

บทที่ 5

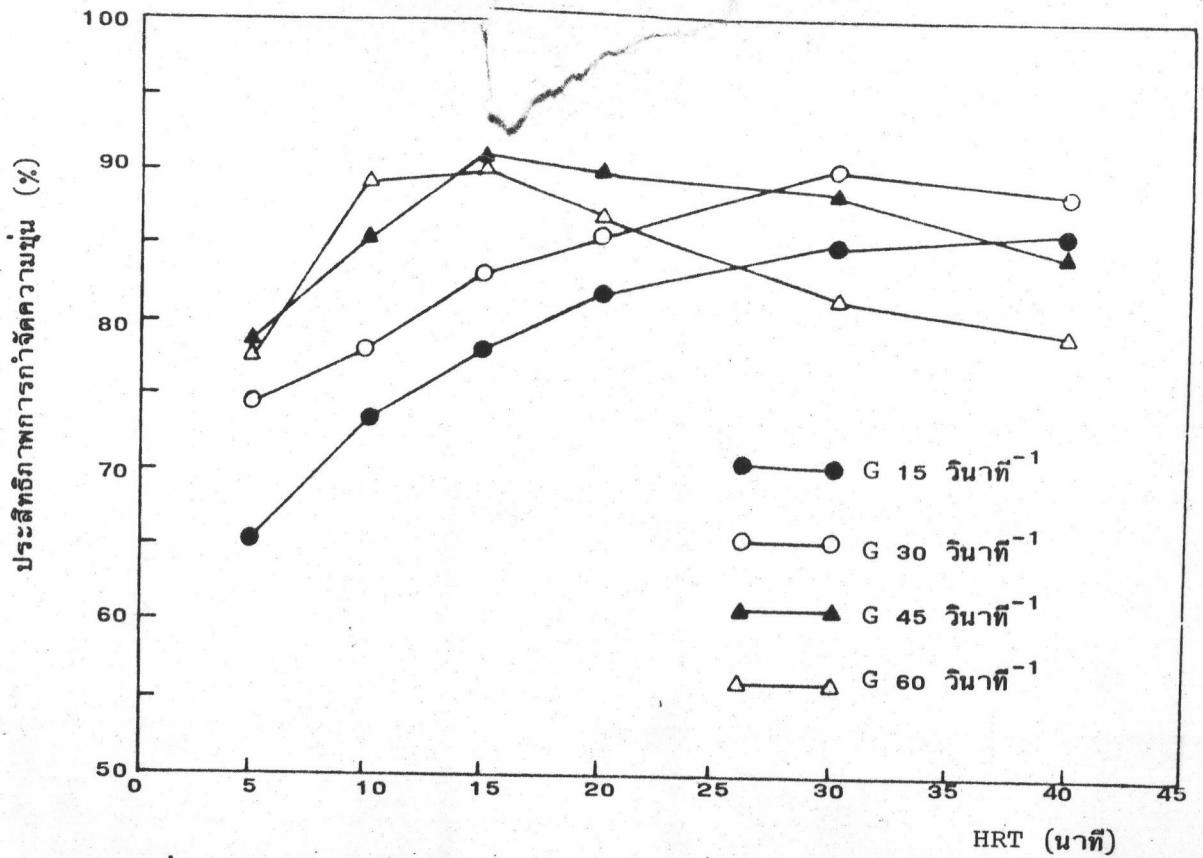
ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ผลการทดลองของกระบวนการรวมตะกอนที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอน และผลการทดลองของกระบวนการรวมตะกอนที่มีการหมุนเวียนตะกอน ทั้งนี้ เริ่มจากการทดลองที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอนโดยทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับพารามิเตอร์ HRT และ G ของถังสมานตะกอน ผลการทดลองดังกล่าวจะนำไปศึกษาเปรียบเทียบกับ การทดลองที่มีการหมุนเวียนตะกอน ตลอดจนใช้ในการพิจารณาเลือก HRT ซึ่งกำหนดให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลองที่มีการหมุนเวียนตะกอน จากนั้นจึงดำเนินการทดลองที่มีการหมุนเวียนตะกอนโดยทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับพารามิเตอร์ SRT และ G ของถังสมานตะกอน ตลอดจนทดลองหาความสามารถในการตกตะกอน การวิจารณ์ผลการทดลองดังกล่าวนี้มุ่งประเด็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้ตะกอนเพื่อลด HRT และ G ของถังสมานตะกอน ค่าที่เหมาะสมของ SRT และ G ตลอดจนความสามารถในการตกตะกอนเมื่อมีการใช้ตะกอน

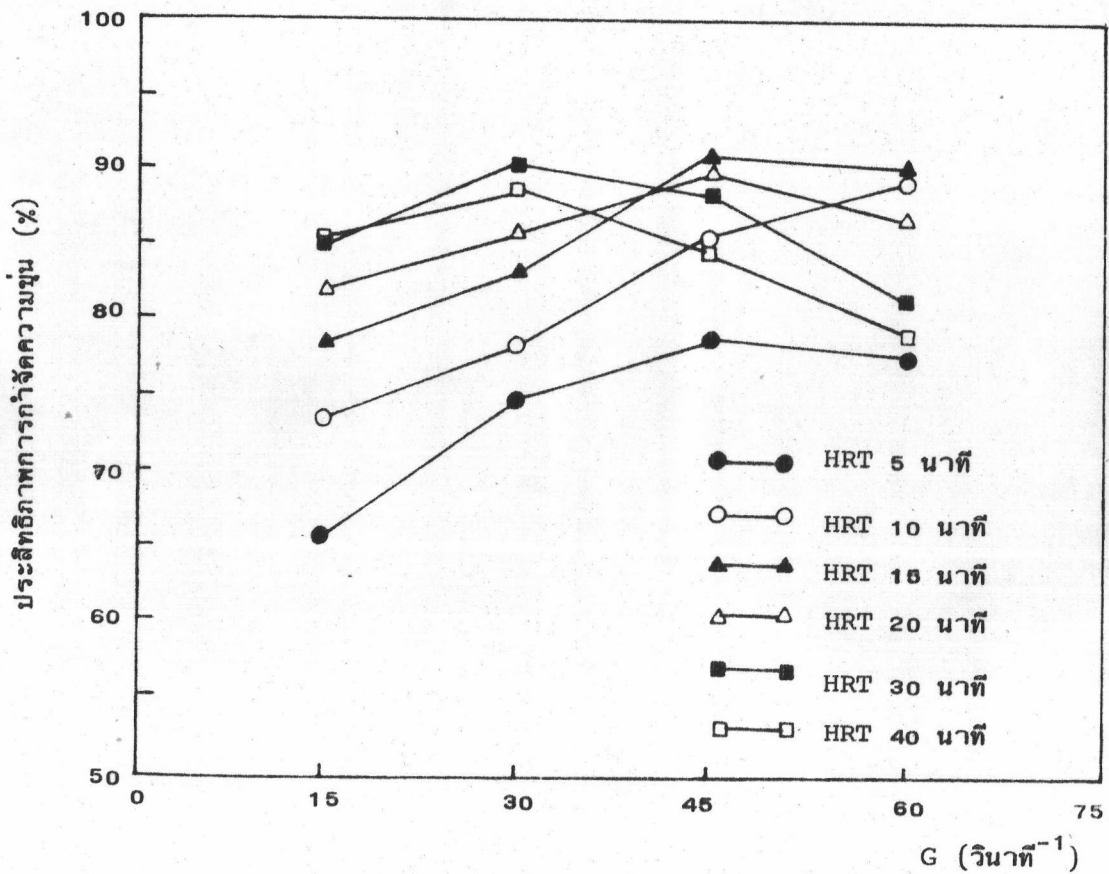
5.1 กระบวนการรวมตะกอนที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอน

กำหนดให้ประสิทธิภาพ-
$$= \frac{\text{ความขุ่นเข้าสู่กระบวนการต้นแบบ} - \text{ความขุ่นออกจากกระบวนการต้นแบบ}}{\text{ความขุ่นเข้าสู่กระบวนการต้นแบบ}} \times 100$$
 การกำจัดความขุ่น, %

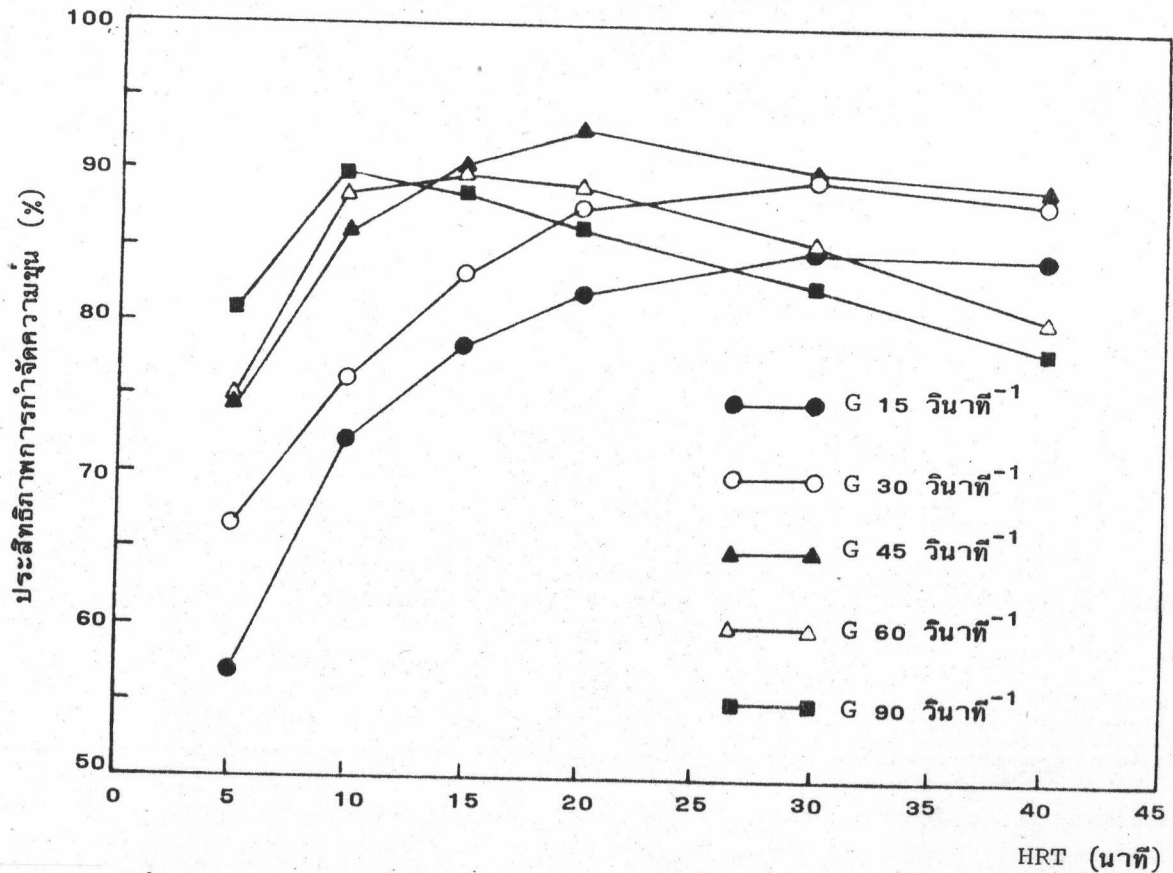
ดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ค่า HRT 5 10 15 20 30 40 นาที ภายใต้ค่า G 15 30 45 60 วินาที⁻¹ เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน และภายใต้ค่า G 15 30 45 60 90 วินาที⁻¹ เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ผ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ HRT ในแต่ละค่า G แสดงในรูปแบบที่ 5.1 และ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G ในแต่ละค่า HRT แสดงในรูปแบบที่ 5.2 และ 5.4



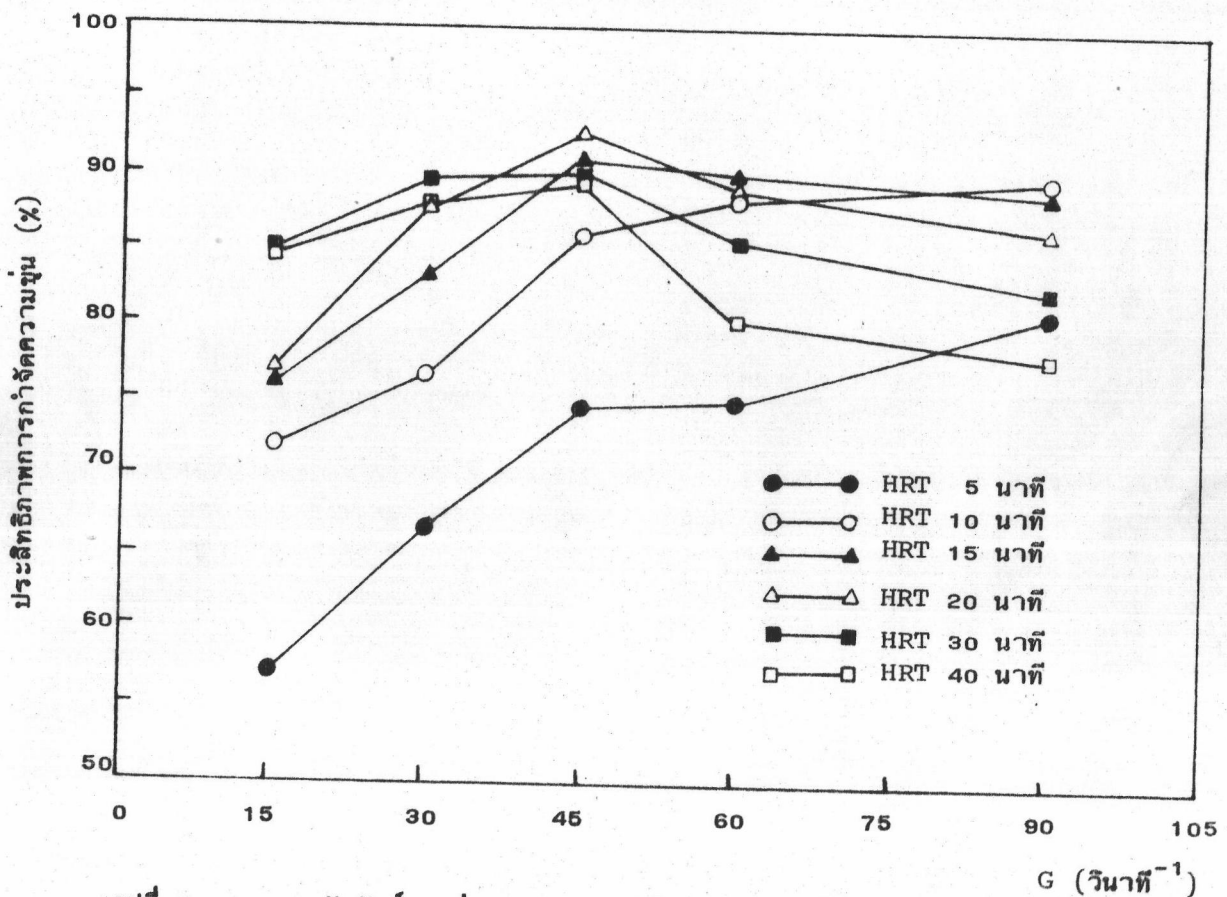
รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง HRT กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการ
 ดันแบบที่ไม่มีภาระหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้ม เป็นสารรวมตะกอน



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการ
 ดันแบบที่ไม่มีภาระหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้ม เป็นสารรวมตะกอน



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง HRT กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการต้นแบบที่ไม่มีสารหน่วงเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการต้นแบบที่ไม่มีสารหน่วงเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115

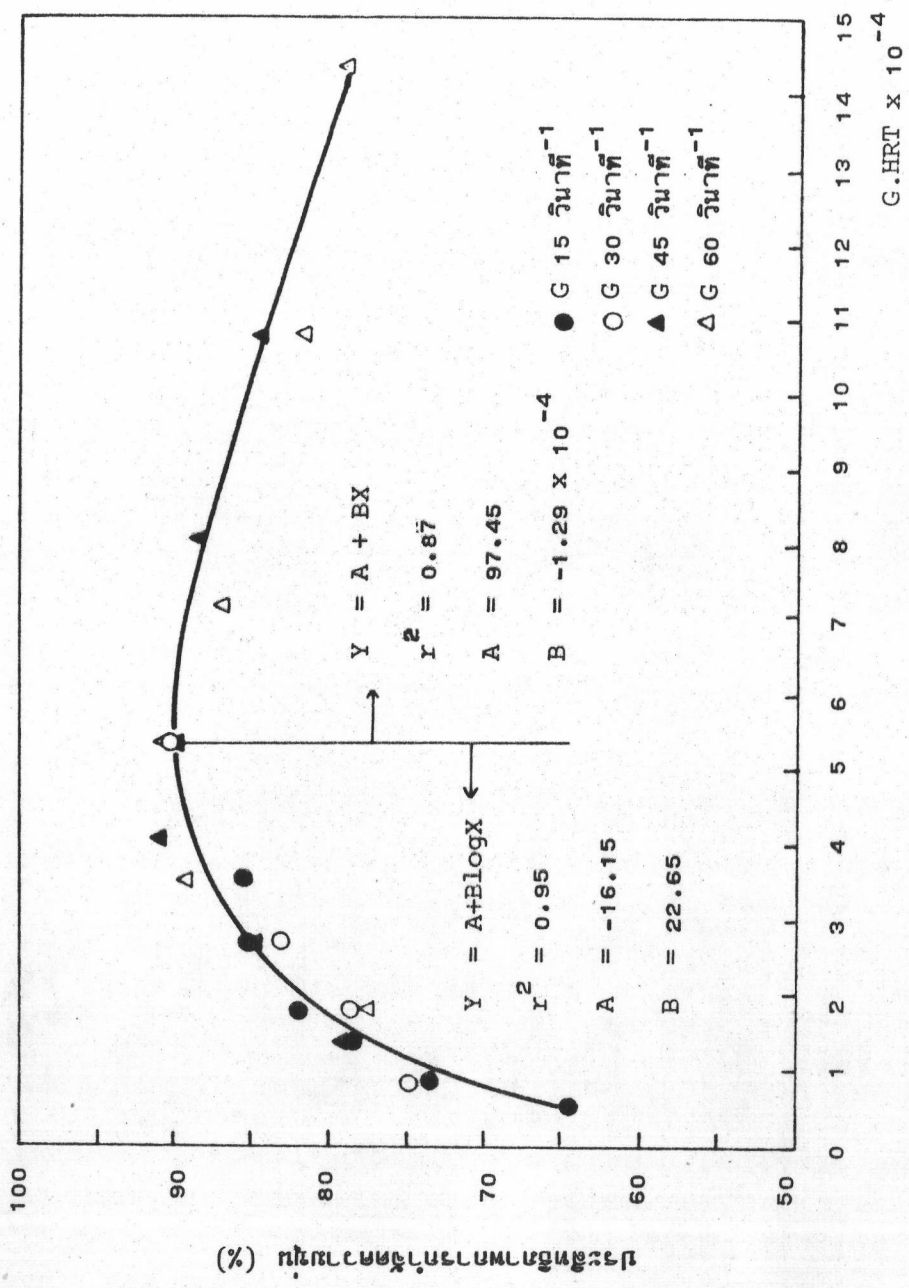
พิจารณาให้ HRT ที่เหมาะสมหรือ HRT' (optimum HRT) คือ HRT ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด จากรูปที่ 5.1 จะได้ว่า เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอนที่ G 15 30 45 60 วินาที⁻¹ HRT' มีค่าเท่ากับ 40 30 15 15 นาที ประสิทธิภาพที่ HRT' เท่ากับ 85.6 90.2 90.8 90.2 % ตามลำดับ และจากรูปที่ 5.3 จะได้ว่า เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All15 ที่ G 15 30 45 60 90 วินาที⁻¹ HRT' มีค่าเท่ากับ 30 30 20 10 นาที ประสิทธิภาพที่ HRT' เท่ากับ 85 89.6 92.6 90 89.8 % ตามลำดับ

พิจารณาให้ค่า G ที่เหมาะสมหรือ G' (optimum G) คือค่า G ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด จากรูปที่ 5.2 จะได้ว่า เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอนที่ HRT' 15 ถึง 40 นาที G' มีค่าจาก 30 ถึง 45 วินาที⁻¹ และจากรูปที่ 5.4 จะได้ว่า เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All15 ที่ HRT' 10 ถึง 30 นาที G' มีค่าจาก 30 ถึง 45 วินาที⁻¹ เช่นกัน

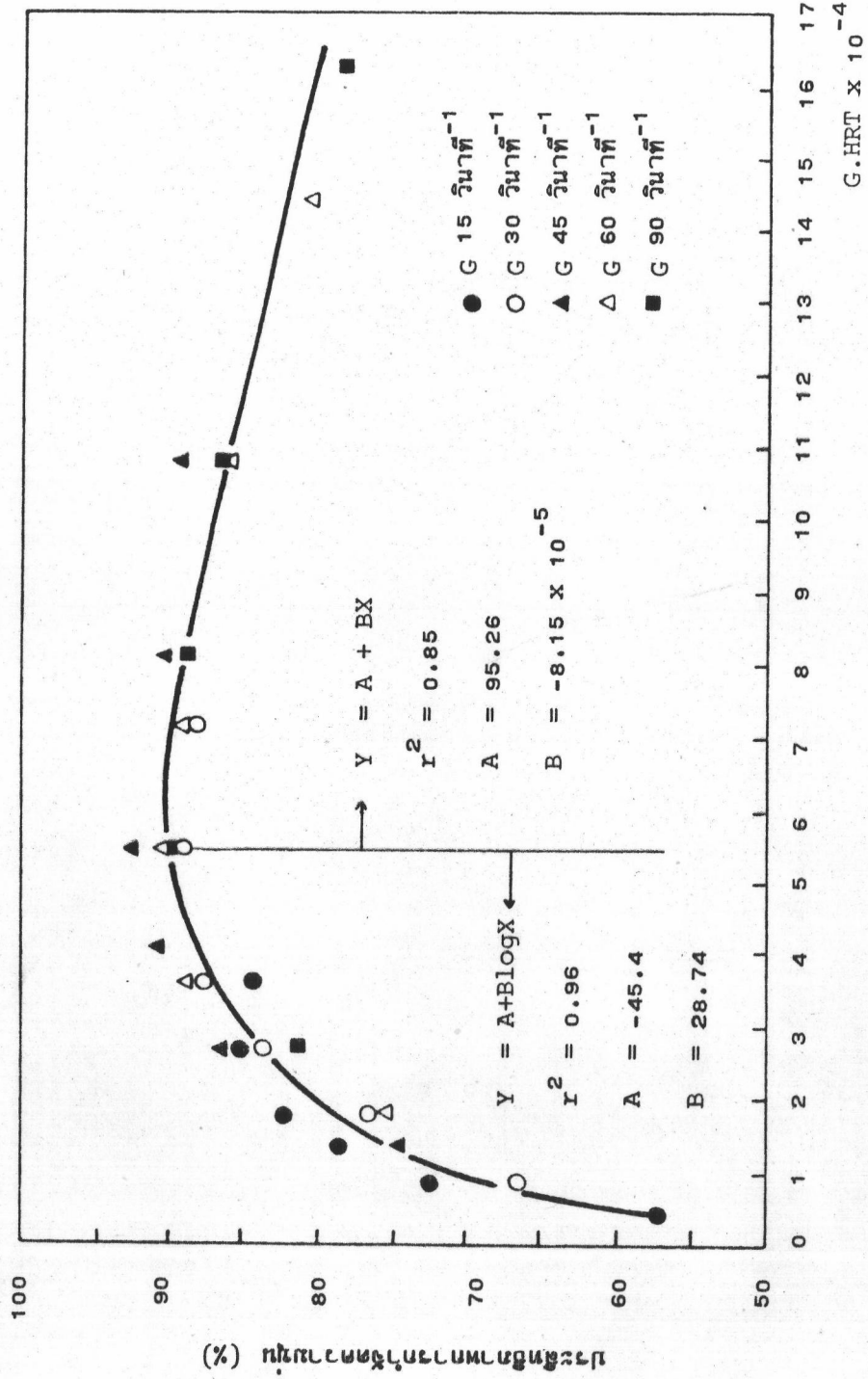
จากรูปที่ 5.1 ถึง 5.4 จะเห็นว่า ที่ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นหนึ่ง ๆ HRT และ G มีความสัมพันธ์ผกผันซึ่งกันและกัน (inverse relation) ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้เกิดขึ้นทั้งในช่วงที่ประสิทธิภาพสูงขึ้นจนถึงประสิทธิภาพสูงสุดและในช่วงที่ประสิทธิภาพต่ำลงหลังจากประสิทธิภาพสูงสุด ลักษณะเช่นนี้แสดงถึงบทบาทร่วมกันของ HRT และ G ทั้งในการสมานตะกอนและการแตกตัวของตะกอน ดังนั้นจึงใช้พารามิเตอร์ไร้มิติ G.HRT ในการพิจารณาถึงอิทธิพลที่พารามิเตอร์ทั้งสองมีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ดังแสดงในรูปที่ 5.5 และ 5.6

พิจารณาให้ G.HRT ที่เหมาะสม (optimum G.HRT) คือค่า G.HRT ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด จากรูปที่ 5.5 จะได้ว่า เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน G.HRT ที่เหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วง 5×10^4 ถึง 6×10^4 และจากรูปที่ 5.6 จะได้ว่า เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All15 G.HRT ที่เหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วง 5×10^4 ถึง 6×10^4 เช่นกัน นอกจากนี้ ประสิทธิภาพที่ G.HRT ที่เหมาะสมของทั้งสองกรณียังมีค่าใกล้เคียงกันคือประมาณ 90%

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับค่า G.HRT ในช่วงที่ประสิทธิภาพสูงขึ้นจนถึงประสิทธิภาพสูงสุด จากรูปที่ 5.5 เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน สมการแสดงความสัมพันธ์คือ $E = 22.65 \log(G.HRT) - 16.15$ และจากรูปที่ 5.6 เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All15 สมการแสดงความสัมพันธ์คือ $E = 28.74 \log(G.HRT) - 45.4$ โดยที่ E คือประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ปรากฏว่า ที่ค่า G.HRT หนึ่ง ๆ สมการทั้งสองให้ค่าประสิทธิภาพใกล้เคียงกันมาก ลักษณะ เช่นสอดคล้องกับจลนพลศาสตร์ของการสมานตะกอนที่ว่า



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับ G.HRT ของกระบวนการค้นแบบ
 ที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับ G.HRT ของกระบวนการค้นแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5

ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของการสมานตะกอน ขึ้นกับค่า G HRT ϕ และ α ดังแสดงในสมการที่ 3.16 กล่าวคือ ประการแรก เนื่องจาก G และ HRT สามารถทดแทนกันได้ในการหาค่า $G \cdot HRT$ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นค่า $G \cdot HRT$ ที่เท่ากันในกรณีที่ใช้สารส้มและใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 จึงหมายถึงค่า G และ HRT ที่เท่ากันได้ ประการที่สองความเข้มข้นของตะกอนในถังสมานตะกอนทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกันมากคืออยู่ในช่วง 160 ถึง 185 มก/ล ดังนั้นที่ G และ HRT เดียวกัน จึงถือได้ว่าทั้งสองกรณีมีค่า ϕ ใกล้เคียงกัน ประการที่สาม โดยที่ α มีค่าขึ้นอยู่กับระดับการทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคความขุ่นในชั้นผสมเร็ว ในการวิจัยครั้งนี้ G ของชั้นผสมเร็วมีค่าเพียง 310 วินาที^{-1} ความขุ่นเพียง 50 NTU และที่เอชหลังปฏิกริยา 7.4 สภาพเช่นนี้ไม่เอื้ออำนวยต่อกลไกดูดติดและสะเทินทางไฟฟ้า กลไกที่มีบทบาทเด่นชัดคือกลไกแบบกวาด ดังนั้น ในกรณีที่ใช้สารส้ม 30 มก/ล และในกรณีที่ใช้สารส้ม 8 มก/ล ร่วมกับ Superfloc All5 0.1 มก/ล คาดว่าระดับการทำลายสภาวะคงตัวจะไม่แตกต่างกันชัดเจน นั่นคือ α ของทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกันนั่นเอง จากที่กล่าวมาทั้งสามประการแสดงว่า ที่ค่า $G \cdot HRT$ หนึ่ง ๆ ทั้งในกรณีที่ใช้สารส้มและใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพคือ $G \cdot HRT \phi$ และ α มีค่าใกล้เคียงกันมาก จึงยังผลให้ได้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกันดังความสัมพันธ์ที่แสดงโดยสมการทั้งสองในที่สุด

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับค่า $G \cdot HRT$ ในช่วงที่ประสิทธิภาพลดต่ำลงจากประสิทธิภาพสูงสุด จากรูปที่ 5.5 เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน สมการแสดงความสัมพันธ์คือ $E = 97.45 - (1.29 \times 10^{-4})(G \cdot HRT)$ และจากรูปที่ 5.6 เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 สมการแสดงความสัมพันธ์คือ $E = 95.26 - (8.15 \times 10^{-5})(G \cdot HRT)$ จะเห็นว่าในช่วงนี้ ประสิทธิภาพกับ $G \cdot HRT$ มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (linear relation) ซึ่งแตกต่างไปจากช่วงก่อนหน้านี้ที่มีความสัมพันธ์เป็นลอการิทึม (logarithmic relation) ลักษณะเช่นนี้สามารถอธิบายได้โดยพิจารณาว่า ในระหว่างการสมานตะกอน ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตลอดเวลาคือการสมานตะกอนและการแตกตัวของตะกอน ดังนั้น ถ้าความขุ่นลดน้อยลงหรือประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่าศูนย์ แสดงว่าอัตราสมานตะกอนสูงกว่าอัตราตะกอนแตกตัว นั่นคือประสิทธิภาพขึ้นกับอัตราสมานตะกอนสุทธิที่ได้จากผลต่างระหว่างอัตราสมานตะกอนกับอัตราตะกอนแตกตัวนั่นเอง ในช่วงก่อนถึงประสิทธิภาพสูงสุด อัตราเปลี่ยนแปลงตาม $G \cdot HRT$ ของอัตราสมานตะกอนสูงกว่าของอัตราตะกอนแตกตัว ลักษณะเช่นนี้ ทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ และให้อัตราสมานตะกอนสุทธิหรือประสิทธิภาพที่มี

ความสัมพันธ์เป็นล็อกการิทึมกับ G.HRT ความสัมพันธ์เช่นนี้ชี้ว่า ความแตกต่างในอัตราเปลี่ยนแปลงตาม G.HRT ของอัตราทั้งสองมีค่าน้อยลงเรื่อย ๆ และมีค่าเท่ากันในที่สุดที่ระดับประสิทธิภาพซึ่งให้อัตราสमानตะกอนสุทธิสูงสุด หลังจากนั้นอัตราเปลี่ยนแปลงตาม G.HRT ของอัตราสมานตะกอนจะเริ่มต่ำกว่าของอัตราตะกอนแตกตัว ทำให้อัตราสमानตะกอนสุทธิหรือประสิทธิภาพมีค่าต่ำลงตาม G.HRT ที่มากขึ้นตามลำดับ ในช่วงดังกล่าวนี้คาดว่าอัตราสมานตะกอนอยู่ในช่วงปลายของเส้นโค้งล็อกการิทึม จึงมีลักษณะเข้าใกล้เส้นตรง และคาดว่าอัตราตะกอนแตกตัวในช่วงนี้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงตาม G.HRT เช่นกัน ดังนั้นจึงทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.HRT เป็นเส้นตรงในที่สุด

อนึ่ง ในช่วงหลังจากประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อพิจารณาสมการในกรณีที่ใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอนและในกรณีที่ใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 คือ $E = 97.45 - (1.29 \times 10^{-4})(G.HRT)$ และ $E = 95.26 - (8.15 \times 10^{-5})(G.HRT)$ ตามลำดับ ปรากฏว่าทุก ๆ ค่า G.HRT ในช่วงดังกล่าว ประสิทธิภาพเมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 จะสูงกว่าประสิทธิภาพเมื่อใช้สารส้ม ความแตกต่างในประสิทธิภาพดังกล่าวนี้จะมากขึ้นตามค่า G.HRT ที่มากขึ้น โดยเริ่มจาก 1 % ที่ G.HRT 6×10^4 ไปจนถึง 10 % โดยประมาณที่ G.HRT 2×10^5 เนื่องจากในช่วงนี้อัตราตะกอนแตกตัวมีบทบาทในการกำหนดประสิทธิภาพเหนือกว่าอัตราสมานตะกอนดังกล่าวมาแล้วข้างต้น จึงกล่าวได้ว่า ตะกอนที่ได้จากการใช้สารส้ม 8 ก/ม³ ร่วมกับ Superfloc A115 0.1 ก/ม³ มีอัตราตะกอนแตกตัวตามค่า G.HRT ต่ำกว่าตะกอนที่ได้จากการใช้สารส้ม 30 ก/ม³ หรืออีกนัยหนึ่งทนทานต่อแรงเฉือนในน้ำได้มากกว่านั่นเอง

5.2 กระบวนการรวมตะกอนที่มีการหมุนเวียนตะกอน

ดำเนินการทดลองโดยแปรค่า SRT และ G ภายใต้ HRT ที่มีค่าคงที่ตลอดทุกการทดลอง ดังนั้นเพื่อให้สามารถศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเพิ่มปริมาณตะกอนเพื่อลด HRT จึงกำหนดให้ HRT ที่มีค่าคงที่ดังกล่าวนี้มีค่าต่ำกว่า HRT' ของกระบวนการที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอน ในกรณีที่ใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน HRT' มีค่าจาก 15 ถึง 40 นาที ในกรณีที่ใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 HRT' มีค่าจาก 10 ถึง 30 นาที นั่นคือ ถ้าใช้ HRT ต่ำกว่า 10 นาที จะทำให้สามารถเปรียบเทียบครอบคลุมได้ทั้งสองกรณี ดังนั้น จึงพิจารณาใช้ HRT 5 นาที ตลอดทุกการทดลองที่มีการหมุนเวียนตะกอน

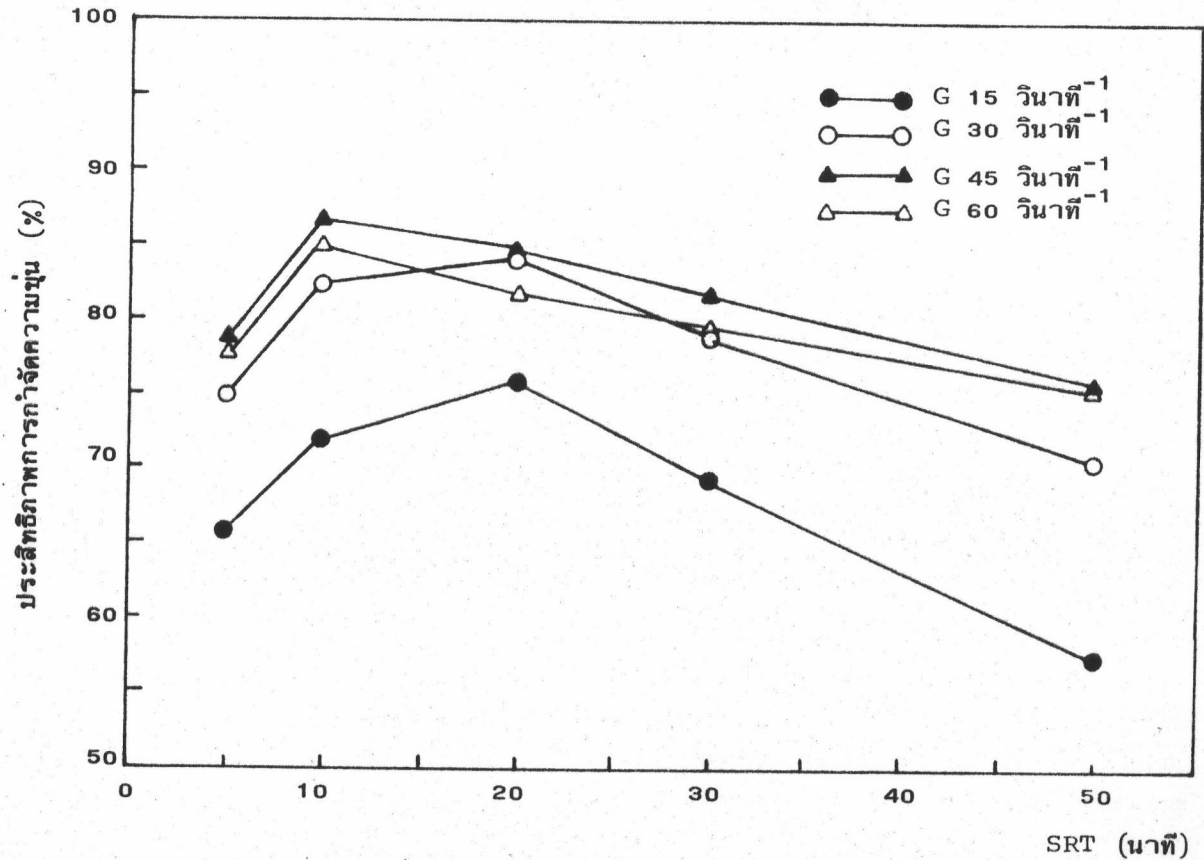
5.2.1 กระบวนการรวมตะกอนที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน

ดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ SRT 10 20 30 50 นาที ภายใต้ค่า G 15 30 45 60 วินาที⁻¹ ที่ HRT คงที่ 5 นาที ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ผ.3 และดำเนินการทดลองการตกตะกอนแบบแบบที่ SRT 10 20 30 50 นาที G 30 วินาที⁻¹ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ผ.5 ถึง ผ.8

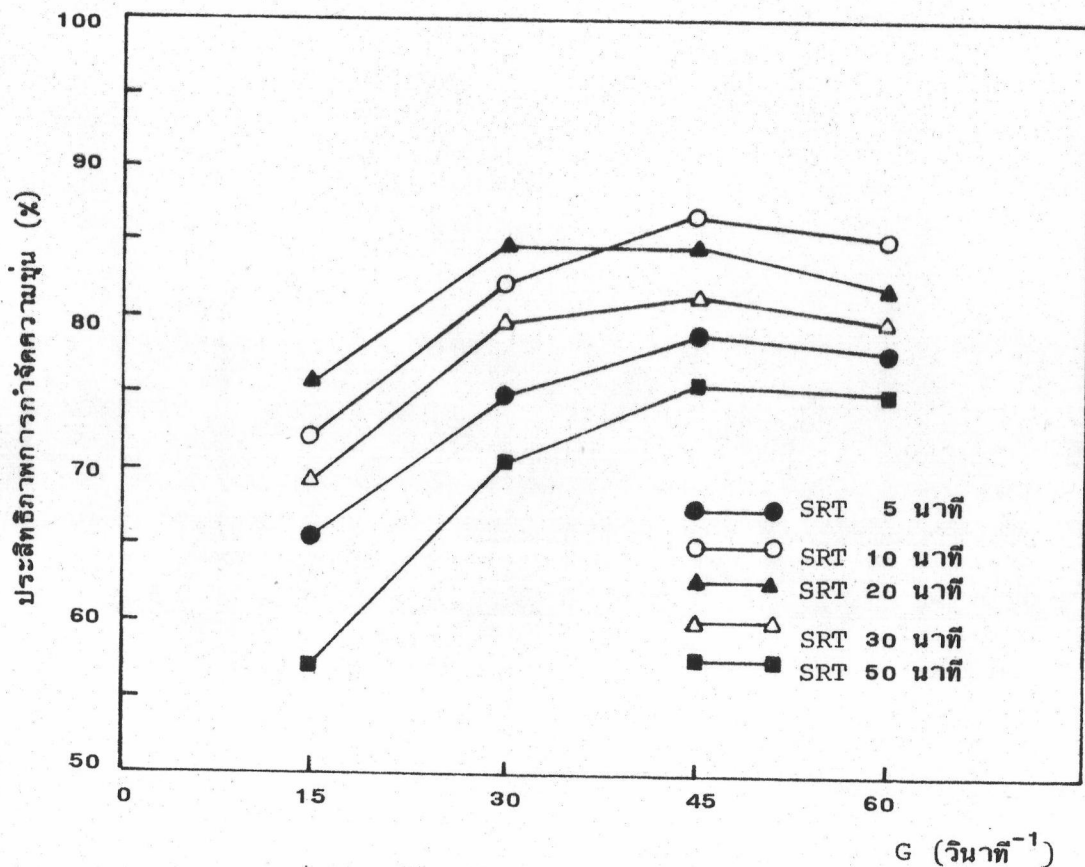
5.2.1.1 ความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพ

รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ SRT ที่ G 15 ถึง 60 วินาที⁻¹ เมื่อพิจารณาให้ SRT ที่เหมาะสมหรือ SRT' (optimum SRT) คือ SRT ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด จะได้ว่า ที่ค่า G 15 30 45 และ 60 วินาที⁻¹ SRT' มีค่าเท่ากับ 10 10 20 และ 20 นาทีตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ SRT 5 นาที กับ ประสิทธิภาพที่ SRT' ดังแสดงในตารางที่ 5.1 จะเห็นว่า การหมุนเวียนตะกอนจนได้ประสิทธิภาพสูงสุดจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงขึ้น 7.4 ถึง 10 % เมื่อเทียบกับก่อนที่จะมีการหมุนเวียนตะกอน

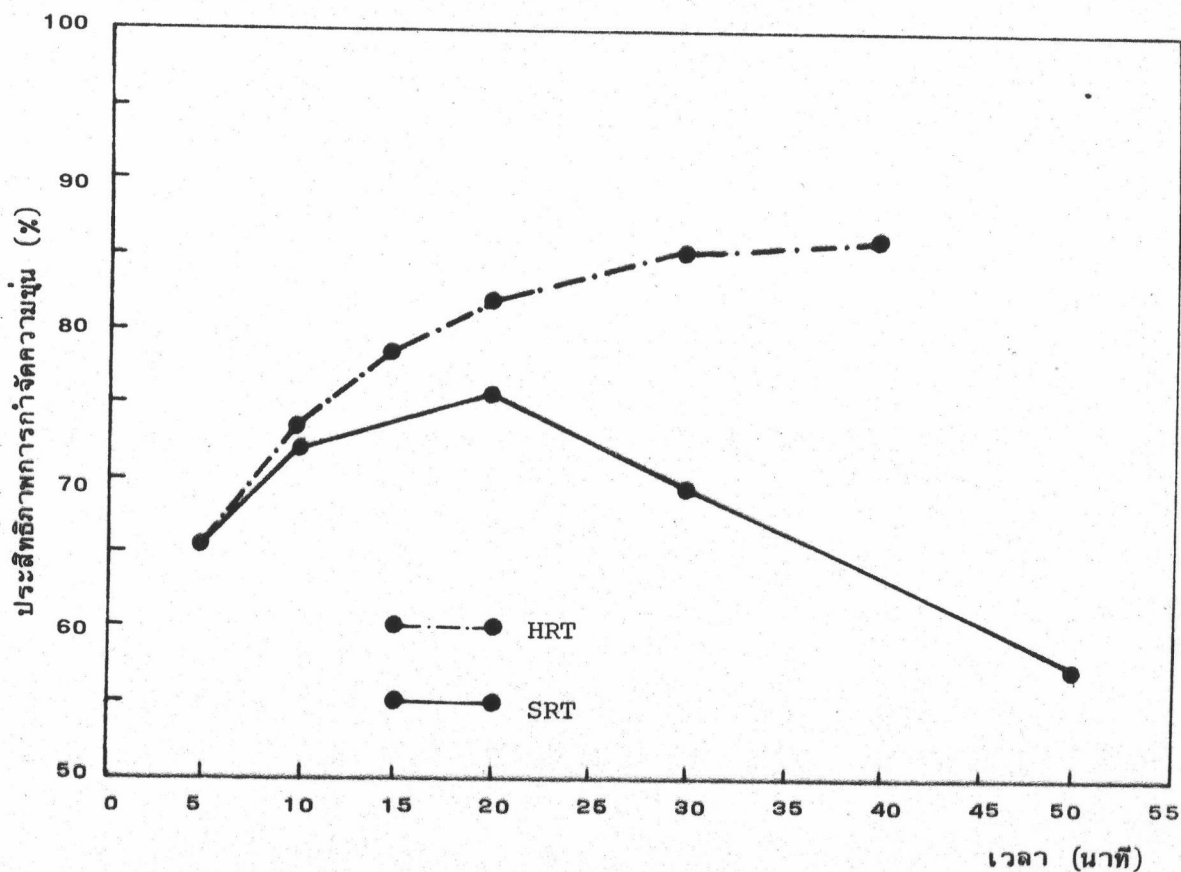
รูปที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G ที่ SRT 5 ถึง 50 นาที จะเห็นว่า ทุก ๆ ค่า G ประสิทธิภาพที่ SRT 10 ถึง 30 นาที สูงกว่าที่ SRT 5 นาที และประสิทธิภาพที่ SRT 50 นาที ต่ำกว่าที่ SRT 5 นาที เนื่องจากกระบวนการที่ SRT 5 นาที คือกระบวนการที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอน ดังนั้นแสดงว่า การหมุนเวียนตะกอนที่ SRT 10 ถึง 30 นาที ซึ่งหมายถึงปริมาณตะกอนในถังสมานตะกอนเพิ่มขึ้นจากที่ไม่หมุนเวียนตะกอน 2 ถึง 6 เท่า จะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอน แต่เมื่อปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นเป็น 10 เท่า คือที่ SRT 50 นาที ประสิทธิภาพที่ได้จะต่ำกว่าเมื่อไม่มี การหมุนเวียนตะกอน



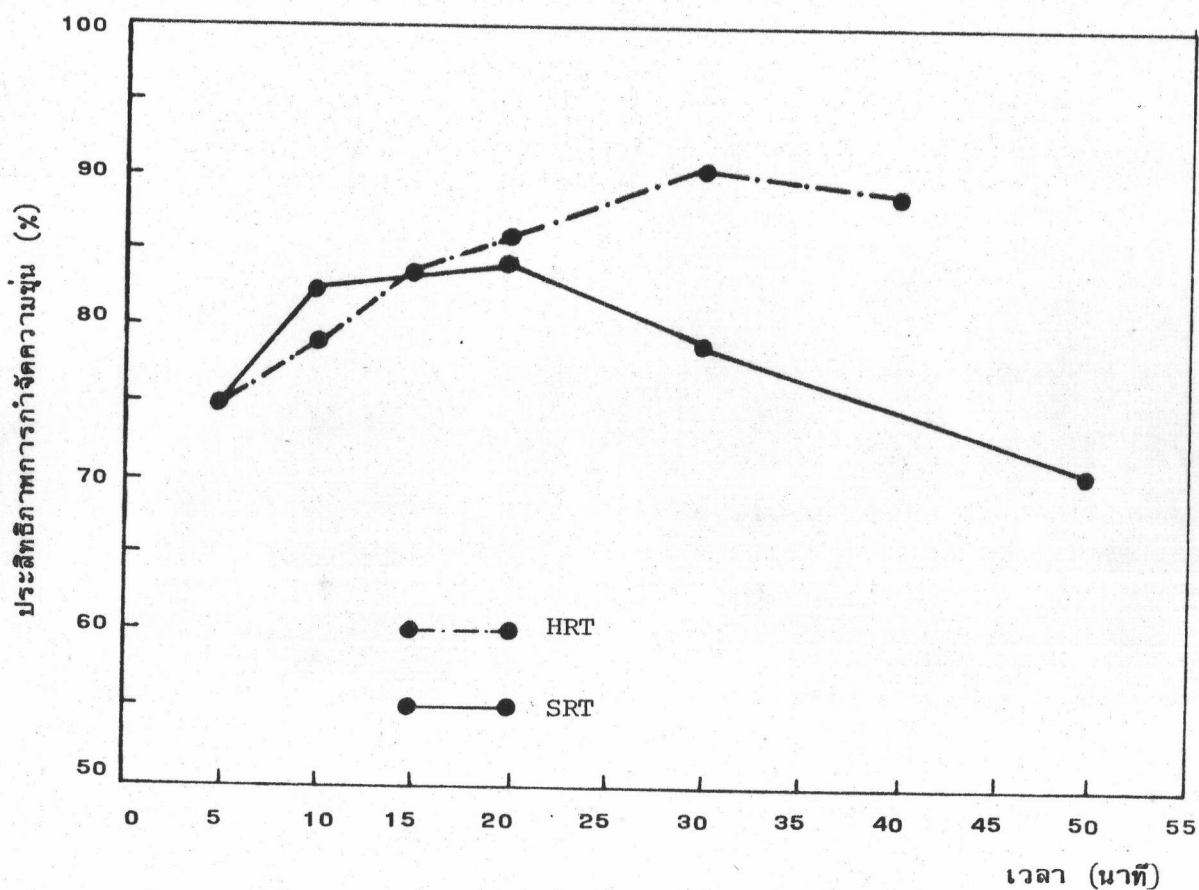
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง SRT กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการ
 ดันแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน ที่ HRT 5 นาที เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน



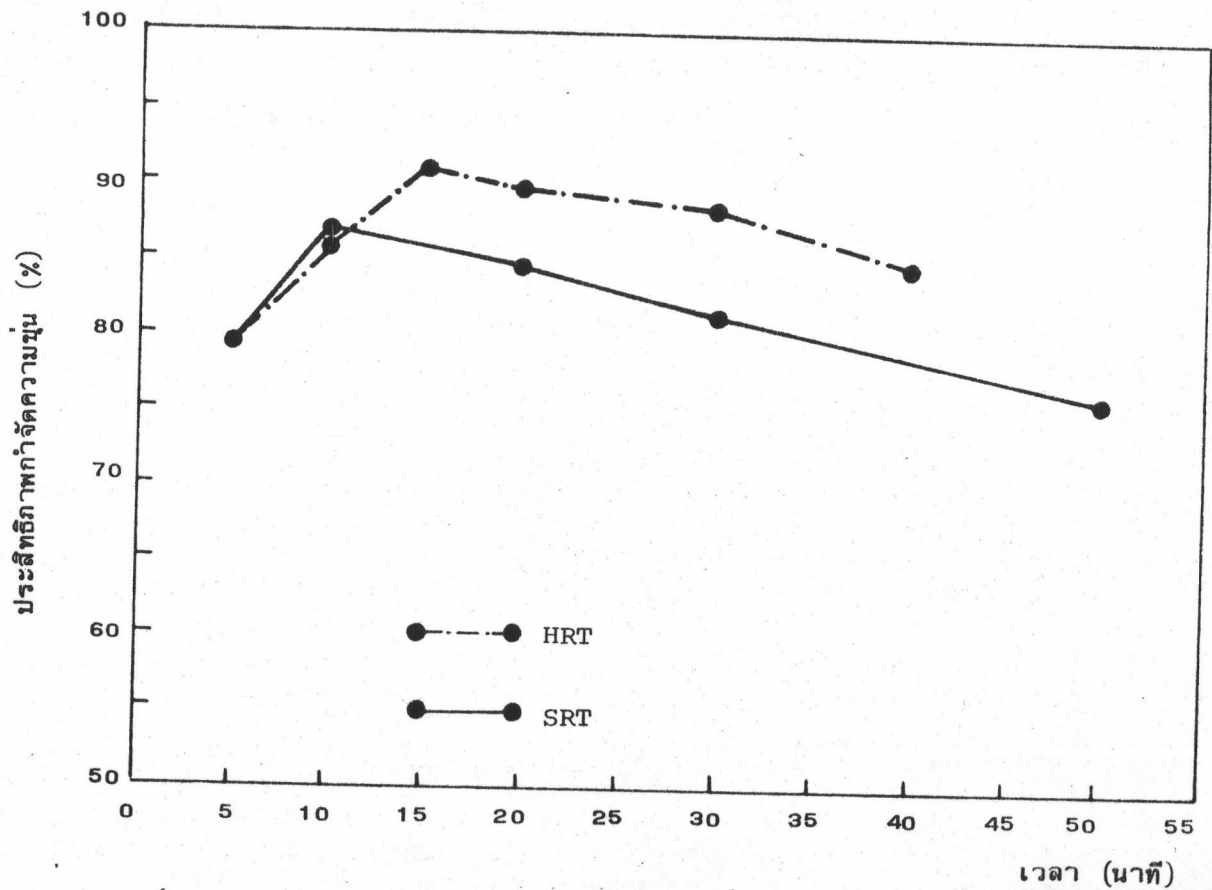
รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการดันแบบ
 ที่มีการหมุนเวียนตะกอน ที่ HRT 5 นาที เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน



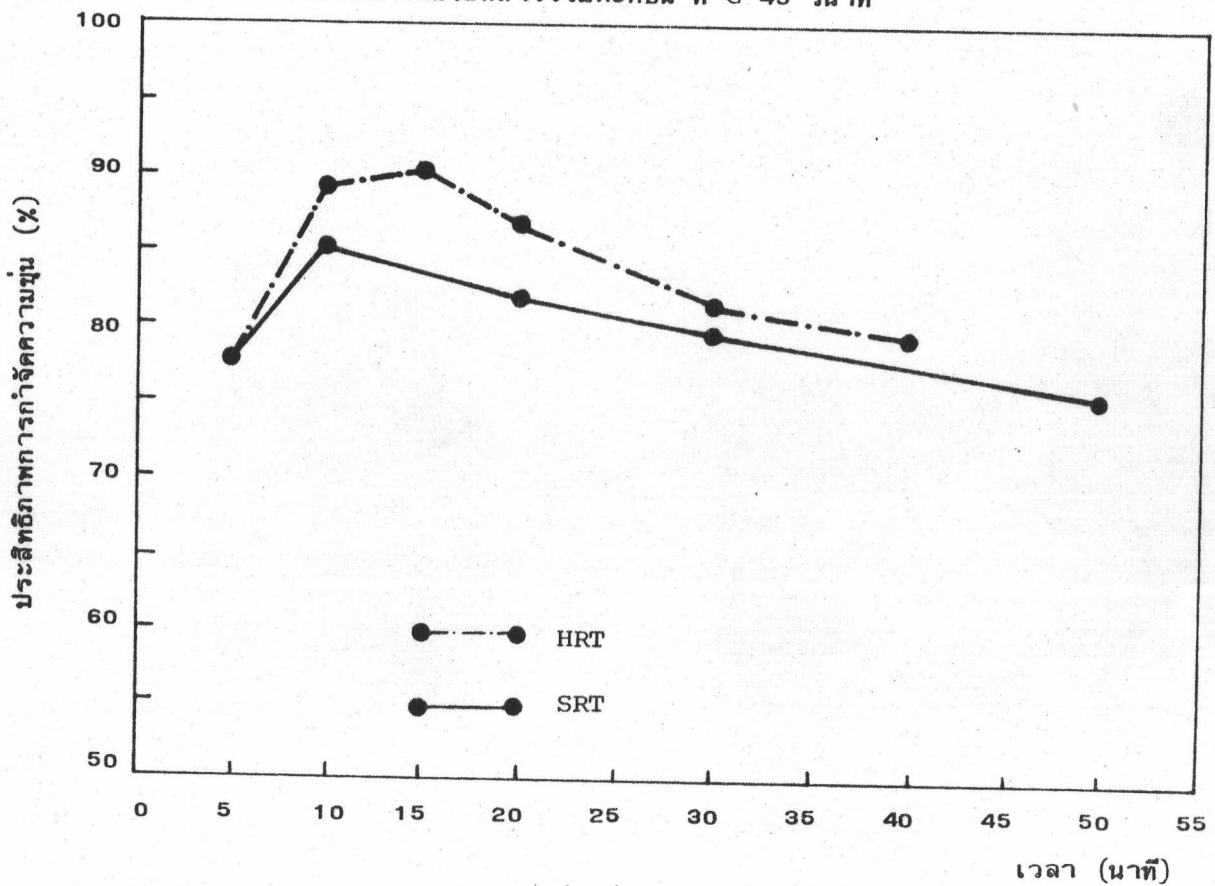
รูปที่ 5.9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G\ 15\ \text{วินาที}^{-1}$



รูปที่ 5.10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G\ 30\ \text{วินาที}^{-1}$



รูปที่ 5.11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G 45 \text{ วินาที}^{-1}$



รูปที่ 5.12 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ที่ $G 60 \text{ วินาที}^{-1}$

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจาก SRT 5 นาที ถึง SRT' ของกระบวนการค้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน

| G (วินาที ⁻¹) | 15 | 30 | 45 | 60 |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| ประสิทธิภาพที่ SRT 5 นาที (%) | 65.6 | 74.8 | 78 | 77.6 |
| ประสิทธิภาพที่ SRT' (%) | 75.6 | 84.4 | 86.6 | 85 |
| ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (%) | 10 | 9.6 | 8.6 | 7.4 |

5.2.1.2 ความเป็นไปได้ในการลดค่า HRT และ G

รูปที่ 5.9 ถึง 5.12 แสดงถึงความแตกต่างระหว่างอิทธิพลที่ SRT และ HRT มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในแต่ละค่า G จะเห็นว่าทุก ๆ ค่า G ประสิทธิภาพที่ได้จากการหมุนเวียนตะกอนที่ SRT' มีค่าเทียบเท่ากับประสิทธิภาพของกระบวนการที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอนซึ่งมีค่า HRT อยู่ในช่วง 10 ถึง 15 นาที โดยที่กระบวนการที่มีการหมุนเวียนตะกอนมีค่า HRT 5 นาที และ SRT' อยู่ในช่วง 10 ถึง 20 นาที ดังนั้นผลการทดลองจึงแสดงว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนในถังสมานตะกอนเป็นจำนวน 2 ถึง 4 เท่า จะสามารถลดค่า HRT ลงได้ 2 ถึง 3 เท่า โดยที่ยังคงประสิทธิภาพไว้ในระดับเดิมได้

จากรูปที่ 5.8 จะเห็นว่า SRT 5 นาทีให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ค่า G 45 วินาที⁻¹ ที่ระดับประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ปรากฏว่า ค่า G ของ SRT' 10 และ 20 นาที อยู่ในช่วง 15 ถึง 30 วินาที⁻¹ ลักษณะเช่นนี้แสดงว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนในถังสมานตะกอนเป็นจำนวน 2 ถึง 4 เท่า จะสามารถลดค่า G ลงได้ประมาณ 1.5 ถึง 3 เท่า โดยที่ยังคงประสิทธิภาพเดิมไว้ได้

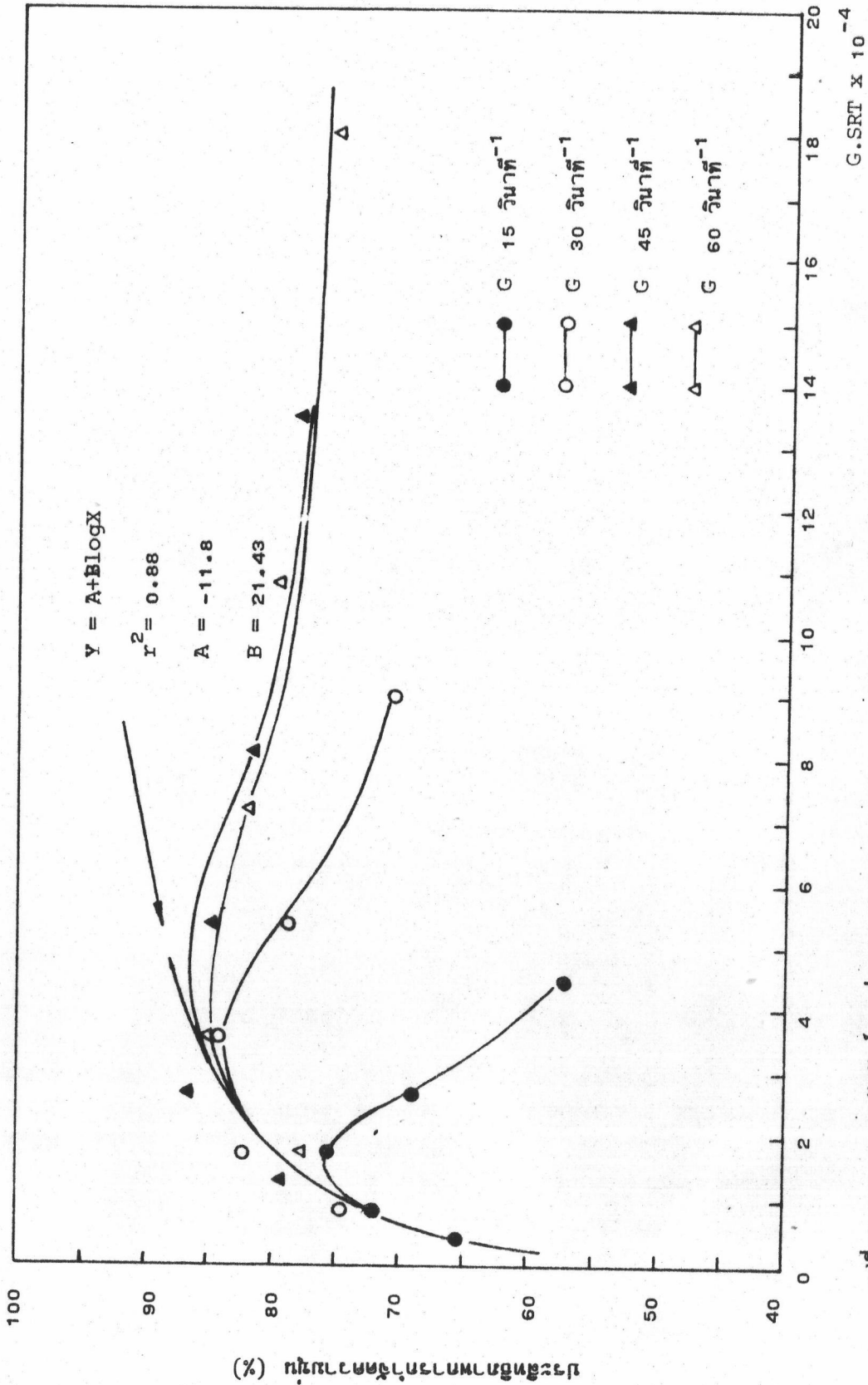
5.2.1.3 พฤติกรรมของ SRT และ G

สมการทางจลนพลศาสตร์ของการสมานตะกอนเช่นสมการที่ 3.16 ซึ่งว่า อัตราสมานตะกอนขึ้นอยู่กับ HRT $G \phi \eta$ และแสดงว่าพารามิเตอร์ดังกล่าวนี้สามารถทดแทนกันได้ในส่วนเดียวกันเพื่อที่จะให้อัตราสมานตะกอนหนึ่ง ๆ โดยที่ ϕ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณตะกอนซึ่งพิจารณาในเทอม SRT ดังนั้น HRT G และ SRT จึง

สามารถทดแทนกันได้ถ้าอัตราสมานตะกอนหนึ่ง ๆ เช่นเดียวกัน ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการหมุนเวียนตะกอนที่ SRT เท่ากับ a นาที HRT เท่ากับ b นาที และ G เท่ากับ c วินาที⁻¹ ปริมาณตะกอนจะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน $\frac{a}{b}$ เท่า เมื่อเทียบกับก่อนหมุนเวียนตะกอนที่ HRT และ G เดียวกัน ดังนั้นในกรณีที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอนถ้าต้องการให้ได้อัตราสมานตะกอนเท่ากันที่ค่า G c วินาที⁻¹ ก็จะต้องใช้ HRT ที่มีค่ามากกว่า b นาที เป็นจำนวน $\frac{a}{b}$ เท่า เพื่อทดแทนปริมาณตะกอนที่น้อยกว่า $\frac{a}{b}$ เท่า นั่นคือจะต้องใช้ HRT เท่ากับ $b \times \frac{a}{b}$ หรือ a นาทีนั่นเอง หรือถ้าต้องการให้ได้อัตราสมานเท่ากันที่ค่า HRT b นาที ก็จะต้องใช้ G ที่มีค่ามากกว่า c วินาที⁻¹ เป็นจำนวน $\frac{a}{b}$ เท่า เพื่อทดแทนในลักษณะเดียวกัน นั่นคือจะต้องใช้ G เท่ากับ $c \times \frac{a}{b}$ นั่นเอง ที่กล่าวมานี้เป็นพฤติกรรมที่ทดแทนกันระหว่าง HRT G และ SRT ที่ควรเกิดขึ้นอย่างน้อยก็ในช่วงที่อัตราสมานตะกอนมีบทบาทเด่นชัดกว่าอัตราตะกอนแตกตัว คือช่วงที่ประสิทธิภาพสูงขึ้นจนถึงระดับประสิทธิภาพสูงสุด

จากข้อ 5.2.1.2 ผลการทดลองแสดงว่า ที่ค่า G เดียวกัน เมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนเป็นจำนวน 2 ถึง 4 เท่า จะสามารถลดค่า HRT ได้ประมาณ 2 ถึง 3 เท่า หรือเมื่อมีการหมุนเวียนตะกอนที่ SRT 10 ถึง 20 นาที จะได้ประสิทธิภาพเทียบเท่ากับเมื่อไม่มี การหมุนเวียนตะกอนที่ HRT 10 ถึง 15 นาที และที่ค่า HRT เดียวกันเมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนเป็นจำนวน 2 ถึง 4 เท่าจะสามารถลดค่า G ได้ประมาณ 1.5 ถึง 3 เท่า หรือเมื่อมีการหมุนเวียนตะกอนที่ G ประมาณ 15 ถึง 30 วินาที⁻¹ จะได้ประสิทธิภาพเท่ากับเมื่อไม่มี การหมุนเวียนตะกอนที่ G 45 วินาที⁻¹ จะเห็นว่า ปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้นไม่สามารถทดแทนค่า HRT และ G ได้ถึงระดับที่ควรจะเป็นดังกล่าวมาข้างต้น ความเบี่ยงเบนของพฤติกรรมระหว่าง SRT HRT และ G ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพหรืออัตราสมานตะกอนสุทธิในช่วงก่อนถึงประสิทธิภาพสูงสุด สามารถพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.SRT ของกระบวนการหมุนเวียนตะกอนดังแสดงในรูปที่ 5.13 กับความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.HRT ของกระบวนการที่ไม่หมุนเวียนตะกอน ดังแสดงไว้แล้วในรูปที่ 5.5

จากรูปที่ 5.13 ปรากฏว่าในช่วงก่อนถึงประสิทธิภาพสูงสุด พารามิเตอร์ G.SRT มีความสัมพันธ์เป็นลอการิทึมกับประสิทธิภาพดังสมการ $E = 21.43 \log(G.SRT) - 11.8$ ความสัมพันธ์ที่แน่นอนเช่นนี้แสดงว่า SRT และ G สามารถทดแทนกันได้ที่ระดับประสิทธิภาพหนึ่ง ๆ เมื่อนำความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ไปเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.HRT ของกระบวนการที่ไม่หมุนเวียนตะกอน ปรากฏว่า G.SRT และ G.HRT ที่



รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กับ G.SRT ของกระบวนการค้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน
เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน

เท่ากันให้ค่าประสิทธิภาพใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในตารางที่ 5.2 นั่นคือ SRT และ HRT สามารถทดแทนกันได้เช่นกัน

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.HRT และ G.SRT เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน

| เมื่อไม่มีการหมุนเวียนตะกอน $E = 22.65 \log (G.HRT) - 16.15$ | | เมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน $E = 21.43 \log (G.SRT) - 11.8$ | |
|---|-------|---|-------|
| G.HRT | E (%) | G.SRT | E (%) |
| 1×10^4 | 74.5 | 1×10^4 | 73.9 |
| 2×10^4 | 81.3 | 2×10^4 | 80.3 |
| 3×10^4 | 85.3 | 3×10^4 | 84.1 |
| 4×10^4 | 88.1 | 4×10^4 | 86.8 |

ที่กล่าวมานี้แสดงว่า ค่า SRT HRT และ G สามารถทดแทนกันได้เป็นอย่างดีในช่วงก่อนถึงประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งหมายความว่า ความเบี่ยงเบนของพฤติกรรมร่วมของพารามิเตอร์ทั้งสามมิได้เกิดขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงนี้ เมื่อพิจารณาต่อไปที่ระดับประสิทธิภาพสูงสุด จากรูปที่ 5.5 ในกรณีที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน ปรากฏว่า ที่ค่า G 30 45 60 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพสูงสุดจะเกิดขึ้นที่พารามิเตอร์ G.HRT ประมาณ 5.4×10^4 สำหรับที่ค่า G 15 วินาที⁻¹ การทดลองดำเนินถึง G.HRT 3.6×10^4 และมีแนวโน้มว่า ประสิทธิภาพจะสูงขึ้นไปอีก ดังนั้นจึงกล่าวโดยประมาณได้ว่า ในกรณีที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน G.HRT ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดจะมีค่า 5.4×10^4 ไม่ว่าจะเป็นที่ค่า G ใด ๆ จากรูปที่ 5.13 ในกรณีที่มีการหมุนเวียนตะกอน ปรากฏว่า ที่ค่า G แตกต่างกัน G.SRT ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดจะมีค่าแตกต่างกันไปด้วย กล่าวคือ ที่ค่า G 15 30 45 60 วินาที⁻¹ G.SRT ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าประมาณ 1.2×10^4 2.9×10^4 3.7×10^4 3.3×10^4 ตามลำดับ จะเห็นว่าในกรณีที่มีการหมุนเวียนตะกอนทุก ๆ ค่า G ประสิทธิภาพสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ G.SRT ซึ่งมีค่าน้อยกว่า G.HRT ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในกรณีที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.SRT และ G.HRT มีค่าใกล้เคียงกันมาก

ดังนั้น G.SRT ที่มีค่าน้อยกว่าย่อมให้ประสิทธิภาพต่ำกว่า G.HRT ที่มากกว่า ซึ่งยังผลให้ ประสิทธิภาพสูงสุดของทุก ๆ ค่า G เมื่อมีการหมุนเวียนตะกอนมีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อไม่มีการหมุนเวียนตะกอน ดังแสดงในตารางที่ 5.3 เมื่อพิจารณาย้อนกลับไปถึง ข้อ 5.2.1.2 จะเห็นว่า การตรวจสอบความเป็นไปได้ในการลดค่า HRT และ G จนทำให้พบความเป็ยงเบนที่ SRT ไม่สามารถทดแทน HRT และ G ได้ถึงระดับที่ควรจะเป็นนั้น กระทำโดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่ SRT ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นจึงสรุปได้ในขั้นนี้ว่า ความเป็ยงเบนที่ปริมาณตะกอนไม่สามารถทดแทนพารามิเตอร์ HRT และ G โดยสมบูรณ์นั้น เกิดจากประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้จากการหมุนเวียนตะกอนมีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้จากกรณีที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน เสมอนั้นเอง

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อไม่มีและมีการหมุนเวียนตะกอน ในกรณีที่ใช้สารส้ม เป็นสารรวมตะกอน

| ระดับประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อไม่หมุนเวียนตะกอน | | | ระดับประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อหมุนเวียนตะกอน | | |
|--|-------------------|------------|---|-------------------|------------|
| G (วินาที ⁻¹) | G.HRT | E (%) | G (วินาที ⁻¹) | G.SRT | E (%) |
| 15 | 5.4×10^4 | 91 | 15 | 1.2×10^4 | 75.6 |
| 30 | 5.4×10^4 | 91 | 30 | 2.9×10^4 | 83.8 |
| 45 | 5.4×10^4 | 91 | 45 | 3.7×10^4 | 86.1 |
| 60 | 5.4×10^4 | 91 | 60 | 3.3×10^4 | 85.0 |

โดยที่สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.HRT และกับ G.SRT มีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าอัตราสมานตะกอนสุทธิหรืออีกนัยหนึ่งอัตราสมานตะกอนและอัตราตะกอนแตกตัวภายในถังสมานตะกอนในกรณีที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอนและมีการหมุนเวียนตะกอนมีค่าใกล้เคียงกันนั้นเอง ลักษณะเช่นนี้ควรจะทำให้ค่าของ G.SRT และ G.HRT ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดตลอดจนค่าประสิทธิภาพสูงสุดใกล้เคียงกันด้วย แต่เมื่อค่า G.SRT ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดและค่าประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อหมุนเวียนตะกอนมีค่าต่ำกว่า แสดงว่าจะต้องมี

ปัจจัยที่นอกเหนือจากการสมานตะกอนและการแตกตัวของตะกอนภายในถังสมานตะกอนเป็นสาเหตุ ในที่นี้เชื่อว่า ปัจจัยดังกล่าวคือตะกอนที่หมุนเวียนจากกันถังตกตะกอนกลับเข้าสู่ถังสมานตะกอนนั่นเอง กล่าวคือ ตะกอนหมุนเวียนจะถูกสูบด้วยเครื่องสูบเพอร์สตัลติกในอัตรา 1 ลิตร/นาที ผ่านท่อขนาด 0.635 ซม. ที่อัตราไหลและขนาดท่อดังกล่าวนี้ ค่า G จากการคำนวณโดยวิธีของ Hudson & Wolfner⁽²¹⁾ ประมาณ 675 วินาที⁻¹ นั่นคือ ตะกอนที่ผ่านการสมานและตกตะกอนจะถูกทำลายเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็กมากภายใต้ค่า G ที่สูงมากในเส้นท่อหมุนเวียนตะกอน เมื่อเข้าสู่ถังสมานตะกอนที่มีค่า HRT 5 นาที และ G จาก 15 ถึง 60 วินาที⁻¹ อัตราสมานตะกอนอันจำกัดดังกล่าวย่อมไม่เพียงพอที่จะสมานตะกอนได้ทั่วถึง ทำให้มีตะกอนขนาดเล็กบางส่วนไม่ได้รับการสมานตะกอนอย่างเพียงพอ มีความเร็วในการตกตะกอนน้อย ทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงที่สุดในที่สุด ปรากฏการณ์เช่นนี้พิจารณาเป็นลำดับได้ว่า เมื่อ SRT มากขึ้น ตะกอนหมุนเวียนมากขึ้น การสมานตะกอนมากขึ้น เมื่อเกินขอบเขตความสามารถในการสมานตะกอนที่มีอยู่ประสิทธิภาพจะเริ่มต่ำลง จุดนี้คือจุดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ค่า G ที่น้อยกว่าย่อมให้อัตราสมานตะกอนต่ำกว่าค่า G ที่มากกว่า ดังนั้นจึงถึงจุดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดเร็วกว่าและหมายถึงได้ระดับประสิทธิภาพสูงสุดต่ำกว่าในที่สุด รูปที่ 5.13 และตารางที่ 5.3 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มดังกล่าวนี้ ที่กล่าวมานี้ทำให้ได้ข้อสรุปว่า การแตกทำลายของตะกอนระหว่างการหมุนเวียนตะกอนเป็นสาเหตุที่ทำให้ระดับประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้จากการหมุนเวียนตะกอนต่ำกว่าที่ควรจะเป็น จนยังผลให้พฤติกรรมร่วมระหว่าง SRT HRT และ G มีความเบี่ยงเบนหรือ SRT ไม่สามารถทดแทน HRT และ G ได้อย่างสมบูรณ์ ดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ การแตกทำลายของตะกอนระหว่างการหมุนเวียนตะกอนยังทำให้ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้ค่า G น้อยกว่า มีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้ค่า G มากกว่าอีกด้วย กรณีเช่นนี้แตกต่างไปจากกระบวนการที่ไม่หมุนเวียนตะกอนซึ่งระดับค่า G ไม่มีอิทธิพลต่อระดับประสิทธิภาพสูงสุดแต่อย่างใด

พิจารณารูปที่ 5.13 คือไปในช่วงหลังจากประสิทธิภาพสูงสุด ปรากฏว่าประสิทธิภาพมีค่าต่ำลงตาม G.SRT ที่มากขึ้น แต่อัตราการลดของประสิทธิภาพแตกต่างกันไปตามค่า G กล่าวคือค่า G ที่มากกว่าจะให้อัตราการลดของประสิทธิภาพต่ำกว่าค่า G ที่น้อยกว่า ลักษณะเช่นนี้แสดงว่า SRT และ G มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในลักษณะตรงกันข้ามและไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน SRT ที่มากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลงอย่างรวดเร็วในขณะที่ G ที่มากขึ้นจะชะลอการลดค่าของประสิทธิภาพ กรณีเช่นนี้แตกต่างไปจากกระบวนการที่ไม่หมุนเวียนตะกอนซึ่ง HRT และ G มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพที่ต่ำลงในทิศทางเดียวกัน พฤติกรรมของ SRT

และ G ในลักษณะดังกล่าวนี้เชื่อว่ามีสาเหตุจากการแตกทำลายของตะกอนในระบบหมุนเวียนตะกอน เช่นกัน กล่าวคือ เมื่อ SRT มากขึ้น ตะกอนที่มีขนาดเล็กมากและไม่ได้รับการสมานอย่างเพียงพอ หลังจากผ่านถังสมานตะกอนจะมีปริมาณมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลง ในขณะเดียวกัน ถ้าค่า G มากขึ้น อัตราสมานตะกอนจะเพิ่มขึ้น ปริมาณตะกอนขนาดเล็กมากที่ไม่ได้รับการสมานอย่างเพียงพอ จะน้อยลง ทำให้อัตราการลดของประสิทธิภาพต่ำลง หรือชะลอการลดลงของประสิทธิภาพนั่นเอง

จากที่กล่าวมา สรุปพฤติกรรมของ SRT และ G เมื่อมีการหมุนเวียนตะกอนได้ว่า ในช่วงก่อนถึงประสิทธิภาพสูงสุด SRT และ G สามารถทดแทนกันได้ที่ระดับประสิทธิภาพหนึ่ง ๆ ประสิทธิภาพในช่วงนี้แปรตาม SRT และ G ในช่วงหลังจากประสิทธิภาพสูงสุด SRT และ G ไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในการกำหนดระดับประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพในช่วงนี้แปรตาม G ในขณะที่แปรผกผันกับ SRT ที่ระดับประสิทธิภาพสูงสุด ค่า G ที่มากกว่ามีแนวโน้มให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดสูงกว่าค่า G ที่น้อยกว่า และกระบวนการที่หมุนเวียนตะกอนให้ระดับประสิทธิภาพสูงสุดต่ำกว่ากระบวนการที่ไม่หมุนเวียนตะกอน ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนหมุนเวียนถูกทำลายเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็กมากก่อน เข้าสู่ถังสมานตะกอน

5.2.1.4 ความสามารถในการตกตะกอน

นำผลการทดลองการตกตะกอนแบบแบบทซ์ ดังแสดงในตารางที่ ผ. 5 ถึง ผ.8 มาพลอตเป็นกราฟโดยให้ความสูงของชั้นตะกอนเป็นฟังก์ชันกับเวลาตกตะกอน จะได้ความเร็วในการตกตะกอนแบบชั้นหรือ ZSV (zone settling velocity) จากความชันแรก (initial slope) ของเส้นโค้งในแง่ของความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยหรือ C ดังแสดงในตารางที่ ผ.34 นำข้อมูลแต่ละชุดซึ่งประกอบด้วย ZSV และ C คำนวณในสมการ (5-1) ซึ่ง Karot⁽⁷⁰⁾ พบว่าสามารถอธิบาย ZSV ได้ถูกต้องกว่าสมการรูปอื่น

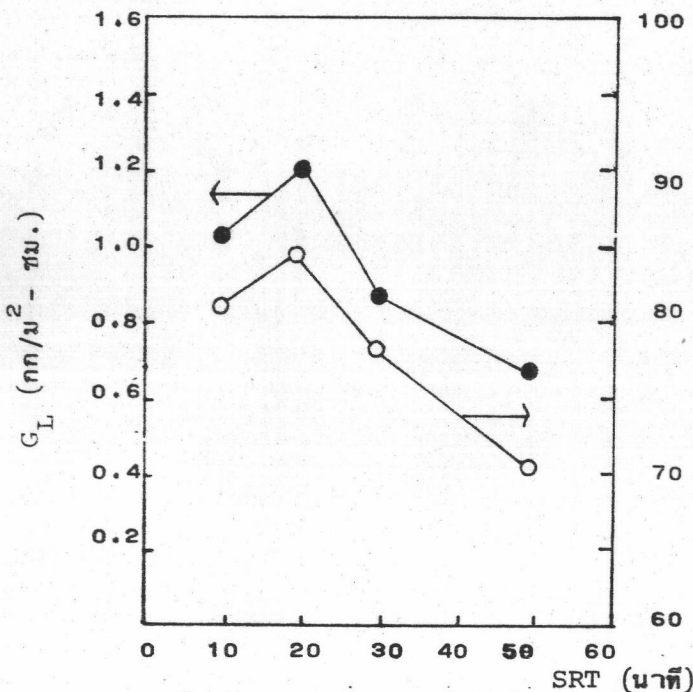
$$ZSV = a \cdot e^{bC} \quad (5-1)$$

โดยที่ ZSV มีหน่วยเป็น ม/ชม. C มีหน่วยเป็น ก/ม³ a และ b เป็นสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (regression coefficient) ผลจากการคำนวณคือค่า a b และสัมประสิทธิ์การตัดสินใจหรือ r² (coefficient of determination) แสดงไว้ในตารางที่ ผ.35 ค่า ZSV ที่ค่า C ต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณตามสมการ (5.1) แสดงไว้ในตารางที่ ผ. 36 ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับ C แสดงในรูปที่ ผ.1 ถึง รูปที่ ผ.4

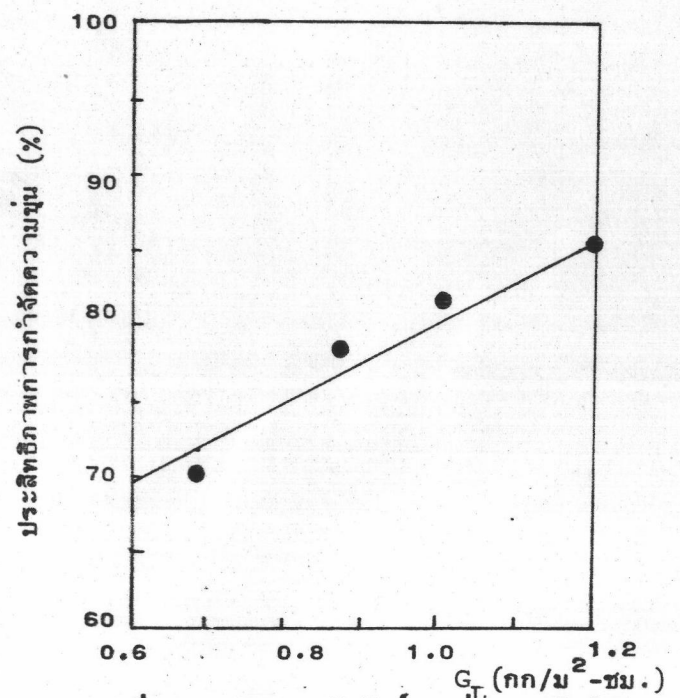
ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ที่จมตัวด้วยน้ำหนักตัวเองหรือ G_S (subsidence flux) ซึ่งได้จากผลคูณระหว่าง ZSV กับ C แสดงไว้ในรูปที่ พ.30 ถึง พ.33 ในแต่ละรูปจากเส้นโยชิโอกา (Yoshioka line) ซึ่งมีความชันเท่ากับค่าลบของความเร็วในการระบายตะกอนออกจากกันถึงตกตะกอนซึ่งในการทดลองครั้งนี้เท่ากับ 0.375 ม/ชม. ทั้งนี้เส้นโยชิโอกาจะต้องสัมผัสกับเส้นโค้งของ G_S จุดที่เส้นโยชิโอกาตัดแกน x ถึง C_u ซึ่งหมายถึงความเข้มข้นของตะกอนที่ระบายออกจากกันถึงตกตะกอนเมื่อถึงจุดที่ตะกอนเริ่มสะสมในถัง ทิศบนแกน x ของจุดที่เส้นโยชิโอกาสัมผัสกับเส้นโค้ง G_S คือ C_L ซึ่งหมายถึงความเข้มข้นสูงสุดที่ถึงตกตะกอนจะรับได้โดยไม่เกิดการสะสมของตะกอนขึ้นในถัง และจุดที่เกิดจากเส้นโยชิโอกาตัดกับแกน Y คือ G_L ซึ่งหมายถึงโซลิดฟลักซ์สูงสุดที่ถึงตกตะกอนจะรับได้โดยไม่เกิดการสะสมของตะกอนขึ้นในถัง

เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้จะดำเนินการศึกษาถึงความสามารถในการตกตะกอนในเชิงเปรียบเทียบ ดังนั้นจึงใช้ค่า G_L เป็นเกณฑ์พิจารณา กล่าวคือ ตะกอนที่ให้ค่า G_L มากย่อมมีความสามารถในการตกตะกอนดีกว่าตะกอนที่ให้ค่า G_L น้อย นั่นเอง

จากรูปที่ พ.30 ถึง พ.33 นำค่า G_L ที่ได้หาแนวโน้มความสัมพันธ์กับ SRT และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ดังแสดงในรูปที่ 5.14 และ 5.15 ตามลำดับ



รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง G_L และประสิทธิภาพกับ SRT เพื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอนที่ G 30 วินาที⁻¹



รูปที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G_L เมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอนที่ G 30 วินาที⁻¹

พิจารณารูปที่ 5.14 ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ที่แน่ชัดระหว่าง G_L กับ SRT ในขณะที่ G_L แสดงแนวโน้มที่สอดคล้องกับประสิทธิภาพในแต่ละค่า SRT ที่เปลี่ยนไป ซึ่งเมื่อพิจารณารูปที่ 5.15 จะเห็นว่า ระดับประสิทธิภาพแปรตามค่า G_L โดยมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง แสดงถึงแนวโน้มว่าประสิทธิภาพในแต่ละ SRT ถูกกำหนดด้วยความสามารถในการตกตะกอนหรือลักษณะตะกอนเป็นอย่างมาก

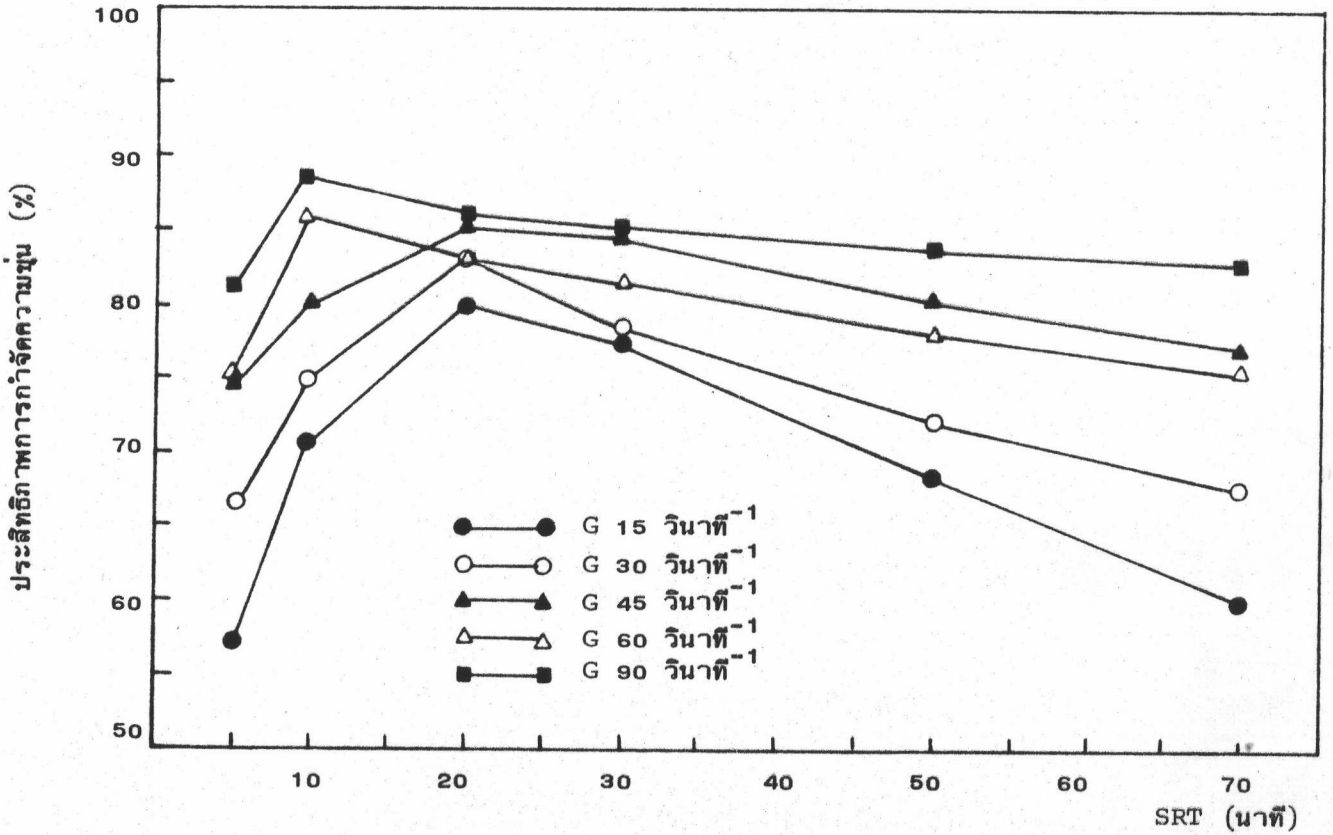
5.2.2 กระบวนการรวมตะกอนที่มีการหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115

ดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ SRT 10 20 30 50 70 นาที ภายใต้ค่า G 15 30 45 60 90 วินาที⁻¹ ที่ HRT คงที่ 5 นาที ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ผ.4 ในแต่ละการทดลองดังกล่าวดำเนินการทดลองการตกตะกอนแบบแบทช์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ผ.9 ถึง ผ.33

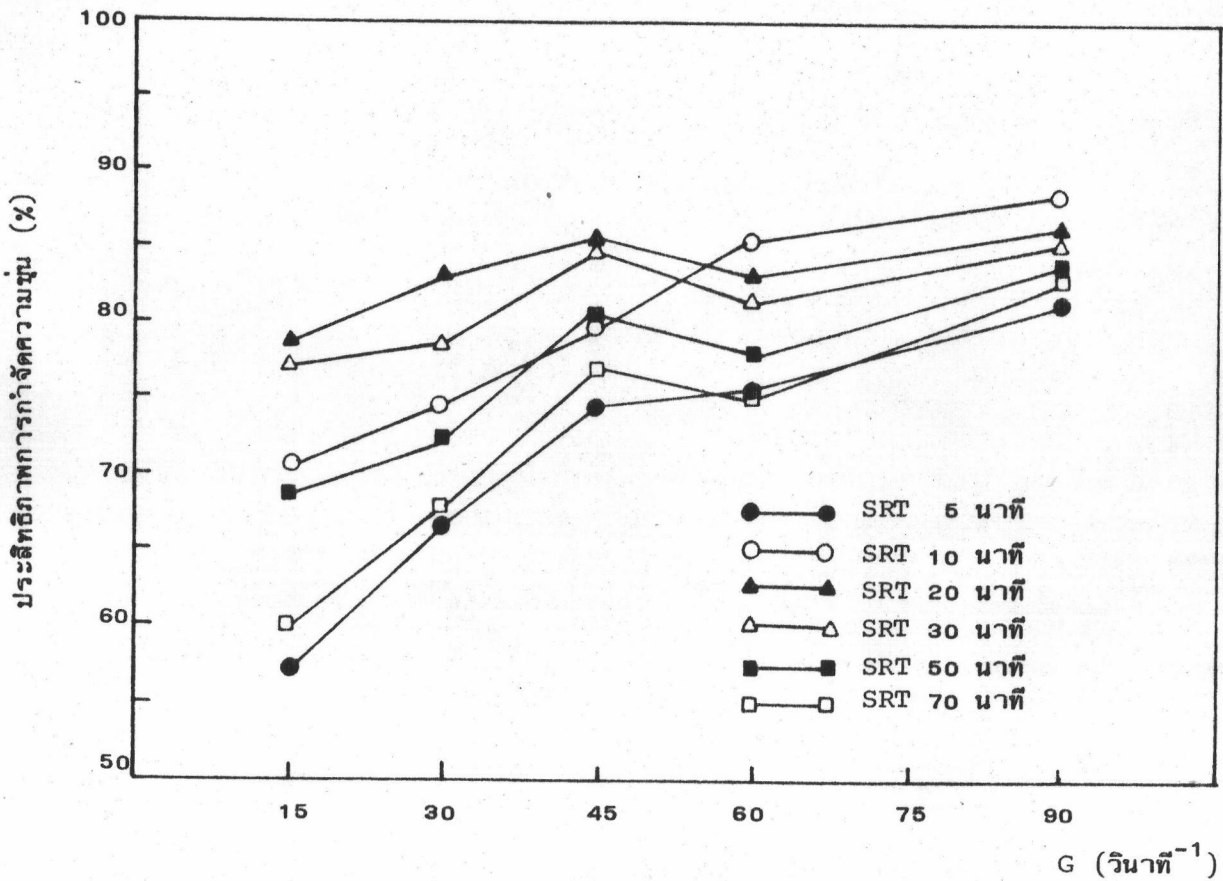
5.2.2.1 ความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพ

รูปที่ 5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ SRT ที่ G 15 ถึง 90 วินาที⁻¹ จะเห็นว่า ที่ค่า G 15 30 45 60 และ 90 วินาที⁻¹ SRT' มีค่าเท่ากับ 20 20 20 10 และ 10 นาทีตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ SRT 5 นาทีกับประสิทธิภาพที่ SRT' ดังแสดงในตารางที่ 5.4 จะเห็นว่า การหมุนเวียนตะกอนจนได้ประสิทธิภาพสูงสุดจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงขึ้น 7 ถึง 21.6 % เมื่อเทียบกับก่อนที่จะมีการหมุนเวียนตะกอน

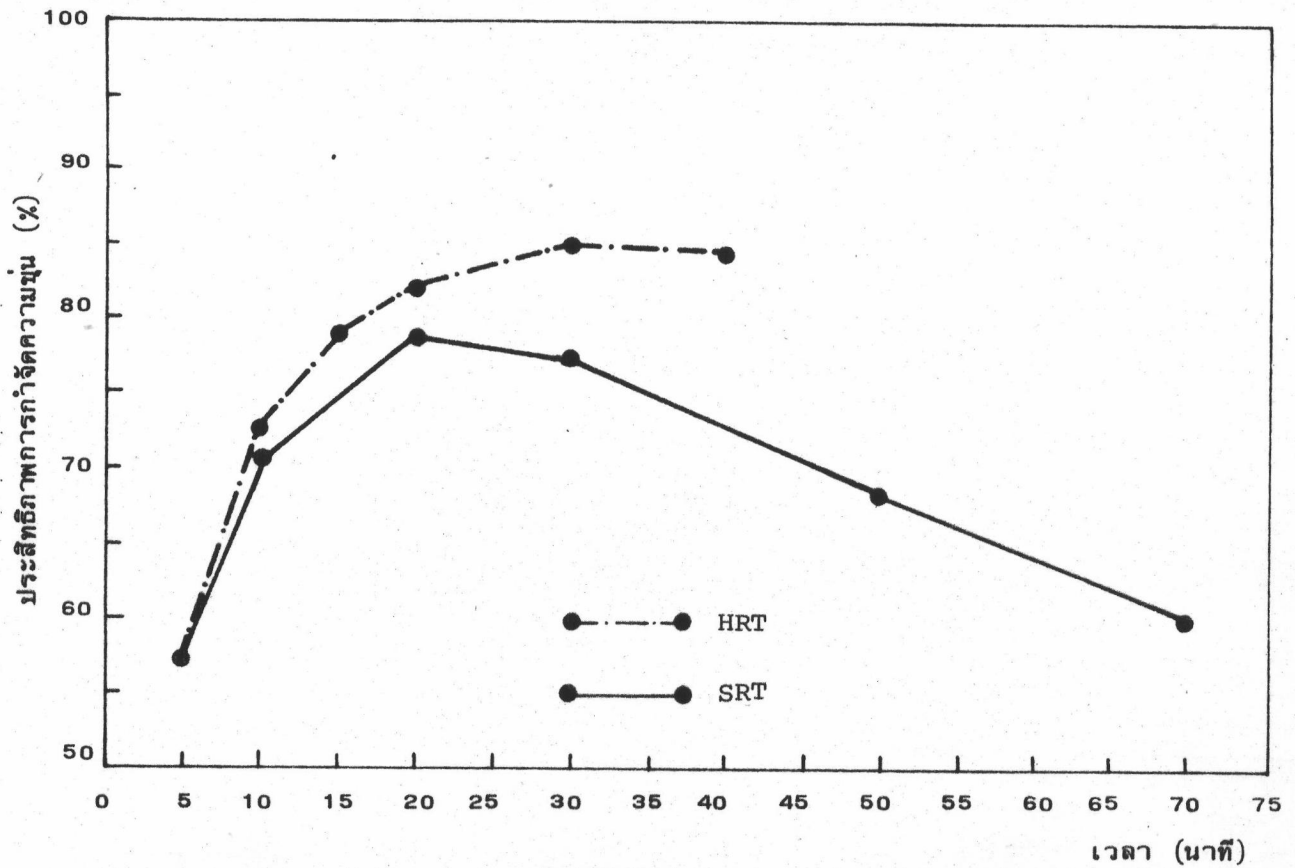
รูปที่ 5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G ที่ SRT 5 ถึง 70 นาที จะเห็นว่า ทุก ๆ ค่า G ประสิทธิภาพที่ SRT 10 ถึง 70 นาที สูงกว่าที่ SRT 5 นาที เนื่องจากกระบวนการที่ SRT 5 นาที คือกระบวนการที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอน ดังนั้นแสดงว่า การหมุนเวียนตะกอนที่ SRT 10 ถึง 70 นาที ซึ่งหมายถึงปริมาณตะกอนในถังผสมเพิ่มขึ้น 2 ถึง 14 เท่า จะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นจากที่ไม่มี การหมุนเวียนตะกอน



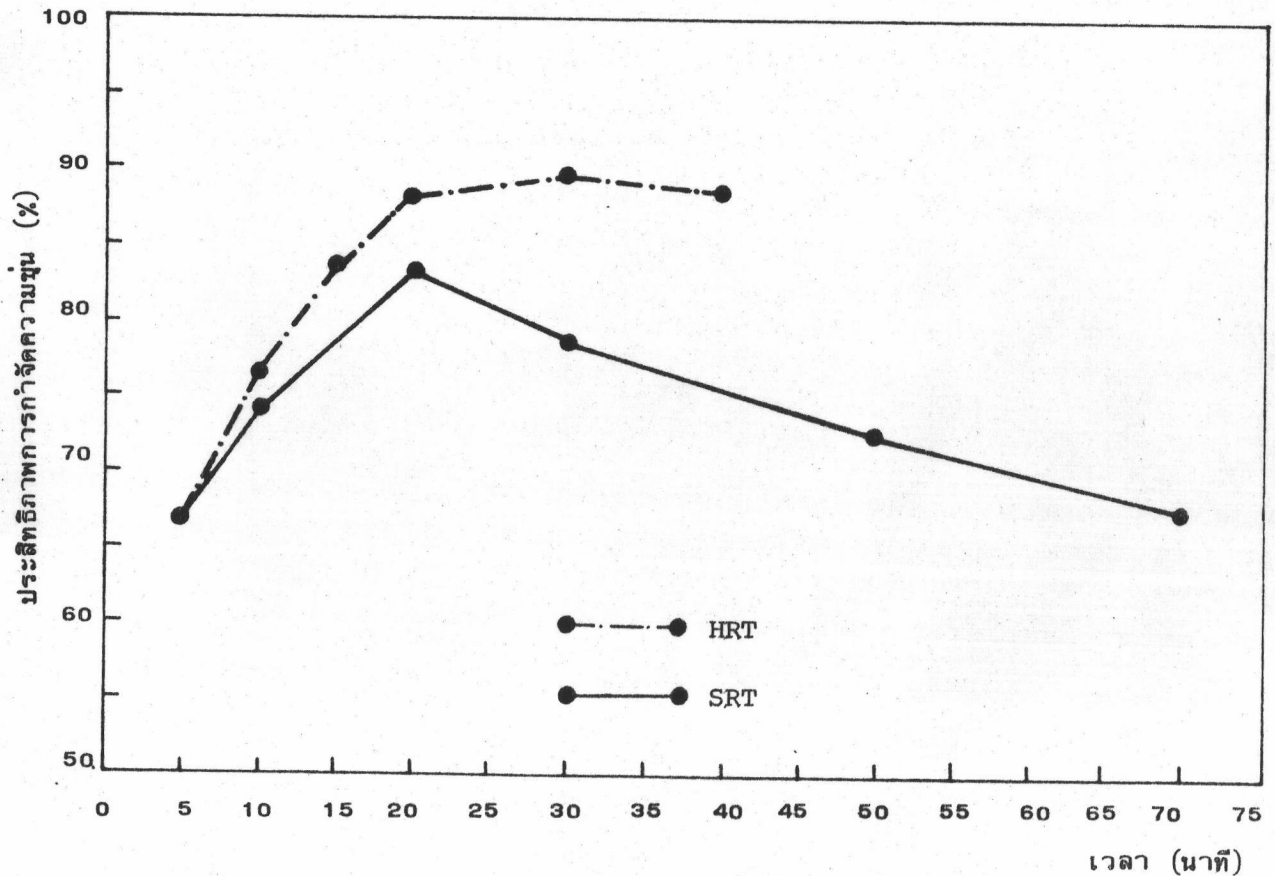
รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง SRT กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการต้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน ที่ HRT 5 นาที เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115



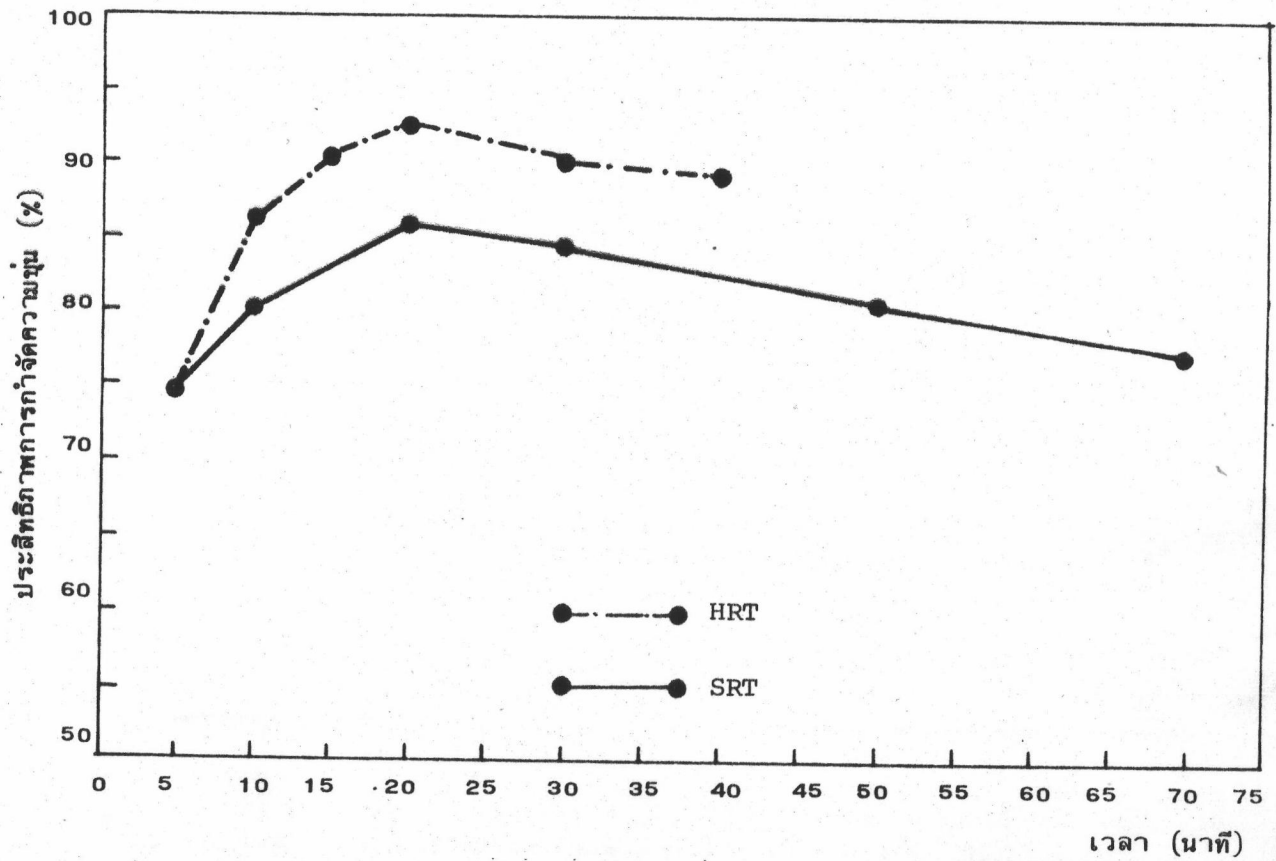
รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง G กับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการต้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน ที่ HRT 5 นาที เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115



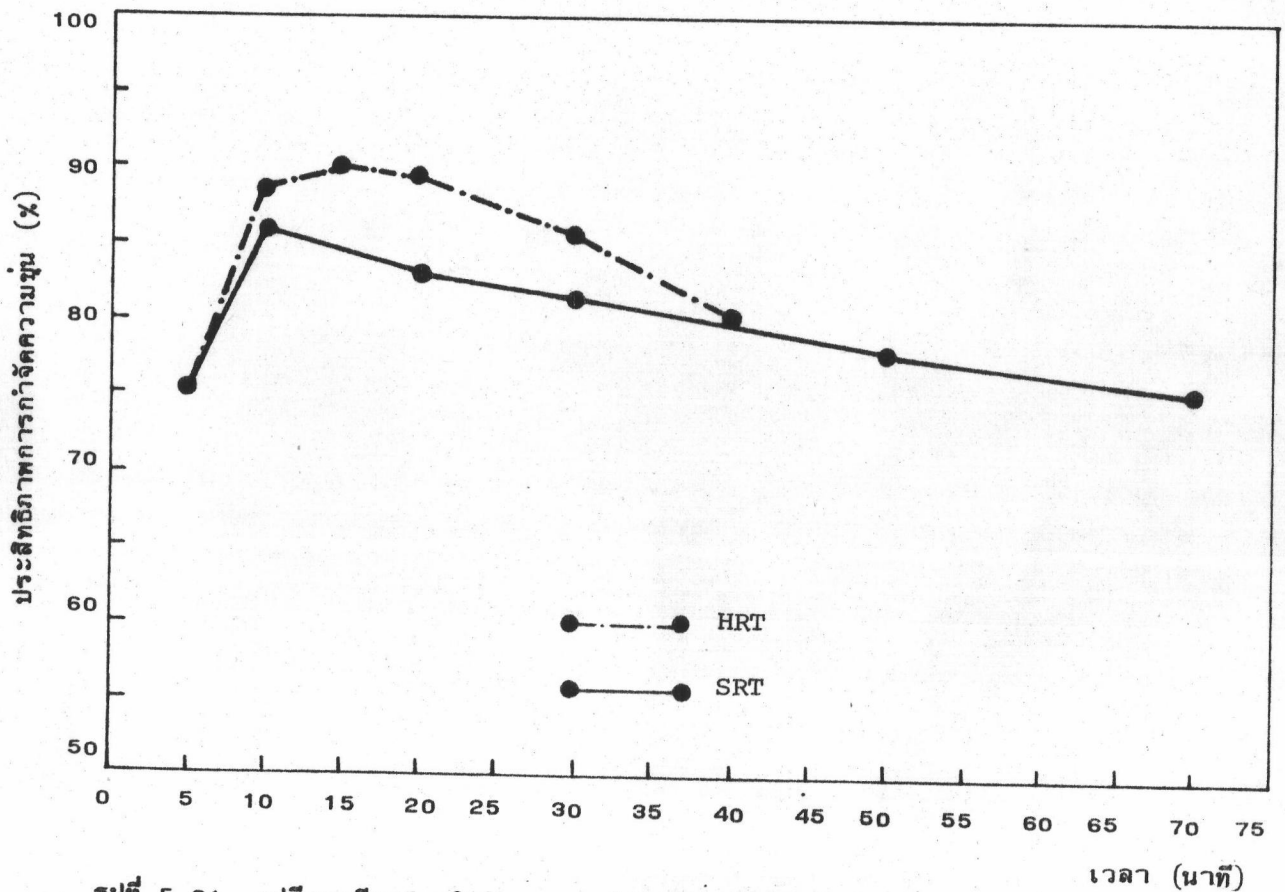
รูปที่ 5.18 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT
เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 15 วินาที⁻¹



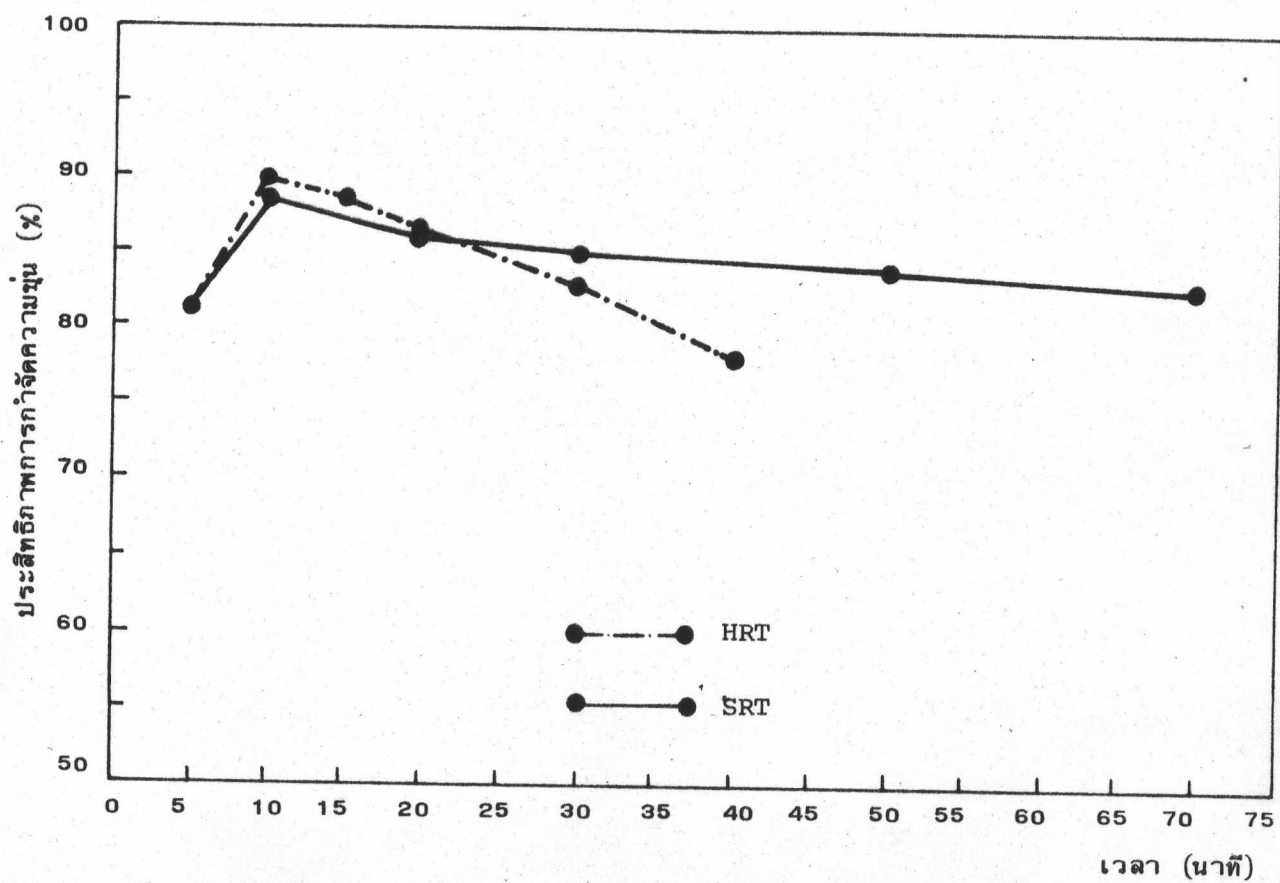
รูปที่ 5.19 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT
เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ G 30 วินาที⁻¹



รูปที่ 5.20 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT
เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ $G\ 45\ \text{วินาที}^{-1}$



รูปที่ 5.21 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT
เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 ที่ $G\ 60\ \text{วินาที}^{-1}$



รูปที่ 5.22 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เปลี่ยนไปตาม HRT และ SRT
เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ที่ $G 90 \text{ วินาที}^{-1}$

ตารางที่ 5.4 ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจาก SRT 5 นาที ถึง SRT' ของกระบวนการค้นแบบที่มี การหมุนเวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5

| G (วินาที ⁻¹) | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|
| ประสิทธิภาพที่ SRT 5 นาที (%) | 75.2 | 66.8 | 74.4 | 75.2 | 81.2 |
| ประสิทธิภาพที่ SRT' (%) | 78.8 | 83 | 85.6 | 86 | 88.2 |
| ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (%) | 21.6 | 16.2 | 11.2 | 10.8 | 7 |

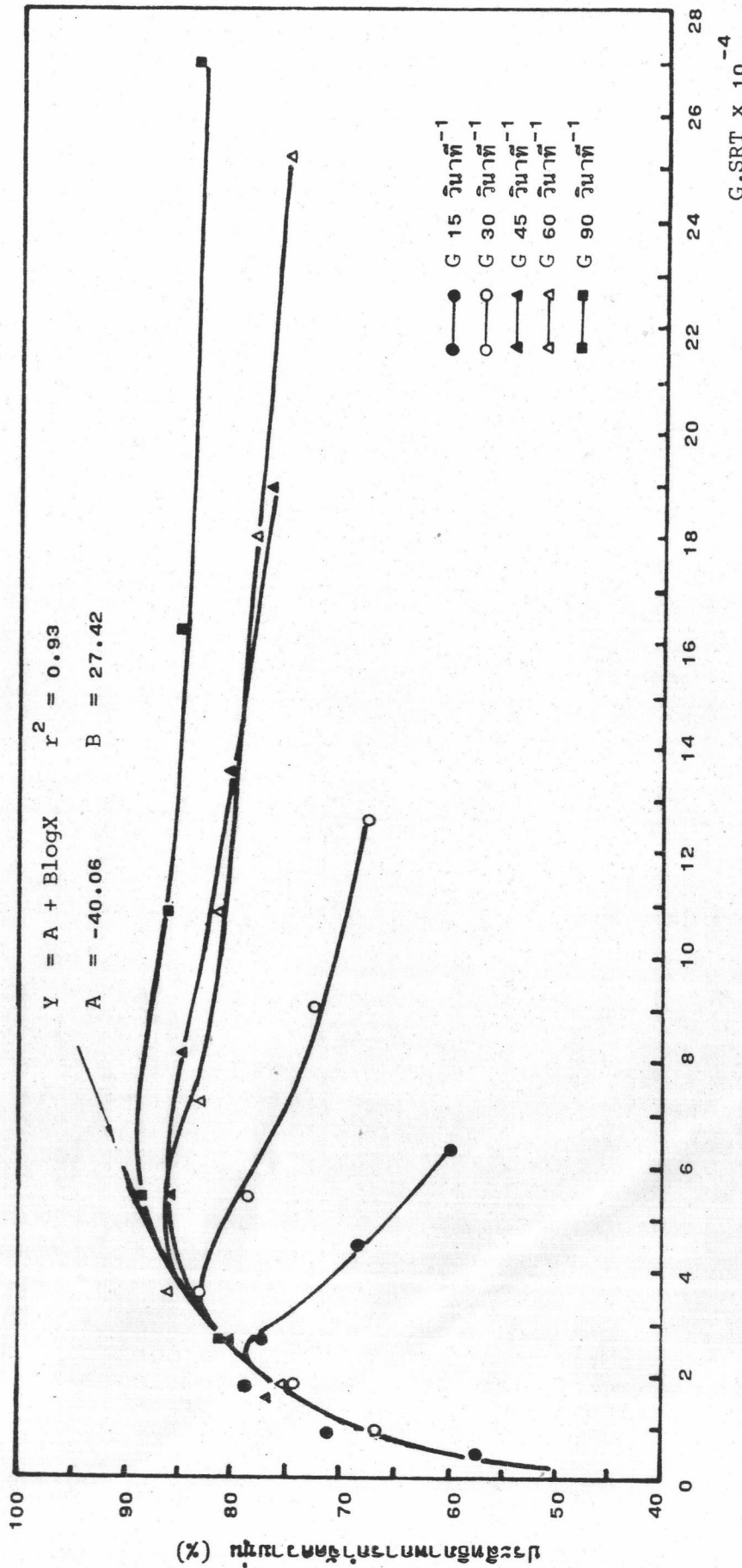
5.2.2.2 ความเป็นไปได้ในการลดค่า HRT และ G

รูปที่ 5.18 ถึง 5.22 แสดงถึงความแตกต่างระหว่างอิทธิพลที่ SRT และ HRT มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในแต่ละค่า G จะเห็นว่าทุก ๆ ค่า G ประสิทธิภาพที่ได้จากการหมุนเวียนตะกอนที่ SRT' มีค่าเทียบเท่ากับประสิทธิภาพของกระบวนการที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอนซึ่งมีค่า HRT อยู่ในช่วง 10 ถึง 15 นาที โดยที่กระบวนการที่มีการหมุนเวียนตะกอนมีค่า HRT 5 นาที และ SRT' อยู่ในช่วง 10 ถึง 20 นาที ดังนั้นผลการทดลองจึงแสดงว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนในถังสมานตะกอนเป็นจำนวน 2 ถึง 4 เท่า จะสามารถลดค่า HRT ลงได้ 2 ถึง 3 เท่า โดยที่ยังคงประสิทธิภาพไว้ในระดับเดิมได้

จากรูปที่ 5.17 จะเห็นว่าที่ SRT 5 นาที ประสิทธิภาพมีค่าสูงสุดที่ G 90 วินาที⁻¹ ที่ระดับประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ปรากฏว่า ค่า G ของ SRT' 10 และ 20 นาที อยู่ในช่วง 30 ถึง 45 วินาที⁻¹ ลักษณะเช่นนี้แสดงว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตะกอน 2 ถึง 4 เท่า จะสามารถลดค่า G ลงได้ประมาณ 2 ถึง 3 เท่าโดยที่ยังคงประสิทธิภาพไว้ในระดับเดิมได้

5.2.2.3 พฤติกรรมของ SRT และ G

รูปที่ 5.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับ G.SRT จะเห็นว่า ในช่วงก่อนถึงประสิทธิภาพสูงสุด พารามิเตอร์ G.SRT มีความสัมพันธ์เป็นลัทธิการิทึมกับประสิทธิภาพ ความสัมพันธ์ที่แน่นอนเช่นนี้แสดงว่า SRT และ G สามารถทดแทนกันได้ที่ระดับประสิทธิภาพหนึ่งๆ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้กับความสัมพันธ์



รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับ G.SRT ของกระบวนการตกตะกอนที่มีสารส้มร่วมกับ Superfloc A115

ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.HRT ของกระบวนการที่ไม่หมุนเวียนตะกอนในช่วงก่อนถึงประสิทธิภาพสูงสุดเช่นกัน ปรากฏว่าค่า G.SRT กับ G.HRT ที่เท่ากัน จะให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในตารางที่ 5.5 ลักษณะเช่นนี้แสดงว่า SRT และ HRT สามารถทดแทนกันได้ที่ระดับประสิทธิภาพหนึ่ง ๆ เช่นกัน

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ G.HRT และ G.SRT เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115

| เมื่อไม่การหมุนเวียนตะกอน $E = 28.74 \log (G.HRT) - 45.4$ | | เมื่อมีการหมุนเวียนตะกอน $E = 27.42 \log (G.SRT) - 40.06$ | |
|--|-------|--|-------|
| G.HRT | E (%) | G.SRT | E (%) |
| 1×10^4 | 69.6 | 1×10^4 | 69.6 |
| 2×10^4 | 78.2 | 2×10^4 | 77.9 |
| 3×10^4 | 83.3 | 3×10^4 | 82.7 |
| 4×10^4 | 86.9 | 4×10^4 | 86.1 |
| 5×10^4 | 91.9 | 5×10^4 | 88.8 |

พิจารณาที่ระดับประสิทธิภาพสูงสุด เปรียบเทียบกรณีที่ไม่หมุนเวียนตะกอนกับกรณีหมุนเวียนตะกอน ในกรณีแรกจากรูปที่ 5.6 จะเห็นว่า ไม่ว่าจะใช้ค่า G ใด ๆ ประสิทธิภาพสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ G.HRT เดียวกันและมีค่าเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจาก HRT และ G สามารถทดแทนกันได้ทุกค่า G.HRT นั้นเอง ในกรณีที่สองจากรูปที่ 5.23 จะเห็นว่าพฤติกรรมร่วมระหว่าง SRT และ G เริ่มเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ G จะกลายเป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดระดับประสิทธิภาพสูง และ SRT ไม่สามารถทดแทนค่า G ได้นับจากค่า G.SRT ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดเป็นต้นไป ทั้งนี้เกิดจากปัจจัยภายนอกคือตะกอนที่แตกตัวทำลายในระบบหมุนเวียนตะกอนก่อนเข้าสู่ถังสมานตะกอน ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวถึงในข้อ 5.2.1.3 จากตารางที่ 5.6 จะเห็นว่าระดับประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้จากการหมุนเวียนตะกอนแปรผกผันกับค่า G และค่า G ที่ต่างกันจะให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ G.SRT ที่ต่างกัน

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อไม่มีและมีการหมุนเวียนตะกอน ในกรณีที่ใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5

| ระดับประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อไม่หมุนเวียนตะกอน | | | ระดับประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อหมุนเวียนตะกอน | | |
|--|-------------------|----------|---|-------------------|----------|
| G (วินาที ⁻¹) | G.HRT | E (%) | G (วินาที ⁻¹) | G.SRT | E (%) |
| 15 | 5.5×10^4 | 90.8 | 15 | 2.2×10^4 | 79 |
| 30 | 5.5×10^4 | 90.8 | 30 | 3.1×10^4 | 83.1 |
| 45 | 5.5×10^4 | 90.8 | 45 | 4.0×10^4 | 86.1 |
| 60 | 5.5×10^4 | 90.8 | 60 | 4.2×10^4 | 86.7 |
| 90 | 5.5×10^4 | 90.8 | 90 | 5.1×10^4 | 89 |

พิจารณาช่วงหลังประสิทธิภาพสูงสุด ปรากฏว่า SRT และ G มีอิทธิพลต่อการลดลงของประสิทธิภาพตาม G.SRT ในทิศทางตรงกันข้ามและไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กล่าวคือ SRT ที่มากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลง ในขณะที่ G ที่มากขึ้นจะชะลอการลดต่ำลงของประสิทธิภาพ ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้มีลักษณะ เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวถึงในข้อ 5.2.1.3

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า พฤติกรรมของ SRT และ G เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5 มีลักษณะ เช่นเดียวกับเมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน กล่าวคือ ในช่วงก่อนถึงประสิทธิภาพสูงสุด SRT และ G สามารถทดแทนกันได้ที่ระดับประสิทธิภาพหนึ่ง ๆ ประสิทธิภาพในช่วงนี้แปรตาม SRT และ G ในช่วงหลังจากประสิทธิภาพสูงสุด SRT และ G ไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในการกำหนดระดับประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพในช่วงนี้แปรตาม G ในขณะที่แปรผกผันกับ SRT ที่ระดับประสิทธิภาพสูงสุด ค่า G ที่มากกว่าจะให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดสูงกว่าค่า G ที่น้อยกว่า และระดับประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้จากกระบวนการที่หมุนเวียนตะกอนจะมีค่าค่ากว่าระดับประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้จากกระบวนการที่ไม่หมุนเวียนตะกอน ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนหมุนเวียนถูกทำลายเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็กมาก่อน เข้าสู่ถังผสมตะกอน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าพฤติกรรมของ SRT และ G ที่เกิดขึ้นในการหมุนเวียนตะกอนเมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 จะเป็นเช่นเดียวกับเมื่อใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ความแตกต่างประการหนึ่งได้เกิดขึ้นอย่างเด่นชัดในช่วงหลังประสิทธิภาพสูงสุด กล่าวคือจากรูปที่ 5.13 กับ 5.23 จะเห็นว่า ที่ค่า G ที่เท่ากัน กระบวนการหมุนเวียนตะกอนที่ใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 จะมีอัตราการลดลงของประสิทธิภาพตาม G.SRT ต่ำกว่ากระบวนการหมุนเวียนตะกอนที่ใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอนอย่างเห็นได้ชัด ลักษณะเช่นนี้อธิบายได้ว่า มีสาเหตุจากลักษณะของตะกอนที่แตกต่างกันนั่นเอง กล่าวคือ ตะกอนที่เกิดจากการใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 มีความทนทานต่อแรงเฉือนในน้ำมากกว่าตะกอนที่เกิดจากการใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ซึ่งเหตุผลที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 5.1 ดังนั้นในกรณีที่ใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc A115 ตะกอนหมุนเวียนจะแตกตัวทำลายในระบบหมุนเวียนตะกอนน้อยกว่าในกรณีที่ใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอน ทำให้มีอัตราการลดลงของประสิทธิภาพตาม G.SRT หรือ SRT ต่ำกว่าในที่สุด

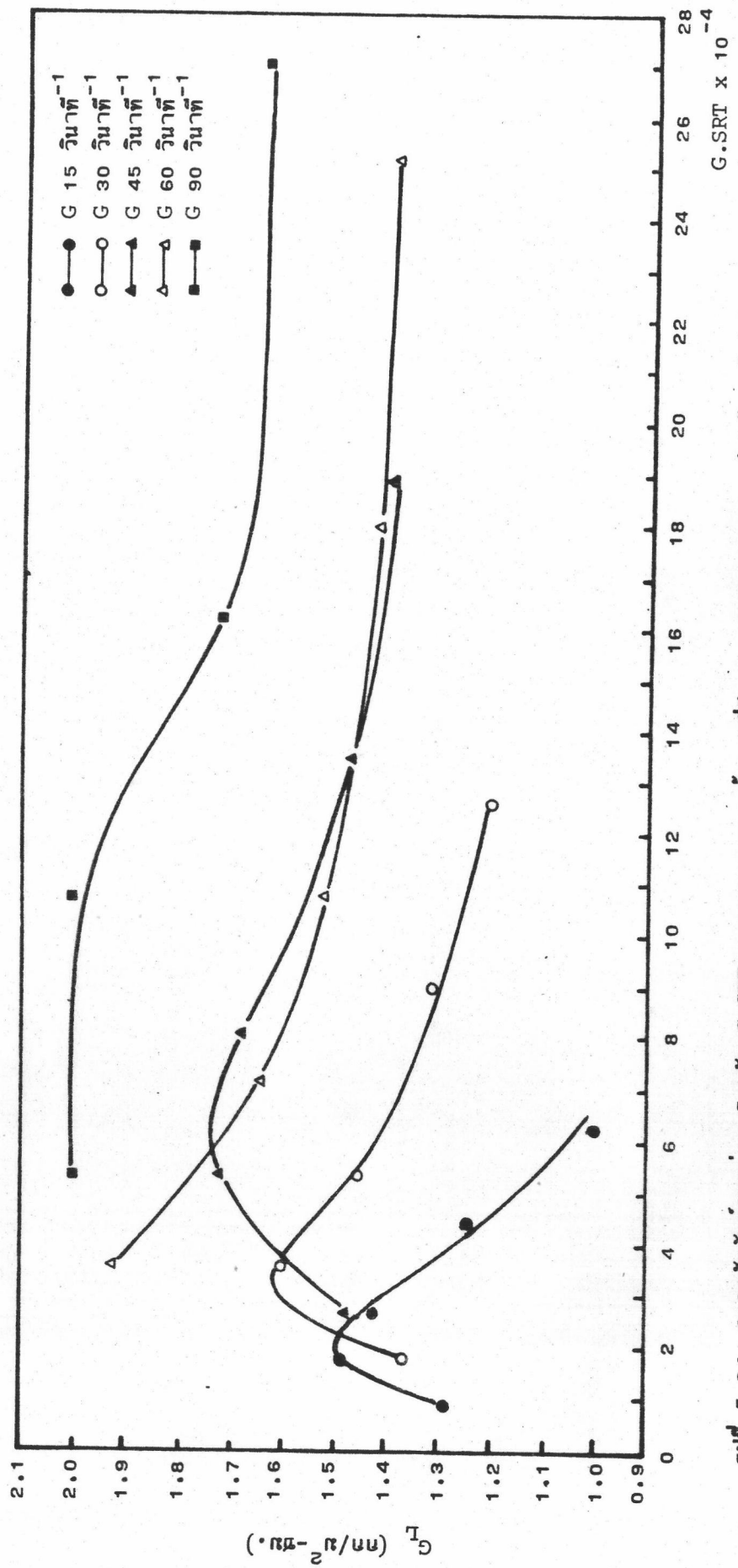
5.2.2.4 ความสามารถในการตกตะกอน

ดำเนินการทดลองการตกตะกอนแบบแบบที่ตลอดทุกการทดลองที่ SRT 10 20 30 50 70 นาที ภายใต้ G 15 30 45 60 90 วินาที⁻¹ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ผ.9 ถึง ผ.33 ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการทดลองแสดงในตารางที่ ผ.37 ถึง ผ.41 ค่า a b และ r^2 ของสมการ $ZSV = a \cdot e^{bc}$ แสดงในตารางที่ ผ.42 ค่า ZSV และ G_S ที่ได้จากการคำนวณแสดงในตารางที่ ผ.16 ถึง ผ.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง ZSV กับ C แสดงในรูปที่ ผ.5 ถึง ผ.29 ความสัมพันธ์ระหว่าง G_S กับ C แสดงในรูปที่ ผ.34 ถึง ผ.58 ค่า G_L ที่หาจากรูปที่ ผ.34 ถึง ผ.58 โดยวิธีของโยชิโอกาแสดงในตารางที่ 5.7 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.7 G_L (กก/ม²ชม) ของตะกอนที่ได้จากกระบวนการค้นแบบที่มีการหมุนเวียนตะกอน
เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5

| G (วินาที ⁻¹) | SRT (นาที) | | | | |
|---------------------------|------------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 50 | 70 |
| 15 | 1.28 | 1.48 | 1.42 | 1.24 | 1.0 |
| 30 | 1.36 | 1.6 | 1.45 | 1.31 | 1.2 |
| 45 | 1.48 | 1.72 | 1.68 | 1.52 | 1.4 |
| 60 | 1.92 | 1.64 | 1.52 | 1.42 | 1.39 |
| 90 | 2.0 | 2.0 | 1.72 | 1.64 | 1.6 |

รูปที่ 5.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง G_L กับ $G \cdot SRT$ ที่พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของ G_L ตาม $G \cdot SRT$ โดยแบ่งออกเป็นสองช่วงตามพฤติกรรมที่แตกต่างกัน โดยช่วงแรกคือจากเริ่มต้นจนถึงค่า $G \cdot SRT$ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด ในรูปที่ 5.24 หมายถึงจากเริ่มต้นจนถึงค่า $G \cdot SRT$ 2.2×10^4 3.1×10^1 และ 4.0×10^4 สำหรับค่า G 15 30 และ 45 วินาที⁻¹ ตามลำดับ ดังที่ได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 5.6 จะเห็นว่าในช่วงดังกล่าวนี้ ค่า G_L มีแนวโน้มมากขึ้นตาม $G \cdot SRT$ ที่มากขึ้น แสดงว่าค่า SRT และ G ที่เพิ่มขึ้นในช่วงนี้ ทำให้ได้ตะกอนที่ตกตะกอนได้ดีขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่า ทำให้ได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่และมีความแน่นมากขึ้น โดยที่ SRT และ G ที่มีค่ามากขึ้นมีบทบาทร่วมกันในการเพิ่มอัตราสมานตะกอนทำให้ได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ในขณะที่ G มีบทบาทเด่นชัดในการทำให้ตะกอนมีความแน่นขึ้น ข้อควรตระหนักในช่วงนี้คือ SRT หรือปริมาณตะกอนที่มากขึ้นยังอยู่ในขอบเขตความสามารถสมานตะกอนที่มีอยู่ ทำให้ปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้นยังมีบทบาทในการเพิ่มอัตราสมานตะกอน สำหรับในช่วงที่สองหลังจากตะกอนมีความสามารถในการตกตะกอนสูงสุดแล้ว ปรากฏว่า ในแต่ละค่า G ค่า $G \cdot SRT$ ที่มากขึ้นจะทำให้ G_L มีค่าน้อยลง นั่นคือ SRT ที่เพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการตกตะกอนลดลง นอกจากนี้ยังปรากฏว่า ที่ $G \cdot SRT$ เดียวกัน ตะกอนภายใต้ค่า G ที่มากกว่าจะมีค่า G_L มากกว่า นั่นคือ G ยังคงมีบทบาทในลักษณะเดิมคือ G ที่มากขึ้นจะทำให้อัตราสมานตะกอนเพิ่มขึ้น และตะกอนมีความแน่นมากขึ้น บทบาทที่ว่าเป็นแสดงออกมาในลักษณะที่ชะลอการลดลงของค่า G_L ที่เกิด



รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง G_L กับ $G.SRT$ ของกระบวนการตกตะกอนที่มีกากตะกอน เวียนตะกอน เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Superfloc All5

จาก SRT หรือปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้น ที่กล่าวมานี้จะเห็นว่าอิทธิพลที่ SRT และ G มีต่อความสามารถในการตกตะกอน มีแนวโน้มลักษณะเดียวกับที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ดังนั้นจึงคาดได้ว่าความสามารถในการตกตะกอนมีความสอดคล้องหรือมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพโดยตรง