

การศึกษาเสถียรภาพของความลาดเอียงที่เหมืองลิกไนต์แม่เมาะ



นาย วิสันต์ ตัญจิกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๖

ISBN 974-561-815-2

011220

1739711X

A STUDY OF SLOPE STABILITY AT MAE MOH LIGNITE MINE

Mr. Wisan Tandicul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Department of Geology

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

ISBN 974-561-815-2

Thesis Title A Study of Slope Stability at Mae Moh Lignite Mine
By Mr. Wisan Tandicul
Department Geology
Thesis Advisor Dr. Nopadon Muangnoicharoen
 Dr. Ninnart Gumperayarnnont.



Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

S. Bunnag
..... Dean of Graduate School
(Associate Professor Supradit Bunnag, Ph.D.)

Thesis Committee

Narong Thiramongkol
..... Chairman
(Narong Thiramongkol, Ph.D.)

Nopadon Muangnoicharoen
..... Member
(Nopadon Muangnoicharoen, Ph.D.)

G. Ninnart
..... Member
(Ninnart Gumperayarnnont, Ph.D.)

S. Suwanna
..... Member
(Sompop Suwannapini, Ph.D.)

S. Plangpong
..... Member
(Somchai Plangpongpun, M.Eng.)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเสถียรภาพของความลาดเอียงที่เหมือนลิกไนท์แม่เมาะ
ชื่อนิสิต	นายวิสันต์ ดัฒติกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	อาจารย์ ดร. นกตล ม่วงน้อยเจริญ อาจารย์ ดร. นิพนธ์ คัมภีร์ญาณนนท์
ภาควิชา	ธรณีวิทยา
ปีการศึกษา	๒๕๒๕



บทคัดย่อ

ขอบ่อเหมือนลิกไนท์แม่เมาะเกิดการพังทลายเป็น ๓ ลักษณะใหญ่ ๆ คือ การสั่นไถล เป็นแท่งของดิน การปริตัวของดินและหินแล้วสั่นไถลเป็นทางโค้ง และการไหลแบบปะปนกันของ ดินและหิน

งานสำรวจในภาคสนามและศึกษาในห้องปฏิบัติการครั้งนี้มีความมุ่งหมายที่จะวิเคราะห์ เสถียรภาพของพื้นเอียงที่เป็นขอบ่อเหมือนปัจจุบัน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น ๕ พื้นที่ย่อยตามลักษณะทาง ธรณีวิทยา เรียงกันไปจากด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ จนถึงด้านทิศตะวันออก-เฉียงใต้ตามลำดับ พื้นเอียงเหล่านี้ประกอบไปด้วยหินโคลนชุดบนซึ่งวางตัวอยู่เหนือชั้นถ่านลิกไนท์ บนสุด ชั้นหินโคลนชุดบนประกอบด้วยหินโคลนเป็นส่วนใหญ่มีชั้นลิกไนท์บาง ๆ สลับอยู่ และมีดินโคลน สีแดงและดินร่วนเป็นส่วนประกอบและปกคลุมอยู่เฉพาะตอนบนของพื้นเอียงทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ การวางตัวของชั้นหินเหล่านี้อยู่ในแนว ๑๔๕° อะซิมุต และมีมุมเท ๒๕° ไปทางทิศตะวันตก รอยแตก สำคัญ ๓ แนวได้แก่ แนวตะวันออก-ตะวันตก แนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตก-เฉียงใต้ พบกระจายอยู่ในหินเหล่านี้ นอกจากนี้ยังพบรอยเลื่อนปกติ ซึ่งวางตัวอยู่ประมาณแนวเหนือ-ใต้ และมีมุมเทปานกลางจนถึงค่อนข้างสูงพาดผ่านโครงสร้างเหล่านี้ ลักษณะโครงสร้าง ธรณีวิทยาดังกล่าว มีอิทธิพลต่อเสถียรภาพของทั้งชั้นตะพัก และความลาดเอียงของทั้งขอบ่อ และเป็นสาเหตุให้เกิดการพังทลายรูปลิ้มในมาตราส่วนเล็ก และก่อให้เกิดการพังทลายในมาตราส่วน ใหญ่ตามมาได้ในภายหลัง

วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ประกอบไปด้วย วิธีตาข่ายมิติของ เฮนดรอน (๑๙๗๑) และมาร์คแลนด์ (๑๙๗๒) ตารางเสถียรภาพของ ฮอคและเบรย์ (๑๙๗๔) และวิธีของบิชอฟที่ดัดแปลงแล้ว (๑๙๕๕) การศึกษาเพิ่มเติมใช้วิธีวิเคราะห์กลับสำหรับการสั่นไถลแบบระนาบ

ผลการวิเคราะห์ครั้งนี้ระบุว่า พื้นเอียงของขอบบ่อเหมืองโดยทั่วไปจะไร้เสถียรภาพในช่วงฤดูฝน ยกเว้นขอบบ่อเหมืองด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ความลาดเอียงของทั้งขอบบ่อเป็นตัวควบคุมการไร้เสถียรภาพในมาตราส่วนใหญ่ ขณะที่ความลาดเอียงของชั้นตะพักซึ่งสูงเกินค่ามุมเสียดทาน รวมทั้งการวางตัวของรอยแยกจะก่อให้เกิดการพังทลายแบบควบคุมโดยโครงสร้าง โดยจะเริ่มต้นเสียเสถียรภาพเฉพาะในชั้นตะพักนั้น ๆ ก่อนโดยเฉพาะในระหว่างฤดูฝน ในบริเวณหน้างานที่ชั้นหินเอียงเทเข้าหาบ่อเหมือง การสั่นไถลแบบระนาบจะเกิดขึ้นได้ง่ายเช่นกัน

Thesis Title A Study of Slope Stability at Mae Moh Lignite Mine
 Name Mr. Wisan Tandicul
 Thesis Advisor Dr. Nopadon Muangnoicharoen,
 Dr. Ninnart Gumperayarnnont.
 Department Geology
 Academic Year 1982



ABSTRACT

Landslides and slope failures which occurred at Mae Moh lignite mine were recorded. These failures were of three principal types; rock slides, topple rotational slumps and debris flows.

Field and laboratory investigations were carried out to analyse the stability of the present pit slopes which divided into five subareas according to their homogeneity in geology. These subareas locates on the southwestern slope, the northwestern slope, and the southeastern ones respectively. The rocks on these slopes are of the Overburden Claystone which overlies the upper Lignite K Seam. The Overburden Claystone layer is composed mainly of claystones with thin lignite interlayers and subordinate red clays and residual soils, the latter are the topmost layer of the northwestern slope. The bedding plane of these rocks is striking 195° azimuth and dipping 25° to the west. Three sets of east - west, north-south, and northeast-southwest trending major joints pervade these rocks. Superimposed upon these structures are generally north-south trending moderately to high angle normal faults. These geologic structures were found to have an influence on the stability of both individual

bench and overall slope and causing the small scale wedge failures which later gave way to a larger mass movement.

Stereographical methods developed by Hendron (1971) and Markland (1972), Hoek and Bray stability charts method (1974), and Bishop's simplified method of slices (1955) were used in the stability analysis. An additional back-analysis method for planar sliding area was also performed.

Results of analyses indicated that the slope is generally unstable during the wet season except along the southwest and northeast walls of the pit. Overall-slope plays an important role on large-scale instability while the bench slope angle is too high for the value of friction angle and discontinuity orientation, thus the structural-controlled smaller - scale slope failures easily start in the limit of a bench especially during the wet season. In the working area where bedding dips into the pit, planar bedding-plane slides easily occur.



ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his utmost appreciation and sincere gratitude to his thesis advisors, Dr. Nopadon Muangnoicharoen and Dr. Ninnart Gumperayarnont, for their valuable suggestion, assistance and time spent discussing various aspects in the field, and encouragement during the thesis work.

The author is highly indebted to the Lignite Mine Department, Electricity Generating Authority of Thailand, especially for the Solid Fuel Division which have been generously cooperation. Special acknowledgement goes to the following persons; Mr. Rawi Corsiri and Mr. Nopadon Santipong for their kindness contract and available many informations; Mr. Pramote Pornrattanapitak, Mr. Weera Sompong, and Mr. Pirote Anupantunan for their active assistance and providing facilities during the field work. Thanks are also due to various persons who helped the author during the field and laboratory works in Mae Moh lignite mine.

It is a pleasure to acknowledge the Department of Geology, Faculty of Science, Khon-Kaen University, for offering laboratory facilities in this research. The author is indebted to the Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, for office room, and free use of the Department's many facilities.

Very special thanks are due to the following persons; Mrs. Penchan Kuptavanit (Project and Planing Department, EGAT) for her suggestion and

supplying some text books; Mr. Somchai Sriisraporn (Department of Geology, Chulalongkorn University) for his suggestion and guidance for the resistivity survey.

For financial assistance to partly undertake the research work, the author is also indebted to Chulalongkorn Amoco Geological Fund, and Graduate School Fund.

The author is grateful to Mrs. Orawan Wongjesda who typed this thesis.

Persons whose were not named above, but concerned and aided this study, were also deeply appreciated by the author.

As a last opportunity, the author would like to express the wholeheartedly thanks and appreciation to his father and mother for their moral support and encouragement.

CONTENTS



	Page
ABSTRACT IN THAI	iv
ABSTRACT IN ENGLISH	vi
ACKNOWLEDGEMENTS	viii
CHAPTER I. INTRODUCTION	1
1.1 Scope of Present Study	3
1.2 Location of the Study Area	4
1.3 Climate	4
1.4 Geography of the Study Area	6
1.5 Previous Geologic Studies	6
1.6 Methods of Investigation	7
1.6.1 Field geological investigation	9
1.6.2 Hydrogeological investigation	10
1.6.3 Laboratory investigation	11
CHAPTER II. GEOLOGY, STRUCTURES, AND MASS-MOVEMENT IN MAE MOH MINE..	12
2.1 Geologic Setting	12
2.2 Stratigraphy in the Mine Area	13
2.2.1 Lower Claystone	13
2.2.2 Lignite Q Seam	15
2.2.3 Interburden Claystone	15
2.2.4 Lignite K Seam	16
2.2.5 Overburden Claystone	16
2.2.6 Red Beds	18
2.2.7 Mae Taeng Formation	18

	Page
2.3 Subareas of Study and their Characteristic	18
2.3.1 Subarea 1	20
2.3.2 Subareas 2, 3 and 4	20
2.3.3 Subarea 5	21
2.4 Rock Weathering Classification	22
2.4.1 Residual soils (Rs)	22
2.4.2 Moderately to highly weathered claystones (Mw-Hw)	22
2.4.3 Slightly to moderately weathered claystones (Sw-Mw)	23
2.4.4 Fresh to slightly weathered claystones (Fr-Sw)	23
2.5 Structural Geology	27
2.5.1 General	27
2.5.2 Detailed discontinuities survey results ...	27
2.6 Landslides of Subarea 3	31
2.6.1 Nature and type of landslides in Subarea 3	33
2.6.2 Cause of landslide	33
2.6.3 History of the landslides	34
2.7 Planar Sliding of Subarea 5	38
CHAPTER III. HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION	40
3.1 Meteorological Study	40
3.2 Seepage Observation	42
3.3 Electric Resistivity Survey	42

	Page
3.3.1 Interpretation procedure	45
3.3.2 Results and discussion	46
CHAPTER IV. LABORATORY INVESTIGATION	55
4.1 Microscopic Study	55
4.1.1 Thin-section study	55
4.1.2 X-ray diffraction study	56
4.2 Determination of Unit Weight and Water Content ...	56
4.3 Determination of Shear Strength	58
4.3.1 Intact shear strength test	60
4.3.2 Defect shear strength test	74
4.4 Other Mechanical Properties Available	80
4.4.1 Unconfined compressive strength	80
4.4.2 Tensile strength	80
4.4.3 Defect shear strength of Red Beds	83
4.4.4 Swelling strain	84
CHAPTER V. ANALYSES OF SLOPE STABILITY	86
5.1 Factors Affecting Slope Stability Analyses	86
5.1.1 Geomechanics classification for intact rocks	86
5.1.2 Slope height and slope angle	86
5.1.3 Water condition	88
5.1.4 Planes of weakness	89
5.1.5 Seismological effects	91
5.1.6 Factor of safety	92

	Page
5.2 Method of Slope Stability Analyses	93
5.2.1 Stereographical method	95
5.2.2 Hoek and Bray stability charts method	99
5.2.3 Simplified Bishop method of slices	106
5.2.4 Plane failure analysis	108
5.3 Results of Slope Stability Analyses and Discussion	108
5.3.1 Results from stereographical method	109
5.3.2 Results from Hoek and Bray stability charts method	109
5.3.3 Results of simplified Bishop method of slices	114
5.3.4 Plane failure analysis of Subarea 5	115
CHAPTER VI. SUMMARY AND CONCLUSIONS	119
CHAPTER VII. RECOMMENDATION AND SUGGESTION FOR FURTHER WORKS	122
REFERENCES	126
APPENDICES	131
BIOGRAPHY	145

FIGURES

	Page
Figure 1. Mae Moh lignite power plant.	2
Figure 2. Location of Mae Moh lignite mine.	5
Figure 3. Regional geology of Mae Moh Basin.	8
Figure 4. View of the mine area, showing the distribution of rock units.	14
Figure 5. Lithologic sequences of the northwestern pit slope.	17
Figure 6. Argillaceous limestone cropped out at Subarea 2 on the northwestern slope.	17
Figure 7. Stratigraphic column at Mae Moh lignite mine.	19
Figure 8. Weathering process in the upper part of northwestern flank slope in Subarea 3.	24
Figure 9. Selective weathering in Overburden Claystone.	25
Figure 10. Water seepage along bedding in Subarea 5.	26
Figure 11. Weathering chips on bedding planes of claystone in Subarea 5.	26
Figure 12. Rose diagram showing strike of 40 faults in the mine area.	28
Figure 13. Rose diagram showing strike of 70 joints in the mine area.	28
Figure 14. The northwestern flank slope of Subarea 4 showing a graben bounded by two normal fault planes.	32
Figure 15. The decomposition of rocks caused by the self combustion of the lignite beds.	35

	Page
Figure 16. Local wedge failure of the northwestern flank slope in March, 1980.	35
Figure 17. Enlargement of wedge failure of the northwestern flank slope (Figure 16) in March, 1981.	37
Figure 18. Landslide of Subarea 3 in August, 1981.	37
Figure 19. Planar sliding in Subarea 5.	39
Figure 20. Separation of joint due to block slide in Subarea 5. ...	39
Figure 21. Location of the resistivity survey.	43
Figure 21. Schlumberger's configuration for electric resistivity survey.	44
Figure 23. Results of the resistivity interpretation of 10 localities.	47-52
Figure 24. The 'air contact' effect in resistivity survey.	54
Figure 25. X-ray diffractogram of the clayey part of a claystone sample (No. CL-2).	57
Figure 26. Lewan's (1978) proposed classification of very fine grained sedimentary rocks.	57
Figure 27. Rock direct shear test.	61
Figure 28. Farnell's testing machine.	62
Figure 29. Direct shear apparatus (a).	65
Figure 30. Normal stress (σ_n)/shear stress (τ) relationship of intact shear strength on claystone.	68-73
Figure 31. Ross-Brown portable shear machine.	75
Figure 32. Normal stress (σ_n)/shear stress (τ) relationship of defect shear strength test on claystone.	79

Figure 33.	Main types of slope failure and appearance of stereoplots of conditions likely to give rise to these failures.	96
Figure 34.	An example of Markland's technique for wedge failure analysis.	97
Figure 35.	An example of Hendron et al.'s technique for wedge failure analysis.	98
Figure 36.	Groundwater conditions for various charts.	100
Figure 37.	Circular failure chart number 1 to 5 of Hoek and Bray (1974).	101-105
Figure 38.	Bishop's method of slices.	107
Figure 39.	Plane-failure slope with groundwater table.	108
Figure 40.	Steps of analysis using the circular failure charts according to the explanation above.	136
Figure 41.	Slope-section, a, of Subarea 2.	140
Figure 42.	Location of critical failure surface and critical tension crack for slopes with groundwater present.	141

TABLES

	Page
Table 1. Results of detailed discontinuities survey.	29
Table 2. Classification for joint spacing.	30
Table 3. Summary classifications of slope movements.	33
Table 4. Rainfall data of Mae Moh Area, Lampang.	41
Table 5. The unit weight and water content of fresh (Fr), slightly to moderately weathered (Sw-Mw), and highly weathered (Hw) claystones.	59
Table 6. Intact shear strength test results of claystone.	67
Table 7. Defect shear strength test results of claystone.	78
Table 8. Summary of the unconfined compression test results of Overburden Claystone.	81
Table 9. Summary of the tensile (Brazilian) test results of Overburden Claystone.	82
Table 10. Summary of the defect shear strength of Red Beds.	83
Table 11. Summary of the three dimensions of unconfined (free) swelling test results of Overburden Claystone.	85
Table 12. Classification for strength of intact rock.	87
Table 13. Significant of safety factors for design.	93
Table 14. Methods of analysis used for each subarea of study.	94
Table 15. Results of slope stability analyses using the stereographical method.	110

Table 16.	Results of stability analysis using Circular failure charts method for maximum C, ϕ values.	112
Table 17.	Results of slope stability analysis using Circular failure charts method for minimum C, ϕ values.	113
Table 18.	Results of slope stability analysis using simplified Bishop method of slices.	116
Table 19.	Results of back analysis of Subarea 5.	117
Table 20.	Results of the factor of safety calculation with respect to friction angle.	117
Table 21.	Comparison of some engineering rock weathering classification.	132-134
Table 22.	Example of calculation of slope-section, a, of Subarea 2 using circular failure charts number 1, 3, and 5.	138
Table 23.	Example of simplified Bishop's method of slices.	143



PLATES

(Plates are in pocket)

- Plate I. Structural and geologic map of Mae Moh lignite mine.
- Plate II. Slope stability analyses by using stereographical method.
- Plate III. Geologic map of landslide area.
- Plate IV. Slope-section.