

บทที่ 4

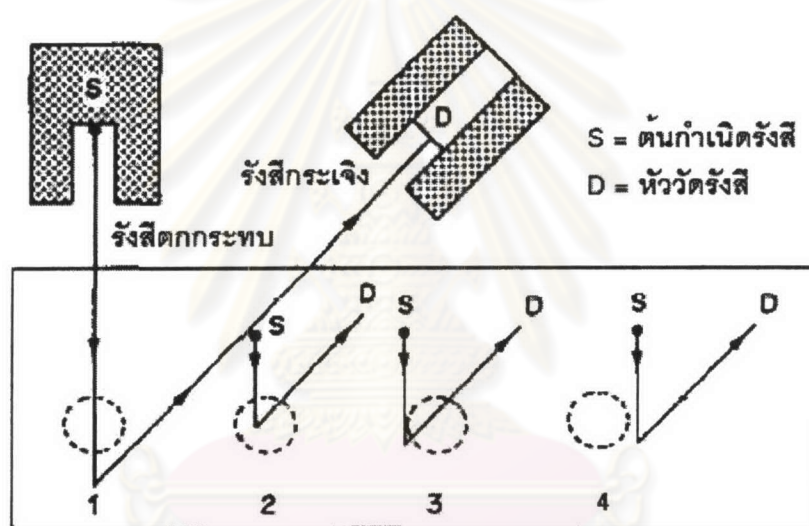
การทดสอบเครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายโดย เทคนิคดีฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ^{137}Cs ความแรงรังสี 5.5 มิลลิวูรี
2. ตัวอย่างแผ่นคอนกรีตมอร์ตาร์และแผ่นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กขนาด 40 ซม. x 20 ซม. x 10 ซม.
3. หัววัดรังสีซินทิลเลชันชนิดบิสมัทเจอร์มาเนต (Bismuth germanate, BGO) ขนาด 2 นิ้ว x 2 นิ้ว ของ BICRON MODEL 2M2BGO/2
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้าคักตาสูง (High Voltage Power Supply) ของ ORTEC MODEL 456
5. PMT & Preamplifier ของ BICRON MODEL PA-14
6. Amplifier ของ CANBERRA MODEL 2022
7. เครื่องวิเคราะห์แบบช่องเดี่ยว (single channel analyzer, SCA) ของ CANBERRA MODEL 2023
8. อุปกรณ์นับรังสีและตั้งเวลา (Counter/Timer) ของ CANBERRA model 1772
9. NIM Bin และแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ของ EG&G ORTEC MODEL 4001C
10. ไมโครคอมพิวเตอร์
11. สเต็ปปีงมอเตอร์และวงจรขับสเต็ปปีงมอเตอร์ (Stepping motor and stepping motor driver circuit)
12. ตะกั่วกำบังรังสี

ในการทดสอบเครื่องตรวจสอบวัสดุโดยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง ครั้งนี้ได้ทดสอบเครื่องกับพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ (mortar) ซึ่งไม่มีหินผสมอยู่ด้วยและพื้นคอนกรีตที่มีหินผสมอยู่ด้วยโดยมีเหล็กเส้นอยู่ภายในแตกต่างกัน เพื่อศึกษาดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงที่กระเจิงจากพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ที่มีเหล็กเส้นอยู่ภายใน และจากพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ (ไม่มีเหล็กเส้น)

เมื่อพิจารณารังสีที่ตกกระทบกับตัวอย่างชิ้นวัสดุและกระเจิงผ่านเข้าสู่หัววัดรังสีแบ่งเป็น 4 กรณีใหญ่ ๆ ดังรูป 4.1



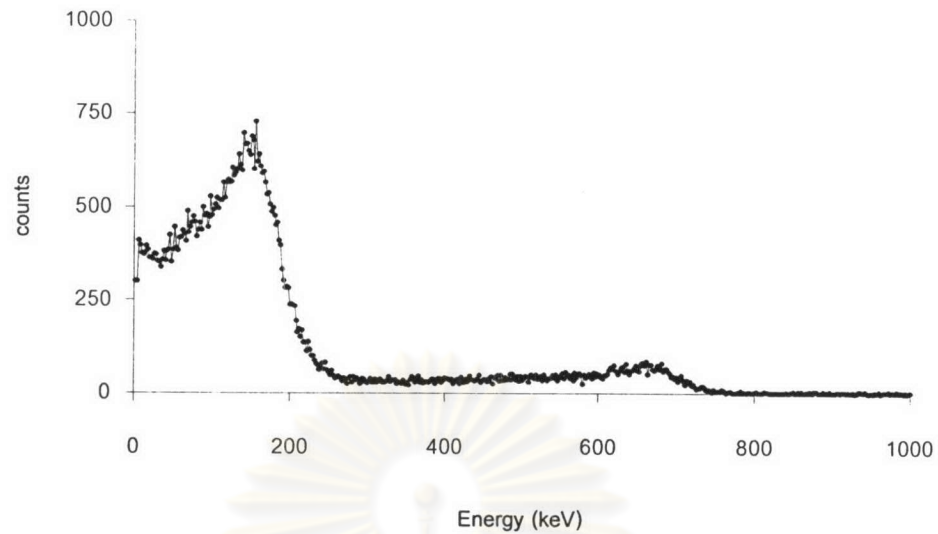
รูปที่ 4.1 การตกกระทบและการกระเจิงของรังสีแกมมากรณีต่าง ๆ กันที่ทำให้ดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมต่างกัน^[5]

กรณีที่ 1 รังสีตกกระทบคอนกรีตและทะลุผ่านเหล็กเส้นและกระเจิงเข้าสู่หัววัดรังสี กรณีที่ 2 รังสีตกกระทบกับเหล็กเส้นและกระเจิงเข้าสู่หัววัดรังสี กรณีที่ 3 รังสีตกกระทบคอนกรีตและกระเจิงผ่านเหล็กเส้นเข้าสู่หัววัดรังสี กรณีที่ 4 ตกกระทบกับคอนกรีตและกระเจิงเข้าสู่หัววัดรังสี โดยไม่ได้ผ่านเหล็กเส้นเลย จากทั้ง 4 กรณีจะทำให้ความเข้มของรังสีที่กระเจิงเข้าสู่หัววัดรังสีมีค่าต่างกัน นั่นคือสเปกตรัมที่ได้ในแต่ละตำแหน่งของชุดตรวจจสอบเมื่อนำค่าเกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการตรวจจสอบมาหักล้างกับพื้นคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเส้น ค่าดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมที่ได้จะมีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่ง

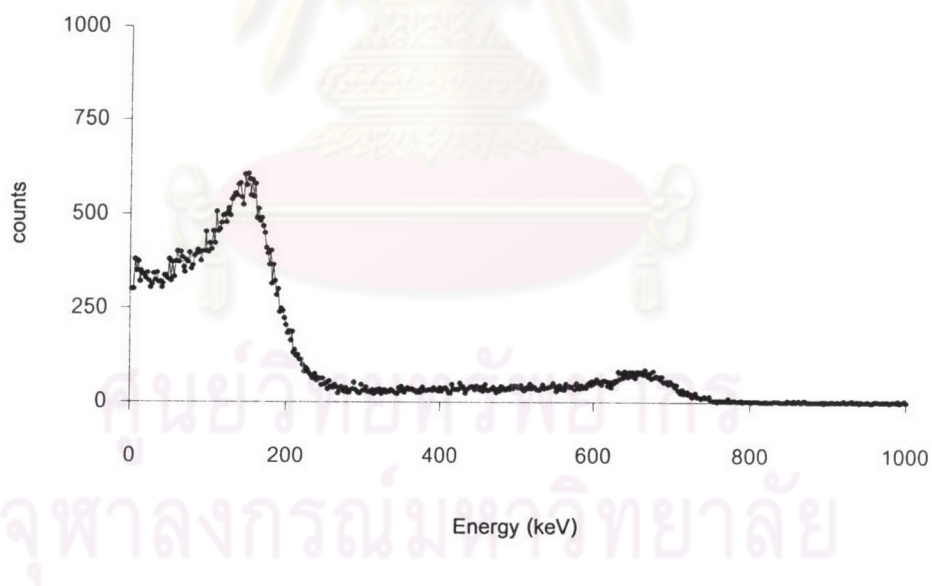
เมื่อนำค่าผลรวมดิฟเฟอเรนเชียลเกมมาเรย์สแกตเทอริงในแต่ละตำแหน่งมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่าดิฟเฟอเรนเชียลเกมมาเรย์สแกตเทอริงตามแนวตำแหน่งรังสีตกกระทบซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งและแนวของเหล็กเส้นที่อยู่ในแนวรังสีตกกระทบและบริเวณใกล้เคียง การทดสอบครั้งนี้ได้ใช้พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กที่มีความแตกต่างกันดังนี้คือ

- เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นในพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กแตกต่างกัน
- เมื่อตำแหน่งของเหล็กเส้นในพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กมีความลึกแตกต่างกัน
- เมื่อระยะห่างของตำแหน่งของเหล็กเส้นในคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กกันมีความแตกต่างกัน
- คอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง จากภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณถนนข้างภาควิชาวิศวกรรมโยธาเทคโนโลยี
- แนวท่อน้ำทิ้งใต้พื้นคอนกรีตบริเวณทางเดินหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธาเทคโนโลยี

การจัดระบบวัดรังสีของเครื่องตรวจจสอบวัสดุนี้ได้จัดให้ลำรังสีจากต้นกำเนิดรังสีตกกระทบกับพื้นคอนกรีตและกระเจิงเข้าสู่หัววัดรังสี โดยในการจัดระบบวัดรังสีในการทดสอบนี้ได้เลือกให้ลำรังสีจากต้นกำเนิดรังสีตกกระทบตั้งฉากกับพื้นคอนกรีต เพื่อให้ง่ายต่อการหาตำแหน่งของรังสีที่ตกกระทบและกระเจิงจากตำแหน่งของเหล็กเส้น และจัดให้หัววัดรังสีวางทำมุม 45 องศากับต้นกำเนิดรังสีเพื่อวัดรังสีที่กระเจิงที่มุม 135 องศา ซึ่งเกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมที่ได้จากตัวอย่างพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กและพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ (ไม่มีเหล็กเส้น) แสดงดังรูป 4.2 และ 4.3



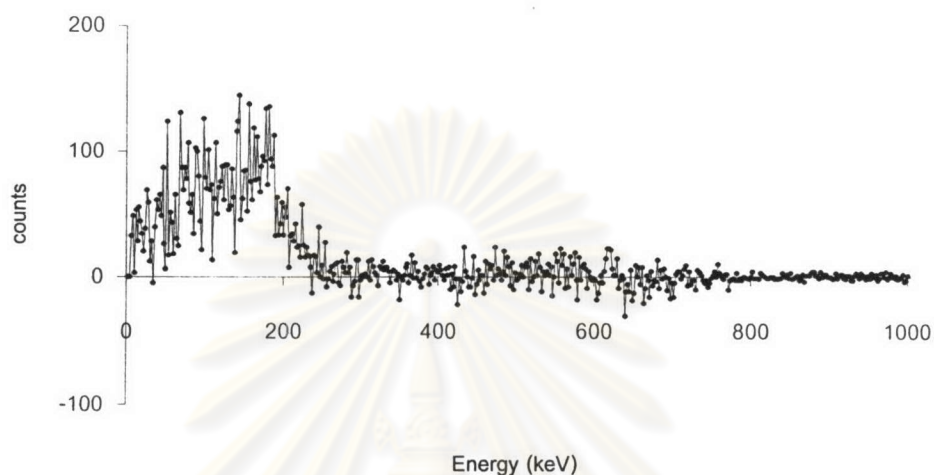
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างแกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมของพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. ที่ตำแหน่งความลึก 2.0 ซม.



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างแกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมของพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ (ไม่มีเหล็กเส้น)

จากรูป 4.2 และ 4.3 เมื่อให้แนวรังสีตกกระทบกับตำแหน่งของเหล็กเส้นแล้ววัดแกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมจะเห็นว่าลักษณะของสเปกตรัมของทั้ง 2 มีความแตกต่างกันและเมื่อนำค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมของพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กลบด้วยค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมของพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ (ไม่มีเหล็กเส้น) ก็จะได้ค่าดิฟเฟอเรนเชียล

สเปกตรัมซึ่งแสดงถึงความแตกต่างระหว่างตัวอย่างพื้นคอนกรีตทั้ง 2 ตัวอย่าง ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้เลือกพิจารณาช่วงพลังงาน 0 – 600 keV ซึ่งมีความแตกต่างกันของสเปกตรัม



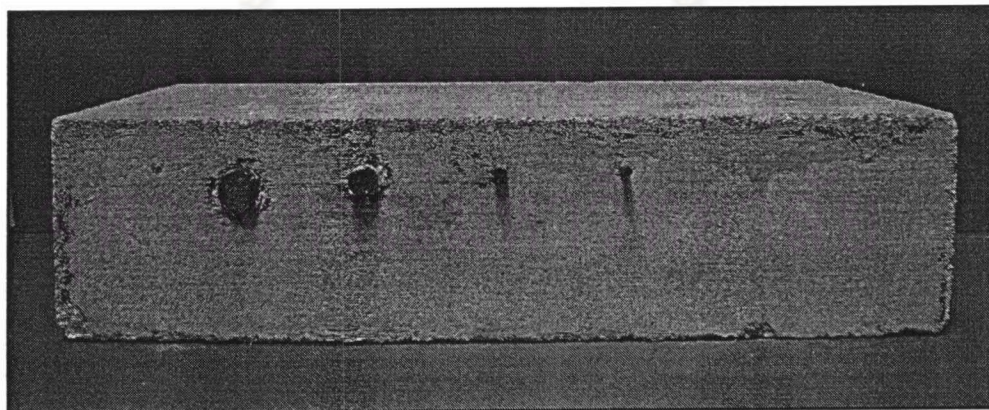
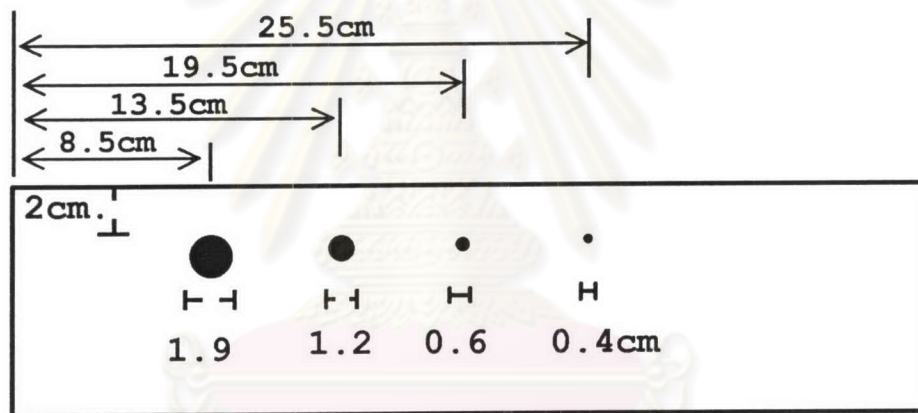
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมระหว่างพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กกับพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ (ไม่มีเหล็กเส้น)

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมที่ได้จากการวัดการกระเจิงของพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กและพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์นั้นส่วนใหญ่มีค่าในช่วงบวกเนื่องจาก โอกาสของการเกิดการกระเจิงคอมป์ตันขึ้นขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนของตัวกลางและจะเกิดได้ดีกับตัวกลางที่มีเลขอะตอมสูง ๆ ซึ่งเหล็กเส้นนั้นมีจำนวนอิเล็กตรอนในอะตอมและเลขอะตอมรวมทั้งความหนาแน่นมากกว่าคอนกรีต ดังนั้นโอกาสในการเกิดการกระเจิงคอมป์ตันของเหล็กจึงมีมากกว่าคอนกรีต สเปกตรัมที่ได้จากการวัดพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กจึงมีอัตราการนับรังสีมากกว่าพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ที่ไม่มีเหล็กเส้น

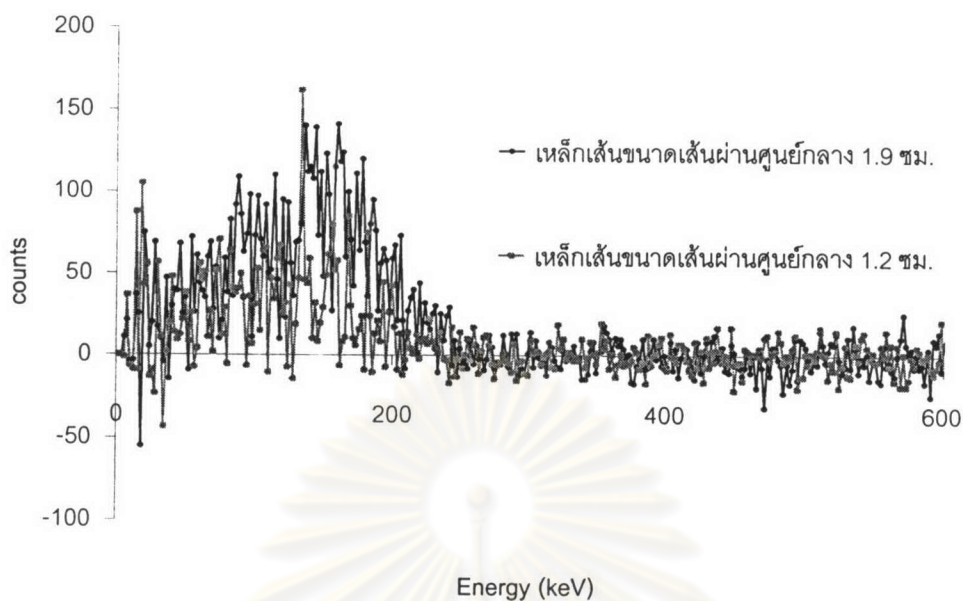
ผลที่ได้จากการทดสอบเครื่องตรวจสอบวัสดุเป็นดังนี้

4.1 ศึกษาตีฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อขนาดของเหล็กเส้นในพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กแตกต่างกัน

ในการทดสอบครั้งนี้ได้ทดสอบกับพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร พื้นคอนกรีตอ้างอิงจะเป็นพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ ส่วนพื้นคอนกรีตตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบจะมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 เซนติเมตร วางอยู่ที่ตำแหน่ง 8.5 เซนติเมตร, เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร อยู่ที่ตำแหน่ง 13.5 เซนติเมตร, เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร อยู่ที่ตำแหน่ง 19.5 เซนติเมตร และเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร อยู่ที่ตำแหน่ง 25.5 เซนติเมตร ตำแหน่งของเหล็กเส้นทั้งหมดอยู่ลึกจากผิวคอนกรีต 2 เซนติเมตรเท่ากัน โดยเลื่อนตำแหน่งของชุดวัดรังสีครั้งละ 0.5 เซนติเมตร โดยใช้เวลาในการนับรังสีตำแหน่งละ 300 วินาที



รูปที่ 4.5 พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กที่มีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9, 1.2, 0.6, 0.4 ซม. อยู่ลึกจากผิวคอนกรีต 2.0 ซม.เท่ากัน



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงสเปกตรัมของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 และ 1.2 ซม. ที่ความลึก 2.0 ซม.

ลักษณะของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมของพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นต่างกันจะมีค่าแตกต่างกันดังตัวอย่างรูปที่ 4.6 เมื่อนำค่าผลรวมของดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงมาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบพบว่ามีความสัมพันธ์กับตำแหน่งและขนาดของเหล็กเส้นที่อยู่ภายใน

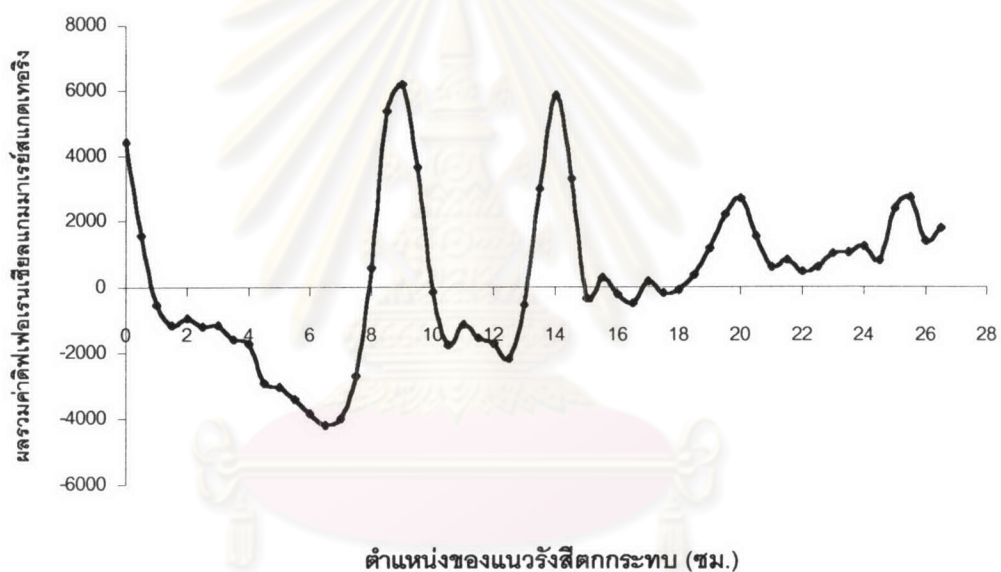
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9, 1.2, 0.6, 0.4 ซม. อยู่ลึกจากผิวคอนกรีต 2.0 ซม.

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	4420	13.5	3004
0.5	1572	14	5857
1	-535	14.5	3313
1.5	-1160	15	-332
2	-937	15.5	288
2.5	-1204	16	-211
3	-1144	16.5	-481
3.5	-1582	17	187
4	-1720	17.5	-186
4.5	-2911	18	-81
5	-3031	18.5	378
5.5	-3394	19	1178
6	-3843	19.5	2206
6.5	-4178	20	2693
7	-3992	20.5	1546
7.5	-2689	21	612
8	590	21.5	839
8.5	5379	22	466
9	6196	22.5	629
9.5	3646	23	1039
10	-138	23.5	1048
10.5	-1749	24	1241
11.5	-1532	25	2397

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นมีขนาด 1.9, 1.2, 0.6, 0.4 ซม. อยู่ลึกจากผิวคอนกรีต 2.0 ซม.

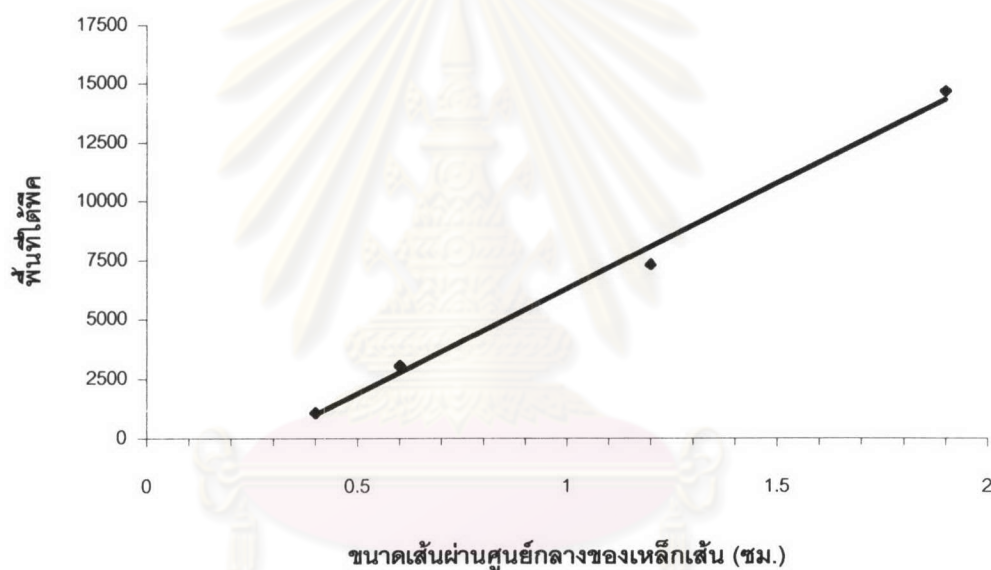
ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง
12	-1724	25.5	2721
12.5	-2174	26	1395
13	-524	26.5	1788



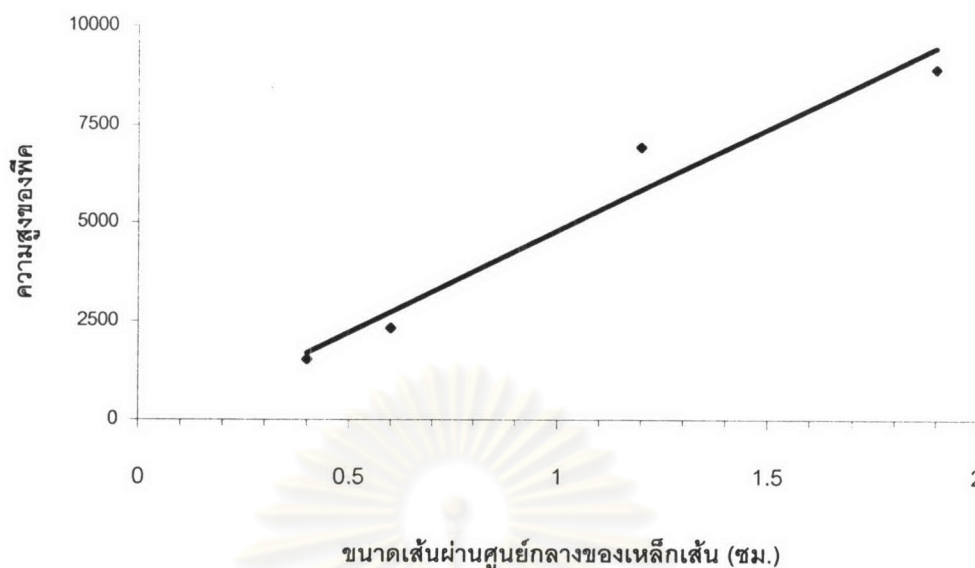
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9, 1.2, 0.6, 0.4 ซม. อยู่ลึกจากผิวคอนกรีต 2.0 ซม.

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเหล็กเส้นกับพื้นที่ได้พืด ความสูงของพืด และความกว้างของพืด ที่ความลึก 2.0 ซม.

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้น (cm.)	พื้นที่ได้พืด	ความสูงของพืด (counts)	ความกว้างของพืด (cm.)
1.9	14621	8907	1.63
1.2	7328	6926	1.21
0.6	3074	2312	1.37
0.4	1073	1519	0.94



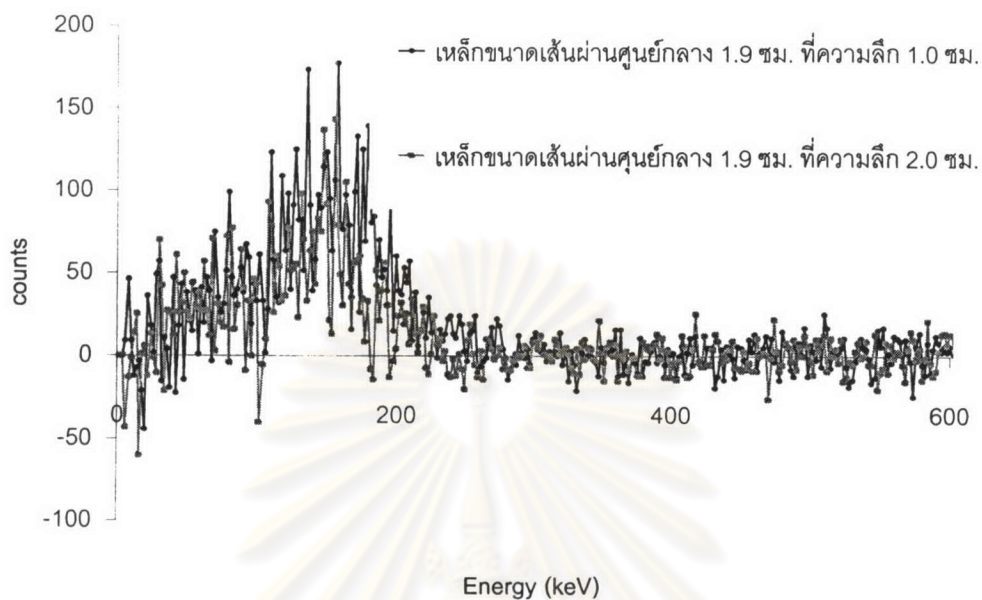
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้พืดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นในพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์ที่มีความลึก 2.0 ซม.



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงพีคกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นในพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์ที่มีความลึก 2.0 ซม.

4.2 ศึกษาตีฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกดเทอริงเมื่อตำแหน่งของเหล็กเส้นในพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กลึกแตกต่างกัน

ในการทดสอบครั้งนี้เป็นพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร พื้นที่คอนกรีตอ้างอิงจะเป็นพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์ที่ไม่มีเหล็กเส้น ส่วนพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบจะมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 เซนติเมตร อยู่ลึก 1.0, 1.4, 2.0 และ 2.6 เซนติเมตร อยู่ที่ตำแหน่ง 3.5, 10.5, 17.5 และ 24.6 เซนติเมตร ตามลำดับ และพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่มีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร อยู่ลึก 0.5, 1.1, 1.5, 2.2 และ 2.5 เซนติเมตร อยู่ที่ตำแหน่ง 3.0, 9.0, 15.5, 21.5 และ 27.5 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยเลื่อนตำแหน่งของชุดวัดรังสีครั้งละ 0.5 เซนติเมตร โดยใช้เวลาในการนับรังสีตำแหน่งละ 300 วินาที

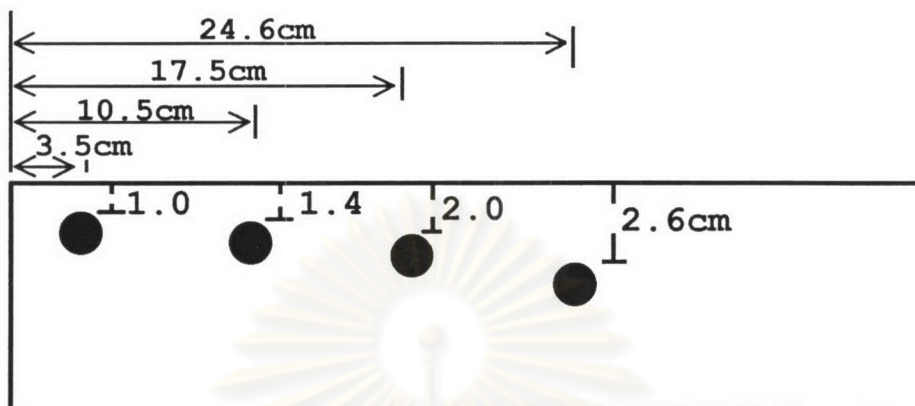


รูปที่ 4.10 ตัวอย่างดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกดเทอริงสเปกตรัมของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. ที่ความลึก 1.0 และ 2.0 ซม.

ลักษณะของดิฟเฟอเรนเชียลสเปกตรัมของพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กที่มีเหล็กเส้นอยู่ ที่ตำแหน่งความลึกต่างกันจะมีค่าแตกต่างกันดังตัวอย่างรูปที่ 4.10 เมื่อนำค่าผลรวมของดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกดเทอริงมาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบพบว่ามีความสัมพันธ์กับตำแหน่งและความลึกของเหล็กเส้นที่อยู่ภายใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบจะมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 เซนติเมตร ที่อยู่ลึก 1.0, 1.4, 2.0 และ 2.6 เซนติเมตร อยู่ที่ตำแหน่ง 3.5, 10.5, 17.5 และ 24.6 เซนติเมตร ตามลำดับ



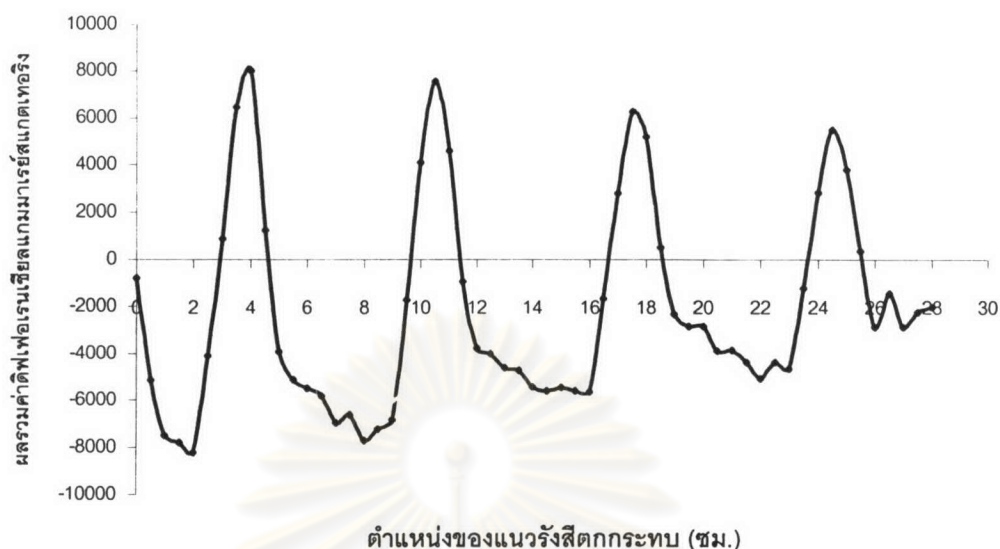
รูปที่ 4.11 พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กที่มีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. ที่ความลึก 1.0, 1.4, 2.0 และ 2.6 ซม.

