ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๗๙๔ (พ.ศ. ๒๕๕๙)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การป้องกันฟ้าผ่า เล่ม ๓ ความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้าง และอันตรายต่อชีวิต

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ฉบับที่ ๗) พ.ศ. ๒๕๕๘ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การป้องกันฟ้าผ่า เล่ม ๓ ความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้าง และอันตรายต่อชีวิต มาตรฐานเลขที่ มอก. 1586 เล่ม 3 - 2556 ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๓ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

อรรชกา สีบุญเรือง

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การป้องกันฟ้าผ่า

เล่ม 3 ความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้างและอันตรายต่อชีวิต

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ระบุถึงข้อกำหนดสำหรับการป้องกันสิ่งปลูกสร้างจากความเสียหายทางกายภาพจากฟ้าผ่าโดยใช้ระบบป้องกันฟ้าผ่า (LPS) และการป้องกันการบาดเจ็บของสิ่งมีชีวิตเนื่องจากแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก้าวในบริเวณใกล้เคียงกับ LPS (ดู มอก.1586 เล่ม 1)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมถึง

ก) การออกแบบ การติดตั้ง การตรวจสอบและบำรุงรักษา LPS ของสิ่งปลูกสร้าง โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องความสูง

ข) การกำหนดมาตรการป้องกันการบาดเจ็บของสิ่งมีชีวิตเนื่องจากแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก้าว

หมายเหตุ 1 ข้อแนะนำเกี่ยวกับ LPS ในสิ่งปลูกสร้าง ที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อบริเวณโดยรอบ เนื่องจากความเสี่ยงต่อการระเบิดให้เป็นไปตามภาคผนวก ง.

หมายเหตุ 2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึงการป้องกันระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จากความเสียหายเนื่องจากแรงดันเกิน ดูมอก.1586 เล่ม 4 สำหรับข้อกำหนดโดยเฉพาะสำหรับกรณีดังกล่าว

2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงต่อไปนี้ประกอบด้วยข้อกำหนดซึ่งใช้อ้างอิงในการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ เอกสารอ้างอิงฉบับที่ระบุปีที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับที่ระบุเท่านั้น ส่วนเอกสารอ้างอิงฉบับที่ไม่ได้ระบุปีที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับล่าสุด (รวมถึงส่วนที่แก้ไขเพิ่มเติม)

IEC 60079-10:2002, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60079-14:2002, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 14: Electrical installations in hazardous areas (other than mines)*

IEC 61241-10:2004, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 10: Classification of areas where combustible dusts are or may be present*

IEC 61241-14:2004, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 14: Selection and installation*

IEC 61643-12:2002, *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low voltage power distribution systems – Selection and application principles*

IEC 61663-1:1999-07, *Lightning protection – Telecommunication lines - Part 1: Fibre optic installations*

IEC 61663-2:2001-03, *Lightning protection – Telecommunication lines - Part 2: Lines using metallic conductor*s

ISO 3864-1, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*

มอก.1586 เล่ม 1 การป้องกันฟ้าผ่า เล่ม 1 ข้อกำหนดทั่วไป

มอก.1586 เล่ม 2 การป้องกันฟ้าผ่า เล่ม 2 การบริหารความเสี่ยง

มอก.1586 เล่ม 4 การป้องกันฟ้าผ่า เล่ม 4 ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายในสิ่งปลูกสร้าง

มอก.1586 เล่ม 5 การป้องกันฟ้าผ่า เล่ม 5 ระบบสาธารณูปโภค

3. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ให้เป็นไปตามที่กำหนดใน มอก.1586 เล่ม 1 ยกเว้นข้อต่อไปนี้

3.1 ระบบป้องกันฟ้าผ่า (lightning protection system : LPS)

ระบบสมบูรณ์ที่ใช้เพื่อลดความเสียหายทางกายภาพเนื่องจากฟ้าผ่าสิ่งปลูกสร้าง

หมายเหตุ LPS ที่สมบูรณ์ประกอบด้วย LPS ภายนอก และ LPS ภายใน

3.2 LPS ภายนอก (external LPS)

ส่วนของ LPS ที่ประกอบด้วย ระบบตัวนำล่อฟ้า ระบบสายดินแนวดิ่ง และระบบรากสายดิน

3.3 LPS ภายนอกแยกอิสระจากสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน (external LPS isolated from the structure to be protected)

LPS ที่วางระบบตัวนำล่อฟ้า และระบบสายดินแนวดิ่ง ในตำแหน่งที่ทางเดินของกระแสฟ้าผ่าไม่สัมผัสกับสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

หมายเหตุ ใน LPS แยกอิสระ ต้องหลีกเลี่ยงประกายอันตรายระหว่าง LPS กับสิ่งปลูกสร้าง

3.4 LPS ภายนอกไม่แยกอิสระจากสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน (external LPS not isolated from the structure to be protected)

LPS ที่วางระบบตัวนำล่อฟ้าและระบบสายดินแนวดิ่งในตำแหน่งที่ทางเดินของกระแสฟ้าผ่าสามารถสัมผัสกับสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

3.5 LPS ภายใน (internal LPS)

ส่วนของ LPS ที่ประกอบด้วย การประสานให้ศักย์เท่ากัน และ/หรือ การฉนวนทางไฟฟ้าจาก LPS ภายนอก

3.6 ระบบตัวนำล่อฟ้า (air-termination system)

ส่วนของ LPS ภายนอกซึ่งใช้ชิ้นส่วนโลหะ เช่น แท่งตัวนำ ตัวนำแบบตาข่าย หรือสายตัวนำขึง เพื่อเป็นตัวรับวาบฟ้าผ่า

3.7 ระบบสายดินแนวดิ่ง (down-conductor system)

ส่วนของ LPS ภายนอก เพื่อนำกระแสฟ้าผ่าจากระบบตัวนำล่อฟ้าลงสู่ระบบรากสายดิน

3.8 ตัวนำวงแหวน (ring conductor)

ตัวนำที่จัดทำเป็นวงรอบสิ่งปลูกสร้าง และเชื่อมต่อเข้ากับสายดินแนวดิ่ง เพื่อกระจายกระแสที่ไหลผ่านสายดินแนวดิ่ง

3.9 ระบบรากสายดิน (earth-termination system)

ส่วนของ LPS ภายนอกซึ่งใช้สำหรับนำและกระจายกระแสฟ้าผ่าลงสู่ดิน

3.10 รากสายดิน (earthing electrode)

ชิ้นส่วนหรือกลุ่มของชิ้นส่วนในระบบรากสายดินที่สัมผัสทางไฟฟ้าโดยตรงกับดิน และแพร่กระจายกระแสฟ้าผ่าลงในดิน

3.11 รากสายดินวงแหวน (ring earthing electrode)

รากสายดินที่มีลักษณะเป็นวงปิดรอบสิ่งปลูกสร้าง ติดตั้งบนผิวดินหรือใต้ดิน

3.12 รากสายดินฐานราก (foundation earthing electrode)

รากสายดินที่ใช้เหล็กเส้นเสริมแรงหรือตัวนำเสริมที่ฝังในฐานรากคอนกรีตของสิ่งปลูกสร้าง

3.13 อิมพีแดนซ์ดินแบบเดิม (conventional earth impedance)

อัตราส่วนระหว่างค่ายอดของแรงดันตกคร่อมรากสายดิน กับกระแสที่ไหลผ่านรากสายดิน ซึ่งโดยทั่วไปจะเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน

3.14 แรงดันรากสายดิน (earth-termination voltage)

ความต่างศักย์ระหว่างระบบรากสายดินกับดินระยะไกล

3.15 ส่วนประกอบโดยธรรมชาติของ LPS (natural component of LPS)

ส่วนประกอบที่เป็นตัวนำที่ไม่ได้ติดตั้งเพื่อป้องกันฟ้าผ่าโดยเฉพาะ ซึ่งสามารถใช้เป็นส่วนเสริมกับ LPS หรือบางกรณีอาจทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งหรือหลายๆส่วนของ LPS

หมายเหตุ ตัวอย่างของการใช้คำนี้ รวมถึง

- ตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ
- สายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ
- รากสายดินโดยธรรมชาติ

3.16 อุปกรณ์เชื่อมต่อ (connecting component)

ส่วนของ LPS ภายนอก ซึ่งใช้เชื่อมต่อตัวนำเข้าด้วยกัน หรือเชื่อมต่อตัวนำเข้ากับสิ่งติดตั้งโลหะ

3.17 อุปกรณ์จับยึด (fixing component)

ส่วนของ LPS ภายนอก ซึ่งใช้จับยึดชิ้นส่วนของ LPS เข้ากับสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

3.18 สิ่งติดตั้งโลหะ (metal installations)

ชิ้นส่วนโลหะที่ต่อเพิ่มเติมภายในสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน ซึ่งอาจเป็นทางเดินของกระแสฟ้าผ่า เช่น ระบบท่อบันได รางนำลิฟต์ ท่อระบายอากาศ ท่อปรับอากาศร้อน-เย็น และเหล็กเส้นเสริมแรงที่เชื่อมต่อถึงกัน

3.19 ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก (external conductive parts)

ชิ้นส่วนโลหะที่ยื่นออกจากหรือเข้าสู่สิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน เช่น งานท่อ ชิ้นส่วนเคเบิลที่เป็นโลหะ ท่อร้อยสายโลหะ เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นทางผ่านของกระแสฟ้าผ่าบางส่วน

3.20 ระบบไฟฟ้า (electrical system)

ระบบที่ประกอบด้วย ส่วนจ่ายระบบไฟฟ้าแรงต่ำและอาจมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.21 ระบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic system)

ระบบที่ประกอบด้วยส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อความเสียหาย เช่น บริภัณฑ์โทรคมนาคม คอมพิวเตอร์ ระบบวัดและควบคุม ระบบวิทยุ งานติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

3.22 ระบบภายใน (internal system)

ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้าง

3.23 การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน (lightning equipotential bonding : EB)

การต่อประสานเข้ากับ LPS ของชิ้นส่วนโลหะที่แยกจากกัน โดยการต่อตรงหรือผ่าน SPD เพื่อลดความต่างศักย์ซึ่งเกิดจากกระแสฟ้าผ่า

3.24 แท่งตัวนำประสาน (bonding bar)

แท่งตัวนำซึ่งใช้ต่อประสานสิ่งติดตั้งโลหะ ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก สายตัวนำของระบบไฟฟ้าและโทรคมนาคม และเคเบิลอื่นๆ เข้ากับ LPS

3.25 ตัวนำประสาน (bonding conductor)

ตัวนำที่ใช้ต่อส่วนนำไฟฟ้าได้ที่แยกกันเข้ากับ LPS

3.26 เหล็กเส้นเสริมแรงที่เชื่อมต่อถึงกัน (interconnected reinforcing steel)

งานโลหะภายในสิ่งปลูกสร้างคอนกรีต ซึ่งพิจารณาว่ามีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า

3.27 ประกายอันตราย (dangerous sparking)

การปล่อยประจุไฟฟ้าเนื่องจากฟ้าผ่า ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

3.28 ระยะการแยก (separation distance)

ระยะห่างระหว่างส่วนนำไฟฟ้าได้ 2 ส่วน ซึ่งไม่สามารถเกิดประกายอันตรายได้

3.29 อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (surge protective device : SPD)

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจำกัดแรงดันทรานเซียนต์และเบี่ยงกระแสเสิร์จ ประกอบด้วยส่วนประกอบแบบไม่เชิงเส้นอย่างน้อย 1 ชิ้น

3.30 จุดต่อทดสอบ (test point)

จุดเชื่อมต่อที่ออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อการทดสอบและวัดค่าทางไฟฟ้าของส่วนประกอบของ LPS

3.31 ระดับชั้นของ LPS (class of LPS)

ตัวเลขแสดงการแบ่งระดับชั้นของ LPS ตามระดับการป้องกันฟ้าผ่าที่ออกแบบมา

3.32 ผู้ออกแบบ LPS (lightning protection designer)

ผู้ชำนาญการเฉพาะทางที่มีความรู้ความสามารถและทักษะในการออกแบบ LPS

3.33 ผู้ติดตั้ง LPS (lightning protection installer)

บุคคลที่มีความรู้ความสามารถและทักษะในการติดตั้ง LPS

3.34 สิ่งปลูกสร้างซึ่งมีความเสี่ยงต่อการระเบิด (structures with risk of explosion)

สิ่งปลูกสร้างซึ่งเก็บวัตถุระเบิดของแข็งหรือโซนอันตราย ตามที่กำหนดใน IEC 60079-10 และ IEC 61241-10

4. ระบบป้องกันฟ้าผ่า

4.1 ระดับชั้นของ LPS

ลักษณะเฉพาะของ LPS กำหนดโดยลักษณะเฉพาะของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกันและระดับป้องกันฟ้าผ่าที่พิจารณา

กำหนด LPS ไว้ 4 ระดับชั้น เพื่อให้สอดคล้องกับระดับป้องกันฟ้าผ่าตาม มอก.1586 เล่ม 1 (ดูตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับป้องกันฟ้าผ่า (LPL) กับระดับชั้นของ LPS (ดู มอก.1586 เล่ม 1)

LPL	ระดับชั้นของ LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

แต่ละระดับชั้นของ LPS มีลักษณะเฉพาะ ดังนี้

ก) ข้อมูลที่ขึ้นกับระดับชั้นของ LPS

- พารามิเตอร์ของฟ้าผ่า (ดูตารางที่ 3 และ 4 ของ มอก.1586 เล่ม 1)
- รัศมีทรงกลมกลิ้ง ขนาดตาข่าย และมุมป้องกัน (ดูข้อ 5.2.2)
- ระยะห่างโดยทั่วไประหว่างสายดินแนวดิ่ง และระหว่างตัวนำวงแหวน (ดูข้อ 5.3.3)
- ระยะการแยกซึ่งป้องกันประกายอันตราย (ดูข้อ 6.3)
- ความยาวต่ำสุดของรากสายดิน (ดูข้อ 5.4.2)

ข) ข้อมูลที่ไม่ได้ขึ้นกับระดับชั้นของ LPS

- การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน (ดูข้อ 6.2)
- ความหนาต่ำสุดของแผ่นโลหะ หรือท่อโลหะในระบบตัวนำล่อฟ้า (ดูข้อ 5.2.5)
- วัสดุและสภาพการใช้งานของ LPS (ดูข้อ 5.5)
- วัสดุ โครงแบบ และมิติต่ำสุดของตัวนำล่อฟ้า สายดินแนวดิ่ง และรากสายดิน (ดูข้อ 5.6)
- มิติต่ำสุดของตัวนำที่ใช้ต่อ (ดูข้อ 6.2.2)

สมรรถนะการทำงานของ LPS แต่ละระดับชั้น กำหนดไว้ในภาคผนวก ข. ของ มอก.1586 เล่ม 2

การเลือกระดับชั้นของ LPS ที่ต้องการต้องขึ้นอยู่กับผลของการประเมินความเสี่ยงที่กำหนดไว้ใน มอก.1586 เล่ม 2

4.2 การออกแบบ LPS

การออกแบบ LPS ให้ได้ผลดีที่พอเหมาะทั้งทางเทคนิคและทางเศรษฐกิจจะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อขั้นตอนการออกแบบและการก่อสร้าง LPS ได้ประสานสัมพันธ์กับขั้นตอนการออกแบบและการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน โดยเฉพาะการออกแบบสิ่งปลูกสร้างควรใช้ประโยชน์ของส่วนโลหะของสิ่งปลูกสร้างเป็นส่วนของ LPS ด้วย

การออกแบบเลือกระดับชั้นและตำแหน่งของ LPS สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่แล้ว ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของสภาพการณ์ที่มีอยู่ด้วย

เอกสารการออกแบบของ LPS ต้องมีข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดเพื่อให้มั่นใจในการติดตั้งอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ ดูข้อมูลโดยละเอียดในภาคผนวก จ.

4.3 ความต่อเนื่องของงานเหล็กในสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรง

งานเหล็กภายในสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรงจะถือว่ามีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าเมื่อการต่อระหว่างแท่งเหล็กหลักทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับได้มีการเชื่อมหรือการต่ออื่นๆที่มีความมั่นคง การต่อเหล็กเส้นในแนวดิ่งต้องใช้การเชื่อม การขันด้วยแคลมป์ หรือการซ้อนทับกันด้วยระยะอย่างน้อย 20 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กแล้วผูก หรือใช้วิธีต่ออื่นๆที่มั่นคง สำหรับสิ่งปลูกสร้างใหม่การต่อเชื่อมชิ้นส่วนเสริมแรงต้องกำหนดโดยผู้ออกแบบหรือผู้ติดตั้ง LPS โดยมีการประสานงานกับผู้ก่อสร้างและวิศวกรโยธา

สิ่งปลูกสร้างที่ใช้คอนกรีตเหล็กเส้นเสริมแรง (รวมทั้งแบบสำเร็จรูปและแบบอัดแรง) ต้องตรวจสอบความต่อเนื่องทางไฟฟ้าของเหล็กเส้นเสริมแรงโดยการทดสอบทางไฟฟ้าระหว่างส่วนที่อยู่บนสุดกับระดับพื้น ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าทั้งหมดที่วัดได้ไม่ควรมากกว่า 0.2 Ω เมื่อวัดด้วยเครื่องทดสอบที่เหมาะสม ถ้าค่าที่วัดได้มากกว่าหรือไม่สามารถวัดได้ห้ามใช้เหล็กเส้นเสริมแรงเป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติตามที่อธิบายในข้อ 5.3.5 ในกรณีนี้ให้ติดตั้งสายดินแนวดิ่งภายนอก ในกรณีของสิ่งปลูกสร้างที่ใช้คอนกรีตเสริมแรงแบบสำเร็จรูปต้องทำให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าของเหล็กเส้นเสริมแรงระหว่างคอนกรีตเสริมแรงแบบสำเร็จรูปที่อยู่ติดกัน

หมายเหตุ 1.ดูข้อมูลเพิ่มเติมเรื่องความต่อเนื่องของงานเหล็กในสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรงในภาคผนวก จ.

5. ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

5.1 ทั่วไป

5.1.1 การใช้งาน LPS ภายนอก

LPS ภายนอกมีหน้าที่ดักรับวาบฟ้าผ่าโดยตรงลงสิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งวาบฟ้าผ่าเข้าสู่ด้านข้างสิ่งปลูกสร้าง และนำกระแสฟ้าผ่าจากจุดที่ฟ้าผ่าลงสู่ดิน LPS ภายนอกยังมีหน้าที่กระจายกระแสฟ้าผ่านี้ลงสู่ดินโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายทางกลและทางความร้อน รวมทั้งไม่ทำให้เกิดประกายอันตรายที่อาจทำให้เกิดการจุดติดของไฟ หรือการระเบิด

5.1.2 การเลือก LPS ภายนอก

โดยส่วนใหญ่ LPS ภายนอกอาจจะยึดติดกับสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

LPS ภายนอกแยกอิสระควรพิจารณาเลือกใช้เมื่อผลของความร้อนหรือระเบิด ณ จุดที่ฟ้าผ่า หรือบนตัวนำที่นำกระแสฟ้าผ่าอาจก่อความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งที่อยู่ภายใน (ดูภาคผนวก จ.) เช่น สิ่งปลูกสร้างซึ่งมีสิ่งปกคลุมที่ติดไฟได้ สิ่งปลูกสร้างที่มีผนังที่ติดไฟได้และบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้หรือการระเบิด

หมายเหตุ การใช้ LPS แยกอิสระอาจมีความสะดวกกว่า เมื่อคาดการณ์ว่าการเปลี่ยนแปลงสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งที่อยู่ภายใน รวมทั้งการใช้งาน จะมีผลให้ต้องดัดแปลง LPS

LPS ภายนอกแยกอิสระอาจจะพิจารณาเลือกใช้เมื่อสิ่งที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้างไม่สามารถรับระดับการรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากพัลส์กระแสฟ้าผ่าที่ไหลผ่านสายดินแนวดิ่ง ทำให้ต้องลดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยการใช้ LPS ภายนอกแยกอิสระ

5.1.3 การใช้ส่วนประกอบโดยธรรมชาติ

ส่วนประกอบโดยธรรมชาติที่ทำจากวัสดุนำไฟฟ้าได้ ซึ่งคงอยู่ภายในหรือบนสิ่งปลูกสร้างตลอดเวลา และจะไม่มีการดัดแปลง (เช่น เหล็กเส้นเสริมแรงที่ต่อถึงกัน โครงโลหะของสิ่งปลูกสร้าง ฯลฯ) อาจใช้เป็นส่วนของ LPS ได้

ส่วนประกอบโดยธรรมชาติอื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้นควรพิจารณาเป็นส่วนเสริมของ LPS

หมายเหตุ ดูข้อมูลเพิ่มเติมในภาคผนวก จ.

5.2 ระบบตัวนำล่อฟ้า

5.2.1 ทั่วไป

ความเป็นไปได้ของการทะลุทะลวงสิ่งปลูกสร้างโดยกระแสฟ้าผ่าจะลดลงอย่างมากเมื่อมีระบบตัวนำล่อฟ้าที่ออกแบบอย่างถูกต้องเหมาะสม

ระบบตัวนำล่อฟ้าสามารถประกอบด้วยการรวมกันใดๆของส่วนประกอบดังต่อไปนี้

ก) แท่งตัวนำ (รวมถึงเสาที่ตั้งอย่างอิสระ)

ข) สายตัวนำขึง

ค) ตัวนำแบบตาข่าย

เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ต้องติดตั้งระบบตัวนำล่อฟ้าทุกแบบในตำแหน่งตามที่กำหนดไว้ในข้อ 5.2.2 ข้อ 5.2.3 และภาคผนวก ก.

ควรต่อแท่งตัวนำล่อฟ้าแต่ละแท่งถึงกันที่ระดับหลังคาเพื่อให้แน่ใจว่ากระแสจะมีการแบ่งไหล

ไม่อนุญาตให้ใช้ตัวนำล่อฟ้าชนิดกัมมันตรังสี

5.2.2 การจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้า

ส่วนประกอบของตัวนำล่อฟ้าที่ติดตั้งบนสิ่งปลูกสร้างต้องวางในตำแหน่งหัวมุม จุดที่เปิดโล่ง และริมขอบ (โดยเฉพาะระดับบนของส่วนปิดหน้าอาคาร)

วิธีที่ยอมรับในการหาตำแหน่งระบบตัวนำล่อฟ้า ได้แก่วิธีหนึ่งหรือหลายวิธีดังต่อไปนี้

- วิธีมุมป้องกัน
- วิธีทรงกลมกลิ้ง
- วิธีตาข่าย

วิธีทรงกลมกลิ้ง สามารถใช้ได้ในทุกกรณี

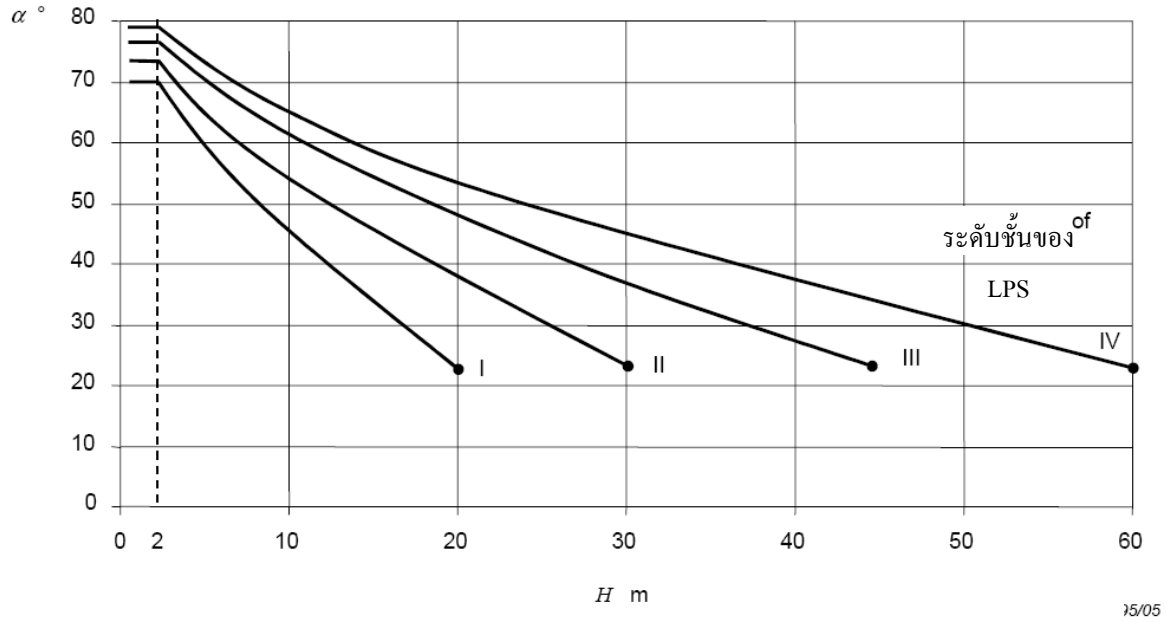
วิธีมุมป้องกัน เหมาะสมกับอาคารที่มีรูปร่างง่ายๆ แต่ขึ้นกับข้อจำกัดในเรื่องความสูงของตัวนำล่อฟ้า ตามที่กำหนดในตารางที่ 2

วิธีตาข่าย เป็นวิธีป้องกันที่เหมาะสำหรับป้องกันพื้นผิวที่เป็นระนาบ

ค่ามุมป้องกัน รัศมีทรงกลมกลิ้ง และขนาดตาข่าย สำหรับ LPS แต่ละระดับชั้นแสดงไว้ในตารางที่ 2 ข้อมูลโดยละเอียดสำหรับการจัดวางตำแหน่งของระบบตัวนำล่อฟ้ากำหนดไว้ในภาคผนวก ก.

ตารางที่ 2 ค่าสูงสุดของรัศมีของทรงกลมกลิ้ง ขนาดตาข่าย และมุมป้องกันตามระดับชั้นของ LPS

ระดับชั้นของ LPS	วิธีป้องกัน		
	รัศมีของทรงกลมกลิ้ง r m	ขนาดตาข่าย W m	มุมป้องกัน α°
I	20	5 × 5	ดูรูป
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	



หมายเหตุ 1 ค่าที่เกินเลยเครื่องหมาย ● ในรูปใช้วิธีมุมป้องกันไม่ได้ ให้ใช้วิธีทรงกลมกลิ้งหรือวิธีตาข่ายเท่านั้น

หมายเหตุ 2 H คือ ความสูงของตัวนำล่อฟ้าเหนือพื้นที่ระนาบอ้างอิงของพื้นที่ที่จะป้องกัน

หมายเหตุ 3 ค่าของมุมป้องกันมีค่าคงที่สำหรับความสูง H ที่ต่ำกว่า 2 m

5.2.3 ตัวนำล่อฟ้าที่ป้องกันวาบฟ้าผ่าลงด้านข้างของสิ่งปลูกสร้างที่สูง

สิ่งปลูกสร้างที่สูงกว่า 60 m อาจเกิดวาบฟ้าผ่าลงด้านข้างได้ โดยเฉพาะจุดที่ยื่นออก มุม และขอบของพื้นผิว

หมายเหตุ โดยทั่วไปความเสี่ยงอันตรายเนื่องจากวาบฟ้าผ่าลงด้านข้างสิ่งปลูกสร้างมีน้อยเพราะวาบฟ้าผ่าทั้งหมดสู่สิ่งปลูกสร้างที่สูงมีเพียง 2 % ถึง 3 % ที่จะลงสู่ด้านข้าง ยิ่งกว่านั้นพารามิเตอร์ต่างๆของวาบฟ้าผ่าลงด้านข้างยังต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญของวาบฟ้าผ่าที่ด้านบนของสิ่งปลูกสร้าง อย่างไรก็ดีบริภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งอยู่บนผนังด้านนอกของสิ่งปลูกสร้างอาจได้รับความเสียหายถึงแม้ค่ายอดกระแสฟ้าผ่าจะมีค่าต่ำก็ตาม

ระบบตัวนำล่อฟ้าต้องติดตั้งเพื่อป้องกันส่วนบนของสิ่งปลูกสร้างที่สูง (นั่นคือโดยทั่วไป ครอบคลุมความสูง 20 % ของความสูง จากด้านบนสุดของสิ่งปลูกสร้าง) และบริภัณฑ์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณดังกล่าว (ดูภาคผนวก ก.)

กฎเกณฑ์การจัดวางตำแหน่งของระบบตัวนำล่อฟ้าบนหลังคาต้องนำมาใช้กับตัวนำล่อฟ้าที่ส่วนบนของสิ่งปลูกสร้างด้วย

นอกจากนั้น สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่สูงกว่า 120 m ทุกส่วนที่อยู่สูงกว่า 120 m ซึ่งอาจจะได้รับอันตรายควรได้รับการป้องกัน

5.2.4 การสร้าง

ตัวนำล่อฟ้าของ LPS ที่ไม่แยกอิสระจากสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน อาจติดตั้งได้ดังนี้

- ถ้าหลังคาทำด้วยวัสดุไม่ติดไฟ อาจวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้าบนพื้นผิวของหลังคา
- ถ้าหลังคาทำด้วยวัสดุที่พร้อมจะติดไฟอยู่แล้ว ต้องคำนึงถึงระยะห่างระหว่างตัวนำล่อฟ้ากับวัสดุนั้น กรณีที่เป็นหลังคาทำด้วยพืช เช่น ใบจาก ซึ่งไม่ใช้โครงเหล็กในการจับยึด ระยะห่าง 0.15 m ก็เพียงพอ ส่วนวัสดุติดไฟอื่นๆให้ใช้ระยะห่างอย่างน้อย 0.10 m ก็เพียงพอ
- ส่วนที่ลุกติดไฟได้ง่ายของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน ต้องไม่สัมผัสโดยตรงกับส่วนประกอบของ LPS ภายนอกและต้องไม่อยู่ใต้หลังคาโลหะแผ่นบางโดยตรง ซึ่งวาบฟ้าผ่าอาจทะลุทะลวงได้ (ดูข้อ 5.2.5)

นอกจากนี้ให้คำนึงถึงวัสดุแผ่นบาง ที่ลุกไหม้ได้ยากกว่าด้วย เช่น แผ่นไม้

หมายเหตุ ถ้ามีแนวโน้มที่อาจมีน้ำขังบนหลังคาราบ ให้ติดตั้งตัวนำล่อฟ้าอยู่เหนือระดับสูงสุดของระดับน้ำที่อาจจะท่วมได้

5.2.5 ส่วนประกอบโดยธรรมชาติ

ส่วนต่อไปนี้ของสิ่งปลูกสร้างควรพิจารณาเป็นส่วนประกอบตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ และส่วนของ LPS ตามข้อ 5.1.3

ก) แผ่นโลหะปกคลุมสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกันที่มีลักษณะต่อไปนี้

- ความต่อเนื่องทางไฟฟ้าระหว่างส่วนต่างๆได้ทำให้มีความทน (เช่น โดยวิธี การแล่นประสาน (brazing) การเชื่อม การบีบอัด การเชื่อมตะเข็บ การยึดด้วยสกรู หรือด้วยสลักเกลียว)
- ความหนาของแผ่นโลหะต้องไม่น้อยกว่าค่า t' ที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 3 ถ้าไม่จำเป็นต้องป้องกันฟ้าผ่าทะลุ หรือการติดไฟของวัสดุที่พร้อมจะติดไฟที่อยู่ด้านล่าง
- ความหนาของแผ่นโลหะต้องไม่น้อยกว่าค่า t ที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 3 ถ้าจำเป็นต้องป้องกันฟ้าผ่าทะลุ หรือไม่เกิดปัญหาเรื่องความร้อนสูงเฉพาะจุด (hot spot)
- แผ่นโลหะเหล่านี้ไม่มีการเคลือบด้วยวัสดุฉนวน

ตารางที่ 3 ความหนาต่ำสุดของแผ่นโลหะหรือท่อโลหะที่ใช้ในระบบตัวนำล่อฟ้า

ระดับชั้นของ LPS	วัสดุ	ความหนา t [ก] mm	ความหนา t' [ข] mm
I ถึง IV	ตะกั่ว	-	2.0
	เหล็ก (เหล็กกล้าไร้สนิม, เหล็กชุบสังกะสี)	4	0.5
	ไทเทเนียม	4	0.5
	ทองแดง	5	0.5
	อะลูมิเนียม	7	0.65
	สังกะสี	-	0.7

[ก] t คือ ความหนาสำหรับแผ่นโลหะที่ป้องกันฟ้าผ่าทะลุ เกิดจุดที่ร้อนสูงเฉพาะจุด หรือเกิดการลุกติดไฟได้

[ข] t' คือ ความหนาสำหรับแผ่นโลหะที่ป้องกันฟ้าผ่าทะลุ เกิดจุดที่ร้อนสูงเฉพาะจุด หรือเกิดการลุกติดไฟไม่ได้

ข) ส่วนประกอบโลหะของโครงสร้างหลังคา (โครงยึด เหล็กเส้นเสริมแรงต่อถึงกัน ฯลฯ) ซึ่งอยู่ใต้หลังคาโลหะ หากหลังคาโลหะนั้นไม่นับรวมอยู่ในสิ่งปลูกสร้างที่ต้องการจะป้องกัน

ค) ชิ้นส่วนโลหะ เช่น ส่วนประดับตกแต่ง รางน้ำ ราวลูกกรง ท่อ และแผ่นครอบกำแพงกันตก ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้สำหรับส่วนประกอบตัวนำล่อฟ้ามาตรฐาน

ง) ท่อและแท็งก์โลหะบนหลังคา ซึ่งทำจากวัสดุซึ่งมีความหนาและขนาดพื้นที่หน้าตัดตามตารางที่ 6

จ) ท่อและแท็งก์โลหะที่บรรจุสารผสมที่พร้อมจะติดไฟหรือระเบิดได้ ซึ่งมีความหนาไม่น้อยกว่าค่า t ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นที่ผิวด้านในตรงจุดที่ฟ้าผ่าลงไม่ก่ออันตราย (ข้อมูลโดยละเอียดดูภาคผนวก จ.)

กรณีถังและท่อมีความหนาไม่เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น ให้รวมเอาถังและท่อนั้นเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

ระบบท่อส่งที่บรรจุสารผสมที่พร้อมจะติดไฟหรือระเบิดได้ต้องไม่ใช้เป็นตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ ถ้าปะเก็นที่ข้อต่อไม่ใช่โลหะหรือไม่มีการประสานหน้าแปลนเหล่านั้นอย่างเหมาะสม

หมายเหตุ การเคลือบสีป้องกันผิวบางๆหรือการเคลือบแอสฟัลต์หนาประมาณ 1 mm หรือพีวีซีหนาประมาณ 0.5 mm ไม่ถือว่าเป็นฉนวน ข้อมูลโดยละเอียดดูภาคผนวก จ.

5.3 ระบบสายดินแนวดิ่ง

5.3.1 ทั่วไป

เพื่อลดโอกาสการเกิดความเสียหายเนื่องจากกระแสฟ้าผ่าที่ไหลใน LPS ให้จัดสายดินแนวดิ่งจากจุดที่ฟ้าผ่าจนถึงดินในลักษณะดังนี้

ก) มีเส้นทางกระแสหลายเส้นทางขนานกัน

ข) ทำให้ความยาวของเส้นทางกระแสสั้นที่สุด

ค) มีการประสานให้ศักย์เท่ากันเข้ากับส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างตามข้อกำหนด 6.2

หมายเหตุ 1 การต่อสายดินแนวดิ่งเข้าด้วยกันในแนวขวางที่ระดับพื้นและทุกระยะความสูง 10 m ถึง 20 m ตามตารางที่ 4 ถือเป็นวิธีปฏิบัติที่ดี

การจัดวางทางเรขาคณิตของสายดินแนวดิ่งและตัวนำวงแหวนมีผลต่อระยะการแยก (ดูข้อ 6.3)

หมายเหตุ 2 การติดตั้งสายดินแนวดิ่งหลายๆเส้นเท่าที่ทำได้โดยมีระยะห่างเท่าๆกันตามเส้นรอบสิ่งปลูกสร้าง โดยเชื่อมต่อถึงกันด้วยตัวนำวงแหวน สามารถลดโอกาสที่จะเกิดประกายอันตรายและช่วยป้องกันสิ่งติดตั้งภายใน (ดู มอก.1586 เล่ม 4) เงื่อนไขนี้สมบูรณ์แล้วในสิ่งปลูกสร้างที่ใช้โครงสร้างโลหะและสิ่งปลูกสร้างที่ใช้คอนกรีตเสริมแรงที่เหล็กเสริมเชื่อมต่อภายในมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า

ระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่ง และระยะระหว่างตัวนำวงแหวนในแนวระดับที่ใช้ทั่วไปให้ไว้ในตารางที่ 4

ดูข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแบ่งส่วนกระแสฟ้าผ่าระหว่างสายดินแนวดิ่งในภาคผนวก ค.

5.3.2 การจัดวางตำแหน่งสายดินแนวดิ่งของ LPS แยกอิสระ

ก) ถ้าตัวนำล่อฟ้าประกอบด้วยแท่งตัวนำหลายแท่งบนเสาหลายต้นแยกกัน (หรือต้นเดียว) ที่ไม่ได้ทำด้วยโลหะหรือเหล็กเส้นเสริมแรงไม่ได้ต่อถึงกัน ต้องมีสายดินแนวดิ่งอย่างน้อย 1 เส้นสำหรับเสาแต่ละต้น ในกรณีที่เสาหลายต้นนั้นทำด้วยโลหะหรือเหล็กเส้นเสริมแรงเชื่อมต่อถึงกันไม่จำเป็นต้องเพิ่มสายดินแนวดิ่งอีก

ข) ถ้าตัวนำล่อฟ้าประกอบด้วยสายตัวนำขึงหลายเส้น (หรือเส้นเดียว) ต้องมีสายดินแนวดิ่งอย่างน้อย 1 เส้น ที่แต่ละโครงสร้างรองรับ

ค) ถ้าตัวนำล่อฟ้าประกอบขึ้นเป็นโครงข่ายของตัวนำ ต้องมีสายดินแนวดิ่งอย่างน้อย 1 เส้น ที่แต่ละปลายของโครงสร้างรองรับ

5.3.3 การจัดวางตำแหน่งของสายดินแนวดิ่งของ LPS ไม่แยกอิสระ

LPS ไม่แยกอิสระแต่ละระบบต้องมีจำนวนสายดินแนวดิ่งไม่น้อยกว่า 2 เส้น และควรจะกระจายโดยรอบตามเส้นรอบรูปสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน โดยขึ้นอยู่กับข้อจำกัดทางสถาปัตยกรรมและทางปฏิบัติอื่นๆ

สายดินแนวดิ่งควรมีระยะห่างเท่าๆกันตามเส้นรอบรูป โดยทั่วไปค่าระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4

หมายเหตุ ระยะระหว่างสายดินแนวดิ่งมีความสัมพันธ์กับระยะการแยกตามข้อ 6.3

ตารางที่ 4 ระยะห่างโดยทั่วไประหว่างสายดินแนวดิ่ง และระหว่างตัวนำวงแหวนตามระดับชั้นของ LPS

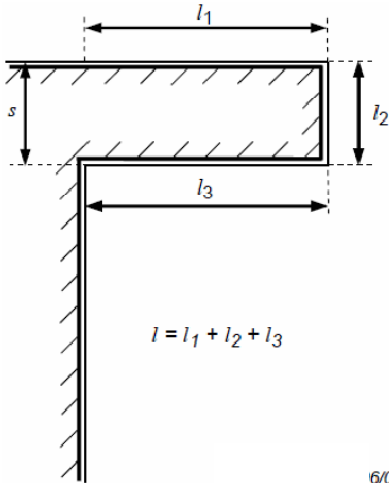
ระดับชั้นของ LPS	ระยะห่างโดยทั่วไป m
I	10
II	10
III	15
IV	20

สายดินแนวดิ่งควรติดตั้งที่ทุกมุมเปิดโล่งของสิ่งปลูกสร้าง ถ้าเป็นไปได้

5.3.4 การสร้าง

สายดินแนวดิ่งต้องติดตั้งให้มีความต่อเนื่องโดยตรงกับตัวนำล่อฟ้าให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ในทางปฏิบัติ

สายดินแนวดิ่งต้องติดตั้งให้เป็นเส้นตรงในแนวดิ่ง เพื่อให้เป็นเส้นทางลงดินที่สั้นที่สุด และลงดินที่ตรงที่สุด ต้องหลีกเลี่ยงการติดตั้งที่ทำให้เกิดเป็นวงรอบ หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ระยะของช่องว่าง s ระหว่าง 2 จุดบนตัวนำ และความยาว l ระหว่างตัวนำ 2 จุดนั้น (ดูรูปที่ 1) ต้องเป็นไปตามข้อ 6.3



รูปที่ 1 วงรอบของสายดินแนวดิ่ง

สายดินแนวดิ่งต้องไม่ติดตั้งในรางน้ำฝนหรือท่อน้ำฝน ถึงแม้ว่าสายดินแนวดิ่งจะหุ้มด้วยวัสดุฉนวน

หมายเหตุ ผลของความชื้นในรางน้ำฝนนำไปสู่การสึกกร่อนอย่างรุนแรงของสายดินแนวดิ่ง สายดินแนวดิ่งควรติดตั้งให้ห่างจากประตูและหน้าต่างไม่น้อยกว่าระยะการแยกซึ่งเป็นไปตามข้อ 6.3

สายดินแนวดิ่งของ LPS ไม่แยกอิสระจากสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกันอาจติดตั้งตามข้อกำหนดต่อไปนี้

- ถ้าผนังทำด้วยวัสดุไม่ติดไฟ สายดินแนวดิ่งอาจติดตั้งบนพื้นผิวหรือภายในผนัง
- ถ้าผนังทำด้วยวัสดุที่พร้อมติดไฟ สายดินแนวดิ่งอาจติดตั้งบนพื้นผิวของผนังถ้าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นบนสายดินแนวดิ่งเนื่องจากการไหลของกระแสฟ้าผ่าไม่เป็นอันตรายต่อวัสดุของผนัง
- ถ้าผนังทำด้วยวัสดุที่พร้อมติดไฟและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของสายดินแนวดิ่งเป็นอันตราย ต้องติดตั้งสายดินแนวดิ่งให้ห่างจากผนังมากกว่า 0.1 m ตัวยึดตัวนำอาจสัมผัสกับผนังได้

ในกรณีที่ไม่สามารถรักษาระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งกับวัสดุที่ลุกไหม้ได้ (combustible material) ต้องใช้สายดินแนวดิ่งที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 100 mm^2

5.3.5 ส่วนประกอบโดยธรรมชาติ

ส่วนของสิ่งปลูกสร้างต่อไปนี้ควรพิจารณาใช้เป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ

ก) สิ่งติดตั้งโลหะที่มีลักษณะต่อไปนี้

- ความต่อเนื่องทางไฟฟ้าระหว่างส่วนต่างๆ ได้ทำให้มีความคงทนตามที่กำหนดในข้อ 5.5.2
- มิติต่างๆ มีค่าอย่างน้อยเท่ากับที่ระบุในตารางที่ 6 สำหรับสายดินแนวดิ่งมาตรฐาน

ระบบท่อส่งที่บรรจุสารผสมที่พร้อมจะติดไฟหรือระเบิดได้ ต้องไม่ใช้เป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ ถ้าปะเก็นที่ข้อต่อไม่ใช่โลหะ หรือไม่มีการประสานหน้าแปลนเหล่านั้นอย่างเหมาะสม

หมายเหตุ 1 สิ่งติดตั้งโลหะอาจหุ้มด้วยวัสดุฉนวน

ข) ส่วนโลหะของโครงสร้างคอนกรีตเสริมแรงที่มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่เป็นโครงสร้างของสิ่งปลูกสร้าง

หมายเหตุ 2 กรณีใช้คอนกรีตเสริมแรงหล่อสำเร็จ สิ่งสำคัญคือ ต้องมีจุดเชื่อมต่อกันระหว่างส่วนเสริมแรงแต่ละชิ้น และที่คอนกรีตเสริมแรงต้องมีตัวนำเชื่อมต่อระหว่างจุดเชื่อมต่อถึงกัน การต่อคอนกรีตแต่ละชิ้นต้องทำ ณ สถานที่ก่อสร้าง (ดูภาคผนวก จ.)

หมายเหตุ 3 ในกรณีคอนกรีตชนิดอัดแรง ต้องระวังความเสี่ยงซึ่งจะทำให้เกิดผลทางกลที่ตามมาซึ่งยอมรับไม่ได้เนื่องจากกระแสฟ้าผ่าหรือผลของการต่อเข้ากับ LPS

ค) โครงเหล็กของสิ่งปลูกสร้างที่มีการต่อถึงกัน

หมายเหตุ 4 ตัวนำวงแหวนที่เชื่อมต่อสายดินแนวดิ่งไม่จำเป็นต้องใช้ ถ้าใช้โครงโลหะของสิ่งปลูกสร้างที่เป็นเหล็ก หรือเหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้างที่มีการเชื่อมต่อถึงกันเป็นสายดินแนวดิ่ง

ง) ส่วนปิดหน้าอาคาร ราว และโครงย่อยโลหะของส่วนปิดหน้าอาคารที่มีลักษณะดังนี้

- มิติต่างๆ เป็นไปตามข้อกำหนดของสายดินแนวดิ่ง (ดูข้อ 5.6.2) และกรณีเป็นแผ่นโลหะหรือท่อโลหะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.5 mm
- ความต่อเนื่องทางไฟฟ้าในแนวดิ่งเป็นไปตามข้อกำหนด 5.5.2

หมายเหตุ 5 ดูข้อมูลเพิ่มเติมในภาคผนวก จ.

5.3.6 จุดต่อทดสอบ

ที่จุดเชื่อมต่อของขั้วรากสายดิน สายดินแนวดิ่งแต่ละเส้น ควรติดตั้งจุดต่อทดสอบไว้ ยกเว้น กรณีสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติรวมอยู่กับรากสายดินฐานราก

เพื่อจุดประสงค์ในการวัด จุดต่อทดสอบต้องสามารถปลดออกโดยใช้เครื่องมือ ในการใช้งานปกติจุดต่อทดสอบนี้ต้องอยู่ในตำแหน่งต่อกันอยู่

5.4 ระบบรากสายดิน

5.4.1 ทั่วไป

เมื่อทำการเกี่ยวข้องกับการกระจายกระแสฟ้าผ่าลงสู่ดิน (มีลักษณะความถี่สูง) ขณะเดียวกับการลดการเกิดแรงดันเกินอันตรายใดๆ ให้น้อยที่สุด เกณฑ์ที่สำคัญ คือ รูปร่างและมิติของระบบรากสายดิน โดยทั่วไปแนะนำให้ใช้รากสายดินที่มีความต้านทานดินต่ำ (ถ้าเป็นไปได้ควรมีค่าน้อยกว่า 10 Ω เมื่อวัดที่ความถี่ต่ำ)

ในมุมมองของการป้องกันฟ้าผ่า การใช้ระบบรากสายดินเดียวแบบโครงสร้างรวมจะดีกว่า และเหมาะสมกับทุกจุดประสงค์ (นั่นคือ การป้องกันฟ้าผ่า ระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบโทรคมนาคม)

ระบบรากสายดินต้องมีการประสานตามข้อกำหนด 6.2

หมายเหตุ 1 เงื่อนไขในการแยกและการประสานเข้ากับระบบรากสายดินอื่นๆ ปกติจะกำหนดโดยหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบ

หมายเหตุ 2 การสึกกร่อนอย่างรุนแรงอาจเกิดขึ้นได้ ถ้าระบบต่อลงดินใช้วัสดุต่างชนิดกันมาต่อเข้าด้วยกัน

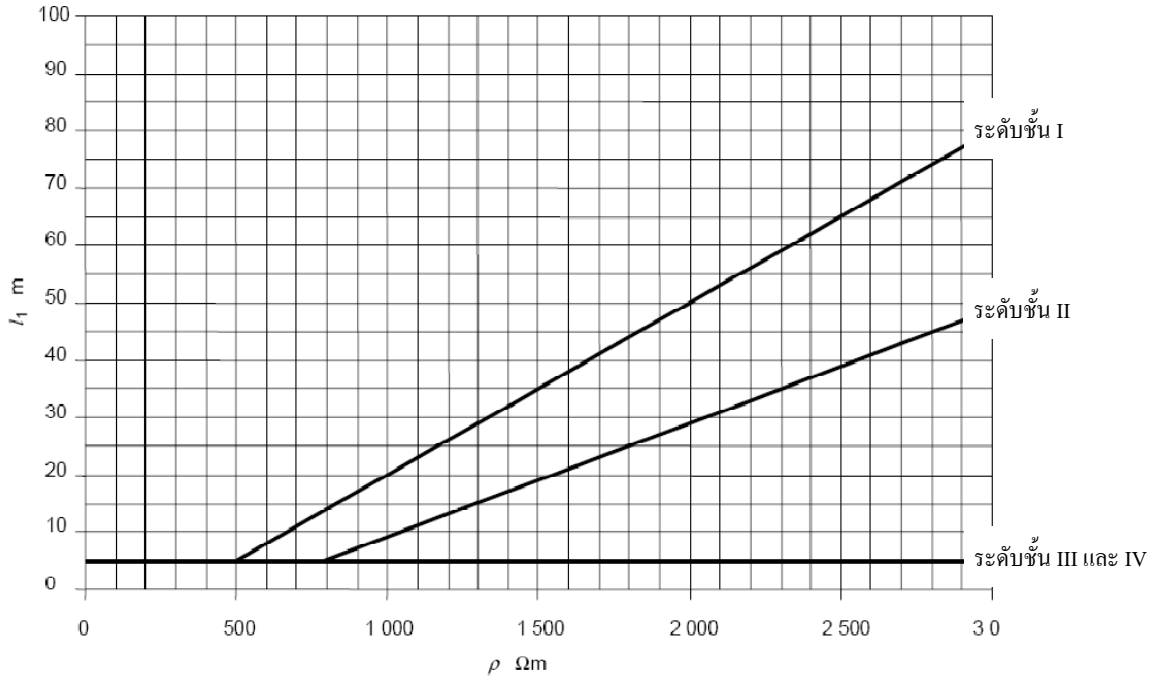
5.4.2 การจัดวางระบบรากสายดินในสภาพทั่วไป

ระบบรากสายดิน มีการจัดวางแบบพื้นฐาน 2 แบบ

5.4.2.1 การจัดวางแบบ ก

การจัดวางแบบนี้ประกอบด้วยรากสายดินตามแนวระดับหรือแนวดิ่ง ติดตั้งด้านนอกสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน และต่อเข้ากับสายดินแนวดิ่งทุกเส้นอย่างน้อยเส้นละ 1 ชุด

จำนวนรากสายดินทั้งหมดของการจัดวางแบบ ก ต้องไม่น้อยกว่า 2 ชุด



หมายเหตุ ระดับชั้น III และ IV ความยาวของรากสายดินไม่ขึ้นอยู่กับสภาพต้านทานของดิน

รูปที่ 2 ความยาวต่ำสุด l_1 ของรากสายดินแต่ละชุดจำแนกตามระดับชั้นของ LPS

ความยาวต่ำสุดของรากสายดินแต่ละชุดที่ปลายสายดินแนวดิ่งแต่ละเส้นมีค่าดังนี้

- l_1 กรณีรากสายดินแนวระดับ หรือ
- 0.5 l_1 กรณีรากสายดินแนวดิ่ง (หรือรากสายดินแนวเอียง)

เมื่อ l_1 คือ ค่าความยาวต่ำสุดของรากสายดินแนวระดับตามรูปที่ 2

กรณีรากสายดินแบบผสม (มีทั้งแนวระดับและแนวดิ่ง) ต้องใช้ความยาวรวมในการพิจารณา

รากสายดินอาจมีความยาวน้อยกว่าความยาวต่ำสุดตามรูปที่ 2 ได้ ถ้าระบบรากสายดินมีค่าความต้านทานดินน้อยกว่า 10 Ω (เมื่อวัดด้วยความถี่อื่นๆ ที่ไม่ใช่ความถี่ 50 เฮิรตซ์ หรือจำนวนเท่าของ 50 เพื่อหลีกเลี่ยงผลของการแทรกสอด)

หมายเหตุ 1 การลดความต้านทานดินโดยการเพิ่มความยาวของรากสายดินในทางปฏิบัติอาจทำได้จนถึง 60 m

หมายเหตุ 2 ดูภาคผนวก จ. สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม

5.4.2.2 การจัดวางแบบ ข

การจัดวางแบบนี้อาจประกอบด้วยตัวนำวงแหวนติดตั้งภายนอกสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน และมีส่วนสัมผัสกับดินอย่างน้อย 80 % ของความยาวรวม หรือรากสายดินฐานราก รากสายดินแบบนี้อาจมีการต่อกันเป็นตาข่ายได้ด้วย

รากสายดินวงแหวน (หรือรากสายดินฐานราก) ต้องให้รัศมีเฉลี่ย r_e ของพื้นที่ที่ล้อมรอบโดยรากสายดินวงแหวน (หรือรากสายดินฐานราก) นั้นมีค่าไม่น้อยกว่า l_1

$$r_e \geq l_1 \quad (1)$$

เมื่อ l_1 คือ ค่าที่แสดงในรูปที่ 2 ตามระดับชั้นของ LPS I, II, III และIV

กรณีที่ค่า l_1 ที่ต้องการมีค่ามากกว่ารัศมี r_e ที่ทำได้สะดวก ให้เพิ่มรากสายดินแนวระดับหรือแนวดิ่ง (หรือแนวเอียง) รากสายดินที่ต้องเพิ่มแต่ละชุดต้องมีความยาว l_r (แนวระดับ) และ l_v (แนวดิ่ง) ตามสมการต่อไปนี้

$$l_r = l_1 - r_e \quad (2)$$

และ $$l_v = (l_1 - r_e) / 2 \quad (3)$$

แนะนำว่า จำนวนรากสายดินต้องไม่น้อยกว่าจำนวนสายดินแนวดิ่ง และมีจำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด

รากสายดินเสริมควรต่อเข้ากับรากสายดินวงแหวนที่จุดใดๆ ซึ่งต่อกับสายดินแนวดิ่ง และจัดให้มีระยะห่างให้เท่าๆ กันเท่าที่จะทำได้

5.4.3 การติดตั้งรากสายดิน

รากสายดินวงแหวน (การจัดวางแบบ ข) ควรฝังดินที่ความลึกอย่างน้อย 0.5 m และที่ระยะห่างประมาณ 1 m จากผนังด้านนอกโดยรอบ

รากสายดินอื่นๆ (การจัดวางแบบ ก) ต้องติดตั้งให้ความลึกของปลายบนมีค่าอย่างน้อย 0.5 m และติดตั้งให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดผลของการคัปปลิงทางไฟฟ้าภายในดิน

รากสายดินต้องติดตั้งในลักษณะที่สามารถตรวจสอบได้ในระหว่างการก่อสร้าง

ความลึกที่ฝังและแบบของรากสายดินต้องอยู่ในลักษณะที่ได้รับผลน้อยที่สุดจากการสึกกร่อน การแห้ง และการเยือกแข็งของดิน เพื่อให้ความต้านทานดินแบบดั้งเดิมมีค่าคงที่ แนะนำว่า ส่วนบนของรากสายดินแนวดิ่งเท่ากับความลึกของดินที่เยือกแข็งไม่ควรถือว่ามีประสิทธิผลภายใต้สภาพที่ดินเย็นจนเป็นเกล็ดน้ำแข็ง

หมายเหตุ ดังนั้นควรเพิ่มความยาวของรากสายดินแนวดิ่งทุกแท่งอีก 0.5 m จากความยาว l_1 ที่คำนวณได้ตามข้อ 5.4.2.1 และข้อ 5.4.2.2

สำหรับพื้นดินเป็นสภาพหินโล้น แนะนำให้ใช้รากสายดินที่มีการจัดวางแบบ ข เท่านั้น

สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีระบบอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากหรือมีความเสี่ยงสูงในการเกิดเพลิงไหม้ (ดู มอก. 1586 เล่ม 2) การใช้รากสายดินที่มีการจัดวางแบบ ข จะดีกว่า

5.4.4 รากสายดินโดยธรรมชาติ

เหล็กเสริมที่มีการเชื่อมต่อถึงกันในฐานรากคอนกรีตที่เป็นไปตามข้อ 5.6 หรือโครงสร้างโลหะใต้ดินอื่นๆ ที่เหมาะสมควรใช้เป็นรากสายดิน กรณีใช้โลหะเสริมในคอนกรีตเป็นรากสายดิน ต้องระวังที่จุดเชื่อมต่อเป็นพิเศษเพื่อป้องกันการแยกตัวทางกลของคอนกรีต

หมายเหตุ 1 ในกรณีใช้คอนกรีตอัดแรง ควรพิจารณาผลที่ตามมาของทางไหลกระแสฟ้าผ่าที่อาจทำให้เกิดความเครียดทางกลที่ยอมรับไม่ได้

หมายเหตุ 2 ถ้าใช้รากสายดินฐานราก เป็นไปได้ที่ความต้านทานดินจะเพิ่มขึ้นในระยะยาว

หมายเหตุ 3 ดูข้อมูลเพิ่มเติมในภาคผนวก จ.

5.5 ส่วนประกอบ

ส่วนประกอบทุกชิ้นของ LPS ต้องทนต่อผลทางแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากกระแสฟ้าผ่าและความเครียดที่คาดการณ์ว่าอาจเกิดขึ้นโดยไม่เสียหาย

ส่วนประกอบของ LPS ต้องทำจากวัสดุในตารางที่ 5 หรือวัสดุอื่นๆ ที่มีลักษณะเฉพาะเชิงสมรรถนะ เทียบเท่าในทางกล ทางไฟฟ้า และทางเคมี (การสึกกร่อน)

หมายเหตุ ส่วนประกอบที่ใช้ในการจับยึดอาจทำจากวัสดุอื่นที่ไม่ใช่โลหะ

ตารางที่ 5 วัสดุที่ใช้ทำ LPS และสภาพการใช้งาน

วัสดุ	สภาพการใช้งาน			การสึกกร่อน		
	ในอากาศที่โล่ง	ในดิน	ในคอนกรีต	ความต้านทาน	เพิ่มขึ้นโดย	อาจถูกทำลายจากการคัปปลิงทางไฟฟ้ากับ
ทองแดง	ตัน ตีเกลียว	ตัน ตีเกลียว ที่เคลือบผิว	ตัน ตีเกลียว ที่เคลือบผิว	ดีในหลายสภาพแวดล้อม	สารประกอบกำมะถัน สารอินทรีย์	–
เหล็กเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน	ตัน ตีเกลียว	ตัน	ตัน ตีเกลียว	ยอมรับได้ในอากาศ ในคอนกรีต และในดินอ่อน	ที่มีคลอไรด์สูง	ทองแดง
เหล็กกล้าไร้สนิม	ตัน ตีเกลียว	ตัน ตีเกลียว	ตัน ตีเกลียว	ดีในหลายสภาพแวดล้อม	ที่มีคลอไรด์สูง	–
อะลูมิเนียม	ตัน ตีเกลียว	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ดีในบรรยากาศที่มีกำมะถัน และคลอไรด์ความเข้มข้นต่ำ	สารละลายแอลคาไลน์	ทองแดง
ตะกั่ว	ตัน ที่เคลือบผิว	ตัน ที่เคลือบผิว	ไม่เหมาะสม	ดีในบรรยากาศที่มีซัลเฟตความเข้มข้นสูง	ดินที่มีสภาพเป็นกรด	ทองแดง เหล็กกล้าไร้สนิม

หมายเหตุ 1 ตารางนี้ให้ไว้เป็นคำแนะนำทั่วไปเท่านั้น ในสภาวะพิเศษต้องมีการป้องกันการสึกกร่อนเพิ่มเติม (ดูภาคผนวก จ.)

หมายเหตุ 2 ตัวนำตีเกลียวจะทนการสึกกร่อนได้น้อยกว่าตัวนำตัน ตัวนำตีเกลียวจะสึกกร่อนได้ง่ายในตำแหน่งที่เข้าหรือออกระหว่างดินกับคอนกรีต นี้คือเหตุผลที่ไม่แนะนำให้ใช้เหล็กเคลือบสังกะสีตีเกลียวในดิน

หมายเหตุ 3 เหล็กเคลือบสังกะสีอาจสึกกร่อนได้ในดินเหนียว หรือดินชื้น

หมายเหตุ 4 เหล็กเคลือบสังกะสีในคอนกรีตไม่ควรยื่นเข้าไปในดินเนื่องจากเหล็กจะสึกกร่อนได้ที่บริเวณโผล่พ้นคอนกรีต

หมายเหตุ 5 เหล็กเคลือบสังกะสีที่สัมผัสกับเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต ในบางกรณีอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อคอนกรีตได้

หมายเหตุ 6 การใช้ตะกั่วในดินมักจะถูกห้ามหรือจำกัดการใช้เนื่องจากต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม

5.5.1 การจับยึด

ตัวนำล่อฟ้าและสายดินแนวดิ่งต้องมีการจับยึดอย่างมั่นคง เพื่อไม่ให้แรงกระทำที่เกิดจากไฟฟ้าพลวัต หรือแรงทางกลอื่นที่อาจเกิดขึ้น (เช่น การสั่นสะเทือน การขยายตัวเนื่องจากความร้อน เป็นต้น) ทำให้ตัวนำขาด หลุด หรือ หลวม (ดูภาคผนวก ง.ใน มอก.1586 เล่ม 1)

5.5.2 การต่อ

จำนวนจุดเชื่อมต่อตัวนำต้องมีน้อยที่สุด การเชื่อมต่อต้องทำให้มีความแข็งแรงโดยใช้การแล่นประสาน การเชื่อม การขันด้วยแคลมป์ การบีบอัด การเชื่อมตะเข็บ การยึดด้วยหมุดเกลียว หรือด้วยสลักเกลียว

จุดเชื่อมต่องานเหล็กภายในสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรงต้องเป็นไปตามข้อ 4.3

5.6 วัสดุและมิติ

5.6.1 วัสดุ

วัสดุและมิติต้องเลือกโดยตระหนักถึงความเป็นไปได้ในการสึกกร่อนของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน และของ LPS

5.6.2 มิติ

โครงแบบและพื้นที่หน้าตัดต่ำสุดของตัวนำล่อฟ้า แท่งตัวนำล่อฟ้า และสายดินแนวดิ่ง ให้ไว้ในตารางที่ 6

โครงแบบและพื้นที่หน้าตัดต่ำสุดของรากสายดิน ให้ไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 วัสดุ โครงแบบ และพื้นที่หน้าตัดต่ำสุดของตัวนำล่อฟ้า แท่งตัวนำล่อฟ้า และสายดินแนวดิ่ง

วัสดุ	โครงแบบ	พื้นที่หน้าตัดต่ำสุด mm^2	คำอธิบาย [10)]
ทองแดง	เทปตัน	50 [8)]	ความหนาต่ำสุด 2 mm
	กลมตัน [7)]	50 [8)]	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm
	ตีเกลียว	50 [8)]	เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของลวดแต่ละเส้น 1.7 mm
	กลมตัน [3), 4)]	200 [8)]	เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 mm
ทองแดงเคลือบดีบุก[1)]	เทปตัน	50 [8)]	ความหนาต่ำสุด 2 mm
	กลมตัน [7)]	50 [8)]	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm
	ตีเกลียว	50 [8)]	เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของลวดแต่ละเส้น 1.7 mm
อะลูมิเนียม	เทปตัน	70	ความหนาต่ำสุด 3 mm
	กลมตัน	50 [8)]	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm
	ตีเกลียว	50 [8)]	เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของลวดแต่ละเส้น 1.7 mm
อะลูมิเนียมเจือ	เทปตัน	50 [8)]	ความหนาต่ำสุด 2.5 mm
	กลมตัน [7)]	50	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm
	ตีเกลียว	50 [8)]	เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของลวดแต่ละเส้น 1.7 mm
	กลมตัน [3)]	200 [8)]	เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 mm

ตารางที่ 6 (ต่อ)

วัสดุ	โครงแบบ	พื้นที่หน้าตัดต่ำสุด mm^2	คำอธิบาย [10]
เหล็กเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน [2]	เทปตัน	50 [8]	ความหนาต่ำสุด 2.5 mm
	กลมตัน [9]	50	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm
	ตีเกลียว	50 [8]	เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของลวดแต่ละเส้น 1.7 mm
	กลมตัน [3), 4), 9)]	200 [8]	เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 mm
เหล็กกล้าไร้สนิม [5]	เทปตัน [6]	50 [8]	ความหนาต่ำสุด 2 mm
	กลมตัน [6]	50	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm
	ตีเกลียว	70 [8]	เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของลวดแต่ละเส้น 1.7 mm
	กลมตัน [3), 4)]	200 [8]	เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 mm

1) เคลือบโดยวิธีจุ่มร้อนหรือเคลือบด้วยวิธีทางไฟฟ้าที่มีความหนาต่ำสุด 1 μm

2) ผิวที่เคลือบต้องมีความเรียบ สม่ำเสมอ และไม่มีรอยด่างจากน้ำยาประสาน ความหนาต่ำสุดของการเคลือบ 50 μm

3) ใช้สำหรับแท่งตัวนำล่อฟ้าเท่านั้น กรณีการใช้ในที่ความเครียดทางกล เช่น แรงกระทำเนื่องจากลมไม่วิกฤต อาจใช้แท่งตัวนำล่อฟ้าที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm ความยาวสูงสุดของแท่งตัวนำล่อฟ้าไม่เกิน 1 m โดยมีการจับยึดเสริมได้

4) ใช้เป็นแท่งตัวนำสู่ดินเท่านั้น

5) โครเมียม ≥ 16 % นิเกิล ≥ 8 % และคาร์บอน ≤ 0.07 %

6) กรณีเหล็กกล้าไร้สนิมที่ฝังในคอนกรีต และ/หรือ สัมผัสโดยตรงกับวัสดุติดไฟ ควรเพิ่มขนาดต่ำสุดเป็น 78 mm^2 (เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm) สำหรับแท่งกลมตัน และ 75 mm^2 (ความหนาต่ำสุด 3 mm) สำหรับเทปตัน

7) การใช้ในที่ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงทางกลมาก ขนาด 50 mm^2 (เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm) อาจลดเหลือ 28 mm^2 (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm) ในกรณีนี้ควรพิจารณาลดระยะห่างระหว่างตัวจับยึดด้วย

8) ถ้าพิจารณาว่าผลทางความร้อนและทางกลเป็นเรื่องสำคัญ มิติเหล่านี้สามารถเพิ่มเป็น 60 mm^2 สำหรับเทปตัน และ 78 mm^2 สำหรับแท่งกลมตัน

9) พื้นที่หน้าตัดต่ำสุดเป็น mm^2 เพื่อหลีกเลี่ยงการหลอมเหลว คือ 16 mm^2 (ทองแดง), 25 mm^2 (อะลูมิเนียม), 50 mm^2 (เหล็ก) และ 50 mm^2 (เหล็กกล้าไร้สนิม) โดยคิดจากพลังงานจำเพาะ 10 000 kJ/Ω รายละเอียดเพิ่มเติมดูภาคผนวก จ.

10) ความหนา ความกว้าง และเส้นผ่านศูนย์กลาง ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ ± 10 %

ตารางที่ 7 วัสดุ โครงแบบ และมิติต่ำสุดสำหรับรากสายดิน

วัสดุ	โครงแบบ	มิติต่ำสุดของรากสายดิน			คำอธิบาย
		แท่งรากสายดิน ∅ mm	ตัวนำรากสายดิน	แผ่นรากสายดิน mm	
ทองแดง	ตีเกลียว [3]		50 mm^2		เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของลวดแต่ละเส้น 1.7 mm
	กลมตัน [3]		50 mm^2		เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm
	เทปตัน [3]		50 mm^2		ความหนาต่ำสุด 2 mm
	กลมตัน	15 [8]			
	ท่อ	20			ความหนาต่ำสุดของผนังท่อ 2 mm
	แผ่นทึบ			500 × 500	ความหนาต่ำสุด 2 mm
	แผ่นตาข่าย			600 × 600	ขนาดหน้าตัด 25 mm × 2 mm ความยาวรวมต่ำสุดของตัวนำ 4.8 m
เหล็กกล้า	กลมตันเคลือบสังกะสี [1), 2)]	16 [9]	เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm		
	ท่อเคลือบสังกะสี [1), 2)]	25			ความหนาต่ำสุดของผนังท่อ 2 mm
	เทปตันเคลือบสังกะสี [1)]		90 mm^2		ความหนาต่ำสุด 3 mm
	แผ่นทึบเคลือบสังกะสี [1)]			500 × 500	ความหนาต่ำสุด 3 mm
	แผ่นตาข่ายเคลือบสังกะสี [1)]			600 × 600	ขนาดหน้าตัด 30 mm × 3 mm
	กลมตันเคลือบทองแดง [4)]	14			ทองแดงที่นำมาเคลือบมีส่วนผสมทองแดง 99.9% และมีรัศมีต่ำสุด 250 µm
	กลมเปลือย [5)]		เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm		
	เทปตันเปลือยหรือเคลือบสังกะสี [5), 6)]		75 mm^2		ความหนาต่ำสุด 3 mm
	ตีเกลียวเคลือบสังกะสี [5), 6)]		70 mm^2		เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของลวดแต่ละเส้น 1.7 mm
	หน้าตัดกากบาทเคลือบสังกะสี[1)]	50 × 50 × 3			
เหล็กกล้าไร้สนิม[7)]	กลมตัน	15	เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm		
	เทปตัน		100 mm^2		ความหนาต่ำสุด 2 mm

[1)] ผิวที่เคลือบต้องเรียบสม่ำเสมอ และไม่มีรอยด่างจากน้ำยาประสาน โดยมีความหนาในการชุบต่ำสุด 50 µm สำหรับแท่งกลม และ 70 µm สำหรับวัสดุแบน

[2)] การทำเกลียวต้องทำก่อนเคลือบสังกะสี

[3)] อาจใช้การเคลือบดีบุก

[4)] ทองแดงต้องประสานเป็นเนื้อเดียวกับเหล็ก

[5)] อนุญาตให้ใช้เฉพาะกรณีฝังในคอนกรีตอย่างสมบูรณ์เท่านั้น

[6)] อนุญาตให้ใช้เฉพาะกรณีมีการต่ออย่างถูกต้องทุกระยะ 5 m กับเหล็กเส้นเสริมแรงธรรมชาติในฐานรากที่สัมผัสกับดิน

[7)] โครเมียม ≥ 16 % นิเกิล ≥ 5 % โมลิบดีเนียม ≥ 2 % และคาร์บอน ≤ 0.08 %

6. ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน

6.1 ทั่วไป

LPS ภายในต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดประกายอันตรายภายในสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน เนื่องจากกระแสฟ้าผ่าไหลใน LPS ภายนอกหรือส่วนนำไฟฟ้าได้อื่นๆ ของสิ่งปลูกสร้าง

ประกายอันตรายอาจเกิดขึ้นระหว่าง LPS ภายนอกกับส่วนอื่นๆ เช่น
- สิ่งติดตั้งโลหะ
- ระบบภายใน
- ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกและสายต่างๆ ที่ต่อกับสิ่งปลูกสร้าง

หมายเหตุ 1 การเกิดประกายในสิ่งปลูกสร้างที่มีการระเบิดมักเป็นอันตราย ในกรณีนี้ต้องการให้มีมาตรการป้องกันเพิ่มเติม (ดูภาคผนวก จ.)

หมายเหตุ 2 การป้องกันแรงดันเกินของระบบภายใน ดู มอก.1586 เล่ม 4

การเกิดประกายอันตรายระหว่างส่วนต่างๆ สามารถหลีกเลี่ยงได้โดย
- การประสานให้ศักย์เท่ากัน ตามข้อ 6.2 หรือ
- การคั่นด้วยฉนวนไฟฟ้าระหว่างส่วนต่างๆ ตามข้อ 6.3

6.2 การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน

6.2.1 ทั่วไป

การทำให้ศักย์เท่ากันสามารถทำให้บรรลุผลได้โดยเชื่อมต่อ LPS เข้ากับ
- ส่วนโลหะของสิ่งปลูกสร้าง
- สิ่งติดตั้งโลหะ
- ระบบภายใน
- ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกและสายต่างๆ ที่ต่อกับสิ่งปลูกสร้าง

เมื่อมีการต่อประสานให้ศักย์ LPS เท่ากันกับระบบภายใน กระแสฟ้าผ่าบางส่วนอาจไหลผ่านเข้าไปในระบบดังกล่าว และผลกระทบเหล่านี้ต้องนำมาพิจารณาด้วย

การเชื่อมต่อเข้าถึงกันสามารถทำได้ดังนี้
- ตัวนำประสาน กรณีที่ไม่มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าโดยการประสานตามธรรมชาติ
- SPD กรณีที่การต่อโดยตรงเข้ากับตัวนำประสานทำไม่ได้

วิธีการประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันให้บรรลุผลมีความสำคัญและต้องมีการหารือร่วมกันกับผู้ให้บริการโครงข่ายโทรคมนาคม ผู้ให้บริการไฟฟ้า และผู้ให้บริการอื่นๆ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากอาจมีความต้องการที่ขัดแย้งกัน

การติดตั้ง SPD ต้องอยู่ในลักษณะที่สามารถตรวจสอบได้

หมายเหตุ เมื่อมีการติดตั้ง LPS อาจมีผลกระทบกับงานโลหะที่อยู่ภายนอกสิ่งปลูกสร้างที่ป้องกัน ในการออกแบบจึงควรพิจารณาถึงเรื่องนี้ด้วย การประสานให้ศักย์เท่ากันระหว่างงานโลหะกับ LPS อาจมีความจำเป็นเช่นเดียวกัน

6.2.2 การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน สำหรับสิ่งติดตั้งโลหะ

ในกรณี LPS ภายนอกแยกอิสระ ต้องมีการประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน ที่ระดับพื้นดินเท่านั้น

สำหรับ LPS ภายนอกไม่แยกอิสระ ต้องมีการประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันที่ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

ก) ที่ชั้นใต้ดินหรือระดับพื้น ตัวนำประสานต้องต่อเข้ากับแท่งตัวนำประสานที่ทำขึ้น และติดตั้งในลักษณะที่เข้าถึงได้ง่ายเพื่อการตรวจสอบ แท่งตัวนำประสานต้องต่อเข้ากับระบบรากสายดิน สำหรับสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ (เช่น โดยทั่วไปยาวกว่า 20 m) อาจติดตั้งแท่งตัวนำประสานมากกว่า 1 ชุดได้โดยให้มีการเชื่อมต่อถึงกัน

ข) สถานที่ซึ่งไม่สามารถทำการฉนวนให้ครบถ้วนได้ (ดูข้อ 6.3)

ส่วนต่อของการประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน ต้องทำให้สั้นและตรงเท่าที่ทำได้

หมายเหตุ กรณีต่อประสาน LPS เข้ากับส่วนตัวนำของสิ่งปลูกสร้าง อาจมีกระแสฟ้าผ่าบางส่วนไหลเข้าไปในสิ่งปลูกสร้าง ควรคำนึงถึงผลดังกล่าวในการติดตั้ง

พื้นที่หน้าตัดต่ำสุดของตัวนำประสานที่ต่อเข้ากับแท่งตัวนำประสานต่างๆ และตัวนำที่ต่อเข้ากับแท่งตัวนำประสานกับระบบรากสายดิน แสดงไว้ในตารางที่ 8

พื้นที่หน้าตัดต่ำสุดของตัวนำประสานที่ต่อเข้ากับงานโลหะติดตั้งภายในกับแท่งตัวนำประสานแสดงไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 8 มิติต่ำสุดของตัวนำที่ต่อเข้ากับแท่งตัวนำประสานต่างๆ หรือที่ต่อเข้ากับแท่งตัวนำประสานกับระบบรากสายดิน

ระดับชั้นของ LPS	**วัสดุ**	**พื้นที่หน้าตัด mm^2**
I ถึง IV	ทองแดง	14
	อะลูมิเนียม	22
	เหล็กกล้า	50

ตารางที่ 9 ขนาดต่ำสุดของตัวนำที่ต่องานโลหะติดตั้งภายในเข้ากับแท่งตัวนำประสาน

ระดับชั้นของ LPS	วัสดุ	พื้นที่หน้าตัด mm^2
I ถึง IV	ทองแดง	5
	อะลูมิเนียม	8
	เหล็กกล้า	16

ถ้ามีการแทรกชิ้นฉนวนเข้าในท่อก๊าซหรือท่อประปาภายในสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน ต้องมีการต่อโยงด้วย SPD ซึ่งออกแบบเพื่อการนี้โดยเฉพาะ ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากหน่วยงานที่จำหน่ายก๊าซและน้ำประปา

SPD ต้องมีลักษณะเฉพาะดังนี้

- ผ่านการทดสอบระดับชั้น I
- $I_{imp} \geq k_c I$ เมื่อ $k_c I$ คือกระแสฟ้าผ่าที่ไหลผ่าน LPS ภายนอกส่วนที่เกี่ยวข้อง (ดูภาคผนวก ค.)
- ระดับการป้องกัน U_P ต้องต่ำกว่าระดับแรงดันทนอิมพัลส์ของฉนวนที่อยู่ระหว่างส่วนที่จะป้องกัน
- ลักษณะเฉพาะอื่นๆ เป็นไปตาม IEC 61643-12

6.2.3 การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันสำหรับส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก

กรณีส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกต้องมีต่อการประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันให้ใกล้กับจุดที่เข้าอาคารที่ป้องกันมากที่สุดเท่าที่ทำได้

ตัวนำประสานต้องสามารถทนส่วนกระแส I_f ของกระแสฟ้าผ่าที่ไหลผ่าน ซึ่งได้จากการคำนวณตามภาคผนวก จ. ของ มอก.1586 เล่ม 1

ถ้าการประสานโดยตรงไม่เป็นที่ยอมรับ ต้องต่อผ่าน SPD ที่มีลักษณะเฉพาะดังนี้

- ผ่านการทดสอบระดับชั้น I
- $I_{imp} \geq I_f$ เมื่อ I_f คือกระแสฟ้าผ่าที่ไหลผ่านส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกที่พิจารณาอยู่ (ดูภาคผนวก จ. ของ มอก.1586 เล่ม 1)
- ระดับการป้องกัน U_P ต้องต่ำกว่าระดับแรงดันทนอิมพัลส์ของฉนวนที่อยู่ระหว่างส่วนที่จะป้องกัน
- ลักษณะเฉพาะอื่นๆ เป็นไปตาม IEC 61643-12

หมายเหตุ เมื่อต้องการประสานให้ศักย์เท่ากัน แต่ไม่ต้องการ LPS สามารถใช้ระบบรากสายดินของระบบไฟฟ้าแรงต่ำเพื่อจุดประสงค์นี้ ดูข้อมูลใน มอก.1586 เล่ม 2 สำหรับภาวะที่ไม่ต้องการ LPS

6.2.4 การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันสำหรับระบบภายใน

ที่สำคัญยิ่ง การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันต้องติดตั้งตามข้อ 6.2.2 ก) และข้อ 6.2.2 ข)

ถ้าตัวนำของระบบภายในมีกำบังหรืออยู่ในท่อร้อยสายโลหะ การประสานกำบังหรือท่อร้อยสายโลหะเท่านั้นก็อาจเพียงพอ (ดูภาคผนวก ข.)

หมายเหตุ การประสานกำบังหรือท่อร้อยสาย อาจหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดกับบริภัณฑ์อันเนื่องจากแรงดันเกินไม่ได้ การป้องกันบริภัณฑ์ดังกล่าวให้อ้างอิง มอก.1586 เล่ม 4

ถ้าตัวนำของระบบภายในไม่มีกำบังหรือไม่ได้อยู่ในท่อร้อยสายโลหะ จะต้องประสานตัวนำเหล่านั้นโดยผ่าน SPD ส่วนในระบบ TN ต้องต่อประสานตัวนำ PE และตัวนำ PEN เข้ากับ LPS โดยตรงหรือโดยผ่าน SPD

ตัวนำประสานและ SPD ต้องมีลักษณะเฉพาะเดียวกันตามข้อ 6.2.2

ถ้าต้องการป้องกันระบบภายในจากเสิร์จ ให้ใช้ SPD ที่มีการประสานสัมพันธ์ ตามข้อ 7. ของ มอก.1586 เล่ม 4

6.2.5 การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันสำหรับสายไฟฟ้าและโทรคมนาคมที่ต่อกับสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันสำหรับสายไฟฟ้าและโทรคมนาคมต้องติดตั้งตามข้อ 6.2.3

ตัวนำทั้งหมดของสายทุกเส้นควรประสานเข้ากับแท่งตัวนำประสานโดยตรงหรือผ่าน SPD ตัวนำเส้นไฟต้องประสานผ่าน SPD เท่านั้น ส่วนในระบบ TN ตัวนำ PE หรือตัวนำ PEN ต้องประสานเข้ากับ LPS โดยตรงหรือผ่าน SPD

ถ้าสายมีกำบังหรือวางในท่อร้อยสายโลหะต้องประสานกำบังและท่อร้อยสายเหล่านี้ หากกำบังหรือท่อร้อยสายมีพื้นที่หน้าตัด S_c ไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุด S_{cmin} ตามที่คำนวณได้จากภาคผนวก ข. ไม่จำเป็นต้องประสานสายตัวนำ

กำบังของเคเบิลหรือท่อร้อยสายเหล่านี้ต้องทำการต่อประสานใกล้จุดที่เข้าสู่สิ่งปลูกสร้าง

ตัวนำประสานและ SPD ต้องมีลักษณะเฉพาะเดียวกันตามข้อ 6.2.3

ถ้าต้องการป้องกันระบบภายในจากเสิร์จ ที่ต่อกับสายเข้าสู่สิ่งปลูกสร้าง จะต้องใช้ SPD ที่มีการประสานสัมพันธ์ตามข้อ 7. ของ มอก.1586 เล่ม 4

หมายเหตุ 1 เมื่อต้องการประสานให้ศักย์เท่ากัน แต่ไม่ต้องการ LPS สามารถใช้ระบบรากสายดินของระบบไฟฟ้าแรงต่ำเพื่อจุดประสงค์นี้ ดูข้อมูลใน มอก.1586 เล่ม 2 สำหรับภาวะที่ไม่ต้องการ LPS

หมายเหตุ 2 ดูข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการประสานให้ศักย์เท่ากันสำหรับสายโทรคมนาคมใน มอก.1586 เล่ม 5 (IEC 62305-5)

6.3 การฉนวนไฟฟ้าของ LPS ภายนอก

ฉนวนไฟฟ้าระหว่างตัวนำล่อฟ้าหรือสายดินแนวดิ่งกับโครงสร้างโลหะ การติดตั้งโลหะและระบบภายในสามารถทำให้บรรลุผลโดยจัดให้มีระยะห่าง d ระหว่างส่วนต่างๆ มากกว่าระยะการแยก s

$$s = k_{\mathrm{i}} \cdot \frac{k_{\mathrm{c}}}{k_{\mathrm{m}}} \cdot l \qquad (4)$$

เมื่อ

k_{i} ขึ้นอยู่กับการเลือกระดับชั้นของ LPS (ดูตารางที่ 10)

k_{c} ขึ้นอยู่กับกระแสฟ้าผ่าที่ไหลในสายดินแนวดิ่ง (ดูตารางที่ 11)

k_{m} ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า (ดูตารางที่ 12)

l คือ ความยาว เป็น m ของตัวนำล่อฟ้าหรือสายดินแนวดิ่งวัดจากจุดที่พิจารณาระยะการแยกกับจุดที่มีการประสานให้ศักย์เท่ากันที่ใกล้ที่สุด

ตารางที่ 10 การแยกห่างของ LPS ภายนอก ค่าสัมประสิทธิ์ k_{i}

ระดับชั้นของ LPS	k_{i}
I	0.08
II	0.06
III และ IV	0.04

ตารางที่ 11 การแยกห่างของ LPS ภายนอก ค่าสัมประสิทธิ์ k_{c}

จำนวนสายดินแนวดิ่ง n	k_{c} (ดูรายละเอียดเพิ่มในตารางที่ ค.1)
1	1
2	1, …, 0.5
4 และมากกว่า	1, …, 1/n

ตารางที่ 12 การแยกห่างของ LPS ภายนอก ค่าสัมประสิทธิ์ k_{m}

วัสดุ	k_{m}
อากาศ	1
คอนกรีต, อิฐ	0.5
หมายเหตุ เมื่อมีวัสดุฉนวนหลายชนิดวางเรียงกัน ในทางปฏิบัติที่ดีให้ใช้ค่า k_{m} ที่ต่ำกว่า	

ในกรณีที่สายหรือส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกต่อกับสิ่งปลูกสร้าง ต้องให้มั่นใจว่ามีการประสานให้ศักย์เท่ากันโดยตรงหรือผ่าน SPD ที่จุดเข้าสู่สิ่งปลูกสร้าง

สิ่งปลูกสร้างที่มีโครงโลหะหรือโครงสร้างคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมต่อถึงกันทางไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ไม่ต้องมีระยะการแยก

7. การบำรุงรักษาและตรวจสอบ LPS

7.1 การประยุกต์การตรวจสอบ

วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่า

ก) LPS เป็นไปตามการออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ข) ส่วนประกอบทั้งหมดของ LPS อยู่ในสภาพที่ดีและสามารถทำหน้าที่ตามที่ได้ออกแบบมา และไม่มีการกัดกร่อน

ค) ระบบสาธารณูปโภคหรือสิ่งก่อสร้างที่มีการต่อเติมขึ้นใดๆ มีการต่อรวมเข้ากับ LPS

7.2 ลำดับของการตรวจสอบ

การตรวจสอบควรทำตามข้อ 7.1 ดังต่อไปนี้

- ในระหว่างการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้าง เพื่อตรวจสอบรากสายดินที่ฝังใน
- ภายหลังการติดตั้ง LPS
- ตามคาบซึ่งพิจารณาตามธรรมชาติของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน เช่น ปัญหาการกัดกร่อนและ ระดับชั้นของ LPS

หมายเหตุ ดูข้อมูลโดยละเอียดในข้อ จ.7

- ภายหลังการเปลี่ยนแปลงหรือซ่อมแซมใดๆ หรือเมื่อทราบว่าสิ่งปลูกสร้างถูกฟ้าผ่า

ในระหว่างการตรวจสอบตามคาบ ที่สำคัญยิ่งต้องมีการตรวจสอบสิ่งต่อไปนี้

- การเสื่อมสภาพหรือกัดกร่อนของชิ้นส่วนตัวนำล่อฟ้า ตัวนำ และการเชื่อมต่อต่างๆ
- การกัดกร่อนของรากสายดิน
- ค่าความต้านทานดินสำหรับระบบรากสายดิน
- สภาพของการเชื่อมต่อ ตัวนำ การประสานให้ศักย์เท่ากัน และการจับยึดต่างๆ

7.3 การบำรุงรักษา

การตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอเป็นมาตรการพื้นฐานในการบำรุงรักษาที่มีความเชื่อถือได้สำหรับ LPS หากตรวจพบสิ่งผิดปกติต้องแจ้งเจ้าของทรัพย์สินและต้องซ่อมแซมโดยไม่รีรอ

8. มาตรการป้องกันอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตเนื่องจากแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก้าว

8.1 มาตรการป้องกันอันตรายเนื่องจากแรงดันสัมผัส

ในบางสถานการณ์ บริเวณใกล้เคียงรอบสายดินแนวดิ่งของ LPS ภายนอกสิ่งปลูกสร้างอาจมีอันตรายต่อชีวิต ถึงแม้ว่า LPS จะมีการออกแบบและก่อสร้างตามข้อกำหนดข้างต้น

อันตรายนี้ลดลงถึงระดับที่ทนได้ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งต่อไปนี้

ก) ความน่าจะเป็นน้อยมากที่บุคคลจะเข้าใกล้บริเวณด้านนอกสิ่งปลูกสร้างและใกล้กับสายดินแนวดิ่ง หรืออยู่ในบริเวณดังกล่าวเป็นระยะเวลาสั้นๆ

ข) ระบบสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติประกอบด้วยสิ่งปลูกสร้างที่ประกอบด้วยโครงโลหะจำนวนมาก หรือสิ่งปลูกสร้างที่ประกอบด้วยเสาหลายต้นที่มีเหล็กของสิ่งปลูกสร้างต่อถึงกัน ที่มั่นใจว่าต่อเนื่องถึงกันทางไฟฟ้า

ค) สภาพต้านทานของชั้นผิวหน้าดินภายในระยะ 3 m จากสายดินแนวดิ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 5 kΩm

หมายเหตุ ชั้นของวัสดุฉนวน เช่น แอสฟัลต์ ความหนา 5 cm (หรือชั้นของกรวดหนา 15 cm) โดยทั่วไปลดอันตรายนี้ลงถึงระดับที่ทนได้

ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขข้างต้นโดยสิ้นเชิง ต้องนำมาตรการต่อไปนี้มาใช้เพื่อป้องกันการบาดเจ็บแก่สิ่งมีชีวิตเนื่องจากแรงดันสัมผัส

- การหุ้มฉนวนสายดินแนวดิ่งที่เปิดโล่ง โดยต้องมีความทนต่อแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่น 1.2/50 μs ขนาด 100 kV เช่น ฉนวนครอสลิงก์พอลิเอทิลีน หนาอย่างน้อย 3 mm
- การจำกัดการเข้าถึงทางกายภาพ และ/หรือ การติดป้ายเตือนเพื่อลดโอกาสในการสัมผัสสายดินแนวดิ่งให้น้อยที่สุด

มาตรการป้องกันต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (ดู ISO 3864-1)

8.2 มาตรการป้องกันอันตรายเนื่องจากแรงดันช่วงก้าว

ในบางสถานการณ์บริเวณใกล้เคียงรอบสายดินแนวดิ่งของ LPS ภายนอกสิ่งปลูกสร้างอาจมีอันตรายต่อชีวิตถึงแม้ว่า LPS จะมีการออกแบบและก่อสร้างตามข้อกำหนดข้างต้น

อันตรายนี้ลดลงถึงระดับที่ทนได้ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งต่อไปนี้

ก) ความน่าจะเป็นน้อยมากที่บุคคลจะเข้าใกล้บริเวณด้านนอกสิ่งปลูกสร้างและใกล้กับสายดินแนวดิ่งในระยะ 3 m หรืออยู่ในบริเวณดังกล่าวเป็นระยะเวลาสั้นๆ

ข) สภาพต้านทานของชั้นผิวหน้าดินภายในระยะ 3 m จากสายดินแนวดิ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 5 kΩm

หมายเหตุ 1 ชั้นของวัสดุฉนวน เช่น แอสฟัลต์ ความหนา 5 cm (หรือชั้นของกรวดหนา 15 cm) โดยทั่วไปลดอันตรายนี้ลงถึงระดับที่ทนได้

ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขข้างต้นโดยสิ้นเชิง ต้องนำมาตรการต่อไปนี้มาใช้เพื่อป้องกันการบาดเจ็บแก่สิ่งมีชีวิตเนื่องจากแรงดันช่วงก้าว

- การทำให้ศักย์เท่ากันโดยใช้ระบบรากสายดินแบบตาข่าย
- การจำกัดการเข้าถึงทางกายภาพ และ/หรือ การติดป้ายเตือนเพื่อลดโอกาสในการเข้าถึงพื้นที่อันตรายภายในระยะ 3 m จากสายดินแนวดิ่งให้น้อยที่สุด

มาตรการป้องกันต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (ดู ISO 3864 – 1)

ภาคผนวก ก.

(ข้อแนะนำ)

การจัดวางตำแหน่งระบบตัวนำล่อฟ้า

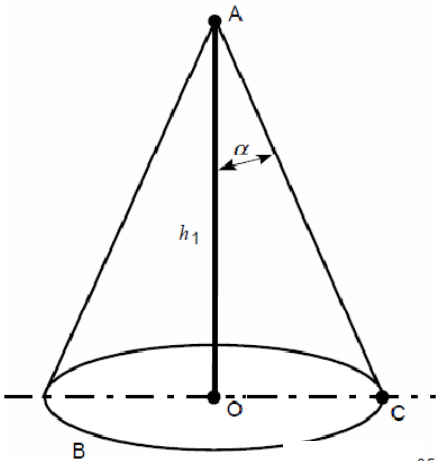
ก.1 การจัดวางตำแหน่งระบบตัวนำล่อฟ้าเมื่อใช้วิธีมุมป้องกัน

การวางตำแหน่งระบบตัวนำล่อฟ้าถือได้ว่าเพียงพอถ้าสิ่งปลูกสร้างที่ป้องกันทั้งหมดอยู่ในปริมาตรป้องกันโดยระบบตัวนำล่อฟ้า

ในการหาปริมาตรป้องกันจะต้องพิจารณามิติทางกายภาพจริงของระบบตัวนำล่อฟ้าที่เป็นโลหะเท่านั้น

ก.1.1 ปริมาตรป้องกันของระบบแท่งตัวนำล่อฟ้าแนวดิ่ง

ปริมาตรป้องกันของระบบแท่งตัวนำล่อฟ้าแนวดิ่งสมมุติให้เป็นรูปกรวยกลมตรง โดยจุดยอดอยู่บนแกนของตัวนำล่อฟ้า และมีกึ่งมุมยอดเท่ากับ α มีค่าขึ้นอยู่กับระดับชั้นของ LPS และความสูงของระบบตัวนำล่อฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2 ตัวอย่างของปริมาตรป้องกันแสดงไว้ในรูปที่ ก.1 และรูปที่ ก.2



A คือ จุดยอดของแท่งตัวนำล่อฟ้า

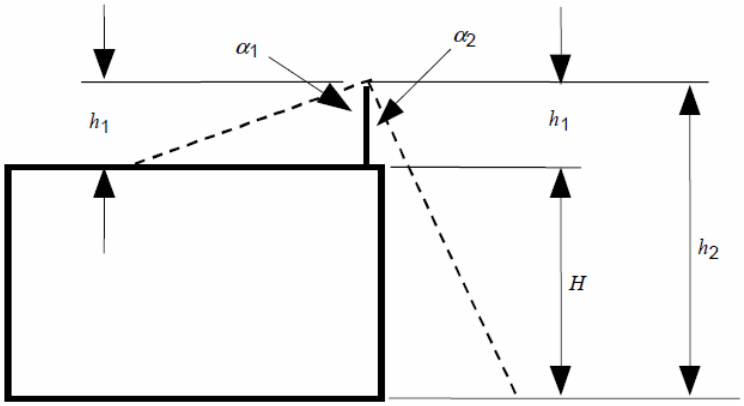
B คือ ระนาบอ้างอิง

OC คือ รัศมีของบริเวณป้องกัน

h_1 คือ ความสูงของแท่งตัวนำล่อฟ้า เหนือระนาบอ้างอิงของบริเวณที่จะป้องกัน

α คือ มุมป้องกันตามตารางที่ 2

รูปที่ ก.1 ปริมาตรป้องกันโดยแท่งตัวนำล่อฟ้าแนวดิ่ง



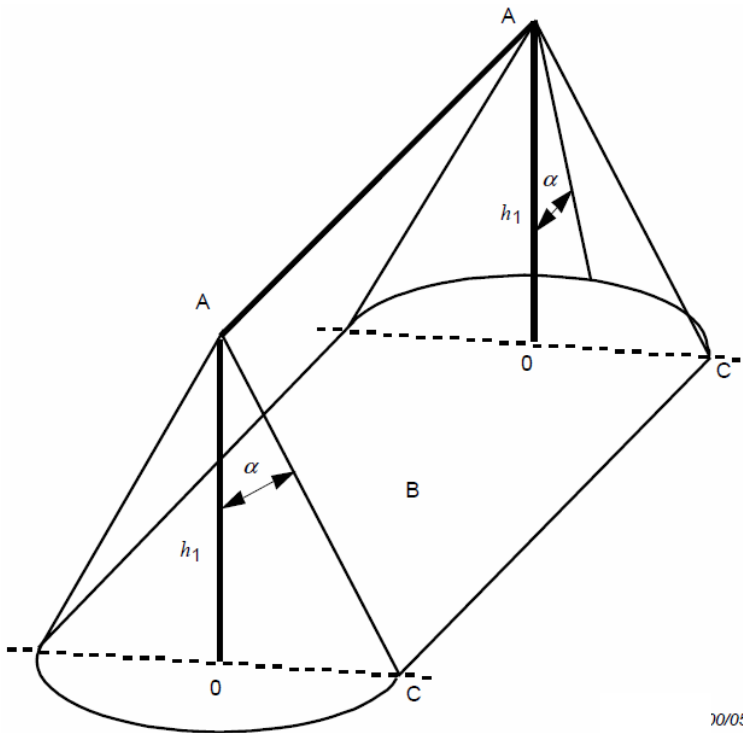
h_1 คือ ความสูงทางกายภาพของแท่งตัวนำล่อฟ้าแนวดิ่ง

หมายเหตุ มุมป้องกัน α_1 ตามความสูงของแท่งตัวนำล่อฟ้า h_1 ซึ่งเป็นความสูงเหนือพื้นผิวหลังคาที่จะป้องกัน มุมป้องกัน α_2 ตามความสูงของแท่งตัวนำล่อฟ้า $h_2 = h_1 + H$ โดยที่พื้นเป็นระนาบอ้างอิง α_1 สัมพันธ์กับ h_1 และ α_2 สัมพันธ์กับ h_2

รูปที่ ก.2 ปริมาตรป้องกันโดยแท่งตัวนำล่อฟ้าแนวดิ่ง

ก.1.2 ปริมาตรป้องกันโดยระบบสายตัวนำล่อฟ้า

ปริมาตรป้องกันโดยระบบสายตัวนำล่อฟ้า กำหนดโดยผลรวมปริมาตรป้องกันของแท่งตัวนำล่อฟ้าเสมือนที่มียอดอยู่บนปลายแต่ละด้านของสายตัวนำล่อฟ้า ตัวอย่างของปริมาตรป้องกันแสดงในรูปที่ ก.3



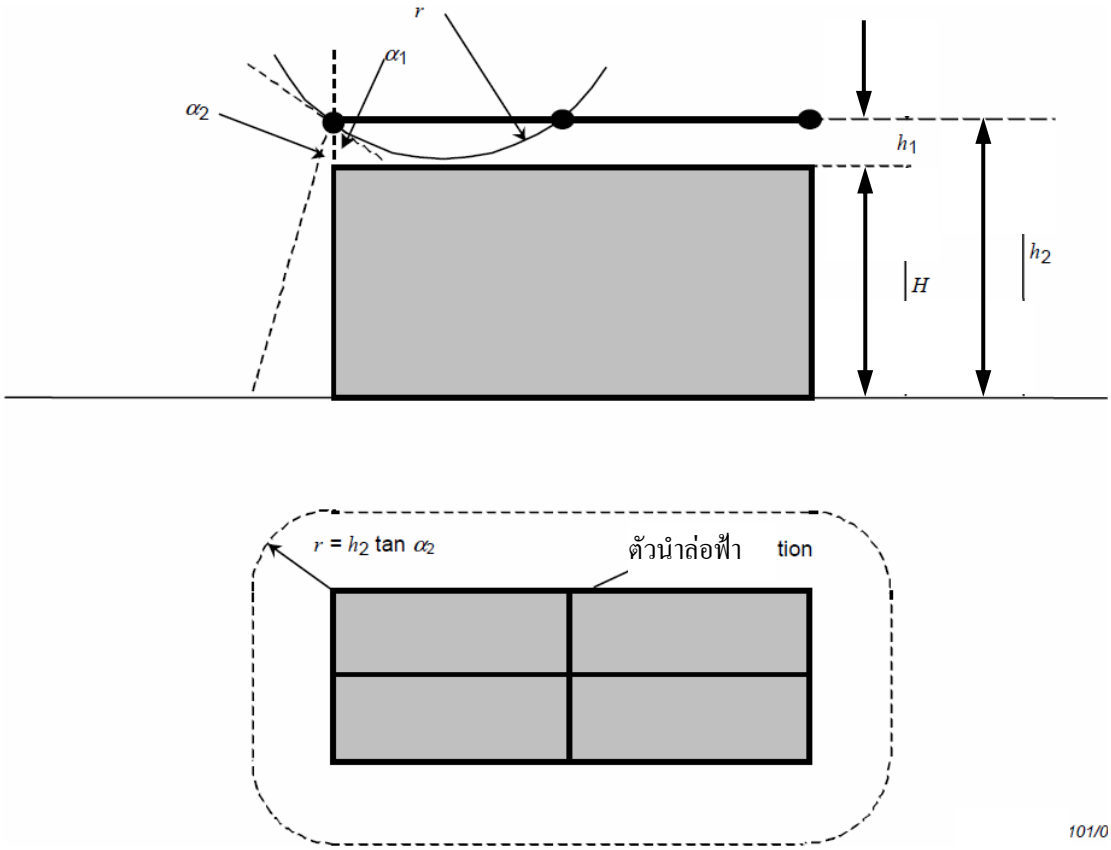
หมายเหตุ คำอธิบายสัญลักษณ์ให้ดูรูปที่ ก.1

รูปที่ ก.3 ปริมาตรป้องกันโดยระบบสายตัวนำล่อฟ้า

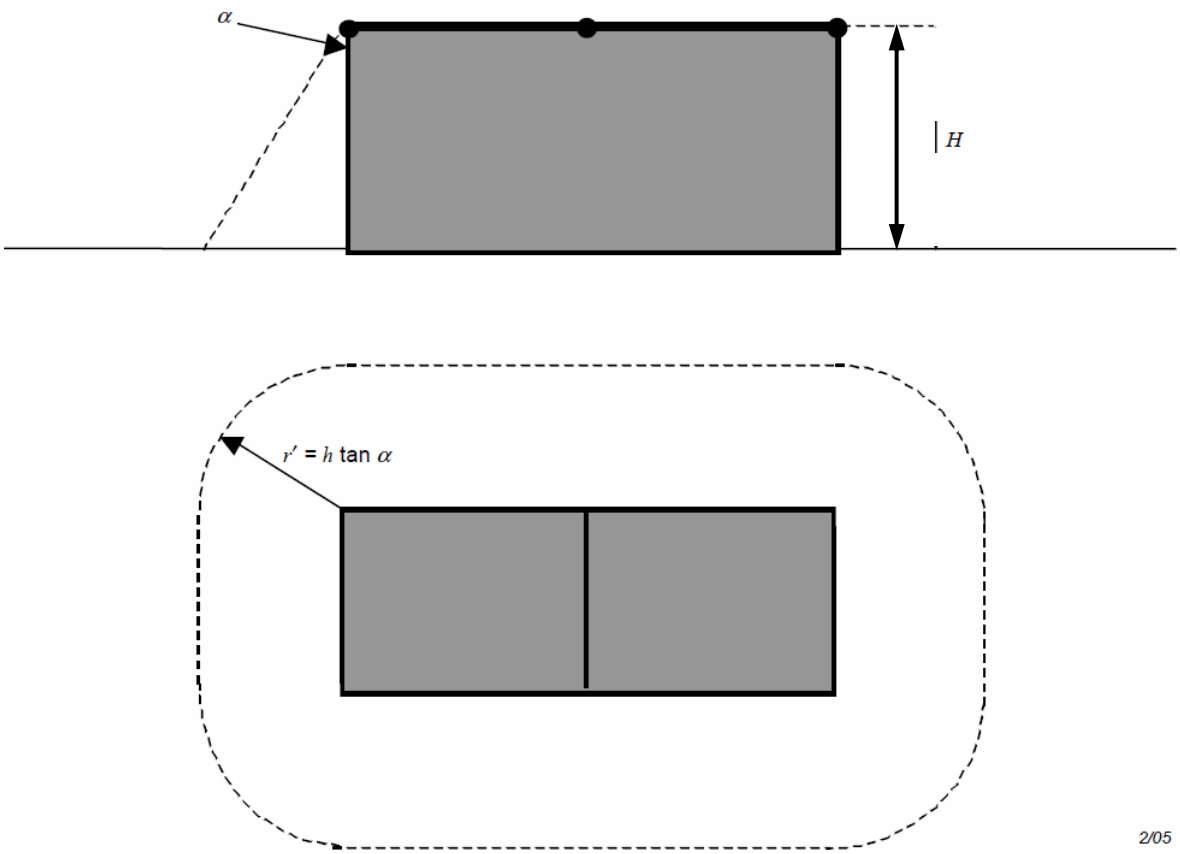
ก.1.3 ปริมาตรป้องกันโดยสายร่วมกันเป็นลวดตาข่าย

ปริมาตรป้องกันโดยสายร่วมกันเป็นลวดตาข่าย กำหนดโดยการรวมของปริมาตรที่หาโดยตัวนำเส้นเดี่ยวหลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตาข่าย

ตัวอย่างปริมาตรป้องกันโดยสายร่วมกันเป็นลวดตาข่ายแสดงไว้ในรูปที่ ก.4 และรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.4 ปริมาตรป้องกันโดยสายร่วมกันเป็นลวดตาข่ายที่แยกอิสระจากสิ่งปลูกสร้างตามวิธีมุมป้องกัน และวิธีทรงกลมกลิ้ง

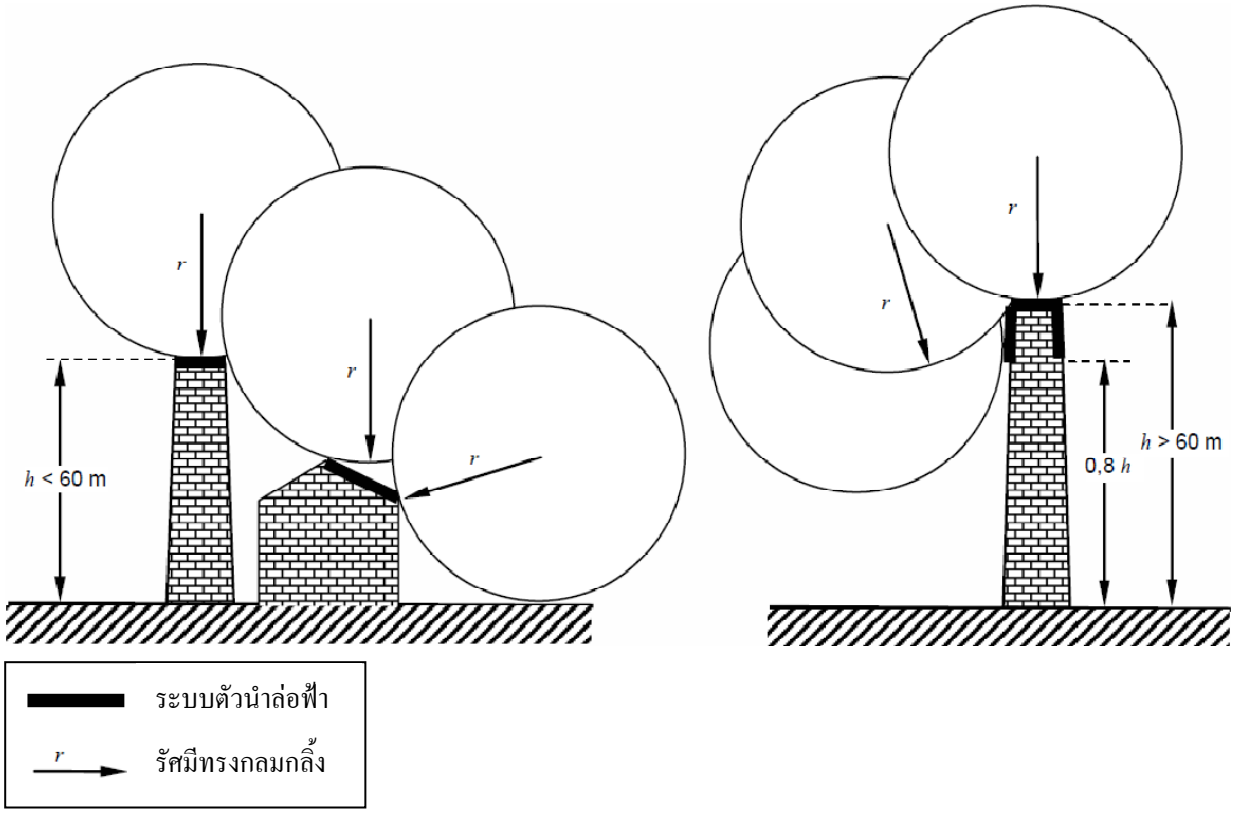


หมายเหตุ $H = h$

รูปที่ ก.5 ปริมาตรป้องกันโดยสายร่วมกันเป็นลวดตาข่ายที่ไม่แยกอิสระ ตามวิธีตาข่าย และวิธีมุมป้องกัน

ก.2 การจัดวางตำแหน่งระบบตัวนำล่อฟ้าเมื่อใช้วิธีทรงกลมกลิ้ง

การวางตำแหน่งระบบตัวนำล่อฟ้าถือได้ว่าเพียงพอ ถ้าไม่มีจุดใดจุดหนึ่งของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกันมาสัมผัสกับทรงกลมที่มีรัศมี r ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับชั้นของ LPS (ดูตารางที่ 2) โดยกลิ้งทรงกลมไปโดยรอบและด้านบนของสิ่งปลูกสร้างทุกทิศทางที่เป็นไปได้ ทรงกลมนี้จะสัมผัสกับระบบตัวนำล่อฟ้าเท่านั้น (ดูรูปที่ ก.6)



หมายเหตุ 1 รัศมีทรงกลมกลิ้ง (r) ต้องสอดคล้องกับระดับชั้นของ LPS (ดูตารางที่ 2)

หมายเหตุ 2 $H = h$

รูปที่ ก.6 การออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าตามวิธีทรงกลมกลิ้ง

สิ่งปลูกสร้างที่สูงกว่ารัศมีทรงกลมกลิ้ง (r) วาบฟ้าผ่าลงด้านข้างของสิ่งปลูกสร้างอาจเกิดขึ้นทุกจุดบนด้านข้าง อย่างไรก็ตามความน่าจะเป็นของวาบฟ้าผ่าลงด้านข้างโดยทั่วไปมีน้อยจนไม่ต้องนำมาคิดสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีความสูงต่ำกว่า 60 m

กรณีสิ่งปลูกสร้างที่สูงกว่า ส่วนใหญ่ของวาบฟ้าผ่าทั้งหมดจะผ่าที่ส่วนบนสุด ขอบที่ยื่นออกไปในแนวระดับและมุมของสิ่งปลูกสร้าง มีเพียง 2 % ถึง 3 % ของวาบฟ้าผ่าทั้งหมดจะผ่าที่ด้านข้างของสิ่งปลูกสร้าง

ยิ่งกว่านั้น ข้อมูลจากการสังเกตพบว่า กรณีสิ่งปลูกสร้างที่สูง ความน่าจะเป็นของวาบฟ้าผ่าด้านข้างลดลงอย่างรวดเร็วตามความสูงของจุดที่ฟ้าผ่าวัดจากระดับพื้นดิน ดังนั้นการติดตั้งระบบตัวนำล่อฟ้าด้านข้างควรพิจารณาติดตั้งเฉพาะส่วนบนของสิ่งปลูกสร้างที่สูง (โดยปกติจะเป็นส่วนบน 20 % ของความสูงของสิ่งปลูกสร้าง) ในกรณีนี้ วิธีทรงกลมกลิ้งจะใช้เฉพาะการติดตั้งระบบตัวนำล่อฟ้าของส่วนบนของสิ่งปลูกสร้างเท่านั้น

ก.3 การจัดวางตำแหน่งระบบตัวนำล่อฟ้าเมื่อใช้วิธีตาข่าย

กรณีที่ต้องการป้องกันพื้นผิวราบ แบบตาข่ายถือว่าป้องกันพื้นผิวได้ทั้งหมด ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่อไปนี้ทั้งหมด

ก) ตัวนำล่อฟ้ามีการวางไว้ที่ตำแหน่ง

- แนวขอบหลังคา
- ที่ยื่นออกมาของหลังคา
- แนวเส้นสันหลังคา ถ้าความชันของหลังคามากกว่า 1/10

หมายเหตุ 1 วิธีตาข่ายเหมาะสมกับหลังคาราบและเอียงที่ไม่มีความโค้ง

หมายเหตุ 2 วิธีตาข่ายเหมาะสำหรับพื้นผิวราบด้านข้าง เพื่อป้องกันวาบฟ้าผ่าด้านข้าง

หมายเหตุ 3 ถ้าความชันของหลังคาเกิน 1/10 อาจใช้ตัวนำล่อฟ้าเดินขนานกันแทนตาข่าย โดยให้ระยะห่างระหว่างตัวนำล่อฟ้ามีค่าไม่มากกว่าความกว้างของตาข่ายที่ต้องการ

ข) มิติของตาข่ายของโครงข่ายตัวนำล่อฟ้าไม่ใหญ่กว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 2

ค) โครงข่ายของระบบตัวนำล่อฟ้าติดตั้งในลักษณะที่กระแสฟ้าผ่ามีเส้นทางโลหะอย่างน้อย 2 เส้นทางที่ไหลลงสู่รากสายดินแยกกันอย่างชัดเจน

ง) ไม่มีสิ่งติดตั้งโลหะยื่นออกไปนอกปริมาตรป้องกันของระบบตัวนำล่อฟ้า

หมายเหตุ 4 สารสนเทศเพิ่มเติมดูได้จากภาคผนวก จ.

จ) ตัวนำล่อฟ้าทั้งหลายให้เดินตามทางที่สั้นที่สุดและตรงที่สุดเท่าที่จะทำได้

ภาคผนวก ข.

(ข้อแนะนำ)

พื้นที่หน้าตัดต่ำสุดของกำบังเคเบิลที่เข้าสู่สิ่งปลูกสร้างเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดประกายอันตราย

แรงดันเกินระหว่างตัวนำกับกำบังของเคเบิลอาจทำให้เกิดประกายอันตราย เนื่องจากกระแสฟ้าผ่าที่ไหลในกำบัง แรงดันเกินขึ้นอยู่กับวัสดุ มิติของกำบัง ความยาวและตำแหน่งติดตั้งของเคเบิล

พื้นที่หน้าตัดต่ำสุด S_{cmin} (เป็น mm^2) ของกำบังเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดประกายอันตรายกำหนดโดยสมการ

$$S_{cmin} = \frac{I_f \times \rho_c \times L_c \times 10^6}{U_W} \quad (mm^2) \qquad (ข.1)$$

เมื่อ

I_f คือ กระแสที่ไหลในกำบัง เป็น kA

ρ_c คือ สภาพต้านทานของกำบัง เป็น Ωm

L_c คือ ความยาวของเคเบิล เป็น m (ดูตารางที่ ข.1)

U_w คือ แรงดันทนอิมพัลส์ของระบบไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ ที่รับไฟจากเคเบิล เป็น kV

ตารางที่ ข.1 ความยาวเคเบิลที่พิจารณาตามสภาพของกำบัง

สภาพของกำบัง	L_c
สัมผัสกับดินที่มีสภาพต้านทาน ρ (Ωm)	$L_c \le 8 \times \sqrt{\rho}$
มีฉนวนกั้นจากดิน หรือเดินลอยในอากาศ	L_c คือ ระยะห่างระหว่างสิ่งปลูกสร้าง กับจุดต่อลงดินของกำบังที่ใกล้ที่สุด

หมายเหตุ ควรมีการตรวจสอบให้แน่ใจว่า อุณหภูมิเพิ่มของฉนวนของตัวนำที่อาจเกิดขึ้นไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ เมื่อมีกระแสฟ้าผ่าไหลในกำบัง หรือตัวนำของเคเบิล ดูข้อมูลโดยละเอียดใน มอก.1586 เล่ม 4

ขีดจำกัดของกระแสมีค่า ดังนี้

- เคเบิลที่มีกำบัง $I_f = 8 \times S_c$ และ
- เคเบิลที่ไม่มีกำบัง $I_f = 8 \times n' \times S'_c$

เมื่อ

I_f คือ กระแสที่ไหลในกำบัง เป็น kA

n' คือ จำนวนตัวนำ

S_c คือ พื้นที่หน้าตัดของกำบัง เป็น mm^2

S'_c คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวนำแต่ละเส้น เป็น mm^2

ภาคผนวก ค.

(ข้อแนะนำ)

การแบ่งกระแสฟ้าผ่าในบรรดาสายดินแนวดิ่ง

สัมประสิทธิ์การแบ่ง k_c ของกระแสฟ้าผ่าในบรรดาสายดินแนวดิ่งขึ้นอยู่กับจำนวนของสายดินแนวดิ่งทั้งหมด n และตำแหน่งของสายดินแนวดิ่งเหล่านั้น ตัวนำวงแหวนที่ต่อถึงกัน แบบของระบบตัวนำล่อฟ้า และแบบของระบบรากสายดิน ดังแสดงในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ใช้สำหรับการจัดวางรากสายดินแบบ ก ที่จัดให้รากสายดินแต่ละต้นมีค่าความต้านทานดินเท่ากัน และสำหรับการจัดวางรากสายดินแบบ ข ทั้งหมด

ตารางที่ ค.1 ค่าสัมประสิทธิ์ k_c

แบบของระบบตัวนำล่อฟ้า	**จำนวนสายดินแนวดิ่ง n**	**k_c**	
		การจัดวางรากสายดิน แบบ ก	**การจัดวางรากสายดิน แบบ ข**
แท่งเดี่ยว	1	1	1
สาย	2	0.66 [ง]	0.5, ..., 1 (ดูรูปที่ ค.1) [ก]
ตาข่าย	4 และมากกว่า	0.44 [ง]	0.25, ..., 0.5 (ดูรูปที่ ค.2) [ข]
ตาข่าย	4 และมากกว่า และต่อเชื่อมถึงกันด้วยตัวนำวงแหวนแนวระดับ	0.44 [ง]	$1/n$, ..., 0.5 (ดูรูปที่ ค.3) [ค]

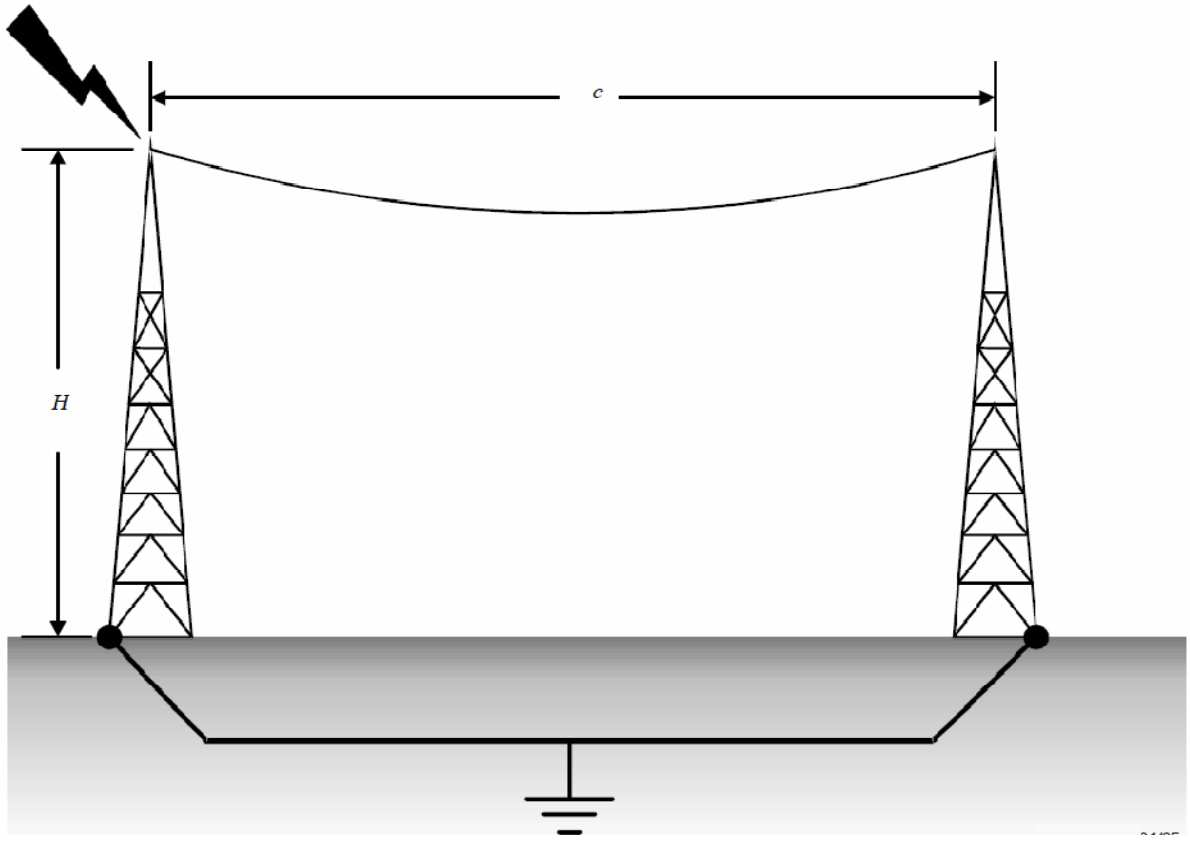
[ก] ค่าเป็นพิสัย จาก $k_c = 0.5$ เมื่อ $c << h$ จนถึง $k_c = 1$ เมื่อ $h << c$ (ดูรูปที่ ค.1)

[ข] สมการ k_c ตามรูปที่ ค.2 เป็นค่าประมาณสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่เป็นรูปทรงลูกบาศก์และมี $n \geq 4$ ค่า h, c_s และ c_d ให้มีค่าในช่วง 5 m ถึง 20 m

[ค] ถ้าสายดินแนวดิ่งมีการต่อถึงกันในแนวระดับด้วยตัวนำวงแหวน การกระจายกระแสจะเป็นไปอย่างเท่าๆ กันมากขึ้นในส่วนล่างของระบบสายดินแนวดิ่ง ทำให้ k_c มีค่าลดลงอีก โดยเฉพาะใช้ได้กับสิ่งปลูกสร้างที่สูง

[ง] ค่าเหล่านี้ใช้ได้กับรากสายดินเดี่ยวถ้าความต้านทานดินของรากสายดินแต่ละชุดมีค่าใกล้เคียงกัน ถ้าความต้านทานดินของรากสายดินมีค่าต่างกันให้ใช้ $k_c = 1$

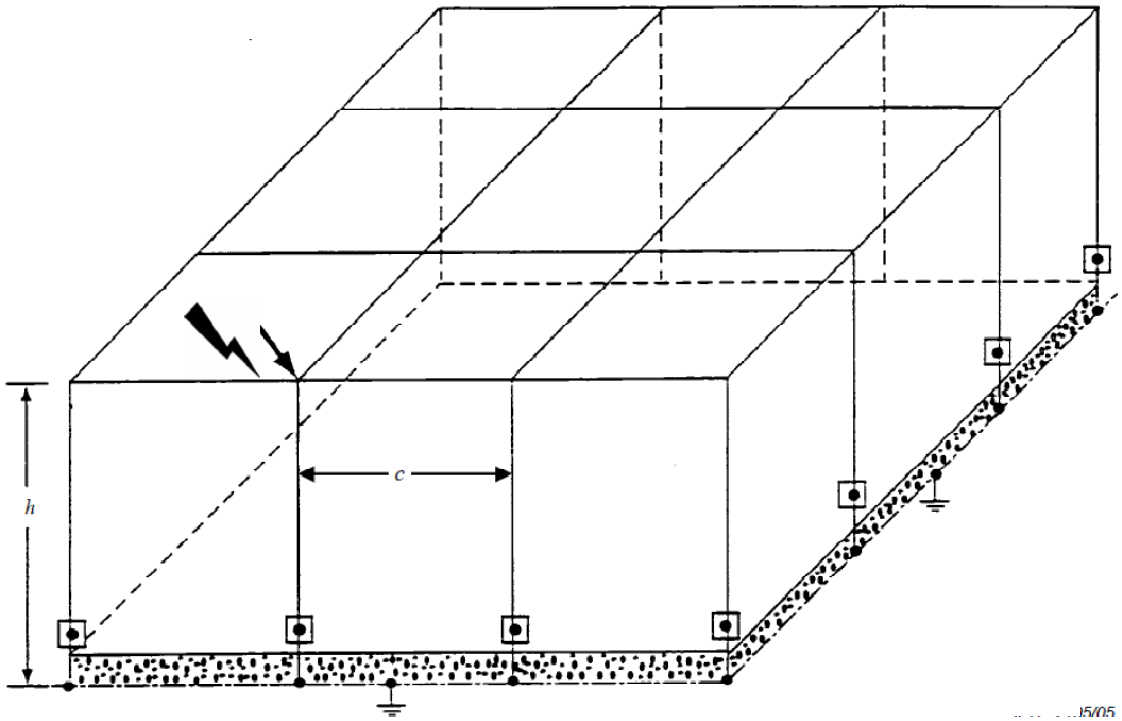
หมายเหตุ อาจใช้ค่า k_c อื่นๆ ถ้ามีการคำนวณอย่างละเอียด



$$k_c = \frac{h + c}{2h + c}$$

หมายเหตุ $H = h$

รูปที่ ค.1 ค่าของสัมประสิทธิ์ k_c สำหรับระบบตัวนำล่อฟ้าแบบลวดตัวนำและระบบรากสายดินแบบ ข



$$k_c = \frac{1}{2n} + 0.1 + 0.2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

เมื่อ

n คือ จำนวนสายดินแนวดิ่งทั้งหมด

c คือ ระยะของตัวนำเส้นหนึ่งกับสายดินแนวดิ่งถัดไป

h คือ ระยะห่าง (หรือความสูง) ของตัวนำวงแหวน

หมายเหตุ 1 ดูรูปที่ ค.3 สำหรับการคำนวณ k_c อย่างละเอียด

หมายเหตุ 2 ถ้ามีสายดินแนวดิ่งภายใน ให้นำมาพิจารณาหา k_c ด้วย

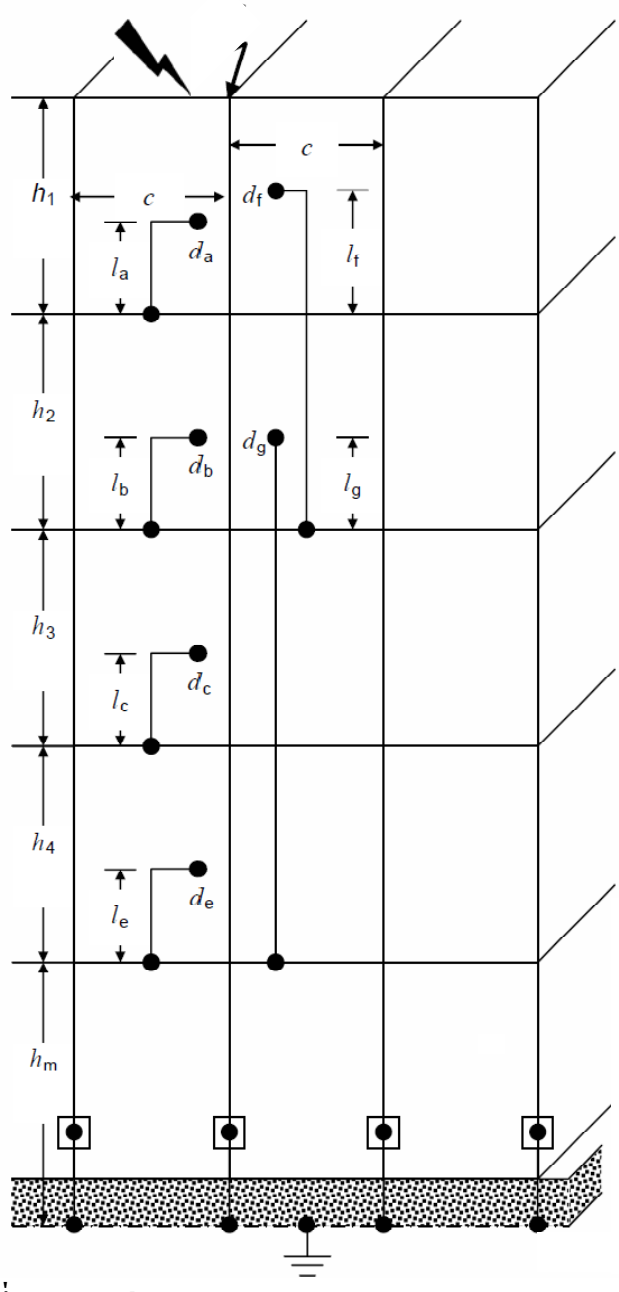
รูปที่ ค.2 ค่าของสัมประสิทธิ์ k_c สำหรับระบบตัวนำล่อฟ้าแบบตาข่าย และระบบรากสายดินแบบ ข

$$d_a \geq s_a = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c1} \times l_a \qquad d_b \geq s_b = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c2} \times l_b \qquad d_c \geq s_c = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c3} \times l_c$$

$$d_e \geq s_e = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c4} \times l_e \qquad d_f \geq s_f = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c1} \times l_f + k_{c2} \times h_2) \qquad d_g \geq s_g = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c2} \times l_g + k_{c3} \times h_3 + k_{c4} \times h_4)$$

$$d_a \geq s_a = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c1} \times l_a \qquad d_b \geq s_b = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c2} \times l_b \qquad d_c \geq s_c = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c3} \times l_c$$

$$d_e \geq s_e = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c4} \times l_e \qquad d_f \geq s_f = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c1} \times l_f + k_{c2} \times h_2) \qquad d_g \geq s_g = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c2} \times l_g + k_{c3} \times h_3 + k_{c4} \times h_4)$$



$$k_c = \frac{1}{2n} + 0{,}1 + 0{,}2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

$$k_{c2} = \frac{1}{n} + 0{,}1$$

$$k_{c3} = \frac{1}{n} + 0{,}01$$

$$k_{c4} = \frac{1}{n}$$

$$k_{cm} = k_{c4} = \frac{1}{n}$$

เมื่อ

n คือ จำนวนสายดินแนวดิ่งทั้งหมด

c คือ ระยะระหว่างสายดินแนวดิ่งที่ใกล้ที่สุด

h คือ ระยะห่าง (ความสูง) ของตัวนำวงแหวน

m คือ จำนวนชั้นทั้งหมด

d คือ ระยะห่างจากสายดินแนวดิ่งที่ใกล้ที่สุด

l คือ ความสูงจากจุดประสาน

รูปที่ ค.3 ตัวอย่างการคำนวณระยะการแยกสำหรับระบบตัวนำล่อฟ้าแบบตาข่าย มีการต่อสายดินแนวดิ่งถึงกันด้วยตัวนำวงแหวนทุกชั้น และระบบรากสายดินแบบ ข

ภาคผนวก ง.

(ข้อแนะนำ)

สารสนเทศเพิ่มเติมสำหรับ LPS ในกรณีของสิ่งปลูกสร้างที่มีความเสี่ยงของการระเบิด

ง.1 ทั่วไป

ภาคผนวกนี้ให้สารสนเทศเพิ่มเติมสำหรับการออกแบบ การติดตั้ง การต่อเติม และการดัดแปลง LPS สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีความเสี่ยงของการระเบิด

หมายเหตุ 1 สารสนเทศที่ให้ในภาคผนวกนี้อยู่บนฐานโครงแบบของ LPS ติดตั้งใช้งานที่พิสูจน์แล้วในทางปฏิบัติซึ่งมีอันตรายจากการระเบิด

ในที่ซึ่งต้องการการป้องกันฟ้าผ่าโดยหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ หรือผลจากการประเมินความเสี่ยง ตาม มอก. 1586 เล่ม 2 อย่างน้อยควรติดตั้ง LPS ระดับชั้น II สารสนเทศเพิ่มเติมให้ไว้ในภาคผนวกนี้เพื่อการใช้งานเฉพาะ

หมายเหตุ 2 การใช้ LPS ระดับชั้น II อาจยกเว้นได้เมื่อมีการพิจารณาทางเทคนิคอย่างสมเหตุสมผล และได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ เช่น อนุญาตให้ใช้ LPS ระดับชั้น I ในทุกกรณี โดยเฉพาะในสถานที่สภาพแวดล้อมหรือสิ่งที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้างมีความไวมากเป็นพิเศษต่อความเสียหายเนื่องจากฟ้าผ่า นอกจากนี้หน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่อาจอนุญาตให้ใช้ LPS ระดับชั้น III ในกรณีที่ความถี่ในการเกิดฟ้าผ่ามีไม่มาก และ/หรือ สิ่งที่อยู่ในสิ่งปลูกสร้างไม่เสียหายง่ายจากผลของฟ้าผ่า

ง.2 คำและนิยามเพิ่มเติม

นอกเหนือจากคำและนิยามตามข้อ 3. ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ คำและนิยามต่อไปนี้ใช้ได้สำหรับภาคผนวก ง. นี้

ง.2.1 ช่องประกายแยก (isolating spark gap)

ส่วนประกอบที่มีระยะทางปล่อยประจุเพื่อการแยกการติดตั้งที่เป็นตัวนำทางไฟฟ้าเป็นส่วนๆ

หมายเหตุ เมื่อเกิดวาบฟ้าผ่า ส่วนติดตั้งต่างๆ จะต่อถึงกันทางไฟฟ้าชั่วคราวเนื่องจากผลของการปล่อยประจุ

ง.2.2 วัสดุระเบิดของแข็ง (solid explosive material)

สารประกอบเคมีของแข็ง ของผสม หรืออุปกรณ์ทางเคมี ซึ่งมีจุดประสงค์เบื้องต้นหรือปกติในการใช้งานเป็นวัตถุระเบิด

ง.2.3 โซน 0

สถานที่ซึ่งมีสภาพบรรยากาศที่เกิดระเบิดได้ง่าย ประกอบด้วย ส่วนผสมของอากาศกับสารไวไฟ ในรูปแบบของก๊าซ ไอ หรือ ละออง มีอยู่อย่างต่อเนื่อง หรือเป็นเวลานาน หรือบ่อยครั้ง

ง.2.4 โซน 1

สถานที่ซึ่งมีสภาพบรรยากาศที่เกิดระเบิดได้ง่าย ประกอบด้วย ส่วนผสมของอากาศกับสารไวไฟ ในรูปแบบของก๊าซ ไอ หรือ ละออง มักเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวในการทำงานปกติ

ง.2.5 โซน 2

สถานที่ซึ่งมีสภาพบรรยากาศที่เกิดระเบิดได้ง่าย ประกอบด้วย ส่วนผสมของอากาศกับสารไวไฟ ในรูปแบบของก๊าซ ไอ หรือ ละออง มักไม่เกิดขึ้นในการทำงานปกติ แต่ถ้าเกิดขึ้นจริงก็จะคงอยู่ในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น

หมายเหตุ 1 ตามนิยามข้อนี้ คำว่า “คงอยู่” หมายถึง เวลาทั้งหมดที่สภาพบรรยากาศไวไฟมีอยู่ปรากฏขึ้น ที่ว่านี้ตามปกติประกอบด้วย ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการปลดปล่อยสารดังกล่าวรวมกับเวลาที่สภาพบรรยากาศไวไฟกระจายออกหลังการปลดปล่อยสิ้นสุด

หมายเหตุ 2 การชี้บอกความถี่ของการเกิดและช่วงเวลา อาจนำมาจากข้อกำหนดเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเฉพาะหรือการใช้งานเฉพาะ

ง.2.6 โซน 20

สถานที่ซึ่งสภาพบรรยากาศที่เกิดระเบิดได้ง่ายในรูปของกลุ่มฝุ่นที่ติดไฟได้ในอากาศ มีอยู่ตลอดเวลา หรือในช่วงระยะเวลานานหรือบ่อยครั้ง

ง.2.7 โซน 21

สถานที่ซึ่งสภาพบรรยากาศที่เกิดระเบิดได้ง่ายในรูปของกลุ่มฝุ่นที่ติดไฟได้ในอากาศ มักจะเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวในการทำงานปกติ

ง.2.8 โซน 22

สถานที่ซึ่งสภาพบรรยากาศที่เกิดระเบิดได้ง่ายในรูปของกลุ่มฝุ่นที่ติดไฟได้ในอากาศ มักไม่เกิดขึ้นในการทำงานปกติ แต่ถ้าเกิดขึ้นจริงก็จะคงอยู่ในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น

ง.3 ข้อกำหนดพื้นฐาน

ง.3.1 ทั่วไป

LPS ควรมีการออกแบบและติดตั้งในลักษณะที่เมื่อเกิดวาบฟ้าผ่าโดยตรง จะต้องไม่มีผลของการหลอมละลาย หรือผลของการพุ่งกระจาย ยกเว้นที่จุดที่ฟ้าผ่า

หมายเหตุ อาจพบประกายหรือผลเสียหายที่จุดที่ฟ้าผ่าได้เช่นกัน จึงควรนำมาพิจารณาในการกำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตัวนำล่อฟ้า สายดินแนวดิ่งควรติดตั้งในลักษณะที่ไม่ทำให้เกิดอุณหภูมิสูงเกินกว่าอุณหภูมิติดไฟเองของวัสดุที่ใช้อยู่ในบริเวณอันตรายในที่ซึ่งไม่สามารถติดตั้งสายดินแนวดิ่งภายนอกบริเวณอันตราย

ง.3.2 สารสนเทศที่ต้องการ

ผู้ออกแบบและผู้ติดตั้ง LPS ควรได้รับแบบของโรงงานที่จะป้องกันและในแบบมีการระบุอย่างเหมาะสมของบริเวณดำเนินการหรือมีการเก็บวัสดุระเบิดของแข็ง และบริเวณอันตรายตามที่กำหนดในมาตรฐาน IEC 60079-10 และ IEC 61241-10 และมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

ง.3.3 การต่อลงดิน

LPS ทั้งหมดสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีอันตรายจากการระเบิด การจัดวางระบบรากสายดินแบบ ข ตามข้อ 5.4.2.2 เป็นที่นิยมมากกว่าระบบรากสายดินแบบอื่นๆ

หมายเหตุ โครงสร้างของสิ่งปลูกสร้างอาจให้ประสิทธิผลเทียบเท่ากับตัวนำวงแหวนของการจัดวางระบบรากสายดินแบบ ข (เช่น ถังเก็บที่ทำด้วยโลหะ)

ความต้านทานดินของระบบรากสายดินสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีวัสดุระเบิดของแข็งและของผสมที่อาจระเบิดควรมีค่าต่ำเท่าที่ทำได้ แต่ไม่มากกว่า 10 Ω

ง.3.4 การประสานให้ศักย์เท่ากัน

การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันระหว่างส่วนประกอบ LPS กับสิ่งติดตั้งที่นำไฟฟ้าได้อื่นๆ เช่นเดียวกันกับระหว่างส่วนประกอบของสิ่งติดตั้งที่นำไฟฟ้าได้ทั้งหมด ควรให้แน่ใจว่าได้มีการดำเนินการตามข้อ 6.2 ภายในบริเวณอันตรายและสถานที่ซึ่งอาจมีวัสดุระเบิดของแข็งอยู่

- ที่ระดับพื้นดิน
- ในที่ระยะห่างระหว่างส่วนนำไฟฟ้าได้มีค่าน้อยกว่าระยะการแยก s คำนวณโดยใช้ $k_c = 1$

หมายเหตุ เนื่องจากอันตรายจากการปล่อยประจุบางส่วน ระยะการแยกอาจพิจารณาเฉพาะบริเวณที่ไม่มีของผสมที่ระเบิดได้ ในบริเวณที่ประกายอาจทำให้สิ่งที่อยู่โดยรอบติดไฟ การประสานให้ศักย์เท่ากันเพิ่มเติมมีความจำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่เกิดประกายภายใน ในบริเวณอันตราย โซน 0 และโซน 20

ง.4 สิ่งปลูกสร้างที่มีวัสดุระเบิดของแข็ง

การออกแบบ LPS สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีวัสดุระเบิดของแข็ง ควรคำนึงถึงความไวต่อการระเบิดของวัสดุในรูปแบบที่ใช้งานหรือเก็บไว้ เช่น วัสดุระเบิดปริมาณมากที่ไม่ไว อาจไม่ต้องคำนึงถึงการป้องกันเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในภาคผนวกนี้ อย่างไรก็ดี มีบางรูปแบบของวัสดุที่ไวต่อการระเบิดอาจไวต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสนามไฟฟ้า และ/หรือ พัลส์สนามแม่เหล็กไฟฟ้า แพร่กระจายจากฟ้าผ่า ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการประสานเพิ่มเติมหรือมีความต้องการกำบังสำหรับการใช้งานดังกล่าว

สิ่งปลูกสร้างที่มีวัสดุระเบิดของแข็ง แนะนำให้ใช้ LPS ภายนอกแยกอิสระ (ตามที่กำหนดในข้อ 5.1.2) สิ่งปลูกสร้างที่อยู่ภายในเปลือกหุ้มโลหะทั้งหมดที่ทำด้วยเหล็กหนา 5 mm หรือเทียบเท่า (สิ่งปลูกสร้างอะลูมิเนียมหนา 7 mm) ถือว่าได้รับการป้องกันจากระบบตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติตามข้อ 5.2.5 ข้อกำหนดการต่อลงดินตามข้อ 5.4 ใช้ได้กับสิ่งปลูกสร้างดังกล่าว

SPD ควรจัดให้เป็นส่วนของ LPS สำหรับสถานที่ทั้งหมดที่มีวัสดุระเบิด ในที่ที่ปฏิบัติได้ SPD ควรติดตั้งในตำแหน่งภายนอกสถานที่ที่มีวัสดุระเบิดของแข็ง SPD ที่ติดตั้งภายในสถานที่ล่อแหลมต่อการระเบิดหรือมีฝุ่นที่ระเบิดได้ควรเป็นแบบกันระเบิดหรือติดตั้งไว้ภายในสิ่งห่อหุ้มที่กันระเบิด

ง.5 สิ่งปลูกสร้างที่มีบริเวณอันตราย

ง.5.1 ทั่วไป

ในที่ซึ่งเป็นไปได้ ทุกส่วนของ LPS ภายนอก (ตัวนำล่อฟ้า และสายดินแนวดิ่ง) ควรอยู่ห่างจากบริเวณอันตรายอย่างน้อย 1 m ในที่ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ตัวนำที่ผ่านภายในระยะ 0.5 m จากบริเวณอันตรายควรเป็นตัวนำต่อเนื่อง หรือการต่อตัวนำควรใช้ตัวต่อแบบบีบอัดหรือโดยการเชื่อม

กรณีที่บริเวณอันตรายตั้งอยู่ภายใต้แผ่นโลหะโดยตรงซึ่งอาจถูกเจาะทะลุโดยฟ้าผ่า (ดูข้อ 5.2.5) ต้องจัดให้มีตัวนำล่อฟ้าตามข้อกำหนด 5.2

ง.5.1.1 การระงับเสิร์จ

SPD ควรติดตั้งไว้ภายนอกบริเวณอันตรายหากทำได้ SPD ที่ติดตั้งภายในบริเวณอันตรายควรได้รับการรับรองให้ใช้ในบริเวณอันตรายที่จะติดตั้ง SPD เหล่านี้ หรือควรอยู่ภายในสิ่งห่อหุ้ม และสิ่งห่อหุ้มรวมทั้งการระงับเสิร์จต้องได้รับการรับรองสำหรับการใช้งานนี้

ง.5.1.2 การประสานให้ศักย์เท่ากัน

ในการเพิ่มเติมการประสานให้ศักย์เท่ากันตามข้อ ง.3.4 ควรจัดให้มีการประสานให้ศักย์เท่ากันแบบร่วมสำหรับ LPS ตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ รวมทั้ง IEC 60079-14 และ IEC 61241-14

การต่อเข้ากับท่อ ควรเป็นแบบที่จะไม่มีการเกิดประกายขณะที่กระแสฟ้าผ่าไหลผ่าน การต่อกับท่อที่เหมาะสม คือ การเชื่อมเข้ากับหูสาย หรือใช้สลักเกลียว หรือรูเกลียวที่หน้าแปลนท่อเพื่อยึดกับสลักเกลียว การต่อโดยใช้ปากคีบยินยอมให้ใช้เฉพาะที่มีการป้องกันการลุกติดไฟขณะกระแสฟ้าผ่าไหลผ่านโดยต้องผ่านการพิสูจน์โดยการทดสอบและใช้วิธีการต่อที่มีความน่าเชื่อถือ ควรจัดให้มีที่ต่อแยกเพื่อการต่อของจุดต่อกับสายต่อลงดินไปยังถังเก็บและที่บรรจุอื่นๆ

ง.5.2 สิ่งปลูกสร้างที่มีโซน 2 และโซน 22

สิ่งปลูกสร้างซึ่งมีบริเวณที่กำหนดเป็นโซน 2 และโซน 22 อาจไม่จำเป็นต้องมีมาตรการป้องกัน เสริมเป็นพิเศษ

กรณีสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตที่ทำด้วยโลหะ (เช่น เสาภายนอกอาคาร เตาปฏิกรณ์ ตู้คอนเทนเนอร์ ที่ภายในมีโซน 2 และโซน 22) มีความหนาและวัสดุเป็นไปตามตารางที่ 3 ให้ปฏิบัติ ดังนี้

- ไม่ต้องติดตั้งระบบตัวนำล่อฟ้าและสายดินแนวดิ่ง
- สิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตดังกล่าวควรมีการต่อลงดินตามข้อ 5.

ง.5.3 สิ่งปลูกสร้างที่มีโซน 1 และโซน 21

สิ่งปลูกสร้างซึ่งมีบริเวณที่กำหนดเป็นโซน 1 และโซน 21 ให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดสำหรับโซน 2 และโซน 22 โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติม ดังนี้

- ถ้ามีชิ้นฉนวนคั่นในระบบท่อ ผู้ปฏิบัติงานควรหามาตรการป้องกัน เช่น การปล่อยประจุอันตรายสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการใช้ช่องประกายแยกที่ป้องกันการระเบิด
- ช่องประกายแยกและชิ้นฉนวนคั่นท่อ ควรใส่นอกบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการระเบิด

ง.5.4 สิ่งปลูกสร้างที่มีโซน 0 และโซน 20

ในกรณีที่มีสิ่งปลูกสร้างซึ่งมีบริเวณที่กำหนดเป็นโซน 0 และโซน 20 ให้ปฏิบัติตามข้อกำหนด ง.5.3 โดยเพิ่มเติมตามคำแนะนำต่อไปนี้เท่าที่ปฏิบัติได้

การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันระหว่าง LPS กับสิ่งติดตั้งอื่น สิ่งปลูกสร้างอื่น หรือบริภัณฑ์อื่น จะทำได้ก็ต่อเมื่อมีข้อตกลงร่วมกับผู้ปฏิบัติงานระบบนั้นๆ การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันโดยใช้ช่องประกายแยกอาจทำไม่ได้โดยปราศจากความเห็นชอบของผู้ปฏิบัติงานระบบนั้น อุปกรณ์ดังกล่าวต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่จะติดตั้ง

กรณีสิ่งอำนวยความสะดวกนอกอาคารอื่นๆ ที่มีบริเวณที่กำหนดเป็นโซน 0 และโซน 20 ใช้ข้อกำหนดสำหรับโซน 1 โซน 2 โซน 21 และโซน 22 ได้โดยมีข้อเพิ่มเติม ดังนี้

- บริภัณฑ์ไฟฟ้าภายในถังบรรจุของเหลวติดไฟได้ ควรเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานดังกล่าว มาตรการการป้องกันฟ้าผ่าควรพิจารณาตามประเภทของการก่อสร้าง
- คอนเทนเนอร์ปิดทำด้วยเหล็กที่มีบริเวณที่กำหนดเป็นโซน 0 และโซน 20 อยู่ภายใน ควรมีผนังหนาอย่างน้อย 5 mm ณ จุดที่อาจถูกฟ้าผ่าได้ ในกรณีที่ผนังบางกว่า 5 mm ควรติดตั้งอุปกรณ์ตัวนำล่อฟ้า

ง.5.5 การใช้งานเฉพาะ

ง.5.5.1 สถานีเติมน้ำมัน

สถานีเติมน้ำมันสำหรับรถยนต์ รถไฟ รถราง เรือ เป็นต้น ซึ่งมีบริเวณอันตรายที่กำหนดเป็นโซน 2 และโซน 22 ท่อโลหะควรต่อลงดินตามข้อ 5 ระบบท่อควรต่อเข้ากับโครงสร้างโลหะอื่นๆ และระบบรางที่มีอยู่ (ถ้าจำเป็น ให้ต่อผ่านช่องประกายแยกที่ได้รับการรับรองให้ใช้ติดตั้งในบริเวณอันตราย) ให้รวมถึงกระแสไฟฟ้าของระบบรถราง กระแสสเตรย์ (stray current) ฟิวส์ของรถรางไฟฟ้า ระบบป้องกันการกัด

กร่อนแบบแคโทดิก และอื่นๆ ที่คล้ายกัน สถานีเปลี่ยนถ่ายน้ำมันที่บริเวณรางรถไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐานแห่งชาติ

ง.5.5.2 ถังเก็บ

สิ่งปลูกสร้างบางแบบที่ใช้เก็บของเหลวซึ่งสามารถผลิตไอที่ไวไฟหรือใช้เก็บก๊าซที่ไวไฟ จำเป็นอย่างยิ่งในการป้องกันตัวเองจากฟ้าผ่า (บรรจุอยู่ในตู้โลหะทั้งหมด มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm สำหรับเหล็กกล้า หรือไม่น้อยกว่า 7 mm สำหรับอะลูมิเนียม และไม่มีช่องประกายแยก) และไม่จำเป็นต้องมีการป้องกันเพิ่มเติม ทำนองเดียวกันถังเก็บและท่อที่ฝังในดินไม่ต้องติดตั้งตัวนำล่อฟ้า เครื่องวัดหรือวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในถังเก็บนี้ต้องเป็นแบบที่ได้การรับรองให้ใช้สำหรับงานดังกล่าว มาตรการป้องกันฟ้าผ่าควรเป็นไปตามแบบของการก่อสร้าง

ถังเก็บหรือคอนเทนเนอร์ที่แยกอิสระควรมีการต่อลงดินตามข้อ 5 โดยขึ้นอยู่กับมิติตามแนวระดับที่ใหญ่ที่สุด (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง หรือความยาว)

- กรณีไม่เกิน 20 m ให้ต่อลงดิน 1 จุด
- กรณีเกิน 20 m ให้ต่อลงดิน 2 จุด

กรณีถังเก็บในแทงค์ฟาร์ม (tank farm) (เช่น ในโรงกลั่นน้ำมัน และบริเวณที่ใช้เก็บถัง) การต่อลงดินถังเก็บทุกถังเพียง 1 จุด ก็เพียงพอโดยไม่ขึ้นอยู่กับมิติตามแนวระดับที่ใหญ่ที่สุดของถังเก็บ ถังเก็บแต่ละถังในแทงค์ฟาร์มต้องมีการต่อถึงกัน โดยนอกเหนือจากการต่อตามตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ท่อลำเลียง (pipeline) ที่ต่อระหว่างถังเก็บซึ่งต่อกันแบบที่มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าตามข้อ 5.3.5 อาจใช้เป็นตัวต่อระหว่างถังเก็บได้

กรณีถังเก็บแบบหลังคาลอย ควรต่อประสานหลังคาลอยเข้ากับตัวถังหลักอย่างมีประสิทธิผล การออกแบบการปิดผนึกและการต่อชันต์ (seal and shunt) รวมทั้งตำแหน่งติดตั้งต้องมีการพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดการจุดระเบิดของส่วนผสมที่เกิดระเบิดได้ โดยลดการเกิดประกายให้มีน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ กรณีการติดตั้งบันไดแบบล้อกลิ้งให้ใช้ตัวนำประสานแบบอ่อน กว้าง 35 mm ต่อคร่อมบานพับระหว่างบันไดกับส่วนบนสุดของตัวถัง และระหว่างบันไดกับหลังคาลอย กรณีไม่มีการติดตั้งบันไดแบบล้อกลิ้งเข้ากับถังเก็บแบบหลังคาลอย ต้องมีการประสานระหว่างตัวถังกับหลังคาลอยด้วยตัวนำประสานแบบอ่อน กว้าง 35 mm หรือเทียบเท่า จำนวน 1 จุดหรือมากกว่า (ขึ้นอยู่กับขนาดของถังเก็บ) ตัวนำประสานควรเดินไปตามรางน้ำของหลังคาหรือเดินสายไม่ให้เป็นวงรอบ กรณีถังเก็บแบบหลังคาลอยควรมีการต่อระหว่างหลังคาลอยกับตัวถังหลายจุดขนานกันทุกระยะ 1.5 m ตามเส้นรอบหลังคา การเลือกวัสดุที่ใช้กำหนดโดยผลิตภัณฑ์ และ/หรือ สิ่งแวดล้อม อนุญาตให้ใช้วิธีอื่นๆ ที่ให้การต่อเป็นตัวนำทางไฟฟ้าเพียงพอระหว่างหลังคาลอยกับตัวถังเพื่อเป็นทางผ่านของกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าได้ถ้าผ่านการพิสูจน์โดยการทดสอบและวิธีที่ใช้ทำให้แน่ใจว่าการต่อมีความเชื่อถือได้เท่านั้น

ง.5.5.3 ท่อลำเลียง

ท่อโลหะที่เดินเหนือพื้นภายนอกสถานที่อำนวยความสะดวกการผลิตควรต่อกับระบบรากสายดินทุกระยะ 30 m หรือวางท่อบนผิวดินหรือฝังดิน

ข้อกำหนดต่อไปนี้ใช้สำหรับการเดินท่อระยะทางยาวเพื่อส่งของเหลวที่ติดไฟได้

- ส่วนที่มีการปั๊ม ส่วนเลื่อนได้หรือส่วนอื่นๆ ที่คล้ายกัน ระบบท่อเข้าทั้งหมดรวมถึงท่อที่มีเปลือกโลหะควรต่อถึงกันด้วยสายที่มีพื้นที่หน้าตัดอย่างน้อย 50 mm^2
- สายต่อโยงควรต่อถึงกันด้วยการเชื่อมพิเศษด้วยหูสายแบบเชื่อม หรือสกรูแบบที่มีการกันหลวมในตัวเข้ากับหน้าแปลนของท่อเข้าทั้งหมด ส่วนที่เป็นฉนวนของท่อควรต่อโยงด้วยช่องประกาย

ง.6 การตรวจสอบและการบำรุงรักษา

คำแนะนำในการตรวจสอบและการบำรุงรักษา LPS กำหนดไว้ในข้อ จ.7

ภาคผนวก จ.

(ข้อแนะนำ)

คำแนะนำสำหรับการออกแบบ การสร้าง การบำรุงรักษา และการตรวจสอบระบบป้องกันฟ้าผ่า

จ.1 ทั่วไป

ภาคผนวกนี้ให้คำแนะนำการออกแบบทางกายภาพและการสร้าง การบำรุงรักษาและการตรวจสอบ LPS ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ควรใช้ภาคผนวกนี้ และจะมีผลใช้ได้เฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับเล่มอื่นๆ ของอนุกรมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เท่านั้น

ตัวอย่างที่ให้มาเป็นเทคนิคการป้องกัน ซึ่งได้รับการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญนานาชาติแล้ว

หมายเหตุ ตัวอย่างที่ให้ในภาคผนวกนี้ แสดงถึงวิธีหนึ่งที่เป็นไปได้ของการป้องกันได้สำเร็จ วิธีอื่นๆ อาจมีผลใช้ได้เช่นเดียวกัน

จ.2 โครงสร้างของภาคผนวกนี้

ในภาคผนวกนี้หมายเลขข้อหลักจะตรงกับหัวข้อในส่วนที่เป็นข้อหลักของมาตรฐาน ทำให้ง่ายในการอ้างอิงระหว่างทั้ง 2 ส่วน

เพื่อให้บรรลุผลตามเป้าหมายข้างต้น จึงไม่ใช้ข้อ จ.3 ในภาคผนวกนี้

จ.3 (ว่าง)

จ.4 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

จ.4.1 ข้อสังเกตทั่วไป

การสร้าง LPS สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่แล้วควรมีการเปรียบเทียบกับมาตรการป้องกันอื่นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ที่ให้ผลการป้องกันระดับเดียวกันเพื่อลดต้นทุน การเลือกมาตรการป้องกันที่เหมาะสมที่สุดให้ใช้มาตรการที่กำหนดใน มอก.1586 เล่ม 2

LPS ควรมีการออกแบบและติดตั้งโดยผู้ที่มีความรู้เฉพาะในเรื่องการออกแบบและการติดตั้ง LPS

ผู้ออกแบบและผู้ติดตั้ง LPS ควรมีความสามารถในการประเมินผลกระทบทางไฟฟ้าและทางกลของการปล่อยประจุฟ้าผ่า และควรมีความรู้เกี่ยวกับหลักการทั่วไปของความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า

ยิ่งกว่านั้น ผู้ออกแบบ LPS ควรมีความสามารถในการประเมินผลกระทบของการสึกกร่อนและตัดสินใจได้ว่า เมื่อใดมีความจำเป็นที่จะขอความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้ติดตั้ง LPS ควรได้รับการอบรมเกี่ยวกับการติดตั้งที่เหมาะสมของส่วนประกอบ LPS ตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ และกฎระเบียบของประเทศที่ควบคุมเกี่ยวกับงานก่อสร้างและการสร้างสิ่งปลูกสร้าง

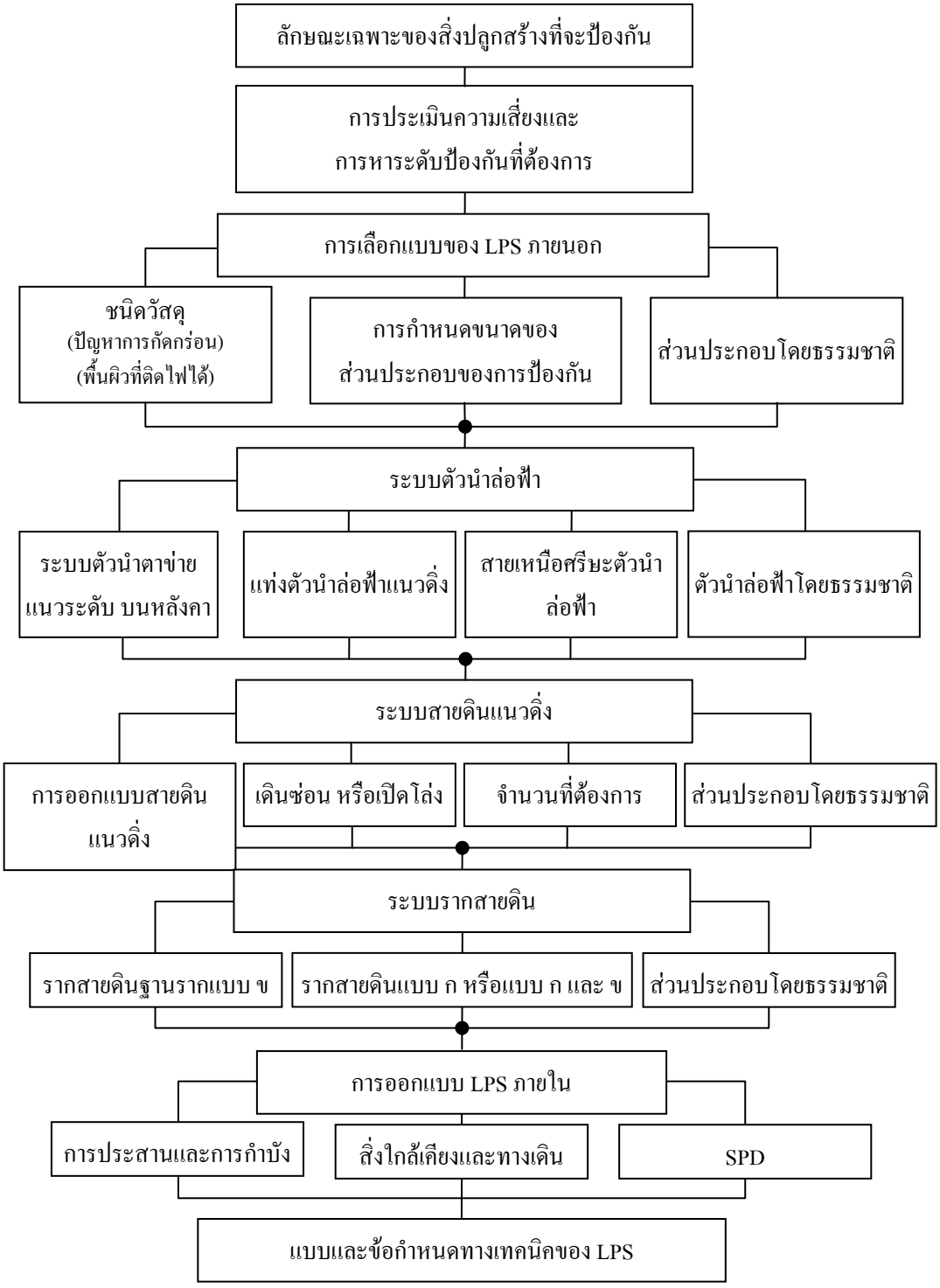
หน้าที่ของผู้ออกแบบและผู้ติดตั้ง LPS อาจทำโดยคนเดียวกัน การจะเป็นผู้ออกแบบหรือผู้ติดตั้ง LPS ที่เชี่ยวชาญต้องมีความรู้ในมาตรฐานที่เกี่ยวข้องอย่างดี และมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นเวลาหลายปี

การวางแผน การนำไปปฏิบัติ และการทดสอบ LPS ต้องการความรู้ทางเทคนิคหลายสาขา รวมทั้งต้องมีการประสานงานโดยทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งปลูกสร้าง เพื่อให้แน่ใจในความสำเร็จของระดับชั้นการป้องกันฟ้าผ่าที่เลือกไว้ที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดและใช้ความพยายามน้อยที่สุด การจัดการเกี่ยวกับ LPS ควรจะมีประสิทธิภาพถ้าทำตามขั้นตอนในรูปที่ จ.1 มาตรการประกันคุณภาพเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะสิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ครอบคลุมทั่วพื้นที่

มาตรการประกันคุณภาพเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนซึ่งแบบทั้งหมดควรจะผ่านการรับรอง ตลอดจนถึงขั้นตอนการก่อสร้าง LPS ส่วนต่างๆ ของ LPS ที่สำคัญทั้งหมดที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ภายหลังการก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้วควรมีการตรวจสอบในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้าง มาตรการประกันคุณภาพต้องกระทำอย่างต่อเนื่องจนถึงขั้นตอนการตรวจรับงาน การตรวจวัดขั้นสุดท้ายของ LPS ควรทำพร้อมกับการจัดทำรายงานเอกสารการทดสอบขั้นสุดท้ายที่ครบถ้วน และในท้ายสุดควรกำหนดให้มีการตรวจสอบตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในแผนบำรุงรักษา ตลอดอายุการใช้งานของ LPS

ในที่ซึ่งสิ่งปลูกสร้างหรือการติดตั้งใดๆ มีการดัดแปลงควรมีการตรวจสอบว่า LPS ที่มีอยู่แล้วยังคงเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานหรือไม่ หากพบว่าการป้องกันไม่เพียงพอ ควรมีการปรับปรุง LPS โดยไม่รีรอ

แนะนำว่า วัสดุ ขนาด และมิติของระบบตัวนำล่อฟ้า สายดินแนวดิ่ง ระบบรากสายดิน การประสานส่วนประกอบต่างๆ และอื่นๆ ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้



หมายเหตุ จุดต่อ (●) ในภาพต้องการความร่วมมืออย่างเต็มที่ระหว่าง สถาปนิก วิศวกร และผู้ออกแบบ LPS

รูปที่ จ.1 แผนภาพลำดับขั้นตอนของการออกแบบ LPS

จ.4.2.2 การปรึกษาหารือ

จ.4.2.2.1 ข้อมูลทั่วไป

ในระหว่างขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างใหม่ควรมีการปรึกษาหารือกันอย่างสม่ำเสมอระหว่างผู้ออกแบบ LPS ผู้ติดตั้ง LPS และผู้เกี่ยวข้อง อื่นๆ ที่รับผิดชอบในการติดตั้งภายในสิ่งปลูกสร้างหรือควบคุมเกี่ยวกับการใช้สิ่งปลูกสร้าง (เช่น ผู้ว่าจ้าง สถาปนิก หรือผู้รับเหมาก่อสร้างอาคาร เป็นต้น)

แผนภาพลำดับขั้นตอนที่แสดงไว้ในรูปที่ จ.1 อำนวยความสะดวกในการออกแบบ LPS อย่างถูกต้องตามหลักการ

ในขั้นตอนการออกแบบและติดตั้ง LPS สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่แล้ว ควรมีการปรึกษาหารือกันตามความเหมาะสมในทางปฏิบัติ ระหว่างผู้รับผิดชอบสิ่งปลูกสร้าง ผู้รับผิดชอบในการใช้สิ่งปลูกสร้าง ผู้ติดตั้ง และผู้รับผิดชอบระบบสาธารณูปโภค

การปรึกษาหารืออาจต้องจัดให้มีขึ้นโดยผ่าน เจ้าของ ผู้รับเหมาก่อสร้างหรือตัวแทนที่ได้รับมอบหมาย สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่แล้ว ผู้ออกแบบ LPS ควรจัดทำแบบการติดตั้ง ซึ่งจะมีการดัดแปลงโดยผู้ติดตั้ง LPS ในกรณีที่จำเป็น

การปรึกษาหารืออย่างสม่ำเสมอระหว่างผู้เกี่ยวข้องจะทำให้ได้ LPS ที่มีประสิทธิผลที่ราคาต่ำสุด เช่น การประสานงานระหว่างการออกแบบ LPS กับงานก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างจะสามารถลดการใช้ตัวนำประสานบางส่วน และลดความยาวของตัวนำประสานในส่วนที่จำเป็น ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารจะลดลงอย่างมากโดยการใช้ทางเดินร่วมกันของการติดตั้งต่างๆ ที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้าง

การปรึกษาหารือมีความสำคัญตลอดทุกขั้นตอนของการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างเนื่องจาก LPS อาจต้องมีการดัดแปลงตามการเปลี่ยนแปลงการออกแบบสิ่งปลูกสร้าง การปรึกษาหารือยังมีความจำเป็นเพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดเตรียมที่เหมาะสมในการตรวจสอบส่วนต่างๆ ของ LPS ซึ่งไม่สามารถตรวจพินิจได้ภายหลังการก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว ในการปรึกษาหารือควรมีการกำหนดตำแหน่งของจุดต่อต่างๆ ทั้งหมดระหว่างส่วนประกอบโดยธรรมชาติกับ LPS ในกรณีสิ่งปลูกสร้างใหม่โดยปกติสถาปนิกพร้อมที่จะเป็นผู้จัดการและประสานงานการประชุมดังกล่าว

จ.4.2.2.2 คณะที่ปรึกษาหลัก

ผู้ออกแบบ LPS ควรจัดให้มีการปรึกษาหารือทางเทคนิคกับทุกคณะที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและก่อสร้างสิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งเจ้าของสิ่งปลูกสร้าง

ขอบเขตความรับผิดชอบ LPS ทั้งหมด ควรกำหนดโดยผู้ออกแบบ LPS ร่วมกับสถาปนิก ผู้รับเหมาระบบไฟฟ้า ผู้รับเหมาอาคาร ผู้ติดตั้ง LPS (ผู้จัดหา LPS) และในกรณีที่มีส่วนเกี่ยวข้องอาจรวมถึงที่ปรึกษาทางประวัติศาสตร์ และ เจ้าของหรือตัวแทนของเจ้าของ

การกำหนดขอบเขตความรับผิดชอบให้ชัดเจนของคณะผู้เกี่ยวข้องในการจัดการการออกแบบและการก่อสร้าง LPS เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เช่น อาจมีตำแหน่งที่จะมีการป้องกันรั่วซึมของสิ่งปลูกสร้างที่ถูกเจาะทะลุโดยส่วนประกอบของ LPS ที่ติดตั้งบนหลังคา หรือโดยตัวนำรากสายดินที่บริเวณใต้ฐานราก

จ.4.2.2.2.1 สถาปนิก

ควรบรรลุข้อตกลงร่วมกับสถาปนิกในรายการต่อไปนี้

ก) ทางเดินของตัวนำทั้งหมดใน LPS

ข) วัสดุที่เป็นส่วนประกอบของ LPS

ค) รายละเอียดของท่อ รางน้ำ ราง และอื่นๆ ที่คล้ายกันที่เป็นโลหะ ทั้งหมด

ง) รายละเอียดของบริภัณฑ์ เครื่องสำเร็จ สิ่งติดตั้ง และอื่นๆ ที่ติดตั้งบน ภายใน หรือใกล้กับสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งอาจต้องมีการย้ายสิ่งติดตั้ง หรืออาจต้องประสานเข้ากับ LPS เนื่องจากระยะการแยก ตัวอย่างของสิ่งติดตั้งดังกล่าวได้แก่ ระบบเตือนภัย ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบโทรคมนาคมภายใน ระบบประมวลผลข้อมูลและสัญญาณ วงจรวิทยุและโทรทัศน์

จ) ขอบเขตของระบบสาธารณูปโภคที่เป็นตัวนำฝังดิน ซึ่งอาจมีผลต่อการวางตำแหน่งของโครงข่ายระบบรากสายดิน และจำเป็นต้องวางที่ระยะห่างจาก LPS ตามระยะปลอดภัย

ฉ) บริเวณทั่วไปที่มีไว้สำหรับการติดตั้งโครงข่ายระบบรากสายดิน

ช) ขอบข่ายของงานและการแบ่งความรับผิดชอบในการติดตั้งหลักของ LPS เข้ากับสิ่งปลูกสร้าง เช่น งานที่มีผลกระทบต่อการกันน้ำของโครงสร้าง (หลังคาเป็นส่วนใหญ่) และอื่นๆ

ซ) วัสดุนำไฟฟ้าได้ที่ใช้ในสิ่งปลูกสร้าง โดยเฉพาะที่เป็นโลหะที่มีความต่อเนื่องใดๆ ซึ่งอาจต้องประสานเข้ากับ LPS เช่น เสาเหล็ก เหล็กเส้นเสริมแรงและส่วนโลหะของระบบสาธารณูปโภค ไม่ว่าจะเข้า ออก หรืออยู่ภายในสิ่งปลูกสร้าง

ฌ) ผลกระทบทางทัศนียภาพของ LPS

ญ) ผลกระทบของ LPS กับโครงสร้างของสิ่งปลูกสร้าง

ฏ) ตำแหน่งของจุดต่อเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรง โดยเฉพาะกรณีที่มีการทะลุผ่านของส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก (ท่อ กำบังเคเบิล เป็นต้น)

ฏ) การต่อ LPS เข้ากับ LPS ของอาคารใกล้เคียง

จ.4.2.2.2.2 หน่วยงานสาธารณูปโภค

การประสานระบบสาธารณูปโภคที่เข้าสู่สิ่งปลูกสร้างเข้ากับ LPS โดยตรง หรือถ้าไม่สามารถทำได้ ให้ต่อผ่านช่องประกายหรือ SPD ควรมีการหาข้อตกลงร่วมกันกับผู้ให้บริการ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เมื่ออาจมีข้อกำหนดที่ขัดแย้งกัน

จ.4.2.2.2.3 หน่วยงานด้านความปลอดภัยและดับเพลิง

ควรบรรลุข้อตกลงร่วมกับหน่วยงานรับผิดชอบด้านความปลอดภัยและดับเพลิงในรายการต่อไปนี้

- การจัดวางตำแหน่งของส่วนประกอบระบบเตือนภัยและระบบดับเพลิง
- ทางเดินสาย วัสดุก่อสร้าง และการปิดผนึกท่อ
- วิธีการป้องกันที่จะใช้ในกรณีสิ่งปลูกสร้างมีหลังคาที่ติดไฟได้

จ.4.2.2.2.4 ผู้ติดตั้งระบบอิเล็กทรอนิกส์และสายอากาศภายนอก

ควรบรรลุข้อตกลงร่วมกับผู้ติดตั้งระบบอิเล็กทรอนิกส์และสายอากาศในรายการต่อไปนี้

- การแยกหรือการประสานของตัวรองรับสายอากาศ และกำบังนำไฟฟ้าได้ของสายเคเบิลเข้ากับ LPS
- เส้นทางเดินของสายเคเบิลอากาศ และโครงข่ายภายใน
- การติดตั้ง SPD

จ.4.2.2.2.5 ผู้ก่อสร้างอาคารและผู้ติดตั้ง

ควรบรรลุข้อตกลงร่วมกับผู้ก่อสร้าง ผู้ติดตั้ง และผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างและบริภัณฑ์ทางเทคนิค ในรายการต่อไปนี้

ก) รูปแบบ ตำแหน่ง และจำนวนอุปกรณ์จับยึดในเบื้องต้นของ LPS ที่จัดเตรียมไว้ให้โดยผู้ก่อสร้างอาคาร

ข) อุปกรณ์จับยึดใดๆ ที่จัดเตรียมไว้ให้โดยผู้ออกแบบ LPS (หรือผู้รับเหมา หรือผู้จัดหา LPS) จะติดตั้งโดยผู้ก่อสร้างอาคาร

ค) ตำแหน่งของตัวนำ LPS ที่ติดตั้งไว้ภายใต้สิ่งปลูกสร้าง

ง) หากต้องการใช้ส่วนประกอบใดๆ ของ LPS ในระหว่างช่วงการก่อสร้าง เช่น โครงข่ายรากสายดินที่ติดตั้งถาวร สามารถนำมาใช้ต่อลงดินสำหรับ ปั้นจั่น รอก และโลหะอื่นๆ ที่ใช้ในระหว่างงานก่อสร้างที่หน้างานได้

จ) กรณีสิ่งปลูกสร้างมีโครงเป็นเหล็กกล้า จำนวนและตำแหน่งของเสาโครง และรูปแบบของการจับยึดที่จะต่อเข้ากับระบบรากสายดินและส่วนประกอบอื่นๆ ของ LPS

ฉ) หากต้องการใช้สิ่งปกคลุมโลหะใดเป็นส่วนประกอบของ LPS ต้องมีความเหมาะสม

ช) วิธีการที่ทำให้มั่นใจในความต่อเนื่องทางไฟฟ้าแต่ละส่วนของสิ่งปกคลุม และวิธีการต่อกับส่วนที่เหลือของ LPS เมื่อสิ่งปกคลุมโลหะมีความเหมาะสมที่จะเป็นส่วนประกอบของ LPS

ซ) ลักษณะและตำแหน่งของระบบสาธารณูปโภคที่เข้าสู่สิ่งปลูกสร้างทั้งเหนือดินและใต้ดิน รวมทั้งระบบสายพานลำเลียง สายอากาศวิทยุและโทรทัศน์ และตัวรองรับที่เป็นโลหะ ปล่องระบายความร้อนโลหะ และเครื่องทำความสะอาดหน้าต่าง

ฌ) การประสานสัมพันธ์ของระบบรากสายดินของ LPS สำหรับสิ่งปลูกสร้าง กับการประสานระบบสาธารณูปโภคไฟฟ้าและสื่อสาร

ญ) ตำแหน่งและจำนวนของเสาธง ห้องเครื่องที่อยู่บนหลังคา เช่น ห้องมอเตอร์ลิฟต์ ห้องเครื่องระบบระบายอากาศ ระบบทำความร้อนและระบบทำความเย็น ถังเก็บน้ำและสิ่งยื่นอื่นๆ

ฎ) วิธีการก่อสร้างที่จะใช้สำหรับหลังคาและผนังเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการยึดตัวนำของ LPS โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านของการคงสภาพการกันน้ำซึมของสิ่งปลูกสร้าง

ฏ) การจัดทำรูผ่านสิ่งปลูกสร้าง เพื่อใช้เป็นทางผ่านอิสระของสายดินแนวดิ่งของ LPS

ฐ) การจัดทำการต่อประสานกับโครงเหล็กกล้า เหล็กเส้นเสริมแรง และส่วนนำไฟฟ้าได้อื่นๆ ของสิ่งปลูกสร้าง

ฑ) ความถี่ในการตรวจสอบส่วนประกอบของ LPS ซึ่งจะไม่สามารถเข้าถึงได้ในภายหลัง เช่น เหล็กเส้นเสริมแรงที่ห่อหุ้มด้วยคอนกรีต

ฒ) การเลือกโลหะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวนำโดยคำนึงถึงการกัดกร่อน โดยเฉพาะที่จุดสัมผัสของโลหะต่างชนิดกัน

ณ) การเข้าถึงจุดต่อทดสอบ การจัดให้มีการป้องกันความเสียหายทางกล หรือการสูญหายโดยการหุ้มด้วยกล่องอโลหะ การลดระดับของเสาธงลงหรือวัตถุเคลื่อนที่ได้อื่นๆ สิ่งอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบตามคาบ โดยเฉพาะสำหรับปล่องไฟ

ด) การจัดทำแบบเขียนที่แสดงรายละเอียดข้างต้น และแสดงตำแหน่งของตัวนำทั้งหมดและส่วนประกอบหลักๆ

ต) ตำแหน่งของจุดต่อเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรง

จ.4.2.3 ข้อกำหนดทางไฟฟ้าและทางกล

จ.4.2.3.1 การออกแบบทางไฟฟ้า

ผู้ออกแบบ LPS ควรเลือก LPS ที่เหมาะสมเพื่อให้การสร้างมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งหมายถึงการพิจารณาการออกแบบทางสถาปัตยกรรมของสิ่งปลูกสร้าง เพื่อตัดสินใจว่าควรจะใช้ LPS แยกอิสระ หรือไม่แยกอิสระ หรือทั้ง 2 แบบร่วมกัน

การทดสอบสภาพต้านทานของดินควรทำก่อนออกแบบ LPS ขั้นสุดท้าย และควรคำนึงถึงการแปรเปลี่ยนค่าสภาพต้านทานของดินตามฤดูกาลด้วย

ในช่วงการออกแบบเบื้องต้นทางไฟฟ้าของ LPS แล้วเสร็จ ควรพิจารณาใช้ชิ้นส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างเป็นส่วนประกอบโดยธรรมชาติของ LPS ที่จะช่วยเพิ่มหรือทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญยิ่งของ LPS

ผู้ออกแบบ LPS เป็นผู้รับผิดชอบในการหาลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าหรือทางกายภาพของส่วนประกอบโดยธรรมชาติของ LPS และเพื่อให้มั่นใจว่าส่วนประกอบเหล่านั้นมีลักษณะเฉพาะตามข้อกำหนดต่ำสุดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

การใช้โลหะเสริมแรง เช่น เหล็กกล้าในคอนกรีตเสริมแรง เป็นตัวนำของ LPS ต้องมีการพิจารณาอย่างรอบคอบ และต้องมีความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานแห่งชาติในด้านการก่อสร้างของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน โครงเหล็กกล้าของคอนกรีตเสริมแรงอาจใช้เป็นตัวนำของ LPS หรืออาจใช้เป็นชั้นกำบังนำไฟฟ้าได้เพื่อลดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากฟ้าผ่าในสิ่งปลูกสร้างโดยที่กระแสฟ้าผ่าไหลผ่าน LPS แยกอิสระ การออกแบบ LPS นี้ทำให้การป้องกันสะดวกขึ้น โดยเฉพาะสิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เต็มพื้นที่

ข้อกำหนดการก่อสร้างสายดินแนวดิ่งที่เข้มงวดเป็นสิ่งที่ต้องการเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดต่ำสุดของส่วนประกอบโดยธรรมชาติตามข้อ 5.3.5

จ.4.2.3.2 การออกแบบทางกล

ผู้ออกแบบ LPS ควรปรึกษากับผู้รับผิดชอบสำหรับสิ่งปลูกสร้างเกี่ยวกับเรื่องการออกแบบทางกลของสิ่งปลูกสร้างเพื่อออกแบบทางกลต่อ หลังจากการออกแบบทางไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์แล้ว

การพิจารณาถึงความสวยงามมีความสำคัญยิ่งเช่นเดียวกับการเลือกวัสดุที่เหมาะสมเพื่อจำกัดความเสี่ยงในการเกิดการกัดกร่อน

ขนาดต่ำสุดของส่วนประกอบการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับส่วนต่างๆ ของ LPS แสดงรายการไว้ในตารางที่ 3 ตารางที่ 6 ตารางที่ 7 ตารางที่ 8 และตารางที่ 9

วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนประกอบของ LPS แสดงรายการไว้ในตารางที่ 5

หมายเหตุ การเลือกส่วนประกอบอื่นๆ เช่น แท่งตัวนำ แคลมป์ อาจอ้างถึงมาตรฐาน EN 50164 เพื่อให้แน่ใจว่าได้มีการคำนึงถึงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและความแข็งแรงทางกลของส่วนประกอบเหล่านั้น

กรณีที่มีการใช้มิติและวัสดุต่างไปจากที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5 ตารางที่ 6 และตารางที่ 7 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของการปล่อยประจุฟ้าผ่าที่ระบุไว้สำหรับระดับชั้นของ LPS ที่เลือกไว้ตามตารางที่ 1 ผู้ออกแบบหรือผู้ติดตั้ง LPS ควรคาดคะเนอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของตัวนำฟ้าผ่าในสภาวะปล่อยประจุและมิติของตัวนำดังกล่าวตามความเหมาะสม

เมื่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงมากเกินปกติจนอาจเกิดปัญหากับพื้นผิวที่ส่วนประกอบของ LPS ติดยึดอยู่ (เพราะว่าพื้นผิวดังกล่าวเป็นวัสดุติดไฟได้หรือมีจุดหลอมเหลวที่ต่ำ) ควรจะกำหนดพื้นที่หน้าตัดของตัวนำให้ใหญ่ขึ้น หรือพิจารณาใช้มาตรการป้องกันที่ปลอดภัยอื่นๆ เช่น การใช้อุปกรณ์จับยึดที่ทำให้มีช่องห่าง หรือการแทรกชั้นวัสดุทนไฟ

ผู้ออกแบบ LPS ควรตรวจสอบหาพื้นที่ที่อาจมีปัญหาในการกัดกร่อนทั้งหมด และระบุมาตรการป้องกันที่เหมาะสม

ผลการกัดกร่อนต่อ LPS อาจลดลงได้โดยการเพิ่มขนาดของวัสดุ หรือใช้ส่วนประกอบที่ทนต่อการกัดกร่อน หรือใช้มาตรการป้องกันการกัดกร่อนอื่นๆ

ผู้ออกแบบและผู้ติดตั้ง LPS ควรกำหนดให้สิ่งจับยึดตัวนำเป็นแบบที่สามารถทนแรงไฟฟ้าพลวัตซึ่งเกิดจากกระแสฟ้าผ่าที่ไหลผ่านตัวนำ และต้องเป็นแบบที่ยอมให้เกิดการขยายตัว และหดตัวของตัวนำเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

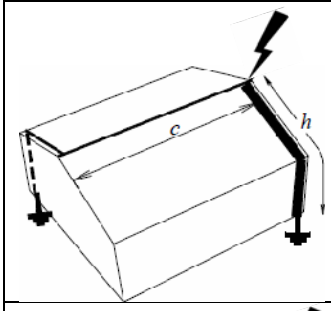
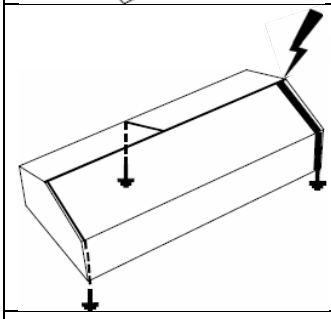
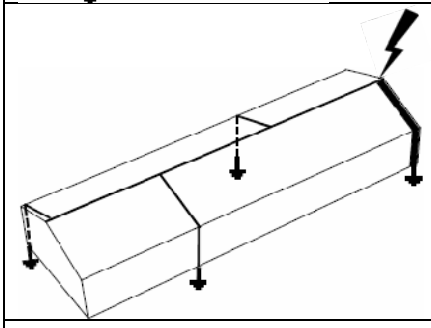
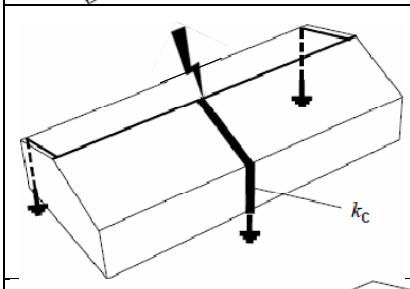
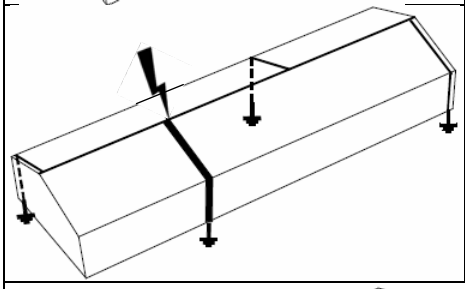
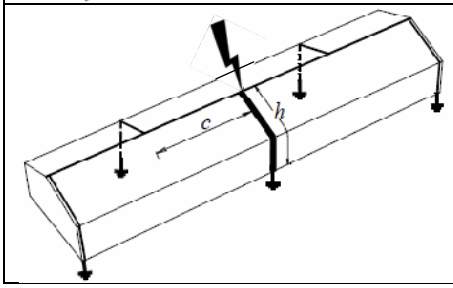
จ.4.2.4 การคำนวณในการออกแบบ

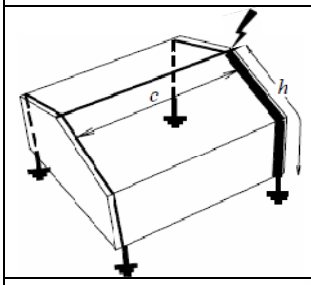
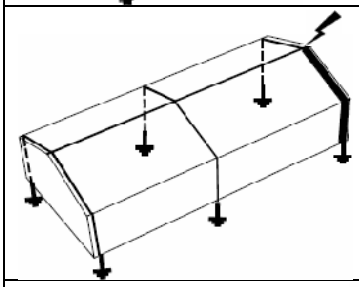
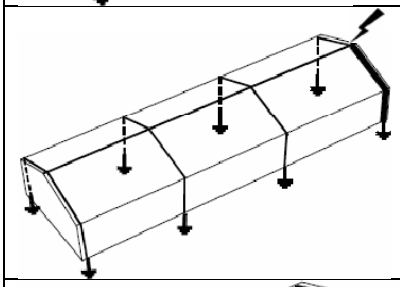
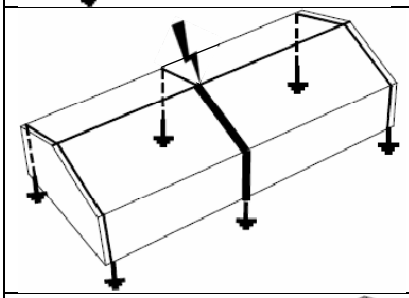
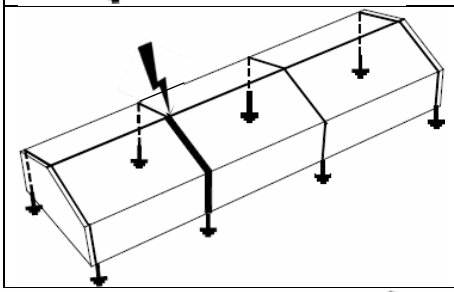
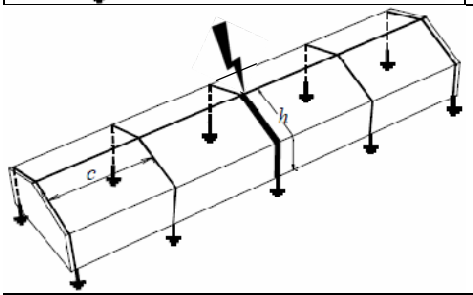
จ.4.2.4.1 การหาสัมประสิทธิ์ k_c

สัมประสิทธิ์ k_c สำหรับการแบ่งกระแสฟ้าผ่าระหว่างสายดินแนวดิ่งขึ้นอยู่กับจำนวนตัวนำทั้งหมด n และตำแหน่งของสายดินแนวดิ่ง ตัวนำวงแหวนที่ต่อถึงกัน แบบของระบบตัวนำล่อฟ้า และแบบของระบบรากสายดิน (ดูตารางที่ ค.1 รูปที่ ค.2 และรูปที่ ค.3)

การหา k_c บนหลังคาเมื่อติดตั้งการจัดวางระบบรากสายดินแบบ ก อาจใช้ค่าตามรูปที่ จ.2

ระยะการแยกที่จำเป็นขึ้นอยู่กับแรงดันตกคร่อมของเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดที่จะพิจารณาว่าเป็นระยะการแยกถึงรากสายดินหรือจุดประสานศักย์ให้เท่ากันที่ใกล้ที่สุด

	$\frac{c}{h}$ =	0.33	0.50	1.00	2.00	
	k_c	0.57	0.60	0.66	0.75	*c* ระยะห่างจากสายดินแนวดิ่งที่ใกล้ที่สุดตามแนวสันหลังคา *h* ความยาวของสายดินแนวดิ่งจากสันหลังคาถึงจุดประสานให้ศักย์เท่ากันถัดไปหรือถึงระบบรากสายดิน ค่าของ k_c ที่แสดงในตารางอ้างอิงถึงสายดินแนวดิ่งที่แทนด้วยเส้นหนาและจุดที่ฟ้าผ่า ตำแหน่งของสายดินแนวดิ่ง (ที่พิจารณาค่า k_c) จะเปรียบเทียบกับรูปที่แทนสายดินแนวดิ่งนั้น ให้คำนวณค่าสัมพันธ์ที่แท้จริง *c/h* ถ้าค่าสัมพันธ์นี้อยู่ในช่วงระหว่างสองค่าในคอลัมน์ k_c อาจหาโดยวิธีประมาณค่าในช่วง **หมายเหตุ 1** สายดินแนวดิ่งเพิ่มเติมที่มีระยะห่างมากกว่าที่แสดงในรูปไม่มีผลกระทบที่มีนัยสำคัญใดๆ **หมายเหตุ 2** ดูรูปที่ ค.3 กรณีตัวนำวงแหวนที่ต่อถึงกันอยู่ต่ำกว่าสันหลังคา **หมายเหตุ 3** ค่าที่หาโดยการคำนวณง่ายๆ ของอิมพีแดนซ์ขนานกันตามสูตรในรูปที่ ค.1
	k_c	0.47	0.52	0.62	0.73	
	k_c	0.44	0.50	0.62	0.73	
	k_c	0.40	0.43	0.50	0.60	
	k_c	0.35	0.39	0.47	0.59	
	k_c	0.31	0.35	0.45	0.58	

	$\frac{c}{h}$ =	0.33	0.50	1.00	2.00	
	k_c	0.31	0.33	0.37	0.41	*c* ระยะห่างจากสายดินแนวดิ่งที่ใกล้ที่สุดตามแนวสันหลังคา *h* ความยาวของสายดินแนวดิ่งจากสันหลังคาถึงจุดประสานให้ศักย์เท่ากันถัดไปหรือถึงระบบรากสายดิน ค่าของ k_c ที่แสดงในตารางอ้างอิงถึงสายดินแนวดิ่งที่แทนด้วยเส้นหนาและจุดที่ฟ้าผ่า **หมายเหตุ 1** สายดินแนวดิ่งเพิ่มเติมที่มีระยะห่างมากกว่าที่แสดงในรูปไม่มีผลกระทบที่มีนัยสำคัญใดๆ **หมายเหตุ 2** ดูรูปที่ ค.3 กรณีตัวนำวงแหวนที่ต่อถึงกันอยู่ต่ำกว่าสันหลังคา **หมายเหตุ 3** ค่าที่หาโดยการคำนวณง่ายๆ ของอิมพีแดนซ์ขนานกันตามสูตรในรูปที่ ค.1
	k_c	0.28	0.33	0.37	0.41	
	k_c	0.27	0.33	0.37	0.41	
	k_c	0.23	0.25	0.30	0.35	
	k_c	0.21	0.24	0.29	0.35	
	k_c	0.20	0.23	0.29	0.35	

รูปที่ จ.2 ค่าสัมประสิทธิ์ k_c กรณีหลังคาเป็นหน้าจั่วที่มีตัวนำล่อฟ้าอยู่บนสันหลังคา และมีระบบรากสายดิน แบบ ข

ถ้าตัวนำมีกระแสไหลลงเท่ากันตลอดความยาว สูตรสำหรับหาระยะการแยกที่จำเป็นในอากาศ หาได้จาก

$$s = k_i \times k_c \times l \qquad \text{(จ.1)}$$

ถ้าตัวนำมีกระแสไหลลงไม่เท่ากันตลอดความยาวเนื่องจากการแบ่งกระแส สมการนั้นจะต้องคำนึงถึงค่าของกระแสไหลลงที่ไม่เท่ากัน (ลดลง) ในแต่ละส่วนของตัวนำ ในกรณีนี้จะหาได้จาก

$$s = k_i (k_{c1} \times l_1 + k_{c2} \times l_2 \ldots + k_{cn} \times l_n) \qquad \text{(จ.2)}$$

จุดที่ฟ้าผ่าที่ใช้หาค่า k_c ที่จำเป็น และจุดที่ต้องพิจารณาระยะการแยกอาจแตกต่างกัน

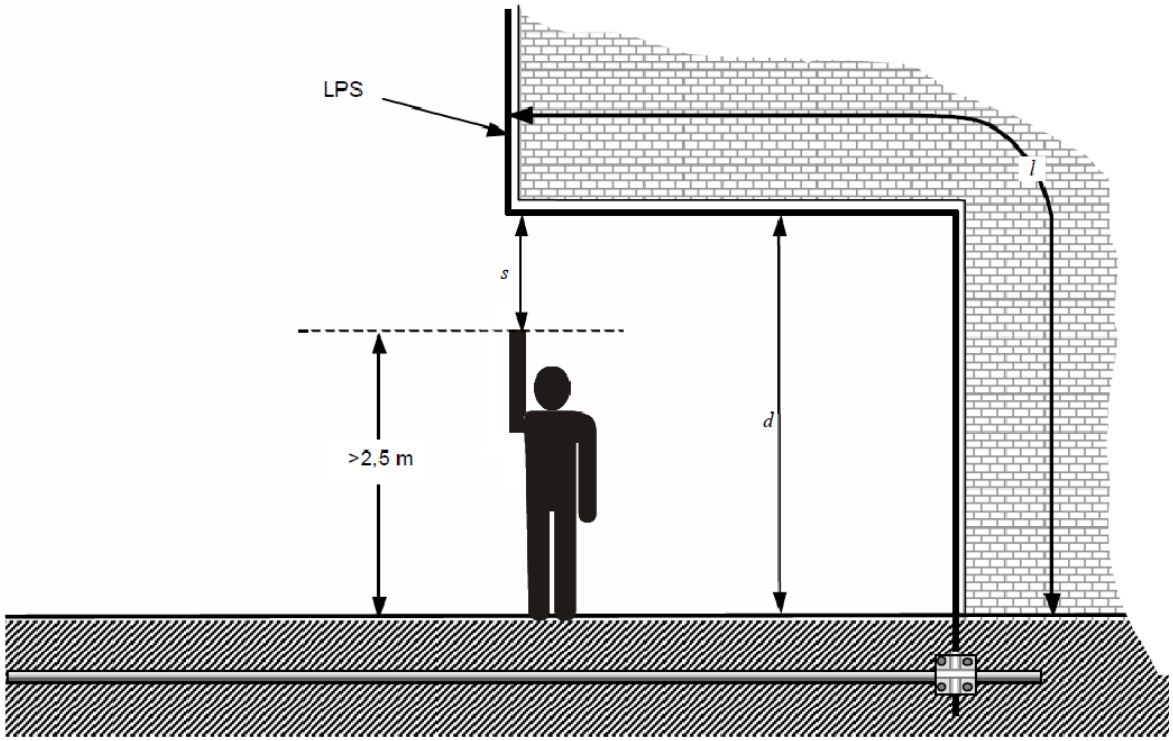
จ.4.2.4.2 สิ่งปลูกสร้างที่มีส่วนยื่นออก

เพื่อลดความน่าจะเป็นที่บุคคลซึ่งยืนอยู่ใต้โครงสร้างที่ยื่นออกของสิ่งปลูกสร้างจะกลายเป็นทางผ่านของกระแสฟ้าผ่าแทนการไหลในสายดินแนวดิ่งที่วางตามผนังที่ยื่น ระยะห่างจริง d ซึ่งมีหน่วยเป็น m ควรมีค่าเพียงพอตามสภาวการณ์ต่อไปนี้

$$d > 2.5 + s \qquad \text{(จ.3)}$$

เมื่อ s มีค่าเท่ากับระยะการแยก เป็น m คำนวณตามข้อ 6.3

ค่า 2.5 แทนความสูงของปลายบนสุดของนิ้วมือคน เมื่อเหยียดแขนขึ้นไปในแนวดิ่ง (ดูรูปที่ จ.3)



d ระยะจริง > *s*

s ระยะการแยกตามข้อ 6.3

l ความยาวที่ใช้ในการคำนวณหาค่าระยะการแยก *s*

หมายเหตุ ความสูงของบุคคลที่เหยียดแขนขึ้นคิดเป็น 2.5 m

รูปที่ จ.3 การออกแบบ LPS สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีส่วนยื่นออก

การเดินสายเป็นวงรอบตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 1 ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมเชิงเหนี่ยวนำสูง ซึ่งสามารถเกิดการปล่อยประจุฟ้าผ่าผ่านผนังของสิ่งปลูกสร้างทำให้เกิดความเสียหายได้

ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขในข้อ 6.3 ควรมีการจัดเส้นทางตรงผ่านสิ่งปลูกสร้าง ณ จุดที่ตัวนำฟ้าผ่าเกิดเป็นวงรอบตามสภาพในรูปที่ 1

จ.4.3 สิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรง

จ.4.3.1 ทั่วไป

สิ่งปลูกสร้างในงานอุตสาหกรรมมักประกอบด้วยส่วนของคอนกรีตเสริมแรงซึ่งมีการหล่อที่สถานที่ก่อสร้าง ในกรณีอื่นส่วนมากส่วนของโครงสร้างอาจประกอบด้วยคอนกรีตหล่อสำเร็จ หรือส่วนที่เป็นเหล็กกล้า

เหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีตเสริมแรงที่เป็นไปตามข้อ 4.3 อาจใช้เป็นส่วนประกอบโดยธรรมชาติของ LPS

ส่วนประกอบโดยธรรมชาตินั้นต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

- สายดินแนวดิ่ง เป็นไปตามข้อ 5.3
- ตาข่ายรากสายดิน เป็นไปตามข้อ 5.4

มากกว่านั้น เหล็กเส้นเสริมแรงที่นำไฟฟ้าได้ของคอนกรีต หากมีการใช้งานที่ถูกต้อง ควรทำเป็นกรงเพื่อให้ศักย์เท่ากันของ LPS ภายในตามข้อ 6.2

ยิ่งกว่านั้น เหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้างหากมีจำนวนเพียงพออาจทำหน้าที่เป็นตัวกำบังแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งช่วยป้องกันบริภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จากการแทรกสอดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าตาม มอก.1586 เล่ม 4

ถ้าเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีตและการก่อสร้างที่เป็นเหล็กอื่นๆ ของสิ่งปลูกสร้างมีการต่อถึงกันทั้งภายนอกและภายในเพื่อให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าตามข้อ 4.3 อาจทำให้บรรลุผลการป้องกันมีประสิทธิผลต่อความเสียหายทางกายภาพได้

กระแสที่ป้อนเข้าเหล็กเส้นเสริมแรงให้คิดว่าไหลผ่านเส้นทางขนานกันจำนวนมาก อิมพีแดนซ์ของเหล็กที่ต่อเป็นตาข่ายจึงมีค่าต่ำและผลสืบเนื่องทำให้แรงดันตกคร่อมเนื่องจากกระแสฟ้าผ่ามีค่าต่ำด้วย สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสที่ไหลในตาข่ายเหล็กเส้นเสริมแรงมีค่าน้อยเนื่องจากความหนาแน่นของกระแสมีค่าน้อย และเส้นทางกระแสที่ขนานกันจะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหักล้างกัน การแทรกสอดต่อตัวนำไฟฟ้าภายใน บริเวณข้างเคียงก็จะลดลงไปด้วย

หมายเหตุ การป้องกันการแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้า ดู มอก.1586 เล่ม 4 และ IEC 61000-5-2

เมื่อห้องที่ล้อมรอบด้วยผนังคอนกรีตเสริมแรงทั้งหมดซึ่งมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าตามข้อ 4.3 จะมีสนามแม่เหล็กในบริเวณใกล้เคียงผนัง ที่เกิดจากกระแสฟ้าผ่าที่ไหลผ่านเหล็กเส้นเสริมแรงน้อยกว่าในห้องของสิ่งปลูกสร้างที่ป้องกันด้วยสายดินแนวดิ่งที่ใช้ทั่วไป เนื่องจากแรงดันเหนี่ยวนำในตัวนำวงรอบที่ติดตั้งในห้องมีค่าต่ำลง การป้องกันความล้มเหลวของระบบภายในอาจถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยง่าย

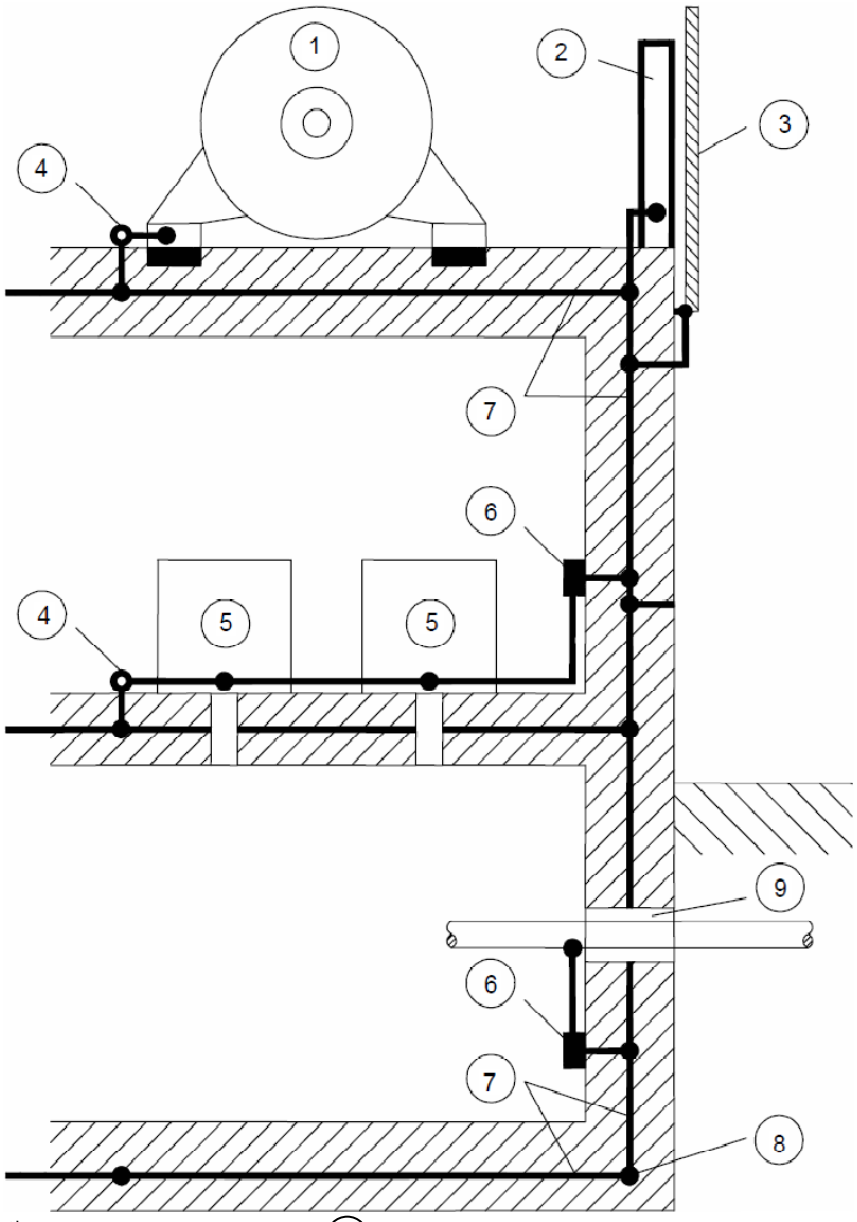
ภายหลังจากช่วงการก่อสร้าง เกือบเป็นไปไม่ได้ที่จะหารูปแบบการวางและการก่อสร้างของเหล็กเส้นเสริมแรง ดังนั้นรูปแบบการวางของเหล็กเส้นเสริมแรงเพื่อจุดประสงค์ในการป้องกันฟ้าผ่าควรจะมีการทำเป็นเอกสารและจัดเก็บอย่างดี เรื่องนี้สามารถทำได้โดยการใช้แบบเขียน คำอธิบาย และรูปถ่ายในระหว่างการก่อสร้าง

จ.4.3.2 การใช้ประโยชน์จากเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต

ตัวนำประสานหรือแผ่นสายดินแนวดิ่งควรทำให้เรียบร้อย เพื่อให้การต่อทางไฟฟ้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงมีความเชื่อถือได้

ตัวอย่าง โครงที่นำไฟฟ้าได้ที่ยึดติดกับสิ่งปลูกสร้างอาจใช้เป็นตัวนำของ LPS โดยธรรมชาติ และใช้เป็นจุดต่อของระบบประสานให้ศักย์เท่ากันภายใน

ตัวอย่างในทางปฏิบัติอันหนึ่งได้แก่ การใช้สมอบกฐานรากหรือรางที่ใช้เป็นฐานรองเครื่องจักรกล หรือเครื่องสำเร็จ หรือสิ่งห่อหุ้มภายนอก เพื่อให้บรรลุผลการประสานให้ศักย์เท่ากัน รูปที่ จ.4 แสดงการจัดวางเหล็กเส้นเสริมแรงและแท่งตัวนำประสานในสิ่งปลูกสร้างในงานอุตสาหกรรม



1 บริภัณฑ์ไฟฟ้ากำลัง
2 แท่งเหล็กรับแรง
3 โลหะปิดหน้าอาคาร
4 จุดต่อประสาน
5 บริภัณฑ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์
6 แท่งตัวนำประสาน
7 เหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต (โดยมีตัวนำตาข่ายเสริม)
8 รากสายดินฐานราก
9 ทางเข้าร่วมของระบบสาธารณูปโภคระบบต่างๆ

รูปที่ จ.4 การประสานให้ศักย์เท่ากันในสิ่งปลูกสร้างด้วยเหล็กเส้นเสริมแรง

ตำแหน่งของขั้วต่อประสานในสิ่งปลูกสร้างควรกำหนดไว้ตั้งแต่ตอนวางแผนช่วงต้นในการออกแบบ LPS และควรให้ผู้รับเหมางานโยธาทราบอย่างทั่วถึง

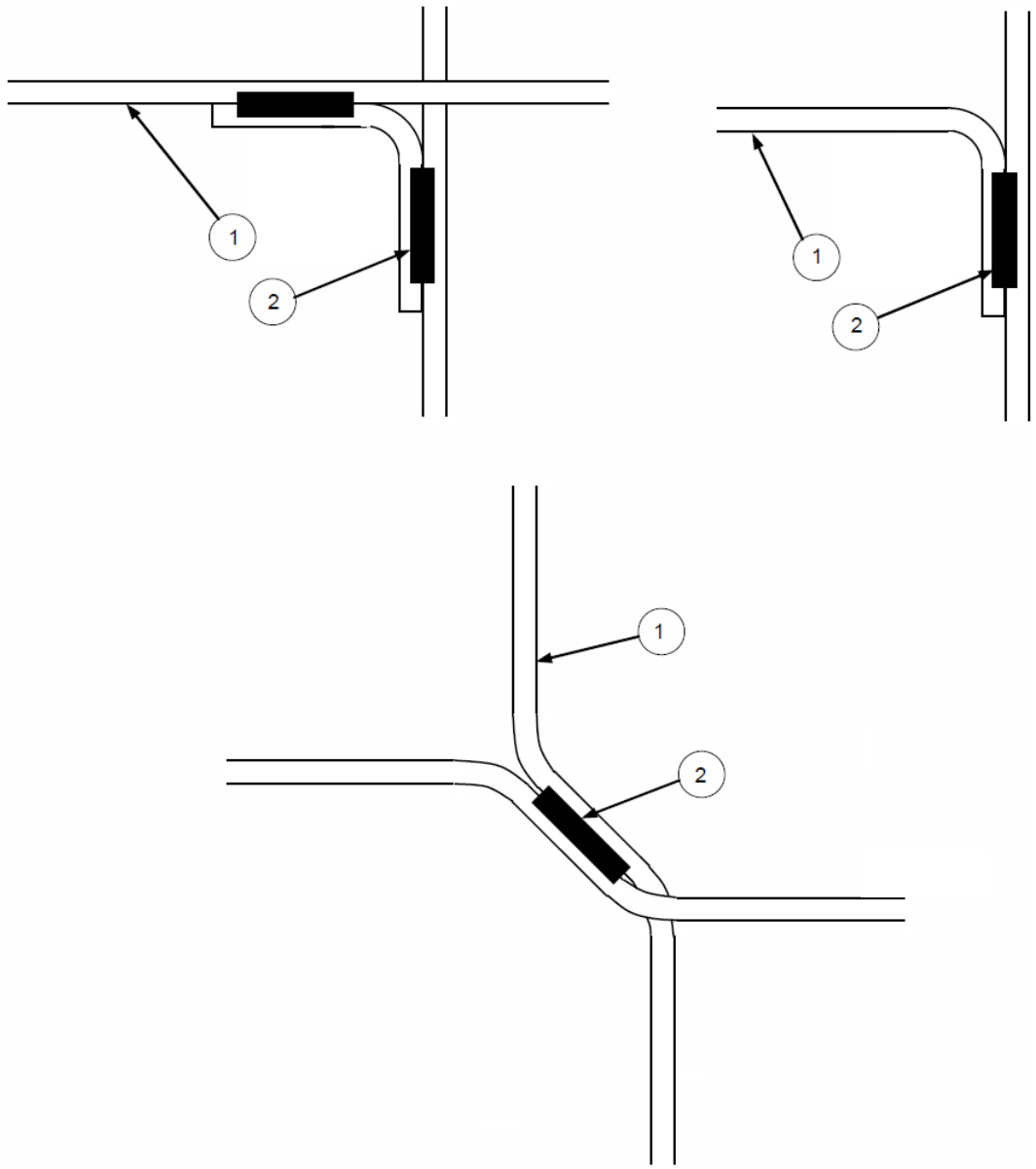
ผู้รับเหมางานอาคารควรได้รับการปรึกษาเพื่อพิจารณาตัดสินว่าอนุญาตให้เชื่อมกับเหล็กเส้นเสริมแรงได้หรือไม่ หรือทำการแคลมป์ได้หรือไม่ หรือต้องมีการติดตั้งตัวนำเพิ่มเติมหรือไม่ งานทั้งหมดที่จำเป็นควรทำและตรวจสอบก่อนเทคอนกรีต (นั่นคือ การวางแผน LPS ควรทำไปด้วยกันกับการออกแบบสิ่งปลูกสร้าง)

จ.4.3.3 การเชื่อมหรือการแคลมป์กับเหล็กเส้นเสริมแรง

เหล็กเส้นเสริมแรงควรมีความต่อเนื่องโดยการเชื่อมหรือการแคลมป์

หมายเหตุ แคลมป์ที่เป็นไปตามมาตรฐาน EN 50164-1 อาจพิจารณาได้ว่าเหมาะสม

การเชื่อมกับเหล็กเส้นเสริมแรงทำได้ต่อเมื่อได้รับอนุญาตจากผู้ออกแบบงานโยธาเท่านั้น การเชื่อมเหล็กเส้นเสริมแรงควรมีรอยเชื่อมที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 30 mm (ดูรูปที่ จ.5)



(1) เหล็กเส้นเสริมแรง

(2) ตะเข็บรอยเชื่อมที่มีความยาวอย่างน้อย 30 mm

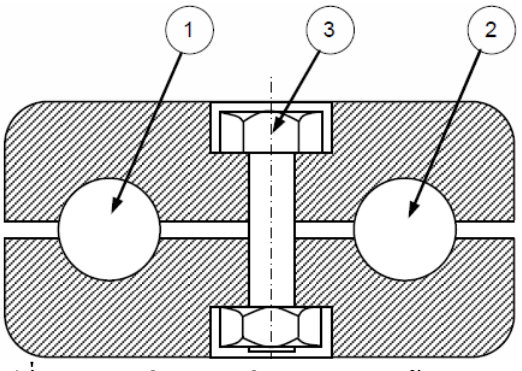
รูปที่ จ.5 การเชื่อมต่อเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีตเสริมแรง ถ้าได้รับอนุญาต

การต่อกับส่วนประกอบภายนอกของ LPS ควรทำโดยการต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงที่นำออกมาภายนอกคอนกรีต ณ ตำแหน่งที่ออกแบบไว้ หรือโดยใช้แท่งเหล็กต่อ หรือแผ่นสายดินแนวดิ่งที่ทะลุผ่านคอนกรีตออกมา ซึ่งได้มีการเชื่อมหรือมีการแคลมป์เข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรง

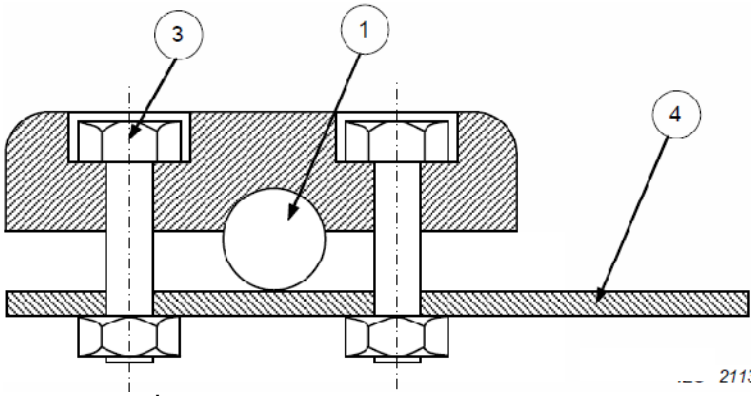
กรณีการต่อระหว่างเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีตกับตัวนำประสานทำโดยวิธีการแคลมป์ ควรมีการใช้ตัวนำประสานสองเส้นเสมอ (หรือใช้ตัวนำประสานหนึ่งเส้น ด้วยแคลมป์ 2 ตัว ต่อเข้ากับแท่งเสริมแรงที่ต่างกัน) เพื่อความปลอดภัย เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบจุดต่อได้ภายหลังคอนกรีตแข็งตัว ในกรณีที่ตัวนำประสานและเหล็กเส้นเสริมแรงเป็นโลหะต่างชนิด บริเวณจุดต่อควรมีการปิดผนึกโดยสมบูรณ์ด้วยสารประกอบป้องกันความชื้น

รูปที่ จ.6 แสดงการใช้แคลมป์เพื่อต่อเหล็กเส้นเสริมแรงกับตัวนำเทปตัน รูปที่ จ.7 แสดงรายละเอียดของการต่อระบบภายนอกกับเหล็กเส้นเสริมแรง

ตัวนำประสานควรมีมิติที่ได้สัดส่วนกับกระแสฟ้าผ่าที่ไหลผ่านจุดต่อประสาน (ดูตารางที่ 8 และ ตารางที่ 9)



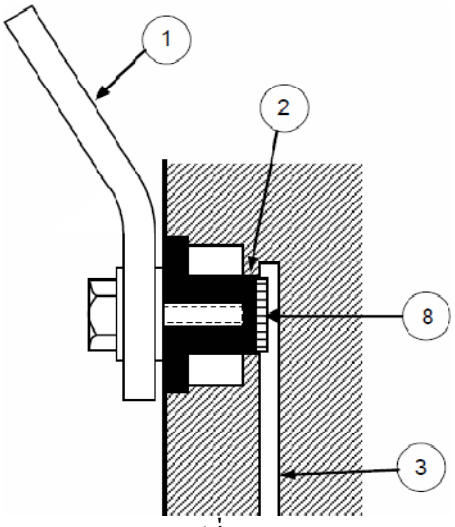
รูปที่ จ.6ก การต่อตัวนำแท่งกลมกับเหล็กเส้นเสริมแรง



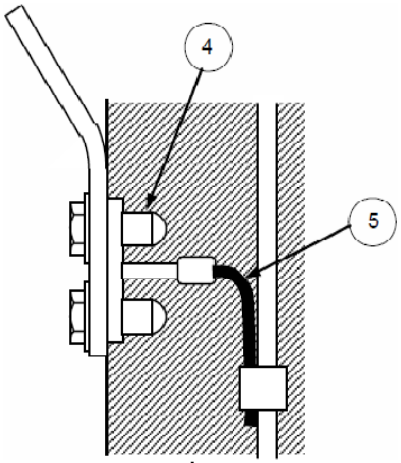
รูปที่ จ.6ข การต่อตัวนำเทปตันกับเหล็กเส้นเสริมแรง

(1) เหล็กเส้นเสริมแรง
(2) ตัวนำแท่งกลม
(3) สลักเกลียว
(4) เทปตัวนำ

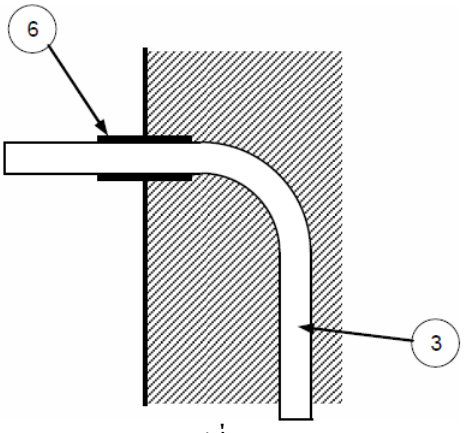
รูปที่ จ.6 ตัวอย่างของแคลมป์ที่ใช้ต่อระหว่างเหล็กเส้นเสริมแรงกับตัวนำ



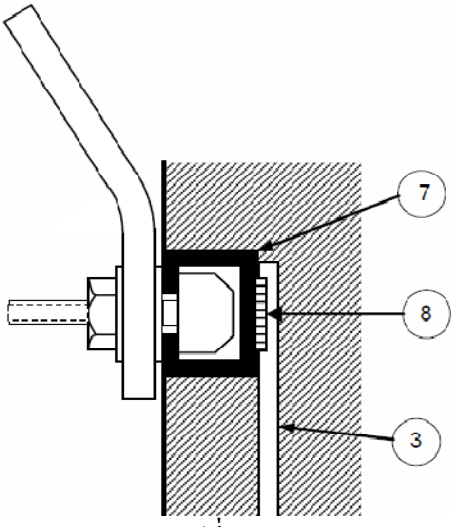
รูปที่ จ.7ก



รูปที่ จ.7ข



รูปที่ จ.7ค



รูปที่ จ.7ง

(1) ตัวนำประสาน
(2) แป้นเกลียวที่เชื่อมกับตัวต่อประสานที่เป็นเหล็ก
(3) ตัวต่อประสานที่เป็นเหล็กกล้า *
(4) จุดต่อประสานที่ไม่ใช่เหล็ก ฝังในคอนกรีต
(5) ตัวต่อประสานทองแดงตีเกลียว
(6) มาตรการป้องกันการกัดกร่อน
(7) เหล็กตัว C (แท่งยึดรูปร่าง C)
(8) จุดเชื่อม

* ตัวต่อประสานที่เป็นเหล็กกล้าที่ต่อด้วยการเชื่อมหรือการแคลมป์หลายจุดเข้ากับแท่งเหล็กเส้นเสริมแรง

หมายเหตุ การสร้างที่แสดงในรูปที่ จ.7ค ไม่ใช่การแก้ปัญหาที่ยอมรับโดยทั่วไปในเชิงปฏิบัติทางวิศวกรรมที่ดี

รูปที่ จ.7 ตัวอย่างจุดต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงในผนังคอนกรีตเสริมแรง

จ.4.3.4 วัสดุ

วัสดุต่อไปนี้สามารถใช้เป็นตัวนำเสริมติดตั้งในคอนกรีตเพื่อจุดประสงค์ในการป้องกันฟ้าผ่า คือ เหล็กกล้าเหล็กกล้าละมุน (mild steel) เหล็กเคลือบสังกะสี เหล็กกล้าไร้สนิม และทองแดง

การใช้เหล็กเคลือบสังกะสีในคอนกรีต ในบางครั้งผู้รับจ้างงานโยธาไม่อนุญาตให้ใช้ ซึ่งอาจเกิดจากความเข้าใจผิด เหล็กเส้นเสริมแรงจะได้รับการป้องกันด้วยคอนกรีตไม่ให้เกิดปฏิกิริยา เป็นผลให้สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ดี

เพื่อป้องกันการสับสนระหว่างเหล็กเส้นต่างชนิดในคอนกรีต แนะนำให้ใช้เหล็กกล้าที่เป็นเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 8 mm ผิวเรียบ เป็นตัวนำเสริม เพื่อให้แตกต่างจากเหล็กเส้นเสริมแรงข้ออ้อยทั่วไป

จ.4.3.5 การกัดกร่อน

กรณีที่เหล็กเส้นเสริมแรงเป็นตัวนำประสานผ่านผนังคอนกรีต ควรใส่ใจเป็นพิเศษเพื่อป้องกันการกัดกร่อนทางเคมี

มาตรการการป้องกันการกัดกร่อนที่ง่ายที่สุด คือ การหุ้มด้วยยางซิลิโคน หรือทาด้วยน้ำมันดิน (bitumen) ในบริเวณใกล้ๆ จุดทางออกจากผนัง เช่น 50 mm หรือมากกว่าในผนัง และ 50 mm หรือมากกว่าที่ด้านนอกผนัง (ดูรูปที่ จ.7ค)

กรณีตัวนำทองแดงเป็นตัวนำประสานผ่านผนังคอนกรีต จะไม่มีความเสี่ยงในการกัดกร่อนถ้าใช้ตัวนำตันมีจุดประสานที่ออกแบบเป็นพิเศษ หุ้มด้วยพีวีซี หรือใช้ตัวนำหุ้มฉนวน (ดูรูปที่ จ.7ข) กรณีตัวนำประสานเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมตามตารางที่ 6 และตารางที่ 7 ไม่จำเป็นต้องใช้มาตรการป้องกันการกัดกร่อน

กรณีที่บรรยากาศมีการกัดกร่อนรุนแรง แนะนำว่าตัวนำประสานที่ยื่นออกมานอกผนังต้องทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม

หมายเหตุ เหล็กเคลือบสังกะสีภายนอกคอนกรีตที่สัมผัสกับเหล็กกล้าเสริมแรงในคอนกรีตภายใต้สภาวการณ์บางอย่างอาจทำให้คอนกรีตเกิดความเสียหายได้

เมื่อใช้แป้นเกลียวฝังในคอนกรีตหรือใช้ส่วนประกอบที่ทำจากเหล็กกล้าละมุนควรมีการป้องกันการกัดกร่อนส่วนที่อยู่ภายนอกผนัง ควรใช้แหวนล็อกแบบมีฟันเพื่อให้มีการสัมผัสทางไฟฟ้าทะลุผ่านส่วนที่เคลือบผิวแป้นเกลียว (ดูรูปที่ จ.7ก)

ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการป้องกันการกัดกร่อนดูข้อ จ.5.6.2.2.2

จ.4.3.6 การต่อ

จากการตรวจสอบพบว่าการผูกเหล็กไม่เหมาะที่จะใช้เป็นจุดต่อที่เป็นทางผ่านของกระแสฟ้าผ่า มีความเสี่ยงที่สายที่ผูกจะเกิดการระเบิดและทำความเสียหายต่อคอนกรีต อย่างไรก็ดีจากการตรวจสอบที่ทำมาก่อนหน้านี้อนุมานได้ว่าการผูกเหล็กอย่างน้อยทุกเส้นที่ 3 ทำให้เกิดทางเชื่อมต่อทางไฟฟ้า จนทำให้ในทางปฏิบัติเหล็กทุกเส้นในคอนกรีตถูกต่อถึงกันทางไฟฟ้า และผลจากการวัดสำหรับสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรงสนับสนุนข้อสรุปข้างต้น

ดังนั้น กรณีจุดต่อที่เป็นทางผ่านของกระแสฟ้าผ่า การเชื่อมและการแคลมป์เป็นวิธีที่ดีกว่า ส่วนการผูกเหมาะสำหรับการต่อตัวนำเพิ่มเติมเพื่อให้ศักย์เท่ากันและเพื่อความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าเท่านั้น

การต่อวงจรภายนอกเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงที่ต่อถึงกันควรใช้วิธีเชื่อมหรือวิธีแคลมป์

การเชื่อมในคอนกรีตควรมีความยาวอย่างน้อย 30 mm กรณีเหล็กเส้นเดินตัดกันควรมีการดัดโค้งให้ขนานกันเป็นความยาวอย่างน้อย 50 mm ก่อนทำการเชื่อม

เมื่อแท่งเหล็กเชื่อมจำเป็นต้องฝังในคอนกรีตย่อมไม่พอเพียงที่จะเชื่อม ณ จุดตัดกันด้วยความยาวของรอยเชื่อมเพียงไม่กี่mm จุดเชื่อมนั้นมักหลุดออกเมื่อเทคอนกรีต

รูปที่ จ.5 แสดงการเชื่อมที่ถูกต้องของตัวนำประสานเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีตเสริมแรง

กรณีที่ไม่อนุญาตให้เชื่อมกับเหล็กเส้นเสริมแรง ควรใช้แคลมป์หรือตัวนำเพิ่ม ตัวนำเพิ่มเหล่านี้สามารถทำด้วยเหล็กกล้า เหล็กกล้าละมุน เหล็กกล้าเคลือบสังกะสี หรือทองแดง ตัวนำเพิ่มนี้ควรต่อเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงจำนวนมากด้วยการผูกและการแคลมป์เพื่อใช้ประโยชน์ในการเป็นกำบังของเหล็กกล้าเสริมแรง

หมายเหตุ กรณีที่อนุญาตให้เชื่อม ทั้งการเชื่อมแบบดั้งเดิมและการเชื่อมแบบเอ็กโซเทอร์มิกด้วยวิธีการเชื่อมที่เหมาะสมสามารถยอมรับได้

จ.4.3.7 สายดินแนวดิ่ง

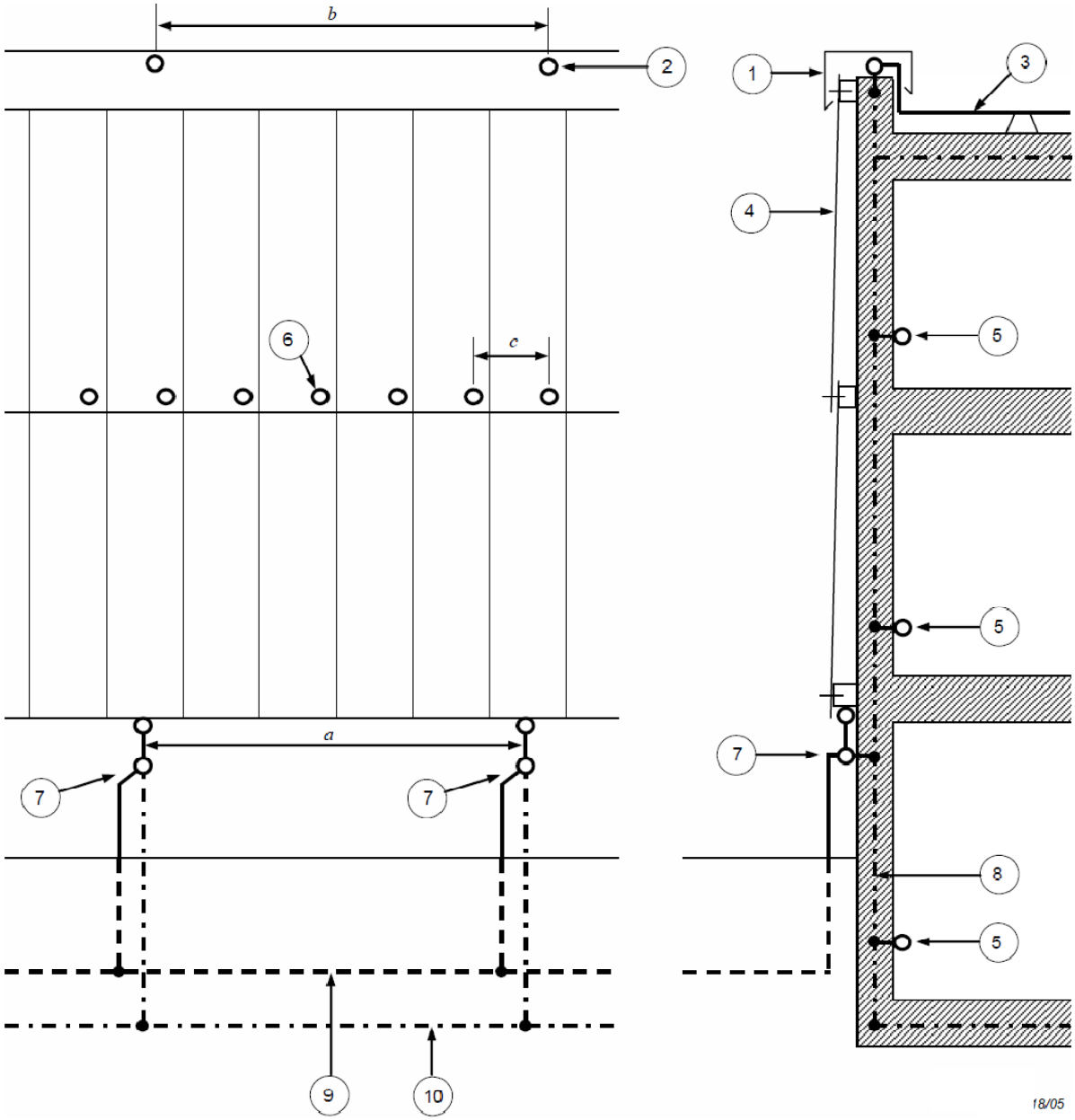
เหล็กเส้นเสริมแรงของผนังคอนกรีต หรือเสาคอนกรีต และโครงสร้างเหล็กของสิ่งปลูกสร้าง อาจใช้เป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ ควรจัดเตรียมปลายขั้วต่อไว้ที่ระดับหลังคาเพื่ออำนวยความสะดวกในการต่อกับระบบตัวนำล่อฟ้า และควรให้มีปลายขั้วต่อเพื่ออำนวยความสะดวกในการต่อกับระบบรากสายดิน ยกเว้นกรณีที่มีเพียงฐานรากคอนกรีตเสริมแรงเป็นรากสายดินอย่างเดียวเท่านั้น

เมื่อใช้เหล็กเส้นเสริมแรงเฉพาะเส้นใดเส้นหนึ่งเป็นสายดินแนวดิ่งควรตรวจสอบเส้นทางลงดินอย่างรอบคอบเพื่อให้แน่ใจว่าเหล็กเส้นดังกล่าวเป็นเส้นเดียวกันตลอดเส้นทางจนถึงดิน ซึ่งหมายถึงการจัดให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าโดยตรง

เมื่อไม่สามารถรับประกันได้ว่าสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติมีความต่อเนื่องในแนวดิ่งจากหลังคาจนถึงดิน ควรใช้ตัวนำเพิ่ม และตัวนำเพิ่มเหล่านี้ควรผูกเข้ากับเหล็กกล้าเสริมแรง

เมื่อใดก็ตามที่มีข้อสงสัยว่าสายดินแนวดิ่งมีทางลงดินโดยตรงสั้นที่สุดหรือไม่ (นั่นคือ ในกรณีสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่แล้ว) ควรใช้ระบบสายดินแนวดิ่งภายนอกเพิ่มเติม

รูปที่ จ.4 และรูปที่ จ.8 แสดงรายละเอียดของการก่อสร้างที่ใช้ส่วนประกอบโดยธรรมชาติใน LPS สำหรับสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรง ดูข้อ จ.5.4.3.2 เพิ่มเติมสำหรับการใช้เหล็กเส้นเสริมแรงของคอนกรีตเสริมแรงเป็นรากสายดินฐานราก

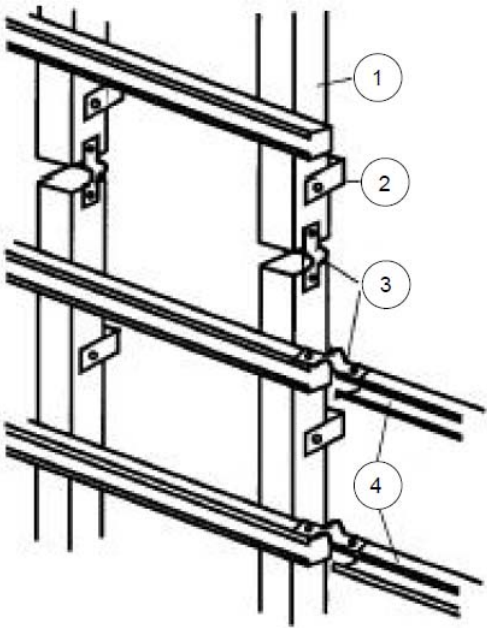


(1) ที่ครอบโลหะของกำแพงกันตกบนหลังคา
(2) จุดต่อระหว่างแผ่นปิดหน้าอาคารกับตัวนำล่อฟ้า
(3) ตัวนำล่อฟ้าแนวระดับ
(4) ส่วนโลหะปิดหน้าอาคาร
(5) แท่งตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากันของ LPS ภายใน
(6) จุดต่อระหว่างแผ่นปิดหน้าอาคาร
(7) จุดต่อทดสอบ
(8) เหล็กกล้าเสริมแรงในคอนกรีต
(9) รากสายดินวงแหวนแบบ ข
(10) รากสายดินฐานราก

ตัวอย่างในทางปฏิบัติอาจใช้ขนาดมิติต่างๆ ต่อไปนี้ $a = 5$ m $b = 5$ m $c = 1$ m

หมายเหตุ สำหรับจุดต่อระหว่างแผ่นดูรูปที่ จ.35

รูปที่ จ.8ก การใช้ส่วนโลหะปิดหน้าอาคารเป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ สำหรับสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเหล็กกล้าเสริมแรง



(1) โครงแนวดิ่ง
(2) ตัวยึดผนัง
(3) ตัวต่อ
(4) โครงแนวระดับ

รูปที่ จ.8ข การต่อส่วนรองรับส่วนปิดหน้าอาคาร

รูปที่ จ.8 การใช้ส่วนโลหะปิดหน้าอาคารเป็นระบบสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ และการต่อส่วนรองรับส่วนปิดหน้าอาคาร

สายดินแนวดิ่งภายในที่อยู่ในแต่ละเสาและผนังควรต่อถึงกันโดยใช้เหล็กเส้นเสริมแรงที่อยู่ในเสาและผนัง และควรมีสภาวะของความต่อเนื่องทางไฟฟ้าเป็นไปตามข้อ 4.3

เหล็กเส้นเสริมแรงของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จแต่ละชิ้น กับเหล็กเส้นเสริมแรงของเสาและผนังคอนกรีต ควรต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงของพื้นและหลังคาก่อนที่จะเทพื้นและหลังคา

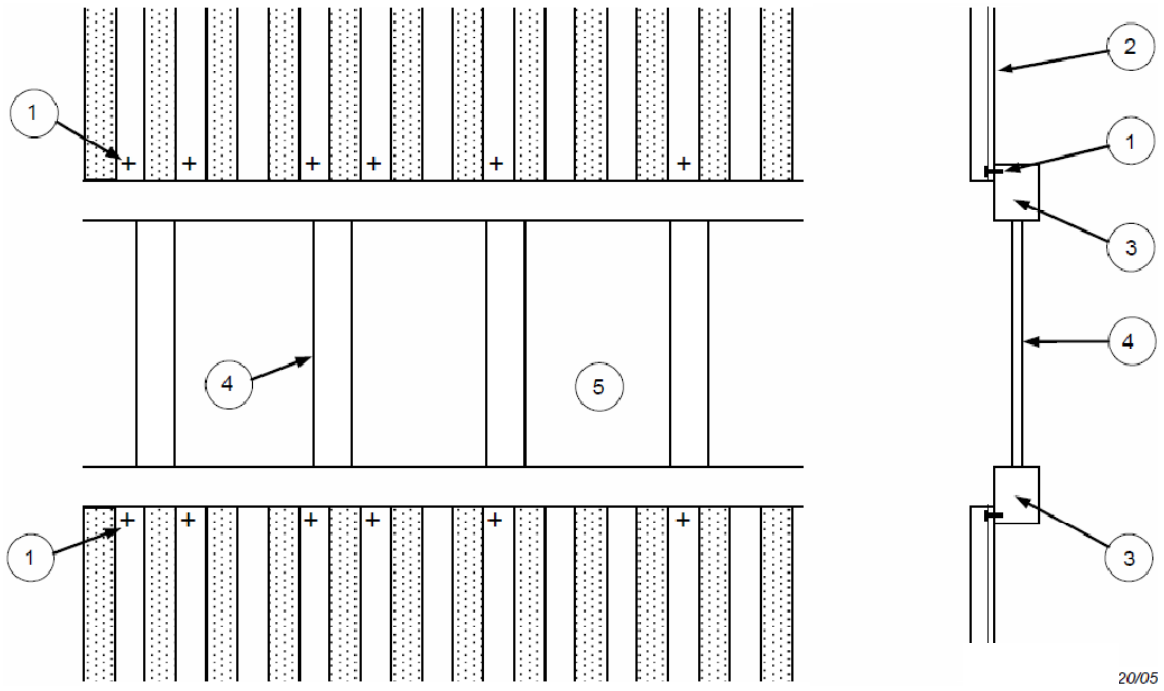
ส่วนนำไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง มีอยู่ในเหล็กเสริมคอนกรีตของโครงสร้างทั้งหมดที่หล่อในสถานที่ก่อสร้าง เช่น ผนัง เสา บันได ปล่องลิฟต์ ถ้ามีการเทพื้นคอนกรีตที่สถานที่ก่อสร้าง สายดินแนวดิ่งภายในแต่ละเสาและผนังควรต่อถึงกันโดยใช้เหล็กเส้นเสริมแรงเพื่อให้มั่นใจในการกระจายของกระแสฟ้าผ่าอย่างเท่าเทียม ถ้าพื้นทำจากแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ การต่อถึงกันดังกล่าวโดยทั่วไปทำไม่ได้ อย่างไรก็ดี ด้วยค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมเล็กน้อยสามารถเตรียมจุดต่อและจุดต่อปลายเส้นสำหรับเหล็กเส้นเสริมแรงของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จกับเหล็กเส้นเสริมแรงของเสาและผนังก่อนที่จะเทพื้น โดยการใส่แท่งเหล็กสำหรับต่อเพิ่ม

ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ใช้เป็นส่วนปิดหน้าอาคารแบบแขวนไม่มีประสิทธิผลในการใช้ป้องกันฟ้าผ่า เนื่องจากไม่มีการต่อประสาน ถ้าต้องการป้องกันฟ้าผ่าอย่างมีประสิทธิผลสูงสำหรับป้องกันบริภัณฑ์ที่อยู่

ภายในสิ่งปลูกสร้าง เช่น อาคารสำนักงาน ซึ่งมีบริภัณฑ์ที่ใช้ประมวลผลสารสนเทศและโครงข่ายคอมพิวเตอร์จำนวนมาก จำเป็นต้องเชื่อมต่อเหล็กเส้นเสริมแรงที่อยู่ภายในส่วนปิดหน้าอาคารให้ต่อถึงกันและต่อเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงของส่วนรับแรงของสิ่งปลูกสร้างในลักษณะที่ให้กระแสฟ้าผ่าสามารถไหลผ่านพื้นผิวด้านนอกทั้งหมดของสิ่งปลูกสร้าง (ดูรูปที่ จ.4)

ถ้ามีการติดตั้งหน้าต่างที่เป็นแถบต่อเนื่องที่ด้านนอกผนังของสิ่งปลูกสร้าง เป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการตัดสินใจว่าการต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จด้านบนและด้านล่างหน้าต่างที่เป็นแถบต่อเนื่อง จะใช้เสาที่มีอยู่แล้ว หรือควรต่อถึงกันโดยมีช่วงระยะที่น้อยกว่าซึ่งสอดคล้องกับความกว้างของหน้าต่าง

การต่อร่วมกันของส่วนนำไฟฟ้าได้ของผนังด้านนอกครอบคลุมเป็นบริเวณกว้างจะทำให้การกำบังแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับส่วนที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้างดีขึ้น รูปที่ จ.9 แสดงการต่อของหน้าต่างที่เป็นแถบต่อเนื่องเข้ากับส่วนปิดหน้าอาคารที่เป็นโลหะ



(1) จุดต่อระหว่างส่วนแผ่นปิดหน้าอาคารกับแถบโลหะของหน้าต่าง
(2) แผ่นปิดหน้าอาคารที่เป็นโลหะ
(3) แถบโลหะแนวระดับ
(4) แถบโลหะแนวดิ่ง
(5) หน้าต่าง

รูปที่ จ.9 การต่อของแถบต่อเนื่องของหน้าต่างเข้ากับส่วนปิดหน้าอาคารที่เป็นโลหะ

ถ้าใช้โครงสร้างเหล็กกล้าเป็นสายดินแนวดิ่ง เสาเหล็กกล้าทุกต้นต้องต่อเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงของฐานรากคอนกรีตที่จุดต่อประสานตามที่แสดงไว้ในรูปที่ จ.7 แท่งเหล็กกล้าต่อประสานที่อยู่ภายในคอนกรีตเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้างควรต่อถึงกันโดยใช้ตัวนำแนวดิ่งที่ทำจากเหล็กกล้าละมุนซึ่งเหมาะสำหรับการเชื่อม สิ่งปลูกสร้างใหม่ที่ทำด้วยคอนกรีตเสริมแรงควรก่อสร้างตามข้อ 4.3

หมายเหตุ สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้เหล็กเส้นเสริมแรงของผนังสิ่งปลูกสร้าง เพื่อจุดประสงค์ในการกำบังแม่เหล็กไฟฟ้า ดู มอก.1586 เล่ม 4

ในกรณีเป็นอาคารต่ำขนาดใหญ่ เช่น ห้องโถง หลังคาจะมีการรองรับโดยใช้เสาที่อยู่ภายใน เพิ่มเติมจากผนังรอบนอกของอาคาร ส่วนนำไฟฟ้าได้ของเสาควรต่อเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้าที่ยอดบนและระบบประสานให้ศักย์เท่ากันที่พื้น ทำหน้าที่เป็นสายดินแนวดิ่งที่อยู่ภายใน การแทรกสอดจากแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีมากขึ้นในบริเวณใกล้เคียงกับสายดินแนวดิ่งภายในเหล่านี้

สิ่งปลูกสร้างที่มีโครงเป็นเหล็ก โดยทั่วไปจะใช้โครงเหล็กของหลังคาที่ต่อกันด้วยสลักเกลียว ถ้าขันสลักเกลียวให้แน่นด้วยแรงที่ต้องการเพื่อให้ได้ความแข็งแรงทางกล ส่วนเหล็กที่ขันแน่นด้วยสลักเกลียวอาจถือได้ว่ามีการต่อถึงกันทางไฟฟ้า ชั้นบางๆ ของสีที่ทาทับจะทะลุผ่านด้วยกระแสฟ้าผ่าขณะเกิดการปล่อยประจุเริ่มแรก ด้วยเหตุนี้จึงเกิดการเชื่อมโยงทางไฟฟ้าถึงกัน

การต่อกันทางไฟฟ้าอาจปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยการเอาสิ่งปกคลุมที่ใต้หัวสลักเกลียว แป้นเกลียวและแหวนรองออก การปรับปรุงเพิ่มขึ้นไปอีกสามารถทำให้สำเร็จได้ด้วยการเชื่อมซึ่งมีตะเข็บรอยเชื่อมยาวประมาณ 50 mm หลังจากประกอบโครงสร้างเสร็จสมบูรณ์แล้ว

สิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่แล้วที่มีส่วนนำไฟฟ้าได้ภายในหรือบนผนังด้านนอกจำนวนมาก ควรทำให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นสายดินแนวดิ่ง แนะนำให้ใช้เทคนิคนี้เมื่อต้องการอนุรักษ์สถาปัตยกรรมที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมเพิ่มเติมจากความต้องการในการป้องกัน LEMP

ควรจัดให้มีแท่งตัวนำต่อให้ศักย์เท่ากันที่ต่อถึงกัน แท่งตัวนำต่อให้ศักย์เท่ากันแต่ละแท่งควรต่อกับส่วนนำไฟฟ้าได้ในผนังด้านนอกและในพื้น ซึ่งอาจมีอยู่แล้วโดยใช้แท่งเหล็กเส้นเสริมแรงตามแนวระดับในพื้นชั้นระดับพื้นและในพื้นชั้นอื่นๆ ถัดมา

ถ้าเป็นไปได้ควรจัดให้มีจุดสำหรับต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงในพื้นหรือในผนัง การต่อควรต่อเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงอย่างน้อย 3 เส้น

ในสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ แท่งตัวนำต่อให้ศักย์เท่ากันควรทำให้มีลักษณะเป็นตัวนำวงแหวน ในกรณีเช่นนั้นจุดต่อเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงควรต่อทุกระยะ 10 m นอกเหนือจากมาตรการที่อธิบายไว้สำหรับชั้นฐานแล้วไม่จำเป็นต้องมีมาตรการพิเศษเพิ่มเติมในการต่อเหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้างเข้ากับ LPS

จ.4.3.8 การทำให้ศักย์เท่ากัน

เมื่อต้องการต่อจุดต่อประสานจำนวนมากเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงที่พื้นชั้นต่างๆ และให้ความสนใจที่มีนัยสำคัญเพื่อให้ได้ทางเดินของกระแสที่มีความเหนี่ยวนำต่ำโดยใช้เหล็กเส้นเสริมแรงของผนังคอนกรีตเพื่อประสานให้ศักย์เท่ากันและเพื่อใช้เป็นตัวกำบังสำหรับส่วนที่อยู่ภายในของสิ่งปลูกสร้าง ให้ติดตั้งตัวนำวงแหวนภายในหรือด้านนอกคอนกรีตแต่ละชั้น ตัวนำวงแหวนเหล่านี้ควรต่อถึงกันด้วยตัวนำแนวดิ่งทุกระยะไม่เกิน 10 m

การจัดวางรูปแบบนี้ควรเป็นตัวเลือกแรก เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือมาก โดยเฉพาะกรณีที่ไม่ทราบขนาดของกระแสแทรกสอด

โครงข่ายของตัวนำที่ต่อเป็นตาข่ายเป็นอีกวิธีหนึ่งที่แนะนำให้ใช้ การต่อควรออกแบบให้สามารถรับกระแสขนาดสูงที่ไหลผ่านในเหตุการณ์ที่เกิดการผิดพร่องของระบบจ่ายไฟ

จ.4.3.9 การใช้ฐานรากเป็นรากสายดิน

โดยทั่วไปฐานรากของสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรมเป็นเหล็กเส้นเสริมแรง เหล็กเส้นเสริมแรงของฐานราก แผ่นฐานราก และผนังด้านนอกที่อยู่ใต้ผิวดินของสิ่งปลูกสร้าง ทำเป็นรากสายดินฐานรากที่ดีเยี่ยมหากเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 5.4

เหล็กเส้นเสริมแรงของฐานรากและผนังที่ฝังดินสามารถใช้เป็นรากสายดินฐานราก

วิธีนี้ทำให้มีผลการต่อลงดินที่ดีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด นอกจากนี้สิ่งห่อหุ้มโลหะที่ประกอบด้วยเหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้าง โดยทั่วไปสามารถใช้เป็นศักย์อ้างอิงที่ดีสำหรับสิ่งติดตั้งของแหล่งจ่ายไฟฟ้า สิ่งติดตั้งทางโทรคมนาคมและอิเล็กทรอนิกส์ในสิ่งปลูกสร้าง

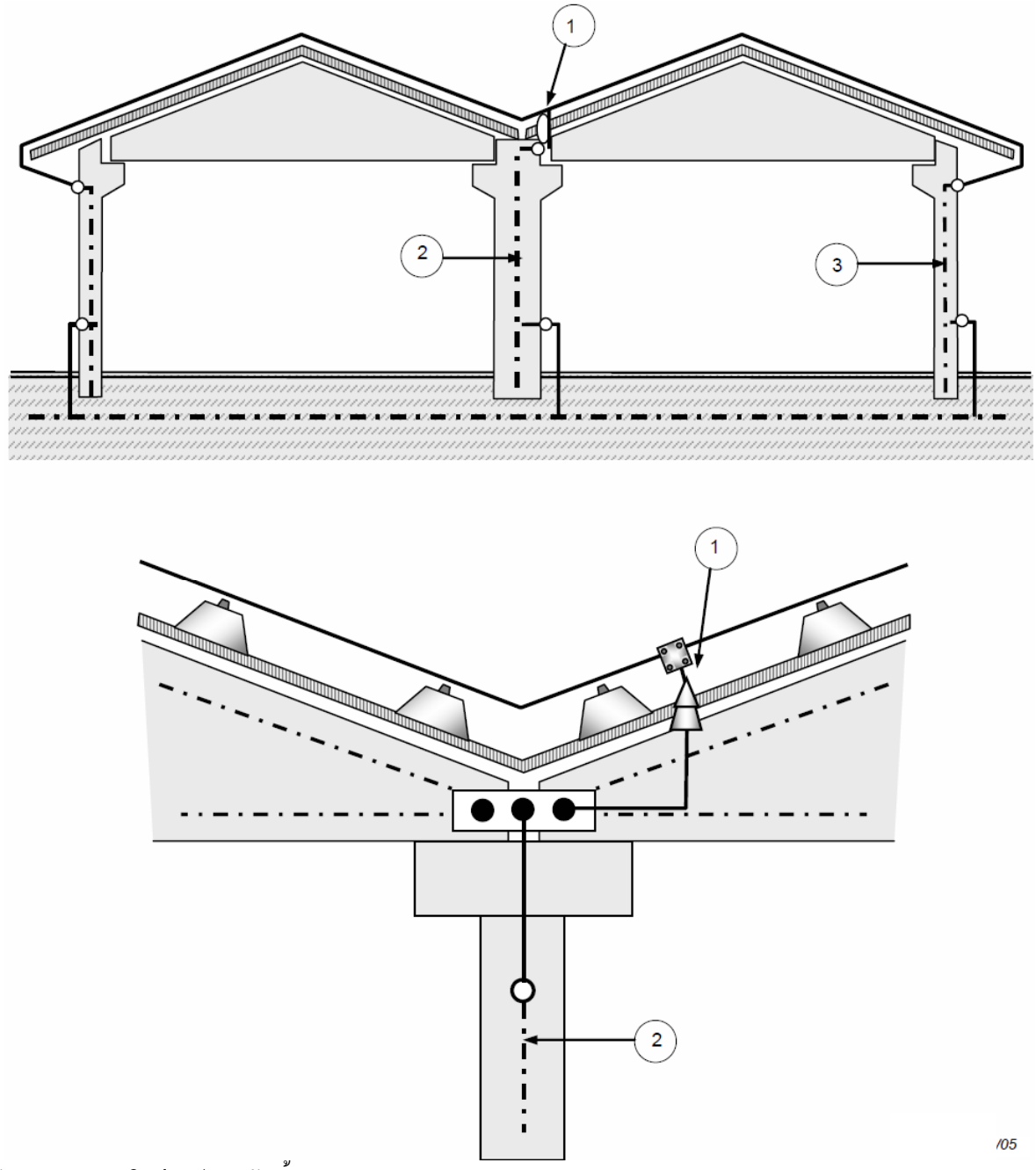
นอกเหนือจากการต่อถึงกันของเหล็กเส้นเสริมแรงโดยการผูกลวด แนะนำให้ติดตั้งโลหะเสริมที่เป็นตาข่ายเพื่อให้แน่ใจว่ามีจุดต่อที่ดี ตาข่ายที่ติดตั้งเพิ่มนี้ควรผูกเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงด้วย ตัวนำที่ใช้ต่อเข้ากับสายดินแนวดิ่งภายนอกหรือส่วนของสิ่งปลูกสร้างที่ใช้เป็นสายดินแนวดิ่งเพื่อการต่อเข้ากับรากสายดินที่ติดตั้งภายนอก ควรโผล่ออกจากคอนกรีต ณ จุดที่เหมาะสม

โดยทั่วไปถือว่าเหล็กเส้นเสริมแรงของฐานรากเป็นตัวนำทางไฟฟ้า ยกเว้นกรณีที่มีช่องว่างที่เผื่อไว้ระหว่างแต่ละส่วนของสิ่งปลูกสร้างเพื่อชดเชยอัตราการคืนตัวที่ต่างกัน

ช่องว่างระหว่างส่วนที่นำไฟฟ้าได้ของโครงสร้างควรเชื่อมโยงถึงกันด้วยตัวนำประสานตามที่กำหนดในตารางที่ 6 โดยใช้แคลมป์และจุดต่อตามข้อ 5.5

เหล็กเส้นเสริมแรงของเสาคอนกรีต บ่าเสา (pier) และผนังที่อยู่บนฐานรากควรต่อเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงของฐานรากและต่อเข้ากับส่วนนำไฟฟ้าได้ของหลังคา

รูปที่ จ.10 แสดงการออกแบบ LPS ของสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรงสำหรับบ่าเสาคอนกรีต ผนัง และหลังคาที่มีส่วนนำไฟฟ้าได้



(1) ตัวนำของ LPS เดินผ่านปลอกกันน้ำ
(2) เหล็กเส้นเสริมแรงในเสาคอนกรีต
(3) เหล็กเส้นเสริมแรงในผนังคอนกรีต

หมายเหตุ เหล็กเส้นเสริมแรงของเสาที่อยู่ภายในจะเป็นสายดินแนวดิ่งภายในโดยธรรมชาติเมื่อเหล็กเส้นเสริมแรงในเสาคอนกรีตต่อกับตัวนำล่อฟ้าและรากสายดินของ LPS สภาพแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณใกล้กับเสาควรมีการพิจารณาเมื่อมีบริภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อการรบกวนติดตั้งอยู่ใกล้เสา

รูปที่ จ.10 สายดินแนวดิ่งภายในของสิ่งปลูกสร้างอุตสาหกรรม

เมื่อไม่อนุญาตให้มีการเชื่อมเหล็กเส้นเสริมแรง ควรมีการติดตั้งตัวนำเสริมภายในบ่าเสาหรือใช้การต่อโดยหัวต่อที่ผ่านการทดสอบ ตัวนำเสริมเหล่านี้ควรมีการผูกเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงด้วย

ภายหลังเสร็จสิ้นการก่อสร้างและมีการต่อระบบสาธารณูปโภคต่างๆ ของอาคารเข้ากับแท่งตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน ในทางปฏิบัติบ่อยครั้งที่ไม่สามารถวัดความต้านทานดินซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนงานบำรุงรักษา

ถ้าในบางสภาวะที่ไม่สามารถวัดความต้านทานดินของรากสายดินฐานราก การติดตั้งรากสายดินอ้างอิง 1 แท่งหรือมากกว่าบริเวณใกล้กับสิ่งปลูกสร้างเป็นวิธีที่สามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมของระบบรากสายดินเมื่อเวลาผ่านไปหลายปี โดยทำวงจรวัดระหว่างรากสายดินกับระบบรากสายดินฐานราก อย่างไรก็ดีการทำให้ศักย์เท่ากันเป็นข้อดีหลักของระบบรากสายดินฐานรากและความต้านทานการต่อลงดินจะมีความสำคัญน้อยกว่า

จ.4.3.10วิธีดำเนินการติดตั้ง

ตัวนำของ LPS ทั้งหมดและแคลมป์ควรติดตั้งโดยผู้ติดตั้ง LPS

ควรมีการทำความตกลงกับผู้รับจ้างงานโยธาในเวลาที่พอเพียง เพื่อให้มั่นใจว่ากำหนดเวลาของงานก่อสร้างไม่เกินกำหนด อันเป็นผลของความล่าช้าในการติดตั้ง LPS ก่อนที่จะมีการเทคอนกรีต

ในระหว่างการก่อสร้างควรมีการวัดอย่างสม่ำเสมอ และผู้ติดตั้ง LPS ควรควบคุมดูแลการก่อสร้าง (ดูข้อ 4.3)

จ.4.3.11ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรงหล่อสำเร็จ

ถ้ามีการใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรงหล่อสำเร็จเพื่อการป้องกันฟ้าผ่า เช่น เป็นสายดินแนวดิ่งเพื่อการกำบังหรือเป็นตัวนำเพื่อทำให้ศักย์เท่ากัน ควรมีการเตรียมจุดสำหรับการต่อตามรูปที่ จ.7 เพื่อให้การต่อถึงกันของคอนกรีตเสริมแรงหล่อสำเร็จกับเหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้างสามารถทำได้โดยง่ายในภายหลัง

ตำแหน่งและรูปแบบของจุดต่อควรมีการกำหนดระหว่างการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรงหล่อสำเร็จ

จุดต่อควรอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จมีเหล็กเส้นเสริมแรงวางต่อเนื่อง จากจุดประสานหนึ่งไปยังจุดต่อไป

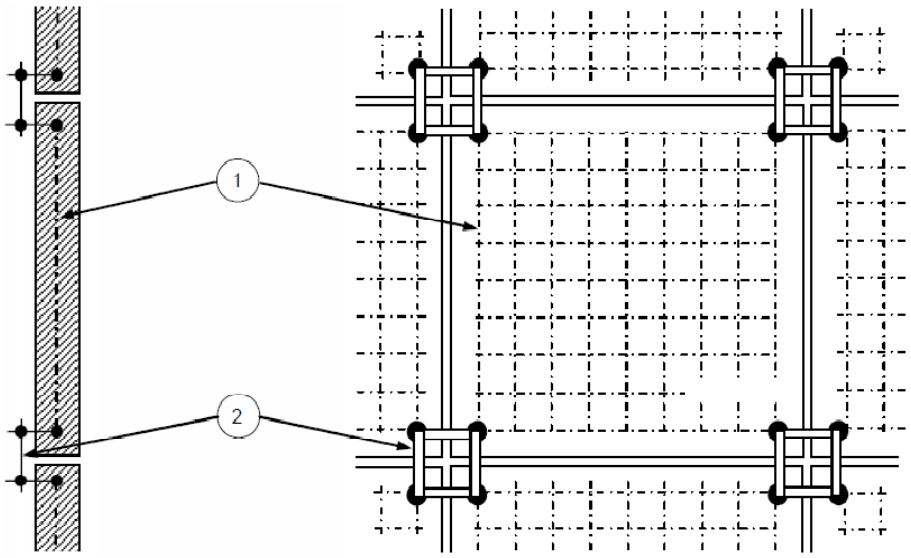
ถ้าการจัดวางเหล็กเส้นเสริมแรงต่อเนื่องภายในชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรงหล่อสำเร็จกับเหล็กเส้นเสริมแรงปกติทำไม่ได้ ควรติดตั้งตัวนำเพิ่มและผูกเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงที่มีอยู่

โดยทั่วไปควรมีจุดต่อ 1 จุดและตัวนำประสาน 1 เส้น ที่แต่ละมุมของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรงหล่อสำเร็จแบบแผ่น ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ จ.11

จ.4.3.12 จุดต่อขยาย

กรณีสิ่งปลูกสร้างประกอบด้วยหลายๆ ส่วนที่มีจุดต่อขยายจำนวนมาก ซึ่งเผื่อไว้สำหรับการคืนตัวของชิ้นส่วนคอนกรีต และต้องติดตั้งบริภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากภายในอาคาร ควรจัดให้มีตัวนำต่อประสานระหว่างเหล็กเส้นเสริมแรงของชิ้นส่วนต่างๆ โดยติดตั้งข้ามจุดต่อขยายทุกระยะไม่เกินครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งที่กำหนดในตารางที่ 4

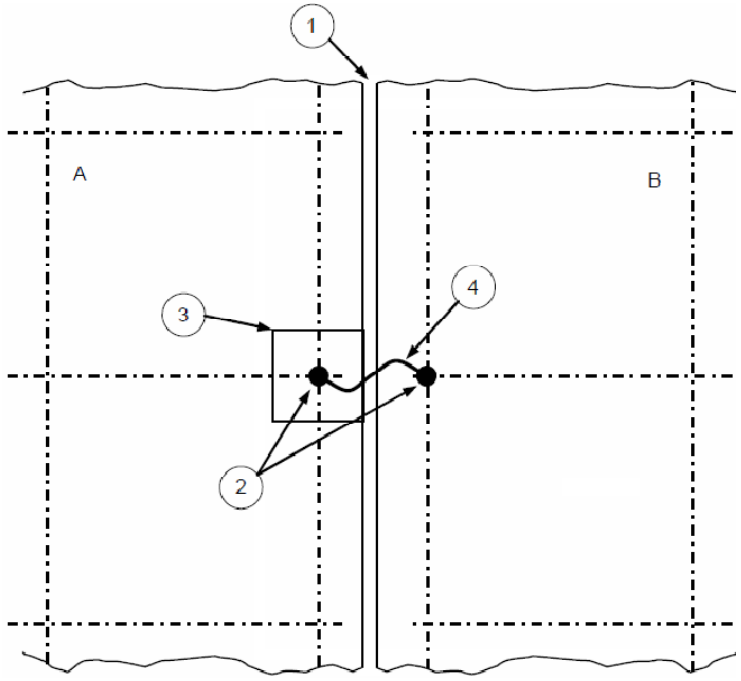
เพื่อให้มั่นใจว่าการทำให้ศักย์เท่ากันมีอิมพีแดนซ์ต่ำและมีกำบังที่มีประสิทธิผลสำหรับที่ว่างภายในสิ่งปลูกสร้าง จุดต่อขยายระหว่างส่วนต่างๆ ของสิ่งปลูกสร้างควรต่อถึงกันโดยมีช่วงห่างสั้นๆ (ระหว่าง 1 m ถึงครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่ง) โดยใช้ตัวนำประสานแบบอ่อนหรือแบบเลื่อนได้ ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์กำบังที่ต้องการ ตามที่แสดงในรูปที่ จ.11



(1) คอนกรีตเสริมแรงหล่อสำเร็จ

(2) ตัวนำประสาน

รูปที่ จ.11ก การติดตั้งตัวนำประสานบนชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรงหล่อสำเร็จแบบแผ่น โดยใช้ตัวนำเชื่อมต่อแบบใช้สลักเกลียวหรือเชื่อม



(1) ช่องขยาย
(2) จุดต่อแบบเชื่อม
(3) ส่วนเว้า
(4) ตัวนำประสานแบบอ่อน
A ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรง ส่วนที่ 1
B ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรง ส่วนที่ 2

รูปที่ จ.11ข การก่อสร้างโดยใช้ตัวนำประสานแบบอ่อนระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรง เพื่อต่อระหว่างช่องขยายของสิ่งปลูกสร้าง

รูปที่ จ.11 การติดตั้งตัวนำประสานในสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรง และการใช้ตัวนำประสานแบบอ่อนระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมแรง

จ.5 LPS ภายนอก

จ.5.1 ทั่วไป

จ.5.1.1 LPS ไม่แยกอิสระ

โดยส่วนใหญ่ LPS ภายนอกอาจติดกับสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

ถ้าผลทางความร้อนที่จุดที่ฟ้าผ่าหรือบนตัวนำที่นำกระแสฟ้าผ่าอาจทำความเสียหายให้กับสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน ระยะห่างระหว่างตัวนำของ LPS กับวัสดุที่ลุกไหม้ได้ควรมีค่าอย่างน้อย 0.1 m

หมายเหตุ กรณีตัวอย่างทั่วไป ได้แก่
- สิ่งปลูกสร้างที่มีสิ่งปกคลุมที่ติดไฟได้
- สิ่งปลูกสร้างที่มีผนังที่ติดไฟได้

การจัดวางตำแหน่งของตัวนำของ LPS ภายนอกเป็นพื้นฐานของการออกแบบ LPS และขึ้นอยู่กับรูปแบบของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน ระดับของการป้องกันที่ต้องการและวิธีการออกแบบทางเรขาคณิตที่ใช้ โดยทั่วไปการออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าจะเป็นตัวกำหนดการออกแบบระบบสายดินแนวดิ่ง ระบบราก สายดิน และการออกแบบ LPS ภายใน

ถ้าอาคารข้างเคียงมี LPS ควรต่อ LPS นั้นเข้ากับ LPS ของอาคารที่กำลังพิจารณา

จ.5.1.2 LPS แยกอิสระ

ควรใช้ LPS ภายนอกแยกอิสระ เมื่อการไหลของกระแสฟ้าผ่าเข้าไปในส่วนนำไฟฟ้าได้ภายในที่ต่อประสานอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งที่อยู่ภายใน

หมายเหตุ การใช้ LPS แยกอิสระอาจมีความสะดวก สำหรับกรณีที่การเปลี่ยนแปลงสิ่งปลูกสร้างทำให้ต้องดัดแปลง LPS

LPS ที่ต่อเข้ากับส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างและระบบการประสานให้ศักย์เท่ากันที่ระดับพื้นเท่านั้น ถือว่าเป็นระบบแยกอิสระตามข้อ 3.3

LPS แยกอิสระสามารถทำได้โดยติดตั้งแท่งตัวนำล่อฟ้าหรือเสาล่อฟ้าใกล้กับสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน หรือโดยการใช้สายขึงระหว่างเสา โดยมีระยะห่างตามระยะการแยกในข้อ 6.3

LPS แยกอิสระอาจติดตั้งบนสิ่งปลูกสร้างที่ทำจากวัสดุฉนวน เช่น อิฐ หรือ ไม้ โดยที่มีระยะการแยกตามข้อ 6.3 และไม่มีการต่อกับส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างหรือบริภัณฑ์ที่ติดตั้งอยู่ภายใน ยกเว้น การต่อเข้ากับรากสายดินที่ระดับพื้น

บริภัณฑ์ที่นำไฟฟ้าได้ภายในสิ่งปลูกสร้างและตัวนำไฟฟ้าไม่ควรติดตั้งห่างจากตัวนำของระบบตัวนำล่อฟ้าและสายดินแนวดิ่งน้อยกว่าระยะการแยกตามข้อ 6.3 การติดตั้งทั้งหมดในอนาคตต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของ LPS แยกอิสระ โดยผู้ออกแบบและก่อสร้าง LPS ต้องแจ้งให้เจ้าของสิ่งปลูกสร้างทราบถึงข้อกำหนดดังกล่าวด้วย

เจ้าของสิ่งปลูกสร้างควรแจ้งให้ผู้รับเหมาในอนาคตที่จะมาทำงานภายในหรือบนอาคารเกี่ยวกับข้อกำหนดข้างต้น ผู้รับเหมาที่รับผิดชอบงานดังกล่าวควรแจ้งให้เจ้าของสิ่งปลูกสร้างทราบหากไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดดังกล่าวได้

ส่วนต่างๆ ทั้งหมดของบริภัณฑ์ที่ติดตั้งในสิ่งปลูกสร้างที่มี LPS แยกอิสระควรวางไว้ภายในปริมาตรป้องกันของ LPS และเป็นไปตามเงื่อนไขของระยะการแยก ตัวนำของ LPS ควรติดตั้งบนตัวรองรับที่เป็นฉนวนถ้าตัวนำที่ติดยึดกับผนังของสิ่งปลูกสร้างโดยตรงอยู่ใกล้กับส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างมากเกินไป เพื่อให้ระยะห่างระหว่าง LPS กับส่วนนำไฟฟ้าได้ภายในมีค่ามากกว่าระยะการแยกตามข้อ 6.3

ส่วนนำไฟฟ้าได้ของชิ้นส่วนที่ติดตั้งแบบเสมอหลังคา ซึ่งไม่ได้ต่อเข้ากับตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน และมีระยะห่างจากระบบตัวนำล่อฟ้าไม่เกินกว่าระยะการแยก แต่มีระยะห่างจากตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากันเกินกว่าระยะการแยก ควรต่อเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้าของ LPS แยกอิสระ

การออกแบบ LPS และคำแนะนำในเรื่องความปลอดภัยในการทำงานในบริเวณใกล้เคียงกับสิ่งติดตั้งบนหลังคา ควรคำนึงถึงความจริงที่ว่าแรงดันที่เกิดขึ้นบนสิ่งติดตั้งนั้นจะมีค่าสูงขึ้นเท่ากับแรงดันของระบบตัวนำล่อฟ้าในกรณีที่เกิดฟ้าผ่า

LPS แยกอิสระควรติดตั้งบนสิ่งปลูกสร้างที่มีส่วนนำไฟฟ้าได้ต่อถึงกันครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง เมื่อต้องการที่จะป้องกันไม่ให้กระแสฟ้าผ่าไหลผ่านผนังของสิ่งปลูกสร้างและบริภัณฑ์ที่ติดตั้งอยู่ภายใน

กรณีสิ่งปลูกสร้างประกอบไปด้วยส่วนนำไฟฟ้าได้ที่ต่อถึงกันอย่างต่อเนื่อง เช่น สิ่งปลูกสร้างใช้โครงเหล็กหรือคอนกรีตเสริมแรง ควรรักษาระยะห่างระหว่างส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างกับ LPS แยกอิสระไม่น้อยกว่าระยะการแยก เพื่อให้บรรลุผลการแยกที่เพียงพอ ตัวนำของ LPS อาจต้องยึดติดกับสิ่งปลูกสร้างโดยตัวจับยึดตัวนำที่เป็นฉนวน

ควรตั้งข้อสังเกตไว้ว่า เสาและเพดานที่เป็นคอนกรีตเสริมแรงมักใช้ในสิ่งปลูกสร้างแบบก่ออิฐ

จ.5.1.3 ประกายอันตราย

การเกิดประกายอันตรายระหว่าง LPS กับ โลหะ สิ่งติดตั้งทางไฟฟ้าและสิ่งติดตั้งทางโทรคมนาคม สามารถหลีกเลี่ยงได้ดังนี้

- ใน LPS แยกอิสระ ให้ใช้การฉนวนหรือการรักษาระยะการแยกตามข้อ 6.3
- ใน LPS ไม่แยกอิสระ ให้ใช้การประสานให้ศักย์เท่ากันตามข้อ 6.2 หรือใช้การฉนวน หรือการรักษาระยะการแยกตามข้อ 6.3

จ.5.2 ระบบตัวนำล่อฟ้า

จ.5.2.1 ทั่วไป

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ได้ให้เกณฑ์ใดๆ สำหรับการเลือกระบบตัวนำล่อฟ้า เพราะถือว่า แท่งตัวนำ สายขึง และตัวนำตาข่าย มีความเทียบเท่ากัน

การจัดวางระบบตัวนำล่อฟ้าควรทำตามข้อกำหนดในตารางที่ 2

จ.5.2.2 การจัดวางตำแหน่ง

การออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าควรใช้วิธีที่กำหนดต่อไปนี้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือร่วมกันแบบใดๆ ก็ได้ โดยให้โซนการป้องกันที่เกิดจากส่วนต่างๆ ของตัวนำล่อฟ้ามีการทับซ้อนกัน และแน่ใจว่าสิ่งปลูกสร้างทั้งหลายได้รับการป้องกันตามข้อ 5.2

- วิธีมุมป้องกัน
- วิธีทรงกลมกลิ้ง
- วิธีตาข่าย

ทั้ง 3 วิธี อาจใช้ในการออกแบบ LPS การเลือกระดับชั้นของ LPS ขึ้นอยู่กับผลการประเมินสภาพในทางปฏิบัติของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกันในเรื่องความเหมาะสมและความล่อแหลมต่อการถูกฟ้าผ่า

วิธีการจัดวางตำแหน่งอาจเลือกโดยผู้ออกแบบ LPS อย่างไรก็ดีอาจนำข้อพิจารณาต่อไปนี้มาใช้ได้

- วิธีมุมป้องกัน เหมาะสำหรับสิ่งปลูกสร้างรูปแบบง่ายๆ หรือส่วนเล็กๆ ของสิ่งปลูกสร้างที่ใหญ่กว่า วิธีนี้ไม่เหมาะสมสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่สูงกว่ารัศมีของทรงกลมกลิ้งที่กำหนดตามระดับป้องกันของ LPS ที่เลือกใช้
- วิธีทรงกลมกลิ้ง เหมาะสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีรูปแบบซับซ้อน
- วิธีตาข่าย ใช้สำหรับจุดประสงค์ทั่วไป และโดยเฉพาะเหมาะสมสำหรับการป้องกันพื้นผิวที่เป็นระนาบ

วิธีการออกแบบตัวนำล่อฟ้าและวิธีการออกแบบ LPS ซึ่งใช้สำหรับส่วนต่างๆ ของสิ่งปลูกสร้าง ควรมีการระบุอย่างชัดเจนไว้ในเอกสารการออกแบบ

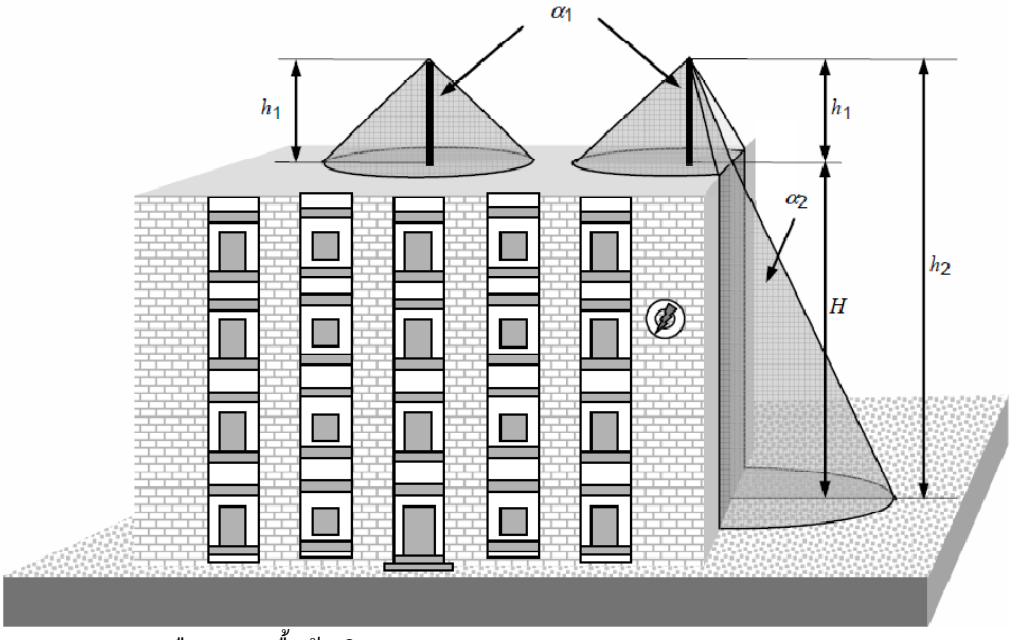
จ.5.2.2.1 วิธีมุมป้องกัน

ตัวนำล่อฟ้า แท่งตัวนำล่อฟ้า เสาล่อฟ้า และสายล่อฟ้า ควรมีการจัดวางตำแหน่งเพื่อให้ส่วนต่างๆ ของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกันอยู่ภายในปริมาตรป้องกันซึ่งล้อมรอบด้วยพื้นผิวที่เกิดขึ้นจากการฉายจุดต่างๆ บนตัวนำล่อฟ้าไปยังระนาบอ้างอิงด้วยมุม α กับแนวดิ่งในทุกทิศทาง

มุมป้องกัน α ควรเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2 โดยที่ค่า *h* คือ ความสูงของตัวนำล่อฟ้าที่อยู่เหนือพื้นผิวที่จะป้องกัน

จุดหนึ่งจุดจะทำให้เกิดปริมาตรป้องกันรูปกรวย รูปที่ ก.1 และรูปที่ ก.2 แสดงให้เห็นปริมาตรป้องกันที่เกิดจากตัวนำล่อฟ้าที่ต่างกันของ LPS

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า มุมป้องกัน α มีค่าแตกต่างกันไปตามความสูงของตัวนำล่อฟ้าที่อยู่เหนือพื้นผิวที่จะป้องกัน (ดูรูปที่ ก.3 และรูปที่ จ.12)



H ความสูงของอาคารเหนือระนาบพื้นอ้างอิง

h_1 ความสูงทางกายภาพของแท่งตัวนำล่อฟ้า

$h_2 = h_1 + H$ ความสูงของแท่งตัวนำล่อฟ้าเหนือพื้น

α_1 มุมป้องกันซึ่งสอดคล้องกับความสูงของตัวนำล่อฟ้า ($h = h_1$) ซึ่งเท่ากับความสูงจากพื้นผิวหลังคาที่จะวัด (ระนาบอ้างอิง)

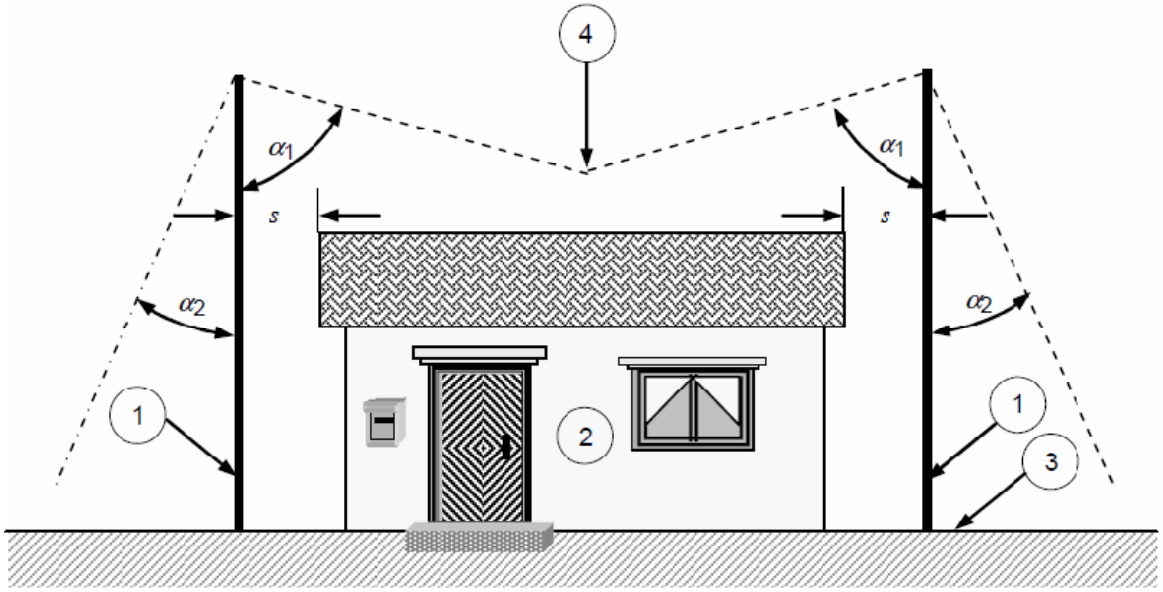
α_2 มุมป้องกันซึ่งสอดคล้องกับความสูง h_2

รูปที่ จ.12 การออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าโดยใช้วิธีมุมป้องกัน สำหรับความสูงต่างๆ ตามตารางที่ 2

วิธีมุมป้องกันมีข้อจำกัดทางเรขาคณิต และไม่สามารถใช้ได้ในกรณีที่ h มีค่ามากกว่ารัศมีของทรงกลมกลิ้ง (r) ในตารางที่ 2

ถ้าโครงสร้างบนหลังคาที่จะป้องกันด้วยส่วนยอดของสิ่งปลูกสร้าง และปริมาตรป้องกันของส่วนยอดของสิ่งปลูกสร้างอยู่เกินออกไปจากขอบของอาคาร ให้วางตำแหน่งส่วนยอดของสิ่งปลูกสร้างระหว่างสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกันกับขอบของอาคาร ถ้าทำไม่ได้ให้ใช้วิธีทรงกลมกลิ้งแทน

การออกแบบตัวนำล่อฟ้าโดยใช้วิธีมุมป้องกันแสดงไว้ในรูปที่ จ.13 และรูปที่ จ.14 สำหรับ LPS แยกอิสระ และรูปที่ จ.15 และรูปที่ จ.16 สำหรับ LPS ไม่แยกอิสระ



(1) เสาล่อฟ้า

(2) สิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

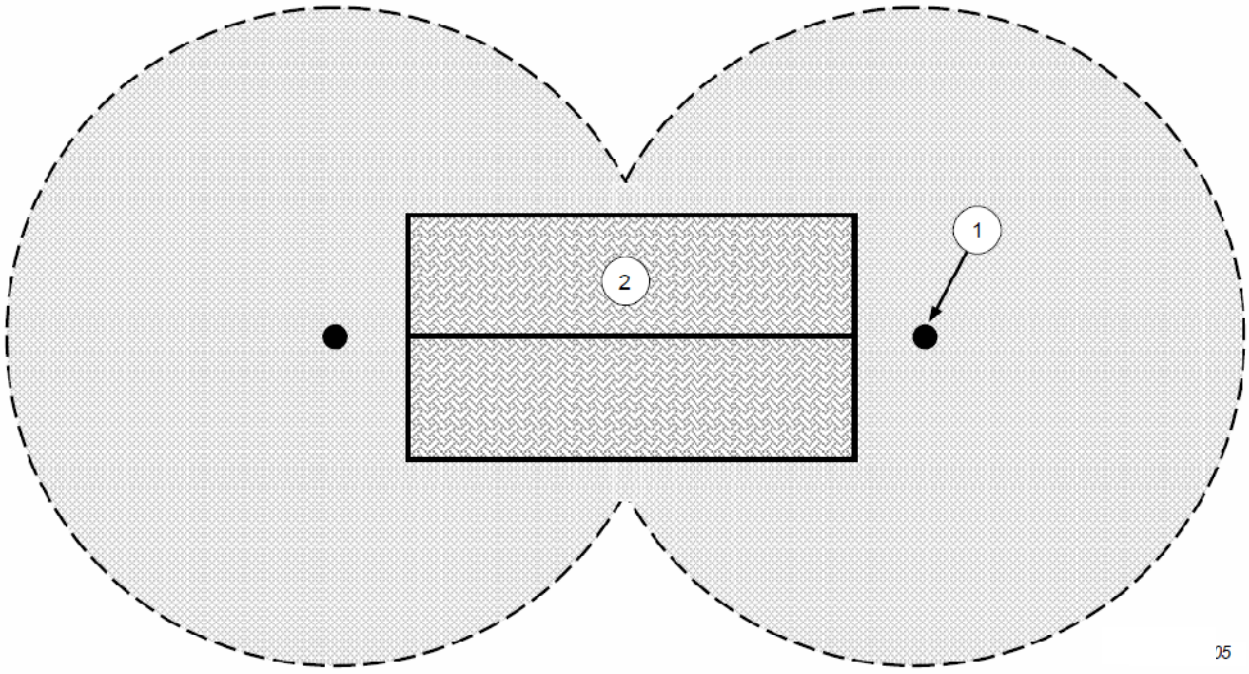
(3) ระดับพื้นที่เป็นระนาบอ้างอิง

(4) จุดตัดระหว่างกรวยป้องกัน

s ระยะการแยกตามที่กำหนดในข้อ 6.3

α_1, α_2 มุมป้องกันตามตารางที่ 2

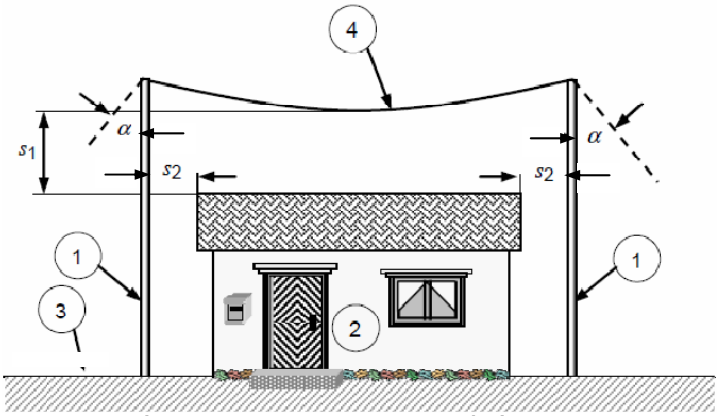
รูปที่ จ.13ก ภาพฉายบนระนาบแนวดิ่ง



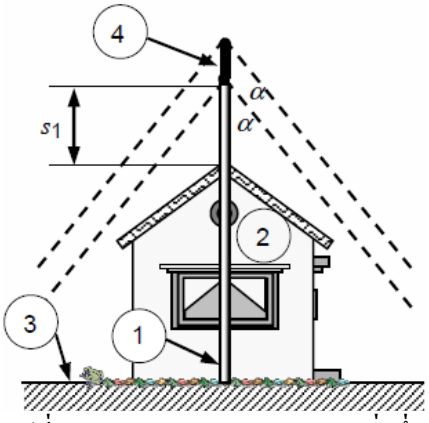
หมายเหตุ วงกลม 2 วง แสดงถึงพื้นที่ป้องกันบนระดับพื้นซึ่งเป็นระนาบอ้างอิง

รูปที่ จ.13 ข ภาพฉายบนระนาบอ้างอิงแนวระดับ

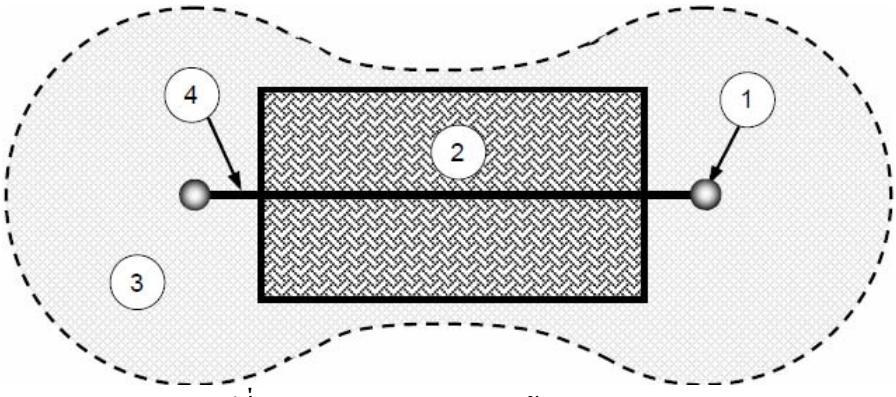
รูปที่ จ.13 LPS ภายนอกแยกอิสระ ซึ่งใช้เสาล่อฟ้าแยกอิสระ 2 ต้น ที่ออกแบบตามวิธีมุมป้องกัน



รูปที่ จ.14ก ภาพฉายบนระนาบแนวดิ่งที่มีเสา 2 ต้น



รูปที่ จ.14ข ภาพฉายบนระนาบแนวดิ่งซึ่งตั้งฉากกับระนาบที่มีเสา 2 ต้น



รูปที่ จ.14ค ภาพฉายบนระนาบอ้างอิงแนวระดับ

(1) เสาล่อฟ้า

(2) สิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

(3) พื้นที่ป้องกันบนระนาบอ้างอิง

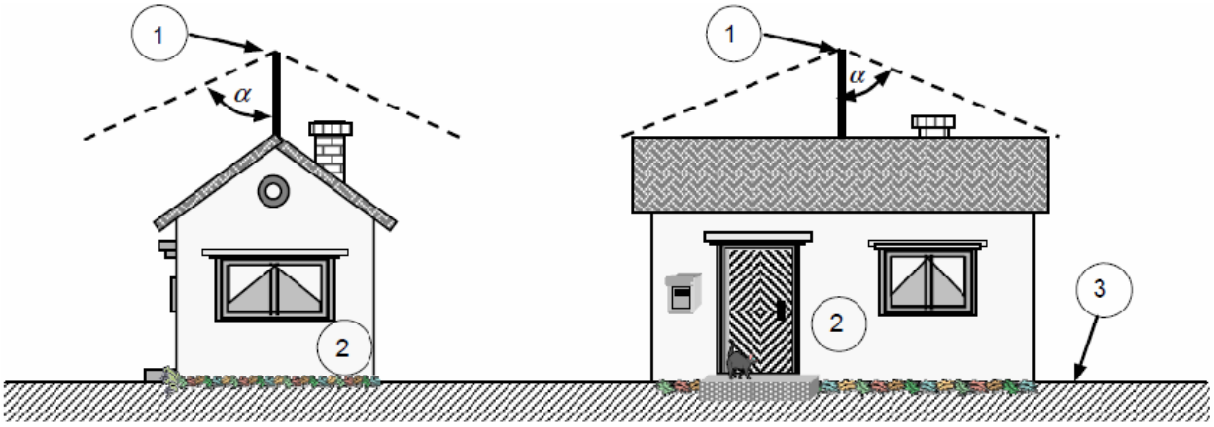
(4) สายล่อฟ้าแนวระดับ

s_1, s_2 ระยะการแยกตามข้อ 6.3

α มุมป้องกันตามตารางที่ 2

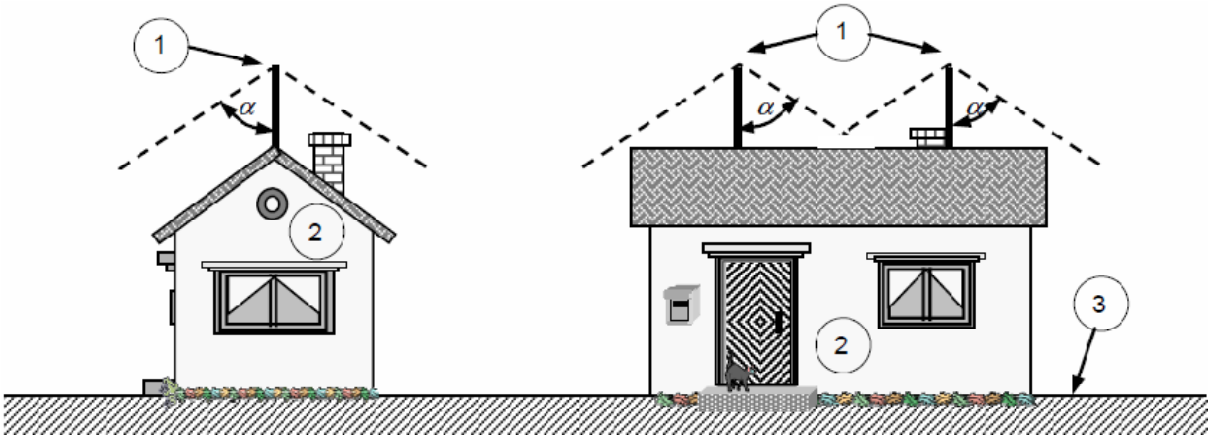
หมายเหตุ ระบบตัวนำล่อฟ้าออกแบบตามวิธีมุมป้องกัน สิ่งปลูกสร้างทั้งหลังควรอยู่ภายในปริมาตรป้องกัน

รูปที่ จ.14 LPS ภายนอกแยกอิสระ ซึ่งใช้เสาล่อฟ้าแยกอิสระสองต้นต่อถึงกันด้วยสายตัวนำขึงแนวระดับ



(1) แท่งตัวนำล่อฟ้า
(2) สิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน
(3) ระนาบอ้างอิงสมมุติ
α มุมป้องกันตามตารางที่ 2

รูปที่ จ.15ก ตัวอย่างแสดงการใช้แท่งตัวนำล่อฟ้า 1 แท่ง

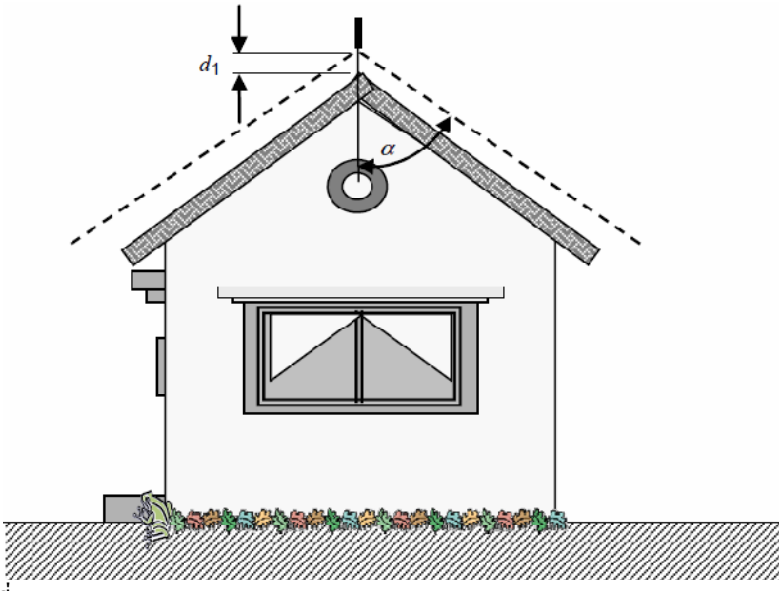


(1) แท่งตัวนำล่อฟ้า
(2) สิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน
(3) ระนาบอ้างอิงสมมุติ
α มุมป้องกันตามตารางที่ 2

รูปที่ จ.15ข ตัวอย่างแสดงการใช้แท่งตัวนำล่อฟ้า 2 แท่ง

หมายเหตุ สิ่งปลูกสร้างทั้งหลังควรอยู่ภายในปริมาตรป้องกันของแท่งตัวนำล่อฟ้า

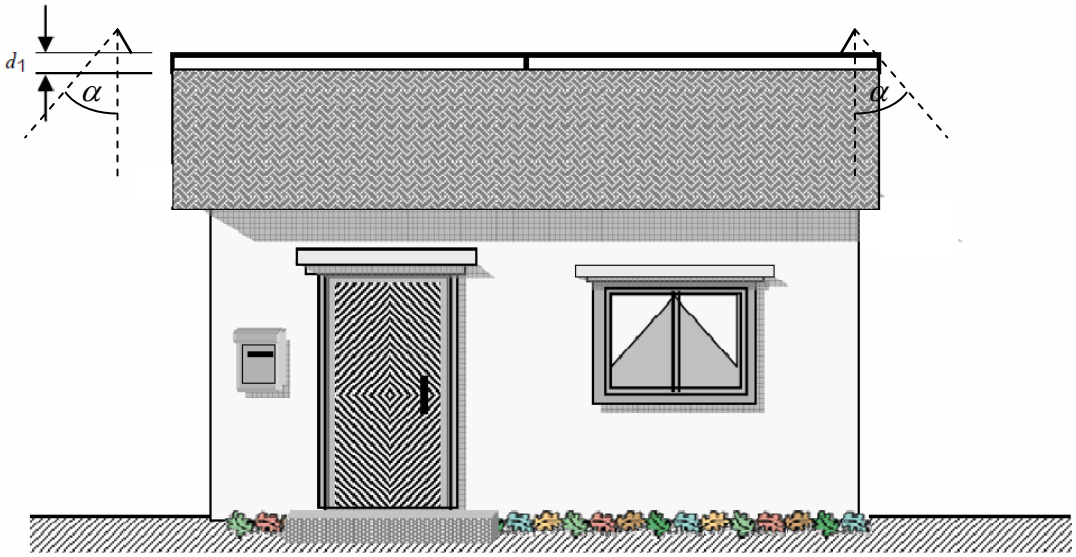
รูปที่ จ.15 ตัวอย่างการออกแบบตัวนำล่อฟ้าของ LPS ไม่แยกอิสระโดยใช้แท่งตัวนำล่อฟ้า



α มุมป้องกันตามตารางที่ 2

d_1 ระยะห่างของสายแนวระดับจากหลังคา

รูปที่ จ.16ก ภาพฉายบนระนาบแนวดิ่ง ซึ่งตั้งฉากกับระนาบที่มีสายตัวนำล่อฟ้า



α มุมป้องกันตามตารางที่ 2

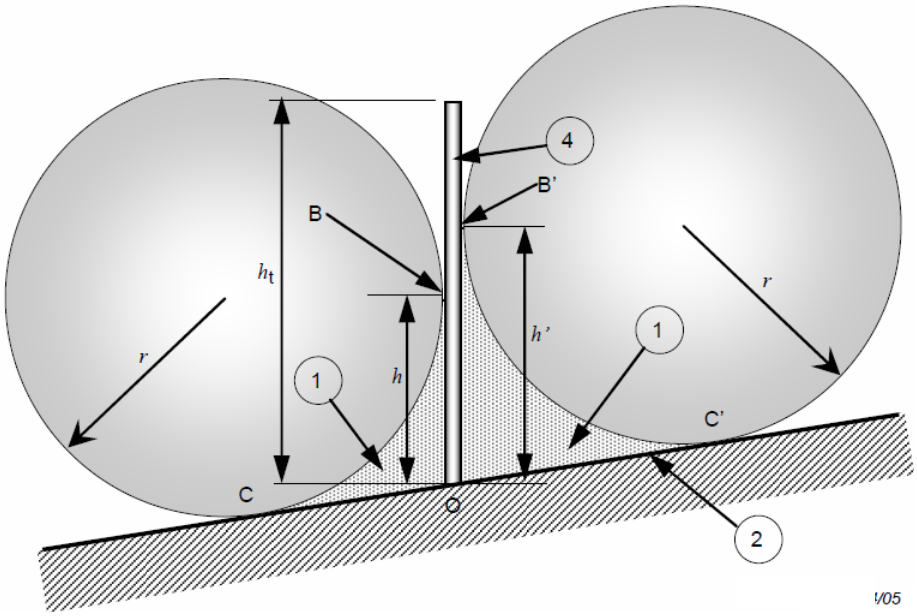
d_1 ระยะห่างของสายแนวระดับจากหลังคา

หมายเหตุ สิ่งปลูกสร้างทั้งหลังควรอยู่ภายในปริมาตรป้องกัน

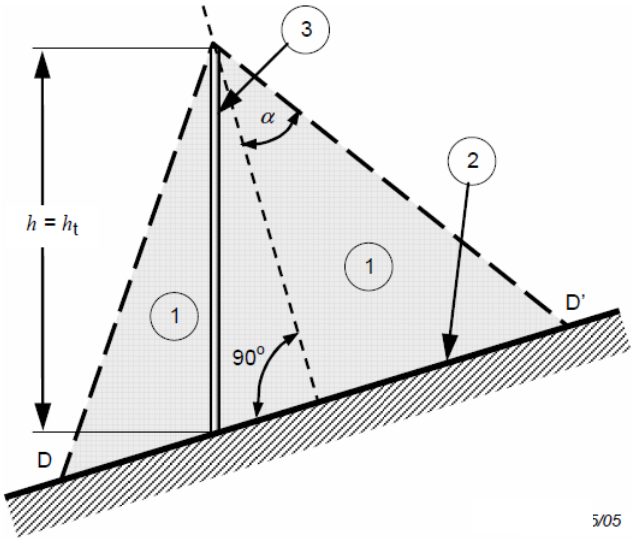
รูปที่ จ.16ข ภาพฉายบนระนาบแนวดิ่งที่มีสายตัวนำล่อฟ้า

รูปที่ จ.16 ตัวอย่างการออกแบบตัวนำล่อฟ้าของ LPS ไม่แยกอิสระ โดยใช้สายตัวนำแนวระดับตามการออกแบบโดยวิธีมุมป้องกัน

ถ้าพื้นผิวที่วางระบบตัวนำล่อฟ้าเป็นแนวเอียง แกนของกรวยซึ่งทำให้เกิดโซนป้องกันไม่จำเป็นต้องเป็นแท่งตัวนำล่อฟ้า แต่เป็นเส้นตั้งฉากกับพื้นผิวที่แท่งตัวนำล่อฟ้าวางอยู่ โดยที่จุดยอดของกรวย คือ จุดยอดของแท่งตัวนำล่อฟ้า (ดูรูปที่ จ.17)



รูปที่ จ.17ก ปริมาตรป้องกันของเสาล่อฟ้าบนพื้นเอียงที่ออกแบบโดยวิธีทรงกลมกลิ้ง ($h_t > r$)



รูปที่ จ.17ข ปริมาตรป้องกันของแท่งตัวนำล่อฟ้าบนพื้นเอียงที่ออกแบบโดยวิธีมุมป้องกัน

(1) ปริมาตรป้องกัน

(2) ระนาบอ้างอิง

(3) แท่งตัวนำล่อฟ้า

(4) เสาล่อฟ้า

r รัศมีของทรงกลมกลิ้งตามตารางที่ 2

h , h' ความสูงของปริมาตรป้องกันตามตารางที่ 2

h_t ความสูงทางกายภาพของเสาล่อฟ้าจากระนาบอ้างอิง

α มุมป้องกัน

B, C, B′, C′ จุดสัมผัสกับทรงกลมกลิ้ง

C, C′, D, D′ ขีดจำกัดของพื้นที่ป้องกัน

หมายเหตุ ความสูง h และ h' ควรมีค่าน้อยกว่า h_t ค่า h สองค่า คือ h และ h' ประยุกต์ใช้สำหรับกรณีระนาบอ้างอิงเป็นแนวเอียง

รูปที่ จ.17 ปริมาตรป้องกันของแท่งตัวนำหรือเสาล่อฟ้าบนพื้นเอียง

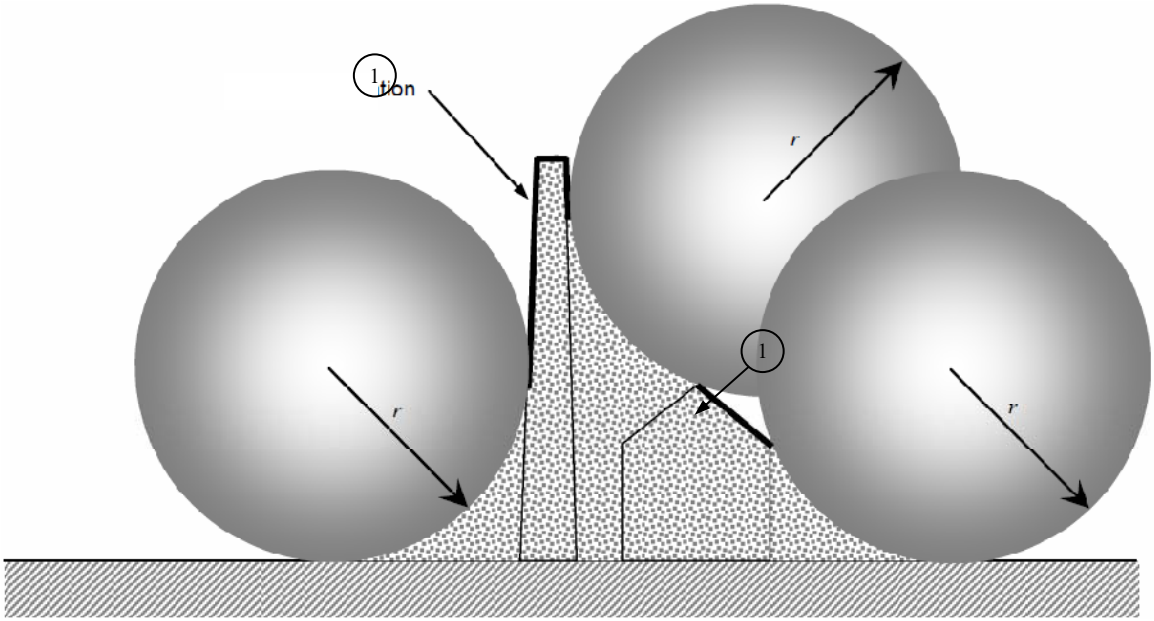
จ.5.2.2.2 วิธีทรงกลมกลิ้ง

วิธีทรงกลมกลิ้งควรใช้ในการหาปริมาตรป้องกันของส่วนของสิ่งปลูกสร้างและพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้างที่หาไม่ได้โดยวิธีมุมป้องกันตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 2

ในการใช้วิธีทรงกลมกลิ้ง การวางตำแหน่งของระบบตัวนำล่อฟ้าจะเพียงพอถ้าไม่มีจุดใดๆ ในปริมาตรที่จะป้องกันสัมผัสกับทรงกลมรัศมี r ที่กลิ้งไปบนพื้นโดยรอบและยอดของสิ่งปลูกสร้างในทุกทิศทางที่เป็นไปได้ ดังนั้น ทรงกลมควรสัมผัสเฉพาะพื้น และ/หรือ ระบบตัวนำล่อฟ้าเท่านั้น

รัศมี r ของทรงกลมกลิ้งขึ้นอยู่กับระดับชั้นของ LPS (ดูตารางที่ 2)

รูปที่ จ.18 และรูปที่ จ.19 แสดงการใช้วิธีทรงกลมกลิ้งกับสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ทรงกลมรัศมี r จะกลิ้งไปรอบๆ และบนสิ่งปลูกสร้างจนกระทั่งสัมผัสกับระนาบพื้น หรือสิ่งปลูกสร้างถาวร หรือวัตถุใดๆ ซึ่งสัมผัสกับระนาบพื้นซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นตัวนำฟ้าผ่าได้ ฟ้าผ่าอาจเกิดขึ้น ณ จุดที่ทรงกลมสัมผัสกับสิ่งปลูกสร้างและที่จุดดังกล่าวเหล่านั้นจำเป็นต้องป้องกันด้วยตัวนำล่อฟ้า

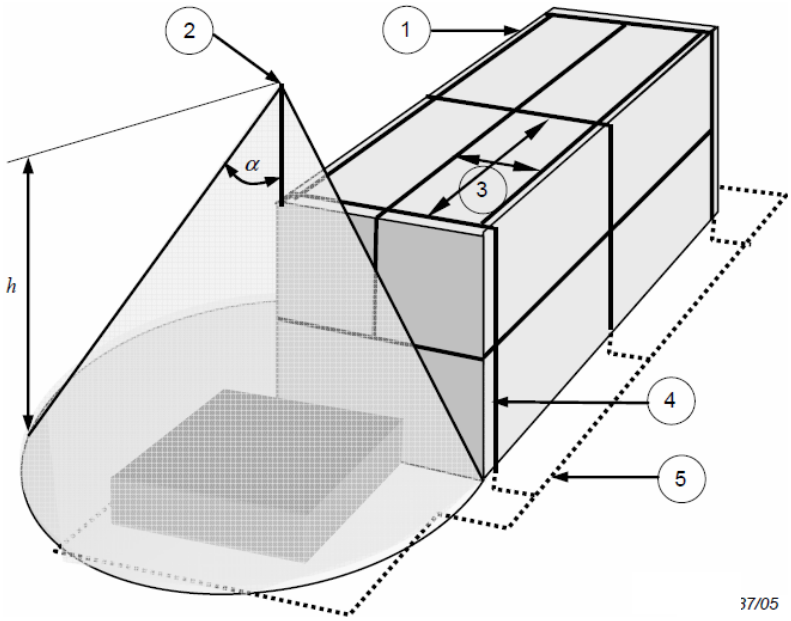


(1) ตัวนำล่อฟ้า

r รัศมีของทรงกลมกลิ้งตามตารางที่ 2

หมายเหตุ ตัวนำล่อฟ้าของ LPS ต้องติดตั้งทุกจุดและทุกส่วนที่สัมผัสกับทรงกลมกลิ้ง ซึ่งมีรัศมีสอดคล้องกับระดับการป้องกันที่เลือก ยกเว้น ส่วนล่างของสิ่งปลูกสร้างตามข้อ 5.2.3

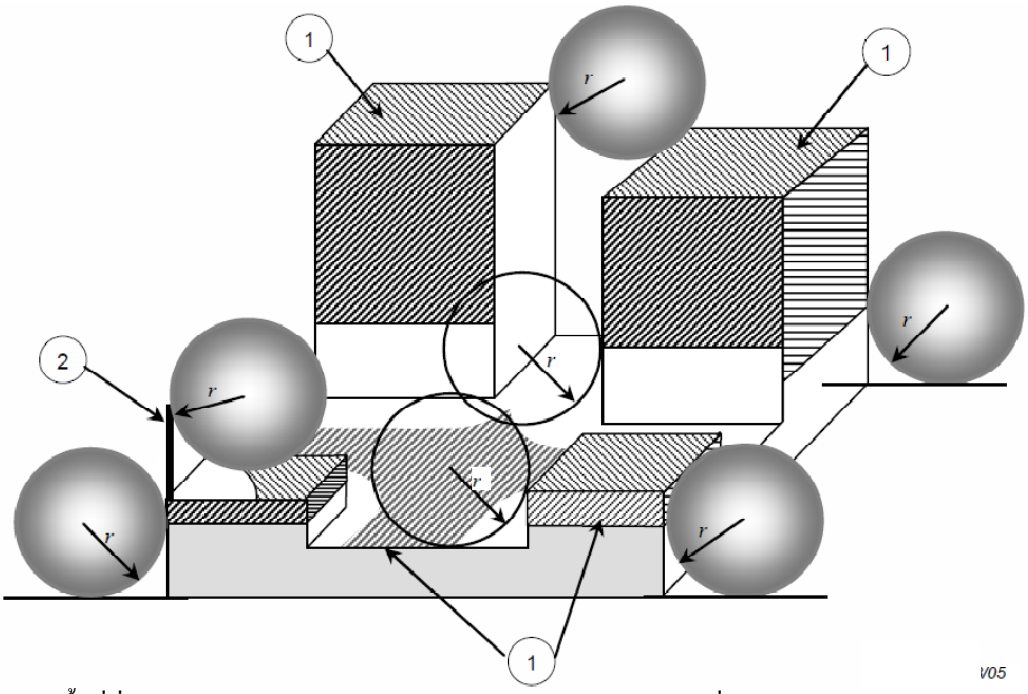
รูปที่ จ.18ก การออกแบบตัวนำล่อฟ้าของ LPS โดยวิธีทรงกลมกลิ้ง



(1) ตัวนำล่อฟ้า
(2) แท่งตัวนำล่อฟ้า
(3) ขนาดตาข่าย
(4) สายดินแนวดิ่ง
(5) ระบบรากสายดินที่มีตัวนำวงแหวน
h ความสูงของตัวนำล่อฟ้าเหนือระดับพื้น
α มุมป้องกัน

รูปที่ จ.18ข การจัดวางทั่วไปของส่วนประกอบต่างๆ ของตัวนำล่อฟ้า

รูปที่ จ.18 การออกแบบตัวนำล่อฟ้าของ LPS ตามวิธีทรงกลมกลิ้ง วิธีมุมป้องกัน วิธีตาข่าย และการจัดวางทั่วไปของส่วนประกอบต่างๆ ของตัวนำล่อฟ้า



(1) พื้นที่แรเงา คือ พื้นที่ซึ่งเปิดโล่งต่อการดักรับฟ้าผ่าและต้องมีการป้องกันตามตารางที่ 2

(2) เสาบนสิ่งปลูกสร้าง

r รัศมีของทรงกลมกลิ้งตามตารางที่ 2

หมายเหตุ การป้องกันวาบฟ้าผ่าด้านข้างต้องทำตามข้อ 5.2.3 และข้อ ก.2

รูปที่ จ.19 การออกแบบโครงข่ายตัวนำล่อฟ้าของ LPS บนสิ่งปลูกสร้างที่มีรูปแบบซับซ้อน

เมื่อใช้วิธีทรงกลมกลิ้งกับแบบของสิ่งปลูกสร้าง ควรพิจารณาสิ่งปลูกสร้างในทุกทิศทางเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีส่วนใดยื่นออกไปสู่โซนที่ไม่มีการป้องกัน อาจจะมีจุดซึ่งถูกมองข้ามไปถ้าพิจารณาเพียงด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของแบบเท่านั้น

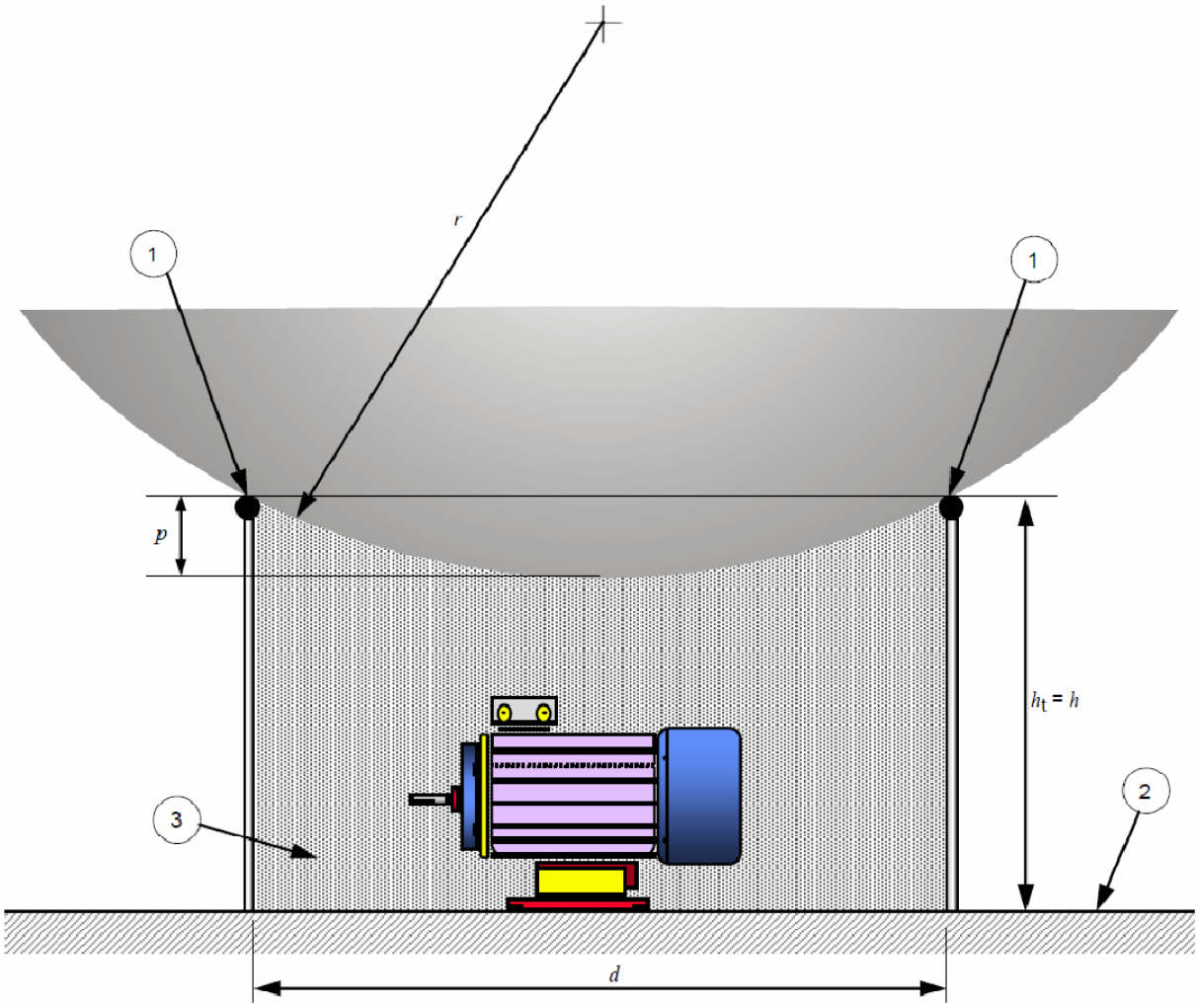
ปริมาตรป้องกันที่เกิดโดยตัวนำของ LPS คือ ปริมาตรที่ไม่ถูกล่วงล้ำโดยทรงกลมกลิ้ง เมื่อทรงกลมกลิ้งสัมผัสกับตัวนำ และใช้ได้กับสิ่งปลูกสร้าง

รูปที่ จ.18 แสดงการป้องกันโดยระบบตัวนำล่อฟ้าของ LPS ตามวิธีตาข่าย วิธีทรงกลมกลิ้ง และวิธีมุมป้องกันที่มีการจัดวางส่วนประกอบของตัวนำล่อฟ้าทั่วไป

ในกรณีตัวนำล่อฟ้าแนวระดับ 2 เส้นขนานกันวางอยู่เหนือระนาบอ้างอิงแนวระดับ ตามรูปที่ จ.20 ระยะล่วงล้ำ p ของทรงกลมกลิ้งที่ต่ำกว่าระดับของตัวนำในปริมาตรระหว่างตัวนำทั้งสองอาจคำนวณได้จาก

$$p = r - [\, r^2 - (d/2)^2 \,]^{1/2} \qquad \text{(จ.4)}$$

ระยะล่วงล้ำ p ควรมีค่าน้อยกว่าค่า h_t ลบด้วยความสูงของวัตถุที่จะป้องกัน เช่น มอเตอร์ ในรูปที่ จ.20



(1) สายล่อฟ้าแนวระดับ

(2) ระนาบอ้างอิง

(3) ปริมาตรป้องกันโดยสายล่อฟ้าแนวระดับ 2 เส้น ขนานกัน หรือแท่งตัวนำล่อฟ้า 2 แท่ง

h_t ความสูงทางกายภาพของแท่งตัวนำล่อฟ้าเหนือระนาบอ้างอิง

p ระยะล่วงล้ำของทรงกลมกลิ้ง

h ความสูงของตัวนำล่อฟ้าตามตารางที่ 2

r รัศมีของทรงกลมกลิ้ง

d ระยะการแยกระหว่างสายตัวนำล่อฟ้าแนวระดับ 2 เส้นที่ขนานกัน หรือระหว่างแท่งตัวนำล่อฟ้า 2 แท่ง

หมายเหตุ ระยะล่วงล้ำ p ของทรงกลมกลิ้งควรมีค่าน้อยกว่าค่า h_t ลบด้วยความสูงมากที่สุดของวัตถุที่จะป้องกัน เพื่อให้สามารถป้องกันวัตถุในปริมาตรระหว่างตัวนำล่อฟ้าทั้งสอง

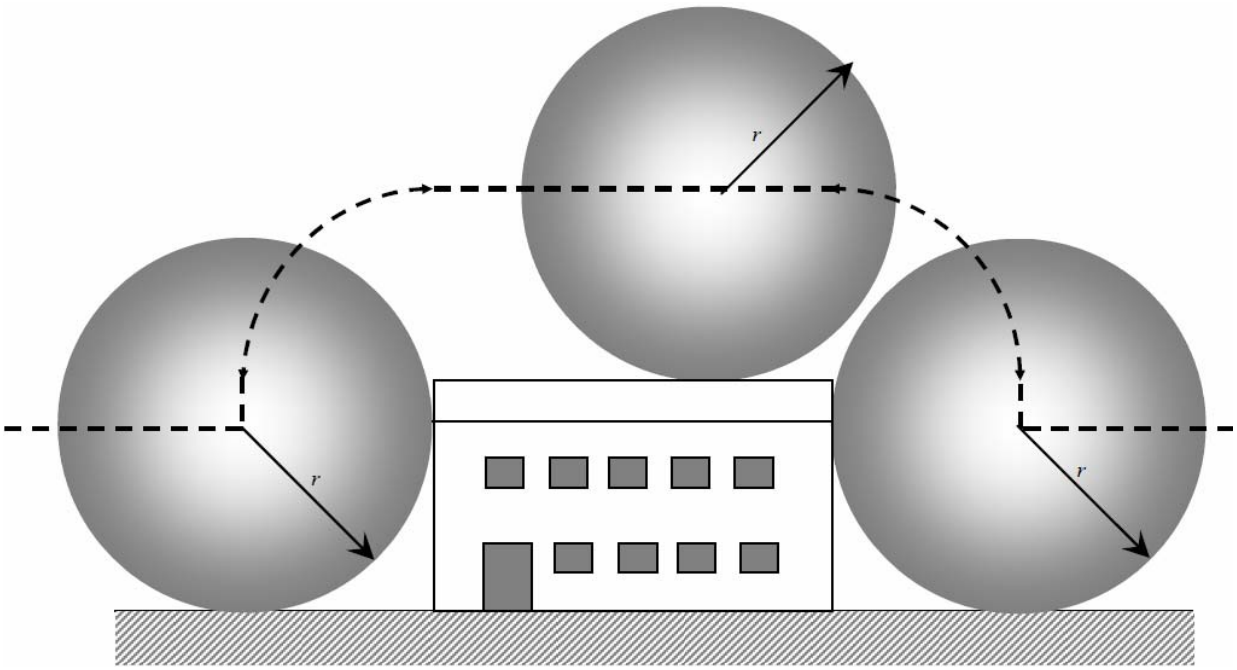
รูปที่ จ.20 ปริมาตรป้องกันโดยสายล่อฟ้าแนวระดับขนานกัน 2 เส้น หรือแท่งตัวนำล่อฟ้า 2 แท่ง ($r > h_t$)

ตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ จ.20 ใช้ได้กับกรณีแท่งตัวนำล่อฟ้า 3 แท่ง หรือ 4 แท่ง เช่น กรณีปักแท่งตัวนำล่อฟ้า 4 แท่ง ที่มีความสูง h เท่ากัน ที่มุมทั้ง 4 ของสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในกรณีนี้ระยะ d ตามรูปที่ จ.20 สมนัยกับเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เกิดจากแท่งล่อฟ้า 4 แท่ง

หมายเหตุ ตั้งแต่กลางทศวรรษ 1930 เป็นที่ทราบกันว่า รัศมีของทรงกลมกลิ้งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับค่ายอดของกระแสฟ้าผ่าที่ผ่าสิ่งปลูกสร้างตามสมการ $r = 10.I^{0.65}$ โดยที่ I มีหน่วยเป็น kA

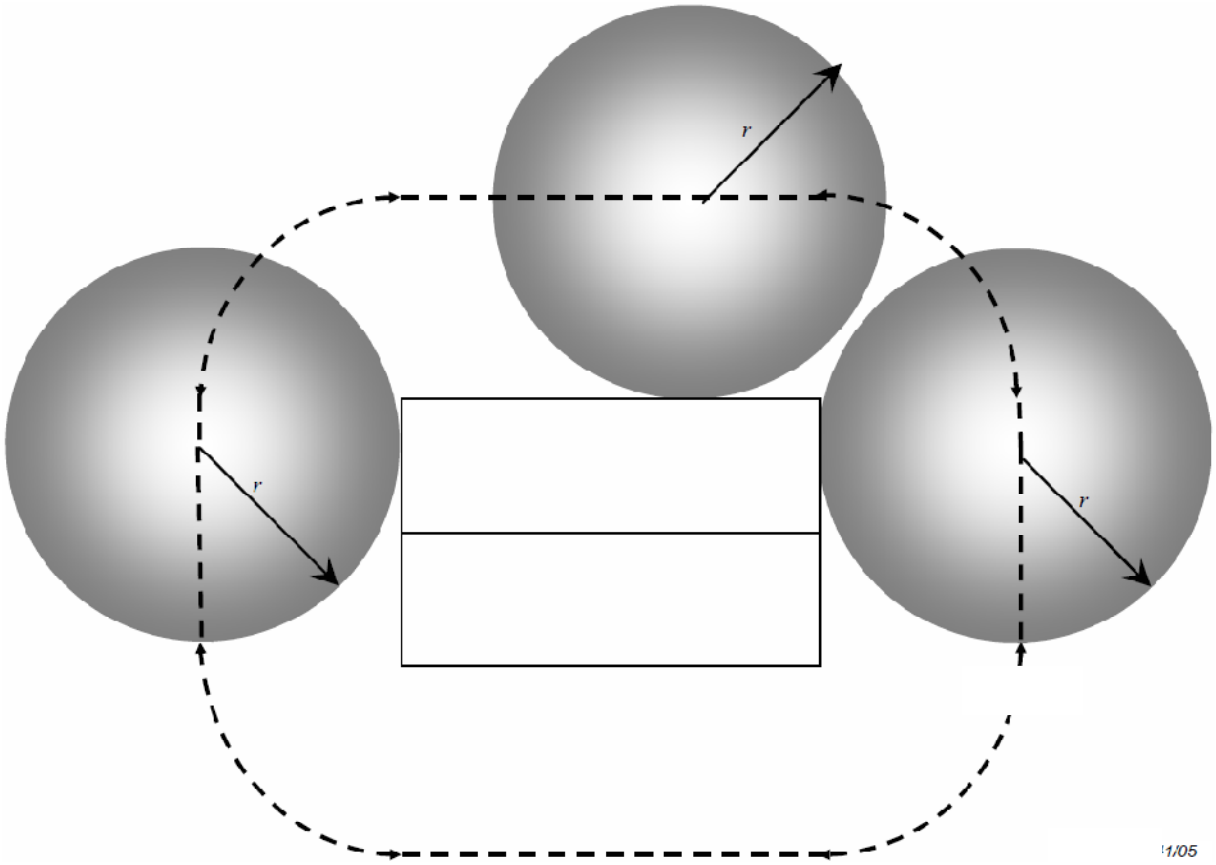
จุดที่ฟ้าจะผ่าสามารถหาได้โดยใช้วิธีทรงกลมกลิ้ง วิธีทรงกลมกลิ้งยังสามารถระบุความน่าจะเป็นของการเกิดฟ้าผ่าที่แต่ละจุดของอาคาร

รูปที่ จ.21 แสดงอาคารซึ่งมีทรงกลมกลิ้งอยู่ด้านบน เส้นประแสดงเส้นทางวิ่งของจุดศูนย์กลางของทรงกลมกลิ้ง เส้นดังกล่าวยังเป็นตำแหน่งเชิงเรขาคณิตของจุดปลายของหัวนำร่องฟ้าผ่าลงมา ซึ่งจะเป็นจุดสุดท้ายที่จะเกิดปล่อยประจุ วาบฟ้าผ่าทั้งหมดที่มีปลายอยู่บนเส้นทางของจุดศูนย์กลางของทรงกลมกลิ้งจะปล่อยประจุลงจุดที่อยู่ใกล้สุดของอาคาร โดยรอบขอบหลังคาจะมีทางเดินเป็นเสี้ยว (หนึ่งในสี่) ของวงกลมที่มีตำแหน่งที่เป็นไปได้ของจุดปลายของหัวนำร่องซึ่งจะปล่อยประจุลงที่ขอบของอาคาร แสดงว่าส่วนของฟ้าผ่าที่พิจารณานั้นจะเกิดขึ้นที่ขอบของหลังคา บางที่ของผนัง และบางที่ของพื้นผิวหลังคา



r รัศมีของทรงกลมกลิ้งตามตารางที่ 2

รูปที่ จ.21ก ภาพด้านข้าง



r รัศมีของทรงกลมกลิ้งตามตารางที่ 2

รูปที่ จ.21ข ภาพด้านบน

รูปที่ จ.21 จุดซึ่งฟ้าผ่าจะผ่าลงอาคาร

เพื่อให้สามารถทำนายความน่าจะเป็นของฟ้าผ่าลงสู่ผนังด้านข้าง ต้องพิจารณาภาพด้านบนด้วย (รูปที่ จ. 21ข)

จ.5.2.2.3 วิธีตาข่าย

จุดประสงค์ของการป้องกันพื้นผิวราบ ให้ถือว่าตาข่ายสามารถป้องกันพื้นผิวทั้งหมด ถ้า เป็นไปตามเงื่อนไขต่างๆ ต่อไปนี้

ก) ตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวก ก. โดยตัวนำล่อฟ้าจัดวางตำแหน่งไว้บน

- แนวขอบหลังคา
- ส่วนที่ยื่นออกมาของหลังคา
- แนวสันหลังคา ถ้าหลังคาเอียงเกิน 1/10
- บริเวณผิวด้านข้างของสิ่งปลูกสร้างที่สูงกว่า 60 m ที่ระดับสูงกว่า 80 % ของความสูงของสิ่งปลูกสร้าง

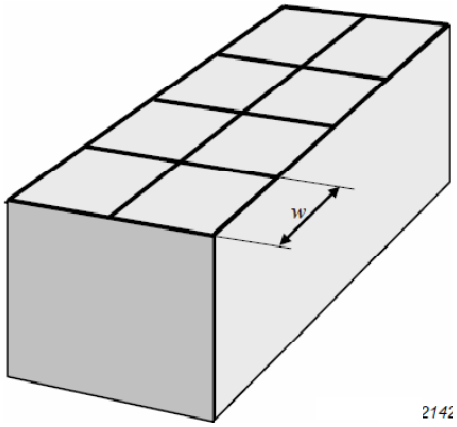
ข) มิติตาข่ายของโครงข่ายตัวนำล่อฟ้าไม่ใหญ่กว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 2

ค) โครงข่ายของระบบตัวนำล่อฟ้าอยู่ในลักษณะที่ทำให้กระแสฟ้าผ่ามีทางเดินโลหะลงดินที่แยกกันอย่างชัดเจนอย่างน้อย 2 ทางเสมอ และไม่มีส่วนติดตั้งโลหะใดๆ ยื่นออกไปนอกปริมาตรที่ป้องกันโดยระบบตัวนำล่อฟ้า

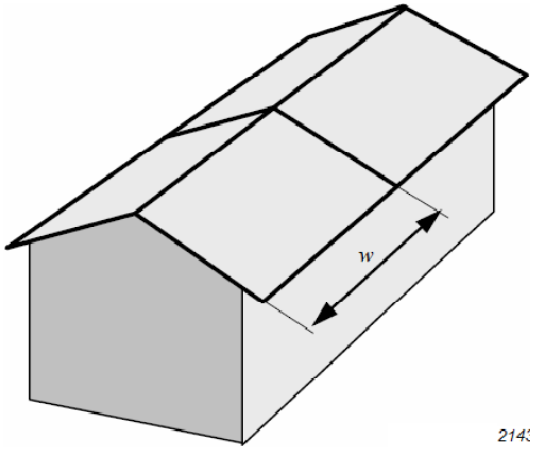
หมายเหตุ การมีสายดินแนวดิ่งจำนวนมากมีผลให้ระยะการแยกลดลง และลดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในอาคาร (ดูข้อ 5.3)

ง) ตัวนำล่อฟ้าเดินตามเส้นทางตรงและสั้นที่สุดเท่าที่ทำได้

ตัวอย่างของ LPS ไม่แยกอิสระที่ออกแบบด้วยวิธีตาข่ายแสดงในรูปที่ จ.22ก สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาราบ และในรูปที่ จ.22ข สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาเอียง รูปที่ จ.22ค แสดงตัวอย่างของ LPS สำหรับอาคารโรงงานอุตสาหกรรม รูปที่ จ.22ง แสดงตัวอย่างของ LPS ที่มีตัวนำเดินซ่อน



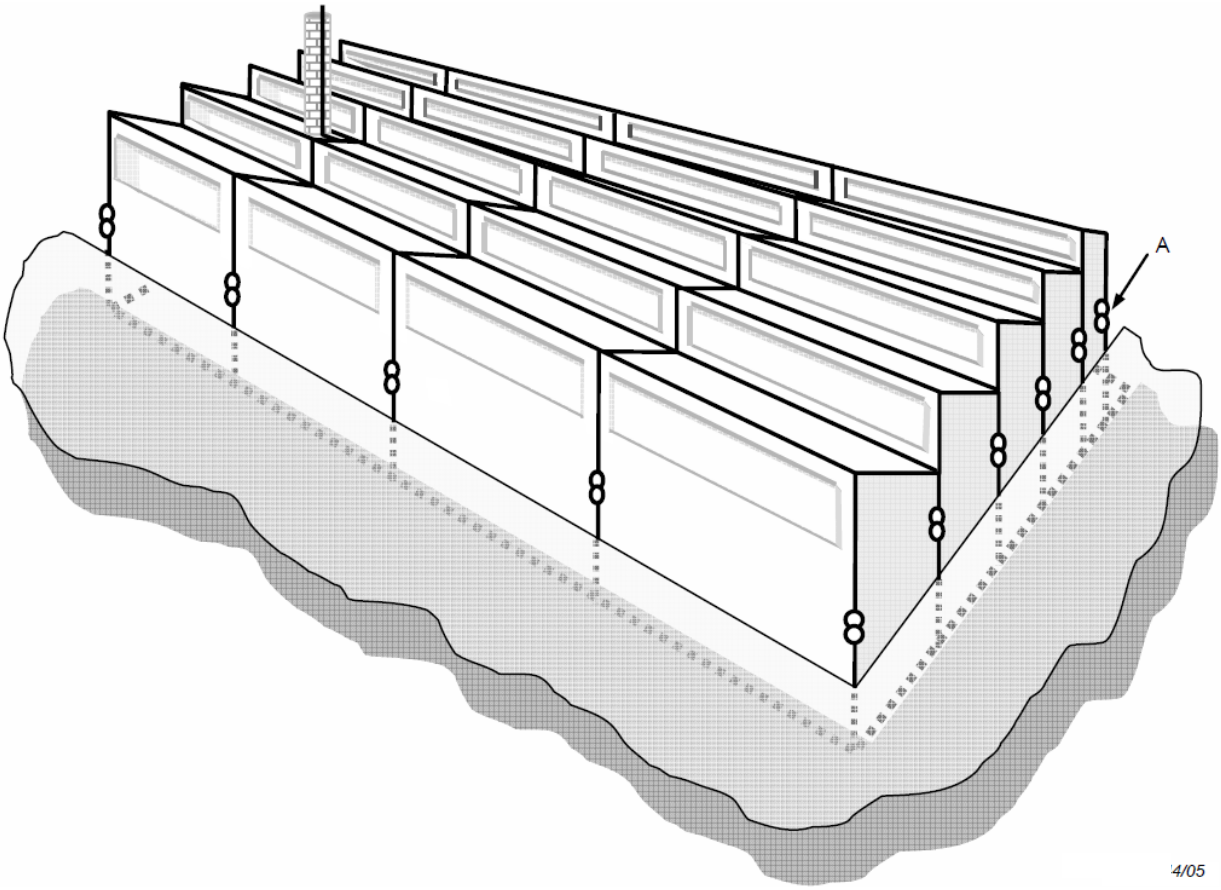
รูปที่ จ.22ก ตัวนำล่อฟ้าของ LPS บนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาราบ



w ขนาดตาข่าย

หมายเหตุ ขนาดตาข่ายเป็นไปตามตารางที่ 2

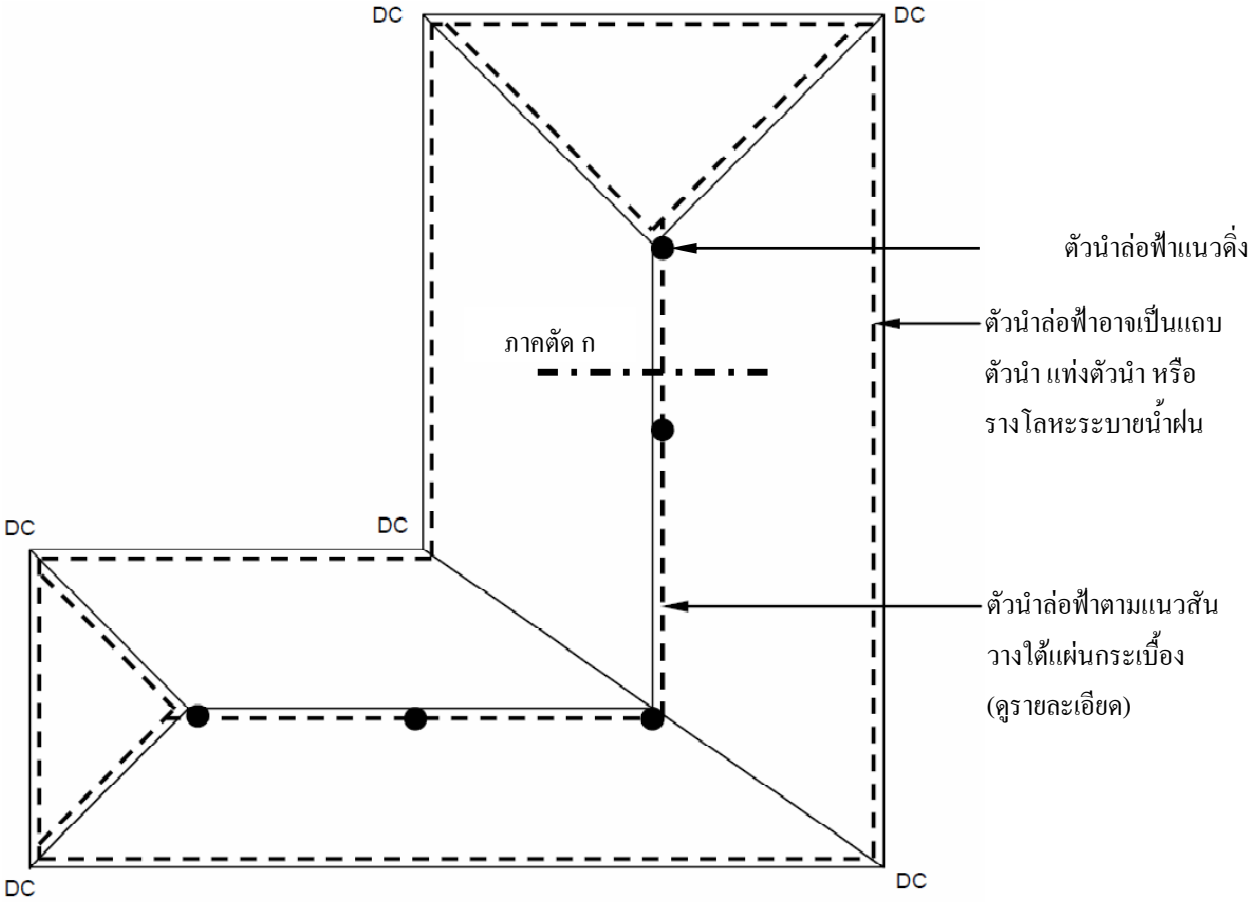
รูปที่ จ.22ข ตัวนำล่อฟ้าของ LPS บนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาเอียง



A จุดต่อทดสอบ

หมายเหตุ มิติทั้งหมดควรเป็นไปตามระดับป้องกันที่เลือกตามตารางที่ 1 และตารางที่ 2

รูปที่ จ.22ค ตัวอย่างของ LPS บนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาหยัก



- - - ตัวนำเดินซ่อน

● ตัวนำล่อฟ้าแนวดิ่ง (แท่งตัวนำเปลือย) ทุกช่วงสั้นๆ ตามวิธีมุมป้องกันหรือทรงกลมกลิ้ง (ดูตารางที่ 2)

DC สายดินแนวดิ่ง

รูปที่ จ.22ง ตัวนำล่อฟ้าและตัวนำเดินซ่อนสำหรับอาคารสูงน้อยกว่า 20 m ที่มีหลังคาเอียง

รูปที่ จ.22 ตัวอย่างของการออกแบบตัวนำล่อฟ้าของ LPS ไม่แยกอิสระโดยใช้วิธีตาข่าย

จ.5.2.3 ตัวนำล่อฟ้าเพื่อป้องกันวาบฟ้าผ่าลงด้านข้างของสิ่งปลูกสร้างที่สูง

สิ่งปลูกสร้างที่มีความสูงมากกว่า 120 m ส่วนบนสุด 20 % ของพื้นผิวด้านข้างควรติดตั้งระบบตัวนำล่อฟ้า

หมายเหตุ ถ้ามีส่วนที่มีความไว (เช่น บริภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์) ที่บริเวณด้านนอกผนังของส่วนบนของอาคาร ควรมีมาตรการป้องกันด้วยระบบตัวนำล่อฟ้าเป็นพิเศษ เช่น การใช้ชายคายื่นแนวระดับ ตัวนำตาข่าย หรือเทียบเท่า

จ.5.2.4 การก่อสร้าง

จ.5.2.4.1 ข้อมูลทั่วไป

อุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้ของตัวนำจะไม่เกินขีดจำกัดถ้าตัวนำมีพื้นที่หน้าตัดเป็นไปตามตารางที่ 6

หลังคาหรือผนังที่สร้างจากวัสดุที่ลุกไหม้ได้ ควรมีการป้องกันอันตรายเนื่องจากผลความร้อนของกระแสฟ้าผ่าที่ไหลผ่านตัวนำของ LPS โดยใช้มาตรการหนึ่งหรือมากกว่า ต่อไปนี้

- ลดอุณหภูมิของตัวนำโดยการเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัด
- เพิ่มระยะห่างระหว่างตัวนำกับสิ่งปกคลุมหลังคา (ดูข้อ 5.2.4)
- ใส่ชั้นป้องกันความร้อนระหว่างตัวนำกับวัสดุที่ติดไฟได้

หมายเหตุ จากการวิจัยพบว่า แท่งตัวนำล่อฟ้าที่มีปลายมนจะมีข้อดีมากกว่า

จ.5.2.4.2 ตัวนำล่อฟ้าที่ไม่แยกอิสระ

ตัวนำล่อฟ้าและสายดินแนวดิ่งควรต่อถึงกันโดยใช้ตัวนำที่ระดับหลังคาเพื่อให้กระจายกระแสฟ้าผ่าตามสายดินแนวดิ่งอย่างเพียงพอ

ตัวนำบนหลังคาและการต่อแท่งตัวนำล่อฟ้าอาจติดยึดเข้ากับหลังคาโดยใช้ตัวคั่นและตัวจับยึดที่เป็นตัวนำหรือฉนวนก็ได้ ตัวนำอาจติดตั้งบนพื้นผิวของผนังก็ได้ถ้าผนังทำจากวัสดุไม่ลุกไหม้ระยะห่างระหว่างตัวจับยึดที่แนะนำของตัวนำแสดงไว้ในตารางที่ จ.1

ตารางที่ จ.1 ระยะห่างระหว่างตัวจับยึดที่แนะนำ

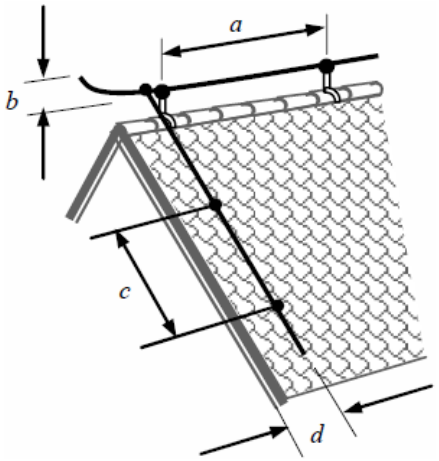
การจัดวาง	ระยะห่างระหว่างตัวจับยึด สำหรับตัวนำที่เป็นเทป และตัวนำตีเกลียว mm	ระยะห่างระหว่างตัวจับยึด สำหรับตัวนำกลมแท่งกลมตัน mm
ตัวนำแนวระดับบนพื้นผิวแนวระดับ	500	1 000
ตัวนำแนวระดับบนพื้นผิวแนวดิ่ง	500	1 000
ตัวนำแนวดิ่งที่สูงจากพื้นจนถึงระยะ 20 m	1 000	1 000
ตัวนำแนวดิ่งที่สูงจากพื้น 20 m ขึ้นไป	500	1 000
หมายเหตุ 1 ตารางนี้ไม่ใช้สำหรับจุดจับยึดแบบสำเร็จซึ่งอาจต้องพิจารณาเป็นพิเศษ **หมายเหตุ 2** ควรมีการประเมินสภาพแวดล้อม (ได้แก่ แรงลมที่คาดว่าจะเกิด) และอาจพบว่ามีความจำเป็นที่ระยะห่างระหว่างตัวจับยึดต่างออกไปจากที่แนะนำในตาราง		

บ้านขนาดเล็กหรือสิ่งปลูกสร้างที่คล้ายกันที่มีสันหลังคาควรติดตั้งตัวนำล่อฟ้าเพียงอันเดียวบนสันหลังคา ถ้าสิ่งปลูกสร้างทั้งหลังอยู่ภายในพื้นที่ป้องกันของตัวนำบนสันหลังคาควรมีสายดินแนวดิ่งอย่างน้อย 2 เส้น เดินริมขอบจั่วของหลังคา ลงที่มุมตรงข้ามกันของสิ่งปลูกสร้าง

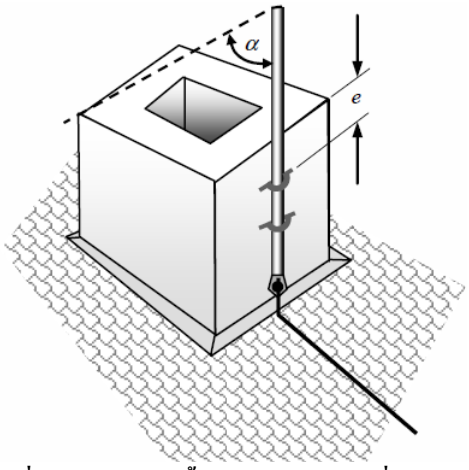
หมายเหตุ ระยะห่างสายดินแนวดิ่งทั้งสอง วัดโดยรอบสิ่งปลูกสร้างควรมีค่าไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 4

รางระบายน้ำที่ชายคาอาจใช้เป็นตัวนำโดยธรรมชาติ หากเป็นไปตามข้อ 5.2.5

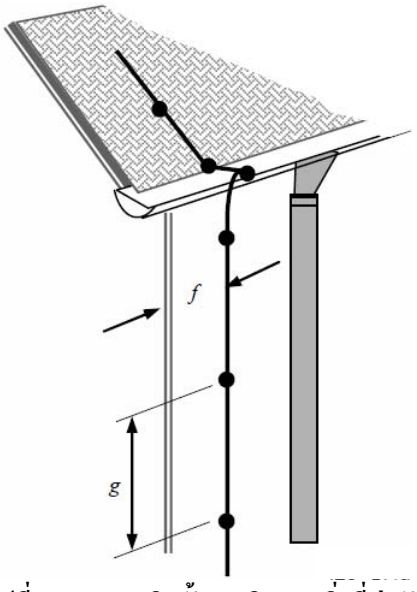
รูปที่ จ.23ก รูปที่ จ.23ข และรูปที่ จ.23ค แสดงตัวอย่างการจัดวางของตัวนำบนหลังคา และสายดินแนวดิ่งของสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาเอียง



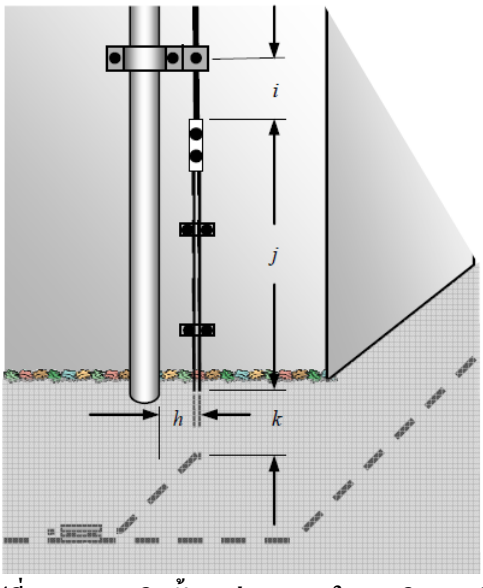
รูปที่ จ.23ก การติดตั้งตัวนำล่อฟ้าบนสันของหลังคาเอียงและสายดินแนวดิ่งบนหลังคา



รูปที่ จ.23ข การติดตั้งแท่งตัวนำล่อฟ้าเพื่อป้องกันปล่องไฟโดยใช้วิธีมุมป้องกัน



รูปที่ จ.23ค การติดตั้งสายดินแนวดิ่งที่ต่อกับรางระบายน้ำฝน



รูปที่ จ.23ง การติดตั้งจุดต่อทดสอบในสายดินแนวดิ่งและการประสานเข้ากับท่อระบายน้ำ

ตัวอย่างของมิติที่เหมาะสม

a 1 m

b 0.15 m (ไม่บังคับ)

c 1 m

d ให้ใกล้กับขอบหลังคามากที่สุด เท่าที่เป็นไปได้

e 0.2 m

f 0.3 m

g 1 m

h 0.05 m

i 0.3 m

j 1.5 m

k 0.5 m

α มุมป้องกันตามตารางที่ 2

รูปที่ จ.23 ตัวอย่างของ LPS บนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาเอียงมุงกระเบื้อง

กรณีสิ่งปลูกสร้างเป็นอาคารยาว ตัวนำเพิ่มตามตารางที่ 4 ควรต่อกับตัวนำล่อฟ้าที่ติดตั้งอยู่บนสันหลังคา

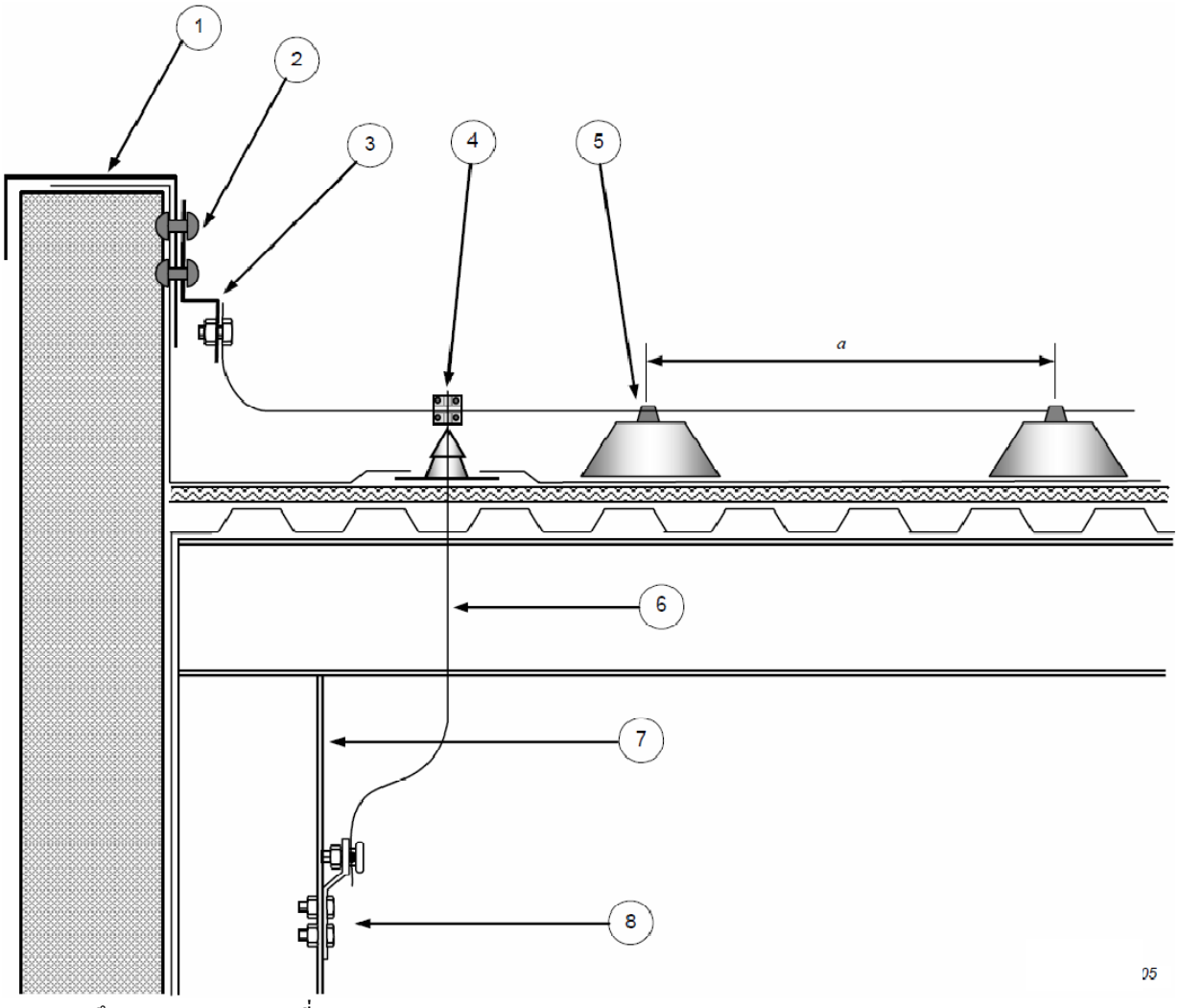
อาคารที่มีหลังคาขนาดใหญ่ยื่นออกไปจากอาคาร ตัวนำล่อฟ้าบนสันหลังคาควรขยายออกไปจนสุดปลายสันหลังคา และที่ปลายสุดของขอบจั่วควรต่อตัวนำบนสันหลังคากับสายดินแนวดิ่ง

ตัวนำล่อฟ้า ตัวนำที่เชื่อมต่อ และสายดินแนวดิ่ง ควรติดตั้งเป็นแนวตรงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ กรณีหลังคาไม่นำไฟฟ้า ตัวนำดังกล่าวอาจติดตั้งไว้ใต้หรือที่ดีกว่าคือบนแผ่นกระเบื้องหลังคาก็ได้ ถึงแม้การติดตั้งใต้แผ่นหลังคาจะง่ายกว่าและมีความเสี่ยงต่อการกัดกร่อนน้อยกว่า แต่จะเป็นการดีกว่าในกรณีที่สามารถหาวิธีจับยึดตัวนำบนแผ่นกระเบื้องได้อย่างเพียงพอ ตัวนำที่ติดตั้งไว้เหนือแผ่นกระเบื้องเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเสียหายของกระเบื้องหลังคา ตัวนำจะรับวาบฟ้าผ่าโดยตรง การติดตั้งตัวนำเหนือแผ่นกระเบื้องมีความง่ายต่อการตรวจสอบ ตัวนำที่เดินใต้แผ่นกระเบื้องควรทำแท่งตัวนำล่อฟ้าสั้นตั้งในแนวดิ่งโผล่สูงพ้นจากระดับหลังคาและควรห่างกันไม่เกิน 10 m แผ่นโลหะที่เปิดโล่งอาจนำมาใช้เป็นตัวนำล่อฟ้าหรือสายดินแนวดิ่งได้ถ้ามีระยะห่างไม่เกิน 5 m (ดูรูปที่ จ.20ง)

สิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาราบควรติดตั้งตัวนำโดยรอบโดยให้ใกล้กับขอบนอกของหลังคามากที่สุดเท่าที่จะทำได้

เมื่อหลังคามีขนาดมากกว่าขนาดตาข่ายตามตารางที่ 2 ควรติดตั้งตัวนำล่อฟ้าเพิ่มเติม

รูปที่ จ.23ก รูปที่ จ.23ข และรูปที่ จ.23ค แสดงตัวอย่างของรายละเอียดการติดตั้งตัวนำล่อฟ้าบนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาเอียง รูปที่ จ.24 แสดงตัวอย่างรายละเอียดการติดตั้งบนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาราบ



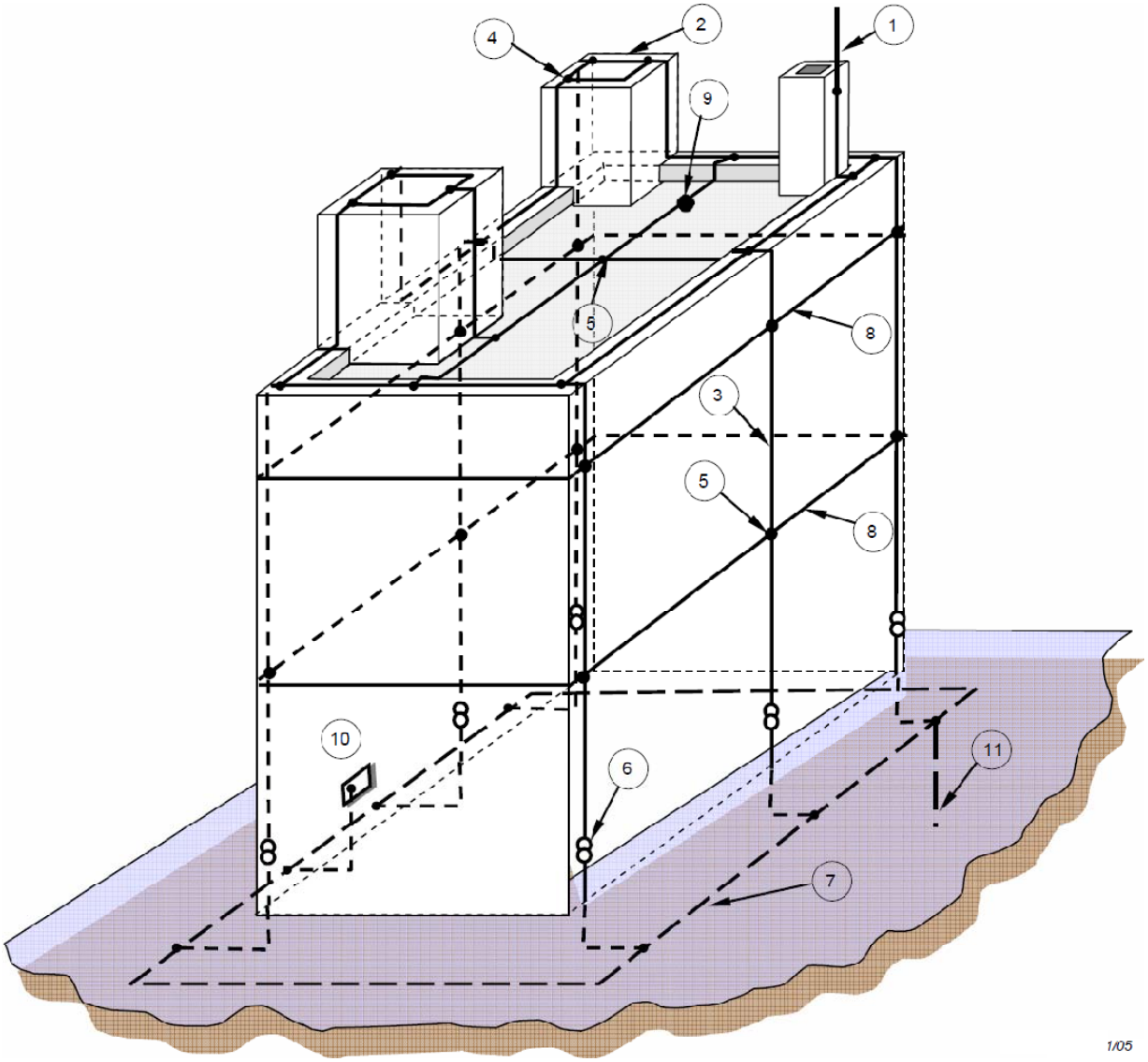
a 500 mm ถึง 1 000 mm ดูตารางที่ จ.1

(1) แผ่นโลหะครอบกำแพงกันตกบนหลังคา
(2) ตัวนำอ่อน
(3) จุดต่อ
(4) จุดต่อแยก
(5) ตัวจับยึดตัวนำล่อฟ้า
(6) ตัวนำ LPS ผ่านปลอกสายกันน้ำ
(7) คานเหล็ก
(8) จุดต่อ

หมายเหตุ แผ่นโลหะครอบกำแพงกันตกบนหลังคาใช้เป็นตัวนำล่อฟ้า และต่อเข้ากับคานเหล็กที่ใช้เป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติของ LPS

รูปที่ จ.24 การติดตั้ง LPS โดยใช้ส่วนประกอบตามธรรมชาติบนหลังคาของสิ่งปลูกสร้าง

รูปที่ จ.25 แสดงตำแหน่งของ LPS ภายนอกบนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาราบ ทำจากวัสดุฉนวน เช่น ไม้ หรืออิฐ สิ่งติดตั้งต่างๆ บนหลังคาอยู่ภายในบริเวณที่จะป้องกัน สิ่งปลูกสร้างที่สูงจะมีการติดตั้งตัวนำวงแหวนที่ส่วนปิดหน้าอาคารเพื่อต่อกับสายดินแนวดิ่งทั้งหมด ระยะห่างระหว่างตัวนำวงแหวนแสดงไว้ในตารางที่ 4 ตัวนำวงแหวนที่อยู่ต่ำกว่ารัศมีของทรงกลมกลิ้งมีไว้เพื่อใช้เป็นตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน



(1) แท่งตัวนำล่อฟ้า
(2) ตัวนำล่อฟ้าแนวระดับ
(3) สายดินแนวดิ่ง
(4) จุดต่อแยก 3 ทาง
(5) จุดต่อแยก 4 ทาง
(6) จุดต่อทดสอบ
(7) การจัดวางรากสายดินแบบ ข รากสายดินวงแหวน
(8) ตัวนำวงแหวนที่เป็นตัวประสานให้ศักย์เท่ากัน
(9) หลังคาราบพร้อมสิ่งติดตั้งบนหลังคา
(10) ขั้วต่อสายสำหรับต่อแท่งตัวนำต่อให้ศักย์เท่ากันของ LPS ภายใน
(11) การจัดวางรากสายดินแบบ ก

หมายเหตุ มีการติดตั้งตัวนำวงแหวนประสานให้ศักย์เท่ากัน ระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งเป็นไปตามข้อกำหนดในตารางที่ 4

รูปที่ จ.25 การจัดวางตำแหน่งของ LPS ภายนอกบนสิ่งปลูกสร้างที่ทำจากวัสดุฉนวน เช่น ไม้หรืออิฐ โดยมีความสูงไม่เกิน 60 m และหลังคาราบพร้อมสิ่งติดตั้งบนหลังคา

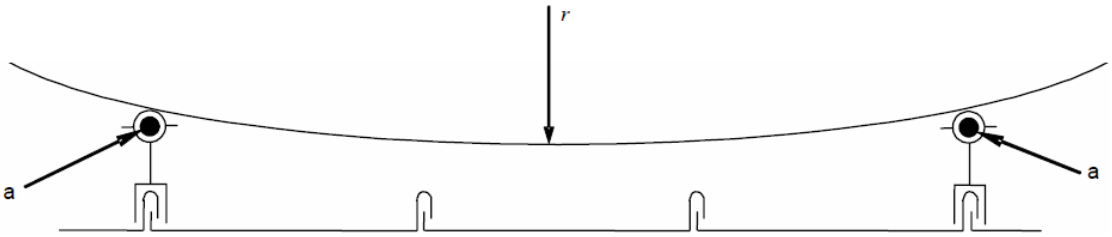
ตัวนำและแท่งตัวนำของ LPS ควรติดตั้งให้มั่นคงทางกลเพื่อให้สามารถทนแรงเครียดที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากลมหรือสภาพอากาศและการทำงานบนหลังคา

ส่วนครอบโลหะเพื่อใช้ป้องกันผนังภายนอกจากแรงทางกล อาจใช้เป็นส่วนประกอบตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติตามข้อ 5.2.5 ถ้าไม่มีความเสี่ยงในการลุกติดไฟเนื่องจากการหลอมละลายของโลหะ การลุกไหม้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่อยู่ใต้แผ่นครอบโลหะ การลุกไหม้ของวัสดุดังกล่าวควรได้รับการยืนยันจากผู้รับเหมา

ระบบกันซึมบนหลังคาโลหะเช่นเดียวกับหลังคาแบบอื่น สามารถเกิดเป็นรูจากวาบฟ้าผ่าได้ ในกรณีเช่นนั้นน้ำสามารถซึมเข้าและรั่วผ่านหลังคาที่จุดที่ฟ้าผ่าและไหลไปยังจุดอื่น ถ้าต้องการหลีกเลี่ยงสถานการณ์เช่นนี้ควรติดตั้งระบบตัวนำล่อฟ้า

แผ่นปิดช่องแสงและช่องระบายควันและความร้อนโดยปกติจะอยู่ตำแหน่งปิด การออกแบบ LPS ควรมีการปรึกษากับเจ้าของอาคารว่าควรจะป้องกันในขณะแผ่นปิดอยู่ในตำแหน่งปิด หรือเปิด หรือระหว่างกลาง

แผ่นตัวนำที่มุงหลังคาซึ่งไม่เป็นไปตามข้อ 5.2.5 อาจใช้เป็นตัวนำล่อฟ้าได้โดยที่ยอมรับการหลอมละลาย ณ จุดที่ฟ้าผ่า ถ้ากรณีที่ยอมรับไม่ได้ แผ่นตัวนำดังกล่าวควรมีการป้องกันด้วยระบบตัวนำล่อฟ้าที่มีความสูงเพียงพอ (ดูรูปที่ จ.20 และรูปที่ จ.26)



r รัศมีของทรงกลมกลิ้งตามตารางที่ 2

a ตัวนำล่อฟ้า

หมายเหตุ ทรงกลมกลิ้งไม่ควรสัมผัสส่วนใดๆ ของหลังคาโลหะ รวมทั้งตะเข็บที่นูน

รูปที่ จ.26 การสร้างโครงข่ายตัวนำล่อฟ้าบนหลังคาที่มุงด้วยตัวนำ ในกรณีที่ไม่ยอมรับการเจาะทะลุของหลังคา

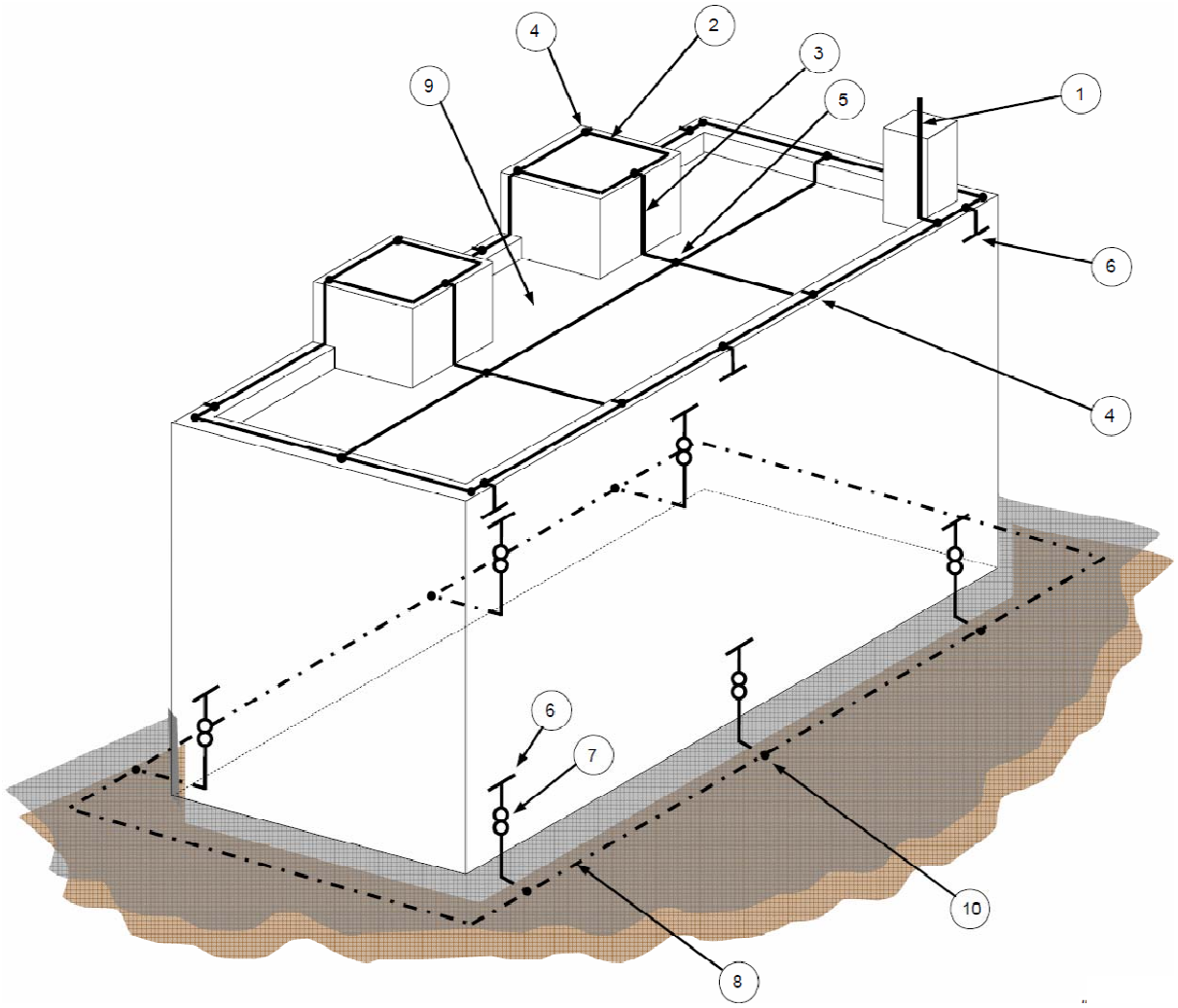
เมื่อมีการใช้ที่รองรับเป็นฉนวน ระยะการแยกจากแผ่นตัวนำ ต้องเป็นไปตามระยะการแยกตามข้อ 6.3

เมื่อมีการใช้ที่รองรับเป็นตัวนำ ส่วนที่ต่อกับแผ่นโลหะควรทนกระแสฟ้าผ่าบางส่วนได้ (ดูรูปที่ จ.26)

รูปที่ จ.24 แสดงตัวอย่างของตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ โดยใช้กันตกหลังคาเป็นตัวนำล่อฟ้าที่ริมขอบบริเวณหลังคา

สิ่งปลูกสร้างที่ติดตั้งบนหลังคาไม่ว่าจะยื่นสูงจากหลังคาหรือราบเสมอกับหลังคาควรได้รับการป้องกันโดยแท่งตัวนำล่อฟ้า อีกทางเลือกหนึ่งงานโลหะอื่นๆ ควรมีการประสานเข้ากับ LPS ถ้าไม่เป็นไปตามข้อ 5.2.5

รูปที่ จ.27 แสดงตัวอย่างการต่อตัวนำล่อฟ้าเข้ากับสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติในคอนกรีต



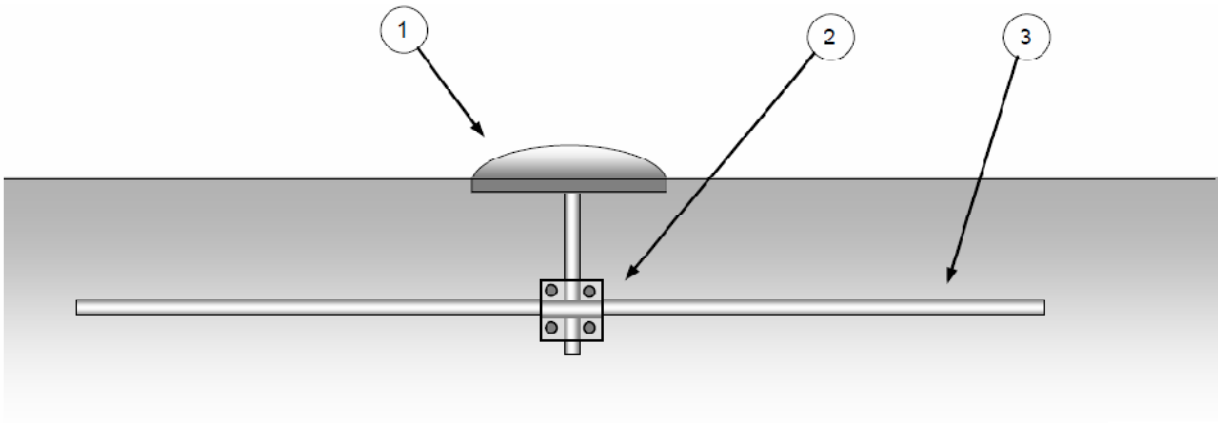
(1) แท่งตัวนำล่อฟ้า
(2) ตัวนำล่อฟ้าแนวระดับ
(3) สายดินแนวดิ่ง
(4) จุดต่อแยก 3 ทาง
(5) จุดต่อแยก 4 ทาง
(6) การต่อเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรง (ดูข้อ จ.4.3.3 และ จ.4.3.6)
(7) จุดต่อทดสอบ
(8) การจัดวางรากสายดินแบบ ข รากสายดินวงแหวน
(9) หลังคาราบพร้อมสิ่งติดตั้งบนหลังคา
(10) จุดต่อแยก 3 ทางแบบทนต่อการกัดกร่อน

หมายเหตุ เหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้างควรเป็นไปตามข้อ 4.3 มิติทั้งหมดของ LPS ควรเป็นไปตามระดับการป้องกันที่เลือกไว้

รูปที่ จ.27 การสร้าง LPS ภายนอกของสิ่งปลูกสร้างที่เป็นคอนกรีตเสริมแรงโดยใช้เหล็กเส้นเสริมแรงของผนังด้านนอกเป็นส่วนประกอบโดยธรรมชาติ

จ.5.2.4.2.1 การป้องกันฟ้าผ่าสำหรับหลังคาของอาคารจอดรถหลายชั้น

การป้องกันสิ่งปลูกสร้างดังกล่าวอาจใช้ตัวนำล่อฟ้าแบบหมุด (air-termination stud) หมุดเหล่านี้สามารถต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงของหลังคาคอนกรีต (ดูรูปที่ จ.28) ในกรณีของหลังคาที่ไม่สามารถต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงได้ ตัวนำบนหลังคาสามารถวางในรอยต่อของแผ่นคอนกรีตและสามารถวางหมุดไว้ที่จุดตัดกันของตาข่าย ความกว้างของตาข่ายต้องไม่เกินค่าที่สมนัยกับระดับป้องกันตามตารางที่ 2 กรณีใช้วิธีดังกล่าว บุคคลและยานพาหนะบนบริเวณจอดรถจะไม่ได้รับการป้องกันจากฟ้าผ่า

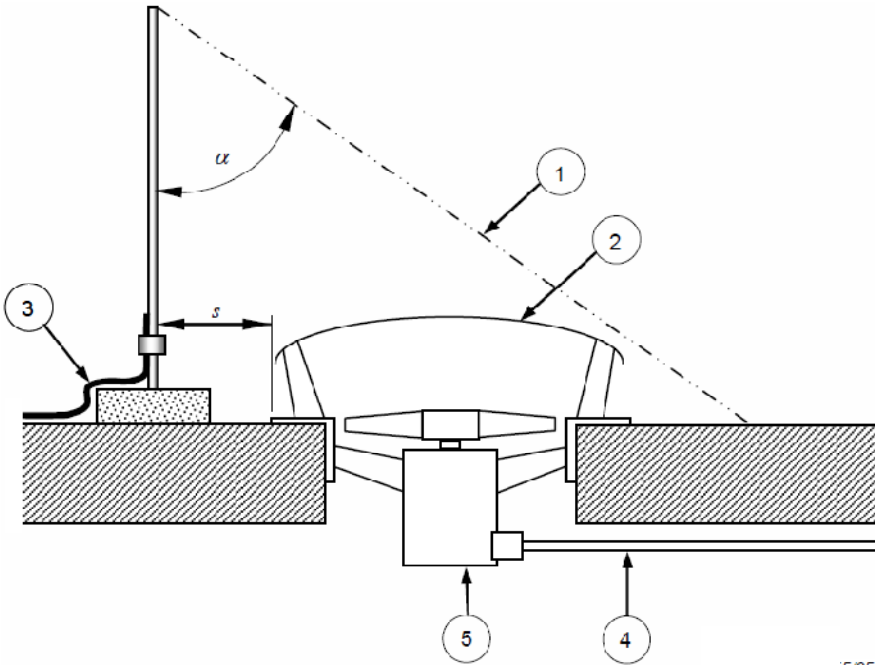


(1) ตัวนำล่อฟ้าแบบหมุด
(2) ตัวนำเหล็กที่ต่อกับแท่งเหล็กเส้นเสริมแรงหลายแท่ง
(3) เหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต

รูปที่ จ.28 ตัวอย่างการใช้ตัวนำล่อฟ้าแบบหมุดบนหลังคาที่จอดรถ

กรณีต้องการป้องกันฟ้าผ่าโดยตรงที่ชั้นบนสุดของที่จอดรถ ควรใช้แท่งตัวนำล่อฟ้าและสายล่อฟ้าเดินในอากาศ

ในการกำหนดระยะปลอดภัยให้ประมาณเท่ากับความสูงของตัวนำล่อฟ้าในรูปที่ จ.29



(1) กรวยป้องกัน
(2) ส่วนติดตั้งโลหะบนหลังคา
(3) ตัวนำล่อฟ้าแนวระดับ
(4) การติดตั้งสายป้อนกำลังไฟฟ้าทางที่ดีควรอยู่ในกำบังตัวนำ
(5) บริภัณฑ์ไฟฟ้า
s ระยะการแยกตามข้อ 6.3
α มุมป้องกันตามตารางที่ 2

หมายเหตุ ความสูงของแท่งตัวนำล่อฟ้าควรเป็นไปตามตารางที่ 2

รูปที่ จ.29 แท่งตัวนำล่อฟ้าใช้ป้องกันส่วนติดตั้งโลหะบนหลังคา ซึ่งมีการติดตั้งสายป้อนกำลังไฟฟ้าที่ไม่ได้ประสานกับระบบตัวนำล่อฟ้า

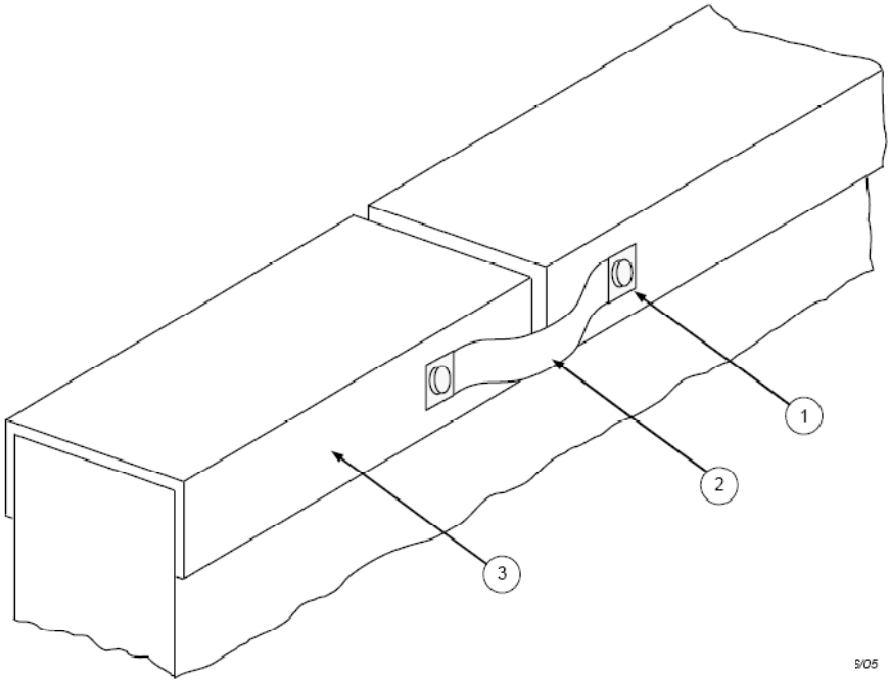
กรณีตัวนำแนวดิ่ง พื้นที่ที่มือเอื้อมถึงควรนำมาคิดรวมด้วย ระยะปลอดภัยที่จำเป็นสามารถทำให้บรรลุผลได้โดยใช้ที่กั้นหรือสายป้องกัน

ควรมีการติดป้ายที่ทางเข้าเพื่อเตือนอันตรายจากฟ้าผ่าระหว่างมีพายุฝนฟ้าคะนอง

แรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก้าวอาจไม่ต้องคำนึงถึง ถ้าหลังคามีการราดทับด้วยยางแอสฟัลต์หนาไม่น้อยกว่า 5 cm นอกจากนี้ แรงดันช่วงก้าวอาจไม่ต้องคำนึงถึงถ้าหลังคาทำจากคอนกรีตเสริมแรงซึ่งมีการต่อเหล็กเส้นเสริมแรงถึงกันอย่างต่อเนื่องตามข้อ 4.3

จ.5.2.4.2.2 สิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรงหลังคาราบซึ่งหลังคาไม่สามารถเข้าถึงได้โดยบุคคลทั่วไป

บนหลังคาราบซึ่งไม่สามารถเข้าถึงได้โดยบุคคลทั่วไปและมีการติดตั้งระบบตัวนำล่อฟ้าภายนอก ควรมีการติดตั้งตัวนำล่อฟ้าตามรูปที่ จ.27 ส่วนตัวนำวงแหวนเพื่อให้ศักย์เท่ากันบนหลังคาอาจใช้แผ่นโลหะหุ้มบนกันตกหลังคาตามรูปที่ จ.24 และรูปที่ จ.30



(1) จุดต่อซึ่งมีความต้านทานต่อการกัดกร่อน

(2) ตัวนำอ่อน

(3) ที่ครอบโลหะของกันตกหลังคา

หมายเหตุ การเลือกวัสดุและการออกแบบจุดต่อและตัวนำเชื่อม ควรเอาใจใส่เป็นพิเศษเพื่อหลีกเลี่ยงการกัดกร่อน

รูปที่ จ.30 วิธีการทำให้ได้มาซึ่งความต่อเนื่องทางไฟฟ้าบนที่ครอบโลหะของกันตกหลังคา

รูปที่ จ.27 แสดงวิธีการติดตั้งตัวนำตาข่ายบนหลังคา

กรณีที่ยอมให้เกิดความเสียหายทางกลชั่วคราวของชั้นกันน้ำบนหลังคาของสิ่งปลูกสร้าง ตัวนำตาข่ายที่เป็นตัวนำล่อฟ้าที่คลุมหลังคาอาจแทนด้วยตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยแท่งเหล็กเสริมแรงภายในคอนกรีตตามข้อ 5.2.4 ทางเลือกหนึ่งที่ยอมรับได้อาจติดตั้งตัวนำล่อฟ้าของ LPS บนหลังคาคอนกรีตโดยตรง

โดยทั่วไป วาบฟ้าผ่าเข้าสู่เหล็กเส้นเสริมแรงของหลังคาคอนกรีต จะทำให้ชั้นกันน้ำเสียหาย น้ำฝนอาจทำให้เกิดการกัดกร่อนที่เหล็กเส้นเสริมแรงแล้วทำให้เกิดความเสียหายในที่สุด ถ้าความแข็งแรงทางกลของคอนกรีตลดลงเนื่องจากการกัดกร่อนนั้นยอมรับไม่ได้ ควรติดตั้งระบบตัวนำล่อฟ้าและทางที่ดีควรประสานเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงเพื่อป้องกันวาบฟ้าผ่าโดยตรงเข้าสู่เหล็กเส้นเสริมแรง

สิ่งครอบโลหะซึ่งทำหน้าที่ป้องกันทางกลของผนังด้านนอก อาจใช้เป็นส่วนประกอบโดยธรรมชาติของตัวนำล่อฟ้าตามข้อ 5.2.5 ถ้าไม่มีความเสี่ยงในการลุกติดไฟเนื่องจากการหลอมละลายของโลหะ

แผ่นตัวนำที่มุงหลังคาซึ่งไม่เป็นไปตามตารางที่ 3 อาจใช้เป็นตัวนำล่อฟ้า ในกรณีที่ยอมให้เกิดการหลอมละลายที่จุดที่ฟ้าผ่า ถ้าไม่ยอมให้เกิดการหลอมละลาย แผ่นโลหะคลุมหลังคาควรมีการป้องกันด้วยระบบตัวนำล่อฟ้า ซึ่งมีความสูงเพียงพอ (ดูรูปที่ จ.20 และรูปที่ จ.26) ในกรณีนี้ควรใช้วิธีทรงกลมกลิ้ง ซึ่งวิธีดังกล่าวจะทำให้ขนาดตาข่ายมีขนาดเล็กกว่าและความสูงของตัวรองรับมีค่าสูงกว่าของระบบตัวนำล่อฟ้าแบบตาข่ายโดยทั่วไป

กรณีที่ใช้ตัวรองรับเป็นฉนวน เงื่อนไขสำหรับระยะการแยกของตัวนำล่อฟ้าจากแผ่นตัวนำต้องเป็นไปตามข้อ 6.3 กรณีที่ตัวรองรับเป็นตัวนำ การต่อกับแผ่นหลังคาต้องสามารถรองรับกระแสฟ้าผ่าบางส่วนได้ (ดูรูปที่ จ.29)

รูปที่ จ.24 แสดงตัวอย่างของตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ ซึ่งใช้กันตกหลังคาเป็นตัวนำล่อฟ้าที่ขอบของพื้นที่หลังคา

กรณีที่ยอมรับได้สำหรับหน้าอาคารที่เกิดความเสียหายชั่วคราว และส่วนที่แตกหักของคอนกรีตขนาดไม่เกิน 100 mm ตกลงจากสิ่งปลูกสร้าง ข้อ 5.2 ยอมให้ตัวนำวงแหวนบนหลังคาแทนด้วยตัวนำวงแหวนโดยธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต

อย่างไรก็ตาม ส่วนโลหะที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของตัวนำล่อฟ้าที่กำหนดไว้ในข้อ 5.2.5 อาจนำมาใช้ต่อส่วนต่างๆ ที่เป็นทางผ่านของกระแสฟ้าผ่าภายในพื้นที่หลังคา

จ.5.2.4.2.3 การจัดให้มีกำบังสิ่งปลูกสร้างที่เพียงพอ

ผนังด้านนอกและหลังคาของสิ่งปลูกสร้างอาจใช้เป็นกำบังแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อป้องกันบริภัณฑ์ไฟฟ้าและบริภัณฑ์ประมวลผลสารสนเทศที่อยู่ภายในสิ่งปลูกสร้าง (ดู มอก.1586 เล่ม 2 ในภาคผนวก ข. และ มอก.1586 เล่ม 4)

รูปที่ จ.27 แสดงตัวอย่างของสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรงที่ใช้เหล็กเส้นเสริมแรงภายในที่ต่อถึงกันเป็นสายดินแนวดิ่ง และเป็นกำบังแม่เหล็กไฟฟ้าของปริมาตรที่ถูกห่อหุ้มอยู่ ดูรายละเอียดใน มอก.1586 เล่ม 4

ภายในบริเวณของระบบตัวนำล่อฟ้าที่อยู่บนหลังคา ส่วนนำไฟฟ้าได้ทั้งหมดที่มีอย่างน้อยมิติหนึ่งมีขนาดมากกว่า 1 m ควรต่อถึงกันให้เป็นตาข่าย กำบังตาข่ายนี้ควรต่อเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้าที่ขอบหลังคาและจุดอื่นๆ ภายในพื้นที่หลังคาตามข้อ 6.2

รูปที่ จ.24 และรูปที่ จ.30 แสดงการสร้างระบบตัวนำล่อฟ้าบนสิ่งปลูกสร้างที่มีโครงเป็นตัวนำโดยใช้กันตกหลังคาเป็นตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ และโครงเหล็กเป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ

รูปที่ จ.30 แสดงตัวอย่างของการทำให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าของส่วนประกอบโดยธรรมชาติของ LPS

ผลของการลดขนาดตาข่ายของสิ่งปลูกสร้างที่เป็นเหล็กเปรียบเทียบกับตารางที่ 2 ทำให้กระแสฟ้าผ่ากระจายในตัวนำที่ขนานกันหลายๆ เส้น ส่งผลให้อิมพีแดนซ์ทางแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าต่ำและตามข้อ 6.3 เป็นผลให้ระยะการแยกมีค่าลดลง และการรักษาระยะการแยกที่จำเป็นระหว่างสิ่งติดตั้งกับ LPS จะทำได้ง่ายขึ้นมาก

ในสิ่งปลูกสร้างส่วนใหญ่ หลังคาจะเป็นส่วนที่มีการกำบังน้อยที่สุด ดังนั้นควรเอาใจใส่เป็นพิเศษเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการกำบังของโครงสร้างหลังคา

เมื่อไม่มีส่วนประกอบของโครงสร้างที่เป็นตัวนำในหลังคา การกำบังอาจปรับปรุงโดยการลดระยะห่างของตัวนำบนหลังคา

จ.5.2.4.2.4 การป้องกันสิ่งติดตั้งที่ราบเสมอ หรือยื่นสูงจากหลังคาที่ไม่มีสิ่งติดตั้งที่เป็นตัวนำ

แท่งตัวนำล่อฟ้าสำหรับการป้องกันสิ่งติดตั้งโลหะบนหลังคาที่ราบเสมอ หรือยื่นสูงจากหลังคา ควรมีความสูงเพียงพอเพื่อให้สิ่งติดตั้งที่จะป้องกันทั้งหมดอยู่ภายในปริมาตรป้องกันของทรงกลมกลิ้งของแท่งตัวนำล่อฟ้า หรืออยู่ภายในกรวยของมุมป้องกันทั้งหมดตามตารางที่ 2 ระยะการแยกระหว่างแท่งตัวนำล่อฟ้ากับสิ่งติดตั้งบนหลังคาควรที่จะทำให้ภาวะการอยู่ใกล้กันเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 6.3

รูปที่ จ.29 แสดงตัวอย่างของการป้องกันสิ่งติดตั้งบนหลังคาโดยแท่งตัวนำล่อฟ้าที่ใช้วิธีมุมป้องกันในการออกแบบตัวนำล่อฟ้า ค่าของมุมป้องกันต้องสอดคล้องกับระดับการป้องกันของ LPS ตามตารางที่ 2

สิ่งติดตั้งที่เป็นโลหะบนหลังคาที่ไม่ได้รับการป้องกันจากแท่งตัวนำล่อฟ้าไม่ต้องมีการป้องกันเพิ่มเติม ถ้ามิติทั้งหมดของสิ่งติดตั้งมีค่าไม่เกินค่าต่อไปนี้

- ความสูงเหนือระดับหลังคา 0.3 m
- พื้นที่โดยรวมของสิ่งปลูกสร้างส่วนบน 1.0 m^2
- ความยาวของสิ่งปลูกสร้างข้างบน 2.0 m

สิ่งติดตั้งที่นำไฟฟ้าไม่ได้บนหลังคาซึ่งไม่ได้อยู่ภายในปริมาตรป้องกันของแท่งตัวนำล่อฟ้า และยื่นไม่เกิน 0.5 m เหนือพื้นผิวที่เกิดโดยระบบตัวนำล่อฟ้า ไม่ต้องมีการป้องกันเพิ่มเติม

สิ่งติดตั้งที่นำไฟฟ้าได้ เช่น ตัวนำไฟฟ้าหรือท่อโลหะ ซึ่งต่อจากสิ่งติดตั้งที่ราบเสมอกับหลังคาเข้าไปภายในอาคาร สามารถนำส่วนหนึ่งของกระแสฟ้าผ่าเข้าไปภายในอาคาร ในที่ซึ่งมีการต่อตัวนำดังกล่าวอยู่แล้ว สิ่งติดตั้งบนหลังคาที่ยื่นพ้นระดับหลังคาควรป้องกันโดยระบบตัวนำล่อฟ้า ถ้าการป้องกันโดย

ระบบตัวนำล่อฟ้าทำไม่ได้ หรือค่าใช้จ่ายสูงเกินไปอาจติดตั้งชิ้นส่วนฉนวนที่มีความยาวอย่างน้อยสองเท่าของระยะการแยกที่กำหนดในสิ่งติดตั้งที่นำไฟฟ้าได้ (เช่น ท่อของอากาศอัด)

ปล่องไฟที่เป็นวัสดุฉนวนควรมีการป้องกันด้วยแท่งตัวนำล่อฟ้าหรือตัวนำล่อฟ้าวงแหวนเมื่อปล่องไฟไม่อยู่ในปริมาตรป้องกันของระบบตัวนำล่อฟ้า แท่งตัวนำล่อฟ้าบนปล่องไฟควรมีความสูงที่ทำให้ปล่องไฟทั้งหมดอยู่ในปริมาตรป้องกันของแท่งตัวนำล่อฟ้า

วาบฟ้าผ่าอาจผ่าลงปล่องไฟที่เป็นวัสดุฉนวนเมื่อปล่องไฟไม่ได้อยู่ในปริมาตรป้องกันของระบบตัวนำล่อฟ้า เนื่องจากความจริงที่ว่าพื้นผิวภายในปล่องไฟจะปกคลุมด้วยเขม่าซึ่งมีสภาพนำไฟฟ้าจนสามารถนำกระแสที่เกิดจากการปล่อยประจุเป็นลำ (streamer discharge) ที่มีความยาวมาก ถึงแม้ว่าฝนไม่ตกก็ตาม

รูปที่ จ.23ข แสดงการติดตั้งแท่งตัวนำล่อฟ้าบนปล่องไฟที่ทำจากอิฐที่เป็นฉนวน

สิ่งติดตั้งโลหะบนหลังคาที่ราบเสมอกับหลังคา ควรมีการประสานกับระบบตัวนำล่อฟ้าเมื่อไม่สามารถรักษาระยะห่างที่จำเป็นให้เท่ากับระยะการแยกตามข้อ 6.3 ได้

จ.5.2.4.2.5 การป้องกันสิ่งติดตั้งบนหลังคาซึ่งภายในมีบริภัณฑ์ไฟฟ้าหรือบริภัณฑ์ประมวลผลสารสนเทศ

สิ่งติดตั้งทั้งหมดบนหลังคาที่ทำจากวัสดุฉนวนหรือตัวนำ ที่ภายในมีบริภัณฑ์ไฟฟ้า และ/หรือ บริภัณฑ์ประมวลผลสารสนเทศ ควรอยู่ภายในปริมาตรป้องกันของระบบตัวนำล่อฟ้า

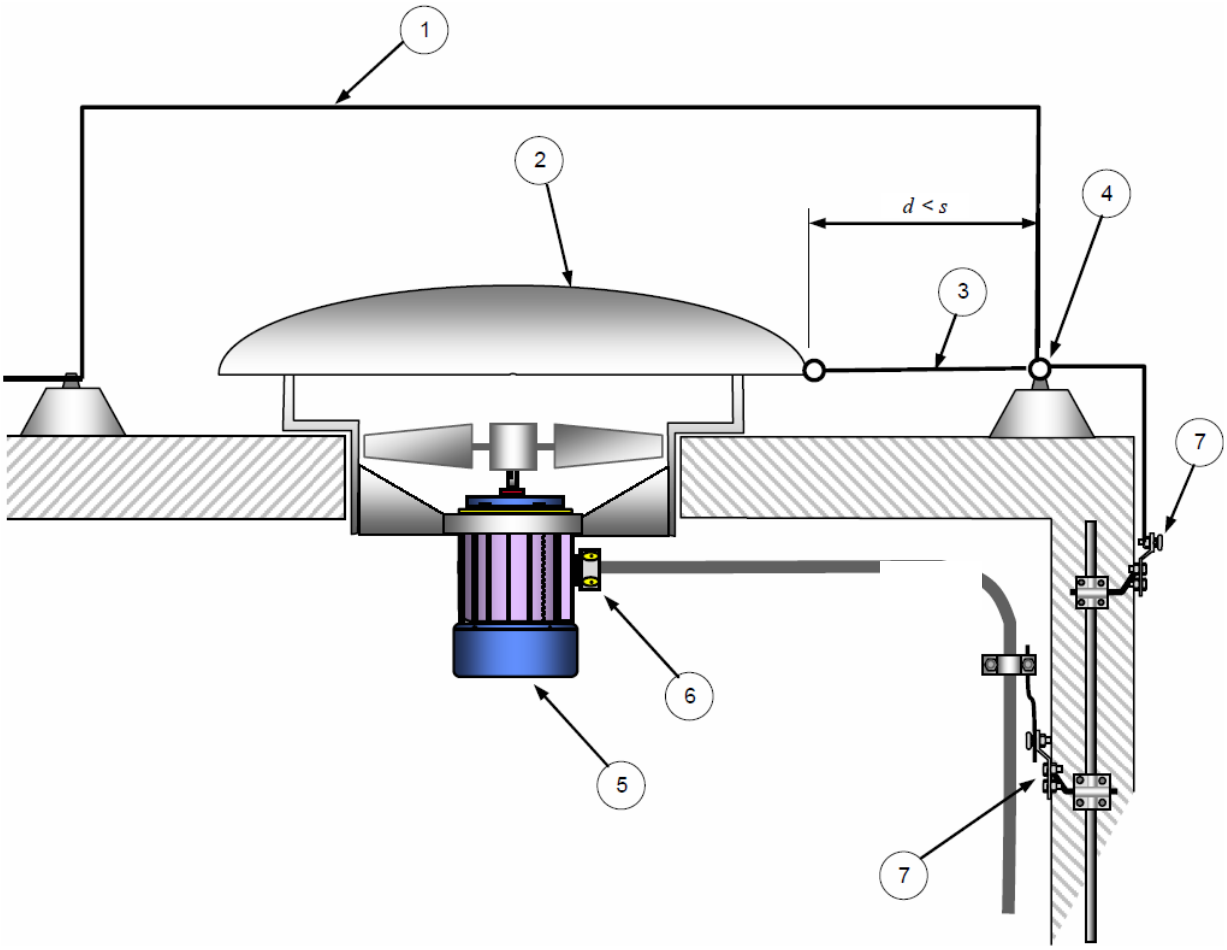
วาบฟ้าผ่าโดยตรงเข้าสู่บริภัณฑ์ที่ติดตั้งอยู่ภายในปริมาตรป้องกันของระบบตัวนำล่อฟ้าไม่น่าจะเกิดขึ้นได้

วาบฟ้าผ่าโดยตรงเข้าสู่สิ่งติดตั้งบนหลังคา ไม่เพียงแต่ทำความเสียหายให้กับสิ่งติดตั้งบนหลังคาเท่านั้น แต่อาจทำความเสียหายขยายออกไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้าและบริภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ต่ออยู่ ทั้งส่วนที่อยู่ภายในสิ่งติดตั้งบนหลังคาและที่อยู่ภายในอาคาร

สิ่งติดตั้งบนหลังคาบนสิ่งปลูกสร้างที่เป็นเหล็ก ควรอยู่ภายในปริมาตรป้องกันของระบบตัวนำล่อฟ้าด้วย ในกรณีนี้ตัวนำล่อฟ้าไม่เพียงแต่ประสานเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้าเท่านั้น แต่ควรประสานเข้ากับสิ่งปลูกสร้างเหล็กโดยตรงด้วยถ้าทำได้ กรณีที่มีการประสานเข้ากับสิ่งปลูกสร้างแล้วไม่จำเป็นต้องมีระยะห่างเท่ากับระยะการแยกอีก

คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับสิ่งติดตั้งบนหลังคาควรนำไปใช้กับสิ่งติดตั้งที่ได้ติดตั้งบนพื้นผิวแนวดิ่งซึ่งมีโอกาสถูกฟ้าผ่าด้วย นั่นคือที่ซึ่งทรงกลมกลิ้งสัมผัส

รูปที่ จ.29 และรูปที่ จ.31 แสดงตัวอย่างของการติดตั้งระบบตัวนำล่อฟ้าที่ป้องกันสิ่งติดตั้งบนหลังคาที่ทำจากวัสดุนำไฟฟ้าได้และวัสดุฉนวน ซึ่งภายในมีการติดตั้งทางไฟฟ้า รูปที่ จ.31 เหมาะสมเฉพาะกับกรณีที่ไม่สามารถคงระยะการแยก (*s*) ได้



(1) ตัวนำล่อฟ้า
(2) ฝาครอบโลหะ
(3) ตัวนำประสาน
(4) ตัวนำล่อฟ้าตามแนวระดับ
(5) บริภัณฑ์ไฟฟ้า
(6) กล่องสำหรับต่อทางไฟฟ้าพร้อม SPD
(7) จุดต่อประสานกับส่วนที่เป็นตัวนำของสิ่งปลูกสร้าง

หมายเหตุ บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในมีการประสานเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้าและกับส่วนที่เป็นตัวนำของสิ่งปลูกสร้างตามข้อ จ.5.2.4.2.6 โดยผ่านกำบังโลหะของสายเคเบิล ซึ่งทนกระแสฟ้าผ่าส่วนใหญ่ได้

รูปที่ จ.31 สิ่งติดตั้งโลหะบนหลังคาซึ่งได้รับการป้องกันการดักรับฟ้าผ่าโดยตรง และต่อเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้า

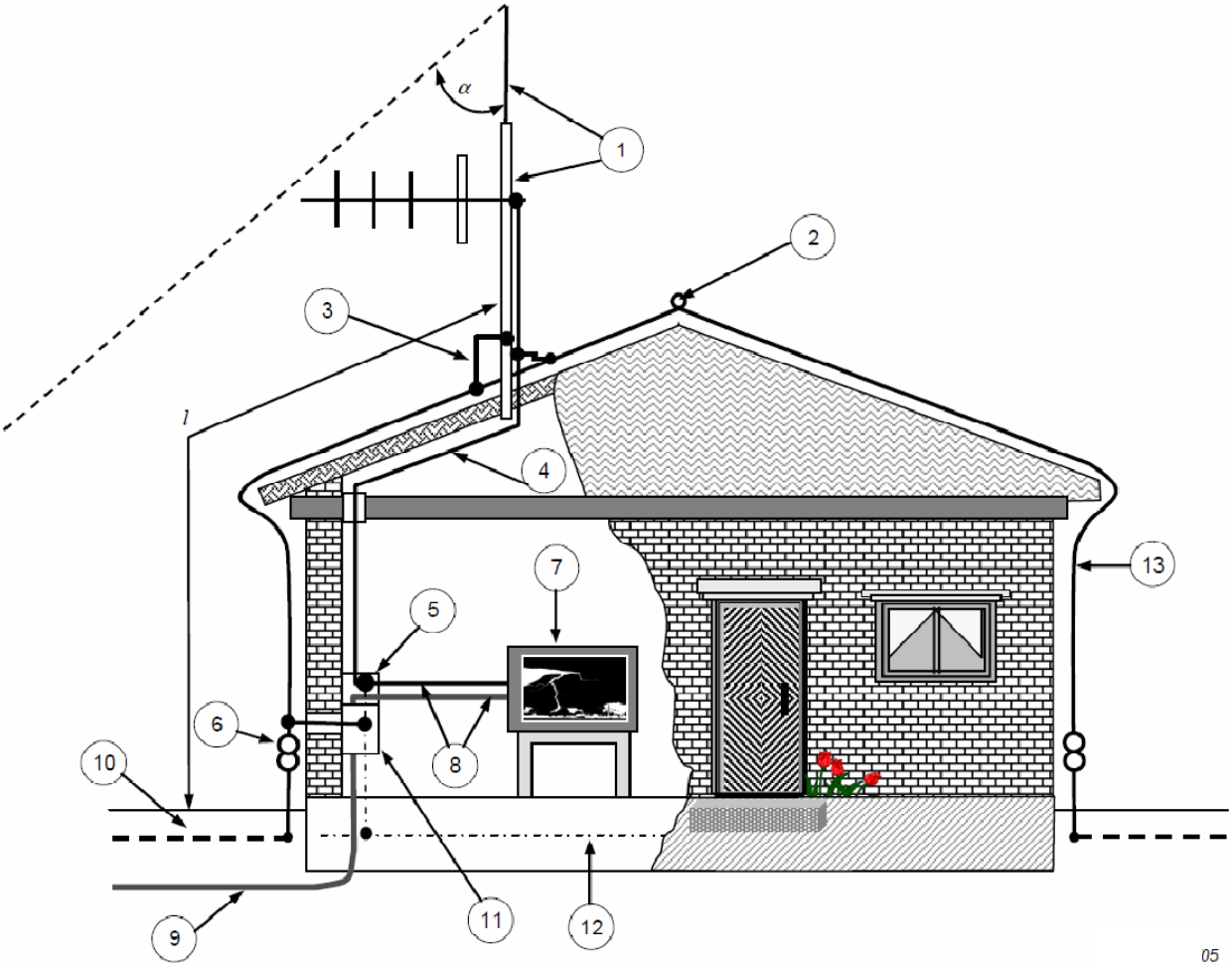
หมายเหตุ ถ้าสิ่งติดตั้งต้องการการป้องกันเป็นพิเศษ สามารถใช้ SPD ซึ่งต่อเข้ากับเคเบิลที่มีไฟโดยติดตั้งที่ระดับหลังคา ระยะการแยกที่กำหนดควรคงไว้ไม่เฉพาะในอากาศเท่านั้น แต่ยังควรคงระยะการแยกตามเส้นทางที่ผ่านวัสดุแข็งด้วย (โดยใช้ $k_m = 0.5$)

จ.5.2.4.2.6 สิ่งติดตั้งทางไฟฟ้าที่ยื่นพ้นจากปริมาตรที่จะป้องกัน

เสาของสายอากาศบนหลังคาของสิ่งปลูกสร้างควรมีการป้องกันวาบฟ้าผ่าโดยตรง โดยการติดตั้งเสาของสายอากาศไว้ภายในปริมาตรป้องกันของระบบตัวนำล่อฟ้าที่มีอยู่ หรือโดยการติดตั้ง LPS ภายนอกแยกอิสระ

กรณีที่ไม่สามารถทำได้ ให้ประสานเสาของสายอากาศเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้า จากนั้นต้องจัดการกับกระแสฟ้าผ่าบางส่วนภายในสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

เคเบิลสายอากาศ แนะนำให้เดินเข้าสู่สิ่งปลูกสร้างที่ทางเข้าร่วมของระบบสาธารณูปโภคทั้งหมด หรือใกล้กับแท่งตัวนำประสานประธานของ LPS จะดีกว่า เปลือกที่เป็นตัวนำของเคเบิลสายอากาศควรต่อประสานเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้าที่ระดับหลังคาและต่อเข้ากับแท่งตัวนำประสานประธาน (ดูรูปที่ จ.32)



(1) เสาโลหะ

(2) ตัวนำล่อฟ้าแนวระดับบนสันหลังคา

(3) จุดต่อระหว่างสายดินแนวดิ่งกับเสาโลหะของสายอากาศ

(4) เคเบิลสายอากาศ

(5) แท่งตัวนำประสานประธาน ซึ่งกำบังโลหะของเคเบิลสายอากาศต่อกับแท่งตัวนำประสาน

(6) จุดต่อทดสอบ

(7) โทรทัศน์

(8) ทางเดินที่ขนานกันของเคเบิลสายอากาศ กับสายเคเบิลกำลัง

(9) สายเคเบิลกำลัง

(10) ระบบรากสายดิน

(11) ตู้จ่ายไฟฟ้ากำลังประธานพร้อม SPD

(12) รากสายดินฐานราก

(13) ตัวนำของ LPS

l ความยาวสำหรับระยะการแยก

α มุมป้องกัน

หมายเหตุ สำหรับสิ่งปลูกสร้างขนาดเล็กอาจใช้สายดินแนวดิ่งเพียงสองเส้นก็เพียงพอตามข้อ 5.3.3

รูปที่ จ.32 ตัวอย่างการสร้างการป้องกันฟ้าผ่าของบ้านที่มีสายอากาศโทรทัศน์ โดยใช้เสาเป็นแท่งตัวนำล่อฟ้า

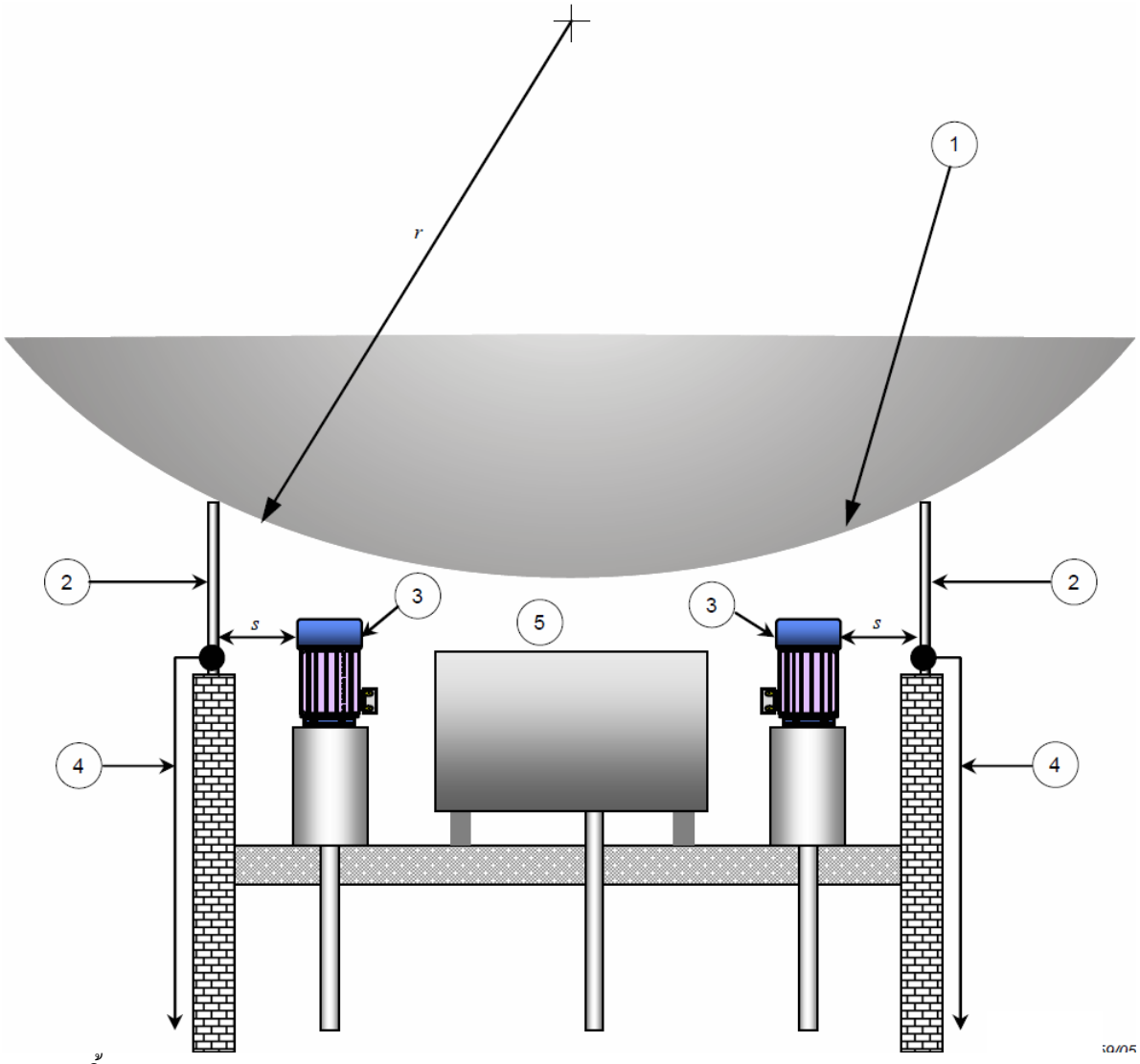
ส่วนติดตั้งบนหลังคา ที่เป็นสิ่งห่อหุ้มบริภัณฑ์ไฟฟ้า ซึ่งไม่สามารถรักษาระยะการแยกได้ ควรประสานเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้าและส่วนนำไฟฟ้าได้ของส่วนติดตั้งบนหลังคา และกำบังที่เป็นตัวนำของบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามตารางที่ 9

รูปที่ จ.31 แสดงตัวอย่างของวิธีการประสานส่วนติดตั้งบนหลังคาที่เป็นตัวนำเข้ากับการติดตั้งทางไฟฟ้าและระบบตัวนำล่อฟ้าของสิ่งปลูกสร้าง

จ.5.2.4.2.7 การป้องกันส่วนนำไฟฟ้าได้บนหลังคา

ส่วนนำไฟฟ้าได้ต่างๆ ที่มีความหนาไม่เพียงพอ ไม่สามารถทนต่อการถูกฟ้าผ่า และติดตั้งอยู่บนหลังคา รวมทั้งครอบหลังคาที่เป็นตัวนำหรือส่วนของสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของระบบตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติตามข้อ 5.2.5 และตารางที่ 3 และในกรณีที่ไม่สามารถทนต่อวาบ ฟ้าผ่าควรมีการป้องกันด้วยตัวนำล่อฟ้า

การออกแบบการป้องกันฟ้าผ่าส่วนนำไฟฟ้าได้บนหลังคาควรใช้วิธีทรงกลมกลิ้งออกแบบตัวนำล่อฟ้า (ดูรูปที่ จ.33)



(1) ทรงกลมกลิ้ง
(2) แท่งตัวนำล่อฟ้า
(3) บริภัณฑ์ไฟฟ้า
(4) สายดินแนวดิ่ง
(5) ภาชนะโลหะ

r รัศมีของทรงกลมกลิ้ง ดูตารางที่ 2

s ระยะการแยก ตามข้อ 6.3

รูปที่ จ.33 การติดตั้งการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับบริภัณฑ์โลหะบนหลังคาจากวาบฟ้าผ่าโดยตรง

รูปที่ จ.31 เป็นตัวอย่างการออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าเพื่อป้องกันส่วนติดตั้งบนหลังคาที่นำไฟฟ้าได้จากวาบฟ้าผ่าโดยตรงเมื่อไม่สามารถรักษาระยะการแยก s

จ.5.2.4.2.8 การป้องกันสิ่งปลูกสร้างที่ปกคลุมด้วยดิน

กรณีสิ่งปลูกสร้างมีชั้นของดินร่วมอยู่บนหลังคาด้วยที่ปกติจะไม่มีผู้คนอยู่ อาจใช้ LPS แบบธรรมดา ระบบตัวนำล่อฟ้าควรเป็นระบบตัวนำล่อฟ้าแบบตาข่ายอยู่ชั้นบนสุดของดิน หรือใช้แท่งตัวนำล่อฟ้า

จำนวนหนึ่ง ต่อถึงกันด้วยตัวนำตาข่ายที่ฝังดินอยู่ ตามหลักการวิธีทรงกลมกลิ้งหรือวิธีมุมป้องกัน ในกรณีที่ไม่สามารถทำได้ควรตระหนักว่าระบบตัวนำล่อฟ้าแบบตาข่ายฝังดินปราศจากแท่งตัวนำหรือปลายยื่นจะมีประสิทธิภาพในการดักรับฟ้าผ่าลดลง

สิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาเป็นชั้นของดินหนาถึง 0.50 m และโดยปกติมีผู้คนอยู่ จะต้องการระบบตัวนำล่อฟ้าแบบตาข่ายขนาด 5 m × 5 m เพื่อป้องกันอันตรายจากแรงดันช่วงก้าว เพื่อป้องกันผู้คนที่อยู่บนพื้นดินจากวาบฟ้าผ่าโดยตรง แท่งตัวนำล่อฟ้าตามวิธีทรงกลมกลิ้งอาจมีความจำเป็นด้วยเช่นกัน แท่งตัวนำล่อฟ้าเหล่านี้สามารถแทนด้วยส่วนประกอบที่เป็นตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ เช่น รั้ว เสาไฟส่องสว่าง เป็นต้น ความสูงของระบบตัวนำล่อฟ้าต้องคำนึงถึงเกณฑ์ที่ยอมให้ด้านความสูงของคน 2.50 m ควบคู่ไปกับระยะการแยกที่จำเป็น (ดูรูปที่ จ.3)

ถ้าไม่เป็นไปตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้คนควรระมัดระวังว่าระหว่างเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง บุคคลนั้นอาจเป็นจุดเด่น (be exposed to) ต่อวาบฟ้าผ่าโดยตรงได้

กรณีสิ่งปลูกสร้างใต้ดินซึ่งบรรจุวัตถุระเบิดจะต้องมี LPS เพิ่มเติม LPS เพิ่มเติมนั้นอาจเป็น LPS แยกอิสระเหนือสิ่งปลูกสร้าง ระบบต่อลงดินของมาตรการการป้องกันทั้งสองควรต่อถึงกัน

จ.5.2.5 ส่วนประกอบโดยธรรมชาติ

บนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาราบ ครอบโลหะของกันตกหลังคาใช้แทนส่วนประกอบโดยธรรมชาติของโครงข่ายตัวนำล่อฟ้าของ LPS ครอบดังกล่าวอาจเป็นส่วนรีด หรือดัดโค้งของ อะลูมิเนียม เหล็กเคลือบสังกะสี หรือทองแดงรูปตัวยู ซึ่งใช้ป้องกันพื้นผิวบนของกันตกหลังคาจากสภาพอากาศ ความหนาต่ำสุดที่ให้ไว้ตามตารางที่ 3 ต้องนำมาใช้สำหรับครอบดังกล่าว

ตัวนำล่อฟ้า ตัวนำบนพื้นหลังคา และสายดินแนวดิ่ง ควรต่อเข้ากับครอบกันตกหลังคา

ควรจัดให้มีการต่อถึงกันด้วยตัวนำระหว่างส่วนของแผ่นครอบกันตกที่อยู่ติดกัน นอกเสียจากว่าระหว่างครอบเหล่านั้นมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าถึงกันอย่างดีที่เชื่อถือได้

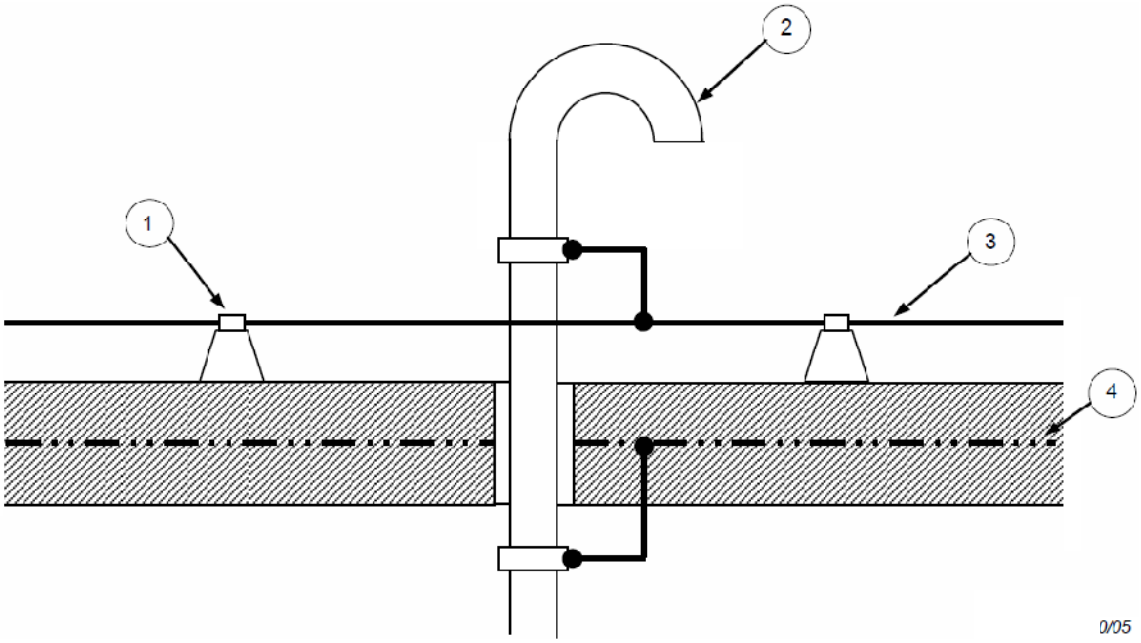
รูปที่ จ.24 เป็นตัวอย่างของการสร้างตัวนำล่อฟ้าที่ใช้ที่ครอบกันตกนำไฟฟ้าได้เป็นตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติของ LPS

ส่วนนำไฟฟ้าได้ เช่น แท็งก์โลหะ ท่อโลหะ และราวจับที่ติดตั้งบนหรือยื่นออกเหนือพื้นผิวหลังคา ควรปฏิบัติเสมือนว่าเป็นส่วนประกอบโดยธรรมชาติของระบบตัวนำล่อฟ้า ทั้งนี้ความหนาของผนังของส่วนนำไฟฟ้าได้ดังกล่าวต้องเป็นไปตามตารางที่ 3

ภาชนะและงานท่อซึ่งบรรจุของเหลวหรือก๊าซที่มีความดันสูง หรือ ก๊าซหรือของเหลวที่ติดไฟได้ ไม่ควรใช้เป็นตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ให้คำนึงถึงผลของความร้อนที่เกิดจากกระแสฟ้าผ่าในการออกแบบงานท่อด้วย

ส่วนนำไฟฟ้าได้เหนือพื้นผิวหลังคา เช่น แท็งก์โลหะ มักจะต่อโดยธรรมชาติกับบริภัณฑ์ที่ติดตั้งอยู่ภายในสิ่งปลูกสร้าง เพื่อเป็นการป้องกันกระแสฟ้าผ่าทั้งหมดไหลผ่านสิ่งปลูกสร้าง จำเป็นต้องจัดให้มีการต่ออย่างดีระหว่างส่วนประกอบโดยธรรมชาติของ LPS เหล่านั้นกับตัวนำล่อฟ้าแบบตาข่าย

รูปที่ จ.34 เป็นตัวอย่างซึ่งแสดงรายละเอียดของการประสานส่วนติดตั้งบนหลังคาที่นำไฟฟ้าได้กับตัวนำล่อฟ้า



(1) การจับยึดตัวนำล่อฟ้า
(2) ท่อโลหะ
(3) ตัวนำล่อฟ้าตามแนวระดับ
(4) เหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต

หมายเหตุ 1 ท่อเหล็กควร เป็นไปตามข้อ 5.2.5 และตารางที่ 6 ตัวนำประสานควรเป็นไปตามตารางที่ 6 และเหล็กเส้นเสริมแรงควรเป็นไปตามข้อ 4.3 การประสานบนหลังคาควรเป็นแบบกันน้ำ

หมายเหตุ 2 ในกรณีเฉพาะนี้ ต้องจัดให้มีการประสานกับเหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรง

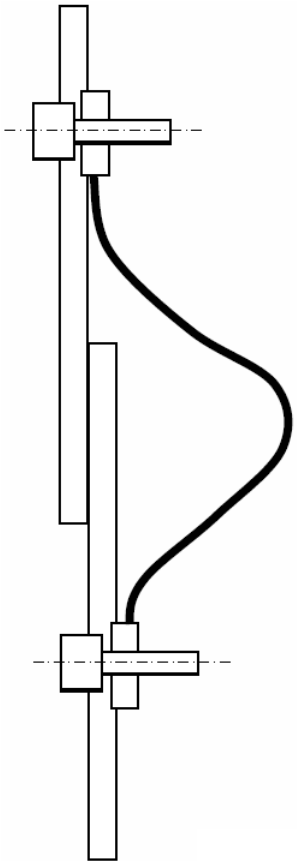
รูปที่ จ.34 การต่อแท่งตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติกับตัวนำล่อฟ้า

ส่วนนำไฟฟ้าได้ที่อยู่เหนือพื้นผิวหลังคา เช่น แท็งก์โลหะ และแท่งเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต ควรต่อเข้ากับโครงข่ายตัวนำล่อฟ้า

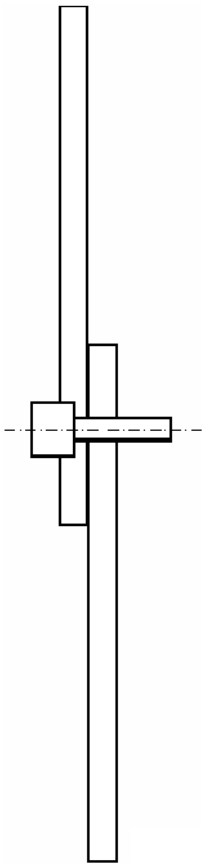
ถ้าไม่ยอมรับให้มีฟ้าผ่าโดยตรงลงส่วนนำไฟฟ้าได้บนหลังคา ส่วนนำไฟฟ้าได้ต้องติดตั้งภายในปริมาตรป้องกันของระบบตัวนำล่อฟ้า

ครอบตัวนำต่างๆ ของส่วนปิดหน้าอาคาร หรือส่วนอื่นๆ ที่เทียบเท่ากันของสิ่งปลูกสร้างซึ่งความเสี่ยงในการเกิดไฟไหม้ไม่ต้องคำนึงถึงได้ ควรปฏิบัติตามข้อ 5.2.5

รูปที่ จ.35 แสดงตัวอย่างของการต่อถึงกันด้วยตัวนำระหว่างแผ่นปิดหน้าอาคารที่ยอมรับให้ใช้แผ่นเหล่านั้นเป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ โดยใช้การเชื่อมต่อสองวิธีที่นำเสนอ คือ การต่อถึงกันโดยแถบโลหะที่อ่อนตัว และการต่อถึงกันโดยใช้สลักเกลียวปล่อย การต่อถึงกันโดยแถบโลหะเท่านั้นที่อาจใช้กับแผ่นปิดหน้าอาคารเป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ การต่อถึงกันโดยใช้สลักเกลียวปล่อย เหมาะสมสำหรับจุดประสงค์ในการกำบัง (เพื่อป้องกัน LEMP) เท่านั้น



รูปที่ จ.35ก การต่อถึงกันโดยแถบโลหะที่อ่อนตัว



รูปที่ จ.35ข การต่อถึงกันโดยใช้สลักเกลียวปล่อย

หมายเหตุ การต่อถึงกันทางไฟฟ้าช่วยปรับปรุงการป้องกัน LEMP ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน มอก.1586 เล่ม 4

รูปที่ จ.35 การสร้างการต่อถึงกันด้วยตัวนำระหว่างชิ้นส่วนแผ่นปิดหน้าอาคารที่เป็นโลหะ

จ.5.2.6 ตัวนำล่อฟ้าแบบแยกอิสระ

เสาตัวนำล่อฟ้าที่อยู่ใกล้เคียงสิ่งปลูกสร้างหรือบริภัณฑ์ที่จะป้องกัน มีจุดประสงค์เพื่อลด ความเป็นไปได้ที่จะเกิดฟ้าผ่าลงสิ่งปลูกสร้าง ภายในโซนการป้องกันที่มีการติดตั้ง LPS แบบแยกอิสระ

ในกรณีที่มีการติดตั้งเสาตัวนำมากกว่า 1 ต้น อาจมีการต่อถึงกันโดยตัวนำเหนือดิน และบริเวณใกล้เคียงกับบริเวณที่ติดตั้ง LPS ควรเป็นไปตามข้อ 6.3

ตัวนำเหนือดินที่เชื่อมต่อระหว่างเสา ทำให้ปริมาตรป้องกันขยายตัวออก และช่วยกระจายกระแสฟ้าผ่าระหว่างเส้นทาง สายดินแนวดิ่งทั้งหลายด้วย แรงดันตกคร่อมตลอดช่วง LPS และการแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้าในปริมาตรที่จะป้องกันจึงมีค่าต่ำกว่ากรณีไม่มีการติดตั้งตัวนำเหนือดิน

ความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในสิ่งปลูกสร้างมีค่าลดลงเนื่องจากระยะห่างระหว่างการติดตั้งภายในสิ่งปลูกสร้างกับ LPS มีค่ามากขึ้น LPS แบบแยกอิสระอาจนำมาใช้กับสิ่งปลูกสร้างที่เป็นคอนกรีตเสริมแรงได้เช่นเดียวกัน ซึ่งจะยิ่งช่วยปรับปรุงการกำบังแม่เหล็กไฟฟ้าได้มาก อย่างไรก็ตาม การสร้าง LPS แบบแยกอิสระสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่สูงไม่สามารถปฏิบัติได้

ระบบตัวนำล่อฟ้าแบบแยกอิสระที่ทำจากสายตัวนำซึ่งยืดออกไป โดยวางไว้บนตัวรองรับที่เป็นฉนวน มีความเหมาะสม เมื่อจะป้องกันส่วนติดตั้งที่ยื่นพ้นจากผิวหลังคาที่จะป้องกันเป็นจำนวนมาก ฉนวนของตัวรองรับควรเพียงพอกับแรงดันที่คำนวณจากระยะการแยกตามข้อ 6.3

จ.5.3 ระบบสายดินแนวดิ่ง

จ.5.3.1 ทั่วไป

การเลือกจำนวนและตำแหน่งของสายดินแนวดิ่งควรคำนึงถึงความจริงที่ว่า ถ้ากระแสฟ้าผ่าถูกแบ่งไหลในสายดินแนวดิ่งหลายๆ เส้น จะทำให้ความเสี่ยงในการเกิดวาบฟ้าผ่าสู่ด้านข้างและการแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้าภายในสิ่งปลูกสร้างลดลง ดังนั้น สายดินแนวดิ่งควรวางให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ ตามเส้นรอบสิ่งปลูกสร้างและให้มีลักษณะสมมาตรกันเท่าที่จะเป็นไปได้

การแบ่งกระแสปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ไม่เพียงแต่โดยการเพิ่มจำนวนของสายดินแนวดิ่งเท่านั้น แต่ยังทำได้เช่นกันโดยตัวนำวงแหวนต่อให้ศักย์เท่ากัน

สายดินแนวดิ่งควรวางให้ห่างจากวงจรภายในและส่วนโลหะให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ เพื่อหลีกเลี่ยงความจำเป็นในการประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน

ควรจำไว้ว่า

- สายดินแนวดิ่งควรให้สั้นที่สุดเท่าที่ทำได้ (เพื่อให้ความเหนี่ยวนำมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่ทำได้)
- แบบอย่างระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่ง แสดงไว้ในตารางที่ 4
- รูปแบบทางเรขาคณิตของสายดินแนวดิ่ง และตัวนำวงแหวนต่อให้ศักย์เท่ากัน มีผลต่อระยะการแยก (ดูข้อ 6.3)
- สิ่งปลูกสร้างที่ยื่นออกไป ระยะการแยกควรประเมินค่าด้วยการอ้างอิงความเสี่ยงของการเกิดวาบฟ้าผ่าด้านข้างสู่บุคคลด้วย (ดูข้อ จ.4.2.4.2)

ถ้าไม่สามารถวางสายดินแนวดิ่งที่ด้านข้าง หรือส่วนของด้านข้างของอาคาร เพราะข้อจำกัดทางปฏิบัติหรือทางสถาปัตย์ สายดินแนวดิ่งที่ควรจะวางบนด้านข้างนั้น ควรนำไปวางเพิ่มเติมเพื่อชดเชยที่ด้านข้างด้านอื่นๆ ระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งเหล่านี้ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 1/3 ของระยะในตารางที่ 4

การเปลี่ยนแปลงระยะห่างของสายดินแนวดิ่ง $\pm$ 20 % เป็นค่าที่ยอมรับได้ตราบเท่าที่ค่าเฉลี่ยของระยะห่างเป็นไปตามตารางที่ 4

บริเวณที่เป็นลานในที่ปิดที่มีความยาวโดยรอบมากกว่า 30 m ต้องมีการติดตั้งสายดินแนวดิ่ง โดยค่าระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งให้ไว้ในตารางที่ 4

จ.5.3.2 จำนวนของสายดินแนวดิ่งสำหรับ LPS แยกอิสระ

ไม่มีข้อมูลเพิ่มเติม

จ.5.3.3 จำนวนของสายดินแนวดิ่งสำหรับ LPS ไม่แยกอิสระ

ไม่มีข้อมูลเพิ่มเติม

จ.5.3.4 การสร้าง

จ.5.3.4.1 ข้อมูลทั่วไป

สายดินแนวดิ่งภายนอกควรติดตั้งระหว่างระบบตัวนำล่อฟ้ากับระบบรากสายดิน ในกรณีที่มีส่วนประกอบโดยธรรมชาติสามารถใช้ส่วนประกอบเหล่านั้นเป็นสายดินแนวดิ่งได้

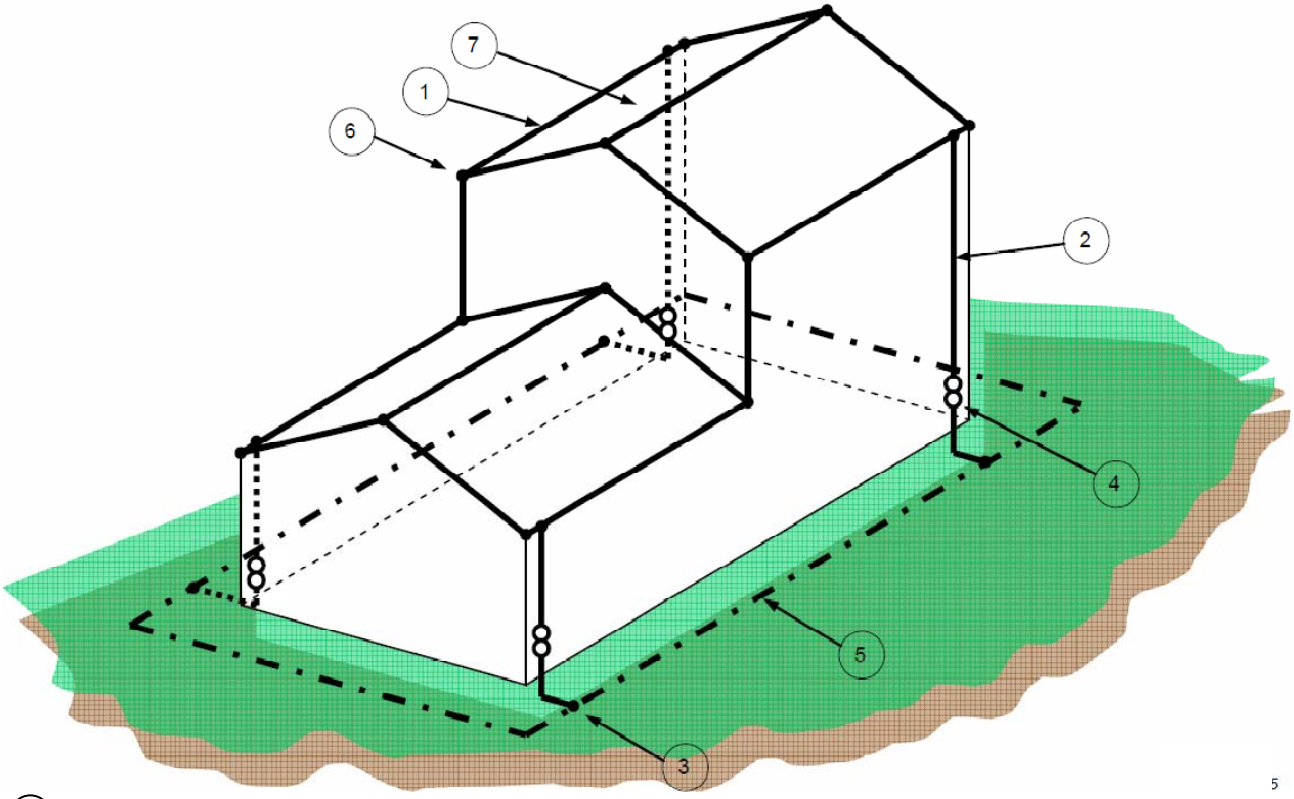
ถ้าระยะการแยกระหว่างสายดินแนวดิ่งและสิ่งติดตั้งภายใน ซึ่งคำนวณตามหลักเกณฑ์ของระยะห่างของสายดินแนวดิ่งตามตารางที่ 4 มีค่ามากเกินไป จำนวนสายดินแนวดิ่งควรเพิ่มขึ้นเพื่อให้เป็นไปตามระยะการแยกที่กำหนด

ระบบตัวนำล่อฟ้า ระบบสายดินแนวดิ่ง และระบบรากสายดิน ควรมีความสอดคล้องกันเพื่อให้มีทางเดินลงดินของกระแสฟ้าผ่าที่สั้นที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

นิยมต่อสายดินแนวดิ่งจากจุดต่อของโครงข่ายระบบตัวนำล่อฟ้า และวางเป็นแนวดิ่งไปยังจุดต่อของโครงข่ายระบบรากสายดิน

ถ้าไม่สามารถต่อเป็นเส้นตรง เช่น เนื่องจากเป็นหลังคาขนาดใหญ่ยื่นออกไป การต่อระหว่างระบบตัวนำล่อฟ้ากับสายดินแนวดิ่งควรใช้ตัวนำโดยเฉพาะ ไม่ควรต่อผ่านส่วนประกอบโดยธรรมชาติ เช่น รางน้ำฝน

รูปที่ จ.36 เป็นตัวอย่างของ LPS ภายนอกสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีการสร้างหลังคาต่างระดับ และรูปที่ จ. 25 เป็นตัวอย่างของการออกแบบ LPS ภายนอกสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีความสูง 60 m ซึ่งมีหลังคาราบและมีสิ่งติดตั้งบนหลังคา

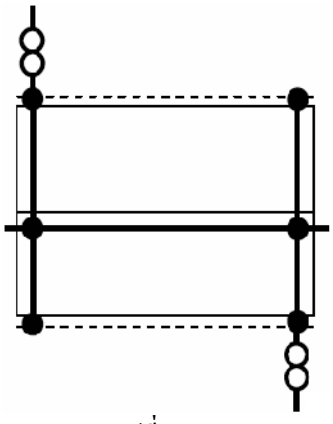


(1) ตัวนำล่อฟ้าแนวระดับ
(2) สายดินแนวดิ่ง
(3) จุดต่อแยกสามทางแบบทนการกัดกร่อน
(4) จุดต่อทดสอบ
(5) การจัดวางรากสายดินแบบ ข รากสายดินวงแหวน
(6) จุดต่อแยกสามทางบนสันหลังคา
(7) ขนาดตาข่าย

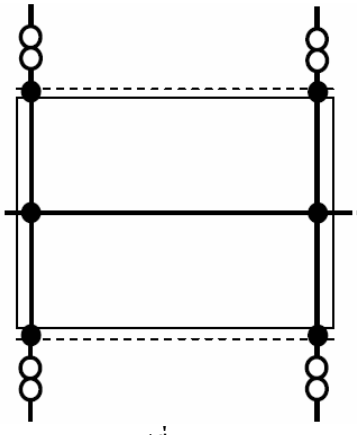
หมายเหตุ ระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งควรเป็นไปตามข้อ 5.2, 5.3 และตารางที่ 4

รูปที่ จ.36 การติดตั้ง LPS ภายนอกบนสิ่งปลูกสร้างที่ใช้วัสดุฉนวนและมีหลังคาต่างระดับ

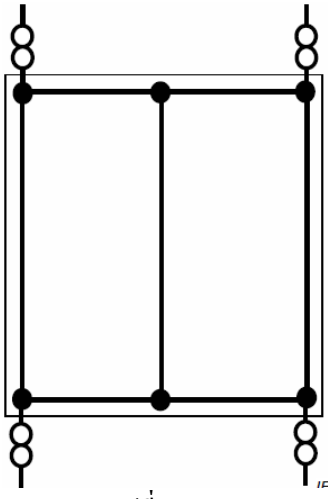
ในสิ่งปลูกสร้างที่ไม่มีส่วนนำไฟฟ้าได้ที่ต่อเนื่องถึงกันเป็นพื้นที่ใหญ่ กระแสฟ้าผ่าจะไหลผ่านเฉพาะสายดินแนวดิ่งของ LPS ด้วยเหตุนี้รูปแบบทางเรขาคณิตของสายดินแนวดิ่งจะเป็นตัวกำหนดขนาดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในสิ่งปลูกสร้าง (ดูรูปที่ จ.37)



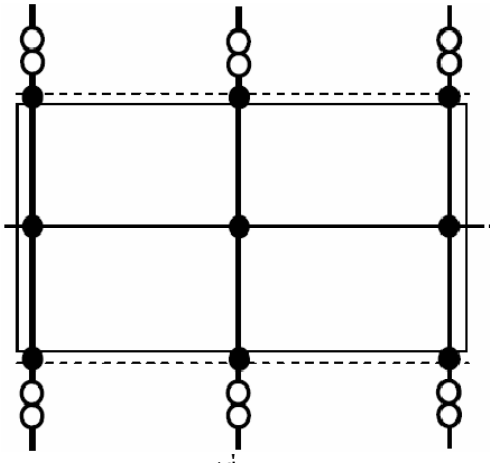
รูปที่ จ.37ก



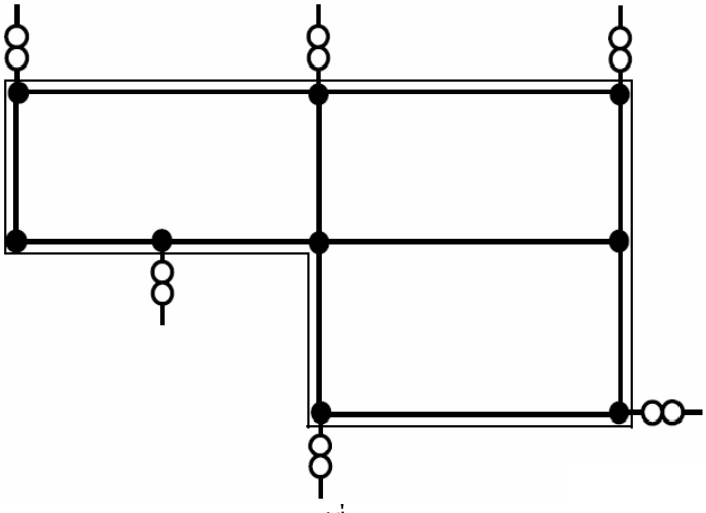
รูปที่ จ.37ข



รูปที่ จ.37ค



รูปที่ จ.37ง



รูปที่ จ.37จ

สัญลักษณ์

------ ส่วนประกอบโดยธรรมชาติของ LPS เช่น รางน้ำฝน

——— ตัวนำของ LPS

—oo— จุดต่อทดสอบ

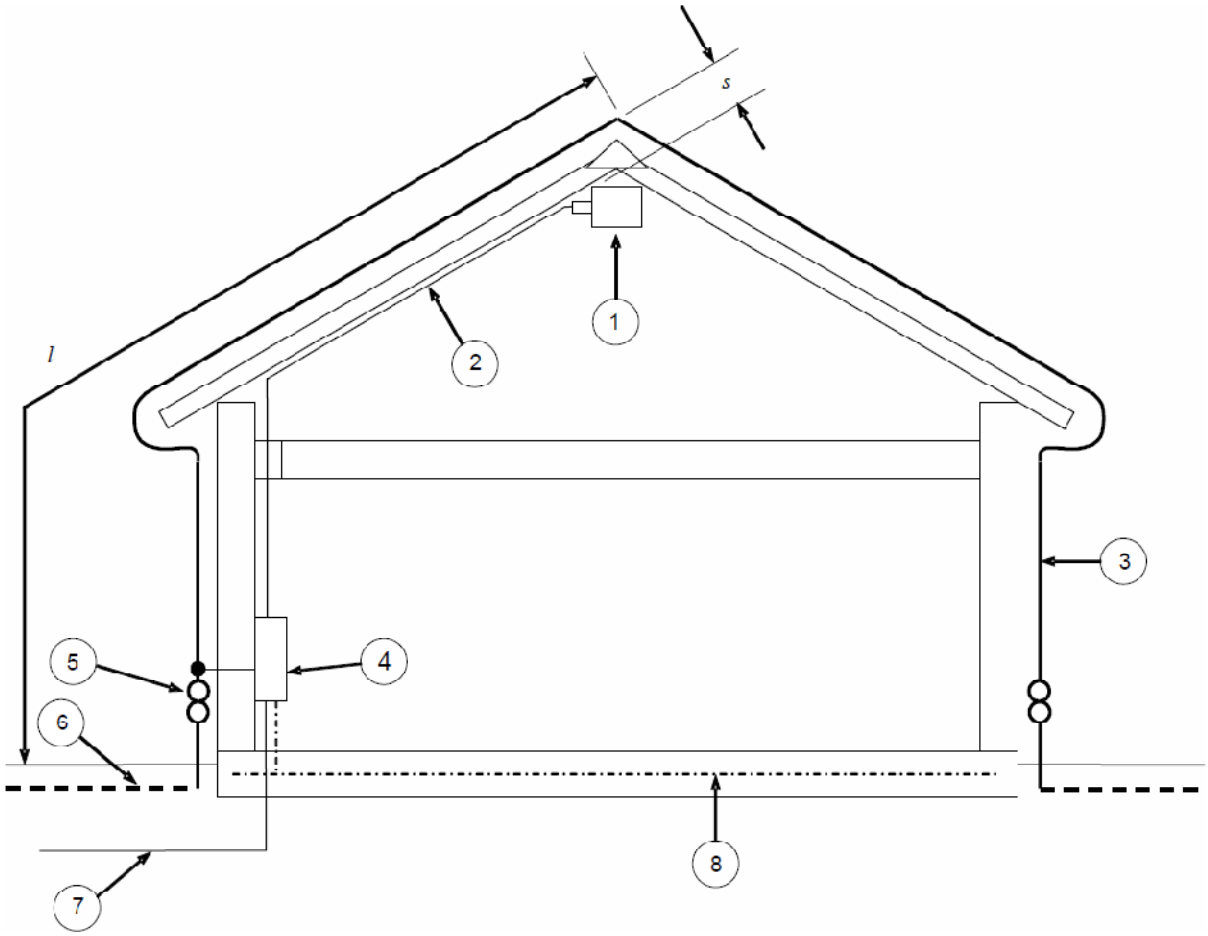
—●— จุดต่อ

หมายเหตุ ระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งกับขนาดตาข่ายควรเป็นไปตามระดับการป้องกันฟ้าผ่าที่เลือกตามตารางที่ 2 และตารางที่ 4

รูปที่ จ.37 ตัวอย่างรูปแบบทางเรขาคณิตของตัวนำ LPS

เมื่อจำนวนสายดินแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ระยะการแยกสามารถลดลงได้ตามค่าสัมประสิทธิ์ k_c (ดูข้อ 6.3)

ตามข้อ 5.3.3 ควรมีสายดินแนวดิ่งอย่างน้อย 2 เส้น บนสิ่งปลูกสร้างแต่ละหลัง (ดูรูปที่ จ.38 และรูปที่ จ. 36)



(1) บริภัณฑ์ไฟฟ้า
(2) สายไฟฟ้า
(3) ตัวนำ LPS
(4) กล่องอุปกรณ์จ่ายไฟประธานพร้อม SPD
(5) จุดต่อทดสอบ
(6) ระบบรากสายดิน
(7) เคเบิลไฟฟ้ากำลัง
(8) รากสายดินฐานราก

s ระยะการแยกตามข้อ 6.3

l ความยาวที่ใช้ในการประเมินระยะการแยก *s*

หมายเหตุ ตัวอย่างแสดงให้เห็นปัญหาซึ่งเกิดขึ้นจากสิ่งติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลังหรือสิ่งติดตั้งนำไฟฟ้าได้อื่นๆ ในที่ว่างใต้หลังคาของอาคาร

รูปที่ จ.38 การสร้าง LPS ที่ใช้เพียงสายดินแนวดิ่ง 2 เส้นกับรากสายดินฐานราก

สิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ เช่น อพาร์ทเมนต์ที่เป็นอาคารสูง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งปลูกสร้างทางอุตสาหกรรม และสิ่งปลูกสร้างสำหรับงานบริหาร ซึ่งมักจะออกแบบโดยใช้โครงเป็นเหล็ก หรือเหล็กร่วมกับคอนกรีต หรือเป็นสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรง อาจใช้ส่วนประกอบของโครงสร้างที่นำไฟฟ้าได้ดังกล่าวเป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ

อิมพีแดนซ์รวมของ LPS สำหรับสิ่งปลูกสร้างดังกล่าวจะมีค่าค่อนข้างต่ำ ทำให้มีประสิทธิภาพมากในการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งติดตั้งที่อยู่ภายใน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ผนังของสิ่งปลูกสร้างที่มีพื้นผิวนำไฟฟ้าได้เป็นสายดินแนวดิ่งจะเป็นประโยชน์มาก พื้นผิวของผนังที่นำไฟฟ้าได้อาจได้แก่ ผนังคอนกรีตเสริมแรง แผ่นปิดหน้าอาคารที่เป็นโลหะแผ่น และแผ่นปิดหน้าอาคารที่เป็นคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ต่อและเชื่อมกันตามวิธีที่ระบุในข้อ 5.3.5

รูปที่ จ.4 ให้รายละเอียดของการสร้างอย่างถูกต้องของ LPS ที่ใช้ส่วนประกอบโดยธรรมชาติ เช่น เหล็กที่ต่อถึงกัน

การใช้ส่วนประกอบโดยธรรมชาติที่เป็นเหล็กโครงสร้าง ช่วยลดแรงดันตกระหว่างระบบตัวนำล่อฟ้ากับระบบรากสายดิน และช่วยลดการแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสฟ้าผ่าภายในสิ่งปลูกสร้าง

ถ้าระบบตัวนำล่อฟ้ามีการต่อกับส่วนนำไฟฟ้าได้ของเสาภายในกลุ่มสิ่งปลูกสร้าง และต่อกับตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากันที่ระดับพื้น จะมีกระแสฟ้าผ่าส่วนหนึ่งไหลผ่านสายดินแนวดิ่งภายในเหล่านี้ สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสฟ้าผ่าบางส่วนมีผลกระทบต่อบริภัณฑ์ที่ติดตั้งอยู่ใกล้เคียง และต้องนำไปพิจารณาในการออกแบบ LPS ภายใน และในการออกแบบสิ่งติดตั้งทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ขนาดของกระแสฟ้าผ่าบางส่วนเหล่านี้ขึ้นอยู่กับมิติของสิ่งปลูกสร้างและจำนวนของเสา โดยสมมุติว่ารูปคลื่นกระแสยังคงเหมือนกับรูปคลื่นของกระแสฟ้าผ่า

ถ้าระบบตัวนำล่อฟ้ามีการฉนวนจากเสาภายใน จะไม่มีกระแสไหลผ่านเสาภายในกลุ่มสิ่งปลูกสร้างหากฉนวนที่ติดตั้งไม่มีการเบรกดาวน์ ถ้าฉนวนมีการเบรกดาวน์ ณ จุดที่มิได้คาดการณ์ไว้ อาจมีกระแสฟ้าผ่าบางส่วนปริมาณมากกว่าไหลผ่านเสาเฉพาะต้นหรือเสาเฉพาะกลุ่ม ความชันของกระแสนี้อาจเพิ่มขึ้นเนื่องจากช่วงเวลาหน้าคลื่นเสมือนลดลง ซึ่งเกิดจากการเบรกดาวน์ของฉนวน และบริภัณฑ์ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงจะได้รับผลกระทบกว้างขวางกว่าในกรณีที่มีการควบคุมการประสานของเสากับ LPS ของสิ่งปลูกสร้าง

รูปที่ จ.10 เป็นตัวอย่างของการสร้างสายดินแนวดิ่งภายในสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรงขนาดใหญ่ ซึ่งใช้สำหรับงานอุตสาหกรรม สภาพแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียงกับเสาภายในต้องมีการนำไปพิจารณาในการวางแผน LPS ภายใน

จ.5.3.4.2 สายดินแนวดิ่งแบบไม่แยกอิสระ

สิ่งปลูกสร้างที่มีส่วนนำไฟฟ้าได้จำนวนมากในผนังด้านนอก ควรต่อตัวนำล่อฟ้าและระบบรากสายดินเข้ากับส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างหลายๆ จุด การต่อดังกล่าวจะช่วยลดระยะการแยกตามข้อ 6.3

การต่อข้างต้นทำให้ส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างทำหน้าที่เป็นสายดินแนวดิ่งและเป็นแท่งตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากันด้วย

ในสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ที่ไม่ใช่อาคารสูง (เช่น สิ่งปลูกสร้างในงานอุตสาหกรรม โถงนิทรรศการฯลฯ) ซึ่งมีมิติใหญ่กว่า 4 เท่าของระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่ง ควรติดตั้งสายดินแนวดิ่งภายในเพิ่มเติมทุกระยะประมาณ 40 m ในที่ที่ทำได้

เสาภายในและส่วนของผนังกั้นภายในทั้งหมดที่มีส่วนนำไฟฟ้าได้ เช่น แท่งเหล็กเส้นเสริมแรง ที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขระยะการแยก ควรต่อเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้าและระบบรากสายดินที่จุดที่เหมาะสม

รูปที่ จ.10 แสดง LPS ของสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งมีเสาภายในทำด้วยคอนกรีตเสริมแรง เหล็กเส้นเสริมแรงภายในเสาคอนกรีตจะต่อกับระบบตัวนำล่อฟ้าและระบบรากสายดินเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการเกิดประกายอันตรายระหว่างส่วนนำไฟฟ้าได้ต่างๆ ของสิ่งปลูกสร้าง ผลลัพธ์ที่ได้คือ จะมีส่วนของกระแสฟ้าผ่าส่วนหนึ่งไหลผ่านสายดินแนวดิ่งภายในเหล่านี้ อย่างไรก็ดี กระแสฟ้าผ่ามีการแบ่งไหลผ่านสายดินแนวดิ่งจำนวนมาก และกระแสดังกล่าวจะมีรูปคลื่นเหมือนกับรูปคลื่นของกระแสลำฟ้าผ่าโดยประมาณ แต่มีความชันของหน้าคลื่นลดลง ถ้าไม่มีการต่อเหล่านี้และเกิดวาบไฟจะมีสายดินแนวดิ่งภายในเพียง 1 เส้น หรือ 2-3 เส้นเป็นทางผ่านของกระแส

รูปคลื่นของกระแสกรณีที่เกิดวาบไฟจะมีความชันมากกว่าของกระแสฟ้าผ่าเป็นอย่างมาก ทำให้แรงดันเหนี่ยวนำในวงรอบวงจรที่อยู่บริเวณใกล้เคียงจะมีค่าสูงขึ้นมาก

สำหรับสิ่งปลูกสร้างดังกล่าว สิ่งที่มีความสำคัญมากคือก่อนเริ่มออกแบบสิ่งปลูกสร้างจำเป็นต้องมีการประสานงานระหว่างการออกแบบสิ่งปลูกสร้างกับการออกแบบ LPS เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ของส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างในการป้องกันฟ้าผ่า การประสานงานที่ดีในระหว่างการออกแบบทำให้ได้ LPS ที่มีประสิทธิภาพสูงด้วยค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

การป้องกันฟ้าผ่าสำหรับที่ว่างและบุคคลที่อยู่ใต้ชั้นที่ยื่นออกไป เช่น ชั้นบนที่ยื่นออกไป ควรมีการออกแบบตามข้อ 4.2.4.2 และรูปที่ จ.3

จ.5.3.4.3 สายดินแนวดิ่งแบบแยกอิสระ

ถ้าไม่สามารถติดตั้งสายดินแนวดิ่งบนพื้นผิวเนื่องจากข้อจำกัดทางสถาปัตย์ ควรติดตั้งสายดินแนวดิ่งไว้ในช่องว่างภายในงานก่ออิฐ ในกรณีนี้ควรพิจารณาถึงการคงระยะการแยกระหว่างสายดินแนวดิ่งกับส่วนโลหะใดๆ ภายในสิ่งปลูกสร้างตามข้อ 6.3 ด้วย

ไม่แนะนำให้ติดตั้งสายดินแนวดิ่งโดยตรงภายในปูนฉาบชั้นนอก เนื่องจากปูนที่ฉาบอาจเสียหายได้จากการขยายตัวทางความร้อน นอกจากนี้ปูนฉาบอาจมีการเปลี่ยนสีเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี ความเสียหายของปูนฉาบมักมีสาเหตุจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและแรงทางกลที่เกิดจากกระแสฟ้าผ่า การใช้ตัวนำหุ้มด้วยพีวีซีจะป้องกันการเปลี่ยนสีได้

จ.5.3.5 ส่วนประกอบโดยธรรมชาติ

การใช้สายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติเพื่อเพิ่มจำนวนตัวนำกระแสไหลขนานกันให้มากที่สุด เป็นเรื่องที่แนะนำเพื่อลดแรงดันตกในระบบสายดินแนวดิ่งให้มีค่าต่ำที่สุด และลดการแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้าภายในสิ่งปลูกสร้าง อย่างไรก็ดี ควรให้แน่ใจว่าสายดินแนวดิ่งเหล่านั้นมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าตลอดเส้นทางระหว่างระบบตัวนำล่อฟ้ากับระบบรากสายดิน

เหล็กเส้นเสริมแรงภายในผนังคอนกรีตควรใช้เป็นส่วนประกอบโดยธรรมชาติของ LPS ที่แสดงในรูปที่ จ.27

เหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้างที่สร้างใหม่ควรมีการกำหนดตามข้อ จ.4.3 ถ้าความต่อเนื่องทางไฟฟ้าของสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติไม่สามารถรับประกันได้ ควรมีการติดตั้งสายดินแนวดิ่งแบบปกติ

สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีความต้องการป้องกันฟ้าผ่าต่ำ อาจใช้ท่อน้ำฝนโลหะที่เป็นไปตามเงื่อนไขสำหรับสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติตามข้อ 5.3.5 เป็นสายดินแนวดิ่ง

รูปที่ จ.23ก รูปที่ จ.23ข และรูปที่ จ.23ค แสดงตัวอย่างของการติดตั้งตัวนำบนหลังคาและสายดินแนวดิ่ง รวมทั้งมิติทางเรขาคณิตที่เหมาะสม และรูปที่ จ.23ค และรูปที่ จ.23ง แสดงการต่อสายดินแนวดิ่งเข้ากับท่อน้ำฝนโลหะ รางระบายน้ำฝนที่นำไฟฟ้าได้ และตัวนำรากสายดิน

แท่งเหล็กเสริมของผนังหรือเสาคอนกรีตและกรอบโครงสร้างเหล็กอาจใช้เป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ

ส่วนปิดหน้าอาคารที่เป็นโลหะ หรือสิ่งหุ้มส่วนปิดหน้าอาคารบนสิ่งปลูกสร้าง อาจใช้เป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติตามข้อ 5.3.5

รูปที่ จ.8 แสดงการสร้างระบบสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ โดยใช้ชิ้นส่วนปิดหน้าอาคารที่เป็นโลหะและเหล็กเส้นเสริมแรงภายในผนังคอนกรีตเป็นระนาบอ้างอิงสำหรับการทำให้ศักย์เท่ากัน ซึ่งเป็นจุดที่แท่งตัวนำต่อให้ศักย์เท่ากันของ LPS ภายในต่ออยู่

การต่อควรจัดให้มีจุดต่อที่ส่วนบนสุดของฝาครอบผนังกันตกเข้ากับระบบตัวนำล่อฟ้า และจุดต่อที่ด้านล่างสุดเข้ากับระบบรากสายดิน และต่อกับแท่งเหล็กเส้นเสริมแรงของผนังคอนกรีตถ้าทำได้

การกระจายของกระแสในส่วนปิดหน้าอาคารที่เป็นโลหะ จะดีกว่าในผนังคอนกรีตเสริมแรง แผ่นปิดหน้าอาคารที่เป็นโลหะประกอบด้วยแผงโลหะซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูที่มีความกว้างระหว่าง 0.6 m ถึง 1.0 m และมีความยาวตามความสูงของสิ่งปลูกสร้าง ในกรณีสิ่งปลูกสร้างเป็นอาคารสูง ความยาวของแผงโลหะไม่เป็นไปตามความสูงของสิ่งปลูกสร้างได้เนื่องจากปัญหาในการขนส่ง ดังนั้น แผ่นปิดหน้าทั้งหมดจะประกอบด้วยจำนวนแผ่นปิดหน้าเป็นตอนๆ ติดตั้งเกยซ้อนกัน

กรณีใช้แผ่นปิดหน้าอาคารเป็นโลหะ การขยายตัวสูงสุดทางความร้อนควรมีการคำนวณความแตกต่างของความยาวที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิสูงสุดของแผ่นปิดเมื่อได้รับแสงแดดโดยตรง มีอุณหภูมิประมาณ +80°C และอุณหภูมิต่ำสุด -20°C

ความแตกต่างของอุณหภูมิ 100°C สอดคล้องกับการขยายตัวเนื่องจากความร้อนสำหรับอะลูมิเนียม 0.24 % และสำหรับเหล็ก 0.11 %

การขยายตัวทางความร้อนของแผงโลหะ มีผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของแผงโลหะ เทียบกับแผงโลหะส่วนถัดไปหรือส่วนติดตั้งอื่นๆ

การต่อโลหะดังที่แสดงในรูปที่ จ.35 ทำให้การกระจายของกระแสสม่ำเสมอในแผ่นโลหะปิดหน้าอาคาร และทำให้ผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในสิ่งปลูกสร้างมีค่าลดลง

แผ่นโลหะปิดหน้าอาคารจะเป็นกำบังทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้สูงสุดเมื่อมีการต่อแผ่นโลหะนั้นถึงกันทางไฟฟ้าตลอดพื้นที่ทั้งหมด

ประสิทธิภาพการกำบังแม่เหล็กไฟฟ้าของสิ่งปลูกสร้างจะสูงเมื่อทำการประสานอย่างถาวรของแผ่นปิดส่วนหน้าที่อยู่ติดกัน โดยการประสานมีระยะห่างที่น้อยเพียงพอ

การกระจายของกระแสอย่างสมมาตรมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนการต่อ

ถ้ามีข้อกำหนดที่เข้มงวดเกี่ยวกับการลดทอนกำบัง และมีส่วนปิดด้านหน้าอยู่ในหน้าต่างที่เป็นแถบต่อเนื่อง หน้าต่างที่เป็นแถบต่อเนื่องควรต่อถึงกันด้วยตัวนำเป็นช่วงสั้นๆ ซึ่งอาจทำได้โดยใช้กรอบหน้าต่างโลหะ ส่วนปิดหน้าโลหะควรต่อเข้ากับกรอบหน้าต่างด้วยตัวนำเป็นช่วงสั้นๆ โดยทั่วไป แต่ละสันของส่วนปิดด้านหน้าจะต่อกับคานยึดแนวระดับของกรอบหน้าต่างที่ช่วงห่างไม่เกินระยะห่างของลูกกรงแนวดิ่งของหน้าต่าง ควรหลีกเลี่ยงการโค้งงอหรือเดินอ้อมเสมอ (ดูรูปที่ จ.9)

แผ่นโลหะปิดหน้าอาคารที่ประกอบด้วยส่วนประกอบซึ่งค่อนข้างเล็กหลายชิ้นที่ไม่ต่อถึงกันทางไฟฟ้าไม่สามารถใช้เป็นระบบสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ หรือเป็นกำบังแม่เหล็กไฟฟ้าได้

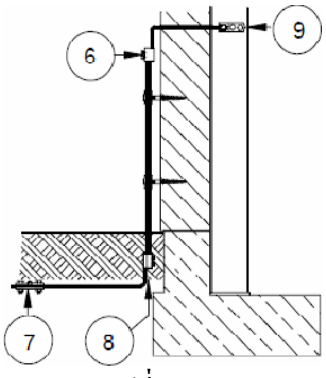
ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการป้องกันสิ่งติดตั้งทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายในสิ่งปลูกสร้าง อยู่ใน มอก. 1586 เล่ม 4

จ.5.3.6 จุดต่อทดสอบ

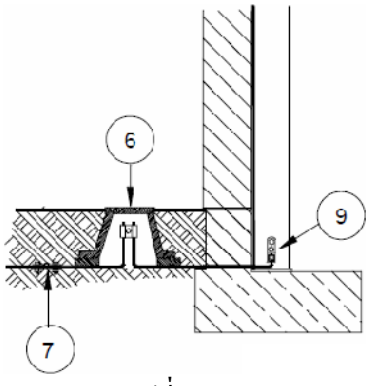
จุดต่อทดสอบทั้งหลายอำนวยความสะดวกในการวัดความต้านทานดินของระบบรากสายดิน

จุดต่อทดสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์ข้อ 5.3.6 ควรติดตั้งที่การต่อระหว่างสายดินแนวดิ่งกับระบบรากสายดิน จุดต่อเหล่านี้อำนวยความสะดวกในการตัดสินด้วยการวัดว่าการต่อกับรากสายดินด้วยจำนวนเพียงพอยังคงอยู่ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะยืนยันถึงการต่ออย่างต่อเนื่องว่ายังมีอยู่ระหว่างจุดต่อทดสอบกับระบบตัวนำล่อฟ้าหรือแท่งตัวนำประสานอันต่อไป สิ่งปลูกสร้างที่เป็นอาคารสูง ตัวนำวงแหวนจะต่อสายดินแนวดิ่งทั้งหลายถึงกัน ซึ่งตัวนำวงแหวนอาจติดตั้งอยู่ในผนังและมองไม่เห็นด้วยสายตา การมีอยู่ของตัวนำวงแหวนเหล่านี้อาจยืนยันได้โดยการวัดทางไฟฟ้าเท่านั้น

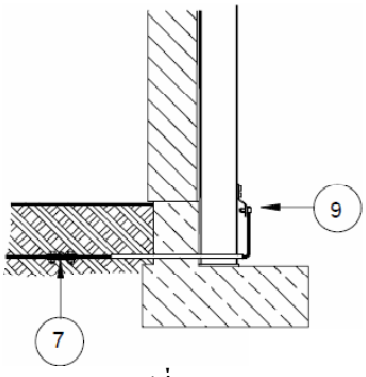
รูปที่ จ.39ก ถึงรูปที่ จ.39ง แสดงตัวอย่างของการออกแบบจุดต่อทดสอบ ซึ่งอาจติดตั้งบนผนังด้านในหรือด้านนอกของสิ่งปลูกสร้าง หรือในกล่องทดสอบในดินภายนอกสิ่งปลูกสร้าง (ดูรูปที่ จ.39ข) เพื่อทำให้วัดความต่อเนื่องได้ ตัวนำบางเส้นอาจต้องมีเปลือกฉนวนหุ้มตลอดส่วนที่วิกฤติ



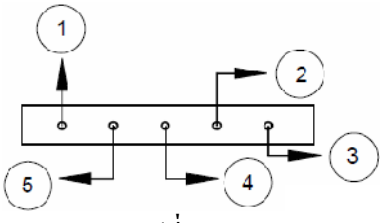
รูปที่ จ.39ก



รูปที่ จ.39ข



รูปที่ จ.39ค



รูปที่ จ.39ง

ทางเลือกที่ 1 จุดต่อทดสอบบนผนัง

(1) สายดินแนวดิ่ง
(2) รากสายดินแบบ ข ถ้ามีใช้
(3) รากสายดินแบบ ก ถ้ามีใช้
(4) รากสายดินฐานราก
(5) ประสานเข้ากับ LPS ภายใน
(6) จุดต่อทดสอบบนผนัง
(7) จุดต่อแยกสามทางในดิน แบบทนการกัดกร่อน
(8) จุดต่อในดิน แบบทนการกัดกร่อน
(9) จุดต่อระหว่างตัวนำ LPS กับแท่งเหล็กขนาดใหญ่

ทางเลือกที่ 2 จุดต่อทดสอบในพื้น

(1) สายดินแนวดิ่ง
(2) รากสายดินแบบ ก ถ้ามีใช้
(3) แท่งตัวนำประสานของ LPS ภายใน
(4) รากสายดินวงแหวน แบบ ข
(5) รากสายดินวงแหวน แบบ ข
(6) จุดต่อทดสอบในพื้น
(7) จุดต่อแยกสามทางในดิน แบบทนการกัดกร่อน
(8) จุดต่อในดิน แบบทนการกัดกร่อน
(9) จุดต่อระหว่างตัวนำ LPS กับแท่งเหล็กขนาดใหญ่

หมายเหตุ 1 จุดต่อทดสอบในรูปที่ จ.39ง ควรติดตั้งบนผนังด้านใน หรือด้านนอกของสิ่งปลูกสร้าง หรือในกล่องทดสอบในพื้นดินภายนอกสิ่งปลูกสร้าง

หมายเหตุ 2 เพื่อให้สามารถวัดความต้านทานของวงรอบได้ ตัวนำที่ใช้ต่อบางเส้นควรมีเปลือกฉนวนหุ้มตลอดส่วนที่วิกฤติ

รูปที่ จ.39 ตัวอย่างของการต่อรากสายดินกับ LPS ของสิ่งปลูกสร้างโดยใช้สายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ (แท่งเหล็กขนาดใหญ่) และรายละเอียดของจุดต่อทดสอบ

ในกรณีที่สมเหตุสมผล (เช่น ในกรณีการต่อลงดินกับเสาเหล็กโดยต่อด้วยตัวนำ) การต่อสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติเข้ากับแท่งรากสายดิน อาจใช้ตัวนำหุ้มฉนวนและจุดต่อทดสอบ กรณีนี้ต้องติดตั้งรากสายดินอ้างอิงพิเศษเพื่ออำนวยความสะดวกในการตรวจสอบระบบรากสายดินของ LPS

จ.5.4 ระบบรากสายดิน

จ.5.4.1 ทั่วไป

ผู้ออกแบบและผู้ติดตั้ง LPS ควรเลือกแบบของรากสายดินที่เหมาะสม และควรวางตำแหน่งของรากสายดินให้มีระยะห่างที่ปลอดภัยจากทางเข้า และทางออกของสิ่งปลูกสร้าง และจากส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกอื่นๆ ที่อยู่ในดิน ผู้ออกแบบและผู้ติดตั้ง LPS ควรจัดให้มีการป้องกันเป็นพิเศษจากอันตรายของแรงดันช่วงก้าว ภายในบริเวณใกล้เคียงโครงข่ายรากสายดิน ถ้ามีการติดตั้งรากสายดินในบริเวณที่บุคคลทั่วไปเข้าถึงได้ (ดูข้อ 8.)

ความลึกในการฝังและแบบของรากสายดิน ควรเป็นแบบที่ลดผลของการกัดกร่อน การแห้ง และการเยือกแข็งของดินให้น้อยที่สุด และนั่นหมายถึงให้ความต้านทานดินมีค่าคงที่

แนะนำว่า ความยาว 1 m แรกของรากสายดินแนวดิ่ง ไม่ควรคิดเป็นค่าประสิทธิผลในสภาวะที่มีการเยือกแข็งของดิน

รากสายดินแบบตอกฝังลึกมีประสิทธิผลในกรณีพิเศษ ซึ่งสภาพต้านทานของดินมีค่าลดลงตามความลึก และในที่ซึ่งชั้นของดินที่มีสภาพต้านทานต่ำเกิดขึ้นที่ความลึกมากกว่าที่แท่งรากสายดินฝังอยู่ตามปกติ

เมื่อมีการใช้เหล็กเส้นเสริมแรงของคอนกรีตเป็นรากสายดิน ควรระมัดระวังเป็นพิเศษที่จุดต่อถึงกัน เพื่อป้องกันการแยกทางกลของคอนกรีต

ถ้ามีการใช้เหล็กเส้นเสริมแรงเป็นรากสายดินฐานราก ควรระลึกอยู่ตลอดเวลาว่า ควรมีมาตรการเข้มงวดอย่างยิ่ง ในการเลือกความหนาของแท่งเหล็กและการต่อ ในกรณีนี้สามารถใช้แท่งเหล็กเส้นเสริมแรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้น การต่อลงดินของ LPS ต้องสั้นและเป็นแนวตรงที่สุด

หมายเหตุ ในกรณีของคอนกรีตอัดแรง ควรคำนึงถึงผลสืบเนื่องของการไหลผ่านของกระแสฟ้าผ่า ซึ่งอาจทำให้เกิดความเครียดทางกลที่ยอมรับไม่ได้

จ.5.4.2 แบบของการจัดวางรากสายดิน

จ.5.4.2.1 การจัดวางแบบ ก

ระบบรากสายดินแบบ ก เหมาะสมสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่ไม่สูง (เช่น บ้านพักอาศัย) สิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่แล้ว หรือ LPS ที่มีแท่งตัวนำล่อฟ้า หรือสายขึง หรือสำหรับ LPS แยกอิสระ

การจัดวางแบบนี้ประกอบด้วย รากสายดินตามแนวระดับ หรือแนวดิ่ง ต่อเข้ากับสายดินแนวดิ่งแต่ละเส้น

กรณีที่มีตัวนำวงแหวนซึ่งต่อสายดินแนวดิ่งทั้งหลายถึงกันสัมผัสกับดิน การจัดวางรากสายดินนี้ ถ้าตัวนำวงแหวนมีการสัมผัสกับดินน้อยกว่า 80 % ของความยาว ยังถือว่าเป็นการจัดวางแบบ ก

จำนวนรากสายดินในการจัดวางแบบ ก ไม่ควรน้อยกว่า 2

จ.5.4.2.2 การจัดวางแบบ ข

ระบบรากสายดินแบบ ข เหมาะสมสำหรับระบบตัวนำล่อฟ้าแบบตาข่าย และ LPS ที่มีสายดินแนวดิ่งหลายเส้น

การจัดวางแบบนี้ประกอบด้วยรากสายดินวงแหวนวางภายนอกสิ่งปลูกสร้าง และมีการสัมผัสกับดินอย่างน้อย 80 % ของความยาวทั้งหมด หรือรากสายดินฐานราก

กรณีพื้นเป็นหินทั้งหมด แนะนำให้ใช้การจัดวางแบบ ข เท่านั้น

จ.5.4.3 การสร้าง

จ.5.4.3.1 ทั่วไป

ระบบรากสายดินควรทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

- นำกระแสฟ้าผ่าลงสู่ดิน
- ประสานให้ศักย์เท่ากันระหว่างสายดินแนวดิ่งทั้งหลาย
- ควบคุมศักย์ไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียงผนังอาคารที่นำไฟฟ้าได้

รากสายดินฐานราก และรากสายดินวงแหวน แบบ ข เป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมด รากสายดินแบบ ก ตามแนวรัศมี หรือแนวดิ่งฝังลึก ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในด้านของการประสานให้ศักย์เท่ากันและการควบคุมศักย์ไฟฟ้า

ฐานรากของสิ่งปลูกสร้างที่เป็นคอนกรีตเสริมแรงต่อถึงกัน ควรใช้เป็นรากสายดินฐานรากเสมอ เนื่องจากมีความต้านทานดินต่ำมาก และทำหน้าที่เป็นจุดศักย์เท่าอ้างอิงที่ดีเยี่ยม กรณีที่ทำไม่ได้ควรติดตั้งระบบรากสายดินวงแหวนแบบ ข จะดีกว่า

จ.5.4.3.2 รากสายดินฐานราก

รากสายดินฐานรากซึ่งเป็นไปตามข้อ 5.4.4 ประกอบด้วยตัวนำที่ติดตั้งในฐานรากของสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน ความยาวของรากสายดินเพิ่มเติม หาได้จากแผนภาพในรูปที่ 2

รากสายดินฐานรากติดตั้งอยู่ในคอนกรีตมีข้อได้เปรียบ คือ สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ดี หากส่วนผสมของคอนกรีตถูกต้องเพียงพอ และคอนกรีตที่หุ้มรากสายดินหนาอย่างน้อย 50 mm ควรระลึกไว้เช่นกันว่าเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีตสร้างศักย์ไฟฟ้าแกลแวนิกเท่ากับตัวนำทองแดงฝังดิน ทำให้เป็นทางเลือกที่ดีในการออกแบบระบบรากสายดินสำหรับสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรง (ดู จ.4.3)

โลหะที่ใช้ทำรากสายดินควรเป็นไปตามข้อกำหนดของวัสดุที่ระบุในตารางที่ 7 และต้องคำนึงถึงพฤติกรรมการกัดกร่อนของโลหะนั้นๆ ในดินด้วยเสมอ ดูข้อ 5.6 สำหรับข้อแนะนำในการเลือกใช้วัสดุสำหรับแต่ละสภาพของดิน กรณีที่ไม่มีข้อแนะนำสำหรับสภาพของดินพิเศษเฉพาะที่ต้องการ ให้ใช้ประสบการณ์ของระบบรากสายดินที่อยู่ในสถานที่ข้างเคียง ซึ่งดินแสดงลักษณะเฉพาะและความ

สอดคล้องทางเคมีคล้ายกัน เมื่อมีการฝังกลบรางที่วางรากสายดินนั้นควรระวังไม่ให้มีขี้เถ้า ก้อนถ่าน เศษอิฐ สัมผัสโดยตรงกับรากสายดิน

ปัญหาเพิ่มเติมเกิดจากการกัดกร่อนเชิงเคมีไฟฟ้าเนื่องจากกระแสแกลแวนิก เหล็กในคอนกรีตมีศักย์ไฟฟ้าแกลแวนิกเท่ากับตัวนำทองแดงฝังดินโดยประมาณ ดังนั้นเมื่อต่อเหล็กในดินเข้ากับเหล็กในคอนกรีต จะเกิดศักย์ไฟฟ้าแกลแวนิกประมาณ 1 V ทำให้กระแสกัดกร่อนไหลผ่านดินและคอนกรีตชื้นและเหล็กผุกร่อนในดิน

รากสายดินในดินควรใช้ทองแดงหรือเหล็กกล้าไร้สนิมกรณีที่มีการต่อกับเหล็กในคอนกรีต

ที่บริเวณโดยรอบสิ่งปลูกสร้าง ควรติดตั้งตัวนำโลหะตามตารางที่ 7 หรือแถบเหล็กเคลือบสังกะสี ในฐานราก และเดินขึ้นสู่ด้านบนด้วยสายต่อไปยังจุดปลายสายที่กำหนดของจุดต่อทดสอบของสายดินแนวดิ่งฟ้าผ่า

ตัวนำที่เดินขึ้นไปต่อกับสายดินแนวดิ่งสามารถติดตั้งบนอิฐก่อภายในปูนฉาบหรือภายในผนัง เหล็กที่ใช้ต่อติดตั้งภายในผนังอาจเดินทะลุผ่านกระดาษแอสฟัลต์ (asphalt-saturated paper) ที่ใช้กันปกติ ระหว่างฐานรากกับผนังอิฐ การเจาะทะลุชั้นกันความชื้นที่จุดนี้โดยทั่วไปไม่ทำให้เกิดปัญหา

ชั้นกันน้ำมักวางใส่ไว้ใต้ฐานรากของสิ่งปลูกสร้างเพื่อลดความชื้นในชั้นใต้ดินให้ความเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีสม่ำเสมอ รากสายดินควรติดตั้งใต้ฐานรากในคอนกรีตชั้นล่าง ในการออกแบบระบบรากสายดินควรได้รับความเห็นชอบจากผู้ก่อสร้าง

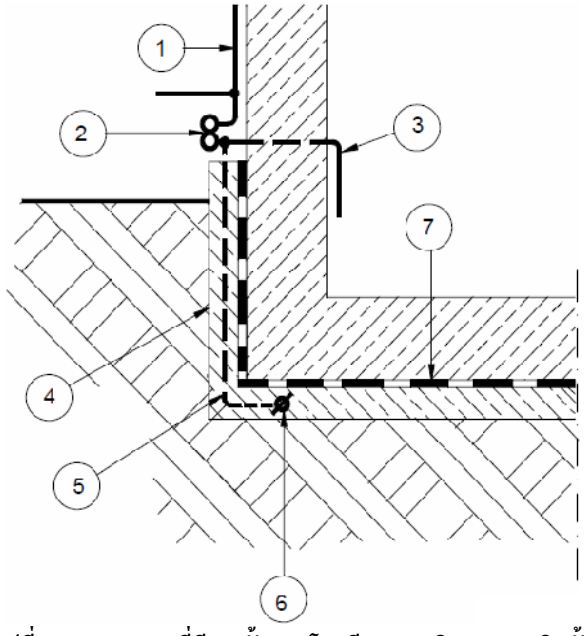
กรณีที่ระดับน้ำใต้ดินสูง ฐานรากของสิ่งปลูกสร้างควรแยกจากน้ำใต้ดิน ชั้นกันน้ำควรมีการติดตั้งที่พื้นผิวด้านนอกของฐานรากซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าด้วย ในทางปฏิบัติการก่อสร้างฐานรากที่กันน้ำจะทำโดยการเทชั้นคอนกรีตกันน้ำหนาประมาณ 10 cm ถึง 15 cm ที่ด้านล่างของหลุมฐานราก ซึ่งบนพื้นหลุมจะมีการวางชั้นกันน้ำ และตามด้วยชั้นของฐานราก

รากสายดินฐานรากซึ่งประกอบด้วยโครงข่ายที่มีขนาดตาข่ายไม่เกิน 10 m ต้องติดตั้งในชั้นคอนกรีตกันน้ำด้านล่างของหลุมฐานราก

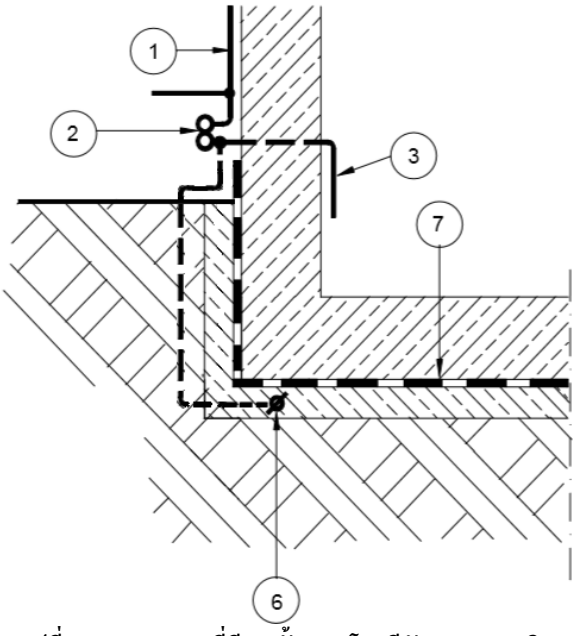
ตัวนำตามตารางที่ 7 ต้องต่อรากสายดินแบบตาข่ายกับเหล็กเส้นเสริมแรงในฐานราก รากสายดินวงแหวน และสายดินแนวดิ่งที่อยู่ด้านนอกตัวกันความชื้น กรณีที่ได้รับอนุญาตอาจใช้ปลอกกันความดันน้ำที่เจาะทะลุชั้นกันน้ำดังกล่าว

กรณีผู้รับเหมาก่อสร้างอาคารไม่อนุญาตให้ตัวนำเจาะทะลุผ่านชั้นกั้นแยก การต่อกับรากสายดินควรทำที่ด้านนอกสิ่งปลูกสร้าง

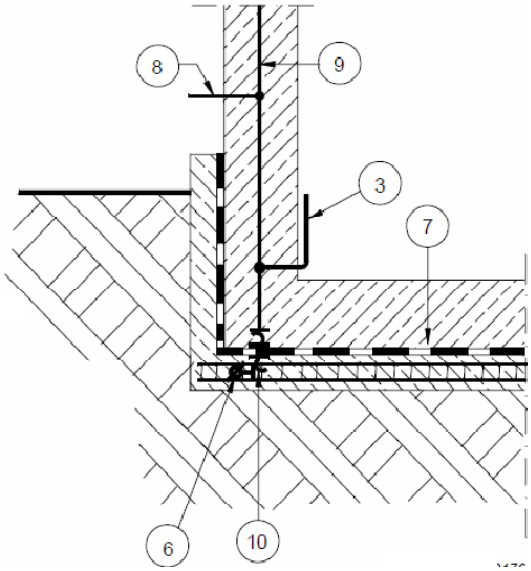
รูปที่ จ.40 แสดงตัวอย่าง 3 ตัวอย่างที่ต่างกันของการติดตั้งรากสายดินฐานรากบนสิ่งปลูกสร้างที่มีฐานรากแบบกันน้ำ เพื่อหลีกเลี่ยงการเจาะทะลุตัวกันความชื้น



รูปที่ จ.40ก ฐานรากที่มีการกั้นแยกโดยมีรากสายดินฐานรากติดตั้งอยู่ในชั้นคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเส้นเสริมแรงใต้ชั้นฉนวนบิทูเมน



รูปที่ จ.40ข ฐานรากที่มีการกั้นแยก โดยมีตัวนำรากสายดินบางส่วนทะลุผ่านชั้นดิน



รูปที่ จ.40ค การต่อตัวนำจากรากสายดินฐานรากทะลุผ่านชันกันนำไปยังแท่งตัวนำประสาน

(1) สายดินแนวดิ่ง
(2) จุดต่อทดสอบ
(3) ตัวนำประสานไปยัง LPS ภายใน
(4) ชั้นคอนกรีตที่ไม่เสริมแรง
(5) ตัวนำที่ต่อกับ LPS
(6) รากสายดินฐานราก
(7) ฉนวนบิทูเมน ชั้นฉนวนกันน้ำ
(8) ตัวนำที่ต่อระหว่างเหล็กเส้นเสริมแรงกับจุดต่อทดสอบ
(9) เหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต
(10) การทะลุผ่านชั้นบิทูเมนกันน้ำ

หมายเหตุ การได้รับอนุญาตจากผู้ก่อสร้างเป็นสิ่งจำเป็น

รูปที่ จ.40 การก่อสร้างรากสายดินแบบฐานรากวงแหวน สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีการออกแบบฐานรากต่างๆ

วิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ในการต่อที่เพียงพอของรากสายดินของสิ่งปลูกสร้างที่ฐานรากมีการแยกได้แสดงไว้เช่นเดียวกัน

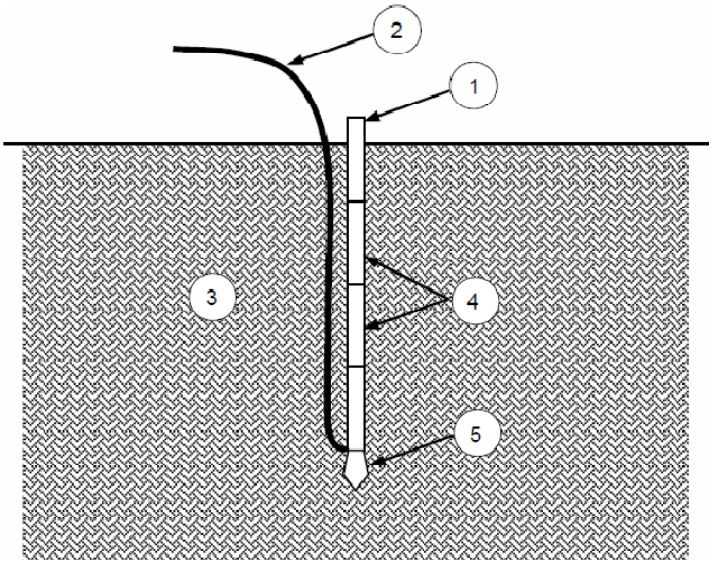
รูปที่ จ.40ก และรูปที่ จ.40ข แสดงการต่อภายนอกชั้นฉนวนเพื่อว่าชั้นฉนวนไม่เสียหาย ส่วนรูปที่ จ.40ค แสดงการใช้ปลอกทะลุผ่านชั้นฉนวน

จ.5.4.3.3 แบบ ก - รากสายดินแนวรัศมีและแนวดิ่ง

รากสายดินแนวรัศมีควรต่อกับปลายล่างของสายดินแนวดิ่งทั้งหลายโดยใช้จุดต่อทดสอบ รากสายดินแนวรัศมีอาจสิ้นสุดลงด้วยรากสายดินแนวดิ่ง ถ้าเหมาะสม

สายดินแนวดิ่งแต่ละเส้นควรจัดให้มีการต่อเข้ากับรากสายดิน 1 แท่ง

รูปที่ จ.41 แสดงรากสายดินแบบ ก โดยตัวนำกระแสฟ้าผ่าที่เป็นไปตามตารางที่ 7 มีการกดลงดินโดยใช้แท่งตอกพิเศษ เทคนิคการต่อลงดินนี้มีข้อดีเชิงปฏิบัติหลายประการและหลีกเลี่ยงการใช้แคลมป์และจุดต่อในดิน รากสายดินแนวเอียงหรือแนวดิ่งจะใช้ค้อนตอกฝังลงดิน



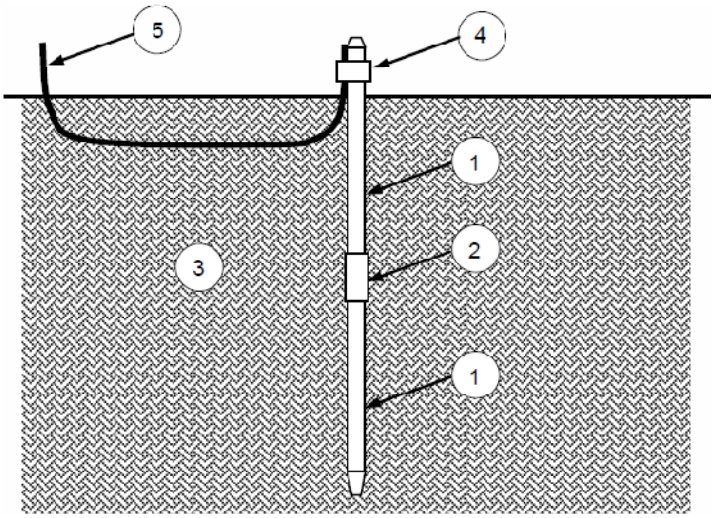
(1) แท่งตอกท่อนสั้นท่อนบนสุด
(2) ตัวนำรากสายดิน
(3) ดิน
(4) แท่งตอกท่อนสั้น
(5) หัวนำเจาะที่เป็นเหล็ก

หมายเหตุ 1 สายตัวนำยาวต่อเนื่องฝังลงดินโดยแท่งตอกท่อนสั้นหลายแท่งต่อกัน ความต่อเนื่องทางไฟฟ้าของตัวนำรากสายดินเป็นข้อได้เปรียบอย่างยิ่ง การใช้เทคนิคนี้จะไม่มีจุดต่อของตัวนำรากสายดิน แท่งตอกท่อนสั้นยังจัดการได้ง่ายด้วย

หมายเหตุ 2 แท่งตอกท่อนสั้นท่อนบนสุดอาจถอดออกได้

หมายเหตุ 3 ส่วนบนสุดของตัวนำรากสายดินอาจมีฉนวนหุ้ม

รูปที่ จ.41ก ตัวอย่างการจัดวางรากสายดินแบบ ก ด้วยตัวนำรากสายดินแนวดิ่ง



(1) แท่งรากสายดินที่ต่อเพิ่มความยาวได้
(2) ข้อต่อแท่งรากสายดิน
(3) ดิน
(4) แคลมป์ตัวนำ (สายดิน) กับแท่งรากสายดิน
(5) ตัวนำรากสายดิน

รูปที่ จ.41 ข ตัวอย่างการจัดวางรากสายดินแบบ ก ด้วยแท่งรากสายดินแนวดิ่ง

รูปที่ จ.41 ตัวอย่างการจัดวางรากสายดินแนวดิ่งแบบ ก 2 ตัวอย่าง

ยังมีแบบอื่นๆ ของรากสายดินแนวดิ่งอีก สิ่งสำคัญคือต้องมั่นใจว่า มีการต่อนำไฟฟ้าอย่างถาวรตลอดความยาวทั้งหมดของรากสายดินชั่วอายุการใช้งานของ LPS

ในระหว่างการติดตั้ง จะเป็นการดีที่มีการวัดความต้านทานดินอย่างสม่ำเสมอ การตอกรากสายดินอาจหยุดลงเมื่อความต้านทานดินที่วัดได้มีค่าไม่ลดลงอีก รากสายดินสามารถติดตั้งเพิ่มเติมในตำแหน่งที่เหมาะสม

รากสายดินควรมีระยะการแยกห่างจากเคเบิลที่มีอยู่ และท่อโลหะในดินด้วยระยะที่เพียงพอ และควรคำนึงถึงตำแหน่งของรากสายดินที่อาจเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งที่เริ่มตอกด้วย ระยะการแยกห่างขึ้นอยู่กับความทนต่ออิมพัลส์ไฟฟ้าและสภาพต้านทานของดินและกระแสที่ไหลในรากสายดิน

ในการจัดวางรากสายดินแบบ ก รากสายดินแนวดิ่งจะมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า และความต้านทานดินมีค่าเสถียรมากกว่าในสภาพดินส่วนใหญ่ เทียบกับรากสายดินแนวระดับ

ในบางกรณี อาจจำเป็นต้องติดตั้งรากสายดินภายในสิ่งปลูกสร้าง เช่น ในชั้นใต้ดิน หรือห้องเก็บของใต้ดิน

หมายเหตุ พึงระมัดระวังเป็นพิเศษเรื่องการควบคุมแรงดันช่วงก้าวโดยใช้มาตรการการประสานให้ศักย์เท่ากันตามข้อ 8.

ถ้ามีความเสี่ยงต่ออันตรายจากความต้านทานที่มีค่าเพิ่มขึ้นใกล้พื้นผิว (เช่น ดินเกิดการแห้งตัว) จึงมีบ่อยครั้งที่จำเป็นต้องใช้รากสายดินตอกฝังลึกที่ยาวมากขึ้น

รากสายดินแนวรัศมีควรติดตั้งที่ความลึก 0.5 m หรือลึกกว่า รากสายดินที่ลึกมากกว่าช่วยให้มั่นใจได้ว่าในภูมิประเทศที่อุณหภูมิต่ำเกิดขึ้นในระหว่างฤดูหนาว รากสายดินจะไม่ได้วางอยู่ในดินเยือกแข็ง (ซึ่งมีสภาพนำไฟฟ้าต่ำมาก) ข้อดีเพิ่มขึ้นคือ รากสายดินที่อยู่ลึกมากขึ้นจะทำให้ความต่างศักย์ที่พื้นผิวดินลดต่ำลง ดังนั้นแรงดันช่วงก้าวจึงลดลง ช่วยลดอันตรายจากแรงดันช่วงก้าวที่มีต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นดิน เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ให้ใช้รากสายดินแนวดิ่งซึ่งจะให้ความต้านทานดินที่เสถียรมากกว่า

เมื่อใช้การจัดวางรากสายดินแบบ ก การทำให้ศักย์เท่ากันที่จำเป็นสำหรับรากสายดินทั้งหมดจะบรรลุผลได้โดยใช้ตัวนำต่อประสานและแท่งตัวนำต่อประสานให้ศักย์เท่ากัน โดยนิยมติดตั้งภายนอกสิ่งปลูกสร้าง

จ.5.4.3.4 แบบ ข - รากสายดินวงแหวน

สิ่งปลูกสร้างที่ใช้วัสดุฉนวน เช่น งานอิฐ หรือ ไม้ ที่ไม่มีฐานรากเป็นคอนกรีตเสริมแรง ควรติดตั้งรากสายดินแบบ ข ตามข้อ 5.4.2.2

เพื่อลดความต้านทานดินสมมูล การจัดวางรากสายดินแบบ ข อาจช่วยให้ดีขึ้นถ้าจำเป็นโดยเพิ่มรากสายดินแนวดิ่งหรือรากสายดินแนวรัศมีตามข้อ 5.4.2.2 รูปที่ 2 ให้ข้อกำหนดที่เกี่ยวกับความยาวต่ำสุดของรากสายดิน

ระยะห่างและความลึกของรากสายดินแบบ ข ที่กล่าวในข้อ 5.4.3 เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับสภาพดินปกติเพื่อป้องกันบุคคลที่อยู่ใกล้สิ่งปลูกสร้าง ในภูมิประเทศที่อุณหภูมิต่ำในฤดูหนาว ความลึกที่เหมาะสมของรากสายดินควรมีการพิจารณาด้วย

รากสายดินแบบ ข ยังทำให้ศักย์ไฟฟ้าเท่ากันระหว่างสายดินแนวดิ่งทั้งหลายที่ระดับพื้น เพราะว่าสายดินแนวดิ่งต่างๆ มีศักย์ไฟฟ้าไม่เท่ากัน เนื่องจากการกระจายของกระแสฟ้าผ่าที่ไหลผ่านสายดินแนวดิ่งไม่เท่ากันจากความต้านทานดินที่แตกต่างกัน ศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกันเป็นผลให้การไหลของกระแสที่เท่ากันผ่านสายดินแนวดิ่งวงแหวน เพื่อว่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสูงสุดจะลดลง และระบบประสานให้ศักย์เท่ากันต่ออยู่ภายในสิ่งปลูกสร้างทำให้มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันโดยประมาณ

กรณีที่สิ่งปลูกสร้างเป็นของคนละเจ้าของที่สร้างติดกัน มีบ่อยครั้งที่ไม่สามารถติดตั้งรากสายดินวงแหวนที่ล้อมรอบสิ่งปลูกสร้างได้ทั้งหมด ในกรณีนี้ประสิทธิภาพของระบบรากสายดินจะลดลงบ้างเพราะว่าตัวนำวงแหวนทำหน้าที่เป็นรากสายดินแบบ ข บางส่วน บางส่วนเป็นสายดินฐานราก และบางส่วนเป็นตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน

ในที่ที่ประชาชนจำนวนมากมักรวมกันอยู่ในบริเวณใกล้เคียงสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน การควบคุมศักย์ไฟฟ้าในบริเวณดังกล่าวควรจัดเพิ่มเติมให้เป็นพิเศษ รากสายดินวงแหวนควรติดตั้งเพิ่มขึ้นที่ระยะประมาณ 3 m จากรากสายดินวงแรก และตัวนำวงแหวนถัดมา รากสายดินวงแหวนที่อยู่ห่างจากสิ่งปลูกสร้างออกไปควรติดตั้งให้ลึกมากขึ้นภายใต้พื้นผิวตามระยะที่ห่างออกไป นั่นคือ วงที่ระยะห่าง 4 m จาก

สิ่งปลูกสร้าง ฝังให้ลึก 1 m วงที่ระยะ 7 m จากสิ่งปลูกสร้าง ฝังให้ลึก 1.5 m และวงที่ระยะ 10 m จากสิ่งปลูกสร้าง ฝังให้ลึก 2 m รากสายดินวงแหวนเหล่านี้ควรต่อกับตัวนำวงแหวนแรกด้วยตัวนำแนวรัศมี

เมื่อพื้นที่ถัดจากสิ่งปลูกสร้างปกคลุมด้วยชั้นแอสฟัลต์ที่มีสภาพนำไฟฟ้าต่ำ หนา 50 mm ถือว่ามีการป้องกันที่พอเพียงแล้วสำหรับประชาชนที่ใช้พื้นที่ดังกล่าว

จ.5.4.3.5 รากสายดินในดินที่เต็มไปด้วยหิน

ในระหว่างการก่อสร้าง รากสายดินฐานรากควรสร้างในฐานรากคอนกรีต ถึงแม้ว่ารากสายดินฐานรากจะมีผลในการลดความต้านทานดินในดินที่เต็มไปด้วยหิน แต่ยังทำหน้าที่เป็นตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน

ที่จุดต่อทดสอบ รากสายดินเสริมควรต่อกับสายดินแนวดิ่งและรากสายดินฐานราก

กรณีไม่มีรากสายดินฐานรากควรใช้รากสายดินแบบ ข (รากสายดินวงแหวน) แทน ถ้าไม่สามารถติดตั้งรากสายดินในดินได้ ควรติดตั้งบนพื้นผิวแทน ควรมีการป้องกันรากสายดินจากความเสียหายทางกล

รากสายดินแนวรัศมีที่วางไว้บนหรือใกล้ผิวดินควรมีการคลุมทับด้วยหินหรือฝังในคอนกรีต เพื่อการป้องกันทางกล

เมื่อสิ่งปลูกสร้างตั้งอยู่ใกล้ถนน ถ้าเป็นไปได้ รากสายดินวงแหวนควรวางใต้ถนน อย่างไรก็ดีหากทำไม่ได้ตลอดความยาวทั้งหมดที่อยู่ในแนวถนนเปิดโล่ง การควบคุมศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน (โดยทั่วไป จัดวางแบบ ก) ควรจัดให้อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับสายดินแนวดิ่งเป็นอย่างน้อย

ในการควบคุมศักย์ไฟฟ้าในกรณีที่กล่าวข้างต้น ควรมีการตัดสินใจว่าจะใช้วิธีติดตั้งบางส่วนของวงแหวนเพิ่มเติมในบริเวณใกล้เคียงทางเข้าสิ่งปลูกสร้าง หรือใช้วิธีเพิ่มสภาพต้านทานของชั้นผิวดิน

จ.5.4.3.6 ระบบรากสายดินในพื้นที่ขนาดใหญ่

โรงงานอุตสาหกรรมโดยปกติประกอบด้วยสิ่งปลูกสร้างจำนวนหนึ่ง ซึ่งระหว่างสิ่งปลูกสร้างจะมีสายเคเบิลไฟฟ้ากำลัง และเคเบิลสื่อสารจำนวนมากติดตั้งอยู่

ระบบรากสายดินของสิ่งปลูกสร้างดังกล่าวมีความสำคัญต่อการป้องกันระบบไฟฟ้า ระบบดินที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำช่วยลดความต่างศักย์ระหว่างสิ่งปลูกสร้าง และยังช่วยลดการแทรกสอดที่เข้าสู่ส่วนเชื่อมโยงไฟฟ้าด้วย

อิมพีแดนซ์ดินที่ต่ำสามารถทำให้บรรลุผลได้โดยจัดให้สิ่งปลูกสร้างมีรากสายดินฐานราก และรากสายดินแบบ ก และแบบ ข เพิ่มเติม ตามข้อ 5.4

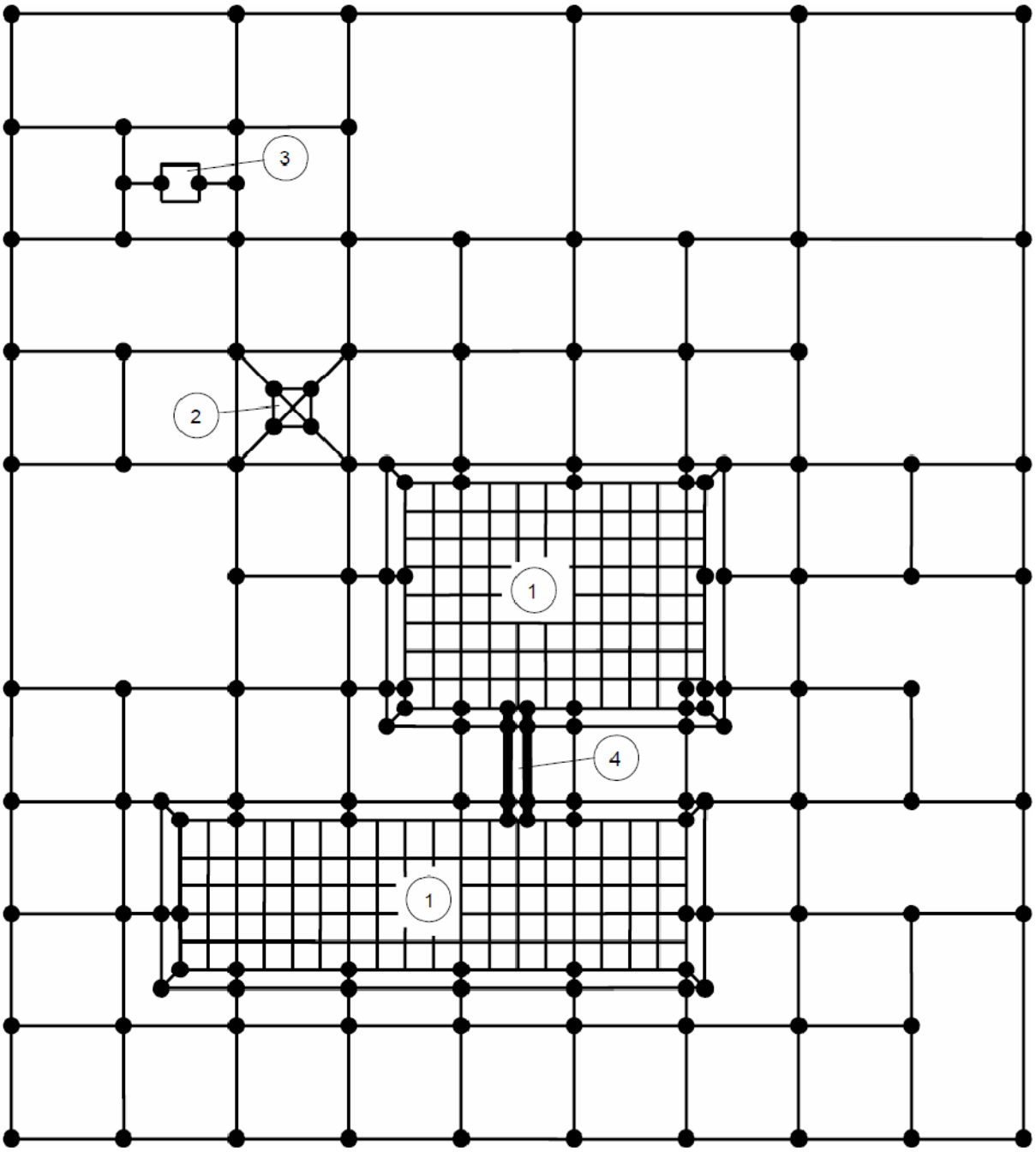
การต่อถึงกันระหว่างรากสายดินฐานรากกับสายดินแนวดิ่ง ควรติดตั้งที่จุดต่อทดสอบ จุดต่อทดสอบบางจุดควรมีการต่อกับแท่งตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากันของ LPS ภายใน

สายดินแนวดิ่งภายในหรือส่วนภายในของสิ่งปลูกสร้างที่ใช้เป็นสายดินแนวดิ่ง ควรต่อกับรากสายดินและเหล็กเส้นเสริมแรงของพื้น เพื่อหลีกเลี่ยงแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก้าว กรณีที่สายดินแนวดิ่งภายในอยู่ใกล้กับรอยต่อเผื่อขยายในคอนกรีต จุดต่อเหล่านี้ควรต่อถึงกันให้ใกล้กับสายดินแนวดิ่งภายในเท่าที่ทำได้

ส่วนล่างของสายดินแนวดิ่งที่เปิดโล่งควรมีการกั้นแยกโดยการร้อยในท่อพีวีซี ซึ่งมีความหนาอย่างน้อย 3 mm หรือฉนวนอื่นๆ ที่เทียบเท่า

เพื่อลดความน่าจะเป็นที่เกิดวาบฟ้าผ่าโดยตรงลงเส้นทางเคเบิลที่เดินอยู่ในดิน ควรติดตั้งสายดิน 1 เส้นเหนือเส้นทางเคเบิล หรือในกรณีเส้นทางเคเบิลมีขนาดกว้างจำนวนสายดินควรเพิ่มขึ้น

โดยการต่อสายดินของสิ่งปลูกสร้างจำนวนหนึ่งถึงกันจะได้รากสายดินแบบตาข่ายตามรูปที่ จ.42



(1) อาคารซึ่งมีโครงข่ายเป็นตาข่ายของเหล็กเส้นเสริมแรง
(2) เสาหรือหอสูงภายในโรงงาน
(3) บริภัณฑ์ที่มีการติดตั้งแยกต่างหาก
(4) รางเคเบิล

หมายเหตุ ระบบนี้มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำระหว่างอาคาร และมีข้อดีที่มีนัยสำคัญในเรื่องความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า ขนาดตาข่ายที่อยู่ติดอาคารและวัตถุอื่นๆ อาจมีขนาดราว 20 m × 20 m ที่ระยะห่างออกไปมากกว่า 30 m อาจขยายขนาดออกเป็น 40 m × 40 m

รูปที่ จ.42 ระบบรากสายดินแบบตาข่ายของโรงงาน

รูปที่ จ.42 แสดงการออกแบบโครงข่ายรากสายดินแบบตาข่าย รวมทั้งรางเคเบิลระหว่างสิ่งปลูกสร้างของอาคารที่ได้รับการป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งจะทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ระหว่างอาคารมีค่าต่ำและมีข้อดีที่มีนัยสำคัญในการป้องกัน LEMP

จ.5.5 ส่วนประกอบ

ไม่มีข้อมูลเพิ่มเติม

หมายเหตุ ระยะห่างระหว่างจุดจับยึด แสดงไว้ในตารางที่ จ.1

จ.5.6 วัสดุและมิติ

จ.5.6.1 การออกแบบทางกล

ผู้ออกแบบ LPS ต้องปรึกษากับผู้รับผิดชอบสิ่งปลูกสร้างเกี่ยวกับการออกแบบทางกล ภายหลังจากการออกแบบทางไฟฟ้าเสร็จสิ้นแล้ว

การพิจารณาในเรื่องความสวยงามมีความสำคัญยิ่งเช่นเดียวกับการเลือกวัสดุที่ถูกต้อง เพื่อจำกัดความเสี่ยงในการเกิดการกัดกร่อน

ขนาดต่ำสุดของส่วนประกอบ LPS สำหรับส่วนต่างๆ ของ LPS แสดงรายการไว้ในตารางที่ 3 ตารางที่ 6 ตารางที่ 7 ตารางที่ 8 และตารางที่ 9

วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนประกอบของ LPS แสดงรายการไว้ในตารางที่ 5

หมายเหตุ การเลือกส่วนประกอบ เช่น แคลมป์ และแท่งตัวนำ ตามมาตรฐาน EN 50164 อาจถือว่ามีความเพียงพอแล้ว

ผู้ออกแบบและผู้ติดตั้ง LPS ควรทวนสอบความเหมาะสมกับจุดประสงค์ของวัสดุที่ใช้ สามารถบรรลุผลได้ เช่น โดยการขอดูใบรับรองการทดสอบ และรายงานผลทดสอบจากผู้ผลิต ซึ่งแสดงว่าวัสดุที่ใช้ได้ผ่านการทดสอบคุณภาพแล้ว

ผู้ออกแบบและผู้ติดตั้ง LPS ควรระบุข้อกำหนดของตัวจับยึดตัวนำและส่วนติดตั้ง ที่สามารถทนแรงพลวัตทางไฟฟ้าของกระแสฟ้าผ่าในตัวนำ และยินยอมให้มีการขยายตัวและหดตัวของตัวนำเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิได้ด้วย

การต่อระหว่างแผ่นโลหะควรเข้ากันได้กับแผงวัสดุ โดยมีพื้นที่ของหน้าสัมผัสต่ำสุด 50 mm^2 และสามารถทนแรงพลวัตทางไฟฟ้าของกระแสฟ้าผ่า และทนต่อการคุกคามจากการกัดกร่อนของสิ่งแวดล้อม

กรณีที่ต้องระวังไม่ให้เกิดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมากจนเกินไปในส่วนพื้นผิวสัมผัส ซึ่งติดตั้งส่วนประกอบเนื่องจากเป็นวัสดุติดไฟหรือมีจุดหลอมเหลวต่ำ ควรระบุตัวนำที่มีพื้นที่ภาคตัดขวางที่ใหญ่ขึ้น หรือพิจารณาข้อควรระวังด้านความปลอดภัยอื่นๆ เช่น ใช้ตัวจับยึดที่เพิ่มระยะห่าง และการสอดแทรกชั้นของวัสดุทนไฟ

ผู้ออกแบบ LPS ควรระบุบริเวณที่อาจมีปัญหาเกิดการกัดกร่อนทั้งหมด และระบุมาตรการป้องกันที่เหมาะสม

ผลกระทบของการกัดกร่อนของ LPS อาจลดลงโดยการเพิ่มขนาดของวัสดุหรือใช้ส่วนประกอบที่มีความทนการกัดกร่อนหรือใช้มาตรการการป้องกันการกัดกร่อนอื่นๆ

จ.5.6.2 การเลือกวัสดุ

จ.5.6.2.1 วัสดุ

วัสดุ LPS และเงื่อนไขในการใช้ของวัสดุแสดงรายการไว้ในตารางที่ 5

มิติของตัวนำ LPS รวมทั้งตัวนำล่อฟ้า สายดินแนวดิ่งและตัวนำรากสายดินสำหรับวัสดุต่างๆ เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม และเหล็ก แสดงรายการไว้ในตารางที่ 6 และ ตารางที่ 7

ความหนาต่ำสุดของแผ่นโลหะ ท่อโลหะ และภาชนะ (container) ที่ใช้เป็นส่วนประกอบตัวนำล่อฟ้าโดยธรรมชาติ แสดงรายการไว้ในตารางที่ 3 ส่วนมิติต่ำสุดของตัวนำประสานแสดงรายการไว้ในตารางที่ 8 และ ตารางที่ 9

จ.5.6.2.2 การป้องกันการกัดกร่อน

LPS ควรสร้างโดยใช้วัสดุที่มีความทนต่อการกัดกร่อน เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม เหล็กกล้าไร้สนิม และเหล็กเคลือบสังกะสี วัสดุที่ใช้ทำแท่งตัวนำล่อฟ้าและสายตัวนำล่อฟ้าควรมีการเข้ากันได้ทางเคมีไฟฟ้ากับวัสดุของชิ้นส่วนการต่อและชิ้นส่วนจับยึด และมีความทนการกัดกร่อนที่ดีต่อบรรยากาศที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน หรือความชื้น

ควรหลีกเลี่ยงการต่อวัสดุต่างชนิดกัน มิฉะนั้นต้องมีการป้องกันการต่อเหล่านั้น

ไม่ควรติดตั้งส่วนที่เป็นทองแดงเหนือเหล็กเคลือบสังกะสีหรือบนชิ้นส่วนอะลูมิเนียมโดยเด็ดขาด นอกเสียจากชิ้นส่วนเหล่านั้นได้จัดให้มีการป้องกันการกัดกร่อน

อนุภาคที่มีความละเอียดมากๆ จะถูกปล่อยจากส่วนที่เป็นทองแดง ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงจากการกัดกร่อนต่อส่วนที่เป็นเหล็กเคลือบสังกะสี ถึงแม้ว่าส่วนที่เป็นทองแดงกับส่วนที่เป็นเหล็กเคลือบสังกะสีจะไม่สัมผัสกันโดยตรง

ไม่ควรยึดติดตัวนำอะลูมิเนียมโดยตรงกับผิวของอาคารที่มีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ เช่น หินปูนติดด้วยคอนกรีต และปลาสเตอร์ และไม่ควรใช้ในดิน

จ.5.6.2.2.1 โลหะในดินและในอากาศ

การกัดกร่อนของโลหะจะเกิดขึ้นในอัตราที่ขึ้นอยู่กับประเภทของโลหะและธรรมชาติสภาพแวดล้อม ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น เกลือ (ทำให้เกิดเป็นสารอิเล็กโทรไลต์) ปริมาณอากาศ อุณหภูมิ และการเคลื่อนไหวของสารอิเล็กโทรไลต์ ทำให้เกิดสภาวะที่ซับซ้อนยิ่ง

นอกจากนี้ สภาพท้องถิ่นซึ่งการปนเปื้อนตามธรรมชาติหรือทางอุตสาหกรรมที่ต่างกัน สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมีนัยสำคัญที่สังเกตได้ในส่วนต่างๆ ของโลก การแก้ปัญหาโดยเฉพาะปัญหาการกัดกร่อน แนะนำให้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการกัดกร่อน

ผลของการสัมผัสระหว่างโลหะที่ไม่เหมือนกัน ร่วมกับสภาพแวดล้อมโดยรอบหรือบางส่วนปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลต์นำไปสู่การกัดกร่อนที่มากขึ้นสำหรับโลหะที่เป็นแอโนดมากกว่า และการกัดกร่อนที่ลดลงของโลหะที่เป็นแคโทดมากกว่า

การกัดกร่อนของโลหะที่เป็นแคโทดมากกว่า ไม่จำเป็นต้องมีการป้องกันอย่างเต็มที่ สารอิเล็กโทรไลต์สำหรับปฏิกิริยานี้อาจเป็นน้ำใต้ดิน ดินที่มีความชื้นอยู่บ้าง หรือแม้แต่ความชื้นที่ควบแน่นภายในสิ่งปลูกสร้างเหนือระดับพื้น ซึ่งขังอยู่ตามรอยแยก

ระบบรากสายดินที่ขยายออกไป อาจได้รับผลกระทบจากสภาพดินที่แตกต่างกันในแต่ละส่วน ซึ่งสามารถเพิ่มปัญหาการกัดกร่อนมากขึ้น และต้องการการเอาใจใส่เป็นพิเศษ

เพื่อการลดการกัดกร่อนใน LPS

- หลีกเลี่ยงการใช้โลหะที่ไม่เหมาะสมในบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนรุนแรง
- หลีกเลี่ยงการสัมผัสกันของโลหะที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งมีความแตกต่างทางลักษณะเฉพาะเคมีไฟฟ้าหรือทางแกลแวนิก
- ใช้ตัวนำที่มีหน้าตัดของตัวนำเพียงพอสำหรับแถบประสาน ขั้วต่อสาย และแคลมป์ เพื่อให้มั่นใจว่าทนการกัดกร่อนได้พอตลอดอายุใช้งานในสภาพการใช้งานจริง
- จุดต่อตัวนำที่ไม่ใช้วิธีการเชื่อม ต้องจัดหาวัสดุเติมที่เหมาะสมหรือวัสดุฉนวนเพื่อป้องกันความชื้นเข้า
- จัดทำปลอก เคลือบ หรือแยก โลหะที่ไวต่อไอหรือของเหลวที่กัดกร่อน ในบริเวณที่ติดตั้งตามความเหมาะสม
- พิจารณาผลกระทบจากปฏิกิริยาแกลแวนิกของโลหะอื่นๆ ที่ต่อเข้ากับรากสายดิน
- หลีกเลี่ยงการออกแบบที่เป็นผลให้เกิดการกัดกร่อนโดยธรรมชาติจากโลหะแคโทด (เช่น ทองแดง) สามารถเกิดผลกระทบและทำให้ LPS กัดกร่อน เช่น การใช้ทองแดงบนโลหะที่เป็นแอโนด (เช่น เหล็กหรืออะลูมิเนียม)

ข้อควรระวังต่อไปนี้ถูกยกมาเป็นกรณีตัวอย่างเฉพาะ เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น

- ความหนาหรือเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของลวดตีเกลียว ควรมีค่าเท่ากับ 1.5 mm สำหรับเหล็ก อะลูมิเนียม ทองแดง ทองแดงเจือ หรือเหล็กเจือนิเกิล-โครเมียม
- แนะนำให้ใช้ตัวกั้นที่เป็นฉนวนกั้นช่องแคบระหว่างโลหะที่ไม่เหมือนกัน ที่สามารถทำให้เกิดการกัดกร่อน โดยที่การสัมผัสกันนั้นไม่มีจุดประสงค์ทางไฟฟ้า
- ตัวนำเหล็กที่ไม่ได้รับการป้องกันด้วยวิธีอื่น ควรเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อนหนาไม่น้อยกว่า 50 μm
- ตัวนำอะลูมิเนียมไม่ควรฝังในดินโดยตรงหรือสัมผัสกับคอนกรีตโดยตรง นอกจากมีการหุ้มทั้งหมดด้วยปลอกฉนวนอย่างแนบสนิทและทนทาน
- ควรหลีกเลี่ยงจุดต่อทองแดงกับอะลูมิเนียมเท่าที่ทำได้ กรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ การต่อควรเชื่อมหรือการใช้แผ่น AlCu คั่นระหว่างกลาง
- ตัวยึดหรือปลอกสายสำหรับตัวนำอะลูมิเนียม ควรเป็นโลหะที่เหมือนกัน และมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเพียงพอ เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในสภาวะอากาศที่เลวร้าย
- ทองแดงเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นรากสายดินเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นในสภาวะที่เป็นกรดอยู่ในรูปออกซิเจนที่มีแอมโมเนียหรือซัลเฟอร์ อย่างไรก็ดี ควรระลึกไว้ว่า ทองแดงจะทำให้โลหะที่เป็นเหล็กที่ต่อประสานอยู่เกิดการกัดกร่อนทางแกลแวนิก ซึ่งอาจต้องได้รับการแนะนำเกี่ยวกับการกัดกร่อนจากผู้เชี่ยวชาญ โดยเฉพาะเมื่อใช้การป้องกันการกัดกร่อนแบบแคโทดิก
- กรณีตัวนำบนหลังคาและสายดินแนวดิ่ง เปิดโล่งต่อก๊าซกัดกร่อนซึ่งออกจากปล่องควัน ควรเอาใจใส่เป็นพิเศษต่อการกัดกร่อน เช่น โดยใช้เหล็กเจือสูง (Cr > 16.5 %, Mo > 2 %, Ti 0.2 % และ N ตั้งแต่ 0.12 % ถึง 0.22 %)
- เหล็กกล้าไร้สนิม หรือโลหะเจือนิเกิลอื่นๆ อาจใช้สำหรับความต้องการลักษณะเฉพาะทนต่อการกัดกร่อนที่เหมือนกัน อย่างไรก็ดีในสภาวะที่ไม่มีอากาศหรือออกซิเจน เช่น ในดินเหนียว โลหะข้างต้นจะมีการกัดกร่อนเร็วเกือบเท่ากับเหล็กกล้าละมุน
- จุดต่อในอากาศระหว่างเหล็กกับทองแดง หรือทองแดงเจือ ถ้าไม่ได้ใช้วิธีเชื่อมควรใช้แบบชุบดีบุกหรือเคลือบด้วยวัสดุกันชื้นที่ทนทาน
- ในสภาพที่มีไอของแอมโมเนีย ทองแดงและทองแดงเจือจะเกิดรอยแตกเนื่องจากการกัดกร่อนที่มีความเค้น วัสดุเหล่านี้ไม่ควรใช้เป็นตัวจับยึดในสภาพดังกล่าว
- บริเวณชายฝั่งหรือในทะเล จุดต่อตัวนำทั้งหมดควรเชื่อมหรือปิดผนึกอย่างได้ผล

ระบบสายดินที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือทองแดงสามารถต่อโดยตรงกับเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต

รากสายดินที่ทำจากเหล็กเคลือบสังกะสีฝังในดินควรต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต โดยผ่านช่องประกายหุ้มฉนวนที่สามารถนำกระแสฟ้าผ่าส่วนใหญ่ได้ (ดูตารางที่ 8 และ ตารางที่ 9 สำหรับมิติของ

ตัวนำที่ใช้ต่อ) การต่อกันโดยตรงในดินจะมีความเสี่ยงต่อการกัดกร่อนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ช่องประกายหุ้มฉนวนที่ใช้ควรเป็นไปตามข้อ 6.2

หมายเหตุ ช่องประกายซึ่งมีระดับป้องกัน U_p 2.5 kV และ I_{imp} ต่ำสุด 50 kA (10/350 μs) ปกติถือว่าเหมาะสม

เหล็กเคลือบสังกะสีควรใช้เป็นรากสายดินในดินเฉพาะเมื่อไม่มีส่วนร่วมของเหล็กในคอนกรีตต่อโดยตรงกับรากสายดินในดินเท่านั้น

ถ้าท่อโลหะวางในดิน และต่อเข้ากับระบบประสานให้ศักย์เท่ากัน และต่อกับระบบรากสายดิน วัสดุของท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวน ควรใช้วัสดุเดียวกันกับตัวนำของระบบต่อลงดิน ท่อที่มีการป้องกันด้วยการทาสีหรือหุ้มด้วยแอสฟัลต์ถือว่าเป็นท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวน กรณีที่ไม่สามารถใช้วัสดุชนิดเดียวกันได้ ระบบงานท่อควรแยกออกจากส่วนของโรงงานที่ต่อกับระบบประสานให้ศักย์เท่ากันด้วยส่วนที่เป็นฉนวน ส่วนที่เป็นฉนวนควรต่อถึงกันด้วยช่องประกาย การต่อถึงกันด้วยช่องประกายควรทำในที่ซึ่งมีการติดตั้งส่วนที่เป็นฉนวนสำหรับการป้องกันการกัดกร่อนแบบแคโทดิกของงานท่อด้วย

ตัวนำที่มีเปลือกเป็นตะกั่วไม่ควรติดตั้งโดยตรงในคอนกรีต ตัวนำที่มีเปลือกเป็นตะกั่วควรมีการป้องกันจากการกัดกร่อนโดยการพันด้วยวัสดุต้านทานการกัดกร่อนหรือหุ้มด้วยปลอกหดตัว ตัวนำอาจป้องกันโดยหุ้มฉนวนพีวีซี

ตัวนำรากสายดินที่เป็นเหล็กที่ออกจากคอนกรีต หรือจากดินที่จุดเข้าสู่อากาศ ควรมีการป้องกันการกัดกร่อนมีความยาว 0.3 m โดยการพันด้วยวัสดุต้านทานการกัดกร่อนหรือหุ้มด้วยปลอกหดตัว กรณีที่ตัวนำเป็นทองแดงหรือเหล็กกล้าไร้สนิม ไม่จำเป็นต้องทำตามวิธีข้างต้น

วัสดุที่ใช้ทำจุดต่อระหว่างตัวนำในดินควรมีพฤติกรรมในการกัดกร่อนเช่นเดียวกันกับตัวนำรากสายดิน การต่อโดยใช้แคลมป์โดยทั่วไปจะไม่อนุญาตให้ใช้ ยกเว้นในกรณีที่จุดต่อดังกล่าวจัดให้มีการป้องกันการกัดกร่อนอย่างมีประสิทธิผลหลังการต่อ จากประสบการณ์พบว่าการต่อโดยใช้การบีบอัด ให้ผลดี

จุดต่อแบบเชื่อมต้องมีการป้องกันการกัดกร่อน

ประสบการณ์ในทางปฏิบัติแสดงให้เห็นว่า
- ไม่มีการใช้อะลูมิเนียมเป็นรากสายดิน
- ตัวนำเหล็กเปลือกตะกั่วไม่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นสายดิน
- ตัวนำทองแดงเปลือกตะกั่วไม่ควรนำมาใช้ในคอนกรีตหรือในดินที่มีปริมาณแคลเซียมสูง

จ.5.6.2.2.2 โลหะในคอนกรีต

การฝังเหล็กหรือเหล็กเคลือบสังกะสีในคอนกรีตทำให้เกิดความเสถียรของศักย์ธรรมชาติของโลหะเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เป็นด่างอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้คอนกรีตยังมีสภาพต้านทานค่อนข้างสูงและสม่ำเสมอ โดยมีค่าประมาณ 200 Ωm หรือสูงกว่า

ดังนั้น แท่งเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีตมีความต้านทานการกัดกร่อนมากกว่าเมื่ออยู่นอกคอนกรีตพอสมควร แม้จะต่อเข้ากับวัสดุที่เป็นแคโทดมากกว่าที่อยู่ภายนอกคอนกรีต

การใช้เหล็กเส้นเสริมแรงเป็นสายดินแนวดิ่งไม่มีปัญหาการกัดกร่อนที่มีนัยสำคัญ ถ้าจัดให้จุดต่อเข้าถึงได้สำหรับตัวนำล่อฟ้าที่มีการหุ้มอย่างดี เช่น การใช้อีพอกซีเรซินที่มีความหนาเพียงพอ

แถบเหล็กเคลือบสังกะสีที่ใช้เป็นรากสายดินฐานรากอาจติดตั้งในคอนกรีตและต่อโดยตรงกับเหล็กเส้นเสริมแรงได้ ทองแดงและเหล็กกล้าไร้สนิมยอมให้ใช้ในคอนกรีตได้เช่นกัน และอาจต่อโดยตรงกับเหล็กเส้นเสริมแรง

เนื่องจากศักย์โดยธรรมชาติของเหล็กในคอนกรีต รากสายดินเสริมที่อยู่นอกคอนกรีตควรทำจากทองแดงหรือเหล็กกล้าไร้สนิม

ในคอนกรีตเสริมใยเหล็กไม่อนุญาตให้ใช้รากสายดินที่ทำจากเหล็กเพราะว่าในระหว่างการก่อสร้างรากสายดินเหล็กสามารถถูกกดลง เช่น โดยเครื่องจักรที่ใช้ และสัมผัสกับดิน ในกรณีเช่นนั้นเหล็กจะเผชิญความเสี่ยงต่อการเกิดการกัดกร่อนอย่างร้ายแรง ทองแดงและเหล็กกล้าไร้สนิมเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการทำเป็นรากสายดินในคอนกรีตเสริมใยเหล็ก

จ.6 LPS ภายใน

จ.6.1 ทั่วไป

ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบ LPS ภายในแสดงไว้ในข้อ 6.

LPS ภายนอก และความสัมพันธ์กับส่วนนำไฟฟ้าและการติดตั้งภายในสิ่งปลูกสร้าง จะเป็นตัวกำหนดโดยทั่วไปสำหรับความต้องการ LPS ภายใน

การปรึกษากับหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดเกี่ยวกับการประสานให้ศักย์เท่ากันเป็นสิ่งสำคัญ

ผู้ออกแบบและผู้ติดตั้ง LPS ควรให้ความสนใจกับความจริงที่ว่ามาตรการที่ให้ไว้ในข้อ จ.6 เป็นสิ่งสำคัญยิ่งเพื่อให้บรรลุผลการป้องกันฟ้าผ่าที่เพียงพอ ผู้ซื้อควรได้รับการแจ้งถึงข้อเท็จจริงข้างต้นด้วย

LPS ภายในจะเหมือนกันสำหรับระดับการป้องกันทั้งหมด ยกเว้นระยะการแยก

มาตรการที่จำเป็นสำหรับการป้องกันฟ้าผ่าภายในจะสูงกว่ามาตรการในการทำให้ศักย์เท่ากันของระบบไฟฟ้ากำลังในหลายกรณี เพราะว่าอัตรากระแสที่สูงและช่วงเวลาเพิ่มขึ้นของกระแสที่เกิดขึ้นตอนฟ้าผ่า

หมายเหตุ ถ้าพิจารณาถึงการป้องกัน LEMP ให้ดู มอก.1586 เล่ม 4

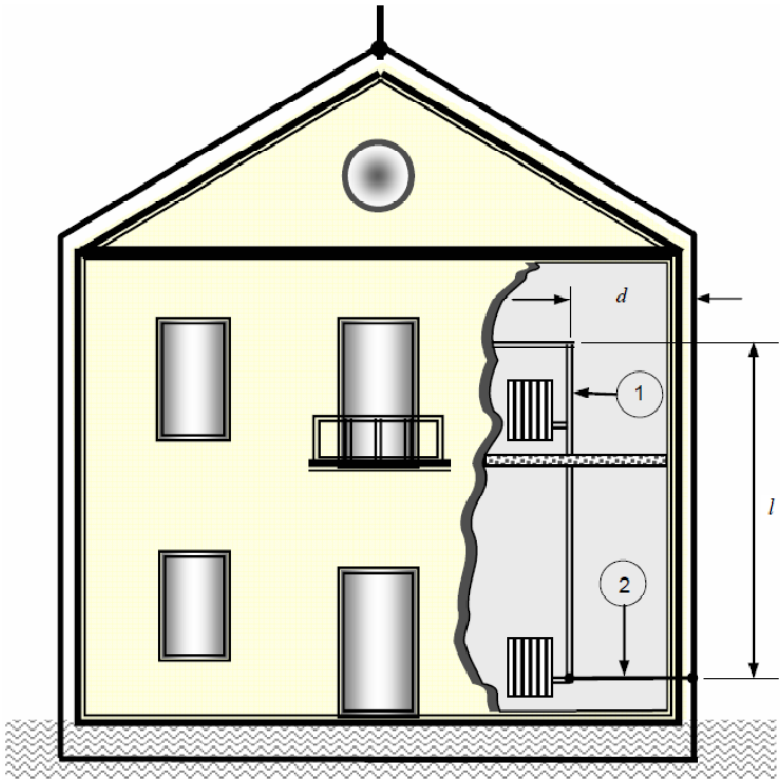
จ.6.1.1 ระยะการแยก

ควรรักษาระยะการแยกที่พอเพียงซึ่งกำหนดตามข้อ 6.3 ระหว่าง LPS ภายนอกกับส่วนนำไฟฟ้าได้ทั้งหมดที่ต่อกับระบบประสานให้ศักย์เท่ากันของสิ่งปลูกสร้าง

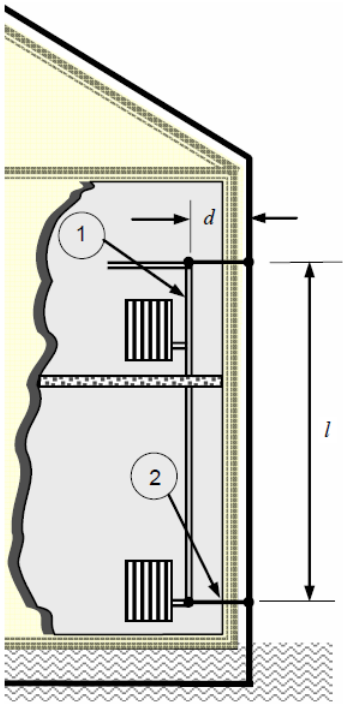
ระยะการแยกอาจหาค่าได้จากสมการ (4) ในข้อ 6.3

ความยาวอ้างอิง l เพื่อการคำนวณระยะการแยก s (ดูข้อ 6.3) ควรเป็นระยะระหว่างจุดต่อประสานให้ศักย์เท่ากัน กับจุดที่ใกล้เคียงตามแนวสายดินแนวดิ่ง ตัวนำบนหลังคาและสายดินแนวดิ่งควรเดินตามทางตรงให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้เพื่อรักษาระยะการแยกที่จำเป็นให้มีค่าต่ำ

ความยาวและเส้นทางของตัวนำภายในอาคารที่เดินจากแท่งตัวนำประสานถึงจุดใกล้สุดโดยทั่วไปมีผลกระทบต่อระยะการแยกน้อย แต่เมื่อตัวนำดังกล่าวอยู่ใกล้กับตัวนำที่เป็นทางเดินของกระแสฟ้าผ่า ระยะการแยกที่จำเป็นจะมีค่าน้อยลง รูปที่ จ.43 และ รูปที่ จ.44 แสดงการวัดความยาววิกฤติ l ของ LPS เพื่อใช้ในการคำนวณระยะการแยก s ตามข้อ 6.3



รูปที่ จ.43ก ระยะการแยกที่คำนวณได้ $s < d$



รูปที่ จ.43ข ระยะการแยกที่คำนวณได้ $s > d$

(1) ท่อโลหะ

(2) ตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน

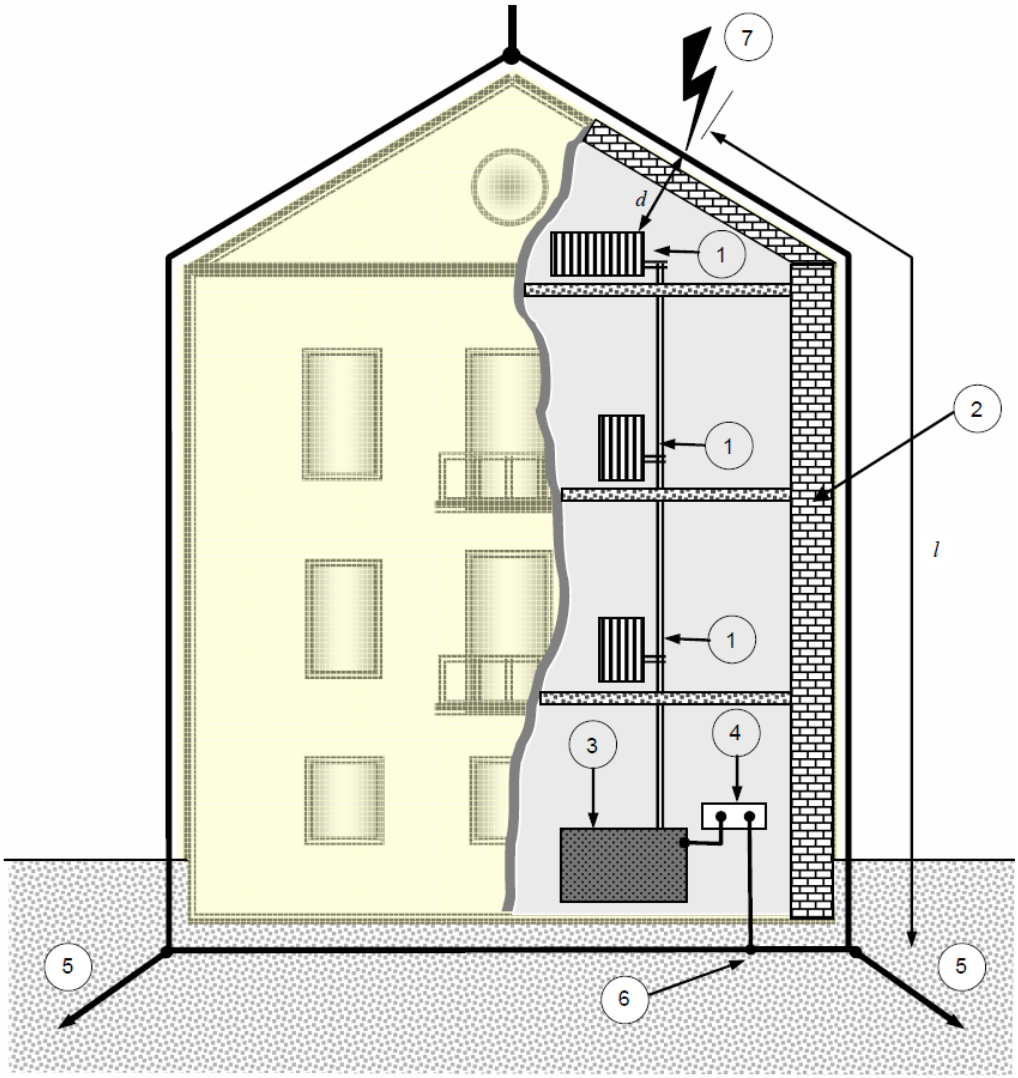
d ระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งกับการติดตั้งโลหะภายในอาคาร

l ความยาวเพื่อใช้ในการคำนวณระยะการแยก *s*

s ระยะการแยกตาม ข้อ 6.3

หมายเหตุ กรณีที่ไม่สามารถเพิ่มระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งกับสิ่งติดตั้งภายในให้มีค่ามากกว่าระยะการแยกที่คำนวณได้ ควรจัดให้มีการต่อประสานที่จุดที่อยู่ห่างที่สุด ดูรูปที่ จ.43ข

รูปที่ จ.43 ตัวอย่างของระยะการแยกระหว่าง LPS กับสิ่งติดตั้งโลหะ



(1) เครื่องทำความร้อน หรือครีบระบายความร้อนที่เป็นโลหะ
(2) ผนังที่เป็นงานอิฐหรือไม้
(3) เครื่องทำความร้อน
(4) แท่งตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน
(5) ระบบรากสายดิน
(6) การต่อกับระบบรากสายดิน หรือสายดินแนวดิ่ง
(7) กรณีเลวร้ายสุด

d ระยะจริง

l ความยาวสำหรับการหาค่าระยะการแยก *s*

หมายเหตุ สิ่งปลูกสร้างที่ประกอบด้วยอิฐที่เป็นฉนวน

รูปที่ จ.44 แนวทางการคำนวณระยะการแยก *s* สำหรับกรณีเลวร้ายสุดที่ฟ้าผ่าลงจุดดักรับฟ้าผ่าที่ระยะ *l* ซึ่งห่างจากจุดอ้างอิงตามข้อ 6.3

ในสิ่งปลูกสร้างที่ใช้ส่วนประกอบของอาคารเป็นสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ เช่น เหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีต จุดอ้างอิงควรเป็นจุดที่ต่อกับสายดินแนวดิ่งโดยธรรมชาติ

สิ่งปลูกสร้างที่ผิวภายนอกไม่ได้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นตัวนำ เช่น สิ่งปลูกสร้างจากไม้หรืองานอิฐ ควรใช้ระยะรวมทั้งหมดตามตัวนำ LPS *l* วัดจากจุดที่ไม่ต้องการให้ฟ้าผ่าลงมากที่สุด จนถึงจุดที่ระบบการประสานให้ศักย์เท่ากันของการติดตั้งภายในต่อกับสายดินแนวดิ่งและระบบรากสายดิน สำหรับการคำนวณระยะการแยก *s* ตามข้อ 6.3

กรณีที่ไม่สามารถรักษาระยะห่างให้มากกว่าระยะการแยก *s* ตลอดความยาวทั้งหมดของการติดตั้งที่พิจารณา การต่อประสานสิ่งติดตั้งเข้ากับ LPS ควรทำที่จุดที่ห่างจากจุดประสานอ้างอิงมากที่สุดด้วย (ดูรูปที่ จ.43ข) ดังนั้นตัวนำไฟฟ้าควรจะวางในเส้นทางใหม่เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของระยะการแยก (ดูข้อ 6.3) หรือควรปิดล้อมด้วยกำบังตัวนำที่ประสานกับ LPS ที่จุดที่ห่างจากจุดประสานอ้างอิงมากที่สุด

เมื่อได้ทำการประสานสิ่งติดตั้งกับ LPS ที่จุดอ้างอิงและจุดห่างที่สุดแล้ว ระยะการแยกตลอดเส้นทางการติดตั้งจะสมบูรณ์ตามข้อกำหนดทุกประการ

จุดต่อไปนี้มักเป็นจุดวิกฤติ และต้องการพิจารณาเป็นพิเศษ

- ในกรณีสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ ระยะการแยกระหว่างตัวนำ LPS กับสิ่งติดตั้งโลหะมักจะมีค่ามากจนไม่สามารถปฏิบัติตามได้ ซึ่งรวมถึงการประสานเพิ่มเติมของ LPS เข้ากับสิ่งติดตั้งโลหะ ผลที่ตามมาคือมีกระแสฟ้าผ่าส่วนหนึ่งไหลผ่านสิ่งติดตั้งโลหะเหล่านี้เข้าสู่ระบบรากสายดินของสิ่งปลูกสร้าง
- การแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นอันเป็นผลของกระแสฟ้าผ่าบางส่วนเหล่านี้ควรมีการคำนึงถึงเมื่อมีการวางแผนการติดตั้งสิ่งปลูกสร้างและการออกแบบโซนป้องกันพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าภายในสิ่งปลูกสร้างตาม มอก.1586 เล่ม 4

อย่างไรก็ตาม การแทรกสอดมีค่าต่ำอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการแทรกสอดที่เกิดขึ้นในกรณีเกิดประกายไฟฟ้าที่จุดดังกล่าว

ในกรณีของหลังคา บ่อยครั้งที่ช่วงระยะห่างระหว่าง LPS กับสิ่งติดตั้งทางไฟฟ้า มักพบว่ามีระยะทางสั้นกว่าระยะการแยก *s* ตามข้อ 6.3 ถ้าเป็นกรณีนี้ควรพยายามติดตั้ง LPS หรือตัวนำไฟฟ้าไว้ที่ตำแหน่งอื่น

ควรตกลงกับผู้รับผิดชอบด้านการติดตั้งทางไฟฟ้าในการวางเส้นทางใหม่ของวงจรไฟฟ้า ที่มีระยะห่างจากตัวนำล่อฟ้าบนสิ่งปลูกสร้างไม่เป็นไปตามระยะการแยก

เมื่อการติดตั้งทางไฟฟ้าไม่สามารถวางเส้นทางใหม่ได้ การประสานกับ LPS ภายนอกควรทำตามข้อ 6.3

ในบางอาคารไม่สามารถรักษาระยะการแยกได้ตามที่กำหนด เนื่องจากสิ่งปลูกสร้างภายในอาจกีดขวางไม่ให้ผู้ออกแบบหรือผู้ติดตั้งสามารถประเมินสถานการณ์ และต่อเข้ากับส่วนโลหะบางส่วนและตัวนำไฟฟ้าได้ เรื่องนี้ควรแจ้งให้เจ้าของอาคารทราบ

จ.6.2 การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน

จ.6.2.1 การออกแบบ

ในกรณี LPS ภายนอกแบบแยกอิสระ การประสานให้ศักย์เท่ากันควรทำที่ระดับพื้นเท่านั้น

ในกรณีสิ่งปลูกสร้างอุตสาหกรรม ส่วนนำไฟฟ้าได้ที่ต่อเนื่องถึงกันทางไฟฟ้าของสิ่งปลูกสร้างและหลังคาโดยทั่วไปอาจใช้เป็นส่วนประกอบโดยธรรมชาติของ LPS และอาจใช้ทำการประสานให้ศักย์เท่ากัน

ไม่เพียงแต่ส่วนนำไฟฟ้าได้ของสิ่งปลูกสร้างและบริภัณฑ์ที่ติดตั้งภายในเท่านั้นที่ควรต่อประสานให้ศักย์เท่ากัน แต่ควรต่อตัวนำของระบบจ่ายไฟและบริภัณฑ์ในระบบโทรคมนาคมด้วย กรณีรากสายดินภายในสิ่งปลูกสร้างควรเอาใจใส่เป็นพิเศษในการควบคุมแรงดันช่วงก้าว มาตรการที่เพียงพอรวมถึงการต่อเหล็กเส้นเสริมแรงในคอนกรีตกับรากสายดินเฉพาะที่ หรือจัดตาข่ายเพื่อประสานให้ศักย์เท่ากันภายในห้องใต้ดินหรือห้องใต้ถุน

กรณีอาคารที่สูงกว่า 30 m แนะนำให้มีการประสานให้ศักย์เท่ากันที่ระดับ 20 m และทุกๆ 20 m เหนือขึ้นไป อย่างไรก็ดีในทุกกรณีควรรักษาระยะการแยก

นั่นหมายความว่า อย่างน้อย ที่ระดับดังกล่าว สายดินแนวดิ่งภายนอก สายดินแนวดิ่งภายใน และส่วนโลหะควรประสานกัน ตัวนำมีไฟควรต่อประสานผ่าน SPD

จ.6.2.1.1 ตัวนำประสาน

ตัวนำประสานควรสามารถทนกระแสฟ้าผ่าบางส่วนที่ไหลผ่านได้

ตัวนำที่ประสานสิ่งติดตั้งโลหะภายในกับสิ่งปลูกสร้างโดยปกติจะไม่ได้รับกระแสฟ้าผ่าส่วนใหญ่ มิติต่ำสุดของตัวนำนั้นให้ไว้ในตารางที่ 9

ตัวนำประสานที่ต่อส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกกับ LPS โดยปกติจะรับกระแสฟ้าผ่าส่วนใหญ่

จ.6.2.1.2 อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (SPD)

SPD ควรทนกระแสฟ้าผ่าส่วนที่คาดการณ์ว่าจะไหลผ่านได้โดยไม่เสียหาย SPD ควรมีความสามารถในการหยุดกระแสไหลตาม (follow-on current) จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังได้ด้วย ถ้า SPD ต่อกับตัวนำไฟฟ้ากำลัง

การเลือก SPD ต้องทำตามข้อ 6.2 หากต้องการมีการป้องกันระบบภายในจาก LEMP SPD ต้องเป็นไปตาม มอก.1586 เล่ม 4 ด้วย

จ.6.2.2 การประสานให้ศักย์เท่ากันสำหรับส่วนนำไฟฟ้าได้ภายใน

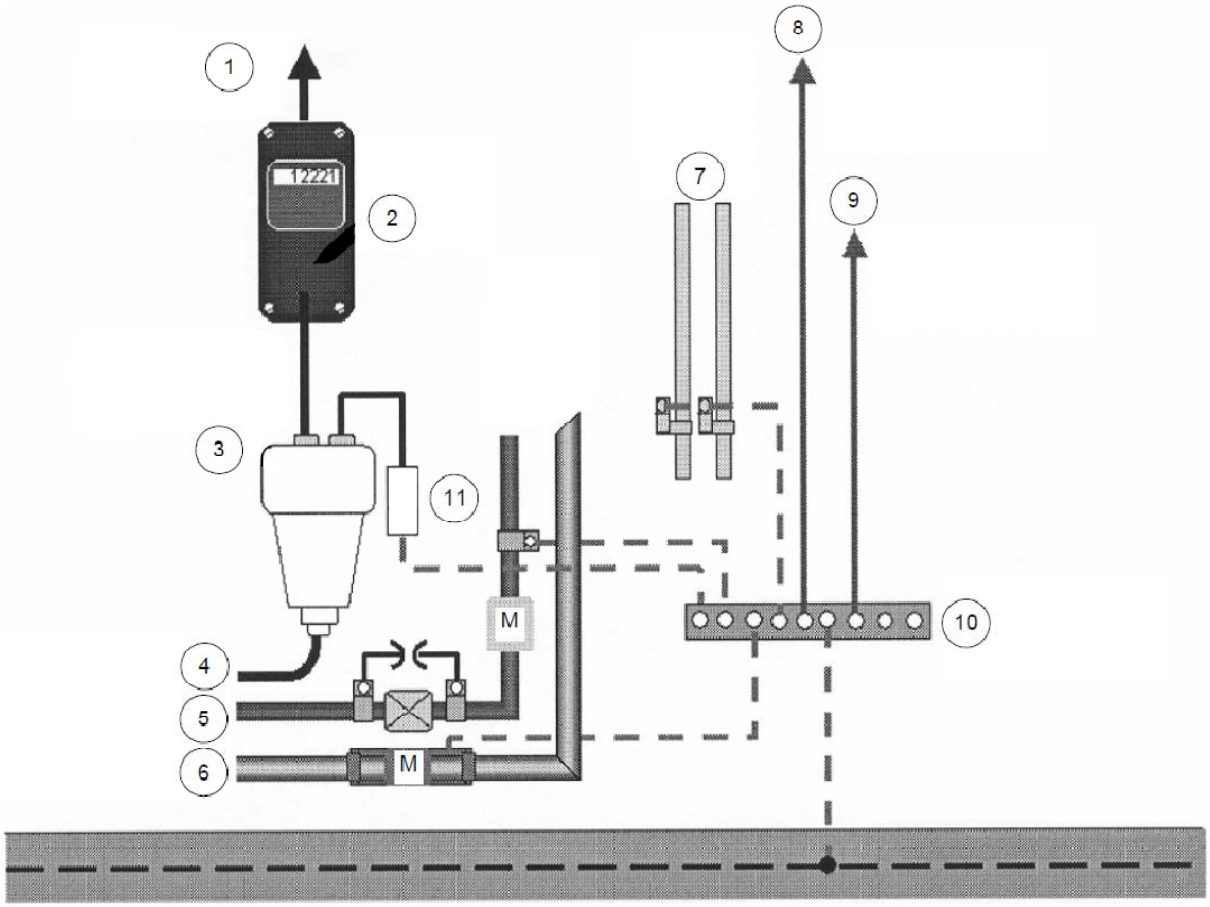
ควรจัดให้มีการประสานและติดตั้งในลักษณะที่ทำให้ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายใน ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก ระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบโทรคมนาคม (เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ และระบบรักษาความปลอดภัย) สามารถประสานกันโดยใช้ตัวนำประสานที่สั้น และหากจำเป็นให้ใช้ SPD

หมายเหตุ การประสานควรเป็นไปตามมาตรฐาน (pr)EN 60364

สิ่งติดตั้งโลหะ ได้แก่ ท่อน้ำ ท่อก๊าซ ท่อระบบทำความร้อนและท่อระบบทำความเย็น ช่องลิฟต์ ตัวรองรับเครน และอื่นๆ ต้องประสานเข้าด้วยกัน และประสานเข้ากับ LPS ที่ระดับพื้น

การเกิดประกายสามารถเกิดขึ้นในส่วนโลหะที่ไม่ได้เป็นส่วนของสิ่งปลูกสร้างถ้าส่วนโลหะเหล่านั้นอยู่ใกล้กับสายดินแนวดิ่งของ LPS ในกรณีที่พิจารณาว่าการเกิดประกายเป็นอันตราย ควรนำมาตรการการประสานที่เพียงพอตามข้อ 6.2 มาใช้ป้องกันการเกิดประกาย

การจัดวางแท่งตัวนำประสานแสดงไว้ในรูปที่ จ.45



(1) ไฟฟ้าไปยังผู้ใช้
(2) มาตรกำลังไฟฟ้า
(3) กล่องต่อไฟบ้าน
(4) ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า
(5) ท่อก๊าซ
(6) ท่อน้ำประปา
(7) ระบบทำความร้อนจากส่วนกลาง
(8) เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์
(9) กำบังของเคเบิลสายอากาศ
(10) แท่งตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน
(11) SPD
M เครื่องวัด

รูปที่ จ.45 ตัวอย่างการจัดการประสานให้ศักย์เท่ากัน

แท่งตัวนำประสานควรอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้สามารถต่อกับระบบรากสายดิน หรือตัวนำวงแหวนแนวระดับด้วยตัวนำที่สั้น

นิยมติดตั้งแท่งตัวนำประสานที่ด้านในของผนังนอกบริเวณใกล้ระดับพื้น ติดกับแผงประธานแรงต่ำ และต่อให้ชิดกับระบบรากสายดินซึ่งประกอบด้วยรากสายดินวงแหวน รากสายดินฐานราก และรากสายดินโดยธรรมชาติ เช่น เหล็กเส้นเสริมแรงที่ต่อถึงกัน ถ้ามี

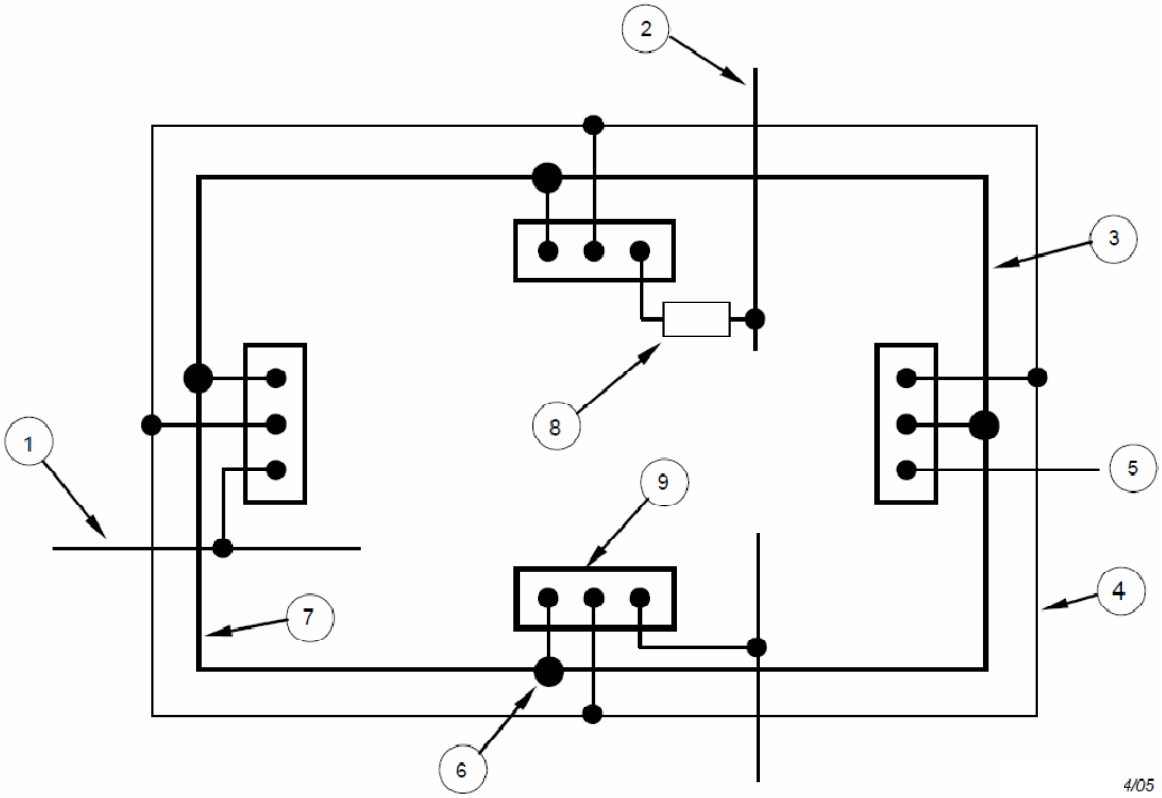
ในอาคารที่มีการขยายออกไป อาจใช้แท่งตัวนำประสานหลายแท่งโดยที่มีการต่อถึงกัน การต่อถึงกันด้วยตัวนำที่มีความยาวมากสามารถทำให้เกิดวงรอบขนาดใหญ่เป็นผลให้เกิดแรงดันและกระแสเหนี่ยวนำสูงมาก เพื่อลดผลกระทบเหล่านี้ควรพิจารณาใช้การต่อถึงกันโดยใช้ตัวนำแบบตาข่ายต่อระหว่างสิ่งปลูกสร้างกับระบบรากสายดินตาม มอก.1586 เล่ม 4

ในสิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมแรงตามข้อ 4.3 อาจใช้เหล็กเส้นเสริมแรงเป็นตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน ในกรณีนี้ โครงข่ายตาข่ายเพิ่มเติมของจุดต่อปลายที่เชื่อมหรือใช้สลักเกลียวตามข้อ จ.4.3 ควรมีการติดตั้งในผนัง เพื่อใช้ต่อกับแท่งตัวนำประสาน โดยการใช้ตัวนำเชื่อมต่อ

พื้นที่หน้าตัดต่ำสุดของตัวนำประสานหรือตัวต่อประสาน แสดงไว้ในตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายในทั้งหมดที่มีขนาดที่มีนัยสำคัญ เช่น รางลิฟต์ เครน พื้นโลหะ ท่อ และระบบไฟฟ้าควรต่อประสานกับแท่งตัวนำประสานที่ใกล้ที่สุดโดยตัวนำประสานที่สั้นที่ระดับพื้นและที่ระดับอื่นถ้าไม่สามารถรักษาระยะการแยกให้เป็นไปตามข้อ 6.3 แท่งตัวนำประสานและส่วนประสานอื่นๆ ของระบบประสานให้ศักย์เท่ากันควรทนกระแสฟ้าผ่าคาดการณ์ได้

ในสิ่งปลูกสร้างที่ใช้ผนังคอนกรีตเสริมแรง จะมีเพียงส่วนน้อยของกระแสฟ้าผ่าทั้งหมดที่คาดว่าจะไหลผ่านส่วนประสาน

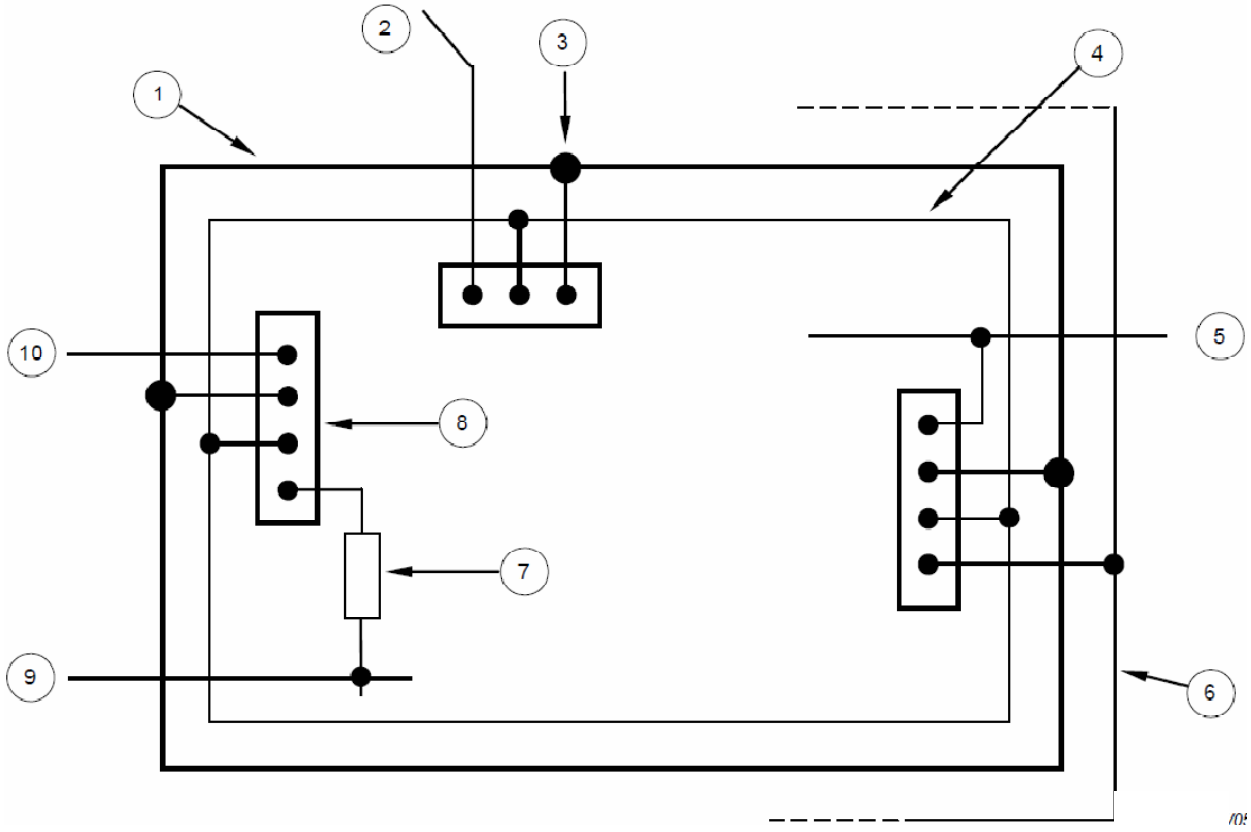
รูปที่ จ.46 รูปที่ จ.47 และรูปที่ จ.48 แสดงการจัดวางการประสานในสิ่งปลูกสร้างที่มีทางเข้าของระบบสาธารณูปโภคภายนอกหลายทาง



(1) ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก เช่น ท่อน้ำประปาโลหะ
(2) สายไฟฟ้ากำลัง หรือสายโทรคมนาคม
(3) เหล็กเส้นเสริมแรงของผนังคอนกรีตด้านนอก และฐานราก
(4) รากสายดินวงแหวน
(5) ต่อไปยังรากสายดินเสริม
(6) จุดต่อประสานพิเศษ
(7) ผนังคอนกรีตเสริมแรง ดู (3)
(8) SPD
(9) แท่งตัวนำประสาน

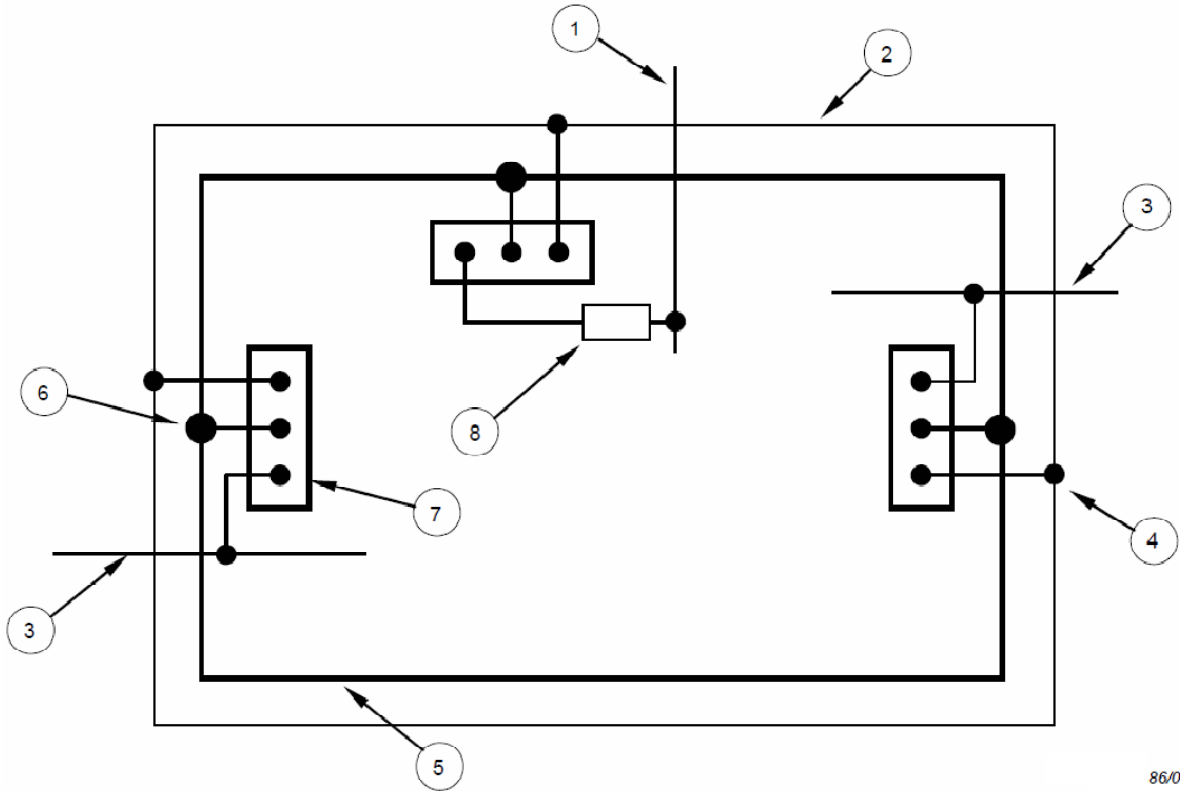
หมายเหตุ เหล็กเส้นเสริมแรงในฐานรากใช้เป็นรากสายดินโดยธรรมชาติ

รูปที่ จ.46 ตัวอย่างการจัดวางการประสานในสิ่งปลูกสร้าง ที่มีทางเข้าของส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกหลายทาง โดยใช้รากสายดินวงแหวนต่อกับแท่งตัวนำประสาน



(1) เหล็กเส้นเสริมแรงของผนังคอนกรีตด้านนอก และฐานราก
(2) รากสายดินอื่นๆ
(3) จุดต่อประสาน
(4) ตัวนำวงแหวนภายใน
(5) ต่อไปยังส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก เช่น ท่อน้ำประปา
(6) รากสายดินวงแหวน การจัดวางรากสายดินแบบ ข
(7) SPD
(8) แท่งตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน
(9) สายไฟฟ้ากำลัง หรือสายโทรคมนาคม
(10) ต่อไปยังรากสายดินเสริม การจัดวางรากสายดินแบบ ก

รูปที่ จ.47 ตัวอย่างการประสานกรณีมีทางเข้าของส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกหลายทาง และสายไฟฟ้ากำลังหรือสายโทรคมนาคม โดยใช้ตัวนำวงแหวนภายในต่อกับแท่งตัวนำประสาน



(1) สายไฟฟ้ากำลัง หรือสายโทรคมนาคม
(2) ตัวนำวงแหวนภายนอกตามแนวระดับ (เหนือพื้น)
(3) ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก
(4) จุดต่อกับสายดินแนวดิ่ง
(5) เหล็กเส้นเสริมแรงภายในผนัง
(6) จุดต่อประสานกับเหล็กโครงสร้าง
(7) แท่งตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากัน
(8) SPD

รูปที่ จ.48 ตัวอย่างการจัดวางการประสานภายในสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งมีทางเข้าของส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอกหลายทาง และทางเข้าสิ่งปลูกสร้างทั้งหมดอยู่เหนือระดับพื้น

จ.6.2.3 การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน สำหรับส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก

ไม่มีข้อมูลเพิ่มเติม

จ.6.2.4 การประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากัน สำหรับระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ ภายในสิ่งปลูกสร้างที่มีการป้องกัน

รายละเอียดการประสานศักย์ฟ้าผ่าให้เท่ากันสำหรับระบบภายในกำหนดไว้ใน มอก.1586 เล่ม 4

จ.6.2.5 การประสานให้ศักย์เท่ากันของระบบสาธารณูปโภคภายนอก

นิยมให้ส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก สายไฟฟ้ากำลัง และสายโทรคมนาคม เข้าสู่สิ่งปลูกสร้างที่ใกล้ระดับพื้นที่ตำแหน่งร่วมกัน

การประสานให้ศักย์เท่ากันควรจัดทำให้ใกล้จุดที่เข้าอาคารที่สุดเท่าที่ทำได้ ในกรณีแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำควรทำการประสานที่จุดซึ่งสายไฟฟ้าออกจากกล่องประธานเข้าอาคาร (ขึ้นอยู่กับการอนุมัติจากการไฟฟ้าฯ)

แท่งตัวนำประสานที่ตำแหน่งร่วมกันของทางเข้า ควรต่อลงดินกับระบบรากสายดินโดยใช้ตัวนำที่สั้น

ถ้าระบบสาธารณูปโภคที่เข้าสู่สิ่งปลูกสร้างเป็นสายที่มีกำบังต้องต่อกำบังกับแท่งตัวนำประสานด้วย แรงดันเกินที่จะเข้าสู่ตัวนำที่มีไฟ (active conductor) จะมีขนาดขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสฟ้าผ่าบางส่วนที่ไหลในกำบัง (ดูภาคผนวก ข.) และขนาดพื้นที่หน้าตัดของกำบัง ภาคผนวก จ. ของ มอก.1586 เล่ม 1 แสดงวิธีประมาณขนาดของกระแสดังกล่าว ถ้าแรงดันเกินที่คาดหมายมีขนาดเกินกว่าข้อกำหนดของสายและอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ให้ติดตั้ง SPD

ถ้าระบบสาธารณูปโภคเข้าสู่อาคารเป็นสายที่ไม่มีกำบัง กระแสฟ้าผ่าบางส่วนจะไหลผ่านตัวนำที่มีไฟ ในกรณีนี้ SPD ที่สามารถทนกระแสฟ้าผ่าควรติดตั้งที่จุดเข้า ตัวนำ PE หรือตัวนำ PEN อาจต่อเข้ากับแท่งตัวนำประสานโดยตรง

เมื่อส่วนนำไฟฟ้าได้ภายนอก สายไฟฟ้ากำลัง และสายโทรคมนาคม ต้องเข้าสู่สิ่งปลูกสร้างที่ ตำแหน่งต่างๆ กัน จึงทำให้มีความจำเป็นในการติดตั้งแท่งตัวนำประสานหลายแท่ง แท่งตัวนำประสานควรติดตั้งให้ใกล้เท่าที่ทำได้กับระบบรากสายดิน นั่นคือ ต่อกับรากสายดินวงแหวน ต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้าง และต่อกับรากสายดินฐานรากของสิ่งปลูกสร้าง ถ้ามี

เมื่อใช้รากสายดินที่จัดวางแบบ ก เป็นส่วนหนึ่งของ LPS แท่งตัวนำประสานทั้งหลายควรต่อกับแท่งรากสายดินแต่ละแท่ง และนอกจากนั้นควรให้แท่งตัวนำประสานเหล่านี้ต่อถึงกันโดยตัวนำวงแหวนภายในหรือต่อด้วยตัวนำภายในที่ทำเป็นส่วนหนึ่งของวงแหวน

กรณีระบบสาธารณูปโภคภายนอกเข้าสู่สิ่งปลูกสร้างเหนือพื้นดิน แท่งตัวนำประสานควรต่อกับตัวนำวงแหวนแนวระดับภายใน หรือภายนอกผนังด้านนอกที่ต่อประสานกับสายดินแนวดิ่งของ LPS และโลหะเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้าง ถ้ามี

ตัวนำวงแหวนควรต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงและชิ้นส่วนโลหะอื่นๆ ของสิ่งปลูกสร้างเป็นช่วงสม่ำเสมอเท่าๆ กันของระยะห่างระหว่างสายดินแนวดิ่งที่ระบุในตารางที่ 4

ในอาคารซึ่งออกแบบมาเป็นศูนย์คอมพิวเตอร์ อาคารการสื่อสารและสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ ที่กำหนดผลการเหนี่ยวนำจาก LEMP ระดับต่ำ ตัวนำวงแหวนควรต่อกับเหล็กเส้นเสริมแรงโดยทั่วไปทุกระยะ 5 m

กรณีการประสานระบบสาธารณูปโภคภายนอก ในอาคารคอนกรีตเสริมแรงที่มีการติดตั้งระบบสื่อสารหรือระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ และกรณีสิ่งปลูกสร้างที่ต้องการความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างเข้มงวด ควรใช้ระนาบพื้นที่มีจุดต่อหลายจุดเข้ากับเหล็กเส้นเสริมแรงของสิ่งปลูกสร้าง หรือชิ้นส่วนโลหะอื่นๆ

จ.6.3 การฉนวนทางไฟฟ้าของ LPS ภายนอก

ระยะการแยกที่เพียงพอระหว่าง LPS ภายนอก กับส่วนนำไฟฟ้าได้ทั้งหมดที่ต่ออยู่กับแท่งตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากันของสิ่งปลูกสร้าง ต้องเป็นไปตามข้อ 6.3

รายละเอียดดูข้อ จ.6.1.1 สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่ไม่สูง ตัวอย่างและการคำนวณของ k_c ในข้อ 6.3 ให้ไว้ในรูปที่ จ.2

จ.6.4 การป้องกันจากผลกระทบของกระแสเหนี่ยวนำในระบบภายใน

กระแสในตัวนำของ LPS ภายนอกอาจเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันเกินในวงรอบตัวนำของสิ่งติดตั้งภายในเนื่องจากผลการคาบเกี่ยวทางแม่เหล็ก แรงดันเกินอาจทำให้ระบบภายในล้มเหลวได้

เนื่องจากในทางปฏิบัติ อาคารทั้งหมดมีบริภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่ภายใน ผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของสายดินแนวดิ่งภายนอกและภายในควรคำนึงถึงในระหว่างการวางแผน LPS

มาตรการการป้องกันแรงดันเกินให้ไว้ใน มอก.1586 เล่ม 4

จ.7 การบำรุงรักษาและการตรวจสอบ LPS

จ.7.1 ขอบข่ายของการตรวจสอบ

การตรวจสอบ LPS ควรดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ LPS ตามคำแนะนำในข้อ จ.7

ผู้ตรวจสอบควรได้รับรายงานการออกแบบ LPS ซึ่งประกอบด้วยเอกสารข้อมูลที่จำเป็นของ LPS เช่น เกณฑ์ในการออกแบบ รายละเอียดการออกแบบ และแบบทางเทคนิค ผู้ตรวจสอบยังควรได้รับรายงานการตรวจสอบและการบำรุงรักษาครั้งก่อนหน้านี้ด้วย

LPS ทั้งหมดควรได้รับการตรวจสอบตามวาระต่อไปนี้

- ระหว่างการติดตั้ง LPS โดยเฉพาะระหว่างการติดตั้งส่วนประกอบที่ปิดซ่อนภายในสิ่งปลูกสร้าง และไม่สามารถเข้าถึงได้ในภายหลัง
- ภายหลังเสร็จสิ้นการติดตั้ง LPS
- ตามหลักเกณฑ์ปกติที่ระบุในตารางที่ จ.2

ตารางที่ จ.2 คาบสูงสุดระหว่างการตรวจสอบของ LPS

ระดับชั้นการป้องกัน	การตรวจพินิจ (ปี)	การตรวจสอบอย่างสมบูรณ์ (ปี)	การตรวจสอบอย่างสมบูรณ์ของระบบวิกฤต (ปี)
I และ II	1	2	1
III และ IV	2	4	1

หมายเหตุ LPS ที่ใช้ในงานซึ่งรวมถึงสิ่งปลูกสร้างที่มีความเสี่ยงต่อการระเบิด ควรมีการตรวจพินิจทุก 6 เดือน การทดสอบทางไฟฟ้าของการติดตั้งควรทำทุก 1 ปี

ข้อยกเว้นที่ยอมรับได้ต่อกำหนดเวลาในการทดสอบประจำปี คือ จะทดสอบเป็นรอบ 14 เดือน ถึง 15 เดือน ซึ่งถือว่า มีประโยชน์ที่จะทำการทดสอบความต้านทานดินในระยะเวลาที่ต่างกันของปี เพื่อจะได้ทราบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

เมื่อไม่มีการระบุข้อกำหนดเฉพาะเป็นอย่างอื่นโดยหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ ความถี่ในการตรวจสอบควรเป็นไปตามที่ให้ไว้ในตารางที่ จ.2

หมายเหตุ ถ้าหน่วยงานหรือสถาบันแห่งชาติกำหนดให้มีการทดสอบเป็นปกติของระบบไฟฟ้าของสิ่งปลูกสร้างเป็นคาบเวลา แนะนำให้ทดสอบ LPS ในเรื่องการทำงานของมาตรการการป้องกันฟ้าผ่าภายใน รวมทั้งการประสานให้ศักย์เท่ากันของระบบไฟฟ้ากับ LPS ในเวลาเดียวกัน สิ่งติดตั้งที่มีอยู่เดิมควรทำเช่นเดียวกับระดับชั้นการป้องกันฟ้าผ่า หรือช่วงเวลาทดสอบควรใช้ข้อกำหนดการทดสอบในท้องถิ่น หรือข้อกำหนดในการทดสอบอื่นๆ เช่น จากข้อแนะนำในการก่อสร้าง ข้อบังคับทางเทคนิค หรือข้อแนะนำอื่นๆ ความปลอดภัยทางอุตสาหกรรม และการป้องกันตามกฎหมายแรงงาน

LPS ควรมีการตรวจพินิจอย่างน้อยปีละครั้ง ในบางพื้นที่ที่สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงรุนแรงและสภาพอากาศเลวร้ายเกิดขึ้น แนะนำให้ตรวจสอบพินิจระบบบ่อยครั้งกว่าที่กำหนดในตารางที่ จ.2 กรณี LPS รวมอยู่ในแผนบำรุงรักษาของลูกค้า หรือเป็นข้อกำหนดของบริษัทประกันอาคาร LPS อาจต้องการการทดสอบแบบเต็มรูปทุกปี

ช่วงเวลาระหว่างการตรวจสอบ LPS ควรหาโดยส่วนประกอบต่อไปนี้

- การจัดแบ่งประเภทของสิ่งปลูกสร้างที่ป้องกัน โดยเฉพาะเกี่ยวกับผลสืบเนื่องจากความเสียหาย
- ระดับชั้นของ LPS
- สภาพแวดล้อมท้องถิ่น เช่น สภาพแวดล้อมบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนสูง ควรมีช่วงห่างระหว่างการตรวจสอบที่สั้นลง
- วัสดุของส่วนประกอบของ LPS แต่ละส่วน
- ชนิดของพื้นผิวที่ส่วนประกอบ LPS ติดอยู่
- สภาพของดินและอัตราในการกัดกร่อนที่เกี่ยวข้อง

นอกจากที่กล่าวข้างต้น LPS ควรได้รับการตรวจสอบเมื่อใดก็ตามที่มีการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญ หรือมีการซ่อมแซมสิ่งปลูกสร้างที่ป้องกัน และหลังจากรู้ว่ามีฟ้าผ่า LPS ด้วย

การตรวจสอบทั้งหมดและการทดสอบควรทำให้สมบูรณ์ทุก 2 ปี ถึง 4 ปี ระบบที่อยู่ในภาวะสภาพแวดล้อมวิกฤติ เช่น ส่วนของ LPS ที่ต้องทนต่อความเครียดทางกลรุนแรง เช่น แถบประสานแบบอ่อนที่ใช้ประสานในบริเวณที่ลมแรง SPD ของระบบท่อ การประสานเคเบิลที่อยู่นอกอาคาร เป็นต้น ควรมีการตรวจสอบอย่างสมบูรณ์ทุกปี

ในพื้นที่ภูมิศาสตร์ส่วนใหญ่ โดยเฉพาะบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากตามฤดูกาลของอุณหภูมิและปริมาณฝนตก ควรคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานดิน โดยการวัดสภาพต้านทานตามโพรไฟล์ความลึกในฤดูกาลที่ต่างกัน

ควรพิจารณาปรับปรุงระบบต่อลงดินเมื่อพบว่าค่าความต้านทานที่วัดได้เปลี่ยนแปลงมากกว่าที่คาดหมายไว้ในตอนออกแบบ โดยเฉพาะเมื่อความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องระหว่างการตรวจสอบแต่ละครั้ง

จ.7.2 ลำดับการตรวจสอบ

จ.7.2.1 วิธีการตรวจสอบ

จุดประสงค์ของการตรวจสอบนี้เพื่อให้มั่นใจว่า LPS เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ทุกประการ

การตรวจสอบรวมถึงการตรวจเอกสารทางเทคนิค การตรวจพินิจ การทดสอบ และการบันทึกในรายงานการตรวจสอบ

จ.7.2.2 การตรวจสอบเอกสารทางเทคนิค

เอกสารทางเทคนิคควรได้รับการตรวจสอบความสมบูรณ์ ความสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ และข้อตกลงเกี่ยวกับสิ่งปลูกสร้างที่ดำเนินการ

จ.7.2.3 การตรวจพินิจ

การตรวจพินิจควรทำเพื่อให้แน่ใจว่า

- การออกแบบเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้
- LPS อยู่ในสภาพดี
- ไม่มีการต่อที่หลวมหรือขาดโดยบังเอิญของตัวนำและจุดต่อของ LPS
- ไม่มีส่วนของ LPS ที่เสื่อมสภาพเนื่องจากการกัดกร่อน โดยเฉพาะที่ระดับพื้น
- จุดต่อลงดินที่มองเห็นด้วยตาทั้งหมดยังคงสภาพเดิม (ยังสามารถทำงานได้ตามหน้าที่)
- ตัวนำและส่วนประกอบอื่นที่มองเห็นด้วยตาทั้งหมดยังคงสภาพเดิม มีการจับยึดอย่างแน่นหนากับพื้นผิวที่ติดตั้ง และส่วนประกอบที่จัดไว้ป้องกันทางกลไม่ให้เสียหาย (ยังสามารถทำงานได้ตามหน้าที่) และอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง
- ไม่มีการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงใดๆ ต่อสิ่งปลูกสร้างที่ป้องกัน ซึ่งอาจจะต้องมีการป้องกันเพิ่มเติม

- ไม่มีร่องรอยความเสียหายกับ LPS กับ SPD หรือความล้มเหลวใดๆ ของฟิวส์ที่ป้องกัน SPD
- ตัวนำประสานให้ศักย์เท่ากันที่ถูกต้องได้ติดตั้งสำหรับระบบสาธารณูปโภคใหม่ หรือเพิ่มเติมใดๆ ภายในสิ่งปลูกสร้างตั้งแต่การตรวจสอบครั้งสุดท้าย และได้ทำการทดสอบความต่อเนื่องสำหรับการติดตั้งใหม่เหล่านี้
- ตัวนำประสานและจุดต่อภายในสิ่งปลูกสร้างยังคงอยู่ และไม่ชำรุด (สามารถทำงานได้ตามหน้าที่)
- ยังคงรักษาระยะการแยกไว้ได้
- มีการตรวจและทดสอบตัวนำประสาน จุดต่อ อุปกรณ์กำบัง เส้นทางเดินของเคเบิลและ SPD

จ.7.2.4 การทดสอบ

การตรวจสอบและทดสอบ LPS รวมถึงการตรวจพินิจ และควรทำให้สมบูรณ์โดยการดำเนินการต่อไปนี้

- ทำการทดสอบความต่อเนื่อง โดยเฉพาะความต่อเนื่องของส่วนต่างๆ ของ LPS ซึ่งมองไม่เห็นโดยการตรวจสอบในระหว่างการติดตั้งตอนเริ่มแรก และตรวจพินิจไม่ได้ในเวลาต่อมา
- ทำการทดสอบความต้านทานดินของระบบรากสายดิน ควรทำการวัดและตรวจการต่อลงดินที่แยกและที่ต่อร่วมต่อไปนี้ และบันทึกผลในรายงานการตรวจสอบ LPS

หมายเหตุ การวัดด้วยความถี่สูงเป็นไปได้ในขั้นตอนการติดตั้ง เช่นเดียวกับขั้นตอนบำรุงรักษาระบบต่อลงดิน เพื่อตรวจสอบความเพียงพอระหว่างระบบต่อลงดินที่ออกแบบไว้กับค่าที่ต้องการ

ก) ความต้านทานดินของรากสายดินเฉพาะที่แต่ละแท่ง และในที่ที่ปฏิบัติได้ให้วัดความต้านทานดินของระบบรากสายดินทั้งหมด

ควรวัดความต้านทานดินของรากสายดินเฉพาะที่แต่ละแท่ง โดยทำการแยกกันที่จุดทดสอบระหว่างสายดินแนวดิ่งกับรากสายดิน ณ ตำแหน่งที่ปลด (การวัดแยกต่างหาก)

ถ้าความต้านทานดินของระบบรากสายดินทั้งหมดมีค่ามากกว่า 10 Ω ควรมีการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่ารากสายดินนั้นเป็นไปตามรูปที่ 2

ถ้าค่าความต้านทานดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ควรมีการตรวจสอบเพิ่มเติม เพื่อหาสาเหตุที่ความต้านทานดินมีค่าเพิ่มขึ้น และมีมาตรการเพื่อปรับปรุงสถานการณ์

ถ้ารากสายดินอยู่ในดินที่เต็มไปด้วยหิน ควรปฏิบัติตามข้อกำหนด จ.5.4.3.5 ข้อกำหนดความต้านทานดิน 10 Ω ไม่ประยุกต์ใช้ในกรณีนี้

ข) ผลการตรวจพินิจของตัวนำ ตัวประสาน และจุดต่อทั้งหมด หรือการวัดความต่อเนื่องทางไฟฟ้า

ถ้าระบบรากสายดินไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเหล่านี้ หรือตรวจสอบไม่ได้ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดเพราะขาดข้อมูล ระบบรากสายดินควรได้รับการปรับปรุงโดยการติดตั้งรากสายดินเพิ่มเติมหรือติดตั้งระบบรากสายดินใหม่

จ.7.2.5 การจัดทำเอกสารการตรวจสอบ

ควรมีการเตรียมแนวทางในการตรวจสอบ LPS ไว้เพื่ออำนวยความสะดวกในการตรวจสอบ LPS ซึ่งควรมีข้อมูลที่เพียงพอเพื่อแนะนำผู้ตรวจสอบตลอดกระบวนการตรวจสอบ ดังนั้นข้อมูลที่สำคัญทั้งหมดควรระบุไว้ในเอกสารดังกล่าว เช่น วิธีการติดตั้ง LPS แบบและสภาพของส่วนประกอบของ LPS วิธีทดสอบและการบันทึกข้อมูลผลการทดสอบอย่างถูกต้องที่ได้

ผู้ตรวจสอบควรรวบรวมรายงานการตรวจสอบ LPS ซึ่งควรเก็บร่วมกับรายงานการออกแบบ LPS และรายงานการตรวจสอบและบำรุงรักษาที่รวบรวมจากครั้งก่อนหน้า

รายงานการตรวจสอบ LPS ควรมีข้อมูลต่อไปนี้

- สภาพทั่วไปของตัวนำล่อฟ้า และส่วนประกอบตัวนำล่อฟ้าอื่นๆ
- ระดับของการกัดกร่อนโดยทั่วไป และสภาพของการป้องกันการกัดกร่อน
- ความมั่นคงของการจับยึดตัวนำ LPS และส่วนประกอบอื่นๆ
- การวัดความต้านทานดินของระบบรากสายดิน
- ส่วนที่เบี่ยงเบนใดๆ จากข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้
- เอกสารเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดและส่วนขยายเพิ่มเติมของ LPS และส่วนที่เปลี่ยนแปลงใดๆ ของสิ่งปลูกสร้าง นอกจากนี้ควรมีการทบทวนแบบการสร้าง LPS และรายละเอียดการออกแบบ LPS
- ผลการทดสอบที่ได้

จ.7.3 การบำรุงรักษา

LPS ควรมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่เสื่อมสภาพ แต่ยังคงเป็นไปตามข้อกำหนดซึ่งได้รับการออกแบบไว้ตั้งแต่แรกอย่างต่อเนื่อง การออกแบบ LPS ควรกำหนดการบำรุงรักษาที่จำเป็นและรอบการตรวจสอบตามตารางที่ จ.2

แผนงานบำรุงรักษา LPS ควรให้มั่นใจว่ามีการปรับปรุง LPS ให้เป็นไปตามฉบับปัจจุบันของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

จ.7.3.1 ข้อสังเกตทั่วไป

ส่วนประกอบของ LPS มีแนวโน้มจะสูญเสียประสิทธิผลเมื่อผ่านช่วงเวลาหลายปี เนื่องจากการกัดกร่อน ความเสียหายที่เกี่ยวเนื่องกับสภาพอากาศ ความเสียหายทางกลและความเสียหายเนื่องจากลำฟ้าผ่า

แผนงานตรวจสอบและการบำรุงรักษาควรกำหนดโดยหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ ผู้ออกแบบ LPS หรือผู้ติดตั้ง LPS ร่วมกับเจ้าของสิ่งปลูกสร้างหรือตัวแทนที่ได้รับมอบหมาย

ในการบำรุงรักษาและการตรวจสอบ LPS แผนงานการตรวจสอบและการบำรุงรักษาควรสอดประสานกัน

การบำรุงรักษา LPS เป็นสิ่งสำคัญ ถึงแม้ว่าผู้ออกแบบ LPS จะได้ใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษในการจัดให้มีการป้องกันการกัดกร่อน และให้มิติของส่วนประกอบของ LPS เป็นไปตามสภาพเฉพาะที่เปิดโล่งต่อความเสียหายจากฟ้าผ่า และสภาพอากาศเพิ่มเติมจากที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ลักษณะเฉพาะทางกลและทางไฟฟ้าของ LPS ควรรักษาไว้ให้ครบสมบูรณ์ตลอดอายุใช้งานของ LPS เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดการออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

อาจจำเป็นต้องดัดแปลง LPS ถ้ามีการดัดแปลงอาคาร หรือบริภัณฑ์ของอาคาร หรือถ้าจุดประสงค์ในการใช้อาคารเปลี่ยนไป

ถ้าการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องมีการซ่อมแซม ควรรีบซ่อมแซมโดยไม่รีรอ และไม่ควรเลื่อนไปจนถึงรอบการบำรุงรักษาต่อไป

จ.7.3.2 วิธีดำเนินการบำรุงรักษา

ควรจัดทำแผนงานบำรุงรักษาตามคาบสำหรับ LPS ทั้งหมดไว้

ความถี่ของวิธีดำเนินการบำรุงรักษาขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

- การเสื่อมสภาพที่เกี่ยวเนื่องกับสภาพอากาศและสภาพแวดล้อม
- การเปิดโล่งต่อความเสียหายจริงจากฟ้าผ่า
- ระดับการป้องกันที่กำหนดให้กับสิ่งปลูกสร้าง

ควรจัดทำวิธีดำเนินการบำรุงรักษา LPS สำหรับ LPS แต่ละระบบไว้ และควรเป็นส่วนหนึ่งของแผนงานบำรุงรักษาโดยรวมของสิ่งปลูกสร้าง

แผนงานบำรุงรักษาควรมีรายการประจำที่ใช้เป็นรายการตรวจสอบ เพื่อให้การบำรุงรักษาได้ดำเนินตามวิธีการที่แน่นอนอย่างสม่ำเสมอ และใช้เปรียบเทียบได้กับผลครั้งก่อนๆ

แผนงานบำรุงรักษาควรมีการจัดเตรียมดังต่อไปนี้

- การทวนสอบตัวนำทั้งหมดของ LPS และส่วนประกอบอื่นๆ ของระบบ
- การทวนสอบความต่อเนื่องทางไฟฟ้าของสิ่งติดตั้ง LPS
- การวัดความต้านทานดินของระบบรากสายดิน
- การทวนสอบ SPD
- การขันส่วนประกอบและตัวนำให้แน่น
- การทวนสอบเพื่อให้แน่ใจว่าประสิทธิผลของ LPS ไม่ลดลงภายหลังการเพิ่มเติมหรือการเปลี่ยนแปลงในสิ่งปลูกสร้าง และสิ่งติดตั้งของสิ่งปลูกสร้าง

จ.7.3.3 การเอกสารเกี่ยวกับการบำรุงรักษา

ควรมีการเก็บบันทึกวิธีการบำรุงรักษาทั้งหมดอย่างสมบูรณ์ และควรรวมเอาการดำเนินการแก้ไขที่ได้ทำไปแล้วหรือสิ่งที่จำเป็นต้องแก้ไขต่อไปไว้ด้วย

บันทึกวิธีดำเนินการบำรุงรักษาควรจัดให้มีวิธีการประเมินส่วนประกอบของ LPS รวมทั้งสิ่งติดตั้ง LPS

บันทึกการบำรุงรักษา LPS ควรใช้เป็นพื้นฐานในการทบทวนวิธีดำเนินการบำรุงรักษา และการปรับปรุงแผนงานบำรุงรักษาให้เป็นปัจจุบัน บันทึกการบำรุงรักษา LPS ควรเก็บรักษาไว้ร่วมกับการออกแบบและรายงานการตรวจสอบ LPS

บรรณานุกรม

[1] IEC 60050(426):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 426: Electrical apparatus for explosive atmospheres*

[2] IEC 61000-5-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling*

[3] IEC 61643-1:2005, *Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests*

[4] EN 50164 (all parts), *Lightning Protection Components (LPC)*

[5] EN 50164-1:1999, *Lightning Protection Components (LPC) – Part 1: Requirements for connection components*