แนวทางการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับอาคารสูง

รศ. ทวี เวชพฤติ *

1. บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาทางด้านการออกแบบทางด้านวิศวกรรมและทางด้านสถาปัตยกรรมจากอาคารที่มีความสูงเพียง 20 ชั้น (Low-Rise Buildings) ไปจนถึงความสูง 80 ชั้น (Highrise Buildings) และนอกจากนี้ไปมีเจ้าของโครงการมีอนาคตที่จะสร้างให้อาคารมีความสูงถึง 100 ชั้น หรือมากกว่านี้ ได้มีการนำเทคโนโลยีในการออกแบบทางด้านวิศวกรรมโยธา และทางด้านวิศวกรรมงานระบบแบบทันสมัยหรือแบบสมัยใหม่จากต่างประเทศเข้ามาในหลายรูปแบบ (Technology Transfer) จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับบุคคลที่เกี่ยวข้องอยู่ในวงการนี้ โดยบทความนี้ถือว่าเป็นการเสริมความรู้และเข้าใจสำหรับวิศวกรที่เคยทำงานทางด้านระบบปรับอากาศมาบ้างแล้ว

2. สังกัปแนวความคิดในการออกแบบ

ในการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับอาคารสูงนั้นมีความแตกต่างกับการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับอาคารเตี้ยมาก วิศวกรจะต้องมองภาพรวมของระบบอื่นๆ เช่นระบบไฟฟ้า ระบบความปลอดภัยและระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบประปา โดยต้องคำนึงถึงว่าส่วนใดของระบบดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับงานออกแบบระบบปรับอากาศ สิ่งที่วิศวกรออกแบบระบบปรับอากาศจะต้องคำนึงถึงมีดังนี้ :-

2.1 การลงทุนหรืองบประมาณของงานระบบ

2.2 ความต้องการใช้สอยอาคารของผู้คนในระยะเริ่มต้นไปจนถึงอนาคต

2.3 การออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมและทางด้านโครงสร้างของอาคาร มีข้อกำหนดและวัตถุประสงค์อย่างไร

2.4 ความต้องการสำหรับสภาวะสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร (External Environment) กับความต้องการของสภาวะสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร (Internal หรือ Indoor Environment) เป็นอย่างไร

2.5 อาคารถูกออกแบบให้รับแผ่นดินไหวหรือไม่ (Seismic Requirements)

2.6 การใช้พลังงานรูปแบบต่างๆ ในอาคารและแนวทางการลดหรือประหยัดพลังงาน

2.7 ค่าใช้จ่ายต่างๆ สำหรับการดำเนินการอาคารหลังนี้ต่อปี (Annual Operating Cost)

2.8 การจัดการในการป้องกันอัคคีภัยและควันไฟจากไฟไหม้อาคาร (Smoke and Fire Management)

* รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วิศวกรอาวุโส ของ หจก. เดลต้าคอนซัลแตนท์
ตัวแทนสมาคม ASHRAE ประจำประเทศไทย

3. การคิดภาระทำความเย็นในอาคารและองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณหาภาระทำความเย็นนั้น (Cooling Load Calculation) ได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ เช่น ยอร์ค แคเรียร์ และเทรน นอกจากนี้สมาคมปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., U.S.A.) ได้มีการปรับปรุงข้อมูลและข้อเสนอแนะในการคำนวณคิดภาระในอาคารซึ่งในปัจจุบันนี้การคิดภาระทำความเย็นโดยวิธีของ ASHRAE นั้นเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปและใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ส่วนโปรแกรมการคิดภาระของอาคารจากบริษัทฯ ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศนั้นจะเน้นไปในทางการคิดภาระความเย็นของอาคาร การเลือกขนาดเครื่องเย็น และการวิเคราะห์การใช้พลังงาน ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปเหล่านั้นจะมีการให้เช่าหรือขาย แต่ราคาค่อนข้างสูง แต่ข้อควรระวังในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเหล่านี้ควรทำความเข้าใจให้ละเอียดถ่องแท้ทางด้านข้อมูลต้องป้อนข้อมูลสำหรับสภาวะดินฟ้าอากาศ และข้อมูลวัสดุต่าง ๆ ให้ถูกต้องมิฉะนั้นจะเกิดความผิดพลาดได้ง่าย สำหรับวงการวิชาการนั้นโปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านการคิดภาระในอาคารและการประหยัดพลังงานนั้นมีโปรแกรมสำเร็จรูป เช่น DOE-II ของสหรัฐอเมริกา ASEAM ของออสเตรเลีย เป็นต้น ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์วิจัยในกลุ่มนักวิชาการของประเทศอาเซียน

