

บทที่ 5

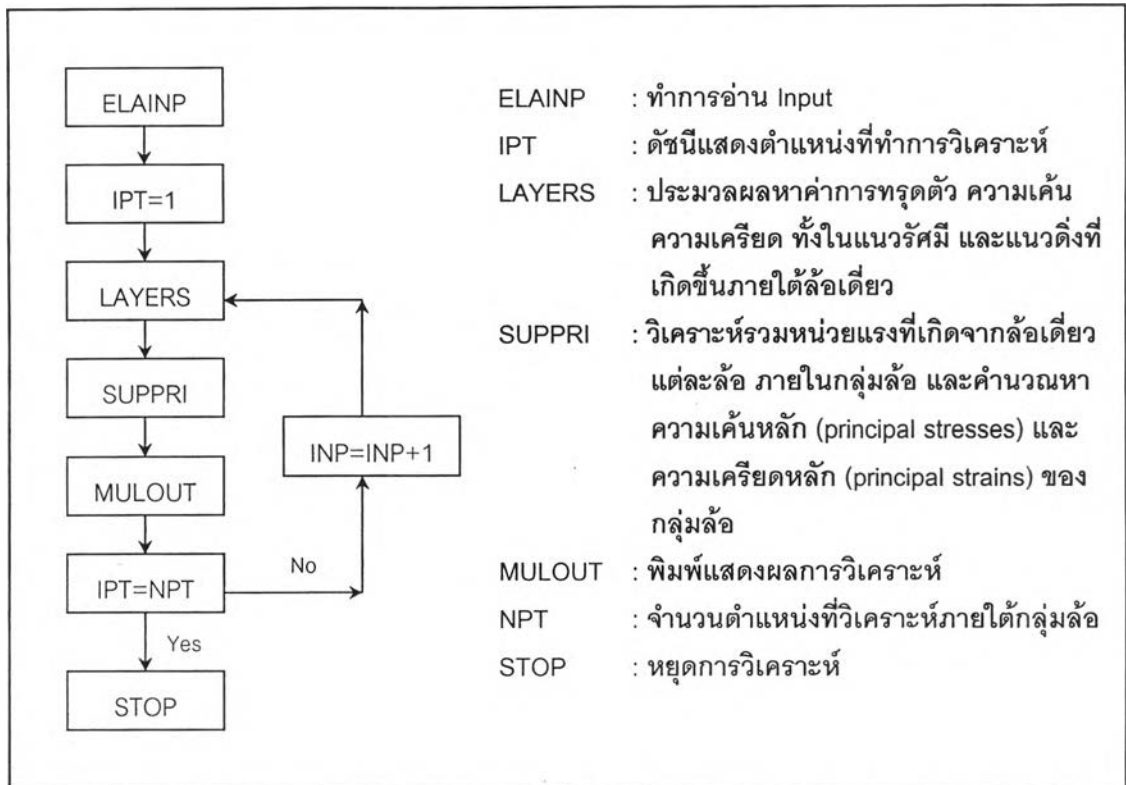
การวิเคราะห์โครงสร้างถนนโดยโปรแกรม Kenlayer

5.1 โปรแกรม Kenlayer

โปรแกรม Kenlayer ได้พัฒนาขึ้นโดย Professor Yang H. Huang แห่ง University of Kentucky เพื่อการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างถนนชนิดยืดหยุ่น(Flexible Pavement) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นวัสดุยืดหยุ่นหลายชั้นทาง (Elastic Multi Layer) ภายใต้พื้นที่รับ Load แบบวงกลม ทั้งแบบล้อเดี่ยว(Single Wheel Load) หรือแบบหลายล้อ (Multiple Wheels Load)

โปรแกรม Kenlayer สามารถวิเคราะห์โครงสร้างถนนที่มีคุณสมบัติวัสดุเป็นแบบ Linear Elastic แบบ Nonlinear Elastic และแบบ Viscoelastic นอกจากนั้นโปรแกรม Kenlayer สามารถวิเคราะห์การถูกทำลายของถนน (Damage Analysis) เนื่องจาก Load ที่มีลักษณะแตกต่างกันภายในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละปี โดยสามารถกำหนดคุณสมบัติของวัสดุแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา ผลของการทำลายเนื่องจาก Fatigue Cracking และการหลุดตัวของชั้นทางเนื่องจาก Load ที่กระทำในแต่ละช่วงเวลา จะถูกรวบรวมเข้าด้วยกัน เพื่อประเมินอายุการใช้งานของถนน

สำหรับโครงสร้างทางที่มีการกำหนดคุณสมบัติวัสดุเป็นแบบ Linear Elastic โปรแกรม Kenlayer จะทำการวิเคราะห์โดยพิจารณาให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชั้นมีค่าคงที่ตลอดความหนาของชั้นวัสดุนั้น เมื่อมีการวิเคราะห์โดยมี Load ที่กระทำเป็นแบบหลายล้อ(Multiple Wheels Load) โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์โดยรวมผลจากแรงกระทำของแต่ละล้อ โดยในรูปที่ 5.1 จะแสดงแผนภาพการวิเคราะห์โครงสร้างทางที่มีวัสดุแบบ Linear Elastic ของโปรแกรม Kenlayer



รูปที่ 5.1 แผนภาพการวิเคราะห์โครงสร้างทางที่มีวัสดุแบบ Linear Elastic ของโปรแกรม Kenlayer

5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

5.2.1 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์

คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบชั้นทางได้แก่ค่า โมดูลัสยืดหยุ่น และค่า Poisson's Ratio ได้ทำการกำหนดค่าดังนี้

1. แอสฟัลท์คอนกรีต

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแอสฟัลท์คอนกรีตประมาณจากสมการที่ 2.10 ซึ่งเสนอขึ้นโดย Asphalt Institute (1982) โดยกำหนดค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการดังนี้

- f (Load Frequency) ให้ค่าเท่ากับ 10Hz ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำโดย Asphalt Institute (1982) โดยค่าดังกล่าวเป็นค่าที่สอดคล้องกับความเร็วพาหนะในระดับปานกลาง ซึ่งเหมาะสมกับสภาพการจราจรที่พาหนะมีความเร็วที่แตกต่างกัน
- t (อุณหภูมิ) ให้ค่าเท่ากับ 37.8°C (100°F) โดยค่าดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแอสฟัลท์คอนกรีตของประเทศไทย ซึ่งประสิทธิ์ ภูประทุม (2539) ได้ทำการศึกษาไว้
- P_{200} (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ Aggregate ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200) ให้ค่าเท่ากับ 5% ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำโดย Asphalt Institute (1982)

- V_a (Volume of air void) ใช้ค่าเท่ากับร้อยละ 4 ซึ่งเป็นค่าค่าที่แนะนำโดย Asphalt Institute (1982) สำหรับชั้น Surface Course
- λ (Viscosity ของแอสฟัลท์ที่ 70 °F) ใช้ค่าเท่ากับ 2.5×10^6 poises ซึ่งเป็นค่าค่าที่แนะนำโดย Asphalt Institute (1982) สำหรับ AC60-70 ซึ่งเป็น Asphalt Cement เกรดที่เหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทย
- V_o (Volume ของแอสฟัลท์) ใช้ค่าเท่ากับร้อยละ 11 ซึ่งเป็นค่าค่าที่แนะนำโดย Asphalt Institute (1982)

