

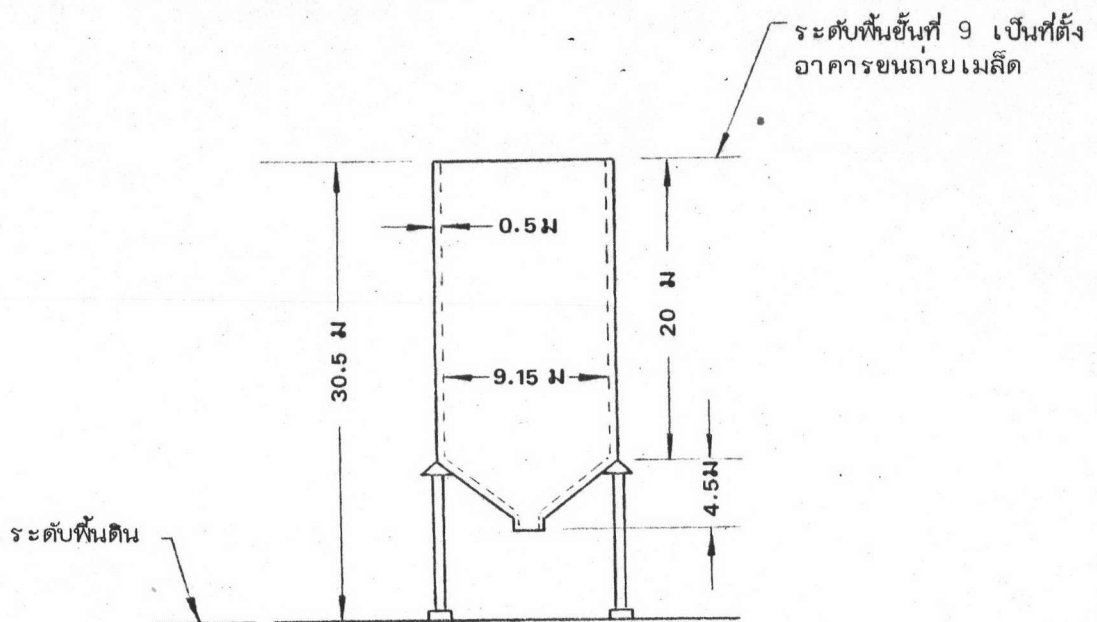
การออกแบบระบบผลิตอากาศร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับกรรมวิธีในการอบ

กรรมวิธีการอบแห้งที่สำคัญคือ การนำพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในการระเหยของความชื้นในเมล็ดข้าวโพดมาให้กับอากาศ ในขณะที่อากาศผ่านเมล็ดข้าวโพดที่ขึ้นนี้ความร้อนส่วนมากของความร้อนจำนวนนี้จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นความร้อนแฝงเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำในเมล็ดข้าวโพดให้เป็นไอน้ำ ซึ่งจะทำให้ปริมาณไอน้ำในอากาศเพิ่มขึ้น แล้วนำส่วนของไอน้ำที่ออกไปโดยอาศัยอากาศเป็นตัวพาความร้อนและรับเอาไอน้ำส่วนนี้ออกไปซึ่งทำให้ความชื้นในเมล็ดข้าวโพดลดลง พลังงานความร้อนที่อากาศเป็นตัวพาไปนี้ได้มาจากการเผาไหม้ของน้ำมันกับอากาศที่อาคารเผาไหม้แล้วอากาศที่ร้อนนี้จะเข้าไปสู่ห้องอบแห้ง พลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบของโรงงานตัวอย่างมีเป็นปริมาณมากคือประมาณ 42 ล้านกิโลจูลต่อชั่วโมง ส่วนพลังงานที่คาดว่าจะได้จากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีปริมาณน้อย ดังนั้นส่วนของพลังงานที่คาดว่าจะได้จากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะทดแทนพลังงานหลัก ดังนั้นส่วนของพลังงานจำนวนนี้จึงเป็นเพียงพลังงานเสริมเท่านั้น แผงรับแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการให้ความร้อนกับอากาศควรจะเป็นแบบ Air Collector คือเป็นแผงรับแสงอาทิตย์ที่ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนออกจากแผงรับแสงอาทิตย์และอากาศร้อนส่วนนี้จะถูกดูดส่งเข้าไปยังอาคารเผาไหม้ ซึ่งอากาศร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงและที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์จะถูกดูดเข้าไปยังส่วนอบแห้งของห้องต่อไป

วัตถุประสงค์ของบทนี้ก็เพื่อที่จะให้ทราบถึงลักษณะการออกแบบระบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถนำประโยชน์ของพลังงานที่ได้รับไปใช้ในกรรมวิธีของการอบแห้ง โดยการออกแบบจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ขนาดของหลังคา กิต์ทางของแสง ตำแหน่งของหลังคาและห้องอบ เป็นต้น

การศึกษาผังของโรงงาน

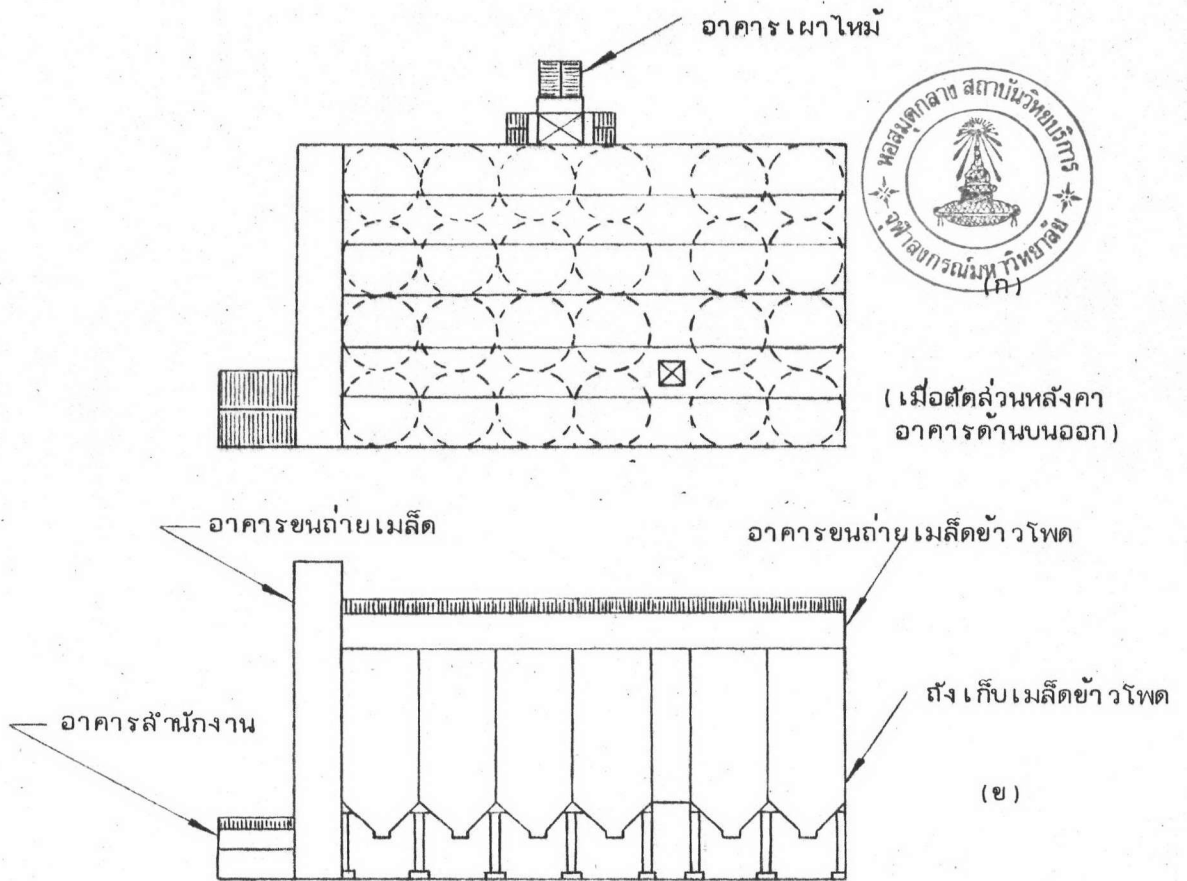
โรงงานที่ศึกษานี้ตั้งอยู่ที่ตำบลลำโรงใต้ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ (จากแผนที่ประมาณว่าอยู่ที่เส้นรุ้ง  $13^{\circ} 39'$  เหนือ เส้นแวงที่  $100^{\circ} 33' 48''$  ตะวันออก นับจากเมือง Greenwich) โรงงานประกอบด้วยอาคาร 1 หลัง และถังเก็บเมล็ดข้าวโพด ซึ่งถังเก็บจะมีขนาดใหญ่และสูง ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของถังเก็บเมล็ดที่เป็นถึงรูปทรงกลม  
มาตราส่วน 1 : 500

รูปแบบของอาคารปฏิบัติงานจะอยู่ที่ส่วนด้านข้างของกลุ่มถังเมล็ดและอยู่ที่ส่วนบนของชั้นที่ 9 ซึ่งสร้างเป็นอาคารอยู่บนส่วนปากถังซึ่งจะครอบคลุมถึงทั้งหมดดังรูปที่ 4.2 นอกจากนี้ถังเก็บเมล็ดรูปทรงกลมแล้ว โรงงานยังใช้ประโยชน์ของช่องว่างระหว่างถังเป็นที่เก็บเมล็ดอีกด้วยเรียกว่า Star Bin ซึ่งมีความจุเมล็ดข้าวโพดขนาด 280 ตัน ต่อถัง โรงงานมีถังแบบนี้อยู่ 12 ถัง ส่วนถังกลมจะ

ลูเมนส์ไดต์ 1,100 ตัน ต่อถัง ซึ่งมีถังอยู่ 24 ถัง ดังรูปที่ 4.2 นี้

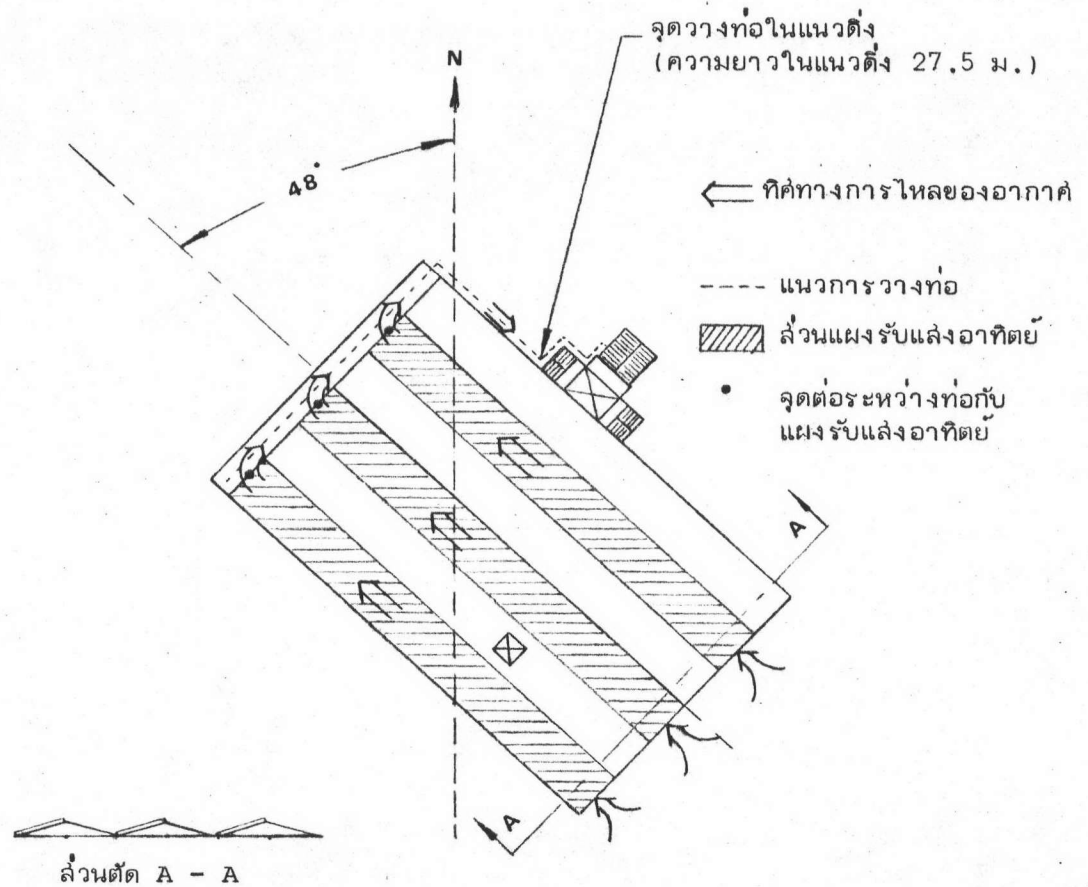


รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบอาคารของโรงงาน (ก) รูปด้านบน (ข) รูปด้านข้าง  
 มาตรการส่วน 1 : 1000

จากแผนผังของโรงงานแสดงถึงส่วนพื้นที่ของหลังคาบนอาคารชั้นที่ 9 ที่ สามารถจะนำแผง  
 รับแสงอาทิตย์แบบ Air Collector มาติดตั้งได้ อากาศจากตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะถูกดูดไหล  
 ผ่านท่อส่งอากาศไปยังพัดลมดูดอากาศที่ตั้งอยู่ใกล้ ๆ กับอาคารเผาไหม้ ต่อจากนี้อากาศร้อนที่ได้จาก  
 ตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์จะถูกส่งเข้าสู่อาคารเผาไหม้

การกำหนดตำแหน่งและลักษณะการติดตั้งของแผงรับแสงอาทิตย์

ในการกำหนดตำแหน่งของแผงรับแสงอาทิตย์นั้นจะต้องคำนึงถึงทิศทางของแสงเพราะแผงรับจะได้สามารถเก็บพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาใช้ให้เป็นประโยชน์จำนวนมากที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้ กรณีของการศึกษาโรงงานตัวอย่างนี้แผนผังของหลังคาอาคารชั้นที่ 9 จะถูกนำมาพิจารณาลักษณะทิศทางของแนวหลังคา ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงทิศทางของแนวหลังคา ส่วนที่ติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์และแนวการวางท่อน้ำอากาศจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์สู่ห้องเผาไหม้  
มาตราส่วน 1 : 1000

โดยลักษณะ โครงสร้างของหลังคาแบ่งได้เป็น 3 ช่วง ตามความกว้างของพื้นที่หลังคาซึ่งแต่ละช่วงหลังคาจะมีรูปทรงแบบหน้าจั่วที่มีมุมเอียง  $15^{\circ}$  ในการเลือกด้านลาดเอียงของหลังคาเพื่อติดตั้งแผงรับนั้นมีความเป็นไปได้ทั้ง 2 ด้าน แต่ในช่วงเวลาบ่ายนั้นอุณหภูมิของอากาศจะสูงกว่าในช่วงเวลาเช้า ดังนั้นจึงเลือกด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกในการติดตั้งแผงรับดังรูปที่ 4.3 ซึ่งจะทำให้สามารถติดตั้งแผงรับได้ 3 แถว โดยแต่ละแถวจะมีขนาดกว้าง 6.9 เมตร ยาว 62 เมตร ส่วนของหลังคาอีก 3 เมตร ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือจะถูกแปรสภาพไปเป็นแนววางท่อส่งอากาศจากแผงรับสู่ห้องเผาไหม้

#### การวางแนวท่อส่งอากาศและลักษณะท่อส่งอากาศ

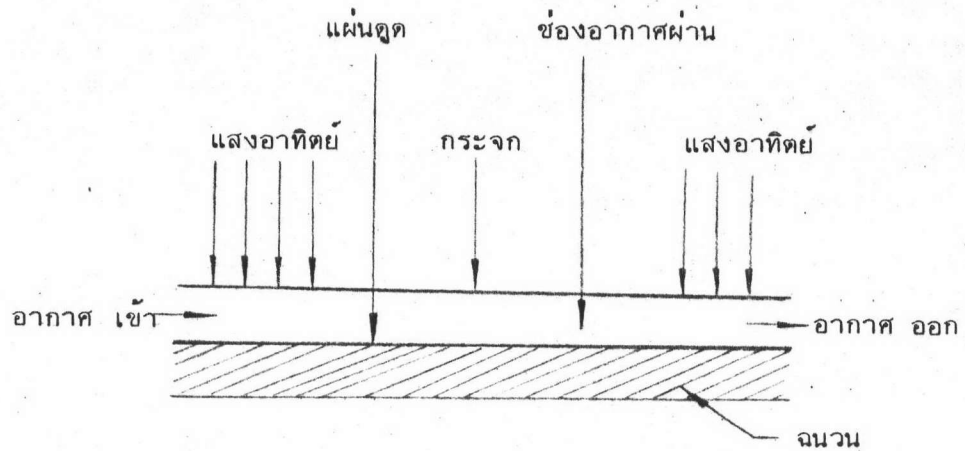
ในการกำหนดแนวทางของการวางท่อส่งอากาศจะยึดหลักการ เพื่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการผลักดันอากาศให้น้อยที่สุด ดังนั้นสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นตัวกำหนดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความเสียดทานจะถูกนำมาพิจารณา เช่น ความยาวของท่อส่งควรจะเป็นสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ จุดหักมุมของท่อส่งควรจะเป็นน้อยที่สุด และลักษณะรูปแบบการต่อท่อที่จุดต่อควรเป็นรูปแบบที่เกิดความเสียดทานน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากการพิจารณาดังกล่าวจึงได้กำหนดแนวการวางท่อส่งอากาศ ดังรูปที่ 4.3 โดยจัดวางท่อส่งอากาศ 3 ท่อ ซึ่งแต่ละท่อจะต่อเข้ากับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละแถว และพัดลมดูดอากาศจะถูกติดตั้ง เข้ากับท่อส่งอากาศแต่ละท่อเพื่อดูดอากาศจากแผงรับเข้าสู่ห้อง

ลักษณะ โครงสร้างของท่อส่งจะเป็นท่อที่สร้างขึ้นด้วยแผ่นสังกะสีที่มีความหนา 0.55 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นแผ่นสังกะสี No. 24 นำมาพับเป็นท่อสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร แล้วใช้ฉนวนป้องกันความร้อนสูญเสียคือ Glass Wool มาหุ้มท่อโดยใช้ความหนาขนาด 1 นิ้ว ซึ่งฉนวนนี้จะมีค่าการนำความร้อน 0.022 บี.ที.ยู./ซม.ฟุต<sup>๐</sup>ฟ. เมื่อหุ้มด้วย Glass Wool แล้วจะมีการหุ้มด้วย Aluminium Foil อีกชั้นหนึ่งเพื่อลดการแผ่รังสีความร้อนจากท่อส่งสู่บรรยากาศ

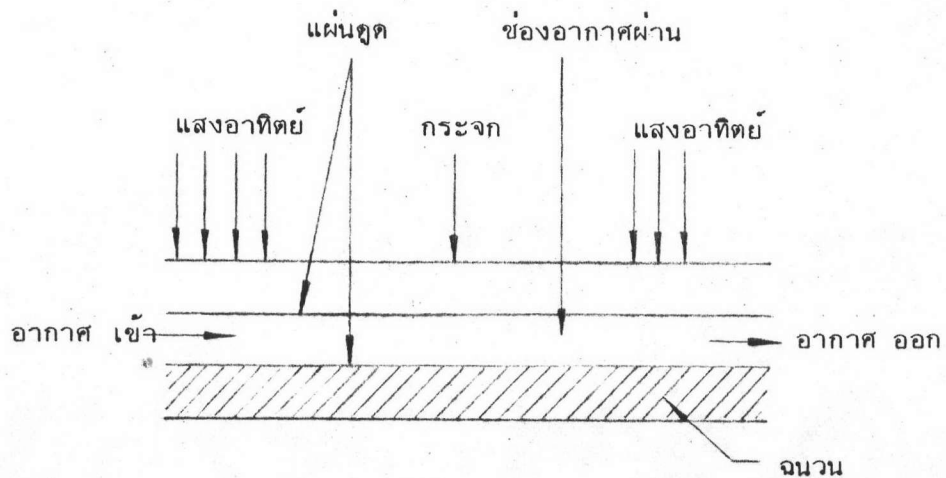
#### การกำหนดชนิดของแผงรับที่จะทำการศึกษา

จากการกำหนดขอบเขตของการวิจัยจะศึกษา เฉพาะตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการพาความร้อน (Air Collectors) ซึ่งจะศึกษาทั้งชนิดที่มีกระจกปิดกันหนึ่งชั้น และ

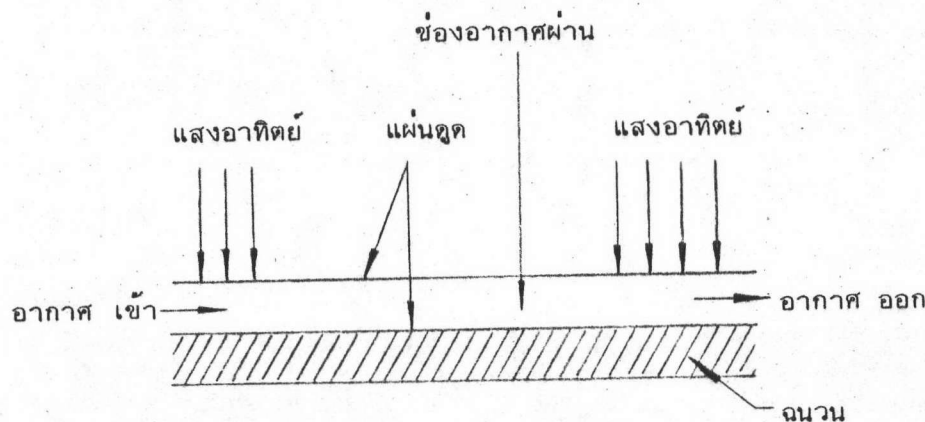
ชนิดที่ไม่มีกระจกปิดกัน ในการพิจารณาเลือกแบบนั้นจะพิจารณาแบบที่สามารถสร้างได้ง่าย ๆ และใช้วัสดุที่สามารถหาได้โดยทั่ว ๆ ไป ในการทำแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ อีกทั้งจะต้องเป็นรูปแบบที่สามารถสร้างรูปแบบทางการคำนวณ (Mathematical Model) ได้ เพื่อใช้ในการประมวลผลทางพลังงานโดยวิธี Computer Simulation จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น จึงได้ทำการกำหนดแบบของ Air Collectors ที่จะนำมาศึกษา ดังรูปที่ 14.4



(ก) แบบที่ 1 (TYPE D)



(ข) แบบที่ 2 (TYPE E)



(ค) แบบที่ 3 (TYPE E UNGLAZED)

#### รูปที่ 4.4 รูปลักษณะของ Air Collectors ที่ทำการศึกษา

แผงรับชนิดที่มีกระจกปิดกัน 1 ชั้น นั้น จะได้ทำการพิจารณาศึกษาถึงผลทางด้านพลังงาน และค่าใช้จ่ายในการลงทุนจากแบบของ Air Collectors 2 แบบ ดังในรูปที่ 4.4 (ก) แบบที่ 1 (Type D<sup>(10)</sup>) ซึ่งมีอากาศไหลผ่านระหว่างกระจกกับแผ่นดูดพลังงาน (ข) แบบที่ 2 (Type E<sup>(10)</sup>) ซึ่งมีอากาศไหลผ่านระหว่างแผ่นดูดพลังงานกับแผ่นดูดพลังงานแล้วมีกระจกปิดกันด้านบนอีก 1 ชั้น ส่วนแผงรับชนิดที่ไม่มีกระจกปิดกันนั้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.4 (ค) ซึ่งมีลักษณะเหมือนแบบที่ 2 เพียงแต่ไม่มีกระจกมาปิดกันด้านบนเท่านั้น

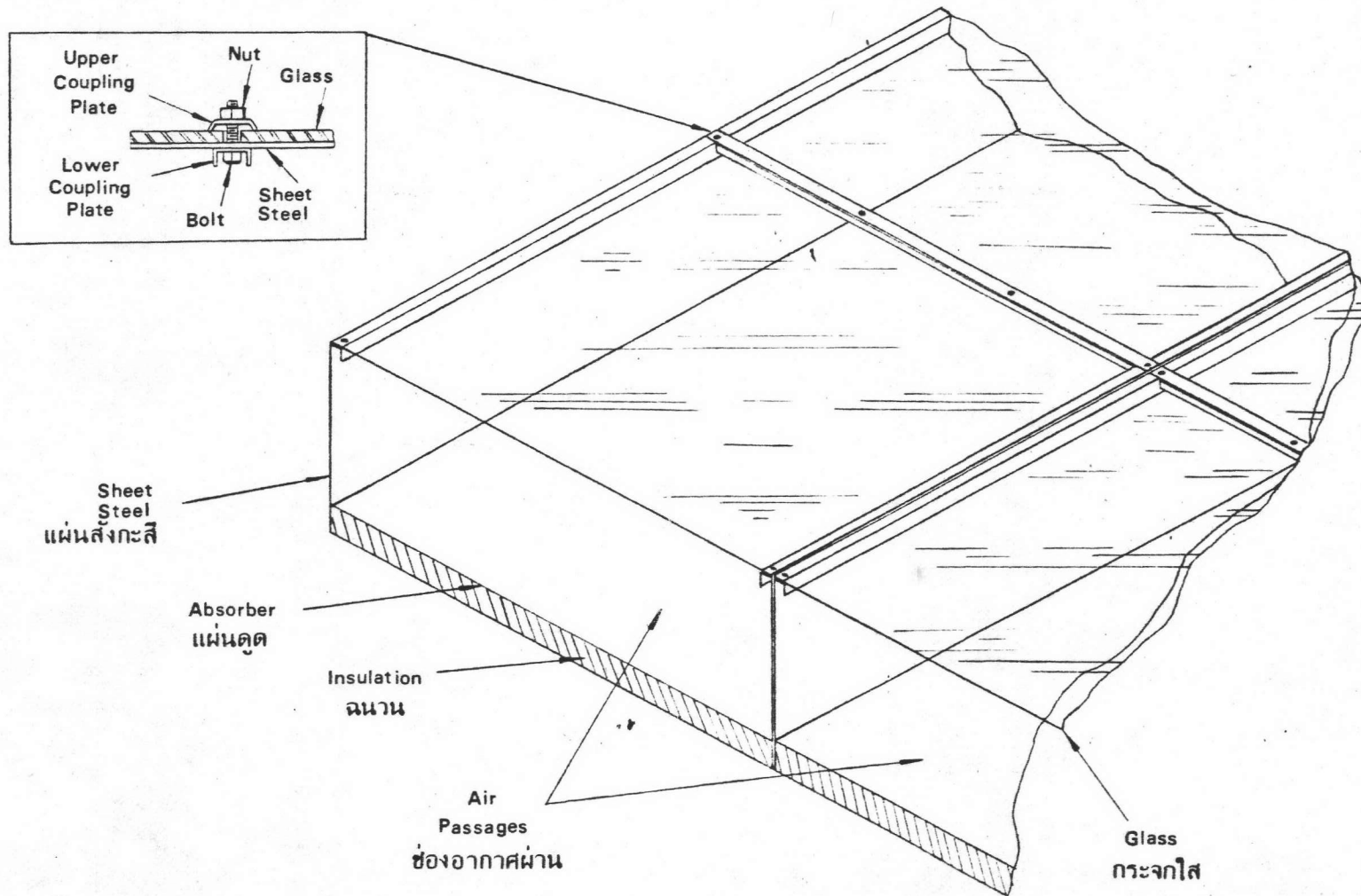
#### การเลือกวัสดุและกำหนดโครงสร้างของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

ในการเลือกวัสดุนั้นจะเลือกวัสดุที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ดีโดยทั่ว ๆ ไป และมีจำหน่ายในท้องตลาดในราคาที่ไม่สูงจนเกินไป ดังมีรายละเอียดในการเลือกวัสดุสำหรับใช้กับส่วนต่าง ๆ ของแผงรับดังนี้

กระจกปิดด้านบน	ใช้กระจกใสหนา 3 มม. ขนาดมาตรฐาน 36x42 นิ้ว ประมาณว่าค่า KL เท่ากับ 0.0483 เมื่อ KL คือผล คูณของสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียไปของกระจก K (ซม <sup>1</sup> ) กับระยะทางที่แท้จริงของรังสีที่ผ่านกระจก L (ซม)
แผ่นอุดพลังงาน	ใช้อลูมิเนียมเบอร์ 6063 ขนาด 1x1200x3600 มม.
ผิวแผ่นอุดพลังงาน	ใช้สีดำทาที่ผิวของแผ่นอุด ประมาณว่าค่าการดูดรังสีและ ค่าการปล่อยรังสี มีค่า 0.94 และ 0.94 หรือใช้ Black Chrome on Dull Nickel มีค่าการ ดูดรังสี และค่าการปล่อยรังสี 0.923 และ 0.085 ตามลำดับ (Nickel on Aluminum)
ฉนวนด้านหลัง	ใช้ Polyurethane Foam ที่มีความหนา 5 ซม. มีค่า การนำความร้อน 0.024 วัตต์/ม.°ซ. ขนาด 2x4 ฟุต
ตัวกล่องแผงรับ (CABINET)	ใช้แผ่นสังกะสี No. 24 มีความหนา 0.55 มม. ขนาด 4x8 ฟุต

โครงสร้างของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะถูกกำหนดโดยขนาดของวัสดุที่ใช้และชนิดของ  
แผงรับว่าจะมีรูปแบบใด แต่ลักษณะโครงสร้างโดยทั่ว ๆ ไป จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.5





รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะโครงสร้างของตัวกล่องแมงรับแสงอาทิตย์

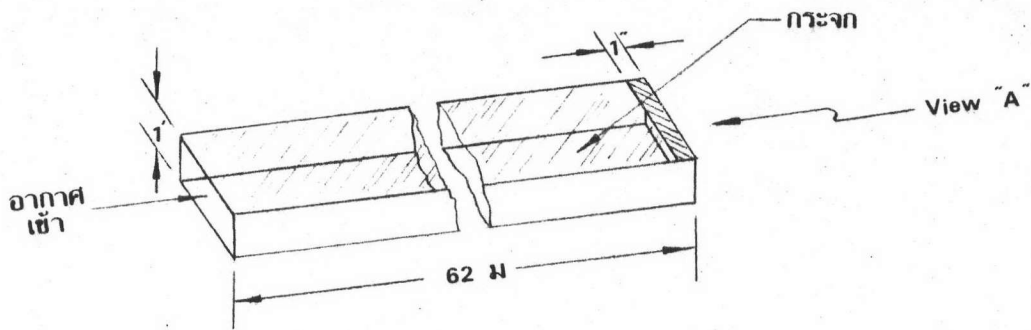
ตัวกล่องแผงรับนี้จะมียขนาดเท่าใดนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุที่จะนำมาใช้ประกอบเป็นตัวแผงรับพลังงานเช่น กระจกมียขนาด 36x42 นิ้ว มีราคาเหมาะสมกับการที่จะใช้งานและโดยที่แผงรับมียขนาดยาวมากวัสดุที่ใช้จะไม่ล้ามาารถหาได้ดังนั้นจึงต้องมีการต่อประกอบเป็นกล่องแผงรับเป็นช่วง ๆ ดังรูปที่ 4.5 ในกรณีศึกษาที่นี้แผงรับจะมีความกว้าง 6.9 เมตร ยาว 62 เมตร ดังนั้นถ้าแผงรับนี้เป็นแบบที่ 1 (Type D) ดังรูปที่ 4.4 ที่ตัวกล่องแผงรับถ้ากำหนดความยาวของกระจก 42 นิ้ว เป็นตัวกำหนดความกว้างของกล่องแผงรับ จะทำให้สามารถกำหนดจำนวนตัวกล่องแผงรับที่จะวางเรียงกันตามความกว้างเป็นจำนวน 6.5 แถว และจะต้องใช้กระจกเรียงต่อกันตามแนวยาวถึง 68 แผ่น สำหรับตัวกล่องแผงรับแต่ละแถว สิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวถึงนี้เป็นหลักการในการสร้างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อประโยชน์ในการใช้งานจริง ๆ ในทางปฏิบัติ

#### การกำหนดช่องว่างระหว่างแผ่นดูดของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

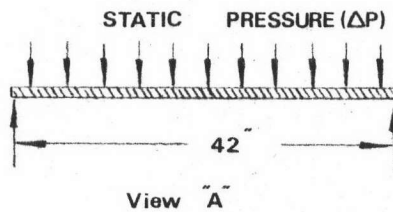
ในการกำหนดช่องว่างระหว่างแผ่น (Plate Spacing) เพื่อให้อากาศไหลผ่านไปนั้นมีความสำคัญต่อระบบทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ พลังงานที่ใช้ไปในการขับเคลื่อนอากาศ พลังงานที่สูญเสียเนื่องจากการนำความร้อน และที่สำคัญคือแรงกดบนกระจกแผงรับแสงอาทิตย์หรือแผ่นดูดเมื่อเป็นแบบไม่มีกระจกปิดกันอาจเกิดขึ้นในขนาดที่มากจนกระทั่งกระจกหรือแผ่นดูดไม่สามารถรับแรงกดเนื่องจากความดันบรรยากาศซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความดันภายในแผงรับต่ำกว่าความดันบรรยากาศ เมื่อมีการไหลของอากาศในแผงรับ ความดันที่กระทำบนกระจกก็คือ Static Pressure ที่เกิดขึ้นที่ช่องว่างระหว่างแผ่นในลักษณะ Negative Pressure นั้นเองจากการศึกษาพบว่าเมื่อกำหนดช่องว่างระหว่างแผ่นในขนาดเล็กลงจะทำให้เกิดความดันภายในแผงรับลดลงมากซึ่งจะทำให้เกิดแรงกดที่กระจกมากขึ้นด้วย อันจะเป็นผลทำให้กระจกเกิด Bending Stress สูงขึ้น และถ้า Bending Stress นี้สูงเกินขีดจำกัดของค่า Tensile Strength ของกระจก กระจกที่แผงรับนี้จะแตกในทันที และในการศึกษาเบื้องต้นยังพบอีกว่าเมื่อความดันที่ลดลงมียค่าน้อยพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนอากาศจะมีระดับต่ำด้วย ดังนั้นขนาดของช่องว่างระหว่างแผ่นที่เหมาะสมสำหรับแผงรับที่มีขนาดใหญ่ของระบบนี้จึงควรจะมีขนาดใหญ่ด้วย และในการศึกษาพบว่าขนาดของช่องว่างระหว่างแผ่นที่มีขนาด 1 ฟุต, 1 ฟุต 6 นิ้ว และ 1 ฟุต 11 นิ้ว มีขนาดที่เหมาะสมควรจะได้ทำการศึกษาถึงผลที่จะมีต่อระบบทั้งหมด

การศึกษา Bending Stress สูงสุดที่เกิดที่กระจกเมื่ออัตราความเร็วของอากาศในแผง มีค่าสูงสุดในทางปฏิบัติคือประมาณ 5 ม/ว และพิจารณาที่ส่วนของกระจกที่ช่วงสุดท้ายของความยาว ของแผงรับซึ่งเป็นส่วนที่ติดต่อกับท่อส่งอากาศซึ่งต่อมาจากพัดลมดูดอากาศ (Blower) ซึ่งจะมีความ ตันลดลงมากที่สุด และการพิจารณาจะศึกษาที่ขนาดของช่องว่างระหว่างแผ่นที่มีขนาด 1 ฟุต เพื่อ เป็นการหาค่า Bending Stress ที่สูงที่สุดที่จะเกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างขนาดของช่องว่าง ระหว่างแผ่นทั้ง 3 ขนาด ซึ่งการศึกษา Bending Stress และผลที่จะเกิดขึ้นในทางปฏิบัติจะเป็น ดังนี้คือ

ทำการคำนวณหาค่า  $\Delta P$  ที่กระทำบนกระจกดังรูปที่ 4.6



ก. แสดงส่วนที่พิจารณานกช่องแผงรับแสงอาทิตย์



ข. แสดงความดันบนกระจกที่พิจารณา

รูปที่ 4.6 แสดงความดันที่กระทำบนกระจกในส่วนที่พิจารณา

ค่าเฮดลอส (head loss) ( $\Delta h$ ) ในส่วนที่พิจารณาประกอบด้วย

เฮดลอสที่ทางเข้า (Entrance loss) เป็น Total Pressure

เฮดลอสจากความเร็ว (Velocity Pressure loss) ที่แผงรับแสงอาทิตย์

เฮดลอสจากความเสียดทาน (Friction loss) เป็น Static Pressure

ของช่องอากาศในแผงรับแสงอาทิตย์

เฮดลอสที่ทางเข้า คำนวณโดยสูตรดังนี้

$$\Delta h_t = 0.34 \left( \frac{V}{4005} \right)^2 \quad (4.1)$$

เฮดลอสจากความเร็ว คำนวณโดยสูตรดังนี้

$$\Delta h_v = \left( \frac{V}{4005} \right)^2 \quad (4.2)$$

เมื่อ  $\Delta h$  คือ loss มีหน่วยเป็นนิ้ว (inches of water) และ  $V$  คือความเร็วของอากาศที่ไหล มีหน่วยเป็น ฟุต/นาที ในสมการ (4.1) และ (4.2)<sup>(15)</sup>

เฮดลอสจากความเสียดทาน คำนวณโดยสูตรดังนี้

$$\Delta h = \frac{f_w^2 L P^2}{2 \times 9.8 \times 0.977 \times 1000 (3600)^2 A_x^3} \quad (4.3)$$

ซึ่งค่า Friction factor ( $f$ ) คำนวณโดยสูตร

$$N_{re} = \frac{4W}{0.021 \times 3.6P} \quad (4.4)$$

$$f = 0.0014 + \frac{0.125}{N_{re}^{0.32}} \quad (4.5)$$

เมื่อ  $\Delta h$  = loss มีหน่วยเป็นเมตรของน้ำ (ม.)

$W$  = อัตราการไหลของอากาศ (กก/ชม)

$L$  = ความยาว (ม.)

$P$  = เส้นรอบรูปของพื้นที่ส่วนตัดขวาง (ม.)

$$A_x = \text{พื้นที่ส่วนตัดขวางกับทิศทางของการไหล (ม<sup>2</sup>)}$$

ในสมการ (4.3) (4.4) และ (4.5)

ตัวอย่างการคำนวณค่าเฮดลอส ( $\Delta h$ ) โดยกำหนดค่า Parameter ดังนี้

$$V = 984.25 \text{ ฟุต/นาที (เท่ากับ 5 ม/ว)}$$

$$W = 5,690 \text{ กก/ชม}$$

$$L = 62 \text{ ม.}$$

$$P = 2.7432 \text{ ม.}$$

$$A_x = 0.3252 \text{ ม.}^2$$

ผลที่ได้จากการคำนวณโดยสมการ (4.1) ถึง (4.5) มีดังนี้

$$\text{เฮดลอสที่ทางเข้า} = 0.52 \text{ มม. (0.02047 นิ้ว)}$$

$$\text{เฮดลอสจากความเร็ว} = 1.53 \text{ มม. (0.06024 นิ้ว)}$$

$$\text{เฮดลอสจากความเสียดทาน} = 2.87 \text{ มม. (0.00287 ม.)}$$

$$\text{รวมเฮดลอส } (\Delta h) = 4.92 \text{ มม.}$$

คำนวณความดันที่กระทำบนกระฉก ( $\Delta P$ ) โดยสูตร

$$\Delta P = \Delta h \rho_m \frac{g}{g_c} \quad (4.6)$$

เมื่อ  $\Delta h$  = เฮดลอส (ม.)

$\rho_m$  = ความหนาแน่นของน้ำ (กก/ม<sup>3</sup>) และ

$\frac{g}{g_c}$  = Conversion factor (วัตต์/(กก.ม/ว)) ในสมการ (4.6)<sup>(14)</sup>

แทนค่าในสมการ (4.6)

$$\Delta P = \frac{4.92}{1000} \times 1000 \times 9.8 \quad \text{นิวตัน/ม}^2 \text{ หรือ ปาสคาล}$$

$$= 4.9 \times \frac{9.8}{6894.8} \quad \text{ปอนด์/นิ้ว}^2$$

$$= 0.00699309 \quad \text{ปอนด์/นิ้ว}^2$$

เพราะฉะนั้นแรงกดเนื่องจากความดันในส่วนที่พิจารณาจะมีขนาดเท่ากับ 0.00699309 ปอนด์/นิ้ว (เมื่อพิจารณาในแนวทิศทางเดียว)

จากความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$\text{น้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่} = \text{ความหนาแน่น} \times \text{ความหนา} \quad (4.7)$$

แทนค่าลงในสมการ (4.7)

$$\text{คำนวณแรงกดต่อหน่วยพื้นที่} = \frac{2.515 \text{ ก./ซม.}^3}{1000 \text{ ก./กก.}} \times \frac{0.3 \text{ ซม.}}{0.45359 \text{ กก./ปอนด์}} \times$$

$$6.4516 \frac{\text{ซม.}^2}{\text{นิ้ว}^2}$$

$$= 0.0107315 \text{ ปอนด์/นิ้ว}^2$$

เพราะฉะนั้นแรงกดเนื่องจากน้ำหนักของกระจกที่เป็นแถบส่วนที่พิจารณาเท่ากับ (เมื่อพิจารณาในแนวทิศทางเดียว) 0.0107315 ปอนด์/นิ้ว

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้นแรงกดที่แถบของกระจกส่วนที่พิจารณาจะเป็น} &= 0.00699309 + 0.0107315 \\ &= 0.0177245 \text{ ปอนด์/นิ้ว} \end{aligned}$$

คำนวณความเค้นเนื่องจากการโก่งงอ (Bending Stress) ที่เกิดจาก Uniform load ที่กระทำบนแถบของกระจก

$$\text{โมเมนต์เนื่องจากการโก่งงอสูงสุด} = \frac{wl^2}{8 \times 12} \quad (4.8)$$

(Maximum Bending Moment  $M_{\max}$ )

เมื่อ  $W = \text{Uniform load (ปอนด์/นิ้ว)}$  และ  $l = \text{ความยาวของ beam (นิ้ว)}$

ในสมการ (4.8)<sup>20</sup>

แทนค่าในสมการ (4.8)

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{0.0177245 (42)^2}{8 \times 12} \\ &= 0.325692 \text{ ฟุต-ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\text{ความเค้นเนื่องจากการโก่งงอสูงสุด} = \frac{6M}{bh^2} \quad (4.9)$$

(Maximum Bending Stress)

เมื่อ  $M$  = โมเมนต์เนื่องจากการโก่งงอสูงสุด (นิ้ว-ปอนด์)

$b$  = ความกว้างของ beam (นิ้ว) และ

$h$  = ความสูงของ beam (นิ้ว)

ในสมการ (4.9) <sup>(20)</sup>

แทนค่าในสมการ (4.9)

$$\begin{aligned} \text{ความเค้นเนื่องจากการโก่งงอสูงสุด} &= \frac{6 \times 12 \times 0.325692}{1 \times \left(\frac{3}{25.4}\right)^2} \quad \text{ปอนด์/นิ้ว}^2 \\ &= 1681 \quad \text{ปอนด์/นิ้ว}^2 \end{aligned}$$

โดยที่กระจกมีขีดจำกัดค่า Tensile Strength 1000 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>

ดังนั้นจะต้องกำหนดช่วงรับแรงกดของกระจกให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดความเค้นเนื่องจากการโก่งงอ ไม่มากกว่า 1000 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup>

แทนค่าในสมการ (4.9)

$$M = \frac{1000(1) \left(\frac{3}{25.4}\right)^2}{6 \times 12} \quad \text{ฟุต-ปอนด์}$$

แทนค่า  $W$  และ ค่า  $M$  ที่ได้ในสมการ (4.8)

$$l^2 = 12 \times 8 \frac{M}{W}$$

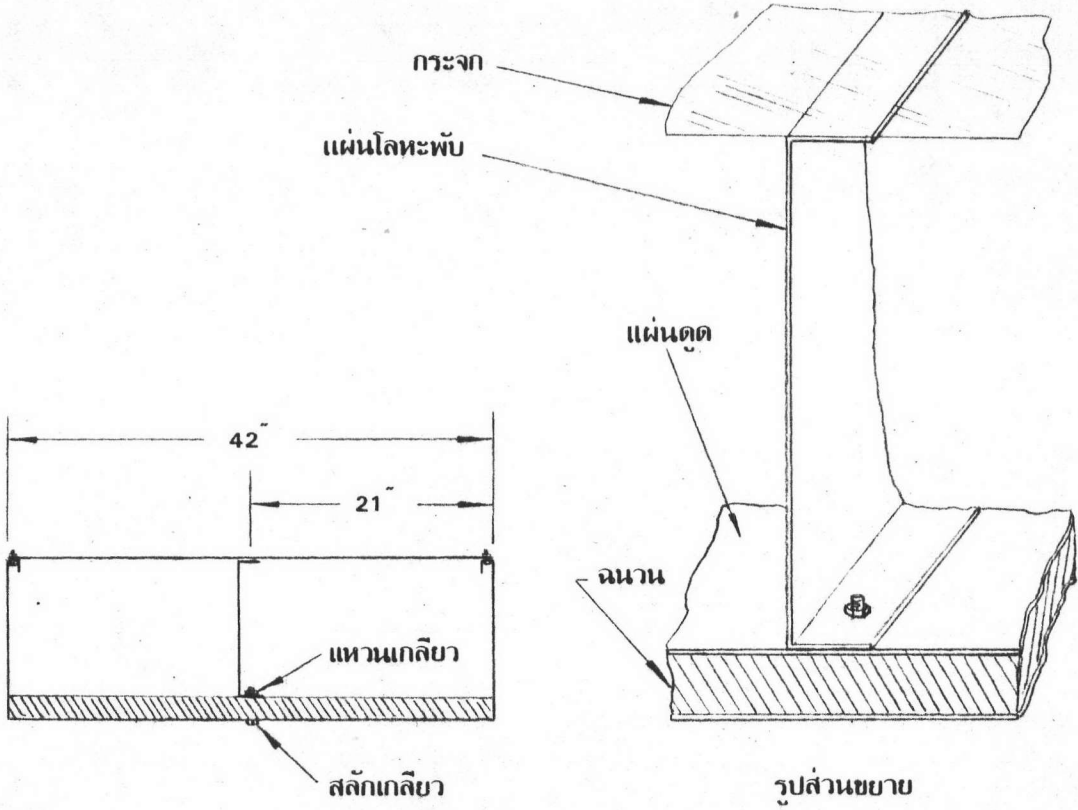
เพราะฉะนั้น ช่วงรับแรงกดทางการคำนวณจะเป็น

$$l = 32.39 \quad \text{นิ้ว}$$

ในทางปฏิบัตินั้นจะใช้แผ่นโลหะพับเพื่อทำเป็นเสารับน้ำหนักกดของกระจกเป็นช่วง โดยจะให้ช่วงรับน้ำหนักห่างกัน 21 นิ้ว ซึ่งก็ต้องตั้งเสาที่จุดกึ่งกลางช่องการไหลของอากาศของแผงรับ และวางตลอดแนวความยาวของแผงรับด้วย (ค่าความเค้นเนื่องจากการโก่งงอที่เกิดที่กระจก

จะไม่ถึง 1000 ปอนด์/นิ้ว<sup>2</sup> เพราะมีช่วงรับแรงกดสั้นกว่าที่คำนวณได้) ดังรูปที่ 4.7

สำหรับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ไม่มีกระจกมาปิดกั้นนั้น ในการศึกษาวิจัยคือแผงรับแบบที่ 3 (Type E Unglazed) ซึ่งแผ่นอลูมิเนียมจะถูกใช้เป็นส่วนดูดพลังงานและเป็นแผ่นที่ปิดกั้นด้านบนของแผงรับแทนกระจก ถึงแม้ว่าแผ่นอลูมิเนียมจะมี Tensile Strength สูง แต่ในทางปฏิบัติจะกระทำในลักษณะเดียวกันกับการใช้กระจกเป็นแผ่นปิดกั้นโดยการใช้เส้นรับที่กึ่งกลางช่องการไหลของอากาศที่ตัวกล่องแผงรับเพื่อมิให้เกิดการแอ่นตัวของแผ่นอลูมิเนียมด้านบนของกล่องแผงรับ



รูปที่ 4.7 รูปตัดของกล่องแผงรับแสดงตำแหน่งและลักษณะของเส้นรับ

