หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การจัดเตรียมตัวอย่าง เครื่องมือ และวิธีทดสอบ

3.1 การเตรียมวัสดุมวลรวมและยางแอสฟัลท์

ในการทดลองเริ่มแรกจะต้องหา การจัดเรียงขนาด (Gradation) ของวัสดุมวลรวม โดยเลือกใช้การจัดเรียงขนาดตามตารางที่ 3.1 ซึ่งการจัดเรียงขนาดแบบนี้จะเหมาะสำหรับยางมะตอยน้ำ (Emulsion Asphalt) การเรียงขนาดจะเป็นแบบ Dense Grade ใช้สำหรับทำผิวจราจรและพื้นทาง เมื่อเลือก Gradation ได้แล้ว ก็หาคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม ดังนี้

ก) หาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมหยาบ วัสดุมวลรวมละเอียด และฝุ่น (ภาคผนวก ข.3, ข.4)

ข) หาค่าเฉลี่ยของ Bulk Specific Gravity ของวัสดุมวลรวม (ภาคผนวก ข.3)

ค) หาความสึกหรอของวัสดุมวลรวมหยาบ (Abrasion of coarse Aggregate) โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion (ภาคผนวก ข.5)

ง) หาค่า Sand Equivalent เพื่อหาฝุ่นหรือวัสดุประเภทดินเหนียวกับวัสดุมวลรวมหยาบ (ภาคผนวก ข.6)

จ) หาค่าการหลุดร่อน (Stripping) ของวัสดุมวลรวม เพื่อหาการหลุดร่อนของบิทูเมนออกจากวัสดุมวลรวมเมื่อนำไปแช่น้ำ (ภาคผนวก ข.7)

สำหรับยางมะตอยน้ำ ที่นำมาใช้ในการทดลองมีอยู่ 2 ชนิด คือ ยางมะตอยน้ำประเภทไอโฟลต และยางมะตอยน้ำประเภทมีเดียมเซ็ตติง คุณสมบัติที่ศึกษาจะใช้มาตรฐานของ ASTM D977 มีดังต่อไปนี้

ก) หาความหนืดโดยใช้ Saybolt Furol เป็นการวัดความหนืดเป็นวินาที โดยใช้ตัวอย่าง 60 ม.ล. ไหลผ่านรูกลมเล็ก ๆ (Orifice) ที่อุณหภูมิ 25°C(ภาคผนวก ข.5)

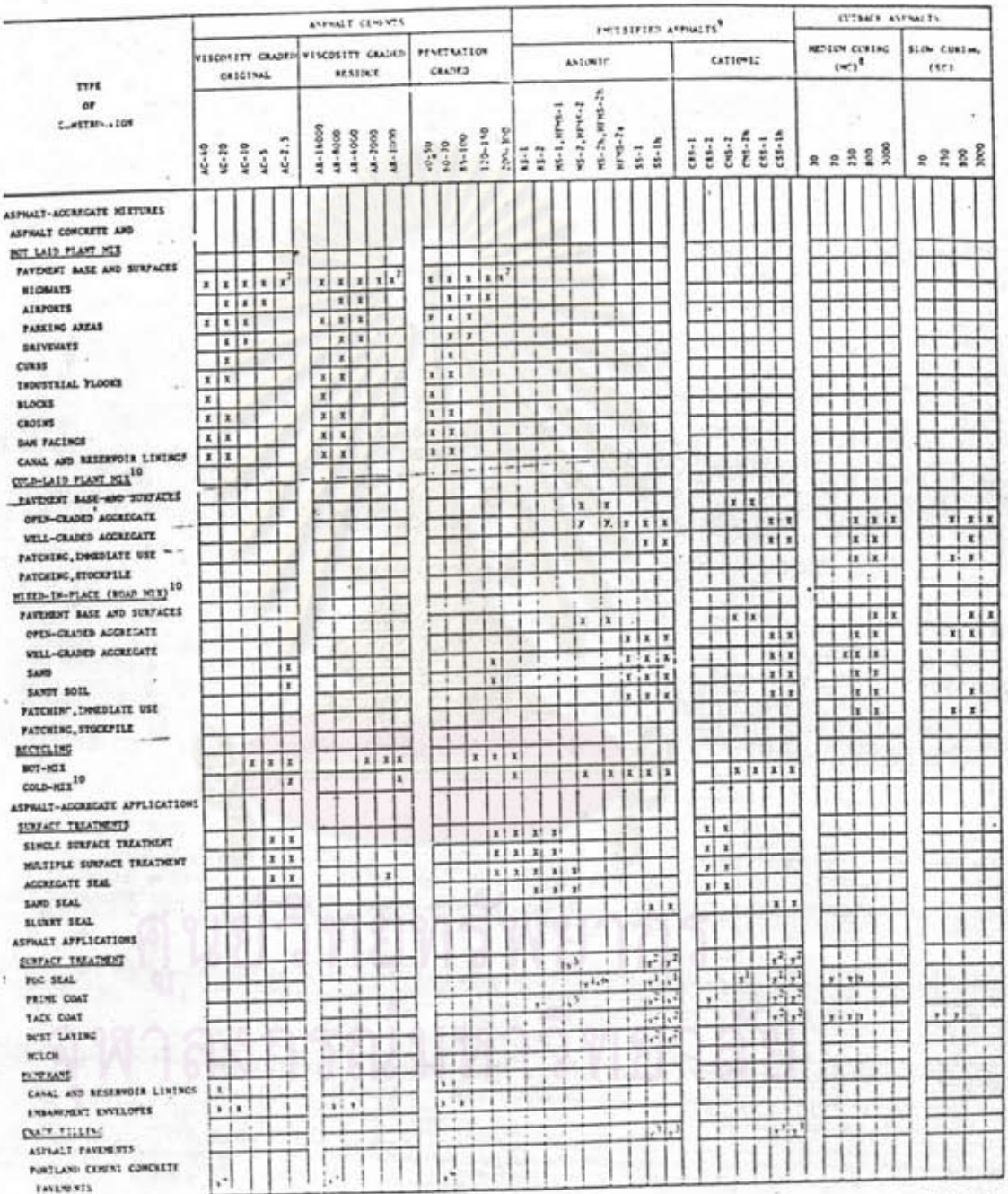
ตารางที่ 3.1 การจัดเรียงขนาดของวัสดุมวลรวมที่เหมาะสมสำหรับยางมะตอยน้ำที่ทำการผสมแบบผสมเย็น

TABLE AGGREGATES AND EMULSIFIED ASPHALT FOR COLD-MIX EMULSIFIED ASPHALT MIXTURES

Type		Processed Dense = Graded Asphalt Mixtures				
Washed Gradation % by Weight	2"	100	-	-	-	-
	1-1/2"	90-100	100	-	-	-
	1"	-	90-100	100	-	-
	3/4"	60-80	-	90-100	100	-
	1/2"	-	60-80	-	90-100	100
	3/8"	-	-	60-80	-	90-100
	No. 4	20-55	25-60	35-65	45-70	60-80
	No. 8	10-40	15-45	20-50	25-55	35-65
	No. 16	-	-	-	-	-
	No. 30	-	-	-	-	-
	No. 50	2-16	3-18	3-20	5-20	6-25
	No. 100	-	-	-	-	-
	No. 200	0-15	1-15	2-15	2-15	2-15
Sand Equivalent, %		25 min.	25 min.	25 min.	25 min.	25 min.
Los Angeles Rattler @ 500 Revolutions		45 max.	45 max.	45 max.	45 max.	45 max.
Soundness, % Loss		25 max.	25 max.	25 max.	25 max.	25 max.
% Crushed Faces		65 min.	65 min.	65 min.	65 min.	65 min.
Asphalt Type		HFE-type* SS-type CSS-type	HFE-type* SS-type CSS-type	HFE-type* SS-type CSS-type	HFE-type* SS-type CSS-type	HFE-type* SS-type CSS-type

Illinois high-float emulsion designation. ASTM designation for high-float is HFMS-type.

ตารางที่ 3.2 แสดงการนำไปใช้งานของยางมะตอยน้ำ



1 Placed-in prime coats.
2 Diluted with water.
3 Slurry mix.
4 Rubber asphalt compounds.
5 Diluted with water by the manufacturer.
6 MS-2 only.
7 For use in cold climates.
8 Refers mainly MC's for other applications rather than prime coats; check with local highway agency.
9 Emulsified asphalts shown are anionic and AFTP grades and may not include all grades produced in all geographical areas.
10 Evaluation of emulsified asphalt-aggregate system required to determine the proper grade of emulsified asphalt to use.

ข) หาปริมาณเนื้อยางโดยการกลั่น เพื่อที่จะหาปริมาณแอสฟัลท์ซีเมนต์ น้ำ และน้ำมันที่ประกอบอยู่ ส่วนที่เหลือจากการกลั่นจะเป็นแอสฟัลท์ซีเมนต์ และสามารถนำไปทดลองหาคุณสมบัติอื่น ๆ ได้ เช่น Penetration, Ductility เป็นต้น (ภาคผนวก ช.7)

ค) ทดสอบกากที่เหลือจากการกลั่น มี Penetration เป็นการหาการจมตัวของเข็มมาตรฐาน การยืดตัวเป็นเส้นเพื่อที่ตรวจสอบดู Asphalt base ได้รับความร้อนเกินกำหนดหรือไม่ Float Test, Solubility เพื่อหาความบริสุทธิ์ของยางมะตอย (ภาคผนวก ช.1, ช.2, ช.3, ช.4, ช.6)

ง) ทดสอบหาค่า Seive Test และค่า Storage Stability โดยดูข้อกำหนดจาก ASTM D977

3.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

3.2.1 การออกแบบส่วนผสมของยาง HFMS-2 และยาง MS-2 กับวัสดุมวลรวม

ส่วนผสมที่จะนำมาใช้ระหว่างวัสดุมวลรวม และยางแอสฟัลท์นั้น จำเป็นที่จะต้องหาเปอร์เซนต์ของยางแอสฟัลท์ที่เหมาะสม (Optimum Residual Asphalt) ก่อน ในการหาจะต้องเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว (10.16 ซม.) สูง 2.5 นิ้ว (6.4 ซม.) สำหรับการผสมแบบเย็น (Cold Mix) ของยางแอสฟัลท์อิมัลชั่น จะมีปริมาณน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง กล่าวคือ จะต้องหาปริมาณน้ำที่พอเหมาะสำหรับส่วนผสม แล้วใช้ปริมาณน้ำที่พอเหมาะมาเตรียมตัวอย่างเพื่อหาปริมาณเนื้อยางที่พอเหมาะต่อไป (ภาคผนวก จ)

สำหรับการเตรียมตัวอย่างแบบนี้จะทำการบดอัด 75 ครั้งต่อด้าน โดยที่เตรียมตัวอย่างเป็น 3 ชุด ชุดแรก เป็นการหาปริมาณน้ำที่พอเหมาะสำหรับ Trial Residual Asphalt โดยทิ้งตัวอย่างไว้ในแบบ (Mold) เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นก็นำมาหาค่าเสถียรภาพ (Stability) ด้วยเครื่องทดลองมาร์แชล ปริมาณน้ำที่พอเหมาะจะได้จากค่าเสถียรภาพสูงสุด เมื่อได้ปริมาณน้ำที่พอเหมาะแล้ว เตรียมตัวอย่างอีก 2 ชุด โดยใช้ปริมาณน้ำที่พอเหมาะที่หาได้จากชุดแรก และใช้ปริมาณเนื้อยางล้วน ๆ เริ่มตั้งแต่ 3 % - 5 % เพิ่มทีละ 0.5 % เตรียมตัวอย่างเปอร์เซนต์ละ 6 ก้อน (2 ชุด) แล้วทิ้งไว้ในแบบ (Mold) เป็นเวลา 72 ชม. ดังนั้นชุดที่ 2 จะนำไปหาค่าเสถียรภาพ (Stability) โดยใช้เครื่องทดสอบ

มาร์แชล และเอาตัวอย่างที่ทดสอบแล้วเข้าตู้อบหาปริมาณน้ำที่เหลือ ส่วนชุดที่ 3 จะนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 4 วัน กลับด้านเมื่อแช่ไว้ 2 วัน จากนั้นก็นำมาหาค่าเสถียรภาพ และเอาตัวอย่างที่ทดสอบแล้วเข้าตู้อบเช่นเดียวกับชุดที่ 2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเนื้อยางที่เหมาะสมจะได้จากค่าเสถียรภาพสูงสุด หลังจากนำตัวอย่างไปแช่น้ำเป็นเวลา 4 วัน นำค่าเปอร์เซ็นต์ของปริมาณเนื้อยางไปตรวจสอบค่าการดูดความชื้น การเปลี่ยนแปลงค่าเสถียรภาพ และช่องอากาศทั้งหมด (ดูภาคผนวก จ)

3.2.2 การเตรียมตัวอย่างขนาด ϕ4" × 8"

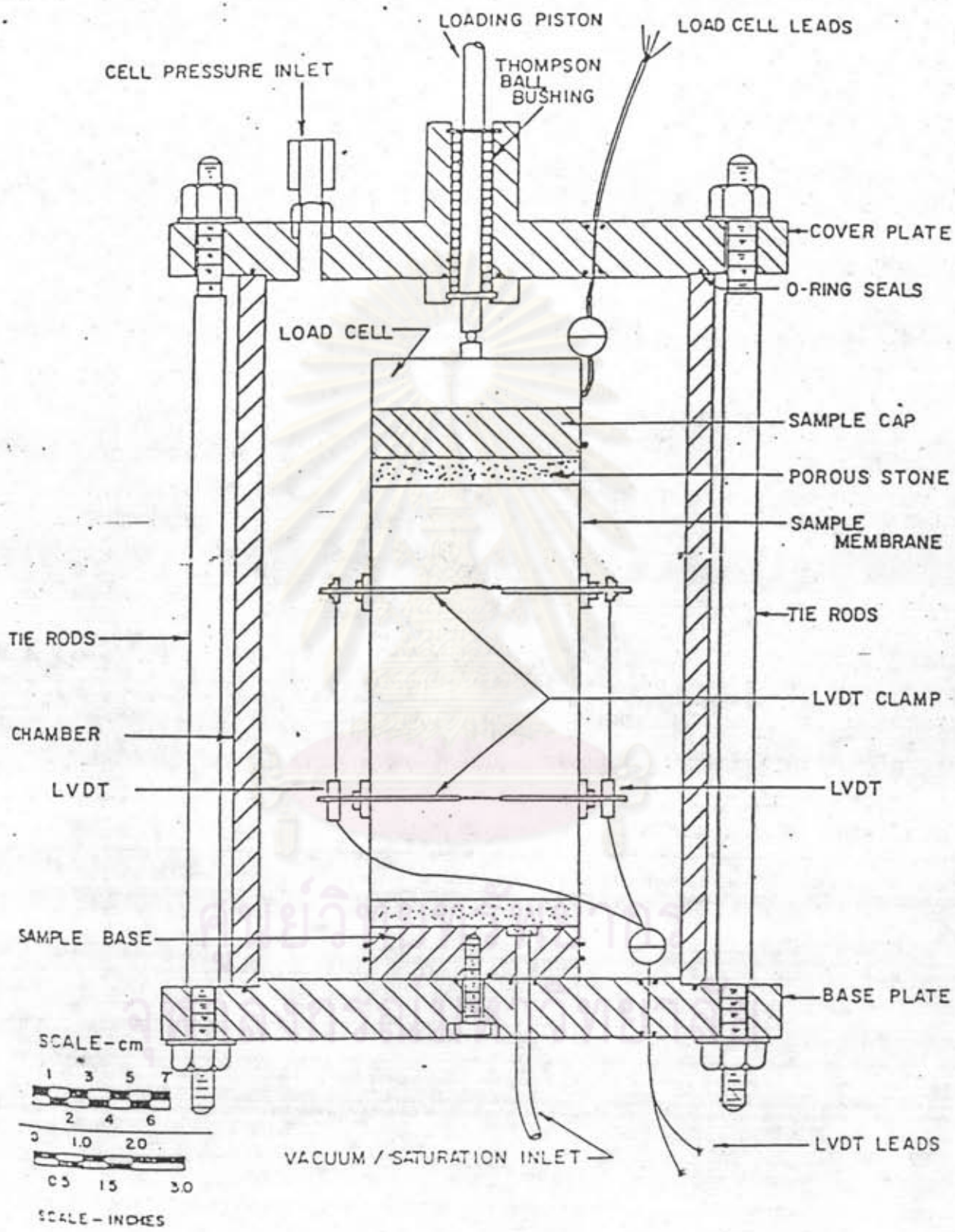
เมื่อหาปริมาณยางแอสฟัลท์อิมัลชั่นที่เหมาะสมได้แล้ว ก็เตรียมตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว (10.16 ซม.) สูง 8 นิ้ว (20.32 ซม.) การบดอัดจะใช้การให้น้ำหนักคงที่ (Static load) แก่ส่วนผสมตัวอย่าง โดยอัดภายในแบบ (Mold) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว (10.16 ซม.) มีความสูง 12 นิ้ว การใส่ส่วนผสมจะใส่เป็นชั้น ๆ จำนวน 4 ชั้น ในแต่ละชั้นใช้เหล็กขนาด $\phi \frac{1}{2}$ นิ้ว กระทุ้งรอบ ๆ ประมาณ 20 ครั้ง และกระทุ้งตรงกลางอีก 20 ครั้ง เมื่อครบจำนวนชั้นแล้วนำตัวอย่างที่อยู่ในแบบไปเข้าเครื่อง Compression ซึ่งด้านบนและด้านล่างของแบบ (Mold) จะมีลูกสูบสามารถดันเข้าไปในแบบได้ติดอยู่ เดินเครื่อง Compression ด้วยอัตรา 0.05 นิ้ว (1.27 มม.)/นาที จนกระทั่งได้ความดัน 2500 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 1 นาทีลูกสูบทั้งด้านบนและล่างจะทำการดันส่วนผสมตัวอย่างเข้าหากันจนแน่น แล้วจึงเดินเครื่องออกทิ้งตัวอย่างไว้ในแบบประมาณ 1 วัน ใช้เครื่องดันตัวอย่างออก ตัวอย่างที่จะได้จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูงประมาณ 8 นิ้ว ทิ้งตัวอย่างที่ดันออกจากแบบแล้วในอากาศปกติเป็นเวลา 14 วัน จึงนำไปทดลองขั้นต่อไป (ดูภาคผนวก ฉ)

3.3 <u>เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง Repeated load</u>

อุปกรณ์ที่ใช้ใส่ตัวอย่าง มีดังต่อไปนี้

3.3.1 Triaxial Cell เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับใส่ตัวอย่างในการทดลอง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว (15.24 ซม.) สูง 12 นิ้ว (30.5 ซม.) มีฐานสำหรับรองตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ซึ่งมีช่องสามารถระบายน้ำออกนอกตัว Cell ได้ ด้านบนจะมีแกนสำหรับให้น้ำหนักขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว (2.54 ซม.)

I16686318



รูปที่ 3.1 Repeated Load Triaxial Compression Test Chamber

3.3.2 Porous stone จะมีไว้ทางด้านล่างและด้านบนของตัวอย่าง เพื่อที่จะเป็นตัวกรองน้ำให้ระบายออกจากตัวอย่าง

3.3.3 ยางสำหรับหุ้มตัวอย่าง (Rubber membrane) มีความหนาอยู่ระหว่าง 0.01 - 0.015 นิ้ว (0.25 มม. - 0.38 มม.)

3.3.4 แผ่นเหล็กปิดทางด้านบนของตัวอย่างเพื่อรองแกนให้น้ำหนักของตัว Triaxial Cell รวมทั้ง O-rings

การเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 8 นิ้ว เข้าใน Triaxial Cell โดยนำเอายาง (Rubber membrane) มาหุ้มตัวอย่าง ซึ่งที่ด้านบนและด้านล่างของตัวอย่างมี Porous stone ปิดอยู่ เสร็จแล้วนำไปวางไว้ที่ฐานของ Triaxial Cell ใช้ยางหุ้มเลยไปยังฐาน เอา O-rings รัดที่ฐานให้แน่น ทางด้านบนเอาแผ่นเหล็กปิด ซึ่งจะรองรับแกนให้น้ำหนักของ Triaxial Cell จะติดอยู่ตรงกลางพอดี ปิด Triaxial Cell ให้แน่น เตรียมพร้อมที่จะทดลองต่อไป

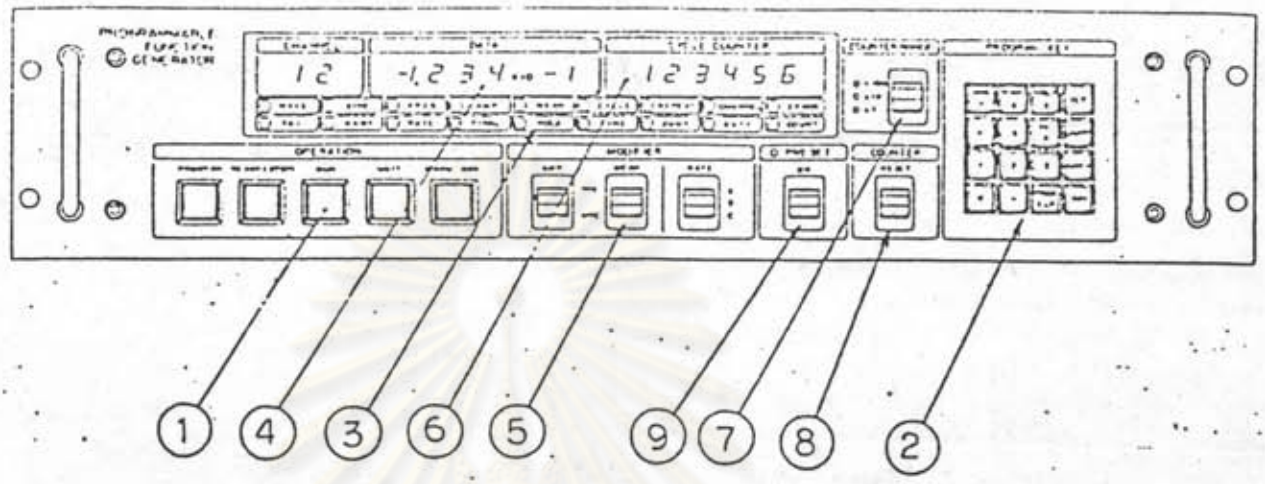
เมื่อเตรียมตัวอย่างใส่ Triaxial Cell เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถนำเข้าเครื่องทดสอบ Repeated load ได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบน้ำหนักกระทำซ้ำ ทดลองในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีดังนี้

ก. เครื่อง Servopulser ของ Shimadzu Model EHF-EA 10

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดลองวัสดุประเภทต่าง ๆ โดยสามารถให้น้ำหนักได้ทั้งแบบคงที่ (static load) และแบบน้ำหนักกระทำซ้ำ (Repeated load) ขนาดสูงสุดของเครื่องที่ใช้ในการทดสอบมีความสามารถทดสอบน้ำหนักแบบคงที่ได้สูงสุด 10 ตัน (10,000 กก.) และสามารถทดสอบน้ำหนักแบบกระทำซ้ำได้สูงสุด 15 ตัน (15,000 กก.) ส่วนที่ใช้ในการควบคุมเครื่องจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

ก.1 ส่วนทำหน้าที่ตั้งโปรแกรม (Program Unit) เพื่อที่จะกำหนดขนาด, ความถี่ และจำนวนรอบ ที่ใช้กระทำต่อตัวอย่างทดลอง

ก.2 ส่วนที่สั่งให้เครื่องทำงาน (Control Unit) หลังจากที่ตั้งโปรแกรมที่เครื่องตามขนาด, ความถี่ และจำนวนรอบแล้ว ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่สั่งให้เครื่องทำงานตาม



① Operation Switch: Start, stop, etc. of function generator.

② Program Switch: Sets output waveform, cyclic number, time, etc.

③ Program Indicator: Indication at the time of setting of ②.

④ Numeric Display: Displays the set item ② and indicated item at the program execution (waveform output) of ①.

⑤ Modifier (Adjustment of Sine Wave and Triangle Wave): Adjusting of amplitude and mean value during generation of waveform output.

⑥ Counter: Displays cyclic number.

⑦ Counter Multiplication Switch: Displays at ⑥ the cyclic number in terms of X1, X10 and X100.

⑧ Counter Reset: Resets the display of ⑥ at ZERO.

⑨ Preset Switch: With this switch ON at the end of waveform output generation, it produces contact output.

รูปที่ 3.2 แสดงส่วน Program Unit ของเครื่อง Servopulser

โปรแกรมที่ได้ตั้งไว้

ก.3 ส่วนที่ป้อนข้อมูลกลับ (Feed back) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่ได้รับในขณะทำการทดลองส่งกลับเข้าเครื่อง เพื่อตรวจสอบดูว่าลักษณะของน้ำหนักที่ใช้ในขณะทดสอบนั้น ตรงตามโปรแกรมที่ได้ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าหากผิดไปจากที่ตั้งไว้จะมีสัญญาณเตือนแจ้งให้ทราบเป็นไฟกระพริบ หรือส่งไม่ให้เครื่องทำงานเลย

ข. เครื่องวัดอ่านค่า Vertical Deformation แบบ Linear Variable Displacement Transducers (LVDT's) สามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.001 นิ้ว เพื่อที่นำไปหาค่าความเครียด (strain) ของตัวอย่าง

ค. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ใช้อัดอากาศเข้าไปใน Traxial Cell เพื่อเพิ่มความดันภายใน Cell สามารถเพิ่มได้ถึง 200 psi และปรับความดันได้

ง. แท่นเหล็กสำหรับรองตัว Triaxial Cell ให้ยึดติดกับเครื่อง Servopulser โดยแท่นเหล็กนี้จะมีขนาดเท่ากับฐานของ Triaxial Cell แล้วต่อไปยังแท่นกดของเครื่องด้านล่าง ส่วนด้านบนจะติดหัวกด เพื่อที่จะใช้กดแกนของ Triaxial Cell ด้านบน ให้ยอมยืนลงตามความถี่ที่กำหนด

จ. สายยาง ที่ต่อจากเครื่องอัดอากาศเข้ากับตัว Triaxial Cell ใช้เพื่ออัดอากาศเข้าตัวเซล

3.4 วิธีการทดสอบ Repeated load

เมื่อนำเอา Triaxial Cell ที่เตรียมตัวอย่างใส่แล้วเข้าเครื่อง Servopulser โดยติดฐานของ Triaxial Cell ให้ติดแน่นกับฐานของเครื่อง Servopulser ทางด้านล่วนบนของ Triaxial Cell จะมีแกนซึ่งจะทำหน้าที่ส่งถ่ายน้ำหนักลงไปที่ตัวอย่างทดลองในการทดสอบจะต้องมีการวัดค่า Vertical Deflection โดยจะใช้เครื่องมือแบบ Linear Variable Displacement Transformers (LVDT's) ซึ่งสามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.001 นิ้ว ติดตั้งทางด้านฐานของ Triaxial Cell (ดังรูปที่ 3.1) ในการวัดค่า Vertical Deflection ของตัวอย่าง จะต้องบันทึกค่าเริ่มแรกก่อนการให้น้ำหนักทดสอบ และเวลาทดสอบก็บันทึกค่าที่ได้ในแต่ละครั้ง ค่า Vertical Deflection จะได้จากการ

นำเอาค่าที่อ่านได้ในขณะทำการทดลองลบด้วยค่าที่บันทึกไว้แต่แรก

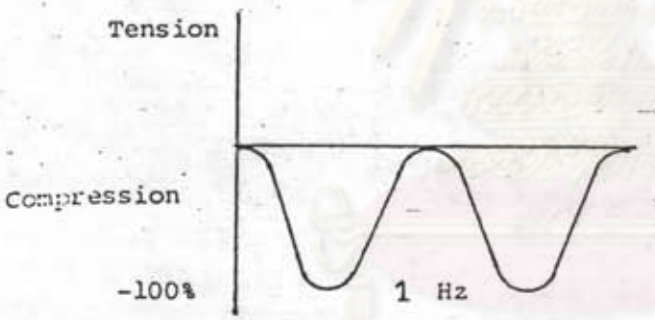
ในการทดลองน้ำหนักกระทำซ้ำ (Repeated load) จะทดลองที่อุณหภูมิ 20°, 40°, 60°C โดยให้น้ำหนักอยู่ในรูป Constant Amplitude Simusoidal ความถี่ที่ใช้ทดลอบ 1 รอบต่อวินาที สำหรับการตั้งความถี่และขนาดของน้ำหนักจะต้องป้อนโปรแกรมเข้าเครื่อง servopulser เข้าในส่วน Program Unit

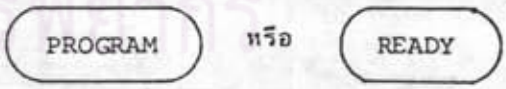
โปรแกรมที่ใช้ป้อนให้กับเครื่องสามารถเขียนได้ดังนี้

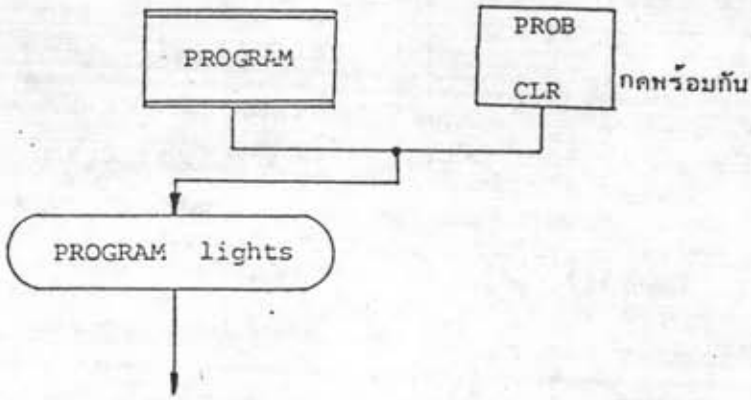
โดยให้ หมายถึง ช่องที่จะต้องกดปุ่ม (Press)

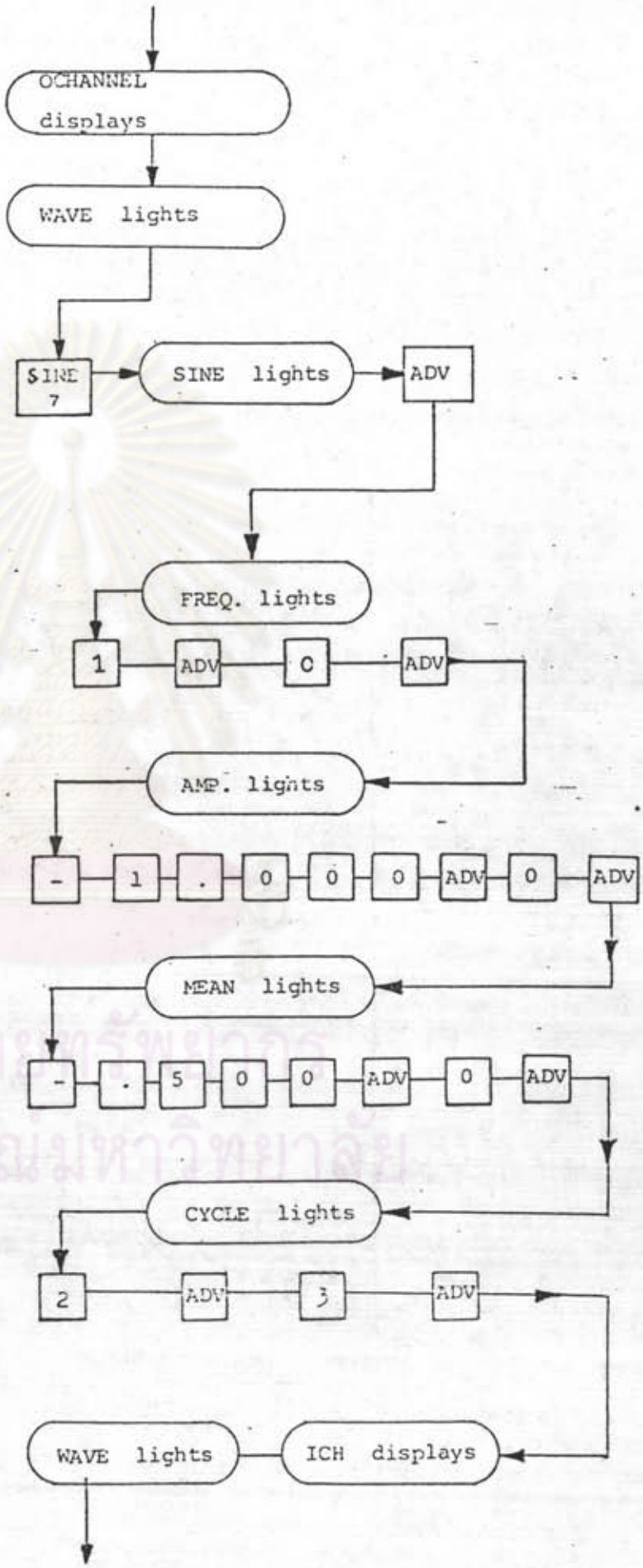
หมายถึง ช่องที่แสดงปรากฏ

รูปที่ 3.3. แสดงโปรแกรมการป้อนข้อมูลที่กำหนดความถี่, ขนาด และน้ำหนักของคลื่นเข้าเครื่อง Servopulser



1. เมื่อเดินเครื่องจะมีไฟแสดงอยู่ในปุ่มของ 

2. เริ่มแรกเคลียร์โปรแกรมโดยกดที่ปุ่มของ 



3. ให้รูปแบบของน้ำหนัก
   อยู่ในลักษณะคลื่น Sine

4. ตั้งความถี่ของวงรอบน้ำหนัก
   1 Hz

5. กำหนด Amplitude
   0 % ถึง -100 %

6. กำหนดค่า Mean Value
   ที่ 0.00 %

7. ตั้งจำนวนวงรอบให้
   เครื่องทำงานถึง
   200 รอบ

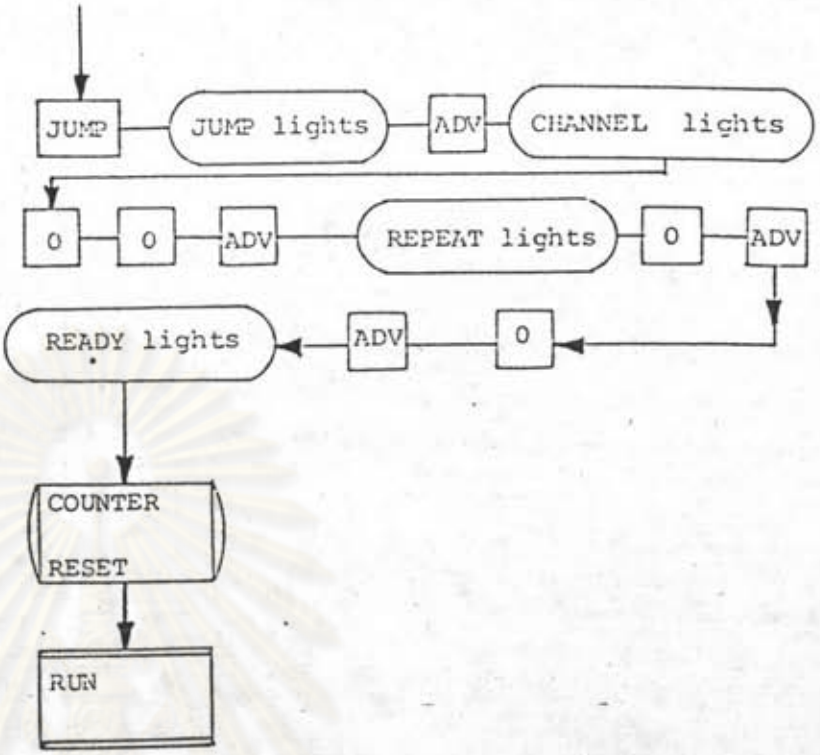
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. ตั้งโปรแกรมให้เครื่องทำงานในลักษณะกระทำซ้ำ

9. เครื่องเตรียมพร้อมที่จะทำงาน

10. ปรับการนับจำนวนวงรอบไว้ที่ศูนย์

11. เมื่อต้องการสั่งให้เครื่องทำงาน



สำหรับการกำหนดน้ำหนักที่ใช้จะต้องดูถึงน้ำหนักสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหายของตัวอย่างเสียก่อน จะพบว่าจากตัวอย่าง ϕ4" × 8" จะมี Static Ultimate Strength อยู่ระหว่าง 200 - 300 กิโลกรัม ดังนั้นจึงกำหนดน้ำหนักสูงสุดของเครื่อง Servopulser 1,000 กิโลกรัม เวลาทดลองก็จะใช้เป็นเปอร์เซ็นต์ของ 1,000 กิโลกรัม เช่น ใช้น้ำหนักกด 2.0 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักที่ใช้กดจริง = 20 กิโลกรัม เป็นต้น เมื่อตั้งโปรแกรมและขัดขนาดของน้ำหนักได้แล้ว ก็เริ่มการทดลอง ซึ่งจะแบ่งการทดลองเป็นดังนี้

1. กำหนดให้ความถี่และลักษณะของน้ำหนักกระทำคงที่คือ 1 รอบต่อวินาที โดยทำการเพิ่มน้ำหนักที่กดตัวอย่างไปเรื่อย ๆ จนตัวอย่างเกิดความเสียหาย (failure) ทุกครั้งที่เพิ่มน้ำหนักที่กด จะต้องจดค่า Vertical Deformation ด้วย และจดค่าเมื่อน้ำหนักนั้น ๆ กระทำเป็นวงรอบจำนวน 200 ครั้ง สำหรับการทดลองนี้จะตรวจสอบดูด้วยว่า ตัวอย่างแบบไม่มีความดันด้านข้างและมีความดันด้านข้างจะมีพฤติกรรมแตกต่างกันหรือไม่ รวมทั้งอุณหภูมิของการทดลอง โดยจะใช้ที่ 20°C, 40°C และ 60°C หาความสัมพันธ์ของค่าความเค้นกับความเครียด ซึ่งผลที่ได้จะให้ค่า Resilient Modulus (Mr)

ตารางที่ 3.3 แสดงน้ำหนักที่กด, ความดันรอบข้าง และจำนวนครั้งในการทดลอง

น้ำหนักที่กด (kg)	Deviator Stress (psi)	ความดันด้านข้าง (psi)	จำนวนรอบ
20	3.157	0	200
20	3.157	5	200
40	6.313	5	200
40	6.313	10	200
60	9.470	10	200
60	9.470	15	200
80	12.630	15	200
80	12.630	20	200
120	18.940	25	200
140	22.090	25	200
160	25.250	25	200

2. กำหนดให้ความถี่และลักษณะของน้ำหนักกระทำคงที่คือ 1 รอบต่อวินาที โดยที่เพิ่มน้ำหนักที่กด และความดันด้านข้างไปเรื่อย (ตามตารางที่ 3.3) และทุกครั้งที่เพิ่มน้ำหนักและความดันด้านข้าง จะต้องจดค่า Vertical Deformation ทุกน้ำหนักกระทำเป็นวงรอบ 200 ครั้ง การทดลองนี้จะดูผลของค่าน้ำหนักที่กดกับความดันด้านข้างจะมีผลต่อค่า Resilient Modulus (Mr) มากน้อยเพียงใด ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 20°C, 40°C และ 60°C

3. กำหนดให้ความถี่และลักษณะของน้ำหนักที่กระทำคงที่ คือ 1 รอบต่อวินาที และใช้ค่า Deviator Stress คงที่ สำหรับการทดลองนี้ใช้ 15 psi ซึ่งคิดเป็น stress ratio = 0.5 (Stress ที่ทำให้ตัวอย่างเกิดความเสียหาย = 30 psi) โดยใช้ความดันด้านข้าง 0 psi ทำการกดตัวอย่าง โดยกำหนดจำนวนรอบเป็น 20, 40, 60,... แล้วจดค่า Deformation จนกระทั่งตัวอย่างเกิดความเสียหาย (Failure) หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเครียด Resilient Modulus กับจำนวนรอบในการกระทำซ้ำ

<u>หมายเหตุ</u> การทดลองนี้จะทดลองที่อุณหภูมิ 20°C, 40°C และ 60°C ดูการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิ

① MEAN

Mean value setting knob (MEAN)
Sets the mean value of test signal. The relation between dial readings and preset values is as follows:

Dial reading	000 —— 500 —— 999
Set value for MEAN	−100% —— 0 —— +100% (−5V) (0V) (+5V)

② AMPLITUDE

Amplitude setting knob (AMPLITUDE)
Sets test signal amplitude and ramp-wave target value. The relation of dial readings to preset values is as below:

Dial reading		000 ← → 999
FC	(square wave)	0 ← → ± 100% (±5V F.S.)
	(triangle wave)	
	(sine-wave)	
RAMP (ramp wave)	POLARITY (+)	0 ← → + 100% (+5V F.S.)
	POLARITY (−)	0 ← → − 100% (−5V F.S.)

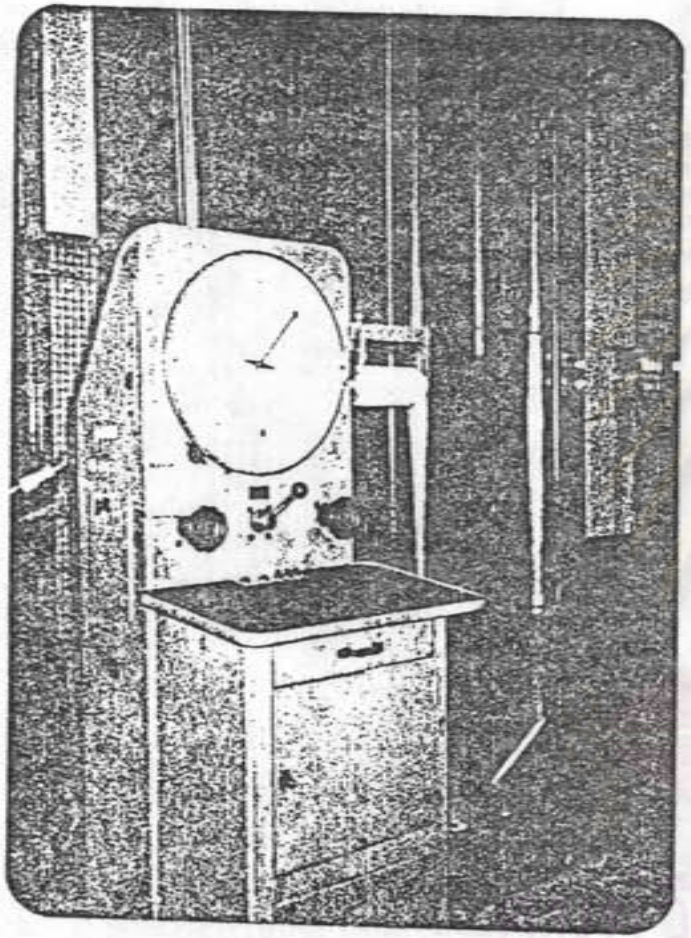
③ AUX. AMPLITUDE

Aux. amplitude setting knob	
Dial reading	000 ← → 999
AUX IN VARI (external input voltage)	(relative to input) ← → 100%

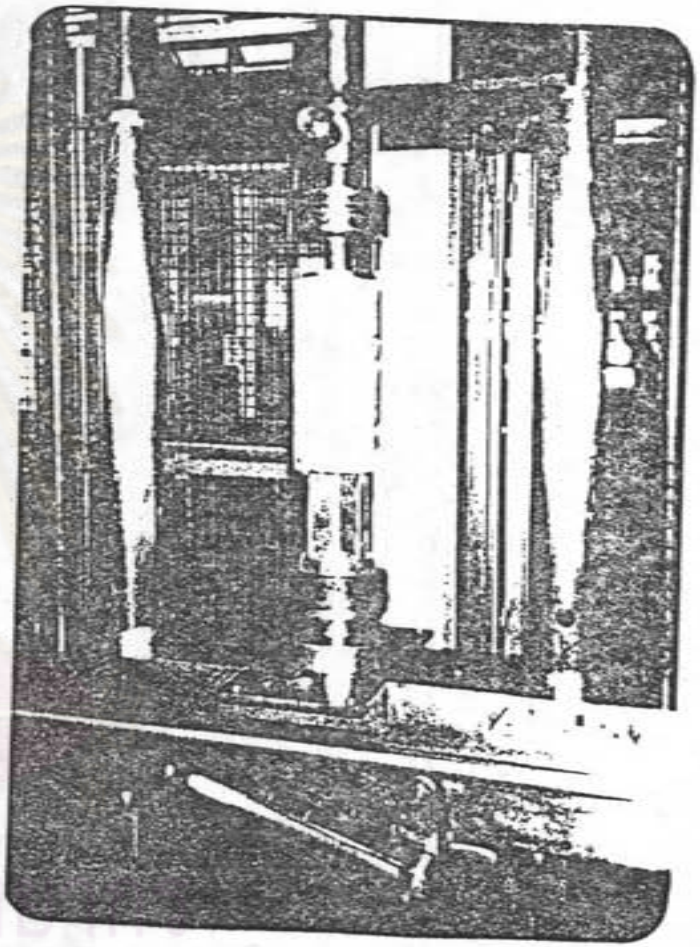
รูปที่ 3.4 แสดงการปรับค่า Mean และ Amplitude

รูปที่ 3.5 ส่วนผสมของยางมะตอยน้ำที่จะเตรียมใส่แบบ (Mold) ϕ4" × 8"

รูปที่ 3.6 แบบ (Mold) และอุปกรณ์อื่น ๆ ในการเตรียมตัวอย่าง ϕ4" × 8"



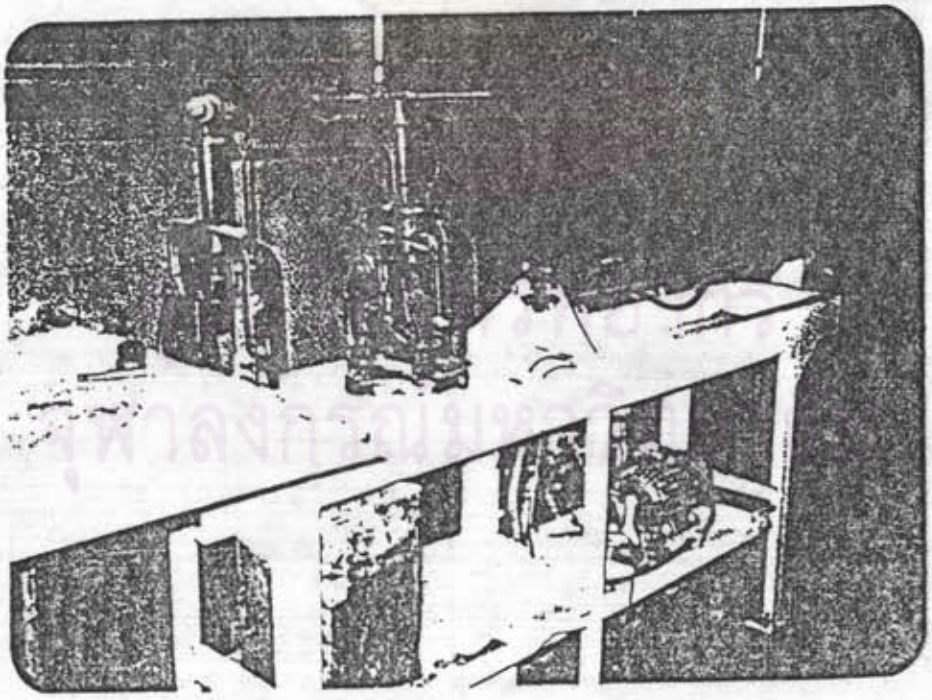
รูปที่ 3.7 เครื่องมือใช้อัดความดันเข้าในแบบ (Mold)



รูปที่ 3.8 แสดงการอัดความดันเข้าไปในส่วนผสมในแบบ (Mold)

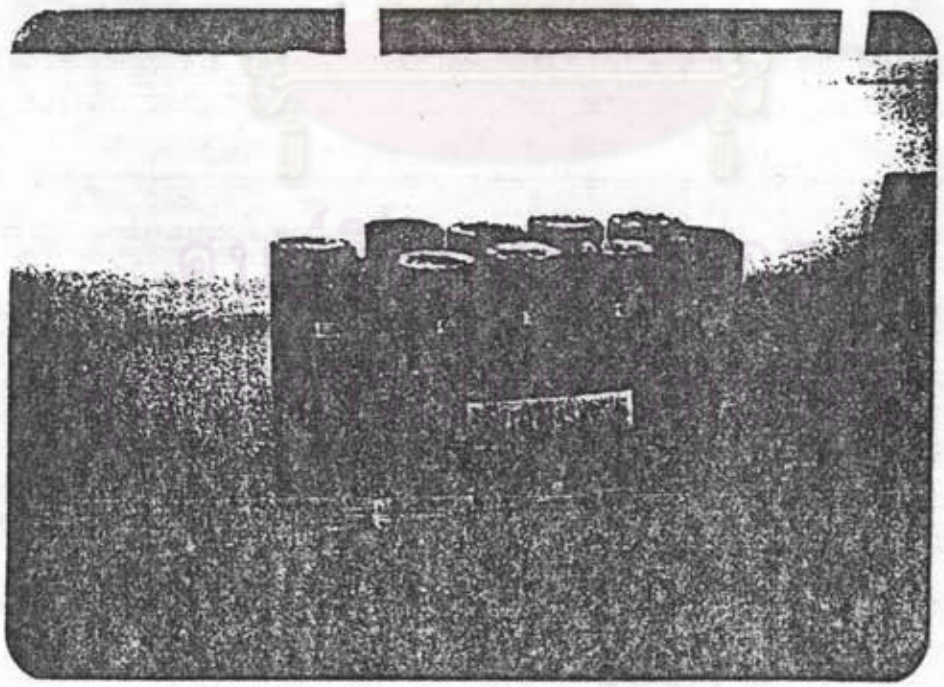
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างที่ทำการอัดความดันแล้วยังอยู่ในแบบ (Mold)

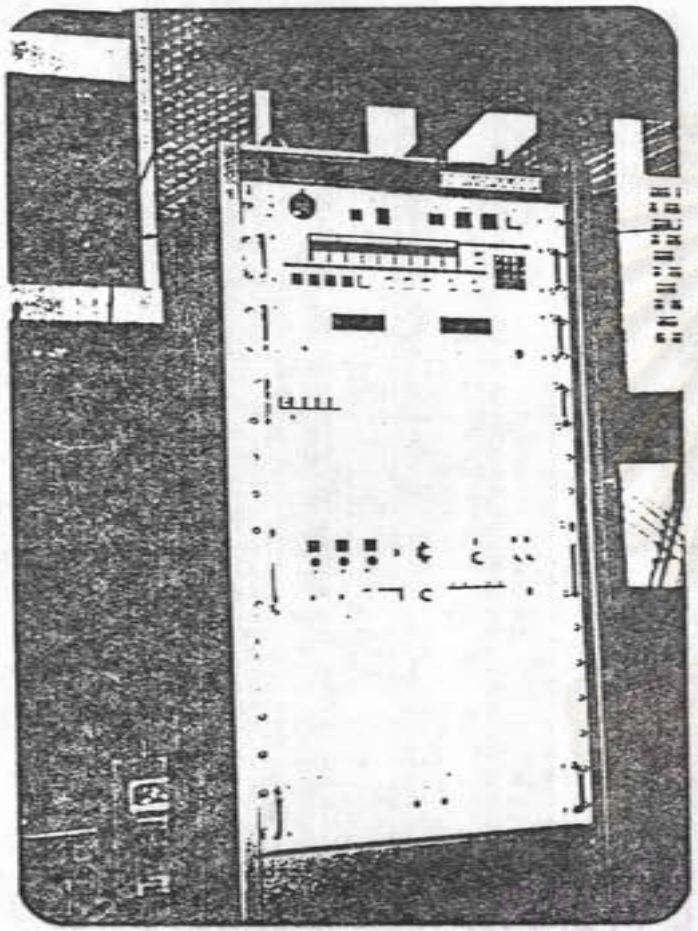


รูปที่ 3.10 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการดันเอาตัวอย่างขนาด ϕ4" × 8" ออกจากแบบ (Mold)

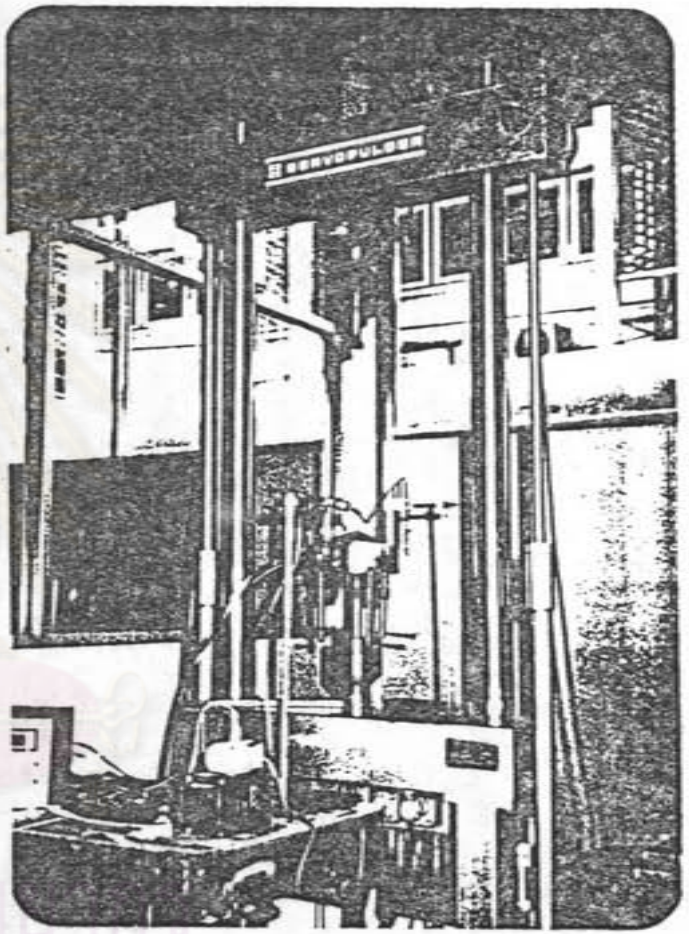
รูปที่ 3.11 เป็นตัวอย่างขนาด ϕ4" × 8" ที่เตรียมจะทดลองน้ำหนักกระทำซ้ำของยาง HFMS-2



รูปที่ 3.12 เป็นตัวอย่างขนาด ϕ4" × 8" ที่เตรียมจะทดลองน้ำหนักกระทำซ้ำของยาง MS-2

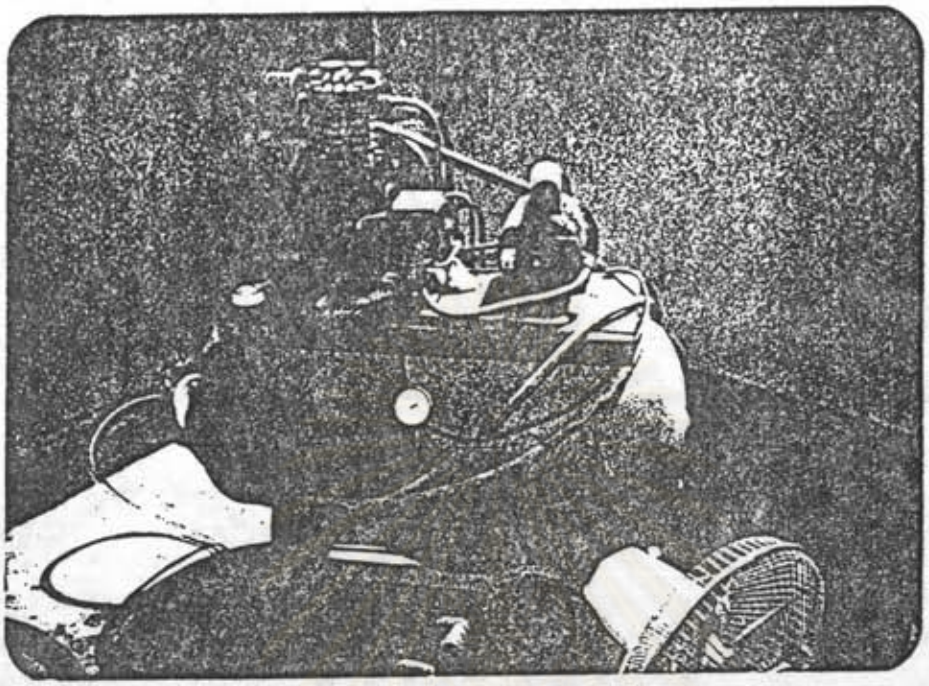


รูปที่ 3.13 เป็นส่วนของ Program Unit ที่ใช้ควบคุมของเครื่อง Servopulser

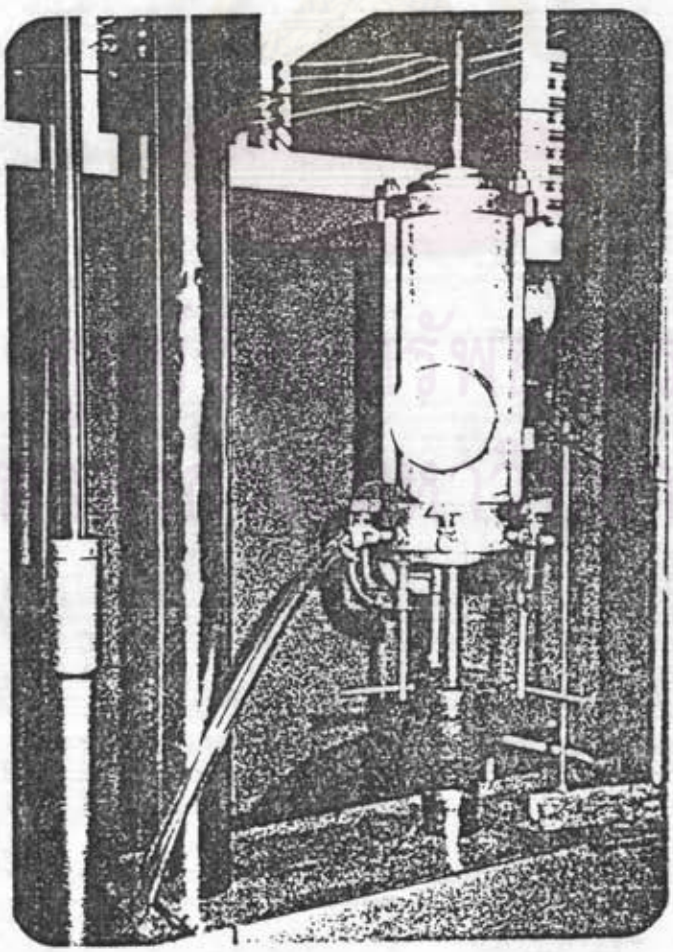


รูปที่ 3.14 เป็นการติดตั้งเครื่องมือประกอบเข้ากับแท่นรองรับของเครื่อง Servopulser

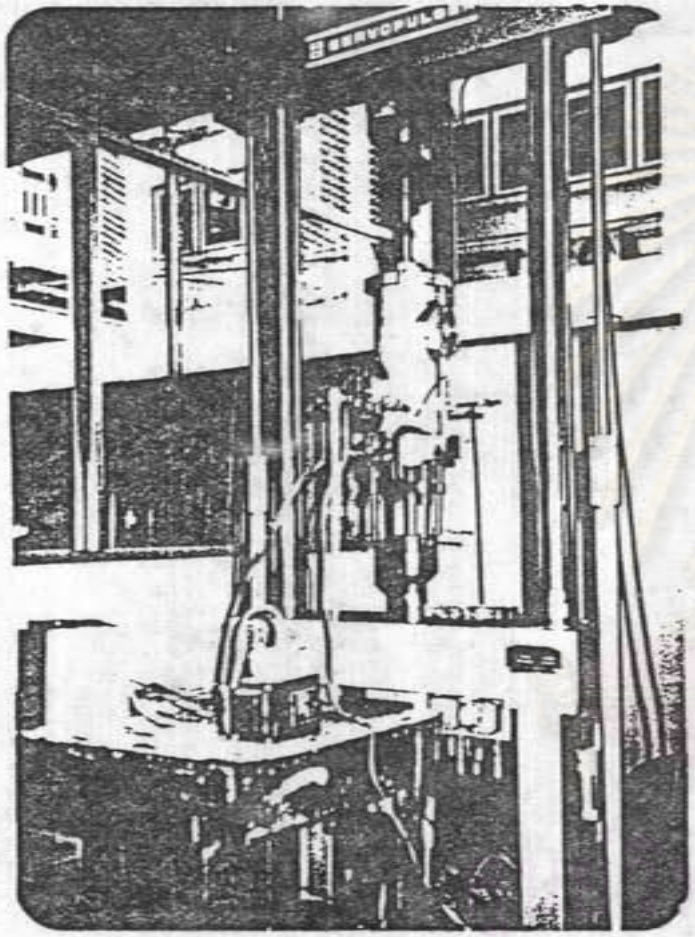
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



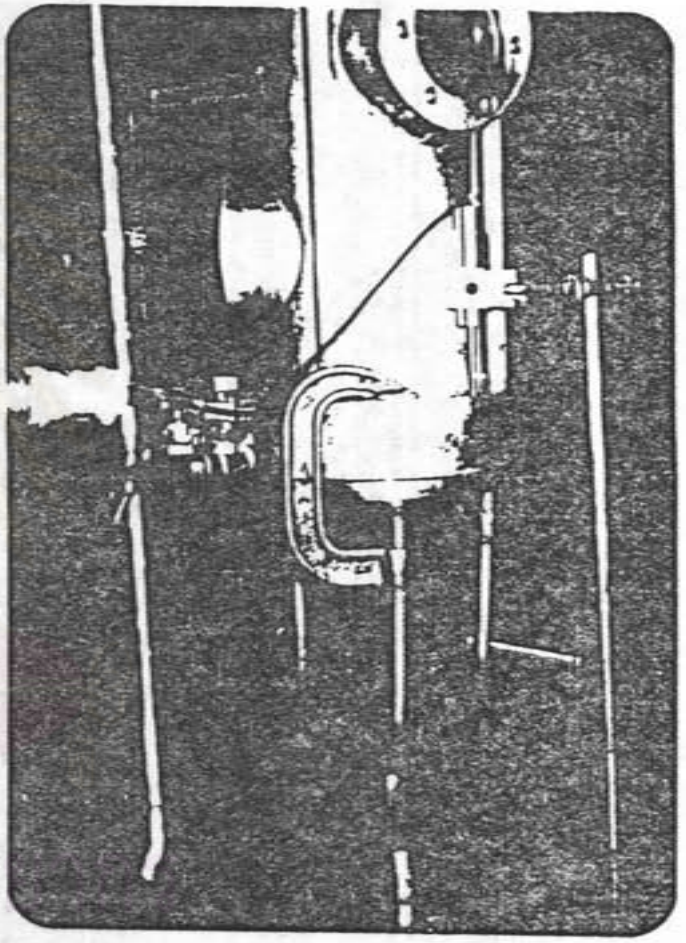
รูปที่ 3.15 เป็นเครื่องอัดความดันเข้าไปใน Triaxial Cell



รูปที่ 3.16 แสดงการต่อสายยางจากเครื่องอัดความดันเข้า Triaxial Cell



รูปที่ 3.17 แสดงการติดตั้ง Triaxial Cell พร้อมด้วย การอัดความดันด้านข้าง และการติดตั้ง LVDT's



รูปที่ 3.18 แสดงการติดตั้ง LVDT's ไว้ที่ฐานของ Triaxial Cell