เมื่อแทนค่าตัวแปรข้างต้นในสมการที่ 2.10 จะได้ค่า Dynamic Modulus เท่ากับ 174,244 psi หรือประมาณ 1,200 MPa สำหรับค่า Poisson's Ratio กำหนดค่าเท่ากับ 0.4 ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำโดย AUSTROADS (1992)

2. ดินลูกรังผสมซีเมนต์ (Lateritic Soil-Cement)

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินลูกรังผสมซีเมนต์จะแบ่งเป็น 2 ค่าคือ สำหรับ Soft Lateritic Soil-Cement ในการวิเคราะห์จะใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1,000 MPa ซึ่งเป็นค่าโดยประมาณจากค่าเฉลี่ยโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ของดินลูกรังผสมซีเมนต์จากแหล่ง SA และ PR ส่วน Hard Lateritic Soil-Cement จะใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 3,000 MPa ซึ่งเป็นค่าโดยประมาณจากค่าเฉลี่ยโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ของดินลูกรังผสมซีเมนต์จากแหล่ง CB

สำหรับค่า Poisson's Ratio ของดินลูกรังผสมซีเมนต์กำหนดค่าเท่ากับ 0.2 ซึ่งเป็นค่าที่ AUSTROADS (1992) แนะนำให้ใช้กับวัสดุประเภท Cemented Material

3. วัสดุ Unbound Granular ชั้นรองพื้นทาง

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ Unbound Granular ในชั้นรองพื้นทางกำหนดค่าเท่ากับ 180 MPa ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าเทียบเท่ากับค่า CBR ที่ร้อยละ 25 ตามแผนภาพในรูปที่ 2.15 ซึ่งเป็นค่าที่มาตรฐานกรมทางหลวงเลขที่ ทล.-ม.205/2532 "มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุผสมรวม" กำหนดให้วัสดุรองพื้นทางวัสดุผสมรวมจะต้องมีค่า CBR ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25

สำหรับค่า Poisson's Ratio ของวัสดุ Unbound Granular ในชั้นรองพื้นทางกำหนดค่าเท่ากับ 0.35 ซึ่งเป็นค่าที่ AUSTROADS (1992) แนะนำให้ใช้กับวัสดุประเภท Unbound Granular

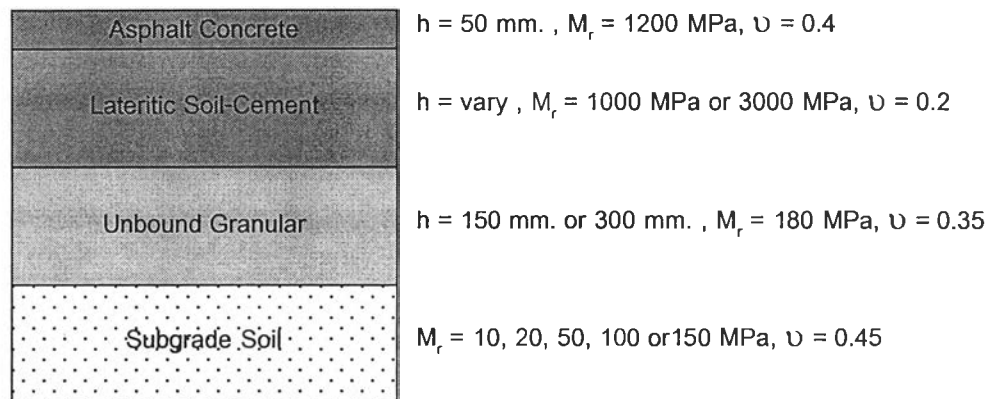
4. วัสดุชั้น Subgrade

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุในชั้น Subgrade ในการวิเคราะห์จะกำหนดค่า 5 ค่าคือ 10 MPa 20 MPa 50 MPa 100 MPa และ 150 MPa สำหรับค่า Poisson's Ratio ของวัสดุในชั้น Subgrade กำหนดค่าเท่ากับ 0.45 ซึ่งเป็นค่าที่ AUSTROADS (1992) แนะนำให้ใช้กับวัสดุชั้น Subgrade

5.2.2 รูปแบบโครงสร้างทางที่ทำการวิเคราะห์

ในการศึกษานี้ได้จัดรูปแบบโครงสร้างเป็น 2 รูปแบบดังนี้

1. รูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีชั้นพื้นทางเป็นวัสดุดินลูกรังผสมซีเมนต์ เป็นโครงสร้างแบบ 4 ชั้นทางดังแสดงในรูปที่ 5.2 โครงสร้างดังกล่าวมีผิวทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีต ชั้นพื้นทางเป็นดินลูกรังผสมซีเมนต์ ชั้นรองพื้นทางเป็นวัสดุ Unbound Granular ชั้นสุดท้ายเป็นชั้น Subgrade



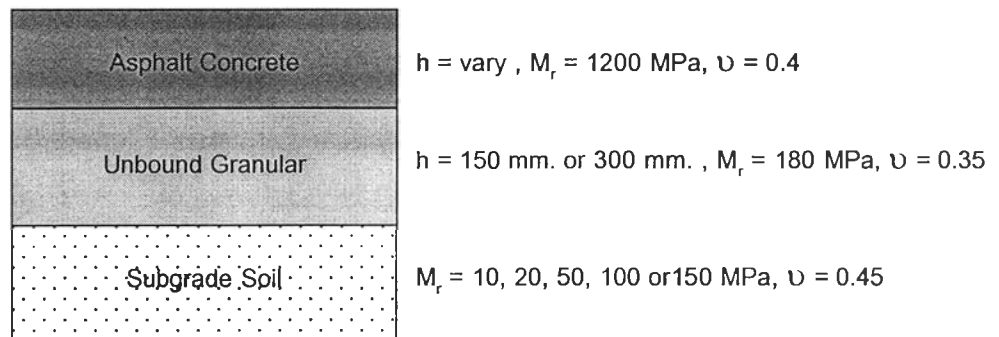
รูปที่ 5.2 รูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีดินลูกรังผสมซีเมนต์เป็นชั้นพื้นทาง

สำหรับรูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีวัสดุชั้นพื้นทางเป็นดินลูกรังผสมซีเมนต์ ได้จัดเป็น 4 รูปแบบด้วยกันโดยแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การจัดโครงสร้างทางถนนซึ่งมีดินลูกรังผสมซีเมนต์เป็นชั้นพื้นทางแต่ละแบบ

No.	Surface	Base	Subbase	Subgrade
รูปแบบที่ 1	Asphalt Concrete h=50mm. , $M_r = 1200$ MPa $\nu = 0.4$	Lateritic Soil-Cement h=vary , $M_r = 1000$ MPa, $\nu = 0.2$	Unbound Granular h=150mm. , M_r =180 MPa , $\nu = 0.35$	Subgrade $M_r = 10, 20,$ 50, 100 or 150 MPa , $\nu = 0.45$
รูปแบบที่ 2			Unbound Granular h=300mm. , M_r =180 MPa , $\nu = 0.35$	
รูปแบบที่ 3		Lateritic Soil-Cement h=vary , $M_r = 3000$ MPa , $\nu = 0.2$	Unbound Granular h=150mm. , M_r =180 MPa , $\nu = 0.35$	
รูปแบบที่ 4			Unbound Granular h=300mm. , M_r =180 MPa , $\nu = 0.35$	

2. รูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีชั้นผิวทางและพื้นทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 5.3 โครงสร้างดังกล่าวมีชั้นผิวทางและชั้นพื้นทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีต ชั้นรองพื้นทางเป็นวัสดุ Unbound Granular ชั้นสุดท้ายเป็นชั้น Subgrade



รูปที่ 5.3 รูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีชั้นผิวทางและพื้นทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีต

สำหรับรูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีชั้นผิวทางและพื้นทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีต ได้จัดเป็น 2 รูปแบบด้วยกันโดยแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การจัดโครงสร้างทางถนนซึ่งมีชั้นผิวทางและพื้นทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีตแต่ละแบบ

No.	Surface and Base	Subbase	Subgrade
รูปแบบที่ 5	Asphalt Concrete $h = \text{vary}$, $M_r = 1200$ MPa , $\nu = 0.4$	Unbound Granular $h = 150\text{mm.}$, $M_r = 180$ MPa , $\nu = 0.35$	Subgrade $M_r = 10, 20, 50,$ 100 or 150 MPa , $\nu = 0.45$
รูปแบบที่ 6		Unbound Granular $h = 300\text{mm.}$, $M_r = 180$ MPa , $\nu = 0.35$	

5.2.3 Fatigue Criteria สำหรับโครงสร้างทาง

ในการวิเคราะห์ที่โครงสร้างทางนี้จะพิจารณาค่า Strain ซึ่งเป็นตัวกำหนดการวิบัติของชั้นทาง โดยเมื่อเกิดค่า Strain เกินพิกัดที่ชั้นทางจะทนได้จะก่อให้เกิดรอยแตก (Fatigue Crack) และร่องล้อ (Rut) ในชั้นทาง สำหรับการเกิด Critical Strain ของโครงสร้างทางแต่ละแบบจะมีลักษณะดังนี้

1. รูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีชั้นพื้นทางเป็นวัสดุดินลูกรังผสมซีเมนต์

จะมีตำแหน่งและลักษณะการเกิด Critical Strain ดังนี้

- เกิด Radial Tensile Strain ที่ใต้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ ตรงรอยต่อระหว่างชั้นพื้นทางกับชั้นรองพื้นทาง สาเหตุเนื่องมาจากพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ มีค่า Elastic Modulus สูงทำให้ Radial Tensile Strain ภายใต้อัสน์แอสฟัลท์คอนกรีตมีค่าลดลงจนไม่มีโอกาสสะสมไปจนถึง Limiting Value ประกอบกับพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ เองสามารถรับ Radial Tensile Strain ได้น้อยกว่าผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตมาก ดังนั้นโอกาสที่ Radial Tensile Strain ในชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ จะสูงถึง Limiting Value และทำให้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ แตกจึงเป็นไปได้สูง
- เกิด Vertical Compressive Strain บนผิวหน้าของชั้น Subgrade เนื่องจากในโครงสร้างถนนลาดยางดินชั้น Subgrade จะมีค่า Elastic Modulus ต่ำที่สุด ดังนั้นจะทำให้เกิดค่า Vertical Compressive Strain ขึ้นกับชั้น Subgrade มาก ผลของการเกิด Strain ชนิดนี้ ก่อให้เกิดรอยร่นล้อและทำให้น้ำขังในฤดูฝน น้ำบางส่วนจะซึมผ่านลงไปโครงสร้างของถนน ทำให้โครงสร้างอ่อนแอลงและเกิดการวิบัติในที่สุด

2. รูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีชั้นผิวทางและพื้นทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีต

จะมีตำแหน่งและลักษณะการเกิด Critical Strain ดังนี้

- เกิด Radial Tensile Strain ที่ใต้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตตรงแนวรอยต่อกับชั้นรองพื้นทาง เกิดเนื่องจากชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตแอนตัว เมื่อถูกน้ำหนักล้อกดในลักษณะเดียวกับการแอนตัวของคาน เมื่อกระทำด้วยน้ำหนักล้อที่เข้าไปเข้ามา ค่า Radial Tensile Strain จะเกิดขึ้นใต้ผิวทางและสะสมตัวมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีค่าสูงเกิน Limiting Radial Tensile Strain ที่แอสฟัลท์คอนกรีตจะทนได้ ทำให้เกิดรอยแตกที่แอสฟัลท์คอนกรีต
- เกิด Vertical Compressive Strain บนผิวหน้าของ Subgrade เช่นเดียวกับโครงสร้างทางซึ่งมีชั้นพื้นทางเป็นวัสดุดินลูกรังผสมซีเมนต์

ในการวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกซ้ำ (Allowable Number Load Repetition) ของวัสดุ จะเลือกใช้สมการ Fatigue Criteria ของวัสดุแต่ละชนิดดังนี้

1. Fatigue Crack Criteria สำหรับแอสฟัลท์คอนกรีต ใช้สมการที่ 2.21 ซึ่งเป็นสมการที่ Asphalt Institute (1982) แนะนำให้ใช้ในการหาค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกซ้ำของวัสดุแอสฟัลท์คอนกรีต

$$N_f = 0.0796 \epsilon_f^{-3.291} E^{-0.854}$$

2. Fatigue Crack Criteria สำหรับดินลูกรังผสมซีเมนต์ ใช้สมการที่ 2.28 ซึ่งเป็นสมการที่ AUSTROADS (1992) แนะนำให้ใช้ในการหาค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกซ้ำของวัสดุ Cemented Materials ที่มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นประมาณ 2000 MPa

$$N_f = (280 / \mu \epsilon_f)^{18}$$

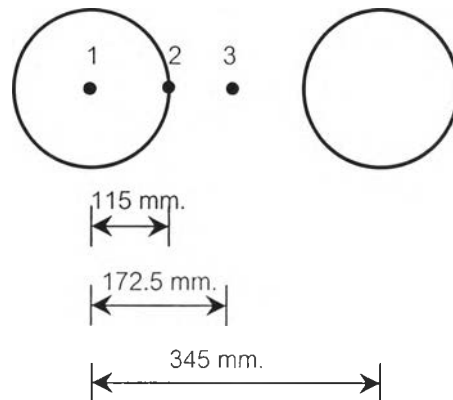
3. Permanent Deformation Criteria สำหรับชั้น Subgrade ใช้สมการที่ 2.31 โดยใช้ค่า f_4 และ f_5 ตามที่ Asphalt Institute ได้แนะนำไว้

$$N_f = 1.365 \times 10^{-9} \epsilon_c^{-4.477}$$

5.2.4 Load และตำแหน่งที่ใช้ในการวิเคราะห์

น้ำหนักกระทำที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นค่า Equivalent 18,000 lb Single Axle Load ซึ่ง Asphalt Institute (1982) ได้กำหนดมาตรฐานน้ำหนักดังกล่าวเป็นแบบเพลลาเดี่ยวล้อคู่ (Single Axle with Dual Tires) น้ำหนักเพลลาเท่ากับ 80kN(18,000 lb) โดยมีพื้นที่Loadกระทำเป็นวงกลมขนาดรัศมี 115mm.(4.52 in.) ระยะห่างของล้อคู่345mm.(13.57 in.) แรงดันลม(Tire Pressure) 483 kPa (70psi)

ในรูปที่5.4 จะแสดงขนาดและตำแหน่งของ Load ที่กระทำ และตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์ โครงสร้างชั้นทาง ซึ่งได้กำหนดไว้3ตำแหน่งคือ ตำแหน่งกึ่งกลางล้อ(จุดที่1ในรูปที่5.4) ตำแหน่งขอบล้อด้านใน(จุดที่2ในรูปที่5.4) และตำแหน่งกึ่งกลางล้อคู่(จุดที่3ในรูปที่5.4)



รูปที่5.4 ขนาดของLoad ที่กระทำ และตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์

5.3 สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทาง

จากการวิเคราะห์โครงสร้างทางโดยโปรแกรม KENLAYER ผลการวิเคราะห์จะแสดงในตารางที่ 1ก. ถึงตารางที่ 6ก. ในภาคผนวก ก. โดยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

5.3.1 สรุปผลการวิเคราะห์ค่า Critical Strain ของชั้นทาง

ค่า Strain ที่เกิดขึ้นในชั้นทางจะเป็นตัวกำหนดการวิบัติของชั้นทาง และเป็นตัวแปรที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการรับน้ำหนักกระทำซ้ำของชั้นทาง จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม KENLAYER สามารถสรุปค่า Strain ในชั้นทางที่จะเกิด Critical Strain ได้ดังนี้

5.3.1.1 ค่า Critical Strain ในโครงสร้างชั้นทางซึ่งมีดินลูกรังผสมซีเมนต์เป็นชั้นพื้นทาง

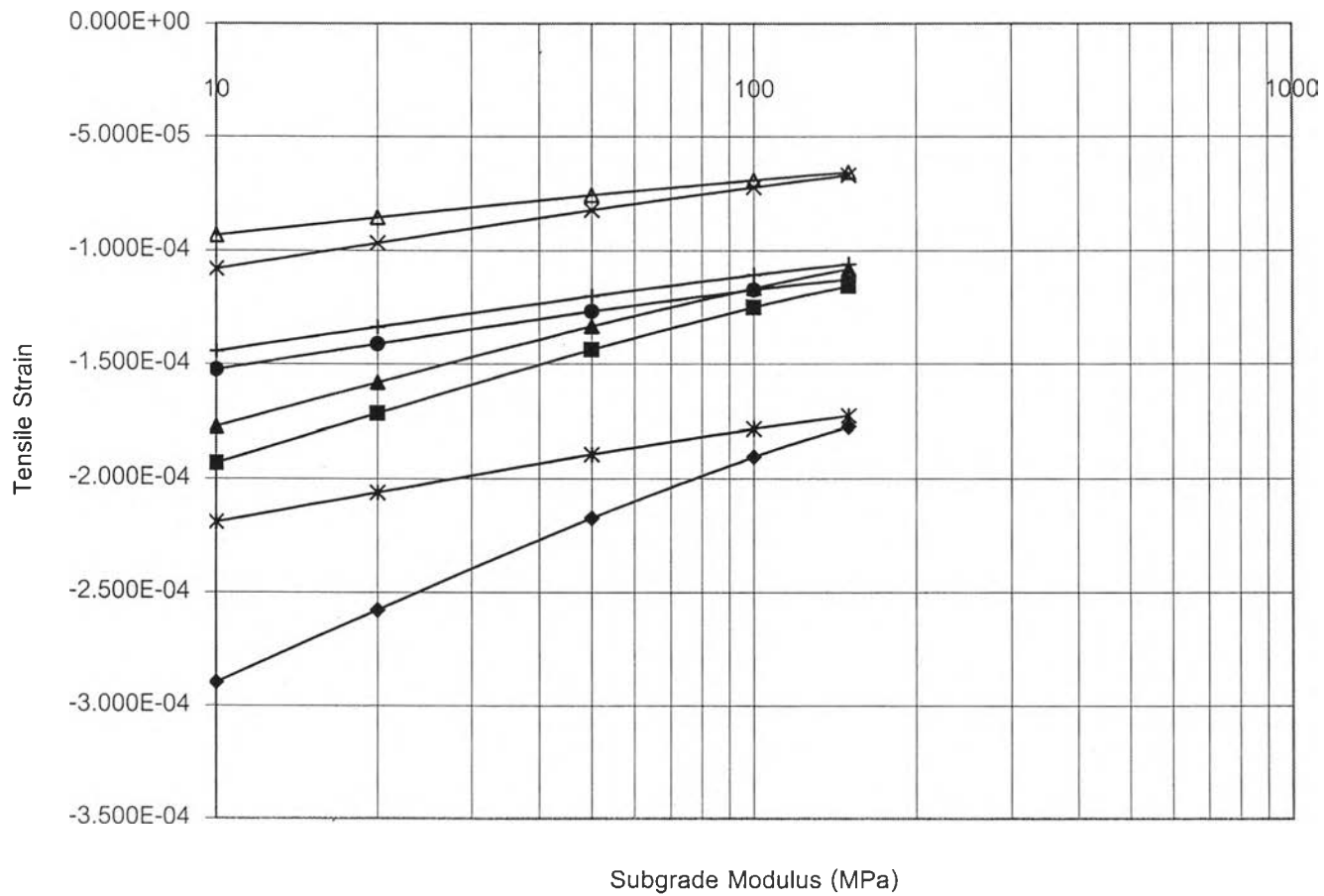
ในการวิเคราะห์การเกิด Critical Strain ที่ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ และส่วนบนของชั้น Subgrade ของโครงสร้างทางแบบที่1ถึงแบบที่4 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางแบบที่1 แบบที่2 แบบที่3 และแบบที่4 พบว่าเมื่อความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีค่าต่ำ(ต่ำกว่า200 มม.) ค่า Maximum Tensile Strain จะเกิด ณ ตำแหน่งขอบล้อด้านใน(จุดที่2 ในรูปที่5.4) แต่เมื่อความหนาของชั้นพื้นทางมีค่ามากขึ้นค่า Maximum Tensile Strain จะเกิด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางล้อ(จุดที่3 ในรูปที่5.4)

ในรูปที่5.5 จะแสดงถึงกราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Tensile Strain ของพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ที่มีความหนา200 มม. และ 300 มม. สำหรับโครงสร้างทางแบบที่1 แบบที่2 แบบที่3 และแบบที่4 ซึ่งทำให้สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ ได้ดังนี้

- เมื่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์เพิ่มขึ้น จาก 1,000 MPa เป็น 3,000 MPa (ขณะที่ความหนาชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ และความหนาชั้นรองพื้นทางมีค่าเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ จะมีค่าลดลง
- เมื่อความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์เพิ่มขึ้น (ขณะที่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ และความหนาของชั้นรองพื้นทางมีค่าเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่าลดลง
- เมื่อเพิ่มความหนาของชั้นรองพื้นทางจาก 150 มม. เป็น 300 มม. (ขณะที่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีค่าเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่าลดลง
- เมื่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้น Subgrade มีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่าลดลง



- ◆ แบบที่1 พื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์หนา 200 mm.
- แบบที่1 พื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์หนา 300 mm.
- * แบบที่2 พื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์หนา 200 mm.
- แบบที่2 พื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์หนา 300 mm.
- ▲ แบบที่3 พื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์หนา 200 mm.
- × แบบที่3 พื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์หนา 300 mm.
- + แบบที่4 พื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์หนา 200 mm.
- △ แบบที่4 พื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์หนา 300 mm.

รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ของโครงสร้างทางแบบที่1 แบบที่2 แบบที่3 และแบบที่4

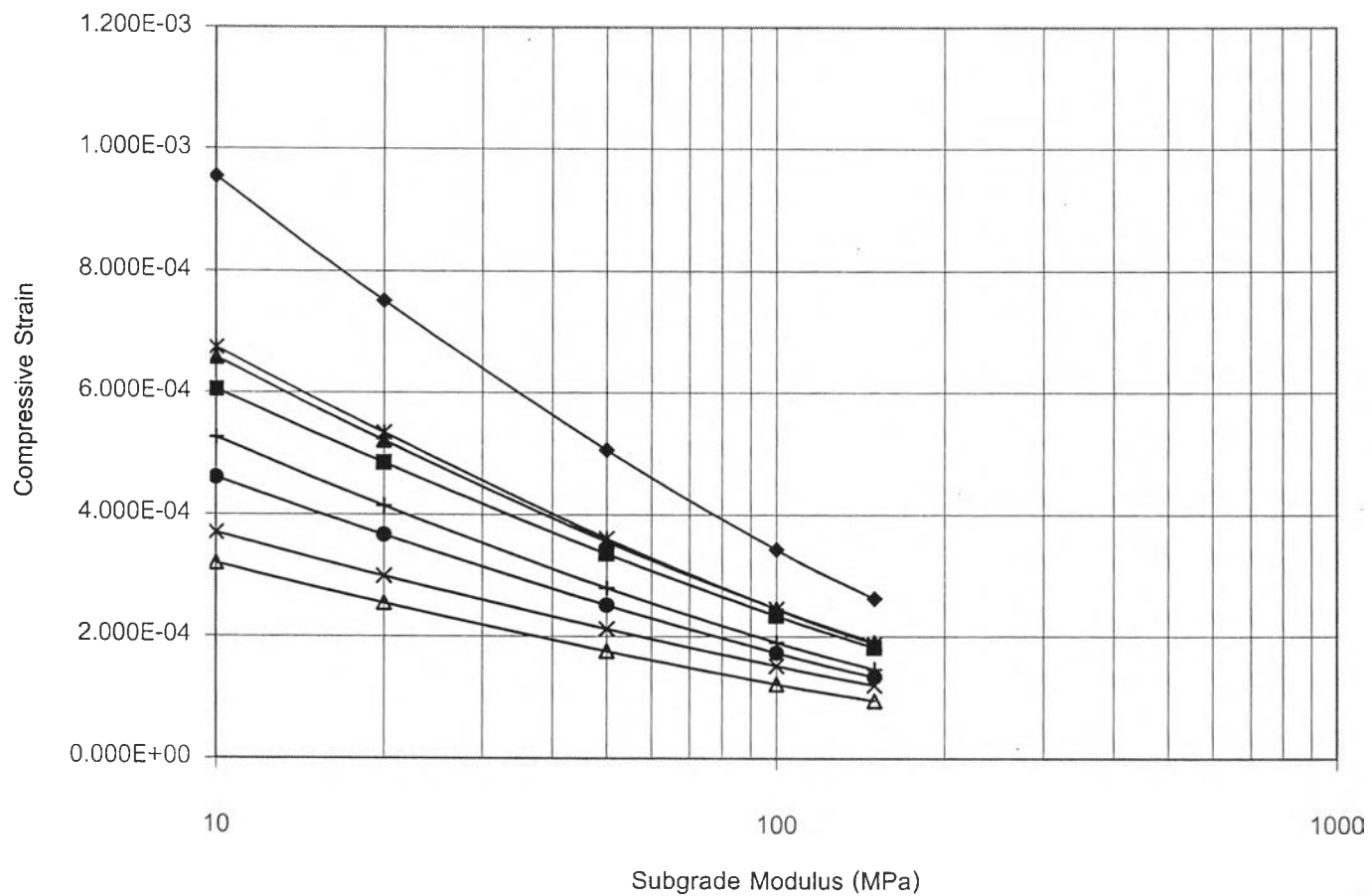
ค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางแบบที่1 แบบที่2 แบบที่3 และแบบที่4 พบว่าจะเกิดค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ณ ตำแหน่งกึ่งกลางล้อคู่(จุดที่3 ในรูปที่5.4) ทั้งหมด

ในรูปที่5.6 จะแสดงถึงกราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ของถนนซึ่งชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์หนา 200 มม. และ 300 มม. สำหรับโครงสร้างทางแบบที่1 แบบที่2 แบบที่3 และแบบที่4 ซึ่งทำให้สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ได้ดังนี้

- เมื่อเพิ่มค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ จาก 1,000 MPa เป็น 3,000 (ขณะที่ความหนาชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ และความหนาชั้นรองพื้นทางมีค่าเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จะมีค่าลดลง
- เมื่อความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์เพิ่มขึ้น (ขณะที่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ และความหนาของชั้นรองพื้นทางมีค่าเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จะมีค่าลดลง
- เมื่อเพิ่มความหนาของชั้นรองพื้นทางจาก 150 มม. เป็น 300 มม. (ขณะที่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ มีค่าเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จะมีค่าลดลง
- เมื่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้น Subgrade มีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จะมีค่าลดลง





- ◆ แบบที่1 พื้นทางดินลูกรัง ผสมซีเมนต์หนา 200 mm.
- แบบที่1 พื้นทางดินลูกรัง ผสมซีเมนต์หนา 300 mm.
- * แบบที่2 พื้นทางดินลูกรัง ผสมซีเมนต์หนา 200 mm.
- แบบที่2 พื้นทางดินลูกรัง ผสมซีเมนต์หนา 300 mm.
- ▲ แบบที่3 พื้นทางดินลูกรัง ผสมซีเมนต์หนา 200 mm.
- × แบบที่3 พื้นทางดินลูกรัง ผสมซีเมนต์หนา 300 mm.
- + แบบที่4 พื้นทางดินลูกรัง ผสมซีเมนต์หนา 200 mm.
- △ แบบที่4 พื้นทางดินลูกรัง ผสมซีเมนต์หนา 300 mm.

รูปที่5.6 กราฟเปรียบเทียบค่าMaximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้นSubgrade ของโครงสร้างทางแบบที่1 แบบที่2 แบบที่3 และแบบที่4

5.3.1.2 ค่า Critical Strain ในโครงสร้างชั้นทางซึ่งมีชั้นผิวทางและพื้นทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีต

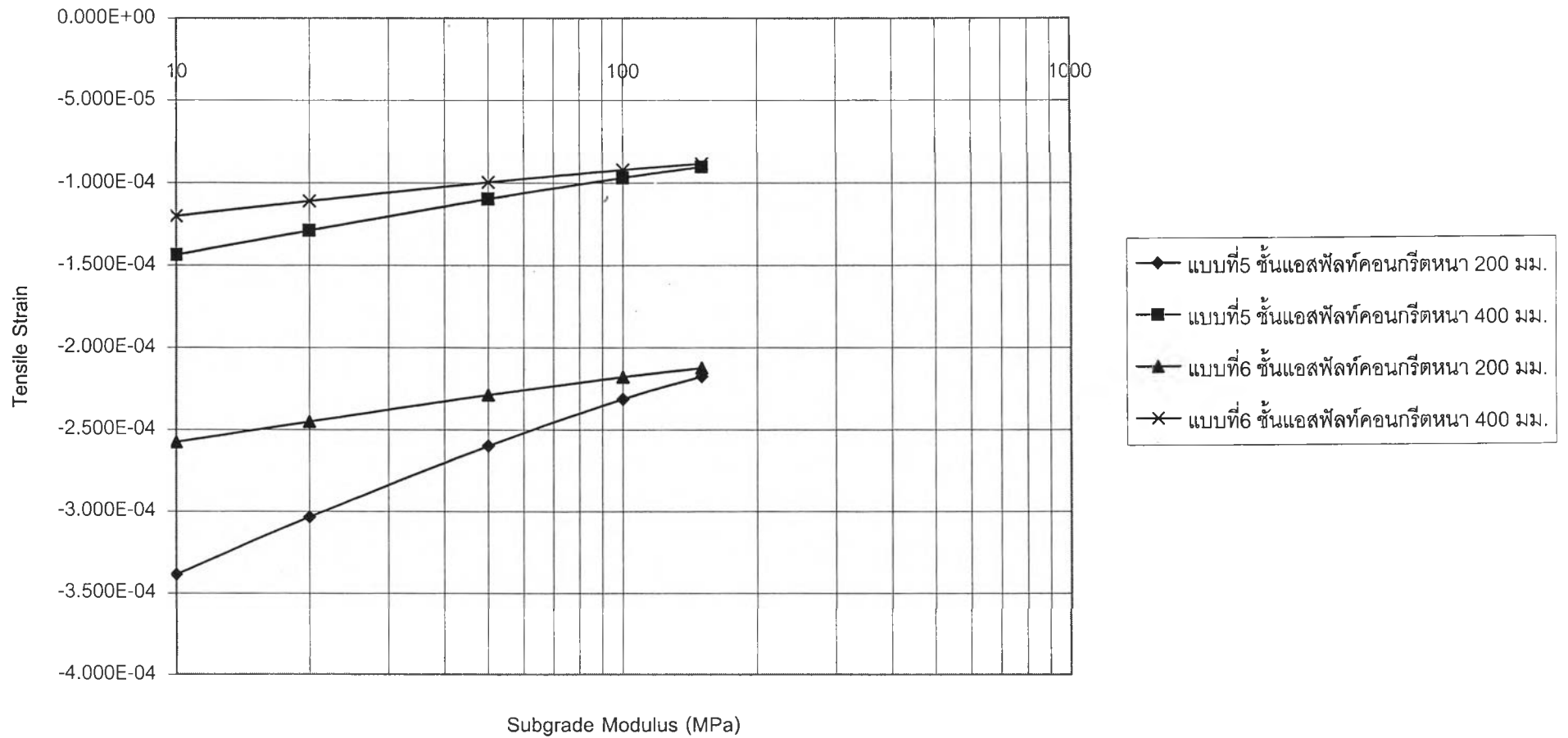
ในการวิเคราะห์การเกิด Critical Strain ที่ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต และส่วนบนของชั้น Subgrade ของโครงสร้างทางแบบที่ 5 และแบบที่ 6 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางแบบที่ 5 และแบบที่ 6 พบว่าเมื่อความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตมีค่าต่ำกว่า 150 มม. ค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต จะเกิด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางล้อ (จุดที่ 1 ในรูปที่ 5.4) แต่เมื่อความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตมีค่าระหว่าง 175 มม. ถึง 250 มม. ค่า Maximum Tensile Strain ที่ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต จะเกิด ณ ตำแหน่งขอบล้อด้านใน (จุดที่ 2 ในรูปที่ 5.4) และเมื่อความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตมีค่ามากกว่า 250 มม. ค่า Maximum Tensile Strain ที่ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต จะเปลี่ยนมาเกิด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางล้อคู่ (จุดที่ 3 ในรูปที่ 5.4)

ในรูปที่ 5.7 จะแสดงถึงกราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Tensile Strain ของถนนซึ่งมีชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตหนา 200 มม. และ 400 มม. สำหรับโครงสร้างทางแบบที่ 5 กับแบบที่ 6 ซึ่งทำให้สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ ได้ดังนี้

- เมื่อความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตเพิ่มขึ้น (ขณะที่ความหนาของชั้นรองพื้นทางเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตจะมีค่าลดลง
- เมื่อเพิ่มความหนาของชั้นรองพื้นทางจาก 150 มม. เป็น 300 มม. (ขณะที่ความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตจะมีค่าจะมีค่าลดลง
- เมื่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้น Subgrade มีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตจะมีค่าลดลง



รูปที่5.7 กราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Tensile Strain ใต้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต
ของโครงสร้างทางแบบที่5 และแบบที่6

ค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade

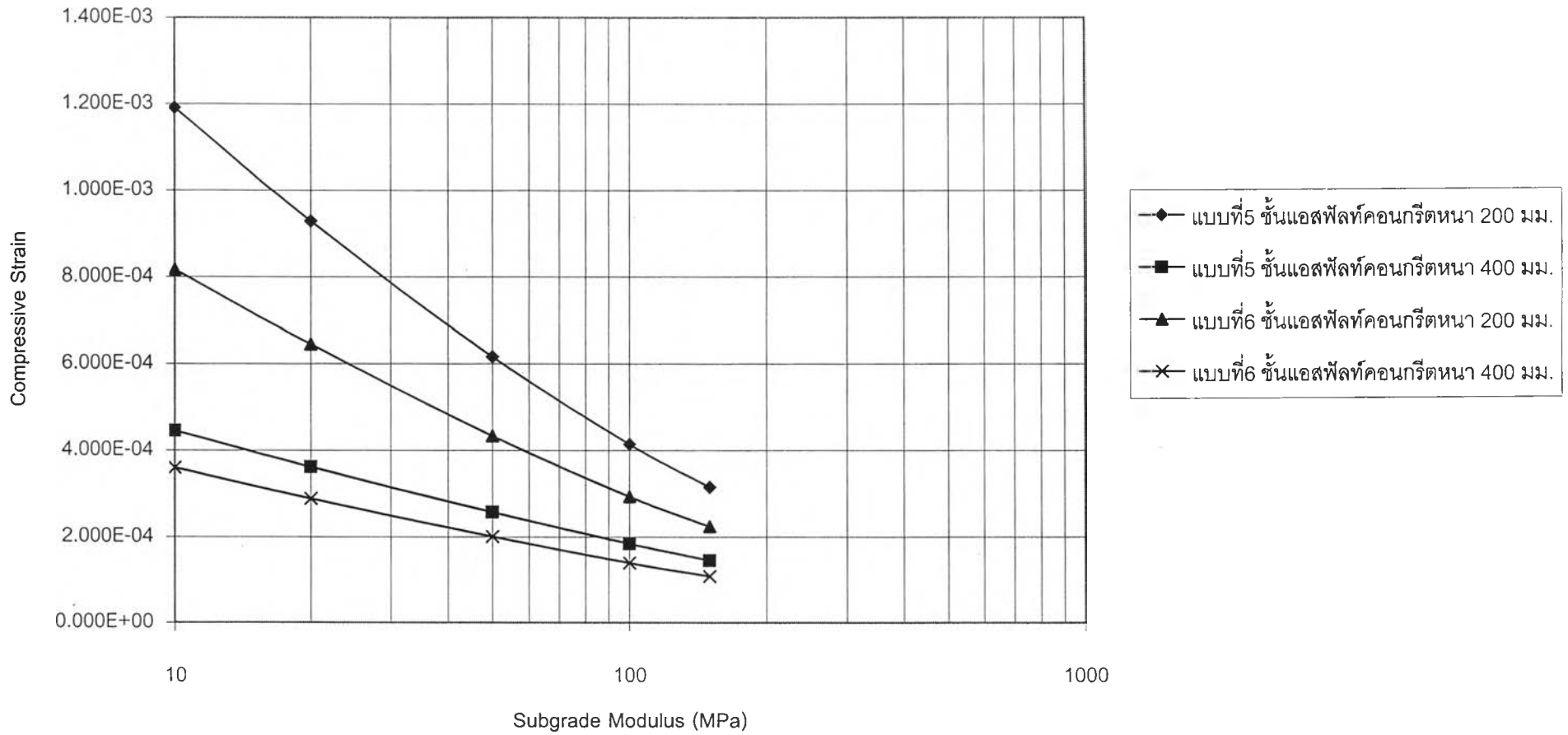
จากผลการวิเคราะห์พบว่าสำหรับโครงสร้างทางแบบที่ 5 จะเกิดค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ณ ตำแหน่งกึ่งกลางล้อ (จุดที่ 1 ในรูปที่ 5.4) และตำแหน่งขอบล้อด้านใน (จุดที่ 2 ในรูปที่ 5.4) เมื่อความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตมีค่าต่ำ (ต่ำกว่า 150 มม.) และเมื่อความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตมีค่ามากขึ้นค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จะเปลี่ยนไปเกิด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางล้อคู่ (จุดที่ 3 ในรูปที่ 5.4) แต่สำหรับโครงสร้างทางแบบที่ 6 จะเกิดค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ณ ตำแหน่งกึ่งกลางล้อคู่ (จุดที่ 3 ในรูปที่ 5.4) ทั้งหมด

ในรูปที่ 5.8 จะแสดงถึงกราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ของถนนที่มีชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตหนา 200 มม. และ 400 มม. สำหรับโครงสร้างทางแบบที่ 5 กับแบบที่ 6 ซึ่งทำให้สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ได้ดังนี้

- เมื่อความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตเพิ่มขึ้น (ขณะที่ความหนาของชั้นรองพื้นทางเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จะมีค่าลดลง
- เมื่อเพิ่มความหนาของชั้นรองพื้นทางจาก 150 มม. เป็น 300 มม. (ขณะที่ความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตเท่ากัน) พบว่าค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จะมีค่าลดลง
- เมื่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้น Subgrade มีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จะมีค่าลดลง

5.3.2 สรุปผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ของชั้นทาง

ในตารางที่ 1ก. ถึงตารางที่ 6ก. ในภาคผนวก ก. จะแสดงค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ (Allowable Load Repetitions) ของชั้นทางที่เกิด Critical Strain แต่ละชั้น ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ ตามสมการ Fatigue Criteria ของวัสดุ โดยชั้นทางที่มีค่าความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำที่ต่ำที่สุดจะเป็นชั้นที่เกิดการวิบัติขึ้นก่อน ซึ่งค่าดังกล่าวจะเป็นค่าความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำของโครงสร้างทางนั้น และจะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำกราฟเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างทาง (Design Chart) นั้นต่อไป



รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ของโครงสร้างทางแบบที่ 5 และแบบที่ 6

5.3.2.1 Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางรูปแบบที่1

สำหรับโครงสร้างทางแบบที่1 ซึ่งประกอบด้วยผิวทาง แอสฟัลท์คอนกรีตหนา 50 มม. ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์(Soft Lateritic Soil-Cement ,Mr 1,000 MPa) หนา 190 มม. ถึง 500 มม. ชั้นรองพื้นทาง Unbound Granularหนา150มม.และชั้น Subgrade จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ซึ่งแสดงในตารางที่1ก. ในภาคผนวก ก. พบว่าโครงสร้างชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้นSubgrade ดังนั้นการวิบัติของชั้นทางจะเกิดขึ้นที่ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ เนื่องจากเกิดค่า Tensile Strain ที่ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ แต่เมื่อความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นค่า Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่าลดลง ซึ่งเมื่อพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีความหนาเกินกว่า 350 มม. การวิบัติของชั้นทางจะเริ่มมีการเปลี่ยนมาเกิดที่ชั้น Subgrade เนื่องจากเกิดค่า Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จนกระทั่งชั้นSubgrade มีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์

จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางแบบที่1 สามารถสรุปเป็นกราฟเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างทาง Design Chart1 ดังแสดงในภาคผนวก ข. ซึ่งกราฟดังกล่าวจะแสดงค่าความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ที่ต้องการสำหรับโครงสร้างทางแบบที่1 เมื่อมีค่าน้ำหนักกระทำซ้ำอยู่ในช่วง 10^3 ถึง 10^8 เทียบ และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นSubgrade อยู่ในช่วง 10 MPa ถึง150 MPa

5.3.2.2 Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางรูปแบบที่2

สำหรับโครงสร้างทางแบบที่2 ซึ่งประกอบด้วยผิวทาง แอสฟัลท์คอนกรีตหนา 50 มม. ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์(Soft Lateritic Soil-Cement ,Mr 1,000 MPa) หนา 190 มม. ถึง500 มม. ชั้นรองพื้นทาง Unbound Granularหนา300มม.และชั้น Subgrade จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ซึ่งแสดงในตารางที่2ก. ในภาคผนวก ก. พบว่าโครงสร้างชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้นSubgrade ดังนั้นการวิบัติของชั้นทางจะเกิดขึ้นที่ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ เนื่องจากเกิดค่า Tensile Strain ที่ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ แต่เมื่อความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นค่า Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่าลดลง ซึ่งเมื่อพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีความหนาเกินกว่า 350 มม. การวิบัติของชั้นทางจะเริ่มมีการเปลี่ยนมาเกิดที่ชั้นSubgrade เนื่องจากเกิดค่า Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จนกระทั่งชั้นSubgrade มีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์

จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางแบบที่2 สามารถสรุปเป็นกราฟเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างทาง Design Chart2 ดังแสดงในภาคผนวก ข. ซึ่งกราฟดังกล่าวจะแสดงค่าความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ที่ต้องการสำหรับโครงสร้างทางแบบที่2 เมื่อมีค่านำหนักกระทำซ้ำอยู่ในช่วง 10^3 ถึง 10^6 เทียบ และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นSubgrade อยู่ในช่วง 10 MPa ถึง 150 MPa

5.3.2.3 Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางรูปแบบที่3

สำหรับโครงสร้างทางแบบที่3 ซึ่งประกอบด้วยผิวทาง แอสฟัลท์คอนกรีตหนา 50 มม. ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์(Hard Lateritic Soil-Cement ,Mr 3,000 MPa) หนา 110 มม. ถึง 360 มม. ชั้นรองพื้นทาง Unbound Granularหนา150มม.และชั้น Subgrade จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ซึ่งแสดงในตารางที่3ก. ในภาคผนวก ก. พบว่าโครงสร้างชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้นSubgrade ดังนั้นการวิบัติของชั้นทางจะเกิดขึ้นที่ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์เนื่องจากเกิดค่า Tensile Strain ที่ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ แต่เมื่อความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นค่า Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่าลดลง ซึ่งเมื่อพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีความหนาเกินกว่า 220 มม. การวิบัติของชั้นทางจะเริ่มมีการเปลี่ยนมาเกิดที่ชั้นSubgrade เนื่องจากเกิดค่า Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จนกระทั่งชั้นSubgrade มีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์

จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางแบบที่3 สามารถสรุปเป็นกราฟเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างทาง Design Chart3 ดังแสดงในภาคผนวก ข. ซึ่งกราฟดังกล่าวจะแสดงค่าความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ที่ต้องการสำหรับโครงสร้างทางแบบที่3 เมื่อมีค่านำหนักกระทำซ้ำอยู่ในช่วง 10^3 ถึง 10^6 เทียบ และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นSubgrade อยู่ในช่วง 10 MPa ถึง 150 MPa

5.3.2.4 Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางรูปแบบที่4

สำหรับโครงสร้างทางแบบที่4 ซึ่งประกอบด้วยผิวทาง แอสฟัลท์คอนกรีตหนา 50 มม. ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์(Hard Lateritic Soil-Cement ,Mr 3,000 MPa) หนา 110 มม. ถึง 360 มม. ชั้นรองพื้นทาง Unbound Granularหนา300มม.และชั้น Subgrade จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ซึ่งแสดงในตารางที่4ก. ในภาคผนวก ก. พบว่าโครงสร้างชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้นSubgrade ดังนั้นการวิบัติของชั้น

ทางจะเกิดที่ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ เนื่องจากเกิดค่า Tensile Strain ที่ใต้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ แต่เมื่อความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นค่า Tensile Strain ใต้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่าลดลง ซึ่งเมื่อพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์มีความหนาเกินกว่า 220 มม. การวิบัติของชั้นทางจะเริ่มมีการเปลี่ยนมาเกิดที่ชั้น Subgrade เนื่องจากเกิดค่า Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade จนกระทั่งชั้น Subgrade มีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์

จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางแบบที่ 4 สามารถสรุปเป็นกราฟเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างทาง Design Chart 4 ดังแสดงในภาคผนวก ข. ซึ่งกราฟดังกล่าวจะแสดงค่าความหนาของชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ที่ต้องการสำหรับโครงสร้างทางแบบที่ 4 เมื่อมีค่านำหนักกระทำซ้ำอยู่ในช่วง 10^3 ถึง 10^8 เทียวก และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้น Subgrade อยู่ในช่วง 10 MPa ถึง 150 MPa

5.3.2.5 Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางรูปแบบที่ 5

สำหรับโครงสร้างทางแบบที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยชั้นผิวทางและพื้นทางแอสฟัลท์คอนกรีตหนา 75 มม. ถึง 500 มม. ชั้นรองพื้นทาง Unbound Granular หนา 150 มม. และชั้น Subgrade จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ซึ่งแสดงในตารางที่ 5 ก. ในภาคผนวก ก. พบว่าเมื่อโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้น Subgrade มีค่าต่ำ โครงสร้างทางจะเกิดการวิบัติที่ชั้น Subgrade เนื่องจากเกิดค่า Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade แต่เมื่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้น Subgrade มีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่า Compressive Strain บนชั้น Subgrade ลดน้อยลง การวิบัติของชั้นทางจึงเปลี่ยนมาเกิดที่ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตเนื่องจากเกิดค่า Tensile Strain ที่ใต้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต จนกระทั่งชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต มีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้น Subgrade

จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางแบบที่ 5 สามารถสรุปเป็นกราฟเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างทาง Design Chart 5 ดังแสดงในภาคผนวก ข. ซึ่งกราฟดังกล่าวจะแสดงค่าความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตที่ต้องการสำหรับโครงสร้างทางแบบที่ 5 เมื่อมีค่านำหนักกระทำซ้ำอยู่ในช่วง 10^3 ถึง 10^8 เทียวก และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้น Subgrade อยู่ในช่วง 10 MPa ถึง 150 MPa

5.3.2.6 Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางรูปแบบที่6

สำหรับโครงสร้างทางแบบที่6 ซึ่งประกอบด้วยชั้นผิวทางและพื้นทางแอสฟัลท์คอนกรีตหนา 75 มม.ถึง 450 มม. ชั้นรองพื้นทาง Unbound Granularหนา300มม.และชั้น Subgrade จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ซึ่งแสดงในตารางที่ 6ก. ในภาคผนวก ก. พบว่าสำหรับโครงสร้างทางที่โมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นSubgradeมีค่าต่ำ โครงสร้างทางจะการวิบัติที่ชั้น Subgrade เนื่องจากเกิดค่า Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade แต่เมื่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้น Subgrade มีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่า Compressive Strain บนชั้น Subgrade ลดน้อยลง การวิบัติของชั้นทางจึงเปลี่ยนมาเกิดที่ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต เนื่องจากเกิดค่า Tensile Strain ที่ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต จนกระทั่งชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตมีค่า Allowable Load Repetitions ต่ำกว่าชั้น Subgrade

จากผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ของโครงสร้างทางแบบที่6 สามารถสรุปเป็นกราฟเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างทาง Design Chart6 ดังแสดงในภาคผนวก ข. ซึ่งกราฟดังกล่าวจะแสดงค่าความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตที่ต้องการสำหรับโครงสร้างทางแบบที่6 เมื่อมีค่านำหนักกระทำซ้ำอยู่ในช่วง 10^3 ถึง 10^8 เทียบ และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นSubgrade อยู่ในช่วง 10 MPa ถึง150 MPa