บทที่ 3

เครื่องมือและหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

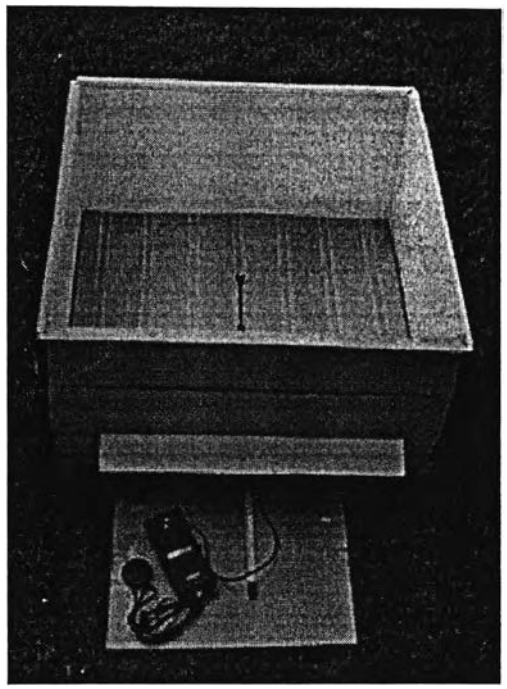
ลักซ์มิเตอร์ คือ เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณแสงสว่างมีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc) แล้วแต่ประเภทการทำงานของลักซ์มิเตอร์ เริ่มจากการที่อนุภาคของแสง (Flux) ตกกระทบในบริเวณจุดรับแสงแล้วทำให้เกิดความต่างศักย์ของไฟฟ้า เกิดขึ้นในบริเวณจุดรับแสงดังกล่าว ส่งผลให้เครื่องมือ ที่ใช้ตรวจวัดจะอ่านค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้า ที่เกิดขึ้น แล้วแปลข้อมูลดังกล่าว ออกมาเป็นหน่วยความสว่างของแสงตามที่เราต้องการ ในการดำเนินการวิจัย ได้นำเครื่องมือวัดแสงที่อ่านค่าความสว่างเป็นลักซ์ (lux) มาใช้ในการวัดค่าปริมาณความส่องสว่างภายในและปริมาณความส่องสว่างภายนอก โดยวัดในเวลาเดียวกัน คือ

3.1.1 มินอลต้าลักซ์มิเตอร์ (Minalta Lux Meter)

เป็นเครื่องมือวัดแสงที่ใช้วัดความสว่างที่เกิดขึ้น ภายในหุ่นจำลอง (Model) โดยติดตั้งตัวรับแสง (sensor) ไว้บนฐาน ซึ่งสมมติให้ความสูงของฐาน บวกกับความสูงของตัวรับแสง ที่บริเวณจุดรับแสง มีความสูงเท่ากับความสูงระดับใช้งาน(Working plane) ที่ 0.75 เมตร โดยที่จุดรับแสง จะมีสายเชื่อมต่อมายังมิเตอร์ดังกล่าว ภายนอกหุ่นจำลอง ซึ่งจอแสดงผลของเครื่องวัด จะตั้งอยู่ในตำแหน่ง ที่สะดวกในการอ่านข้อมูล และไม่มีผลกระทบกับค่าความสว่าง และการกระจายแสงของหุ่นจำลอง

รูปที่ 3.1 เครื่องวัดแสงแบบมินอลต้าลักซ์มิเตอร์ (Minalta Lux Meter)

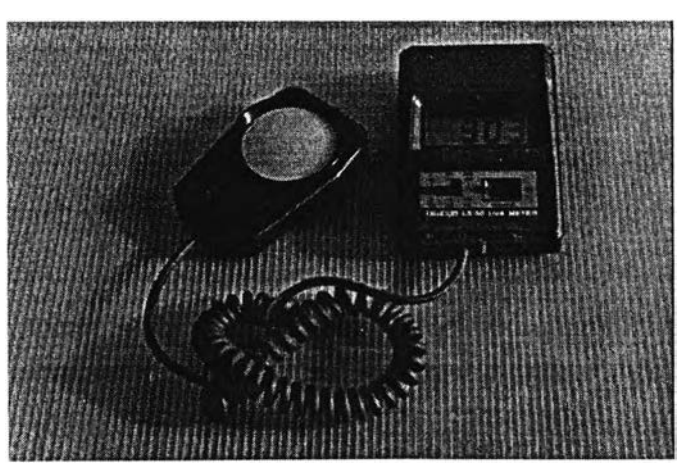
การเก็บข้อมูล จะเก็บข้อมูลที่ระยะต่าง ๆ ของหุ่นจำลอง โดยทำการวัดแสงที่ระยะห่าง 1 หน่วย กำหนดให้มีระยะในหุ่นจำลองไม่ห่างหรือใกล้จนเกินไป เพื่อให้ตำแหน่งของข้อมูลที่ได้มีความละเอียดมากพอต่อการนำข้อมูลมาสรุปเป็นกราฟ



รูปที่ 3.2 การติดตั้งมินอลต้าลักซ์มิเตอร์ พร้อมอุปกรณ์รับแสง (SENSOR) ภายในหุ่นจำลอง

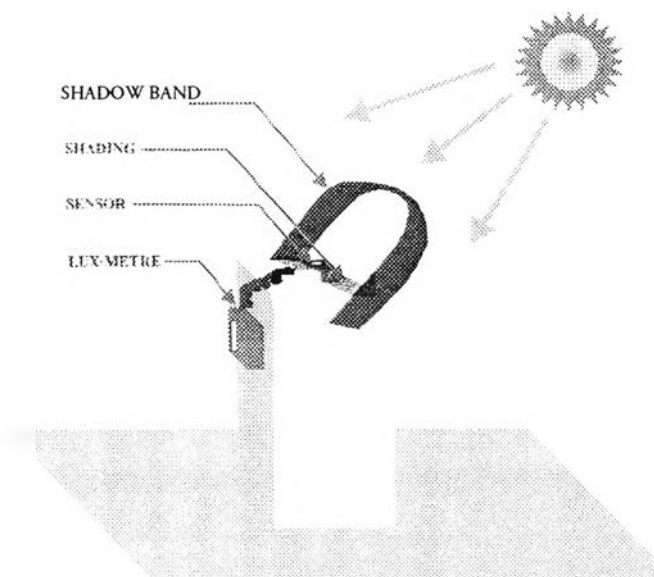
3.1.2 **ลักซ์มิเตอร์** (Lux Meter)

เป็นเครื่องมือวัดแสงที่มีช่วงการวัดแสง (Measuring range) อยู่ระหว่าง 5 – 50,000 ลักซ์ ซึ่งเพียงพอสำหรับวัดแสงภายนอกที่ไม่ได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Indirect Sun) วัดค่าระดับความส่องสว่างภายนอกที่ตกกระทบลงบนแนวระนาบนอน ไม่รวมรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Exterior Ellumination Horizontal Exclude Direct Sun) การวัดแสงจะเริ่มจาก การปรับเครื่อง (Calibrate) เพื่อให้เข้าสู่สภาวะพร้องทำงาน (State ready) การวัดจะนำลักซ์มิเตอร์ไปติดตั้งยังขาตั้งที่ได้มีการเตรียมไว้ ในสถานที่ที่ต้องการวัดแสงซึ่งจะเป็นกลางแจ้ง โดยขาตั้งที่ได้เตรียมไว้ จะสามารถปรับเปลี่ยนให้เกิดเงา แก่อุปกรณ์รับแสงที่ใช้วัดแสงได้



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดแสงแบบลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter)

ในการวัดค่าระดับรังสีดวงอาทิตย์ และความส่องสว่างภายนอกไม่รวมแสงตรงของดวงอาทิตย์อาศัยอุปกรณ์บังแดดที่เป็นแถบเงา (Shadow Band) มีความทึบแสงเพื่อป้องกันไม่ให้ตัววัดได้รับอิทธิพลของรังสีตรงของดวงอาทิตย์ ความกว้างของแถบเงากำหนดให้มีความกว้างน้อยที่สุด เพื่อให้ตัววัดสามารถรับค่ารังสีกระจายดวงอาทิตย์มากที่สุด แถบเงานี้มีลักษณะเป็นแถบโค้งพาดไปตามวงโคจรของดวงอาทิตย์ (ดูรูปที่ 3.4) โดยอาศัยตารางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ (ดูภาคผนวก ก.) ปรับตั้งแถบเงาให้สามารถบังดวงอาทิตย์ได้ในวัน และเวลาที่ต้องการ ซึ่งหากมีการคลาดเคลื่อนการปรับมุมของแถบเงา ก็สามารถปรับด้วยมือโดยการสังเกตเงาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ทำการวัด



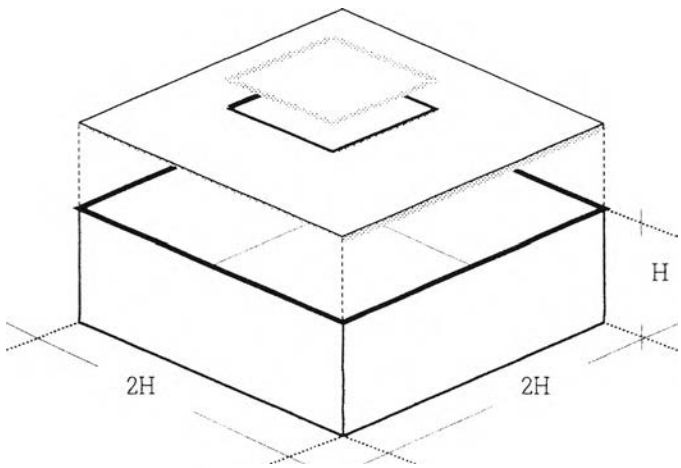
รูปที่ 3.4 **รูปแสดงอุปกรณ์บังเงา** (Shadow Band)

3.2 หุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย (Model)

เนื่องจากในการทำการวิจัยครั้งนี้ มีจุดประสงค์ให้สามารถนำรูปแบบในการควบคุมการใช้แสงธรรมชาติไปใช้ได้กับอาคารทางสถาปัตยกรรมที่มีรูปแบบการให้แสงธรรมชาติจากทางด้านบน และสามารถนำไปใช้กับกิจกรรมที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้อาคารนั้น ๆ ในการออกแบบลักษณะหุ่นจำลองเลือกใช้รูปร่างผังพื้นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ใช้ระบบสัดส่วนในการกำหนดมาตราฐานของหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองแทนการกำหนดความกว้าง : ยาว : สูง โดยใช้สัดส่วน ความกว้าง : ความสูง = 2 : 1

จากการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบผังพื้นอาคารแบบต่างๆ ที่ขนาดพื้นที่ใช้งานเท่ากัน (After Ternoey, etal., 1983) พบว่า อาคารที่มีผังพื้นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีอัตราความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสด เนื่องจากเป็นรูปร่างที่มีพื้นที่กรอบอาคารโดยรอบน้อยที่สุด การได้รับแสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคารจึงมีปริมาณไม่เพียงพอและไม่สามารถเข้าถึงบริเวณส่วนกลางอาคารได้ ดังนั้นรูปร่างผังพื้นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจึงเหมาะสมที่จะนำมาทำ

การวิจัยเพื่อหาเทคนิคการนำแสงธรรมชาติมาใช้ผ่านทางช่องเปิดด้านบน และยังเป็นรูปแบบที่เอื้ออำนวยต่อการทดสอบการให้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องเปิดในทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกได้อย่างชัดเจน ซึ่งง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับอาคาร รวมถึงความสะดวกในการสร้างหุ่นจำลอง



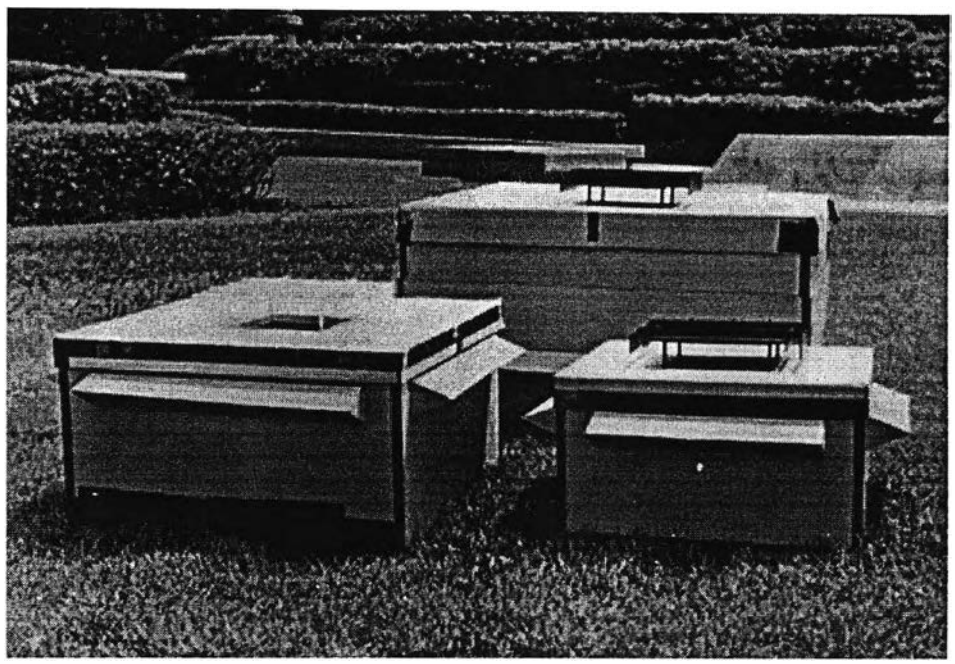
รูปที่ 3.5 สัดส่วนของหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย

ค่าที่ได้จากการวัดจริงภายในหุ่นจำลองจะนำไปคำนวณและวิเคราะห์ผล เพื่อนำไปสร้างเป็นแนวทางในการออกแบบการให้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องเปิดด้านบน (Top Aperture with Fenestration Controls Guideline) กับอาคารทางสถาปัตยกรรมที่มีลักษณะรูปทรงอาคารหรือบริเวณที่ต้องการแสงในสัดส่วนเดียวกัน เช่น Atrium, ยิมเนเซี่ยม เป็นต้น

3.2.1 ลักษณะของหุ่นจำลอง

ขนาดมาตราส่วนของหุ่นจำลองที่ใช้ คือ 1 : 10 ซึ่งจะเป็นมาตราส่วนที่มีความเหมาะสม เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ และเหมาะสมต่อการเคลื่อนย้าย ทำให้สะดวกต่อการเก็บข้อมูลนอกสถานที่ และสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ทั้งภายในและภายนอก เพื่อความสะดวกในการพิจารณาแนวทางต่าง ๆ ที่หลากหลาย ซึ่งในการวิจัยนี้จะใช้หุ่นจำลองทั้งหมด 3 ขนาด ดังนี้

1. หุ่นจำลองขนาดความกว้าง × ความยาว = 0.70 × 0.70 ซม. ขนาดความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน = 0.35 ซม. โดยกำหนดให้ 1 หน่วยของหุ่นจำลอง = 10 ซม. โดยมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน (Ratio of Aperture Area to Floor Area : A_g/A_f) = 1 : 25 หรือคิดเป็น 4 % ของพื้นที่ใช้งาน
2. หุ่นจำลองขนาดความกว้าง × ความยาว = 0.50 × 0.50 ซม. ขนาดความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน = 0.25 ซม. โดยกำหนดให้ 1 หน่วยของหุ่นจำลอง = 7.15 ซม. โดยมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน (Ratio of Aperture Area to Floor Area : A_g/A_f) = 2 : 25 หรือคิดเป็น 8 % ของพื้นที่ใช้งาน
3. หุ่นจำลองขนาดความกว้าง × ความยาว = 0.40 × 0.40 ซม. ขนาดความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน = 0.20 ซม. โดยกำหนดให้ 1 หน่วยของหุ่นจำลอง = 5.71 ซม. โดยมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน (Ratio of Aperture Area to Floor Area : A_g/A_f) = 3 : 25 หรือคิดเป็น 12 % ของพื้นที่ใช้งาน



รูปที่ 3.6 หุ่นจำลองเพื่อทดสอบปริมาณความส่องสว่างภายในจากทางช่องเปิดด้านบน มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในเท่ากับ 0.75 และมีพ.ท.ที่ช่องเปิด 4% 8% 12% ของพ.ท.ใช้งาน ตามลำดับ

3.2.2 วัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง และการตรวจสอบ

วัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลองคือ โฟมอัด หนา 5 มิลลิเมตร ผิวทั้งสองด้านของโฟมเป็นกระดาษดำด้าน เพื่อทำให้วัสดุนั้นมีความทึบแสง และเสริมความแข็งแรงของหุ่นจำลอง โดยใช้กระดาษลังหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งมีความง่ายในการตัดประกอบ และกระดาษลังมีขนาดมาตราฐานที่ทำการผลิตต่อ 1 แผ่น ครอบคลุมขนาดของหุ่นจำลองโดยไม่เกิดช่วงรอยต่อที่จะทำให้เกิดการเล็ดลอดผ่านของแสง (Leakage) ขณะทำการทดสอบได้ แต่ในขณะเดียวกันก็มีน้ำหนักไม่มาก ซึ่งจะทำให้หุ่นจำลองไม่เกิดการชำรุดเนื่องจากการขนย้าย แต่วัสดุภายในที่ใช้ จะแตกต่างกันไปในแต่ละลักษณะของหุ่นจำลองที่ต้องการทดสอบ และเพื่อป้องกันเรื่องการเล็ดลอดผ่านของแสง ที่อาจทำให้การทดสอบมีค่าผิดไปจากความเป็นจริงได้ จะมีการปิดรอยต่อต่าง ๆ ของหุ่นจำลองด้วยวัสดุสีดำทึบ (เทปกาวสีดำ)

ในการกำหนดค่าสะท้อนแสงของวัสดุในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อนำมาใช้ทดสอบนั้น เนื่องจากการวิจัยมุ่งเน้นในการนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารจริง ดังนั้นจึงได้นำข้อมูลของค่าการสะท้อนแสงของวัสดุและพื้นผิวภายนอกอาคารจาก IES (ตารางที่ 3.1) มาเป็นพื้นฐานในการกำหนดค่าการสะท้อนแสงภายนอก

Material	Reflectance (%)
Asphalt (free from dirt)	7
Bluestone, sandstone	18
Brick :	
Light buff	48
Dark buff	40
Dark red glazed	30
Cement	27
Concrete	55
Earth (moist cultivated)	7
Granite	40
Granolite pavement	17
Glass (dark green)	6
Gravel	13
Macadam	18
Marble (white)	45
Paint (white)	
New	75
Old	55
State (Dark Clay)	8
Snow	
New	74
Old	64
Vegetation (mean)	25

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ และพื้นผิวภายนอกอาคาร

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Building , pp. 1003.

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุและผิวภายนอก ค่าสูงสุดในตารางคือ ค่าการสะท้อนของวัสดุสีขาว มีค่าเท่ากับ 75 % และค่าสะท้อนแสงต่ำสุดคือ หญ้าสีเขียวเข้ม มีค่าเท่ากับ 6 % ดังนั้นในการเลือกวัสดุและค่าสะท้อนแสงของวัสดุที่จะนำมาทำการทดสอบ จึงกำหนดให้ค่าการสะท้อนแสงสูงสุดในการทดสอบเท่ากับ 75 %

นอกจากค่าสะท้อนแสงของวัสดุแล้ว สิ่งที่ต้องพิจารณาอีกอย่างคือ ผิวของวัสดุที่จะใช้ในการทดลอง เนื่องจากจุดประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้ ต้องการนำแสงกระจาย (Diffuse Light) เข้ามาใช้ภายในอาคาร ดังนั้นผิวของวัสดุที่ใช้ นอกจากจะมีค่าสะท้อนตามที่ต้องการแล้ว ยังต้องมีลักษณะผิวที่ให้การสะท้อนแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection) จากการพิจารณาค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ (ตารางที่ 3.1) จะเห็นว่าวัสดุที่มีผิวด้าน จะมีการสะท้อนในลักษณะที่เป็นแบบผสม โดยมีเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนแบบกระจายสูงมากกว่า 90 % ของการสะท้อนแสงแบบสะท้อน (Specular Reflection) (ตารางที่ 3.2) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงใช้วัสดุที่มีลักษณะผิวด้าน สำหรับการทดลอบการสะท้อนแสงในส่วนพื้นที่ภายใน และส่วนของหลังค่า ณ ค่าการสะท้อนต่าง ๆ กับหุ่นจำลอง

Material	Reflectance	
	Specular	Diffuse
Matte black paper	0.0005	0.040
Matte white paper	0.0030	0.770
Newspaper	0.0065	0.680
Very glossy white photo paper	0.0480	0.830
Metallic paper copper	0.1100	0.280
Dull black ink	0.0060	0.045
Super gloss black ink	0.0390	0.016

ตารางที่ 3.2 **แสดงค่าสะท้อนแสงของวัสดุ** (Typical Reflectances)

ที่มา : Courtesy of the IESNA.

จากการที่ลักษณะของหุ่นจำลองที่จะต้องมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับอาคารจริง ดังนั้นจึงได้มีการทดสอบ ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่สมมติให้เป็น พื้น ผนัง และ เพดานของห้อง ซึ่งวัสดุที่ใช้จะเป็นกระดาษโปสเตอร์ชนิดต่างๆ ซึ่งการวัดค่าการสะท้อนของแสง ที่เกิดขึ้นจากวัสดุต่างๆ จะวัดได้ โดยใช้ลักซ์มิเตอร์วัดปริมาณแสงที่มากระทบวัตถุ และปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ แล้วนำมาหาอัตราส่วนร้อยละ จะได้ค่าการสะท้อนแสงที่เกิดขึ้นกับวัตถุนั้น ๆ โดยทำการวัดในจุดต่าง ๆ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย (ดูภาคผนวก ง.)

- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลองมาตราฐานจะมีรายละเอียด ดังนี้

ค่าการสะท้อนแสง ของวัสดุที่ใช้ทำพื้น = 30 %
วัสดุที่ใช้ คือ กระดาษเทาขาวพิเศษด้านสีเทา
ค่าการสะท้อนแสง ของวัสดุที่ใช้ทำผนัง = 75 %
วัสดุที่ใช้ คือ กระดาษฟาบินีแบบด้านสีขาว
ค่าการสะท้อนแสง ของวัสดุที่ใช้ทำฝ้าเพดาน = 75 %
วัสดุที่ใช้ คือ กระดาษฟาบินีแบบด้านสีขาว

- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบค่าสะท้อนแสงของหลังคาและภายในอาคาร มีรายละเอียดดังนี้

ค่าการสะท้อนแสง ของวัสดุที่ใช้ทำหลังคา ผนัง และฝ้าเพดาน = 10 %
วัสดุที่ใช้ คือ กระดาษโปสเตอร์ผิวด้าน
ค่าการสะท้อนแสง ของวัสดุที่ใช้ทำหลังคา ผนัง และฝ้าเพดาน = 40 %
วัสดุที่ใช้ คือ กระดาษโปสเตอร์ผิวด้าน
ค่าการสะท้อนแสง ของวัสดุที่ใช้ทำหลังคา ผนัง และฝ้าเพดาน = 75 %
วัสดุที่ใช้ คือ กระดาษฟาบินีแบบด้านสีขาว

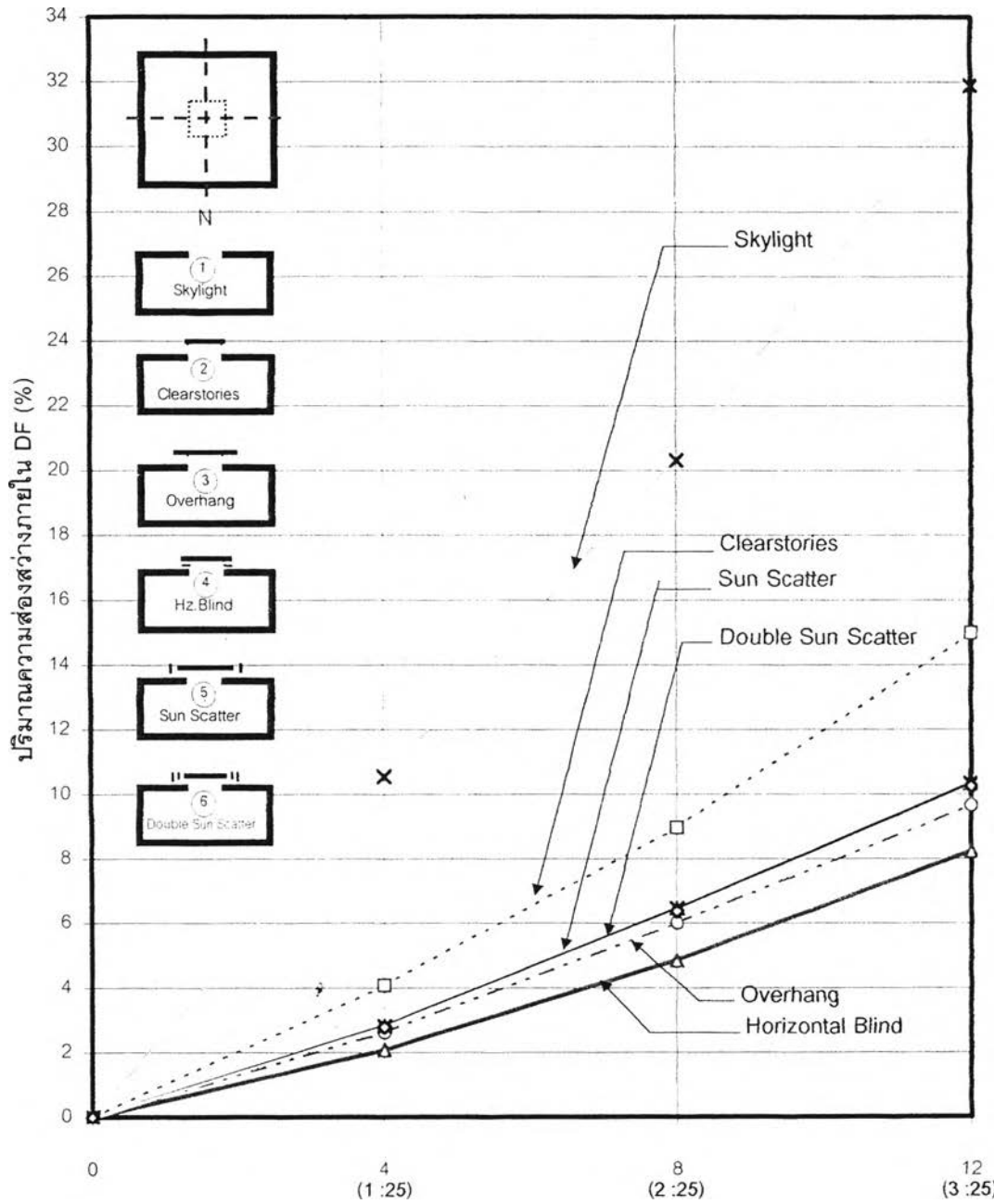
การศึกษาเพื่อพิจารณาเลือกขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่จะนำมาใช้ เป็นมาตราฐานในการทดสอบกับรูปแบบช่องเปิดรูปแบบต่าง ๆ นั้น ทำการเลือกจากการทดสอบปริมาณแสงภายในที่ได้จากการทดสอบ พื้นที่ช่องเปิดขนาดต่าง ๆ เริ่มทำการทดสอบที่สัดส่วนขยายของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน 1 : 25, 2:25, 3:25 เพิ่มขนาดขึ้นตามลำดับ โดยทำการวัด ณ จุดกึ่งกลางห้อง (ตำแหน่ง D_4) ที่ระดับพื้นที่ใช้งานของแต่ละรูปแบบช่องเปิดด้านบน ทำการวัดภายในห้องจำลองสภาพท้องฟ้า (Skydome) ได้ผลการทดสอบดังแผนภูมิที่ 3.1

จากแผนภูมิที่ 3.1 ค่าระดับความส่องสว่างภายใน ที่ระดับพื้นที่ใช้งานในแนวระนาบ ณ จุดกึ่งกลางห้อง (D_4) ที่ค่าสะท้อนแสงภายในและภายนอกสูงสุด คือ 75% เมื่อพิจารณารูปแบบทั้ง 6 แบบ พบว่า

- ที่สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิด : พื้นที่ใช้งาน (A_g/A_f) = 1 : 25 หรือ 4 % ของพื้นที่ใช้งาน จะมีค่าระดับความส่องสว่างภายใน DF(%) อยู่ที่ประมาณ 2 – 10 %
- ที่สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิด : พื้นที่ใช้งาน (A_g/A_f) = 2 : 25 หรือ 8 % ของพื้นที่ใช้งาน จะมีค่าระดับความส่องสว่างภายใน DF(%) อยู่ที่ ประมาณ 5 – 20 %
- ที่สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิด : พื้นที่ใช้งาน (A_g/A_f) = 3 : 25 หรือ 12 % ของพื้นที่ใช้งาน จะมีค่าระดับความส่องสว่างภายใน DF(%) อยู่ที่ประมาณ 8 – 32 %

นำค่าที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบกับตารางค่าระดับความส่องสว่างมาตราฐานเป็น DF(%) ของ IES ตามตารางที่ 2.3 ที่แสดงช่วงระดับความส่องสว่าง DF(%) มาตราฐานที่เหมาะสมกับการใช้งานสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ อยู่ในช่วงระหว่าง 1.5 – 8 % แล้วนำมาพิจารณาด้วยสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิด : พื้นที่ใช้งานที่ 1 : 25, 2 : 25, 3 : 25 ว่าขนาดของพื้นที่ช่องเปิดขนาดไหน มีค่า DF(%) ครอบคลุมค่ามาตราฐานเกือบทั้งหมด เพื่อเลือกสัดส่วนขนาดพื้นที่ช่องเปิด : พื้นที่ใช้งานนั้น ๆ มาใช้เป็นมาตราฐานในการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ

จากการทดสอบหุ่นจำลองที่มีพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานที่ 1 : 25, 2 : 25 และ 3 : 25 เพื่อหาขนาดของหุ่นจำลองมาตราฐานที่จะนำมาทำการวิจัย พบว่า ขนาดของหุ่นจำลองที่มีพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานที่ 1 : 25 เป็นขนาดที่มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากค่า DF(%) ที่ได้จากการทดสอบในรูปแบบต่าง ๆ มีช่วงอยู่ระหว่าง 2-10 % ซึ่งเป็นช่วงที่ครอบคลุมกับลักษณะการใช้งานต่าง ๆ (ดังตารางที่ 2.3) และมีขนาดของหุ่นจำลองไม่ใหญ่เกินไปสำหรับการเคลื่อนย้าย รวมถึงระยะห่างของจุดวัดแต่ละจุดไม่ห่างเกินไปที่จะทำให้ความละเอียดของข้อมูลลดลงได้



แผนภูมิที่ 3.1 **แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานขนาดต่าง ๆ กับค่าความส่องสว่างภายใน** DF (%) **ที่ค่าการสะท้อนแสงหลังคาและภายในอาคาร** 75 %

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ต้องการศึกษาเพียงค่าความส่องสว่างที่เกิดจากแสงตรงจากช่องเปิด และแสงสะท้อนกระจายภายในอาคารเท่านั้น ดังนั้นจึงกำหนดให้ช่องเปิดของหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ ไม่มีการปกคลุมหรือปิดกั้นจากวัสดุใด ๆ รวมถึงวัสดุที่เป็นกรอบของช่องเปิด และค่าการส่องทะลุผ่านของแสงผ่านช่องเปิด (Visible Transmission) จะมีค่าเท่ากับ 1

3.2.3 การตรวจสอบหุ่นจำลอง

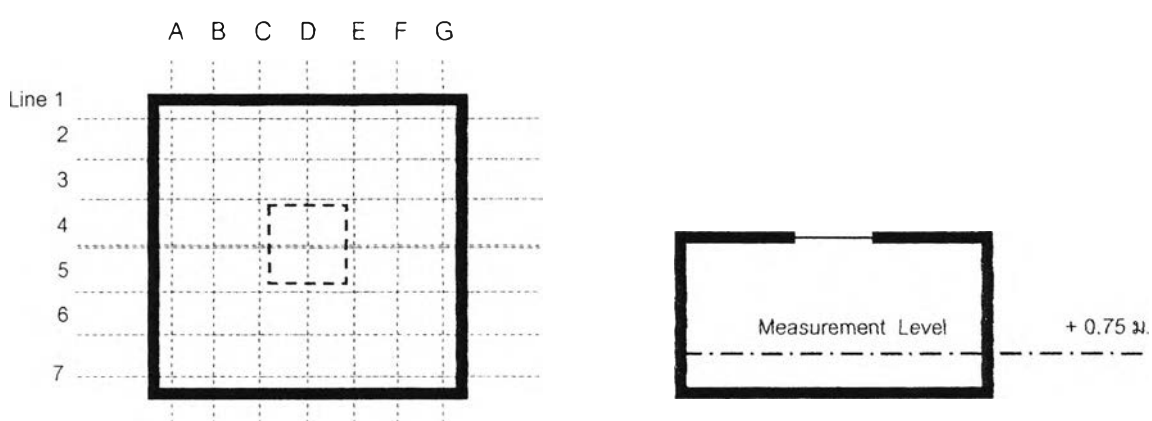
ในการทดสอบจะมีการวัดค่าความสว่างของแสง ภายในหุ่นจำลองก่อนการทดสอบที่จะต้องมีค่าความสว่างเท่ากับศูนย์ จึงจะถือว่าหุ่นจำลองดังกล่าวนี้ ไม่เกิดการเล็ดลอดของแสง และแน่ใจว่าแสงภายในหุ่นจำลองจะเป็นแสงจากช่องเปิดเท่านั้น

3.2.4 ตำแหน่งที่ทำการวัดปริมาณความส่องสว่างภายใน

ตำแหน่งที่ทำการวัดกำหนดให้จุดที่วัดค่าความส่องสว่างอยู่กึ่งกลางภายในของช่องเปิดของหุ่นจำลอง และตั้งฉากกับระนาบช่องเปิด โดยจุดที่วัดมีระยะห่างที่ระยะ 0.50 เมตร 1.50 เมตร 2.50 เมตร 3.50 เมตร 4.50 เมตร 5.50 เมตร และ 6.50 เมตร จากผนังหุ่นจำลองตามลำดับ เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความส่องสว่างที่ระยะต่าง ๆ จากผนัง ระดับความสูงวัดที่ระดับความสูง 0.75 เมตร (ระดับ Working plane) ตามขนาดอัตราส่วนของหุ่นจำลอง

เครื่องมือที่ใช้วัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลองคือ เครื่องมือวัดแสงมินอลต้าลักซ์มิเตอร์ จะติดตั้งตัวรับแสง (Sensor) ไว้ภายในหุ่นจำลอง ส่วนจอแสดงผลจะอยู่ภายนอก ซึ่งจะไม่มีผลกระทบต่อค่าความสว่างและการกระจายแสงภายในหุ่นจำลอง และติดตั้งตัวรับแสงไว้ที่ระดับ 0.75 เมตร ตามมาตราส่วนของหุ่นจำลอง

ส่วนการเก็บข้อมูลความสว่างที่จุดต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ภายในหุ่นจำลอง เพื่อให้ตำแหน่งที่เก็บข้อมูลมีความเที่ยงตรงและมีความสะดวก ได้ติดยึด ตัวรับแสง สายของตัวรับแสง บนก้านกระดาษแข็ง พร้อมทั้งทำเครื่องหมายบอกตำแหน่งของตัวรับแสง ที่ระยะต่าง ๆ บนก้านกระดาษ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากภายนอกหุ่นจำลอง

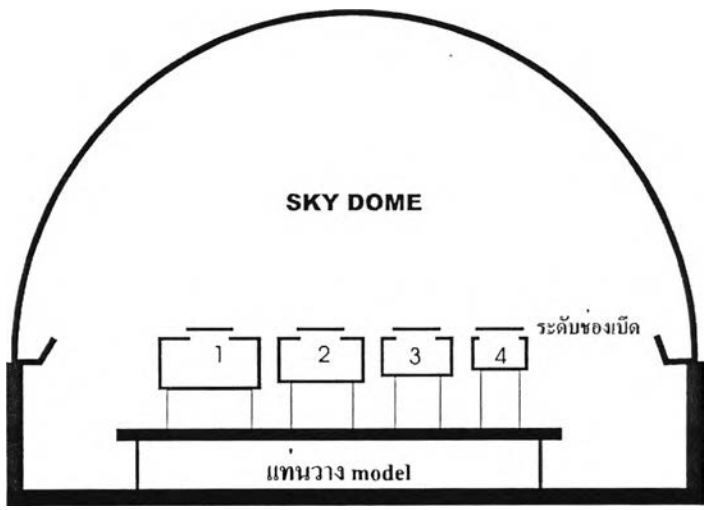


รูปที่ 3.7 รูปแสดงภายในหุ่นจำลองสำหรับวัดค่าระดับความส่องสว่าง

3.2.5 ตำแหน่งการตั้งหุ่นจำลอง

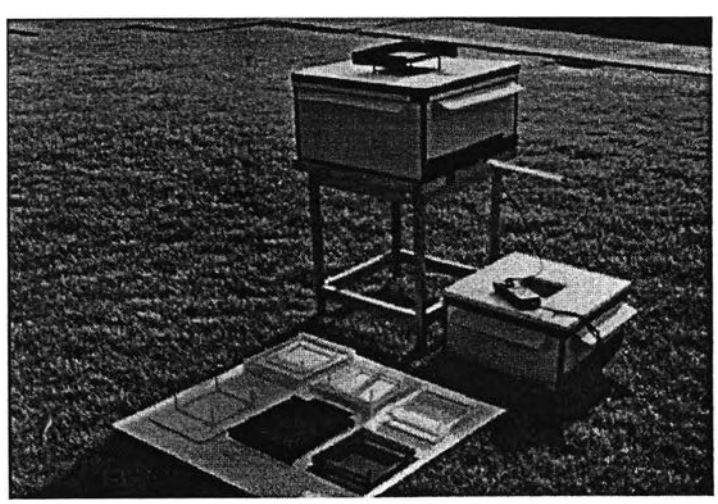
ในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิจัยโดยการทดสอบทั้งในห้อง Sky Dome และสภาพท้องฟ้าจริง ดังนั้นในการพิจารณาการวางตำแหน่งของหุ่นจำลอง จะแยกพิจารณาออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

การวิจัยในห้อง Sky Dome กำหนดให้ระดับของความสูงของช่องเปิดด้านบนหุ่นจำลองอยู่ในระดับเดียวกันในทุก ๆ แบบและทุกขนาดของหุ่นจำลองเพื่อให้หุ่นจำลองได้รับอิทธิพลจากภายนอกใกล้เคียงกัน (ดังรูป 3.9)



รูปที่ 3.8 รูปแสดงระดับการวางหุ่นจำลองในการวิจัยภายในห้อง Sky Dome
ที่มา : ปัทมาพร ศิริผลวุฒิชัย

การวิจัยภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง ทำการทดสอบหุ่นจำลองในบริเวณพื้นที่โล่ง เนื่องจากต้องการศึกษาเฉพาะอิทธิพลจากท้องฟ้า โดยปราศจากอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ หรืออาคารข้างเคียง

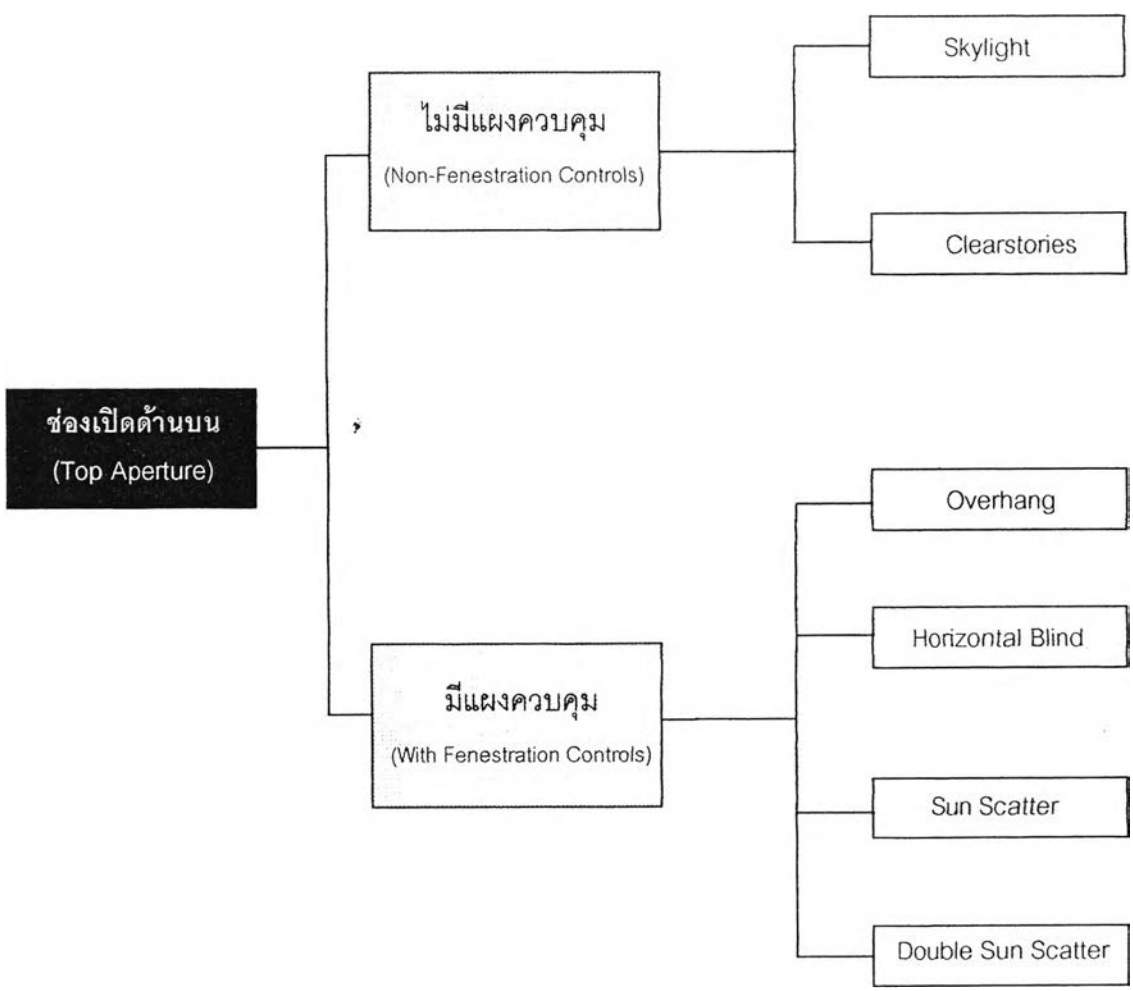


รูปที่ 3.9 แสดงบริเวณพื้นที่โล่งที่ตั้งหุ่นจำลองในการวิจัยภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง

3.3 รูปแบบของช่องเปิดด้านบนและแผงควบคุมที่ใช้ในการวิจัย

จากการวิเคราะห์รูปแบบการใช้แสงธรรมชาติจากทางด้านบน ที่นิยมกันอยู่ในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่า รูปแบบส่วนใหญ่จะเป็นแบบที่นิยมใช้กับอาคารในเขตเมืองหนาว ซึ่งเป็นรูปแบบที่จะส่งผลกระทบในเรื่องของความร้อนและปริมาณแสงที่มากเกินความจำเป็น ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างที่แสดงในบทที่ 2 ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับหุ่นจำลองมาตราฐานที่ไม่มีแผงควบคุมแสงตรงของดวงอาทิตย์ (Non-Fenestration Controls) โดยมีขนาดของพื้นที่ช่องเปิดเท่ากันทุกรูปแบบ

จากรูปแบบของช่องเปิดด้านบนที่หลากหลายในการนำแสงธรรมชาติมาใช้จากทางด้านบน การวิจัยครั้งนี้ได้เลือกนำรูปแบบของ Clearstories มาเป็นรูปแบบหลักในการวิจัย เนื่องจากเป็นรูปแบบที่สามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ และเป็นรูปแบบที่สามารถเปิดรับแสงธรรมชาติได้โดยรอบ จึงเป็นรูปแบบพื้นฐานที่มีความเหมาะสมในการที่จะทำการวิจัย โดยในการวิจัยได้พิจารณาแยกรูปแบบที่จะใช้ในการวิจัยได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงการแบ่งลักษณะของช่องเปิดด้านบนที่ใช้ในการวิจัย

รูปแบบที่ 1 : Skylight เป็นรูปแบบที่ไม่มีการควบคุมอิทธิพลจากแสงตรงของดวงอาทิตย์ โดยแสงตรงจากดวงอาทิตย์ต่อปริมาณของแสง และความแปรปรวนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบอื่น ๆ

การทดสอบรูปแบบที่ 1

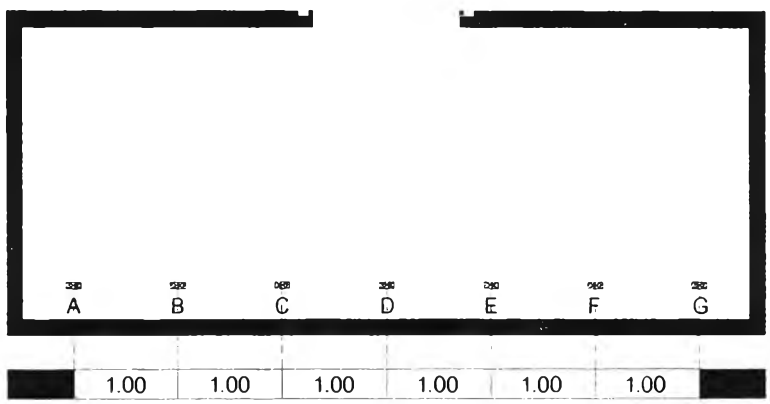
- ณ ห้อง Sky Dome ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร
- ณ สภาพท้องฟ้าจริง ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสง และปริมาณแสงภายในอาคาร เมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์และปริมาณแสงภายนอกเปลี่ยนไปในเวลา 8.00น. 10.00น. 12.00น. 14.00น. และ 16.00น.

รูปแบบที่ 2 : Clearstories เป็นรูปแบบที่ไม่มีการควบคุมอิทธิพลจากแสงตรงของดวงอาทิตย์บางส่วน ซึ่งจะเป็นรูปแบบพื้นฐานที่นำมาทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบที่มีแผงควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ วิเคราะห์ผลด้านปริมาณ และความแปรปรวนของแสงภายใน

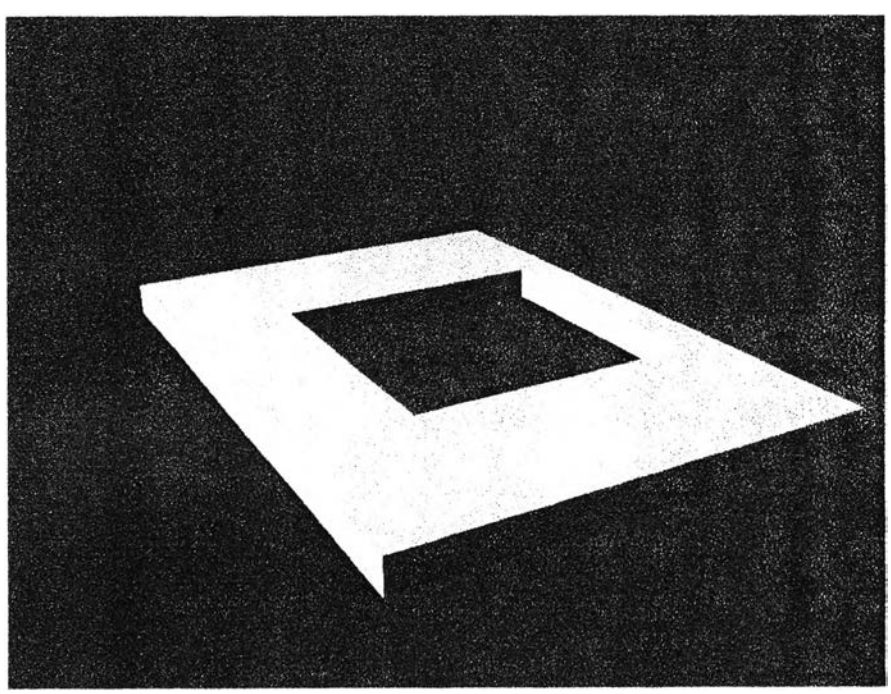
การทดสอบรูปแบบที่ 2

- ณ ห้อง Sky Dome ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร เมื่อสภาพท้องฟ้ามีลักษณะเป็น Uniform Sky
- ณ สภาพท้องฟ้าจริง ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสง และปริมาณแสงภายในอาคาร เมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์และปริมาณแสงภายนอกเปลี่ยนไป โดยทดสอบ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.

วัสดุที่ใช้ทำ คือ อะคิลิคพ่นสีขาวด้าน มีค่าการสะท้อนแสง = 75%

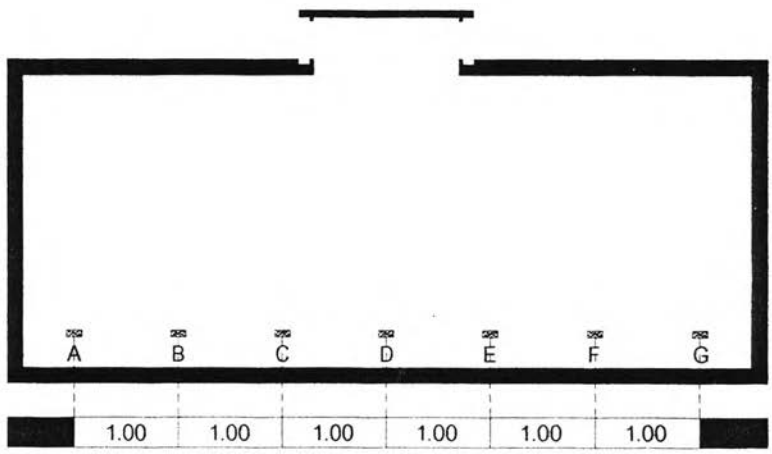


CROSS SECTION EAST - WEST

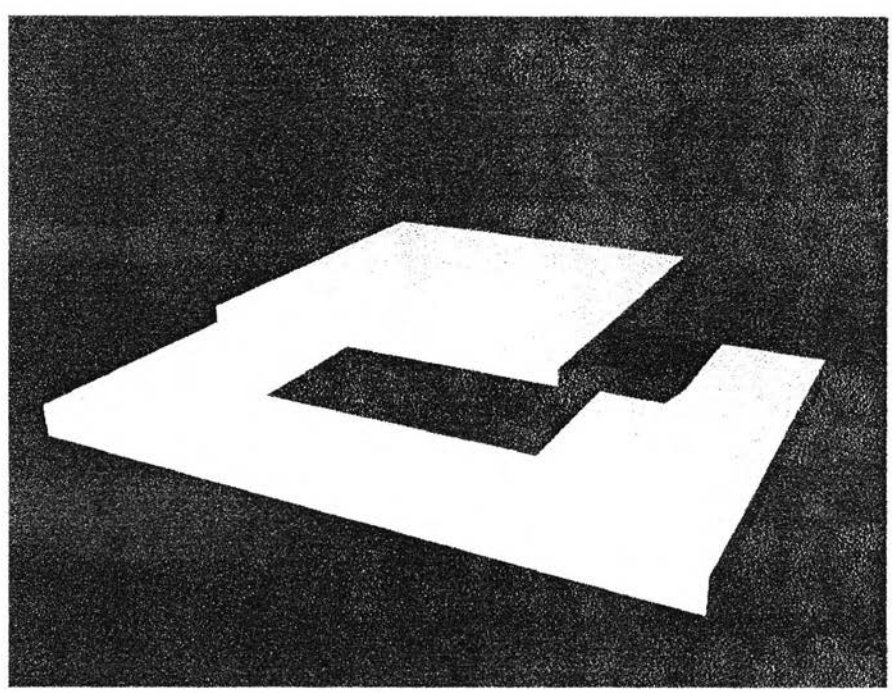


VIEW OF SKYLIGHT

รูปที่ 3.10 **แสดงรูปแบบของช่องเปิดด้านบน กรณีศึกษาแบบ** Skylight



CROSS SECTION EAST - WEST



VIEW OF CLEARSTORIES

รูปที่ 3.11 **แสดงรูปแบบของช่องเปิดด้านบน กรณีศึกษาแบบ** Clearstories

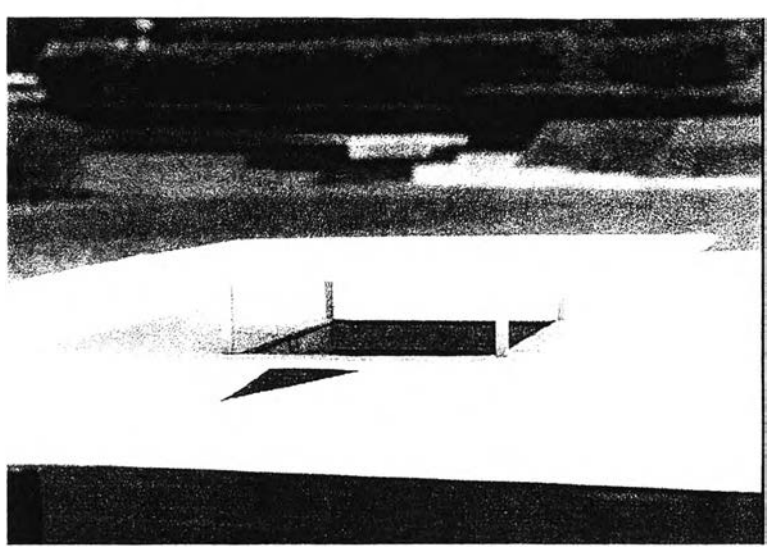
รูปแบบที่ 3 : Overhang เป็นรูปแบบที่มีการควบคุมอิทธิพลจากแสงตรงของดวงอาทิตย์ โดยใช้รูปแบบของแผงกันแดดในแนวนอน โดยสามารถควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ได้ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00–16.00 น.

การทดสอบรูปแบบที่ 3

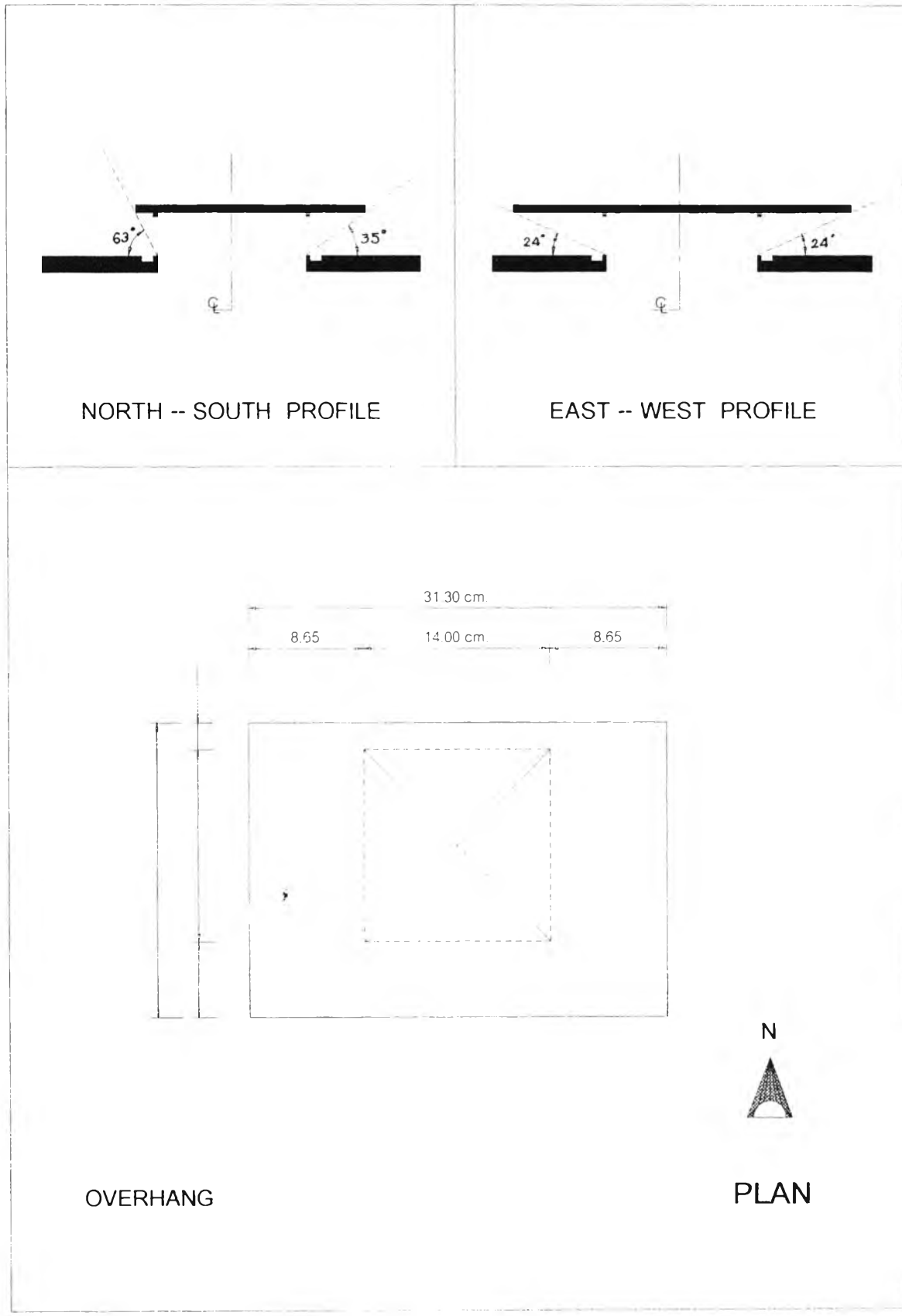
- ณ ห้อง Sky Dome ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร เมื่อสภาพท้องฟ้ามีลักษณะเป็น Uniform Sky
- ณ สภาพท้องฟ้าจริง ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสง และปริมาณแสงภายในอาคาร เมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์และปริมาณแสงภายนอกเปลี่ยนไป โดยทำการศึกษาวิจัยแยกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ปัจจัยภายนอก
   - ทดสอบ ณ เวลาต่าง ๆ ที่ 8.00น. 10.00น. 12.00น. 14.00น. และ 16.00น.
   - ทดสอบ ณ ค่าการสะท้อนแสงภายนอกในที่นี้หมายถึง พื้นที่หลังคาที่ 75% 60% 40% และ 10%
   - ทดสอบ ณ พื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานที่ 4% 8% และ 12%
2. ปัจจัยภายใน
   - ทดสอบ ณ ค่าการสะท้อนแสงภายในในที่นี้หมายถึง ส่วนพื้นที่ผนังและฝ้าเพดานที่ 75%, 60% 40% และ 10%

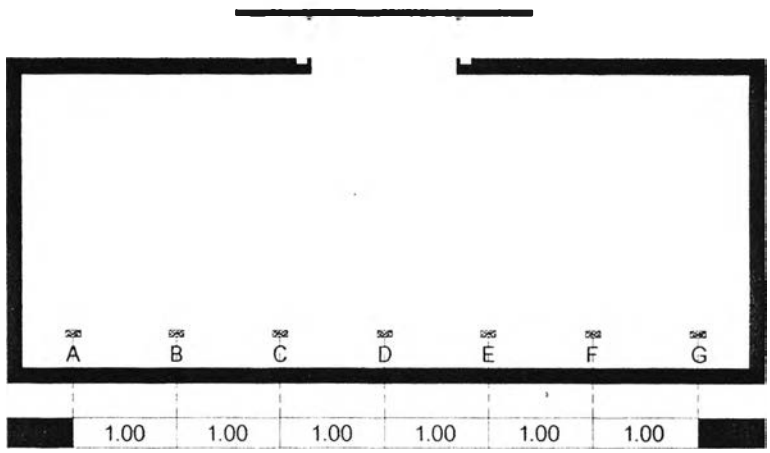
วัสดุที่ใช้ทำ คือ อะคิลิคพ่นสีขาวด้าน มีค่าการสะท้อนแสง = 75%



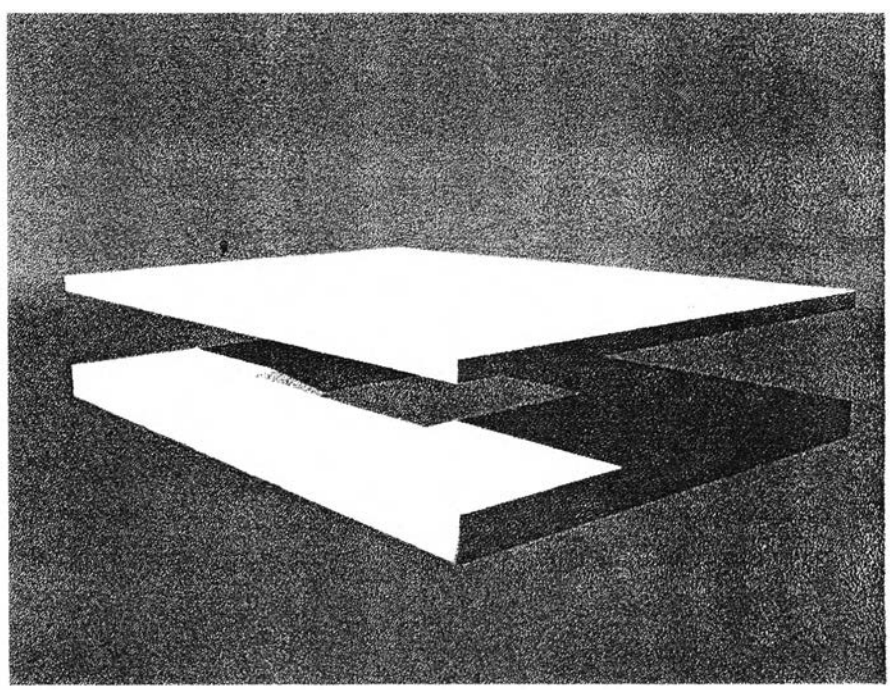
รูปที่ 3.12 แสดงรูปแบบที่ 3 ช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang



รูปที่ 3.13 แสดงการวิเคราะห์มุมโพรไฟล์และการบังเงาแสง กรณีศึกษาแบบ Overhang



CROSS SECTION EAST - WEST



VIEW OF OVERHANG

รูปที่ 3.14 **แสดงรูปแบบของช่องเปิดด้านบน กรณีศึกษาแบบ** Overhang

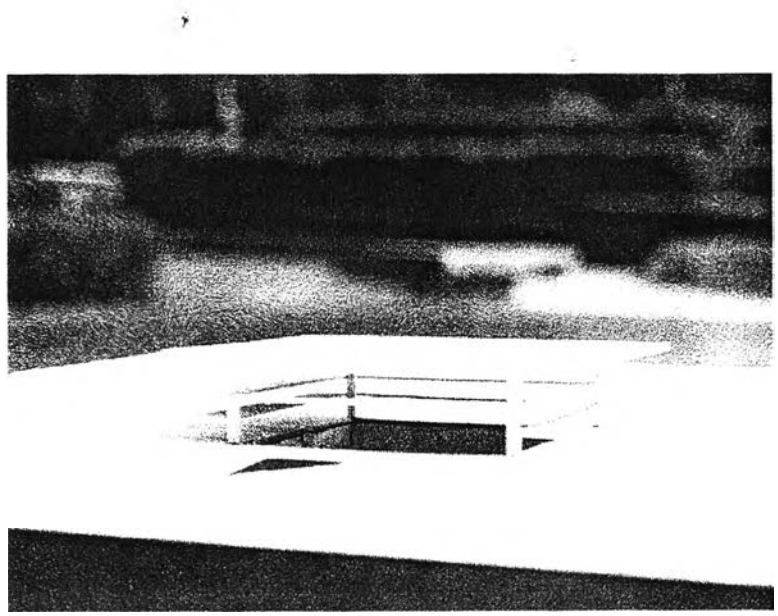
รูปแบบที่ 4 : Horizontal Blind เป็นรูปแบบที่มีการควบคุมอิทธิพลจากแสงตรงของดวงอาทิตย์ โดยใช้รูปแบบของแผงกันแดดในแนวนอน สามารถควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ได้ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00-16.00 น.

<u>การทดสอบรูปแบบที่ 4</u>

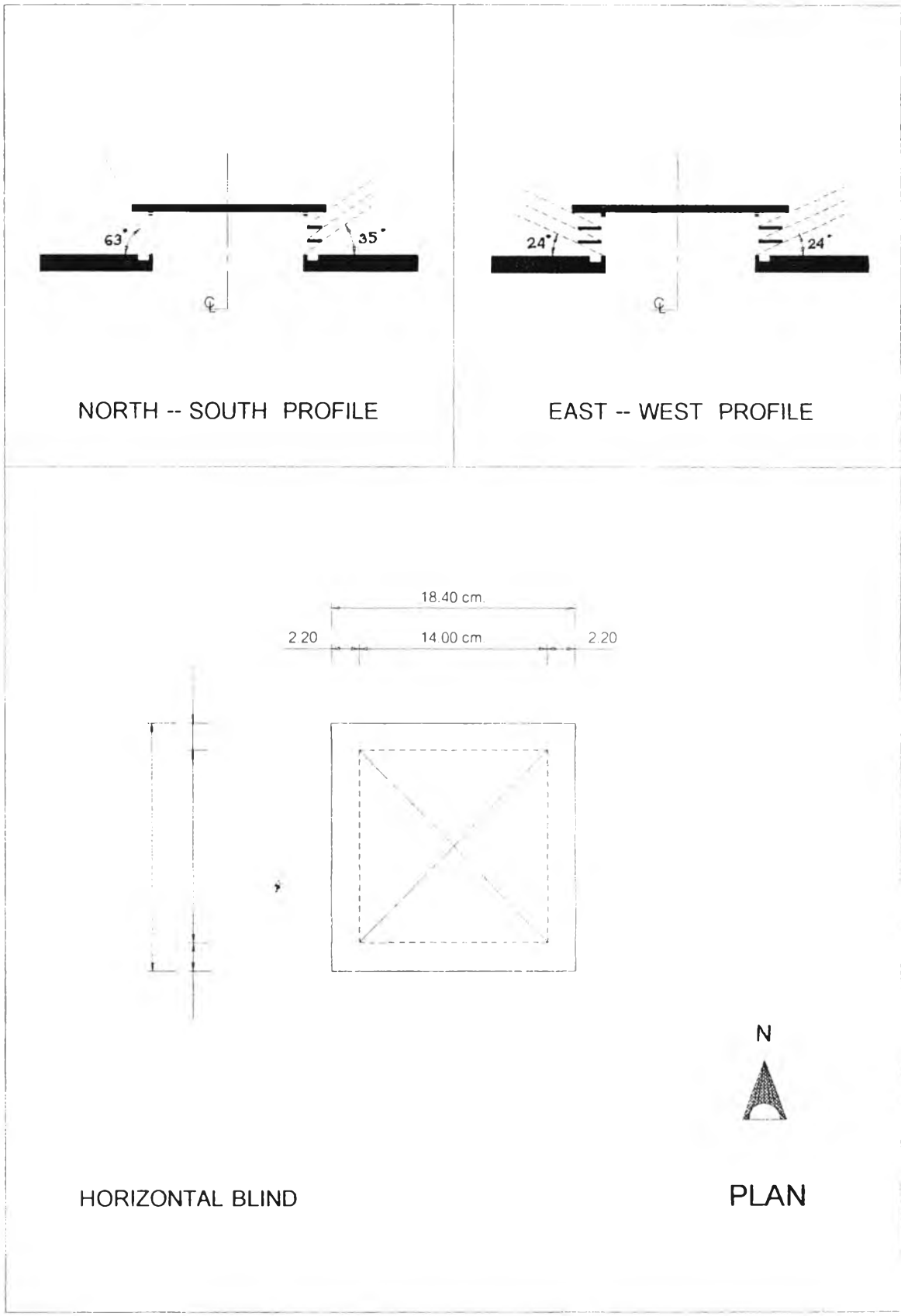
- ณ ห้อง Sky Dome ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร เมื่อสภาพท้องฟ้ามีลักษณะเป็น Uniform Sky
- ณ สภาพท้องฟ้าจริง ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสง และปริมาณแสงภายในอาคาร เมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์และปริมาณแสงภายนอกเปลี่ยนไป โดยทำการศึกษาวิจัยแยกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ปัจจัยภายนอก
   - ทดสอบ ณ เวลาต่าง ๆ ที่ 8.00น. 10.00น. 12.00น. 14.00น. และ 16.00น.
   - ทดสอบ ณ ค่าการสะท้อนแสงภายนอกในที่นี้หมายถึง พื้นที่หลังคาที่ 75% 60% 30% และ 10%
   - ทดสอบ ณ พื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานที่ 4% 8% และ 12%
2. ปัจจัยภายใน
   - ทดสอบ ณ ค่าการสะท้อนแสงภายในในที่นี้หมายถึง พื้นที่ผนังและฝ้าเพดานที่ 75% 60% 40% และ 10%

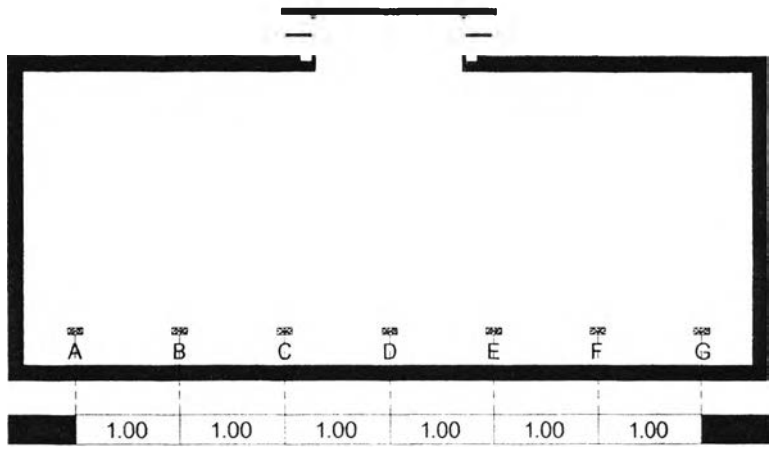
วัสดุที่ใช้ทำ คือ อะคิลิคพ่นสีขาวด้าน มีค่าการสะท้อนแสง = 75%



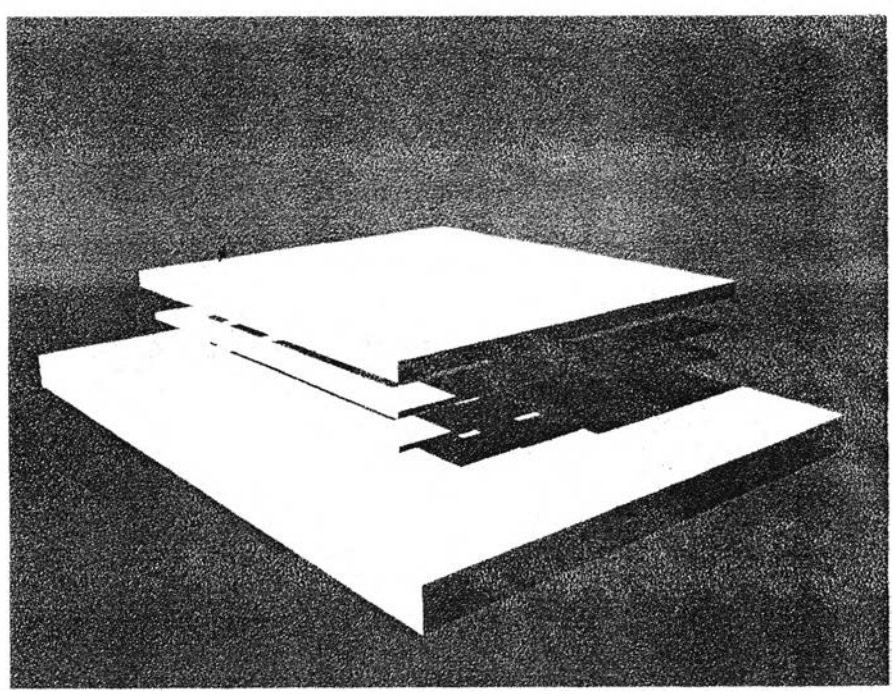
รูปที่ 3.15 แสดงรูปแบบที่ 4 ช่องเปิดที่มีแผงควบคุมแบบ Horizontal Blind



รูปที่ 3.16 **แสดงการวิเคราะห์มุมโพร์ไฟล์และการบังเงาแสง กรณีศึกษาแบบ** Horizontal Blind



CROSS SECTION EAST - WEST



VIEW OF HORIZONTAL BLIND

รูปที่ 3.17 **แสดงรูปแบบของช่องเปิดด้านบน กรณีศึกษาแบบ** Horizontal Blind

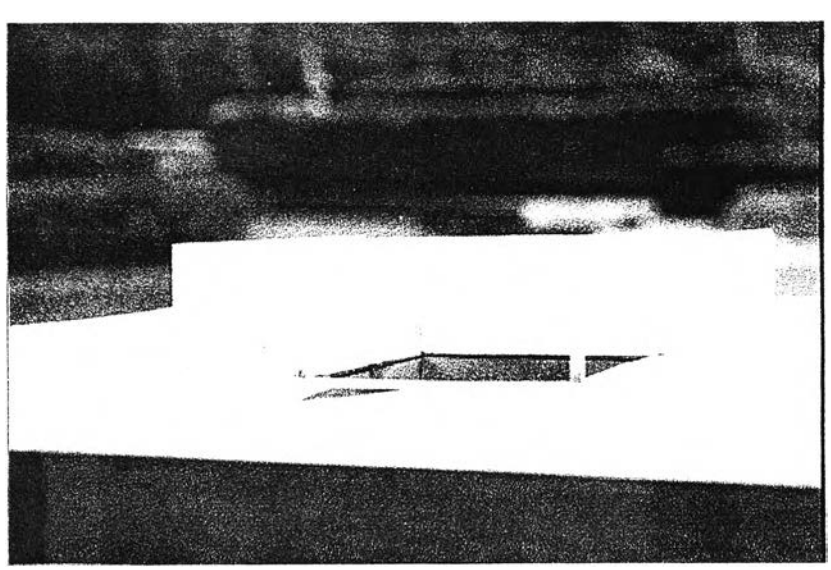
รูปแบบที่ 5 : Sun Scatter เป็นรูปแบบที่มีการควบคุมอิทธิพลจากแสงตรงของดวงอาทิตย์ โดยใช้รูปแบบของแผงกันแดดในแนวตั้ง โดยสามารถควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ได้ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00–16.00 น.

การทดสอบรูปแบบที่ 5

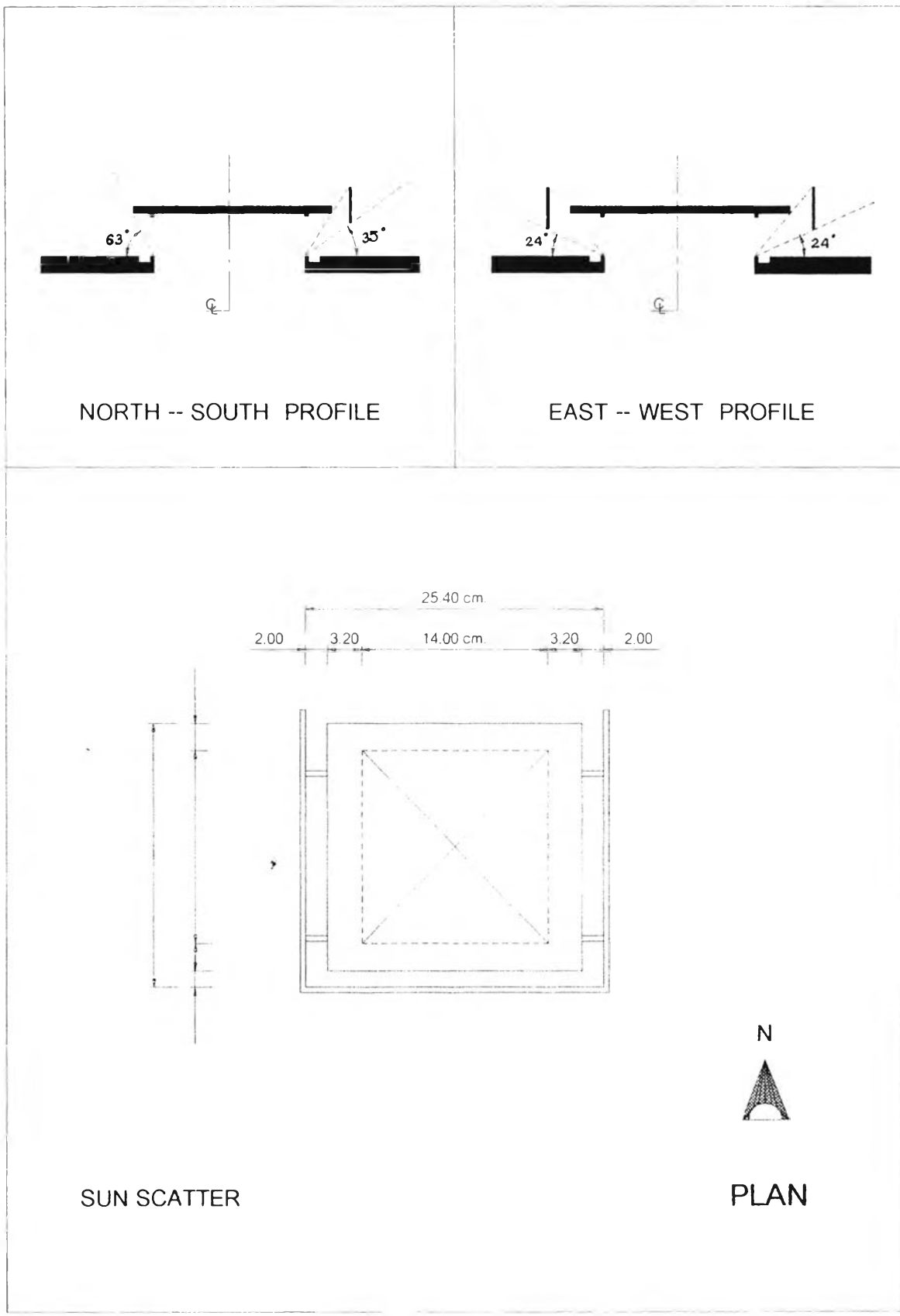
- ณ ห้อง Sky Dome ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร เมื่อสภาพท้องฟ้ามีลักษณะเป็น Uniform Sky
- ณ สภาพท้องฟ้าจริง ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสง และปริมาณแสงภายในอาคาร เมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์และปริมาณแสงภายนอกเปลี่ยนไป โดยทำการศึกษาวิจัยแยกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ปัจจัยภายนอก
   - ทดสอบ ณ เวลาต่าง ๆ ที่ 8.00น. 10.00น. 12.00น. 14.00น. และ 16.00น.
   - ทดสอบ ณ ค่าการสะท้อนแสงภายนอกในที่นี้หมายถึง พื้นที่หลังคาที่ 75% 60% 40% และ 10%
   - ทดสอบ ณ พื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานที่ 4% 8% และ 12%
2. ปัจจัยภายใน
   - ทดสอบ ณ ค่าการสะท้อนแสงภายในในที่นี้หมายถึง พื้นที่ผนังและฝ้าเพดานที่ 75% 60% 40% และ 10%

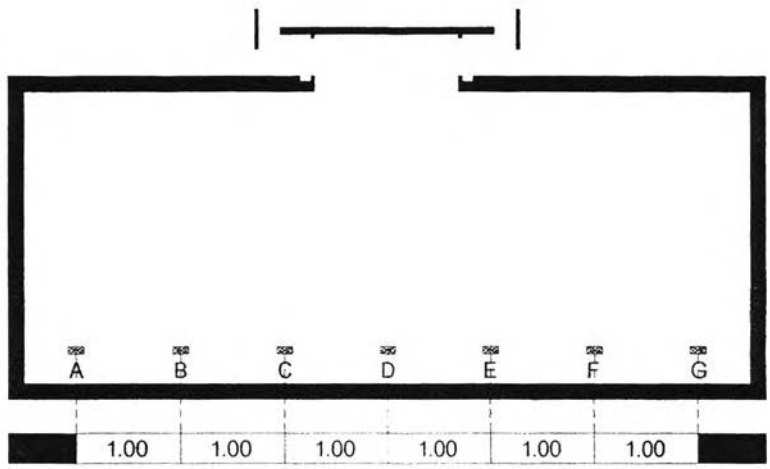
วัสดุที่ใช้ทำ คือ อะคิลิคพ่นสีขาวด้าน มีค่าการสะท้อนแสง = 75%



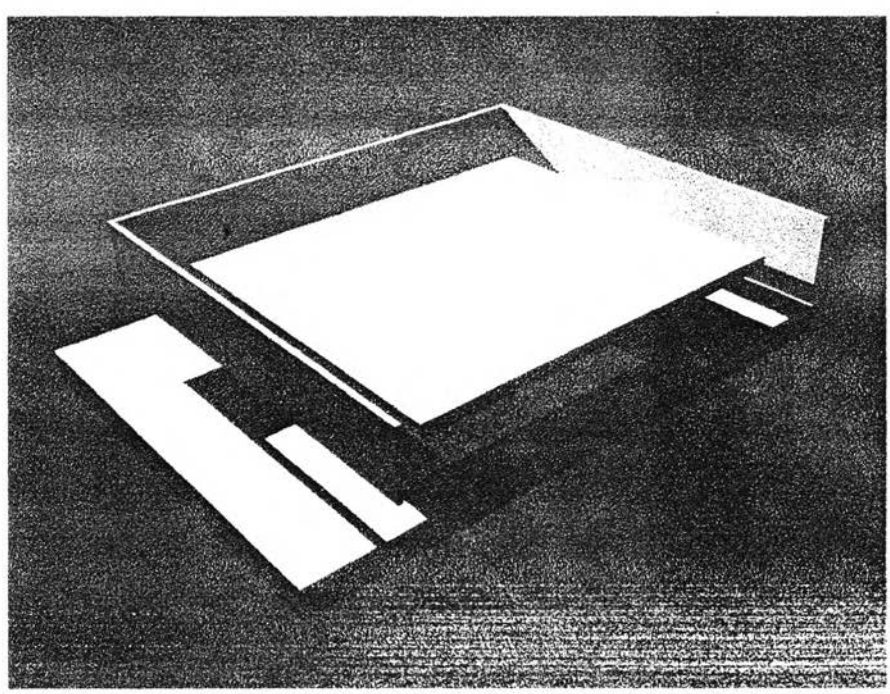
รูปที่ 3.18 แสดงรูปแบบที่ 5 ช่องเปิดที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter



รูปที่ 3.19 แสดงการวิเคราะห์มุมโพร์ไฟล์และการบังเงาแสง กรณีศึกษาแบบ Sun Scatter



CROSS SECTION EAST - WEST



VIEW OF SUN SCATTER

รูปที่ 3.20 **แสดงรูปแบบของช่องเปิดด้านบน กรณีศึกษาแบบ** Sun Scatter

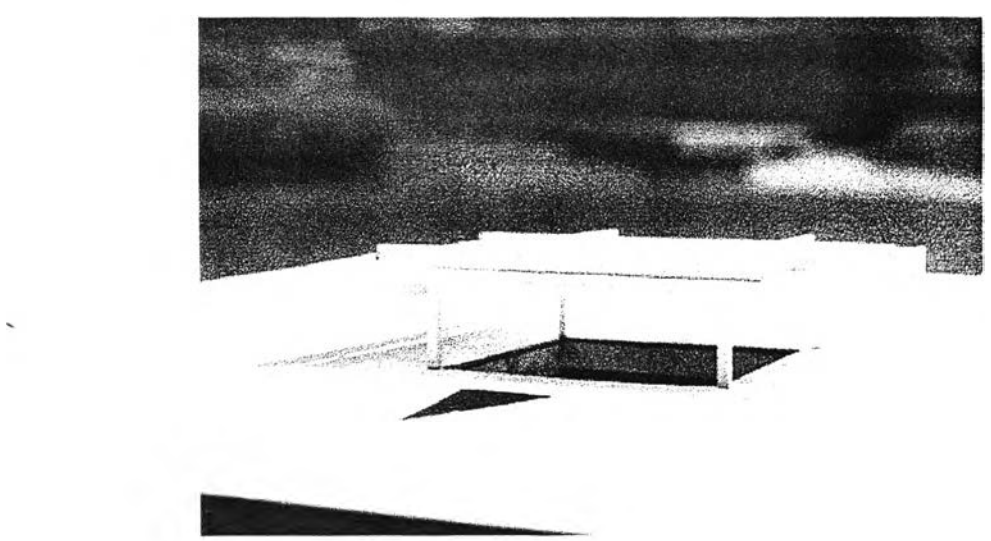
รูปแบบที่ 6 : Double Sun Scatter เป็นรูปแบบที่มีการควบคุมอิทธิพลจากแสงตรงของดวงอาทิตย์ โดยใช้รูปแบบของแผงกันแดดในแนวตั้ง สามารถควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ได้ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00–16.00 น.

การทดสอบรูปแบบที่ 6

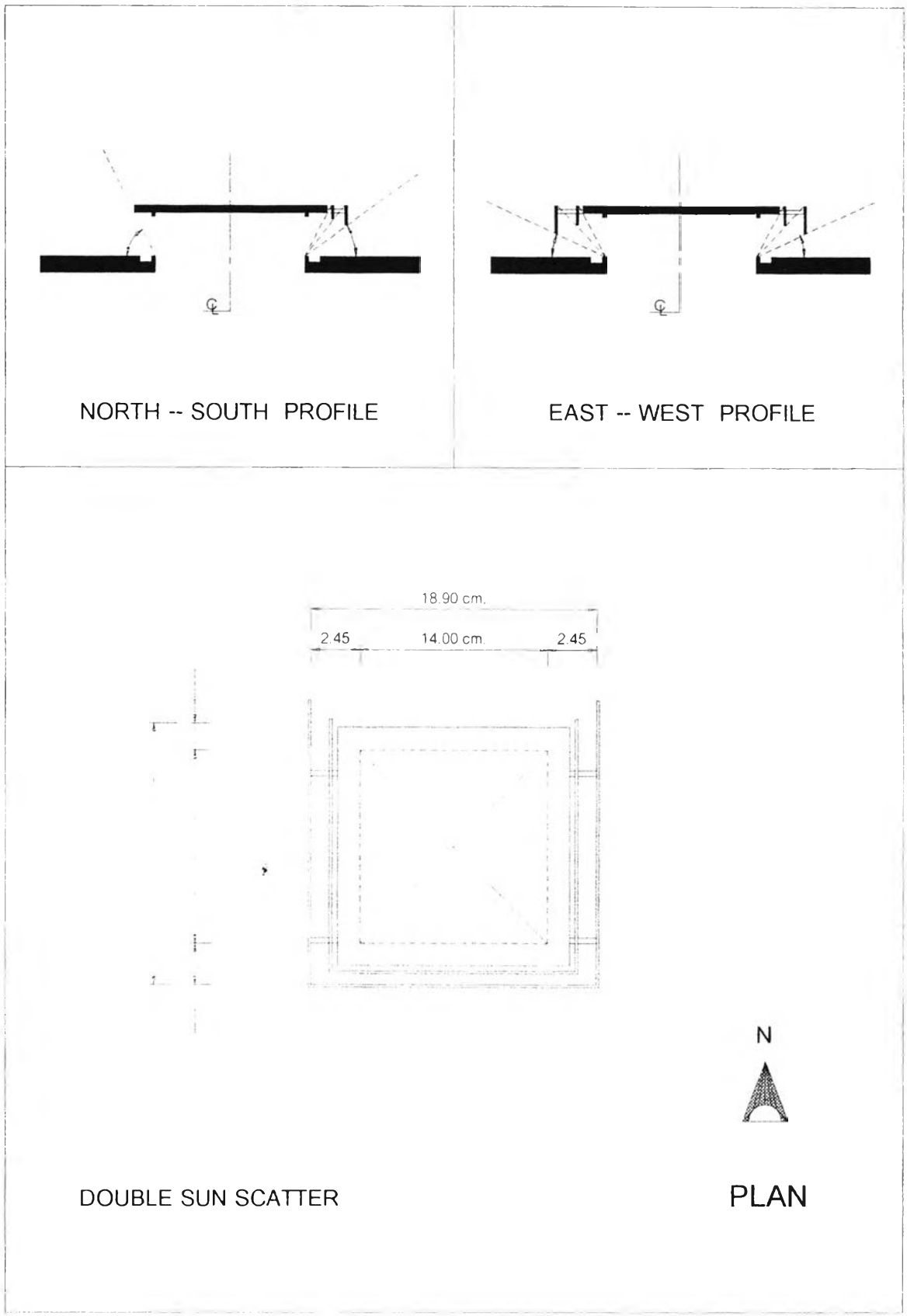
- ณ ห้อง Sky Dome ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร เมื่อสภาพท้องฟ้ามีลักษณะเป็น Uniform Sky
- ณ สภาพท้องฟ้าจริง ทำการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของแสง และปริมาณแสงภายในอาคาร เมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์และปริมาณแสงภายนอกเปลี่ยนไป โดยทำการศึกษาวิจัยแยกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ปัจจัยภายนอก
   - ทดสอบ ณ เวลาต่าง ๆ ที่ 8.00น. 10.00น. 12.00น. 14.00น. และ 16.00น.
   - ทดสอบ ณ ค่าการสะท้อนแสงภายนอกในที่นี้หมายถึง พื้นที่หลังคาที่ 75% 60% 40% และ 10%
   - ทดสอบ ณ พื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานที่ 4% 8% และ 12%
2. ปัจจัยภายใน
   - ทดสอบ ณ ค่าการสะท้อนแสงภายในในที่นี้หมายถึง พื้นที่ผนังและฝ้าเพดานที่ 75% 60% 40% และ10%

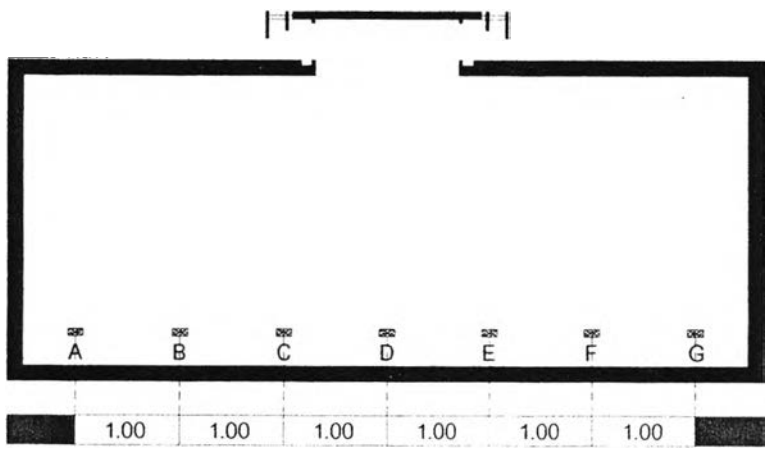
วัสดุที่ใช้ทำ คือ อะคิลิคพ่นสีขาวด้าน มีค่าการสะท้อนแสง = 75%



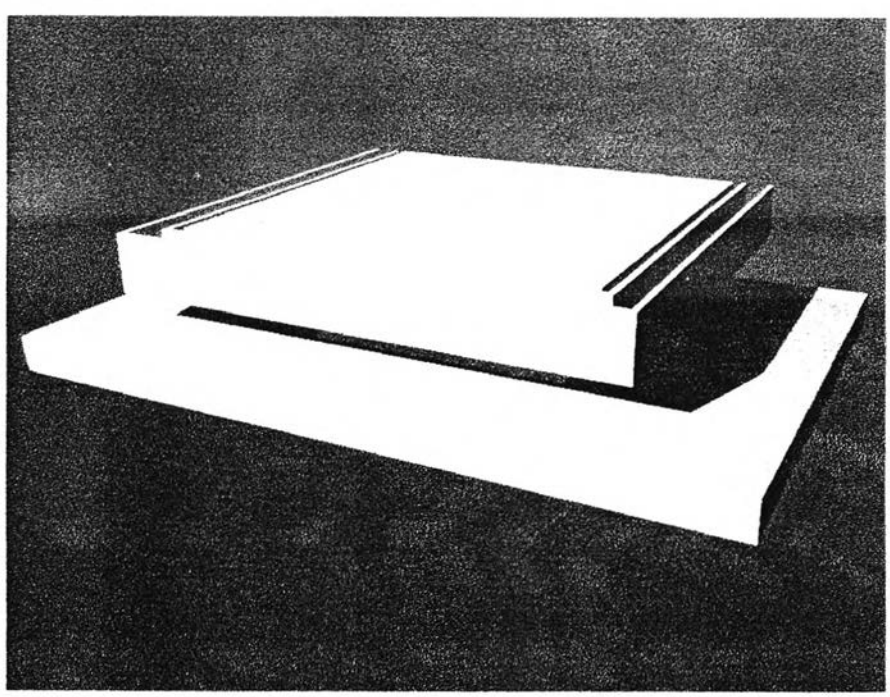
รูปที่ 3.21 **แสดงรูปแบบที่ 6 ช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ** Double Sun Scatter



รูปที่ 3.22 **แสดงการวิเคราะห์มุมโพร์ไฟล์และการบังเงาแสง กรณีศึกษาแบบ** Double Sun Scatter



CROSS SECTION EAST - WEST



VIEW OF DOUBLE SUN SCATTER

รูปที่ 3.23 **แสดงรูปแบบของช่องเปิดด้านบน กรณีศึกษาแบบ** Double Sun Scatter