



ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองเบื้องต้นเพื่อเลือกความสูงตัวกลางในสภาวะหนึ่ง

ในการทดลองเบื้องต้น ทำการแปรค่าความลึกตัวแปร ขณะอยู่หนึ่ง 4 ค่า คือ 10 ซม. 20 ซม. 35 ซม. และ 50 ซม. โดยใช้ค่าความเข้มข้นสารส้ม 30 มก./ล. ค่าความเข้มข้นโพลิเมอร์ 0.3 มก./ล. ใช้ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ผลการทดลองแสดงอยู่ในตาราง ก1 ภาคผนวก ก ความสัมพันธ์ของค่าความขุ่นที่เหลือและความสูงของชั้นตัวกลางในสภาวะหนึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 4.1 พบว่า ที่ค่าการขยายตัว 10% ของความสูง (20, 35, 50 ซม.) ให้ค่าความขุ่นที่เหลือน้อยลงเมื่อเพิ่มความสูงของตัวกลางทั้งนี้เนื่องจากระหว่างการทดลองพบว่า ตัวกลางไม่สามารถเคลื่อนที่ เมื่อการทดลองผ่านไป 1 ซม. และเมื่อผ่านไป 2 ซม. จะไม่เคลื่อนที่อย่างสิ้นเชิง ซึ่งการที่ค่าความขุ่นที่เหลือน้อยลงเมื่อเพิ่มความสูง อธิบายได้ว่า กลไกที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นกลไกการกรองตรงซึ่งเมื่อเพิ่มความลึกการกรองย่อมทำให้ฟlocs เข้าไปติดค้างอยู่ในชั้นกรองมากขึ้น ทำให้ค่าความขุ่นหลังตกตะกอนมีค่าน้อยลง

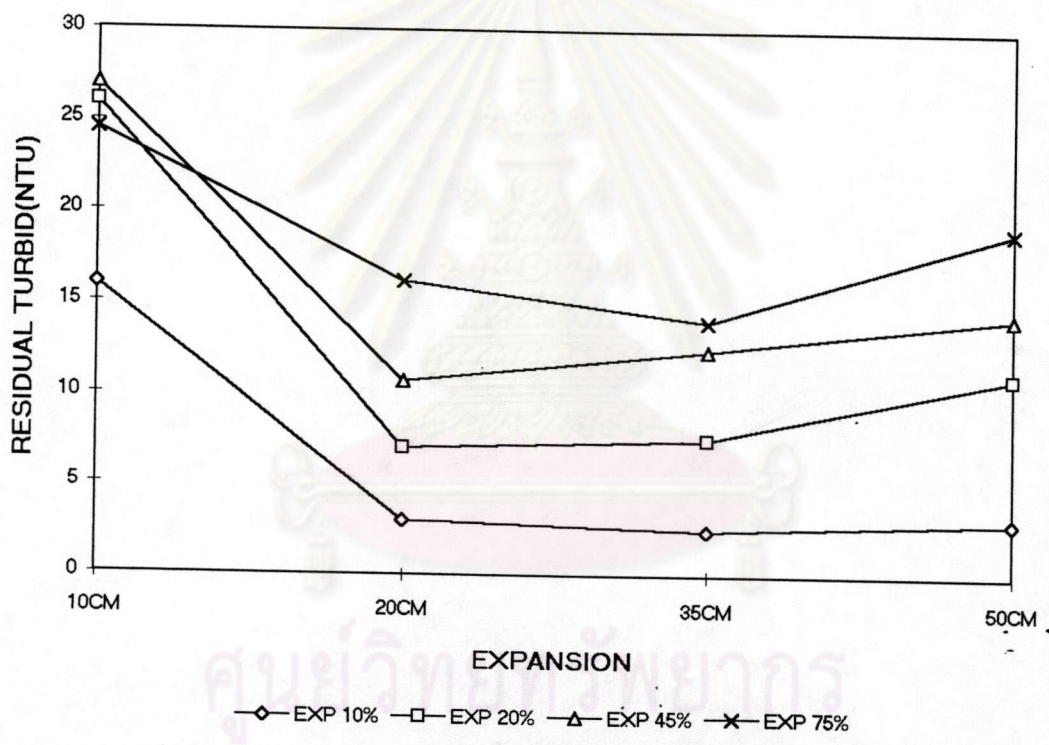
ที่ค่าการขยายตัว 20%, 45%, 75% พบว่าที่ความสูงของตัวกลางขนาด 20, 35, 50 ซม. ไม่ให้ความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดของความขุ่นที่เหลือ

สำหรับความสูงของชั้นตัวกลาง 10 ซม. ไม่สามารถควบคุมให้เกิดการขยายตัวได้อย่างคงที่ ทุกๆ ค่าการขยายตัวที่ต้องการเพราะมีการกระเพื่อมของชั้นตัวกลางตลอดเวลาจึงไม่นำมาแปรค่าในการทดลอง

เมื่อพิจารณาจากค่าความชื้นที่เหลือ พบว่าเมื่อเพิ่มความสูงของตัวกลาง
สภาวะหนึ่ง ที่การขยายตัวเดียวกันไม่ส่งผลในการลดค่าความชื้นที่เหลืออย่างชัดเจน ดังนั้นในการ
ทดลองครั้งนี้จึงเลือกค่าความสูงของตัวกลางในสภาวะหนึ่ง 20 ซม. เพื่อเป็นการประหยัดวัสดุใน
การใช้เป็นตัวกลาง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของความขุ่นที่เหลือนับกับความสูงของชั้นตัวกลางในสภาพหนึ่งในการทดลองเบื้องต้น

อิทธิพลของความเข้มข้นของสารส้ม

การศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นสารส้ม ที่มีต่อความขุ่นที่เหลือ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

ผลของความเข้มข้นสารส้มต่อความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ค่าการขยายตัว 20%, 30%, 45%, 60%, 75% แยกตามขนาดของตัวกลาง 3 ขนาด โดยแปรค่าความเข้มข้นสารส้ม 4 ค่า คือ 10 มก./ล. 15 มก./ล. 20 มก./ล. 30 มก./ล. ค่าความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจำแนกตามขนาดของตัวกลาง ดังนี้

ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าความขุ่นที่เหลือ 7.2 NTU ถึง 24.60 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 85.60% ถึง 50.80% ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.3 รูปแบบความสัมพันธ์ของความเข้มข้นสารส้มและความขุ่นที่เหลือจากการทดลองพบว่าที่ทุกๆ ค่าการขยายตัวของชั้นตัวกลาง จะได้ค่าความขุ่นที่เหลือเกินเกณฑ์ 5 NTU ทุกการทดลอง และเมื่อพิจารณาแนวโน้มโดยทั่วไปพบว่า ในการเพิ่มความเข้มข้นของสารส้ม ทำให้ความขุ่นที่เหลือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ค่าความเข้มข้นสารส้มที่ให้ค่าความขุ่นที่เหลือต่ำสุดประมาณ 20 มก./ล.

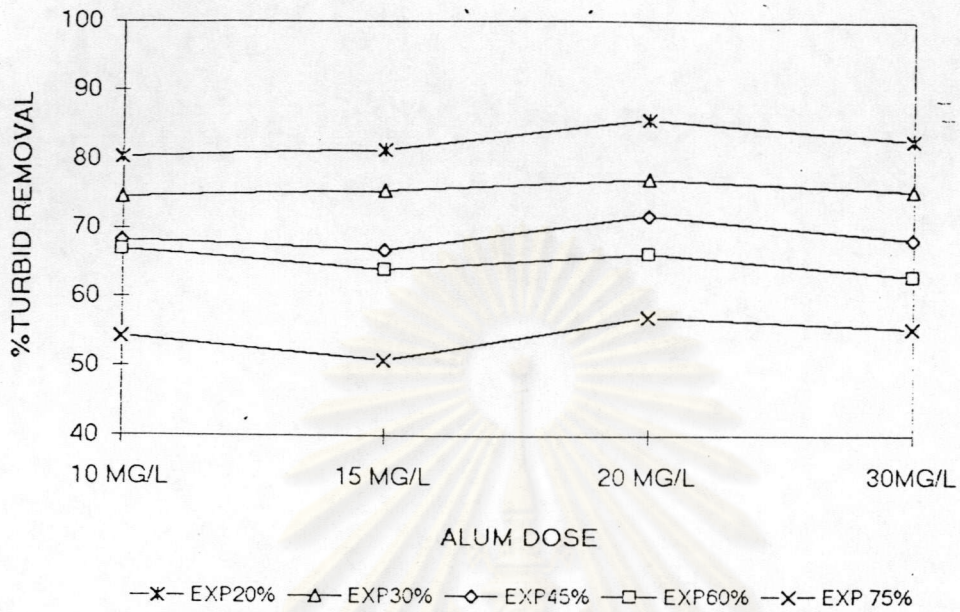
ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าความขุ่นที่เหลือ 4.9 NTU ถึง 19.5 NTU ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นให้ค่าพิสัยอยู่ในช่วง 61.00% ถึง 90.20% ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ถึงรูปที่ 4.5 จากผลการทดลองพบว่าที่ทุกค่าการขยายตัวของชั้นตัวกลางเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารส้มจะทำให้ค่าความขุ่นที่เหลือลดลง จนมีค่าน้อยที่สุดที่ค่าความเข้มข้น 30 มก./ล. และที่ค่าการขยายตัวของตัวกลาง 20% สามารถให้ความขุ่นที่เหลือต่ำกว่าเกณฑ์ 5 NTU

ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าความขุ่นที่เหลือให้ค่าพิสัยอยู่ในช่วง 2.2 NTU ถึง 16.7 NTU ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นให้ค่าพิสัยอยู่ในช่วง 94.80%

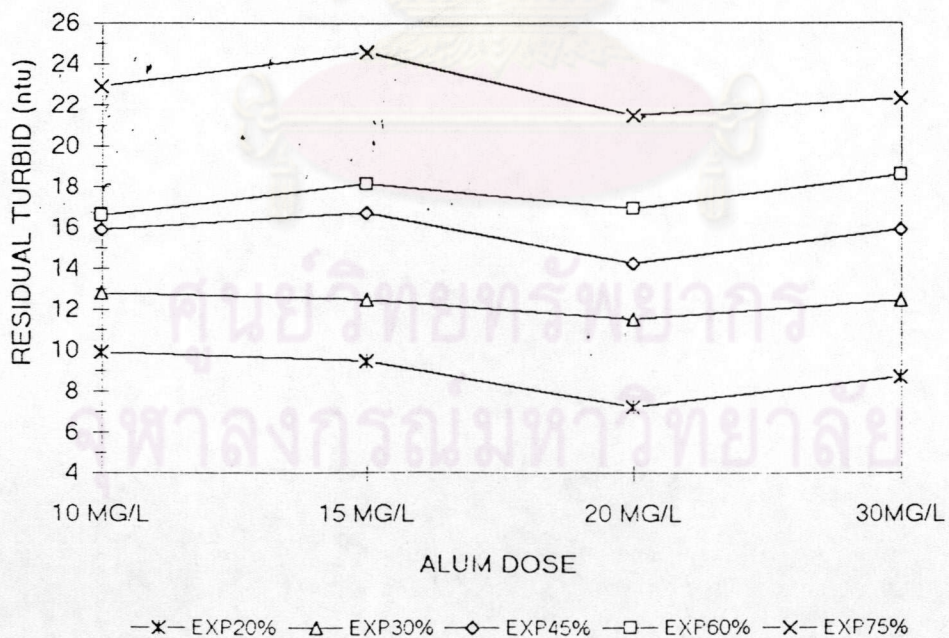
ถึง 66.60% ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ถึงรูปที่ 4.7 เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐาน 5 NTU พบว่าตัวกลางขนาด 0.36 มม. ที่การขยายตัว 20% ถึง 30% ให้ค่าความขุ่นที่เหลือน้อยกว่าเกณฑ์ 5 NTU จากผลการทดลองพบว่าที่ทุกค่าของการขยายตัวของชั้นตัวกลาง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารส้มจะทำให้ค่าความขุ่นที่เหลือน้อยลง จนมีค่าน้อยที่สุดที่ค่าความเข้มข้น 30 มก./ล.

เหตุที่ผลการทดลองเป็นเช่นนี้ เป็นไปได้ว่า ในการทดลองที่ใช้ตัวกลางขนาด 1.44 มม. มีค่าความเร็วแกรเดียนท์สูงจนเกินไป จึงทำให้ขนาดที่ใหญ่ที่สุดที่เป็นไปได้ของฟล็อกมีขนาดเล็กไม่อำนวยให้เกิดการตกตะกอน (LIN, 1982) ในขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นสารส้ม ซึ่งมีผลทำให้เกิดการลดความหนาแน่นประสิทธิผลของฟล็อก (Tambo และ Watanabe, 1979) ทำให้ ฟล็อกที่เกิดจากความเข้มข้นสารส้ม 20 มก./ล. มีความสามารถในการตกตะกอนไม่แตกต่างจากความสามารถในการตกตะกอนของฟล็อกที่เกิดจากสารส้ม 30 มก./ล. สำหรับการทดลองที่ใช้ตัวกลางขนาด 0.72 มม. และตัวกลางขนาด 0.36 มม. มีความเร็วแกรเดียนท์ในกระบวนการกวนช้าต่ำกว่าจึงทำให้ขนาดที่ใหญ่ที่สุดที่จะเป็นไปได้อาจมีขนาดใหญ่กว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารส้มจึงสามารถเพิ่มขนาดของฟล็อกได้อย่างเต็มที่ถึงแม้ว่าจะทำให้ความหนาแน่นลดลงเนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารส้มก็ตามดังนั้นในการเพิ่มความเข้มข้นสารส้ม สำหรับตัวกลาง 0.72 มม. และ 0.36 มม. จึงทำให้ขนาดของฟล็อกใหญ่ขึ้นสามารถตกตะกอนได้ดี ทำให้ค่าความขุ่นที่เหลือน้อยกว่าค่าความเข้มข้นสารส้ม 30 มก./ล. เป็นค่าความขุ่นที่เหลือน้อยที่สุด

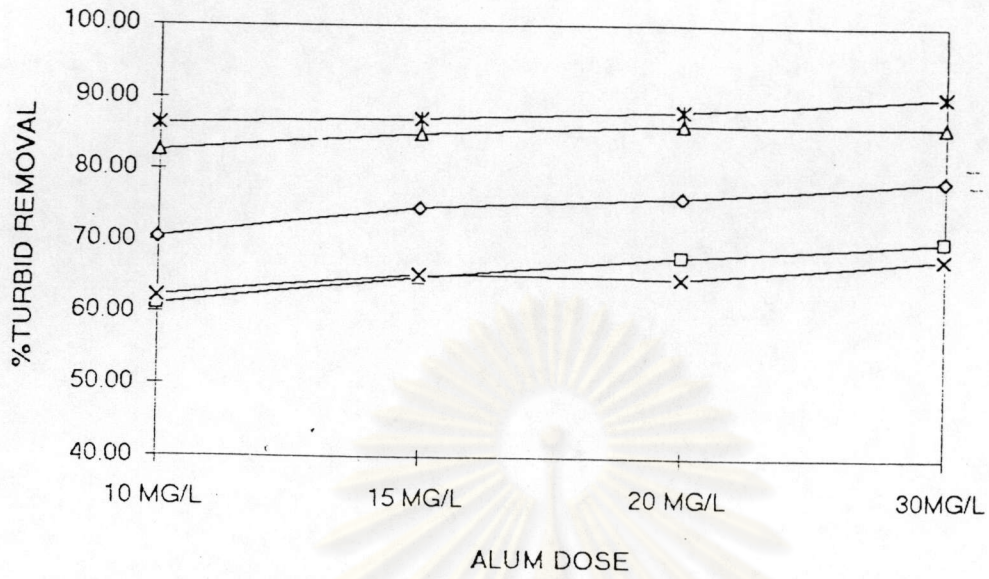
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



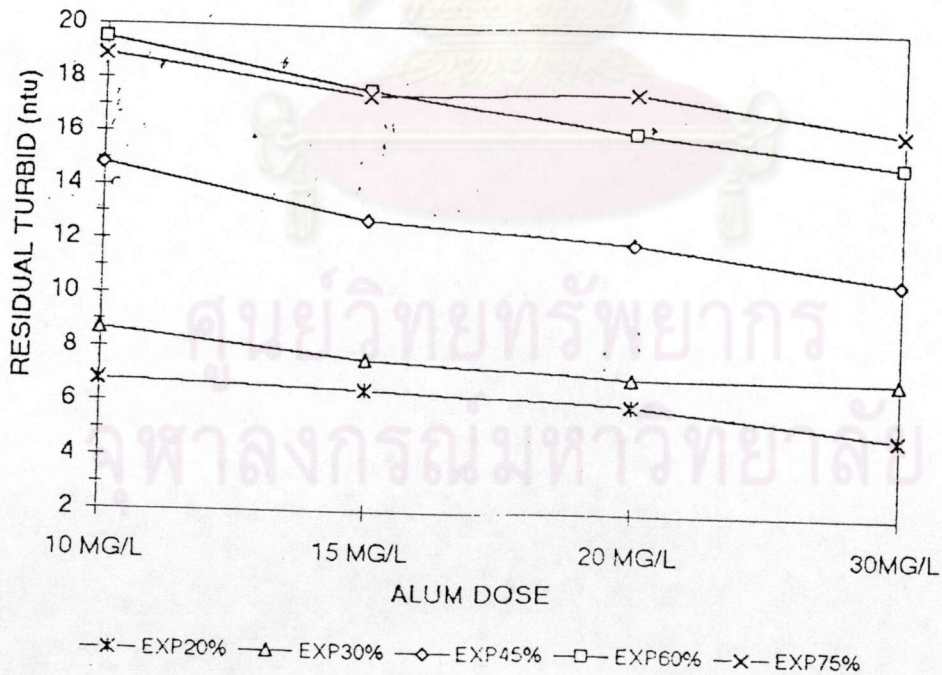
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับความเข้มข้นสารส้มของตัวกลางขนาด 1.44 มม.



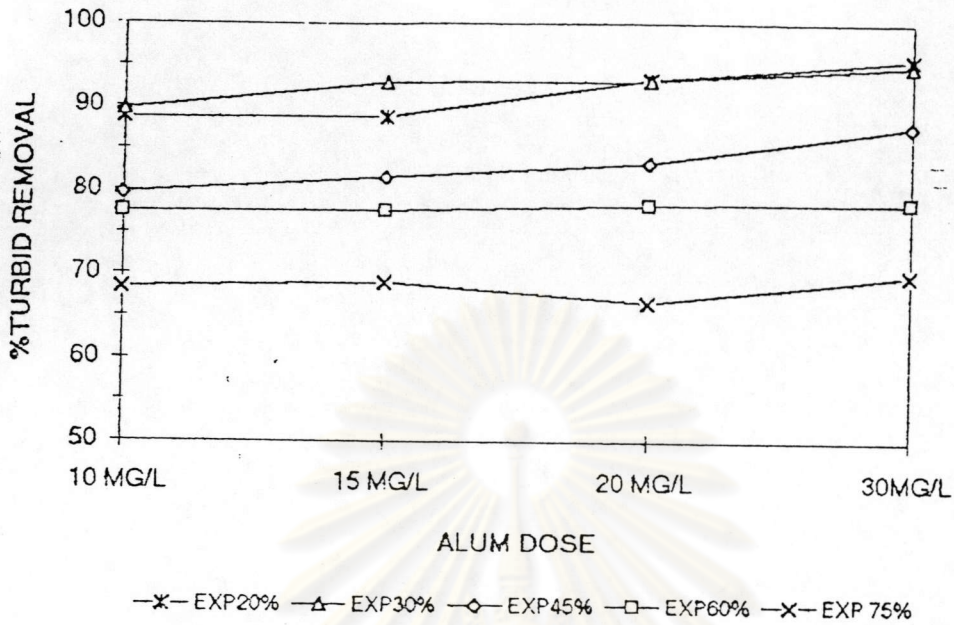
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือกับความเข้มข้นสารส้มของตัวกลางขนาด 1.44 มม.



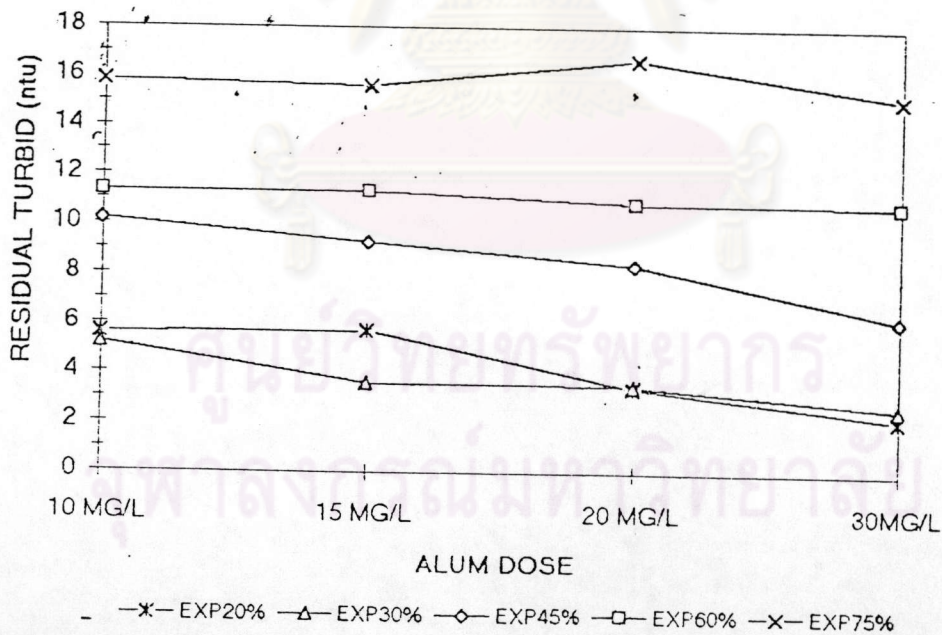
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับความเข้มข้นสารส้มของตัวกลางขนาด 0.72 มม.



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือกับความเข้มข้นสารส้มของตัวกลางขนาด 0.72 มม.



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับความเข้มข้นสารส้มของตัวกลางขนาด 0.36 มม.



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือกับความเข้มข้นสารส้มของตัวกลางขนาด 0.36 มม.

อิทธิพลของขนาดของตัวกลาง

การศึกษาอิทธิพลของขนาดตัวกลางต่อความชุ่มที่เหลือ และประสิทธิภาพการกำจัด ความชุ่ม ความเร็วไหลขึ้น เวลาตกเก็บ การสูญเสียเฮด ค่าความเร็วแกรเดียนต์ และค่า G*t

ผลของขนาดตัวกลางต่อค่าความชุ่มที่เหลือ และประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่ม

เมื่อทำการแปรขนาดตัวกลาง 1.44 มม. 0.72 มม. และ 0.36 มม. ที่ ค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% ผลการทดลองจำแนกตามความเข้มข้นของสารส้มแสดงในรูปที่ 4.8 ถึงรูปที่ 4.15 พบว่า

ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าความชุ่มที่เหลืออยู่ในช่วง 7.2 NTU ถึง 24.6 NTU ประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มอยู่ในช่วง 85.6% ถึง 50.8%

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าความชุ่มที่เหลืออยู่ในช่วง 4.9 NTU ถึง 19.5 NTU ประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มอยู่ในช่วง 90.2% ถึง 61%

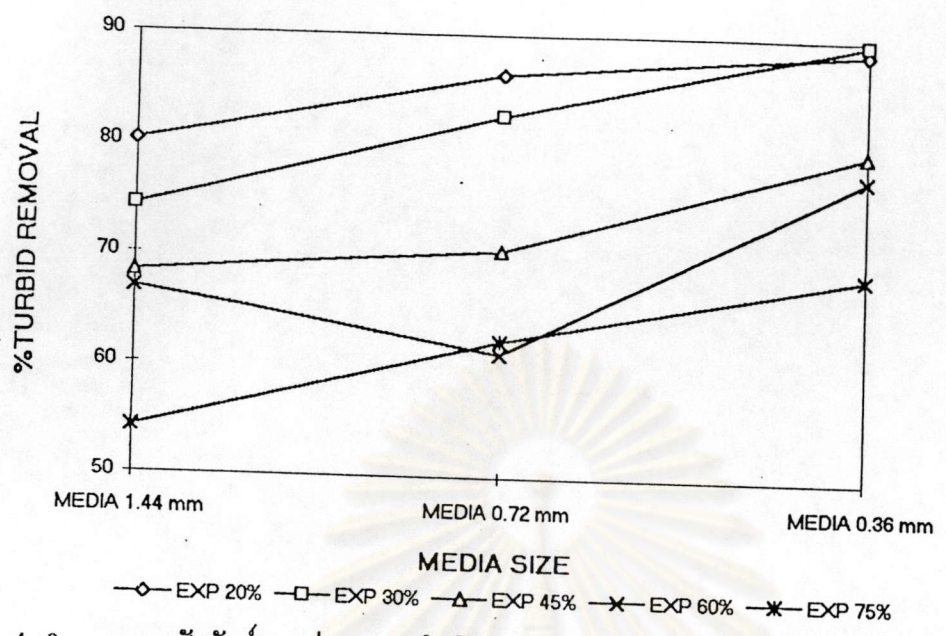
ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าความชุ่มที่เหลืออยู่ในช่วง 2.2 NTU ถึง 15.8 NTU ประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มอยู่ในช่วง 95.6% ถึง 68.4%

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพบว่า ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ไม่สามารถให้ค่าความชุ่มที่เหลือของน้ำที่ผลิตต่ำกว่าเกณฑ์ 5 NTU แต่ในขณะที่ตัวกลางขนาด 0.72 มม. และ 0.36 มม. สามารถให้ค่าความชุ่มที่เหลือของน้ำที่ผลิตต่ำกว่าเกณฑ์ 5 NTU ที่ค่าการขยายตัวไม่มากกว่า 30% และความเข้มข้นสารส้มตั้งแต่ 20 มก./ล. ขึ้นไป นอกจากนี้แล้วเมื่อพิจารณาโดยทั่วไปยังพบเห็นว่าค่าความเข้มข้นเดียวกันในทุกๆ ค่าการขยายตัว เมื่อเพิ่มขนาดของตัวกลางจะทำให้ความชุ่มที่เหลือเพิ่มมากขึ้นและประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ในตัวกลางที่มีขนาดใหญ่ให้ค่าความเร็วแกรเดียนต์สูงกว่าเมื่อเทียบกับตัวกลางที่เล็กกว่า ค่าความเร็วแกรเดียนต์ที่สูงกว่าทำให้เกิดความปั่นป่วนที่สูงกว่า ทำให้ขนาด

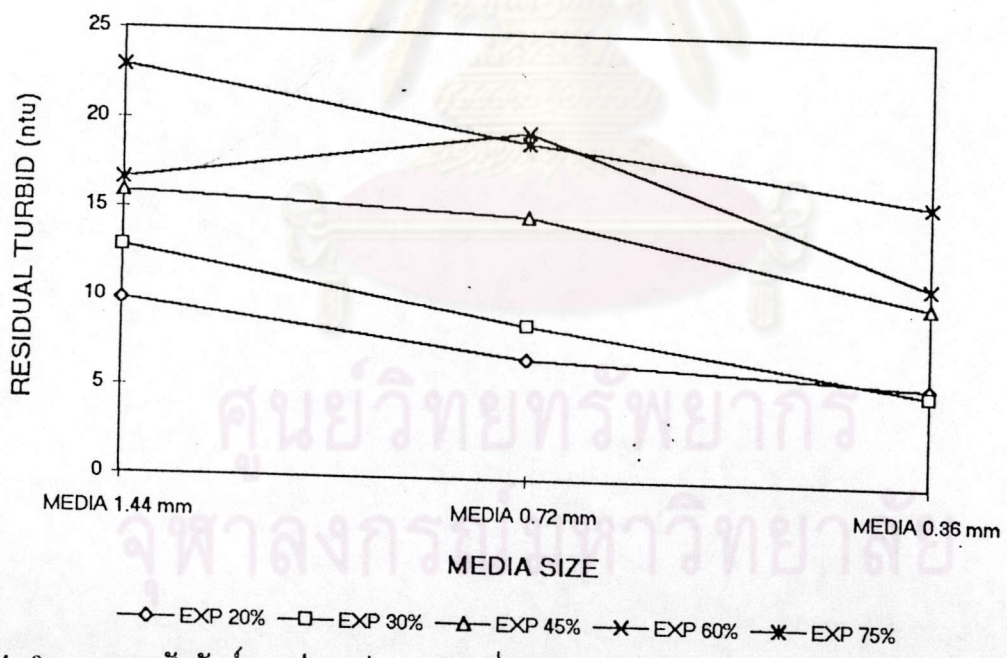
ใหญ่ที่สุดที่เป็นไปได้ของฟลักซ์เล็กน้อย ทำให้ความสามารถในการตกตะกอนลดลง เป็นเหตุให้
ความชื้นที่เหลือมีค่ามากขึ้น และประสิทธิภาพในการกำจัดความชื้นลดลง



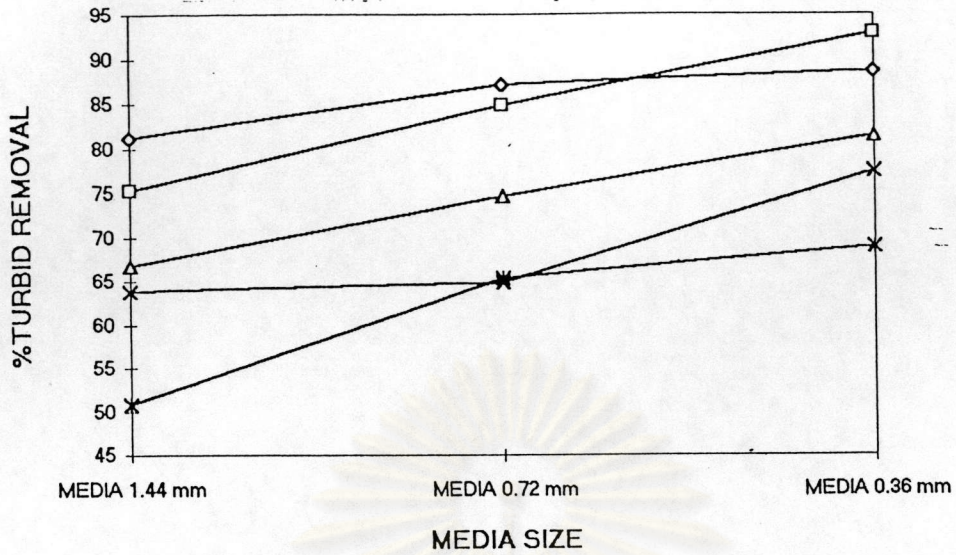
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



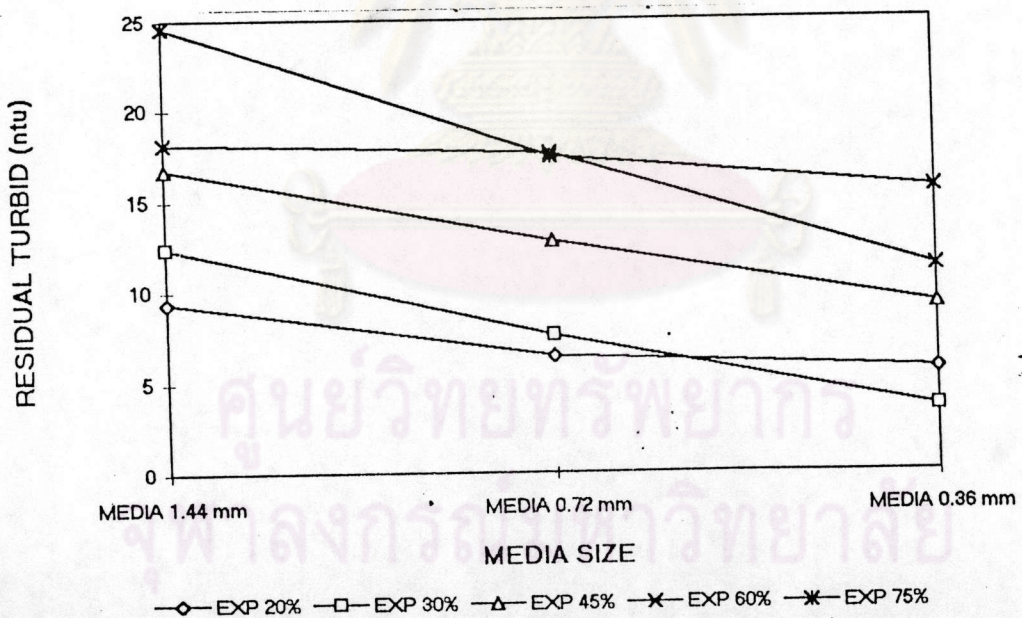
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับขนาดของตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 10 มก./ล.



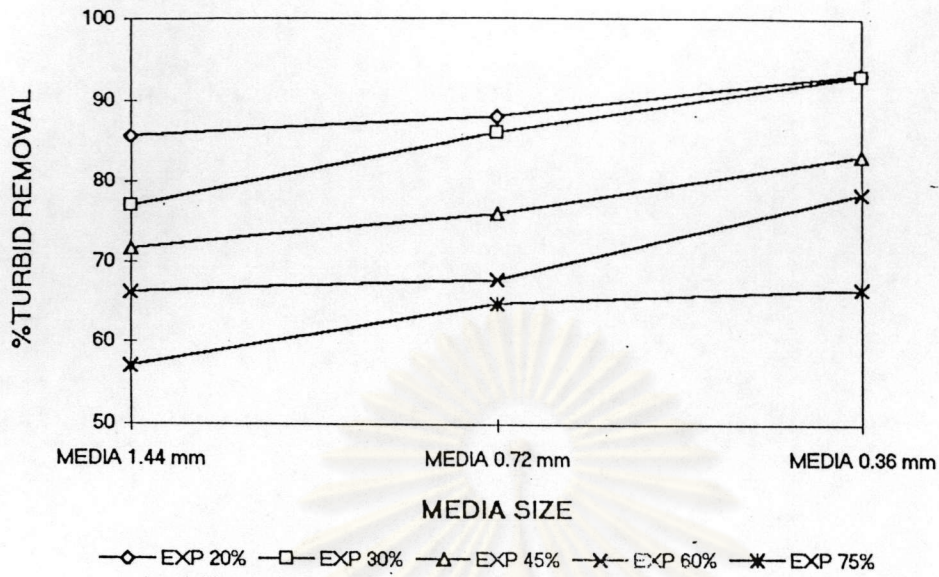
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความขุ่นที่เหลือกับขนาดของตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 10 มก./ล.



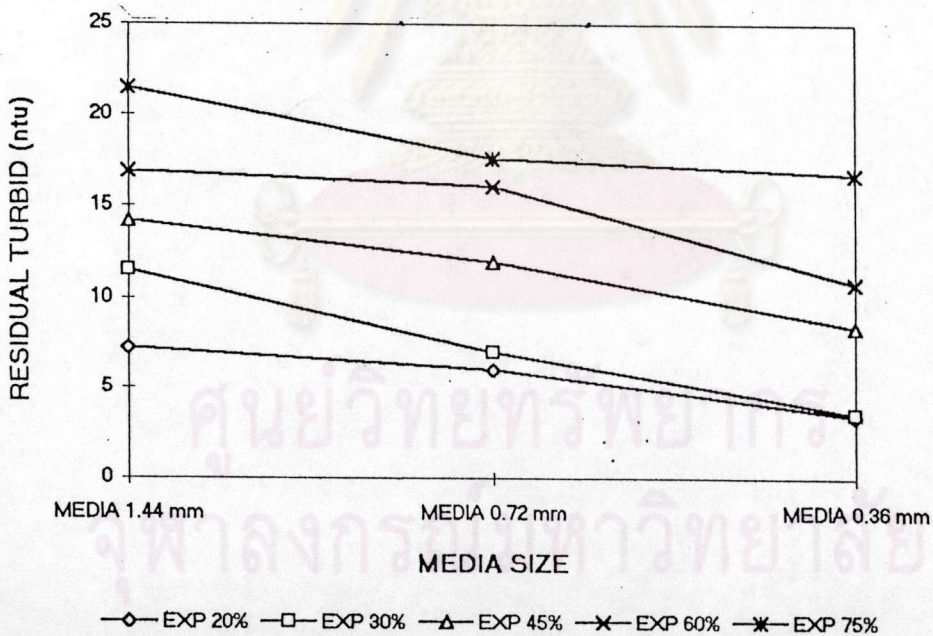
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับขนาดของตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 15 มก./ล.



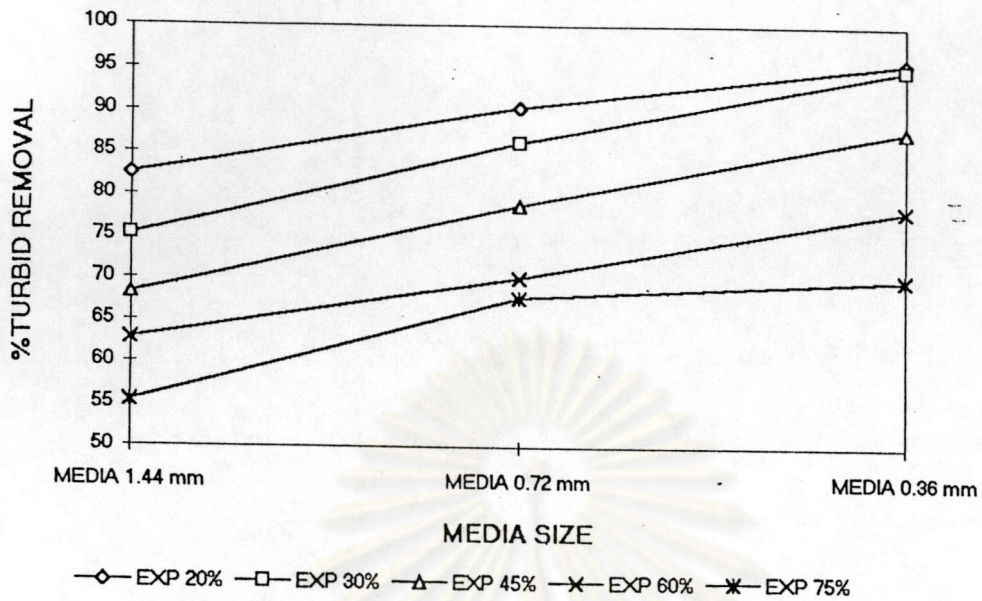
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความขุ่นที่เหลือกับขนาดของตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 15 มก./ล.



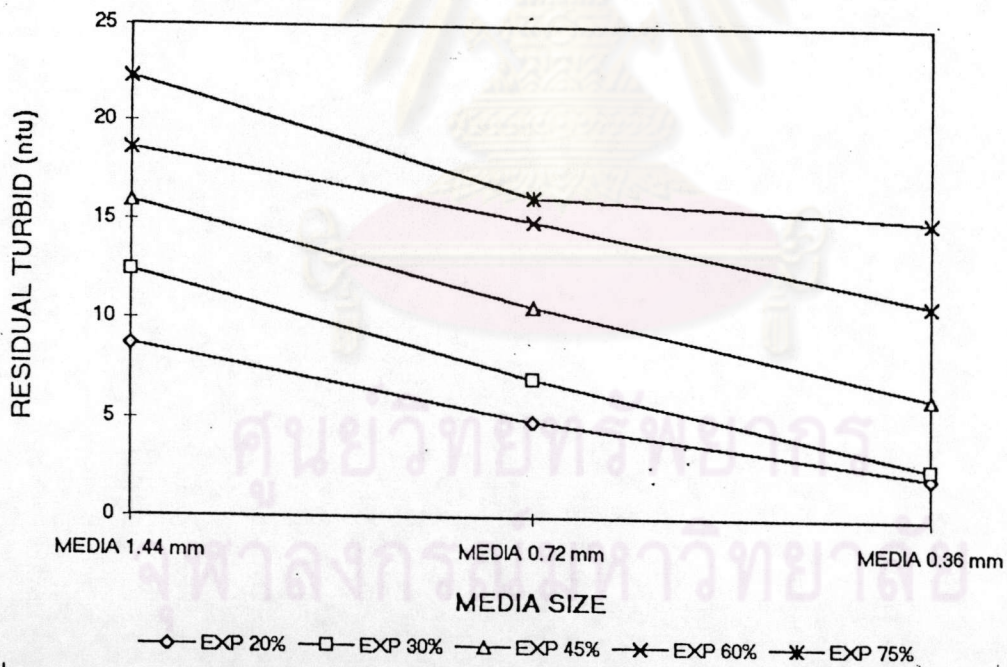
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับขนาดของตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 20 มก./ล.



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความขุ่นที่เหลือกับขนาดของตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 20 มก./ล.



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับขนาดของตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 30 มก./ล.



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความขุ่นที่เหลือกับขนาดของตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 30 มก./ล.



ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของตัวกลางและความเร็วไหลชั้น

ผลการทดลองของการแปรขนาดตัวกลาง 1.44 มม., 0.72 มม. และ 0.36 มม. ที่ค่าการขยายตัว 20 ถึง 75% ผลการทดลองจำแนกตามความเข้มข้นของสารส้มแสดงในรูปที่ 4.16 ถึง 4.19 พบว่า

ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ความเร็วไหลชั้นอยู่ในช่วง 1.24 เมตร/นาที่ ถึง 0.72 เมตร/นาที่ เมื่อแปรค่าการขยายตัว 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ความเร็วไหลชั้นอยู่ในช่วง 0.76 เมตร/นาที่ ถึง 0.39 เมตร/นาที่ เมื่อแปรค่าการขยายตัว 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าความเร็วไหลชั้นอยู่ในช่วง 0.14 เมตร/นาที่ ถึง 0.31 เมตร/นาที่ เมื่อแปรค่าการขยายตัว 20% ถึง 75%

จากผลการทดลองพบว่า ที่ทุกค่าการขยายตัวตัวกลางขนาดใหญ่จะให้ค่าความเร็วไหลชั้นสูงกว่าตัวกลางขนาดเล็ก เนื่องจาก ในสภาวะที่ตัวกลางขนาดใหญ่กว่า อยู่ในสภาวะเสมือนการไหล แรงเสียดทานที่สำคัญ คือ แรงลากดึง (drag force) ซึ่งมีทิศทางตรงข้ามการเคลื่อนที่ของตัวกลาง แรงลากดึงมีค่าแปรผันโดยตรงกับขนาดของวัตถุที่กำลังพิจารณาดังนั้นตัวกลางขนาดใหญ่จึงมีค่าแรงลากดึงที่ต้านการเคลื่อนที่สูงกว่าตัวกลางขนาดเล็ก ดังนั้นเพื่อที่จะให้ชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาดใหญ่ขยายตัวเท่ากับชั้นตัวกลางขนาดเล็ก จะต้องอาศัยความเร็วไหลชั้น สูงกว่า เพื่อที่จะให้ลอยตัวอยู่ได้

จากค่าดัชนี n ของสมการ Richardson และ Zaki ที่ทำการหาโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดที่แสดงในรายการคำนวณ ก4 สรุปผลได้ดังนี้

ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าดัชนี n มีค่า 3.456

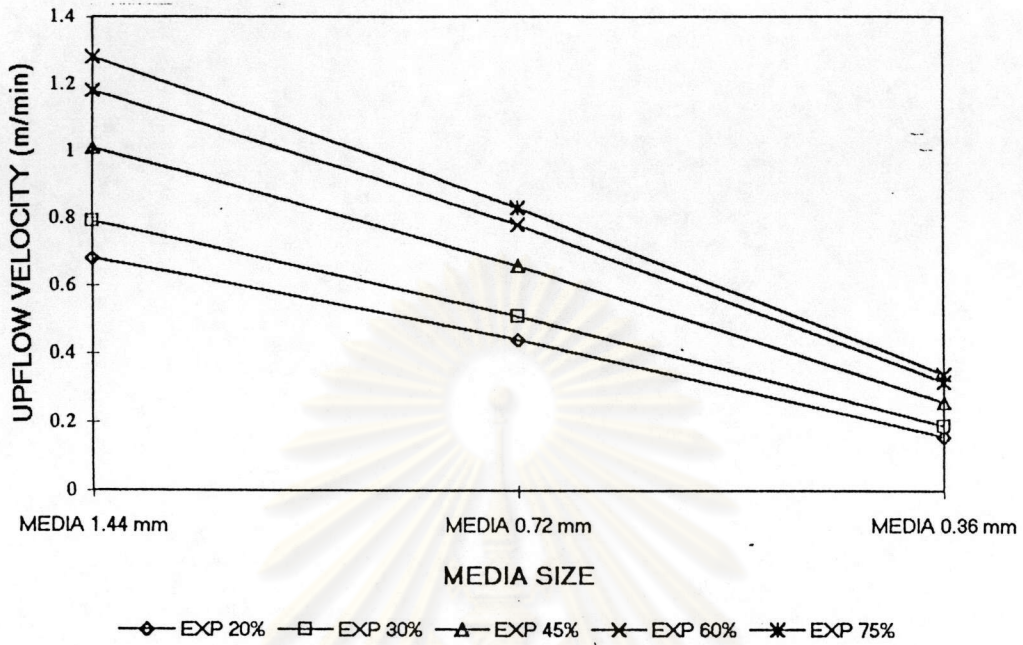
ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าดัชนี n มีค่า 3.186

ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าดัชนี n มีค่า 3.026

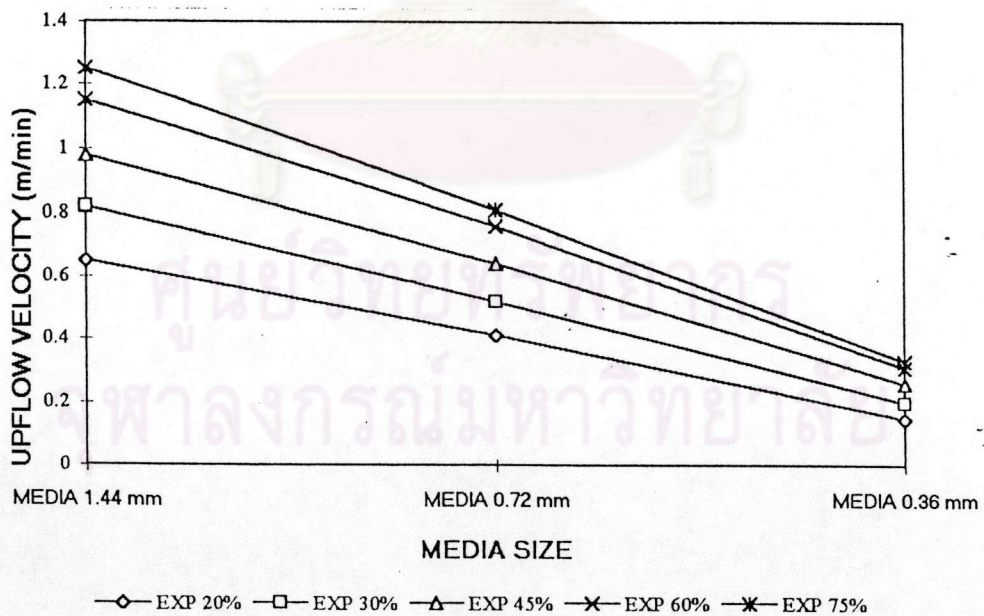
จะเห็นว่า n มีค่าลดลงเมื่อขนาดตัวกลางเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสูตรเชิงปฏิบัติการของ Richardson และ Zaki เมื่อเพิ่มขนาดของตัวกลางจะทำให้ค่า Re_c (จำนวนเรโนลด์ของอนุภาคที่ความเร็วปลาย) เพิ่มขึ้นและเมื่อเปลี่ยนช่วงของค่า Re_c ในทิศทางที่ค่า Re_c เพิ่มขึ้นทำให้ค่า n ที่พิจารณาจากสูตรเชิงปฏิบัติการมีค่าลดลง



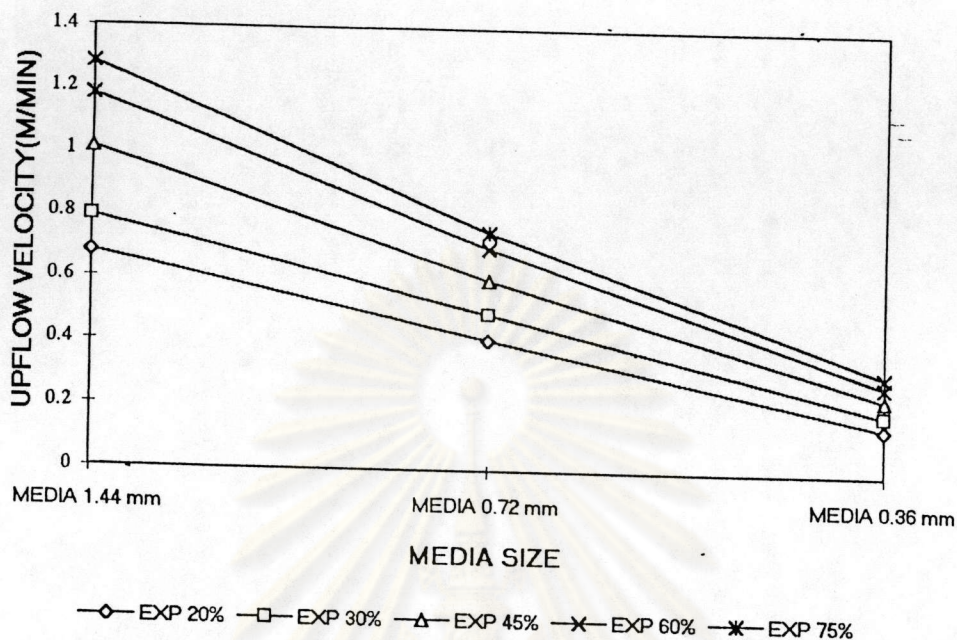
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



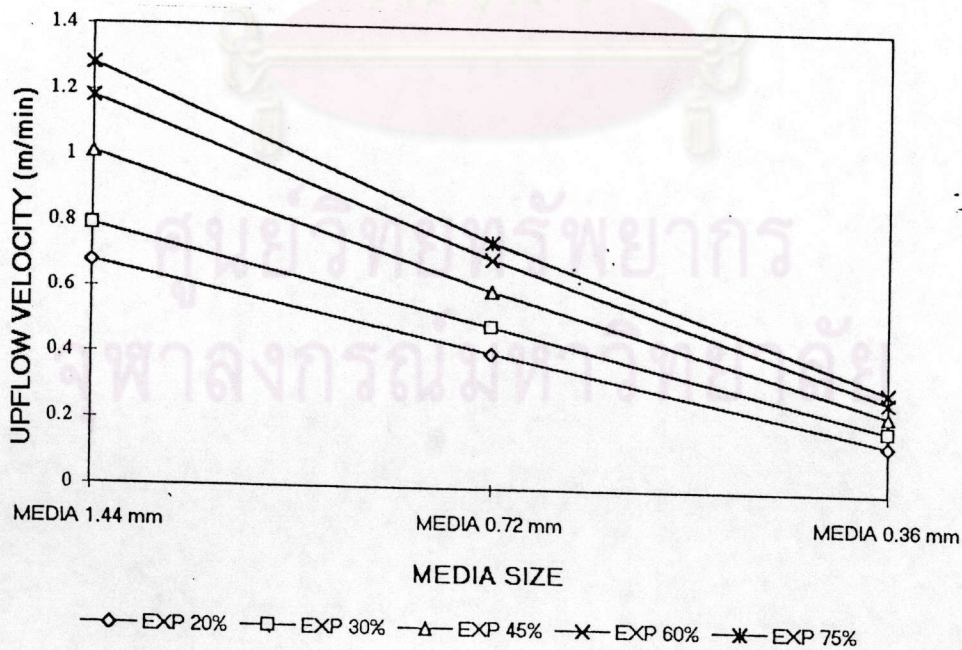
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วไหลขึ้นกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล.



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วไหลขึ้นกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 15 มก./ล.



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วไหลขึ้นกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 20 มก./ล.



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วไหลขึ้นกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 30 มก./ล.

ผลของขนาดตัวกลางต่อเวลากักเก็บ

ทำการแปรค่าตัวกลาง 1.44 มม. 0.72 มม. และ 0.36 มม. ที่ค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% ผลการทดลองจำแนกตามค่าความเข้มข้นสารส้มแสดงในรูปที่ 4.20 ถึงรูปที่ 4.23 พบว่า

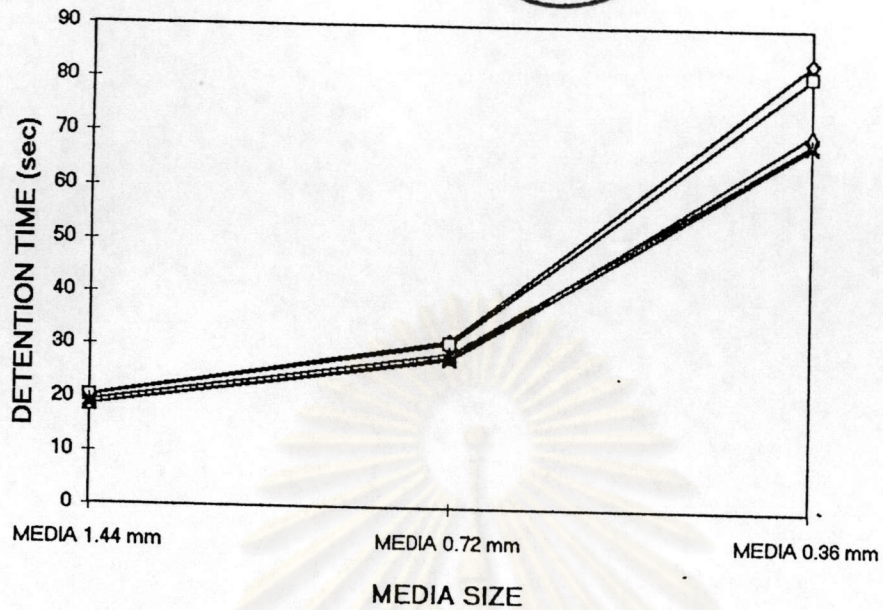
ตัวกลางขนาด 1.44 มม. เมื่อแปรค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% ให้ค่าเวลากักเก็บอยู่ในช่วง 21.56 วินาที ถึง 19.01 วินาที

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. เมื่อแปรค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% ให้ค่าเวลากักเก็บอยู่ในช่วง 33.55 วินาที ถึง 29.69 วินาที

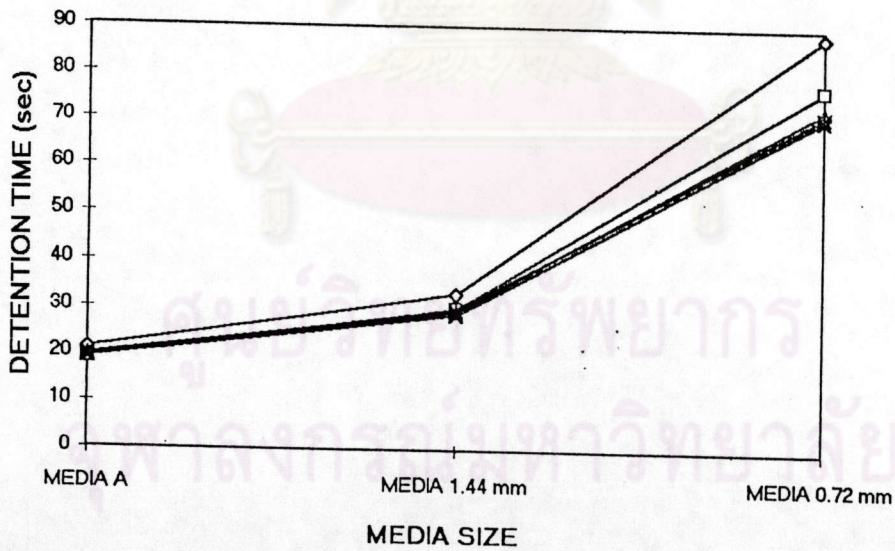
ตัวกลางขนาด 0.36 มม. เมื่อแปรค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% ให้ค่าเวลากักเก็บอยู่ในช่วง 90.53 วินาที ถึง 68.48 วินาที

จากผลการทดลองพบว่าที่ค่าการขยายตัวค่าเดียวกัน เมื่อเพิ่มขนาดของตัวกลาง จะมีผลให้เวลากักเก็บลดลง ที่ผลการทดลองเป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ว่า ตัวกลางขนาดใหญ่เมื่ออยู่ในสภาวะเสมือนการไหลจะใช้ค่าอัตราน้ำเดินผิวมากกว่าตัวกลางขนาดเล็กที่ระดับการขยายตัวที่เท่ากันดังนั้นเป็นผลให้ค่าเวลากักเก็บในชั้นการขยายตัวของตัวกลางขนาดใหญ่มีค่าน้อยกว่า

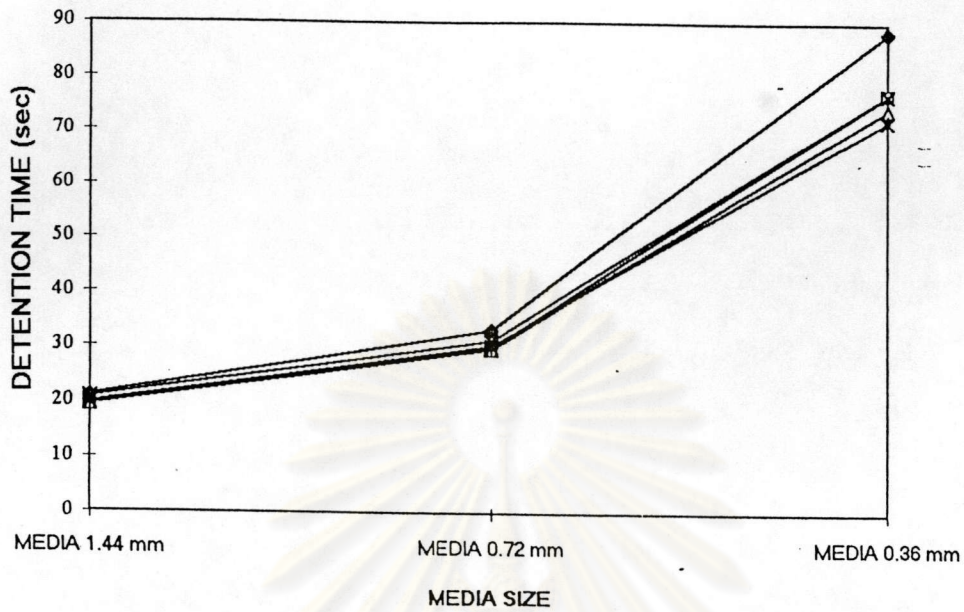
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



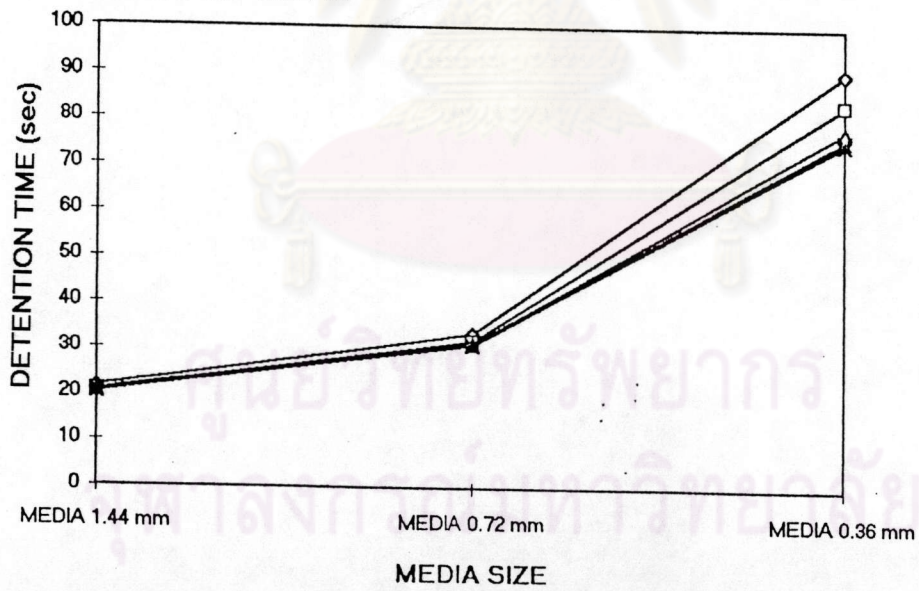
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากักเก็บกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล.



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากักเก็บกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 15 มก./ล.



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากักเก็บกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 20 มก./ล.



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากักเก็บกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 30 มก./ล.

ผลของขนาดตัวกลางต่อค่าการสูญเสียเฮด

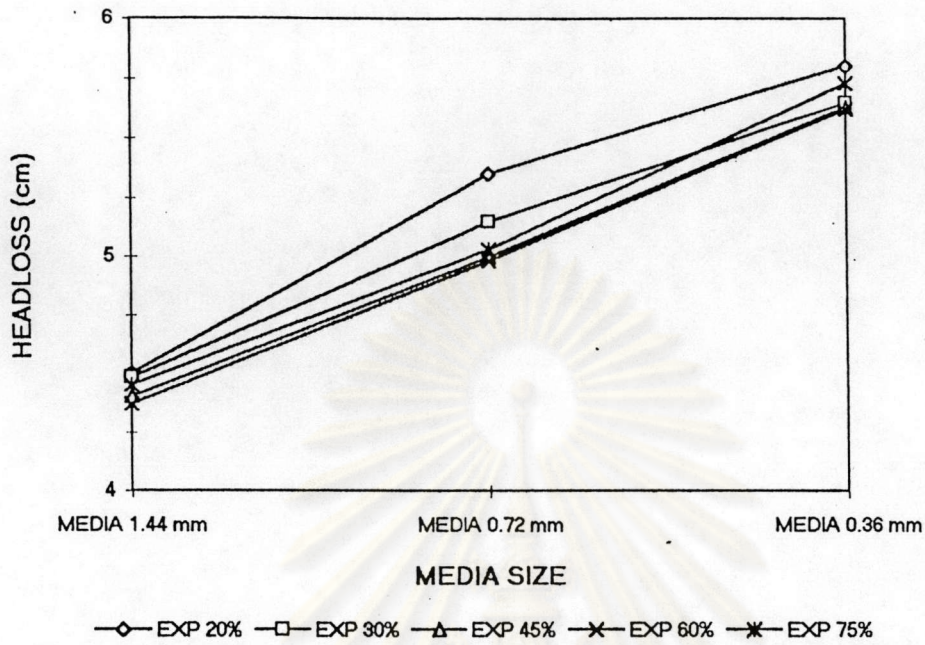
ความสัมพันธ์ของค่าการสูญเสียเฮดและขนาดตัวกลาง 1.44 มม. 0.72 มม. 0.36 มม. ที่ค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% จำแนกตามความเข้มข้นของสารส้มแสดงอยู่ในรูปที่ 4.24 ถึงรูปที่ 4.27 พบว่า

ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าการสูญเสียเฮดอยู่ในช่วง 4.4 ซม. ของน้ำ ถึง 4.8 ซม. ของน้ำ ในช่วงการขยายตัว 20% ถึง 75%

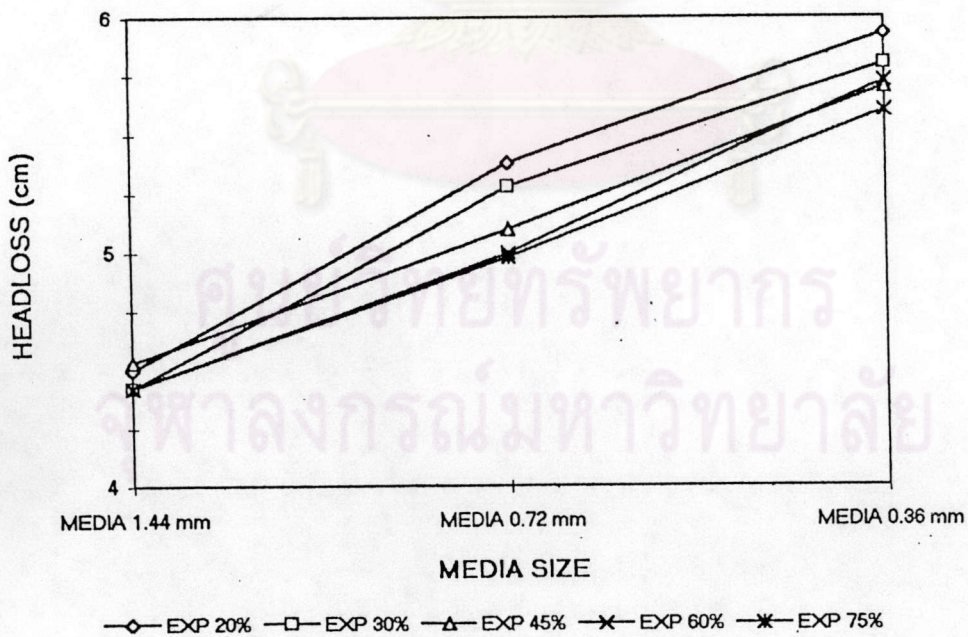
ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าการสูญเสียเฮดอยู่ในช่วง 5.0 ซม. ของน้ำ ถึง 5.5 ซม. ของน้ำ ในช่วงการขยายตัว 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าการสูญเสียเฮดอยู่ในช่วง 5.6 ซม. ของน้ำ ถึง 6.0 ซม. ของน้ำ ในช่วงการขยายตัว 20% ถึง 75%

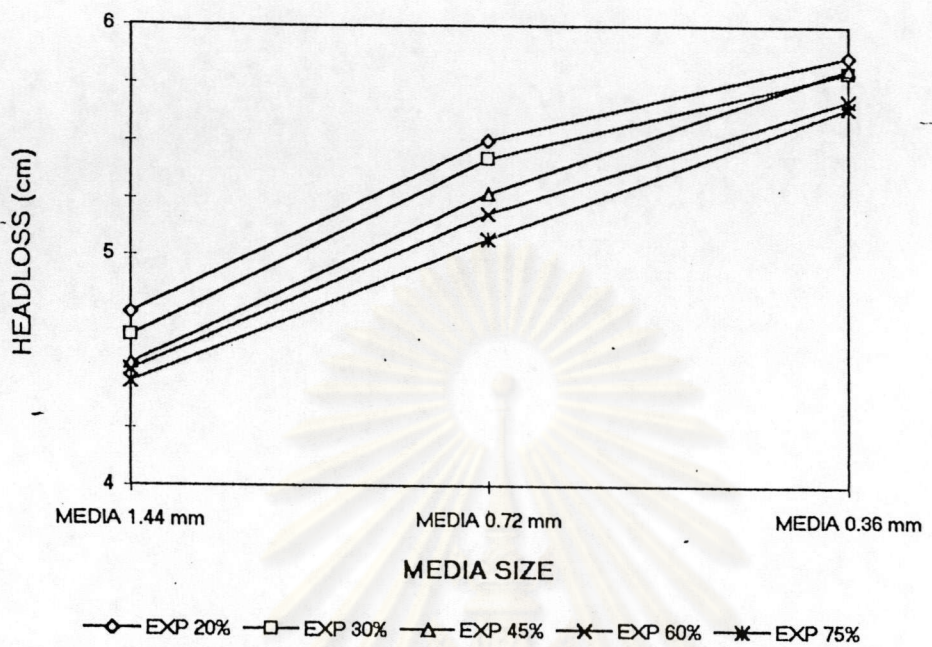
จากผลการทดลองพบแนวโน้มว่า ขนาดตัวกลางที่ใหญ่กว่าจะให้ค่าความสูญเสียเฮดต่ำกว่าตัวกลางขนาดเล็ก สามารถอธิบายได้ว่าในสภาวะเสมือนการไหล การสูญเสียเฮดแปรผันโดยตรงกับน้ำหนักประสิทธิผลของชั้นตัวกลาง (น้ำหนักประสิทธิผลของชั้นตัวกลางคือ น้ำหนักของตัวกลาง เมื่อคิดจากความหนาแน่นประสิทธิผล ซึ่งมีค่าเท่ากับ ความหนาแน่นของตัวกลางหักออกด้วยความหนาแน่นของน้ำ) น้ำหนักประสิทธิผลของตัวกลางขนาดใหญ่จะมีค่าน้อยกว่าตัวกลางขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องจากความพรุน (Porosity) ของตัวกลางขนาดใหญ่มีมากกว่าตัวกลางขนาดเล็ก ดังนั้นในปริมาตรที่เท่ากัน ตัวกลางขนาดใหญ่จะมีมวลสารน้อยกว่าตัวกลางขนาดเล็กจึงทำให้การสูญเสียเฮดของน้ำเพื่อทำการพองมวลสารทั้งหมดน้อยกว่า



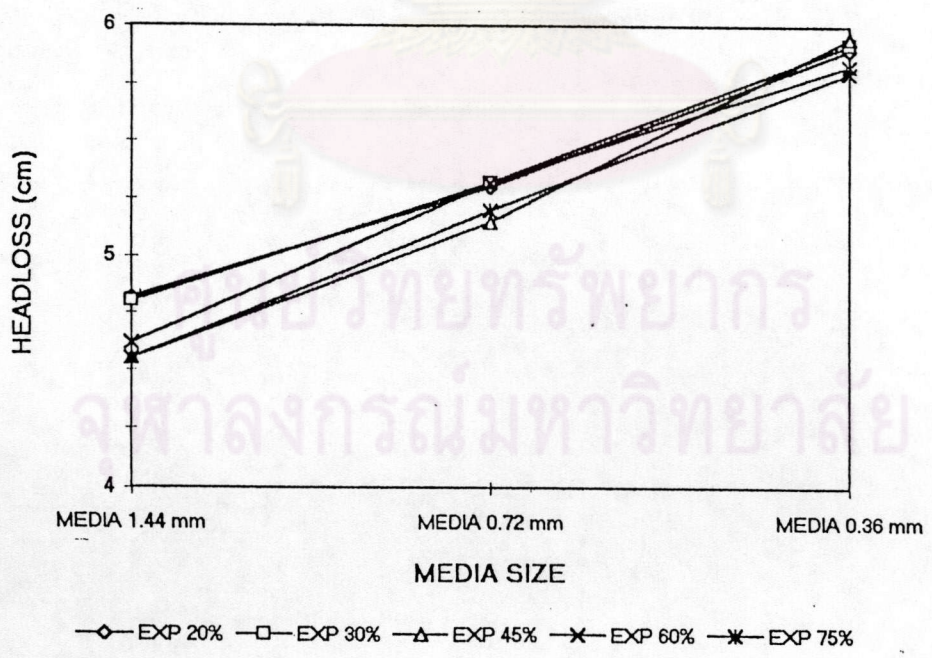
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเฮดกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล.



รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเฮดกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 15 มก./ล.



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเฮดกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 20 มก./ล.



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเฮดกับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 30 มก./ล.

ผลของขนาดของตัวกลางต่อค่าความเร็วแกรเดียนต์

ความสัมพันธ์ของค่าความเร็วแกรเดียนต์และขนาดของตัวกลาง เมื่อแปรขนาดตัวกลาง 1.44 มม. 0.72 มม. และ 0.36 มม. ที่ค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% จำแนกตามค่าความเข้มข้นสารส้ม แสดงอยู่ในรูปที่ 4.28 ถึงรูปที่ 4.31 การคำนวณค่าความเร็วแกรเดียนต์แสดงอยู่ในรายการคำนวณ ก2 พบว่า

ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าความเร็วแกรเดียนต์อยู่ในช่วง 184.91 วินาที⁻¹ ถึง 196.39 วินาที⁻¹ ในช่วงการขยายตัว 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าความเร็วแกรเดียนต์อยู่ในช่วง 159.21 วินาที⁻¹ ถึง 170.47 วินาที⁻¹ ในช่วงการขยายตัว 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าความเร็วแกรเดียนต์อยู่ในช่วง 102.23 วินาที⁻¹ ถึง 114.69 วินาที⁻¹ ในช่วงการขยายตัว 20% ถึง 75%

จากผลการทดลองพบแนวโน้มว่า ที่ทุกๆ ค่าการขยายตัว ตัวกลางที่มีขนาดใหญ่จะให้ค่าความเร็วแกรเดียนต์ที่สูงกว่าตัวกลางที่มีขนาดเล็ก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอัตราส่วนพลังงานที่ถ่ายเทต่อน้ำต่อปริมาตรของน้ำในชั้นตัวกลางมีค่ามากกว่าตัวกลางขนาดเล็ก ถ้าพิจารณาค่าความเร็วแกรเดียนต์ จากการประยุกต์สมการของ camp และ stain แต่ละสมการความดันลดในสภาวะเสมือนการไหล โดย Ives (1978)

$$G = (p/V\mu)^{1/2}$$

$$P = \Delta H_r g Q$$

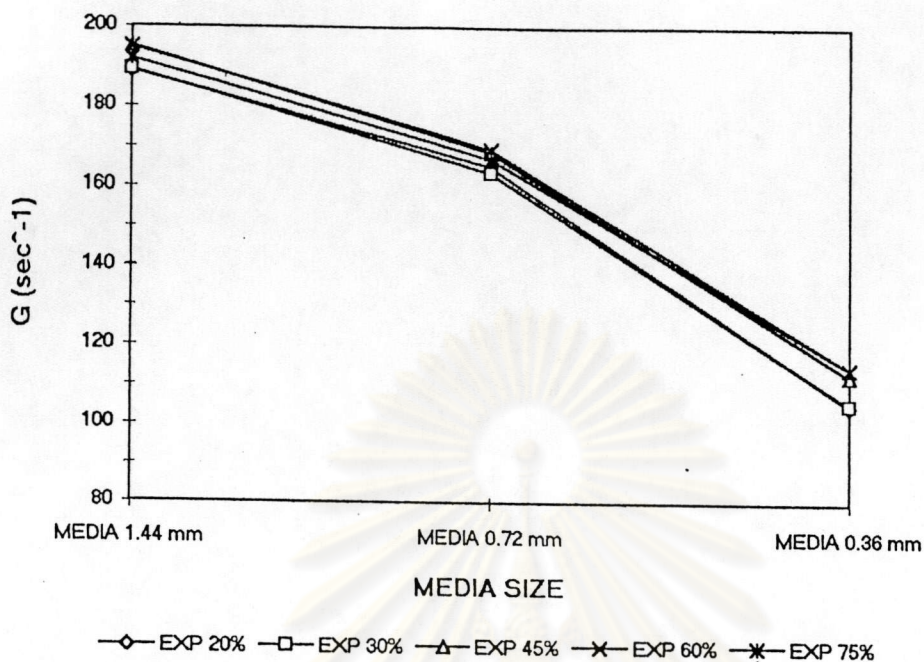
$$V = \Sigma AL$$

จะได้ว่า

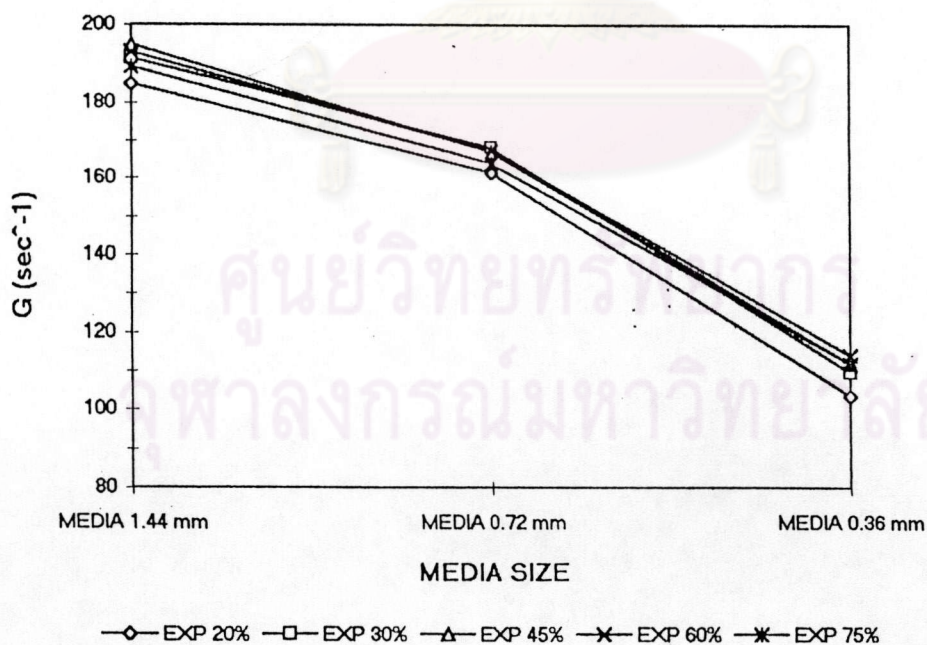
$$G = \frac{\Delta H_r g Q}{\Sigma AL}^{1/2}$$

โดยที่ G คือ ความเร็วแกรเดียนท์ ΔH คือ การสูญเสียเฮด μ คือ ความหนาแน่นของน้ำ Q คือ อัตราการไหลของน้ำ μ คือ ความหนืดของสัมบูรณ์ Σ คือ ค่าความพรุน A พื้นที่หน้าตัดของชั้นตัวกลาง L คือ ความสูงของชั้นตัวกลาง เมื่อพิจารณาจากสมการด้านบน จะพบว่าพจน์ที่มีผลต่อค่าความเร็วแกรเดียนท์ โดยตรงคือ พจน์ ΔH พจน์ Q และพจน์ Σ โดย ค่าความเร็วแกรเดียนท์แปรผันโดยตรงกับ ค่า ΔH และค่า Q ซึ่งผลคูณของ ΔH และ Q ซึ่งสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่ถ่ายทอดให้กับน้ำ และในขณะที่ความเร็วแกรเดียนท์แปรผกผันกับค่า Σ ที่ค่าการขยายตัวค่าหนึ่งเมื่อแปรขนาดของตัวกลางจะพบว่าตัวกลางขนาดใหญ่จะให้ความสูญเสียเฮด (ΔH) น้อยกว่าแต่ให้อัตราการไหล (Q) และค่าความพรุน (Σ) มากกว่าถึงแม้ว่า การเพิ่มขนาดของตัวกลางจะทำให้ค่าความพรุน (Σ) ค่าการสูญเสียเฮด (ΔH) เปลี่ยนไปในทางทำให้ค่าความเร็วแกรเดียนท์มีค่าน้อยกว่า แต่ผลของอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนขนาดตัวกลางให้ใหญ่ขึ้นจะมีผลมากกว่า จึงทำให้อัตราส่วนพลังงานที่ถ่ายทอดให้น้ำต่อปริมาตรน้ำมีค่ามากกว่าเป็นผลให้ ขนาดตัวกลางที่ใหญ่กว่าในสภาวะที่ขยายตัวเท่ากันจะให้ค่าความปั่นป่วนที่สูงกว่า

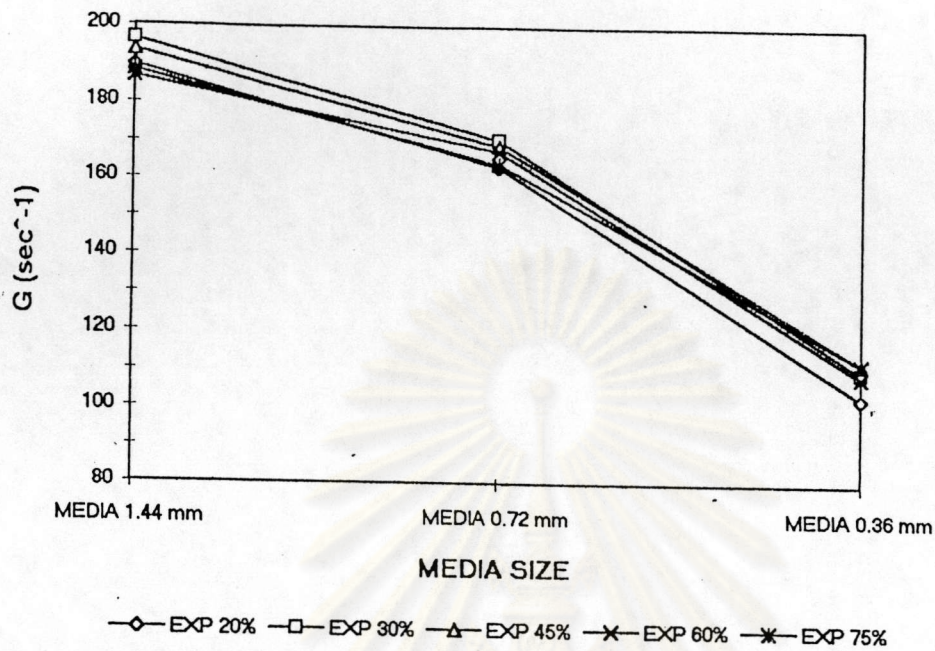
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



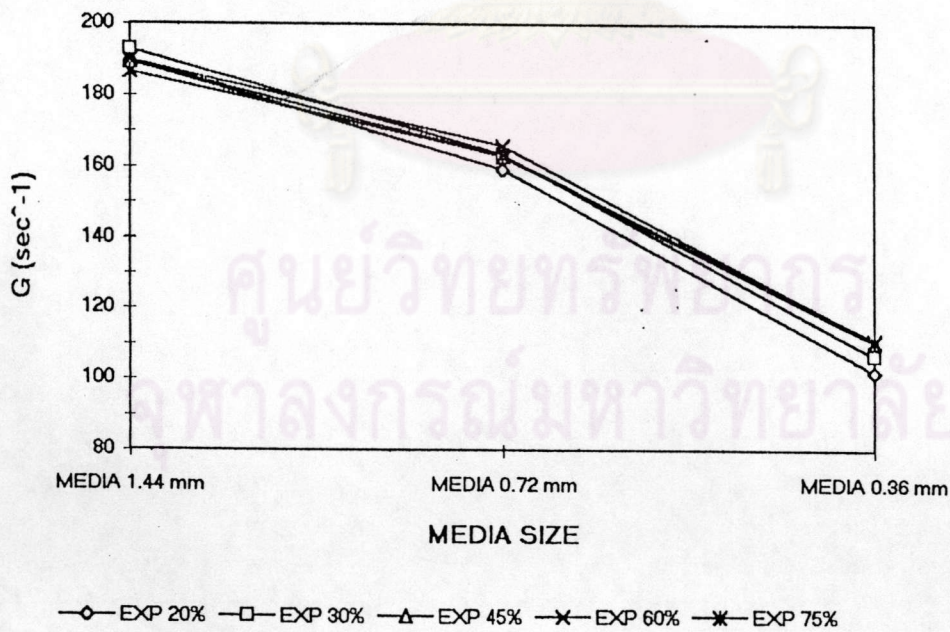
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่กับขนาดตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 10 มก./ล.



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่กับขนาดตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารสี 15 มก./ล.



รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่กับขนาดตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารส้ม 20 มก./ล.



รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่กับขนาดตัวกลาง ที่ความเข้มข้นสารส้ม 30 มก./ล.

ผลของขนาดตัวกลางต่อ G*t

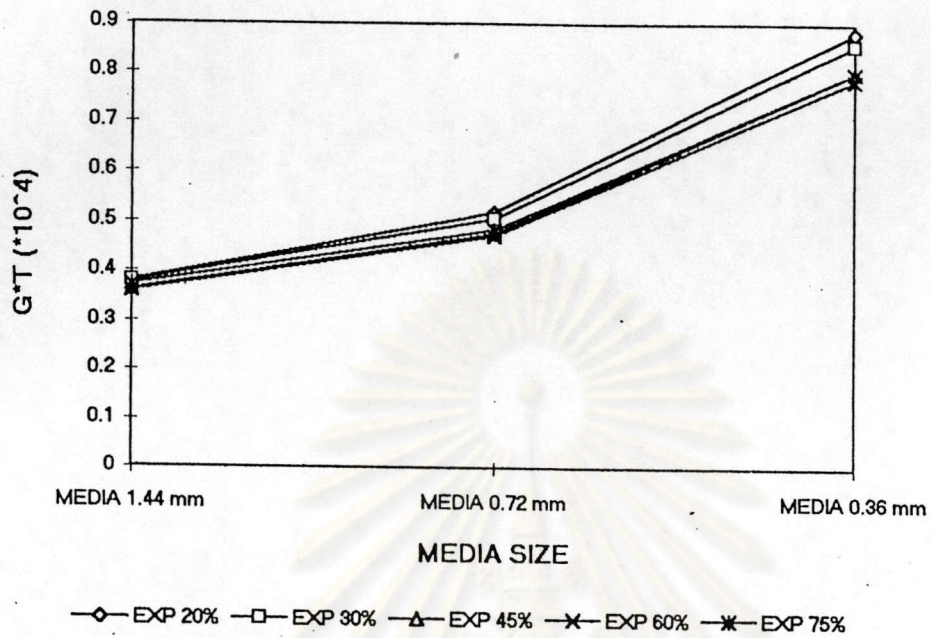
เมื่อทำการแปรขนาดตัวกลาง 1.44 มม. 0.72 มม. และ 0.36 มม. ที่ค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% ผลการทดลอง แสดงอยู่ในตาราง ก2 ตาราง ก3 และ ตาราง ก4 สามารถจำแนกตามความเข้มข้นของสารส้มแสดงในรูปที่ 4.32 ถึงรูปที่ 4.35 ผลการทดลอง จำแนกได้ดังนี้

ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่า G*t มีค่าพิสัยในช่วง 0.407×10^4 ถึง 0.359×10^4

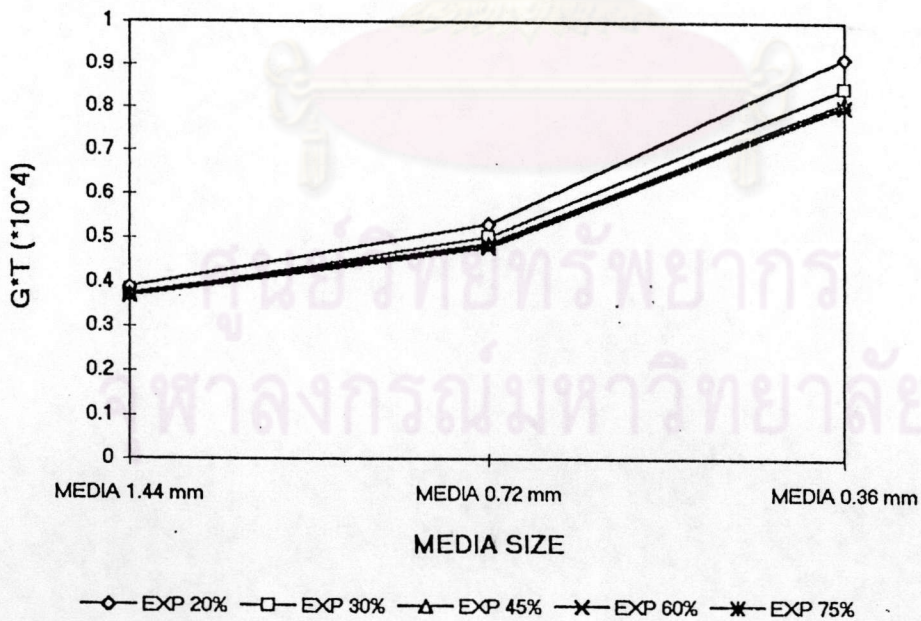
ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่า G*t มีค่าพิสัยในช่วง 0.540×10^4 ถึง 0.487×10^4

ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่า G*t มีค่าพิสัยในช่วง 0.925×10^4 ถึง 0.785×10^4

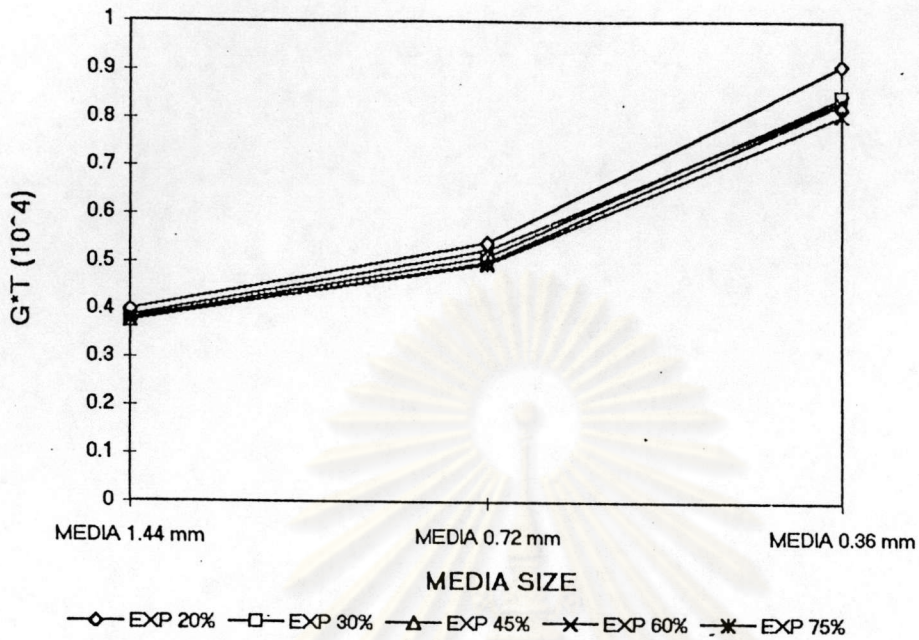
จากผลการทดลองพบว่า ที่ทุกค่าการขยายตัว เมื่อตัวกลางมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่า G*t จะมีค่าลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อตัวกลางมีขนาดใหญ่ขึ้นถึงแม้ว่า ค่าความเร็ว แกรเดียนต์จะมีค่ามากขึ้น ในขณะที่เวลากักเก็บในชั้นตัวกลางจะมีค่าลดลง และมีผลมากกว่า เป็นผลให้ G*t มีค่าลดลงด้วย เครื่องสมานตะกอนโดยทั่วไปจะมีค่า G*t อยู่ระหว่าง 10^4 ถึง 10^5 สำหรับเครื่องสมานตะกอนที่ใช้ตัวกลางฟลูอิดไดซ์ ในการวิจัยครั้งนี้มีค่า G*t อยู่ระหว่าง 0.359×10^4 ถึง 0.925×10^4 ซึ่งน้อยกว่าค่า G*t ของเครื่องสมานตะกอนแบบอื่น ซึ่งอาจจะเป็นเพราะ ในการกวนโดยใช้ตัวกลางที่อยู่ในสภาวะเสมือนกวีโรไหลมี การถ่ายทอดพลังงานที่สม่ำเสมอและทั่วถึงทำให้โอกาสที่จะสร้างสัมพัทธ์ของฟลูอิดมีมากกว่า



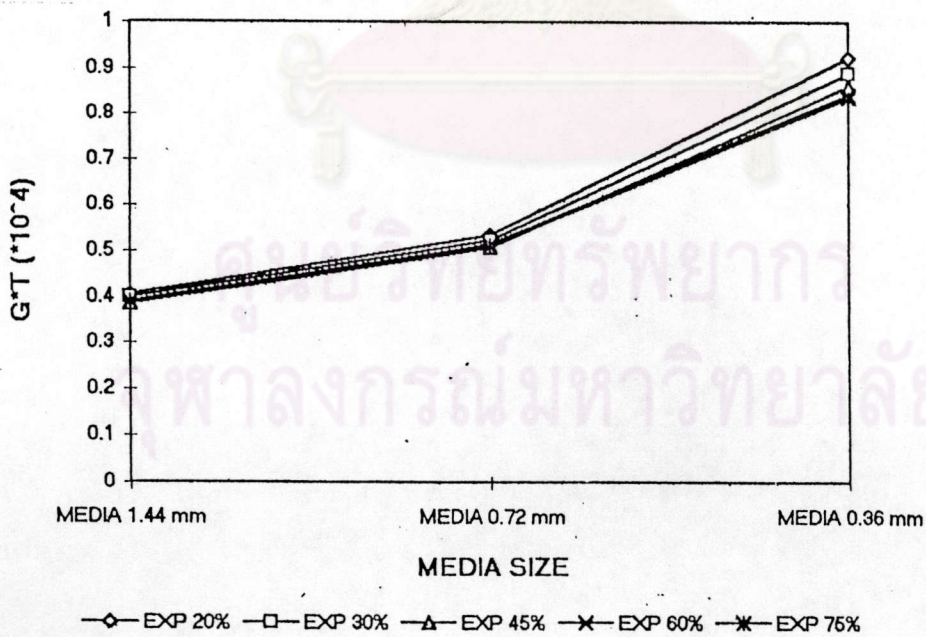
รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่าง G*t กับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล.



รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่าง G*t กับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 15 มก./ล.



รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่าง $G*t$ กับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 20 มก./ล.



รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่าง $G*t$ กับขนาดตัวกลางที่ความเข้มข้นสารส้ม 30 มก./ล.



อิทธิพลของการขยายตัวของชั้นตัวกลาง

การศึกษาอิทธิพลของการขยายตัวของชั้นตัวกลางโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของชั้นตัวกลางต่อค่าความขุ่นที่เหลืองและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นความเร็วไหลชั้นเวลาพักเก็บ ค่าการสูญเสียเฮด ค่าความเร็วแทรเคชั่นที่ ค่า $G \cdot t$

ผลของการขยายตัวของชั้นตัวกลางกับค่าความขุ่นที่เหลืองและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

ความสัมพันธ์ของการขยายตัวของชั้นตัวกลางและค่าความขุ่นที่เหลือง ที่ค่าความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล. 15 มก./ล. 20 มก./ล. 30 มก./ล. โดยทำการแปรค่าการขยายตัว 20%, 30%, 45%, 60%, 75% ของตัวกลางขนาด 1.44 มม. 0.72 มม. 0.36 มม. แสดงไว้ในรูปที่ 4.36 ถึงรูปที่ 4.45 ผลของการทดลองสามารถจำแนกได้ตามขนาดของตัวกลาง ดังนี้

ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าความขุ่นที่เหลืองมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 7.2 NTU ถึง 24.6 NTU ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอยู่ในช่วง 85.60% ถึง 50.80% เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

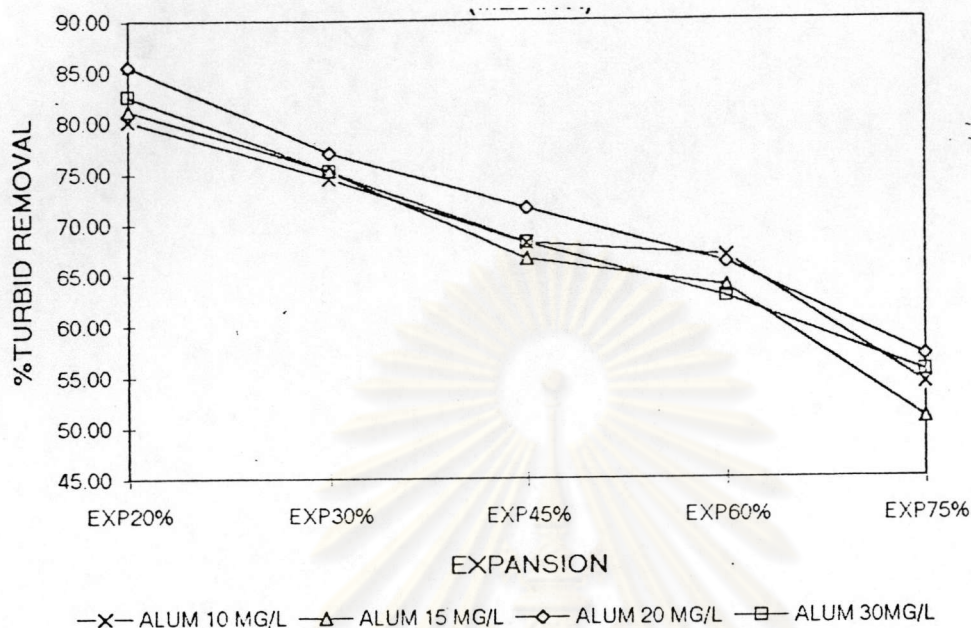
ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าความขุ่นที่เหลืองมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 4.9 NTU ถึง 19.50 NTU ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอยู่ในช่วง 90.20% ถึง 61.00% เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าความขุ่นที่เหลืองมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 2.2 NTU ถึง 16.7 NTU ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอยู่ในช่วง 94.80% ถึง 66.60% เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

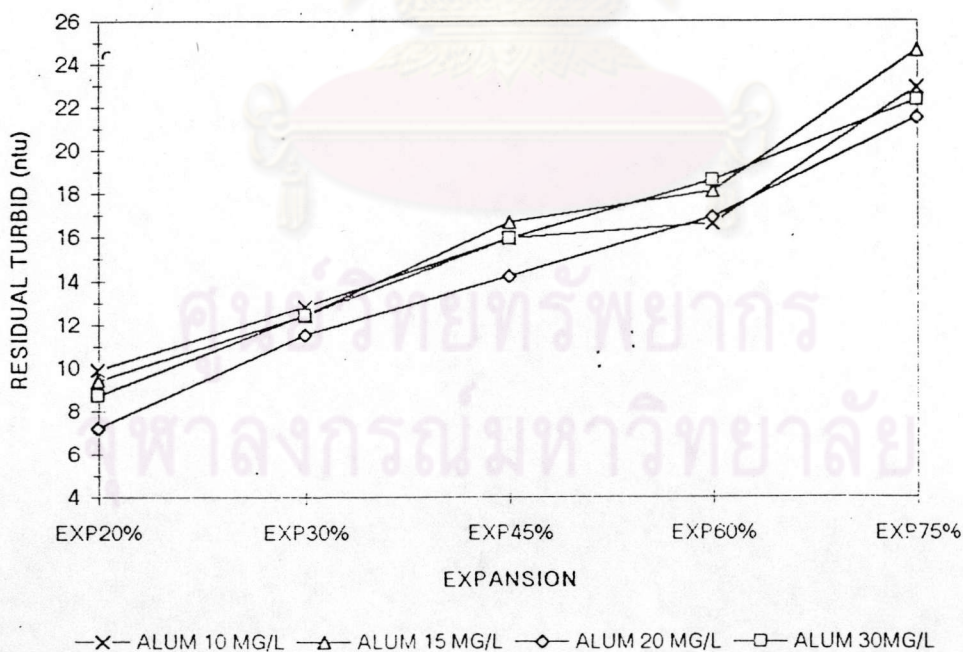
จากผลการทดลอง พบว่าที่ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ที่ทุกค่าการขยายตัวไม่ทำให้ค่าความขุ่นที่เหลือน้อยกว่าเกณฑ์ 5 NTU ในขณะที่ตัวกลางขนาด 0.72 มม. และตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าความขุ่นที่เหลือน้อยกว่าเกณฑ์ 5 NTU ที่ค่าการขยายตัวช่วง 20% ถึง 30% ที่ค่าความเข้มข้นสารส้มที่ช่วง 20 มก./ล. ถึง 30 มก./ล. นอกจากนี้แล้วเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมพบว่า ที่ทุกขนาดของตัวกลางในแต่ละความเข้มข้นของสารส้มเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์การขยายตัวจะทำให้ค่าความขุ่นที่เหลือน้อยค่าเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นลดลง

เหตุที่เป็นเช่นนี้ อาจจะเป็นเพราะ เมื่อการขยายตัวมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความเร็วการเคลื่อนที่จะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้แรงเฉือนที่กระทำต่อฟล็อกมีค่าเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ฟล็อกมีโอกาสแตกตัวมากขึ้นเป็นเหตุให้ไม่สามารถตกตะกอนได้ดี จึงมีค่าความขุ่นที่เหลือน้อยมากขึ้น

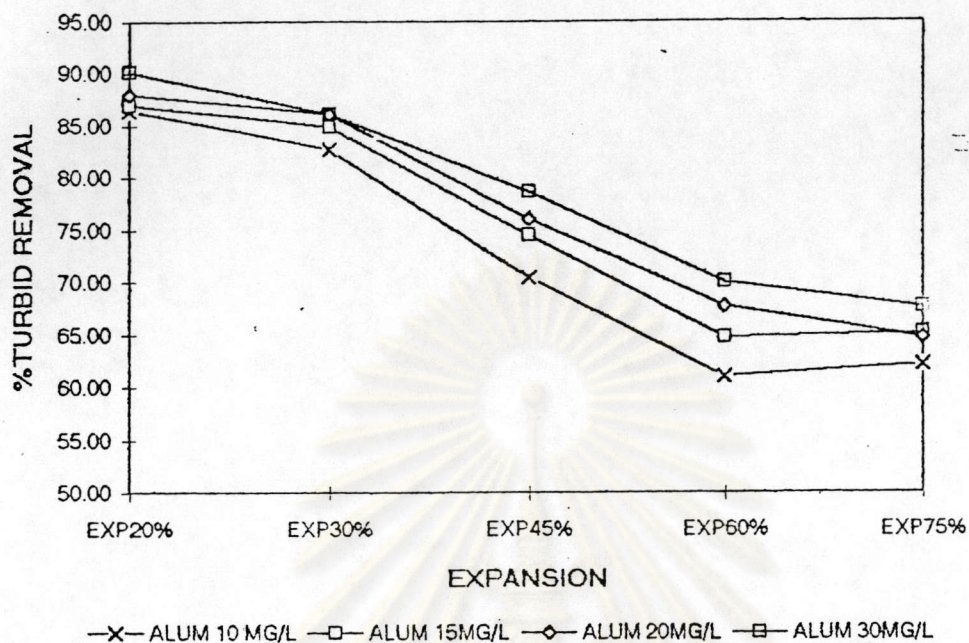
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



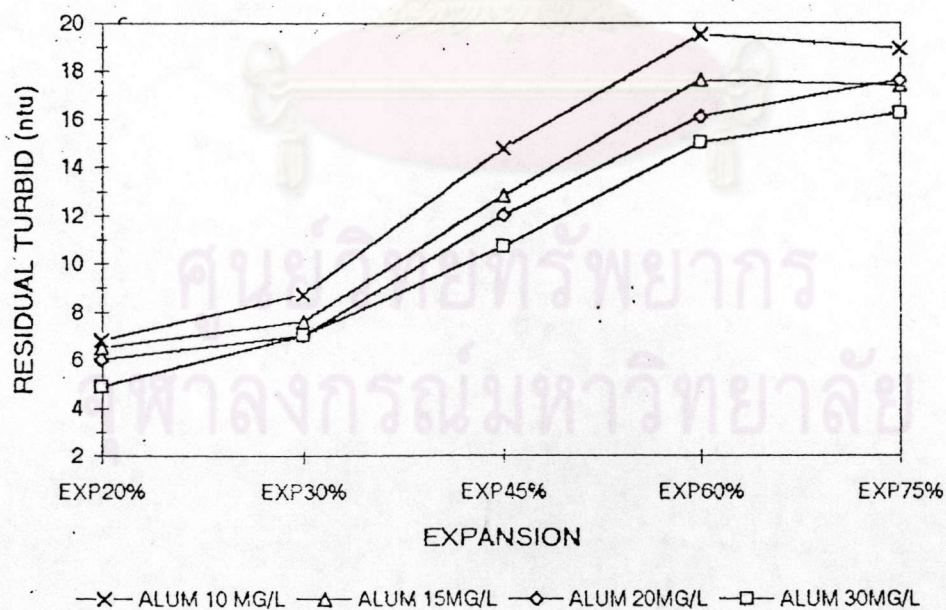
รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 1.44 มม.



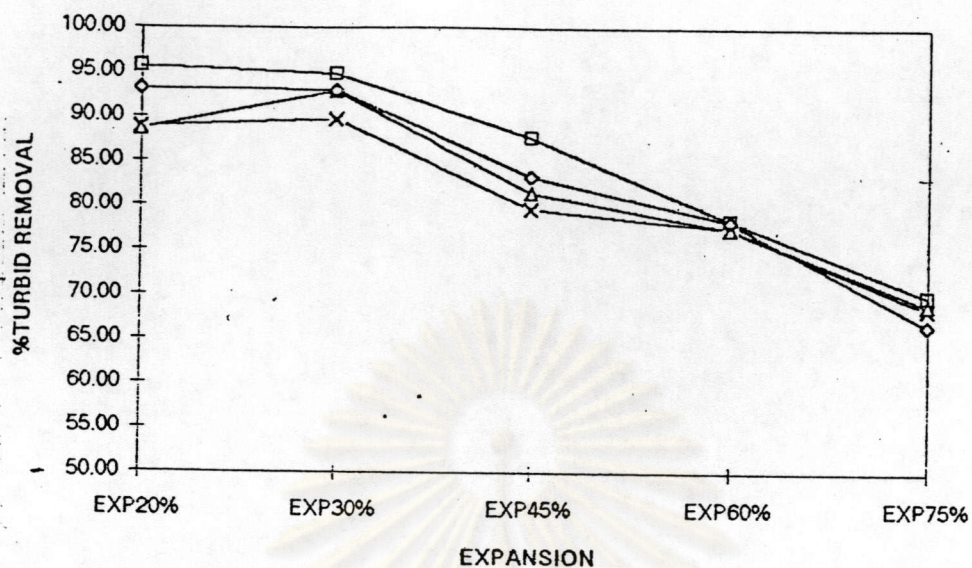
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือกับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 1.44 มม.



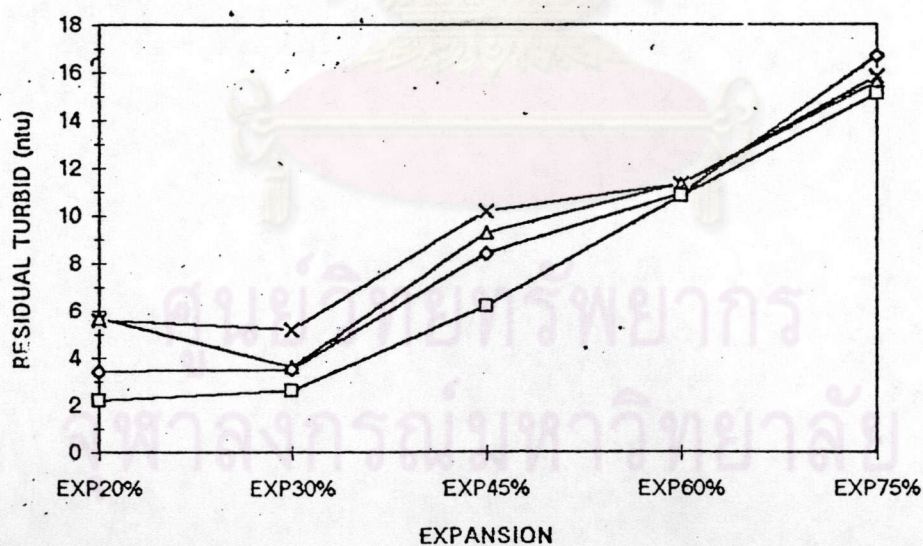
รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 0.72 มม.



รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือกับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 0.72 มม.



รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 0.36 มม.



รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือกับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 0.36 มม.

ความสัมพันธ์ของการขยายตัวของชั้นตัวกลางและความเร็วไหลชั้น

ความสัมพันธ์ของการขยายตัวของชั้นตัวกลาง และความเร็วไหลชั้น ที่ค่าความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล. 15 มก./ล. 20 มก./ล. 30 มก./ล. โดยแปรค่าการขยายตัว 20%, 30%, 45%, 60%, 75% ของตัวกลางขนาด 1.44 มม. 0.72 มม. 0.36 มม. ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.42 ถึงรูปที่ 4.44 ผลของการทดลองสามารถจำแนกได้ตามขนาดของตัวกลางดังนี้

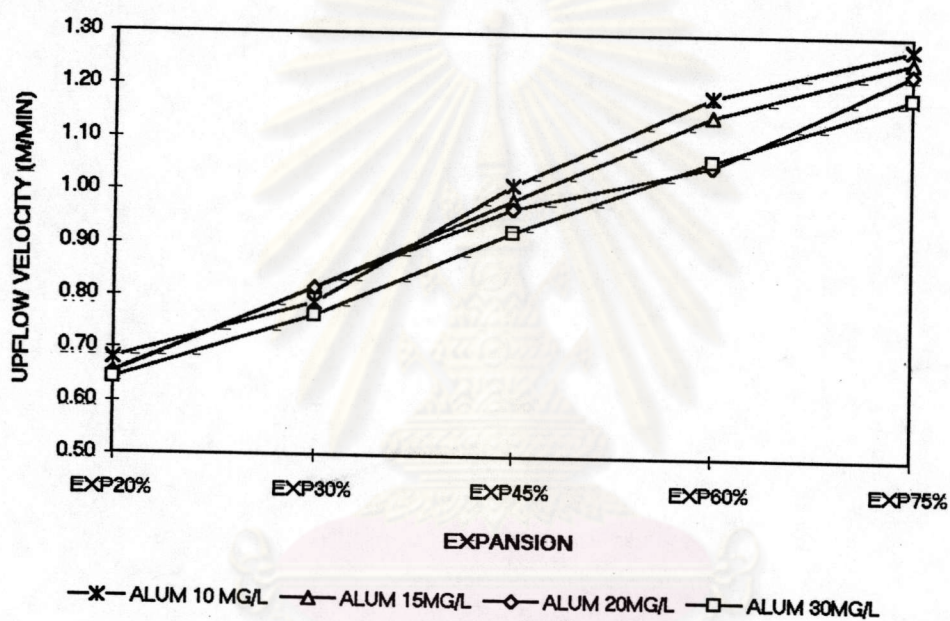
ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าความเร็วไหลชั้น ที่ค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.61 เมตร/นาที่ ถึง 1.24 เมตร/นาที่ เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวของชั้นตัวกลางจาก 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าความเร็วไหลชั้น มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.39 เมตร/นาที่ ถึง 0.76 เมตร/นาที่ เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวของชั้นตัวกลางจาก 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าความเร็วไหลชั้น มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.14 เมตร/นาที่ ถึง 0.31 เมตร/นาที่ เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวของชั้นตัวกลางจาก 20% ถึง 75%

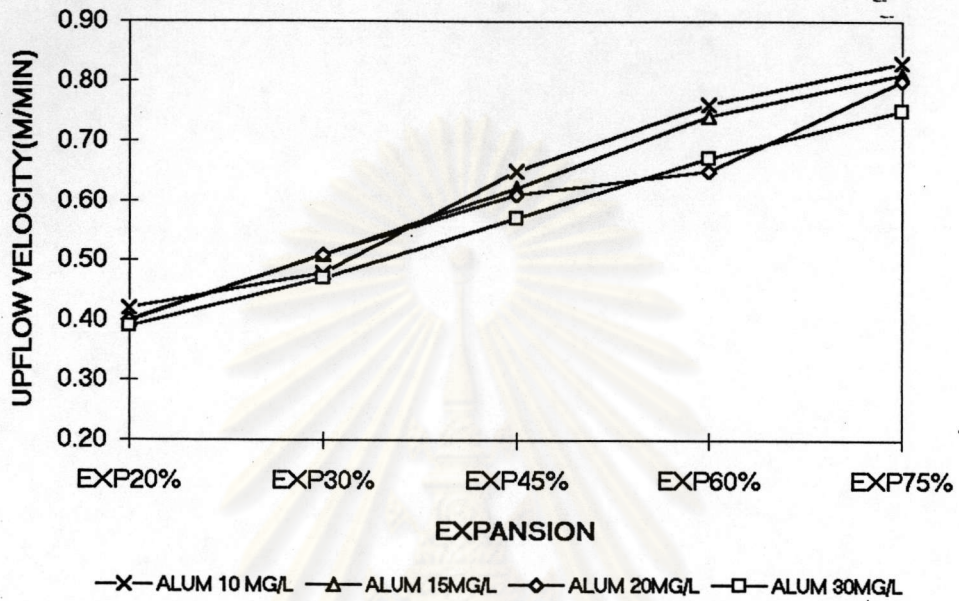
จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วไหลชั้นจะทำให้ชั้นตัวกลางขยายตัวมากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเพิ่มความเร็วไหลชั้นเท่ากับเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่ น้ำ ค่าพลังงานจลน์ส่วนหนึ่งจะถูกใช้ในการทำให้ตัวกลางลอยอยู่ได้ในสภาวะเสมือนการไหล พลังงานส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานศักย์ทำให้ชั้นตัวกลางขยับตัวสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



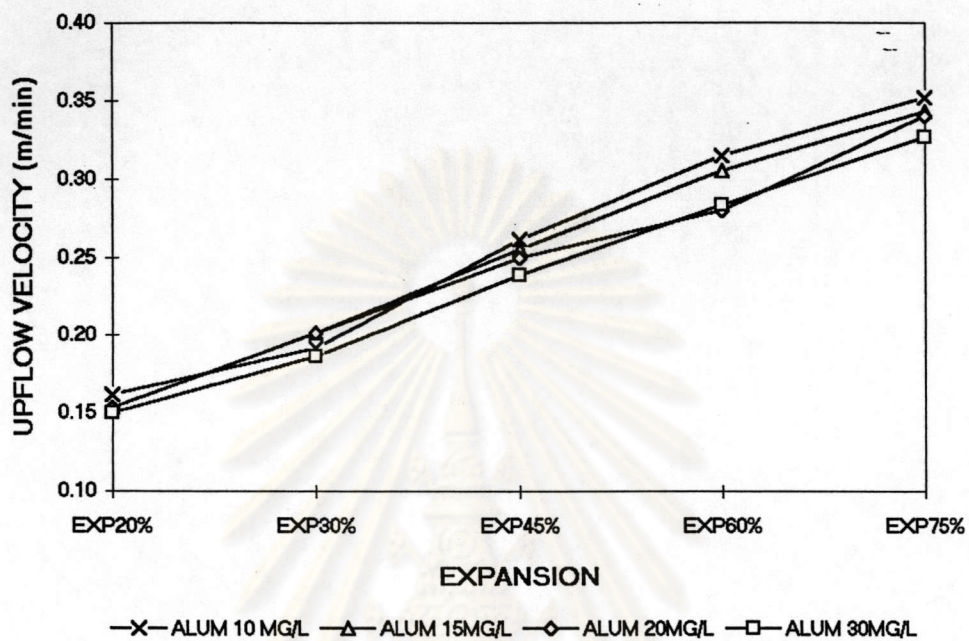
รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัวของชั้นตัวกลางกับความเร็วไหลขึ้นของตัวกลางขนาด 1.44 มม.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัวของชั้นตัวกลางกับความเร็วไหลขึ้นของตัวกลางขนาด 0.72 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัวของชั้นตัวกลางกับความเร็วไหลขึ้นของตัวกลางขนาด 0.36 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของการขยายตัวของชั้นตัวกลางต่อค่าเวลากักเก็บ (detention time)

ความสัมพันธ์ของการขยายตัวของชั้นตัวกลางกับค่าเวลากักเก็บ ที่ค่าความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล. 15 มก./ล. 20 มก./ล. 30 มก./ล. โดยทำการแปรค่าการขยายตัว 20%, 30%, 45%, 60%, 75% แสดงในรูปที่ 4.45 ถึงรูปที่ 4.47 ผลการทดลองสามารถจำแนกได้ตามขนาดของตัวกลาง ดังนี้

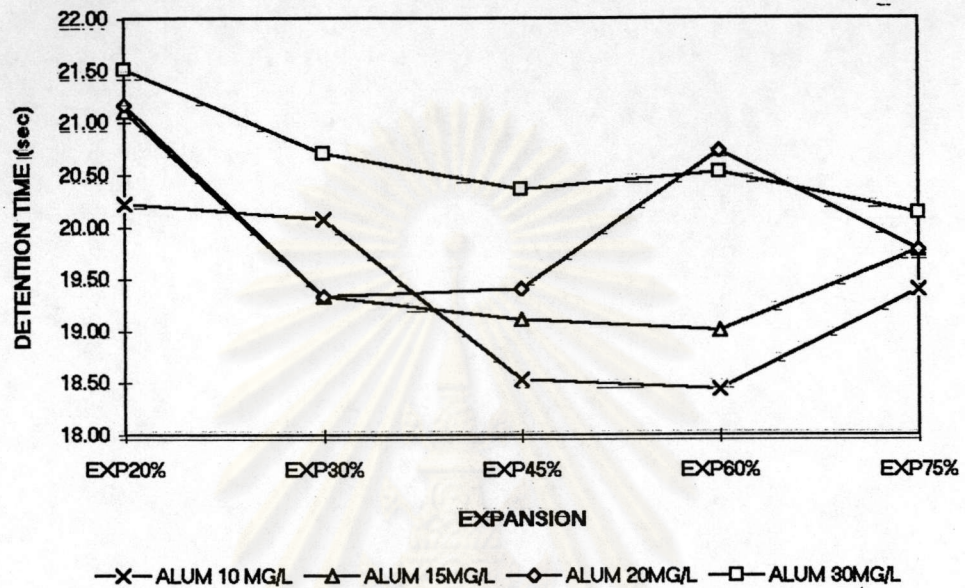
ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าเวลากักเก็บมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 21.51 วินาที ถึง 19.40 วินาที เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าเวลากักเก็บ มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 33.55 วินาที ถึง 29.01 วินาที เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าเวลากักเก็บ มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 90.53 วินาที ถึง 69.94 วินาที

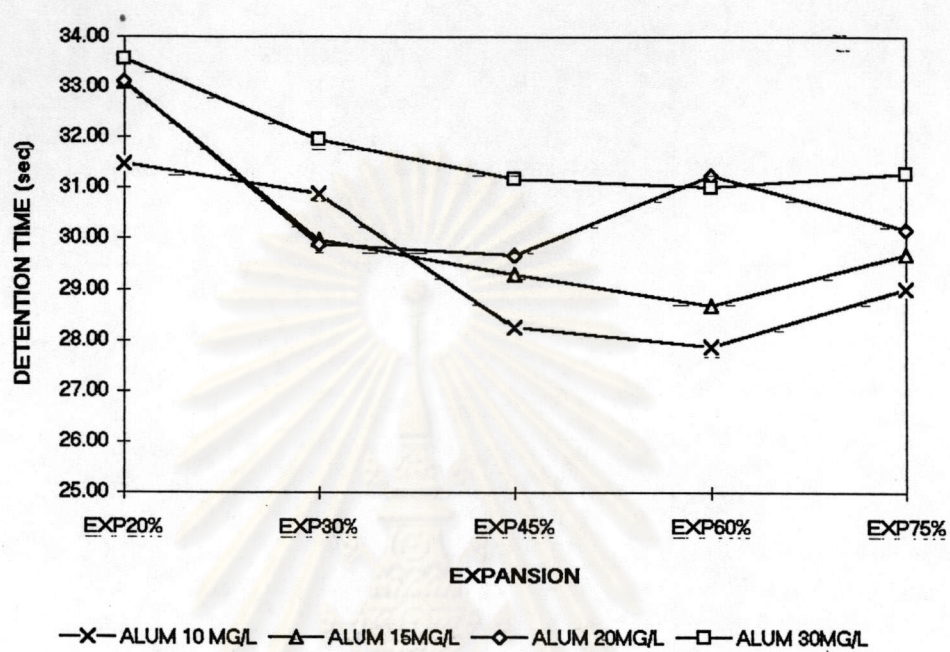
จากผลการทดลองพบว่า ในทุกๆ ขนาดของตัวกลางเมื่อเพิ่มค่าการขยายตัว จะทำให้เวลากักเก็บในชั้นตัวกลาง (detention time) ลดลง

ที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ว่า ,เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวทำให้ความเร็วไหลชั้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาตรของชั้นตัวกลางเพิ่มขึ้น แต่ผลของอัตราน้ำล้นผิวที่เพิ่มขึ้น มีผลมากกว่า ทำให้เวลากักเก็บมีค่าน้อยลงเมื่อเพิ่มค่าการขยายตัว



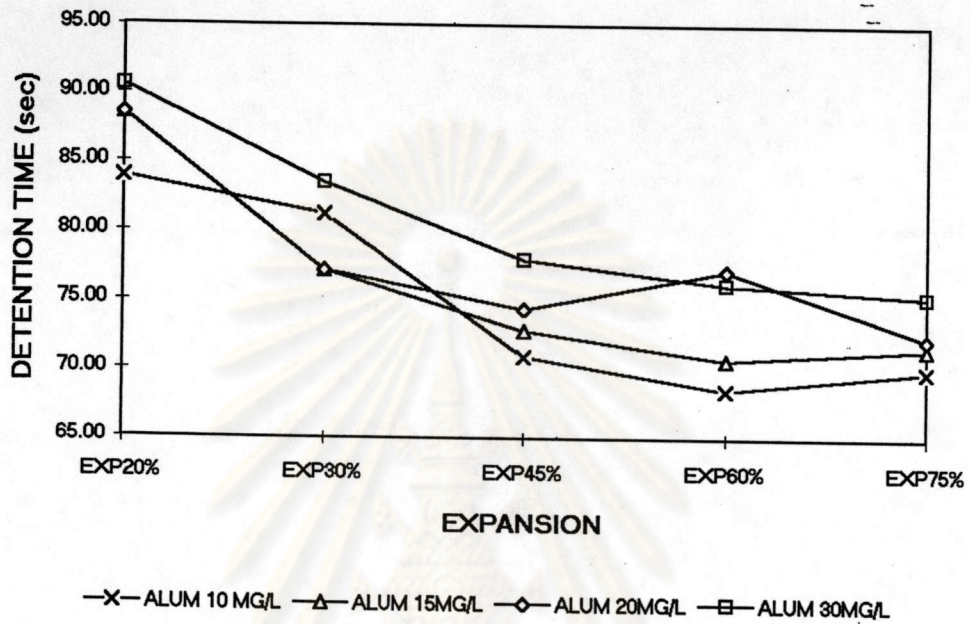
รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาักเก็บ กับการขยายตัวของชั้นตัวกลาง
ของตัวกลางขนาด 1.44 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาที่กักเก็บ กับการขยายตัวของชั้นตัวกลาง
ของตัวกลางขนาด 0.72 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาักเก็บ กับการขยายตัวของชั้นตัวกลาง
ของตัวกลางขนาด 0.36 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของการขยายตัวต่อค่าการสูญเสียเสียด

ความสัมพันธ์ของการขยายตัวของชั้นตัวกลางกับค่าการสูญเสียเสียดที่ค่าความเข้มข้นสารส้ม 10 มก./ล. 15 มก./ล. 20 มก./ล. 30 มก./ล. โดยทำการแปรค่าการขยายตัว 20% 30% 45% 60% 75% แสดงในรูปที่ 4.48 ถึงรูปที่ 4.50 ผลการทดลองสามารถจำแนกได้ตามขนาดตัวกลางดังนี้

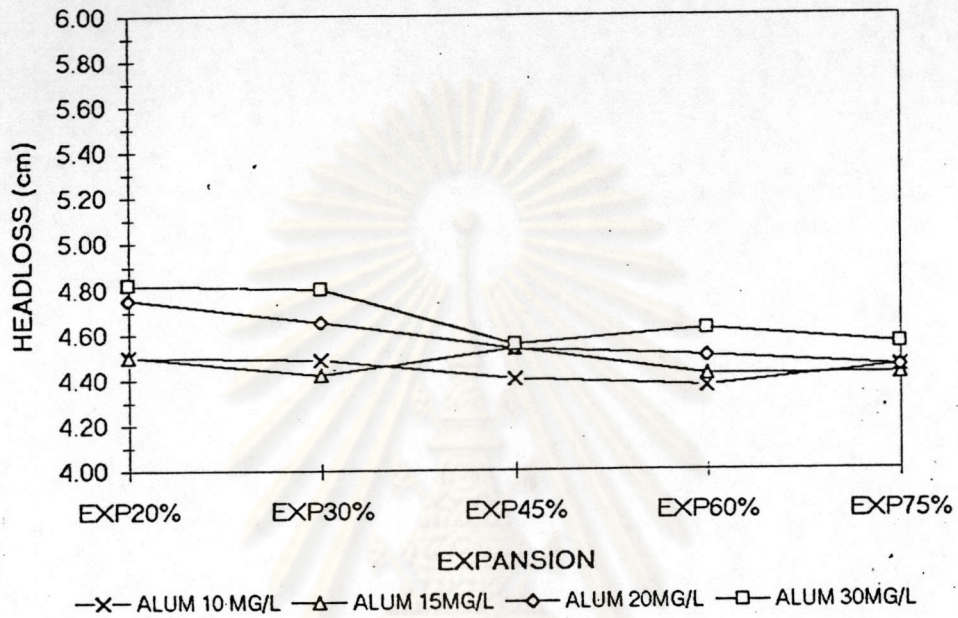
ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าการสูญเสียเสียดมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 4.37 ซม. ถึง 4.82 ซม. เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าการสูญเสียเสียดมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 4.98 ซม. ถึง 5.50 ซม. เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าการสูญเสียเสียดมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 5.60 ซม. ถึง 5.92 ซม. เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

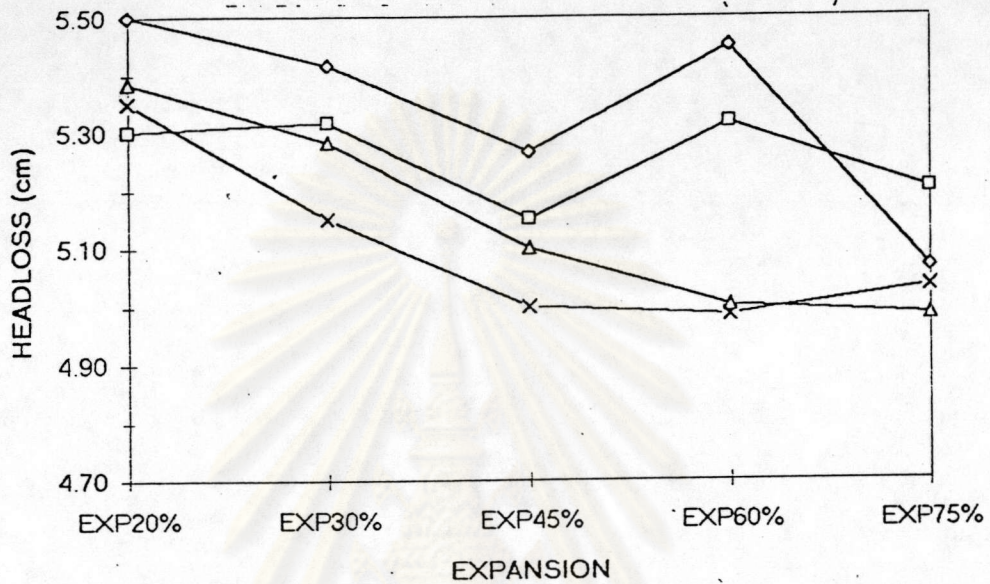
จากผลการทดลองพบว่า ในแต่ละขนาดของตัวกลาง ค่าการสูญเสียเสียดมีค่าค่อนข้างจะคงที่เนื่องจากการสูญเสียเสียดเกี่ยวข้องกับน้ำหนักประสิทธิผลของชั้นตัวกลาง การที่ค่าการสูญเสียเสียดมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยนั้นน่าจะมีผลมาจากการเกิดฟลอคชันในชั้นตัวกลาง

ศูนย์วิจัยทรัพยากรน้ำ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



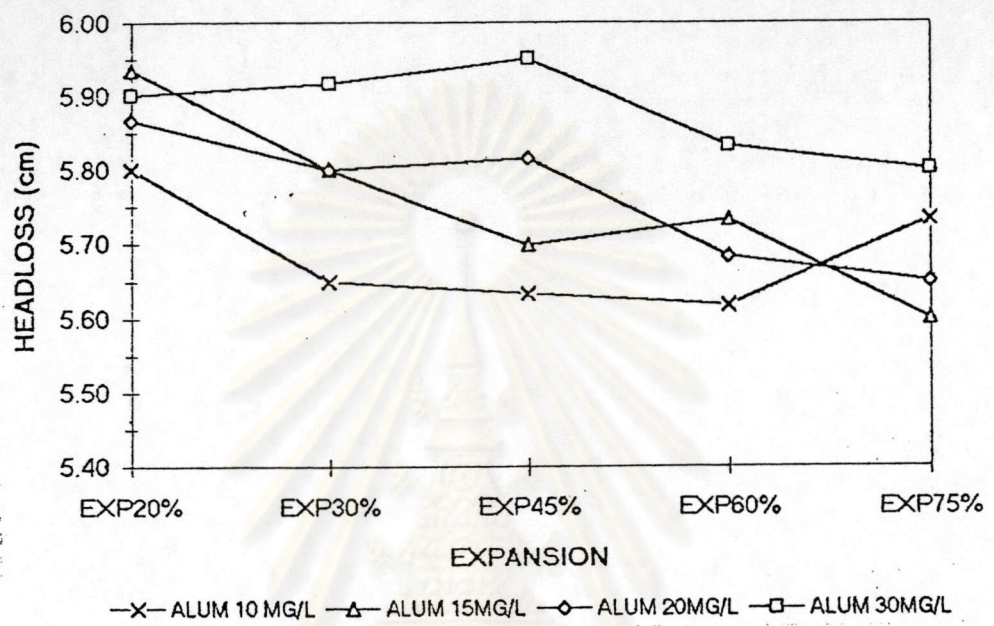
รูปที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเสดกับการขยายตัวของชั้นตัวกลาง
ของตัวกลางขนาด 1.44 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเฮดกับการขยายตัวของชั้นตัวกลาง
ของตัวกลางขนาด 0.72 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเฮดกับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 0.36 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของการขยายตัวของชั้นตัวกลางต่อค่าความเร็วแกรเดียนท์

ความสัมพันธ์ของการขยายตัวของชั้นตัวกลางและค่าความปั่นป่วน ที่ค่าความเข้มข้น 10 มก./ล 15 มก./ล 20 มก./ล 30 มก./ล โดยทำการแปรค่าการขยายตัว 20% 30% 45% 60% 75% ของตัวกลางขนาด 1.44 มม. 0.72 มม. และ 0.36 มม. ได้แสดงในรูปที่ 4.51 ถึงรูปที่ 4.53 รายการคำนวณที่มาของค่าความปั่นป่วนแสดงอยู่ในรายการคำนวณ ก2 เมื่อสามารถหาค่าดัชนี N ของสมการ Richardson และ Zaki และจากการประยุกต์ความสัมพันธ์ของค่าความปั่นป่วนและค่าการขยายตัวของ Ives (1978) พบว่า

สามารถหาความพรุนที่ให้ค่าความเร็วแกรเดียนท์สูงสุดโดย

$$\Sigma_m = \frac{n-1}{n}$$

โดยที่ Σ_m = ค่าความพรุน (Porosity) ที่ให้ค่าความปั่นป่วนสูงสุด

n = ดัชนี n ตามสมการ Richardson และ Zaki

จากการคำนวณที่แสดงในภาคผนวกที่ ก4 พบว่า สำหรับตัวกลางขนาด 1.44 มม. มีค่า $\Sigma_m = 0.670$ อยู่ระหว่างช่วงการขยายตัว 45 % ถึง 60% (ความพรุน 0.648 ถึง 0.681)

สำหรับตัวกลางขนาด 0.72 มม. มีค่า $\Sigma_m = 0.686$ ซึ่งอยู่ระหว่างช่วงการขยายตัว 60% ถึง 75% (ความพรุน 0.678 ถึง 0.705)

สำหรับตัวกลางขนาด 0.36 มม. มีค่า $\Sigma_m = 0.710$ ซึ่งอยู่บริเวณมากกว่าค่าการขยายตัว 75% (ความพรุน 0.708)

ผลการทดลอง สามารถจำแนกตามขนาดของตัวกลางได้ดังต่อไปนี้

ตัวกลางขนาด 1.44 มม. ให้ค่าความเร็วแกรเดียนท์ มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง $184.91 \text{ วินาที}^{-1}$ ถึง $195.82 \text{ วินาที}^{-1}$ เมื่อแปรค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% ค่าความพรุนที่ให้ค่าความเร็วแกรเดียนท์สูงสุด เมื่อพิจารณาจากค่าความเร็วแกรเดียนท์เฉลี่ยพบว่าอยู่ในช่วงการขยายตัว 45% ถึง 60%

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่าความเร็วแกรเดียนท์ มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง $161.52 \text{ วินาที}^{-1}$ ถึง $169.34 \text{ วินาที}^{-1}$ เมื่อแปรค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% ค่าความพรุนที่ให้ค่าความเร็วแกรเดียนท์สูงสุด เมื่อพิจารณาจากค่าความเร็วแกรเดียนท์เฉลี่ยพบว่าอยู่ในช่วงการขยายตัว 60% ถึง 75%

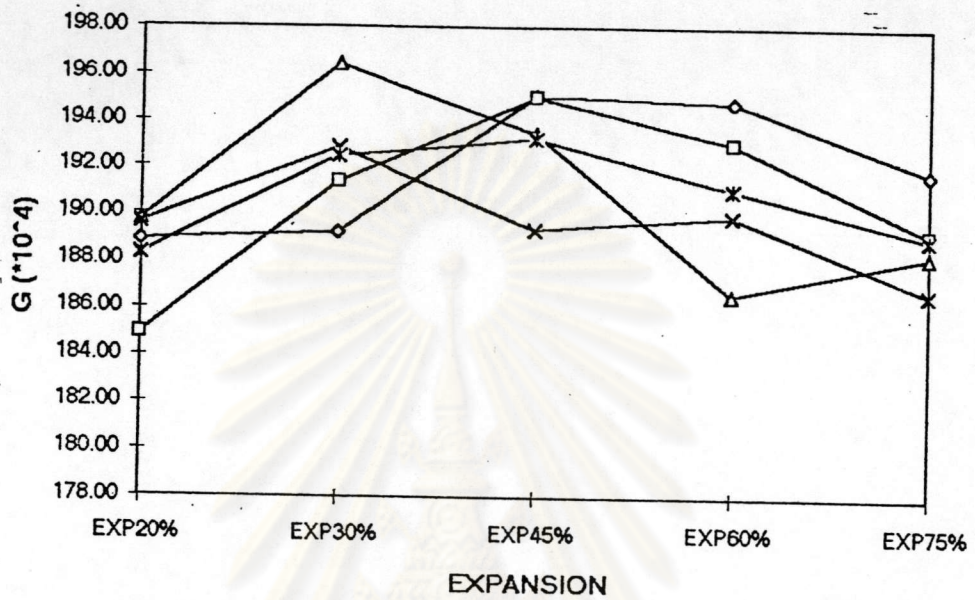
ตัวกลางขนาด 0.36 มม. ให้ค่าความเร็วแกรเดียนท์ มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง $102.23 \text{ วินาที}^{-1}$ ถึง $114.69 \text{ วินาที}^{-1}$ เมื่อแปรค่าการขยายตัว 20% ถึง 75% ค่าความพรุนที่ให้ค่าความปั่นป่วนสูงสุด เมื่อพิจารณาจากค่าความปั่นป่วนเฉลี่ยพบว่าอยู่ในช่วงการขยายตัวมากกว่า 75%

จากผลการทดลองพบว่า ทุกขนาดของตัวกลาง เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจะทำให้ค่าความเร็วแกรเดียนท์ขึ้นจนถึงค่าการขยายตัวที่ค่าความพรุนที่ทำให้เกิดความเร็วแกรเดียนท์สูงสุด และถ้าเพิ่มค่าการขยายตัวต่อไปค่าความปั่นป่วนจะลดลง และค่าความพรุนที่ให้ค่าการเดียนท์สูงสุดมีความสอดคล้องกับค่า Σm ที่ได้จากการประยุกต์ของ Ives (1978) ที่ผลการทดลองเป็นเช่นนี้ สามารถอธิบายได้ว่า ในการเพิ่มค่าการขยายตัว เสมือนกับการเพิ่มอัตราการไหลที่ผ่านชั้นตัวกลาง และยังเป็น การเพิ่มปริมาตรของชั้นตัวกลาง ซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้ (อัตราการไหลของน้ำผ่านชั้นตัวกลาง และปริมาตรของชั้นตัวกลางที่เพิ่มขึ้น) เป็นปัจจัยที่แปรผันตรงและแปรผกผันตามลำดับกับค่าความเร็วแกรเดียนท์ โดยพิจารณาจากการประยุกต์ สมการของ camp และ stain โดย Ives ซึ่งในช่วงแรกเมื่อเพิ่ม อัตราการไหลผ่าน

เท่ากับเพิ่มพลังงานในการกวณมากขึ้น ทำให้ค่าความเร็วแกรเดียนต์สูงขึ้น แต่ในขณะที่เดียวกัน ปริมาตรก็เพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายตัว จนในที่สุด การเพิ่มปริมาตรจะมีผลทำให้ค่าความเร็ว แกรเดียนต์ลดลง



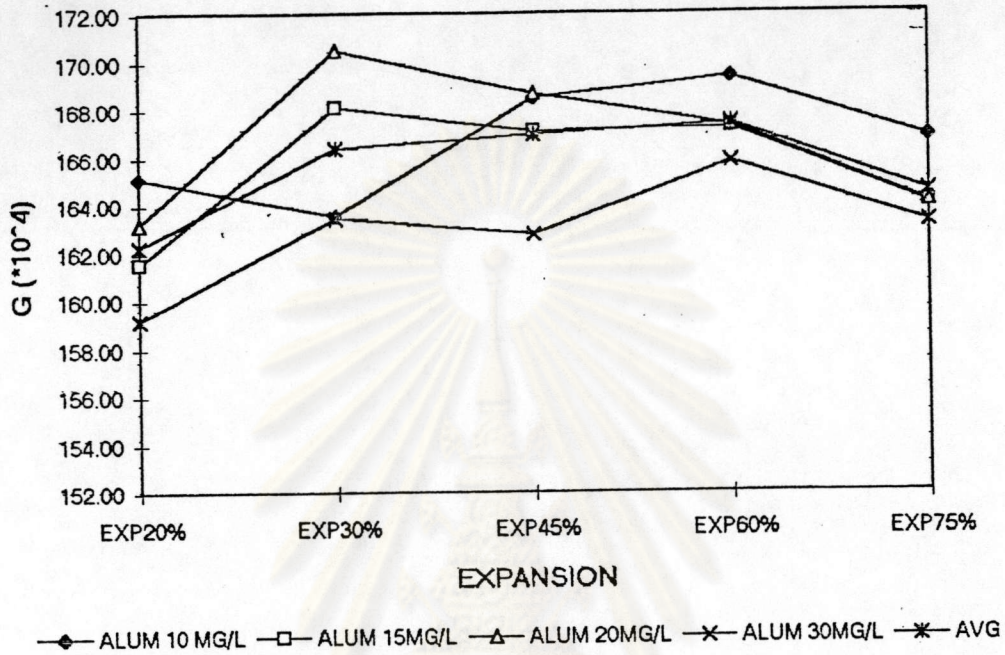
ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



—◇— ALUM 10 MG/L —□— ALUM 15MG/L —△— ALUM 20MG/L —×— ALUM 30MG/L —*— AVG

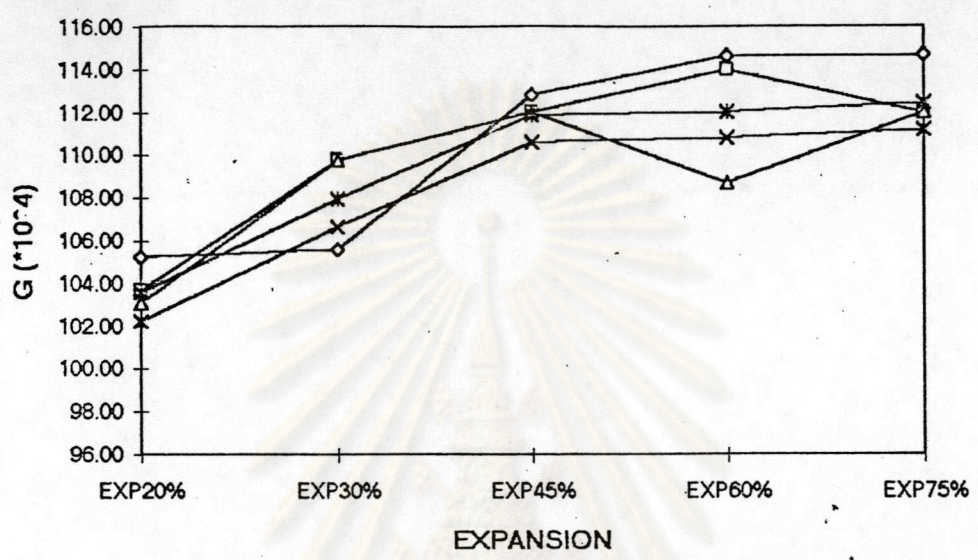
รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วแกว่งตัวกับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 1.44 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วแกว่งเคลื่อนที่กับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 0.72 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วแกว่งที่เกิดขึ้นกับการขยายตัวของชั้นตัวกลางของตัวกลางขนาด 0.36 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของการขยายตัวของชั้นตัวกลางต่อค่า G^*

ความสัมพันธ์ของการขยายตัวของชั้นตัวกลางกับค่า G^* ที่ค่าความเข้มข้น สารส้ม 10 มก./ล. 15 มก./ล. 20 มก./ล. 30 มก./ล. โดยทำการแปรค่าการขยายตัว 20%, 30%, 45%, 60%, 75% ของตัวกลางขนาด 1.44 มม. 0.72 มม. 0.36 มม. แสดงอยู่ในรูปที่ 4.54 ถึงรูปที่ 4.56 ผลการทดลองสามารถจำแนกได้ตามขนาดตัวกลาง ดังนี้

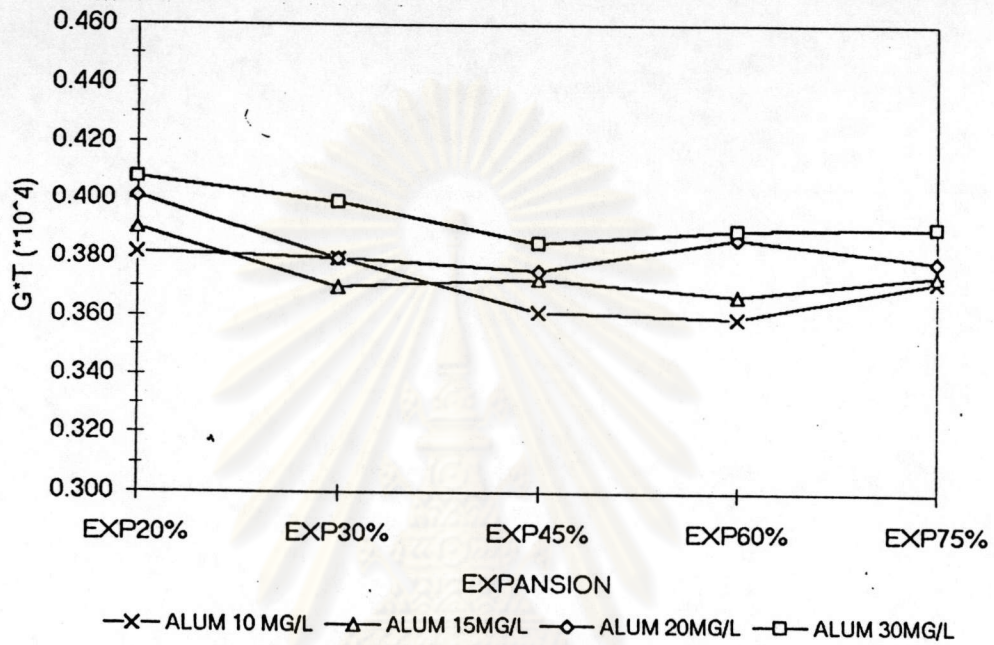
ตัวกลาง ขนาด 1.44 มม. ให้ค่า G^* มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.437×10^4 ถึง 0.372×10^4 เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

ตัวกลางขนาด 0.72 มม. ให้ค่า G^* มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.540×10^4 ถึง 0.487×10^4 เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

ตัวกลาง ขนาด 0.36 มม. ให้ค่า G^* มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.925×10^4 ถึง 0.802×10^4 เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจาก 20% ถึง 75%

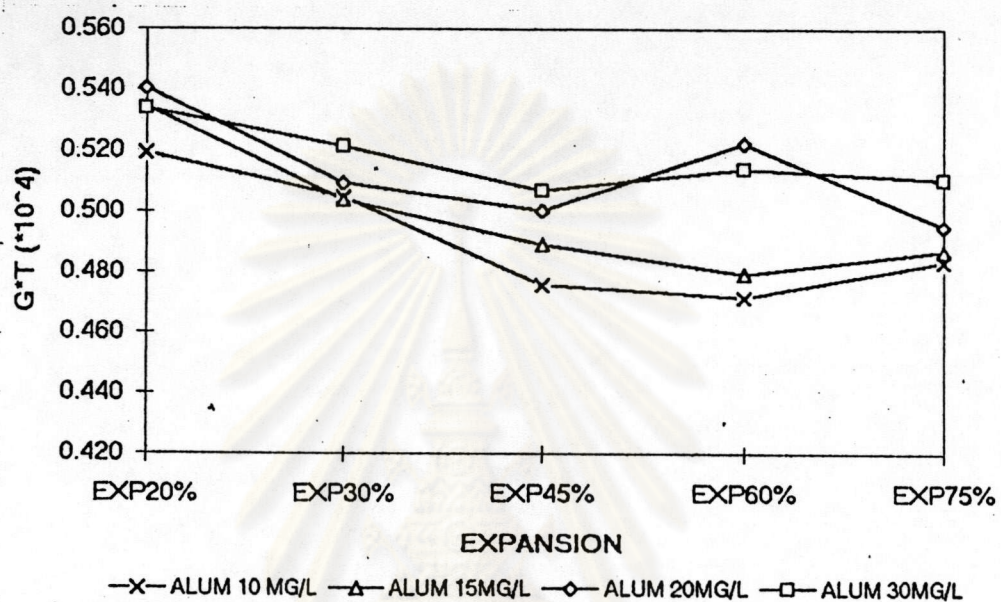
จากผลการทดลองพบว่า ในทุกๆ ขนาดของตัวกลาง เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัวจะทำให้ค่า G^* ลดลง

เหตุที่เป็นเช่นนี้ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเพิ่มค่าการขยายตัว จะทำให้ค่าความเร็วแกรเดียนต์ มีค่ามากขึ้น จนถึงจุดหนึ่งแล้วลดลง แต่ในขณะที่ค่าเวลากักเก็บซึ่งมีค่าลดลงมีผลมากกว่า ซึ่งเป็นผลให้ผลคูณของความเร็วแกรเดียนต์ กับ เวลากักเก็บลดลงเมื่อเพิ่มค่าการขยายตัว



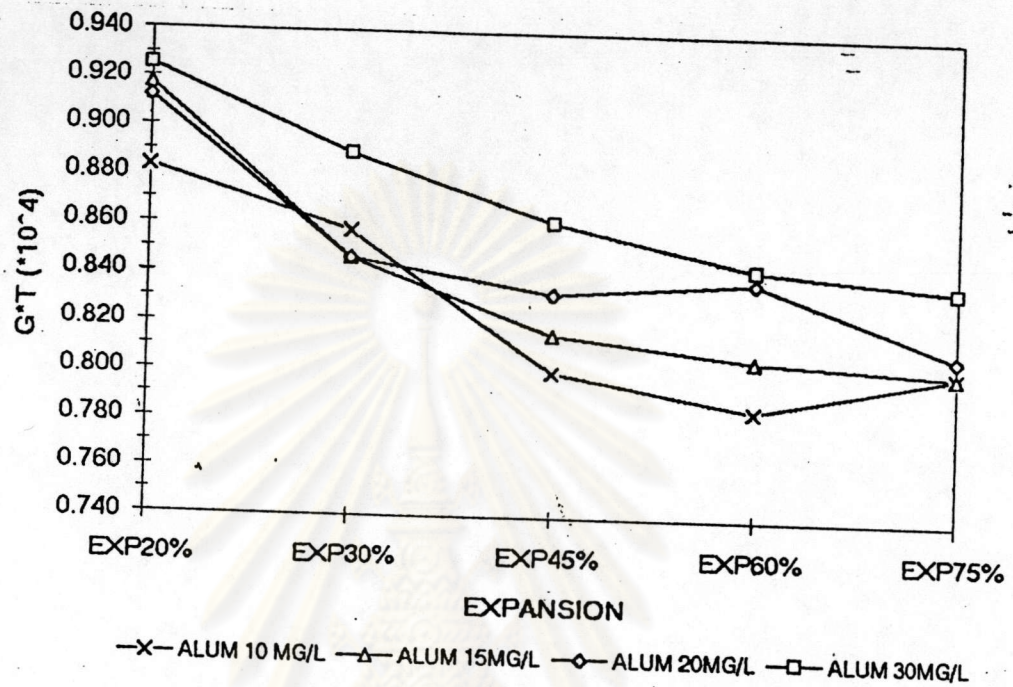
รูปที่ 4.54 ความสัมพันธ์ระหว่าง $G \cdot t$ กับการขยายตัวของชั้นตัวกลาง
ของตัวกลางขนาด 1.44 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.55 ความสัมพันธ์ระหว่าง $G \cdot t$ กับการขยายตัวของชั้นตัวกลาง
ของตัวกลางขนาด 0.72 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.56 ความสัมพันธ์ระหว่าง $G \cdot t$ กับการขยายตัวของชั้นตัวกลาง
ของตัวกลางขนาด 0.36 มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย