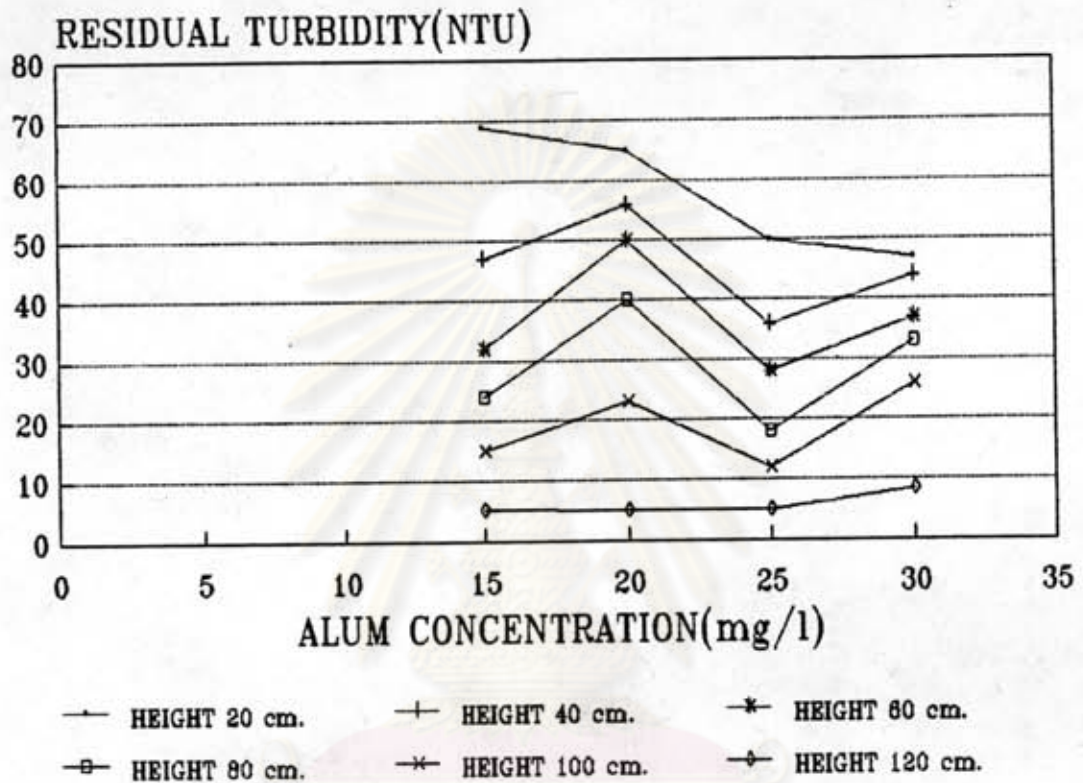


ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

4.1 ผลของปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่มต่อความชุ่มที่เหลือ

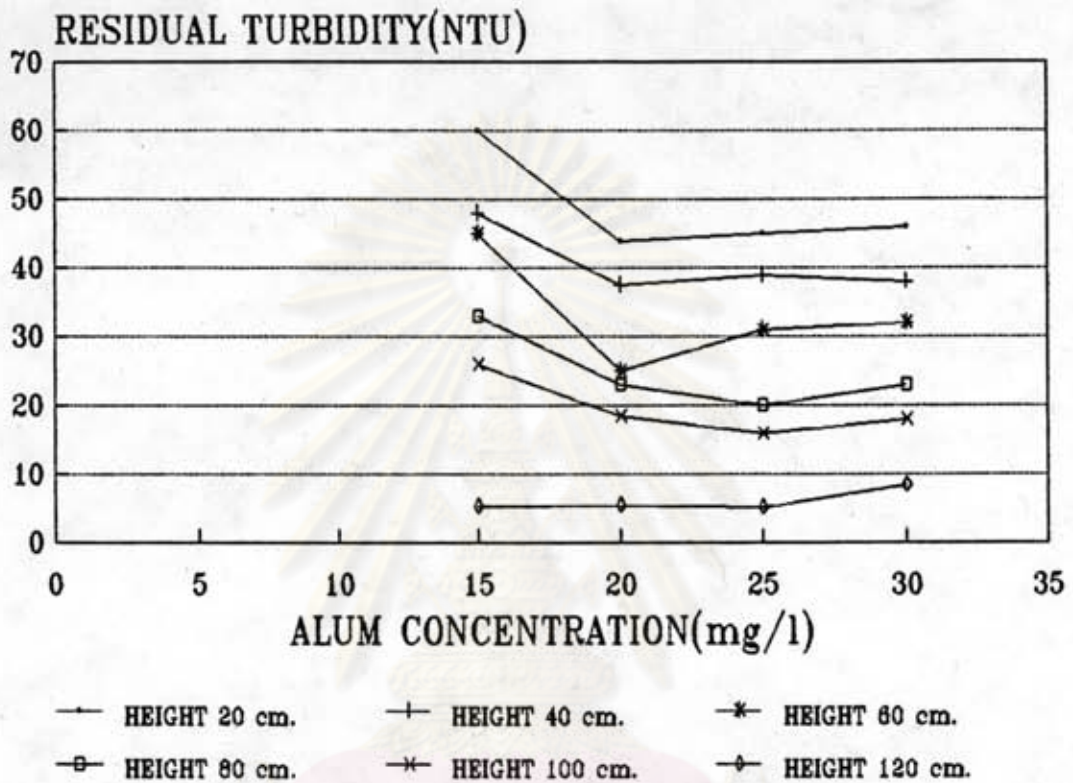
จากการทำการทดลองโดยแปรเปลี่ยน ปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่ม 15, 20, 25, 30 มก./ล. ความเร็วไหลขึ้น 0.098, 0.122, 0.146, 0.171  $\text{ม}^3/\text{ม}^2\text{-นาท}$  และขนาดของกรวด 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 มม. จากรูปที่ 4.1-4.16 พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่ม 15 และ 25 มก./ล. มีแนวโน้มทำให้ค่าความชุ่มที่เหลือที่ระดับความสูง 120 ซม. มีค่าต่ำกว่าปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่ม 20 และ 30 มก./ล. และมีค่าความชุ่มที่เหลือใกล้เคียงกัน ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่ม 25 มก./ล. เป็นปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมจากทดลองจาร์เทสต์แต่ปริมาณความเข้มข้น 15 มก./ล. เป็นค่าน้อยกว่า จึงเป็นค่าที่เหมาะสมในแง่ของการประหยัดสารเคมีในการรวมตะกอนและเป็นการลดต้นทุนในการผลิต อนึ่งปริมาณสารลิ่มที่น้อยจะทำให้คอลลอยด์มีเป่าลัมฟ์น้อย แต่การที่ฟล็อกที่ เกิดขึ้นถูกบีบตัวให้เกิดการชนกัน ในช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดที่คดเคี้ยวเป็นการสร้าง โอกาสในการลัมฟ์ระหว่างฟล็อกได้มากขึ้น จึงเป็นเหตุให้ปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่มน้อย ทำให้อนุภาคภายหลังการสมานตะกอนมีค่าความชุ่มต่ำกว่าปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่มที่มากกว่า ซึ่งโอกาสลัมฟ์มีเท่ากัน ในสภาวะที่ความเร็วไหลขึ้นหรือขนาดของกรวดมีค่าคงที่ แต่การที่ปุ๋ยของ  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ที่เกิดขึ้นมากกว่า เมื่อปริมาตรความเข้มข้นของสารลิ่มเพิ่มขึ้นจะทำให้มีปุ๋ย  $\text{Al}(\text{OH})_3$  เหลือภายหลังจากการลัมฟ์มาก จึงทำให้น้ำภายหลังการสมานตะกอนมีค่ามากขึ้น แต่ปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่ม 25 มก./ล. ทำให้การสมานตะกอนได้น้ำมีค่าความชุ่มภายหลังการตกตะกอนใกล้เคียงกับปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่ม 15 มก./ล. นั้นเป็นเพราะว่าเป็นปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทดลองจาร์เทสต์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการรวมตัวและตกตะกอนได้ดีถึงแม้ฟล็อกที่เกิดขึ้นจะมากกว่าปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่ม 15 มก./ล. แต่ฟล็อกที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากกว่า แต่มีความหนาแน่นที่เหมาะสมและสามารถตกตะกอนได้ดี ในขณะที่ฟล็อกที่เกิดจากปริมาณความเข้มข้นของสารลิ่ม 15 มก./ล. เกิดขึ้นน้อยกว่า จึงทำให้ฟล็อกในขั้นตอนของการตกตะกอนน้อย จึงให้ผลของน้ำที่เหลือภายหลังการตกตะกอนใกล้เคียงกัน

SIZE 1-2 mm.  
 $V$  0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



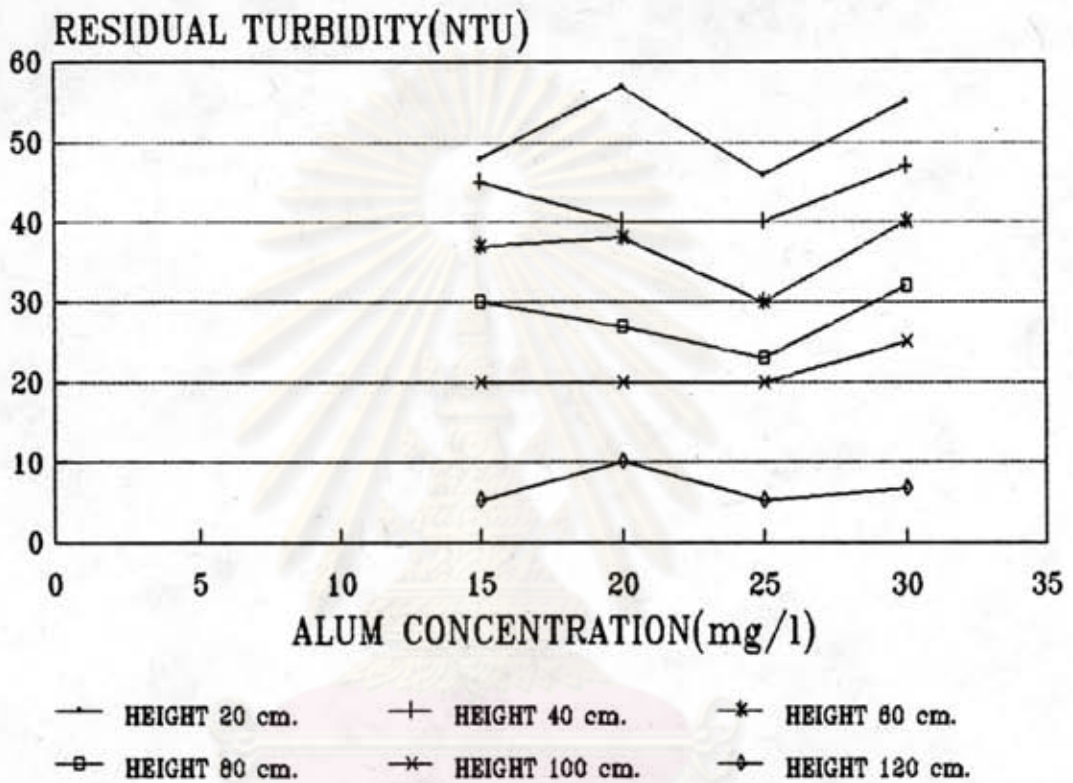
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นที่เหลือกับปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.098 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ซม.

SIZE 1-2 mm.  
 $V$  0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



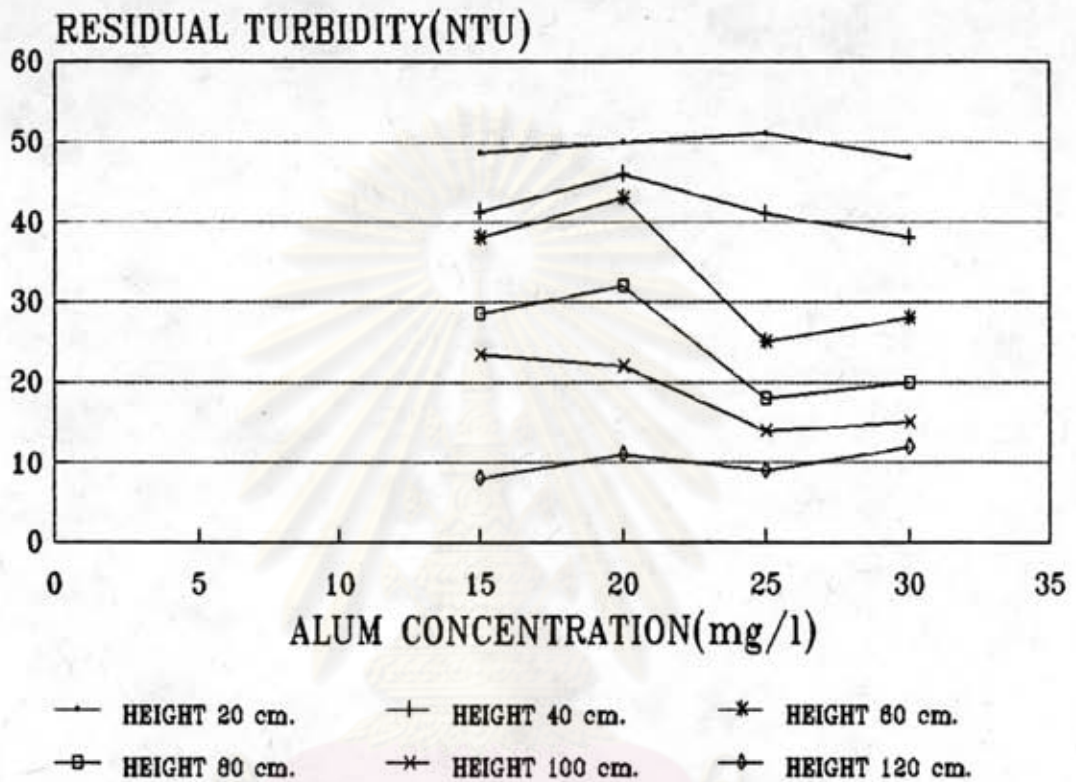
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ความเร็วไหลขึ้น 0.122 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชม.

SIZE 1-2 mm.  
 $V$  0.146 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



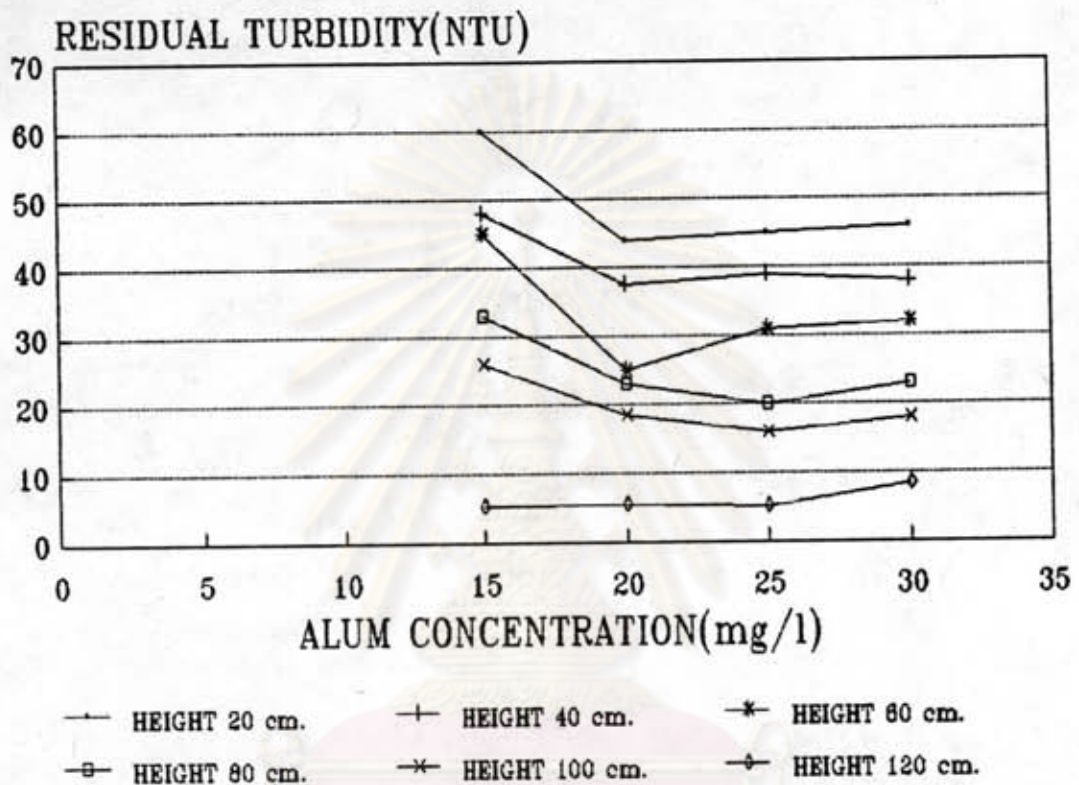
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.146 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชม.

SIZE 1-2 mm.  
 $V 0.171 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min}$



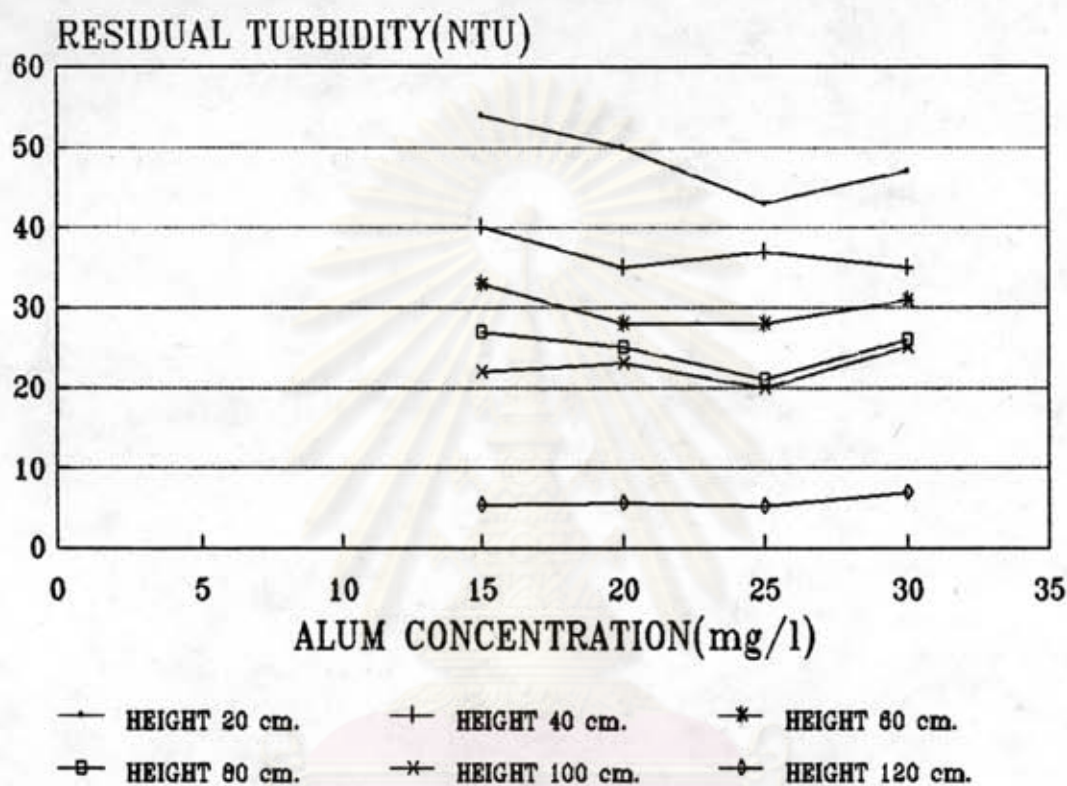
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.171  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-นาที}$ , ที่เวลา 10 ซม.

SIZE 2-5 mm.  
 $V$  0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



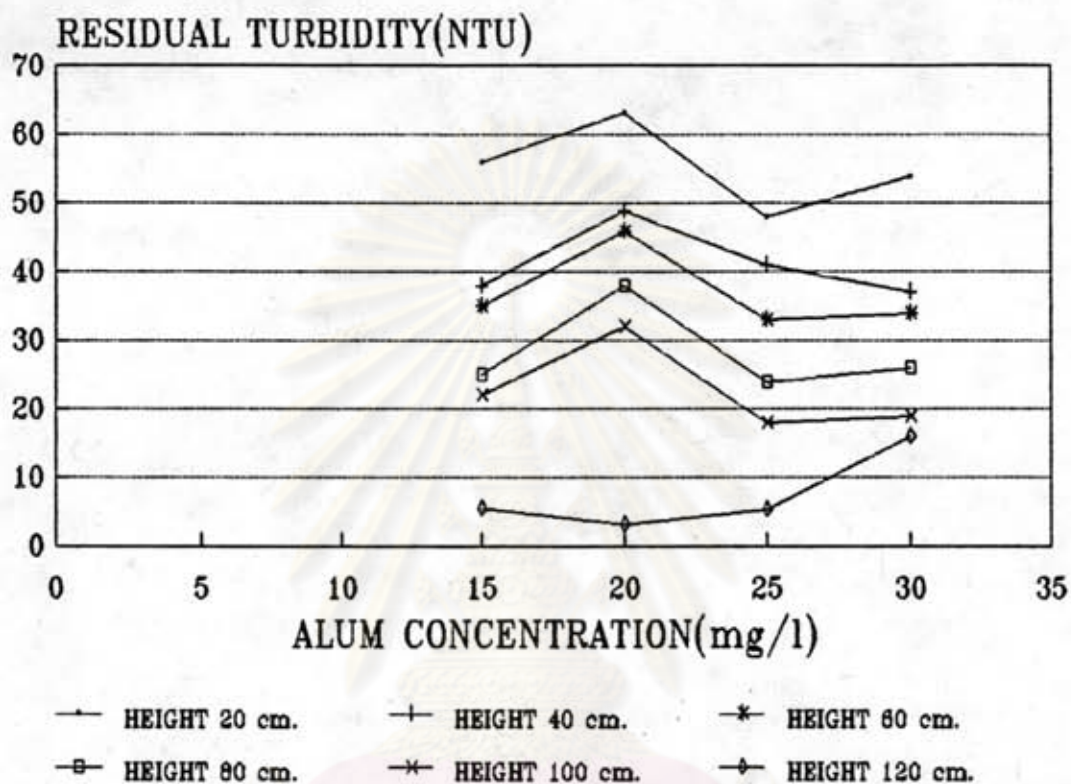
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชม.

SIZE 2-5 mm.  
 $V$  0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ความเร็วไหลขึ้น 0.122 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชม.

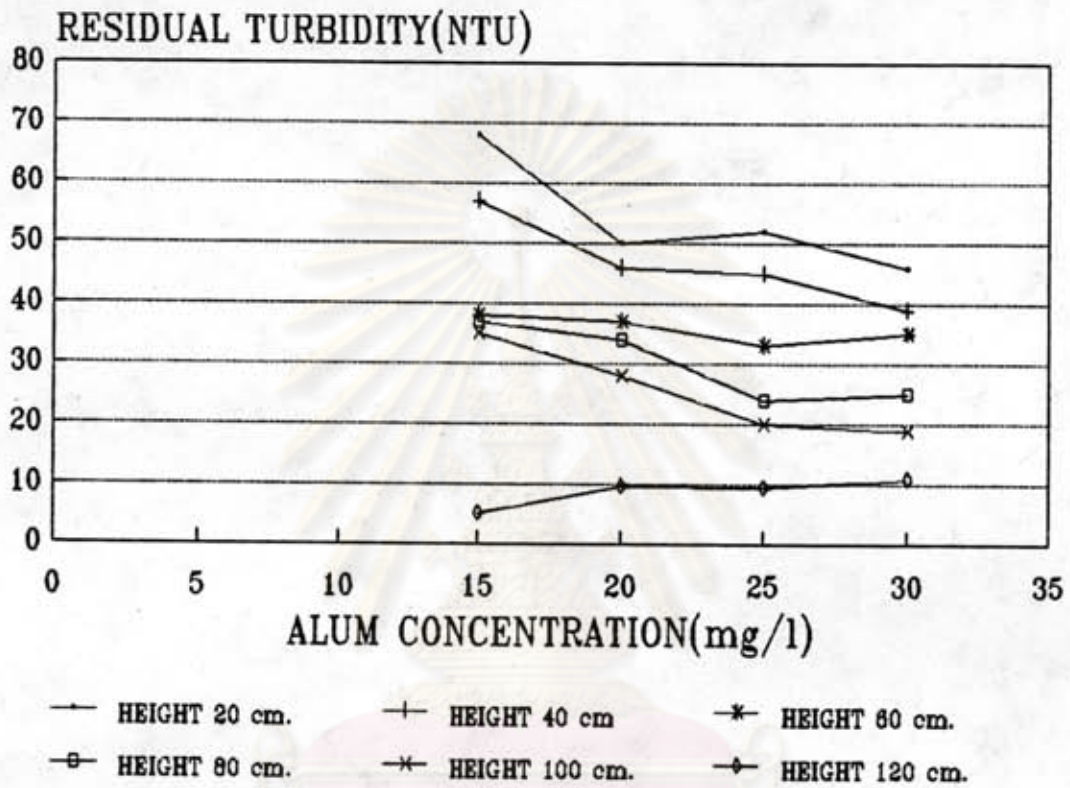
SIZE 2-5 mm.  
 $V$  0.146 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ความเร็วไหลขึ้น 0.146 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชม.

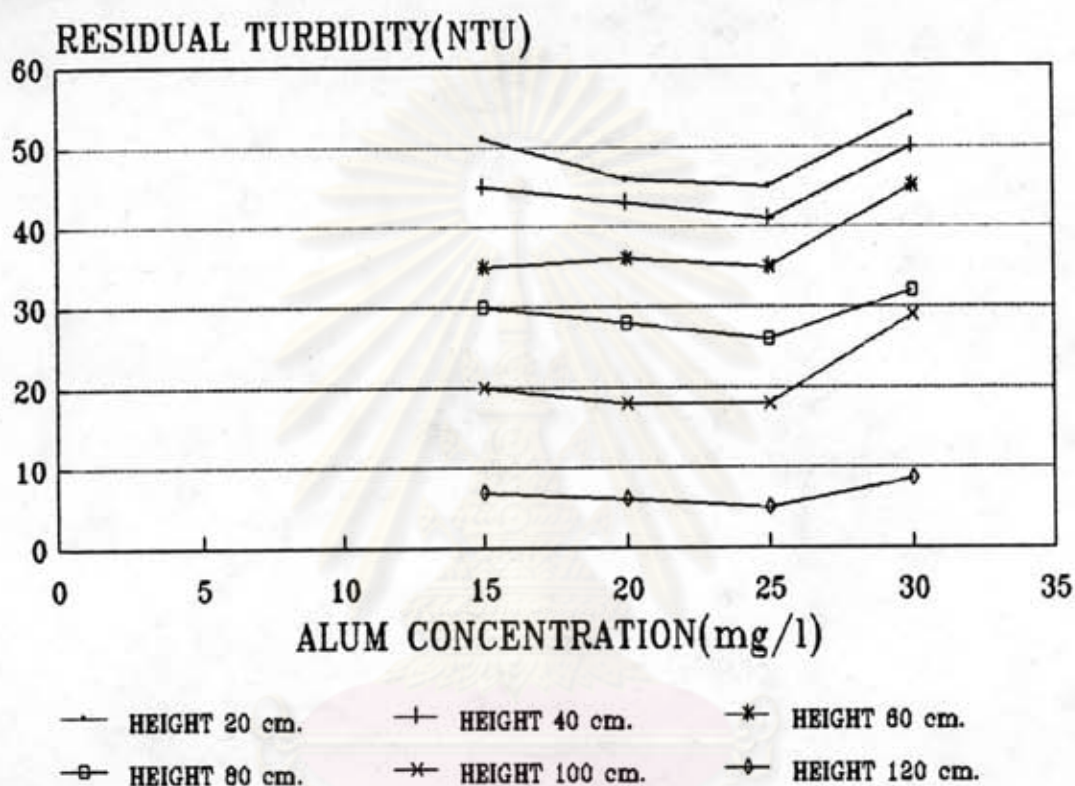


SIZE 2-5 mm.  
 $V 0.171 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min}$



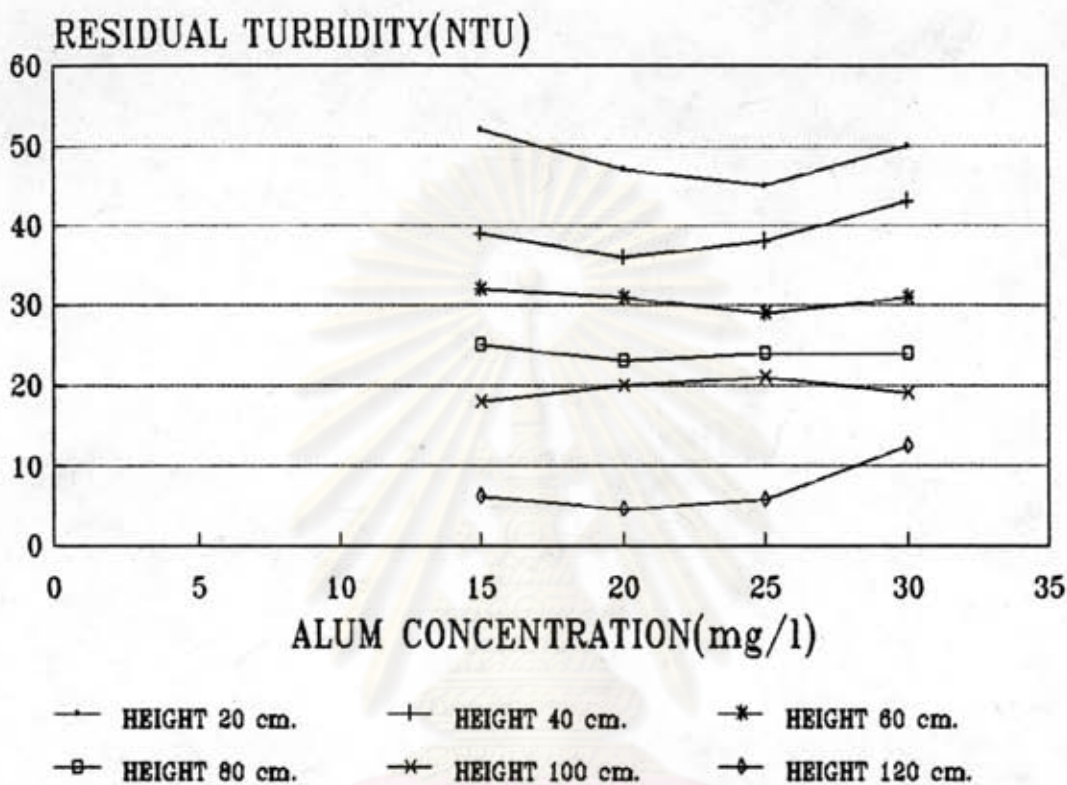
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.171  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-นาที}$ , ที่เวลา 10 ชม.

SIZE 5-10 mm.  
 $V$  0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



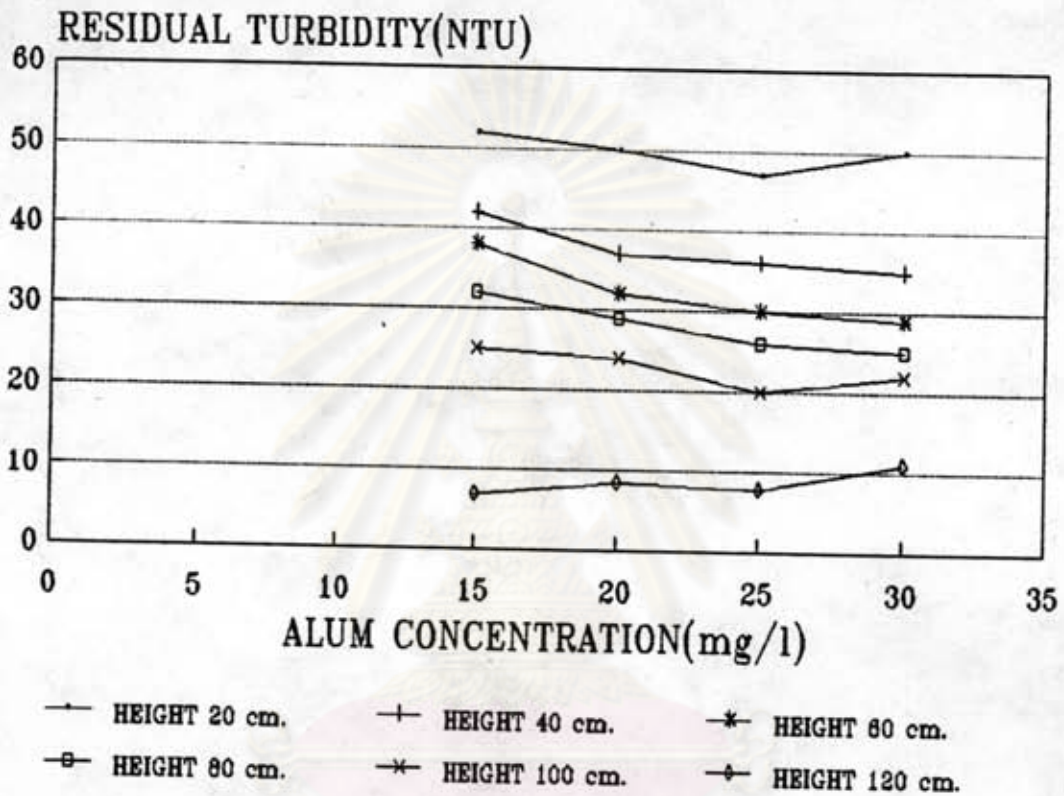
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ความเร็วไหลขึ้น 0.098 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชม.

SIZE 5-10 mm.  
 $V$  0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



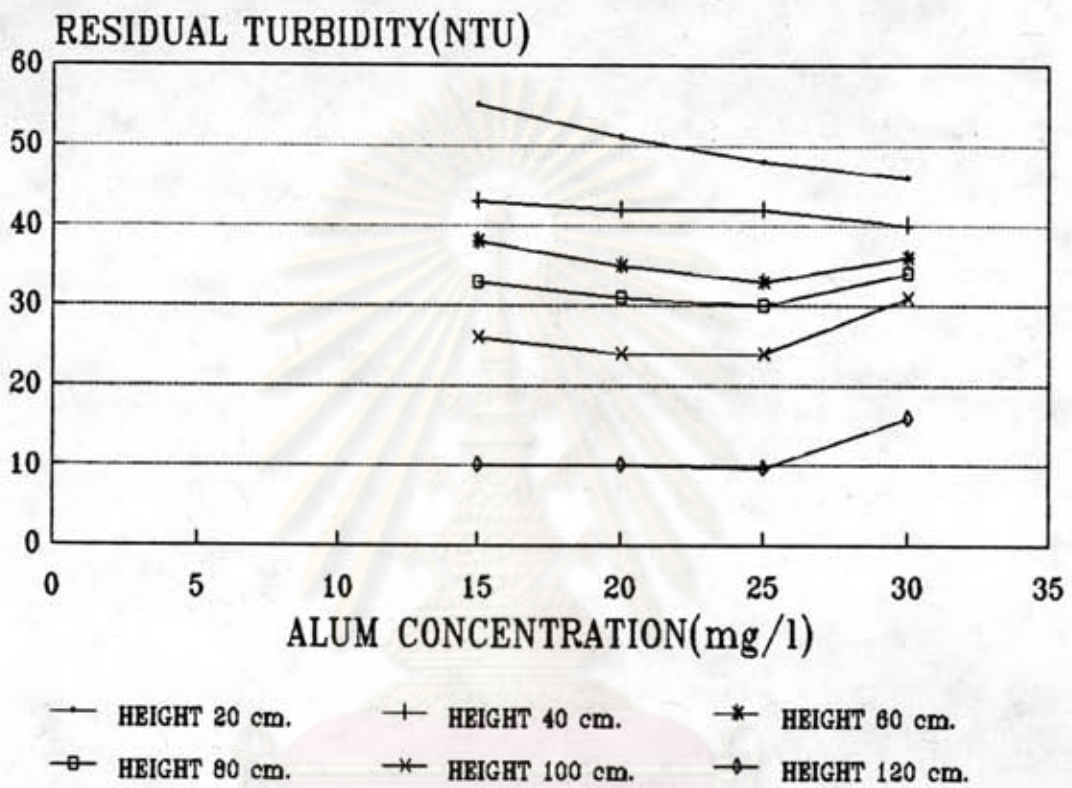
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.122 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชม.

SIZE 5-10 mm.  
 $V 0.146 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min}$



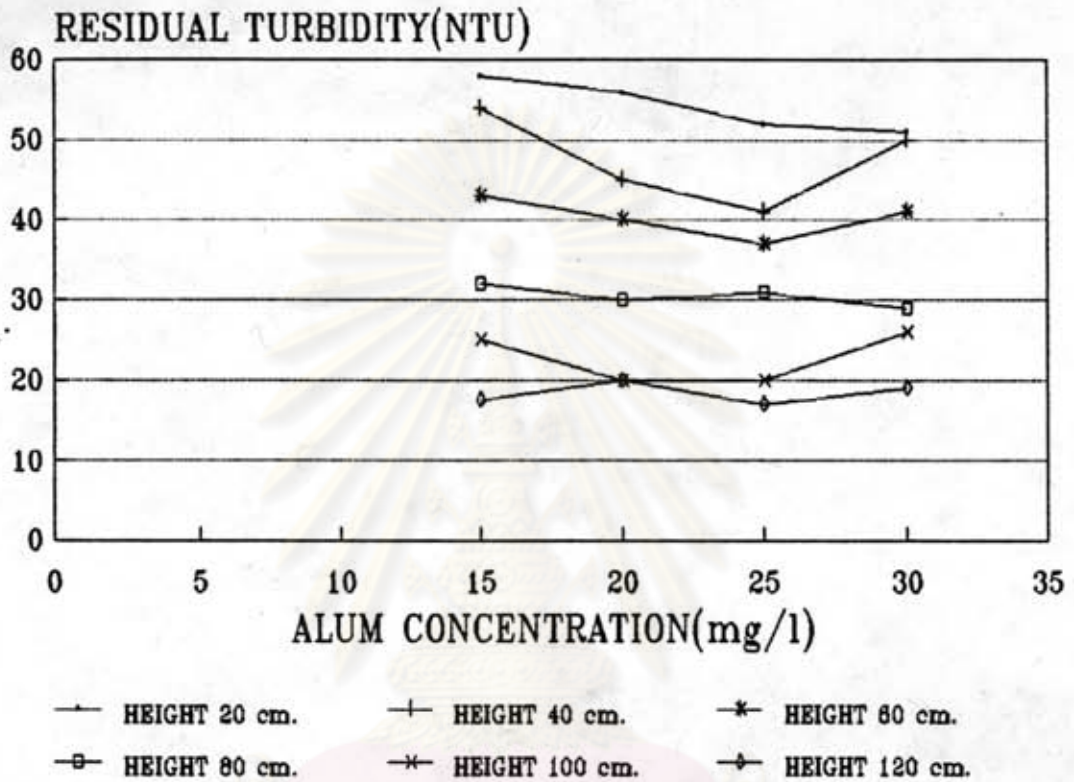
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.146  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-นาที}$ , ที่เวลา 10 ซม.

SIZE 5-10 mm.  
 $V 0.171 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min}$



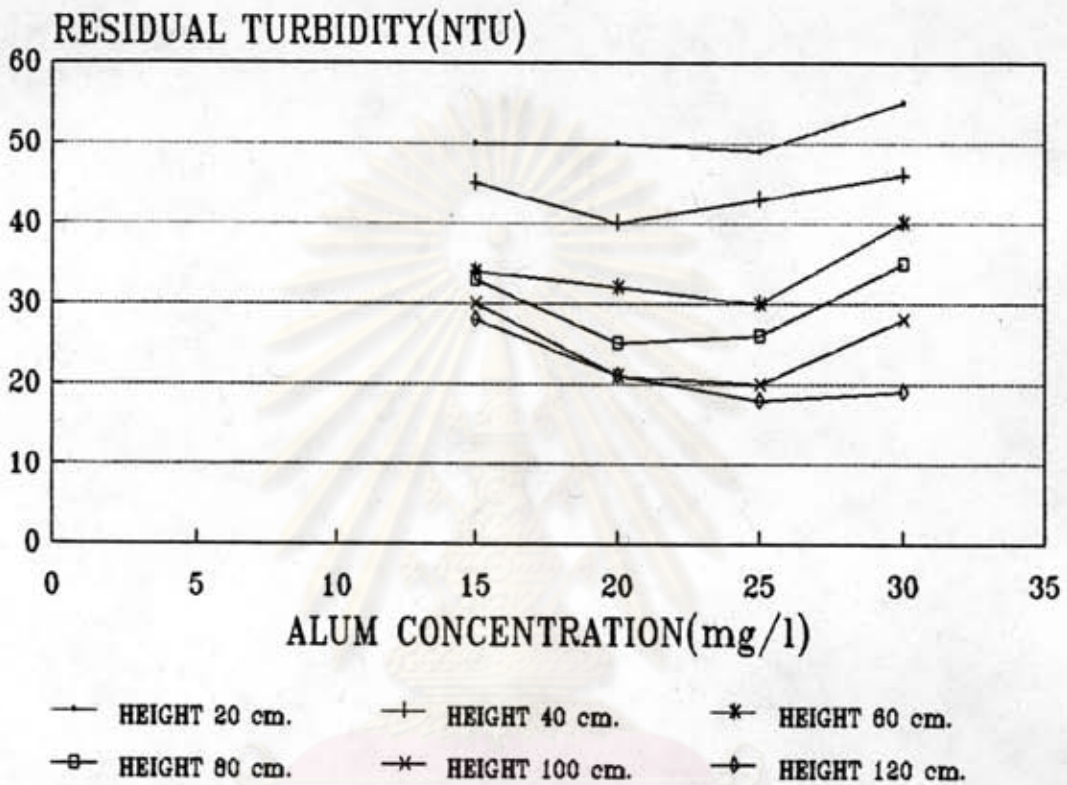
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ความเร็วไหลขึ้น  $0.171 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ที่เวลา 10 ซม.

SIZE 10-20 mm.  
 $V 0.098 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min}$



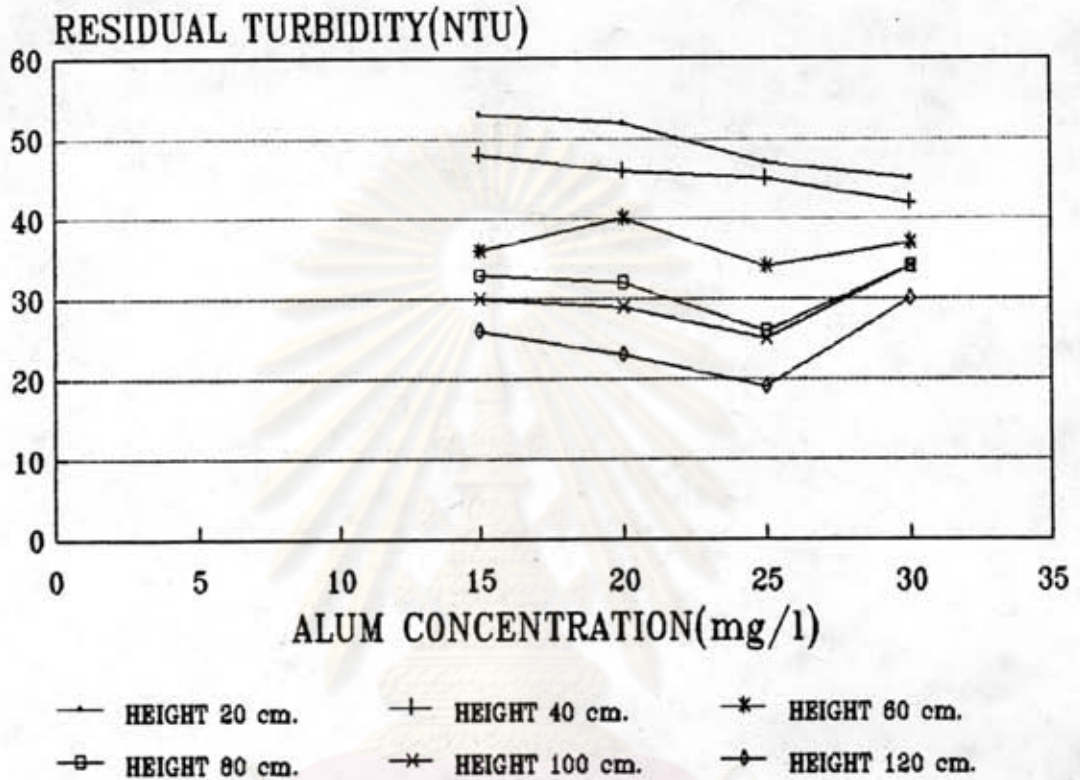
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.098  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-นาที}$ , ที่เวลา 10 ชม.

SIZE 10-20 mm.  
V 0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.122 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชม.

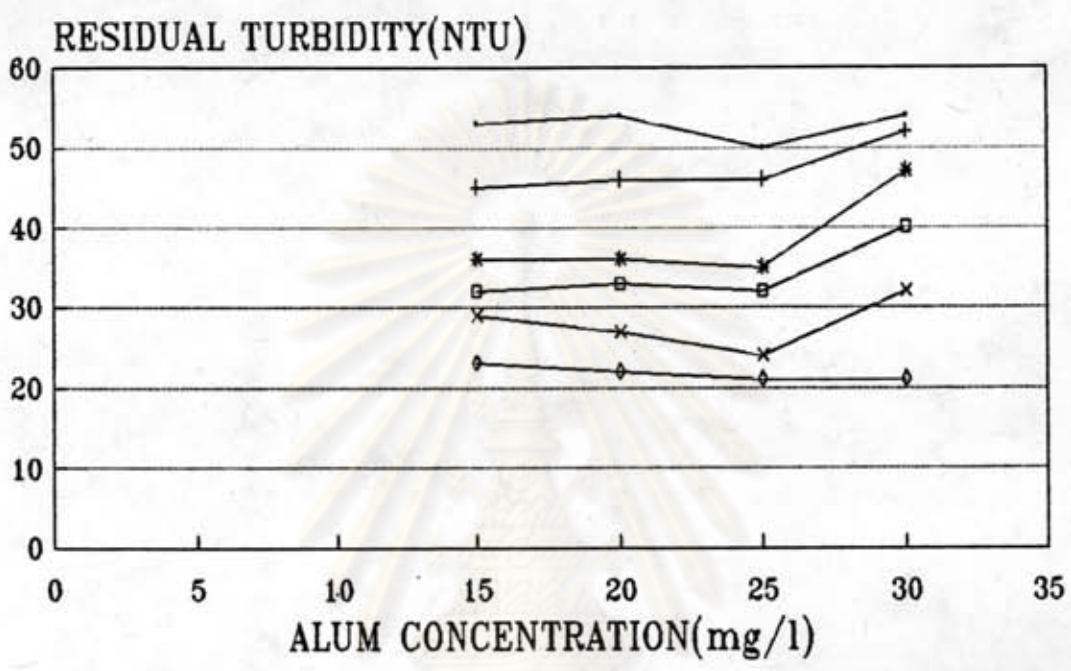
SIZE 10-20 mm.  
 $V 0.146 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min}$



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับ ความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ความเร็วไหลขึ้น  $0.146 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ที่เวลา 10 ซม.



SIZE 10-20 mm.  
V 0.171 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min



— HEIGHT 20 cm.      + HEIGHT 40 cm.      \* HEIGHT 60 cm.  
— HEIGHT 80 cm.      \* HEIGHT 100 cm.      ♦ HEIGHT 120 cm.

รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือ กับ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ความเร็วไหลชั้น 0.171 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ซม.

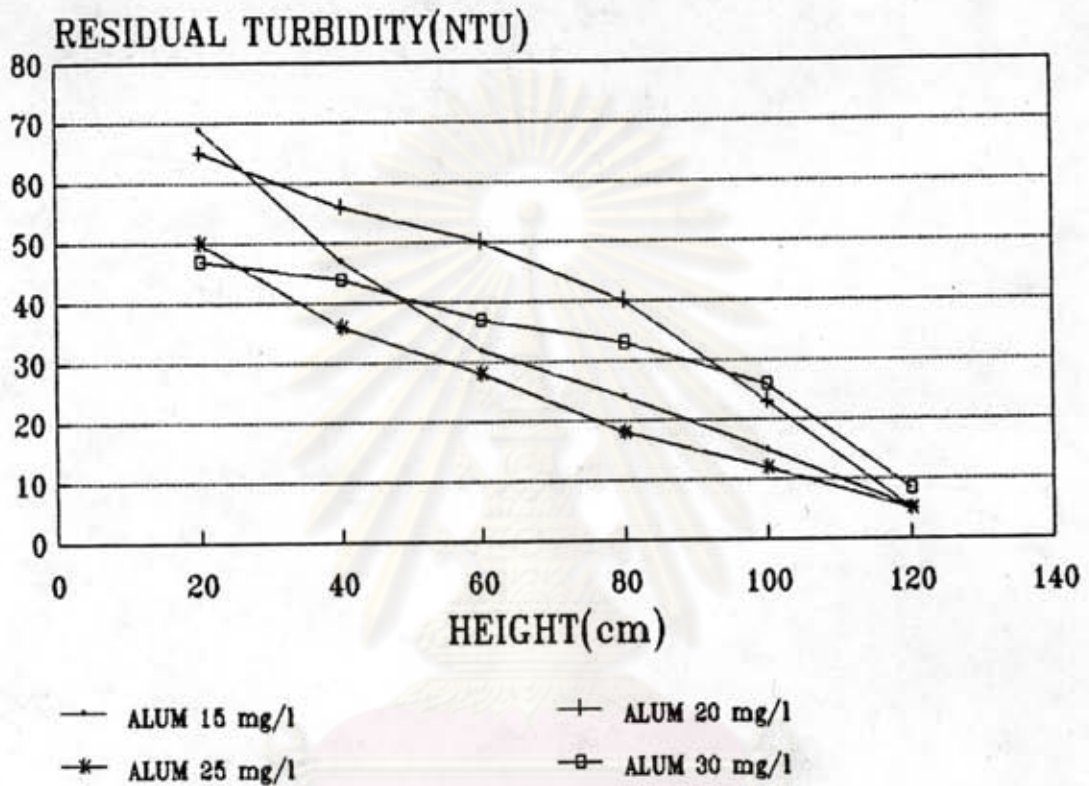
#### 4.2 ผลของความสูงของกรวดต่อค่าความชุ่มที่เหลือ

เมื่อทำการทดลอง โดยแปรเปลี่ยนปริมาณความชื้นชั้นของสารลัม 15, 20, 25, 30 มก./ล. ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098, 0.122, 0.146, 0.171  $\text{ม}^3/\text{ม}^2$ -นาที่ และขนาดของกรวด 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 มม. จากรูปที่ 4.17-4.32 พบว่าค่าความชุ่มที่เหลือแปรผกผันกับความสูง นั่นคือ ค่าความชุ่มที่เหลือจะมีค่าลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นที่ทุกความเร็วไหลชั้นและขนาดของกรวดที่แปรค่า เหตุผลเพราะความสูงยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่ากับเป็นการเพิ่มอัตราการลัมผัดระหว่างฟลอคมากตามไปด้วย ทำให้ฟลอคเกิดการสมานตะกอนรวมตัวกันมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนได้ดี

จากผลการทดลองที่แสดงในรูปที่ 4.17-4.32 พบว่าค่าความชุ่มที่เหลือที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม. มีค่าลดลงตามลำดับ ดังนั้นแสดงว่าความสูง 120 ซม. เป็นความสูงที่เหมาะสมในการสมานตะกอน ในการทดลองนี้ ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่น่าสนใจ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องสมานตะกอน โดยใช้ชั้นกรวดเป็นตัวกลางในระบบผลิตน้ำประปา ให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

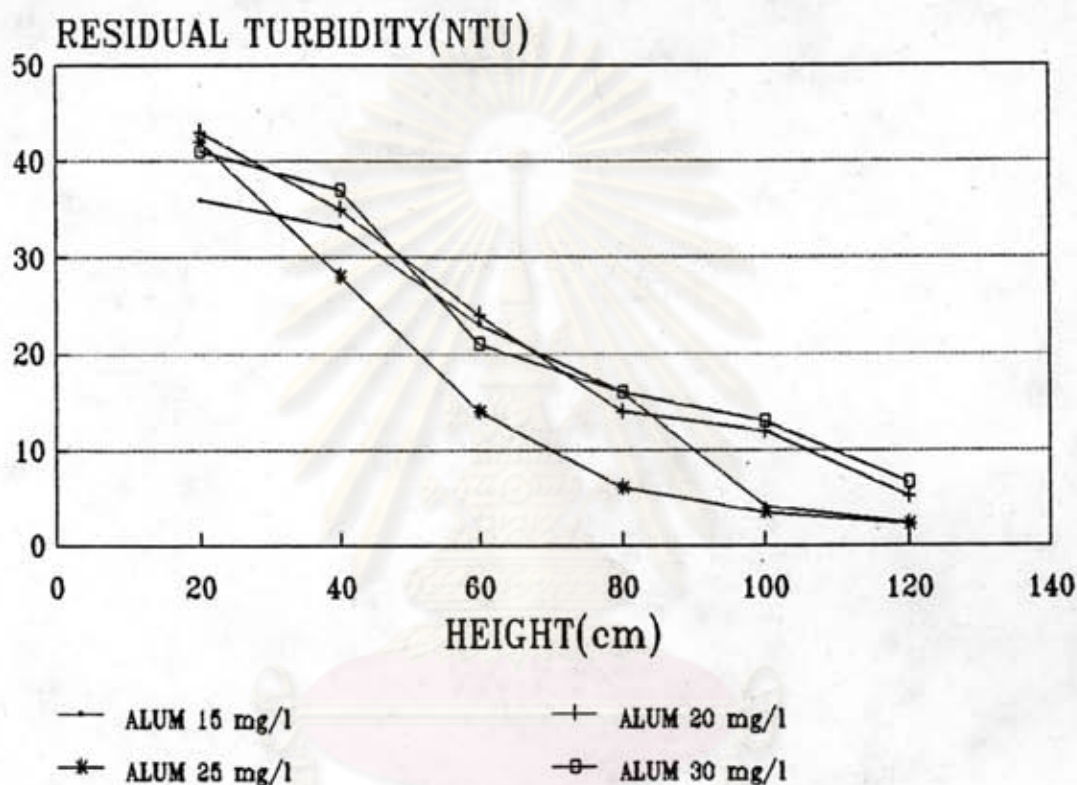
ศูนย์วิทยพัชกร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SIZE 1-2 mm.  
 $V$  0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



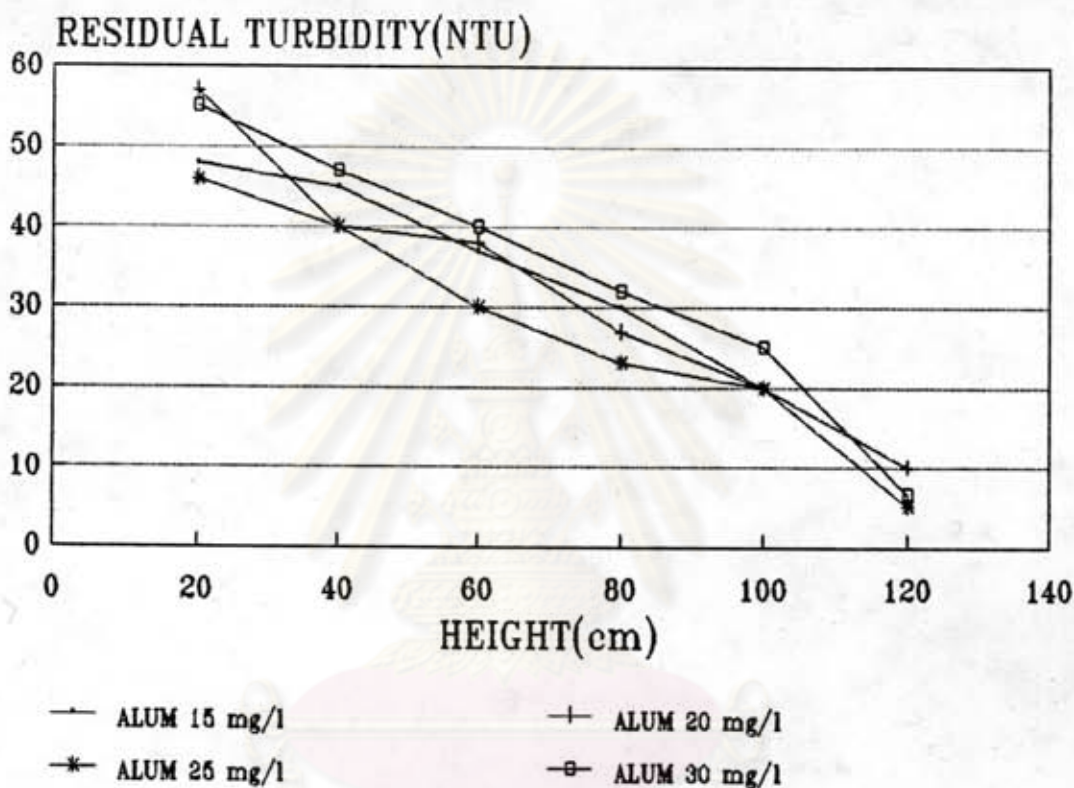
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ความเร็วไหลชั้น  
 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 1-2 mm.  
 $V$  0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



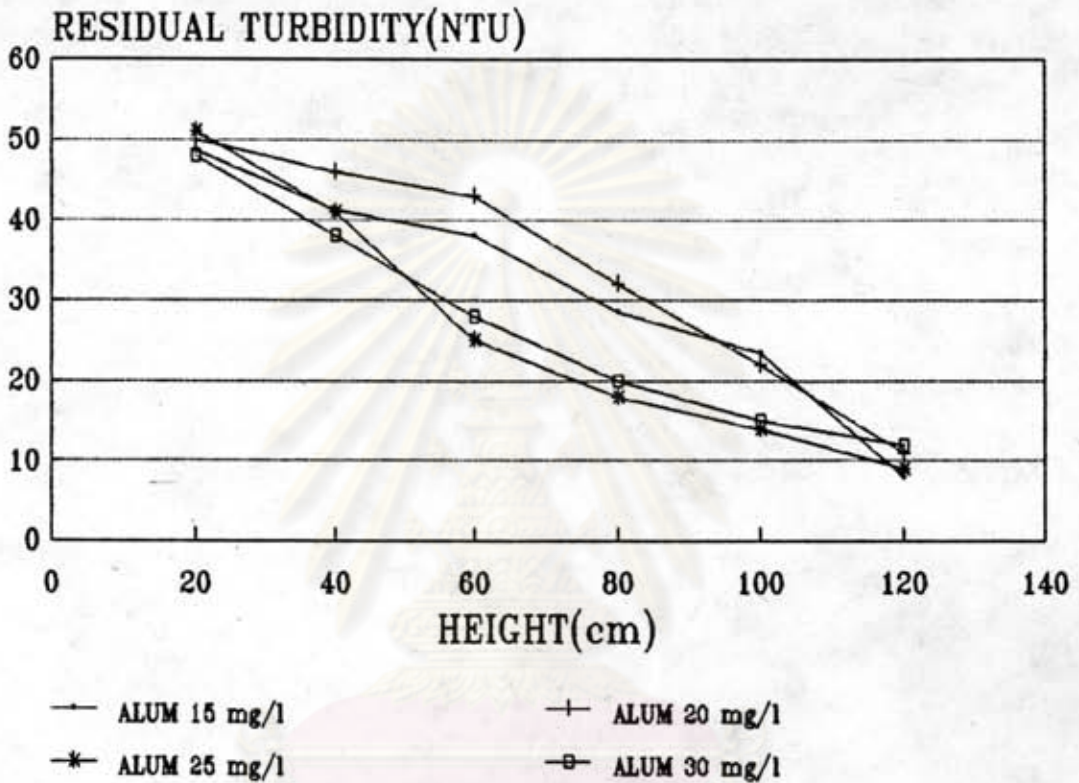
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ความเร็วไหลขึ้น  
 0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 1-2 mm.  
 $v = 0.146 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min.}$



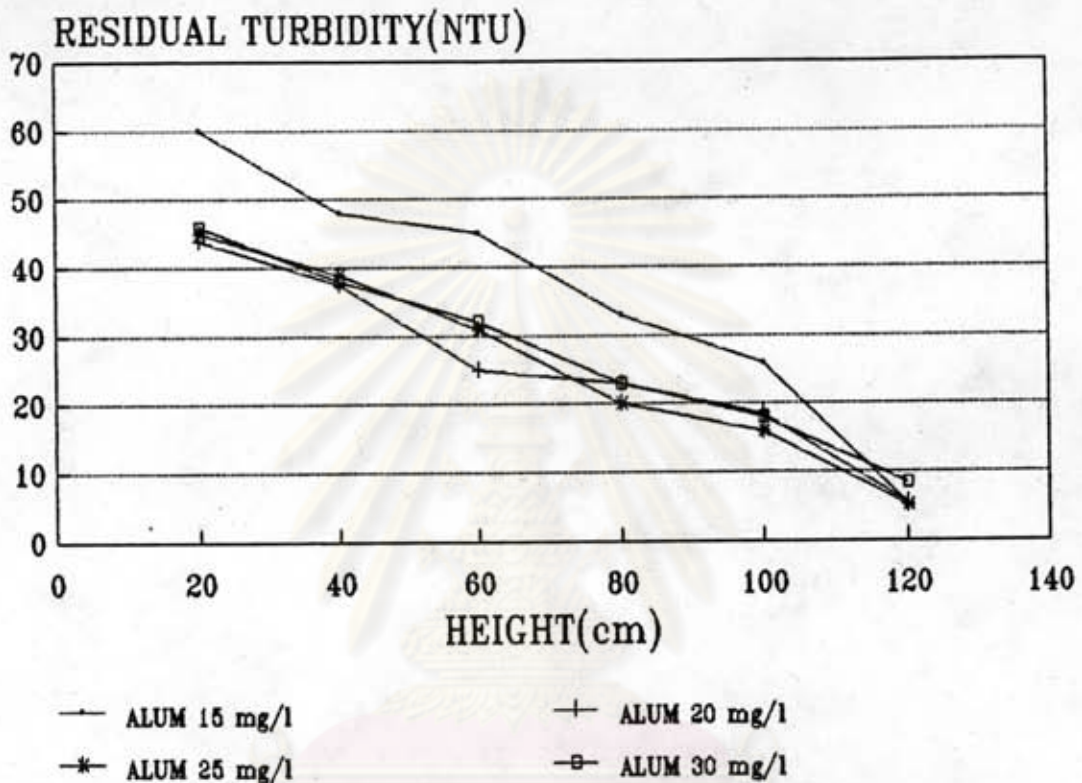
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ความเร็วไหลชั้น  
 $0.146 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 1-2 mm.  
 $V = 0.171 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min.}$



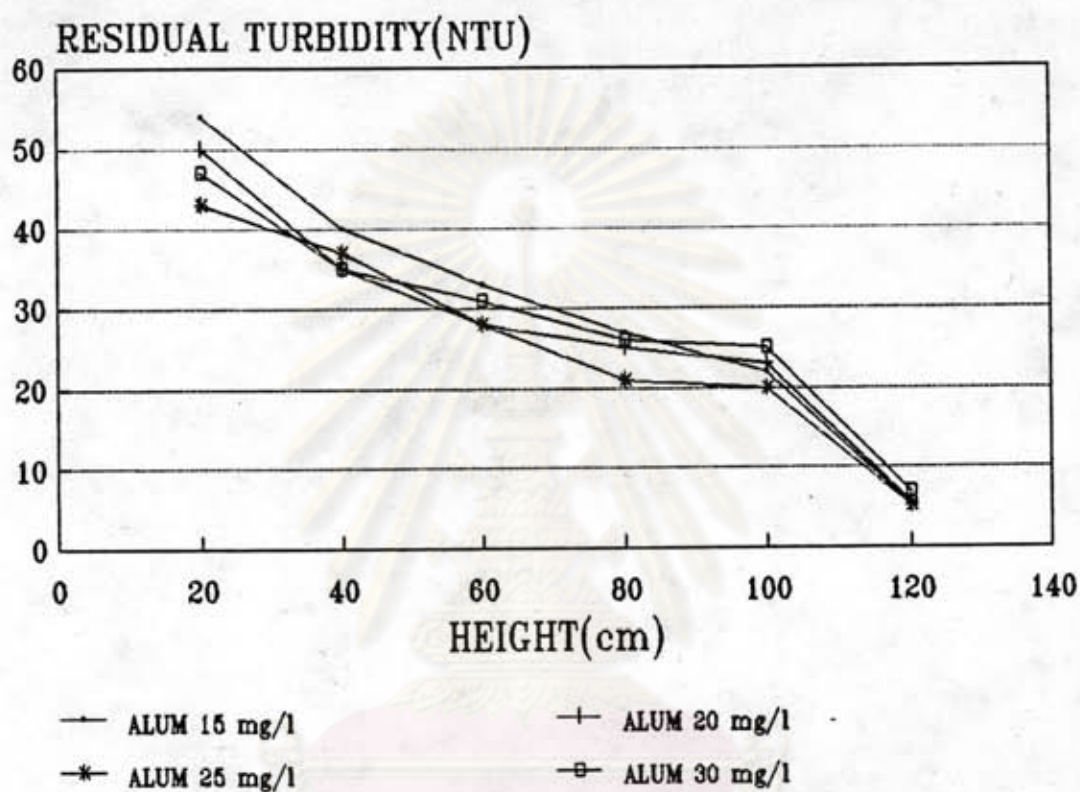
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ความเร็วไหลชั้น  
 $0.171 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 2-5 mm.  
 $v = 0.098 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min.}$



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ความเร็วไหลขึ้น  
 $0.098 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

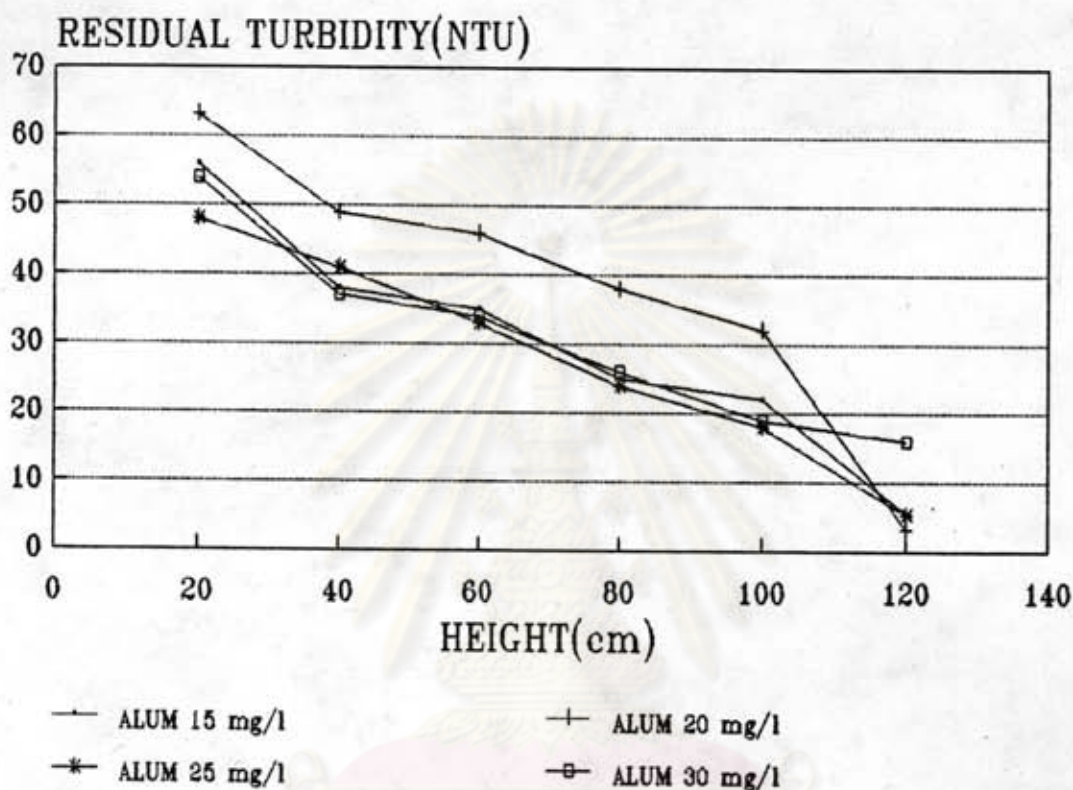
SIZE 2-5 mm.  
 $V$  0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ความเร็วไหลขึ้น  
 0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

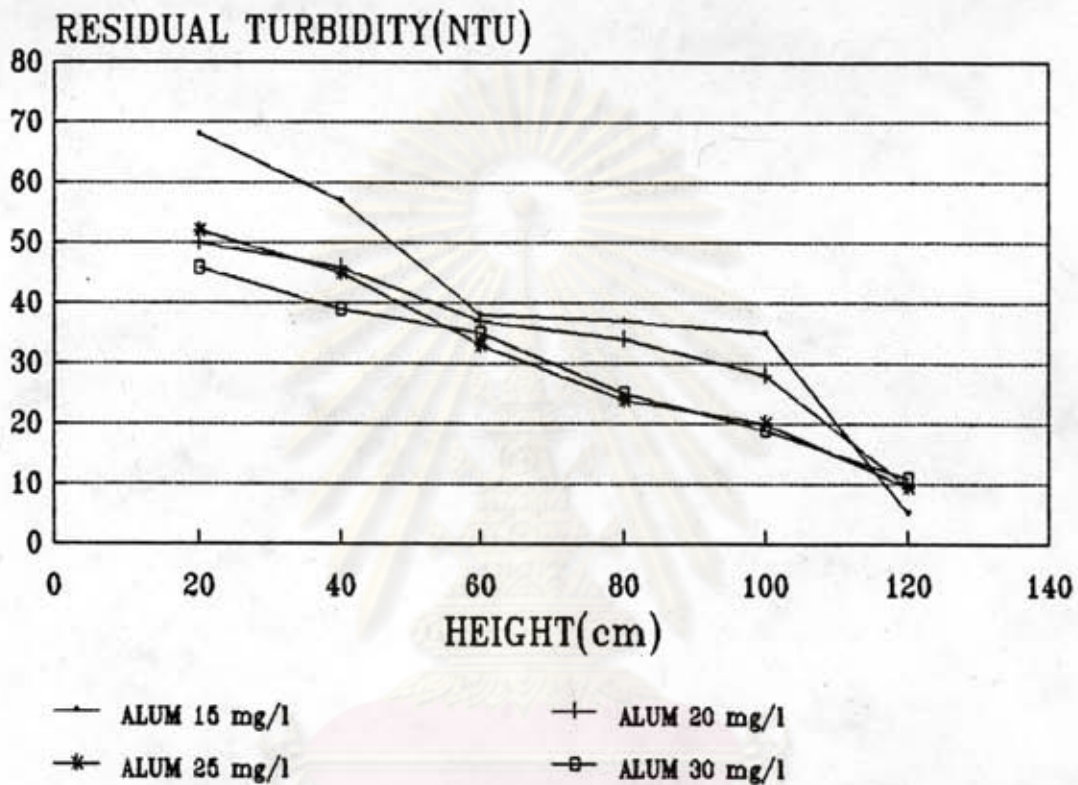


SIZE 2-5 mm.  
 $V$  0.146 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



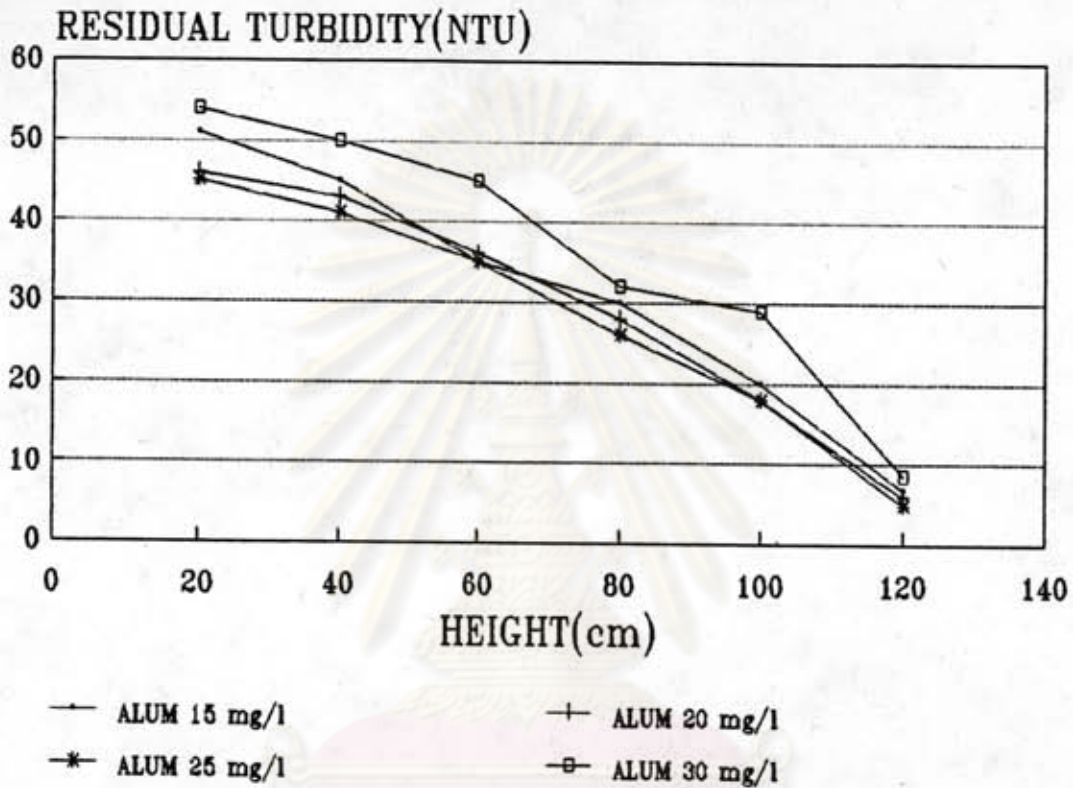
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ความเร็วไหลชั้น  
 0.146 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 2-5 mm.  
 $V 0.171 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min.}$



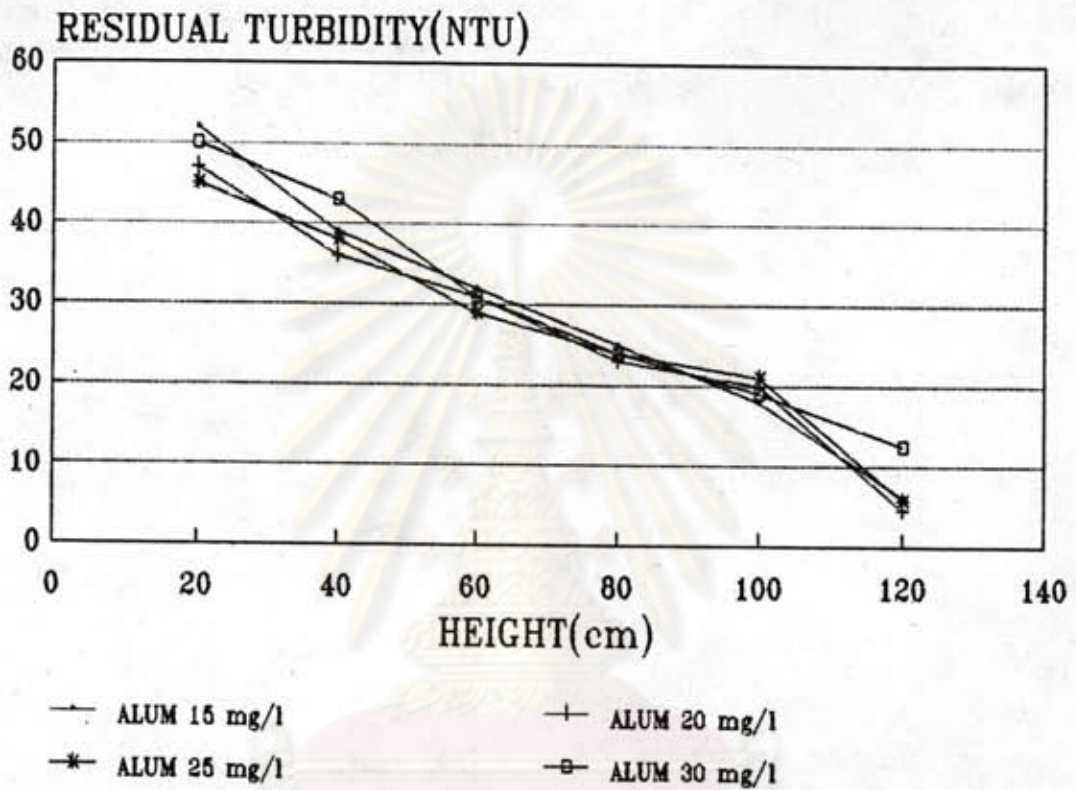
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ความเร็วไหลขึ้น  
 $0.171 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 5-10 m.  
 $V$  0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



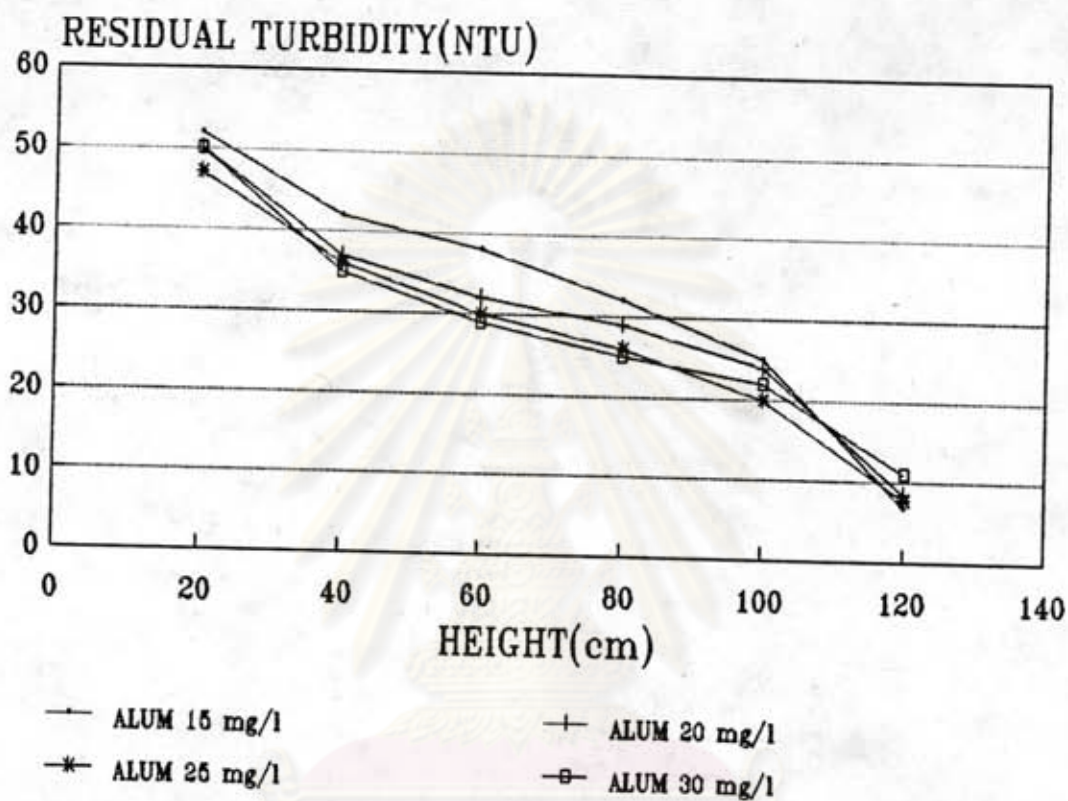
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ความเร็วไหลขึ้น  
 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 5-10 m.  
 $V$  0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ความเร็วไหลขึ้น  
 0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

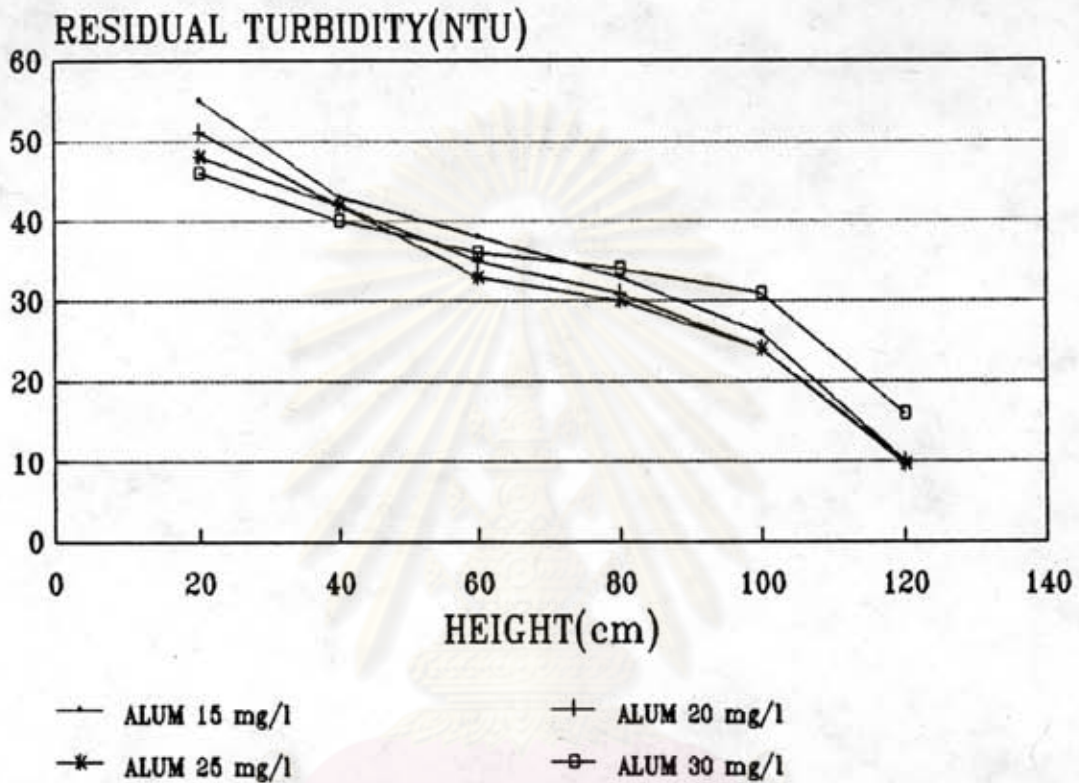
SIZE 5-10 m.  
 $V$  0.146 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ล้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ความเร็วไหลขึ้น  
 0.146 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

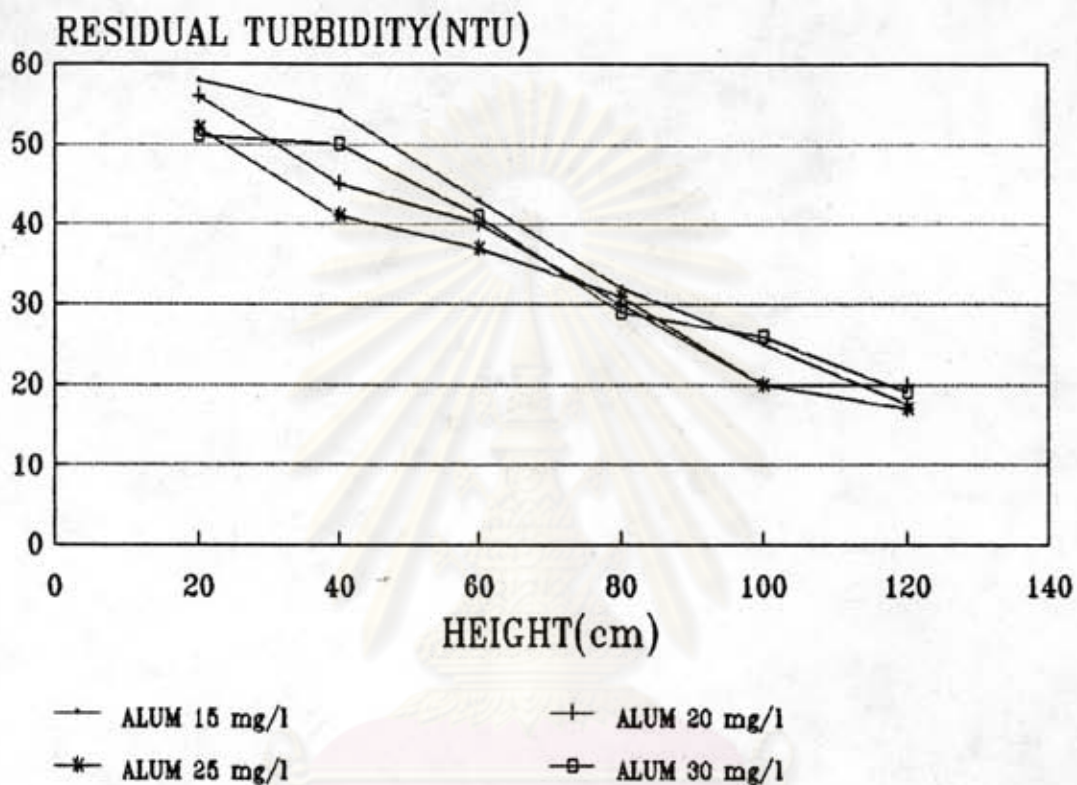


SIZE 5-10 m.  
V 0.171 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



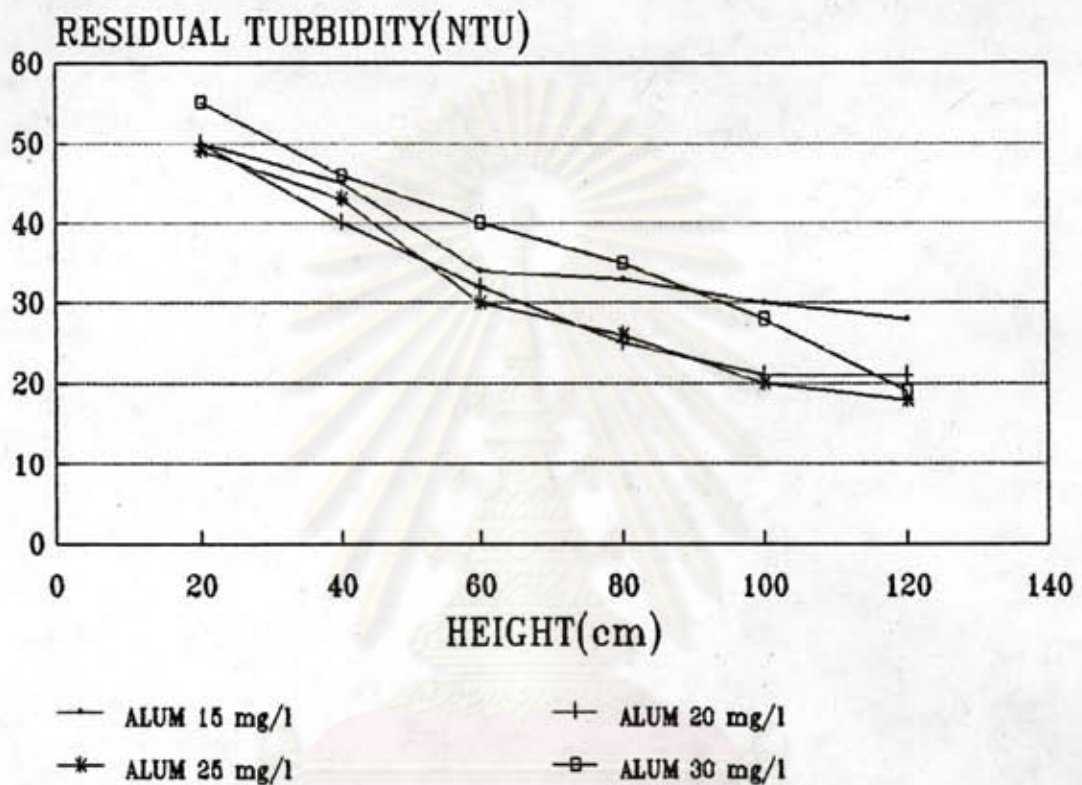
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ความเร็วไหลชั้น  
0.171 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 10-20 mm.  
 $V$  0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ความเร็วไหลชั้น  
 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

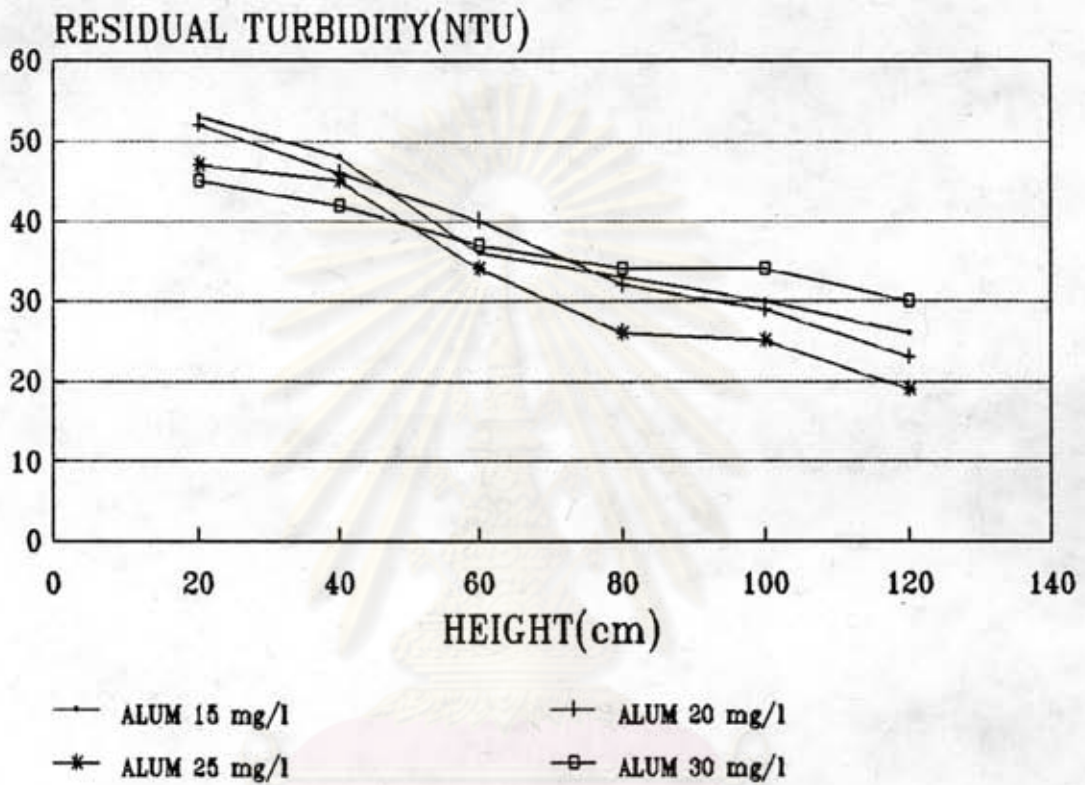
SIZE 10-20 mm.  
 $V 0.122 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min.}$



รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ความเร็วไหลชั้น  
 $0.122 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

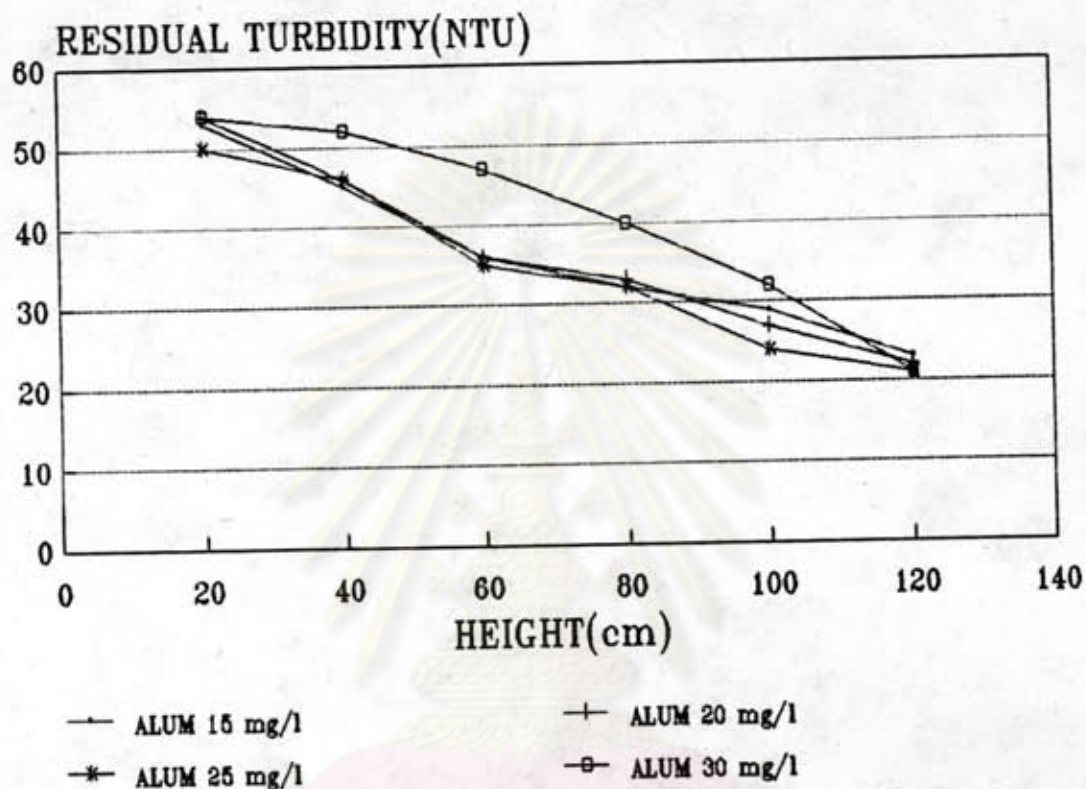


SIZE 10-20 mm.  
 $V 0.146 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min.}$



รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ล้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ความเร็วไหลชั้น  
 $0.146 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 10-20 mm.  
 $V$  0.171 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความสูงเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสาร  
 ส้ม 15, 20, 25, 30, มก./ล., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ความเร็วไหลชั้น  
 0.171 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

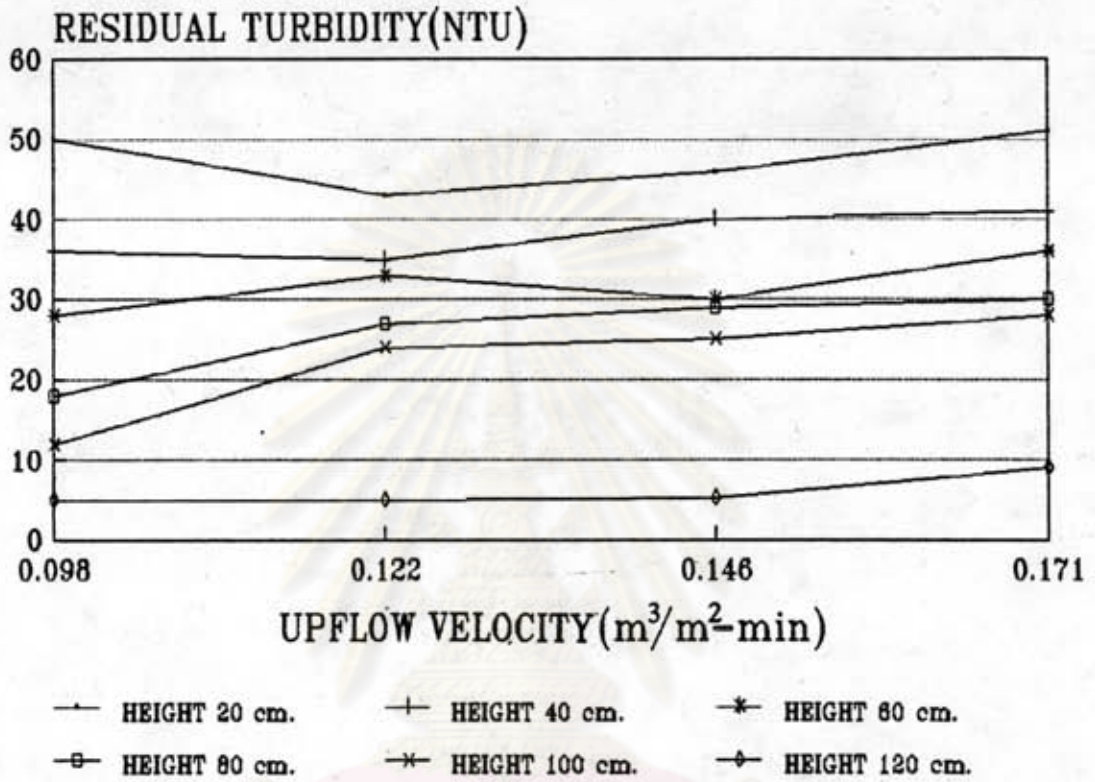
#### 4.3 ผลของอัตราการไหลต่อความขุ่นที่เหลือ

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วไหลชั้น 0.098, 0.122, 0.146, 0.171  $\text{m}^3/\text{m}^2$ -นาที่ ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. จากรูปที่ 4.33-4.36 ที่ขนาดของกรวด 1-2 มม. พบว่าค่าความขุ่นที่เหลือที่ระดับ 120 ซม. มีค่า 5.0, 5.1, 5.3, 9.0 NTU. ตามลำดับความเร็วไหลชั้นที่เพิ่มขึ้น โดยที่ขนาดของกรวด 2-5 มม. พบค่าความขุ่นที่เหลือที่ระดับ 120 ซม. มีค่า 5.2, 5.3, 5.4, 9.4 NTU. ขนาดของกรวด 5-10 มม. มีค่าความขุ่นที่เหลือที่ระดับ 120 ซม. 5.6, 5.8, 7.8, 9.7 NTU. และขนาดของกรวด 10-20 มม. มีค่าความขุ่นที่เหลือที่ระดับ 120 ซม. 17, 18, 19, 20.12 NTU ตามลำดับความเร็วไหลชั้นที่เพิ่มขึ้น นั้นแสดงว่าที่ความเร็วไหลชั้นต่ำ จะทำให้การสมานตะกอนได้ความขุ่นน้ำที่เหลือต่ำกว่าความเร็วไหลชั้นที่สูงที่ทุกขนาดของกรวด เพราะความเร็วไหลชั้นต่ำจะมีจำนวนการสัมผัสต่อหน่วยเวลา และแรงเฉือนน้อยกว่าความเร็วไหลชั้นสูง ดังนั้นที่ความเร็วไหลชั้นสูง ฟล็อกจึงมีโอกาสแตกตัวเนื่องจากแรงเฉือนที่สูงได้มากกว่า จึงมีผลทำให้น้ำภายหลังจากตกตะกอน มีความขุ่นที่เหลือสูงกว่าเพราะฟล็อกตกตะกอนได้ไม่ดี เนื่องจากการรวมตัวของฟล็อกที่สูญเสียเสถียรภาพแล้วจะเกิดการรวมตัวกันอย่างหลวม ๆ และตกตะกอนได้น้อยจึงเป็นผลให้ความขุ่นที่เหลือนี้อาจมาก

ในแต่ละระดับความสูงของกรวด แต่ละช่วงค่าความขุ่นที่เหลือจะลดลงเมื่อความสูงของกรวดเพิ่มขึ้น เพราะความเร็วจะลดลงตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากพื้นที่และปริมาตรที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วง ดังแสดงในตารางที่ ก4, ก5 ในภาคผนวก ก ทำให้ฟล็อกที่เกิดขึ้นเกิดการสัมผัส และรวมตัวกันมีขนาดใหญ่ และตกตะกอนได้ดี ความเร็วไหลชั้นสูงทำให้ความขุ่นที่เหลือมาก เพราะระยะเวลาในการสมานตะกอนลดน้อยลง แต่เนื่องจาก G จะสูงขึ้นเมื่อความเร็วไหลชั้นสูง จึงทำให้ความขุ่นที่เหลือไม่สูงมาก สำหรับความเร็วไหลชั้นที่สูงมากจนเกินไปจะทำให้ฟล็อกเกิดการแตกตัวได้

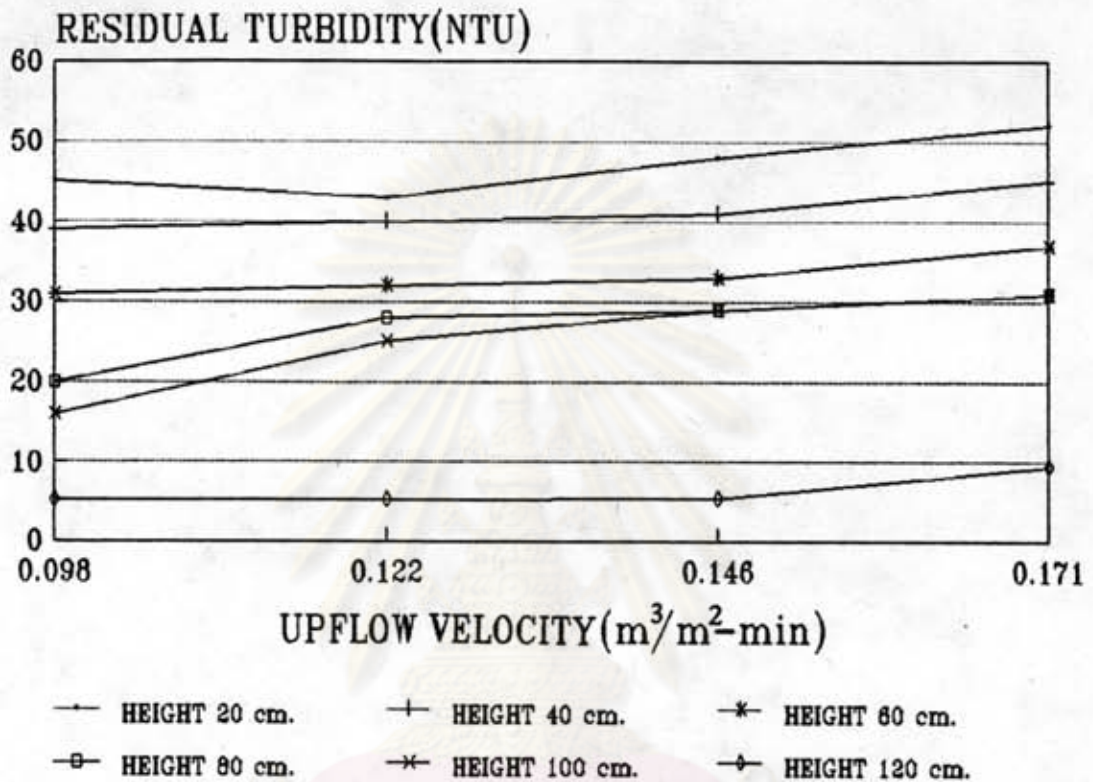
จากผลการทดลอง พบว่าความเร็วไหลชั้น 0.098  $\text{m}^3/\text{m}^2$ -นาที่ สามารถสมานตะกอนได้ความขุ่นที่เหลือต่ำที่สุด

SIZE 1-2 mm.  
ALUM 25 mg/l.



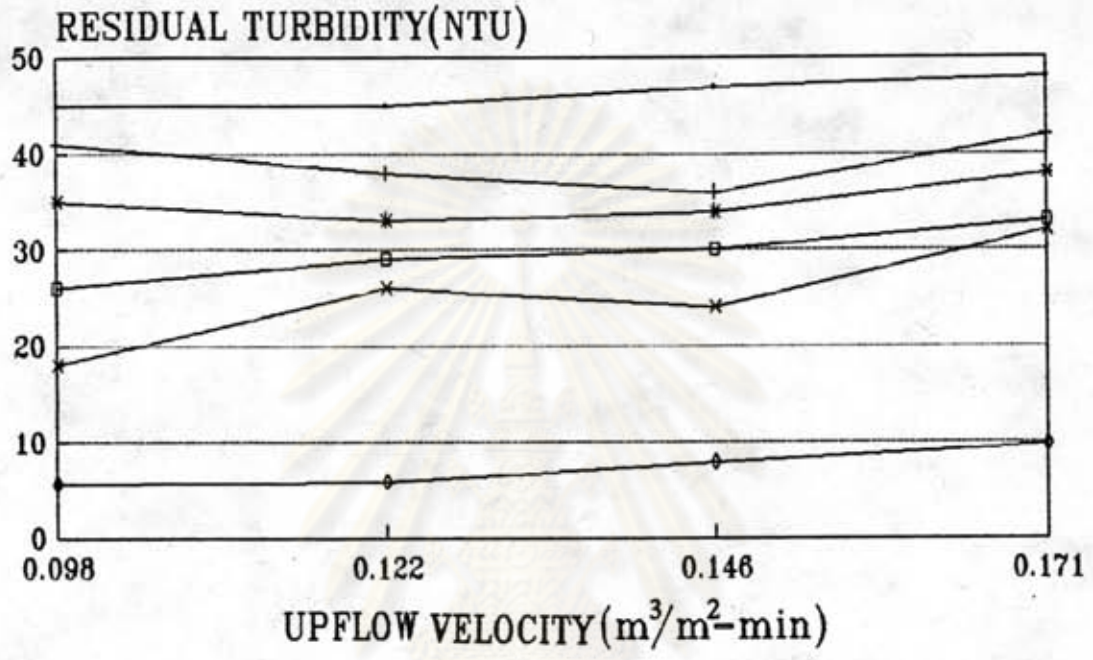
รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือ กับความเร็วไหลขึ้นเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ที่เวลา 10 ชม.

SIZE 2-5 mm.  
ALUM 25 mg/l.



รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือ กับความเร็วไหลขึ้นเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ที่เวลา 10 ชม.

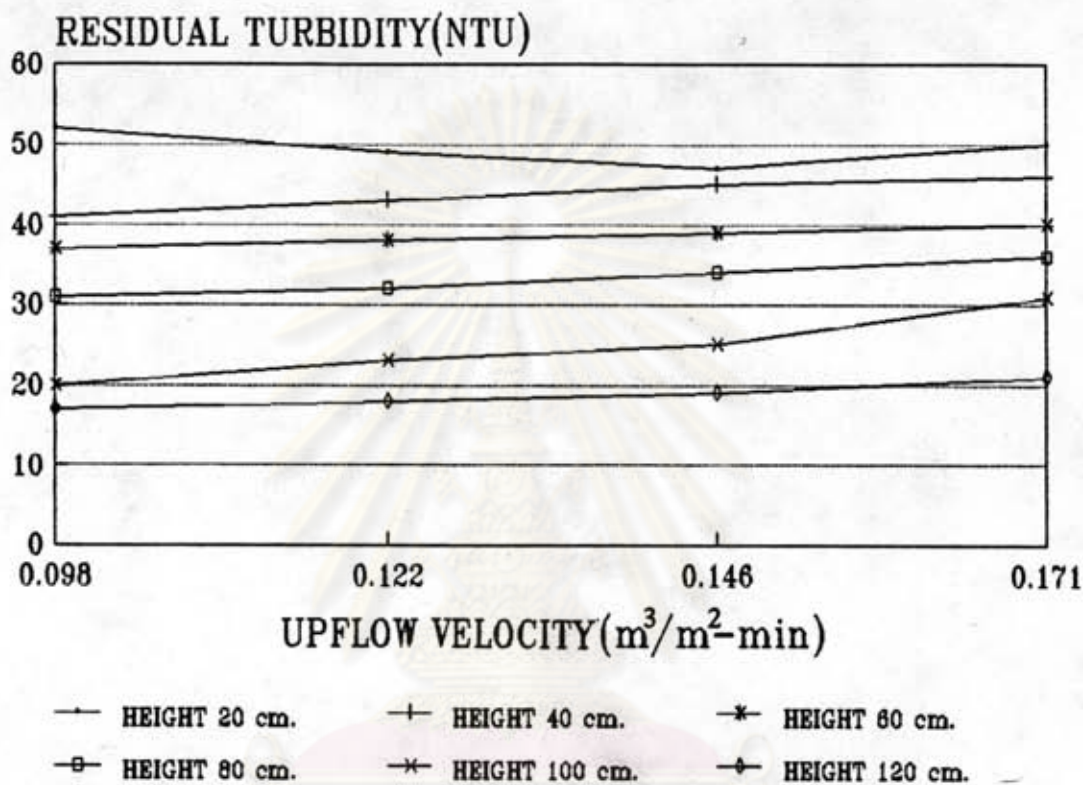
SIZE 5-10 mm.  
ALUM 25 mg/l.



— HEIGHT 20 cm.      + HEIGHT 40 cm.      \* HEIGHT 60 cm.  
 —□— HEIGHT 80 cm.      \* HEIGHT 100 cm.      —◇— HEIGHT 120 cm.

รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือ กับความเร็วไหลขึ้นเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ที่เวลา 10 ชม.

SIZE 10-20 mm.  
ALUM 25 mg/l.



รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับความเร็วไหลขึ้นเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ที่เวลา 10 ชม.

#### 4.4 ผลของขนาดของกรวดต่อความขุ่นที่เหลือ

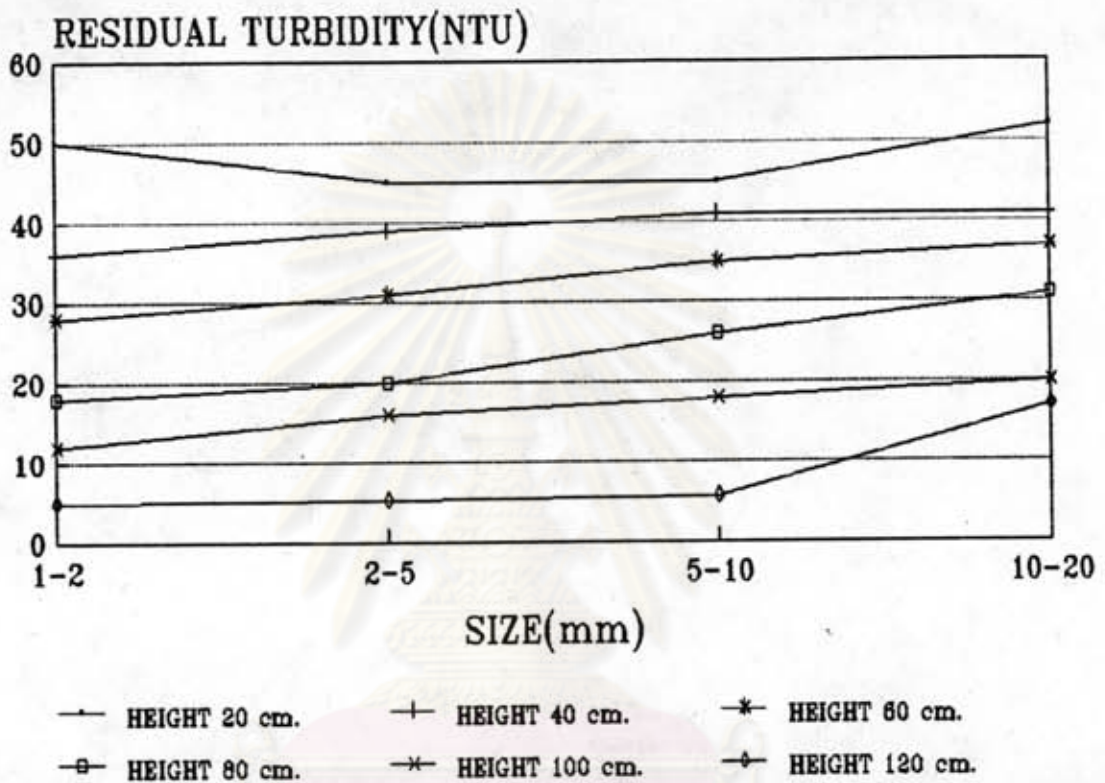
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของกรวด 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 มม. ปริมาณความเข้มข้นของสารลัม 25 มก./ล. จากรูปที่ 4.37-4.40 พบว่าที่ความเร็วไหลชั้น 0.098  $\text{m}^3/\text{m}^2$ -นาที มีผลทำให้ความขุ่นที่เหลือที่ระดับ 120 ซม. มีค่า 5.0, 5.2, 5.6, 17.0 NTU. เพิ่มขึ้นตามลำดับขนาดของกรวดที่ใหญ่ขึ้น ที่ความเร็วไหลชั้น 0.122  $\text{m}^3/\text{m}^2$ -นาที ความขุ่นที่เหลือระดับ 120 ซม. มีค่า 5.1, 5.2, 5.8, 18.0 NTU. ในขณะที่ความเร็วไหลชั้น 0.146  $\text{m}^3/\text{m}^2$ -นาที ทำให้ความขุ่นที่เหลือที่ระดับ 120 ซม. เหลือ 5.3, 5.4, 7.8, 19.0 NTU. และที่ความเร็วไหลชั้น 0.171  $\text{m}^3/\text{m}^2$ -นาที ทำให้ค่าความขุ่นที่เหลือที่ระดับ 120 ซม. มีค่า 9.0, 9.4, 8.5, 20.12 NTU. ตามลำดับขนาดของกรวดที่ใหญ่ขึ้น ดังนั้นแสดงว่ากรวดขนาดเล็ก สามารถสมานตะกอนได้ความขุ่นที่เหลือต่ำกว่ากรวดขนาดใหญ่ เหตุผลเพราะกรวดขนาดเล็กมีความพรุนน้อยกว่ากรวดขนาดใหญ่ จึงทำให้มีพื้นที่ผิวลัมผสมมากกว่ากรวดขนาดใหญ่ จึงทำให้อัตราการลัมผสมมากกว่าเมื่อใช้กรวดขนาดใหญ่ เกิดฟล็อกที่รวมตัวกันแน่นและตกตะกอนได้ดีทำให้ความขุ่นที่เหลือนี้น้อยกว่า

กรวดขนาดเล็กมีแนวโน้มให้ผลของความขุ่นที่เหลือต่ำกว่ากรวดขนาดใหญ่ ที่ทุกระดับความสูงของกรวด เพราะเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ความเร็วไหลชั้นจะลดลง ทำให้ฟล็อกสามารถรวมตัวมีขนาดใหญ่ขึ้น และตกตะกอนได้ดีเมื่อเพิ่มความสูงชั้น ฟล็อกที่เกิดจากกรวดขนาดใหญ่ จะรวมตัวกันมีขนาดใหญ่ แต่มีความหนาแน่นน้อย ทำให้ตกตะกอนได้ไม่ดีเท่าฟล็อกที่เกิดจากกรวดขนาดเล็ก ที่มีขนาดของฟล็อกเล็กกว่าแต่มีความหนาแน่นมากกว่า เนื่องจากความพรุนของกรวดขนาดเล็กมีค่าน้อยกว่ากรวดขนาดใหญ่ อันเป็นผลทำให้ความขุ่นที่เหลือต่ำกว่ากรวดขนาดใหญ่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

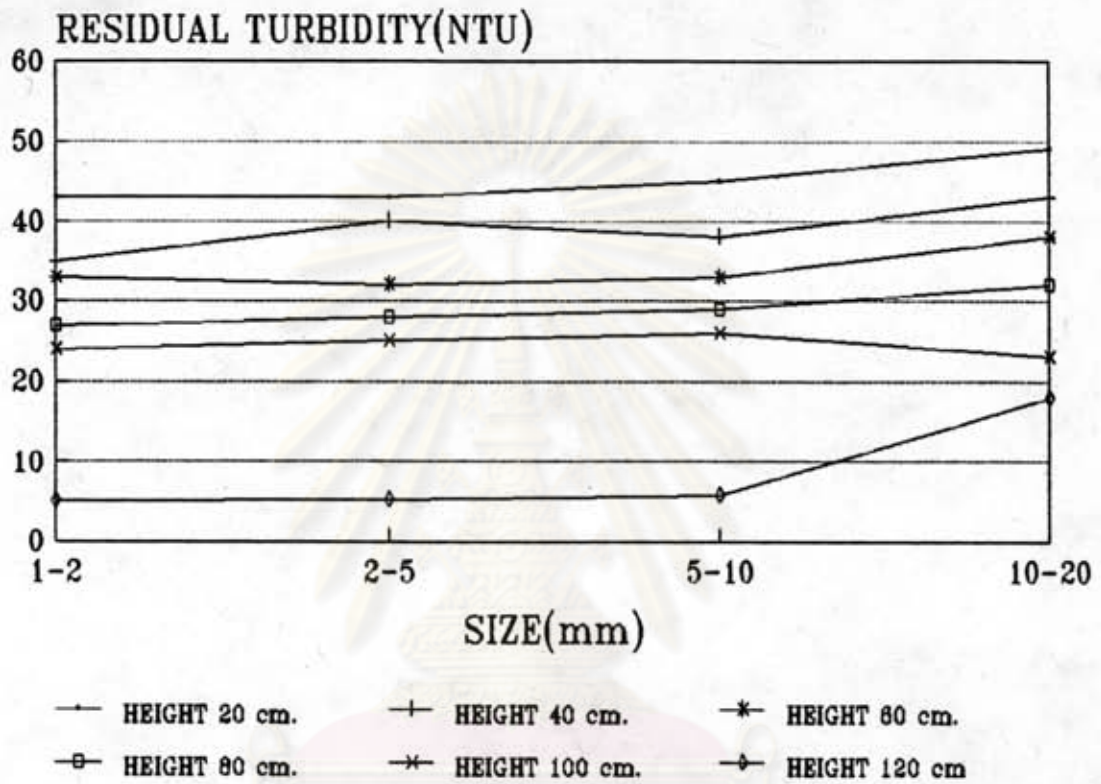


V 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min  
ALUM 25 mg/l.



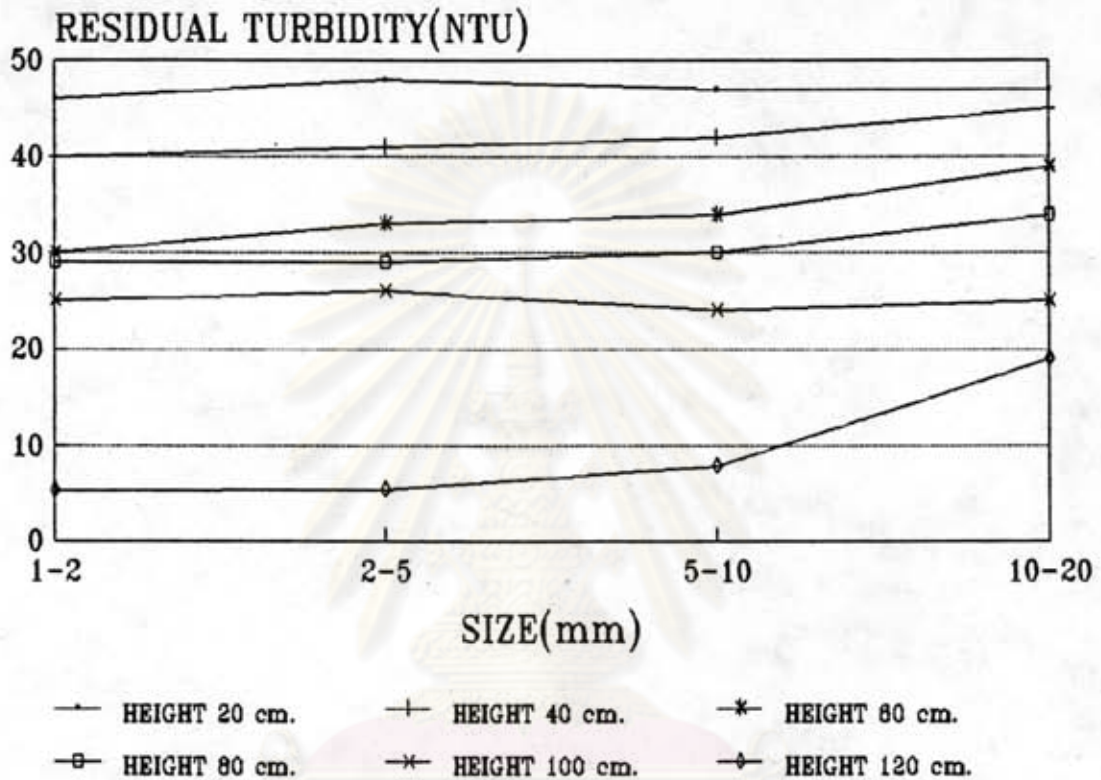
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับขนาดของกรวดเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ความเร็วไหลชั้น 0.098 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ซม.

V  $0.122 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min}$   
ALUM  $25 \text{ mg/l.}$



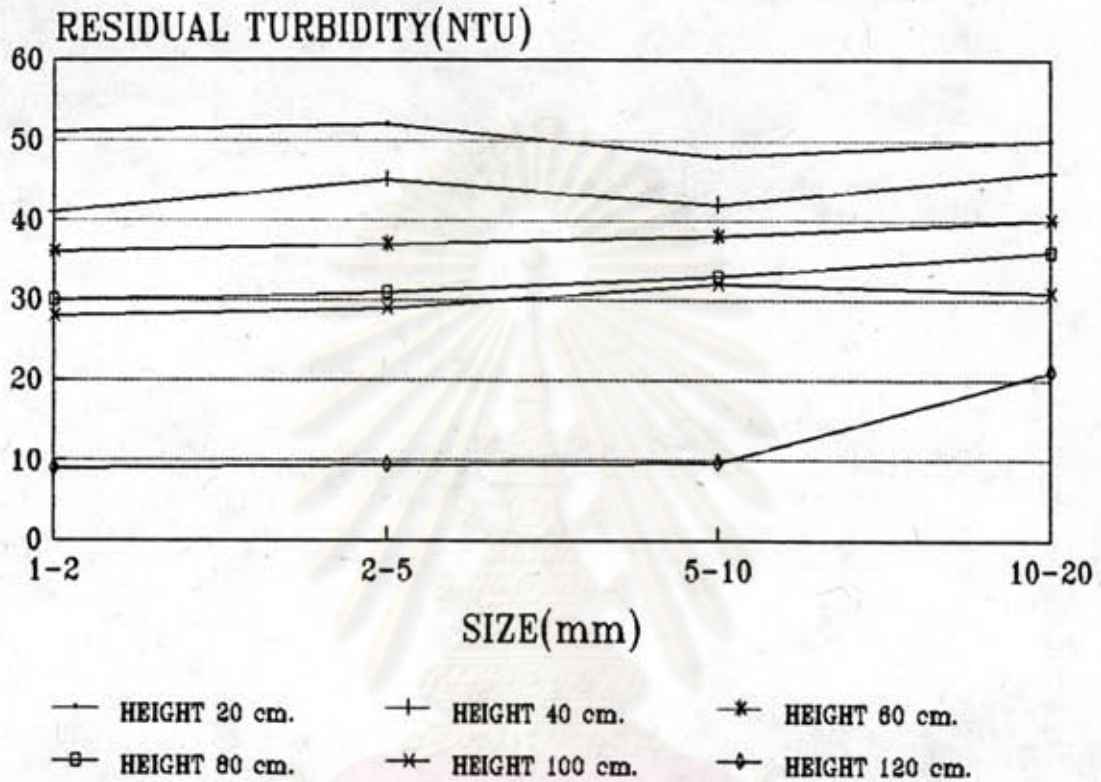
รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับขนาดของกรวดเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม  $25 \text{ มก./ล.}$  ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ความเร็วไหลขึ้น  $0.122 \text{ ม}^3/\text{ม}^2\text{-นาที.}$  ที่เวลา 10 ซม.

V 0.146 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min  
ALUM 25 mg/l.



รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับของกรวด เมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ความเร็วไหลขึ้น 0.146 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ซม.

V 0.171 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min  
ALUM 25 mg/l.



รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือ กับขนาดของกรวดเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่ระดับความสูง 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ซม., ความเร็วไหลชั้น 0.171 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ที่เวลา 10 ซม.

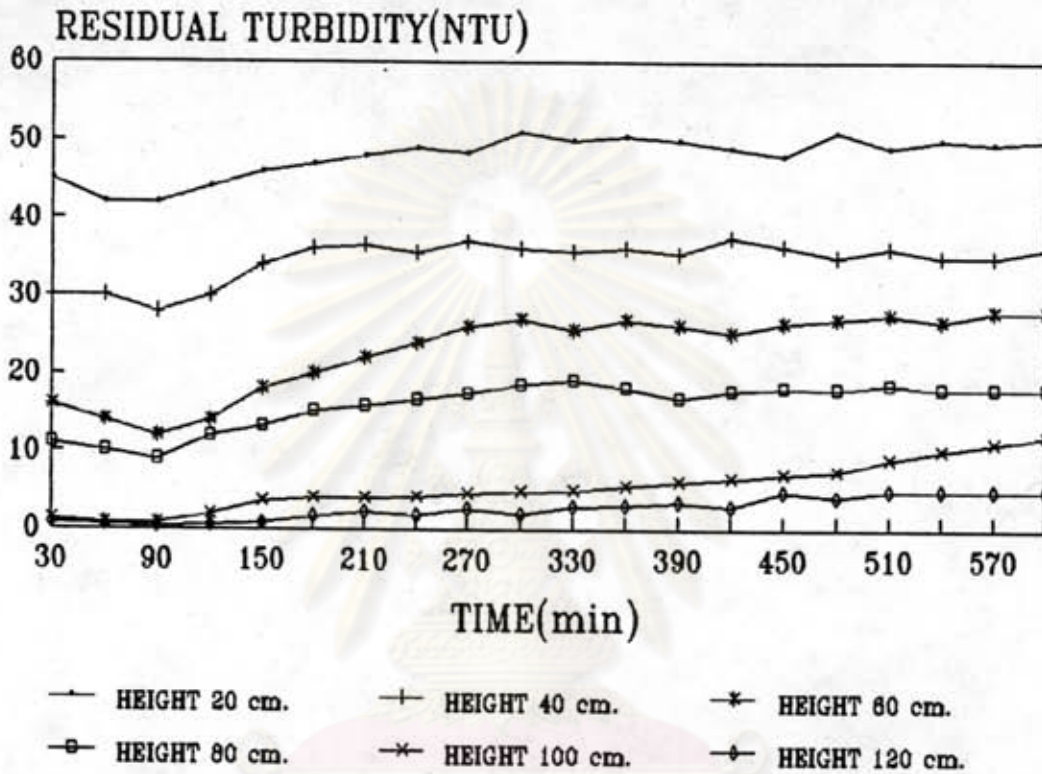
#### 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่เหลือในแต่ละระดับความสูงของกรวดกับเวลา

เมื่อพิจารณาที่ความเร็วไหลชั้น  $0.098 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาท.}$  ที่ปริมาตรความเข้มข้นของสารลึ้ม 25 มก./ล. จากรูปที่ 4.41-4.44 แสดงให้เห็นว่าที่กรวดขนาด 1-2, 2-5, 5-10, และ 10-20 มม. มีแนวโน้มของกราฟที่มีลักษณะเดียวกันคือ เมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ค่าของความชื้นที่เหลือจะลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะรูปแบบของเครื่องสมานตะกอนที่มีปริมาตรเพิ่มขึ้น เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นอันเป็นผลทำให้ความเร็วไหลชั้นลดลง เมื่อความสูงมากขึ้น จึงทำให้ฟล็อกที่ผ่านแต่ละชั้นของกรวดเกิดการสมานตะกอน ได้ขนาดของฟล็อกที่ใหญ่ขึ้นเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น จึงทำให้ผลของการตกตะกอนของฟล็อกมาก ความชื้นที่เหลือลดน้อยลง เมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้นดังกล่าว

ส่วนในแต่ละระดับความสูงค่าความชื้นที่เหลือในช่วงแรก จะลดลงถึงระดับหนึ่ง และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เหตุผลเพราะในช่วงแรกฟล็อกที่เกิดขึ้นรวมตัวกันได้ไม่แข็งแรงพอทำให้ตกตะกอนได้น้อยจนเมื่อรวมตัวกันถึงระดับหนึ่งก็จะตกตะกอนได้ดีที่สุด ทำให้ความชื้นที่เหลือน้อยที่สุด จากนั้นฟล็อกจะแตกตัว ทำให้อัตราการสมานตะกอนที่เกิดจากฟล็อกที่สูญเสียเสถียรภาพลดลง เป็นเหตุให้ค่าความชื้นที่เหลือเพิ่มขึ้น ในช่วงปลายอัตราการสมานตะกอนจะเริ่มคงที่ อันเนื่องมาจากผลของอัตราการรวมตัว และแตกตัวของฟล็อกมีค่าใกล้เคียงกัน

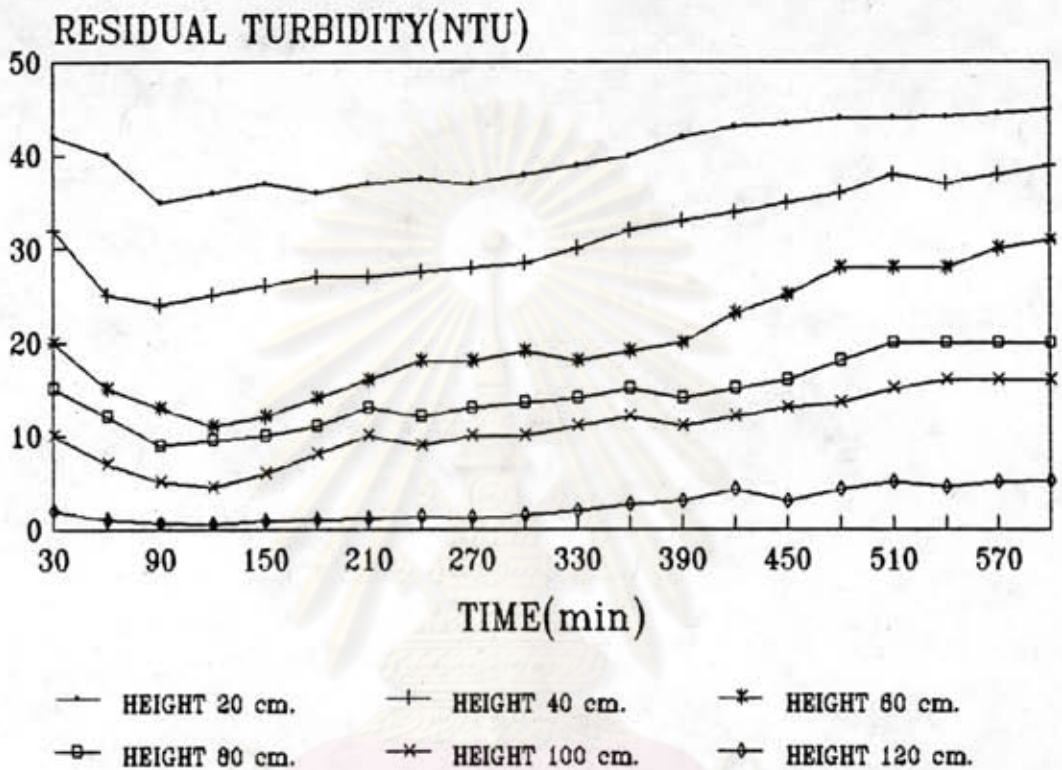
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## RELATIONSHIP OF RESIDUAL TURBIDITY AND TIME AT SIZE 1-2 MM.



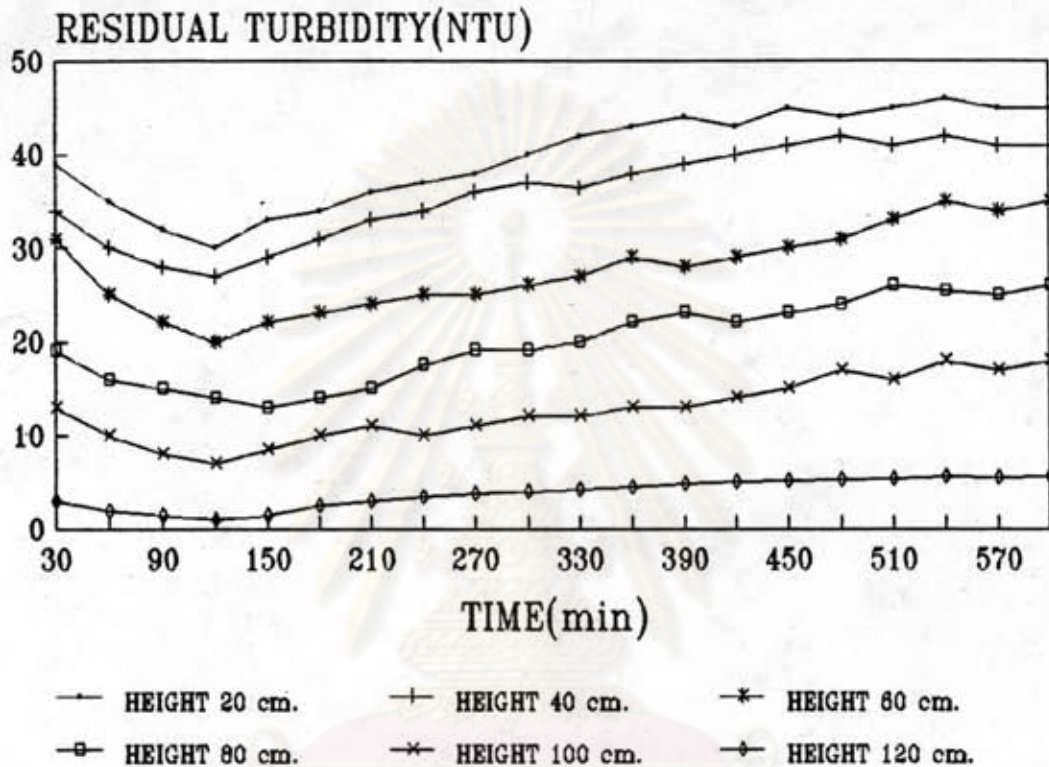
รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือกับเวลา ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ที่ความสูงของกรวด 20, 40, 60, 80, 100, 120 ซม.

## RELATIONSHIP OF RESIDUAL TURBIDITY AND TIME AT SIZE 2-5 MM.



รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหล็กับเวลา ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098  $\text{m}^3/\text{m}^2$ -นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ที่ความสูงของกรวด 20, 40, 60, 80, 100, 120 ซม.

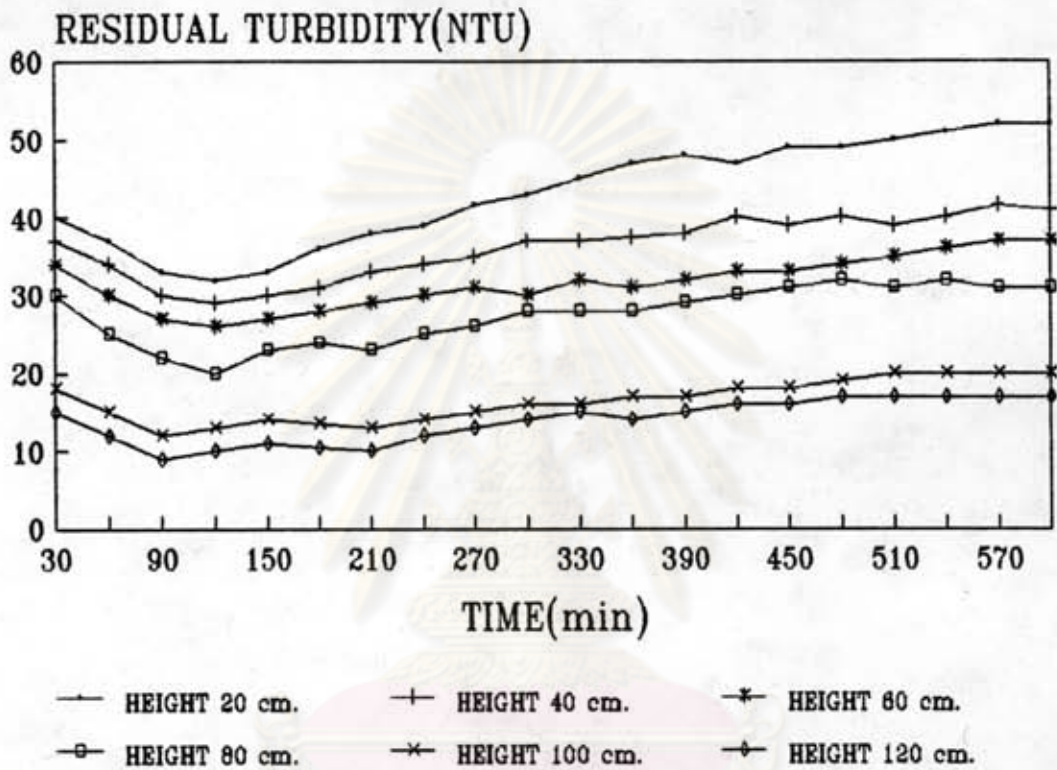
## RELATIONSHIP OF RESIDUAL TURBIDITY AND TIME AT SIZE 5-10 MM.



รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่เหลือกับเวลา ที่ความเร็วไหลชั้น  $0.098 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาท.}$ , ปริมาณความเข้มข้นของสารลัม 25 มก./ล., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ที่ความสูงของกรวด 20, 40, 60, 80, 100, 120 ซม.



## RELATIONSHIP OF RESIDUAL TURBIDITY AND SIZE 10-20 MM.



รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นที่เหลือกับเวลา ที่ความเร็วไหลชั้น  $0.098 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ที่ความสูงของกรวด 20, 40, 60, 80, 100, 120 ซม.

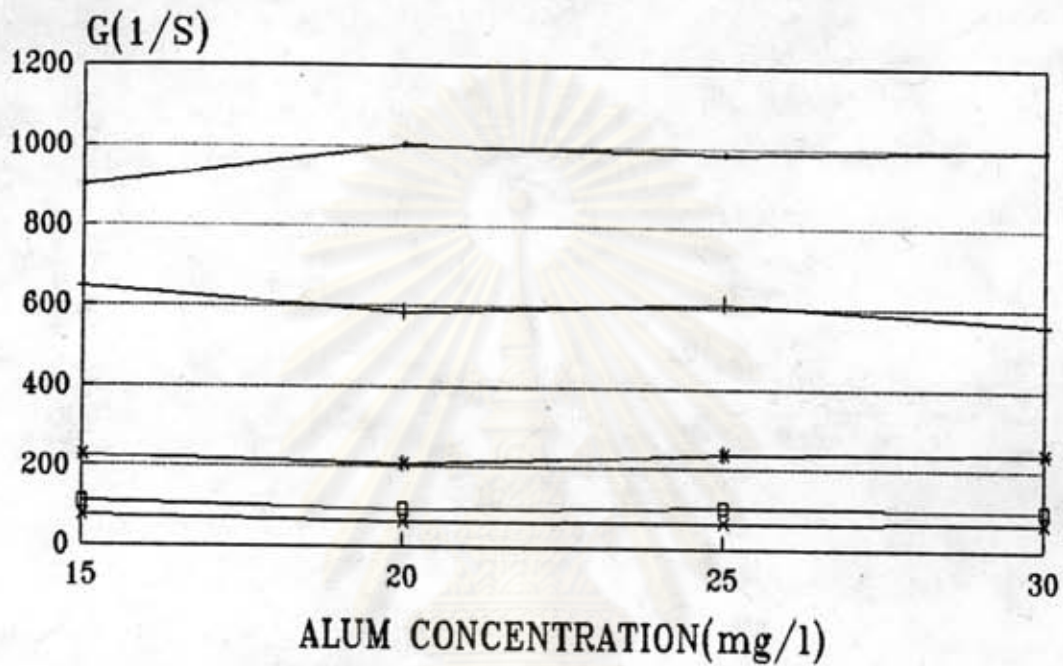
#### 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารส้มต่อความเร็วเกรเดียนท์

เมื่อทำการแปรเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 15, 20, 25 และ 30 มก./ล. ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098  $\text{ม}^3/\text{ม}^2\text{-นาท}$  จากรูปที่ 4.45-4.48 พบว่าที่กรวดขนาด 1-2, 2-5, 5-10 และ 10-20 มม. จะให้ผลของค่าความเร็วเกรเดียนท์ที่ใกล้เคียงกันในแต่ละปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่ทำการแปรค่า ที่ทุกระดับช่วงความสูงของกรวด ซึ่งแสดงว่าปริมาณสารส้มไม่มีผลต่อค่าความเร็วเกรเดียนท์โดยตรง แต่อาจจะมีผลในด้านของฟล็อกที่เกิดขึ้นในแต่ละปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม ทำให้เกิดความฝืดชั้นในชั้นกรวด ทำให้น้ำไหลยากยิ่งขึ้น จึงมีผลทำให้หน้าสูญเสียเกิดขึ้น เป็นผลทำให้เกิดค่าความเร็วเกรเดียนท์ดังกล่าว

ปริมาณสารส้ม 15, 20, 25, และ 30 มก./ล. ต่างทำให้เกิดการสมานตะกอนได้ปุ๋ยของ  $\text{Al}(\text{OH})_3$  จับกับอนุภาคความขุ่น ปริมาณสารส้มที่มากขึ้นจะทำให้ได้ปุ๋ยของ  $\text{Al}(\text{OH})_3$  มาก แต่ความพรุนของกรวดแต่ละขนาดมีปริมาณที่จำกัดอยู่ค่าเดียวกัน จึงเป็นผลทำให้ความเร็วเกรเดียนท์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการอุดตันของฟล็อกในช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละขนาดของกรวดที่แต่ละระดับความลึก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

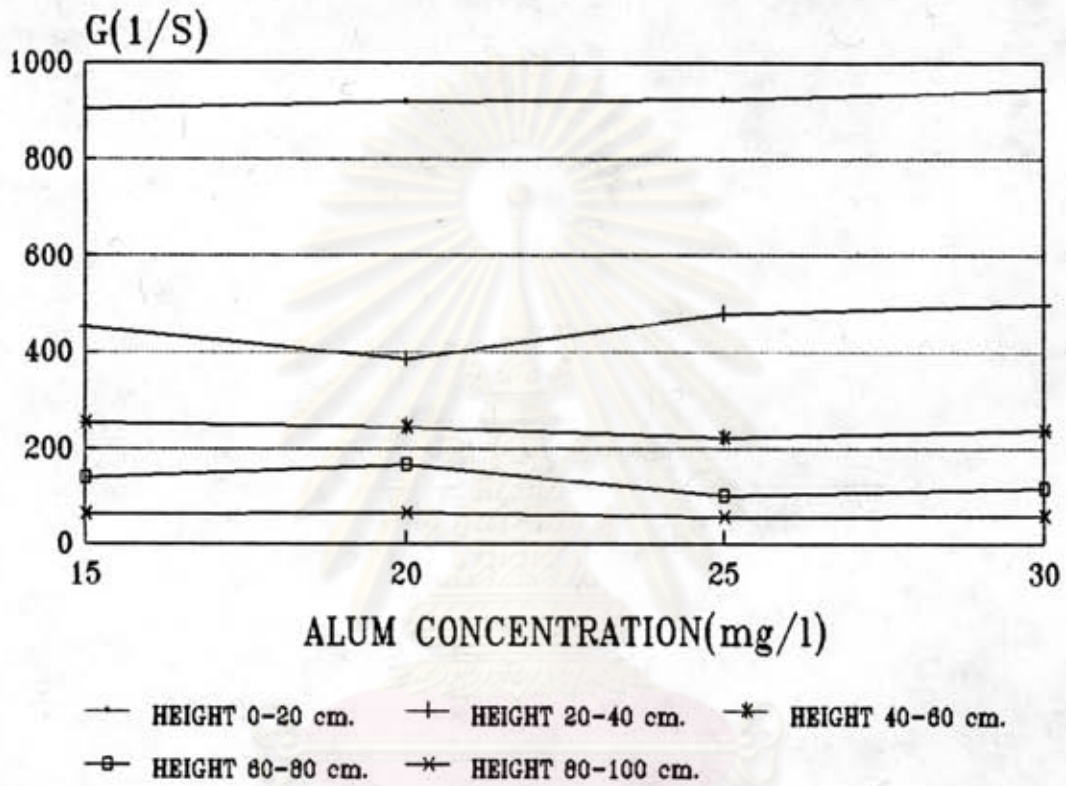
SIZE 1-2 mm.  
 $V$  0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



—+— HEIGHT 0-20 cm.    —+— HEIGHT 20-40 cm.    —\*— HEIGHT 40-60 cm.  
 —□— HEIGHT 60-80 cm.    —\*— HEIGHT 80-100 cm.

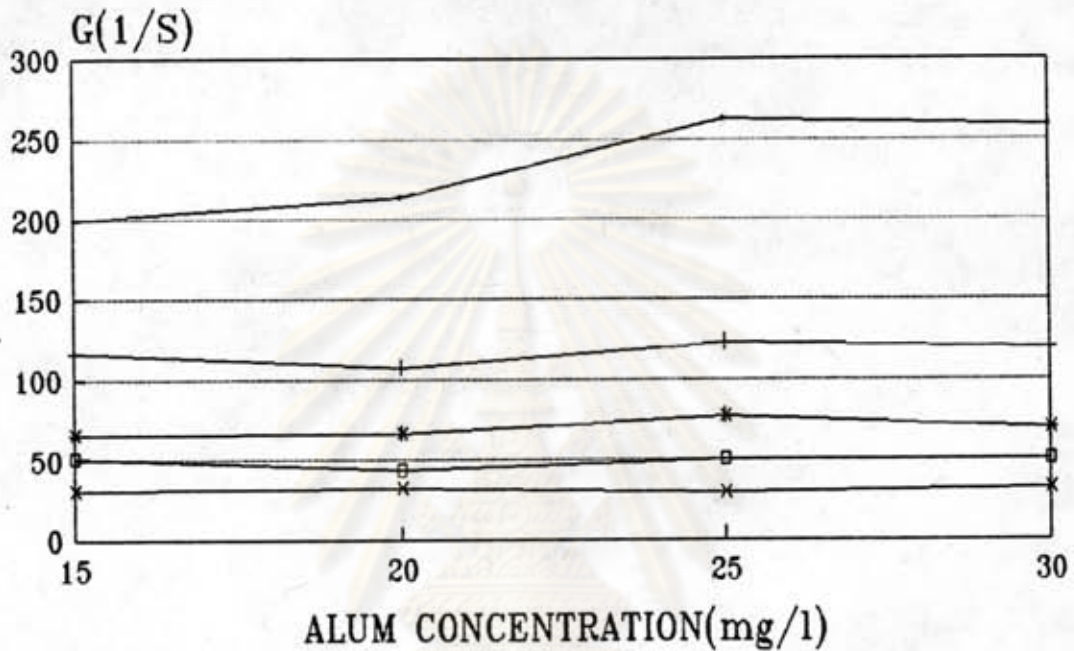
รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ความเร็วไหลชั้น 0.098 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 2-5 mm.  
 $V$  0.098  $m^3/m^2\text{-min.}$



รูปที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ความเร็วไหลชั้น 0.098  $m^3/m^2\text{-นาท.}$ , ขนาดของกรวด 2-5 มม., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

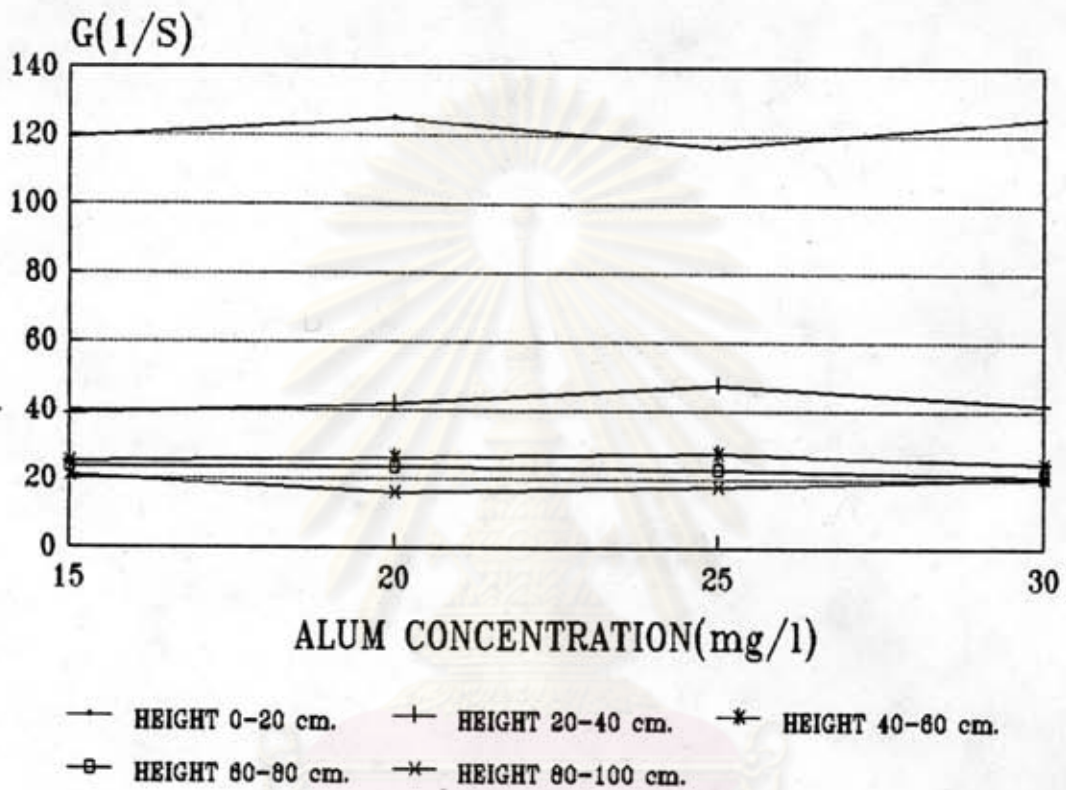
SIZE 5-10 mm.  
 $V 0.098 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-min.}$



—+ HEIGHT 0-20 cm.    + HEIGHT 20-40 cm.    \* HEIGHT 40-80 cm.  
 —□ HEIGHT 80-80 cm.    \* HEIGHT 80-100 cm.

รูปที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ความเร็วไหลชั้น 0.098  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-นาที.}$ , ขนาดของกรวด 5-10 มม., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

SIZE 10-20 mm.  
 $V$  0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ความเร็วไหลชั้น 0.098 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ขนาดของกรวด 10-20 มม., ที่เวลา 10 ชั่วโมง.

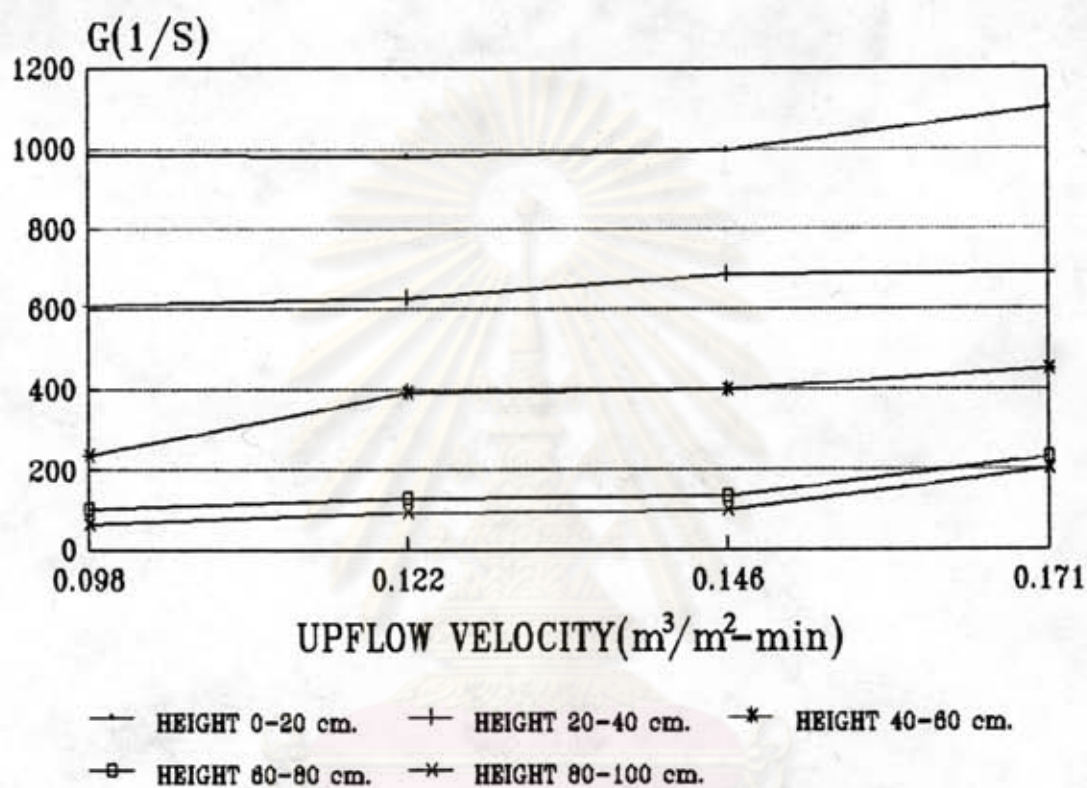
#### 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วไหลชั้นต่อความเร็วเกรเดียนท์

เมื่อแปรเปลี่ยนความเร็วไหลชั้น 0.098, 0.122, 0.146 และ 0.171  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-นาท}$  ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. จากผลการทดลองในรูปที่ 4.49-4.52. พบว่าที่ขนาดของกรวด 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 มม. จะแสดงผลของความเร็วไหลชั้นในลักษณะเดียวกัน คือที่ความเร็วไหลชั้นต่ำจะให้ผลของค่าความเร็วเกรเดียนท์ ที่ต่ำกว่าที่ความเร็วไหลชั้นสูง ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อความเร็วไหลชั้นสูงจะทำให้ฟล็อกที่เกิดขึ้นในระหว่างชั้นกรวดเคลื่อนที่สัมผัสกัน ในเวลาที่รวดเร็วกว่าที่ความเร็วไหลชั้นที่ต่ำ อันเป็นผลทำให้ภายในชั้นกรวดเกิดการอุดตันได้รวดเร็วกว่าเกิดแรงเฉือนที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดที่แคบลง และเป็นเหตุให้หัวน้ำสูญเสียเกิดขึ้นมากในเวลาที่รวดเร็วกว่า และมีผลทำให้ความเร็วเกรเดียนท์สูงกว่าที่ความเร็วไหลชั้นที่ต่ำ ที่อัตราการสัมผัสของฟล็อกเกิดขึ้นได้ช้ากว่า

ที่แต่ละระดับความสูงของกรวดจะเห็นว่าที่ระดับความสูงของกรวดต่ำจะมีค่าความเร็วเกรเดียนท์สูงกว่าที่ระดับความสูงของกรวดที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะที่ระดับความสูงของกรวดต่ำ จะใช้เวลาในการสัมผัสรวดเร็วกว่า อันเป็นผลเนื่องมาจากปริมาตรที่น้อยกว่า จากการออกแบบเครื่องสมานตะกอนให้ส่วนล่างมีปริมาตรน้อยและเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงผลในด้านความเร็วเกรเดียนท์ลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นดังกล่าว.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

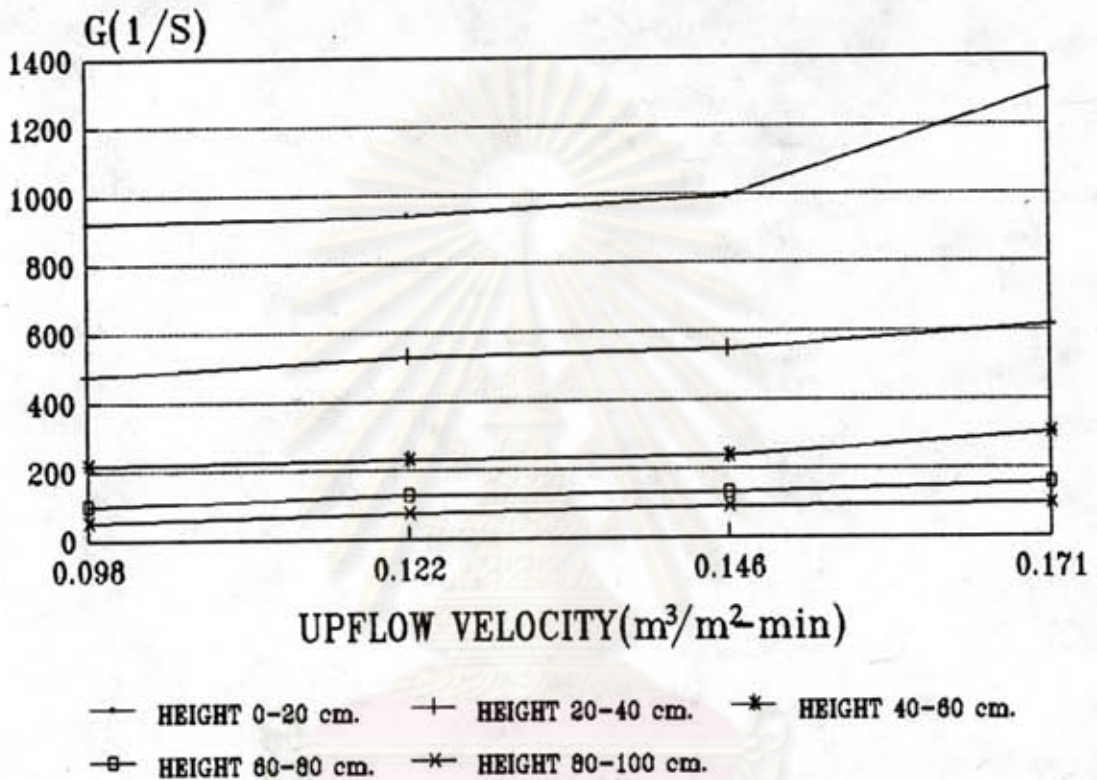
SIZE 1-2 mm.  
ALUM 25 mg/l.



รูปที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับความเร็วไหลชั้นที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ขนาดของกรวด 1-2 มม., ที่เวลา 10 ชั่วโมง

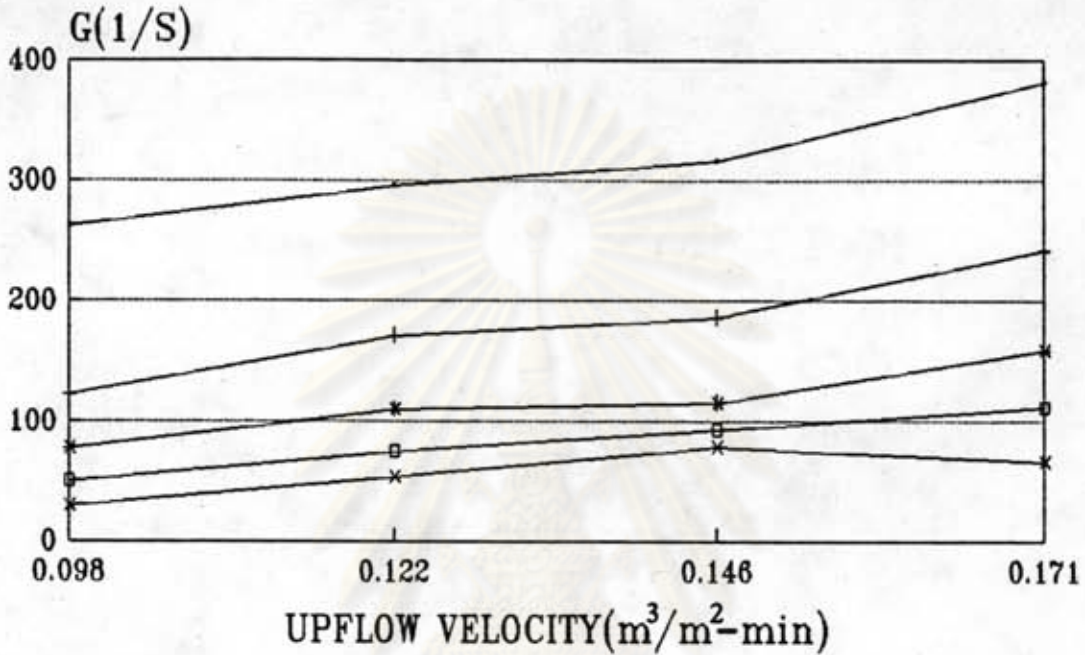


SIZE 2-5 mm.  
ALUM 25 mg/l.



รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับความเร็วไหลขึ้นที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ขนาดของกรวด 2-5 มม., ที่เวลา 10 ชั่วโมง

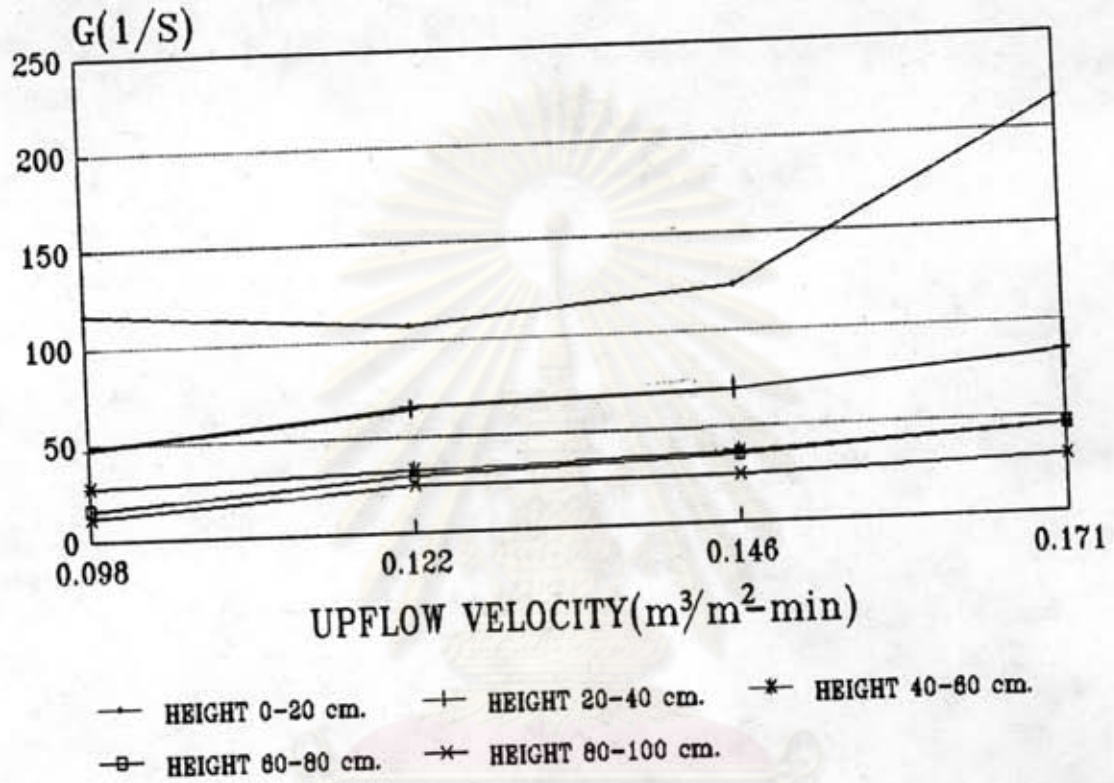
SIZE 5-10 mm.  
ALUM 25 mg/l.



— HEIGHT 0-20 cm.    + HEIGHT 20-40 cm.    \* HEIGHT 40-80 cm.  
 —□— HEIGHT 60-80 cm.    \* HEIGHT 80-100 cm.

รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนต์ กับความเร็วไหลขึ้นที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ขนาดของกรวด 5-10 มม., ที่เวลา 10 ชั่วโมง

SIZE 10-20 mm.  
ALUM 25 mg/l.



รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับความเร็วไหลขึ้นที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ขนาดของกรวด 10-20 มม., ที่เวลา 10 ชั่วโมง

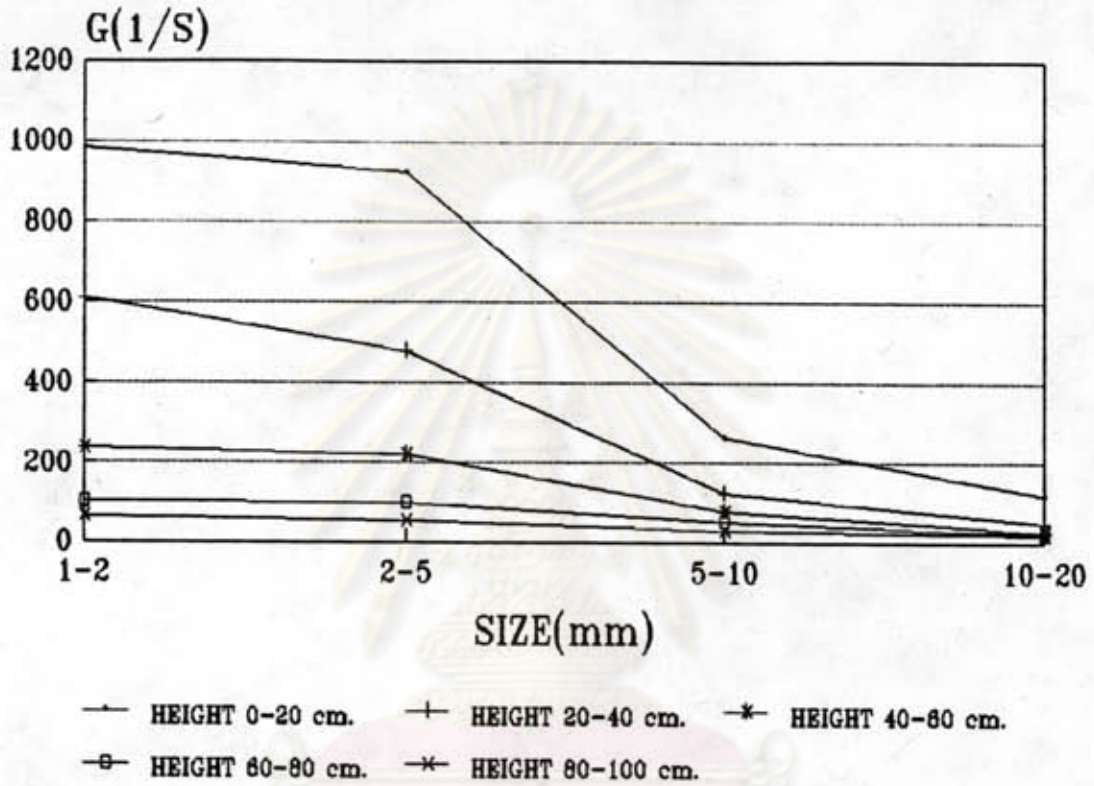
#### 4.8 ความสัมพันธ์ของขนาดของกรวดต่อความเร็วเกรเดียนท์

เมื่อแปรเปลี่ยนขนาดของกรวด 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 มม. ปริมาณความเข้มข้นของสารลิม 25 มก./ล. จากผลการทดลองในรูปที่ 4.53-4.56 พบว่าที่ความเร็วไหลชั้น 0.098, 0.122, 0.146 และ 0.171  $\text{m}^3/\text{m}^2$ -นาที. ให้ผลในลักษณะเดียวกันคือ ที่ขนาดของกรวดเพิ่มขึ้นความเร็วเกรเดียนท์ที่เกิดขึ้นจะลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะกรวดขนาดเล็กนั้นมีความพรุนน้อยกว่ากรวดขนาดใหญ่ (ตารางที่ ก1) จึงเป็นผลให้พื้นที่ผิวสัมผัสที่มากกว่ากรวดขนาดใหญ่ ดังนั้นฟล็อกจึงสัมผัสและรวมตัวกันได้มากเมื่อกรวดมีขนาดเล็ก อัตราการสัมผัสระหว่างฟล็อกมารวมทั้งช่องว่างของกรวดที่มีจำกัด ทำให้การอุดตันของฟล็อกเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่ากรวดขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสที่น้อยกว่า แต่มีช่องว่างจำนวนมากกว่า อันเป็นผลทำให้หัวน้ำสูญเสียเกิดขึ้นรวดเร็วในกรวดขนาดเล็ก เนื่องจากน้ำไหลได้ยากยิ่งขึ้นเมื่อฟล็อกมากขึ้น ทำให้เกิดค่าความเร็วเกรเดียนท์ที่มากกว่าดังกล่าว

เมื่อพิจารณาที่แต่ละระดับความสูงของกรวด พบว่าความเร็วเกรเดียนท์ที่ระดับความสูงน้อย จะให้ค่าความเร็วเกรเดียนท์ที่มากกว่าที่ระดับความสูงที่มากกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะที่ระดับความสูงน้อยจะมีปริมาตรน้อยกว่าปริมาตรที่ความสูงเพิ่มขึ้น จึงมีช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดที่น้อยกว่าช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดในระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นผลทำให้เกิดการอุดตันของฟล็อกได้รวดเร็วกว่าจึงทำให้ความเร็วเกรเดียนท์ลดลงเมื่อระดับความสูงของกรวดเพิ่มขึ้น

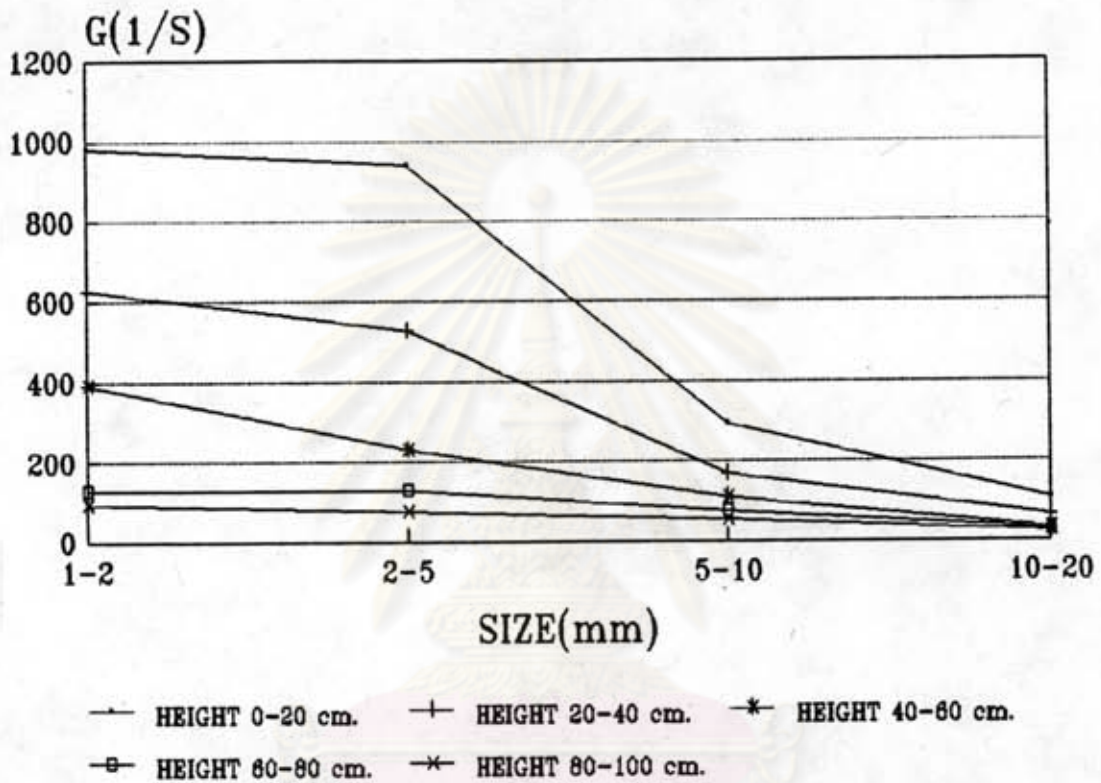
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

V 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.  
ALUM 25 mg/l.



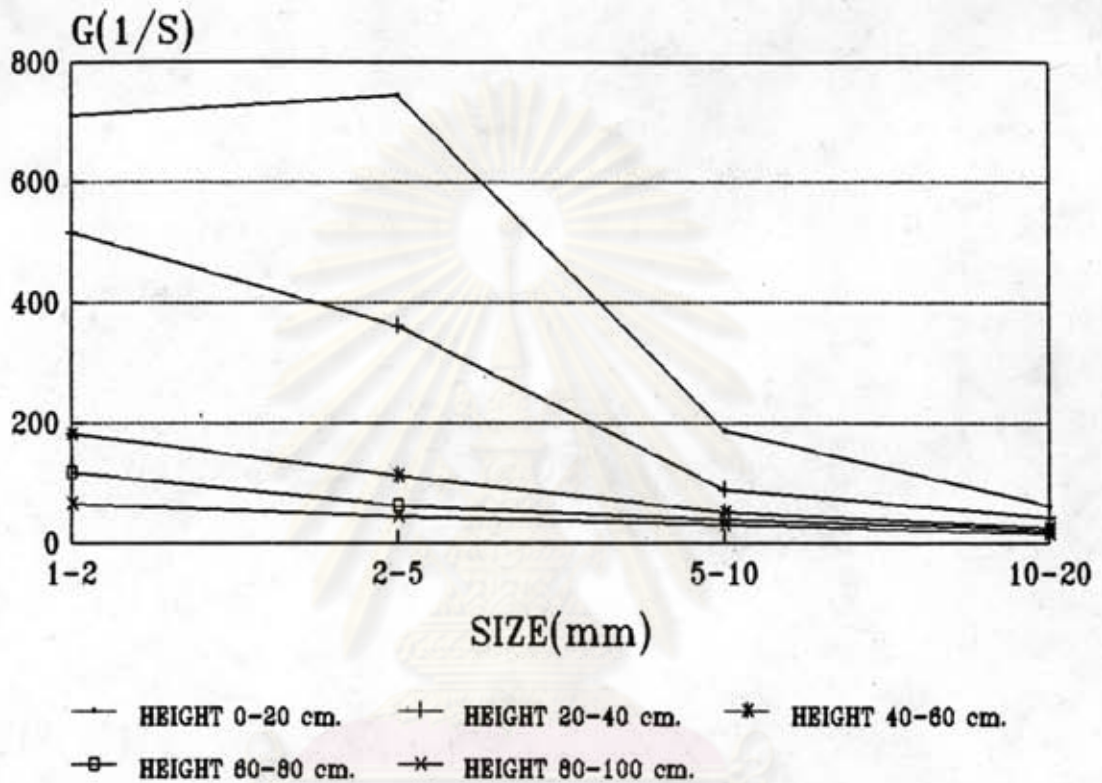
รูปที่ 4-53 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับขนาดของกรวด ที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ความเร็วไหลชั้น 0.098 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่เวลา 10 ชั่วโมง

V 0.122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.  
ALUM 25 mg/l.



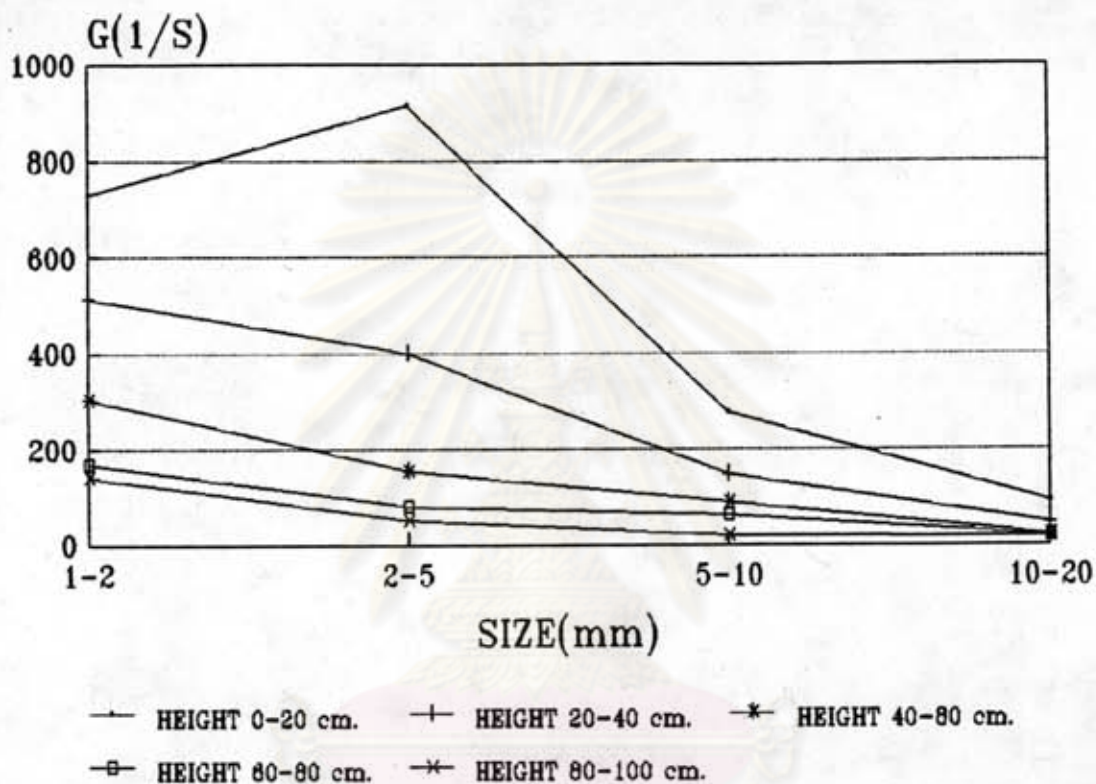
รูปที่ 4-54 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนต์ กับขนาดของกรวด ที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ความเร็วไหลขึ้น 0.122 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่เวลา 10 ชั่วโมง

V 0.146 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.  
ALUM 25 mg/l.



รูปที่ 4-55 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับขนาดของกรวด ที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ความเร็วไหลชั้น 0.146 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่เวลา 10 ชั่วโมง

V 0.171 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.  
ALUM 25 mg/l.



รูปที่ 4-56 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ กับขนาดของกรวด ที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม., ความเร็วไหลชั้น 0.171 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่เวลา 10 ชั่วโมง



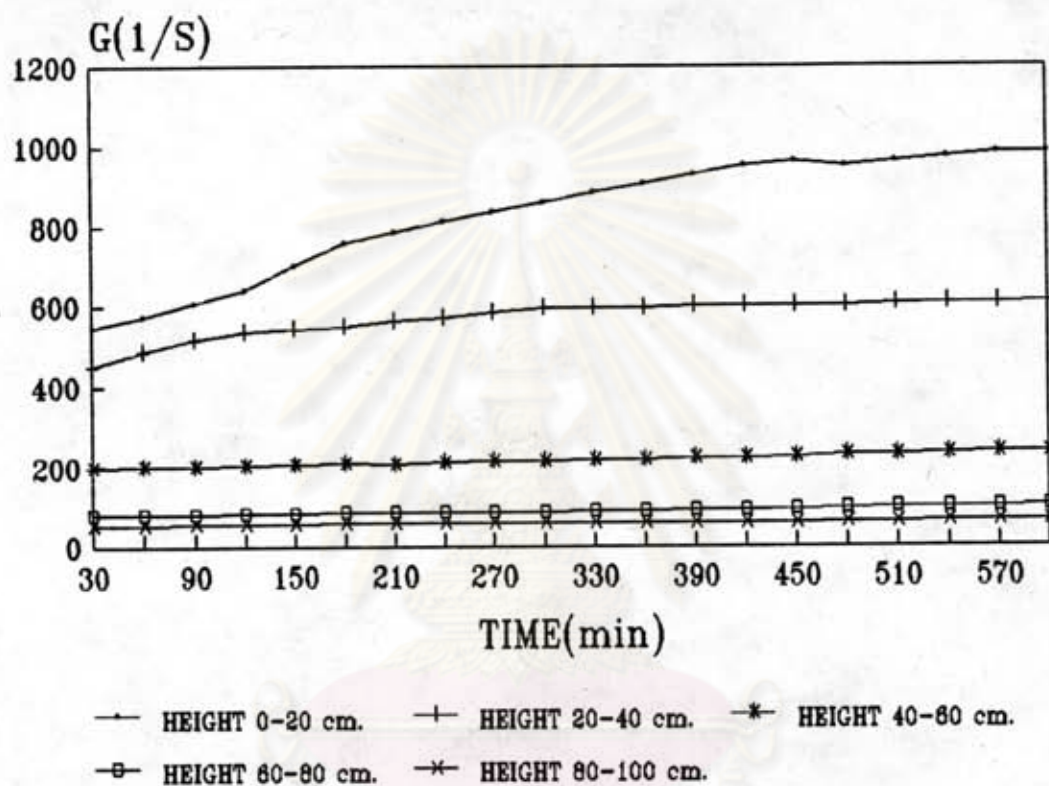
#### 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์ที่แต่ละระดับความลึกของกรวดกับเวลา

เมื่อพิจารณาที่ขนาดกรวด 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-นาท}$ , ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25  $\text{mg./l.}$  จากผลการทดลองในรูปที่ 4.57-4.60 พบว่าความเร็วเกรเดียนท์จะลดลงเมื่อระดับความสูงของกรวดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะความเร็วไหลชั้นจะลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้นตามรูปแบบของเครื่องสมานตะกอน ซึ่งเป็นผลทำให้แรงเฉือนและอัตราการส้มฝัลดลง การอุดตันในช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดจะมีน้อยกว่า เพราะปริมาตรของกรวดมากขึ้นเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ทำให้การอุดตันของฟล็อกเกิดขึ้นช้ากว่า มีผลทำให้ค่าความเร็วเกรเดียนท์ลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น

ส่วนค่าความเร็วเกรเดียนท์ที่เพิ่มขึ้น ในแต่ละระดับความสูงของกรวดเมื่อเวลามากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อเวลามากขึ้นฟล็อกที่เกิดขึ้นมีจำนวนมาก และมีขนาดใหญ่ขึ้นจนบางส่วนตกตะกอนและติดค้างในช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดเกิดการสะสมมากขึ้น ทำให้หัวน้ำสูญเสียเพิ่มขึ้น อันเป็นผลทำให้ความเร็วเกรเดียนท์เพิ่มขึ้นดังกล่าว

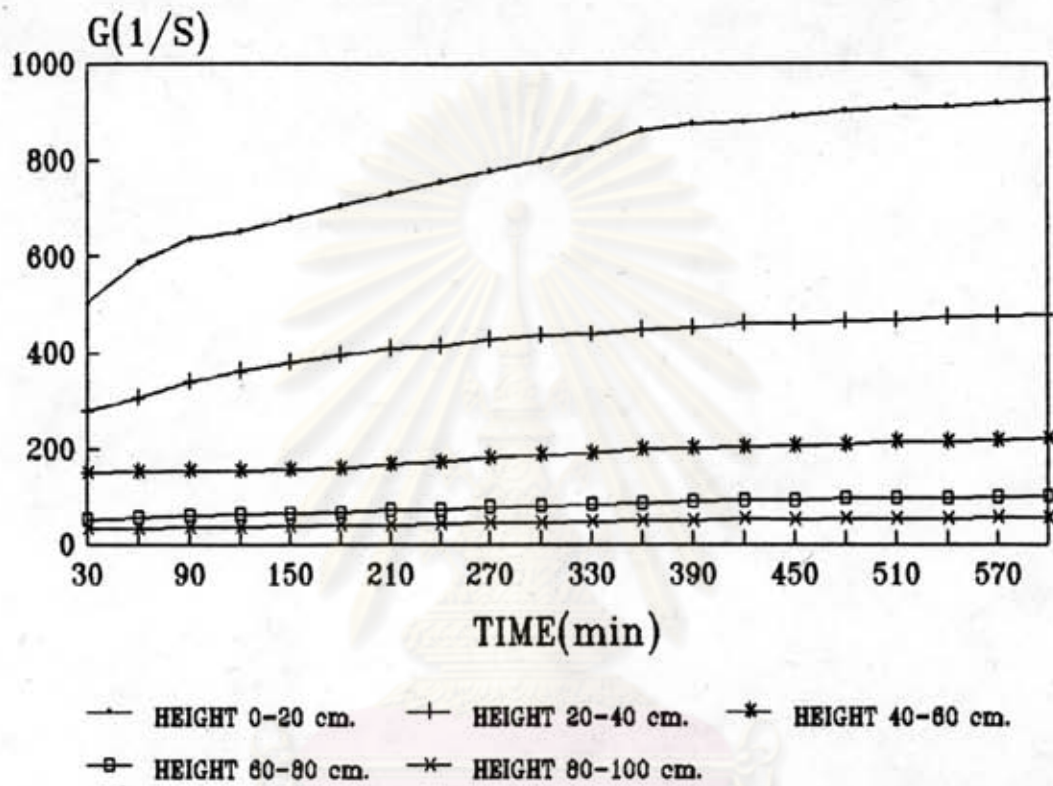
ศูนย์วิทยพัชยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SIZE 1-2 mm.  
ALUM 25 mg/l.,  $V$  0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.57 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเติบโตกับเวลา ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล., ขนาดของกรวด 1-2 มม., ที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม.

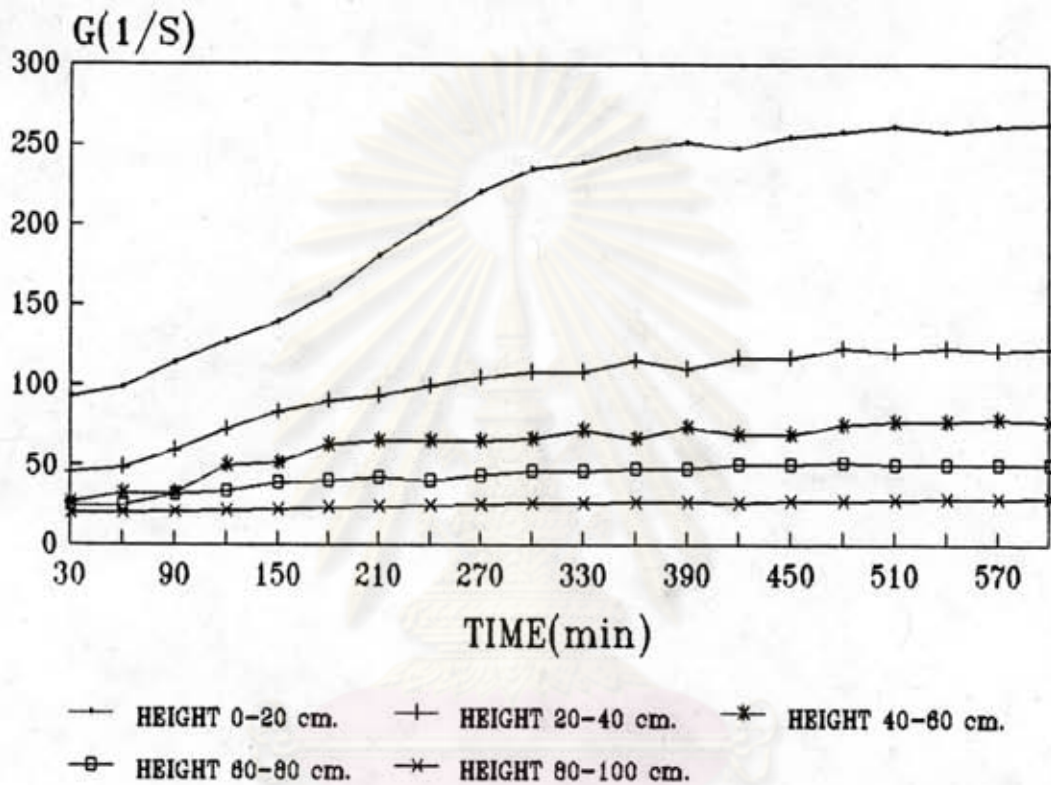
SIZE 2-5 mm.  
ALUM 25 mg/l., V 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.58 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเดินที่กับเวลา ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล., ขนาดของกรวด 2-5 มม., ที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม.

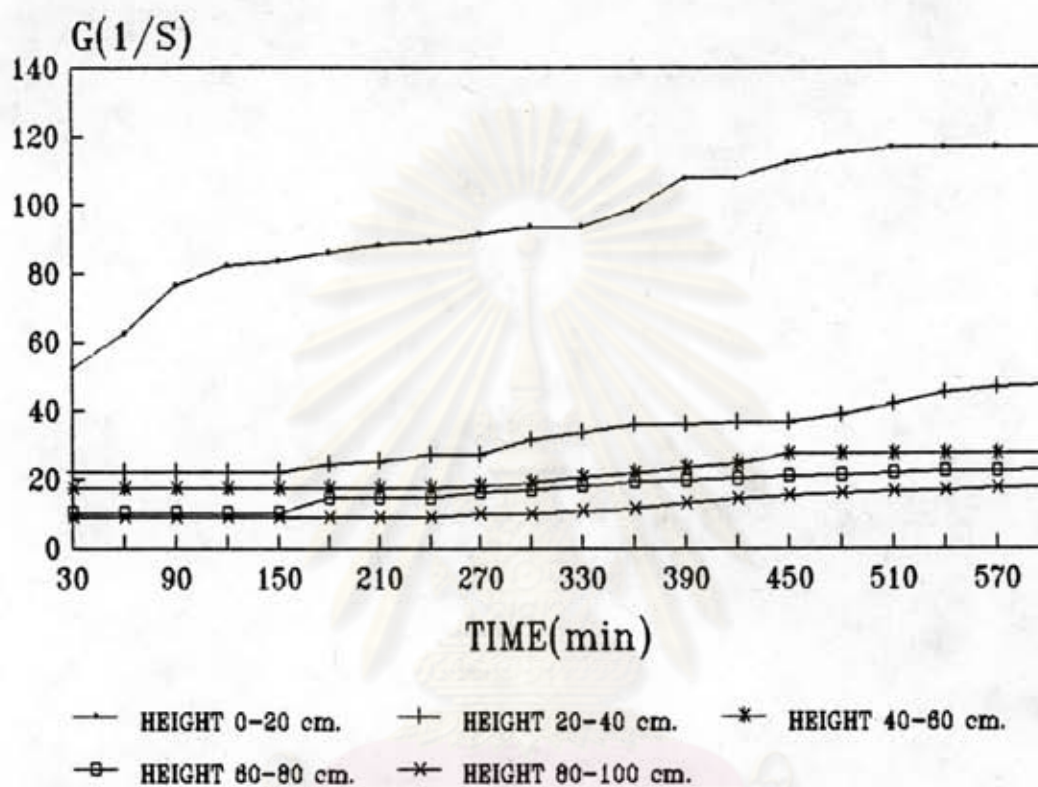


SIZE 5-10 mm.  
ALUM 25 mg/l., V 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.59 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์กับเวลา ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล., ขนาดของกรวด 5-10 มม., ที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม.

SIZE 10-20 mm.  
ALUM 25 mg/l., V 0.098 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-min.



รูปที่ 4.60 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเกรเดียนท์กับเวลา ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098  
ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที., ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล., ขนาดของกรวด  
10-20 มม., ที่ความสูง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 ซม.

#### 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง GT กับความเร็วไหลชั้นและขนาดของกรวด

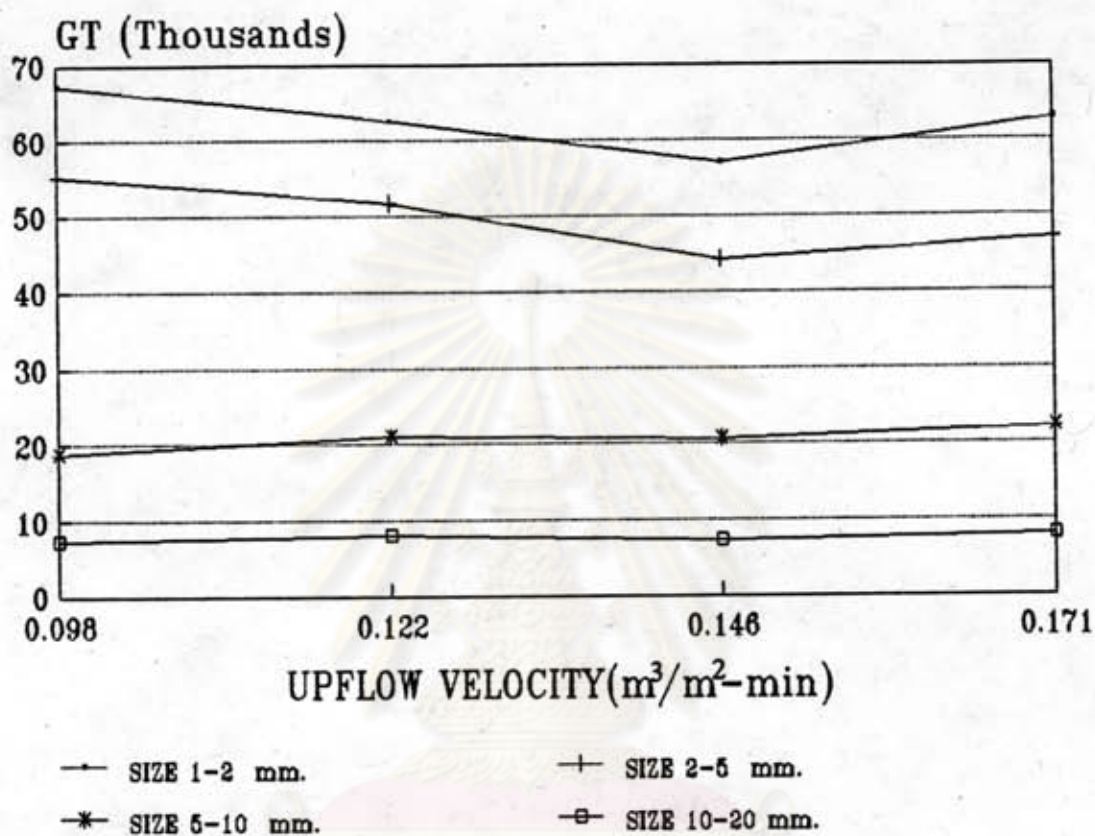
จากตารางที่ ๒65, ๒66, ๒67, ๒68 ในภาคผนวก ข. และรูปที่ 4.61, 4.62 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า GT ที่ขนาดของกรวด 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 มม. และที่ความเร็วไหลชั้น 0.098, 0.122, 0.146, 0.171 ม<sup>3</sup>/ม<sup>2</sup>-นาที. ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารลึ้ม 25 มก./ล.

จากรูปที่ 4.61 แสดงให้เห็นว่า GT จะลดลงเมื่อขนาดของกรวดเพิ่มขึ้นที่ทุกความเร็วไหลชั้น ความเร็วกระเดียนที่เกิดขึ้นกับขนาดของกรวดสัมพันธ์กับผลการทดลองในหัวข้อ 4.8 ซึ่งความเร็วกระเดียนจะลดลงเมื่อขนาดของกรวดเพิ่มขึ้นเนื่องจากพื้นที่ผิวลึ้มผิวของกรวดที่ลดลง และช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดที่เพิ่มขึ้นของกรวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

จากรูปที่ 4.62 แสดงให้เห็นว่า GT จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วไหลชั้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเร็วไหลชั้นที่มากจะทำให้เกิดอัตราการลึ้มผิวของฟล็อกรวดเร็วกว่าความเร็วไหลชั้นต่ำ จึงทำให้เกิดการหลุดตันรวดเร็วกว่า จึงเป็นผลทำให้ GT มากกว่าดังกล่าว แต่ค่า GT จะไม่แตกต่างกันมากนักเนื่องจาก เมื่อความเร็วไหลชั้นสูงจะใช้เวลาน้อยกว่าที่ความเร็วไหลชั้นต่ำ ดังนั้นผลรวมของ GT จึงไม่แตกต่างกันมากนัก

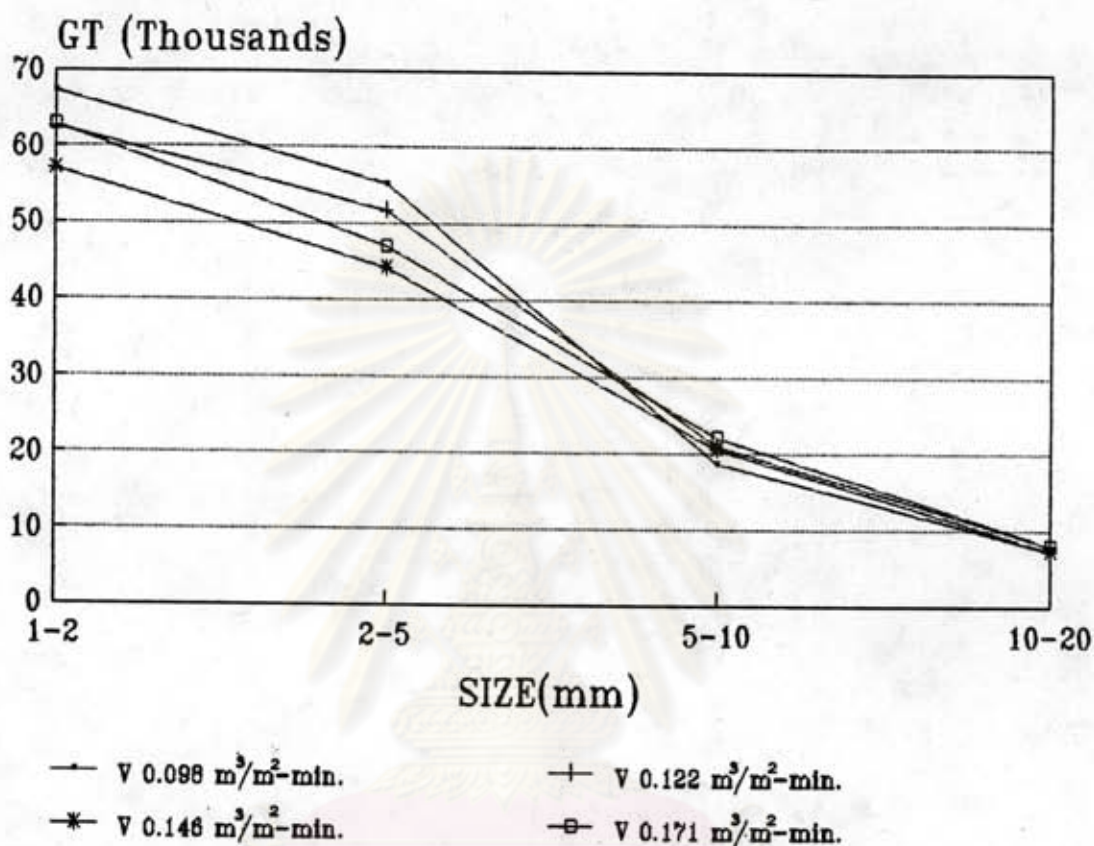
ค่าเฉลี่ยของ GT มีค่าแปรจาก  $7.36 \times 10^3 - 6.73 \times 10^4$  ซึ่งมีค่าต่ำกว่า เครื่องสมานตะกอน โดยทั่วไปที่มีค่าอยู่ระหว่าง  $2 \times 10^4 - 2 \times 10^5$  เพราะเครื่องสมานตะกอนที่ใช้ชั้นกรวดเป็นตัวกลางแบบเพอร์ให้จำนวนการลึ้มผิวต่อหน่วยเวลามากกว่าเครื่องสมานตะกอนชนิดอื่น แต่ใช้เวลาในการสมานตะกอนน้อยกว่าจึงทำให้ GT ที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำตามไปด้วย

## RELATIONSHIP OF GT AND UPFLOW VELOCITY



รูปที่ 4.61 ความสัมพันธ์ระหว่าง GT เปรียบเทียบกับความเร็วไหลขึ้นเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม 25 มก./ล. ที่ขนาดของกรวด 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 มม.

## RELATIONSHIP' OF GT AND SIZE



รูปที่ 4.62 ความสัมพันธ์ระหว่าง GT เลี้ยวกับขนาดของกรวด เมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารลิม 25 มก./ล. ที่ความเร็วไหลชั้น 0.098, 0.122, 0.146, 0.171 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-นาที.