การระบายอากาศของห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Room Ventilation)

โดย ศาสตราภิชาน ทวี เวชพฤติ
ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10300

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ได้มีการศึกษา และพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านการออกแบบระบบปรับอากาศ และระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาล (Health-Care) โรงพยาบาลหรือคลินิก (Hospital and Clinics) เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคทางอากาศของสถานที่ต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ในบทความนี้จะกล่าวถึง การระบายอากาศและการควบคุมความดันของห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Room Ventilation and Pressurization Control) ทั้งนี้ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันคนไข้กระจายเชื้อโรคที่เป็นอยู่ออกไปติดต่อผู้อื่นหรือ เพื่อป้องกันคนไข้ติดเชื่อโรคที่แพร่เข้ามาจากแหล่งอื่นๆ เป็นต้น นอกจากนี้จะพิจารณาเฉพาะการแพร่กระจายหรือการติดเชื้อโรคทางอากาศ (Airborne Transmission) เท่านั้น

2. เชื้อโรคสภาพแวดล้อมของสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาล

สถานพยาบาลหรือโรงพยาบาลจะมีเชื้อโรคอยู่ 4 ประเภท คือ ไวรัส (Virus) แบคทีเรีย (Bacteria) เชื้อรา (Fungus) ปาราสิต (Parasites) และโปรโตซัวหรือสัตว์เซลเดียว (Protozoa) ปนเปื้อนให้เกิดการติดโรคได้ อยู่ในรูปแบบหลายอย่าง เช่น เป็นละออง (Droplet Transmission) อยู่ในอากาศ (Airborne Transmission) หรือการสัมผัสผู้ป่วยโดยตรง (Contact Transmission)

เราจะเห็นว่าผู้ที่อยู่ในอาคารของสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาลนั้นมีโอกาสติดเชื้อโรคที่ส่งผ่านมากับอากาศได้ง่าย (Airborne Infection Transmission) โดยผู้ป่วยนั้นถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดของเชื้อโรคในโรงพยาบาล ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้ป่วยคนอื่นๆ แพทย์ พยาบาล และเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล เชื้อโรคที่ติดต่อในโรงพยาบาลโดยการแพร่เชื้อทางอากาศได้ง่าย เช่น วัณโรคปอด (TB, Tuberculosis) หัด (Measles) หัดเยอรมัน (German measles) อีสุกอีใส (Chicken Pox) ฯลฯ เป็นต้น

3. การแบ่งกลุ่มของห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Rooms)

ระบบของห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation System) นั้นแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

3.1 ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวที่มีความดันในห้องเป็นลบ (Negative Pressure Isolation Rooms)

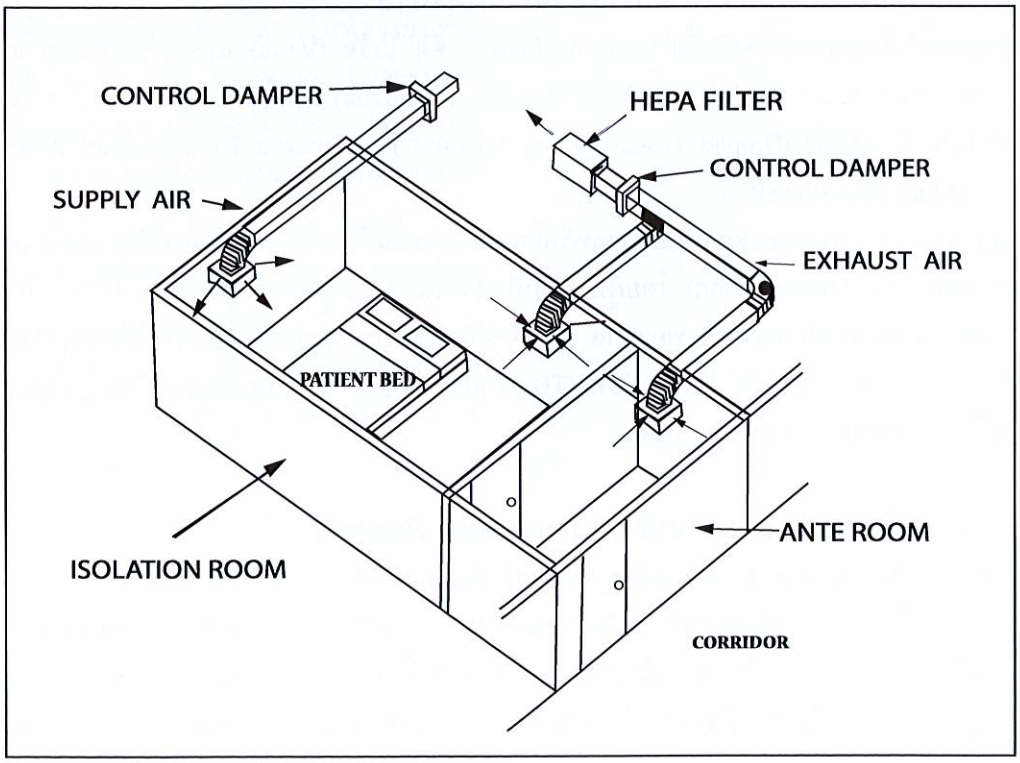
3.2 ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวที่มีความดันในห้องเป็นบวก (Positive Pressure Isolation Rooms)

3.3 ห้องปฏิบัติการที่มีระดับต่างๆ ของขั้นอันตรายทางชีวภาพ (Multi-Level Biohazard Laboratories)

สำหรับบทความนี้จะกล่าวเฉพาะหัวข้อ 3.1 และหัวข้อ 3.2 คือ ห้องแยกคนไข้แบบเดี่ยวที่มีการควบคุมความดันในห้องให้เป็นบวก (Positive Pressure) หรือ ให้ความดันเป็นลบ (Negative Pressure) เท่านั้น

หลักการเบื้องต้นในการออกแบบห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Room) โดยมีการควบคุมความดัน (Pressure) ดังแสดงในรูปที่ 1 (3-มิติ) จากรูปที่ 1 จะเห็นว่ามีห้องพักก่อน (Ante Room) ซึ่งกั้นอยู่ระหว่างช่องทางเดิน (Corridor) กับห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Room) ในรูปภาพจะแสดงให้เห็นการเดินท่อลมส่ง (supply air) จะส่งลมเข้าสู่ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Room) และจะมีท่อลมดูดอากาศทิ้ง (Exhaust Duct) ดูดอากาศทิ้งจากห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวและห้องพักก่อน โดยท่อดูดอากาศทิ้งแต่ละท่อจะมาร่วมกันเป็นท่อเมนต์ผ่านลิ้นควบคุมปริมาณลม (Control Damper) และผ่านแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ในการปรับความแตกต่างของปริมาณอากาศที่ส่งเข้าห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว และปริมาณอากาศของอากาศที่ดูดทิ้งจากห้องแยกเดี่ยวและห้องพักก่อนนั้นจะสามารถทำให้เกิดความดันในห้องทั้งสองให้มีความดันของห้องมีค่าความดันเป็นบวกหรือมีค่าความดันเป็นลบได้ตามต้องการเมื่อเปรียบเทียบกับห้องข้างๆทั้งสองห้อง (Isolation room & Ante room) ในรูปภาพที่ 1 จะเกิดการไหลของอากาศระหว่างห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Room) กับห้องพักก่อน (Ante Room) โดยผ่านช่องว่าง (gaps) รอบๆ ประตูที่กั้นระหว่างห้องทั้งสอง ในกรณีที่ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวมีความดันในห้องเป็นบวก อากาศจะไหลจากห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวไปยังห้องพักก่อน โดยมีอากาศบางส่วนในห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวถูกดูดทิ้งออกไปทางท่อลมดูดอากาศทิ้ง และบางส่วนอากาศจะถูกดันไหลออกจากห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวผ่านช่องว่าง (gaps) รอบๆ ประตูห้อง และอากาศบางส่วนก็จะไหลผ่านประตู (ที่ติดกับทางด้าน) ออกนอกห้องพักก่อน (Ante Room) ไปยังส่วนทางเดิน (Corridor)

ในกรณีที่ต้องการให้ห้องทั้งสองมีความดันเป็นลบ (Negative Pressure) อากาศจะไหลจากห้องพักก่อน (Ante Room) ผ่านประตูหรือช่องว่าง (gaps) รอบประตูไปยังห้องคนไข้แบบพักแยกเดี่ยว (Isolation Room) การควบคุมความดัน (Pressure Control) ให้ได้ตามที่ต้องการนั้นทำได้โดยการปรับลิ้นควบคุมปริมาณลม (Damper) ทางด้านท่อเมนต์ลมส่งและท่อเมนต์ลมดูดทิ้ง การควบคุม Damper นั้นอาศัยสัญญาณ (signal) จากอุปกรณ์ส่งถ่ายสัญญาน (Pressure Transducer) ซึ่ง

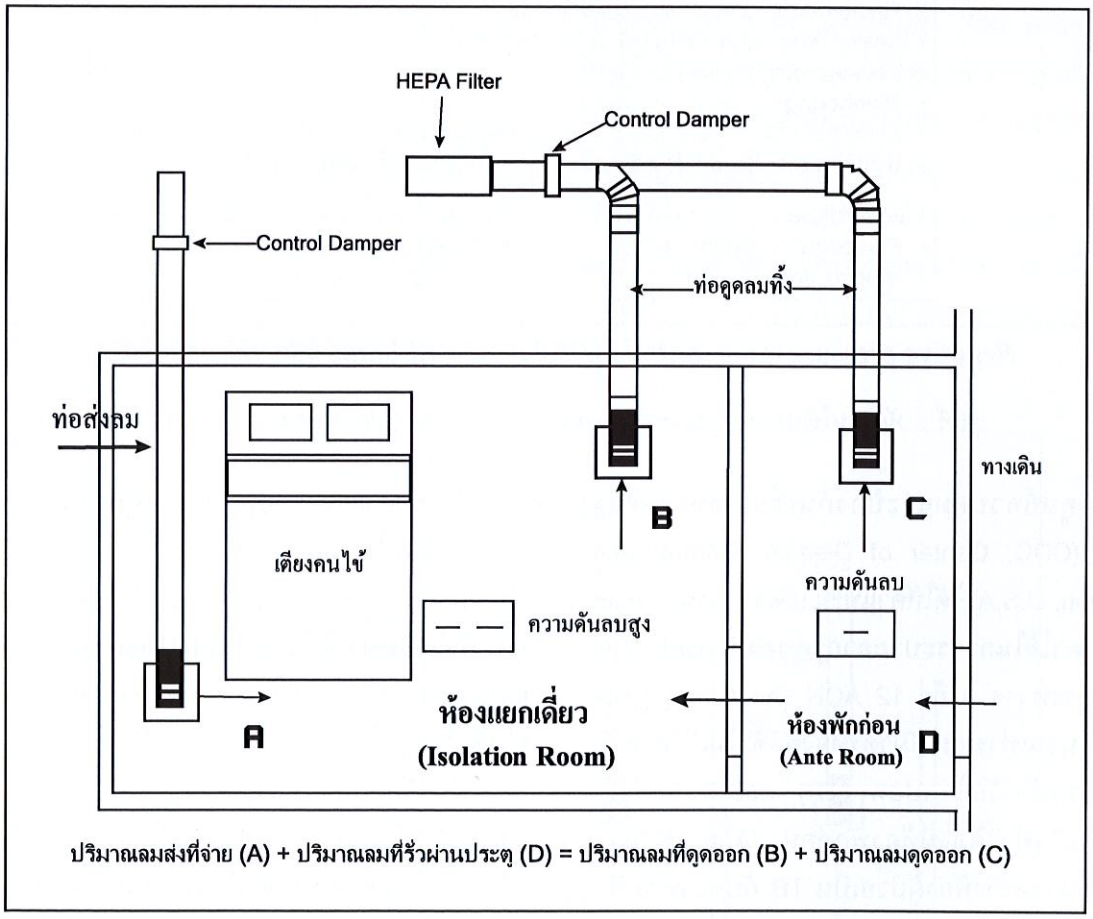


รูปที่ 1 แสดงการระบายอากาศของห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว และห้องพักก่อน (Ante Room)

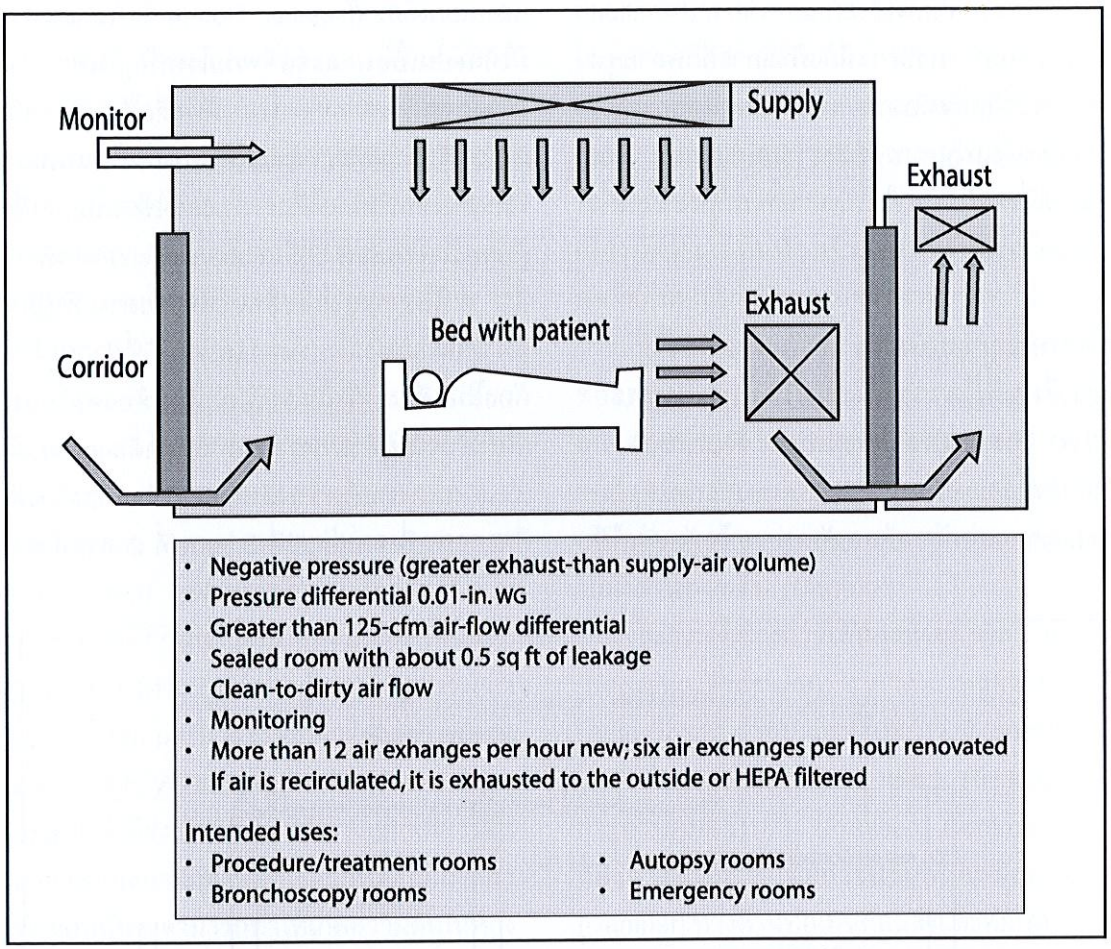
ติดตั้งอยู่ภายในห้องพักคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Room) อนึ่งนอกจากวิธีการนี้ยังมีวิธีการอีกหลายรูปแบบสำหรับการติดตั้งท่อลมส่งและที่ลมดูดอากาศทิ้ง รวมทั้งการติดตั้งแผ่นควบคุมลม (Dampers) และระบบควบคุมที่สามารถทำให้เกิดการควบคุมความดันตามที่เราต้องการได้

4. การออกแบบระบบอากาศของห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวที่มีความดันภายในห้องเป็นลบ (Negative Pressure Isolation Rooms)

ห้องแยกเดี่ยวที่มีความดันเป็นลบจะก่อให้เกิดการไหลของอากาศจากภายนอกห้องสู่ภายในห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Room) ดังนั้นจะช่วยป้องกันมิให้สิ่งปนเปื้อนและจุลชีพก่อโรคที่อยู่ในห้องแยกเดี่ยวไม่ให้แพร่กระจายออกไปยังห้องที่อยู่รอบๆ ห้องแยกเดี่ยว ตัวอย่างที่เราจะพบเห็นห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวที่มีความดันเป็นลบได้แก่ ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวของผู้ป่วยวัณโรคปอด (TB, Tuberculosis) การติดเชื่อ TB นี้ จะมีโอกาสสูงและติดต่อได้ง่ายสำหรับผู้อื่นที่เป็นผู้ทำงานในสถานพยาบาลและคนไข้ที่ป่วยอยู่ในบริเวณห้องใกล้เคียง ดังนั้นการออกแบบห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวสำหรับผู้ป่วย TB ต้องทำให้ถูกต้องและระมัดระวังเป็นพิเศษเพราะมีความสำคัญมาก ดังกล่าวข้างต้น ดูรูปที่ 2, แบบที่ 1 และรูปที่ 3, แบบที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวชนิดความดันในห้องมีค่าเป็นลบ (แบบที่ 1)



Negative-pressure room control for isolation of airborne infectious agents.

รูปที่ 3 ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวชนิดความดันเป็นลบ (แสดงรูปภาพตัดขวาง, แบบที่ 2)

ทางศูนย์ควบคุมและป้องกันเชื้อโรคของสหรัฐอเมริกา (CDC, Center of Disease Control and Prevention, U.S.A) ได้ให้คำแนะนำอัตราการนำอากาศภายนอกมาใช้ในการระบายอากาศของห้องมีปริมาณอากาศอยู่ระหว่าง 6 ถึง 12 ACH (Air Change per hour, จำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง) สำหรับห้องคนป่วยเป็นวัณโรคปอด (TB) และได้แนะนำว่าเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องมีห้องพักก่อน (Ante Room) เป็นห้องกั้นระหว่างห้องผู้ป่วยเป็น TB กับช่องทางเดินสัญจรทั่วไป (Corridor) รวมทั้งจำกัดผลกระทบของผู้คนที่สัญจรไปมาและการเปิดประตู อากาศที่ถูกดูดทิ้งออกจากห้องจะต้องไหลผ่านแผงกรองอากาศชนิดประสิทธิภาพสูงเรียกว่า HEPA Filter (High Efficiency Particulate Air) โดยเมื่ออากาศผ่านการกรองแล้วถึงจะถูกทิ้งออกไปสู่ภายนอกอาคารโดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่ออากาศภายนอกในธรรมชาติได้

ถ้าเราจะนำอากาศที่จ่ายลงมาที่ห้องมาหมุนเวียนกลับมาใช้อีกในห้อง เราจะต้องนำอากาศมาผ่านแผงกรองอากาศอีกครั้ง รวมทั้งต้องให้ผ่านแสงซึ่งมีรังสีอุตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อโรค (UVGI, Ultraviolet Germicidal Irradiation) หรือบางครั้งเราเรียกกันง่ายๆ ว่าหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค

สำหรับค่าความแตกต่างของความดันระหว่างกำแพงห้องที่ติดกันนั้น ควรให้มีค่าราว 0.01 in. w.g หรือ 2.5 ปาสคาล ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (isolation room) ที่มีค่าความดันภายในห้องเป็นลบต้องมีทิศทางการไหลของอากาศเข้ามาในห้อง ซึ่งในทางปฏิบัติจะต้องติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบความดันหรือทิศทางการไหลของอากาศที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนโดยติดตั้งที่หน้าประตูทางเข้าห้อง ในบางครั้งก็มีข้อกำหนดอย่างอื่น เช่น ต้องรักษาความเร็วลมที่ไหลสู่ห้องในอัตราความเร็ว 100 ฟุต/นาที หรือดูดอากาศออกไปทิ้ง 10% ของ

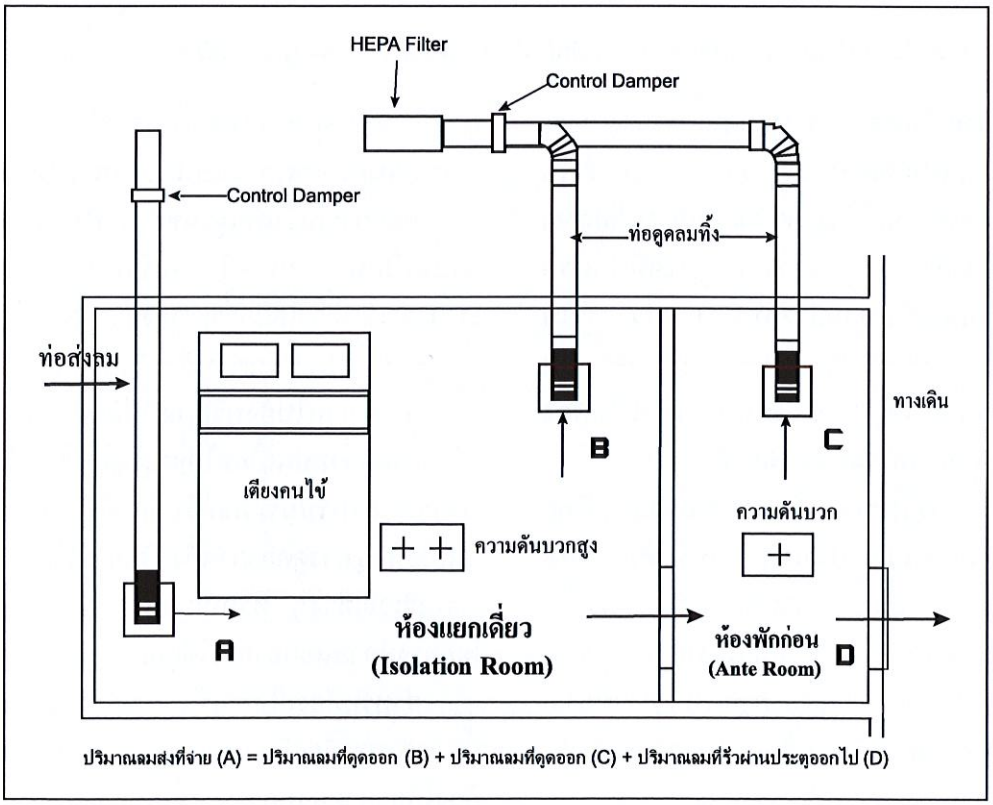
ปริมาณอากาศที่ส่งเป่าเข้ามาในห้อง หรือดูดอากาศออกทิ้งจำนวน 50 ลบ.ฟุต/นาที โดยจำนวนดูดทิ้งนี้ให้มากกว่าปริมาณอากาศที่ส่งเป่าเข้ามาในห้อง เช่น อากาศเป่าเข้ามาในห้องจำนวน x ลบ.ฟุต/นาที ให้ดูดอากาศทิ้งจำนวน x + 50 ลบ.ฟุต/นาที เป็นต้น ทั้งนี้ข้อกำหนดต่างๆ ที่แน่นอนจะขึ้นอยู่กับขนาดของห้องและการที่มีประตูทำได้ดีปราศจากรอยรั่วของอากาศผ่านประตู (air tightness)

จากรูปที่ 3 เป็นรูปแสดงห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวที่มีความดันเป็นลบ (เป็นรูปแนวตัดขวางของห้อง, แบบที่ 2) แสดงตำแหน่งเตียงผู้ป่วยและคนไข้ นอกจากนี้จะมีลูกศรแสดงทิศทางการไหลของอากาศ ซึ่งภาพนี้จะเห็นว่าการออกแบบห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวสามารถประยุกต์นำไปใช้กับห้องอื่นๆ ได้ เช่น ห้องผ่าตัด ห้องฉุกเฉิน ฯลฯ เป็นต้น

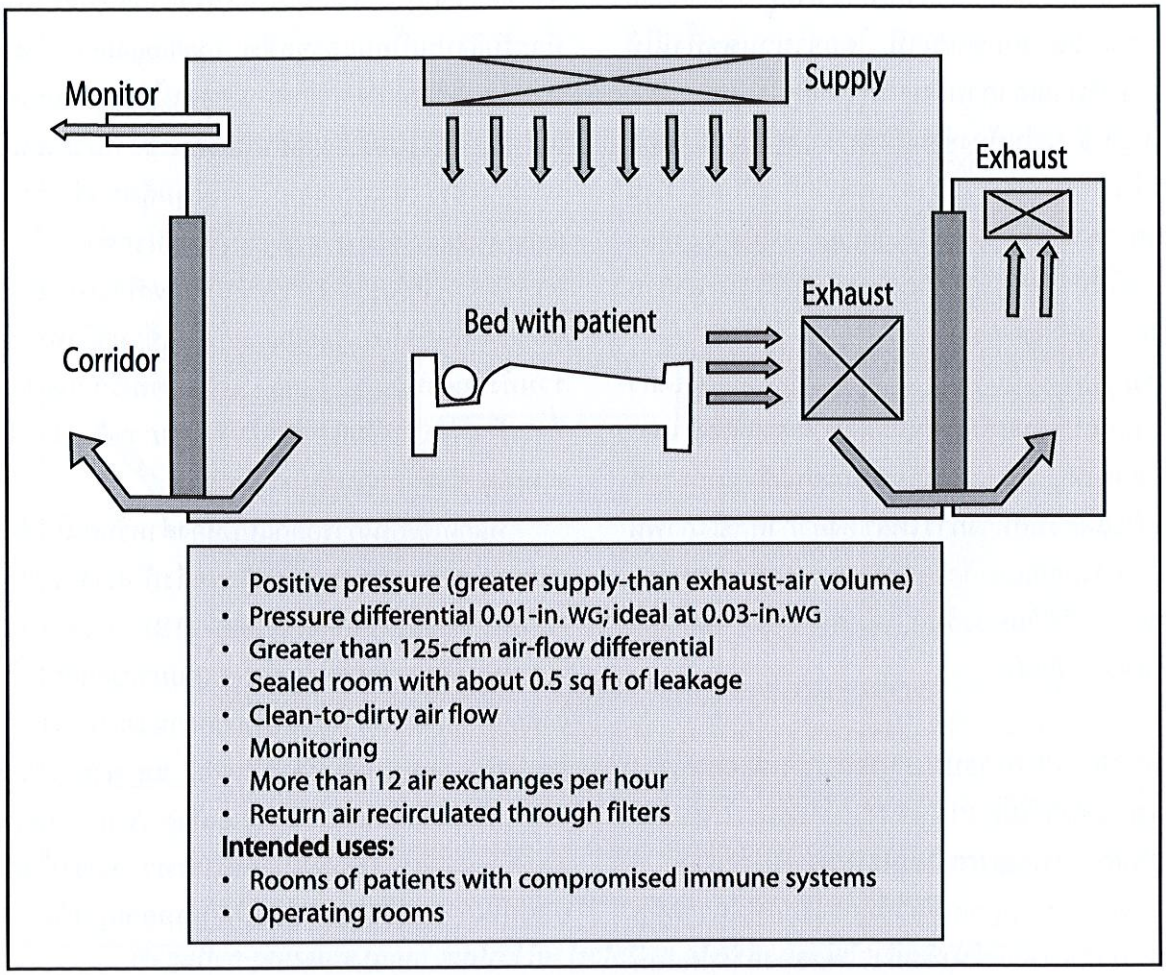
5. การออกแบบระบบอากาศของห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวที่มีความดันภายในห้องเป็นบวก (Positive Pressure Isolation Rooms)

ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวที่ออกแบบให้มีความดันห้องเป็นบวกนั้นจะทำให้เกิดการไหลของอากาศออกจากห้อง ดังนั้นจะช่วยป้องกันคนไข้จากความเป็นไปได้ที่จะรับสิ่งปนเปื้อนและจุลชีพ (pathogens) ที่จะเข้ามาทำอันตรายแก่คนไข้ได้ ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวแบบนี้โดยทั่วไปจะใช้งานกับห้องคนไข้ ที่ป่วยเป็นโรคเอดส์ (HIV) และห้องคนป่วยที่มีภูมิคุ้มกันร่างกายต่ำ (immunodeficiency) สามารถติดเชื้อโรคต่างๆ ได้ง่าย สำหรับคนไข้ที่อยู่ในสภาวะขั้นวิกฤตที่จำเป็นจำต้องป้องกันมิให้จุลชีพ (pathogens) เข้ามาถึงคนไข้ได้ รวมทั้งป้องกันเชื้อรา (fungi) และแบคทีเรีย (bacteria) ที่จะเข้าสู่ร่างกายของคนทั่วไปที่มีสุขภาพดี (healthy people) ซึ่งทำงานอยู่ในโรงพยาบาล

หลักเกณฑ์ในการออกแบบห้องสำหรับคนไข้ที่ป่วยเป็นโรคเอดส์ (HIV) นั้นคล้ายคลึงกับการออกแบบห้องคนไข้ที่ป่วยเป็นวัณโรคปอด (TB) การส่งอากาศที่เข้าไปให้ห้องหรือการนำอากาศกลับมาหมุนเวียนใช้อีกในห้องเราจะต้องมีการกรองอากาศผ่านแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filters) และผ่านระบบฆ่าเชื้อโรคโดยใช้ระบบ UVGI ส่วนห้อง Ante นั้นต้องมีและความแตกต่างของความดันระหว่างห้องนั้นก็ใช้เกณฑ์ในการออกแบบเหมือนกับการออกแบบห้อง TB



รูปที่ 4 ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวชนิดความดันในห้องมีค่าเป็นบวก (แบบที่ 1)



Positive-pressure room control for protection from airborne infectious agents.

รูปที่ 5 ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยวชนิดความดันในห้องมีค่าเป็นบวก (แสดงรูปภาพตัดขวาง) (แบบที่ 2)

คนไข้ที่ป่วยเป็นโรคเอดส์ (HIV) นั้นประมาณ 15% มักจะพบว่าป่วยเป็นวัณโรคปอด (TB) ด้วย ซึ่งในการออกแบบต้องคำนึงถึงปัญหานี้ด้วย ในการแก้ปัญหาดังกล่าวเราจะให้ที่พักหรืออาคารของผู้ป่วยที่เป็นโรคเอดส์ซึ่งมีความดันเป็นบวกสำหรับห้อง HIV ทั่วไป แต่เรามีห้องสำหรับคนที่ป่วยเป็นทั้ง HIV และ TB ต้องจัดอยู่ในห้องที่มีความดันเป็นลบซึ่งจัดเป็นห้องเฉพาะแทรกอยู่ในอาคารผู้ป่วย HIV ด้วย

การออกแบบที่ประหยัดนั้น เราจะออกแบบที่พักหรืออาคารให้มีความดันเป็นบวก สำหรับห้อง HIV และให้อากาศภายนอกช่วยป้องกันและมีการฆ่าเชื้อจุลชีพที่มีอยู่ในอากาศด้วย อย่างไรก็ตามการดูดอากาศทิ้งต้องยังผ่านแผงกรองอากาศ HEPA เช่นเดิม เพื่อป้องกันอันตรายสำหรับคนเดินผ่านหรือผู้เดินสัญจรไปมาใกล้อาคารนี้

6. การควบคุมความดันภายในอาคาร (Pressurization Control in Buildings)

หลักการในขั้นพื้นฐานของการใช้ความดันควบคุมสิ่งปนเปื้อนในอากาศซึ่งมีจุลชีพหรือจุลินทรีย์อยู่นั้น เราจะดำเนินการโดยการเป่าส่งอากาศเข้าไปยังบริเวณพื้นที่ซึ่งมีสิ่งปนเปื้อนค่อนข้างน้อยมาก และขั้นต่อไปก็เป่าส่งอากาศไปยังบริเวณที่มีสิ่งปนเปื้อนมากกว่า เพื่อจะลดความปนเปื้อนให้จางลงไป ในหลักการที่เราพิจารณาสำหรับบริเวณหรือห้องที่มีสิ่งที่เป็นอันตรายปนเปื้อนอยู่ การดูดอากาศทิ้งหรือการรั่วไหลของอากาศจากบริเวณต่างๆ หรือห้องนั้นๆ สามารถทิ้งออกไปโดยตรงสู่ภายนอกอาคารได้เลย

สำหรับห้องที่ใช้ทางด้านการแพทย์ เช่น คลินิก TB นั้นอากาศจะต้องมีการกรองผ่าน HEPA และอาจจะต้องให้อากาศผ่านการฆ่าเชื้อโรคจาก UVGI ก่อนที่

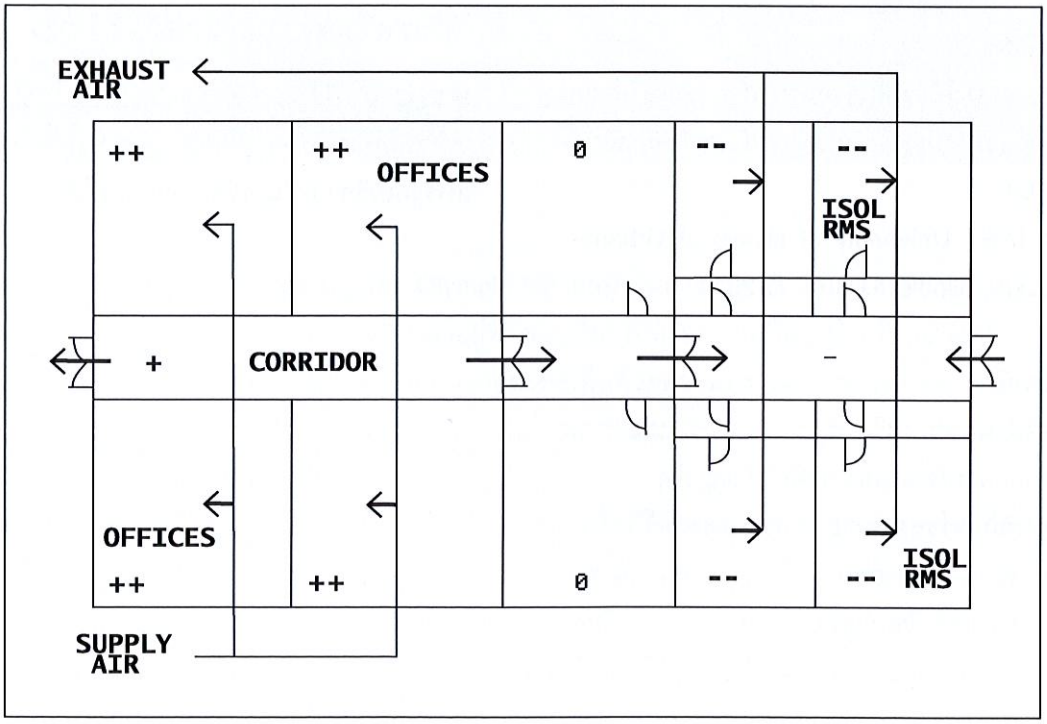
เราจะปล่อยทิ้งออกไปสู่ภายนอกอาคาร ฉะนั้นเราต้องระมัดระวังในการดูดอากาศทิ้งไปสู่ภายนอกอาคาร มิฉะนั้นอาจจะถูกกฎหมายทางการควบคุมสิ่งแวดล้อมลงโทษได้

รูปที่ 6 จะแสดงให้เห็นว่าในอาคารจะมีห้องต่างๆ ที่มีการใช้สอยต่างๆ กัน เช่น ห้องทำงาน ห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว ทางเดิน ฯลฯ เป็นต้น การออกแบบต้องมีประตูกั้นห้อง Ante รวมทั้งต้องมีการควบคุมความดันของห้องต่างๆ ที่เป็นทั้งความดันที่เป็นบวกและที่เป็นทั้งความดันที่เป็นลบ ผู้ออกแบบต้องระมัดระวังการติดเชื้อ (cross contamination) ที่จะเกิดขึ้นได้ ถ้าออกแบบไม่ดี อาจจะเกิดอันตรายแก่ทั้งผู้ป่วย แพทย์ พยาบาล พนักงาน และคนทำงานได้

7. สรุป

บทความนี้ถึงแม้จะกล่าวถึงการระบายอากาศของห้องคนไข้แบบแยกเดี่ยว (Isolation Room) เท่านั้น ซึ่งอันที่จริงแล้ว การออกแบบสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาลนั้นจะต้องระมัดระวังถึงการติดเชื้อของคนไข้ การเจ็บป่วยของผู้ที่ทำงานในสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาล ซึ่งในปัจจุบันนี้ เรานิยมให้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ โอกาสเกิดการเจ็บป่วยหรือติดเชื้อย่อมเกิดขึ้นได้ง่าย ดังนั้น สถาปนิก แพทย์ และวิศวกรควรจะมีการปรึกษาและทำงานร่วมกันในการออกแบบอาคารที่เป็นสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาล ที่ต้องมีการจัดห้องต่างๆ ให้เหมาะสมและปลอดภัย อีกทั้งงานระบบต่างๆ ออกแบบโดยวิศวกรให้ถูกต้องจะไม่เกิดอันตรายแก่ผู้คนในการใช้สอยอาคาร

สำหรับประเทศไทยทางวิศวกรรมสถาน แห่งประเทศไทย (วสท.) ร่วมกับสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย ได้จัดทำ "ข้อแนะนำเฉพาะกาลสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศของสถานพยาบาล" เมื่อ 31 ตุลาคม 2547 ซึ่งมีประโยชน์ในการใช้งาน ผู้เขียนจึงขอแนะนำให้นำมาตรฐานดังกล่าว มาใช้ในการออกแบบ และหวังว่าบทความนี้ คงจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาล



รูปที่ 6 เป็นรูปที่แสดงถึงการใช้งานของห้องต่างๆ และความดันของห้องที่จะต้องควบคุมตามลักษณะการใช้งานในอาคาร

เอกสารอ้างอิง

1. เอกสารของ Penn State University, "Isolation Rooms and Pressurization Control, Indoor Environment Center, Department of Architectural Engineering", Penn State University, U.S.A.
2. Andrew J. Streifel, "Health-Care, IAQ, Guidance for Infection Control", HPAC Journal, October 2000, p. 28-34.
3. ASHRAE, "HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics", Atlanta, Ga., U.S.A.
4. ASHRAE HANDBOOK, Application Volume, Chapter 7, "Health Care Facilities Design", ASHRAE, Atlanta, Ga., U.S.A.

ศาตราภิชาน ทวี เวชพฤติ

สถานที่ติดต่อ :

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพ 10300
โทร 0-2218-6610-1, 0-2252-2889
Email : tawee85@yahoo.com

ประวัติการศึกษา :

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2508
M.S. in M.E., University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, U.S.A., ปี 2514

ทุนรัฐบาลไทยปี :

พ.ศ. 2512 ศึกษาทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล สาขา Thermal Systems ระดับปริญญาโท ตามความต้องการของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน :

พ.ศ. 2508-2545 อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์

พ.ศ. 2545-ปัจจุบัน ได้รับการแต่งตั้งจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยให้ดำรงตำแหน่งศาสตราภิชาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2540-2541 อดีตนายกสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย (นายกคนแรกและผู้ร่วมก่อตั้งสมาคมฯ)

พ.ศ.2543-ปัจจุบัน ดำรงตำแหน่ง Board of Governor ของ ASHRAE Thailand Chapter และเป็นผู้ร่วมก่อตั้ง ASHRAE Thailand Chapter เมื่อ พ.ศ. 2543

รางวัล :

พ.ศ. 2544 ได้รับรางวัลศิษย์เก่าวิศวจุฬาดีเด่น ได้รับรางวัลบุคลากรดีเด่นของคณะวิศวกรรมศาสตร์

พ.ศ. 2547 ได้รับ Award Fellow ASHRAE เป็นวุฒิวิศวกรทางด้านวิศวกรรมปรับอากาศ แห่งสหรัฐอเมริกา (เป็นคนไทยคนแรกที่ได้รับ Award นี้)