รายงานการวิจัย

โครงการ

การศึกษาตาข่ายการไหลของน้ำผ่านเขื่อนคอนกรีตและ SHEET PILE โดยวิธีไฟไนโครคอมพิวเตอร์

โดย

นาย ฉัตรชัย วิรัชวาริน 31.1049

นาย สุพิศ เหมือนสุวรรณ 31.1358

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา SPECIAL PROJECT ประจำปีการศึกษา 2534

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

หน้าอนุมัติ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

.....

(อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมการวัดผลโครงงาน :

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล)

..... กรรมการ

(ผศ. ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)

..... กรรมการ

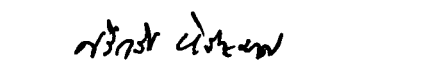
(อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ)

..... กรรมการ

(ผศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ เกษม อมันตกุล)



..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ)

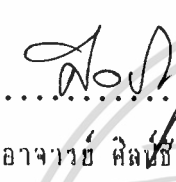
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

..... กรรมการ

(ดาจารย์ จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง)

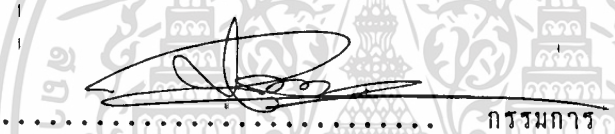
..... กรรมการ

(อาจารย์ ศักดิ์ชัย สถานุพงศ์)



..... กรรมการ

(อาจารย์ ศิลป์ชัย จานสุวรรณ)

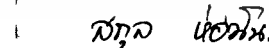


..... กรรมการ

(อาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ)

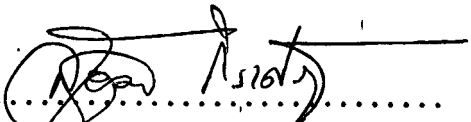
..... กรรมการ

(อาจารย์ อำนวย พานิชกุลพงษ์)



..... กรรมการ

(อาจารย์ สกุล ห่อวโนทยาน)



..... กรรมการ

(อาจารย์ สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งในรายวิชา Special Project ตามหลักสูตรการศึกษาของชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2534 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาตาข่ายการไหลของน้ำโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ให้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งให้แสดงผลทางกราฟฟิคเพื่อนำไปใช้งานอีกเป็นแนวทางในการปรับปรุงขั้นต่อไป

ข้าพเจ้าหวังว่ารายงานฉบับนี้คงเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ ในด้านวิชา SOIL MECHANIC และจะมีการนำโปรแกรมดังกล่าวมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ผู้จัดทำโครงการ
นาย ฉัตรชัย วิรัชวารินทร์
นาย สุพิศ เหมือนสุวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ที่มา การศึกษาตาข่ายการไหลของน้ำใต้ดินผ่านเขื่อนคอนกรีต และ SHEET PILE ในปัจจุบัน สามารถกระทำได้โดย วิธี FREE HAND SKETCH ซึ่งในหลักเกณฑ์ของการทำ FREE HAND SKETCH นั้นมาจากรากฐานของการประมาณ สมการการไหล 2 มิติของลาปลาซทั้งสิ้น อนึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการประมาณของแต่ละบุคคลนั้นย่อมมีความแตกต่างกันเป็นธรรมดา ทั้งนี้อาจเกิดจากทักษะของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกันซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความผิดพลาดในตัวบุคคลเอง

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า เพื่อพัฒนาการศึกษาตาข่ายการไหลของน้ำใต้ดินอย่างเป็นระบบยิ่งขึ้นจึงได้มีการนำเอาวิธีตะแกรงผ่อนปรน(MESH RELAXATION) ซึ่งเป็นรูปแบบของวิธีการประมาณสมการการไหล 2 มิติของลาปลาซแบบหนึ่งมาใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาเทอร์โบปาสคาล ซึ่งผลที่ได้จากไมโครคอมพิวเตอร์โดยโปรแกรมภาษาเทอร์โบปาสคาลนี้ จะสามารถนำไปเป็นแนวทางในการศึกษาเปรียบเทียบกับวิธี FREE HAND SKETCH ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาตาข่ายการไหลของน้ำใต้ดินผ่านเขื่อนคอนกรีต ขนาดเล็กถึงขนาดกลางและ SHEET PILE โปรแกรมตาข่ายการไหลของน้ำใต้ดินผ่านเขื่อนคอนกรีตและ SHEET PILE นี้ สามารถแสดงตาข่ายการไหล (FLOW NET) ทั้งในกรณีเขื่อนคอนกรีต และ SHEET PILE ได้โดยผ่านขั้นตอนของกระบวนการทำตะแกรงผ่อนปรน (MESH RELAXATION)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อพัฒนาการศึกษาตาข่ายการไหลของน้ำใต้ดินผ่านเขื่อนคอนกรีต และ SHEET PILE อย่างเป็นระบบ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า รากฐานของโปรแกรมนี้เกิดจากวิธีการประมาณแบบตะแกรงผ่อนปรน (MESH RELAXATION) ดังนั้น ผู้ที่สนใจอาจจะใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการประมาณแบบตะแกรงผ่อนปรน ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างตาข่ายการไหลได้อย่างกว้างขวาง หรือ เพื่อพัฒนาการสร้างตาข่ายการไหลโดยการประมาณรูปแบบอื่น

3. เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ซึมผ่านเขื่อนคอนกรีตและ SHEET PILE ในการใช้โปรแกรมนี้ เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่ซึมผ่านเขื่อนคอนกรีต และ SHEET PILE ผู้ใช้สามารถกำหนดตัวแปรสภาวะต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการสร้างตาข่ายการไหลเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่ซึมผ่านได้อย่างอิสระ ภายใต้ขีดจำกัดความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เนื้อหา สำหรับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะแสดงเนื้อหาเป็นลำดับดังต่อไปนี้

บทที่ 1 หลักพื้นฐานของการไหลของน้ำใต้ดิน

กล่าวถึงความสามารถในการซึมได้ สภาวะทั่วไปของการไหลกฎของดาร์ซี การทดลองเพื่อหาค่าความสามารถในการซึมได้ ค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการซึมได้ในกรณีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 สภาวะการไหลสม่ำเสมอใน 2 มิติ

กล่าวถึงสมการลาปลาซ และตาข่ายการไหล การสร้างตาข่ายการไหลโดยวิธี FREE HAND SKETCH การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ซึมผ่านเขื่อนคอนกรีต และSHEET PILE จากตาข่ายการไหล

บทที่ 3 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมโดยวิธีตะแกรงอ่อนปรนกล่าวถึงวิธีตะแกรงผ่อนปรน FLOW CHART ของโปรแกรม SOURCE PROGRAM

บทที่ 4 วิเคราะห์และสรุป

วิเคราะห์ถึงขีดความสามารถของโปรแกรมสรุปผลในแง่ของความเหมาะสมในการนำไปใช้

ภาคผนวก วิธีการใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1	หลักการไหลของน้ำใต้ดิน	1
	-ความสามารถในการซึมได้	2
	-สภาวะทั่วไปของการไหล	3
	-กฎของดาร์ซี่	6
บทที่ 2	สภาวะการไหลสม่ำเสมอในสองมิติ	35
	-สมการลาปลาซของตาข่ายการไหล	38
	-ขอบเขตการไหล	48
	-การวิเคราะห์แรงภายในสนามการไหล	52
	-การออกแบบเขื่อนและโครงสร้างกั้นน้ำ	54
บทที่ 3	ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรม	72
	-ความซึมได้ของดิน	72
	-การวัดความซึมได้	74
	-ตาข่ายการไหล	79
	-ผลลัพธ์ทางตัวเลขของปัญหาซับซาบ	85
บทที่ 4	การวิเคราะห์และสรุป	92
บรรณานุกรม		
ภาคผนวก		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

หลักการไหลของน้ำใต้ดิน

ชั้นดินประกอบด้วยการตกตะกอนของดินซึ่งมีความแตกต่างกันในคุณสมบัติด้านกายภาพของมัน อนุภาคของดินอาจจะแปรผันจากหินที่ถูกน้ำเซาะสู่สภาพ colloids สภาพการตกตะกอนอาจเป็นรูปแบบที่มากกว่าหรือน้อยกว่าอย่างเดียวกัน อาจเป็นทราย ดินเหนียว โคลนตม ทรายโคลน โคลนทราย ฯลฯ รูปแบบที่เหมือนกันอาจถึงขีดคั่นโดยโพรงในดินต่าง ๆ หรือเป็นเลนส์ซยายซึ่งเกิดจากการทำงานของชั้นกรวดในที่โล่งแจ้งและโพรงดินเหนียว ดินอาจจะอิ่มตัวชุ่มอย่างเต็มที่ แห้งเร็วที่หรือชุ่มโรคเป็นบางส่วน มีความแตกต่างระหว่างดินและวัตถุที่คล้ายโลหะในงานวิศวกรรม คือมีช่องว่างอยู่ในชั้นดินและช่องว่างเหล่านี้จะเชื่อมติดต่อด้วยกัน ช่องว่างเล็กย่อยมีลักษณะไม่สม่ำเสมออยู่ในรูปแบบที่ไม่แน่นอน คุณสมบัติ 2 ข้อใหญ่ทางวิศวกรรมของของโลหะวัตถุเกิดจากการกระทำดังกล่าวของดิน (การเบนหักเหของสายสาธา) และความแข็งแรง ในโครงสร้างของดินคุณสมบัติหลัก ๆ เกิดจากการกระทำที่จัดรูปแบบของมัน (ความกดดันของดินและความสัมพันธ์ของการทรุดตัวหรือการร่ายุบถล่มาของแผ่นดิน) และความแข็งกแรง (มีความสัมพันธ์ขึ้นกับแรงดันน้ำหนักของดิน) และเช่นเดียวกับคุณสมบัติหลักที่ 3 คือความซึมซับได้จนเป็นผลจากช่องว่างในดิน ในเพียงเท่านี้ช่องว่างในดินจะดำเนินต่อไปได้ อาจพูดได้ว่าดินให้ของเหลวผ่านไปได้หรือมีการซึมซับเกิดขึ้นได้ วัสดุอื่น ๆ ใดจึงมีช่องว่างติดต่อกับอาจจะซึมซับได้ มีพวกคอนกรีต อิฐ ซีเมนต์หลังการโบก หินแกรนิต ดินเหนียวที่แข็งมาก ในทางปฏิบัติวัสดุเหล่านี้อาจจะถูกเรียกว่าเป็นพวกที่ซึมซับไม่ได้หรือไม่ยอมให้ของเหลวผ่านไปได้ แต่ข้อเท็จจริงคือมันซึมซับได้ แม้ว่าจะอยู่ในระดับที่แทนไม่มีความหมายในทัศนะของการปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ความสามารถในการซึมได้

คุณลักษณะ ; ความซึมซับได้จำกัดไว้กับน้ำหรือของเหลวอื่น ๆ ซึ่งสามารถซึมผ่านชุมช่ายที่เชื่อมติดต่อกัน อันมีรูปแบบเป็นตาข่ายกิ่งก้านที่ซับซ้อนของท่อเล็ก ๆธรรชระ ฉะนั้นความซึมซับได้ขึ้นกับคุณสมบัติของเนื้อดินและของเหลว ความซึมซับได้สามารถแสดงในคุณสมบัติดังนี้

1. ให้ K เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมได้ ค่าคงที่ของการส่งผ่านหรือค่าแห่งกำลังน้ำ K ขึ้นกับคุณสมบัติของทั้งตัวกลางและของเหลว ทางด้านอุทกวิทยาของน้ำบาดาลสมมุติเป็น ความเหนี่ยวนำชลศาสตร์hydraulic conductivity) ในอีกทางหนึ่งวิศวกรด้านธรณีวิทยาได้สมมุติให้เป็นสัมประสิทธิ์การซึมซาบ (coefficient of permeability)

2. ให้ Kp เป็นความซึมจำเพาะ, ความซึมที่แท้จริง, ความซึมทางกายภาพหรือความซึมสามัญ (Taylor,1948) Kp ขึ้นกับคุณสมบัติของดินนั้นและสัมพันธ์กับค่า K คงจะอธิบายความต่อไป ในพจน์ธรรมดาเราใช้เป็นค่าความซึมทางกายภาพ (Physical Permability)

ในทางปฏิบัติ ปัญหาน้ำบาดาลจะศึกษาครอบคลุมถึงความซึมชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างที่พบก็ในการปฏิบัติงานชลประทาน การระบายน้ำของพื้นที่เกษตรกรรม การระบายน้ำของ Highways และ Runways หรือการระบายน้ำที่ดูดซึมของที่ตั้งโครงสร้างฐานรากอย่างชั่วคราว แหล่งจ่ายน้ำและวิศวกรรมสุขาภิบาล แรงกดดันของชั้นดินข้างใต้โครงสร้างทางวิศวกรรม การยุบตัวของแผ่นดินเนื่องจากการสูบน้ำ การซึมผ่านและข้างใต้เขื่อน ทำนบ ฝายและสิ่งก่อสร้างทางน้ำอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาอย่างแน่นอนของคุณสมบัติน้ำ ของดินและชนิดของหินต่าง ๆ สามารถตีราคาการก่อสร้างขั้นต่ำได้และจำเป็นสำหรับการจัดการที่มีประสิทธิภาพ การวางแผน ออกแบบและการลงมือกระทำ

ในปัญหาของน้ำบาดาลส่วนใหญ่เราถือว่า ของเหลวคือน้ำธรรมดา (จืด,กร่อยหรือเค็ม) และในตัวกลางที่ไหลซึมอาจเป็นดินหรือหินหรือทั้งสองอย่าง ตามกฎการไหลอย่างเป็นทางการแล้วสื่อกลาง คือของแข็งหรือหินที่ไม่ได้รวมเข้าด้วยกัน (ดิน) อย่างไรก็ตามอัตราการซึมของน้ำผ่านตัวกลางที่ไหลขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลาง พื้นผิวตามน้ำของเยื่อนที่เป็นของแข็งมักจะแห้งเพราะอัตราการระเหยจากผิวหน้า จะสูงกว่าอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านตัวเยื่อน ดูได้จากความชื้นในหินที่ถูกตัดจะแห้งหมดจากการระเบิดหิน รูปแบบการไหลที่แน่นอนผ่านตัวกลางทางเรขาคณิตที่แตกต่างกัน 2 อย่างและขอบเขตแห่งกระแสน้ำถือหลักทฤษฎีเดียวกัน

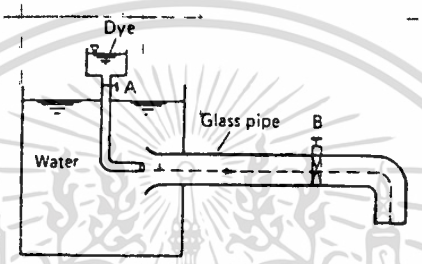
1.2 สภาวะทั่วไปของการไหล

การไหลแบบราบเรียบและการไหลแบบปั่นป่วน (Larminar flow and Turbulaut flow)

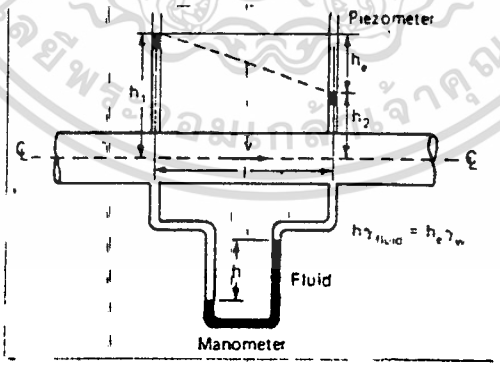
การไหลของของเหลวอาจจะเบาบางและไม่เป็นระเบียบ ในการไหลที่เบาบาง ของเหลวซึ่งน้อยที่สุดจะไหลผ่านทางที่จำกัดโดยไม่สนใจทางไหลอีกทางหนึ่ง (Taylor,1948) อย่างไรก็ดีทางไหลที่วุ่นวายไร้ระเบียบจะขรุขระซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะแปรผันตามเวลาและมีรูปแบบที่ไม่จำกัด การสังเกตของ Raynold (Taylor,1948) ว่าที่ความเร็วต่ำของกระแสในท่อ (glasspipe) การไหลจะเป็นชั้นเบาบาง (รูป 1.1 และ 1.2)



รูป 1.1 การทดลองของ Reynold แสดงให้เห็นระดับความเร็ววิกฤติ วาล์ว A คือวาล์วที่ใช้ปรับระดับน้ำ วาล์ว B จะปรับความเร็วของน้ำ



รูป 1.2 Piezometer หรือ manometer ใช้วัด head loss ในการทดลองของ Raynold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าความเร็วของเหลวในท่อ เพิ่มขึ้นตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฮโดรลิค h และความเร็ว v ยังคงเป็นเส้นตรง แต่เมื่อ h เพิ่มขึ้นถึงจุดที่ทำให้เกิดความเร็ววิกฤติ(v_c)การไหลจะเริ่มเป็นแบบปั่นป่วนถ้าทดสอบซ้ำโดยลด h, ความเร็ววิกฤติที่เกิดขึ้น จะลดลงดังรูป 1.3

ในการที่ปั่นป่วน ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว v และความชันทางชลศาสตร์ i_g (การสูญเสียระดับ h ต่อหนึ่งหน่วยความยาว)ในท่อจะเป็นดังนี้

$$v^n = C'i_g \qquad (1.1)$$

โดยที่2.0>n>1.79(Taylor,1948)ค่าของ n(ไม่มีหน่วย)ขึ้นกับของค่าของความปั่นป่วน และ C'เป็นค่าคงที่ในสภาวะการไหลแบบราบเรียบในท่อ, n=1.0 และ

$$v = Ci_g < v_c \qquad (1.2)$$

โดยที่ค่าคงที่ซึ่งมีหน่วยของความเร็ว ถ้าการไหลเป็นแบบราบ ความเร็วเฉลี่ยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชันทางชลศาสตร์ เป็นความสัมพันธ์เดียวกันกับที่ใช้ในเรื่องของ soil mechanics จากกฎของ Dracy Law

การไหลคงที่และไม่คงที่ (Steady and Transient flow)

ที่ระดับเฉพาะใด ๆ ที่ปราศจากตัวกลางการไหล ความเร็วของการไหลจะคงที่ที่เวลาทั้งหมด (ขนาดและทิศทาง) กล่าวได้ว่าการไหลคงที่หรืออยู่ภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใต้เงื่อนไขสภาวะคงที่ เมื่อระดับน้ำบาดาลไม่เปลี่ยนการไหลตามธรรชาติคงที่อย่างไรก็ดี กรณีที่คุลยภาพได้เสียดุลเนื่องมาจากปัจจัยทางธรรมชาติและการกระทำจากมนุษย์ เช่นความสูญเสียจากปริมาณน้ำฝน การสูญเสียจากน้ำมือมนุษย์หรือจากน้ำพุและน้ำที่สูญโดยการระเหย เงื่อนไขที่ไม่สมดุลเหล่านี้ถูกเรียกว่าเงื่อนไขชั่วคราว (หรือสถานะไร้ความคงที่ของการไหล) เร็วกระแสอยู่ที่ระดับเปลี่ยนแปลงขนาดและ/หรือทิศทางกับเวลา ตัวอย่างเมื่อกระแสเปลี่ยนทันทีทันใดจากเงื่อนไข กระแสสภาพคงที่เช่นเมื่อกระแสน้ำถูกสูบโดยบ่อน้ำกระแสธรรมชาติก็จะปั่นป่วนและกระแสที่ไหลผ่านบ่อน้ำจะเปลี่ยนแปลงเกินเวลา และเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขอันสม่ำเสมอของกระแสถ้าบ่อน้ำได้ถูกสูบอย่างต่อเนื่องไป สถานะของคุลยภาพจะเกิดขึ้นหลังจากเวลาอันยาวนานและกระแสสภาพคงที่มีมากกว่าในบางกรณีสภาวะคงที่จะเป็นตัวแทนเงื่อนไขอันถึงที่สุดตามหลักวิชา ($t = \infty$) อันเป็นกรณีพิเศษของสภาวะคงที่ กล่าวตามทฤษฎี กรณีสภาวะคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่มีการสูญเสียน้ำหรือการรั่วซึม ในทัศนะของการปฏิบัติเมื่อใดก็ตามที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเวลาที่สำคัญ กระแสอาจจะถูกคิดให้ใกล้ ๆคงที่ ระบบกระแสที่ไม่คงที่อาจจะเบาบางหรือชุลมุนวุ่นวาย ขึ้นกับอัตราเร็วของน้ำและคุณสมบัติของตัวกลางกระแส

1.3 กฎของ Darcy

Darcy ได้ทำการทดลองในปี 1856 ผลที่ตามมาจากการสังเกตคือสมการของกระแสน้ำที่ผ่านดิน (มีทรายเป็นส่วนมาก) (รูป 1.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

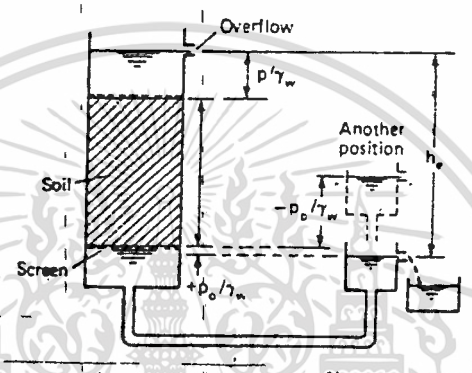
ณ ที่ Q = อัตราของกระแส, cm^3/s

A = พื้นที่ตัดขวางทั้งหมดของตัวอย่าง ทิศทางของกระแสปกติ cm^3

l = ความหนาของตัวอย่างชั้นดิน cm

= ระดับที่แรงดันน้ำตรงส่วนปลายบนสุดและปลายล่างสุดของตัวอย่าง

, cm



ระดับของน้ำที่หน้าตัดเริ่มต้นเป็นที่รู้จักกันว่าคือกระแสขึ้น (upgradient)หรือระดับกระแสขึ้น(upstream level) และที่ปลายระดับน้ำ(รูปที่1.4) เป็นที่รู้จักกันว่าคือกระแสลง(downgradientหรือdownstream level) โดยที่ความเร็ว v = Q/A ดังนั้น

$$v = (K/l)(p/\gamma_w + l + p_o/\gamma_w) = Kh_e/l \qquad (1.4)$$

หรือ $$v = Ki_e = Kh_e/l \qquad (1.5)$$

ความเร็วพื้นผิว v เป็นที่รู้จักกันว่าคือ darcian, ความเร็วเฉลี่ย, หรือความเร็วปลดปล่อยซึ่งสังเกตได้ว่า v ไม่ได้ให้ค่าความเร็วการรั่วซึมเฉลี่ย V ที่ซึ่งความเร็วกิริยาของของเหลวภายในขอบเขตแห่งรูรั่วของตัวอย่าง ในดินที่มีส่วนประกอบเดียวกัน รูที่ถูกกำหนดให้ n = A/A ที่ซึ่ง Av คือบริเวณของที่ว่างภายในพื้นที่ตัดขวางร่วมทั้งหมดของA,แล้วกำหนดให้อัตรากระแสQเป็นQ $=A_v v_s = A_v$ และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว darcian v และความเร็วของการรั่วซึม v ถูกกำหนดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v_s = v/n \qquad (1.6)$$

ผลกระทบปัจจัยแห่งกำลังน้ำ

กฎของ Darcy แสดงให้เห็นการสูญเสียในส่วนบนรวมทั้งหมด เป็นการสรุปของการกระทบกระเทือนในรูปแบบที่แน่นอน พร้อมด้วยเส้นทางกระแสที่แน่นอน ค่าคงที่ k ของคุณสมบัติระหว่างค่าเฉลี่ยความเร็ว macroseoqic velocity (v) และค่าความเอียง hydrovfic (ig) นั้นแสดงระดับที่อาจซาบซึมได้ของดิน กล่าวให้แน่ชัดคือ"K ไม่ใช่ค่าคงที่" เพราะมันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลางกระแสเช่นเดียวกับของเหลวที่ผ่านตัวกลางเหล่านั้นด้วย น้ำหนักและความเหนียวหนืดของของเหลวใด ๆ จะแปรผันกับอุณหภูมิและความดัน ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนแปลงในน้ำหนัก และ/หรือ ความเหนียวหนืดของของเหลวเกิดขึ้นพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงค่าแห่งกำลังน้ำ K

แม้ว่ากฎของ Darcy จะพัฒนามาจากการทดลอง ได้มีการพยายามหลายครั้งที่จะวิเคราะห์ถึงการสมมุติฐาน (Toylor,1948) การสืบค้นแต่ละครั้งทำให้เข้าใจถึงปัจจัยที่ขึ้นกับค่า K ที่เป็นไปได้เช่น กฎของ Poiscuiffe สำหรับกระแสของเหลวที่ผ่าน copiffovy tubes ซึ่งเขาได้แสดงในปี 1840 และ 1841 ได้ถูกดัดแปลงสำหรับใช้ในดินโดยใช้เป็นเครื่องวัดความคล้ายคลึงของดินที่เหมือนกันให้แน่นอนยิ่งขึ้น ความคลึงที่สืบดังขึ้นมาถูกแสดงต่อมาคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ γ_w = น้ำหนักหน่วยของน้ำ g/cm^3

u = ค่าสมบูรณ์หรือความหนืดของการเคลื่อนไหว $g\text{-}s/cm^2$

c = อัตราช่องว่างของดิน

n = ความโปร่งของดิน = $c/(1+c)$

C_k = ปัจจัยทางรูปทรงซึ่งขึ้นกับรูปแบบของระบบถึงด้านสาขาในดินและความคดเคี้ยวของช่องทางกระแส

D_k = เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวกลางกระแสในอุดมคติ ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคทรงกลมขนาดเท่า ๆ กัน และแสดงคุณสมบัติ (ด้านการพิจารณาคุณสมบัติแห่งกำลังน้ำที่สูญเสียทางส่วนบน) ที่แท้จริงของดินร่วมกันภายใต้ข้อพิจารณา

D_k ถูกสมมุติเป็นขนาดเฉลี่ยของดินที่แท้จริง และมีขนาดใกล้เคียง D_{10} ของดิน ในธรรมชาติสมการ (1.7 a และ b) ไม่สามารถใช้คำนวณค่า k เพราะความซับซ้อนนำไปสู่การค้นพบค่าที่มีเหตุผลและเป็นที่ยอมรับสำหรับ C_k และ D_k อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่เป็นข้อพิสูจน์กับการเหล่านี้กระทบกระเทือนค่าของ k เป็นที่ยอมรับจากสมการเหล่านี้ว่าค่า k จะแปรผันตามกำลังสองของขนาดอนุภาคเฉลี่ยสำหรับเครื่องของทราย, Hazen (1911) ถูกพัฒนาค่าต่อจากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

007724

empirical ของค่า K (cm/วินาที) ในส่วนของผลจากขนาด D_{10}(cm)

$$K = C_n D^2_{10} \qquad (1.8)$$

ตัวประกอบ C_n มีค่าประมาณ 100, และเพราะว่ามันมีหน่วยเป็นคู่ของ K และ D_{10} คือซม.ต่อวินาที และเซ็นติเมตรตามลำดับ นอกจากนั้นสมการของ Hazen ถูกจำกัดเป็นค่าของ D_{10} ระหว่าง 0.1 และ 3 mm และจะไม่ใช้เมื่อใดก็ตามที่สัมประสิทธิ์อยู่ในรูป $C_u = D_{60}/D_{10}$ นั้นเกิน 5 ในการทดสอบของHazen & Toylor,1948)ค่า Cn อยู่ระหว่าง 81 ถึง 117 (เฉลี่ย 100) และเฉพาะบางค่าอาจต่ำได้ถึง 41 และสูงถึง 146 จะสังเกตได้ว่า γ_w, μ และลัตราช่องว่างหรือ ความโปร่งจะไม่ปรากฏในสมการ (1.8) การนี้จะนำไปสู่สารไม่ยอมรับข้อสิ้นสุด ซึ่งดินทรายที่สูญเสียจะมีค่า k พบค่าหลังจาก การแบ่งโดยความหนาแน่น k จะไม่กระทบกระเทือนจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง แต่จะกระทบต่อค่าของ γ_w และ μ

ถ้าสมการ (1.7 a) และ (1.8) ถูกเปรียบเทียบกัน มันทำให้ค่า C_h ขึ้นกับคุณสมบัติของของเหลวและโครงสร้างของดิน หรือ

$$C_h = C_s(\gamma_w/\mu)(e^3/1+e) \qquad (1.9)$$

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลกระทบค่า kในดินตัวกลางเฉพาะอย่าง ถ้า K_1 และ $(\gamma_w/\mu)_1$ มีอุณหภูมิร่วมกันที่ t_1 และ k_2 กับ $(\gamma_w/\mu)_2$ มีอุณหภูมิร่วมกันที่ t_2แล้วโครงสร้างของส่วนที่เหลือของดินตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$K_2/K_1 = (\gamma_w/\mu)_2/(\gamma_w/\mu)_1 \qquad (1.10)$$

เป็นที่รู้กันว่าค่า γ_w ของน้ำเปลี่ยนกับอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย โดย μเปลี่ยนแปลงตามมาที่สุด ตัวอย่างที่ 4°c μ ประมาณ 5 ครั้ง จะมีค่าที่ 100°c โดย γ_w เปลี่ยนเล็กน้อยประมาณ 1.04 ครั้ง ฉะนั้น สมการ(1.10) อาจถูกเขียนเป็น

$$K_2/K_1 = \mu_1/\mu_2 \qquad (1.11)$$

สมการ (1.10) หรือ (1.11) สามารถใช้เป็นข้อตัดสินผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของของเหลวที่เปลี่ยนภายใต้อุณหภูมิ ความดัน และ/หรือ คุณภาพของน้ำ ตัวอย่าง , ค่า k ในกระแสไหลในเขตน้ำลึกและน้ำเค็มจะแตกต่างกัน

สมการ (1.7 ฉ) อาจจะถูกเขียนในรูปดังนี้

$$K = K_p \gamma_w/\mu \qquad (1.12)$$

ที่ $Kp = C_s D_s c^3 / (1+e)$ รู้กันว่าเป็นความสามารถดูดซึมที่แท้จริง หรือทางกายภาพ มันถูกใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเลี่ยม ที่ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของชนิดของเหลวต่าง ๆ ภายในดินตัวกลาง k อาจจะแสดงในรูปเซนติเมตรกำลังสองหรือฟุตกำลังสอง หรือใช้หน่วยที่เรียกว่า darcy ซึ่งถูกกำหนดเป็นอัตราของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสที่ 1.0 cm^3/sไหลซึมผ่านพื้นที่ตัดขวาง1.0cm^2และทางลาดมีความเค้นi_{gp} ที่ 1 atm/cm เมื่อความหนืดของกระแสไหลคือ 1 cP โดยที่

1 darcy = $0.987*10^{-8}$ cm^2 = $1.062*10^{-11}$ ft^2

1.0 atm = $1.0132*10^{6}$ dyn/cm^2

1.0 cP = 0.01P = 10 mP = $0.01 dyn*s/cm^2$

i_{gp} = pressure gradient = γ_w * hydraulic gradient

= $i_g \gamma_w$

(μ ของน้ำ = 10^{-5} $g.s/cm^2$ ที่อุณหภูมิห้อง)

อ้างอิงอีกครั้งถึงสมการ (1.7a) ที่เปลี่ยนแปลงในอัตราช่องว่าง e (โดยการทำให้แข็ง, การกดดันหรือการสั่นสะเทือน) โดยที่ส่วนที่เหลือของของเหลวที่ไม่เปลี่ยนแปลง ถูกครอบคลุมด้วยความสัมพันธ์ระหว่างค่าแห่งกำลังน้ำ k_1และk_2ที่ที่ตั้งของความหนาแน่นของดินสองชนิดคือ 1 และ 2 ดังนี้

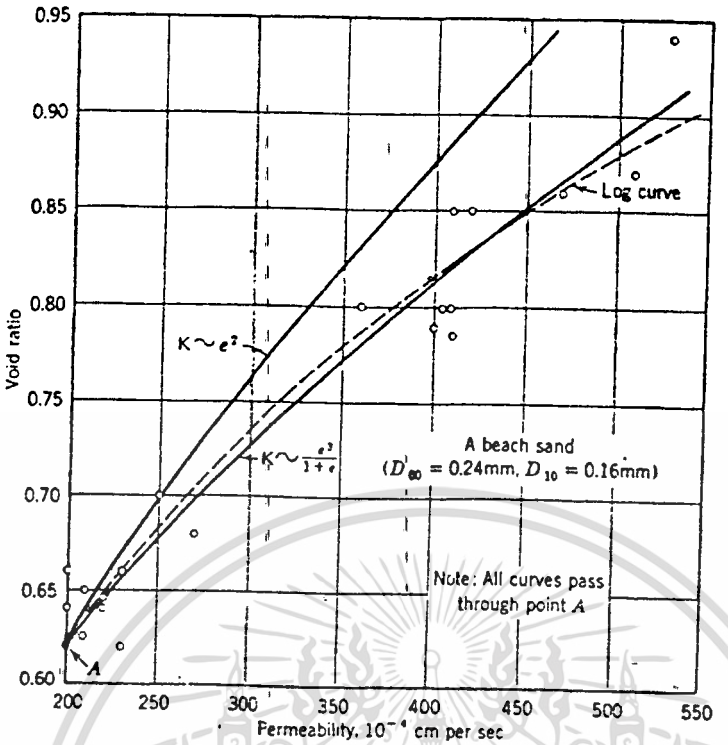
$$K_1/K_2 = [(e^3/1+e)]_1/[(e^3/1+e)]_2 \qquad (1.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

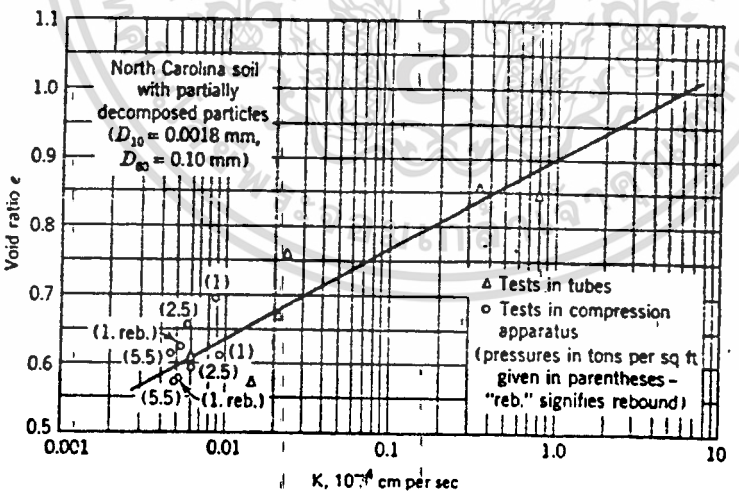
สมมติให้ปัจจัยทางรูปร่างของ c (สมการ 1.7 ก) ขึ้นกับความหนาแน่นที่เปลี่ยนแปลงในรูปแบบดินที่แน่นอน จากทัศนะหนึ่งของการปฏิบัติ (Toylor,1948) มันถูกพบว่าสมการ (1.11) สามารถทำให้ง่าย (รูป 1.5) สมการ(1.8) (1.13) และ (1.14) จำกัดเรื่องคนต้องเกาะกันเป็นก้อนว่าจะไม่ใช้สำหรับดินที่เกาะกันเป็นก้อน ดังเช่นตะกอนเลนพลาสติกและ/หรือดินเหนียวมันได้ถูกปรับปรุงจากการทดลอง (Taylor,1948) อย่างไรก็ตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง e และ logk สำหรับดินที่ติดกัน (รูป1.6)

น้ำในธรรมชาติเกิดจากน้ำที่ถูกกลั่นตัวในอากาศ โดยรูปแบบที่เหมือนเครื่องจับหรือในรูปแบบการละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Experimental checks on theoretical proportionalities between K and e in a beach sand. *(D. W. Taylor, Fundamentals of Soil Mechanics, Wiley, New York, 1948.)*



Relationship between K and e in a fine-grained soil. *(D. W. Taylor, Fundamentals of Soil Mechanics, Wiley, New York, 1948.)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การละลายโดยการเพิ่มอุณหภูมิ หรือลดความดัน เป็นผลจากค่า k ในการคำนวณและการทดสอบ น้ำสามารถทำปฏิกริยาเคมีกับวัตถุ

ย่านความถูกต้องของ Darcy's law

ในการไหลของของเหลวในท่อทรงกลม ของ diameter D Vc จะสูงกว่าการไหลเริ่มเปลี่ยนจาก laminar จนรุนแรงขึ้น ดังสมการ Re

$$R_m = V_c D(\gamma_w/\mu_m) = V_c D(\rho/\mu) = V_c(D/v') \qquad (1.15)$$

V_c = ความเร็ววิกฤตต่ำสุด

μ = absolute viscosity of the fluid

v' = kimcmatic miscosity of the fluid cm^2/S

γ_w = unit weight of the fluid

Re คือ ค่าขอบเขตน้อยที่สุดใ นทางปฏิบัติของการเริ่มไหลก่อนที่จะเริ่มเปลี่ยนความรุนแรง ย่านของ Re สำหรับ ขนาดต่าง ๆ และชนิดของ conduit สามารถหาอ่าน เช่น textbook onnydraulics Re = 2000 ในหลอดทรงกลม Re = 1000 สำหรับการไหลระหว่างแนว 2 แนวขนานกัน คำนึงถึงค่า D ในช่องว่างระหว่าง plates Re = 500 สำหรับการไหล trapezoidal conduit คำนึงถึง ค่า D ที่ความลึกของของเหลว Re = 1.0 สำหรับการไหลรอบ ๆ sphere ทรงกลม ของค่า D ค่าเหล่านี้ conservative สำหรับตัวอย่าง ในท่อวงกลม cross section ความรุนแรงของการไหลอาจจะทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

place เมื่อ Re > 4000 ค่า M และ V จะแปรตามอุณหภูมิ $V_c D = V$ Re ที่อุณหภูมิคงที่ V_c ของของเหลวใน small-diameter tubes จะสูงกว่า V_c ใน large-diameter tubes การไหลจะรุนแรงในท่อตรงทั้งหมด

Re อาจจะประมาณค่าได้ไม่แน่นอน Soil อาจดูเหมือนประกอบไปด้วย infinite No. ของความไม่แน่นอน, ความคดเคี้ยว และความต่อเนื่องของหลอด Capillary

$$Re > V_c D_s \gamma_w / \mu_w = 1.0 \text{ to } 10 \qquad (1.16)$$

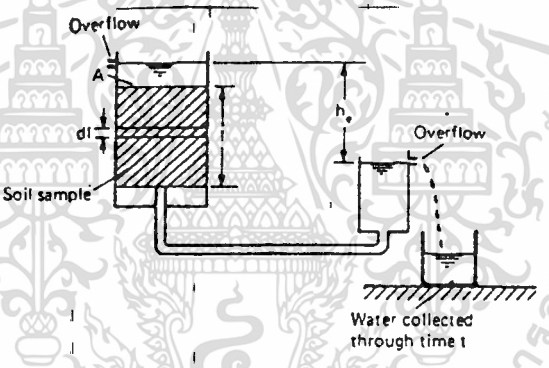
สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในสมการนี้ เหมือนกับในสมการ 1.15 ยกเว้น D_s

1.4 การทดสอบการซึมซาบ

Hydraulic conductivity ได้ถูกคำนวณไว้อย่างดีแล้ว มีตัวแปรหลายชนิดในการทดลองที่มีผลต่อค่า k หลักสำคัญของการทดลอง จะให้ข้อสรุปของการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบบศักย์คงที่



รูปที่ 1.7ไดอะแกรมการทดลองแบบศักย์คงที่

จากรูปของพารามิเตอร์ 1.7 ในสภาวะ Steady-state ของการไหล จะต้องคอยดูระดับขึ้นลงของน้ำ

จาก $k = \frac{V_w l}{h_o A t}$

เริ่มต้นการทดสอบ ค่า V_{w_1} และ V_{w_2} จะเกิดขึ้นที่เวลา t_1 และ t_2 เป็นการตรวจสอบว่าการไหลถึงสภาวะsteady stateเมื่อ $\frac{V_{w_1}}{t_1} = \frac{V_{w_2}}{t_2}$ = ค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่จริงแล้วตัวอย่างที่นำเสนอนั้นจะไม่ยุ่งยากเหมือนกับสภาวะจริง ๆ อย่างน้อย permeameter ก็ออกแบบโดยเฉพาะที่จะทำให้เหมาะสมกับ Sampling spoon ที่ใช้ใน field การไหลของตัวอย่างจากช้อนและไหล เข้าไปในช้อนใน permeameter บางที่จะยุ่งกว่าโครงสร้างจริงของพื้นดิน ในทางปฏิบัติอาจจะเพียงพอในการเตรียมทำบตัวอย่างในบางครั้งการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างจะเท่ากับใน field เพื่อกัน effects ของการรบกวน ในการทดสอบจะเป็นตัวนำในตัวอย่างที่อิ่มตัวและใช้น้ำกลั่น อย่างไรก็ตาม ในฟิลด์ ดินอย่างจะมีบางส่วนที่อิ่มตัว และน้ำอาจจะบรรจุแร่ชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับ location

น้ำอาจจะมีตัวทำละลายที่ละลายได้ดีกว่าอากาศ เพื่อที่จะให้ได้รับ unique ของค่า k สำหรับดิน การทดสอบจะต้องมีมาตราฐาน ตัวอย่างในตอนแรกอาจจะเป็นสูญญากาศ และค่อย ๆ อิ่มตัวกับน้ำกลั่นเพราะว่า entrapped และ dissolved ยังคงอยู่ในน้ำกลั่น การไหลของน้ำก็จะถูกวางโดย entrappedair หรือโดยการ release ของ air bubbles เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการขวางจากฟองอากาศเหล่านี้ ในการเทียบกับตัวอย่างเล็ก ๆ Air-free water คือ ละอองของน้ำกลั่นในสูญญากาศ ในตัวอย่างนั้นจะถูก protected ระหว่าง การไหลซึมจาก contact กับ atmosphere อุปกรณ์ใน lab ทุก lab อาจจะเพียงพอสำหรับการอุ่นน้ำกลั่น ณ T ที่เหนืออุณหภูมิห้องน้ำจะค่อย ๆ เย็นลงระหว่างการทดสอบ

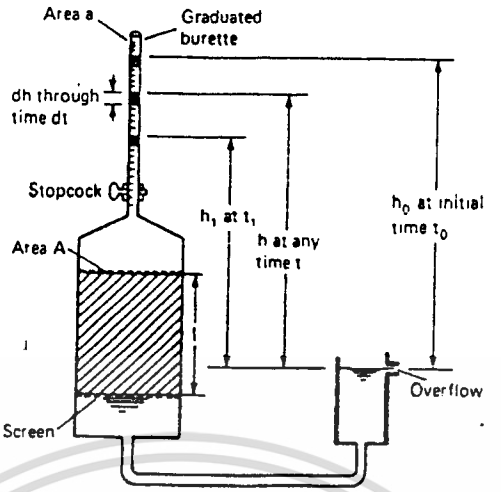
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการทดสอบจะพิจารณาถึงค่าประมาณ เราอาจจะใช้การเทียบกับการไหลซึมของตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง แต่ไม่ใช้ค่าที่แท้จริงของการไหลซึมเหล่านี้ในน้ำปกติจะไม่กลั่น และบรรจุอากาศ อย่างไรก็ตาม lab test ทุก lab จะมีมาตราฐานที่เหมือนกัน เพื่อที่จะได้ข้อสรุปที่แน่นอน หมายความว่าใน Situ permeability test จะให้ค่า k สูงกว่า labtest

การทดสอบแบบศักย์แปรเปลี่ยน

The hydraulic conductivity of fine-grained Soil ที่เป็นโคลน อาจจะคำนวณโดย falling-Head Permeameter รูป 1.8 permeameter นี้ ออกแบบเพื่อจะหลีกเลี่ยง collecting V มันเล็กมากสำหรับดินและต้องการเวลานาน ๆ ที่จะสะสม measurable. A small-diameter buretee จะต่ออยู่ที่ส่วนบนของตัวอย่าง ส่วนล่างจะต่อกับ container ในแต่ละระดับต่ำจะถูกรักษา meter จะเป็นแบบ transient

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.8 ไดอะแกรมการทดลองแบบศักย์แปรเปลี่ยน

การบันทึกการทดสอบจะวัดจาก ระดับน้ำ h_o และ h_1 ที่เวลา t_o และ t_1 ตามรูป 1.8 ที่ $t_1 - t_o$ คือการทดสอบคาบเวลา ถ้า a และ A คือ พื้นที่ cross-sectional ของ burette และตัวอย่างดิน ตามลำดับ แล้ว k คือ ค่าที่คำนวณจากสมการการไหล

$$k = \frac{al}{A(t_1-t_o)} \ln \frac{h_o}{h_1} \qquad (1.18)$$

Q = Ak (h/1) จะไม่ปรากฏ ในสมการ

ข้อเสียของpermeameter จะเหมือนกับConstant head Permeameter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบ CONSOLIDATION

การทดสอบความแข็ง คือการออกแบบเพื่อคำนวณความยืดหยุ่นของ clay layer เพื่อหาค่า anticipated settlements ของโครงสร้างบน clay layer จากตัวอย่างแต่ละอย่าง การคำนวณค่า K จะพิจารณาอย่างถี่ถ้วนเชื่อมั่นได้มากกว่าการคำนวณจาก the falling-head permeameter

table 1.1

Hydraulic Conductivity *K* of Common Natural Soil Formations

Formation	Value of *K*, cm/s
River deposits:	
Rhone at Genissiat	Up to 0.40
Small streams, eastern Alps	0.02–0.16
Missouri	0.02–0.20
Mississippi	0.02–0.12
Glacial deposits:	
Outwash plains	0.05–2.00
Esker, Westfield, Mass.	0.01–0.13
Delta, Chicopee, Mass.	0.0001–0.015
Till	Less than 0.0001
Wind deposits:	
Dune sand	0.1–0.3
Loess	0.001±
Loess loam	0.0001±
Lacustrine and marine offshore deposits:	
Very fine uniform sand, $C_u = 5$ to 2	0.0001–0.0064
Bull's liver, Sixth Ave., N.Y., $C_u = 5$ to 2	0.0001–0.0050
Bull's liver, Brooklyn, $C_u = 5$	0.00001–0.0001
Clay	Less than 0.0000001

SOURCE: K. Terzaghi and R. B. Peck, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2d ed., Wiley, New York, 1967.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าการทดสอบความแข็ง จะยังคงมีใช้กันไม่มากในแง่ของ ground water hydrology ก็ตาม แต่ก็ยังใช้ในการหาค่าทรุดตัวของพื้นดินระหว่างปั๊ม

$$K = c_v m_v \gamma_w \qquad (1.19)$$

เมื่อ K = hydraulic conductivity ,cm/s

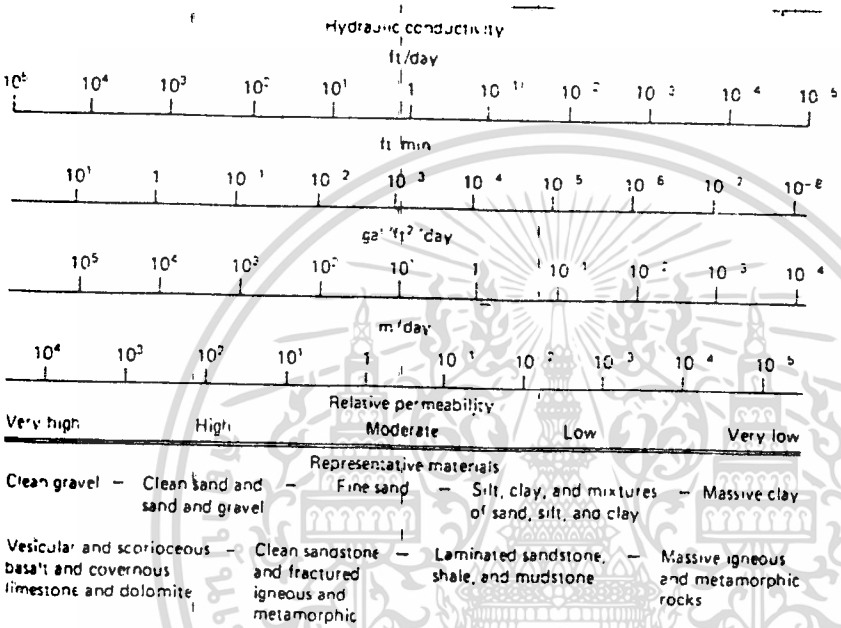
C_v = สปส.ของการบดอัด ,cm^2/s

M_v = ความสามารถในการรับแรงกดของดิน ,cm^2/g

ตัวแปรร่วม C_v และ M_v คำนวณจาก การทดสอบความแข็ง K หาจากสมการ 1.19 M_v เป็นที่รู้จักกันดี คือเป็นค่า ยืดหยุ่น มันคล้าย ๆ กับ การยืดหยุ่นของดิน (S)

K โดยทั่ว ๆ ไป จะให้มาในตาราง 1.1 ของค่า K สำหรับดิน และหิน จะให้มาในรูป 1.9 ปกติ M_v และ K จะพบจากการทดสอบ ในแต่ละ Case c_v สามารถคำนวณจากสมการ 1.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hydraulic Heads

ในผิวบนสุดของน้ำ total hydroulic head h หาจากผลต่างของ h_1 และ h_2 จากสมการของ Bernouilli

$$h_1 = p_1/\gamma_w + y_{w1} + v^2_1/2g \qquad (1.20)$$

$$h_2 = p_2/\gamma_w + y_{w2} + v^2_2/2g$$

ในระบบการไหลของน้ำบาดาล ใช้สมการ 1.20 ความเร็วต้น $v^2/2g$ จะกำหนด ความเร็วที่น้ำไหลซึมผ่านเป็น pointed out ในบท 2 ว่า ความเร็วทั่ว ๆ ไป จะแปรผัน .4 cm/วัน ถึง 2.0m/วัน และอาจจะสูงถึง 30m/วัน ในบางครั้งบางคราว ถ้าค่าสูงสุดของ K และ i_w เป็นค่าสมมติ, สำหรับตัวอย่าง ๆ 5cm/s และ 1.0, ตามลำดับ แล้ว V_w จะตรงกับ n ของ 30% คือ 16.7 cm/s, ความเร็วต้น $= V^2_w/2g = .14$cm ใน ground water hydrology มีสมการของ Bernouilli

$$h = (p/\gamma_w) + y_w \qquad (1.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วสมการกำลังงานระหว่าง 2 จุดจะเป็น

$$h_{ab} = h_a - h_b = \Delta h = \Delta(P/\gamma_w + y_w) \quad (1.22)$$

pressure head p/Y_w ที่บางจุดในย่านการไหลคือ มุมยก เหนือจุดนี้ น้ำที่สูงขึ้นในหลอด piezometric จะขึ้นไปถึงจุด ๆ หนึ่ง pressure head จะเพิ่มขึ้นจุนอิ่มตัว ต่ำกว่า watergruond table และลดลงใน capillary Zone ตำแหน่ง head ye เป็น + ถ้าจุดใต้การพิจารณาอยู่เหนือตั๋วเลขที่เลือกไว้และเป็นลบถ้ามันต่ำกว่า ตัวเลขแนวนอนเป็นเลขที่เลือกขึ้นมา และพื้นที่ทำเลไม่มีผลกระทบต่อ P/Y_w หรือค่าของ $h = h_w$

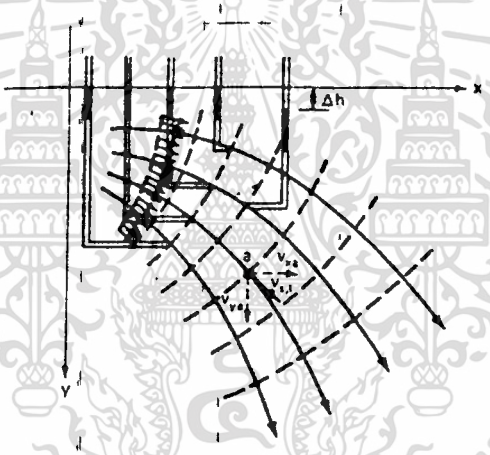
1.6 Generalization of Darcy's law.

แม้ว่ากฎของ Darcy จะถูกพัฒนาขึ้นมาจากการทดลอง ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก โดยเฉพาะในระบบการไหลสองมิติ รูป 3.11 ค่า V_x,t ที่จุด a ในตัวกลางการไหล จะมีเส้นทางที่เหมือน tangent line เวคเตอร์อาจจะมีการ analyzed V_x,a และ V_y,a ในระนาบ x กับ y ตามลำดับ จากที่จุด a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$v_{s,t} = -K(dh/ds_t)$ $v_{x,n} = -K(dh/dx)$ $v_{y,n} = -K(dh/dy)$ (1.23)

ที่ S_t มีลักษณะเส้นทางเป็น tangential ของการไหลในแนว x,y ตามลำดับในแนวนอนและแนวตั้ง (-) ใน Eq 1.23 หมายถึง h อย่างไรก็ตาม s_t, หรือ y (+) ความเป็นไปได้ขึ้นกับ เส้นทางของ axes กับ ทิศทางการไหล



รูปที่ 1.11 แสดงเส้นstream line และ equip. line

การประยุกต์ Darcy's law อาจจะทำเป็น 3 มิติ ด้วย ระบบพิกัด cartesianหรือระบบพิกัดทรงกระบอก อย่างไรก็ตามในปัญหาทั่วๆไปทั้งหมดของ Case 3 มิติ เป็นการประเมินจาก Case 2 มิติ การ Sol. ปัญหา 3 มิติ กระทำโดยวิธี numerical analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ผลของแบ่งชั้นดินใน Hydraulic Conductivity

ความเหนี่ยวนำ hydraulic ในทิศทางของชั้นมีค่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่า K ในทิศทางอื่น ๆ ตามจุดต่าง ๆ ในแต่ละแบบ อัตราส่วน K_{max}/K_{min} ย่านระหว่าง 2 และ 3 เกือบจะอนันต์ในแบบของมุม α ถึง beadding ค่า K_z จะอยู่กลางระหว่าง K_{max}-K_{min}

$$K_\alpha = K_{max} K_{min} / (K_{max} \text{ Sin}^2\alpha + K_{min} \text{ COS}^2\alpha) \quad (1.24)$$

ค่าของ Kmax และ Kmin ไม่สามารถคำนวณจาก lab หรือฟิลด์เทสได้ เมื่อโครงสร้างดินมีแบบที่แน่นอน จะถูกเรียกว่า homogeneous เมื่อคุณสมบัติของ hydraulic เหมือนกับในจุดตรงกลาง (Kmax = Kmin = K_α = X), ดินจะถูกเรียกว่า isotropic ถ้าดินเป็นชั้น แต่ค่า Kmax และ Kmin เหมือนกันที่ทุก ๆ จุดใน formation. ดินเป็นที่รู้จักในชื่อ anisotropic และ homogeneous ถ้าสภาวะเหล่านี้ไม่เป็นที่น่าพอใจ ดินจะถูกเรียกว่า neterogeneous

ในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ ดินจะถูกสมมติให้เป็นแบบ homogeneous และanisotropic วิธีสำหรับแบบ groundwater ใน latter case นี้ สามารถขยายสำหรับ homogeneous และ anisotropic ได้ พูดตามทฤษฎี วิธีที่พบใน heterogeneous จะใช้การวิเคราะห์เชิงตัวเลขอย่างไรก็ตาม วิธีเหล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้ต้องการข้อมูลในการคำนวณค่า K ในทุก ๆ แบบที่ Various point และการลากเส้นของ layer หรือ existing soil pocket ใน heterogeneous formation เหล่านี้ไม่เหมาะสมที่จะนำไปคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 Flow configuration

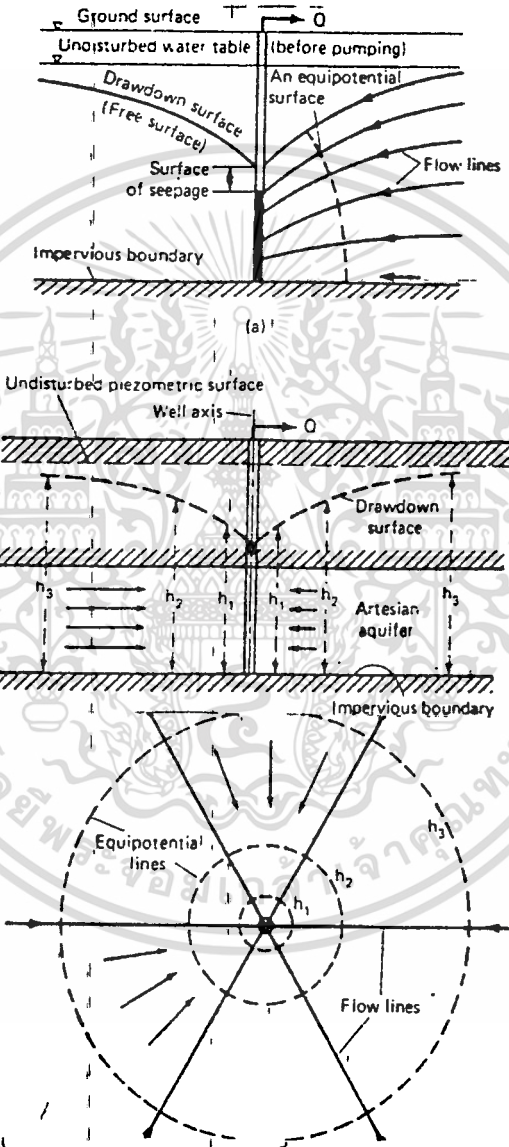
เมื่อเส้นทางการไหล มีลักษณะเป็นแบบขนาดและมีทิศทางเดียวกัน (ในแนวระดับ หรือ ในแนวตั้งฉากหรือทั้ง 2 แนว) ชื่อ ของระบบการไหลชนิดนี้ จะมีชื่อว่า ระบบ Undirectional flow (รูป 1.10) ซึ่งระบบการไหลดังกล่าว จะพบเห็นได้ง่ายในห้องทดลองโดยใช้กับ Permeameters

จากรูป 1.12 แสดงให้เห็นถึงระยะจากจุดใด ๆ บนวงกลมไปสู่จุดศูนย์กลาง ซึ่งจะเป็นตัวอธิบายถึง น้ำในอุดมคติที่ระดับเริ่มแรก หรือ แรงกดในแนวระดับที่ผิวหน้า หรือตามโค้งของพื้นที่ ปฏิบัติงาน พบว่าในกรณีของการไหลชนิดนี้จะมีการไหลเป็นแบบ 2 ทิศทาง โดยตัวอย่างของระบบการไหล แบบ 2 ทิศทางที่จะแสดงโดยรูป 1.13

ถ้าทำการทดลองโดยการหยด สีย้อม ที่จุดดังแสดงในรูป 1.13 b จะพบว่า เกิดรอยของสีย้อมที่หยดนั้นวิ่งไปตาม curve ซึ่งจะสามารถมองเห็นได้ curve ดังกล่าวจะเป็นตัวชี้ให้เห็นเส้นทางการไหลของน้ำ (หรือ เส้นทางการไหลของอนุภาคน้ำ) เมื่อการไหลเข้าสู่สมดุลย์ และ ตัวกลางที่ผสมอยู่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันซึ่ง curve orthogonal นี้จะเป็นเส้นที่สามารถอ้างให้เห็นถึง equipotential line และเป็นที่แน่ใจได้ว่า จุดทุกจุดที่อยู่บน equipotential line จะมีทิศทางมุ่งไปสู่ทางเดียวกัน ดังนั้น curve ทั้ง 2 ที่กล่าวมานี้ (รูป 1.11, 1.13) จึงมีชื่อเรียกว่า flow net ซึ่งจากทั้งหมดที่กล่าวมาจะพบว่ามี Curve จำนวนมากมายที่อยู่บน flow medium แต่อย่างไรก็ตาม Curve แต่ละเส้นทาง จะเป็นตัวเลือกทางเดินของ flow net โดยเป็นตัวชี้ถึง flow configuration ได้ส่วนอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำได้ คือ การใช้เส้นทางเดินของ flow net เป็นตัวช่วยในการหา หรือใช้ในการวิเคราะห์

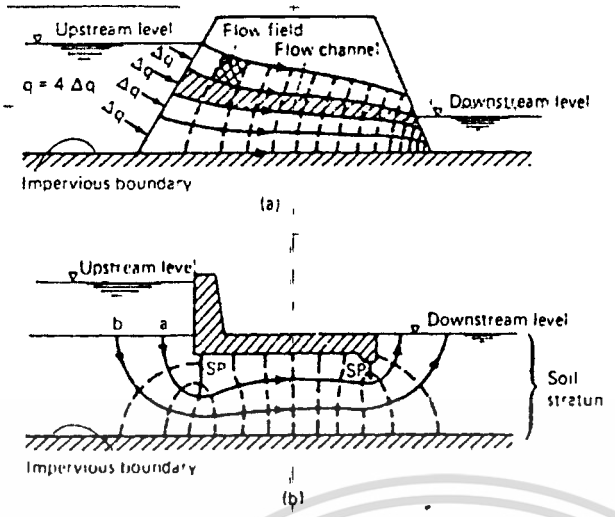
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบที่อยู่ระหว่าง เส้นทางการไหลที่อยู่ติดกันมีชื่อเรียกว่า flow channel (รูป 3.13 a) ซึ่งผลรวมของการไหลคือฯโดยค่าฯ นี้จะสามารถแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ได้โดยใช้ เป็นตัวแทน (q คือ อัตราส่วน การไหลต่อ



รูปที่ 1.12 ระบบการไหลเป็นวงกลม (a)Gravity well ;(b)artesian well(vert.section);(c)artesian well (horiz. section)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

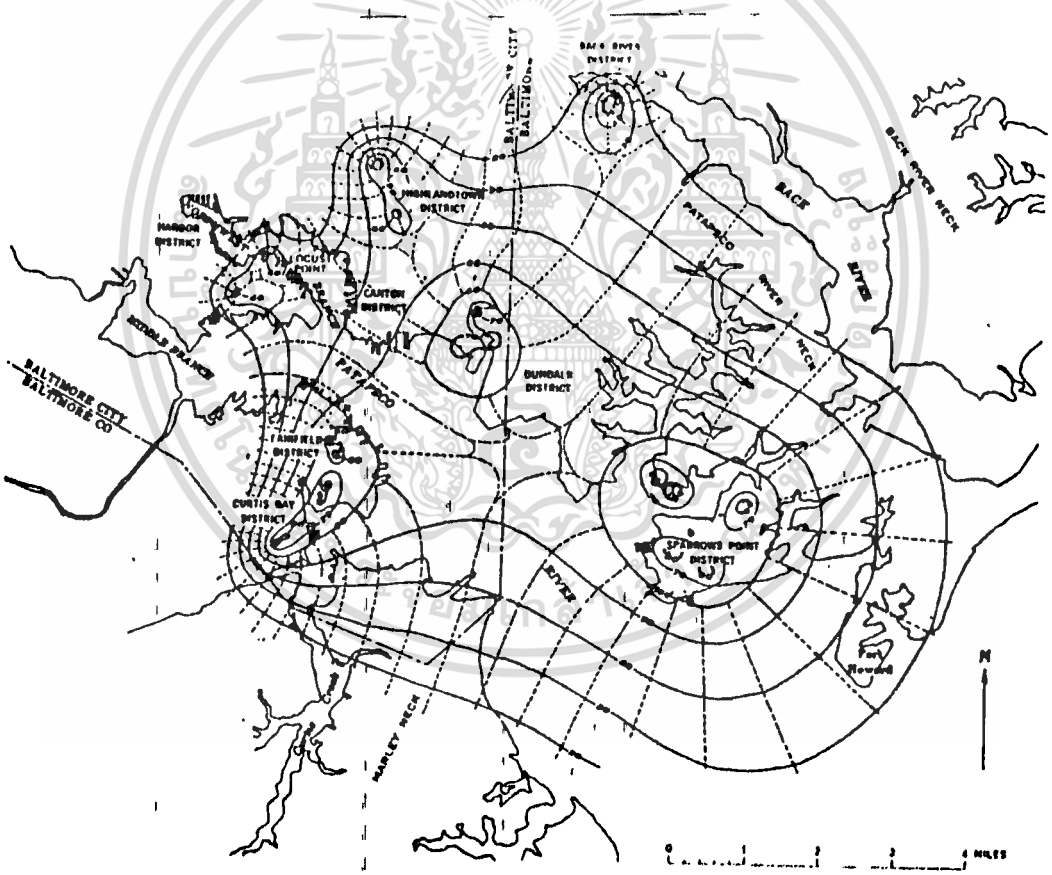


หน่วย ความยาว โดยทั่วไปจะคิดอยู่ในลักษณะภาคตัดขวาง ซึ่งจะมีหน่วยเป็น เมตรกำลัง 2 ต่อนาที) ผลต่างของความหนาแน่น ที่อยู่ด้านต้นของ equipotential line 2 เส้นที่อยู่อยู่ติดกันจะใช้ เป็นสัญญลักษณ์และมีชื่อว่า equipotential drop (รูป1.12)ณ บริเวณขอบเขตระหว่างเส้นทางการไหล (flow line) 2เส้นที่เกิดกันและบริเวณขอบเขตระหว่าง equipotential line 2 เส้นที่อยู่ติดกัน จะมีชื่อเรียกว่า field(รูป1.13a)ซึ่งในทางธรณีวิทยา ขนาด field จะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาดเล็กมากๆโดยที่ ΔhและΔqต่าง มีขนาดเท่ากันหรือในอีกกรณีหนึ่ง field อาจมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้ และจากสาเหตุที่ด้านข้างของ field จะมีลักษณะเป็น curve ถ้า field มี ลักษณะเป็นแบบสี่เหลี่ยมจตุรัสจะมีชื่อเรียกว่า curvilinear square มี ลักษณะเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะมีชื่อว่า curvilinear rectangle (casagrande,1937; Taylor, 1948 ;Terzaghi and Peck 1967) flow net ที่ได้ใน field จะมีขนาดใหล้เคียงกัน ซึ่งจะเหมาะสมกับการทำ งานของมนุษย์ ลักษณะของ fieldที่ดี จะแสดงถึงในรูป 1.14

รูปแบบของการไหลเมื่ออยู่ในภาวะ Steady-state เส้นทางการ ไหลแบบ unidirectional จะมีลักษณะการไหลเป็นเส้นตรงที่ขนานกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยค่าคงที่ของ hydraulic gradient ลักษณะทางภูมิศาสตร์จะมีผลโดยตรงกับเส้นชลงระบบไหล เช่นเดียวกับกรณีของ permeameter กว่าในทางปฏิบัติมักไม่นิยมนำเอาที่ทั้งมาช่วยในการหารูปแบบลักษณะของการไหลเท่าใดนัก จากรูป 1.13c จะเห็นได้ว่า flow zone ที่ ได้จะเป็นการรวมเอาความยาวของ Straight line ที่กำหนดโดย gradient ซึ่งค่าของ gradient จะเป็นค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงจากรูป ดังกล่าวจะสังเกตได้ว่า Vertical line จะ

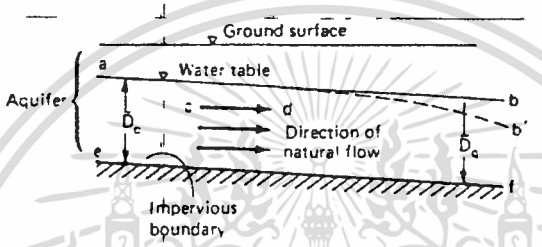


รูปที่ 1.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมาตุ่วกันที่ เส้นตรง ab และจะทอดก้าวตามไปตามความยาวที่ในแนว

ระดับจากที่กล่าวมาจะพบว่าในรูป 1.13 a,b และ c ต่างมีค่าตรงกัน



รูปที่ 1.15

จากรูป 1.15 เป็นรูปแบบการไหลของน้ำอีกรูปแบบหนึ่ง จะเห็นได้ว่า

มีทิศทางจาd c ไปยังd ส่วนเส้นตรง ab เป็นเส้นที่สมมุติขึ้นโดยเป็นตัวกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

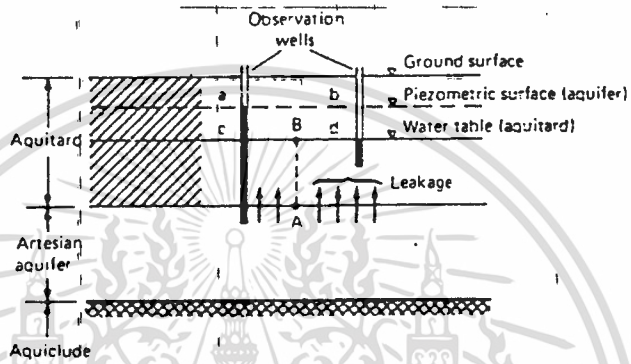
slope ของการไหลให้มีค่าเท่ากับ slope ของพื้นที่ ef และกำหนดให้ คือ ความลึกของน้ำซึ่งเป็นค่าคงที่จากรูปจะเห็นได้ว่า การไหลของน้ำที่ระดับน้ำสามารถนำเอาขึ้นมาใช้งานได้ แต่ในความเป็นจริงระดับน้ำกำหนดโดย เส้นตรง ab จะมีลักษณะเป็น Curve 'ab' (ดังรูป 1.15) ซึ่งจะเป็นระบบการไหลแบบ 2มิติ จากรูป1.16 ในทางอุดมคติของ arteaian aquifer จะกำหนดให้เส้นตรง ab เป็น piezometric surface โดยจะอยู่เหนือเส้นระดับน้ำ cd ที่ตำแหน่งของชั้น Aquitard ซึ่งจะวางตัวอยู่เหนือชั้น Aguifer ส่วนเกิดขึ้นที่ชั้น aquitard อาจเกิดมาจากการไหลซึมของน้ำจากชั้น aguifer ขึ้นมาด้านบนนั่นเอง โดยน้ำที่ไหลซึมขึ้นมานี้จะมีชื่อเรียกว่า leakage และสมมุติให้รูปแบบของการไหล จะมีทิศทางในแนวดิ่งซึ่งแสดงด้วยเส้นประ AB โดยที่ค่าของ gradient มีค่าคงที่ (รูป 1.16) ส่วนอัตราการไหลของน้ำที่ซึมขึ้นมา จะมีค่าน้อยมากจนไม่มีผลกระทบกับระดับของน้ำหรือแรงกดบริเวณผิวหน้าดิน (piezometric surface) แต่สิ่งที่มีผลโดยตรงต่อระดับของน้ำใต้ดินก็คือ ลักษณะของภูมิประเทศเช่นเป็นลุ่ม ๆ ดอน ๆ และการนำเอาน้ำขึ้นมาใช้ของมนุษย์

การศึกษาถึงระบบการไหลของน้ำแบบ เดินเส้นทางเดียวนี้จะมีประโยชน์ต่อการศึกษาเกี่ยวกับระบบการไหลของน้ำที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น เพราะจะทำให้สามารถเข้าใจระบบได้ง่ายและรวดเร็ว ระบบการไหลของน้ำว่าเป็นระบบใดนั้น สภาพภูมิประเทศและค่าตัวชนิดของตัวแปรต่าง เช่น effective

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

stresses, seepage forces และ quicksand condition จะตามสำคัญ

ต่อการวิเคราะห์ระบบได้แม่นยำยิ่งขึ้น



รูปที่ 1.16 Water leakage from artesian aquifers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

สภาวะการไหลสม่ำเสมอในสองมิติ

ระบบการไหลของน้ำ 2 มิติ ได้มีการคิดวิธีที่ใช้แก้ปัญหาขึ้นมา ซึ่งย่อมมีผลต่อตาข่ายการไหลของน้ำ การถ่ายเทและการระบายน้ำจะเป็นรูปร่างต่างๆ แต่จะมีเพียง 2 รูปแบบเท่านั้น

โดยทั่วไปการไหลของน้ำจะมี 2 ชนิดคือ การไหลที่มีการจำกัดขอบเขตและไม่จำกัดขอบเขต ในส่วนที่มีการจำกัดขอบเขต เส้นการไหล(flow lile)บนสุดจะต่ำกว่าความดันซึ่งสูงกว่าความดันบรรยากาศ เช่นระดับน้ำใต้เขื่อน บ่อบาดาลก็จัดอยู่ในประเภทนี้

ในส่วนการไหลที่ไม่จำกัดขอบเขต (การไหลเนื่องจากแรงโน้มถ่วง)เส้นการไหลบนสุดจะสมดุลย์กับความดันบรรยากาศ นั่นคือความดันตามเส้นการไหลนี้จะเท่ากับความดันบรรยากาศ($p=0$)ที่จุดใดๆ ตัวอย่างการไหลประเภทนี้ จะเป็นระบบการไหลของน้ำในธรรมชาติ การไหลซึมของน้ำใต้เขื่อน การไหลในคลอง

สมการการไหลของน้ำ จะเป็นเช่นเดียวกับการไหลสม่ำเสมอทุกระบบ อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาก็จะต่างกันออกไป ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของขอบเขตทางเรขาคณิตและhydraulic

สมการการไหลใน 2 มิติ เป็นที่รู้จักกันในชื่อของสมการลาปลาซ(laplace equation) ซึ่งอาจเปลี่ยนรูปสมการเป็นในระบบพิกัดทรงกระบอก ซึ่งเหมาะสมกับกรณีการไหลแบบเป็นวง(radial flow) การแก้ปัญหาระบบการไหลแบบไม่มีขอบเขตจะยุ่งยากกว่าระบบที่จำกัดขอบเขต อย่างไรก็ดีเงื่อนไขขอบเขตของพื้นผิวอิสระสามารถแสดงได้ทั้งในทางฟิสิคส์และคณิตศาสตร์ เทคนิคทางคณิตศาสตร์ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหากรณีระบบการไหลเนื่องจากแรงโน้มถ่วง แต่วิธีนี้ไม่นิยมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในด้านวิศวกรรม วิธีการประมาณทางคณิตศาสตร์หลายวิธีได้รับการเสนอขึ้นและนำมาเปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์ซึ่งเข้มงวดกว่า ปรากฏว่าวิธีทางคณิตศาสตร์นั้นเป็นไปไม่ได้และไม่ยืดหยุ่น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีคำนวณเชิงตัวเลข(numerical procedures)

นอกจากการประมาณทางคณิตศาสตร์แล้ว, เทคนิคการสร้างแบบจำลองหลายๆ แบบได้มีการนำมาใช้ด้วย การใช้ทรายย้อมเพื่อดูทิศทางการไหล ได้นำไปใช้ทั้งในกรณีที่การไหลถูกจำกัดขอบเขตและไม่จำกัดขอบเขต ในบริเวณที่การไหลไม่ถูกจำกัดขอบเขต จะเห็นเป็นแนวเล็กๆ แต่เราไม่สามารถสร้างแบบจำลองออกมาได้ การแตกตัวของสีเป็นอุปสรรคของการทำงาน การใช้ทรายเพื่อให้เห็นเป็นตัวอย่างประกอบเท่านั้น

ข้อเปรียบเทียบระหว่างการไหลของน้ำใต้ดินตามสมการลาปลาซกับวิธีอื่น ทำให้เห็นทิศทางการไหลได้ โดยการใช้ความร้อน การใช้ท่อ การใช้ฟิล์มสบู่ การใช้แสง การเหนี่ยวนำด้วยไฟฟ้า การใช้อุเล็คโตรไลต์ และการใช้แบบจำลองแม่เหล็ก แต่ละวิธีได้ผลออกมาแตกต่างกัน การใช้แบบจำลองไฟฟ้าอาจช่วยแก้ปัญหาระบบการไหลในขอบเขตจำกัดได้ และได้มีการพัฒนาระบบนี้ขึ้น โดยวิธีลองผิดลองถูก การใช้ความต้านทานกระแสไฟฟ้าได้ถูกนำมาใช้อย่างจริงจัง การที่จะเข้าใจวิธีการนี้ จะต้องมีความรู้ทางด้านการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วย

การวิเคราะห์เชิงตัวเลข(numerical analysis)มีมานานกว่า4ทศวรรษแล้ว วิธีนี้นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมและน้ำใต้ดินโดยใช้หลายวิธีการด้วยกัน (ส่วนใหญ่คือวิธีการผ่อนปรนและการอินทิเกรต(relaxation and integration techniques)การวิเคราะห์เชิงตัวเลข จะช่วยให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสมการทางคณิตศาสตร์ไปอยู่ในรูปของสมการทางเรขาคณิต เมื่อไม่นานมานี้การคำนวณโดยใช้วิธีวิเคราะห์เชิงตัวเลข(numerical analysis)ด้วยวิธี finite-element

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และวิธี finite-element เป็นวิธีที่เป็นไปได้และเหมาะสมมากที่สุดในปัจจุบัน

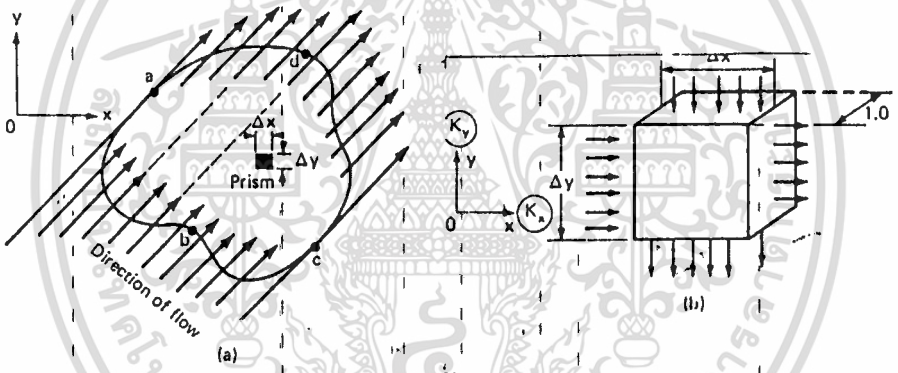
สมมติฐานเบื้องต้นของสมการหลักทางคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการไหลจะกล่าวถึงในบทนี้เพื่อย้ำถึงข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหา รวมทั้งการใช้วิธีวิเคราะห์เชิงตัวเลข วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ ผู้ปฏิบัติสามารถนำไปใช้ได้หรือนำไปใช้เป็นแนวทางค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมต่อไป วิธีของตาข่ายการไหลโดยใช้การวาด (freehand sketching) แม้ว่าจะเป็นการประมาณแต่ก็ยังจัดว่าเป็นวิธีที่มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพ หลักของวิธีนี้จะไม่สามารถเข้าใจได้อย่างถ่องแท้ถ้าปราศจากความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์อาจจะเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับจุดประสงค์ในการฝึกฝนและสามารถที่จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเร่งการคำนวณโดยจัดเงื่อนไขพื้นฐานเหล่านี้เป็นเงื่อนไขเริ่มต้น

อย่างไรก็ตามยังไม่มีวิธีใดที่ได้ผลแน่นอนผลที่ออกมาแต่ละครั้งก็ช่วยให้เข้าใจระบบการทำงานมากขึ้น เช่นตัวอย่างการศึกษาสภาวะการไหลของน้ำในบ่อด้วยวิธีต่างๆท้ายที่สุดโดยหลักทางวิศวกรรม ผลลัพธ์ขั้นสุดท้ายที่ไม่ควรจะเกิดขึ้นก็จะเป็นตัวกำหนดมาตรฐานของความปลอดภัย และเหล่านี้เป็นการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาสภาวะการไหลแบบสม่ำเสมอ ในเขื่อนกั้นแม่น้ำ ตัวอย่างคือ กระแสน้ำขึ้นจะพิจารณาที่ระดับน้ำสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ของมัน ในขณะที่กระแสน้ำลง จะสมมติว่าแห้ง (dry) แม้ว่าแม่น้ำอาจจะไม่แห้งตลอดก็ตาม ดังนั้นการไหลสภาวะสม่ำเสมอจึงนำมาพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง ในกรณีต่าง ๆ เหล่านี้ เงื่อนไขที่วิกฤติที่สุด อาจคาดว่าเกิดขึ้นเป็นตัวทดสอบเสถียรภาพและความปลอดภัยของโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 สมการลาปลาซ และตาข่ายการไหล

จากรูป 2.1a เส้น abcd เป็นตัวกลางในการไหล ภายใต้เงื่อนไขสภาวะสม่ำเสมอ อัตราการไหลผ่านเส้น abcd ขณะที่น้ำเคลื่อนที่จาก abc ถึง adc การสูญเสียในค่าศักย์ของน้ำ จะทำให้ความดันของน้ำลดลง P ที่ทุก ๆ จุดภายใน abcd ดังนั้น ความเค้นประสิทธิผล เพิ่มขึ้น โครงสร้างของดินจะถูกกดอัด และปล่อยน้ำที่ถูกกักไว้ภายในขอบ abcd ออกมา การลดลงของความดันน้ำจะทำให้เกิดการกระจายของน้ำ ภายในขอบเดียวกันและปลดปล่อยปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น ศักย์รวมจะผันแปรตลอดเวลา



2.1 น้ำไหลผ่านตัวกลาง คือดิน

(a) ขอบ abcd (b) ปริซึมเล็ก ๆ ปริมาตร(Δx)(Δy)(1.0)

ภายในขอบ abcd (ขยาย)

เมื่อน้ำและมวลของดินไม่ได้ถูกกดอัด การไหล สภาวะสม่ำเสมอจะนำมาพิจารณา ในแง่การปฏิบัติ การไหลสภาวะสม่ำเสมอ เกิดขึ้นหลังจากดินและน้ำถึงจุดถูกอัดประลัยเท่าที่จะเกิดขึ้นได้ หรือเมื่อการดิสชาร์จ์เท่ากับการชาร์จ์ โดยคณิตศาสตร์การวิเคราะห์โดยใช้ปริซึม (Δ x)(Δ y)(1.0) และอัตราการไหล อัตราการไหลเข้าในปริซึมเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับอัตราการไหลออกจากปริซึม ดังนั้น

$$v_y(\Delta x)+v_x(\Delta y) = v_y'(\Delta x)+v_x'(\Delta y) \qquad (2.1)$$

ถ้า v เขียนในเทอมของศักย์รวม h และกฎของคาร์ซี่สำหรับกรณีที่ใช้ตัวกลางที่ปั่นเนื้อเดียว เมื่อพิจารณาปริซึมเข้าใกล้จุดๆ จะได้สมการต่อไปนี้

$$K_x(d^2h/dx^2)+K_y(d^2h/dy^2) = 0 \qquad (2.2)$$

เมื่อ K_x และ K_y คือ ความเหนี่ยวนำทางชลศาสตร์ตามแกน x และ แกน y ตามลำดับ ในตัวกลางเนื้อเดียว ดังนั้น $K_x = K_y = K$ ดังนั้น

$$(d^2h/dx^2) + (d^2h/dy^2) = 0 \qquad (2.3)$$

สมการ(2.3) เป็นที่รู้จักกันในชื่อของ สมการลาปลาซ (Laplace equation) ควบคุมการไหลในตัวกลางเนื้อเดียว ภายใต้สภาวะการไหลสม่ำเสมอ การแก้ปัญหาของสมการนี้โดยใช้เงื่อนไขขอบเขตมีเพียงรูปแบบเดียว การแก้ปัญหาจะให้ทุกข้อมูลสำหรับวาดตาข่ายการไหล ประกอบด้วยชุดของเส้นการไหล ซึ่งจะกำหนดเส้นสมศักย์ ดังแสดงในรูป 2.2(a) และ 2.3 เส้นการไหลหรือ stream line มีความเข้ม w(ในหน่วยตร(ตร.ซม. ต่อวินาที) รู้จักกันในนามของ ฟังก์ชันการไหล (stream function) ตัวอย่างเช่น เส้นการไหลบนสุด BB'CDEF ดังรูป 2.2a ได้กำหนดความเข้มเป็น 0 ($\psi = 0$), ดังนั้น เส้นการไหลเส้นล่างสุด A'G' มีความเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$w = q$ ผลต่างของค่า w ของเส้นการไหล 2 เส้นใด ๆ ซึ่งจัดรูปขอบเขตของช่องทางไหล เท่ากับ $\Delta w = \Delta q$ ซึ่งเป็นอัตราการไหลผ่านช่องเกิดนั้น ถ้าตาข่ายการไหล ถูกสร้างโดยที่ Δq เป็นค่าเดียวกันสำหรับทุกช่องทางการไหล ดังนั้น

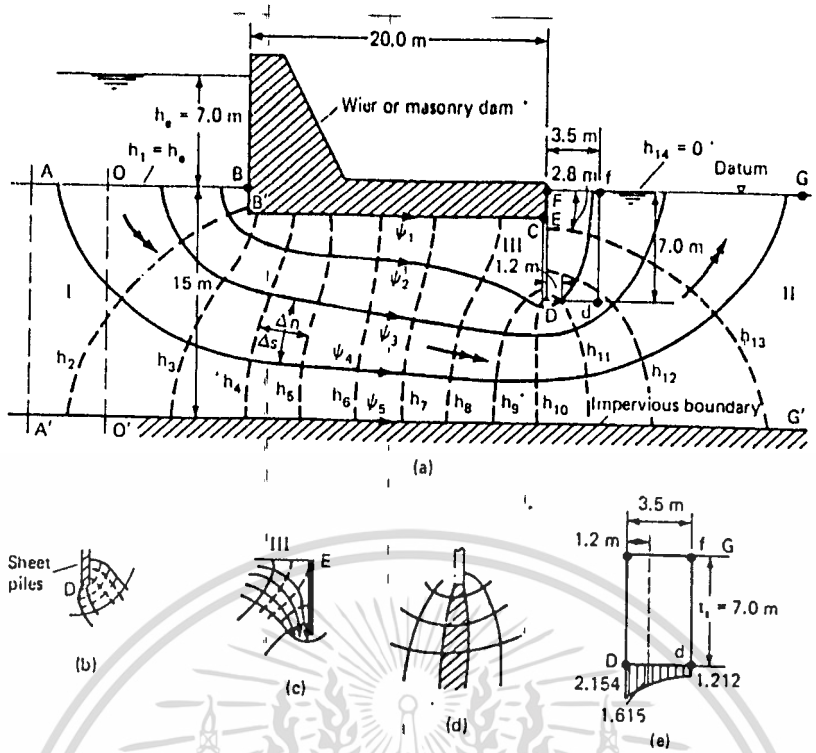
$$q = n_F(\Delta q) = n_F(\Delta w) \qquad (2.4)$$

เมื่อ n_F เป็นจำนวนของช่องการไหล และ q เป็นอัตราการไหลรวมต่อ 1 หน่วยความยาว (ในหน่วย ตร.ซม. ต่อวินาที) ในรูป 2.2a มีเส้นการไหล 5 เส้น ($n_F = 4$) ค่าความเข้ม w_1, w_2, w_3, w_4 และ w_5 สามารถกำหนดได้ตามลำดับดังนี้ คือ 0, Δq, $2\Delta q$, $3\Delta q$ และ $4\Delta q$ หรือ เป็น q, $q-\Delta q$, $q-2\Delta q$, $q-3\Delta q$ และ $q-4\Delta q$ หรือเป็นชุดใด ๆ ซึ่งกำหนดด้วย $\Delta w = \Delta q$ = ค่าคงที่ ($\Delta q = 1/4q$ ในกรณีแสดงในรูป 2.2a)

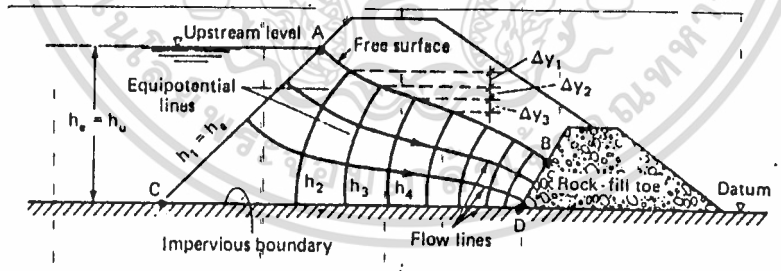
เส้นสมศักย์ (equipotential line) ซึ่งมีความเข้ม h คือ ทางเดินของจุดภายในตัวกลาง ซึ่งแต่ละเส้นจะมีค่าศักย์เท่ากัน ความเข้มของเส้นสมศักย์สามารถกำหนดให้เป็น h หรือ กำหนดโดยความเร็วศักย์ ϕ, ดังนั้น

$$\phi = -Kh + \text{constant} = -K(P + y) + \text{constant} \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าลงที่อาจเป็นบวก ,ลบ หรือศูนย์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของตัวเลขที่เลือก และเลขอ้างอิง ส่วนค่าลบจะเป็นค่าที่ประมาณได้ (ตำแหน่งของตัวเลขจะตามตัวในบางกรณี) ตัวเลือกอื่นๆอาจจะมีผลกระทบต่อค่า h ทั้งหมด แต่จะไม่มีผลในแกนตั้ง Δh หรือ $\Delta\phi$ ในขณะที่

$$\Delta\phi = K(\Delta h) \qquad (2.6)$$

การใช้ฟังค์ชัน ϕ และ w มีประโยชน์ในการแก้ปัญหา (สมการ 2.3) ในด้านฟิสิคส์เช่นเดียวกับในน้ำใต้ดิน ความสัมพันธ์ระหว่าง w ,ϕ และ hจะแสดงโดย

$$v_x = -d\phi/dx = -dw/dy = -K(dh/dx) \qquad (2.7a)$$

และ
$$v_y = -d\phi/dy = -dw/dx = -K(dh/dy) \qquad (2.7b)$$

สมการ Laplace อาจใช้แก้ปัญหาง่าย ๆ เรามาดูสมการต่อไปนี้

$$d^2h/[d(x/(K_y/K_x))^2] + d^2h/dy^2 = 0 \qquad (2.8)$$

หรือ
$$d^2h/dX^2 + d^2h/dy^2 = 0 \qquad (2.9)$$

ณะที่
$$X = x/(K_y/K_x) \qquad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกน x แต่เดิมสั้นกว่าแกน X ในสมการ 2.10 ส่วนที่เปลี่ยนแปลงจะมี การทำแผนสมการ 2.9 ระบบการใช้ของน้ำ จะเปลี่ยนลักษณะไปในแนวเดียวกัน จะ แบบที่เริ่มจะกลับไปสู่ระบบเดิม (รูป 2.4) โดยการคูณ x แต่ละตัว โดย $\sqrt{(K_x/K_y)}$ ณละที่ y มีขนาดเท่าเดิม (Taylor 1948)

รูปที่ 2.2

ถ้าในรูป 2.2a เมื่อแกนกลางมีลักษณะเป็นผืนหนึ่งผืนเดียวกัน จะมีแกนตั้ง 14 เส้น, 13 จุด เมื่อดู "ยอบเขต" ที่ถูกกำหนดด้วย w_3, w_4; h_4 และ h_5 ตามกฎของ Darcy อัตราการไหล Δqที่ผ่านช่องการไหลระหว่าง w_3 และ w_4 จะให้

$$\Delta q = \Delta w = w_4 - w_3 = K(h_4 - h_5)/\Delta s * \Delta n * 1.0$$

จะปรากฏขนาดทั่วไปของแต่ละยูนิต Δn และ Δs ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย ของความกว้าง, ความยาว (Δs เป็นทางเดินของน้ำ)

กำหนดให้ Δh เท่ากับ $h_4 - h_5$, เราจะได้

$$\Delta q = K(\Delta h)(\Delta n/\Delta s) \qquad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า h เป็นค่าคงที่ระหว่างแกนแนวตั้ง 2 เส้น (อาจจะหาได้ด้วยวิธีทางทฤษฎีหรือปฏิบัติ) และ Δq เหมือนกับช่องทางเดินของน้ำ อัตราส่วน $\Delta h/\Delta s$ ในขนาดต่าง ๆ กัน จะได้เท่ากัน ถ้า Δs เป็น 2 เท่ามากกว่า Δn อัตราส่วนที่ได้จะเท่ากับ 1/2 ของพท.ทั้งหมด ตามสมการ 2.4 และ 2.11

$$q = Kh_w n_f/n_e * (\Delta n/\Delta s) \qquad (2.12)$$

เมื่อ h_w มีค่ามากขึ้น จะเกิดความแตกต่างระหว่าง ความหนาแน่นของแกนตั้งแกนแรกและแกนขนาน หรืออาจกล่าวได้ว่า มีความแตกต่างระดับเหนือน้ำและใต้น้ำและ n_e เป็นจำนวนจุดในแกนตั้ง ถ้าอัตราส่วน n/ s เป็น 1.0 (n = s)

$$q = Kh_w (n_f/n_e) \qquad (2.13)$$

เราอาจจะร่างภาพคร่าว ๆ เอาเองก็ได้ (Richardson, 1905; Casagrande, 1937; Cedergren, 1977) เมื่อดูเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ที่แสดงโดยสมการ 5.7 วิธีดังกล่าว เป็นที่นิยมใช้กันมากในหมู่วิศวกร โดยเฉพาะในกรณีที่ยุ่งยากมาก ๆ การวิเคราะห์ที่ค่อนข้างจะสับสน วิธีการสร้างได้ถูกอ้างถึงกับ Lehenan ปี 1909 (Kashef, 1951), Prasil 1913 (Harr , 1962) และ Fachheirver . 1917 (Terzaghi Qud Peck 1967) อย่างไรก็ตาม ตามคำกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Kashef (1951) Kichardson (1908) ทำให้วิธีการ Alretch ไว้ ก่อนเป็นที่นิยมในหมู่สาธารณชน แต่วิธีการใช้นั้น Casagreende (1937) และ Cedergren (1977) ได้อธิบายไว้อย่างดีแล้ว

รูปแบบการไหลของน้ำ ถูกใช้โดยวิธี ลองผิดลองถูก จนกว่าจะพอใจการแก้ปัญหาก็จะรวมกันเป็นหนึ่งเดียว ตามสมการ Laplace 2.3 การวาดรูป สี่เหลี่ยมจตุรัสจะง่ายกว่าใช้รูปผืนผ้า ตามรูป 2.2 จะได้วิธีสังเกตดังนี้

1. แนวนอนตัดกับแนวตั้ง (จุดตัดต้องตั้งฉาก) เราต้องดูขอบเขตด้วย กระแสน้ำต้องตั้งฉากกับเส้น AB และ FG และแกนตั้งต้องตั้งฉากกับขอบเขตของเส้น BBCDEF และ AG CD จะเป็นเส้นทึบ สัมพันธ์กับความหนาแน่น น้ำจะไหลซึมลงไปจากซ้ายของ CD แล้วไหลย้อนขึ้นไปทางขวาของ DEF

2. เส้นตัดของแกนนอนและแกนตั้ง จะเป็นเส้นโค้ง เราอาจจะพิสูจน์ได้โดยใช้สูตร $\Delta n = \Delta s$

3. เส้นกระแสน้ำจะไปไหลตัดกัน และแกนนอนก็จะไม่ตัดกันเช่นกัน ยกเว้น ตำแหน่งที่มีความเร็วสูงสุด เช่นจุด D ในรูป 2.2 เนื้อที่จะเล็กลงและเปลี่ยนไปจาก จ อย่างไรก็ตาม เมื่อขยายให้ใหญ่ขึ้น (2.2b) เนื้อที่ที่ได้จะประกอบด้วย เล็ก ๆ มากมาย ทางคณิตศาสตร์ จุด D จะเป็นจุดเดียว ที่ $i_g = \alpha$ (ไม่จำกัดความเร็ว) รูป 2.2 เนื้อที่ของ I, II, III จะไม่เป็นรูป แต่เนื้อที่ III อาจประกอบด้วย เล็ก ๆ มากมาย ดังรูป 2.2c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เนื้อที่ I, II อาจจะไม่มีที่สิ้นสุด เมื่อความเร็วของน้ำเป็นศูนย์ในทางกราฟฟิค เราไม่สามารถจะตรวจสอบการไหลท่วมของน้ำได้ ดังนั้นอย่างน้อยที่สุดเส้นตั้ง 2 เส้น (w_4 และ h_2 ในเนื้อที่ I, และ w_4 และ h_{13} ในเนื้อที่ II) จะต้องได้รับการตรวจสอบจากเนื้อที่ที่เหลือภายใน เพื่อหารูป ตามต้องการ เมื่อเนื้อที่อื่นนอกจาก I, II, เป็น รูปของการไหลของน้ำ ก็จะถูกต้อง ดังนั้นจึงไม่มีการร่างภาพขึ้นมาเพื่อสังเกต เส้นต่าง ๆ ที่อยู่ภายใน ให้สัมพันธ์กับอาณาเขตเส้นทางซ้ายของกระดานเป็น OO' ไม่ใช่ AA' (รูป 2.2) แสดงว่าเกิดข้อผิดพลาด และทำให้ยากต่อการตรวจหาความถูกต้อง

ข้อแนะนำในการ sketch ภาพจึงมีความจำเป็น (Taylor 1948; Caseagrande 1937) อย่างไรก็ตาม การ sketch ภาพได้อย่างดีนั้น เราต้องมีความสามารถทางศิลปะในตัวเองด้วย จากประสบการณ์ของผู้เล่าในชั้นเรียนร่วมกับศิลปินอื่น ๆ พบว่า เราควรจะเริ่มหัดวาดภาพ ให้มีเพียง 3 ช่องก่อน แนวตั้งควรจะได้มาจากการสังเกตเงื่อนไขที่ให้มาก่อนหน้านี้ สิ่งที่ถูกคือ ควรมีการเพิ่มทั้ง 2 ด้าน หรือให้ใกล้เคียง เงื่อนไขหลัก คือเนื้อที่ การเริ่มจากการลากเส้น 4 เส้น (3 ช่อง) ย่อมจะยุ่งยาก ในการดูรูป ที่ได้รับผลกระทบและใช้เวลานานกว่าจะทำให้ถูกต้องอย่างไรก็ตาม ถ้าเริ่มด้วย 2 ช่อง ก็จะยุ่งยากในการที่จะได้โครงสร้าง ที่พอจะดูสมเหตุสมผล เมื่อรูปแรกถูกต้อง แต่ละช่องก็จะประกอบด้วยช่องเล็ก ๆ 2 ช่องหรือมากกว่านั้น แกนตั้งแกนใหม่ก็จะตามกันมาก ช่องย่อย ๆ จะมีเนื้อที่น้อย ๆ ซึ่งช่วยป้องกันข้อผิดพลาดที่เราสังเกตไม่พบในการทำครั้งแรกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำในการ sketch ภาพนั้นควรให้ n_f เป็นค่าทั้งหมด เพราะผลลง n_f ไม่สามารถจะรับประกันได้ว่าจะเป็นค่าทั้งหมดจริง หรือผิดพลาดนี้เราจะเห็นรูป 2.2 ที่ใช้วิธีการคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา $q = 0.3Kh_o$ เมื่อเรา sketch ภาพของทิศทางการไหลอยู่ในน้ำตามรูป 2.2 จะได้ $n_e = 13$ และ $n_f = 4$ ตามสมการ 2.13 q คือ

$$q = Kh_o(4/13) = 0.3077Kh_o$$

เมื่อพิจารณาแล้ววิธีการคณิตศาสตร์ มีความถูกต้อง อัตราส่วนของ n_f/n_e จะเท่ากับ 0.30 (ไม่ใช่ 0.3077 ตามที่ sketch ไว้) เราให้ค่าของ n_f เท่ากับ 4 จำนวนจุดแนวตั้ง n_e จะได้ 13 1/3 ถ้าการ sketch ภาพมาใกล้เคียงที่สุด เราสามารถจะสังเกตได้ด้วยตาเปล่าเนื้อที่ของฟิลด์ ย่อย ๆ($\Delta s = 1/3\Delta n$) จะต้องถูกวาดลง

ภายในตารางดัง (รูป 2.2d) ส่วนปลีกย่อย มักจะไม่ค่อยพบในการ sketch ภาพ วิศวกรมีความเห็นว่า ส่วนปลีกย่อยเหล่านี้ ไม่มีผลใด ๆ ถ้าเราได้วาดทิศทางออกมาอย่างละเอียดถี่ถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปของการไหลของน้ำอย่างไม่จำกัดขอบเขต (รูป 1.13a, c และ d และรูป 2.3) ยิ่งยากต่อการ sketch ภาพ รูป 2.3 หรือผิวที่ว่างเปล่า ตามเส้น AB เป็นจำนวน ของตอนกลางสายน้ำในเขื่อน ซึ่งไม่เป็นที่รู้จักมาก่อนที่จะหาข้อสรุปในการแก้ปัญหา ในระบบนี้การ sketch จะยุ่งยากในการที่จะเพิ่มส่วนของขอบเขตด้านบน AB ไปยังส่วนที่เหลือ เราจึงจำต้องสังเกต ในจุดนี้ด้วย

ในระบบนี้ ค่าเฉลี่ยในการกำหนดพื้นผิวแาจจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดก็ได้ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาในการที่จะมาทำการ sketch ภาพ

ทิศทางการไหลของน้ำ อาจจะปรากฏในส่วนของการเปลี่ยนแปลง หรือในส่วนที่มีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน แต่ค่า q จะได้ตามนี้ (Taylor 1948)

$$q=\sqrt{(K_x K_y)}\,h_e\,(n_f/n_e) \qquad (2.14)$$

5.2 เงื่อนไขขอบเขต

ขอบเขตที่น้ำซึมผ่านไม่ได้

ส่วนทึบตามรูป 2.2a คือ เส้น BBCDEF ของโครงสร้าง (รวมทั้งส่วนของ CD) ส่วนที่เป็นพื้นผิวตามธรรมชาติ คือ HG ส่วนพื้นผิวนี้จะช่วยป้องกันไม่ให้น้ำไหลผ่าน เพราะเป็นองค์ประกอบของกระแสน้ำ ในระดับความหนาแน่นคงที่ เงื่อนไขนี้จะแสดงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$dw = 0 \qquad \text{(i.e } w \text{ เป็นค่าคงที่)}$$

และ $dw/ds = 0$

เมื่อ S คือ ทิศทางที่ไปในทางเดียวกันกับเส้นกั้นขอบเขต และ

$$d\phi/dn = 0$$

เมื่อ n เป็นทิศทางทั่วไปส่วนใดก็ได้ที่อยู่ตามแนวเส้นกั้นอาณาเขต (ความเร็วในการไหลของน้ำ = 0)

พื้นผิวอิสระ

ในระบบที่น้ำไหลไปโดยไม่จำกัดขอบเขตตามรูป 2.3 เช่นผิว AB เป็นกระแสน้ำ และมีเงื่อนไขของการสกัดกั้นเหมือนกับส่วนทึบแต่เงื่อนไข คือ ความกดดันตาม AB เป็นคลื่นอากาศ

$$h = (p/\gamma_w)+y+\text{const.} = 0+y+\text{const} \qquad (2.15a)$$

$$\phi + Ky = \text{const.(or zero)} \qquad (2.15b)$$

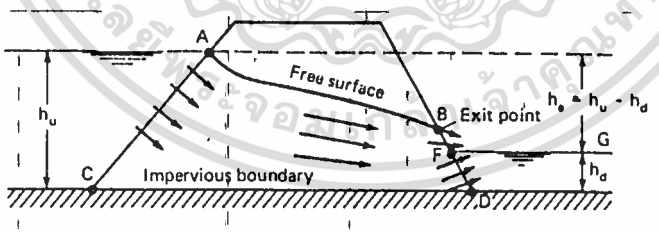
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้าไปในพื้นผิว

ส่วนบน AB ตามรูป 2.2a และ AC ตามรูป 2.3 และ 2.5 เป็นประตูที่จะเข้าไปด้านในซึ่งมีการไหลซึมของน้ำ เข้าไปในจุดกึ่งกลางบริเวณนี้คือเส้นในแนวตั้ง เราจะได้ = ค่าคงที่ - -Kh โปร่ดสังเกต รูป 2.2a , y คือ ค่าคงที่ตาม AB , คือค่าคงที่ ในขณะที่รูป 2.3 และ 2.5 y เปลี่ยนไปตาม AC ดังนั้น ค่า p จะลดลงตามสมการ 2.15 เมื่อค่า y เพิ่มขึ้น

การออกจากพื้นผิว

เมื่อน้ำไหลออกจากตอนกลาง ส่วนพื้นผิวส่วนใดส่วนหนึ่งตามรูป 2.2a , BD (รูป 2.3) หรือ BFD (รูป 2.5) การออกมาในลักษณะนี้อาจจะเป็นรูปในแนวตั้ง (FG รูป 2.2a) หรือการรวมกันของ BFD



รูป 2.5 การไหลผ่านเขื่อนดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการจะออกจากพื้นผิว คือ เส้นแนวตั้งซึ่งมีเงื่อนไขว่า ϕ = ค่าคงที่ = $-Khd$ ถ้าไม่มีหลายกระแสน้ำ จะได้ $hd = 0$ (ตามแนว FG ในรูป 2.2a)

การออกจากพื้นผิว ที่มีความกดอากาศ และมีการระบายน้ำ ในความเป็นแล้ว คำอธิบายเหล่านี้ ใช้กับการระบายน้ำได้ดังนั้น ซึ่งอาจรวมถึงบางส่วนของเส้นแนวตั้ง ในลักษณะนี้จึงใช้ได้ในการแสดงสัดส่วนการไหลซึมของน้ำในส่วงคอนปลายของกระแสน้ำ ในส่วนที่น้ำไหลแรงก็จะเป็นเรื่องของสัดส่วนเหนือระดับน้ำในข้อ สมการที่ได้คือ

$$\phi + Ky = 0 \quad \text{หรือ} \quad h = y \qquad (2.16)$$

ตอนล่างของน้ำ จะเป็นส่วนของความกดอากาศ ซึ่งจะไม่ทั้งแกนตั้งและแกนขนาน

ตอนกลางกระแสน้ำ สัดส่วนของแน่วตั้ง กับระดับล่างจะไม่แตกต่างกัน เส้นที่ตัดผ่าน พื้นผิวช่วงล่างทำให้เกิดุมุม ค่าบริเวณพื้นผิวจะเปลี่ยนไปจากศูนย์ในบริเวณสูงสุด (จุด B รูป 2.5) และ ทำมุม 90 ที่จุดล่างสุด (จุด F รูป 2.5) ปลายจุด B (รูป 2.3 และ 2.5) จะมาบรรจบกับจุดที่อยู่สูงสุด ของบริเวณพื้นผิวตอนล่างเรียกว่าเป็นทางระบายออกของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การวิเคราะห์แรงภายในสนามการไหล

เมื่อพิจารณาเนื้อที่ในตาราง (รูป 2.6a) ระหว่างแนวนอน 2 เส้น MN และ OP กับแนวตั้ง 2 เส้น คือ OM และ PN ความกดดันจะกระจายออกไปมากที่สุด ถ้ามีเนื้อที่เพียงพอ ดูได้จากรูป As จะมีค่าความกดดันเพียงค่าเดียว ตรงบริเวณมุมของปริซึม (รูป 2.6b) ภายในปริซึมแรงที่เบ่งออกมา คือ $U = y_w (s)^2$ เป็นพลังงานที่ออกมาจากจุดไว้ตำแหน่งพลังงานของน้ำที่ไหลซึมออกมา คือ ค่า F_s เท่ากับ $F_s = l_s y_w (s)^2$ แผนผังของความกดดันที่มีผลกระทบจะปรากฏในรูป 2.6c เหมือนกับ แผนผังของรูป 2 ภาพ เหมือนกับการวิเคราะห์พลังงานของกระแสน้ำที่ไหลอย่างไม่มีทิศทาง จะมีความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานแรงพุ่ง และพลังงานของน้ำที่ไหลซึมออกมา ในระบบน้ำ 2 ชนิด พลังงาน F_B , F_{B1}, F_{B2} (รูป 2.6c) จะเป็นแนวโค้งมากกว่าตั้งตรง แผนผังของพลังงานที่ออกมา (รูป 2.6d) รวมทั้งพลังงานอื่นที่อาจจะเกิดขึ้นได้ (Taylor 1948 และ Kashef (1965a) แผนผังที่ได้ จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AB น้ำหนักของปริซึม $= \gamma_{sat}(\Delta S)^2$

AD น้ำหนักของของแข็ง $= \gamma_{dry}(\Delta S)^2$

DB น้ำหนักของน้ำในบุ่อ $(\gamma_{sat} - \gamma_{dry})(\Delta S)^2$

CB แรงที่พุ่งออกมาทั้งหมด $U = -\gamma_w(\Delta S)^2$

AC น้ำหนักในส่วนที่จมน้ำ $= \gamma'(\Delta S)^2 = (\Delta S)^2(\gamma_{sat} - \gamma w)$

CD แรงที่เกิดบนของแข็ง $U_s = -(AD - AC)$

$= -(\Delta S)^2(\gamma_w - \gamma_{sat} + \gamma_{dry})$

CF แรงดันการไหลซึม $F_s = i_g\gamma_w(\Delta S)^2$ ไปตามกระแสน้ำ

BE แรงต้านทาน (ผลจากความกดดันของน้ำ) ด้าน OP และ MN =

$F_{Be} = \gamma_w(\Delta h_1 + \Delta y)$

EF ผลของแรงต้านทาน ด้าน NP และ OM $= F_{Bi} = \gamma_w(\Delta S \Delta a)$

BF ผลของ BE และ EF องค์ประกอบของแรงดันของน้ำ

DF ผลของ F_s และ U_s (CB และ CD)

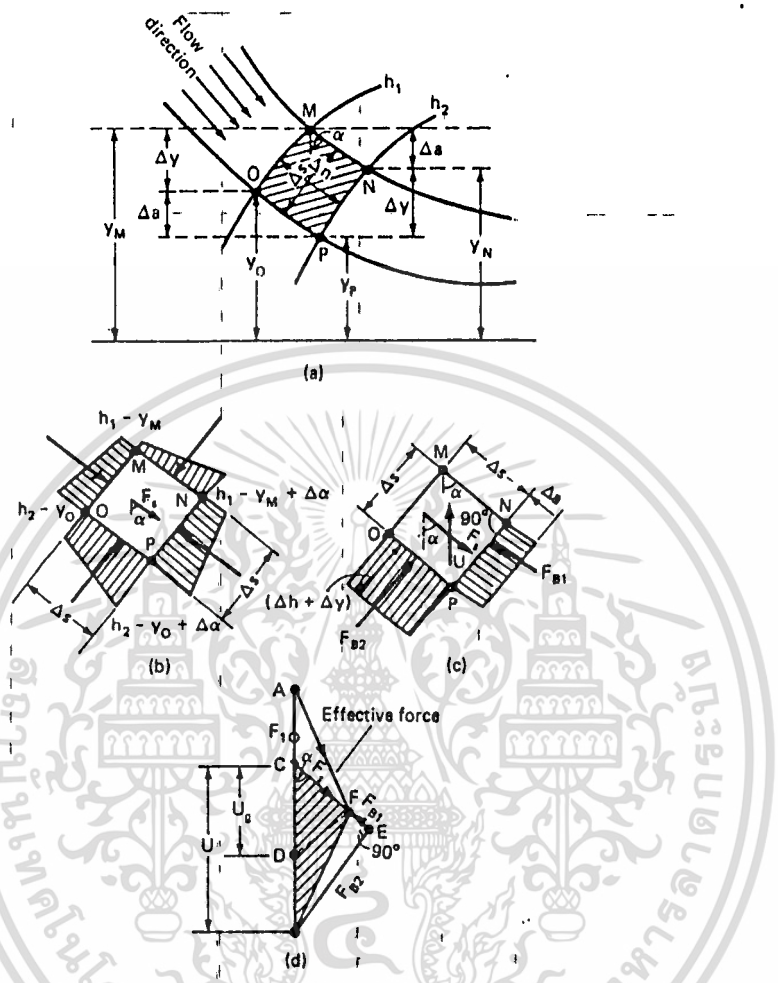
AF พลังงานในโครงสร้าง AC CF, AD DF,

AB BF, หรือ AB BE EF

ในกรณีของน้ำที่ไหลอย่างไม่มีทิศทาง จุด F (รูป 2.6d) ทอดแนวไปตามจุด F_1 เหนือจุด c ไป cA (พลังงาน BE = BF_1; EF = 0 และ $F_s = cF_1$) เมื่อค่า $F_s = cA$ เท่ากับน้ำหนักของ A_c จะทำให้เกิดทรายดูด

สามเหลี่ยม BFC เรียกว่า สามเหลี่ยมของการกรอง (Polubarinova Kochina, 1962) แสดงให้เห็นว่า ส่วนประกอบของพลังงานน้ำในแนวนอน มีค่าเป็นตัวเลข = ส่วนประกอบของพลังงาน BF ในแนวนอน ซึ่งแสดงให้เห็นผลกระทบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Analysis of hydraulic forces within a field in a flow net. *(a)* Field $OMNP$: $y_M - y_O = \Delta y$, $y_N - y_P = \Delta y$, $h_1 - h_2 = \Delta h$, $\Delta s \cong \Delta n$. *(b)* Pressure diagrams on each side of the field. *(c)* Resultant pressure diagrams. $F_{B1} = \Delta a \Delta s \gamma_\omega$, $F_{B2} = (\Delta h + \Delta y)\gamma_\omega$, $F_s = \frac{1}{2}\gamma_\omega(\Delta s)^2$, $U = \gamma_\omega(\Delta s)^2$. *(d)* Triangle of filtration: F_1 corresponds to vertical flow.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันน้ำ ทั้งยังแสดงให้เห็นอีกว่าผลรวมในแนวตั้งของ BF และแรงดันน้ำมีค่าเป็นตัวเลข แรงดันทั้งหมด U การวิเคราะห์ ถูกนำมาใช้เพื่อหาที่มาของสูตรการสร้างบ่อน้ำ

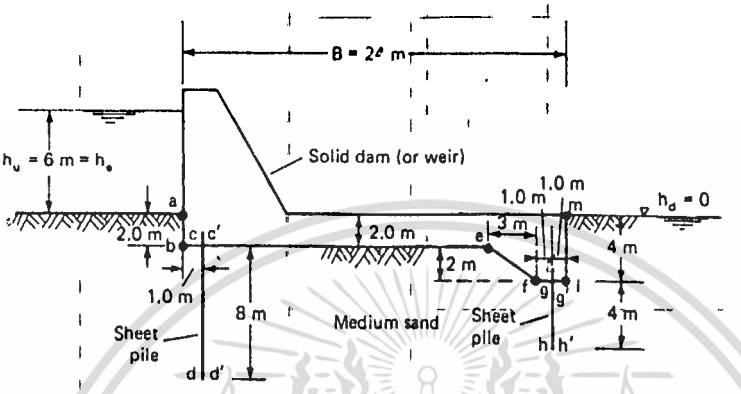
ในกรณี ของสภาพความกดดันของน้ำ ซึ่งจุดใหญ่ทั้งหมดอยู่ที่จุดเดียวกับจุด M, N, O และ P (รูป 2.6a) เราจะเห็นได้ว่า BE ตามรูป 5.6d ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ขณะที่จุด F เลื่อนไปจุด c ($F_s = 0$) แรงกดดันทั้งหมดจะมีค่าเป็นตัวเลขเท่ากับผลของแรงดันน้ำ ผลของพลังงานทั้งหมด เท่ากับ AC จะมีค่าเป็นตัวเลขเท่ากับผลของแรงดันน้ำ ผลของพลังงานทั้งหมด เท่ากับ AC

2.4 การออกแบบเขื่อนและโครงสร้างกั้นน้ำโดยวิธีทางชลศาสตร์

เขื่อน (รูป 1.13b, 1.19a 2.2a และ 2.7) ถูกสร้างขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายหลายประการ เช่น ควบคุมน้ำ, กักเก็บน้ำ, เป็นสถานที่พักผ่อน น้ำซึมใต้เขื่อนดูจะเป็นผลเสียหายมาก ถ้าเป็นเขื่อนที่สร้างเพื่อกักเก็บน้ำและเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจอย่างไรก็ตาม การสร้างเขื่อนเพื่อการควบคุมน้ำ ยิ่งไม่ควรให้เกิดการรั่วซึมเพื่อความปลอดภัยและความมั่นคงของตัวเขื่อน การออกแบบโครงสร้างต้องพิจารณา

1. อัตราการสูญเสียของน้ำที่ซึมออกมา
2. เพื่อป้องกันการถ่ายเทของน้ำ) ควรมีเสา, ตาข่าย หรือเครื่องปูพื้นเขื่อน
3. แรงกดบนพื้นขึ้นอยู่กับการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรง ซึ่งอาจจะเพิ่มอันตรายของการรับน้ำหนักมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A weir with a sheet pile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความปลอดภัย และแรงต้านทานทางโครงสร้างมีผลต่อการรับน้ำหนักของพื้นดิน และการทำลายดิน ในกรณีหลังนี้อยู่นอกเหนือเนื้อหาของหนังสือเล่มนี้ เพราะเป็นโครงสร้างทางวิศวกรรม

ขนาดของพื้นในเบื้องต้น

เมื่อสังเกตลักษณะของเขื่อนตามหลักธาราศาสตร์ โดยลองใช้การสุ่มตัวอย่าง สถิติทางธาราศาสตร์ เช่น ความลึก ของน้ำในเขื่อน

การเลือกวิธีสุ่มตัวอย่างไม่มีความปลอดภัยและเก่าเกินไป ควรจะมีการเปลี่ยนแปลงใหม่ ดังนั้น จึงควรมีการออกแบบทดลองดูก่อนซึ่งเหมือนกับการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมอันอื่น ๆ ถ้าขนาดที่ออกมาใกล้เคียงกับผลสุดท้าย ขั้นตอนการทดลองก็จะถูกตัดทอนลงไป การเลือกทดลองทำในครั้งแรกนั้นต้องอาศัยประสบการณ์ ควรพิจารณา หรือ คำแนะนำต่าง ๆ ดังที่กล่าวต่อไปนี้

การศึกษาเนื้อที่ที่กว้างขวางโดย Bligh (1910) ในการสร้างเขื่อนในอียิปต์ และอินเดีย เพื่อป้องกันการระบายน้ำในส่วนตอนปลายของน้ำ ความยาว L กำหนดจากการสังเกตอัตราส่วน L/he ซึ่งมีค่าคงที่ของดินแต่ละชนิดความยาว L เป็นความยาวของกระแสน้ำตอนบน เมื่อได้ค่าของ he ระดับความยาวที่ปลอดภัย L = abcdd'c'efghh'g'lm ได้จากการเพิ่ม he ซึ่งตรงกันข้ามกับแบบที่ปลอดภัย ความยาว L ถูกสมมติให้มีค่าต่ำสุด ในระดับความยาวที่ปลอดภัย ความหนาของพื้น (รูป 2.7 มีผลต่อ L น้อยมากและมีการตั้งสมมติฐานก่อนจะตรวจสอบ โครงสร้างที่จะมีผลกับแรงกดดัน he เป็นค่ามากที่สุด he = hu - hd สัมพันธ์กับ hd = 0 วิธีการของ Bligh เป็นลักษณะของแนวอนุรักษ์นิยมมากเกินไป ต่อมา Lane ได้มาขยายความต่อ (1935) โดยอาศัยพื้นฐานของการศึกษาเขื่อน 280 แห่ง ซึ่ง 24 แห่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Material	Safe weighted creep-head ratios L/h_c
Very fine sand or silt	8.5
Fine sand	7.0
Medium sand	6.0
Coarse sand	5.0
Fine gravel	4.0
Medium gravel	3.5
Coarse gravel, including cobbles	3.0
Boulders with some cobbles and gravel	2.5
Soft clay	3.0
Medium clay	2.0
Hard clay	1.8
Very hard clay or hardpan	1.6

ตาราง 2.1

ได้ถล่มลงมา น้ำหนักที่ปลอดภัยตาม L/hc ตามวิธีของ Lane ตามตาราง 2.1 ค่า L คำนวนได้ดังนี้ กำหนดให้ $K_{max}/K_{min} = 3$

L = ยอดรวมของความยาวในแนวตั้ง

+ 1/3 (ผลรวมของความยาวในแนวนอน)

สมการข้างต้น จะไม่นำเอาความกว้างของแนว K_{max}/K_{min} บริเวณที่ลาดเอียงจะกำหนดเป็นแนวตั้งถ้าความเอียง สูงกว่า 45 และเป็นแนวนอน ถ้าต่ำกว่า 45

ตัวอย่าง2.1 ในรูป 2.7 เขื่อนคอนกรีตถูกสร้างบนพื้นทรายขนาดกลาง ส่วนปลายน้ำจะสร้างบริเวณพื้นดินตอนล่าง เสาเหล็ก 2 แห่งจะกั้นที่จุด c และ g จงหา L ณ ตำแหน่งที่ปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วิธีทำ</u> L = (ab + cd + dc + gh + hg + lm)

+ 1/3 (bc + cef + fg + ge)

= (2 + 8 + 8 + 4 + 4 + 4)

+ 1/3 (1+21+1+1) = 38 ม.

L/he = 38/6 = 6.3 ซึ่งใหญ่กว่าทรายขนาดกลาง 6 เท่า (ตาราง 5.1) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ปลอดภัย ถ้าไม่มีเสากับปลายน้ำ ดังนั้น L = 4 + 4 + 24/3 = 12 ม. และ L/he = 2 (ไม่ปลอดภัย) ในกรณีนี้ความปลอดภัยต่ำสุด L จะเป็น L = 6 he = 36 = 4 + (1/3)B หรือ B = 96 ม.

ความชันทางชลศาสตร์ he/L เป็นรูปแบบตามวิธีของ Lane ซึ่งกำหนดความยาว L เราจะไม่ใช้วิธีนี้ ถ้ามีการวาดภาพผังของกระแสน้ำ (รูป 2.8) วิธีของ Lane ความปลอดภัยขึ้นอยู่กับชนิดของดิน วิธีการไหลของน้ำในสภาวะคงที่ ขึ้นอยู่กับสมการ Laplace แต่จะไม่มีค่า K ในสมการแสดงว่าโครงสร้างของกระแสน้ำ จะไม่ได้รับผลกระทบจากดินแต่ละชนิด ภายใต้สภาวที่คงที่ องค์ประกอบจะมีผลจากขนาดของ he , และความกดดันตอนบน

การสูญเสียในการไหลซึม, ความชันและแรงยก

การคำนวณขนาดเบื้องต้น เป็นวิธีการของ Lane ทิศทางของกระแสน้ำจะมีการวาดภาพออกมาโดยใช้สถิติทางคณิศาสตร์บวกกับประสบการณ์ที่มี เมื่อนับจำนวน n_F และ n_E แล้ว อัตราส่วนของ q (การสูญเสียของน้ำ) อาจจะกำหนดเป็นความยาวของโครงสร้างปกติ หรือใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง โดยใช้สมการ 2.13 หรือ 2.14 ภายในเนื้อที่ของตารางที่แสดงการไหลของน้ำ จะกำหนดจาก h/ s เมื่อ s เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

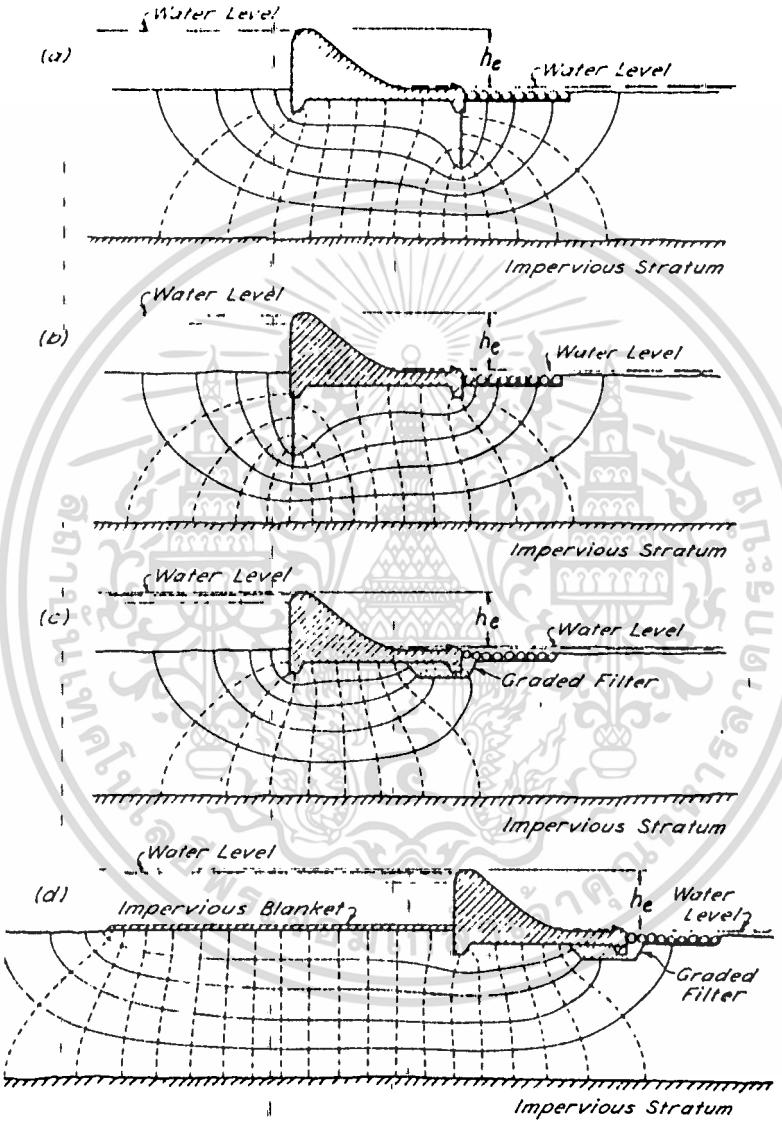
ความยาวเฉลี่ยตามทิศทางกระแสน้ำ

ในพท.จตุรัสเมื่อ Δh เป็นค่าคงที่ จะสังเกตเห็นว่าองค์ประกอบจะใหญ่ขึ้นเนื้อที่จะเล็กลง ซึ่งมักจะเกิดบริเวณตอนปลายของกระดานที่ปูบนพื้น และบริเวณที่มีการระบายน้ำ ส่วนใหญ่เราจำต้องตรวจสอบความกว้างและความหนาและความปลอดภัยของตัวเขื่อน เราสามารถจะเลือกการปูพื้นเขื่อนหรือการทำกำแพง เราจะดูทิศทางของกระแสน้ำ จากรูปทรงของเส้นทางถ้าไหลลงก็ไม่มีอันตราย ในขณะที่ค้าทิศทางทวนกระแสขึ้นตลอดเวลา เราต้องตรวจสอบสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของดิน

ความกดดันของน้ำบนพื้นจะมีผลในด้านแรงขึ้น ซึ่งเรียกว่าแรงยก ซึ่งน้อยกว่าน้ำหนักทั้งหมดของโครงสร้าง อัตราส่วนของพลังงาน จากส่วนล่างไปส่วนบนจะมากกว่า 1.0 โดยคำนวนค่าจากความปลอดภัย อัตราส่วนนี้จะอยู่ระหว่าง 4 - 5 องค์ประกอบของความปลอดภัยทางโครงหร้างทางธาราศาสตร์โดยทั่วไปจะไม่น้อยกว่า 4 ตย. ตามรูป 2.2a ผลรวมของช่องว่างตามแนวตั้งจะได้จากค่าความหนาแน่น n แต่ละจุดจะมีความกดดันอยู่ด้วย เช่นที่จุด B และ C เมื่อมีการลากเส้นผ่าน ก็จะเกิดการแบ่งแยกของพื้นที่แผนผังตอนบน จะมีภาพแสดงความกดดัน p/γ_w ที่ฐานตากและมาบรรจบกับเส้นตรง ความถูกต้องจะมีมากขึ้นถ้าเราใช้ ภาพของตารางที่มีความละเอียดอ่อนมากในพื้นที่ของปผนภูมิที่เพิ่มจาก y_w จะให้พลังงานตอนบนมีมากขึ้น

การที่ไม่มีกำแผ่งหรือไม้ปูพื้น (รูป 2.7) ทำให้ความยาวของกระแสน้ำลดลงและ gh ใต้ดินจะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของพื้นดิน ซึ่งคล้ายกับกำแพงแต่จะประหยัดและสะอาดต่อการกระทำมากขึ้นถ้ามีทั้งเสาและกำแพง แนวเสาตอนบน (cd ในรูป 2.7) มีเพื่อขยายทางเดินของน้ำ ลดองค์ประกอบอื่น ๆ และความกดดันต่อนบนก็ลดความรุนแรงลง การเพิ่มความดันของน้ำ เราทำได้โดยการสร้างตาข่ายเหนือน้ำ (รูป2.8d) การที่จะเลือกว่าจะใช้เพียง 1 หรือมากกว่านั้น ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 flow net ภายใต้เขื่อนคอนกรีต

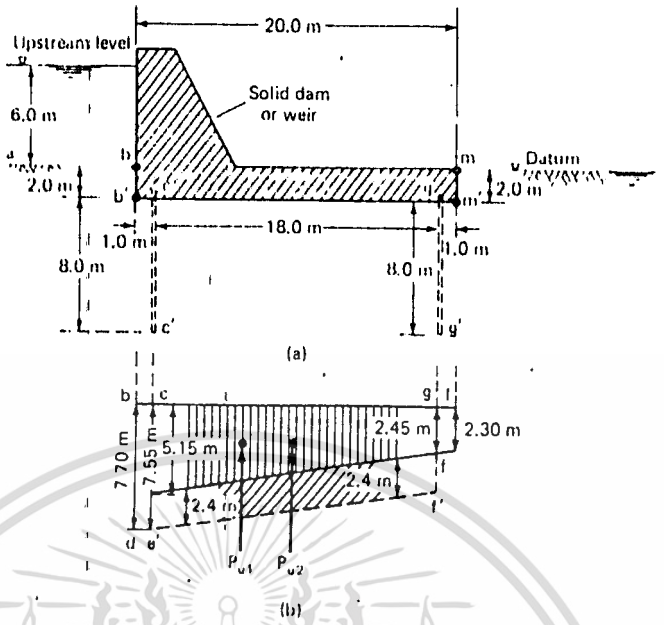
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การได้รู้จักกับปัญหาในลักษณะต่าง ๆ ตาข่ายตอนบนนี้จะมีผลต่อดินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ผลของตำแหน่งการจัดวางเสากระดานบริเวณที่มีพลังงานตกบนมาก ๆ อาจจะดูได้จากรูปแบบองค์ประกอบของทิศทางการไหลของน้ำตอนบนไปยังพื้นผิวเขื่อน (รูป 2.9) การเลือกตัวเลขในส่วน abm แรงกดดันทั้งหมดของจุดใหญ่ได้แสดงไว้แล้วในตาราง 2.2 สำหรับจุดแต่ละจุดของตำแหน่งเสา 2 ตำแหน่ง รูปแบบที่ได้ในแต่ละกรณี จะเป็น $\bar{i}_g = 6/(2 + 19 + 8 + 8 + 1 + 2) = 6/40 = 0.15$ แผนผังตอนบนจะเกี่ยวกันกับแผนผังแรงกดดันของน้ำ ตาม bcgm แผนผัง bdefolgcb เกี่ยวกับตำแหน่งของเสาที่จุด c ขณะที่ bdeffolgcb เกี่ยวกับตำแหน่งของเสาที่จุด g (รูป 2.9 b) พลังงานที่เพิ่มจะได้ $2.4 \times 18 \times y_w = 2.4 \times 18 \times 1000 = 43,200$ กิโล (=43.2 เมตตริกตัน) ถ้าเสาแต่ละแถวถูกยกจากจุด c ไปจุด g หลักการวิเคราะห์นี้จะช่วยในการหาค่าเฉลี่ยของพลังงานตอนบนและเป็นแนวทาง ในการหาความลึก และที่ตั้งของเสาเพื่อความมั่นคงแข็งแรง ตำแหน่งของพลังงานที่จะมีผลกระทบได้นั้น ต้องถูกกำหนดขึ้นมาด้วย ทิศทางของพลังงานจะมาบรรจบกับช่วงกลางของแผนภูมิของแรงกดดัน

กระแสน้ำใต้เขื่อนในชั้นดิน เมื่อ K'_x ไม่เท่า K_y จะดูได้จากรูป 2.4 ($K_x = 4K_y$) กระแสน้ำจะอยู่ในขบวนการเปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะมีความเป็นเนื้อเดียวกันกับดิน อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนของ g จะดูจากสมการ 2.14 แผนภูมิขององค์ประกอบกับความกดดันตอนบน จะถูกกำหนดจากขบวนการทางธรรมชาติ (รูป 2.4b) หลังจากกำหนดทิศทางของกระแสน้ำที่ผ่านขั้นตอนของการแปรสภาพ ถ้าอยากรู้ค่า q, สมการ 2.14 ก็ใช้วิธีนับจำนวน n_f และ n_e ที่ออกมาจากขั้นตอนการแปรสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ผลของ sheet pile ในแง่ขนาดของแรงยก

Points	Total head h and pressure head p/γ_w at designated points, m			
	Sheet pile at c		Sheet pile at g	
	h	$\frac{p}{\gamma_w}$	h	$\frac{p}{\gamma_w}$
b	6.00	6.00	6.00	6.00
b'	5.70	7.70	5.70	7.70
Left of c	5.55	7.55	5.55	7.55
c'	4.35	—	—	—
Right of c	3.15	5.15	5.55	7.55
Left of g	0.45	2.45	2.85	4.85
g'	—	—	1.65	—
Right of g	0.45	2.45	0.45	2.45
m'	0.30	2.30	0.30	2.30
m	0.00	0.00	0.00	0.00

ตาราง 2.2 แผนภาพแรงยก (uplift forces)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความปลอดภัยและปัญหาน้ำท่วม

เมื่ออ้างถึง 5.2a แล้ว มีความเป็นไปได้ที่พลังงานของน้ำที่ไหลซึมออกมาจะเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็ว ไปทางขวาของเสา CD ซึ่งจะทำให้พื้นดิน เกิดการเคลื่อนตัวไปถึงจุด F Terzaghi (Terzaoyei and Peck, 1967) ได้สังเกตถึงปัญหาน้ำท่วมที่เกิดจากการสกัดกั้นของน้ำ จากอีกด้านหนึ่ง พื้นดินจะยุบตัวลงไปที่ความลึก t_s = ED และความกว้าง = 1/2 FD (รูป 5.2a) เราอาจตั้งสมมติฐานได้ว่าจะมีค่าตามแนว FG และค่าเฉลี่ยบริเวณฐานปริซึม D_d คือ h_w องค์ประกอบที่ก่อให้เกิดความปลอดภัยคือ

$$FS = t_s \gamma'/h_{av}\gamma_w = (\gamma'/\gamma_w)/i_{e.av} = i_{ec}/i_{e.av} \quad (2.18)$$

เมื่อ $i_{ec} = 1$ ดังนั้น

$$FS = 1/i_{e.av} \quad (2.19)$$

องค์ประกอบของความปลอดภัยอาจจะศึกษาได้ จากอัตราส่วนของพลังงานในปริซึม FDdf (รูป 2.2e) ตามการวิเคราะห์ด้านพลังงาน แรงดึงดูด = $w = V\gamma_{sat} = (1/2)t_s^2 \gamma_{sat}$ แรงผลักดันจะเท่ากับผลของความดันน้ำที่เกิดบริเวณฐานของปริซึม $Dd = (h_{av} + t_s) (t_s/2)\gamma_w$ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$FS = (1/2)t_b^2\, \gamma_{bat}/[(h_w+t_b)(t_b/2)]$$

หรือ $$FS = t_b \gamma'_{bat}/[(h_w\gamma_w+t_b\gamma_w)]$$

$$= (t_b\gamma' + t_b\gamma_w)/[(h_w\gamma_w+t_b\gamma_w)] = W/F_B \quad (2.20)$$

สมการ 2.20 จะมีความเป็นจริงมากกว่าสมการ 2.18 ถ้องค์ประกอบของความปลอดภัยน้อยกว่า 4 ถึง 5 เครื่องกรองต้องมีโครงสร้างดังนี้

$$FS = (W+W_{f1})/F_B \quad (2.21)$$

เมื่อ W_{f1} เป็นน้ำหนักแห้งของวัสดุกรอง ถ้าค่าของ FS ถูกระบุความหนาของเครื่องกรอง จะกำหนดได้จาก $W_{f1} = t_{f1}\, y_{f1}$ เมื่อ y_{f1} เป็นน้ำหนักของอุปกรณ์เครื่องกรอง 1 หน่วย

ในสมการ 2.18 ถึง 2.21 แรงต้านทานบริเวณด้านข้างปริซึม FDdf (รูป 5.2e) จะถูกตัดทิ้ง เพื่อความปลอดภัย แรงต้านทานเกิดจากบริเวณ DF รวมตัวกันและลดความแข็งแรงบริเวณ df (รูป 2.2a และ e)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Equipotential h_n	Intensity, m
h_1	7.000
h_2	6.462
h_3	5.923
h_4	5.385
h_5	4.846
h_6	4.308
h_7	3.769
h_8	3.231
h_9	2.692
h_{10}	2.154
h_{11}	1.615
h_{12}	1.077
h_{13}	0.538
h_{14}	0.000

ψ_n	m^2/s
ψ_1	0
ψ_2	0.54K
ψ_3	1.08K
ψ_4	1.62K
ψ_5	2.15K

* Datum at tailwater level.

ตาราง 2.3 ค่าของ h* และ ψ ในรูป 2.2a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกการแก้ปัญหาด้วยคณิตศาสตร์

การเลือกใช้วิธีทางคณิตศาสตร์จะมีความยุ่งยาก เพราะได้นำวิธีของการปฏิบัติมาใช้ ซึ่งมีข้อผิดพลาดน้อยลง

คินไม่จำกัดความลึกโดยปราศจากการยัดและไม่มี sheet pile

รูปแบบการไหลของน้ำมีสัดส่วนรับกับแกน y ผ่านจุดกลางของฐานเขื่อน q จะมีค่าอนันต์ และ w จะมีค่าตามทิศทางของกระแสน้ำ ตามรูป

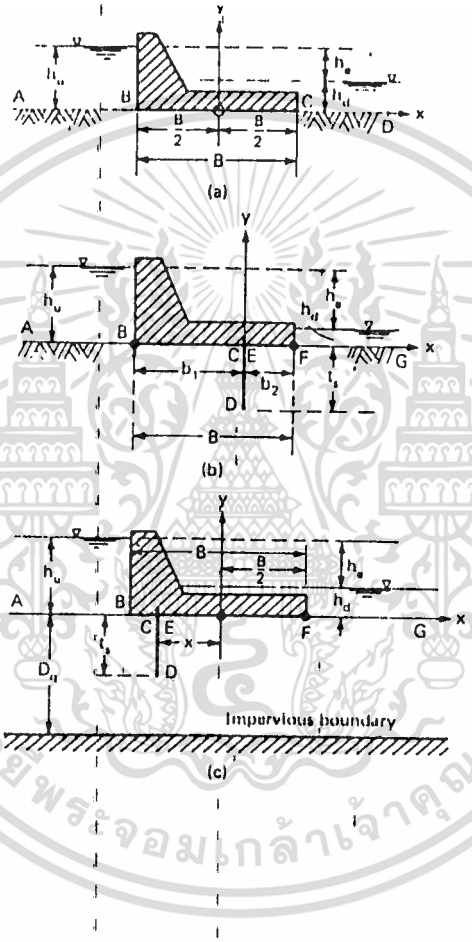
$$4x^2/[B^2\cosh^2(\pi w_n/Kh_o)]+4y^2/[B^2\sinh^2(\pi w_n/Kh_o)]=1 \quad (2.22)$$

เมื่อ h_o = ค่าตอนบน = $h_u - h_d$, เมื่อ h_u เป็นบริเวณเหนือน้ำและ h_d เป็นบริเวณใต้น้ำ

B = ความกว้างของฐานเขื่อน

w_n = ฟังก์ชันการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การวิเคราะห์การไหลซึมภายใต้เขื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ฐานเขื่อน , n = 0 และ w คือ w_o

รูปทรงของกระแสน้ำเป็นรูปวงรี ที่ x = B สมการ 2.22

$$4x^2/[B^2\cos^2(\pi\phi_n/Kh_o)]+4y^2/[B^2\sin^2(\pi\phi_n/Kh_o)]=1 \quad (2.23)$$

เมื่อ ϕ_n = สัดส่วนความเร็ว (n = 0, 1, 2,...n)

h = บริเวณต้น, ที่สัมพันธ์กับ น้ำของน้ำบริเวณปลายเขื่อน

แนวเส้น AB , สัดส่วนความเร็ว จะมีค่ามากที่สุด , แนว CD จะมีค่าน้อยที่สุด

การใช้สมการ 2.22 และ 2.23, เพื่อกำหนดรูปทรงการไหลของน้ำค่า N_E ระหว่างค่ามากที่สุด ϕ_n = -Khe ตามแนว AB และค่าที่น้อยที่สุด ϕ_o= 0 แนว CD สรุปได้ว่า

$$\Delta h = (Kh_o-0)/n_EK = h_o/n_E$$

ในตาข่ายการไหลนั้น จะประกอบด้วยรูปจตุรัสโดยประมาณ

$$\Delta q = K\Delta h$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า w_o สัมพันธ์กระแสน้ำให้ฐานเชื่อน $w_1 = \Delta q$, $w_2 = 2\Delta q$ สำหรับค่าเฉพาะของ w เส้นกระแสน้ำอาจจะได้จากสมการ 2.22 และค่า y สัมพันธ์กับค่า x

การใช้สมการ 2.23 สำหรับค่า ϕ, $\phi = \phi_o$ ตามแนว CD, $\phi_1 = K\Delta h$, $\phi_2 = 2K\Delta h$, $\phi_3 = 3K\Delta h, \ldots, \phi n = Kh_o$ แกนตั้งอาจจะถูกกำหนด จากการคำนวณค่า y ให้สัมพันธ์กับค่า x

ความเร็ว v_x ตามฐาน BC จะเป็น

$$v_x = (2Kh_o/\pi)/(B^2-4x^2)^{1/2} \qquad (2.24)$$

ที่จุด B และ C , $v_x = \infty$

แรงยก Pu บนฐาน BC จะมากกว่าบริเวณท้ายเขื่อน

$$P_u = (1/2)h_o \gamma_w B \qquad (2.25)$$

สมการ 2.25 เป็นการกำหนดทางคณิตศาสตร์ การใช้ค่าประมาณค่าทั้งหมดจะเป็น $\gamma_w [(hu + hd)/2]B$ ผลของน้ำท้ายเขื่อนจะเป็น $y_w h_d B$ ดังนั้น

$$P_u=(1/2)\gamma_w [(hu + hd)/2]B-Bh_d\gamma_w=(1/2)h_o\gamma_w B$$

ผลที่ได้จะเหมือนกับที่ให้ไว้ในสมการ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินในระดับที่ไม่จำกัดความลึก เพราะไม่มีการปูพื้นฐานแต่มี sheet pile Powlousky (Han,1962) ได้หาทางแก้ไขแกน x มาบรรจบที่ฐานรากและลงเสาที่ตำแหน่ง c (รูป 5.10b) แกน y ลากไปยังจุด c (หรือ E) ค่าของ x จะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของเสา

แรงกดดัน p_b บริเวณฐานราก จะได้

$$P_b = \gamma_w[(h/\pi)\cos^{-1}(B_1 t_s + \sqrt{(t_s^2 - x^2)})/B_2 t_s + h_d] \qquad (2.26)$$

และ p_s ตามแนว sheet pile ($x = 0$)

$$P_s = \gamma_w[(h/\pi)\cos^{-1}(B_1 t_s + \sqrt{(t_s^2 - y^2)})/B_2 t_s - y + h_d] \qquad (2.27)$$

เมื่อ t เป็นความลึก sheet pile

$$B_1 = (1/2t_s)[\sqrt{(t_s^2 + b_1^2)} - \sqrt{(t_s^2 + b_2^2)}] \qquad (2.28a)$$

และ $$B_2 = (1/2t_s)[\sqrt{(t_s^2 + b_1^2)} + \sqrt{(t_s^2 + b_2^2)}] \qquad (2.28b)$$

เมื่อลงเสาใกล้บริเวณตอนกลางของฐาน แรงกดดันขึ้นอยู่กับความลึกของ t กรณีนี้ เป็นหลักทางทฤษฎี ที่ไม่สามารถจะนำมาปฏิบัติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินในระดับที่จำกัดความลึกแต่ไม่มีการปูพื้นและมีsheet pile 1 แถว Merskat (1936) และ Powlousky (1922) (Han,1962) ได้ค้นพบวิธีการแก้ไขโดยใช้เทคนิคในการวาดแผนผัง โดยค่า qlkhe จะเปลี่ยนไปตามสัดส่วนของ $B/2D_q$ และ t_s/D_q ซึ่งเกือบจะไม่มีผลกับตำแหน่งของเสาเลย เมื่อลงเสาที่จุดใดก็ตาม q/khe จะมีค่าเกือบ 95% ของค่าทั้งหมด เมื่อลงเสาใกล้บริเวณจุดศูนย์กลางของฐานแ

จากหลักการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ หากว่าบริเวณท้ายเชื่อนการลงเสาจะไม่ค่อยได้ผลเท่าใด มันจะได้ผลโดยเพิ่มความลึก t_s ของเสา ในขณะที่ 2 Dq /B<1/2 และ จะสังเกตได้อีกว่า ($2t_s/B/max$ 0.5)

น้ำจะระบายออกมาก เมื่อตำแหน่งของเสาอยู่ที่ t_s/Dg < 0.75 ดังนั้น

$$(i_{e.s})_{max} = h_e/\pi t_s \qquad (2.29)$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง q/Khe และ t_s/Dq จะแตกต่างไปตามค่าของ B/2 Dq ที่ Musket ได้ให้ไว้ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ ในการปฏิบัติสูตรที่ได้คือ

$$q/Kh_s=(D_q/t_s)(0.15-0.06B/D_q)+0.23 \qquad (2.30a)$$

หรือ

$$t_s/D_q=(0.15-0.06B/D_q)/[(q/Kh_s)-0.23] \qquad (2.30b)$$

สูตรดังกล่าวไปได้ด้วยดีกับวิธีของ Musket (1937) โดยจัด t_s/Dq ระหว่าง 0.4 และ 0.6 ข้อผิดพลาดมากที่สุดใน q/Khe ประมาณ $\pm$ 0.02 ถ้ามากกว่า $\pm$ 0.04 ก็อกจะพอรับได้ สมการ 5.30 จะใช้กับค่า t_s/Dq ระหว่าง 0.3 และ 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปการออกแบบเขื่อนและโครงสร้างกั้นน้ำ

1. ใช้วิธีของ Lane (ตาราง 2.1) ในการหาความยาวของพื้นที่เขื่อน
2. หาความลึกของดิน
3. เลือกระดับความลึก สำหรับ t_e ระหว่าง 0.3 Dq และ 0.5 Dq
4. ลง sheet pile ใกล้บริเวณเหนือน้ำ
5. sketch ตาข่ายการไหล และหาค่า q/Khe
6. ใช้สมการ 2.30b หรือตรวจสอบค่า t_e
7. sketch ตาข่ายการไหลอื่นถ้าเกิดความแตกต่างอย่างมากของค่า t_e
8. กำหนดทางระบายน้ำ และองค์ประกอบของความปลอดภัยต่อการท่วมของน้ำ
9. เริ่มทำข้อ 5-ข้อ 8 อีกครั้ง ถ้าต้องการแนวเสาบริเวณท้ายเขื่อน
10. หาแผนภูมิของแรงกดดันของน้ำที่บริเวณฐาน คำนวณค่าทั้งหมด และหาทิศทางการเคลื่อนไหว
11. วิเคราะห์ความมั่นคงแข็งแรง

แบบที่ทดลองออกมา จะเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าเห็นว่ามีความปลอดภัยไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรม

ทฤษฎีที่สำคัญ

3.1 กล่าวนำ

การซาบซึม (seepage) คือ การไหลซึ่งเกิดขึ้นผ่านรูเล็กที่อยู่ระหว่างอนุภาคที่ประกอบขึ้นเป็นดิน การไหลดังกล่าวนี้ทำให้เกิดแรงอย่างมหาศาล ซึ่งเพียงพอจะทำภูเขาทะลายลงไปได้ และจะทำลายงานทางด้านวิศวกรรม ดังนั้นวิศวกรจะต้องตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวนี้ เนื่องจากมีขอบเขตกว้างขวางในงานทางด้านวิศวกรรม โดยวิศวกรจะต้องรู้ซึ้งถึงธรรมชาติของการไหล และควบคุมเพื่อขจัดการทำลายอย่างรุนแรงจากการไหลดังกล่าว การไหลซาบซึมจะเข้ามาเกี่ยวกันกับงานในสนามดัง เช่น การออกแบบเขื่อน และการก่อสร้างร่องน้ำ (trenches) ดังนั้นวิศวกรจึงจะต้องวางแผนการระบาย และขจัดน้ำที่ไหลซาบซึมดังกล่าวในบทนี้สมาการการไหลเบื้องต้นจะแสดงให้เห็นและแสดงถึงหนทางที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวมาแล้ว

3.2 ความซึมได้ของดิน (Soli permeability)

อัตราที่น้ำไหลผ่านดินขึ้นอยู่กับหัวความดัน และธรรมชาติของดิน คุณสมบัติของวัสดุต้องใช้ใช้สัมประสิทธิ์ของการซึมได้(coefficient of permeability k ค้นพบโดย Dacry ในปี ค.ศ. 1856โดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการไหล v และความลาดเอียงของหัวความดัน (head gradient) dn/dx โดยสมการ (ใช้มิติเดียว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v = -k (dh/dx) \qquad (3.1)$$

สัมประสิทธิ์ของการซึมได้จะรวมถึงการแตกต่างของช่องว่าง(Porosity) ของดิน รูปร่าง และการจัดการของอนุภาคดิน และลงสาความอิ่ม ตัวของดิน

ความสัมพันธ์เชิงประสบการณ์ในการประมาณค่าของการซึมได้หลายแบบด้วยกัน แต่ค่าที่ดีที่สุดคือของ Hazen โดยนำมาประยุกต์ใช้กับตัวกลางเมล็ดกลมชนิดเดียวกัน (homogeneous rounded grain media) แต่ขนาดไม่ละเอียดนัก ดังแสดงเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$k = Cd_{10} \text{ m/s} \qquad (3.2)$$

โดย d_{10} คือขนาดของเมล็ด (grain) เป็นมิลลิเมตร โดยวัสดุมีขนาดละเอียดกว่าประมาณ 10% และ C คือตัวคงที่อยู่ในช่วง 0.010 ถึง 0.015 ช่วงมาตรฐานของการซึมได้ของวัสดุที่แตกต่างกันมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

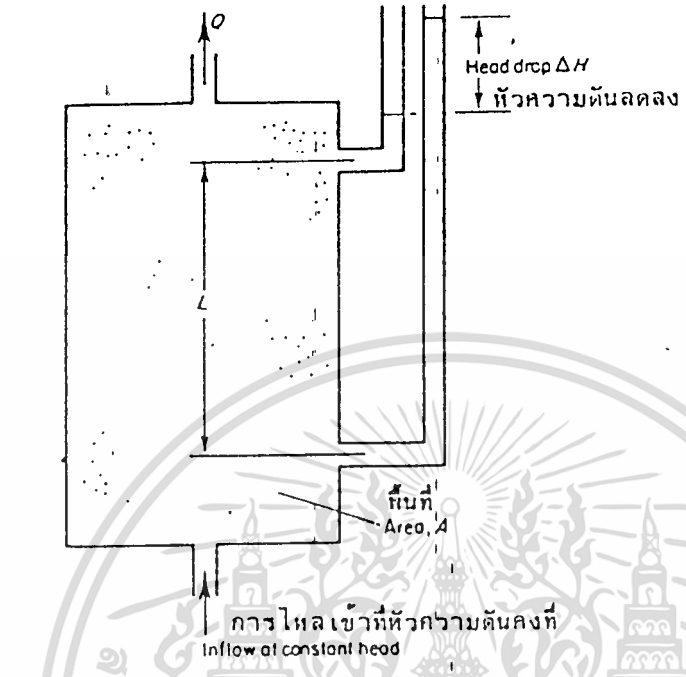
ชนิดของดิน	เมตร/วินาที
กรวด (Gravel)	$>10^{-2}$
ทรายสะอาด (Clean sand)	10^{-2} ถึง 10^{-5}
ตะกอน (sill)	10^{-5} ถึง 10^{-8}
ดินเหนียวที่แตกร้าว (Fissured clay)	10^{-4} ถึง 10^{-9}
ดินเหนียวที่แตะต้องไม่ได้ (Intact clay)	$<10^{-8}$

3.3 การวัดความซึมได้

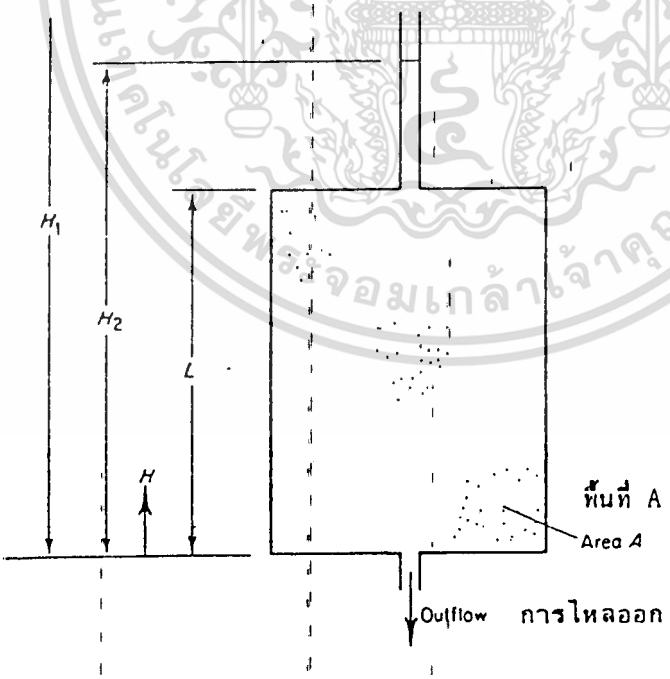
ในห้องปฏิบัติการณ์ การซึมได้วัดโดยใช้เครื่องมือวัดการซึมได้ เรียกว่า Permeameter โดยใช้เครื่องมือที่มีหัวความดันคงที่ใช้กับวัสดุที่มีการซึมได้ค่อนข้างสูงดังแสดงในรูป 3.1 ขณะที่วัสดุที่มีการซึมได้ต่ำเราจะนำมิเตอร์วัดการซึมได้ชนิดหัวความดันตก (a falling head permeameter) (รูป 3.2) ในกรณีแรกความซึมได้กำหนดให้มีรูปสมการดังนี้

$$k = LQ/A\Delta H \qquad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.1 มิเตอร์วัดความชื้นได้หัวความดันคงที่



รูป 3.2 มิเตอร์วัดความชื้นได้แบบหัวความดันแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

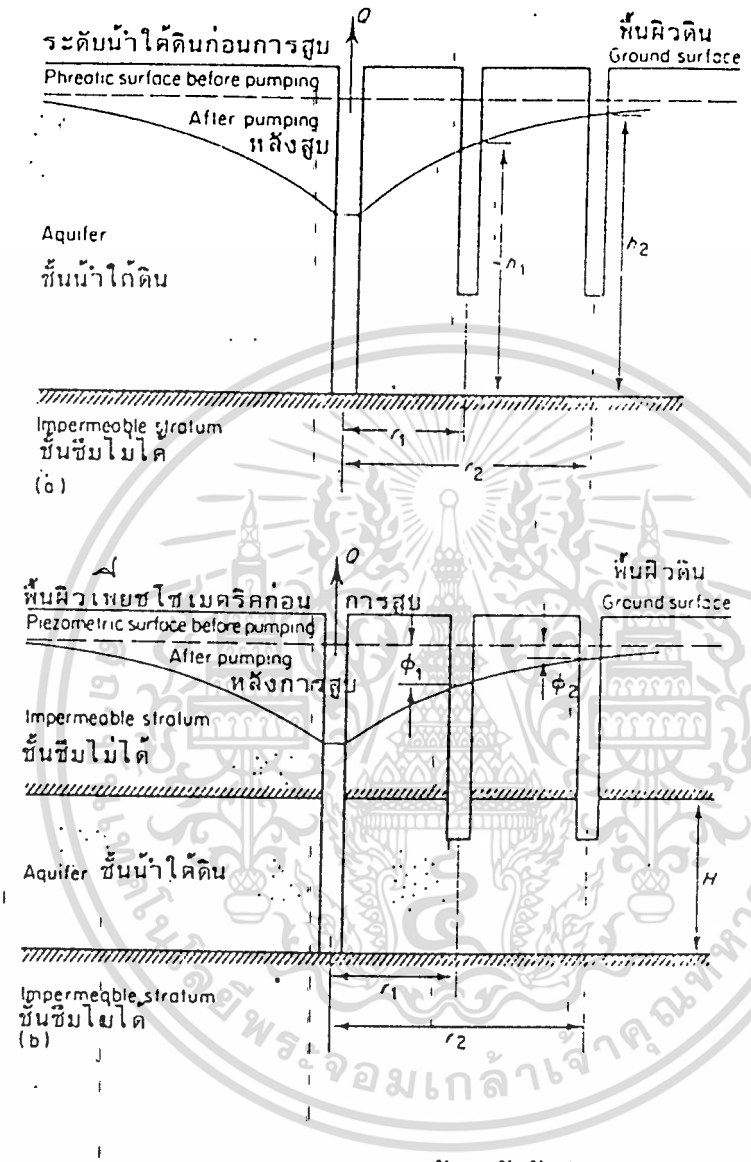
ในขณะที่การไหลคงที่ของน้ำ Q ผ่านเข้าสู่ตัวอย่างวัสดุของความยาว L และมีพื้นที่หน้าตัด A ซึ่งมีหัวความดันตกคือ H ในระบบที่สองการซึมได้ที่กำหนดให้คือ

$$k = (al/At) \ln (H_1/H_2) \qquad (3.4)$$

หัวความดันของน้ำที่บรรจุอยู่ในหลอดน้ำมีพื้นที่หน้าตัด a ตกจาก H_1 ถึง H_2 ในเวลา t น้ำจะผ่านเข้าตัวอย่างวัสดุของความยาว L และเนื้อที่หน้าตัด A

เพราะว่าปัญหาดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์สองตัวอย่างของดินที่ไม่เได้เกิดขึ้นจริงหรือดินที่ไม่ถูกรบกวนในห้องปฏิบัติการณ์ ในสถานการณ์จริง การตรวจสอบการซึมได้เราจะใช้วิธีตรวจสอบคือ อัตราการไหลในบ่อน้ำ (well-discharge technique) ซึ่งใช้ได้ทั้งชั้นรับน้ำที่ถูกขวางกั้น และไม่ถูกขวางกั้น ดังแสดงในรูป 3.3 (a) และ b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.3 (a) การตรวจสอบการสูบน้ำในชั้นน้ำที่ไม่ถูกขวางกั้น

(Pumping test in unconfined aquifer)

(b) การตรวจสอบการสูบน้ำในชั้นที่ถูกขวางกั้น

(Pumping teat in confined aquifer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิธีนี้บ่อจะจมอยู่ในชั้นน้ำและน้ำจะสูบโดยมีอัตราการสูบคงที่พื้นผิว เพียซโซเมตริค (piezometric surface) (หัวความดันของน้ำในชั้นน้ำ) จะต่ำ ความลาดเอียงทางชลศาสตร์มีผลและน้ำไหลไปสู่บ่อ โดยการเฝ้าดูระดับพื้นผิวเพียซโซเมอริคของบ่อที่ใช้สังเกตการทั้งสองที่มีระยะทางแตกต่างจากบ่อสูบน้ำ (ดูรูป 3.3b) การประมาณการซึมได้จะหาค่าออกมาได้ ด้วยการอ้างอิงกึ่งสัญกรณ์ของรูป 3.3 (b) สูตร Dupuit ใช้หาการซึมได้ คือ

$$k = \frac{Q \ln (r_2/r_1)}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \qquad (3.5)$$

ในชั้นน้ำที่ถูกขวางกั้น และอ้างถึงรูป 6.2 (b) สูตรของ Thiem สำหรับการซึมได้คือ

$$k = \frac{Q \ln (r_2/r_1)}{2\pi H(\phi_1 - \phi_2)} \qquad (3.6)$$

เทคนิคของการวัดการซึมได้ในสนามอื่น ๆ ดังตัวอย่างซึ่งใช้บ่อเจาะอื่น หรือบ่อซึ่งใช้การวัดความเร็วโดยใช้สารเคมีย้อมสี วัดระหว่างบ่อสังเกตุการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Observation wells) นอกเหนือเกินกว่าความรู้ในเอกสารเล่มนี้

3.4 ข่ายการไหล (Flow nets)

ในดินซึ่งรู้การซึมได้จะสามารถประเมินค่า ปริมาณการไหลและการแผ่กระจายของหัวความดันในวัสดุใช้สมการพื้นฐานของการไหลหาค่าการผันแปรของการไหลที่แตกต่างทางรูปเรขาคณิตออกมาได้

$$(d^2w/dx^2)+(d^2w/dy^2)=0 \qquad (3.7)$$

เราเรียกว่าสมการLaplace สมการที่คล้ายคลึงกันนี้จะหาจากปริมาณ ที่เราเรียกว่าฟังค์ชันความเร็วศักย์ (Velocity potential function)ϕ เมื่อเราหาผลลัพธ์ของสมการเหล่านี้และฟังค์ชัน w และ ϕ นำมาพลอตบนระนาบ x-y จะมีกลุ่มของเส้นเชิงตั้งฉาก ซึ่งจะอธิบายการไหล เส้นของค่าคงที่ w คือเส้นลำน้ำและแสดงถึงเส้นทาง(path)ของอนุภาคของไหล เส้นค่าคงที่ ϕ คือ เส้นเชิงอำนาจ (equipotential lines) และชี้ให้เห็นการแผ่กระจายของหัวความดันตลอดระบบ

ในเนื้อหาของการไหลซาบซึม ฟังค์ชันศักย์จะสัมพันธ์กับหัวความดันโดยสมการ

$$\phi = -kh \qquad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่ปริมาณของอัตราการไหลอนุมานได้จากความแตกต่างระหว่างค่าตัวเลขที่ติดกับเส้นลำน้ำ (stream lines)

ผลรวมของตระแกรงของเส้นลำน้ำ และเส้นหัวความดัน เราเรียกว่าข่ายการไหล เมื่อนำมาเชื่อมโยงกับกฎของ Darcy สามารถนำมาใช้ประมาณหาค่าอัตรากการไหลซาบซึม (seepage flow rates) การแผ่กระจายหัวความดันและแรงต่าง ๆ บนอาคารเหล่านี้เป็นดังตัวอย่างง่าย ๆ ของข่ายการไหลคือเทคนิคอัตราการไหล-จากบ่อ (well-discharge technique) ของรูป 3.2 สืบเนื่องจากโครงข่ายการไหลที่แสดงในรูป 3.4 ซึ่งเส้นหัวความดัน เป็นเส้นรอบวงของวงกลม และเส้นลำน้ำคือเส้นรัศมี

เพื่อที่จะใช้ประโยชน์ของการคำนวณโครงข่ายการไหล จะต้องรักษาความแตกต่างระหว่างหัวความดัน และเส้นลำน้ำให้คงที่ใช้ ดังนั้นส่วนของตารางที่แสดงในรูป 3.5 สำหรับหน่วยความหนาของการไหล กฎของ Darcy จะออกมาในรูป

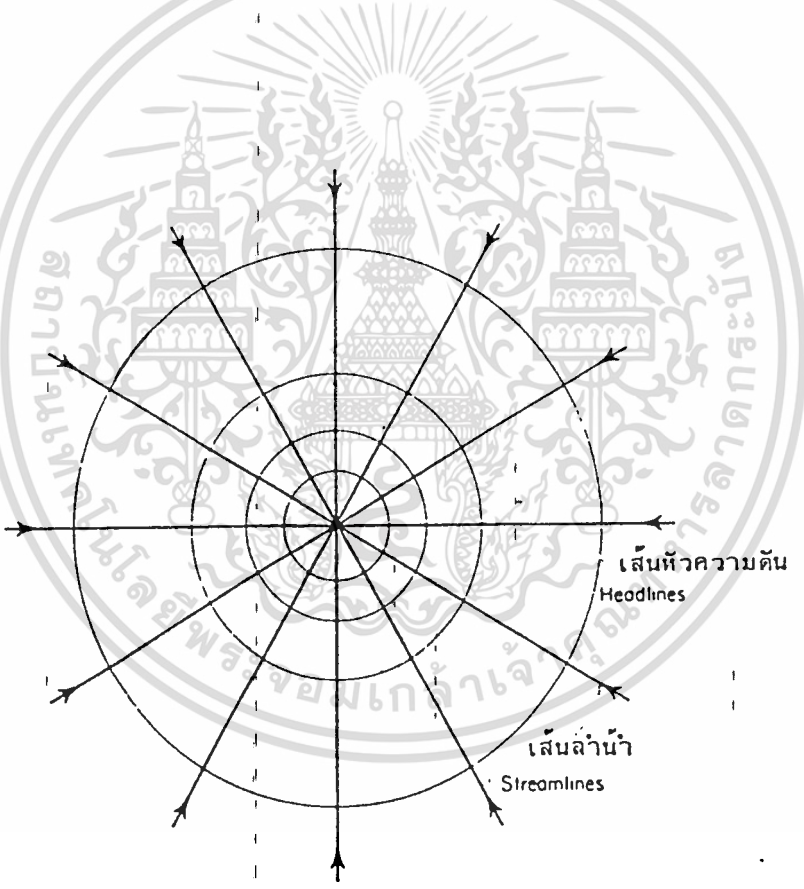
$$\Delta q = -bk\Delta h/L \qquad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจาก Δq Δw และ $\Delta\phi$ $-k\Delta h$ จะกลายมาเป็น

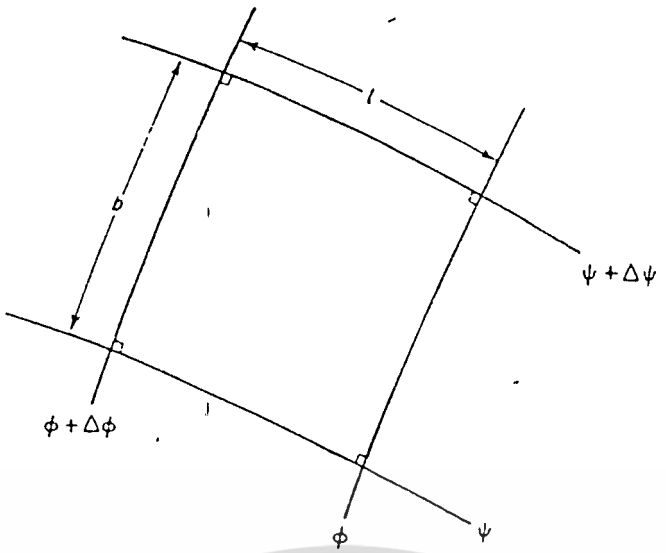
$$\Delta w = (b/L)\phi \qquad (3.10)$$

ดังนั้น ถ้า Δw และ $\Delta\phi$ คงที่ดังนั้น b/L คงที่ และควรมีค่าหนึ่งหน่วย เพื่อว่าโครงข่ายการไหลจะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจตุรัส ซึ่งจะลดเนื้อที่ในย่านของความลาดเอียงหัวความดันสูง (high head gradient) ในรูป 3.4 ซึ่งใกล้กับบ่อ)



รูป 3.4 โครงข่ายการไหลจากการตรวจสอบการสูบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



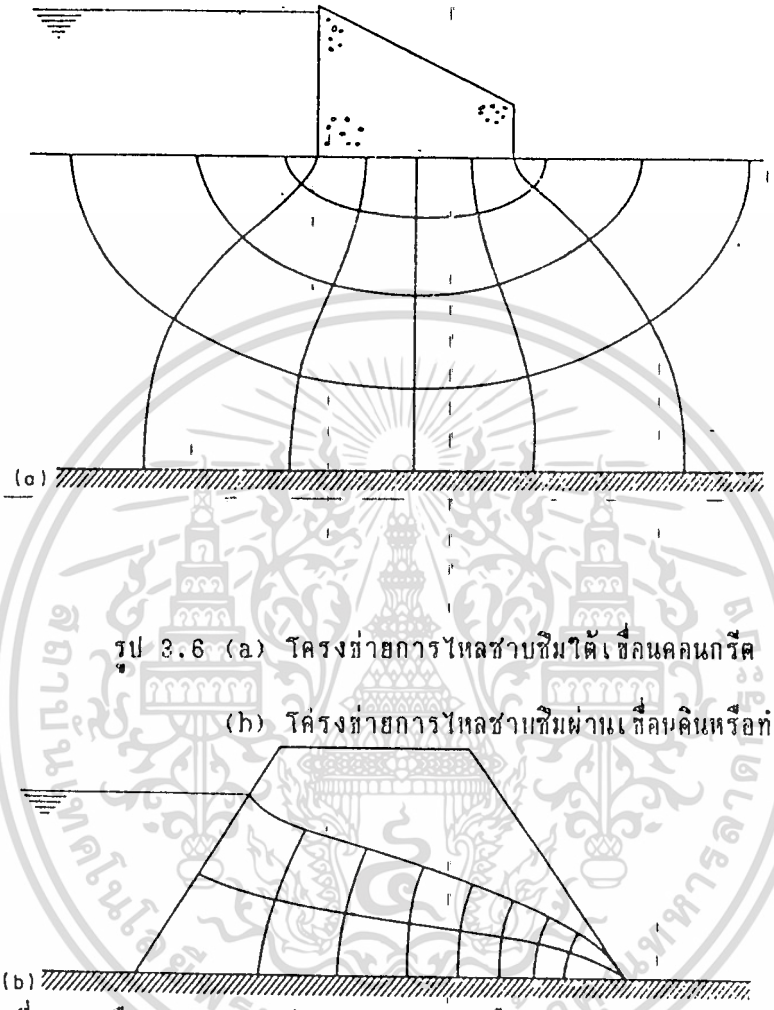
รูป 3.5 ส่วนของโครงข่ายการไหล

ผลลัพธ์ของโครงข่ายการไหล โดยทั่วไปหาได้จากการเขียนไดอะแกรมของระบบเข้าสเกลอัตราส่วน เส้นขอบเขตลำน้ำคงที่ และเส้นหัวความดันสเกตช์เส้นลำน้ำ และหัวความดัน โดยทดลองและปรับตำแหน่งไปมาจนกระทั่งภาวะภายในและภายนอกเป็นที่พอใจ ความยุ่งยากที่เกิดขึ้นในขอบเขตเส้นลำน้ำคือ กรณีที่การชาบซึมไม่มีขอบเขต (unconfined seepage) ในกรณีที่ตำแหน่งของเส้นเหล่านี้จะประมาณ และปรับเป็นเส้นภายในของโครงข่าย

เส้นกราฟแสดงผลลัพธ์ ของโครงข่ายการไหลของการไหลที่ชาบซึมภายใต้เขื่อนที่ซึมไม่ได้ (an impermeable dam) และผ่านเขื่อนดินหรือทำนบดินดังแสดงในรูป 3.6 (a) และ (b) จากกฎของดาร์ซี การไหลคือความกว้างเป็นเมตร คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = kH(N_f/N_d) \qquad (3.11)$$



รูป 3.6 (a) โครงข่ายการไหลซาบซึมใต้เขื่อนคอนกรีต

(b) โครงข่ายการไหลซาบซึมผ่านเขื่อนดินหรือท่านบดิน

โดยที่ N_f คือ จำนวนของช่องการไหล N_d คือ จำนวนของหัวความดันตกที่เท่ากันในตาราง และ H คือหัวความดันแตกต่างทั้งหมดตลอดระบบ ตารางยิ่งถี่จะดีต่อการประมาณค่าของอัตราส่วนของ N_f/N_d

ในเขตความลาดเอียงหัวความดันสูง (high head gradient) และสืบเนื่องจากความเร็วการไหลสูง (ที่ปลายเส้น และหัวของฐานเขื่อนในรูป 3.6 (a)) พัดพาวัสดุออกจากใต้ฐานเขื่อน อาจจะเป็นปัญหาก่อให้เกิดความไม่เสถียรภาพ และทำให้อาคารพังลงได้ ความลาดเอียงชลศาสตร์วิกฤต (the critical hydraulic gradicnt) i_c เป็นสาเหตุให้เกิดภาวะ ทรายเดือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(quick sand) คือ

$$i_c=(S-1)/(1+n) \qquad (3.12)$$

โดย S เป็นความโน้มถ่วงจำเพาะของดิน (the soil specific gravity) และ n คือช่องว่างของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ผลลัพธ์ทางตัวเลขของปัญหาการซึมซาบ

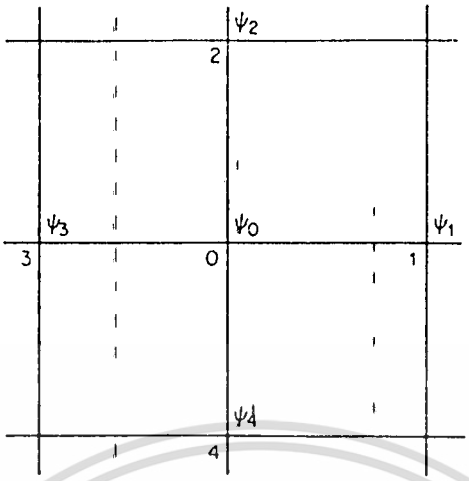
(Numerical Solution of seepage problems)

ในการที่จะประเมินรายละเอียดการไหลซึมซาบไม่มากขึ้น วิธีตัวเลขของผลลัพธ์สมการ Laplace จะใช้วิธี Calculus of finite differences เป็นพื้นฐานการใช้

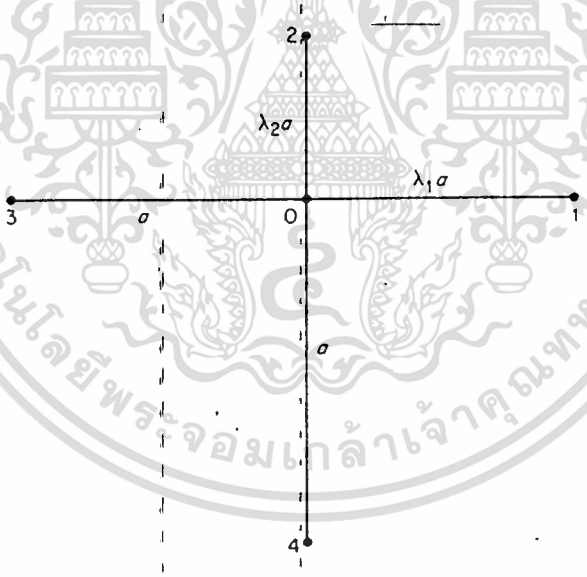
การหาผลลัพธ์ที่ได้ผลคือ การสมมุติโครงข่ายของเส้น w หรือ ϕ และปรับค่านี้เพื่อให้สมการ Laplace's และภาวะขอบเขตที่เหมาะสม (the appropriate boundary condition) เข้ากันได้ถ้าตารางสี่เหลี่ยมมาซ้อนทับบนพื้นที่การไหลและค่าของ wใช้กับจุดตัดบัพ (nodes) ของรูป 3.7 ค่าเหล่านี้สามารถแก้ไขอย่างต่อเนื่อง โดยสมมุติว่าค่าของ w ที่ศูนย์กลางบัพ (Central node) O คือค่าเฉลี่ยของค่า รอบ ๆ สี่บัพ

$$w = (1/4)(w_1+w_2+w_3+w_4) \qquad (3.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 ตารางสี่เหลี่ยมกับการคำนวณโดยระเบียบวิธีผ่อนปรน (relaxation method)



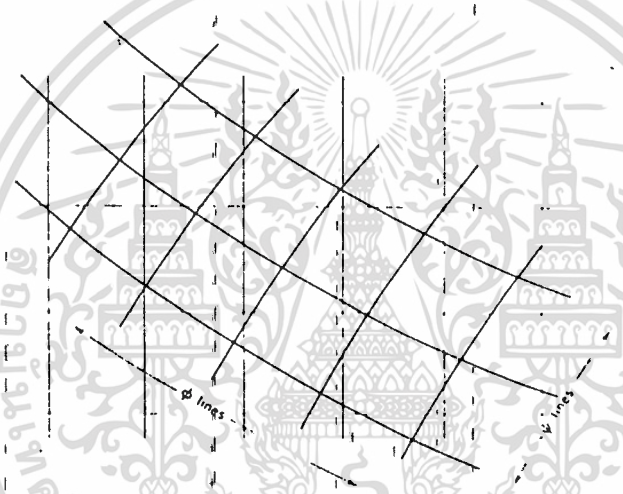
รูป 3.8 ตารางกับแกนไม่เท่ากัน (Mesh with unequal arms)

บัพมีระยะทางใกล้กับจุดบัพศูนย์กลาง 0 จะมีอิทธิพลต่อค่าที่มีระยะทางไกลกว่า ดังตัวอย่างของรูป 3.8 โดยมีแกนสองอันไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$w = (w_1/\gamma_1+w_2/\gamma_2+w_3+w_4)/(1/\gamma_1+1/\gamma_2+2) \qquad (3.14)$$

เมื่อขบวนการผ่อนปรนนี้เสร็จสมบูรณ์ w เส้นคงที่ จะสเก็ตช์เป็นกริด บนกริดนี้ผลลัพธ์โครงข่ายการไหลจะทำให้สมบูรณ์ โดยบวกเส้นหัวความดันตั้งฉาก ดังในรูป 3.9 การประมินค่า อัตราการไหลแรง และความลาดเอียงหัวความดันสามารถทำโดยต่อเนื่องดังได้อธิบายมาในตอนก่อน ๆ



รูป 3.9 โครงข่ายการไหลที่ทับบนตารางคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CASAGRAND: พื้นผิวการชาบซึมในเขื่อนดิน

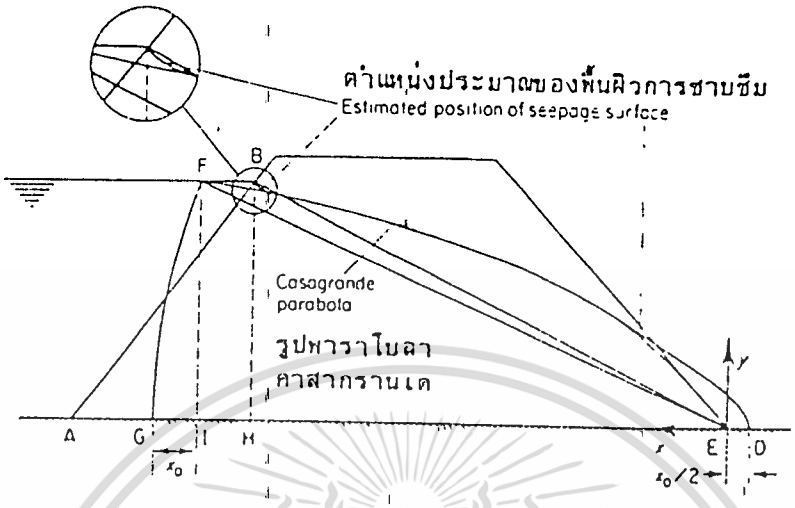
การก่อสร้างของข่ายการไหลเพื่อประมาณ การไหลซึมชาบผ่านเขื่อนดินที่ซึมได้ค่อนข้างจะยุ่งยาก โดยความจริงที่ว่า ขอบเขตเส้นการไหลจากพื้นผิวน้ำอิสระไปสู่ด้านท้ายน้ำของเขื่อน (เส้นของการอิ่มตัว the line of saturation or phreatic line) ไม่สามารถหาตำแหน่งที่แน่นอนได้ก่อนการก่อสร้างข่ายการไหล เพื่อที่จะทำปัญหาดังกล่าวนี้ให้ง่ายขึ้น Casagrande ได้เสนอวิธีที่หาตำแหน่งตรงกลางของเส้นการไหลนี้สามารถมีตำแหน่งที่เชื่อถือได้ โดยทิ้งจุดสูงสุดเพื่อประมาณออกมา

วิธีที่เกี่ยวข้อง ในการสร้างพาลาโบลากับโดยเจาะจงที่ปลายเขื่อน E ในรูป 3.11 ของสมการ

$$x = (y^2 - x_o^2)/2x_o \qquad (3.15)$$

โดย x_o พบโดยแกว่งศูนย์กลางของอาร์ค E ผ่าน F เพื่อหา AE ที่ G และวัด AE ถึง I แนวดิ่งต่ำกว่า F พาลาโบลาผ่านจุด D ที่ระยะ $x_o/2$ จาก E และผ่าน F ซึ่งเป็น 0.3 เท่าของระยะ AH จาก B โปรแกรมข้างล่างวิเคราะห์จุดพิกัดในพาลาโบลา (โดยขึ้นอยู่กับแกนที่แสดงในรูป) ดังนั้นจะสามารถสเก็ตช์เส้นขอบเขตการไหลดังที่เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

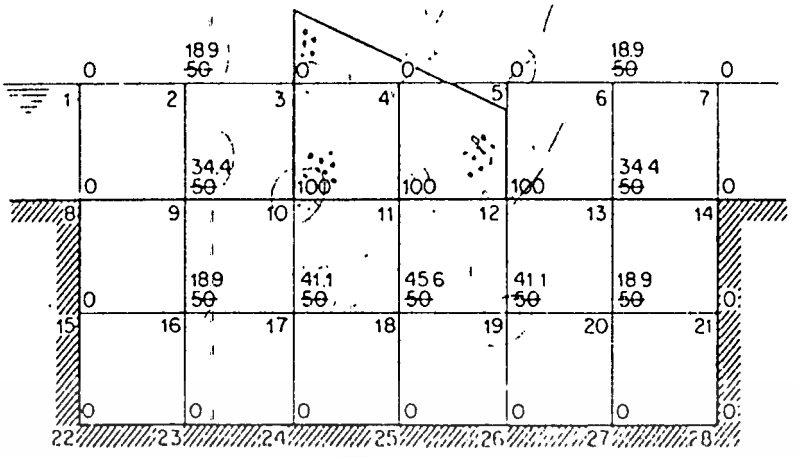


รูปที่ 3.10 พาลาโบลาคาสากรานเดของพื้นผิวการซึมซาบ

MESHRELA : การผ่อนปรนของตารางสี่เหลี่ยม(relaxation of square mesh)

ในเขื่อนคอนกรีต เราต้องการหาการไหลซึมซาบใต้เขื่อนโดยใช้ข่ายการไหลจากวิธีการผ่อนปรนของตะแกรงและสมมติค่าฟังค์ชันลำน้ำ(stream-function)เขื่อนจะสร้างบนดินที่ซึมได้ ซึ่งบรรจุอยู่ภายในหินที่ซึมไม่ได้ดังแสดงในรูป3.11 มีหัวความดันของข้างหลังเขื่อน 10 ม., โดยเขื่อนมีความกว้าง 20ม.ที่ฐาน ตะแกรงมีขนาดด้านสี่เหลี่ยมจตุรัส 10 ม. ขั้นตอนแรกในการสร้างข่ายการไหลคือ กำหนดว่าเฉพาะของจุดบัพของตะแกรง ค่าเหล่านี้จะคงที่ที่หิน/ดินเจอกัน(และกำหนดให้เท่ากับ 0)และกำหนดให้เท่ากับ 100 ที่จุดเขื่อนเจอกับดิน ค่าขอบเขตคงที่แทนขอบเขตเส้นการไหลของการไหลบัพที่เหลือจะกำหนดค่าแต่ละค่า เพื่อความสะดวกให้ตั้งที่ 50 เมื่อที่ดินและน้ำที่เจอค่าบัพ(9 และ 13)สามารถผ่อนปรนให้เป็นประโยชน์เพื่อ"ค่าหุ่น"บัพ 2 และ6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การผ่อนปรนตะแกรงเพื่อหาการชิมชาบภายใต้เขื่อนคอนกรีต

ซึ่งมีค่าบัพเหมือนกับบัพ 16และ20 โดยตรง จะต่ำกว่า 9 และ 13

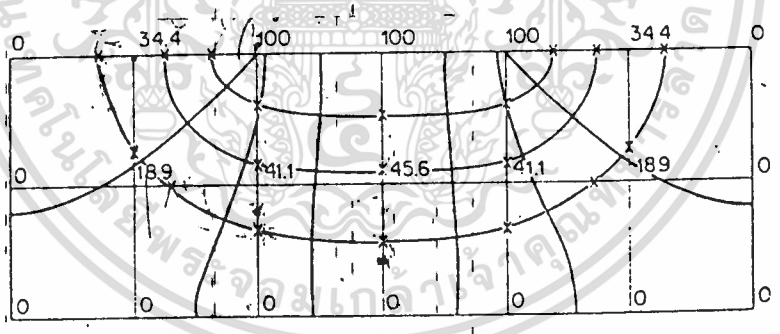
วิธีการต่อไปนี้จะเป็นระบบโดยปรับค่าบัพภายในโดยใช้สมการ 3.13 โดยแกนตารางทั้งหมดจะเท่ากัน โปรแกรมในบทนี้ใช้ในการปรับค่าบัพจนกระทั่งสมการ 3.13 ได้ค่าที่พอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTERPOLN: การประมาณตำแหน่งเส้นทางการไหล

(estimation of streamline positions)

ในตัวอย่างที่แล้วมาของวิธีผ่อนปรนตะแกรง (mesh relaxation) ให้ค่าบัพของฟังค์ชันลำน้ำ (stream function) จนเป็นที่พอใจของสมการ (3.13) ค่าผ่อนผันตะแกรงจะแสดงอยู่ในรูป 6.13 เมื่อที่จะทำการสร้างข่ายการไหลในการหาค่า (ดังตัวอย่าง) ปริมาณของการไหลชิมชาบ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะเริ่มต้นพลอตโค้งเส้นทางไหลบนตะแกรงผ่อนปรน โปรแกรมต่อไปจะรับจุดตัดของเส้นการไหลของค่าที่เลือกด้วยเส้นตะแกรงจากข่ายการไหล โดยจะสร้างดังที่อธิบายในบันทึกโปรแกรม



รูป 3.13 ข่ายการไหลที่สมบูรณ์สำหรับการชาบชิมภายใต้เขื่อนคอนกรีต

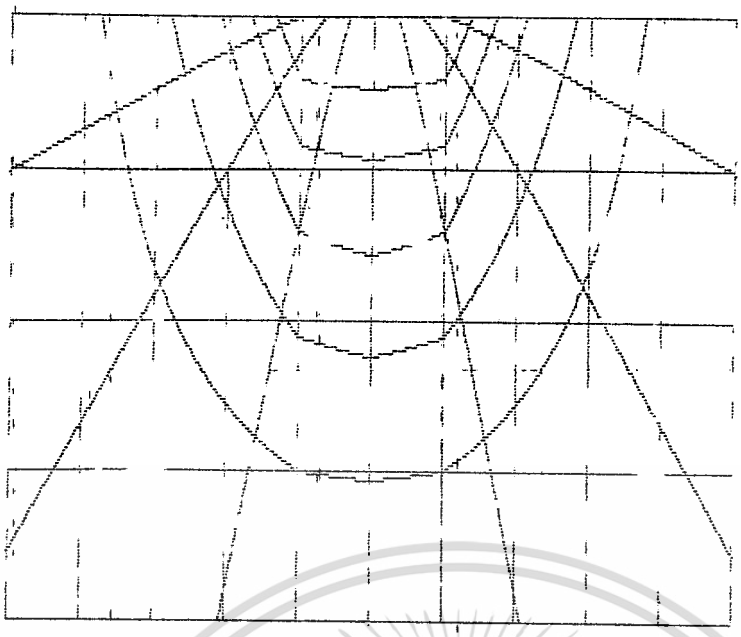
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิเคราะห์และสรุป

ในบทนี้เราจะวิเคราะห์จากตัวอย่าง โดยให้แสดงผลเป็นกราฟ ตัวอย่างที่เรานำมาใช้ ได้แก่

1. ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร ความลึกของดิน 4 เมตร
2. ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร ความลึกของดิน 6 เมตร
3. ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร ความลึกของดิน 8 เมตร
4. ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร ความลึกของดิน 5 เมตร
5. ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร ความลึกของดิน 7 เมตร
6. ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร ความลึกของดิน 9 เมตร
7. เข็มจมลงดิน 2 เมตร ความลึกของดิน 5 เมตร
8. เข็มจมลงดิน 2 เมตร ความลึกของดิน 7 เมตร
9. เข็มจมลงดิน 2 เมตร ความลึกของดิน 9 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

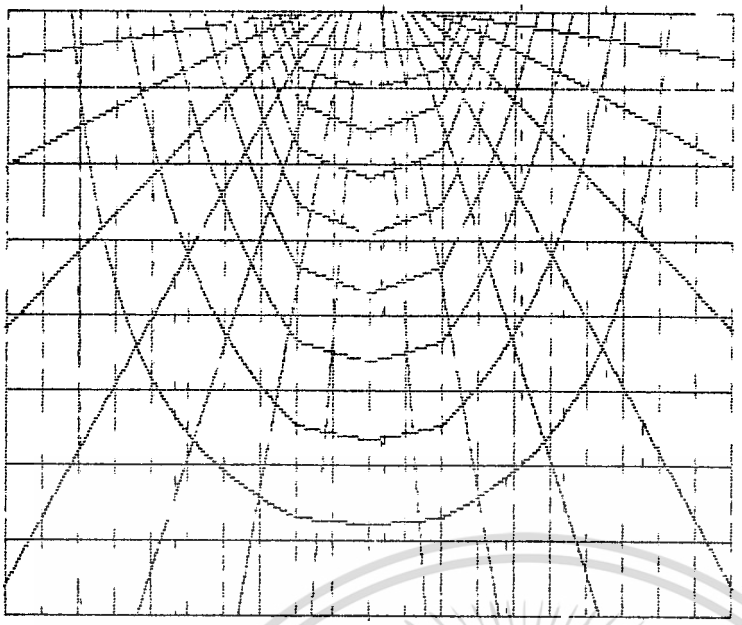
จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 6 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 8 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

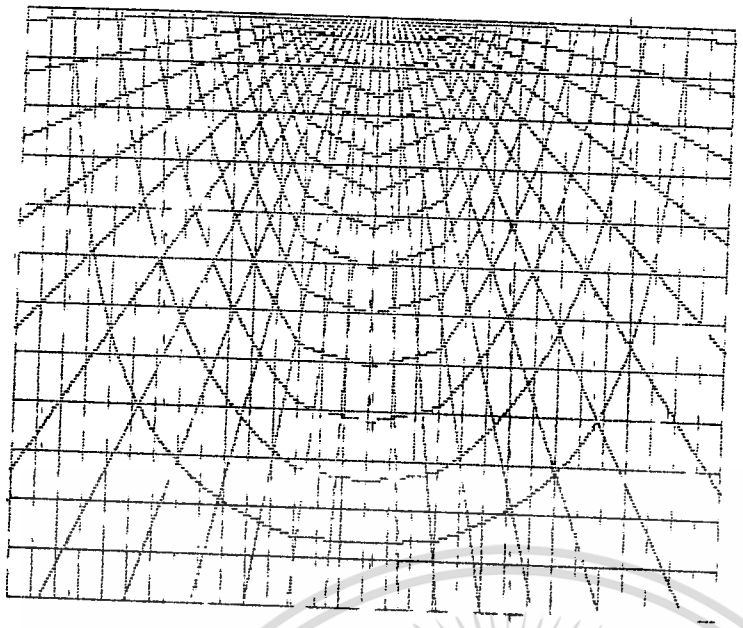
จำนวนช่อง/เมตร 2 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 10 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 16 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.625

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ความเชื่อมั่นกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

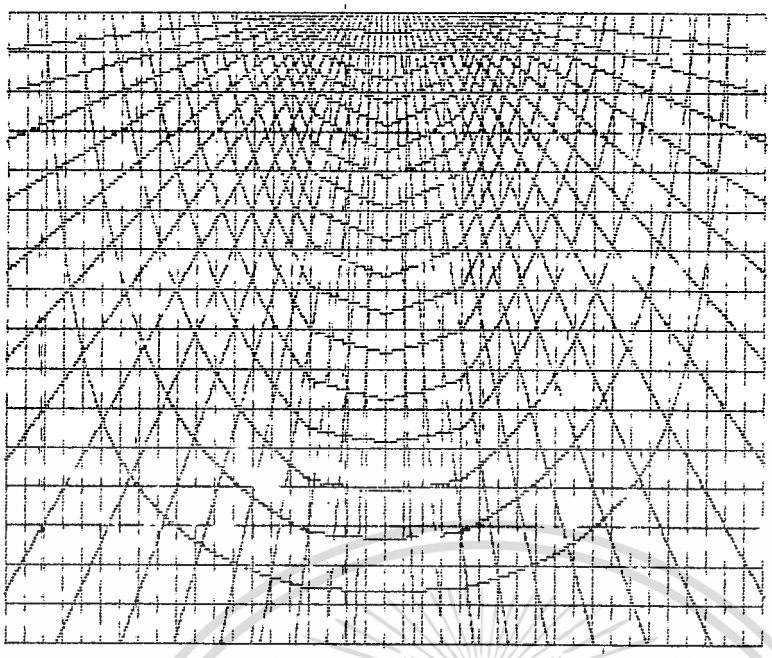
จำนวนช่อง/เมตร 3 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 14 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 26 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

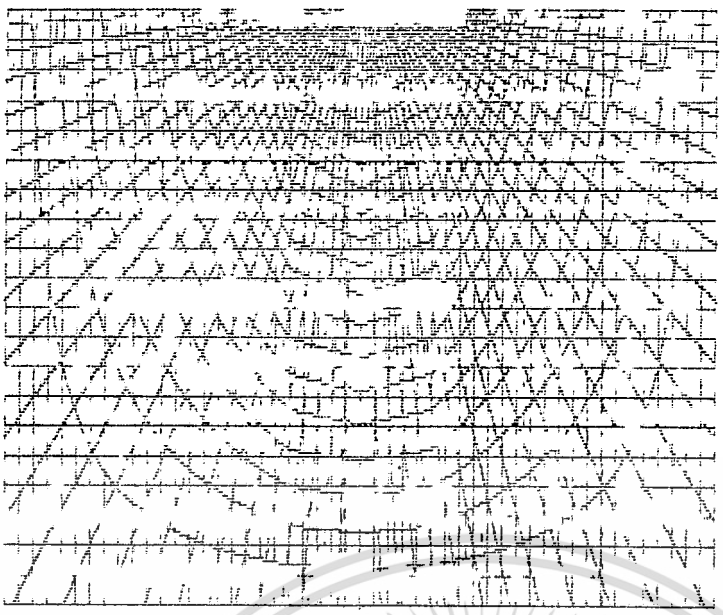
จำนวนช่อง/เมตร 4 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 18 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 34 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

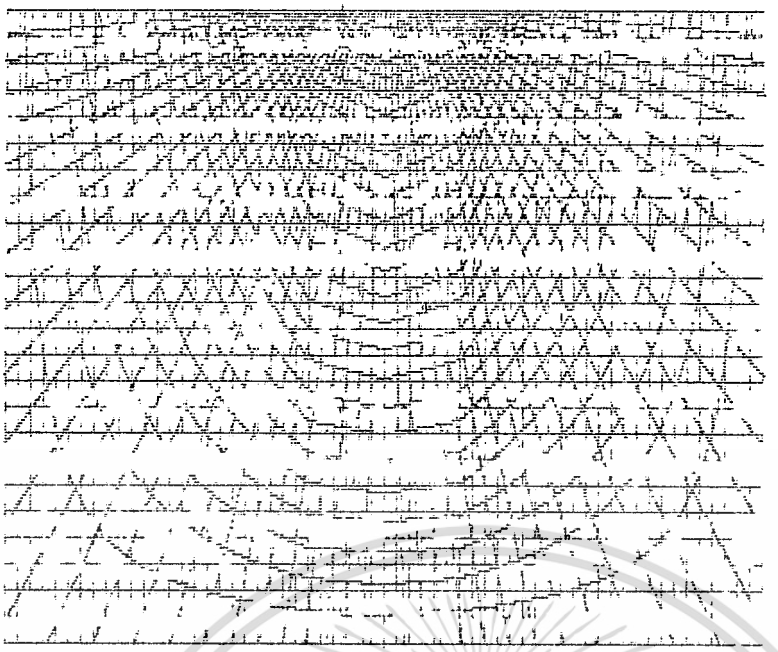
จำนวนช่อง/เมตร 5 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 22 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 48 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

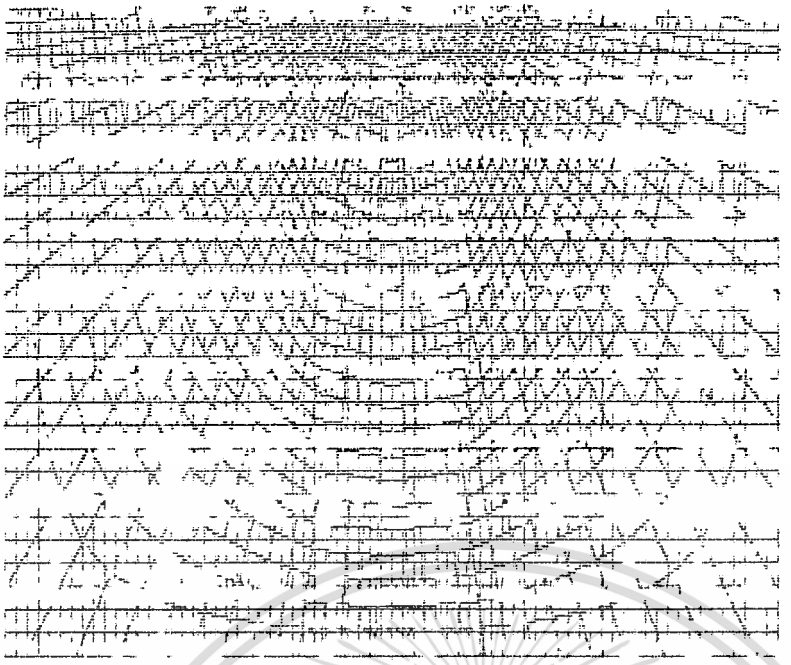
จำนวนช่อง/เมตร 6 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 26 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 50 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

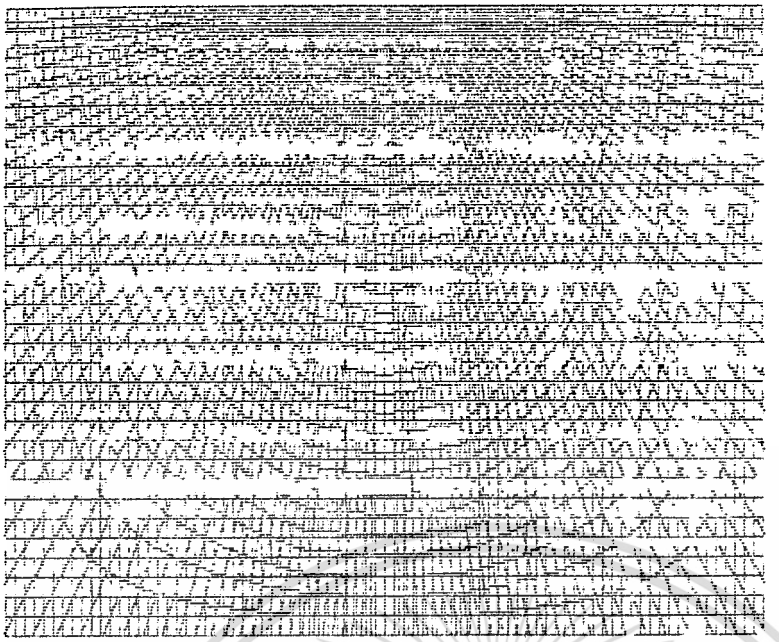
จำนวนช่อง/เมตร 7 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 30 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 52 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

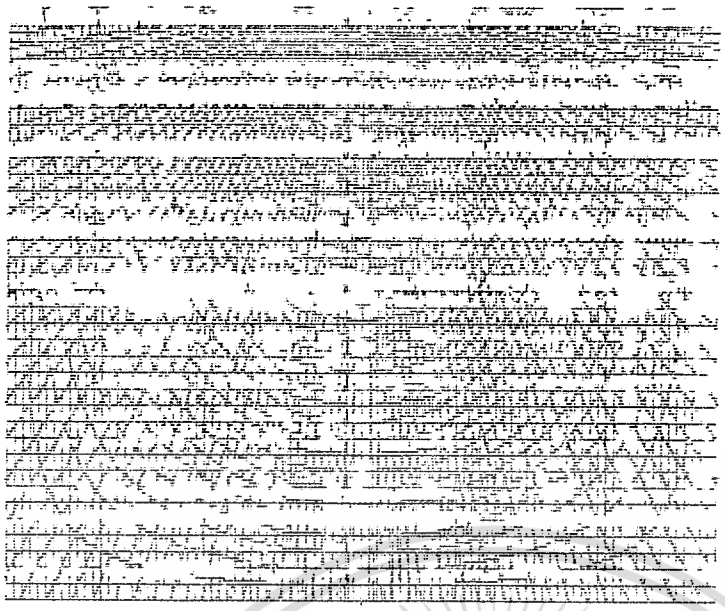
จำนวนช่อง/เมตร 8 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 34 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 98 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

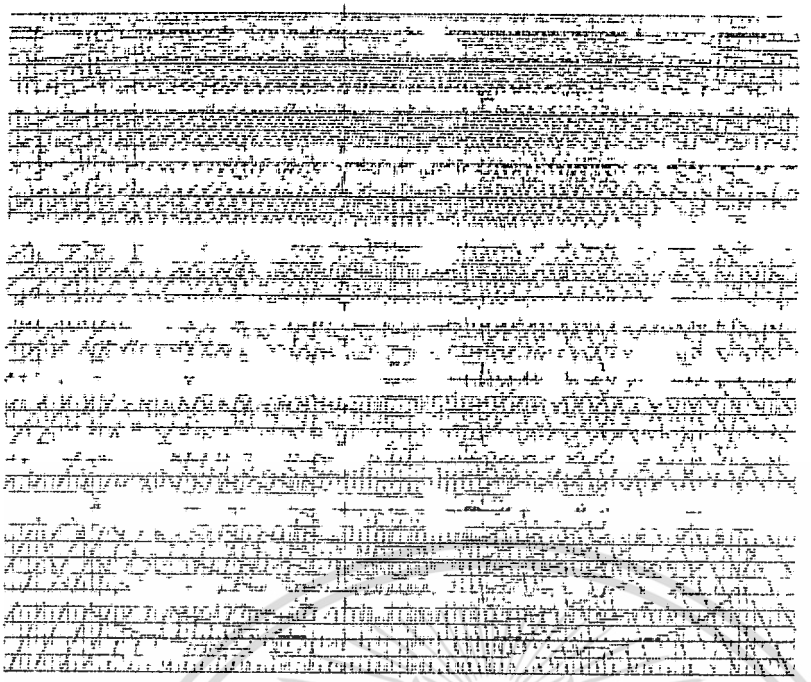
จำนวนช่อง/เมตร 9 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 38 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 92 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF RAW

Press Shift-PrtSc to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

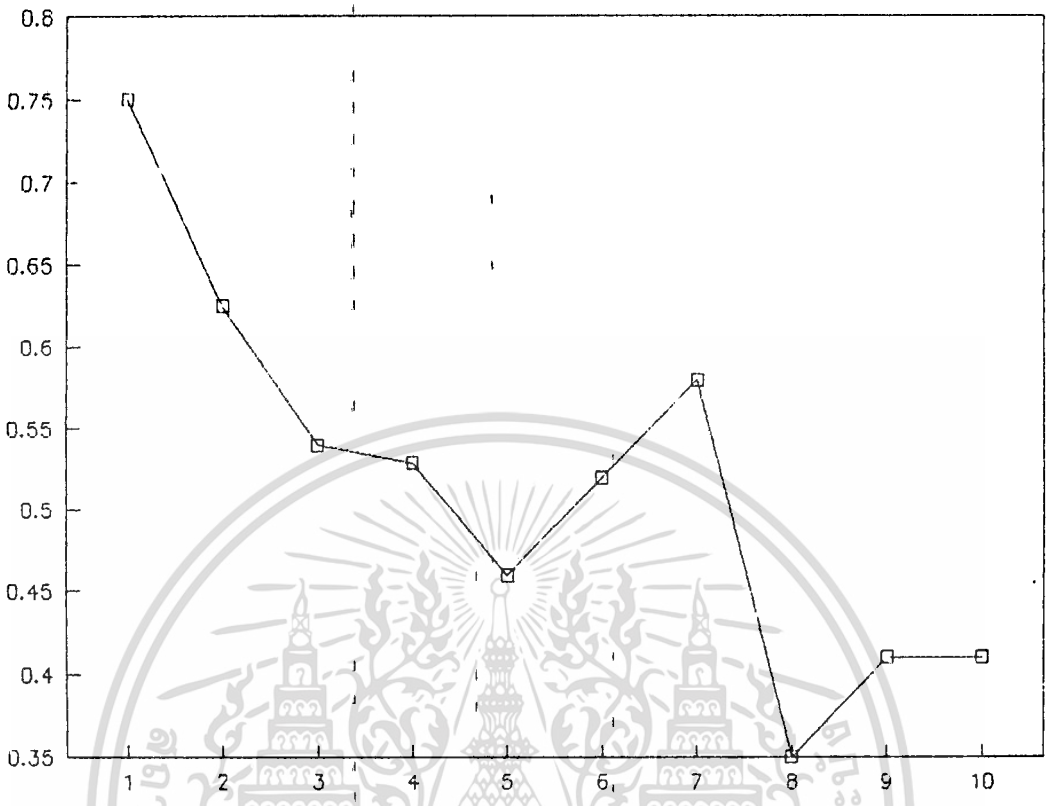
จำนวนช่อง/เมตร 10 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 42 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 102 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.41

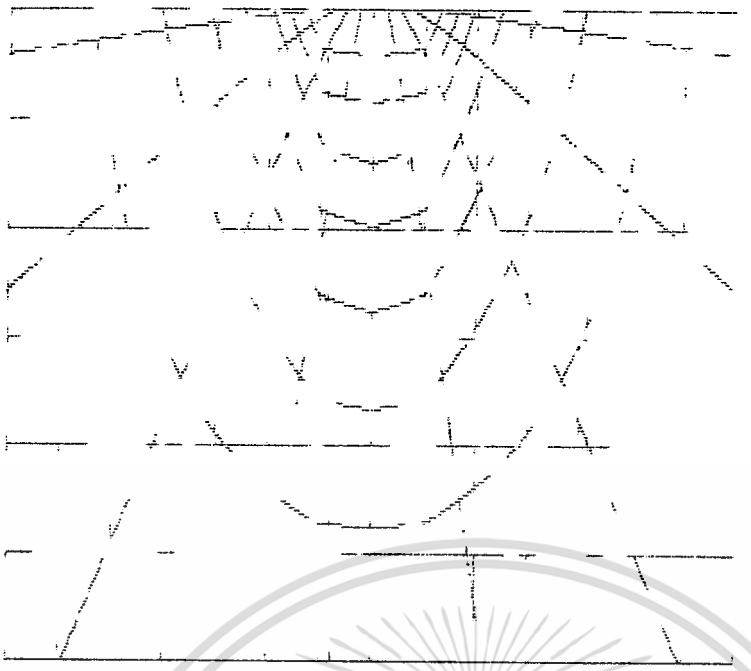
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟรูปความสัมพันธ์ของจำนวนช่อง/เมตร กับ อัตราส่วนของ FLOW-LINE(N_f)

กับ EQUIPOTENTIAL LINE(N_d) กรณีฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร ความลึกของดิน 4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF WEIR

PROBLEM ON POINT CONDITION

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 6 เมตร

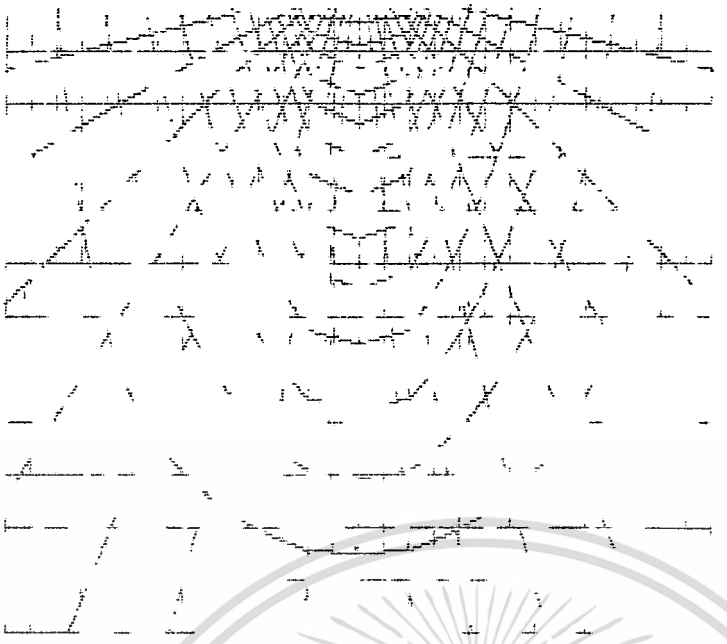
จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 8 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 10 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 6 เมตร

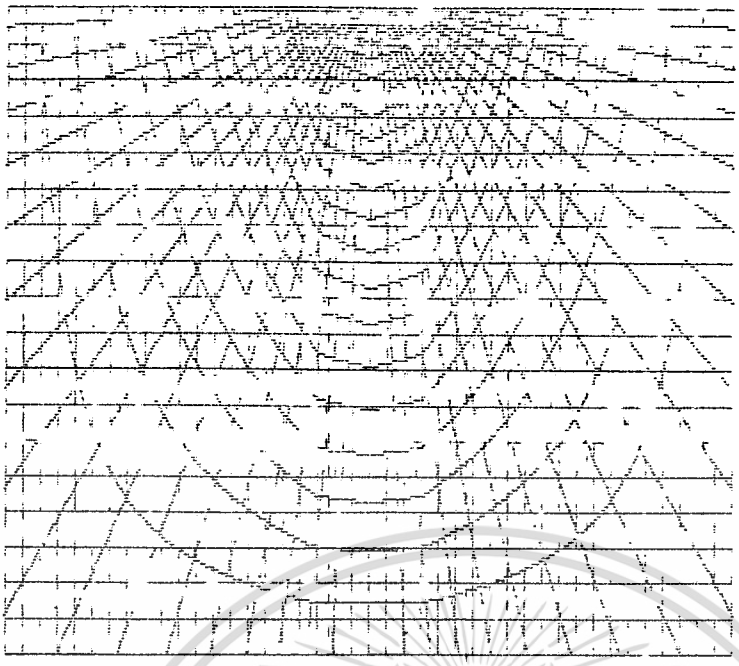
จำนวนช่อง/เมตร 2 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 14 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 18 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 6 เมตร

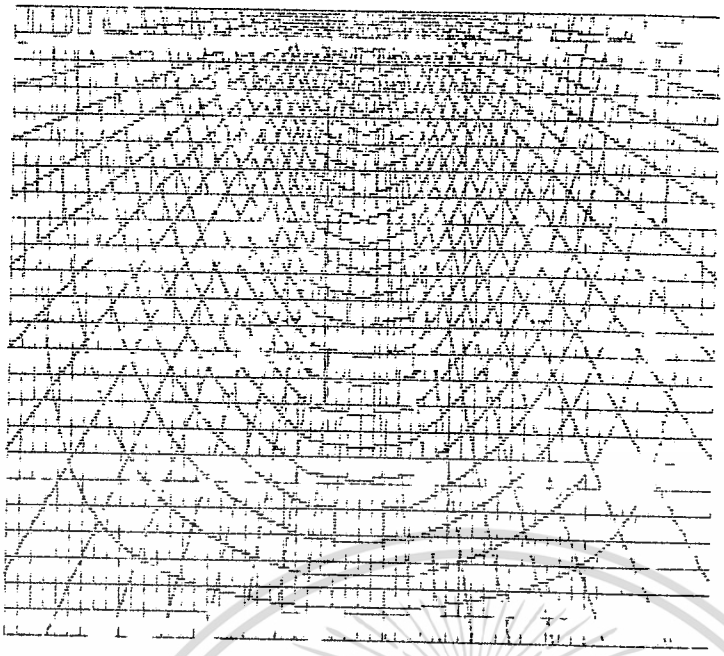
จำนวนช่อง/เมตร 3 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 20 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 36 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 6 เมตร

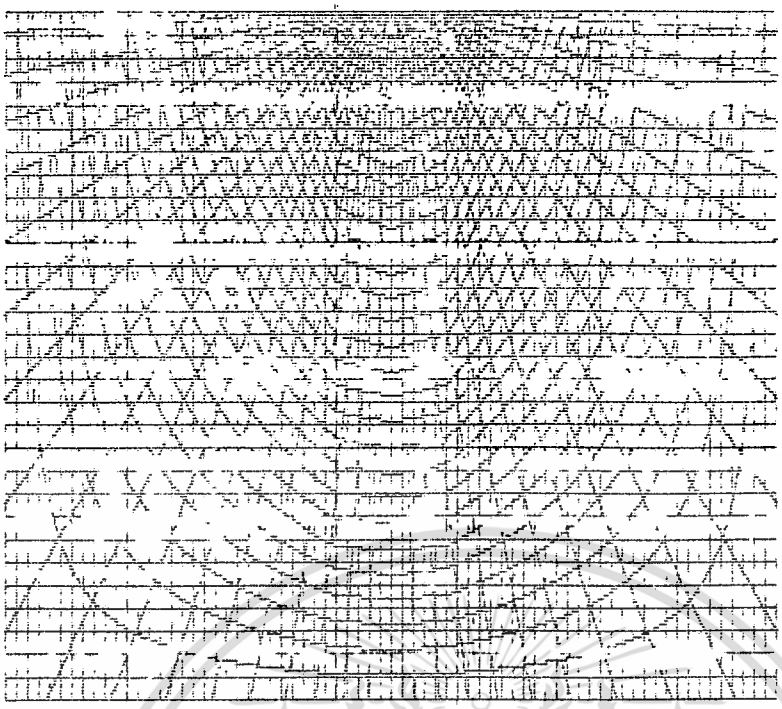
จำนวนช่อง/เมตร 4 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 26 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 34 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM
FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 6 เมตร

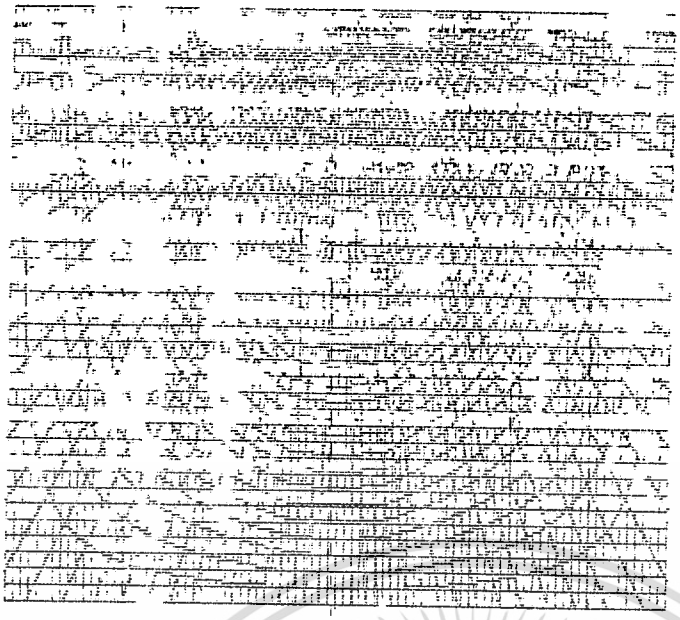
จำนวนช่อง/เมตร 5 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 32 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 38 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press <ESC> to Print

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 6 เมตร

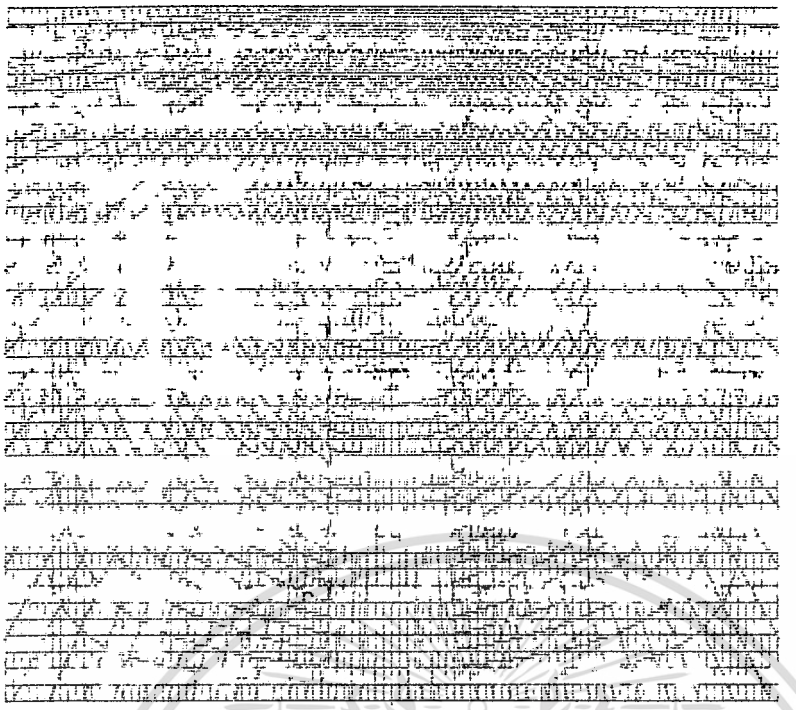
จำนวนช่อง/เมตร 6 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 38 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 62 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF LAW
FLOWNET OF WORK

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 6 เมตร

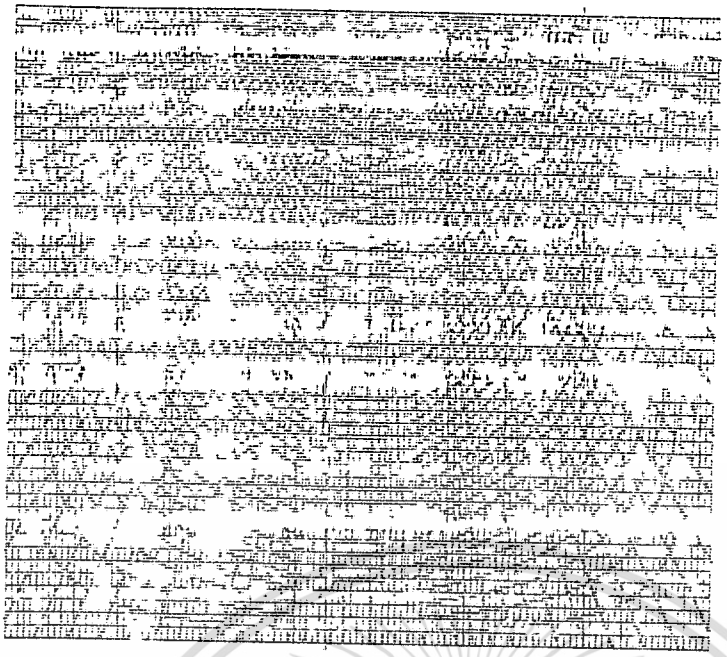
จำนวนช่อง/เมตร 7 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 44 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 72 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Proof Sheet To Dam Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 6 เมตร

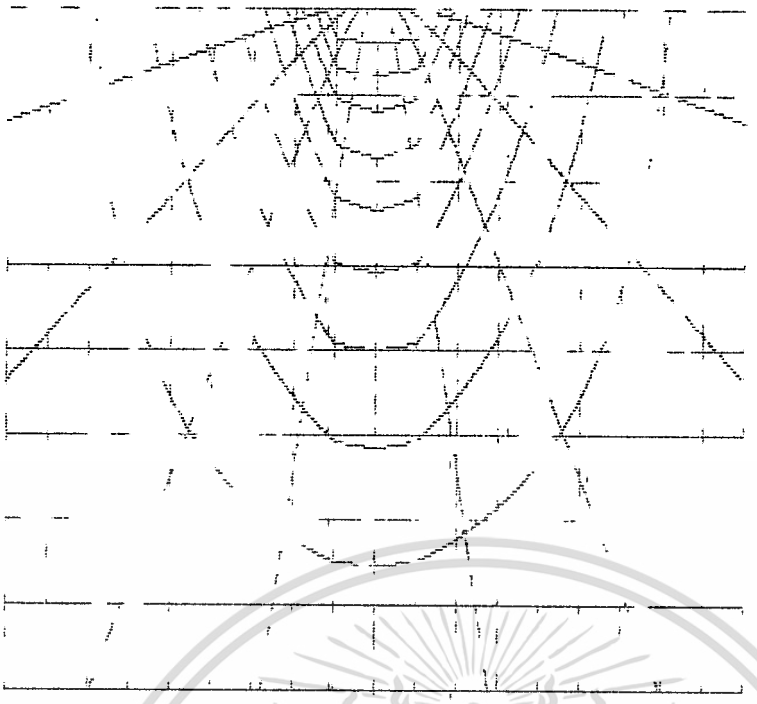
จำนวนช่อง/เมตร 8 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 50 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 66 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Press Shift-PrtSc to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 8 เมตร

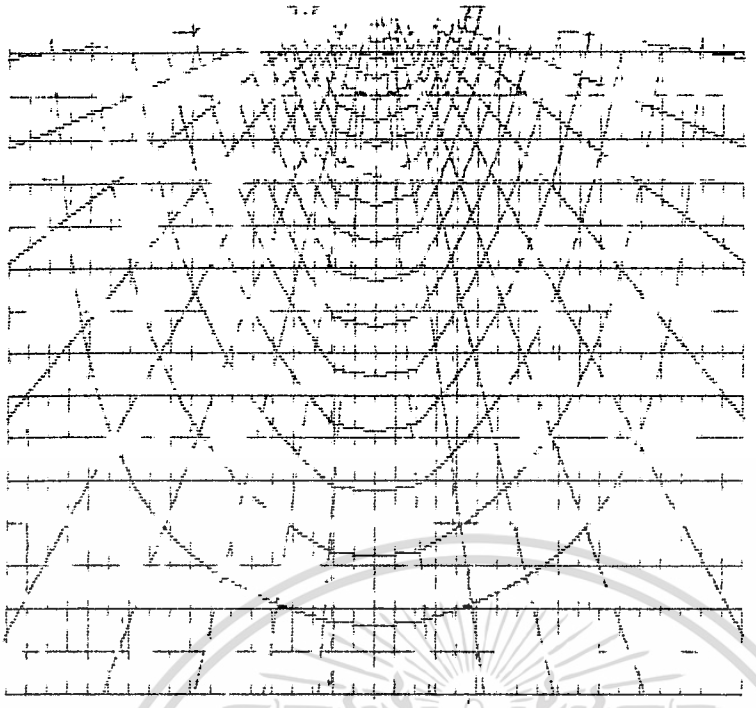
จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 10 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 10 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 8 เมตร

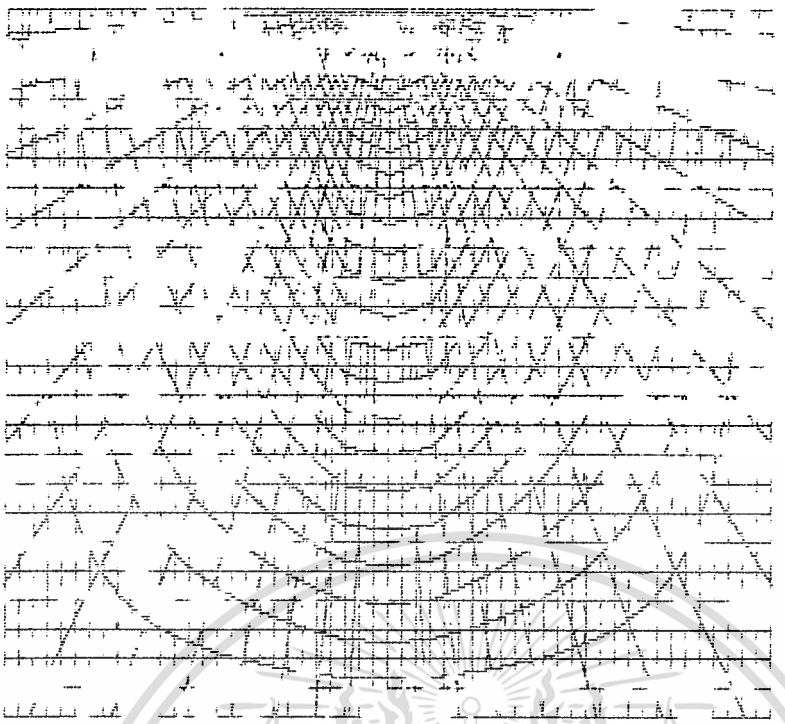
จำนวนช่อง/เมตร 2 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 18 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 20 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 8 เมตร

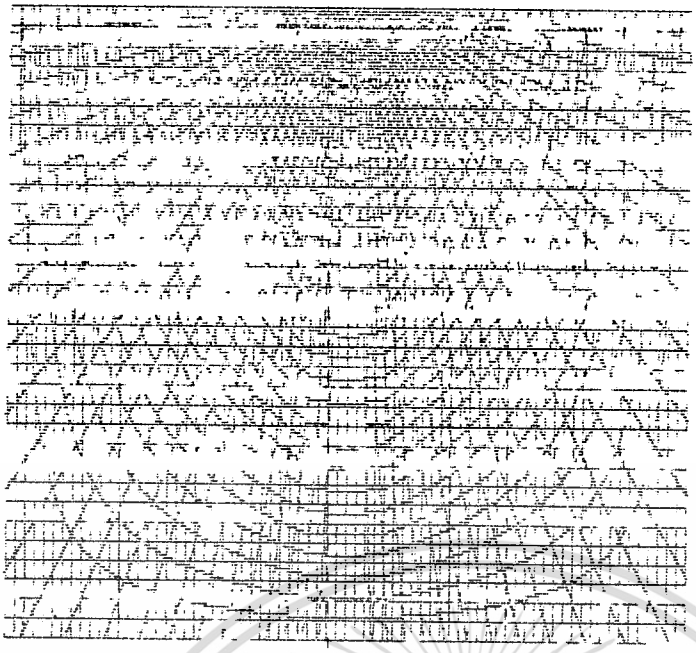
จำนวนช่อง/เมตร 3 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 26 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 30 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF [illegible]

Press [illegible] to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 8 เมตร

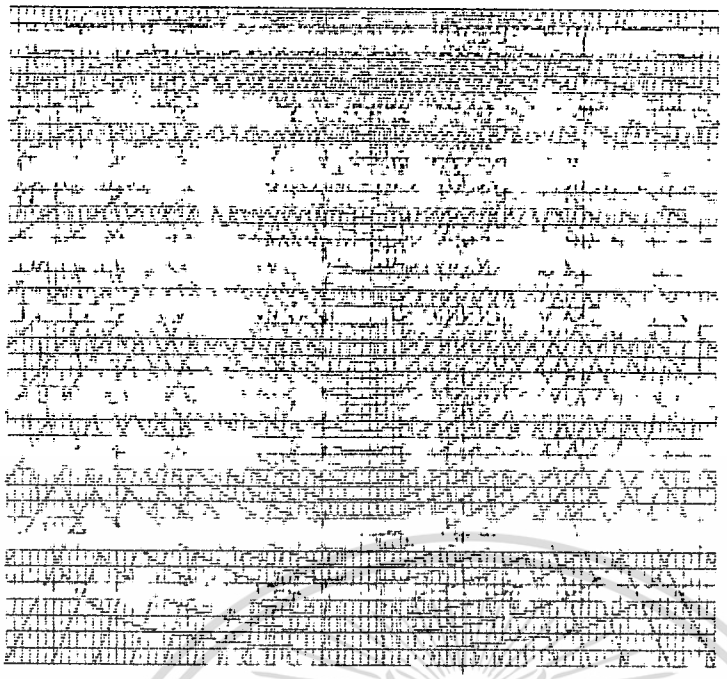
จำนวนช่อง/เมตร 4 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 34 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 50 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 8 เมตร

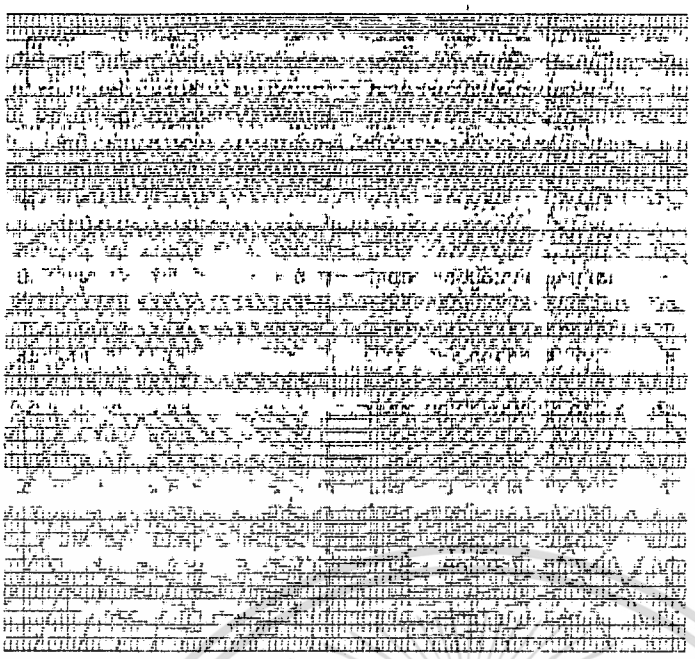
จำนวนช่อง/เมตร 5 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 42 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 50 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF ...

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 8 เมตร

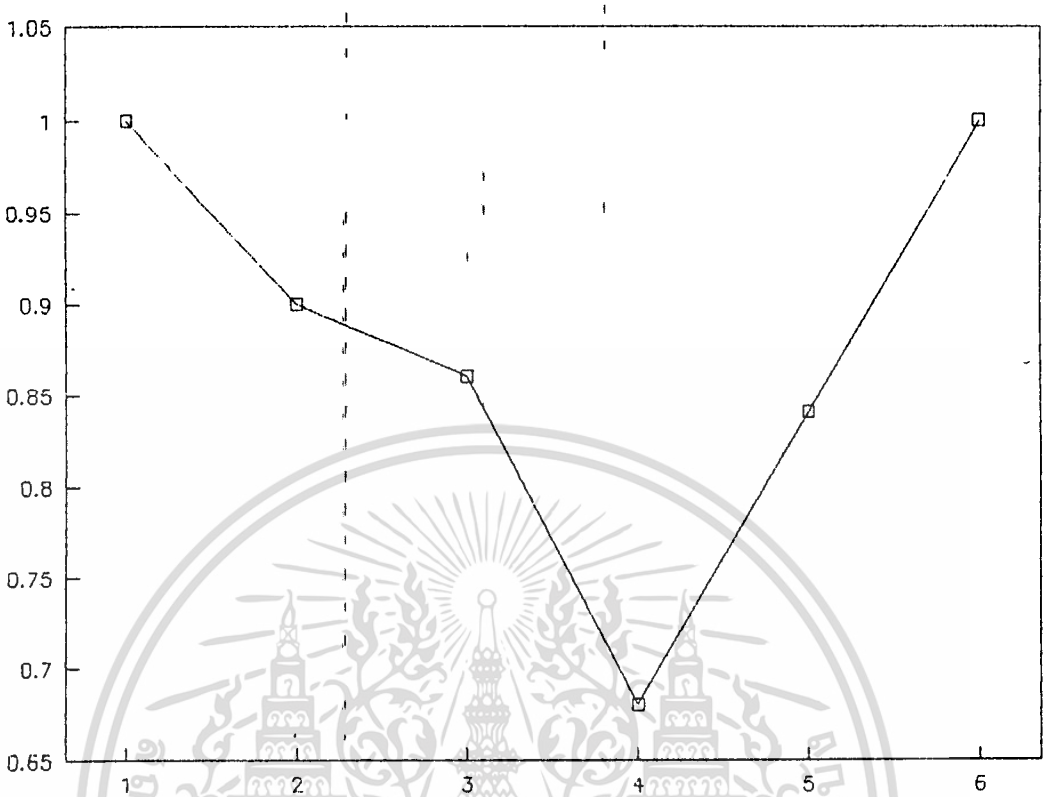
จำนวนช่อง/เมตร 6 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 50 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 50 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 1

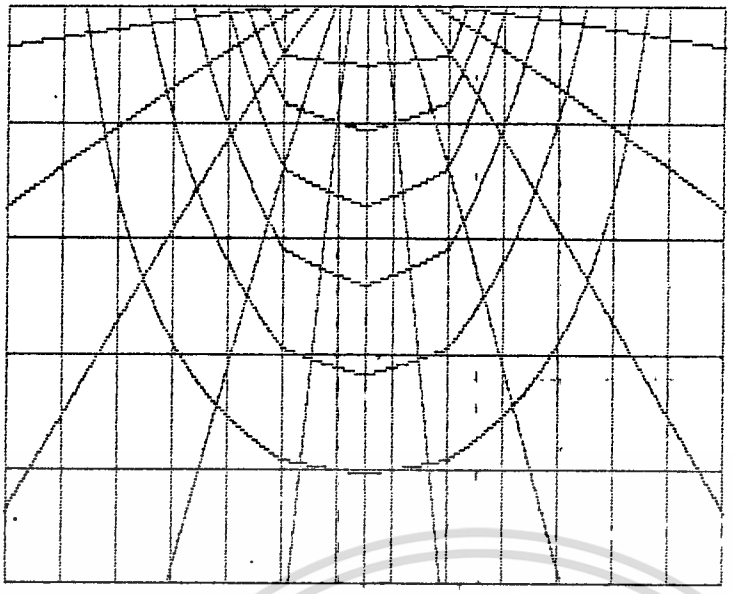
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟรูปความสัมพันธ์ของจำนวนช่อง/เมตร กับ อัตราส่วนของ FLOW-LINE(N_f)

กับ EQUIPOTENTIAL LINE(N_d) กรณีฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร ความลึกของดิน 8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

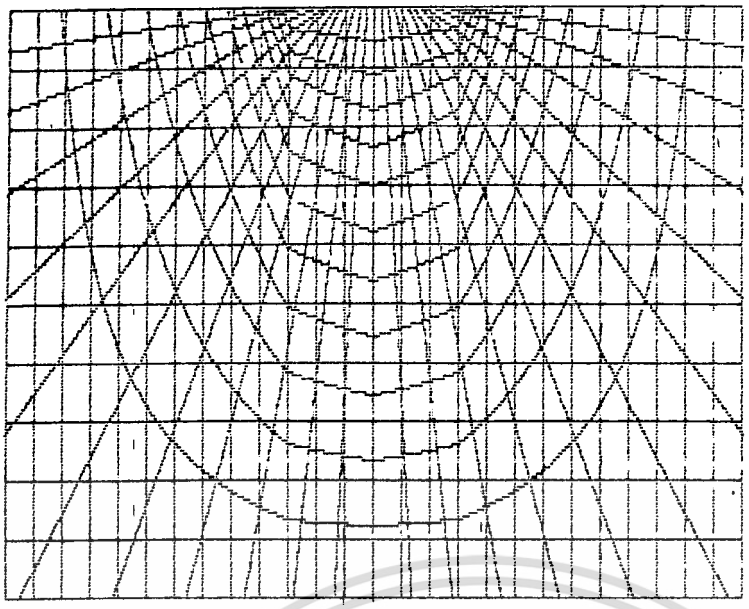
จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 7 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 12 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

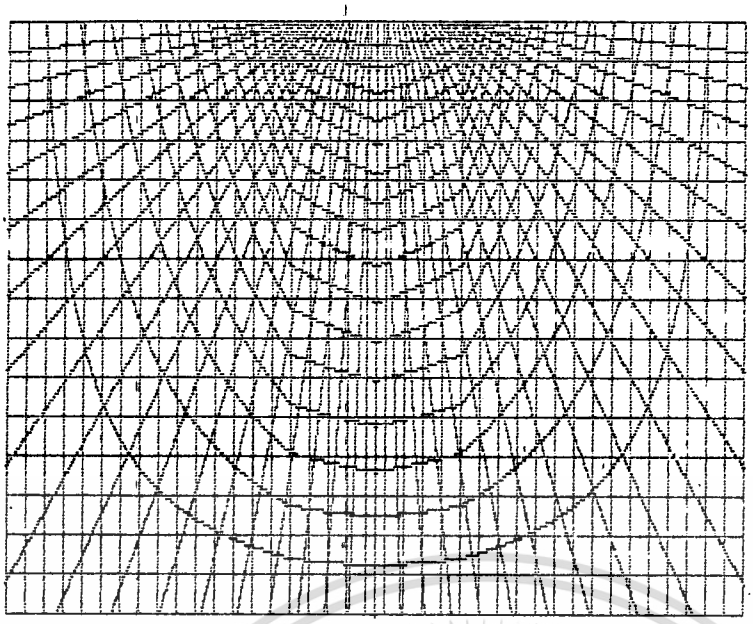
จำนวนช่อง/เมตร 2 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 12 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 24 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

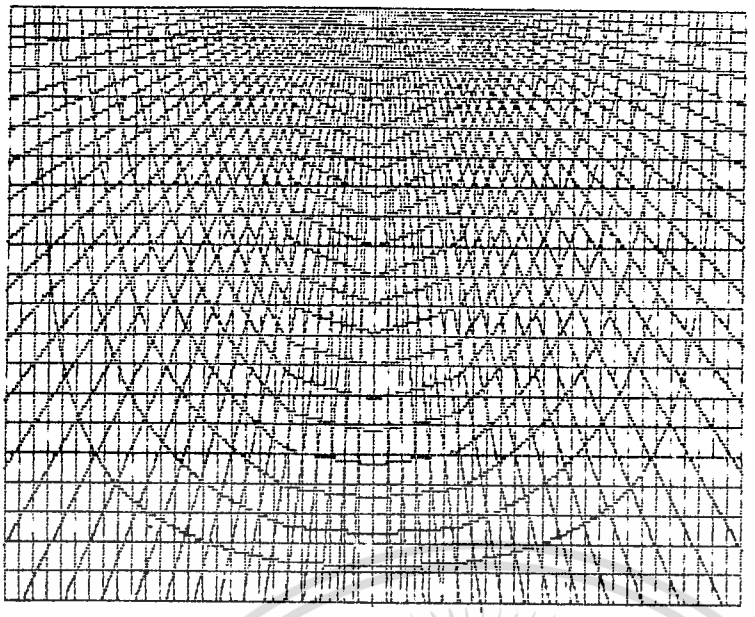
จำนวนช่อง/เมตร 3 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 17 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 38 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

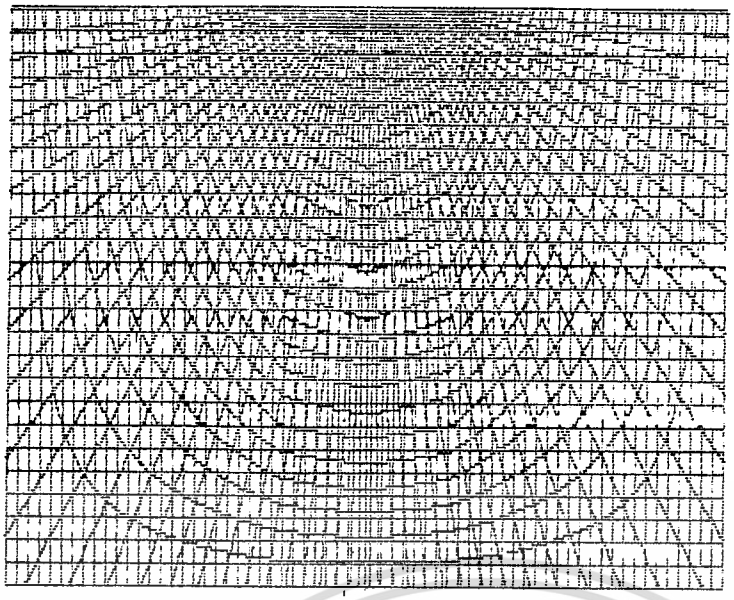
จำนวนช่อง/เมตร 4 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 22 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 56 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

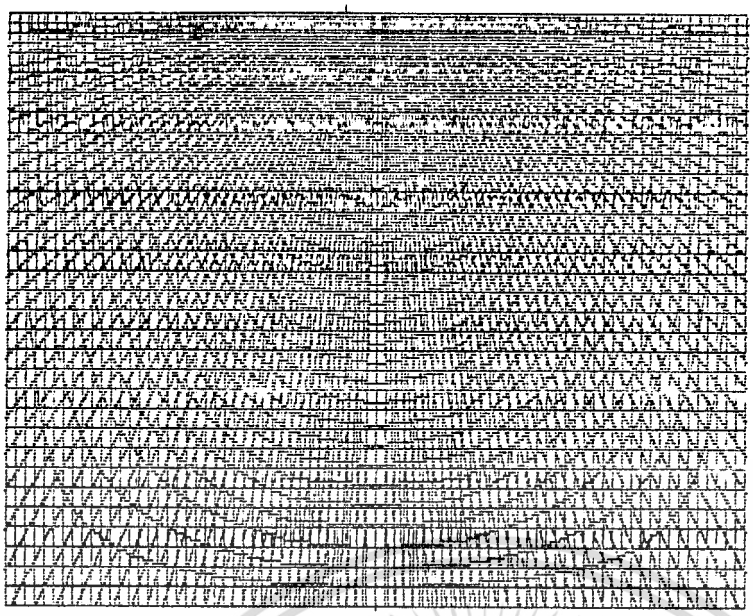
จำนวนช่อง/เมตร 5 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 27 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 56 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

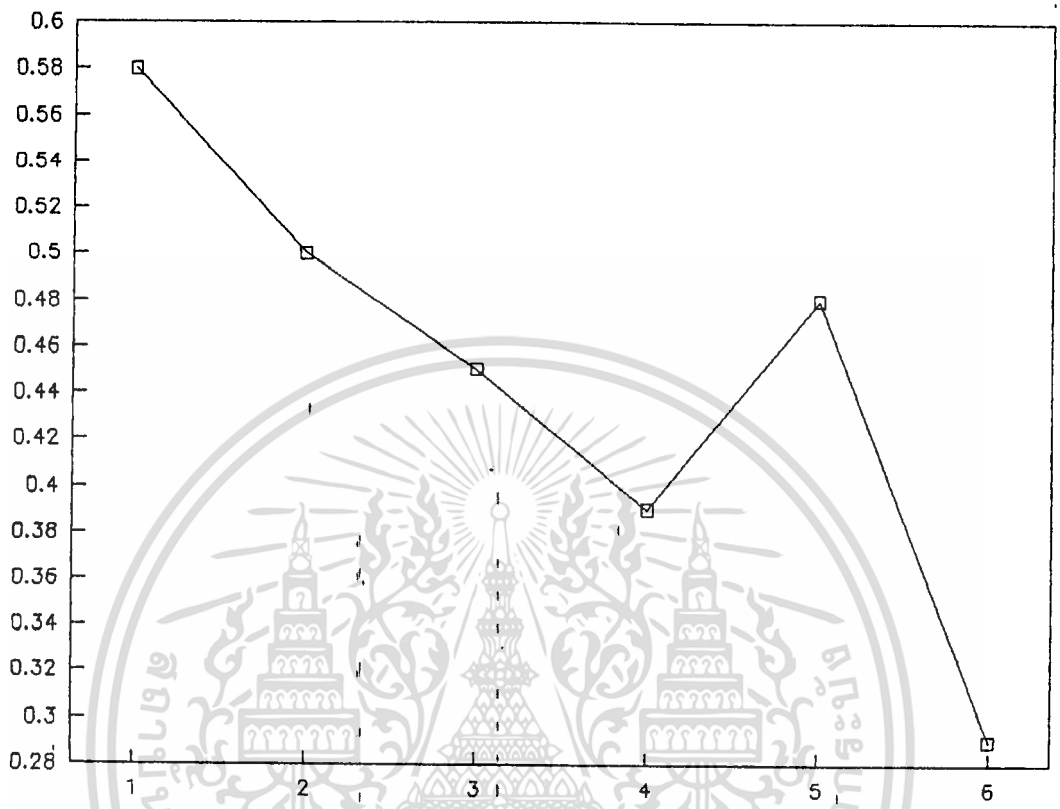
จำนวนช่อง/เมตร 6 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 32 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 110 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.29

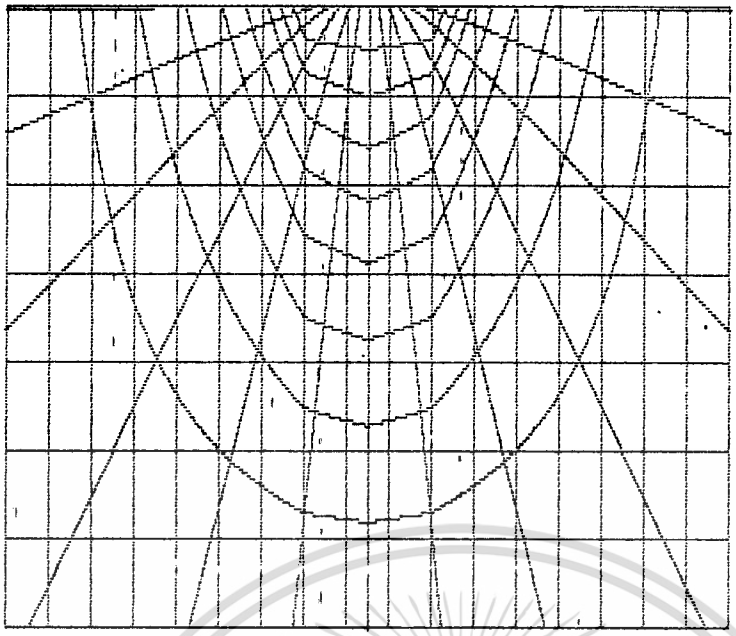
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟรูปความสัมพันธ์ของจำนวนช่อง/เมตร กับ อัตราส่วนของ FLOW-LINE(N_f)

กับ EQUIPOTENTIAL LINE(N_d) กรณีฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร ความลึกของดิน 5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

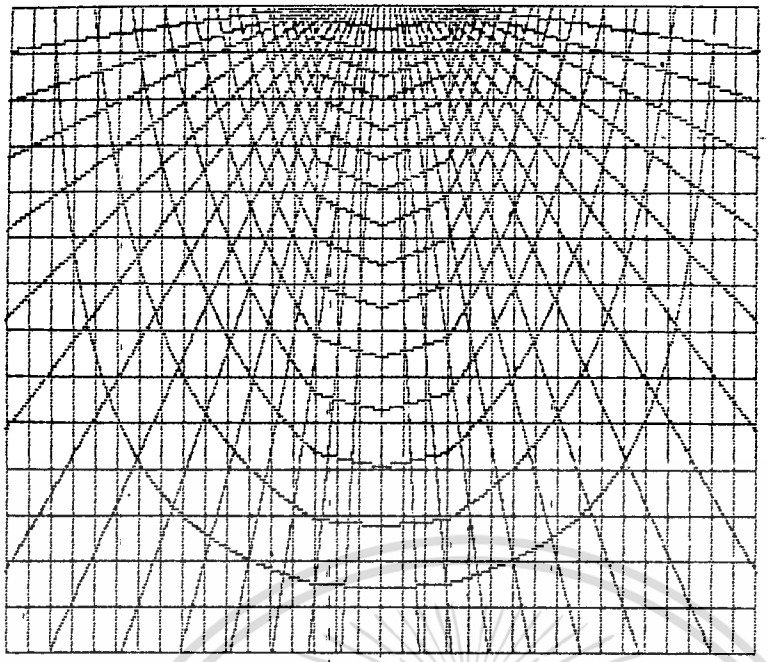
จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 9 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 14 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

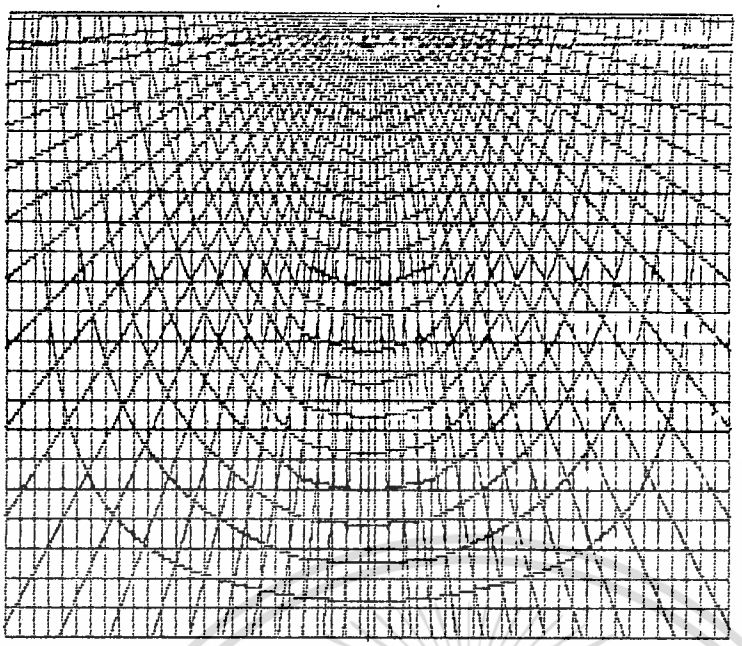
จำนวนช่อง/เมตร 2 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 16 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 30 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

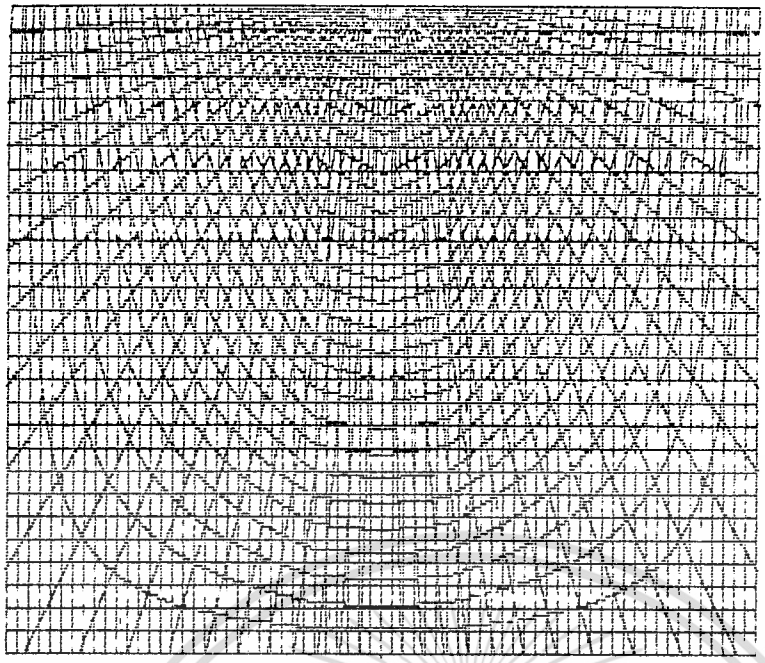
จำนวนช่อง/เมตร 3 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 23 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 44 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

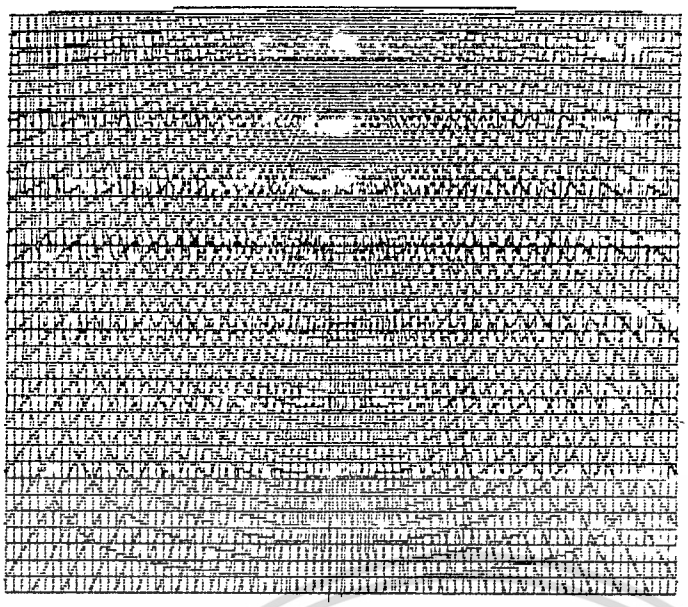
จำนวนช่อง/เมตร 4 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 30 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 44 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

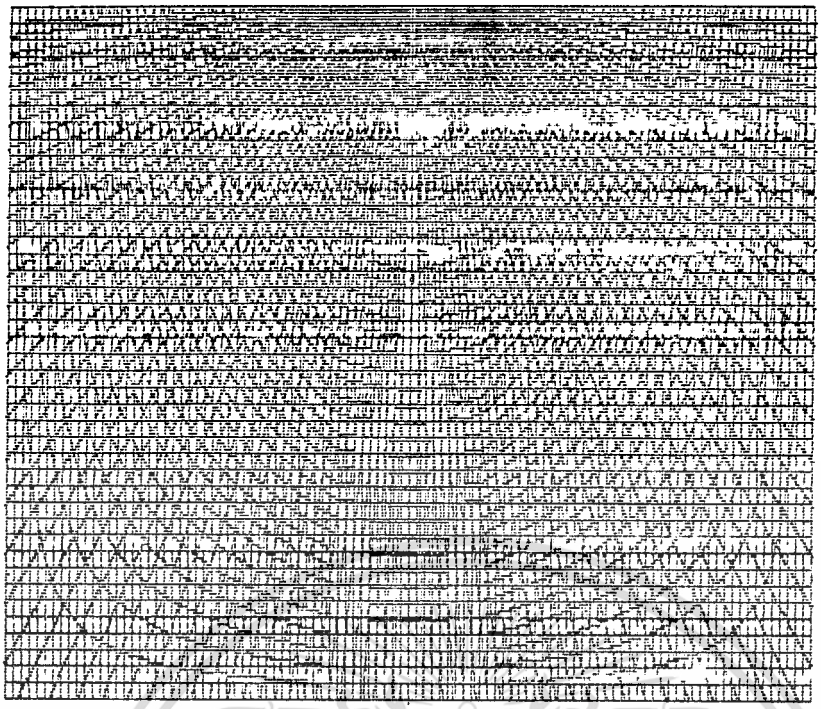
จำนวนช่อง/เมตร 5 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 37 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 78 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

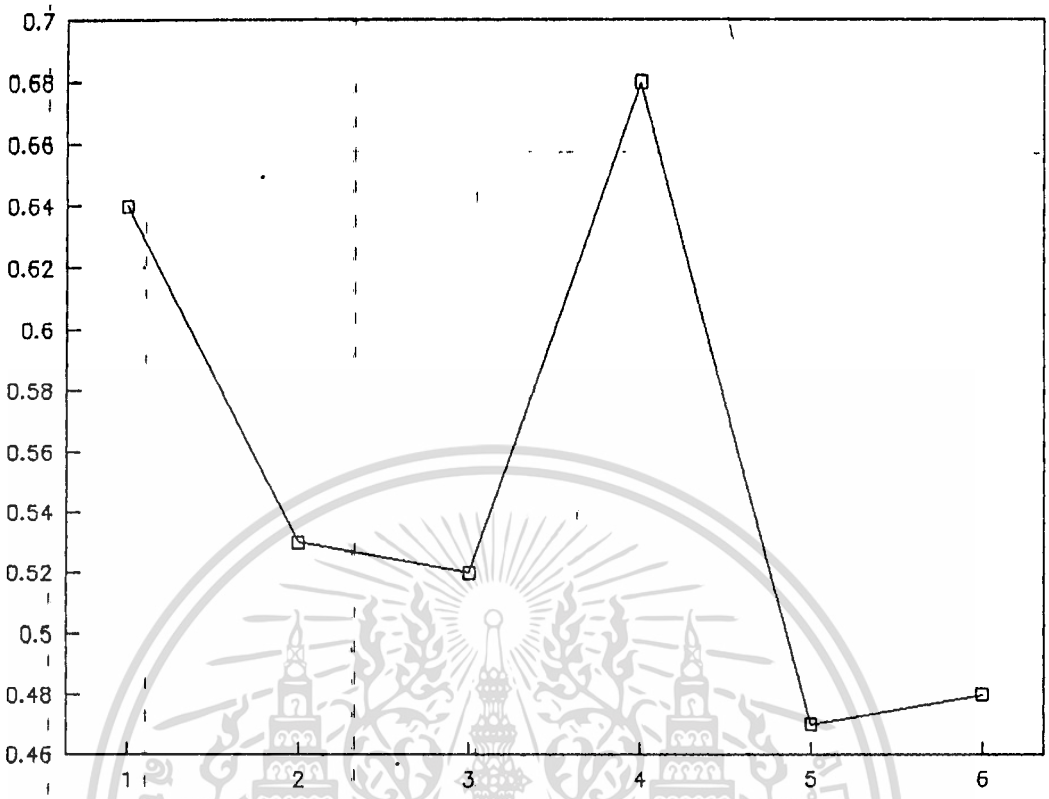
จำนวนช่อง/เมตร 6 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 44 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 92 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.48

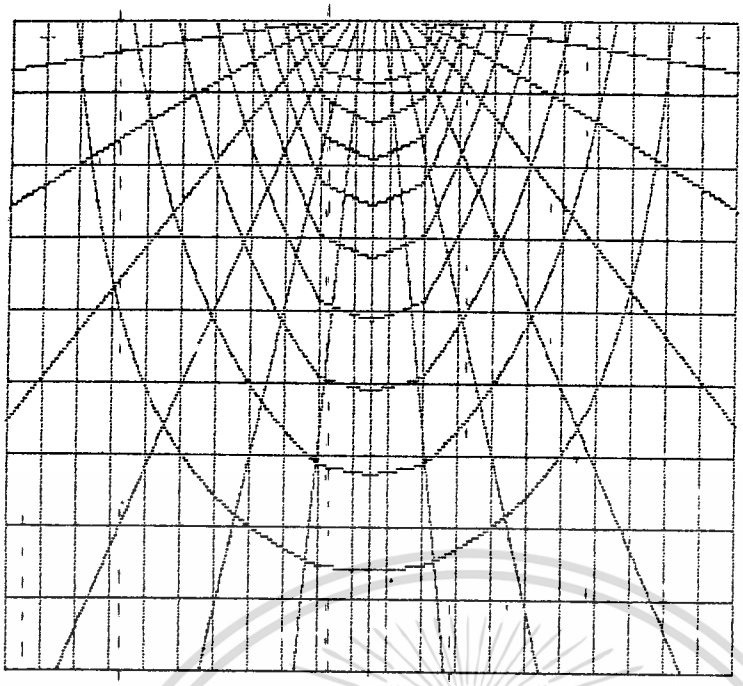
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟรูปความสัมพันธ์ของจำนวนช่อง/เมตร กับ อัตราส่วนของ FLOW-LINE(N_f)

กับ EQUIPOTENTIAL LINE(N_d) กรณีฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร ความลึกของดิน 7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 9 เมตร

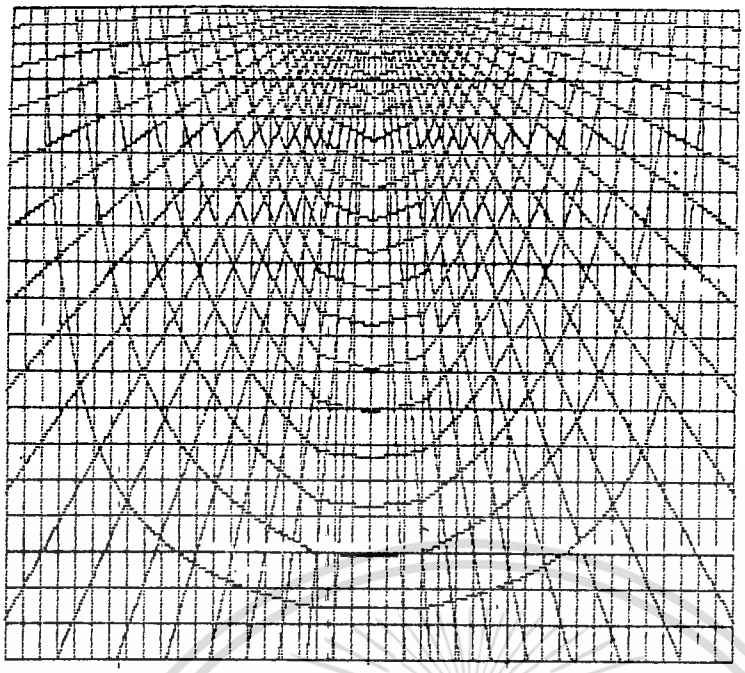
จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 11 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 14 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 9 เมตร

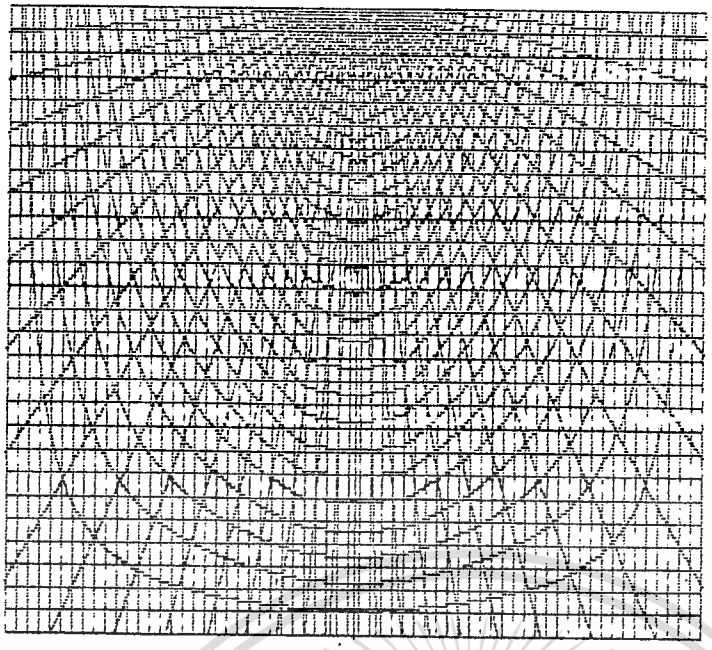
จำนวนช่อง/เมตร 2 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 20 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 36 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 9 เมตร

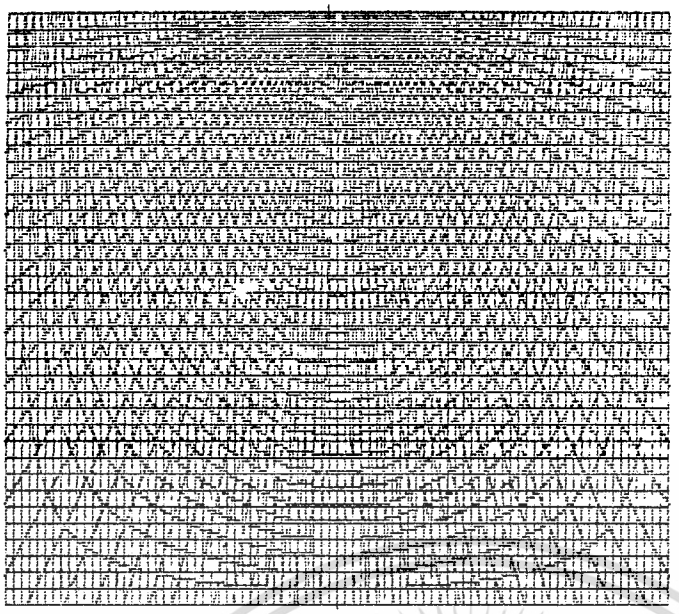
จำนวนช่อง/เมตร 3 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 29 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 34 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 9 เมตร

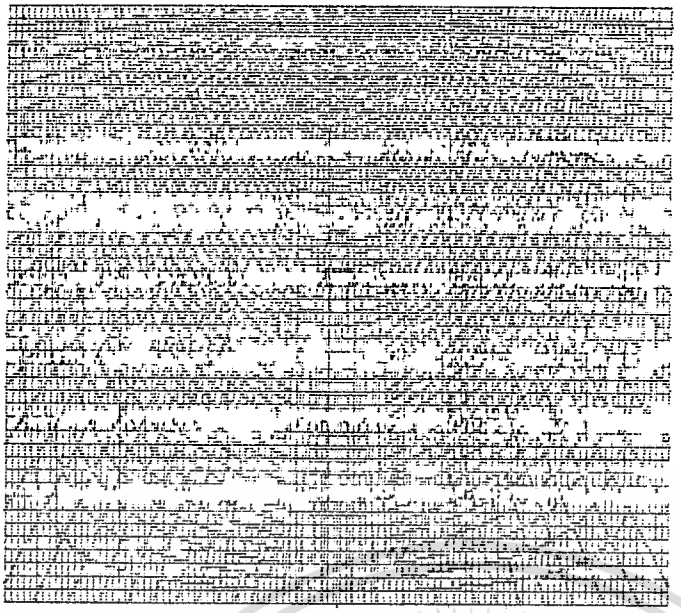
จำนวนช่อง/เมตร 4 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 38 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 62 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเชื่อนกว้าง 3 เมตร

ความลึกของดิน 9 เมตร

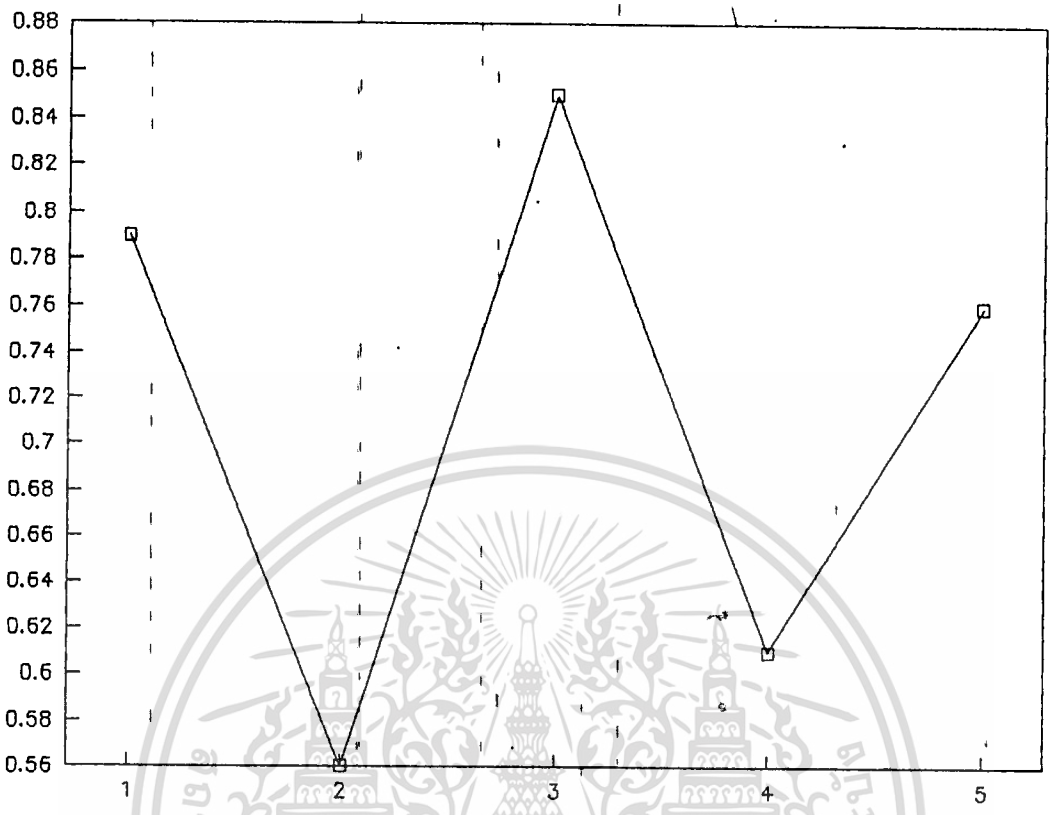
จำนวนช่อง/เมตร 5 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 47 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 62 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.76

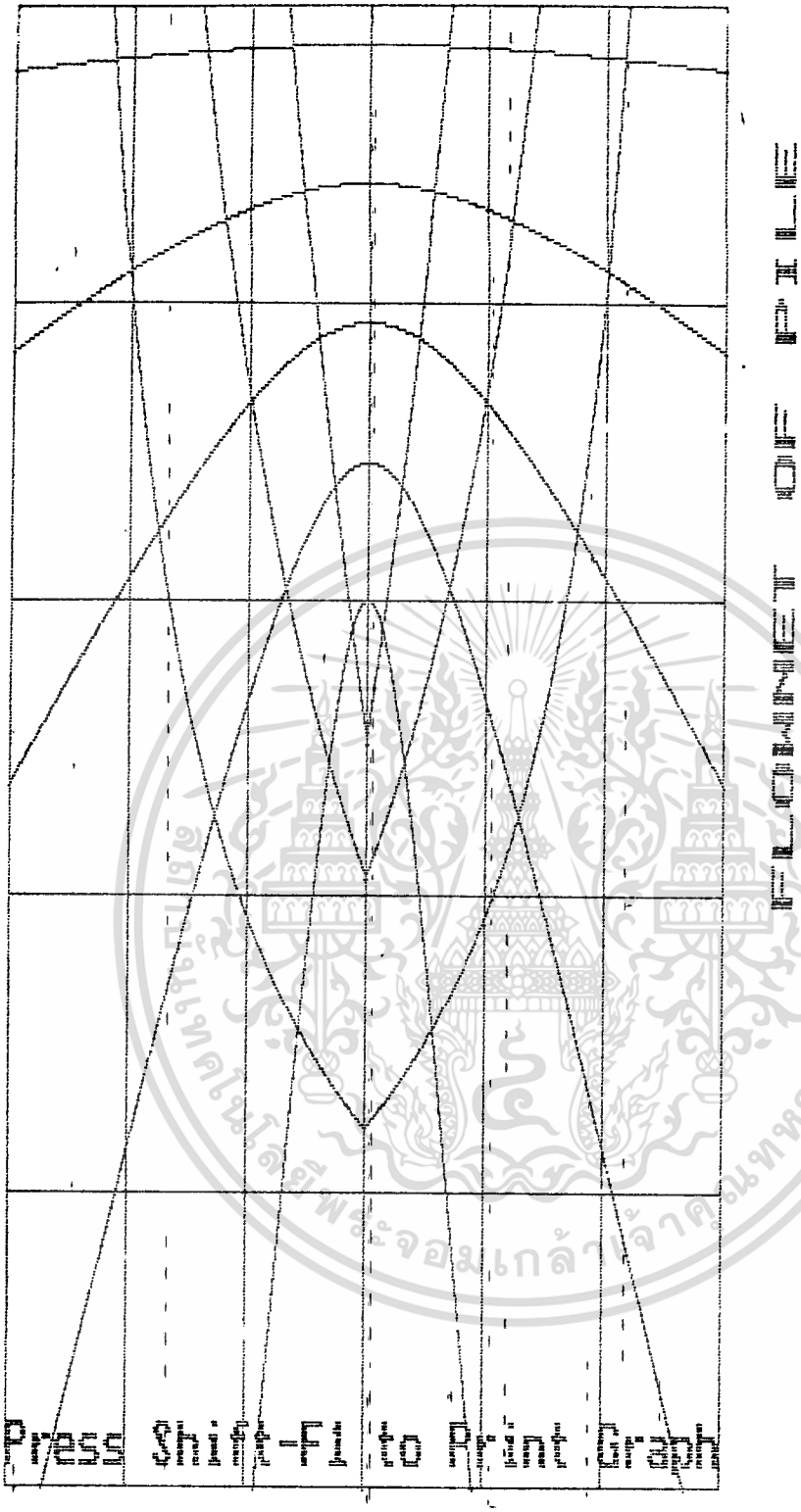
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟรูปความสัมพันธ์ของจำนวนช่อง/เมตร กับ อัตราส่วนของ FLOW-LINE(N_f)

กับ EQUIPOTENTIAL LINE(N_d) กรณีฐานเขื่อนกว้าง 3 เมตร ความลึกของดิน 9 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

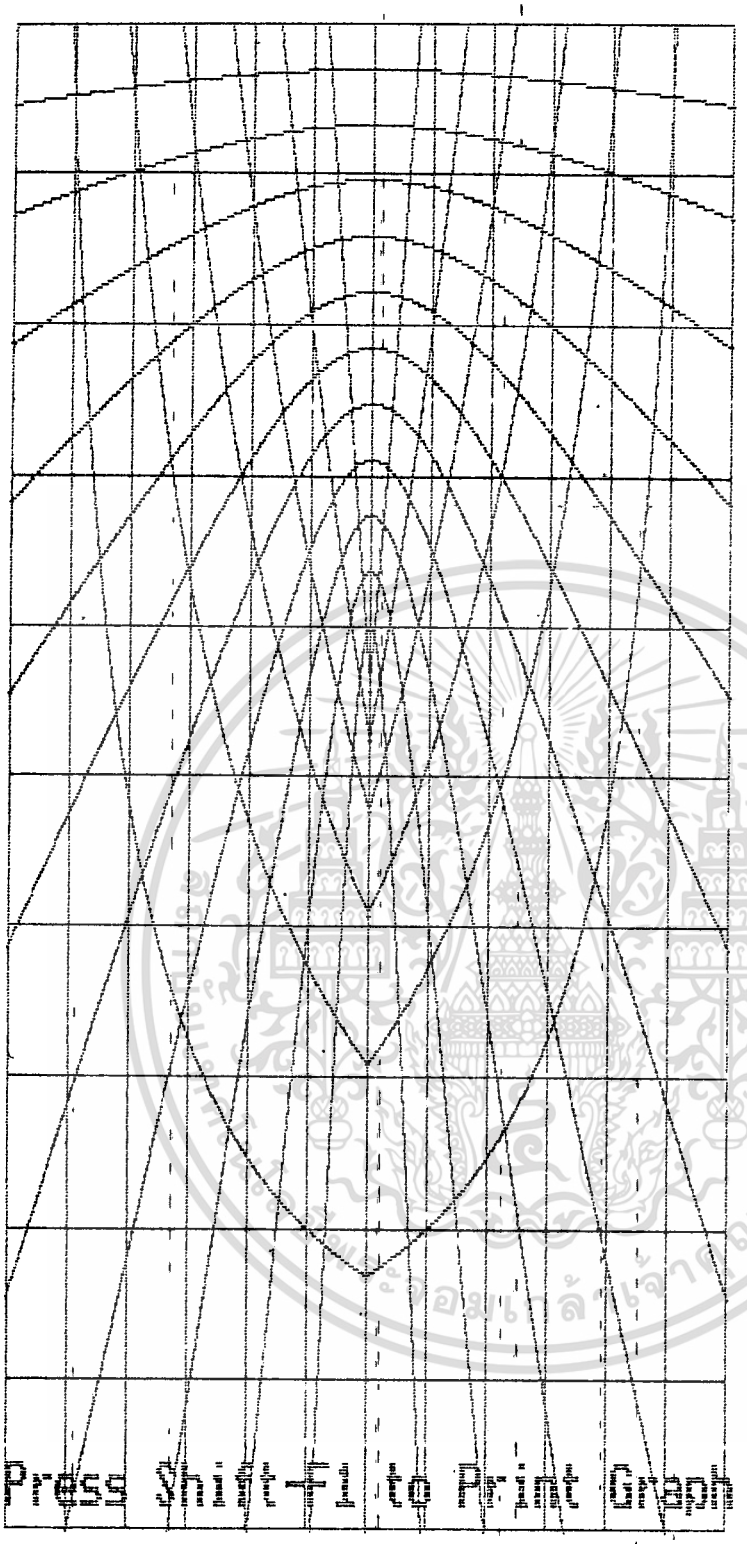
จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE 4 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE 12 เส้น

อัตราส่วน (FLOW-LINE/EQUIPOTENTIAL-LINE) = 0.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

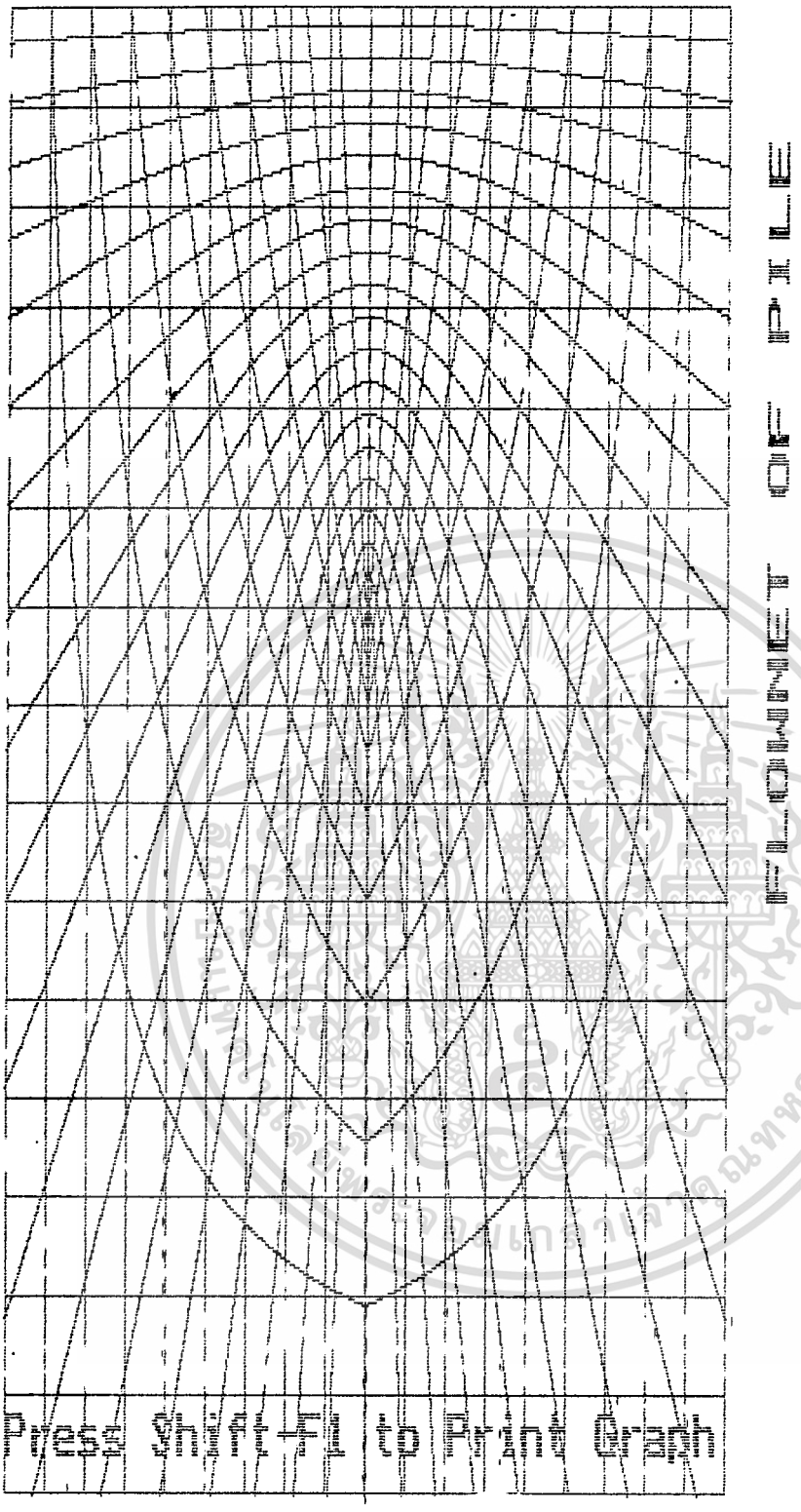
จำนวนช่อง/เมตร 2 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE 7 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE 24 เส้น

อัตราส่วน (FLOW-LINE/EQUIPOTENTIAL-LINE) = 0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

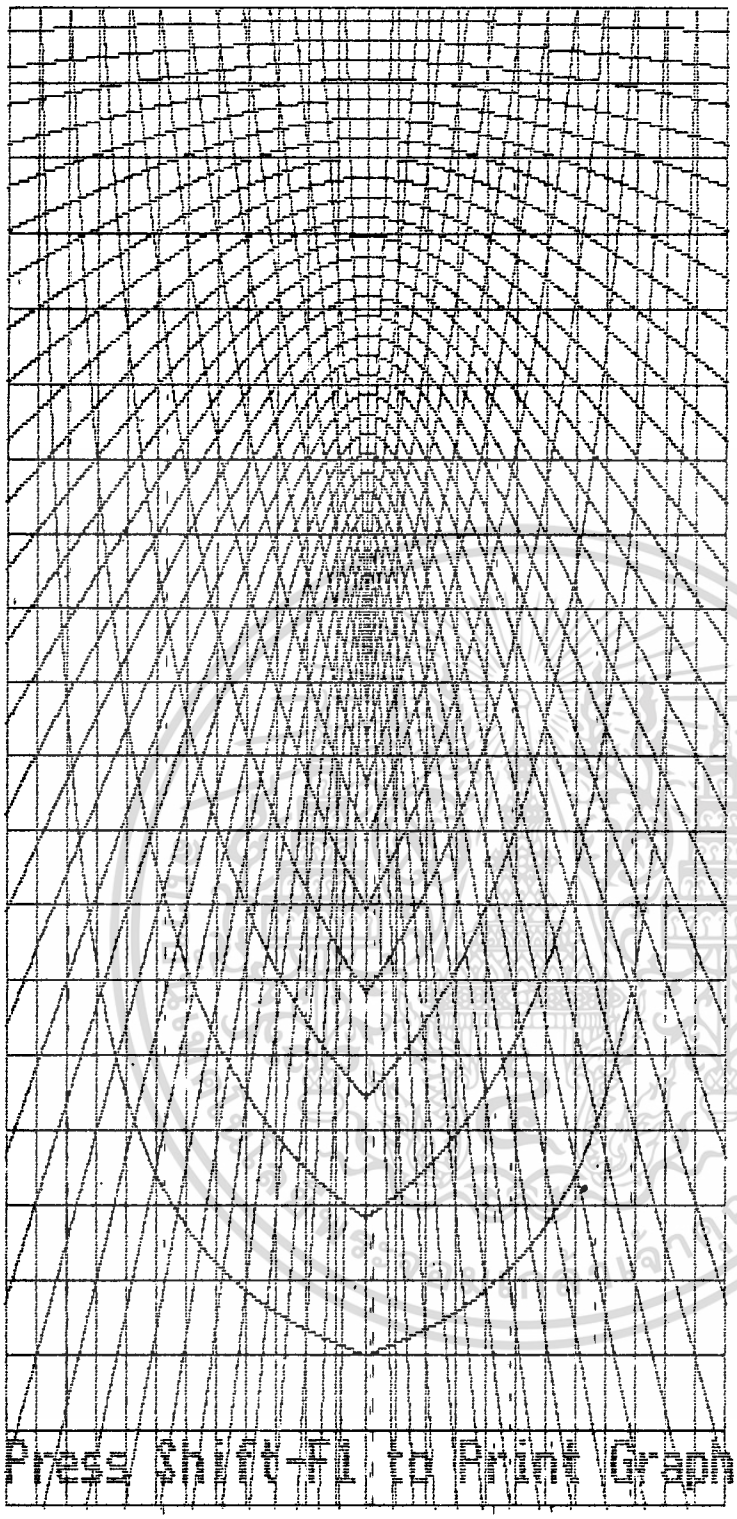
จำนวนช่อง/เมตร 3 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE 10 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE 40 เส้น

อัตราส่วน (FLOW-LINE/EQUIPOTENTIAL-LINE) = 0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOW NET OF SINGLE PILE

เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

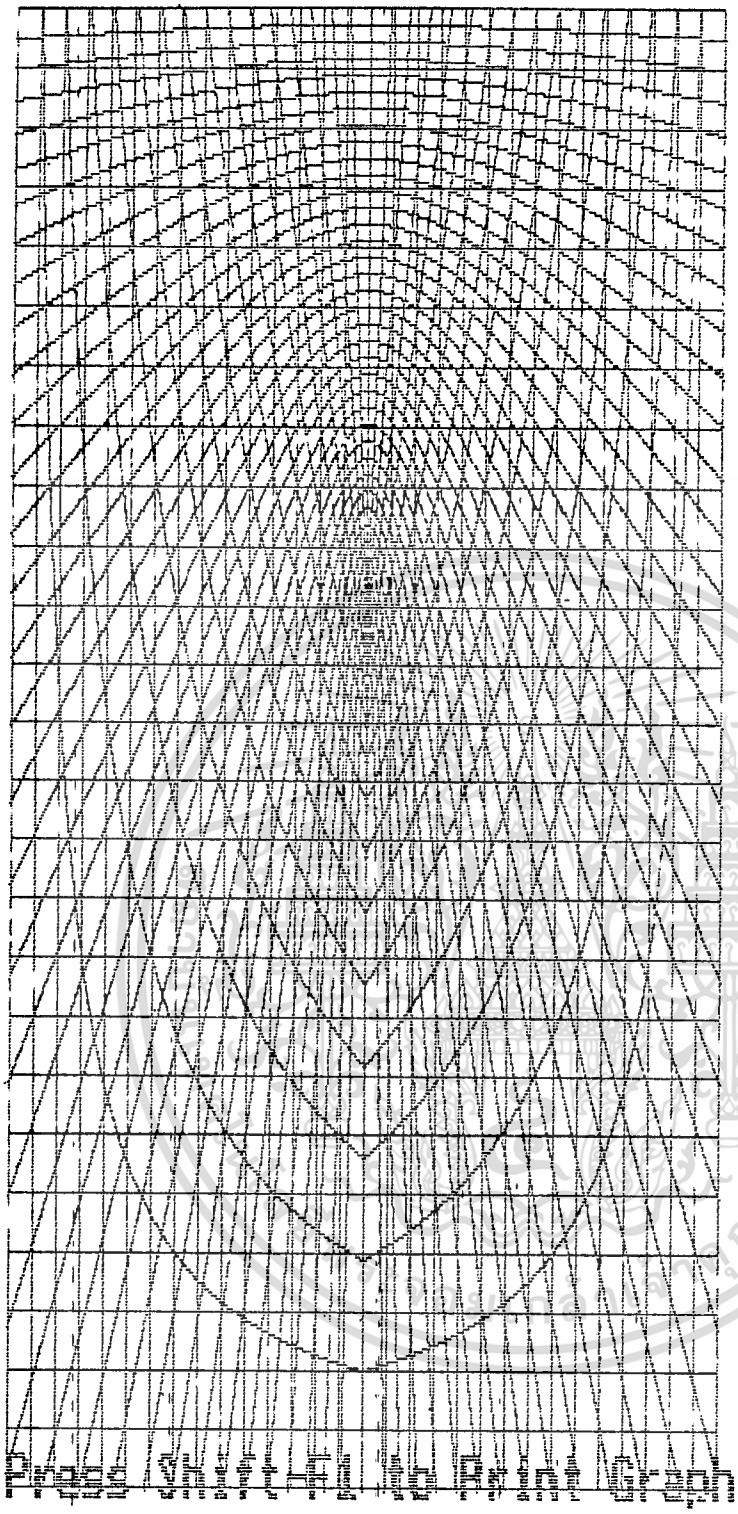
จำนวนช่อง/เมตร 4 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE 13 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE 64 เส้น

อัตราส่วน (FLOW-LINE/EQUIPOTENTIAL-LINE) = 0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

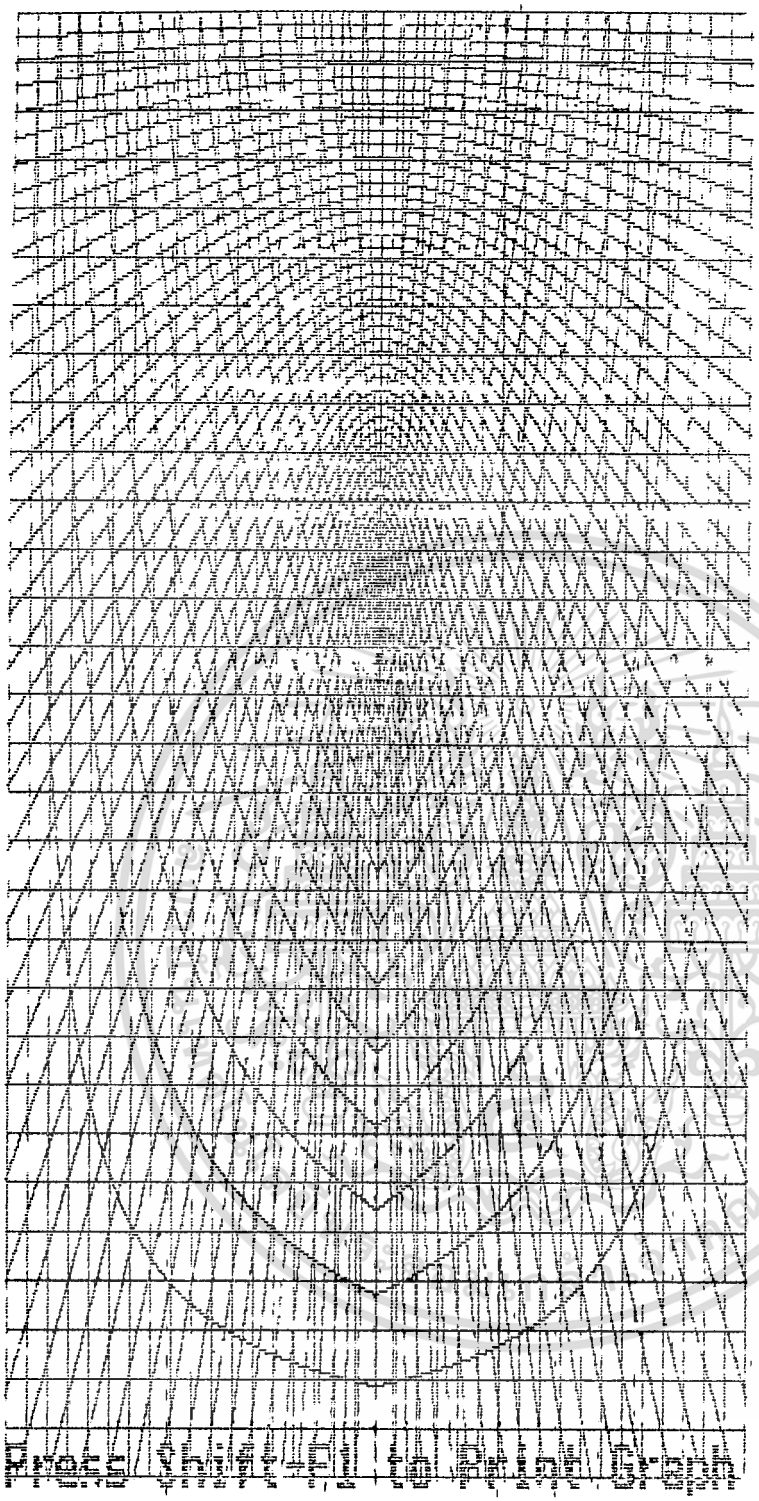
จำนวนช่อง/เมตร 5 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE 16 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE 74 เส้น

อัตราส่วน (FLOW-LINE/EQUIPOTENTIAL-LINE) = 0.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

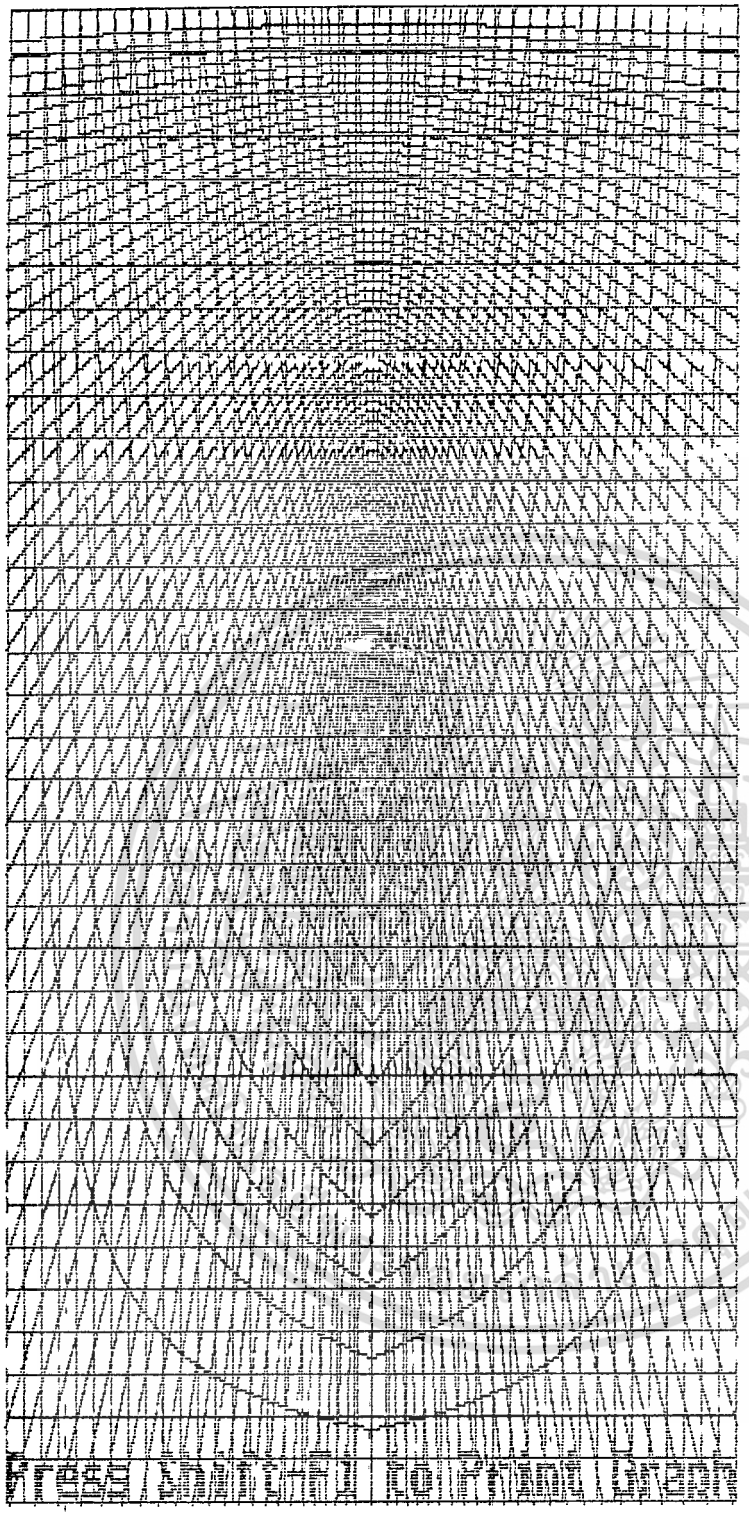
จำนวนช่อง/เมตร 6 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE 19 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE 32 เส้น

อัตราส่วน (FLOW-LINE/EQUIPOTENTIAL-LINE) = 0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

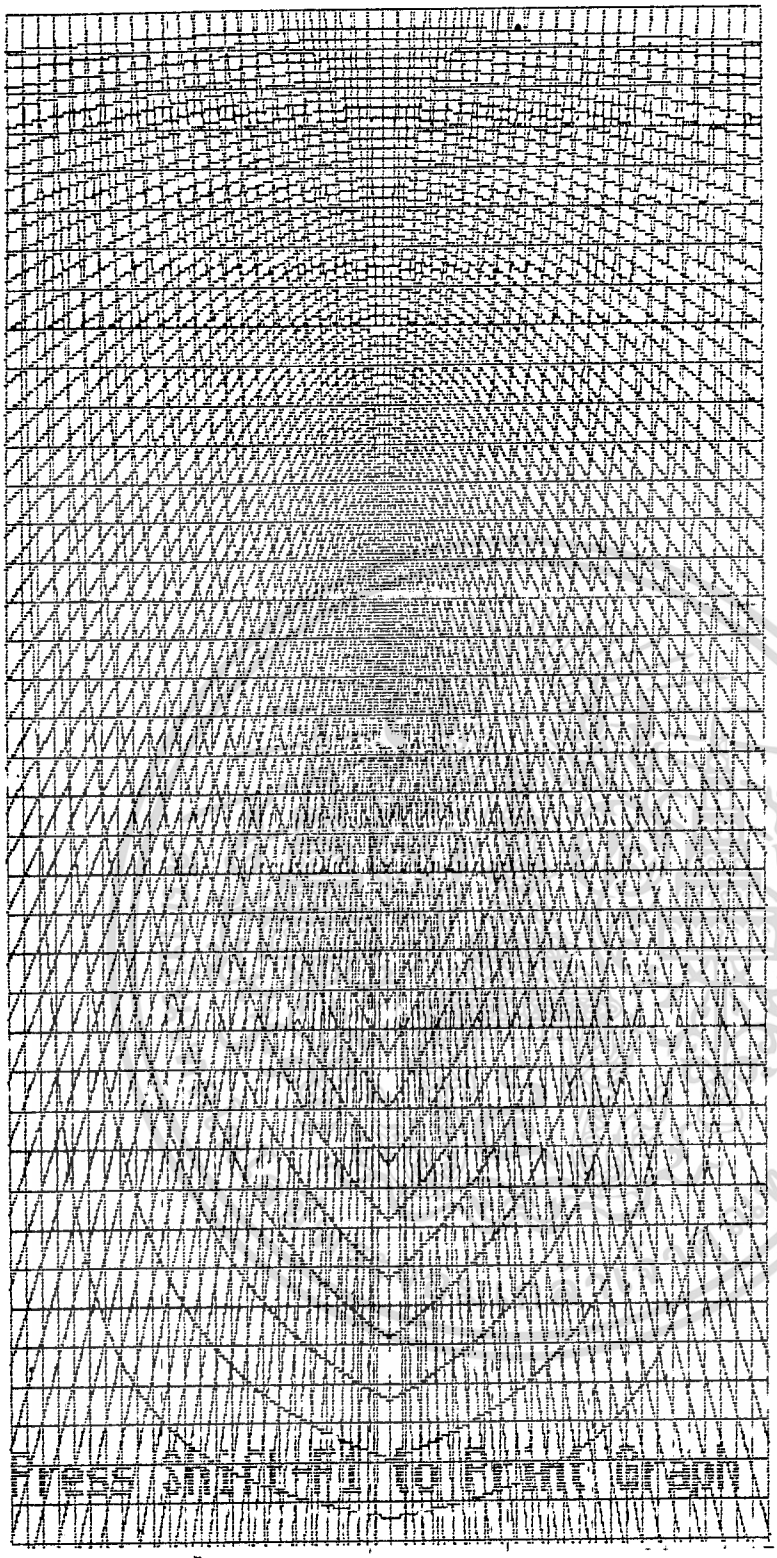
จำนวนช่อง/เมตร 7 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE 22 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE 122 เส้น

อัตราส่วน (FLOW-LINE/EQUIPOTENTIAL-LINE) = 0.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 5 เมตร

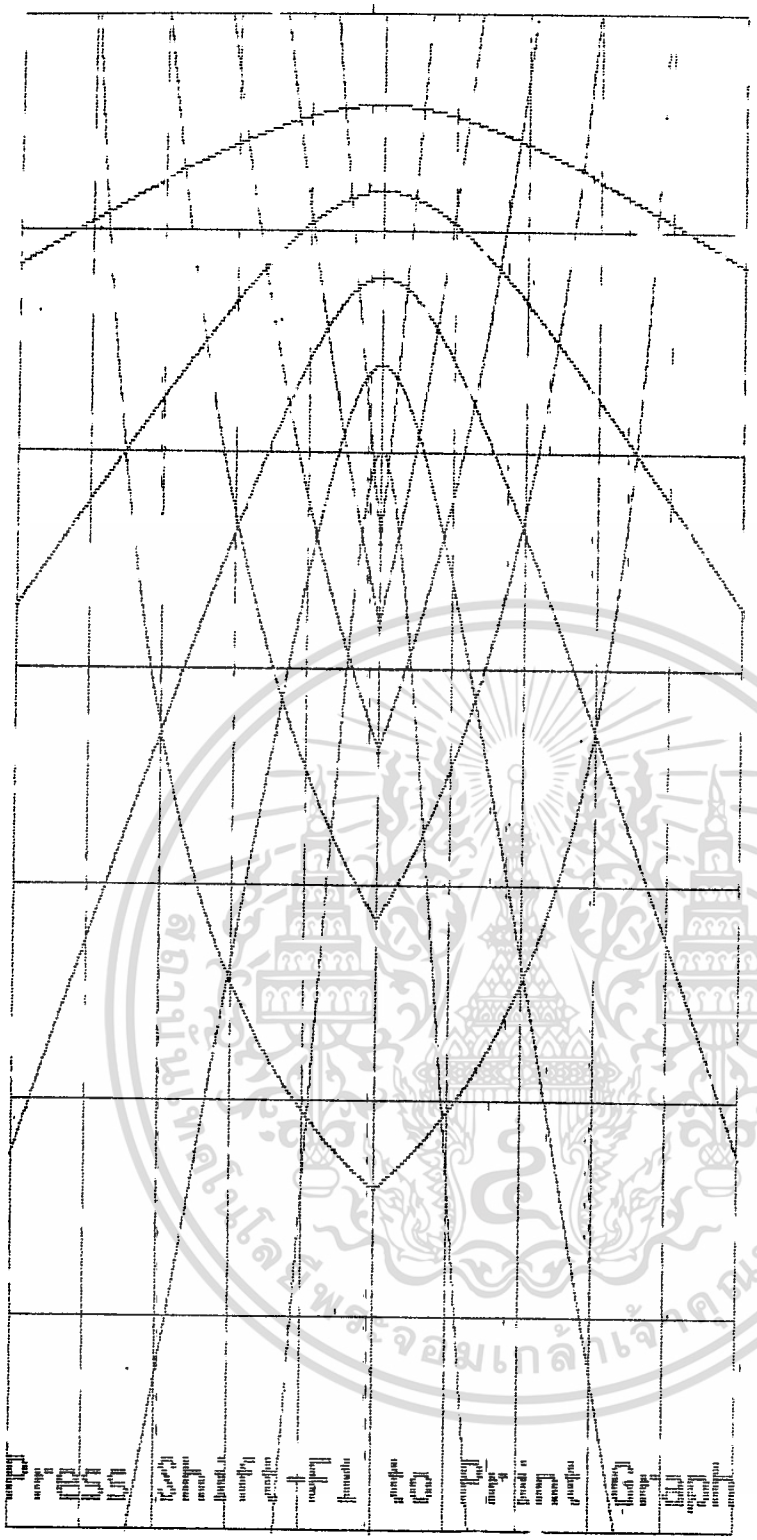
จำนวนช่อง/เมตร 8 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE 25 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE 128 เส้น

อัตราส่วน (FLOW-LINE/EQUIPOTENTIAL-LINE) = 0.195

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

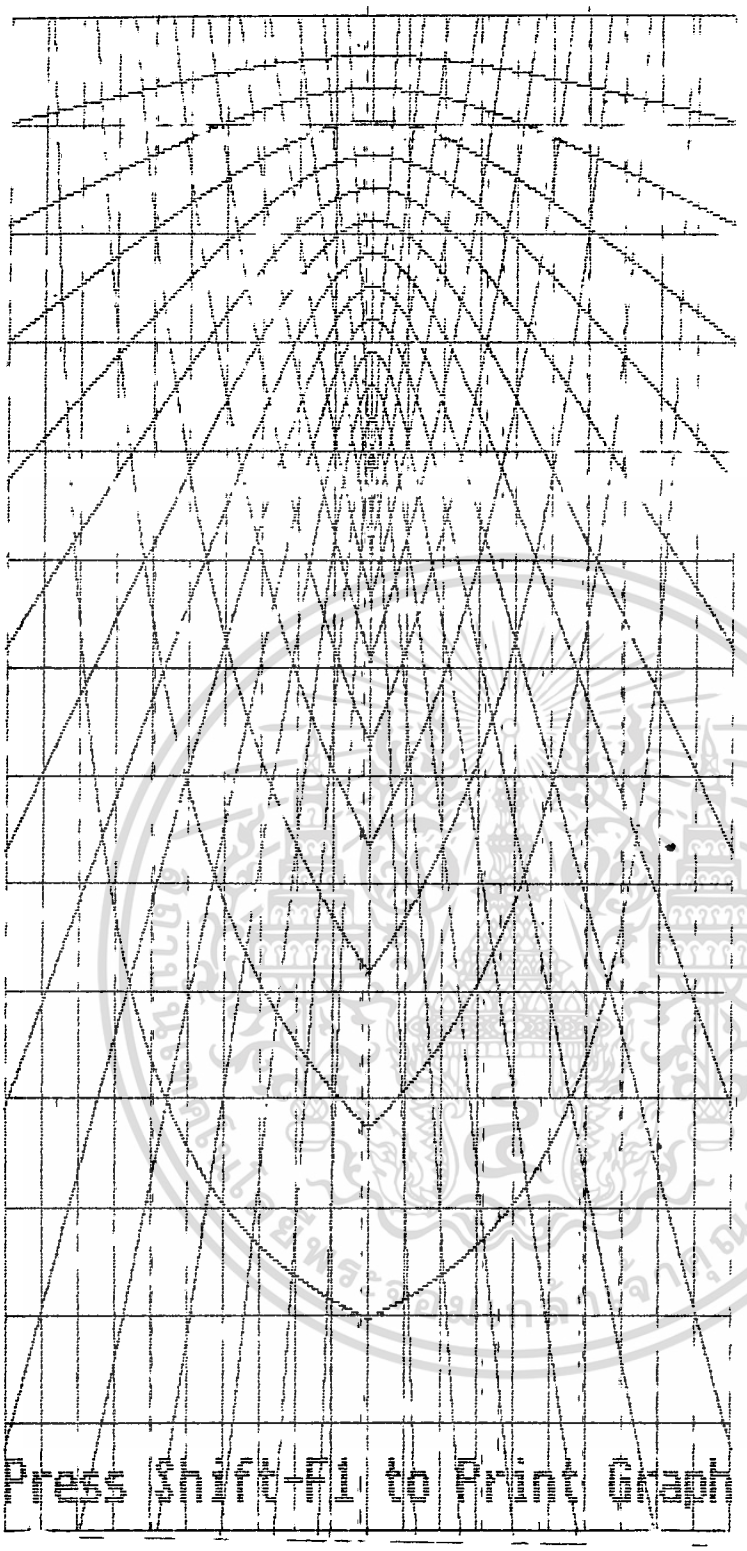
จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 6 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 12 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

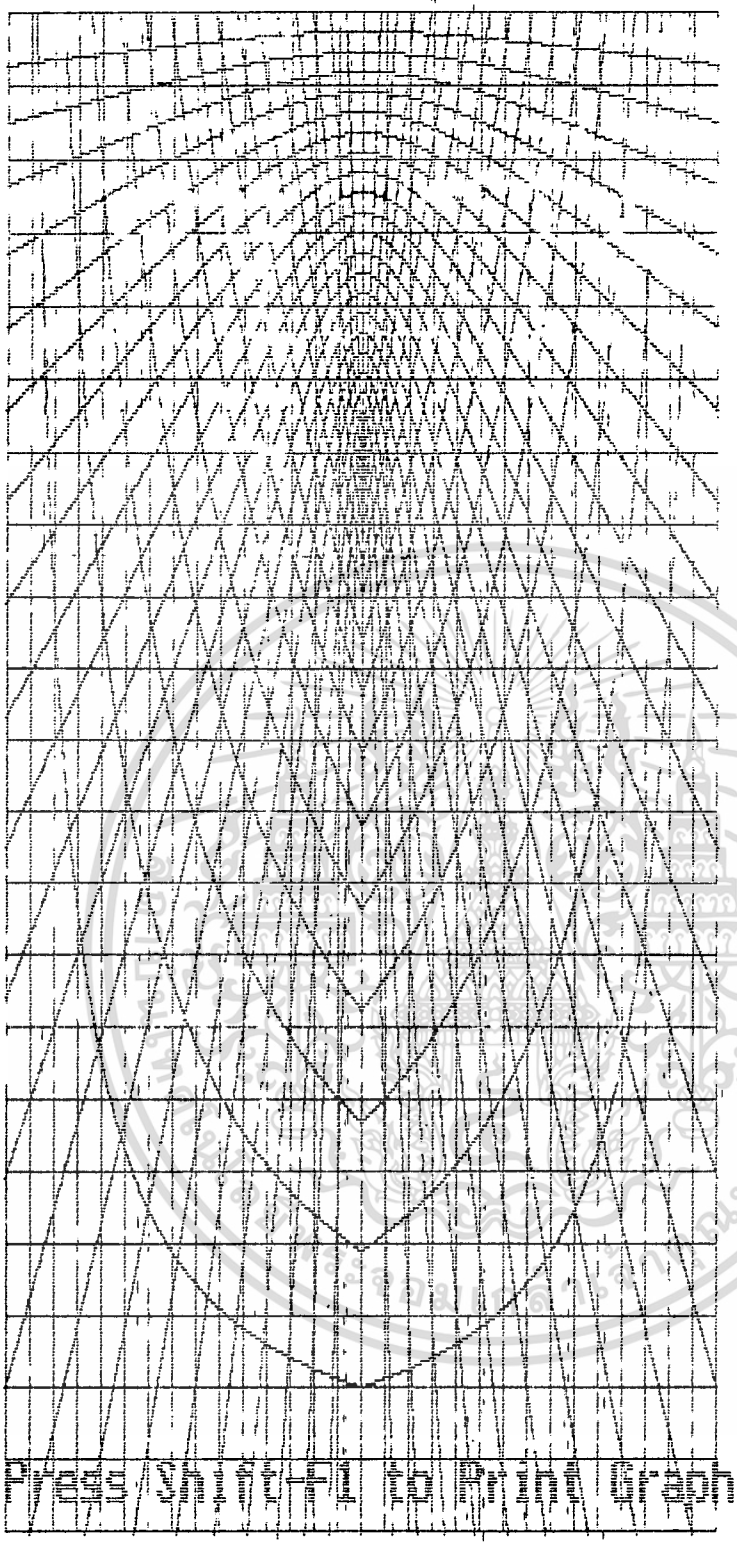
จำนวนช่อง/เมตร 2 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 11 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 28 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

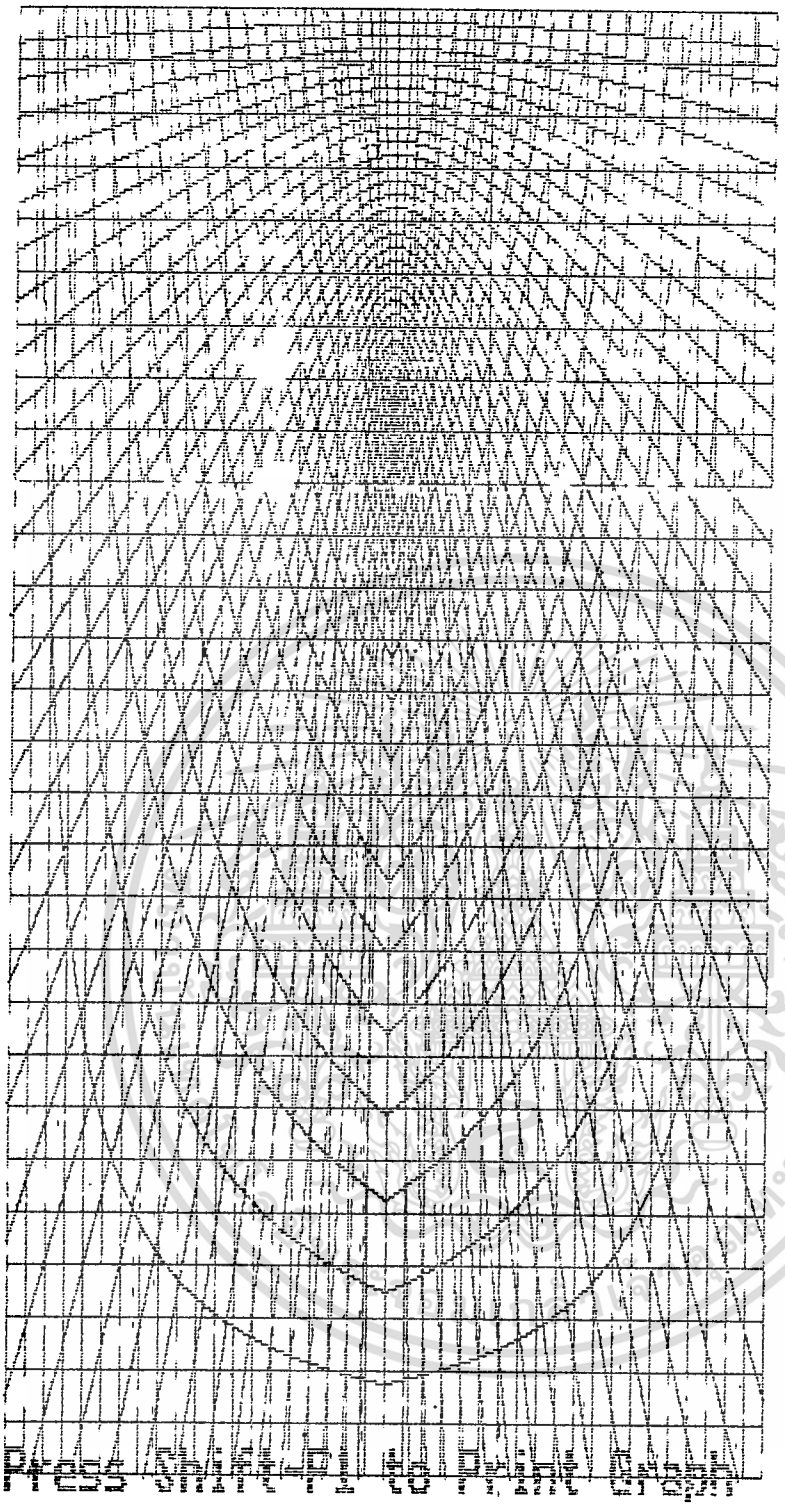
จำนวนช่อง/เมตร 3 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 16 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 46 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน , 2 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

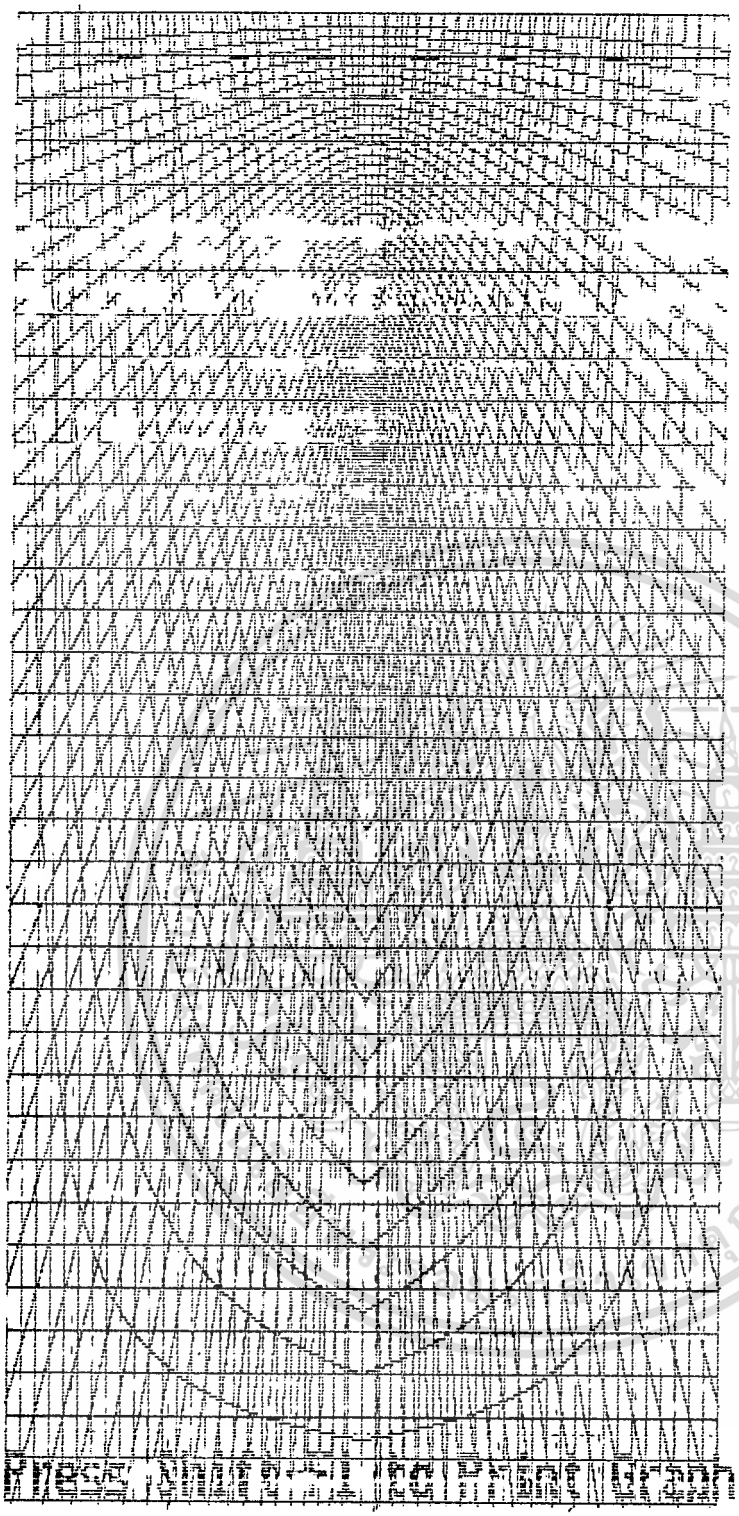
จำนวนช่อง/เมตร 4 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 21 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_q) 66 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_q = 0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

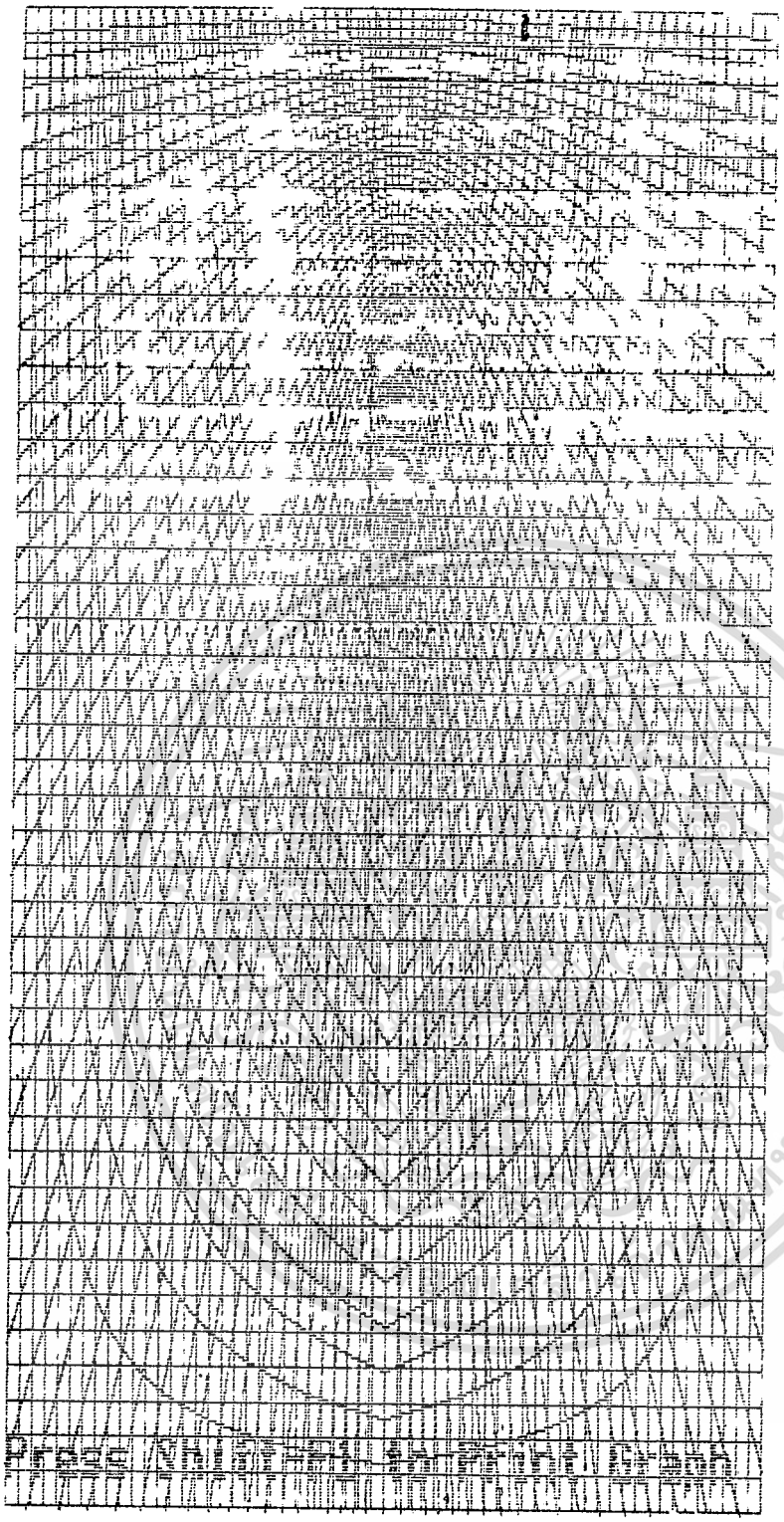
จำนวนช่อง/เมตร 5 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 26 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 88 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

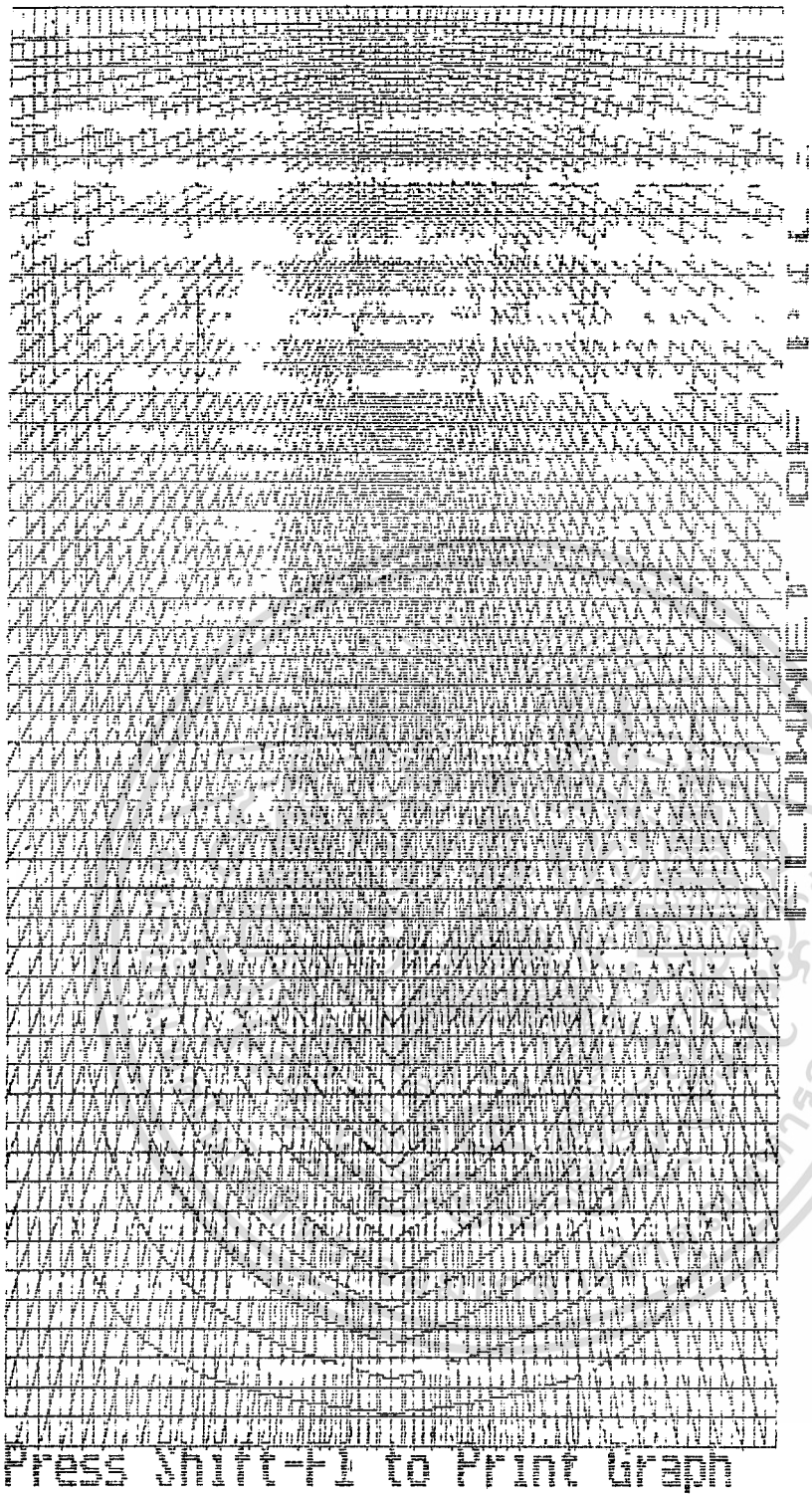
จำนวนช่อง/เมตร 6 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 31 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 90 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

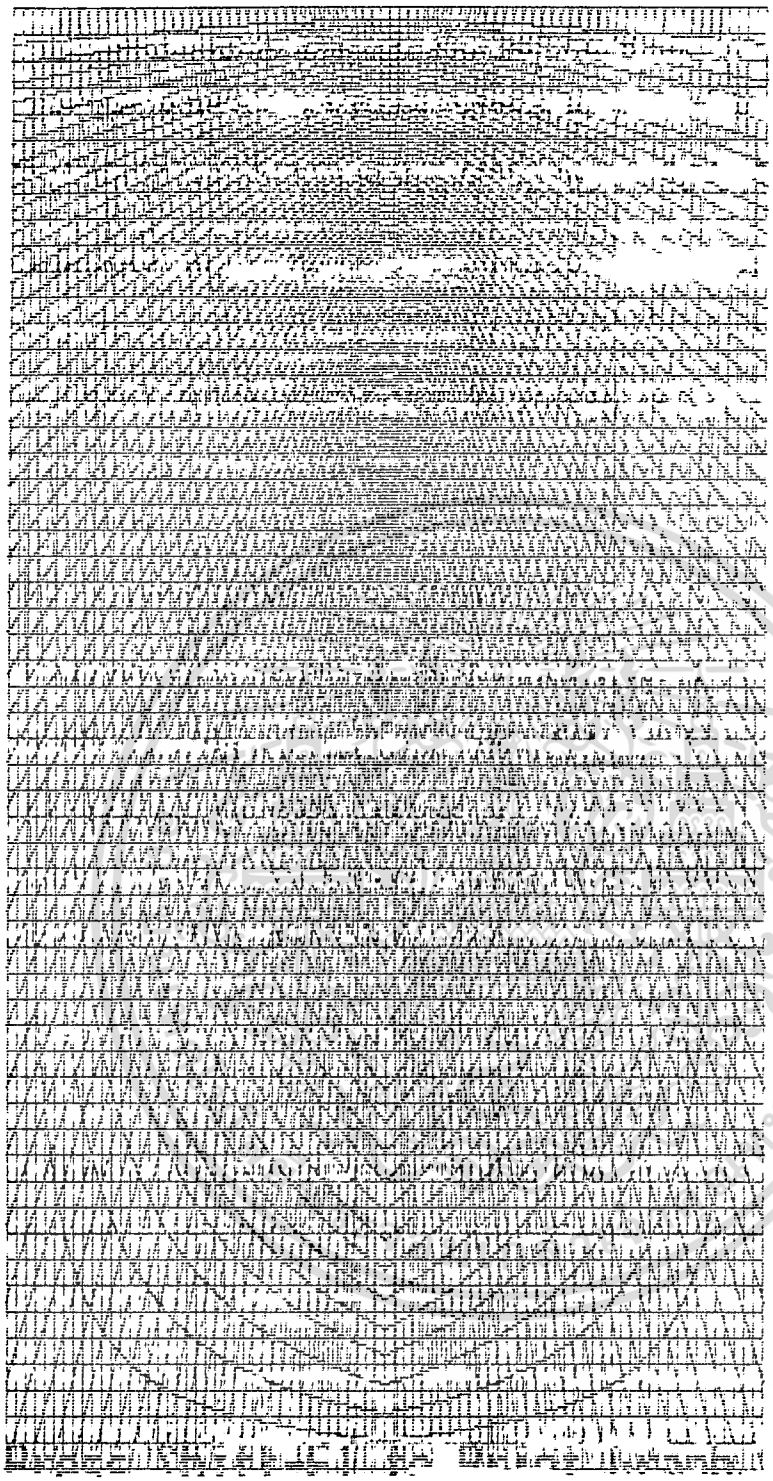
จำนวนช่อง/เมตร 7 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 36 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 126 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 7 เมตร

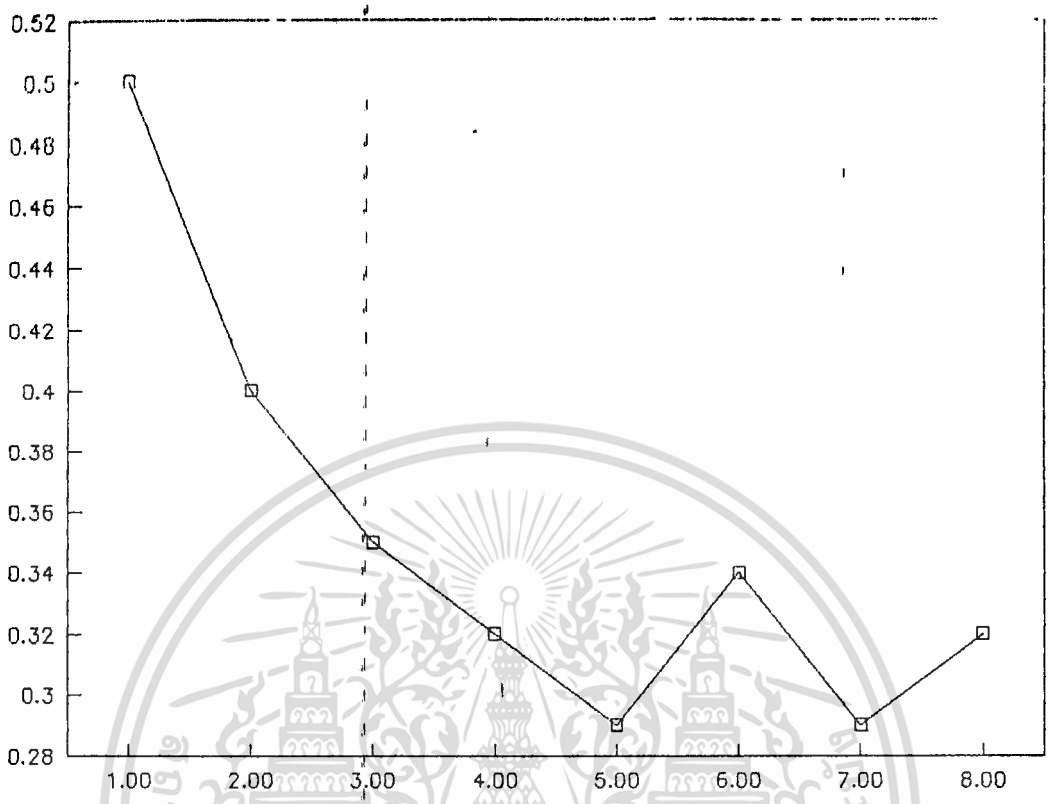
จำนวนช่อง/เมตร 8 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 41 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 128 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.32

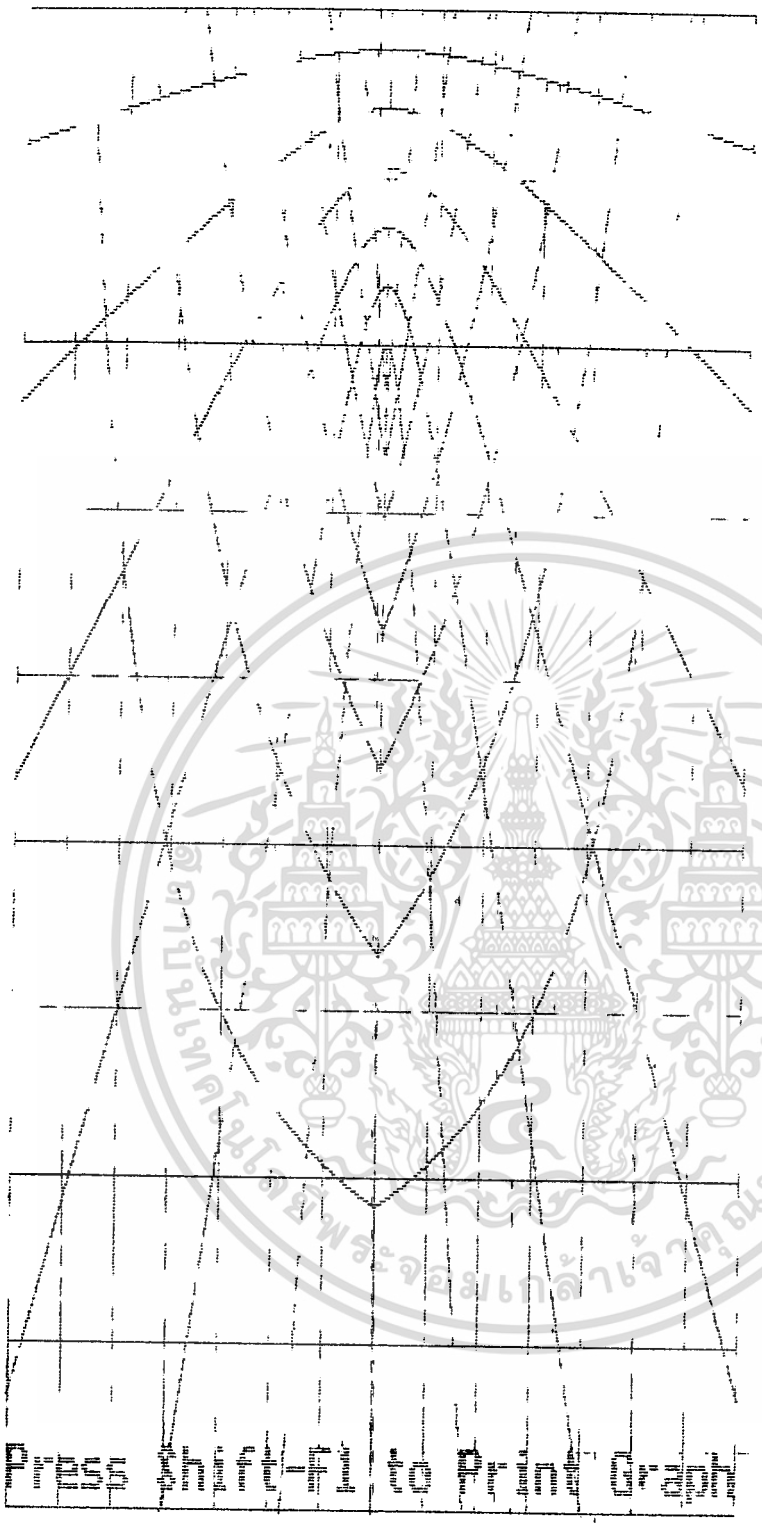
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟรูปความสัมพันธ์ของจำนวนช่อง/เมตร กับ อัตราส่วนของ FLOW-LINE(N_f)

กับ EQUIPOTENTIAL LINE(N_d) กรณีเข็มจมลงดิน 2 เมตร ความลึกของดิน 7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 9 เมตร

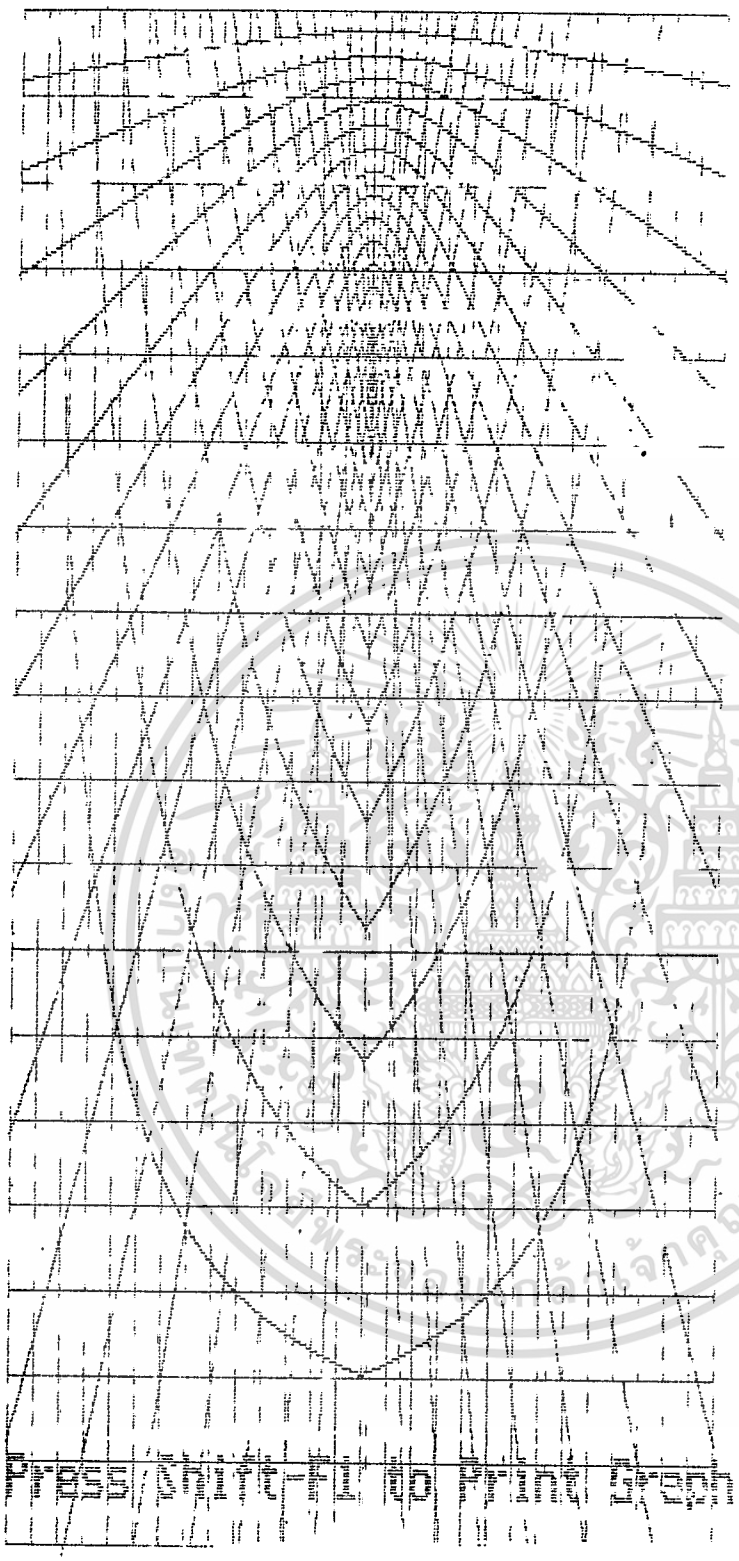
จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 8 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 14 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

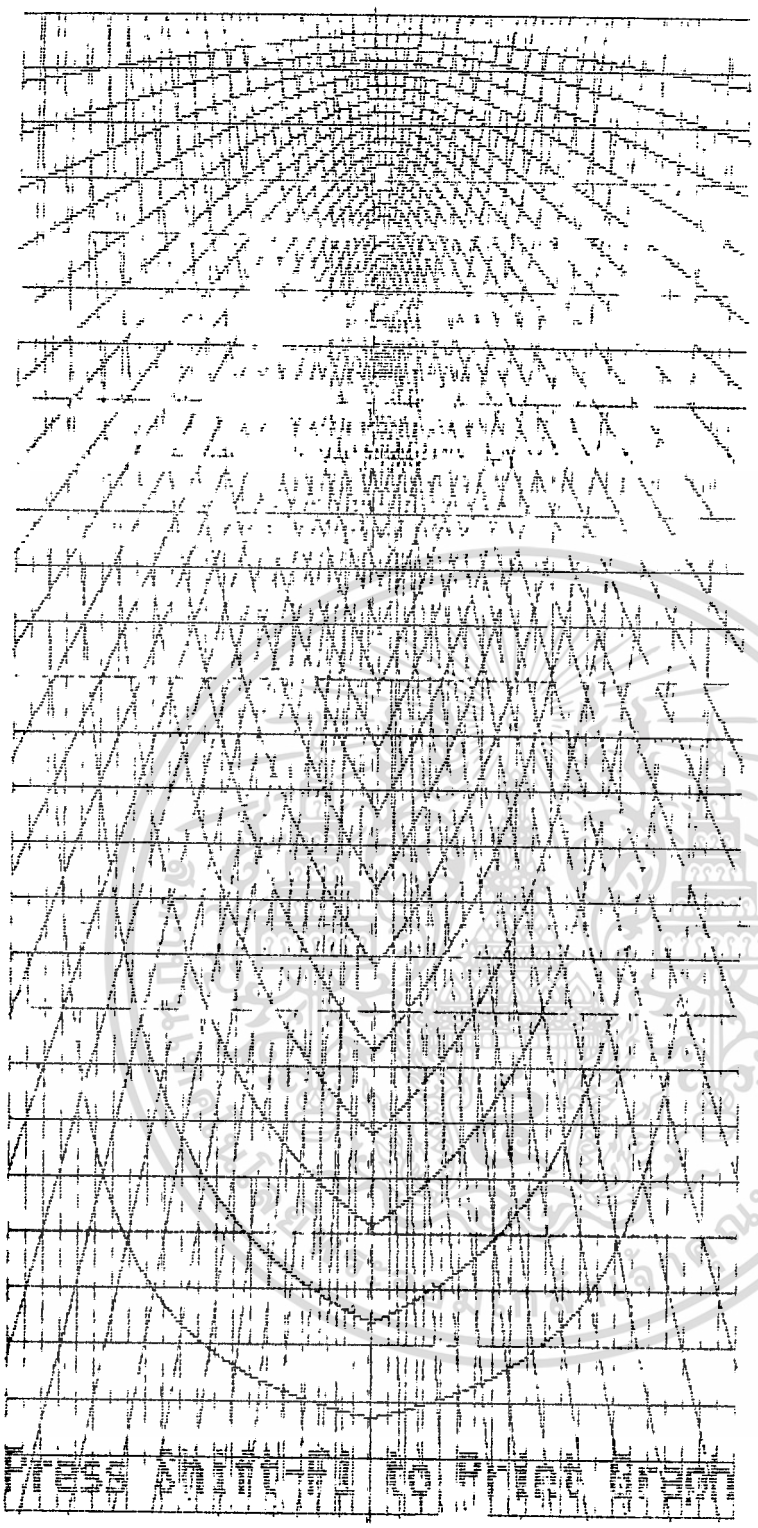
ความลึกของดิน 9 เมตร

จำนวนช่อง/เมตร 2 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 15 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 32 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 9 เมตร

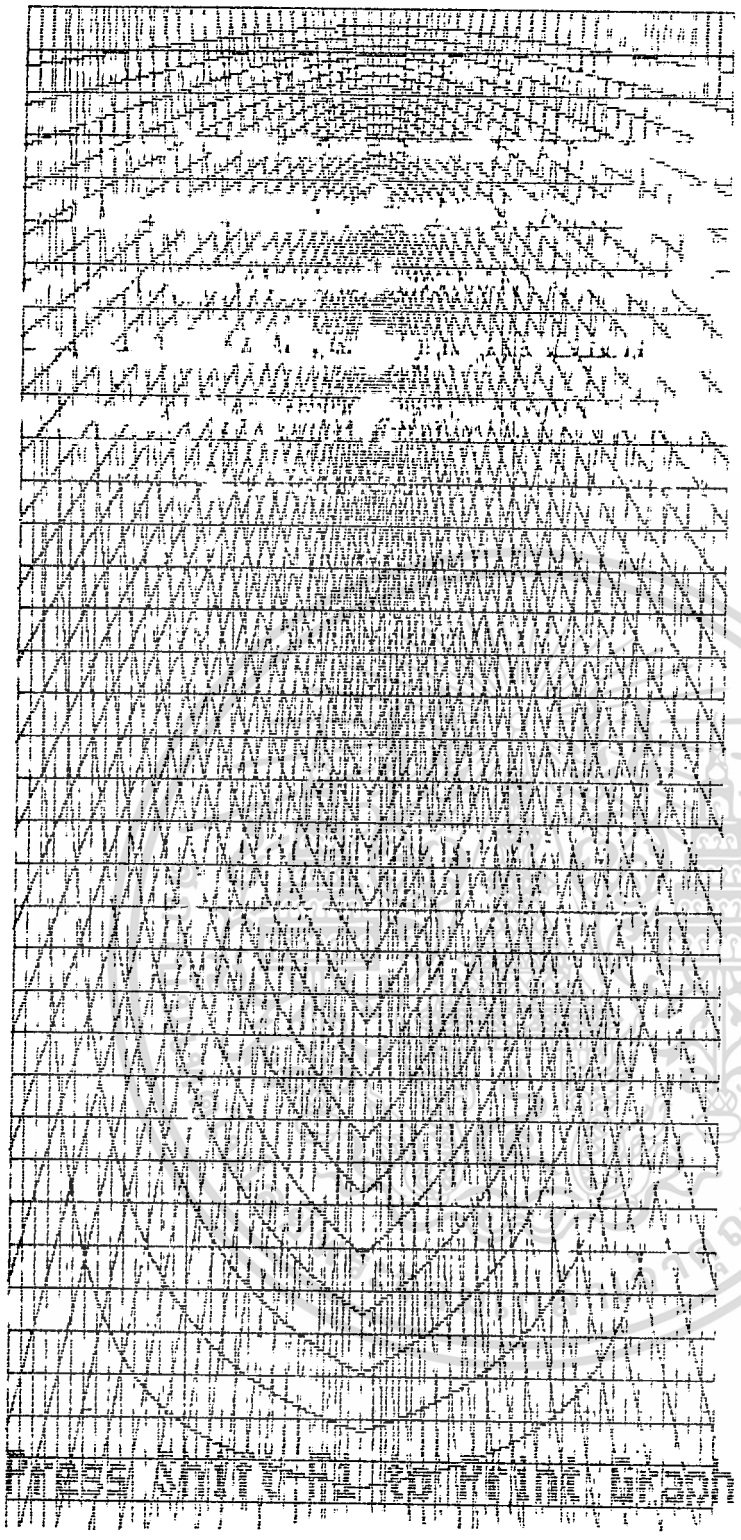
จำนวนช่อง/เมตร 3 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 22 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 52 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เข็มจมลงในดิน 2 เมตร

ความลึกของดิน 9 เมตร

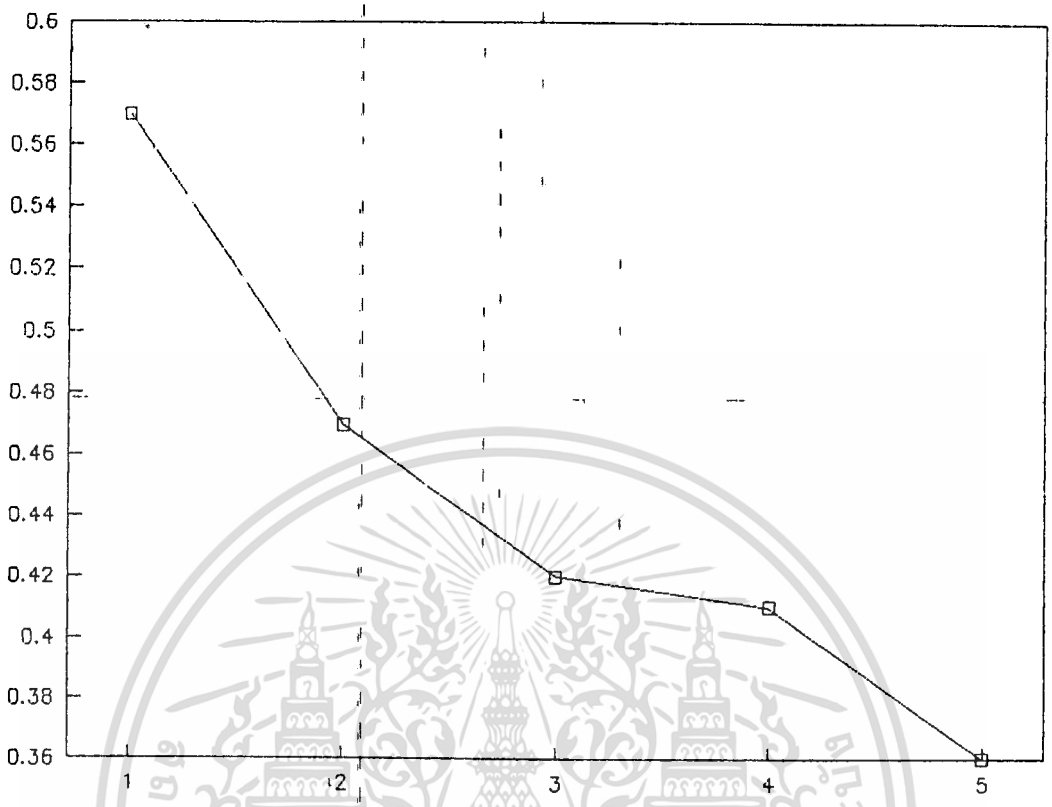
จำนวนช่อง/เมตร 4 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 29 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 70 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟรูปความสัมพันธ์ของจำนวนช่อง/เมตร กับ อัตราส่วนของ FLOW-LINE(N_f)

กับ EQUIPOTENTIAL LINE(N_d) กรณีเข็มจมลงดิน 2 เมตร ความลึกของดิน 9 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์

จากกราฟแสดงผลระหว่างค่าของ จำนวนช่อง/เมตร กับค่าอัตราส่วน N_f(FLOW-LINE) ต่อ N_d(EQUIPOTENTIAL-LINE) ในเงื่อนไขต่างๆเมื่อเราวิเคราะห์ผลการทำงานของโปรแกรมจะพบว่า ค่าเริ่มแรกจะลดลงไปถึงจุดหนึ่ง แล้วจะเริ่มมีค่าเพิ่มขึ้น โดยอ้างจากทฤษฎีที่เรานำมาวิเคราะห์นั้น เราได้กล่าวถึงการสร้างตะแกรงโดยมีหลักเกณฑ์ของสี่เหลี่ยมจัตุรัส เราจะพบว่า ในขอบเขตหนึ่งที่เป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า หากเราแบ่งขอบเขตนั้นเป็นช่องเล็กๆ การที่จะได้จำนวนช่องที่มากที่สุดได้ คือ เราจะต้องแบ่งให้เป็นช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส นั้นก็แสดงให้เห็นว่า จำนวนช่องในทางยาวจะมีค่ามากกว่าจำนวนช่องทางแนวกว้าง ซึ่งจำนวนช่องทางแนวยาวก็คือค่าของจำนวนเส้น EQUI POTENTIAL-LINE ส่วนจำนวนช่องทางแนวกว้างก็คือค่าของจำนวนเส้น FLOW-LINE เราจะพบว่า ถ้าการแบ่งช่องเข้าใกล้การเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้ว ค่าของจำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE จะเพิ่มมากขึ้นและจะทำให้อัตราส่วน N_f/N_d จากค่าที่เริ่มต้นจะลดลงถึงจุดที่จะเกิดช่องเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งจากกราฟในตัวอย่างของเขื่อนและเข็ม เราจะพบว่า ในจุดที่วกกลับจะทำให้เกิดการแบ่งช่องเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมจัตุรัสมากสุด และด้วยผลจากกราฟ ทำให้เราสามารถที่จะนำเอาโปรแกรมดังกล่าวมาใช้งานที่ช่วงของ MESH ค่าหนึ่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากผลการวิเคราะห์ ทำให้เราทราบว่าค่าที่จะนำมาใช้งานควรจะเป็นค่าอยู่ในขอบเขตของจำนวนช่อง/เมตรที่ 3-5 ช่อง/เมตร และกรณีที่ฐานเขื่อนกว้าง 2 ถึง 10 เมตร

ลักษณะข้อดีและข้อเสียของโปรแกรมนี้ก็คือ

ข้อดี:

1. สามารถที่พอจะนำมาวิเคราะห์ FLOWNET ได้ และทำให้เราทราบค่าอัตราการไหลของน้ำผ่านชั้นดินได้
2. สำหรับชั้นดินที่มีความลึกมากๆ การใช้ลากด้วยมือย่อมเป็นเรื่องที่ยาก การใช้โปรแกรมนี้จะช่วยให้สะดวกเพิ่มขึ้น
3. ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์เขื่อนในกรณีอื่นอีก
4. สามารถสร้างความละเอียดโดยอยู่บนพื้นฐานของคณิตศาสตร์

ข้อเสีย:

1. ยังไม่สามารถนำมาเป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ได้อย่างแท้จริง จนกว่าจะมีการพัฒนาโปรแกรมนี้โดยใช้ทฤษฎีที่แตกต่างออกไป แล้วนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาข้อสรุปต่อไป
2. โปรแกรมดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่มาก เช่น ใช้ได้กับเขื่อนขนาดเล็กเท่านั้น
3. ใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างช้า
4. เนื่องจากผลของภาษาที่ใช้ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความละเอียดที่จำนวนมากๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Abdel-Aziz Ismail Kashef ; GROUND WATER ENGINEERING,McGRAW-HILL (1987)

พ.อ. ไพโรจน์ เกรียงศิริ ; ชลศาสตร์กับไมโครคอมพิวเตอร์; ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ (2532)

มณเฑียร กังศศิเทียม ; กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน (2533)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

- ตัวอย่างการคำนวณด้วยมือเปรียบเทียบกับคอมพิวเตอร์

- คู่มือการใช้โปรแกรม

- ข้อมูลการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวิเคราะห์

วิธีในการวิเคราะห์ตาข่ายการไหลของน้ำในโครงการนี้เราเลือกใช้วิธีการที่เรียกว่า MESH RELAXATION METHOD วิธีดังกล่าวได้พัฒนามาจากวิธีทางคณิตศาสตร์ LAPLACEโดยขั้นตอนการทำวิธีดังกล่าวอยู่ในหลักเกณฑ์ที่ว่า เราจะต้องสร้างตะแกรงขึ้นเพื่อเป็นการกำหนดตำแหน่งของเส้น FLOW-LINE ที่จะวาด โดยตะแกรงดังกล่าวจะเกิดจากตัวแปรที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไป ตัวแปรดังกล่าวได้แก่ ความยาวของฐานเขื่อน และความลึกของชั้นดิน จากความลึกของชั้นดินจะเป็นตัวกำหนดจำนวนเส้น FLOW-LINE ของเราในการวาดในแต่ละครั้ง เช่น เราหากกำหนดความลึกมากๆ หรือ กำหนดความละเอียดจำนวนช่องต่อเมตรมากๆ ซึ่งเป็นตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่ผู้ใช้จะต้องกำหนดเข้าไปในโปรแกรมโดยโปรแกรมจะเรียกถามก่อนการวาดภาพ เราจะได้จำนวนเส้น FLOW-LINE มากขึ้นด้วย เมื่อเราทราบตำแหน่งเริ่มต้นและสุดท้ายของเส้น FLOW-LINE ในแต่ละเส้นแล้ว จากความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างเส้น FLOW-LINE และ เส้น EQUIPOTENTIAL-LINE เราจะได้สมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

เส้น FLOW-LINE เกิดความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เป็นรูปไฮเปอโบล่า ซึ่งมีสมการดังนี้

$$X * Y = CONST$$

เส้น EQUIPOTENTIAL-LINE เกิดความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เป็นรูปไฮเปอโบล่า ซึ่งมีสมการดังนี้

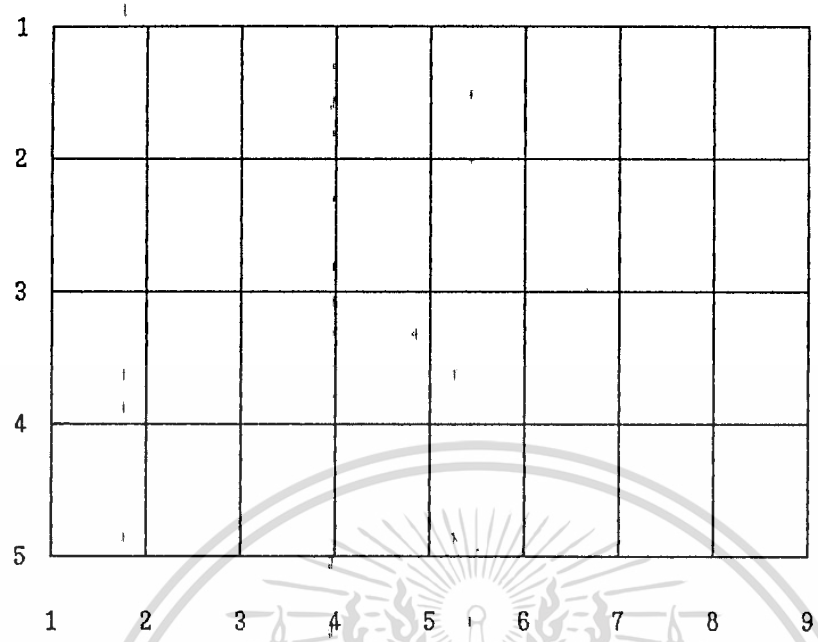
$$X^2 - Y^2 = CONST$$

เราจะนำความสัมพันธ์นี้มาลากเส้นทั้ง FLOW-LINE และ เส้น EQUIPOTENTIAL-LINE เพื่อให้เข้าใจในวิธีดังกล่าวเราจะแสดงตัวอย่างในการวิเคราะห์โดย MESH RELAXATION METHOD โดยจะสมมติให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลดังนี้

ความยาวฐานเขื่อน	2	เมตร
ความลึกของชั้นดิน	3	เมตร
จำนวนช่อง/เมตร	1	ช่อง/เมตร

เราจะได้ตะแกรงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โดยเราจะมีสมมติฐานให้ที่ฐานเขื่อนมีค่าเป็นประมาณ 100 ค่าถัดจากนั้นจะลดลงโดยมีค่าที่ลดลงเท่ากับ 100 หารด้วย ความลึกของชั้นดิน จากตัวอย่างจะได้ที่ละให้ลดลงมีค่าเท่ากับ 100/3 ได้ค่าประมาณ 33 นั้นคือตำแหน่งที่เป็น 100 อยู่ที่ (4,2),(5,2),(6,2)ส่วนที่อยู่เหนือฐานเขื่อนได้แก่ (4,1),(5,1),(6,1) เราให้มีค่าเท่ากับ 0 ส่วนที่ตำแหน่ง(3,1),(3,2),(3,3),(4,3),(5,3),(6,3),(7,3),(7,2),(7,1) ลักษณะเป็นรูปตัว U จะมีค่าเท่ากับ 100-33=66 ส่วนในตำแหน่ง (2,1),(2,2),(2,3),(2,4),(2,4),(3,4),(4,4),(5,4),(6,4),(7,4),(8,4),(8,3),(8,2),(8,1) ลักษณะเป็นรูปตัว U ใหญ่ขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 66-33 = 33 ส่วนที่ตำแหน่ง (1,1),(1,2),(1,3),(1,4),(1,5),(2,5),(3,5),(4,5),(5,5),(6,5),(7,5),(8,5),(9,5),(9,4),(9,3),(9,2),(9,1) มีค่าเท่ากับ 33-33 = 0 เมื่อเราใส่ค่าลงไปในแต่ละจุดขั้นตอนต่อไปเราจะใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ LAPLACE เปลี่ยนค่าในจุดที่เรากำหนดยกเว้นจุดที่มีค่าเป็น 100 และ 0 ที่เราจะไม่นำมาทำ LAPLACE ยังมีค่าเป็นค่าเดิมอยู่ เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วเราจะหาตำแหน่งของเส้น FLOW-LINE ที่จะว่าดว่าควรอยู่ที่ไหนของบนตะแกรงแล้ววาดเส้นนี้โดยสมการที่ได้กล่าวถึงแล้วอีกที่หนึ่ง เมื่อเราวาดเส้น FLOW-LINE เรียบร้อยแล้ว เราก็จะดำเนินการในการวาดเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

จากรูปแสดงรูปตัดของเขื่อนคอนกรีตซึ่งตั้งอยู่บนดินที่น้ำสามารถซึมผ่านได้เล็กน้อย ใต้ชั้นดินลงไปเป็นชั้นดินที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ จงเขียน Flow net จงหาอัตราการรั่วซึมของน้ำใต้เขื่อน

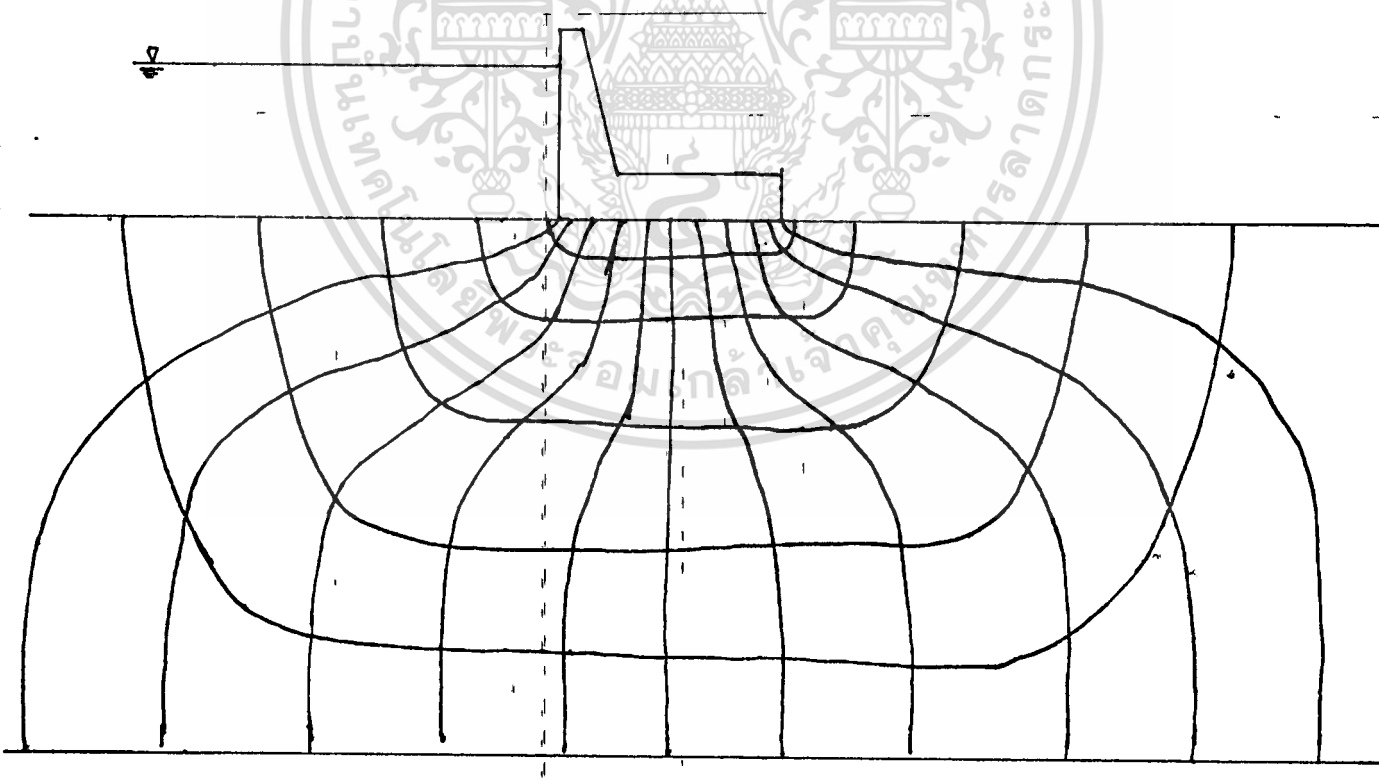
กำหนด ความกว้างของฐานเขื่อน 3 ม.

ความลึกของชั้นดิน 7 ม.

ความสูงของระดับน้ำ 2 ม.

$K_x = 2*10^{-3}$ ซม./วินาที

$K_y = 2*10^{-3}$ ซม./วินาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป flow net

$$N_f = 6$$

$$N_d = 12$$

$$K_{av} = \sqrt{(K_{max} * K_{min})}$$

$$= \sqrt{(2*10^{-3} * 2*10^{-3})}$$

$$= 2*10^{-3}$$

$$q = KH\ N_f/N_d$$

$$= 2*10^{-3} * 200 * 6/12$$

$$= 0.2 \quad cm^3/s$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนของโปรแกรม

เมื่อเริ่มใช้โปรแกรมวาดภาพ Flow Line เราจะต้องมีไฟล์ที่ใช้งานดังนี้

1. A1.TPV
2. A2.TPV
3. A3.TPV
4. A4.TPV
5. CUR.TPV
6. FNET1.TPV
7. FNET2.TPV
8. CRT.TPV
9. GRAPH.TPV
10. PTEST.EXE
11. PTEST.OVR

เมื่อเราจะใช้โปรแกรมวาดภาพ Flow-Net เราจะต้องเรียกไฟล์ชื่อ PTEST

การใช้งานของโปรแกรม

1. เรียกไฟล์ PTEST.EXE
2. เมื่อเข้าโปรแกรมจะเกิดหน้าจอ อธิบายรายละเอียดบางส่วนของโปรแกรม
3. เมื่อเรากด ENTER มันจะเข้าไปสู่อีกหน้าจอหนึ่ง เพื่อให้ USER เลือกว่าจะทำงานกับ DAM หรือ FILE
4. เมื่อเราเลือก OPTION ใด มันจะเข้าสู่อีกหน้าจอหนึ่ง แล้วให้เราป้อนตัวแปรที่จะใช้ ดังนี้
   4.1 Potential Head คือ ค่าความลึกของน้ำ มีหน่วยเป็น cm.
   4.2 Layer of Earth คือ จำนวนชั้นของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เมื่อเราป้อนจำนวนชั้นดินที่จะใช้ จะให้ป้อนความลึกของแต่ละชั้นคือ Thickness และ ค่า Coefficient of Horizontal Permeability (KH) กับค่า Coefficient of Vertical Permeability (KV) ของแต่ละชั้น

4.4 เมื่อเราป้อนในข้อ 3 เสร็จจะเข้าสู่อีกหน้าจอหนึ่ง เพื่อป้อนค่าความยาวของฐานเขื่อน หรือความยาวของเข็ม (ถ้าหากเราเลือกเข็ม)

4.5 เมื่อป้อนความยาวขั้นตอนนี้เสร็จ จะเกิดอีกหน้าจอหนึ่ง เพื่อถามจำนวนช่องต่อเมตร นั่นคือ การหาอัตราส่วนการวาด

4.6 หน้าจอต่อไปจะแสดงค่าตัวเลขที่เรา Assume เข้าไปในแต่ละจุดตัดของตาราง

4.7 เมื่อเรากด ENTER จะแสดงค่าที่เปลี่ยนไป ในแต่ละจุดตัดของตารางซึ่งเกิดจากการทำ Laplace นั้น

4.8 เมื่อเรากด ENTER อีกครั้ง จะวาดภาพ Flow Line ให้กับเรา หากเราต้องการให้พิมพ์ออกมายัง Printer อีก โดยกด Shift F1

4.9 หากเรากด SPACE BAR มันจะกลับมาสู่หน้าจอ เพื่อถาม Option อีกครั้งหนึ่ง หากเราจะออกจากโปรแกรม PTEST ให้เลือก EXIT เพื่อออกสู่ DOS ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M A I N M E N U

w-Net Version 1.0 Special Project 19498

1. CONCRETE DAM
2. SHEET PILE
3. EXIT

Select menu by use Up,Down Arrow and press Enter. Esc to Exit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C O N C R E T E D A M

w-Net Version 1.0 Special Project 19498

er Potential Head (cm) = 2.0000000000E+02
er Number Of Soil Layer = 1

r No.	Thickness of Layer(m)	Horizon Coef(cm/s)	Vertic Coef(cm/s)
1	4.0000000000E+00	2.0000000000E-03	2.0000000000E-03

Select menu by use Up,Down Arrow and press Enter. Esc to Exit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HOW LONG YOUR BASE(m) ? 2
```

```
HOW NUMBER MESHS TO METER ? 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	0.000000000000
2	0.000000000000
3	0.000000000000
4	0.000000000000
5	0.000000000000
6	0.000000000000
1	25.000000000000
2	25.000000000000
3	25.000000000000
4	25.000000000000
5	25.000000000000
6	0.000000000000
1	50.000000000000
2	50.000000000000
3	50.000000000000
4	50.000000000000
5	25.000000000000
6	0.000000000000
1	75.000000000000
2	75.000000000000
3	75.000000000000
4	50.000000000000
5	25.000000000000
6	0.000000000000

1	0.000000000000
2	100.000000000000
3	75.000000000000
4	50.000000000000
5	25.000000000000
6	0.000000000000
1	0.000000000000
2	100.000000000000
3	75.000000000000
4	50.000000000000
5	25.000000000000
6	0.000000000000
1	0.000000000000
2	100.000000000000
3	75.000000000000
4	50.000000000000
5	25.000000000000
6	0.000000000000
1	75.000000000000
2	75.000000000000
3	75.000000000000
4	50.000000000000
5	25.000000000000
6	0.000000000000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	50.000000000000
2	50.000000000000
3	50.000000000000
4	50.000000000000
5	25.000000000000
6	0.000000000000
1	25.000000000000
2	25.000000000000
3	25.000000000000
4	25.000000000000
5	25.000000000000
6	0.000000000000
1	0.000000000000
2	0.000000000000
3	0.000000000000
4	0.000000000000
5	0.000000000000
6	0.000000000000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	0.000000000000
2	0.000000000000
3	0.000000000000
4	0.000000000000
5	0.000000000000
6	0.000000000000
1	11.34310274900
2	12.81985296000
3	11.34310274900
4	8.09697218940
5	4.11571996730
6	0.000000000000
1	24.15558584700
2	28.59320634200
3	24.45558584700
4	16.89903604100
5	8.48602767970
6	0.000000000000
1	40.98699825500
2	52.64180071300
3	40.98699825500
4	26.55755844900
5	12.89932471000
6	0.000000000000

1	0.000000000000
2	100.000000000000
3	60.29304801200
4	35.44487478900
5	16.55371271300
6	0.000000000000
1	0.000000000000
2	100.000000000000
3	64.74031900200
4	38.37517998300
5	17.87065135200
6	0.000000000000
1	60.29304801200
2	100.000000000000
3	60.29304801200
4	35.44487478900
5	16.55371271300
6	0.000000000000
1	40.98699825500
2	52.64180071300
3	40.98699825500
4	26.55755844900
5	12.89932471000
6	0.000000000000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	24.45558584700
2	28.59320634200
3	24.45558584700
4	16.89903604100
5	8.48602767970
6	0.00000000000
1	11.34310274900
2	12.81985296000
3	11.34310274900
4	8.09697218940
5	4.14574996730
6	0.00000000000
1	0.00000000000
2	0.00000000000
3	0.00000000000
4	0.00000000000
5	0.00000000000
6	0.00000000000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KV (cm/s) = 2.0000000000E-03

KH (cm/s) = 2.0000000000E-03

Kavr (cm/s) = 2.0000000000E-03

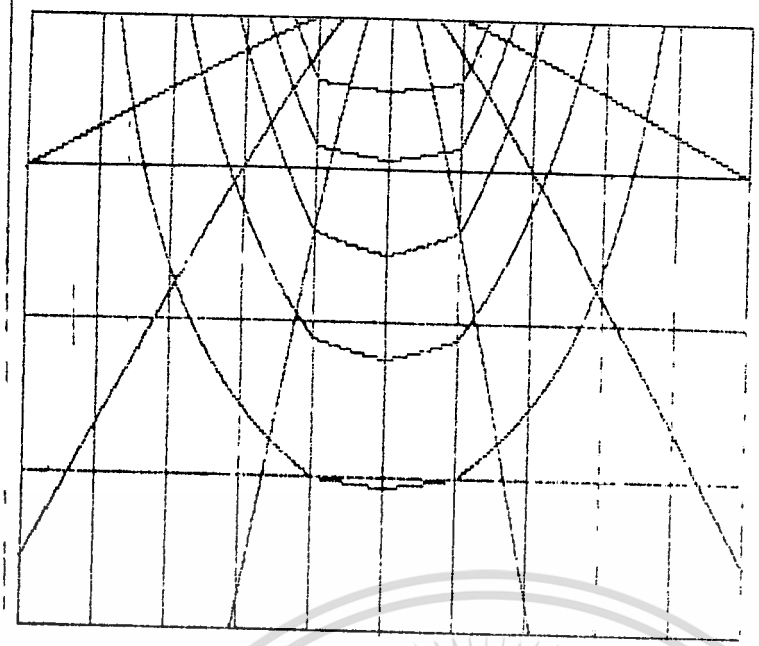
Nf = 6

Nd = 8

Q (cm3/s) = 3.0000000000E-01

ss Any Key to continue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOWNET OF DAM

Press Shift-F1 to Print Graph

ฐานเขื่อนกว้าง 2 เมตร

ความลึกของดิน 4 เมตร

จำนวนช่อง/เมตร 1 ช่อง/เมตร

จำนวนเส้น FLOW-LINE(N_f) 6 เส้น

จำนวนเส้น EQUIPOTENTIAL-LINE(N_d) 8 เส้น

อัตราส่วน N_f/N_d = 0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unit cur;
{$o+,f+}
Interface
uses Dos;
procedure CursorOn;
procedure CursorOff;

Implementation

procedure CursorOn;
  var
    CursorMode : integer Absolute $0040:$0060;
    Vport      : integer Absolute $0040:$0063;
    Regs       : registers;
begin
  Port[Vport]   := 10;
  Port[Vport+1] := Hi(CursorMode) and $DF;
  Port[Vport]   := 11;
  Port[Vport+1] := Lo(CursorMode)
end;

{-----------------------------------------------}

procedure CursorOff;
  Var
    CursorMode : integer Absolute $0040:$0060;
    Vport      : integer Absolute $0040:$0063;
    Regs       : registers;
begin
  Port[Vport]   := 10;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Port[Vport+1] :  Hi(CursorMode) or $20;
    Port[Vport]   :  L1;
    Port[Vport+1] :  Lo(CursorMode)
  end;

End.
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unit A4;
{$o+,F+}
interface
uses graph,Printer,crt,Dos;

ProCedure prngrp;


Implementation


ProCedure prngrp;
  Var Ch:Char;
      InVerse:word;
      CodeForExit:Byte;

     Procedure CopyGraphics(PrtCode:byte);
       Const
          Leftmargins:array[1..3] of Byte = (10,0,33);
            SMode : array[1..3] of Byte =(1,1,4);
       Var
            ScanLine:integer;
          n1,n2,LeftMargin,Mode:Byte;
            ScanMax,Endscan:word;

          {-------------------------------}

           Procedure CopyOneByte(OneByte:Byte);
              Var
                Regs:Registers;
              Begin
                Regs.Ah:=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Regs.Al:=OneByte;
      Regs.Dx:-Pred(1);
      Intr($17,Regs);
    End;
{-------------- --------------}
  Procedure Copy8Line;
    Const
      Bits:Array[0..7] of Byte =(128,64,32,16,8,4,2,1);
    Var
      Bit,PrintByte:Byte;
      XYpixel,xy:integer;
    Begin
      CopyOneByte(27);
      CopyOneByte(ord('*'));
      CopyOneByte(Mode);
      CopyOneByte(n1);
      CopyOneByte(n2);

     for XYPixel:=0 to ScanMax do
         Begin
           XY:=ScanLine*8;
           PrintByte:=0;
           for bit:=0 to 7 do
               Begin
                 if (PrtCode=1) and (Getpixel(XYPIxel,XY+bit)<>0) Then
                    PrintByte:=PrintByte+Bits[Bit];
                 if (PrtCode<>1) and (Getpixel(XY+Bit,ScanMax-XYPixel)<
                    PrintByte:=PrintByte+Bits[Bit];
                 if Inverse=1 Then PrintByte:=255-PrintByte;
               end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CopyOneByte(PrintByte);
                  end;  {For}
                CopyOneByte(10);
              End; {Copy8Line}
{-------------------------------------------}
      Begin { Procedure CopyGraphics }
        Mode:=Smode[PrtCode];
        LeftMargin:=LeftMarginS[prtcode];
        ScanMax:=640;
        EndScan:=480;
        if PrtCode>1 Then
          Begin
            ScanMax:=349;
            EndScan:=719;
          end;
        CopyOneByte(27);
        CopyOneByte(ord('3'));
        CopyOneByte(24);
        n1: lo(Succ(ScanMax));
        n2:=Hi(Succ(ScanMax));

        CopyOneByte(27);
        CopyOneByte(ord('1'));
        CopyOneByte(LeftMargin);

        for ScanLine:=0 to (EndScan Div 8) do
            Copy8Line;
        CopyOneByte(27);
        CopyOneByte(2);
        CopyOneByte(27);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CopyOneByte(ord('1'));
        CopyOneByte(0);
        CopyOneByte(27);
        CopyOneByte(ord('<'));
      End; { Procedure CopyGraphics }
{---------- - --  -- - ----- ------}
  Begin {PrnGrp}
    CodeForExit: 0;
    Inverse: 0;
    repeat
      Ch:=Readkey;

    {
      if Ch=#27 Then
        Begin
          CloseGraph;
        End;
      if Upcase(Ch)='1' Then
        Begin
          Inverse:=1; Ch:=#7;
        End;
    }

      if Ch=#0 Then
        Begin
          Ch:=readkey;
          if Ch=#84 Then CopyGraphics(1);

          {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if Ch=#85 Then CopyGraphics(2);
            if Ch=#86 Then CopyGraphics(3);
          )
          End;
        if (Ch)#31) and (Ch(#127) Then CodeForexit:=27;
      Until CodeforExit 27;
    end; {PrnGrp}

{-------------------------------------------------}
End.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unit A3;
{$o+,f+}
interface
Uses Crt;

procedure ReadInt(var _Int:integer; Count:integer; Var Code:integer);

Implementation

procedure ReadInt(var _Int:integer; Count:integer; Var Code:integer);
var  Minusflag  :boolean;
     Ch     :char;
     Strg   :String;
     Ptr    :integer;
     Quit   :boolean;

     procedure Delete;
        begin
          if Ptr<> 1 then
             begin
               Ptr:=Ptr-1;
               Write(Ch); Write(' '); Write(Ch);
               if Strg = '-' then Minusflag:=true;
                  Strg := copy (Strg,1,length(Strg)-1);
             end
          else
             Write(^G);
        end;

     procedure Minus;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    begin
      if (Minusflag) and (Ptr=1) then
        begin
          Write(Ch);
          Ptr: Ptr+1;
          Strg:=Strg+Ch;
          Minusflag:=false;
        end
      else
        Write(^G);
    end;


  procedure Number;
    begin
      if Ptr>Count then
        Write(^G)
      else
        begin
          Write(Ch);
          Ptr:=Ptr+1;
          Strg:=Strg+Ch;
        end;
    end;


  begin
    Ptr  := 1;
    Strg := '';
    Minusflag := true;
    Quit      := false;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        repeat
          Ch :=ReadKey;
          case Ch of
               ^[    : begin Strg := #27; Quit := true; end;
               ^M    : Quit := true;
               ^H    : Delete;
               '-'   : Minus;
             '0'..'9': Number;
          else
               Write(^G);
          end;
        until Quit;
        Val(Strg,_Int,Code);
        if Code <> 0 then Code := 255;
        if (Strg = #27) or (Strg = '') then Code := 1;
      end;
End.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unit A2;
{$o+,f+}
Interface
uses Crt;

procedure ReadReal(var Value:Real; Count:integer; var Code:integer);

Implementation

procedure ReadReal(var Value:Real; Count:integer; var Code:integer);
var  MinusFlag   :Boolean;
     DecimalFlag :boolean;
     Ch          :char;
     Strg        :String;
     Ptr         :integer;
     Quit        :boolean;

     procedure Delete;
        begin
          if Ptr<> 1 then
             begin
               Ptr:=Ptr-1;
               Write(Ch); Write(' '); Write(Ch);
               if Strg = '-' then Minusflag:=true;
               if Strg[Ptr] = '.' then DecimalFlag := true;
               Strg := copy (Strg,1,length(Strg)-1);
             end
          else
             Write(^G);
        end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure Point;
   begin
     if DecimalFlag then
        begin
          Write(Ch);
          Ptr := Ptr+1;
          Strg :=Strg +Ch;
          DecimalFlag := false;
        end;
   end;


procedure Minus;
   begin
     if (Minusflag) and (Ptr=1) then
        begin
          Write(Ch);
          Ptr:=Ptr+1;
          Strg:=Strg+Ch;
          Minusflag:=false;
        end
     else
        Write(^G);
   end;

procedure Number;
   begin
     if Ptr>Count then
        Write(^G)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        else
           begin
             Write(Ch);
             Ptr:=Ptr+1;
             Strg:=Strg+Ch;
           end;
      end;


begin { Read Real }

  Ptr    := 1 ;
  Strg   := '';
  Value := 0.0;
  MinusFlag   := true;
  DecimalFlag := true;
  Quit        := false;
  repeat
    Ch := ReadKey;
    case Ch of
          ^[       : begin Strg := #27; Quit := true; end;
          ^M       : Quit := true;
          ^H       : Delete;
          '-'      : Minus;
          '.'      : Point;
          '0'..'9': Number;
        else
          Write(^G);
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    until Quit;
    if Strg[1] = '.' then Strg := '0'+Strg;
    if Strg[length(Strg)] = '.' then Strg := Strg+'0';
    Val(Strg,Value,Code);
    if Code <> 0 then Code := 255;
    if (Strg = #27) or (Strg = '') then Code := 1;
  end;

End.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unit A1;
{$O+,F+}
Interface
Uses Graph,Crt;

Procedure Sh_1;
Implementation

Procedure open_graph;
  Var
    grdriver,grmode : Integer;
  begin
    detectgraph(grdriver,grmode);
    initgraph(grdriver,grmode,'');
  end;

Procedure text_shown(font,size : word; mode : char);
  begin
    case mode of
      'V','v' : settextstyle(font,vertdir,size);
      'H','h' : settextstyle(font,horizdir,size);
    end; { case }
  end; { text_show }

Procedure _Flow(ii,jj,kk:integer);
 begin
  text_shown(0,8,'h');
  if kk=1 then
    begin
      setcolor(ii);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        outtextxy(370,35,'Flow');
        outtextxy(370,125,'-Net');
       end;
    setcolor(jj);
    outtextxy(360,30,'Flow');
    outtextxy(360,120,'-Net');
    delay(10);
  end;

Procedure _cls;
 VAR i:integer;
 begin
   setfillstyle(1,0);
   i:= 1 ;
   while i<=234 do
     begin
      bar(10,234-i,630,234+i);
 sound(5000-i*4);
      delay(8);
 nosound;
      i:=i+4;
    end;
 end;

Procedure Screen1;
 Begin
  DirectVideo:=True;
  Open_graph;
  setbkcolor(0);
  setfillstyle(9,11);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
bar(0,0,640,480);
setfillstyle(6,1);
bar(8,8,630,470);
setfillstyle(1,0);
bar(360,10,630,260);
setfillstyle(3,4);
bar(350,10,630,250);
_Flow(0,14,1);
text_shown(1,1,'h');
setcolor(0);
outtextxy(451,211,'Version 1.0');
outtextxy(452,212,'Version 1.0');
outtextxy(453,213,'Version 1.0');
setcolor(15);
outtextxy(450,210,'Version 1.0');
setcolor(0);
outtextxy(119,164,'PROGRAM BY');
outtextxy(34,214,'Mr.Chutchai Virah-varin 31,1049');
outtextxy(50,189,'Mr.Supit Muansuwan 31,1358');
outtextxy(117,162,'PROGRAM BY');
outtextxy(32,212,'Mr.Chutchai Virah-varin 31,1049');
outtextxy(47,187,'Mr.Supit Muansuwan 31,1358');
setcolor(10);
outtextxy(115,160,'PROGRAM BY');
outtextxy(30,210,'Mr.Chutchai Virah-varin 31,1049');
outtextxy(45,185,'Mr.Supit Muansuwan 31,1358');


text_shown(4,4,'h');
setcolor(0);
outtextxy(24,104,'Flow-Net Version 1.0');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    outtextxy(22,102,'Flow-Net Version 1.0');
    setcolor(14);
    outtextxy(20,100,'Flow-Net Version 1.0');
    text_shown(1,1,'h');
    setcolor(0);
    outtextxy(49,364,'Program for determine quantity of ground water seepage.'
    outtextxy(47,362,'Program for determine quantity of ground water seepage.'
    setcolor(15);
    outtextxy(45,360,'Program for determine quantity of ground water seepage.'
    setcolor(0);
    text_shown(1,1,'h');
    outtextxy(194,404,' SPECIAL PROJECT 19498 ');
    outtextxy(192,402,' SPECIAL PROJECT 19498 ');
    setcolor(14);
    outtextxy(190,400,' SPECIAL PROJECT 19498 ');
    text_shown(5,2,'h');
    repeat
     _flow(0,random(16),0);
    until keypressed;
    _cls;
    Closegraph ;
   End;

  Procedure Sh_1;
   Begin
    Screen1;
   end;
  End.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unit Fnet2;
{$o+,F+}
Interface
uses  crt,graph;

procedure flownet2(Var a2,nf,nd:integer);

Implementation
procedure flownet2(Var a2,nf,nd:integer);

     type dia1=array[1..80] of real;
   dia2=array[1..80,1..120] of real;
  var a1,a3,ac,ar,i,j,q,l,k1,m,aa,bb,k2,cc,count1,k:integer;ch:char;
 n,nn:integer;
   neq,graphdriver,graphmode,tnodex,tnodey,xi,yi:integer;
   ckk,kk,f1:real;
   x,xx:dia1;t:dia2;
   procedure setwindow1;
      const upleft=#201;
    upright=#187;
    loleft=#200;
    loright=#188;
    horbar=#205;
    verbar=#186;
     var i,x1,x2,y1,y2,a:integer;
begin
  clrscr;
  x1:=10;y1:=10;x2:=60;y2:=13;
  window(x1-1,y1-1,x2+1,y2+1);
  clrscr;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    window(1,1,80,25);
    gotoxy(x1-1,y1-1);
    write(upleft);
    for i:=x1 to x2 do
        begin
 write(horbar);
        end;
    write(upright);

  for i:=y1 to y2 do
        begin
 gotoxy(x1-1,i); write(verbar);
 gotoxy(x2+1,i); write(verbar);
        end;
    gotoxy(x1-1,y2+1);write(loleft);
    for i:=x1 to x2 do
        begin
 write(horbar);
        end;
    write(loright);
    window(x1,y1,x2,y2);
    gotoxy(x1+2,y1);
       end;

     {-----+-----------------------+-----------}
procedure check2(var neq:integer);
    type dia3=array [1..50] of integer;
    var l,k,q,qqq,x1,y1,x2,y2,dx,dy,i,j,kk,posx,posx1,posy:integer;
    x10,y10,x11,y11:dia3;
     pointmax,pointx1,pointx2,pointy1,pointy2,const1,const2,dconst1:real;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    bb,yp,dxstr,constk,xstr,ystr,numberc,const3,const4,const5:real;

begin
  l:=1;
for k:=n-1 downto 2 do
              begin
                for i:=2 to nn do
                    begin
                      if (xx[k]>=t[i-1,2]) and (xx[k]< t[i,2])then
                        begin
                         if t[i,2]>xx[k] then
                          begin
                            q: round((ac*(xx[k]-t[i-1,2]))/(t[i,2]-t[i
                            x10[l]:=q+(ac*(i-2))+xi;
                            y10[l]:=yi;l:=l+1;
                          end
                       else
                          begin
                            x10[l]:=(ac*(i-1))+xi;
                            y10[l]:=yi;
                            l:=l+1;
                        end;
                      end;
                       end;
                end;
           l:=1;kk:=round(tnodex/2); y2:=yi+((tnodey-2)*ar);
          for k:=n-1 downto 2 do
              begin
                for i:=(tnodey) downto ((a1*a3)+2) do
                begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if (xx[k]>=t[kk,j]) and (xx[k]<=t[kk,j-1]) then
                   begin
                    if t[kk,j-1]>xx[k] then
                      begin
                        qqq:=round((ar*(xx[k]-t[kk,j]))/(t[kk,j-1]-t[
                        y11[l]:=y2-qqq-(ar*(tnodey-j));
                        x11[l]:=xi+round(ac*(kk-1));
                        l:=l+1;
                      end
                    else
                        begin
                          y11[l]:=y2-(ar*(tnodey-(j-1)));
                          x11[l];=round(xi+(ac*(kk-1)));
                          l:=l+1;
                        end;
                   end;
               end;
            end;

        {----- OPENGRAPH--------}
        graphdriver:=detect;
        initgraph(graphdriver,graphmode,'');
x1:=70;
        y1:=10;
        x2:=x1+((tnodex-1)*ac);
        y2:=y1+((tnodey-2)*ar);
        dx:=0;dy:=0;
        for i:=1 to tnodey-1 do
            begin
              y1:=y1+dy;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            line(x1,y1,x2,y1);dy:=ar;
        end;
    y1:=10;
    for j: 1 to tnodex do
        begin
            x1:=x1+dx;line(x1,y1,x1,y2);
            dx:=ac;
        end;
    pointmax:=round((xi+x2)/2);
    for i:=1 to n-2 do
        begin
            pointx1:=(x10[i]-xi)/ac;
            pointy1:=(y2-y10[i])/ar;
            const1:=pointx1*pointy1;
            pointx2:=(x11[i]-xi)/ac;
            pointy2:=(y2-y11[i])/ar;
            const2:=pointx2*pointy2;
            dconst1:=(const1-const2)/((pointx2-pointx1)*1000);
            repeat
                begin
                pointx1:=pointx1+0.001;
        const1:=const1-dconst1;
        pointy1:=const1/pointx1;
        posx:=xi+round(pointx1*ac);
        posx1:=round(x2-(pointx1*ac));
        posy:=round(y2-(pointy1*ar));
        putpixel(posx,posy,14);
        putpixel(posx1,posy,14);
                end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        until posx>pointmax;
      end;
    dxstr:=(y11[n-2]-(yi+(a1*a3*ar)))/ar;
    bb:=0.4;constk:=a1*a3;neq:=0;
    repeat
      begin
        xstr:=0;numberc:=(x2-xi)/(2*ac);neq:=-neq+1;

        repeat
          begin
            xstr:=xstr+0.001;
            const3:=sqr(bb)+sqr(xstr);
            const4:=sqrt(const3);
            const5:=abs(const4);
            ystr:=(constk*const5)/bb;
            posx:=xi+round((numberc-xstr)*ac);posx1:=xi+round((numberc+
            posy:=yi+round((ystr)*ar);
            putpixel(posx,posy,14);putpixel(posx1,posy,14);
          end;
        until (posx<xi) or (posy>y2);
        constk:=constk-(dxstr);bb:=bb+(dxstr);yp:=(yi+((constk)*ar));
      end;
    until yp<=yi+3;
    posx:=round((x2+xi)/2);ystr:=a1*a3;
    repeat
      begin
        ystr:=ystr+0.01;
        posy:=round(yi+(ystr*ar));
        putpixel(posx,posy,14);
      end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                until (posy>y2);
                neq:=(2*neq)+1;
                settextstyle(defaultfont,vertdir,2);
outtextxy(580,50,'FLOWNET OF PILE');
settextstyle(defaultfont,horizdir,2);
outtextxy(70,450,'Press Shift-F1 to Print Graph');
{ch:=readkey;closegraph;}
     end;


   {-----------------------------------------}

begin{main}
clrscr;
setwindow1;
write(' HOW LONG OF PILE(m) ? ');read(a1);
clrscr;
setwindow1;
{write(' HOW DEEP OF EARTH ? ');read(a2);
clrscr;
setwindow1;}
write(' HOW NUMBER MESH TO METER ? ');read(a3);
ar:=round(460/(a2*a3));ac:=round(460/(2*(a2-a1)*a3));
window(1,1,80,25);clrscr;
tnodex:=trunc(((a2-a1)*a3*2)+1);
tnodey:=trunc((a2*a3)+2);
xi:=70;yi:=10;
f1:=0;count1:=trunc(tnodex/2);kk:=100/count1;
for i:=1 to count1+1 do
    begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    x[i]:=100-f1;
    f1:=i*kk;
    end;
clrscr;window(1,1,80,25);
for i:= 1 to tnodex do
    begin
 for j:=1 to tnodey do
begin
  t[i,j]:=0;
end;
    end;
q:=1;l:=(a1*a3)+2;k1:=round(tnodex/2);m:=k1;
for i:=k1 downto 1 do
    begin
    for j:=1 to l do
   begin
    t[i,j]:=x[q];
    t[m,j]:=t[i,j];
   end;
    q:=q+1;l:=l+1;m:=m+1;
    end;
k2:=(a1*a3)+3;aa:=k1;bb:=k1;cc:=2;
for j:= k2 to tnodey do
    begin
    for i:=aa to bb do
   begin
   t[i,j]:=x[cc];
   end;
    aa:=aa-1;bb:=bb+1;cc:=cc+1;
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 n:=0;
 for i:=1 to tnodex do
begin
for j:=1 to tnodey do
    begin
if n=24 then
  begin
  ch:=readkey;clrscr;n:=0;
  end;
    write(i:5);write(j:5);writeln(t[i,j]:30:15);
    n:=n+1;
    end;
end;
 ch:=readkey;n:=0;
 repeat
   begin
   for j:=2 to tnodey do
  begin
  for i:=1 to tnodex do
 begin
 if ((t[i,j]>0)and(t[i,j]<>0)) and (t[i,j]<>100) then
    begin
    t[i,j]:=((t[i+1,j]+t[i-1,j]+t[i,j+1]+t[i,j-1])/4);
    end;
 end;
  end;
for i:=1 to tnodex do
    begin
    t[i,1]:=t[i,3];
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    n:=n+1;
    end;
    until n=200;
    clrscr;window(1,1,80,25);
    n:=0;
    for i:=1 to tnodex do
        begin
      for j:=1 to tnodey do
    begin
      if n=24 then
    begin
      ch:=readkey;clrscr;n:=0;
    end;
    write(i:5);write(j:5);writeln(t[i,j]:30:15);
      n:=n+1;
    end;
        end;
```

```
    n:=round(tnodex/2)+1;ckk:=100/round(tnodex/2);
    f1:=0;nn:=trunc((tnodex/2)+1);
    for i:=1 to n do
        begin
     xx[i]:=100-f1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        f1:=i*ckk;
          end;
      clrscr;window(1,1,80,25);
      check2(neq);
      n:=n-1;
      neq:=neq+1;
      nf:=n;
      nd:=neq;
      end;
      End.
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unit Fnet1;
{$o+,F+}
interface
uses crt,graph;

Procedure flownet1(Var a2,nf,nd:integer);

Implementation
Procedure flownet1(Var a2,nf,nd:integer);
type arreal=array[1..80] of real;
arreal1=array[1..150,1..50] of real;
var a1,a3,a4,a5,l,tnodex,tnodey,neq,r:byte;
    i,j,graphdriver,graphmode,xi,yi:integer;
    count1,count2,node,node1,q,m,n,b1,c1,node2:byte;
    ch:char;f1,k,ckk:real;
    x,xx:arreal;T:arreal1;


procedure setwindow;
     const upleft=#201;
   upright=#187;
        loleft=#200;
       loright=#188;
   horbar=#205;
   verbar=#186;
       var i,x1,x2,y1,y2,a:integer;
    begin
      clrscr;
      x1:=10;y1:=10;x2:=60;y2:=13;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        window(x1-1,y1-1,x2+1,y2+1); clrscr;
        window(1,1,80,25);
        gotoxy(x1-1,y1-1); write(upleft);
        for i:=x1 to x2 do
            begin
                write(horbar);
            end;
        write(upright);
        for i:=y1 to y2 do
            begin
              gotoxy(x1-1,i); write(verbar);
              gotoxy(x2+1,i); write(verbar);
            end;
        gotoxy(x1-1,y2+1); write(loleft);
        for i:=x1 to x2 do
            begin
              write(horbar);
            end;
        write(loright);
        window(x1,y1,x2,y2);
        gotoxy(x1+2,y1);
    end;
{-------------------------------------------------}

procedure check1(var neq:byte);
type point=array[1..50] of integer;
var j,i,l,k,kk,kkk,pxmax,lll:byte;ch:char;q,qq,qqq,x1,y1,x2,y2,dx,dy:integer;
    x10,y10,x11,y11,x12,y12:point;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      pointmax,posx,posx1,posy:integer;
      pointx2,pointx3,pointy2,pointy3,pointx4,pointy4,xstr,dxstr,xstr1,ystr:real
      const1,const2,dconst1,const3,dconst2,constk,numberc,ystr1,xstr2:real;
      constk1,constk2,aaa:real;
  begin
  l:=1;
  for k:=n+1 downto 2 do
      begin
      for i:=2 to n do
     begin
     if (xx[k]>=T[i-1,2]) and (xx[k]<=T[i,2]) then
   begin
   if T[i,2]>xx[k] then
      begin
      q:=round((a4*(xx[k]-T[i-1,2]))/(T[i,2]-T[i-1,2]));
      x10[l]:=q+(a4*(i-2))+xi;
      y10[l]:=yi;
      l:=l+1;
      end
  else
      begin
      x10[l]:=(a4*(i-1))+xi;
      y10[l]:=yi;
      l:=l+1;
      end;
   end;
     end;
      end;
  l:=1;
  kk:=round((a2*a3)+1);y2:=yi+((tnodey-2)*a4);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for k:=n+1 downto 2 do
    begin
 for j:= tnodey downto 2 do
begin
if (xx[k]>=T[kk,j]) and (xx[k]<=T[kk,j-1]) then
   begin
   if T[kk,j-1]>xx[k] then
 begin
   qq:=round((a4*(xx[k]-T[kk,j]))/(T[kk,j-1]-T[kk,j]));
   y11[l]:=y2-qq-(a4*(tnodey-j));
   x11[l]:=xi+round(a4*(a2*a3));
   l:=l+1;
 end
    else
 begin
   y11[l]:=y2-(a4*(tnodey-(j-1)));
   x11[l]:=round(xi+(a4*(a2*a3)));
   l:=l+1;
 end;
end;
    end;
end;
l:=1; kkk:=round((a2*a3)+(((a1*a3)+1)/2));
for k:=n+1 downto 2 do
    begin
 for j:= tnodey downto 2 do
   begin
if (xx[k]>=T[kkk,j]) and (xx[k]<=T[kkk,j-1]) then
  begin
    if T[kkk,j-1]>xx[k] then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    begin
      qqq:=round((a4*(xx[k]-T[kkk,j]))/(T[kkk,j-1]-T[kkk,j]));
      y12[l]:=y2-qqq-(a4*(tnodey-j));
      x12[l]:=xi+round(a4*(kkk-1));
      l:=l+1;
    end
      else
    begin
      y12[l]:=y2-(a4*(tnodey-(j-1)));
      x12[l]:=round(xi+(a4*(kkk-1)));
      l:=l+1;
    end;
     end;
      end;
       end;
  clrscr;
  graphdriver:=detect;
  initgraph(graphdriver,graphmode,'');
  x1:=90;
  y1:=10;
  x2:=x1+((tnodex-1)*a4);
  y2:=y1+((tnodey-2)*a4);
  dx:=0;dy:=0;
  for i:=1 to tnodey-1 do
      begin
      y1:=y1+dy;
      line(x1,y1,x2,y1);dy:=a4;
      end;
  y1:=10;
  for j:=1 to tnodex do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      begin
      x1:=x1+dx;line(x1,y1,x1,y2);
      dx:=a4;
      end;
  pointmax:=round((x2+xi)/2);
  for i:=1 to n do
      begin
      pointx2:=(x10[i]-xi)/a4;
      pointy2:=(y2-y10[i])/a4;
      const1:=(pointx2*pointy2);
      pointx3:=(x11[i]-xi)/a4;
      pointy3:=(y2-y11[i])/a4;
      const2:=pointx3*pointy3;
      dconst1:=(const1-const2)/((pointx3-pointx2)*1000);
      pointx4:=(x12[i]-xi)/a4;
      pointy4:=(y2-y12[i])/a4;
      const3:=pointx4*pointy4;
      dconst2:=(const3-const2)/((pointx4-pointx3)*1000);
      repeat
   if pointx2>=pointx3 then
      begin
      pointx2:=pointx2+0.001;
      const2:=const2+dconst2;
      pointy2:=const2/pointx2;
      posx:=xi+round(pointx2*a4);posx1:=round(x2-(pointx2*a4));
      posy:=round(y2-(pointy2*a4));
      putpixel(posx,posy,14);putpixel(posx1,posy,14);
      end
   else
      begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      const1:=const1-dconst1;
      pointx2:=pointx2+0.001;
      pointy2:=const1/pointx2;
      posx:=xi+round(pointx2*a4); posx1:=round(x2-(pointx2*a4));
      posy:=round(y2-(pointy2*a4));
      putpixel(posx,posy,14);putpixel(posx1,posy,14);
      end;
      until posx > pointmax
  end;
  xstr:=trunc((tnodex/2)-(a2*a3));
  ystr:=1;lll:=((a1*a3)+1) mod 2;
  if lll=0 then
     begin
     xstr:=xstr-0.5;
     end;
  dxstr:=((xi+((a2*a3)*a4)-x10[n1]))/a4;
  neq:=0;
  repeat
    begin
    constk:=((sqr(xstr)*sqr(xstr))+(4*sqr(xstr)*sqr(ystr)));
    constk1:=sqrt(constk); constk2:=abs(constk1);
    aaa:=(constk1-sqr(xstr))/(2*xstr);
    ystr1:=1;neq:=neq+1;
    repeat
      begin
      ystr1:=ystr1+0.01;
      numberc:=((aaa*xstr*sqr(ystr1))-(sqr(aaa)*aaa*xstr))/sqr(aaa);
      xstr1:=sqrt(numberc);xstr2:=abs(xstr1);
      posx:=round(((x2+xi)/2)-(xstr1*a4));
      posx1:=round(((x2+xi)/2)+(xstr1*a4));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      posy:=round(yi+(a4*(ystr1-1)));
      putpixel(posx,posy,14);putpixel(posx1,posy,14);
      end;
    until(posy>y2) or (posx<xi) ;
    xstr:=xstr-dxstr;
    end;
  until xstr<=0.1;
  posx:=round((x2+xi)/2);ystr1:=1;
  repeat
    begin
    ystr1:=ystr1+0.01;
    posy:=round(yi+(a4*(ystr1-1)));
    putpixel(posx,posy,14);
    end;
  until (posy>y2);
  neq:=(2*neq)+1;
  settextstyle(defaultfont,horizdir,2);
  outtextxy(300,y2+25,' FLOWNET OF DAM ');
  outtextxy(60,y2+80,' Press Shift-F1 to Print Graph ');
  {ch:=readkey;
  closegraph;}
  end;
  {-----------------------------------------}
  begin {main}
  clrscr;
  setwindow;
  write(' HOW LONG YOUR BASE(m) ? '); read(a1);
  clrscr;setwindow;
  {write(' HOW DEEP UNDER BASE(m) ? '); read(a2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
clrscr;setwindow;)

write(' HOW NUMBER MESHS TO METER ? '); read(a3);
a4:=round(460/(((2*a2)+a1)*a3));
window(1,1,80,25);clrscr;
graphdriver: detect;
initgraph(graphdriver,graphmode,'');
tnodex:=trunc(((a1*a3)+1)+(2*(a2*a3)));
tnodey:=round((a2*a3)+2);
xi:=90;yi:=10;
closegraph;
clrscr; window(1,1,80,25);
f1:=0; count1:=a2*a3;
k:=100/count1;count2:=count1+1;
for i:=1 to count2 do
    begin
    x[i]: 100-f1;
    f1:=i*k;
    end;
clrscr;window(1,1,80,25);
for i:=1 to tnodex do
    begin
    for j:=1 to tnodey do
    begin
    T[i,j]:=0;
    end;
     end;
  l:=3;q:=2;m:=count1+(a1*a3)+2;
  for i:=count1 downto 1 do
     begin
```

```
    T[i,1]:=0;
    end;
 for i:=count1+1 to count1+(a1*a3)+1 do
    begin
    T[i,2]:=100;
    end;
  n:=0;
  for i:=1 to tnodex do
     begin
     for j:=1 to tnodey do
    begin
    if n=24 then
  begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 ch:=readkey;clrscr;n:=0;
 end;
    write(i:5);write(j:5);writeln(T[i,j]:30:15);n:=n+1;
    end;
end;
ch:=readkey;
n:=0;
repeat
  begin
  for j:=2 to tnodey do
 begin
 for i:=1 to tnodex do
begin
if ((T[i,j]>0)and(T[i,j]<>0)) and (T[i,j]<>100) then
   begin
   T[i,j]:=(T[i+1,j]+T[i-1,j]+T[i,j+1]+T[i,j-1])/4;
   end;
end;
  end;
for i:=1 to tnodex do
    begin
    T[i,1]:=T[i,3];
    end;
for i:= trunc(a2*a3)+1 to trunc(a2*a3)+(a1*a3) do
    begin
    T[i,1]:=0;
    end;
for i:= trunc(a2*a3)+1 to trunc(a2*a3)+(a1*a3) do
    begin
    T[i,2]:=100;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        end;
        n:=n+1;
    end;
    until n=200;
    clrscr;window(1,1,80,25);
    n:=0;
    for i:=1 to tnodex do
        begin
        for j:=1 to tnodey do
       begin
       if n=24 then
     begin
     ch:=readkey;clrscr;n:=0;
     end;
       write(i:5);write(j:5);writeln(T[i,j]:30:15);n:=n+1;
       end;
    end;
    ch:=readkey; n:=0;
    n:=(a2*a3)+1;ckk:=100/tnodey;f1:=0;
    for i:=1 to n+1 do
        begin
        xx[j]: 100-f1;
        f1:=i*ckk;
        end;
    clrscr;window(1,1,80,25);
    check1(neq);
    n:=n+1;
    neq:=neq+1;
    nf:=n;
    nd:=neq;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End;

End.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Program Ptest;
uses crt,Fnet2,graph,Overlay ,A1,A2,A3,A4,Fnet1,Cur;
{$O A1}
{$o A2}
{$O A3}
{$O A4}
{$O Fnet1}
{$o Cur}

Type Scrn80 = array [1..4] of string[80];
Const
scrx : scrn80 =
('┌──────────────────────────────────────────────────────────────────────────────┐',
 '│                                                                              │',
 '│                                                                              │',
 '└──────────────────────────────────────────────────────────────────────────────┘');
 msg1= ' Flow-Net Version  1.0 ';
 msg2= ' Special Project 19498 ';
 Arow= 8;

 mess1 = '1. CONCRETE DAM ';
 mess2 = '2. SHEET PILE   ';
 mess3 = '3. EXIT         ';
 Var
 i,j,menu : integer;
 Chkmenu  : Boolean;
      ch  : Char;
{-------------------------------------------------------}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ary         : array[1..10,1..3] of real;
    para1,para2,para3:integer;
    scrp1,scrp2:integer;
    Flg1,Flg2,Funckey:boolean;
    zz          :string;
    Hpot        :real;
    Code,Chc    :integer;
    value       :real;
    _int        :integer;
    Count       :integer;
    _real       :real;
    _integer    :integer;
    AryMax,AryMin :real;
    sumkd,sumd,sumd_k,KH,KV,Kbar,_Q_Form:real;
    NF,ND,_Sumd:integer;

{-----------------------------------------}
Procedure _XYREAL(_x,_y:integer);
  Var
     Value:Real;
     Code:integer;
  Begin
   gotoxy(_x,_y);
   Readreal(Value,40,Code);
   if Code<>0 Then
      _Real:=0.00
   else
      _real:=Value;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    gotoxy(_x,_y);
    write('                    ');
    gotoxy(_x,_y);
    write(_Real);
  End;
{-------------------------------------------------}
Procedure _XYint(_x,_y:integer);
   Var
     _int:integer;
     Code:integer;
   Begin
   gotoxy(_x,_y);
   Readint(_int,40,Code);
   if Code<>0 Then
      _integer:=0
   else
      _integer:=_int;
   gotoxy(_x,_y);
   write('                    ');
   gotoxy(_x,_y);
   write(_integer);
   End;
{-------------------------------------------------}
Procedure _ClrAry;
  Begin
    scrp1:=0;
    scrp2:=0;
    for scrp1:= 1 to 3 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    begin
      for scrp2:=1 to 10 do
          begin
            ary[scrp2,scrp1]:=0.00
          end;
      end;
  End;

{-------------------------------------------------}
Procedure _BOX;
  Begin
    textbackground(1);
    textcolor(14);
    write(scrx[1]);
    write(scrx[2]);
    write(scrx[2]);
    write(scrx[3]);
    for i:= 1 to 17 do
      begin
        write(scrx[2]);
      end;
    write(scrx[3]);
    write(scrx[2]);
    write(scrx[4]);
    textbackground(1);
    textcolor(11);
    gotoxy(3,3);
    write(msg1);
    gotoxy(55,3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    write(msg2);
  end;
{-----------------------------------------}
Procedure _Foot(str:string);
  Begin
    textbackground(1);
    textcolor(10);
    gotoxy(3,23);
    write(str);
  End;

{-----------------------------------------}
Procedure _Main(Str:string);
  Begin
    textbackground(0);
    textcolor(14);
    gotoxy(30,2);
    write(str);
  end;
{-----------------------------------------}
Procedure _cls;
 begin
   setfillstyle(1,0);
   i:= 1 ;
   while i<=234 do
    begin
      bar(10,234-i,630,234+i);
      sound(5000-i*4);
      delay(8);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        nosound;
        i:=i+4;
      end;
  end;
{-----------------------------------------}
Procedure _wrtxy(_x,_y,_Bk,_Colr:integer;_Str:string);
  Begin
    textbackground(_Bk);
    textcolor(_Colr);
    gotoxy(_x,_y);
    write(_Str);
  End;

{-------------------------------------------------}
Procedure wrtxy(a,b:integer;s:string);
  begin
    gotoxy(a,b);
    write(s);
    gotoxy(a,b);
  end;

{-----------------------------------------}
Procedure getAry;
  Begin
      window(2,5,79,21);
      clrscr;
      window(1,1,80,24);
      _ClrAry;
      cursoron;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_wrtxy(3,6,1,14,' Enter Potential Head  (cm)      = ');
     _wrtxy(3,7,1,14,' Enter Number Of Soil Layer = ');
     Flg1:=true;
     while Flg1 do
        Begin
          Hpot:=0;
          para1:=0;
_wrtxy(3,6,0,14,' Enter Potential Head  (cm)      = ');
          textbackground(1);
          textcolor(14);

          _XYreal(37,6);
          hpot:=_real;
_wrtxy(3,6,1,14,' Enter Potential Head (cm)       = ');
          textbackground(1);
          textcolor(14);

          _wrtxy(3,7,0,14,' Enter Number Of Soil Layer = ');
          textbackground(1);
          textcolor(14);
          _Xyint(37,7);
          Para1:=_integer;
          _wrtxy(3,7,1,14,' Enter Number Of Soil Layer = ');

          If (Para1>0) AND (Para1<=10) And(Hpot<>0)Then
             Begin
               Flg1:=False;
             End;
     end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Wrtxy(3,8,'Layer No.Thickness of Layer(m) Horizon Coef(cm/s) Vertic
Coef(cm/s)  ');
     Flg1:=true;
     for i:=1 to para1 do
         begin
           gotoxy(7,Arow+i);
           write(i);
         end;
     Scrp2:=1;
     para3:=18;
     para2:=1;
     gotoxy(para3,scrp2+drow);
     Repeat
       repeat until keypressed;
       Ch:=readkey;
       case ch of
            #13:Begin
                  if para2=1 Then
_wrtxy(14,8,0,14,' Thickness of Layer(m) ');
                  if para2=2 Then
_wrtxy(39,8,0,14,' Horizon Coef(cm/s) ');
                  if para2=3 Then
_wrtxy(59,8,0,14,' Vertic Coef(cm/s) ');

                  textbackground(1);
                  textcolor(14);
                  _XYreal(para3,Scrp2+Arow);
                  Ary[Scrp2,para2]:=_real;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_wrtxy(3,8,1,14,'Layer No. Thickness of Layer(m) Horizon Coef(cm/s)
 Vertic Coef(cm/s) ');


            gotoxy(para3,scrp2+Arow);
        End;
    #75:Begin
            if para2=1 then
               BEGIN
                 para2:=1;
                 para3:=18;
                 gotoxy(para3,scrp2+Arow);
               END
            else
              Begin
              para2:=para2-1;

              if para2<=1 Then
                 begin
                   para2:=1;
                   para3:=18;
                 end;

              if para2=2 then
                 para3:= 40;

              if para2=3 then
                 para3:= 59;

              gotoxy(para3,scrp2+Arow);
            End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End;
    #77:Begin

            if para2=3 then
               BEGIN
                 para2:=3;
                 para3:=59;
                 gotoxy(para3,scrp2+Arow);
               END
            else
               Begin
                 if para2<=2 Then
                    para2:=para2+1;

                 if para2=2 then
                    para3:= 40;

                 if para2=3 then
                    para3:= 59;

                 gotoxy(para3,scrp2+Arow);
               End;
        End;
    #72:Begin
            if Scrp2=1 then
               BEGIN
                 Scrp2:=1;
                 STR(SCRP2,ZZ);
                 wrtxy(7,Scrp2+Arow,ZZ);
                 STR(SCRP2,ZZ);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    wrtxy(7,Scrp2+Arow,'      ');
                    wrtxy(7,Scrp2+Arow,ZZ);
                    gotoxy(para3,scrp2+Arow);
                END
            else
                Begin
                    STR(SCRP2,ZZ);
                    wrtxy(7,Scrp2+Arow,ZZ);
                    scrp2:=scrp2-1;
                    if scrp2<=1 then
                      begin
                        scrp2:=1;
                      end;
                    STR(SCRP2,ZZ);
                    wrtxy(7,Scrp2+Arow,'      ');
                    wrtxy(7,Scrp2+Arow,ZZ);
                    gotoxy(para3,scrp2+Arow);
                End;
        End;
    #80:Begin
            if Scrp2=Para1 then
                BEGIN
                  Scrp2:=Para1;
                  STR(SCRP2,ZZ);
                  wrtxy(7,Scrp2+Arow,ZZ);
                  STR(SCRP2,ZZ);
                  wrtxy(7,Scrp2+Arow,'      ');
                  wrtxy(7,Scrp2+Arow,ZZ);
                  gotoxy(para3,scrp2+Arow);
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                else
                   Begin

                     STR(SCRP2,ZZ);
                     wrtxy(7,Scrp2+Arow,ZZ);
                     Scrp2:=Scrp2+1;
                     if scrp2>Para1 then
                       scrp2:=para1;
                     STR(SCRP2,ZZ);
                     wrtxy(7,Scrp2+Arow,'     ');
                     wrtxy(7,Scrp2+Arow,ZZ);
                     gotoxy(para3,scrp2+Arow);
                   End;
            End;
          #27:Begin
            Sumd := 0;
            sumkd:= 0;
            sumd_k:= 0;
            for i:=1 to para1 do
              begin
               Sumd := sumd+Ary[i,1];
               sumkd:= sumkd+Ary[i,1]*Ary[i,2];
sumd_k:=sumd_k+Ary[i,1]/Ary[i,3];
              end;
            _sumd:=trunc(sumd);
            KH:=sumkd/_sumd;
            KV:=Sumd/Sumd_k;
            if KH<>KV then
              KBAR:=sqrt(KH*KV)
            else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    KBAR:=KH;


                  if Chc=1 then
Begin
Flownet1(_sumd,nf,nd);
                     Prngrp;
closegraph;
end;
                  if Chc=2 then
begin
Flownet2(_sumd,nf,nd);
Prngrp;
closegraph;
end;
  _Q_Form:=KBAR*hpot*(Nf/Nd);
                  clrscr;
                  _Box;
                  if Chc=1 then
                    _main(' C O N C R E T E  D A M ')
                  else
                    _main(' S H E E T  P I L E ');

                  _foot(' Press Any Key to continue ');
  gotoxy(20,8);
  write(' KV (cm/s)  = ',KV);
  gotoxy(20,10);
  write(' KH (cm/s)  = ',KH);
  gotoxy(20,12);
  write(' Kavr (cm/s) = ',KBAR);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    gotoxy(20,14);
                    write('  Nf = ',nf:10);


    gotoxy(20,16);
                    write('  Nd = ',nd:10);
    gotoxy(20,18);
    write('  Q ( cm3/s) = ',_Q_Form);
    cursoroff;
    ch:=#3;
                    repeat until keypressed;
                    Ch:=#3;
                    Flg1:=false;
                End;
            end;
     Until (Flg1=False);
  end;


{-----------------------------------------}
Procedure _Selct;

 Var sctflg:Boolean;
     Rtchc:integer;
 Begin
    Sctflg:=true;
    Chc:=1;
    Rtchc:=1;
    _wrtxy(30,10,0,14,mess1);
    _wrtxy(30,12,1,14,mess2);
    _wrtxy(30,14,1,14,mess3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_Foot('Select menu by use Up,Down Arrow and press Enter.
Esc to Exit.');


    repeat
      cursoroff;
      ch:=#3;
      ch:=readkey;
      case ch of
           #13:begin
               if (Chc=1) OR (Chc=2) Then
                  begin

                  if Chc=1 then
                     _main(' C O N C R E T E   D A M ')
                  else
                     _main('  S H E E T   P I L E  ');

                  textbackground(1);
                  textcolor(14);
                  getdry;
                  textbackground(1);
                  textcolor(14);
                  window(1,1,80,25);
                  _box;
                  ch:=#3;
                  Chc:=1;
                  Rtchc:=1;
                  _main('    M A I N  M E N U    ');
                  _Foot('Select menu by use Up,Down Arrow and
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                End;
            End;


        #80:Begin
            if Chc=3 then
               _wrtxy(30,14,0,14,mess3)
            else
               Begin
                 if Chc=1 then
                    _wrtxy(30,10,1,14,mess1);
                 if Chc=2 then
                    _wrtxy(30,12,1,14,mess2);

                 Chc:=Chc+1;
                 if Chc>=3 then
                    Chc:=3;

                 if Chc=2 then
                    _wrtxy(30,12,0,14,mess2);
                 if Chc=3 then
                    _wrtxy(30,14,0,14,mess3);
               End;
            End;
        #27:Begin
              Sctflg:=false;
            End;
    end; {case}
  until (Sctflg=false);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                End;
            End;


        #80:Begin
            if Chc=3 then
               wrtxy(30,14,0,14,mess3)
            else
               Begin
                 if Chc=1 then
                   wrtxy(30,10,1,14,mess1);
                 if Chc=2 then
                   wrtxy(30,12,1,14,mess2);

                 Chc:=Chc+1;
                 if Chc>=3 then
                   Chc:=3;

                 if Chc=2 then
                   wrtxy(30,12,0,14,mess2);
                 if Chc=3 then
                   wrtxy(30,14,0,14,mess3);
               End;
            End;
        #27:Begin
              Sctflg:=false;
            End;
    end; {case}
  until (Sctflg=false);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{--------------------------------------}
BEGIN
  Ovrinit('Ptest.Ovr');

  DirectVideo:=True;
  Sh_1;
  ch:=readkey;
  textbackground(1);
  textcolor(14);
  clrscr;
  _box;
  _main('   M A I N   M E N U   ');
  _selct;
END.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้