การศึกษาเกี่ยวกับการกำบังรังสีแกมมา

นางสาว นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ

I 003783

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2524

I 15919511

A STUDY OF GAMMA SHIELDING

Miss Nualchavee Roogtanakait

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degrre of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเกี่ยวกับการกำบังรังสีแกมมา
โดย	นางสาว นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา การสุทธิ์
	รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ สุวรรณ์ แสงเพ็ชร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา การสุทธิ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชชัย สุมิตร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเกี่ยวกับการกำบังรังสีแกมมา

ชื่อนิสิต นางสาว นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา กาสุทธิ์
รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2523

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

รังสีแกมมามีอำนาจทะลุทะลวงสูง อีกทั้งการลดลงของรังสีแกมมาขึ้นอยู่กับความหนาและสัมประสิทธิ์การลดของเครื่องกำบัง จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องกำบังรังสีที่มีความหนาแน่นมาก สำหรับห้องปฏิบัติการรังสีสูงควรพิจารณาใช้คอนกรีตหนัก ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบความสามารถกำบังรังสีและกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตชนิดต่าง ๆ จากการใช้แร่แบไรท์ เฮมาไทท์ อิลเมไนท์ และกาลีนาเป็นวัสดุผสม ผลของการศึกษานี้ แบไรท์-อิลเมไนท์คอนกรีต เป็นคอนกรีตหนักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับห้องปฏิบัติการรังสีสูงในประเทศไทย

Thesis Title	A Study of Gamma Shielding
Name	Miss Nualchavee Roogtanakait
Thesis Adviser	Assistant Professor Pricha Karasuddhi Associate Professor Prachit Chiruppapa
Department	Nuclear Technology
Academic Year	1980

ABSTRACT

Gamma rays have high penetration power and its attenuation depends upon the thickness and the attenuation coefficient of the shield, so it is necessary to use the high density shield to attenuate the gamma rays. Heavy concrete is considered to be used for high radiation laboratory and the testing of the shielding ability and compressibility of various types of heavy concrete composed of baryte, heamatite, illmenite and galena is carried out. The results of this study show that baryte-illmenite concrete is the most suitable for high radiation laboratory in Thailand.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา การสุทธิ์ แผนกวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และเป็นที่ปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยดีตลอดมา

นอกจากนี้ ขอขอบคุณแผนกวิชาวิศวกรรมโลหะการและแผนกวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุญาตและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย และขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินอุดหนุนช่วยเหลือในการจัดซื้ออุปกรณ์บางอย่าง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ อาจารย์นเรศร์ จันทรชาว อาจารย์วีระชัย บัญชรเทวกุล อาจารย์สุวิทย์ ปุณณชัยยะ และคุณสมพงษ์ ไกรวุฒินันท์ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ฌ
รายการรูปประกอบ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
1.6 นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค	4
2. ทฤษฎี	6
2.1 กัมมันตภาพรังสี	6
2.2 รังสีแกมมา	7
2.3 อันตรกิริยาระหว่างรังสีแกมมากับวัตถุ	10
2.4 การลดของรังสีแกมมา	19
2.5 การกำบังรังสีแกมมา	26
2.6 ผลของรังสีต่อมนุษย์ชาติ	34
2.7 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคอนกรีต	38
2.8 คอนกรีตหนัก	41

		หน้า
	2.9 การกำบังรังสี	44
3.	วัสดุและอุปกรณ์	61
	3.1 หัววัดรังสีแกมมา	61
	3.2 วงจรอิเลคโทรนิคสำหรับหัววัดรังสีแกมมาแบบเรืองแสง	64
	3.3 ต้นกำเนิดรังสี	65
	3.4 วัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบของคอนกรีต	66
	3.5 กัมกรีต	70
	3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหล่อคอนกรีต	70
	3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาความถ่วงจำเพาะ	70
	3.8 อุปกรณ์จากแผนกวิศวกรรมโยธา	70
	3.9 อุปกรณ์จากแผนกวิศวกรรมโลหะการ	71
4.	การดำเนินงานวิจัยและผลการวิจัย	72
	4.1 การจัดหาและเตรียมวัสดุอุปกรณ์	72
	4.2 การผสมคอนกรีต	77
	4.3 การหาความหนาแน่นของคอนกรีต	80
	4.4 การจัดตั้งเครื่องมือเพื่อทดสอบความสามารถกำบังรังสี	80
	4.5 การทดสอบความสามารถกำบังรังสี	82
	4.6 การทำเครื่องกำบังรังสีแกมมาโดยใช้กัมกรีตและการหาค่า HVL TVL	86
	4.7 การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต	93

หน้า

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ 95

5.1 สรุปผลการวิจัย 95

5.2 ข้อเสนอแนะ 97

บรรณานุกรม 101

ประวัติการศึกษา 103

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดเชิงเส้นในหน่วย ซม.$^{-1}$ สำหรับธาตุต่าง ๆ	21
2.2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดเชิงมวลของวัสดุต่าง ๆ ในหน่วย ซม.^{2}/กรัม	31
2.3	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลของวัสดุต่าง ๆ ในหน่วย ซม.^{2}/กรัม	32
2.4	แสดงค่าเอกซ์โพเชอร์ บิลด์อัพ เฟคเตอร์ ของต้นกำเนิดรังสีชนิดแผ่นรังสีทิศทางเดียว	33
2.5	แสดง ช่วงระยะเวลาและปริมาณรังสีที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์	35
2.6	แสดงรายละเอียดของ MPD ต่ออวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย	37
2.7	แสดงค่าความหนาแน่นและส่วนผสมของคอนกรีตชนิดต่าง ๆ	43
2.8	แสดงคุณสมบัติสารประกอบของโบรอนชนิดต่าง ๆ ที่ใช้กำบังรังสี	47
2.9	แสดงคุณสมบัติและส่วนประกอบของคอนกรีต สำหรับกำบังรังสี	50
2.10	แสดงความหนาของวัสดุกำบังรังสีต่างชนิดกัน	52

ตารางที่ หน้า

2.11 แสดงคุณสมบัติของซีเมนต์ที่ช่วยในการกำบังรังสี 52

2.12 แสดงค่ากำลังอัดของคอนกรีตชนิดต่าง ๆ 52

2.13 แสดงคุณสมบัติการกำบังรังสีแกมมาและนิวตรอน ของเครื่องกำบังรังสี 57

2.14 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงในคอนกรีตที่ใช้กำบังรังสี 58

4.1 แสดงผลการหาความถ่วงจำเพาะของแร่ชนิดต่าง ๆ 78

4.2 แสดงความสามารถกำบังรังสีของแร่ชนิดต่าง ๆ 83

4.3 แสดงความสามารถกำบังรังสีของคอนกรีตชนิดต่าง ๆ 84

4.4 แสดงความสามารถกำบังรังสีของกาลีนาคอนกรีตเมื่อมีอัตราส่วนผสมต่างกัน 85

4.5 แสดงผลการทดสอบการกำบังรังสีของกาลีนากัมกรีตที่ความหนาต่าง ๆ กัน 87

4.6 แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดและความสามารถกำบังรังสีของคอนกรีตชนิดต่าง ๆ 94

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาวะของนิวเคลียส	8
2.2	แสดงการเปลี่ยนแปลงระหว่างระดับพลังงานต่างกัน 2 ระดับในนิวเคลียส	9
2.3	แสดงการเกิดโฟโตอิเลคตริก เอฟเฟคท์	10
2.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาคตัดขวาง เนื่องจากอันตรกิริยาโฟโตอิเลคตริค(Photoelectric cross section) กับพลังงานของรังสีแกมมา	12
2.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ n กับพลังงานของรังสีแกมมา	22
2.6	แสดงการเกิดอันตรกิริยาคอมป์ตัน เอฟเฟคท์	14
2.7	แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรังสีแกมมาจากอันตรกิริยาคอมป์ตัน เอฟเฟคท์	14
2.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาคตัดขวางเนื่องจากอันตรกิริยาคอมป์ตัน เอฟเฟคท์ ของอิเลคตรอนหนึ่งตัว(Compton cross section per electron) กับพลังงานของรังสีแกมมา	16
2.9	แสดงการเกิดอันตรกิริยาแพร์ โปรดัคชันและแอนนิฮิเลชัน	17
2.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาคตัดขวางเนื่องจากอันตรกิริยาแพร์ โปรดัคชัน (Pair production cross section) ของตะกั่วกับพลังงานของรังสีแกมมา	17
2.11	แสดงความสำคัญของอันตรกิริยาต่าง ๆ	18

รูปที่ หน้า

2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเชิงเส้นของอลูมิเนียมและตะกั่วกับพลังงานของรังสีแกมมา 22

2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\log I_x$ กับ x 23

2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเชิงมวลของตะกั่วกับพลังงานของรังสีแกมมา 23

2.15 แสดงการลดลงของรังสีแกมมาเมื่อผ่าน HVL 24

2.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดเชิงมวลของธาตุบางชนิดกับพลังงานของรังสีแกมมา 25

2.17 ลำของรังสีแกมมาทิศทางเดียวผ่านแผ่นวัสดุกำบัง 26

2.18 การกระจายของโฟตอนในแผ่นกำบังรังสีที่บาง 27

2.19 การกระจายของโฟตอนในแผ่นกำบังรังสีที่หนา 27

2.20 สเปคตัมของพลังงานรังสีแกมมาก่อนผ่านวัสดุกำบัง 29

2.21 สเปคตัมของพลังงานรังสีแกมมาที่ผ่านวัสดุกำบัง 29

2.22 แสดงปริมาตรของส่วนผสมคอนกรีต 39

2.23 แสดงปริมาณความเข้มของรังสีแกมมาที่ลดลงในคอนกรีต 50

2.24 แสดงการลดลงของปริมาตรรังสีในแบไรท์คอนกรีต 58

2.25 แสดงการเพิ่มของอุณหภูมิ ในแบไรท์คอนกรีต 58

รูปที่ หน้า

3.1 แสดงส่วนประกอบของหัววัดรังสีแบบเรืองแสง 62

3.2 แสดงผังวงจรของหัววัดรังสีแกมมาแบบเรืองแสง 63

3.3 แสดงผังการสลายตัวของซีเซียม-137 65

4.1 แสดงอุปกรณ์ในการหาความถ่วงจำเพาะของแร่ 76

4.2 แสดงผังการจัดตั้งเครื่องมือเพื่อทดสอบการกำบังรังสี 81

4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของกาลีนา กัมกรีต (x) กับค่า I_n I_x/I_o 88