ภาระของอาคารนั้นโดยทั่วไปสามารถสรุปเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

3.1 ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat Gains) จากไฟฟ้าแสงสว่าง คน การถ่ายเทความร้อนผ่านกำแพง หน้าต่างกระจก หลังคา และระบบการกระจายลม ความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Heat Gains) ที่ผ่านพื้นผิวด้านนอกเข้ามาทั้งทางตรงและทางอ้อม จากอากาศภายนอกหรืออากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้ามา และการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาในตัวอาคาร (Infiltration)

3.2 ความร้อนแฝง (Latent Heat Gains) จากคนและอากาศภายนอกที่นำเข้ามา

3.3 อื่น ๆ (Miscelleneous) เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากการประกอบอาหาร เครื่องคอมพิวเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ให้ความร้อนออกมา เป็นต้น

วิศวกรจะต้องระมัดระวังอย่างมากสำหรับการคิดภาระในอาคารที่มีรูปร่างเปลือกของอาคาร (Building Envelope) เป็นกระจก ซึ่งบางครั้งเราเรียกว่า Curtain Wall ซึ่งกระจกนั้นมีหลายชนิดและหลายแบบซึ่งมีค่า SC (Shading Coefficient) และค่า U แตกต่างกันซึ่งเป็นสิ่งสำคัญจะต้องทราบคุณสมบัติของค่าดังกล่าวจากแคตตาล๊อกของผู้ผลิต

สำหรับการวางห้องเครื่องของระบบปรับอากาศนั้น (A/C Plant or Cooling Plant) นั้นจะมีความสัมพันธ์กับแหล่งที่ใช้พลังงาน (Energy Source) และจะต้องศึกษาถึงผลกระทบทางด้านสภาวะแวดล้อม (Environment Impact) เช่น มีเสียงดังก่อความรำคาญให้แก่ผู้อยู่อาศัยใกล้เคียงอาคาร เป็นต้น องค์ประกอบที่ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของตำแหน่งห้องเครื่องนั้นมีดังนี้

- น้ำหนักของเครื่องและอุปกรณ์ต่าง ๆ เนื้อที่ที่ต้องการแรงกระแทก (Impact) เนื่องจากการสั่นสะเทือนต่อโครงสร้างของอาคาร
- สามารถดูแลและซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย
- มีความเหมาะสมเป็นระบบที่ดีเมื่อใช้งานในช่วง Part Load และ Full Load
- ชนิดของตัวกลางในการทำความเย็น (Cooling Media) เช่น ใช้น้ำเย็น
- ชนิดของแหล่งพลังงานที่ใช้ เช่น พลังงานไฟฟ้า
- เป็นระบบที่มีความเชื่อถือได้ (Reliability)
- อายุการใช้งานและราคา (Life Cycle Costs)
- สามารถนำพวกของที่จะทิ้งในระบบนั้นกลับมาใช้ได้อีกหรือไม่ เช่น กรณีการนำ Exhaust Air ซึ่งเย็นอยู่มา Pre-Cooled Outside Air ที่จะนำไปใช้กับเครื่องเป่าลมเย็นโดยใช้อุปกรณ์ Air-To-Air Heat Exchanger หรือการเอา Waste Heat จากระบบทำความเย็นไปช่วยในการทำน้ำร้อน (Hot Water) เป็นต้น

4. หลักการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับอาคารสูง

ในอดีตที่ผ่านมาหลักการออกแบบระบบปรับอากาศเพื่อความสุขสบาย (Thermal Comfort Air-Conditioning) สำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนและชื้น (Hot and Humid Climate) มีข้อกำหนดดังนี้

- เป็นการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- การเคลื่อนไหวของอากาศ (Air Motion or Air Circulation)
- กำจัดพวกฝุ่นละออง (Air Cleanliness)

ส่วนในทศวรรษนี้การออกแบบระบบปรับอากาศเพื่อความสุขสบายนั้นได้มีการวิวัฒนาการและนำเอาเทคโนโลยีขั้นสูงเข้ามาใช้ จึงมีข้อกำหนดดังนี้

ก) เน้นทาง Thermal Comfort ซึ่งหมายถึง กิจกรรมของคนที่กระทำอยู่ (activity level-heat production in the body) ความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Thermal resistance of the clothing (clo-value) อุณหภูมิของอากาศ (air temperature) ค่า mean radiant temperature ค่าความเร็วสัมพัทธ์ของอากาศ (relative air velocity) และค่าความดันไอน้ำในอากาศรอบ ๆ (water vapor pressure in ambient air) ผลการวิจัยของ รศ.ทวี เวชพฤติ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าค่าเฉลี่ยของ Thermal comfort condition สำหรับชายและหญิงไทยนั้น เท่ากับ 23.2°C

ข) คุณภาพของอากาศในอาคาร (IAQ-Indoor Air Quality) ปัญหานั้นสืบเนื่องมาจากวิกฤตการณ์ทางน้ำมันในอดีต ได้มีการลดปริมาณนำเอาอากาศภายนอกเข้ามามีจำนวนลดลงรวมทั้งวัสดุ และสิ่งต่าง ๆ ภายในอาคารเป็นบ่อเกิดของความสกปรกของอากาศในอาคาร เช่น ควันบุหรี่ น้ำยาล้างพื้น ฝุ่นละอองพวกดิน (ซึ่งมี radon) CO_2 จากการหายใจของคน เครื่องถ่ายเอกสาร รวมทั้งการนำเอาอากาศภายนอกเข้ามาจากบริเวณที่เป็นที่จอดรถ (car park) ซึ่งจะเป็นการนำพวก CO, CO_2 เข้ามาพร้อมทั้งอากาศภายนอกที่นำเข้ามา

เพื่อใช้ในการระบายอากาศ ปัญหาที่ในต่างประเทศพบว่าเกิดโรคภัยไข้เจ็บในอาคาร (Sick Syndrome in Building) โรคต่าง ๆ ที่เกิดมีหลายอย่างเช่น มีอาการหายใจไม่ออก รู้สึกอึดอัด แสบนัยตา มีอาการเจ็บคอ เป็นหวัด แพ้อากาศ ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งทาง ASHRAE ได้มีมาตรฐานเรื่องนี้ขึ้นมาคือ Ventilation Rate of Acceptable Indoor, Air Quality Standard ซึ่งมาตรฐานนี้มีประโยชน์สำหรับวิศวกรที่ออกแบบระบบปรับอากาศ

ค) ปัญหาเรื่องเสียง (Acoustics) และการสั่นสะเทือน (Vibration) ซึ่งบางครั้งเครื่องเย็นและอุปกรณ์ต่าง ๆ (ปั๊มน้ำ เครื่องเป่าลมเย็น หอผึ่งน้ำ ฯลฯ เป็นต้น) มีปัญหาเรื่องเสียงรบกวน (noise) และการสั่นสะเทือน สร้างปัญหาให้แก่ผู้ใช้สอยภายในอาคารที่มีการปรับอากาศ และรบกวนแก่ผู้ที่อยู่ใกล้กับอาคาร ปัญหาต่าง ๆ นั้นมีหลายประการดังนี้

- หอผึ่งน้ำ ลดการสั่นสะเทือนโดยการใช้สปริงรองขา (spring) และกั้นโดยรอบหอผึ่งน้ำด้วยแผงที่สามารถดูดซับเสียงได้ (sound absorbtion material)
- เครื่องทำน้ำเย็น (chiller) โดยปกติจะต้องมีสปริงรอง เพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนของเครื่อง
- เครื่องเป่าลมเย็นชนิดแขวนหรือตั้งพื้นต้องมีสปริงรองหรือแขวนอยู่
- ปั๊มน้ำและมอเตอร์ โดยทั่วไปจะตั้งอยู่บนฐานรองรับซึ่งเป็นเหล็กและมีสปริง (spring) รองรับ

ในกรณีอาคารสูงนั้น บางครั้งห้องเครื่องปรับอากาศอยู่ในชั้นสูง ๆ จะต้องมีการเสริมมวล (mass) เพื่อลดการสั่นสะเทือนลง โดยเราทำ inertia pad เสริมเข้าไปโดยเป็นแท่นคอนกรีตเสริมเหล็กมีกรอบนอกเป็นเหล็ก โดยให้ปั๊มติดตั้งอยู่บนแท่นนี้และมีสปริงรองอยู่

- สำหรับห้องเครื่องที่ไม่ได้อยู่ในชั้นพื้นดินนั้น บางครั้งจะใช้ Raise Floor มี Spring รองพื้นส่วนเพดาน กำแพงมักบุวัสดุที่อ่อนนุ่มเพื่อดูดซับเสียง (sound absobption material) เช่น พวกใยหิน ใยแก้ว พร้อมมีผ้าหรือลวดที่เป็นตะแกรงปิดทับ การป้องกันเรื่องเสียงและการสั่นสะเทือนนั้นวิศวกรผู้ออกแบบนั้นสามารถหารายละเอียดทางวิศวกรรมจากทางบริษัทฯ ผู้ผลิตสปริงได้
- ส่วนเสียงเนื่องจากเครื่องเป่าลมเย็นนั้นเกิดจากปริมาณลมที่มากและความเร็ว (duct velocity) จึงมีการออกแบบอุปกรณ์ลดเสียง (sound silenser) หรือ sound attenuator หรือ sound trap มีหลายแบบเป็นกล่องดูดซับเสียงวัสดุที่บุภายในมักอ่อนนุ่ม เช่น ไฟเบอร์กล๊าส โดยมากวิศวกรสามารถเลือกขนาดได้จากแคตตาล๊อกของบริษัทฯ ผู้ผลิต

ง) การประหยัดพลังงาน (Energy Saving) ในระบบปรับอากาศนั้น มีข้อพิจารณาต่าง ๆ ดังนี้

- ทางด้านสถาปัตยกรรมควรออกแบบให้มีส่วนทึบที่เหมาะสม สำหรับประเทศไทยนั้น WWR (Window-to-Wall Ratio) ประมาณ 0.5 หรือ 50% ทางสถาปนิกยอมรับได้ สำหรับอาคารสูงที่ใช้กระจกหมด (Curtain Wall นั้น) ทางสถาปนิกและวิศวกรที่ออกแบบระบบปรับอากาศควรรวมกันป้องกันการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ฉนวนทางด้านหลังของแผ่นกระจกเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเนื่องจาก Solar Heat Gain จากรายงานการวิจัยของ รศ.ทวี เวชพฤติ ค่า OTTV (Overall Thermal Transfer Value) ของอาคารสำนักงาน ที่ประหยัดพลังงานควรอยู่ระหว่าง 60 ถึง 70 วัตต์ ต่อตารางเมตร

- เครื่องปรับอากาศ (Chiller) ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเรื่องการใช้พลังงานต่อตันทำความเย็นที่มีค่าต่ำ (low kw/tr) เช่น 0.55-0.65 kw/tr เป็นต้น เนื่องจากปัญหา CFC ที่ทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศจาก Montreal Protocol จะให้หยุดผลิตสาร CFC (R-11, R-12) ใน ค.ศ. 2000 นี้ ส่วน R-22 นั้นยังไม่ถูกยกเลิก คาดว่าในอนาคต คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) คงมีบทบาทสูงเพราะใช้สาร R-22 ซึ่งเป็นเรื่องที่วิศวกรผู้ออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับอาคารสูงจะต้องติดตามและนำมาพิจารณาในเรื่องต่อไปนี้

- สำหรับปั๊มน้ำและมอเตอร์ควรเลือกที่มีประสิทธิภาพสูง (high efficiency)

- สำหรับการออกแบบระบบการส่งลมเย็น (Air Distribution System) นั้น แบ่งออกเป็น แบบทั่วไป (Conventional Design) เป็นแบบลมเย็นปริมาณลมคงที่ (CAV-Constant Air Volume System) ถ้าต้องการประหยัดพลังงานจะต้องออกแบบระบบส่งลมเย็นแบบปริมาณลมแปรเปลี่ยนได้ (VAV-Variable Air Volume System) ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้เนื่องจากมอเตอร์ที่ขับพัดลมนั้นกินไฟฟ้าน้อยลง

- สำหรับการออกแบบระบบการส่งจ่ายน้ำเย็น (Chilled Water System) นั้นแบ่งออกเป็นแบบทั่วไป (Conventional Design) เป็นแบบปริมาณน้ำเย็นคงที่ (CWV-Constant Water Volume System) โดยใช้ลิ้นควบคุมปริมาณน้ำระบบ 3 ทาง (3-way control valve) ถ้าต้องการแบบประหยัดพลังงานนั้นสามารถออกแบบให้เป็นแบบปริมาณน้ำแปรเปลี่ยนได้ (VWV-Variable Water Volume System) ในการนี้จะมีปั๊มน้ำเย็นอยู่ 2 กลุ่ม เรียก กลุ่มปั๊มชุดปฐมภูมิ (Primary Pumps) ซึ่งการคำนวณ TDH (Total Dynamic Head) นั้นคิดค่าความดันตรง (Friction Loss) ของเครื่อง ท่อ และอุปกรณ์ต่าง ๆ เฉพาะในห้องเครื่องเท่านั้น ส่วนกลุ่มปั๊มชุดทุติยภูมิ (Secondary Pumps) นั้นคิดคำนวณค่า TDH ไปยัง Zone ต่าง ๆ ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีค่า TDH แตกต่างกันไป โดยทั่วไปจะออกแบบให้มี Supply Header และ Return Header ซึ่งระหว่าง Headers ทั้งสองนี้จะมีท่อ By-Pass และถูกควบคุมโดย By-Pass Differential Pressure Valve โดยอัตโนมัติ กรณีระบบต้องการปริมาณน้ำไหลน้อย By-Pass Valve ก็จะเปิด การบังคับปริมาณน้ำไหลเข้าออกเครื่องเป่าลมเย็นเราใช้ 2-Way Valves

- สำหรับอากาศที่ดูดทิ้ง (Exhaust Air) จากสถานที่ปรับอากาศสำหรับอาคารสูงนั้นจะมีปริมาณอากาศดูดทิ้งจำนวนมาก ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำอยู่ราว 80°FDB เรามักจะเดินท่อดูดอากาศทิ้งผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิด air-to-air heat exchanger เพื่อ pre-cooled อากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิราว 95°FDB ให้มีอุณหภูมิลดลงก่อนผสมกับลมกลับผ่านเข้าคอยล์เย็นของเครื่องเป่าลมเย็น การใช้ air-to-air heat exchanger นั้นในอดีตจนถึงปัจจุบันนิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่ดีมากอย่างหนึ่ง

- ส่วน waste heat นั้นไปช่วยในการทำน้ำร้อน (hot water) กรณีอาคารที่เป็นโรงแรมนั้นความนิยมไม่สู้จะแพร่หลายนัก

- การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศนั้น ในปัจจุบันนี้ได้ก้าวหน้าไปมากมายในตัวเครื่องทำความเย็นเองก็มี Micro Processor Control การทำงาน นอกจากนี้ยังมีระบบการจัดการพลังงาน (EMS-Energy Management System) มีขายมากมายหลายยี่ห้อมีโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบปรับอากาศ เช่น Demand Control, On-Off Control, Duty Cycle ฯลฯ เป็นต้น วิศวกรที่ออกแบบระบบปรับอากาศสามารถขอข้อมูลทางเทคนิคจากบริษัทผู้ผลิตได้

5.บทสรุปและข้อเสนอแนะการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับอากาศสูง

การออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับอาคารสูงจะต้องอาศัยวิศวกรที่มีประสบการณ์สูง ทำงานมาทางด้านนี้นานพอสมควร โดยดูจากอาคารสูงว่าจะต้องวางแนวทาง (concepts) ในการออกแบบให้ถูกต้องซึ่งผู้เขียนมีข้อเสนอแนะดังนี้

ก) การคำนวณหาภาระทำความเย็นควรกระทำทั้งกรณีเป็น block cooling load และ zone cooling load ดูว่า peak load เกิดเมื่อใด การแบ่ง perimeter zone และ inner zone ควรแยก cooling load ออกมาให้เห็นเด่นชัด

ข) ทางด้านระบบลมเย็น (Air Side) จะต้องตัดสินใจว่า perimeter zone จะใช้ระบบ VAV หรือ CAV และ inner zone ควรใช้ CAV หรือ VAV การใช้สอยพื้นที่ของอาคารจะเป็นตัวกำหนด

ค) ทางด้านระบบน้ำเย็น (water side) ควรเลือกแบบ VWV มี Primary & Secondary Pumps แบ่งไปตาม Zone ต่าง ๆ ตามปกติทุก ๆ ความสูงประมาณ 20 ชั้น ควรมี machine room 1 ชั้น (machine room floor) สำหรับระบบ MEPS (Mechanical, Electrical, Pumping System) สิ่งที่สำคัญควรตรวจสอบเรื่องความดัน (Pressure) ซึ่ง working pressure ให้อยู่ไม่เกิน 10 bar (= 150 psi) เพราะ chillers, valves ต่าง ๆ ถ้ามี raling ที่ 150 lb class แล้วราคาค่อนข้างจะ Optimum ถ้าไม่มีทางเลือกจะต้องไปถึง rating pressure 250 lb class ก็ต้องทำ cost analysis ดูแล้วจึงตัดสินใจ

ง) การเลือก Δt ของน้ำเย็น โดยการออกแบบทั่วไปจะใช้(Conventional Design) $\Delta T = 10^{\circ}F$ ส่วน $\Delta t = 12^{\circ}F$ หรือ $\Delta t = 14^{\circ}F$ เพื่อลด flow rate จากมาตรฐาน 2.4 GPM/TR ลงเพื่อลดขนาดท่อและขนาดปั๊มลง แต่ตัว AHU หรือ FCU จะโตขึ้น จึงต้องมานั่งวิเคราะห์ดูเรื่อง cost การลงทุนและการใช้งานดูอีกแล้วจึงตัดสินใจ

จ) ในอาคารตึกสูงในต่างประเทศมักจะใช้ Plate Heat Exchangers หลาย ๆ ชุดเป็น Pressure Breaking Point สำหรับวงจรน้ำเย็นใน loop ชั้นสูง ๆ ขึ้นไป ซึ่งในต่างประเทศนิยมกันมาก อุณหภูมิที่สูงขึ้นเมื่อใช้ Plate Heat Exchanger มักจะเลือกให้ Secondary Loop สูงกว่า Primary Loop ประมาณ 2 ถึง $3^{\circ}F$ แทนที่จะต้องมี Chillers หลาย ๆ ตัวในชั้นนั้น ๆ กับใช้ Plate Heat Exchangers หลาย ๆ ชุดแทนวิธีการออกแบบเช่นนี้ต่างประเทศทำกันมานานแล้ว แต่วิศวกรที่ออกแบบระบบปรับอากาศทราบว่ามีนำมาใช้บ้าง แต่ปัจจุบันยังไม่มีอาคารสูงหลังใดติดตั้งระบบนี้เสร็จแล้ว ในต่างประเทศ เช่นสิงค์โปร์ อาคาร Raffles City ติดตั้งระบบนี้

ฉ) ระบบบันไดอัดลมหนีไฟ (Pressurized Firestair System), Smoke Exhaust และ Intake Fresh Air ต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมและให้บังเกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้อาคาร

ก่อนจะจบบทความนี้ขอยกข้อความในการประชุมเกี่ยวกับอาคารสูงในสหรัฐอเมริกากล่าวว่า :-

"A high-rise building is one in which emergency evacuation is not practical and in which fires must be fought internally because of height (GSA, U.S.A. 1971)"

เอกสารอ้างอิง

1. Council on Tall Buildings Urban Habitat, "Tall Building Systems and Concepts", Chapter SC-2 Mechanical Service Systems, American Society of Civil Engineers, 1980, U.S.A.
2. P.O. Fanger, Thermal Comfort, McGraw-Hill Book Company, U.S.A.,1970
3. Kailay Engineering Co.,Ltd., Installation Record for Air Conditioning System, Taiwan.
4. Date Consultant LP., Information concerning Highrise or Tall buildings File, Bangkok, Thailand.