

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

4.1.1 ดันกำเนิดรังสีแกมมา Cs-137 ความแรงรังสี 3 คูรี พร้อมชุดตะกั่วกำบังรังสี และชุดควบคุมการถ่ายภาพระยะไกล

4.1.2 หัววัดรังสีแกมมาแบบซินทิลเลชันชนิดบิสเมทเจอร์มาเนต ขนาด 1 นิ้ว x 1.5 นิ้ว พร้อมหลอดทวิคูณแสง (PMT) ของบริษัท BICRON รุ่น 1M2BGO/1.5 และชุดบังคับลำรังสี

4.1.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง (High Voltage Power Supply) ของ ORTEC รุ่น 556

4.1.4 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำแบบมาตรฐาน NIM BIN ของ OAEP รุ่น 1000

4.1.5 อุปกรณ์ขยายสัญญาณส่วนหน้า อุปกรณ์ภาคขยายหลักและอุปกรณ์วิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยว (Preamplifier/Amplifier/SCA) ของบริษัท ORTEC รุ่น 4890

4.1.6 อุปกรณ์นับรังสีและตั้งเวลา (Counter/Timer) ของบริษัท CANBERRA รุ่น 1772

4.1.7 ระบบสแกนและควบคุมการเคลื่อนที่หัววัด และตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นของระบบสแกน

4.1.8 แผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ (Interface card)

4.1.9 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และจอภาพแบบซูเปอร์วีจีเอ (SVGA Monitor)

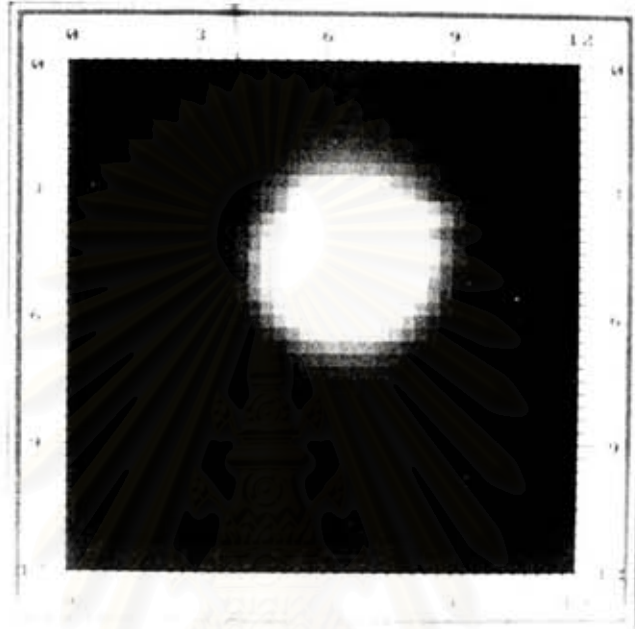
4.1.10 ตัวอย่างคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.2 การทดสอบระบบสแกนเพื่อสร้างภาพสองมิติ

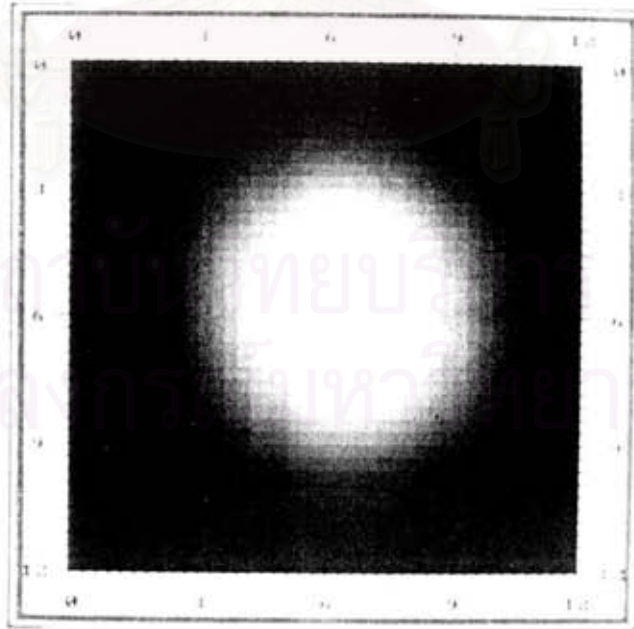
4.2.1 การทดสอบการถ่ายภาพที่ระยะต่าง ๆ

เนื่องจากระบบสแกนที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบสแกนแบบแยกส่วนระหว่างดันกำเนิดรังสีกับระบบขับเคลื่อนหัววัดรังสี ดังนั้นจึงสามารถปรับระยะห่างระหว่างดันกำเนิดรังสีกับ

ระบบขับเคลื่อนหัวรังสีได้อย่างอิสระ ซึ่งจะทำให้ได้พื้นที่ครอบคลุมการถ่ายภาพขนาดต่าง ๆ กัน
 ดังนั้นเพื่อหาระยะที่การถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่การมองภาพมากที่สุด จึงทดลองถ่ายภาพลำรังสี
 (radiation beam) ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีต่าง ๆ ภาพที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1

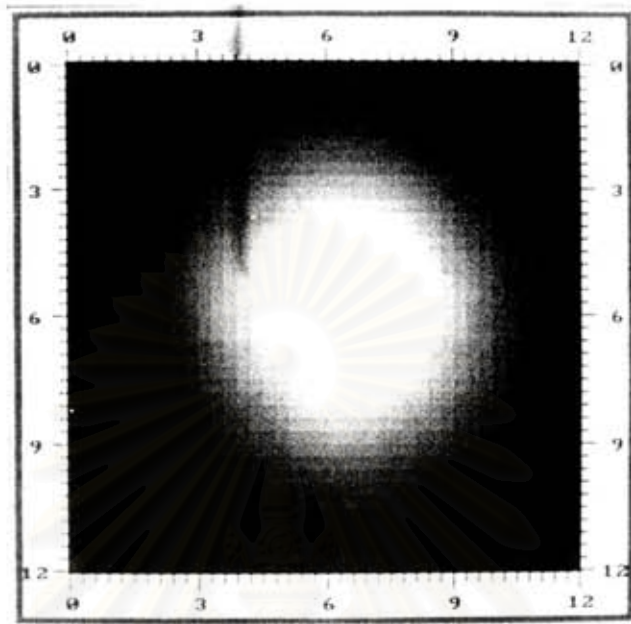


ก. ระยะ 45 เซนติเมตร



ข. ระยะ 90 เซนติเมตร

รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายลำรังสีที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีต่าง ๆ

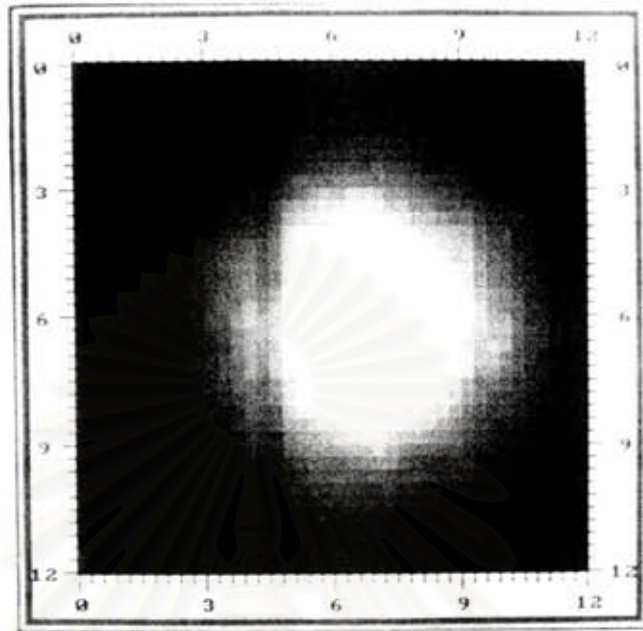


ก. ระยะ 110 เซนติเมตร

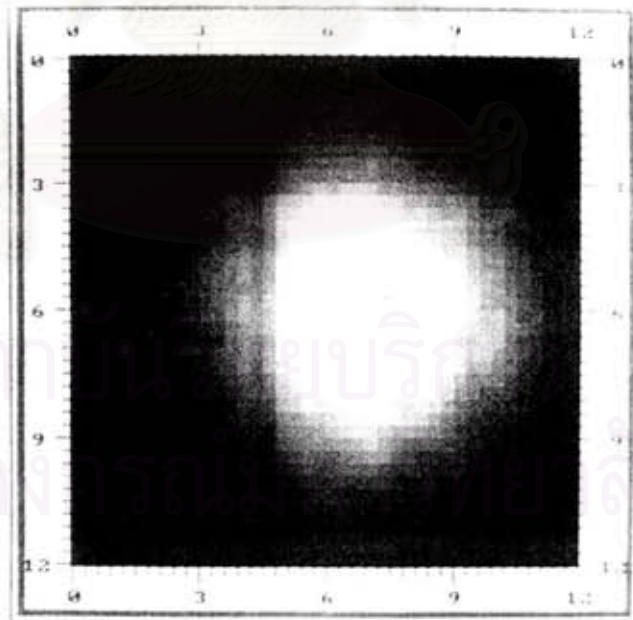
รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายลำรังสีที่ระยะต่าง ๆ (ต่อ)

4.2.2 การทดสอบการถ่ายภาพคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยรังสีโดยใช้เวลาต่างกัน

การทดสอบการถ่ายภาพด้วยระบบสแกน เพื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาของการนับรังสีกับความคมชัดของภาพที่ได้ โดยทดลองนับรังสีในแต่ละตำแหน่งด้วยเวลา 1 วินาที และ 5 วินาทีกับตัวอย่างคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 10 เซนติเมตร ซึ่งใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างหัววัดรังสีกับต้นกำเนิดรังสี 110 เซนติเมตร ภาพที่ได้แสดงดังรูป 4.2



ก. 1 วินาที



ข. 5 วินาที

รูปที่ 4.2 แสดงภาพถ่ายด้วยรังสีของคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้เวลานับรังสี
ในแต่ละตำแหน่งเท่ากับ 1 วินาทีและ 5 วินาที

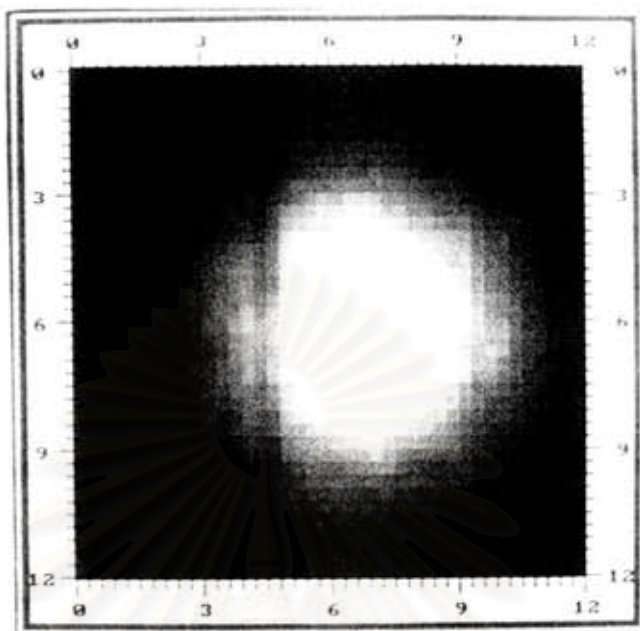
4.2.3 การทดลองถ่ายภาพคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้เหล็กเส้นขนาดต่าง ๆ ด้วยรังสี

เพื่อทดสอบความสามารถในการถ่ายภาพคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้เหล็กเส้นขนาดต่าง ๆ กันด้วยรังสี จึงทดลองถ่ายภาพคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยรังสีโดยใช้เหล็กเส้นมาตรฐานสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีขนาด 6 มิลลิเมตร 9 มิลลิเมตร และ 12 มิลลิเมตร กับที่ความหนาของคอนกรีต 10 เซนติเมตรและ 15 เซนติเมตร ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ตามลำดับ

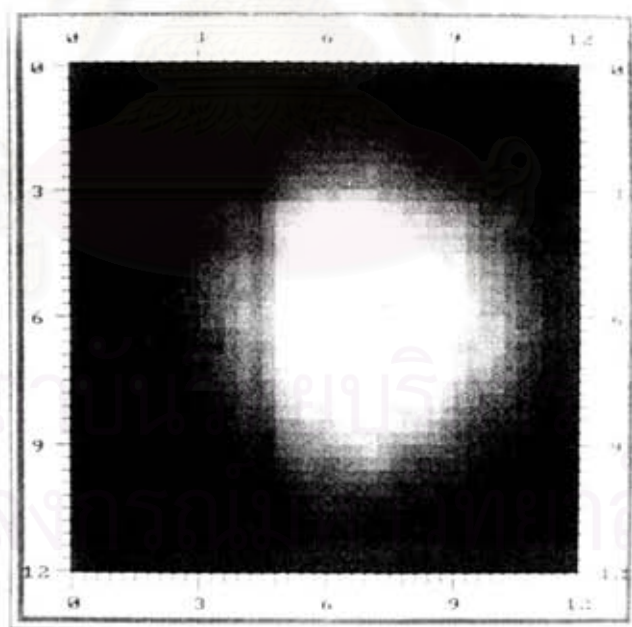


ก. เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายด้วยรังสีของคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีความหนา 10 เซนติเมตร กับเหล็กเส้นขนาดต่าง ๆ

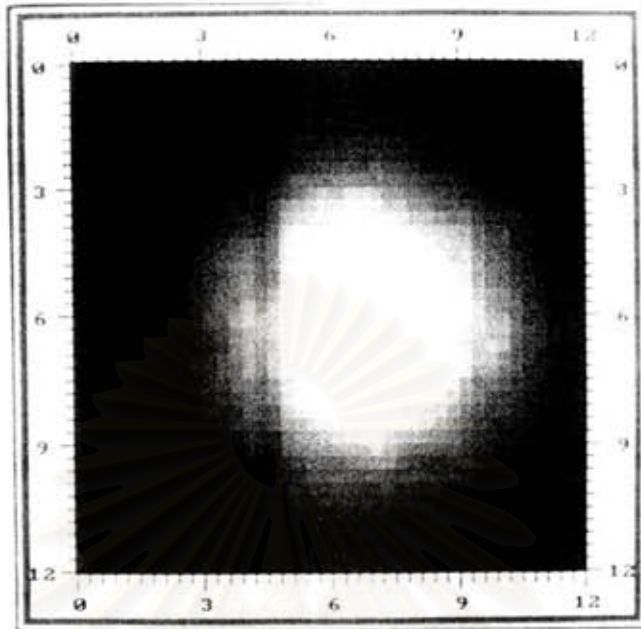


ข. เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร

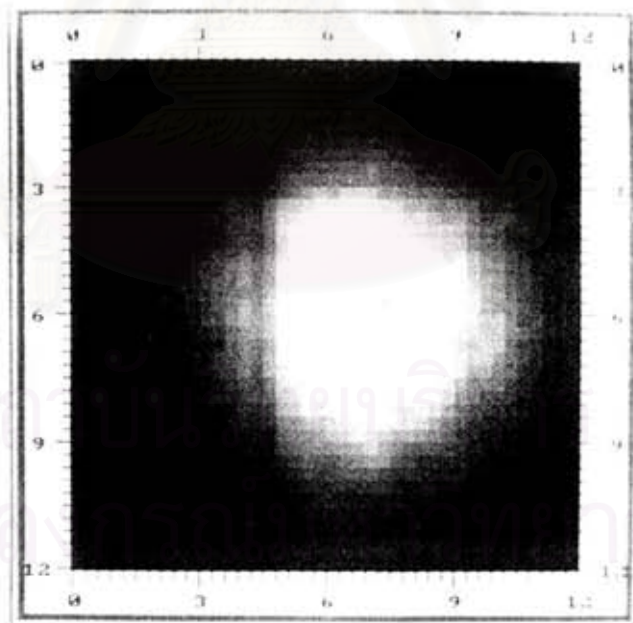


ค. เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายด้วยรังสีของคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีความหนา 10 เซนติเมตร
กับเหล็กเส้นขนาดต่าง ๆ (ต่อ)

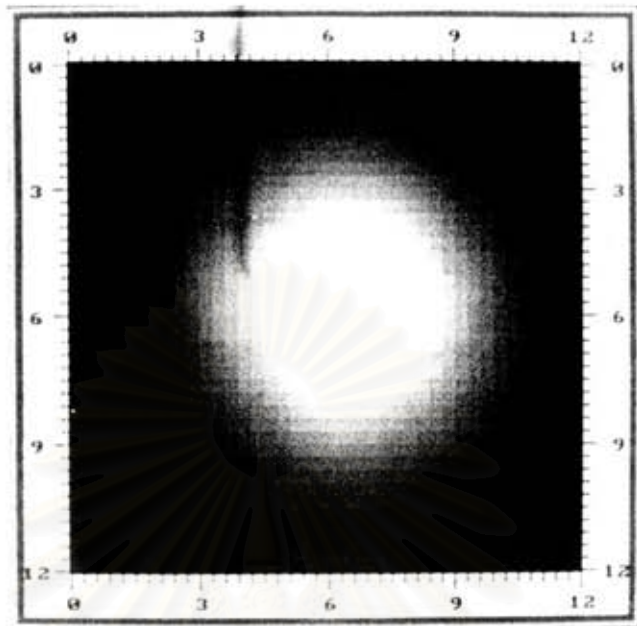


ก. เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร



ข. เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายด้วยรังสีของคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีความหนา 15 เซนติเมตร
กับเหล็กเส้นขนาดต่าง ๆ

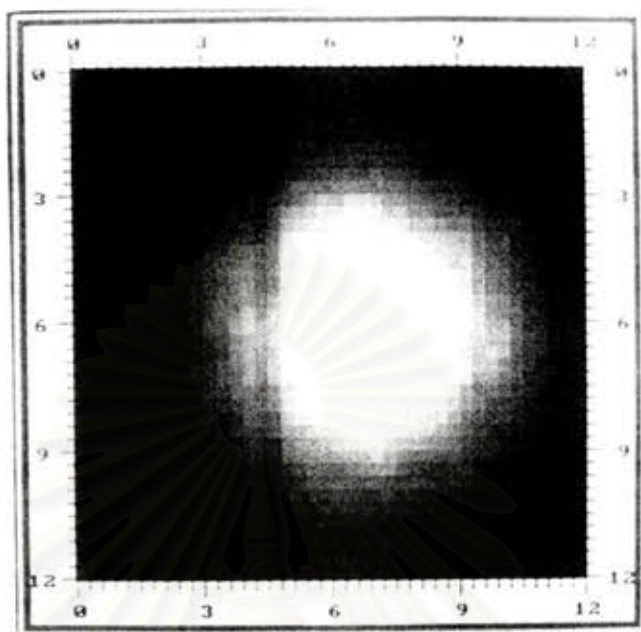


ก. เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร

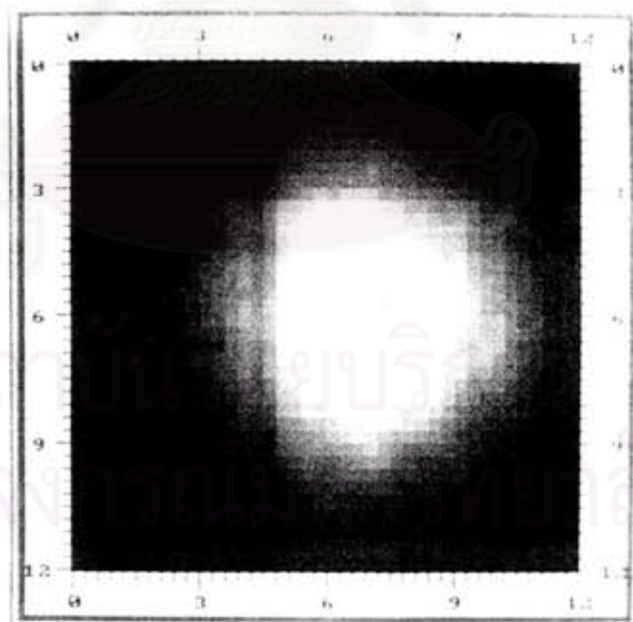
รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายด้วยรังสีของคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีความหนา 15 เซนติเมตร กับเหล็กเส้นขนาดต่าง ๆ (ต่อ)

4.2.4 การทดสอบเพื่อหาค่าแห่งของเหล็กเส้นภายในคอนกรีตเสริมเหล็ก

การทดลองถ่ายภาพด้วยรังสี เพื่อหาค่าแห่งของเหล็กเส้นภายในคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยทำการถ่ายภาพคอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนา 10 เซนติเมตร และมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตรวางอยู่ลึกจากผิวคอนกรีต 5 เซนติเมตรและทำการถ่ายภาพด้วยรังสีโดยใช้ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีเท่ากับ 110 เซนติเมตร 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ทำการถ่ายภาพคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งได้ภาพดังรูปที่ 4.5 ก. จากนั้นทำการถ่ายภาพโดยเคลื่อนที่ตัวอย่างคอนกรีตไปทางซ้าย 2 เซนติเมตร ได้ภาพดังรูป 4.5 ข แล้วคำนวณหาค่าแห่งของเหล็กเส้นภายในคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้หลักการของสามเหลี่ยมคล้าย ดังรูป 4.6

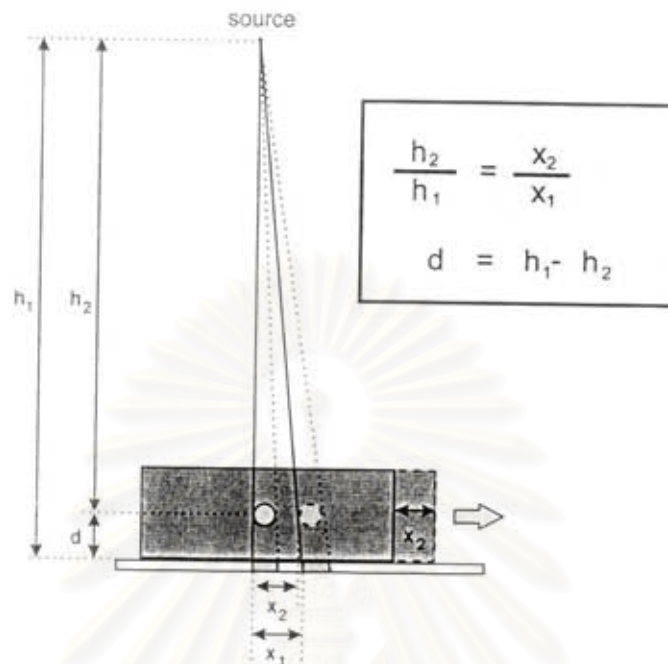


ก. การถ่ายภาพครั้งที่ 1



ข. การถ่ายภาพครั้งที่ 2

รูปที่ 4.5 การทดลองถ่ายภาพคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อหาตำแหน่งของเหล็กเส้น



รูปที่ 4.6 ภาพแสดงการหาดำแหน่งของเหล็กเส้น

จากทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้ายและภาพถ่ายรังสีที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 สามารถคำนวณหาดำแหน่งความลึกของเหล็กเส้นได้ดังนี้

x_1 คือ ระยะที่ภาพของเหล็กเส้นเลื่อนออกไป ซึ่งจากรูปที่ 4.5 ก ภาพของเหล็กเส้นจะเริ่มจากตำแหน่งที่ x เท่ากับ 6.0 และรูปที่ 4.5 ข ภาพของเหล็กเส้นจะเริ่มจากตำแหน่งที่ x เท่ากับ 8.1 ดังนั้นระยะภาพของเหล็กเส้นที่เคลื่อนไปมีค่าเท่ากับ 2.1 เซนติเมตร

x_2 คือ ระยะที่ทำการเลื่อนตัวอย่างไปมีค่าเท่ากับ 2 เซนติเมตร

h_1 คือ ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีมีค่าเท่ากับ 110 เซนติเมตร

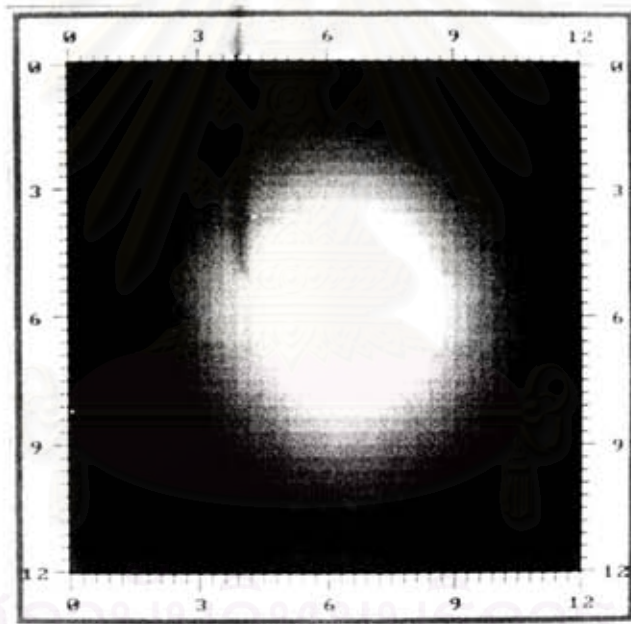
h_2 คือ ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสี กับตำแหน่งของเหล็กเส้นภายในคอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง ซึ่งหาได้จาก

$$\begin{aligned} h_2 &= \frac{x_2}{x_1} h_1 \\ &= \frac{2.1 * 110}{2} \\ &= 104.76 \text{ cm} \end{aligned}$$

ดังนั้นเหล็กเส้นอยู่ลึกจากผิวคอนกรีตทางด้านที่ติดกับหัววัดรังสีเท่ากับ $110 - 104.76 = 5.24$ เซนติเมตร

4.2.5 การทดสอบเพื่อหาขนาดของเหล็กเส้นภายในคอนกรีตเสริมเหล็ก

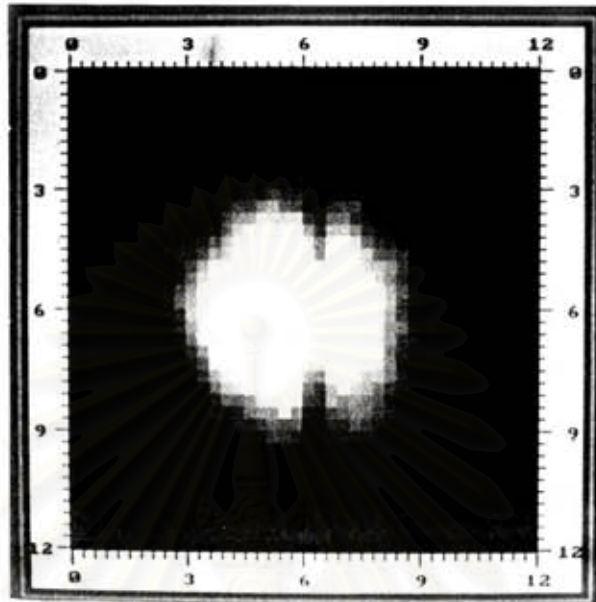
การหาขนาดของเหล็กเส้นภายในคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นจุดประสงค์หนึ่งของการถ่ายภาพคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยรังสี ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบถ่ายภาพตัวอย่างคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 10 เซนติเมตร ซึ่งใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร พร้อมกับใช้เหล็กเส้นอ้างอิงซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร วางอยู่ด้านหน้าของคอนกรีตเสริมเหล็ก ได้ผลการทดสอบดังรูป 4.7



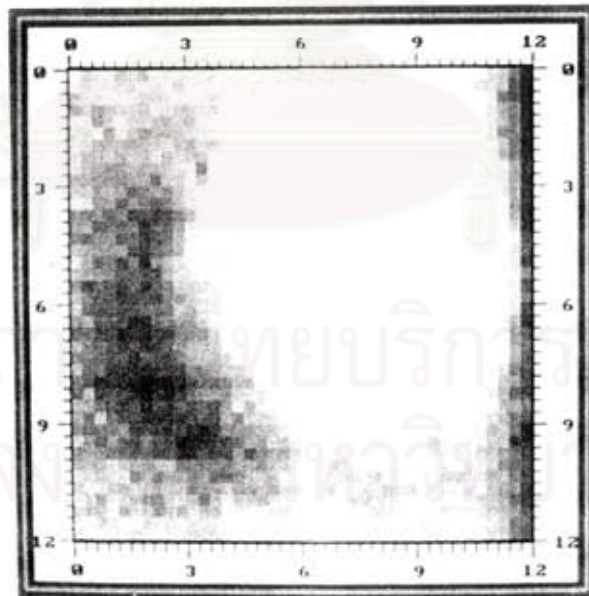
รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายด้วยรังสีของคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 10 เซนติเมตร ซึ่งใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร และเหล็กเส้นอ้างอิง

4.3 การเปรียบเทียบคุณภาพของภาพถ่ายต้นฉบับกับภาพที่ผ่านการปรับแก้ข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ

จากข้อมูลภาพที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.8ก เมื่อนำมาผ่านกระบวนการสร้างภาพเชิงตัวเลขโดยการปรับแก้ข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 3.7.4 จะทำให้ภาพที่ได้มีคุณภาพแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.8ข และ 4.8ค

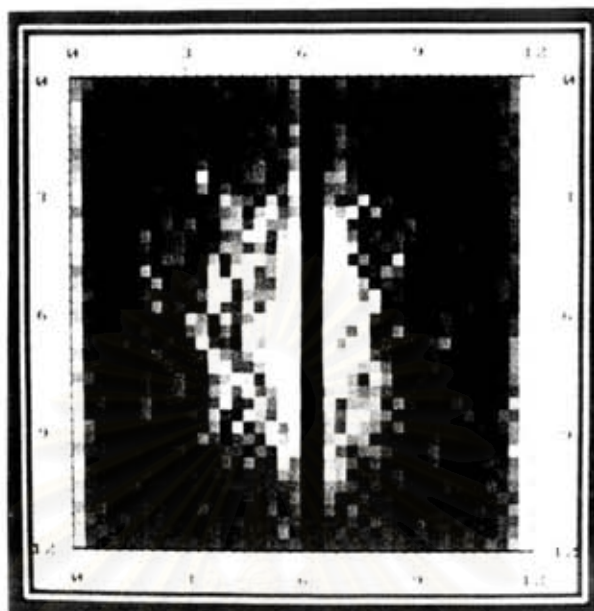


ก. ภาพต้นฉบับ



ข. ปรับแก้โดยฟังก์ชัน $\ln I_0/I$

รูปที่ 4.8 แสดงภาพถ่ายด้วยรังสีของคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 10 เซนติเมตร ที่มีเหล็กเส้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีต่าง ๆ



ก. ปรับแก้โดยใช้ฟิลเตอร์ฟังก์ชันของ Shepp-Logan

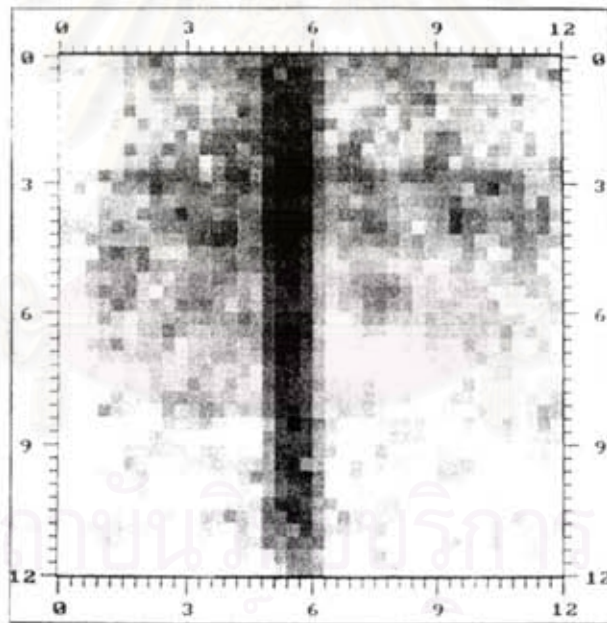
รูปที่ 4.8 แสดงภาพถ่ายด้วยรังสีของคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 10 เซนติเมตร ที่มีเหล็กเส้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีต่าง ๆ (ต่อ)

4.4 การเปรียบเทียบภาพถ่ายด้วยรังสีแกมมาโดยการใช้ฟิล์มกับระบบสแกนที่พัฒนาขึ้น

เพื่อเปรียบเทียบภาพถ่ายด้วยรังสีแกมมาที่ใช้ฟิล์มเป็นตัวแสดงผลกับภาพถ่ายด้วยรังสีที่ใช้ระบบสแกนที่พัฒนาขึ้น สำหรับฟิล์มที่ใช้ในการถ่ายภาพนี้คือ Fuji 100 โดยใช้เวลาในการถ่ายภาพ 1 ชั่วโมง คอนกรีตเสริมเหล็กหนา 10 เซนติเมตรและมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรอยู่ภายใน โดยมีระยะห่างระหว่างหัววัดรังสีหรือฟิล์มกับต้นกำเนิดรังสีเท่ากับ 110 เซนติเมตร ได้ผลการทดลองดังรูป 4.9 และรูป 4.10



รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายด้วยรังสีแกมมาโดยใช้ฟิล์ม



รูปที่ 4.10 ภาพด้วยรังสีแกมมาโดยใช้ระบบสแกนที่พัฒนาขึ้น