บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 ต้นกำเนิดรังสี

3.1.1.1 ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน อะเมริเซียม-เบอริลเลียม (^{241}Am-Be) ความแรง 1.11x10^{9} เบคเคอเรล (Bq)

3.1.1.2 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ซีเซียม-137 (Cs^{137}) ความแรง 0.185x10^{9} เบคเคอเรล (Bq)

3.1.2 ชุดวัดรังสีแกมมา ประกอบด้วย

3.1.2.1 หัววัดรังสีแกมมาแบบซินทิลเลชัน (scintillation) ขนาดผลึกโซเดียมไอโอไดด์ (ทัลเลียม) 2"x 2" พร้อมทิวบ์เบส (tube base) และภาคขยายส่วนหน้า (preamplifier)

3.1.2.2 NIM Bin และ power supply

3.1.2.3 แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูง (high voltage power supply)

3.1.2.4 ภาคขยายหลัก (amplifier)

3.1.2.5 เครื่องวิเคราะห์แบบช่องเดียว (single channel analyzer,SCA)

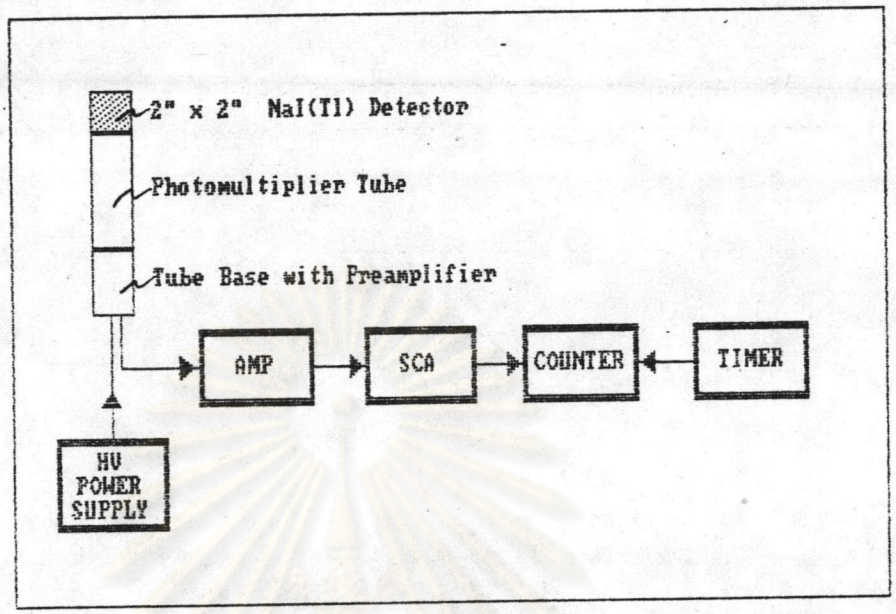
3.1.2.6 เครื่องนับ (counter) และเครื่องตั้งเวลา (timer)

3.1.3 ชุดวัดรังสีนิวตรอนช้า ประกอบด้วย

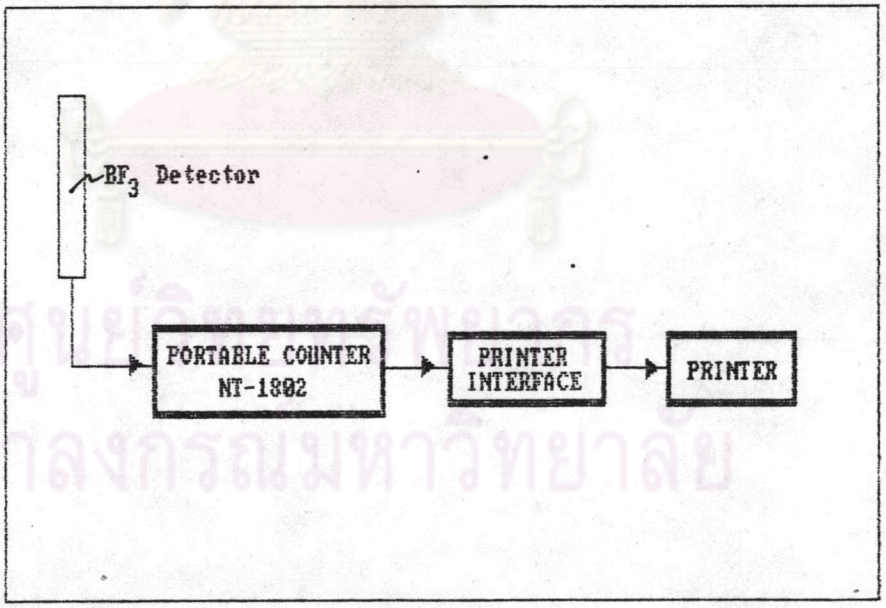
3.1.3.1 หัววัดรังสีแบบบรรจุก๊าซโบรอนไตรฟลูออไรด์ (boron tri-fluoride, BF_3) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. ยาว 26.5 ซม.

3.1.3.2 เครื่องนับรังสีแบบกระเป๋าหิ้ว พร้อมเครื่องพิมพ์ข้อมูล และอินเตอร์เฟส (interface) ของเครื่องพิมพ์ข้อมูล

แผนผังชุดวัดรังสีทั้งสองชุด แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ก. และ ข.



(ก) ชุดวัดรังสีแกมมา



(ข) ชุดวัดรังสีนิวตรอนช้า

รูปที่ 3.1 แผนผังอุปกรณ์วัดรังสีแกมมาและรังสีนิวตรอนช้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

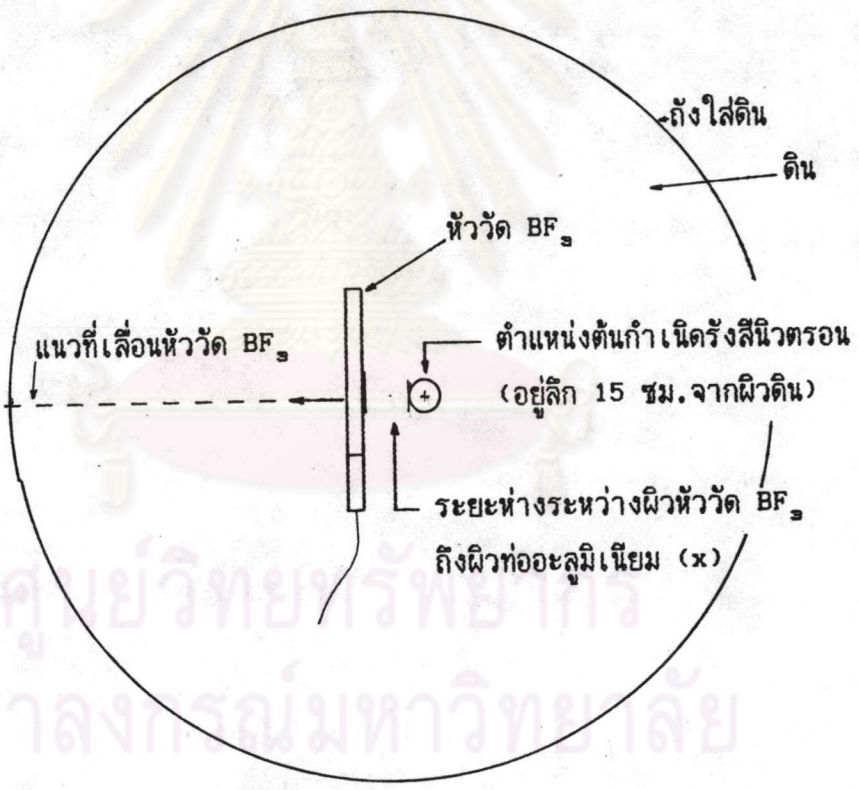
เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร

ค. นำท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสี หย่อนลงไปตรงกลาง ของถังซึ่งบรรจุตัวอย่างดิน ให้ท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีลงไปลึก 15 เซนติเมตร

ง. นำหัววัดนิวตรอนช้าวางชิดกับผิวของท่ออะลูมิเนียม ทำการนับรังสี 300 วินาที 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

จ. เลื่อนหัววัดนิวตรอนช้าห่างออกไปจากผิวของท่ออะลูมิเนียม ออกไปครั้งละ 1 เซนติเมตร โดยที่ท่ออะลูมิเนียมอยู่กับที่ ทำการนับรังสี 300 วินาที ทุกระยะ ดังรูปที่ 3.3

ฉ. เพิ่มความชื้นของดินเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ แล้วดำเนินการวิจัยซ้ำตั้งแต่ข้อ ก ถึง จ ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และกราฟรูปที่ 4.1



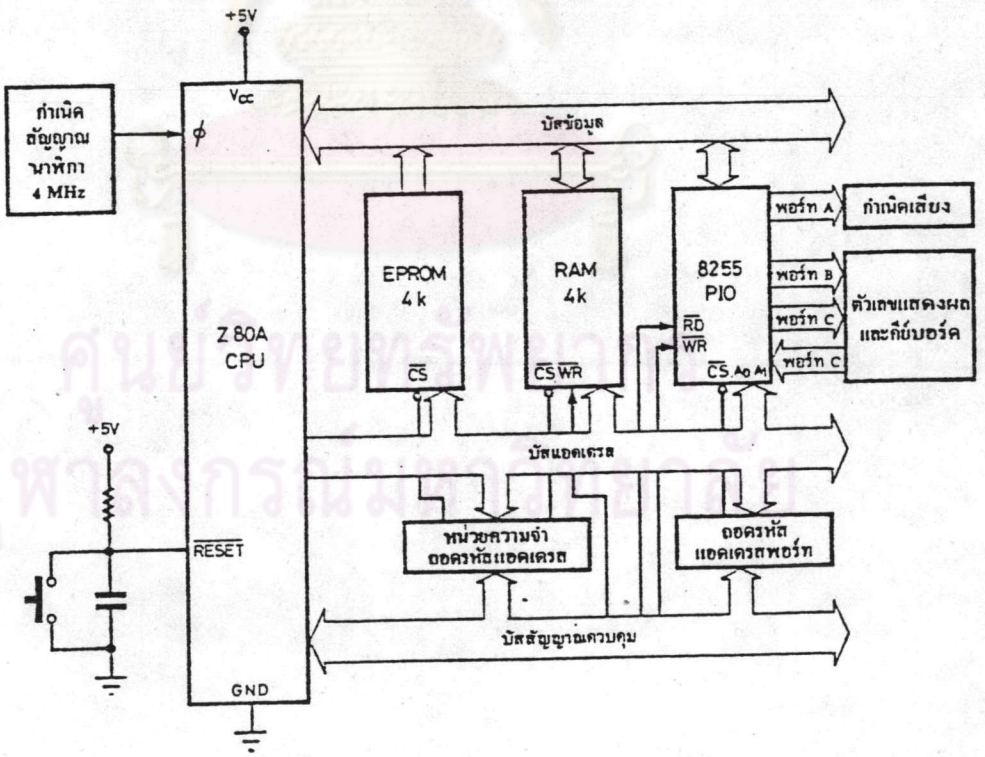
รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงการเลื่อนหัววัดรังสีนิวตรอนในการหาระยะที่เหมาะสมระหว่างหัววัดรังสีนิวตรอนช้ากับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน

016002

3.1.4 ชุดอุปกรณ์ไมโครคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดียว (Single Board)

อีที-บอร์ดเป็นไมโครคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดียวหรือเรียกว่าชิงเกิลบอร์ดใช้ซีพียู เบอร์ Z-80A ทำงานด้วยความถี่ 4 เมกกะเฮริทซ์ใช้โปรแกรมมอนิเตอร์ขนาด 4 กิโลไบท์ ด้วย รอม (ROM) เบอร์ 2732 และมีแรม (RAM) มีความจุถึง 4 กิโลไบท์ และสามารถขยายหน่วยความจำในตัวชิงเกิลบอร์ดได้อีก 4 กิโลไบท์ โดยใส่ รอม เบอร์ 2716 หรือ เบอร์ 2732 หรือ แรม เบอร์ 6116 เพื่อใช้เก็บโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา ส่วนภาคแสดงผลแสดงด้วยตัวเลข 7 เซกเมนต์ (segment) 6 หลัก 4 หลักแรกแสดงตำแหน่งแอดเดรสส์ (address) 2 หลักท้ายแสดงข้อมูลหรือค่าของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ เป็นต้น จากรูปที่ 3.2 เป็นแผนผังทางด้านฮาร์ดแวร์ของชิงเกิลบอร์ดซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญได้แก่ ซีพียู หน่วยความจำ (รอม และ แรม) พอร์ท (port) และส่วนจ่ายไฟเลี้ยง

อีที-บอร์ด นี้ใช้เก็บข้อมูลที่ได้จากการปรับเทียบ อุปกรณ์วัดความชื้นและความหนาแน่นของดินตลอดจนการคำนวณและแสดงผลความชื้นและความหนาแน่นออกมาเป็นตัวเลข โดยที่ อีที-บอร์ด รับข้อมูลจากเครื่องนับรังสีผ่านทางอินเตอร์เฟสที่ประกอบขึ้นเองตามในแผนผังที่แสดงไว้ในรูป ก. 1 ในภาคผนวก ก.



รูปที่ 3.2 แผนผังฮาร์ดแวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดียว

3.1.5 ตัวอย่างของดินที่นำมาใช้ทดลองประกอบไปด้วย ดินลูกรัง ดินดำ ทราย

3.1.6 ท่ออะลูมิเนียมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 และ 1.7 เซนติเมตร

3.1.7 แท่งพาราฟินความหนาทางด้านล่าง 2 และ 4 เซนติเมตร

3.1.8 ถังเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 57 เซนติเมตร สูง 30 และ 57 ซม.