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. อยู่ลึก 1.0, 1.4, 2.0 และ 2.6 ซม. ตามลำดับ

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	-794	14.5	-5595
0.5	-5147	15	-5439
1.5	-7803	16	-5623
1	-7487	15.5	-5601
1.5	-7803	16	-5623

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. อยู่ลึก 1.0, 1.4, 2.0 และ 2.6 ซม. ตามลำดับ

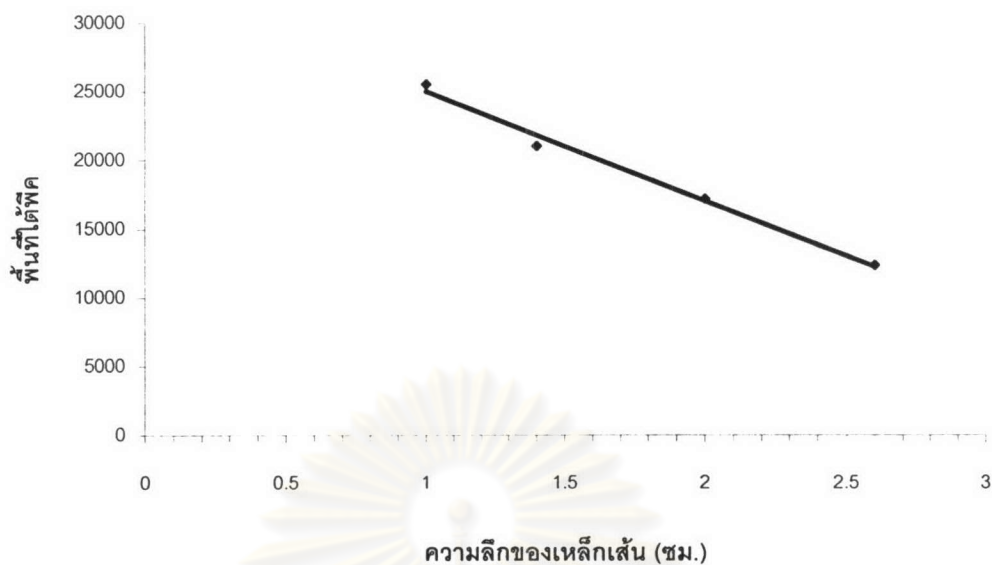
ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง
2	-8217	16.5	-1653
2.5	-4107	17	2789
3	861	17.5	6270
3.5	6456	18	5177
4	8003	18.5	506
4.5	1230	19	-2307
5	-3916	19.5	-2832
5.5	-5126	20	-2825
6	-5473	20.5	-3882
6.5	-5817	21	-3866
7	-6947	21.5	-4356
7.5	-6627	22	-5067
8	-7699	22.5	-4377
8.5	-7237	23	-4650
9	-6830	23.5	-1203
9.5	-1730	24	2845
10	4104	24.5	5468
10.5	7574	25	3808
11	4592	25.5	353
11.5	-934	26	-2860
12	-3778	26.5	-1434
12.5	-3998	27	-2849
13	-4609	27.5	-2229
13.5	-4716	28	-2030
14	-5423		



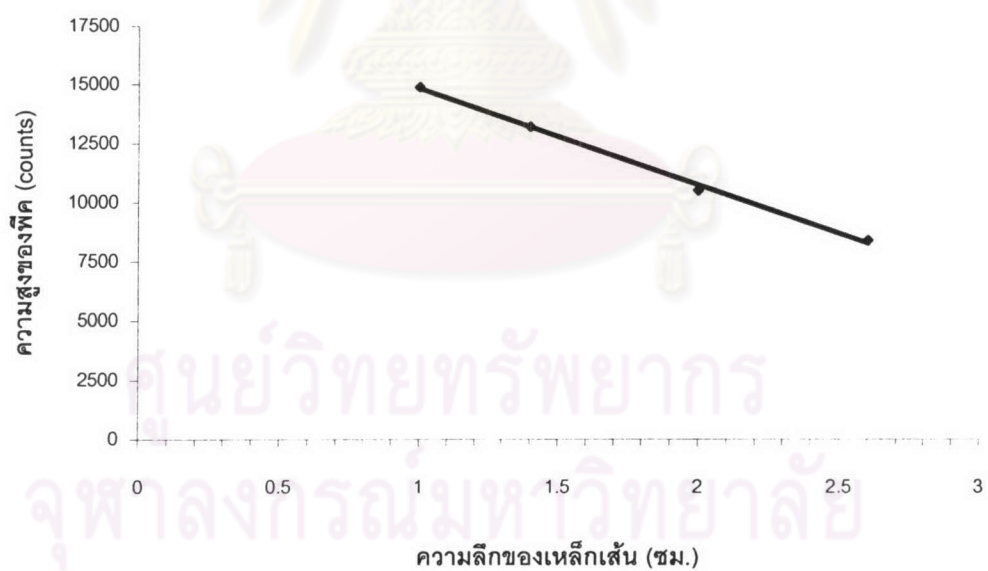
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์ สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. อยู่ลึก 1.0, 1.4, 2.0 และ 2.6 ซม. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งความลึกของเหล็กเส้นกับพื้นที่ใต้พีค ความสูงของพีค และความกว้างของพีค ของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม.

ตำแหน่งความลึกของเหล็กเส้น(cm.)	พื้นที่ใต้พีค (counts x cm.)	ความสูงของพีค (counts)	ความกว้างของพีค (cm.)
1.0	25486	14848	1.64
1.4	20998	13190	1.6
2.0	17120	10487	1.64
2.6	12312	8373	1.56

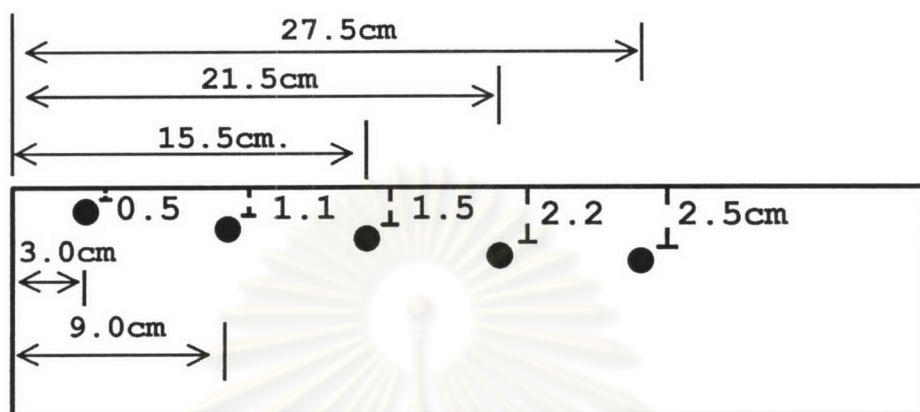


รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่ได้พิกกับความลึกลงของเหล็กเส้นในพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์ของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม.



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของพิกกับความลึกลงของเหล็กเส้นในพื้นที่คอนกรีตมอร์ตาร์ของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม.

พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบจะมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร ที่อยู่ลึก 0.5, 1.1, 1.5, 2.2 และ 2.5 เซนติเมตร อยู่ที่ตำแหน่ง 3.0, 9.0, 15.5, 21.5 และ 27.5 เซนติเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 4.15 พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กที่มีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. ที่อยู่ลึก 0.5, 1.1, 1.5, 2.2 และ 2.5 ซม.

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. อยู่ลึก 0.5, 1.1, 1.5, 2.2 และ 2.5 ซม. ตามลำดับ

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	-5985	15.5	5793
0.5	-5122	16	2025
1	-5161	16.5	-1922
1.5	-5424	17	-1711
2	-4188	17.5	-2949
2.5	-878	18	-2942
3	6979	18.5	-2615
3.5	4343	19	-3164
4	-2150	19.5	-2667
4.5	-3399	20	-2816
5	-3510	20.5	-2394
5.5	-3008	21	1884
6	-3617	21.5	4295
6.5	-3911	22	1426
7	-4006	22.5	-2002
7.5	-3996	23	-2048
8	-4368	23.5	-2506
8.5	-3320	24	-2359
9	2482	24.5	-2788
9.5	6279	25	-2949
10	1733	25.5	-2562
10.5	-2304	26	-3313
11	-3292	26.5	-2008

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. อยู่ลึก 0.5, 1.1, 1.5, 2.2 และ 2.5 ซม. ตามลำดับ

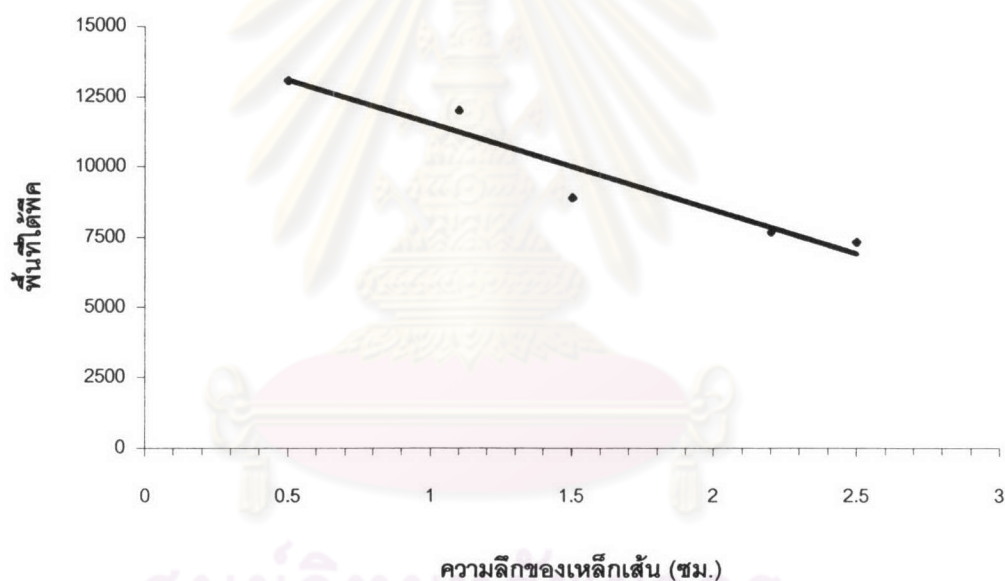
ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง
11.5	-2565	27	784
12	-3057	27.5	3701
12.5	-3121	28	1711
13	-3585	28.5	-1209
13.5	-3255	29	-1330
14	-3167	29.5	1917
14.5	-2559	30	-1859
15	2234		



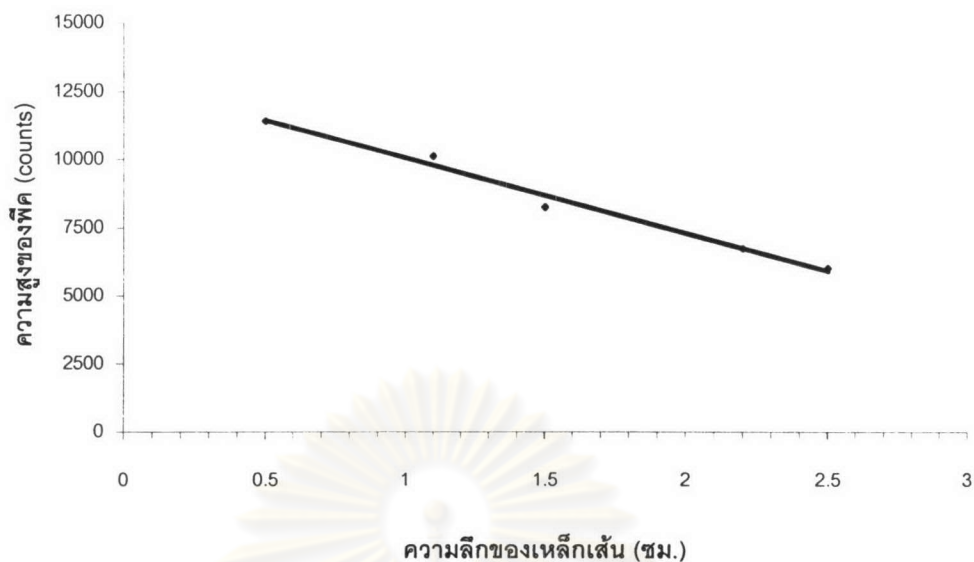
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์ สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. อยู่ลึก 0.5, 1.1, 1.5, 2.2 และ 2.5 ซม. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งความลึกของเหล็กเส้นกับพื้นที่ได้พืด ความสูงและความกว้างของพืด ของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม.

ตำแหน่งความลึกของเหล็กเส้น(cm.)	พื้นที่ได้พืด (counts x cm.)	ความสูงของพืด (counts)	ความกว้างของพืด (cm.)
0.5	13082	11391	1.10
1.1	12009	10109	1.17
1.5	8883	8232	1.10
2.2	7641	6727	1.18
2.5	7293	6023	1.20



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้พืดกับความลึกของคอนกรีตมอร์ตาร์ของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม.

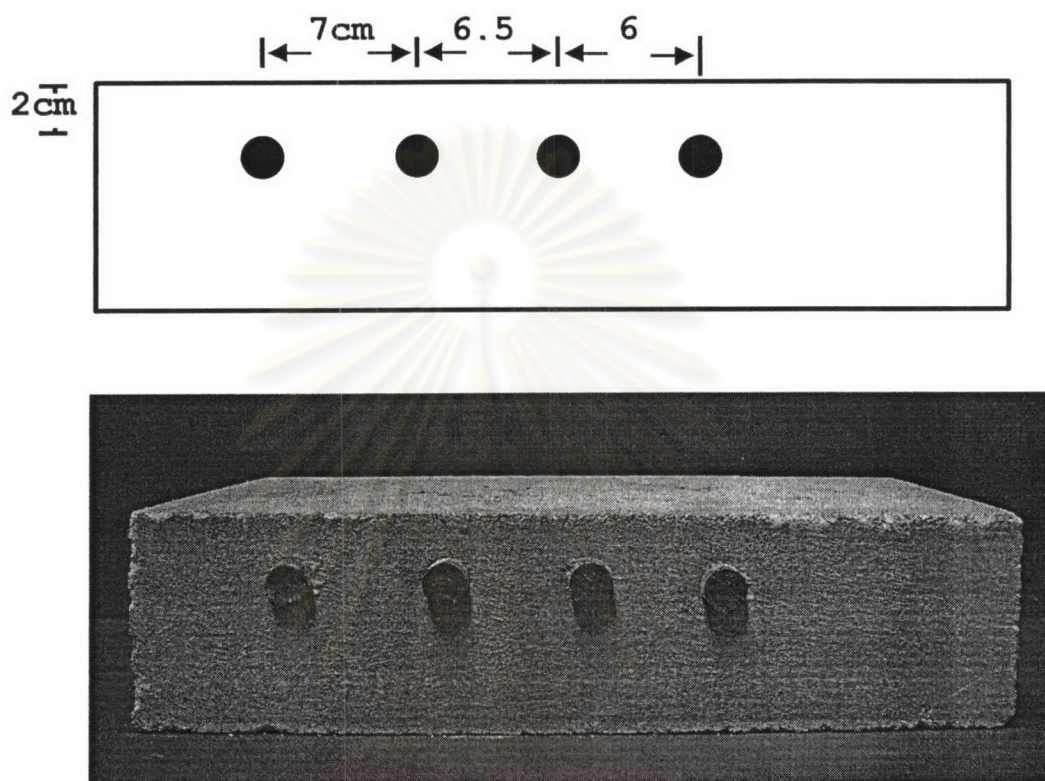


รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของพีคกับความลึกของคอนกรีตมอร์ตาร์ของเหล็กเส้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม.

4.3 ศึกษาตีฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อระยะห่างของตำแหน่งของเหล็กเส้นในคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กมีความแตกต่างกัน

ในการทดสอบครั้งนี้เป็นพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร พื้นคอนกรีตอ้างอิงจะเป็นพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ ส่วนพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบจะมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 เซนติเมตร อยู่ลึก 2.0 เซนติเมตรเท่ากัน ที่ตำแหน่ง 7.0, 14.0, 20.5 และ 26.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่มีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 เซนติเมตร อยู่ลึก 2.0 เซนติเมตรเท่ากัน ที่ตำแหน่ง 7.0, 12.5, 17.5, 21.5 และ 25.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และพื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่มีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร อยู่ลึก 2.0 เซนติเมตรเท่ากัน ที่ตำแหน่ง 5.0, 11.0, 16.0, 20.5, 23.5 และ 25.5 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยเลื่อนตำแหน่งของชุดวัดรังสีครั้งละ 0.5 เซนติเมตร โดยใช้เวลาในการนับรังสีตำแหน่งละ 300 วินาที

พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบจะมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 เซนติเมตร อยู่ลึก 2.0 เซนติเมตรเท่ากัน ที่ตำแหน่ง 7.0, 14.0, 20.5 และ 26.5 เซนติเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 4.19 พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กที่มีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. ที่ความลึก 2 ซม. ที่ระยะห่างแตกต่างกัน (ชั้นที่1)

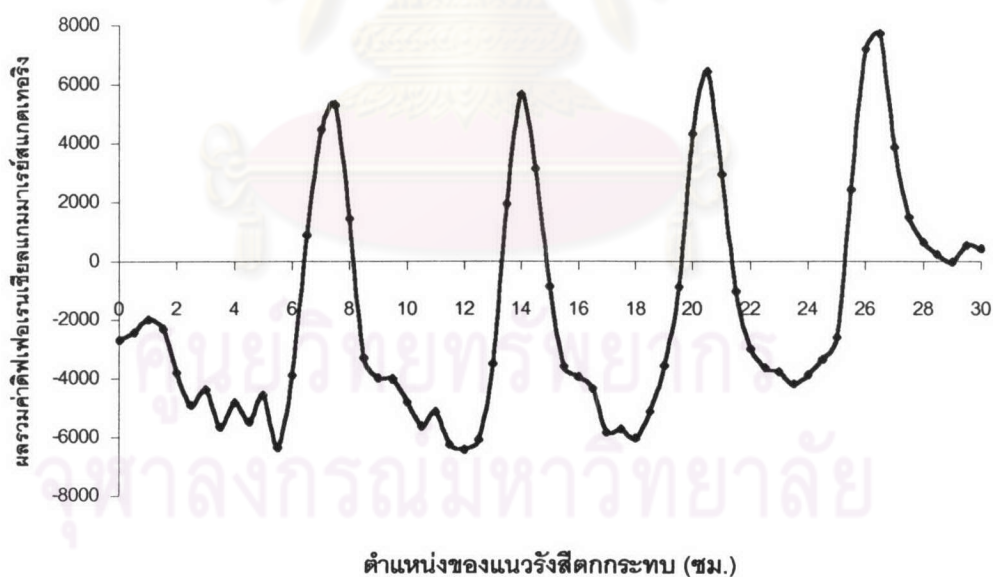
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล
แกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. อยู่ลึก 2.0
ซม. ที่ตำแหน่ง 7.0, 14.0, 20.5 และ 26.5 ซม. ตามลำดับ

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	-2691	15.5	-3565
0.5	-2414	16	-3926
1	-1978	16.5	-4353
1.5	-2288	17	-5825
2	-3788	17.5	-5718
2.5	-4919	18	-6034
3	-4359	18.5	-5105
3.5	-5639	19	-3544
4	-4824	20	-873
4.5	-5484	20.5	4341
5	-4563	21	6444
5.5	-6343	21.5	2970
6	-3890	22	-1024
6.5	907	22	-2968
7	4479	22.5	-3625
7.5	5320	23	-3770
8	1467	23.5	-4165
8.5	-3295	24	-3870
9	-3976	24.5	-3324
9.5	-4005	25	-2597
10	-4792	25.5	2449
10.5	-5610	26	7170
11	-5130	26.5	7713
11.5	-6233	27	3879

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. อยู่ลึก 2.0 ซม. ที่ตำแหน่ง 7.0, 14.0, 20.5 และ 26.5 ซม. ตามลำดับ

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง
12	-6424	27.5	1492
12.5	-6066	28	641
13	-3485	28.5	238
13.5	1958	29	-45
14	5670	29.5	530
14.5	3171	30	415
15	-858		

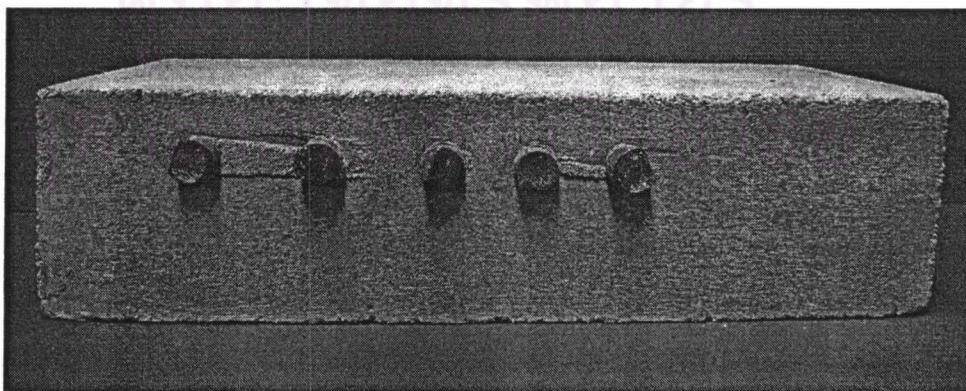
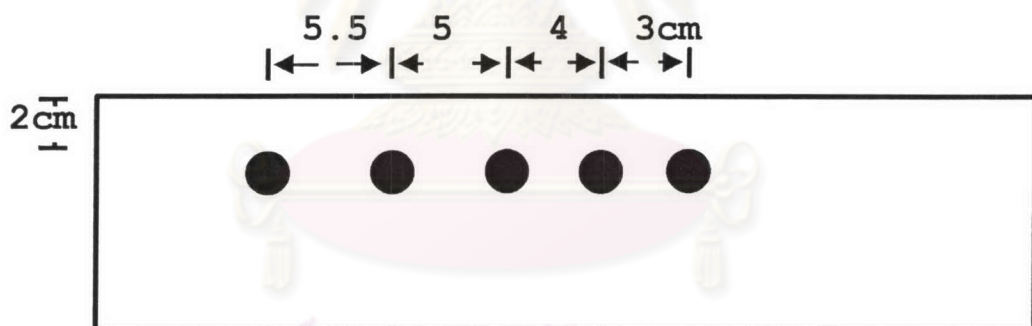


รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์ สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. อยู่ลึก 2.0 ซม. ที่ตำแหน่ง 7.0, 14.0, 20.5 และ 26.5 ซม. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างต่างๆกันของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. กับพื้นที่ได้พืด ความสูงของพืด และความกว้างของพืด ที่ความลึก 2.0 ซม. (ชั้นที่1)

เหล็กเส้นที่	พื้นที่ได้พืด (counts x cm.)	ความสูงของพืด (counts)	ความกว้างของพืด (cm.)
1	18535	10494	1.74
2	16357	10845	1.52
3	17740	10809	1.56
4	15561	9256	1.6

พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบจะมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 เซนติเมตร อยู่ลึก 2.0 เซนติเมตรเท่ากัน ที่ตำแหน่ง 7.0, 12.5, 17.5, 21.5 และ 25.5 เซนติเมตร ตามลำดับ



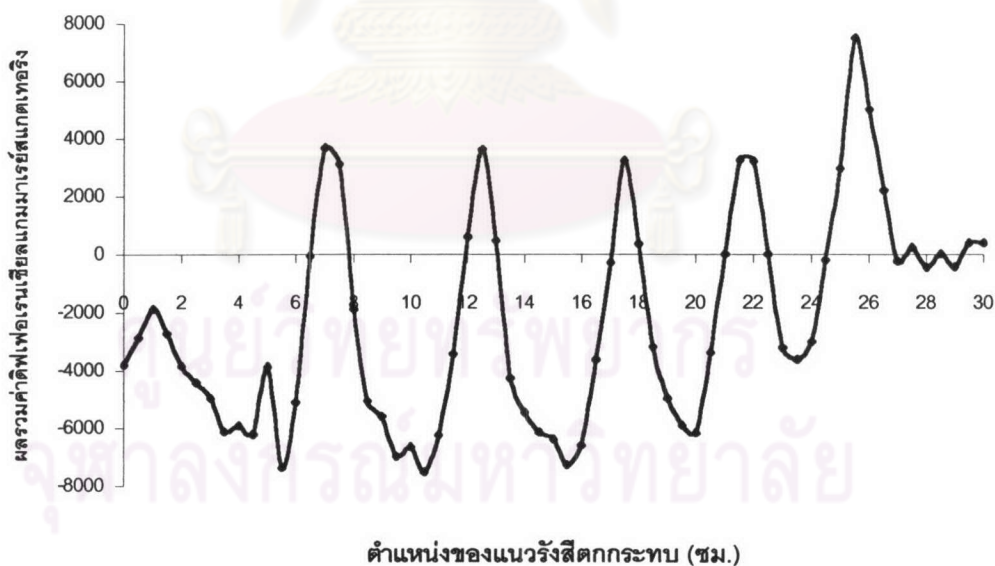
รูปที่ 4.21 พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กที่มีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. ที่ความลึก 2 ซม. ที่ระยะห่างแตกต่างกัน (ชั้นที่2)

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. อยู่ลึก 2.0 ซม. ที่ตำแหน่ง 7.0, 12.5, 17.5, 21.5 และ 25.5 ซม. ตามลำดับ

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	-3784	15.5	-7275
0.5	-2843	16	-6576
1	-1867	16.5	-3601
1.5	-2705	17	-258
2	-3834	17.5	3234
2.5	-4413	18	377
3	-4967	18.5	-3176
3.5	-6102	19	-4953
4	-5923	19.5	-5892
4.5	-6217	20	-6169
5	-3865	20.5	-3374
5.5	-7358	21	30
6	-5104	21.5	3268
6.5	-57	22	3226
7	3691	22.5	30
7.5	3123	23	-3180
8	-1854	23.5	-3615
8.5	-5062	24	-2992
9	-5602	24.5	-193
9.5	-6981	25	2971
10	-6647	25.5	7483
10.5	-7498	26	5012
11	-6244	26.5	2213
11.5	-3408	27	-211

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. อยู่ลึก 2.0 ซม. ที่ตำแหน่ง 7.0, 12.5, 17.5, 21.5 และ 25.5 ซม. ตามลำดับ

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง
12	624	27.5	242
12.5	3633	28	-453
13	498	28.5	22
13.5	-4251	29	-409
14	-5451	29.5	397
14.5	-6128	30	403
15	-6381		

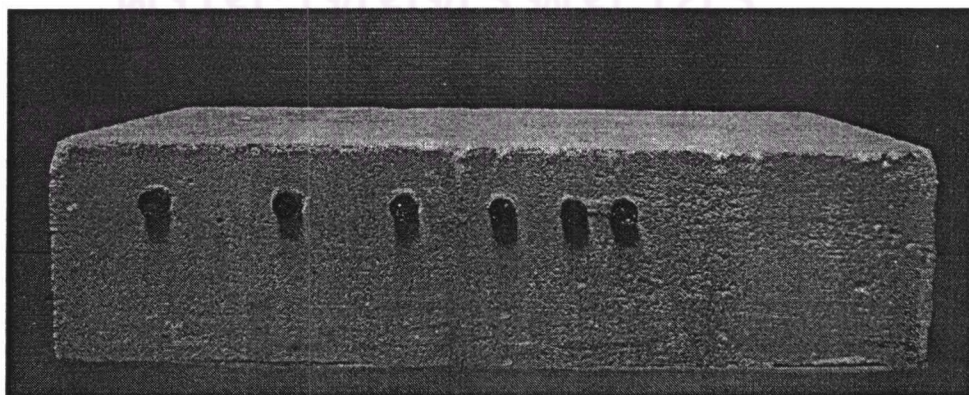
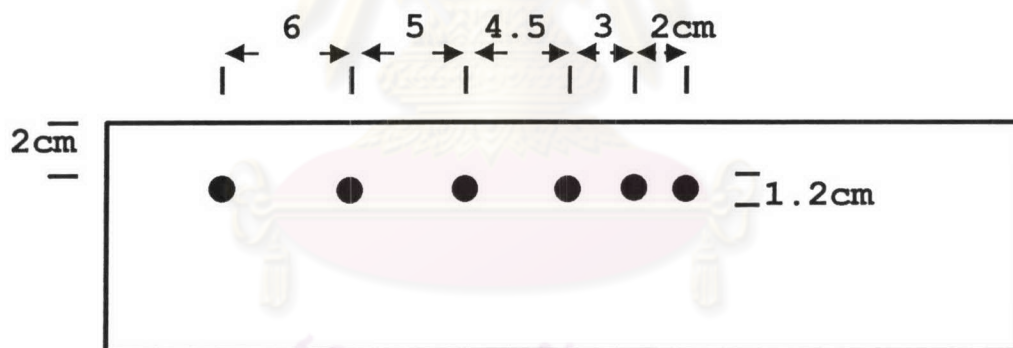


รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. อยู่ลึก 2.0 ซม. ที่ตำแหน่ง 7.0, 12.5, 17.5, 21.5 และ 25.5 ซม. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างต่างๆกันของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 ซม. กับพื้นที่ได้พืด ความสูงของพืด และความกว้างของพืด ที่ความลึก 2.0 ซม. (ชั้นที่2)

เหล็กเส้นที่	พื้นที่ได้พืด (counts x cm.)	ความสูงของพืด (counts)	ความกว้างของพืด (cm.)
1	19304	10907	1.66
2	16333	10446	1.49
3	15287	9817	1.5
4	13372	8021	1.73
5	13037	9170	1.39

พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์ตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบจะมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร อยู่ลึก 2.0 เซนติเมตรเท่ากัน ที่ตำแหน่ง 5.0, 11.0, 16.0, 20.5, 23.5 และ 25.5 เซนติเมตร ตามลำดับ



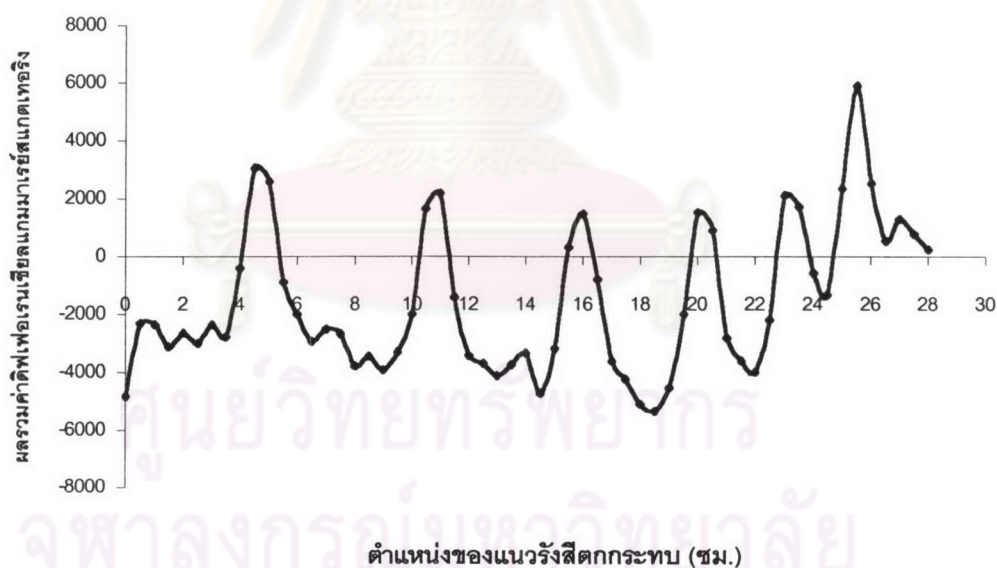
รูปที่ 4.23 พื้นคอนกรีตมอร์ตาร์เสริมเหล็กที่มีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. ที่ความลึก 2 ซม. ที่ระยะห่างแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล
แกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. อยู่ลึก 2.0
ซม. ที่ตำแหน่ง 5.0, 11.0, 16.0, 20.5, 23.5 และ 25.5 ซม. ตามลำดับ

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียล แกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	-4803	14.5	-4715
0.5	-2302	15	-3164
1	-2363	15.5	319
1.5	-3117	16	1484
2	-2654	16.5	-778
2.5	-2987	17	-3604
3	-2366	17.5	-4212
3.5	-2763	18	-5084
4	-404	18.5	-5323
4.5	3072	19	-4517
5	2598	19.5	-1999
5.5	-880	20	1515
6	-1985	20.5	918
6.5	-2920	21	-2802
7	-2491	21.5	-3619
7.5	-2669	22	-3965
8	-3776	22.5	-2188
8.5	-3435	23	2115
9	-3898	23.5	1724
9.5	-3290	24	-563
10	-1988	24.5	-1319
10.5	1679	25	2351
11	2177	25.5	5894
11.5	-1399	26	2529

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแฉกขี้ตอกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาด 1.2 ซม. อยู่ลึก 2.0 ซม. ที่ตำแหน่ง 5.0, 11.0, 16.0, 20.5, 23.5 และ 25.5 ซม. ตามลำดับ

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง
12	-3413	26.5	530
12.5	-3690	27	1305
13	-4088	27.5	785
13.5	-3726	28	252
14	-3333		



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแฉกขี้ตอกกระทบกับผลรวมค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงเมื่อเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. อยู่ลึก 2.0 ซม. ที่ตำแหน่ง 5.0, 11.0, 16.0, 20.5, 23.5 และ 25.5 ซม. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างต่างๆกันของเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ซม. กับพื้นที่ใต้พืด ความสูงของพืด และความกว้างของพืด ที่ความลึก 2.0 ซม.

เหล็กเส้นที่	พื้นที่ใต้พืด (counts x cm.)	ความสูงของพืด (counts)	ความกว้างของพืด (cm.)
1	8304	5887	1.32
2	7201	5667	1.22
3	8114	5947	1.38
4	7460	5986	1.25
5	5171	4584	1.19
6	8108	6764	0.98

4.4 ทดสอบดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงของคอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง

ในการทดสอบนี้ได้ขึ้นงานตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจากภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยขึ้นงานมีขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร โดยเลื่อนตำแหน่งของชุดวัดรังสีครั้งละ 0.5 เซนติเมตร ใช้เวลาในการนับรังสีตำแหน่งละ 300 วินาที เป็นระยะทาง 30 เซนติเมตร จำนวน 2 แนว ดังรูป 4.18 ซึ่งขึ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบนั้นไม่มีวัสดุอ้างอิงที่จะนำมาลบเพื่อหาค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง และในบริเวณที่ไม่ตรงกับเหล็กเส้นนั้นค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงเนื่องจากคอนกรีตตัวอย่างนี้ผสมด้วยหิน ทำให้ไม่สามารถอาศัยบริเวณที่ไม่มีเหล็กเส้นมาเป็นขึ้นงานอ้างอิงในการหาค่าดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงได้ ดังนั้นตัวอย่างนี้จึงแสดงผลด้วยค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริง ซึ่งได้ทำการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์เพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของเหล็กเส้นในพื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กนี้ด้วย



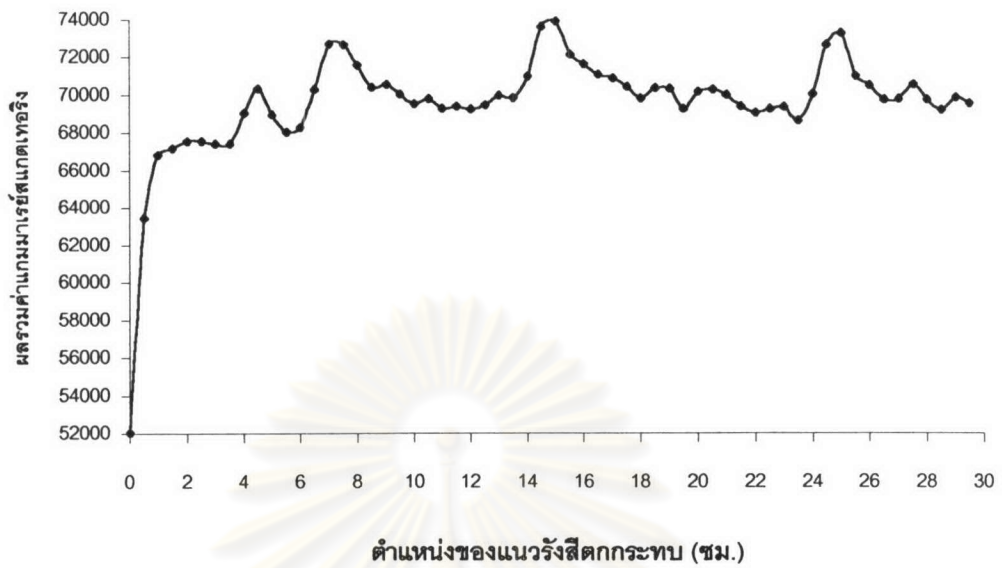
รูปที่ 4.25 คอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง

ตารางที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงของคอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง (แนวที่ 1)

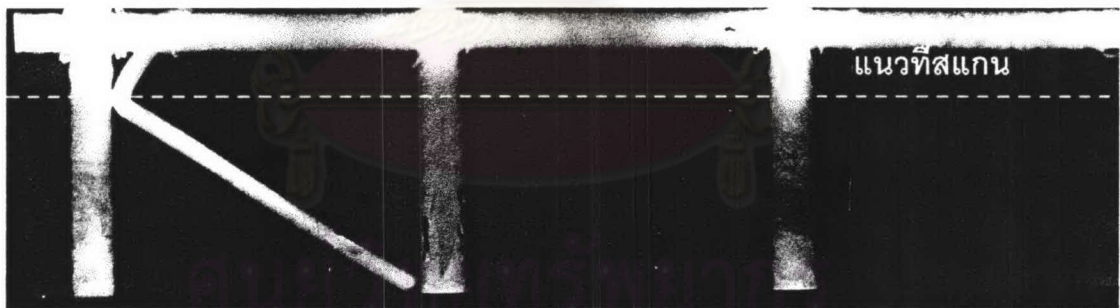
ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	52077	15.0	73858
0.5	63472	15.5	72091
1	66832	16	71583
1.5	67165	16.5	71018
2	67535	17	70824
2.5	67539	17.5	70389
3	67394	18	69776
3.5	67400	18.5	70297
4	69006	19	70283
4.5	70314	19.5	69213
5	68951	20	70130
5.5	68019	20.5	70237

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงของคอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง (แนวที่ 1)

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง
6	68262	21	69915
6.5	70256	21.5	69318
7	72690	22	68988
7.5	72648	22.5	69184
8	71543	23	69280
8.5	70391	23.5	68566
9	70535	24	69976
9.5	69992	24.5	72583
10	69494	25	73164
10.5	69764	25.5	70891
11	69237	26	70417
11.5	69345	26.5	69671
12	69197	27	69687
12.5	69435	27.5	70435
13	69908	28	69673
13.5	69820	28.5	69143
14	70954	29	69776
14.5	73543	29.5	69459



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าเกมมาเรย์สแกตเตอร์ของคอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง (แนวที่ 1)



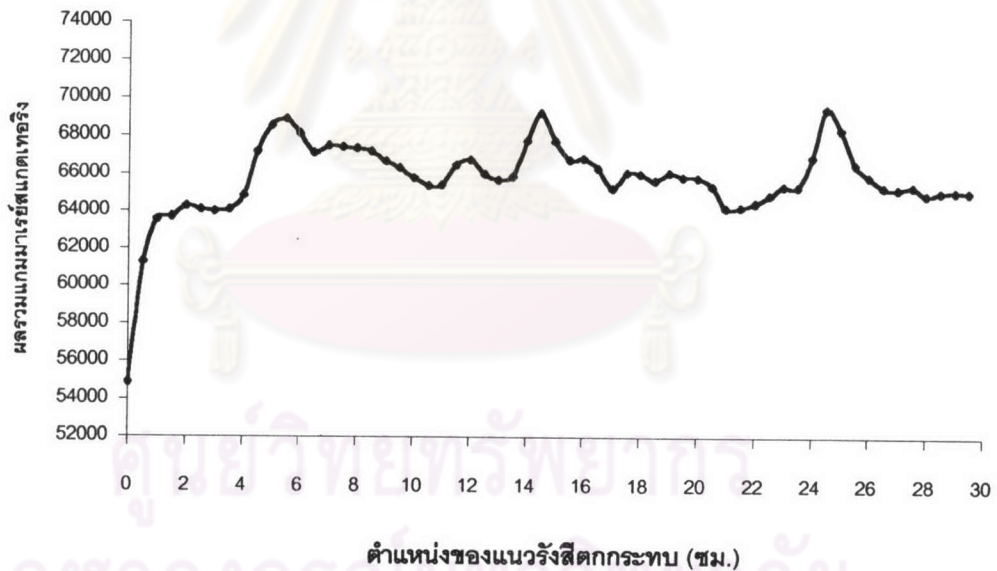
รูปที่ 4.27 ภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ของคอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง (แนวที่ 1)

ตารางที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงของคอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง (แนวที่ 2)

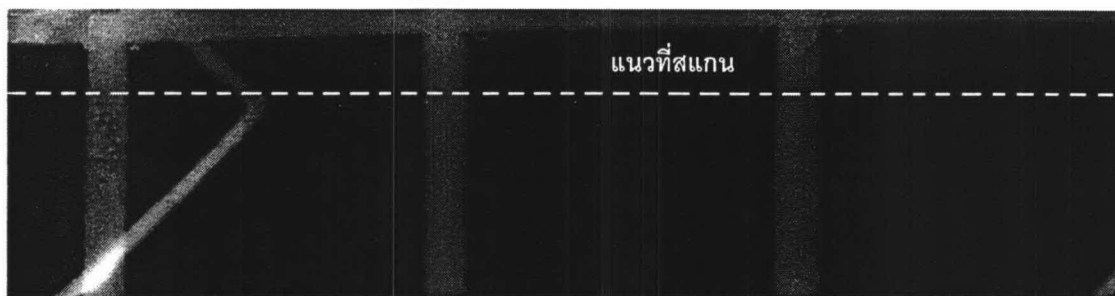
ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	54903	15	67721
0.5	61339	15.5	66770
1	63584	16	66821
1.5	63745	16.5	66313
2	64308	17	65231
2.5	64101	17.5	66077
3	64049	18	66014
3.5	64108	18.5	65660
4	64865	19	66093
4.5	67206	19.5	65833
5	68564	20	65803
5.5	68893	20.5	65374
6	68153	21	64207
6.5	67130	21.5	64241
7	67525	22	64453
7.5	67451	22.5	64861
8	67349	23	65377
8.5	67204	23.5	65339
9	66685	24	66905
9.5	66338	24.5	69419
10	65817	25	68341
10.5	65399	25.5	66521
11	65428	26	65887
11.5	66493	26.5	65319
12	66746	27	65202

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าแกมมาเรย์
สแกตเทอริงของคอนกรีตเสริมเหล็กตัวอย่าง (แนวที่ 2)

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง
12.5	66015	27.5	65367
13	65692	28	64905
13.5	65901	28.5	65065
14	67765	29	65101
14.5	69211	29.5	65055



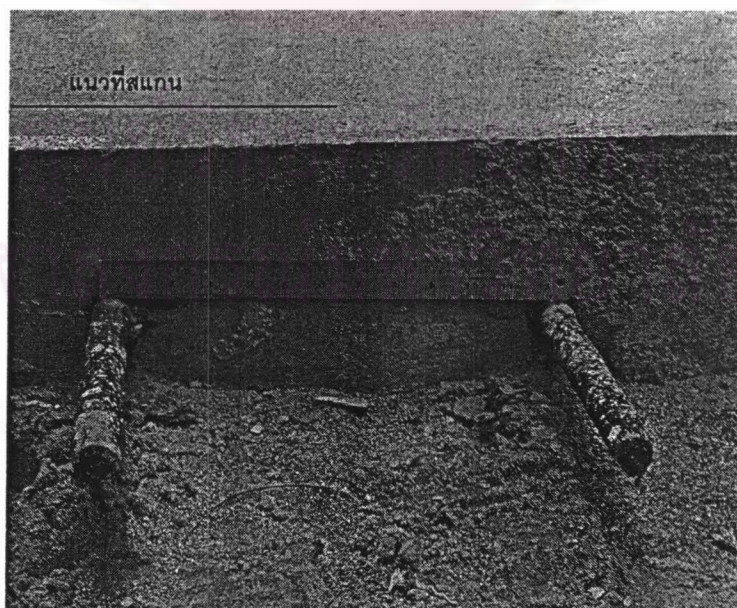
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าแกมมาเรย์
สแกตเทอริงของพื้นคอนกรีตตัวอย่าง (แนวที่ 2)



รูปที่ 4.29 ภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ของคอนกรีตตัวอย่าง (แนวที่ 2)

4.5 ทดสอบตีฟเพื่อเรนเซียลแกมมาเรย์สแกตเทอร์ริงของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณถนนข้างภาควิชาวิศวกรรมโยธา

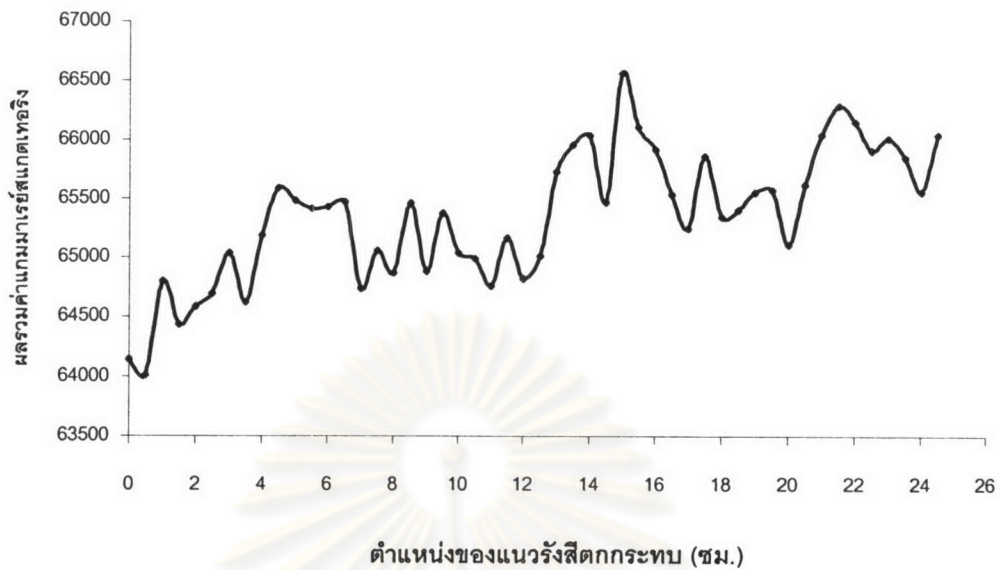
ได้ทำการลองทดสอบวัดตีฟเพื่อเรนเซียลแกมมาเรย์สแกตเทอร์ริงบริเวณถนนข้างภาควิชาวิศวกรรมโยธา ซึ่งมีเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร อยู่ลึกจากผิว 8.5 เซนติเมตร โดยเลื่อนตำแหน่งของชุดวัดรังสีครั้งละ 0.5 เซนติเมตร โดยใช้เวลาในการนับรังสีตำแหน่งละ 300 วินาที ตรงกับแนวที่มีเหล็กเส้นเป็นระยะทาง 25 เซนติเมตร แต่เนื่องจากพื้นคอนกรีตที่ทำการตรวจสอบนั้นมีค่าแกมมาเรย์สแกตเทอร์ริงความแปรปรวนสูงเนื่องจากพื้นคอนกรีตนี้ได้ผสมด้วยหิน ทำให้ไม่สามารถอาศัยบริเวณที่ไม่มีเหล็กเส้นมาเป็นชิ้นงานอ้างอิงในการหาค่าตีฟเพื่อเรนเซียลแกมมาเรย์สแกตเทอร์ริงได้ ดังนั้นตัวอย่างนี้จึงแสดงผลด้วยค่าแกมมาเรย์สแกตเทอร์ริง



รูปที่ 4.30 ภาพถ่ายถนนก่อนทำการเทปูน

ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถนนข้างภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	64141	12.5	65010
0.5	64008	13	65725
1	64798	13.5	65953
1.5	64438	14	66035
2	64588	14.5	65472
2.5	64694	15	66560
3	65034	15.5	66104
3.5	64624	16	65915
4	65185	16.5	65537
4.5	65588	17	65247
5	65480	17.5	65862
5.5	65416	18	65345
6	65430	18.5	65404
6.5	65469	19	65554
7	64739	19.5	65572
7.5	65056	20	65106
8	64867	20.5	65618
8.5	65459	21	66038
9	64883	21.5	66283
9.5	65371	22	66146
10	65039	22.5	65910
10.5	64987	23	66011
11	64762	23.5	65850
11.5	65160	24	65561
12	64820	24.5	66040



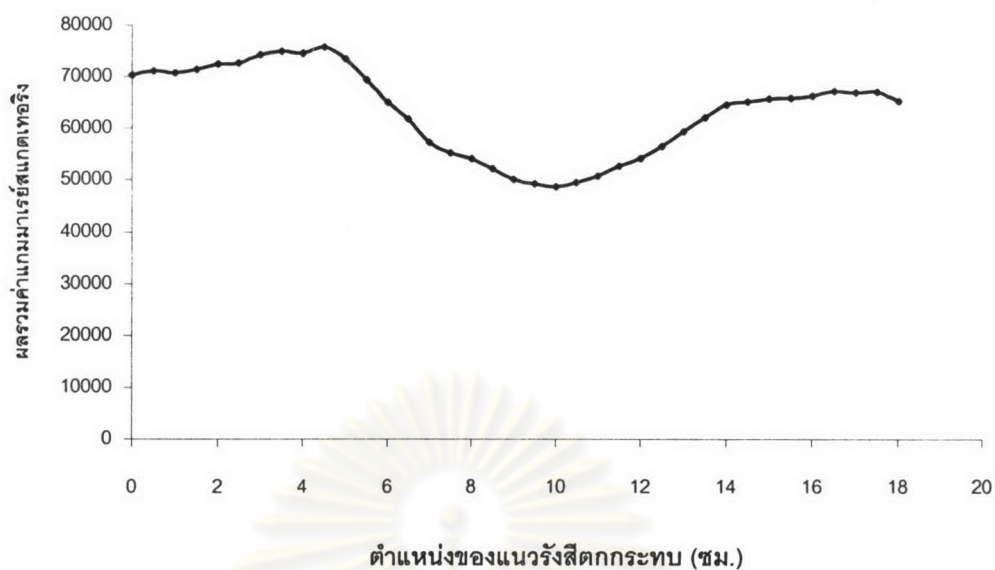
รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถนนข้างภาควิชาวิศวกรรมโยธาเทคโนโลยี

4.6 ทดสอบดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงตรงแนวท่อน้ำทิ้งใต้พื้นคอนกรีตบริเวณทางเดินหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธาเทคโนโลยี

ได้ทำการทดสอบวัดดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงตรงแนวท่อน้ำทิ้งบริเวณถนนหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธาเทคโนโลยีซึ่งมีท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.0 เซนติเมตรอยู่ลึกจากผิวคอนกรีต 2.0 เซนติเมตร โดยเลื่อนตำแหน่งของชุดวัดรังสีครั้งละ 0.5 เซนติเมตร โดยใช้เวลานับรังสีตำแหน่งละ 300 วินาที ซึ่งบริเวณที่ทำการทดสอบนี้ได้ผสมหินลงในพื้นคอนกรีตด้วย ดังนั้นจึงแสดงผลด้วยค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริง

ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงตรงแนวท่อน้ำทิ้งใต้พื้นคอนกรีตบริเวณทางเดินหน้าภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง	ตำแหน่ง (ซม.)	ผลรวมค่า แกมมาเรย์สแกตเทอริง
0	70256	9.5	49276
0.5	71049	10	48731
1	70655	10.5	49453
1.5	71351	11	50688
2	72496	11.5	52688
2.5	72566	12	54129
3	74242	12.5	56473
3.5	74951	13	59290
4	74523	13.5	62049
4.5	75763	14	64486
5	73395	14.5	65118
5.5	69381	15	65655
6	64960	15.5	65756
6.5	61693	16	66127
7	57113	16.5	67169
7.5	55130	17	66885
8	54060	17.5	66991
8.5	52126	18	65175
9	50114		



รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแนวรังสีตกกระทบกับผลรวมค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงตรงแนวท่อน้ำทิ้งใต้พื้นคอนกรีตบริเวณทางเดินหน้าภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย