บทที่ 3

เครื่องมือและหุ่นจำลองที่ใช้ในงานวิจัย

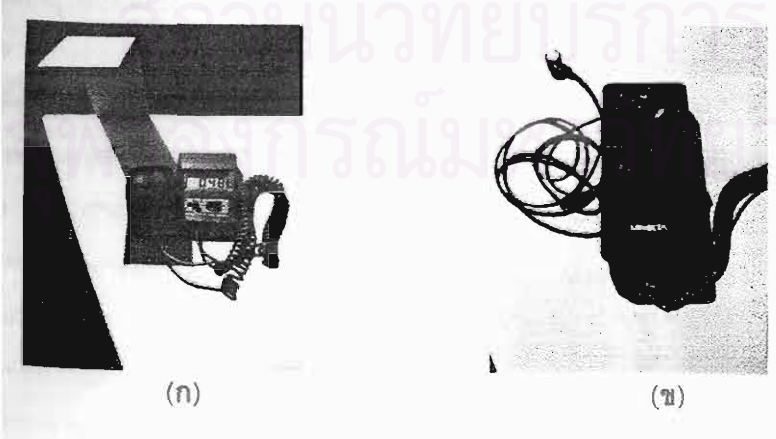
3.1 ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter)

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือวัดแสงที่อ่านค่าความสว่างออกมาเป็นลักซ์ (Lux) ในการอ่านค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง (Daylight Factor) ค่าการสะท้อนแสง และค่าการส่องผ่านแสงของวัสดุที่ต้องการทดสอบ เครื่องมือวัดแสงที่นำมาใช้ได้แก่

- ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) (รูปที่ 3.1 ก.)
- มินอลต้า ลักซ์มิเตอร์ (Minolta Lux Meter) (รูปที่ 3.1 ข.)

ในการวัดค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง กระทำโดยนำเครื่องมือทั้ง 2 ตัวมาใช้วัดค่าความสว่างภายในและค่าความสว่างภายนอกพร้อมกัน ในเวลาเดียวกัน ส่วนการหาค่าการสะท้อนแสงและค่าการส่องผ่านแสงของวัสดุใช้ค่าที่วัดได้จากทั้ง 2 ตัวในเวลาเดียวกันและจุดที่วัดใกล้เคียงกัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การวัดความสว่างภายในอาคารใช้ มินอลต้า ลักซ์มิเตอร์ที่มีช่วงการวัด 5 – 50,000 ลักซ์ และใช้ลักซ์มิเตอร์ ที่มีช่วงการวัดระหว่าง 10-200,000 ลักซ์ ในการวัดค่าระดับความส่องสว่างภายนอกที่ตกกระทบลงบนแนวระนาบนอน ไม่รวมรังสีตรงดวงอาทิตย์ (Exterior Illumination Horizontal exclude Direct Sun) ในการวัดค่าความส่องสว่างภายนอกไม่รวมรังสีตรงดวงอาทิตย์อาศัยอุปกรณ์ที่เป็นแถบเงา (รูปที่ 3.1 ก.) ที่มีความทึบแสงเพื่อป้องกันไม่ให้ตัววัด (Sensor) ได้รับรังสีตรงของดวงอาทิตย์ ความกว้างของแถบเงากำหนดให้มีความกว้างน้อยที่สุด เพื่อให้ตัววัดสามารถรับค่ารังสีกระจายดวงอาทิตย์มากที่สุด การปรับตั้งแถบเงาสามารถบังดวงอาทิตย์ได้ในวันและเวลาที่ต้องการด้วยมือโดยการสังเกตเงาที่เกิดขึ้นตลอดเวลาที่ทำการวัด



(ก) (ข)

รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องมือวัดแสงที่ใช้ในการศึกษา
(ก) ลักซ์มิเตอร์และแถบเงา (ข) มินอลต้า ลักซ์มิเตอร์

3.2 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ

ในการศึกษาทดสอบความส่องสว่างที่เกิดขึ้น Atrium เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบนั้น หากเลือกทดสอบกับอาคารที่มีการใช้งานอยู่จริงย่อมได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบอื่นที่มีอยู่แล้วซึ่งไม่ได้กำหนดให้เป็นตัวแปรในการศึกษา และย่อมมีความแตกต่างทางกายภาพเฉพาะของ Atrium แต่ละแห่งทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถนำมาใช้กับ Atrium อื่นๆได้ การพิจารณาปรับเปลี่ยนองค์ประกอบใดๆภายในอาคารมีความไม่สะดวกในการทำการศึกษา หรือในบางกรณีไม่สามารถทำได้ จึงเลือกใช้การสร้างหุ่นจำลอง

ในการใช้หุ่นจำลองเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อหาผลที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลค่าการสะท้อนแสงภายในและรูปทรงของ Atrium โดยสร้างหุ่นจำลองที่มีรูปทรงทางเรขาคณิต และมีค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในที่ต่างกันออกไป ซึ่งในการศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของค่าสัดส่วนทางเรขาคณิตนั้น ค่าสัดส่วนทางเรขาคณิตที่นำมาใช้ศึกษาเปรียบเทียบประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ Section aspect ratio (SAR) และ Well index (WI) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า Well index เป็นปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นต่อการคาดการณ์ปริมาณแสงธรรมชาติที่จะเกิดขึ้น โดยสามารถนำมาประยุกต์เทียบที่ตำแหน่งกึ่งกลางของพื้น Atrium และได้กระจายออกไปตามตำแหน่งอื่นๆบนพื้น และผนัง โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

- หุ่นจำลองที่สร้างขึ้นสามารถปรับเปลี่ยนองค์ประกอบภายในที่ทำการศึกษาได้ เพื่อพิจารณาผลที่เกิดขึ้นแต่ละแนวทาง
- มาตราส่วนของหุ่นจำลองต้องมีขนาดที่เหมาะสมกับการทดสอบ ซึ่งหากมีขนาดเล็กจนเกินไปอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่า คือ คือตำแหน่งที่ต้องการอ่านค่าอาจคลาดเคลื่อนได้ง่าย และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบไม่สามารถใช้ได้ ขณะเดียวกันหากหุ่นจำลองมีขนาดใหญ่จนเกินไป ความแข็งแรงของหุ่นจำลอง การเคลื่อนย้าย และความสะดวกในการปรับเปลี่ยนรูปแบบของหุ่นจำลองก็จะไม่สามารถทำได้ใน เวลา งบประมาณของการศึกษาวิจัยที่มีอยู่จำกัด ซึ่งสำหรับการวิจัยในครั้งนี้กำหนดมาตราส่วนของหุ่นจำลองที่ทำการศึกษาไว้ที่ 1: 25 ซึ่งเป็นขนาดที่ที่เหมาะสมกับเครื่องมือที่ใช้ในการวัด (มินอลต้า ลักซ์มิเตอร์) และความสะดวกในการปรับเปลี่ยนรูปแบบและการเคลื่อนย้ายหุ่นจำลอง
- การทดสอบหุ่นจำลอง ทำการทดสอบในห้องจำลองสภาพท้องฟ้าเพื่อทดสอบแสง (Sky Dome) เป็นหลักเพื่อให้สามารถควบคุมตัวแปร เช่นความสว่างของท้องฟ้า และสภาพเงื่อนไขท้องฟ้า (Sky Condition) ได้ ทำให้ผลทดสอบองค์ประกอบภายในที่ต้องการศึกษาที่ได้จากหุ่นจำลองสามารถเปรียบเทียบกันได้
- วัสดุที่ใช้ในการทำโครงหุ่นจำลองลำดับจากภายในสู่ภายนอก คือ กระดาษที่มีค่าสะท้อนแสงตามที่กำหนด กระดาษอาร์ตการ์ด กระดาษขาน้อยความหนา 2 มิลลิเมตร กระดาษลัง 2 ชั้นประกบในแนวตั้งและแนวนอนของแกนกระดาษ และพลาสติคบอร์ด ประกอบขึ้นด้วยกันเพื่อให้ผนังของหุ่นจำลองมีความทึบแสง แข็งแรงเพียงพอต่อการเคลื่อนย้าย และขั้นตอนการทำการวิจัย การประกบด้วยกระดาษหลายชั้นทำให้สามารถซ้อนทับรอยต่อกระดาษอย่างมิดชิด การใช้พลาสติคบอร์ดติดอยู่ชั้นนอกสุดเพื่อป้องกันหุ่นจำลองจากความชื้นที่จะทำให้กระดาษบิดงอและป้องกันการกระทบกระแทกที่จะทำให้หุ่นจำลองเสียรูปทรงไป ทำให้ไม่เกิดความผิดพลาดของค่าที่อ่านในการทดสอบ

- วัสดุที่ใช้เป็นพื้น ผนัง ฝ้าเพดานเพื่อให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าการสะท้อนที่กำหนด จึงได้ทำการทดสอบค่าการสะท้อนแสง โดยมีค่าดังนี้

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่กำหนด 20% กระดาษที่ใช้มีค่า 24.45% (กระดาษโปสเตอร์สีเทา)

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่กำหนด 40% กระดาษที่ใช้มีค่า 45.05% (กระดาษสีเนื้อ)

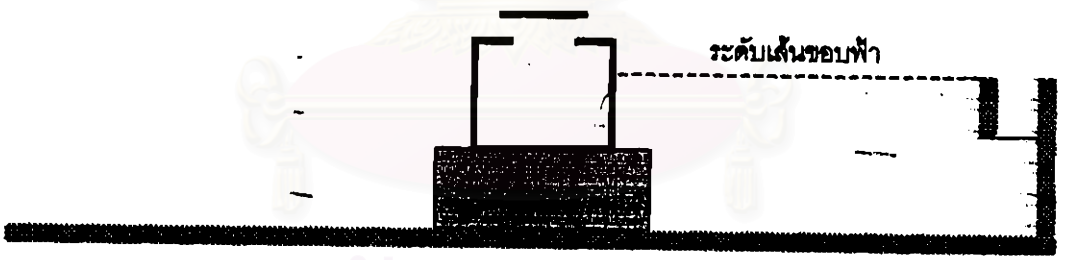
ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่กำหนด 60% กระดาษที่ใช้มีค่า 64.30% (กระดาษอาร์ตการ์ด)

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่กำหนด 80% กระดาษที่ใช้มีค่า 76.29% (กระดาษ 100 ปอนด์เรียบพิเศษ)

วัสดุที่เป็นช่องเปิด คือ กระจกใส ในหุ่นจำลองที่ใช้จะเปิดเป็นช่องโล่ง โดยถือว่ามีการส่งผ่านแสง (Daylight Transmission) แบบสมบูรณ์ คือ 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้สามารถเทียบใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเมื่อวัสดุช่องเปิดเปลี่ยนเป็นวัสดุอื่นที่มีค่าการส่งผ่านแสงต่างออกไป โดยใช้ส่งผ่านแสงของวัสดุที่แต่ละอาคารจะเลือกใช้จริงเป็นตัวคูณปรับค่าความสว่างของสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลอง เพื่อให้ได้ค่าเสมือนผ่านวัสดุที่มีค่าการส่งผ่านเท่ากับวัสดุของอาคารจริง (ตัวอย่างการคำนวณดูหัวข้อที่ 5.2 แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้งาน)

3.2.1 <u>ตำแหน่งการตั้งหุ่นจำลอง</u>

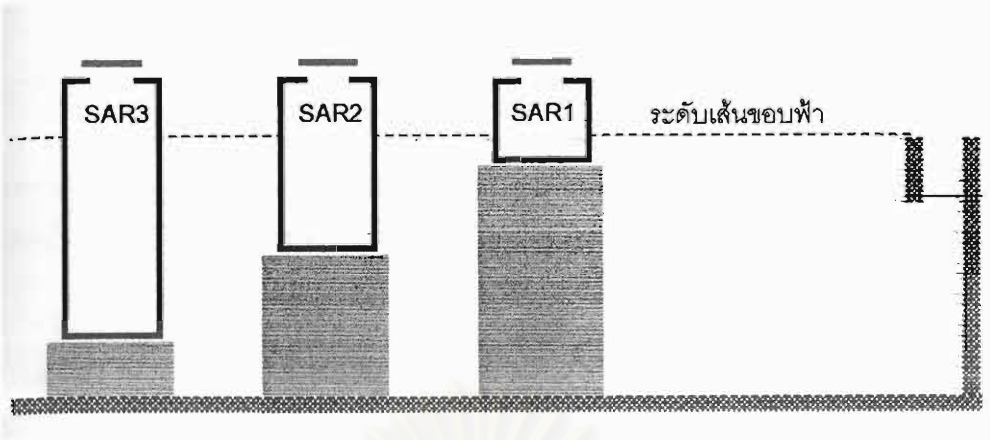
ตำแหน่งการตั้งหุ่นจำลองในห้องทดสอบแสง กำหนดให้ระดับความสูงของช่องเปิดของหุ่นจำลองอยู่เหนือเส้นขอบฟ้าของห้องทดสอบแสง เพื่อให้ได้รับแสงที่กระจายอย่างสม่ำเสมอและไม่ถูกบังเงาโดยผนังห้องทดสอบแสง



รูปที่ 3.2 แสดงระดับการวางหุ่นจำลองในการวิจัยภายในห้องทดสอบแสง

3.2.2 <u>ตำแหน่งการตั้งหุ่นจำลองที่มีค่า SAR เป็น 1 2 และ 3</u>

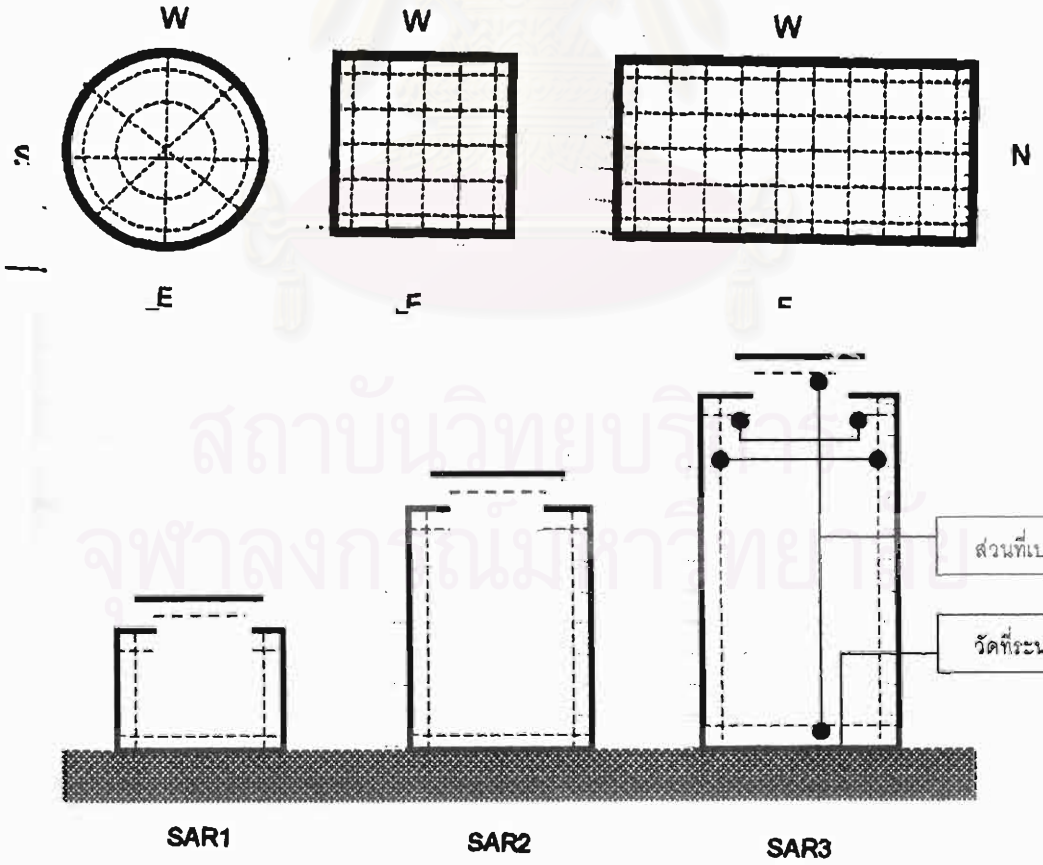
การตั้งหุ่นจำลองที่มีค่า SAR ต่างกัน หรือหุ่นจำลองที่มีความสูงต่างกันนั้น ระดับของช่องแสงของหุ่นจำลองจะต้องอยู่ในระดับที่เท่ากันเพื่อให้มีระดับความเข้มของแสงที่ตกกระทบช่องแสงเท่ากัน หรือมี Lumen Input ที่เท่ากันนั่นเอง จึงจะสามารถเปรียบเทียบอิทธิพลขององค์ประกอบภายในที่ทำการศึกษาได้ การตั้งหุ่นจำลองที่มีความสูงต่างกันแต่ให้มีช่องแสงสูงระดับเดียวกันทำโดยการเปลี่ยนการหนุนฐานของหุ่นจำลอง



รูปที่ 3.3 แสดงการตั้งระดับช่องแสงของหุ่นจำลองเมื่อความสูงเปลี่ยนไป

3.2.3 **ตำแหน่งที่ทำการวัด**

ตำแหน่งที่ทำการวัดกำหนดให้จุดที่วัดความส่องสว่างอยู่ในระนาบนอน ทำการวัดทั่วผังพื้น โดยใช้ระบบ Grid system มีระยะห่างแต่ละจุดเท่ากับ 2.00 เมตร จุดที่อยู่ติดผนัง อยู่ห่างจากผนัง 1.00 เมตรเนื่องจากจะได้รับผลจากการสะท้อนของผนัง สำหรับ Atrium ที่มีผังพื้นแบบวงกลม การกำหนดจุดที่วัดลากจากจุดศูนย์กลางออกมาเป็นรัศมี เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความส่องสว่างที่ระยะต่างๆ ส่วนระดับของความสูงที่วัด วัดที่ระดับพื้น ความสูง 0.00 เมตร (ระดับ Working plane) (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งการอ่านค่าปริมาณแสงและบริเวณที่ทำการเปลี่ยนค่าการสะท้อน

3.2.4 **เครื่องมือที่ใช้วัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง**

ใช้เครื่องมือวัดแสง มินอลต้า ลักซ์มิเตอร์ โดยติดตั้งตัวรับแสง (Sensor) ไว้ภายในหุ่นจำลอง ส่วนจอแสดงผลอยู่ภายนอก ซึ่งจะไม่มีผลกระทบต่อค่าความสว่างและการกระจายแสงภายในหุ่นจำลอง และติดตั้งตัวรับแสงไว้ที่ระดับพื้นของหุ่นจำลอง

การเก็บข้อมูลความสว่างที่จุดต่างๆตามที่กำหนดไว้ภายในหุ่นจำลองเพื่อให้ตำแหน่งที่เก็บข้อมูลมีความเที่ยงตรงและมีความสะดวก จึงได้ติดยึด ตัวรับแสงและสายของตัวรับแสงบนก้านกระดาษแข็งที่มีตำแหน่งสำหรับล็อคไว้อย่างพอดี พร้อมทั้งทำเครื่องหมายบอกตำแหน่งของตัวรับแสงที่ระยะต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากภายนอกหุ่นจำลอง

3.4.5 **ตำแหน่งการตั้งหุ่นจำลองภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง**

การตั้งหุ่นจำลองภายใต้สภาพท้องฟ้าจริงทำการทดสอบกลางที่โล่งแจ้ง ที่ไม่ถูกอิทธิพลการบังเงาจากต้นไม้ อาคารข้างเคียง รวมทั้งหลีกเลี่ยงการได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนแสงจากสภาพแวดล้อมอื่นที่จะทำให้ทิศทางของแสงที่ได้รับเปลี่ยนแปลงไป เช่น การสะท้อนจากอาคาร ยานพาหนะ เป็นต้น

การเทียบตำแหน่งของทิศกับการวางตำแหน่งของหุ่นจำลอง ใช้เข็มทิศเป็นอุปกรณ์ในการปรับตำแหน่งเพื่อให้ทิศทางของช่องแสง หุ่นจำลอง และตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีความถูกต้องแม่นยำ

3.3 สูตรคำนวณค่าทางเรขาคณิต

จากสูตรคำนวณอัตราส่วนในเชิงเรขาคณิตของ Atrium

Well Index = Well Height * [Well Length + Well Width] / 2 * Well Length * Well Width

= [1/2] * [H * (L + W) / L * W

เมื่อทำการวิเคราะห์สมการของอัตราส่วนเชิงเรขาคณิต WI เพื่อหาค่า WI ของ Well ที่มีผังพื้นแบบวงกลมจะพบว่า

H * (L+W) * 2 = พื้นที่ผนังด้านข้างทั้ง 4 ด้านของ Well ที่มีผังพื้นแบบสี่เหลี่ยม

ดังนั้น

H * (L+W) = 0.5 * พื้นที่ผนัง

L* W = พื้นที่ของผังพื้นของ Well

พื้นที่ผนังของ Well ที่มีผังพื้นแบบวงกลม $= 2\pi r * H = H * (L+W) * 2$

พื้นที่ของผังพื้นของ Well แบบวงกลม $= \pi r^2 = L * W$

ดังนั้น

Well Index ของ Well ที่มีผังพื้นแบบวงกลม $= [1/2] * [(0.5 * (2\pi r * H) / \pi r^2)]$

$= [0.25 * (2\pi r * H)] / [\pi r^2]$

โดยที่ r คือ รัศมีของวงกลม

W คือ Atrium Width

L คือ Atrium Length

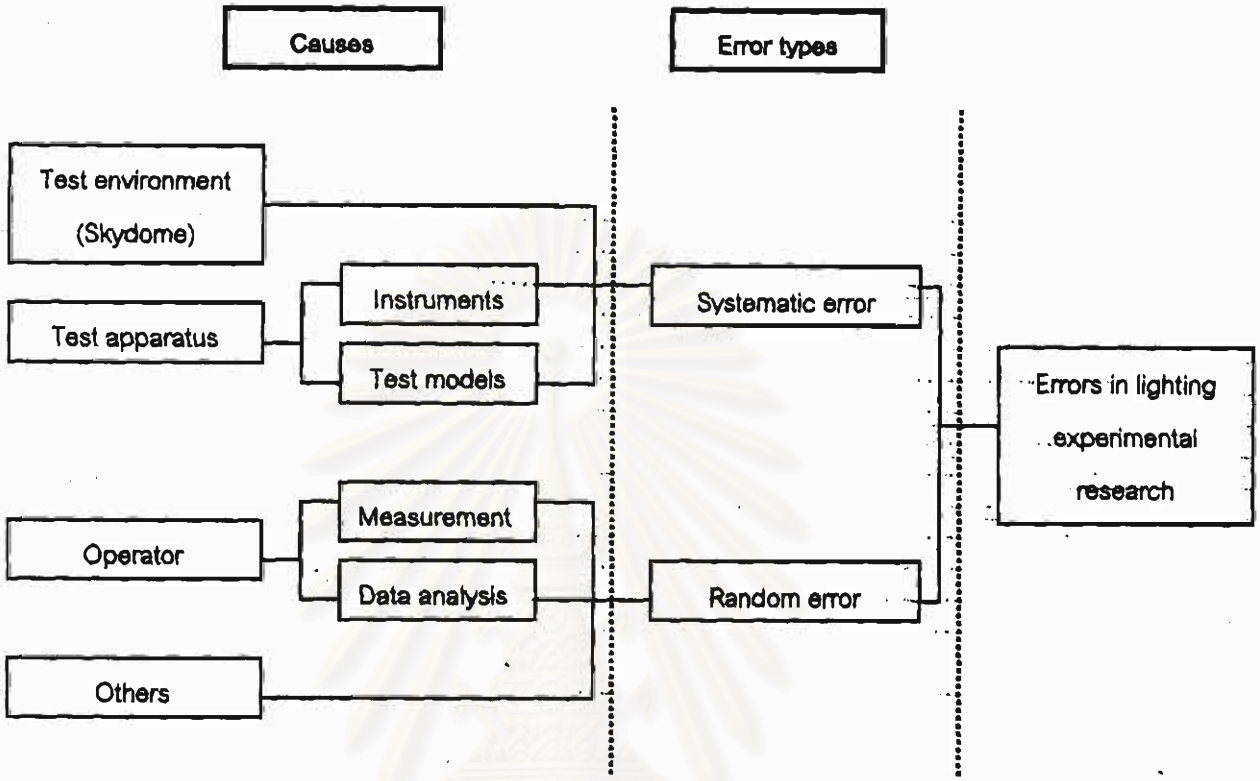
H คือ Atrium Hight

3.3 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในงานวิจัย

การวัดหรือการอ่านค่าต่างๆในการวิจัยมักมีการผิดพลาดต่างๆเกิดขึ้นเสมอ สำหรับในกรณีการศึกษาครั้งนี้ความผิดพลาดที่คำนึงถึงเป็นประเด็นหลัก คือ ความผิดพลาดที่อาจเกิดจากเครื่องมือวัดแสง และวิธีการใช้เครื่องมือเหล่านี้ วิธีการปรับเครื่องมือให้มีความถูกต้องในการอ่านค่าเปรียบเทียบเครื่องมือวัดแสงเป็นขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนแต่มีความน่าเชื่อถือ ปัญหาที่เกี่ยวกับขั้นตอนเฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย ปัญหาเกี่ยวกับการวัดค่าการสะท้อนแสง และปัญหาเกี่ยวกับหุ่นจำลองที่ใช้ทดสอบจะถูกนำมากล่าวถึงตามลำดับ

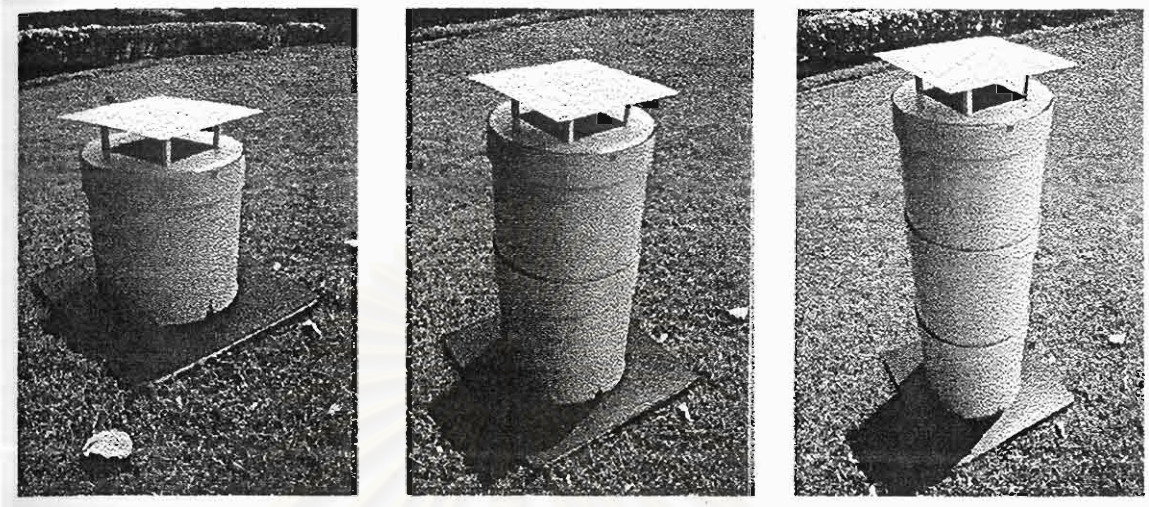
หากจะแบ่งประเภทของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic Error หรือ Fixed Error) และความคลาดเคลื่อนเชิงการสุ่ม (Random Error หรือ Precision Error)

ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic Error) คือ ความคลาดเคลื่อนที่ผิดพลาดไปจากค่าจริง อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าจริง แต่เป็นไปอย่างคงที่สม่ำเสมอในขั้นตอนการวัด และเกิดขึ้นกับกรณีศึกษาทั้งหมดจึงมีผลต่อกลุ่มตัวอย่างอย่างเท่าเทียมกัน สาเหตุของความคลาดเคลื่อนเชิงระบบนี้ขึ้นกับวิธีการปรับความเที่ยงตรงในการอ่านค่าของเครื่องมือ ความคงที่ของสภาพแวดล้อมที่ใช้ทำการทดสอบ เป็นต้น ส่วนความคลาดเคลื่อนเชิงการสุ่ม (Random Error) คือ ตัวแทนของความผิดพลาดที่มีความคลาดเคลื่อนอย่างไม่คงที่ บางครั้งมากกว่าค่าจริง บางครั้งน้อยกว่าค่าจริงคละกัน ต่างจากความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ ความคลาดเคลื่อนเชิงการสุ่มจะเกิดขึ้นกับกรณีศึกษาเพียงบางกลุ่ม แต่ละกรณีศึกษาได้รับผลกระทบไม่เท่ากัน และไม่สัมพันธ์ซึ่งกันและกันด้วย สาเหตุของความคลาดเคลื่อนเชิงการสุ่มยากที่จะชี้เฉพาะลงไป บางครั้งอาจมาจากผู้ดำเนินการทดลองในการวัด การวิเคราะห์ข้อมูล หรือมาจากสาเหตุอื่นๆ



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงความคลาดเคลื่อนของการทดลองในเรื่องแสง

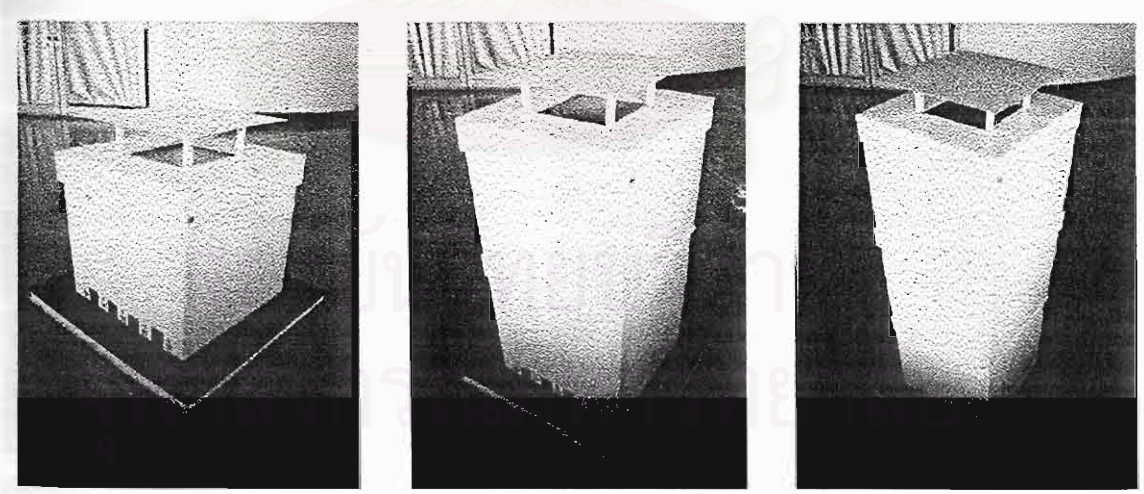
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของช่องเปิดด้านบน



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.6 แสดงหุ่นจำลอง Atrium ผังพื้นวงกลม

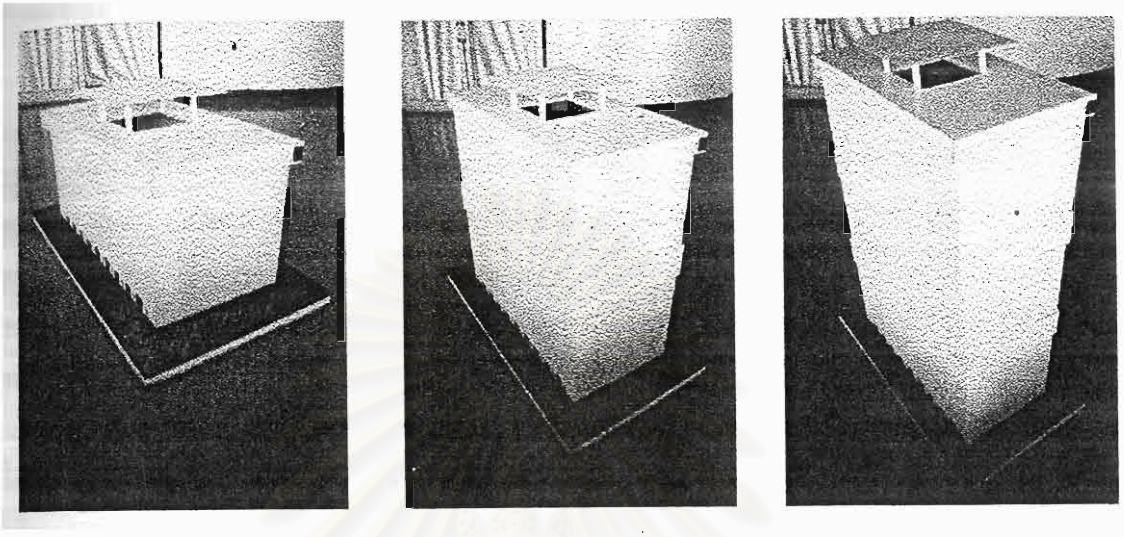
(ก) SAR1 (ข) SAR2 (ค) SAR3



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.7 แสดงหุ่นจำลอง Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

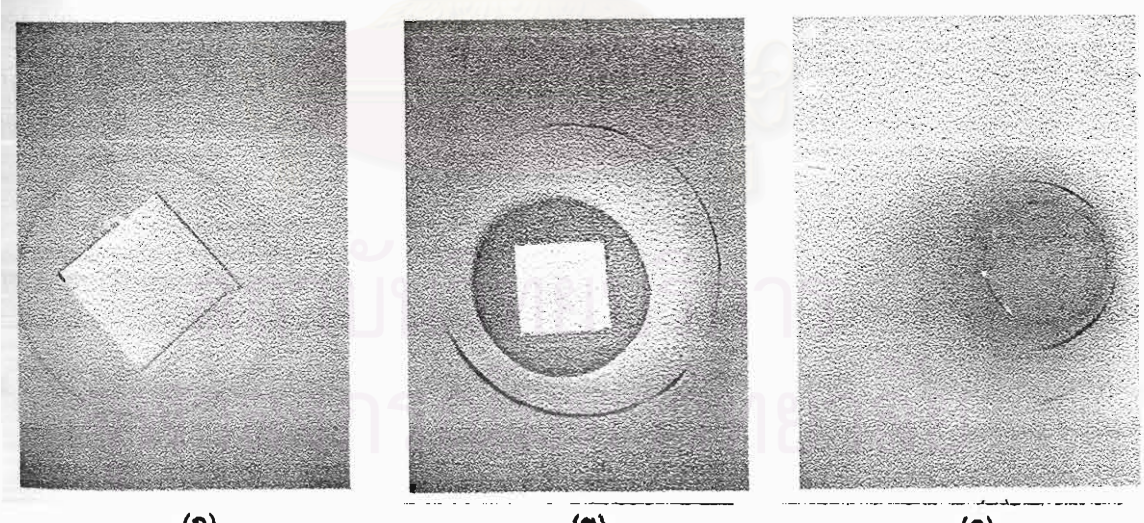
(ก) SAR1 (ข) SAR2 (ค) SAR3



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.8 แสดงหุ่นจำลอง Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

(ก) SAR1 (ข) SAR2 (ค) SAR3



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.9 แสดงภาพภายใน Atrium ผังพื้นวงกลม

(ก) มุมเงยชี้นทางช่องแสง SAR1 (ข) มุมเงยชี้นทางช่องแสง SAR2 (ค)มุมมองลงผังพื้น SAR3