การวิเคราะห์การทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวที่บริเวณคอสะพาน

นายนล อนนตะชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3966-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SETTLEMENT ANALYSIS OF TRANSITION STRUCTURE AT BRIDGE APPROACH

Mr. Nol Anantajaya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Civil engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3966-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์การทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวที่บริเวณคอสะพาน
โดย	นายนล อนนตะชัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรวสินสกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวี ธนะเจริญกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรวสินสกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย อุกฤษฎชน)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐี)

นล อนนตะชัย : การวิเคราะห์การทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวที่บริเวณคอสะพาน. (SETTLEMENT ANALYSIS OF TRANSITION STRUCTURE AT BRIDGE APPROACH) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 71 หน้า. ISBN 974-17-3966-4.

ปัญหาการทรุดตัวที่ไม่เท่ากันระหว่างสะพานและคันทางที่ก่อสร้างบนชั้นดินเหนียวอ่อนเป็นปัญหาที่พบมากในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล อันนำมาซึ่งปัญหาในการจราจรในช่วงดังกล่าว โครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัว (Transition Structure) แบบใช้เสาเข็มผ่อนความยาวร่วมกับแผ่นพื้นคอนกรีตจึงถูกนำมาใช้ในการปรับสภาพการทรุดตัวจากสะพานซึ่งเกิดการทรุดตัวน้อยไปสู่คันทางที่วางตัวอยู่บนชั้นดินเหนียวอ่อนซึ่งเกิดการทรุดตัวมากเพื่อให้เกิดความสะดวกและปลอดภัยต่อการจราจรมากที่สุด

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอวิธีการวิเคราะห์การทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวเพื่อใช้ในการออกแบบ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง โดยมีการพิจารณาค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของเสาเข็มในการวิเคราะห์การทรุดตัว โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมจากสะพานของทางหลวงพิเศษกรุงเทพฯ-ชลบุรี (สายใหม่) จำนวน 3 แห่ง

ผลการวิเคราะห์การทรุดตัวเปรียบเทียบกับปริมาณการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงผลปรากฏว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าต่างจากปริมาณการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุดเพียง 9 เซนติเมตร

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546

4470367321 : MAJOR CIVIL EMGINEERING

KEY WORD: TRANSITION / SETTLEMENT / CLAY / APPROACH / PILE

NOL ANANTAJAYA : SETTEMENT ANALYSIS OF TRANSITION STRUCTURE AT BRIDGE APPROACH. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. DR. SUPOT TECHAVORASINSKUN, 71 pp. ISBN 974-17-3966-4.

The occurrence of differential settlement between the bridge structure founded on pile structure and embankment laid on the weak subsoil could be found mostly around Bangkok area and cause the problem of traffic flow and sometime can cause the accident also. Relief pile with concrete slab is the most accepted method nowadays that can control the settlement effectively and make the traffic surface safer to use.

This research has the objective to propose the alternate analysis method for settlement of transition structure. The analysis result would be compared with actual settlement in field. More parameters such as safety factor of pile are added to be considered in the proposed analysis method. The data used in the analysis were collected from 3 bridges of Bangkok - Chonburi Expressway (Motorway).

From the results of analysis, the analysis settlement has mostly agrees with the actual settlement in field, the maximum different is only 9 centimeters.

Department Civil Engineering
Field of study Civil Engineering
Academic year 2003

Student's signature.....
Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เรื่อง " การควบคุมปริมาณการทรุดตัวที่ไม่สม่ำเสมอโดยใช้โครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัว " ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆในการทำการวิจัยด้วยดีมาตลอดมาและขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวี ธนะเจริญกิจ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญชัย อุกฤฎชน และ อาจารย์ ดร. ฐิรวัตร บุญญะฐี ที่ได้ร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณนิติ วิศาลพัฒนสิน นายช่างกองก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวงที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลการทรุดตัวของสะพาน และขอขอบคุณ คุณสถิตพงษ์ อภิเมธีธำรง กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวงที่ได้เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการรวบรวมข้อมูลการเจาะสำรวจดิน

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมปฐพีทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านตลอดมา รวมทั้งเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเตรียมเครื่องมือทดสอบเสาเข็ม

ท้ายสุดนี้ ผู้เขียนขอระลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน และกรุณาอบรมสั่งสอนผู้เขียนจนได้สำเร็จการศึกษา

นล อนนตะชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูป ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 แนวคิดและทฤษฎี 4

2.1.1 การคำนวณตำแหน่ง Neutral Plane 8

2.1.2 น้ำหนักบรรทุก 10

2.1.3 การกระจายหน่วยแรง 10

2.1.4 การวิเคราะห์การทรุดตัว 12

2.1.5 การคาดคะเนอัตราการทรุดตัว 13

2.1.6 การคำนวณกำลังรับน้ำหนักเสาเข็ม 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
ประวัติการศึกษาโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวใน
ประเทศไทย 17
2.2.1 การศึกษาของ Holmberg 17
2.2.2 การศึกษาของ ดร.วิชาญ ภู่พัฒน์ 18
2.2.4 การศึกษาของ ทินกร โรจนธารา 22
2.2.5 การศึกษาของ Kraisorn 23

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 25
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 25
ทางหลวงพิเศษ กรุงเทพฯ-ชลบุรี (สายใหม่) 25
3.1.1 สะพาน กม. 26+900 26
ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติ 26
ลักษณะโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวและคันทาง 26
ข้อมูลการทรุดตัว 26
3.1.2 สะพาน กม. 36+180 29
ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติ 29
ลักษณะโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวและคันทาง 29
ข้อมูลการทรุดตัว 29
3.1.3 สะพาน กม. 38+200 32
ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติ 32
ลักษณะโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวและคันทาง 32
ข้อมูลการทรุดตัว 26
3.2 การทดสอบเสาเข็ม 35
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 38
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล 39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 42
4.1 ผลการวิเคราะห์การทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัว 42
4.1.1 สะพาน กม. 26+900 42
ปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ 42
การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับ
การทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง 42
4.1.2 สะพาน กม. 36+180 46
ปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ 46
การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับ
การทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง 46
4.1.3 สะพาน กม. 38+200 50
ปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ 50
การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับ
การทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง 50
4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการความแม่นยำในการวิเคราะห์การทรุดตัว 54

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 57
5.1 สรุปผลการวิจัย 57
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยต่อไป 58

รายการอ้างอิง 60
ภาคผนวก 61
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.1 การกระจายหน่วยแรง, การถ่ายน้ำหนักและลักษณะการทรุดตัวของเสาเข็ม 5

2.2 รูปตัดด้านข้างของสถานที่ทำการวิจัยและเสาเข็มในงานวิจัยของ Endo 6

2.3 ค่าความเค้นในเสาเข็ม $_cE_{43}$ ที่ทำการตรวจวัดโดย Endo et al. (1969) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 1964 ถึง มีนาคม 1967 7

2.4 การกระจายน้ำหนักภายในเสาเข็มจากการทดลองของ Endo 8

2.5 ไดอะแกรมของแรงที่กระทำต่อเสาเข็ม 9

2.6 การกระจายหน่วยแรงในกรณีเสาเข็มรับน้ำหนักทั้งหมด 11

2.7 การกระจายหน่วยแรงในกรณีเสาเข็มรับแรงร่วมกับแผ่นคอนกรีต 13

2.8 ผลความสัมพันธ์ระหว่าง $\overline{U}_z$ กับ T_v ในกรณีที่ Δu_0 เปลี่ยนแปลงตามความลึก 15

2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานกับกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ 16

2.10 แบบโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวบนทางหลวงสายบางปะอิน-นครสวรรค์ 17

2.11 โครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวแบบเสาเข็มผ่อนความยาว บนทางหลวงบางนา-บางปะกง 19

2.12 โครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวแบบเสาเข็มผ่อนความยาว บนทางหลวงคลองด่าน-บางบ่อ 20

2.13 โครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวโดยใช้วัสดุถมที่มีน้ำหนักเบา บนทางหลวงสายธนบุรี-ปากท่อ 20

2.14 การทรุดตัวของผิวถนนสะพานคลองจระเข้ ทางหลวงสายบางนา-บางปะกง 21

2.15 การทรุดตัวของผิวถนนของสะพานคลองพระยาราชมนตรี บนทางหลวงสายธนบุรี-ปากท่อ 21

2.16 การทรุดตัวของผิวการจราจรของสะพานข้ามแยกสุทธิสาร 22

2.17 แบบโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวสะพานคลองปลัดเปรียง กม.6+402 (ทินกร ,2528) 23

2.18 แบบโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 31 (Kraisorn, 2000) 24

3.1 ลักษณะชั้นดินบริเวณสะพาน กม. 26+900 27

3.2 ลักษณะการทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวสะพาน กม. 26+900 27

3.3 ลักษณะของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 26+900 28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.4 ลักษณะชั้นดินบริเวณสะพาน กม. 36+180 30

3.5 ลักษณะการทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวสะพาน กม. 36+180 30

3.6 ลักษณะของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 36+180..... 31

3.7 ลักษณะชั้นดินบริเวณสะพาน กม. 38+200 33

3.8 ลักษณะการทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวสะพาน กม. 38+200 33

3.9 ลักษณะของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 38+200..... 34

3.10(a) การทดสอบเสาเข็ม..... 35

3.10(b) การทดสอบเสาเข็ม..... 36

3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักทดสอบกับการทรุดตัวของเสาเข็ม..... 37

3.12 สัดส่วนการรับน้ำหนักระหว่างเสาเข็มกับแผ่นคอนกรีตของ Single Pile Raft No.1..... 37

3.13 สัดส่วนการรับน้ำหนักระหว่างเสาเข็มกับแผ่นคอนกรีตของ Single Pile Raft No.2..... 38

3.14 การพิจารณาการเสริมกำลังของดินโดยเสาเข็ม (Reinforced Effect) 40

4.1 สภาพการทรุดตัวของผิวทางที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 26+900 45

4.2 ระดับของ Neutral Plane และอัตราส่วนความปลอดภัยของเสาเข็มของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวสะพาน กม. 26+900 45

4.3 ปริมาณการทรุดตัวในสนามที่เวลาต่างๆเปรียบเทียบกับปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์สะพาน กม. 26+900..... 46

4.4 สภาพการทรุดตัวของผิวทางที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 36+180 49

4.5 ระดับของ Neutral Plane และอัตราส่วนความปลอดภัยของเสาเข็มของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม.36+180 49

4.6 ปริมาณการทรุดตัวในสนามที่เวลาต่างๆเปรียบเทียบกับปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 36+180..... 50

4.7 สภาพการทรุดตัวของผิวทางที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 38+200 53

4.8 ระดับของ Neutral Plane และอัตราส่วนความปลอดภัยของเสาเข็มของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 38+200 53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.9 ปริมาณการทรุดตัวในสนามที่เวลาต่างๆเปรียบเทียบกับปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 38+200 54

4.10 การเปรียบเทียบลักษณะการทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวที่ได้จากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง 56

5.1 ลักษณะการทรุดตัวที่มีประสิทธิภาพของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัว 58

5.2 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวด้วยวิธีการที่นำเสนอ 59

ผ1 แรงที่กระทำต่อเสาเข็ม 62

ผ2 การทดสอบเสาเข็มรับน้ำหนักร่วมกับแผ่นคอนกรีต 64

ผ3 รถบรรทุกท่อนคอนกรีตใช้เป็นน้ำหนักบรรทุกบนเสาเข็ม 64

ผ4 มาตรวัดแรงดันดิน (Pressure Meter) 65

ผ5 ลักษณะการติดตั้งแม่แรงกดเสาเข็ม 65

ผ6 แผนที่ทางหลวงพิเศษกรุงเทพฯ-ชลบุรี (สายใหม่) 66

ผ7 แผนที่ทางหลวงสายบางนา-บางปะกง 67

ผ8 กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำตามแนวทางหลวงสายบางนา-บางปะกง 68

ผ9 ค่าดัชนีความเหลวตามแนวทางหลวงสายบางนา-บางปะกง 68

ผ10 ค่าดัชนีพลาสติกตามแนวทางหลวงสายบางนา-บางปะกง 69

ผ11 ค่าดัชนีการอัดตัวตามแนวทางหลวงสายบางนา-บางปะกง 69

ผ12 ปริมาณความชื้นในดินตามแนวทางหลวงสายบางนา-บางปะกง 70

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 3.1 สัดส่วน C_v ในสนามและในห้องปฏิบัติการ....41

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 26+900....43

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง ในสนามของสะพานกม. 26+900....44

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 36+180....47

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง ในสนามของสะพานกม. 36+180....48

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 38+200....51

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง ในสนามของสะพานกม. 38+200....52