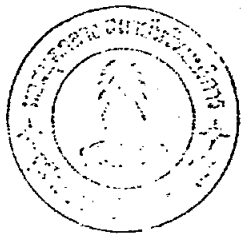


บทที่ 5

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการศึกษา

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสูบบ่อน้ำดื้น (Pump Test) จำนวน 20 บ่อดังกล่าวแล้วในบทที่ 4 ประกอบด้วย ปริมาณน้ำที่อ่านได้จากมาตรวัดน้ำ ระดับน้ำในบ่อ ที่เวลาต่าง ๆ กัน และข้อมูลขนาดของเม็ดดินแต่ละระดับความลึก ข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ดังจะได้กล่าวในบทนี้ โดยจะกล่าวถึงหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำ ระดับน้ำลด และขนาดของเม็ดดิน บทสรุปเกี่ยวกับคุณสมบัติของบ่อน้ำดื้น และการประยุกต์ผลการศึกษาต่อการปฏิบัติงานพัฒนาบ่อน้ำดื้น

5.1 หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีจุดมุ่งหมายที่จะพยายามกำหนดคุณสมบัติของบ่อน้ำดื้นที่อาจสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการศึกษาและวางแผนพัฒนาบ่อน้ำดื้น จากการทบทวนหลักวิชาการเกี่ยวกับการไหลของน้ำใต้ดิน พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลมากต่อการไหลของน้ำเข้าบ่อน้ำดื้นดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1 ประกอบด้วย ระดับน้ำลด (Drawdown, h) ขนาดของเม็ดดิน (Grain Size) และขนาดของบ่อ (ϕ) จึงสามารถเขียนสมการสำหรับคำนวณอัตราการจ่ายน้ำของบ่อน้ำดื้น (Q) ได้ดังนี้

$$\text{อัตราการจ่ายน้ำ} = f \text{ (ระดับน้ำลด, ขนาดเม็ดดิน, ขนาดของบ่อ)} \quad (5.1)$$

$$\text{หรือ} \qquad Q = f\ (h, D_{50}, \phi) \quad (5.2)$$

เนื่องจากบ่อน้ำดื้นแต่ละบ่อมีขนาดไม่เท่ากัน และรูปร่างอาจต่างกัน จึงเป็นอุปสรรคต่อการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลหลาย ๆ บ่อร่วมกัน การศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดตัวแปรอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (Specific discharge, q) ซึ่งได้แก่อัตราการไหลต่อหน่วยพื้นที่ที่มีการไหลผ่าน ในที่นี้จะได้แก่พื้นที่ก้นบ่อรวมกับพื้นที่ข้างบ่อจนถึงระดับผิวน้ำ ดังนิยามไว้โดยสมการ 4.4 และ 4.5 ดังนั้นสมการ 5.2 สามารถตัดตัวแปรขนาดของบ่อ (ϕ) ออกไปได้ดังนี้

$$q = f(h, D_{50}) \qquad (5.3)$$

ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาความสัมพันธ์การจ่ายน้ำของบ่อน้ำตื้นในลักษณะทั่วไป ไม่จำกัดความลึกและขนาดของบ่อน้ำตื้น ทั้งนี้เพื่อนำไปประยุกต์ในงานศึกษาและวางแผนพัฒนาบ่อน้ำตื้น การศึกษาจึงได้เน้นหนักต่อการพิสูจน์ความสัมพันธ์ตามสมการ 5.3 ว่ามีแนวโน้มที่จะให้ความถูกต้องมากน้อยเพียงไร โดย

1. ศึกษาว่าการกำหนดตัวแปรใหม่ คืออัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) มีความเหมาะสมอย่างไรต่อการกำหนดคุณสมบัติของบ่อน้ำตื้น
2. ศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) ระดับน้ำลด (h) และขนาดของเม็ดดิน (D_{50})

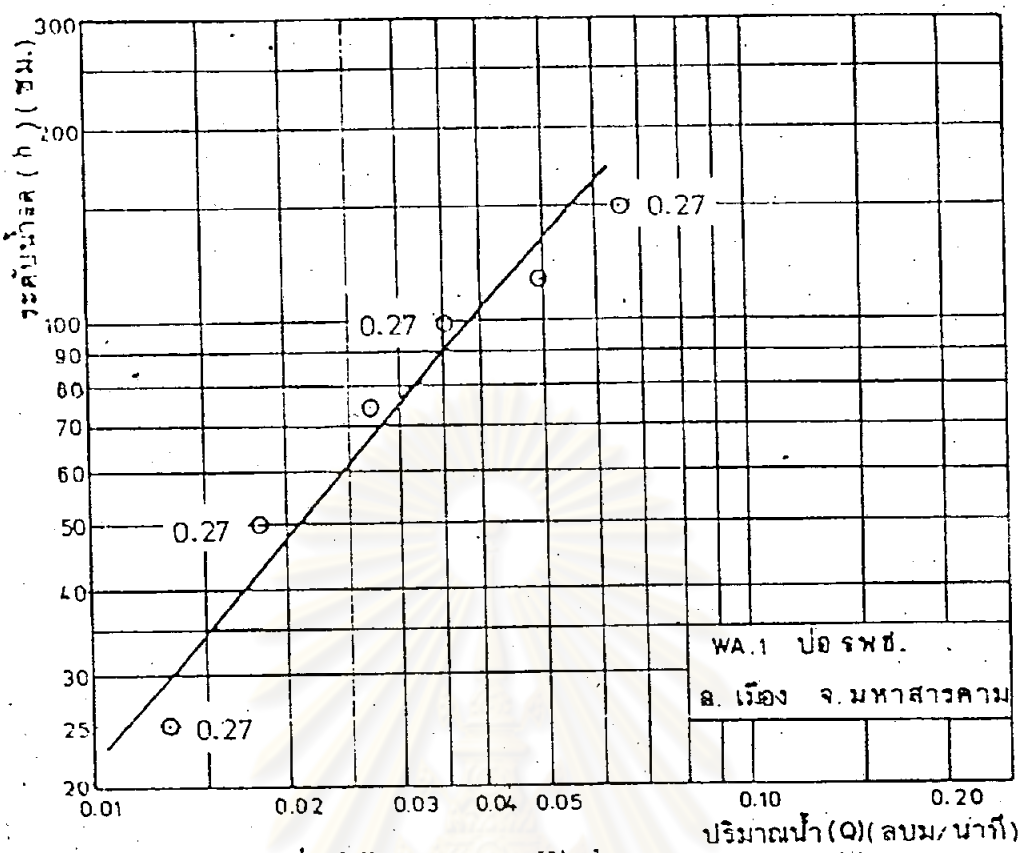
สำหรับการกำหนดขนาดของเม็ดดินของชั้นดินอุ้มน้ำรอบ ๆ บ่อน้ำตื้น ได้กำหนดใช้ค่าเฉลี่ยเม็ดดิน $\bar{D}_{50}$ ซึ่งได้จากการเฉลี่ยโค้งความกระจายของเม็ดดินทุก ๆ ชั้นดินดังแสดงในภาคผนวก ค.

5.2 ความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำและระดับน้ำลด

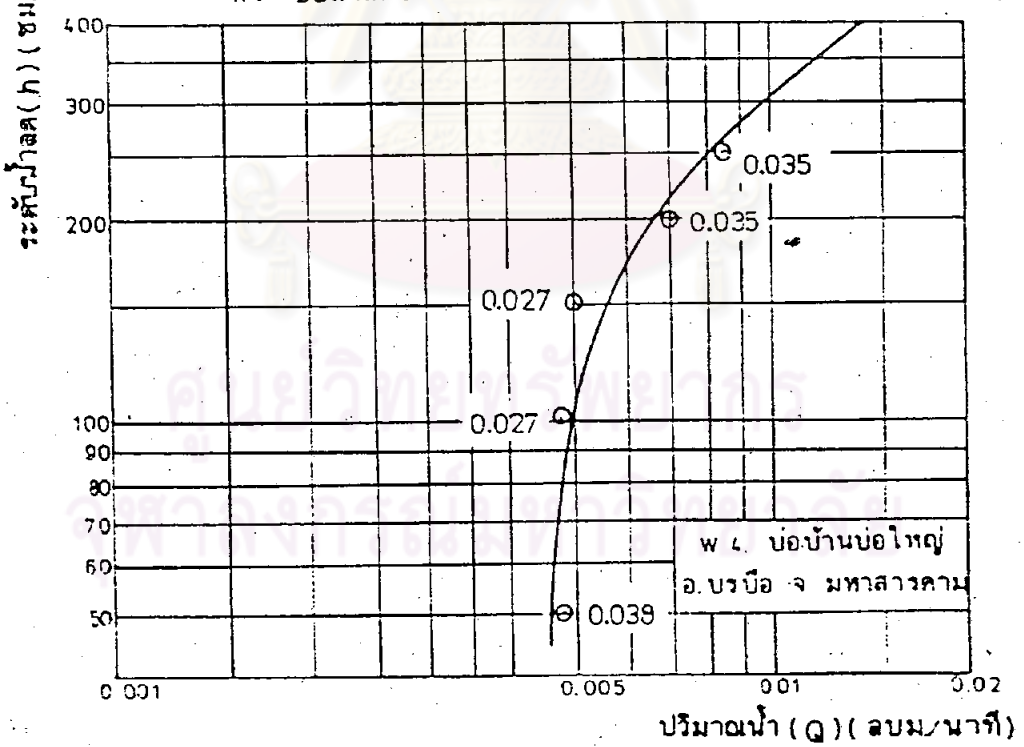
จากการทดลองสร้างกราฟความสัมพันธ์หลายรูปแบบ ระหว่างอัตราการจ่ายน้ำ (Q) และระดับน้ำลด (h) โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสูบน้ำของแต่ละบ่อ พบว่ากราฟ log-log ของอัตราการจ่ายน้ำ (Q) และระดับน้ำลด (h) ให้ความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างชัดเจน ดังแสดงตัวอย่างในรูป 5-1 และแสดงในรูป ง-1 ภาคผนวก ง. ทั้ง 22 บ่อ เนื่องจากแต่ละบ่อจะมีชั้นดินที่แน่นอนหรืออีกนัยหนึ่งค่าเฉลี่ยขนาดเม็ดดิน D_{50} มีค่าคงที่ ดังนั้นกราฟความสัมพันธ์จึงอาจเขียนในรูปสมการ 5.2 ได้ดังนี้

$$Q = f(h|D_{50}) = f(h) \qquad (5.4)$$

ในการศึกษากราฟ log-log ความสัมพันธ์ Q = f (h) ของแต่ละบ่อ ทั้ง 22 บ่อ ในรูป ง-1 พบว่ามีบ่อน้ำตื้นให้ความสัมพันธ์ที่ประมาณได้ว่าเป็นเส้นตรงค่อนข้างเด่นชัดถึง 11 บ่อ จากการวิเคราะห์โดยนำขนาดของเม็ดดินแต่ละชั้นมาพิจารณาประกอบ พบว่าสามารถสรุปคุณสมบัติของบ่อน้ำตื้นได้ดังนี้



ก. บ่อสำนักงาน รพช. WA-1 ขนาด 1 x 1.34 ม.



ข. บ่อบ้านบ่อใหญ่ W-4 ∅ 1.00 ม.

รูป 5-1 ตัวอย่างลักษณะการจ่ายน้ำของบ่อด้านความสัมพันธ์ของระดับน้ำลดและปริมาณน้ำไหลเข้าบ่อ

1. บ่อน้ำตื้นที่มีขนาด เม็ดดินของแต่ละชั้นใกล้เคียงกัน หรือชั้นดินอุ้มน้ำมีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอ (Uniform) จะให้กราฟความสัมพันธ์เป็น เส้นตรงดังแสดงในรูป 5-1 (ก)
2. บ่อน้ำตื้นที่มีขนาดของ เม็ดดินแต่ละชั้นแตกต่างกัน โดยค่า เฉลี่ยของ เม็ดดินของชั้นดินส่วนบนใหญ่กว่าดินชั้นล่าง จะมีกราฟความสัมพันธ์เป็น เส้นโค้งหงายขึ้นเป็นส่วนใหญ่
3. บ่อน้ำตื้นที่มีขนาด เม็ดดินแต่ละชั้นแตกต่างกัน โดยดินชั้นบนละเอียดกว่าดินชั้นล่างจะมีกราฟความสัมพันธ์เป็น เส้นโค้งคว่ำ

จากข้อสรุปข้างบนจะ เห็นได้ว่าระดับน้ำลด ขนาดของ เม็ดดิน ตลอดจนความแตกต่างของชั้นดินเป็นองค์ประกอบสำคัญต่ออัตราการจ่ายน้ำของบ่อน้ำตื้น

เนื่องจากบ่อน้ำตื้นที่ทำการทดสอบ มีขนาดและความลึกไม่ เท่ากัน ทำให้ผลการวิ เคราะห์ดังกล่าวมาข้างบนไม่สามารถนำมา เปรียบ เทียบคุณสมบัติระหว่างบ่อได้ จึงได้ทำการทดลองความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำ เพาะต่อหน่วยพื้นที่ (Specific discharge, q) กับระดับน้ำลด (Drawdown, h) เพื่อที่สามารถ เปรียบ เทียบประสิทธิภาพในการจ่ายน้ำระหว่างบ่อได้

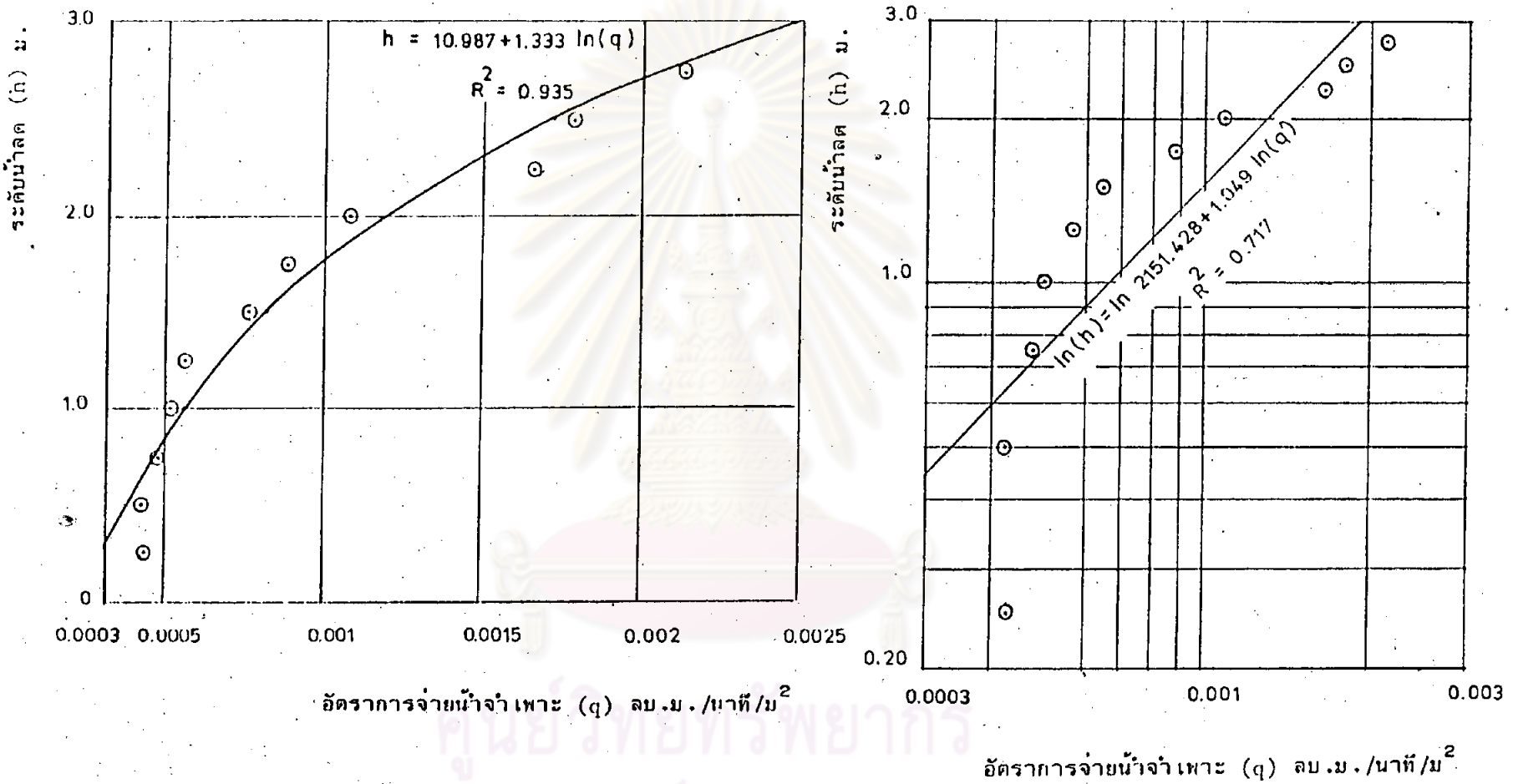
จากการศึกษาแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการจ่ายน้ำจำ เพาะ (q) และระดับน้ำลด (h) บนกราฟธรรมดา ดังตัวอย่างแสดงในรูป 5-2 (ก) จึงได้ทดลองสมการ 5.3 ของแต่ละบ่อซึ่งมีค่า $\bar{D}_{50}$ เป็นตัวคงที่ใน 2 รูปแบบดังนี้

$$h = A + B \ln q \qquad (5.5)$$

$$\ln h = A + B \ln q \qquad (5.6)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ A และ B ในสมการ 5.5 และ 5.6 ได้คำนวณมาจากข้อมูลผลการทดสอบสูบน้ำของแต่ละบ่อจำนวน 22 บ่อ โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ซึ่งพบว่าสมการ 5.5 ได้ค่าสัมประสิทธิ์สมการถดถอย (Regression Coefficient, R^2) มากกว่าสมการ 5.6 ทั้ง 20 บ่อ และอยู่ใน เกณฑ์ที่สูง ดังแสดงในตาราง 5-1 ซึ่งมีค่า R^2 อยู่ในระหว่าง 0.757-0.998

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก.

ข.

รูป 5-2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของอัตราการไหลจำเพาะและระดับน้ำลดของบ่อ W-4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 5-1 สรุปสมการความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะกับระดับน้ำลด

สมการ $h = A + B \ln q$				
หมายเลขบ่อ	$\bar{D}_{50}$ (มม.)	A	B	R^2
WA-1	0.100	3.773	0.524	0.998
WA-2	0.080	3.074	0.341	0.970
WA-3	0.030	8.540	0.812	0.972
WA-4	0.037	0.449	119.354	0.979
W-1	0.022	11.764	1.316	0.920
W-2	0.035	14.585	1.693	0.904
W-3	0.024	11.948	1.376	0.903
W-4	0.043	10.987	1.333	0.935
W-5	0.025	8.261	0.899	0.790
W-6	0.034	7.836	0.804	0.960
W-7	0.027	9.210	0.930	0.757
W-8	0.028	8.847	0.946	0.947
W-9	0.038	5.641	0.584	0.878
W-10	0.035	6.490	0.593	0.852
W-11	0.078	9.594	0.899	0.861
W-13	0.082	8.755	1.000	0.984
W-14	0.029	4.116	0.375	0.794
W-15	0.030	3.684	0.357	0.906
W-16	0.030	4.819	0.493	0.956
W-17	0.038	4.0341	0.389	0.986

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

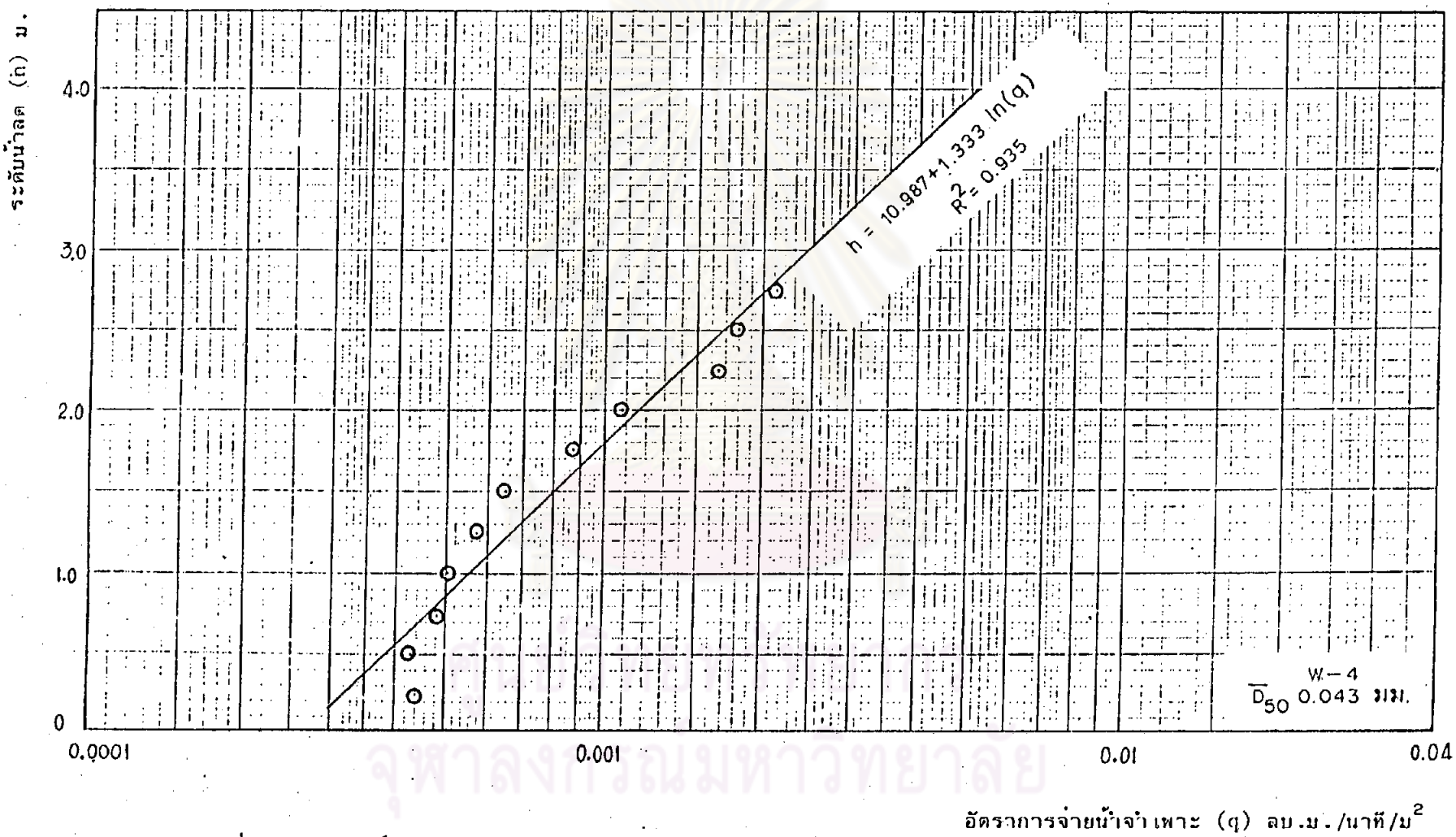
รูป 5-2 (ข) แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) และระดับน้ำลด (h) บนกราฟ log-log ซึ่งจะเห็นได้ว่า q = f (h) ไม่สามารถประมาณได้ด้วย เส้นตรงในรูปของสมการ 5.6 เพราะมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่าง q และ h บนกราฟ log-log มีแนวโน้มว่าจะเป็นเส้นโค้งที่ค่อนข้างชัดเจนเกือบทุกบ่อ ซึ่งทำให้ยืนยันได้ว่า q ผันแปรกับค่า h ในเกณฑ์สูง

รูป 5-3 ได้แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) และระดับน้ำลด (h) บนกราฟ Semi-log ของบ่อ W-4 ซึ่งพบว่า q = f (h) สามารถประมาณได้ว่าค่อนข้างจะเป็นเส้นตรงตามสมการ 5.5 โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่สูงมากนัก ดังแสดงในรูป 5-3 และรูป 5-2 (ก)

จากการทดลองใช้สมการ 5.5 และ 5.6 ดังกล่าวมาแล้วทั้ง 20 บ่อ พบว่าสามารถประมาณความสัมพันธ์ q = f (h) ของบ่อน้ำตื้นแต่ละบ่อได้ด้วยกราฟเส้นตรงบนกราฟ Semi-log ระหว่าง h และ ln (q) ตามสมการ 5.5 ค่าสัมประสิทธิ์ A และ B ของแต่ละบ่อได้แสดงในตาราง 5-1 และรูป ง-2 ถึงรูป ง-21 ในภาคผนวก ง. ได้แสดงกราฟ Semi-log แสดงความสัมพันธ์ q = f (h) ทั้ง 20 บ่อ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาดังกล่าวนี้จะมีความคลาดเคลื่อนและไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เมื่อระดับน้ำลด (h) มีค่าน้อยกว่า 0.50 เมตรและเข้าใกล้ศูนย์ ในกรณีที่ระดับน้ำลดมีค่ามากกว่า 0.50 เมตร การประมาณความสัมพันธ์ q = f (h) ด้วยสมการเส้นตรง (สมการ 5.5) บนกราฟ Semi-log จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจริงพอสมควร

5.3 ความสัมพันธ์อัตราการจ่ายน้ำและขนาดเม็ดดิน

ในหัวข้อที่แล้วได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์อัตราการจ่ายน้ำและระดับน้ำลด q = f (h) โดยกำหนดค่าขนาดเม็ดดินเป็นค่าคงที่ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เฉพาะแต่ละบ่อ คุณสมบัติของบ่อน้ำตื้นที่สำคัญอันหนึ่งได้แก่ลักษณะของชั้นดินอุ้มน้ำรอบ ๆ บ่อน้ำตื้น ชั้นดินอุ้มน้ำที่เป็นทรายมีขนาดเม็ดดินใหญ่จะมีแนวโน้มจ่ายน้ำให้กับบ่อน้ำตื้นมากกว่าชั้นดินอุ้มน้ำที่เป็นดินตะกอน (Silt) หรือดินเหนียวซึ่งมีขนาดเม็ดดินเล็กกว่า ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงจะทำการศึกษาอิทธิพลของขนาดเม็ดดินของชั้นดินอุ้มน้ำต่ออัตรวการจ่ายน้ำให้กับบ่อน้ำตื้น



รูป 5-3 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของอัตราการไหลจำเพาะและระดับน้ำลดของบ่อ W-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ที่ผ่านมาได้พบว่าอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (Specific discharge, q) เป็นตัวแปรที่สามารถนำไปใช้กำหนดคุณสมบัติบ่อน้ำตื้นได้ดี (Characteristic Parameter) การวิเคราะห์อิทธิพลของขนาดเม็ดดินในชั้นดินอุ้มน้ำต่อการจ่ายน้ำจึงอาศัยอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) เป็นตัวแปรหลัก และกำหนดใช้ขนาดเม็ดดินเฉลี่ยของชั้นดินอุ้มน้ำ ($\bar{D}_{50}$) ทุกชั้นของแต่ละบ่อ โดยกำหนดให้ค่าระดับน้ำลดเป็นค่าคงที่ในการวิเคราะห์จากสมการ 5.3

$$q = f(h, \bar{D}_{50}) \qquad (5.3)$$

จึงเป็น

$$q = f(\bar{D}_{50} | h) = f(\bar{D}_{50}) \qquad (5.7)$$

จากการทดลองความสัมพันธ์ตามสมการ 5.7 บนกระดาษกราฟธรรมดา กราฟ Semi-log และกราฟ log-log พบว่า $q = f(\bar{D}_{50})$ ให้แนวโน้มค่อนข้างชัดเจนและสื่อความหมายมากที่สุดบนกราฟ log-log จึงได้สมมุติความสัมพันธ์นี้ในรูปของสมการเส้นตรงบนกราฟ log-log ตามสมการ 5.8 ดังต่อไปนี้

$$\ln(q) = \ln(A) + B \ln(\bar{D}_{50}) \qquad (5.8)$$

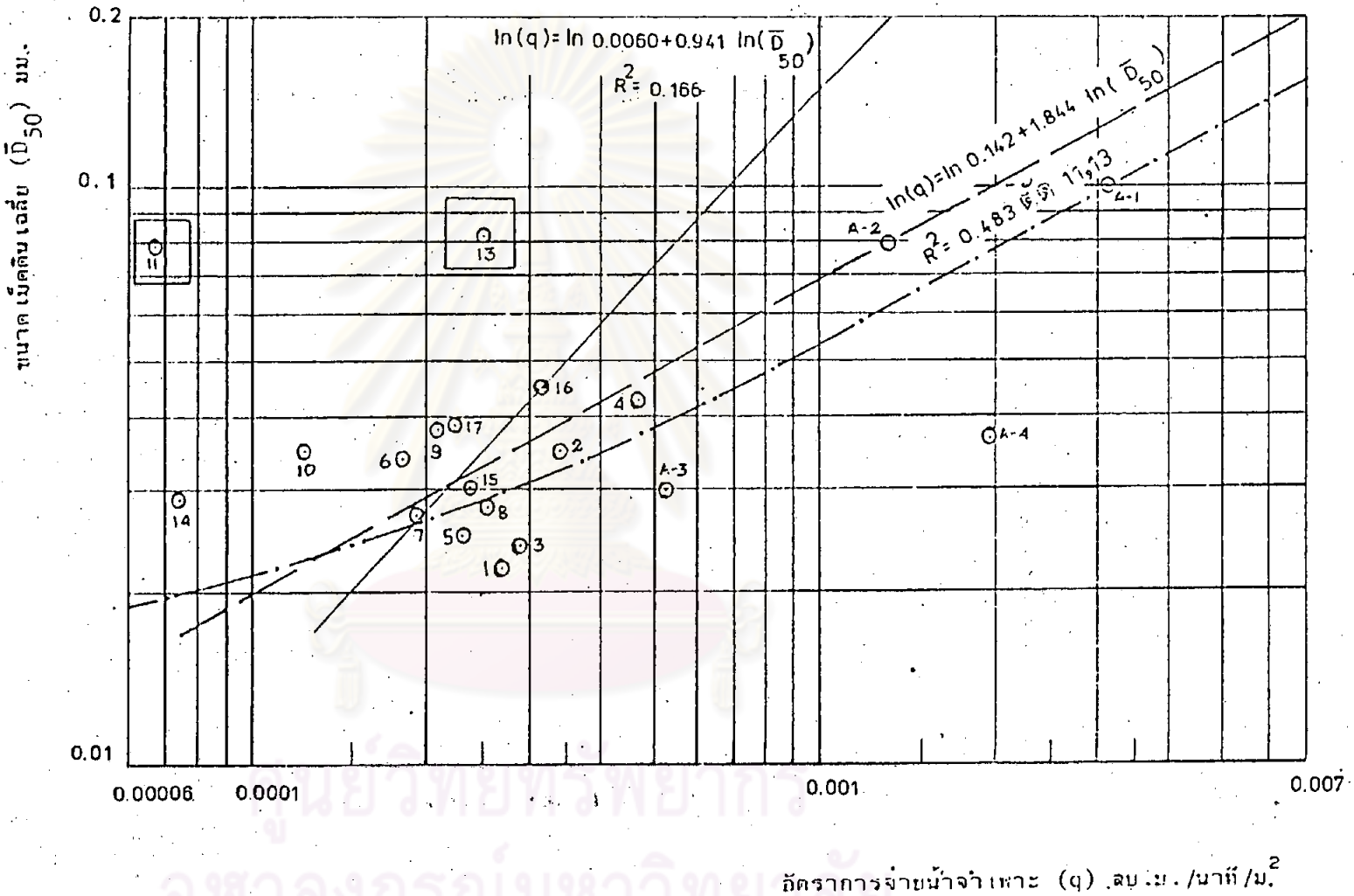
การคำนวณค่า A, B ในสมการ 5.8 ได้อาศัยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสูบน้ำจำนวน 20 บ่อ และกำหนดค่าระดับน้ำลด (h) เป็นค่าคงที่ โดยมีค่า 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00 และ 3.50 เมตร ซึ่งจากการวิเคราะห์ได้ผลดังสรุปไว้ในตาราง 5-2 และได้พบว่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Regression Coefficient, R^2) มีค่าน้อยมาก และจากกราฟความสัมพันธ์ดังตัวอย่างในรูป 5-4 และดังแสดงในรูป ง-22 ถึง ง-31 ในภาคผนวก ง.

โดยการศึกษารูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ พบว่าจุดที่ได้จากข้อมูลแต่ละบ่อส่วนใหญ่จะเกาะกลุ่มและแสดงแนวโน้มให้เห็นได้พอสมควร แต่มีจุดข้อมูลบางบ่อกระจายออกไปค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูป 5-4 จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่า R^2 มีค่าน้อยมากดังกล่าว การศึกษาจึงได้กระทำต่อไปในรูปสมการเส้นตรงบนกราฟ log-log ตามสมการ 5.8 โดยพิจารณาตัดข้อมูลบางบ่อทิ้งไป จากการพิจารณากราฟดังแสดงในรูป ง-22 ถึง ง-31 พบว่าจุดข้อมูลที่

ตาราง 5-2 สรุปสมการความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะกับขนาดเฉลี่ยเม็ดดินที่ระดับน้ำลดต่าง ๆ

สมการ $\ln (q) = \ln (A) + B \ln (\bar{D}_{50})$			
ระดับน้ำลด (ม.)	A	B	R^2
0.25	0.0016	0.637	0.170
0.50	0.00238	0.7456	0.147
0.75	0.0060	0.941	0.166
1.00	0.0151	0.108	0.192
1.25	0.0194	1.0804	0.158
1.50	0.0158	0.9355	0.092
2.00	0.0016	0.135	0.002
2.50	0.0023	0.1476	0.002
3.00	0.001	-0.2186	0.007
3.50	0.022	0.507	0.212

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5-4 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะและขนาดเฉลี่ยเม็ดดินที่ระดับน้ำลด 0.75 ม.

ควรตัดทิ้งไปได้แก่บ่อ W-11 และบ่อ W-13 ทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 5-3

ในตาราง 5-3 แสดงให้เห็นว่าค่า R^2 ที่ได้จากการตัดข้อมูลบ่อ W-11 และ W-13 ทิ้งไปมีค่าสูงขึ้น กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ $q = f(\bar{D}_{50})$ ได้แสดงตัวเส้นประยาวในรูป 5-4 และรูป ง-22 ถึงรูป ง-31 ภาคผนวก ง. ซึ่งจะเห็นได้ว่าการตัดข้อมูลบ่อ W-11 และ W-13 ทิ้งออกไปในการคำนวณ จะได้ความสัมพันธ์ $q = f(\bar{D}_{50})$ ที่ดีและสื่อความหมายตามหลักวิชาการมากขึ้น รูป 5-5 แสดงผลสรุปกราฟเส้นตรง $q = f(\bar{D}_{50})$ โดยตัดข้อมูลบ่อ W-11 และ W-13 ทิ้งไป

อย่างไรก็ตามการพิจารณากราฟความสัมพันธ์ที่ได้ ยังพบว่าความสัมพันธ์ $q = f(\bar{D}_{50})$ มีแนวโน้มที่จะเป็นเส้นโค้งหงายขึ้นบนกราฟ log-log มากกว่าที่จะเป็นเส้นตรงตามที่ได้ตั้งสมมุติฐานด้วยสมการ 5.8 จึงได้ทดลองใช้เส้นโค้งที่ลากขึ้นจากการสังเกตด้วยตาโดยพิจารณาจุดข้อมูลร่วมกับกราฟเส้นตรง เพื่อแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ $q = f(\bar{D}_{50})$ ดังแสดงในรูป 5-4 และรูป ง-22 ถึงรูป ง-31 ในภาคผนวก ง. ซึ่งจะเห็นได้ว่าแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของจุดข้อมูลได้ดีกว่าเส้นตรงและยังสื่อความหมายตามหลักวิชาการได้ถูกต้องกว่า ดังนั้นจึงควรใช้กราฟเส้นโค้งบนกราฟ log-log แสดงความสัมพันธ์ของ $q = f(\bar{D}_{50})$ เมื่อกำหนดระดับน้ำลด (h) เป็นค่าคงที่

รูป 5-6 ได้แสดงผลสรุปความสัมพันธ์ $q = f(\bar{D}_{50})$ เป็นเส้นโค้งบนกราฟ log-log ที่ระดับน้ำลด (h) ค่าต่าง ๆ ซึ่งเปรียบเทียบได้กับรูป 5-5 ที่แสดงสรุปกราฟเส้นตรง และตาราง 5-4 แสดงค่าอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) ที่ระดับน้ำลด (h) ต่าง ๆ ในชั้นดินที่มีขนาดเม็ดดินเฉลี่ย $\bar{D}_{50}$ ซึ่งอ่านมาจากรูป 5-6 รูป 5-6 และตาราง 5-4 เป็นผลการศึกษาที่คาดว่าจะให้ประโยชน์ต่อการศึกษาและวางแผนพัฒนาบ่อน้ำตื้นได้เป็นอย่างดี

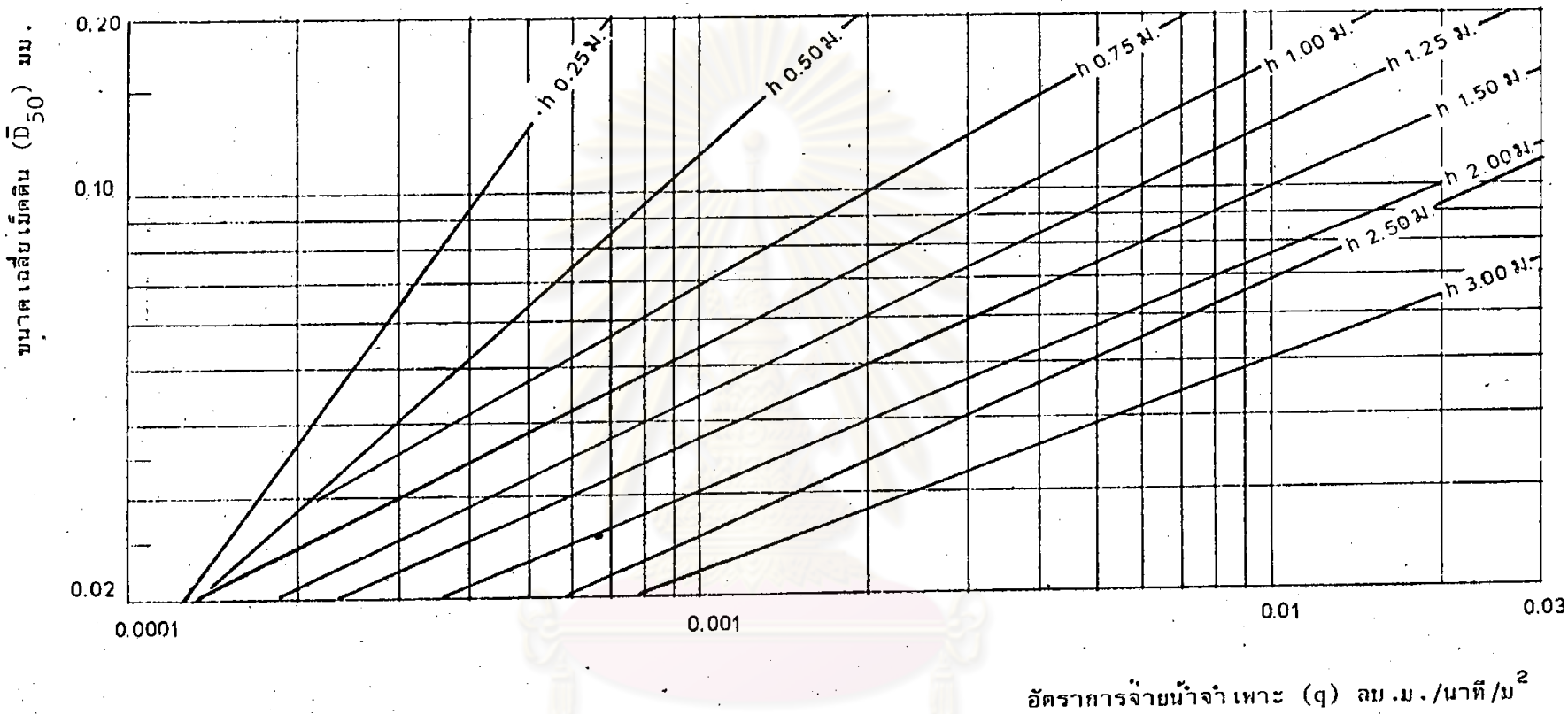
5.4 สรุปคุณสมบัติของบ่อน้ำตื้น

ในการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสูบน้ำ (Pump Test) ของบ่อน้ำตื้นจำนวน 20 บ่อ ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.2 และ 5.3 ได้พบว่าชั้นดินอุ้มน้ำของบ่อน้ำตื้นที่ทำการทดสอบสามารถแบ่งออกได้เป็นดินตะกอน และดินทราย โดยใช้ขนาดเม็ดดินเฉลี่ย ($\bar{D}_{50}$) เป็นตัวแบ่ง รูป 5-7 และ 5-8 ได้แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) ที่ระดับน้ำลด (h) ต่าง ๆ ของดินทรายละเอียดและดินตะกอนตามลำดับ ในรูปได้แสดง

ตาราง 5-3 สรุปสมการความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะกับขนาดเฉลี่ยเม็ดดินที่ระดับน้ำลดต่าง ๆ (ไม่พิจารณาข้อมูลบ่อ W-11 และ W-13)

สมการ $\ln(q) = \ln(A) + B \ln(\bar{D}_{50})$			
ระดับน้ำลด (ม.)	A	B	R^2
0.25	0.00233	0.743	0.188
0.50	0.0179	1.318	0.353
0.75	0.142	1.844	0.483
1.00	0.4309	2.063	0.504
1.25	0.937	2.187	0.510
1.50	2.401	2.365	0.395
2.00	7.095	2.533	0.212
2.50	6.11	2.406	0.164
3.00	44.04	2.796	0.195
3.50	3.625	1.952	0.121

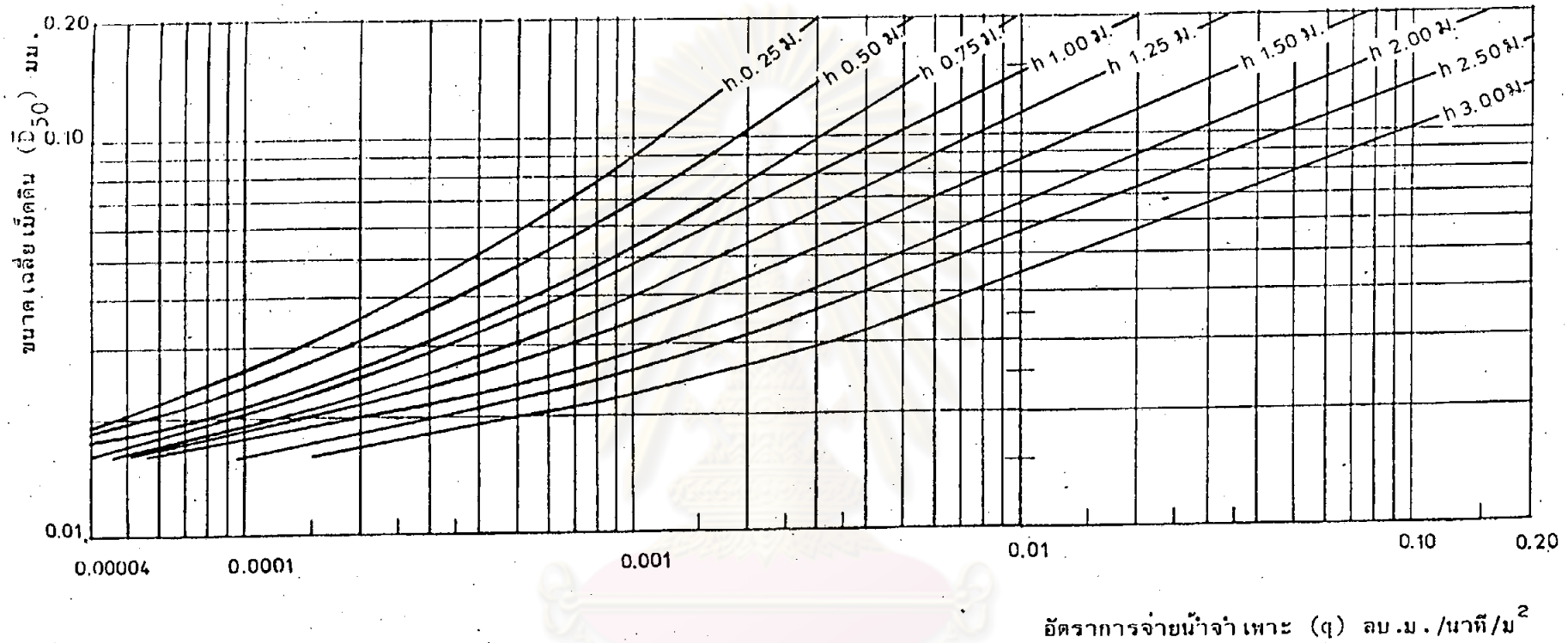
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5-5 ความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ และขนาดเฉลี่ยเม็ดดินที่ระดับน้ำลดต่าง ๆ

(ไม่พิจารณาข้อมูลบ่อ W-11 และบ่อ W-13)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5-6 ความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ และขนาดเฉลี่ยเม็ดดินที่ระดับน้ำลดต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 5-4 อัตราการจ่ายน้ำจำเพาะที่ขนาดเฉลี่ยเม็ดดินและระดับน้ำลดต่าง ๆ

ระดับน้ำลด (ม.)	$\bar{D}_{50}$ (มม.)				
	0.02	0.04	0.07	0.10	0.15
0.25	0.000048	0.00026	0.00070	0.0012	0.0025
0.50	0.000058	0.00036	0.00105	0.0019	0.0035
0.75	0.00008	0.00056	0.00170	0.0031	0.0062
1.00	0.000094	0.00068	0.0022	0.0048	0.0113
1.25	0.00012	0.0010	0.0036	0.0077	0.019
1.50	0.0015	0.0016	0.006	0.0150	0.040
2.00	0.0002	0.0028	0.015	0.0280	0.080
2.50	0.0003	0.0039	0.0185	0.050	0.150
3.00	0.0005	0.0076	0.0370	0.10	0.315

หมายเหตุ : อ่านจากรูป 5-6

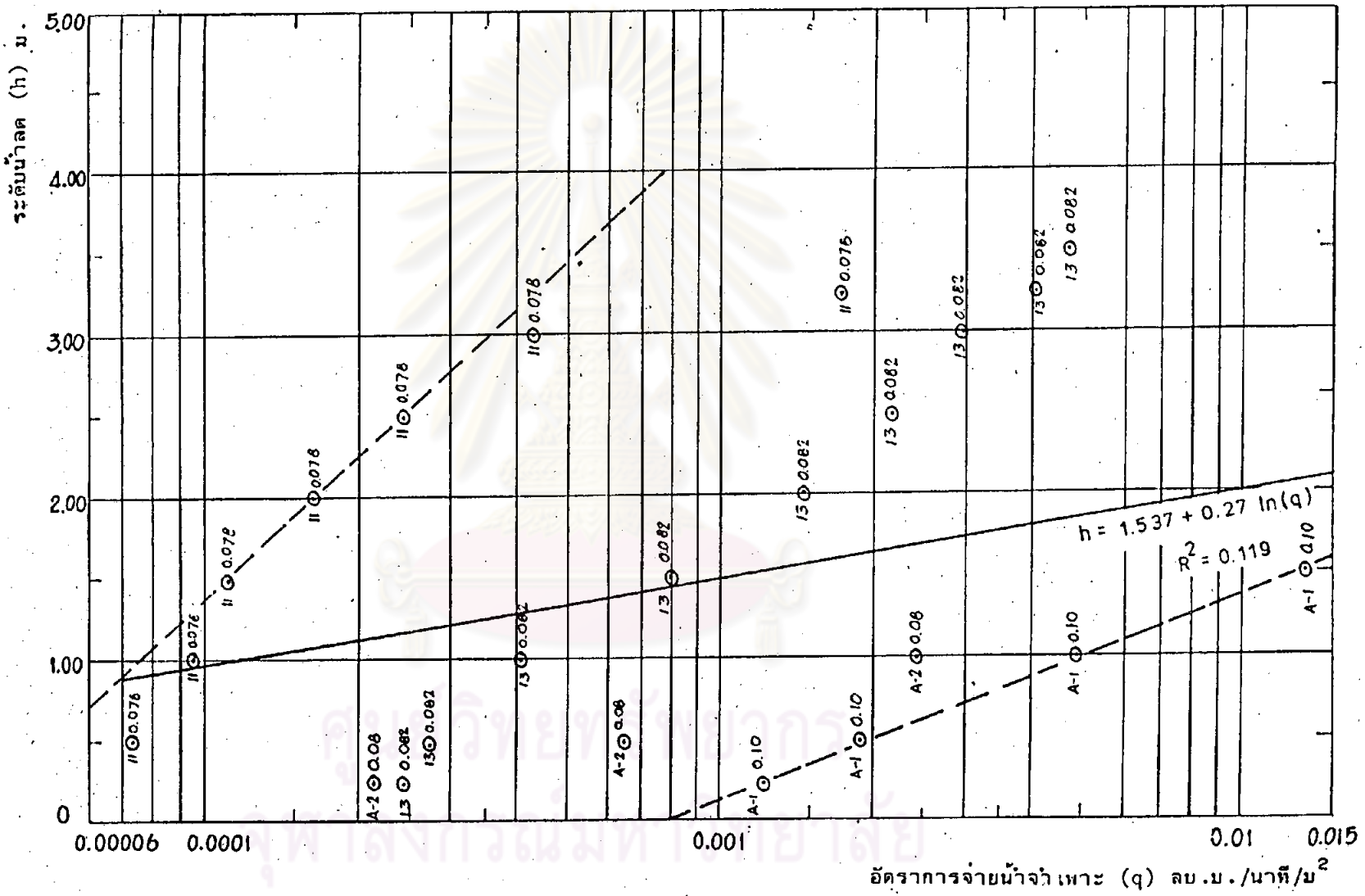
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอบเขตของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะของดินทั้งสองชนิดที่ระดับน้ำลด (h) ต่าง ๆ ซึ่งจะพบว่าดินทรายละเอียดจะให้ขอบเขตที่กว้างและลาดกว่าดินตะกอนซึ่งสอดคล้องกับหลักวิชาการ ตาราง 5-5 ได้สรุปช่วงอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะของดินทั้งสองชนิดที่ระดับน้ำลดต่าง ๆ

การศึกษาคุณสมบัติบ่อน้ำตื้นครั้งนี้ได้กำหนดตัวแปรขึ้นมาใหม่ ได้แก่อัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) ซึ่งหมายถึงอัตราการจ่ายน้ำของชั้นดินอุ้มน้ำให้กับบ่อน้ำตื้นต่อหน่วยพื้นที่โดยเฉลี่ย ดังที่นิยามไว้ด้วยสมการ 4.4 และ 4.5 จากการกำหนดอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) ขึ้นมานี้ ยังผลให้สามารถนำข้อมูลจากการทดสอบสูบน้ำของบ่อน้ำตื้นที่มีขนาดและความลึกต่างกันมาวิเคราะห์เปรียบเทียบร่วมกันได้ และจากการศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะต่อตัวแปรที่สำคัญอันได้แก่ ระดับน้ำลด (h) และขนาดเม็ดดิน ($\bar{D}_{50}$) ดังกล่าวมาในหัวข้อ 5.2 และ 5.3 พบว่ามีความสัมพันธ์ที่มีแนวโน้มที่ชัดเจนและเด่นชัดพอควร ซึ่งทำให้สรุปได้ว่า อัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) สามารถนำมาใช้เป็นตัวแปรบ่งคุณสมบัติ (Characteristic Parameter) ของบ่อน้ำตื้นได้ดี และสามารถหาความสัมพันธ์ที่แน่นอนกับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ระดับน้ำลด (h) และขนาดเม็ดดิน ($\bar{D}_{50}$) ได้ นอกจากนี้ยังเป็นตัวแปรที่สามารถนำไปใช้ประยุกต์กับงานศึกษา และวางแผนพัฒนาบ่อน้ำตื้นในเชิงปฏิบัติได้

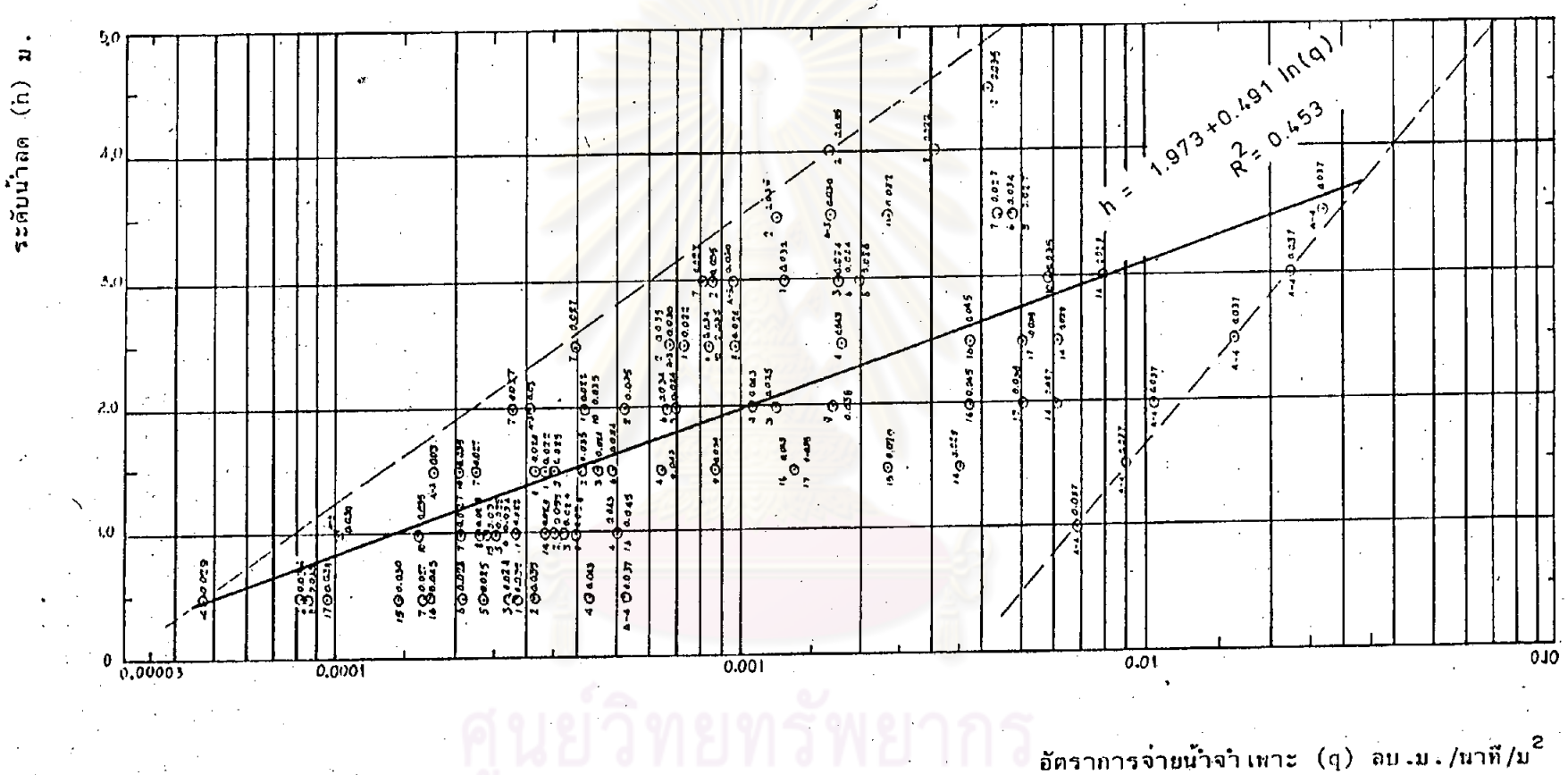
ในหลักวิชาการบ่อน้ำตื้นจะมีน้ำไหลเข้าบ่อมากขึ้น เมื่อมีระดับน้ำลด (h) มาก ซึ่งในการศึกษานี้ได้พบว่าเป็นจริง โดยได้หาความสัมพันธ์ $q = f(h)$ ของแต่ละบ่อ ซึ่งมีขนาดเม็ดดิน ($\bar{D}_{50}$) แน่นอน ในรูปของกราฟเส้นตรงบนกราฟ Semi-log ของ h และ ln (q) ซึ่งแนวโน้มของความสัมพันธ์ที่ได้รับค่อนข้างดี และชัดเจนดังกล่าวในหัวข้อ 5.2 และแสดงตัวอย่างในรูป 5-2 (n) และรูป 5-3 อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความถูกต้อง เมื่อระดับน้ำลด (h) มีค่ามากกว่า 0.50 เมตร เมื่อระดับน้ำลดน้อยกว่า 0.50 เมตร ความสัมพันธ์ที่ได้จะคลาดเคลื่อนไปจากจุดข้อมูลและไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์อัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ $q = f(\bar{D}_{50})$ เมื่อกำหนดระดับน้ำลด (h) เป็นค่าคงที่ดังกล่าวในหัวข้อ 5.3 พบว่าเป็นเส้นโค้งบนกราฟ log-log ระหว่าง ln (q) และ ln ($\bar{D}_{50}$) ซึ่งมีแนวโน้มความสัมพันธ์ไม่ชัดเจนเท่ากับ $q = f(h)$ เมื่อกำหนด $\bar{D}_{50}$ เป็นค่าคงที่ แต่ก็พอเพียงที่จะสรุปความสัมพันธ์ได้ โดยคัดข้อมูลของบ่อ W-11 และ W-13 ทิ้งไป 2 บ่อจากจำนวนข้อมูล 20 บ่อ ผลความสัมพันธ์ที่ได้มีความสอดคล้อง



รูป 5-7 ความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะและระดับน้ำลดของดินทรายละเอียด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5-8 ความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะและระดับน้ำลดของดินตะกอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 5-5 อัตราการจ่ายน้ำจำเพาะที่ระดับน้ำลดของดินชนิดต่าง ๆ

ระดับน้ำ (ม.)	ดินทรายละเอียด	ดินตะกอน
0.50	0.00005 - 0.002	0.000037 - 0.0052
1.00	0.000076 - 0.005	0.00008 - 0.0068
1.50	0.00011 - 0.013	0.00013 - 0.0090
2.00	0.00016 -	0.00022 - 0.0130
2.50	0.00025 -	0.00033 - 0.0160
3.00	0.00035 -	0.00050 - 0.0230
3.50		0.0011 - 0.0310
4.00		0.0017 - 0.030
4.50		0.0030 - 0.055

หมายเหตุ : อ่านจากรูป 5-7 และรูป 5-8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กับหลักวิชาการและสื่อความหมายค่อนข้างชัด เจน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำ เพาะ (q) ต่อคุณสมบัติของชั้นดินอุ้มน้ำที่กล่าวมาในหัวข้อ 5.3 ได้พบว่าจุดข้อมูลค่อนข้างจะกระจายมาก ทั้งนี้ เนื่องจากว่าการศึกษาครั้งนี้ได้อาศัยขนาด เม็ดดิน เฉลี่ย ($\bar{D}_{50}$) เป็นตัวแปรบ่งคุณสมบัติของชั้นดิน (Characteristic Parameter) เพียงตัว เดียว ในหลักวิชาการแล้วคุณสมบัติของชั้นดินอุ้มน้ำที่จะมีผลต่อการไหลของน้ำใต้ดิน เข้าบ่อน้ำดื้น นอกจากขนาด เม็ดดิน เฉลี่ยแล้วยังประกอบด้วย ความแน่นของดิน (Density) ความสม่ำ เสมอหรือการกระจายขนาดของเม็ดดิน (Uniformity) การสลับของชั้นดินที่มีชนิดหรือขนาดแตกต่างกันและอื่น ๆ เช่น ตาน้ำซึ่งพุมาจากชั้นน้ำบาดาลภายใต้ความดันในระดับลึก เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลการศึกษา $q = f(\bar{D}_{50})$ เมื่อกำหนดระดับน้ำลด (h) เป็นค่าคงที่ ได้แสดงให้ เห็นชัดว่า ขนาด เม็ดดิน เฉลี่ย ($\bar{D}_{50}$) สามารถ เป็นตัวแปรบ่งคุณสมบัติของบ่อน้ำดื้นได้ดี และสามารถบอกอัตราการจ่ายน้ำจำ เพาะ (q) ของบ่อน้ำดื้นได้และให้ความถูกต้องพอควร

5.5 การประยุกต์ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.2 และ 5.3 ได้แสดงรูปแบบสรุปผลการวิเคราะห์ที่สำคัญ คือ รูปแบบกราฟ log-log ความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำ (Q) และระดับน้ำลด (h) โดยมีขนาด เม็ดดินของชั้นอุ้มน้ำแต่ละชั้น (D_{50}) เป็นองค์ประกอบในการบ่งลักษณะการจ่ายน้ำดังแสดงในรูป ง-1 ภาคผนวก ง. และความสัมพันธ์ $q = f(\bar{D}_{50})$ บนกราฟ log-log ที่ระดับน้ำลด (h) ค่าต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 5-6 ตามลำดับ อันเป็นผลการศึกษาที่คาดว่าจะให้ประโยชน์ต่อการศึกษาสามารถประยุกต์มาใช้ในการออกแบบและวางแผนพัฒนาโครงการแหล่งน้ำใต้ดินระดับดื้น เช่น บ่อน้ำดื้น และสระรับน้ำใต้ดินได้ดี แต่ในที่นี้จะกล่าวมุ่ง เน้นถึงบ่อน้ำดื้น เท่านั้น

กราฟในรูป ง-1 ตามหัวข้อ 5.2 แสดงลักษณะการจ่ายน้ำโดย เฉพาะตัวของแต่ละบ่อ เป็นไปตามความ เป็นจริงในธรรมชาติ ดังนั้นหากนำข้อมูลขนาด เม็ดดินของชั้นอุ้มน้ำแต่ละชั้น (D_{50}) ในบริเวณที่ศึกษามา เปรียบ เทียบ จะสามารถคาดคะ เนอัตราการจ่ายน้ำ (Q) ของบ่อที่มีขนาดและความลึก เท่ากันได้อย่างมีหลัก เกณฑ์

กราฟรูป 5-6 ตามหัวข้อ 5.3 สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานบ่อน้ำตื้นที่มีลักษณะแตกต่างกันได้ทุกรูปแบบ โดยมีอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) ระดับน้ำลด (h) และขนาดเฉลี่ยเม็ดดิน ($\bar{D}_{50}$) เป็นตัวแปรที่สำคัญ สรุปขั้นตอนในการออกแบบบ่อน้ำตื้นเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. คำนวณปริมาณน้ำ (Q) ที่ต้องการนำมาใช้ประโยชน์จากบ่อ ได้แก่การเกื้อหนุนโครงการแหล่งน้ำประเภทอื่นในการอุปโภคบริโภคหรือการเพาะปลูกสำหรับโครงการบ่อน้ำตื้นเพื่อการเกษตร
2. กำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบ่อได้ด้วยวิธีการขุดดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 4
3. สำรวจภาคสนามบริเวณที่ต้องการศึกษา วัดระดับน้ำนิ่ง (Static Water Level) ซึ่งเป็นค่าที่วัดในฤดูแล้ง และเจาะสำรวจชั้นดินอุ้มน้ำโดยเก็บตัวอย่างดินทุกช่วง 1.00 เมตร ด้วยความลึกทั้งหมดอย่างน้อย 10.00 เมตร เพื่อทดสอบหาขนาดเฉลี่ยเม็ดดิน ($\bar{D}_{50}$) ด้วยวิธีการเฉลี่ยโค้งความกระจายของเม็ดดิน (Grain Size Distribution Curve) ทุก ๆ ชั้นดิน ดังแสดงตัวอย่างในรูป ค-15 ภาคผนวก ค.
4. ใช้ขนาดเฉลี่ยเม็ดดิน ($\bar{D}_{50}$) เป็นตัวกำหนดในการอ่านค่าความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) และระดับน้ำลด (h) จากเส้นโค้งรูป 5-6 ดังได้แสดงตัวอย่างในตาราง 5-4
5. จากค่าอัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ (q) ที่ระดับน้ำลด (h) ต่าง ๆ ที่อ่านได้สามารถคำนวณอัตราการจ่ายน้ำ (Q) ที่ระดับน้ำลดต่าง ๆ ด้วยสมมุติฐานซึ่งนิยามด้วยรูป 4-1 ตามสมการ 4.4 และ 4.5 คือ

$$Q = q\,B \qquad (5.9)$$

และ

$$B = \frac{\pi \phi^2}{4} + \pi \phi\,(H-h) \qquad (5.10)$$

เมื่อ Q = อัตราการจ่ายน้ำของบ่อ หน่วย ลบ.ม./นาที

q = อัตราการจ่ายน้ำจำเพาะ หน่วย ลบ.ม./นาที/ม.^{2}

B = พื้นที่ที่น้ำได้ดินไหลผ่านเข้าบ่อ หน่วย ม.^{2}

ϕ = เส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อ หน่วย ม.

H = ความลึกของระดับน้ำนิ่ง หน่วย ม.

h = ระดับน้ำลดที่พิจารณา หน่วย ม.

6. จากการดำเนินงานตามข้อ 1 ถึงข้อ 5 สามารถกำหนดความลึกของบ่อซึ่งต้องพิจารณาประกอบกับความสามารถในการขุด/อัตราการจ่ายน้ำของแต่ละบ่อ จึงคำนวณหาจำนวนบ่อที่จะจ่ายน้ำด้วยปริมาณน้ำทั้งหมดสนองความต้องการได้อย่างเพียงพอ และประมาณการงบประมาณที่จะลงทุนในการวางแผนงานก่อสร้างต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย