

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการคำนวณค่า FS. จากกรณีศึกษา 7 กรณีศึกษาในบทที่ 5 สามารถสรุป FS. ที่ใช้วิธีการคำนวณและลักษณะการกระจาย-ทิศทางแรงดึงแบบเดียวกับเอกสารอ้างอิง และ FS_{MIN} เปรียบเทียบกับ FS. ที่แสดงในเอกสารอ้างอิง (FS_{REF}) ได้ดังแสดงในตารางที่ 6.1 – 6.2

กรณีศึกษา	FS.	FS _{REF}	Δ (%)	พื้นผิววิบัติ
1	1.122	1.124	- 0.18	ส่วนโค้งวงกลม
2	1.596	1.600	- 0.25	ส่วนโค้งวงกลม
3	1.611	1.610	- 0.10	ส่วนโค้งวงกลม
4	2.307	2.190	+ 5.34	ส่วนโค้งวงกลม
5	1.306	1.250	+ 4.5	ส่วนโค้งวงกลม
5	1.165	1.210	- 3.72	ทั่วไป
6	0.968	1.000	- 3.20	ส่วนโค้งวงกลม
7	1.349	1.500	- 10.1	ส่วนโค้งวงกลม

ตารางที่ 6.1 ตารางเปรียบเทียบค่า FS. และ FS_{REF}

หมายเหตุ : กรณีศึกษาที่ 7 พื้นผิววิบัติที่ใช้ในเอกสารอ้างอิงเป็น Log spiral

กรณีศึกษา	FS _{MIN}	FS _{REF}	Δ (%)	วิธี, พื้นผิววิบัติ, การกระจาย-ทิศทางแรงดึง
3	1.500	1.610	- 6.83	Spencer : S – C – P
4	2.307	2.190	+ 5.34	O.M.S.&Bishop : C – L&C – P
5	1.137	1.210	- 6.00	Spencer : G – L – T
6	0.917	1.000	- 8.30	Spencer : G – L – T
7	1.010	1.500	- 32.67	Spencer : G – C – T

ตารางที่ 6.2 ตารางเปรียบเทียบค่า FS_{MIN} และ FS_{REF} ของลาดดินเสริมกำลัง

หมายเหตุ : กรณีศึกษาที่ 4 ไม่สามารถทำการคำนวณด้วยพื้นผิววิบัติแบบทั่วไปได้

6.1 สรุปผลการวิจัย : กรณีลาดดินทั่วไปที่ไม่เสริมกำลัง

1. กรณีศึกษาที่ 1 ผลการคำนวณค่า FS. ที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลการคำนวณจากเอกสารอ้างอิง จึงสรุปได้ว่าระบบการค้นหาอัตโนมัติของโปรแกรมสามารถคำนวณ ค่า FS. ที่ถูกต้องได้

2. กรณีศึกษาที่ 2 เช่นเดียวกับ กรณีศึกษาที่ 1 แต่มีข้อสังเกตเกี่ยวกับวิธี OMS. ดังนี้ เมื่อใช้วิธี OMS. ค่า FS. ของลาดดิน $c' - \phi'$ soil ที่มีแรงภายนอกกระทำเป็นปริมาณมากๆ จะทำให้การคำนวณค่า N ได้ค่าที่แตกต่างไปจากสภาพความเป็นจริงมาก เนื่องจากสมการการคำนวณค่า N โดยวิธี OMS. ไม่นำ Interslice force และ แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจริงที่ฐาน slice เข้ามาเกี่ยวข้อง มีผลทำให้ค่า N' มีค่าน้อยมาก หรือมีค่าเป็น (-) จึงทำให้ค่า FS. ที่คำนวณได้มีค่าน้อยมาก หรือเป็นค่า (-) เช่นกัน

6.2 สรุปผลการวิจัย : กรณีลาดดินเสริมกำลัง

จากตารางที่ 6.1 แสดงให้เห็นว่าผลการคำนวณค่า FS. สำหรับลาดดินเสริมกำลัง ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับผลจากเอกสารอ้างอิงทุกกรณียกเว้น กรณีศึกษาที่ 7 : Leshchinsky & Boederker (1989) ทั้งนี้เนื่องจากพื้นผิววิบัติแตกต่างกัน และการคำนวณแรงดึงปลอดภัยเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างมวลดินและวัสดุเสริมกำลัง (T_{poa}) ของโปรแกรมได้ค่าน้อยกว่า แรงดึงปลอดภัยที่ได้จากการใช้ Design chart

จากตารางที่ 6.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อคำนวณค่า FS. ด้วยพื้นผิววิบัติแบบทั่วไป จะให้ค่า FS. ต่ำกว่าการใช้ พื้นผิววิบัติแบบส่วนโค้งวงกลม รวมถึงลักษณะการวิบัติแบบไกลไปบนแผ่นวัสดุเสริมกำลังอาจให้ค่า FS_{min} ก็ได้

จากกรณีศึกษา 3 - 7 พบว่า ถ้าเลือกใช้การกระจายแรงดึงแบบลดลงเชิงเส้น และทิศทางของแรงดึงเป็นแบบ ขนานกับการวางวัสดุเสริมกำลัง แล้วพื้นผิววิบัติที่คำนวณได้จากแต่ละวิธีจะมีตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นกรณีที่ลาดดินเหนียวมีความลาดชันสูง ในกรณีศึกษาที่ 4 (63.44°) จะไม่สามารถทำการคำนวณการวิบัติแบบ Toe Failure ได้ พื้นผิววิบัติจึงขยับสูงขึ้นเลยขึ้นไปอยู่บนวัสดุเสริมกำลัง ดังนั้นแรงดึงจากวัสดุเสริมกำลังจะไม่มีผลต่อค่า FS. ของวิธี Spencer เลย

เนื่องจากการกระจายแรงดึงแบบลดลงเชิงเส้น สามารถจำลองสถานะของแรงดึงได้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมของวัสดุเสริมกำลังที่เกิดขึ้นจริง ทั้งนี้สำหรับ $c' - \phi'$ soil แรงดึงที่กระจายไปตามความยาวของวัสดุเสริมกำลังจะมีผลทำให้ค่า N เปลี่ยนแปลงไป เมื่อพิจารณา

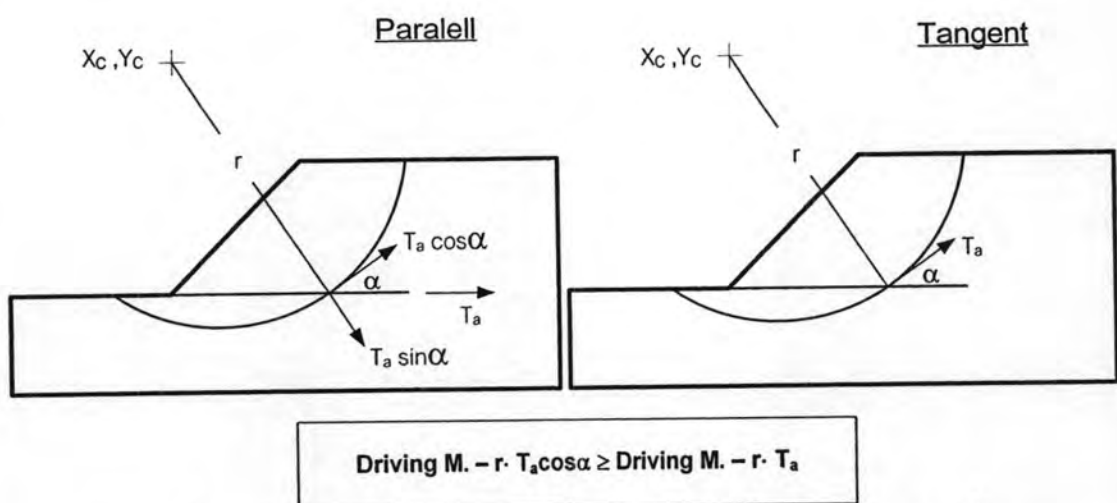
ตารางที่ 5.15 – 5.18 จะเห็นว่าในทุกวิธียกเว้นวิธี OMS. จะให้คำตอบค่า FS. แตกต่างกันไปไม่เกิน 3 %

ค่า FS. ที่ได้เมื่อกำหนดให้ ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบสัมผัสกับพื้นผิววิบัติ มีค่าน้อยกว่าค่า FS. เมื่อกำหนดให้ ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบ ขนานกับการวางวัสดุเสริมกำลัง ในทุกกรณีศึกษาที่ดินที่ฐานชั้นดินที่วัสดุเสริมกำลังตัดผ่าน เป็น $c' - \phi'$ soil เนื่องจาก แรงดึงที่ชั้นดินสุดท้าย จะมี component ในแกนตั้งเพิ่มขึ้น (ในทางปฏิบัติวัสดุเสริมกำลังจะวางตัวในแนวราบ) มีผลทำให้มีแรงยกที่ฐานชั้นดิน และอาจทำให้ค่า ΔT ที่ slice นั้นมีค่าเป็น (-) ทำให้ค่า N และ ΣF_n ที่ ชั้นดินดังกล่าว มีค่าลดลงอย่างมาก และส่งผลกระทบให้ FS. มีค่าลดลง

สามารถกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

1. กรณีการกระจายแรงดึงแบบลดลงเชิงเส้น และดินที่ฐานชั้นดินที่วัสดุเสริมกำลังตัดผ่าน เป็นชนิดมีค่ามุมเสียดทานประสิทธิผล ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบขนาน จะคำนวณได้ค่า FS. มากกว่า ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบสัมผัส

2. กรณีการกระจายแรงดึงแบบคงที่ (แรงดึงในวัสดุเสริมกำลังจะไม่มีผลต่อค่า N) และใช้วิธี Non-Rigorous (ใช้เฉพาะสมการสมดุลโมเมนต์คำนวณค่า FS.) ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบขนาน จะคำนวณได้ค่า FS. น้อยกว่า ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบสัมผัส เนื่องจากเมื่อใช้ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบขนาน โมเมนต์การหมุน (Driving Moment) จะมีค่ามากกว่าใช้ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบสัมผัส ดังแสดงในรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 เปรียบเทียบโมเมนต์การหมุน กรณีการกระจายแรงดึงแบบคงที่

ดังนั้นในทางปฏิบัติ ควรเลือกใช้ การกระจายแรงดึงเป็นแบบลดลงเชิงเส้น และ พิจารณาเลือกใช้ค่า FS. ที่อยู่ ระหว่างกรณีทิศทางของแรงดึงเป็นแบบขนาน และ ทิศทางสัมผัส

6.3 อภิปรายผลการวิจัย

1. กรณีลาดดินเสริมกำลัง และเป็นดินชนิด $c' - \phi'$ ไม่ควรนำค่า FS. ที่ได้จากวิธี OMS. มาประกอบการพิจารณาเนื่องจากให้ค่าที่ต่ำมาก ดังสาเหตุที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 6.1
2. กรณีลาดดินเสริมกำลัง และเป็นดินชนิด cohesive ลักษณะการกระจายแรงดึงจะไม่มีผลต่อการคำนวณ สำหรับ Method of slices ทุกวิธี
3. Leshchinsky & Boedeker (1989) และ Duncan & Wright (2005) เสนอว่า ทิศทางแรงดึงแบบ Along RFM. Alignment เป็น Conservative Design แสดงว่าเป็นการศึกษา การกระจายแรงดึงแบบ Constant หรือ Conventional Design Method

6.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม และพัฒนาโปรแกรมที่สามารถคำนวณ ทิศทางแรงดึง ของวัสดุเสริมกำลังที่มีค่าระหว่าง ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบขนาน และ ทิศทางของแรงดึงเป็นแบบสัมผัส ซึ่งไม่ทำให้ ΔT มีค่าเป็น(-) ซึ่งจะให้อาจคำนวณค่า FS_{MIN} ที่มีความถูกต้องมากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับลักษณะการกระจายแรงดึงแบบอื่นๆ เช่น สมการกำลังสาม ,อ้างอิงจากการวิเคราะห์แรงดึงที่กระจายตัวไปบนแผ่นวัสดุเสริมกำลังด้วยวิธี FEM. หรือการติดตั้งเครื่องมือวัดการยึดตัวของวัสดุเสริมกำลังในพื้นที่ก่อสร้างจริง เป็นต้น
3. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติมในส่วนของ รูปแบบการวิบัติแบบ Facing Failure คือแรงดึงเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างมวลดินและวัสดุเสริมกำลัง (T_{po}) จะถูกลดค่าลง เมื่อเข้าใกล้ด้านหน้าของลาดดิน (slope face)