ปลายสายเคเบิลแนวนอนสิ้นสุดที่ EDA โดยต่อเชื่อมเข้ากับอุปกรณ์ต่อเชื่อมในตู้หรือ rack แต่ละตู้อุปกรณ์หรือ rack จะต้องมีเต้ารับไฟฟ้าและฮาร์ดแวร์ต่อเชื่อมให้เพียงพอ เพื่อให้สายเสียบต่อ (patch cord) และสายไฟฟ้าอ่อน (power cord) ที่สั้นที่สุด

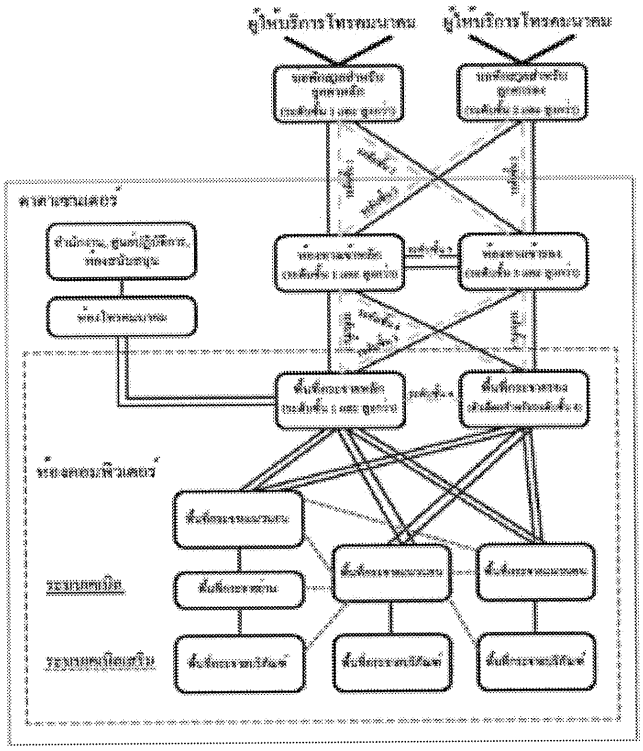
การเดินเคเบิลจุดต่อจุดระหว่างอุปกรณ์หรือบริภัณฑ์ใน EDA ต้องมีความยาวไม่ เกิน 15 เมตร และให้ต่อระหว่างบริภัณฑ์ใน rack หรือตู้ที่ติดกันในแถวเดียวกัน

14.1.2 การทำงานทดแทนกันได้

14.1.2.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ดาตาเซนเตอร์ที่มีการติดตั้งระบบโทรคมนาคมหลายเส้นทาง สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องแม้ภายใต้สถานการเลวร้ายที่อาจทำให้การบริการโทรคมนาคมบางส่วนหยุดชะงักโครงสร้างพื้นฐานในส่วนนี้มีความสัมพันธ์กับระดับความพร้อมใช้งาน รูปที่ 14.1 แสดงองค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐานแบบทดแทนกันได้

การจัดให้มีพื้นที่สำหรับจุดต่อข้ามและเส้นทางเดินสายที่แยกจากกันทางกายภาพและทำงานทดแทนกันได้ เป็นการเพิ่มความเชื่อถือได้ของโครงสร้างพื้นฐานของระบบโทรคมนาคม ซึ่งจะช่วยลดโอกาสเกิดการล้มเหลวของระบบอย่างสิ้นเชิง (single point of failure)



รูปที่ 14.1 โครงสร้างพื้นฐานของโทรคมนาคมที่ทำงานทดแทนกันได้ (อ้างอิงจาก TIA942)

14.1.2.2 เส้นทางเข้าและการบำรุงรักษา

การมีเส้นทางเคเบิลเข้าหลายเส้นทางจากภายนอกดาตาเซนเตอร์เข้าสู่ห้องทางเข้าของดาตาเซนเตอร์เพื่อทำหน้าที่ทดแทนกันได้ จะขจัดการล้มเหลวของระบบอย่างสิ้นเชิงได้ เส้นทางเคเบิลดังกล่าวหมายรวมถึงบ่อพักสายสำหรับบำรุงรักษาในส่วนของดาตาเซนเตอร์ที่บรรจบกับท่อร้อยสายของผู้ให้บริการโทรคมนาคม แต่ละเส้นทางเคเบิลดังกล่าว ต้องอยู่ห่างกันอย่างน้อย 20 เมตร

ดาตาเซนเตอร์ที่มีห้องทางเข้าสองห้องและบ่อพักสายสำหรับบำรุงรักษาสองบ่อแยกจากกัน กรณีที่ผู้ให้บริการโทรคมนาคมเดินสายเคเบิลมากกว่า 1 ชุดเพื่อให้มีการทำงานทดแทนกันได้จะต้องแยกเดินสายเคเบิลคนละเส้นทางดาตาเซนเตอร์ที่มีห้องทางเข้าสองห้อง ควรติดตั้งท่อร้อยสายระหว่างห้องทางเข้าทั้งสองเพื่อสะดวกต่อการวางสายเคเบิลแบบวงแหวน

14.1.2.3 การจัดให้มีผู้บริการโทรคมนาคมแบบท างานทดแทนกันได้

เพื่อให้ได้รับการบริการโทรคมนาคมอย่างต่อเนื่อง ควรจะใช้ผู้บริการโทรคมนาคมหลายราย ศูนย์ควบคุมเครือข่ายต่างศูนย์กันและการเดินสายเคเบิลโทรคมนาคมจากศูนย์ควบคุมเครือข่าย มายังดาตาเซนเตอร์ต่างเส้นทางกัน

14.1.2.4 ห้องทางเข้าที่ทำงานทดแทนกันได้

ถ้ามีห้องทางเข้าสองห้องควรอยู่ห่างกันอย่างน้อย 20 เมตร และอยู่ในพื้นที่การป้องกันอัคคีภัยแยกกัน ห้องทางเข้าทั้งสองไม่ควรใช้แผงกระจายไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศร่วมกัน

14.1.2.5 พื้นที่กระจายหลักเพื่อการทดแทนกันได้

ถ้าจัดให้มีพื้นที่กระจายหลักแห่งที่สอง เพื่อให้มีการท างานทดแทนกันได้ จะต้องดำเนินการต่อไปนี้

(1) ต้องมีเราเตอร์หลัก (core router) และสวิตช์ทั้งสองแห่ง

(2) แผงกระจายไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศแยกจากกัน

(3) พื้นที่การป้องกันอัคคีภัยแยกกัน

14.1.2.6 การเดินเคเบิลแบกโบนที่ทำงานทดแทนกันได้

ถ้าติดตั้งระบบเคเบิลแบกโบนที่ทำงานทดแทนกันได้ เคเบิลแต่ละชุดต้องมีเส้นทางแยกจากการกันทางกายภาพ

14.1.2.7 การเดินเคเบิลแนวนอนที่ทำงานทดแทนกันได้

ระบบเคเบิลแนวนอนเพื่อให้ยอมรับว่าเป็นการทดแทนกันได้ ต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) เคเบิลที่เชื่อมระหว่าง HDA แต่ละชุดต้องแยกกันทางกายภาพ

(2) HDA ต้องอยู่ในพื้นที่การป้องกันอัคคีภัยแยกกัน

(3) ความยาวของสายเคเบิลต้องไม่เกินข้อจำกัดขีดความสามารถการทำงานของเคเบิลนั้น

14.2 ระบบการเดินเคเบิลของดาตาเซนเตอร์

14.2.1 รายละเอียดทั่วไป

การออกแบบระบบเคเบิลของดาตาเซ็นเตอร์ที่ดี จะต้องโครงสร้างที่รองรับรูปแบบที่อาจประยุกต์ใช้ในอนาคตได้

14.2.2 การเดินเคเบิลแนวนอน

14.2.2.1 ข้อกำหนดทั่วไป

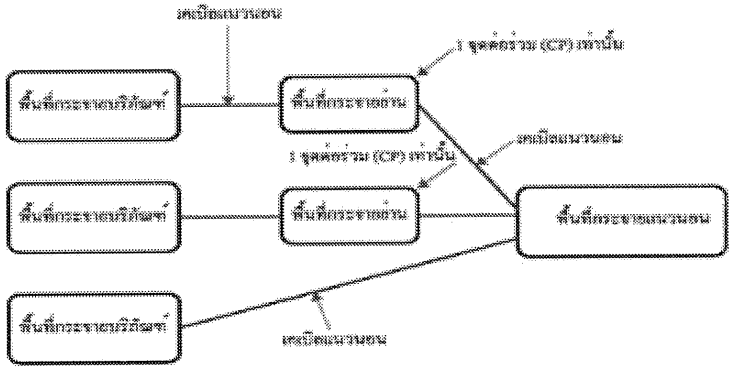
ระบบเคเบิลแนวนอน คือส่วนของระบบเคเบิลโทรคมนาคมที่ต่อระหว่างจุดต่อปลายในพื้นที่กระจายบริภัณฑ์ (EDA) กับจุดต่อข้าม (HC) ในพื้นที่กระจายแนวนอน (HDA) หรือ ไปยังจุดต่อข้ามประธาน (MC) ในพื้นที่กระจายประธาน (MDA) ระบบเคเบิลแนวนอนรวมถึงเคเบิลแนวนอน, จุดต่อ ปลายทางกล และสายเสียบต่อ (patch cord) หรือ สายต่อ (jumper) และอาจรวมถึงเต้ารับของย่าน หรือจุดรวมสายในพื้นที่ย่านกระจาย

การติดตั้งระบบเคเบิลแนวนอนควรเตรียมพื้นที่ให้เพียงพอสำหรับการประยุกต์ใช้งานประเภทต่าง ๆ เช่น LAN, SAN WAN เป็นต้น กับคำนึงถึงการใช้พื้นที่ของระบบอื่นๆ เช่น ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบปรับสภาพอากาศ เป็นต้น รวมถึงความสะดวกรวดเร็วในการบำรุงรักษาและเพิ่มเติมในอนาคตด้วย

14.2.2.2 การจัดเครือข่าย (ลักษณะของโทโพโลยี)

ระบบเคเบิลแนวนอนต้องติดตั้งในรูปแบบสตาร์ดังตัวอย่างในรูปที่ 14-2 สายเคเบิลแนวนอนที่เชื่อมระหว่างพื้นที่กระจายแนวนอน (HDA) หรือ MDA ที่ทำหน้าที่พื้นที่กระจายแนวนอน (HDA) กับพื้นที่กระจายบริภัณฑ์ (EDA) ปลายด้านพื้นที่กระจายแนวนอน (HDA) จะต้องต่อเข้ากับจุดต่อข้ามแนวนอน ส่วนปลายด้านพื้นที่กระจายบริภัณฑ์ (EDA) จะต้องต่อเข้ากับจุดต่อสายทางกลของพื้นที่กระจายบริภัณฑ์ (EDA) ไม่อนุญาตให้เข้าปลายสายกับอุปกรณ์โดยตรง

หากต้องมี ZDA อยู่ระหว่าง HDA กับ EDA ต้องมีจุดต่อร่วม (consolidation point-CP) เคเบิลแนวนอนใน ZDA เพียงจุดเดียวเท่านั้น



รูปที่ 14.2 การเดินเคเบิลแนวนอนโดยใช้โทโพโลยีรูปแบบสตาร์ (อ้างอิงจาก TIA942)

14.2.2.3 ระยะทางสายเคเบิลแนวนอน

ความยาวสายเคเบิลแนวนอน คือความยาวตามสายเคเบิลจากจุดต่อปลายทางกลของสาย ที่จุดต่อข้ามใน HDA หรือ MDA ไปยังจุดต่อปลายทางกลของสายใน EDA โดยมีความยาวสายเคเบิลแนวนอน (ดูรูปที่ 14-2) ดังนี้

(1) ความยาวของเส้นใยนำแสงที่รวมสายอ่อนของบริภัณฑ์ ต้องไม่เกิน 300 เมตร

(2) ความยาวของสายทองแดงแนวนอน ต้องไม่เกิน 90 เมตร

(3) ยาวของสายทองแดงที่รวมสายอ่อนของบริภัณฑ์ ต้องไม่เกิน 100 เมตร

(4) ถ้ามีการใช้ เต้ารับย่าน (zone outlet: ZO) จะต้องถูกลดความยาวสายตามการคำนวณ

ความยาวสำหรับระบบเคเบิลทองแดง

บริภัณฑ์เคเบิลทองแดงที่ใช้กับของเต้ารับใน ZDA จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของ ANSI/TIA/EIA-568-B.2 บนพื้นฐานของค่าสูญเสียจากการสอดแทรก (insertion loss) ความยาวสูงสุดพิจารณาได้ดังนี้

$C = (102 - H)/(1 + D)$

$Z = C - T$

สำหรับสายขนาด 24 AWG ชนิด UTP หรือชนิด ScTP Z ต้องไม่เกิน 22 เมตร

สำหรับสายขนาด 26 AWG ชนิด ScTP Z ต้องไม่เกิน 17 เมตร

เมื่อ

C คือ ความยาวรวมทั้งหมดของสายเคเบิลในพื้นที่กระจายย่าน รวมกับความยาวสายเคเบิลของบริภัณฑ์ และความยาวของสายเสียบต่อ (patch cord) ด้วย

H คือ ความยาวของสายเคเบิลแนวนอน (H + C ไม่เกิน 100 เมตร)

D คือ ตัวประกอบลดพิกัด สำหรับสายเสียบต่อ (0.2 สำหรับสายขนาด 24 AWG ชนิด UTP หรือ 24 AWG ScTP และ 0.5 สำหรับสายขนาด 26 AWG ชนิด ScTP)

Z คือ ความยาวสูงสุดของสาย เคเบิลในพื้นที่กระจายย่าน

T คือ ความยาวรวมของสายเสียบต่อและสายของบริภัณฑ์

ตารางที่ 14.1 เป็นการประยุกต์ใช้กับสูตรข้างบน โดยถือว่าความยาวรวมของสายเสียบต่อกับสายเคเบิลของบริภัณฑ์ในพื้นที่กระจายประธานหรือพื้นที่กระจายแนวนอนเป็น 5 เมตร สำหรับสายขนาด 24 AWG ชนิด UTP หรือสายขนาด 24 AWG ชนิด ScTP หรือ 4 เมตร สำหรับ 26 AWG ScTP ที่เต้ารับในพื้นที่กระจายย่านจะต้องทำเครื่องหมายแสดงความยาวสูงสุดของเคเบิลในพื้นที่กระจายย่านที่ยอมได้

ตารางที่ 14.1 ความยาวสูงสุดของสายเคเบิลแนวนอนและสายเคเบิลของบริภัณฑ์ในบริเวณนั้น

ความยาวเคเบิลแนวนอน (เมตร)	สายเสียบต่อขนาด 0.5 มม. (24 AWG) ชนิด UTP หรือ 24 AWG ScTP		สายเสียบต่อขนาด 0.4 มม. (26 AWG) ชนิด ScTP	
	ความยาวสูงสุดของเคเบิลในพื้นที่กระจายย่าน (เมตร)	ความยาวรวมทั้งหมดของสายเคเบิลในพื้นที่กระจายย่าน รวมกับความยาวสายเคเบิลของบริภัณฑ์ และความยาวของสายเสียบต่อด้วย (เมตร)	ความยาวสูงสุดของสาย เคเบิลในพื้นที่กระจายย่าน (เมตร)	ความยาวรวมทั้งหมดของสายเคเบิลในพื้นที่กระจายย่าน รวมกับความยาวสายเคเบิลของบริภัณฑ์ และความยาวของสายเสียบต่อด้วย (เมตร)
90	5	10	4	8
85	9	14	7	11
80	13	18	11	15
75	17	22	14	18
70	22	27	17	21

14.2.2.4 ตัวกลาง

ระบบเคเบิลแนวนอนสามารถใช้สายสัญญาณชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันได้สายสัญญาณดังกล่าวข้างต้นนี้ ได้แก่

(1) เคเบิลคู่ตีเกลียว 100โอห์ม

(2) เคเบิลเส้นใยนำแสงแบบหลายโหมด (multimode optical fiber cable) 62.5/125 micron หรือ 50/125 micron

(3) เส้นใยนำแสงแบบโหมดเดียว (single-mode optical fiber cable) ช่องสัญญาณ (channel) จากเคเบิลข้างต้น รวมทั้ง ฮาร์ดแวร์ต่อเชื่อม, สายสัญญาณ, สายต่อ, สายเสียบต่อและสายของบริภัณฑ์ จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากล เช่น ANSI/TIA/EIA-568-B.1, ANSI/TIA/EIA-568-B.2, ANSI/TIA/EIA-568-B.3 และ ANSI T1.404

14.2.3 การเดินเคเบิลแบกโบน

14.2.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

เคเบิลแบกโบนในระบบเคเบิลของดาตาเซ็นเตอร์ มีหน้าที่

(1) สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่กระจายประธาน (MDA) กับห้องทางเข้าหลัก

(2) สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่กระจายประธาน (MDA) กับห้องทางเข้ารอง

(3) สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่กระจายประธาน (MDA) กับห้องโทรคมนาคม

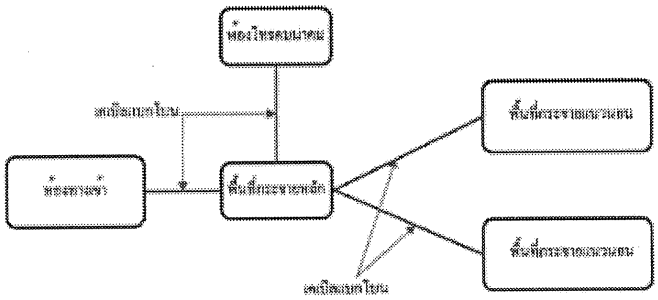
(4) สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่กระจายประธาน (MDA) กับพื้นที่กระจาย แนวนอน (HDA)

ระบบเคเบิลแบกโบน ประกอบด้วย สายเคเบิลแบกโบน จุดต่อข้ามประธาน จุดต่อข้ามแนวนอน จุดเข้าปลายสาย รวมถึงสายเสียบต่อหรือสายต่อที่ใช้เชื่อมต่อข้ามระหว่างแบกโบนกับแบกโบน

ระบบเคเบิลแบกโบนจะต้องสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานได้โดยสะดวก โดยไม่กระทบการทำงานปกติของระบบเคเบิลแบกโบน

14.2.3.2 การจัดเครือข่าย (โทโพโลยี)

ระบบเคเบิลแบกโบนต้องมีลำดับชั้นแบบสตาร์ ลักษณะตามรูปที่ 14.3 ซึ่งเป็นการต่อเชื่อมลำดับเดียว โดยแต่ละจุดต่อข้ามแนวนอนในพื้นที่กระจายแนวนอน เชื่อมเคเบิลโดยตรงกับจุดต่อข้ามประธานในพื้นที่กระจายประธาน (MDA) โดยตรงเท่านั้นและไม่มีจุดต่อข้ามใด ๆ ระหว่างทาง



รูปที่ 14.3 รูปแบบเครือข่ายของเคเบิลแบกโบนแบบสตาร์ (อ้างอิงจาก TIA942)

เคเบิลจากจุดต่อข้ามประธานไปยังจุดเข้าปลายสายในพื้นที่กระจายบริภัณฑ์ถือเป็นระบบเคเบิลแนวนอน

14.2.3.3 การจัดรูปแบบที่ไม่ใช่สตาร์

รูปแบบเคเบิลแบกโบนแบบสตาร์ตามรูปที่ 14.3 นั้น ในบางกรณีในพื้นที่กระจายของดาตาเซนเตอร์อาจมีบางส่วนของเครือข่ายที่ไม่เป็นรูปแบบสตาร์ก็ได้ เช่น รูปแบบริง รูปแบบบัส หรือรูปแบบทรี แต่ทั้งนี้จะต้องมีการเชื่อมต่อและมีการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรืออะแดปเตอร์ที่เหมาะสมด้วย

14.2.3.4 ระยะทางการเดินเคเบิลแบกโบน

ความยาวทั้งหมดของระบบเคเบิลแบกโบนที่ใช้สายเคเบิลแบบ category 3, category 5e และ category 6 (ดูข้อ 14.2.2.3) รวมถึง category ที่สูงกว่านี้ ไม่ควรเกิน 90 เมตร และที่ปลายของสาย เคเบิลแบกโบนดังกล่าว ยอมให้ต่อกับสายบริภัณฑ์อีกได้ปลายละไม่เกิน 5 เมตร

หากจำเป็นต้องเดินสายบริภัณฑ์ที่ยาวเกินกว่า 5 เมตร จะต้องไปคำนวณลดความ ยาวสายเคเบิลแบกโบนตามสัดส่วน เพื่อให้ไม่เกินความยาวช่องสัญญาณ (Chanel length) สูงสุดข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้นเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(1) ข้อจำกัดระยะ 90 เมตร อนุมานจากสายเคเบิลยาวตลอดช่วงที่ไม่มีการต่อระหว่างทางใด ๆ

(2) การใช้ข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ต้องคำนึงถึงมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษา รวมถึงรายละเอียดข้อกำหนดของบริภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องและการประยุกต์ใช้งานในบางกรณี

(3) เพื่อลดผลของ Close proximity จาก NEXT loss และ return loss อัน เนื่องจากรอยต่อหลายจุด ตำแหน่งเข้าปลายสาย ของ HDA ต้องอยู่ห่างจากตำแหน่งเข้าปลายสายของ MDA ไม่ต่ำกว่า 15 เมตร

14.2.3.5 ตัวกลางที่ยอมรับ

เคเบิล, อุปกรณ์เชื่อมต่อ, สายต่อ (jumper), ชุดสายเสียบต่อ (patch cord), สายบริภัณฑ์ สายในพื้นที่ย่านจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดการประยุกต์ใช้งานตามมาตรฐาน ANSI/TIA/EIA-568-B series และ ISO/IEC 11801 ตัวกลางที่ยอมรับ ได้แก่

(1) เคเบิลคู่ตีเกลียว 100โอห์ม ตาม ANSI/TIA/EIA-568-B series ขั้นต่ำเป็น category 3

(2) เคเบิลใยแก้วนำแสงแบบหลายโหมด (multimode optical fiber cable) 62.5/125 micron หรือ 50/125 micron (ANSI/TIA/EIA-568-B3) ขั้นต่ำเป็น OM3 (หากเกิน 100 เมตร ให้ใช้ไม่ต่ ากว่า OM4)

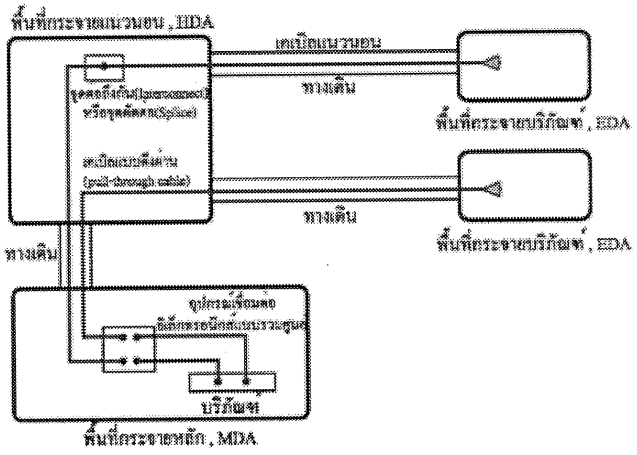
(3) เคเบิลใยแก้วนำแสงแบบโหมดเดียว (single-mode optical fiber cable) (ANSI/TIA/EIA-568-B.3)

(4) สายโคแอกเชียล 75 โอห์ม (แบบ 734 และ 735) (Telcordia Technologies GR-139-CORE) และขั้วต่อโคแอกเชียล (ANSI T1.40A)

14.2.4 การเดินเคเบิลใยแก้วนำแสงแบบศูนย์กลาง

14.2.4.1 ทั่วไป

ในกรณีที่มีผู้ใช้อิสระหลายราย (many single tenant) ในอาคารเดียวกัน อาจใช้วิธีเดินเคเบิลใยแก้วนำแสงในแนวนอนแบบรวมศูนย์ไปยัง MDA ที่อยู่ในอาคารเดียวกัน ก็ได้ หากมีการติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่ออิเล็กทรอนิกส์แบบรวมศูนย์ที่ MDA โดยเดินเคเบิลใยแก้วน าแสงโดยตรงจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของผู้ใช้ผ่าน HDA ไปยังอุปกรณ์เชื่อมต่ออิเล็กทรอนิกส์แบบรวมศูนย์ที่ MDA ทั้งนี้อาจจะมีจุดต่อถึงกัน (interconnect) หรือจุดตัดต่อ(splice) ที่ HDA ก็ได้



รูปที่ 14.4 ระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงแบบรวมศูนย์ (อ้างอิงจาก TIA942)

14.2.4.2 แนวทางแนะนำ

การติดตั้งเคเบิลใยแก้วน าแสงต้องเป็นไปตาม ANSI/TIA/EIA-568-B.1 ยกเว้น เคเบิลใยแก้วนำแสงที่ลากผ่านตลอด ต้องมีความยาวไม่เกิน 300 เมตร

ระบบเคเบิลรวมศูนย์ต้องมีป้ายหรือเครื่องหมายตามมาตรฐาน ANSI/TIA/EIA-606-A และ ผนวก ข (annex B) สำหรับจุดตัดต่อใน HDA และอุปกรณ์ต่อเชื่อมจะต้องติดป้ายหรือเครื่องหมายระบุเฉพาะที่ทุกตำแหน่งเข้าปลายสาย ทั้งนี้ห้ามใช้สัญลักษณ์สีที่จุดต่อเชื่อมหรือจุดตัดต่อ อีกทั้งตำแหน่งเข้าปลายสายของการต่อข้ามแบบรวมศูนย์ใน MDA ต้องทำป้ายหรือเครื่องหมายบนพื้นสีน้ำเงิน โดยป้ายพื้นสีน้ำเงินนี้ต้องใช้ใน HDA แต่ละวงจร การกำหนดขั้วของเคเบิลแบบรวมศูนย์ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ANSI/TIA/EIA-568-B.1 (ข้อ 10.3.2) เมื่อติดตั้งระบบเคเบิลแล้วเสร็จในแต่ละส่วน จะต้องทำการทดสอบคุณลักษณะของระบบเคเบิล พร้อมทำบันทึกรายงาน และเมื่อติดตั้งทั้งระบบเสร็จเรียบร้อย จะต้องทำการทดสอบคุณลักษณะและสมรรถนะการสื่อสัญญาณของระบบเคเบิล พร้อมทำบันทึกรายงานการทดสอบที่เป็นเอกสาร

14.2.5 เส้นทางการเดินเคเบิล

14.2.5.1 ความมั่นคงของการเดินเคเบิล

ระบบเคเบิลโทรคมนาคม จะต้องไม่เดินผ่านพื้นที่ที่เข้าถึงได้อย่างสาธารณะหรือโดยผู้ไม่เกี่ยวข้อง ยกเว้น เคเบิลนั้นเดินร้อยท่อหรือเดินในทางเดินสายที่มั่นคงปลอดภัยจากการเข้าถึง จุดเปิดต่าง ๆ เช่น ช่องเปิดสำหรับบำรุงรักษา กล่องดึงสาย และ กล่องตัดต่อสาย เป็นต้น จะต้องปิดมิดชิดและใส่กุญแจไว้

ระบบเคเบิล (โทรคมนาคม) ทางเข้าสำหรับดาตาเซนเตอร์ไม่ควรเดินผ่านห้องสำหรับติดตั้งเครื่องอุปกรณ์ต่าง ๆ (common equipment room: CER) หากจำเป็นต้องเดินร้อยท่อหรืออยู่ในทางเดินสายที่มั่นคงปลอดภัยเช่นเดียวตามที่กล่าวข้างต้น

บรรดาช่องเปิดสำหรับการบำรุงรักษาที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่ของอาคารหรือภายใต้การควบคุมของดาตาเซนเตอร์ควรใส่กุญแจและมีระบบเฝ้าตรวจของดาตาเซนเตอร์โดยใช้กล้องวงจรปิด ระบบแจ้งเตือนระยะไกล หรือทั้งสองอย่าง

กล่องดึงสายสำหรับดาตาเซนเตอร์ (ระบบเคเบิลทางเข้าหรือระบบเคเบิลระหว่างส่วนของดาตาเซนเตอร์) ที่อยู่ในพื้นที่สาธารณะหรือพื้นที่ใช้ร่วมกับผู้อื่น ควรมีการควบคุมการเข้าถึงกล่องดึงสายดังกล่าว และควรมีระบบเฝ้าตรวจของดาตาเซนเตอร์โดยใช้กล้องวงจรปิด ระบบแจ้งเตือนระยะไกลหรือทั้งสองอย่าง

บรรดากล่องต่อสายเคเบิลของดาตาเซนเตอร์ที่อยู่ในพื้นที่สาธารณะหรือพื้นที่ใช้ร่วมกับผู้อื่นควรใส่กุญแจและมีระบบเฝ้าตรวจของดาตาเซนเตอร์โดยใช้กล้องวงจรปิด ระบบแจ้งเตือนระยะไกลหรือทั้งสองอย่าง

ทางเชื่อมโทรคมนาคมระหว่างห้องทางเข้ากับภายนอกจะต้องมีการปิดล็อค แต่ถ้าไม่สามารถปิดล็อคได้เนื่องจากมีการใช้ร่วมกันหลายราย จะต้องเดินในท่อหนาหรือทางเดินสายเคเบิลที่มั่นคงปลอดภัย

14.2.5.2 การแยกเคเบิลไฟฟ้าและสื่อสาร

เพื่อให้การรบกวนระหว่างเคเบิลไฟฟ้าและเคเบิลทองแดงคู่สายตีเกลียวมีน้อยที่สุดต้องจัดระยะแยกห่างตามกำหนดต่อไปนี้

(1) ระยะแยกห่างระหว่างสายไฟฟ้าและสายคู่ตีเกลียว ระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าและสายคู่ตีเกลียวให้ไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางที่ 14.2

ตารางที่ 14.2 ระยะแยกห่างระหว่างคู่สายตีเกลียวกับสายไฟฟ้าที่มีชิลด์

จำนวนวงจร	ชนิดวงจรไฟฟ้า	ระยะแยกห่าง
1-15	20A 110/240V 1 เฟส ชิลด์หรือไม่ชิลด์	ตาม ANSI/TIA/EIA- 569 B
16-30	20A 110/240V 1-เฟส ชิลด์	50 mm
31-60	20A 110/240V 1-เฟส ชิลด์	100 mm
61-90	20A 110/240V 1-เฟส ชิลด์	150 mm
91+	20A 110/240V 1-เฟส ชิลด์	300 mm
1+	100A 415V 3	300 mm

หมายเหตุ 1. ต้องดำเนินการติดตั้งให้ระยะแยกห่างตามตารางข้างต้นเป็นไปอย่างมั่นคงถาวรตลอดเส้นทาง
2. ถ้าสายไฟฟ้าเป็นแบบไม่มีชีลด์ ระยะแยกห่างตามตารางที่ 14.2 จะต้องเป็นสองเท่า อย่างไรก็ตาม ระยะแยกห่างในตารางสามารถใช้กับสายไฟฟ้าที่ไม่มีชีลด์ได้ถ้าสายไฟฟ้าหรือสายสัญญาณติดตั้งในถาดโลหะที่มีการประสานและต่อลงดินอย่างสมบูรณ์

การชีลด์สายไฟฟ้าต้องครอบคลุมสายอย่างสมบูรณ์ (ยกเว้นที่เต้ารับ) และจะต้องประสานและต่อลงดิน ตามข้อกำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย วสท. 2001

ในกรณีที่สายไฟฟ้าและสายสื่อสารเดินวางตัดกันเป็นมุมฉากสามารถวางชิดกันหรือห่างกันก็ได้ ยกเว้นมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยได้กำหนดให้เดินสายแยกกัน

ไม่ต้องมีระยะแยกห่างเมื่อสายไฟฟ้าหรือสายสัญญาณติดตั้งในทางเดินสายหรือท่อโลหะต่อไปนี้

(ก) รางโลหะหรือท่อโลหะต้องปิดรอบเคเบิลอย่างสมบูรณ์และต่อเนื่อง

(ข) รางโลหะหรือท่อโลหะต้องต่อฝากและต่อลงดินอย่างถูกต้องตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย

(ค) รางโลหะหรือท่อโลหะ หากเป็นเหล็กชุบสังกะสี ต้องมีความหนาอย่างน้อย 1 มม. และถ้าเป็นอลูมิเนียมต้องมีความหนาอย่างน้อย 2 มม.

(2) ข้อปฏิบัติในการจัดตามข้อกำหนดระยะแยกห่างสายไฟฟ้า (Practices to accommodate power separation requirement)

(ก) กรณีที่ใช้ท่ออ่อนสำหรับเดินสายวงจรย่อยใต้พื้นยก เพื่อความแข็งแรงให้ใช้ท่ออ่อนชนิดกันน้ำ

(ข) สายป้อนต้องเดินด้วยท่อโลหะแข็ง หากจำเป็นต้องเดินด้วยท่อโลหะอ่อน เพื่อความแข็งแรงให้ใช้ท่ออ่อนชนิดกันน้ำ

(ค) ในกรณีที่ดาตาเซนเตอร์มีรางเดินสายติดตั้งด้านบน และถ้ามีการติดตั้งรางเดินสายซ้อนกัน ส่วนบนสุดของรางเดินสายตัวล่างต้องห่างจากส่วนล่างสุดของรางเดินสายตัวบนอย่างน้อย 30 ซม.

ในดาตาเซนเตอร์ที่ใช้พื้นยก

การเดินสายไฟฟ้ากำลังและสายสัญญาณต้องแยกห่างจากกันทั้งแนวราบและแนวตั้ง ในแนวราบต้องแยกห่างจากกันให้มากที่สุดและต้องไม่น้อยกว่า 60 ซม. ในแนวตั้งจะต้องวางสายสัญญาณในราง

เดินสายอยู่เหนือรางเดินสายไฟฟ้าให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และส่วนบนสุดของรางเดิน สายสัญญาณจะห่างจากแผ่นล่างของพื้นยกไม่น้อยกว่า 20 มม.

(3) ระยะแยกห่างระหว่างสายเคเบิลใยแก้วน าแสงกับสายเคเบิลทองแดง (Separation of fiber and copper cabling)

การเดินสายเคเบิลใยแก้วน าแสงและสายเคเบิลทองแดงไปด้วยกันในรางเคเบิลจะต้องติดตั้งให้เคเบิลทั้งสองชนิดมีระยะแยกห่างจากกันพอสมควรที่ทำให้มีความสะดวกในการบริหารการจัดวางเคเบิลให้เป็นสัดส่วน เพื่อความคล่องตัวในการใช้งานและลดความเสียหายต่อสายเคเบิลใยแก้วนำแสงที่มีขนาดเล็กกว่า หากสามารถวางแยกกันได้ดังนี้แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องมีการกั้นแยกทางกายภาพระหว่างเคเบิล สองชนิดอีก แต่หากมีความจำเป็นที่ไม่สามารถวางเคเบิลทั้งสองชนิดให้แยกห่างจากกันได้ดังกล่าว ต้องวางสายเคเบิลใยแก้วนำแสงไว้ด้านบนของสายเคเบิลทองแดง

14.2.5.3 เส้นทางของโทรคมนาคมด้านเข้า

(1) ชนิดของเส้นทางของทางเข้า (Entrance pathway types) สายเคเบิลที่เข้าอาคารต้องติดตั้งให้มีความมั่นคง แข็งแรง ปลอดภัยทางกายภาพ เพื่อป้องกันการท าลายเคเบิลหรือโจรกรรมและบ่อนทำลายข้อมูล

(2) ขนาด (Sizing) ต้องแยกเคเบิลไฟฟ้าและโทรคมนาคมทางเข้าของผู้ให้บริการแต่ละรายออกจากกันเคเบิลดังกล่าวต้องร้อยท่อ ขนาดไม่ต่ำกว่า 100 มม. สำหรับท่อร้อยสายเคเบิลใยแก้วนำแสงจะต้องมีท่ออย่างน้อย 3 ท่อในท่อหลัก โดย 2 ท่อย่อยแต่ละท่อมีขนาด 38 มม. กับอีก 1 ท่อมีขนาด 25 มม. หรือ 3 ท่อย่อยแต่ละท่อมีขนาด 33 มม. เท่ากันทั้ง 3 ท่อ

14.2.5.4 รางเดินเคเบิลพาดในอากาศ

(1) รางเคเบิลใต้เพดานที่อยู่เหนือช่องทางเดินหรือพื้นที่สัญจรทั่วไป ในพื้นที่ที่ผู้ใช้หลายรายใช้งานร่วมกัน ต้องเป็นชนิดพื้นทึบหรือสูงจากพื้นที่ยืนอย่างน้อย 2.7 เมตร เพื่อป้องกันความเสียหายจากอุบัติเหตุหรือการกระทำโดยตั้งใจ รางเคเบิลที่ติดตั้งใต้เพดานต้องมีความลึกไม่เกิน 150 มม.

(2) ตัวรองรับถาดเคเบิล (Cable tray support) รางเคเบิลจะต้องมีการต่อฝากถึงกันทั้งระบบ และรางเคเบิลทั้งหมดต้องมีความต่อเนื่องถึงกันทางไฟฟ้าอย่างมั่นคง ระบบรางเคเบิลทั้งหมดจะต้องต่อฝากลงดินกับระบบการต่อลงดินของดาตาเซนเตอร์

15. ข้อกำหนดงานเทคโนโลยีสารสนเทศ

16. การตรวจสอบและบำรุงรักษาดาตาเซนเตอร์

16.1 ทั่วไป

ต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบในการตรวจสอบการดำเนินการให้มีดาตาเซนเตอร์ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนถึงขั้นตอนสุดท้ายก่อนเริ่มใช้งานจริง ซึ่งเรียกว่าขั้นตอนตรวจสอบก่อนเริ่มใช้งานจริง

การตรวจสอบก่อนเริ่มใช้งานจริงเป็นกระบวนการที่จะทำให้แน่ใจว่าระบบได้รับการออกแบบติดตั้งรวมถึงการทดสอบหน้าที่การทำงาน และความสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเชื่อถือได้ตามวัตถุประสงค์

การตรวจสอบก่อนเริ่มใช้งานจริงอย่างน้อยจะต้องตรวจสอบระบบต่าง ๆ ต่อไปนี้

16.1.1 ระบบไฟฟ้า

16.1.2 ระบบปรับสภาพอากาศ (HVAC)

16.1.3 ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BAS)

16.1.4 ระบบจัดการงานอาคาร (BMS)

16.1.5 ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย

16.1.6 ระบบรักษาความมั่นคงปลอดภัย

16.1.7 ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบสื่อสาร รวมถึงระบบสายเคเบิล และ เส้นทางเดินเคเบิล

16.1.8 ระบบต่อลงดิน

16.1.9 ระบบสูบน้ำมันเชื้อเพลิง

16.1.10 ระบบเฝ้าตรวจรายการวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือสำรอง

16.1.11 ระบบตรวจจับการรั่วไหลต่าง ๆ

16.1.12 ระบบอื่นๆ ตามข้อกำหนดของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

16.2 ลำดับขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบก่อนเริ่มใช้งานจริงควรทำดังต่อไปนี้

16.2.1 ขั้นตอนการจัดทำแผนงานการตรวจสอบ (Program phase)

แผนงานการตรวจสอบจะต้องอย่างน้อยประกอบด้วยรายการต่อไปนี้

16.2.1.1 เกณฑ์การตัดสินใจที่สำคัญ

16.2.1.2 การลงนามอนุมัติเห็นชอบ

16.2.1.3 วัตถุประสงค์ในการออกแบบ

16.2.1.4 งบประมาณและการเงิน

16.2.1.5 ระบุรายนามและคุณสมบัติของคณะผู้ตรวจสอบ

16.2.1.6 พิจารณากำหนดระบบที่จะทำการตรวจสอบก่อนเริ่มใช้งานจริง

16.2.2 ขั้นตอนการออกแบบ (Design phase)

คณะผู้ตรวจสอบจะต้องได้รับแบบที่สมบูรณ์เรียบร้อยทุกส่วนทุกระบบ รวมทั้งสัญญาว่าจ้างข้อกำหนดคุณสมบัติเทคนิคและเงื่อนไขต่าง ๆ รวมถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

คณะผู้ตรวจสอบจะต้องทบทวนเอกสารทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นอย่างละเอียดรวมถึงความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการออกแบบด้วย

จุดประสงค์การตรวจสอบในขั้นตอนการออกแบบอย่างน้อยประกอบด้วยรายการต่อไปนี้

16.2.2.1 การทบทวนสถาปัตยกรรมของห้องและอาคาร

16.2.2.2 ประเมินความจำเป็นในการจัดให้มีวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือสำรอง

16.2.2.3 เอกสารแสดงเจตจำนงในการออกแบบได้เสนอไว้

16.2.2.4 ระบบ ICT และสถาปัตยกรรมที่ทบทวนมาแล้ว

16.2.2.5 ทบทวนขอบเขตงานของผู้ร่วมงานทั้งหมดรวมถึงคู่สัญญาและผู้จำหน่าย

16.2.3 ขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction phase)

ในระหว่างการก่อสร้างอาคารหรือดาตาเซ็นเตอร์ ให้ผู้มีหน้าที่ตรวจสอบติดตามความก้าวหน้า เพื่อให้แน่ใจว่าทุกอย่างเป็นไปตามเจตจำนงในการออกแบบ วัตถุประสงค์ของขั้นตอนการก่อสร้างอย่างน้อย จะต้องประกอบด้วยรายการต่อไปนี้

16.2.3.1 การติดตามเฝ้าตรวจความก้าวหน้าในงานก่อสร้าง

16.2.3.2 การทดสอบแยกส่วนในระหว่างก่อสร้างอย่างครบถ้วน

16.2.3.3 รายงานความก้าวหน้าและการตรวจสอบภาคสนาม

16.2.3.4 ตรวจสอบกระบวนการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดงาน และการอนุมัติ

16.2.3.5 เอกสารอนุมัติการดัดแปลงเจตจำนงการออกแบบ

16.2.4 ขั้นตอนการตรวจรับ (Acceptance phase)

ระหว่างขั้นตอนการตรวจรับ ให้ทดสอบสมรรถนะการทำงานของทั้งระบบโดยรวม การปรับเทียบระบบ และการทดสอบต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิต และข้อกำหนดอื่นๆ ตามเจตจำนงของ การออกแบบอย่างครบถ้วนพร้อมจัดทำเอกสารประกอบ ทั้งนี้ต้องมีการบันทึกส่วนหรือระบบที่ทำงานไม่ถูกต้องสมบูรณ์และต้องแก้ไขให้ถูกต้องเรียบร้อยก่อนเดินเครื่อง วัตถุประสงค์ของขั้นการตรวจรับอย่างน้อยประกอบด้วยรายการต่อไปนี้

16.2.4.1 การทดสอบสมรรถนะการทำงาน

16.2.4.2 การตรวจสอบสถานที่ตั้ง

16.2.4.3 การตรวจสอบการรับประกัน

16.2.4.4 เอกสารการดำเนินงานขั้นสุดท้ายทั้งหมดและรายงานการทดสอบทั้งหมด

16.2.5 ขั้นตอนหลังการตรวจรับ (Post-acceptance phase)

ขั้นตอนหลังการตรวจรับ ให้กำหนดวิธีดำเนินการใช้งานและการบำรุงรักษา รวมถึงการเฝ้าตรวจ ในการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จะต้องพิสูจน์ว่าระบบหลังการเปลี่ยนแปลงแล้วยังคงเป็นไปตามเจตจำนงการออกแบบเดิม โดยระบุเป็นเอกสารอย่างชัดเจน วัตถุประสงค์ของขั้นตอนหลังการตรวจรับอย่างน้อย ประกอบด้วยรายการต่อไปนี้

16.2.5.1 วิธีดำเนินการใช้งานและการบำรุงรักษา

16.2.5.2 การจัดเก็บเอกสาร และการแก้ไขเอกสาร

16.2.5.3 การฝึกอบรมพนักงาน

16.2.5.4 การเพิ่มและการปรับวิธีดำเนินการ

16.2.5.5 การเปลี่ยนกระบวนการควบคุมและการตรวจตรา

16.3 รูปแบบของการตรวจสอบก่อนใช้งาน

การตรวจสอบก่อนเริ่มการใช้งานสามารถทำได้ 4 รูปแบบ ขึ้นกับขอบข่ายของโครงการ, งบประมาณ และ วัตถุประสงค์การออกแบบ

16.3.1 การตรวจสอบต่อเนื่อง

16.3.1.1 ให้หน่วยงานที่มีอำนาจในการตรวจสอบ เข้ามาร่วมตั้งแต่เริ่มโครงการ

16.3.1.2 ให้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ

16.3.1.3 ให้แน่ใจว่ายังคงรักษาเจตจำนงของการออกแบบตลอดทั้งโครงการ

16.3.2 การตรวจสอบตามลำดับความก้าวหน้าของงาน

16.3.2.1 กำหนดวิธีการจัดลำดับความก้าวหน้าของงาน

16.3.2.2 ดำเนินการทดสอบ ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์, ตรวจพิสูจน์ว่าเป็นไปตามเจตจำนงของการออกแบบตามที่ได้ตกลงกันไว้

16.3.3 การตรวจสอบในขั้นตรวจรับ

16.3.3.1 ทำการทดสอบตามข้อกำหนดทั้งระบบ (integrated system)

16.3.3.2 ทบทวนการทดสอบและเกณฑ์บำรุงรักษาทั้งหมดก่อนสรุปผล

16.3.3.3 ตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องพร้อมบันทึกค่าสมรรถนะในการทำงานของระบบ

16.3.4 การตรวจสอบความสามารถในการทำงานของระบบโครงข่าย

16.3.4.1 ตรวจบันทึกค่าสมรรถนะจริงของระบบ ICT ก่อนการสรุปผล

16.3.4.2 จัดทำเอกสารสมรรถนะที่ทดสอบได้ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิง

16.4 การทดสอบ

ในกระบวนการประกันคุณภาพ การตรวจสอบท าการทดสอบตามช่วงเวลาต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับเจตจำนงของการออกแบบ การทดสอบสมรรถนะแต่ละหน้าที่งาน (functional performance) เป็นพื้นฐานของกระบวนการตรวจสอบก่อนเริ่มใช้งานจริง วัตถุประสงค์หลักของการทดสอบสมรรถนะแต่ละหน้าที่งานเพื่อให้แน่ใจว่าระบบและบริภัณฑ์ทั้งหมดทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นไปตามเจตจำนงการออกแบบ

16.4.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของการทดสอบหน้าที่งาน (functional testing)

16.4.1.1 รายละเอียดของบริภัณฑ์

16.4.1.2 จุดมุ่งหมายของการทดสอบ

16.4.1.3 บุคคลากร, เครื่องมือ และเครื่องมือวัดที่จำเป็นในการทดสอบ

16.4.1.4 ข้อมูลในการออกแบบของบริภัณฑ์ หรือ ระบบที่จะทดสอบ

16.4.1.5 รายละเอียดลำดับ ขั้นตอน ในการปฏิบัติการ รวมถึงการปรับตั้งค่าการทำงานต่างๆ

16.4.1.6 ผังเวลาในการทดสอบ

16.4.1.7 ข้อแนะนำพิเศษ และการเตือน ต่าง ๆ

16.4.1.8 ผลที่คาดหมาย

16.4.1.9 แนวทางการสุ่มตัวอย่าง

16.4.2 ขั้นตอนการทดสอบการทำหน้าที่งาน

16.4.2.1 ตรวจพินิจข้อบกพร่องของการผลิตและติดตั้งบริภัณฑ์

16.4.2.2 เงื่อนไขการทดสอบ

16.4.2.3 การทดสอบทั้งระบบ

16.4.2.4 ตรวจสอบการตอบสนองของการท าหน้าที่งาน

16.4.2.5 เปรียบเทียบการตอบสนองของการท าหน้าที่งานจริงกับเกณฑ์การตรวจรับ

17. การจัดระดับชั้นดาตาเซนเตอร์

17.1 ขนาดกำลังและความต้องการ

ดาตาเซนเตอร์ที่มีระบบจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่องและระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองหรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเสริมต้องมีความต้องการไฟฟ้าอย่างน้อยดังนี้

17.1.1 มีระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองหรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเสริมเท่ากับกำลังไฟฟ้า (kW) ของโหลดอุปกรณ์ ICT และโหลดสำคัญรวมทั้งโหลดสาธารณูปโภคและทางกลทั้งหมดที่ต้องการเพื่อให้ดาตาเซนเตอร์ทำงานได้ตามปกติ

17.1.2 มีระบบจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่องของทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงเท่ากับกำลังไฟฟ้า (kW) ของโหลดอุปกรณ์ ICT และโหลดสำคัญ

17.1.3 มีสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยและมีการต่อลงดินที่เหมาะสม และเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

17.2 การทำงานทดแทนกันได้

การทำงานทดแทนกันได้ (Redundancy) มีรูปแบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

17.2.1 รูปแบบ N หมายถึง ระบบที่สามารถจ่ายโหลดขั้นต่ำตามความต้องการพื้นฐาน ได้ โดยไม่มีการทำงานทดแทนกัน

17.2.2 รูปแบบ N+1 หมายถึง ระบบที่มีการท างานทดแทนกัน โดยเพิ่มอุปกรณ์หรือเพิ่มเส้นทางหรือเพิ่มระบบอีกหนึ่งชุดเข้าไปเพื่อทดแทน อุปกรณ์ชุดใดชุดหนึ่งของระบบที่จ่ายโหลดขั้นต่ำตามความต้องการพื้นฐานเกิดหยุดจ่ายพลังงานไม่ว่าสาเหตุใดก็ตาม (เช่น อุปกรณ์ชำรุดเสียหายหรือในระหว่างการบำรุงรักษา)

17.2.3 รูปแบบ N+2 หมายถึง ระบบที่มีการทำงานทดแทนกันโดยเพิ่มอุปกรณ์หรือเพิ่มเส้นทางหรือเพิ่มระบบอีกสองชุดเข้าไป เพื่อทดแทนอุปกรณ์ที่อาจไม่ทำงาน จ่ายโหลดขั้นต่ำตามความต้องการพื้นฐานเกิดหยุดจ่ายพลังงานไม่ว่าสาเหตุใดก็ตามถึงสองชุดได้

17.2.4 รูปแบบ 2N หมายถึง ระบบและเส้นทางที่มีการทำงานทดแทนกันได้ โดยมีระบบที่สมบูรณ์รวมถึงเส้นทางเพิ่มอีกหนึ่งชุด ซึ่งแต่ละระบบและเส้นทางต้องสามารถจ่ายโหลดขั้นต่ำตามความต้องการพื้นฐานได้ เพื่อทดแทนในกรณีที่ระบบหรือเส้นทางด้านใดด้านหนึ่งไม่สามารถจ่ายโหลดได้

17.2.5 รูปแบบ 2(N+1) หมายถึง ระบบที่มีการทดแทนกันได้ลักษณะ (N+1) ตามข้อ 2 จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดมีเส้นทางจ่ายโหลดแยกต่างหากออกจากกัน เพื่อทดแทนในกรณีที่ระบบหรือเส้นทางด้านใดด้านหนึ่งไม่สามารถจ่ายโหลดได้

17.2.6 รูปแบบ xN หมายถึง ระบบที่มีรูปแบบตามข้อ 4 แต่มีจำนวน x ที่มากกว่า 2 ขึ้นไป

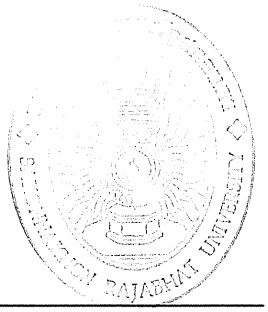
17.3 ขนาดกำลังและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์

ขนาดกำลัง (Capacity) หมายถึง kW ที่ต้องการเพื่อจ่ายให้โหลดรวมกับส่วนที่เผื่อในการออกแบบ (Design margin) และตัวประกอบการขยายตัว (Growth factor)

อัตราส่วนการโหลดของโมดูล (Module loading ratio) หมายถึง kW ที่ต้องการของโหลด ICT หารด้วย kW ที่ติดตั้งรวม

อัตราส่วนการใช้ประโยชน์ในการออกแบบ (Design utilization ratio) หมายถึงจำนวนรวมของแหล่งจ่ายไฟฟ้ารวมถึงที่ใช้ในการท างานทดแทนกันได้หารด้วยจำนวนที่ต้องการต่ำสุดเพื่อจ่ายให้โหลด

อัตราส่วนประสิทธิภาพในการออกแบบ (Design efficiency ratio) หมายถึง kW ที่ต้องการ หารด้วย kW ที่ติดตั้ง แสดงในตารางที่ 17.1



ตารางที่ 17.1 อัตราส่วนประสิทธิภาพในการออกแบบ

รูปแบบ	การใช้ประโยชน์ในการออกแบบ (จำนวนแหล่งจ่ายไฟฟ้า หรือ ยูพีเอสรวม / จำนวนที่ต้องการ)	ประสิทธิภาพในการออกแบบ (kW ที่ต้องการ / kW ที่ติดตั้ง)
N	1 : 1	100%
N+1	2 : 1	50%
N+1	3 : 2	66%
N+1	4 : 3	75%
N+1	5 : 4	80%
2N	2 : 1	50%
2(N+1)	6 : 2	33%
N+2	3 : 1	33%
N+2	4 : 2	50%
N+2	5 : 3	60%
N+2	6 : 4	66%

ตัวอย่าง N เป็น 100kVA อาจจัดรูปแบบ N+1 ได้เป็นหลายระดับ เช่น

- โมดูล 100kVA 2 ชุด มีอัตราส่วนประสิทธิภาพในการออกแบบเป็น 50%
- โมดูล 50kVA 3 ชุด มีอัตราส่วนประสิทธิภาพในการออกแบบเป็น 66%
- โมดูล 33kVA 4 ชุด มีอัตราส่วนประสิทธิภาพในการออกแบบเป็น 75%
- โมดูล 25kVA 5 ชุด มีอัตราส่วนประสิทธิภาพในการออกแบบเป็น 80%

17.4 ประเภทและระดับชั้นระบบไฟฟ้าและเครื่องกล

ประเภทและระดับชั้นระบบไฟฟ้าและเครื่องกลในประเทศไทย จัดไว้เป็น 5 ระดับ คือ ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 17.2 และรูปที่ 17.1 ถึง 17.5 ดังนี้

17.4.1 ระดับ 0 เป็นดาตาเซนเตอร์ลักษณะเส้นทางเดี่ยว (Single path) ที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าเดียวและมีอุปกรณ์ปรับสภาพไฟฟ้า เช่น เครื่องคุมค่าแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ อุปกรณ์ระงับเสิร์จ (Surge suppression device) โดยมีระบบต่อลงดินอย่างถูกต้อง

17.4.2 ระดับ 1 เป็นดาตาเซนเตอร์ลักษณะเส้นทางเดี่ยว (Single path) ที่ยกระดับจากระดับ 0 โดยมี เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและมีอุปกรณ์จ่ายไฟต่อเนื่อง (UPS) แบบเอกเทศ (Stand alone)

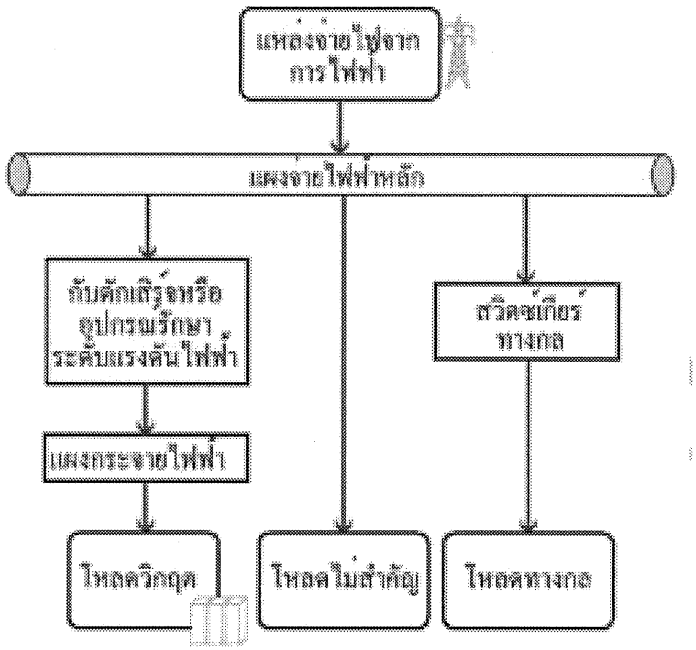
17.4.3 ระดับ 2 เป็นดาตาเซนเตอร์ลักษณะเส้นทางเดี่ยว (Single path) ที่ยกระดับจากระดับ 1 โดยระบบจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่องต้องทำงานแบบทดแทนกันได้ (Redundancy) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง จะเป็นแบบทดแทนกันหรือไม่ก็ได้

17.4.4 ระดับ 3 เป็นดาตาเซนเตอร์ที่ยกระดับจากระดับ 2 เป็นลักษณะสองเส้นทาง (Two path) โดยหนึ่งเส้นทางให้เป็นแบบแอกทีฟ

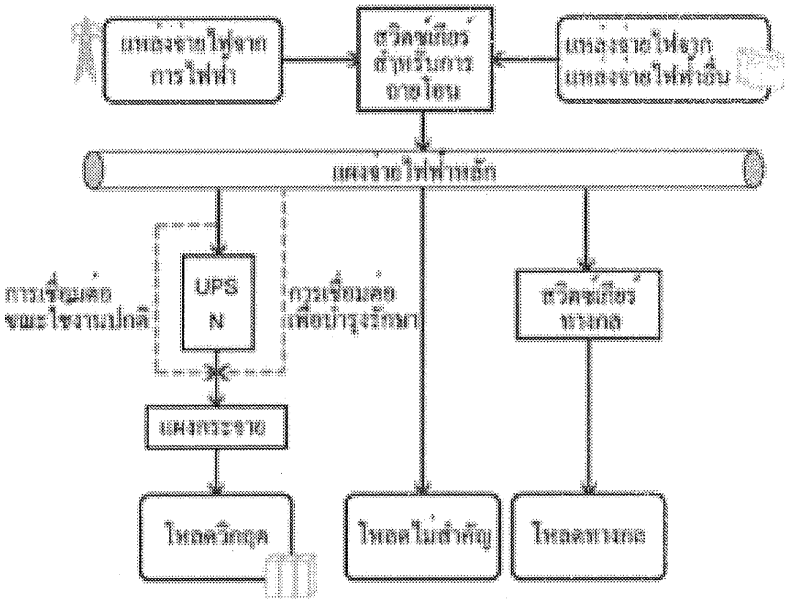
17.4.5 ระดับ 4 เป็นดาตาเซนเตอร์ที่ยกระดับจากระดับ 3 เป็นลักษณะแอกทีฟทั้งสองเส้นทาง (Two path) ทั้งนี้ทั้งสองเส้นทางจะต้องรับไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าย่อยต่างกัน

ตารางที่ 17.2 ระดับชั้นระบบไฟฟ้าและเครื่องกล

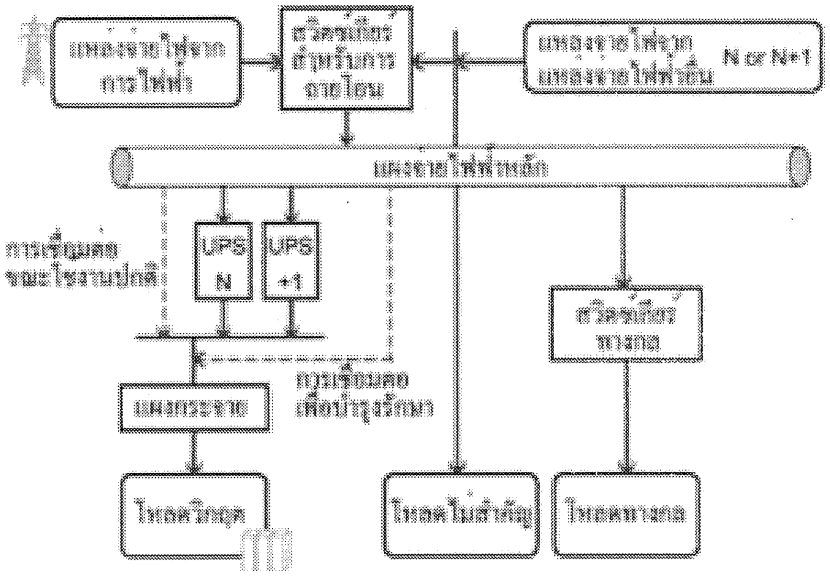
รายละเอียด	ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4
แหล่งจ่ายจากการไฟฟ้าฯ (สถานีไฟฟ้าย่อย)	1	1	1	1	2
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง	-	1	N or N+1	N or N+1	2N or 2(N+1)
UPS	-	N	N+1	N+1	2(N+1)
เวลาขั้นต่ำสำหรับแบตเตอรี่ สำรอง	-	10 นาที	10 นาที	10 นาที	10 นาที
ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	มี	มี	มี	มี	มี
ระบบดับเพลิงอัตโนมัติ (สาร สะอาดดับเพลิง)	-	มี	มี	มี	มี
ระบบแจ้งเตือนน้ำรั่ว	-	-	มี	มี	มี



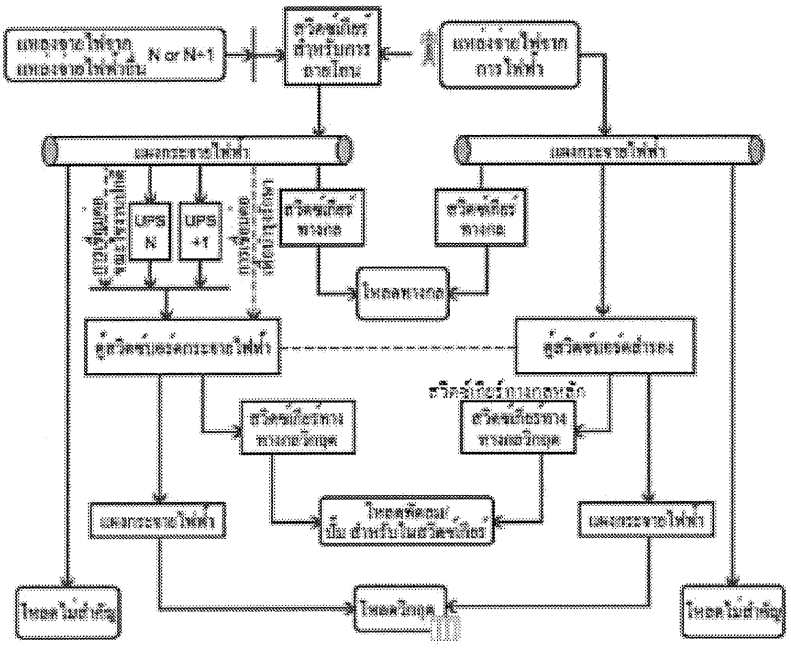
รูปที่ 17.1 การจัดประเภทไฟฟ้าและเครื่องกล สำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 0 (อ้างอิงจาก BICSI 002)



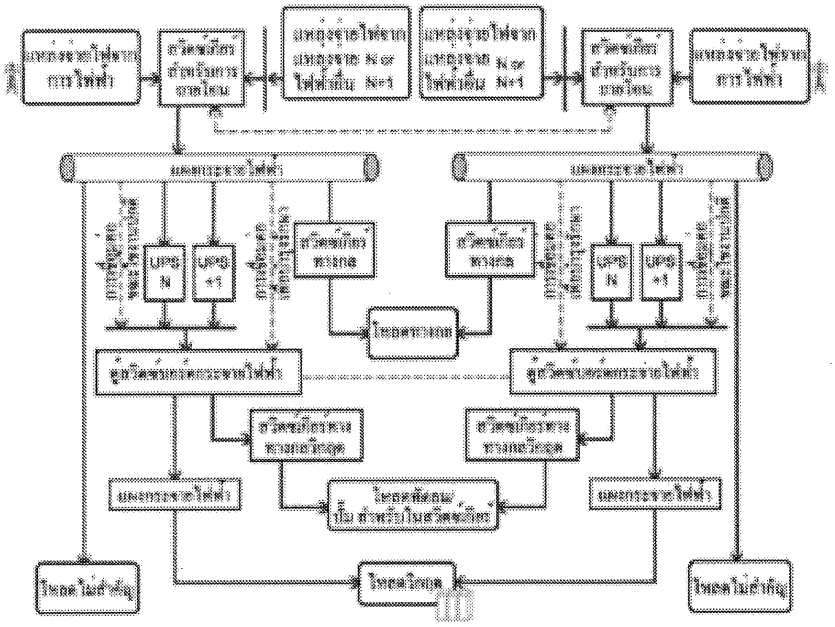
รูปที่ 17.2 การจัดประเภทไฟฟ้าและเครื่องกล สำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 1 (อ้างอิงจาก BICSI 002)



รูปที่ 17.3 การจัดประเภทไฟฟ้าและเครื่องกล สำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 2 (อ้างอิงจาก BICSI 002)



รูปที่ 17.4 การจัดประเภทไฟฟ้าและเครื่องกล สำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 3 (อ้างอิงจาก BICSI 002)



รูปที่ 17.5 การจัดประเภทไฟฟ้าและเครื่องกล สำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 4 (อ้างอิงจาก BICSI 002)

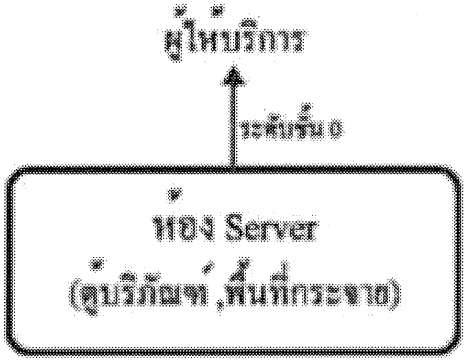
17.5 ประเภทและระดับชั้นระบบสายสัญญาณ

ประเภทและระดับชั้นระบบสายสัญญาณในประเทศไทย จัดไว้เป็น 5 ระดับ คือ ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 17.3 และรูปที่ 17.6 ถึง 17.10 ดังนี้

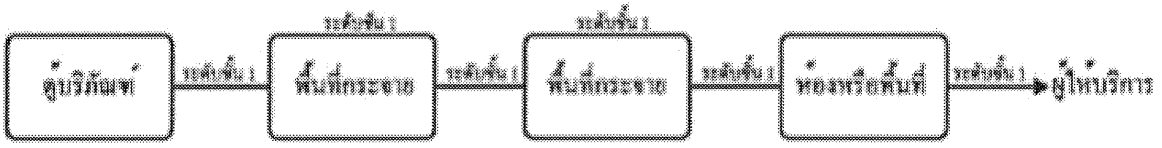
17.5.1 ระดับ 0 เป็นดาตาเซนเตอร์ลักษณะสายสัญญาณแบบ Foundation
17.5.2 ระดับ 1 เป็นดาตาเซนเตอร์ลักษณะสายสัญญาณแบบ Basic
17.5.3 ระดับ 2 เป็นดาตาเซนเตอร์ลักษณะสายสัญญาณแบบ Redundant component
17.5.4 ระดับ 3 เป็นดาตาเซนเตอร์ลักษณะสายสัญญาณแบบ Concurrently maintenance
17.5.5 ระดับ 4 เป็นดาตาเซนเตอร์ลักษณะสายสัญญาณแบบ Fault tolerant

ตารางที่ 17.3 ระดับชั้นระบบสายสัญญาณ

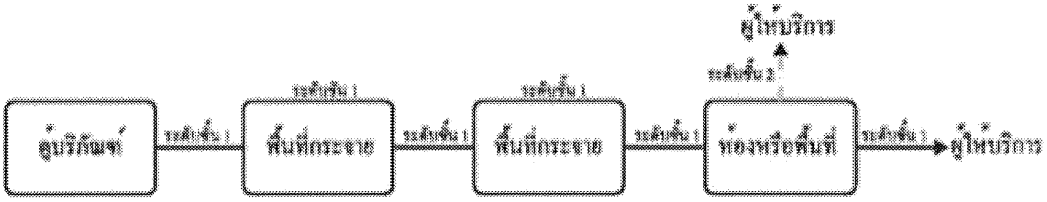
รายละเอียด	ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4
ลักษณะระบบ	Foundation	Basic	Redundant component	Concurrentl Y maintenanc e	Fault tolerant
ER 1	รวมอยู่ใน Server Room	มี	มี	มี	มี
MDA 1		มี	มี	มี	มี
HDA 1		มี	มี	มี	มี
Equipment cabinet		มี	มี	มี	มี
ER 2	ไม่มี	มี	มี	มี	มี
MDA 2	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
HDA 2	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มี
Access provider 1	มี	มี	มี	มี	มี
Access provider 2	ไม่มี	ไม่มี	มี	มี	มี
Access provider 3	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มี	มี



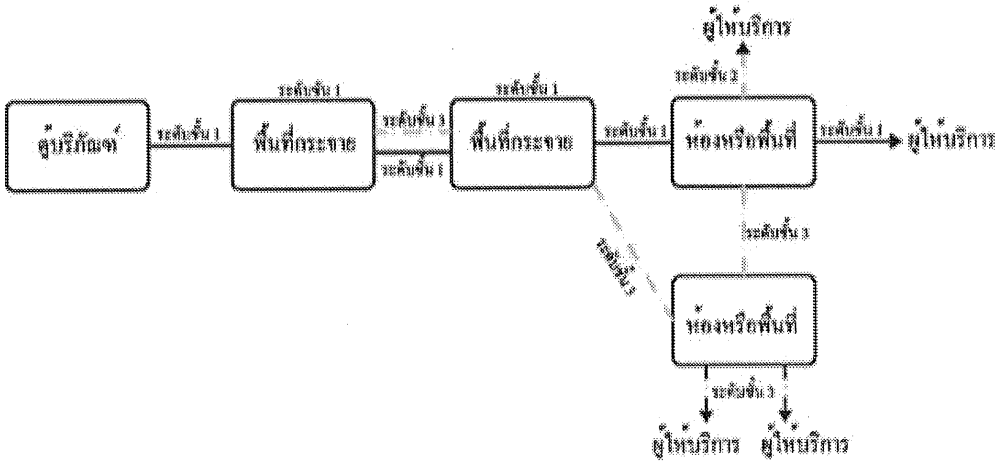
รูปที่ 17.6 การจัดระบบสายสัญญาณสำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 0 (อ้างอิงจาก BICSI 002)



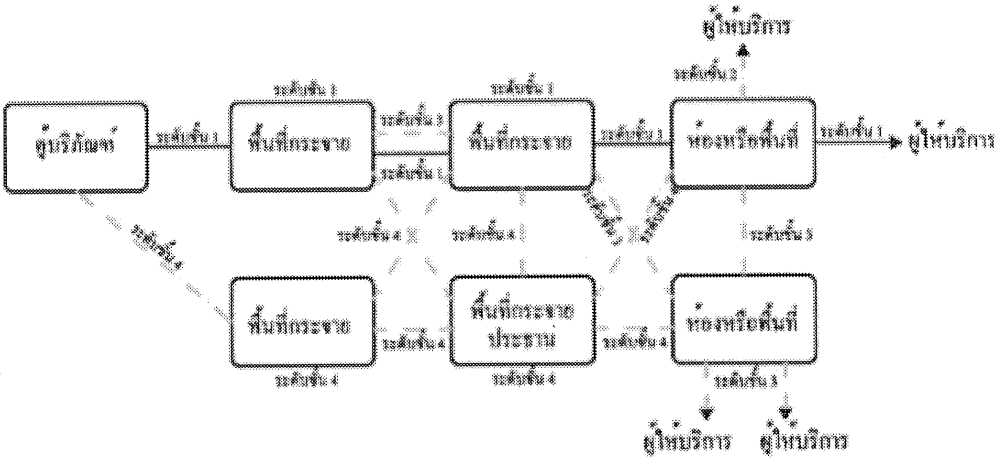
รูปที่ 17.7 การจัดระบบสายสัญญาณสำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 1 (อ้างอิงจาก BICSI 002)



รูปที่ 17.8 การจัดระบบสายสัญญาณสำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 2 (อ้างอิงจาก BICSI 002)



รูปที่ 17.9 การจัดระบบสายสัญญาณสำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 3 (อ้างอิงจาก BICSI 002)



รูปที่ 17.10 การจัดระบบสายสัญญาณสำหรับดาตาเซนเตอร์ระดับ 4 (อ้างอิงจาก BICSI 002)

ภาคผนวก ก
วิธีการวัดระดับการใช้พลังงาน

การวัดประสิทธิภาพของดาตาเซนเตอร์ ในมาตรฐานนี้ให้ใช้ "ประสิทธิผลการใช้ไฟฟ้า" (Power usage effectiveness – PUE) ซึ่งเป็นการวัดประสิทธิผลการใช้ไฟฟ้าโดยตรงของดาตาเซนเตอร์ โดยคิดเป็นกำลังไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้โดยอุปกรณ์ ICT

$$PUE = \frac{Total\ facility\ power}{|TE\ \ power}$$

ทั้งนี้โดยปกติแล้ว PUE จะมีค่ามากกว่า 1.0 ซึ่งดาตาเซนเตอร์ ส่วนใหญ่มีค่า PUE ใกล้กับ 2.0 หมายเหตุ ในปัจจุบันมีดาตาเซนเตอร์บางแห่งที่ใช้การวัดเป็น "ประสิทธิภาพโครงสร้างพื้นฐานของดาตาเซนเตอร์" (Data center infrastructure efficiency – DCiE) ซึ่งเป็นส่วนกลับของ PUE ตามสูตร

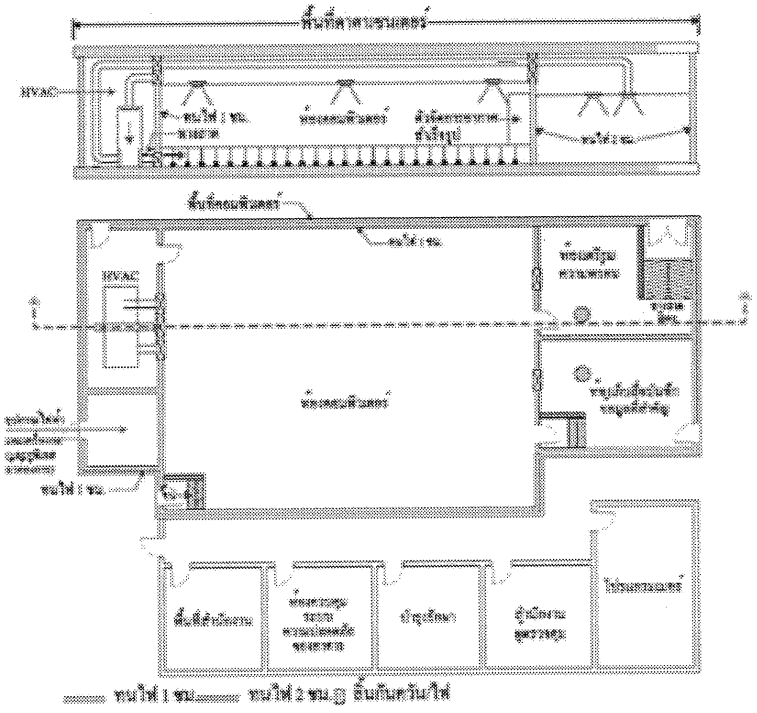
$$DCiE = \frac{1}{PUE} = \frac{|TE\ power}{Total\ facility\ power} \times 100\%$$

นั่นคือ *DCiE* จะมีค่าน้อยกว่า 100% อย่างไรก็ตามในวงการดาตาเซนเตอร์นิยมใช้ *PUE* มากกว่า

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการจัดพื้นที่ดาตาเซนตอร์

ภาคผนวกนี้ไม่ใช่ข้อกำหนด แต่เป็นข้อมูลเท่านั้น

ห้องที่แสดงในรูปที่ ข.1 เป็นเพียงแนวทางเท่านั้น และไม่แสดงขนาด, รูปร่าง หรือตำแหน่ง โดยพื้นที่ดาตาเซนเตอร์ไม่จำเป็นจะต้องเป็นห้องตามรูปที่ ข.1 โดยปกติแล้วห้องคอมพิวเตอร์จะมีพื้นยกสำเร็จรูป



รูปที่ ข.1 ตัวอย่างแนวทางการจัดพื้นที่ดาตาเซนเตอร์ (อ้างอิงจาก *NFPA75*)

4.26 การส่งมอบงาน

4.25.1 ก่อนส่งมอบงาน ผู้รับจ้างต้องปรับแต่งอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าและระบบสื่อสารให้มีขนาดที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ทั้งในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยให้มีความเหมาะสมกับสถานที่และความต้องการ ซึ่งได้แก่การปรับสมดุลของโหลด การปรับแต่งแรงดันของระบบ การปรับแต่งการป้องกันการใช้กระแสเกิน และการลัดวงจร รวมถึงการปรับแต่งระบบไฟฟ้าสื่อสารต่างๆ

4.25.2 ผู้รับจ้างต้องเปิดเดินเครื่อง และ อุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานเต็มที่เป็นเวลา 24 ชั่วโมงติดต่อกัน

4.25.3 ผู้รับจ้างต้องทำการทดสอบเครื่อง วัสดุและอุปกรณ์ ตามที่ผู้ว่าจ้างกำหนดให้ทดสอบจนกว่าจะได้ผลเป็นที่พอใจ และแน่ใจของผู้ว่าจ้าง ว่าเครื่อง วัสดุ หรืออุปกรณ์เหล่านั้นสามารถทำงานได้ดีถูกต้องตามแบบ และข้อกำหนดทุกประการ

4.25.4 รายการสิ่งของต่างๆ ต่อไปนี้ ผู้รับจ้างต้องส่งมอบให้ผู้ว่าจ้างในวันส่งมอบงานโดยถือเป็นส่วนหนึ่งในการตรวจรับมอบงานด้วย คือ

4.25.4.1 AS-BUILT DRAWING โดยจัดทำเป็นกระดาษพิมพ์เขียว จำนวน 3 ชุด และกระดาษไข จำนวน 1 ชุด พร้อม CD 3 ชุด

4.25.4.2 หนังสือคู่มือการใช้ และบำรุงรักษาเครื่อง อย่างละ 3 ชุด

4.25.4.3 เครื่องมือพิเศษสำหรับใช้ในการปรับแต่ง ซ่อมบำรุง และอุปกรณ์ซึ่งโรงงานผู้ผลิตส่งมาให้ด้วย

4.25.4.4 อะไหล่ต่างๆ ตามข้อกำหนด

4.25.4.5 การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ โดยต้องฝึกอบรมให้เสร็จสิ้นก่อนส่งมอบงาน

ตารางที่ 1

ขนาดของสายดินสำหรับต่อสายศูนย์ (NEUTRAL) ไปยังสายหลักดิน

ขนาดสายประธาน (ตร.มม.)	ขนาดตัวนำขั้วดิน (ตร.มม.)
ไม่เกิน 35	10
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
" 50 " 95	25
" 95 " 185	35
" 185 " 300	50
" 300 " 500	70
เกิน 500 ขึ้นไป	95

ตารางที่ 2

ขนาดสายดินสำหรับเปลือกนอกโลหะของอุปกรณ์เครื่องไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของตัดตอนอัตโนมัติ หรือ ขนาดฟิวส์ต้นทางของระบบไฟฟ้า	ขนาดตัวนำสายดิน (ตร.มม.)
15	1.5
20	4
30-60	6
100	10
200	16
400	25
500	35
600	50
800	50
1000	70
1200	95
1600	120
2000	120
2500	185
3000	240
4000	240
5000	400
6000	400

ตารางที่ 3

จำนวนสายไฟฟ้าที่มากที่สุดในท่อร้อยสาย

จำนวนเส้นของสายไฟฟ้ามากที่สุดในท่อร้อยสาย(THW)

ขนาดสายไฟ	12.7-16 1/2"-3/8"	19 3/4"	25 1"	32 1 1/4"	38 1 1/2"	50 2"	60 2 1/2"	75 3"	90 3 1/2"	100 4"
1	6	10	18	31	45	-	-	-	-	-
1.5	5	10	14	25	35	-	-	-	-	-
2.5	3	5	9	16	22	38	-	-	-	-
4	3	5	7	13	18	30	47	-	-	-
6	2	4	5	10	14	23	36	48	-	-
10	1	3	4	6	9	15	22	32	44	50
16	1	2	3	4	5	9	14	21	28	37
25	-	-	-	3	4	7	11	16	22	28
35	-	-	-	2	3	5	8	13	18	23
50	-	-	-	1	2	4	6	9	13	16
70	-	-	-	1	1	3	5	8	10	13
95	-	-	-	1	1	2	3	6	8	10
120	-	-	-	1	1	2	3	6	8	10
150	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9
185	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7
240	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6
300	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5
400	-	-	-	-	-	1	1	1	3	4
500	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3

ตารางที่ 4

จำนวนสายไฟฟ้าที่มากที่สุดในท่อร้อยสาย

จำนวนเส้นของสายไฟฟ้ามากที่สุดในท่อร้อยสาย (NYY แกนเดียว)

ขนาดสาย	12.7-16 1/2"-3/8"	19 3/4"	25 1"	32 1 1/4"	38 1 1/2"	50 2"	60 2 1/2"	75 3"	90 3 1/2"	100 4"	150 5"
1	1	1	3	6	8	14	20	31	42	-	-
1.5	1	1	3	6	8	13	18	28	38	49	-
2.5	1	1	3	5	7	11	16	25	34	43	-
4	1	1	2	4	6	10	14	22	29	38	-
6	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	-
10	-	1	1	3	4	7	11	17	22	29	45
16	-	1	1	3	4	6	9	14	19	24	39
25	-	1	1	2	3	5	7	11	15	20	31
35	-	-	1	1	2	4	6	9	12	16	25
50	-	-	1	1	1	3	5	8	11	14	22
70	-	-	1	1	1	3	4	6	9	11	18
95	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9	14
120	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8	12
150	-	-	-	-	1	1	2	3	5	6	9
185	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8
240	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	6
300	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5
400	-	-	-	-	-	-	1	1	1	3	4
500	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3

หมายเหตุ จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าชนิด XLPE สามารถใช้ตารางที่ 4 นี้ได้เช่นกัน

ตารางที่ 5

ความลึกต่ำสุดในการติดตั้งใต้ดินสำหรับระบบแรงต่ำ

วิธีที่	วิธีการเดินสาย	ค่าความลึกต่ำสุด(ม.)
1	เคเบิลฝังดินโดยตรง	0.60
2	เคเบิลฝังดินโดยตรง และมีแผ่นคอนกรีตหนา ไม่น้อยกว่า 0.05 ม. วางอยู่เหนือสาย	0.45
3	ท่อโลหะหนาและหนาปานกลาง	0.15
4	ท่ออโลหะซึ่งรับรองให้ฝังดินโดยตรงได้โดย ไม่ต้องมีคอนกรีตหุ้ม (เช่น HDPE และ PVC)	0.45
5	ท่อใยหินหุ้มคอนกรีตเสริมเหล็ก	0.45
6	ท่อร้อยสายอื่น ๆ ซึ่งได้รับความเห็นชอบจาก ผู้ว่าจ้าง	0.45

หมายเหตุ (1) ท่อร้อยสายที่ได้รับการรับรองให้ฝังดินได้โดยมีคอนกรีตหุ้มต้องหุ้มด้วยคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 0.05 เมตร

(2) สำหรับวิธี 4,5 และ 6 หากมีแผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยหว่า 0.05 เมตร วางอยู่เหนือสาย ยอมให้ความลึกลดลงเหลือ 0.30 เมตรได้

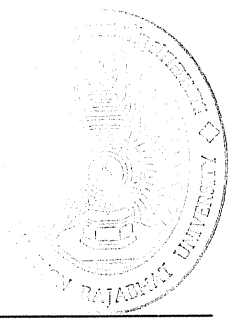
(3) ข้อกำหนดสำหรับความลึกนี้ ไม่ใช้บังคับสำหรับการติดตั้งใต้อาคารหรือใต้พื้นคอนกรีตซึ่งหนาไม่น้อยกว่า 0.10 เมตร และยื่นเลยออกไปจากแนวติดตั้งไม่น้อยกว่า 0.15 เมตร

(4) บริเวณที่มีรถยนต์วิ่งผ่าน ความลึกต้องไม่น้อย 0.60 เมตร

ตารางที่ 6

ขนาดรางเดินสายโลหะที่แนะนำในการผลิต

ขนาดความสูง x ความกว้าง (มม.)	ความหนาต่ำสุด (มม.)
50 x 50	1.00
50 x 100	1.00
100 x 100	1.20
100 x 150	1.20
100 x 200 หรือ 150 x 200	1.60
100 x 300 หรือ 150 x 300	1.60
100 x 400 หรือ 150 x 400	1.60



ตารางที่ 7

จำนวนสูงสุดของสายโทรศัพท์ TPEV ในท่อร้อยสาย

จำนวนสูงสุดของสายโทรศัพท์ TPEV (0.65 mm.) ในท่อร้อยสาย

NO OF PAIRS	12.7-16 1/2"-3/8"	19 3/4"	25 1"	32 1 1/4"	38 1 1/2"	50 2"	60 2 1/2"	75 3"	90 3 1/2"	100 4"
3	1	3	5	8	12	21	33	48	66	86
4	1	2	4	6	9	16	25	37	50	66
5	-	2	3	5	8	14	22	32	43	57
6	-	1	3	5	7	13	20	29	40	53
8	-	1	2	4	6	11	17	25	35	45
10	-	1	2	4	5	10	16	23	32	42
11	-	1	2	3	5	9	15	22	30	39
12	-	1	2	3	5	9	14	21	28	37
15	-	1	1	3	4	7	12	17	23	31
16	-	1	1	2	4	7	11	16	22	29
20	-	-	1	2	3	5	9	13	17	23
21	-	-	1	2	3	5	8	12	17	22
25	-	-	1	1	2	4	7	11	15	19
30	-	-	1	1	2	4	6	9	12	16
40	-	-	-	1	1	3	5	7	10	13
50	-	-	-	1	1	2	4	5	8	10

ตารางที่ 8

จำนวนสูงสุดของสายโทรศัพท์ TIEV ในท่อร้อยสาย

จำนวนสูงสุดของสายโทรศัพท์ TIEV ในท่อร้อยสาย

ขนาดสาย TIEV	12.7-16 1/2"-3/8"	19 3/4"	25 1"	32 1 1/4"	38 1 1/2"	50 2"
2C-0.65 MM.	5	12	22	34	50	89
3C-0.65 MM.	4	11	19	31	44	79
4C-0.65 MM.	4	9	16	26	38	67
5C-0.65 MM.	3	8	14	22	32	58
6C-0.65 MM.	3	6	12	19	27	48

หมวดที่ 5
หมวดงานวิศวกรรมสุขาภิบาล

เรื่อง **หน้า**

5.1 บทนำ 5-2
5.2 ขอบเขต 5-2
5.3 มาตรฐาน และกฎข้อบังคับ 5-2
5.4 ความต้องการทั่วไป 5-3
5.5 การติดตั้งท่อและอุปกรณ์ 5-4
5.6 วัสดุท่อ และข้อต่อ 5-12
5.7 วาล์ว และอุปกรณ์ประกอบท่อน้ำ (Valve and Accessories) 5-14
5.8 การทาสีป้องกันการผุกร่อน และรหัสสี (Painting and Color Code) 5-20
5.9 ข้อกำหนดภายหลังการติดตั้ง 5-24
5.10 เครื่องสูบน้ำ (Water Pump) 5-25
5.11 ระบบบำบัดน้ำเสีย 5-32
5.12 การทดสอบระบบ 5-32
5.13 ระบบไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับงานสุขาภิบาล 5-33
5.14 การฝึกอบรม 5-34

หมวดที่ 5

หมวดงานวิศวกรรมสุขาภิบาล

5.1 บทนำ

รายละเอียดของรายการและข้อกำหนดในเอกสารนี้ จะใช้เมื่อในแบบรูป และรายการประกอบแบบก่อสร้างไม่มีข้อกำหนดเป็นอย่างอื่น หรืออาจใช้เพื่อประกอบ หรือขยายความเพื่อความชัดเจนยิ่งขึ้น หากมีความขัดแย้งกับแบบรูป แลรายการประกอบแบบก่อสร้างให้ยึดถือตามแบบรูป และรายการประกอบแบบก่อสร้างเป็นหลัก

5.2 ขอบเขต

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหา ติดตั้ง และทดสอบเครื่องจักร เครื่องมือ ตลอดจนวัสดุ อุปกรณ์ทั้งหมดตามแบบและรายละเอียดของข้อกำหนดนี้ตลอดจนงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจไม่ได้แสดงไว้ แต่จำเป็นต้องทำเพื่อให้งานระบบสุขาภิบาล เสร็จเรียบร้อยจนใช้งานได้ตามหลักวิชาการ และมาตรฐานต่าง ๆ เป็นที่ยอมรับของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ขอบเขตของงานประกอบด้วยระบบต่าง ๆ ดังนี้

5.2.1 งานระบบประปา
5.2.2 งานระบบระบายน้ำฝน
5.2.3 งานระบบท่อส้วม ท่อน้ำทิ้งจากห้องครัว และท่อระบายอากาศ
5.2.4 งานระบบระบายน้ำรอบอาคาร
5.2.5 งานระบบดักไขมัน
5.2.6 งานระบบน้ำร้อนประจำอาคาร
5.2.7 งานระบบไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับระบบข้างต้น
5.2.8 งานทดสอบระบบ และการทำความสะอาด

5.3 มาตรฐาน และกฎข้อบังคับ

ในการติดตั้งระบบสุขาภิบาลให้บรรลุผลเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้รับจ้างจะต้องควบคุมและติดตั้ง ตามมาตรฐาน และกฎข้อบังคับต่าง ๆ ฉบับล่าสุดที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

5.3.1 มาตรฐานการเดินท่อภายในอาคารของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
5.3.2 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)
5.3.3 การประปานครหลวง (กปน.)
5.3.4 สำนักงานสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (สวล)
5.3.5 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)
5.3.6 กระทรวงหรือหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
5.3.7 AMERICAN NATIONAL PLUMBLING CODE
5.3.8 THE AMERICAN SOCIETY OF PLUMBLING ENGINEERING (ASPE)
5.3.9 FACTORTY MUTUAL ENGINEERING CORP. (FM)
5.3.10 UNDERWRITER LABORATORIES INC. (UL)
5.3.11 AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE (ANSI)
5.3.12 BRITISH STANDARD (BS)
5.3.13 JAPANESE STANDARD (JIS)

5.3.14 DEUTSCHE INDUSTRY NORM (DIN)

5.4 ความต้องการทั่วไป

5.4.1 ต้องใช้ช่างซึ่งชำนาญงานโดยเฉพาะในแต่ละประเภทมาปฏิบัติงานติดตั้งระบบท่อ เครื่องสุขภัณฑ์ อุปกรณ์และต้องควบคุมการทำงานของช่างให้ดำเนินไปโดยชอบด้วยหลักปฏิบัติดังต่อไปนี้

5.4.2 การตัดท่อและต่อท่อ จะต้องให้ได้ระยะพอดีตามความต้องการที่ใช้งาน ณ จุดนั้น ๆ ซึ่งเมื่อต่อท่อบรรจบกันแล้วต้องได้แนวท่อที่สม่ำเสมอ ไม่คดและคลาดเคลื่อนจากแนวไป

5.4.3 การติดตั้งท่อ ต้องวางในลักษณะที่เมื่อเกิดการหดตัว หรือขยายตัวของท่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วไม่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับตัวท่อ หรือสิ่งใกล้เคียง ระบบท่อที่มีการขยายตัว และหดตัวมากต้องจัดให้มี EXPANSION LOOP หรือ EXPANSION JOINT ในที่ ๆ จำเป็นและเหมาะสมถึงแม้จะไม่มีกำหนดไว้ในแบบแปลนก็ตาม

5.4.4 ทันทีที่ต้องเปลี่ยนแนวหรือทิศทางของท่อ ให้ใช้ข้อต่อท่อตามความเหมาะสม (ข้อต่อหมายถึง ข้อโค้ง ข้องอ สามตา ฯลฯ) และเมื่อมีการเปลี่ยนขนาดท่อ ณ จุดใด ๆ ให้ใช้ข้อลดเท่านั้น

5.4.5 การตัดท่อ ให้ใช้เครื่องสำหรับตัดท่อโดยเฉพาะและต้องคว้านปากท่อขูดเศษที่ยังติดค้างอยู่ออกเสียให้หมด หากทำเกลียวต้องใช้เครื่องทำเกลียวที่มีฟันคมเพื่อให้ฟันเกลียวเรียบ และได้ขนาดตามมาตรฐาน

5.4.6 ลักษณะการเดินท่อ การติดตั้งต้องกระทำด้วยความประณีตปรากฏความเป็นระเบียบเรียบร้อยแก่สายตา การเลี้ยว การหักมุม การเปลี่ยนแนวระดับ ต้องใช้ข้อต่อที่เหมาะสมให้กลมกลืนกับรูปร่างของอาคารในส่วนนั้น ๆ แนวท่อต้องให้ขนานหรือตั้งฉากกับอาคารเสมอ อย่าให้เฉหรือเอียงจากแนวอาคาร หากที่ใดต้องแขวนท่อจากเพดานหรือโครงสร้างเหนือศีรษะ และมิได้กำหนดตำแหน่งที่แน่นอนไว้ในแบบแล้วต้องแขวนท่อนั้นให้ชิดข้างบนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อมิให้ท่อนั้นเป็นที่กีดขวางแก่สิ่งติดตั้งที่เพดาน หรือเหนือศีรษะ เช่น โคมไฟ ท่อลม ฯลฯ ผู้รับจ้างต้องตรวจสอบแนวระดับท่อของระบบต่าง ๆ ให้แน่นอนเสียก่อนติดตั้งระบบระบบใดระบบหนึ่งเพื่อมิให้ท่อเหล่านั้นกีดขวางกัน

5.4.7 การวางตำแหน่งของส่วนประกอบการเดินท่อ บรรดาส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบท่อ เช่น วาล์วน้ำ มาตรวัดน้ำ เกจ์วัดแรงดัน ฯลฯ ต้องวางให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับการใช้งานโดย ปกติ และสามารถถอดซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนใหม่ได้โดยง่าย

5.4.8 ข้อห้ามในการต่อท่อร่วมระหว่างระบบท่อ ระบบท่อน้ำที่ใช้ในการบริโภคนั้นห้ามต่อบรรจบกับ ระบบท่อโสโครกและท่อน้ำทิ้งเป็นอันขาด หากแนวของท่อน้ำที่ใช้ในการบริโภคต้องเดินขนาน หรือตัดกับแนวท่อโสโครก หรือท่อระบายน้ำทิ้งแล้ว แนวที่ขนานหรือตัดกันนั้นท่อที่ใช้ในการ บริโภคต้องอยู่เหนือท่อโสโครก หรือท่อระบายน้ำทิ้งเป็นระยะไม่น้อยกว่า 30 ซม.

5.4.9 ปลายของท่อน้ำและท่อระบายน้ำ หากในแผนผังปรากฏว่ามีท่อน้ำหรือท่อระบายน้ำแสดงไว้สำหรับต่อเติม ขยายออกไปในอนาคตแล้วจะต้องต่อท่อเหล่านี้ออกไปให้พ้นจากตัวอาคารไม่น้อย กว่า 1.5 ม. แล้วใช้ปลั๊กอุดหรือฝาครอบเกลียวปิดไว้ และหากจำเป็นต้องกลบดินในระยะนี้เสียก่อน ก็อาจจะทำโดยตอกหลักและติดป้ายแสดงตำแหน่งปลายท่อเหล่านี้ไว้

5.4.10 การป้องกันการชำรุดบุบสลายระหว่างติดตั้ง ให้ผู้รับจ้างปฏิบัติตามแนวทางดังต่อไปนี้

5.4.10.1 ปลายท่อทุกปลายให้ใช้ปลั๊กอุดหรือฝาครอบเกลียวครอบไว้ หากต้องละจากงานต่อท่อในส่วนนั้นชั่วคราว

5.4.10.2 เครื่องสุขภัณฑ์ และอุปกรณ์ให้หุ้มหรือคลุมกันไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแตกหักบุบสลาย

5.4.10.3 วาล์วน้ำ ข้อต่อและส่วนประกอบอื่น ๆ สำหรับการติดตั้งท่อให้ตรวจดูภายในและทำความสะอาดภายในให้ทั่วถึงก่อนนำมาประกอบติดตั้ง

5.4.10.4 เมื่อได้กระทำการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์แล้ว ต้องตรวจดูความเรียบร้อยและทำความสะอาดเครื่องสุขภัณฑ์ และอุปกรณ์เหล่านี้อย่างทั่วถึง เพื่อส่งมอบงานให้แก่เจ้าของงานในสภาพที่ปราศจากตำหนิและข้อบกพร่องและใช้การได้ตามวัตถุประสงค์เป็นอย่างดี

5.5 การติดตั้งท่อและอุปกรณ์

5.5.1 ความต้องการทั่วไป

ท่อที่เดินภายในอาคารและไม่ได้ฝัง ต้องแขวนโยง หรือยึดติดไว้กับโครงสร้างของอาคารอย่างมั่นคงแข็งแรง อย่าให้โยกคลอนแกว่งไกวได้ การแขวนโยงท่อที่เดินตามแนวราบ ให้ใช้เหล็กรัดท่อตามขนาดของท่อรัดไว้ และที่แขวน ที่รับ หรือที่ยึดท่อซึ่งทำขึ้นนี้ต้องเป็นชนิดที่ทำขึ้นเพื่อการนี้โดยเฉพาะเพื่อการแขวน การรับ การยึดท่อเท่านั้น ห้ามมิให้นำวัสดุมาดัดแปลงต่อกันเข้าเป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าเป็นอันขาด ถ้าใช้ที่รองรับฝังไว้กับคอนกรีต ต้องผูกติดกับเหล็กเสริมคอนกรีตอย่างมั่นคง หรืออาจใช้ EXPSNSION BOLT แทนก็ได้ หากมีท่อหลายท่อเดินตามแนวราบขนานกันเป็นแพ จะใช้สาแหรกแขวนรับไว้ทั้งชุดแทนใช้เหล็กรัดท่อแขวนแต่ละท่อก็ได้ ผู้รับจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากันมาใช้แทน ห้ามแขวนท่อด้วยโซ่ ลวด เชือก หรือสิ่งอื่นใดที่มีลักษณะไม่มั่นคงแข็งแรง การติดตั้งระบบท่อต่าง ๆ ให้ใช้มาตรฐานดังนี้

5.5.1.1 ท่อที่ติดตั้งในแนวดิ่งหรือแนวตั้ง

(1) ท่อเหล็กหรือท่อเหล็กอาบสังกะสี ซึ่งต่อด้วยเกลียวหรือเชื่อมเข้าด้วยกันทุก ๆ ระยะครึ่งหนึ่งของความยาวของท่อแต่ละท่อน ต้องมีที่ยึดหรือรองรับอย่างน้อยหนึ่งแห่งหรือที่ทุก ๆ ชั้น

(2) ท่อ พีวีซีทุก ๆ รอยต่อต้องมีที่ยึดและรองรับอย่างน้อยหนึ่งแห่งหรือทุก ๆ ชั้น

(3) ท่อเหล็กหล่อต้องมีที่ยึดแขวนหรือรองรับท่อทุก ๆ ชั้นของอาคาร

(4) ท่อในแนวดิ่งต้องมีที่ยึดตรงฐานของท่อทุกท่อด้วย

5.5.1.2 ท่อที่แขวนในแนวราบหรือแนวระดับ

(1) ท่อเหล็ก ท่อเหล็กอาบสังกะสีที่ต่อด้วยเกลียว หรือเชื่อมเข้าด้วยกันทุก ๆ ระยะไม่เกิน 200 ซม. ต้องมีที่ยึดหรือแขวน หรือรองรับอย่างน้อยหนึ่งแห่ง ยกเว้นกรณีได้ระบุรายละเอียดไว้ในแบบ

(2) ท่อเหล็กหล่อที่ต่อกันด้วยปากแตร หรือปลอกเหล็กด้วยแหวนยางต้องมีที่ยึดหรือแขวน หรือรองรับทุก ๆ ระยะข้อต่อ

5.5.1.3 ท่อทุกชนิดที่วางอยู่ในดิน ต้องวางอยู่บนที่อัดแน่นตลอดแนวความยาวของท่อ และเมื่อกลบดินแล้วต้องอัดดินให้แน่นโดยการอัดดินเป็นชั้น ๆ

5.5.1.4 ท่อที่เดินในแนวระดับ ต้องรองรับด้วยที่แขวนหรือที่รองรับแบบชิงช้า เหล็กเส้นที่แขวนให้มีขนาด ดังนี้

ขนาดท่อ	ขนาดเหล็กเส้น
12 มม. (½ นิ้ว) - 40 มม. (1 1/2 นิ้ว)	9 มม. (3/8 นิ้ว)
50 มม. (2 นิ้ว) - 75 มม. (3 นิ้ว)	12 มม. (1/2 นิ้ว)
100 มม. (4 นิ้ว) - 150 มม. (6 นิ้ว)	15 มม. (5/8 นิ้ว)
200 มม. (8 นิ้ว) - 250 มม. (10 นิ้ว)	25 มม. (1 นิ้ว)

5.5.1.5 ระหว่าง EXPANSION JOINT หรือ EXPANSION LOOPS ต้องมี ANCHOR ติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่ถูกต้องเพื่อการขยายตัวหรือหดตัวของท่อน้ำ ตำแหน่ง EXPANSION JOINT หรือ EXPANSION LOOPS จะกำหนดในภายหลัง

5.5.1.6 ผู้รับจ้างต้องเสนอแบบ SHOP DRAWING อธิบายถึงลักษณะ ขนาด และความหนาของเหล็กที่ใช้ตามขนาดต่าง ๆ กันเพื่อเสนอขออนุมัติจากผู้ควบคุมงานเสียก่อนก่อนดำเนินการทำที่ แขวนและที่รองรับท่อ

5.5.1.7 ที่แขวนและรองรับท่อจะต้องรับน้ำหนักได้อย่างเพียงพอ ภายใต้ตำแหน่งที่ถูกต้องและสามารถใช้การได้ดีในสภาพการใช้งานปกติ

5.5.1.8 ที่แขวนและที่รองรับท่อ จะต้องสามารถปรับให้สูง-ต่ำได้ตามความต้องการที่เหมาะสม

5.5.1.9 ที่แขวนท่อที่รองรับท่อ และที่ยึดท่อที่ติดตั้งภายในอาคารโดยทั่วไปจะต้องได้รับการทาสี READ LEAD PRIMER 2 ชั้น และทาสีทับภายนอกอีกหนึ่งชั้นด้วย ALKYD GRAY FINISHING PAINT น๊อต สกรู แหวน และอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ จะต้องทำด้วย CADMIUM-PLATED STEEL

5.5.1.10 ที่แขวนและที่รองรับท่อ ซึ่งติดตั้งอยู่ใกล้ COOLING TOWERS หรือบริเวณ COOLING TOWER จะต้องเป็นเหล็ก HOT-DIP GALVANIZED น๊อต สกรู แหวน และเหล็กรัดท่อจะต้องทำด้วย STAINLESS STEEL บริเวณใดหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของที่แขวนท่อหรือที่รองรับท่อ ถูกเจาะรู ถูกตัดขาด หรือถูกกระแทกจน GALVANIZED ฉีกขาด หรือหลุดออก บริเวณนั้นหรือส่วนนั้น ๆ จะต้องทาด้วย ZINC-RICH PAINT 2ชั้น

5.5.1.11 ที่แขวนท่อและที่รองรับท่อ ที่ติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร แต่อยู่เหนือระดับพื้นดินหรือติดตั้งอยู่บนสะพานเดินท่อ น๊อต สกรู แหวน และเหล็กรัดท่อ จะต้องทำด้วย CADMIUM-PLATED STEEL

5.5.1.12 ที่แขวนท่อ ที่รองรับท่อ น๊อต สกรู แหวน และที่รัดท่อ ซึ่งติดตั้งฝังอยู่ใต้ดิน ทั้งหมดนี้จะต้องทำด้วย STAINLESS STEEL

5.5.1.13 ที่รองรับท่อที่เป็นเหล็กฉาก เหล็กรางน้ำ หรืออุปกรณ์รองรับท่อต่าง ๆ ที่ติดตั้งอยู่ในรางคอนกรีต (CONCRERE TRENCH) จะต้องเป็นเหล็ก HOT-DIP GALVANIZED น๊อต สกรู แหวน และเหล็กรัดท่อจะต้องทำด้วย STAINLESS STEE

5.5.1.14 ที่แขวนท่อและที่รองรับท่อ ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในอาคารแต่ติดตั้งอยู่ภายในบริเวณที่มีความชื้น และการกัดกร่อน เช่น (ห้องแบตเตอรี่ ห้องเครื่องกำเนิดไอน้ำ ห้องเครื่องทำความเย็น ห้องล้างจาน ห้องครัว และห้องซักรีด) เป็นต้น ที่แขวนท่อและที่รองรับท่อจะต้องทาสี EPOXY RED LEAD PRIMER 2 ชั้น และทาสีทับภายนอกอีก 1 ชั้นด้วย EPOXY BLACK FINISHIHG PAINT

5.5.1.15 ที่แขวนท่อและที่รองรับท่อ ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในห้องเครื่องจักรต่าง ๆ จะต้องติดตั้ง SPRING VIBRATION ISOLATOR ประกอบเข้าอีกด้วยเพื่อป้องกันเสียงและการสั่นสะเทือนที่จะไปรบกวนกับห้องเครื่องหรืออาคารข้างเคียง

5.5.1.16 ต้องติดตั้งANCHOR รองรับท่อในแนวดิ่งเพื่อป้องกัน UDER STRAIN จะต้องเป็น HEAVY FORGED หรือ WELDED CONSTRUCTION ยึดต่างหากจาก SUPPORT และสำหรับท่อในแนวนอนเพื่อป้องกัน STRAIN จาก OFFSETS จะต้องเป็นแบบ FORGED WROUGH IRON CLAMPED ยึดอย่างแน่นหนา

5.5.1.17 ท่อในแนวตั้งจะต้องเพิ่มการยึดตรงฐานของท่อบริเวณหักเลี้ยวทุกท่อด้วย

5.5.1.18 ผู้ติดตั้งต้องรับผิดชอบในการจัดหาวาง CONCRETE INSERT และ ANCHOR ROD และทำงานเกี่ยวกับโครงสร้างอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการติดตั้งที่รับท่อต่าง ๆ

5.5.1.19 ที่แขวนท่อและที่รองรับท่อขนาดและรายละเอียดดังที่ระบุไว้ในแบบ แต่ผู้ทำการติดตั้งจะต้องรับผิดชอบในการเพิ่มขนาดเหล็กแขวนท่อ และความหนาของเหล็กเพื่อให้เหมาะสมกับน้ำหนักของท่อในส่วนที่จำเป็น

5.5.1.20 ท่อที่ติดตั้งในแนวดิ่งหรือแนวตั้ง และท่อแนวราบหรือแนวระดับให้ยึดแขวนตามระยะ และขนาดเหล็กที่ระบุในตารางต่อไปนี้

<u>ตารางสำหรับการยึดแขวนท่อ ระยะห่างระหว่างจุดยึดแขวน (เมตร)</u>

NORMINAOL PIPE SIZE มม. (นิ้ว)	ขนาดเหล็กเส้น (มม.)	ท่อเหล็กดำ หรือ ท่อเหล็กอาบสังกะสี		ท่อ พี วี ซี		ท่อ พีอี พีบี และท่อเหล็กหล่อ	
		แนวราบ	แนวดิ่ง	แนวรวบ	แนวดิ่ง	แนวราบ	แนวดิ่ง
15 (½)	9	2.0	2.4	0.9	1.2	ทุกๆ ระยะ 1.0 เมตร หรือทุกช่วงข้อต่อ	ทุกๆ ชั้นของอาคาร หรือ ทุกช่วงข้อต่อ
20 (¾)	9	2.4	3.0	1.0	1.2		
25 (1)	9	2.4	3.0	1.0	1.2		
32 (1 ¼)	9	2.4	3.0	1.2	1.8		
40 (1 ½)	9	3.0	3.6	1.3	1.8		
50 (2)	9	3.0	3.6	1.5	1.8		
65 (21/2)	12	3.0	4.5	1.8	2.4		
80 (3)	12	3.6	4.5	2.0	2.4		
100 (4)	15	4.0	4.5	2.4	2.4		
125 (5)	15	4.8	4.5	2.4	3.0		
150 (6)	15	4.8	4.5	2.4	3.0		
200 (8)	25	6.0	4.8	3.0	3.6		
250 (10)	25	6.0	4.8				
300 (12)	25	6.0	4.8				

5.5.2 การตัดเจาะและซ่อมสิ่งกีดขวาง (CUTTING AND REPAIRING)หากมีสิ่งก่อสร้างใดๆ กีดขวางแนวของท่อแล้วผู้รับจ้างต้องแจ้งรายละเอียดให้เจ้าของโครงการทราบ พร้อมกับเสนอวิธีการตัดเจาะสิ่งกีดขวางนั้นกับวิธีการซ่อมกลับคืนด้วย และต้องได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานก่อน ผู้รับจ้างต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญในการนั้น ๆ โดยเฉพาะ และต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง

5.5.3 SLEEVES, CUTTING AND PATCHING ท่อที่เดินผ่านฐานราก หรือผนัง ฝากั้น และเพดานด้านนอกต้องติดตั้งโดยอาศัยหลักเกณฑ์ดังนี้

5.5.3.1ตรงตำแหน่งที่ท่อ ปล่อง ฯลฯ จะต้องเดินผ่านเพดาน พื้น หรือกำแพง หรือคอนกรีต ให้เป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างที่จะต้องจัดหาและติดตั้ง SLEEVES หรือ BLOCKINGS ต่าง ๆ ที่จำเป็น

5.5.3.2ทุกครั้งที่ผู้รับจ้างทำการเจาะ ตัด ปะ หรือติดตั้งใด ๆ เกี่ยวกับงานของตนต้องขอความเห็นชอบต่อผู้ควบคุมงานก่อนเสมอ

5.5.3.3SLEEVES ที่ผ่านกำแพงภายนอก ต้องป้องกันมิให้น้ำซึมผ่านได้และทำด้วยท่อเหล็กดำ SCH40

5.5.3.4SLEEVES ที่ผ่านกำแพงอิฐ หรือคอนกรีตที่ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบกันซึม ให้ใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี

5.5.3.5SLEEVES ที่ผ่านกำแพงภายในที่ทำด้วยวัสดุอื่น ๆ นอกเหนือไปจากกำแพงอิฐ ทำด้วยท่อเหล็กอาบสังกะสี

5.5.3.6SLEEVES ต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อ (รวมฉนวนหุ้ม ถ้ามี) ที่ลอดผ่านภายในไม่ต่ำกว่า 25 มม. (1 นิ้ว) และผู้รับจ้างต้องใช้ใยแอสเบสตอสอัดช่องว่างระหว่างท่อกับ SLEEVES ให้แน่นทุกแห่ง

5.5.3.7ปลอกรองท่อที่พื้นอาคาร ต้องฝังให้ปลอกสูงกว่าระดับพื้นที่ตกแต่งแล้ว 25 มม. และเมื่อเดินท่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้อุดช่องว่างระหว่างท่อด้วยวัสดุ PASTIC ให้แน่นและเรียบร้อยจนแน่ใจว่าน้ำรั่วซึมผ่านไม่ได้ ปิดพื้น ผนัง และเพดาน

5.5.4 ระดับท่อน้ำ (INRERT ELEVATION)ผู้รับจ้างต้องเสนอแบบขยาย การจัดระดับท่อต่าง ๆ ให้ผู้ควบคุมงานอนุมัติก่อนจึงทำการติดตั้งได้

5.5.5 แผ่นปิดกันรั่ว (FLASHING)แผ่นปิดกันฝนรั่วรอบ ๆ ท่อระบายอากาศที่ติดตั้งผ่านทะลุหลังคา ให้ใช้แผ่นตะกั่วขนาด 1.8 กก. (4 ปอนด์) ปิดโดยรอบท่อระบายอากาศ ให้มีความกว้างโดยรอบท่อระบายอากาศไม่น้อยกว่า 200 มม. และยกขอบตามท่อขึ้นไปอีกสูงไม่น้อยกว่า 150 มม. ส่วนท่ออากาศให้ต่อขึ้นไปและทำหมวกกันฝนอีกชั้นหนึ่ง

5.5.6 แผ่นปิดพื้น ผนัง และเพดาน (FLOOR, WALL AND CEILING PLATE)ทุกทุกจุดที่ท่อเดินทะลุผ่านผนัง ฝากั้น เพดาน และพื้นอาคารซึ่งตกแต่งผิวหน้าแล้ว ผู้รับจ้างต้องจัดการปิดช่องโหว่ทั้งทางเข้า-ออกของท่อด้วยแผ่นอลูมิเนียมหนา 1.2 มม. ซึ่งมีขนาดโตพอที่จะปิดช่องรอบ ๆ ท่อได้อย่างมิดชิด แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้ที่เพดานและผนังต้องยึดด้วยสลักแบบเซ็ทสกูรห้ามใช้คลิบสปริง

5.5.7 **การต่อท่อน้ำ**

5.5.7.1 การต่อท่อแบบเกลียว (THREADE JOINT)

(1) เกลียวท่อโดยทั่วไปทำเกลียว TAPER THREAD ตามมาตรฐาน BS 21 หรือ ISO R7 ซึ่งได้ระบุไว้เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ มอก. 281-2521

(2) การเลือกอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มี THREADED ENDS เช่น วาล์วและข้อต่อต่าง ๆ ถ้าระบุการสั่งทำประเภทเกลียวได้ให้เลือกเกลียวตามมาตรฐาน BS 21 TR (ISO R7) หรือ BS 21 (ISOR228) ในการต่อท่อกับอุปกรณ์ที่มีเกลียวมาตรฐานแบบ NPT (ตามมาตรฐาน ANSI B2.1) อาจใช้THREAD CONVERSION FITTING ร่วมในการประกอบท่อได้

(3) ปลายท่อที่ตัดทำเกลียวแล้ว ต้องคว้านปาก ปาดเอาเศษที่ติดอยู่โดยรอบทิ้งออกให้หมด

(4) ใช้ PIPE JOINT COMPOUND หรือ TEFLON TAPE หุ้มเฉพาะเกลียวตัวผู้เมื่อขันเกลียวแน่นแล้ว เกลียวต้องเหลือให้เห็นได้ไม่เกิน 2 เกลียวเต็ม

5.5.7.2 การต่อท่อแบบเชื่อม (WELDED JOINT)

(1) ก่อนการเชื่อมต้องทำความสะอาดส่วนปลายที่จะนำมาเชื่อม ตั้งปลายท่อที่จะนำมาเชื่อมให้ได้แนวที่นำมาเชื่อม ให้ลบปลายมุม (BEVEL) ประมาณ 20 – 40 องศาโดยการกลึงหรือใช้หัวเชื่อมตัด แต่ต้องใช้ค้อนเคาะออกไซด์ และสะเก็ดโลหะออก พร้อมทั้งตะไบให้เรียบร้อยก่อนการเชื่อม

(2) การเชื่อมท่อโดยทั่วไปให้เป็นแบบ BUTT – WELDING ใช้วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า (ARC – WELDING) แผลเชื่อมต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดแนวเชื่อมโลหะที่นำมาเชื่อมละลายเข้ากันได้อย่างทั่วถึง

5.5.7.3 การต่อแบบหน้าแปลน (FLANGED JOINT)

(1) เลือกมาตรฐานขนาดหน้าแปลน และการเจาะรูให้เหมาะสมกับมาตรฐานท่อ (OUTSIDE DIAMER) ที่เลือกใช้งานและหน้าแปลนที่ติดประกอบมากับอุปกรณ์ต่าง ๆ หน้าแปลนที่ใช้ประกอบกับท่อโดยทั่วไปต้องเป็นแบบเชื่อม

(2) การยึดจับหน้าแปลน ต้องจัดให้หน้าแปลนสัมผัส (FACING FLANGE) ได้แนวขนานกับการเชื่อมหน้าแปลนกับตัวท่อ ให้เชื่อมที่ขอบทั้งด้านนอกกับด้านใน ยกเว้นหน้าแปลนชนิด NECK FLANGE ที่เชื่อมเฉพาะแนวด้านนอกท่อ

(3) สลักเกลียว (BOLT) และ นัต (NUT) ที่ใช้กับหน้าแปลนโดยทั่วไปเป็น CARBON STEEL ยกเว้นกับที่ใช้กับระบบท่อชุบสังกะสี จะต้องใช้ GALVANIZED OR CADMIUM PLATED BOULT AND NUT และที่ใช้กับระบบท่อฝังดินทำด้วย STAINLESS STEEL สลักเกลียวต้องมีความยาวพอเหมาะกับการยึดหน้าแปลน เมื่อขันเกลียวต่อแล้วโผล่จากนอ็ตไม่น้อยกว่า ¼ เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของสลักเกลียว

5.5.7.4 การต่อแบบบัดกรี (SOLDED JOINT)

(1) ปลายท่อทองแดงที่จะนำมาต่อเชื่อม ต้องตัดให้ได้ฉาก ลบเศษคมออกให้หมด ทำความสะอาดท่อภายนอก และภายใน FITTING

(2) ใช้แปลงทา SOLDER FLUX ที่ปลายท่อและ FITTING สรวมต่อท่อแล้วทำการเชื่อมประสาน อุณหภูมิการเผา และปริมาณ FLUX ที่ใช้ต้องเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิตโดยเคร่งครัด โดยเฉพาะการใช้ SOLDER แบบ SILVER BRAZING น้ำบรัดกรี

ส่วนเกินต้องเช็ดออกให้หมดก่อนจะปล่อยให้เย็นตัวลง เปอร์เซนต์เงินเชื่อมต้องไม่น้อยกว่า 5 %

5.5.7.5 การต่อแบบใช้น้ำยาเชื่อมประสาน (CEMENTED JOINT)

(1) เตรียมผิวท่อที่จะต่อโดยการลบมุมปลายท่อโดยรอบ และทำความสะอาดท่อและเตรียมผิวท่อ รวมถึงข้อต่อที่จะนำมาต่อให้สะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาดท่อ ตามกรรมวิธีที่ผู้ผลิตท่อระบุไว้

(2) ทาน้ำยาเชื่อมประสานภายในข้อต่อ และภายนอกท่อที่จะต่อตามคำแนะนำของผู้ผลิต เมื่อสรวมต่อท่อเข้ากับข้อต่อแล้ว ให้เช็ดน้ำยาที่ล้นออกมาให้หมดก่อนที่จะทิ้งไว้เพื่อให้น้ำยาแข็งตัวประมาณ 5 นาทีแล้วจึงนำไปติดตั้งต่อไป

5.5.7.6 การต่อท่อเหล็กหล่อ

การอุดรอยต่อสำหรับท่อเหล็กหล่อเคลือบชนิดปากระฆัง (HUB AND SPIGOT) ให้ใช้เชือกมะนิลา หรือเชือกปอ หรือเชือกแอสเบสตอสพันโดยรอบท่อ และตอกย้ำให้แน่นอยู่ในร่องบ่าปากระฆัง ให้มีเนื้อที่เหลือประมาณ 1 นิ้ว ถึง 1 ½ นิ้ว วัดจากปากระฆังถึงเชือกประเก็น แล้วเทปิดช่องว่างนี้ด้วยน้ำตะกั่วที่หลอมละลายโดยเทครั้งเดียวให้เต็ม เมื่อตะกั่วเย็นแล้วให้ตอกย้ำตะกั่วให้เรียบเสมอปากระฆัง กรณีการใช้ท่อเหล็กหล่อต่อเข้ากับทางด้านดูดกลับ และด้านส่งออกของเครื่องสูบน้ำ ให้ใช้ท่อเหล็กหล่อแบบหน้าแปลน

5.5.7.7 การต่อท่อพีวีซี ถ้ามิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ข้อต่อท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 100 มม. จะต้องเป็นแบบใช้น้ำยาซีเมนต์ ในการเชื่อมเข้ากับท่อรับความดันโดยข้อต่อต้องมีคุณสมบัติและความแข็งแรงเท่ากับตัวท่อ ส่วนข้อต่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 100 มม.ขึ้นไป จะต้องเป็นแบบ SOCKET TYPE มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 1131 " ข้อต่อท่อ พีวีซี แข็ง สำหรับใช้กับท่อรับความดัน" พร้อมทั้งมีแหวนยางกันซึมแบบวงแหวน ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่ มอก. 237 " แหวนยาง สำหรับท่อน้ำชนิดทนความดัน "

5.5.7.8 การต่อท่อ พีบี ถ้ามิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นข้อต่อท่อ พีบี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 50 มม. ลงมาจะต้องเป็นแบบสวมล็อค (GRAB LOCK) ส่วนข้อต่อทือ พีบี ขนาด 65-150 มม. จะต้องเป็นแบบเชื่อมสอด(SOCKET FUSION) หรือดำเนินตามมาตรฐานผู้ผลิตและตามที่ระบุในแบบ

5.5.7.9 การต่อท่อ พีอี ถ้ามิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น การต่อท่อ พีอี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 100 มม. ขึ้นไปต้องเป็นต่อแบบเชื่อมชน (BUTT FUSION) หรือให้ดำเนินการตามมาตรฐานผู้ผลิต หรือตามที่ระบุในแบบ

5.5.8 วาล์วน้ำ ให้ติดตั้งวาล์วน้ำไว้ที่ท่อน้ำก่อนเข้าเครื่องสุขภัณฑ์ และอุปกรณ์ทุกแห่งและตามตำแหน่งที่ได้แสดงไว้ในแบบโดยกำหนดชนิดของวาล์วดังนี้

5.5.8.1 GATE VALVE วาล์วตัดตอนน้ำให้ใช้ GATE VALVE ทุกแห่ง

5.5.8.2 GLOBE VALVE ในระบบท่อที่ต้องการปรับอัตราการไหลของน้ำ ให้ติดตั้ง GLOBE VALVE ไว้ทุกแห่ง

5.5.8.3 CHECK VALVE ในระบบท่อที่จำเป็นและไม่ต้องการให้น้ำไหลกลับต้องติดตั้งวาล์วกันน้ำไหลกลับไว้ทุกแห่ง

5.5.8.4 วาล์วน้ำจะต้องติดตั้งตามตำแหน่งที่แสดงไว้ในแบบ

5.5.8.5 ท่อน้ำที่แยกและตรงเข้าอาคารทุก ๆ ท่อผู้รับจ้างต้องจัดหา และติดตั้ง GATE VALVEให้ ณ บริเวณจุดที่ท่อเข้าอาคารแห่งละตัว ทั้งนี้ไม่ว่าจะแสดงไว้ในแบบหรือไม่ก็ตาม

5.5.8.6 วาล์วทุกตัวต้องติดตั้งในตำแหน่งที่สะดวกแก่การตรวจหรือถอดเพื่อซ่อมหรือเปลี่ยน หรือมิฉะนั้นก็ต้องจัดให้มีช่องทางที่จะจัดการถอดเพื่อซ่อมหรือเปลี่ยนได้

5.5.8.7 การติดตั้งวาล์วทุกตัว ต้องเป็นชนิดที่ทำขึ้นเพื่อใช้กับแรงดันที่กำหนดในหัวข้อวาล์ว และอุปกรณ์ประกอบท่อน้ำ เว้นแต่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น

5.5.9 ยูเนียน ให้ติดตั้งยูเนียนไว้ทางด้านใต้น้ำของวาล์วทุกตัว และก่อนท่อเข้าเครื่องสุขภัณฑ์นั้น ๆ ยกเว้นเครื่องสุขภัณฑ์นั้นมีข้อต่อชนิดที่สามารถถอดท่อออกได้ง่ายติด มาด้วยแล้ว การติดตั้งยูเนียนนั้นห้ามติดตั้งไว้ในกำแพง เพดาน หรือฝากั้น

5.5.10 VACUMM BREAKERS ในจุดที่มีน้ำไหลได้ และถ้าการไหลกลับของน้ำจะนำสิ่งสกปรกเข้าสู่ระบบของท่อน้ำหรือไม่ก็ตามจะต้องติดตั้ง VACUMM BREAKERS ไว้ด้วย สำหรับ FLUSH VALVE จะต้องมี VACUMM BREAKERS เป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่ง

5.5.11 ท่อน้ำทิ้ง ต้องเดินให้มีความลาดเอียงลงสู่ทางระบายน้ำทิ้ง ถ้ามีท่อแยกออกจากท่อเมนซึ่งติดตั้งไว้ในแนวดิ่ง ก็ให้ต่อท่อแยกนี้เอียงลงสู่ท่อเมน ณ จุดที่ระดับต่ำที่สุดในระบบท่อน้ำนี้ให้ติดตั้งวาล์วสำหรับเปิดน้ำระบายตะกอนทิ้ง หรือเพื่อจะได้ระบายน้ำออกจากระบบได้หมดสิ้น

5.5.12 WATER HAMMER ARRESTOR ให้ติดตั้ง WATER HAMMER ARRESTOR (SHOCK ABSORBER) ไว้ตามตำแหน่งที่กำหนดในแบบ หรือในบริเวณท่อน้ำที่อาจเกิด WATER HAMMER เนื่องจากวาล์วชนิดปิด- เปิดเร็วทุกแห่ง เพื่อลดความดันเนื่องจากการกระแทกของน้ำในท่อน้ำ

5.5.13 การติดตั้งท่อน้ำประปา

5.5.13.1 ความลาดเอียง (SLOPE)

(1) การติดตั้งท่อทุกชนิด จะต้องติดตั้งให้มีความลาดเอียงไปในทิศทางที่สามารถระบายน้ำออกจากระบบได้จนหมด

(2) ท่อแยกที่ต่อออกจากท่อแนวตั้ง (VERTICAL RISER) จะต้องสามารถปล่อยน้ำระบายย้อนกลับลงสู่ท่อแนวตั้งได้ และที่จุดต่ำสุดของระบบท่อจะต้องติดตั้งวาล์วระบายน้ำทิ้ง (DRAIN VALVE) ไว้สำหรับระบายน้ำออกจากระบบได้จนหมดสิ้น

5.5.13.2 ท่อแยก (TAKE OFF)

การต่อท่อแยกออกจากท่อเมนที่มีความดันสามารถต่อท่อแยกออกจากด้านบน ด้านล่าง หรือด้านข้างได้โดยใช้ข้อต่อที่เหมาะสม เช่น สามทาง สี่ทาง แล้วแต่กรณีให้เป็นไปตามแบบ

5.5.14 **การติดตั้งท่อโสโครกและท่อระบาย**

5.5.14.1 ท่อใต้ดิน ท่อโสโครก ท่อระบายและข้อต่อต่าง ๆ ที่ฝังใต้ดินให้ใช้วิธีการและวัสดุตามที่กำหนดไว้ในหมวดวัสดุท่อ และข้อต่อ การติดตั้งให้ปฏิบัติดังต่อไปนี้

(1) การอุดรอยต่อสำหรับท่อเหล็กหล่อ ชนิดปากระฆัง (HUB AND SPIGOT) ให้ใช้เชือกมะนิลา หรือเชือกปอ หรือเชือกแอสเบสตอสพันโดยรอบ แล้วใช้ตะกั่วเทอุดให้เรียบร้อยไม่มีรอยรั่ว กรณีเป็นท่อ PVC ให้ใช้น้ำยาต่อท่อตามคำแนะนำผู้ผลิต

(2) ก้นร่อง ต้องกระทุ้งดินให้แน่นโดยตลอด ถ้าดินเดิมไม่ดีต้องขุดออกให้หมด แล้วนำวัสดุอื่นซึ่งได้รับความเห็นชอบจากเจ้าของโครงการมาใส่แทนแล้วกระทุ้งให้แน่น