

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ชัชวาล พูนลาภพานิช, การศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของกำแพงชนิดไดอะแฟรมโดยใช้แบบจำลองเป็นคานวางบนวัสดุอิลาสติก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- พิพัฒน์ ศรีวัฒนพงษ์, พฤติกรรมของระบบกำแพงกันดินชนิดเข็มพืดแบบใช้ค้ำยันสำหรับงานขุดขนาดลึกในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- ศิริมาส วิเศษศรี, พฤติกรรมของระบบกำแพงกันดินชนิดเข็มพืดสำหรับงานขุดใช้ค้ำยันสำหรับในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
- สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์, การคำนวณแรงดันดินด้านข้างและข้อมูลในการออกแบบ, การสัมมนาทางวิชาการเรื่องการออกแบบและการก่อสร้าง Sheet Pile, คณะกรรมการวิชาการสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2530.

ภาษาอังกฤษ

- Bathe, K.J. Finite element procedures Prentice Hall, Englewood Cliffs. Newjersey, 1996.
- Bowles, J.E. Foundation Analysis and Design 4th Edition, McGraw Hill, singapore, 1988.
- Bowles, J.E. Foundation Analysis and Design 5th Edition, McGraw Hill, singapore, 1996.
- Gan Choon Hock. Review and analysis of ground movement of braced excavation in Bangkok subsoil using diaphragm walls. M.Thesis, AIT., 1997.
- John S. Horvath. "Determination of the Coefficient of Subgrade Reaction k, for Beams," Report No. CE/GE-88-3, June 1988.
- Haliburaton T.A. "Numerical analysis of flexible Retaining structures," Proc. ASCE, Journal of soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 94, SM6, 1968, pp1233-1251.
- Horvath, J. S. "Further Evaluation of the Coefficient, or Modulus, of Subgrade Reaction k, Using an Extension of Reissner's Simplified Elastic Continuum Concept," Report No CE/GE-88-2, May 1988.
- Horvath, J. S. "Numerical Analysis of Beams and Beam-Columns with Linear and Non-Linear Spring Supports Using Finite Differences", Report No. CE/GE-88-1, February 1988.

- Horvath, J. S. "Subgrade Modeling for Soil-Structure Interaction Analysis of Horizontal Foundation Elements," Report No. CE/GE-93-1, January 1993.
- Horvath, J. S. "The modulus of subgrade reaction: a new perspective," Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineers, December 1983.
- H Horvath, J. S. "A new subgrade model applied to mat foundations," Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineers, December 1983.
- H Horvath, J. S. "Subgrade models for soil-structure interaction analysis Foundation Engineering: Current Principles and Practices," American Society of Civil Engineers, 1989.
- H Horvath, J. S. "Beam-column-analogy model for soil-structure interaction analysis," Foundation Engineering: Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineers, February 1993.
- Koudelka P. "The Safety of the dependent pressures method," Europe Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Budapest, oct no2-5, 1990.
- Md. Zoynul Abedin. Soil modulus for laterally pile and application to the Bangkok mass transit project. M.Thesis , AIT., 1997.
- Terzaghi Karl. Evaluation of coefficient of subgrade reaction. Geotechnique. V (1955):297-326.
- Terzaghi Karl. Theory Soil Mechanics 14th Ed, U.S.A: John Wiley and Son Inc, 1996.
- Terzaghi Karl, and Peck P, Soil Mechnics in Engineering Practice. U.S.A: John Wiley and Son, 1997.
- Turabi D.A.,Balla A. Distribution of earth pressure on sheet pile walls. Proc. ASCE, Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, Vol. 94, SM6, 1968, pp1271-1301.
- Turabi D.A.,Balla A. Distribution of earth pressure on sheet pile walls. Proc. ASCE, Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, Vol. 94, SM1, 1968, pp291-322.
- Vaziri H.H., Troughton V.M., "Theory and application of an efficient computer program for analysis of flexible wall earth retaining structures," Computer and Structure, Vol56, 1995, pp177-187.
- Y. N. LEE. Finite Element Analysis on Earth Retaining Structures. M.Thesis, AIT, 1978.
- Zienkiewicz O. C. 1977. The finite element method The third, expanded and revised ed. McGraw-Hill Book Company (UK) Limited.

ภาคผนวก

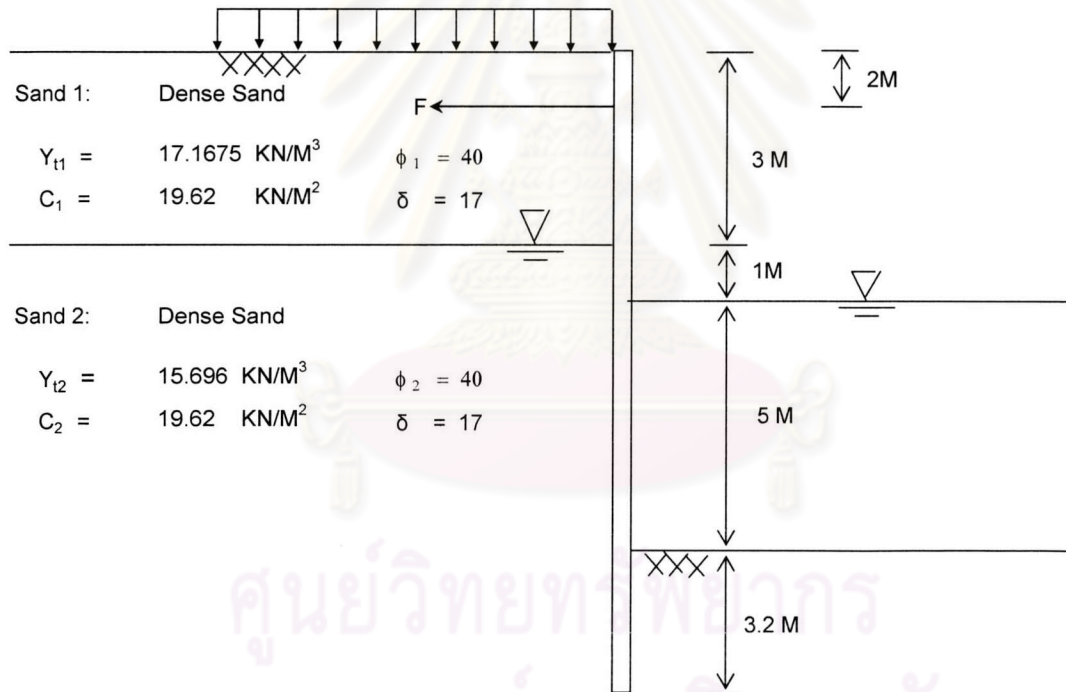


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

การเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณโดยวิธี Free Earth Method
กับวิธี Finite Element Method

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณโดยวิธี Free Earth Method กับวิธี Finite Element Method ให้พิจารณาจากตัวอย่างรูปที่ ก.1 ต่อไปนี้



รูปที่ ก.1 Cantilever Sheet Pile and Anchor Rod

Cantilever Sheet Pile กำหนดใช้เหล็ก US STEEL Corporation Section PDA-27, มีค่า
 $E = 2.07 \times 10^8 \text{ KN/M}^2$, $f_{all} = 172,500 \text{ KN/M}^2$, $I = 54.33 \times 10^{-6} \text{ M}^4/\text{M}$

Anchor Rod $f_y = 250 \text{ MPA (A-36)}$, $f_{sr} = 0.6f_y$ ใช้ Diameter = 55 mm, Spacing = 1
 M, L = 10 m, ARSPG = AE/SL = 47,516 KN/M จากบทที่ 2 สมการที่ 2.98 (สำหรับ Finite
 Element Method)

วิธีของ Free Earth Method ได้ทำการ Mobilize shear strength โดยใช้ Factor of Safety
 เท่ากับ 1.5 ด้าน Passive Earth Pressure เพื่อที่ระบบการวิเคราะห์กำแพงกันดิน Conservative
 พบว่าจะได้ผลการคำนวณของระยะฝัง Cantilever Sheet Pile มีค่าเท่ากับ 3.14 M และได้ค่า
 Maximum Bending Moment 260.33 KN-M/M แต่ค่าที่ได้จะเป็นค่าของ Moment ซึ่ง
 มากกว่าความเป็นจริงเนื่องวิธีของ Free Earth Method ยังไม่ได้คิดค่าสติเฟนสของกำแพง
 ดังนั้นจะต้องทำการลดค่า Moment โดยใช้ทฤษฎีของ Rowe (1952) โดยใช้รูปที่ ก.2 Moment
 Reduction Curve

สำหรับกรณีดินทราย ให้พิจารณาค่า ρ จากสมการ

$$\rho = \frac{H^4}{EI} \quad \dots(\text{ก.1})$$

โดย

H คือ ความยาวของเข็ม (M),

E คือ Modulus of Elasticity of Steel Pile, (KN/M²)

I คือ Moment of Inertia of Steel Pile, (M⁴/M)

M คือ Moment ที่จะนำไปออกแบบ, KN-M/M

M_{FES} คือ Moment ที่ได้จากการวิเคราะห์ Free Earth Method, KN-M/M

สำหรับกรณีดินเหนียว ให้พิจารณาค่า S จากสมการ

$$S = \frac{C_u \sqrt{1 + \frac{C_u}{C_w}}}{\sigma_v} \quad \dots\dots(\text{ก.2})$$

โดย

S คือ Stability Number

C_u คือ Undrain Shear Strength, (KN/M²)

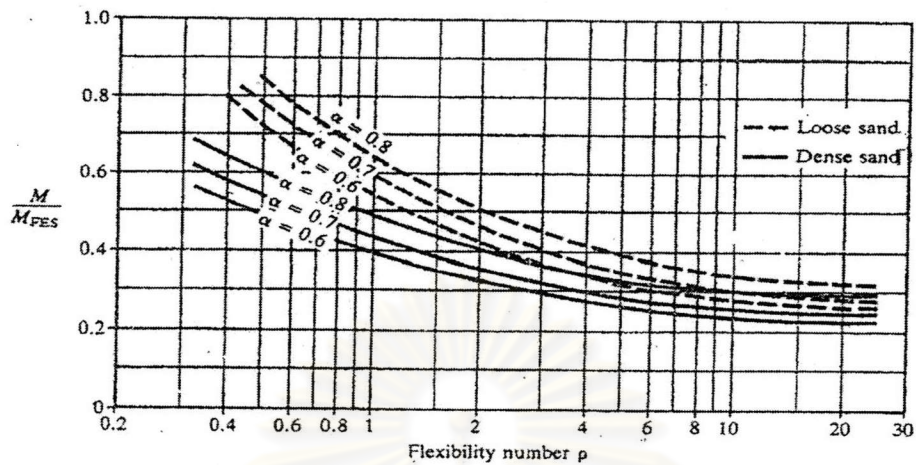
C_w คือ ค่า Wall Adhesion ซึ่งมีค่าประมาณ $0.67 C_u - 0.75 C_u$

σ_v คือ ผลต่าง Total Vertical Pressure ระหว่าง Active and Passive Side of Wall

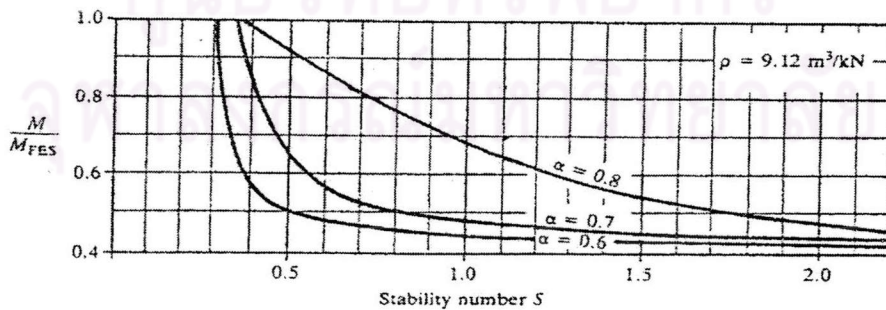
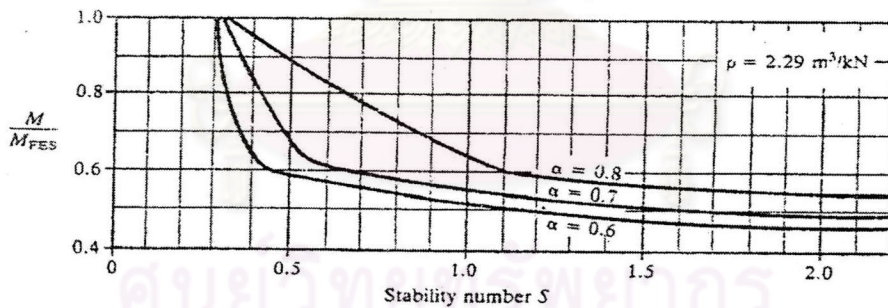
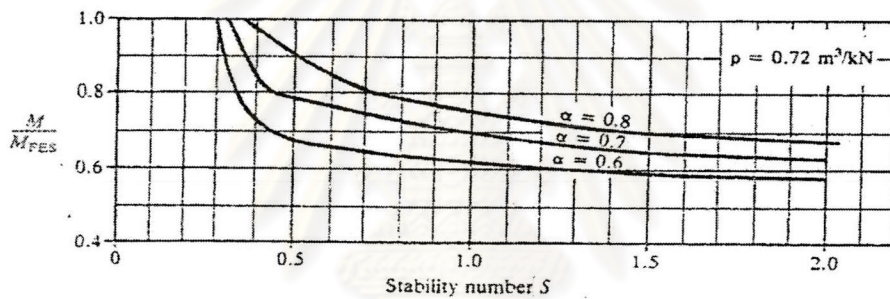
สามารถประมาณค่าของสมการ ก.2 ในรูปแบบสั้นๆดังสมการที่ ก.3

$$S = \frac{1.25C_u}{\sigma_v} \quad \dots\dots(\text{ก.3})$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Moment reduction curves for sheet-pile walls in sand/(After Rowe, 1952.)

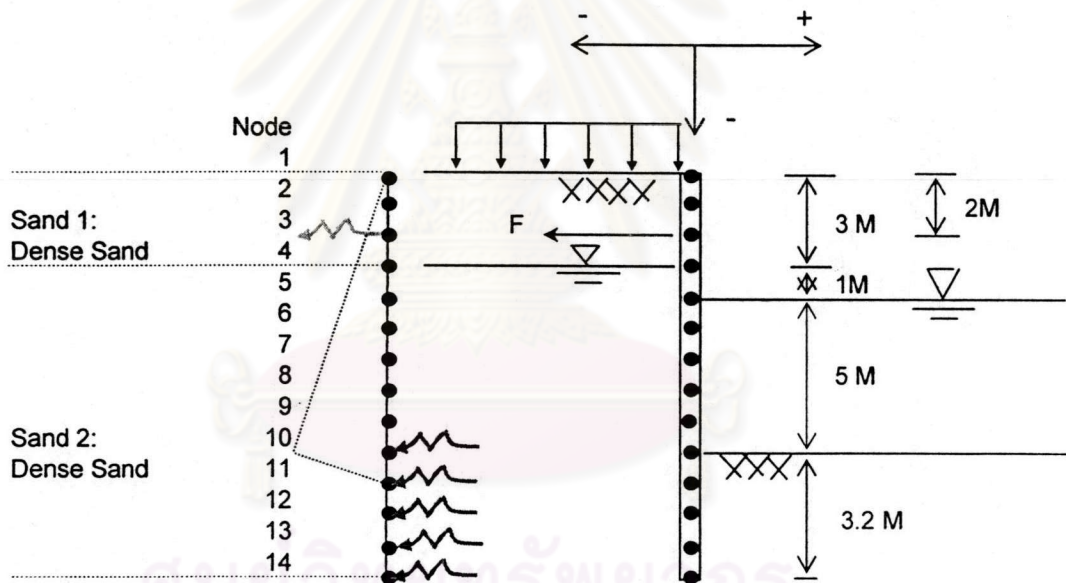


Moment reduction curves for sheet-pile walls in clay. (From Rowe, 1957a.)

รูปที่ ก.2 Moment Reduction Curve

เมื่อทำการหาค่า ρ จากสมการที่ ก.1 ได้ $\rho = 1.93$ M'/M และค่าของ $\frac{M}{M_{FES}} = 0.38$ KN-M/M
 จากรูปที่ ก.2 แล้วจะได้ค่า Moment ที่จะนำไปออกแบบ (M) = $0.38 * 260.33 = 98.93$ KN-M/M

สำหรับการวิเคราะห์ด้วย วิธี Finite Element Method จะต้องทำการสเกตรูปใหม่และกำหนดความยาวแต่ละ Element ของ Cantilever Sheet Pile ในดินแต่ละชั้น พร้อมทั้งหา Spring Equivalent ของ Anchor Rod ดังรูปที่ ก.3 Cantilever Sheet Pile and Anchor Rod โดยการวิเคราะห์ด้วย วิธี Finite Element Method



รูปที่ ก.3 Cantilever Sheet Pile and Anchor Rod โดยการวิเคราะห์ด้วย วิธี Finite Element Method

จากนั้นทำการ Run Design Retaining Structure and Braced Cut Excavation


ก.1 การกรอกค่าลงในรูปที่ ก.4 Title (Form1)

Title (Form1)
File

Design Retaining Structure And
Braced Cut Excavation Programming

Programmer : Dr. Supot Teachavorasinskun
And
Mr. Narongdej Intaratchaiyakit

Department of Civil Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
CHULALONGKORN UNIVERSITY



Name of Project | Cantilever Sheet Pile
User Name | narongdej
Number of Layer Soils | 2
Surcharge(KN/M²) | 0

Input Data Analysis | Next | Exit

รูปที่ ก.4 Title(Form1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากนั้นทำการกดปุ่ม Input Data Analysis แล้วทำการกรอกค่าลงในรูปที่ ก.5 Data Analysis

Data Analysis

File

<p>Type Analysis</p> <p><input checked="" type="radio"/> Short Term</p> <p><input type="radio"/> Long Term</p>	<p>Water Table</p> <p><input type="radio"/> Water Table 2 Side Same Level Water Table Front Wall (M) = <input type="text" value="4"/></p> <p><input checked="" type="radio"/> Water Table 2 Side Not Same Level Water Table Back Wall (M) = <input type="text" value="3"/></p> <p>$\gamma_w =$ <input type="text" value="9.81"/> KN/M³</p>
---	--

Ok

รูปที่ ก.5 Data Analysis

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.2 การกรอกค่าลงในรูปที่ ก.6 Input Data Soil (Form2)

Input Data Soil (Form2)
File

Input Data Soil

	Type soil	Thickness of Layersoil (m)	Length of Element Sheet Pile (m)	Number of Element	Unitweight of Soils (KN/M ³)	Cohesion (KN/m ²)	Coefficient of Earth Pressure (K)
Layer1	sand ▼	β	1	9	17.1675	0	0.2
Layer2	sand ▼	3.2	0.8	4	19.62	0	0.2

รูปที่ ก.6 Input Data Soil (Form2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.3 การกรอกค่าลงในรูปที่ ก.7 Input Boundary Condition (Form3)

Input Boundary Condition (Form3)

File

Input Boundary Condition

Boundary Condition

Number of P-X Coding	28	Number of Element	13	Non Zero P - Matrix	0	No of Load Condition	1
No of Iterative	1	Node At Dredge Line	10	No of Soil Spring	5	Linear or NonLinear	Non Linea
Number of Anchorage Rod Spring	1	Number of Known Displacement	0	Node At Active Earth Pressure =0	11	Unit	SI

Boundary condition (continue)

Modus of Elasticity of Pile (KPA)	2.07E+08	Xmax (M)	0.0254	Reduce of Factor	0.9	Depth Embedment (M)	3.2	Convergence	0.002
Depth Increment (M)	0.2	Moment of Inertia Sheet Pile Per Unit Width (M ⁴ /M)	5.433E-05	Width of Sheet Pile (M)	1	AS	0	BS	0
EXPO	1								

Input KS	Back	Next	Exit
----------	------	------	------

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก.7 Input Boundary Condition(Form3)

หลังจากทำการกรอกค่าต่างๆ ใน Input Boundary Condition และ Input Boundary Condition Continue เสร็จ จากนั้นให้ทำการกดปุ่ม Input KS แล้วทำการกรอกค่าลงในรูปที่ ก.8 Form KS โดยค่า KS เปิดจากรายง ที่ 2.1 หลังจากกรอกค่าต่างๆ เสร็จให้กดปุ่ม Ok แล้วกดปุ่ม Next เพื่อที่จะไปทำในรูปที่ ก.9 Input Soil Spring, Anchorage Rod or Strut spring (Form4) ต่อไป

Layer Soil Start Under Dred Line : 2

Input KS (KN\M³)

Node	KS (KN\M ³)
10	64000
11	64000
12	64000
13	64000
14	64000

Ok Exit

รูปที่ ก.8 Form KS

ก.4 การกรอกค่าลงในรูปที่ ก.9 Input Soil Spring, Anchorage Rod or Strut spring (Form4)

Input Soil Spring , Anchorage Rod or Strut spring (Form4)
File

Input Soil Spring(KN/M)		Input Anchorage Rod or Strut spring (KN/M)	
Node	Soil Spring (KN/M)	Node	Anchorage Rod or Strut spring (KN/M)
10	23040		
11	51200	3	47516
12	51200		
13	51200		
14	25600		

Create File To Fortran Note ==> (You must Run Fortran Later Click Next)

Back Next Exit

รูปที่ ก.9 Input Soil Spring, Anchorage Rod or Strut spring (Form4)

หลังจากที่ทำการกรอกค่าในรูปที่ ก.9 Input Soil Spring, Anchorage Rod or Strut spring (Form4) เสร็จให้ ให้กดปุ่ม Create File To Fortran เพื่อสร้างข้อมูลให้กับ Program Visual Fortran แล้ว Double Click ที่ DevFemN8 เพื่อสร้างข้อมูลให้กับ Visual Basic จากนั้น ผู้ใช้โปรแกรมแล้วค่อยกดปุ่ม Next เพื่อที่จะไปพิจารณารูปที่ ก.10 Result Calculate (Form5) ต่อไป

ก.5 การพิจารณารูปที่ ก.10 Result Calculate (Form5)

จะเป็นการพิจารณาแสดงผลการคำนวณของ Moment, Spring Force, Displacement ที่ Node ต่างๆ ของระบบดังในรูปที่ ก.10 Result Calculate (Form5) หากเป็นค่าของ Moment จะมีค่าเป็น 0 ที่ Node แรก และ Node สุดท้ายของระบบ จากนั้นผู้ใช้โปรแกรมแล้วค่อยกดปุ่ม Next เพื่อที่จะไปทำใน ก.11 Plot Graphic (Form6) ต่อไป

Result Calculate (Form5)

File

Result Calculate : Moment Spring Force, Displacement
And
Sum Spring Force, Sum Applied Force

Element	Length(m)	Moment Near End(KN-M/M)	Node	Depth(M)	Spring Force(KN)	Displacement(M)
1	1	0	1	-0	0	-3.86E-02
2	1	-0.572	2	-1	0	-1.87E-02
3	1	-4.578	3	-2	61.9885	1.30E-03
4	1	46.537	4	-3	0	2.09E-02
5	1	86.044	5	-4	0	3.66E-02
6	1	105.277	6	-5	0	4.49E-02
7	1	99.495	7	-6	0	4.42E-02
8	1	65.263	8	-7	0	3.51E-02
9	1	-0.851	9	-8	0	2.06E-02
10	0.8	-102.281	10	-9	156.2021	6.78E-03

Sum Spring Force(KN) = 192.55

Sum Applied Force(KN) = 192.55

Back

Next

Exit

รูปที่ ก.10 Result Calculate (Form5)

ก.6 การพิจารณารูปที่ ก.11 Plot Graphic (Form6)

Plot Graphic (Form6)

File

Plot Graphic Moment , Spring Force
And
Displacement

Set Moment(KN/M)-plot scale:
min max
ticks sub-ticks

Set Depth(M)-plot scale:
min max
ticks sub-ticks

Type Plot Graphic:

Plot Moment (KN-M/M)

Plot Spring Force (KN)

Plot Displacement (M)

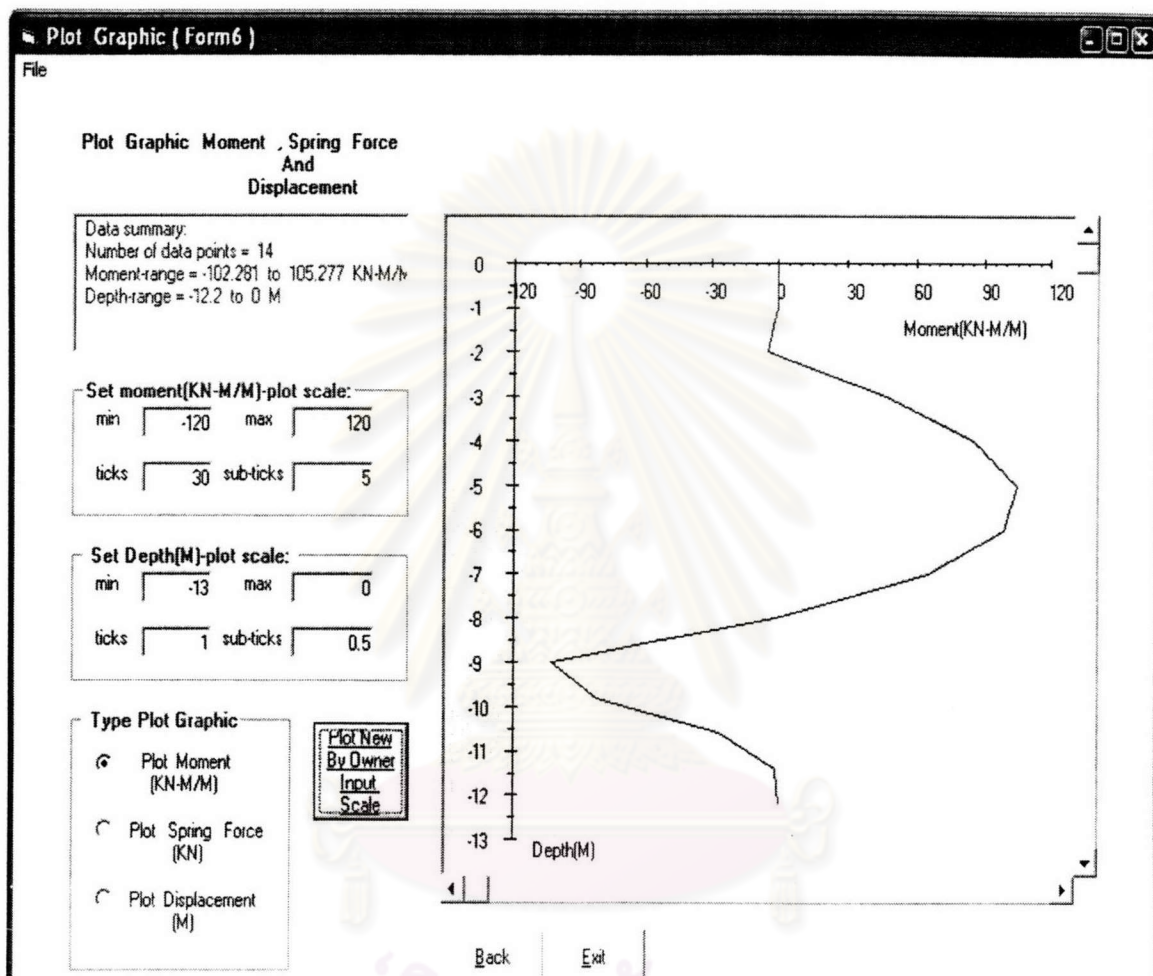
[Plot New By Owner Input Scale](#)

Back Exit

รูปที่ ก.11 Plot Graphic (Form6)

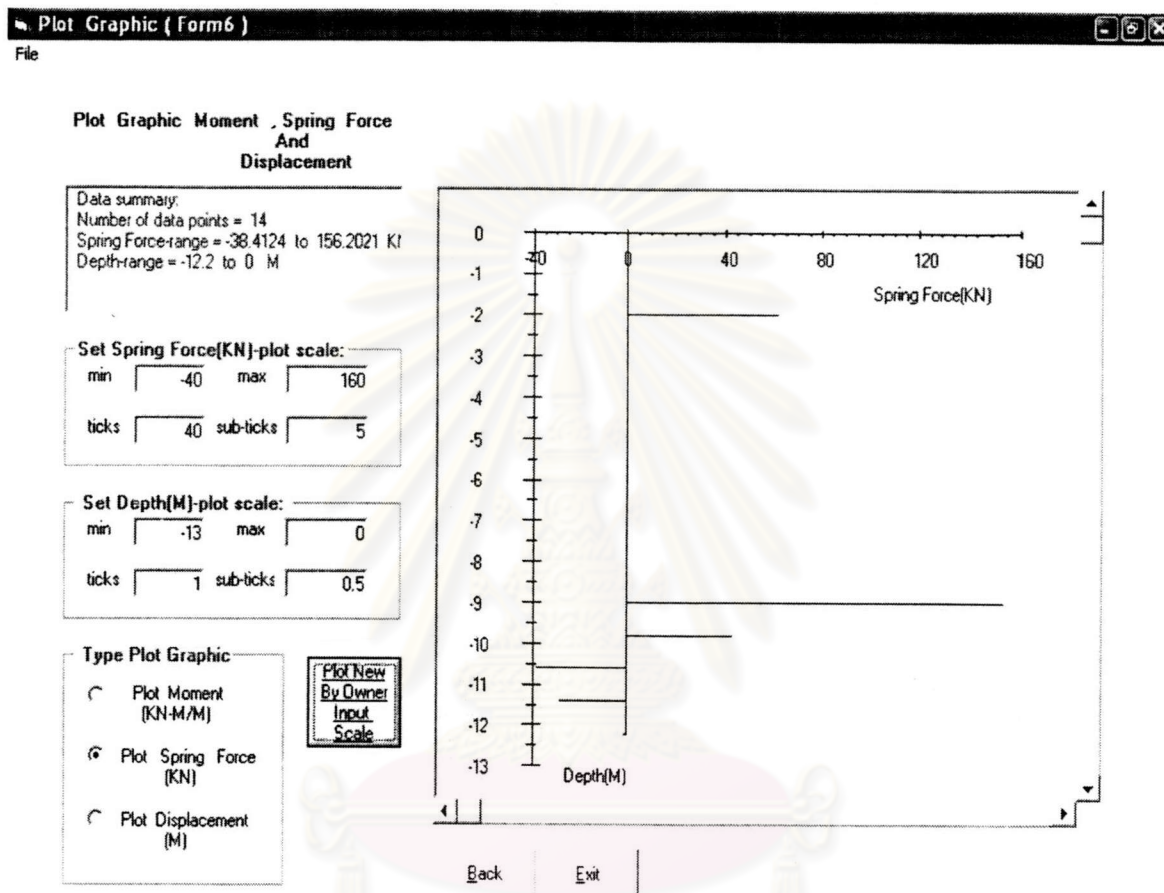
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมต้องการ Plot Graphic Moment (KN-M/M) ให้พิจารณาที่ Type Plot Graphic แล้วเลือกช่อง Plot Moment จะได้ดังรูปที่ ก. 12



รูปที่ ก.12 Plot Graphic Moment (KN-M/M)

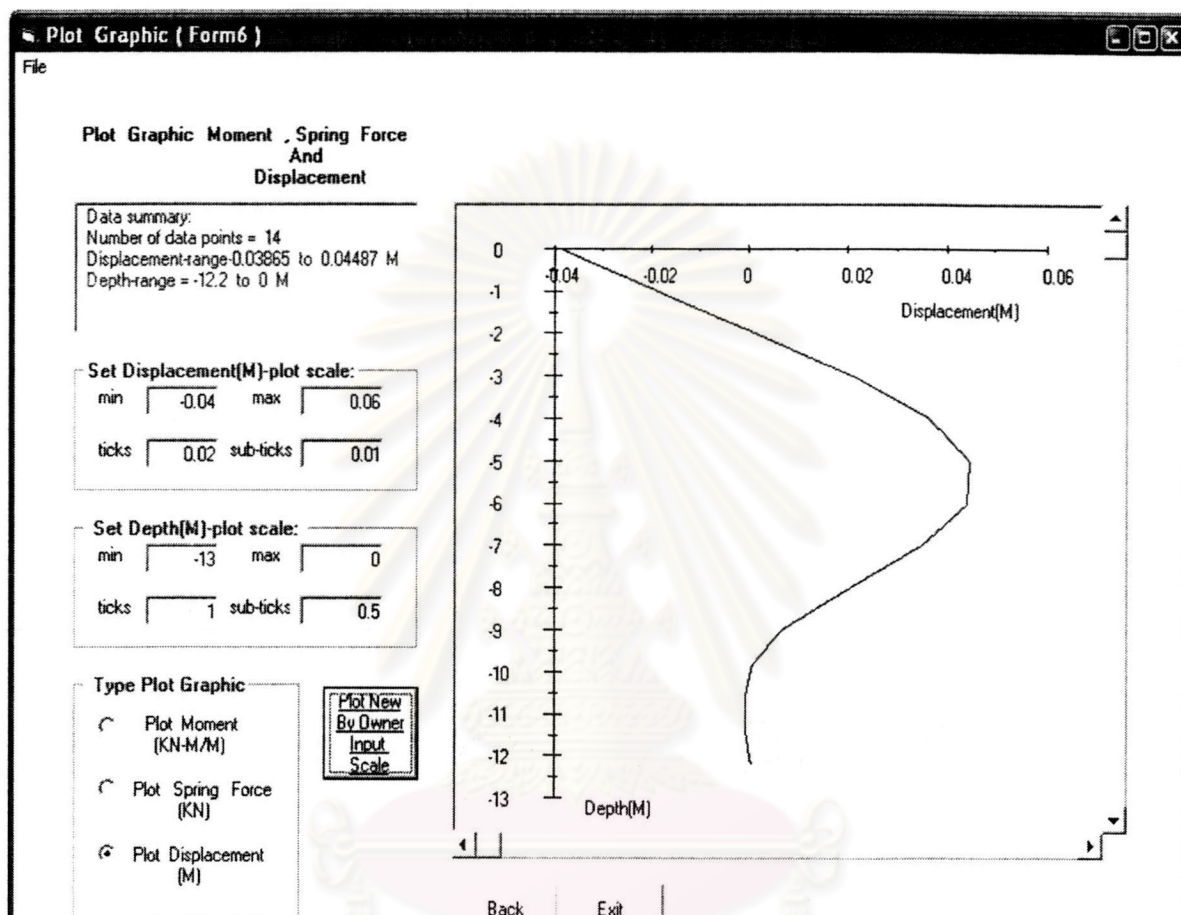
เมื่อผู้ใช้โปรแกรมต้องการ Plot Graphic Spring Force (KN) ให้พิจารณาที่ Type Plot Graphic แล้วเลือกช่อง Plot Spring Force จะได้ดังรูปที่ ก.13



รูปที่ ก.13 Plot Graphic Spring Force (KN)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมต้องการ Plot Graphic Displacement (M) ให้พิจารณาที่ Type Plot Graphic แล้วเลือกช่อง Plot Displacement จะได้ดังรูปที่ ก.14



รูปที่ ก.14 Plot Graphic Displacement (M)

ศูนย์วิจัยและพัฒนา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการคำนวณ โดยวิธี Free Earth Method กับวิธี Finite Element Method สามารถเปรียบเทียบผลการคำนวณ ได้ดังนี้

ชนิดการคำนวณ	Moment Max (KN-M/M)	ระยะฝัง (M)
Free Earth Method	260.33	3.14
Free Earth Method เมื่อทำการลด Moment	98.93	3.14
Finite Element Method จาก ผู้พัฒนาโปรแกรม	105.277	3.20

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการคำนวณ 1 Cantilever Sheet Pile and Anchor Rod โดยวิธี Free Earth Method กับวิธี Finite Element Method

จากตารางที่ ก.1 จะพบว่า จะมี % Error Moment ระหว่างวิธี Free Earth Method กับวิธี Finite Element Method ถึง 59.56% เมื่อวิธี Free Earth Method ทำการลด Moment จะพบว่า มีค่า % Error Moment ระหว่างวิธี Free Earth Method กับวิธี Finite Element Method เพียง 6.415% และ % Error ระยะฝัง 1.91%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณรงค์เดช อินทร์นัยกิจ เกิดเมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2522 สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2545



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย