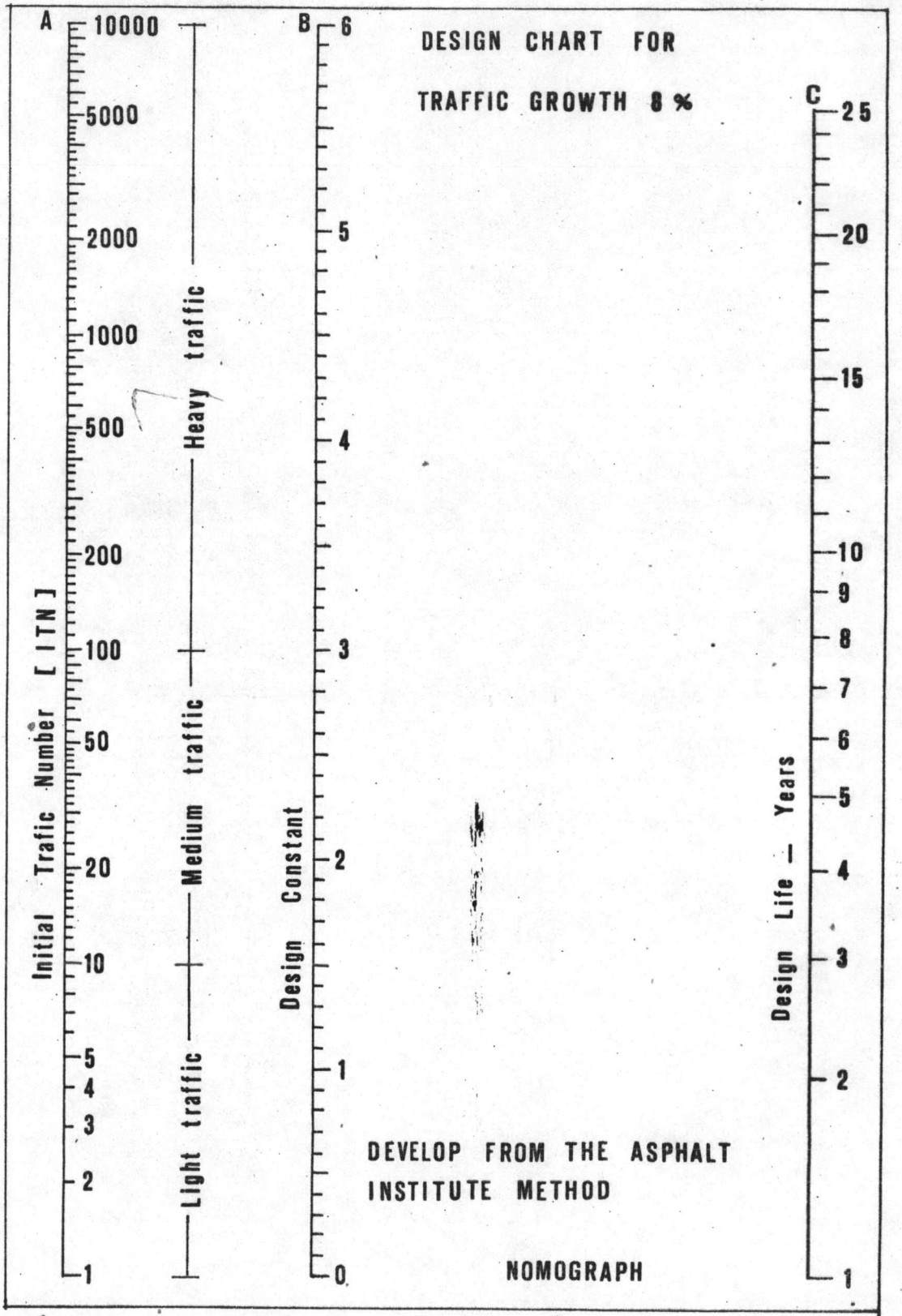
รูปที่ 4.7 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 5 % ต่อปี



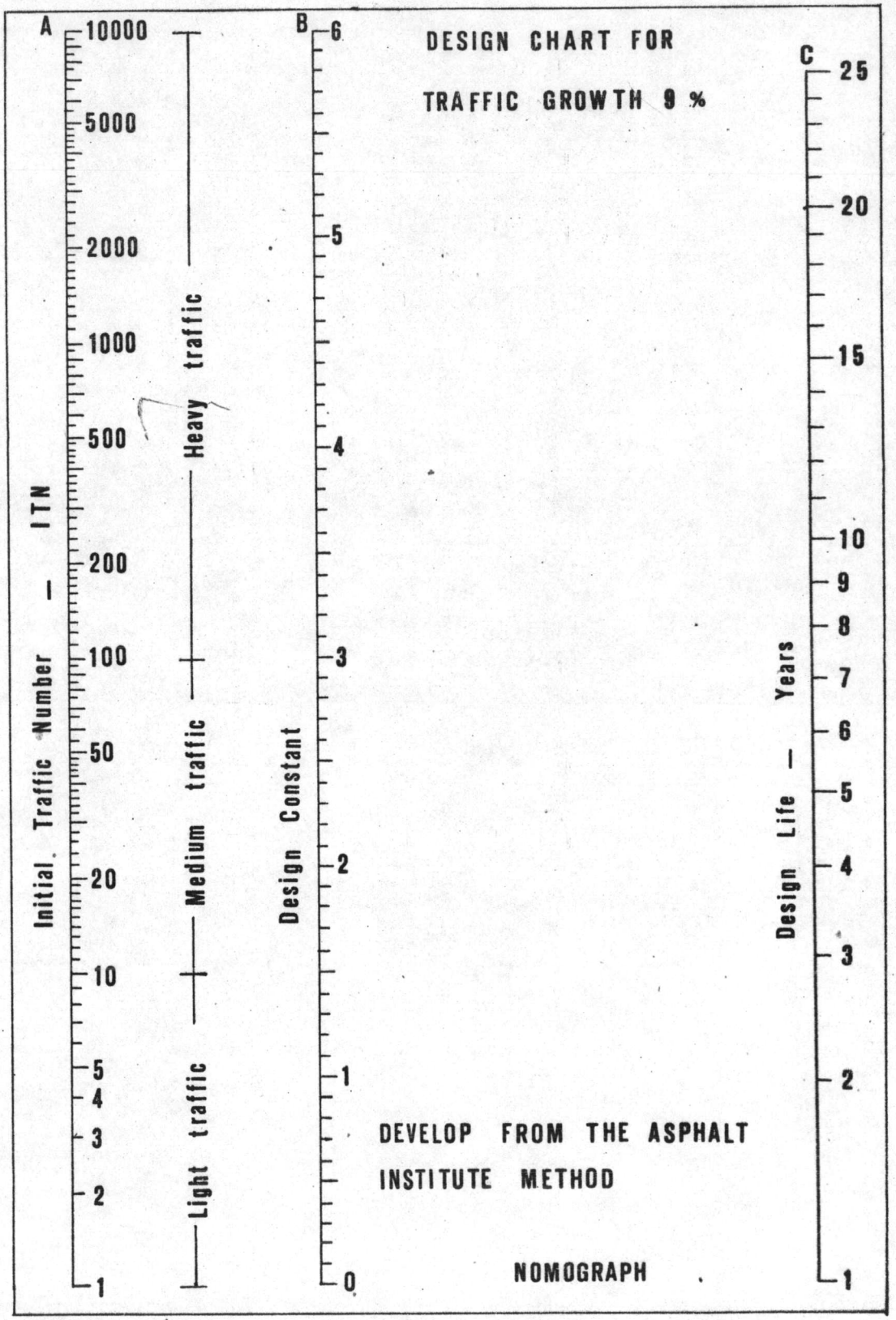
รูปที่ 4.8 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรเท่ากับ 6 % ต่อปี



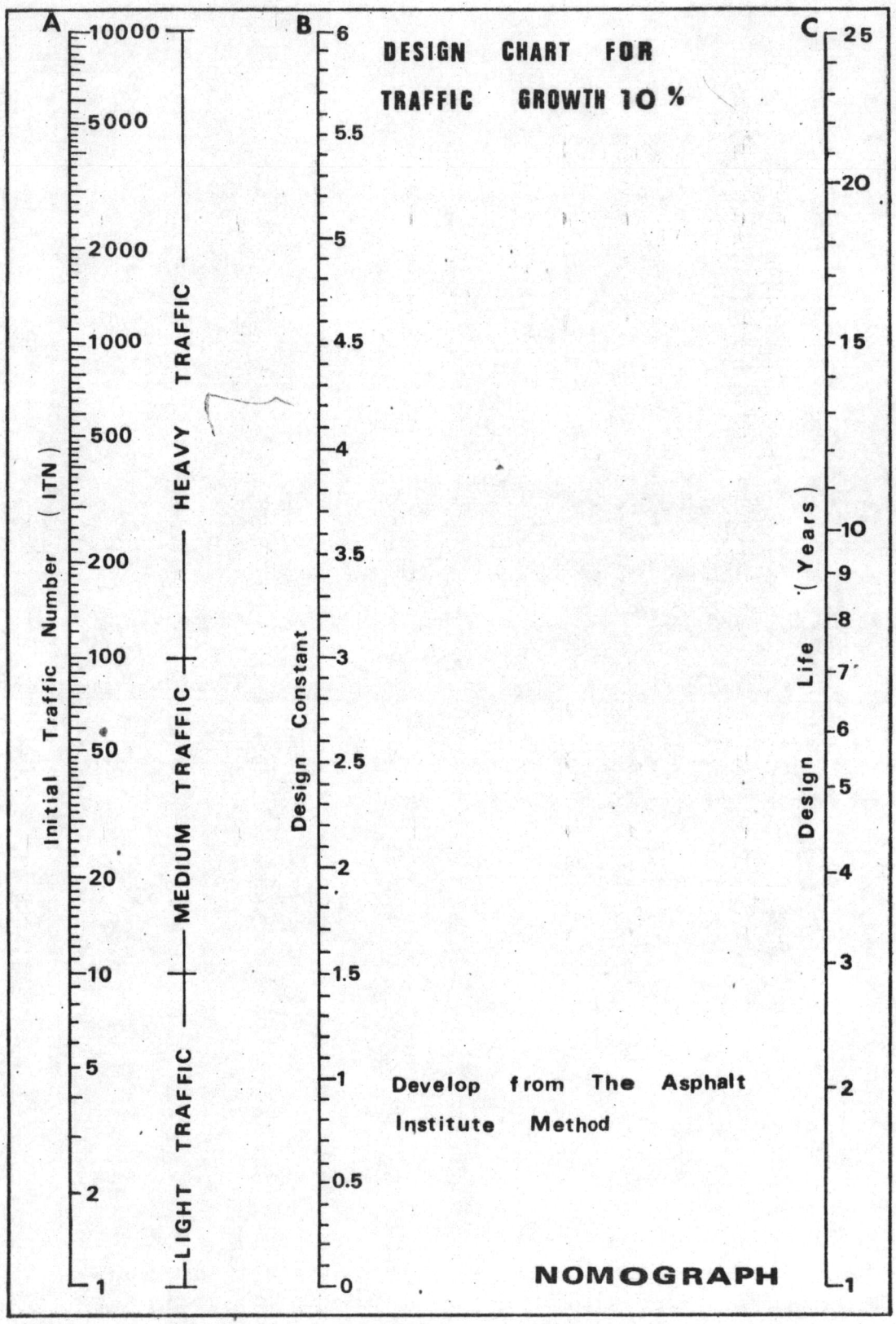
รูปที่ 4.9 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 7 % ต่อปี



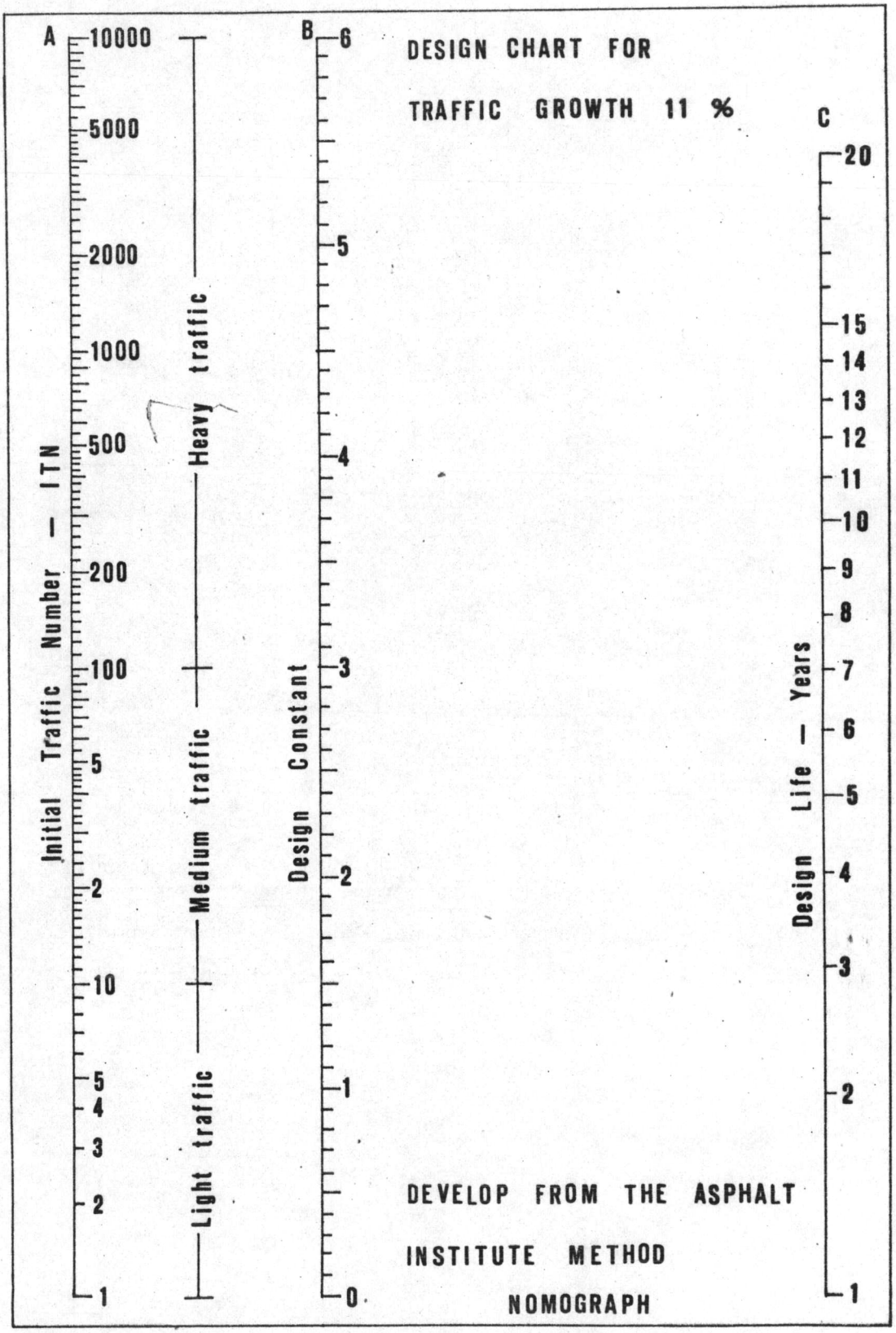
รูปที่ 4.10 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 8 % ต่อปี