3.1.9 เครื่องชั่ง

3.1.10 ถังเก็บต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยได้ศึกษาการวัดความชื้นด้วยรังสีนิวตรอนก่อนเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบมากต่อการวัดรังสีนิวตรอนช้า ต่อจากนั้นจึงจะใช้รังสีแกมมาเข้ามาช่วยในการหาความหนาแน่นของดินซึ่งหาสามารถกระทำได้สะดวกกว่า

3.2.1 การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างหัววัดรังสีนิวตรอนช้ากับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน

การวิจัยในขั้นนี้เป็นการหาระยะที่เหมาะสมในการที่จะวางหัววัดนิวตรอนช้าไว้ในระยะที่ทำให้ได้จำนวนนับรังสีนิวตรอนต่อเวลาสูงที่สุดโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีนิวตรอนต่อเวลากับระยะระหว่างหัววัดนิวตรอนช้ากับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่บรรจุอยู่ในท่ออะลูมิเนียมและอยู่ลึกลงไป 15 เซนติเมตร จากผิวดิน สาเหตุที่หย่อนท่ออะลูมิเนียมลึกลงไป 15 เซนติเมตร นั้นเนื่องจากว่าดินแต่ละชั้นในการสร้างถนนจะมีความสูงชั้นละ 15 เซนติเมตร และความชื้นที่อยู่ในดินจะอยู่ในช่วง 5-15 % เพื่อที่จะวัดความชื้นที่อยู่ในดินแต่ละชั้นดังนั้นจึงหย่อนท่ออะลูมิเนียมลึกลงไป 15 เซนติเมตร ในการวิจัยขั้นนี้ใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร เป็นภาชนะบรรจุดินลูกรัง โดยใส่ตัวอย่างดินสูง 50 เซนติเมตร โดยไม่ได้อัดดินลูกรังให้แน่นจึงมีความหนาแน่นราว 1.2 กรัม/ซม^3 เนื่องจากยังไม่ทราบผลกระทบของรังสีนิวตรอนทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่แน่นอน ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้ใช้ตัวอย่างดินมีความสูง 50 ซม. เพื่อตัดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากความหนาของดินน้อยกว่า radius of influence ขั้นตอนในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

ก. นำตัวอย่างดินที่มีความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์ บรรจุลงไปในถังเหล็กซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 57 ซม. สูง 57 ซม. ให้ตัวอย่างดินมีความสูง 50 ซม.

ข. บรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนใส่ลงไปในท่ออะลูมิเนียมสูง 50 เซนติเมตร

3.2.2 การตรวจสอบขนาดของภาชนะใส่ดิน

การวิจัยขั้นนี้เป็นการตรวจสอบภาชนะใส่ดิน ที่จะนำมาใช้ในการวิจัยในขั้นต่อ ๆ ไปว่ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากพอหรือไม่กล่าวคือต้องโตกว่า 2 เท่าของ radius of influence ของการวัดนิวตรอนช้า เพื่อจะได้ความเข้มรังสีนิวตรอนช้าสูงสุด ในการวิจัยนี้ได้ทดลองกับดินลูกรังที่มีความชื้นต่ำสุดที่จะทำการวัด คือ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากที่ความชื้นต่ำสุดจะมี radius of influence มากที่สุด หากภาชนะที่ใช้มีขนาดใหญ่พอสำหรับที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์ ก็ใช้ได้กับที่ดินที่ความชื้นสูงขึ้นไป ภาชนะที่ใช้ในการวิจัยคือ ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 57 ซม. ตัดให้สั้นลงเหลือราว 60 ซม. บรรจุดินไว้สูง 50 ซม. โดยไม่อัดให้แน่นซึ่งมีความหนาแน่นราว 1.2 กรัม/ซม.^{3} การตรวจสอบนี้จะพิจารณาจากจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้าที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเลื่อนหัววัดรังสีนิวตรอนช้า และต้นกำเนิดรังสีออกไปจากจุดศูนย์กลาง ขั้นตอนการวิจัยมีดังนี้

ก. นำตัวอย่างดินที่มีความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์ บรรจุลงไปในถังเหล็กสูง 57 เซนติเมตร โดยที่ตัวอย่างดินมีความสูง 50 เซนติเมตร

ข. บรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนใส่ลงไปในท่ออะลูมิเนียมสูง 100 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร นำท่ออะลูมิเนียมหย่อนลงไปตรงกลางถังที่บรรจุอย่างดินให้ท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีลงไปลึก 15 เซนติเมตร วางหัววัดนิวตรอนช้าห่างจากผิวของท่ออะลูมิเนียม 1 เซนติเมตร ทำการนับรังสี 300 วินาที 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย หลังจากนั้นเลื่อนหัววัดนิวตรอนช้าและท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีไปพร้อม ๆ กันจากจุดตรงกลางถังไปทางซ้ายและขวา ดังรูปที่ 3.4 โดยเลื่อนครั้งละ 5 เซนติเมตร นับรังสีทุก ๆ ระยะ ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

3.2.3 การศึกษาผลกระทบของดินทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนและระยะความลึกที่จะหย่อนต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนจากผิวดิน

การวิจัยในขั้นนี้เพื่อที่จะหาระยะความลึกในการที่หย่อนต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนลงไปในตัวอย่างดิน และศึกษาผลกระทบของดินที่อยู่ทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับใช้ในการออกแบบโปรบสำหรับใช้วัดความชื้นในงานสร้างถนนให้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด ในการวิจัยจะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีนิวตรอนเวลากับระยะความลึกในการที่หย่อนต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนลงไปในตัวอย่างดินลูกรังที่ระยะ

ความลึกต่าง ๆ ระยะความลึกเท่าไรจึงจะได้จำนวนนับรังสีนิวตรอนต่อเวลาสูงที่สุด และที่ระยะความลึกนั้น ๆ ผลกระทบของดินทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนอิทธิพลต่อจำนวนนับรังสีนิวตรอนมากน้อยเพียงใด การวิจัยนี้ไม่ได้อัดดินลูกรังให้แน่นจึงมีความหนาแน่นราว 1.2 กรัม/ซม.^{3} ขั้นตอนในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

ก. นำตัวอย่างดินที่มีความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงไปในถังเหล็กสูง 57 เซนติเมตร ให้ตัวอย่างดินสูง 5 เซนติเมตร

ข. บรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนใส่ลงไปในท่ออะลูมิเนียมสูง 50 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร

ค. นำท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนหย่อนลงไปตรงกลางของถังที่บรรจุตัวอย่างดิน ให้ท่ออะลูมิเนียมลงไปสัมผัสกับก้นถัง นำหัววัดนิวตรอนช้าวางลงบนผิวตัวอย่างดิน ให้ห่างจากผิวของท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนในแนวระดับ 1 เซนติเมตร ทำการนับรังสี 300 วินาที 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ง. ดึงท่ออะลูมิเนียมขึ้นมา 5 เซนติเมตร ทำการนับรังสี

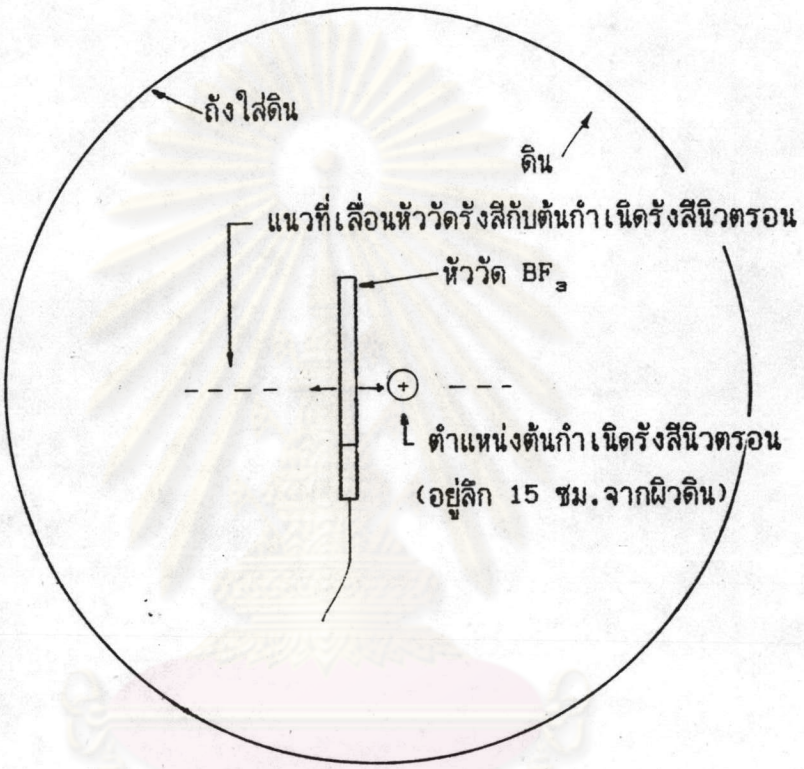
จ. เติมตัวอย่างดินลงไปในถังอีก 5 เซนติเมตร นำท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนหย่อนลงไปตรงกลางของถังที่บรรจุตัวอย่างดิน ให้ท่ออะลูมิเนียมลงไปสัมผัสกับก้นถัง นำหัววัดนิวตรอนช้าวางลงบนผิวตัวอย่างดิน ให้ห่างจากผิวของท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนในแนวระดับ 1 เซนติเมตร ดำเนินการนับรังสี เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6

ฉ. ดึงท่ออะลูมิเนียมขึ้นมาครั้งละ 5 เซนติเมตร แล้วทำการนับรังสีที่แต่ละตำแหน่ง 300 วินาที 3 ครั้ง

ช. ดำเนินการวิจัยทำนองเดียวกับที่ผ่านมา โดยเพิ่มความหนาของดิน ครั้งละ 5 เซนติเมตร จนถึง 50 เซนติเมตร ตามรูปที่ 3.5 ก

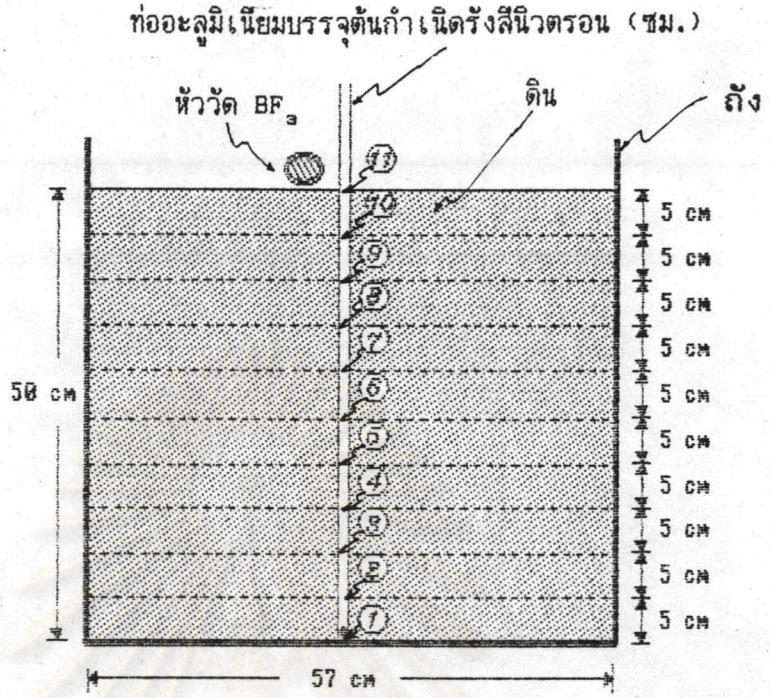
ซ. เพิ่มความชื้นของดินเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ แล้วดำเนินการวิจัยซ้ำตั้งแต่ข้อ ก ถึง ช ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.3, 4.4 และกราฟในรูปที่ 4.3

ฌ. ทำการวิจัยซ้ำโดยใช้พาราฟินตามรูปที่ 3.5 ช หุ้มต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน เพื่อศึกษาอิทธิพลของพาราฟิน (ซึ่งใช้ในการลดพลังงานนิวตรอน) ที่มีต่อจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้าที่ระดับลึกต่าง ๆ ความหนาของดินด้านล่าง และความสามารถในการแยกความแตกต่างของดินที่มีความชื้น 5 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 และกราฟในรูปที่ 4.3, 4.4

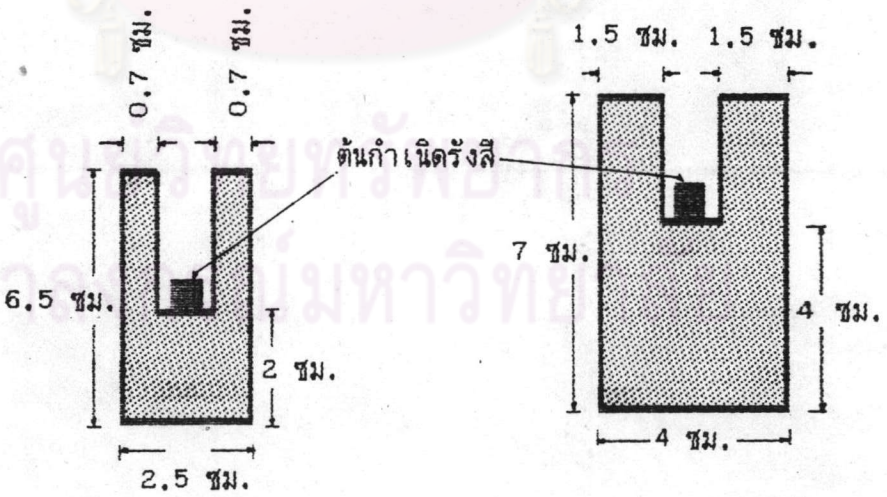


รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงการเลื่อนหัววัดรังสีนิวตรอนกับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน เพื่อตรวจสอบขนาดของภาชนะใส่ดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 ก แผนภาพแสดงตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนในการศึกษาอิทธิพลของระยะความลึกของต้นกำเนิดรังสีและความหนาแน่นของดินด้านล่างเมื่อดินมีความหนา 50 เซนติเมตร (หมายเลข 1 ถึง 11 เป็นตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสี)



1. พาราฟินหนา 2 ซม. 2. พาราฟินหนา 4 ซม.

รูปที่ 3.5 ข แผนภาพแสดงลักษณะของพาราฟินหุ้มต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน

3.2.4 การศึกษาการวัดความชื้นและความหนาแน่นของตัวอย่างดินและทราย

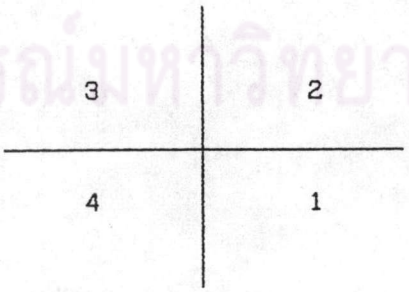
การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการวัดความชื้นและความหนาแน่นของทรายและตัวอย่างดิน 2 ชนิด คือ ดินลูกรังและดินดำ โดยศึกษาถึงผลกระทบของความหนาแน่นของดิน ต่อการวัดความชื้นด้วยนิวตรอน และผลกระทบของความชื้นต่อการวัดความหนาแน่นด้วยรังสีแกมมารวมทั้งวิธีการปรับแก้ค่าสำหรับการใช้งานจริง อย่างไรก็ตามการวิจัยในห้องทดลอง มิได้ทำที่ความหนาแน่นของดินสูง ๆ เท่ากับในการสร้างถนนจริง เนื่องจากไม่มีความสะดวกหลายประการแต่ก็สามารถนำอุปกรณ์ที่ศึกษาและออกแบบไปปรับเทียบสำหรับใช้งานที่ความหนาแน่นสูงสุดได้สำหรับทรายได้ทำการวิจัยที่ความหนาแน่นเดียวเนื่องจากไม่สามารถอัดทรายให้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นกว่านี้ได้สูงพอที่จะทำการทดลองได้ อนึ่งการวิจัยจะเลือกใช้ต้นกำเนิดรังสีที่มีพาราฟินที่มีความหนาด้านล่าง 4 ซม. หุ้มต้นกำเนิดรังสีเนื่องจากทำให้ได้จำนวนนับรังสีนิวตรอนสูง และลดผลกระทบจากดินด้านล่างที่เกินความลึก 15 ซม. จากผิวดินลงไป และสามารถแยกความแตกต่างของความชื้น 5 กับ 15 เปอร์เซ็นต์ได้ดี(จากผลการวิจัยหัวข้อที่ผ่านมา)

ก. ดินลูกรังและดินดำ

1. ชั่งน้ำหนักถังเปล่าแล้วนำดินลูกรังแห้งบรรจุลงในถังที่มีความสูง 30 เซนติเมตร ให้ดินลูกรังแห้งที่บรรจุลงไปในถังสูง 15 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักถังและดินลูกรังนำน้ำหนักของถังลบออกจากน้ำหนักของถังที่บรรจุดินลูกรังจะได้น้ำหนักของดินลูกรังสุทธิ

2. นำต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่หุ้มด้วยพาราฟินที่มีความหนา 4 ซม. หย่อนลงไปตรงกลางถังที่บรรจุดินลูกรัง ให้ลึกลงไป 5 เซนติเมตร จากระดับผิวดิน

3. นำหัววัดนิวตรอนช้าวางลงไปบนผิวดินลูกรัง ให้ห่างจากผิวของท่อที่หุ้มต้นกำเนิดรังสี 1 ซม. แบ่งบริเวณที่จะวัดความชื้นและความหนาแน่นออกเป็น 4 บริเวณ คือ บริเวณที่ 1, 2, 3, 4 เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการวัด ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนผังแสดงการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วน ในการศึกษาการวัดความชื้นและความหนาแน่นของตัวอย่างดินและทราย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ดำเนินการวัดรังสีนิวตรอนทั้ง 4 บริเวณ โดยตั้งเวลาวัดไว้ 300 วินาที โดยที่แต่ละบริเวณนับจำนวนรังสีนิวตรอนซ้ำ 3 ครั้ง

5. นำต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม-137 (Cs^{137}) บรรจุลงไปในท่ออะลูมิเนียม เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร

6. จัดหัววัดรังสีแบบโซเดียมไอโอไดด์ (ทัลเลียม) ห่างจากต้นกำเนิดรังสี 18.5 เซนติเมตร ที่บริเวณรอบหัววัดรังสีใช้ตะกั่วหุ้มหนา 0.3 เซนติเมตร

7. ดำเนินการวัดความเข้มของรังสีแกมมาก่อนทะลุผ่านเข้าไปในวัตถุ

8. นำท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม-137 หย่อนลงไปในถังที่บรรจุดินลูกรังใกล้ ๆ กับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนให้ลึก 15 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.7

9. นำหัววัดโซเดียมไอโอไดด์วางลงบนผิวดินลูกรังห่างจากท่ออะลูมิเนียมในแนวระดับ 10 เซนติเมตร แบ่งบริเวณการวัดออกเป็น 4 บริเวณ ดังรูปที่ 3.6 โดยที่แต่ละบริเวณ จะดำเนินการวัดรังสีแกมมาก่อนผ่านดินลูกรังใหม่ทุก ๆ ครั้ง

10. ตั้งเวลาวัดรังสีแกมมาไว้ 10 วินาที นับจำนวนรังสี

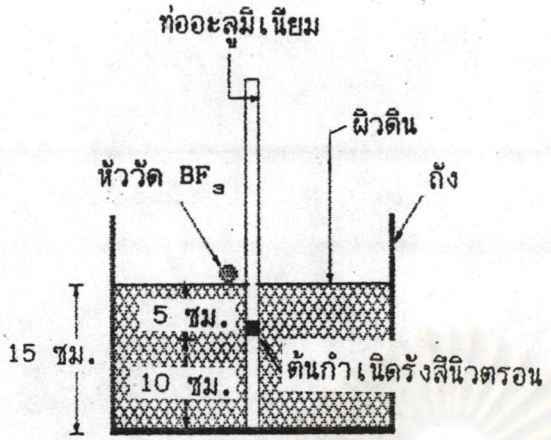
11. เพิ่มดินลูกรังลงไปในถังอีก 13 กิโลกรัม ดำเนินการอัดดินลูกรังที่เพิ่มลงไปในถัง ให้ความสูงของดินลูกรังอัดลงไปอยู่ในระดับ 15 เซนติเมตร นับรังสีนิวตรอนซ้ำและรังสีแกมมาทุกชั้นที่เพิ่มดินลูกรังลงไป

12. ดำเนินการวิจัยซ้ำเหมือนข้อ 11 จนไม่สามารถอัดดินลูกรังลงไปอยู่ในระดับ 15 เซนติเมตร

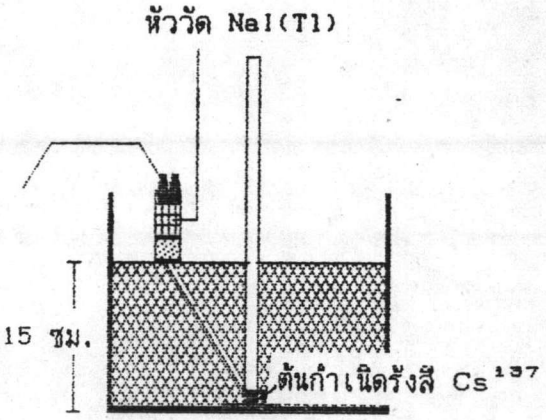
13. ดำเนินการวิจัยซ้ำเหมือนข้อ 1 ถึง 12 โดยเพิ่มความชื้นลงไปในดินลูกรังตั้งแต่ 5 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.9, 4.10 และกราฟในรูปที่ 4.5 - 4.8

ข. ทราย

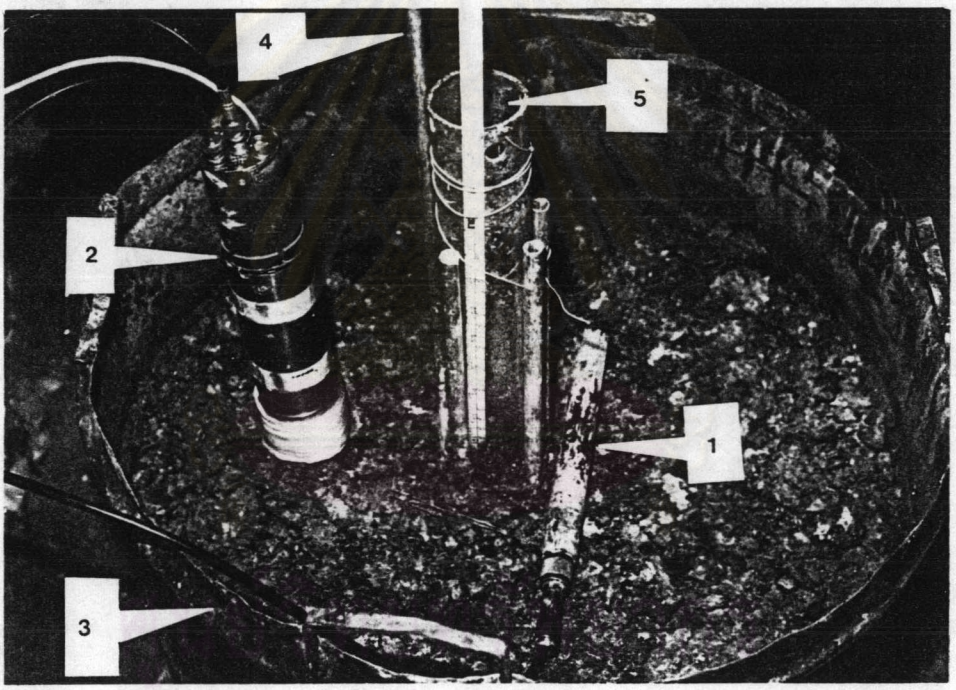
ทำการวิจัยทำนองเดียวกับข้อ 3.2.4 ก. ตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 11 แล้วทำซ้ำโดยเปลี่ยนความชื้นของดินเป็น 5 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ โดยเพิ่มความชื้นครั้งละ 1 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.11 และกราฟรูปที่ 4.9



ก. การวัดรังสีนิวตรอน



ข. การวัดรังสีแกมมา



รูปที่ 3.7 แสดงการจัดหัววัดรังสีนิวตรอนและหัววัด NaI(Tl) ในถัง

1 หัววัดรังสีนิวตรอน

2 หัววัด NaI(Tl)

3 ถังบรรจุตัวอย่างดิน

4 ท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม-137

5 บริเวณที่หย่อนต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่หุ้มด้วยพาราฟินหนา 4 เซนติเมตร ลงไป

3.2.5 การสร้างกราฟปรับเทียบ

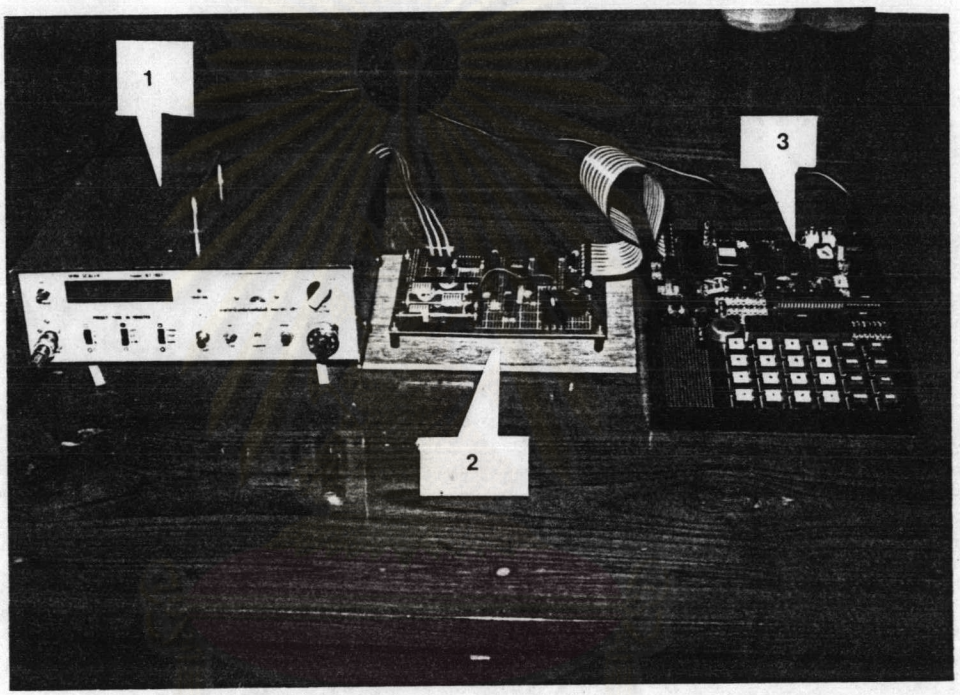
กราฟปรับเทียบเป็นกราฟที่นำผลการวิจัยจากข้อ 3.2.4 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีนิวตรอนเฉลี่ยกับเปอร์เซ็นต์ความชื้น และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน I/Io กับความหนาแน่น (กรัม/ซม.^{3}) ดังแสดงในรูปที่ 4.5 - 4.8

3.2.6 การออกแบบและสร้างอินเตอร์เฟสสำหรับการส่งข้อมูลจากเครื่องนับรังสีไปยังอีที-บอร์ด

อินเตอร์เฟสเป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อถ่ายโอนข้อมูลระหว่างชิงเกิลบอร์ดและเครื่องนับวัดรังสีรุ่น NT-1802 ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งในรูปที่ ก1 ในภาคผนวก ก. ได้แสดงรายละเอียดทางด้านฮาร์ดแวร์ในการออกแบบอินเตอร์เฟสสำหรับเชื่อมโยงสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วย ไอซี 1 และ ไอซี 2 เป็นหน่วยความจำชั่วคราว(RAM) เบอร์ 6264 ใช้สำหรับเก็บข้อมูลที่ได้จากการวิจัย ส่วนไอซี 3 (74LS138) และ ไอซี 4 (74LS138) เป็นไอซีถอดรหัส ไอซี 3 ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสพอร์ต สัญญาณที่นำมาถอดรหัสในไอซี 3 ได้แก่สัญญาณ $\overline{IORQ}$ และสัญญาณจากบัสแอดเดรสอีก 3 สาย คือ A_5, A_6, A_7 โดยที่สัญญาณจากบัสแอดเดรส A_5, A_6 นำมาผ่านไอซี 10/1 (74LS00) ซึ่งเป็นแนนด์เกทก่อนพอร์ตที่เกิดจากการถอดรหัสของไอซี 3 มี 5 พอร์ต ที่นำมาใช้งานได้แก่พอร์ตเบอร์ E0, E4, E8, EC, F0 โดยที่แต่ละพอร์ตทำหน้าที่ดังนี้

พอร์ตเบอร์ E0 ใช้สัญญาณ input / output
พอร์ตเบอร์ E4 ใช้สัญญาณ stop / scan
พอร์ตเบอร์ E8 ใช้สัญญาณ print clock
พอร์ตเบอร์ EC ใช้สัญญาณ hold 1
พอร์ตเบอร์ F0 ใช้สัญญาณ hold 2

ไอซี 4 ทำหน้าที่ถอดรหัสเลือกแอดเดรสส์หน่วยความจำของไอซี 1 และไอซี 2 สัญญาณที่นำมาถอดรหัสนี้ได้แก่สัญญาณ MREQ และสัญญาณจากบัสแอดเดรสส์อีก 3 สาย คือ A_{13}, A_{14} A_{15} แอดเดรสส์หน่วยความจำที่ได้จากการถอดรหัสแล้วนำไปใช้เริ่มตั้งแต่ 4000H-5FFFH และ 6000H-7FFFH โดยที่ไอซี 1 มีแอดเดรสส์หน่วยความจำเริ่มตั้งแต่ 4000H-5FFFH และไอซี 2 มีแอดเดรสส์หน่วยความจำเริ่มตั้งแต่ 6000H-7FFFH ไอซี 5 (74LS374) ทำหน้าที่เป็นทางผ่านข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องวัดรังสีรุ่น NT-1802 ไอซี 6/1 และ 6/2



รูปที่ 3.8 การต่อเครื่องวัดรังสีกับอินเตอร์เฟสสำหรับเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเครื่องวัดรังสีและอีที-บอร์ด

1 เครื่องวัดรังสีรุ่น NT-1802

2 อินเตอร์เฟสสำหรับเชื่อมโยงสัญญาณ

3 อีที-บอร์ด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(74LS244) เป็นลอกจิก 3 สถานะไอซี 6/1 ทำหน้าที่ นำสัญญาณ stop/scanจากเครื่องนับวัดรังสีรุ่น NT-1802 เครื่องที่ 1 และ 2 มาตรวจสอบโดยที่ขาที่ 18 และ ขาที่ 16 ของไอซี 6/1 ต่อเข้ากับบัสข้อมูลบิตที่ 4 และ 5 ไอซี 6/2 และ ไอซี 7/1 และ 7/2 (74LS74) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ print clock ไปยังเครื่องนับวัดรังสีตัวที่ 1 และ 2 เพื่อนำข้อมูลเข้าไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ข้อมูลจะถูกนำเข้ามาทางบัสข้อมูลโดยผ่าน ไอซี 5 ไอซี 8/1 และ 8/2 (74LS74) เป็นตัวส่งสัญญาณไป เซ็ต(set) และรีเซ็ต(reset) สัญญาณ hold ของเครื่องนับวัดรังสีตัวที่ 1 และ 2

3.2.7 การออกแบบโปรแกรม

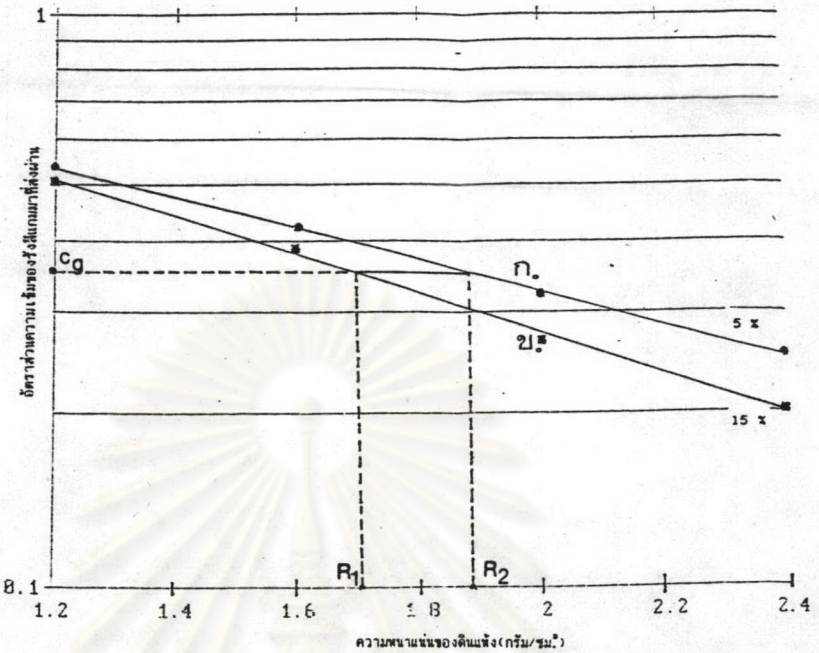
โปรแกรมที่ใช้ควบคุมระบบการทำงานของอินเตอร์เฟสเขียนด้วยภาษาแอซเซมบลีบน Z-80 การออกแบบโปรแกรมประกอบด้วยโปรแกรมหลักสองโปรแกรม

ก. โปรแกรมตรวจสอบและควบคุมการทำงาน

โปรแกรมตรวจสอบและควบคุมการทำงานจะทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณระหว่างอินเตอร์เฟสและเครื่องวัดรังสีให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและนำข้อมูลเข้ามาแสดงผลบนตัวเลข 7 เซกเมนต์ บนอีที-บอร์ด

ข. โปรแกรมประมวลผล

โปรแกรมประมวลผลทำหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องวัดรังสีผ่านอินเตอร์เฟสเข้ามาเก็บยังหน่วยความจำของอีที-บอร์ด จากนั้นข้อมูลที่หน่วยความจำถูกนำไปคำนวณโดยวิธีอินเตอร์โปเลต (interpolate) สำหรับวิธีการคำนวณนั้นมีวิธีการดังนี้ จากรูปที่ 3.9 และ 3.10 เป็นกราฟตัวอย่างที่จะอธิบายวิธีการปรับเทียบข้อมูลจาก รูปที่ 3.9 เป็นกราฟปรับเทียบความหนาแน่น(1.2-2.4 กรัม/ซม.^{3})ในการอัดตัวอย่างดินที่ความชื้น 5-15 % ในสเกล(scale)เซมิล็อก (semilog) โดยที่แกน y แทนอัตราส่วนความเข้มรังสีแกมมาที่ส่งผ่าน (I/I_o) แกน x แทนความหนาแน่น (กรัม/ซม.^{3})ในการอัดตัวอย่างดิน ซึ่งได้กราฟปรับเทียบเป็นเส้นตรงหลายเส้นในช่วงความชื้น 5-15 % ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้การอ่านข้อมูลสับสนเมื่อนำกราฟปรับเทียบไปใช้งาน ตัวอย่างเช่นเมื่อเครื่องวัดรังสีวัดอัตราส่วนความเข้มรังสีแกมมาที่ส่งผ่าน(I/I_o)ได้ C_g เมื่อนำค่า C_g ไปอ่านกราฟสามารถอ่านค่าความหนาแน่นออกมาได้หลายค่า ดังนั้นจึงต้องมีการปรับข้อมูลให้อ่านความหนาแน่นที่ถูกต้องออกมาเพียงค่าเดียวดังนั้นจากรูปที่ 3.9 จึงเลือกเส้นที่มีความชื้นต่ำสุด (5%) คือเส้น ก. และเส้นที่มีความชื้นสูงสุด(15%) คือเส้น ข. นำมาทำการปรับเทียบโดยวิธีอินเตอร์โปเลต จากรูปค่า C_g สามารถอ่านความหนาแน่นออกมาได้ 2 ค่า ความหนาแน่นที่อ่านได้จากเส้น ก. คือ R_2 และความหนาแน่นที่อ่านได้จากเส้น ข. คือ R_1 ดังนั้นจากวิธีการดังกล่าวได้แสดงไว้ในสมการ



รูปที่ 3.9 กราฟตัวอย่างการปรับเทียบความหนาแน่น

$$R_c = R_1 + \frac{((R_2 - R_1) \times (15 - \%M_c))}{(15-5)} \qquad \text{.....(3.1)}$$

R_c เป็นความหนาแน่นที่ได้รับการปรับเทียบ (กรัม/ซม.^{3})

R_1 เป็นความหนาแน่นที่อ่านได้การกราฟเส้น ข. (กรัม/ซม.^{3})

R_2 เป็นความหนาแน่นที่อ่านได้จากกราฟเส้น ก. (กรัม/ซม.^{3})

$\%M_c$ เป็นความชื้นที่ได้รับการปรับเทียบ (%)

และกราฟรูปที่ 3.10 เป็นกราฟปรับเทียบความชื้น(5-15 %) แกน y แทนจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้าต่อเวลาแกน x แทนเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เพิ่มเข้าไปในตัวอย่างดินที่ความหนาแน่น 1.2-2.4 กรัม/ซม.^{3} ซึ่งได้กราฟปรับเทียบเป็นเส้นตรงหลายเส้น ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้การอ่านข้อมูลสับสนเมื่อนำกราฟปรับเทียบไปใช้งาน ตัวอย่างเช่นเมื่อเครื่องวัดรังสีวัดจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้าได้ C_n มื่อนำค่า C_n ไปอ่านกราฟ ค่าความชื้นที่อ่านออกมามีหลายค่า ดังนั้นจึงต้องมีการปรับข้อมูลให้อ่านค่าความชื้นที่ถูกต้องออกมาเพียงค่าเดียวดังนั้นจากรูปที่ 3.10 จึงเลือกเส้นที่มีความหนาแน่นต่ำสุด(1.2 กรัม/ซม.^{3})คือเส้น A และเส้นที่มีความหนาแน่นสูงสุด(2.4 กรัม/ซม.^{3}) คือเส้น B นำมาทำการปรับเทียบ โดยวิธีอินเตอร์โปเลต จากรูป C_n อ่านค่าความชื้นออกมาได้ 2 ค่า ความชื้นที่อ่านได้จากเส้น A คือ $\%M_2$ และ

ความชื้นที่อ่านได้จากเส้น B คือ % M_1 ดังนั้นจากวิธีการดังกล่าวได้แสดงไว้ในสมการ

$$\% M_c = \%M_1 + \frac{((\%M_2 - \%M_1) \times (2.4 - R_c))}{(2.4 - 1.2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.2)$$

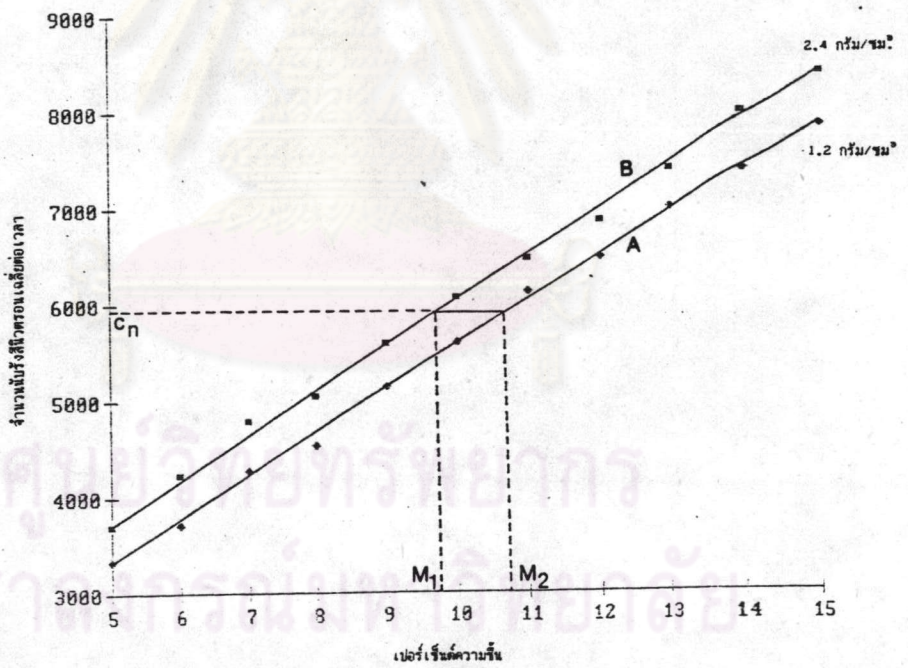
% M_c เป็นความชื้นที่ได้รับการปรับเทียบ (%)

% M_1 เป็นความชื้นที่อ่านได้จากกราฟเส้น B (%)

% M_2 เป็นความชื้นที่อ่านได้จากกราฟเส้น A (%)

R_c เป็นความหนาแน่นที่ได้รับการปรับเทียบ (กรัม/ซม.^{3})

จากสมการ 3.1 และ 3.2 นี้ได้นำไปเขียนโปรแกรมในส่วนของโปรแกรมประมวลผลสำหรับโปรแกรมตรวจสอบและควบคุมการทำงานและโปรแกรมประมวลผลได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข. ตัวอย่างและวิธีการคำนวณการปรับเทียบความชื้นและความหนาแน่นได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค.



รูปที่ 3.10 กราฟตัวอย่างการปรับเทียบความชื้น

3.2.8 การออกแบบโปรบ

การออกแบบโปรบได้ออกแบบโปรบ 2 แบบคือ แบบ ก. ใช้สำหรับวัดความหนาแน่นด้วยรังสีแกมมา แบบ ข. ใช้สำหรับวัดความชื้นด้วยรังสีนิวตรอนช้า ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง.