

รายการอ้างอิง

- Atkins,H.N. 1997. Highway Materials , Soils and Concretes. 3rd ed. U.S.A. : A Prentice-Hall.
- Bohn,A., Ullidtz,P., Stubstad,R. and Sorensen,A. 1972. Danish Experiments with the French Falling Weight Deflectometer, The University of Michigan Third International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements. Vol.I : 1119-1128.
- Bolivar Lobo Carneiso,F. Benkelman Beam-Auxiliary Instrument of Maintenance Engineer, Highway Research Record. Vol.129.
- Canadian Good Road Association, (CGRA). 1965. A Guide for the Structural Design of Flexible and Rigid Pavement in Canada. Canada.
- Huang,Y.H. 1993. Pavement Analysis and Design. 1st ed. U.S.A. : A Prentice-Hall.
- Kenedy,C.K. , Fevre,P. and Clarke,C.S. 1978. Pavement Deflection ; Equipment for Measurement in the United Kingdom, Transport and Road Research Laboratory. TRRL. No.834.
- Lister,N.W. 1972. Deflection Giteria for Flexible Pavement and Design of Overlays, 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavement.
- Lister,N.W. and Jones,R. 1967. The Behavior of Fleible Pavements under Moving Wheel Loads. 2nd ed. U.S.A. , Michigan. : 1021-1035.
- Roberts,F.L., Kandhal,P.S., Brown,E.R., Lee,D., and Kennedy,T.W. 1996. Hot Mix Asphalt Materials , Mixture Design , and Construction. 2nd ed. U.S.A.

- Schmidt,B. 1989. Experiences in Using Falling Weight Deflectometers as Routine Equipment. Danish Directorate Report. Denmark.
- Siegfried. 2002. Indonesian Experience in Using Falling Weight Deflectometer, 4th Seminar on Soft Ground Improvement in Highways Construction. Thailand. Department of Highways. : 99-104.
- The Asphalt Institute. 1969. Asphalt Overlay and Pavement Rehabilitation. MS-17.
- Tholen, Olle, Sharma,J. and Terrel,R.L. 1984. Comparison of the Falling Weight Deflectometer with Other Deflection Testing Devices, Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Ullidtz,P. 1987. Pavement Analysis. 1st ed. Denmark. : Polyteknisk Forlag.
- Ullidtz,P. 1998. Modeling Flexible Response and Performance. 1st ed. Denmark. : Polyteknisk Forlag.
- Ullidtz,P. 2000. Verification of Analytical Methods, Proceeding of the First Seminar on Pavement Technology. Thailand. : Department of Highways.
- Xu,B., Ranjithan,S.R., and Kim,Y.R. 2002. New Condition Assessment Procedure for Asphalt Pavement Layers and Using Falling Weight Deflectometer Deflections. Transportation Research Record. Vol.1806 : 57-69.
- Yoder,E.J., and Witczak,M.W. 1975. Principle of Pavement Design. 2nd ed. U.S.A. : John Wiley & Sons. Inc.
- Zaghloul,S.M., He,Z., Vitillo,N., and Kerr,J.B. 1998. Project scoping Using Falling Weight Deflectometer Testing : New Jersey Experience. Transportation Research Record. Vol.1643 : 34-43.
- Zube,E. and Forayth,R. Flexible Pavement Maintenance Requirements as Determined by Deflection Measurement. Highway Research Record. Vol.129.

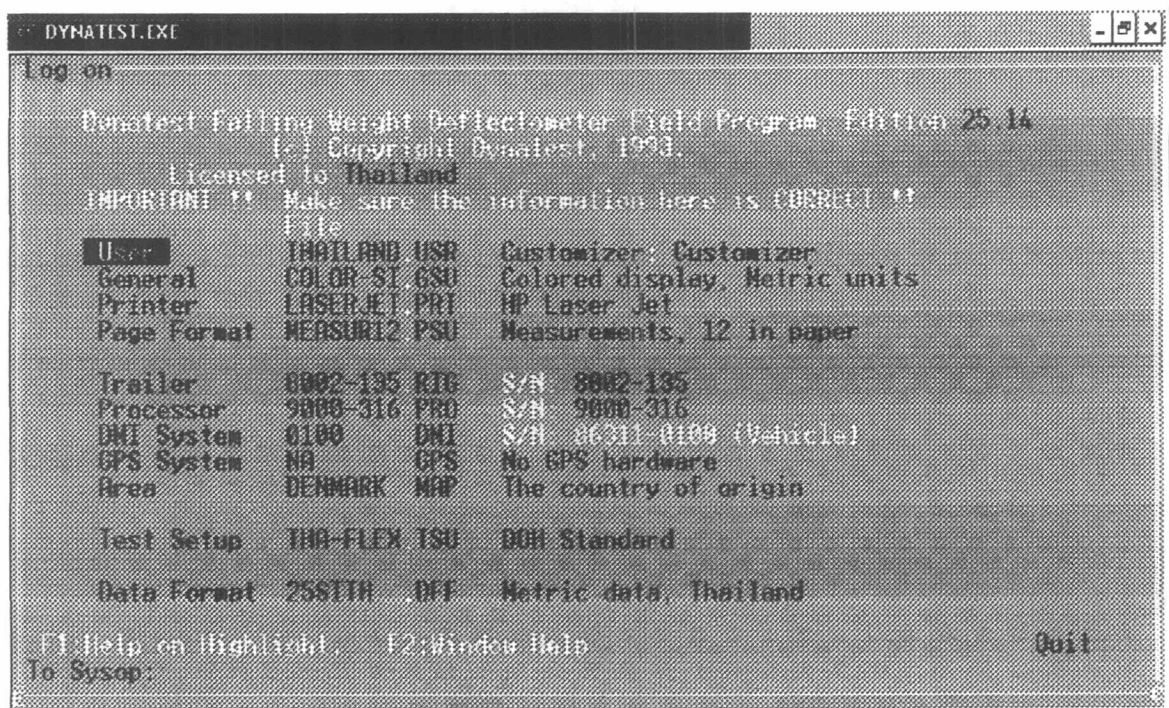
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนในการใช้เครื่องมือ FWD ร่วมกับโปรแกรม Dynatest

โดยโปรแกรม Dynatest เป็นโปรแกรมที่ใช้ในระบบ DOS ซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer โดยมีขั้นตอนในการทำงาน ดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นเข้าสู่โปรแกรม Dynatest ซึ่งจะประมวลผลบน DOS โดย Click ที่ File Dynatest.exe



- เลือก Test Setup ให้เป็น THA-FLEX.TSU เป็นคิวทางแบบยึดหยุ่น เป็นมาตรฐานที่ใช้ในกรมทางหลวง (DOH Standard) โดยใช้ 4 Drops ที่น้ำหนัก 566 kPa ในทุก Drops และจะบันทึกค่าโมดูลัส E ใน Drop สุดท้าย
- เลือก Data Format ให้เป็น 25SITH.DEF เป็นหน่วยเมตริก (Metric data, Thailand)

2. เลือกที่ Mode User จะปรากฏหน้าจอของ User ขึ้น

```

File: [XXXXXXXXXX]                               Quit
Name: Customizer                               Type: Customizer
Auto Save: YES
Letter Selection Mode: Highlight ONLY
Default Insert Mode: Insert (Strings and Fields only)
Menu Toggle option: Auto toggle (two choices only)
Window clean-up: Remove unused (Alpha screen)
Ctrl P mode: Current window (Screen dump)
Date and time format: Wed Nov 05 2003 15:25:27

Log Destination prompt: Don't ask
Log to: NUL (No log)

Editor and Vocabulary options.

```

- เลือก Letter Selection Mode ให้เป็น Highlight ONLY เป็นแถบในการเลือก Mode

3. ออกจาก Mode User โดยการกด Esc จะปรากฏหน้าจอคังรูป

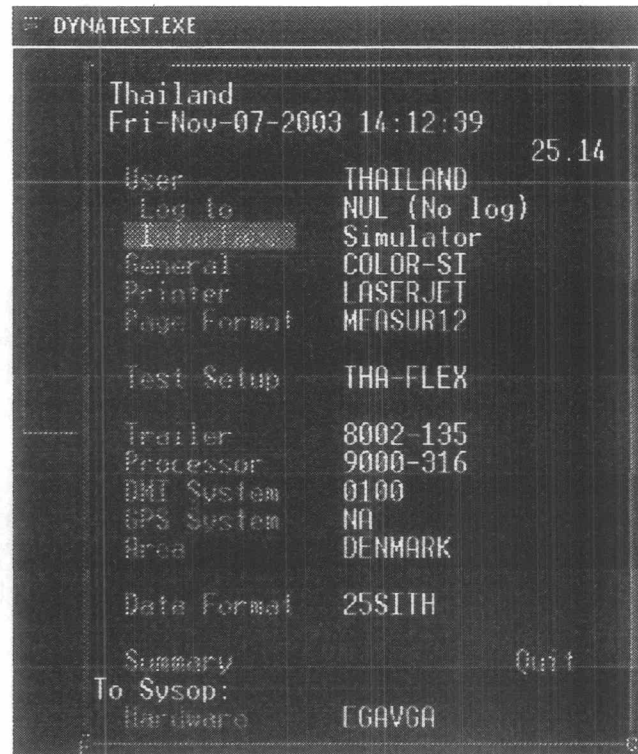
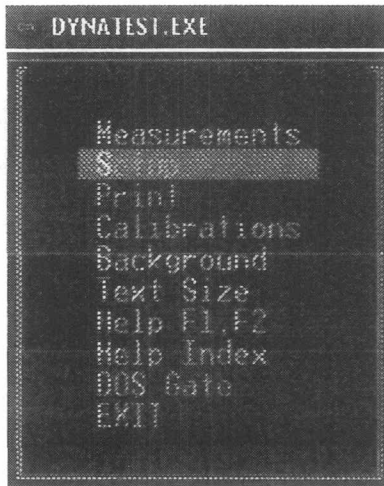
```

Page Sync.
If current Log Destination is Printer then,
Adjust the paper so that printing will start at the top of a new page.
Manually Reset the printer (if no Reset switch is available you may
have to switch off the printer, wait a moment, then switch on again).
The next Page no will be: 3.80
Current Log Destination is: NUL (No log)
Log Destination prompt: Don't ask                               Quit

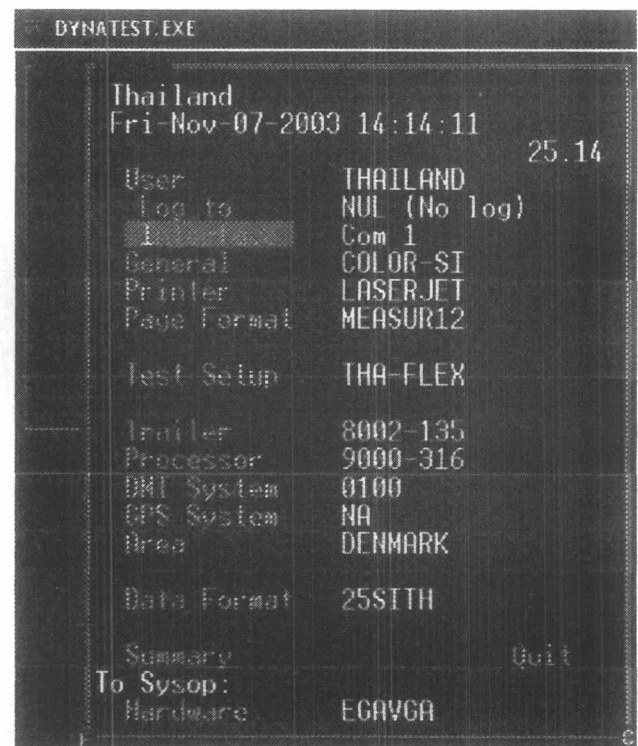
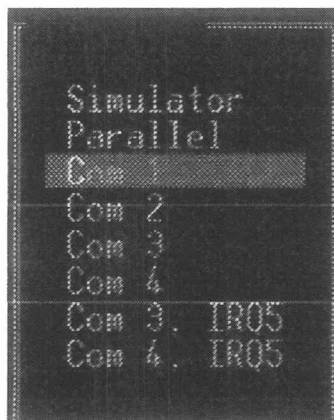
```

- เลือก Current Log Destination ให้เป็น NUL (No log) หมายถึง ข้อมูลที่เก็บได้จะไม่ได้ถูกส่งการไปที่เครื่องพิมพ์
- เลือก Log Destination prompt ให้เป็น Don't ask หมายถึง ไม่ต้องหยุดการประมวลผลเพื่อถามว่าต้องการพิมพ์ออกสู่เครื่องพิมพ์หรือไม่
- เนื่องจากในขั้นตอนของการเก็บข้อมูลในสนามไม่ได้มีการติดตั้งเครื่องพิมพ์ เพราะฉะนั้นในการประมวลผลจะต้องเลือก NUL (No log) เท่านั้น

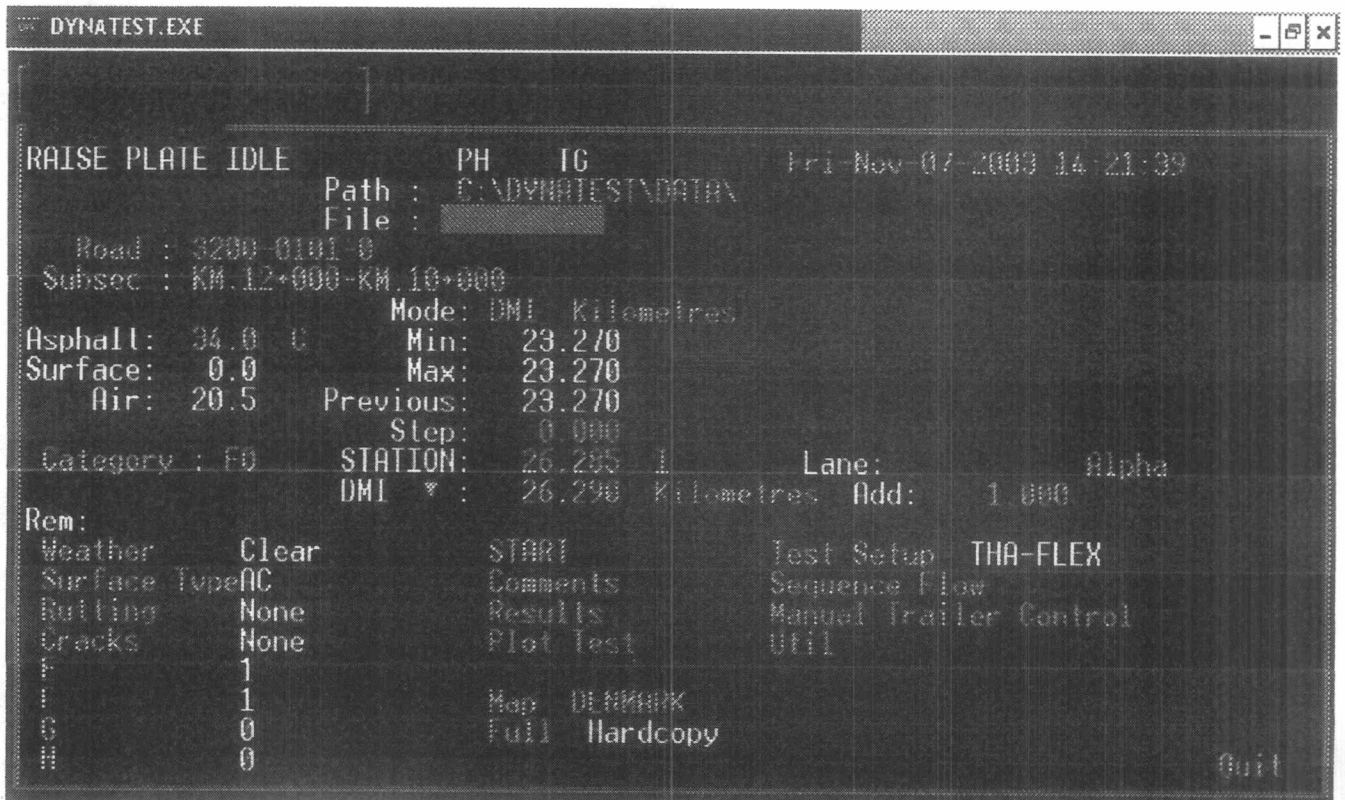
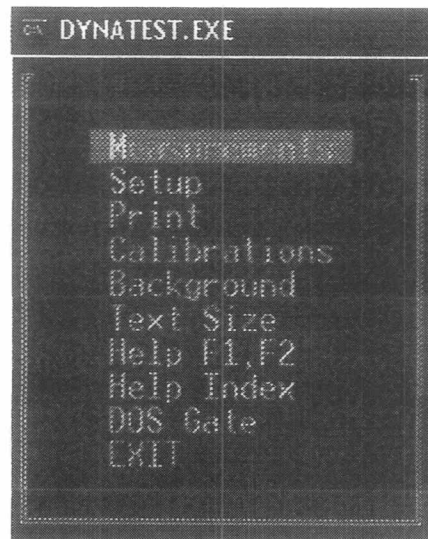
4. ต่อไปเป็นหน้าจอ Main Menu เพื่อปรับแก้ Mode ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการประมวลผล โดยขั้นแรก จะปรับแก้ที่ Mode Setup



- เลือก Interface ให้เป็น Com 1 เนื่องจากการประมวลผลค่าจริงในสนาม

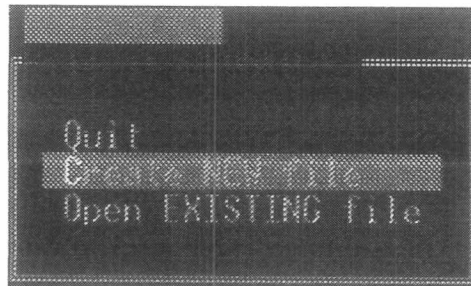


5. ต่อไปปรับแก้ที่ Mode Measurements



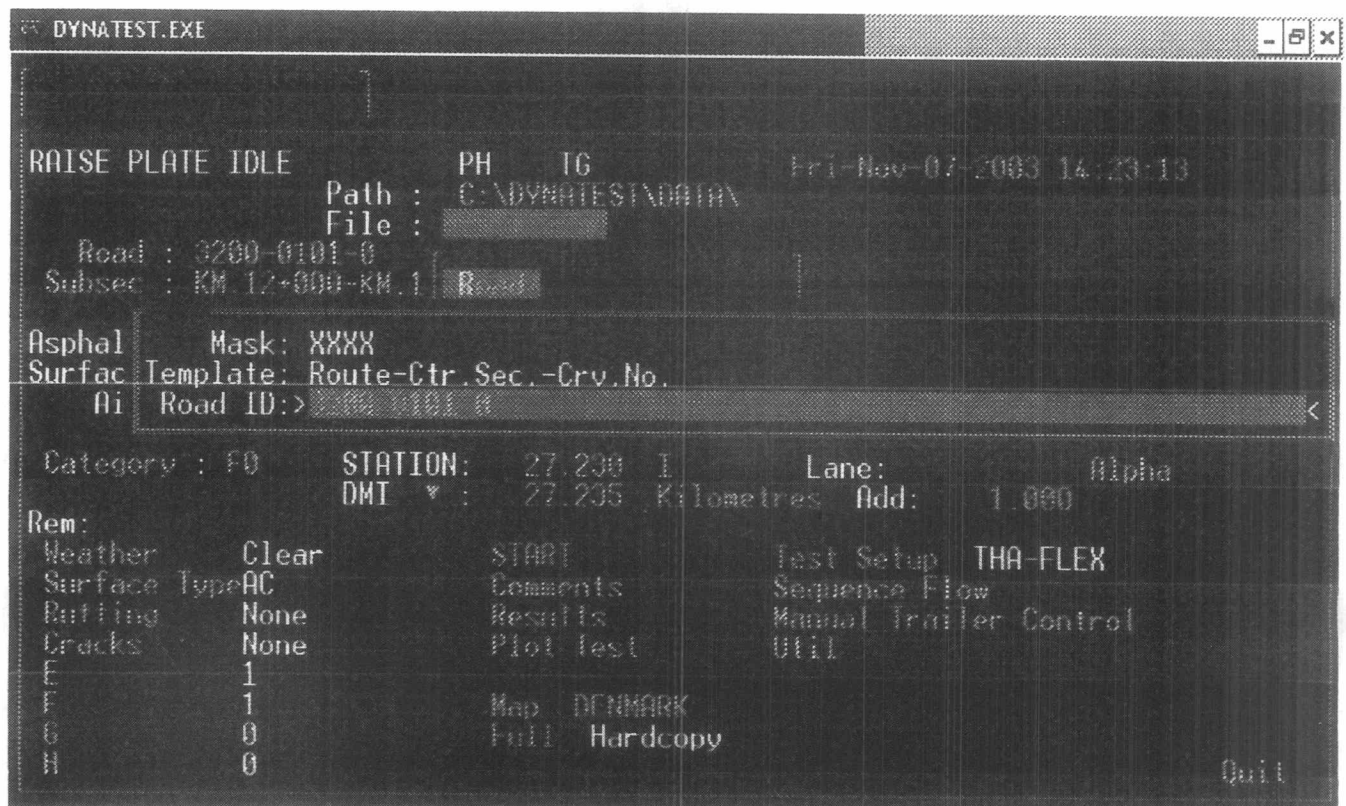
6. ตั้งชื่อ File โดย Set ที่ File มีขั้นตอนดังนี้

- เลือก Create NEW file

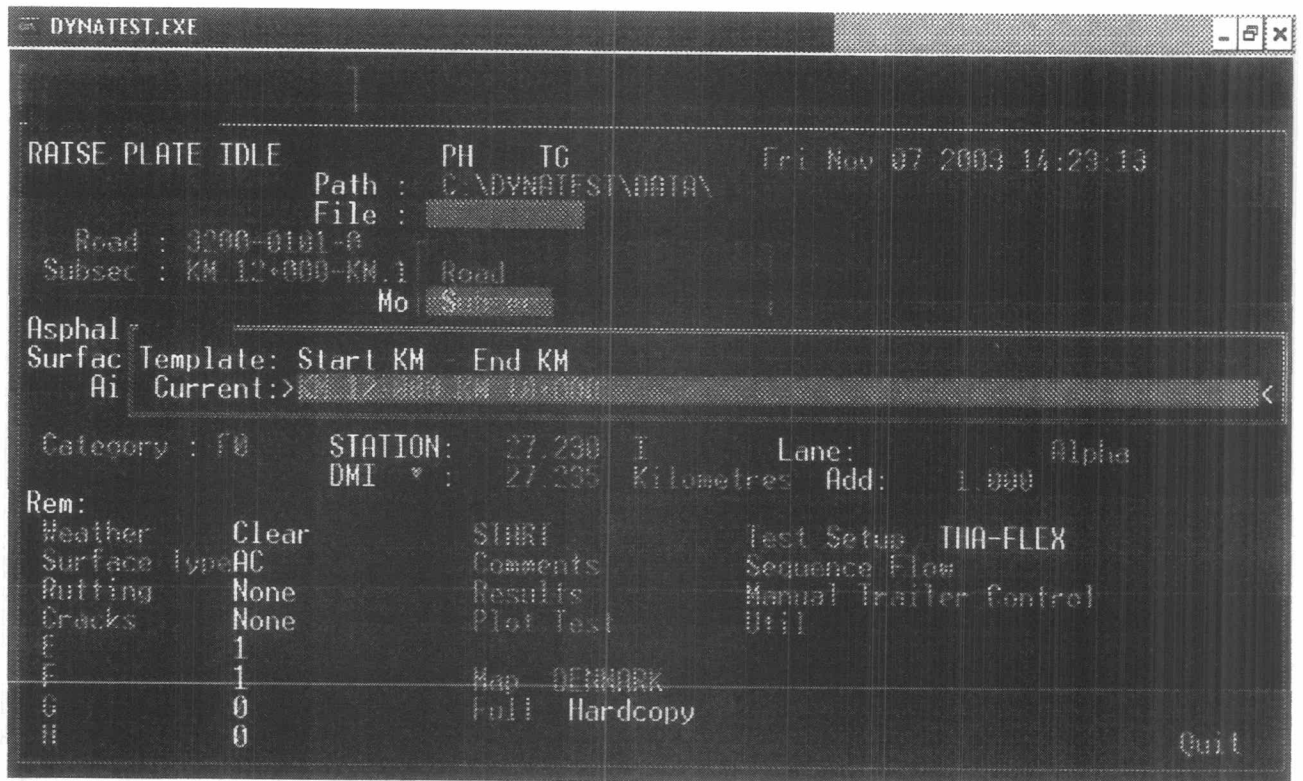


- การตั้งชื่อ File มีความสำคัญ ซึ่งจะประกอบไปด้วย
 - 4 ตำแหน่งแรก คือ หมายเลขทางหลวง
 - 3 ตำแหน่งถัดมา คือ ตำแหน่งกิโลเมตรที่ทดสอบ
 - 1 ตำแหน่งสุดท้าย กำหนดให้ หมายเลข 1 คือ ทิศทางไป , 2 คือ ทิศทางกลับ

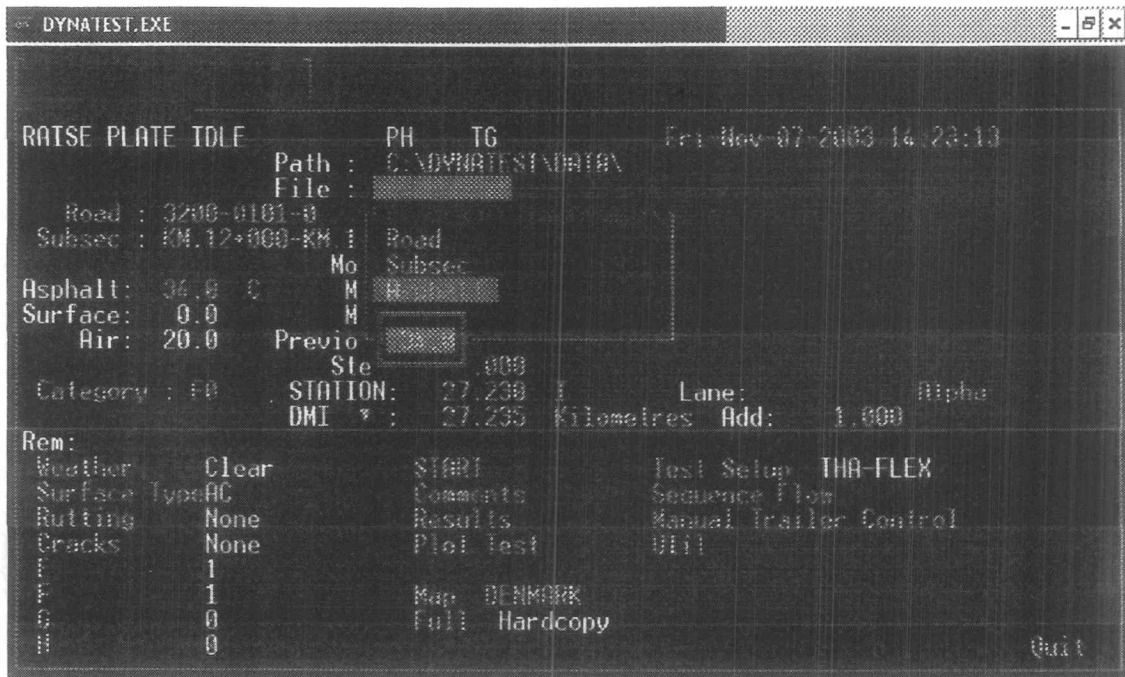
7. Set Road ID



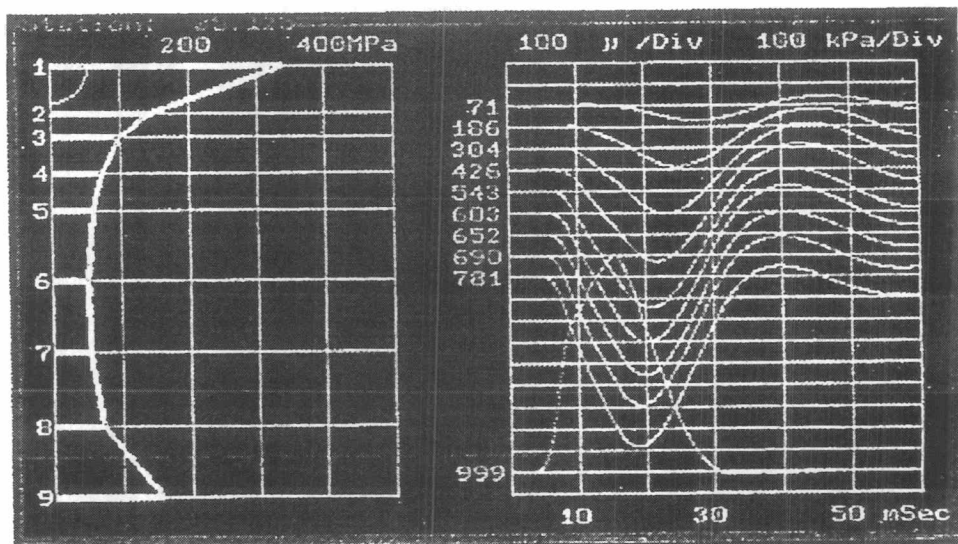
- การ Set Road ID มีหลักการดังนี้
 - 4 ตำแหน่งแรก คือ หมายเลขทางหลวง
 - 4 ตำแหน่งถัดมา คือ ตอนควบคุม
 - 1 ตำแหน่งสุดท้าย กำหนดให้ หมายเลข 0 คือ 2 ช่องทาง, 1 คือ มากกว่า 2 ช่องทาง ทิศทางไป , 2 คือ มากกว่า 2 ช่องทาง ทิศทางกลับ
 - จากในรูปพบว่า Road ID คือ 3200-0101-0 หมายถึง หมายเลขทางหลวง 3200 , ตอนควบคุม 0101 และมี 2 ช่องทางจราจร
8. Set Sub-section คือ การใส่ค่าช่วงกิโลเมตรที่ทดสอบ ถ้าในทิศทางกลับ จำนวน Start KM จะมีค่าสูงกว่า



9. Set Temperature of Asphalt คือ การใส่ค่าอุณหภูมิของ Asphalt ที่วัดได้ในสนาม โดยวัดลึกกลงไปในผิวทาง 40 มิลลิเมตร



10. หลังจากเสร็จสิ้นในการตั้งชื่อ File แล้ว ก็เริ่มทดสอบโดย เลือก START โปรแกรม จะประมวลผลข้อมูลทั้งน้ำหนักและค่าการแอ่นตัวในแต่ละ Geophone ซึ่งจะได้กราฟ ออกมาเป็น 2 รูป โดยกราฟทางซ้ายมือแสดงถึง ค่า E_0 และกราฟทางขวามือแสดงถึง น้ำหนักและค่าการแอ่นตัวของแต่ละ Geophone

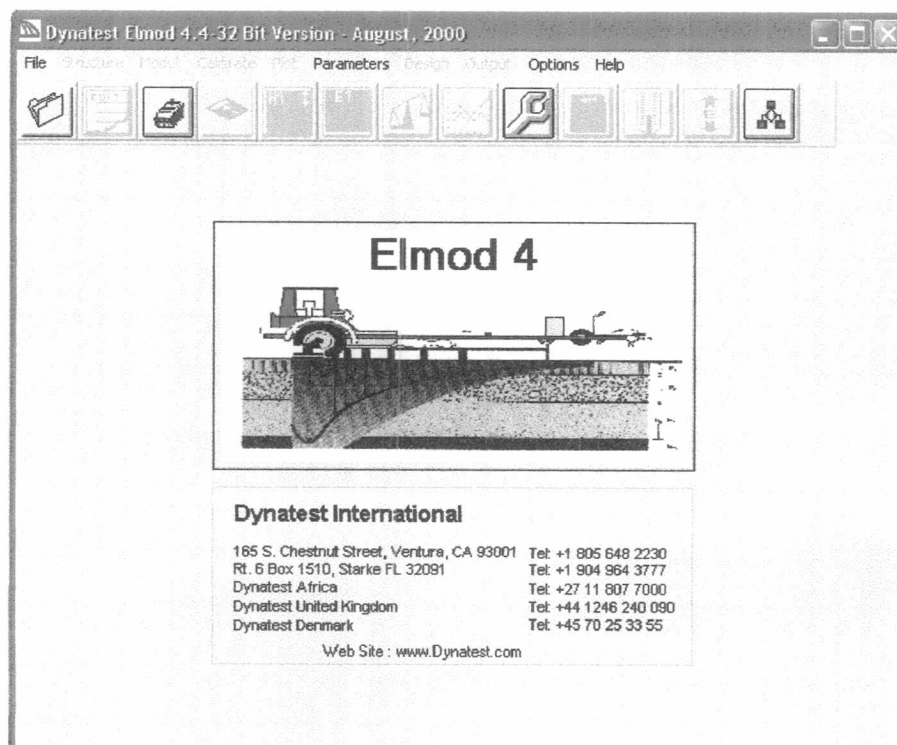


11. เมื่อเสร็จสิ้นในการประมวลผล ออกจากโปรแกรม Dynatest โดย Save File ซึ่ง File จะอยู่ในสกุลของ *.f25 นำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป รายละเอียดของผลการ ทดสอบจากโปรแกรม Dynatest ที่อยู่ในรูปของสกุล *.f25 จะแสดงรูปแบบไว้ใน หน้าถัดไป

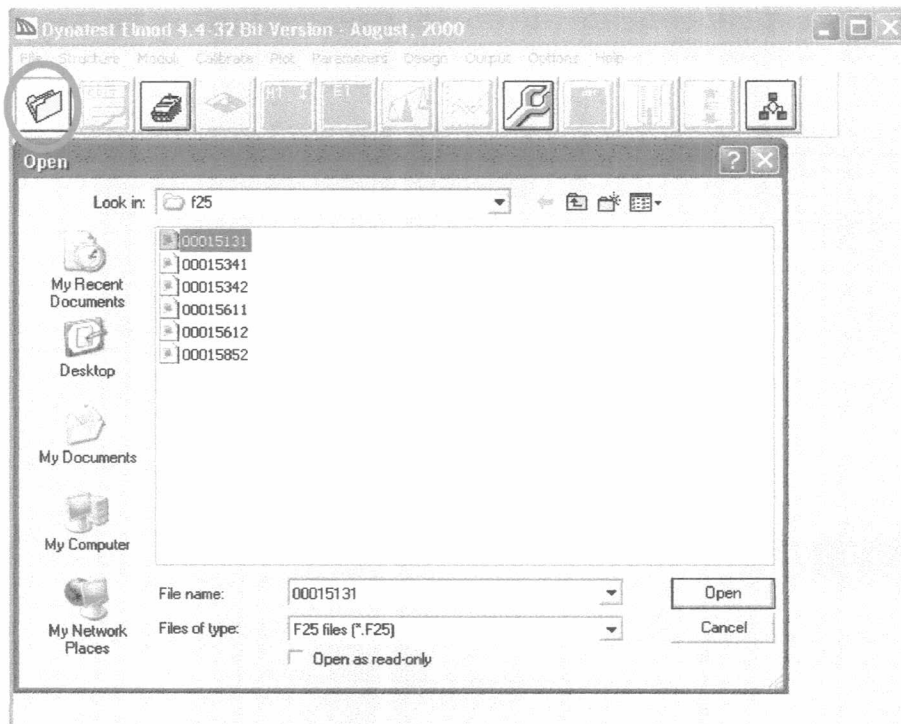
ขั้นตอนในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ FWD โดยโปรแกรม ELMOD

โดยโปรแกรม ELMOD เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความหนาเสริมผิวทาง และค่าต่าง ๆ ของถนน จากการทดสอบของเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer โดยมีขั้นตอนในการทำงาน ดังต่อไปนี้

1. ก่อนการเริ่มต้นเข้าสู่โปรแกรม ELMOD จะต้องเปิดไฟล์สกุล *.p25 เพื่อแก้ไขข้อมูลดิบที่ได้จากการทดสอบภายในสนาม โดยในส่วนที่มีหัวข้อมูลแต่ไม่มีข้อมูลการแอนด์ตัวของถนน ซึ่งมีสาเหตุมาจาก
 - การ Learn (การทดสอบเริ่มเพื่อปรับลักษณะให้สอดคล้องกับสภาพผิวทางที่จะทดสอบ)
 - เมื่อทดสอบเกิดความคลาดเคลื่อน และได้สั่งให้ทดสอบใหม่ทำให้การทดสอบที่ยกเลิกมีข้อมูลส่วนหัวแต่ไม่มีข้อมูลการแอนด์ตัว
2. เมื่อแก้ไขข้อมูลดิบเรียบร้อยแล้ว เริ่มต้นเข้าสู่โปรแกรม ELMOD โดย Click ที่ icon Elmod จะปรากฏหน้าจอแรกขึ้น ดังนี้

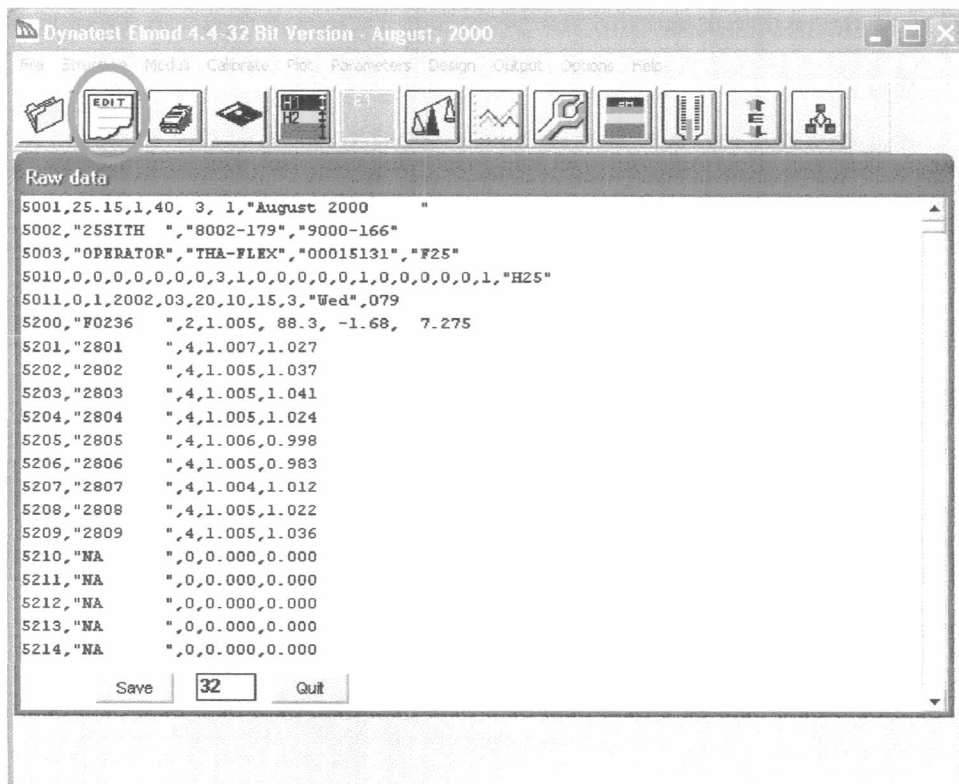


3. เปิด File ที่ได้จากการทดสอบในสนาม ซึ่งจะมีสกุล File เป็น *.f25 โดยเลือกที่ icon Get raw data ดังแสดงภายในรูป ดังนี้

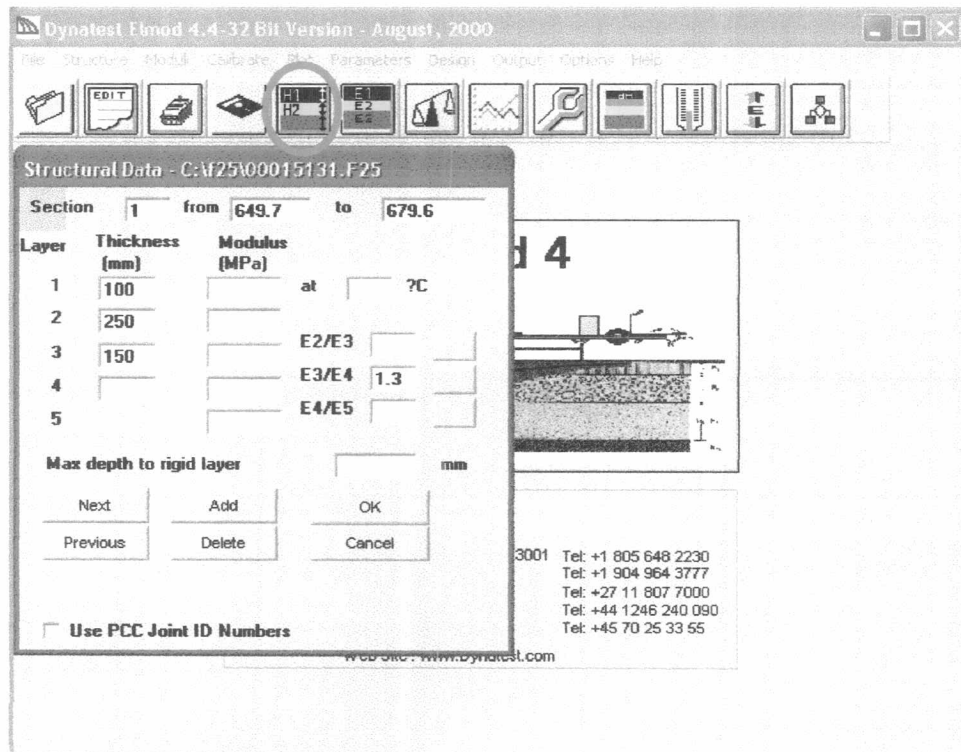


- เมื่อ Click icon แล้ว จะปรากฏหน้าจอเพื่อให้เลือก File ที่ต้องการ

4. เลือกที่ icon Edit raw data จะปรากฏหน้าจอของ File *.f25 ที่ได้เลือกไว้ ดังนี้



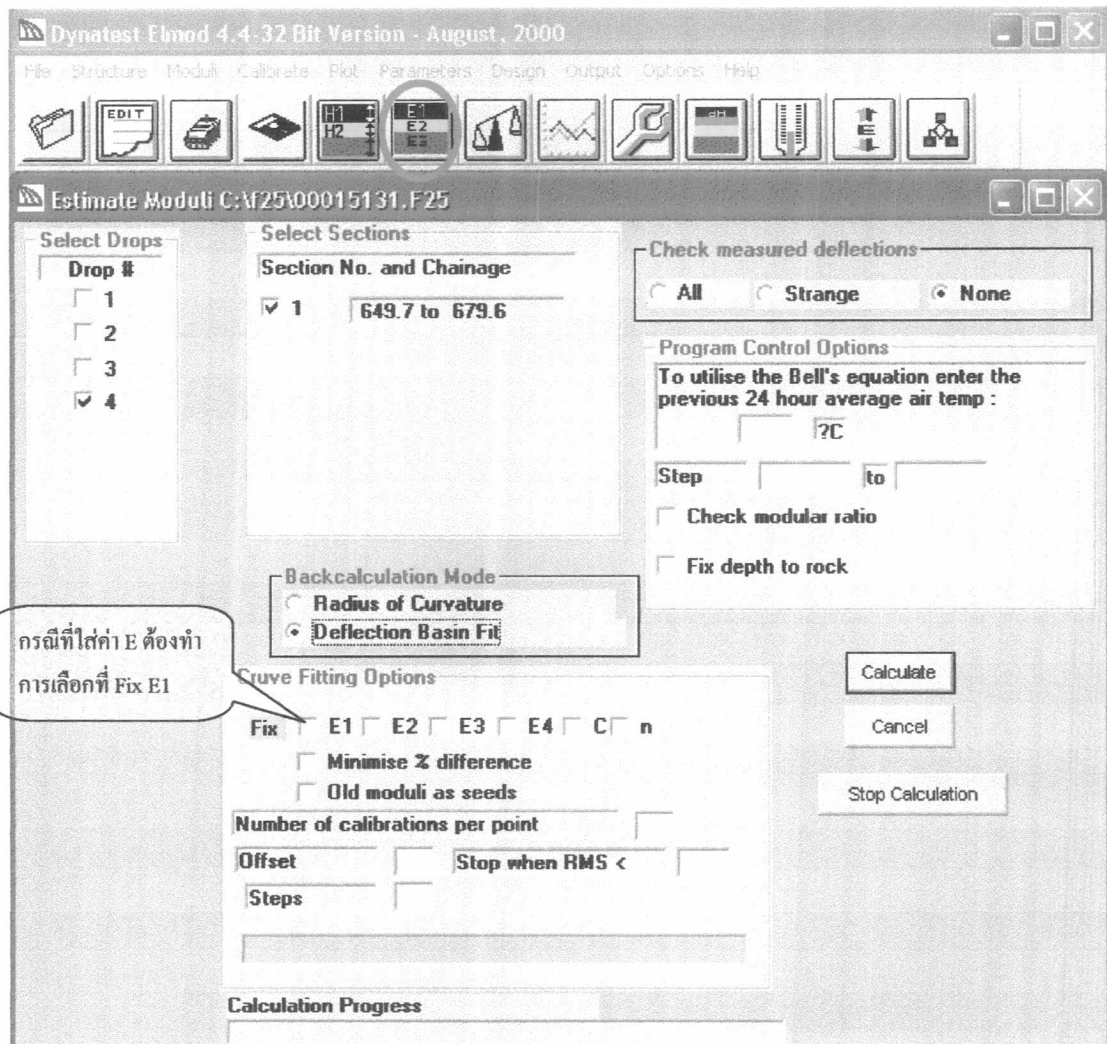
5. เลือก icon Structural data เพื่อใส่รายละเอียดโครงสร้างทาง โดยมีข้อสังเกตที่จะเป็นแนวทางในการใส่ลักษณะของโครงสร้างทาง ดังต่อไปนี้



- ถ้าโครงสร้างทางมีมากกว่า 3 ชั้น จำเป็นต้องใส่ค่าสัดส่วนค่า E ของโครงสร้างทาง หรือ ให้ค่า E ของโครงสร้างทาง
 - a. ในกรณีที่ Subbase และ Subgrade เป็นชนิดเดียวกัน ให้ใช้ค่า $E3/E4 = 1.0$
 - b. ในกรณีที่ Subbase และ Subgrade ต่างชนิดกัน ให้ใช้ค่า $E3/E4 = 1.3$
- อีกทางหนึ่งคือการ ให้ค่า E ที่อุณหภูมิ 35°C ให้กับชั้นบนสุดที่เป็นแอสฟัลต์
 - a. สำหรับพื้นทางที่เป็น Unbound Material (Crush Rock) ถ้าความหนาของ AC < 80 mm. ให้ใส่ค่า $E = 3000 \text{ Mpa @ } 35^{\circ}\text{C}$
 - b. สำหรับพื้นทางที่เป็น Cement Stabilized Material ให้ดูข้อถัดไป
- ในกรณีพื้นทางเป็น Cement Modified หรือ Stabilized Layer ให้พิจารณาตามความหนาของชั้นบนสุดที่เป็นแอสฟัลต์

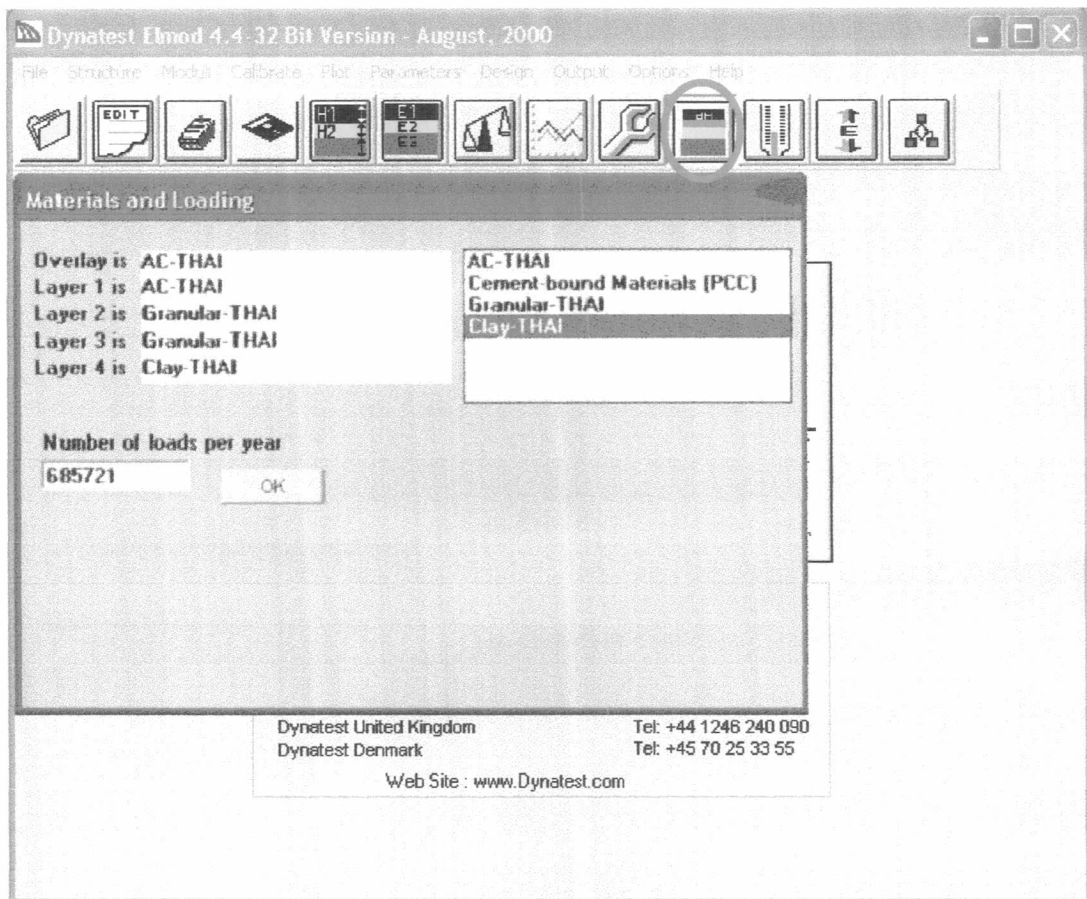
- a. $AC < 50$ mm. ให้รวมความหนาของชั้นผิวทางกับ ชั้นพื้นทางเข้าด้วยกัน แล้วใช้เป็นความหนาของพื้นทาง
- b. $50 < AC < 150$ mm. ให้ใส่ค่า $E = 2000$ Mpa @ 35 °C
- c. $AC > 150$ mm. คำนวณตามปกติ

6. เลือก icon Estimate moduli เพื่อคำนวณหาค่า E โดยวิธีการคำนวณแบบ Deflection Basin Fit โดยใช้ Drop#4



- ในกรณีที่มีการใส่ค่า E ของ Layer บนสุดต้องเลือกที่ Fix E1 หลังจากนั้นเลือกที่ Calculate เพื่อคำนวณ

7. เลือก icon Overlay design เพื่อคำนวณค่า Overlay และ Remaining Life โดยใช้ Parameter File ชื่อ TH8-2.WPR และค่า ESAL ที่คำนวณได้



8. สามารถพิมพ์ผล Overlay design results ออกมาได้ โดยเลือกที่ menu Print แล้วเลือก Overlay design results จะได้ผลลัพธ์ออกมา ดังรูป

Elwood
Version : 1.2.3

DEPARTMENT OF HIGHWAYS

Copyright 1997

Overlay Design Results

File ID:\Elwood Calculation\Overlay Section\000796615007000A.13

Page: 1

Print Date : 07-27-2001

Chainage	Layer	Res.		Res.		Res.		Minimum Life	Overlay Thickness(es)	
		Life	Layer	Life	Layer	Life	Layer			
66.50	1	5.0	2	1.7	3	30.0	4	30.0	1.7	18
66.55	3	5.3	2	2.7	3	30.0	4	30.0	2.7	13
66.60	1	3.3	2	1.9	3	30.0	4	30.0	1.9	18
66.65	1	30.0	2	30.0	3	30.0	4	30.0	30.0	
66.70	1	11.0	2	2.2	3	30.0	4	30.0	2.2	18
66.75	1	1.0	2	2.9	3	30.0	4	30.0	2.9	18
66.80	1	5.7	2	7.4	3	30.0	4	30.0	7.4	5
67.00	3	2.2	2	3.3	3	30.0	4	30.0	3.3	15
67.05	1	8.4	2	8.4	3	30.0	4	30.0	8.4	
67.20	1	30.0	2	30.0	3	30.0	4	30.0	30.0	
67.25	3	6.9	2	3.4	3	30.0	4	30.0	3.4	
67.30	1	30.0	2	28.3	3	30.0	4	30.0	28.3	
67.35	1	30.0	2	30.0	3	30.0	4	30.0	30.0	
67.39	3	30.0	2	30.0	3	30.0	4	30.0	30.0	
67.45	1	30.0	2	30.0	3	30.0	4	30.0	30.0	
68.00	1	9.3	2	13.4	3	30.0	4	30.0	13.4	
68.05	1	20.9	2	22.2	3	30.0	4	30.0	22.2	
68.10	1	1.4	2	3.2	3	30.0	4	30.0	3.2	10
68.15	1	23.9	2	24.4	3	30.0	4	30.0	24.4	
68.20	1	12.0	2	29.2	3	30.0	4	30.0	29.2	
68.25	1	8.9	2	10.1	3	30.0	4	30.0	10.1	
68.30	1	3.4	2	7.7	3	30.0	4	30.0	7.7	10
68.35	1	1.0	2	3.7	3	30.0	4	30.0	3.7	17
68.40	1	5.4	2	7.8	3	30.0	4	30.0	7.8	5
68.45	1	4.5	2	6.6	3	30.0	4	30.0	6.6	6
68.50	3	5.2	2	8.9	3	30.0	4	30.0	8.9	5
68.55	1	16.6	2	14.5	3	30.0	4	30.0	14.5	
68.60	1	5.4	2	6.1	3	30.0	4	30.0	6.1	6
68.65	3	1.2	2	1.1	3	30.0	4	30.0	1.1	27
68.70	3	1.6	2	2.9	3	30.0	4	30.0	2.9	19
68.75	1	7.3	2	6.3	3	30.0	4	30.0	6.3	
68.80	1	6.0	2	3.7	3	30.0	4	30.0	3.7	5
68.85	1	5.8	2	7.9	3	30.0	4	30.0	7.9	5
68.90	1	2.1	2	6.5	3	30.0	4	30.0	6.5	
68.95	1	1.7	2	2.2	3	30.0	4	30.0	2.2	18
69.00	1	3.4	2	2.2	3	30.0	4	30.0	2.2	14
69.05	1	2.7	2	3.0	3	30.0	4	30.0	3.0	12
69.10	3	3.3	2	6.9	3	30.0	4	30.0	6.9	6
69.15	1	21.8	2	15.1	3	30.0	4	30.0	15.1	
69.20	1	4.1	2	5.0	3	30.0	4	30.0	5.0	7
69.25	1	1.4	2	3.9	3	30.0	4	30.0	3.9	20
69.30	1	3.6	2	7.6	3	30.0	4	30.0	7.6	10
69.35	1	3.8	2	3.0	3	30.0	4	30.0	3.0	12
69.40	1	3.9	2	3.3	3	30.0	4	30.0	3.3	11
69.45	1	1.1	2	1.6	3	26.9	4	30.0	1.6	20
69.50	1	6.9	2	3.9	3	30.0	4	30.0	3.9	8
69.55	1	11.2	2	7.8	3	22.7	4	30.0	7.8	
69.60	1	13.7	2	3.9	3	30.0	4	30.0	3.9	8
69.65	1	2.4	2	1.6	3	30.0	4	30.0	1.6	26
69.70	1	0.0	2	0.6	3	27.8	4	30.0	0.6	17

ข้อเสนอแนะในการหาค่าจากการประเมินสภาพผิวทาง

โดยการประเมินสภาพผิวทาง บริษัท Dynatest ประเทศเดนมาร์ก ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ เนื่องจากค่าที่ได้จากการประเมินสภาพผิวทาง เป็นกลุ่มตัวเลขที่มีการแปรปรวนเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ซึ่งได้กำหนดขอบเขตของค่าดังกล่าว ให้มีค่าอยู่ระหว่างขอบเขตบนและขอบเขตล่างของกลุ่มค่านั้นๆ ดังเช่นตัวอย่างแสดงถึงการคำนวณย้อนกลับเพื่อหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (E) ในแต่ละชั้น , อายุการให้บริการที่เหลือ และค่าความหนาเสริมผิวทาง ดังตารางต่อไปนี้

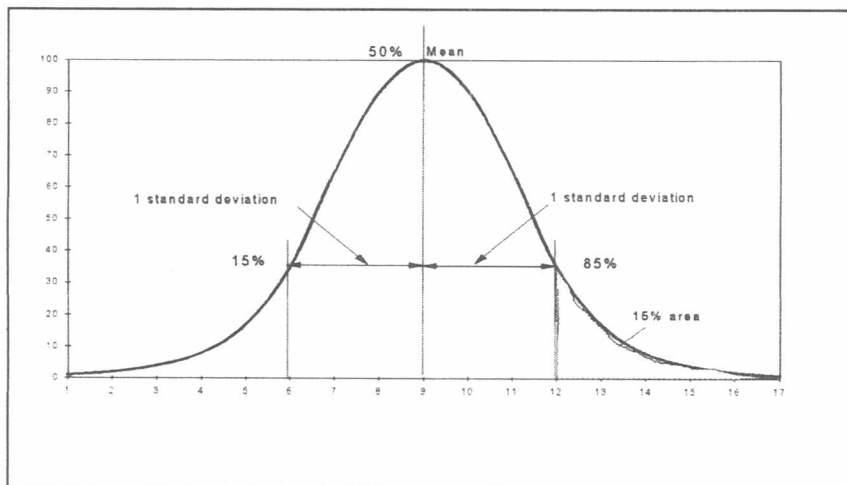
ตารางตัวอย่างแสดงผลวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรม Elmod

Chainage	E1 (MPa)	E2 (MPa)	Life, yrs	O/Lay,mm
2100	42434	254	20	0
2125	39821	197	2	82
2150	21115	159	20	0
2175	3591	73	1	117
2200	1873	104	2	78
2225	10684	54	6	43
2250	19981	34	2	87
2275	3398	47	7	44
2300	2391	81	10	26
2325	1827	57	5	59
2350	4540	86	1	88
2375	26370	98	7	48
2400	5445	65	5	58
2425	2527	60	4	73
2450	6793	103	14	14
2475	1275	48	4	76
2500	1555	53	10	26

จากการพิจารณาพบว่าค่าเฉลี่ยในการออกแบบ โดยปกติจะอยู่ที่ร้อยละ 50 แต่ทางบริษัท Dynatest แนะนำให้ใช้ที่ร้อยละ 15 หรือ 85 ใช้เป็นค่าออกแบบ โดยสามารถแสดงได้ ดังสมการและรูป ดังนี้

$$15\text{th percentile} = \text{mean} - 1 \text{ standard deviation}$$

$$85\text{th percentile} = \text{mean} + 1 \text{ standard deviation}$$



รูปแสดงค่าที่ใช้เป็นค่าออกแบบ

โดยในการประเมินสภาพผิวทางพบว่าจากค่าที่ใช้เป็นค่าออกแบบ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และอายุการให้บริการที่เหลือใช้ค่าที่ร้อยละ 15 และค่าความหนาเสริมผิวทางใช้ค่าที่ร้อยละ 85 ได้ดังตาราง

ตารางแสดงค่าที่ใช้เป็นค่าออกแบบในแต่ละตัวแปร

ตัวแปร	ค่าที่ใช้เป็นค่าออกแบบ
ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	Mean - 1 st devn
อายุการให้บริการที่เหลือ	Mean - 1 st devn
ค่าความหนาเสริมผิวทาง	Mean + 1 st devn

จากตารางพบว่าสามารถใช้ได้ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยมากกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่ถ้าในกรณีที่ค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ต้องแก้ปัญหาโดยการใส่ Logarithms ดังตัวอย่างในตารางแสดงการคำนวณหาค่า E1 ที่ร้อยละ 15 ดังนี้

ตารางแสดงการคำนวณหาค่า E1 ที่ร้อยละ 15

E1 (MPa)	LOG10(REF)	
42434	4.62771397	
39821	4.60011216	
21115	4.32459109	
3591	3.55521541	
1873	3.27253778	
10684	4.02873388	
19981	4.30061722	
3398	3.53122337	
2391	3.37857958	
1827	3.26173855	
4540	3.65705585	
26370	4.42111013	
5445	3.73599788	
2527	3.40260524	
6793	3.83206161	
1275	3.10551018	
1555	3.19173039	
	AVERAGE(REF)	3.77806672 logmean
	STDEV(REF)	0.51201241 logstdev
	10^(REF)	5998.83233 mean
	10^(REF)	3.25096586 sdf

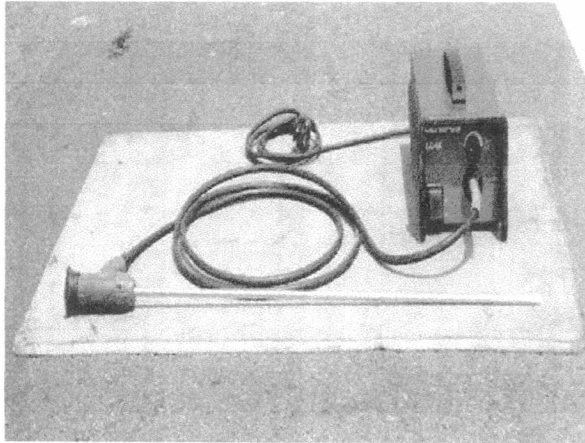
จากตารางพบว่าหลังจากได้ Logarithms แล้วต้อง antilog โดยการใส่ 10 ยกกำลังค่าดังกล่าว ซึ่งเมื่อ antilog ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้ว จะได้ค่าเป็น standard deviation factor (sdf) สามารถคำนวณได้ค่าสมการดังนี้

$$\text{Mean} - 1 \text{ stdevn} = \frac{\text{mean}}{\text{sdf}}$$

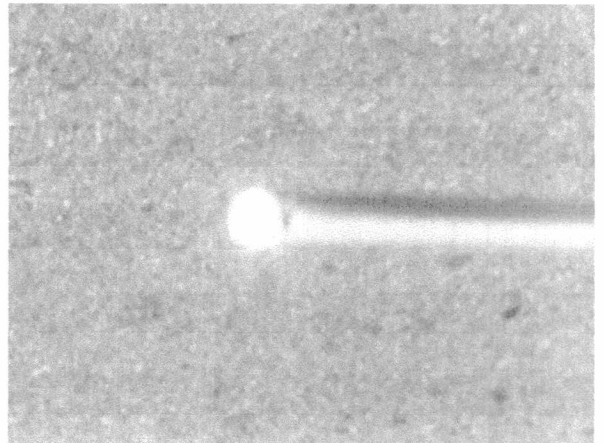
$$\text{Mean} + 1 \text{ stdevn} = \text{mean} \times \text{sdf}$$

ซึ่งในการใช้วิธีได้ Logarithms นี้ จะใช้ในกรณีของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยเท่านั้น

ภาคผนวก ข



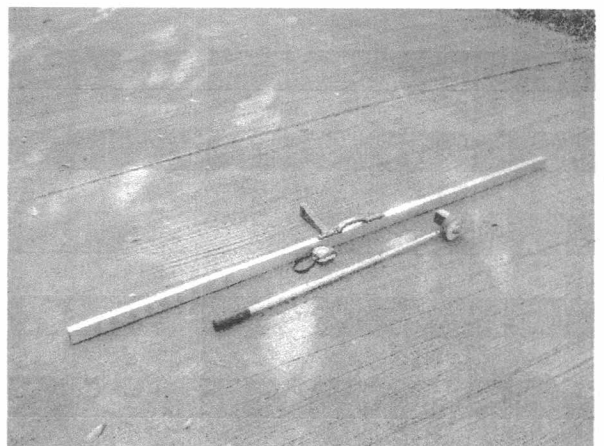
รูปที่ ข-1 กล้อง Boreoscope



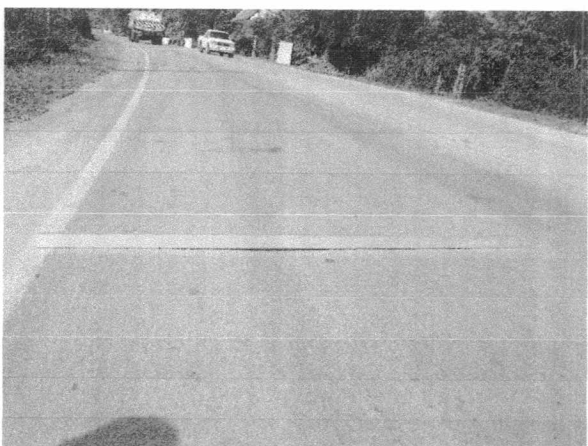
รูปที่ ข-2 ปลายกล้อง Boreoscope



รูปที่ ข-3 การใช้งานกล้อง Boreoscope



รูปที่ ข-4 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดร่องล้อ



รูปที่ ข-5 การวัดร่องล้อในการทดสอบ



รูปที่ ข-6 การวัดอุณหภูมิของผิวทาง

รูปที่ ข เครื่องมือและอุปกรณ์ ในการพิจารณาคุณสมบัติของผิวทางแบบยึดหยุ่น

บัญชีสายทางเพื่อเปรียบเทียบค่าทดสอบและค่าประมาณผลของ Benkelman Beam และ Falling Weight Deflectometer

ลำดับ	Section Code	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	ช่วง กม. ทดสอบ	ช่องจราจรที่ทดสอบ	ความหนาของผิวทาง	%รถบรรทุกหนัก	AADT (คัน/วัน)	ESAL/YEAR	ปีลาดยางหรือปีแล้วเสร็จ	อายุต้นทางโดยประมาณ(ปี)	Test Section
1	F1	3200	0101	จะแจ้งเทรา - บ้านน้ำเปรี้ยว	12+000-10+000	R1	5.8	10.68	4,233	95,966	2517	29	T6
2	F2	3200	0101	จะแจ้งเทรา - บ้านน้ำเปรี้ยว	15+000-13+000	R1	5.8	10.68	4,233	95,966	2517	29	T6
3	F3	0359	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 304 - กม.45+851	21+000-23+000	L1	11.0	18.24	4,293	166,220	2544	2	T4
4	F4	0359	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 304 - กม.45+851	29+000-31+000	L1	10.3	18.24	4,293	166,220	2544	2	T4
5	F5	0359	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 304 - กม.45+851	7+000-5+000	R1	10.8	18.24	4,293	166,220	2544	2	T4
6	F6	0359	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 304 - กม.45+851	28+000-26+000	R1	10.9	18.24	4,293	166,220	2544	2	T4
7	F7	3245	0100	บ้านท่าลาด - สนามชัยเขต	10+000-12+000	L1	15.2	12.54	6,840	182,075	2528	18	T12
8	F8	3245	0100	บ้านท่าลาด - สนามชัยเขต	13+000 - 11+000	R1	15.1	12.54	6,840	182,075	2528	18	T12
9	F9	3121	0100	ต่อเขตเทศบาลบางคล้า - บรจบบทางNO. 331 (ทุ่งสะเดา)	3+000 - 5+000	L2	10.0	10.42	10,154	202,136	2543	3	T10
10	F10	3121	0100	ต่อเขตเทศบาลบางคล้า - บรจบบทางNO. 331 (ทุ่งสะเดา)	5+000 - 3+000	R2	10.2	10.42	10,154	202,136	2543	3	T10
11	F11	0304	0203	ทางเลี่ยงเมืองจะแจ้งเทราด้านเหนือ	2+000 - 4+000	L1	5.0	39.98	6,631	562,753	2517	29	T9
12	F12	0304	0203	ทางเลี่ยงเมืองจะแจ้งเทราด้านเหนือ	5+000 - 3+000	R1	4.6	39.98	6,631	562,753	2517	29	T9
13	F13	0304	0501	คลองรัง - กบินทร์บุรี	72+000-74+000	L1	10.6	28.44	10,930	659,851	2544	2	T10
14	F14	0304	0501	คลองรัง - กบินทร์บุรี	84+000-86+000	L1	10.6	28.44	10,930	659,851	2544	2	T10
15	F15	0304	0501	คลองรัง - กบินทร์บุรี	74+000-72+000	R1	10.5	28.44	10,930	659,851	2507	39	T12
16	F16	0304	0501	คลองรัง - กบินทร์บุรี	87+000-85+000	R1	11.0	28.44	10,930	659,851	2507	39	T12

บัญชีสายทางเพื่อเปรียบเทียบค่าทดสอบและค่าประมาณผลของ เครื่องมือ Benkelman Beam และ Falling Weight Deflectometer

ลำดับ	Section Code	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อสายทาง	ช่วง กม. ทดสอบ	ช่องจราจรที่ทดสอบ	ความหนาของผิวทาง	%รถบรรทุกหนัก	AADT (คัน/วัน)	ESAL/YEAR	ปีลาดยางหรือปีเสร็จ	อายุคืนทางโดยประมาณ(ปี)	Test Section
17	F17	0344	0200	บ้านบึง - คลองพุด	18+000-20+000	L2	11.0	20.89	24,106	962,061	2524	22	T12
18	F18	0344	0200	บ้านบึง - คลองพุด	24+000-26+000	L2	12.2	20.89	24,106	962,061	2524	22	T12
19	F19	0344	0200	บ้านบึง - คลองพุด	20+000-18+000	R2	14.8	20.89	24,106	962,061	2524	22	T12
20	F20	0344	0200	บ้านบึง - คลองพุด	26+000-24+000	R2	11.7	20.89	24,106	962,061	2524	22	T12
21	F21	3481	0100	แยกทางหลวงหมายเลข 304 (หนองจอก) - บางขนาก	5+000-3+000	R1	11.1	36.29	12,761	983,033	2540	6	T11
22	F22	0304	0300	ทางแยกไปบางปะกง - สามแยกไปปราจีนบุรี	14+000-16+000	L2	10.8	24.02	26,655	1,223,181	2507	39	T12
23	F23	0304	0300	ทางแยกไปบางปะกง - สามแยกไปปราจีนบุรี	23+000-25+000	L2	10.0	24.02	26,655	1,223,181	2507	39	T12
24	F24	0304	0300	ทางแยกไปบางปะกง - สามแยกไปปราจีนบุรี	17+000-15+000	R2	10.5	24.02	26,655	1,223,181	2507	39	T12
25	F25	0304	0300	ทางแยกไปบางปะกง - สามแยกไปปราจีนบุรี	20+000-18+000	R2	11.0	24.02	26,655	1,223,181	2507	39	T12
26	F26	0314	0200	ทางเลี้ยวเมืองจะเข็งเชิงเทราด้านใต้	1+000 - 3+000	L1	12.5	30.12	19,308	1,234,493	2541	5	T11
27	F27	0314	0200	ทางเลี้ยวเมืองจะเข็งเชิงเทราด้านใต้	3+000- 1+000	R1	13.0	30.12	19,308	1,234,493	2528	18	T12

ชนิดวัสดุและความหนาชั้นโครงสร้างทาง

Section	ชนิดวัสดุและความหนาชั้นโครงสร้าง(มม.)				สภาพผิวทาง	
	AC Layer	Base Layer	Subbase Layer	Total	Rut Depth (mm.)	Cracks (%)
F1	AC 58	CR 218	SA 300	576	1.5	3.9
F2	AC 58	CR 202	SA 300	560	3.0	4.1
F3	AC 110	SC 208	SA 250	568	2.6	0.0
F4	AC 103	SC 208	SA 250	561	1.1	0.0
F5	AC 108	SC 200	SA 250	558	0.0	0.8
F6	AC 109	SC 202	SA 250	561	1.6	0.5
F7	AC 152	CR 203	SA 350	705	3.3	2.1
F8	AC 151	CR 197	SA 350	698	2.7	1.8
F9	AC 100	CR 250	SA 200	550	3.0	0.0
F10	AC 102	CR 206	SA 200	508	1.7	0.5
F11	AC 50	CR 216	SA 300	566	5.3	10.2
F12	AC 46	CR 268	SA 300	614	8.0	9.5
F13	AC 106	SC 203	SA 200	509	1.8	0.8
F14	AC 106	SC 197	SA 200	503	1.2	0.0
F15	AC 105	SC 203	SA 200	508	2.5	1.0
F16	AC 110	SC 215	SA 200	525	3.9	2.4
F17	AC 110	CR 163	SA 300	573	7.1	8.2
F18	AC 122	CR 192	SA 300	614	9.0	11.5
F19	AC 148	CR 180	SA 300	628	8.0	7.6
F20	AC 117	CR 203	SA 300	620	12.4	17.5
F21	AC 111	CR 198	SA 150	459	6.2	10.0
F22	AC 108	MR 201	SA 300	609	11.8	18.3
F23	AC 100	MR 214	SA 300	614	2.4	2.0
F24	AC 105	MR 205	SA 300	610	4.5	1.5
F25	AC 110	MR 210	SA 300	620	4.7	3.6
F26	AC 125	MR 215	SA 350	690	6.5	8.5
F27	AC 130	MR 220	SA 350	700	7.5	9.7

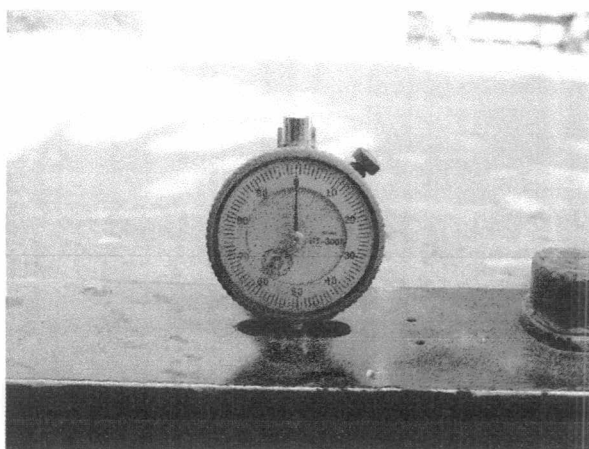
ภาคผนวก ก



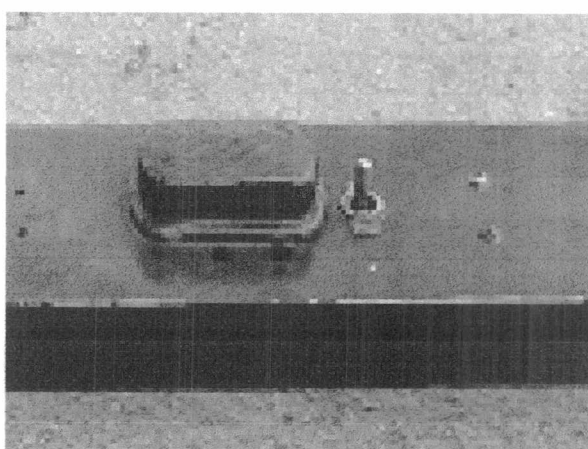
รูปที่ ค-1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ ค-2 รถบรรทุก 6 ล้อที่ใช้ในการทดสอบ



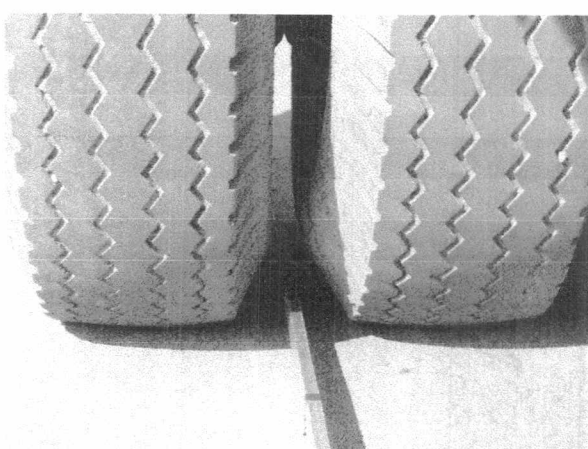
รูปที่ ค-3 Dial Gauge



รูปที่ ค-4 Buzzer



รูปที่ ค-5 การสอดปลายคานในการทดสอบ

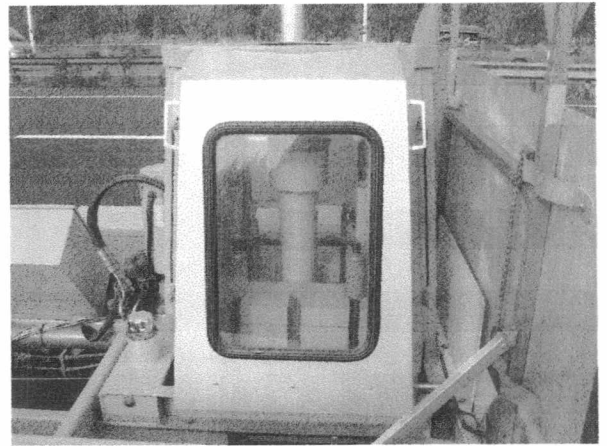


รูปที่ ค-6 ช่องว่างระหว่างแก้มยางของคู่ล้อ

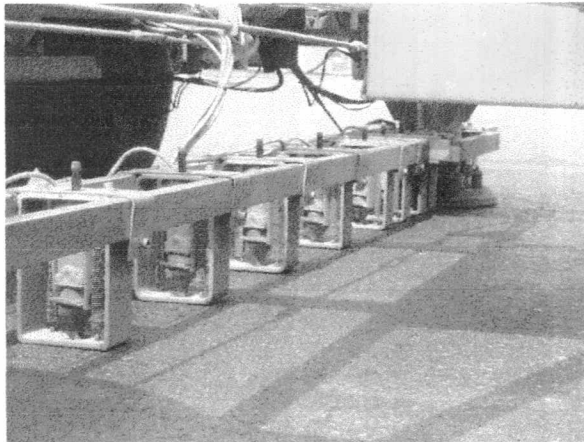
รูปที่ ค เครื่องมือและอุปกรณ์ ในการออกแบบเสริมผิวทางแบบซีดหยุ่น
ที่ได้จากเครื่องมือ Benkelman Beam และ Falling Weight Deflectometer



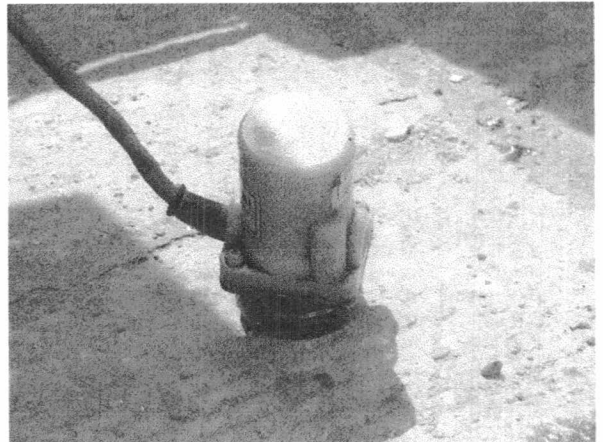
รูปที่ ค-7 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ



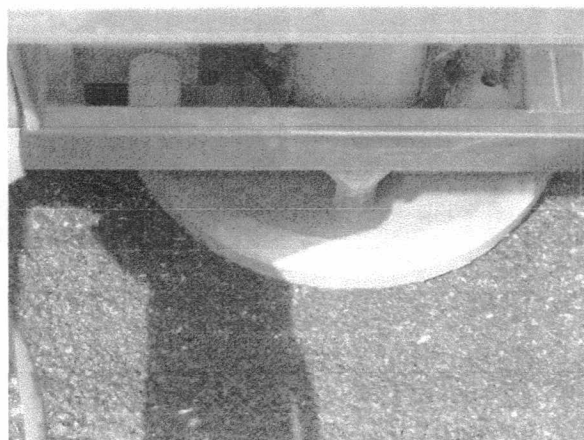
รูปที่ ค-8 น้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ ค-9 ตำแหน่งการวาง Geophone



รูปที่ ค-10 Geophone



รูปที่ ค-11 แผ่นถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ ค-12 ชุดเครื่องมือควบคุมในการทดสอบ

รูปที่ ค เครื่องมือและอุปกรณ์ ในการออกแบบเสริมผิวทางแบบยืดหยุ่น
ที่ได้จากเครื่องมือ Benkelman Beam และ Falling Weight Deflectometer

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธรรมมา เจียรธรวานิช เกิดวันที่ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2521 มีพี่น้องรวม 6 คน สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2543 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2545