บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

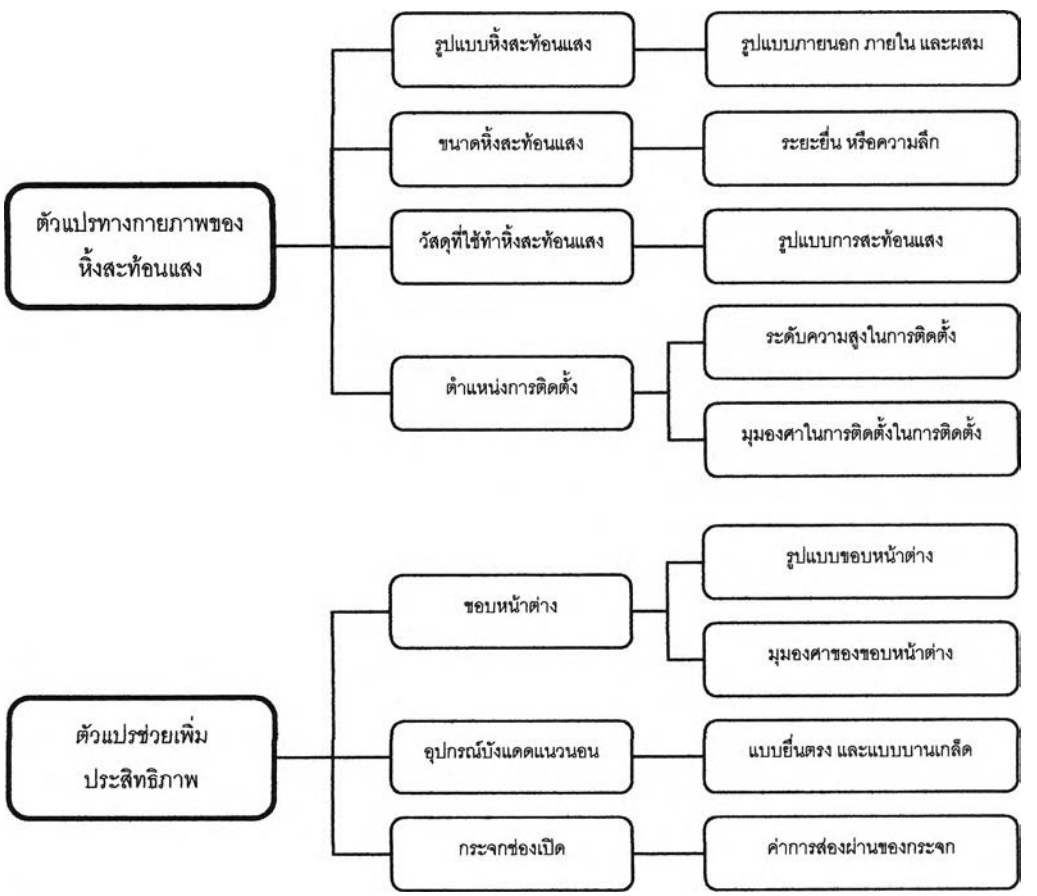
แนวความคิดของวิธีการศึกษาวิจัย มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปัจจัยทางกายภาพของหิ้งสะท้อนแสง ที่มีผลต่อการสะท้อนแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน โดยทำการทดลองเปรียบเทียบตัวแปรที่มีอิทธิพล จากกรณีศึกษาอาคารที่ใช้หิ้งสะท้อนแสง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ตัวแปรของหิ้งสะท้อนแสงที่เกี่ยวข้อง แบ่งได้ 2 ส่วน คือ

1) ตัวแปรทางกายภาพของหิ้งสะท้อนแสง

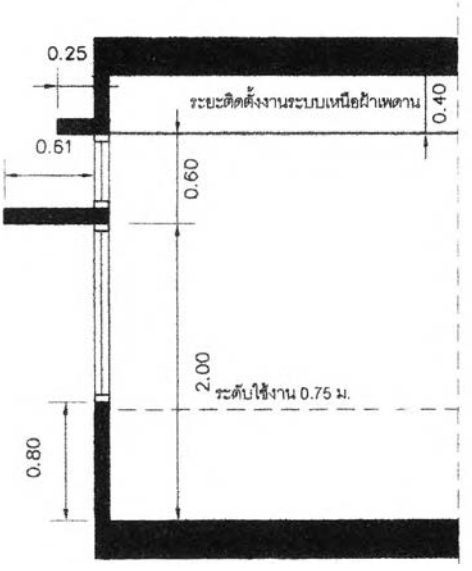
2) ตัวแปรที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ

โดยรูปแบบต่าง ๆ ของตัวแปร นั้นมีผลโดยตรงต่อการนำแสงธรรมชาติ ซึ่งแบ่งการศึกษาตัวแปรต้นดังนี้

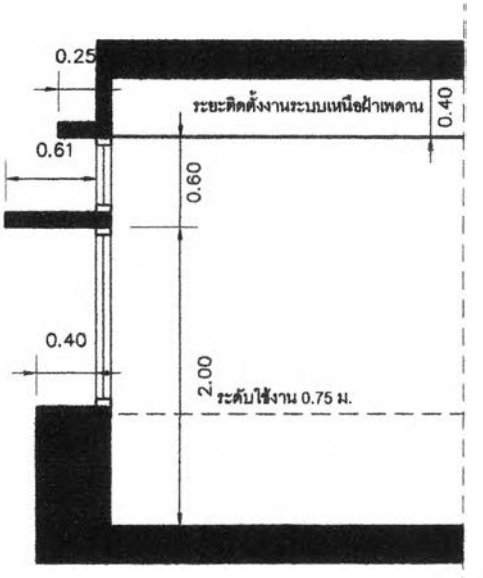
แผนภูมิที่ 3.1 แสดงลำดับผังแนวความคิดการศึกษาตัวแปรของหิ้งสะท้อนแสง ที่ใช้ทำการทดลอง



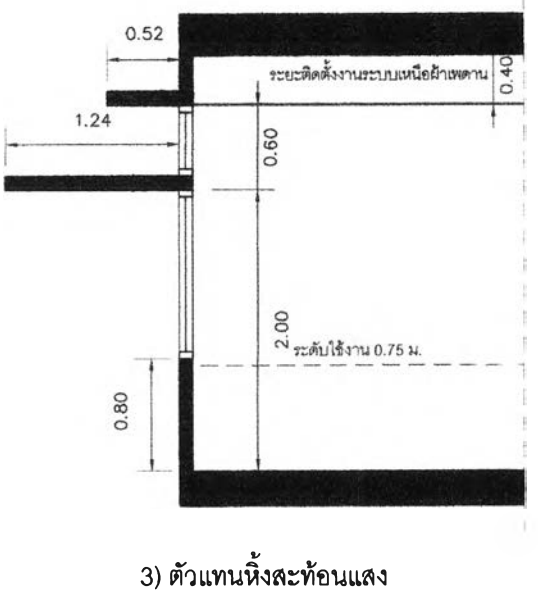
การทดลองเปรียบเทียบตัวแปรนั้นจะเลือกตัวแทนของหิ้งสะท้อนแสง พิจารณาจากกรณีศึกษารูปแบบหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้กันทั่วไป และเกณฑ์มาตรฐานของรูปแบบช่องเปิดกับองค์ประกอบภายในอาคาร ให้เป็นที่ยอมรับ โดยศึกษาจากการทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะนำเสนอในลำดับต่อไป (โดยรายละเอียดแสดงใน 3.3 วิธีวิจัยและ 3.4 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง ประกอบ)



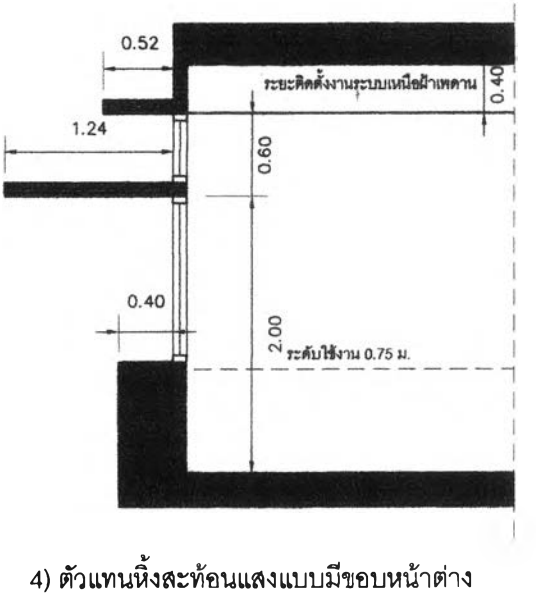
1) ตัวแทนหิ้งสะท้อนแสง



2) ตัวแทนหิ้งสะท้อนแสงแบบมีขอบหน้าต่าง (ช่องเปิดทิศเหนือ)



3) ตัวแทนหิ้งสะท้อนแสง



4) ตัวแทนหิ้งสะท้อนแสงแบบมีขอบหน้าต่าง (ช่องเปิดทิศใต้)

รูปที่ 3.1 แสดงตัวแทนหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

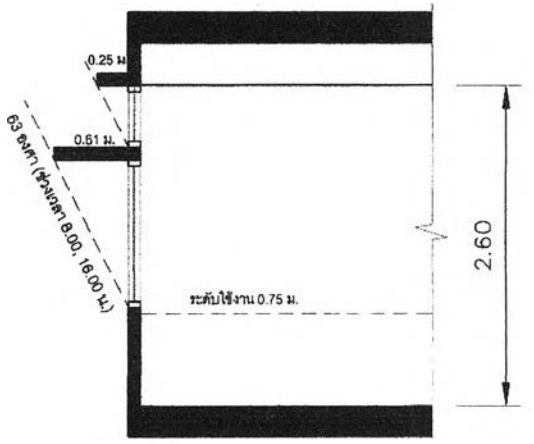
3.1 ตัวแปรกายภาพของหิ้งสะท้อนแสงที่มีผลต่อการใช้แสงธรรมชาติ

ในศึกษานั้นพบว่าแบ่งการศึกษาตัวแปร ออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

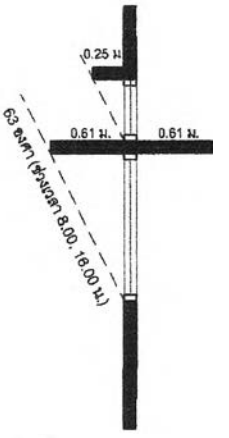
3.1.1. การศึกษารูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง เพื่อทดสอบตัวแปรต้น คือ ประเภทของหิ้งสะท้อนแสงมีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร โดยจะใช้หุ่นจำลองทำการทดลองโดยรูปแบบหิ้งสะท้อนแสงจะใช้เกณฑ์ในการปกป้องแสงแดดตรง ซึ่งกำหนด 2 รูปแบบ คือ

1) หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอก (Exterior light shelf)

2) หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Interior light shelf)

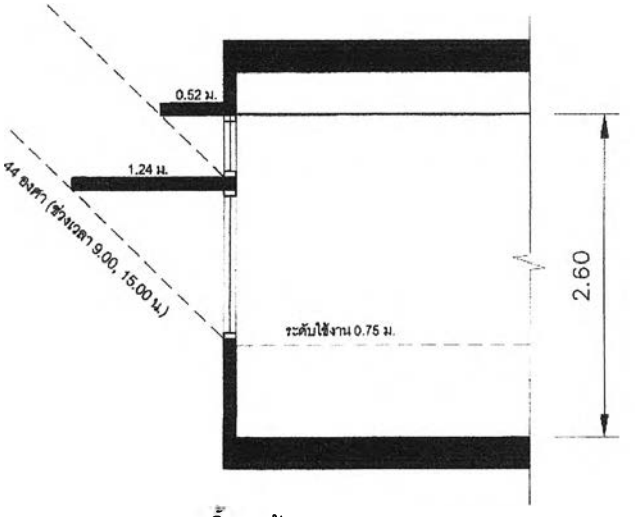


1) หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอก

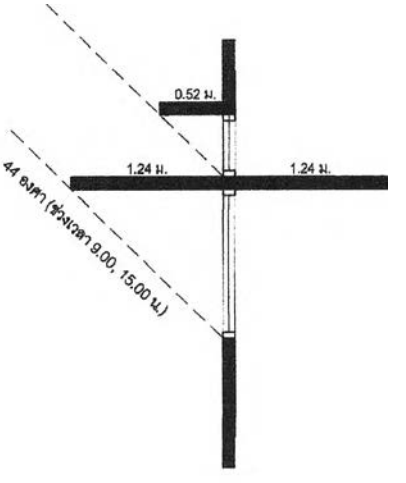


2) หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม

(ช่องเปิดทิศเหนือ)



1) หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอก



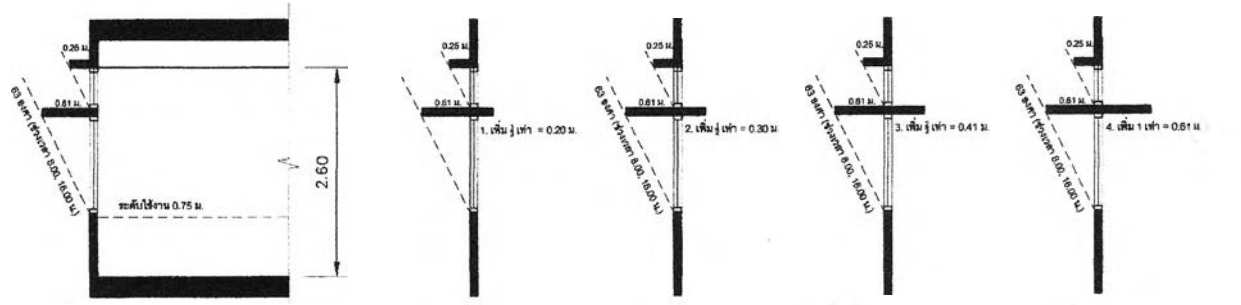
2) หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม

(ช่องเปิดทิศใต้)

รูปภาพที่ 3.2 แสดงหุ่นจำลองรูปแบบหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้ของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

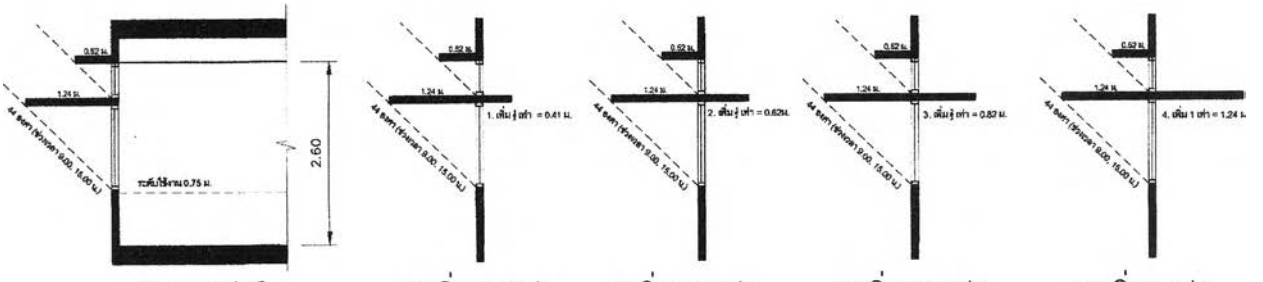
3.1.2 **การศึกษาระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสง** เพื่อทดสอบตัวแปรต้น คือ ระยะความลึกที่ยื่นสู่ภายในจะมีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างไร โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาระยะยื่นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Brown and Dekey, 2001: 257) ซึ่งกำหนด 5 รูปแบบ คือ

1) ขนาดปกติ
2) เพิ่ม 1/3 เท่าของปกติ
3) เพิ่ม 1/2 เท่าของปกติ
4) เพิ่ม 2/3 เท่าของปกติ
5) เพิ่ม 1 เท่าของปกติ



1) ขนาดปกติ 2) เพิ่ม 1/3 เท่า 3) เพิ่ม 1/2 เท่า 4) เพิ่ม 2/3 เท่า 5) เพิ่ม 1 เท่า

(ช่องเปิดทิศเหนือ)



1) ขนาดปกติ 2) เพิ่ม 1/3 เท่า 3) เพิ่ม 1/2 เท่า 4) เพิ่ม 2/3 เท่า 5) เพิ่ม 1 เท่า

(ช่องเปิดทิศใต้)

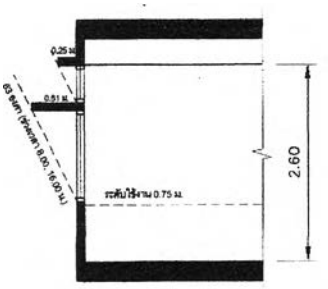
รูปภาพที่ 3.3 แสดงหุ่นจำลองระยะความลึกหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้ของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

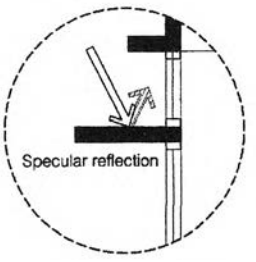
3.1.3 การศึกษารูปแบบการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสงและอุปกรณ์บังแดด เพื่อทดสอบตัวแปรต้น คือ รูปแบบผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาระยะยื่นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Moore, 1991: 89) ซึ่งกำหนด 3 รูปแบบ คือ

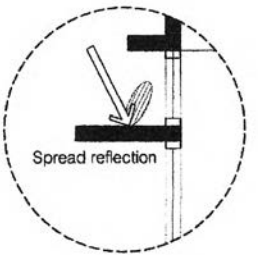
1) การสะท้อนเสมือนกระจกเงา (Specular Reflection)

2) การสะท้อนเสมือนกระจกเงาบางส่วน (Spread Reflection)

3) การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection)

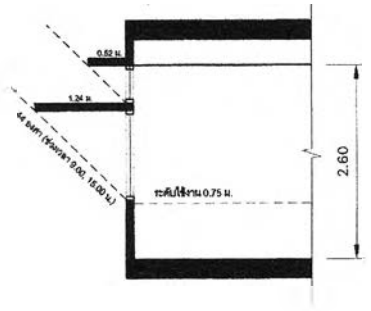


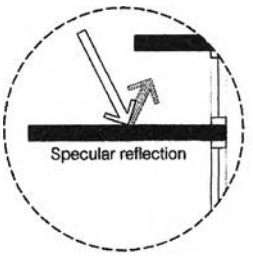


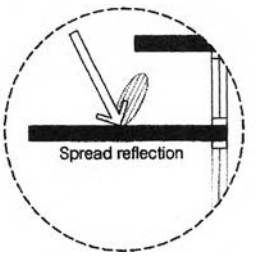


1) Specular Reflection 2) Spread Reflection 3) Diffuse Reflection

(ช่องเปิดทิศเหนือ)







1) Specular Reflection 2) Spread Reflection 3) Diffuse Reflection

(ช่องเปิดทิศใต้)

รูปภาพที่ 3.4 แสดงรูปแบบการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

โดยเลือกวัสดุที่ใช้ในการทดลอง นำได้หาวัสดุที่มีรูปแบบการสะท้อนตามตัวแปรต้น มาตรวจวัดค่าการสะท้อนของวัสดุ ดังนี้ (ดูภาคผนวก ค. ประกอบ)

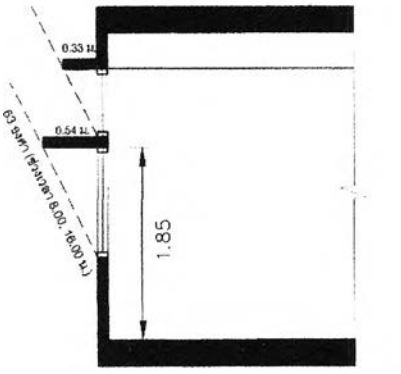
- สติกเกอร์สีเงินมันวาว มีค่าการสะท้อน 75.25 % ใช้เป็นตัวแทนรูปแบบการสะท้อนเสมือนกระจกเงา

- แผ่น PVC.สีขาว กึ่งมัน มีค่าการสะท้อน 65.35 % ใช้เป็นตัวแทนรูปแบบการสะท้อนเสมือนกระจกเงาบางส่วน

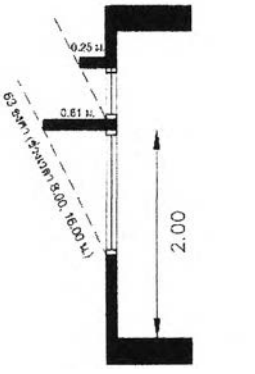
- กระดาษอารต์ สีขาว มีค่าการสะท้อน 56.60 % ใช้เป็นตัวแทนตัวแทนรูปแบบการสะท้อนแบบกระจาย

3.1.4 **การศึกษาระดับความสูงที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง** เพื่อทดสอบตัวแปรต้น คือ ตำแหน่งความสูงในการติดตั้งที่ต่างกันส่งผลทำให้ระยะยื่นการบังแดดของหิ้งสะท้อนแสง และอุปกรณ์บังแดดแนวนอนมีขนาดของที่ต่างกันไปด้วย น่าจะมีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจากเกณฑ์ตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมควรอยู่เหนือระดับสายตา ซึ่งกำหนด 3 รูปแบบ คือ

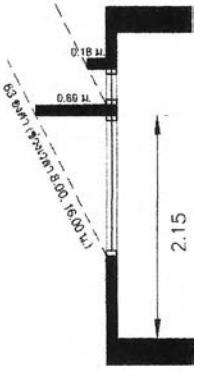
1) ติดตั้งที่ความสูง 1.85 เมตร
2) ติดตั้งที่ความสูง 2.00 เมตร
3) ติดตั้งที่ความสูง 2.15 เมตร



1) ติดตั้งที่ความสูง 1.85 เมตร

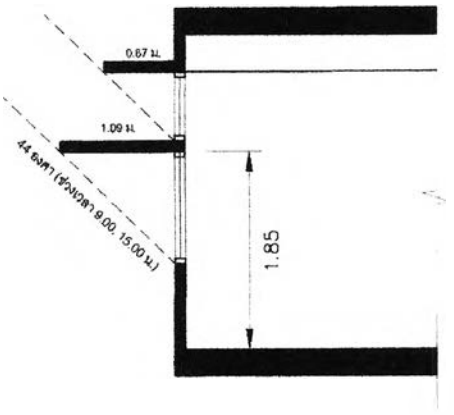


2) ติดตั้งที่ความสูง 2.00 เมตร

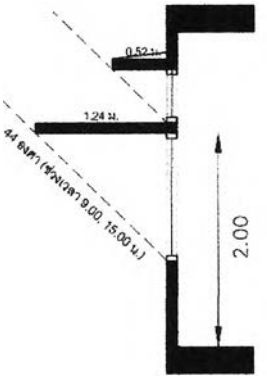


3) ติดตั้งที่ความสูง 2.15 เมตร

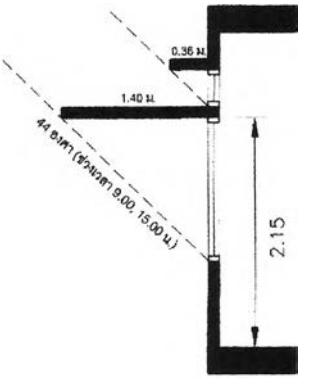
<u>(ช่องเปิดทิศเหนือ)</u>



1) ติดตั้งที่ความสูง 1.85 เมตร



2) ติดตั้งที่ความสูง 2.00 เมตร



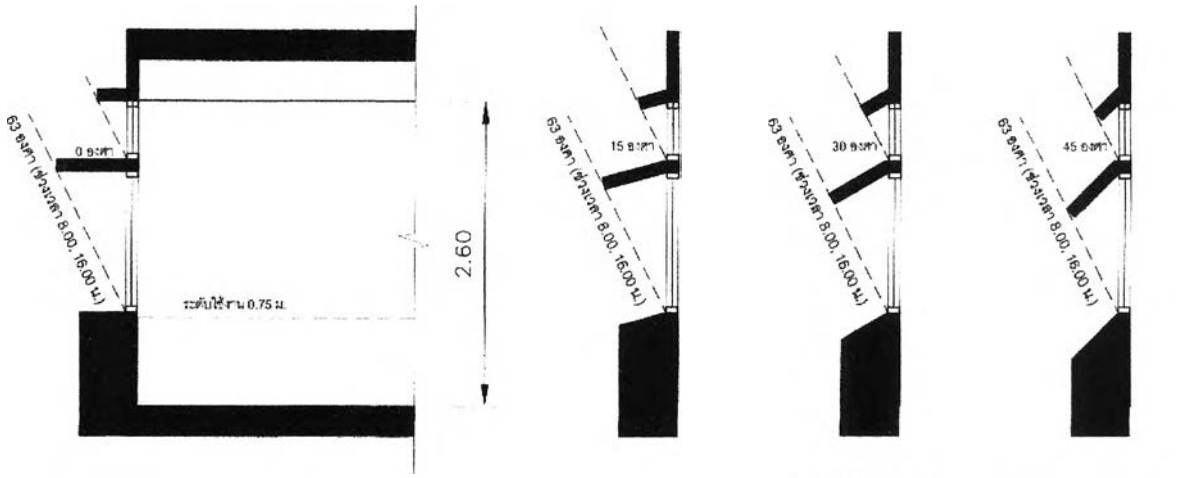
3) ติดตั้งที่ความสูง 2.15 เมตร

<u>(ช่องเปิดทิศใต้)</u>

รูปภาพที่ 3.5 แสดงรูปแบบระดับความสูงที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

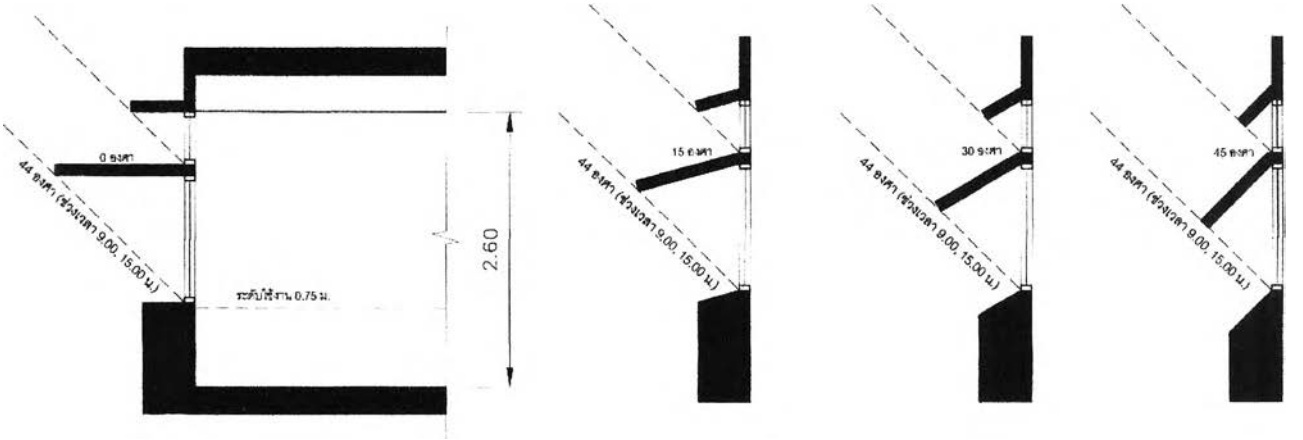
3.1.5 การศึกษามุมองศาที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง เพื่อทดสอบตัวแปรต้น คือ มุมองศาของหิ้งสะท้อนแสงน่าจะมีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร โดยจะนำขอบหน้าต่างมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสะท้อนแสง โดยพิจารณาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Moore, 1991: 89) ซึ่งกำหนด 3 รูปแบบ คือ

1) มุมติดตั้ง 0 องศา
2) มุมติดตั้ง 15 องศา
3) มุมติดตั้ง 30 องศา
4) มุมติดตั้ง 45 องศา



1) มุม 0 องศา 2) มุม 15 องศา 3) มุม 30 องศา 4) มุม 45 องศา

(ช่องเปิดทิศเหนือ)



1) มุม 0 องศา 2) มุม 15 องศา 3) มุม 30 องศา 4) มุม 45 องศา

(ช่องเปิดทิศใต้)

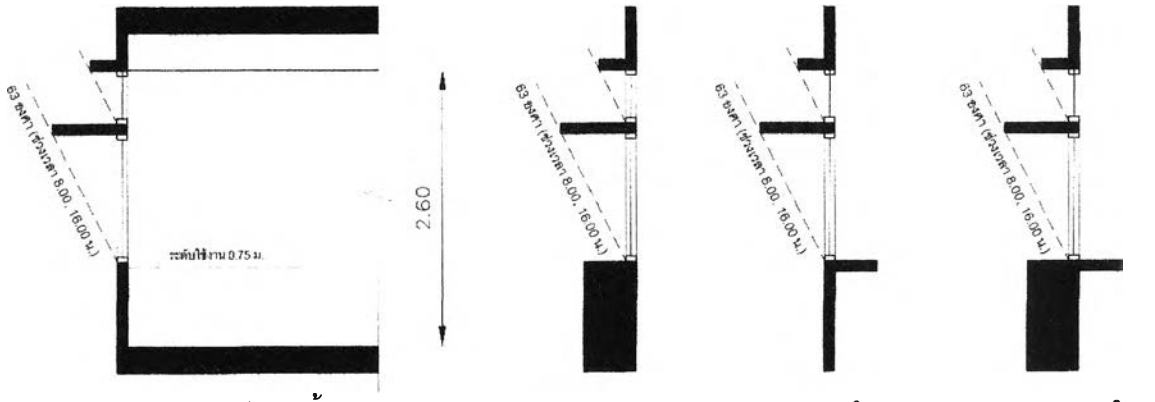
รูปภาพที่ 3.6 แสดงรูปแบบมุมองศาที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

3.2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง

จากการศึกษาในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าองค์ประกอบอื่นๆ สามารถเป็นอุปกรณ์ช่วยเพิ่มการสะท้อน โดยแบ่งการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสะท้อนแสง ออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

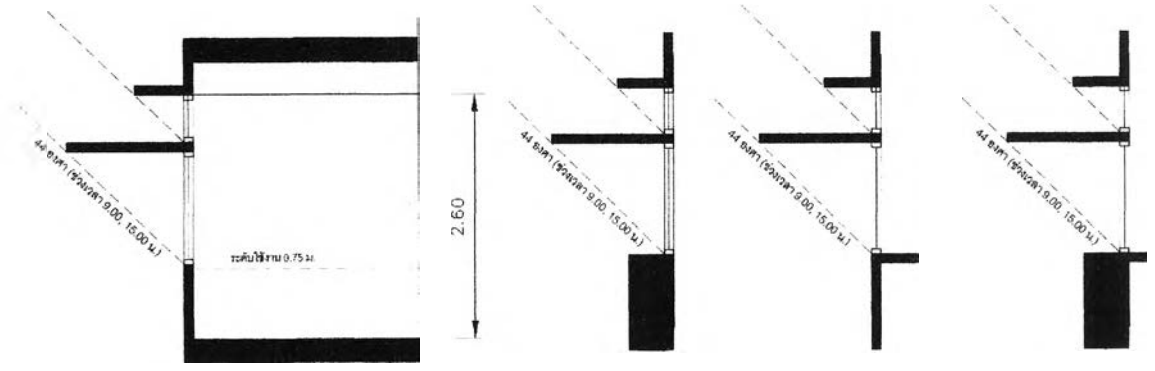
3.2.1 **รูปแบบของขอบหน้าต่าง** จากการศึกษาปริมาณแสงสะท้อนจากการขยายขอบหน้าต่างแนวนอนจะเท่ากับแสงสะท้อนจากพื้นดินด้านล่าง ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความส่องสว่างภายใน ดังนั้น ตัวแปรต้น คือ รูปแบบของขอบในการติดตั้งน่าจะมีผลต่อความสว่างภายใน ส่วนเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาขนาดของขอบหน้าต่างจะกำหนดช่วงที่เหมาะสม คือ ระยะ 40 ซม. โดยรูปแบบในการศึกษาพิจารณาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Moore, 1991: 87) ซึ่งกำหนด 3 รูปแบบ คือ

1) ไม่ติดตั้ง
2) ขอบหน้าต่างภายนอก
3) ขอบหน้าต่างภายใน
4) ขอบหน้าต่างทั้งภายนอก และภายใน



1) ไม่ติดตั้ง 2). ภายนอก 3) ภายใน 4) ภายนอกและภายใน

(ช่องเปิดทิศเหนือ)



1) ไม่ติดตั้ง 2) ภายนอก 3) ภายใน 4) ภายนอกและภายใน

(ช่องเปิดทิศใต้)

รูปภาพที่ 3.7 แสดงรูปแบบขอบหน้าต่างของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

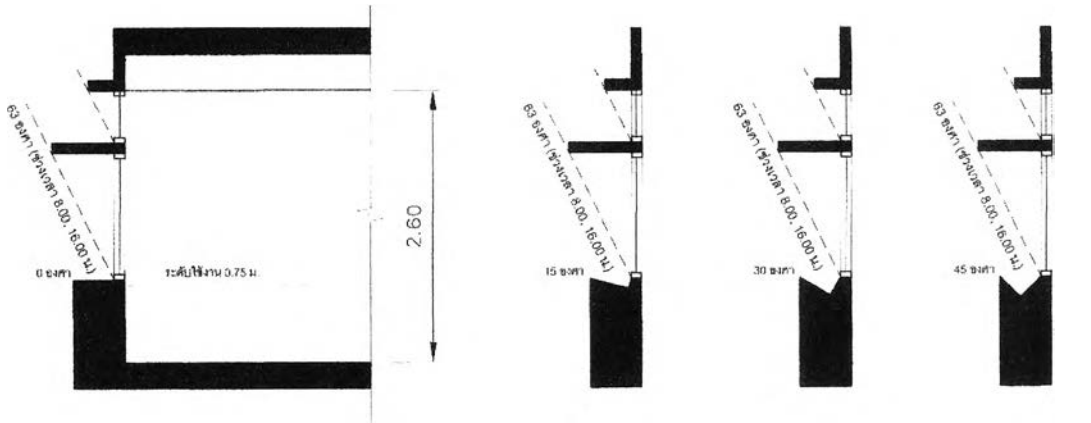
3.2.2 **มุมองศาของขอบหน้าต่าง** จากการศึกษาพบว่าการปรับมุมขึ้น สามารถดึงแสงสะท้อนเข้าสู่ภายในพื้นที่ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังนั้น ตัวแปรต้น คือ รูปแบบของมุมองศาของขอบที่เอียงขึ้นน่าจะมีผลต่อความสว่างภายใน โดยเปรียบเทียบรูปแบบที่ศึกษาพิจารณาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Moore, 1991: 89) ซึ่งกำหนด 3 รูปแบบ คือ

1) มุมติดตั้ง 0 องศา

2) มุมติดตั้ง 15 องศา

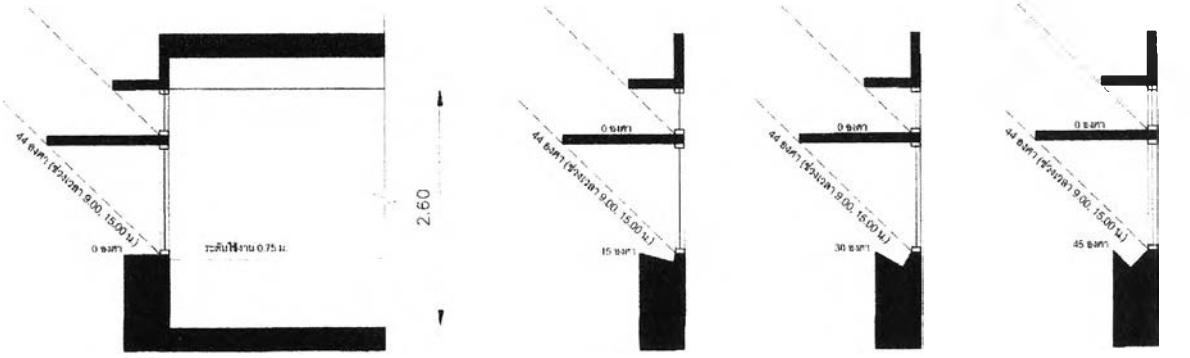
3) มุมติดตั้ง 30 องศา

4) มุมติดตั้ง 45 องศา



1) มุม 0 องศา 2) มุม 15 องศา 3) มุม 30 องศา 4) มุม 45 องศา

(ช่องเปิดทิศเหนือ)



1) มุม 0 องศา 2) มุม 15 องศา 3) มุม 30 องศา 4) มุม 45 องศา

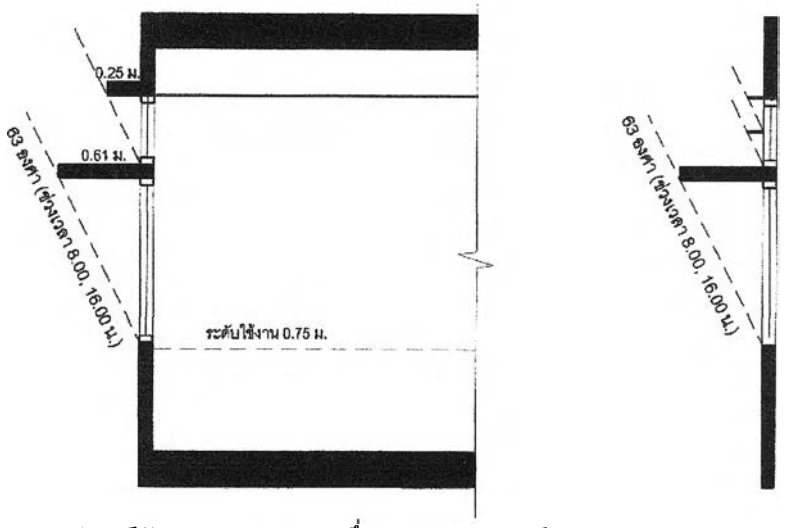
(ช่องเปิดทิศใต้)

รูปภาพที่ 3.8 แสดงรูปแบบมุมองศาติดตั้งขอบหน้าต่างของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

3.2.3 **รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน** เพื่อทดสอบตัวแปรต้น คือ ขนาดการบังแดด และรูปแบบของในการติดตั้งจะมีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างไร โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาระยะยื่นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Moore, 1991: 72 - 89) ซึ่งกำหนด 2 รูปแบบ คือ

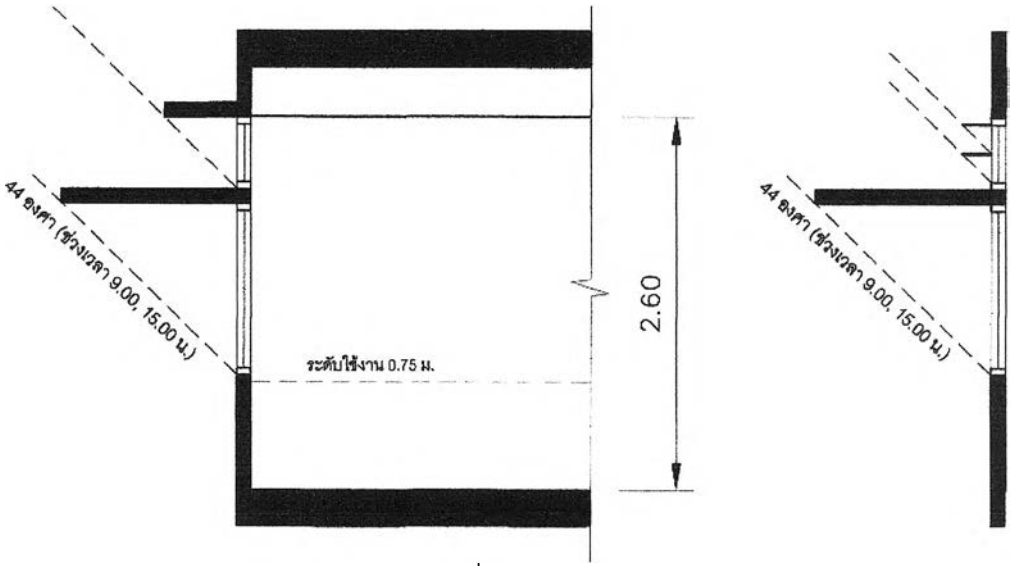
1) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบยื่นตรง

2) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบบานเกล็ด



1) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบยื่นตรง 2) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบบานเกล็ด

(ช่องเปิดทิศเหนือ)



1) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบยื่นตรง 2) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบบานเกล็ด

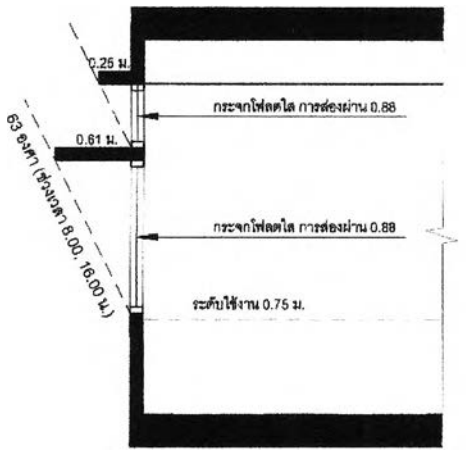
(ช่องเปิดทิศใต้)

รูปภาพที่ 3.9 แสดงรูปแบบอุปกรณ์บังแดดแนวนอนของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

3.2.4 การเลือกใช้กระจกช่องเปิด ตัวแปรต้น คือ การทดลองเรื่องประสิทธิภาพของการส่องผ่านของกระจกกับค่าสัมประสิทธิการบังแดด (shading coefficient, SC) ของกระจก (ดูภาคผนวก ง. ข้อมูลคุณสมบัติของกระจกที่ใช้ในงานวิจัย) ตำแหน่งช่องแสงที่ใช้ในการติดตั้ง โดยกำหนดรูปแบบกระจกที่ใช้การทดลองสามารถดังนี้

1) ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. ค่าการส่องผ่าน τ = 88 %

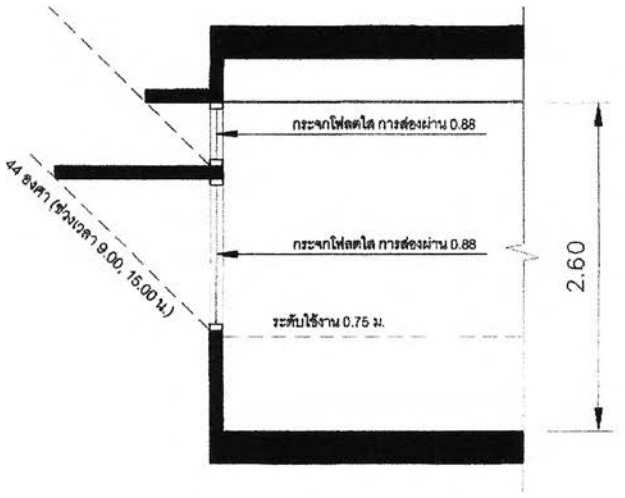
2) ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. ค่าการส่องผ่าน τ = 88 % กับช่องแสงด้านบน ร่วมกับกระจกเขียวตัดแสง หนา 6 มม. ค่าการส่องผ่าน τ = 72 % กับช่องแสงด้านล่าง



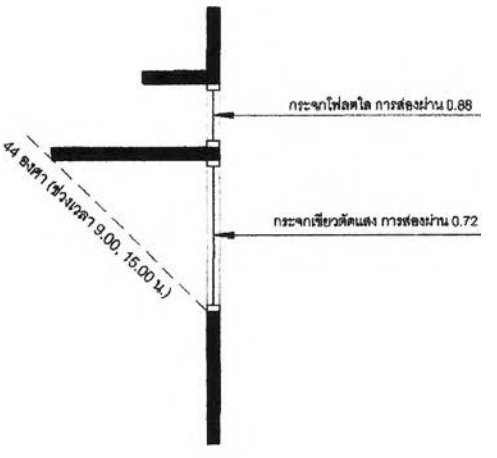
1) ใช้กระจกโฟลตใส

2) กระจกโฟลตใส ร่วมกับ กระจกเขียวตัดแสง

(ช่องเปิดทิศเหนือ)



1) ใช้กระจกโฟลตใส



2) กระจกโฟลตใส ร่วมกับ กระจกเขียวตัดแสง

(ช่องเปิดทิศใต้)

รูปภาพที่ 3.10 แสดงรูปแบบการเลือกใช้กระจกของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

โดยรูปแบบการทดลองนี้จะใช้การติดตั้งกระจกจริงกับหุ่นจำลอง เพื่อให้ได้ค่าความส่องสว่างที่ถูกต้องใกล้เคียงความจริงที่สุด แทนการคูณปรับเทียบค่าการส่องผ่านของกระจกช่องเปิด

3.3 วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพิจารณาหาปัจจัยทางกายภาพของหิ้งสะท้อนแสงในช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ และสรุปหาแนวทางที่เหมาะสมต่อไป สำหรับขั้นตอนในการวิจัยแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1 การเตรียมการทดลอง

1. **ตัวแปรคงที่** กำหนดให้เป็นตัวแปรที่มีอยู่ในการทดลองทุกกรณี

1) ทำการทดลองภายใต้ห้องจำลองท้องฟ้า (skydome) โดยจะจำลองลักษณะเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)

2) ทำการทดลองรูปแบบตัวแปรต้นที่ศึกษา ด้วยหุ่นจำลองมาตราส่วน 1:15 โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานห้องต้นแบบที่ใช้ทดลอง ตามลักษณะของห้องอาคารสำนักงาน มีขนาด 9 x 12 เมตร สูง 2.60 เมตร (จากพื้นถึงฝ้าเพดาน) ขนาดพื้นที่ 108 ตรม. เลือกตัวแปรโดยจะพิจารณากับช่องเปิดทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ ความสูงของระดับความสว่างที่วัด คือ 0.75 เมตร ซึ่งเป็นระดับที่ใช้ทำงานในอาคารสำนักงาน (รายละเอียดแสดงใน 3.4 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง)

3) ในหุ่นจำลองที่ใช้พื้นที่ช่องเปิด จะเปิดโล่ง โดยใช้ค่าการส่องผ่าน เป็นตัวคูณปรับค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลอง โดยกำหนดใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. ที่มีค่าที่ส่องผ่าน 88% (ยกเว้นการทดลองการเลือกใช้กระจกช่องเปิด จะทำการติดตั้งกระจกจริง) และจากสภาพการใช้งานจริงต้องพิจารณาประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง ซึ่งมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปัจจัยการบำรุงรักษาความสะอาด หรือ MF (maintenance factor) จึงไม่นำมาเป็นตัวแปรของการศึกษาครั้งนี้

4) กระดาษที่เลือกใช้จะพิจารณาจากค่าความสามารถในการสะท้อนแสงสว่างของส่วนต่าง ๆ ในสำนักงานที่เหมาะสม (Frier and E. Gazley. 1980: 182 อ้างอิงใน ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์, 2545: 190) ซึ่งวัสดุที่ใช้มีค่าการสะท้อนแสงที่อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว คือ พื้นมีค่าการสะท้อนแสง 30 % ผนัง 56 % และฝ้าเพดาน 60% (รายละเอียดดูตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดวัสดุที่ใช้ในหุ่นจำลอง และภาคผนวก ค. ตารางแสดงค่าการสะท้อนของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ภายในห้องจำลองท้องฟ้า (skydome) ประกอบ)

5) กำหนดรูปแบบการสะท้อนแบบกระจาย เป็นต้นแทนของหิ้งสะท้อนแสง และอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบรูปแบบต่าง ๆ (ยกเว้นการศึกษารูปแบบการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสง จะใช้วัสดุที่มีรูปแบบการสะท้อนต่างกันไป)

2. การจัดเตรียมอุปกรณ์

1) ตรวจสอบสภาพของเครื่องมือ หุ่นจำลองและจำลองท้องฟ้า ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

2) ตรวจสอบคุณสมบัติความทึบแสงของวัสดุ ที่นำมาสร้างหุ่นจำลอง โดยจะใช้ผ้าเนื้อหนา สีดำคลุมหุ่นจำลองเพื่อป้องกันการรั่วซึมของแสงผ่านรอยต่อ

3) ตารางการจดบันทึกค่าความสว่างภายใน (E_i) ที่วัดได้จากการทดลอง

3. สมมุติฐาน

รูปแบบของตัวแปรต้นที่ศึกษา จะมีผลต่อประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติที่แตกต่างกัน

4. การทำการทดลอง

1) ติดตั้งตัวแปรต้นที่ใช้ในการทดลอง ให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย

2) วัดค่าความสว่างภายนอก (E_o) หุ่นจำลอง ซึ่งห้องจำลองท้องฟ้าจะมีค่าความสว่างที่สม่ำเสมอ

3) วัดค่าการส่องสว่างภายใน (E_i) หุ่นจำลองด้วยเครื่องมือวัดแสง (lux meter) โดยทำการวัดที่ระยะใช้งาน 0.75 เมตร จากพื้น โดยวัดทุก ๆ ระยะ 1 ม. เริ่มจากระยะ 0.50 -11.50 ม. ร่วมทั้งสิ้น 12 ตำแหน่ง โดยจะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และแม่นยำ

4) นำผลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณค่า Daylight Factor (DF) ในแต่ละจุดเพื่อทำการประเมินผล

5. วิเคราะห์ผล

1) การประเมินผลประสิทธิภาพของตัวแปรต้น โดยพิจารณาค่า Daylight Factor (DF) ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 2.0 % ให้มีความลึกมากที่สุดจากช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ (ภาคผนวก ฉ. ข้อมูลแสดงค่าปริมาณแสงกระจายในท้องฟ้า ปี พ.ศ. 2541 โดยพิจารณากับค่า DF. 1.0 – 3.0 % อ้างอิงจาก (Jirattananon and Chaiwiwatworakul, 2001: A3)

ตารางที่ 3.1 แสดงการพิจารณาค่า Daylight Factor (DF) ขั้นต่ำที่อยู่ในเวลาการใช้งาน

ค่า DF (%)	**เลือกพิจารณาค่าความสว่างที่ 300 lx**	
	ช่วงเวลาใช้งานเริ่ม 8:00 – 16:00 น.	**ระยะเวลาที่ต้องการ 8 ชม.**
1.0	10:50 – 13:35 น.	2 ชม. 45 นาที
1.5	8:40 – 15:25 น.	6 ชม. 45 นาที
2.0	7:55 – 16:05 น.	8 ชม. 10 นาที
2.5	7:25 – 16:25 น.	9 ชม.
3.0	7:10 – 16:40 น.	9 ชม. 30 นาที
	หมายเหตุ แสดงค่า DF ขั้นต่ำ ที่เหมาะสมในช่วงเวลาการใช้งาน	

2) นำผลสรุปตัวแปรต้นที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด มาทำการออกแบบหิ้งสะท้อนแสงโดยจะทำการทดลองซ้ำ เพื่อสรุปผลปัจจัยกายภาพที่มีผลต่อหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

3) นำค่า Daylight factor (DF) ที่ได้จากการทดลองรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงในช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ มาคำนวณเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณแสงกระจายจากท้องฟ้า เฉลี่ยเป็นรายชั่วโมงของทุกเดือน เพื่อหาความสองสว่างจากแสงธรรมชาติ และความต้องการเพิ่มค่าความสว่างภายในพื้นที่และค่าพลังงานไฟฟ้าจากการเพิ่มแสงสว่างภายในตลอดทั้งปี

6. สรุปผลงานวิจัย

1) สรุปผลตัวแปรที่มีผลต่อหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ โดยเป็นแนวทางพื้นฐานในการนำเอาไปใช้ออกแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในห้องเรียน

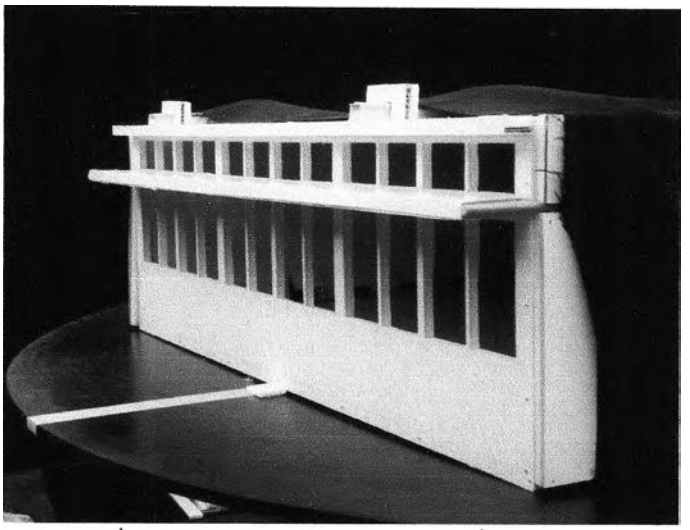
2) สรุปความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง พร้อมเสนอแนวทางในการออกแบบหิ้งสะท้อนแสงนำแสงสว่างจากธรรมชาติ ให้มีความเหมาะสมกับขนาดพื้นที่ใช้สอยภาย ในต่อไปให้มีประสิทธิภาพ

3.4 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง

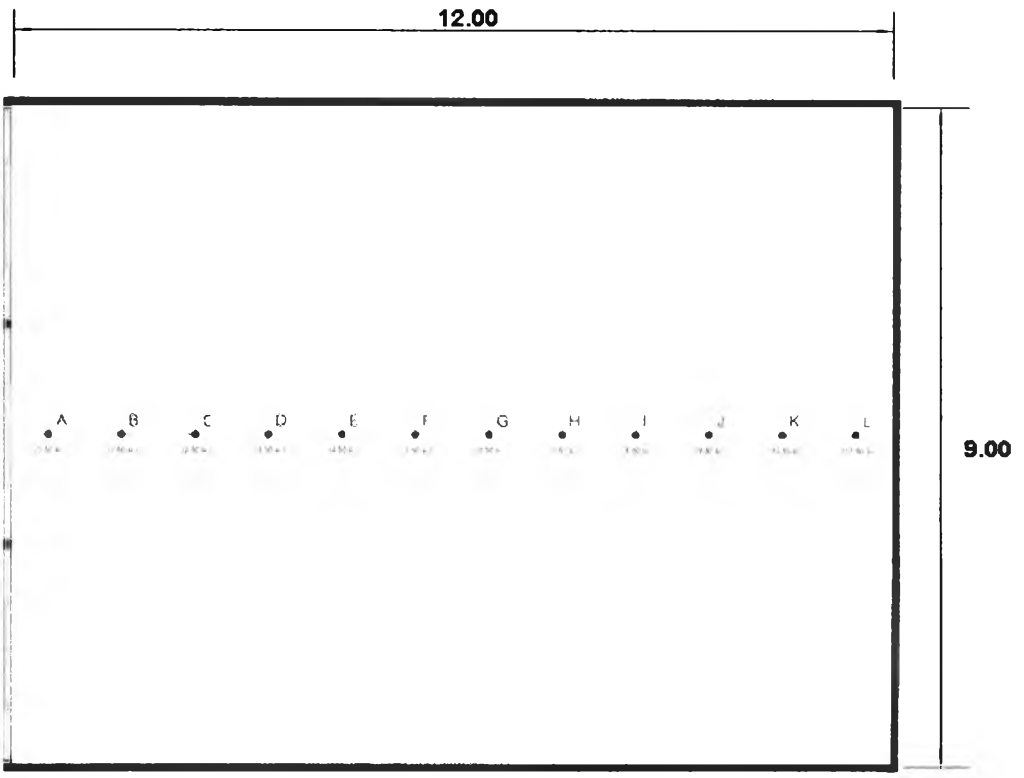
เกณฑ์ข้อกำหนดในการเลือกขนาดห้องต้นแบบ ของอาคารสำนักงานในการทดลองครั้งนี้ จะพิจารณาจากข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 โดยมีข้อกำหนดของห้องที่ใช้เป็นอาคารสำนักงานระยะดิ่งระหว่างพื้นถึงพื้นต้องไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร ซึ่งโครงสร้างระบบพื้นไร้คาน (Flat plate) เป็นระบบที่ปัจจุบันเป็นที่นิยม เนื่องจากประหยัด และก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ให้ระบบช่องท่อเหนือฝ้าเพดาน 0.40 เมตร ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 2.60 เมตร

ตารางที่ 3.2 กำหนดรายละเอียดของห้องมาตรฐานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

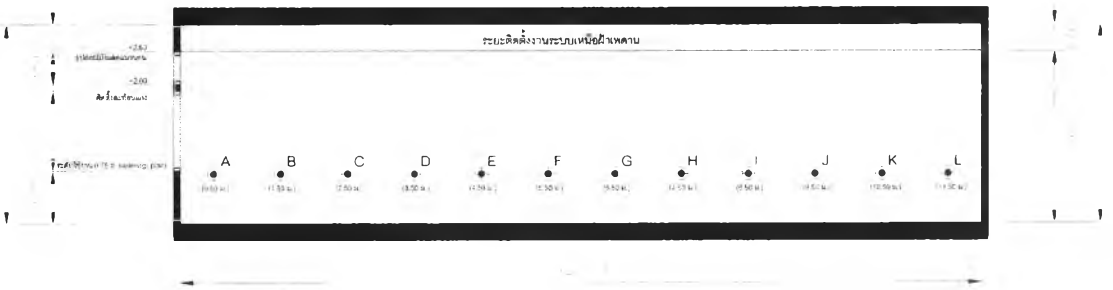
ขนาดห้องมาตรฐาน		**พื้นที่ผนังด้านที่พิจารณา**					**ค่าการสะท้อนแสงภายใน**		
ความกว้าง 9.0 ม.	WWR	ช่องเปิด	ส่วนทึบ ($ม^2$)				เพดาน	ผนัง	พื้น
ความยาว 12.0 ม.	(%)	($ม^2$)	วงกบ	ผนัง	เสา		(%)	(%)	(%)
ความสูง 2.60 ม. พื้นที่ใช้งาน 108.0 $ม^2$ พื้นที่ผนังช่องเปิด 23.4 $ม^2$	70	11.7	3.1	8.1	0.5		60	56	30



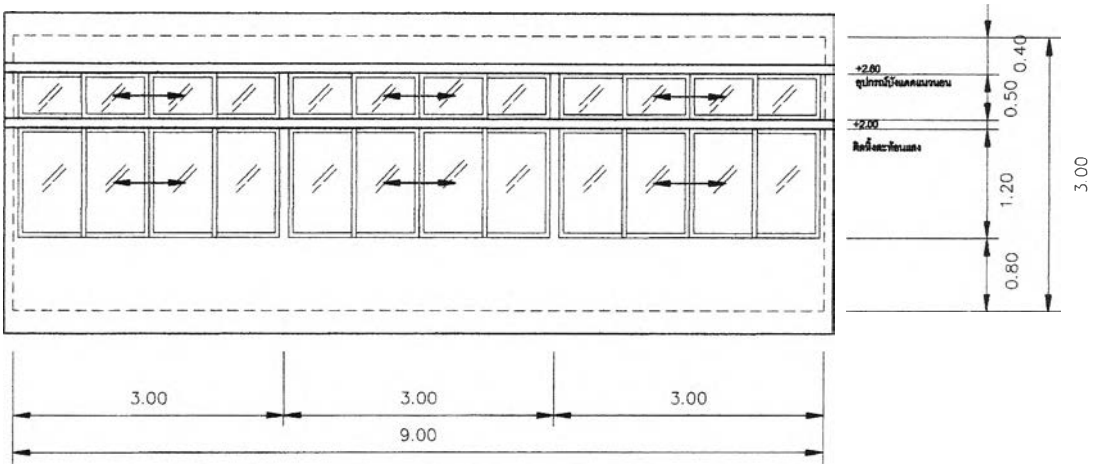
รูปภาพที่ 3.11 แสดงลักษณะของหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง



รูปภาพที่ 3.12 แสดงรูปแปลนของห้องสำนักงานที่ใช้ทำการทดลอง



รูปภาพที่ 3.13 แสดงรูปตัดโครงสร้างของห้องสำนักงานที่ใช้ทำการทดลอง



รูปภาพที่ 3.14 แสดงรูปด้านผนังช่องเปิดของห้องสำนักงานที่ใช้ทำการทดลอง

เกณฑ์ในการทำหุ่นจำลอง เพื่อศึกษาแสงธรรมชาติในงานสถาปัตยกรรม ควรทำให้สลับสับเปลี่ยนส่วนต่าง ๆ ได้ตามรูปแบบตัวแปรที่ต้องการทดลอง โดยรายละเอียดช่องเปิดของหุ่นจำลอง ควรมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง วัสดุที่ใช้เป็นพื้น ผนัง ฝ้าเพดาน ใช้กระดาษที่มีความใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดการสะท้อนแสงของอาคารสำนักงาน ที่ได้ทดสอบค่าการสะท้อนแสงโดยมีค่า ดังนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดวัสดุที่ใช้ในหุ่นจำลอง

วัสดุที่ใช้	แทนค่าของ	ค่าการสะท้อน
1. กระดาษลูกฟูก สีน้ำตาล	พื้น	30.35 %
2. กระดาษอาร์ตสีขาว	ผนัง อุปกรณ์บังแดด หิ้งสะท้อนแสง และรูปแบบการสะท้อนแบบกระจาย	56.60 %
3. กระดาษวาดเขียนสีขาว	ฝ้าเพดาน	60.21%
4. สติกเกอร์สีเงินมันวาว	รูปแบบการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา	75.28 %
5. แผ่น PVC. สีขาว กึ่งมัน	รูปแบบการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาบางส่วน	65.35%

หมายเหตุ ข้อมูลการทดสอบวัสดุที่ใช้ในหุ่นจำลอง แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค. ตารางแสดงค่าการสะท้อนของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ภายในห้องจำลองท้องฟ้า (skydome)

มาตราส่วนของหุ่นจำลองต้องมีขนาดที่เหมาะสม หากมีขนาดเล็กจนเกินไปก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดมากขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบไม่สามารถใช้ได้ และหากหุ่นจำลองมีขนาดใหญ่จนเกินไป ความแข็งแรงของหุ่นจำลอง การเคลื่อนย้ายไม่สะดวก ซึ่งสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ได้กำหนดมาตราส่วนของหุ่นจำลองที่ใช้คือ 1 : 15 ซึ่ง ทดสอบหุ่นจำลองในห้องจำลองท้องฟ้า เพื่อจำลองสภาพของท้องฟ้า ซึ่งสามารถควบคุมตัวแปร เช่น ความสว่างของท้องฟ้าได้ ทำให้ผลทดสอบที่ได้จากหุ่นจำลองสามารถเปรียบเทียบกันได้

ส่วนวัสดุที่เป็นช่องเปิด คือ กระจก ในหุ่นจำลองที่ใช้จะเปิดเป็นช่องโล่ง โดยใช้ค่าการส่องผ่าน เป็นตัวคูณปรับค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลอง เพื่อให้ค่าที่ได้เสมือนผ่านวัสดุที่มีค่าการส่องผ่านเท่ากับวัสดุ เช่น หากวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลองได้ 300 ลักซ์ ค่าจริงที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ สำหรับการวิจัย

เท่ากับ 300 * 88 % = 264 ลักซ์ เป็นต้น (ยกเว้นการทดลองการเลือกใช้กระจกช่องเปิด จะทำการติดตั้งกระจกจริง)

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.5.1 ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) ในการวิจัยครั้งนี้ได้นำเครื่องมือวัดแสงที่อ่านค่าความสว่าง มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lx) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc) ซึ่งได้ทดลองแล้วว่าเครื่องมือมีความเหมาะสมในการใช้งาน สำหรับนำมาหาค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง Daylight Factor (DF) ค่าการสะท้อนแสง และค่าการส่องผ่านของวัสดุที่ต้องการ เครื่องมือวัดแสงทั้ง 2 ชนิด ได้แก่

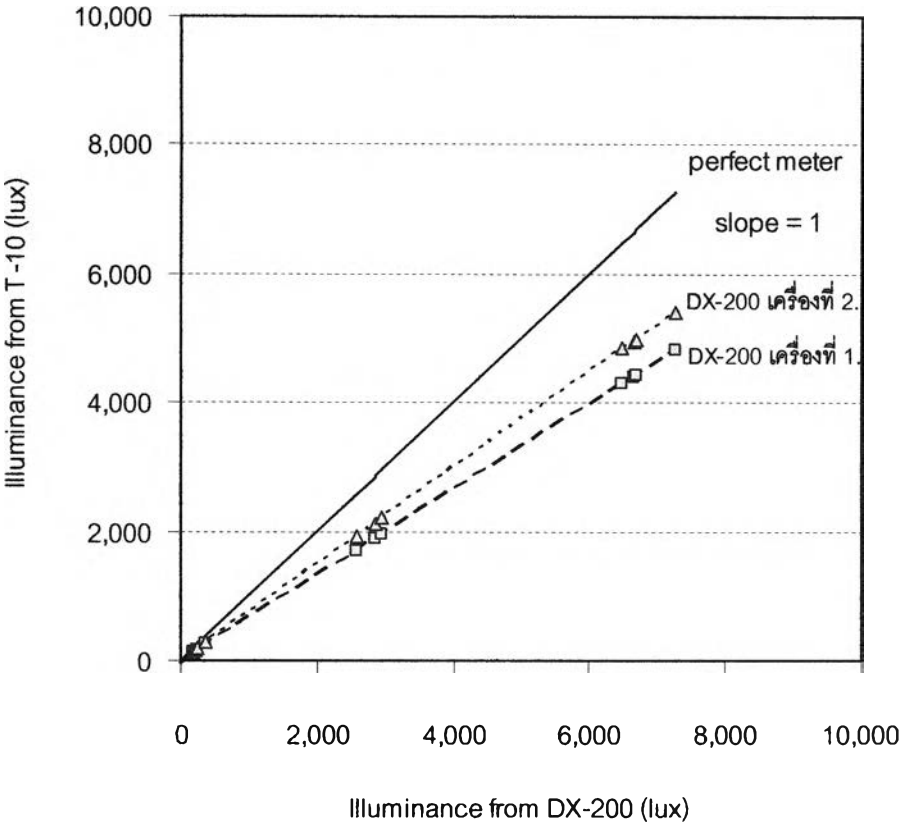
1) ลักซ์มิเตอร์ รุ่น DX-200 (รูปภาพที่ 3.14 a) มีช่วงการวัด (measuring range) ระหว่าง 0 – 200,000 lx หรือ 0 – 20,000 fc

2) ลักซ์มิเตอร์ รุ่น T-10 (รูปภาพที่ 3.14 b) มีช่วงการวัด (measuring range) ระหว่าง 0.01 – 99,900 lx หรือ 0.1 – 9,990 fc

a) ลักซ์มิเตอร์ รุ่น DX-200

b) ลักซ์มิเตอร์ รุ่น T-10

รูปภาพที่ 3.15 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



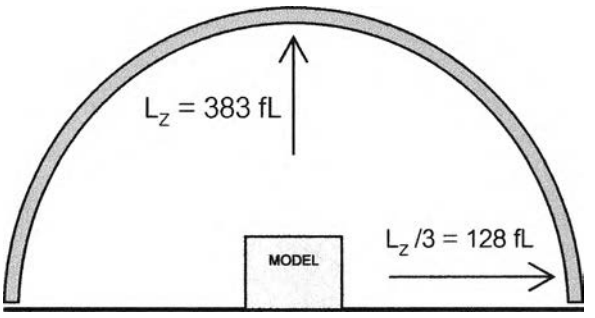
หมายเหตุ : รายละเอียดดูจากภาคผนวก จ. ข้อมูลแสดงการตรวจสอบค่าของการทดลอง (Calibration) เปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.5.2 **ลูมิแนนท์ มิเตอร์ (luminance Meter)** ใช้ตรวจสอบระดับความส่องสว่าง (brightness) และความเปรียบต่าง (contrast) ภายในห้องจำลองท้องฟ้า (skydome) ซึ่งสามารถอ่านค่าออกเป็น foot Lambert โดยมีระยะห่างระหว่างวัตถุที่ต้องการวัดกับตัวเครื่อง ตั้งแต่ 1.014 – ตามระยะจุดโฟกัสของเลนซ์ที่เลือกใช้ โดยพื้นที่ของวัตถุที่ต้องการวัดต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 4.8 มม.

รูปภาพที่ 3.16 แสดงเครื่องมือ ลูมิแนนท์ มิเตอร์ รุ่น LS-110 ที่ใช้ในการวิจัย

3.6 ห้องจำลองท้องฟ้า (skydome)

ห้องจำลองท้องฟ้า จะมีลักษณะทางกายภาพเป็นรูปทรงครึ่งวงกลมที่ผนังภายในเป็นวัสดุทึบแสงสีขาว โดยมีแหล่งกำเนิดแสงซึ่งได้จากหลอดไฟฟ้าติดตั้งอยู่โดยรอบในบริเวณส่วนที่เป็นฐานภายในโดม ลักษณะของการให้แสงที่สองขึ้นด้านบน (up lighting) ส่วนโมเดลที่จะนำมาทดสอบ จะถูกวางไว้บริเวณตรงกึ่งกลางโดม เพื่อให้ได้ความสว่างจากแสงซึ่งสะท้อนออกมาจากผนังโดยรอบของโดมท้องฟ้าลักษณะโดมนี้จะจำลองลักษณะของท้องฟ้าตามธรรมชาติที่ง่ายต่อการเข้าใจ การวัดแสงนั้นสามารถใช้ค่าเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบระดับความสว่าง Daylight Factor (DF) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มฟ้า (overcast sky) โดยต้องทำการตรวจสอบว่าภายในห้องจำลองท้องฟ้า ทำการเปิดไฟโดยรอบยกเว้นดวงที่ใช้แทนดวงอาทิตย์ ซึ่งจากทฤษฎีอัตราส่วนค่าความสว่างในแนวราบต่อค่าความสว่างในแนวตั้ง จะเท่ากับ 3 : 1 ซึ่งจากการตรวจสอบในห้องจำลองท้องฟ้าพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎี



รูปภาพที่ 3.17 แสดงการตรวจสอบค่าความสว่างในแนวราบและแนวตั้งในห้องจำลองท้องฟ้า