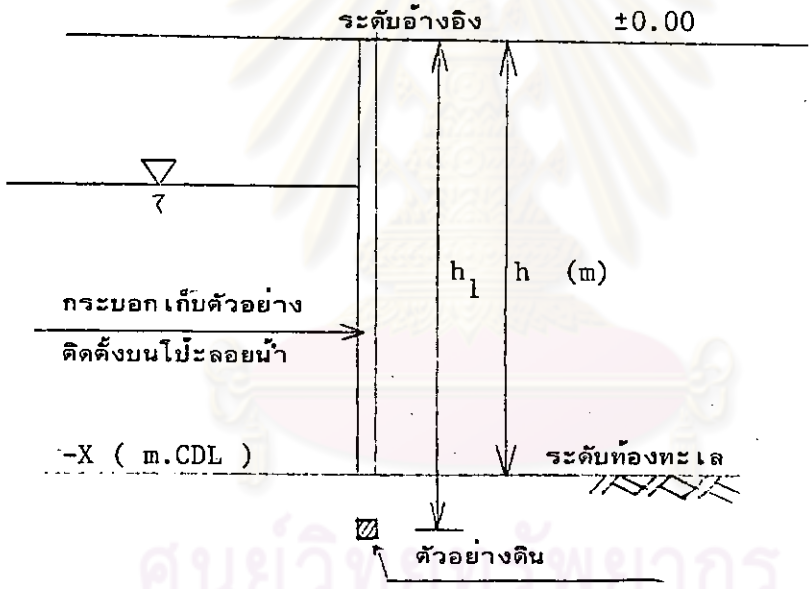
บทที่ 5

ข้อมูลทางปฐพีวิศวกรรมและการวิเคราะห์ออกแบบฐานรากเขื่อนกันคลื่น

5.1 <u>ตำแหน่งหลุมสำรวจ</u> เนื่องจากเขื่อนกันคลื่นเป็นโครงสร้างที่อยู่ในทะเล ดังนั้นการเจาะสำรวจเพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของชั้นดิน และเก็บตัวอย่างดิน จึงต้องกระทำในทะเล โดยเครื่องมือเจาะสำรวจติดตั้งไปกับทุ่นลอยน้ำ

สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในงานเจาะสำรวจ คือ ระดับอ้างอิงของตัวอย่างดิน มีหลักในการพิจารณาดังนี้



รูปที่ 5.1 แสดงระดับอ้างอิงในการเจาะสำรวจดินแต่ละหลุม

ระยะ h คือ ระยะจากระดับอ้างอิง (±0.00) ไปถึงระดับท้องทะเล และตัวอย่างทุกตัวอย่าง จะต้องอ้างอิงจากระดับ ±0.00 และจากการหยั่งหาความลึก (Sounding) เราจะทราบระดับของท้องทะเล ในรูปของระดับอ้างอิงสำหรับโครงการ (Chart datum) ดังนั้นเราสามารถเปลี่ยนระดับความลึกของตัวอย่างที่ทุก ๆ ความลึกมาเป็นระดับ Chart datum (CDL)

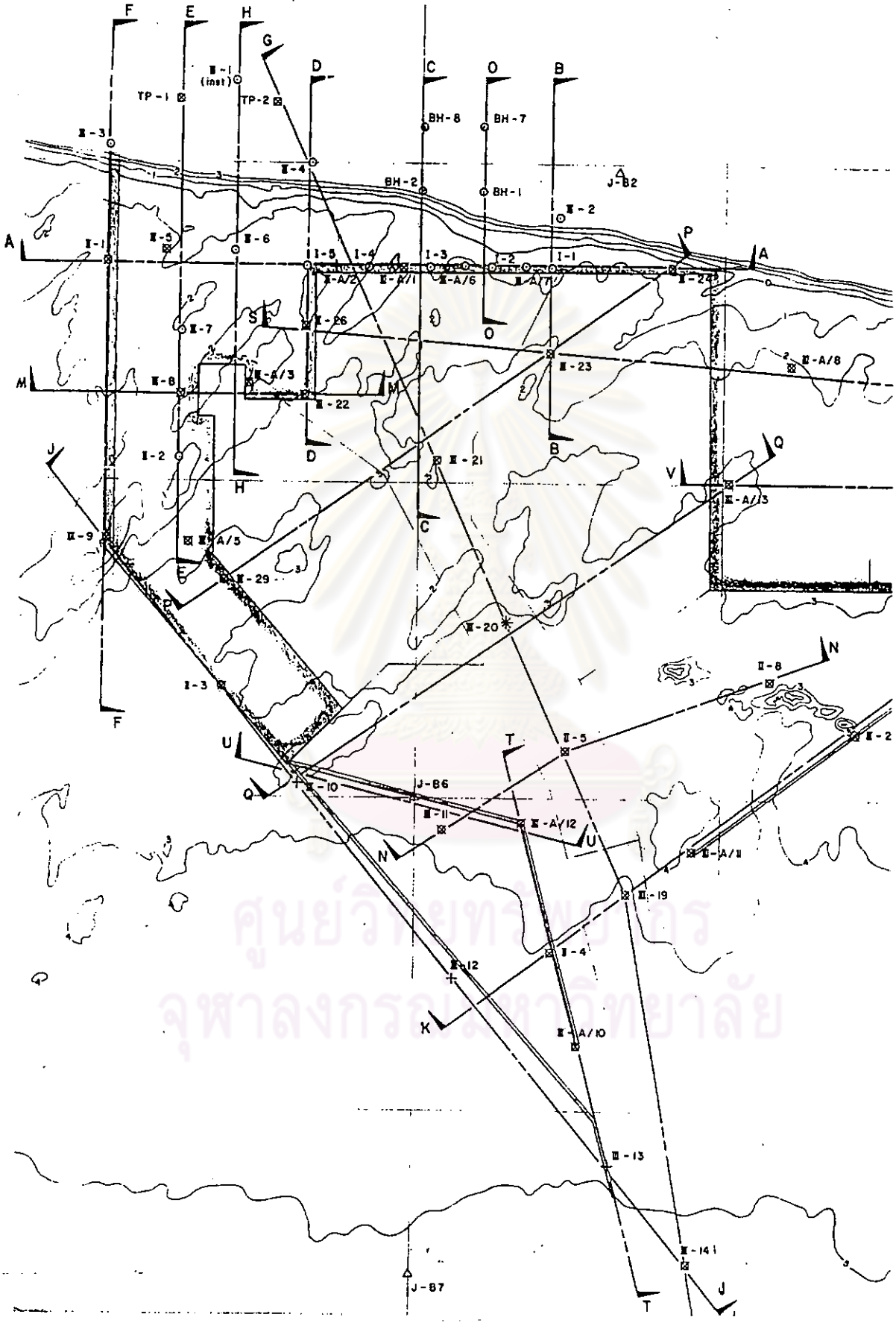
เช่น ตัวอย่างดินที่ความลึก h_1 จากระดับอ้างอิง และที่หลุมสำรวจนั้น มีระดับท้องทะเล -X (m) CDL ตัวอย่างดินดังกล่าวจะอยู่ที่ระดับ h_1 - (h + x) . M . CDL (ค่า x ให้ใส่ตามเครื่องหมาย)

โครงการท่าเรือมาบตาพุด มีโครงสร้างที่ต้องออกแบบหลายส่วน งานเจาะสำรวจดินจึงเป็นข้อมูลสำคัญ และต้องการความถูกต้องแม่นยำสูง จึงได้กำหนดแนว และตำแหน่งของหลุมเจาะสำรวจ ตามรูป 5.2 เครื่องหมายลูกศร (——/) เป็นแนวรูปตัดของชั้นดินที่จะพิจารณาของแต่ละโครงสร้าง สำหรับเขื่อนกันคลื่นจะพิจารณาแนวรูปตัด J - J ซึ่งประกอบด้วยหลุมสำรวจดังนี้

1. หลุมสำรวจแบบ Rotary drilling ได้แก่ หลุม III-9 , II-3 , III-14 จะมีการตอกทดสอบ หาค่า SPT - N valve ที่ทุก ๆ ระยะ 1.0 - 1.5 เมตร และเก็บตัวอย่างสภาพรบกวน โดย Split spoon sampler ทุกระยะประมาณ 0.5 - 1.0 เมตร พร้อมกับเก็บตัวอย่างไร้สภาพรบกวน (Undisturbed sample) โดยใช้ Piston sampler และเก็บตัวอย่างดินท้องทะเล (Sea bed sample) ด้วย

สำหรับการตอกทดสอบ (SPT) จะใช้ Split spoon sampler ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2" ตอกลงในชั้นดิน ด้วยลูกตุ้มหนัก 140 ปอนด์ ยกสูง 30 นิ้ว และนับจำนวนครั้งของการตอกทุกระยะที่จมลง 1 ฟุต

2. หลุมสำรวจแบบ Wash probe testing ได้แก่หลุม III-10 , III-12 , III-13 จะทำการเจาะด้วย Rod ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน $1\frac{3}{4}$" ภายนอก $2\frac{1}{4}$" อัดน้ำด้วยความดัน 3 - 5 psi และจับเวลาในการชะล้าง แต่ละช่วงจะได้ค่า Penetration time เป็นวินาที แล้วทำการจำแนกดินในสนาม โดยวิศวกรผู้ชำนาญงาน หลุมสำรวจชนิดนี้จะได้ระดับของชั้นดินโดยประมาณและเปรียบเทียบตำแหน่งชั้นดินแข็งจากค่า Penetration time



รูปที่ 5.2 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจดินโครงการท่าเรือมาบตาพุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 <u>ข้อมูลการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างดินในสนาม</u> ผลการเจาะสำรวจจะดำเนินไปตามขั้นตอนคือ

1. บันทึกผลการเจาะสำรวจในสนาม (Field records) ดูภาคผนวก ข.

2. ลักษณะชั้นดิน (Log of boring) และค่า SPT - N valves ของหลุมสำรวจทั้งสองชนิด ดังแสดงใน Log of boring ภาคผนวก ข. ระดับของชั้นดินจะอยู่ในรูปของระดับอ้างอิงโครงการ (CDL) เพื่อสามารถนำไปใช้งานได้โดยสะดวก

3. รูปตัดของชั้นดินในแนวเขื่อน (แนว J - J) ดังแสดงในรูป 5.3 เป็นประโยชน์อย่างมากในการตรวจสอบเสถียรภาพทางวิศวกรรม ณ. ตำแหน่งต่าง ๆ ของเขื่อนกันคลื่น

4. ภาพถ่ายแสดงลักษณะของตัวอย่างหิน ตั้งแต่ชั้น Highly weathered granite (HWG) Moderately weathered granite Slightly weathered granite ลงไป ดังรูปถ่าย (ดูภาคผนวก ข.)

5.3 <u>ข้อมูลผลการทดสอบดินจากห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์</u> ได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก ข. มีดังนี้

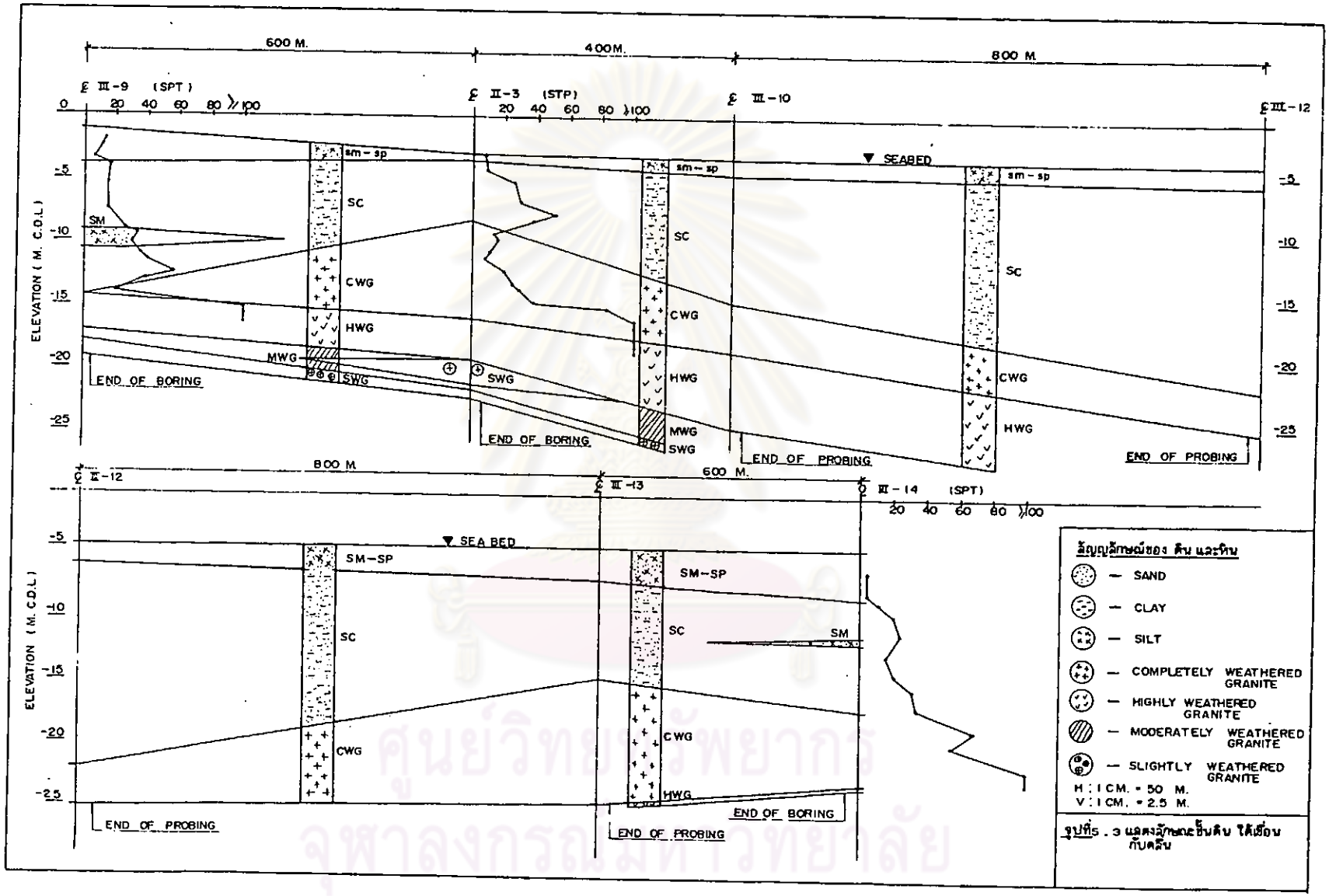
1. ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทั่วไปของตัวอย่างดินที่มีความลึกต่าง ๆ อาทิ ความชื้นในมวลดิน ความหนาแน่นรวม ความถ่วงจำเพาะ ขีดจำกัดความข้นเหลว (Atterberg limit test) เป็นต้น

2. ผลการจำแนกชนิดของดิน โดยมาตราฐาน ASTM ของตัวอย่างดินที่ได้จากหลุมสำรวจ Rotary drilling

3. การทดสอบหาการกระจายขนาดคละของมวลดิน (Grain size distribution test)

4. ผลการทดสอบ Consolidation test

5. ผลการทดสอบ Undrained triaxial test ทั้งชนิด CU และ UU test



รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะชั้นดิน ได้เขื่อนกันคลื่น

5.4 <u>วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ</u> สามารถวิเคราะห์โดยการ plot ค่าต่าง ๆ จากผลการทดลองเทียบกับความลึกของตัวอย่าง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างดินพวก Clayey sand (SC) และ Completely weathered granite (CWG) ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ถึง 5.11 ทำให้สามารถเลือกค่า Parameter ไปใช้ออกแบบส่วนฐานราก และวิเคราะห์การทรุดตัวได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

การวิเคราะห์ต่าง ๆ สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

5.4.1 ค่าความหนาแน่นรวม Atterberg limits และความถ่วงจำเพาะ เลือกได้จากผลการทดสอบในภาคผนวก ข. โดยตรง

5.4.2 ค่า Consolidation parameters ได้จากผล Oedometer test ซึ่งต้องปรับแก้เส้นกราฟจากการทดลองเป็น Field curve โดยใช้วิธีการของ Schmertmann (1953) ในหัวข้อ 3.8 และหาค่าความชันของ Field curve นั้น แต่ละช่วงจะได้ค่า CR , RR และ OCR ดังแสดงในตาราง 5.1 จากนั้นจึง Plot ค่าต่าง ๆ จากตารางเทียบกับความลึกของตัวอย่าง ดังรูป 5.4 และ 5.5

5.4.3 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดิน ได้ค่า E_u จากการทดสอบ Undrained triaxial test ตามวิธีในหัวข้อ 3.8.1 ได้ผลตามตาราง 5.2 จากนั้นจึง Plot ค่าต่าง ๆ เทียบกับความลึก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 แสดงค่า Consolidation parameters ของตัวอย่างดินต่าง ๆ

หมายเหตุ γ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ = 1.0 t/m^2 (ในห้องทดลอง)

หลุมสำรวจที่	หมายเลขตัวอย่าง	ความลึก (m)CDL	$e_o = \frac{GW}{S}$	$e_o = \frac{G\gamma_w - 1}{\gamma 2}$	e_o เฉลี่ย	$\bar{\sigma}_{vo}$ (t/m^2)	$\bar{\sigma}_{vm}$ (t/m^2)	OCR	CR (%)	RR (%)	ชนิดดิน	ความลึกที่กลางตัวอย่าง (m)CDL
II-3	3	-5.20 -5.35	0.35	0.37	0.36	2.35	10.5	4.5	9.3	1.8	SC-CL	-5.28
II-3	9	-7.45 -7.65	0.49	0.52	0.50	4.91	22.0	4.5	14.8	2.9	SC	-7.55
II-3	15	-10.70 -11.05	0.65	0.69	0.67	8.78	13.0	1.5	8.0	1.8	CWG	-10.88
III-9	5	-4.66 -4.86	0.34	0.34	0.34	4.28	37.5	8.8	10.5	1.7	SC	-4.76
III-9	6	-4.86 -5.21	0.37	0.37	0.37	4.62	14.0	3.0	11.0	1.25	SC	-5.04
III-9	8	-6.16 -6.66	0.34	0.34	0.34	6.25	35.0	5.6	8.5	0.75	SC	-6.41

ตัวอย่างการคำนวณค่า $\bar{\sigma}_{vo}$: ใช้ความหนาแน่นของน้ำทะเล = 1.025 t/m^3

หลุม II-3 , PST-3 ความลึกที่กึ่งกลางตัวอย่าง = 5.28 m. CDL

พิจารณาหน่วยน้ำหนักของดินจากผลการทดสอบในภาคผนวก ข.

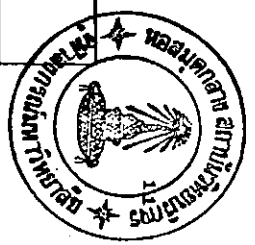
$$\bar{\sigma}_{vo} = (5.28 - 3.20) (2.16 - 1.025) = 2.35 \ t/m^2$$

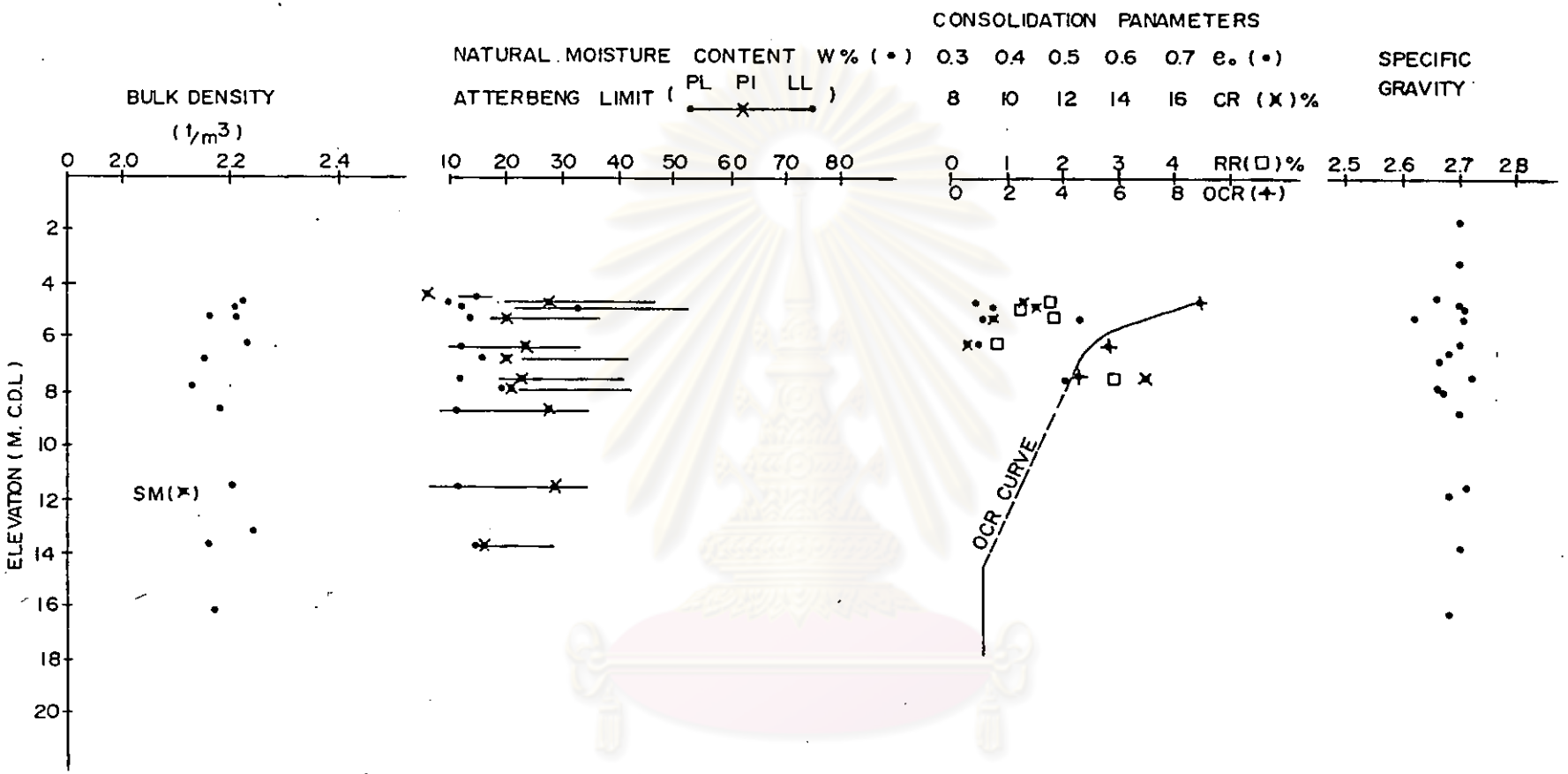
$$= 0.24 \ KSC$$

ตารางที่ 5.2 แสดงค่า Strength parameters ของตัวอย่างดินต่าง ๆ จาก Triaxial tests

ชนิดของการทดสอบ	หลุมสำรวจที่	หมายเลขตัวอย่าง	ความลึก (m)CDL	E_u (65%max) (t/m^2)	C (t/m^2)	ϕ (O)	$\bar{C}$ (t/m^2)	$\bar{\phi}$ (O)	$\bar{\sigma}_{vo}$ (t/m^2)	σ_{vo} (t/m^2)	ความลึกที่กลางตัวอย่าง	ชนิดดิน
$\overline{CIUC}$	II-3	6	-6.20 -6.45	1,010	-	-	1.10	25.1	3.53	-	-6.32	SC
	II-3	10	-7.65 -7.80	430	-	-	1.61	21.5°	5.10	-	-7.72	SC
	II-3	15	-10.70 -11.05	500	-	-	1.0	26.4°	8.78	-	-10.88	CWG
UU	III-9	5	-4.66 -4.86	842	14.42	0	-	-	-	7.99	-4.76	SC
	III-9	6	-4.86 -5.21	175	9.22	0	-	-	-	8.61	-5.04	SC
	III-9	8	-6.16 -6.66	93	5.3	0	-	-	-	11.65	-6.41	SC

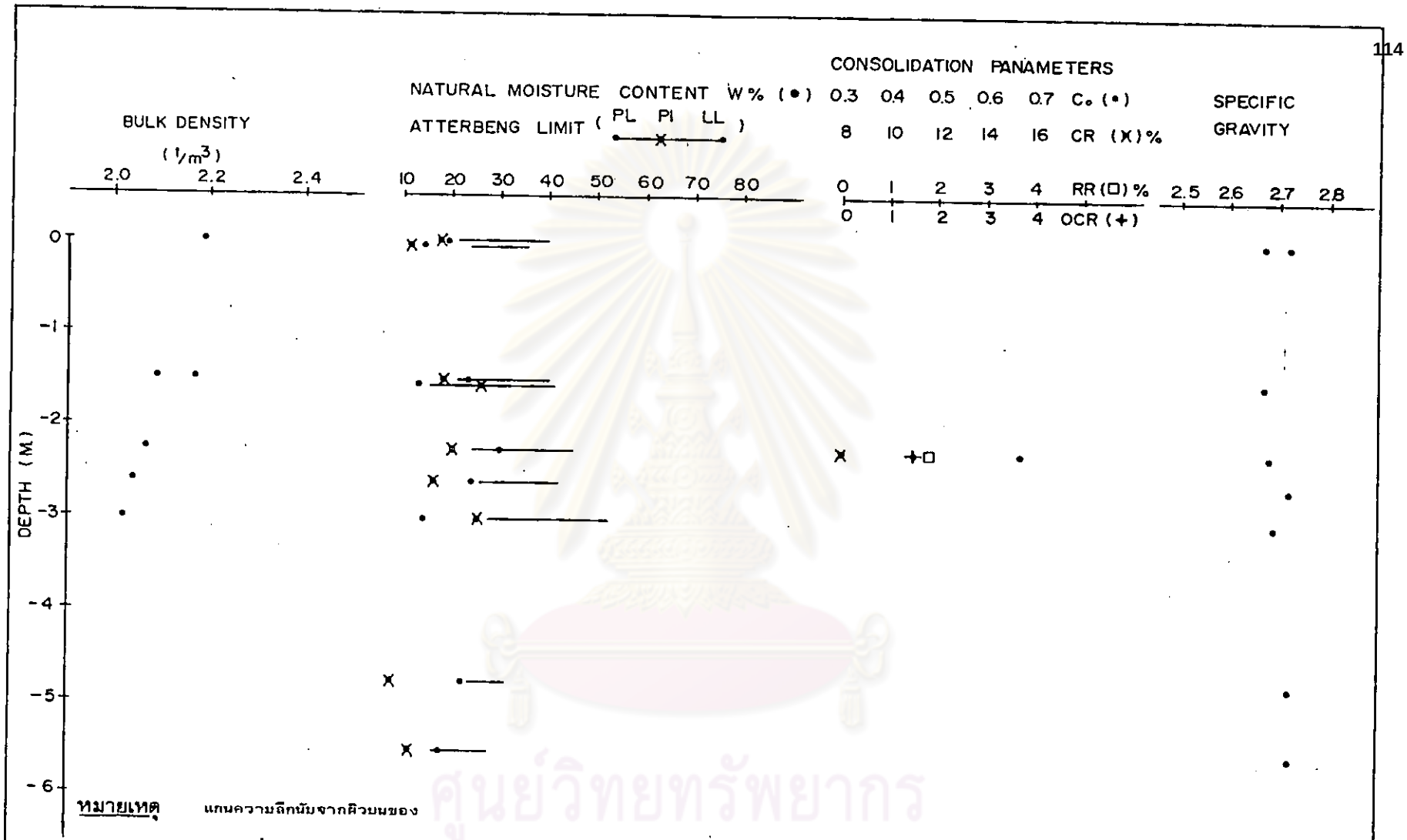
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





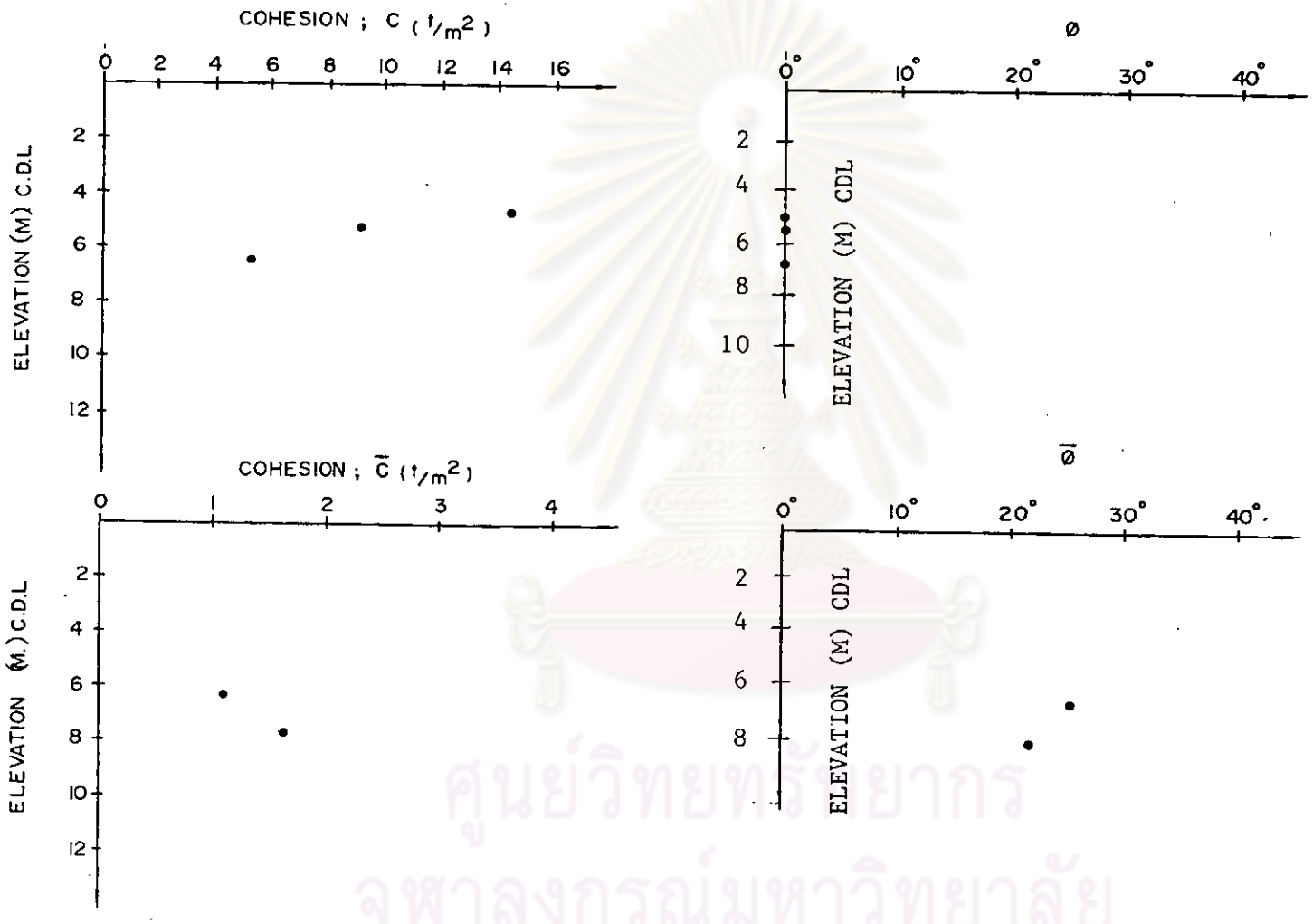
รูปที่ 5.4 แสดงคุณสมบัติของดิน SC , CL จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



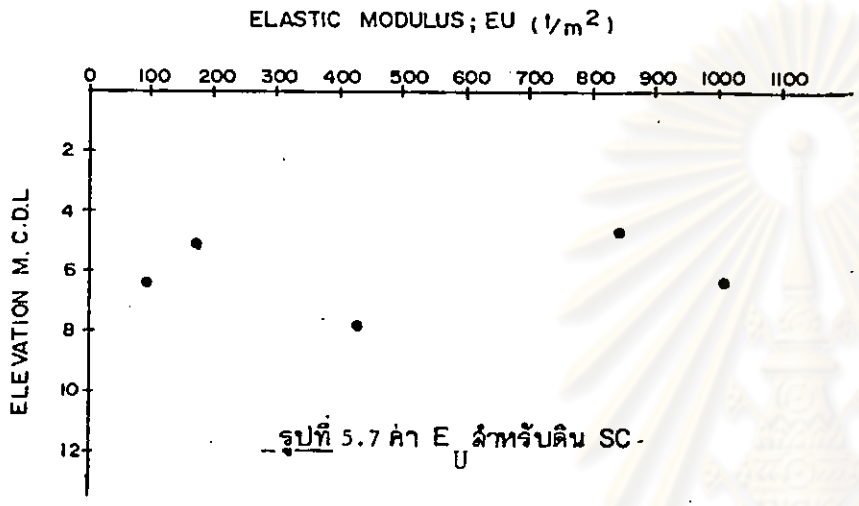
รูปที่ 5.5 แสดงคุณสมบัติของ CWG. จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

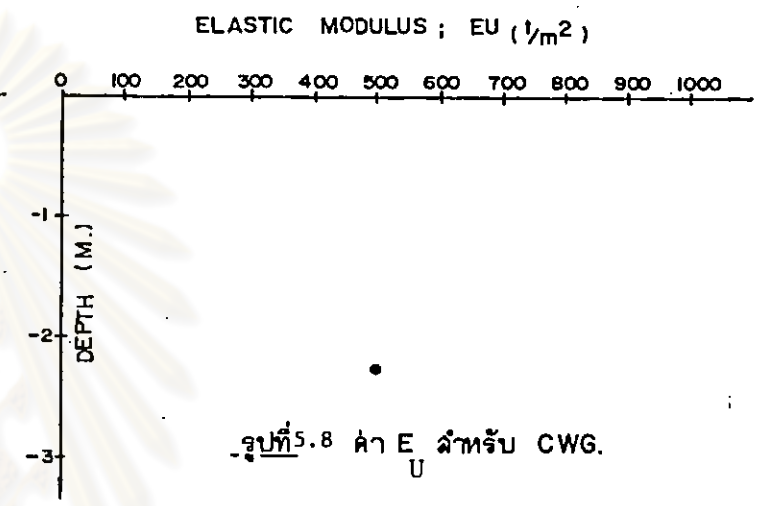


รูปที่ 5.6 แสดงค่า Strength parameter สำหรับดิน SC

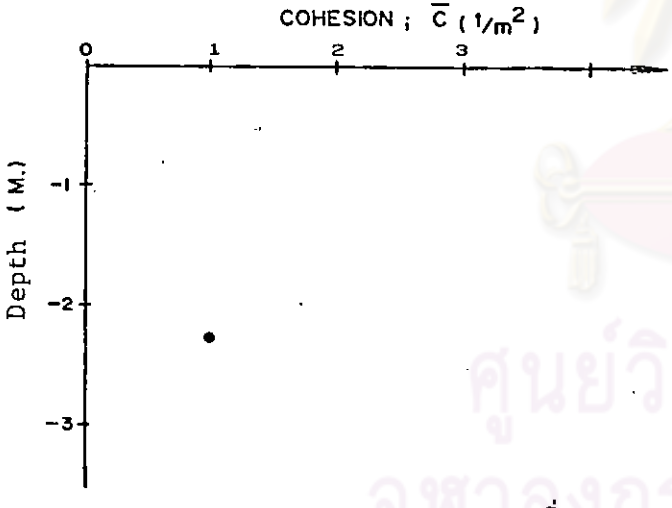
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

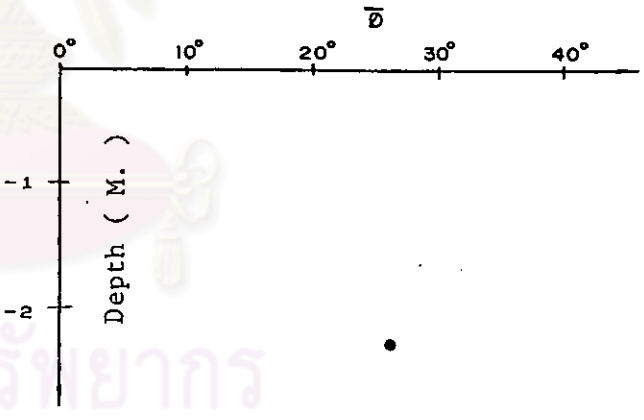


รูปที่ 5.7 ค่า E_U สำหรับดิน SC



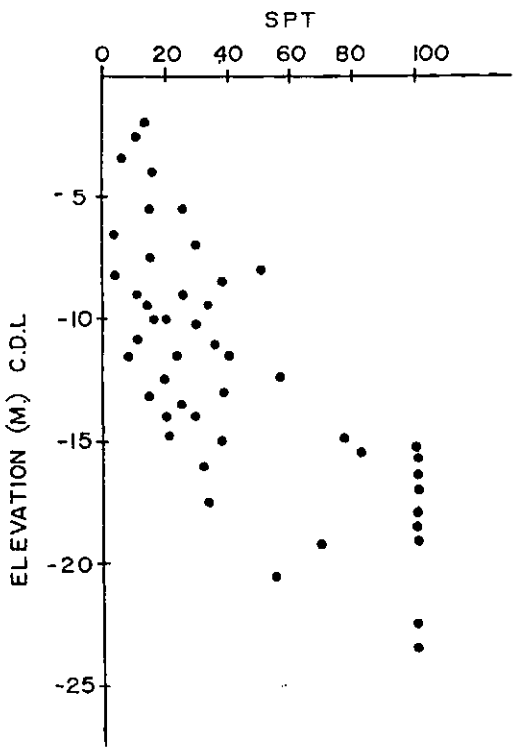
รูปที่ 5.8 ค่า E_U สำหรับ CWG.



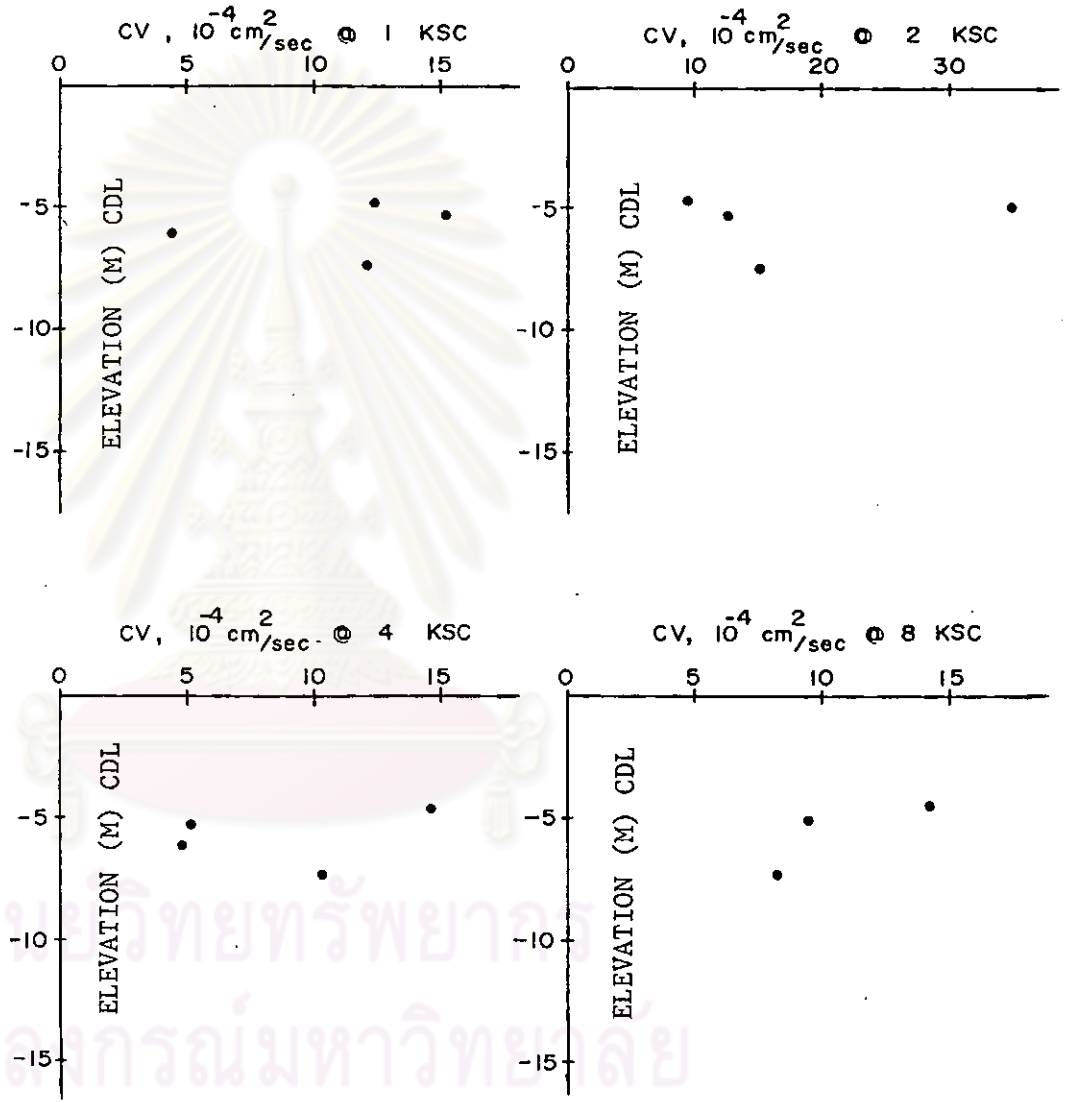


รูปที่ 5.9 แสดงค่า Strength parameter สำหรับ CWG.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่5.10 แสดงแนวโน้มของค่า SPT-N-VALVES สำหรับดินใต้เขื่อน



รูปที่5.11 ค่า CV เทียบกับระดับความลึก สำหรับดิน SC

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการวิเคราะห์ค่ากลสมบัติของดิน ดังแสดงในรูป 5.4 ถึง 5.11 สามารถสรุปค่าตามชนิดของดิน ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.3 แสดงผลสรุปค่าสมบัติต่าง ๆ ของดินใต้เขื่อน

ชนิดของดิน	หน่วยน้ำหนักรวม (t/m^3)	% w	e_o	G_s	CR %	RR %	OCR $\frac{\bar{\sigma}_{vm}}{\sigma_{vo}}$	E_u (t/m^2)	$C(t/m^2)$ $(\bar{C})*$	ϕ $(\bar{\phi})*$
SC	2.18	13	0.35	2.70	11	2	ขึ้นกับความลึก	650	9 (1.5)	0° (23°)
CWG	2.05	20	0.67	2.70	8	1.8	1.5	500	(1.0)	(26°)

หมายเหตุ : * $\bar{C}$ และ $\bar{\phi}$ คือค่า Strength parameter ของดินในแบบ Long-term

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

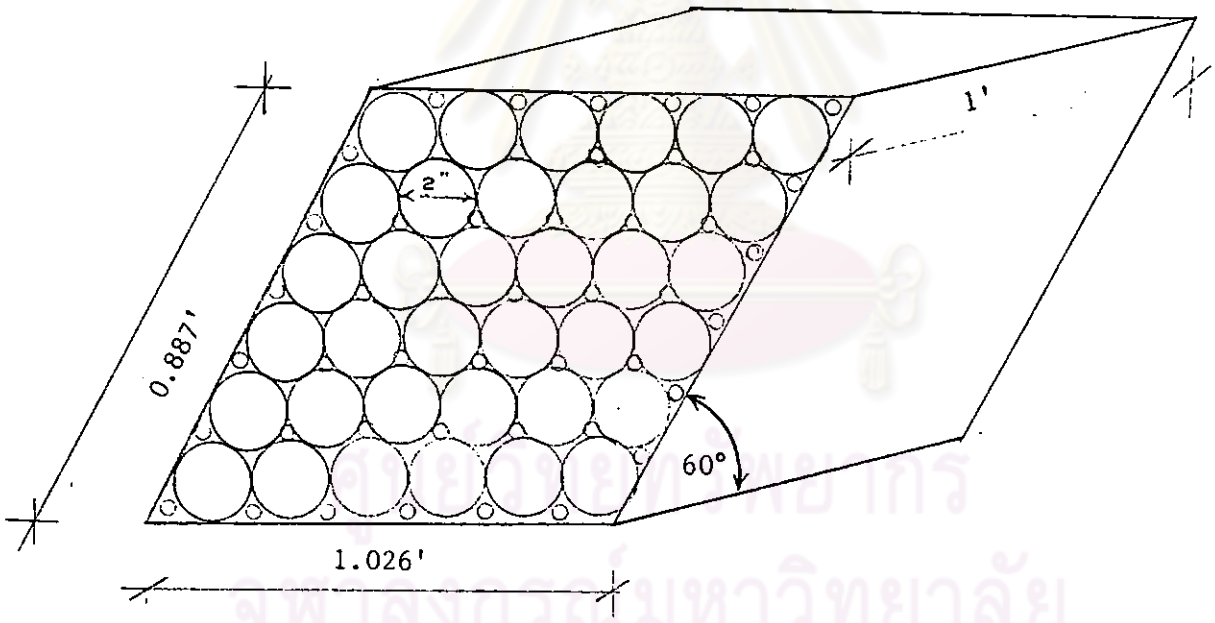
5.5 <u>วิเคราะห์หน่วยน้ำหนักรวมของหินถมในสนาม</u> ในการวิเคราะห์เพื่อการออกแบบต้องทราบค่าหน่วยน้ำหนักรวมของหินถมในสนาม เนื่องจากรูปร่างของหินแต่ละก้อนไม่แน่นอน ดังนั้น จะใช้สมมติฐานเบื้องต้น ดังนี้

1. สมมติรูปร่างของหินถมแต่ละก้อนเป็นรูปทรงกลม

2. ความถ่วงจำเพาะของเนื้อหินมีค่าคงที่ 2.65 t/m^3

3. ความหนาแน่นรวมเกิดจากการแทรกตัวของหินถม ขนาดก้อนละ 6.5 ตัน กับขนาดก้อนละ 450 กก.

การวิเคราะห์โดยสมมติกรอบสุ่มตัวอย่าง เป็นรูปลูกบาศก์ โดยมีหินสมมติก้อนที่ใหญ่ที่สุดแทรกกันในลักษณะแน่นที่สุด ทำให้ขนาดของกล่องสุ่มตัวอย่างมีขนาดเป็น 1.026 × 0.887 × 1 ฟุต มีมุมประสิทธิผลของหน้าตัดเป็น 60° ดังรูป (Soil engineering ; Spangler หน้า 174)



รูปที่ 5.12 แสดงสมมติฐานการจัดเรียงตัวของหินถมในสนาม

จากรูป 5.12 ปริมาตรของกรอบสุ่มตัวอย่าง = 1.026 × 0.887 × 1 = 0.9 ลบ.ฟุต

ปริมาตรรวมของหินสมมติ $= \dfrac{36 \times \pi \times \left(\frac{2}{12}\right)^3}{6}$

$= 0.52$ ลบ.ฟุต

$$\text{ความพรุน} = \frac{(0.91 - 0.52) \times 100}{0.91} = 42.8\%$$

(ค่าความพรุนที่ได้นี้ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุ)

ดังนั้น ความหนาแน่นรวมของหินถม เมื่อยังไม่คิดหินย่อยแทรกมีค่าเท่ากับ

$(1 - 42.8) \times 2.65 = 1.52 \ t/m^3$

จาก Talbot formula ได้นิยามเปอร์เซนต์ของหินย่อยที่เข้าแทรกแล้วทำให้ความหนาแน่นรวมสูงสุด ดังนี้

$$p = \left(\frac{d}{D}\right)^{x} \times 100 \quad \%$$

เมื่อ d = ขนาดของหินที่พิจารณา

D = ขนาดของหินใหญ่ที่สุด

p = เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของหินที่เล็กกว่าหินขนาด d

x = ค่ายกกำลังขึ้นอยู่กับชนิดของดินมีค่าระหว่าง 0.25 ถึง 0.40

ดังนั้น เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของหินขนาด d มีค่าเป็น (100 - p) %

- หินขนาดใหญ่ที่สุดของเขื่อนกันคลื่นหนักก้อนละ 6.5 ตัน

มีปริมาตรต่อก้อน = 6.5 / 1.65 = 2.45 ลบ.ม. ดังนั้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ยาว $\left(\frac{2.45 \times 6}{\pi}\right)^{\frac{1}{3}} = 1.67$ ม.

- หินขนาดเล็กที่สุดของเขื่อนกันคลื่นหนักก้อนละ 450 กก.

มีปริมาตรต่อก้อน = 0.45 / 2.65 = 0.17 ลบ.ม. ดังนั้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ยาว $\left(\frac{0.17 \times 6}{\pi}\right)^{\frac{1}{3}} = 0.69$ ม.

ใช้ค่า x = 0.40 เป็นค่าที่ได้ความหนาแน่นรวมสูงสุดในทางปฏิบัติ

จะได้ $p = \left(\frac{0.69}{1.67}\right)^{0.40} \times 100 = 70.2\%$

ดังนั้น เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของหินย่อยขนาด 450 กก. จะเป็น 100 - 70.2 = 29.8 % ของน้ำหนักรวมทั้งหมด

สมมติหน่วยน้ำหนักรวมของหินถมเป็น x t/m^3 จะได้หน่วยน้ำหนักรวม ดังนี้

$$1.52 + 0.298\ x = x$$

$$x = 2.16\ t/m^3$$

ดังนั้น หน่วยน้ำหนักรวมของหินถมในสนามมีค่าเป็น 2.16 t/m^3 เป็นค่าน้ำหนักแห้ง เมื่อคิดความชื้นสำหรับหินประมาณ 1% จะได้หน่วยน้ำหนักรวมมีค่าเป็น $2.16\ (1 + \frac{1}{100}) = 2.18\ t/m^3$ ซึ่งจะนำไปใช้วิเคราะห์เสถียรภาพทางวิศวกรรมต่อไป ส่วนหน่วยน้ำหนักของน้ำทะเลมีค่า 1.025 t/m^3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6 ตรวจสอบความต้านทานแรงกดของชั้นดินรองรับ

จากรูปตัดแสดงลักษณะของชั้นดินใต้เขื่อน (Seabed soil) พบว่า เป็นดินประเภทไร้แรงยึดเกาะ (Cohesionless soil) ซึ่งเงื่อนไขในการระบายน้ำดี เป็นผลให้ค่าแรงดันน้ำในโพรงดินมีค่าเป็นศูนย์หลังการก่อสร้างเสร็จสิ้น ดังนั้นการวิเคราะห์หน่วยแรงต้านทานการกดอัดจะเป็นแบบ Effective stress analysis โดยมีเงื่อนไขเบื้องต้นดังนี้

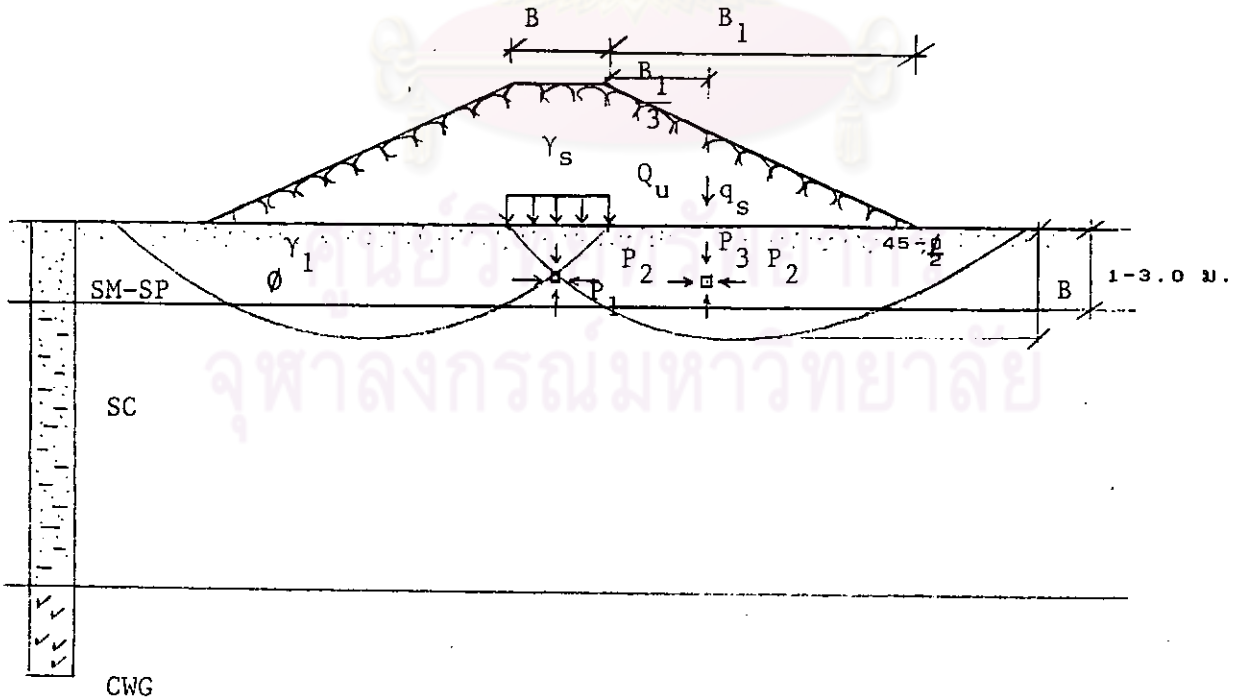
1. โครงสร้างของตัวเขื่อนวางบนดินท้องทะเลและเป็นโครงสร้างที่ต่อเนื่อง

2. ค่า SPT-N-value ของดินท้องทะเล มีค่า 4 - 13 ครั้ง/ฟุต (จากรูป 5.10) ซึ่งจะใช้ค่า N-value = 4 ครั้ง/ฟุต ให้ค่ามุม $\emptyset$ = 28° (Terzaghi)

3. ค่าหน่วยน้ำหนักรวมของดินใต้ฐานเขื่อน มีค่า 2.18 t/m^3

4. ค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำทะเล มีค่า 1.025 t/m^3

5. วิเคราะห์ Bearing capacity ของดินฐานเขื่อน เมื่อระดับน้ำอยู่ที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุด +3.0 m.CDL



รูปที่ 5.13 แสดงการวิเคราะห์ค่า Bearing capacity ของดินใต้ฐานเขื่อน

เมื่อ $D > \frac{B}{2}$

จากรูป $P_2 = P_3 \tan^2 45 + \frac{\phi}{2}$

$P_1 = P_2 \tan^2 45 + \frac{\phi}{2}$

ดังนั้น $P_1 = P_3 \tan^4 45 + \frac{\phi}{2}$

แต่ $P_3 = \frac{\gamma_1 B}{2} + q_s$

$P_1 = (\frac{\gamma_1 B}{2} + q_s) \tan^4 45 + \frac{\phi}{2}$

เพราะว่า $Q + \frac{\gamma_1 B}{2} = P_1$

$Q = \frac{\gamma_1 B}{2} (\tan^4 (45+\frac{\phi}{2}) - 1) + q_s \tan^4 (45+\frac{\phi}{2})$

เมื่อพิจารณาแบบ Drained condition เนื่องจากเป็นดินทราย ใช้วิธี Effective stress analysis ในการคำนวณ ดังนั้นค่า Soil parameter γ_1 จะเป็น γ_1' และ ϕ จะเป็น ϕ'

เมื่อ γ_1' คือ ค่าหน่วยน้ำหนักของดินจมน้ำ

ϕ' คือ ค่ามุมเสียดทานภายในมวลดิน กรณี Long-term ซึ่งได้จากรูปของ Terzaghi

q_s คือ น้ำหนักประสิทธิผลกดทับในช่วงลาดของเขื่อน คิดที่แนวจุดศูนย์ถ่วง , ($\frac{B_1}{3}$)

การคำนวณแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ

1. ช่วง $\overline{WB_I}$ มีค่า B_1 = 19.7 เมตร ความสูงของสันเขื่อนจากท้องทะเล 9.85 เมตร ดังนั้นความสูงที่แนวจุดศูนย์ถ่วงของช่วงลาดจะเป็น 6.57 เมตร จากท้องทะเล หรืออยู่ที่ระดับ +2.32 m.CDL. (จากรูป 5.14)

$$Q_u = \frac{(2.18 - 1.025)}{2} 5 \{ \tan^4 (45 + \frac{28}{2}) - 1 \}$$

$$+ 7.59 \tan^4 (45 + \frac{28}{2})$$

$$= 77.5 \quad t/m^2$$

ค่าหน่วยแรงกดจากน้ำหนักเขื่อน ซึ่งเกิดขึ้นจริง เมื่อคิดที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุด (+3.0 m.CDL) มีค่า

$$Q_{act} = (5.6-3.0)2.18 + (4.25+3.0)(2.18-1.025)$$

$$= 14.04 \quad t/m^2$$

ดังนั้นค่าส่วนปลอดภัยมีค่า $\frac{77.5}{14.04} = 5.52$

2. ช่วง $\overline{WB}_{II}$ มีค่า B_1 = 21.3 เมตร ความสูงของสันเขื่อนจากท้องทะเล 10.65 เมตร ดังนั้นความสูงที่แนวจุดศูนย์ถ่วงของช่วงลาดจะเป็น 7.1 เมตร จากท้องทะเล หรืออยู่ที่ระดับ +2.35 m.CDL

$$q_s = 7.1 (2.18 - 1.025) = 8.20 \quad t/m^2$$

ดังนั้น ค่า Ultimate bearing capacity จะเป็น

$$Q_u = (2.18-1.025)5 \{ \tan^4 (45+\frac{28}{2}) - 1 \}$$

$$+ 8.20 \tan^4 (45+\frac{28}{2})$$

$$= 82.17 \quad t/m^2$$

ค่าหน่วยแรงกดจากน้ำหนักเขื่อน ซึ่งเกิดขึ้นจริง เมื่อคิดที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุด (+3.0 m.CDL) มีค่า

$$Q_{act} = (5.90-3.0)2.18 + (4.75+3.0)(2.18-1.025)$$

$$= 15.27 \quad t/m^2$$

ดังนั้นค่าส่วนปลอดภัย มีค่า $= \frac{82.17}{15.27} = 5.38$

เนื่องจากค่าส่วนปลอดภัยที่ยอมให้สำหรับงานเขื่อนกันคลื่นนี้ มีค่า ๓.๐ ดังนั้น Bearing capacity ของดินฐานเขื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.7 <u>วิเคราะห์ค่าทรุดตัวของเขื่อนกันคลื่น</u> ค่าการทรุดตัวของเขื่อนกันคลื่น สามารถแยกวิเคราะห์ได้เป็น

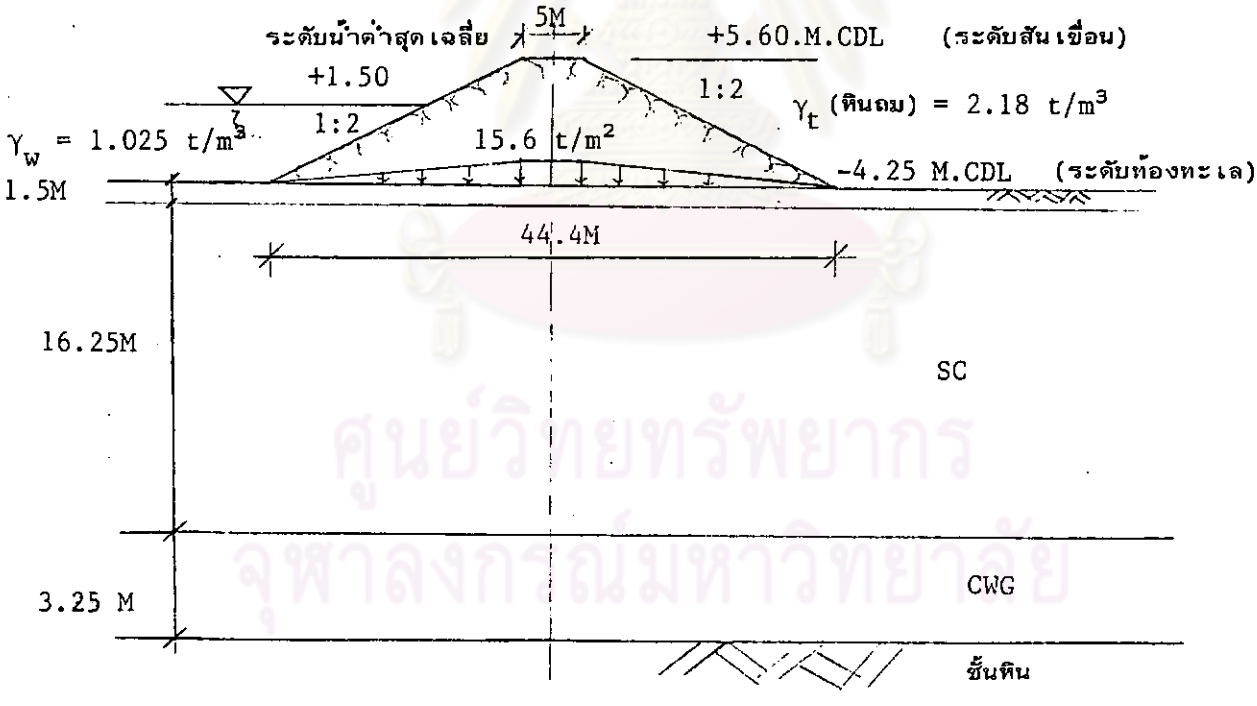
1. การทรุดตัวแบบยืดหยุ่น (Immediate settlement)

2. การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำระยะแรก (Primary Consolidation settlement)

3. การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำระยะที่สอง (Secondary consolidation settlement)

จากลักษณะการจัดวางแนวเขื่อนกันคลื่น สามารถวิเคราะห์ค่าทรุดตัวของเขื่อนเป็น 2 ช่วง คือ $\overline{WB}_I$ และ $\overline{WB}_{II}$ ดังนี้

5.7.1 <u>เขื่อนช่วง $\overline{WB}_I$</u> มีระดับท้องทะเลเฉลี่ย -4.25 m. CDL รูปตัดดินชั้นฐานรากเพื่อการคำนวณค่าทรุดตัว เป็นดังนี้ (ใต้หลุมสำรวจ III-12)



รูปที่ 5.14 แสดงรูปตัดตัวเขื่อนและชั้นดินของช่วง $\overline{WB}_I$

<u>วิเคราะห์ค่าทรุดตัวแบบยืดหยุ่น</u> ใช้สมการ 3.35 สำหรับหา ρ_i ของชั้นดินแต่ละชั้นได้ดังนี้

ชั้นดินใต้ฐานเขื่อน (SM - SP) มีค่าสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

- Elastic modulus = 800 t/m^2 (กราฟรูป 5.7)
- Poisson ratio = 0.50 (ดินอิ่มน้ำ)
- แรงกดที่ฐาน = 15.6 t/m^2
- ความกว้างของฐานเขื่อน = 44.4 m.
- I_p = 0.01 (เมื่อ H/B = 0.034 , กราฟรูป 3.17)

$$\rho_i = \frac{15.6 \times 44.4 \left(1 - 0.5^2 \right) \times 0.01}{800}$$

= 0.0065 เมตร

= 0.65 ซม.

ชั้นดิน SC มีค่าสมบัติ ดังนี้

- Elastic modulus = 650 t/m^2 (กราฟรูป 5.7)
- Poisson ratio = 0.50 (ดินอิ่มน้ำ)
- I_p = 0.04 (เมื่อ H/B = 0.37 , กราฟรูป 3.17)
- หน่วยแรงกดจากน้ำหนักโครงสร้างกระจายลงสู่กึ่งกลาง

ชั้นดิน ใช้แผนภาพของ Osterberg ได้ดังนี้

เมื่อ a/z = 19.7 / 9.625 = 2.05

b/z = 2.5 / 9.625 = 0.26

ได้ค่า I = 0.395 = $\sigma z/P$

ดังนั้น หน่วยแรงทางดิ่งเนื่องจากโครงสร้างกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้นดิน มีค่าเป็น

σ_Z = 2 × 0.395 × 15.6

= 12.32 t/m^2

จะได้ $\rho_i = \frac{12.32 \times 44.4 \left(1 - 0.5^2 \right) 0.04}{650}$

$= 0.0253$ เมตร

$= 2.53$ ซม.

ชั้นดิน CWG มีค่าสมบัติ ดังนี้

- Elastic modulus $= 500\ t/m^2$ (กราฟรูป 5.8)
- Poisson ratio $= 0.50$ (ดินอิ่มน้ำ)
- $I_p = 0.01$ (เมื่อ H/B = 0.07 , กราฟรูป 3.17)
- หน่วยแรงกดจากน้ำหนักโครงสร้างกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้นดิน

ใช้แผนภาพของ Osteberg ได้ผลดังนี้

เมื่อ $a/z = 19.7 / 19.375 = 1.02$

$b/z = 2.5 / 19.375 = 0.13$

ได้ค่า $I = 0.29 = \sigma z/P$

ดังนั้น หน่วยแรงทางดิ่งเนื่องจากโครงสร้างกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้นดิน มีค่าเป็น

$\sigma_z = 2 \times 0.29 \times 15.6 = 9.05\ t/m^2$

จะได้ $\rho_i = \frac{9.05 \times 44.4 \left(1 - 0.5^2 \right) \times 0.01}{500}$

$= 0.0060$ เมตร

$= 0.60$ ซม.

ค่าการทรุดตัวแบบยืดหยุ่นรวม $= 0.65 + 2.53 + 0.60$

$= 3.78$ ซม.

<u>วิเคราะห์ค่าทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำระยะแรก</u> จะเกิดขึ้นกับชั้นดิน SC และ CWG เนื่องจากชั้นดินทั้งสองนี้เป็นดินจำพวกมีแรงยึดเกาะ (Cohesive soil) ใช้สมการ 3.38 ในการหาค่า ρ_c ของชั้นดินแต่ละชั้นได้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้นดิน SC ใช้ค่าสมบัติซึ่งได้สรุปในตาราง 5.3 หาค่า ρ_c ของชั้นดิน SC ซึ่งหนา 16.25 เมตร เมื่อ OCR ที่กึ่งกลางชั้น (-13.9 m. CDL) มีค่าประมาณ 1.50 (รูป 5.4) และหน่วยแรงในมวลดินเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

หน่วยแรงประสิทธิผลแนวดิ่งในสนาม ($\bar{\sigma}_{vo}$) มีค่า

$= 9.625 (2.18 - 1.025) = 11.12 \text{ t/m}^2$

หน่วยแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักตัวเขื่อนกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้น มีค่า

$= 12.32 \text{ t/m}^2$

ดังนั้นหน่วยแรงประสิทธิผลแนวดิ่งสุดท้ายในมวลดิน ($\bar{\sigma}_{vf}$) มีค่า

$= 11.12 + 12.32 = 23.44 \text{ t/m}^2$

หน่วยแรงแนวดิ่งสูงสุด ซึ่งมวลดินเคยได้รับ ($\bar{\sigma}_{vm}$) มีค่า

$= 1.5 \times 11.12 = 16.68 \text{ t/m}^2$

$$\rho_c = 16.25 \left(0.02 \log 1.5 + 0.11 \log \frac{23.44}{16.68} \right)$$

$= 0.3213$ เมตร

$= 32.13$ ซม.

ชั้นดิน CWG ความหนา 3.25 เมตร ระดับกึ่งกลางชั้นดินอยู่ที่ -23.65 m. CDL มีค่า OCR ที่กึ่งกลางชั้นเท่ากับ 1.0 และหน่วยแรงประสิทธิผลในมวลดินเปลี่ยนแปลงดังนี้

หน่วยแรงประสิทธิผลแนวดิ่งในสนาม ($\bar{\sigma}_{vo}$) มีค่า

$= 17.75 (2.18 - 1.025) + 1.625 (2.05 - 1.025)$

$= 22.17 \text{ t/m}^2$

หน่วยแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักตัวเขื่อนกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้น มีค่า

$= 9.05 \text{ t/m}^2$

ดังนั้น หน่วยแรงประสิทธิผลสุดท้ายในมวลดิน ($\bar{\sigma}_{vf}$) มีค่า

$= 22.17 + 9.05 = 31.22 \text{ t/m}^2$

หน่วยแรงประสิทธิผลแนวดิ่งสูงสุดซึ่งมวลดินเคยได้รับ ($\bar{\sigma}_{vm}$) มีค่า

$= 1.0 \times 22.17 = 22.17 \text{ t/m}^2$

$$\rho_c = 3.25 \left(0.018 \log 1.0 + 0.08 \log \frac{31.22}{22.17} \right)$$

$$= 0.0386 \quad \text{เมตร}$$

$$= 3.86 \quad \text{ซม.}$$

หาเวลาที่ใช้ในการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำระยะแรกของชั้นดินแต่ละชั้น เมื่อค่า C_v ของชั้นดิน เป็นดังนี้

- C_v ของชั้นดิน SC ที่ระดับหน่วยแรง 2.34 KSC = $20 \times 10^{-4} cm^2/sec$ เมื่อการไหลของน้ำออกได้ 2 ทาง (รูป 5.11)

- C_v ของชั้นดิน CWG ที่ระดับหน่วยแรง 3.1 KSC = $18 \times 10^{-4} cm^2/sec$ เมื่อคิดการไหลของน้ำออกได้ทางเดียว (Single drained)

$$t_{90\%} \text{ (SC)} = \frac{0.848 \times 1625^2}{20 \times 10^{-4} \times 4} = 279,906,250 \quad \text{วินาที}$$

$$= 8.87 \quad \text{ปี}$$

$$t_{90\%} \text{ (CWG)} = \frac{0.848 \times 325^2}{18 \times 10^{-4}} = 49,761,111 \quad \text{วินาที}$$

$$= 1.58 \quad \text{ปี}$$

<u>วิเคราะห์ค่าทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำระยะที่สอง</u> เมื่อค่า C_α ของชั้นดินแต่ละชั้น หาได้จากกราฟรูป 3.18 (SIMON 1974) ดังนี้

- C_α (SC) ที่ % W เท่ากับ 13% = 0.0020

- C_α (CWG) ที่ % W เท่ากับ 20% = 0.0045

ดังนั้น ค่า ρ_s ของชั้นดินแต่ละชั้นจนถึงเวลาสิ้นสุดอายุการใช้งานของตัวเขื่อน (50 ปี) มีค่าดังนี้

$$\rho_s \text{ (SC)} = 0.002 \text{ (} 16.25 \text{)} \log \frac{50}{8.87}$$

$$= 0.0244 \quad \text{เมตร}$$

$$= 2.44 \quad \text{ซม.}$$

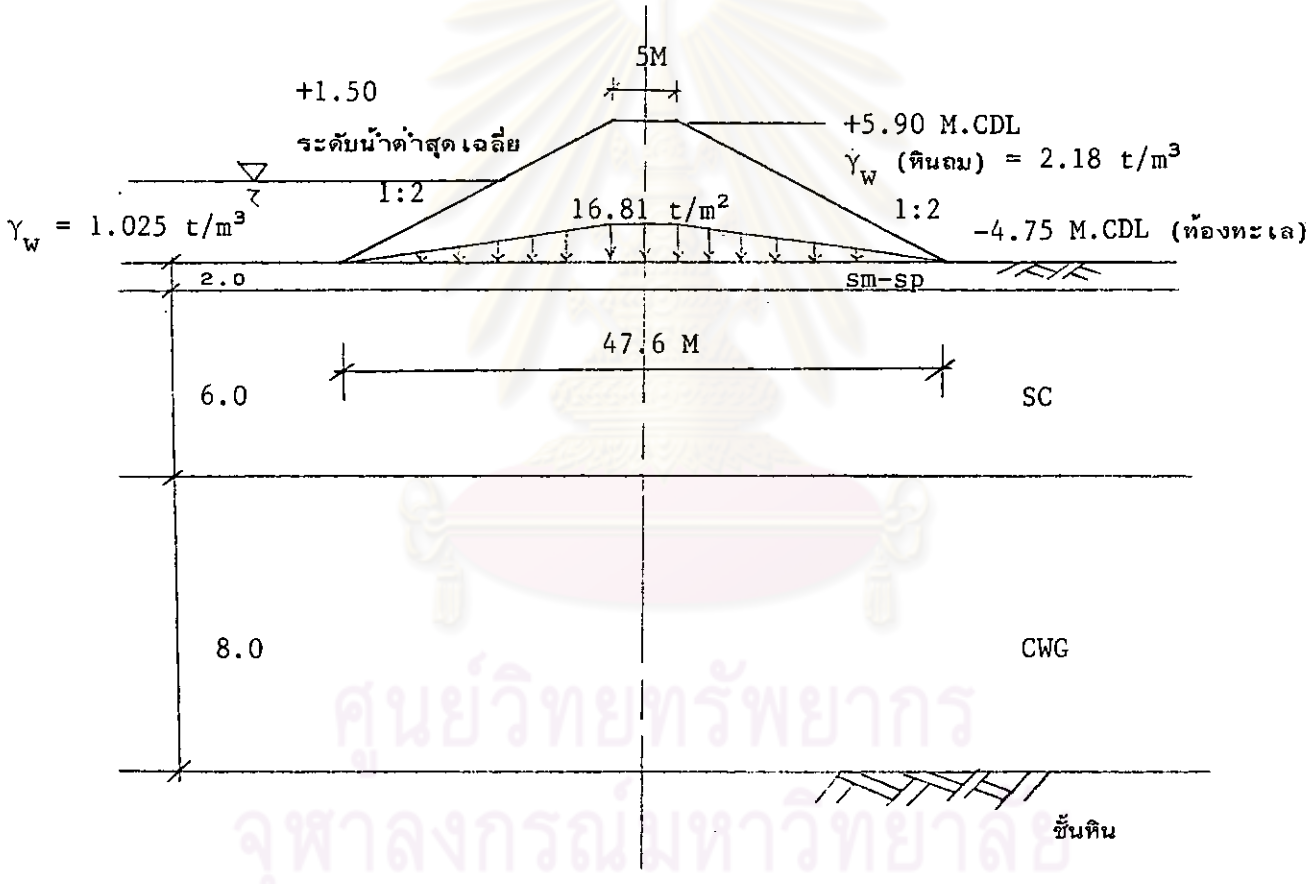
$$\rho_s \text{ (CWG)} = 0.0045 \text{ (} 3.25 \text{)} \log \frac{50}{1.58}$$

$$= 0.0219 \text{ เมตร}$$

$$= 2.19 \text{ ซม.}$$

จากการวิเคราะห์ค่าทรุดตัวของเขื่อนช่วง $\overline{WB}_I$ สามารถสรุปได้ดังกราฟรูป 5.14

5.7.2 เขื่อนช่วง $\overline{WB}_{II}$ มีระดับท้องทะเลเฉลี่ย -4.75 m. CDL รูปตัดดินชั้นฐานรากเพื่อการคำนวณการทรุดตัวเป็นดังนี้ (ใต้หลุมสำรวจ III-13)



รูปที่ 5.15 แสดงรูปตัดตัวเขื่อนและชั้นดินของช่วง $\overline{WB}_{II}$

<u>วิเคราะห์ค่าทรุดตัวแบบยืดหยุ่น</u> ค่า ρ_i ของชั้นดินแต่ละชั้นมีดังนี้

ชั้นดินใต้ฐานเขื่อน (SM - SP) ความหนา 2.0 m. มีค่า I_p = 0.01 (กราฟรูป 3.17)

$$\rho_i = \frac{16.81 \times 47.6 \left(1 - 0.5^2 \right) \times 0.01}{800}$$

$$= 7.50 \times 10^{-3} \text{ เมตร} = 0.75 \text{ ซม.}$$

ชั้นดิน SC มีค่าสมบัติ ดังนี้

- I_p = 0.025 (เมื่อ H/B = 0.13 , กราฟรูป 3.17)
- หน่วยแรงกดจากน้ำหนักโครงสร้างกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้นดิน

ใช้แผนภาพของ Osterberg ได้ผลดังนี้

เมื่อ a/z = 21.3 / 5 = 4.26

b/z = 2.5 / 5 = 0.5

ได้ค่า I = 0.462

ดังนั้น หน่วยแรงทางดิ่งเนื่องจากโครงสร้างกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้นดิน จะเป็น

$$\sigma_Z = 2 \times 0.462 \times 16.81 = 15.53 \text{ t/m}^2$$

จะได้ $$\rho_i = \frac{15.4 \times 47.6 \left(1 - 0.5^2 \right) 0.025}{650}$$

$$= 0.0211 \text{ เมตร}$$

$$= 2.11 \text{ ซม.}$$

ชั้นดิน CWG มีค่าสมบัติ ดังนี้

- I_p = 0.025 (เมื่อ H/B = 0.17 , กราฟรูป 3.17)
- หน่วยแรงกดจากน้ำหนักโครงสร้างกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้นดิน

ใช้แผนภาพของ Osterberg ได้ผลดังนี้

เมื่อ a/z = 21.3 / 12 = 1.78

b/z = 2.5 / 12 = 0.21

ได้ค่า I = 0.381

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้น หน่วยแรงทางดิ่งเนื่องจากโครงสร้างกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้นดิน จะเป็น

$$\sigma_Z = 2 \times 0.381 \times 16.81 = 12.81 \ t/m^2$$

จะได้ $$\rho_i = \frac{12.81 \times 47.6 \ (1 - 0.5^2) \ 0.025}{500}$$

$$= 0.0229 \quad \text{เมตร}$$

$$= 2.29 \quad \text{ซม.}$$

ค่าการทรุดตัวแบบยืดหยุ่นรวม = 0.75 + 2 .11 + 2.29

= 5.15 ซม.

<u>วิเคราะห์ค่าทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำระยะแรก</u> ค่า ρ_c ของชั้นดินแต่ละชั้นได้ดังนี้

ชั้นดิน SC หนา 6.0 เมตร ระดับกึ่งกลางชั้นดินอยู่ที่ -9.75 m. CDL มีค่า OCR ที่กึ่งกลางชั้นประมาณ 3.0 (รูป 5.4) และหน่วยแรงประสิทธิผลในมวลดินเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

หน่วยแรงประสิทธิผลแนวดิ่งในสนาม ($\bar{\sigma}_{vo}$) มีค่า

$$= 5.0 \ (2.18 - 1.025) = 5.78 \ t/m^2$$

หน่วยแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักตัวเขื่อนกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้น มีค่า

$$= 15.53 \ t/m^2$$

ดังนั้นหน่วยแรงประสิทธิผลแนวดิ่งสุดท้ายในมวลดิน ($\bar{\sigma}_{vf}$) มีค่า

$$= 5.78 + 15.53 = 21.31 \ t/m^2$$

หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดซึ่งมวลดินเคยได้รับ ($\bar{\sigma}_{vm}$) มีค่า

$$= 3.0 \times 5.78 = 17.34 \ t/m^2$$

$$\rho_c = 6.0 \ (0.02 \log 3.0 + 0.11 \log \frac{21.31}{17.34})$$

$$= 0.1164 \quad \text{เมตร}$$

$$= 11.64 \quad \text{ซม.}$$

ชั้นดิน CWG ความหนา 8.0 เมตร ระดับที่กึ่งกลางชั้นอยู่ที่ -16.75 m. CDL

มีค่า OCR ที่กึ่งกลางชั้นประมาณ 1.0 และหน่วยแรงประสิทธิผลในมวลดิน เปลี่ยนแปลงไปดังนี้

หน่วยแรงประสิทธิผลแนวดิ่งในสนาม ($\bar{\sigma}_{vo}$) มีค่า

$= 8 (2.18 - 1.025) + 4 (2.05 - 1.025)$

$= 13.34 \ t/m^2$

หน่วยแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักตัวเขื่อนกระจายลงสู่กึ่งกลางชั้น มีค่า

$= 12.81 \ t/m^2$

ดังนั้น หน่วยแรงประสิทธิผลสุดท้ายในมวลดิน ($\bar{\sigma}_{vf}$) มีค่า

$= 13.34 + 12.81 = 26.15 \ t/m^2$

หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดซึ่งมวลดินเคยได้รับ ($\bar{\sigma}_{vm}$) มีค่า

$= 1.0 \times 13.34 = 13.34 \ t/m^2$

$$\rho_c = 8.0 \ 0.018 \log 1.0 + 0.08 \log \frac{26.15}{13.34}$$

$= 0.1871$ เมตร

$= 18.71$ ซม.

หาเวลาที่ใช้ในการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำระยะแรกของชั้นดินแต่ละชั้น เมื่อค่า C_v ของชั้นดิน เป็นดังนี้

- C_v ของชั้นดิน SC ที่ระดับหน่วยแรง 2.1 ksc $= 20 \times 10^{-4} cm^2/sec$ เมื่อการไหลของน้ำเป็น 2 ทาง (รูป 5.11)

- C_v ของชั้นดิน CWG ที่ระดับหน่วยแรง 2.6 ksc $= 18 \times 10^{-4} \ cm^2/sec$ เมื่อคิดการไหลของน้ำทางเดียว

$$t_{90\%} \ (SC) = \frac{0.848 \times 600^2}{20 \times 10^{-4} \times 4} = 38,160,000 \text{ วินาที}$$

$= 1.21$ ปี

$$t_{90\%} \ (CWG) = \frac{0.848 \times 800^2}{18 \times 10^{-4}} = 301,511,110 \text{ วินาที}$$

$= 9.56$ ปี

<u>วิเคราะห์ค่าทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำระยะที่สอง</u> เมื่อค่า C_α ของชั้นดินแต่ละชั้นเป็นดังนี้

- C_α (SC) ที่ % W เท่ากับ 13% มีค่า 0.0020
- C_α (CWG) ที่ % W เท่ากับ 20% มีค่า 0.0045

ดังนั้นค่า ρ_s ของชั้นดินแต่ละชั้นจนถึงเวลาสิ้นสุดอายุการใช้งานของตัวเขื่อน (50 ปี) มีค่าดังนี้

$$\rho_s \text{ (SC)} = 0.002 \text{ (} 6.0 \text{)} \log \frac{50}{1.21}$$

$$= 0.0194 \text{ เมตร}$$

$$= 1.94 \text{ ซม.}$$

$$\rho_s \text{ (CWG)} = 0.0045 \text{ (} 8.0 \text{)} \log \frac{5.0}{9.56}$$

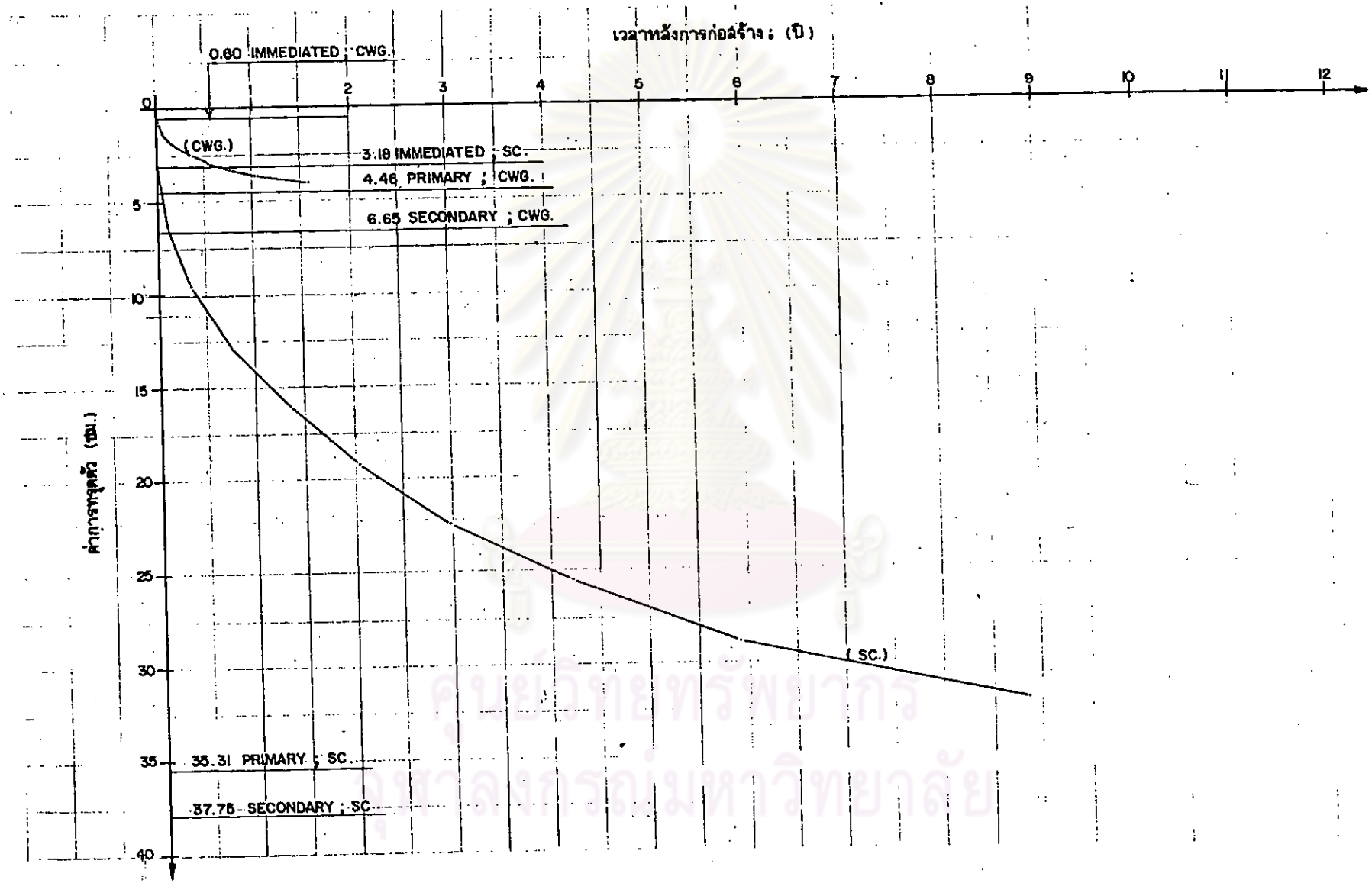
$$= 0.02587 \text{ เมตร}$$

$$= 2.59 \text{ ซม.}$$

สามารถสรุปการทรุดตัวทั้งหมดของตัวเขื่อนช่วง $\overline{WB}_{II}$ ได้ดังรูป 5.17

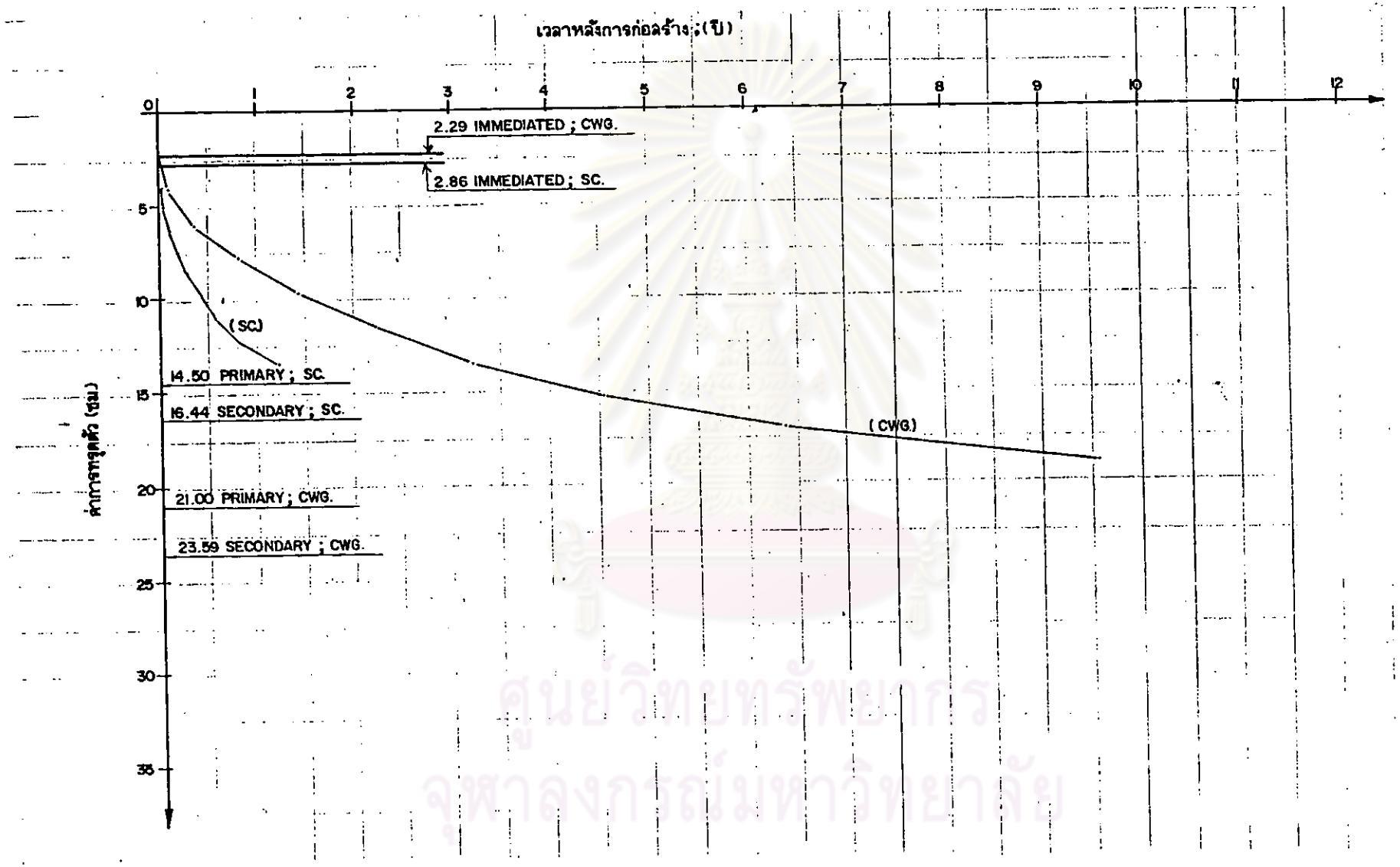
จากผลการวิเคราะห์ค่าทรุดตัวตามรูป 5.16 และ 5.17 สามารถเปรียบเทียบค่าทรุดตัวที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังการก่อสร้างของช่วงเขื่อน $\overline{WB}_I$ กับ $\overline{WB}_{II}$ ได้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.16 แสดงอัตราการทรุดตัวของเขื่อนกันคลื่นช่วง WB_I

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.17 แสดงอัตราการทรุดของเขื่อนกันคลื่นช่วง $\overline{WB}_{II}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 ผลสรุปค่าการทรุดตัวของเขื่อนกันคลื่น

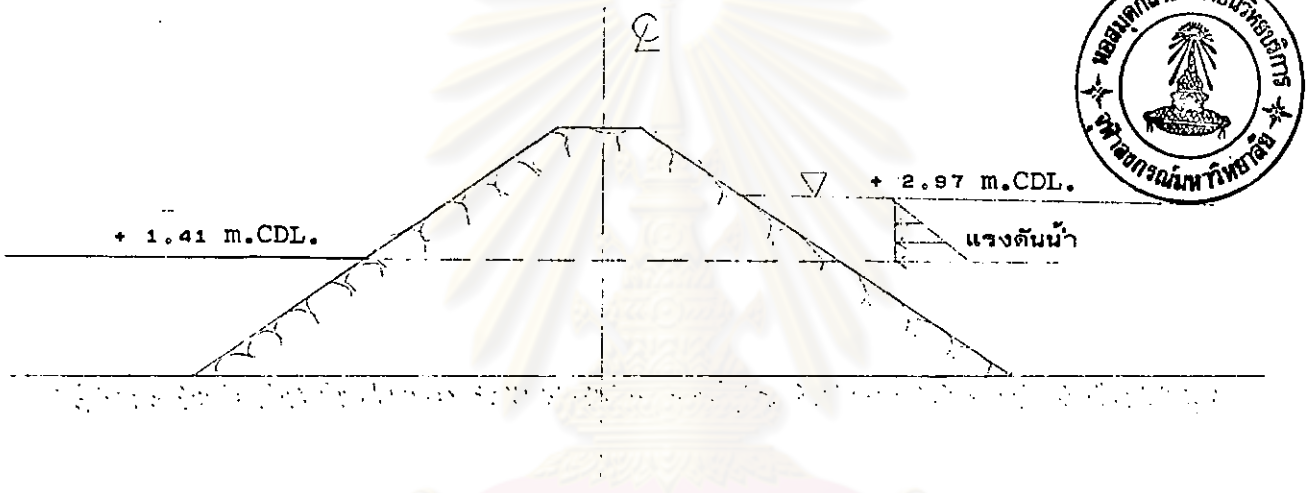
เวลาหลังการก่อสร้าง (ปี)	ค่าการทรุดตัว (ซม.)	
	ช่วงเขื่อน $\overline{WB}_I$	ช่วงเขื่อน $\overline{WB}_{II}$
0	3.78	5.15
1	18.05	21.34
2	23.25	25.66
3	26.92	27.62
4	29.58	29.16
5	31.74	30.39
6	33.42	31.40
7	34.76	32.19
8	35.73	32.84
9	36.62	33.35
ตลอดอายุการใช้งาน (50 ปี)	44.4	40.03

จากผลการวิเคราะห์การทรุดตัว พบว่า ค่าการทรุดตัวต่างกันของเขื่อนช่วง $\overline{WB}_I$ และ ช่วง $\overline{WB}_{II}$ มีค่าประมาณ 4 ซม. ซึ่งมีค่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับขนาดของหินถม 70 ถึง 170 ซม. หรือเทียบกับขนาดของช่องว่าง และเนื่องจากเขื่อนหินถมเป็น Flexible structure เมื่อเกิดการทรุดตัวต่างกันเล็กน้อย หินถมเหล่านั้นจะสามารถจัดเรียงตัวใหม่โดยไม่เกิดผลร้ายต่อโครงสร้างแต่อย่างใด

5.8 <u>วิเคราะและตรวจสอบค่าส่วนปลอดภัยด้านการเลื่อนไถล เนื่องจากน้ำหนักโครงสร้างใน</u>

<u>แบบ Circular slip</u>

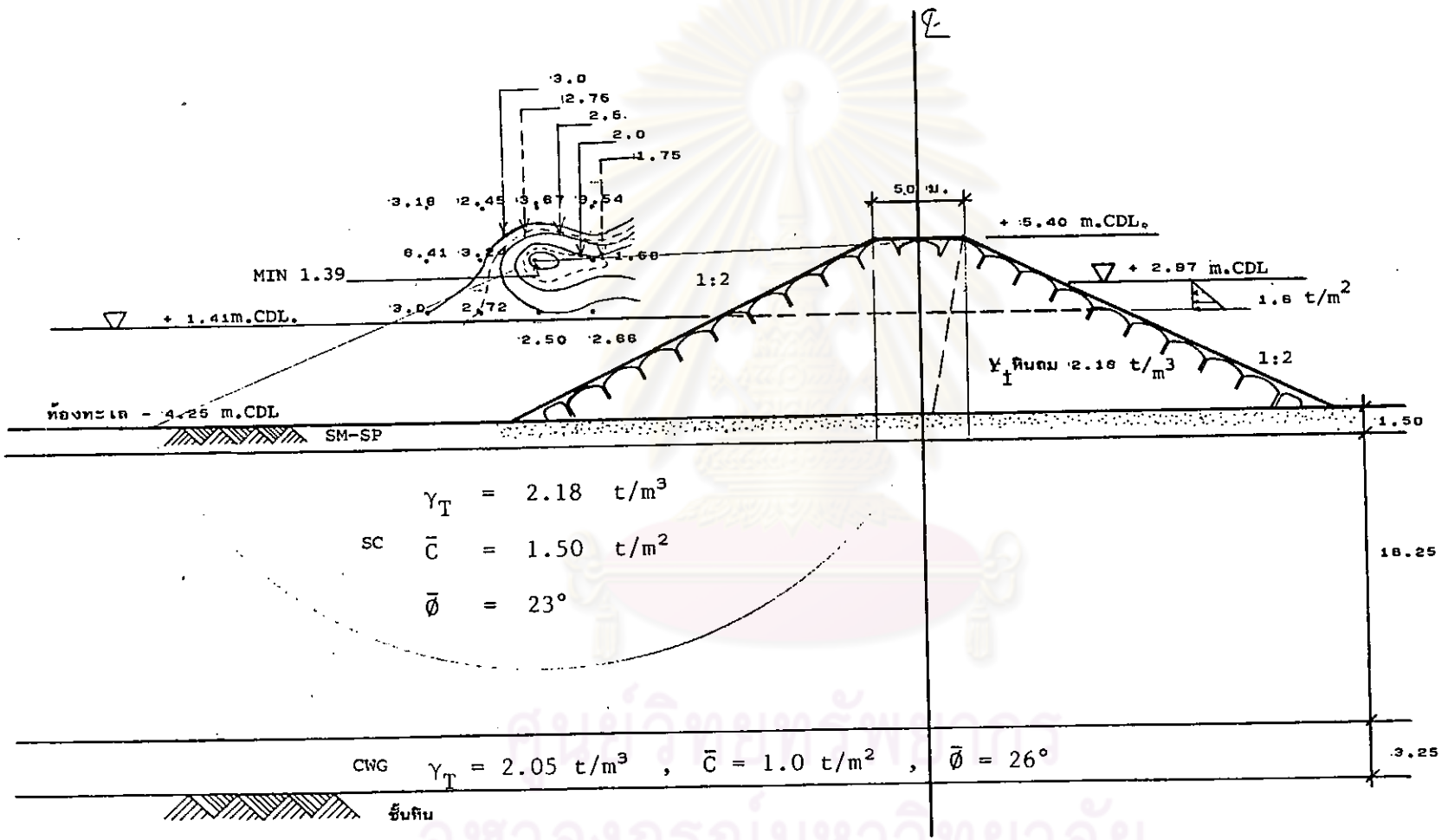
การเลื่อนไถลของระบบโครงสร้างตัวเขื่อนในแบบ Circular slip มีสาเหตุมาจากน้ำหนักของโครงสร้างซึ่งกดบนชั้นดิน ชนิดมีแรงยึดเกาะ โดยที่กรณีวิกฤตเกิดขึ้นเมื่อระดับน้ำทั้งสองข้างของเขื่อนต่างกันมากที่สุด เนื่องจาก ปรากฏการณ์น้ำขึ้น-ลง จากรูปที่ 4.15 แสดงระดับน้ำขึ้น-ลงของบริเวณน่านน้ำเขตทำเรือ จะทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของเขื่อน โดยให้ระดับน้ำด้านหนึ่งอยู่ที่ + 2.97 m.CDL และระดับน้ำอีกด้านหนึ่งอยู่ที่ + 1.41 m.CDL.



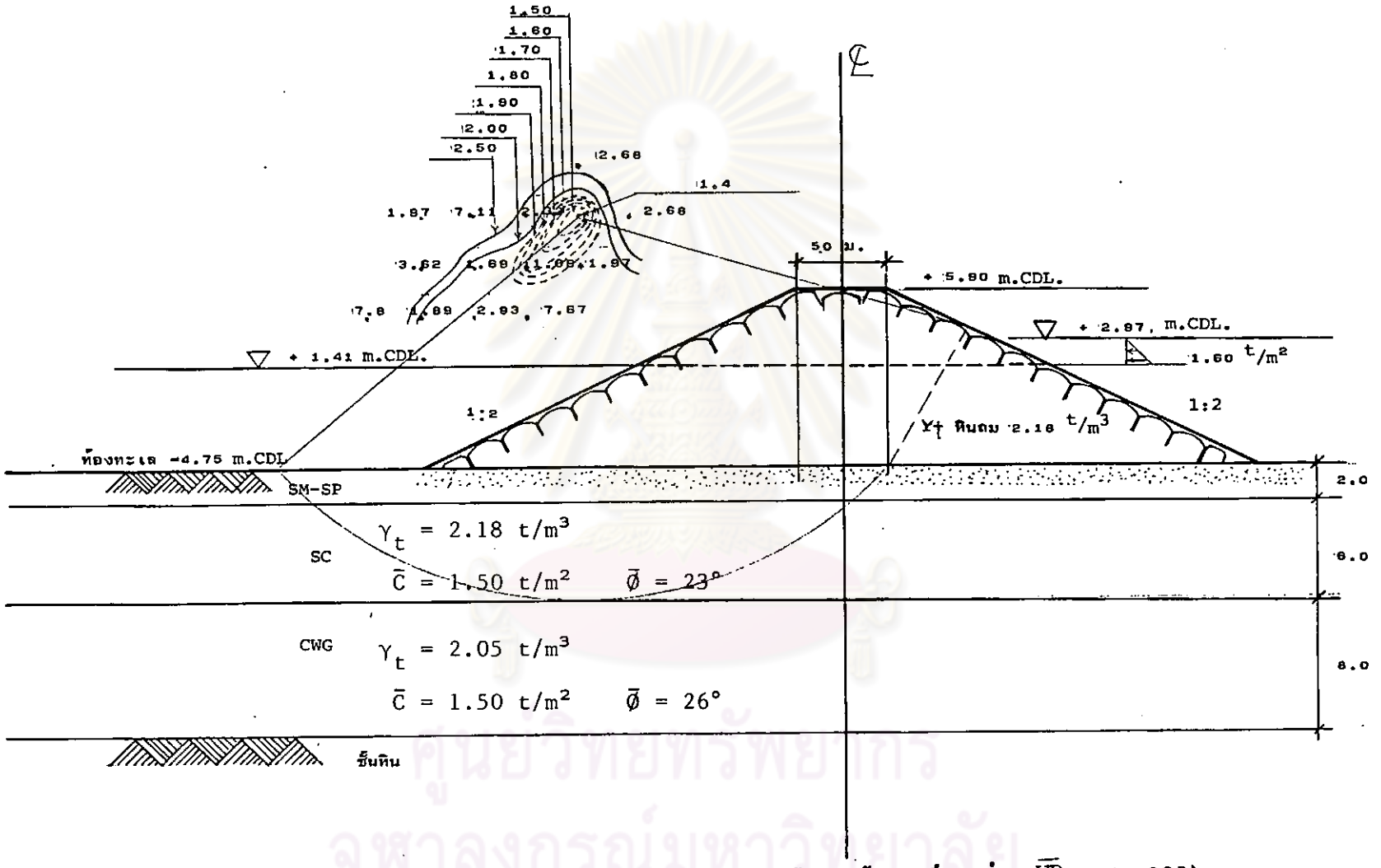
รูปที่ 5.18 แสดงระดับน้ำต่างกันของแต่ละด้านของเขื่อน เนื่องจากภาวะน้ำขึ้น-ลง

เนื่องจากลักษณะของดินใต้เขื่อนเป็นดินทราย ซึ่งมีดินเหนียวปนอยู่ ดังนั้นสภาพการระบายน้ำในมวลดิน (Drained condition) อยู่ในเกณฑ์ดี การวิเคราะห์เสถียรภาพจะใช้ Effective stress analysis เป็นแบบ Long-term condition และด้วยเหตุที่มีดินเหนียวซึ่งมีค่าหน่วยแรงยึดเกาะปานกลาง (1.0 - 1.5 t/m^2) จึงใช้สมมติฐานในแบบ Circular slip failure

จากรูปที่ 5.19 และ 5.20 พบว่า จุดศูนย์กลางของส่วนโค้งการพังทลายที่ให้ค่าส่วนปลอดภัยต่ำที่สุดอยู่ใกล้กับระดับน้ำ เป็นผลให้แขนหมุนโมเมนต์ของแรงคลื่นมีค่าน้อย จึงไม่คิดแรงจากคลื่น โดยมีค่าส่วนปลอดภัยยอมให้ไม่ต่ำกว่า 1.30



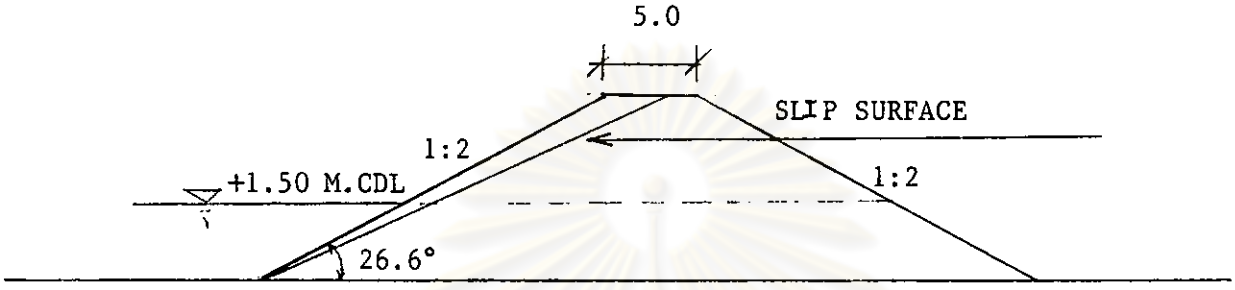
รูปที่ 5.19 แสดง CIRCUIAR SLIP ของชั้นดินใต้ฐานเขื่อนช่วง $\overline{WB}_I$ (1:300)

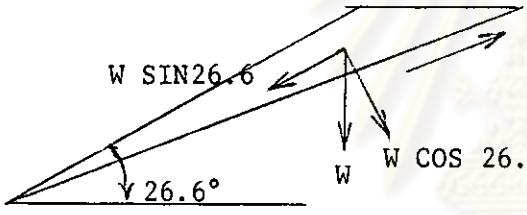


รูปที่ 5.20 แสดง CIRCULAR SLIP ของชั้นดินใต้ฐานเขื่อน ช่วง $\overline{WB}_{II}$ (1:300)

5.9 <u>ตรวจสอบค่าส่วนปลอดภัยด้านการเลื่อนไถลของมุมลาดของหินถมแบบระนาบ</u>

วัสดุถมด้านข้างของเขื่อนกันคลื่นเป็นหินถม ซึ่งมีขนาดต่อก้อนประมาณ 1.0 ถึง 1.5 เมตร และเป็นวัสดุไร้แรงยึดเกาะ (Cohesionless materials) มุมลาดของหินถมทั้งสองด้านของตัวเขื่อนมีค่า $\tan^{-1}\frac{1}{2} = 26.6^{\circ}$





Ø คือ มุมเสียดทานภายในของวัสดุถม

รูปที่ 5.2$_1$ แสดงลักษณะการเกิด Slip surface ของมุมลาด

เนื่องจากวัสดุเป็นพวก Cohesionless material ดังนั้นจึงไม่มีแรงต้านการเลื่อนไถล อันเกิดจากแรงยึดเกาะระหว่างวัสดุ (C = 0) คงเกิดเฉพาะแรงต้านอันเกิดจากแรงเสียดทานภายในเนื้อวัสดุ ค่าส่วนปลอดภัยด้านการเลื่อนไถล จะเป็น

$$F.O.S = \frac{W \cos 26.6 \tan \phi}{W \sin 26.6}$$

$$= \frac{\tan \phi}{\tan 26.6}$$

ตามข้อกำหนดในหัวข้อ 3.4.2 ค่าส่วนปลอดภัยที่ยอมให้สำหรับกรณีนี้ต้องไม่น้อยกว่า 1.2 ดังนั้น ค่ามุม $\emptyset$ ที่ยอมให้จะเป็น

ค่า $\emptyset$ ที่ต้องการสำหรับหินถม $\geq \tan^{-1}$ (1.2 tan 26.6)

$\geq$ 31°

นั่นคือ มุมเสียดทานภายในของหินถมต้องไม่น้อยกว่า 31° ซึ่งโดยทั่วไปมุมเสียดทานภายในของหินจะมีค่าอยู่ระหว่าง 35° - 40°

จากผลการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม สรุปได้ว่า รูปตัดของเขื่อนกันคลื่นที่ได้ออกแบบทั้งสองช่วง สามารถนำไปใช้งานสำหรับโครงการทำเรือมาบตาพุดได้ โดยมีผลสรุปดังนี้

1. ค่า Bearing capacity ของดินที่ฐานมีค่าสูงกว่าหน่วยแรงกด ซึ่งเกิดจากน้ำหนักโครงสร้างมาก เนื่องจากฐานของตัวเขื่อนแผ่กว้างเป็นผลดีต่อการกระจายหน่วยแรงกด

2. ค่าทรุดตัวสูงสุดตลอดอายุการใช้งานของเขื่อน (50ปี) เกิดขึ้นประมาณ 45 ซม. ซึ่งในช่วงการออกแบบความสูงป้องกัน Overtopping ได้เผื่อสำหรับการทรุดตัวไว้ 50 ซม.

3. ค่าส่วนปลอดภัยต้านการเลื่อนไถลของระบบในแบบ Circular slip มีค่ามากกว่า 1.3 ทั้งรูปตัด $\overline{WB}$I และ $\overline{WB}$II

4. ค่าส่วนปลอดภัยต้านการเลื่อนไถลในแบบระนาบของหินถม มีค่ามากกว่า 1.20 (เมื่อคิดค่า $\emptyset$ ของหินถม = 35)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย