บทที่ 3
การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ

3.1 วัสดุที่ใช้ทำการทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ ดินลูกรัง ซึ่งได้ทำการเก็บรวบรวมจากบ่อดินลูกรังบริเวณภาคตะวันออกจำนวน 3 แหล่งด้วยกัน โดยมีรายละเอียดของแหล่งและลักษณะของดินลูกรังที่ใช้ศึกษาดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แหล่งและลักษณะของดินลูกรังที่ใช้ในการศึกษา

แหล่งที่	สถานที่	ชนิดวัสดุ	สี	ลักษณะ
1	จังหวัดชลบุรี ก.ม.2+200 ของทางหลวงหมายเลข 332 หาดยาง-คลองไผ่ บริเวณซ้ายทาง 0.5 ก.ม.	ดินลูกรังปนกรวด	น้ำตาลอ่อน	รูปร่างของเม็ดค่อนข้างกลม ขนาดคละมีตั้งแต่ 3/8" จนถึงผ่านตะแกรงเบอร์ 200
2	จังหวัดฉะเชิงเทรา ก.ม.49+000 ของทางหลวงหมายเลข 304 พนมสารคาม-คลองรั้ง บริเวณขวาทาง 5 ก.ม.	ดินลูกรังปนกรวด	สีน้ำตาลแกมแดง	รูปร่างของเม็ดค่อนข้างกลม ขนาดคละมีตั้งแต่ 3/8" จนถึงผ่านตะแกรงเบอร์ 200
3	จังหวัดปราจีนบุรี ก.ม.131+800 ของทางหลวงหมายเลข 319 พนมสารคาม-โคกปีบ บริเวณขวาทาง 1.9 ก.ม.	ดินลูกรังปนหินผุ	สีน้ำตาลแกมแดง	รูปร่างของเม็ดค่อนข้างเหลี่ยม ขนาดคละมีตั้งแต่ 3/4" จนถึงผ่านตะแกรงเบอร์ 200

3.2 การทดสอบคุณสมบัติทั่วไปของดินลูกรัง

การทดสอบในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินลูกรัง เพื่อที่จะบอกถึงลักษณะทั่วไปของดินที่นำมาทดสอบ และสามารถจำแนกประเภทของดินได้ นอกจากนี้แล้วคุณสมบัติเหล่านี้จะสามารถบอกถึงคุณภาพของดินว่าได้มาตรฐานเพียงใด สามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างถนนได้หรือไม่ ซึ่งคุณสมบัติที่ทดสอบ ได้แก่ การหาความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor) การหาการกระจายขนาดของเม็ดดินโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง การหาค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit , L.L.) การหาค่าขีดจำกัด

I19037982

พลาสติก (Plastic Limit , P.L.) การทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของดินโดยการหาค่า CBR ซึ่งจะทดสอบตามมาตรฐานของกรมทางหลวงดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินลูกรัง

การทดสอบ	วิธีการทดสอบ
การหาค่าความถ่วงจำเพาะ	ทล.-ท.101/2515
การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน	ทล.-ท.108/2517
การหาการกระจายขนาดของเม็ดดิน โดยร่อนผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง	ทล.-ท.204/2516
การหาค่าขีดจำกัดเหลว	ทล.-ท.102/2515
การหาค่าขีดจำกัดพลาสติก	ทล.-ท.103/2515
การหาค่า CBR	ทล.-ท.109/2517

3.3 การทดสอบเพื่อหาค่า Resilient Modulus ของดินลูกรัง

เนื่องจากดินลูกรังที่นำมาทดสอบทั้ง 3 แหล่งได้แก่แหล่งชลบุรี ฉะเชิงเทรา และปราจีนบุรี เมื่อทำการแยกประเภทดินตามวิธีการของ AASHTO แล้วปรากฏว่าเป็นดินประเภท A-1-a , A-2-4 และ A-2-6 ตามลำดับ ซึ่งดินเหล่านี้ตามการจำแนกประเภทของ AASHTO จัดเป็นวัสดุประเภท Granular ทั้งสิ้น ดังนั้น การทดสอบเพื่อหาค่า Resilient Modulus จึงทำการทดสอบตามมาตรฐาน "AASHTO T292-91 : Resilient Modulus of Subgrade Soils and Untreated Base/Subbase Materials" ตามวิธีการทดสอบของวัสดุประเภท Granular

หลักการทดสอบเพื่อหาค่า Resilient Modulus (M_r) คือ ทำการทดสอบน้ำหนักกระทำซ้ำตามแนวแกน โดยกำหนดขนาดคงที่ มีช่วงระยะเวลาที่น้ำหนักกระทำและความถี่ค่าหนึ่งกระทำกับแท่งตัวอย่างทรงกระบอก ระหว่างที่มีน้ำหนักกระทำซ้ำตามแนวแกนนั้น แท่งตัวอย่างจะถูกกระทำด้วยแรงดันรอบข้างที่คงที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันภายในกระบอก Triaxial ทำการวัดค่า Recoverable axial deformation ของแท่งตัวอย่าง เพื่อหาค่า Recoverable Strain เพื่อนำมาใช้คำนวณหาค่า M_r ต่อไป โดยค่า M_r ของวัสดุประเภท Granular จะมีความสัมพันธ์กับค่า Bulk Stress (θ) อย่างมากและจะมีความสัมพันธ์ในลักษณะ Non-Linear รูปแบบของสมการได้แก่ $M_r = k_1\theta^{k2}$ ซึ่งค่า k_1 และ k_2 เป็นค่าคงที่ที่หาจากการนำข้อมูลที่ทำการทดสอบมาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่าง M_r กับ θ ในระบบ Log-Log Scale และทำการหาค่าโดยวิธี Linear Regression ก็จะทำให้ได้ค่า k_1 และ k_2 เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบเพื่อหาค่า Resilient Modulus (M_r) ของวัสดุดินลูกรังได้ทำการทดสอบด้วยวิธี Triaxial โดยใช้กระบอก Triaxial และใช้แรงดันอากาศจากเครื่องอัดอากาศ (Pressure Pump) ซึ่งควบคุมค่าแรงดันโดย Pressure Regulator กำหนดแรงดันด้านข้างกระทำต่อแท่งตัวอย่าง ส่วนน้ำหนักตามแนวแกนที่กระทำจะเป็นน้ำหนักกระทำซ้ำ ซึ่งรูปแบบสัญญาณของน้ำหนักจะเป็นแบบ Rectangular สัญญาณนี้จะถูกป้อนเข้าเครื่องควบคุม เพื่อให้น้ำหนักกระทำต่อแท่งตัวอย่างต่อไป ขณะที่ทำการทดสอบจะทำการวัดค่าน้ำหนักที่กระทำโดยใช้ Load Cell ที่ติดอยู่ทางด้านบนของเครื่องให้น้ำหนัก และจะทำการวัดค่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้นโดยใช้ Linear Variable Displacement Transducer (Lvdt) ทั้งนี้สัญญาณจาก Load Cell และ Lvdt จะถูกแปลงโดยอุปกรณ์การเก็บข้อมูล (Data Acquisition) เพื่อที่จะเก็บข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป รูปที่ 3.1 แสดงระบบของการทดสอบเพื่อหาค่า M_r ของวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

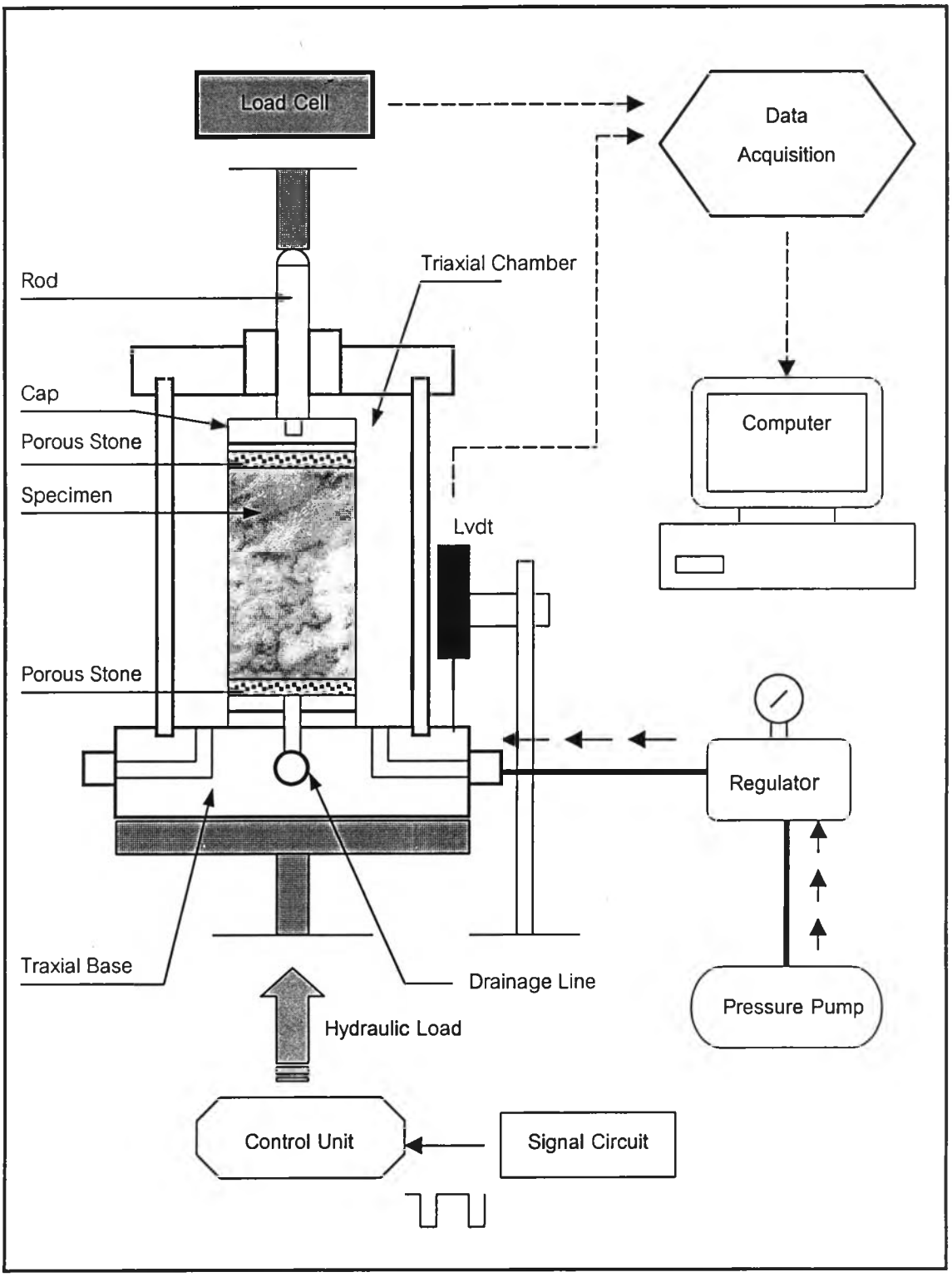
รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1) เครื่องให้น้ำหนัก

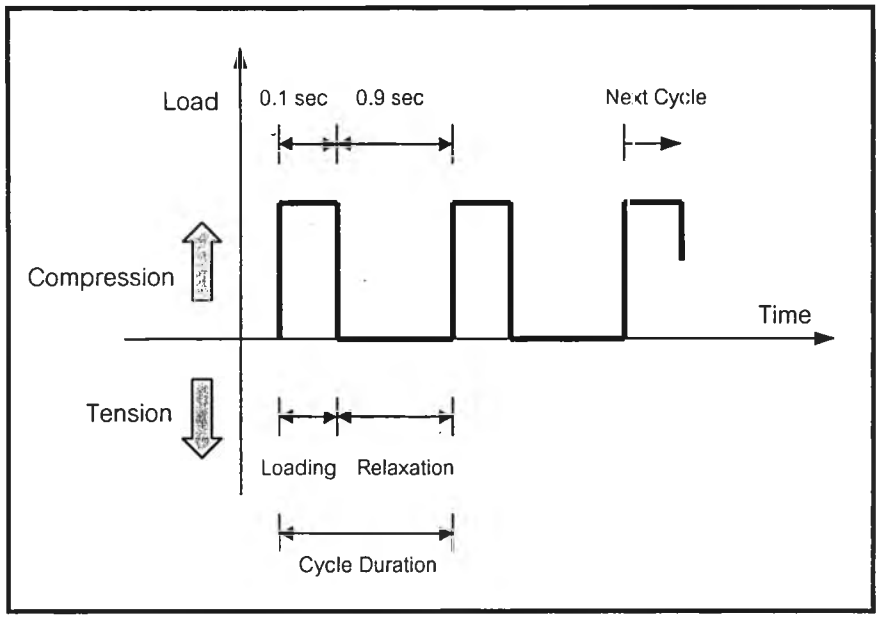
น้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นแบบกระทำซ้ำ โดยเครื่องที่ให้น้ำหนักนี้จะใช้เครื่อง Survopulser ระบบ Hydraulic ของ Shimadzu model EHF-EB20-40L ของห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเครื่องนี้สามารถกำหนดรูปแบบของน้ำหนัก (Load Wave Form) ขนาด ความถี่ในการกระทำซ้ำ และจำนวนรอบได้ รูปแบบของน้ำหนักที่เครื่องสามารถทำได้ ได้แก่ Sine Wave , Rectangular Wave , Triangular Wave และตามรูปแบบที่กำหนดสัญญาณป้อนเข้าสู่เครื่องควบคุม ในการวิจัยจะเลือกใช้รูปแบบที่กำหนดสัญญาณป้อนเข้าสู่เครื่องควบคุม สัญญาณที่ได้จะมีลักษณะเป็น Rectangular มีความถี่ 1 Hz มีช่วง Load 0.1 วินาที และช่วง Relaxation 0.9 วินาที ลักษณะสัญญาณจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.2

2) กระบอก Triaxial

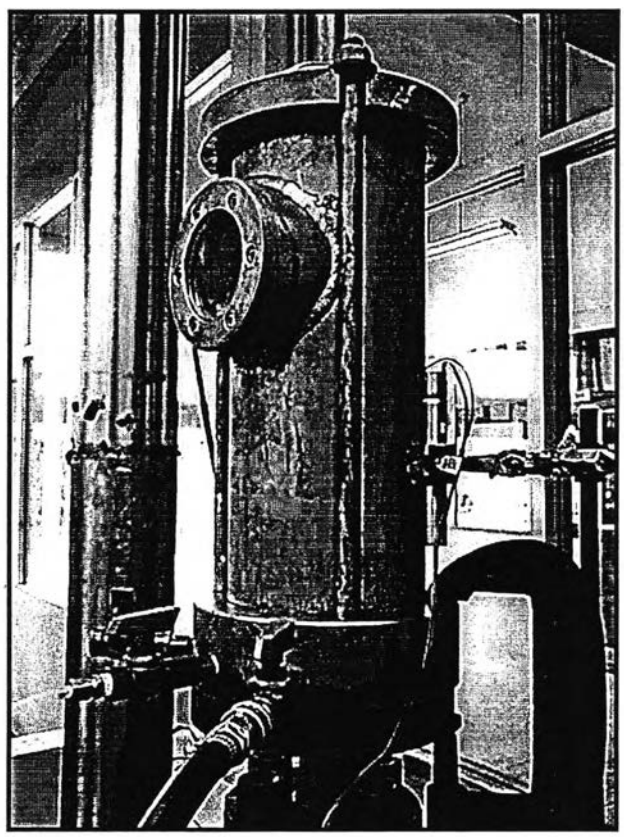
กระบอก Triaxial จะใช้สำหรับบรรจุแท่งตัวอย่างทรงกระบอกที่ทำการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm สูง 200 mm และให้แรงดันด้านข้างโดยใช้แรงอัดอากาศระหว่างการทดสอบ โดยที่ฐานของกระบอก Triaxial จะมีช่องสำหรับระบายน้ำ และช่องสำหรับรับแรงดันอากาศ ซึ่งสามารถต่อสายแรงดันอากาศจากปั๊มลมเข้าสู่ตัวกระบอกได้ ทางด้านบนมีแกนสำหรับให้น้ำหนักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของกระบอก Triaxial



รูปที่ 3.1 ระบบของการทดสอบเพื่อหาค่า Resilient Modulus



รูปที่ 3.2 ลักษณะสัญญาณของน้ำหนักกระทำซ้ำที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 3.3 ลักษณะของกระบอก Triaxial และการติดตั้ง Lvdt

3) อุปกรณ์วัดค่าการทรุดตัวตามแนวแกน

การวัดค่าการทรุดตัวตามแนวแกนได้ใช้อุปกรณ์วัดการทรุดตัวแบบ Linear Variable Displacement Transducer (Lvdt) ซึ่งสามารถอ่านได้ละเอียด 0.001 นิ้ว รูปที่ 3.3 แสดงการติดตั้ง Lvdt เข้าที่ฐานของกระบอก Triaxial

4) อุปกรณ์วัดค่าน้ำหนัก

การวัดค่าน้ำหนักที่กระทำกับแท่งตัวอย่างสามารถวัดได้โดยใช้ Load Cell ที่ติดอยู่ทางด้านบนของเครื่องให้น้ำหนัก Survopulser

5) อุปกรณ์การเก็บข้อมูล (Data Acquisition)

สัญญาณที่ได้จาก Lvdt และ Load Cell จะต้องทำการแปลงสัญญาณ และเก็บข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือเครื่องแปลงสัญญาณรุ่น PC-LPM-16/PnP 12 bit ของ National Instruments ซึ่งมีช่องรับสัญญาณ Input ได้ถึง 16 ช่อง

6) Porous Stone

Porous Stone จะมีไว้ทางด้านบนและด้านล่างของแท่งตัวอย่าง เพื่อที่จะเป็นตัวกรองน้ำให้ระบายออกนอกตัวอย่าง

7) ยางสำหรับหุ้มตัวอย่าง (Rubber Membrane)

ใช้หุ้มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ และใช้สำหรับยึดตัวอย่างกับฐานไม่ให้เคลื่อนที่ มีความหนาอยู่ระหว่าง 0.25 mm – 0.35 mm

8) อุปกรณ์ยืดยาง (Membrane Enlarger)

