



รายงานฉบับที่ วว. 49 กองวิเคราะห์และวิจัย  
REPORT NO. MR 49 MATERIALS & RESEARCH DIVISION

การวิเคราะห์ถนนบนดินอ่อนภายหลังเปิดการจราจร

โดย

ดร. วิษณุ ภูพัฒน์

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

DEPARTMENT OF HIGHWAYS , MINISTRY OF COMMUNICATIONS ,  
BANGKOK 4 , THAILAND

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนหลังเปิดการจราจร

โดย

ดร. วิษณุ ภู่มั่น

รายงานฉบับที่ รว. 49

กองวิเคราะห์และวิจัย

กรมทางหลวง

มีนาคม 2523

## คำนำ

ในประเทศไทย การก่อสร้างถนนบนดินอ่อนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้ เพราะ บริเวณภาคกลางซึ่งเป็นบ้านชุมชน เป็นบริเวณที่มีดินเดิมเป็นชั้นดินตะกอนที่เกิดใหม่และยังอ่อนตัวอยู่มาก ปัญหาในการก่อสร้างคือ ความเสียหายเนื่องจากทรุดทลาย การทรุดตัว การทรุดตัวไม่เท่ากัน การสูญเสียกำลังของถนนในอัตราที่รวดเร็ว และอื่นๆ ปัญหาเหล่านี้ล้วนทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และการซ่อมบำรุงสูงขึ้นมา และจะสูงมากขึ้นถ้าไม่มีการสำรวจ การออกแบบ การก่อสร้าง และซ่อมบำรุง ที่ถูกต้องครบถ้วน

กรมทางหลวงตระหนักในความสำคัญอันนี้ จึงสนับสนุนให้สำนักงานค้นคว้าวิจัยขึ้น เพื่อจะยังผลที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ทั่วทุกที่ต่อไป



(นายเสวี สืบสงวน)

อธิบดีกรมทางหลวง

## สารบัญ

บทคัดย่อ	1
คำนำเรื่อง	1
องค์ประกอบโครงสร้างของถนน	2
แรงกระทำ	3
ความเสียหายของถนนบนดินอ่อน	4
ลักษณะการเกิด shear deformation และ construction deformation	6
Optimum Height	9
Stability ของตัวถนนที่มีผลกับการทรุดตัว	12
ร่องล้อ	13
Crown slope	13
ประวัติทาง	
บางนา - บางปะกง	15
สมุทรปราการ - ปากท่อ	15
การวิเคราะห์ค่าฐานราก	23
ผล	25
สรุป	49

## การวิเคราะห์ดินบนดินอ่อนภาคหลัง เปิดการจราจร

\* \* \* \* \*

### บทคัดย่อ

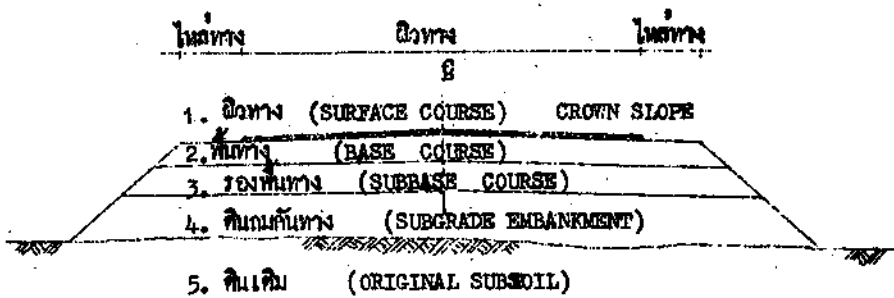
ดินบนดินอ่อนมีข้อแตกต่างจากดินบนดินฐานรากที่แข็งแรงอยู่หลายประการ การวิเคราะห์ได้กระทำขึ้นด้วยต้องการทราบพฤติกรรมของดินภายใต้แรงกระทำเนื่องจากการจราจรบนถนน นอกจากการวิเคราะห์สามารถนำมาประกอบการศึกษาการพาหนะบรรทุกและปรับปรุงดินให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานตามกำหนดอายุถนน และยังเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบต่อไปด้วย จากการวิเคราะห์พบว่า (1) ดินบนดินอ่อนมีการทรุดตัวในอัตราที่สูงมาก ซึ่งเป็นผลกับอายุถนนอย่างมาก (2) ผิวถนนมีการทรุดตัวที่รวดเร็วและแอ่นตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องเสียค่าซ่อมแซมส่วนนี้สูง (3) ค่าตั้งของโครงสร้างถนนบนดินอ่อนขึ้นกับกำลังของดินเค็มมาก ฉะนั้นในระยะแรกๆ ที่ดินเค็มยังไม่ถูกอัดตัวมากนัก ค่าตั้งของโครงสร้างถนนจึงต่ำ หลังจากใช้งานไประยะหนึ่ง ถ้ากำลังของดินเค็มสูงขึ้น ค่าตั้งของโครงสร้างถนนก็จะสูงขึ้นด้วย แต่จากการจราจรบนถนนทำให้กำลังของดินเค็มลดลง ค่าตั้งของโครงสร้างถนนก็จะลดลงด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่า การแอ่นตัวของผิวถนนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกมีวิเวกกว้างกว่าบนผิวถนนประเภทฐานแข็งอยู่มาก ซึ่งสามารถช่วยตรวจสอบแตกบนผิวถนน การแตกบนผิวถนนจึงมักไม่ใช่เกิดจากแรงกระทำจากล้อรถเพียงอย่างเดียว แต่มักเกิดจากน้ำซึ่งบนผิวถนนมีวิเวกทุกแฉ่งทั่ว ซึ่งน้ำจะซึมลงไปทำลายโครงสร้างภายในถนนอ่อนกำลังและแตกได้ง่ายเมื่อถูกแรงกระทำ

### คำนำเรื่อง

การวิเคราะห์ดินบนดินฐานรากอ่อนภาคหลังที่เปิดให้มีการจราจรแล้ว กระทำเพื่อหาความเสียหายที่เกิดขึ้นกับถนนประเภทนี้ ซึ่งคาดว่าจะแตกต่างไปจากถนนที่ก่อสร้างบนดินฐานรากที่แข็ง ทั้งนี้เพราะโครงสร้างส่วนหนึ่งของถนนมีความสัมพันธ์กับฐานรากของถนนเป็นอย่างมาก ก่อนที่จะทำการสำรวจและวิจัยนี้ได้พบว่า ถนนที่ก่อสร้างบนดินอ่อนเมื่อเปิดให้มีการจราจรบนท้องถนนแล้ว ผิวถนนจะทรุดเป็นร่องตื้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งทั้ง Crown slope ก็ลดจนเป็นสาเหตุให้น้ำฝนสามารถซึมอยู่บนผิวถนนได้ เป็นอันตรายต่อชั้นที่ยานพาหนะและน้ำฝนซึ่งอยู่เป็นเวลานานๆ ก็จะซึมลงไปตามรอยแตกเสียดๆ ทำให้ผิวถนนและโครงสร้างของถนนเสียหายได้เร็วกว่าปกติ และยังได้พบว่าตัวถนนมักจะทรุดตัวลงรวดเร็วโดยสังเกตได้จากระดับหลังถนนที่อยู่ใกล้ๆ กับสะพาน ซึ่งระดับจะแตกต่างกันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ งานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจวิเคราะห์ดินบนที่สำคัญ 2 สาย

ที่ก่อสร้างอยู่บนดินเดิมที่อ่อนมากในบริเวณใกล้กับอำเภอยะโฮน คือสาย บางนา - บางปะกง และธนบุรี - บางกอก การสำรวจได้ศึกษาวิจัยของความสำเร็จ, Crown slope, รัศมีผิวถนน, ค่าตั้งของถนนโดย Benckeman's Beam Rebound Deflection และคุณภาพรอยแตกของผิวถนนเป็นระยะๆ หลายปีหลังก่อสร้าง นำผลวิจัยได้มาประมวลมาเปรียบเทียบด้วยสถิติวิเคราะห์ทางทฤษฎี และเปรียบเทียบระหว่างถนน 2 สายนี้ นอกจากนี้ได้รวมประวัติของถนน รายละเอียดโครงสร้าง และสภาพพื้นฐานรากของถนนแต่ละสายไว้ด้วย

องค์ประกอบโครงสร้างของถนน



รูปที่ 1

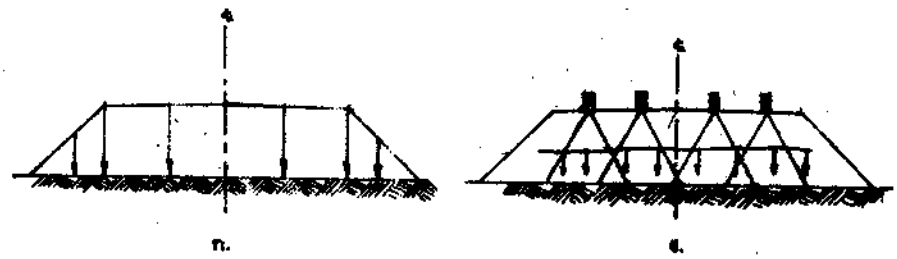
โครงสร้างถนนไทยทั่วไปมักจะประกอบด้วย 5 องค์ประกอบใหญ่ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1. คือ (1) ผิวถนน, (2) ชั้นทาง, (3) รองชั้นทาง, (4) ดินถมคันทาง และ (5) ดินเดิม ชั้นดินเดิมเป็นส่วนหนึ่งของถนนที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ เรียกว่าเป็นส่วนประกอบ ยับยั้งของโครงสร้างถนน เพราะในกรณีที่ทราบว่าส่วนประกอบของถนนคือส่วนที่รับแรงขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของถนนส่วนที่อยู่เหนือดินเดิมขึ้นมาและน้ำหนักกระทำจากการจราจรบนถนน ผิวของถนนมักจะทำให้มีความลาดออกไปจากฝั่งกลางของถนนทั้งสองข้าง เพื่อระบายน้ำที่ตกลงบนถนน ส่วนบนสุดของถนนแบ่งออกเป็นส่วนของผิวถนนอันเป็นส่วนที่ไร้ส่วนรับการจราจร และส่วนที่เป็นไหล่ทางซึ่งเป็นส่วนเกินซึ่งมิได้ใส่สอยประโชชน์อย่างอื่นรวมทั้งความแข็งแรงของตัวถนนและโครงสร้างถนนส่วนบนด้วย

\* ในปัจจุบันกรมทางหลวงได้เพิ่มชั้นวัสดุอีกชั้นในชั้นรองชั้นทาง เพื่อลดความหนาของชั้นรองชั้นทางลง และทำให้ค่าตั้งของถนนดีขึ้น และเป็นการประหยัดวัสดุในชั้น subbase ในกรณีใช้วัสดุ subbase มีราคาสูงมาก ชั้นที่เพิ่มเรียกว่าชั้น Selected Materials

แรงกระทำ

ปัญหาของถนนที่ก่อสร้างบนดินอ่อนอยู่ที่ดิน เติมมากกว่าองค์ประกอบอื่นของถนน (หมายถึงทั้งแบริกดินจนถึงผิวถนน) ความอ่อนตัวของดิน เติมมีมากจนกระทั่งไม่สามารถที่จะออกแบบให้มูลค่าของความปลอดภัย (factor of safety) สูงเท่ากับองค์ประกอบอื่น ๆ ของตัวถนนได้ แรงกระทำในที่นี้จึงจะพิจารณาเฉพาะแรงกระทำที่กระทำอยู่บนผิวดิน เติมที่อ่อนตัวเท่านั้น แรงกระทำบนผิวดิน เติมมีอยู่ 2 ประเภทคือ

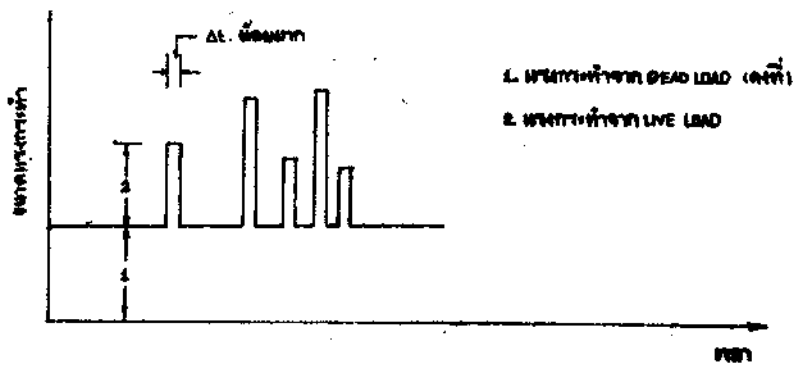
1. แรงกระทำจากน้ำหนักของถนนส่วนที่อยู่เหนือดิน เติม (รูปที่ 2 ก.)
2. แรงกระทำจากน้ำหนักกระจายของล้อรถ (รูปที่ 2 ข.)



รูปที่ 2.

แรงกระทำประเภทแรก เรียกว่า dead load เป็นแรงกระทำที่มีอยู่ตลอดเวลา สามารถทราบปริมาณที่แน่นอนได้ง่าย แต่แรงกระทำประเภทที่ 2 เป็นแรงกระทำซึ่งเรียกว่า Live load ซึ่งจะหาปริมาณที่แน่นอนได้ลำบากเพราะแรงกระทำประเภทนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักบรรทุกซึ่งแต่ละคันไม่เท่ากันแล้ว ยังมีแฟกเตอร์อื่น ๆ เช่นความเร็วของรถ, แรงกระแทก, ความคั่นลมยาง, สภาพรถและอื่น ๆ อีกมาก อีกทั้งช่วงเวลาของการกระทำ

ถ้ามีแน่นอนด้วยตารางรวมแรงกระทำทั้งสองประเภทเข้าด้วยกันแล้วนำมาพล็อตหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับเวลาจะได้ ต้นแสดงแรงกระทำรวม ดังแสดงในรูปที่ 3. มีส่วนที่เป็นแรงกระทำจาก Dead load, (1), เป็นส่วนที่คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา แต่ส่วนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในแรงกระทำรวมกับเวลา คือ ส่วนที่เป็นแรงกระทำจาก Live load, (2), ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันออกไปด้วย



รูปที่ 3.

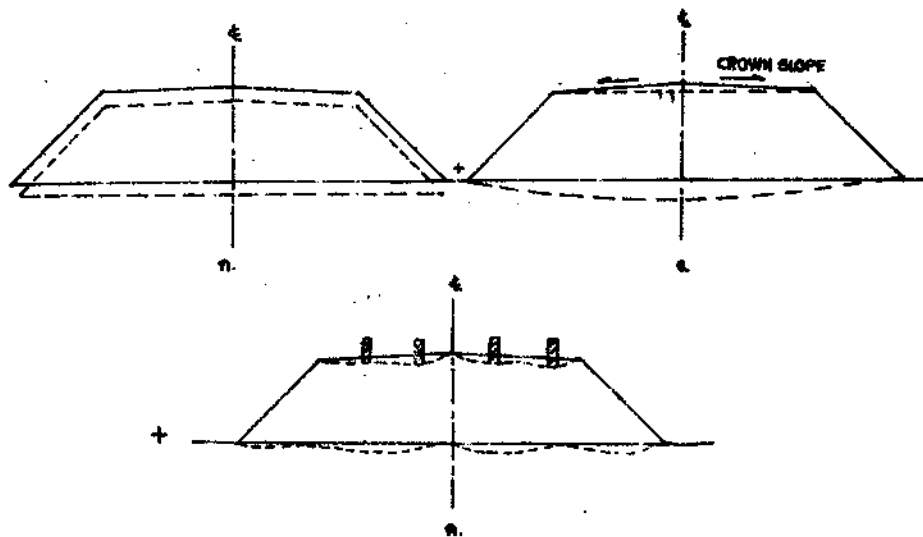
#### ความเสียหายของถนนบนดินอ่อน

ความเสียหายของตัวถนนที่เกิดชั้นบนดินอ่อน อันก่อให้เกิดปัญหาแก่ผู้มีหน้าที่บำรุงรักษา และผู้ที่พิจารณาออกแบบ เพื่อให้ได้ประสิทธิผลมีอยู่ 3 ประการคือ

1. การทรุดตัวของถนน อันทำให้ระดับของหลังถนนลดต่ำลง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเมื่อระดับหลังถนนลดลงมาอยู่ใกล้ระดับน้ำในอุทกน้ำท่วม (ดังแสดงในรูปที่ 4 ก.) อันเป็นการจำกัดอายุของถนน ทำให้ต่อঁราคาใช้จ่ายในการก่อสร้างถนนบนดินอ่อนสูงกว่าถนนบนดินแข็ง

2. การทรุดแอ่นตัวของ **Crown slope** อันเนื่องมาจากการทรุดตัวไม่เท่ากันของตัวถนนในแนวขวางถนน ดังแสดงในรูปที่ 4 ก. ซึ่งโดยปกติแล้วบริเวณที่อยู่ใกล้ **E** ของถนนจะทรุดตัวมากกว่าบริเวณคานขวาง การทรุดแอ่นตัวของ **crown slope** ทำให้การระบายน้ำบนผิวถนนไม่ดี ถ้าเกิดแอ่นตัวมากจนกระทั่ง **crown slope** กลับทางกับที่ เคยก่อสร้างไว้ จะเป็นแหล่งเก็บน้ำได้ เมื่อย่นคกมีน้ำจึงเป็นอันตรายแก่ผู้ใช้ถนน ทั้งยังทำให้หน้าผาบางส่วนล้มลงไปที่ผิวถนน ทำให้โครงสร้างของถนนบางส่วนเสียหายได้ โดยเฉพาะผิวทางและชั้นพื้นทาง

3. รอยร่องล้อ (**rutsing**) อันเกิดจากการยุบตัวเนื่องจากแรงกระทำของ **Live load** ดังแสดงในรูปที่ 4 ค. ร่องล้อของถนนบนดินอ่อนมักจะมีเกิดเป็นแอ่งใหญ่ และไม่ก่อให้เกิดการแตกตัวของผิวถนนมากนัก แต่จะเป็นที่ซึ่งน้ำได้ เป็นอย่างดี นอกเสียก็เช่นเดียวกับในข้อ 2.



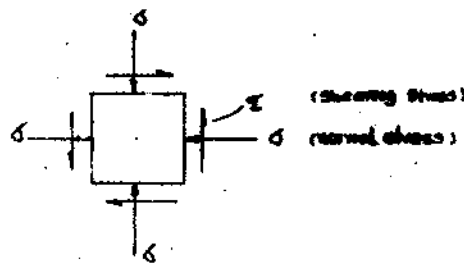
รูปที่ 4.

6.

4. ค่าตั้งของโครงสร้างดินส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในอัตราที่รวดเร็วมากในระยะแรก การทรุดตัวของดินในข้อ 1 และ 2 ส่วนใหญ่เป็นการทรุดตัวเพราะน้ำหนักของตัวดิน เหนือระดับดินเดิม หรือ Dead load มีเพียงบางส่วนของทรุดตัวทั้ง 2 ประเภท เกิดขึ้น เพราะน้ำหนักกระทำจาก Live load แต่การทรุดตัวในข้อ 3 เกิดขึ้นเพราะน้ำหนักกระทำจาก Live load เพียงอย่างเดียว การทรุดตัวทั้ง 3 ประเภท มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมวลดินในดินเดิม 2 อย่างคือ shear deformation และ consolidation deformation

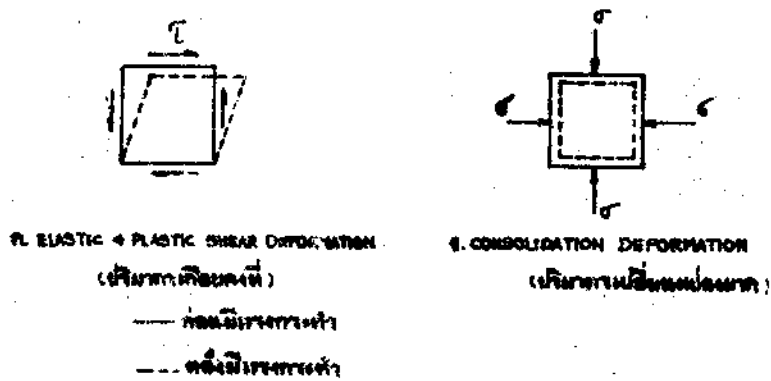
ลักษณะการเกิด shear deformation และ consolidation deformation

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่ามวลใด ๆ ก็ตาม เมื่อมีแรงมากระทำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิมเนื่องจาก elastic และหรือ plastic deformations แต่สำหรับมวลที่เป็นดินมีน้ำอยู่เต็ม (fully saturated soil) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างนอกจากจะเกิดจาก elastic และ plastic deformation แล้ว ยังเกิดจากการที่น้ำภายในมวล หรือออกจากหรือเข้าไปในมวล (ในกรณีที่ยอมให้การระบายน้ำได้) อีกด้วย ปริมาณการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมวลเนื่องจาก elastic และ plastic deformation ขึ้นอยู่กับ state of stresses ที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำ โดยปกติแล้ว state of stresses จะประกอบด้วย ความเค้นเฉือน,  $\tau$  (shearing stress) และความเค้นตั้งฉากกับผิว  $\sigma$  (Normal stress) ดังแสดงในรูปที่ 5.



รูปที่ 5. state of stresses

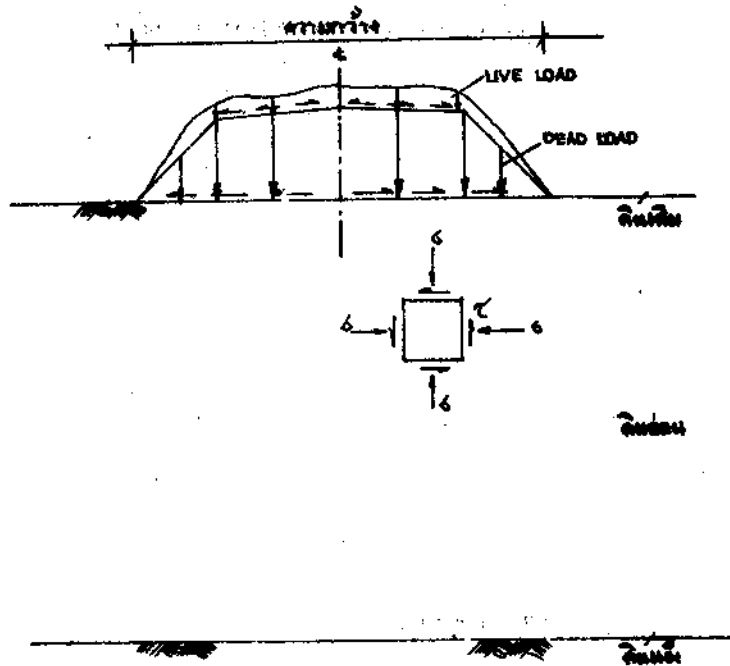
โดยปกติแล้วการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมวลดินเนื่องจาก **shearing stress** จะเป็นไป  
 ได้สะดวกและปริมาณมากกว่า เมื่อเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงของมวลดินเนื่องจาก **normal stress**  
 มาก (คิดเฉพาะในกรณีที่ไม่มีการระบายน้ำ) ฉะนั้นถ้าแรงกระทำใดก็ตามที่สามารถทำให้เกิด  
**shearing stress** ในมวลดินสูงก็จะสามารถเปลี่ยนรูปร่างของมวลดินได้มาก โดยที่ปริมาตร  
 ของมวลดินไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก ส่วนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมวลดินเนื่องจาก **consoli-  
 dation** นั้นจะคล้ายกันกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมวลดินเนื่องจาก **elastic & plastic  
 shear deformation** คือ **normal stress** จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง  
 ของมวลดินเนื่องจาก **consolidation** ได้มากกว่า **shearing stress** (ในกรณีของ  
**consolidation** นี้ ยอมรับให้มีการระบายน้ำและปริมาตรของมวลดินจะเปลี่ยนแปลงไปได้  
 มาก) จึงพอจะสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมวลดินส่วนใหญ่ เกิดขึ้น เนื่องจาก  
**elastic + plastic deformation** และ **consolidation deformation**  
 (ตามที่แสดงในรูปที่ 6)



รูปที่ 6. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมวลดิน

การยุบตัวของดินเหนียวที่อ่อนและมีปริมาณน้ำปนอยู่มากนี้ ใ้คพบว่า การยุบตัวของมวลดินเหนียวนอกจากจะเกิดขึ้น เพราะน้ำหนีออกไปจากมวลดินแล้ว ดินยังสามารถยุบตัวได้ เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงสภาพของตัวเมืกดินเอง การยุบตัวประเภทนี้ เรียกว่า **secondary consolidation** ซึ่งมีจะเกิดขึ้นในอัตราส่วนที่สูงมากสำหรับดินเหนียวที่อ่อน โดยเฉพาะ ดินในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทย

ขอขอมมาพิจารณาถึงรูปร่างของแรงกระทำจากน้ำหนักถนนและลอร์ดบนมวลดินซึ่งเป็น ส่วนของพื้นโลก ดังแสดงในรูปที่ 7. จะเห็นว่าความแรงกระทำประเภทนี้จะสามารถทำให้เกิด



รูปที่ 7.

shearing stress ในดิน ก็มีค่าสูงมาก (จากผลการคำนวณ ค่าที่เคบกระทำมาปรากฏว่า shearing stress ในดิน ติมบางแห่งมีค่าสูงกว่า shearing strength หรือค่าลึงของดิน) จึงเป็นที่คาดว่า การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมวลดินในแนวตั้งหรือการทรุดตัว จะเป็นไปได้มาก เนื่องจาก shearing stress นี้ ส่วนการทรุดตัวเนื่องจาก consolidation นั้นมีอยู่ตามปกติ เพราะจากการคำนวณที่ตามมาพบว่าค่า normal stress มีมากพอที่จะทำให้เกิด consolidation deformation ได้มากเช่นกัน ฉะนั้นการพิจารณาการทรุดตัวของดินจึงต้องคำนึงถึงการทรุดตัวจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. การทรุดตัวเนื่องจาก elastic+plastic shear deformation
2. consolidation

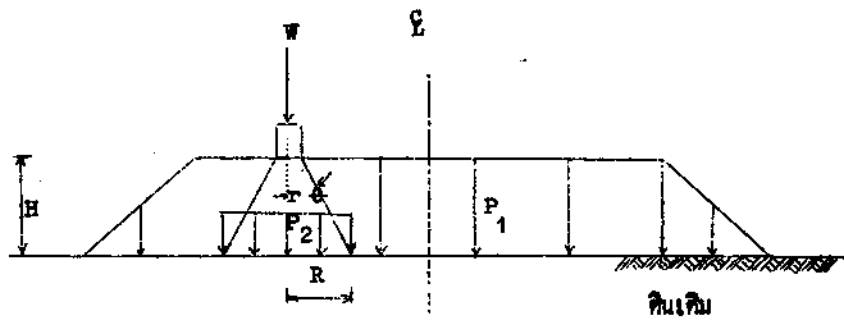
#### Optimum Height

ถึงได้กล่าวมาแล้วว่าแรงกระทำบนผิวดิน ติมประกอบด้วยแรงกระทำอันเนื่องจากน้ำหนักของตัวดินและแรงกระทำจากน้ำหนักจรรยาบนผิวดิน เนื่องจากขนาดของแรงกระทำทั้งสองจะมากขึ้นเพียงใดขึ้นอยู่กับความสูงของตัวดินจากระดับผิวดิน ติม,  $H$ , ถ้าความสูงของดิน,  $H$ , นี้มากขึ้นแรงกระทำอันเนื่องจากน้ำหนักของดินก็จะมากขึ้น แต่ในทางกลับกันแรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักจรรยาจะลดลง ฉะนั้นการรวมแรงกระทำทั้งสองเข้าด้วยกันเป็นแรงกระทำรวม แรงกระทำรวมนี้จะมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ค่าความสูงของดินอันหนึ่ง ความสูงของดินอันนี้ เรียกว่า Optimum height,  $H_o$ , วิธีหาความสูงอันนี้โดยประมาณพอจะหาได้ดังต่อไปนี้

ก่อนที่จะทำการหาค่าของ  $H_o$  ขอตั้งข้อสมมุติดังต่อไปนี้.-

1. ให้แรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักจรรยา มีค่าเท่ากับน้ำหนักกระทำจากล้อยจรถล้อเดี่ยว,  $P$ , (ข้อนี้ถ้าความสูงของดินมีการสมมุติ เช่นนี้ไม่ถูกต้องเลยก็เกีย แต่เนื่องจากเมื่อดินถมสูงมาก ๆ แรงกระทำจากน้ำหนักจรรยา ก็น้อยตามไปด้วย จึงไม่มีผลกระทบกระเทือนอะไรมากนัก)

2. ให้การแผ่กระจายของแรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักจรวดแผ่กระจายสม่ำเสมอ (uniform) เป็นรูปวงกลม
3. ให้น้ำหนักจรวดอยู่ในสภาวะ static



รูปที่ 8

จากรูปที่ 8

ถ้า  $P_1$  = แรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักตัวจรวด

$P_2$  = แรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักจรวด

$$\therefore \text{แรงกระทำรวม, } P_t = P_1 + P_2 = H + \frac{W}{R}$$

$$\therefore R = r + H \cdot \tan \phi$$

$$\therefore P_t = \gamma \cdot H + \frac{W}{\sqrt{(r+H \cdot \tan \theta)^2}}$$

เมื่อหาค่า optimum  $P_t$ , ทำ  $\frac{\partial P_t}{\partial H} = 0$  1ก

$$\frac{\partial P_t}{\partial H} = \gamma - \frac{2W \cdot \tan \theta}{\sqrt{(r+H \cdot \tan \theta)^3}} = 0$$

แก้สมการแล้วจัดรูปเสียใหม่ได้

$$H_0 = \left( \frac{2W}{\gamma \cdot \tan^2 \theta} \right)^{1/3} - \frac{r}{\tan \theta}$$

เมื่อ  $H_0$  = Optimum height

$W$  = น้ำหนักของค้ำยันของรถยนต์

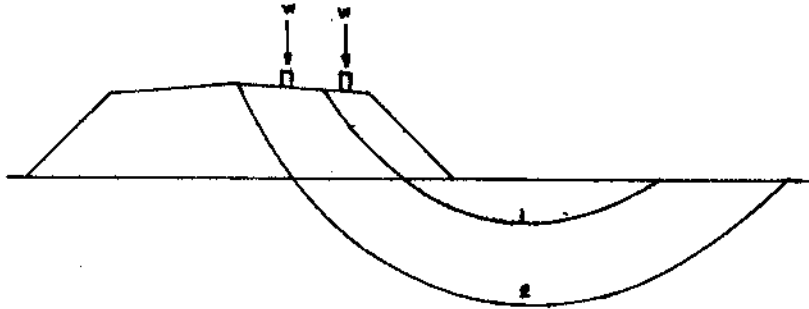
$r$  = รัศมีของ contact area ของล้อรถกับผิวถนน

$\theta$  = มุมที่แผ่กระจายของน้ำหนักล้อรถ

$\gamma$  = Unit weight โคนเฉลี่ยของวัสดุที่ประกอบเป็นตัวถนน

ถ้าทำการทดสอบค่าต่ำสุดหรือสูงสุดจะพบว่าค่าความสูงของถนนที่  $H_0$  นี้ให้ค่าแรงกระทำรวมเป็นค่าต่ำสุด ฉะนั้นในการออกแบบอาจเลือกความสูงของถนนมากกว่า  $H_0$  dead load จะมีบทบาททำให้แรงกระทำรวมมีค่าสูงขึ้นมากกว่า live load เมื่อเป็นเช่นนั้นแล้วถนนจะเกิดทรุดแอ่นตัวทำให้ crown slope แบนลงมากกว่าที่จะเกิดร่องล้อเพราะ live load ไม่มีบทบาทมากนัก ส่วนในทางกลับกันถ้าการออกแบบเลือกความสูงของถนนน้อยกว่าค่า  $H_0$  live load จะมีบทบาทมากกว่า dead load จะเกิดร่องล้อขึ้นในอัตราสูงกว่าการแอ่นตัวของ crown slope ในการออกแบบหากความสูงของถนนควรที่จะใกล้เคียงความสูงโดยพิจารณาปัญหาทั้งกล่าวไว้ควมมีฉะนั้นแล้วค่าขอบเขตที่ความมาภายหลังจะมีอัตราสูงมาก

Stability ของตัวถนนที่มีผลกับการทรุดตัว



รูปที่ 9.

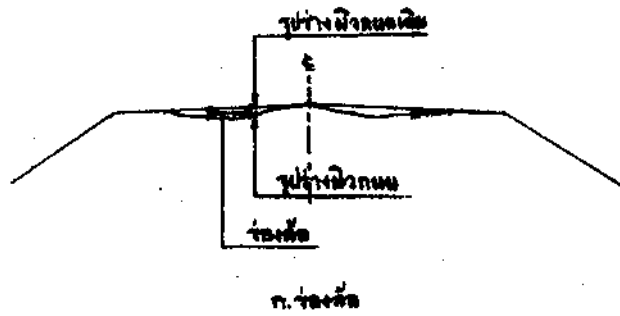
โดยปกติแล้วในการออกแบบดินถมถนนต้องตรวจสอบ stability โดยอาศัย plasticity theory ซึ่งจะสามารถบอกได้ว่าดินถมถนนจะมีความสูงมากที่สุดได้เท่าใดภายใต้ factor of safety ที่กำหนด การตรวจสอบ stability โดยวิธีนี้จะกระทำโดยใช้ เชื่อกันคือกระทำโดยใช้ effective stress analysis และวัด excess pore pressure จากการทดลองดินถมในสนามจริง ๆ ค่าดึงของดินควรได้จาก การทำ triaxial test ในสนาม consolidated undrained หรือจะใช้ total stress analysis โดยไม่ต้องวัด excess pore pressure และใช้ค่าดึงของดิน จาก Unconfined Compressive stress หรือจาก field vane shear test ก็ได้ แต่วิธีหลังนี้ให้ค่าไม่แน่นอนเท่ากับวิธีแรก ในการตรวจสอบ stability ของดิน ทางนี้จะพบว่า วง slide ที่กำหนดแต่ละวงจะให้ค่า F.S. ไม่เท่ากันเสมอไป ดังตัวอย่าง เช่นวง slide ที่ (1) และ (2) ในรูปที่ 9. มักจะให้ค่า F.S. ต่างกัน และโดยปกติ

แล้วถ้าความสูงของดินถมไม่มากและอยู่ในขอบเขตของความมั่นคงแล้ว F.S. ของวงที่ (1) จะต่ำกว่าวงที่ (2) เมื่อคำนวณโดยรวม น.น. ของลอร์ดเข้าไปด้วย (ซึ่งนี้แล้วแต่สภาพดินด้วย) เมื่อเป็นเช่นนี้การทรุดตัวของถนนบริเวณริม ๆ ผิวถนนอกจะมีมากกว่าการทรุดตัวที่มากกว่าอื่น เนื่องมาจาก Live load นี้ทำให้ crown slope ของถนนค้ำขึ้นไม่แน่นอน แต่ live load จะมีอิทธิพลต่อการทรุดตัวนี้ก็คือเมื่อความสูงของถนนต่ำกว่า optimum height ในหัวข้อที่แล้วมานั้นถนนที่มีความสูงถนนน้อยจะเกิดการทรุดตัวประเภทนี้มาก Crown slope จะดีกว่าถนนที่มีความสูงถนนมาก

ร่องล้อ ร่องล้อคือการยุบตัวที่ถาวรของโครงสร้างถนนซึ่งเป็นผลทำให้ผิวถนนเปลี่ยนรูปร่างไปจากเดิม ค่าร่องล้อมักจะวัดบริเวณที่รูปร่างของผิวถนนเปลี่ยนแปลงไปมากที่สุดในแต่ละปี (ดังแสดงในรูปที่ 10 ก.) การวัดร่องล้อของถนนบนดินอ่อนใช้เวลาตรง 3.00 ม. วางทาบไปกับผิวถนนใหม่ปลายที่อยู่ใกล้กลางถนนห่างจากกลางถนน 25 ซม. แล้ววัดระยะจากขอบล่างของไม้ไปถึงผิวถนนตรงบริเวณที่ลึกที่สุด (ดังแสดงในรูปที่ 10 ข.) โดยปกติแล้วค่าที่วัดจะน้อยกว่าค่าที่เกิดขึ้นจริง ๆ เล็กน้อย สำหรับถนนบนดินอ่อนร่องล้อเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชั้นดินเดิมเสียส่วนใหญ่ ฉะนั้นถ้าความสูงของถนนไม่มากหรือโครงสร้างของถนนไม่แข็งแรงมากก็จะเกิดร่องล้อมาก ทั้งนี้เพราะ stress เนื่องจากลอร์ดในเนื้อดินเดิมสูง แต่ถ้าความสูงของถนนมาก (แต่ไม่เกิน stable limit) หรือโครงสร้างของถนนแข็งแรงกว่า ร่องล้อจะเกิดขึ้นน้อยกว่า

Crown slope คือความลาดชันของผิวถนน ซึ่งมักจะลาดจากกึ่งกลางถนนลงไปยังขอบถนนทั้งสองข้าง ถนนบนดินอ่อนเมื่อก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะทรุดตัวโดยที่บริเวณกึ่งกลางถนนมักจะทรุดตัวมากที่สุด ทำให้ความลาดชันผิวถนนลดลง (ดังแสดงในรูปที่ 11.) อัตราการลดของความลาดชันผิวถนนขึ้นอยู่กับความสูงของถนนถ้าความสูงมากอัตราการลดก็จะมากตามไปด้วย และในทางกลับกันก็เช่นกัน การวัดความลาดของผิวถนน วัดโดยหาระดับที่จุดกลางถนนและที่ขอบผิวถนน

$$\text{Crown slope} = \frac{\text{ระดับกึ่งกลางถนน} - \text{ระดับของผิวถนน}}{46} \times 100 \%$$

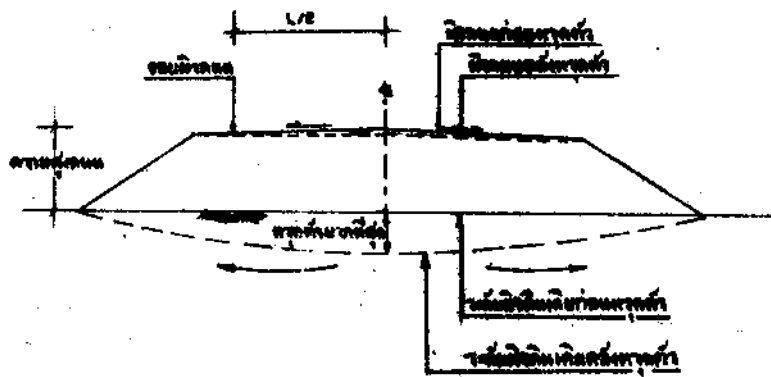


ก. ระบายน้ำ



ข. ประตูน้ำขนาดเล็ก

รูปที่ 10.



รูปที่ 11.

## ประวัติทาง

### บางนา - บางปะกง

ทางสาย บางนา - บางปะกง ระยะทาง 49.5 กม. เริ่มก่อสร้างเมื่อ 15 ม.ค. 2510 แล้วเสร็จเมื่อ 14 ก.ค. 2512 ผิวทางเป็น asphaltic concrete ความสูงของหลังถนนจากดินเดิมประมาณ 1.50 ม. โดยเฉลี่ย รูปตัดของถนนแสดงไว้ในรูปที่ 12 มีช่วงที่ถม berm สองข้างทางอยู่หลายแห่ง โดยเฉพาะที่ช่วง กม.20+000 ถึง กม.49+500 และบริเวณคอสะพานที่มีคันทางสูงกว่าปกติ บริเวณคอสะพานมีการตอกเข็มเพื่อลดการทรุดตัวของดินถม ทางเปิดใหม่มีการจราจรได้ประมาณปี 2512 ตลอดสายทางช่วงนี้วางอยู่บนดินเดิมที่อ่อน โครงสร้างของถนนแสดงไว้ในรูปที่ 13 ประกอบด้วยดินถมส่วนใหญ่เป็นทรายชั้น subbase เป็น selected granular material หนา 15 ซม. ชั้น base เป็น crushed aggregate หนา 11 ซม. และผิวทางเป็น asphaltic concrete หนาประมาณ 5 ซม.

สภาพดินเดิมของทางสายนี้แสดงเป็น contour ของผิวหลังของดินจากผลวัดโดย vane test กิ่งแสดงในรูปที่ 14 เห็นว่าตลอดสายทางนี้มีอยู่ 2 ช่วงของถนนที่มีดินเดิมอ่อนกว่าช่วงอื่น ๆ คือช่วง กม.25-34 และ กม.49-59 ซึ่งพบว่ามีกระเปาะดินอ่อนมากอยู่ที่ระดับลึกในช่วง 0-5 ม. ดินเดิมที่เป็นดินอ่อนตลอดสายทางนี้หนาประมาณ 15 ม. ยกเว้นบริเวณช่วง กม.22-35 ที่เป็นแอ่งลึกลงไปชั้นดินแข็ง แสดงว่าบริเวณนี้เดิมเป็นร่องแม่น้ำเก่าแก่ก่อนที่จะมีการตักตะกอนของชั้นดินอ่อน

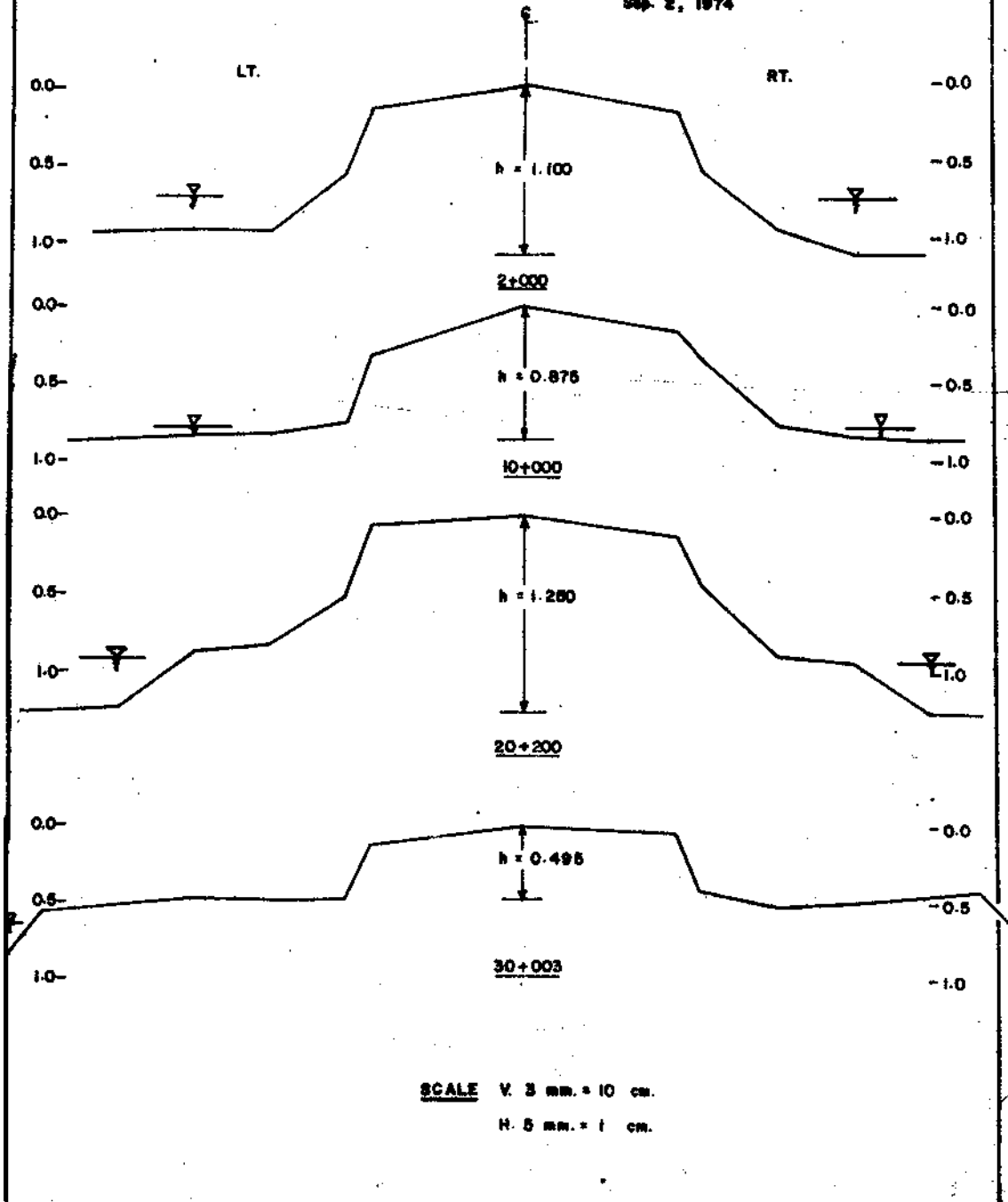
### ชนมูรี - ปากท่อ

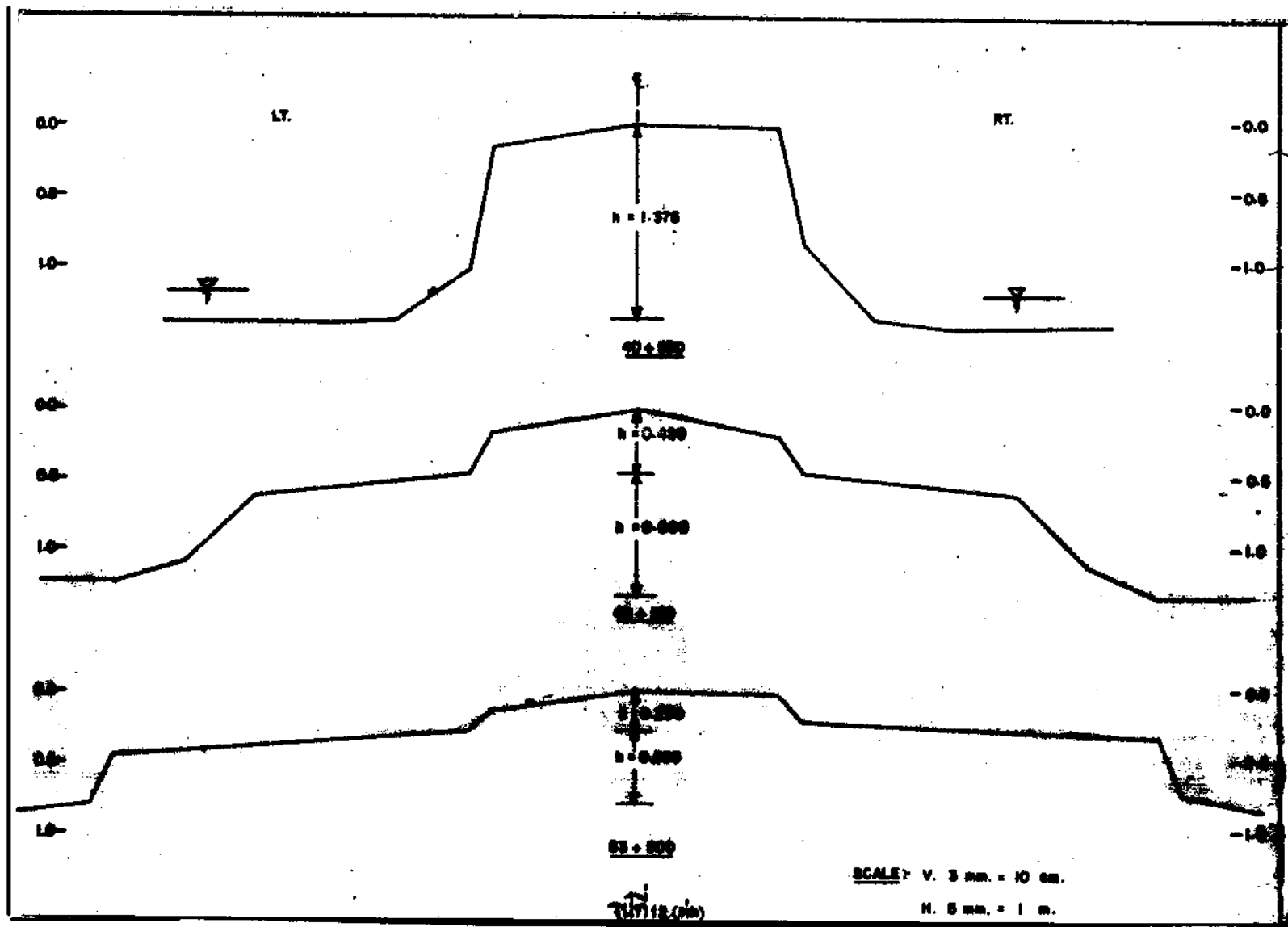
ทางสาย ชนมูรี - ปากท่อ มีระยะทางยาว 84 กม. เป็นทางเลียบชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกของอ่าวไทยนับจากกรุงเทพฯไป การก่อสร้างแบ่งออกเป็น 3 ตอน เริ่มก่อสร้างเมื่อ 11 มิ.ย. 2513 แล้วเสร็จเมื่อ 13 มิ.ค. 2516 ผิวทางเป็น asphaltic concrete ความสูงของถนนจากดินเดิมประมาณ 1.5-1.75 ม. ความสูงของถนนแสดงไว้ในตารางที่ 1 ทางสายนี้มีบริเวณที่ถม berm อยู่ไม่มากนัก ยกเว้นบริเวณคอสะพานซึ่ง

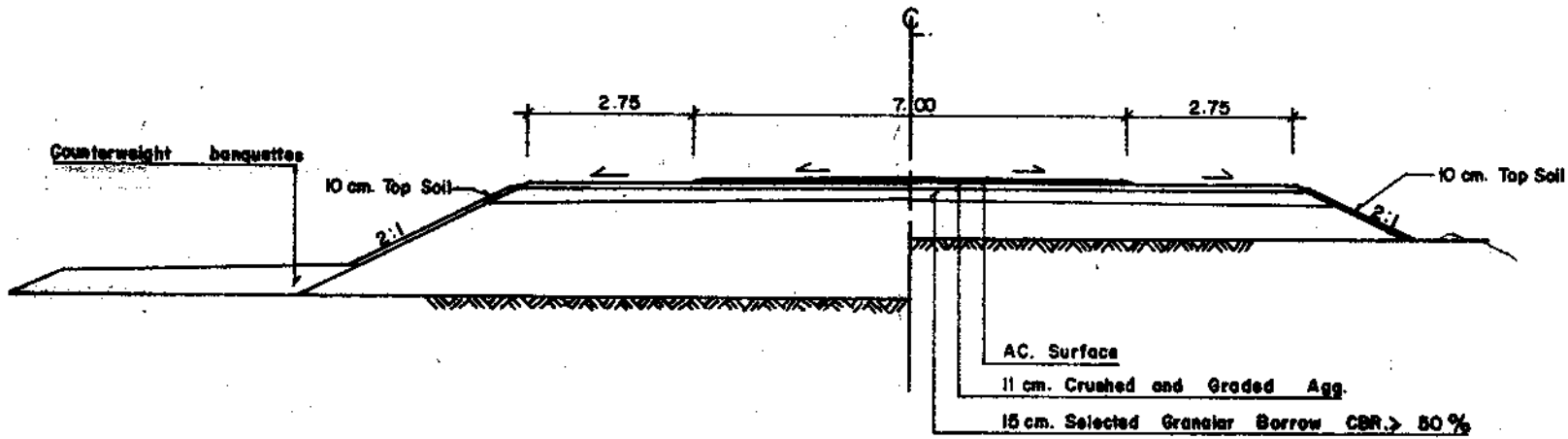
2712

CROSS-SECTION ( BANG NA - BANG PA-KONG )

Sep. 2, 1974





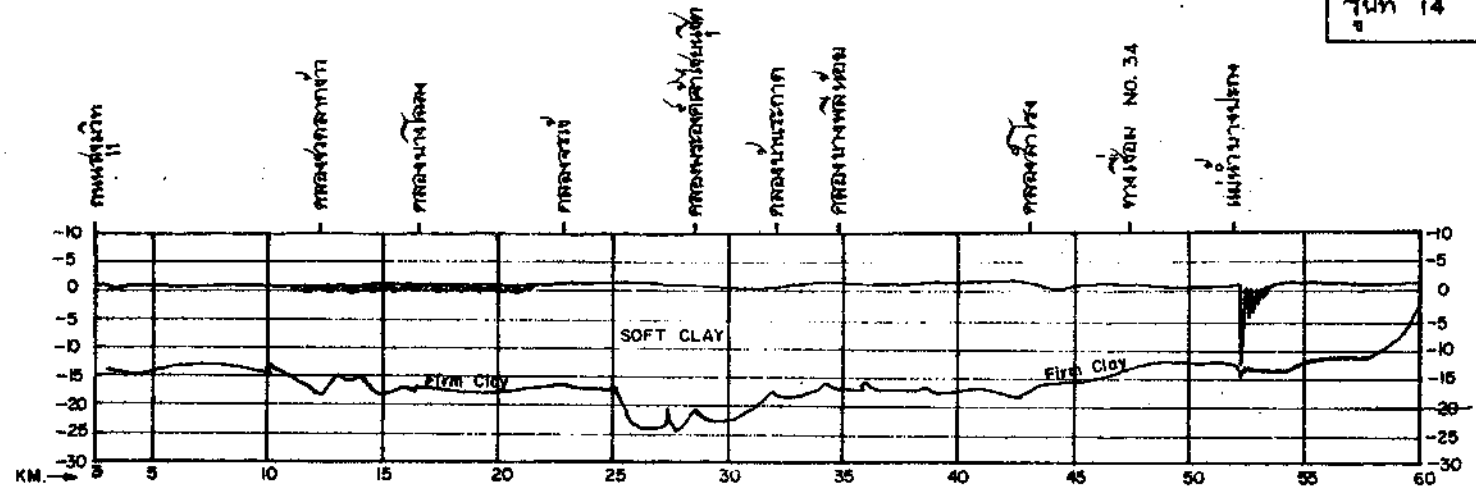


TYPICAL SECTION IN FILL WITH COUNTERWEIGHT BANQUETTES

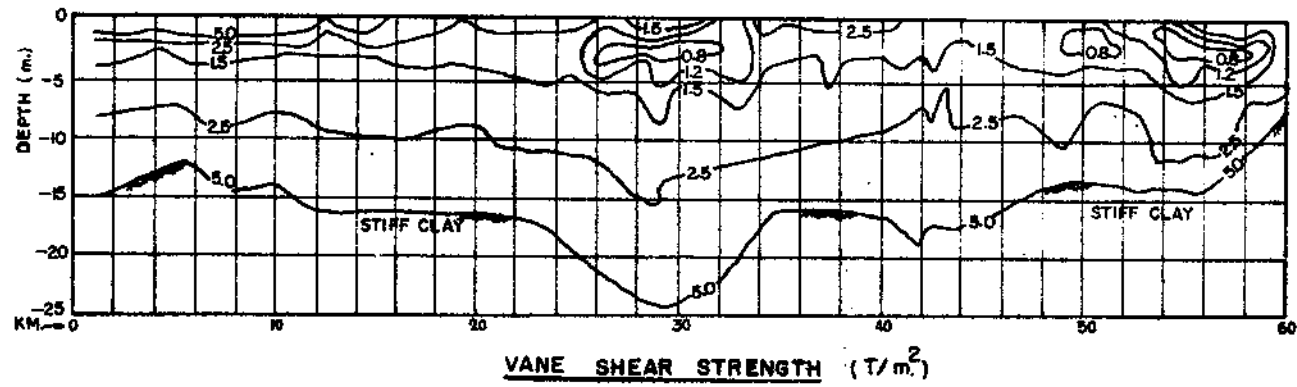
TYPICAL SECTION IN LOW EMBANKMENT

TUV 13 TYPICAL CROSS-SECTION

HIGHWAY BANGKOK - SRIRACHA, LOT 2



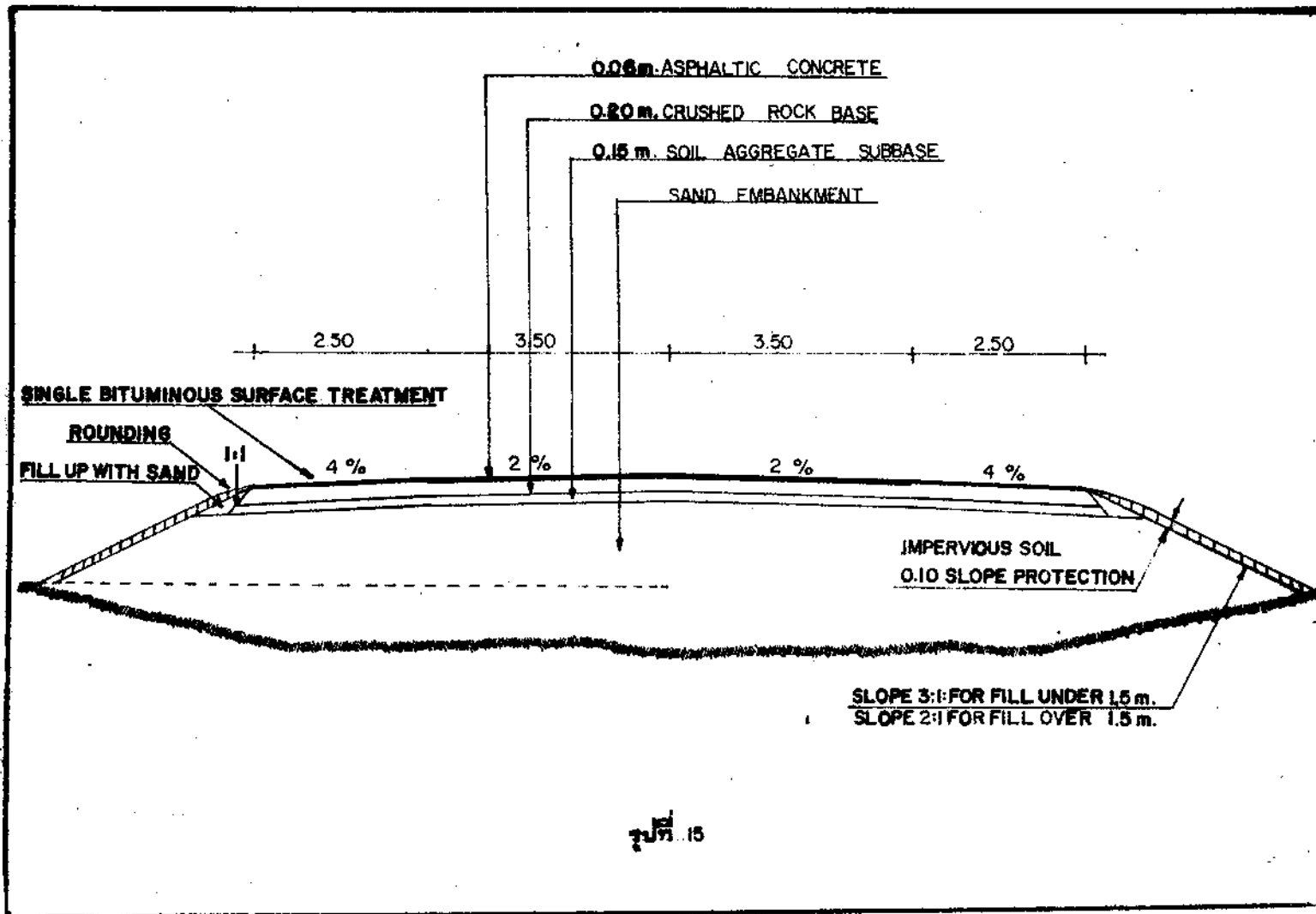
Boring and soil investigations have shown that layers of very soft clay with high water content extended to 15 and 24 m. below surface



ถม berm เกือบทุกแห่ง คันทางบริเวณคอสะพานหลายแห่งใช้ดินถมเป็นคันกั้นทาง และมีการ preload คอนกรีตด้วย เพื่อช่วยลดการทรุดตัวภายหลังก่อสร้าง โครงสร้างของถนน(ดังแสดงในรูปที่ 15)บนดินเดิมประกอบด้วยดินถมที่เป็นทราย ชั้น subbase เป็น soil aggregate หนา 15 ซม. base เป็น crushed rock หนา 20 ซม. และผิวเป็น asphalt สภาพของดินเดิมเป็นดินอ่อนมาก คุณสมบัติและลักษณะของชั้นดินแสดงไว้ในรูปที่ 16. ความหนาของชั้นดินอ่อนมีบริเวณนี้ประมาณ 15.00 ม. โดยเฉลี่ย กำลังของดินแสดงไว้ในรูป contour ของผลวัดจาก shallow cone point resistance สำหรับดินระดับพื้นและ static cone penetration สำหรับทดสอบความหนาของชั้นดินอ่อน จาก contour ของกำลังของดินระดับพื้นพบว่ามีความเป็นดินอ่อนกว่าปกติอยู่ในช่วง กม. 0-8, ประมาณ กม. 38 และช่วง กม. 65-80 ส่วนผลจากการวัดกำลังทดสอบความลึกพมกระเปาะดินที่อ่อนกว่าปกติอยู่ในช่วง กม. 0-10, 25-30, และช่วง กม. 50-80 ในช่วงที่อ่อนกว่าปกติเหล่านี้มีอยู่ 2 แห่งที่เป็นแม่น้ำขนาดใหญ่ คือแม่น้ำท่าจีนที่ประมาณ กม. 28 และแม่น้ำแม่กลองที่ประมาณ กม. 64 จากรูป contour จะสังเกตเห็นว่าตลอดสายทางนี้ดินในช่วงความลึกจาก 0-5 เมตร อ่อนกว่าช่วงความลึก 5-15 เมตรมาก

#### ตารางที่ 1

กม.	ความสูงถนน(ม.)
<del>9</del> 000	1.653
<del>19</del> 820	1.621
<del>29</del> 510	1.567
<del>38</del> 728	1.47
<del>48</del> 025	1.709
<del>58</del> 600	1.301
<del>68</del> 925	1.707
<del>78</del> 750	1.642

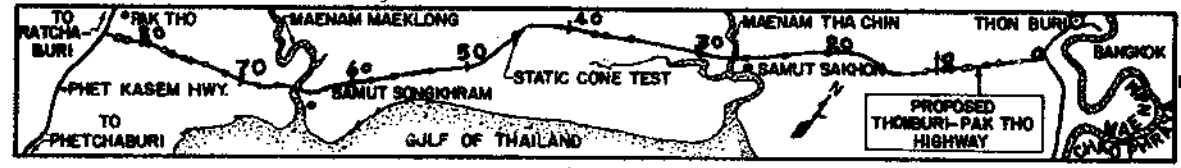




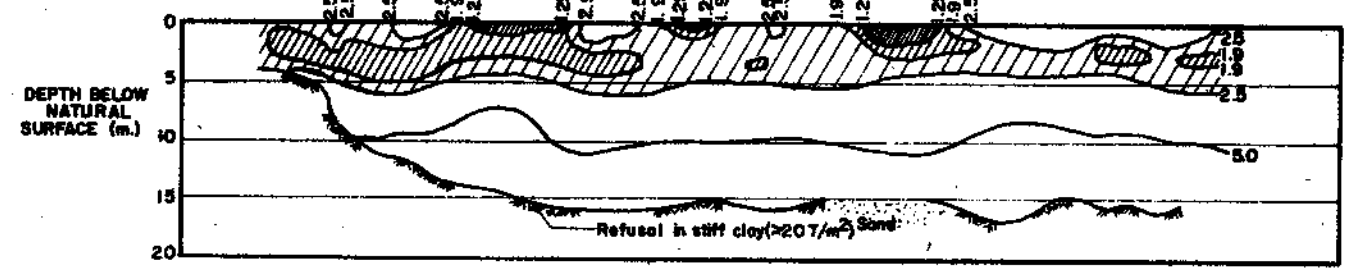
CRUST TYPE-CONE



CRUST TYPE-CONE



HIGHWAY ROUTE



LEGEND

	COHESION POINT RESISTANCE		
	(T/m²)	(lbs)	
	<0.75	<15	EXTREME SOFT
	0.75-1.25	15-25	VERY SOFT
	1.25-1.9	25-50	SOFT (L)
	1.9-2.5	50-100	SOFT (H)
	>2.5	>100	FIRM

THON BURI - PAK THO HIGHWAY

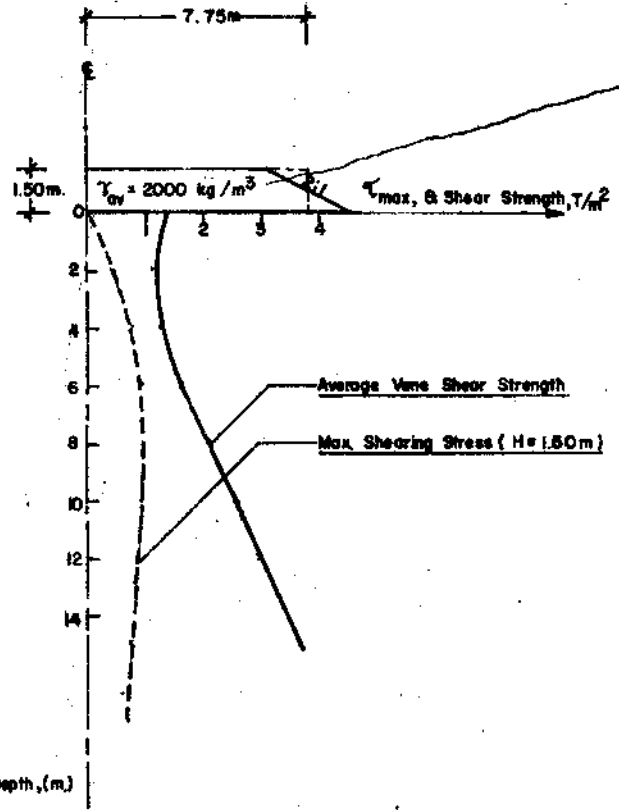
CONE PENETRATION RESULTS

STATIC CONE TEST 60, 1/4"

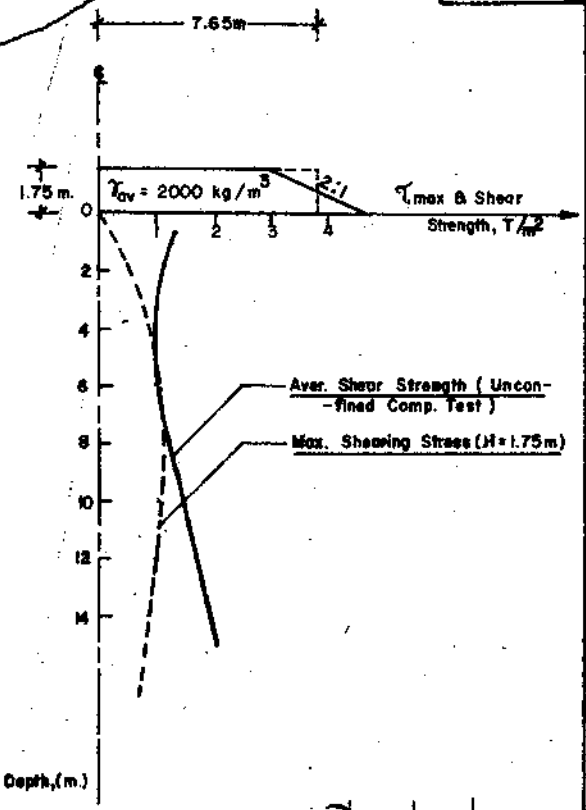
### การวิเคราะห์ความฐานราก

เนื่องจากถนนทั้งสองสายก่อสร้างบนดินอ่อน และโคลนแล้วหาความเสียหายที่เกิดขึ้นมาให้ เห็นในระยะแรกมีสาเหตุมาจากความอ่อนของดินฐานรากที่เสียส่วนใหญ่ จึงทำการวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นในดินฐานรากหรือดิน เคมีอันเนื่องจากน้ำหนักของถนน เพื่อเปรียบเทียบกับกำลังของดินที่มีอยู่จะเป็นการตรวจสอบและคาดคะเนได้ว่า มีบริเวณใดบ้างที่ดินล้มที่เกิดแรง (stress) สูงกว่ากำลังของดินที่มีอยู่ เนื่องจาก เป็นที่ทราบแล้วว่าแรงเนื่องจากตัวถนนรูปสี่เหลี่ยมคางหมูนี้จะเกิดสูงสุดในบริเวณใดบริเวณหนึ่งใต้วงกกลางของตัวถนน จึงได้คำนวณแรงที่เกิดขึ้นเฉพาะตามแนวใต้วงกกลางของถนนเท่านั้น สำหรับเปรียบเทียบกำลังของดินและคิดเฉพาะแรงจากน้ำหนักของตัวถนนเท่านั้น ไม่รวมไปถึงแรงจากน้ำหนักของการจราจรบนท้องถนน ในการตรวจสอบที่ใกล้ความจริงควรรวมแรงเนื่องจากน้ำหนักจราจรด้วย แต่เนื่องจากโคลนแล้วหาว่าปริมาณของแรงดังกล่าวมีค่าไม่แน่นอน เพราะเป็นแรงกระทำที่เคลื่อนที่จึงมิได้นำมาวิเคราะห์รวมด้วย ในการคำนวณหาแรงดังกล่าวได้อาศัยทฤษฎีของ elasticity โดยสมมุติว่ามวลดินฐานรากอยู่ในสภาพ elastic, homogeneous และ isotropic สำหรับถนนสาย บางนา-บางปะกง คิดตัวถนนสูง 1.50 ม. ซึ่งเป็นความสูงเฉลี่ยที่คอนกรีตทางสูงและคิดเฉพาะช่วงที่ไม่มี berm ซึ่งเป็นช่วงที่ก่อให้เกิด stress สูงสุด ส่วนทางสาย ชมนบุรี-ปากท่อ คิดความสูงของถนน 1.75 ม. ซึ่งเป็นความสูงที่คอนกรีตทางสูง ไม่มี berm เช่นกันเพราะทางสายนี้ส่วนใหญ่ไม่มี berm กำลังของดินที่ใช้ เปรียบเทียบได้มาจากค่าเฉลี่ยของกำลังตลอดสายทาง

ผลการเปรียบเทียบแสดงไว้ในรูปที่ 17 เห็นได้ว่าสำหรับทางสาย บางนา-บางปะกง ค่าแรงที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่ากำลังเฉลี่ยของดินเคมีตลอดความลึก ในขณะที่แรงจากการคำนวณของสาย ชมนบุรี - ปากท่อ มีบางส่วนที่สูงกว่ากำลังโดยเฉลี่ยของดินเคมี แสดงให้เห็นว่าทางสาย บางนา-บางปะกง ได้รับการออกแบบให้ดินฐานรากอยู่ในสภาพที่มั่นคงในขณะที่น้ำหนักตัวถนนมากกว่าทางสาย ชมนบุรี - ปากท่อ เนื่องจากกำลังของดินที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยขณะนั้นส่วนของถนนที่มีกำลังของดินต่ำกว่าบริเวณดังกล่าว ดินฐานรากอาจไม่อยู่ในสภาพมั่นคงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อได้รวมน้ำหนักกระทำเนื่องจากการจราจรเข้าไปด้วย เพื่อตรวจ



Maximum Shearing Stress  
Beneath  $\xi$



Maximum Shear Strength  
Beneath  $\xi$

สอบความมั่นคงของคันทางโคกหักการวิเคราะห์โดยอาศัยทฤษฎี Plasticity ด้วยวิธี undrained total stress analysis สมมุติโหวงของการพังทลายเป็นส่วนหนึ่งของวงกลมที่ผ่านเข้าไปในชั้นดินอ่อนที่สุด และใช้ความสูงและสภาพของถนน เช่น เกี่ยวกับการวิเคราะห์โดยทฤษฎี elasticity พบว่า factor of safety ของตัวถนนสายบางนา - บางปะกง มีค่าประมาณ 2.239 ส่วนทางสาย ชนบุรี - ปากท่อ มีค่าประมาณ 1.684 อันเป็นการบ่งชี้ว่าความมั่นคงของตัวถนนเนื่องจากพื้นฐานรากบนทางสาย บางนา - บางปะกง มีสูงกว่าทางสาย ชนบุรี - ปากท่อ เช่นกัน

พิจารณาจากการวิเคราะห์ผลเช่นนี้อาจจะคาดคะเนได้ว่าถ้าลักษณะการก่อสร้างคล้ายคลึงกัน คือมีเวลาสำหรับการถมดินทิ้งไว้เท่า ๆ กัน การรบกวนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของการขนส่งขณะก่อสร้างคล้ายกัน น้ำหนักบรรทุกจากการจราจรภายหลังก่อสร้างคล้ายกัน ถนนสาย ชนบุรี - ปากท่อ ควรเกิดความเสียหายเร็วกว่าหรือและมีการทรุดตัวมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามในการออกแบบอาจจะหาทางเพิ่มความมั่นคงนี้โดยอาศัยเทคนิคทางการก่อสร้าง เช่น ใช้วิธี preload เพื่อเพิ่มกำลังของดินเดิม ซึ่งรายละเอียดการก่อสร้างไม่สามารถจะค้นหามากได้ในรายงานเล่มนี้ก็ได้ ผลของความเสียหายและการทรุดตัวอาจไม่แตกต่างกันมากนักในกรณีเช่นนี้

## ผล

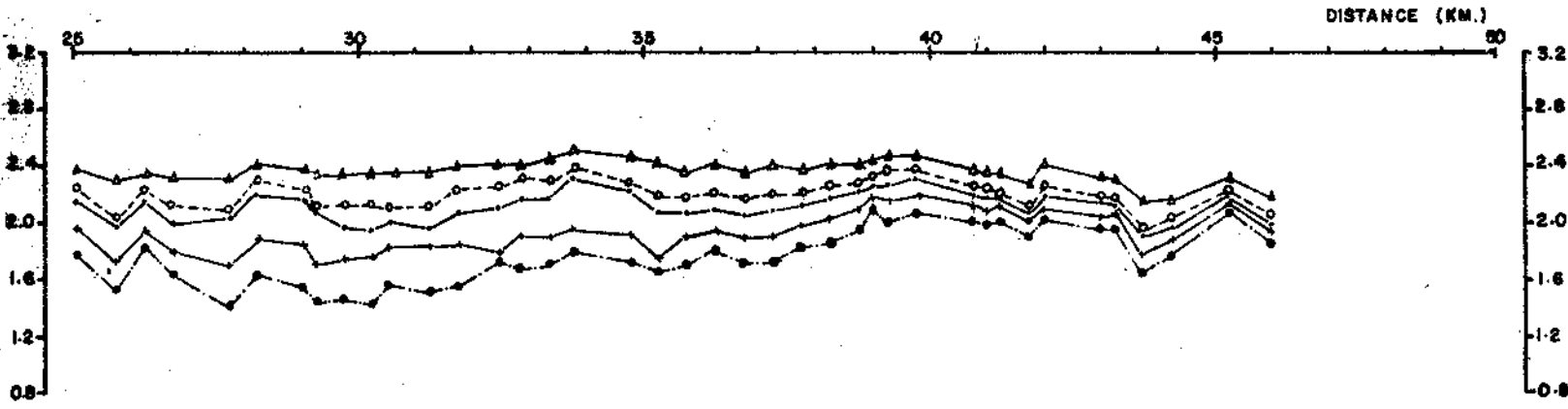
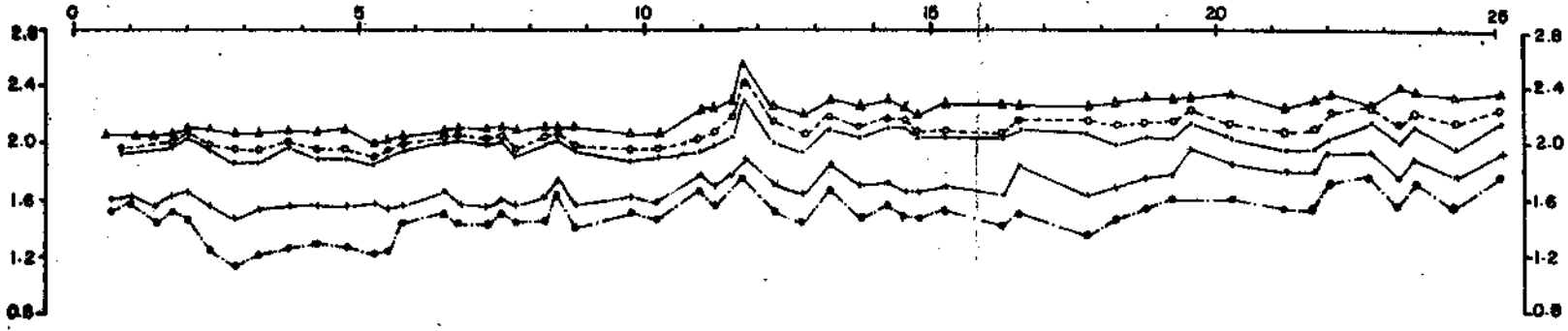
ผลจากการวัดการทรุดตัว rut depth และ crown slope พอสรุปได้ดังนี้คือ.-

### 1.1 การทรุดตัวของทางสายบางนา-บางปะกง

#### ก. การทรุดตัวของถนน

จากการวัดระดับถนนบนทางสายนี้ 5 ครั้งในช่วงระยะเวลาประมาณ 7 ปี คังแสดงไว้ในรูปที่ 18 พบว่าการทรุดตัวของถนนสายนี้คือช่วงที่อยู่คันทางตั้งแต่ กม. 0+000 ไปจนถึงประมาณ กม. 18+000 มีการทรุดตัวมากกว่าช่วงคอนท้าย ทั้ง ๆ ที่บริเวณที่มีดินเดิมอ่อนที่สุดอยู่ที่บริเวณ กม. 26+000 ถึง กม. 32+000 และส่วนใหญ่ของช่วงหลังก็มีกำลังของดิน

742-18

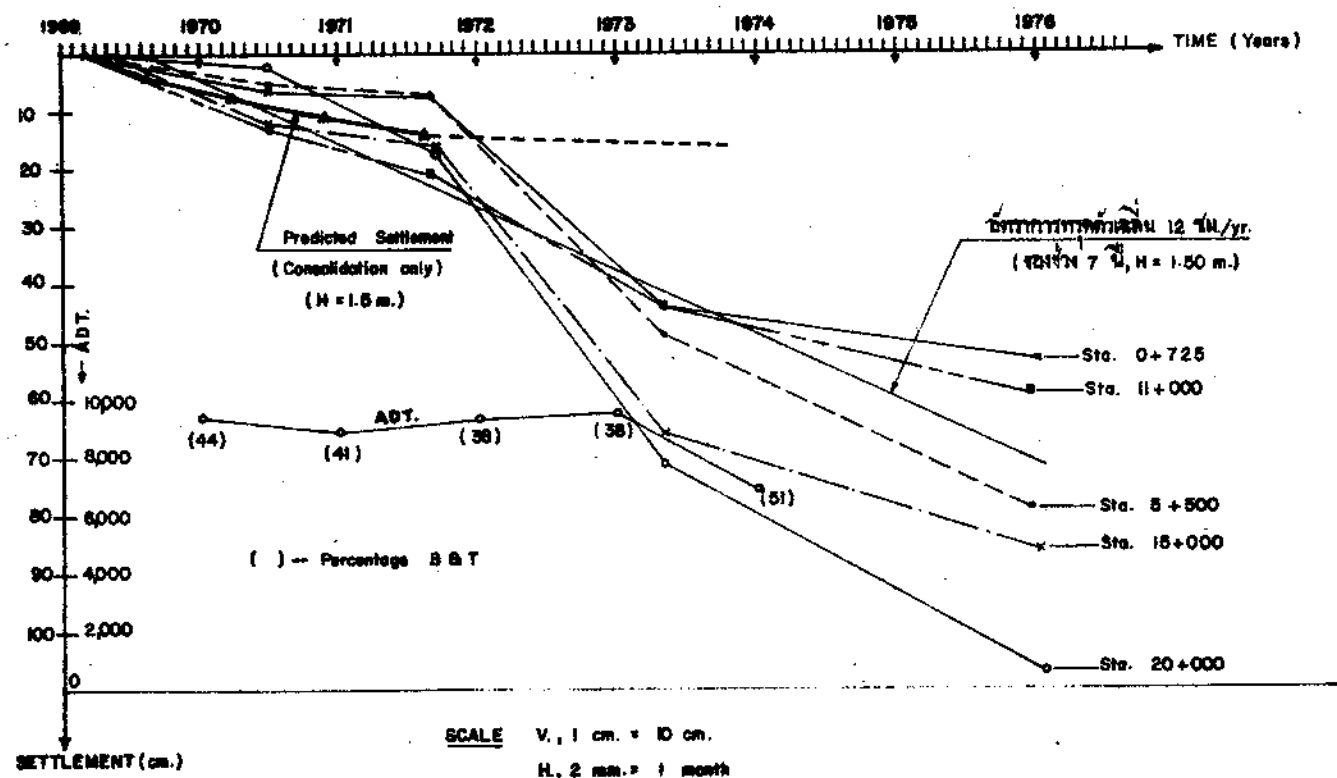


**Note:-**

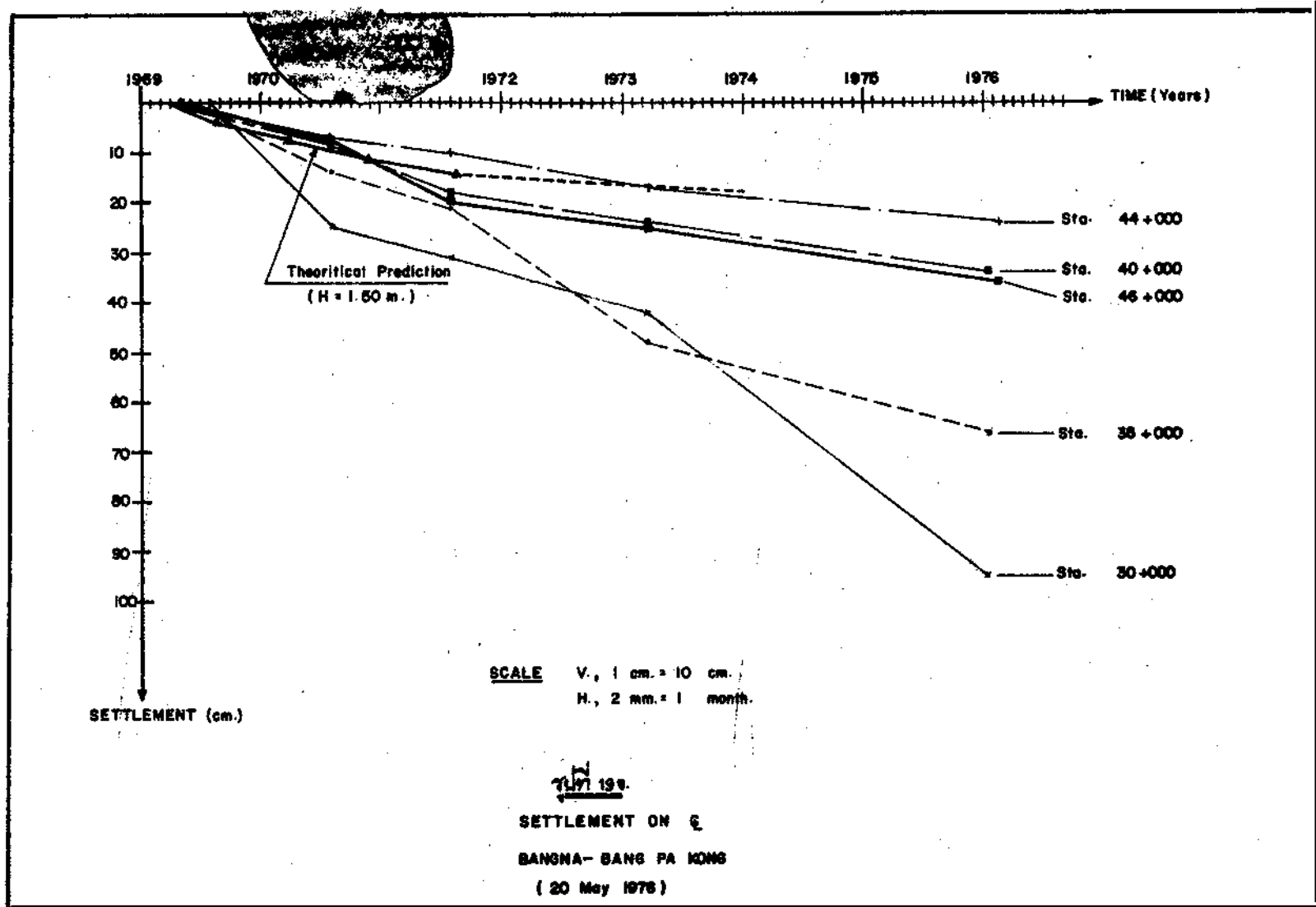
—▲—	Levelling	1969
—○—	" "	1970
—□—	" "	1971
—△—	" "	1973
—●—	" "	1976

MATERIAL AND RESEARCH DIV.  
 HIGHWAY BANGNA - BANG PA KONG  
 SETTLEMENT OBSERVATION

เคมีต่ำกว่าช่วงแรก นอกจากนี้ช่วงหลังยังมี berm embankment อยู่สองข้างทาง เกือบ  
 ตลอดทั้งช่วง การทรุดตัวเนื่องจากน้ำหนักของตัวถนนเองควรจะมากกว่า สาเหตุที่ผลึกการ  
 ทรุดตัวแสดงว่าช่วงแรกมีการทรุดตัวมากกว่า พอจะคาดคะเนได้ว่าเป็นเพราะน้ำหนักจราจร  
 ที่ทำให้เกิดการทรุดตัว การทรุดตัว ส่วนนี้ มีบทบาทสำคัญมากต่อการทรุดตัว  
 ทั้งหมด การจราจรบนถนนในช่วงแรกมีการทอเนื่องของจราจรมากกว่าช่วงหลัง ทั้งการ  
 เคลื่อนตัวก็เป็นอย่างช้ากว่า อีกทั้งในช่วงหลังส่วนใหญ่มี berm embankment ทำให้การ  
 ทรุดตัว เนื่องจากน้ำหนักจราจรต่ำกว่าทั้งนี้ เพราะ berm สามารถป้องกันทรุดตัวเนื่อง  
 จาก shear deformation ได้มาก และเนื่องจากการทรุดตัวจาก shear de-  
 formation มักเกิดจากน้ำหนักจราจรมากกว่าน้ำหนักตัวถนน ถนนช่วงที่มี berm  
 จึงมีการทรุดตัวน้อยกว่า สิ่งที่แสดงให้เห็นว่าการทรุดตัว เนื่องจากน้ำหนักจราจรมีบทบาท  
 มากก็คือ การเปรียบเทียบอัตราการทรุดตัวของผลึกตัวโคกกับผลึกคาคคะเน โดยการคำนวณ  
 ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 19 การคำนวณคาคคะเนเฉพาะการทรุดตัวจากน้ำหนักตัวถนนนั้น เนื่องจาก  
 consolidation เพียงอย่างเดียว เมื่อเทียบกับทรุดตัวที่ได้จากผลึกตัวซึ่งเป็นทรุด  
 ตัวที่เกิดจาก consolidation และ shear deformation ของน้ำหนักตัวถนน  
 และน้ำหนักจราจร ปรากฏว่าในช่วง 2 1/2 ปีแรกหลังจากก่อสร้าง การทรุดตัวของถนนที่  
 ได้จากการวัดได้ก็เท่ากับผลที่คาคคะเนไว้ ทั้ง ๆ ที่ปริมาณการจราจรบนถนนนี้ค่อนข้าง  
 สูง แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรก ๆ นี้กำลังของดิน เติมยังค้ำอยู่ เพราะขณะก่อสร้างได้  
 มีการ preload คือประมาณการทรุดตัวเพราะ shear deformation จึงยังน้อย  
 อยู่ น้ำหนักกระทำจากการจราจรจึงยังไม่เป็นบทบาทอะไรต่อการทรุดตัวทั้งหมดมากนัก แต่เมื่อ  
 หลังจาก 2 1/2 ปีแล้ว พบว่าการทรุดตัวของถนนในช่วงแรกของถนน ( กม. 0+000-20+000 )  
 มีอัตราการทรุดตัวสูงชันอย่างรวดเร็วทั้งที่มีปริมาณการจราจรที่ไม่สูงชันมากนัก สาเหตุที่เป็น  
 เช่นนี้อาจคาดคะเนได้ว่าเป็นเพราะในช่วงระยะ 2 1/2 ปีแรกเป็นช่วงเวลาที่บ้านนัก  
 จราจรไปรบกวนดินเค็มซึ่งเป็น clay ที่มี sensitivity ค่อนข้างสูง จะทำให้สภาพ  
 เปลี่ยนไป โดยเฉพาะกำลังของดิน เติมอาจถูกกระทำให้หลกสจนกระทั่งไม่สามารถรับน้ำหนัก  
 ได้คือ จึงทำให้การทรุดตัวเฉพาะ shear deformation เริ่มมีบทบาทหลังจาก



๓๓ ๑๙๗๖.  
**SETTLEMENT ON ๕.**  
**BANGNA - BANG PA KONG**  
 ( 20 May 1976 )

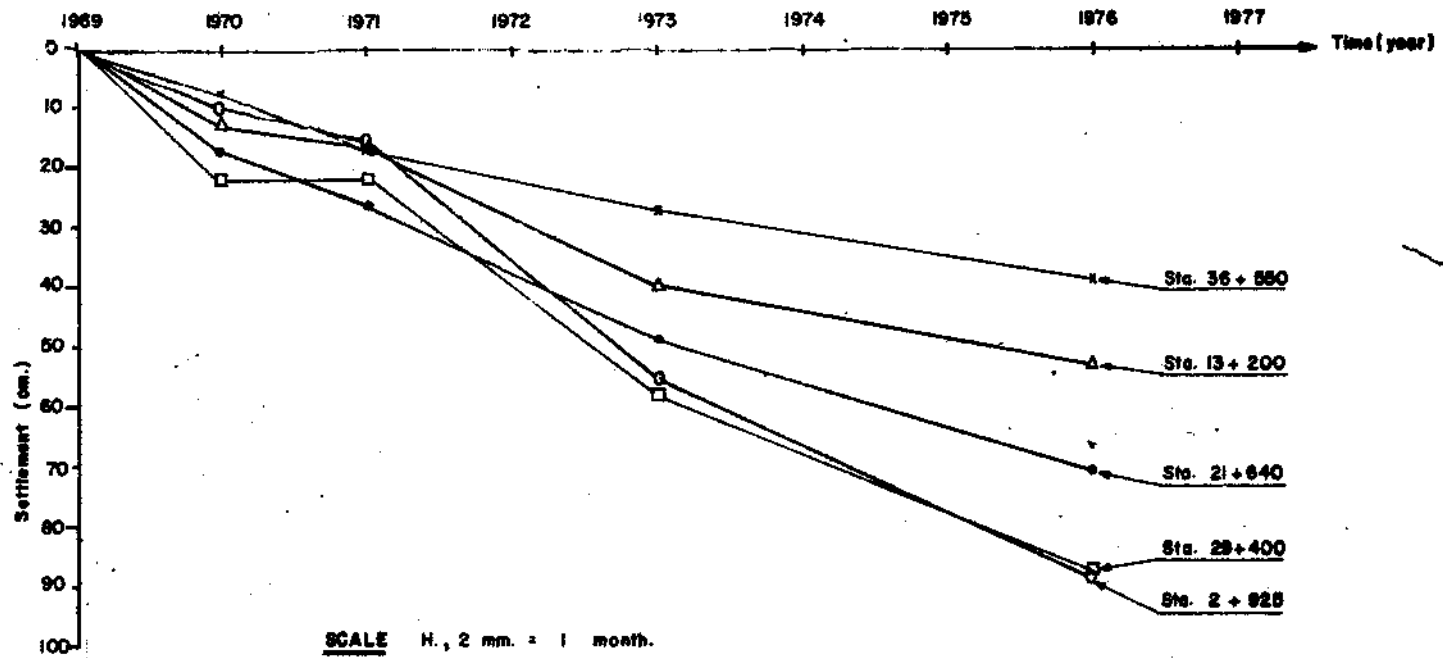


2 1/2 ปี ทำให้เกิดการทรุดตัวของถนนช่วงแรก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นมากกว่าและการเคลื่อนตัวของผิวทางเพราะอยู่ใกล้กรุงเทพฯ ส่วนการทรุดตัวของถนนช่วงหลังซึ่งมีการจราจร น้อยกว่า อัตราการทรุดตัวก็ลดลงแต่ส่วนใหญ่ก็ยังมียัตราสูงกว่าผลที่ได้จากการคำนวณ มีเฉพาะบริเวณ กม. 38 ขึ้นไปที่อัตราการทรุดตัวใกล้เคียงกับที่คาดคะเนโดยการคำนวณมาก ตลอดช่วง 7 ปีที่ทำการเปรียบเทียบแสดงว่าถนนช่วงหลังนี้มีการทรุดตัวจาก shear deformation น้อย ถนนช่วงนี้มี berm embankment อย่างดีและมีปริมาณจราจรน้อยกว่า

จากผลวัดการทรุดตัวของสะพานได้ไว้ในช่วง 7 ปีที่เปิดให้มีการจราจรตลอดสายถนนนี้มีการทรุดตัวมากที่สุดประมาณ 1.00 ซม. และน้อยที่สุดประมาณ 0.25 ซม. อัตราการทรุดตัวมากที่สุดในปี พ.ศ. 2515 ประมาณ 30 ซม.ต่อปี อัตราการทรุดตัวเฉลี่ยประมาณ 10-12 ซม.ต่อปี หรือประมาณ 1 ซม.ต่อเดือน การทรุดตัวในระยะที่กำลังของดินเค็มยังคงยังสามารถคาดคะเนได้จาก consolidation เพียงอย่างเดียว แต่เมื่อกำลังของดินเค็มลดลงเพราะน้ำหนักจราจรบนท้องถนน การทรุดตัวจะมีมากขึ้นไม่สามารถคาดคะเนได้จาก consolidation เพียงอย่างเดียว

#### ข. การทรุดตัวของ Box Culvert

การทรุดตัวของ Box culvert แสดงไว้ในรูปที่ 20 โดยทั่วไปแล้ว การทรุดตัวของ Box ค่อนข้างจะสม่ำเสมอตลอดสายทางและมีแนวโน้มให้เห็นว่าอัตราการทรุดตัวระยะท้าย ๆ ลดลงบ้างแต่ไม่มากนัก อัตราการทรุดตัวโดยเฉลี่ยประมาณ 10 ซม.ต่อปี ซึ่งไม่แตกต่างจากถนนในสภาพที่ดินเค็มไม่ถูกรบกวนมากนัก อย่างไรก็ตามเท่าที่ปรากฏจริง ๆ พบว่าดินถมถนนบริเวณใกล้กับ Box ส่วนใหญ่จะทรุดตัวมากกว่าตัว Box ที่เป็นเช่นนั้นเพราะตรงรอยต่อระหว่าง Box และดินถมมักจะเกิดความไม่ต่อเนื่องของ vertical alignment อันอาจเกิดจากการทรุดตัวแตกต่างกันหรือเหตุใดก็ตามทำให้การจราจรบริเวณนั้นไม่ราบเรียบเกิดการกระโดด เป็นการเพิ่มน้ำหนักกระพริบจากการจราจรไม่ราบเรียบดินเค็มบริเวณนั้นให้กำลังลดลง มีการทรุดตัวของถนนมากกว่าปกติ



**SCALE** H., 2 mm. = 1 month.  
 V., 10 mm. = 10 cm.

TU 20

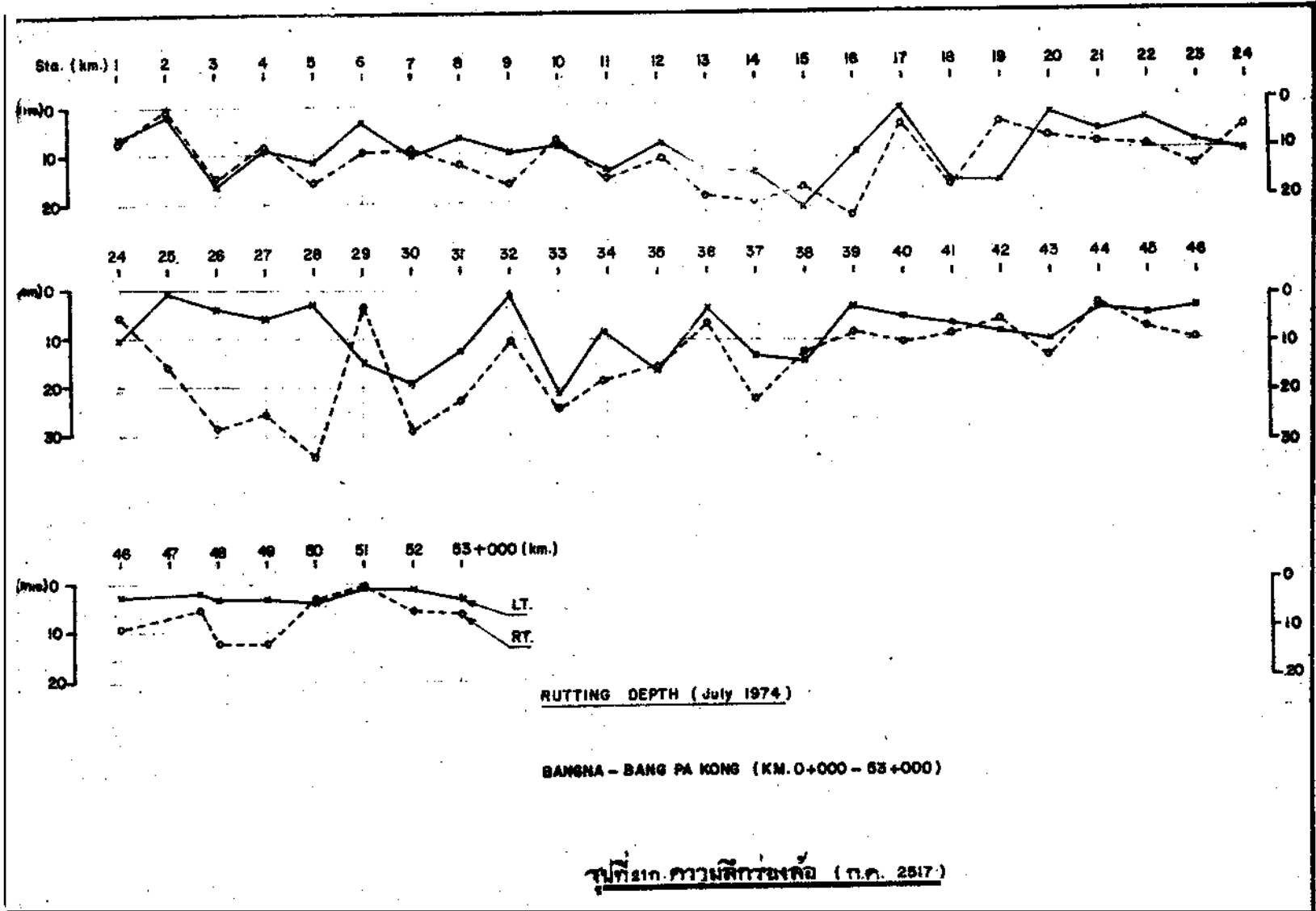
Box Culvert

### ก. ร่องล้อ

ผลวัดความลึกร่องล้อของล้อคันนอก (outer wheel) แสดงไว้ในรูปที่ 21 การวัดผลกระทำเมื่อ ค.ศ. 2521 ซึ่งอาจมีการเสริมผิวแล้วในบางส่วนของถนนแต่ยังไม่มาก ความลึกของร่องล้อทางด้านซ้าย (left lane) และทางด้านขวา (right lane) ไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นบริเวณช่วง กม. 24-29 แต่ด้านขวาทางหรือทางที่รถวิ่งเข้ากรุงเทพฯ มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย แสดงว่าการจราจรบนถนนคันเข้ากรุงเทพฯ มีรถบรรทุกหนักวิ่งเข้ามาสูงกว่าและคงจะมีปริมาณมากกว่าแต่ไม่ต่างกันมากนัก ความลึกร่องล้อที่วัดได้ตลอดสายทางพบว่ามีอยู่สองช่วงที่ลึกกว่าปกติ คือช่วง กม. 13-16 และช่วง กม. 25-35 ซึ่งช่วงนี้ด้านซ้ายทางความลึกร่องล้อน้อยมาก อาจเป็นเพราะบริเวณนี้ได้รับการเสริมผิวใหม่แล้วก็ได้ และในช่วงหลังมีค่าความลึกร่องล้อสูงมากกว่าช่วงแรก เหตุที่บริเวณ กม. 25-35 เกิดร่องล้อลึกมากพอจะพิจารณาได้จากสภาพกำลังของดินเดิมในบริเวณนี้ อันจะเห็นได้ว่า เป็นช่วงที่ดินเดิมมีกำลังอ่อนที่สุด แสดงให้เห็นว่าดินฐานรากมีบทบาทมากต่อการยุบตัว เนื่องจากน้ำหนักจราจร ทั้ง ๆ ที่บริเวณช่วง กม. 25-35 มี berm ด้านข้าง แต่เนื่องจากความสูงของถนนไม่มากนัก (ดูรูปที่ 12) แรงเบี่ยงจากน้ำหนักจราจรจึงมีอิทธิพลต่อดินเดิมได้มาก

### ง. Crown Slope

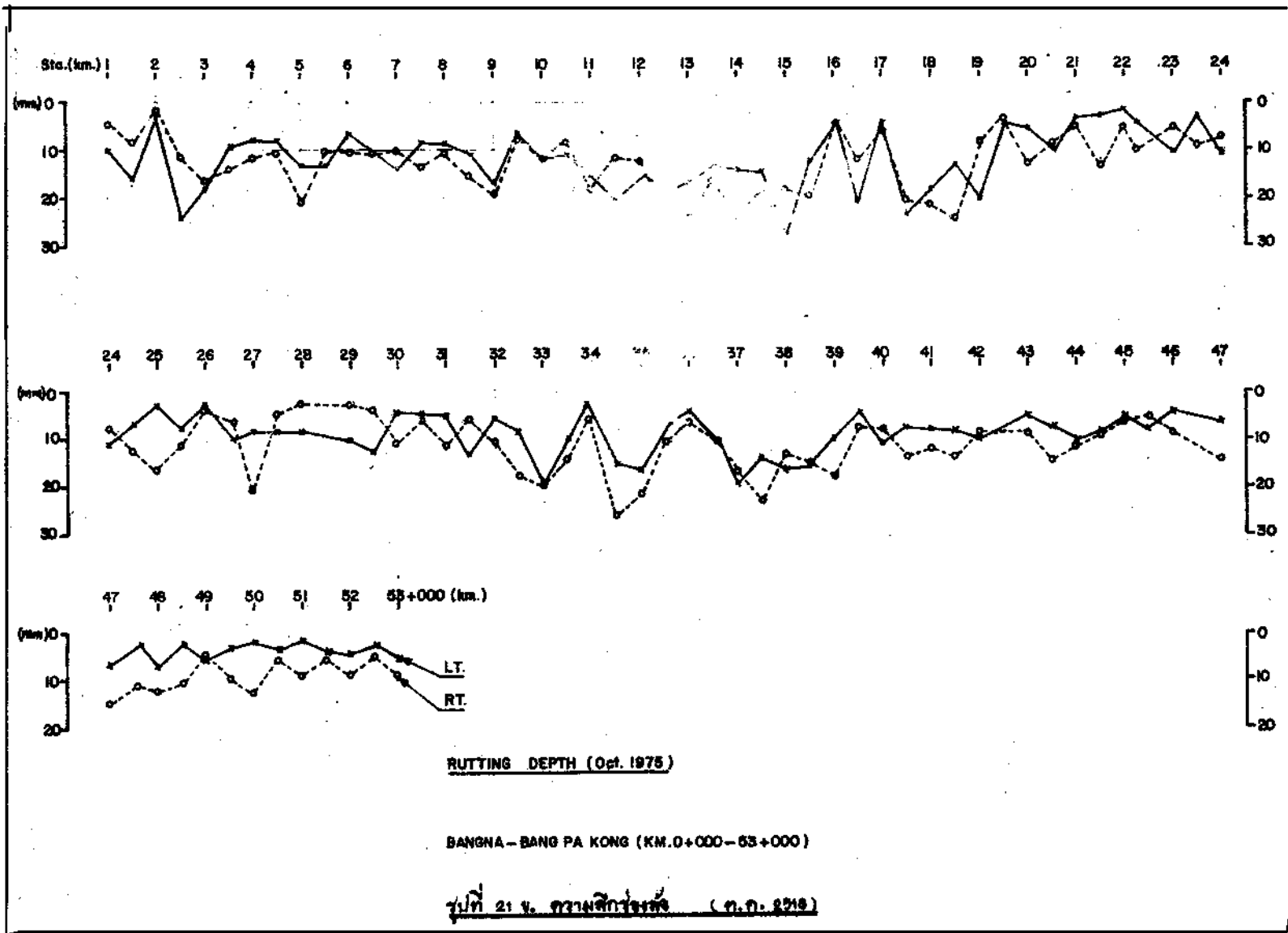
การวัด crown slope ซึ่งกระทำไปพร้อม ๆ กับวัดร่องล้อแสดงผลไว้ในรูปที่ 22 คล้ายคลึงกับผลวัดร่องล้อคือ crown slope ของด้านขวาและซ้ายทางไม่แตกต่างกันมากนัก ตลอดสายทางมีอยู่หลายแห่งและช่วงที่ crown slope ลดค่าลงมากจนเข้าใกล้ศูนย์ (แบนราบ) ใกล้เคียง กม. 11+500-15+500, กม. 19, 20, 21, 24, 32, 33, 35 ช่วง กม. 37-39, 43+500, 45, 46-47 เป็นต้น เป็นที่น่าสังเกตว่า บริเวณที่ไม่มี berm คือจาก กม. 0-20 crown slope ลดลงมากบริเวณที่ความสูงของถนนค่อนข้างมาก ส่วนช่วงที่มี berm คือตั้งแต่ กม. 20 ขึ้นไป บริเวณที่อยู่ในช่วงของดินอ่อนมากกว่ามีการทรุดแอนตัวของ crown slope สูงกว่า แสดงให้เห็นว่าการทรุดแอนตัวของ crown slope ขึ้นอยู่กับความสูงของตัวถนนและกำลังของดินฐานรากค่อนข้างมาก

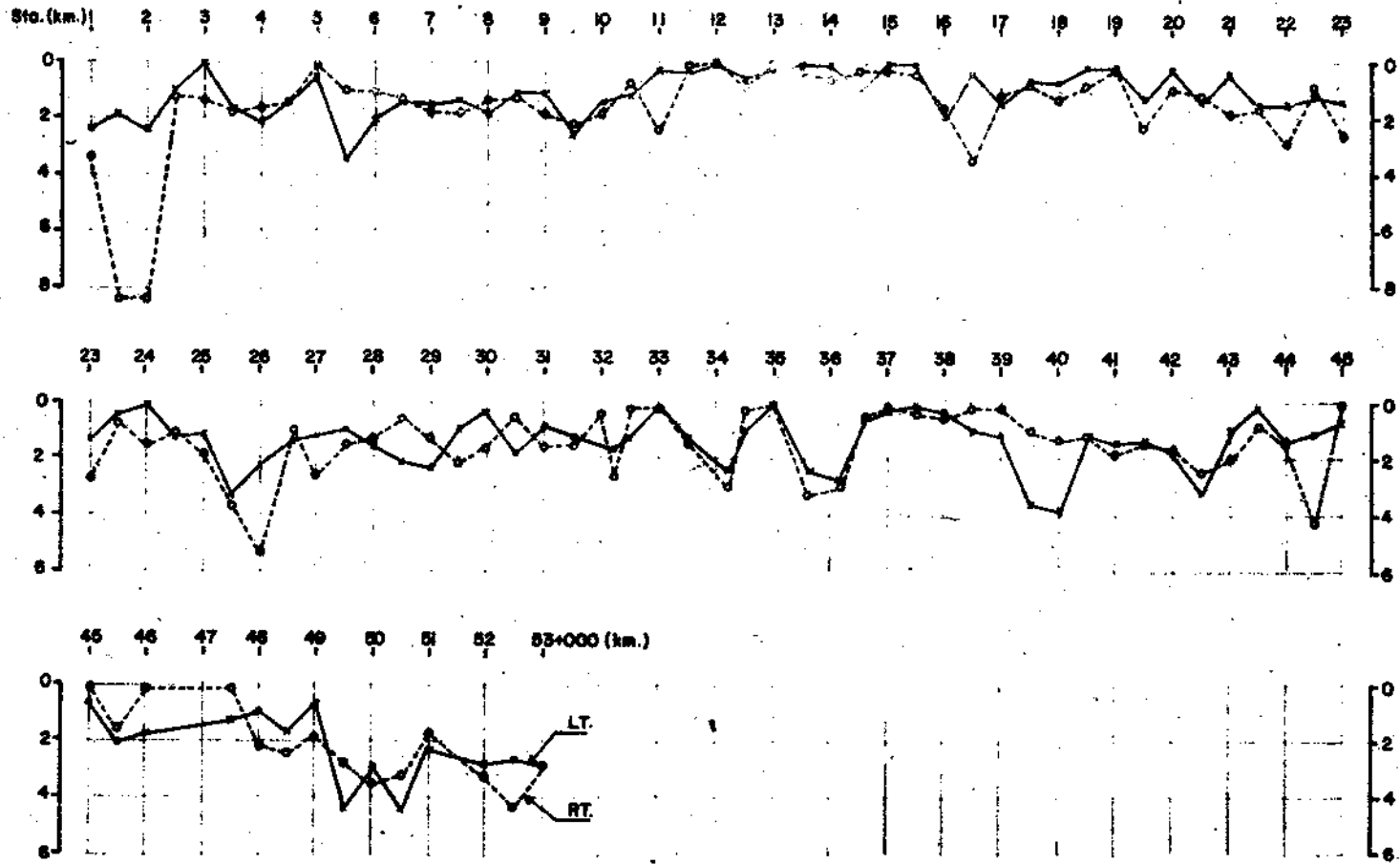


RUTTING DEPTH (July 1974)

BANGNA - BANG PA KONG (KM. 0+000 - 53+000)

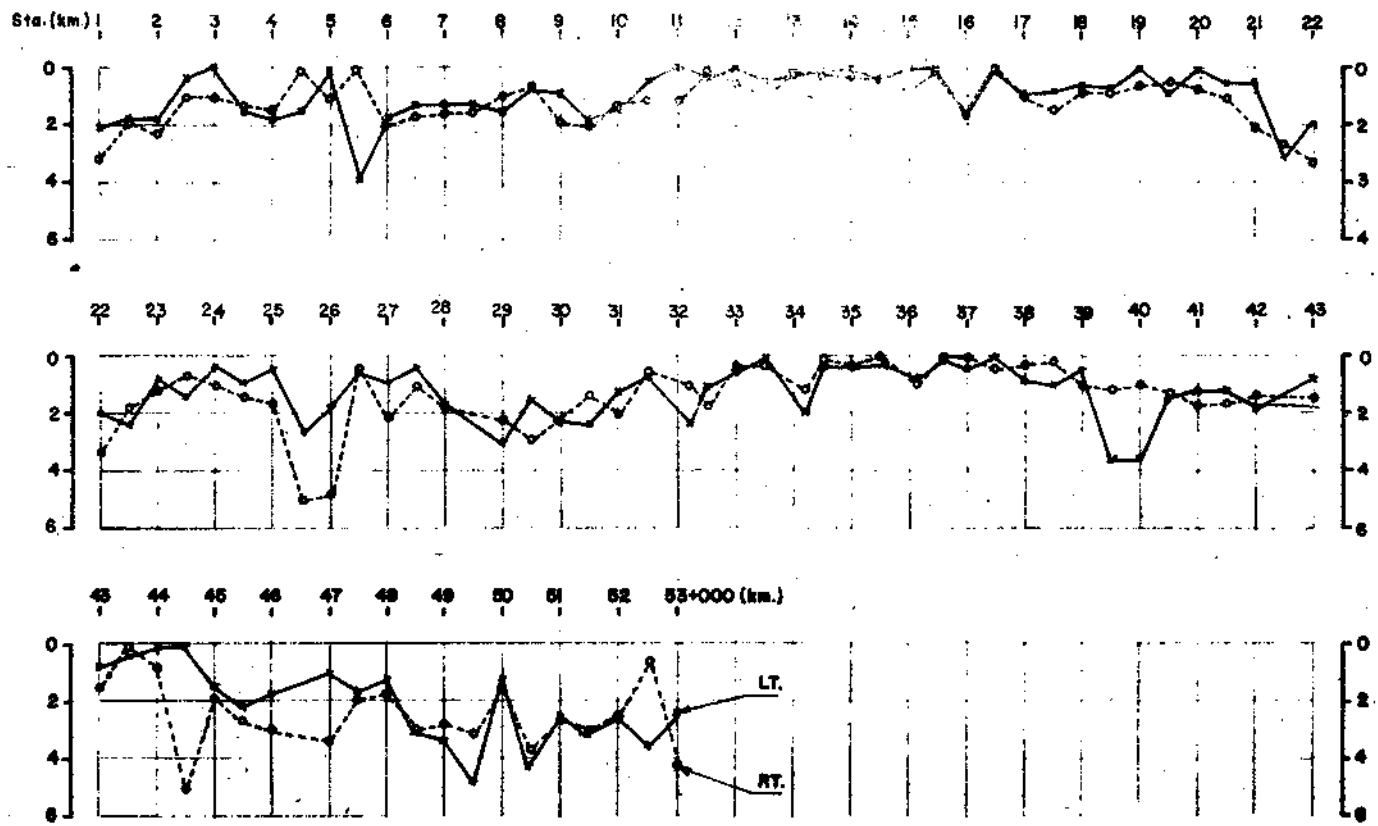
บริษัท วิศวกรรมศาสตร์ (ก.ค. 2517)





BANGNA - BANG PA NONG (KM. 0+000 - 53+000)

1/11 22 ft. CROWN SLOPE (1/11 25/17)



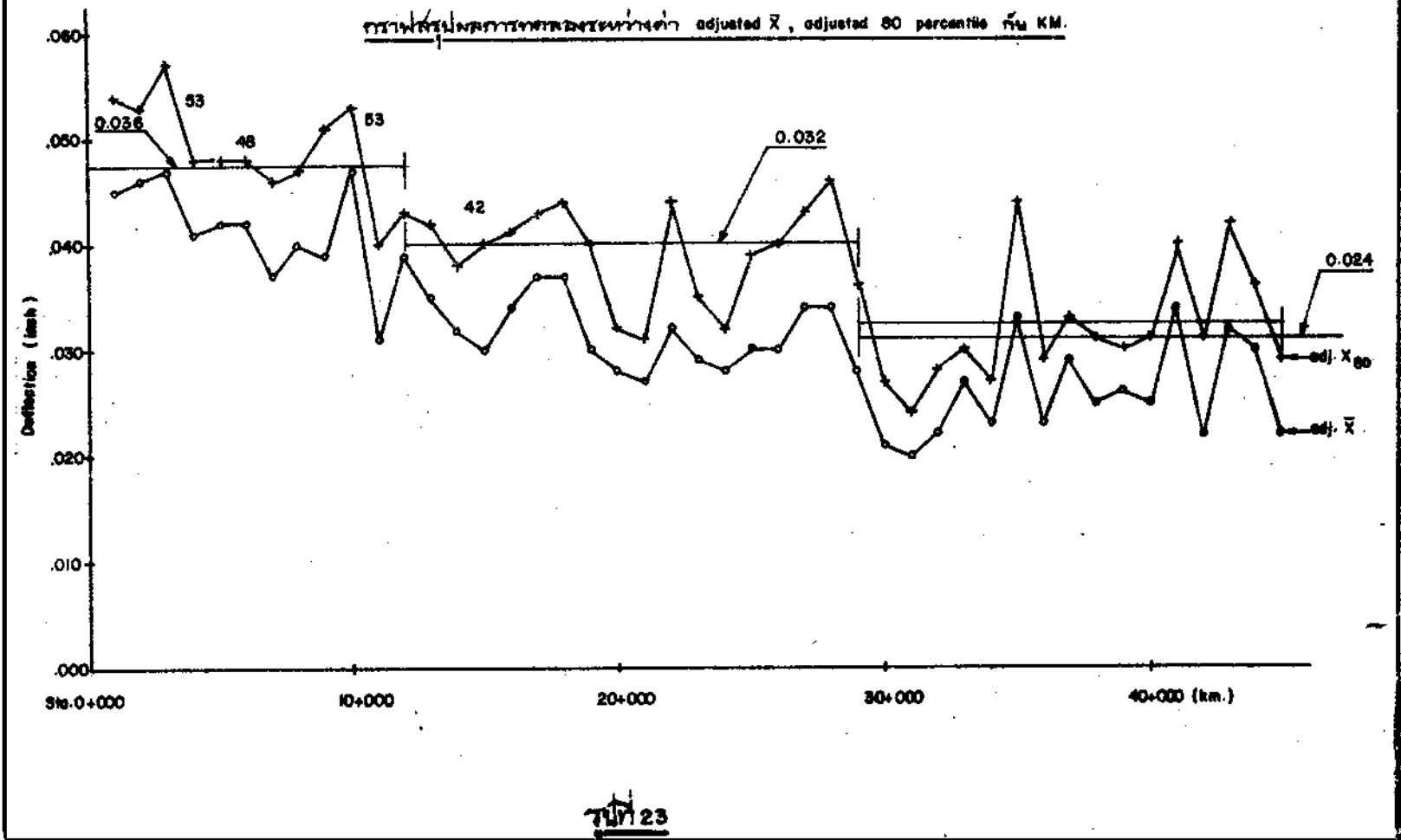
BANGNA - BANG PA KONG (KM. 0+000 - 53+000)

717 229. CROWN SLOPE (P.M. 2016)

DEFLECTION STUDY

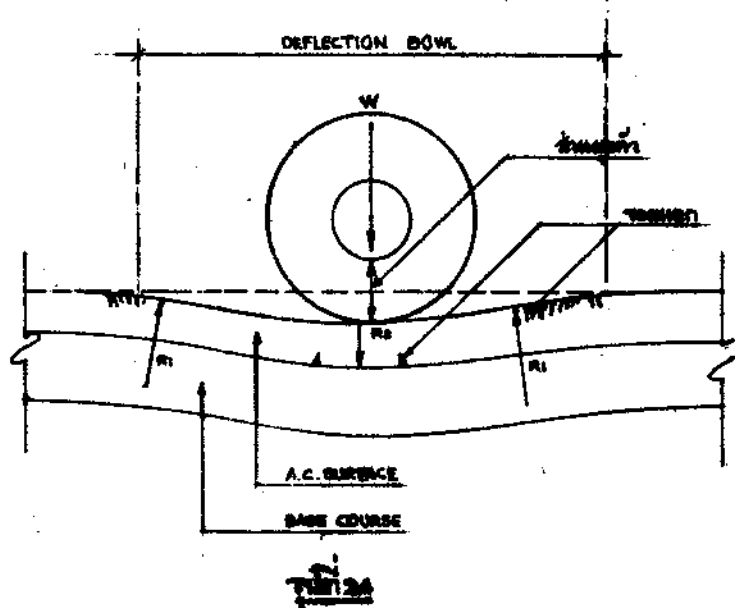
BANGNA - RANG PA KONG KM. 0+000 - 46+000 (W.P. 2518)

adjusted  $\bar{X}$ , adjusted 80 percentile  $\bar{X}_{80}$  KM.



๑. กำลังของถนน(โดย Benkleman's Beam)

จากผลวัดกำลังของถนนโดย Benkleman's Beam เมื่อแสดงผลค่า rebound deflection ไว้ในรูปที่ 23 แสดงให้เห็นว่ากำลังของถนนในช่วงแรกซึ่งไม่มี berm ทำกว่าส่วนอื่นเพราะให้ค่า rebound deflection สูงทั้ง ๆ ที่กำลังของดินถมดีกว่าช่วงกลางของถนนซึ่งมี berm ที่ไม่กว้างนัก ค่า deflection ที่วัดได้ค่าที่สูงอยู่ในช่วงสุดท้ายซึ่งเป็นช่วงที่มี berm กว้าง ผลที่วัดได้แสดงให้เห็นว่า berm embankment นอกจากจะช่วยลดการทรุดตัวเนื่องจาก shear deformation แล้วยังสามารถช่วยเสริมกำลังของโครงสร้างถนนส่วนบนทั้งนี้เพราะ berm สามารถทำให้การเคลื่อนตัวข้างของดินถมตัวถนนลงได้มากเป็นการลด tensile stress ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างถนนส่วนบน (ที่จะโค่นถล่มถึง ร่องน้ำในหัวข้อต่อไป) อันทำให้กำลังของโครงสร้างไม่ลดลง จากผลวัด deflection ที่ได้จะเห็นว่าในช่วงต้นและช่วงกลางของสายถนน(ณ. 0/000-30/000) ค่าที่วัดส่วนใหญ่สูงกว่า 0.030 นิ้ว เป็นค่า deflection ที่สูงพอที่จะทำให้ผิวของถนนบนดินฐานแข็งตัว ๆ ไปได้เกือบหมด เนื่องจากน้ำหนักกระทำจากล้อรถ ดังแสดงในรูปที่ 24

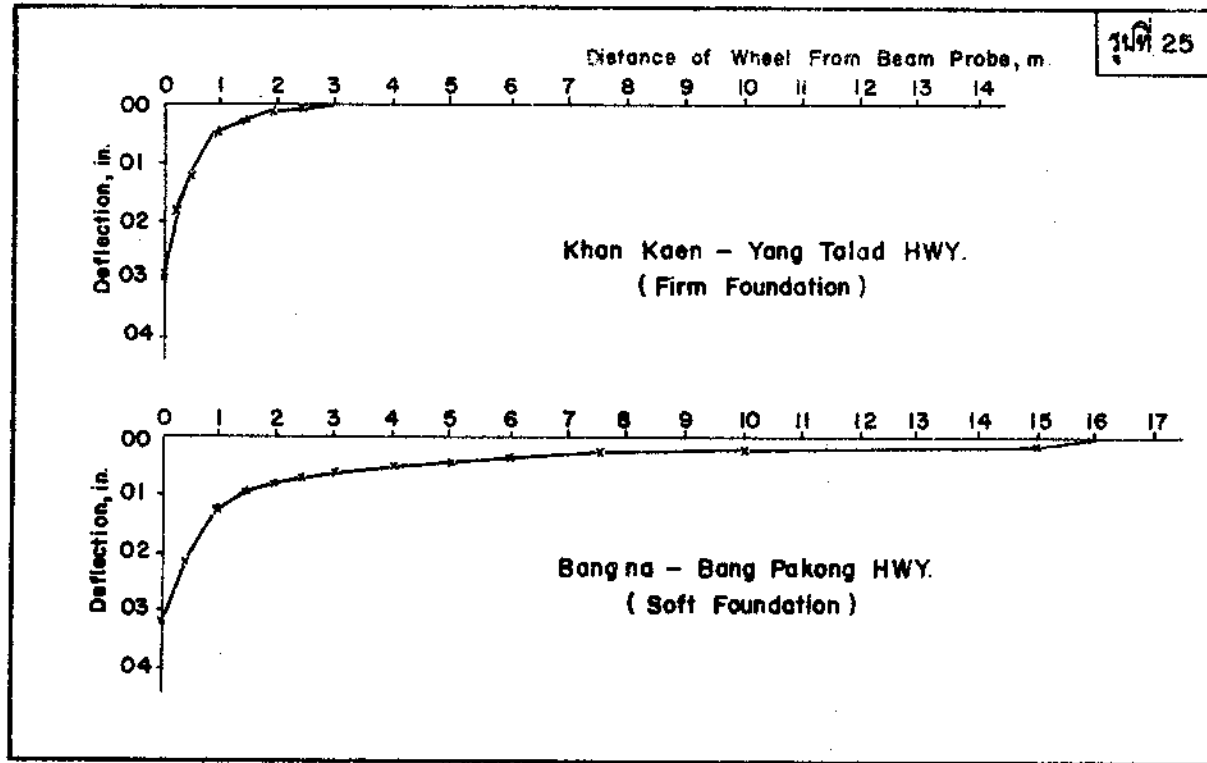


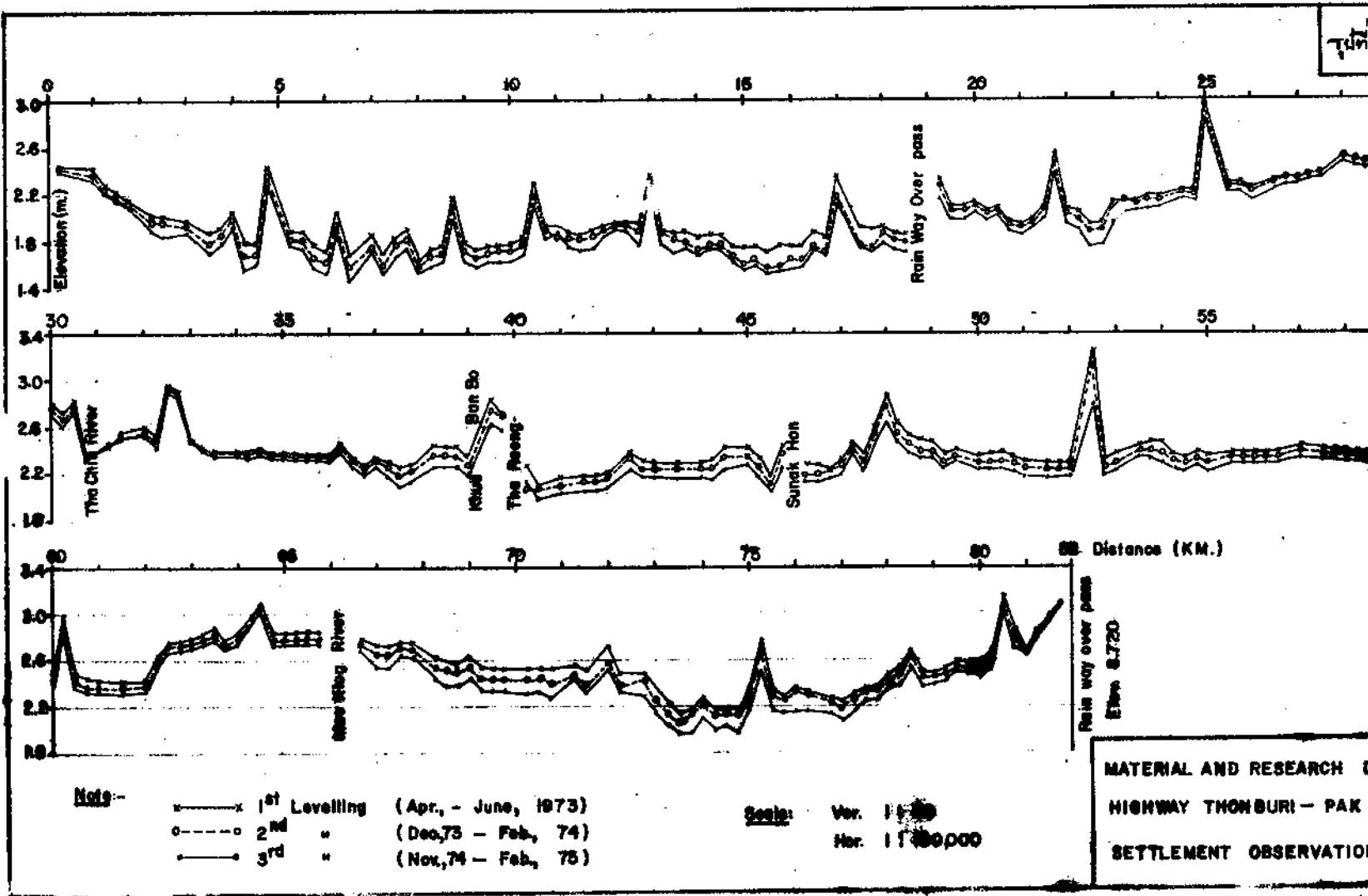
แต่จากรายงานผลที่วัดได้ไม่ปรากฏว่า เกิดรอยแตกในขณะทำการวัด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เพราะโครงสร้างของถนนที่วางอยู่บนฐานรากที่อ่อน เมื่อถูกน้ำหนักบรรทุกมากระทำจะเกิดแอ่งของการยุบตัว (Deflection Bowl) กว้างกว่าโครงสร้างถนนบนคิฐฐานรากที่แข็ง (ดังแสดงยืนยันเปรียบเทียบผลวัดความกว้างของ bowl ไว้ในรูปที่ 25) ทำให้ radius of curvature ( $R_1$  และ  $R_2$  สูงกว่า การแตกตัวที่ผิวถนนจึงยังไม่เกิดทั้ง ๆ ที่ค่า deflection สูงเกินขอบเขตที่ถนนบนฐานแข็งจะเกิดมีรอยแตกแล้ว

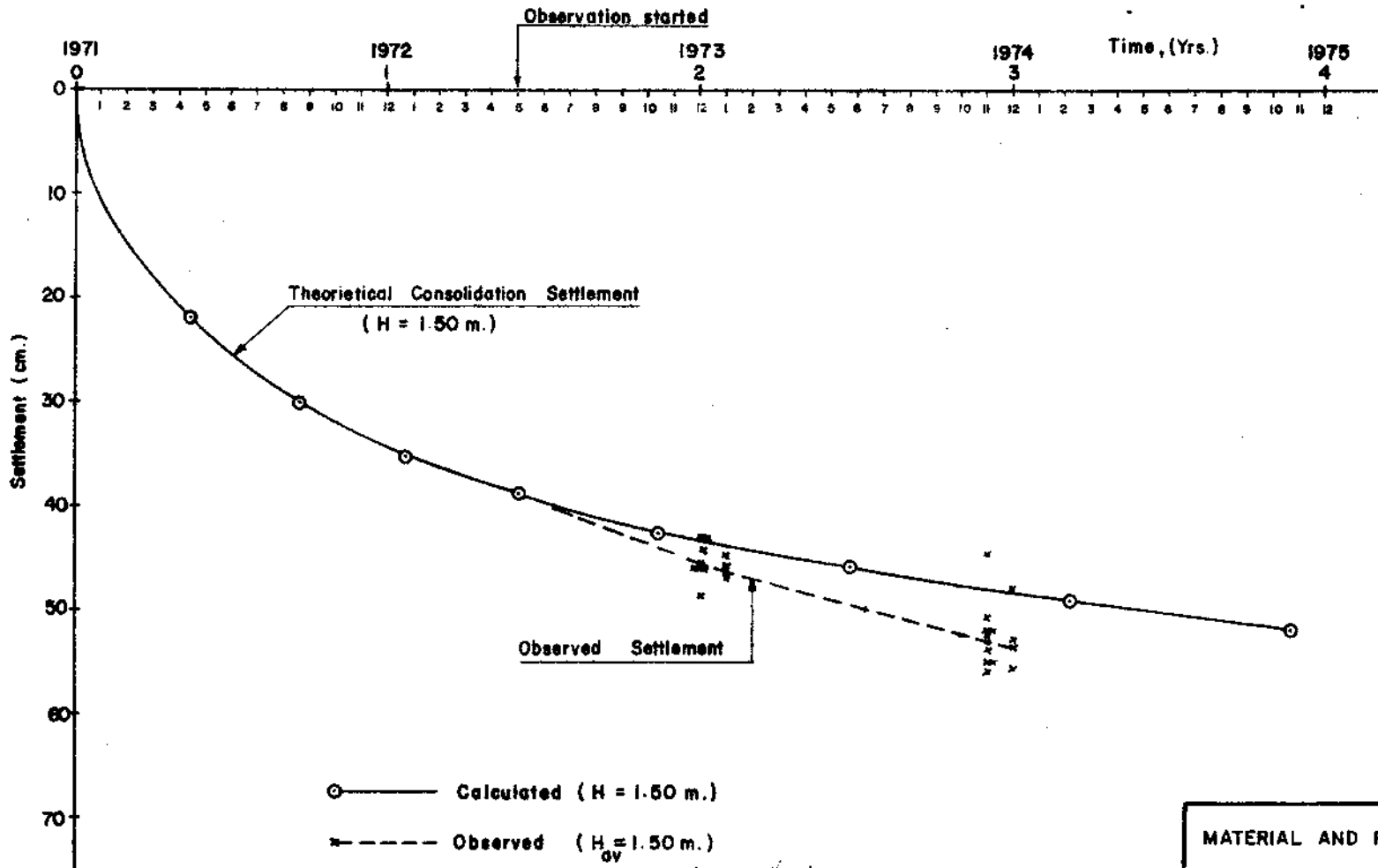
## 1.2 ธนบุรี - ปากท่อ

### ก. การทรุดตัว

สำหรับทางสาย ธนบุรี - ปากท่อ โค้ดทำการวัดระดับตลอดสายทางไป 3 ครั้ง นับตั้งแต่ทางเริ่มเปิดให้มีการจราจร ผลการวัดระดับแสดงไว้ในรูปที่ 26 การทรุดตัวของทางสายนี้ค่อนข้างจะสม่ำเสมอตั้งแต่กันทางไปจนถึงประมาณ กม. 67 ซึ่งจาก กม. นี้ไปจนถึง กม. ประมาณ 77 มีการทรุดตัวมากกว่าช่วงอื่น ได้เปรียบเทียบผลวัดการทรุดตัวกับการคาดคะเนโดยคำนวณจากการทรุดตัวเนื่องจาก consolidation โดยน้ำหนักของดินถมเพียงอย่างเดียว แสดงไว้ในรูปที่ 27 ปรากฏว่าผลจากการวัดแสดงว่ามีอยู่หลายแห่งที่ถนนทรุดมากกว่าที่คาดคะเนไว้มาก โดยเฉพาะแล้วประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจอธิบายได้ เช่นเดียวกับผลที่ได้บนทางสาย บางนา-บางปะกง นั่นคือผลจากการทรุดตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักจราจรบนท้องถนน อันก่อให้เกิด shear deformation และ consolidation เพิ่มขึ้นในดินถมเป็นส่วนใหญ่ consolidation ที่เกิดขึ้นอาจมีทั้ง primary และ secondary consolidation รวมกันอยู่ อัตราการทรุดตัวของถนนสายนี้ที่ความสูงถนนประมาณ 1.50 ม. วัดได้เฉลี่ยประมาณ 11 มม. ต่อปี ซึ่งต่ำกว่าทางสาย บางนา-บางปะกง เล็กน้อยทั้ง ๆ ที่ทางสายนี้ได้รับการออกแบบใหม่มีความมั่นคงของฐานรากน้อยกว่า อาจเป็นเพราะขณะก่อสร้างได้มีการ preload ไว้ดีและมีการจราจรบนท้องถนนน้อยกว่า







○ — Calculated (H = 1.50 m.)  
x - - - Observed (H = 1.50 m.)

Aug, 1970  
Dec., 1972

MATERIAL AND RESEARCH DIV  
HIGHWAY THONBURI - PAK THU  
TIME - SETTLEMENT CURVE

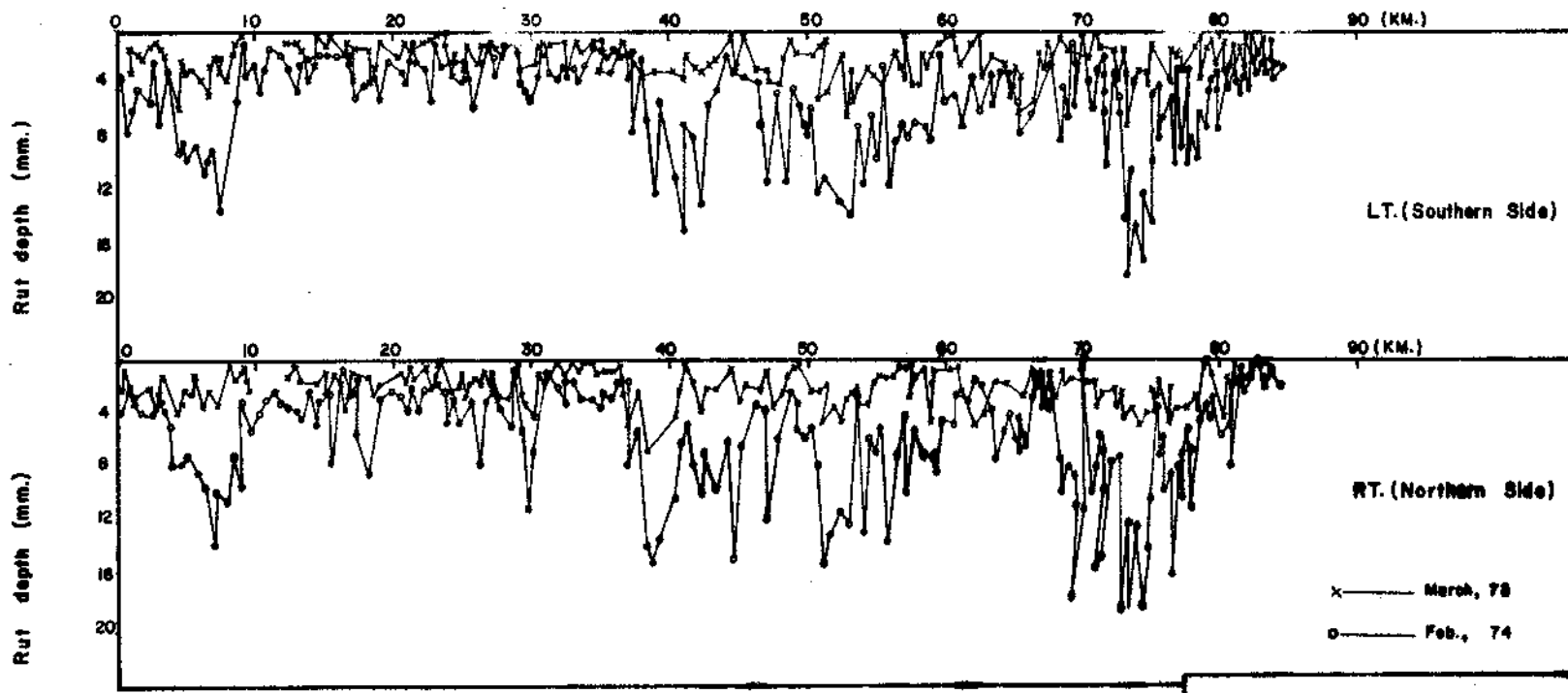
## ข. ร่องล่อ

ผลการวัดความลึกร่องล่อแสดงไว้ในรูปที่ 28 ลักษณะการทรุดตัวของนิวาถนน เนื่องจากการทรุดแสดงไว้ในรูปที่ 29 เห็นว่าลักษณะการทรุดตัว เนื่องจากน้ำหนักล่อรวมมักเป็นแอ่งใหญ่กว้างกว่าร่องล่อที่พบบนถนนที่มีฐานรากแข็ง จากผลวัดความลึกร่องล่อตลอดสายถนนปรากฏว่าระยะ 10 กม. แรกร่องล่อลึกมากทั้งมีอัตราการเพิ่มของร่องล่อสูง ร่องล่อตั้งแต่ กม. 10 ถึง กม. ประมาณ 37 มีไม่มากนัก ความลึกร่องล่อมีมากขึ้นตั้งแต่ กม. 37-60 แล้วลดลงบ้างไปจนถึง กม. 70 จาก กม. 70 ไปจนถึงประมาณ กม. 80 มีร่องล่อลึกที่สุด ส่วนช่วงปลายจาก กม. 80 ไปอยู่บนถนนฐานรากที่แข็งแรงพอประมาณร่องล่อที่วัดได้มีไม่มากนัก เป็นที่น่าสังเกตว่ามีอยู่สองช่วงของถนนในส่วนที่วางอยู่บนดินอ่อน การทรุดตัวเนื่องจากล่อรวมมีไม่มากนัก และอัตราการเพิ่มก็ไม่สูง คือช่วง กม. 10-37 และ กม. 60-70 อาจจะสันนิษฐานได้ว่า เป็นเพราะบริเวณเหล่านั้นมีกำลังของดินเดิมดีกว่า มีความสูงของถนนมาก และโครงสร้างของถนน แข็งแรงกว่า เพราะได้รับการก่อสร้างที่ดีกว่า หรือมีโครงสร้างหนากว่า หรืออาจเป็นเพราะบริเวณเหล่านั้นมีการจราจรบนท้องถนนเบาบางกว่า จากข้อสันนิษฐานดังกล่าวอาจคาดคะเนได้ว่ากำลังของดิน เดิมและโครงสร้างของถนนมีส่วนที่เป็นบทบาทสำคัญ เพราะจากการตรวจสอบกำลังของดิน เดิมบริเวณเหล่านั้นพบว่ากำลังของดิน เดิมในระดับที่ลึกกว่าส่วนอื่นของถนน ส่วนโครงสร้างของถนนนั้น จากผลตรวจสอบของ Benkleman's Beam (ทั้งแสดงไว้ในข้อ ง. ต่อไป) ปรากฏว่าทั้งสองช่วง เป็นบริเวณที่มีกำลังสูงกว่าส่วนอื่น

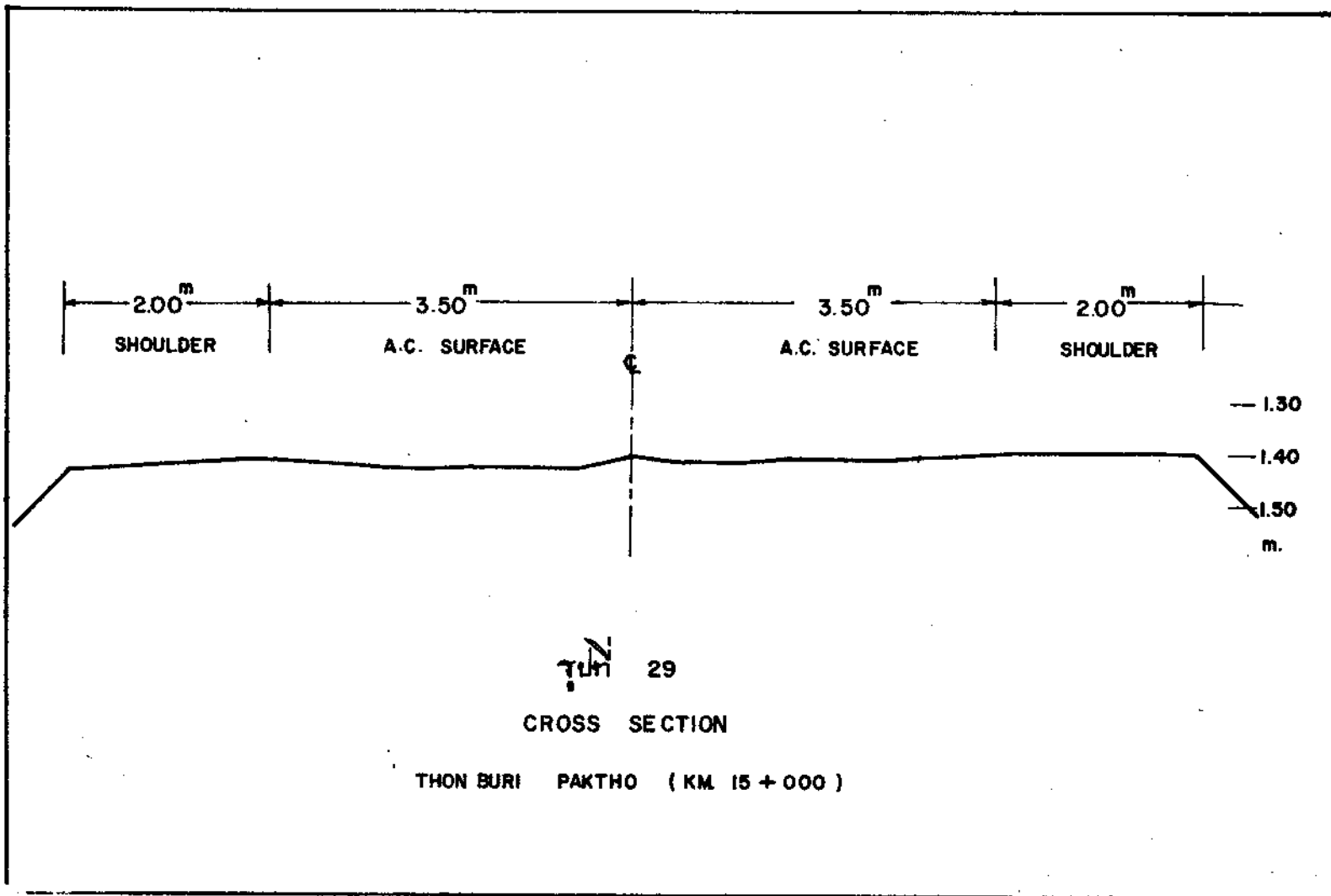
## ค. Crown slope

การวัดผล crown slope แสดงไว้ในรูปที่ 30 ปรากฏว่า crown slope ส่วนใหญ่ตลอดสายทางอยู่ในสภาพที่พอใช้ได้ คือมีค่าประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย มีเฉพาะบางแห่งที่ประมาณ กม. 17, กม. 30, กม. 45 และช่วง กม. 60-72 ที่แสดงการทรุดแอมตัวของ crown slope คาดคะเนว่าบริเวณดังกล่าวมีความสูงของถนนมากกว่าส่วนอื่น จากความสูงของถนนในตารางที่ 1 พบว่าบริเวณดังกล่าวมีความสูงของ

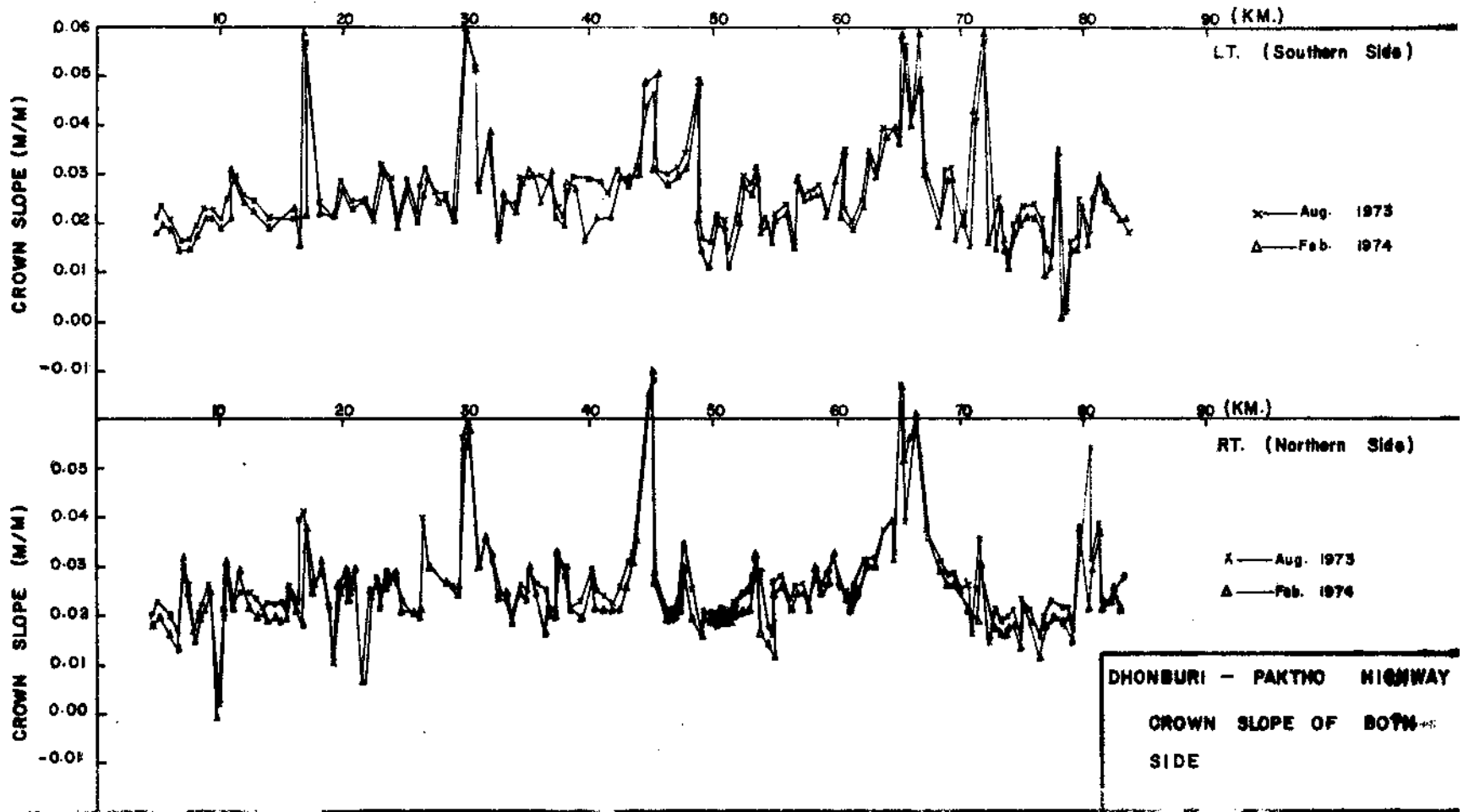
JUL 28



BHONBURI - PAKTHO HIGHWAY  
RUT DEPTH OF BOTH  
SIDE (outer wheel)



30

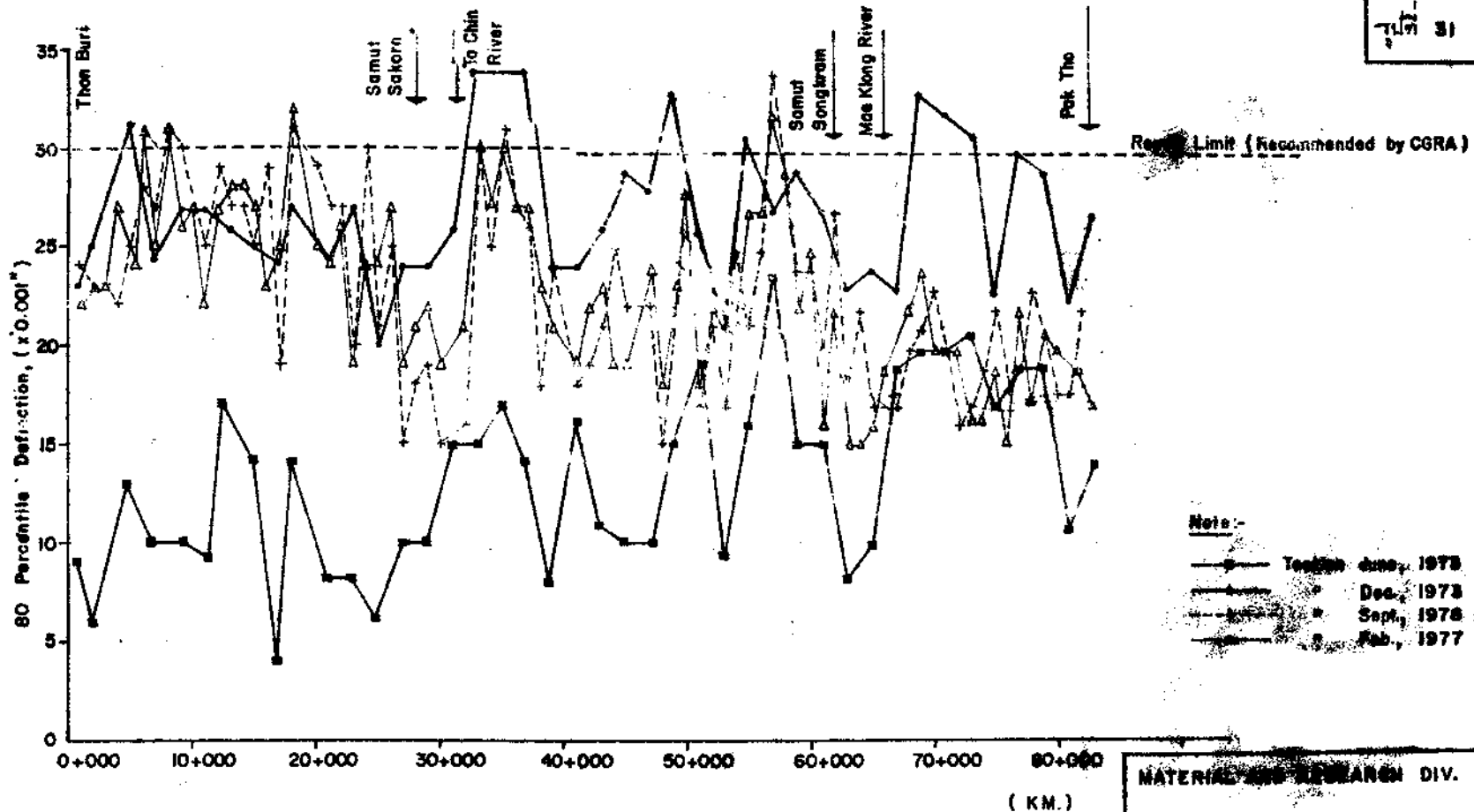


ถนนมากกว่าส่วนอื่นอยู่บ้าง

### 1. ค่าตั้งของถนน

ใช้ทำการวัดค่าตั้งของถนนโดยอาศัย Benkleman's Beam Rebound Deflection เป็นจำนวน 4 ครั้งตลอดสายทาง ตั้งแต่เริ่มเปิดให้มีการจราจรบนท้องถนน จากผลวัดค่าตั้งของสายทาง(รูปที่ 31)ปรากฏว่าค่า Deflection ในครั้งแรกต่ำมาก แสดงว่าโครงสร้างของถนนในระยะแรกนี้ยังแข็งแรงอยู่มาก ทั้ง ๆ ที่ค่าตั้งของคิฐฐานรากหรือคิฐ เติมยังทำอยู่ ถึงแม้จะได้รับการ preload ขณะก่อสร้างก็ตาม เมื่อเปิดให้มีการจราจรบนท้องถนนไปประมาณ 1 ปีแล้ว ทำการวัดค่าตั้งอีกครั้งปรากฏว่าค่า Deflection ตลอดสายทางสูงขึ้นกว่าเดิม และสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะในช่วงปีแรกนี้ เมื่อเปิดให้มีการจราจร โครงสร้างของถนนซึ่งในระยะแรกอยู่ในสภาพที่แข็งแรง ถูกทำลายลงอย่างรวดเร็ว เพราะสภาพของคิฐฐานรากยังไม่แข็งแรงพอ เกิดการไหลตัวของคิฐชั้นสูงในขณะที่รับน้ำหนักจราจรทำให้เกิดแรงดึงตามแนวนอนในตัวโครงสร้างถนน ค่าตั้งถนนจึงลดลงอย่างรวดเร็ว ใช้ทำการวัดค่าตั้งอีก 3-4 ปีต่อมา พบว่าค่า Deflection ตลอดสายทางแสดงว่าค่าตั้งของถนนสูงขึ้นเป็นส่วนใหญ่ยกเว้นช่วง กม.5-25 และที่ กม.55 ซึ่งค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับผลวัดครั้งที่ 2 การที่ค่าตั้งของถนนสูงขึ้นในช่วงหลังนี้พอจะคาดคะเนได้ว่าค่าตั้งของคิฐฐานรากได้เพิ่มสูงขึ้นในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาโดยที่แรงจากน้ำหนักจราจรไม่ได้นำทำลายโครงสร้างของคิฐเติมมากนัก เมื่อค่าตั้งของคิฐเติมสูงขึ้น การไหลตัวของคิฐชั้นสูงก็ลดลงทำให้แรงดึงตามแนวนอนในโครงสร้างถนนไม่เพิ่มขึ้นมากนักในขณะที่มีแรงอัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำหนักจราจรคานบนทำให้โครงสร้างของถนนแข็งแรงขึ้น เป็นที่น่าสังเกตว่าขณะทำการวัดทุกครั้งใช้ทำการตรวจสอบสภาพผิวถนนด้วย ไม่พบว่ามีการแตกบนผิวถนนในขณะที่ทำการวัดแต่อย่างไรตลอดสายทาง ทั้ง ๆ ที่บางแห่งมีค่า Deflection สูงมาก(เหตุนี้อาจอธิบายได้คล้ายคลึงกับที่อธิบายไว้แล้วในสายบางบาง-บางปะกง)

ในการเปรียบเทียบผลวัดค่าตั้งตลอดสายทางปรากฏว่าช่วงที่มีค่า Deflection ต่ำกว่าส่วนอื่น คือช่วง กม.10-30, กม.40-47, กม.52 และ กม.60-67 ซึ่งช่วงดังกล่าว



Note:-  
—●— June, 1978  
-■- Dec, 1978  
-▲- Sept, 1978  
-◆- Feb, 1977

MATERIALS RESEARCH DIV.  
HIGHWAY THON BURI - PAK THO  
BENKELMAN'S BEAM DEFLECTION  
STUDY

อยู่ในช่วงที่ค่าตั้งของคาน คมสูงกว่าส่วนอื่น จึงสันนิษฐานว่าค่าตั้งของคาน คมมีผลต่อค่าตั้งของโครงสร้างถนนไม่มาก

### สรุป

นอกจากการวิเคราะห์และวิจัยในโครงการนี้แสดงให้เห็นถึงสภาวะของถนนบนดินอ่อนภายหลังจากก่อสร้างและเปิดให้มีการจราจรบนท้องถนน ในการวิจัยได้เลือกวัดผลบนทางสายประธาน 2 สายที่มีการจราจรหนาแน่นมาก ทั้งการจราจรส่วนใหญ่เป็นรถบรรทุกหนัก จึงไม่มีข้อเปรียบเทียบเพียงระหว่างถนนทั้งสองสายไ้มากนัก เพราะส่วนใหญ่จะไหลลดยตามกัน อันพอจะสรุปได้ดังนี้คือ

1. ความเสียหายของถนนบนดินอ่อนซึ่งตรวจพบในระยะแรกคือ การทรุดแอ่นตัวของผิวถนน และถ้าการทรุดแอ่นของดินเป็นสาเหตุให้น้ำซึมบนผิวถนนเมื่อฝนตก ทำให้น้ำซึมลงไปในโครงสร้างใต้ อันจะเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายประเภทอื่นต่อไปได้
2. ความเสียหายของถนนบนดินอ่อนซึ่งเกิดขึ้นในระยะแรกมีสาเหตุมาจากความอ่อนแอของคานฐานรากนั่นเอง คือมันจะไม่เกิดขึ้นโดยมีสาเหตุมาจากความอ่อนแอของส่วนอื่นของโครงสร้างถนนก่อน
3. ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมากน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับความสูงของถนน, ความอ่อนแอของคานฐานราก, ปริมาณการจราจร, การเสริมกำลังถนน(เช่นถม berm หรือ preload ฯลฯ)
4. ค่าตั้งของโครงสร้างส่วนบนของถนนบนดินอ่อนจะแข็งแรงที่สุดเมื่อก่อสร้างเสร็จและยังไม่เปิดการจราจร(ทั้งนี้การก่อสร้างจะต้องมีการ preload ควย) เมื่อเปิดการจราจรไปเมื่อค่าตั้งจะ ทรุดลงเพราะน้ำหนักจราจรที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดแรงค้ำไม่ตรงสร้างถนน แต่เมื่อเวลาผ่านไปน้ำหนักจราจรหนักก็ โครงสร้างจะแข็งแรงขึ้นภายหลัง คาดว่าเมื่อโครงสร้างถูกใช้ไปนาน ๆ ค่าตั้งจะตกลงอีกครั้ง(การวัดผลในช่วงหลังนี้ยังไม่ได้กระทำ) อย่างไรก็ตามค่าตั้งของถนนขึ้นอยู่กับการจราจรบนท้องถนนมาก ถ้าการจราจรไม่อยู่ในระยะแรกที่เหมาะสม ค่าตั้งของถนนอาจเปลี่ยนแปลงไปจากที่วัดได้ก็ได้

5. การทรุดตัวของถนนบนดินอ่อน เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักตัวถนนเองส่วนหนึ่งและน้ำหนักกระทำจากการจราจรอีกส่วนหนึ่ง ส่วนหลังนี้มักจะเกิดขึ้นให้เห็นกันชัดภายหลังจากที่มีการจราจรไปตลอดระยะหนึ่ง คือมักจะไม่ได้เกิดให้เห็นมากนักในทันทีทันใด และปริมาณการเกิดยังขึ้นอยู่กับน้ำหนักและปริมาณจราจรบนท้องถนนนั้น กำลังของดินเดิม ความสูงของถนน และการเสริมกำลังของถนนเป็นส่วนใหญ่

Report No. MR 49 Materials & Research Division, Department of Highways  
 Author : Visham Poopath  
 Title : Investigation Performance of Roads on Soft Foundation  
 Abstract : There are many distinct behavior of the roads on the soft foundation apart from those on the firm one. The investigation of the road was done to find its behavior under the traffic loading. The investigation results can lead to an understanding of the proper way for maintenance, improvements, and further design and construction. The results show very high settlement rate of the road embankment, very fast rate of surface rutting and flattening of the crown slope. The pavement strength does depend very much on the strength of the subsoils. It is also found that the deflection bowl under the wheel load is very large and much larger than those of the road on the firm foundation. The large bowl of deflection can reduce cracks in the surface due to the wheel load. Cracks on the road surface is normally caused by the reduction of the pavement strength due to the penetration of the water caught in the rutted area.

DS MR / F 22 / 1980 / T

รายงานฉบับที่ รว. 49 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง  
 ผู้เขียน : ดร. วิษณุ ภูพัฒน์  
 ชื่อเรื่อง : การวิเคราะห์ถนนบนดินอ่อนภายหลังเปิดการจราจร  
 บทคัดย่อ : ถนนบนดินอ่อนมีข้อแตกต่างจากถนนบนดินฐานรากที่แข็งแรงอยู่หลายประการ การวิเคราะห์ได้กระทำขึ้นด้วยต้องการทราบพฤติกรรมของถนนภายใต้แรงกระทำเนื่องจากการจราจรบนถนน ผลจากการวิเคราะห์สามารถนำมาประกอบกรณีพิจารณาซ่อมบำรุงและปรับปรุงถนนใหม่ประสิทธิภาพในการใช้งานตามกำหนดอายุถนน และยังเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบต่อไปด้วย จากการวิเคราะห์ พบว่า (1) ถนนบนดินอ่อนมีการทรุดตัวในอัตราที่สูงมาก ซึ่งเป็นผลกับอายุถนนอย่างมาก (2) ผิวถนนมีการทรุดตัวที่ร่องล้อและแฉกตัวอย่างรวดเร็วจนทำให้ต้องเสียบค่าซ่อมแซมส่วนนี้สูง (3) กำลังของโครงสร้างถนนบนดินอ่อนขึ้นกับกำลังของดินเดิมมาก ฉะนั้นในระยะแรกๆ ที่ดินเดิมยังไม่ถูกอัดตัวมากนัก กำลังของโครงสร้างถนนจึงต่ำ หลังจากใช้งานไประยะหนึ่ง ถ้ากำลังของดินเดิมสูงขึ้น กำลังของโครงสร้างถนนก็จะสูงขึ้นด้วย แต่จากการจราจรบนถนนทำให้กำลังของดินเดิมลดลง กำลังของโครงสร้างถนนก็จะลดลงด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่า การแตกร้าวบนผิวถนนเนื่องจากน้ำที่ซึมลงสู่ชั้นผิวหนังกว้างกว่าบนผิวถนนประเภทฐานแข็งอยู่มาก ซึ่งสามารถช่วยลดรอยแตกบนผิวถนน การแตกบนผิวถนนจึงมักไม่ใช่เกิดจากแรงกระทำจากล้อรถเสียบอย่างเดียว แต่มักเกิดจากน้ำที่ซึมบนผิวถนนบริเวณที่รถแตกร้าว ซึ่งน้ำจะซึมลงไปทำลายโครงสร้างภายในจนดินอ่อนถล่มและแตกกระจายเมื่อถูกแรงกระทำ

ร. ว. / ๑ 22 / 2523 / ๗

คณะกรรมการงานวิจัย

กองวิเคราะห์และวิจัย

\*\*\*\*\*

นายนิพนธ์ วัฒนันทน์	ที่ปรึกษา
นายอารมย์ จุฬารัตน	ประธานกรรมการ
นายเจริญ เข้มพ่วง	กรรมการ
นายชวสิทธิ์ สุชะวรวณ	"
ดร. ชีระชาติ รื่นไกรฤกษ์	"
นายประสิทธิ์ อักษรวงษ์	"
ดร. พรศักดิ์ พุฒพงษ์ศิริพร	"
นายสิริวัฒน์ คูศิริชัย	"
นางรสสุคนธ์ บุญมี	"
ดร. วิเศษ ศตายุ	"
นายศักดิ์กมล บุญยานันท์	"
นายสมาน จันทสาอังก	"
นายสว่าง ศรีวิฑูร	"
นายสุกิจ รุ่งรัตนชนาก	"
นายสุนทร กิ่งวานิชชัย	"
นายสุนทร อภิชาติ	"
นายสันต์ ไชยโชคชัยวง	กรรมการ และ เลขานุการ