

ศิลปะวรรณคดีและสมบัติทางวิศวกรรมของหินแกรนิตผุภูสะนาว  
อำเภอเมือง จังหวัดเลย



นายพันศักดิ์ วรรณขาว

ศูนย์วิทยพัทยาการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2536

ISBN 974-582-608-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019429; 117883444

PETROGRAPHY AND ENGINEERING PROPERTIES  
OF THE PHU SANAO WEATHERED GRANITES,  
AMPHOE MUANG, CHANGWAT LOEI



Mr. Pansak Wannakao

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Geology

Graduate School

Chulalongkorn University

1993

ISBN 974-582-608-1

Thesis Title Petrography and Engineering Properties of  
The Phu Sanao Weathered Granites, Amphoe  
Muang, Changwat Loei.

By Mr. Pansak Wannakao

Department Geology

Thesis Advisor Associate Professor Dr. Wasant Pongsapich

---



Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn  
University in Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Master's Degree.

.....*Thavorn Vajrabhaya*.....Dean of Graduate School  
(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

*Sompop Vedchakanchana*.....Chairman  
(Assistant Professor Sompop Vedchakanchana, M.Sc.)

*Wasant Pongsapich*.....Thesis Advisor  
(Associate Professor Wasant Pongsapich, Ph.D.)

*Nopadon Muangnoicharoen*.....Member  
(Assistant Professor Nopadon Muangnoicharoen, Ph.D.)

*Montree Boonsener*.....Member  
(Associate professor Montree Boonsener, M.Sc.)

พันศักดิ์ วรพชา : ศีลาบรรณาและสมบัติทางวิศวกรรมของหินผุสะนาว อำเภอเมือง  
จังหวัดเลย (PETROGRAPHY AND ENGINEERING PROPERTIES OF THE PHU SANAO  
WEATHERED GRANITES, AMPHOE MUANG, CHANGWAT LOEI) อ.ที่ปรึกษา :  
รศ.ดร.วสันต์ พงศาพิชญ์, 175 หน้า. ISBN 974-582-608-1.

การศึกษาด้านศีลาบรรณาและสมบัติทางวิศวกรรมของหินอัคนีมวลไพศาลภูสะนาว มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบระดับเกรดการผุของหิน พร้อมกับการหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางศีลาบรรณาและสมบัติทางวิศวกรรมของหิน เพื่อเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินค่าสมบัติทางวิศวกรรมของหิน

ผลการศึกษาพบว่าหินอัคนีมวลไพศาลภูสะนาว เกิดจากกระบวนการแยกตัวตกผลึกในช่วงยุคไทรแอสซิก โดยหินในพื้นที่แบ่งออกได้เป็น 4 หน่วยย่อย คือ ภูสะนาว ภูเหล็ก บ้านกกคู้ บ้านนาแฉม ลำดับชั้นการแยกชนิดหิน เริ่มจากหินมอนโซแกรนิตชนิดฮอร์นเบลนด์ไบโอไทต์ในหน่วยย่อยนาแฉม แล้วเข้าสู่หินไซบีโนแกรนิตชนิดไบโอไทต์หรือชนิดมีแร่เมฟิกน้อยในหน่วยย่อย ภูสะนาว ภูเหล็ก และในที่สุด ถึงเฟสของอัลคาไลเฟลด์สปาร์ที่มีแร่เมฟิกน้อยมากถึง ไม่มีแร่เมฟิกในหน่วยย่อยบ้านกกคู้ หินในหน่วยย่อยภูสะนาวประกอบด้วยหินสควิรเวสสันเขาและหินผุในระดับเกรด V และ VI บริเวณที่ดำรอบ ๆ เขา หินในหน่วยย่อยบ้านกกคู้ จะมีแก่นหินสควิรเวสสันเขาที่เรียงกันเป็นโครงข่าย ทั้งต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง อันเป็นลักษณะเด่นของหน้าตัดข้างหินผุระดับเกรด III ถึง IV และหินในหน่วยย่อยบ้านนาแฉมจะมีการผุสูงมากถึงระดับเกรด V และ VI ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงกดแกนเดียวของหินผุระดับเกรด III, II และ เกรด I อยู่ในช่วง 35-70, 60-260 และ 120-270 เมกนิวตันต่อตารางเมตรตามลำดับ

ผลการประเมินความสัมพันธ์ของสมบัติทางศีลาบรรณาและวิศวกรรม ในเชิงคณิตศาสตร์ของหินทุกหน่วยย่อย ยกเว้นหน่วยย่อยนาแฉม เสนอเป็นแบบจำลองความแข็งแรงจากการหาความสัมพันธ์เส้นตรง และความสัมพันธ์เชิงกำลังระหว่าง กำลังรับแรงกดแกนเดียวกับดัชนีกำลังกดจุด ความพรุน และค่าการผุสลายตัวของหิน ได้ออกมาเป็นสมการคือ  $UCS = 5.8 + 19.4(Is50)$  หรือ  $UCS = 5.19(-0.23)^n$  หรือ  $UCS = 5.1(-2.49)^{x^d}$ .



ภาควิชา.....ธรณีวิทยา  
สาขาวิชา.....ธรณีวิทยา  
ปีการศึกษา.....2535

ลายมือชื่อนิสิต.....[Signature]  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....อ.วิมล พงศาพิชญ์  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## C125561 MAJOR GEOLOGY  
 KEY WORD: : PETROGRAPHY/ENGINEERING PROPERTY/WEATHERED GRANITE/LOEI  
 PANSAK WANNAKAO : PETROGRAPHY AND ENGINEERING PROPERTIES OF THE  
 PHU SANAO WEATHERED GRANITES, AMPHOE MUANG, CHANGWAT LOEI. THESIS  
 ADVISOR : ASSO. PROF. WASANT PONGSAPICH, Ph.D. 175 pp. ISBN  
 974-582-608-1

During the last decade, granitic rocks become more important materials for engineering works. They are used as construction aggregates, dimension stones, and even foundation. However, the granitic rocks in Thailand are found mostly as weathered rocks while the petrographic and engineering properties of the weathered granites are poorly understood. Therefore, the granitic rocks of Phu Sanao batholith within Loei-Chiang Khan area are intensely investigated for both petrographic and engineering properties. This batholith is formed by magma differentiation during early Triassic. Consequently, the rocks in this area are grouped into four subunits; Phu Sanao, Phu Lek, Ban Kok Du and Ban Na Khaem. The sequence of crystallization appears to start from hornblende-biotite monzogranite of the Ban Na Khaem subunit grading respectively to biotite granite or less mafic content syenogranite of the Phu Sanao and Phu Lek subunits and finally to alkali-feldspar phase with no mafic content of the Ban Kok Du subunit. The Phu Sanao subunit comprises of fresh rocks at the ridge and weathered rocks of grade V to VI at the lower surrounding area. The Phu Lek subunit contains complete weathering profile ranging from grade I to grade VI. Whereas the Ban Kok Du shows fresh corestones occurring as both continuous and discontinuous frame work which is the typical weathering profile of grade III and grade IV. The Ban Na Khaem rocks are highly weathered at grade V to grade VI only. The engineering properties of the rocks from each subunit except Ban Na Khaem are determined. These properties are correlated to petrographic property mathematically. The unconfined compressive strength of the rocks falls in the range of 35-60, 70-260, 120-270 MN/sq.m for the weathering grade III, II, and I respectively. The empirical models for rock strength estimation are proposed from the high correlation of linear regression and exponential curve fitting with point load strength index, porosity and weathering decomposition values. These strength models are  $UCS = 5.8 + 19.4(Is50)$  or  $UCS = (5.19)(-0.23)^n$  or  $UCS = (5.1)(-2.49)^{Xd}$ .

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาควิชา..... ธรณีวิทยา  
 สาขาวิชา..... ธรณีวิทยา  
 ปีการศึกษา..... 2535

ลายมือชื่อนิสิต.....  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## ACKNOWLEDGEMENTS

There were a good number of people who immensely gave courage to the author on preparation this thesis. He owed much thanks to his advisor, Associate Professor Wasant Pongsapich, who kindly and thoroughly spent his numerous efforts to encourage the author to study and gave all fruitful advices. The author also was grateful toward the Head of Department of Geotechnology, Faculty of Technology, Khon Kaen University, Mr. Winit Youngmee, who kindly gave so much support and facilities for field study from the very beginning of this study until the last phase of specimen identification. For Mr. Kiattisak Sormpirom, the author always regarding him as an indeed friend in needs who took very good care of the author's responsibility. This thesis was made possible by the skillful craftsmanship of Mr. Wichan Hirankerd and delicately typed by Mrs. Nattakarn Chalermmeeprasert and Mrs. Rutchanee Hoithaisong. Mr. Marut Lim assisted the author in preparing thin-sections. The author felt gratitude toward their dedications for this study. For University of Khon Kaen, the author considered its grant for this study was a good debt that owed the author's life. Finally the author would like to thank his beloved wife, Mrs. Ladda Wannakao, and children for their sacrifices and pains of being absent of him to devote to this study.

CONTENTS



ABSTRACT IN THAI.....	IV
ABSTRACT IN ENGLISH.....	V
ACKNOWLEDGEMENTS.....	VI
CHAPTER	
I INTRODUCTION.....	1
General.....	1
Objectives.....	3
Location and Accessibility.....	3
Physiography.....	5
Scope and Approach.....	17
Methodology.....	17
A. Sample Preparation Methods.....	21
B. Examination and Testing Methods.....	24
1. Petrographic Methods.....	24
2. Physical and Mechanical Methods..	25
2.1 Basic Physical Properties	
Determination.....	25
2.2 Mechanical Properties Testings	27
Previous Geological Knowledge of Loei Area.	28
II REGIONAL GEOLOGIC SETTING.....	34
Igneous Activities.....	47
Mesozoic Formations.....	50
III RESULTS OF THE STUDY.....	51
Petrographic Properties.....	51
A. Regional Observation.....	51
B. Macroscopic Observation of the Phu	
Sanao Granites.....	51
C. Microscopic Determination.....	73
Engineering Properties.....	73

IV	INTERPRETATION AND CORRELATION.....	93
	Petrographic Interpretation.....	93
	Engineering Correlations.....	101
V	DISCUSSION AND CONCLUSION.....	119
	Recommendations for Further Studies.....	121
	REFERENCES.....	123
	APPENDICES.....	140
	BIOGRAPHY.....	175



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## LIST OF FIGURES AND PLATES

Figure		Page
1-1	Map showing location of the study area.....	2
1-2	An Enlargement map of Northeastern Thailand showing the sites of studying area.	4
1-3	Physiographic landsat imagery map of Changwat Loei, Northeastern Thailand.....	6
1-4	Generalized physiographic map of the Loei area, delineated from Fig 1-3.....	7
1-5	Drainage system of the Loei area, delineated from Fig. 1-3.....	8
1-6	Topographic map of the study area.....	11
1-7	3-dimensional surface of the study area.....	12
1-8	The isohytes for mean annual rainfall of Northeastern Thailand.....	14
1-9	Integrated climatological diagram for the period 1961-1990 of Loei province, illustrates average monthly-rainfall, evaporation, and relative humidity.....	18
1-10	Flow-charts illustrating the study methodology and steps of work for the study program.....	22
1-11	Map showing distribution of granitic rocks in Thailand and the granitic belt with radiometric age about 220-245 Ma.....	31
1-12	Harker variation diagram of the Loei granites constructed rom Table 1-2.....	33

2-1	Map showing two adjoined paleogeographic microcontinents Shan-Thai and Indochina blocks with some distribution of Precambrian outcrops.....	35
2-2	Seven stratigraphic belts of Thailand.....	38
2-3	Map showing major geological features and crustal structures of Southeast Asia.....	39
2-4	Regional general geologic setting of the North-Western of the Khorat Plateau.....	41
2-5	Geologic Map of the Loei-Chiang Khan area....	42
2-6	Sketch geologic map illustrates main structures of the Loei-Chiang Khan Area.....	45
2-17	Summarized structural geological Map of the Loei area.....	48
3-1	Map showing granitic distribution in Loei-Chiang Khan area with some index sample locations.....	52
3-2	Plot of QAP for the plutonic rocks of Loei-Chiang Khan area.....	53
3-3	Map showing distribution of the Phu Sanao (PS), Phu Lek (PL), Ban Kok Du (KD), and Ban Na Khaem (NK) Subunits.....	57
3-4	Subunits distribution profiles of the Phu Sanao granites.....	58
3-5	The photographs illustrate typical characteristics of the Phu Sanao granites.....	59
3-6	3-dimensional surface and distribution of the Phu Sanao granites.....	61
3-7	Measured weathering profile of the Phu Lek Subunit.....	67
3-8	Measured section of weathered granite grade V of the Phu Sanao Subunit.....	68

3-9	Typical weathering characteristic and profile of the Ban Na Khaem Subunit.....	69
3-10	The weathering profile of Ban Kok Du Subunit.....	70
3-11	Generalized weathering map of the Phu Sanao granitic terrain.....	71
3-12	Generalized weathered profiles across terrains of Phu Sanao granites.....	72
3-13	Plot of QAP for the Phu Sanao granites.....	74
3-14	The relationship between major mineral constituents and average grain size of Phu Sanao, Phu Lek and Ban Kok Du subunit.....	76
3-15	The relationship between mineral composition contents and weathering decomposition of Phu Sanao, Phu Lek and Ban Kok Du subunits.....	77
3-16	The relationship between unconfined compressive strength, point load index and bulk density of Phu Sanao, Phu Lek and Ban Kok Du subunits.....	91
3-17	The plot of unconfined compressive strength and median grain size of samples from Phu Sanao, Phu Lek and Ban Kok Du subunits.....	92
4-1	The QAP plot of the Loei-Chiang Khan granites, black circles illustrate syenitoid rocks containing mainly hornblende while white circles are granitoid rocks with mainly biotite to no mafic mineral contents.....	94
4-2	The QAP plot the syenitoid and granitoid rocks which composed of essential Hornblende-biotite or biotite-hornblende.....	95

4-3	The QAP plot illustrates the alkali-feldspar granitic phase which composed less or no mafic mineral contents.....	96
4-4	The QAP plot indicates the monzogranite (NK), syenogranite (PS and PL) and the alkali-feldspar granite (KD) crystallization phase.	98
4-5	Plot of the Phu Sanao granites on Maniar and Piccoli tectonic environment diagram.....	99
4-6	The generalized crystallization model of the Phu Sanao batholith.....	100
4-7	The plot of unconfined compressive strength versus point load strength index shows linear relationship.....	103
4-8	The comparison curves of unconfined compressive strength to abrasiveness and slake durability of Phu Sanao granites.....	104
4-9	The plot of strength, bulk density relates to weathering decomposition of the Phu Sanao granites.....	105
4-10	The curves of porosity to unconfined compressive strength, and to weathering decomposition of Phu Sanao granites.....	110
4-11	The porosity correlates to percentage of wear and slake durability of Phu Sanao granitic aggregates.....	111
4-12	The plot of quartz, K-feldspar and plagioclase contents correlates to unconfined compressive strength.....	112
4-13	The plot showing unconfined compressive strength trending based upon average grain of quartz, K-feldspar, plagioclase and total average grain sizes.....	114

4-14	The plot of unconfined compressive strength related to median grain of Phu Sanao granites.....	115
4-15	The plot between grain contacts and unconfined compressive strength of Phu Sanao granites.....	116
4-16	The unconfined compressive strength ranges with various weathering grades.....	117
1A-1	The sequence of mass weathering grades used in field mapping.....	141
2B-1.	Showing approximate positions and the rotation of Shan-Thai from early Ordovician to Quaternary.....	149
2B-2	Reconstruction of Thailand during early Carboniferous to early Tertiary.....	150
2B-3	Plate tectonic history of Thailand.....	151
2B-4	All direction lineaments map of Loei Province	152
2B-5	All direction lineaments density contour map of Loei Province.....	153
2B-6	Major linear structure of the Loei-Chian Khan area, delineated from lineaments density contour map.....	154
2B-7	The predominant trends of lineaments in the Loei structure and adjacent areas.....	155
2B-8	The strain ellipsoid of right lateral which produces simple parallel wrenching.....	156
2B-9	Result of wrench tectonics of the Loei structure.....	156
4D-1	Modal quartz (Q)-alkali feldspar (A)-plagioclase (P) ternary plot of Maniar and Piccoli tectonic environment diagram.....	173
4D-2	Shand's in dex.....	174

Plate		
3-1	Photomicrographs of the Phu Sanao Subunit illustrate general texture and mineral constituents of the rock.....	81
3-2	Photomicrographs of the Phu Sanao Subunit illustrate dynamic textures of the stress granites.....	83
3-3	Photomicrographs of the Phu Lek Subunit.....	85
3-4	Photomicrographs of the Ban Kok Du Subunit illustrate general texture and mineral constituents of the rock.....	87
3-5	Photomicrographs of the Ban Na Khaem Subunit illustrate typical texture and mineral constituents of the rock.....	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

Table		Page
1-1	Climatological data for the period 1961-1990 of Changwat Loei.....	15
1-2	Chemical analysis of the Loei Granites.....	32
3-1	Type localities and their lithologic description of the Phu Sanao Granites.....	55
3-2	The weathering scheme for granitic material at Phu Sanao, Amphoe Muang, changwat Loei....	65
3-3	Petrographic properties of the Phu Sanao granites.....	75
3-4	Microscopic description and classification of the Phu Sanao granites.....	78
3-5	Summary of Physical and Engineering Properties of Phu Sanao Granites.....	90
4-1	The correlation coefficient of Phu Sanao Granites.....	118
1A-1	Diagnostic characters frequently used to define the various grades of granite.....	142
1A-2	The weathering scheme for granitic masses...	143
1A-3	The simple chassification schemes of weathering state and decomposition grade equivalent.....	144
1A-4	The weathering scheme for granitic material..	145
1A-5	British Standard and other acceptance values for test results on roadstone and concrete aggregates.....	146
2B-1	Summary of tectonic and paleogeographic events of Thailand and continental Southeast Asia.....	148

3C-1	Physical Properties of Phu Sanao Granites, Loei Province.....	158
3C-2	Unconfined compressive strength of Phu Sanao granites, Loei province.....	159
3C-3	Los angles abrasive test of granites and weathered granite, Loei province.....	160
3C-4	Slake durability index granites and weathered granites, Loei province.....	161
3C-5	Point load strength index of Phu Sanao granites, Loei Province.....	162
4D-1	Granitoids and tectonic environment.....	172
4D-2	Mineralogy of granitoids by tectonic environment.....	173
4D-3	Chemistry of granitoids by tectonic environment.....	174

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย