การใช้คานคอดินเป็นฐานรากบนดินอ่อน

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

นายประสิทธิ์ สาธร

001596

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2518

I16433812

GROUND BEAM AS FOUNDATION ON COMPRESSIBLE SOIL

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mr.Prasitti Sathorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1975

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ .... ประธานกรรมการ

.... กรรมการ

.... กรรมการ

.... กรรมการ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ธีระวงศ์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้คานคอดินเป็นฐานรากบนดินอ่อน

ชื่อ นายประสิทธิ์ สาธร แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2517

บทคัดย่อ

ในการก่อสร้างอาคารโดยทั่วไปในบริเวณที่เป็นดินอ่อนเช่นกรุงเทพฯ จะใช้ฐานรากวางบนเสาเข็มรับน้ำหนักอาคาร สำหรับอาคารขนาดเบา การใช้ฐานรากวางบนเสาเข็มไม่เป็นการประหยัด การวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จึงมุ่งที่จะศึกษาขอบข่ายการใช้คานคอดินเป็นฐานรากรับน้ำหนักบรรทุกโดยตรง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ฐานรากวางบนเสาเข็ม

จากการวิเคราะห์ออกแบบคานคอดินเพื่อใช้เป็นฐานรากโดยอาศัยทฤษฎีคานวางบนฐานยืดหยุ่น ทฤษฎีกำลังแบกทานของดิน และการทดลองการรับน้ำหนักของคานคอดิน ปรากฏว่าผลการทดลองวัดค่าการทรุดตัวของคานคอดิน แรงปฏิกิริยา และแรงดัดสอดคล้องกับทฤษฎีคานวางบนฐานยืดหยุ่น และการใช้กำลังแบกทานของดิน 2 ตันต่อตารางเมตร สำหรับการใช้คานคอดินเดี่ยวเป็นฐานรากก็อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยมาก

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างฐานรากแบบคานคอดินและฐานรากแบบวางบนเสาเข็ม ปรากฏว่า ราคาค่าก่อสร้างฐานรากแบบคานคอดินขนาดยาว4.00เมตร บรรทุกน้ำหนักเป็นจุดที่กึ่งกลางช่วงคานจะประมาณเท่ากับค่าก่อสร้างฐานรากแบบเสาเข็ม เมื่อน้ำหนักบรรทุกบนคานคอดินมีค่าประมาณ 12 ตัน ที่น้ำหนักบรรทุกต่ำกว่าค่าพิกัดนี้ ค่าก่อสร้างฐานรากแบบคานคอดินจะถูกกว่าฐานรากแบบเสาเข็ม เช่น ในกรณีที่น้ำหนักบรรทุกบนคานคอดินมีค่าต่ำกว่า 5.50 ตัน ราคาค่าก่อสร้างจะถูกกว่ากันประมาณ 40.0 ถึง 50.0 เปอร์เซ็นต์

Thesis Title Ground Beam as Foundation on Compressible Soil

Name Mr.Prasitti Sathorn Department Civil Engineering

Academic Year 1974

ABSTRACT

Generally the construction of buildings on compressible soil such as in the Bangkok area the load of the buildings is carried by pile foundations. For light buildings the use of pile foundations is not economical. This thesis proposes to study the range of application of ground beams in lieu of pile foundations as foundations to transmit the load directly to the soil for the purpose of reducing the construction costs.

From the analysis and design of ground beams as foundations by using the Theory of Beams on Elastic Foundations, the Theory of Soil Bearing Capacity and ground-beams-as-foundations loading tests, the results of the experiments showed that the recorded settlements, the computed soil reaction, and moments were in accordance with the theoretical values. Further, the use of an allowable soil bearing capacity of 2 tons per square meter for an isolated ground beam as a foundation was also very safe.

The results of the comparison of construction costs between ground beams as foundations and pile foundations showed that the construction costs of ground beams of a 4.00-meter span as foundations, carrying the point load at midspan, were approximately equal to those of pile foundations when the point load on the ground beams was approximately 12 tons. For the load less than this limit, the construc-

tion costs of ground beams as foundations would be cheaper than those of pile foundations. For example, if the load on the ground beam were less than 5.50 tons, the construction costs of the ground beam as a foundation would be about 40.0 to 50.0 per cent less expensive.

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ในการเขียนวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ธีระวงศ์ อาจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค และอาจารย์สุรพรหม พวงมาลี ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำปรึกษา ทั้งในภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติ และการใช้ภาษา และขอขอบคุณกองออกแบบ กรุงเทพมหานคร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำการวิจัย และสุดท้ายขอขอบคุณ คุณสนั่น โตทอง หัวหน้าหน่วยห้องปฏิบัติการทดลอง กองออกแบบ กรุงเทพมหานคร และเจ้าหน้าที่หน่วยห้องปฏิบัติการทดลองทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง

ประสิทธิ์ สาธร

สารบาญ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย...	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.	จ
กิติกรรมประกาศ	ช
รายการตารางประกอบ...	ญ
รายการรูปประกอบ..	ฎ
สัญญลักษณ์ที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายในการวิจัย..	2
1.3 ขอบขายของการวิจัย.	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย...	4
บทที่ 2 ทฤษฎี...	5
2.1 สมมติฐานเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์คานคอดินเป็นฐานราก ...	5
2.2 Differential Equation of the Elastic Line	5
2.3 การจำแนกคานคอดินตาม Stiffness ของคานและคุณสมบัติของดิน..	8
2.4 The Modulus of Subgrade Reaction	8
2.5 การทรุดตัวของดินในพิกัดยืดหยุ่น (Elastic Settlement of Foundation)	10
2.6 ทฤษฎีกำลังแบกทานของดิน (Theory of Soil Bearing Capacity)..	12
บทที่ 3 เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการทดลอง..	16
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง...	16
3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง...	17

หน้า

3.3 การออกแบบคานคอดินจริงและคานคอดินย่อขนาด... 17

3.4 การสร้างคานคอดินย่อขนาดสำหรับการทดลอง. 23

บทที่ 4 วิธีดำเนินการทดลองและผลการทดลอง... 25

4.1 Plate Load Test... 25

4.2 การทดลองคุณสมบัติของดิน... 26

4.3 การทดลองการรับน้ำหนักของคานคอดินย่อขนาด 27

บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง... 28

5.1 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎี.. 28

5.2 การวิเคราะห์การหักของคานคอดินในการทดลอง... 37

5.3 การเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างฐานรากแบบคานคอดินกับฐานรากแบบเสาเข็ม... 39

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ... 47

บรรณานุกรม... 49

ภาคผนวก.. 51

ประวัติการศึกษา 74

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3.1	ผลการทดลอง ตะแกรงร่อนแสดงส่วนคละของทราย...	55
3.2	ผลการทดลอง ตะแกรงร่อนแสดงส่วนคละของหิน.....	55
3.3	ขนาดหน้าตัดของคานคอดินที่ใช้เป็นฐานราก...	55
4.1	ผลการทดลองหาความชื้นในดิน...	63
5.1	ผลการคำนวณและเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎีของตัวอย่างคานคอดิน-ที่ 1...	35
5.2	ผลการคำนวณและเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎีของตัวอย่างคานดินคอดิน ที่ 2...	36
5.3	การเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ เนื้องาน และค่าใช้จ่ายอื่นๆในการก่อสร้างฐานราก แบบคานคอดินกับฐานรากแบบเสาเข็ม......	42
5.4	รายละเอียดการออกแบบฐานรากแบบคานคอดินเพื่อใช้ในการประมาณราคา.	43
5.5	รายละเอียดการออกแบบฐานรากแบบเสาเข็มเพื่อใช้ในการประมาณราคา..	44
5.6	การเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างฐานรากแบบคานคอดินกับฐานรากแบบเสา-เข็ม...	45
5.7	รายละเอียดราคาวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการประมาณราคา..	73

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	สมดุลย์ของแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนคานคอดิน...	5
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง I_w กับ L/B	53
3.1	หน้าตัดคานคอดินที่ใช้เป็นฐานรากจริง...	56
3.2	หน้าตัดคานคอดินย่อขนาด 1:2 ที่ใช้ในการทดลอง..	56
4.1	ก-ข การติดตั้งเครื่องมือสำหรับทดลอง Plate Load Test...	58
4.2 - 4.5	ผลการทดลอง Plate Load Test...	59-62
4.6	ลักษณะของชั้นดินบริเวณที่ใช้ทำการทดลอง Plate Load Test และการรับน้ำหนักของคานคอดิน...	63
4.7	ผลการทดลอง Unconfined Compression Test	64
4.8	ก-ข การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการทดลองการรับน้ำหนักของคานคอดิน.	66
4.9	Elastic Curve และการทรุดตัวของตัวอย่างคานคอดินที่ 1 ภายใต้น้ำหนักบรรทุก...	67
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวของตัวอย่างคานคอดิน 1 ...	68
4.11	Elastic Curve และการทรุดตัวของตัวอย่างคานคอดินที่ 2 ภายใต้น้ำหนักบรรทุก...	69
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวของตัวอย่างคานคอดินที่2 ...	70
4.13	ก-ข ลักษณะการแตกหักของตัวอย่างคานคอดินที่ใช้ในการทดลอง...	71
5.1	การแผ่ของแรงปฏิกิริยาในดินใต้คานคอดินเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก....	30
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างกับน้ำหนักบรรทุกสำหรับคานคอดินเป็นฐานรากและฐานรากวางบนเสาเข็ม...	46

สัญลักษณ์ที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ

A_s = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม

B = ความกว้างของปีกคานคอดิน

b = ความกว้างของตัวคานคอดิน

c' = Equivalent Weight of Surcharge ในสมการ (2.7-2)

c = แรงเฉือนหรือ Cohesion ของดิน

D = ความลึกของฐานรากวัดจากผิวดินถึงจุดต่ำสุดของฐานราก

d = ความลึกประสิทธิผลของคานคอดิน

E_b = Modulus of Elasticity ของคานคอดิน

E_c = Modulus of Elasticity ของคอนกรีต

E_s = Modulus of Elasticity ของดิน

E_{st} = Modulus of Elasticity ของเหล็ก

E_u = Undrained Young's Modulus ของดิน

e = ค่าเอ็กซโปเน้นในสมการ (2.6-1) มีค่า = 2.7183

f_c = หน่วยแรงอัดของคอนกรีตที่ผิวบนสุดของคาน

f'_c = หน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต

f_s = หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริม

f_u = หน่วยแรงดึงประลัยในเหล็กเสริม

f_y = หน่วยแรงจุดคลากในเหล็กเสริม

H = แขนงแรงในแนวราบในสมการ (2.6-10)

h = ความสูงของคานคอดินส่วนตั้ง

I_b = Moment of Inertia of Rectangular Gross Section

I_w = Influence Factor

j = สัมประสิทธิ์ช่วงงัดของคาน ค.ส.ล.

K_m = Modulus of Subgrade Reaction ของฐานรากสี่เหลี่ยมผืนผ้าในสมการ (2.4-2)

K_o = Modulus of Subgrade Reaction ที่ได้จากการทดลอง

K_s = Modulus of Subgrade Reaction ของดิน

K_s' = Modulus of Subgrade Reaction ในสมการ (2.4-3) และ (2.4-6)

K' = $K_o B$

k = สัมประสิทธิ์แกนสะเทินของคาน ค.ส.ล.

L = ความยาวของคานคอดิน

M = แรงดัดหรือโมเมนต์

M_c = แรงดัดที่จุดกึ่งกลางคานคอดิน

M_x = แรงดัดที่ระยะใด ๆ จากน้ำหนักบรรทุกบนคานคอดิน (P)

m = อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของคาน ในสมการ (2.4-2)

N_c;N_q;N_r=ตัวประกอบในสูตร Ultimate Bearing Capacity ในสมการ(2.6-4)

n = อัตราส่วนระหว่าง E_{st} กับ E_c

P = น้ำหนักบรรทุกบนคานคอดิน

p = น้ำหนักบรรทุกแผ่สม่ำเสมอ

p = อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมต่อพื้นที่หน้าตัดคาน

Q = แรงเฉือน

Q_c = แรงเฉือนที่จุดกึ่งกลางคานคอดิน

Q_x = แรงเฉือนที่ระยะใด ๆ จากน้ำหนักบรรทุก P

q = ความดันหรือความเครียดในดิน

q = แรงปฏิกิริยาในดินเมื่อเกิดการทรุดตัว = $K_s' y$

q_p = Unconfined Compressive Strength by Pocket Penetrometer

q_d = Ultimate Bearing Capacity ของดิน

q_u = Unconfined Compressive Strength ของดิน

S_u = Undrained Shear Strength ของดิน

T = แรงดึงในเหล็กเสริม

t = ความหนาของปีกคานคอดิน

t = Equivalent Height of Surcharge ในสมการ (2.6-2)

u = หน่วยแรงยึดเกาะระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต

V = แขนงแรงที่กระทำต่อฐานรากในแนวดิ่งหรือแรงเฉือน

v_c = หน่วยแรงเฉือนในคอนกรีต

x = ระยะวัดในแนวราบ

y = ระยะวัดในแนวดิ่งหรือการทรุดตัว

$Y_A;Y_B$ = ระยะการทรุดตัวในแนวดิ่งของคานคอดินที่จุดปลายสุดของคานคอดินทั้งสองข้าง

Y_c = ระยะการทรุดตัวในแนวดิ่งของคานคอดินที่จุดกึ่งกลางช่วงคาน

Y_i = Initial Settlement ของดิน

Y_x = ระยะการทรุดในแนวดิ่งของคานคอดินที่ระยะใด ๆ

$\theta_A;\theta_B$ = Angular Rotation หรือ Slope ที่จุดปลายสุดของคาน

θ_x = Angular Rotation หรือ Slope ที่ระยะใดๆ

μ = Poisson's Ratio ของดิน

r = Unit Weight ของดิน

ϕ = Angle of Internal Friction

λ = Characteristic Length ของคานคอดิน

w = Unit Weight ของคอนกรีต