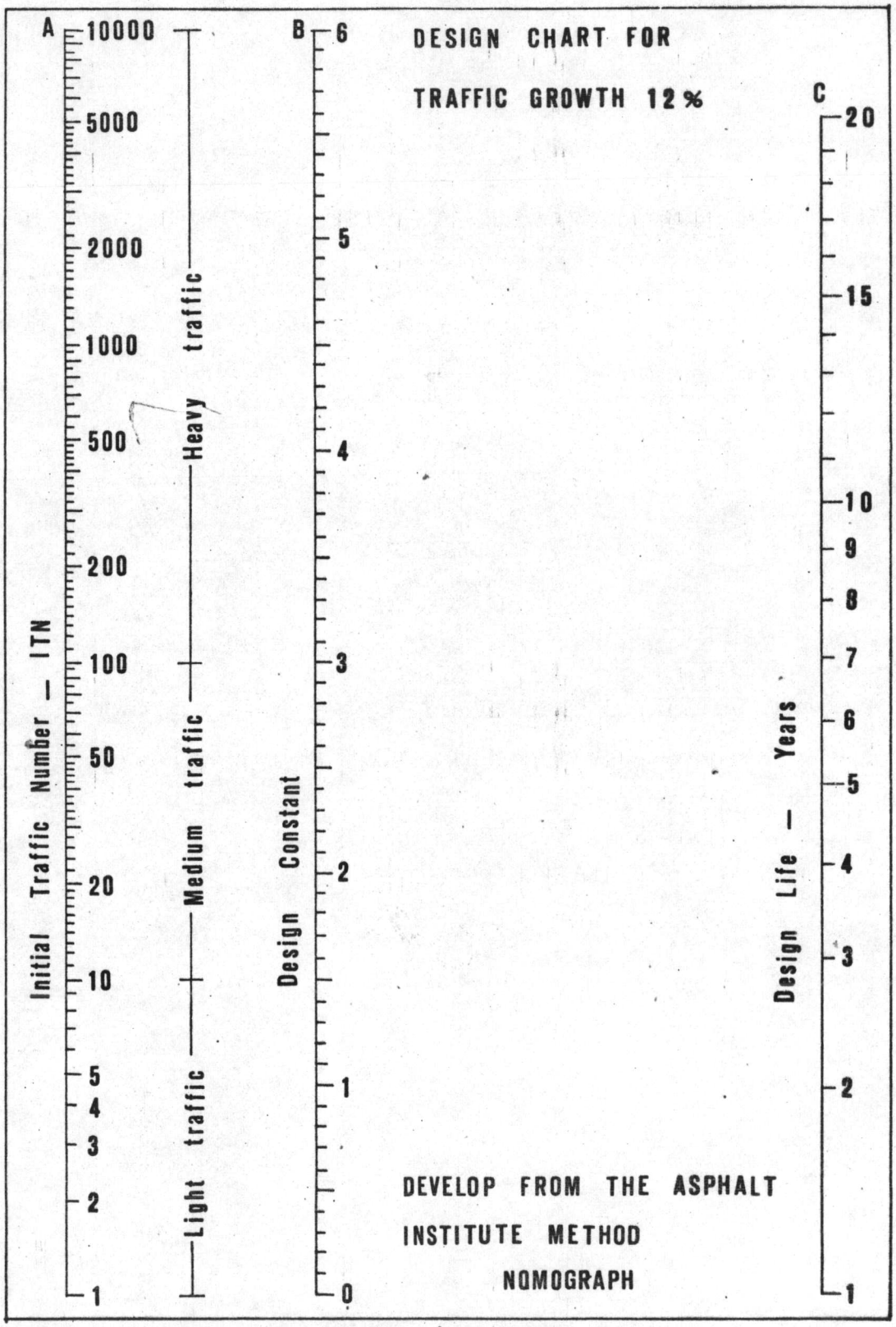
รูปที่ 4.11 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร
เท่ากับ 9 % ต่อปี



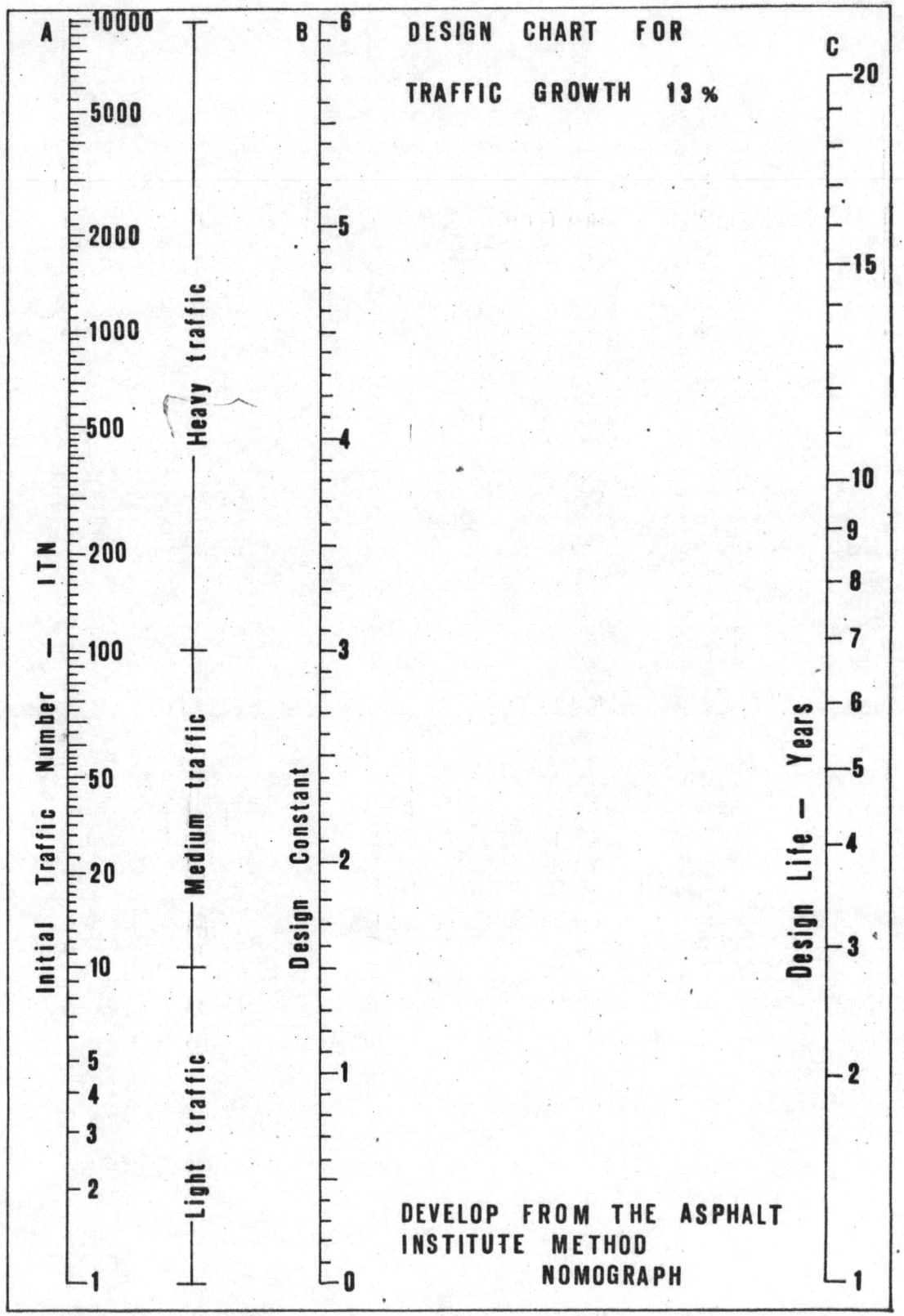
รูปที่ 4.12 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 10 % ต่อปี



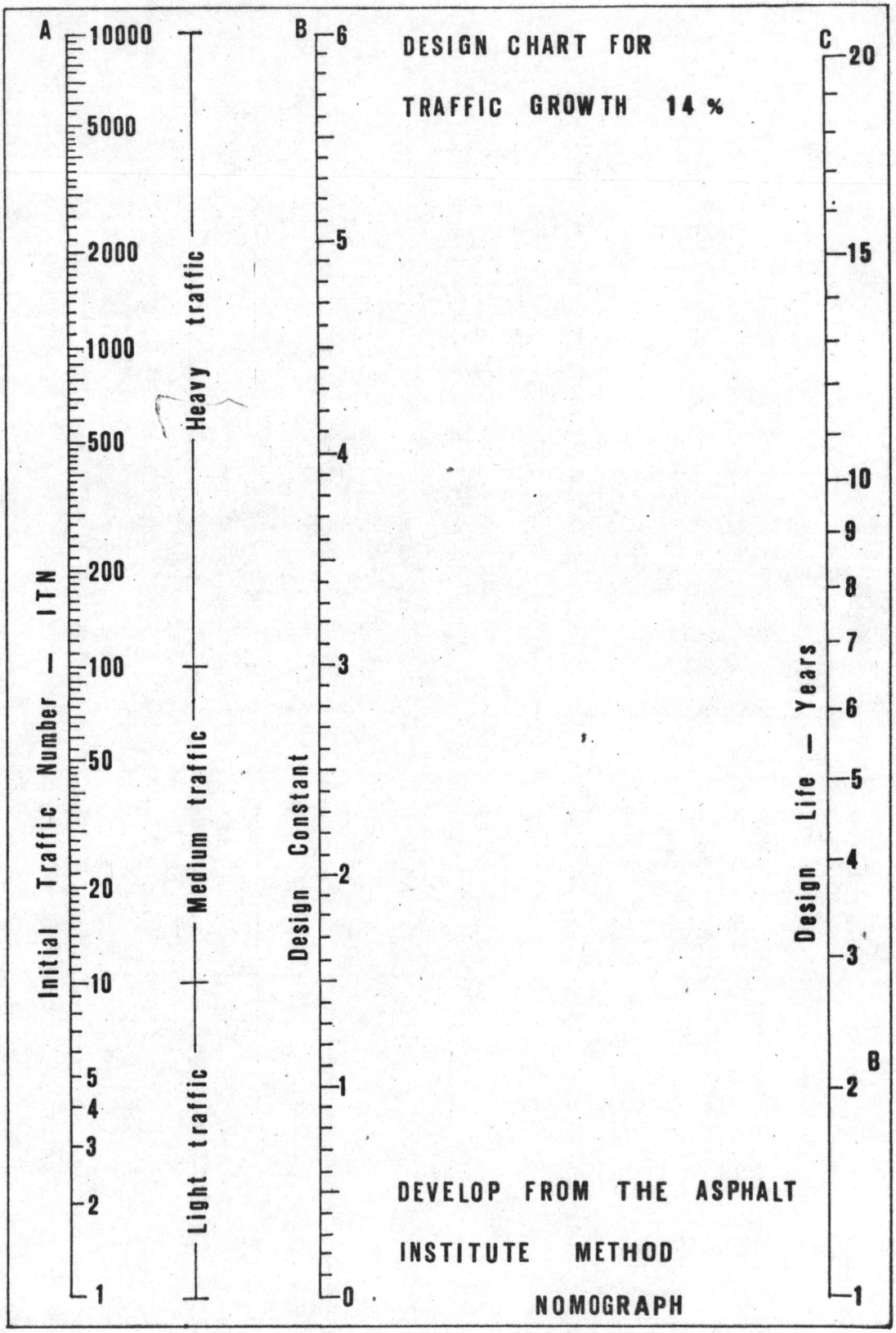
รูปที่ 4.13 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 11 % ต่อปี



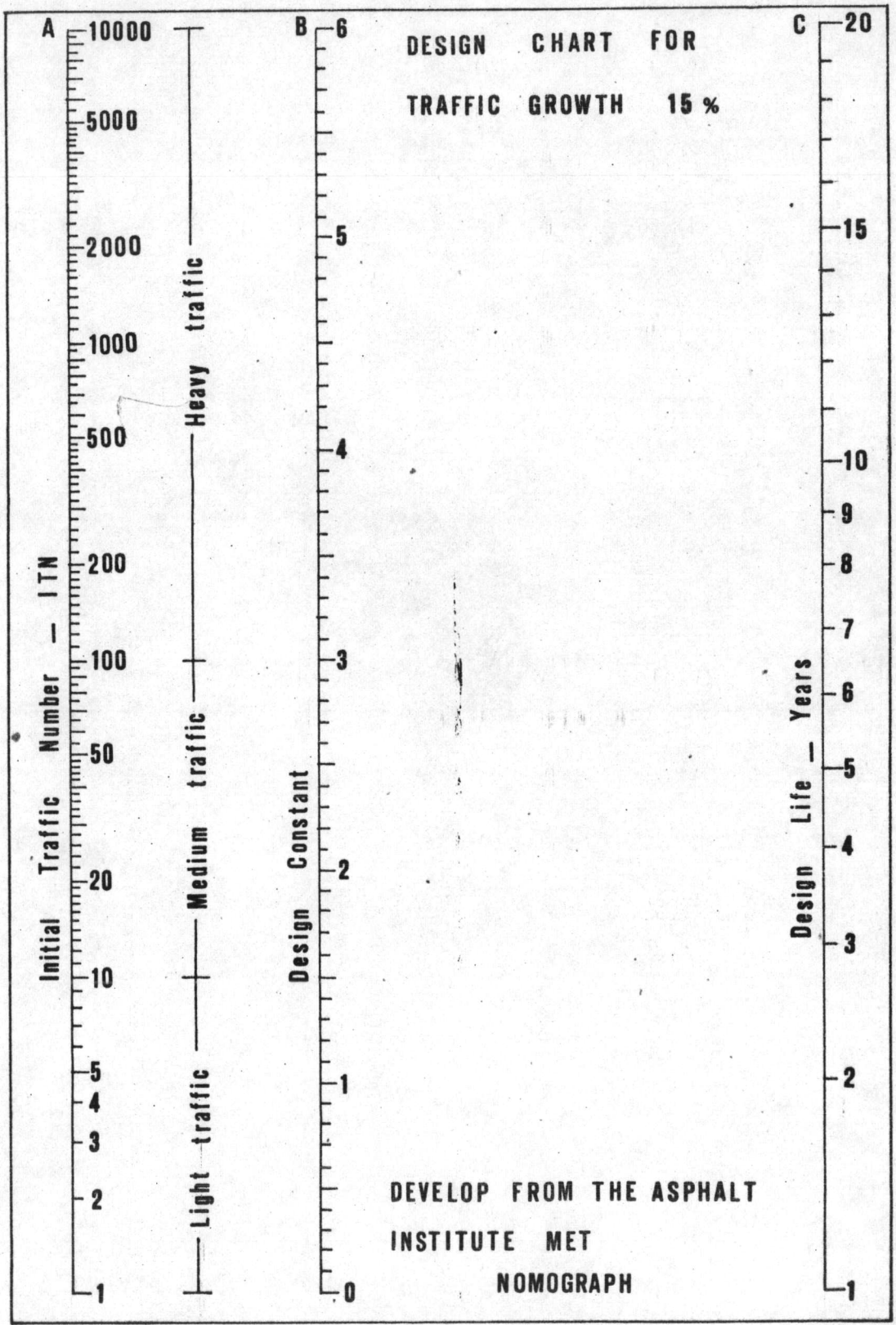
รูปที่ 4.14 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 12 % ต่อปี



รูปที่ 4.15 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 13 % ต่อปี



รูปที่ 4.16 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 14 % ต่อปี



รูปที่ 4.17 กราฟออกแบบอายุถนนที่อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร เท่ากับ 15 % ต่อปี

ช่วงห่างระหว่างล้อหรือเพลาและส่วนยื่นท้ายรถมีสั้นบ้างยาวบ้าง แต่ถึงอย่างไรก็ตาม รถประเภทต่างๆในเมืองไทยเรา ก็มีลักษณะรูปร่างคล้ายๆกัน โดยเฉพาะรถประเภทเดียวกันแล้วซึ่งส่วนมากประกอบในเมืองไทยตัวถังรถจึงมีขนาดเท่ากันหรือเหมือนกันเป็นส่วนมาก ดังนั้นถ้าจะถือเอาค่าเฉลี่ยมาใช้แทนรถแต่ละประเภทก็ไม่ผิดมากนัก

เหตุผลอีกอย่างหนึ่งที่ต้องสร้างกราฟขึ้นมาก็เพราะว่าข้อมูลต่างๆที่เก็บได้ที่ด่านชั่งน้ำหนักยานพาหนะของกรมทางหลวงนั้น จะตรวจชั่งเฉพาะน้ำหนักรวมของรถ (Gross - Weight) เท่านั้น ไม่ได้มีการชั่งแยกเป็นเพลาว่าน้ำหนักลงแต่ละเพลาเป็นเท่าใด เพราะถ้าทำเช่นนี้แล้วจะทำให้เสียเวลามาก เนื่องจากรถที่จะเข้าชั่งมีจำนวนมากที่จอดรออยู่เป็นเวลานานทำให้เสียเวลามากที่ด่านชั่งน้ำหนัก และรถติดไม่สามารถผ่านได้โดยสะดวก

วิธีการสร้างกราฟนั้นทำได้โดยการรวมค่า Load Equivalency Factor ของน้ำหนักเพลาต่างๆตามข้อมูลการกระจายน้ำหนักลงเพลาของรถแต่ละประเภท รถที่น้ำหนักรวมอันหนึ่ง (Gross - Weight) ก็จะให้ค่า Load Equivalency Factor (รวมผลจากทุกๆเพลา)ของน้ำหนักรถอันนั้น จากค่า Load Equivalency Factor ของน้ำหนักรถต่างๆทำให้เราสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load Equivatency Factor กับน้ำหนักรวม (Gross - Weight) ของรถได้

สำหรับค่า Load Equivalency Factor ของน้ำหนักเพลาต่างๆ (เพลาเดี่ยวและเพลาคู่)นั้นหาได้จากรูปที่ 4.18 ซึ่ง Develop โดย Asphalt Institute หรือจะใช้หาจากสูตรสัมพันธ์ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ที่ Asphalt Institute ได้ Develop ขึ้นมาจากสมการคำตอบที่ใช้ได้เฉพาะน้ำหนักลงเพลาตั้งแต่ 10 Kips (4.5 ตัน)ขึ้นไป ส่วนพวกน้ำหนักน้อยกว่า 10 Kips (4.5 ตัน)นั้น Asphalt Institute ได้แนะนำว่าไม่จำเป็นต้องนำมา

คิดคำนวณเพราะไม่มีผลต่อการออกแบบเลย ดังนั้นในการสร้างกราฟหาค่า Load Equivalency Factor ในบทนี้จะไม่นำผลของน้ำหนักเพลาที่น้อยกว่า 10 Kips (4.5 ตัน)มาคิดรวมด้วย ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ค่า Load Equivalency Factor ที่น้ำหนักเพลาน้อยกว่า 10 Kips (4.5ตัน)นั้น สามารถหาได้แต่ไม่สะดวกเสียเวลามากเพราะว่าค่า Load Equivalency Factor ที่น้ำหนักเพลาน้อยกว่า 10 Kipsที่ Develop โดย Asphalt Institute นั้นเป็นฟังก์ชั่นของจำนวน Applications (ดูในบทที่3)แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีผู้สนใจก็มีวิธีคิดผลจากน้ำหนักเพลาเท่าใดก็ได้ โดยใช้สูตรทั่วๆไปที่กล่าวในเรื่อง " Vehicle and Traffic Consideration " ในบทที่ 4 ในหนังสือ " Principle of Pavement Design" โดย E.J.Yoder และ M.W.Witczak. 1975 (2) ในหน้าที่ 154 - 155 โดยมีสูตรทั่วๆไปดังนี้

$$Fi = (L/LS)^4 \qquad \text{-------(4.6)}$$

โดยที่ Fi = Load Equivalency Factor

L = น้ำหนักเพลาใด ๆ เป็น Kips

Ls = น้ำหนักเพลามาตรฐาน

= 18 Kips สำหรับเพลาเดี่ยว

= 32 Kips สำหรับเพลาคู่

ส่วนสมการที่ Develop โดย Asphalt Institute ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการสร้างกราฟหาค่า Load Equivalency Factor นั้น รายละเอียดวิธีการ Develop ดูในบทที่ 3 ในบทนี้จะยกความสัมพันธ์มากล่าวอีกครั้งดังนี้

$$Fi = 10^{0.118(L-18)} \qquad \text{-------(4.7)}$$

โดยที่ L = น้ำหนักเพลาเดี่ยวเป็น Kips หรือ 0.57 ของน้ำหนักเพลาคู่ (Tandem Axle) เป็น Kips

Fi = Load Equivalency Factor

ค่า Load Equivalency Factor ของน้ำหนักเพลาเดี่ยว (Single Axle) และน้ำหนักเพลาคู่ (Tandem Axle) จากรูปที่ 4.18 นั้น Develop มาจากสมการที่ (4.7) นี้เอง

จากข้อมูลการกระจายน้ำหนักลงเพลาที่ได้ทำการสำรวจของกรมทางหลวง พอจะสรุปการกระจายน้ำหนักลงเพลาของรถประเภทต่างๆ (เฉพาะที่สำคัญเท่านั้น) ได้ในรูปที่ 4.19 และ 4.20 สำหรับรถ 2 เพลา (6 ล้อยาง) และรถ 3 เพลา (10 ล้อยาง) ได้ข้อมูลการกระจายน้ำหนักลงเพลาจาก "การวิเคราะห์น้ำหนักรถยนต์บรรทุกทางหลวงหมายเลข 1 ระหว่างกรุงเทพ – สระบุรี" กองวางแผน, กรมทางหลวง 2510 (36) ส่วนรถกึ่งพ่วง 4 เพลา และ 5 เพลานั้นอาศัยข้อมูลการชั่งน้ำหนักจาก "การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจ และความสัมพันธ์ของน้ำหนักลงเพลากับการออกแบบทาง" กองวางแผน, กรมทางหลวง 2519 (38) จากการกระจายน้ำหนักลงเพลาในรูปที่ 4.19 และ 4.20 ได้สร้างกราฟเพื่อหาค่า Load Equivalency Factor ของรถประเภทต่างๆดังนี้

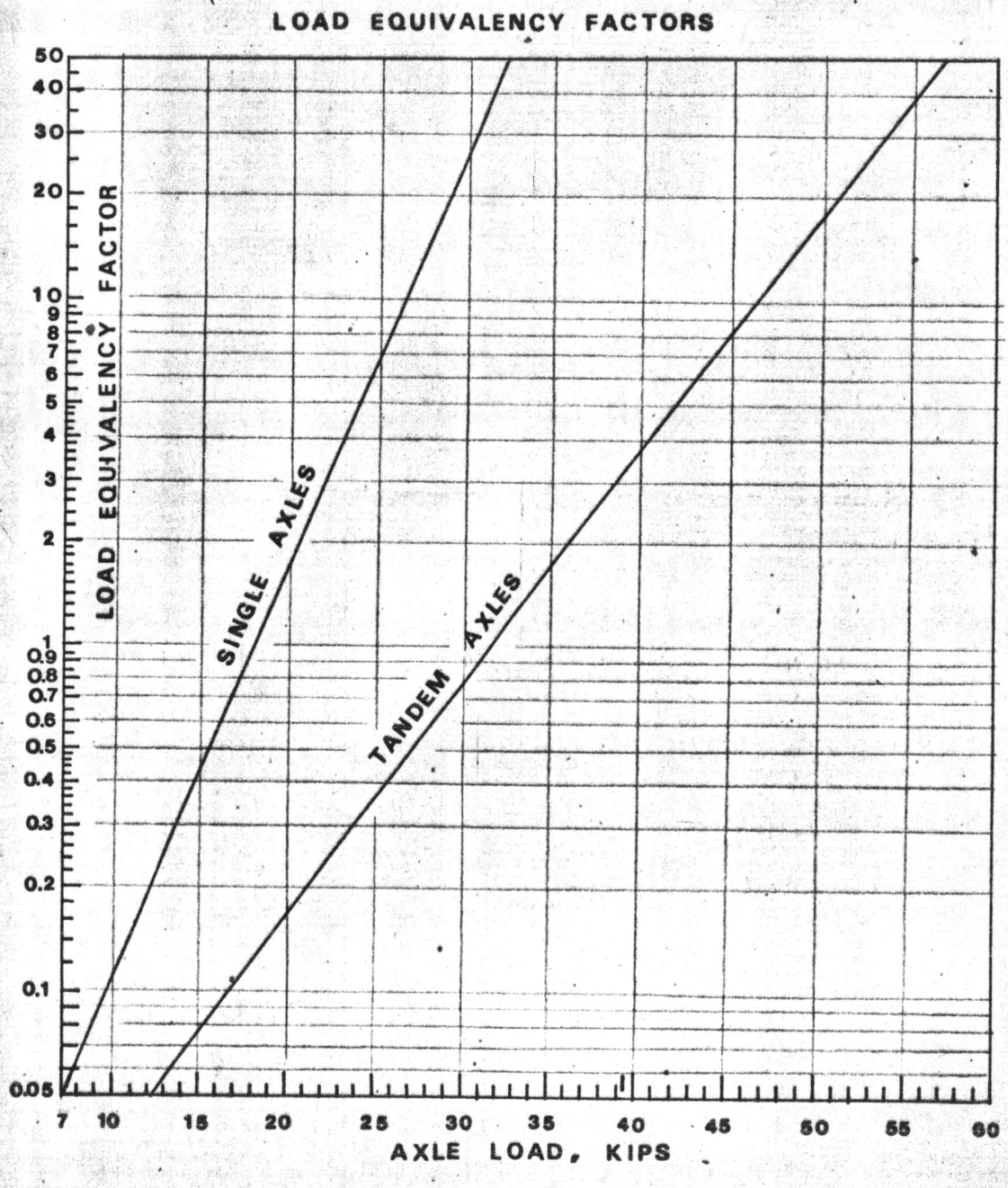
ก) รถ 2 เพลา(6 ล้อยาง)และรถ 3เพลา(10 ล้อยาง) ได้แสดงความสัมพันธ์ไว้ในรูปที่ 4.21

ข) รถ 4 เพลา(กึ่งพ่วง)ชนิดการกระจายน้ำหนักแบบ 3A และ 3B โดยแสดงความสัมพันธ์ไว้ในรูปที่ 4.22

ค) รถ 5 เพลา(กึ่งพ่วง) ได้แสดงความสัมพันธ์ไว้ในรูปที่ 4.23

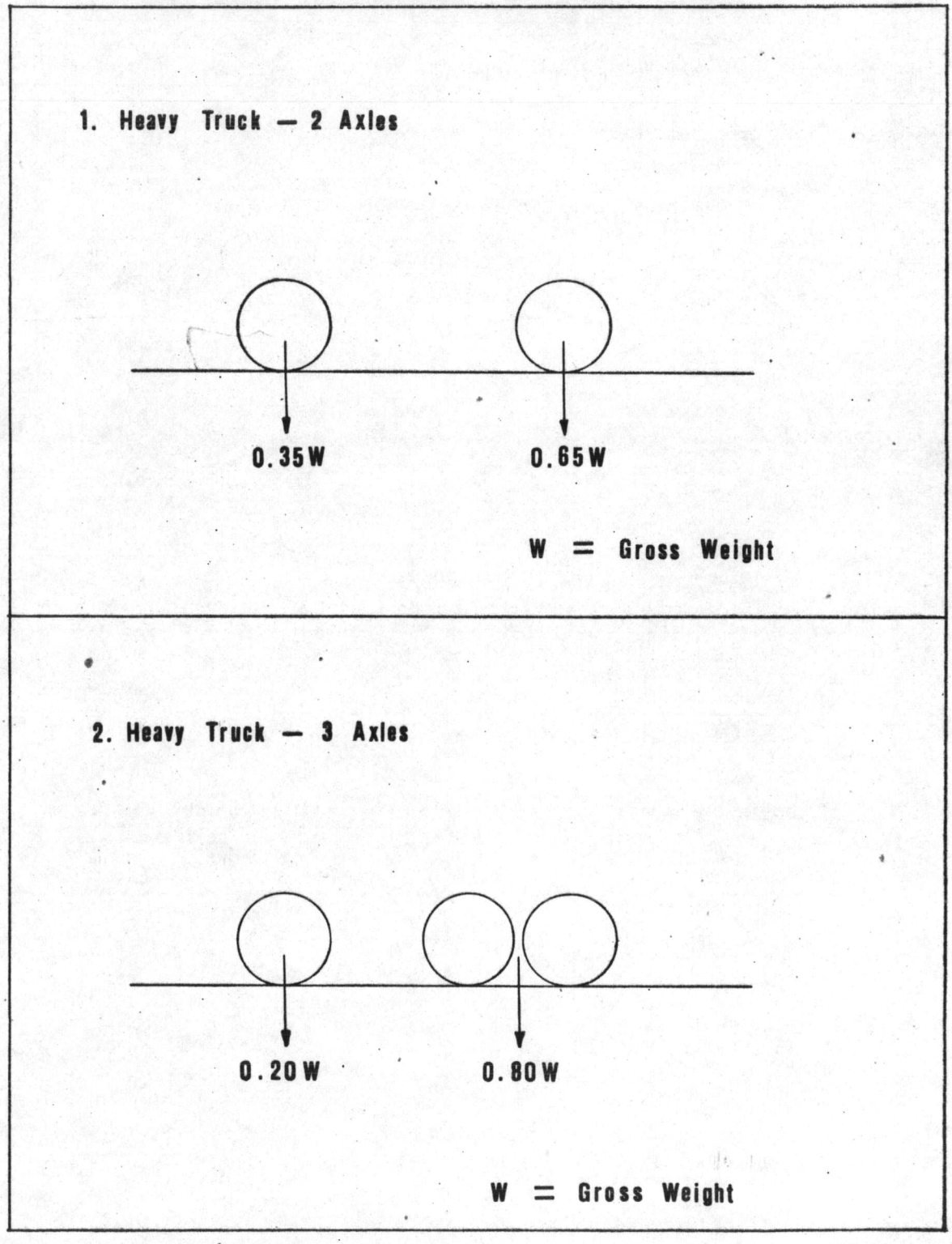
จะสังเกตได้ว่ารถ 4 เพลา(กึ่งพ่วง)นั้นมีอยู่ 2 ชนิดตามการกระจายน้ำหนักลงเพลาในรูปที่ 4.20 คือ ชนิด 3A และ 3B โดยอาศัยข้อมูลจาก "การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจและความสัมพันธ์ ของน้ำหนักลงเพลากับการออกแบบทาง" กองวางแผน กรมทางหลวง 2519 (38) จึงได้รวมการกระจายน้ำหนักลงเพลาของรถชนิด 3A และ 3B ให้เป็นความสัมพันธ์อันเดียวกันตามสัดส่วนของน้ำหนักและจำนวนรถที่วิ่งอยู่บน

ทางหลวงสายดอนเมือง – สระบุรี(เท่านั้น) ถ้าเป็นถนนสายอื่นๆการกระจายน้ำหนักลงเพลาก็จะเปลี่ยนไปด้วย การรวมการกระจายน้ำหนักลงเพลาของรถ 4 เพลา (กึ่งพ่วง)ชนิด 3A และ3B ดูได้จากรูปที่ 4.20 จากการกระจายน้ำหนักลงเพลาที่รวมแล้วนี้ ได้สร้างกราฟหาค่า Load Equivalency Factor ของรถประเภทนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4.23 เหตุผลที่ต้องรวมผลอันเกิดจากรถชนิด 3A และ 3B เข้าด้วยกัน เพราะว่าจากข้อมูลสำรวจ ADT ของกรมทางหลวงได้บอกไว้แต่เพียงว่าเป็นรถชนิด 4 เพลา(กึ่งพ่วง)เท่านั้น แต่ไม่ได้บอกว่าเป็นรถ 4 เพลาชนิด 3A หรือ 3B เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วจึงควรรวมผลอันเกิดจากรถ 2 ชนิดนี้เข้าด้วยกัน ซึ่งจะได้นำไปใช้ในบทที่ 5 ต่อไป



รูปที่ 4.18 Load Equivalency Factor ของน้ำหนักเพลาเดี่ยวและเพลาคู่

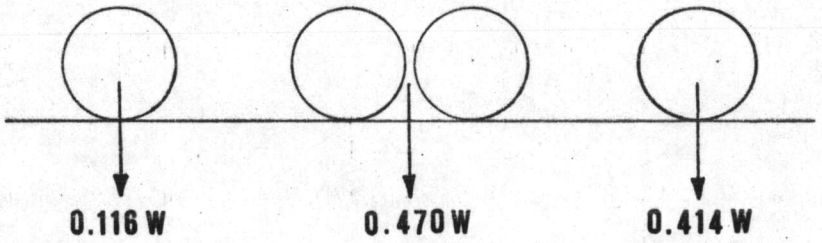
AXLES LOAD DISTRIBUTION OF HEAVY TRUCKS



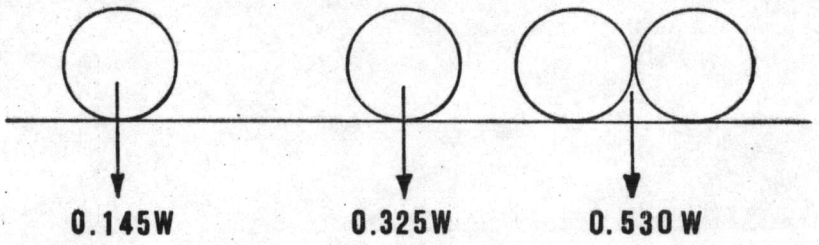
รูปที่ 4.19 แสดงการกระจายน้ำหนักลงเพลาของรถบรรทุก 2 เพลา (6 ล้อยาง) และ 3 เพลา (10 ลอยาง)

3. 4 Axles— Semitrailer And Combination

A.



B.

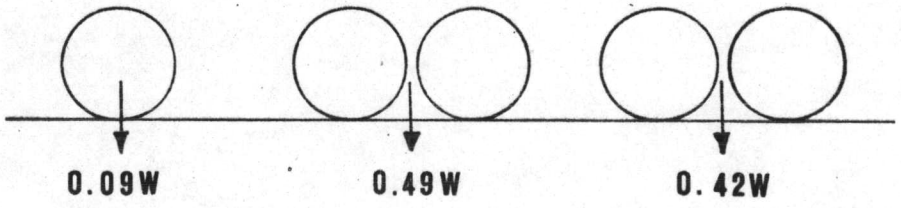


By Weight Average; Front Axle = 0.14W

Tandem Axle = 0.52W

Single Axle = 0.34W

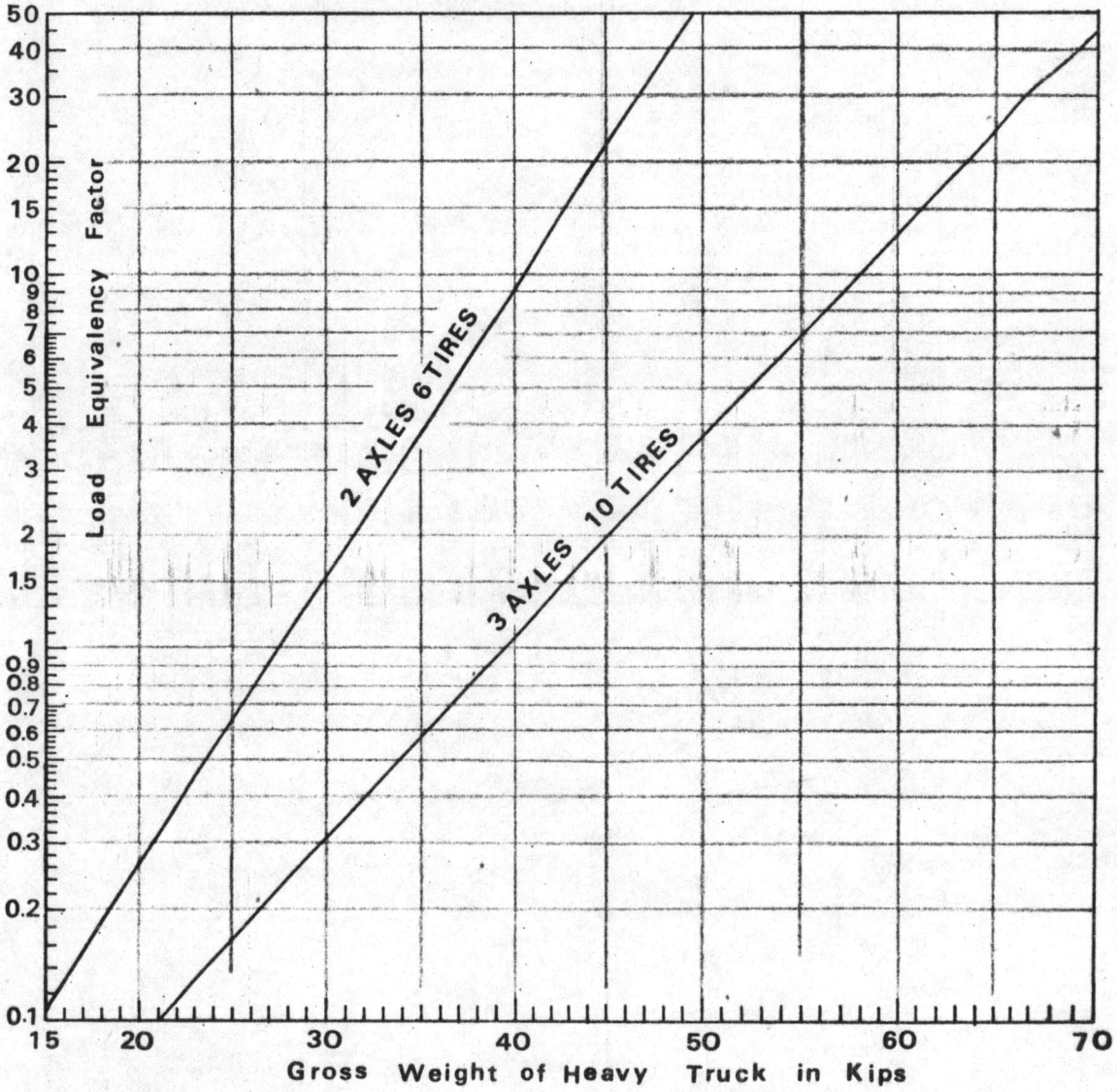
4. 5 Axles— Semitrailer And Combination



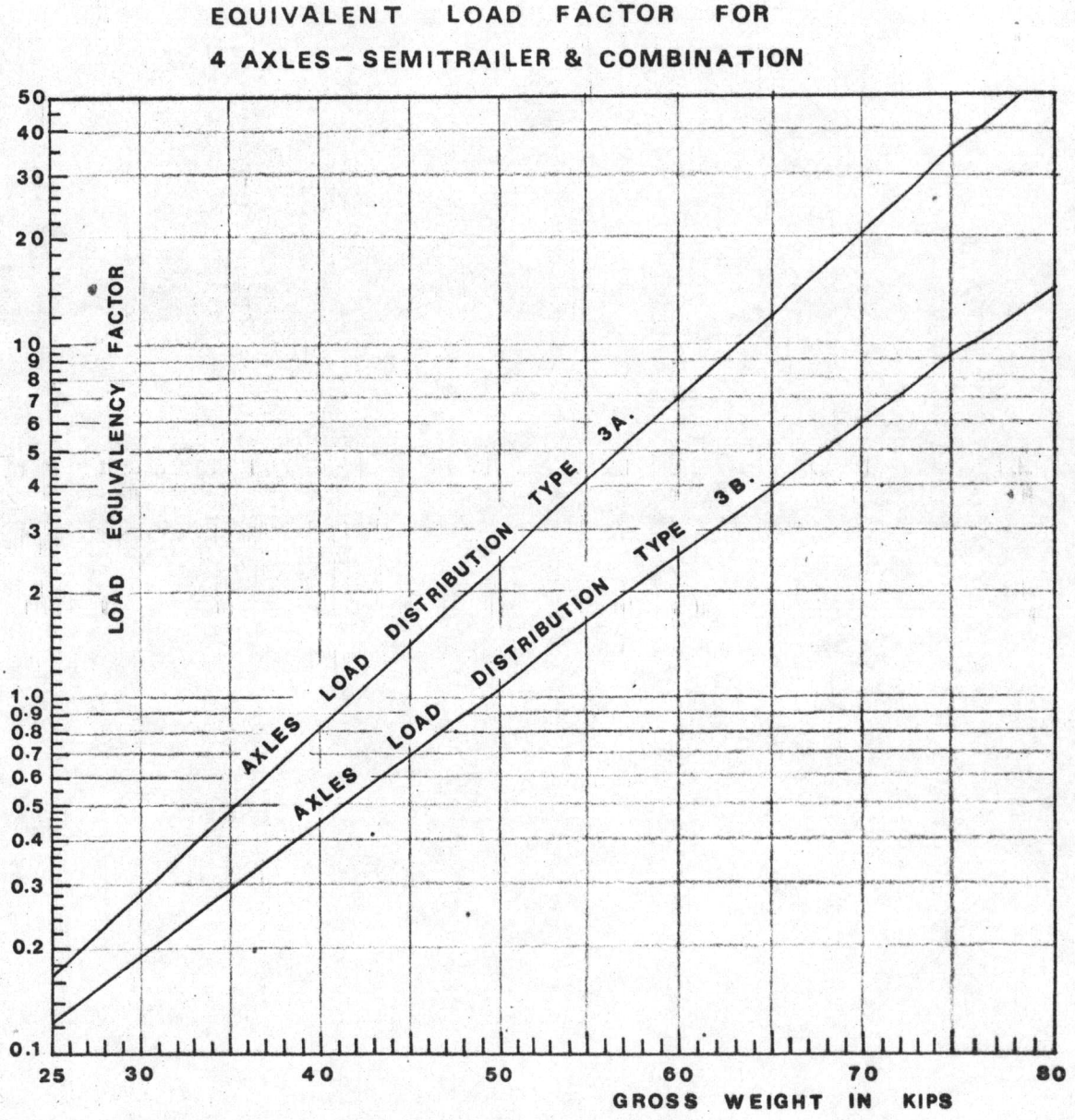
รูปที่ 4.20 แสดงการกระจายน้ำหนักลงเพลาของรถบรรทุก 4 เพลา (กึ่งพ่วง) และรถบรรทุก 5 เพลา(กึ่งพ่วง)

EQUIVALENT LOAD FACTOR FOR HEAVY TRUCK

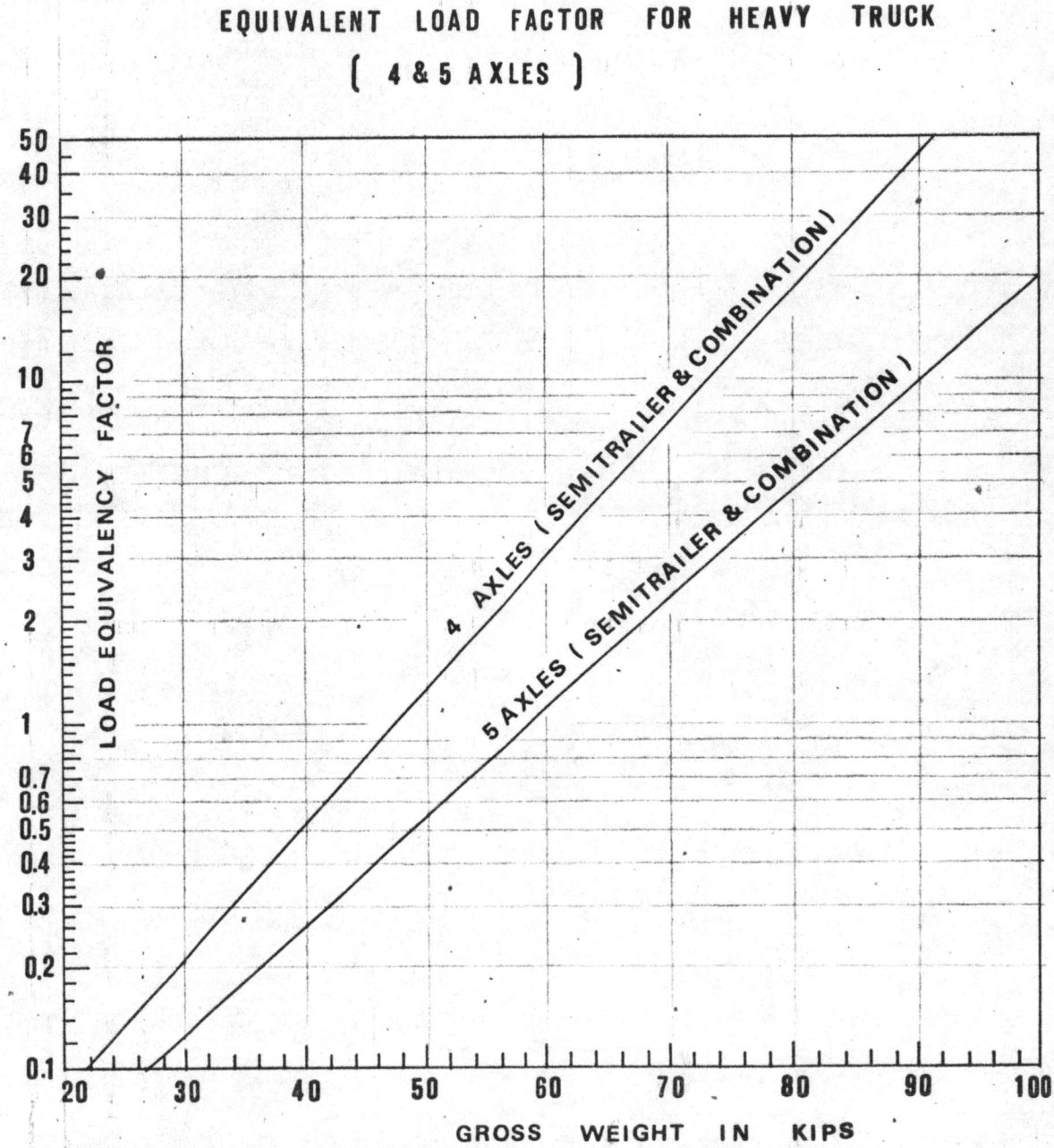
(2 & 3 AXLES)



รูปที่ 4.21 Load Equivalency Factor ของรถบรรทุก 2 เพลา(6 ล้อยาง) และ 3 เพลา (10 ล้อยาง)



รูปที่ 4.22 Load Equivalency Factor ของรถบรรทุก 4 เพลา (กึ่งพวง)
ชนิด 3A. และ 3B.



รูปที่ 4.23 Load Equivalency Factor ของรถบรรทุก 4 เพลา (กึ่งพ่วง) และ 5 เพลา (กึ่งพวง)