ในการที่จะนำแผ่นยางไปใช้หุ้มแท่งตัวอย่างจะต้องใช้อุปกรณ์ยืดยางช่วยในการเตรียมตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบต่อไป ลักษณะของอุปกรณ์ยืดยางนี้จะเป็นท่อกลวงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในใหญ่กว่าแท่งตัวอย่างเล็กน้อย และมีการเจาะรูเพื่อที่จะต่อสายยางเข้ากับเครื่องดูดอากาศ เมื่อนำแผ่นยางมาหุ้มเข้ากับท่อนี้และเปิดเครื่องดูดอากาศ แผ่นยางจะติดเข้ากับผิวด้านในของท่อนี้ จากนั้นจึงนำท่อพร้อมแผ่นยางไปหุ้มแท่งตัวอย่างต่อไป รูปที่ 3.4 แสดงอุปกรณ์ยืดยาง

9) **เครื่องอัดอากาศ** (Pressure Pump)

ใช้เพื่อให้แรงดันอากาศเข้าสู่กระบอก Triaxial เพื่อกำหนดแรงดันด้านข้าง (Confining Pressure) กระทำต่อแท่งตัวอย่างขณะทำการทดสอบ รูปที่ 3.5 แสดงเครื่องอัดอากาศที่ใช้ในการทดสอบ

10) **อุปกรณ์ควบคุมแรงดันลม** (Pressure Regulator)

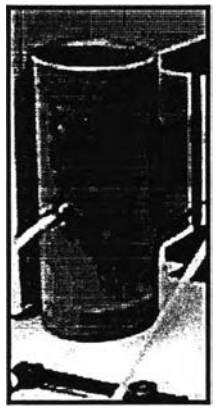
ในการทดสอบต้องสามารถปรับแรงดันอากาศให้มีค่าเป็นไปตามที่ต้องการได้ และแรงดันอากาศที่เกิดขึ้นภายในกระบอก Triaxial จะต้องมีค่าคงที่ ไม่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้ในส่วนของเครื่องอัดอากาศจะไม่สามารถควบคุมแรงดันได้ ปัญหานี้สามารถแก้ไขโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงดันลม (Pressure Regulator) มาใช้กำหนดแรงดันอากาศขณะทำการทดสอบ ลักษณะของเครื่องควบคุมแรงดันลมสามารถแสดงดังรูปที่ 3.6

11) **เครื่องดูดอากาศ** (Vacuum Pump)

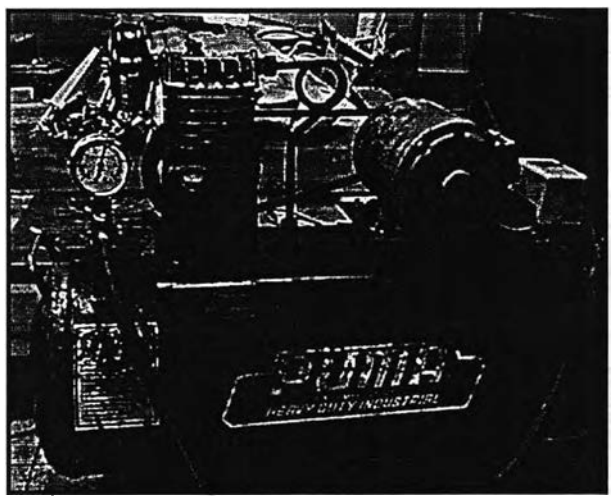
เครื่องดูดอากาศมีไว้ใช้สำหรับดูดอากาศ เพื่อช่วยในการเตรียมแผ่นยางไว้หุ้มตัวอย่าง และเพื่อตรวจสอบรอยรั่วที่อาจเกิดขึ้นกับแท่งตัวอย่าง เช่นรอยรั่วที่แผ่นยาง หรือรอยรั่วที่รอยต่อต่างๆ ก่อนทำการทดสอบ โดยจะต้องทำการติดตั้งควบคู่กับอุปกรณ์ตรวจสอบฟองอากาศ รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องดูดอากาศ

12) **อุปกรณ์ตรวจสอบฟองอากาศ** (Bubble Chamber)

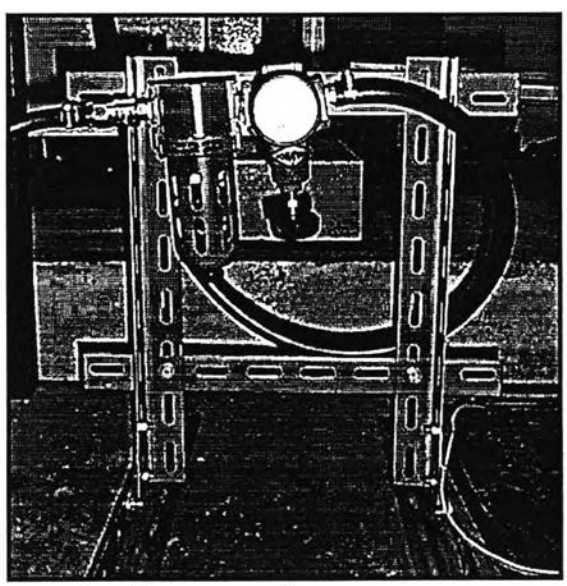
ในขณะที่ทำการทดสอบถ้าหากมีรอยรั่วเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นรอยรั่วที่แผ่นยางหรือรอยรั่วที่รอยต่อต่างๆ จะทำให้แรงดันอากาศในกระบอก Triaxial มีค่าไม่คงที่ มีผลทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมเป็นอย่างดี รอยรั่วที่เกิดจากการเตรียมตัวอย่างสามารถตรวจสอบได้โดยใช้อุปกรณ์ตรวจสอบฟองอากาศ ควบคู่กับเครื่องดูดอากาศ ซึ่งถ้าหากมีรอยรั่วเกิดขึ้นก็จะมีฟองอากาศออกมาไม่หยุด แต่ถ้าหากมีการยึดปิดที่ดีและแผ่นยางไม่รั่วแล้ว จะมีฟองอากาศเกิดขึ้นเล็กน้อยเป็นช่วงเวลาสั้นๆ จากนั้นก็จะไม่เกิดฟองอากาศขึ้นอีก อุปกรณ์ตรวจสอบฟองอากาศสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8



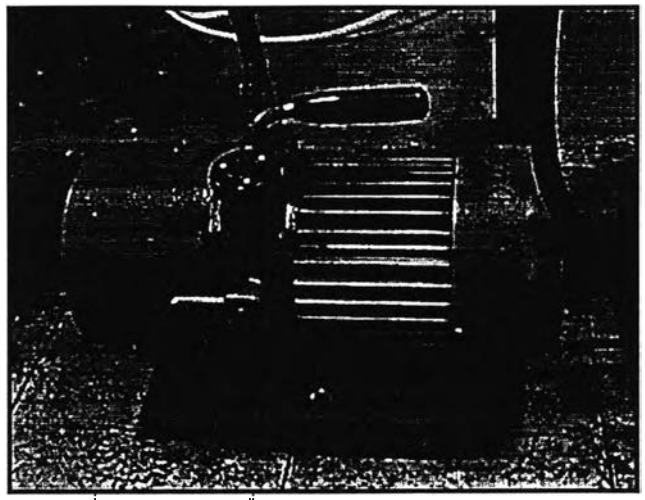
รูปที่ 3.4 แสดงอุปกรณ์ยืดยาง (Membrane Enlarger)



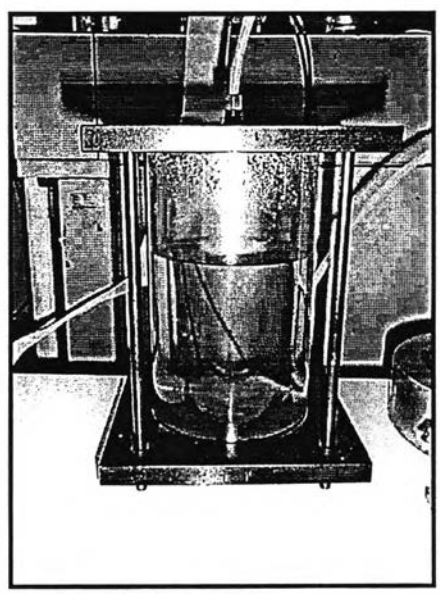
รูปที่ 3.5 แสดงเครื่องอัดอากาศ (Pressure Pump)



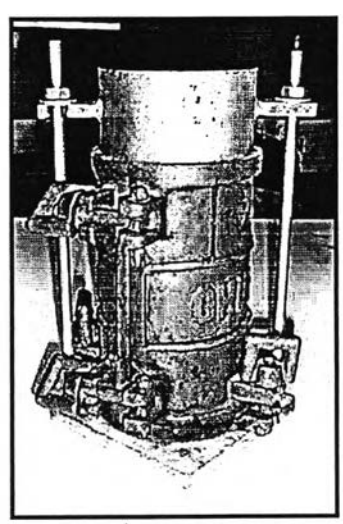
รูปที่ 3.6 แสดงอุปกรณ์ควบคุมแรงดันอากาศ (Pressure Regulator)



รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องดูดอากาศ (Vacuum Pump)



รูปที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์ตรวจสอบฟองอากาศ (Bubble Chamber)



รูปที่ 3.9 แสดงกระบอกเตรียมตัวอย่างแบบผ่า (Split Mold)

13) **กระบอกเตรียมตัวอย่างแบบผ่า** (Split Mold)

ใช้สำหรับการเตรียมตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 mm สูง 200 mm ทั้งนี้ที่ด้านบนของกระบอกเตรียมตัวอย่างแบบผ่าจะมีปลอก (Collar) เพื่อใช้สำหรับรองรับดินส่วนที่เกินจากการบดอัด รูปที่ 3.9 แสดงภาพกระบอกเตรียมตัวอย่างแบบผ่าที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.2 การเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบ

ในการทดสอบจะทำการเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 mm สูง 200 mm โดยในการเตรียมตัวอย่างจะใช้วิธี Impact Compaction ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างมีดังต่อไปนี้

1) นำดินแห้งที่จะทดสอบมาผสมน้ำที่ความชื้น Optimum Moisture Content (OMC) ตามการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ทล.-ท. 108/2517

2) นำส่วนผสมที่ได้ใส่ถาดและหุ้มด้วยถุงพลาสติก มัดปากถุงไว้ให้แน่นจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ 16 – 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3.10

3) หลังจากการบ่มให้นำส่วนผสมมาบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน โดยตัวอย่างจะถูกบดอัดเป็น 7 ชั้น แต่ละชั้นถูกบดอัดเป็นจำนวน 31 ครั้ง ซึ่งจะทำให้ได้พลังงานในการบดอัดเท่ากับข้อกำหนด (56,000 ฟุต-ปอนด์/ฟุต^3)

4) เมื่อทำการบดอัดเรียบร้อย นำดินที่ค้างอยู่ในปลอก (Collar) ออก แล้วทำการปาดผิวบนให้เรียบ จากนั้นทำการถอดกระบอกเตรียมตัวอย่างแบบผ่าออก นำแท่งตัวอย่างที่ได้ไปวัดขนาด และนำแท่งตัวอย่างไปประกอบเข้ากับฐานกระบอก Triaxial ต่อไป รูปที่ 3.11 แสดงแท่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.3 การประกอบแท่งตัวอย่างเข้ากับกระบอก Triaxial

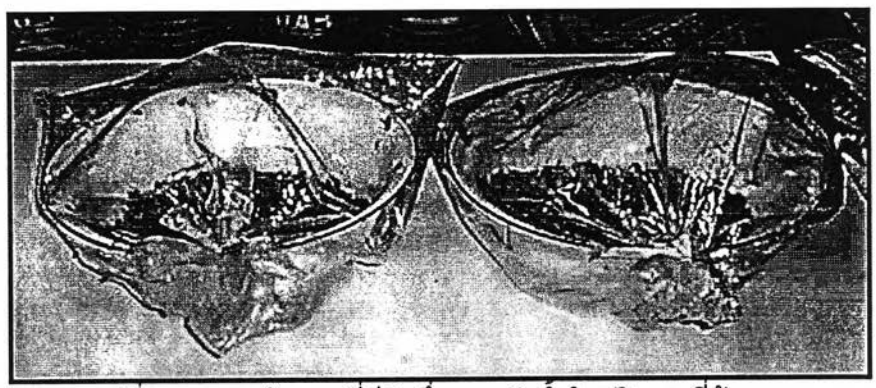
1) เมื่อเตรียมตัวอย่างเสร็จแล้ว ให้นำแท่งตัวอย่างมาประกบด้วย Porous Stone ที่ด้านบนและด้านล่างของแท่งตัวอย่าง แล้วนำไปวางบนฐานของกระบอก Triaxial ทางด้านบนให้วาง cap ที่จะถ่ายน้ำหนักสู่แท่งตัวอย่างที่ด้านบนของ Porous Stone

2) นำแผ่นยาง (Rubber Membrane) มาหุ้มแท่งตัวอย่างกับ cap และฐานของกระบอก Triaxial โดยใช้อุปกรณ์ยืดยาง (Membrane Enlarger) ช่วยในการนำแผ่นยางมาหุ้มแท่งตัวอย่าง

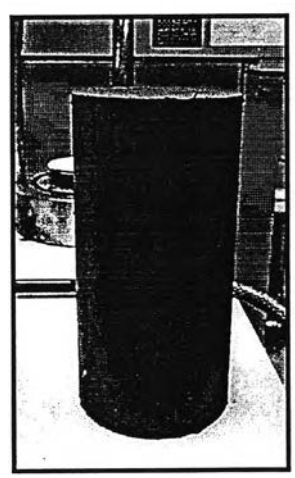
ทดสอบ ทั้งนี้ต้องมีการรัดแผ่นยางที่ cap และฐานของกระบอก Triaxial โดยใช้ O-ring เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยรั่ว รูปที่ 3.12 แสดงการนำแผ่นยางมาหุ้มแท่งตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

3) ทำการตรวจสอบรอยรั่วที่อาจเกิดจากการที่แผ่นยางขาด หรือมีการยึดที่ปลายไม่แน่น โดยการต่อสายยางที่ช่องด้านล่างของฐาน Triaxial ซึ่งเชื่อมต่อเข้าไปภายในของแท่งตัวอย่าง ซึ่งสายยางนี้จะต่อไปยังอุปกรณ์ตรวจสอบฟองอากาศ (Bubble Chamber) และเครื่องดูดอากาศ (Vacuum Pump) ตามลำดับ รูปที่ 3.13 และ 3.14 แสดงระบบของการตรวจสอบฟองอากาศ แล้วให้แรงดูด 3–5 psi ถ้ามีฟองอากาศเกิดขึ้นต่อเนื่องมากกว่า 2-3 วินาที แสดงว่าเกิดรอยรั่วขึ้น ให้ตรวจสอบดูที่แผ่นยางว่ามีรอยรั่วหรือไม่ ถ้ารั่วให้เปลี่ยนแผ่นยางใหม่ หรืออาจเกิดจากการยึดที่ปลายแผ่นยางไม่สนิท เมื่อสามารถควบคุมไม่ให้มีรอยรั่วได้แล้วให้ปิดเครื่องดูดอากาศ และถอดสายยางออก

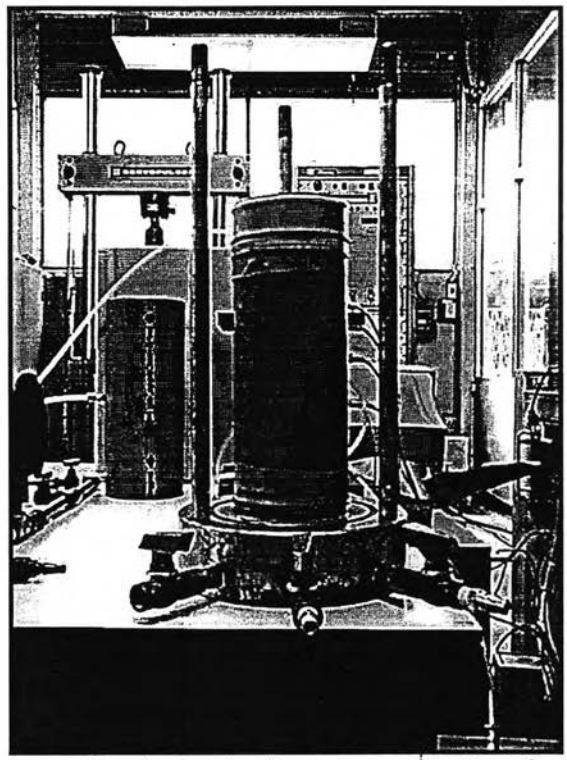
4) ประกอบกระบอก Triaxial เข้ากับฐาน และส่วนประกอบด้านบนเข้าด้วยกัน ซึ่งที่บริเวณรอยต่อต้องมีการใส่ O-ring เพื่อป้องกันรอยรั่ว จากนั้นนำกระบอก Triaxial ที่ประกอบแล้วไปวางบนฐานของเครื่องให้น้ำหนัก Survopulser ยึดฐานของกระบอก Triaxial ให้แน่นกับฐานของเครื่องกด จากนั้นทำการติดตั้ง Lvdt ที่ฐานของกระบอก Triaxial เพราะส่วนสว่างของเครื่องกดจะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ ด้านบนจะหยุดนิ่ง จากนั้นพร้อมที่จะทดสอบน้ำหนักกระทำซ้ำเพื่อหาค่า Resilient Modulus ต่อไป รูปที่ 3.15 แสดงการประกอบกระบอก Triaxial เข้ากับฐานของเครื่องให้น้ำหนัก



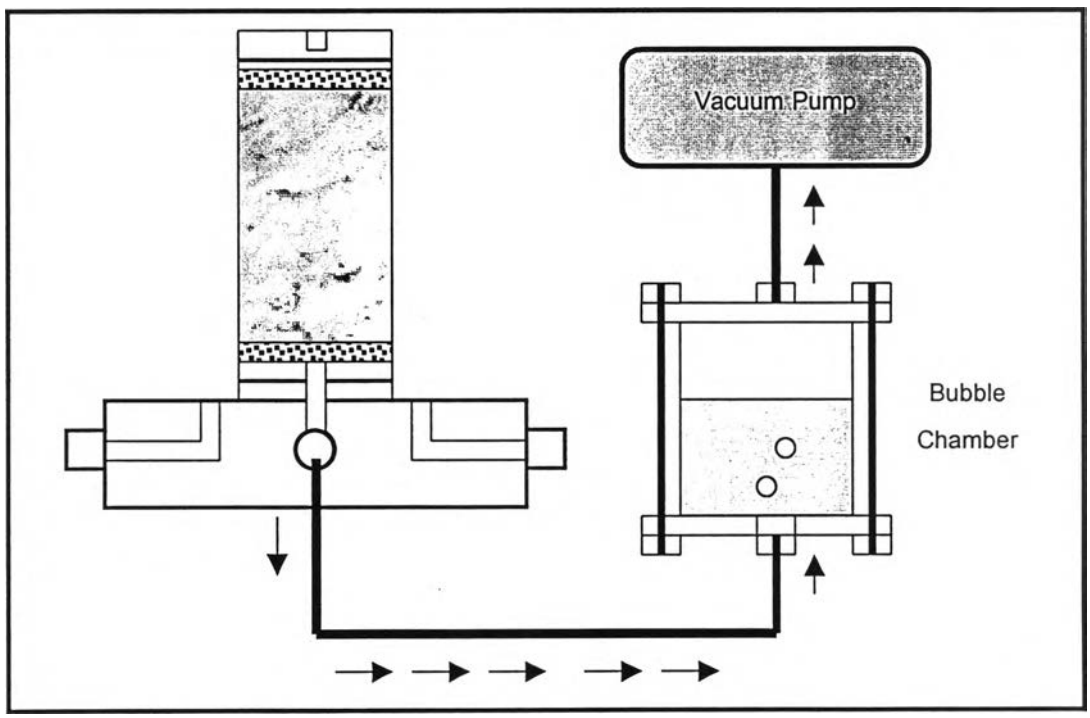
รูปที่ 3.10 การหุ้มถาดที่มีดินซึ่งผสมกับน้ำในปริมาณที่ต้องการ



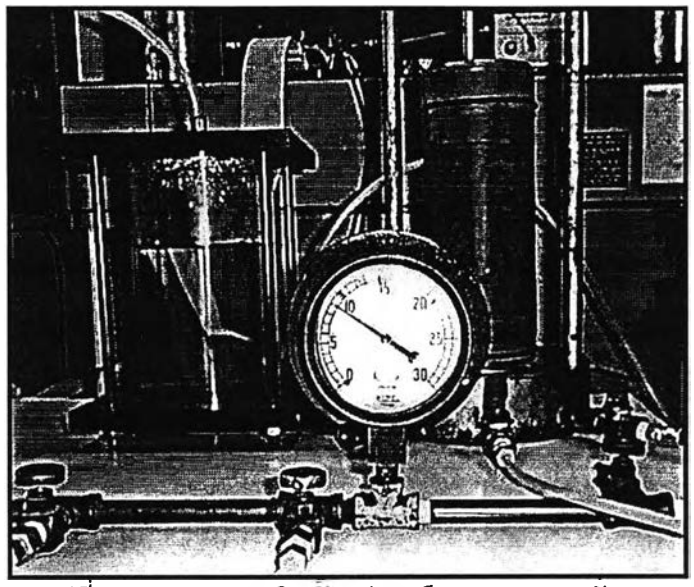
รูปที่ 3.11 แท่งตัวอย่างที่ทำการทดสอบ



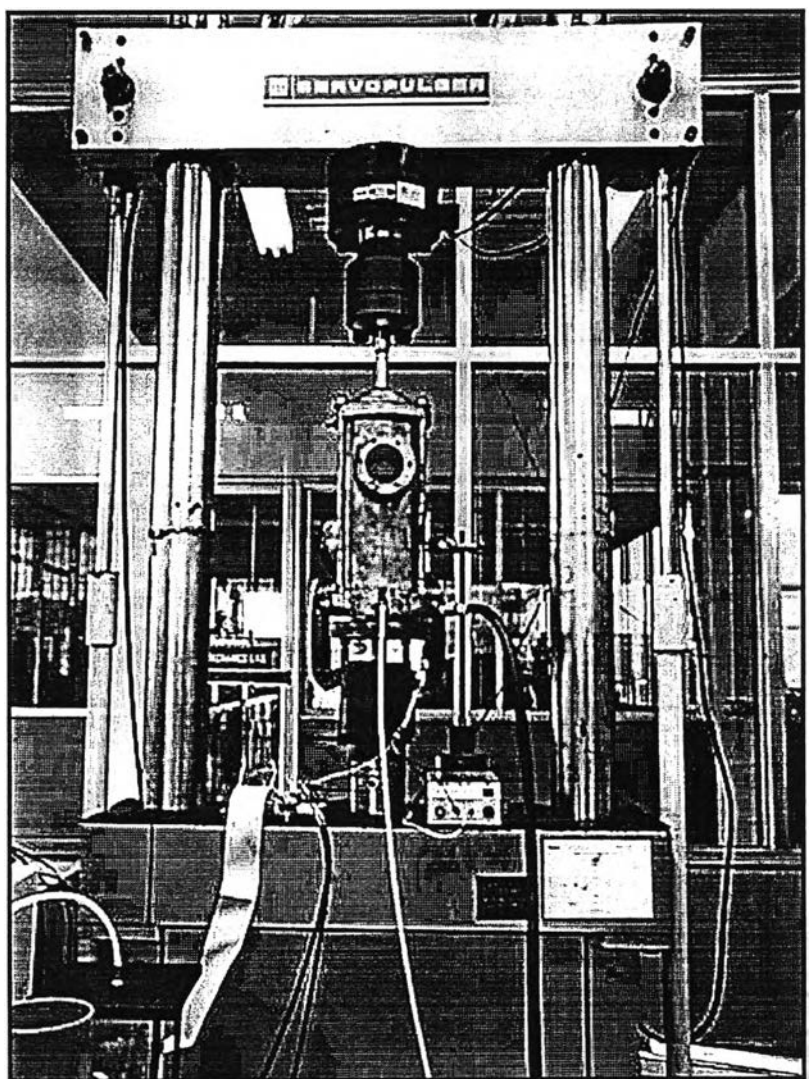
รูปที่ 3.12 แสดงการหุ้มแท่งตัวอย่างด้วยแผ่นยางที่รัดปลายด้วย O-ring



รูปที่ 3.13 แสดงระบบการตรวจสอบรอยรั่วของแผ่นยางและที่รอยต่อต่างๆ



รูปที่ 3.14 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบรอยรั่ว



รูปที่ 3.15 แสดงการติดตั้งกระบอก Triaxial ที่ฐานของเครื่องให้น้ำหนัก

3.3.4 การทดสอบน้ำหนักกระทำซ้ำเพื่อหาค่า Resilient Modulus

ก่อนที่จะทำการทดสอบให้ต่อสายยางเข้าที่ฐานของ Triaxial โดยทำการต่อสายยาง 2 ช่อง ด้วยกันคือ ช่องสำหรับรับแรงดันอากาศเข้าไปในกระบอกซึ่งได้ควบคุมแรงดันโดยใช้ Pressure Regulator และช่องสำหรับระบายน้ำออกนอกตัวอย่างขณะทำการทดสอบโดยจะเปิดตลอดการทดสอบ ซึ่งช่องนี้จะเชื่อมผ่านเข้าสู่ภายในแท่งตัวอย่างโดยตรง จากนั้นจึงทำการทดสอบต่อไป

1) กำหนดรูปแบบน้ำหนักกระทำ (Wave Form) เป็นแบบ Rectangular ซึ่งมีช่วงเวลาที่น้ำหนักกระทำ (Load Duration) 0.1 วินาที ช่วงคลายน้ำหนัก (Relaxation) 0.9 วินาที ความถี่ 1 Hz โดยใช้วงจรกำเนิดสัญญาณ จากนั้นสัญญาณที่ได้จากวงจรกำหนดสัญญาณก็จะเข้าสู่เครื่องควบคุมเพื่อให้เครื่อง Survopulser ให้น้ำหนักเป็นไปตามที่ต้องการ

2) การทดสอบจะทำการทดสอบเป็นลำดับ (Phase) โดยช่วงแรกจะเป็นช่วง Condition ซึ่งเป็นช่วงก่อนการทดสอบจริง เพื่อลดผลกระทบของการสุ่มตัวอย่าง การบดอัด วิธีการเตรียมตัวอย่าง และเพื่อให้แน่ใจว่ามีการสัมผัสอย่างสมบูรณ์ระหว่าง cap ด้านบน และแท่งตัวอย่าง โดยได้ทำการทดสอบน้ำหนักกระทำซ้ำ 1000 รอบ จากนั้นจึงทำการทดสอบจริงโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 14 ลำดับด้วยกัน ซึ่งแต่ละลำดับจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันด้านข้าง และค่าน้ำหนักกดเป็นค่าต่างๆ โดยแต่ละช่วงของการทดสอบจะมีจำนวนรอบของการกระทำซ้ำเท่ากับ 50 รอบ ลำดับของการทดสอบที่ใช้สำหรับดินลูกรังทั้ง 3 แหล่งสามารถแสดงได้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ลำดับการทดสอบของดินลูกรังประเภท Granular

Phase	Sequence No.	Confining Pressure (σ_3)		Deviator Stress (σ_d)		Contact Stress ($0.2\sigma_3$)		No. of Load Repetitions
		kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	
Conditioning	0	207	30	207	30	41	6	1000
Testing	1	207	30	138	20	41	6	50
	2	207	30	172	25	41	6	50
	3	207	30	207	30	41	6	50
	4	207	30	241	35	41	6	50
	5	207	30	276	40	41	6	50
	6	138	20	103	15	28	4	50
	7	138	20	138	20	28	4	50
	8	138	20	172	25	28	4	50
	9	138	20	207	30	28	4	50
	10	138	20	241	35	28	4	50
	11	69	10	103	15	14	2	50
	12	69	10	138	20	14	2	50
	13	69	10	172	25	14	2	50
	14	69	10	207	30	14	2	50

หมายเหตุ 1. Contact Stress มีไว้เพื่อให้แน่ใจว่าแกนสำหรับให้น้ำหนักจะยังคงสัมผัสกับ cap ด้านบนของแท่งตัวอย่างที่ทำการทดสอบ ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ $0.2(\sigma_3)$

2. ค่า σ_d ถูกกำหนดให้มีค่า σ_1/σ_3 ไม่เกิน 50% ของ (σ_1/σ_3) ที่วิกฤต ซึ่งค่า (σ_1/σ_3) ที่วิกฤตสามารถหาได้จากการทดลองกดแท่งตัวอย่างจนตัวอย่างพังทลายที่ σ_3 เท่ากับ 10 , 20 และ 30 psi ทำการบันทึกค่า σ_1และσ_3 ซึ่งผลการทดสอบได้ค่า (σ_1/σ_3) ที่วิกฤต ของดินลูกรังทั้ง 3 แหล่งสามารถแสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่า (σ_1/σ_3) ที่วิกฤต และค่า σ_d ที่ใช้ได้ในการทดสอบ

แหล่ง	(σ_1/σ_3) ที่วิกฤต			(σ_1/σ_3) ที่ใช้ได้ในการทดสอบ			σ_d ที่ใช้ได้ในการทดสอบ (psi)		
	σ_3 (psi)			σ_3 (psi)			σ_3 (psi)		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30
ชลบุรี	11.0	6.6	5.2	5.5	3.3	2.6	45	46	48
ฉะเชิงเทรา	13.2	8.2	6.4	6.6	4.1	3.2	56	62	66
ปราจีนบุรี	13.4	8.4	6.4	6.7	4.2	3.2	57	64	66

ในการทดสอบแต่ละลำดับจะทำการหาค่าเฉลี่ย Recoverable Axial Deformation 5 ค่าสุดท้าย จะทำให้ได้ค่า Recoverable Strain (ε_r) เพื่อใช้หาค่า Resilient Modulus (M_r) ต่อไป

เนื่องจากค่า M_r ของวัสดุประเภท Granular จะแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์กับค่า Bulk Stress ($\theta = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \sigma_d + 3\sigma_3$) ตามสมการ $M_r = k_1\theta^{k2}$ ดังนั้นเมื่อนำค่า M_r และค่า θ ที่ได้จากการทดสอบแต่ละลำดับ รวมทั้งสิ้น 14 ลำดับ มาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์กันในระบบ Log-Log Scale โดยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Linear Regression จะทำให้สามารถหาค่าคงที่ k_1 และ k_2 ได้