# การวัดพื้นที่ผิวจำเพาะของดินขนาดต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือการซึมผ่านของอากาศตามแบบของ Blaine

นายคงศักดิ์ ปีตกานันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. ๒๕๑๙

000229

# SPECIFIC SURFACE MEASUREMENTS OF THE VARIOUS SIZE OF SOIL PARTICLES BY BLAINE AIR PERMEABILITY APPARATUS

Mr. Kongsuk Pitaganant

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Engineering

Visid Prachuabmoh

(Prof. Dr.Visid Prachuabmoh)

Dean of the Graduate School

Thesis Committee

Niwat Daranandana ..... Chairman

(Prof.Dr. Niwat Daranandana)

V. Tengamnuay

(Assoc.Prof. Vichien Tengamnuay)

Prachit Chiruppapa

(Asst.Prof.Prachit Chiruppapa)

Supradit Bunnag

(Asst.Prof.Dr.Supradit Bunnag)

Advisor : Asst.Prof.Dr.Supradit Bunnag

Copyright 1976

By

The Graduate School

Chulalongkorn University

---

Thesis Title : "Specific Surface Measurements of the Various Size of Soil Particles by Blaine Air Permeability Apparatus"

By : Mr. Kongsuk Pitaganant, Department of Civil Engineering.

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวัดพื้นที่ผิวจำเพาะของดินขนาดต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือการซึมผ่านของอากาศตามแบบของ Blaine

ชื่อ นาย คงศักดิ์ ปิตกานันท์ แผนกวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา ๒๕๑๙

## บทคัดย่อ

วิธีการซึมผ่านของอากาศเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้วัดพ.ท.ผิวจำเพาะของ Powders ได้โดยตรง โดยใช้หลักการนี้เครื่องมือของ Blaine เป็นที่ยอมรับว่าสามารถสร้างขึ้นได้ง่ายและทำการทดลองได้รวดเร็วและให้ผลการทดลองที่ละเอียดพอสมควร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าพ.ท.ผิวจำเพาะของดินขนาดต่าง ๆ กันโดยใช้เครื่องมือซึ่งสร้างขึ้นตามวิธีการของ Blaine ๓ ขนาด ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ๐.๔๐ ซ.ม., ๐.๘๐ ซ.ม., และ ๒.๐ ซ.ม. และเพื่อที่จะหาช่วงของขนาดดินที่เหมาะสมที่จะใช้กับเครื่องมือแต่ละขนาด การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อประกอบการทดลองศึกษาเรื่องนี้แบ่งออกเป็น ๓ วิธี ตามขนาดของดิน วิธีแรกตัวอย่างดินจะถูกนำมาตกตะกอนในน้ำกลั่นซึ่งมีช่วงลึก ๓๐ ซ.ม. เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนคำนวณได้จากกฎของ Stoke โดยการหาเวลาที่ส่วนของ clay (<๒μ) ถูกเหลือแขวนลอยในน้ำเพียงอย่างเดียว จากนั้นจะแยกสารละลายที่มี clay นั้นอยู่ออกโดยการทำ Siphon แล้วนำสารละลายนี้ไปอบให้แห้ง ตัวอย่างดินที่เตรียมนี้จะถูกนำมาทดลองกับเครื่องมือซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหลอดแก้ว ๐.๔๐ ซ.ม. วิธีที่สองจะนำตัวอย่างดินมาร่อนโดยผ่านตะแกรงเบอร์ ๒๐๐ ดินที่ผ่านตะแกรงร่อนนี้จะเป็นดินที่ถูกนำมาทดลองกับเครื่องมือซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหลอดแก้ว ๐.๘๐ ซ.ม. วิธีที่สามตัวอย่างดินขนาดหยาบจะถูกนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ ๘๐ ดินที่ได้จากการร่อนนี้จะนำมาทดลองกับเครื่องมือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหลอดแก้ว ๒.๐ ซ.ม.

ผลของการวิจัยนี้พบว่าดินที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ๐.๐๐๕-๐.๐๕ ม.ม. ตามสมมุติฐานของ Stoke เหมาะที่จะใช้กับเครื่องมือที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหลอดแก้ว ๐.๘๐ ซ.ม. จากการทดลองพบว่าค่าของพื้นที่ผิวจำเพาะที่ได้แตกต่างจากค่าที่คำนวณไม่เกิน ๕% สำหรับดินที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ๐.๐๕-๐.๒๐ ม.ม. เหมาะที่จะใช้กับเครื่องมือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหลอดแก้ว ๒.๐ ซ.ม. โดยมีค่าความแตกต่างจากการทดลองและการคำนวณโดยใช้สมมุติฐานของ Andreasen ไม่เกิน ๕% เช่นเดียวกัน และสำหรับดินที่มีขนาดเล็กกว่า ๐.๐๐๕ ม.ม. เครื่องมือที่สร้างขึ้นตามวิธีการของ Blaine ใช้ไม่ได้ผล ทั้งนี้เพราะว่าขนาดของ Pore ในดินมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ Mean Free Path ของโมเลกุลของ Gas และทำให้อัตราการไหลของ Gas มากกว่าค่าที่กำหนดโดยกฎของ Poiseuille นอกจากนี้ยังพบว่าค่าของ พ.ท.ผิวจำเพาะที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง แต่การใช้เครื่องมือซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ กันมีประโยชน์เพื่อการประหยัดเวลาในการทดลองวัด พ.ท.ผิวจำเพาะของดินขนาดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ค่า พ.ท.ผิวจำเพาะที่จะยอมรับได้ควรจะหาได้มาจากการทดลองในช่วง Porosity ปกติ เพราะว่าเป็นช่วงที่สามารถทดลองหา พ.ท.ผิวจำเพาะได้ผลค่อนข้างจะแน่นอน และค่า พ.ท.ผิวจำเพาะในช่วงนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับ Porosity

Thesis Title Specific Surface Measurement of the various Size of Soil Particles by Blaine Air-Permeability Apparatus

Name Mr. Kongsuk Pitaganant, Department of Civil Engineering

Academic Year 1976

## ABSTRACT

The air-permeability method is a means of direct measuring of the specific surface of powders. Several different types of apparatus were developed for this measurement but the Blaine air-permeability apparatus is more simple in construction portable, easy to operate and if carefully used, yields results with the good accuracy. The purpose of this work is to determine the specific surface of various size of soil particles by using three sizes of Blaine air-permeability apparatus (0.40 c.m, 0.80 c.m, and 2.0 c.m. inside diameter) and finding the suitable range of particle size used with each size of the apparatus. The preparation of the test sample was divided into 3 ranges, firstly the soil samples were sedimented in the distilled water for the specified depth of 30 c.m., the time used for sedimentations is according to the Stoke's law, for finding the clay fraction ($\leq 2\mu$) suspended in the water at that time. The suspended particles was separated from the settled one by the siphon method and was dried. These clay samples were tested with

the 0.40 c.m. inside diameter Blaine's apparatus. Secondly, the soil samples were passed through No. 200 sieve and these samples of the silt size range were tested with the 0.80 c.m. inside diameter Blaine's apparatus. Thirdly, the coarse grained soils were passed through No. 80 sieve and tested with the 2.0 c.m. inside diameter Blaine's apparatus.

From the result of this work, it was found that the soil particle 0.005 m.m. - 0.05 m.m. in stoke's diameter was suitable for testing with the 0.80 c.m. Blaine's apparatus with the difference of specific surface from the calculated value not more than $\pm$ 5%. The 0.05 m.m. - 0.20 m.m. size in diameter was suitable for testing with 2.0 c.m. Blaine's apparatus with the difference between the experimental result and the calculated result using Andreasen assumption not more than $\pm$ 5%. For the less than 0.005 m.m. particle, the Blaine's apparatus was not valid because the size of pore or void spaces were small in comparison with the mean free path of the molecules of the gas and the rate of gas flow was greater than that given by Poiseuille's law. It was also found that the specific surface value obtained was independent of the dimensions of the testing apparatus. However, the advantages of using different sizes of manometes were the ability to save the testing time in measuring the specific surface of different sizes of soil. The accepted specific surface must have been tested in the "normal" range of porosity because the reproducible results were realized and the specific surface value in this range was independent of the porosity.

# ACKNOWLEDGEMENTS

This study was performed at the Chulalongkorn University with financial support of the Graduate School of Chulalongkorn University for which grateful thanks are expressed.

The author wishes to express his sincere appreciation to his advisor Asst. Prof. Dr. Supradit Bunnang for his inspiring guidance throughout the course of study. Special acknowledgements are also due to Prof. Dr. Niwat Darananda, Assoc. Prof. Vichien Tengamnuay and Asst. Prof. Prachit Chiruppapa for serving as members of the Thesis Committee. Sincere thanks are given to Mr. Vorachin Sathitphimankal for his explanation and allowance in seeing the Blaine's apparatus at the Siam Cement Co. Ltd. The author is also grateful to Dr. Kannika Suraphibul for her advice. Thanks are due to Mr. Boonthiem Penpratip for his useful data.

Finally, the author would like to express his profound gratitude to Mrs. Yuavapa Tongvanich for the investigation of his English.

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# TABLE OF CONTENTS


| CHAPTER | TITLE | PAGE |
|---|---|---|
| | ABSTRACT (Thai Language) | iv |
| | ABSTRACT | vi |
| | ACKNOWLEDGEMENTS | viii |
| | TABLE OF CONTENTS | ix |
| I | INTRODUCTION | 1 |
| | Purpose and Scope of Work | 2 |
| II | LITERATURE REVIEW | 3 |
| | - Air-permeability method | 3 |
| | - Gas-adsorption method | 4 |
| | - Relative merits of adsorption and permeability method | 5 |
| | - Application of both method with soils | 7 |
| | - Investigated procedure | 8 |
| III | THEORETICAL CONSIDERATION | 11 |
| | - Viscous Flow in Straight Tube of Circular Cross-Section | 11 |
| | - Viscous Flow between Wide Parallel Plates | 12 |
| | - Viscous Flow through Any Cross-Section | 13 |
| | - Kozeny's Equation | 14 |
| | - Kozeny-Carman Equation | 15 |

TABLE OF CONTENTS (Continued)


| CHAPTER | TITLE | PAGE |
|---|---|---|
| IV | DESIGN THE SIZE OF U-TUBE MANOMETER | 17 |
| V | EXPERIMENTAL INVESTIGATION | 20 |
| | - Nature of Apparatus | 20 |
| | - Preparation of Standard Sample | 24 |
| | - Preparation of Bed of Sample | 24 |
| | - Calibration of Apparatus | 22 |
| | - Permeability Test for Soil Samples | 25 |
| | - Result | 33 |
| | - Comparison of Air-Permeability Method and Sedimentation Method | 61 |
| | - Discussion | 78 |
| VI | CONCLUSION | 84 |
| | - Recommendation for further study | 86 |
| | - Reference | 89 |
| | - Vita | 92 |

Symbols

$A$ = Cross section area of soil sample, $cm.^2$

$a$ = Cross section area of void, $cm.^2$

$c_s$ = Shape factor of pore

$d_g$ = Dia. of glass tube, cm.

$E$ = Porosity of soil sample.

$E_s$ = Porosity of standard sample.

$F_1 = \frac{E^3}{(1-E)^2}$

$F_2 = \frac{E^2}{(1-E)}$

$\Delta h$ = Difference in total head, cm.

$L_e$ = Length of toruosity, cm.

$L$ = Length of sample, cm.

$M$ = Molecular wt. of gas.

$P$ = Mean pressure in dyne/$cm.^2$

$\Delta P$ = Pressure difference in dyne/$cm.^2$

$Q$ = Volume of gas at mean pressure$P$, $cm.^3$

$R$ = Gas constant, $8.31 \times 10^7$ in c.g.s. unit.

$r$ = Unit wt. of fluid, gm./$cm.^3$

$S$ = Surface area of void, $cm.^2$

$S_o, S_v$ = Surface area per unit volume, $cm.^2/cm.^3$

$S_s$ = Surface area per unit wt. of standard soil sample, $cm.^2$/gm.

$S_w$ = Surface area per unit wt, $cm.^2$/gm.

$T$ = Temperature in $^oC$; absolute temperature in $^oK$. (in Knudsen Eq$^n$)

$t$ = Time of gas flow, sec.

$u_e$ = Pore velocity of fluid, cm./sec.

$u$ = Apparent linear velocity of fluid, cm./sec.

$V_s$ = Volume of solid particle, $cm.^3$

$v$ = Volume of fluid, $cm.^3$

$W_w$ = Wt. of water in soil sample, gm.

$W_{moist}$ = Wt. of moist soil sample, gm.

$\eta$ = Absolute viscosity of gas, dyne-sec./$cm.^2$ or gm.-sec./$cm.^2$

$\rho$ = Specific gravity of sample.

$\rho_s$ = Specific gravity of standard sample.