

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์การทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัว

จากการวิเคราะห์การทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวจากข้อมูลของสะพาน 3 แห่งบนทางหลวงพิเศษกรุงเทพฯ-ชลบุรี (สายใหม่) ด้วยวิธีการที่นำเสนอ ได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

##### 4.1.1 สะพาน กม. 26+900 ทางหลวงพิเศษกรุงเทพฯ-ชลบุรี (สายใหม่)

#### ปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์การทรุดตัวเมื่อการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำหลักสิ้นสุดลง โดยผลการวิเคราะห์การทรุดตัวที่เวลา 31 เดือน ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.1 โดยจากการคำนวณอัตราเร็วในการทรุดตัวแบบย้อนกลับจากข้อมูลการทรุดตัวได้ค่า  $C_v$  ในสนามเท่ากับ 18  $\text{ม}^2/\text{ปี}$

#### การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง

จากการวิเคราะห์การทรุดตัวที่เกิดขึ้นที่เวลา 31 เดือนหลังจากการก่อสร้างเสร็จสิ้น เปรียบเทียบกับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงที่เวลาดังกล่าว ผลปรากฏว่าเกิดผลการวิเคราะห์ให้ค่าที่คลาดเคลื่อนจากค่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงในช่วงระหว่าง -7 ถึง 9 เซนติเมตร โดยเครื่องหมายลบ/บวกแสดงถึงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าน้อยกว่า/มากกว่าค่าที่เกิดขึ้นจริงตามลำดับดังแสดงในตาราง 4.2

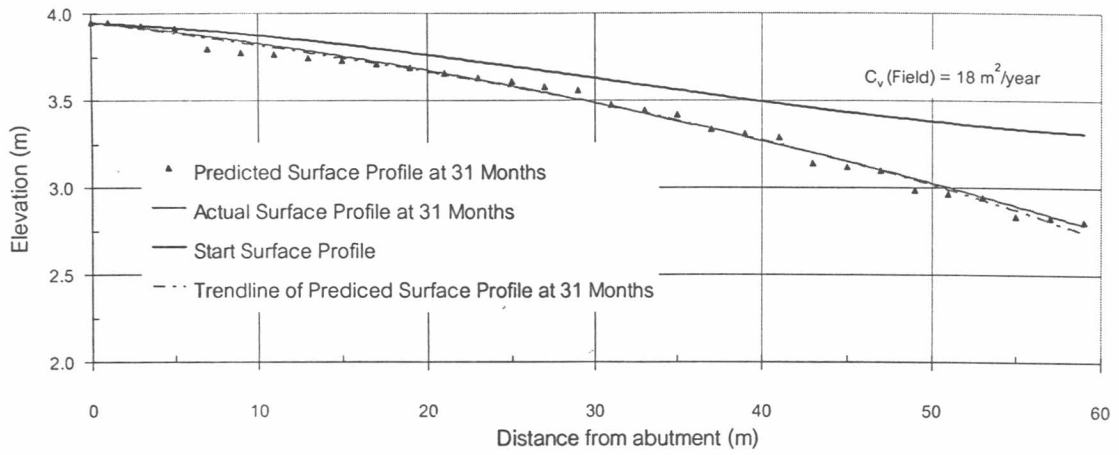
โดยช่วงระยะห่างจากสะพาน 7, 29 และ 49 เมตร เป็นช่วงที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์มากที่สุด โดยค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าต่างจากค่าที่เกิดขึ้นจริง 9, -7 และ 9 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทั้งสามแห่งเป็นจุดที่มีการเปลี่ยนความยาวเสาเข็ม

ระยะห่างจาก Abutment (ม.)	ความยาว เสาเข็ม	ปริมาณการทรุดตัวแบบอัด ตัวคาน้ำทั้งหมด (ซม.)	ปริมาณการทรุดตัวแบบอัดตัว คาน้ำที่เวลา 31 เดือน (ซม.)
1	25.00	0	0
3	25.00	0	0
5	25.00	0	0
7	23.00	10	10
9	23.00	10	10
11	23.00	10	10
13	23.00	10	10
15	23.00	9	9
17	23.00	9	9
19	23.00	9	9
21	23.00	9	9
23	23.00	9	9
25	23.00	9	9
27	23.00	9	9
29	23.00	9	9
31	22.00	15	15
33	22.00	15	14
35	22.00	15	14
37	21.00	20	19
39	21.00	20	19
41	21.00	20	19
43	19.00	36	31
45	19.00	36	31
47	19.00	36	31
49	18.00	51	41
51	18.00	51	41
53	18.00	50	41
55	17.00	68	51
57	17.00	68	51
59	17.00	68	51

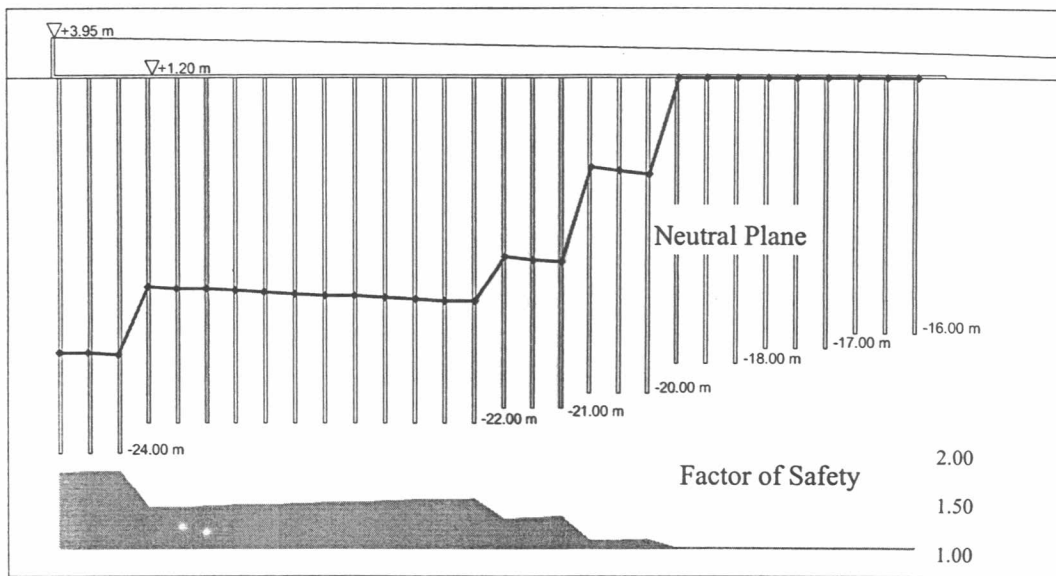
ตาราง 4.1 ปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 26+900

ระยะห่างจาก Abutment (ม.)	ปริมาณการทรุดตัว ในสนาม(ซม.)	ปริมาณการทรุดตัวจากการ วิเคราะห์ที่เวลา 31 เดือน (ซม.)	ความคลาด เคลื่อน (ซม.)
1	0	0	0
3	1	0	-1
5	1	0	-1
7	1	10	9
9	2	10	8
11	3	10	7
13	4	10	6
15	6	9	4
17	7	9	2
19	9	9	1
21	10	9	0
23	12	9	-2
25	13	9	-4
27	15	9	-6
29	16	9	-7
31	17	15	-2
33	18	14	-4
35	19	14	-4
37	19	19	0
39	21	19	-2
41	22	19	-3
43	25	31	6
45	27	31	4
47	29	31	2
49	32	41	9
51	35	41	6
53	39	41	2
55	44	51	7
57	49	51	2
59	56	51	-5

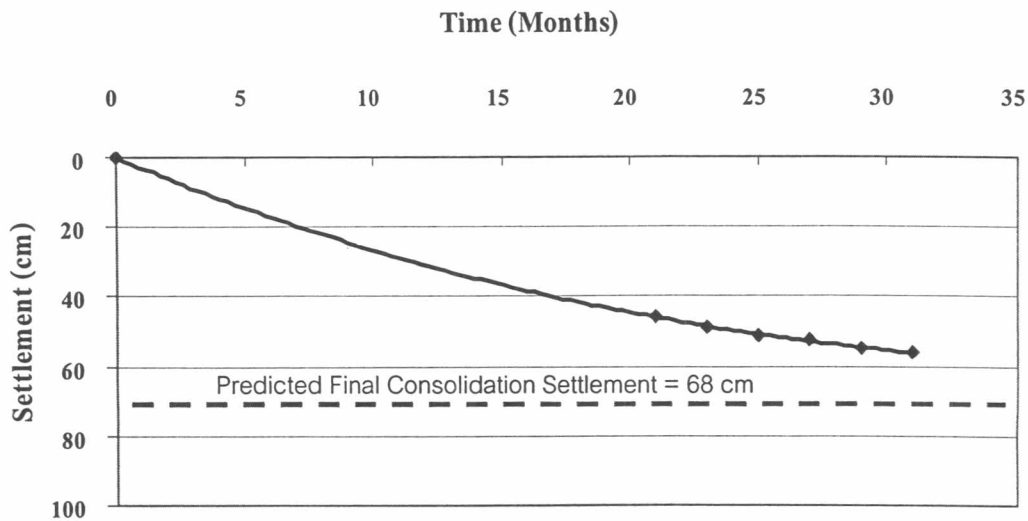
ตาราง 4.2 การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงใน  
สนามของสะพานกม. 26+900



รูป 4.1 สภาพการทรุดตัวของผิวทางที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 26+900



รูป 4.2 ระดับของ Neutral Plane และอัตราส่วนความปลอดภัยของเสาเข็มของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 26+900



รูป 4.3 ปริมาณการทรุดตัวในสนามที่เวลาต่างๆเปรียบเทียบกับปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 26+900 (คำนวณที่ระยะห่าง 59 เมตรจากคอสสะพาน)

#### 4.1.2 สะพาน กม. 36+180 ทางหลวงพิเศษกรุงเทพฯ-ชลบุรี (สายใหม่)

##### ปริมาณการทรุดตัว

ผลการวิเคราะห์การทรุดตัวเมื่อการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำหลักสิ้นสุดลง โดยผลการวิเคราะห์การทรุดตัวที่เวลา 33 เดือน ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.3 โดยจากการคำนวณอัตราเร็วในการทรุดตัวแบบย้อนกลับจากข้อมูลการทรุดตัวได้ค่า  $C_v$  ในสนามเท่ากับ  $25 \text{ ม}^2/\text{ปี}$

##### การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง

จากการวิเคราะห์การทรุดตัวที่เกิดขึ้นที่เวลา 33 เดือนหลังจากการก่อสร้างเสร็จสิ้น เปรียบเทียบกับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงที่เวลาดังกล่าว ผลปรากฏว่าเกิดผลการวิเคราะห์ให้ค่าที่คลาดเคลื่อนจากค่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงในช่วงระหว่าง -6 ถึง 8 เซนติเมตร ดังแสดงในตาราง 4.4

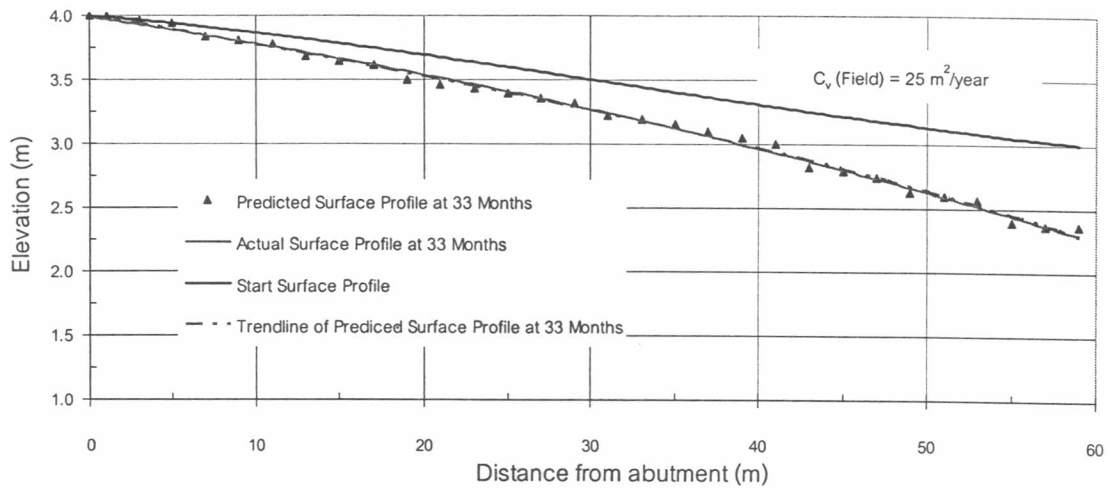
โดยช่วงระยะห่างจากสะพาน 19, 43 และ 55 เมตร เป็นช่วงที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์มากที่สุด โดยค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าต่างจากค่าที่เกิดขึ้นจริง -6, 8 และ 7 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทั้งสามแห่งเป็นจุดที่มีการเปลี่ยนความยาวเสาเข็ม

ระยะห่างจาก Abutment (ม.)	ความยาว เสาเข็ม	ปริมาณการทรุดตัว แบบ อัดตัวคายน้ำทั้งหมด(ซม.)	ปริมาณการทรุดตัวแบบอัดตัว คายน้ำที่เวลา 33 เดือน (ซม.)
1	25.00	0	0
3	25.00	0	0
5	25.00	0	0
7	23.00	8	8
9	23.00	8	7
11	23.00	8	7
13	21.00	15	14
15	21.00	15	14
17	21.00	15	14
19	19.00	26	21
21	19.00	26	21
23	19.00	26	21
25	19.00	25	20
27	19.00	25	20
29	19.00	25	20
31	17.00	36	25
33	17.00	36	25
35	17.00	36	25
37	16.00	42	28
39	16.00	42	28
41	16.00	42	28
43	14.00	70	44
45	14.00	70	44
47	14.00	70	44
49	13.00	83	52
51	13.00	83	52
53	13.00	83	52
55	11.00	105	65
57	11.00	105	65
59	11.00	105	65

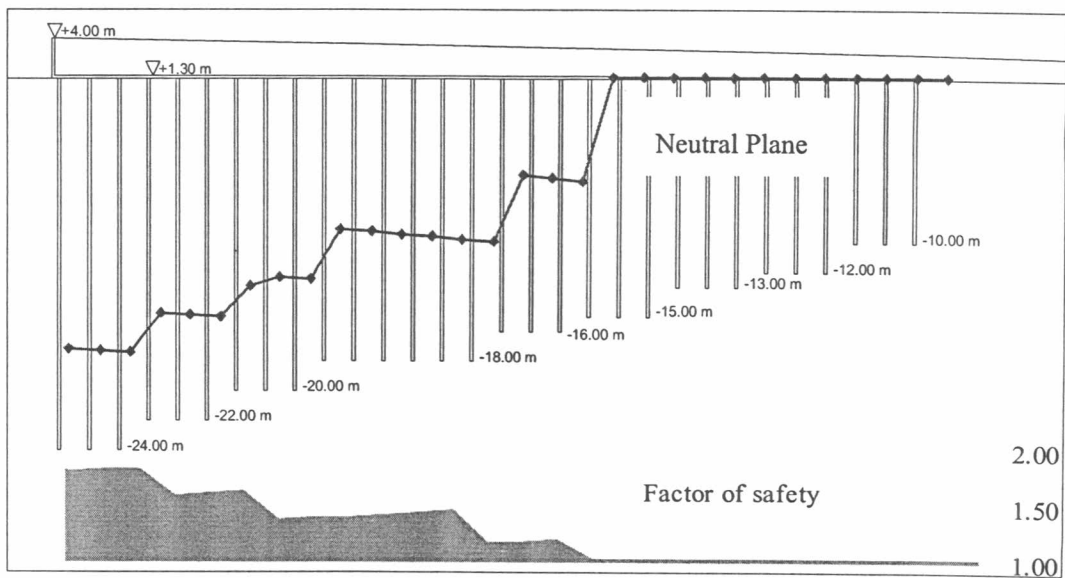
ตาราง 4.3 ปริมาณการทรุดตัวจากกรณีวิเคราะห์ของสะพาน กม. 36+180

ระยะห่างจาก Abutment (ม.)	ปริมาณการทรุดตัวที่ เกิดขึ้นในสนาม(ซม.)	ปริมาณการทรุดตัว แบบอัดตัว คายน้ำที่เวลา 33 เดือน (ซม.)	ความคลาด เคลื่อน (ซม.)
1	2	0	-2
3	3	0	-3
5	6	0	-6
7	7	8	1
9	10	7	-3
11	10	7	-3
13	12	14	2
15	12	14	2
17	13	14	1
19	13	21	8
21	14	21	7
23	17	21	4
25	18	20	2
27	21	20	-1
29	23	20	-3
31	26	25	-1
33	27	25	-2
35	29	25	-4
37	30	28	-2
39	32	28	-4
41	34	28	-6
43	37	44	7
45	42	44	2
47	46	44	-2
49	50	52	2
51	53	52	-1
53	58	52	-6
55	62	65	3
57	66	65	-1
59	69	65	-4

ตาราง 4.4 การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงในสนามของสะพานกม. 36+180

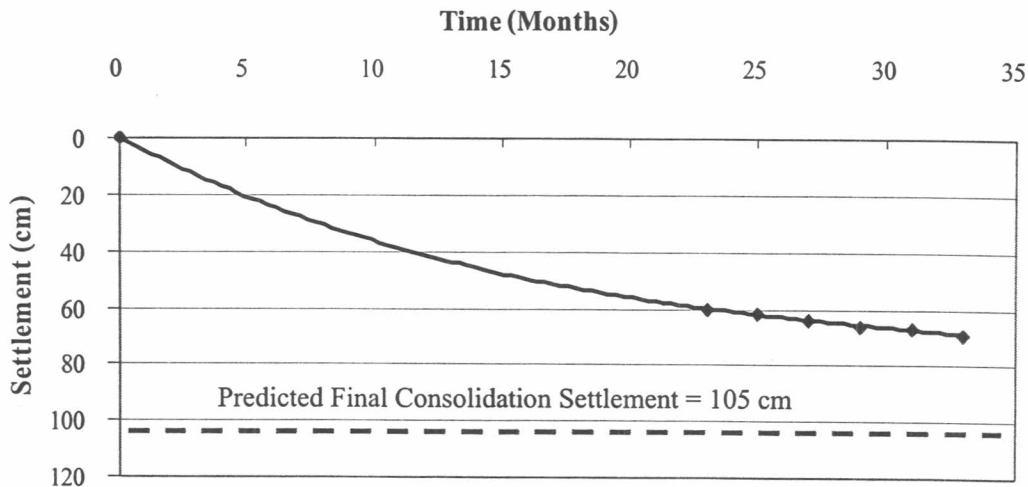


รูป 4.4 สภาพการทรุดตัวของผิวทางที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 36+180



รูป 4.5 ระดับของ Neutral Plane และอัตราส่วนความปลอดภัยของเสาเข็มของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัว กม. 26+900





รูป 4.6 ปริมาณการทรุดตัวในสนามที่เวลาต่างๆเปรียบเทียบกับปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 36+180 (คำนวณที่ระยะห่าง 59 เมตรจากคอสะพาน)

#### 4.1.3 สะพาน กม. 38+200 ทางหลวงพิเศษกรุงเทพฯ-ชลบุรี (สายใหม่)

##### ปริมาณการทรุดตัว

ผลการวิเคราะห์การทรุดตัวเมื่อการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำหลักสิ้นสุดลง โดยผลการวิเคราะห์การทรุดตัวที่เวลา 33 เดือน ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.5 โดยจากการคำนวณอัตราเร็วในการทรุดตัวแบบย้อนกลับจากข้อมูลการทรุดตัวได้ค่า  $C_v$  ในสนามเท่ากับ  $24 \text{ ม}^2/\text{ปี}$

##### การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริง

จากการวิเคราะห์การทรุดตัวที่เกิดขึ้นที่เวลา 33 เดือนหลังจากการก่อสร้างเสร็จจัดเปรียบเทียบกับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงที่เวลาดังกล่าว ผลปรากฏว่าเกิดผลการวิเคราะห์ให้ค่าที่ความคลาดเคลื่อนจากค่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงในช่วงระหว่าง -9 ถึง 6 เซนติเมตร ดังแสดงในตาราง 4.6

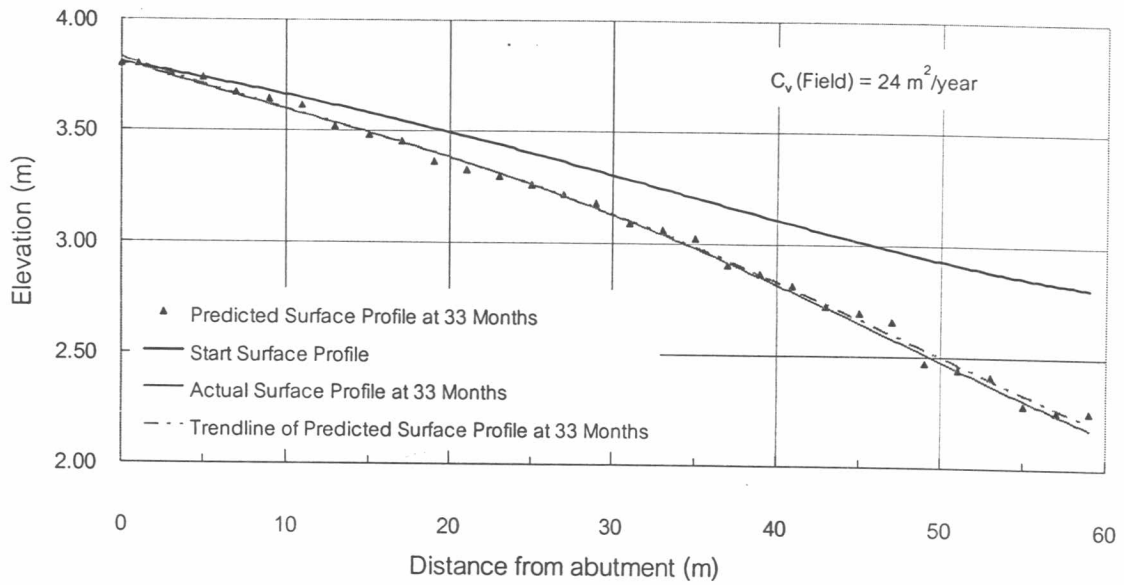
โดยช่วงระยะห่างจากสะพาน 19 และ 47 เมตร เป็นช่วงที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์มากที่สุด โดยค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าต่างจากค่าที่เกิดขึ้นจริง 6 และ -9 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทั้งสองแห่งเป็นจุดที่มีการเปลี่ยนความยาวเสาเข็ม

ระยะห่างจาก Abutment (ม.)	ความยาว เสาเข็ม	ปริมาณการทรุดตัว แบบอัด ตัวคาน้ำทั้งหมด (ซม.)	ปริมาณการทรุดตัว แบบอัดตัว คาน้ำที่เวลา 33 เดือน (ซม.)
1	25.00	0	0
3	25.00	0	0
5	25.00	0	0
7	23.00	4	4
9	23.00	4	4
11	23.00	4	4
13	21.00	11	10
15	21.00	11	10
17	21.00	11	10
19	19.00	18	15
21	19.00	18	14
23	19.00	18	14
25	19.00	18	14
27	19.00	18	14
29	19.00	18	14
31	18.00	26	19
33	18.00	26	19
35	18.00	26	19
37	16.00	41	27
39	16.00	41	27
41	16.00	41	27
43	15.00	54	33
45	15.00	54	33
47	15.00	54	33
49	13.00	77	47
51	13.00	77	47
53	13.00	77	47
55	12.00	93	56
57	12.00	93	56
59	12.00	93	56

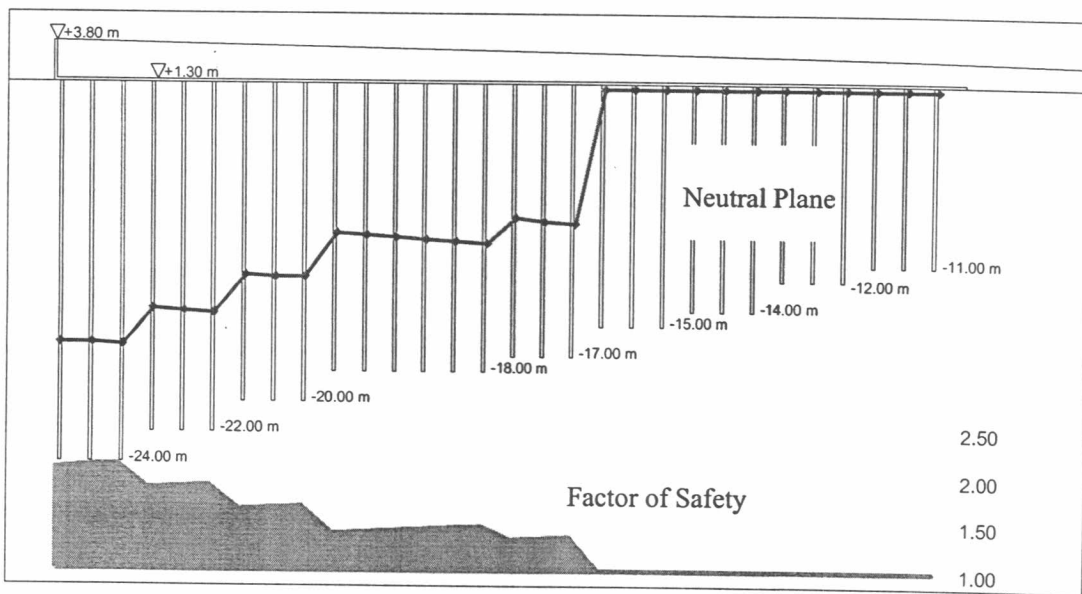
ตาราง 4.5 ปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 38+200

ระยะห่างจาก Abutment (ม.)	ปริมาณการทรุดตัว ในสนาม(ซม.)	ปริมาณการทรุดตัวจากการ วิเคราะห์ที่เวลา 33 เดือน (ซม.)	ความคลาด เคลื่อน (ซม.)
1	0	0	0
3	1	0	-1
5	3	0	-3
7	4	4	0
9	6	4	-2
11	8	4	-4
13	9	10	1
15	9	10	1
17	10	10	0
19	10	16	6
21	11	15	4
23	13	15	2
25	14	15	1
27	16	15	-1
29	17	15	-2
31	18	17	-1
33	22	17	-5
35	22	17	-5
37	25	23	-2
39	28	23	-5
41	30	23	-7
43	33	31	-2
45	37	31	-6
47	40	31	-9
49	43	48	5
51	47	48	1
53	51	48	-3
55	55	59	4
57	58	59	1
59	63	59	-4

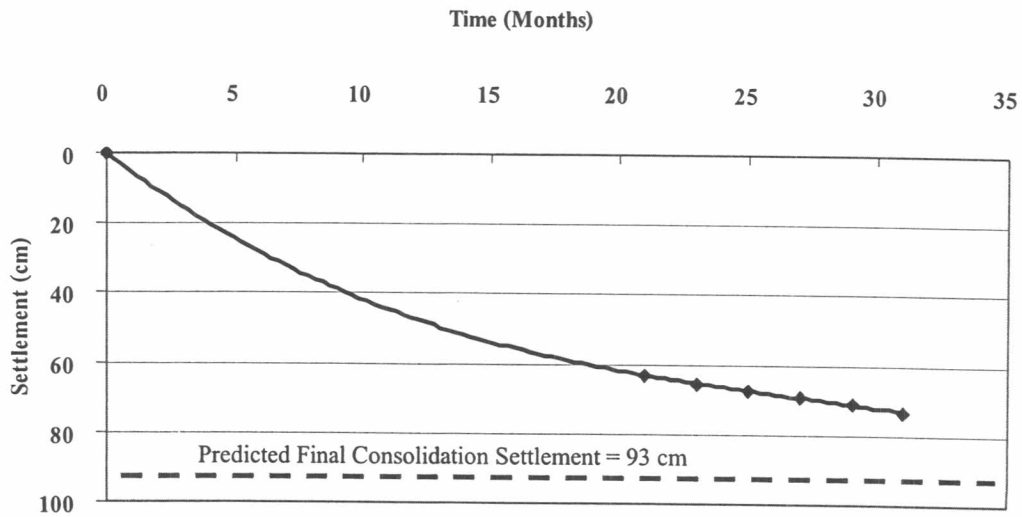
ตาราง 4.6 การเปรียบเทียบปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์กับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงใน  
สนามของสะพานกม. 38+200



รูป 4.7 สภาพการทรุดตัวของผิวทางที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของโครงสร้างปรับปรุงสภาพการทรุดตัวของสะพาน กม. 38+200



รูป 4.8 ระดับของ Neutral Plane และอัตราส่วนความปลอดภัยของเสาเข็มโครงสร้างปรับปรุงสภาพการทรุดตัว กม. 38+200



รูป 4.9 ปริมาณการทรุดตัวในสนามที่เวลาต่างๆเปรียบเทียบกับปริมาณการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ของสะพาน กม. 37+200 (คำนวณที่ระยะห่าง 59 เมตรจากคอสะพาน)

#### 4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำในการวิเคราะห์การทรุดตัว

จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การทรุดตัวกับการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงในสนาม สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำในการวิเคราะห์การทรุดตัวได้ดังต่อไปนี้

1. การเลือกใช้พารามิเตอร์ของดินในการออกแบบกำลังรับน้ำหนักเสาเข็ม

เนื่องจากการออกแบบเสาเข็มโดยใช้วิธีการ Total Stress ต้องทำการเลือกพารามิเตอร์อันได้แก่กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามความลึกของชั้นดิน ในการออกแบบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในช่วงชั้นดินที่ทำการพิจารณา จึงต้องเลือกค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำที่เป็นค่าตัวแทนของดินในชั้นดินนั้นๆ ดังนั้นค่ากำลังการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ออกแบบมารวมถึงกำลังรับแรงเสียดทานและกำลังรับแรงกดที่ปลายเสาเข็มนั้นอาจมีค่าไม่เท่ากับกำลังการรับน้ำหนักจริงของเสาเข็ม ซึ่งจะมีผลต่อการแบ่งสัดส่วนการรับน้ำหนักและการคำนวณตำแหน่งของ Neutral Plane ซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการกระจายน้ำหนักบรรทุก

## 2. การเลือกใช้พารามิเตอร์ของดินในการวิเคราะห์การทรุดตัว

พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำของดินได้แก่

- 1) หน่วยน้ำหนักของดิน
- 2) ค่า OCR
- 3) ค่าดัชนีการอัดตัว , CR (Compression Index)
- 4) ค่าดัชนีการอัดตัวซ้ำ, RR (Recompression Index)

ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถหาได้จากการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งพารามิเตอร์แต่ละชนิดมีค่าไม่คงที่เช่นเดียวกับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบเสาเข็ม และต้องทำการเลือกค่าตัวแทนของดินชั้นที่ทำการพิจารณา ซึ่งอาจทำให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เกิดคลาดเคลื่อนและอาจต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ในกรณีที่เกิดการวิเคราะห์ได้ค่าที่ผิดปกติ

## 3. การแบ่งลักษณะของชั้นดิน

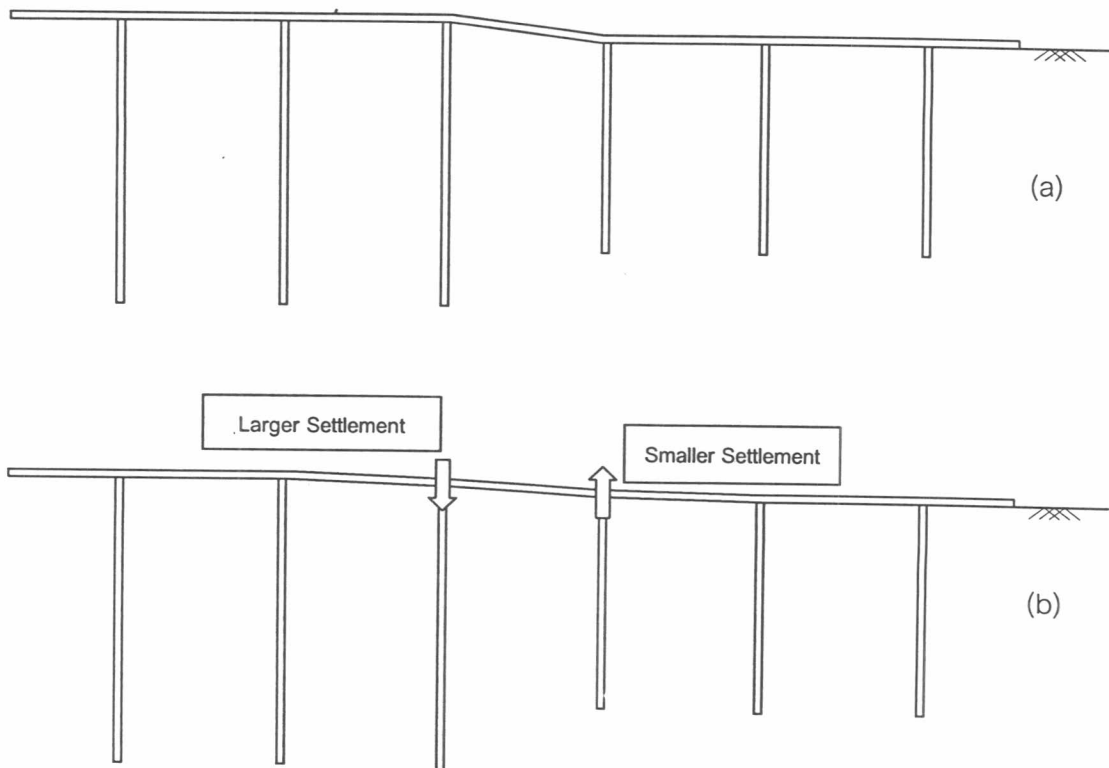
ในการทำการวิเคราะห์การทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัว ได้ประสบปัญหาอย่างมากในการวิเคราะห์เสาเข็มในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของชั้นดิน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงชนิดของชั้นดินย่อมส่งผลกระทบต่อค่าพารามิเตอร์ของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว หากการแบ่งชั้นดินเกิดความผิดพลาดขึ้น อาจทำให้การคาดคะเนปริมาณการทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวเกิดความคลาดเคลื่อนได้ และเนื่องจากโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวเป็นโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อสภาพผิวการจราจร การจัดความยาวเสาเข็มให้เหมาะสมกับสภาพชั้นดินจึงมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะช่วงที่มีการเปลี่ยนชั้นดินจากชั้นดินอ่อนเป็นชั้นดินแข็ง หากมีการจัดแบ่งชั้นดินผิดพลาดอาจทำให้การทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวไม่เป็นไปตามที่วิเคราะห์และออกแบบไว้

## 4. การคำนวณอัตราการทรุดตัว

การคาดคะเนปริมาณการทรุดตัวของโครงสร้างที่จะเกิดในสนามเป็นสิ่งที่กระทำได้ยาก เนื่องจากอัตราการทรุดตัวในสนามเกิดขึ้นเร็วกว่าค่าที่ได้จากห้องปฏิบัติการมาก ในงานวิจัยนี้ได้ทำการคำนวณอัตราการทรุดตัวจากค่าการทรุดตัวที่เวลาต่างๆ และเมื่อนำค่าดังกล่าวไปคำนวณการทรุดตัว ณ เวลาที่มีการเก็บข้อมูล ผลปรากฏว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกับสภาพการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงมาก การคาดคะเนอัตราการทรุดตัวที่เวลาต่างๆจึงควรใช้ค่าที่ทำการคำนวณจากข้อมูลในสนาม

### 5. ความต่อเนื่องของโครงสร้างแผ่นพื้นคอนกรีต

จากผลการวิเคราะห์การทรุดตัวที่สะพานต่างๆจะพบว่า ปริมาณการทรุดตัวที่ได้จากการวิเคราะห์ ณ จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวเสาเข็มจะเกิดในลักษณะขั้นบันไดดังรูป 4.10(a) โดยสภาพการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงของสะพานที่ทำการวิเคราะห์ไม่พบการทรุดตัวในลักษณะนี้ เนื่องจากการวิเคราะห์การทรุดตัวด้วยวิธีการที่นำเสนอ ไม่ได้พิจารณาผลจากความต่อเนื่องของโครงสร้างแผ่นพื้นคอนกรีต โดยเมื่อจุดรองรับฝั่งใดเกิดการทรุดตัวมากกว่า จะเป็นผลทำให้จุดรองรับข้างเคียงต้องรับน้ำหนักมากขึ้น ดังนั้นเสาเข็มที่มีความยาวสั้นกว่าซึ่งมีปริมาณการทรุดตัวสูงกว่า จะทำให้เกิดแรงจุดต่อเสาเข็มที่มีความยาวมากกว่า อันเป็นเหตุให้เกิดการทรุดตัวมากขึ้น และถ้าหากพิจารณาในอีกลักษณะหนึ่ง เสาเข็มที่ทรุดน้อยกว่าก็จะออกแรงดึงเสาเข็มที่ทรุดมากกว่าและทำให้เสาเข็มต้นนั้นทรุดน้อยลง การทรุดตัวที่เกิดขึ้นในสนามจึงสม่ำเสมอและราบเรียบกว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์ดังรูป 4.10(b)



รูป 4.10 (a) ลักษณะการทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวจากการวิเคราะห์, (b) ลักษณะการทรุดตัวของโครงสร้างปรับสภาพการทรุดตัวในสนาม